最　新

建筑节能设计标准贯彻实施手册

主　编：本书编委会

中 国 城 市 出 版 社

文 本 名 称：最新建筑节能设计标准贯彻实施手册
出 版 单 位：中国城市出版社
地　　址：香港
发　　行：本社发行部
印　　刷：本社承印部
开　　本：16 开　4 卷
版　　次：2005 年 5 月第一版第一次印刷
印　　数：300 册
国际标准书号：ISBN 988－97822－6－X
定　　价：998.00 元（1CD－ROM＋配套手册）

《最新建筑节能设计标准贯彻实施手册》

编辑委员会

辑出版了《最新建筑节能设计标准贯彻实施手册》一书。

本书主要内容包括：

最新公共与居住建筑节能设计标准及相关国家政策法规；

建筑节能概论；

采暖建筑节能规划设计；

民用建筑节能设计；

建筑节能材料；

建筑节能施工；

供热采暖及其运行节能技术；

空调系统节能技术；

既有建筑节能改造与夏热冬冷地区建筑节能设计；

天然能源建筑利用技术；

建筑节能的检测与评价；

国内外先进的建筑节能技术

国内建筑节能示范工程实例；

相关法律法规；

由于编写时间仓促，加之作者水平有限，本书难免存在挂一漏万之处，恳请广大读者在阅读使用过程中不吝提出批评指正意见，以便再版时进一步修订。

本书编委会

2005 年 5 月 15 日

目　录

第一篇　最新公共与居住建筑节能设计标准及相关国家政策法规

第二篇　建筑节能概论

第三篇 采暖建筑节能规划设计

第四篇　民用建筑节能设计

第五篇 建筑节能材料

第六篇　建筑节能施工

第七篇 供热采暖及其运行节能技术

第八篇　空调系统节能技术

第九篇　既有建筑节能改造与夏热冬冷地区建筑节能设计

第十篇　天然能源建筑利用技术

第十一篇　建筑节能的检测与评价

第十二篇　国内外先进的建筑节能技术

第十三篇　国内建筑节能示范工程实例

第十四篇 相关法律法规

第一篇

最新公共与居住建筑节能设计标准及相关国家政策法规

关于新建居住建筑严格执行节能设计标准的通知

建科［2005］55 号

各省、自治区建设厅，直辖市建委及有关部门，计划单列市建委，新疆生产建设兵团建设局：

建筑节能设计标准是建设节能建筑的基本技术依据，是实现建筑节能目标的基本要求，其中强制性条文规定了主要节能措施、热工性能指标、能耗指标限值，考虑了经济和社会效益等方面的要求，必须严格执行。1996 年 7 月以来，建设部相继颁布实施了各气候区的居住建筑节能设计标准。一些地区还依据部的要求，在建筑节能政策法规制定、技术标准图集编制、配套技术体系建立、科技试点示范、建筑节能材料产品开发应用与管理、宣传培训等方面开展了大量工作，取得了成效。但是，也有一些地方和单位，包括建设、设计、施工等单位不执行或擅自降低节能设计标准，新建建筑执行建筑节能设计标准的比例不高，不同程度存在浪费建筑能源的问题。为了贯彻落实科学发展观和今年政府工作报告提出的“鼓励发展节能省地型住宅和公共建筑”的要求，切实抓好新建居住建筑严格执行建筑节能设计标准的工作，降低居住建筑能耗，现通知如下：

一、提高认识，明确目标和任务

（一）我国人均资源能源相对贫乏，在建筑的建造和使用过程中资源、能源浪费问题突出，建筑的节能节地节水节材潜力很大。随着城镇化和人民生活水平的提高，新建建筑将继续保持一定增长势头。在发展过程中，必须考虑能源资源的承载能力，注重城镇发展建设的质量和效益。各级建设行政主管部门要牢固树立科学发展观，要从转变经济增长方式、调整经济结构、

建设节约型社会的高度，充分认识建筑节能工作的重要性，把推进建筑节能工作作为城乡建设实现可持续发展方式的一项重要任务，抓紧、抓实、抓出成效。

（二）城市新建建筑均应严格执行建筑节能设计标准的有关强制性规定；有条件的大城市和严寒、寒冷地区可率先按照节能率65%的地方标准执行；凡属财政补贴或拨款的建筑应全部率先执行建筑节能设计标准。

（三）开展建筑节能工作，需要兼顾近期重点和远期目标、城镇和农村、新建和既有建筑、居住和公共建筑。当前及今后一个时期，应首先抓好城市新建居住建筑严格执行建筑节能设计标准工作，同时，积极进行城市既有建筑节能改造试点工作，研究相关政策措施和技术方案，为全面推进既有建筑节能改造积累经验。

二、明确各方责任，严格执行标准

（四）建设单位要遵守国家节约能源和保护环境的有关法律法规，按照相应的建筑节能设计标准和技术要求委托工程项目的规划设计、开工建设、组织竣工验收，并应将节能工程竣工验收报告报建筑节能管理机构备案。

房地产开发企业要将所售商品住房的结构形式及其节能措施、围护结构保温隔热性能指标等基本信息载入《住宅使用说明书》。

（五）设计单位要遵循建筑节能法规、节能设计标准和有关节能要求，严格按照节能设计标准和节能要求进行节能设计，设计文件必须完备，保证设计质量。

（六）施工图设计文件审查机构要严格按照建筑节能设计标准进行审查，在审查报告中单列是否符合节能标准的章节；审查人员应有签字并加盖审查机构印章。不符合建筑节能强制性标准的，施工图设计文件审查结论应为不合格。

（七）施工单位要按照审查合格的设计文件和节能施工技术标准的要求进行施工，确保工程施工符合节能标准和设计质量要求。

（八）监理单位要依照法律、法规以及节能技术标准、节能设计文件、建设工程承包合同及监理合同，对节能工程建设实施监理。监理单位应对施工质量承担监理责任。

三、加强组织领导，严格监督管理

（九）推进建筑节能涉及城市规划、建设、管理等各方面的工作，各地要完善建筑节能工作领导小组的工作制度，通过联席会议和专题会议等有效形式，形成协调配合、运行顺畅的工作机制。

（十）各地建设行政主管部门要加大建筑节能宣传力度，增强公众的节能意识，逐步建立社会监督机制。要结合实例向公众宣传建筑节能的重要性，提高公众建筑节能的自觉性和主动性。同时，要建立监督举报制度，受理公众举报。

（十一）各地和有关单位要加强对设计、施工、监理等专业技术人员和管理人员的建筑节能知识与技术的培训，把建筑节能有关法律法规、标准规范和经核准的新技术、新材料、新工艺等作为注册建筑师、勘察设计注册工程师、监理工程师、建造师等各类执业注册人员继续教育的必修内容。

（十二）各地建设行政主管部门要采取有效措施加强建筑节能工作中设计、施工、监理和竣工验收、房屋销售核准等的监督管理。在查验施工图设计文件审查机构出具的审查报告时，应查验对节能的审查情况，审查不合格的不得颁发施工许可证。发现违反国家有关节能工程质量管理规定的，应责令建设单位改正；改正后要责令其重新组织竣工验收，并且不得减免新型墙体材料专项基金。

房地产管理部门要审查房地产开发单位是否将建筑能耗说明载入《住宅使用说明书》。

（十三）设区城市以上建设行政主管部门要组织推进节能建筑性能测评工作。各级建筑节能工作机构要切实履行职责，认真开展对节能建筑及部品的检测。要建立健全建筑节能统计报告制度，掌握分析建筑节能进展情况。

（十四）各地建设行政主管部门要加强经常性的建筑节能设计标准实施情况的监督检查，发现问题，及时纠正和处理。各省（自治区、直辖市）建设行政主管部门每年要把建筑节能作为建筑工程质量检查的专项内容进行检查，对问题突出的地区或单位依法予以处理，并将监督检查和处理情况于今年 9 月 30 日前报建设部。建设部每年在各地监督检查的基础上，对各地建筑节能标准执行情况进行抽查，对建筑节能工作开展不力的地方和单位进行

重点检查。2005 年底以前，建设部重点抽查大城市和特大城市；2006 年 6 月以前，对其他城市进行抽查，并将抽查的情况予以通报。

凡建筑节能工作开展不力的地区，所涉及的城市不得参加“人居环境奖”、“园林城市”的评奖，已获奖的应限期整改，经整改仍达不到标准和要求的将撤消获奖称号。不符合建筑节能要求的项目不得参加“鲁班奖”、“绿色建筑创新奖”等奖项的评奖。

（十五）各地建设行政主管部门对不执行或擅自降低建筑节能设计标准的单位，要依据《中华人民共和国建筑法》、《中华人民共和国节约能源法》、《建设工程质量管理条例》（国务院令第 279 号）、《建设工程勘察设计管理条例》（国务院令第 293 号）、《民用建筑节能管理规定》（建设部令第 76 号）、《实施工程建设强制性标准监督规定》（建设部令第 81 号）等法律法规和规章的规定进行处罚：

1. 建设单位明示或暗示设计单位、施工单位违反节能设计强制性标准，降低工程建设质量；或明示或者暗示施工单位使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备；或施工图设计文件未经审查或者审查不合格，擅自施工的；或未按照国家规定将竣工验收报告、有关认可文件或者准许使用文件报送备案的；处 20 万元以上 50 万元以下的罚款。

建设单位未取得施工许可证或者开工报告未经批准，擅自施工的，责令停止施工，限期改正，处工程合同价款 1%以上 2%以下的罚款。

建设单位未组织竣工验收，擅自交付使用的；或验收不合格，擅自交付使用的；或对不合格的建设工程按照合格工程验收的；处工程合同价款 2%以上 4%以下的罚款；造成损失的，依法承担赔偿责任。建设工程竣工验收后，建设单位未向建设行政主管部门或者其他有关部门移交建设项目档案的，责令改正，处 1 万元以上 10 万元以下的罚款。

2. 设计单位指定建筑材料、建筑构配件的生产厂、供应商的；或未按照工程建设强制性标准进行设计的；责令改正，处 10 万元以上 30 万元以下的罚款；有上述行为造成重大工程质量事故的，责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

3. 施工图设计文件审查单位如不按照要求对施工图设计文件进行审查，一经查实将由建设行政主管部门对当事人和其所在单位进行批评和处罚，直至取消审查资格。

4. 施工单位在施工中偷工减料的，使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备的，或者有不按照工程设计图纸或者施工技术标准施工的其他行为的，责令改正，并处工程合同价款 2% 以上 4% 以下的罚款；造成建设工程质量不符合规定的质量标准的，负责返工、修理，并赔偿因此造成的损失；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书。

施工单位不履行保修义务或者拖延履行保修义务的，责令改正，处 10 万元以上 20 万元以下的罚款，并对在保修期内因质量缺陷造成的损失承担赔偿责任。

5. 工程监理单位与建设单位或者施工单位串通，弄虚作假、降低工程质量的；或将不合格的建设工程、建筑材料、建筑构配件和设备按照合格签字的；责令改正，处 50 万元以上 100 万元以下的罚款，降低资质等级或者吊销资质证书；有违法所得的，予以没收；造成损失的，承担连带赔偿责任。

6. 注册建筑师、注册结构工程师、监理工程师等注册执业人员因过错造成质量事故的，责令停止执业 1 年；造成重大质量事故的，吊销执业资格证书，5 年以内不予注册；情节特别恶劣的，终身不予注册。

中华人民共和国建设部

二〇〇五年四月十五日

关于认真做好《公共建筑节能设计标准》宣贯、实施及监督工作的通知

建标函［2005］121号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，新疆生产建设兵团建设局，各有关单位：

为了贯彻落实中央经济工作会议和《政府工作报告》提出的节能要求，促进建设领域节能工作的全面开展，2005年4月4日，我部与国家质量监督检验检疫总局联合发布了国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189－2005（以下简称《标准》），自2005年7月1日起实施。为认真做好《标准》的宣贯、实施及监督工作，确保该标准的贯彻执行，现将有关事项通知如下：

一、全面提高对贯彻执行《标准》重要性的认识

当前，我国能源资源供应与经济社会发展的矛盾十分突出，建筑能耗已占全国能源消耗近30%。建筑节能对于促进能源资源节约和合理利用，缓解我国能源资源供应与经济社会发展的矛盾，加快发展循环经济，实现经济社会的可持续发展，有着举足轻重的作用，也是保障国家能源安全、保护环境、提高人民群众生活质量、贯彻落实科学发展观的一项重要举措。建筑节能标准作为建筑节能的技术依据和准则，是实现建筑节能的技术基础和全面推行建筑节能的有效途径。《中华人民共和国节约能源法》明确规定，固定资产投资工程项目的设计和建设，应当遵守合理用能标准和节能设计规范；达不到合理用能标准和节能设计规范要求的项目，依法审批机关不得批准建设，项目建成后不予验收。因此，执行建筑节能标准就是贯彻落实党和国家有关方针政策以及法律法规的具体体现。

公共建筑量大面广，占建筑耗能比例高，公共建筑节能推行的力度和深度，在很大程度上决定着建筑节能整体目标的实现。推行公共建筑节能，关键是要加强公共建筑节能标准的宣贯、实施和监督，确保公共建筑节能标准中的各项要求落到实处。各级建设行政主管部门要切实把《标准》的宣贯、实施及监督工作作为贯彻落实党和国家方针政策和法律法规、落实科学发展观、加强依法行政的一项重要工作，抓紧抓好并抓出成效。

二、大力开展《标准》的宣传、培训工作

（一）要结合本地的特点，利用各类新闻媒体或采取其他方式，广泛宣传《标准》的地位、作用及其重要意义，扩大《标准》的影响，提高社会各有关方面的节能意识以及贯彻执行《标准》的自觉性。

（二）要切实加强《标准》培训工作，确保《标准》中的有关规定得到准确理解和掌握。自 2005 年 5 月 15 日起，我部将委托中国建筑科学研究院，集中组织 2－3 期师资培训，为各地开展《标准》培训活动提供师资力量。各省、自治区、直辖市建设行政主管部门应当统一选派专业技术人员参加，并不少于 10 人。各地也应结合实际制定培训计划，并于 2005 年 5 月 20 日前报我部人事教育司和标准定额司，确保年内使本地区从事公共建筑设计、监理、施工图设计文件审查、工程质量监督以及管理等单位的主要管理人员和技术人员普遍轮训一遍。

三、切实加强《标准》的实施与监督

公共建筑节能标准不仅政策性、技术性、经济性强，而且涉及面广、推行难度较大。各级建设行政主管部门要加强领导，落实责任，强化监督，依法行政，从国家战略的高度出发，确保《标准》的有关规定落到实处。

（一）自《标准》实施之日起，凡新建的公共建筑项目，必须符合《标准》强制性条文的规定。

（二）在《标准》实施过程中，各级建设行政主管部门要严格按照《中华人民共和国节约能源法》、《建设工程质量管理条例》（国务院令第 279 号）、《民用建筑节能管理规定》（建设部令第 76 号）、《实施工程建设强制性

标准监督规定》（建设部令第 81 号）等有关法律、法规和部门规章，从勘察、设计、施工、监理、竣工验收等各环节，加强对《标准》实施的监督管理。

（三）各级建设行政主管部门要按照《关于加强民用建筑工程项目建筑节能审查工作的通知》（建科［2004］74）的要求，加强公共建筑节能设计审查的备案管理，对不符合《标准》强制性条文规定的公共建筑项目，不得予以备案。

（四）各省、自治区、直辖市建设行政主管部门应当根据本地区的具体情况，适时组织开展《标准》实施情况的专项检查或重点抽查，检查结果应及时上报我部。上报时间及内容要求另行通知。

中华人民共和国建设部

二〇〇五年四月二十一日

公共建筑节能设计标准

Design standard for energy efficiency of public buildings

GB 50189—2005

1　总　　则

1.0.1　为贯彻国家有关法律法规和方针政策，改善公共建筑的室内环境，提高能源利用效率，制定本标准。

1.0.2　本标准适用于新建、改建和扩建的公共建筑节能设计。

1.0.3　按本标准进行的建筑节能设计，在保证相同的室内环境参数条件下，与未采取节能措施前相比，全年采暖、通风、空气调节和照明的总能耗应减少 50%。公共建筑的照明节能设计应符合国家现行标准《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 的有关规定。

1.0.4　公共建筑的节能设计，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2　术　　语

2.0.1　**透明幕墙**　transparent curtain wall

可见光可直接透射人室内的幕墙。

2.0.2　**可见光透射比**　visible transmittance

透过透明材料的可见光光通量与投射在其表面上的可见光光通量之比。

2.0.3　**综合部分负荷性能系数**　integrated part load value（IPLV）

用一个单一数值表示的空气调节用冷水机组的部分负荷效率指标，它基于机组部分负荷时的性能系数值、按照机组在各种负荷下运行时间的加权因

素，通过计算获得。

2.0.4 **围护结构热工性能权衡判断** building envelope trade – off option

当建筑设计不能完全满足规定的围护结构热工设计要求时，计算并比较参照建筑和所设计建筑的全年采暖和空气调节能耗，判定围护结构的总体热工性能是否符合节能设计要求。

2.0.5 **参照建筑** reference building

对围护结构热工性能进行权衡判断时，作为计算全年采暖和空气调节能耗用的假想建筑。

3 室内环境节能设计计算参数

3.0.1 集中采暖系统室内计算温度宜符合表 3.0.1 – 1 的规定；空气调节系统室内计算参数宜符合表 3.0.1 – 2 的规定。

表 3.0.1 – 1 集中采暖系统室内计算温度

建筑类型及房间名称	室内温度（℃）
1 办公楼：	
门厅、楼（电）梯	16
办公室	20
会议室、接待室、多功能厅	18
走道、洗手间、公共食堂	16
车库	5
2 餐饮：	
餐厅、饮食、小吃、办公	18
洗碗间	16
制作间、洗手间、配餐	16
厨房、热加工间	10
干菜、饮料库	8
3 影剧院：	
门厅、走道	14
观众厅、放映室、洗手间	16
休息厅、吸烟室	18
化妆	20
4 交通：	
民航候机厅、办公室	20
候车厅、售票厅	16
公共洗手间	16
6 体育	
比赛厅（不含体操）、练习厅	16
休息厅	18
运动员、教练员更衣、休息	20
游泳馆	26
7 商业：	
营业厅（百货、书籍）	18
鱼肉、蔬菜营业厅	14
副食（油、盐、杂货）、洗手间	16
办公	20
米面贮藏	5
百货仓库	10
8 旅馆：	
大厅、接待	16
客房、办公室	20
餐厅、会议室	18
走道、楼（电）梯间	16
公共浴室	25
公共洗手间	16

续表

建筑类型及房间名称	室内温度（℃）	建筑类型及房间名称	室内温度（℃）
5　银行：		9　图书馆：	
营业大厅	18	大厅	16
走道、洗手间	16	洗手间	16
办公室	20	办公室、阅鉴	20
楼（电）梯	14	报告厅、会议室	18
		特藏、胶卷、书库	14

表 3.0.1－2　　空气调节系统室内计算参数

参　数		冬　季	夏　季
温度（℃）	一般房间	20	25
	大堂、过厅	18	室内外温差≤10
风速（v）（m/s）		0.10≤（v）≤0.20	0.15≤v≤0.30
相对温度（%）		30～60	40～65

3.0.2　**公共建筑主要空间的设计新风量，应符合表 3.0.2 的规定。**

表 3.0.2　　公共建筑主要空间的设计新风量

建筑类型与房间名称			新风量［m^3/（h·p）］
旅游旅馆	客　房	5 星级	50
		4 星级	40
		3 星级	30
	餐厅、宴会厅、多功能厅	5 星级	30
		4 星级	25
		3 星级	20
		2 星级	15
	大堂、四季厅	4～5 星级	10
	商业、服务	4～5 星级	20
		2～3 星级	10
	美容、理发、康乐设施		30
旅店	客　房	一～三级	30
		四级	20

续表

建筑类型与房间名称			新风量［m^3/（h·p）］
文化娱乐	影剧院、音乐厅、录像厅		20
	游艺厅、舞厅（包括卡拉 OK 歌厅）		30
	酒吧、茶馆、咖啡厅		10
体 育 馆			20
商场（店）、书店			20
饭馆（餐厅）			20
办公			30
学校	教 室	小学	11
		初中	14
		高中	17

4 建筑与建筑热工设计

4.1 一般规定

4.1.1 建筑总平面的布置和设计，宜利用冬季日照并避开冬季主导风向，利用夏季自然通风。建筑的主朝向宜选择本地区最佳朝向或接近最佳朝向。

4.1.2 严寒、寒冷地区建筑的体形系数应小于或等于 0.40。当不能满足本条文的规定时，必须按本标准第 4.3 节的规定进行权衡判断。

4.2 围护结构热工设计

4.2.1 各城市的建筑气候分区应按表 4.2.1 确定。

表 4.2.1 主要城市所处气候分区

气候分区	代表性城市
严寒地区 A 区	海伦、博克图、伊春、呼玛、海拉尔、满洲里、齐齐哈尔、富锦、哈尔滨、牡丹江、克拉玛依、佳木斯、安达

续表

气候分区	代表性城市
严寒地区 B 区	长春、乌鲁木齐、延吉、通辽、通化、四平、呼和浩特、抚顺、大柴旦、沈阳、大同、本溪、阜新、哈密、鞍山、张家口、酒泉、伊宁、吐鲁番、西宁、银川、丹东
寒冷地区	兰州、太原、唐山、阿坝、喀什、北京、天津、大连、阳泉、平凉、石家庄、德州、晋城、天水、西安、拉萨、康定、济南、青岛、安阳、郑州、洛阳、宝鸡、徐州
夏热冬冷地区	南京、蚌埠、盐城、南通、合肥、安庆、九江、武汉、黄石、岳阳、汉中、安康、上海、杭州、宁波、宜昌、长沙、南昌、株洲、永州、赣州、韶关、桂林、重庆、达县、万州、涪陵、南充、宜宾、成都、贵阳、遵义、凯里、绵阳
夏热冬暖地区	福州、莆田、龙岩、梅州、兴宁、英德、河池、柳州、贺州、泉州、厦门、广州、深圳、湛江、汕头、海口、南宁、北海、梧州

4.2.2　根据建筑所处城市的建筑气候分区，围护结构的热工性能应分别符合表 4.2.2－1、表 4.2.2－2、表 4.2.2－3、表 4.2.2－4、表 4.2.2－5 以及表 4.2.2－6 的规定，其中外墙的传热系数为包括结构性热桥在内的平均值 K_m。当建筑所处城市属于温和地区时，应判断该城市的气象条件与表 4.2.1 中的哪个城市最接近，围护结构的热工性能应符合那个城市所属气候分区的规定。当本条文的规定不能满足时，必须按本标准第 4.3 节的规定进行权衡判断。

表 4.2.2－1　　严寒地区 A 区围护结构传热系数限值

围护结构部位	体形系数≤0.3 传热系数 K W/（m²·K）	0.3＜体形系数≤0.4 传热系数 K W/（m²·K）
层面	≤0.35	≤0.30
外墙（包括非透明幕墙）	≤0.45	≤0.40
底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤0.45	≤0.40
非采暖房间与采暖房间的隔墙或楼板	≤0.6	≤0.6

续表

围护结构部位		体形系数≤0.3 传热系数 K W/（m²·K）	0.3＜体形系数≤0.4 传热系数 K W/（m²·K）
单一朝向外窗（包括透明幕墙）	窗墙面积比≤0.2	≤3.0	≤2.7
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	≤2.8	≤2.5
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	≤2.5	≤2.2
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	≤2.0	≤1.7
	0.5＜窗墙面积比≤0.7	≤1.7	≤1.5
层顶透明部分		≤2.5	

表 4.2.2－2　　严寒地区 B 区围护结构传热系数限值

围护结构部位		体形系数≤0.3 传热系数 K W/（m²·K）	0.3＜体形系数≤0.4 传热系数 K W/（m²·K）
层面		≤0.45	≤0.35
外墙（包括非透明幕墙）		≤0.50	≤0.45
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤0.50	≤0.45
非采暖房间与采暖房间的隔墙或楼板		≤0.8	≤0.8
单一朝向外窗（包括透明幕墙）	窗墙面积比≤0.2	≤3.2	≤2.8
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	≤2.9	≤2.5
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	≤2.6	≤2.2
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	≤2.1	≤1.8
	0.5＜窗墙面积比≤0.7	≤1.8	≤1.6
层顶透明部分		≤2.6	

表 4.2.2.3　　寒冷地区围护结构传热系数和遮阳系数限值

围护结构部位	体形系数≤0.3 传热系数 K W/（m²·K）	0.3＜体形系数≤0.4 传热系数 K W/（m²·K）
层面	≤0.55	≤0.45
外墙（包括非透明幕墙）	≤0.60	≤0.50
底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤0.60	≤0.50
非采暖房间与采暖房间的隔墙或楼板	≤1.5	≤1.5

续表

外窗（包括秀明幕墙）		传热系数 K W/（m^2·K）	遮阳系数 SC（东、南、西向/北向）	传热系数 K W/（m^2·K）	遮阳系数 SC（东、南、西向/北向）
单一朝向外窗（包括透明幕墙）	窗墙面积比≤0.2	≤3.5	—	≤3.0	—
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	≤3.0	—	≤2.5	—
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	≤2.7	≤0.70/—	≤2.3	≤0.70/—
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	≤2.3	≤0.60/—	≤2.0	≤0.60/—
	0.5＜窗墙面积比≤0.7	≤2.0	≤0.50/—	≤1.8	≤0.50/—
层顶透明部分		≤2.7	≤0.50	≤2.7	≤0.50
注：有外遮阳时，遮阳系数＝玻璃的遮阳系数×外遮阳的遮阳系数；无外遮阳时，遮阳系数＝玻璃的遮阳系数。					

表 4.2.2－4　夏热冬冷地区围护结构传热系数和遮阳系数限值

围护结构部位		传热系数 K　W/（m^2·K）	
屋面		≤0.70	
外墙（包括非透时幕墙）		≤1.0	
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤1.0	
外窗（包括透明幕墙）		传热系数 K W/（m^2·K）	遮阳系数 SC（东、南、西向/北向）
单一朝向外窗（包括透明幕墙）	窗墙面积比≤0.2	≤4.7	—
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	≤3.5	≤0.55/—
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	≤3.0	≤0.50/0.60
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	≤2.8	≤0.45/0.55
	0.5＜窗墙面积比≤0.7	≤2.5	≤0.40/0.50
屋顶透明部分		≤3.0	≤0.40
注：有外遮阳时，遮阳系数＝玻璃的遮阳系数×外遮阳的遮阳系数；无外遮阳时，遮阳系数＝玻璃的遮阳系数。			

表 4.2.2－5 夏热冬暖地区围护结构传热系数和遮阳系数限值

围护结构部位		传热系数 K W/（m^2·K）	
屋面		≤0.90	
外墙（包括非透时幕墙）		≤1.5	
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤1.5	
外窗（包括透明幕墙）		传热系数 K W/（m^2·K）	遮阳系数 SC（东、南、西向/北向）
单一朝向外窗（包括透明幕墙）	窗墙面积比≤0.2	≤6.5	—
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	≤4.7	≤0.50/0.60
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	≤3.5	≤0.45/0.55
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	≤3.0	≤0.40/0.50
	0.5＜窗墙面积比≤0.7	≤3.0	≤0.35/0.45
屋顶透明部分		≤3.5	≤0.35
注：有外遮阳时，遮阳系数＝玻璃的遮阳系数×外遮阳的遮阳系数；无外遮阳时，遮阳系数＝玻璃的遮阳系数。			

表 4.2.2－6 不同气候区地面和地下室外墙热阻限值

气候分区	围护结构部位	热限 R（m^2·K）/W
严寒地区 A 区	地面：周边地面 非周边地面	≥2.0 ≥1.8
	采暖地下室外墙（与土壤接触的墙）	≥2.0
严寒地区 B 区	地面：周边地面 非周边地面	≥2.0 ≥1.8
	采暖地下室外墙（与土壤接触的墙）	≥1.8
寒冷地区	地面：周边地面 非周边地面	≥1.5
	采暖地下室外墙（与土壤接触的墙）	≥1.5
夏热冬冷地区	地面	≥1.2
	地下室外墙（与土壤接触的墙）	≥1.2

续表

气候分区	围护结构部位	热限 R（$m^2 \cdot K$）/W
夏热冬暖地区	地面	≥1.0
	地下室外墙（与土壤接触的墙）	≥1.0

注：周边地面系指距外墙内表面 2m 以内的地面；
地面热阻系指建筑基础持力层以上各层材料的热阻之和；
地下室外墙热阻系指土壤以内各层材料的热阻之和。

4.2.3　外墙与屋面的热桥部位的内表面温度不应低于室内空气露点温度。

4.2.4　建筑每个朝向的窗（包括透明幕墙）墙面积比均不应大于 0.70。当窗（包括透明幕墙）墙面积比小于 0.40 时，玻璃（或其他透明材料）的可见光透射比不应小于 0.4。当不能满足本条文的规定时，必须按本标准第 4.3 节的规定进行权衡判断。

4.2.5　夏热冬暖地区、夏热冬冷地区的建筑以及寒冷地区中制冷负荷大的建筑，外窗（包括透明幕墙）宜设置外部遮阳，外部遮阳的遮阳系数按本标准附录 A 确定。

4.2.6　屋顶透明部分的面积不应大于屋顶总面积的 20%，当不能满足本条文的规定时，必须按本标准第 4.3 节的规定进行权衡判断。

4.2.7　建筑中庭夏季应利用通风降温，必要时设置机械排风装置。

4.2.8　外窗的可开启面积不应小于窗面积的 30%；透明幕墙应具有可开启部分或设有通风换气装置。

4.2.9　严寒地区建筑的外门应设门斗，寒冷地区建筑的外门宜设门斗或应采取其他减少冷风渗透的措施。其他地区建筑外门也应采取保温隔热节能措施。

4.2.10　外窗的气密性不应低于《建筑外窗气密性能分级及其检测方法》GB 7107 规定的 4 级。

4.2.11　透明幕墙的气密性不应低于《建筑幕墙物理性能分级》GB/T 15225 规定的 3 级。

4.3　围护结构热工性能的权衡判断

4.3.1　首先计算参照建筑在规定条件下的全年采暖和空气调节能耗，然后计算所设计建筑在相同条件下的全年采暖和空气调节能耗，当所设计建筑的

采暖和空气调节能耗不大于参照建筑的采暖和空气调节能耗时，判定围护结构的总体热工性能符合节能要求。当所设计建筑的采暖和空气调节能耗大于参照建筑的采暖和空气调节能耗时，应调整设计参数重新计算，直至所设计建筑的采暖和空气调节能耗不大于参照建筑的采暖和空气调节能耗。

4.3.2 参照建筑的形状、大小、朝向、内部的空间划分和使用功能应与所设计建筑完全一致。在严寒和寒冷地区，当所设计建筑的体形系数大于本标准第 4.1.2 条的规定时，参照建筑的每面外墙均应按比例缩小，使参照建筑的体形系数符合本标准第 4.1.2 条的规定。当所设计建筑的窗墙面积比大于本标准第 4.2.4 条的规定时，参照建筑的每个窗户（透明幕墙）均应按比例缩小，使参照建筑的窗墙面积比符合本标准第 4.2.4 条的规定。当所设计建筑的屋顶透明部分的面积大于本标准第 4.2.6 条的规定时，参照建筑的屋顶透明部分的面积应按比例缩小，使参照建筑的屋顶透明部分的面积符合本标准第 4.2.6 条的规定。

4.3.3 参照建筑外围护结构的热工性能参数取值应完全符合本标准第 4.2.2 条的规定。

4.3.4 所设计建筑和参照建筑全年采暖和空气调节能耗的计算必须按照本标准附录 B 的规定进行。

5 采暖、通风和空气调节节能设计

5.1 一般规定

5.1.1 施工图设计阶段，必须进行热负荷和逐项逐时的冷负荷计算。

5.1.2 严寒地区的公共建筑，不宜采用空气调节系统进行冬季采暖，冬季宜设热水集中采暖系统。对于寒冷地区，应根据建筑等级、采暖期天数、能源消耗量和运行费用等因素，经技术经济综合分析比较后确定是否另设置热水集中采暖系统。

5.2 采　　暖

5.2.1 集中采暖系统应采用热水作为热媒。

5.2.2 设计集中采暖系统时，管路宜按南、北向分环供热原则进行布置并

分别设置室温调控装置。

5.2.3　集中采暖系统在保证能分室（区）进行室温调节的前提下，可采用下列任一制式；系统的划分和布置应能实现分区热量计量。

1　上/下分式垂直双管；

2　下分式水平双管；

3　上分式垂直单双管；

4　上分式全带跨越管的垂直单管；

5　下分式全带跨越管的水平单管。

5.2.4　散热器宜明装，散热器的外表面应刷非金属性涂料。

5.2.5　散热器的散热面积，应根据热负荷计算确定。确定散热器所需散热量时，应扣除室内明装管道的散热量。

5.2.6　公共建筑内的高大空间，宜采用辐射供暖方式。

5.2.7　集中采暖系统供水或回水管的分支管路上，应根据水力平衡要求设置水力平衡装置。必要时，在每个供暖系统的入口处，应设置热量计量装置。

5.2.8　集中热水采暖系统热水循环水泵的耗电输热比（EHR），应符合下式要求：

$$EHR = N/Q\eta \qquad (5.2.8-1)$$

$$EHR \leqslant 0.0056(14 + \alpha\Sigma L)/\Delta t \qquad (5.2.8-2)$$

式中　N——水泵在设计工况点的轴功率（kW）；

Q——建筑供热负荷（kW）；

η——考虑电机和传动部分的效率（%）；

当采用直联方式时，$\eta = 0.85$；

当采用联轴器连接方式时，$\eta = 0.83$；

Δt——设计供回水温度差（℃）。系统中管道全部采用钢管连接时，取 $\Delta t = 25$℃；系统中管道有部分采用塑料管材连接时，取 $\Delta t = 20$℃；

ΣL——室外主干线（包括供回水管）总长度（m）；

当 $\Sigma L \leqslant 500$m 时，$\alpha = 0.0115$；

当 $500 < \sum L < 1000$m 时，$\alpha = 0.0092$；

当 $\Sigma L \geqslant 1000$m 时，$\alpha = 0.0069$。

5.3 通风与空气调节

5.3.1 使用时间、温度、湿度等要求条件不同的空气调节区，不应划分在同一个空气调节风系统中。

5.3.2 房间面积或空间较大、人员较多或有必要集中进行温、湿度控制的空气调节区，其空气调节风系统宜采用全空气空气调节系统，不宜采用风机盘管系统。

5.3.3 设计全空气空气调节系统并当功能上无特殊要求时，应采用单风管送风方式。

5.3.4 下列全空气空气调节系统宜采用变风量空气调节系统：

1 同一个空气调节风系统中，各空调区的冷、热负荷差异和变化大、低负荷运行时间较长，且需要分别控制各空调区温度；

2 建筑内区全年需要送冷风。

5.3.5 设计变风量全空气空气调节系统时，宜采用变频自动调节风机转速的方式，并应在设计文件中标明每个变风量末端装置的最小送风量。

5.3.6 设计定风量全空气空气调节系统时，宜采取实现全新风运行或可调新风比的措施，同时设计相应的排风系统。新风量的控制与工况的转换，宜采用新风和回风的焓值控制方法。

5.3.7 当一个空气调节风系统负担多个使用空间时，系统的新风量应按下列公式计算确定：

$$Y = X/(1 + X - Z) \tag{5.3.7-1}$$

$$Y = V_{ot}/V_{st} \tag{5.3.7-2}$$

$$X = V_{on}/V_{st} \tag{5.3.7-3}$$

$$Z = V_{oc}/V_{sc} \tag{5.3.7-4}$$

式中 Y——修正后的系统新风量在送风量中的比例；

V_{ot}——修正后的总新风量（m^3/h）；

V_{st}——总送风量，即系统中所有房间送风量之和（m^3/h）；

X——未修正的系统新风量在送风量中的比例；

V_{on}——系统中所有房间的新风量之和（m^3/h）；

Z——需求最大的房间的新风比；

V_{oc}——需求最大的房间的新风量（m^3/h）；

V_{sc}——需求最大的房间的送风量（m^3/h）。

5.3.8　在人员密度相对较大且变化较大的房间，宜采用新风需求控制。即根据室内 CO_2 浓度检测值增加或减少新风量，使 CO_2 浓度始终维持在卫生标准规定的限值内。

5.3.9　当采用人工冷、热源对空气调节系统进行预热或预冷运行时，新风系统应能关闭；当采用室外空气进行预冷时，应尽量利用新风系统。

5.3.10　建筑物空气调节内、外区应根据室内进深、分隔、朝向、楼层以及围护结构特点等因素划分。内、外区宜分别设置空气调节系统并注意防止冬季室内冷热风的混合损失。

5.3.11　对有较大内区且常年有稳定的大量余热的办公、商业等建筑，宜采用水环热泵空气调节系统。

5.3.12　设计风机盘管系统加新风系统时，新风宜直接送入各空气调节区，不宜经过风机盘管机组后再送出。

5.3.13　建筑顶层、或者吊顶上部存在较大发热量、或者吊顶空间较高时，不宜直接从吊顶内回风。

5.3.14　建筑物内设有集中排风系统且符合下列条件之一时，宜设置排风热回收装置。排风热回收装置（全热和显热）的额定热回收效率不应低于60%。

1　送风量大于或等于 $3000m^3/h$ 的直流式空气调节系统，且新风与排风的温度差大于或等于 8℃；

2　设计新风量大于或等于 $4000m^3/h$ 的空气调节系统，且新风与排风的温度差大于或等于 8℃；

3　设有独立新风和排风的系统。

5.3.15　有人员长期停留且不设置集中新风、排风系统的空气调节区（房间），宜在各空气调节区（房间）分别安装带热回收功能的双向换气装置。

5.3.16　选配空气过滤器时，应符合下列要求：

1　粗效过滤器的初阻力小于或等于 50Pa（粒径大于或等于 5.0μm，效率：$80\% > E \geqslant 20\%$）；终阻力小于或等于 100Pa；

2　中效过滤器的初阻力小于或等于 80Pa（粒径大于或等于 1.0μm，效率：$70\% > E \geqslant 20\%$）；终阻力小于或等于 160Pa；

3 全空气空气调节系统的过滤器，应能满足全新风运行的需要。

5.3.17 空气调节风系统不应设计土建风道作为空气调节系统的送风道和已经过冷、热处理后的新风送风道。不得已而使用土建风道时，必须采取可靠的防漏风和绝热措施。

5.3.18 空气调节冷、热水系统的设计应符合下列规定：

1 应采用闭式循环水系统；

2 只要求按季节进行供冷和供热转换的空气调节系统，应采用两管制水系统；

3 当建筑物内有些空气调节区需全年供冷水，有些空气调节区则冷、热水定期交替供应时，宜采用分区两管制水系统；

4 全年运行过程中，供冷和供热工况频繁交替转换或需同时使用的空气调节系统，宜采用四管制水系统；

5 系统较小或各环路负荷特性或压力损失相差不大时，宜采用一次泵系统；在经过包括设备的适应性、控制系统方案等技术论证后，在确保系统运行安全可靠且具有较大的节能潜力和经济性的前提下，一次泵可采用变速调节方式；

6 系统较大、阻力较高、各环路负荷特性或压力损失相差悬殊时，应采用二次泵系统；二次泵宜根据流量需求的变化采用变速变流量调节方式；

7 冷水机组的冷水供、回水设计温差不应小于 5℃。在技术可靠、经济合理的前提下宜尽量加大冷水供、回水温差；

8 空气调节水系统的定压和膨胀，宜采用高位膨胀水箱方式。

5.3.19 选择两管制空气调节冷、热水系统的循环水泵时，冷水循环水泵和热水循环水泵宜分别设置。

5.3.20 空气调节冷却水系统设计应符合下列要求：

1 具有过滤、缓蚀、阻垢、杀菌、灭藻等水处理功能；

2 冷却塔应设置在空气流通条件好的场所；

3 冷却塔补水总管上设置水流量计量装置。

5.3.21 空气调节系统送风温差应根据焓湿图（$h-d$）表示的空气处理过程计算确定。空气调节系统采用上送风气流组织形式时，宜加大夏季设计送风温差，并应符合下列规定：

1 送风高度小于或等于 5m 时，送风温差不宜小于 5℃；

2　送风高度大于 5m 时，送风温差不宜小于 10℃；

3　采用置换通风方式时，不受限制。

5.3.22　建筑空间高度大于或等于 10m、且体积大于 10000m³ 时，宜采用分层空气调节系统。

5.3.23　有条件时，空气调节送风宜采用通风效率高、空气龄短的置换通风型送风模式。

5.3.24　在满足使用要求的前提下，对于夏季空气调节室外计算湿球温度较低、温度的日较差大的地区，空气的冷却过程，宜采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或直接蒸发冷却与间接蒸发冷却相结合的二级或三级冷却方式。

5.3.25　除特殊情况外，在同一个空气处理系统中，不应同时有加热和冷却过程。

5.3.26　空气调节风系统的作用半径不宜过大。风机的单位风量耗功率（W_s）应按下式计算，并不应大于表 5.3.26 中的规定。

$$W_s = P/(3600\eta_t) \tag{5.3.26}$$

式中　W_s——单位风量耗功率［W/（m³/h）］；

P——风机全压值（Pa）；

η_t——包含风机、电机及传动效率在内的总效率（%）。

表 5.3.26　风机的单位风量耗功率限值［W/（m³/h）］

系统型式	办公建筑		商业、旅馆建筑	
	粗效过滤	粗、中效过滤	粗效过滤	粗、中效过滤
两管制定风量系统	0.42	0.48	0.46	0.52
四管制定风量系统	0.47	0.53	0.51	0.58
两管制变风量系统	0.58	0.64	0.62	0.68
四管制变风量系统	0.63	0.69	0.67	0.74
普通机械通风系统	0.32			

注：1　普通机械通风系统中不包括厨房等需要特定过滤装置的房间的通风系统；

2　严寒地区增设预热盘管时，单位风量耗功率可增加 0.035［W/（m³/h）］；

3　当空气调节机组内采用湿膜加湿方法时，单位风量耗功率可增加 0.053［W/（m³/h）］

5.3.27　空气调节冷热水系统的输送能效比（ER）应按下式计算，且不应大于表 5.3.27 中的规定值。

$$ER = 0.002342H/(\Delta T \cdot \eta) \quad (5.3.27)$$

式中 H——水泵设计扬程（m）；

ΔT——供回水温差（℃）；

η——水泵在设计工作点的效率（%）。

表 5.3.27 空气调节冷热水系统的最大输送能效比（ER）

管道类型	两管制热水管道			四管制热水管道	空调冷水管道
	严寒地区	寒冷地区/夏热冬冷地区	夏热冬暖地区		
ER	0.00577	0.00433	0.00865	0.00673	0.0241
注：两管制热水管道系统中的输送能效比值，不适用于采用直燃式冷热水机组作为热源的空气调节热水系统。					

5.3.28 空气调节冷热水管的绝热厚度，应按现行国家标准《设备及管道保冷设计导则》GB/T 15586 的经济厚度和防表面结露厚度的方法计算，建筑物内空气调节冷热水管亦可按本标准附录 C 的规定选用。

5.3.29 空气调节风管绝热层的最小热阻应符合表 5.3.29 的规定。

表 5.3.29 空气调节风管绝热层的最小热阻

风管类型	最小热阻（$m^2 \cdot K/W$）
一般空调风管	0.74
低温空调风管	1.08

5.3.30 空气调节保冷管道的绝热层外，应设置隔汽层和保护层。

5.4 空气调节与采暖系统的冷热源

5.4.1 空气调节与采暖系统的冷、热源宜采用集中设置的冷（热）水机组或供热、换热设备。机组或设备的选择应根据建筑规模、使用特征，结合当地能源结构及其价格政策、环保规定等按下列原则经综合论证后确定：

1 具有城市、区域供热或工厂余热时，宜作为采暖或空调的热源；

2 具有热电厂的地区，宜推广利用电厂余热的供热、供冷技术；

3 具有充足的天然气供应的地区，宜推广应用分布式热电冷联供和燃气空气调节技术，实现电力和天然气的削峰填谷，提高能源的综合利用率；

4 具有多种能源（热、电、燃气等）的地区，宜采用复合式能源供冷、供热技术；

5　具有天然水资源或地热源可供利用时，宜采用水（地）源热泵供冷、供热技术。

5.4.2　除了符合下列情况之一外，不得采用电热锅炉、电热水器作为直接采暖和空气调节系统的热源：

1　电力充足、供电政策支持和电价优惠地区的建筑；

2　以供冷为主，采暖负荷较小且无法利用热泵提供热源的建筑；

3　无集中供热与燃气源，用煤、油等燃料受到环保或消防严格限制的建筑；

4　夜间可利用低谷电进行蓄热、且蓄热式电锅炉不在日间用电高峰和平段时间启用的建筑；

5　利用可再生能源发电地区的建筑；

6　内、外区合一的变风量系统中需要对局部外区进行加热的建筑。

5.4.3　锅炉的额定热效率，应符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3　　锅炉额定热效率

锅　炉　类　型	热效率（%）
燃煤（Ⅱ类烟煤）蒸汽、热水锅炉	78
燃油、燃气蒸汽、热水锅炉	89

5.4.4　燃油、燃气或燃煤锅炉的选择，应符合下列规定：

1　锅炉房单台锅炉的容量，应确保在最大热负荷和低谷热负荷时都能高效运行；

2　锅炉台数不宜少于 2 台，当中、小型建筑设备 1 台锅炉能满足热负荷和检修需要时，可设 1 台；

3　应充分利用锅炉产生的多种余热。

5.4.5　电机驱动压缩机的蒸气压缩循环冷水（热泵）机组，在额定制冷工况和规定条件下，性能系数（*COP*）不应低于表 5.4.5 的规定。

表 5.4.5 冷水（热泵）机组制冷性能系数

类型		额定制冷量（kW）	性能系数（W/W）
水冷	活塞式/涡旋式	< 528	3.8
		528 ~ 1163	4.0
		> 1163	4.2
	螺杆式	< 528	4.10
		528 ~ 1163	4.30
		> 1163	4.60
	离心式	< 528	4.40
		528 ~ 1163	4.70
		> 1163	5.10
风冷或蒸发冷却	活塞式/涡旋式	≤50	2.40
		> 50	2.60
	螺杆式	≤50	2.60
		> 50	2.80

5.4.6 **蒸气压缩循环冷水（热泵）机组的综合部分负荷性能系数（*IPLV*）不宜低于表 5.4.6 的规定。**

表 5.4.6 冷水（热泵）机组综合部分负荷性能系数

类型		额定制冷量（kW）	综合部分负荷性能系数（W/W）
水冷	螺杆式	< 528	4.47
		528 ~ 1163	4.81
		> 1163	5.13
	离心式	< 528	4.49
		528 ~ 1163	4.88
		> 1163	5.42
注：*IPLV* 值是基于单台主机运行工况。			

5.4.7 **水冷式电动蒸气压缩循环冷水（热泵）机组的综合部分负荷性能系数（*IPLV*）宜按下式计算和检测条件检测：**

$$IPLV = 2.3\% \times A + 41.5\% \times B + 46.1\% \times C + 10.1\% \times D$$

式中 A——100%负荷时的性能系数（W/W），冷却水进水温度 30℃；

B——75%负荷时的性能系数（W/W），冷却水进水温度 26℃；

C——50%负荷时的性能系数（W/W），冷却水进水温度 23℃；

D——25%负荷时的性能系数（W/W），冷却水进水温度19℃。

5.4.8　名义制冷量大于7100W、采用电机驱动压缩机的单元式空气调节机、风管送风式和屋顶式空气调节机组时，在名义制冷工况和规定条件下，其能效比（EER）不应低于表5.4.8的规定。

表5.4.8　单元式机组能效比

类　型		能效比（W/W）
风冷式	不接风管	2.60
	接风管	2.30
水冷式	不接风管	3.00
	接风管	2.70

5.4.9　蒸汽、热水型溴化锂吸收式冷水机组及直燃型溴化锂吸收式冷（温）水机组应选用能量调节装置灵敏、可靠的机型，在名义工况下的性能参数应符合表5.4.9的规定。

表5.4.9　溴化锂吸收式机组性能参数

机型	名义工况			性能参数		
	冷（温）水进/出口温度（℃）	冷却水进/出口温度（℃）	蒸汽压力（MPa）	单位制冷量蒸汽耗量[kg/（kW·h）]	性能系数（W/W）	
					制冷	供热
蒸汽双效	18/13	30/35	0.25	≤1.40		
	12/7		0.4			
			0.6	≤1.31		
			0.8	≤1.28		
直燃	供冷12/7	30/35			≥1.10	
	供热出口60					≥0.90

注：直燃机的性能系数为：制冷量（供热量）/【加热源消耗量（以低位热值计）+电力消耗量（折算成一次能）】。

5.4.10　空气源热泵冷、热水机组的选择应根据不同气候区，按下列原则确定：

1　较适用于夏热冬冷地区的中、小型公共建筑；

2　夏热冬暖地区采用时，应以热负荷选型，不足冷量可由水冷机组提

供；

3 在寒冷地区，当冬季运行性能系数低于 1.8 或具有集中热源、气源时不宜采用。

注：冬季运行性能系数系指冬季室外空气调节计算温度时的机组供热量（W）与机组输入功率（W）之比。

5.4.11 冷水（热泵）机组的单台容量及台数的选择，应能适应空气调节负荷全年变化规律，满足季节及部分负荷要求。当空气调节冷负荷大于 528kW 时不宜少于 2 台。

5.4.12 采用蒸汽为热源，经技术经济比较合理时应回收用汽设备产生的凝结水。凝结水回收系统应采用闭式系统。

5.4.13 对冬季或过渡季存在一定量供冷需求的建筑，经技术经济分析合理时应利用冷却塔提供空气调节冷水。

5.5 监测与控制

5.5.1 集中采暖与空气调节系统，应进行监测与控制，其内容可包括参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况自动转换、能量计量以及中央监控与管理等，具体内容应根据建筑功能、相关标准、系统类型等通过技术经济比较确定。

5.5.2 间歇运行的空气调节系统，宜设自动启停控制装置；控制装置应具备按预定时间进行最优启停的功能。

5.5.3 对建筑面积 20000m^2 以上的全空气调节建筑，在条件许可的情况下，空气调节系统、通风系统，以及冷、热源系统宜采用直接数字控制系统。

5.5.4 冷、热源系统的控制应满足下列基本要求：

1 对系统冷、热量的瞬时值和累计值进行监测，冷水机组优先采用由冷量优化控制运行台数的方式；

2 冷水机组或热交换器、水泵、冷却塔等设备连锁启停；

3 对供、回水温度及压差进行控制或监测；

4 对设备运行状态进行监测及故障报警；

5 技术可靠时，宜对冷水机组出水温度进行优化设定。

5.5.5 总装机容量较大、数量较多的大型工程冷、热源机房，宜采用机组群控方式。

5.5.6 空气调节冷却水系统应满足下列基本控制要求：

1　冷水机组运行时，冷却水最低回水温度的控制；

2　冷却塔风机的运行台数控制或风机调速控制；

3　采用冷却塔供应空气调节冷水时的供水温度控制；

4　排污控制。

5.5.7　空气调节风系统（包括空气调节机组）应满足下列基本控制要求：

1　空气温、湿度的监测和控制；

2　采用定风量全空气空气调节系统时，宜采用变新风比焓值控制方式；

3　采用变风量系统时，风机宜采用变速控制方式；

4　设备运行状态的监测及故障报警；

5　需要时，设置盘管防冻保护；

6　过滤器超压报警或显示。

5.5.8　采用二次泵系统的空气调节水系统，其二次泵应采用自动变速控制方式。

5.5.9　对末端变水量系统中的风机盘管，应采用电动温控阀和三挡风速结合的控制方式。

5.5.10　以排除房间余热为主的通风系统，宜设置通风设备的温控装置。

5.5.11　地下停车库的通风系统，宜根据使用情况对通风机设置定时启停（台数）控制或根据车库内的 CO 浓度进行自动运行控制。

5.5.12　采用集中空气调节系统的公共建筑，宜设置分楼层、分室内区域、分用户或分室的冷、热量计量装置；建筑群的每栋公共建筑及其冷、热源站房，应设置冷、热量计量装置。

附录 A　建筑外遮阳系数计算方法

A.0.1　水平遮阳板的外遮阳系数和垂直遮阳板的外遮阳系数应按下列公式计算确定：

水平遮阳板：$SD_H = a_h PF^2 + b_h PF + 1$　（A.0.1－1）

垂直遮阳板：$SD_V = a_v PF^2 + b_v PF + 1$　（A.0.1－2）

遮阳板外挑系数：$PF = \frac{A}{B}$　（A.0.1－3）

式中　SD_H——水平遮阳板夏季外遮阳系数；

SD_v——垂直遮阳板夏季外遮阳系数；

a_h、b_h、a_v、b_v——计算系数，按表 A.0.1 取定；

PF——遮阳板外挑系数，当计算出的 $PF>1$ 时，取 $PF=1$；

A——遮阳板外挑长度（图 A.0.1）；

B——遮阳板根部到窗对边距离（图 A.0.1）。

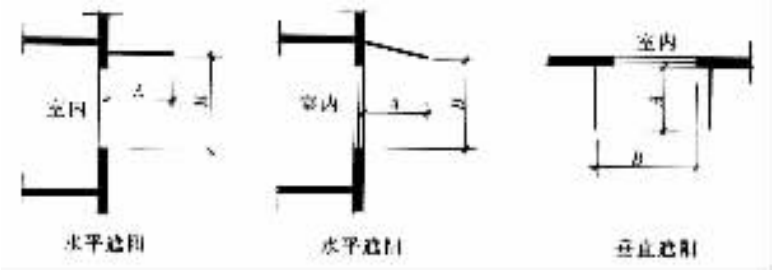


图 A.0.1 遮阳板外挑系数（PE）计算示意

A.0.2 水平遮阳板和垂直遮阳板组合成的综合遮阳，其外遮阳系数值应取水平遮阳板和垂直遮阳板的外遮阳系数的乘积。

表 A.0.1 水平和垂直外遮阳计算系数

气候区	遮阳装置	计算系数	东	东南	南	西南	西	西北	北	东北
寒冷地区	水平遮阳板	a_h	0.35	0.53	0.63	0.37	0.35	0.35	0.29	0.52
		b_h	−0.76	−0.95	−0.99	−0.68	−0.78	−0.66	−0.54	−0.92
	垂直遮阳板	a_v	0.32	0.39	0.43	0.44	0.31	0.42	0.47	0.41
		b_v	−0.63	−0.75	−0.78	−0.85	−0.61	−0.83	−0.89	−0.79
夏热冬冷地区	水平遮阳板	a_h	0.35	0.48	0.47	0.36	0.36	0.36	0.30	0.48
		b_h	−0.75	−0.83	−0.79	−0.68	−0.76	−0.68	−0.58	−0.83
	垂直遮阳板	a_v	0.32	0.42	0.42	0.42	0.33	0.41	0.44	0.43
		b_v	−0.65	−0.80	−0.80	−0.82	−0.66	−0.82	−0.84	−0.83
夏热冬暖地区	水平遮阳板	a_h	0.35	0.42	0.41	0.36	0.36	0.36	0.32	0.43
		b_h	−0.73	−0.75	−0.72	−0.67	−0.72	−0.69	−0.61	−0.78
	垂直遮阳板	a_v	0.34	0.42	0.41	0.41	0.36	0.40	0.32	0.43
		b_v	−0.68	−0.81	−0.72	−0.82	−0.72	−0.81	−0.61	−0.83
注：其他朝向的计算系数按上表中最接近的朝向选取。										

A.0.3　窗口前方所设置的并与窗面平行的挡板（或花格等）遮阳的外遮阳系数应按下式计算确定：

$$SD = 1 - (1 - \eta)(1 - \eta^*) \qquad (A.0.3)$$

式中　η——挡板轮廓透光比。即窗洞口面积减去挡板轮廓由太阳光线投影在窗洞口上
所产生的阴影面积后的剩余面积与窗洞口面积的比值。挡板各朝向的轮廓透光比按该朝向上的 4 组典型太阳光线入射角，采用平行光投射方法分别计算或实验测定，其轮廓透光比取 4 个透光比的平均值。典型太阳入射角按表 A.0.3 选取。

混凝土、金属类挡板取 $\eta^* = 0.1$；
厚帆布、玻璃钢类挡板取 $\eta^* = 0.4$；
深色玻璃、有机玻璃类挡板取 $\eta^* = 0.6$；
浅色玻璃、有机玻璃类挡板取 $\eta^* = 0.8$；
金属或其他非透明材料制作的花格、百叶类构造取 $\eta^* = 0.15$。

表 A.0.3　　典型的太阳光线入射角（°）

窗口朝向	南				东、西				北			
	1 组	2 组	3 组	4 组	1 组	2 组	3 组	4 组	1 组	2 组	3 组	4 组
太阳高度角	0	0	60	60	0	0	45	45	0	30	30	30
太阳方位角	0	45	0	45	75	90	75	90	180	180	135	－135

A.0.4　幕墙的水平遮阳可转换成水平遮阳加挡板遮阳，垂直遮阳可转化成垂直遮阳加挡板遮阳，如图 A.0.4 所示。图中标注的尺寸 A 和 B 用于计算水平遮阳和垂直遮阳遮阳板的外挑系数 PF，C 为挡板的高度或宽度。挡板遮阳的轮廓透光比 η 可以近似取为 1。

附录 B　围护结构热工性能的权衡计算

B.0.1　假设所设计建筑和参照建筑空气调节和采暖都采用两管制风机盘管系统，水环路的划分与所设计建筑的空气调节和采暖系统的划分一致。

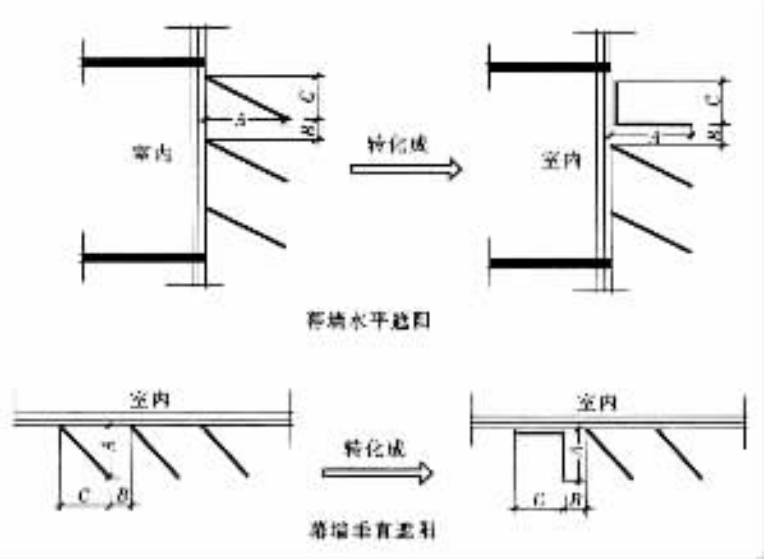


图 A.0.4 幕墙遮阳计算示意

B.0.2 参照建筑空气调节和采暖系统的年运行时间表应与所设计建筑一致。当设计文件没有确定所设计建筑空气调节和采暖系统的年运行时间表时，可按风机盘管系统全年运行计算。

B.0.3 参照建筑空气调节和采暖系统的日运行时间表应与所设计建筑一致。当设计文件没有确定所设计建筑空气调节和采暖系统的日运行时间表时，可按表 B.0.3 确定风机盘管系统的日运行时间表。

表 B.0.3 风机盘管系统的日运行时间表

类 别		系统工作时间
办公建筑	工作日	7:00—18:00
	节假日	—
宾馆建筑	全年	1:00—24:00
商场建筑	全年	8:00—21:00

B.0.4 参照建筑空气调节和采暖区的温度应与所设计建筑一致。当设计文件没有确定所设计建筑空气调节和采暖区的温度时，可按表 B.0.4 确定空气调节和采暖区的温度。

表 B.0.4　　空气调节和采暖房间的温度（℃）

			时间											
建筑类别			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
办公建筑	工作日	空调	37	37	37	37	37	37	28	26	26	26	26	26
		采暖	12	12	12	12	12	12	18	20	20	20	20	20
	节假日	空调	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
		采暖	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
宾馆建筑	全年	空调	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
		采暖	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
商场建筑	全年	空调	37	37	37	37	37	37	37	28	25	25	25	25
		采暖	12	12	12	12	12	12	12	16	18	18	18	18
			时间											
建筑类别			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
办公建筑	工作日	空调	26	26	26	26	26	26	37	37	37	37	37	37
		采暖	20	20	20	20	20	20	12	12	12	12	12	12
	节假日	空调	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
		采暖	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
宾馆建筑	全年	空调	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
		采暖	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
商场建筑	全年	空调	25	25	25	25	25	25	25	25	37	37	37	37
		采暖	18	18	18	18	18	18	18	18	12	12	12	12

B.0.5　**参照建筑各个房间的照明功率应与所设计建筑一致。当设计文件没有确定所设计建筑各个房间的照明功率时，可按表 B.0.5－1 确定照明功率。参照建筑和所设计建筑的照明开关时间按表 B.0.5－2 确定。**

表 B.0.5－1 照明功率密度值（W/m²）

建筑类别	房间类别	照明功率密度
办公建筑	普通办公室	11
	高档办公室、设计室	18
	会议室	11
	走郎	5
	其他	11
宾馆建筑	客房	15
	餐　厅	13
	会议室、多功能厅	18
	走　廊	5
	门　厅	15
商场建筑	一般商店	12
	高档商店	19

表 B.0.5－2 照明开关时间表（%）

		时　间											
建筑类别		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
办公建筑	工作日	0	0	0	0	0	0	10	50	95	95	95	80
	节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾馆建筑	全　年	10	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30
商场建筑	全　年	10	10	10	10	10	10	10	50	60	60	60	60
		时　间											
建筑类别		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
办公建筑	工作日	80	95	95	95	95	30	30	0	0	0	0	0
	节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾馆建筑	全　年	30	30	50	50	60	90	90	90	90	80	10	10
商场建筑	全　年	60	60	60	60	80	90	100	100	100	10	10	10

B.0.6　参照建筑各个房间的人员密度应与所设计建筑一致。当不能按照设计文件确定设计建筑各个房间的人员密度时，可按表 B.0.6－1 确定人员密度。参照建筑和所设计建筑的人员逐时在室率按表 B.0.6－2 确定。

表 B.0.6－1　　不同类型房间人均占有的使用面积（m^2/人）

建筑类别	房间类别	人均占有的使用面积
办公建筑	普通办公室	4
	高档办公室	8
	会议室	2.5
	走　廊	50
	其　他	20
宾馆建筑	普通客房	15
	高档客房	30
	会议室、多功能厅	2.5
	走　廊	50
	其　他	20
商场建筑	一般商店	3
	高档商店	4

表 B.0.6－2　　房间人员逐时在室率（%）

		时　间											
建筑类别		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
办公建筑	工作日	0	0	0	0	0	0	10	50	95	95	95	80
	节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾馆建筑	全　年	70	70	70	70	70	70	70	70	50	50	50	50
商场建筑	全　年	0	0	0	0	0	0	0	20	50	80	80	80
		时　间											
建筑类别		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
办公建筑	工作日	80	95	95	95	95	30	30	0	0	0	0	0
	节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾馆建筑	全　年	50	50	50	50	50	50	70	70	70	70	70	70
商场建筑	全　年	80	80	80	80	80	80	80	70	50	0	0	0

B.0.7　**参照建筑各个房间的电器设备功率应与所设计建筑一致。当不能按设计文件确定设计建筑各个房间的电器设备功率时，可按表 B.0.7－1 确定的电器设备功率。参照建筑和所设计建筑电器设备的逐时使用率按表 B.0.7**

－2 确定。

表 B.0.7－2 不同类型房间电器设备率（W/m²）

建筑类别	房间类别	电器设备功率
办公建筑	普通办公室	20
	高档办公室	13
	会议室	5
	走　廊	0
	其　他	5
宾馆建筑	普通客房	20
	高档客房	13
	会议室、多功能厅	5
	走　廊	0
	其　他	5
商场建筑	一般商店	13
	高档商店	13

表 B.0.7－2 电器设备逐时使用率（%）

		时　间											
建筑类别		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
办公建筑	工作日	0	0	0	0	0	0	10	50	95	95	95	50
	节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾馆建筑	全　年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
商场建筑	全　年	0	0	0	0	0	0	0	30	50	80	80	80
		时　间											
建筑类别		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
办公建筑	工作日	50	95	95	95	95	30	30	0	0	0	0	0
	节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾馆建筑	全　年	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80	0	0
商场建筑	全　年	80	80	80	80	80	80	80	70	50	0	0	0

B.0.8 参照建筑与所设计建筑的空气调节和采暖能耗应采用同一个动态计算软件计算。

B.0.9　应采用典型气象年数据计算参照建筑与所设计建筑的空气调节和采暖能耗。

附录 C　建筑物内空气调节冷、热水管的经济绝热厚度

C.0.1　建筑物内空气调节冷、热水管的经济绝热厚度可按表 C.0.1 选用。

表 C.0.1　建筑物内空气调节冷、热水管的经济绝热厚度

管道类型 \ 绝热材料	离心玻璃棉		柔性泡沫橡塑	
	公称管径（mm）	厚度（mm）	公称管径（mm）	厚度（mm）
单冷管道（管内介质温度 7℃～常温）	≤ *DN*32	25	按防结露要求计算	
	*DN*40～*DN*100	30		
	≥ *DN*125	35		
热或冷热合用管道（管内介质温度 5～60℃）	≤ *DN*40	35	≤ *DN*50	25
	*DN*50～*DN*100	40	*DN*70～*DN*150	28
	*DN*125～*DN*250	45	≥ *DN*200	32
	≥ *DN*300	50		
热或冷热合用管道（管内介质温度 0～95℃）	≤ *DN*50	50	不适宜使用	
	*DN*70～*DN*150	60		
	≥ *DN*200	70		

注：1　绝热材料的导热系数 λ：

离心玻璃棉：$\lambda = 0.033 + 0.00023 t_m$ [W/（m·K）]

柔性泡沫橡塑：$\lambda = 0.03375 + 0.0001375 t_m$ [W/（m·k）]

式中　t_m——绝热层的平均温度（℃）。

2　单冷管道和柔性泡沫橡塑保冷的管道均应进行防结露要求验算。

本标准用词说明

1　为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的：

采用“可”。

2 标准中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。

公共建筑节能设计标准

GB 50189—2005

条文说明

1　总　　则

1.0.1　我国建筑用能已超过全国能源消费总量的1/4，并将随着人民生活水平的提高逐步增加到1/3以上。公共建筑用能数量巨大，浪费严重。制定并实施公共建筑节能设计标准，有利于改善公共建筑的热环境，提高暖通空调系统的能源利用效率，从根本上扭转公共建筑用能严重浪费的状况，为实现国家节约能源和保护环境的战略，贯彻有关政策和法规作出贡献。

我国已经编制了北方严寒和寒冷地区、中部夏热冬冷地区和南方夏热冬暖地区的居住建筑节能设计标准，并已先后发布实施。按照节能工作从居住建筑向公共建筑发展的部署，编制出公共建筑节能设计标准，以适应节能工作不断进展的需要。

1.0.2　建筑划分为民用建筑和工业建筑。民用建筑又分为居住建筑和公共建筑。公共建筑则包含办公建筑（包括写字楼、政府部门办公楼等），商业建筑（如商场、金融建筑等），旅游建筑（如旅馆饭店、娱乐场所等），科教文卫建筑（包括文化、教育、科研、医疗、卫生、体育建筑等），通信建筑（如邮电、通讯、广播用房）以及交通运输用房（如机场、车站建筑等）。目前中国每年竣工建筑面积约为20亿m^2，其中公共建筑约有4亿m^2。在公共建筑中，尤以办公建筑、大中型商场，以及高档旅馆饭店等几类建筑，在建筑的标准、功能及设置全年空调采暖系统等方面有许多共性，而且其采暖空调能耗特别高，采暖空调节能潜力也最大。

在公共建筑（特别是大型商场、高档旅馆酒店、高档办公楼等）的全年能耗中，大约50%～60%消耗于空调制冷与采暖系统，20%～30%用于照明。而在空调采暖这部分能耗中，大约20%～50%由外围护结构传热所消耗

（夏热冬暖地区大约 20%，夏热冬冷地区大约 35%，寒冷地区大约 40%，严寒地区大约 50%）。从目前情况分析，这些建筑在围护结构、采暖空调系统，以及照明方面，共有节约能源 50%的潜力。

对全国新建、扩建和改建的公共建筑，本标准提出了节能要求，并从建筑、热工以及暖通空调设计方面提出控制指标和节能措施。

1.0.3 各类公共建筑的节能设计，必须根据当地的具体气候条件，首先保证室内热环境质量，提高人民的生活水平；与此同时，还要提高采暖、通风、空调和照明系统的能源利用效率，实现国家的可持续发展战略和能源发展战略，完成本阶段节能 50%的任务。

公共建筑能耗应该包括建筑围护结构以及采暖、通风、空调和照明用能源消耗。本标准所要求的 50%的节能率也同样包含上述范围的节能成效。由于已发布《建筑照明设计标准》GB 50034—2004，建筑照明节能的具体指标及技术措施执行该标准的规定。

本标准提出的 50%节能目标，是有其比较基准的。即以 20 世纪 80 年代改革开放初期建造的公共建筑作为比较能耗的基础，称为“基准建筑（Baseline）”。“基准建筑”围护结构、暖通空调设备及系统、照明设备的参数，都按当时情况选取。在保持与目前标准约定的室内环境参数的条件下，计算“基准建筑”全年的暖通空调和照明能耗，将它作为 100%。我们再将这“基准建筑”按本标准的规定进行参数调整，即围护结构、暖通空调、照明参数均按本标准规定设定，计算其全年的暖通空调和照明能耗，应该相当于 50%。这就是节能 50%的内涵。

“基准建筑”围护结构的构成、传热系数、遮阳系数，按照以往 20 世纪 80 年代传统做法，即外墙 K 值取 1.28W/（m^2·K）（哈尔滨）；1.70W/（m^2·K）（北京）；2.00W/（m^2·K）（上海）；2.35W/（m^2·K）（广州）。屋顶 K 值取 0.77W/（m^2·K）（哈尔滨）；1.26W/（m^2·K）（北京）；1.50W/（m^2·K）（上海）；1.55W/（m^2·K）（广州）。外窗 K 值取 3.26W/（m^2·K）（哈尔滨）；6.40W/（m^2·K）（北京）；6.40W/（m^2·K）（上海）；6.40W/（m^2·K）（广州），遮阳系数 SC 均取 0.80。采暖热源设定燃煤锅炉，其效率为 0.55；空调冷源设定为水冷机组，离心机能效比 4.2，螺杆机能效比 3.8；照明参数取 25W/m^2。

本标准节能目标 50%由改善围护结构热工性能，提高空调采暖没备和照

明设备效率来分担。照明设备效率节能目标参数按《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 确定。本标准中对围护结构、暖通空调方面的规定值，就是在设定“基准建筑”全年采暖空调和照明的能耗为 100%情况下，调整围护结构热工参数，以及采暖空调设备能效比等设计要素，直至按这些参数设计建筑的全年采暖空调和照明的能耗下降到 50%，即定为标准规定值。

当然，这种全年采暖空调和照明的能耗计算，只可能按照典型模式运算，而实际情况是极为复杂的。因此，不能认为所有公共建筑都在这样的模式下运行。

通过编制标准过程中的计算、分析，按本标准进行建筑设计，由于改善了围护结构热工性能，提高了空调采暖设备和照明设备效率，从北方至南方，围护结构分担节能率约 25%～13%；空调采暖系统分担节能率约 20%～16%；照明设备分担节能率约 7%～18%。由此可见，执行本标准后，全国总体节能率可达到 50%。

1.0.4　本标准对公共建筑的建筑、热工以及采暖、通风和空调设计中应该控制的、与能耗有关的指标和应采取的节能措施作出了规定。但公共建筑节能涉及的专业较多，相关专业均制定有相应的标准，并作出了节能规定。在进行公共建筑节能设计时，除应符合本标准外，尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2　术　　语

2.0.1　透明幕墙专指可见光可以直接透过它而进入室内的幕墙。除玻璃外透明幕墙的材料也可以是其他透明材料。在本标准中，设置在常规的墙体外侧的玻璃幕墙不作为透明幕墙处理。

2.0.3　空调系统运行时，除了通过运行台数组合来适应建筑冷量需求和节能外，在相当多的情况下，冷水机组处于部分负荷运行状态，为了控制机组部分负荷运行时的能耗，有必要对冷水机组的部分负荷时的性能系数作出一定的要求。参照国外的一些情况，本标准提出了用综合部分负荷性能系数（IPLV）来评价。它用一个单一数值表示的空气调节用冷水机组的部分负荷效率指标，基于机组部分负荷时的性能系数值、按照机组在各种负荷下运行时间的加权因素，通过计算获得。根据国家标准《蒸气压缩循环冷水（热

泵）机组工商业用和类似用途的冷水（热泵）机组》GB/T 18430.1—2001 确定部分负荷下运行的测试工况；根据建筑类型、我国气候特征确定部分负荷下运行时间的加权值。

2.0.4 围护结构热工性能权衡判断是一种性能化的设计方法。为了降低空气调节和采暖能耗，本标准对建筑物的体形系数、窗墙比以及围护结构的热工性能规定了许多刚性的指标。所设计的建筑有时不能同时满足所有这些规定的指标，在这种情况下，可以通过不断调整设计参数并计算能耗，最终达到所设计建筑全年的空气调节和采暖能耗不大于参照建筑的能耗的目的。这种过程在本标准中称之为权衡判断。

2.0.5 参照建筑是进行围护结构热工性能权衡判断时，作为计算全年采暖和空调能耗用的假想建筑，参照建筑的形状、大小、朝向以及内部的空间划分和使用功能与所设计建筑完全一致，但围护结构热工参数和体形系数、窗墙比等重要参数应符合本标准的刚性规定。

3 室内环境节能设计计算参数

3.0.1 目前，业主、设计人员往往在取用室内设计参数时选用过高的标准，要知道，温湿度取值的高低，与能耗多少有密切关系，在加热工况下，室内计算温度每降低 1℃，能耗可减少 5% ~ 10%；在冷却工况下，室内计算温度每升高 1℃，能耗可减少 8% ~ 10%。为了节省能源，应避免冬季采用过高的室内温度，夏季采用过低的室内温度，特规定了建议的室内设计参数值，供设计人员参考。

本条文中列出的参数用于提醒设计人员取用合适的设计计算参数，并应用于冷（热）负荷计算。至于在应用权衡判断法计算参照建筑和所设计建筑的全年能耗时，可以应用此设计计算参数。如果计算资料不全，也可以应用附录 C 中约定的参数于参照建筑和所设计建筑中，因为权衡判断法计算只是用于获得围护结构的热工限值，并不表示建筑使用时的实际运行情况。

本条文中的参数参考《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019—2003 和《全国民用建筑工程设计技术措施——暖通空调·动力》中有关内容，并根据工程实际应用情况提出的建议性意见，目的是从确保室内舒适环境的前提下，选取合理设计计算参数，达到节能的效果。

3.0.2　空调系统需要的新风主要有两个用途：一是稀释室内有害物质的浓度，满足人员的卫生要求；二是补充室内排风和保持室内正压。前者的指示性物质是 CO_2，使其日平均值保持在 0.1% 以内；后者通常根据风平衡计算确定。

参考美国采暖制冷空调工程师学会标准 ASHRAE 62—2001《Ventilation for acceptable indoor ari quality》第 6.1.3.4 条，对于出现最多人数的持续时间少于 3h 的房间，所需新风量可按室内的平均人数确定，该平均人数不应少于最多人数的 1/2。例如，一个设计最多容纳人数为 100 人的会议室，开会时间不超过 3h，假设平均人数为 60 人，则该会议室的新风量可取：$30m^3/(h\cdot p)\times 60p = 1800m^3/h$，而不是按 $30m^3/(h\cdot p)\times 100p = 3000m^3/h$ 计算。另外假设平均人数为 40 人，则该会议室的新风量可取：$30m^3/(h\cdot p)\times 50p = 1500m^3/h$。

由于新风量的大小不仅与能耗、初投资和运行费用密切相关，而且关系到保证人体的健康。本标准给出的新风量，汇总了国内现行有关规范和标准的数据，并综合考虑了众多因素，一般不应随意增加或减少。

4　建筑与建筑热工设计

4.1　一般规定

4.1.1　建筑的规划设计是建筑节能设计的重要内容之一，要对建筑的总平面布置、建筑平、立、剖面形式、太阳辐射、自然通风等气候参数对建筑能耗的影响进行分析。也就是说在冬季最大限度地利用自然能来取暖，多获得热量和减少热损失；夏季最大限度地减少得热并利用自然能来降温冷却，以达到节能的目的。

朝向选择的原则是冬季能获得足够的日照并避开主导风向，夏季能利用自然通风并防止太阳辐射。然而建筑的朝向、方位以及建筑总平面设计应考虑多方面的因素，尤其是公共建筑受到社会历史文化、地形、城市规划、道路、环境等条件的制约，要想使建筑物的朝向对夏季防热、冬季保温都很理想是有困难的，因此，只能权衡各个因素之间的得失轻重，选择出这一地区建筑的最佳朝向和较好的朝向。通过多方面的因素分析、优化建筑的规划设

计，采用本地区建筑最佳朝向或适宜的朝向，尽量避免东西向日晒。

4.1.2 强制性条文。严寒和寒冷地区建筑体形的变化直接影响建筑采暖能耗的大小。建筑体形系数越大，单位建筑面积对应的外表面面积越大，传热损失就越大。但是，体形系数的确定还与建筑造型、平面布局、采光通风等条件相关。体形系数限值规定过小，将制约建筑师的创造性，可能使建筑造型呆板，平面布局困难，甚至损害建筑功能。因此，如何合理地确定建筑形状，必须考虑本地区气候条件，冬、夏季太阳辐射强度、风环境、围护结构构造形式等各方面的因素。应权衡利弊，兼顾不同类型的建筑造型，尽可能地减少房间的外围护面积，使体形不要太复杂，凹凸面不要过多，以达到节能的目的。

在严寒和寒冷地区，如果所设计建筑的体形系数不能满足规定的要求，突破了 0.40 这个限值，则必须按本标准第 4.3 节的规定对该建筑进行权衡判断。进行权衡判断时，参照建筑的体形系数必须符合本条文的规定。

在夏热冬冷和夏热冬暖地区，建筑体形系数对空调和采暖能耗也有一定的影响，但由于室内外的温差远不如严寒和寒冷地区大，尤其是对部分内部发热量很大的商场类建筑，还有个夜间散热问题，所以不对体形系数提出具体的要求。

4.2 围护结构热工设计

4.2.1 本标准采用《民用建筑热工设计规范》GB 50176—93 的气候分区，其中又将严寒地区细分成 A、B 两个区。

4.2.2 强制性条文。由于我国幅员辽阔，各地气候差异很大。为了使建筑物适应各地不同的气候条件，满足节能要求，应根据建筑物所处的建筑气候分区，确定建筑围护结构合理的热工性能参数。编制本标准时，建筑围护结构的传热系数限值系按如下方法确定的：采用 DOE－2 程序，将“基准”建筑模型置于我国不同地区进行能耗分析，以现有的建筑能耗基数上再节约 50%作为节能标准的目标，不断降低建筑围护结构的传热系数（同时也考虑采暖空调系统的效率提高和照明系统的节能），直至能耗指标的降低达到上述目标为止，这时的传热系数就是建筑围护结构传热系数的限值。确定建筑围护结构传热系数的限值时也从工程实践的角度考虑了可行性、合理性。

外墙的传热系数采用平均传热系数，即按面积加权法求得的传热系数，

主要是必须考虑围护结构周边混凝土梁、柱、剪力墙等“热桥”的影响，以保证建筑在冬季采暖和夏季空调时，通过围护结构的传热量不超过标准的要求，不至于造成建筑耗热量或耗冷量的计算值偏小，使设计的建筑物达不到预期的节能效果。

北方严寒、寒冷地区主要考虑建筑的冬季防寒保温，建筑围护结构传热系数对建筑的采暖能耗影响很大。因此，在严寒、寒冷地区对围护结构传热系数的限值要求较高，同时为了便于操作，按气候条件细分成三片，以规定性指标作为节能设计的主要依据。

夏热冬冷地区既要满足冬季保温又要考虑夏季的隔热，不同于北方采暖建筑主要考虑单向的传热过程。上海、南京、武汉、重庆、成都等地节能居住建筑试点工程的实际测试数据和 DOE－2 程序能耗分析的结果都表明，在这一地区当改变围护结构传热系数时，随着 K 值的减少，能耗指标的降低并非按线性规律变化，对于公共建筑（办公楼、商场、宾馆等）当屋面 K 值降为 0.8W/（m^2·K），外墙平均 K 值降为 1.1W/（m^2·K）时，再减小 K 值对降低建筑能耗已不明显，如图 4.2.2 所示。因此，本标准考虑到以上因素，认为屋面 K 值定为 0.7W/（m^2·K），外墙 K 值为 1.0W/（m^2·K），在目前情况下对整个地区都是比较适合的。

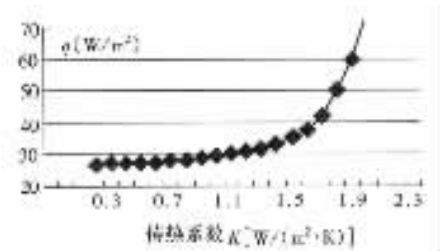


图 4.2.2　外墙传热系数变化对能耗指标的影响

夏热冬暖地区主要考虑建筑的夏季隔热，太阳辐射对建筑能耗的影响很大。太阳辐射通过窗进入室内的热量是造成夏季室内过热的主要原因，同时还要考虑在自然通风条件下建筑热湿过程的双向传递，不能简单地采用降低墙体、屋面、窗户的传热系数，增加保温隔热材料厚度来达到节约能耗的目的，因此，在围护结构传热系数的限值要求上也就有所不同。

对于非透明幕墙，如金属幕墙、石材幕墙等幕墙，没有透明玻璃幕墙所要求的自然采光、视觉通透等功能要求，从节能的角度考虑，应该作为实墙

对待。此类幕墙采取保温隔热措施也较容易实现。

在表 4.2.2－6 中对地面和地下室外墙的热阻 R 作出了规定。

在北方严寒和寒冷地区，如果建筑物地下室外墙的热阻过小，墙的传热量会很大，内表面尤其是墙角部位容易结露。同样，如果与土壤接触的地面热阻过小，地面的传热量也会很大，地表面也容易结露或产生冻脚现象。因此，从节能和卫生的角度出发，要求这些部位必须达到防止结露或产生冻脚的热阻值。

在夏热冬冷、夏热冬暖地区，由于空气湿度大，墙面和地面容易返潮。在地面和地下室外墙做保温层增加地面和地下室外墙的热阻，提高这些部位内表面温度，可减少地表面和地下室外墙内表面温度与室内空气温度间的温差，有利于控制和防止地面和墙面的返潮。因此对地面和地下室外墙的热阻作出了规定。

4.2.3 由于围护结构中窗过梁、圈梁、钢筋混凝土抗震柱、钢筋混凝土剪力墙、梁、柱等部位的传热系数远大于主体部位的传热系数，形成热流密集通道，即为热桥。本条规定的目的主要是防止冬季采暖期间热桥内外表面温差小，内表面温度容易低于室内空气露点温度，造成围护结构热桥部位内表面产生结露；同时也避免夏季空调期间这些部位传热过大增加空调能耗。内表面结露，会造成围护结构内表面材料受潮，影响室内环境。因此，应采取保温措施，减少围护结构热桥部位的传热损失。

4.2.4 强制性条文。每个朝向窗墙面积比是指每个朝向外墙面上的窗、阳台门及幕墙的透明部分的总面积与所在朝向建筑的外墙面的总面积（包括该朝向上的窗、阳台门及幕墙的透明部分的总面积）之比。

窗墙面积比的确定要综合考虑多方面的因素，其中最主要的是不同地区冬、夏季日照情况（日照时间长短、太阳总辐射强度、阳光入射角大小）、季风影响、室外空气温度、室内采光设计标准以及外窗开窗面积与建筑能耗等因素。一般普通窗户（包括阳台门的透明部分）的保温隔热性能比外墙差很多，窗墙面积比越大，采暖和空调能耗也越大。因此，从降低建筑能耗的角度出发，必须限制窗墙面积比。

由于我国幅员辽阔，南北方、东西部地区气候差异很大。窗、透明幕墙对建筑能耗高低的影响主要有两个方面，一是窗和透明幕墙的热工性能影响到冬季采暖、夏季空调室内外温差传热；另外就是窗和幕墙的透明材料（如

玻璃）受太阳辐射影响而造成的建筑室内的得热。冬季，通过窗口和透明幕墙进入室内的太阳辐射有利于建筑的节能，因此，减小窗和透明幕墙的传热系数抑制温差传热是降低窗口和透明幕墙热损失的主要途径之一；夏季，通过窗口透明幕墙进入室内的太阳辐射成为空调降温的负荷，因此，减少进入室内的太阳辐射以及减小窗或透明幕墙的温差传热都是降低空调能耗的途径。由于不同纬度、不同朝向的墙面太阳辐射的变化很复杂，墙面日辐射强度和峰值出现的时间是不同的，因此，不同纬度地区窗墙面积比也应有所差别。

在严寒和寒冷地区，采暖期室内外温差传热的热量损失占主导地位。因此，对窗和幕墙的传热系数的要求高于南方地区。反之，在夏热冬暖和夏热冬冷地区，空调期太阳辐射得热所引起的负荷可能成为了主要矛盾，因此，对窗和幕墙的玻璃（或其他透明材料）的遮阳系数的要求高于北方地区。

近年来公共建筑的窗墙面积比有越来越大的趋势，这是由于人们希望公共建筑更加通透明亮，建筑立面更加美观，建筑形态更为丰富。本条文把窗墙面积比的上限定为 0.7 已经是充分考虑了这种趋势。某个立面即使是采用全玻璃幕墙，扣除掉各层楼板以及楼板下面梁的面积（楼板和梁与幕墙之间的间隙必须放置保温隔热材料），窗墙比一般不会再超过 0.7。

但是，与非透明的外墙相比，在可接受的造价范围内，透明幕墙的热工性能相差得较多。因此，不宜提倡在建筑立面上大面积应用玻璃（或其他透明材料的）幕墙。如果希望建筑的立面有玻璃的质感，提倡使用非透明的玻璃幕墙，即玻璃的后面仍然是保温隔热材料和普通墙体。

当建筑师追求通透、大面积使用透明幕墙时，要根据建筑所处的气候区和窗墙比选择玻璃（或其他透明材料），使幕墙的传热系数和玻璃（或其他透明材料）的遮阳系数符合本标准第 4.2.2 条的几个表的规定。虽然玻璃等透明材料本身的热工性能很差，但近年来这些行业的技术发展很快，镀膜玻璃（包括 Low－E 玻璃）、中空玻璃等产品丰富多彩，用这些高性能玻璃组成幕墙的技术也已经很成熟，如采用 Low－E 中空玻璃、填充惰性气体、暖边间隔技术和“断热桥”型材龙骨或双层皮通风式幕墙完全可以把玻璃幕墙的传热系数由普通单层玻璃的 6.0W/（m^2·K）以上降到 1.5W/（m^2·K）。在玻璃间层中设百叶或格栅则可使玻璃幕墙具有良好的遮阳隔热性能。

在第 4.2.2 条的几个表中对严寒地区的窗户（或透明幕墙）和寒冷地区

北向的窗户（或透明幕墙），未提出遮阳系数的限制值，此时应选用遮阳系数大的玻璃（或其他透明材料），以利于冬季充分利用太阳辐射热。对窗墙比比较小的情况，也未提出遮阳系数的限制，此时选用玻璃（或其他透明材料）应更多地考虑室内的采光效果。

第 4.2.2 条的几个表对幕墙的热工性能的要求是按窗墙面积比的增加而逐步提高的，当窗墙面积比较大时，对幕墙的热工性能的要求比目前实际应用的幕墙要高，这当然会造成幕墙造价有所增加，但这是既要建筑物具有通透感又要保证节约采暖空调系统消耗的能源所必须付出的代价。

本标准允许采用“面积加权”的原则，使某朝向整个玻璃（或其他透明材料）幕墙的热工性能达到第 4.2.2 条的几个表中的要求。例如某宾馆大厅的玻璃幕墙没有达到要求，可以通过提高该朝向墙面上其他玻璃（或其他透明材料）热工性能的方法，使该朝向整个墙面的玻璃（或其他透明材料）幕墙达标。

本条规定对公共建筑达到节能的目标是关键性的、非常重要的。如果所设计的建筑满足不了规定性指标的要求，突破了限值，则必须按本标准第 4.3 节的规定对该建筑进行权衡判断。权衡判断时，参照建筑的窗墙面积比、窗的传热系数等必须遵守本条规定。

4.2.5 公共建筑的窗墙面积比较大，因而太阳辐射对建筑能耗的影响很大。为了节约能源，应对窗口和透明幕墙采取外遮阳措施，尤其是南方办公建筑和宾馆更要重视遮阳。

大量的调查和测试表明，太阳辐射通过窗进入室内的热量是 造成夏季室内过热的主要原因。日本、美国、欧洲以及香港等国家和地区都把提高窗的热工性能和阳光控制作为夏季防热以及建筑节能的重点，窗外普遍安装有遮阳设施。我国现有的窗户传热系数普遍偏大，空气渗透严重，而且大多数建筑无遮阳设施。因此，在第 4.2.2 条的几个表中对外窗和透明幕墙的遮阳系数应作出明确的规定。当窗和透明幕墙设有外部遮阳时，表中的遮阳系数应该是外部遮阳系数和玻璃（或其他透明材料）遮阳系数的乘积。

以夏热冬冷地区 6 层砖混结构试验建筑为例，南向四层一房间大小为 6.1m（进深）×3.9m（宽）×2.8m（高），采用 1.5m×1.8m 单框铝合金窗在夏季连续空调时，计算不同负荷逐时变化曲线，可以看出通过实体墙的传热量仅占整个墙面传热量的 30%，通过窗的传热量所占比例最大，而且在通

过窗的传热中，主要是太阳辐射得热，温差传热部分并不大，如图 4.2.5－1、图 4.2.5－2 所示。因此，应该把窗的遮阳作为夏季节能措施一个重点来考虑。

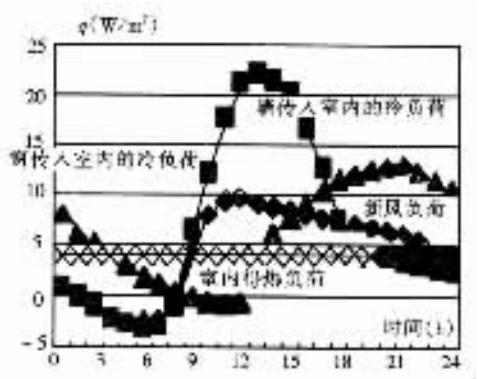


图 4.2.5－1　不同负荷变化曲线

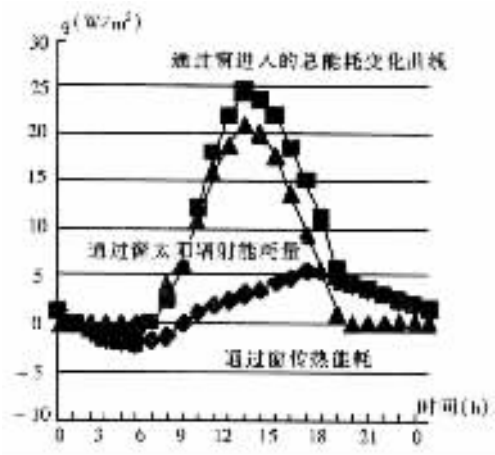


图 4.2.5－2　窗的能耗指标变化曲线

由于我国幅员辽阔，南北方如广州、武汉、北京等地区、东西部如上海、重庆、西安、兰州、乌鲁木齐等地气候条件各不相同，因此在附录 B 中对外窗和透明幕墙遮阳系数的要求也有所不同。

夏季，南方水平面太阳辐射强度可高达 1000W/m² 以上，在这种强烈的太阳辐射条件下，阳光直射到室内，将严重地影响建筑室内热环境，增加建筑空调能耗。因此，减少窗的辐射传热是建筑节能中降低窗口得热的主要途

径。应采取适当遮阳措施，防止直射阳光的不利影响。而且夏季不同朝向墙面辐射日变化很复杂，不同朝向墙面日辐射强度和峰值出现的时间不同，因此，不同的遮阳方式直接影响到建筑能耗的大小。

在严寒地区，阳光充分进入室内，有利于降低冬季采暖能耗。这一地区采暖能耗在全年建筑总能耗中占主导地位，如果遮阳设施阻挡了冬季阳光进入室内，对自然能源的利用和节能是不利的。因此，遮阳措施一般不适用于北方严寒地区。

在夏热冬冷地区，窗和透明幕墙的太阳辐射得热在夏季增大了空调负荷，冬季则减小了采暖负荷，应根据负荷分析确定采取何种形式的遮阳。一般而言，外卷帘或外百叶式的活动遮阳实际效果比较好。

4.2.6 强制性条文。夏季屋顶水平面太阳辐射强度最大，屋顶的透明面积越大，相应建筑的能耗也越大，因此对屋顶透明部分的面积和热工性能应予以严格的限制。

由于公共建筑形式的多样化和建筑功能的需要，许多公共建筑设计有室内中庭，希望在建筑的内区有一个通透明亮，具有良好的微气候及人工生态环境的公共空间。但从目前已经建成工程来看，大量的建筑中庭的热环境不理想且能耗很大，主要原因是中庭透明材料的热工性能较差，传热损失和太阳辐射得热过大。1988 年 8 月深圳建筑科学研究所对深圳一公共建筑中庭进行现场测试，中庭四层内走廊气温达到 40℃以上，平均热舒适值 $PMV \geqslant 2.63$，即使采用空调室内也无法达到人们所要求的舒适温度。

对于那些需要视觉、采光效果而加大屋顶透明面积的建筑，如果所设计的建筑满足不了规定性指标的要求，突破了限值，则必须按本标准第 4.3 节的规定对该建筑进行权衡判断。权衡判断时，参照建筑的屋顶透明部分面积和热工性能必须符合本条的规定。

4.2.7 建筑中庭空间高大，在炎热的夏季，中庭内的温度很高。应考虑在中庭上部的侧面开设一些窗户或其他形式的通风口，充分利用自然通风，达到降低中庭温度的目的。必要时，应考虑在中庭上部的侧面设置排风机加强通风，改善中庭热环境。

4.2.8 公共建筑一般室内人员密度比较大，建筑室内空气流动，特别是自然、新鲜空气的流动，是保证建筑室内空气质量符合国家有关标准的关键。无论在北方地区还是在南方地区，在春、秋季节和冬、夏季的某些时段普遍

有开窗加强房间通风的习惯，这也是节能和提高室内热舒适性的重要手段。外窗的可开启面积过小会严重影响建筑室内的自然通风效果，本条规定是为了使室内人员在较好的室外气象条件下，可以通过开启外窗通风来获得热舒适性和良好的室内空气品质。

近来有些建筑为了追求外窗的视觉效果和建筑立面的设计风格，外窗的可开启率有逐渐下降的趋势，有的甚至使外窗完全封闭，导致房间自然通风不足，不利于室内空气流通和散热，不利于节能。例如在我国南方地区通过实测调查与计算机模拟：当室外干球温度不高于 28℃，相对湿度 80%以下，室外风速在 1.5m/s 左右时，如果外窗的可开启面积不小于所在房间地面面积的 8%，室内大部分区域基本能达到热舒适性水平；而当室内通风不畅或关闭外窗，室内干球温度 26℃，相对湿度 80%左右时，室内人员仍然感到有些闷热。人们曾对夏热冬暖地区典型城市的气象数据进行分析，从 5 月到 10 月，室外平均温度不高于 28℃的天数占每月总天数，有的地区高达 60%～70%，最热月也能达到 10%左右，对应时间段的室外风速大多能达到 1.5m/s 左右。所以做好自然通风气流组织设计，保证一定的外窗可开启面积，可以减少房间空调设备的运行时间，节约能源，提高舒适性。为了保证室内有良好的自然通风，明确规定外窗的可开启面积不应小于窗面积的 30%是必要的。

4.2.9　公共建筑的性质决定了它的外门开启频繁。在严寒和寒冷地区的冬季，外门的频繁开启造成室外冷空气大量进入室内，导致采暖能耗增加。设置门斗可以避免冷风直接进入室内，在节能的同时，也提高门厅的热舒适性。除了严寒和寒冷地区之外，其他气候区也存在着相类似的现象，因此也应该采取各种可行的节能措施。

4.2.10　公共建筑一般室内热环境条件比较好，为了保证建筑的节能，要求外窗具有良好的气密性能，以抵御夏季和冬季室外空气过多地向室内渗漏，因此对外窗的气密性能要有较高的要求。

4.2.11　目前国内的幕墙工程，主要考虑幕墙围护结构的结构安

全性、日光照射的光环境、隔绝噪声、防止雨水渗透以及防火安全等方面的问题，较少考虑幕墙围护结构的保温隔热、冷凝等热工节能问题。为了节约能源，必须对幕墙的热工性能有明确的规定。这些规定已经体现在条文 4.2.2 中。

由于透明幕墙的气密性能对建筑能耗也有较大的影响，为了达到节能目标，本条文对透明幕墙的气密性也作了明确的规定。

4.3 围护结构热工性能的权衡判断

4.3.1 公共建筑的设计往往着重考虑建筑外形立面和使用功能，有时难以完全满足第 4 章条款的要求，尤其是玻璃幕墙建筑的“窗墙比”和对应的玻璃热工性能很可能突破第 4.2.2 条的限制。为了尊重建筑师的创造性工作，同时又使所设计的建筑能够符合节能设计标准的要求，引入建筑围护结构的总体热工性能是否达到要求的权衡判断。权衡判断不拘泥于建筑围护结构各个局部的热工性能，而是着眼于总体热工性能是否满足节能标准的要求。

4.3.2 权衡判断是一种性能化的设计方法，具体做法就是先构想出一栋虚拟的建筑，称之为参照建筑，然后分别计算参照建筑和实际设计的建筑的全年采暖和空调能耗，并依照这两个能耗的比较结果作出判断。当实际设计的建筑的能耗大于参照建筑的能耗时，调整部分设计参数（例如提高窗户的保温隔热性能，缩小窗户面积等等），重新计算所设计建筑的能耗，直至设计建筑的能耗不大于参照建筑的能耗为止。

每一栋实际设计的建筑都对应一栋参照建筑。与实际设计的建筑相比，参照建筑除了在实际设计建筑不满足本标准的一些重要规定之处作了调整外，其他方面都相同。参照建筑在建筑围护结构的各个方面均应完全符合本节能设计标准的规定。

4.3.3 建筑形状、大小、朝向以及内部的空间划分和使用功能都与采暖和空调能耗直接相关，因此在这些方面参照建筑必须与所设计建筑完全一致。在形状、朝向、内部空间划分和使用功能等都确定的条件下，建筑的体形系数和外立面的窗墙面积比对采暖和空调能耗影响很大，因此参照建筑的体形系数和窗墙面积比分别符合第 4.1.2 条和第 4.2.4 条的规定是非常重要的。当所设计建筑的体形系数大于第 4.1.2 条的规定时，本条规定要缩小参照建筑每面外墙尺寸只是一种计算措施，并不真正去调整所设计建筑的体形系数。当所设计建筑的体形系数小于第 4.1.2 条的规定时，参照建筑不作体形系数的调整。当所设计建筑的窗墙面积比小于第 4.2.4 条的规定时，参照建筑也不作窗墙面积比的调整。

4.3.4 权衡判断的核心是对参照建筑和实际所设计的建筑的采暖和空调能

耗进行比较并作出判断。用动态方法计算建筑的采暖和空调能耗是一个非常复杂的过程，很多细节都会影响能耗的计算结果。因此，为了保证计算的准确性，必须作出许多具体的规定。

需要指出的是，实施权衡判断时，计算出的并非是实际的采暖和空调能耗，而是某种“标准”工况下的能耗。本标准在规定这种“标准”工况时尽量使它接近实际工况。

5　采暖、通风和空气调节节能设计

5.1　一般规定

5.1.1　强制性条文。目前，有些设计人员错误地利用设计手册中供方案设计或初步设计时估算冷、热负荷用的单位建筑面积冷、热负荷指标，直接作为施工图设计阶段确定空调的冷、热负荷的依据。由于总负荷偏大，从而导致了装机容量偏大、管道直径偏大、水泵配置偏大、末端设备偏大的“四大”现象。其结果是初投资增高、能量消耗增加，给国家和投资人造成巨大损失，因此必须作出严格规定。国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019—2003 中 6.2.1 条已经对空调冷负荷必须进行逐时计算列为强制性条文，这里再重复列出，是为了要求设计人员必须执行。

5.1.2　严寒地区，由于采暖期长，不论是从节省能耗或节省运行费用来看，通常都是采用热水集中采暖系统更为合适。

寒冷地区公共建筑的冬季采暖问题，关系到很多因素，因此要求结合实际工程通过具体的分析比较、优选确定。

5.2　采　　暖

5.2.1　国家节能指令第四号明确规定：“新建采暖系统应采用热水采暖”。实践证明，采用热水作为热媒，不仅对采暖质量有明显的提高，而且便于进行节能调节。因此，明确规定应以热水为热媒。

5.2.2　在采暖系统南、北向分环布置的基础上，各向选择 2～3 个房间作为标准间，取其平均温度作为控制温度，通过温度调控调节流经各向的热媒流量或供水温度，不仅具有显著的节能效果，而且，还可以有效的平衡南、北

向房间因太阳辐射导致的温度差异，从根本上克服“南热北冷”的问题。

5.2.3 选择供暖系统制式的原则，是在保持散热器有较高散热效率的前提下，保证系统中除楼梯间以外的各个房间（供暖区），能独立进行温度调节。

由于公共建筑往往分区出售或出租，由不同单位使用；因此，在设计和划分系统时，应充分考虑实现分区热量计量的灵活性、方便性和可能性，确保实现按用热量多少进行收费。

5.2.4 散热器暗装在罩内时，不但散热器的散热量会大幅度减少；而且，由于罩内空气温度远远高于室内空气温度，从而使罩内墙体的温差传热损失大大增加。为此，应避免这种错误做法。

散热器暗装时，还会影响温控阀的正常工作。如工程确实需要暗装时（如幼儿园），则必须采用带外置式温度传感器的温控阀，以保证温控阀能根据室内温度进行工作。

实验证明：散热器外表面涂刷非金属性涂料时，其散热量比涂刷金属性涂料时能增加 10%左右。

另外，散热器的单位散热量、金属热强度指标（散热器在热媒平均温度与室内空气温度差为 1℃时，每 1kg 重散热器每小时所放散的热量）和单位散热量的价格这三项指标，是评价和选择散热器的主要依据，特别是金属热强度指标，是衡量同一材质散热器节能性和经济性的重要标志。

5.2.5 散热器的安装数量，应与设计负荷相适应，不应盲目增加。有些人以为散热器装得越多就越安全，殊不知实际效果并非如此；盲目增加散热器数量，不但浪费能源，还很容易造成系统热力失匀和水力失调，使系统不能正常供暖。

扣除室内明装管道的散热量，也是防止供热过多的措施之一。

5.2.6 公共建筑内的高大空间，如大堂、候车（机）厅、展厅等处的采暖，如果采用常规的对流采暖方式供暖时，室内沿高度方向会形成很大的温度梯度，不但建筑热损耗增大，而且人员活动区的温度往往偏低，很难保持设计温度。采用辐射供暖时，室内高度方向的温度梯度很小；同时，由于有温度和辐射照度的综合作用，既可以创造比较理想的热舒适环境，又可以比对流采暖时减少 15%左右的能耗，因此，应该提倡。

5.2.7 量化管理是节约能源的重要手段，按照用热量的多少来计收采暖费用，既公平合理，更有利于提高用户的节能意识。设置水力平衡配件后，可

以通过对系统水力分布的调整与设定，保持系统的水力平衡，保证获得预期的供暖效果。

5.2，8　本条的来源为《民用建筑节能设计标准》JCJ 26—95。但根据实际情况做了如下改动：

1　从实际情况来看，水泵功率采用在设计工况点的轴功率对公式的使用更为方便、合理，因此，将《民用建筑节能设计标准》JGJ 26—95 中“水泵铭牌轴功率”修改为“水泵在设计工况点的轴功率”。

2　《民用建筑节能设计标准》JGJ 26—95 中采用的是典型设计日的平均值指标。考虑到设计时确定供热水泵的全日运行小时数和供热负荷逐时计算存在较大的难度，因此在这里采用了设计状态下的指标。

3　规定了设计供/回水温度差$\triangle t$的取值要求，防止在设计过程中由于$\triangle t$区值偏小而影响节能效果。通常采暖系统宜采用 95/70℃的热水；由于目前常用的几种采暖用塑料管对水温的要求通常不能高于 80℃，因此对于系统中采用了塑料管时，系统的供/回水温度一般为 80/60℃。考虑到地板辐射采暖系统的$\triangle t$不宜大于 10℃，且地板辐射采暖系统在公共建筑中采用得不是很普遍，因此本条不针对地板辐射采暖系统。

5.3　通风与空气调节

5.3.1　温、湿度要求不同的空调区不应划分在同一个空调风系统中是空调风系统设计的一个基本要求，这也是多数设计人员都能够理解和考虑到的。但在实际工程设计中，一些设计人员有时忽视了不同空调区在使用时间等要求上的区别，出现把使用要求不同（比如明显地不同时使用）的空调区划分在同一空调风系统中的情况，不仅给运行与调节造成困难，同时也增大了能耗，为此强调应根据使用要求来划分空调风系统。

5.3.2　全空气空调系统具有易于改变新、回风比例，必要时可实现全新风运行从而获得较大的节能效益和环境效益，且易于集中处理噪声、过滤净化和控制空调区的温、湿度，设备集中，便于维修和管理等优点。并且在商场、影剧院、营业式餐厅、展厅、候机（车）楼、多功能厅、体育馆等建筑中，其主体功能房间空间较大、人员较多，通常也不需要再去分区控制各区域温度，因此宜采用全空气空调系统。

5.3.3　单风管送风方式与双风管送风方式相比，不仅占用建筑空间少、初

投资省，而且不会像双风管方式那样因为有冷、热风混合过程而造成能量损失，因此，当功能上无特殊要求时，应采用单风管送风方式。

5.3.4 变风量空调系统具有控制灵活、节能等特点，它能根据空调区负荷的变化，自动改变送风量；随着系统送风量的减少，风机的输送能耗相应减少。当全年内区需要送冷风时，它还可以通过直接采用低温全新风冷却的方式来节能。

5.3.5 风机的变风量途径和方法很多，考虑到变频调节通风机转速时的节能效果最好，所以推荐采用。本条文提到的风机是指空调机组内的系统送风机（也可能包括回风机）而不是变风量末端装置内设置的风机。对于末端装置所采用的风机来说，若采用变频方式时，应采取可靠的防止对电网造成电磁污染的技术措施。变风量空调系统在运行过程中，随着送风量的变化，送至空调区的新风量也相应改变。为了确保新风量能符合卫生标准的要求，同时为了使初调试能够顺利进行，根据满足最小新风量的原则，规定应在提供给甲方的设计文件中标明每个变风量末端装置必需的最小送风量。

5.3.6 空调系统设计时不仅要考虑到设计工况，而且应考虑全年运行模式。在过渡季，空调系统采用全新风或增大新风比运行，都可以有效地改善空调区内空气的品质，大量节省空气处理所需消耗的能量，应该大力推广应用。但要实现全新风运行，设计时必须认真考虑新风取风口和新风管所需的截面积，妥善安排好排风出路，并应确保室内必须保持的正压值。

应明确的是："过渡季"指的是与室内、外空气参数相关的一个空调工况分区范围，其确定的依据是通过室内、外空气参数的比较而定的。由于空调系统全年运行过程中，室外参数总是处于一个不断变化的动态过程之中，即使是夏天，在每天的早晚也有可能出现"过渡季"工况（尤其是全天 24h 使用的空调系统），因此，不要将"过渡季"理解为一年中自然的春、秋季节。

5.3.7 本条文系参考美国采暖制冷空调工程师学会标准 ASHRAE 62—2001 "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality"中第 6.3.1.1 条的内容。考虑到一些设计采用新风比最大的房间的新风比作为整个空调系统的新风比，这将导致系统新风比过大，浪费能源。采用上述计算公式将使得各房间在满足要求的新风量的前提下，系统的新风比最小，因此本条规定可以节约空调风系统的能耗。

举例说明式（5.3.7）的用法：

假定一个全空气空调系统为下表中的几个房间送风：

房间用途	在室人数	新风量（m^3/h）	总风量（m^3/h）	新风比（%）
办公室	20	680	3400	20
办公室	4	136	1940	7
会议室	50	1700	5100	33
接待室	6	156	3120	5
合　计	80	2672	13560	20

如果为了满足新风量需求最大的会议室，则须按该会议室的新风比设计空调风系统。其需要的总新风量变成：$13560 \times 33\% = 4475$（m^3/h），比实际需要的新风量（$2672m^3/h$）增加了67%。

现用式（5.3.7）计算，在上面的例子中，V_{ot} = 未知；$V_{st} = 13560m^3/h$；$V_{on} = 2672m^3/h$；$V_{oc} = 1700m^3/h$；$V_{sc} = 5100m^3/h$。因此可以计算得到：

$$Y = V_{ot}/V_{st} = V_{ot}/13560$$

$$X = V_{on}/V_{st} = 2672/13560 = 19.7\%$$

$$Z = V_{oc}/V_{sc} = 1700/5100 = 33.3\%$$

代入方程 $Y = \dfrac{X}{1 + X - Z}$ 中，得到

$$V_{ot}/13560 = 0.197/（1 + 0.197 - 0.333）= 0.228$$

可以得出 $V_{ot} = 3092m^3/h$。

5.3.8　二氧化碳并不是污染物，但可以作为室内空气品质的一个指标值。ASHRAE 62—2001 标准的第 6.2.1 条中阐述了“如果通风能够使室内 CO_2 浓度高出室外在 $7 \times 10^{-4} m^3/m^3$ 以内，人体生物散发方面的舒适性（气味）标准是可以满足的。”考虑到我国室内空气品质标准中没有采纳“室外 CO_2 浓度 $+ 7 \times 10^{-4} m^3/m^3$ = 室内允许浓度”的定义方法，因此参照 ASHRAE 62—2001 的条文作了调整。当房间内人员密度变化较大时，如果一直按照设计的较大的人员密度供应新风，将浪费较多的新风处理用冷、热量。我国有的建筑已采用了新风需求控制（如上海浦东国际机场候机大厅）。要注意的是，如果只变新风量、不变排风量，有可能造成部分时间室内负压，反而增加能耗，因此排风量也应适应新风量的变化以保持房间的正压。

5.3.9 采用人工冷、热源进行预热或预冷运行时新风系统应能关闭，其目的在于减少处理新风的冷、热负荷，节省能量消耗；在夏季的夜间或室外温度较低的时段，直接采用室外温度较低的空气对建筑进行预冷，是节省能耗的一个有效方法，应该推广应用。

5.3.10 建筑物外区和内区的负荷特性不同。外区由于与室外空气相邻，围护结构的负荷随季节改变有较大的变化；内区则由于远离围护结构，室外气候条件的变化对它几乎没有影响，常年需要供冷。冬季内、外区对空调的需求存在很大的差异，因此宜分别设计和配置空调系统。这样，不仅可以方便运行管理，获得最佳的空调效果，而且还可以避免冷热抵消，节省能源的消耗，减少运行费用。

对于办公建筑来说，办公室内、外区的划分标准与许多因素有关，其中房间分隔是一个重要的因素，设计中需要灵活处理。例如，如果在进深方向有明确的分隔，则分隔处一般为内、外区的分界线；房间开窗的大小、房间朝向等因素也对划分有一定影响。在设计没有明确分隔的大开间办公室时，根据国外有关资料介绍，通常可将距外围护结构 3～5m 的范围内划为外区，其所包容的为内区。为了设计尽可能满足不同的使用需求，也可以将上述从 3～5m 的范围作为过渡区，在空调负荷计算时，内、外区都计算此部分负荷，这样只要分隔线在 3～5m 之间变动，都是能够满足要求的。

5.3.11 水环热泵空调系统具有在建筑物内部进行冷热量转移的特点。对于冬季的建筑供热来说实际上是利用了建筑内部的发热量，从而减少了外部供给建筑的供热量需求，是一种节能的系统形式。但其运行节能的必要条件是在冬季建筑内部有较为稳定、可观的余热。在实际设计中，应进行供冷、余热和供热需求的热平衡计算，以确定是否设置辅助热源及其大小，并通过适当的经济技术比较后确定是否采用此系统。

5.3.12 如果新风经过风机盘管后送出，风机盘管的运行与否对新风量的变化有较大影响，易造成浪费或新风不足。

5.3.13 由于屋顶传热量较大，或者当吊顶内发热量较大以及高大吊顶空间（吊顶至楼板底的高度超过 1.0m）时，若采用吊顶内回风，使空调区域加大、空调能耗上升，不利于节能。

5.3.14 空调区域（或房间）排风中所含的能量十分可观，加以回收利用可以取得很好的节能效益和环境效益。长期以来，业内人士往往单纯地从经济

效益方面来权衡热回收装置的设置与否，若热回收装置投资的回收期稍长一些，就认为不值得采用。时至今日，人们考虑问题的出发点已提高到了保护全球环境这个高度，而节省能耗就意味着保护环境，这是人类面临的头等大事。在考虑其经济效益的同时，更重要的是必须考虑节能效益和环境效益。因此，设计时应优先考虑，尤其是当新风与排风采用专门独立的管道输送时，非常有利于设置集中的热回收装置。

除了考虑设计状态下新风与排风的温度差之外，过渡季使用空调的时间占全年空调总时间的比例也是影响排风热回收装置设置与否的重要因素之一。过渡季时间越长，相对来说全年回收的冷、热量越小。因此，还应根据当地气象条件，通过技术经济的合理分析来决定。

根据国内对一些热回收装置的实测，质量较好的热回收装置的效率普遍在 60%以上。

5.3.15　采用双向换气装置，让新风与排风在装置中进行显热或全热交换，可以从排出空气中回收 55%以上的热量和冷量，有较大的节能效果，因此应该提倡。人员长期停留的房间一般是指连续使用超过 3h 的房间。

5.3.16　粗、中效空气过滤器的参数引自国家标准《空气过滤器》GB/T 14295－1993。

由于全空气空调系统要考虑到空调过渡季全新风运行的节能要求，因此对其过滤器应有同样的要求——满足全新风运行的需要。

5.3.17　在现有的许多空调工程设计中，由于种种原因一些工程采用了土建风道（指用砖、混凝土、石膏板等材料构成的风道）。从实际调查结果来看，这种方式带来了相当多的隐患，其中最突出的问题就是漏风严重，而且由于大部分是隐蔽工程无法检查，导致系统调试不能正常进行，处理过的空气无法送到设计要求的地点，能量浪费严重。因此作出较严格的规定。

在工程设计中，也会因受条件限制或为了结合建筑的需求，存在一些用砖、混凝土、石膏板等材料构成的土建风道、回风竖井的情况；此外，在一些下送风方式（如剧场等）的设计中，为了管道的连接及与室内设计配合，有时也需要采用一些局部的土建式封闭空腔作为送风静压箱。因此本条文对这些情况不作严格限制。

同时由于混凝土等墙体的蓄热量大，没有绝热层的土建风道会吸收大量的送风能量，会严重影响空调效果，因此对这类土建风道或送风静压箱提出

严格的防漏风和绝热要求。

5.3.18 闭式循环系统不仅初投资比开式系统少，输送能耗也低，所以推荐采用。

在季节变化时只是要求相应作供冷/采暖空调工况转换的空调系统，采用两管制水系统，工程实践已充分证明完全可以满足使用要求，因此予以推荐。

规模（进深）大的建筑，由于存在负荷特性不同的外区和内区，往往存在需要同时分别供冷和供暖的情况，常规的两管制显然无法同时满足以上要求。这时，若采用分区两管制系统（分区两管制水系统，是一种根据建筑物的负荷特性，在冷热源机房内预先将空调水系统分为专供冷水和冷热合用的两个两管制系统的空调水系统制式），就可以在同一时刻分别对不同区域进行供冷和供热，这种系统的初投资比四管制低，管道占用空间也少，因此推荐采用。

采用一次泵方式时，管路比较简单，初投资也低，因此推荐采用。过去，一次泵与冷水机组之间都采用定流量循环，节能效果不大。近年来，随着制冷机的改进和控制技术的发展，通过冷水机组的水量已经允许在较大幅度范围内变化，从而为一次泵变流量运行创造了条件。为了节省更多的能量，也可采用一次泵变流量调节方式。但为了确保系统及设备的运行安全可靠，必须针对设计的系统进行充分的论证，尤其要注意的是设备（冷水机组）的变水量运行要求和所采用的控制方案及相关参数的控制策略。

当系统较大、阻力较高，且各环路负荷特性相差较大，或压力损失相差悬殊（差额大于 50kPa）时，如果采用一次泵方式，水泵流量和扬程要根据主机流量和最不利环路的水阻力进行选择，配置功率都比较大；部分负荷运行时，无论流量和水流阻力有多小，水泵（一台或多台）也要满负荷配合运行，管路上多余流量与压头只能采用旁通和加大阀门阻力予以消耗，因此输送能量的利用率较低，能耗较高。若采用二次泵方式，二次水泵的流量与扬程可以根据不同负荷特性的环路分别配置，对于阻力较小的环路来说可以降低二次泵的设置扬程（举例来说，在空调冷、热水泵中，扬程差值超过 50kPa 时，通常来说其配电机的安装容量会变化一档；同时，对于水阻力相差 50kPa 的环路来说，相当于输送距离 100m 或送回管道长度在 200m 左右），做到“量体裁衣”，极大地避免了无谓的浪费。而且二次泵的设置不影响制

冷主机规定流量的要求，可方便地采用变流量控制和各环路的自由启停控制，负荷侧的流量调节范围也可以更大；尤其当二次泵采用变频控制时，其节能效果更好。

冷水机组的冷水供、回水设计温差通常为 5℃。近年来许多研究结果表明：加大冷水供、回水设计温差对输送系统减少的能耗，大于由此导致的设备传热效率下降所增加的能耗，因此对于整个空调系统来说具有一定的节能效益，目前有的实际工程已用到 8℃温差，从其运行情况看也反映良好的节能效果。由于加大冷水供、回水温差需要设备的运行参数发生变化（不能按通常的 5℃温差选择），因此采用此方法时，应进行技术经济的分析比较后确定。

采用高位膨胀水箱定压，具有安全、可靠、消耗电力相对较少、初投资低等优点，因此推荐优先采用。

5.3.19　通常，空调系统冬季和夏季的循环水量和系统的压力损失相差很大，如果勉强合用，往往使水泵不能在高效率区运行，或使系统工作在小温差、大流量工况之下，导致能耗增大，所以一般不宜合用。但若冬、夏季循环水泵的运行台数及单台水泵的流量、扬程与冬、夏系统工况相吻合，冷水循环泵可以兼作热水循环泵使用。

5.3.20　做好冷却水系统的水处理，对于保证冷却水系统尤其是冷凝器的传热，提高传热效率有重要意义。

在目前的一些工程设计中，只片面考虑建筑外立面美观等原因，将冷却塔安装区域用建筑外装修进行遮挡，忽视了冷却塔通风散热的基本安装要求，对冷却效果产生了非常不利的影响，由此导致了冷却能力下降，冷水机组不能达到设计的制冷能力，只能靠增加冷水机组的运行台数等非节能方式来满足建筑空调的需求，加大了空调系统的运行能耗。因此，强调冷却塔的工作环境应在空气流通条件好的场所。

冷却塔的“飘水”问题是目前一个较为普遍的现象，过多的“飘水”导致补水量的增大，增加了补水能耗。在补水总管上设置水流量计量装置的目的就是要通过对补水量的计量，让管理者主动地建立节能意识，同时为政府管理部门监督管理提供一定的依据。

5.3.21　空调系统的送风温度通常应以 $h-d$ 图的计算为准。对于湿度要求不高的的舒适性空调而言，降低一些湿度要求，加大送风温差，可以达到很

好的节能效果。送风温差加大一倍，送风量可减少一半左右，风系统的材料消耗和投资相应可减40%左右，动力消耗则下降50%左右。送风温差在4～8℃之间时，每增加1℃，送风量约可减少10%～15%。而且上送风气流在到达人员活动区域时已与房间空气进行了比较充分的混合，温差减小，可形成较舒适环境，该气流组织形式有利于大温差送风。由此可见，采用上送风气流组织形式空调系统时，夏季的送风温差可以适当加大。

采用置换通风方式时，由于要求的送风温差较小，故不受本条文限制。

5.3.22 分层空调是一种仅对室内下部空间进行空调、而对上部空间不进行空调的特殊空调方式，与全室性空调方式相比，分层空调夏季可节省冷量30%左右，因此，能节省运行能耗和初投资。但在冬季供暖工况下运行时并不节能，此点特别提请设计人员注意。

5.3.23 研究表明：置换通风系统是一种通风效率高，既带来较高的空气品质，又有利于节能的有效通风方式。置换通风是将经过处理或未经过处理的空气，以低风速、低紊流度、小温差的方式直接送入室内人员活动区的下部。置换通风型送风模式比混合式通风模式节能，根据有关资料统计，对于高大空间来说，其节约制冷能耗费20%～50%。

置换通风在北欧已经普遍采用。最早是用于工业厂房解决室内的污染控制问题，然后转向民用，如办公室、会议厅、剧院等，目前我国在一些建筑中已有所应用。

5.3.24 空气进行蒸发冷却时，一般都是利用循环水进行喷淋，由于不需要人工冷源，所以能耗较少，是一种节能的空调方式。在新疆、甘肃、宁夏、内蒙等地区，夏季空调室外计算湿球温度普遍较低，温度的日较差大，适宜采用蒸发冷却。

近几年，此项技术在西北地区得到了广泛应用，且取得了良好的节能效果；同时，在技术上已由单独直接蒸发冷却的一级系统，发展到间接与直接蒸发冷却相结合的二级系统，以及两级间接蒸发与直接蒸发冷却结合的三级系统，都取得了很好的效果。

5.3.25 在空气处理过程中，同时有冷却和加热过程出现，肯定是既不经济，也不节能的，设计中应尽量避免。对于夏季具有高温高湿特征的地区来说，若仅用冷却过程处理，有时会使相对湿度超出设定值，如果时间不长，一般是可以允许的；如果对相对湿度的要求很严格，则宜采用二次回风或淋

水旁通等措施，尽量减少加热用量。但对于一些散湿量较大、热湿比很小的房间等特殊情况，如室内游泳池等，冷却后再热可能是需要的方式之一。

对于置换通风方式，由于要求送风温差较小，当采用一次回风系统时，如果系统的热湿比较小，有可能会使处理后的送风温度过低，若采用再加热显然不利于充分利用置换通风方式所带来的节能的优点。因此，置换通风方式适用于热湿比较大的空调系统，或者可采用二次回风的处理方式。

5.3.26　考虑到目前国产风机的总效率都能达到52%以上，同时考虑目前许多空调机组已开始配带中效过滤器的因素，根据办公建筑中的两管制定风量空调系统、四管制定风量空调系统、两管制变风量空调系统、四管制变风量空调系统的最高全压标准分别为900Pa、1000Pa、1200Pa、1300Pa，商业、旅馆建筑中分别为980Pa、1080Pa、1280Pa、1380Pa，以及普通机械通风系统600Pa，计算出上述 W_s 的限值。但考虑到许多地区目前在空调系统中还是采用粗效过滤的实际情况，所以同时也列出这类空调送风系统的单位风量耗功率的数值要求。在实际工程中，风系统的全压不应超过前述要求，实际上是要求通风系统的作用半径不宜过大，如果超过，则应对风机的效率应提出更高的要求。

对于规格较小的风机，虽然风机效率与电机效率有所下降，但由于系统管道较短和噪声处理设备的减少，风机压头可以适当减少。据计算，由于这个原因，小规格风机同样可以满足大风机所要求的 W_s 值。

由于空调机组中湿膜加湿器以及严寒地区空调机组中通常设有的预热盘管，风阻力都会大一些，因此给出了的单位风量耗功率（W_s）的增加值。

需要注意的是，为了确保单位风量耗功率设计值的确定，要求设计人员在图纸设备表上都注明空调机组采用的风机全压与要求的风机最低总效率。

5.3.27

1　本条引自《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》GB 50189—93，转引时，将原条文中的“水输送系数”（WTF），改用输送能效比（ER）表示，两者的关系为：$ER = 1/WTF$。

2　本条文适用于独立建筑物内的空调水系统，最远环路总长度一般在200～500m范围内。区域管道或总长度过长的水系统可参照执行，目的是为了降低管道的输配能耗。

3　考虑到在多台泵并联的系统中，单台泵运行时往往会超流量，水泵

电机的配置功率会适当放大的情况，在输送能效比（*ER*）的计算公式中，采用水泵电机铭牌功率显然不能准确地反映出设计的合理性，因此这里采用水泵轴功率计算，公式中的效率亦采用水泵在设计工作点的效率。

4 考虑到冷水泵的扬程一般不超过 36m，其效率为 70%以上，供回水温差为 5℃时，计算出冷水的 $ER = 0.0241$。

5 考虑在两管制系统中，为了使自控阀门对供热时的控制性能有所保证，自控阀门的冷、热水设计流量值之比以不超过 3:1 为宜。热水供回水温差最大为 15℃。

6 严寒地区按设计冷/热量之比平均为 1:2 考虑；寒冷地区和夏热冬冷地区按设计冷/热量之比平均为 1:1 考虑；夏热冬暖地区按设计冷/热量之比平均为 2:1 考虑。

7 在由于直燃机的水温差较小（与冷水温差差不多），因此这里明确两管制热水管道系统中的输送能效比值计算“不适用于采用直燃式冷热水机组作为热源的空调热水系统”。

5.3.28 本条文为空调冷热水管道绝热计算的基本原则，也作为附录 C 的引文。

附录 C 是建筑物内的空调冷热水管道绝热厚度表。该表是从节能角度出发，按经济厚度的原则制定的；但由于全国各地的气候条件差异很大，对于保冷管道防结露厚度的计算结果也会相差较大，因此除了经济厚度外，还必须对冷管道进行防结露厚度的核算，对比后取其大值。

为了方便设计人员选用，附录 C 针对目前空调水管道常使用的介质温度和最常用的两种绝热材料制定的，直接给出了厚度。如使用条件不同或绝热材料不同，设计人员应自行计算或按供应厂家提供的技术资料确定。

按照附录 C 的绝热厚度的要求，每 100m 冷水管的平均温升可控制在 0.06℃以内；每 100m 热水管的平均温降也控制在 0.12℃以内，相当于一个 500m 长的供回水管路，控制管内介质的温升不超过 0.3℃（或温降不超过 0.6℃），也就是不超过常用的供、回水温差的 6%左右。如果实际管道超过 500m，设计人员应按照空调管道（或管网）能量损失不大于 6%的原则，通过计算采用更好（或更厚）的保温材料以保证达到减少管道冷（热）损失的效果。

5.3.29 风管表面积比水管道大得多，其管壁传热引起的冷热量的损失十分

可观，往往会占空调送风冷量的5%以上，因此空调风管的绝热是节能工作中非常重要的一项内容。

由于离心玻璃棉是目前空调风管绝热最常用的材料，因此这里将它用作为制定空调风管绝热最小热阻时的计算材料。按国家玻璃棉标准，离心玻璃棉属2b号，密度在32～48kg/m^{3}时，70℃时的导热系数≤0.046W/（m·K），一般空调风管绝热材料使用的平均温度为20℃，可以推算得到20℃时的导热系数为0.0377W/（m·K）。按管内温度15℃时，计算经济厚度为28mm，计算热阻是0.74（m^2·K/W）；低温空调风管管内温度按5℃计算，得到导热系数为0.0366W/（m·K），计算经济厚度为39mm，计算热阻是1.08（m^2·K/W）。如果离心玻璃棉导热系数性能好的话，导热系数可以达到0.033和0.031，厚度为24和33mm。

5.3.30　保冷管道的绝热层外的隔汽层是防止凝露的有效手段，保证绝热效果，保护层是用来保护隔汽层的。如果绝热材料本身就是具有隔汽性的闭孔材料，就可认为是隔汽层和保护层。

5.4　空气调节与采暖系统的冷热源

5.4.1　空调采暖系统在公共建筑中是能耗大户，而空调冷热源机组的能耗又占整个空调，采暖系统的大部分。当前各种机组、设备品种繁多，电制冷机组、溴化锂吸收式机组及蓄冷蓄热设备等各具特色。但采用这些机组和设备时都受到能源、环境、工程状况使用时间及要求等多种因素的影响和制约，为此必须客观全面地对冷热源方案进行分析比较后合理确定。

1　发展城市热源是我国城市供热的基本政策，北方城市发展较快，较为普遍，夏热冬冷地区少部分城市也在规划中，有的已在实施，具有城市或区域热源时应优先采用。我国工业余热的资源也存在潜力，应充分利用。

2　《中华人民共和国节约能源法》明确提出："推广热电联产，集中供热，提高热电机组的利用率，发展热能梯级利用技术，热、电、冷联产技术和热、电、煤气三联供技术，提高热能综合利用率"。大型热电冷联产是利用热电系统发展供热、供电和供冷为一体的能源综合利用系统。冬季用热电厂的热源供热，夏季采用溴化锂吸收式制冷机供冷，使热电厂冬夏负荷平衡，高效经济运行。

3　原国家计委、原国家经贸委、建设部、国家环保总局联合发布的

《关于发展热电联产的规定》（计基础［2000］1268号文）中指出："以小型燃气发电机组和余热锅炉等设备组成的小型热电联产系统，适用于厂矿企业、写字楼、宾馆、商场、医院、银行、学校等分散的公用建筑。它具有效率高、占地小、保护环境、减少供电线路损和应急突发事件等综合功能，在有条件的地区应逐步推广"。分布式热电冷联供系统以天然气为燃料，为建筑或区域提供电力、供冷、供热（包括供热水）三种需求，实现天然气能源的梯级利用，能源利用效率可达到80%以上，大大减少SO_2、固体废弃物、温室气体、NO_x和TSP的排放，减少占地面积和耗水量，还可应对突发事件确保安全供电，在国际上已经得到广泛应用。我国已有少量项目应用了分布式热电冷联供技术，取得较好的社会和经济效益。目前国家正在制定的《国家十一五规划》、《国家中长期能源规划》、《国家中长期科技规划》，都把分布式燃气热电冷联供作为发展的重点。

大量电力驱动空调的使用是导致高峰期电力超负荷的主要原因之一。同时由于空调负荷分布极不均衡、全年工作时间短、平均负荷率低，如果为满足高峰期电力需求大规模建设电厂，将会导致发输配电设备的利用率低、电网的技术和经济指标差、供电的成本提高。随着国家西气东输等天然气工程的建设，夏季天然气出现大量富余，北京冬季供气高峰和夏季低谷的供气量相差7~8倍。为平衡负荷，不得不投巨资建设调峰储气库，天然气输配管网和设施也必须按最大供应能力建设，在夏季供气低谷时，造成管网资源的闲置和浪费。可见燃气与电力都存在峰谷差的难题。但是燃气峰谷与电力峰谷有极大的互补性。发展燃气空调和楼宇冷热电三联供可降低电网夏季高峰负荷，填补夏季燃气的低谷，同时降低电力和燃气的峰谷差，平衡能源利用负荷，实现资源的优化配置，是科学合理地利用能源的双赢措施。

在应用分布式热电冷联供技术时，必须进行科学论证，从负荷预测、技术、经济、环保等多方面对方案做可行性分析。

4 当具有电、城市供热、天然气，城市煤气等能源中两种以上能源时，可采用几种能源合理搭配作为空调冷热源。如"电+气"、"电+蒸汽"等，实际上很多工程都通过技术经济比较后采用了这种复合能源方式，投资和运行费用都降低，取得了较好的经济效益。城市的能源结构若是几种共存，空调也可适应城市的多元化能源结构，用能源的峰谷季节差价进行设备选型，提高能源的一次能效，使用户得到实惠。

5　水源热泵是一种以低位热能作能源的中小型热泵机组，具有可利用地下水、地表水或工业废水作为热源供暖和供冷，采暖运行时的性能系数 *COP* 一般大于 4，优于空气源热泵，并能确保采暖质量。水源热泵需要稳定的水量，合适的水温和水质，在取水这一关键问题上还存在一些技术难点，目前也没有合适的规范、标准可参照，在设计上应特别注意。采用地下水时，必须确保有回灌措施和确保水源不被污染，并应符合当地的有关保护水资源的规定。

采用地下埋管换热器的地源热泵可省去水质处理、回灌和设置板式换热器等装置。埋管换热器可以分为立式和卧式。我国对这一新技术还处于开发研究阶段，当前设计上还缺乏可靠的土壤热物性有关数据和正确的计算方法。在工程实施中宜由小型建筑起步，不断总结完善设计与施工的经验。

5.4.2　强制性条文。合理利用能源、提高能源利用率、节约能源是我国的基本国策。用高品位的电能直接用于转换为低品位的热能进行采暖或空调，热效率低，运行费用高，是不合适的。国家有关强制性标准中早有“不得采用直接电加热的空调设备或系统”的规定。近些年来由于空调，采暖用电所占比例逐年上升，致使一些省市冬夏季尖峰负荷迅速增长，电网运行日趋困难，造成电力紧缺。2003 年夏季，全国 20 多个省、市不同程度出现了拉闸限电；入冬以后，全国大范围缺电现象愈演愈烈。而盲目推广电锅炉、电采暖，将进一步劣化电力负荷特性，影响民众日常用电，制约国民经济发展，为此必须严格限制。考虑到国内各地区的具体情况，在只有符合本条所指的特殊情况时方可采用。但前提条件是：该地区确实电力充足且电价优惠或者利用如太阳能、风能等装置发电的建筑。

要说明的是，对于内、外区合一的变风量系统，作了放宽。目前在一些南方地区，采用变风量系统时，可能存在个别情况下需要对个别的局部外区进行加热，如果为此单独设置空调热水系统可能难度较大或者条件受到限制或者投入较高。

5.4.3　强制性条文。本条中各款提出的是选择锅炉时应注意的问题，以便能在满足全年变化的热负荷前提下，达到高效节能要求。当前，我国多数燃煤锅炉运行效率低、热损失大。为此，在设计中要选用机械化、自动化程度高的锅炉设备，配套优质高效的辅机，减少炉膛未完全燃烧和排烟系统热损失，杜绝热力管网中的“跑、冒、滴、漏”，使锅炉在额定工况下产生最大

热量而且平稳运行。利用锅炉余热的途径有：在炉尾烟道设置省煤器或空气预热器，充分利用排烟余热；尽量使用锅炉连续排污器，利用“二次汽”再生热量；重视分汽缸凝结水回收余压汽热量，接至给水箱以提高锅炉给水温度。燃气燃油锅炉由于新技术和智能化管理，效率较高，余热利用相对减少。

5.4.4 本条中各款提出的是选择锅炉时应注意的问题，以便能在满足全年变化的热负荷前提下，达到高效节能运行的要求。

5.4.5 强制性条文。随着建筑业的持续增长，空调的进一步普及，我国已成为冷水机组的制造大国。大部分世界级品牌都已在中国成立合资或独资企业，大大提高了机组的质量水平，产品已广泛应用于各类公共建筑。而我国的行业标准已显落后，成为高能耗机组的保护伞，影响部分国内机组的技术进步和市场竞争力，为此提出额定制冷量时最低限度的制冷性能系数（*COP*）值。由国家标准化管理委员会、国家发展和改革委员会主办，中国标准化研究院承办，全国能源基础与管理标准化技术委员会、中国家用电器协会、中国制冷空调工业协会和全国冷冻设备标准化技术委员会协办的“空调能效国家标准新闻发布会”已于 2004 年 9 月 16 日在北京召开，会议发布了国家标准《冷水机组能效限定值及能源效率等级》GB 19577—2004，《单元式空气调节机能效限定值及能源效率等级》GB 19576—2004 等三个产品的强制性国家能效标准，这给本标准在确定能效最低值时提供了依据。能源效率等级判定方法，目的是配合我国能效标识制度的实施。能源效率等级划分的依据：一是拉开档次，鼓励先进，二是兼顾国情，以及对市场产生的影响，三是逐步与国际接轨。根据我国能效标识管理办法（征求意见稿）和消费者调查结果，建议依据能效等级的大小，将产品分成 1、2、3、4、5 五个等级。能效等级的含义 1 等级是企业努力的目标；2 等级代表节能型产品的门槛（最小寿命周期成本）；3、4 等级代表我国的平均水平；5 等级产品是未来淘汰的产品。目的是能够为消费者提供明确的信息，帮助其购买的选择，促进高效产品的市场。以下摘录国家标准《冷水机组能效限定值及能源效率等级》GB 19577—2004 中“表 2 能源效率等级指标”。

类　型	额定制冷量 *CC*（kW）	能效等级（*COP*，W/W）				
		1	2	3	4	5
风冷式或蒸发冷却式	$CC \leqslant 50$	3.20	3.00	2.80	2.60	2.40
	$50 < CC$	3.40	3.20	3.00	2.80	2.60
水冷式	$CC \leqslant 528$	5.00	4.70	4.40	4.10	3.80
	$528 < CC \leqslant 1163$	5.50	5.10	4.70	4.30	4.00
	$1163 < CC$	6.10	5.60	5.10	4.60	4.20

本标准确定表 5.4.5 中制冷性能系数（*COP*）值考虑了以下因素：国家的节能政策；我国产品现有与发展水平；鼓励国产机组尽快提高技术水平。同时，从科学合理的角度出发，考虑到不同压缩方式的技术特点，对其制冷性能系数分别作了不同要求。活塞/涡旋式采用第 5 级，水冷离心式采用第 3 级，螺杆机则采用第 4 级。至于确定名义工况时的参数，则根据国家标准《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组工商业用和类似用途的冷水（热泵）机组》GB/T 18430.1—2001 中的规定，即：1. 使用侧：制冷进/出口水温 12/7℃；2. 热源侧（或放热侧）：水冷式冷却水进出口水温 30/35℃，风冷式制冷空气干球温度 35℃，蒸发冷却式空气湿球温度 24℃；3. 使用侧和水冷式热源侧污垢系数 0.086m^2·C/kW。

5.4.6、5.4.7　空调系统运行时，除了通过运行台数组合来适应建筑冷量需求和节能外，在相当多的情况下，冷水机组处于部分负荷运行状态，为了控制机组部分负荷运行时的能耗，有必要对冷水机组的部分负荷时的性能系数作出一定的要求。参照国外的一些情况，本标准提出了用 *IPLV* 来评价的方法。

蒸气压缩循环冷水（热泵）机组综合部分负荷性能系数计算的根据：取我国典型公共建筑模型，计算出我国 19 个城市气候条件下，典型建筑的空调系统供冷负荷以及各负荷段的机组运行小时数，参照美国空调制冷协会 ARI 550/590—1998《采用蒸气压缩循环的冷水机组》标准中综合部分负荷性能 *IPLV* 系数的计算方法，对我国 4 个气候区分别统计平均，得到全国统一的 *IPLV* 系数值。

建议的部分负荷检测条件：水冷式蒸气压缩循环冷水（热泵）机组属制冷量可调节系统，机组应在 100% 负荷、75% 负荷、50% 负荷、25% 负荷的卸载级下进行标定，这些标定点用于计算 *IPLV* 系数。

部分负荷额定性能工况条件应符合 GB/T 18430.1—2001《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组工商业用和类似用途的冷水（热泵）机组》标准中第 4.6 节、5.3.5 条的规定。

当冷水机组无法依要求做出 100%、75%、50%、25%冷量时，参见 ARI 550/590—1998 标准采取间接法，将该机部分负荷下的效率值描点绘图，点跟点之间再连成直线，再在线上用内插法求出标准负荷点。要注意的是，不宜将直线作外插延伸。

5.4.8 强制性条文。近几年单元式空调机竞争激烈，主要表现在价格上而不是在提高产品质量上。当前，中国市场上空调机产品的能效比值高低相差达 40%，落后的产品标准已阻碍了空调行业的健康发展，本条规定了单元式空调机最低性能系数（*COP*）限值，就是为了引导技术进步，鼓励设计师和业主选择高效产品，同时促进生产厂家生产节能产品，尽快与国际接轨。表 5.4.8 中名义制冷量时能效比（*EER*）值，相当于国家标准《单元式空气调节机能效限定值及能源效率等级》GB 19576—2004 中“表 2 能源效率等级指标”的第 4 级（见下表）。按照国家标准《单元式空气调节机能效限定值及能源效率等级》GB 19576—2004 所定义的机组范围，此表暂不适用多联式空调（热泵）机组和变频空调机。

类型		能效等级（*EER*，W/W）				
		1	2	3	4	5
风冷式	不接风管	3.20	3.00	2.80	2.60	2.40
	接风管	2.90	2.70	2.50	2.30	2.10
水冷式	不接风管	3.60	3.40	3.20	3.00	2.80
	接风管	3.30	3.10	2.90	2.70	2.50

5.4.9 强制性条文。表 5.4.9 中的参数取自国家标准《蒸气和热水型溴化锂吸收式冷水机组》GB/T 18431 和《直燃型溴化锂吸收式冷（温）水机组》GB/T 18362，在设计选择溴化锂吸收式机组时，其性能参数应优于其规定值。

5.4.10 本条提出了空气源热泵经济合理应用，节能运行的基本原则：

1 和水冷机组相比，空气源热泵耗电较高，价格也高。但其具备供热

功能，对不具备集中热源的夏热冬冷地区来说较为适合，尤其是机组的供冷、供热量和该地区建筑空调夏、冬冷热负荷的需求量较匹配，冬季运行效率较高。从技术经济、合理使用电力方面考虑，日间使用的中、小型公共建筑最为合适；

2　在夏热冬暖地区使用时，因需热量小和供热时间短，以需热量选择空气源热泵冬季供热，夏季不足冷量可采用投资低、效率高的水冷式冷水机组补足，可节约投资和运行费用。

3　寒冷地区使用时必须考虑机组的经济性与可靠性，当在室外温度较低的工况下运行，致使机组制热 *COP* 太低，失去热泵机组节能优势时就不宜采用。

5.4.11　在大中型公共建筑中，冷水（热泵）机组的台数和容量的选择，应根据冷（热）负荷大小及变化规律而定，单台机组制冷量的大小应合理搭配，当单机容量调节下限的制冷量大于建筑物的最小负荷时，可选 1 台适合最小负荷的冷水机组，在最小负荷时开启小型制冷系统满足使用要求，这已在许多工程中取得很好的节能效果。提出空调冷负荷大于 528kW 以上的公共建筑（一般为 3000～6000m^2）时机组设置不宜少于 2 台，除可提高安全可靠性外，也可达到经济运行的目的。当特殊原因仅能设置 1 台时，应采用多台压缩机分路联控的机型。

5.4.12　目前一些采暖，空调用汽设备的凝结水未采取回收措施或由于设计不合理和管理不善，造成大量的热量损失。为此应认真设计凝结水回收系统，做到技术先进，设备可靠，经济合理。凝结水回收系统一般分为重力、背压和压力凝结水回收系统，可按工程的具体情况确定。从节能和提高回收率考虑，应优先采用闭式系统即凝结水与大气不直接相接触的系统。

5.4.13　一些冬季或过渡季需要供冷的建筑，当室外条件许可时，采用冷却塔直接提供空调冷水的方式，减少了全年运行冷水机组的时间，是一种值得推广的节能措施。通常的系统做法是：当采用开式冷却塔时，用被冷却塔冷却后的水作为一次水，通过板式换热器提供二次空调冷水（如果是闭式冷却塔，则不通过板式换热器，直接提供），再由阀门切换到空调冷水系统之中向空调机组供冷水，同时停止冷水机组的运行。不管采用何种形式的冷却塔，都应按当地过渡季或冬季的气候条件，计算空调末端需求的供水温度及冷却水能够提供的水温，并得出增加投资和回收期等数据，当技术经济合理

时可以采用。

5.5 监测与控制

5.5.1 为了节省运行中的能耗，供热与空调系统应配置必要的监测与控制。但实际情况错综复杂，作为一个总的原则，设计时要求结合具体工程情况通过技术经济比较确定具体的控制内容。

5.5.2 对于间歇运行的空调系统，在保证使用期间满足要求的前提下，应尽量提前系统运行的停止时间和推迟系统运行的启动时间，这是节能的重要手段。

5.5.3 DDC 控制系统从 20 世纪 80 年代后期开始进入我国，已经经过约 20 年的实践，证明其在设备及系统控制、运行管理等方面具有较大的优越性且能够较大的节约能源，大多数工程项目的实际应用过程中都取得了较好的效果。就目前来看，多数大、中型工程也是以此为基本的控制系统形式的。

5.5.4

1 目前许多工程采用的是总回水温度来控制，但由于冷水机组的最高效率点通常位于该机组的某一部分负荷区域，因此采用冷量控制的方式比采用温度控制的方式更有利于冷水机组在高效率区域运行而节能，是目前最合理和节能的控制方式。但是，由于计量冷量的元器件和设备价格较高，因此规定在有条件时（如采用了 DDC 控制系统时），优先采用此方式。同时，台数控制的基本原则是：(1) 让设备尽可能处于高效运行；(2) 让相同型号的设备的运行时间尽量接近以保持其同样的运行寿命（通常优先启动累计运行小时数最少的设备）；(3) 满足用户侧低负荷运行的需求。

2 设备的连锁启停主要是保证设备的运行安全性。

3 目前绝大多数空调水系统控制是建立在变流量系统的基础上的，冷热源的供、回水温度及压差控制在一个合理的范围内是确保采暖空调系统的正常运行的前提，当供、回水温度过小或压差过大的话，将会造成能源浪费，甚至系统不能正常工作，必须对它们加以控制与监测。回水温度主要是用于监测（回水温度的高低由用户侧决定）和高（低）限报警。对于冷冻水而言，其供水温度通常是由冷水机组自身所带的控制系统进行控制，对于热水系统来说，当采用换热器供热时，供水温度应在自动控制系统中进行控制；如果采用其他热源装置供热，则要求该装置应自带供水温度控制系统。

在冷却水系统中，冷却水的供水温度对制冷机组的运行效率影响很大，同时也会影响到机组的正常运行，故必须加以控制。机组冷却水总供水温度可以采用：(1) 控制冷却塔风机的运行台数（对于单塔多风机设备）；(2) 控制冷却塔风机转速（特别适用于单塔单风机设备）；(3) 通过在冷却水供、回水总管设置旁通电动阀等方式进行控制。其中方法 (1) 节能效果明显，应优先采用。如环境噪声要求较高（如夜间）时，可优先采用方法 (2)，它在降低运行噪声的同时，同样具有很好的节能效果，但投资稍大。在气候越来越凉，风机全部关闭后，冷却水温仍然下降时，可采用方法 (3) 进行旁通控制。在气候逐渐变热时，则反向进行控制。

4　设备运行状态的监测及故障报警是冷、热源系统监控的一个基本内容。

5　当楼宇自控系统与冷冻机控制系统可实施集成的条件时，可以根据室外空气的状态，在一定范围内对冷水机组的出水温度进行再设定优化控制。

由于工程的情况不同，上述内容可能无法完全包含一个具体的工程中的监控内容（如一次水供回水温度及压差、定压补水装置、软化装置等等），因此设计人还要根据具体情况确定一些应监控的参数和设备。

5.5.5　机房群控是冷、热源设备节能运行的一种有效方式。例如：离心式、螺杆式冷水机组在某些部分负荷范围运行时的效率高于设计工作点的效率，因此简单地按容量大小来确定运行台数并不一定是最节能的方式；在许多工程中，采用了冷、热源设备大、小搭配的设计方案，这时采用群控方式，合理确定运行模式对节能是非常有利的。又如，在冰蓄冷系统中，根据负荷预测调整制冷机和系统的运行策略，达到最佳移峰、节省运行费用的效果，这些均需要进行机房群控才能实现。

由于工程情况的不同，这里只是原则上提出群控的要求和条件。具体设计时，应根据负荷特性、设备容量、设备的部分负荷效率、自控系统功能以及投资等多方面进行经济技术分析后确定群控方案。同时，也应该将冷水机组、水泵、冷却塔等相关设备综合考虑。

5.5.6　从节能的观点来看，较低的冷却水进水温度有利于提高冷水机组的能效比，因此尽可能降低冷却水温对于节能是有利的。但为了保证冷水机组能够正常运行，提高系统运行的可靠性，通常冷却水进水温度有最低水温限

制的要求。为此，必须采取一定的冷却水水温控制措施。通常有三种做法：（1）调节冷却塔风机运行台数；（2）调节冷却塔风机转速；（3）供、回水总管上设置旁通电动阀，通过调节旁通流量保证进入冷水机组的冷却水温高于最低限值。在（1）、（2）两种方式中，冷却塔风机的运行总能耗也得以降低。

在停止冷水机组运行期间，当采用冷却塔供应空调冷水时，为了保证空调末端所必需的冷水供水温度，应对冷却塔出水温度进行控制。

冷却水系统在使用时，由于水分的不断蒸发，水中的离子浓度会越来越大。为了防止由于高离子浓度带来的结垢等种种弊病，必须及时排污。排污方法通常有定期排污和控制离子浓度排污。这两种方法都可以采用自动控制方法，其中控制离子浓度排污方法在使用效果与节能方面具有明显优点。

5.5.7

1 空气温、湿度控制和监测是空调风系统控制的一个基本要求。在新风系统中，通常控制送风温度和送风（或典型房间——取决于新风系统的加湿控制方式）的相对湿度。在带回风的系统中，通常控制回风（或室内）温度和相对湿度，如不具备湿度控制条件（如夏季使用两管制供水系统）时，舒适性空调的相对湿度可不作控制。在温、湿度同时控制的过程中，应考虑到人体的舒适性范围，防止由于单纯追求某一项指标而发生冷、热相互抵消的情况。当技术可靠时，可考虑夜间（或节假日）对室内温度进行自动再设定控制。

2 在大多数民用建筑中，如果采用双风机系统（设有回风机），其目的通常是为了节能而更多的利用新风（直至全新风）。因此，系统应采用变新风比焓值控制方式。其主要内容是：根据室内、外焓值的比较，通过调节新风、回风和排风阀的开度，最大限度的利用新风来节能。技术可靠时，可考虑夜间对室内温度进行自动再设定控制。目前也有一些工程采用“单风机空调机组加上排风机”的系统形式，通过对新风、排风阀的控制以及排风机的转速控制也可以实现变新风比控制的要求。

3 变风量采用风机变速是最节能的方式。尽管风机变速的做法投资有一定增加，但对于采用变风量系统的工程而言，这点投资应该是有保证的，其节能所带来的效益能够较快地回收投资。风机变速可以采用的方法有定静压控制法、变静压控制法和总风量控制法，第一种方法的控制最简单，运行

最稳定，但节能效果不如后两种；第二种方法是最节能的办法，但需要较强的技术和控制软件的支持；第三种介于第一、二种之间。就一般情况来说，采用第一种方法已经能够节省较大的能源。但如果为了进一步节能，在经过充分论证控制方案和技术可靠时，可采用变静压控制模式。

5.5.8　设计二次泵系统的条件在前面已经有所要求，通常是一个规模较大的系统。二次泵采用变速控制方式比采用水泵台数控制的方法更节能，但没有自动控制系统是不可能按设计意图实现的。在此情况下，配备一套较为完善的水泵变速控制系统是非常必要的。通常采用的变频调速控制方法所增加的费用对于整个工程而言是微不足道的，而且回收周期也非常短，值得推广。

一般情况下，二次泵转速可采用定压差方式进行控制。压差信号的取得方法通常有两种：(1) 取二次水泵环路中主供、回水管道的压力信号。由于信号点的距离近，该方法易于实施。(2) 取二次水泵环路中各个远端支管上有代表性的压差信号。如有一个压差信号未能达到设定要求时，提高二次泵的转速，直到满足为止；反之，如所有的压差信号都超过设定值，则降低转速。显然，方法 (2) 所得到的供回水压差更接近空调末端设备的使用要求，因此在保证使用效果的前提下，它的运行节能效果较前一种更好，但信号传输距离远，要有可靠的技术保证。

当技术可靠时，也可采用变压差方式——根据空调机组（或其他末端设备）的水阀开度情况，对控制压差进行再设定，尽可能在满足要求的情况下降低二次泵的转速以达到节能的目的。

5.5.9　风机盘管采用温控阀是为了保证各末端能够“按需供水”，以实现整个水系统为变水量系统。因此，直接采用风速开关对室内温度进行控制的方式是不合适的。至于其温控阀是采用双位式还是可调式（前者投资较少，后者控制精度较高），应根据工程的实际要求确定。一般来说，普通的舒适性空调要求情况下采用双位阀即可，只有对室温控制精度要求特别高时，才采用可调式温控阀。

5.5.10　在以排除房间发热量为主的通风系统中，根据房间温度控制通风设备运行台数或转速，可避免在气候凉爽或房间发热量不大的情况下通风设备满负荷运行的状况发生，既可节约电能，又能延长设备的使用年限。

5.5.11　对于居住区、办公楼等每日车辆出入明显有高峰时段的地下车库，

采用每日、每周时间程序控制风机启停的方法，节能效果明显。在有多台风机的情况下，也可以根据不同的时间启停不同的运行台数的方式进行控制。

采用 CO 浓度自动控制风机的启停（或运行台数），有利于在保持车库内空气质量的前提下节约能源，但由于 CO 浓度探测设备比较贵，因此适用于高峰时段不确定的地下车库在汽车开、停过程中，通过对其主要排放污染物 CO 浓度的监测来控制通风设备的运行。由于目前还没有关于地库空气质量的相关标准，因此建议采用 CO 浓度控制方式时，CO 浓度取（3～5）$\times 10^{-6}$ m^3/m^3。

5.5.12 集中空调系统的冷量和热量计量和我国北方地区的采暖热计量一样，是一项重要的建筑节能措施。设置能量计量装置不仅有利于管理与收费，用户也能及时了解和分析用能情况，加强管理，提高节能意识和节能的积极性，自觉采取节能措施。目前在我国出租型公共建筑中，集中空调费用多按照用户承租建筑面积的大小，用面积分摊方法收取，这种收费方法的效果是用与不用一个样、用多用少一个样，使用户产生“不用白不用”的心理，使室内过热或过冷，造成能源浪费，不利于用户健康，还会引起用户与管理者之间的矛盾。公共建筑集中空调系统，冷、热量的计量也可作为收取空调使用费的依据之一，空调按用户实际用量收费是今后的一个发展趋势。它不仅能够降低空调运行能耗，也能够有效地提高公共建筑的能源管理水平。

我国已有不少单位和企业，对集中空调系统的冷热量计量原理和装置进行了广泛的研究和开发，并与建筑自动化（BA）系统和合理的收费制度结合，开发了一些可用于实际工程的产品。当系统负担有多栋建筑时，应针对每栋建筑设置能量计量装置；同时，为了加强对系统的运行管理，要求在能源站房（如冷冻机房、热交换站或锅炉房等）应同样设置能量计量装置。但如果空调系统只是负担一栋独立的建筑，则能量计量装置可以只设于能源站房内。

当实际情况要求并且具备相应的条件时，推荐按不同楼层、不同室内区域、不同用户或房间设置冷、热量计量装置的做法。

中华人民共和国节约能源法

中华人民共和国主席令
第 90 号

《中华人民共和国节约能源法》已由中华人民共和国第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议于 1997 年 11 月 1 日通过，现予公布，自 1998 年 1 月 0 日起施行。

中华人民共和国主席江泽民
1997 年 11 月 1 日

中华人民共和国节约能源法

第一章　总　　则

第一条　为了推进全社会节约能源，提高能源利用效率和经济效益，保护环境，保障国民经济和社会的发展，满足人民生活需要，制定本法。

第二条　本法所称能源，是指煤炭、原油、天然气、电力、焦炭、煤气、热力、成品油、液化石油气、生物质能和其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源。

第三条　本法所称节能，是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费，更加有效、合理地利用能源。

第四条　节能是国家发展经济的一项长远战略方针。

国务院和省、自治区、直辖市人民政府应当加强节能工作，合理调整产

业结构、企业结构、产品结构和能源消费结构，推进节能技术进步，降低单位产值能耗和单位产品能耗，改善能源的开发、加工转换、输送和供应，逐步提高能源利用效率，促进国民经济向节能型发展。

国家鼓励开发、利用新能源和可再生能源。

第五条 国家制定节能政策，编制节能计划，并纳入国民经济和社会发展计划，保障能源的合理利用，并与经济发展、环境保护相协调。

第六条 国家鼓励、支持节能科学技术的研究和推广，加强节能宣传和教育，普及节能科学知识，增强全民的节能意识。

第七条 任何单位和个人都应当履行节能义务，有权检举浪费能源的行为。

各级人民政府对在节能或者节能科学技术研究、推广中有显著成绩的单位和个人给予奖励。

第八条 国务院管理节能工作的部门主管全国的节能监督管理工作。国务院有关部门在各自的职责范围内负责节能监督管理工作。

县级以上地方人民政府管理节能工作的部门主管本行政区域内的节能监督管理工作。县级以上地方人民政府有关部门在各自的职责范围内负责节能监督管理工作。

第二章 节能管理

第九条 国务院和地方各级人民政府应当加强对节能工作的领导，每年部署、协调、监督、检查、推动节能工作。

第十条 国务院和省、自治区、直辖市人民政府应当根据能源节约与能源开发并举，把能源节约放在首位的方针，在对能源节约与能源开发进行技术、经济和环境比较论证的基础上，择优选定能源节约、能源开发投资项目，制定能源投资计划。

第十一条 国务院和省、自治区、直辖市人民政府应当在基本建设、技术改造资金中安排节能资金，用于支持能源的合理利用以及新能源和可再生能源的开发。

市、县人民政府根据实际情况安排节能资金，用于支持能源的合理利用以及新能源和可再生能源的开发。

第十二条　固定资产投资工程项目的可行性研究报告，应当包括合理用能的专题论证。

固定资产投资工程项目的设计和建设，应当遵守合理用能标准和节能设计规范。

达不到合理用能标准和节能设计规范要求的项目，依法审批的机关不得批准建设；项目建成后，达不到合理用能标准和节能设计规范要求的，不予验收。

第十三条　禁止新建技术落后、耗能过高、严重浪费能源的工业项目。禁止新建的耗能过高的工业项目的名录和具体实施办法，由国务院管理节能工作的部门会同国务院有关部门制定。

第十四条　国务院标准化行政主管部门制定有关节能的国家标准。

对没有前款规定的国家标准的，国务院有关部门可以依法制定有关节能的行业标准，并报国务院标准化行政主管部门备案。

制定有关节能的标准应当做到技术上先进，经济上合理，并不断加以完善和改进。

第十五条　国务院管理节能工作的部门应当会同国务院有关部门对生产量大面广的用能产品的行业加强监督，督促其采取节能措施，努力提高产品的设计和制造技术，逐步降低本行业的单位产品能耗。

第十六条　省级以上人民政府管理节能工作的部门，应当会同同级有关部门，对生产过程中耗能较高的产品制定单位产品能耗限额。

制定单位产品能耗限额应当科学、合理。

第十七条　国家对落后的耗能过高的用能产品、设备实行淘汰制度。

淘汰的耗能过高的用能产品、设备的名录由国务院管理节能工作的部门会同国务院有关部门确定并公布。具体实施办法由国务院管理节能工作的部门会同国务院有关部门制定。

第十八条　企业可以根据自愿原则，按照国家有关产品质量认证的规定，向国务院产品质量监督管理部门或者国务院产品质量监督管理部门授权的部门认可的认证机构提出用能产品节能质量认证申请；经认证合格后，取得节能质量认证证书，在用能产品或者其包装上使用节能质量认证标志。

第十九条　县级以上各级人民政府统计机构应当会同同级有关部门，做好能源消费和利用状况的统计工作，并定期发布公报，公布主要耗能产品的

单位产品能耗等状况。

第二十条 国家对重点用能单位要加强节能管理。

下列用能单位为重点用能单位：

（一）年综合能源消费总量 1 万吨标准煤以上的用能单位；

（二）国务院有关部门或者省、自治区、直辖市人民政府管理节能工作的部门指定的年综合能源消费总量 5000 吨以上不满 1 万吨标准煤的用能单位。

县级以上各级人民政府管理节能工作的部门应当组织有关部门对重点用能单位的能源利用状况进行监督检查，可以委托具有检验测试技术条件的单位依法进行节能的检验测试。

重点用能单位的节能要求、节能措施和管理办法，由国务院管理节能工作的部门会同国务院有关部门制定。

第三章 合理使用能源

第二十一条 用能单位应当按照合理用能的原则，加强节能管理，制定并组织实施本单位的节能技术措施，降低能耗。

用能单位应当开展节能教育，组织有关人员参加节能培训。

未经节能教育、培训的人员，不得在耗能设备操作岗位上工作。

第二十二条 用能单位应当加强能源计量管理，健全能源消费统计和能源利用状况分析制度。

第二十三条 用能单位应当建立节能工作责任制，对节能工作取得成绩的集体、个人给予奖励。

第二十四条 生产耗能较高的产品的单位，应当遵守依法制定的单位产品能耗限额。

超过单位产品能耗限额用能，情节严重的，限期治理。限期治理由县级以上人民政府管理节能工作的部门按照国务院规定的权限决定。

第二十五条 生产、销售用能产品和使用用能设备的单位和个人，必须在国务院管理节能工作的部门会同国务院有关部门规定的期限内，停止生产、销售国家明令淘汰的用能产品，停止使用国家明令淘汰的用能设备，并不得将淘汰的设备转让给他人使用。

第二十六条　生产用能产品的单位和个人，应当在产品说明书和产品标识上如实注明能耗指标。

第二十七条　生产用能产品的单位和个人，不得使用伪造的节能质量认证标志或者冒用节能质量认证标志。

第二十八条　重点用能单位应当按照国家有关规定定期报送能源利用状况报告。能源利用状况包括能源消费情况、用能效率和节能效益分析、节能措施等内容。

第二十九条　重点用能单位应当设立能源管理岗位，在具有节能专业知识、实际经验以及工程师以上技术职称的人员中聘任能源管理人员，并向县级以上人民政府管理节能工作的部门和有关部门备案。

能源管理人员负责对本单位的能源利用状况进行监督、检查。

第三十条　单位职工和其他城乡居民使用企业生产的电、煤气、天然气、煤等能源应当按照国家规定计量和交费，不得无偿使用或者实行包费制。

第三十一条　能源生产经营单位应当依照法律、法规的规定和合同的约定向用能单位提供能源。

第四章　节能技术进步

第三十二条　国家鼓励、支持开发先进节能技术，确定开发先进节能技术的重点和方向，建立和完善节能技术服务体系，培育和规范节能技术市场。

第三十三条　国家组织实施重大节能科研项目、节能示范工程，提出节能推广项目，引导企业事业单位和个人采用先进的节能工艺、技术、设备和材料。

国家制定优惠政策，对节能示范工程和节能推广项目给予支持。

第三十四条　国家鼓励引进境外先进的节能技术和设备，禁止引进境外落后的用能技术、设备和材料。

第三十五条　在国务院和省、自治区、直辖市人民政府安排的科学研究资金中应当安排节能资金，用于先进节能技术研究。

第三十六条　县级以上各级人民政府应当组织有关部门根据国家产业政

策和节能技术政策，推动符合节能要求的科学、合理的专业化生产。

第三十七条 建筑物的设计和建造应当依照有关法律、行政法规的规定，采用节能型的建筑结构、材料、器具和产品，提高保温隔热性能，减少采暖、制冷、照明的能耗。

第三十八条 各级人民政府应当按照因地制宜、多能互补、综合利用、讲求效益的方针，加强农村能源建设，开发、利用沼气、太阳能、风能、水能、地热等可再生能源和新能源。

第三十九条 国家鼓励发展下列通用节能技术：

（一）推广热电联产、集中供热，提高热电机组的利用率，发展热能梯级利用技术，热、电、冷联产技术和热、电、煤气三联供技术，提高热能综合利用率；

（二）逐步实现电动机、风机、泵类设备和系统的经济运行，发展电机调速节电和电力电子节电技术，开发、生产、推广质优、价廉的节能器材，提高电能利用效率；

（三）发展和推广适合国内煤种的流化床燃烧、无烟燃烧和气化、液化等洁净煤技术，提高煤炭利用效率；

（四）发展和推广其他在节能工作中证明技术成熟、效益显著的通用节能技术。

第四十条 各行业应当制定行业节能技术政策，发展、推广节能新技术、新工艺、新设备和新材料，限制或者淘汰能耗高的老旧技术、工艺、设备和材料。

第四十一条 国务院管理节能工作的部门应当会同国务院有关部门规定通用的和分行业的具体的节能技术指标、要求和措施，并根据经济和节能技术的发展情况适时修订，提高能源利用效率，降低能源消耗，使我国能源利用状况逐步赶上国际先进水平。

第五章 法律责任

第四十二条 违反本法第十三条 规定，新建国家明令禁止新建的高耗能工业项目的，由县级以上人民政府管理节能工作的部门提出意见，报请同级人民政府按照国务院规定的权限责令停止投入生产或者停止使用。

第四十三条　生产耗能较高的产品的单位，违反本法第二十四条规定，超过单位产品能耗限额用能，情节严重，经限期治理逾期不治理或者没有达到治理要求的，可以由县级以上人民政府管理节能工作的部门提出意见，报请同级人民政府按照国务院规定的权限责令停业整顿或者关闭。

第四十四条　违反本法第二十五条规定，生产、销售国家明令淘汰的用能产品的，由县级以上人民政府管理产品质量监督工作的部门责令停止生产、销售国家明令淘汰的用能产品，没收违法生产、销售的国家明令淘汰的用能产品和违法所得，并处违法所得一倍以上五倍以下的罚款；可以由县级以上人民政府工商行政管理部门吊销营业执照。

第四十五条　违反本法第二十五条规定，使用国家明令淘汰的用能设备的，由县级以上人民政府管理节能工作的部门责令停止使用，没收国家明令淘汰的用能设备；情节严重的，县级以上人民政府管理节能工作的部门可以提出意见，报请同级人民政府按照国务院规定的权限责令停业整顿或者关闭。

第四十六条　违反本法第二十五条规定，将淘汰的用能设备转让他人使用的，由县级以上人民政府管理产品质量监督工作的部门没收违法所得，并处违法所得一倍以上五倍以下的罚款。

第四十七条　违反本法第二十六条规定，未在产品说明书和产品标识上注明能耗指标的，由县级以上人民政府管理产品质量监督工作的部门责令限期改正，可以处 5 万元以下的罚款。

违反本法第二十六条规定，在产品说明书和产品标识上注明的能耗指标不符合产品的实际情况的，除依照前款规定处罚外，依照有关法律的规定承担民事责任。

第四十八条　违反本法第二十七条规定，使用伪造的节能质量认证标志或者冒用节能质量认证标志的，由县级以上人民政府管理产品质量监督工作的部门责令公开改正，没收违法所得，可以并处违法所得一倍以上五倍以下的罚款。

第四十九条　国家工作人员在节能工作中滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，给予行政处分。

第六章　附　　则

第五十条　本法自 1998 年 1 月 1 日起施行。

建设工程质量管理条例

中华人民共和国国务院令
（第 279 号）

《建设工程质量管理条例》已经 2000 年 1 月 10 日国务院第 25 次常务会议通过，现予发布，自发布之日起施行。

总理　朱镕基
2000 年 1 月 30 日

第一章　总则

第一条　为了加强对建设工程质量的管理，保证建设工程质量，保护人民生命和财产安全，根据《中华人民共和国建筑法》，制定本条例。

第二条　凡在中华人民共和国境内从事建设工程的新建、扩建、改建等有关活动及实施对建设工程质量监督管理的，必须遵守本条例。

本条例所称建设工程，是指土木工程、建筑工程、线路管道和设备安装工程及装修工程。

第三条　建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、工程监理单位依法对建设工程质量负责。

第四条　县级以上人民政府建设行政主管部门和其他有关部门应当加强对建设工程质量的监督管理。

第五条　从事建设工程活动，必须严格执行基本建设程序，坚持先勘察、后设计、再施工的原则。

县级以上人民政府及其有关部门不得超越权限审批建设项目或者擅自简化基本建设程序。

第六条 国家鼓励采用先进的科学技术和管理方法，提高建设工程质量。

第二章 建设单位的质量责任和义务

第七条 建设单位应当将工程发包给具有相应资质等级的单位。

建设单位不得将建设工程肢解发包。

第八条 建设单位应当依法对工程建设项目的勘察、设计、施工、监理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购进行招标。

第九条 建设单位必须向有关的勘察、设计、施工、工程监理等单位提供与建设工程有关的原始资料。

原始资料必须真实、准确、齐全。

第十条 建设工程发包单位不得迫使承包方以低于成本的价格竞标，不得任意压缩合理工期。

建设单位不得明示或者暗示设计单位或者施工单位违反工程建设强制性标准，降低建设工程质量。

第十一条 建设单位应当将施工图设计文件报县级以上人民政府建设行政主管部门或者其他有关部门审查。施工图设计文件审查的具体办法，由国务院建设行政主管部门会同国务院其他有关部门制定。

施工图设计文件未经审查批准的，不得使用。

第十二条 实行监理的建设工程，建设单位应当委托具有相应资质等级的工程监理单位进行监理，也可以委托具有工程监理相应资质等级并与被监理工程的施工承包单位没有隶属关系或者其他利害关系的该工程的设计单位进行监理。

下列建设工程必须实行监理：

（一）国家重点建设工程；

（二）大中型公用事业工程；

（三）成片开发建设的住宅小区工程；

（四）利用外国政府或者国际组织贷款、援助资金的工程；

（五）国家规定必须实行监理的其他工程。

第十三条 建设单位在领取施工许可证或者开工报告前，应当按照国家

有关规定办理工程质量监督手续。

第十四条　按照合同约定，由建设单位采购建筑材料、建筑构配件和设备的，建设单位应当保证建筑材料、建筑构配件和设备符合设计文件和合同要求。

建设单位不得明示或者暗示施工单位使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备。

第十五条　涉及建筑主体和承重结构变动的装修工程，建设单位应当在施工前委托原设计单位或者具有相应资质等级的设计单位提出设计方案；没有设计方案的，不得施工。

房屋建筑使用者在装修过程中，不得擅自变动房屋建筑主体和承重结构。

第十六条　建设单位收到建设工程竣工报告后，应当组织设计、施工、工程监理等有关单位进行竣工验收。

建设工程竣工验收应当具备下列条件：

（一）完成建设工程设计和合同约定的各项内容；

（二）有完整的技术档案和施工管理资料；

（三）有工程使用的主要建筑材料、建筑构配件和设备的进场试验报告；

（四）有勘察、设计、施工、工程监理等单位分别签署的质量合格文件；

（五）有施工单位签署的工程保修书。

建设工程经验收合格的，方可交付使用。

第十七条　建设单位应当严格按照国家有关档案管理的规定，及时收集、整理建设项目各环节的文件资料，建立、健全建设项目档案，并在建设工程竣工验收后，及时向建设行政主管部门或者其他有关部门移交建设项目档案。

第三章　勘察、设计单位的质量责任和义务

第十八条　从事建设工程勘察、设计的单位应当依法取得相应等级的资质证书，并在其资质等级许可的范围内承揽工程。

禁止勘察、设计单位超越其资质等级许可的范围或者以其他勘察、设计单位的名义承揽工程。禁止勘察、设计单位允许其他单位或者个人以本单位

的名义承揽工程。

勘察、设计单位不得转包或者违法分包所承揽的工程。

第十九条 勘察、设计单位必须按照工程建设强制性标准进行勘察、设计，并对其勘察、设计的质量负责。

注册建筑师、注册结构工程师等注册执业人员应当在设计文件上签字，对设计文件负责。

第二十条 勘察单位提供的地质、测量、水文等勘察成果必须真实、准确。

第二十一条 设计单位应当根据勘察成果文件进行建设工程设计。

设计文件应当符合国家规定的设计深度要求，注明工程合理使用年限。

第二十二条 设计单位在设计文件中选用的建筑材料、建筑构配件和设备，应当注明规格、型号、性能等技术指标，其质量要求必须符合国家规定的标准。

除有特殊要求的建筑材料、专用设备、工艺生产线等外，设计单位不得指定生产厂、供应商。

第二十三条 设计单位应当就审查合格的施工图设计文件向施工单位作出详细说明。

第二十四条 设计单位应当参与建设工程质量事故分析，并对因设计造成的质量事故，提出相应的技术处理方案。

第四章 施工单位的质量责任和义务

第二十五条 施工单位应当依法取得相应等级的资质证书，并在其资质等级许可的范围内承揽工程。

禁止施工单位超越本单位资质等级许可的业务范围或者以其他施工单位的名义承揽工程。禁止施工单位允许其他单位或者个人以本单位的名义承揽工程。

施工单位不得转包或者违法分包工程。

第二十六条 施工单位对建设工程的施工质量负责。

施工单位应当建立质量责任制，确定工程项目的项目经理、技术负责人和施工管理负责人。建设工程实行总承包的，总承包单位应当对全部建设工

程质量负责；建设工程勘察、设计、施工、设备采购的一项或者多项实行总承包的，总承包单位应当对其承包的建设工程或者采购的设备的质量负责。

第二十七条　总承包单位依法将建设工程分包给其他单位的，分包单位应当按照分包合同的约定对其分包工程的质量向总承包单位负责，总承包单位与分包单位对分包工程的质量承担连带责任。

第二十八条　施工单位必须按照工程设计图纸和施工技术标准施工，不得擅自修改工程设计，不得偷工减料。

施工单位在施工过程中发现设计文件和图纸有差错的，应当及时提出意见和建议。

第二十九条　施工单位必须按照工程设计要求、施工技术标准和合同约定，对建筑材料、建筑构配件、设备和商品混凝土进行检验，检验应当有书面记录和专人签字；未经检验或者检验不合格的，不得使用。

第三十条　施工单位必须建立、健全施工质量的检验制度，严格工序管理，作好隐蔽工程的质量检查和记录。隐蔽工程在隐蔽前，施工单位应当通知建设单位和建设工程质量监督机构。

第三十一条　施工人员对涉及结构安全的试块、试件以及有关材料，应当在建设单位或者工程监理单位监督下现场取样，并送具有相应资质等级的质量检测单位进行检测。

第三十二条　施工单位对施工中出现质量问题的建设工程或者竣工验收不合格的建设工程，应当负责返修。

第三十三条　施工单位应当建立、健全教育培训制度，加强对职工的教育培训；未经教育培训或者考核不合格的人员，不得上岗作业。

第五章　工程监理单位的质量责任和义务

第三十四条　工程监理单位应当依法取得相应等级的资质证书，并在其资质等级许可的范围内承担工程监理业务。

禁止工程监理单位超越本单位资质等级许可的范围或者以其他工程监理单位的名义承担工程监理业务。禁止工程监理单位允许其他单位或者个人以本单位的名义承担工程监理业务。

工程监理单位不得转让工程监理业务。

第三十五条 工程监理单位与被监理工程的施工承包单位以及建筑材料、建筑构配件和设备供应单位有隶属关系或者其他利害关系的，不得承担该项建设工程的监理业务。

第三十六条 工程监理单位应当依照法律、法规以及有关技术标准、设计文件和建设工程承包合同，代表建设单位对施工质量实施监理，并对施工质量承担监理责任。

第三十七条 工程监理单位应当选派具备相应资格的总监理工程师和监理工程师进驻施工现场。

未经监理工程师签字，建筑材料、建筑构配件和设备不得在工程上使用或者安装，施工单位不得进行下一道工序的施工。未经总监理工程师签字，建设单位不拨付工程款，不进行竣工验收。

第三十八条 监理工程师应当按照工程监理规范的要求，采取旁站、巡视和平行检验等形式，对建设工程实施监理。

第六章 建设工程质量保修

第三十九条 建设工程实行质量保修制度。

建设工程承包单位在向建设单位提交工程竣工验收报告时，应当向建设单位出具质量保修书。质量保修书中应当明确建设工程的保修范围、保修期限和保修责任等。

第四十条 在正常使用条件下，建设工程的最低保修期限为：

（一）基础设施工程、房屋建筑的地基基础工程和主体结构工程，为设计文件规定的该工程的合理使用年限；

（二）屋面防水工程、有防水要求的卫生间、房间和外墙面的防渗漏，为 5 年；

（三）供热与供冷系统，为 2 个采暖期、供冷期；

（四）电气管线、给排水管道、设备安装和装修工程，为 2 年。

其他项目的保修期限由发包方与承包方约定。

建设工程的保修期，自竣工验收合格之日起计算。

第四十一条 建设工程在保修范围和保修期限内发生质量问题的，施工单位应当履行保修义务，并对造成的损失承担赔偿责任。

第四十二条　建设工程在超过合理使用年限后需要继续使用的，产权所有人应当委托具有相应资质等级的勘察、设计单位鉴定，并根据鉴定结果采取加固、维修等措施，重新界定使用期。

第七章　监督管理

第四十三条　国家实行建设工程质量监督管理制度。

国务院建设行政主管部门对全国的建设工程质量实施统一监督管理。国务院铁路、交通、水利等有关部门按照国务院规定的职责分工，负责对全国的有关专业建设工程质量的监督管理。

县级以上地方人民政府建设行政主管部门对本行政区域内的建设工程质量实施监督管理。县级以上地方人民政府交通、水利等有关部门在各自的职责范围内，负责对本行政区域内的专业建设工程质量的监督管理。

第四十四条　国务院建设行政主管部门和国务院铁路、交通、水利等有关部门应当加强对有关建设工程质量的法律、法规和强制性标准执行情况的监督检查。

第四十五条　国务院发展计划部门按照国务院规定的职责，组织稽察特派员，对国家出资的重大建设项目实施监督检查。

国务院经济贸易主管部门按照国务院规定的职责，对国家重大技术改造项目实施监督检查。

第四十六条　建设工程质量监督管理，可以由建设行政主管部门或者其他有关部门委托的建设工程质量监督机构具体实施。

从事房屋建筑工程和市政基础设施工程质量监督的机构，必须按照国家有关规定经国务院建设行政主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门考核；从事专业建设工程质量监督的机构，必须按照国家有关规定经国务院有关部门或者省、自治区、直辖市人民政府有关部门考核。经考核合格后，方可实施质量监督。

第四十七条　县级以上地方人民政府建设行政主管部门和其他有关部门应当加强对有关建设工程质量的法律、法规和强制性标准执行情况的监督检查。

第四十八条　县级以上人民政府建设行政主管部门和其他有关部门履行

监督检查职责时，有权采取下列措施：

（一）要求被检查的单位提供有关工程质量的文件和资料；

（二）进入被检查单位的施工现场进行检查；

（三）发现有影响工程质量的问题时，责令改正。

第四十九条 建设单位应当自建设工程竣工验收合格之日起 15 日内，将建设工程竣工验收报告和规划、公安消防、环保等部门出具的认可文件或者准许使用文件报建设行政主管部门或者其他有关部门备案。

建设行政主管部门或者其他有关部门发现建设单位在竣工验收过程中有违反国家有关建设工程质量管理规定行为的，责令停止使用，重新组织竣工验收。

第五十条 有关单位和个人对县级以上人民政府建设行政主管部门和其他有关部门进行的监督检查应当支持与配合，不得拒绝或者阻碍建设工程质量监督检查人员依法执行职务。

第五十一条 供水、供电、供气、公安消防等部门或者单位不得明示或者暗示建设单位、施工单位购买其指定的生产供应单位的建筑材料、建筑构配件和设备。

第五十二条 建设工程发生质量事故，有关单位应当在 24 小时内向当地建设行政主管部门和其他有关部门报告。对重大质量事故，事故发生地的建设行政主管部门和其他有关部门应当按照事故类别和等级向当地人民政府和上级建设行政主管部门和其他有关部门报告。

特别重大质量事故的调查程序按照国务院有关规定办理。

第五十三条 任何单位和个人对建设工程的质量事故、质量缺陷都有权检举、控告、投诉。

第八章 罚 则

第五十四条 违反本条例规定，建设单位将建设工程发包给不具有相应资质等级的勘察、设计、施工单位或者委托给不具有相应资质等级的工程监理单位的，责令改正，处 50 万元以上 100 万元以下的罚款。

第五十五条 违反本条例规定，建设单位将建设工程肢解发包的，责令改正，处工程合同价款百分之零点五以上百分之一以下的罚款；对全部或者

部分使用国有资金的项目，并可以暂停项目执行或者暂停资金拨付。

第五十六条　违反本条例规定，建设单位有下列行为之一的，责令改正，处 20 万元以上 50 万元以下的罚款：

（一）迫使承包方以低于成本的价格竞标的；

（二）任意压缩合理工期的；

（三）明示或者暗示设计单位或者施工单位违反工程建设强制性标准，降低工程质量的；

（四）施工图设计文件未经审查或者审查不合格，擅自施工的；

（五）建设项目必须实行工程监理而未实行工程监理的；

（六）未按照国家规定办理工程质量监督手续的；

（七）明示或者暗示施工单位使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备的；

（八）未按照国家规定将竣工验收报告、有关认可文件或者准许使用文件报送备案的。

第五十七条　违反本条例规定，建设单位未取得施工许可证或者开工报告未经批准，擅自施工的，责令停止施工，限期改正，处工程合同价款百分之一以上百分之二以下的罚款。

第五十八条　违反本条例规定，建设单位有下列行为之一的，责令改正，处工程合同价款百分之二以上百分之四以下的罚款；造成损失的，依法承担赔偿责任；

（一）未组织竣工验收，擅自交付使用的；

（二）验收不合格，擅自交付使用的；

（三）对不合格的建设工程按照合格工程验收的。

第五十九条　违反本条例规定，建设工程竣工验收后，建设单位未向建设行政主管部门或者其他有关部门移交建设项目档案的，责令改正，处 1 万元以上 10 万元以下的罚款。

第六十条　违反本条例规定，勘察、设计、施工、工程监理单位超越本单位资质等级承揽工程的，责令停止违法行为，对勘察、设计单位或者工程监理单位处合同约定的勘察费、设计费或者监理酬金 1 倍以上 2 倍以下的罚款；对施工单位处工程合同价款百分之二以上百分之四以下的罚款，可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；有违法所得的，

予以没收。

未取得资质证书承揽工程的，予以取缔，依照前款规定处以罚款；有违法所得的，予以没收。

以欺骗手段取得资质证书承揽工程的，吊销资质证书，依照本条第一款规定处以罚款；有违法所得的，予以没收。

第六十一条 违反本条例规定，勘察、设计、施工、工程监理单位允许其他单位或者个人以本单位名义承揽工程的，责令改正，没收违法所得，对勘察、设计单位和工程监理单位处合同约定的勘察费、设计费和监理酬金1倍以上2倍以下的罚款；对施工单位处工程合同价款百分之二以上百分之四以下的罚款；可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

第六十二条 违反本条例规定，承包单位将承包的工程转包或者违法分包的，责令改正，没收违法所得，对勘察、设计单位处合同约定的勘察费、设计费百分之二十五以上百分之五十以下的罚款；对施工单位处工程合同价款百分之零点五以上百分之一以下的罚款；可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

工程监理单位转让工程监理业务的，责令改正，没收违法所得，处合同约定的监理酬金百分之二十五以上百分之五十以下的罚款；可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

第六十三条 违反本条例规定，有下列行为之一的，责令改正，处10万元以上30万元以下的罚款：

（一）勘察单位未按照工程建设强制性标准进行勘察的；

（二）设计单位未根据勘察成果文件进行工程设计的；

（三）设计单位指定建筑材料、建筑构配件的生产厂、供应商的；

（四）设计单位未按照工程建设强制性标准进行设计的。

有前款所列行为，造成工程质量事故的，责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

第六十四条 违反本条例规定，施工单位在施工中偷工减料的，使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备的，或者有不按照工程设计图纸或者施工技术标准施工的其他行为的，责令改正，处工程合同价款百分之二以上百分之四以下的罚款；造成建设工程质量不符合规定的质量标准的，负责返

工、修理，并赔偿因此造成的损失；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书。

第六十五条　违反本条例规定，施工单位未对建筑材料、建筑构配件、设备和商品混凝土进行检验，或者未对涉及结构安全的试块、试件以及有关材料取样检测的，责令改正，处 10 万元以上 20 万元以下的罚款；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

第六十六条　违反本条例规定，施工单位不履行保修义务或者拖延履行保修义务的，责令改正，处 10 万元以上 20 万元以下的罚款，并对在保修期内因质量缺陷造成的损失承担赔偿责任。

第六十七条　工程监理单位有下列行为之一的，责令改正，处 50 万元以上 100 万元以下的罚款，降低资质等级或者吊销资质证书；有违法所得的，予以没收；造成损失的，承担连带赔偿责任：

（一）与建设单位或者施工单位串通，弄虚作假、降低工程质量的；

（二）将不合格的建设工程、建筑材料、建筑构配件和设备按照合格签字的。

第六十八条　违反本条例规定，工程监理单位与被监理工程的施工承包单位以及建筑材料、建筑构配件和设备供应单位有隶属关系或者其他利害关系承担该项建设工程的监理业务的，责令改正，处 5 万元以上 10 万元以下的罚款，降低资质等级或者吊销资质证书；有违法所得的，予以没收。

第六十九条　违反本条例规定，涉及建筑主体或者承重结构变动的装修工程，没有设计方案擅自施工的，责令改正，处 50 万元以上 100 万元以下的罚款；房屋建筑使用者在装修过程中擅自变动房屋建筑主体和承重结构的，责令改正，处 5 万元以上 10 万元以下的罚款。

有前款所列行为，造成损失的，依法承担赔偿责任。

第七十条　发生重大工程质量事故隐瞒不报、谎报或者拖延报告期限的，对直接负责的主管人员和其他责任人员依法给予行政处分。

第七十一条　违反本条例规定，供水、供电、供气、公安消防等部门或者单位明示或者暗示建设单位或者施工单位购买其指定的生产供应单位的建筑材料、建筑构配件和设备的，责令改正。

第七十二条　违反本条例规定，注册建筑师、注册结构工程师、监理工

程师等注册执业人员因过错造成质量事故的，责令停止执业 1 年；造成重大质量事故的，吊销执业资格证书，5 年以内不予注册；情节特别恶劣的，终身不予注册。

第七十三条 依照本条例规定，给予单位罚款处罚的，对单位直接负责的主管人员和其他直接责任人员处单位罚款数额百分之五以上百分之十以下的罚款。

第七十四条 建设单位、设计单位、施工单位、工程监理单位违反国家规定，降低工程质量标准，造成重大安全事故，构成犯罪的，对直接责任人员依法追究刑事责任。

第七十五条 本条例规定的责令停业整顿，降低资质等级和吊销资质证书的行政处罚，由颁发资质证书的机关决定；其他行政处罚，由建设行政主管部门或者其他有关部门依照法定职权决定。

依照本条例规定被吊销资质证书的，由工商行政管理部门吊销其营业执照。

第七十六条 国家机关工作人员在建设工程质量监督管理工作中玩忽职守、滥用职权、徇私舞弊，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，依法给予行政处分。

第七十七条 建设、勘察、设计、施工、工程监理单位的工作人员因调动工作、退休等原因离开该单位后，被发现在该单位工作期间违反国家有关建设工程质量管理规定，造成重大工程质量事故的，仍应当依法追究法律责任。

第九章 附 则

第七十八条 本条例所称肢解发包，是指建设单位将应当由一个承包单位完成的建设工程分解成若干部分发包给不同的承包单位的行为。

本条例所称违法分包，是指下列行为：

（一）总承包单位将建设工程分包给不具备相应资质条件的单位的；

（二）建设工程总承包合同中未有约定，又未经建设单位认可，承包单位将其承包的部分建设工程交由其他单位完成的；

（三）施工总承包单位将建设工程主体结构的施工分包给其他单位的；

（四）分包单位将其承包的建设工程再分包的。

本条例所称转包，是指承包单位承包建设工程后，不履行合同约定的责任和义务，将其承包的全部建设工程转给他人或者将其承包的全部建设工程肢解以后以分包的名义分别转给其他单位承包的行为。

第七十九条　本条例规定的罚款和没收的违法所得，必须全部上缴国库。

第八十条　抢险救灾及其他临时性房屋建筑和农民自建低层住宅的建设活动，不适用本条例。

第八十一条　军事建设工程的管理，按照中央军事委员会的有关规定执行。

第八十二条　本条例自发布之日起施行。

附刑法有关条款

第一百三十七条　建设单位、设计单位、施工单位、工程监理单位违反国家规定，降低工程质量标准，造成重大安全事故的，对直接责任人员处五年以下有期徒刑或者拘役，并处罚金；后果特别严重的，处五年以上十年以下有期徒刑，并处罚金。

民用建筑节能管理规定

中华人民共和国建设部部长令

第 76 号

《民用建筑节能管理规定》已于一九九九年十月二十八日经第十七次部常务会议通过，现予发布，自二〇〇〇年十月一日起施行。

部长俞正声

2000 年 2 月 18 日

民用建筑节能管理规定

第一条　为了加强民用建筑节能管理，提高能源利用效率，改善室内热环境，根据《中华人民共和国节约能源法》、《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》和有关行政法规，制定本规定。

第二条　本规定适用于下列建设项目的审批、设计、施工、工程质量监督、竣工验收和物业管理：

（一）《建筑气候区域标准》划定的严寒和寒冷地区设置集中采暖的新建、扩建的居住建筑及其附属设施；

（二）新建、改建和扩建的旅游旅馆及其附属设施。

第三条　国务院建设行政主管部门负责全国民用建筑节能的监督管理工作。

县级以上地方人民政府建设行政主管部门负责本行政区域内民用建筑节能的监督管理工作。建筑节能的日常工作可以由建设行政主管部门委托的建筑节能机构负责。

第四条　国家鼓励建筑节能技术进步，鼓励引进国外先进的建筑节能技

术，禁止引进国外落后的建筑用能技术、材料和设备。

国家鼓励发展下列建筑节能技术（产品）：

（一）新型节能墙体和屋面的保温、隔热技术与材料；

（二）节能门窗的保温隔热和密闭技术；

（三）集中供热和热、电、冷联产联供技术；

（四）供热采暖系统温度调控和分户热量计量技术与装置；

（五）太阳能、地热等可再生能源应用技术及设备；

（六）建筑照明节能技术与产品；

（七）空调制冷节能技术与产品；

（八）其他技术成熟、效果显著的节能技术和节能管理技术。

第五条　新建居住建筑的集中采暖系统应当使用双管系统，推行温度调节和户用热量计量装置，实行供热计量收费。

第六条　新建民用建筑工程项目的可行性研究报告或者设计任务书，应当包括合理用能的专题论证。依法审批的机关要依照国家的有关规定，对工程项目可行性研究报告或者设计任务书组织节能论证和评估。对不符合节能标准的项目，不得批准建设。

第七条　建设单位应当按照节能要求和建筑节能强制性标准委托工程项目的设计。

建设单位不得擅自修改节能设计文件。

第八条　设计单位应当依据建设单位的委托以及节能的标准和规范进行设计（以下简称节能设计），保证建筑节能设计质量。

（一）严寒和寒冷地区设置集中采暖的新建、扩建的居住建筑设计，应当执行中华人民共和国《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》。

（二）新建、扩建和改建的旅游旅馆的热工与空气调节设计，应当执行中华人民共和国《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》。

第九条　建设行政主管部门或者其委托的设计审查单位，在进行施工图设计审查时，应当审查节能设计的内容，并签署意见。

从事建筑节能设计审查工作的设计人员，应当接受节能标准与节能技术知识的培训。

第十条　国家和省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门负责组织编制符合建筑节能标准要求的建筑通用设计或者标准图集。

第十一条　施工单位应当按照节能设计进行施工，保证工程施工质量。

第十二条　建设工程质量监督机构，对达不到节能设计标准要求的项目，在质量监督文件中应当予以注明。

第十三条　供热单位、房屋产权单位或者其委托的物业管理单位应当做好建筑物供热系统的节能管理工作，建立健全节能考核制度。认真记录和上报能源消耗资料，接受对锅炉运行的检测。对超过能源消耗指标或者达不到供暖温度标准的，由县级以上地方人民政府建设行政主管部门责令其限期达标。

第十四条　国家实行建筑节能产品认证和淘汰制度。

第十五条　县级以上地方人民政府建设行政主管部门应当加强对基本建设、技术改造和其他专项资金中节能资金的监督管理，专款专用。

第十六条　建设单位未按照建筑节能强制性标准委托设计或者擅自修改节能设计文件的，责令改正，处 20 万元以上 50 万元以下的罚款。

第十七条　设计单位未按照节能标准和规范进行设计的，应当修改设计。未进行修改的，给予警告，处以 10 万元以上 30 万元以下的罚款；造成损失的，依法承担赔偿责任；两年内，累计三项工程未按照节能标准和规范设计的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书，对注册执业人员，可以责令停止执业一年。

第十八条　对未按照节能设计进行施工的，责令改正；整改所发生的工程费用，由施工单位负责；可以给予警告，情节严重的，处工程合同价款 2%以上 4%以下的罚款；两年内，累计三项工程未按照符合节能设计标准要求的设计进行施工的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书。

第十九条　建设行政主管部门在建设工程竣工验收过程中，发现达不到节能标准的，责令建设单位改正，重新组织竣工验收。

第二十条　本规定的责令停业整顿、降低资质等级和吊销资质证书的行政处罚，由颁发资质证书的机关决定；其他行政处罚，由建设行政主管部门依照法定职权决定。

第二十一条　省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门可以依据本规定制定实施细则。

第二十二条　严寒和寒冷地区未设置集中采暖的新建、扩建的居住建筑也应当参照本规定执行。

第二十三条　本规定由国务院建设行政主管部门负责解释。

第二十条　本规定自 2000 年 10 月 1 日起施行。

实施工程建设强制性标准监督规定

中华人民共和国建设部令

第 81 号

《实施工程建设强制性标准监督规定》已于 2000 年 8 月 21 日经第 27 次部常务会议通过，现予以发布，自发布之日起施行。

部长　俞正声

二〇〇〇年八月二十五日

实施工程建设强制性标准监督规定

第一条　为加强工程建设强制性标准实施的监督工作，保证建设工程质量，保障人民的生命、财产安全，维护社会公共利益，根据《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国标准化法实施条例》和《建设工程质量管理条例》，制定本规定。

第二条　在中华人民共和国境内从事新建、扩建、改建等工程建设活动，必须执行工程建设强制性标准。

第三条　本规定所称工程建设强制性标准是指直接涉及工程质量、安全、卫生及环境保护等方面的工程建设标准强制性条文。

国家工程建设标准强制性条文由国务院建设行政主管部门会同国务院有关行政主管部门确定。

第四条　国务院建设行政主管部门负责全国实施工程建设强制性标准的监督管理工作。

国务院有关行政主管部门按照国务院的职能分工负责实施工程建设强制性标准的监督管理工作。

县级以上地方人民政府建设行政主管部门负责本行政区域内实施工程建设强制性标准的监督管理工作。

第五条　工程建设中拟采用的新技术、新工艺、新材料，不符合现行强制性标准规定的，应当由拟采用单位提请建设单位组织专题技术论证，报批准标准的建设行政主管部门或者国务院有关主管部门审定。

工程建设中采用国际标准或者国外标准，现行强制性标准未作规定的，建设单位应当向国务院建设行政主管部门或者国务院有关行政主管部门备案。

第六条　建设项目规划审查机构应当对工程建设规划阶段执行强制性标准的情况实施监督。

施工图设计文件审查单位应当对工程建设勘察、设计阶段执行强制性标准的情况实施监督。

建筑安全监督管理机构应当对工程建设施工阶段执行施工安全强制性标准的情况实施监督。

工程质量监督机构应当对工程建设施工、监理、验收等阶段执行强制性标准的情况实施监督。

第七条　建设项目规划审查机关、施工图设计文件审查单位、建筑安全监督管理机构、工程质量监督机构的技术人员必须熟悉、掌握工程建设强制性标准。

第八条　工程建设标准批准部门应当定期对建设项目规划审查机关、施工图设计文件审查单位、建筑安全监督管理机构、工程质量监督机构实施强制性标准的监督进行检查，对监督不力的单位和个人，给予通报批评，建议有关部门处理。

第九条　工程建设标准批准部门应当对工程项目执行强制性标准情况进行监督检查。监督检查可以采取重点检查、抽查和专项检查的方式。

第十条　强制性标准监督检查的内容包括：

（一）有关工程技术人员是否熟悉、掌握强制性标准；

（二）工程项目的规划、勘察、设计、施工、验收等是否符合强制性标准的规定；

（三）工程项目采用的材料、设备是否符合强制性标准的规定；

（四）工程项目的安全、质量是否符合强制性标准的规定；

（五）工程中采用的导则、指南、手册、计算机软件的内容是否符合强制性标准的规定。

第十一条　工程建设标准批准部门应当将强制性标准监督检查结果在一定范围内公告。

第十二条　工程建设强制性标准的解释由工程建设标准批准部门负责。

有关标准具体技术内容的解释，工程建设标准批准部门可以委托该标准的编制管理单位负责。

第十三条　工程技术人员应当参加有关工程建设强制性标准的培训，并可以计入继续教育学时。

第十四条　建设行政主管部门或者有关行政主管部门在处理重大工程事故时，应当有工程建设标准方面的专家参加；工程事故报告应当包括是否符合工程建设强制性标准的意见。

第十五条　任何单位和个人对违反工程建设强制性标准的行为有权向建设行政主管部门或者有关部门检举、控告、投诉。

第十六条　建设单位有下列行为之一的，责令改正，并处以 20 万元以上 50 万元以下的罚款：

（一）明示或者暗示施工单位使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备的；

（二）明示或者暗示设计单位或者施工单位违反工程建设强制性标准，降低工程质量的。

第十七条　勘察、设计单位违反工程建设强制性标准进行勘察、设计的，责令改正，并处以 10 万元以上 30 万元以下的罚款。

有前款行为，造成工程质量事故的，责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

第十八条　施工单位违反工程建设强制性标准的，责令改正，处工程合同价款 2%以上 4%以下的罚款；造成建设工程质量不符合规定的质量标准的，负责返工、修理，并赔偿因此造成的损失；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书。

第十九条　工程监理单位违反强制性标准规定，将不合格的建设工程以及建筑材料、建筑构配件和设备按照合格签字的，责令改正，处 50 万元以上 100 万元以下的罚款，降低资质等级或者吊销资质证书；有违法所得的，

予以没收；造成损失的，承担连带赔偿责任。

第二十条　违反工程建设强制性标准造成工程质量、安全隐患或者工程事故的，按照《建设工程质量管理条例》有关规定，对事故责任单位和责任人进行处罚。

第二十一条　有关责令停业整顿、降低资质等级和吊销资质证书的行政处罚，由颁发资质证书的机关决定；其他行政处罚，由建设行政主管部门或者有关部门依照法定职权决定。

第二十二条　建设行政主管部门和有关行政主管部门工作人员，玩忽职守、滥用职权、徇私舞弊的，给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第二十三条　本规定由国务院建设行政主管部门负责解释。

第二十四条　本规定自发布之日起施行。

住宅建筑规范（征求意见稿）

1　总　　则

1.0.1　为贯彻执行国家技术经济政策，推进可持续发展，规范住宅的基本功能和性能要求，依据有关法律、法规，制定本规范。

1.0.2　本规范适用于城镇住宅的建设、使用和维护。

1.0.3　住宅建设应因地制宜，做到适用、经济、美观，促进资源节约和环境保护，符合节能、节地、节水、节材的要求。

1.0.4　本规范的规定为住宅的基本要求。

实施本规范时，尚应符合经国家批准或备案的有关标准；当与住宅有关的标准与本规范的规定不一致时，应符合本规范的规定。

1.0.5　遵守本规范不免除相关责任人的责任。

2　术　　语

2.1　一般规定

2.1.1　**住宅**　residential building

供家庭居住使用的建筑。

2.2　外部环境

2.2.1　**配建设施**　public facilities

与人口规模相对应配套建设的公共服务设施、道路和公共绿地的总称。

2.2.2　**无障碍**　barrier – free

适合老年人、残疾人、轮椅及童车等通行的交通措施。

2.2.3　**绿地**　green space

公共绿地、宅旁绿地、公共服务设施所属绿地和道路绿地（即道路红线内的绿地）等各种形式绿地的总称，可以包括满足当地植树绿化覆土要求、方便居民出入的地下或半地下建筑的屋顶绿地，不应包括其他屋顶、晒台的人工绿地。

2.2.4　**公共绿地**　public green space

满足规定的日照要求、适合于安排游憩活动设施的、供居民共享的集中绿地。

2.2.5　**绿地率**　green space ratio

各类绿地面积的总和占用地面积的比率（%）。

2.3　建　　筑

2.3.1　**入口平台**　entrance platform

在台阶或坡道与建筑入口之间的水平地面。

2.3.2　**无障碍住房**　barrier – free residence

在住宅建筑中，设有乘轮椅者可进入和使用的住宅套房。

2.3.3　**轮椅坡道**　ramp for wheelchair

在坡度和宽度上以及地面、扶手、高度等方面符合乘轮椅者通行的坡道。

2.3.4　**地下室**　basement

房间地面低于室外地平面的高度超过该房间净高的 1/2 者。

2.3.5　**半地下室**　semi – basement

房间地面低于室外地平面的高度超过该房间净高的 1/3，且不超过 1/2 者。

2.4　结　　构

2.4.1　**设计使用年限**　design working life

设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定的目的使用的时期。

2.4.2　**安全等级**　safety class

根据破坏后果的严重程度划分的结构或结构构件的等级。

2.4.3　**抗震设防烈度**　seismic fortification intensity

按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。

2.4.4　**作用**　action

引起结构或结构构件反应的因素，例如重力荷载、风荷载、地震作用、温度变化、地基不均匀沉降等。

2.4.5　**岩土工程勘察**　geotechnical investigation

根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。

2.4.6　**地基**　subgrade，foundation soils

支承基础的土体或岩体。

2.4.7　**基础**　foundation

将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。

2.4.8　**抗震措施**　seismic fortification measures

除地震作用计算和抗力计算以外的抗震设计内容，包括抗震构造措施。

2.4.9　**非结构构件**　non－structural element

建筑中除承重骨架体系以外的固定构件或部件。

2.5　设　　备

2.5.1　**水源热泵**　water－source heat pump

以水为低位热源的热泵。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

2.6　防火与疏散

2.6.1　**耐火极限**　fire resistance rating

在标准耐火试验条件下，建筑构件、配件或结构从受到火的作用时起，到失去稳定性、完整性或隔热性时止的这段时间，用小时表示。

2.6.2　**商业服务网点**　commercial service facilities

住宅建筑的首层或首层及二层设置的建筑面积不超过 300m2 的百货店、副食店、粮店、邮政所、储蓄所、理发店等小型营业性用房。

2.6.3　**商住楼**　business－living building

由底部超过 300m2 的营业性场所及上部住宅部分组成的建筑综合体。

2.6.4　**安全出口**　safety exit

供人员疏散用的楼梯间和室外楼梯的入口或直通室内外安全区域的出

口。

2.6.5　**防火间距**　fire separation distance

防止着火建筑的辐射热在一定时间内引燃相邻建筑，且便于消防扑救的间隔距离。

3　基本规定

3.1　住宅基本性能要求

3.1.1　住宅建设应符合城市总体规划要求，保障居民基本的生活条件和环境，经济、合理、有效地使用土地和空间。

3.1.2　住宅选址应有利于避免有害气体和工程地质灾害等对住宅的影响。

3.1.3　住宅应具有与人口规模或住宅规模相对应的公共服务设施、道路和公共绿地。

3.1.4　住宅套内空间应能满足生活起居的基本要求。

3.1.5　住宅结构在规定的设计使用年限内应具有足够的可靠度。

3.1.6　住宅应具有防火安全性能。

3.1.7　住宅应具备满足人员在紧急事态时从建筑中安全撤出的功能。

3.1.8　住宅应满足人体健康所需的通风、日照和隔声的要求。

3.1.9　住宅选材应避免对室内环境造成污染。

3.1.10　住宅应具有防止外窗玻璃、外墙装饰等坠落伤人的措施。

3.1.11　住宅必须进行节能设计，且住宅及其室内设备应能有效利用能源和水资源。

3.1.12　居住区和住宅应符合无障碍设计原则。

3.2　许可原则

3.2.1　住宅建设应选用经过认证或具有标识的合格设备与产品。

3.2.2　当住宅建设采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料时，必须经相关程序核准。

3.2.3　未经技术鉴定和设计许可，不得拆改结构构件和加层改造。

3.3　既有住宅

3.3.1　达到设计使用年限的既有住宅需要继续使用时，应委托具有相应资质的机构鉴定，并根据鉴定结果进行处理。

3.3.2　既有住宅的改造、改建应与节能、防火改造同步进行。

4　外部环境

4.1　相邻关系

4.1.1　除城市规划确定的永久性空地外，紧接基地边界线的住宅不得向相邻基地方向设洞口、门、外平开窗、阳台、挑檐、空调室外机、废气排出口及排泄雨水。

4.1.2　每套住宅至少应有一个朝向获得日照，其日照标准应符合表 4.1.2 的规定：

表 4.1.2　　住宅建筑日照标准

建筑气候区划	Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅶ气候区		Ⅳ气候区		Ⅴ、Ⅵ气候区
	大城市	中小城市	大城市	中小城市	
日照标准日	大寒日				冬至日
日照时数（小时）	≥2	≥3			≥1
有效日照时间带（当地真太阳时）	8～16				9～15
计算起点	底层窗台面				

注：1　底层窗台面是指距室内地坪 0.9m 高的外墙位置；

2　旧区改建的住宅日照标准可以酌情降低，但不应低于大寒日日照 1 小时的标准。

4.1.3　在住宅的非日照朝向上，有居室开窗的外墙与其他建筑的水平间距应符合下列规定：

1　当相邻的其他建筑高度不大于 60 米时，不应小于相邻其他建筑高度的 1/2；

2　当相邻的其他建筑高度大于 60 米时，不应小于 30 米。

4.1.4　住宅至道路边缘的最小距离，应符合表 4.1.4 的规定；

表 4.1.4　　住宅至道路边缘最小距离（m）

与住宅距离 \ 路面宽度			> 9m	6 ~ 9m	< 6m
住宅面向道路	无出入口	高层	5	3	2
		多层	3	3	2
	有出入口		—	5	2.5
住宅山墙面向道路		高层	4	2	1.5
		多层	2	2	1.5

注：当道路设有人行便道时，其道路边缘指便道边线。

4.1.5　住宅周边各类管线的设置应考虑不影响住宅的安全和防止管线受腐蚀、沉陷、震动及重压。

4.2　公共服务设施

4.2.1　住宅配套公共服务设施（也称配套公建）应包括：教育、医疗卫生、文化、体育、商业服务、金融邮电、社区服务、市政公用和行政管理等九类设施。

4.2.2　住宅配套公建的配建水平，必须与居住人口规模相对应。并应与住宅同步规划、同步建设和同时投入使用。

4.2.3　凡国家确定的一、二类人防重点城市均应按国家人防部门的有关规定配建防空地下室，并应遵循平战结合的原则，与城市地下空间规划相结合，统筹安排，并将配套公建使用部分的面积，按其使用性质纳入配套公建。

4.3　道路交通

4.3.1　每个住宅单元至少应有一个出入口可以通达机动车。

4.3.2　人车混行道路的设计时速不应大于 15 公里/小时。

4.3.3　道路设置应符合下列规定：

1　双车道路面宽度不应小于 6m；单车道路面宽度不应小于 2.5m；

2　当尽端式道路的长度大于 120m 时，应在尽端设不小于 12m × 12m 的回车场地。

3　主要道路坡度较大时，应设缓冲段与城市道路相接；

4　在地震设防地区，道路交通应考虑减灾、救灾要求；地震设防城市，干路高层住宅后退 10～15 米。

4.3.4　住宅外部无障碍道路设计应贯通，并应符合下列规定：

1　坡道在不同坡度的情况下，坡道高度和水平长度应符合表 4.3.4 的规定；

表 4.3.4P　　坡道高度和水平长度

坡　度	1:20	1:16	1:12	1:10	1:8
最大高度（m）	1.50	1.00	0.75	0.60	0.35
水平长度（m）	30.00P	16.00	9.00	6.00	2.80

2　通行轮椅车的坡道宽度不应小于 1.5m；

3　人行道在交叉路口、街坊路口、广场入口应设缘石坡道。坡面应平整，且不应光滑。坡度应小于 1：20，坡宽应大于 1.2 米。

4.3.5　住宅应配套设置居民汽车停车场地或停车库。

4.4　室外环境

4.4.1　绿地率：新区建设不应低于 30%。

4.4.2　公共绿地总指标应达到：1000～3000 人的规模不少于 0.5 m2/人，且至少应包括一个面积不小于 0.04h m2 的中心绿地；10000～15000 人的规模不应少于 1m2/人，至少应包括一个面积不小于 0.4h m2 的中心绿地。

4.4.3　人工水体严禁使用自来水。硬底人工水体的近岸 2.0m 范围内的水深，不得大于 0.7m，达不到此要求的应设护栏。无护栏的园桥、汀步附近 2.0m 范围以内的水深不得大于 0.5m。

4.4.4　临近噪声源的住宅周边应采取防噪措施。

4.5　竖　　向

4.5.1　地面水的排水系统，应根据地形特点设计。地面水排水方式的选择，应符合下列规定：

1　地面排水坡度不应小于 0.2%；

2　用地的规划高程应高于多年平均地下水位。

4.5.2　用地的防护工程设置应符合下列规定：

1　台阶式用地的台阶之间应用护坡或挡土墙联接，相邻台地间高差大于 1.5m 时，应在挡土墙或坡比值大于 0.5 的护坡顶加设安全防护设施；

2　土质护坡的坡比值应小于或等于 0.5；

3　高度大于 2m 的挡土墙和护坡的上缘与住宅间水平距离不应小于 3m，其下缘与住宅间的水平距离不应小于 2m。

5　建　　筑

5.1　套内空间

5.1.1　每套住宅应设卧室、起居室（厅）、厨房和卫生间等基本空间。

5.1.2　套内空间数量和低限面积应符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2　　套内空间数量和低限面积

空间名称	数量	低限面积（m^2）
起居室（厅）	1	12
双人卧室	1	10
单人卧室		6
厨房	1	4
兼起居卧室		12
卫生间	1	3
餐室（厅）		6
书房		6

5.1.3　厨房应按炊事操作流程布置炉灶、洗涤池、案台、排油烟机等的位置。厨房地面应有防水构造措施。

5.1.4　卫生间不应直接布置在下层住户的卧室、起居室（厅）和厨房的上层，卫生间地面应有防水构造和便于洁具更换的措施。

5.1.5　每套住宅应按使用功能，在卫生间布置便器、洗浴器、洗面器等的位置；布置便器的卫生间的门不应直接开在厨房内。

5.1.6　套内通往各个基本空间的通道净宽不应小于该基本空间的门洞口宽度，门洞口高度不应小于 2.00m。各部位门洞口宽度应符合表 5.1.6 的规定。

表 5.1.6　　各部位门洞口最小宽度

部位名称	洞口最小宽度（m）
户（套）门	0.90
起居室（厅）	0.90
卧室门	0.90
厨房门	0.80
卫生间门	0.70
阳台门	0.70

5.1.7　外窗窗台距楼面、地面的净高低于 0.90m 时，应有防护设施。六层及六层以下住宅的阳台栏杆净高不应低于 1.05m，七层及七层以上住宅的阳台栏杆净高不应低于 1.10m。防护栏杆的垂直杆件间净距不应大于 0.11m。

5.1.8　卧室、起居室（厅）的室内净高不应低于 2.40m，局部净高不应低于 2.10m，且其面积不应大于室内使用面积的 1/3。利用坡屋顶内空间作卧室、起居室（厅）时，其 1/2 面积的室内净高不应低于 2.10m。

5.1.9　阳台地面构造应有防水措施，阳台放置花盆处应采取防坠落措施。

5.2　公共部分

5.2.1　走廊和公共部位通道的净宽不应小于 1.20m，局部净高不应低于 2.10m。

5.2.2　外廊、内天井及上人屋面等临空处栏杆净高，六层及六层以下不应低于 1.05m；七层及七层以上不应低于 1.10m。栏杆应防止儿童攀登，垂直杆件间净空不应大于 0.11m。

5.2.3　楼梯梯段净宽不应小于 1.10m。六层及六层以下住宅，一边设有栏杆的梯段净宽不应小于 1m。楼梯踏步宽度不应小于 0.26m，踏步高度不应大于 0.175m。扶手高度不应小于 0.90m。楼梯水平段栏杆长度大于 0.50m 时，其扶手高度不应小于 1.05m。楼梯栏杆垂直杆件间净空不应大于 0.11m。楼梯井净宽大于 0.11m 时，必须采取防止儿童攀滑的措施。

5.2.4　住宅与附建公共用房的出入口应分开布置。住宅的公共出入口位于阳台、外廊及开敞楼梯平台的下部时，应采取设置雨罩等防止物体坠落伤人的安全措施。

5.2.5　七层以及七层以上的住宅或住户入口层楼面距室外设计地面的高度超过 16m 以上的住宅必须设置电梯。

5.2.6　住宅屋面应采取有效防水措施，严禁有渗漏。密封材料嵌缝必须密实、连续、饱满、粘结牢固，无气泡、开裂、脱落等缺陷。

5.3　无障碍要求

5.3.1　七层及七层以上的住宅，应对以下部位进行无障碍设计：

1　建筑入口；

2　入口平台；

3　公共走道；

4　候梯厅；

5　无障碍住房。

5.3.2　建筑入口及入口平台的无障碍设计应符合以下规定：

1　建筑入口设台阶时，应设轮椅坡道和扶手；

2　坡道的高度和水平长度应符合表 5.3.2 的规定；

5.3.2　坡道高度和水平长度表

坡度	1:20	1:16	1:12	1:10	1:8
最大高度（m）	1.50	1.00	0.75	0.60	0.35
水平长度（m）	30.00	16.00	9.00	6.00	2.80

3　建筑入口的门不应采用力度大的弹簧门；在旋转门一侧应另设残疾人使用的门；

4　供轮椅通行的门净宽不应小于 0.80 m；

5　供轮椅通行的的推拉门和平开门，在门把手一侧的墙面，应留有不小于 0.5 米的墙面宽度；

6　供轮椅通行的门扇，应安装视线观察玻璃、横执把手和关门拉手，在门扇的下方应安装高 0.35m 的护门板；

7　门槛高度及门内外地面高差不应大于 15mm，并应以斜面过渡。

5.3.3　七层及七层以上住宅建筑入口平台宽度不应小于 2.0m。

5.3.4　供轮椅通行的走道和通路宽度不应小于 1.20m。

5.4　地下室

5.4.1　住宅不应成套布置在地下室内。当布置在半地下室时，必须对采光、通风、日照、防潮、排水及安全防护采取措施。

5.4.2　住宅地下机动车库应符合以下的规定：

1　库内坡道严禁将宽的单车道兼作双向车道。

2　库内不应设置修理车位，并不应设有使用或存放易燃、易爆物品的房间。

5.4.3　住宅地下自行车库净高不应低于 2m。

5.4.4　住宅地下室应采取有效防水措施，严禁有渗漏。

5.5　公共卫生设施

5.5.1　住宅中设有管理人员室时，应设管理人员使用的卫生间。

5.5.2　住宅设垃圾管道时，应符合下列要求：

1　垃圾管道不得紧邻卧室、起居室（厅）布置；

2　垃圾管道的开口应有密闭装置；

3　垃圾管道顶部应设通出屋面的通风帽，底部应设封闭的垃圾间；

4　垃圾管道应有防止堵塞、污染和便于清洁的措施。

6　结　　构

6.1　一般规定

6.1.1　住宅结构的设计使用年限不应低于 50 年，安全等级不应低于二级。

6.1.2　住宅设计的重力荷载、雪荷载、风荷载、地震作用的设计基准期不应低于 50 年。

6.1.3　抗震设防烈度为 6 度及以上地区的住宅建筑，必须进行抗震设计，其抗震设防类别不应低于丙类。

6.1.4　住宅设计应取得合格的岩土工程勘察文件。抗震设防地区，应划分对建筑有利、不利和危险的地段；对不利地段，应提出避开要求，当无法避开时应采取有效措施；严禁在危险地段建造住宅建筑。

6.1.5　住宅应能承受在建造和使用过程中可能发生的各种作用，并保持规定的功能。

6.1.6　住宅应根据结构材料性能、设计使用年限和安全等级，进行结构和结构构件的承载能力极限状态、正常使用极限状态和耐久性设计。

6.2　材　　料

6.2.1　住宅结构材料应具有规定的强度、适用性和耐久性，并应符合节约资源和保护环境保护的原则。

6.2.2　混凝土结构中，混凝土立方体抗压强度标准值和钢筋的强度标准值应具有不小于95%的保证率。抗震设计时，受力钢筋应符合抗震性能要求。

6.2.3　承重钢结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接钢结构尚应具有碳含量、冷弯试验和冲击韧性的合格保证。抗震设计时，钢材应符合抗震性能的要求。

6.2.4　砌体结构中，烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、混凝土砌块、砌筑砂浆的强度等级不应低于表6.2.4的规定。

表6.2.4　住宅结构用砖、砌块和砂浆的最低强度等级要求

项目		烧结普通转和多孔砖	蒸压灰砂砖和粉煤灰砖	混凝土砌块	砌筑砂浆
非抗震设计	小于5层	MU1	MU10	MU5	M2.5
	不小于5层	MU10	MU10	MU7.5	M5
抗震设计		MU10	MU10	MU7.5	砌块砌体M7.5 砖砌体M5

6.2.5　制作木结构构件的木材含水率应符合下列要求：

1　现场制作的原木或方木结构不应大于25%；

2　板材和规格材不应大于20%；

3　受拉构件的连接板不应大于18%；

4　连接件不应大于15%；

5　层板胶合木结构不应大于15%，且同一构件各层木板间的含水率差别不应大于5%。

6.3　地基基础

6.3.1　住宅应根据岩土工程勘察文件，综合考虑主体结构类型、结构体系、

材料、地域和施工条件等因素，进行地基基础设计。

6.3.2　地基基础应进行承载力设计，地基变形应能保证上部结构安全和各项建筑功能的正常使用要求。

6.3.3　基坑开挖及其支护应保证其自身及其周边环境的安全性。

6.3.4　永久性边坡的设计使用年限不应低于受其影响的相邻住宅的使用年限。

6.3.5　工程桩施工完成后应进行竖向承载力检验。

6.4　上部结构

6.4.1　住宅不应采用严重不规则的结构体系。住宅建筑应避免因局部结构构件破坏而导致整个结构丧失承载能力和稳定性。

6.4.2　抗震设防的住宅，应根据结构材料、结构体系、房屋高度、抗震设防烈度、抗震设防类别，对结构和结构构件采取相应的抗震措施。

6.4.3　住宅中跃层或错层部位的竖向结构构件、结构转换层、连体结构的连接体及其周围的结构构件，应采取可靠的抗震加强措施。9 度抗震设计的住宅，不得采用错层结构、连体结构以及带结构转换层的结构。

6.4.4　住宅中的各类混凝土结构构件，应根据重要性程度、环境条件和受力特点，符合相应的混凝土保护层厚度和最小配筋构造要求。

6.4.5　砌体结构住宅应采取有效的构造措施，保证结构的整体性和抗震性能。

6.4.6　普通钢结构和轻型钢结构住宅，其结构构件应满足局部稳定要求，并应采取有效的防火、防腐措施。

6.4.7　底部框架、上部砌体结构住宅，对结构转换层的托墙梁和楼板应采取可靠的加强措施；抗震设防地区，底部框架不应超过 2 层。

6.4.8　木结构住宅的结构构件应采取有效的防潮、防腐、防火、防虫措施。

6.4.9　住宅的围护结构和依附于主体结构的非结构构件，应采取与主体结构可靠的连接或锚固措施；非结构构件自身应具有必要的承载能力和变形能力。

7　室内环境

7.1　室内允许噪声和建筑构件隔声性能

7.1.1　住宅建筑应在平面布置和建筑构造上采取措施，保证室内安静。卧

室、书房与起居室关窗状态下的允许噪声级不应大于 50dB（A 声级）。

7.1.2　楼板计权标准化撞击声声压级不应大于 75dB。

应采取构造措施提高楼板的撞击声隔声性能。

7.1.3　楼板的空气声计权隔声量不应小于 40dB，分户墙的空气声计权隔声量不应小于 40dB，外窗的空气声计权隔声量不应小于 25dB，户门的空气声计权隔声量不应小于 30dB。

应采取构造措施提高分户墙、楼板、外窗、户门的空气声隔声性能。

7.1.4　水、暖、电、气管线穿过楼板和墙体时，孔洞周边应采取密封隔声措施。

7.2　日照、采光与照明

7.2.1　每套住宅至少应有一个居住空间能获得日照。

7.2.2　卧室、起居室（厅）、厨房应有外窗。

7.2.3　套内空间应配置能提供与其使用功能相适应的照度水平的照明设备。

套外的门厅地面照度不小于 100lx，电梯前厅地面照度不小于 75lx，走廊地面照度不小于 50lx，楼梯地面照度不小于 30lx。

7.3　室内空气品质

7.3.1　室内空气污染物的浓度限值应符合表 7.3.1 的规定。

表 7.3.1　　住宅室内空气质量标准

序号	项　　目	限　　值
1	氡	≤200 Bq/m3
2	游离甲醛	≤0.08 mg/m3
3	苯	≤0.09 mg/m3
4	氨	≤0.2 mg/m3
5	总挥发性有机化合物（TVOC）	≤0.5 mg/m3

7.3.2　室内通风应符合下列规定：

1　居住空间应能保证足够的通风；

2　没有外窗的厕所必须设置通风装置；

3　住宅建筑设置通风系统时必须控制有害气味的流通和微生物、病菌等有害污染物的累积。

8　建筑设备

8.1　一般规定

8.1.1　住宅应设室内给水排水系统。

8.1.2　严寒地区和寒冷地区的住宅应设采暖。

8.1.3　公共功能的管道，不应布置在住宅套内。公共功能的阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件，应设在共用部位。

8.1.4　住宅水表、电能表和燃气表的设置应便于管理。

8.2　给水排水

8.2.1　生活给水系统及生活热水系统的水质、管道直饮水系统的水质及生活杂用水系统的水质应符合使用要求。

8.2.2　生活给水系统应充分利用城市给水管网的水压直接供水。

8.2.3　生活饮用水水池（箱）和管道的设置，应保证二次供水的水质使用要求。

8.2.4　套内分户水表前的给水静水压力不应小于 0.10MPa。

8.2.5　采用集中热水供应系统的住宅，配水点的水温不应低于 45℃；

8.2.6　卫生器具和配件应采用节水型产品，不得使用一次冲水量大于 6L 的坐便器。供水管道、阀门和配件应耐腐蚀和耐压。

8.2.7　住宅厨房与卫生间排水立管应分别设置。排水管道不得穿越卧室。

8.2.8　布置淋浴器和布置洗衣机的部位应设置地漏，地漏的水封深度不得小于 50mm。构造内无存水弯的卫生器具与生活排水管道连接时，必须在排水口以下设存水弯，存水弯的水封深度不得小于 50mm。

8.2.9　地下室、半地下室中低于室外地面的卫生器具和地漏的排水管，不应与上部排水管连接。

8.2.10　缺水城市和缺水地区适合建设中水设施和雨水利用设施的住宅，应按照当地有关规定配套建设中水设施和雨水利用设施。

8.2.11　设有中水系统的住宅必须采取确保使用、维修及防止误饮误用的安全措施。

8.3　采暖、通风与空调系统

8.3.1　住宅集中采暖系统应设置分户计量或在楼栋的采暖入口处设置计量装置。

8.3.2　设置集中采暖系统的普通住宅的室内采暖计算温度，不应低于表8.3.2的规定：

表 8.3.2　　采暖计算温度

空间类别采暖	计算温度
卧室、起居室（厅）和卫生间	18℃
厨房	15℃
设采暖的楼梯间和走廊	14℃

8.3.3　新建住宅集中采暖系统应以热水为热媒。

8.3.4　采暖系统的设置应防止冻结危险和热胀破裂。

8.3.5　住宅内设有地下室时，地下室的采暖系统应与地上建筑采暖系统分开设置。

8.3.6　除电力充足和供电政策支持者外，住宅内不应采用加热电缆作地板辐射采暖及电热膜采暖。

8.3.7　厨房的竖向通风道应采取支管无回流、竖井无泄漏的措施。

8.3.8　无外窗的卫生间，应设置有防回流构造的排气通风道，并预留安装排气机械的位置和条件。

8.3.9　当选择水源热泵作为居住区或户用空调（热泵）机组的冷热源时，水源热泵系统必须确保不破坏和不污染所用的水资源。

8.4　燃　　气

8.4.1　用于住宅的燃气必须符合国家规定的城镇燃气质量标准。

8.4.2　住宅内燃气的供气压力和使用压力应符合下列要求：

1　中压供气时进户压力不得高于0.2MPa，低压供气时不得高于0.01MPa；

2　住宅内各类用气设备应使用低压燃气。

8.4.3　住宅内设置的燃气设备应符合下列要求：

1　严禁在卧室内设置燃具、燃气热水器和采暖炉；

2　当地下室、半地下室内设置燃气设备时，应采取通风、防火、防爆等安全措施。

8.4.4　住宅内燃气管道敷设应符合下列要求：

1　住宅燃气引入管应设在厨房或与厨房相连的阳台内，严禁设在卧室、卫生间内；

2　高层住宅应考虑建筑沉降或地震力对引入管的影响；

3　住宅内水平燃气管道不得暗埋在地下土层或地面混凝土板内；

4　住宅内燃气水平管、立管严禁敷设在卧室、卫生间、暖气沟、排烟道、垃圾道及电梯井等内；

5　地下室、半地下室敷设燃气管道时，采取通风和安全监控措施；

6　住宅内燃气管道与电气设备、相邻管道之间应保证安全间距。

8.4.5　地下室、半地下室内严禁设置使用液化石油用气设备、敷设管道和存放气瓶。

8.4.6　住宅内所有燃气设备排出的烟气，必须排至室外或共用烟囱内。但厨房燃具上的排油烟管不得与热水器或采暖炉的排烟管合用一个烟囱。

8.4.7　一类高层住宅建筑及地下室、半地下室用气房间应设置燃气浓度检测报警器，且每户燃气表前的管道上设置紧急自动切断阀。

8.5　电　　气

8.5.1　电气线路的选材、配线应与住宅用电负荷相适应，并应符合安全和防火要求。

8.5.2　住宅供配电应采取防止因接地故障引起电气火灾的措施。

8.5.3　当应急照明在采用节能自熄开关控制时，必须采取应急时自动点亮的措施。

8.5.4　住宅套内应设置电源总断路器，并应采用可同时断开相线和中性线的开关电器。

8.5.5　住宅套内的电源插座与照明，应分路配电。安装在 1.8m 以下的插座均应采用安全型插座。

8.5.6　住宅建筑物应根据防雷分类设置完善的防雷措施。

8.5.7　住宅建筑物配电系统的接地方式应可靠，并应进行总等电位联结。

卫生间、厨房应作局部等电位联结。

8.5.8　防雷接地应与交流工作接地、安全保护接地等共用一组接地装置，接地装置应优先利用建筑物的自然接地体，接地装置的接地电阻值必须按接入设备中要求的最小值确定。

9　防火与疏散

9.1　一般规定

9.1.1　住宅建筑之间以及住户之间应采取防火分隔措施，防止火灾的蔓延扩大。

9.1.2　住宅建筑中燃气、电气、空调等建筑设备的安装及其管线敷设应符合防火安全要求。

9.1.3　住宅建筑周围应为消防灭火救援提供必要的外部条件。

9.1.4　存放和使用甲、乙类物品的商店、作坊和储藏间，严禁附设在住宅建筑中。

9.1.5　商住楼及底层设有商业服务网点的住宅，其商业营业性场所应采用不开设门窗洞口的耐火极限不低于 1.50h 的楼板和 2.00h 的隔墙与住宅部分完全分隔，且住宅部分的安全出口和疏散楼梯应独立设置。

9.1.6　商住楼中住宅部分和营业性场所的安全疏散、消防设施等防火设计，应分别按照住宅和营业性场所建筑的有关规定执行，其中住宅部分的层数确定应包括营业性场所的层数，营业性场所的层数应按上部住宅建筑层高进行换算，不足一层时按一层计算。

9.2　耐火等级及其构件耐火极限

9.2.1　住宅建筑的耐火等级划分为四级，其构件的燃烧性能和耐火极限不应低于表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1　　住宅建筑构件的燃烧性能和耐火极限

名　称		耐火等级（h）			
构　件		一级	二级	三级	四级
墙	防火墙	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00
	承重外墙	不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
	非承重外墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.25
	楼梯间的墙、电梯井的墙、住宅单元之间的墙、住宅分户墙、住户内承重墙	不燃性 2.00	不燃性 2.00	不燃性 1.50	难燃性 0.50
	疏散走道两侧的隔墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.50
柱		不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
梁		不燃性 2.00	不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.50
楼　　板		不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.50
屋顶承重构件		不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.25	难燃性 0.25
疏散楼梯		不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.25

注：1　上人的一、二级耐火等级建筑的平屋顶，其屋面板的耐火极限分别不应低于 1.50h 和 1.00h；

2　一、二级耐火等级建筑的屋面板应采用不燃烧材料，但其屋面防水层和绝热层可采用可燃材料；

3　外墙指除内外保温层外的主体构件。

9.2.2　住宅建筑的耐火等级应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2　　住宅建筑的耐火等级要求

建筑类别	耐火等级要求
1 至 3 层住宅	四级及以上
4 至 9 层住宅	三级及以上
10 至 18 层住宅及裙房	二级以上
19 层及以上住宅及裙房	一级

注：1　商住楼建筑耐火极限不应低于二级；

2　耐火等级为三级的 6 层至 9 层住宅的楼板和疏散楼梯，耐火极限不应低于 1.00h。

9.3　防火间距

9.3.1　住宅建筑与相邻建筑之间的防火间距应根据建筑用途、耐火等级、建筑高度以及外墙防火构造等因素确定。

9.3.2　住宅建筑与相邻民用建筑之间的防火间距应符合表 9.3.2 要求：

表 9.3.2　住宅建筑与住宅及其他民用建筑之间的防火间距（m）

建筑类别			10 层及 10 层以上住宅、高层民用建筑		9 层及 9 层以下住宅、非高层民用建筑		
			高层建筑	裙　房	耐火等级		
					一、二级	三级	四级
9 层及 9 层以下住宅	耐火等级	一、二级	9	6	6	7	9
		三级	11	7	7	8	10
		四级	14	9	9	10	12
10 层及 10 层以上住宅			13	9	9	11	14

注：当建筑的外墙采取必要的防火措施后，其防火间距可适当减少或贴邻。

9.3.3　住宅建筑与厂房、库房等其它建筑设施以及住宅建筑与各种管线之间应保持安全的间距。

9.4　建筑防火构造

9.4.1　防火墙的构造应牢固、完整。防火墙上不应开门窗洞口，当必须开设时，应采用甲级防火门窗，并应能自行关闭。

9.4.2　电梯井和管道井设置应符合下列要求：

1　电梯井应独立设置，井内严禁敷设燃气管道，并不应敷设与电梯无关的电缆、电线等。电梯井井壁除开设电梯门洞和通气孔洞外，不应开设其他洞口。电梯门不应采用栅栏门。

2　电缆井、管道井、排烟道、排气道、垃圾道等竖向管道井，应分别独立设置；其井壁应为耐火极限不低于 1.00h 的不燃性构件；井壁上的检查门应采用乙级防火门。

3　建筑内的电缆井、管道井应在每层楼板处采用不低于楼板耐火极限的不燃性材料或防火封堵材料封堵。

9.4.3　当电梯直通住宅楼层下部的汽车库时，应设置电梯候梯厅并采用防

火分隔措施。

9.4.4　设有集中通风和空调的场所，应采取防火及防烟措施，厨房、浴室、厕所等的垂直排风管道，应采取防止回流的措施。

9.5　安全疏散

9.5.1　住宅建筑应根据建筑的耐火等级、建筑形式、层数等因素，设置适当数量的安全出口，并应符合下列要求：

1　通廊式住宅建筑安全出口的数目应经计算确定，但不应少于 2 个。当层数不超过 3 层，每层不超过 500　时可设一个安全出口。

2　单元式住宅及塔式住宅建筑，住宅单元的每层建筑面积大于 650　，或任一住户的户门至安全出口的距离大于 15m 时，应设 2 个安全出口。对于单元式住宅，当层数大于或等于 10 层时，每个住宅单元的疏散楼梯应通向屋顶。

9.5.2　位于两个安全出口之间的户门至最近安全出口的距离不应大于 40m；位于袋形走道两侧或尽端的户门至最近安全出口的距离不应大于 20m。楼梯间的首层应设置直接对外的出口，当层数不超过四层时，可将对外出口设置在离楼梯间不超过 15m 处。

9.5.3　住宅建筑的楼梯间形式应根据建筑形式、层数，建筑面积及户门的防火性能等因素确定，并应符合下列规定：

1　12 层及 12 层以上的通廊式住宅楼梯间应为设防烟楼梯间；7 层至 11 层的通廊式住宅楼梯间应为封闭楼梯间。

2　10 层及 10 层以上的塔式住宅楼梯间应为防烟楼梯间；7 层至 9 层的塔式住宅楼梯间应为封闭楼梯间，当户门采用乙级防火门时，可不设置封闭楼梯间。

3　19 层及 19 层以上的单元式住宅楼梯间应为防烟楼梯间；12 层至 18 层的单元式住宅楼梯间应为封闭楼梯间。

9.5.4　住宅疏散通道的装饰装修材料应具有防火安全性能。

9.6　消防给水与灭火设备（器）

9.6.1　居住区人数超过 500 人或住宅层数超过两层的居住区，应设置室外消火栓系统。

9.6.2　8 层及 8 层以上的各类建筑形式的住宅，应设置室内消火栓系统。

9.6.3　10 层及 10 层以上住宅应配置灭火器。

9.6.4　36 层及 36 层以上的住宅应设自动喷水灭火系统。

9.7　消防电气

9.7.1　消防供电应符合下列规定：

1　19 层及 19 层以上住宅应按一级负荷要求供电，10 层至 18 层住宅应按二级负荷要求供电。

2　19 层及 19 层以上住宅建筑的自备发电设备，应设有自动启动装置，并能在 30s 内供电；其他住宅建筑自备发电设备，当采用自动启动有困难时，可采用手动启动装置。

9.7.2　36 层及 36 层以上的住宅，应设火灾自动报警系统。

9.7.3　10 层及 10 层以上住宅建筑的楼梯间及其前室、合用前室应设置应急照明灯具。疏散用的应急照明，其地面最低照度不应低于 0.5lx。

9.7.4　19 层及 19 层以上住宅建筑的疏散走道和安全出口处应设灯光疏散指示标志。

9.7.5　采用蓄电池作备用电源的火灾应急照明和疏散指示标志系统，其连续供电时间不应小于 20min；高度超过 100m 的住宅连续供电时间不应小于 30min。

9.7.6　消防电梯采用的动力与控制电缆、电线应采取防水措施。

9.8　消防救援

9.8.1　10 层及 10 层以上住宅建筑和商住楼建筑周围，应设消防车道。当建筑物沿街道部分的长度大于 150.0m 或总长度大于 220.0m 时，应设置穿过建筑物的消防车道或设置环形消防车道，并应符合下列规定：

1　消防车道的净宽度和净空高度均不应小于 4.0m。消防车道与住宅建筑之间不应设置树木、架空管线等妨碍消防车作业的障碍物。

2　环形消防车道至少应有两处与其它车道连通。尽头式消防车道应设置回车道或回车场。

9.8.2　供消防车取水的天然水源和消防水池应设置消防车道。

9.8.3　10 层及 10 层以上塔式住宅、12 层及 12 层以上的单元式住宅和通廊

式住宅应设消防电梯。

10　节　　能

10.1　一般规定

10.1.1　住宅建筑应通过增强建筑围护结构保温、隔热性能和提高采暖、空气调节设备能效降低采暖、空气调节能耗。

10.1.2　住宅建筑应进行节能设计，节能设计可采用规定性指标，也可采用直接计算采暖、空气调节能耗的性能化方法。应对节能设计进行专项审查。

10.1.3　照明应采用高效光源，公共区域的照明应配置节能型开关。

10.1.4　住宅建筑内使用的电梯、水泵、风机等用电设备应考虑节能。

10.1.5　住宅建筑的设计与建造应便于利用可再生能源。

10.2　规定性指标

10.2.1　各建筑气候分区的建筑围护结构热工性能指标应由国家根据节能目标分别确定。各省、市可根据实际情况制定更加严格的标准。

严寒、寒冷地区的围护结构热工性能指标应包括体形系数、窗墙面积比、外墙的平均传热系数、外窗的传热系数、屋顶的传热系数、外挑楼板的传热系数、地面的传热系数、分隔采暖空间和非采暖空间的隔墙和楼板的传热系数。

夏热冬冷地区的围护结构热工性能指标应包括体形系数、窗墙面积比、外墙的平均传热系数、外窗的传热系数和遮阳系数、屋顶的传热系数、外挑楼板的传热系数、地面的传热系数、分户墙和楼板的传热系数。

夏热冬暖地区的围护结构热工性能指标应包括窗墙面积比、外墙的平均传热系数、外窗的传热系数和遮阳系数、屋顶的传热系数、外挑楼板的传热系数。

10.2.2　采用集中采暖、空气调节方式时，应设置分室（户）温度控制及分户（栋楼）热、冷量计量设施。当应用冷水机组和单元式空气调节机为集中式空气调节系统冷源设备时，其性能系数、能效比不应低于表 10.2.2－1 和 10.2.2－2 的规定值。

表 10.2.2－1　　冷水机组性能系数

类　型	额定制冷量 CC（kW）	性能系数 COP（W/W）
风冷式或蒸发冷却式	CC ≤ 50	2.60
	CC > 50	2.80
水冷式	CC ≤ 528	4.10
	528 < CC ≤ 1163	4.30
	CC > 1163	4.60

表 10.2.2－2　　单元式空气调节机能效比

类　型		能效比 EER（W/W）
风冷式	不接风管	2.60
	接风管	2.30
水冷式	不接风管	3.00
	接风管	2.70

10.3　性能化设计

10.3.1　性能化设计应以采暖、空气调节能耗参数为控制目标。

10.3.2　各建筑气候分区的控制目标的限值应由国家根据节能目标分别确定。各省、市可根据实际情况制定更加严格的标准。

10.3.3　计算所设计建筑的控制目标，计算结果必须不大于规定的限值；当计算结果大于规定的限值时，应调整设计参数，重新计算。

10.3.4　性能化设计的控制目标及计算方法应符合下列规定：

1　严寒、寒冷地区的住宅应以建筑物耗热量指标为控制目标；

建筑物耗热量指标应按下列公式计算：

$$q_H = q_{H\cdot T} + q_{INF} - q_{I\cdot H} \tag{10.3.4}$$

式中　q_H——建筑物耗热量指标（W/m²）；

$q_{H\cdot T}$——单位建筑面积通过围护结构的传热耗热量（W/m²）；

q_{INF}——单位建筑面积的空气渗透耗热量（W/m²）；

$q_{I\cdot H}$——单位建筑面积的建筑物内部得热量（W/m²）；

计算出的建筑物耗热量指标不应超过表 10.3.4－1 的规定。

表 10.3.4－1　　建筑物耗热量指标（W/m²）

地名	耗热量指标	地名	耗热量指标	地名	耗热量指标	地名	耗热量指标	地名	耗热量指标
北京市	20.6	博克图	22.2	齐齐哈尔	21.9	新乡	20.1	西宁	20.9
天津市	20.5	二连浩特	21.9	富锦	22.0	洛阳	20.0	玛多	21.5
河北省	—	多伦	21.8	牡丹江	21.8	商丘	20.1	大柴旦	21.4
石家庄	20.3	白云鄂博	21.6	呼玛	22.7	开封	20.1	共和	21.1
张家口	21.1	辽宁省	—	佳木斯	21.9	四川省	—	格尔木	21.1
秦皇岛	20.8	沈阳	21.2	安达	22.0	阿坝	20.8	玉树	20.8
保定	20.5	丹东	20.9	伊春	22.4	甘孜	20.5	宁夏	—
邯郸	20.3	大连	20.6	克山	22.3	康定	20.3	银川	21.0
唐山	20.8	阜新	21.3	江苏省	—	西藏	—	中宁	20.8
承德	21.0	抚顺	21.4	徐州	20.0	拉萨	20.2	固原	20.9
丰宁	21.2	朝阳	21.1	连云港	20.0	葛尔	21.2	石嘴山	21.0
山西省		本溪	21.2	宿迁	20.0	日喀则	20.4	新疆	—
太原	20.8	锦州	21.0	淮阴	20.0	陕西省	—	乌鲁木齐	21.8
大同	21.1	鞍山	21.1	盐城	20.0	西安	20.2	塔城	21.4
长治	20.8	锦西	21.0	山东省	—	榆林	21.0	哈密	21.3
阳泉	20.5	吉林省	—	济南	20.2	延安	20.7	伊宁	21.1
临汾	20.4	长春	21.7	青岛	20.2	宝鸡	20.1	喀什	20.7
晋城	20.4	吉林	21.8	烟台	20.2	甘肃省	—	富蕴	22.4
运城	20.3	延吉	21.5	德州	20.5	兰州	20.8	克拉玛依	21.8
内蒙古	—	通化	21.6	淄博	20.4	酒泉	21.0	吐鲁番	21.1
呼和浩特	21.3	双辽	21.6	兖州	20.4	敦煌	21.0	库车	20.9
锡林浩特	22.0	四平	21.5	潍坊	20.4	张掖	21.0	和田	20.7
海拉尔	22.6	白城	21.8	河南省	—	山丹	21.1		
通辽	21.6	黑龙江	—	郑州	20.0	平凉	20.6		
赤峰	21.3	哈尔滨	21.9	安阳	20.3	天水	20.3		
满洲里	22.4	嫩江	22.5	濮阳	20.3	青海省	—		

2　夏热冬冷地区的住宅应以建筑物采暖和空气调节年耗电量之和为控制目标；

建筑物采暖和空气调节年耗电量应采用动态逐时模拟的方法在确定的条件下计算。计算条件应包括：

1）居室室内冬、夏季的计算温度；

2）典型气象年室外气象参数；

3）采暖和空气调节的换气次数；

4）采暖、空气调节设备的能效比；

5）室内得热强度。

计算出的采暖和空气调节年耗电量之和，不应超过表 10.3.4－2 按采暖度日数列出的采暖年耗电量和按空气调节度日数列出的空气调节年耗电量限值之和。

表 10.3.4－2　建筑物采暖年耗电量和空气调节年耗电量的限值

HDD18（℃·d）	采暖年耗电量 Eh（kWh/m2）	CDD26（℃·d）	空气调节年耗电量 Ec（kWh/m2）
80	10.1	25	13.7
900	13.4	50	15.6
1000	15.6	75	17.4
1100	17.8	100	19.3
1200	20.1	125	21.2
1300	22.3	150	23.0
1400	24.5	175	24.9
1500	26.7	200	26.8
1600	29.0	225	28.6
1700	31.2	250	30.5
1800	33.4	275	32.4
1900	35.7	300	34.2
2000	37.9		
2100	40.1		
2200	42.4		
2300	44.6		
2400	46.8		
2500	49.0		

3　夏热冬暖地区的住宅应以参照建筑的空气调节和采暖年耗电量为控制目标；

参照建筑和所设计建筑的空气调节和采暖年耗电量应采用动态逐时模拟的方法在确定的条件下计算。计算条件应包括：

1）居室室内冬、夏季的计算温度；

2）典型气象年室外气象参数；

3）采暖和空气调节的换气次数；

4）采暖、空气调节设备的能效比。

参照建筑应按下列原则确定：

1）参照建筑的建筑形状、大小和朝向均应与所设计建筑完全相同；

2）参照建筑开窗面积应与所设计建筑相同，但当所设计建筑的窗面积超过规定性指标时，参照建筑窗面积应减小到符合规定性指标；

3）参照建筑外墙、屋顶和窗户的各项热工性能参数应符合规定性指标。

11　使用与维护

11.0.1　住宅应经验收合格，并具备入住条件后方可交付使用。

11.0.2　住宅应具备完整的物业档案，内容包括：

1　竣工总平面图，单体建筑、结构、设备竣工图，配套设施和地下管网工程竣工图，以及相关的其他竣工验收资料；

2　设施设备的安装、使用和维护保养等技术资料；

3　工程质量保修文件和物业使用说明文件。

11.0.3　用户应熟悉住宅使用说明书，不得在楼面上堆放超出设计荷载的重物，并正确使用住宅内电气、燃气、给排水等设备。

11.0.4　不得擅自改变住宅的用途。

11.0.5　对主体结构、公共门厅、公共走廊、公共楼梯间、外墙面、屋面等共用部位，不得自行拆改和占用。

11.0.6　住宅应推行社会化、专业化的物业管理模式，对房屋和相关场地应进行日常维修、养护、管理；对电梯、水泵与水池（箱）、集中供暖、中央空调、燃气、电力、应急照明、智能化系统等共用设备设施，应进行日常维护、计划检修、强制保养，并及时进行设备更新，保证正常运行。

11.0.7　不得擅自拆改供热、燃气管道等设施。

11.0.8　必须保持消防设施的完好和消防通道的畅通。

关于征求《“采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准”行政许可实施细则（征求意见稿）》意见的函

建标标函［2005］29号

各省、自治区建设厅，直辖市建委及有关部门，国务院各有关部门司局，国家人防办，各有关协会，各有关单位：

根据《行政许可法》、《建设工程勘察设计管理条例》、《关于建设部机关直接实施的行政许可事项有关规定和内容的公告》（建设部公告第278号）以及《建设部机关实施行政许可工作规程》等的有关法律、法规和规定，我们起草了《“采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准”行政许可实施细则（征求意见稿）》（可在建设部网站www.cin.gov.cn下载），现印发给你们征求意见。请认真研究并请于2005年5月20日前将意见书面返回建设部标准定额司。

建设部标准定额司

二〇〇五年四月十九日

“采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准”行政许可实施细则（征求意见稿）

第一章　总　　则

第一条　为加强工程建设强制性标准的实施与监督，规范“采用不符合

工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准”行政许可事项的管理，根据《行政许可法》、《建设工程勘察设计管理条例》、《关于建设部机关直接实施的行政许可事项有关规定和内容的公告》以及《建设部机关实施行政许可工作规程》等的有关法律、法规和规定，制定本实施细则。

第二条　本实施细则适用于“采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准”行政许可（以下简称“三新核准”）事项的申请、办理与监督管理。

本实施细则所称“不符合工程建设强制性标准”是指与现行工程建设强制性标准相抵触，或直接涉及建设工程质量安全、公共安全以及人身健康、生命财产安全、环境保护和社会公共利益，且工程建设强制性标准没有规定又没有现行工程建设国家标准、行业标准和地方标准可依的情况。

第三条　在中华人民共和国境内从事工程建设活动的建设单位，当采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料时，应当依法取得行政许可，并按照行政许可决定的要求实施。

未取得行政许可的，不得在建设工程中采用。

第四条　国务院建设行政主管部门的标准化管理机构负责“三新核准”的统一管理。

第五条　省、自治区、直辖市建设行政主管部门或国务院有关行政主管部门的标准化管理机构应当对“三新核准”的审核意见负责。

第六条　法律、法规另有规定的，按照相关的法律、法规的规定执行。

第二章　申请与受理

第七条　申请“三新核准”的事项，应当符合下列条件：

一、申请事项不符合现行相关的工程建设强制性标准；

二、申请事项直接涉及建设工程质量安全、公共安全以及人身健康、生命财产安全；

三、申请事项已通过省、部或国家级的鉴定或评估，并经过专题技术论证。

第八条　国务院建设行政主管部门的标准化管理机构应在指定的场所、网站上公布审批“三新核准”的依据、条件、程序、期限、所需提交的全部

资料目录以及申请书示范文本等。

第九条　申请“三新核准”时，建设单位应当提交下列材料：

一、《采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准申请书》（见附件一）；

二、采用不符合强制性标准的新技术、新工艺、新材料的理由；

三、工程设计图（或施工图）及相应的技术条件；

四、省、部或国家级的鉴定或评估文件，新材料的产品标准文本和国家认可的检验、检测机构的意见（报告），以及专题技术论证会纪要；

五、新技术、新工艺、新材料在国内或国外类似工程应用情况的报告或中试（生产）试验研究情况报告；

六、省、自治区、直辖市建设行政主管部门或国务院有关行政主管部门的审核意见。

第十条　《采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准申请书》（示范文本）可向省、自治区、直辖市建设行政主管部门或国务院有关部门的标准化管理机构索取，也可在建设部网站下载。

第十一条　专题技术论证会应当由建设单位提出和组织，在报请省、自治区、直辖市建设行政主管部门或国务院有关部门的标准化管理机构同意后召开。

专题技术论证会应有相应标准的管理机构代表、相关单位的专家或技术人员参加，专家组不得少于 7 人，专家组成员应具备高级技术职称并熟悉相关标准的规定。

专题技术论证会纪要应当包括会议概况、结论、专家组成员签字以及会议记录。专题技术论证会的结论应当由专家组全体成员认可，一般包括：不同意、同意、同意但需要补充有关材料或同意但需要按照论证会提出的具体意见进行修改。

第十二条　省、自治区、直辖市建设行政主管部门或国务院有关行政主管部门出具审核意见时，应全面审核建设单位提交的专题技术论证会纪要和其他有关材料，并对专题技术论证结果出具审核意见。必要时可召开专家会议进行复核。审核意见应加盖公章，审核材料应归档。

审核意见应当包括同意或不同意。对不同意的审核意见应当提出相应的理由。

第十三条　建设单位应对申请材料实质内容的真实性负责。主管部门不得要求建设单位提交与其申请的行政许可事项无关的技术材料和其他材料，对建设单位提出的需要保密的材料不得对外公开。任何单位或个人不得擅自修改申报资料，属特殊情况确需修改的应符合有关规定。

第十四条　建设单位向国务院建设行政主管部门提交的“三新核准”材料时应同时提交其电子文本。

第十五条　建设部标准定额司统一受理“三新核准”的申请，并在收到申请后，应当根据下列情况分别做出处理：

一、对依法不需要取得“三新核准”或者不属于核准范围的，申请人隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，按照附件二的要求即时制作《建设行政许可不予受理通知书》，发送申请人。

二、对申请材料存在可以当场更正的错误的，应当允许申请人当场更正。

三、对属于符合材料申报要求的申请，按照附件三的要求即时制作《建设行政许可申请材料接收凭证》，发送申请人。

四、对申请材料不齐全或者不符合法定形式的申请，应按照附件四的要求当场或者在五日内制作《建设行政许可补正材料通知书》，发送申请人。逾期不告知的，自收到申请材料之日起即为受理。

五、对属于本核准职权范围，材料（或补正材料）齐全、符合法定形式的行政许可申请，按照附件五的要求在五日内制作《建设行政许可受理通知书》，发送申请人。

第三章　审查与决定

第十六条　建设部标准定额司受理申请后，委托建设部标准定额研究所按照建设部行政许可工作的有关规定和评审细则的要求，组织有关专家或机构对申请事项进行审查，提出审查意见。（评审细则另行制定）。

第十七条　建设部标准定额司对依法需要听证、检验、检测、鉴定、咨询评估、评审的申请事项，应按照附件六的要求制作《建设行政许可特别程序告知书》，告知申请人所需时间，所需时间不计算在许可期限内。

第十八条　建设部标准定额司自受理“三新核准”行政许可申请之日

起，在二十个工作日内作出行政许可决定。情况复杂，不能在规定期限内作出决定的，经分管部长批准，可以延长十个工作日，并按照附件七的要求制作《建设行政许可延期通知书》，发送申请人，说明延期理由。

第十九条　建设部标准定额司根据审查意见提出处理意见，报分管部长同意后，依法作出行政许可决定：

一、对符合法定条件的，按照附件八的要求制作《准予建设行政许可决定书》，发送申请人。

二、对不符合法定条件的或者申请人隐瞒有关情况或者提供虚假材料申请行政许可的，按照附件九的要求制作《不予建设行政许可决定书》，说明理由，并告知申请人享有依法申请行政复议或者提起行政诉讼的权利。

第二十条　建设部作出建设行政许可决定后，建设部标准定额司应当自作出决定之日起十个工作日内将《准予建设行政许可决定书》或《不予建设行政许可决定书》，发送申请人。

第二十一条　“三新核准”的《准予建设行政许可决定书》、《不予建设行政许可决定书》、《准予延续建设行政许可决定书》及《不予延续建设行政许可决定书》由建设部标准定额司统一制作、编号，由分管部长签发，“三新核准”的其他相关文件，均由建设部标准定额司统一制作、编号和签发，并加盖建设部行政许可专用印章。

第二十二条　对于建设部作出的“三新核准”准予行政许可决定，建设部标准定额司应在建设部网站等媒体予以公告，供公众免费查阅，并将有关资料归档保存。

第二十三条　对于建设部已经作出准予行政许可决定的同一种新技术、新工艺或新材料，需在其他相同类型工程中采用，且应用条件相似的，可以由建设单位直接向建设部标准定额司提出行政许可申请，并提供本实施细则第九条一、二、三规定的材料和原《准予建设行政许可决定书》，依法办理行政许可。

第四章　听证、变更与延续

第二十四条　“三新核准”行政许可事项需要听证的，应当按照《建设行政许可听证工作规定》（建法［2004］108号）办理。建设部标准定额司应

当按照附件十、十一、十二的要求制作《建设行政许可听证告知书》、《建设行政许可听证通知书》、《建设行政许可听证公告》。

第二十五条　被许可人要求变更“三新核准”行政许可事项的，应当向建设部标准定额司提出变更申请。变更申请应当阐明变更的理由、依据，并提供相关材料。

第二十六条　当符合下列条件时，建设部标准定额司应当依法办理变更手续。

一、被许可人的法定名称发生变更的。

二、行政许可决定所适用的工程名称发生变更的。

第二十七条　被许可人提出变更行政许可事项申请的，建设部标准定额司按规定在二十个工作日内依法办理变更手续。对符合变更条件的应当按照附件十三的要求制作《准予变更建设行政许可决定书》；对不符合变更条件的，应当按照附件十四的要求制作《不予变更建设行政许可决定书》，发送被许可人。

第二十八条　发生下列情形之一时，建设部可依法变更或者撤回已经生效的行政许可，建设部标准定额司应当按照附件十五的要求制作《变更、撤回建设行政许可决定书》，发送被许可人。

一、建设行政许可所依据的法律、法规、规章修改或者废止。

二、建设行政许可所依据的客观情况发生重大变化的。

第二十九条　被许可人在行政许可有效期届满三十个工作日前提出延续申请的，建设部标准定额司应当在该行政许可有效期届满前提出是否准予延续的意见，报分管部长同意后，按照附件十六、十七的要求制作《准予延续建设行政许可决定书》或《不予延续建设行政许可决定书》，发送被许可人。逾期未作决定的，视为准予延续。

被许可人在行政许可有效期届满后未提出延续申请的，其所取得的“三新核准”《准予建设行政许可决定书》将不再有效。

第三十条　被许可人所取得的“三新核准”《准予建设行政许可决定书》在有效期内丢失，可向建设部标准定额司阐明理由，提出补办申请，建设部标准定额司按规定在二十个工作日内依法办理补发手续。

第五章　监 督 检 查

第三十一条　建设部标准定额司应按照《建设部机关对被许可人监督检查的规定》，加强对被许可人从事行政许可事项活动情况的监督检查。

第三十二条　国务院有关行政主管部门或各级建设行政主管部门应当对本行业或本行政区域内“三新核准”行政许可事项的实施情况进行监督检查。

第三十三条　建设部标准定额司根据利害关系人的请求或者依据职权，可以依法撤销、注销行政许可，按照附件十八的要求制作《撤销建设行政许可决定书》和附件十九的要求制作《注销建设行政许可决定书》发送被许可人。

第三十四条　建设部标准定额司实施行政许可和对被许可人进行监督检查，不得收取任何费用。但法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

第六章　附　　则

第三十五条　本细则由建设部标准定额司负责解释。

第三十六条　本细则自发布之日起实施。

附件一

文件编号	
批准号	

采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准申　请　书

申请事项_____

_____

申请单位_____

申请日期_____年_____月____日

中华人民共和国建设部

2005 年制

填表说明

一、申请书是评审工作的主要依据。填写前，请先查阅《“采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准”行政许可实施细则》。

二、对于建设部已经作出准予行政许可决定的同一种新技术、新工艺、新材料，应用在其它同类工程时，申报时，本申报表填写第 1 页、第 2 页（已获行政许可的编号和工程项目名称）、第 3 页和申请单位盖章。

三、文字要简明扼要，字体要规范，外文字母用印刷体书写，字迹要清晰易辨。

四、封面右上角“文件编号”和“批准号”栏由采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准申请受理机构填写。

五、表中选择性栏目，请将选定的指示标（A，B，C.....）填入该栏右下角的方框内。其他部分栏目填写的具体要求：

• 申请事项：指申请核准的新技术、新工艺、新材料的具体名称

• 单位性质：指国家机关、大专院校、事业单位、医疗机构、社会团体等，如是企业，需指明企业的经济性质，即外资、中外合资（合作）、内资；内资企业注明国有独资企业、股份制企业、有限责任企业、集体企业、个体企业等

• 单位主管部门：大专院校、事业单位、医疗机构、社会团体、国有独资企业等的上级主管部门

• 单位代码：企业填写营业执照注册号；社会团体、事业单位、国家机关、大专院校等填写组织机构代码

• 工程项目概况（填写以下内容）：

1. 工程地点及周边情况

2. 工程建筑概况，即占地面积、建筑面积、结构形式、檐高、层数、层高、跨度等

3. 地质状况

4. 工程主体结构围护结构概况

5. 建筑装饰、装修状况

6. 电气、给排水、采暖通风、建筑智能化等各系统概况

7. 其它

其中，1、2 项必须填写，另与申请核准事项相关的部分应重点描述，其它内容可简化，总字数控制在 600 字以内。

六、申请书可复印使用，为 A4 开本，于左侧装订成册。表空白不够时，请自行加页。

七、本表一式三份会同其他有关材料申报。

采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准申请书

<table>
<tr><td rowspan="7">申请单位</td><td>单位名称</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>单位性质</td><td colspan="2"></td><td>单位代码</td><td></td></tr>
<tr><td>法人代表</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">通讯地址</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>邮政编码</td><td></td></tr>
<tr><td>联系人</td><td></td><td>电子邮件</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>联系电话</td><td colspan="2"></td><td>传真</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">申请单位的业务范围、规模、成立时间等</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

续表

<table>
<tr><td rowspan="5">申请事项信息</td><td>申请事项名称</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>已获行政许可编号和工程项目名称</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>事项类型</td><td></td><td>A. 新材料
B. 新技术
C. 新工艺</td><td>事项密级</td><td></td><td>A. 无
B. 机密
C. 绝密</td></tr>
<tr><td>“三新”的拥有单位</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>专利情况</td><td>是/否</td><td>专利号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="7">技术性能、特点，适用范围及应用条件等</td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
</table>

续表

工程项目信息	工程名称	
	“三新”的应用环节	
工程项目概况		

续表

申请理由及申请审核范围（可另加页）

续表

申请单位提供的主要文件技术资料目录

续表

专家评审意见及签字
签字： 年　　月　　日

续表

申请单位意见	（盖章） 年　月　日
申请单位直属主管部门意见	（盖章） 年　月　日 申请单位直属主管部门意见
省、自治区、直辖市建委（建设厅）或国务院主管部门意见	（盖章） 年　月　日
建设部标准化管理部门意见	（盖章） 年　月　日

附件二

建设行政许可不予受理通知书

编号：

（申请人名称）：

_____年____月____日，你向我机关提出的（行政许可事项名称）申请事项，经审查，属于以下第_____种情形：

1. 该事项依法不需取得行政许可。

2. 该事项依法不属于本行政机关职权范围，请向（某行政机关名称）提出行政许可申请。

3. 你（单位）隐瞒有关情况、提供虚假材料。

4. （其他不予受理理由）。

本机关决定不予受理，特此通知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件三

建设行政许可申请材料接收凭证

编号：

申请人（建设单位）：_____

申请（经办）事项：采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准

接收地点：建设部标准定额司

接收时间：_____

接收材料目录：_____

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

申请人（初审机构经办人）_____

接收人_____

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件四

建设行政许可补正材料通知书

编号：

（申请人名称）：

_____年____月____日，本机关收到你申请（行政许可事项名称）所送的有关材料后，依法进行了审查，发现你所送的材料不齐全（不符合法定形式），具体存在如下问题：

（经办人视材料中的情况据实详细填写）

请你依照（法律法规名称）第____条第____项第____款的规定，将上述材料尽快补正后送本机关。

特此通知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件五

建设行政许可受理通知书

编号：

（申请人名称）：

_____年____月____日，本机关收到你申请（行政许可事项名称）所送的下列（补正）材料：

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

经审查，你所送的上述（补正）材料齐全，符合法定形式，现予受理。

特此通知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件六

建设行政许可特别程序告知书

编号：

（申请人名称）：

本机关于_____年____月____日受理你（单位）的（行政许可项目名称）申请，依法需进入（听证、检验、检测、鉴定、咨询评估、评审）程序，上述程序所需时间_____日。

根据《中华人民共和国行政许可法》第四十五条规定，特此告知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件七

建设行政许可延期通知书

编号：

（申请人名称）：

本机关于_____年____月____日受理你（单位）的（行政许可事项名称）申请，因原因，不能在二十日内作出行政许可决定，根据《中华人民共和国行政许可法》第四十二条之规定，经本机关负责人批准，决定延长十日作出行政许可决定。

特此通知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件八

准予建设行政许可决定书

编号：

（申请人名称）：

申请人：_____

（申请人基本情况）

经审查，你（单位）于_____年____月____日向本行政机关提出（行政许可事项名称）的申请，符合法定条件、标准，根据（法律、法规名称）第____条第____款第____项的规定，本行政机关决定准予你（单位）行政许可。

该行政许可适用于_____工程，有效期为_____。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件九

不予建设行政许可决定书

编号：

（申请人名称）：

编号：

申请人：_____

（申请人基本情况）

经审查，你（单位）于_____年____月____日向本行政机关提出（行政许可事项名称）的申请，不符合法定条件、标准（具体理由见附页），根据（法律、法规、规章名称）第____条第____款第____项的规定，本行政机关决定不予你（单位）行政许可。

对本决定不服，可以自接到本决定之日起60日内，依法向（行政复议机关名称）申请行政复议，也可以在三个月内依法向（人民法院名称）提起行政诉讼。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十

建设行政许可听证告知书

编号：

（申请人名称）：

（利害关系人名称）：

_____年____月____日，本机关收到（申请人名称）提出的（行政许可事项名称）的申请及有关材料后，依法进行了审查。审查中发现该事项直接涉及申请人与他人之间重大利益关系，现将有关情况告知你（单位）：

（写明许可事项直接涉及申请人
与他人重大利益关系的具体情况）

依照行政许可法第四十七条的规定，你（单位）可在收到本告知书之日起五日内向本机关提出听证申请，逾期未提出的，视为你（单位）放弃上述权利。

特此告知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十一

建设行政许可听证通知书

编号：

（申请人名称）：

（利害关系人名称）：

关于（申请人名称）提出的（行政许可事项名称）申请，现决定于_____年____月____日时，在举行听证会。

听证会主持人姓名：_____　　职务：_____

记录员姓名：_____　　职务：_____

听证员姓名：_____　　职务：_____

请你（单位法定代表人）或者委托代理人凭本通知书准时出席。届时若无故缺席，视为放弃听证要求。

参加听证会之前，请你（单位）做好以下准备：

1. 携带身份证明和有关证据材料；
2. 委托代理人须携带当事人签名的授权委托书；
3. 通知有关证人出席作证的，应事先告知本机关；
4. 申请主持人回避的，应及时告知本机关并说明理由。

听证所需时间_____日。

特此通知。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十二

建设行政许可听证公告

编号：

（申请人名称）：

_____年____月____日，本机关收到（申请人名称）提出的（行政许可事项名称）的申请。依照（法律、法规、规章名称）规定（或因涉及公共利益），本机关拟定于_____年____月____日，公开举行听证会。

申请参加听证会应当符合下列要求：（写明申请参加听证会的条件、程序及其他要求）特此公告。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十三

准予变更建设行政许可决定书

编号：

（当事人名称）：

你（单位）取得的（行政许可事项名称），因下列第项原因，本机关决定变更行政许可。（变更内容附后）

1. 行政许可所依据的法律、法规、规章修改。

2. 行政许可所依据的法律、法规、规章废止。

3. 准予行政许可所依据的客观情况发生重大变化。

根据《中华人民共和国行政许可法》第八条规定，本机关决定变更你（单位）行政许可。请你（单位）在收到本决定书之日起_____日内持行政许可证件到本机关办理有关手续。

对本决定不服，可以自接到本决定之日起60日内，依法向（行政复议机关名称）申请行政复议，也可以在三个月内依法向（人民法院名称）提起行政诉讼。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年_____月_____日

附件十四

不予变更建设行政许可决定书

编号：

申请人：_____

（申请人基本情况）

经审查，你（单位）于_____年____月____日向本行政机关提出(行政许可事项名称）的变更申请，不符合法定条件、标准(具体理由见附页)，根据(法律、法规、规章名称）第____条第____款第____项的规定，本行政机关决定不予变更。

对本决定不服，可以自接到本决定之日起60日内，依法向(行政复议机关名称）申请行政复议，也可以在三个月内依法向(人民法院名称）提起行政诉讼。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十五

变更、撤回建设行政许可决定书

编号：

（当事人名称）：

你（单位）取得的（行政许可事项名称），因下列第____项原因，本机关决定变更（或者撤回）行政许可。（变更内容附后）

1. 被许可人的法定名称发生变更的。

2. 行政许可决定所适用的工程名称发生变更的。

3. 行政许可所依据的法律、法规、规章修改。

4. 行政许可所依据的法律、法规、规章废止。

5. 准予行政许可所依据的客观情况发生重大变化。

根据《中华人民共和国行政许可法》第八条规定，本机关决定变更（或撤回）你（单位）行政许可。请你（单位）在收到本决定书之日起____日内持行政许可证件到本机关办理有关手续。

对本决定不服，可以自接到本决定之日起60日内，依法向（行政复议机关名称）申请行政复议，也可以在三个月内依法向（人民法院名称）提起行政诉讼。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十六

准予延续建设行政许可决定书

编号：

申请人：_____

（申请人基本情况）

经审查，你（单位）于_____年_____月_____日向本行政机关提出延续（行政许可事项名称）的申请，符合法定条件、标准，根据（法律、法规名称）第____条第____款第____项的规定，本行政机关决定准予延续。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十七

不予延续建设行政许可决定书

编号：

申请人：_____

（申请人基本情况）

经审查，你（单位）于_____年_____月_____日向本行政机关提出延续（行政许可事项名称）的申请，符合法定条件、标准，根据（法律、法规名称）第____条第____款第____项的规定，本行政机关决定准予延续。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

附件十八

撤销建设行政许可决定书

编号：

申请人：_____

（当事人名称）：

经调查核实，你（单位）取得的（行政许可事项名称），存在以下问题：

1. 行政机关工作人员滥用职权、玩忽职守；

2. 超越法定职权；

3. 违反法定程序；

4. 你（单位）不具备申请资格；

5. 你（单位）不符合法定条件；

6. 你（单位）采用欺骗、贿赂等不正当手段；

7. （依法可以撤销行政许可的其他情形）。根据《中华人民共和国行政许可法》第六十九条规定，本机关决定撤销你（单位）行政许可。请在收到本决定书之日起____日内持行政许可证件到（作出行政许可决定的机关）办理有关手续。

对本决定不服，可以自接到本决定之日起60日内，依法向（行政复议机关名称）申请行政复议，也可以在三个月内依法向（人民法院名称）提起行政诉讼。

联系人：

联系电话：

监督电话：　　（行政许可专用章）

_____年____月____日

抄送：（作出行政许可决定的下级行政机关）

附件十九

注销建设行政许可决定书

编号：

（当事人名称）：

经调查核实，你（单位）取得的（行政许可事项名称），属于下列第____种情形：

1. 行政许可有效期届满未延续的；

2. 赋予公民特定资格的行政许可，该公民死亡或者丧失行为能力的；

3. 法人或者其他组织依法终止的；

4. 行政许可依法被撤销、撤回的；

5. 行政许可证件依法被吊销的；

6. 因不可抗力导致行政许可事项无法实施的；

7. （依法应当注销行政许可的其他情形）。

根据《中华人民共和国行政许可法》第七十条规定，本机关决定注销你（单位）行政许可。请你（单位）在收到本决定书之日起____日内持行政许可证件到本机关办理有关手续。

对本决定不服，可以自接到本决定之日起60日内，依法向（行政复议机关名称）申请行政复议，也可以在三个月内依法向（人民法院名称）提起行政诉讼。

联系人：

联系电话：

监督电话：

（行政许可专用章）

_____年____月____日

第二篇

建筑节能概论

第一章　概　　述

第一节　建筑节能的涵义

建筑节能是指在建筑材料生产、房屋建筑施工及使用过程中，合理地使用、有效地利用能源，以便在满足同等需要或达到相同目的的条件下，尽可能降低能耗，以达到提高建筑舒适性和节省能源的目标。

自 1973 年发生世界性的石油危机以来的二十多年间，在发达国家，建筑节能的涵义经历了三个阶段：第一阶段，称为在建筑中节约能源（energy saving in buildings），我国称为建筑节能；第二阶段，称为建筑中保持能源（energy conservation in buildings），意为在建筑中减少能源的散失；第三阶段，近年来，普遍称为在建筑中提高能源利用率（energy efficiency in buildings），意为不是消极意义上的节省，而是积极意义上的提高能源利用效率。

在我国，现在通称的建筑节能，其涵义应为第三阶段的内涵，即在建筑中合理地使用和有效地利用能源，不断提高能源利用效率。

第二节　我国的建筑能耗及其状况

1. 建筑能耗的构成　建筑能耗包括建造过程的能耗和使用过程的能耗两部分，建造过程的能耗是指建筑材料、建筑构配件、建筑设备的生产和运输，以及建筑施工和安装中的能耗；使用过程的能耗是指建筑在采暖、通风、空调、照明、家用电器和热水供应中的能耗。一般情况下，日常使用能耗与建造能耗之比，约为 8:2 ~ 9:1。可见，使用过程能耗，特别是采暖和空调能耗为主，故应将采暖和降温能耗作为建筑节能的重点。

2. 建筑能耗的影响因素

（1）室外热环境的影响：建筑物室外热环境，即各种气候因素，通过建筑的围护结构、外门窗及各类开口直接影响室内的气候条件。与建筑物密切相关的气候因素为：太阳辐射、空气温度、空气湿度、风及降水等。下面作简要介绍。

1）太阳辐射。在工程实践中，太阳辐射是以太阳直射辐射照度和散射辐射照度两者之和的太阳总辐射照度表示。其数值受太阳高度角影响，有关数据参见（GB/T50176—1993）《民用建筑热工设计规范》。

2）空气温度。气温有明显的日变化与年变化。一般在晴朗天气下，气温的昼夜变化是规律性的。一日内气温的最高值与最低值之差称为气温日较差，通常用它来表示气温的日变化。一年中各月平均气温也有最大值与最低值。对北半球来说，月平均最高气温出现在 7 月或 8 月，而月平均最低气温出现在 1 月或 2 月。一年内最热月与最冷月的平均气温差称为气温的年较差。我国气温的年较差自南到北逐渐增大。华南和云贵高原约为 10～20℃，而长江流域一般为 20～30℃，华北和东北的南部约为 30～40℃，东北部和西北部则常超过 40℃。但沿海地区常受台风影响，北方地区则受寒流影响，至于长江中下游地区，常受北方寒流与南方暖湿气流的交汇，气温波动较大。

3）空气湿度。空气湿度是指空气中水蒸气的含量。通常用绝对湿度表示。相对湿度的日变化受地面性质、水陆分布、季节寒暑、天气阴晴等因素影响，一般是大陆大于海面，夏季大于冬季，晴天大于阴天。在一年之中，最热月的绝对湿度最大，最冷月的绝对湿度最小。我国因受海洋气候的影响，华南地区和东南沿海一带，因春季海洋气团侵入，故相对湿度以 3～5 月为最大，秋季最小，所以南方地区春夏之交形成明显的潮湿季节，对这一地带的建筑防潮和室内热环境都具有重要影响。

4）风。风是自然界由大气压力差所引起的大气水平方向的运动。地表增温不同是引起大气压力差的主要原因，也是形成风的主要原因。由于太阳在地球上照射不均匀，引起赤道和南、北极出现压力差，从而引起大气从赤道到两极和从两极到赤道的经常性活动，称为大气环流。由于地表水陆分布、地势起伏、表面覆盖等地方性条件的不同而引起的风叫地方风，如海陆风、季风、山谷风、庭院风及巷道风等。季风的变化以年为周期。我国的季风大部分来自热带海洋，故多为东南风。风是影响气候和能耗的重要因素。

5）降水。从地球表面蒸发出来的水气进入大气层，经过凝结后又降到地面上的液态或固态水分简称降水。雨、雪、冰雹等都属于降水现象。降水性质包括水量、降水时间和降水强度等。降水量是指降落到地面的雨、雪、冰雹等融化后，未经蒸发或渗透流失而积累在水平面上的水层厚度，以毫米（mm）为单位。降水时间是指一次降水过程从开始到结束的持续时间，以小时（h），分（min）表示。降水强度是指单位时间内的降水量。降水量的多少是用雨量筒和雨量计测定的。降水强度的等级，以24h的总量（mm）来划分：小雨小于10mm；中雨10～25mm；大雨25～50mm；暴雨50～100mm。

我国大部分地区受季风影响，雨量多集中在春、夏季节，由东南向西北递减，山岭的向风坡常为多雨地带，其降雨量的变化很大。春末夏初，东南暖湿气流北上，与由北向南的低温气流在长江流域相遇，形成长江流域的梅雨期，对建筑物和室内热环境都有不可忽视的影响。珠江口和台湾省南部，在7、8月间多暴雨，其特征是降水强度大，往往造成不同程度的灾害，但一般持续时间不长。

我国的降雪量在不同地区差别很大，在北纬35°以北至45°的区域为降雪或多雪地区，降水对室内外热环境和能耗影响很大。

6）城市小气候。任何一种气候区域内，由于地形、土壤、植被、水面等地面情况的不同，一些地方往往具有独特的气候，称为“小气候”。如地势小气候、森林小气候、湖泊小气候及城市小气候等。特别是城市小气候，它是在不同区域气候的条件下，在人类活动，特别是城市化的影响下，形成的一种特殊气候。如：

①大气透明度较小，削弱了太阳辐射。由于大气污染，城市的太阳辐射比郊区减少15%～20%，且工业区比非工业区减少得多。

②气温较高，形成“热岛效应”。由于城市的“人为热”及下垫面向地面近处大气层散发的热量比郊区多，气温不同程度地比郊区高，且由市中心地带向郊区方向逐渐降低，这种现象叫做“热岛效应”。“热岛效应”影响所及的高度叫做混合高度，在小城市约为50m以上。热范围内空气易于对流和混合，但其上部的大气则呈稳定状态而不扩散，就像盖子一样，使发生在热岛范围内的各种气体污染物质被围闭在热岛之中。在寒冷地区的冬季，因“热岛效应”使城市区域的气温有所提高，从而可能缩短冬季的采暖期，有利于节约能源。

③风速减少，风向随地而异。由于城市房屋高低不同，街道又纵横交错，使城市区域下垫面粗糙程度增大，因而市区内风速减少，如北京城区年平均风速比郊区小 20% ~ 30%，且城市区域内的风向不定，往往受街道走向等因素的影响。

④蒸发减弱，湿度变小。城区降水容易排泄，地面较为干燥，蒸发量小，而且气温较高，所以年平均相对湿度比郊区低，如广州约低于 9%，上海约低于 5%。

⑤雾多、能见度差。由于城市中的大气污染程度要比郊区大，故大气中具有丰富的凝结核，一旦条件适宜就产生大量的雾，如雾都重庆，城区雾日比郊区多 1 ~ 2 倍，甚至高达 4 倍。

(2) 采暖区和采暖度日数：采暖区是指一年内日平均气温稳定低于 5℃的时间超过 90d 的地区。采暖区与非采暖区的界线大体为陇海线东、中段略偏南，西延至西安附近后向西南延伸。总之，从采暖区域看，所占比例较小且采暖温度较低。

采暖度日数是指当某天室外日平均气温低于 18℃时，将低于 18℃的度数乘以 1d，并将此乘积累加。其中，18℃称为采暖基准温度，凡平均温度低于基准温度的度数，均计入采暖度日数。采暖度日数，记为 D_{di} 或 DD，采暖期天数为 Z，室外平均温度为 $\bar{t}_e$，则有 $D_{di} = (18℃ - \bar{t}_e)\ Z$。

例如某地某日日平均气温为 -4℃，采暖基准温度为 18℃，则其日采暖度日数为 18 - (-4) = 22℃·d。若采暖期天数为 90d，采暖期平均日气温为 -4℃，则采暖期度日数为 $D_{di} = [18 - (-4)] \times 90℃·d = 1980℃·d$。

将同年或同月各日的采暖度日数累计，即得该年或该月的采暖度日数。若假定采暖热耗量与室外平均温度同室内基准温度之差成正比，则可由采暖度日数估算出采暖能耗，并可评价出不同地区冷天气的状况。

例如：以 18℃为基准温度，以下各城市的采暖度日数分别为：哈尔滨（北纬 45.7°）为 5578℃·d，长春（北纬 43.6°）为 5172℃·d，沈阳（北纬 41.8°）为 4291℃·d，北京（北纬 39.8°）为 3076℃·d；柏林（北纬 52.5°）为 3420℃·d，法兰克福（北纬 50.2°）为 3030℃·d，温哥华（北纬 49.2°）为 2924℃·d，多伦多（北纬 43.7°）为 3640℃·d。

可见，我国与世界同纬度城市相比较，采暖度日数远高于北美和欧洲各国，说明我国的建筑能耗相应较高。

（3）太阳辐射强度：冬季晴天多，日照时间长，太阳入射角低，太阳辐射强度大，南向窗户阳光射入深度大，可达到提高室内温度，节约采暖用能的效果。我国北方地区冬至日太阳入射角度低（13°～30°），1 月份北京日照时数为 204.9h，总辐射为 283.4MJ/m^2；兰州日照时数为 188.9h，总辐射为 253.5MJ/m^2。太阳辐射强度，我国优于欧洲地区。

（4）建筑的保温隔热和气密性：建筑围护结构的保温隔热性能和门窗的气密性是影响建筑能耗的主要内在因素。围护结构的传热热损失约占 70%～80%；门窗缝隙空气渗透的热损失约占 20%～30%。在北京地区，典型多层住宅，通过围护结构的传热热损失约占全部热损失的 77%，门窗缝隙的空气渗透热损失约占 23%。在传热损失中，外墙约占 25%，窗户约占 24%，楼梯间隔墙约占 11%，屋面约占 9%，阳台门下部约占 3%，户门约占 3%，地面约占 2%。窗户的传热热损失与空气渗透热的损失相加，约占全部热损失的 47%。在哈尔滨地区对典型的多层住宅，围护结构热损失约占 71%，门窗缝隙空气渗透热损失约占 29%，在传热热损失中，窗户约占 28%，外墙约占 28%，屋面约占 9%，地面约占 4%，阳台门下部约占 1%，外门约占 1%，窗户的传热热损失与空气渗透热损失相加，约占全部热损失的 57%。

可见，加强围护结构的保温，特别是加强窗户，包括阳台门的保温性和气密性，是节约采暖能耗的关键环节。

（5）采暖供热系统热效率：采暖供热系统是由热源热网和热用户组成的系统。采暖供热系统热效率包括锅炉运行效率和管网运送效率。锅炉运行效率是指锅炉产生的可供有效利用的热量与其燃烧煤所含热量的比值。在不同条件下，又可分为锅炉铭牌效率（又称额定效率）和锅炉运行效率。室外管网输送效率是指管网输出总热量与管网输入总热量之比值。

锅炉在运行过程中，一般只能将燃料所含热量的 55%～70%转化为可供利用的有效热量，即锅炉的运行效率为 55%～70%。室外管网的输送效率为 85%～90%，即锅炉输入管网的有效热量，又在沿途损失 10%～15%，剩余的 47%～63%的热量供给建筑物，成为采暖供热量。我国锅炉的热效率较低，1996～2004 年要求供热锅炉伪热效率达到 68%。近年来，发达国家已达 80%以上。

第三节　建筑节能是改善空间环境重要途径

1. 建筑节能可改善大气环境　我国建筑采暖能源以煤炭为主，约占75%。目前，我国采暖燃煤排放二氧化碳每年约1.9亿t，排放二氧化硫近300万t，烟尘约300万t，采暖期城市大气污染指标普遍超过标准，造成严重大气环境污染。二氧化碳造成的地球大气外层的“温室效应”，严重危害人类生存环境；烟尘、二氧化硫和氮氧化物也是呼吸道疾病、肺癌等许多疾病的根源，环境酸化、酸雨也是破坏森林，损坏建筑物的罪魁祸首。

显然，降低建筑能耗，提高建筑节能效果是改善大气环境的重要途径。

2. 建筑节能可改善室内热环境　室内热环境是对室内温度、空气湿度、气流速度和环境热辐射的总称。它是影响人体冷热感觉的环境因素。适宜的室内热环境，可使人体易于保持平衡，从而使人产生舒适感。节能建筑则可改善室内环境，做到冬暖夏凉。对符合节能要求的采暖居住建筑，屋顶保温能力约为一般非节能建筑的1.5~2.6倍，外墙的保温能力约为非节能建筑的2.0~3.0倍，窗户约为1.3~1.6倍。节能建筑的采暖能耗仅为非节能建筑的一半左右，且冬季室内温度可保持在18℃左右，并使围护结构内表面保持较高的温度，从而避免其结露、长霉，显著改善冬季室内热环境。由于节能建筑围护结构热绝缘系数较大，对夏季隔热也极为有利。

第四节　建筑节能是发展国民经济的需要

1. 我国的能源形势严峻　能源是发展国民经济，改善人民生活水平的重要物质基础，据测，我国年需各种能源共17亿t标准煤，但生产能源仅有13.7亿t标准煤，远低于世界平均水平。所谓标准煤，是指1kg煤炭的发热量为8.14kW·h的煤量。市场供应的普通煤，1kg发热量5.8~6.4kW·h，经换算，1kg普通煤为0.712~0.786kg标准煤，或1kg标准煤为1.27~1.40kg普通煤。为了比较和统计方便，其他能源也可按发热量换算成标准煤。

我国能源生产的增长速度，长期滞后于国内生产总值的增长速度，能源

短缺是制约国民经济发展的根本性因素。因此，节约能源是发展国民经济的客观需要。

2. 我国能源消费结构以煤炭为主　我国煤炭和水利资源藏量丰富，但能源消费结构是以煤炭为主，煤炭占 3/4 以上，我国建筑采暖用煤约占 75%以上，其他高质能源所占比例很小，这与发达国家存在很大差距。例如，在采暖能源中，法国：电力占 5%，天然气占 40%，煤和石油等只占 10%；荷兰：天然气占 46%，石油占 46%，煤占 6%，其他占 2%。

3. 建筑能耗的增长远高于能源增长速度　我国原有建筑及每年新建筑量巨大，加之居住人口众多，建筑能耗占全国总能耗的 1/4 以上，特别是高能耗建筑大量建造，建筑能耗的增长远高于能源生产的增长速度，尤其是电力、燃气、热力等优质能源的需求急剧增加。鉴于建筑用能的严重浪费，抓紧建筑节能工作是国民经济可持续发展的重大课题。

4. 建筑节能是提高经济效益的重要措施　建筑节能需要投入一定的资金，但投入少、产出多。实践证明，只要选择适合当地条件的节能技术，若使用 4% ~ 7%的建筑造价，可达到 30%的节能指标。建筑节能的回收期一般为 3 ~ 6 年，与建筑物使用周期 60 ~ 100 年相比，其经济效益是非常突出的。可见，节能建筑在一次投资后，可在短期内回收，并能长期受益。

第五节　室内热环境及评价方法

建筑室内热环境是研究人们在建筑空间中的热舒适问题，采取合理、有效的技术措施，可达到改善建筑热环境、满足人们的热舒适要求。

1. 人体的热平衡　人的肌肤在正常条件下，可算是一个恒温体，为了维持这种状态，人体必须不停地与所处的环境进行热交换，由新陈代谢过程产生的热量向环境散发。肌体与环境之间的传热应满足以下公式所表达的条件：

$$\Delta_q = q_m q_c q_r q_w \tag{1-1}$$

式中　Δ_q——人体热负荷，即人体产热率与散热率之差；

q_m——人体新陈代谢产热率；

q_c——人体与周围环境的对流换热率；

q_r——人体与环境的辐射换热率；

q_w——人体蒸发散热率。

人体与周围环境的换热方式有对流、辐射和蒸发三种，而换热的余量即为人体热负荷 Δ_q。据卫生学研究，Δ_q 值与人们的体温变化率成正比。当 $\Delta_q \geqslant 0$ 时，体温将升高；当 $\Delta_q < 0$ 时，体温将降低。如果这种体温变化的差值不大，时间也不长，可以通过环境因素的改善和肌体本身的调节逐渐消除，恢复正常体温状态，不致对人体产生有害影响；若变动幅度大，时间长，人体将出现不舒适感，严重者将出现病态征兆，甚至死亡。因此，从环境条件上应当控制 Δ_q 值，而要维持人体体温的恒定不变，应使人体处于热平衡状态，即

$$\Delta_q = q_m q_c q_r q_w = 0$$

显然，人体的热平衡是达到人体热舒适的必要条件。据研究时，当达到热平衡状态时，对流换热占总散热量的 25% ~ 30%，辐射换热量占 45% ~ 50%，呼吸和有感觉蒸发散热量占 25% ~ 30%，人体才能达到热舒适状态，能达到这种适宜比例的环境便是人体热舒适的充分条件。

人体热平衡的影响因素：

(1) 人体新陈代谢产热量：研究表明，影响人体新陈代谢产热量的因素，除年龄、性别、身高、体重等因素的不同程度影响外，主要取决于人体的活动量或者生产劳动强度。而这些活动或生产场所往往又与建筑空间和环境有着密切的联系。

(2) 对流换热量：对流换热是人体与其周围空气换热的方式，与人体的皮肤温度、环境空气温度和气体流动速度有密切关系。

人体的平均皮肤湿度是体表上不同部位几个点皮肤温度的平均值，每个测定值是按其所代表的人体表面积的比例加权计算所得。人体在休息或者认为环境舒适时，皮肤温度在 28 ~ 34℃之间；开始感到温热时，皮肤温度为 35 ~ 37℃。

在人体与周围空气的对流换热中，显然人体所着服装以及气体流动速度也有较大影响。一般认为当人体平均皮肤温度高于空气温度时，人体向周围空气散热，且气流速度越大，散热越多；如果空气温度高于人体平均皮肤温度，则人体从空气中得热，且气流速度越大，得热越多。人体是散热还是得热取决于空气温度的高低。

（3）辐射换热量：当人体皮肤平均温度高于室内各表面的平均辐射温度时，人体以辐射方式向环境各表面散热；当人体皮肤平均温度低于室内各表面的平均辐射温度时，人体从环境各表面得到辐射热。因此，在冬季控制室内各表面温度、使其不过低，将有利于防寒；而在南方地区炎热的夏季，控制室内各表面温度，使其不致过高，也是重要的防热途径。

（4）蒸发散热量：人体的蒸发散热是人体通过呼吸或皮肤表面出汗蒸发而散发热量的一种方式，是人类在热环境中赖以生存的最有效方法，也是人体对环境热负荷的惟一生理指标。

影响人体蒸发散热的主要因素是作用于人体的气流速度和环境的水蒸气分压力。蒸发散热量随着气流速度的增大而增加，当气流速度等于零时，人体周围很快形成了饱和空气层，阻止了体表汗液的继续蒸发，从而使人产生“闷”感。人体蒸发散热的另一个重要因素是环境的水蒸气分压力，也就是室内空气的湿度情况。

在以上分析中，特别值得注意的是，当人体周围空气温度高于皮肤表面温度时，增大气流速度将使对流附加负荷增加，而气流速度增大又有利于蒸发散热，此时为取得良好的综合效果，必须选定最佳的气流速度（即风速）值。

上述空气温度、空气湿度、气流速度、环境平均辐射温度、人体新陈代谢产热率和人体衣着状况等对热环境的影响是综合性的，各因素之间具有互补性。在设计中应结合建筑物所在地区的气候特点和对建筑物的功能要求，充分利用上述诸因素的变化规律使所设计的建筑空间具有良好的热环境条件。

2. 热环境的综合评价　由于建筑热环境韵影响因素较多，且具有综合性和相互补偿性，数十年来，许多学者探讨了对热环境的综合评价方法，至今已从不同的途径提出了多种评价指标或评价方法。以下简要介绍三种较为通用的方法。

（1）有效温度：有效温度（Effective Temperature，简称 ET）是依据半裸的人与穿夏季薄衫的人在一定条件的环境中所反应的瞬时热感觉作为决定各项因素综合作用的评价标准。该指标是以空气温度、空气湿度和气流速度作为影响因素而制定的综合评价图。在决定此热感指标的实验中，受试者在环境因素组合不同的两个房间中来回走动，调节其中一个房间的各项条件，使

得人由一个房间进入另一个房间时具有相同的热感觉。

有效温度综合了环境中三种因素的影响。该法虽有较大偏差，但由于简单明了，其应用仍然相当广泛。

（2）热应力指数：热应力指数（Heat Stress Index，简写为 *HSI*）是根据在给定的热环境中作用于人体的外部热应力，不同活动量下的新陈代谢产热率及环境蒸发率等的理论计算而提出的。此指数在生理方面的假设是：

1）作用于人体的总热应力等于需要的蒸发产热率。

2）由给定的热应力加于人体的生理应变，决定于需要的蒸发散热量 $q_{w\cdot req}$ 与人体的最大蒸发量 $q_{w\cdot max}$ 之比。

3）当人体受到热应力时，皮肤温度应保持为 35℃。

4）普通人在 8h 时间的最大排汗能力接近 1L/h，计算可产生的散热量约为 2500kJ/h。于是，根据人体热平衡方程可得

$$q_{w\cdot req} = q_m q_c q_r \tag{1-2a}$$

$$HSI = \frac{q_{w\cdot req}}{q_{w\cdot max}} \times 100\% \tag{1-2b}$$

式中　HSI——热应力指数；

$q_{w\cdot req}$——人体蒸发散热量；

$q_{w\cdot max}$——人体最大蒸发散热量。

其他符号意义同式（1－1）。显然，热应力指数越高，说明人体在维持热平衡时，要求蒸发散热量越大，热环境条件也就越差。

已知环境的空气温度、空气湿度、气流速度、平均辐射温度以及人体新陈代谢产热率，便可按相关线解图求得热应力指标。

（3）预测预感指数：预测预感指数（PMV），丹麦学者范格尔（P.O，Fanger）经过实验与研究，得出热舒适方程，其函数关系式表示为

$$f(t_i, \phi_i, v, t_r, q_m, R_{clo}) = 0 \tag{1-3}$$

式中　t_i——空气温度；

ϕ_i——空气相对湿度；

v——气流速度；

t_r——平均辐射温度；

q_m——人体新陈代谢产热率；

R_{clo}——衣服热绝缘系数。

该方程比较全面合理地表达了人体热感与上述 6 个参数的定量关系，从而建立起 PMV 指标系统，把 PMV 值按人的热感觉分成 7 个等级，并通过对热舒适方程的计算处理，针对不同情况绘成一系列热舒适线解图，国际标准化组织（ISO）规定，PMV 值在 －0.5～0.5 范围内为室内热舒适指标，然而只有舒适性空调建筑才能达到这一标准。

第六节　建筑热工设计分区

我国幅员辽阔，地形复杂。由于地理纬度、地势和地理条件的不同，各地气候差异悬殊。

为了有适宜的热环境，不同的气候条件对房屋建筑的设计提出不同的要求。炎热地区的建筑需要遮阳、隔热和通风，以防室内过热；寒冷地区的建筑则要防寒和保温。为了明确建筑和气候两者的科学联系，使各类建筑能够充分地利用和适应气候条件，做到因地制宜，我国《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993），从建筑热工设计的角度，对各地气候作如下划分并提出了相应的设计要求。

严寒地区：指累年最冷月平均温度低于或等于 －10℃的地区。主要包括内蒙古和东北北部、新疆北部地区、西藏和青海北部地区。这一地区的建筑必须充分满足冬季保温要求，加强建筑物的防寒措施，一般可不考虑夏季防热。

寒冷地区：指累年最冷月平均温度为 0～－10℃地区。主要包括华北、新疆和西藏南部地区及东北南部地区。这一地区的建筑应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热。

夏热冬冷地区：指累年最冷月平均温度为 0～10℃，最热月平均温度 25～30℃地区。主要包括长江中下游地区，即南岭以北、黄河以南的地区。这一地区的建筑必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温。

夏热冬暖地区：指累年最冷月平均温度高于 10℃，最热月平均温度 25～29℃的地区。包括南岭以南及南方沿海地区。这一地区的建筑必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保暖。

温和地区：指累年最冷月平均温度为 0～13℃，最热月平均温度 18～

25℃的地区。主要包括云南、贵州西部及四川南部地区。这一地区中，部分地区的建筑应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热。

建筑热工设计分区与分区图详见附录 A 中表 A3 及图 A1。

第二章　建筑节能基本原理

第一节　建筑得热与失热的途径

冬季采暖房屋的正常温度是依靠采暖设备的供暖和围护结构的保温之间相互配合，以及建筑的得热量与失热量的平衡得以实现。可用下式表示：

采暖设备散热 + 建筑物内部得热 + 太阳辐射得热 = 建筑物总得热

非采暖区的房屋建筑，有两类：一类是采暖房屋有采暖设备，总得热同上；第二类，没有采暖设备，总得热为建筑物内部得热加太阳辐射得热两项，一般仍能保持比室外日平均温度高 3 ~ 5℃。

对于有室内采暖设备散热的建筑，室内外日平均温差，北京地区可达 20 ~ 27℃，哈尔滨地区可达 28 ~ 44℃。由于室内外存在温差，且围护结构不能完全绝热和密闭，导致热量从室内内室外散失。建筑的得热和失热的途径及其影响因素是研究建筑采暖和节能的基础。其基本情况如图 2 – 1 所示。

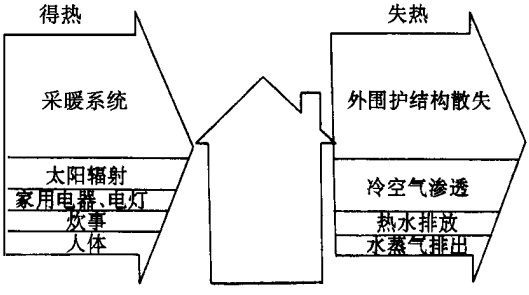


图 2 – 1　建筑得热与失热因素示意

1. 建筑得热因素　在一般房屋中，热量来源有：

1）系统供给的热量。主要有暖气、火炉、火坑等采暖设备提供。

2）太阳辐射热供给的热量。阳光斜射，透过玻璃进入室内所提供的热

量。普通玻璃透过率高达 80% ~ 90%，北方地区太阳入射角度低达 13° ~ 30°，南窗房间得热量甚大。

3）家用电器发出的热量。家用电器如电冰箱、电视机、洗衣机、吸尘器及电灯等发出的热量。

4）炊事及烧热水散发的热量。

5）人体散发的热量。一个成人散热量约为 80 ~ 120W。

2. 建筑失热因素　一般房间建筑中，散失热量的途径有：

1）通过外墙、屋顶和地面产生的热传导损失，以及通过窗户造成的传导和辐射传热损失。

2）由于通风换气和空气渗透产生的热损失。其途径可有门窗开启、门窗缝隙、烟囱、通气孔以及穿墙管缝孔隙等。

3）由于热水排入下水道带走的热量。

4）由于水分蒸发形成水蒸气外排散失的热量。

第二节　建筑传热的方式

建筑物内外热流的传递状况是随发热体（热源）的种类、受热体（房屋）部位、及其媒介（介质）围护结构的不同情况而变化的。热流的传递称为传热。传热的方式可分为辐射、对流和导热三种方式。

1. 辐射传热　辐射传热是指以电磁波的形式把热能由一个物体（发热体）传递给另一个物体（受热体）的现象。

由于物体具有一定的温度，其表面便发射出电磁波，这种电磁波射至另外物体的表面，即转化为热。邻近的两物体，相互发射波长不同的电磁波，高温物体发射的电磁波主力波长较短，低温物体发射的电磁波主力波长较长。两者不断进行热交换，由于物体的热辐射与其表面的热力学温度的四次方成正比，因而温差越大，由高温物体向低温物体转移的热量便越多。人与周围始终存在热交换，冬天靠窗坐时，感到特别冷；屋顶保温不好，冬冷夏热，均因热交换量加大的缘故。不同的物体，向外界辐射放热的能力不同，一般建筑材料，如砖石、混凝土、油漆、玻璃、沥青等的辐射放热能力很强，发射率高达 0.85 ~ 0.95；而有些材料，如铝箔、抛光的铝，发射率低至

0.02～0.06。利用材料辐射放热的不同性能，达到建筑节能的效果。

2. 对流传热　对流传热是指具有热能的气体或液体在移动过程中进行热交换的传热现象。

在采暖房间中，采暖设备周围的空气被加热升温，密度减小上浮，临近较冷空气，密度较大下沉，形成对流传热；在门窗附近，由缝隙进入的冷空气，温度低、密度大，流向下部，热空气则由上部逸出室外；在外墙和外窗内表面温度较低，室内热空气被冷却，密度增大而下降，热空气上升，又被冷却下沉形成对流换热。

对于采暖建筑，当围护结构质量较差时，室外温度越低，则窗与外墙内表面温度也越低，邻近的热空气迅速变冷下沉，散失热量，这种房间，只在采暖设备附近及其上部较暖；外围特别是下部则很冷，当围护结构质量较好时，其内表面温度较高，室温分布较为均匀，无急剧的对流换热现象产生，保温节能效果较好。

3. 导热　导热是指物体内部的热量由一高温物体直接向另一低温物体转移的现象。这种传热现象是两直接接触的物体质点的热运动所引起的热能传递。一般来说，密实的重质材料，导热性能好，而保温性能差；反之，疏散的轻质材料，导热性能差，而保温性能好。材料的导热性能以热导率表示。

热导率是指在稳定传热条件下，1m 厚的材料，两侧表面的温差为 1 开（K）或 1 摄氏度（℃），在 1h 内，通过 $1m^2$ 面积传递的热量，单位为瓦/（米·开）［W/（m·K）］，或［瓦/（米·℃）W/（m·℃）］。热导率与材料的组成结构、密度、含水率、温度等因素有关。通常把热导率较低的材料称为保温材料，把热导率在 0.05W/（m·K）以下的材料称为高效保温材料。普通混凝土的热导率为 1.75W/（m·K），粘土砖砌体为 0.81W/（m·K），玻璃棉、岩棉和聚苯乙烯的为 0.04～0.05W/（m·K）。

建筑物的传热通常是以辐射、对流、导热三种方式同时进行，综合作用的效果。

以屋顶某处传热为例，太阳照射到屋顶某处的辐射热，其中 20%～30% 的热量被反射；其余一部分热量以导热的方式经屋顶的材料传向室内，另一部分则由屋顶表面向大气辐射，并以对流换热的方式将热量传递给周围空气，如图 2－2 所示。

又如室内传热情况，火炉炉体向周围产生辐射传热，以及与室内空气的

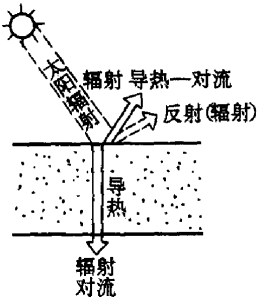


图 2－2　屋顶传热示意

导热传热；室内空气被加热部分与未加热部分产生对流传热。室内空气温度升高和炉体热辐射作用，使外围结构的温度升高，这种温度较高的室内热量又向温度较低的室外流散，如图 2－3 所示。

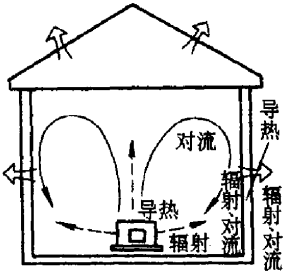


图 2－3　室内外传热示意

第三节　建筑保温与隔热

1. 建筑保温

（1）建筑保温的含义：建筑保温通常指围护结构在冬季阻止室内向室外传热，从而保持室内适当温度的能力。保温是指冬季的传热过程，通常按稳定传热考虑，同时考虑不稳定传热的一些影响。

（2）围护结构的含义：围护结构是指建筑物及其房间各面的围护物，分为透明和不透明两种类型。不透明围护结构有墙、屋面、地板、顶棚等；透明围护结构有窗户、天窗、阳台门、玻璃隔断等。按是否与室外空气直接接

触，又可分为外围护结构和内围护结构。与外界直接接触者称为外围护结构，包括外墙、屋面、窗户、阳台门、外门，以及不采暖楼梯间的隔墙和户门等。不需特别指明情况下，围护结构即为外围护结构。

（3）保温性能的评价：保温性能通常用传热系数值或传热绝缘系数值来评价。

传热系数原称总传热系数，现统称传热系数。传热系数 K 值，是指在稳定传热条件下，围护结构两侧空气温度差为 1 开（K）或 1 摄氏度（℃），1h 内通过 $1m^2$ 面积传递的热量，单位是［W/（m^2·K），或 W/（m^2·℃）］。

热绝缘系数原称总传热阻，现统称为热绝缘系数。热绝缘系数 M 值是传热系数 K 的倒数，即 $M=1/K$，单位是（m^2·K/W 或 m^2·℃/W）。围护结构的传热系数 K 值越小，或热绝缘系数 M 值越大，则保温性能越好。

单层平壁围护结构的传热系数 K 为

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_0}+\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha_i}} \tag{2-1}$$

式中　α_0——外表面传热系数［W/（m^2·K）］；

α_i——内表面传热系数［W/（m^2.K）］；

δ——围护结构厚度（m）；

λ——围护结构材料热导率［W/（m·K）］。

单位时间内通过围护结构传递的热量值为

$$q=KA\ (t_i-t_o) \tag{2-2}$$

式中　q——围护结构传递的热量值（W）；

K——围护结构的传热系数［W/m^2·K］，见式（2－1）；

A——围护结构的面积（m^2）；

t_i——围护结构内侧的温度（℃）；

t_o——围护结构外侧的温度（℃）。

由式（2－1）、式（2－2）可见：

1）围护结构材料热导率 λ 越小，外内表面的表面传热系数 α_o、α_i 越小，围护结构厚度 δ 越大，则围护结构传热系数 K 也越小，单位时间内通过围护结构的热量 q 值就越小，建筑保温效果越好。

2）建筑围护结构的传热量 q 与其围护结构的面积 A 成正比，因此，在

其他条件相同时，建筑物采暖耗热量随其体形系数 S 的增大而成正比例升高。

建筑物的体形系数 S 是指建筑物接触室外大气的表面积 A，与其所包围的体积 V_0 的比值，即 $S = A/V_0$。其含义为单位建筑体积所分摊到的外表面积。

可见，体积小，体形复杂的建筑，以及平房和低层建筑体形系数较大，对节能不利；体积大、体形简单的建筑，以及多层和高层建筑，体形系数较小，对节能较为有利。

3）提高建筑的保温性能必须控制围护结构的传，热系数 K 或热绝缘系数 M_0。为此，应选择传热系数较小、热绝缘系数较大的围护结构材料。具体做法是，对于外墙和屋面，可采用多孔、轻质，且具有一定强度的加气混凝土单一材料，或由保温材料和结构材料组成的复合材料。对于窗户和阳台门，可采用不同等级的保温性能和气密性的材料。

2. 建筑隔热

（1）建筑隔热的含义：建筑隔热通常是指围护结构在夏天隔离太阳辐射热和室外高温的影响，从而使其内表面保持适当温度的能力。隔热针对夏季传热过程，通常以 24h 为周期的周期性传热来考虑。

（2）建筑隔热性能的评价：隔热性能通常用夏季室外计算温度条件下，围护结构内表面最高温度值来评价。如果在同一条件下，其内表面最高温度低于或等于 240mm 厚砖墙的内表面最高温度，则认为符合隔热要求。

（3）建筑隔热对室内热环境的影响：盛夏，如果屋顶和外墙隔热不良，高温的屋顶和外墙的内表面，将产生大量辐射热，使室内温度升高。若风速小，人体散热困难，人的体温一般则保持在 36.5℃，这是由于人体脑下丘的体温调节中枢进行复杂而巧妙调节，使体内保持热稳定平衡的结果。外界温度太高，体内热量散发困难，体温增高，人体感到酷热难熬，白血球数量减少，从而导致病患。

即使设有空调制冷设备，对于隔热不良的房屋，进入室内的热量过多，将很快抵消空调制出的冷量，室温仍难达到舒适程度。

（4）建筑隔热措施：为达到改善室内热环境、降低夏季空调降温能耗的目的，建筑隔热可采取以下措施。

1）建筑物屋面和外墙外表面做成白色或浅白色饰面，以降低表面对太

阳辐射热的吸收系数。

2）采用架空通风层屋面，以减弱太阳辐射对屋面的影响。

3）屋面采用挤压型聚苯板倒置屋面，能长期保持良好的绝热性能，且能保护防水层免于受损。

4）外墙采用重质材料与轻型高效保温材料的复合墙体，提高热绝缘系数，以便节约空调降温能耗。

5）提高窗户的遮阳性能。如采用活动式遮阳篷、可调式浅色百叶窗帘、可反射阳光的镀膜玻璃等。

遮阳性能可由遮阳系数来衡量。遮阳系数是指实际透过窗玻璃的太阳辐射得热与透过 3mm 透明玻璃的太阳辐射得热之比。遮阳系数小，说明遮阳性能好。

第四节　空气间层的传热

在房屋的某些部位上常设置空气间层。空气间层内，导热、对流、辐射三种传热方式并存，但主要是空气间层内部的对流换热及间层两侧界面间的辐射换热，如图 2－4 所示。影响空气间层传热的因素可有：

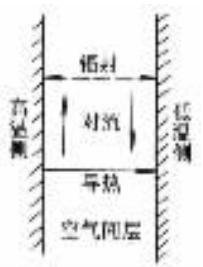


图 2－4　空气间层的传热

1）空气间层的厚度。

2）热流的方向。

3）空气间层的密闭程度。

4）两侧的表面温度。

5）两侧的表面状态。

空气间层的厚度加大，则空气的对流增强，当厚度达到某种程度之后，对流增强与热绝缘系数增大的效果互相抵消。因此，当空气间层厚度达 1cm 以上时，即便再增加厚度，其热绝缘系数或导热几乎不变。空气间层厚度由 2～20cm 之间，热绝缘系数变化很小。一般 0.5cm 以下的空气间层内，几乎不产生对流，如图 2－5 所示。

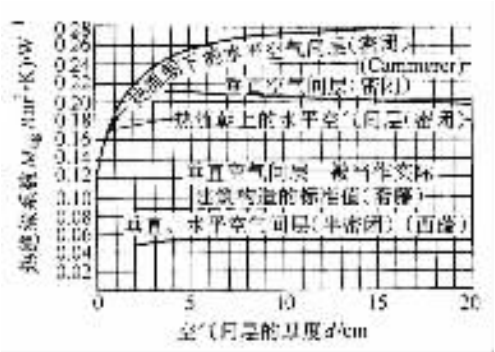


图 2－5　空气间层厚度 d 与热绝缘系数 M_{ag} 的关系

热流方向，对对流影响很大。热流朝上时，它将产生所谓环行细胞状态的空气对流，其传热也最大。在同一条件下，水平空气间层、热流朝下时，传热最小；垂直的空气间层则介于两者之间。

在施工现场制作的空气间层，密闭程度各不相同。有些空气间层存在缝隙，室内外空气直接侵入，传热量必然会增大。

两侧表面温度对间层传热影响很大，当两表面温差较大时，会增强对流且使辐射换热量增大。表面粗糙度对对流换热稍有影响，但在实际应用中可略而不计。然而，材质的表面状态对辐射率的影响却颇大。当使用辐射率小而又光滑的铝箔等材料时，有效辐射常数将变小，辐射换热量也就减少。

辐射换热量在空气间层的传热中所占比例较大，采用在内部使用铝箔等反射辐射效果好的材料或者在空气间层的低温侧设绝热材料，均可使空气间层的辐射换热量大幅度地减少。寒冷地区在空气间层的上下端，以软质泡沫塑料或纤维类绝热材料为填塞物作为气密封条，以确保空气间层的绝热效果。温暖地区，空气间层内适当通气，可将室内水蒸气排向室外，从而可似防止因内部结露所造成的基础或柱子等的腐蚀。

对空气间层传热影响最大的首先是空气间层的密闭程度；其次梗是热流方向；两侧温差；有无绝热材料及其布置位置；以及形成空气间层的材料的

性质、辐射率和空气间层的厚度等等。

人们常常以为混凝土梁或柱本身的厚度已完全满足绝热要求，或者以施工麻烦为理由并不专门制造绝热的梁或柱，这样一来，热桥部分的热损失就会相当大，为此应该考虑相应的绝热措施，否则，不仅热损失大，而且往往形成内部结露，如图 2－6 所示。

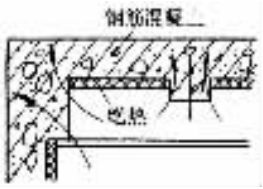


图 2－6　混凝土热桥

当空气间层内设钢制肋时，由于钢与空气间层、钢与内外装修材料（外装修材料也有用钢板的）之间的热导率差别很大，则钢肋将成为热桥，而热流势必在热桥处比较集中，使钢制肋局部产生了较大的温差。该温差不仅在钢制肋的宽度上，而且在相距钢制肋约 5cm 的两侧均受到了影响，由此通过测量可确定热桥的热量损失。图 2－7 所示为槽钢热桥。

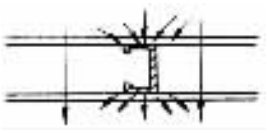


图 2－7　槽钢热桥

在混凝土墙体里埋入的锚固螺栓也将成为圆形热桥，其温度分布是以圆形热桥为中心，向外呈同心圆状逐渐升高。

对于混凝土结构的房屋，因热桥的存在会产生局部结露，设计时应予以充分注意。

第五节　建筑气密性

1. 建筑气密性及换气次数　建筑气密性是指建筑物围护结构阻止空气流通的严密程度。由于受到外界空气流动及建筑物内外温差作用，以及开启的

门窗及各种孔洞、缝隙的存在，则产生内外空气流通，即外界冷空气进入房间，并迫使室内热空气外流，引起换气热转移和建筑的通风换气。

建筑气密性指标主要用室内换气次数确定。换气次数为 1h 内通过孔隙进入室内空气量与室内体积之比值，单位为次/h。可按下式计算：

$$n = V_a / V \tag{2-3}$$

或按体积热容计算：

$$q = 0.3nVC_v(t_i - t_e) \tag{2-4}$$

或

$$q = 0.3V_a C_v(t_i - t_e) \tag{2-5}$$

式中　n——换气次数（次/h）；

V_a——换气量（m^3/h）；

C_v——空气的体积热容［kJ/（m^3·℃）］；

V——室内空气体积（m^3）；

q——耗热量（W）；

$(t_i - t_e)$——室内外温差（℃）。

换气次数除式（2－3）计算外，还可用示踪气体衰减法或鼓风门增压法测定。

2. 换气次数的选定　换气次数的确定，应兼顾卫生和节能两方面。从节能角度，宜尽量提高建筑的气密性，减少换气次数；从卫生角度，则必须有足够的通风换气量，以稀释人体新陈代谢产生的二氧化碳气及其他气味，保证有足够的新鲜空气。一般情况下，每人所需新鲜空气量约为 20m^3/h。现代气密性程度高的住宅，进气口显得特别重要。

第六节　太阳能利用

1. 太阳能　太阳能是地球最主要的天然能量的源泉。太阳辐射能是地球大气层的基本热源，是气候形成的决定性因素，也是建筑外部热环境的主要条件。太阳辐射波穿过大气层，把太阳能输送到地球表面上来。太阳辐射在遇到大气层的各种成分时，一部分被反射回宇宙；一部分是以平行光线直接投射，称为直接辐射；还有一部分是被空气中的气体分子和浮游的灰尘反射造成的各向散射，称为散射辐射。

太阳辐射强度在高纬度地区较弱，在低纬度地区较强，其最高值为当地时间的正午，其最低值则为早、晚时间。

太阳辐射强度随不同季节和朝向而异。北京地区，各垂直面上的辐射强度，1 月份以南向为最大，东南向、西南向次之，东向、西向更次之，北向为最小；7 月份则以东向、西向为最大，东南向、西南向略小，南向次之，北向仍为最小。

我国太阳能资源丰富，寒冷地带，1 年的辐射总量在 500kJ/cm^2 以上，其热量相当于 170kg 标准煤/m^2 以上。采暖期间，晴天多，照射角度低，日照率在 60% 以上。

2. 建筑中太阳能的利用　经过良好设计，达到优化利用太阳能的建筑称为“太阳能建筑”。

建筑中太阳能的利用，可分为主动式、被动式和混合式三种。

（1）主动式采暖系统太阳能建筑：以主动采暖系统供暖的建筑称为主动式太阳能建筑。主动采暖系统主要由集热器、管道、储热物质以及散热器等组成。主动式系统要有专用的设备，一次性投资较大。一般用供热水系统兼作采暖系统，单纯用采暖系统者少见。

主动式太阳能采暖系统多用于供应热水。但是必须注意供热的集水器水温不宜加热过高，否则，其效率将会降低。

（2）被动式采暖系统太阳能建筑：被动式太阳采暖系统的特点是将建筑物的全部或一部分作为集热器，同时又作为储热器和散热器；因而，既不要连接管道，又不需要水泵或风机。

被动式采暖系统一般由双层玻璃窗、集热储热墙、活动隔热保温装置等组成，如图 2－8 所示。

被动式采暖系统中，集热装置主要为南向双层玻璃窗，由它直接收集射入室内的太阳能；集热储热墙是一种附有玻璃或透明塑料薄片形成空间层的墙体，白天太阳光加热空气间层，并通过墙顶和墙底部通风口形成对流向室内供暖。夜间，主要靠储热墙体释放热量向室内供暖。

被动式太阳能采暖系统不必另设专用设备，应积极提倡采用。美国在 20 世纪 70 年代初。各地设有专职银行资助居民自建并研究太阳能房，1976～1986 年间就建成 20 万幢各种被动式太阳房；欧洲各国也在住宅和各类民用房屋中提倡太阳能的利用。2010 年以前，北美、西欧和日本将建成 200 万幢

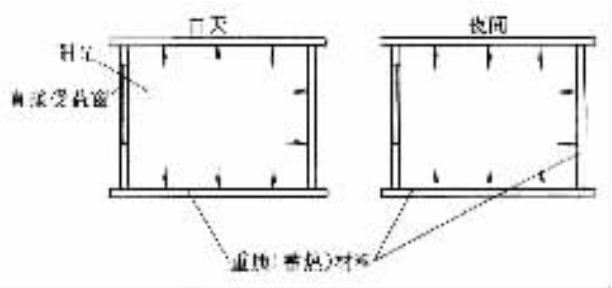


图 2－8　被动式太阳房示意图

太阳能商品住宅，全球将达到 300 万幢以上，从而，形成 2000 亿美元规模的商品房市场。

第七节　采暖供热系统热效率

由热源、热网和热用户组成的系统，称为采暖供热系统。采暖建筑的供热要依靠采暖供热系统来保证。采暖系统热效率的高低，直接制约着采暖建筑耗能及建筑热环境质量。

我国城市采暖主要是使用煤炭，采暖方法主要采用锅炉供热。因而，优化整个城市燃煤锅炉采暖系统是达到高效率的根本途径。其中就包括：合理的规划设计、建筑设计、采暖设备的正确选择、合理组织运行管理等，使之满足采暖需要，且不留过多富余量。同时，要做好以下各环节：城市供热总体规划，各供热点供热规模部署，选择热负荷设计参数，安排锅炉容量和台数，配置煤源和煤种，选用循环水泵、鼓风机和引风机，确定供热管网，管径及其保温方法，布置散热器，选择和制定连续供热或供热的制度，随气候因素变化进行运行调节，运用价值规律制定采暖收费标准，进行采暖体制改革等。

第三章　我国的建筑节能技术

建筑节能是世界性的大潮流，人们逐渐认识到建筑节能是关系拯救地球、拯救人类的大事情。许多发达国家，新建建筑均为节能建筑，既有建筑也已经或正在改造成为节能建筑。建筑节能已成为建筑的共同选择。我国建筑节能工作起步较晚，建成的节能建筑只占很小比例，建筑能耗远高于发达国家。我国的节能技术水平与发达国家相比也有较大差距。由于政府的重视，制定了一系列的政策法规，开展了众多科研项目。我国的节能技术水平已有很大提高，取得了丰富的研究成果，并广泛地推广应用。

第一节　采暖建筑节能规划设计

1. 采暖建筑节能规划设计的内容　采暖建筑节能规划设计是建筑节能设计的一个重要方面。它包括：建筑选址、分区、建筑布局、道路走向、建筑方位朝向、建筑体型、建筑间距、冬季季风主导方向、太阳辐射、建筑外部空间环境构成等方面。

2. 采暖建筑节能规划设计的目的　采暖建筑节能规划设计的目的是优化建筑的微气候环境，充分利用太阳能、冬季主导风向、地形和地貌等自然因素，并通过建筑规划布局，充分利用有利因素，改造不利因素，形成良好的居住条件，创造良好的微气候环境，达到建筑节能的要求。

3. 采暖建筑规划设计的要点

（1）建筑选址：建筑选址应选择平坦和向阳的基地，避免“霜冻效应”和“风影效应”。

（2）建筑布局：建筑布局宜采用单元组团式布局，形成庭院空间，建立良好的气候防护单元，避免风漏斗和高速风走廊的道路布局和建筑排列。

（3）建筑形态：建筑形态宜采用体形系数小、冬日得热多、夏日得热

少、日照遮挡少、利于避风的平整、简洁、美观、大方的建筑形态。

（4）建筑间距：建筑间距应保证住宅室内获得一定的日照量，并结合通风省地等因素综合确定。

（5）建筑避风：建筑节能规划设计，应利用建筑物阻挡冷风、避开不利风向，减少冷空气对建筑物的渗透。

（6）建筑朝向：我国建筑规划设计，应以南北向或接近南北向为好。建筑物主要房间宜设在冬季背风和朝阳的部位，以减少冷风渗透和围护结构散热量，多吸收太阳热，并增加舒适感，改善卫生条件。

第二节　墙体节能技术

1. 概述　墙体材料是我国建材工业的重要组成部分，其产值接近建材工业总产值的 1/3，能耗占建材工业总能耗的一半左右。我国墙体材料生产每年能耗超过 5000 万 t 标准煤，建筑采暖能耗近 1 亿 t 标准煤，合计占全国能源消耗总量的 15%；砖瓦企业占地 450 万亩，达全国建材企业占地的 67%，每年烧砖毁田 7～8 万亩；墙体材料年运输量达 200 亿 t·km 以上，占全国短途运输量的 1/6 以上。

另一方面，新型墙体材料节能、节土、利废的效果十分明显。我国现有的空心砖、混凝土砌块、多种利废砖、加气混凝土等新型墙体材料的生产平均能耗每万块为 0.7t 标准煤，比实心粘土砖每万块为 1.32t 标准煤约低 47%；建造达到《民用建筑节能设计标准》的建筑，可使每平方米建筑采暖能耗从目前的 31.5kg 降低到 15.8～22kg 标准煤，节能率达 30%～50%。

为此，我国正在大力开发和推广节土、节能、利废、多功能、利于环保并且符合可持续发展要求的各类新型墙体材料。

2. 新型墙体材料的主要类型

（1）砖墙：实心砖或空心砖墙，在外墙内表面抹水泥型或石膏型膨胀珍珠岩砂浆。

（2）加气混凝土墙：加气混凝土热导率较低，宜用于框架填充墙和多层住宅外墙。

（3）轻骨料混凝土墙：采用以浮石、火山灰渣或其他轻骨料制作的多排

孔混凝土空心砌块，并用保温砂浆砌筑的墙体。

（4）内保温复合墙：复合墙体是指由承重材料与高效保温材料进行复合组成的墙体。承重材料可为砖、砌块和混凝土墙体，高效保温复合材料可为聚苯板、岩棉板或玻璃棉板、充气石膏板、水泥膨胀珍珠岩板等。

保温材料设在承重墙外侧的称为外保温复合墙体；保温材料设在承重墙内侧的称为内保温复合墙体。目前，由于内保温复合墙体宜于安装施工，采用较多；外保温复合墙体施工较复杂，采用较少。

饰面材料，主要用纸面石膏板、玻璃纤维增强水泥板、玻璃纤维增强饰面石膏、纤维增强聚合物砂浆等。

内保温复合墙应注意对抗震柱、楼板、隔墙等周边部位“热桥”的构造处理。

“热桥”是指处于外墙和屋面等围护结构中的钢筋混凝土或金属梁、柱、肋等部位。这些部位传热能力强、热流密集，内表面温度较低，向外界散热较快。

另外，还应注意内保温墙面面层产生裂缝的问题。为此，应采用合格的材料和正确的构造做法。

（5）外保温复合墙：在承重外墙外表面上，粘贴或吊挂聚苯板或岩棉板，然后，贴上网布或挂钢筋网增强，再做抹灰面层形成外墙保温复合墙。此类墙保温隔热性能好，能有效防止墙面面层产生裂缝，但造价高，施工较复杂，目前应用较少。

外墙外保温复合墙体是发展方向，其优点是：

1）保温材料对主体结构具有保护作用。

2）有利于消除或减弱热桥的影响。

3）由于储热能力较强的主体结构位于室内一侧，有利于房间的热稳定性，减少室温的波动。

4）避免二次装修对内保温层造成的损坏。

5）既有建筑改造施工时，可减少对住户干扰。

6）增加使用面积 1.8%～2%，可提高经济效益。

（6）夹芯复合墙。夹芯保温复合墙是将保温层夹在墙体中间。主墙体采用混凝土或砖砌在保温材料两侧。保温材料可采用岩棉板、聚苯板、玻璃棉板或袋装膨胀珍珠岩等，并在主墙施工时砌入。

这种墙应用联合钢筋拉结，并作防锈处理。穿过保温层的拉结钢筋，会造成热桥，降低保温效果。

三种保温墙的技术性能比较，见表 3－1。

表 3－1 三种保温墙的技术性能比较表

技术类型	典型构造法（由外至内）	主 要 优 点	主 要 缺 点
外墙内保温	结构层＋绝热层（矿棉板或玻璃棉板或 EPS 板）＋面层（纸面石膏板或无纸面石膏板或 GRC 轻板）	1. 对面层无耐候要求 2. 施工便利 3. 施工不受气候影响 4. 造价适中	1. 有热桥产生，削弱墙体绝热性；绝热层效率仅 30%～40% 2. 墙体内表面易发生结露 3. 若面层接缝不严而空气渗漏，易在绝热层上结露 4. 减少有效使用面积 5. 室温波动较大
外墙夹芯保温	1. 现场施工：结构层中间填入绝热层（矿棉板或玻璃棉板或 EPS 板） 2. 预制复合板（钢筋混凝土中间嵌入绝热层）	1. 施工尚便利 2. 绝热性优于外墙内保温技术，使用功能尚可 3. 用现场施工法，造价不高	1. 有热桥产生，一定程度上削弱墙体绝热性；绝热层效率为 50%～75% 2. 墙体较厚，影响有效使用面积 3. 墙体抗震性不够好 4. 预制复合板如接缝处理不当易发生渗漏
外墙外保温	1. 现场施工：饰面层（带色聚合物水泥砂浆）＋增强层（被覆玻璃纤维网格布或镀锌钢丝网）＋绝热层（EPS）板或矿棉板）＋结构层 2. 预制带饰面外保温板（例如，嵌有 EPS 板的钢丝网与钢筋增强的水泥砂浆板），用粘挂结合法固定于结构层上	1. 基本上可消除热桥；绝热层效率高，可达 85%～95% 2. 墙体内表面不发生结露 3. 不减少使用面积 4. 既适用于新建造房屋，也适用于旧房改造，可不影响使用 5. 室温较稳定，热舒适性好	1. 冬季、雨季施工受到一定限制 2. 采用现场施工，对所用聚合物水泥砂浆以及施工质量均有严格要求，否则面层易发生开裂 3. 采用预制板时，对板缝处理有严格要求，否则在板缝处易发生渗漏 4. 造价较高

注：表中 EPS 为膨胀聚苯乙烯。

第三节　门窗节能技术

在建筑外围护结构中，门窗的保温隔热能力较差，门窗缝隙是冷风渗透的主要通道。改善门窗的保温隔热性能是节约能源提高热舒适性的一个技术重点。

1. 采用适当的窗墙面积比　窗墙面积比是指窗户洞口面积与房间立面单元面积的比值。房间单元面积为房屋层高与开间定位线围成的面积。窗墙面积比反映房间开窗面积大小。窗户的传热系数大于同朝向的外墙传热系数，因此，采暖热耗量随窗墙面积比的增加而增加。因此，在采光允许的条件下，控制窗墙面积比以及夜间设置保温窗帘、窗板是建筑节能的一个重要措施。

2. 改善窗户的保温性能　增加窗玻璃层数，使用双层或三层窗，利用玻璃之间的密闭空气间层，增大热绝缘系数，降低窗户的传热系数。双层玻璃比单层玻璃传热系数可降低一半，三层的比双层的传热系数又可降低 1/3。窗上加贴透明聚酯膜也很有效。采用节能玻璃窗效果尤为明显。

采用塑钢复合窗和塑料窗较钢窗在保温性能上均有较大改善，见表 3－2。

表 3－2　　目前我国使用窗户性能比较

性　能	窗　户　类　型				
	钢窗	铝合金窗	木窗	塑窗	塑钢窗
保　温　性	差	差	优	优	优
抗　风　性	优	良	良	差	良
空气渗透性	差	良	差	良	优
雨水渗透性	差	差	差	良	良
耐　火　性	优	优	差	差	差

节能玻璃包括中空玻璃、吸热和热反射玻璃、泡沫玻璃及太阳能玻璃等。

3. 提高门窗的气密性，减少冷风渗透　我国多数门窗，特别是钢窗气密

性较差，冬季室外冷空气通过门窗缝进入室内，使供暖能耗增加。改进门窗设计，提高制作安装质量，采用自粘性密封条，是提高门窗气密性的重要措施。

4. 户门、阳台门的保温性能　发展保温门，采用夹层内填充保温材料的户门，在门芯板上加贴保温材料的阳台门；增加窗帘、窗板或百叶。这些都是提高户门、阳台门等保温性能的有效措施。楼梯间设置门窗并加采暖设备。

第四节　屋顶和地面的节能技术

1. 平顶屋面　为加强屋顶保温，采用厚度为 50 ~ 100mm 的加气混凝土块，或架空设置的加气混凝土块；采用散铺浮石砂作保温层；在架空层填充袋装膨胀珍珠岩、岩棉或矿棉等效果更好；还可采用防水层在下、聚苯板在上的倒铺法，保暖效果尤佳。

2. 尖顶屋面　尖顶屋面可顺坡顶内铺钉玻璃棉毡或岩棉毡，也可在天棚上铺设玻璃棉毡或岩棉毡；还可喷、铺玻璃棉、岩棉、膨胀珍珠岩等松散材料。尖顶屋面便于铺设保温层，其保温隔热和防水效果好，发展较快。

3. 地面　房间下部土壤温度变化不大，但与室内空气相邻的边缘地下温度变化却相当大。冬季将有较多热量由此散失，夏季高温高湿的空气与低温的地面接触，则产生结露。故应沿首层地面外墙周围边缘设置一定宽度的炉渣带，有利于保温隔热。

第五节　太阳能利用

1. 集热　集热是指将密度较低的太阳能，收集起来加以利用。一般采用南窗直接接收太阳热量。目前，多采用被动式太阳房集热。有些建筑采用太阳能热水器，供居民使用热水。

2. 蓄热　白天，利用主体结构将多余热量蓄存起来；晚上，逐渐将热量释放到室内，用以调节室内温度。设置屋顶水池、外壁用水墙，或者设蓄热

管网、卵石蓄热床等也可取得一定效果。

第六节　供热采暖系统节能技术

1. 提高供热锅炉和管网的负荷率和热效率

1）编制城市供热规划，设置集中锅炉房，采用大型高效率锅炉。

2）在供热设计中，合理选取热指标值，选用能力适当的锅炉及配套设施，并使循环水泵、鼓风机和引风机的型号与锅炉相适应。

3）管网内安装调节流量的平衡阀及其专用智能仪表，以使管网水力工况达到平衡，合理分配流量，避免近热远冷的弊端。

2. 科学组织采暖运行

1）采用连续供暖运行方式，以提高锅炉热效率。

2）安装恒温调节阀，适时地调控供水及回水温度，达到室内热舒适和节能的效果。

3）煤种和炉型相配合，以达到提高热效率的目的。

3. 采用热量按户计量及控温技术

1）采用“热表到户，计算收费”的办法。

2）引进和开发管网调节控制技术及其设备。

4. 加强管道保温措施

1）采用岩棉毡保温。

2）采用预制复合保温管。内管为钢管，外套聚乙烯或玻璃钢管，中间用泡沫聚氨酯保温材料填充。不设管沟，直埋地下。

第四章　建筑节能新技术

第一节　采用红外热反射技术

人和物体的散热，在常温下，主要以远红外线辐射传热的方式进行。一般建筑材料的热辐射发射率高达90%以上，故对热量的吸收能力极强，反射回去的热量很少。它们将吸收的辐射热又以导热方式从另一面散发，对保温隔热极为不利。若在建筑物内外表面或外围护结构内的空气间层中，采用高效热反射材料，即可将大部分红外线辐射热反射回去，达到保温隔热效果。

利用此项原理，美国开始大批生产热反射保护膜用于建筑工程中，从而使建筑节能技术达到新的水平。

第二节　采用高效节能玻璃

为了改善普通玻璃太阳辐射透过率和传热系数高，夏天吸热多，冬日散热快的状况，研制和采用高效节能玻璃已成为建筑节能技术发展的新方向。目前，高效节能玻璃主要有以下种类：

1）吸热玻璃和热反射玻璃。

2）中空玻璃。

3）低辐射玻璃。

第三节　利用硅气凝胶

硅气凝胶是一种硅氧聚合物，是一种轻质透明的坚硬物质，类似有机玻璃，其保温效能可比同厚度的泡沫塑料大 4 倍。可望在今后建筑节能领域发挥重要作用。

第四节　太阳能利用技术

太阳能是一种最丰富、最便捷、无污染的再生能源，但其能量密度低，且有间歇性、变动性和方向性等特点，收集和储存均为困难。太阳能的利用正受到普遍重视，并已取得很大进展。

在太阳能的收集利用方面有：廉价而耐用的太阳能电池；自动跟踪太阳的反射镜，可将收集的太阳光反射到室内或通过光导纤维输送到用热房间，并通过发光器把光能释放进行日光浴，栽培花卉、蔬菜或供地下室及背阴处使用。

在太阳能的储存方面已取得成果，如建造大型太阳能集中供热站，设置大型地下储热库以及各种适用的储热装置。

第五节　热回收装置的开发

将排出的湿热空气中的部分热量回收，二次利用，是建筑节能的一个新方向。现在，常用的热交换器有：板式热回收装置、热泵等。

第六节　发展生态节能建筑

发展生态节能建筑是近年来关注的一个方向。利用自然规律和周围自然

环境条件，改善区域环境微气候，节约建筑能耗。

1）太阳能建筑。

2）掩土建筑。掩土建筑有地下建筑和覆土建筑两种类型。可提供冬暖夏凉的稳定温度条件。

3）绿化建筑。绿化建筑除美化环境外，还可改善局部热环境。这种建筑的绿化方式，可分为入口绿化、围墙绿化、墙面绿化、窗台绿化、阳台绿化、屋顶绿化和屋角绿化等类型。

建筑绿化温室化是目前的一种研究倾向。它是将农业和种植业的温室技术应用到建筑绿化的一种方法。该法可更有效地实现生态建筑节能的效益。主要类型有平屋顶温室、毗连温室和下沉式温室等类型。

4）自然空调式建筑，建筑物中由设在地下的底部铺有卵石储热层的蓄热库和一条掩入土中的双套管组成自然空调系统。室内空气受热升温后由排气管迅速排出室外，而室外新鲜空气经蓄热库降温后升入室内形成良好的有组织的通风换气循环系统，并起到调节温、湿度的作用。

第七节　新型节能材料及制品的开发与研制

1. 建筑绝热材料及制品

1）岩棉及其制品。

2）矿渣棉及其制品。

3）玻璃棉及其制品。

4）膨胀珍珠岩及其制品。

5）膨胀蛭石及其制品。

6）泡沫塑料及其制品。

7）微孔硅酸钙制品。

8）硅酸铝纤维及其制品。

9）泡沫石棉。

10）泡沫玻璃。

11）铝箔波形纸保温隔热板。

12）玻璃棉制品铝箔复合材料。

13）海泡石保温材料。

2. 建筑节能保温复合墙板

1）GRC 复合外墙。

2）纤维水泥（硅酸钙）板预制复合墙板。

3）P－GRC 外墙内保温板。

4）BT 型预制外墙外保温板。

第五章　我国建筑节能的目标和任务

第一节　我国建筑节能的基本目标

在建设部的规划中，要求新建采暖居住建筑 1996 年在 1980 ~ 1981 年当地通用设计能耗水平基础上普遍降低 30%，为第一阶段；1996 年起在达到第一阶段要求的基础上节能 50%，为第二阶段；2005 年在达到第二阶段要求的基础上再节能 30%，为第三阶段。

对采暖区热环境差或能耗大的既有建筑节能改造工作，2000 年起重点城市成片开始，2005 年起各城市普遍开始，2010 年重点城市普遍推行。

对集中供热的民用建筑安设热表及有调节设备并按表计量收费钓工作，1998 年通过试点取得成效，并开始推广，2000 年在重点城市新建小区中推行，2010 年全面推广。

第一阶段，新建采暖公共建筑 2000 年前做到节能 50%；第二阶段，2010 年在第一阶段基础上再节能 30%。

夏热冬冷地区民用建筑 2000 年开始执行建筑热环境及节能标准，2005 年重点城镇开始成片进行建筑热环境及节能改造，2010 年起各城镇开始成片进行建筑热环境及节能改造。

在村镇中推广太阳能建筑，到 2000 年累积建成 1000 万 m^2，至 2010 年累积建成 5000 万 m^2。村镇建筑通过示范倡导，力争达到或接近所在地区城镇的节能目标。

为实现上述目标，工作步骤采取由易到难，从点到面，稳步前进的做法。总的安排是：首先从抓居住建筑开始，其次抓公共建筑（从空调旅游宾馆开始），然后是工业建筑；从新建建筑开始，其次是近期必须改造的热环境很差的结露建筑和危旧建筑，然后是其他保温隔热条件不良的建筑。围护

结构节能与供暖（或降温）系统节能同步进行。

从地域上，由北方采暖区开始，然后发展到中部夏热冬冷区，并扩展到南方炎热区；从工作基础较好的几个城市开始，再发展到一般城市和城镇，然后逐步扩展到广大农村。

第二节　实现建筑节能目标的基本条件

1. 实现建筑节能目标主要靠先进的技术手段

（1）选择适当可靠的技术措施：认真考虑工程的具体条件，包括气候条件、建筑体系、采暖系统、施工时间、地方习惯和业主意图等因素，经设计方案比较，做出正确选择，这些技术措施要经过工程试点，证明成熟可靠，方可推广采用。

（2）优先选用投资少、节能效率高的技术：采用新技术所增加的资金，必须适应当时当地的社会经济条件。在开展节能的前期，宜广泛采用门窗密封等简易技术；其次是安装散热器恒温阀；再次是采用屋顶保温；高效锅炉的应用，节能效果也很明显。采用节能综合技术，如热泵、太阳能热贮存等，投资很大，应用于后期。

我国建筑节能投资控制幅度，1986 年的《民用建筑节能设计标准》要求，在 1980 年通用建筑设计基础上节能 30%，所增加的投资不超过 5%；1996 年新《标准》要求在 1980 年通用建筑设计的基础上节能 50%，所增加的投资不超过 10%。只有在这个投资控制幅度之内，才有可能实现建筑节能的目标。

（3）重视组织节能示范建筑区：示范建筑和示范建筑区具有样板作用和推动作用，并可提供节能技术研究和开发的实验、试验和测试条件。我国已建成一批节能住宅示范小区，如北京的安苑北里北区节能住宅示范小区，建筑面积 13.2 万 m^2，哈尔滨市嵩山节能住宅小区，建筑面积为 14.4 万 m^2，天津市龙潭路节能示范住宅，建筑面积为 0.8691 万 m^2。

（4）健全建筑节能管理机构，加强对建筑节能的组织管理：建筑节能工作既是一种政府行为，又与人民群众的切身利益息息相关。从可持续发展的战略高度出发，从维护国家的整体利益和人民群众的长远利益出发，建筑节

能问题必须进行政府干预，当具备一定条件的时候，就必须以政府名义强制实施建筑节能，并且对于节能建筑，特别是建筑节能搞得好的项目，应该给予政策上的优惠待遇。显然，为了搞好建筑节能，不但政府要投入，建设单位要投入，居民也应当投入。如果没有一个既能协调政府各部门的建筑节能方面的关系，又可作为政府与民间的桥梁并执行部分政府职能的专门机构，建筑节能管理的运作就不能畅通；建筑节能的科研开发、推广应用以及建筑节能材料和制品的生产就难于有序进行；建筑节能的宣传教育、普及推广就难于落实。因而，由政府设立一个健全的建筑节能专门的管理机构是十分必要的。

（5）重视建筑节能的科研和立法工作：政府应重视建筑节能的科研和立法工作，应投入大量资金资助和组织科研院所、高等学校和厂矿企业开展建筑节能科研工作。并且加快建筑节能行政立法和技术标准的制订工作，建立和完善建筑节能法规体系，做到有法可依，严格监督管理。这是实现建筑节能目标的重要保障。

（6）采取建筑节能的经济鼓励政策：对建筑节能有成效的建筑减免固定资产投资方向调节税；对建筑节能试点和示范建筑提供一定比例的资助及低息贷款，减免能源交通税；对于高耗能建筑所有者，征收能源超量使用费；设立建筑节能奖，对有贡献的单位和个人进行奖励。

（7）抓紧建筑节能知识的普及和提高，培养节能意识：使广大群众了解和掌握建筑节能知识，以便积极参与，增强全民节能意识，取得更大节能成效。

2. 实现建筑节能目标必须采取严格的管理措施。

（1）设计单位必须认真按照采暖居住建筑节能设计标准进行设计：设计单位应具备与《标准》相应的资质等级，承担建筑节能工程；对设计不合格或未执行《标准》的单位，应降低其资质等级，或撤消其设计资格。

（2）建筑规划管理部门应严格管理：对于没有执行建筑节能设计标准或节能不符合标准要求的居住建筑不发给建筑工程规划许可证。

（3）施工单位必须在施工过程中严格按《标准》施工：施工单位不得承接不符合建筑节能设计标准的建筑工程；在施工过程中不得接受削减或取消节能技术措施的工程变更，否则应责令停工，限期纠正，并按有关规定给予处置。

（4）工程建设监理单位必须严格贯彻政府建筑节能的规定和有关节能政策。

（5）质量监督部门应对节能工程进行严格监督：在施工过程中，应不断进行抽检，竣工时进行质量核定；对不合格的节能建筑，不予竣工核验，并责令返修、补救，仍达不到要求者，取消其优惠待遇，并按有关规定严格处理。

3. 发展建筑节能测试及计算技术，加强建筑节能的监督与检测

1）研究开发先进的建筑热工和节能效果的试验室或现场的测试方法和设备，如快速测试仪器、大型“热箱”、大型人工老化试验设备；现场检测能耗的方法和设备，如红外热视仪，气密性检测仪以及建筑空气渗透测定仪；还有评估热环境状况的热舒适仪等。

2）研究开发建筑能耗计算软件。根据当地气象资料、建筑设计数据和热工测试结果，计算出采暖空调能耗，并进行技术经济分析与评估。

3）建立和健全用能计量和统计制度，实行目标管理。

坚决改变建筑采暖用煤无计量、监控无仪表、耗能无统计、考核五指标的状态。逐步建立起节能检测中心，用以承担各项检测任务，提供建材及其产品的性能指标、设备和仪表的精度、节能工程的技术经济指标和数据。

对严重浪费能源的地区和单位，严重超标的企业和个人，给予批评、警告和处罚，并限期整改。构成犯罪的，依法追究刑事责任。

4. 积极地有步骤地推进城市供热体制改革，实行按实际供热量计量收费

改革供热包费收费办法，采用在采暖系统中安设热表并直接向用户收取暖费及制定补贴办法，兼顾用户、企业和国家三方面的利益，鼓励人们节能的积极性。这也是保证建筑节能目标实现的最有力措施。

第三篇

采暖建筑节能规划设计

第一章　建筑选址

建筑选址、分区、建筑和道路布局走向、建筑密度、建筑间距、建筑方位朝向、冬季季风主导方向、太阳辐射、建筑外部空间环境构成等条件对采暖建筑的节能具有十分重要的影响。节能规划设计就是分析构成气候的决定因素——辐射因素、大气环流因素和地理因素的有利、不利影响，通过建筑的规划布局对上述因素进行充分利用、改造，如充分重视和利用太阳能、冬季主导风向、地形和地貌，利用多种自然因素，以优化建筑的微气候环境，形成良好的居住条件，从而有利于节能。

在建筑选址时，应考虑到地形地貌、风势、日照等对建筑节能的影响。宜先考察一下当地的地形、日照情况及其冬季的主导风向等，研究在该地盘范围内有无现成的具有较好挡风条件的建房场地。

第一节　避免凹地建筑

建筑不宜布置在山谷、洼地、沟底等凹地里。凹地建筑不仅不利于夏季自然通风，而且冬季冷气流在凹地里易形成对建筑物的“霜洞”效应，位于凹地的底层或半地下层建筑若保持所需的室内温度所耗能量会相应增加，如图 1－1 和图 1－2 所示。

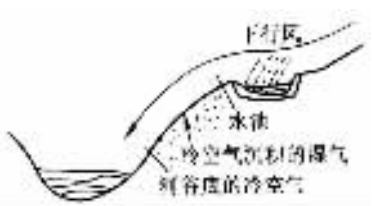


图 1－1　河谷风环流

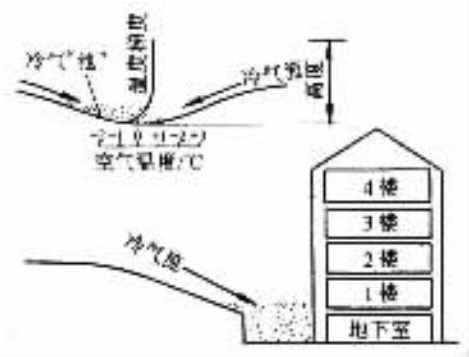


图 1－2　对建筑物的“霜洞”效应

选址时还必须考虑到建筑物可能受到的“窝风”的影响，如图 1－3 所示。处于山谷位置的建筑物往往会受窝风的影响，由于冬季的风往往来自北向或西北向，因此，设在这个窝风位置的建筑物反而有可能在冬季里享受到南向或东南向吹来的窝风。

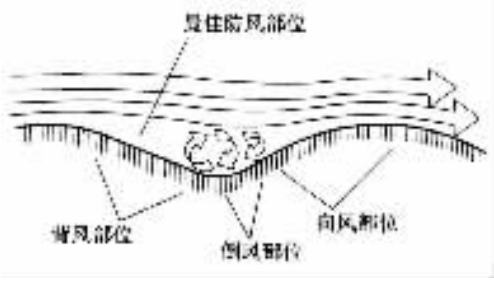


图 1－3　处于山谷位置的建筑物所受窝风的影响

第二节　避风建宅

空气流动形成风，风对室内热环境的影响主要有两方面，一是通过门窗口或其他孔隙进入室内，形成冷风渗透。这些气流是通过风力作用和室内外温差产生的热力作用（烟囱效应）而造成的。二是作用在围护结构外表面上，使对流传热系数变大，增强外表面的散热量。冷风渗透量越大，室温下降越多；外表面散热越多厂房间的热损失就越多。冷风渗透和冷风对建筑物围护体系的风压均对建筑物冬季防寒保温带来不利的影响，尤其严寒地区和

寒冷地区冬季季风对建筑物和室外小气候威胁很大。

为了改善室内空气质量，提高室内空气清新度，在严冬季节，严寒地区建筑物应设置必要的自然通风的通气道。设置水平或垂直的通风道必然带来热损失。二者形成一组矛盾。设计中应根据当地风环境、建筑物的位置、建筑物的形态，选择合适的位置设置通气道，并通过设计计算确定通气道的断面尺寸和形式。可考虑以建筑物围护体系不同部位的风压分析图作为进行围护体系的建筑保温与建筑节能设计以及开设各类门窗洞口和通风口的设计依据。

冷空气渗透量与风压差有关。风压与风速的平方成正比。风速和风压差又随建筑物高度而增加，如图 1－4 所示。

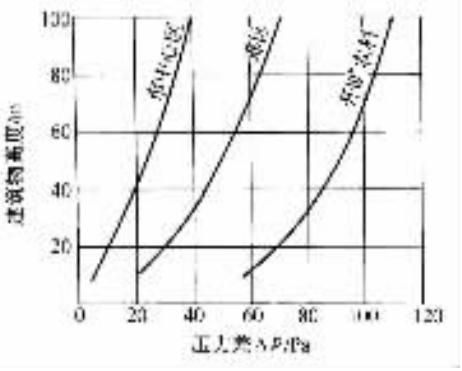


图 1－4　风速和风力作用造成的风压差与高度的关系

当风垂直吹向建筑物正面时，受到建筑物表面的阻挡而在迎风面上产生正压区。气流在向上偏转的同时，绕过建筑物各侧面，而在这些面上造成负压区，如图 1－5～图 1－8 所示。

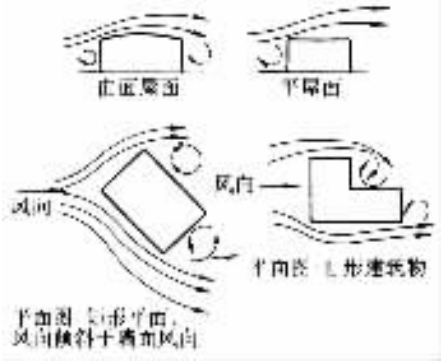


图 1－5　建筑物周围的气流

图 1－6 表明，在靠近迎风面的中心处正压最大，在屋脊及屋角处负压最大。专业技术手册《IHVE 指南》认为在迎风面上的风压为自由风速动压力的 0.5～0.8 倍，而在背风面上，负压为自由风速动压力的 0.3～0.4 倍，与美国采暖制冷工程师协会（ASHRAE）基本手册所给出的数据基本相同。

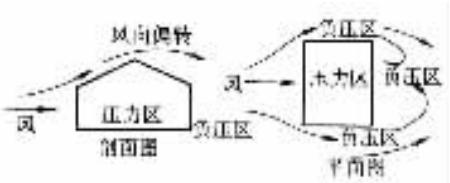


图 1－6　建筑物的正压区与负压区

如前所述，风压和风速的平方成正比，故风速增大就会大大提高负压。两幢建筑物之间的风槽也造成了风速的增大，从而又提高了风槽两边建筑物相对二墙面上的负压，如图 1－7 所示。

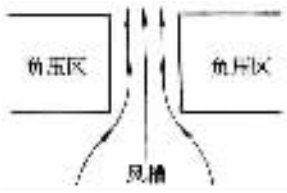


图 1－7　风槽

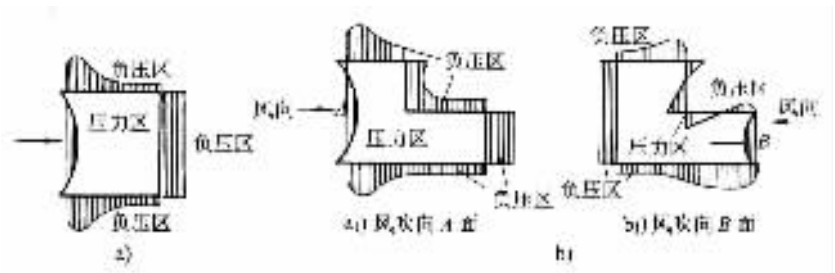


图 1－8　墙面上的压力分布图

a）平面图（矩形建筑物）　b）平面图（L 形建筑物）

考虑到冷风对室内热环境的影响，节能建筑应该尽可能选择避风基地建造。基地环境中现有的树丛、小丘或其他需保留的建筑物等也可以被用来作为拟建建筑物的挡风屏障。

第三节　争取日照

人类生存、身心健康、卫生、营养、工作效率均与日照有着密切的关系，在严寒和寒冷地区的冬季，人们更需要获得更多的日照。入射到玻璃窗上的太阳辐射，直接供给室内一部分热量；入射到墙或屋顶上的太阳辐射，使围护结构温度升高，能减少房间的热损失，同时，围护结构在白天储存的太阳辐射热，到夜间可以减缓温度下降。日照对于建筑节能有着极为重要的意义。

对于建筑内部空间来说，争取日照包括争取更长的日照时数、更多的日照量和更好的日照质量三个方面。在建筑选址时，应从以下几方面争取日照：

1）建筑基地应选择在向阳、避风的地段上。

2）选择满足日照间距要求、不受周围其他建筑严重遮挡的基址。

日照间距是指前后两排房屋之间，为保证后排房屋在规定的时日获得所需日照量而保持的一定建筑间距。住宅建筑高密度的开发和建造容易造成楼栋之间因间距不足形成日照遮挡，为此各地区均有针对本地区所处地理纬度、日照卫生标准及城市环境条件而确定的日照间距标准。以哈尔滨市为例，按大寒日照不低于 2h 的卫生标准确定日照间距为 2.15 倍建筑高度。全国各主要城市确定的日照间距系数可详见“城市规划标准”。

第二章　建筑布局

第一节　改善日照条件

太阳辐射为地球接受到的一种自然能源。太阳光线的正交面上的辐射强度约为 1.44W/m^2。地球地表受到的短波与长波年辐射量，如图 2－1 所示。

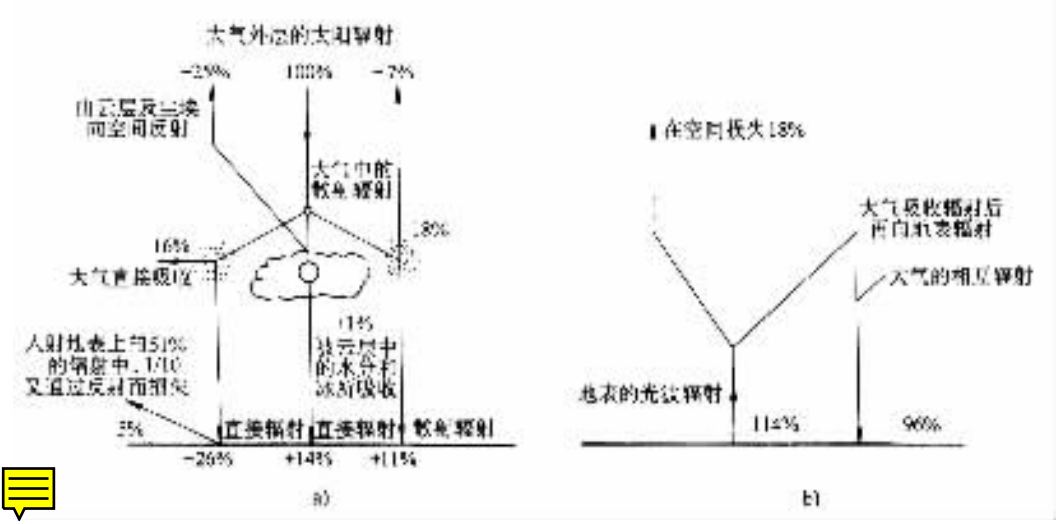


图 2－1　地球上太阳辐射年总量（以大气顶部的入射量为 100%）

a）太阳的短波辐射　b）地球的长波辐射

在采暖的季节里，应使建筑物争取获得最大的太阳辐射热量，以利节能。晴天里太阳辐射热来源于太阳直接辐射、天空的散射以及地面反射来的太阳直射辐射与散射。太阳辐射热进入建筑物的方式有三种：①被表面吸收的分量 α；②被表面反射分量 γ；③透过表面的分量 τ。α、γ、τ 取决于表面的物理特性，其和为 1。

建筑的合理布局，有利于改善日照条件。以住宅楼群为例，住宅楼群中

不同形状、布局走向的住宅其背向都将产生不同的阴影区，地理纬度越高，建筑物背向的阴影区的范围也越大，因而在住宅楼组合布置时，应注意从一些不同的布局处理中争取良好日照。

1）在多排多列楼栋布置时，采用错位布局，利用山墙空隙争取日照，见图 2－2 所示。

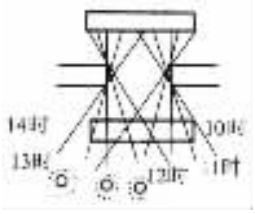


图 2－2　错落布置，利用山墙间隙提高日照水平

2）点、条组合布置时，将点式住宅布置在好朝向位置，条状住宅布置在其后，有利于利用空隙争取日照，如图 2－3 所示。

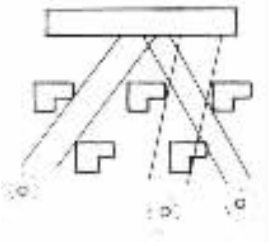


图 2－3　条式和点式住宅结合布置改善日照效果

3）在严寒地区，城市住宅布置时可通过利用东西向住宅围合成封闭或半封闭的周边式住宅方案。这种布局可以扩大南北向住宅间距，可以形成较大的院落，对节能节地有利。南北向与东西向住宅围合一般有四种情况，如图 2－4 所示。这四种情况从对争取室内日照，减少日照遮挡来看，方案 2、方案 4 最好。

4）全封闭围合时，开口的位置和方位以向阳和居中为好。

第二节　改善风环境

1. 避开不利风向　我国北方城市冬季寒流主要受来自西伯利亚冷空气的

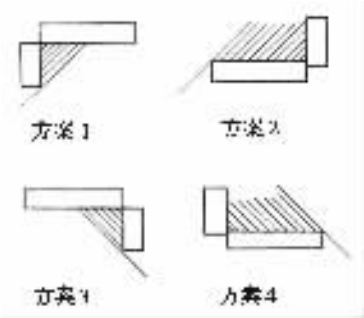


图 2－4　东西向住宅四种拼接形式比较

影响，所以，冬季寒流风向主要是西北风。而各地区最冷月（即 1 月份）的主导风向也是不利的风向（见表 2－1）。故建筑规划中为了节能，应封闭西北向，合理选择封闭或半封闭周边式布局的开口方向和位置，使得建筑群的组合做到避风节能（见图 2－5）。

表 2－1　　我国寒地主要城市 1 月最多风向频率及冬季平均风速

城　市	风向频率（%）	风速/m.s^{-1}	城　市	风向频率（%）	风速/m·s^{-1}
北　京	C　NNW　18　14	2．8	沈阳	N　13	3.1
石家庄	C　N　31　10	1.8	长　春	SN　21	4.2
太　原	C　NNW　24　14	2.6	哈尔滨	S　14	4.8
包　头	N　17	3.2	黑　河	NW　49	3.6

注：1. 此表根据《建筑气象资料标准》有关数据整理。

2. 表中 C—静风频率，NNW—北西北方向，N—北向，SN—南北向，NW—北东向。

建筑布局时，尽可能注意使道路走向平行于当地冬季主导风向，这样有利于避免积雪。

2. 阻隔冷风与降低风速　通过适当布置建筑物，降低冷天风速，可减少建筑物和场地外表面的热损失，节约热能。建筑物紧凑布局，使建筑间距与建筑高度之比在 1:2 的范围以内，可以充分利用风影效果，使后排建筑避开寒风侵袭，如图 2－6 所示。

利用建筑组合将较高层建筑背向冬季寒流风向，减少寒风对中、低层建筑和庭院的影响，以创造适宜的微气候。

以实体围墙作为阻风设施时，应注意防止在背风面形成涡流，可在墙体上作引导气流向上穿透的百页式孔洞，使小部分的风由此流过，而大部分的

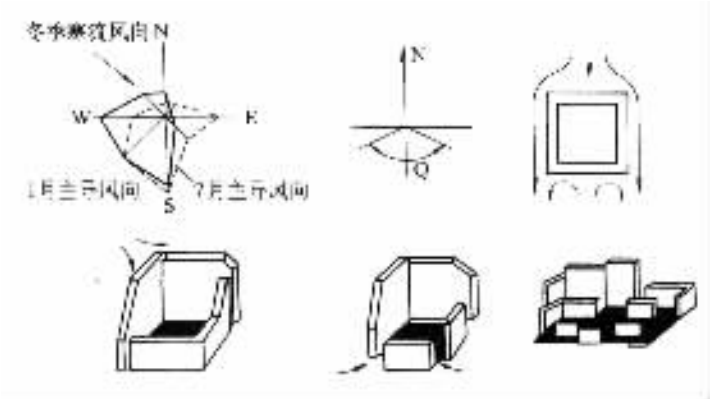


图 2－5　建筑避风方案

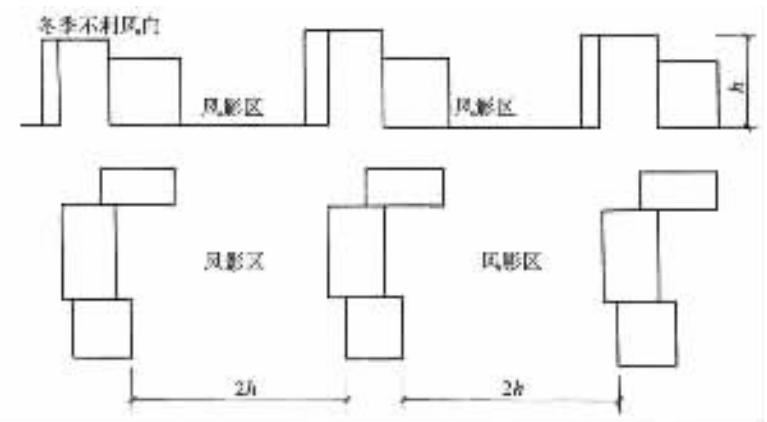


图 2－6　建筑物的紧凑布置具有良好的防风效果

气流在墙顶以上的空间流过，这样就不会形成涡流。

3. 避免局地疾风

（1）下冲气流：在组合的建筑群体中，当建筑群体各栋建筑高度和间距相近时，气流无下冲现象，如，图 2－7a；当一栋建筑远远高于其他建筑时，它挣受到沉重的下冲气流的冲击，见图 2－7b；当若干栋建筑组合时，在迎冬季季风方向减少某一栋楼，均能产生由于其间的空地带来的下冲气流。这些下冲气流与附近水平方向的气流形成高速风及涡流，从而加大风压，造成热损失加大，见图 2－7c 所示。

（2）风旋：当低层与高层建筑如图 2－8 布局时，在冬季季风的入侵时，会形成比较大的湍流，称为风旋，使风速加大，进而增大风压，造成热能损失增

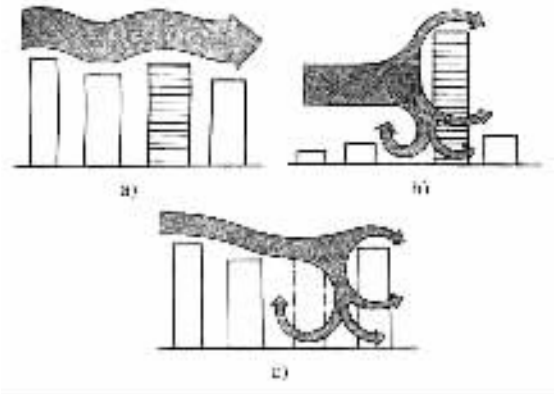


图 2－7　建筑物组合产生的下冲气流

大。研究结果表明：若高层建筑物前方有低层建筑物，则在行人高度处的风速与在开敞地面上同一高度处自由风速之比值（见表 2－2），其风旋风速扩大 1.3 倍，建筑物拐角处气流风速扩大 2．5 倍。

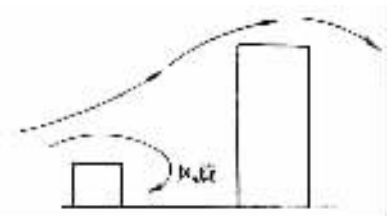


图 2－8　低层与高层建筑物之间的相互作用

表 2－2　　建筑物附近的风速比

位　　置	风　速　比
建筑物之间的风旋	1.3
建筑物拐角处的气流	2.5
由建筑物下方穿过的气流	3.0

（3）风洞效应：当建筑在规划设计时，为了满足防火通道要求，以及解决人流疏散要求需要设计过街门洞时，由过街门洞穿过的冬季季风气流，引起局部风速加大，称为风洞效应（见图 2－9）。由建筑物下方门洞穿过的气流使自由风速扩大 3 倍。在规划布局时，应避免风洞效应的发生。

（4）风漏斗：在建筑布局时，若将高度相近的建筑排列在街道的两侧，并用宽度是其高度的 2～3 倍的建筑与其组合会形成风漏斗，这种风漏斗可

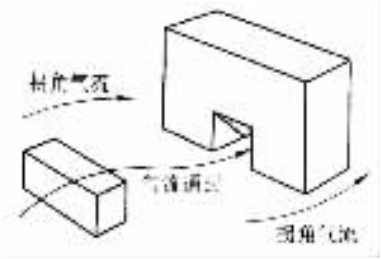


图 2－9　风洞

以造成高速风，提高风速 30%，加剧建筑热损失，如图 2－10a、b 所示。应尽量避免采用这种布局。

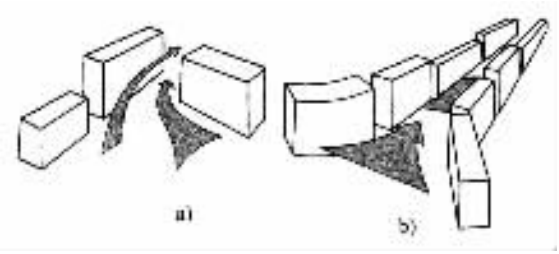


图 2－10　风漏斗改变风向与风速

第三节　建立气候防护单元

利用建筑的合理布局，形成优化微气候的良好界面，建立气候防护单元（见图 2－11），对节能有利。气候防护单元的建立，应充分结合特定地点的自然环境因素、气候特征，璃筑物的功能、人的行为活动特点，也就是建立一个小型组团的自然—人工生态平衡系统。

图 2－12 采用单元组团式布局，形成较封闭、完整的庭院空间，充分利用和争取日照，避免季风干扰，组织内部气流，利用建筑外界面的反射辐射，形成对冬季恶劣气候条件的有利防护，改善建筑的日照条件和风环境以达到节能的效果。

图 2－11　气候防护单元

图 2－12　单元组团式布局

第三章　建筑体型

人们在设计中常常追求建筑形态的变化。从节能角度考虑，合理的建筑形态设计不仅要求体形系数小，而且需要冬季日辐射得热多，需要对避寒风有利。具体选择节能体型受多种因素制约，包括当地冬季气温和日辐射照度、建筑朝向、各面围护结构的保温状况和局部风环境状态等，需要具体权衡得热和失热的情况，优化组合各影响因素才能确定。在规划设计中考虑建筑体形对节能的影响时，主要应把握下述因素。

第一节　控制体形系数

建筑体形系数是指建筑物与室外大气接触的外表面积 A（不包括地面和不采暖楼梯间隔墙与户门的面积）与其所包围的建筑空间体积 V 的比值。体形系数越大，说明单位建筑空间所分担的热散失面积越大，能耗就越多。在其他条件相同情况下，建筑物耗热量指标随体形系数的增长而增长。有研究资料表明，体形系数每增大 0.01，耗热量指标约增加 2.5%。从有利节能出发，体形系数应尽可能的小。

一般建筑物的体形系数宜控制在 0.30 以下，若体形系数大于 0.30，则屋顶和外墙应加强保温，以便将建筑物耗热量指标控制在规定水平，总体上实现节能 50%的目标。

一般来说，控制或降低体形系数的方法，主要有下述几点：

1. 减少建筑面宽，加大建筑幢深　对体量 1000～8000m^2 的建筑，当幢深从 8m 增至 12m 时，各类型建筑的耗热指标都有大幅度地降低，但幢深在 14m 以上再继续增加则耗热指标降低很少，在建筑面积较小（约 2000m^2 以下）和层数较多（6 层以上）时指标还可能回升。加大幢深由 8m 增大到 14m，可使建筑耗热指标降低 11%～33%（总建筑面积越大，层数越多耗热

指标降低越大)，其中尤以幢深从 8m 增至 12m 时指标降低的比例最大。因此，对于体量 1000 ~ 8000m² 的南向住宅建筑栋深设计为 12 ~ 14m，对建筑节能是比较适宜的。

2. 增加建筑物的层数　加多层数一般可加大体量，降低耗热指标。当建筑面积在 2000m² 以下时，层数以 3 ~ 5 层为宜，层数过多则底面积太小，对减少热耗不利；当建筑面积为 3000 ~ 5000m² 时，层数以 5 ~ 6 层为宜，当建筑面积为 5000 ~ 8000m² 时，层数以 6 ~ 8 层为宜。6 层以上建筑耗热指标还会继续降低，但降低幅度不大。

3. 建筑体型不宜变化过多　严寒地区节能型住宅的平面形式应追求平整、简洁，如直线型、折线型和曲线型。在节能规划中，对住宅形式的选择不宜大规模采用单元式住宅错位拼接，不宜采用点式住宅或点式住宅拼接。因为错位拼接和点式住宅都形成较长的外墙临空长度，不利于节能。

第二节　考虑日辐射得热量

仅从冬季得热最多的角度考虑，应使南墙面吸收的辐射热量尽可能地最大，且尽可能地大于其向外散失的热量，以将这部分热量用于补偿建筑的净负荷。图 3 – 1 是将同体积的立方体建筑模型按不同的方式排列成为各种体型和朝向，从日辐射得热多少的角度，研究建筑体型对节能的影响。由图 3 – 1 可以看出，立方体 A 是冬季日辐射得热最少的建筑体型，D 是夏季得热最多的体型，E、C 两种体型的全年日辐射得热量较为均衡。长、宽、高比例较为适宜的体型，在冬季得热较多，在夏季得热为最少。

第三节　设计有利避风的建筑形态

风吹向建筑物，使风的风向和风速均发生相应的改变，形成特有的风环境。单体建筑物的三维尺寸对其周围的风环境影响很大。从节能的角度考虑，应创造有利的建筑形态，减少风流、降低风压、减少耗能热损失。建筑物越长、越高、进深越小，其背风面产生的涡流区越大，流场越紊乱，对减

少风速、风压有利，如图 3－2～图 3－4 所示。

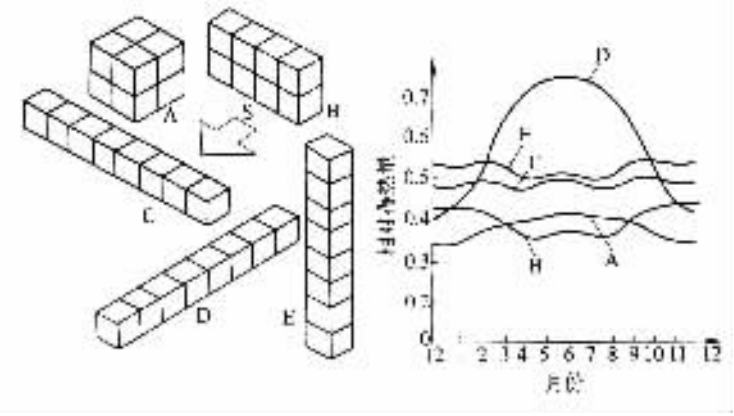


图 3－1　同体积不同体型建筑日辐射得热量

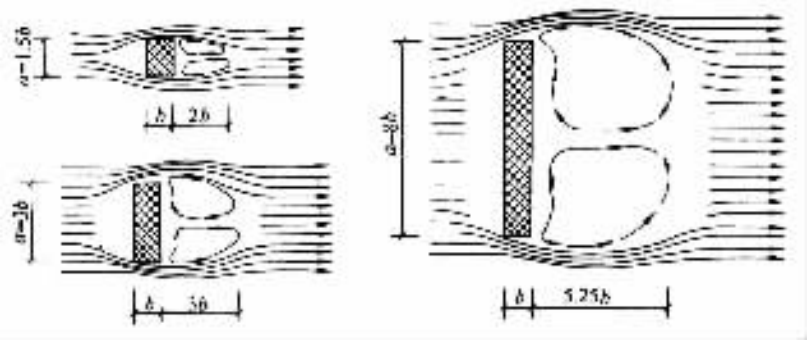


图 3－2　建筑物长度变化对气流的影响

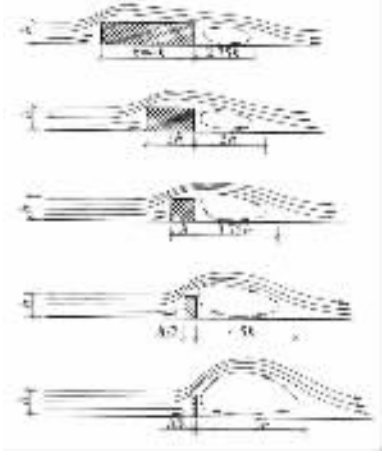


图 3－3　建筑物深度变化对气流的影响

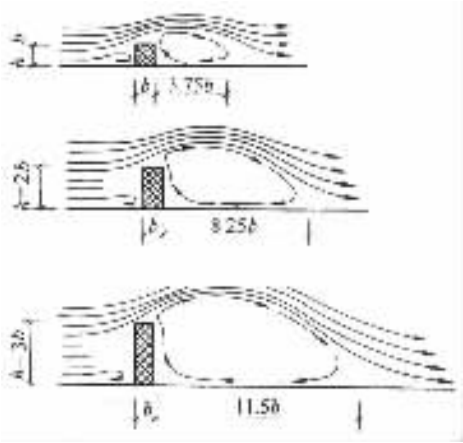


图 3－4　建筑物高度变化对气流的影响

从避免冬季季风对建筑物侵入来考虑，应减少风向与建筑物长边的入射角度，如图 3－5 所示。风向相同间距不同时，迎风面风速百分串的比较见图 3－6。

分析下列建筑物形成的风环境可以发现；

1）风在条形建筑背面边缘形成涡流（见图 3－7）。建筑物高度越高，深度越小，长度越大时，背面涡流区越大。

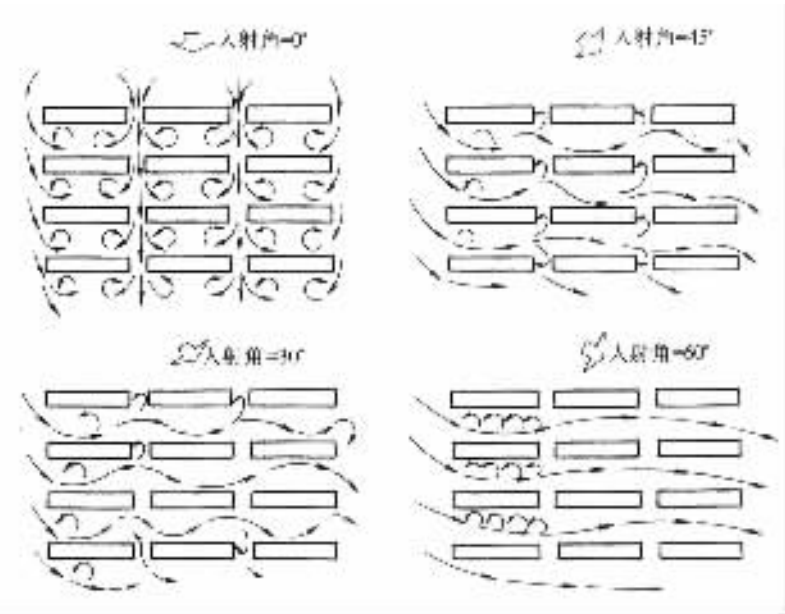


图 3－5　不同入射角影响下的气流示意图

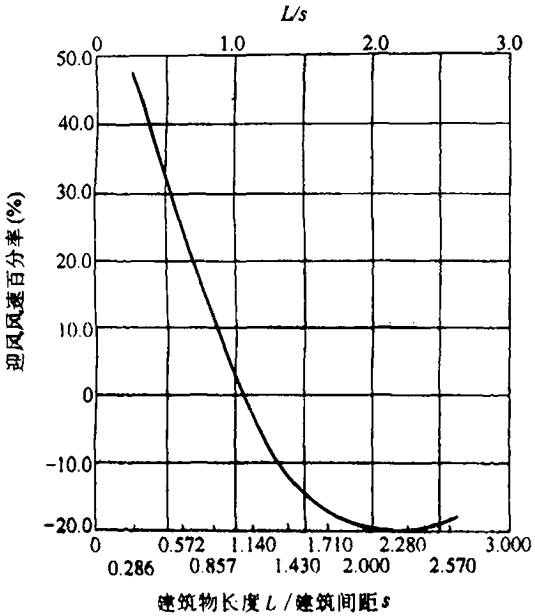


图 3－6　风向相同间距不同时迎风面风速百分率（绝对值）的比较

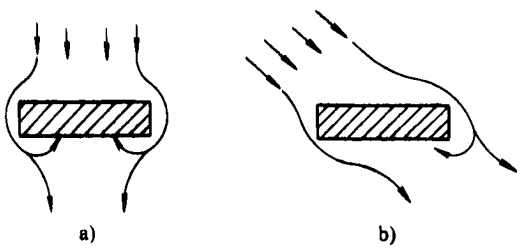


图 3－7　条形建筑风环境平面图

2）风在 L 形建筑中，如图 3－8 中的二个布局对防风有利。

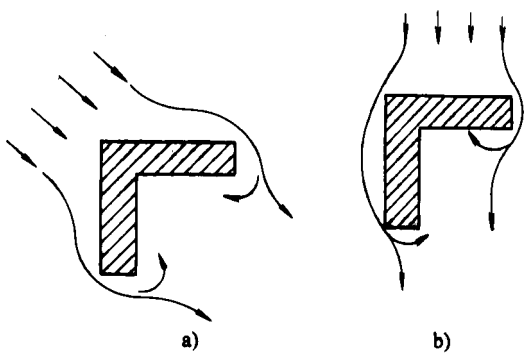


图 3－8　L 形建筑风环境平面图

3）U 形建筑形成半封闭的院落空间，如图 3－9 的布局对防寒风十分有利。

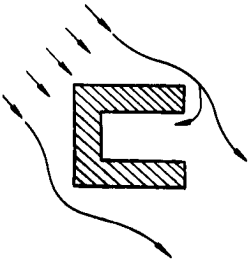


图 3－9　□形建筑风环境平面图

4）全封闭形建筑当有开口时，其开口不宜朝向冬季主导风向和冬季最不利风向，而且开口不宜过大，如图 3－10 所示。

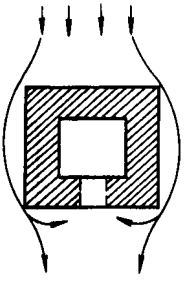


图 3－10　□形建筑风环境平面图

5）将迎冬季季风面做成一系列台阶式的高层建筑，有利缓冲下行风，如图 2－11 所示。

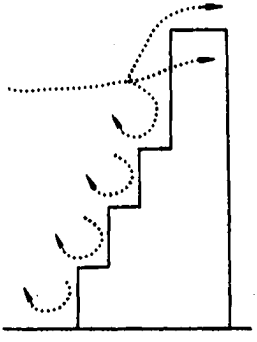


图 3－11　台阶立面缓冲下行风

6）将建筑物的外墙转角由垂直相交成 90°直角改为圆角有利消除风涡流，见图 3－12。

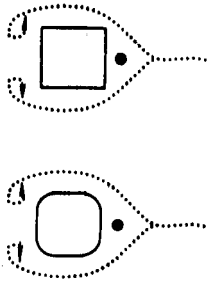


图 3－12　消除涡流

7）低矮的圆屋顶形式，有利防止冬季季风的干扰。

8）屋顶面层为粗糙表面可以使冷风分解成无数小的涡流，既可以减少风速也可以多获得太阳能。

9）低层建筑或带有上部退层的多、高层建筑，将用地布满对节能有利。

10）建筑物高度是对风速产生影响的重要因素。当风遇到建筑物垂直的表面时，便产生下冲气流形成下行风，其风速不变，和地面附近水平方向的风一道在建筑物附近产生高速风和涡流。据英国的一项研究表明，在 5 层楼底部风速增加 20%；在 16 层楼底部，风速增加 50%；在 35 层楼底都，风速增加 120%。所以建筑物高度的选择应与风环境条件有机结合。

11）不同的平面形体在不同的日期内建筑阴影位置和面积也不同，节能建筑应选择相互日照遮挡少的建筑形体，以利减少因日照遮挡影响太阳辐射得热，如图 3－13 所示。

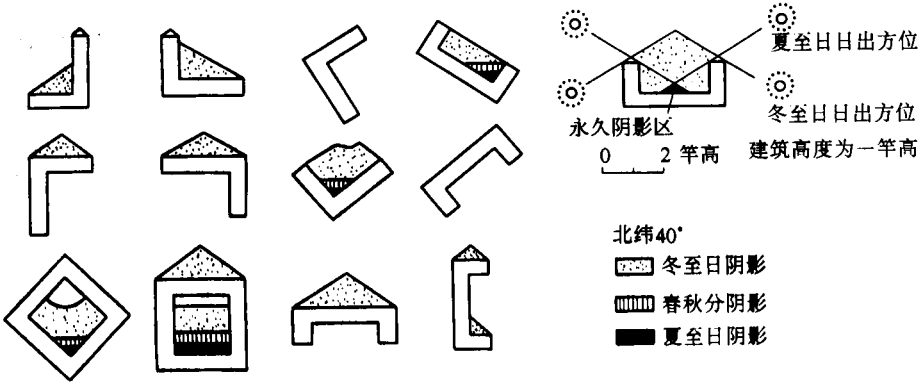


图 3－13　不同平面形体在不同日期的房屋阴影

第四章　建筑间距

阳光不但是个热源，还可以提高室内的光照水平。《城市居住区规划设计规范》（GB50180—1993）规定，在气候区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅵ和气候区Ⅳ的大城市内，冬季大寒日的8时至16时期间，大城市日照时间不少于2h，中小城市日照时间不少于3h；在气候区Ⅴ、Ⅵ的大城市和气候区Ⅳ的中小城市，冬至日9时至15时，日照时数不少于1h。为了保证这一标准的实现，许多地方根据本地的实际情况，制订了具体的建筑间距控制指标。

在确定建筑的最小间距时，要保证室内一定的日照量，并结合其他条件来综合考虑建筑群的布置。

第一节　日照标准

对于住宅室内的日照标准，一般由日照时间和日照质量来衡量。

1. 日照时间　数量是保证一定质量水平的前提，保证足够的或至少是低的日照时间，是住户对日照要求的最低标准。北半球的太阳高度角全年中的最小值是冬至日。因此，冬至日底层住宅室内得到日照的时间，作为最低的日照标准（也有将冬至日稍后的某个时间，例如，大寒日是一年中最冷的季节，所谓三九天）。医学研究表明，不同的日照时间，即通过窗口射入室内的紫外线的杀菌能力是有显著差别的。因此，选择住宅日照时间标准时通常取冬至日中午前后两小时日照为下限，再根据各地的地理纬度和用地状况加以调整；

2. 日照质量　住宅中的日照质量是通过两个方面的积累而达到的，即日照时间的积累和每小时日照面积的积累。日照时间除了确定冬至日中午南向2h的日照外，还随建筑方位、朝向（即阳光射入室内的角度）的不同而异，即根据各地区经具体测定的最佳朝向来确定。阳光的照射量由受到日照时间内每小时室内墙面和地面上阳光投射面积的积累来计算。只有日照时间和日

照面积得到保证，才能充分发挥阳光中紫外线的杀菌效用。同时，对于北方住宅冬季提高室温有显著的作用。

第二节　住宅群的日照间距

住宅组群中房屋间距的确定首先应以能满足日照间距的要求为前提，因为在一般情况下日照间距总是最大的。当日照间距确定后，再复核其他因素对间距的要求。正午的太阳辐射强度比日出或日没时的辐射强度约大 6 倍。因此，确定日照间距的日照时间一般取正午（一天中太阳高度角最大时）前后。太阳方位垂直于建筑物比两者相交 30°时的辐射强度约大一倍。因此，计算建筑物的日照间距时常以冬至日中午（11 ~ 13 时）2h 为日照时间标准，以长春地区日照间距系数（见表 4 – 1）来分析，可看出：日照间距系数的变化对节约用地的潜力是很大的。

表 4 – 1　　日照间距系数 L_0 与用地

	日　照　标　准	L_0（南向）	节约用地
长春	大寒日正午前后有 2h 日照	2.12	0
$\varphi = 43°52'$	冬至日正午有满窗日用	2.39	12.8%
	冬至日正午前后有 2h 日照	2.48	17.296

注：$L_0 = \frac{D_0}{h_0}$，其中；L_0—日照间距系数；D_0—日照间距；h_0—建筑物计算高度；φ—北纬纬度。

日照间距是建筑物长轴之间的外墙距离，通常以冬至日正午正南方向，太阳照至后排房屋底层窗台高度 O 点为计算点。

1. 平地日照间距的计算公式（见图 4 – 1）。

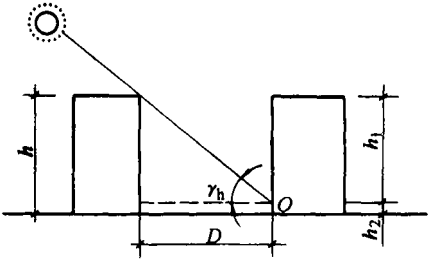


图 4 – 1　平地日照间距计算

由
$$\tan\gamma_h = \frac{h - h_2}{D}$$

可导出
$$D = \frac{h_1}{\tan\gamma_h} \tag{4-1}$$

式中　h——建筑总高；

h_2——底层窗台高；

$h_1 = h - h_2$。

γ_h——当地冬至日正午的太阳高度角。

在实际应用中，常将 D 值换算成与 h 的比值。间距值 D 可根据不同的房屋高度计算得出。这样，可根据不同纬度城市的冬至日正午太阳高度角计算出建筑物高度与间距的比值。

2．坡地日照间距的计算公式　在坡地上布置住宅时，其间距因坡度的朝向而异，向阳坡上的房屋间距可以缩小，背阳坡则需加大。同时又因建筑物的方位与坡向变化，都会分别影响到建筑物之间的间距。一般来说，当建筑方向与等高线关系一定时，向阳坡的建筑以东南或西南向间距最小，南向次之，东西向最大，北坡则以建筑南北向布置时间距最大。

向阳坡间距计算公式见图 4－2a。

$$D = \frac{h - (d + d')\sin\alpha\tan\gamma_0 - W}{\tan\gamma_h + \sin\alpha\tan\gamma_0\cos\omega}\cos\omega \tag{4-2}$$

背阳坡间距计算公式见图 4－2b：

$$D = \frac{h + (d + d')\sin\alpha\tan\gamma_0 - W}{\tan\gamma_h - \sin\alpha\tan\gamma_0\cos\omega}\cos\omega \tag{4-3}$$

第三节　建筑瞬时阴影距离系数

建筑在阳光下总是要产生阴影的。但从节能角度考虑，总希望建筑南墙面的太阳辐射面积在整个采暖季中不要因被其他建筑遮挡（即处于其他建筑的阴影区内）而减少。为此，就需要研究建筑物各瞬时的阴影长度。图 4－3 和表 4－2 所示为北京地区南北向板式体型建筑在冬至日的各瞬时阴影长度、阴影区及阴影距离系数。其中，阴影距离系数 TD_1 表示影长在南北方向的垂直距离与建筑高度之

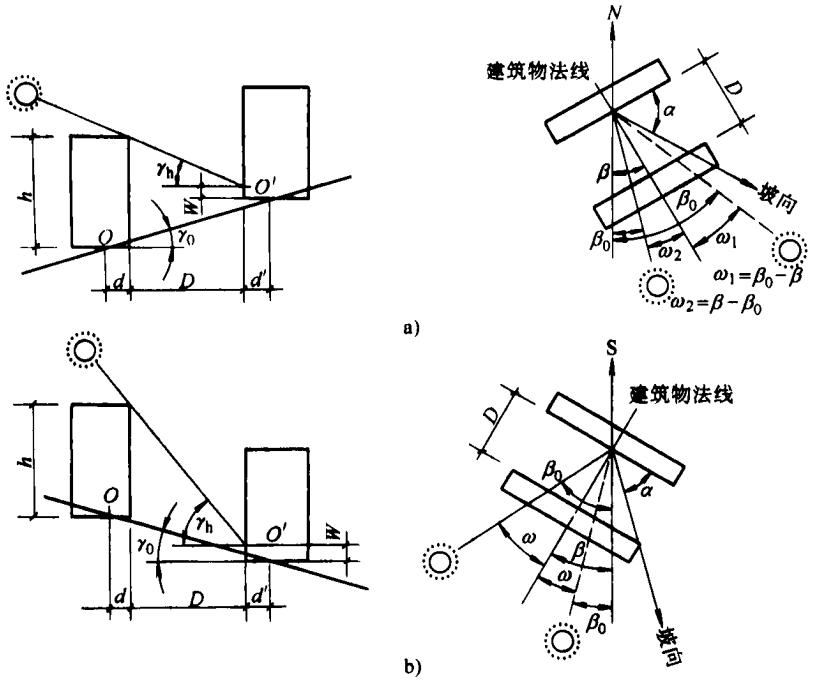


图 4－2　坡地日照间距计算

a）向阳坡日照间距关系　b）背阳坡日照间距关系

D—两建筑物的日照间距（m）　h—前面建筑物的高度（m）　W—后面建筑物底层窗台离设计基准点（或室外地面）高差　γ_0—地面坡度角　O、O'—分别为前后建筑物地面设计基准标高点　β—建筑方位角　γ_h—太阳高度角 d、d'—分别为前后建筑物地面设计基准标高点与外墙距离（m）β_0—太阳方位角（图中的两个 β_0 表示太阳的两个不同方向）　ω—建筑方位与太阳方位差角 $\omega=\beta-\beta_0$（或 $\beta_0-\beta$）　α—地形坡向与墙面的夹角

比，而阴影距离系数 TD_2 则表示影长在东西向的垂直距离与建筑高度之比。在实际应用中，可以很方便地根据表 4－2 计算出实际影长。

表 4－2　　北京地区冬至日建筑瞬时阴影距离系数

时间参数	9:00 (15:00)	10:00 (14:00)	11:00 (13:00)	12:00
高度角/（°）	13.9	20.7	25.0	26.0
方位角/（°）	41.9	29.4	15.2	0.0
阴影距离系数 TD_1	3.0	2.3	2.1	2.0
阴影距离系数 TD_2	2.69	1.3	0.6	0

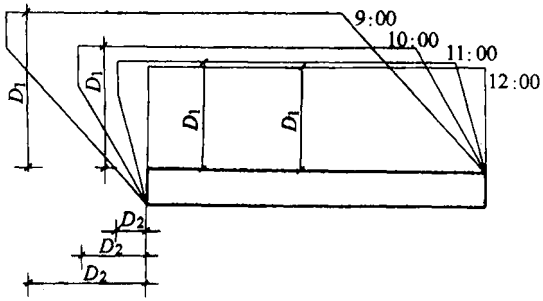


图 4－3　南北向板式住宅各瞬时阴影距离 D_1、D_2

第五章　建筑朝向

选择合理的建筑朝向是节能建筑群体布置中首先考虑的问题。建筑物的朝向对太阳辐射得热量和空气渗透耗热量都有影响。在其他条件相同情况下，东西向板式多层住宅建筑的传热耗热量要比南北向的高 5%左右，建筑物主立面朝向冬季主导风向，会使空气渗透量增加。因此，建筑物朝向宜采用南北或接近南北向，主要房间宜避开冬季主导风向。

影响建筑朝向的因素很多，如：地理纬度、地段环境、局部气候特征及建筑用地条件等。“良好朝向”或“最佳朝向范围”的概念是对各地日照和通风两个主要影响朝向的因素，通过观察、实测后，整理得出的成果，是一个具有地区条件限制的提法，它是在只考虑地理和气候条件下对朝向的研究结论。各地城市最佳建筑朝向范围不同，如哈尔滨市最佳建筑朝向范围是南偏东 15°，南偏西 15°，北京市最佳建筑朝向范围是南偏东至南偏西 30°。由于不同朝向上太阳辐射强度变化比较大，因此，合理选择建筑朝向对争取更多的太阳辐射量是有利的，参见图 5－1。

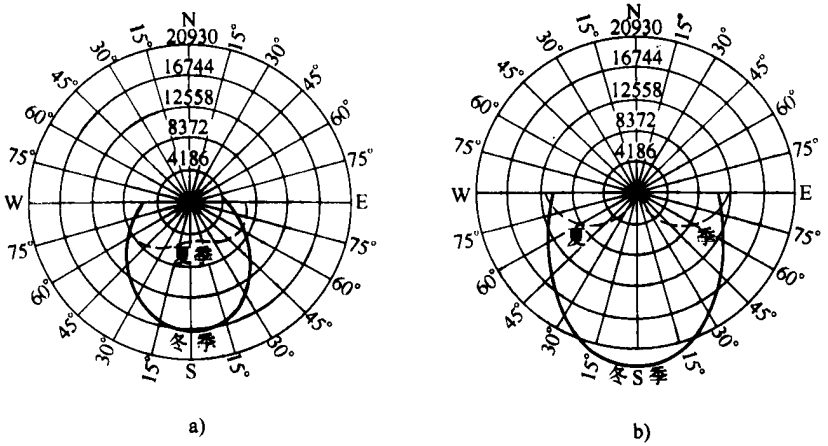


图 5－1　太阳辐射量

a）北京地区太阳辐射热日总量的变化（$kJ/m^2 \cdot d$）

b）上海地区太阳辐射热日总量的变化（$kJ/m^2 \cdot d$）

在选择建筑朝向时，需要考虑的因素有以下诸点：

1）冬季能有适量并具有一定质量的阳光射入室内。

2）炎热季节尽量减少太阳直射室内和居室外墙面。

3）夏季有良好的通风，冬季避免冷风吹袭。

4）充分利用地形和节约用地。

5）照顾居住建筑组合的需要。

第一节　建筑朝向与节能

建筑物的朝向对于建筑节能有很大的影响。从节能的角度出发，如总平面布置允许自由考虑建筑物的形状和朝向，则应首先选长方形体型，采用南北朝向。但是，实际设计中建筑可能采取的体型和适宜的朝向，常常与此不合。“节能住宅的朝向”有关研究结果，见图 5－2～图 5－5 及表 5－1～表 5－3。

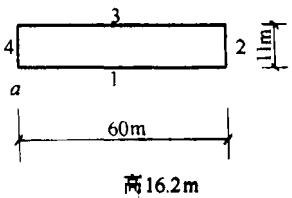


图 5－2　板式体型住宅

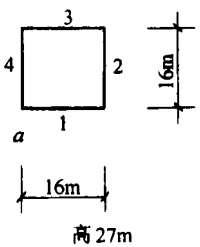


图 5－3　点式体型住宅

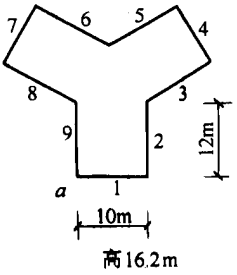


图 5－4　Y 形住宅的基本体型

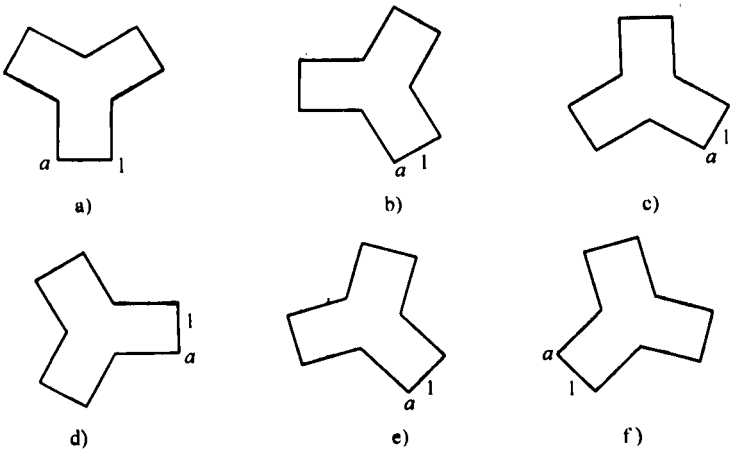


图 5－5　不同角度的 Y 形住宅

表 5－1　　板式体型住宅（平面尺寸：60m×11m，高 16.2m）

冬至日

旋转角度/（°）		0		15（－15）		30（－30）		45（－45）		60（－60）		75（－75）		90（－90）	
序号	面积/m^2	总辐射面积	平均	总辐射面积	平　均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均
1	972	2965.158	3.051	2872.967	2.956	2602.677	2.678	2182.033	2.245	1713..066	1.762	1265.976	1.302	875.132	0.900
2	178.2	160.441	0.900	103.714	0.582	66.051	0.371	49.299	0.278	47.589	0.267	47.589	0.267	47.589	0.267
3	972	259.579	0.267	259.579	0.267	259.79	0.267	268.904	0.278	360.286	0.371	565..727	0.582	875.152	0.900
4	178.2	160.441	0.900	232.094	1.302	314.062	1.762	400..039	2.245	477.158	2.678	526.711	2.956	543.612	3.051
∑1	2300.4	3545.619	1.541	3468.354	1.508	3242.369	1.409	2900.275	1.261	2598.099	1.129	2405.994	1.046	2341.485	1.108
∑2	2960.4	4702.500	1.588	4625.234	1.562	4399.250	1.486	4057.153	1.370	3754..975	1.268	3562.865	1.204	3498.355	1.182
夏至日															

续表

旋转角度/（°）		0		15（－15）		30（－30）		45（－45）		60（－60）		75（－75）		90（－90）	
序号	面积/m^2	总辐射面积	平均	总辐射面积	平 均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均
1	972	1276.157	1.313	1318.404	1.356	1406.566	1.447	1480.674	1.523	1499.669	1.543	1469.569	1.512	1388.005	1.428
2	178.2	254.468	1.428	226.929	1.273	192.850	1.082	155.366	0，872	115.689	0.649	83.125	0.466	69.786	0.392
3	972	380.650	0.392	453.413	0.466	631.039	0.649	847.462	0.872	1051.922	1.082	1237.802	1.273	1388.005	1.428
4	178.2	254.468	1.428	269.421	1.512	274.939	1.543	271.457	1.523	257.871	1.447	241.707	1.356	233.962	1.313
∑1	2300.4	2165.743	0.941	2268.167	0.968	2505.394	1.089	2754.959	1.198	2925.151	1.272	3032.203	1.318	3079.758	1.339
∑2	2960.4	5394.313	1. 822	5496.734	1.857	5733.961	1.937	5983.524	2.021	6153.715	2.079	6260.768	2.115	6308.333	2.131

注：1. ∑2 **为包括屋顶面积的数据。**

2. **总辐射面积单位为** m^2**。**

3. **表中“平均”＝总辐射面积/面积。**

表 5－2 **点式体型住宅（平面尺寸：**16m×16m**，高** 27m**）**

冬至日

旋转角度/（°）		0		15（－15）		30（－30）		45（－45）		60（－60）		75（－75）		90（－90）	
序号	面积/m^2	总辐射面积	平均	总辐射面积	平 均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均
1	432	1317.848	3.051	1276.87t	2.956	1156.745	2.678	969.792	2.245	761.363	1.762	562.652	1.302	388.948	0.900
2	432	388.948	0.900	251.428	0.589	160.124	0.372	129..522	0.278	115.368	0.267	215.368	0.267	115.368	0. 267
3	432	115.368	0.267	115.368	0.267	115.368	0.267	119.513	0.278	160.127	0.371	251.434	0.582	388.956	0. 900
4	432	388.948	0.900	562.625	1.302	761.363	1.762	969.792	2.245	1156.745	2.678	1276.874	2.956	1317.848	3. 651
∑1	1728	2211.112	1.280	2206.332	1.277	2193.600	1.269	2178.609	1.261	2193.603	1.269	2206.218	1.277	2211.t20	1. 280
∑2	1984	2659.845	1.341	2655.055	1.338	2642.333	1.332	2627.340	1.324	2642.333	1.332	2655.055	1.338	2659.844	1. 341
夏至日															
旋转角度/（°）		0		15（－15）		30（－30）		45（－45）		60（－60）		75（－75）		90（－90）	
序号	面积/m^2	总辐射面积	平均	总辐射面积	平 均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均	总辐射面积	平均
1	432	567.181	1.313	585..957	1.356	625.141	1.447	658.078	1.523	666.519	1.543	653.142	1.51S	616.891	1.428
2	432	616.891	1.428	550.130	1.273	467.516	10.82	376.644	0. 812	280.458	0.649	201.514	0.466	169.178	0.392
3	432	169.178	0.392	201.517	0.466	280.462	0.649	376.650	0.872	467.521	1.082	550.134	1.273	616.894	1. 428
4	433	616.891	1.428	653.142	1.512	666.519	1.543	658.078	1.523	625.141	1.447	585.957	1.356	567.181	1.313
∑1	1728	1970.141	1.140	1990.746	1.152	2029.638	1.175	2065.450	1.198	2029.639	1.175	1990.747	1.175	1970.144	1.140
∑2	1984	3222.437	1.624	3243.046	1.635	3291.931	1.659	3321.741	1.674	3291.930	1.659	3243.039	1.635	3222.437	1.624

注：1. ∑2 **为包括屋顶面积的数据。**

2. **总辐射面积单位为** m^2**。**

3. **表中“平均”＝总辐射面积/面积。**

表 5－3　　Y 形住宅

冬至日

序　号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	∑
a	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	494.193	175.027	495.653 (520.630)	60.046	51.915	51.915	60.046	495.653 (520.630)	175.027	2059.475
	平　均	3.051	0.900	2.550	0.371	0.267	0.267	0.371	2.550	0.900	1.246
b	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	433.780	72.056	246.123 (345.787)	43.263	66.763	51.916	145.855	578.604 (597.617)	342.613	1980.973
	平　均	2.678	0.371	1.266	0.267	0.343	0.267	0.900	2.976	1.762	1.199
c	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	285.511	51.916	158.905 (178.027)	43.263	158.905 (175.027)	51.916	285.511	524.832	524.832	2085.591
	平　均	1.762	0.267	0.817	0.267	0.817	0.267	1.761	2.670	2.670	1.262
d	面　积	162	194.4	194，4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	145.855	51.916	66.673	43.263	246.123 (345.787)	72.056	433.780	342.613	578.604 (597.617)	1980.973
	平　均	0.900	0.267	0.343	0.267	1.266	0.371	2.678	1.762	2.976	1.199
e	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	363.672	53.780	157.053 (246.028)	43.263	101.794 (114.413)	51.916	210.995	318.108 (578.146)	436.461	1737.042
	平　均	2.245	0.277	0.808	0.267	0.524	0.267	1.302	1.636	2.245	1.051
f	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	363.672	436.461	318.108 (578.146)	210.995	51.916	101.794 (114.413)	43.263	157.053 (246.028)	53.780	1737.042
	平　均	2.245	2.245	1636	1.302	0.267	0.524	0.267	0.808	0.277	1.051

夏至日

序　号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	∑
a	面积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	212.693	277.500	226.676 (281.263)	175.319	126.980	126.980	175.319	226.676 (281.363)	277.500	1825.643
	平　均	1.313	1.427	1.372	1.082	0.653	0.653	1.082	1.372	1.427	1.105
b	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	234.428	126.206	270.806 (298.639)	105.172	147.476 (211.146)	76.123	231.334	235.492 (250.978)	299.934	1726.971
	平　均	1.447	0.649	1.393	0.641	0.759	0.392	1.423	1.211	1.543	1.045

续表

序　号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	∑
c	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	249.945	126.206	194.820 (277.500)	6.442	194.820 (277.500)	126.206	249.945	278.521	278.521	1762.426
	平　均	1.543	0.649	1.002	0.392	1.002	0.649	1. 543	1.433	1.433	1.067
d	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194。4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	231.334	76.130	147.476 (211.146)	105.172	270.806 (298.639)	126.206	234.428	299.934	235.492 (250.978)	1726.971
	平　均	1.423	0.392	0.759	0.641	1.393	0.649	1.447	1.543	1.211	1.045
e	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194。4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	246.779	169.490	276.624 (282.110)	75.568	172.280 (247.625)	90.681	244.928	199.906 (259.536)	296.135	1772.391
	平　均	1.523	0.872	1.426	0.466	0.886	0.466	1.512	1.028	1.523	1.073
f	面　积	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	162	194.4	194.4	1652.4
	总辐射面积	246.779	296.135	199.906 (259.523)	244.928	90.681	172.280 (247.625)	75.568	276.624 (282.110)	169.490	1772.391
	平　均	1.523	1.523	1.028	1.512	0.466	0.866	0.466	1.423	0.872	1.073

注：1. ∑2 为包括屋顶面积的数据。

2. 面积、总辐射面积单位为 m^2。

3. 表中“平均”＝总辐射面积/面积。

4. 括号里的数字为无自身遮挡时的辐射面积。

由这些图、表可以看出：

1）不同体型对朝向变化敏感程度不同。

2）无论何朝向均有辐射面积较大之面。

3）板式体型以南北主朝向时获热最多。

4）点式体型与板式相仿但总获热较少。

5）Y 形体型总辐射面积小于上述两种。

6）Y 形体型中以 c、a 形获热量最多。

第二节　各向墙面及居室的日照时间和日照面积

建筑物墙面上的日照时间，决定墙面接受太阳辐射热量的多少。由于冬季和夏季太阳方位角的变化幅度较大，各个朝向墙面所获得的日照时间相差很大。因此，应对不同朝向墙面在不同季节的日照时数进行统计，求出日照

时数日平均值，作为综合分析朝向时的依据。另外，还需对最冷月和最热月的日出、日落时间做出记录。在炎热地区，住宅的多数居室应避开最不利的日照方位。对不同朝向和不同季节（例如冬至日和夏至日）的室内日照面积及日照时数进行统计和比较，选择最冷月有较长的日照时间和较多的日照面积，而在最热月有较少的日照时间和最少的日照面积。

在严寒地区，夏季西晒过热现象时间短暂，而冬季全年日照时间长，冬季日照率可达 65%。以冬至日为例，哈尔滨市各朝向房间接受日照时效和辐射强度见表 5－4。

表 5－4　哈尔滨市日照时数和辐射强度

朝向	日照时数	辐射强度/$W \cdot m^{-2}$
南向	8 小时 32 分	2839
东向	2 小时 42 分	1023
西向	2 小时 42 分	1404
北向	0	568

由上表可见，哈尔滨市严寒地区东西向住宅从日照卫生标准来看可以满足居住要求。所以采用东西向的住宅可加大住宅栋深，减少体型系数。

第三节　各向墙面的太阳辐射热量

太阳辐射包括直射和散射，此处只考虑太阳直射影响，以单位时间在单位面积上的辐射值表示，单位为 J/（$cm^2 \cdot d$）。一般包括两个方面：一是最冷月和最热月的太阳累计辐射强度；一是太阳直射强度日变化曲线与日气温曲线的关系。例如：由北京地区的太阳辐射量图（见前图 5－1 粗曲线）可以知道，冬季各朝向墙面上接受的太阳直射辐射热量以南向为最高［16526kJ/（$m^2 \cdot d$）］，东南和西南次之，东、西则更少，分别为 4232kJ/（$m^2 \cdot d$）和 5479kJ/（$m^2 \cdot d$）。而在北偏东或西 30°朝向的范围内，冬季接受不到太阳的直射辐射热。夏季以东、西为最多，分别为 7183kJ/（$m^2 \cdot d$）和 8828kJ/（$m^2 \cdot d$），南向次之为 4990kJ/（$m^2 \cdot d$），北向最少为 3031kJ/（$m^2 \cdot d$）。由于太阳直辐射强度一般是上午低、下午高，所以无论是冬季或夏季，墙面上接受的太阳辐射量，都是偏西比偏东的朝向稍高一些。

各朝向所获得的太阳辐射热随着季节而变化，它不仅取决于所获得的日照时数，且与阳光照射时的太阳高度角、阳光对墙面的入射角有关。表 5－5 为北纬 40°地区冬至日各方位垂直墙面所受到的太阳辐射量。从该表可见，冬至日南向受到的太阳辐射强度及总量都是最大的，由南偏向东、西的角度越大，接受的太阳辐射越小，正东、正西向所受到的最大辐射强度只有南向最大辐射强度的 1/2 左右，自北偏东 60°到北偏西 60°的范围内基本上接受不到太阳辐射。

表 5－5　　北纬 40°地区各方位垂直墙面所受日射量（冬至日）

方位 / 时刻	S－0°－E	S－10°－E	S－20°－E	S－30°－E	S－40°－E	S－50°－E	S－60°－E	S－70°－E	S－80°－E	S－90°－E	
8	0.300	0.364	0.418	0.458	0.485	0.497	0.494	0.476	0.443	0．397	16
9	3.190	3．639	3.978	4.196	4.287	4.247	4.077	3.785	3.378	2．867	15
10	5．758	6.233	6.518	6.656	6.492	6.182	5.683	5.012	4．189	3.328	14
11	7.293	7.526	7．530	7.306	6．859	4.315	5.361	4.354	3.216	1.979	13
12	7.809	7.690	7.338	6.763	5.982	5.020	3．905	2.761	1.356	—	12
13	7.293	6.839	6.176	5.326	4.315	3．172	1.933	0．635	—	—	11
14	5．758	5．108	4.303	3.368	21.30	1.221	0.075	—	—	—	10
15	3.190	2.644	2.017	1.329	0.601	—	—	—	—	—	9
16	0.300	0．226	0.146	0.061	—	—	—	—	—	—	8
	S.0°－W	S－10°－W	S－20°－W	S－30°－W	S－40°－W	S－50°－W	S－60°－W	S－70°－W	S－80°－W	S－90°－W	时刻 / 方位
方位 / 时刻	N－0°－W	N－10°－W	N－20°－W	N－30°－W	N－40°－W	N－50°－W	N－60°－W	N－70°－W	N－80°－W	N－90°－W	
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
13	—	—	—	—	—	—	—	—	0.683	1．979	11
14	—	—	—	—	—	—	—	1.073	2.189	3.328	10
15	—	—	—	—	—	0.146	0.888	1.603	2.270	2.867	9
16	—	—	—	—	0.094	0.112	0.194	0.271	0.339	0.397	8
	N－0°－E	N－10°－E	N－20°－E	N－30°－E	N－40°－E	N－50°－E	N－60°－E	N－70°－E	N－80°－E	N－90°－E	时刻 / 方位

第四节　各向居室内的紫外线量

在一天的时间里，太阳光线中的成分是随着太阳高度角的变化而变化的。其中紫外线量与太阳高度角成正比（见表 5－6）。正午前后紫外线最多，日出后及日没前最少（见图 5－6）。实际证明，冬季以南向、东南和西南居室内接受紫外线较多，而东、西向较少，大约为南向的一半，东北、西北和北向居室最少，约为南向的 1/3 左右。因此，选择朝向对居室所获得的紫外线量是应予以重视的，它是评价一个居室卫生条件的必要因素。

表 5－6　　不同高度角时太阳光线的成分

太阳高度角/（°）	紫外线（%）	可视线（%）	红外线（%）
90	4	46	50%
30	3	44	63%
0．5	0	28	72%

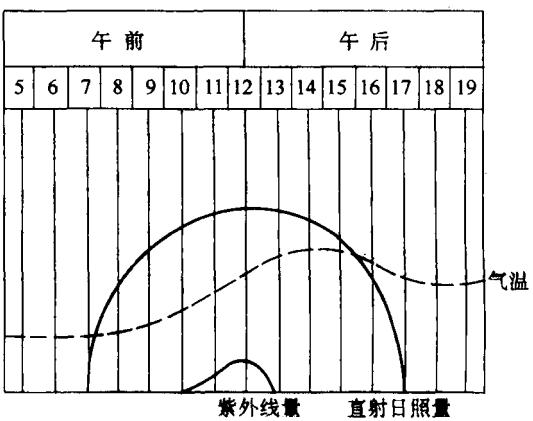


图 5－6　日照量与紫外线的时间变化

第五节　主导风向与建筑朝向

主导风向直接影响冬季住宅室内的热损耗及夏季居室内的自然通风。从

住宅群的气流流场可知，住宅长轴垂直主导风向时，由于各幢住宅之间产生涡流，从而影响了自然通风效果。因此，应避免住宅长轴垂直于夏季主导风向（即风向入射角为零度），从而减少前排房屋对后排房屋通风的不利影响。

在实际运用中，当根据日照和太阳辐射已将住宅的基本朝向范围确定后，再进一步核对季节主导风时，会出现主导风向与建筑朝向形成夹角的情况。从单幢住宅的通风条件来看，房屋与主导风向垂直效果最好。但是，从整个住宅群来看，这种情况并不完全有利，而往往希望形成一个角度，以便各排房屋都能获得比较满意的通风条件。

各地区对当地的日照和风向条件进行实测和分析，并总结出了当地住宅的最佳朝向和适宜朝向的建议（见表 5－7），可供城市规划和居住建筑群体布置时作为朝向的选择参考。

表 5－7　　全国部分地区建议建筑朝向表

地　区	最佳朝向	适宜朝向	不宜朝向
北京地区	南偏东 30°以内 南偏西 30°以内	南偏东 45°范围内 南偏西 45°范围内	北偏西 30°～60°
上海地区	南至南偏东 15°	南偏东 30° 南偏西 15°	北、西北
石家庄地区	南偏东 15°	南至南偏东 30°	西
太原地区	南偏东 15°	南偏东至东	西北
呼和浩特地区	南至南偏东 南至南偏西	东南、西南	北、西北
哈尔滨地区	南偏东 15°～20°	南至南偏东 20° 南至南偏西 15°	西北、北
长春地区	南偏东 30° 南偏西 10°	南偏东 45° 南偏西 45°	北、东北、西北
沈阳地区	南、南偏东 20°	南偏东至东 南偏西至西	东北东至西北西
济南地区	南、南偏东 10°～15°	南偏东 30°	西偏北 5°～10°
南京地区	南偏东 15°	南偏东 25° 南偏西 10°	西、北
合肥地区	南偏东 5°～15°	南偏东 15° 南偏西 5°	西

续表

地　　区	最　佳　朝　向	适　宜　朝　向	不　宜　朝　向
杭州地区	南偏东 10° ~ 15°	南、南偏东 30°	北、西
福州地区	南、南偏东 5° ~ 10°	南偏东 20°以内	西
郑州地区	南偏东 15°	南偏东 25°	西北
武汉地区	南偏西 15°	南偏东 15°	西、西北
长沙地区	南偏东 9°左右	南	西、西北
广州地区	南偏东 15° 南偏西 5°	南偏东 22°30° 南偏西 5°至西	东、西
南宁地区	南、南偏东 15°	南偏东 15° ~ 25° 南偏西 5°	东、西
西安地区	南偏东 10°	南、南偏西	西、西北
银川地区	南至南偏东 23°	南偏东 34° 南偏西 20°	西、北
西宁地区	南至南偏西 30°	南偏东 30°至南偏西 30°	北、西北

第六章　建筑密度

在城市用地十分紧张的情况下，建造低密度的城市建筑群体是不现实的，因而研究建筑节能必须关注，建筑密度问题。

按照“在保证节能效益的前提下提高建筑密度”要求，提高建筑密度最直接、最有效的方法，莫过于适当缩短南墙面的日照时间。在 9：00 至 15：00 的太阳辐射量中，上午 10：00 至下午 14：00 的太阳辐射量占 80%以上。因此，如果把南墙日照时间缩短为 10：00～14：00，则可大大缩小建筑间距，提高建筑密度。

除缩短南墙日照时间外，在建筑的单体设计中，采用退层处理、降低层高等方法，也可有效缩小建筑间距，对于提高建筑密度，具有重要意义。

此外，尚需考虑建筑组群中公建设施占地问题。据有关资料显示，一般居住小区中的公建面积只占总建筑面积的 10%～15%，而其占地却占总用地面积的 25%～30%，与住宅用地相比，公建用地竟达住宅用地的 50%～60%。这显然是不合理的。造成这种状况的原因，与公建往往以低层铺开、分散稀疏的方式布置有关。如改以集中、多层、多功能、利用临街底层等方式布置，则可节约许多土地。此时，如保持原建筑间距不变，则可增加总建筑面积，取得更好的开发效益；如保持原建筑密度不变，则可适当加大建筑间距，从而取得更好的节能效果。

第七章　建筑环境绿化

在寒冷的地区建房，事先如充分考虑到了尽可能利用各种挡风屏障，则不但可以节约相当大一部分采暖的费用，而且也可提高住户的舒适程度。但在建筑物布置时，必须在考虑挡风屏障的同时，考虑该建筑物在夏天时应有必要的通风。

设置防风墙、板，防风林带之类的挡风设施对于建筑的避风节能很有效果。防风林带的高度、密度与距离均影响其挡风效果。可用常绿植物作成风障，设置在建筑物的冬季迎风面，如图 7－1 和图 7－2 所示。

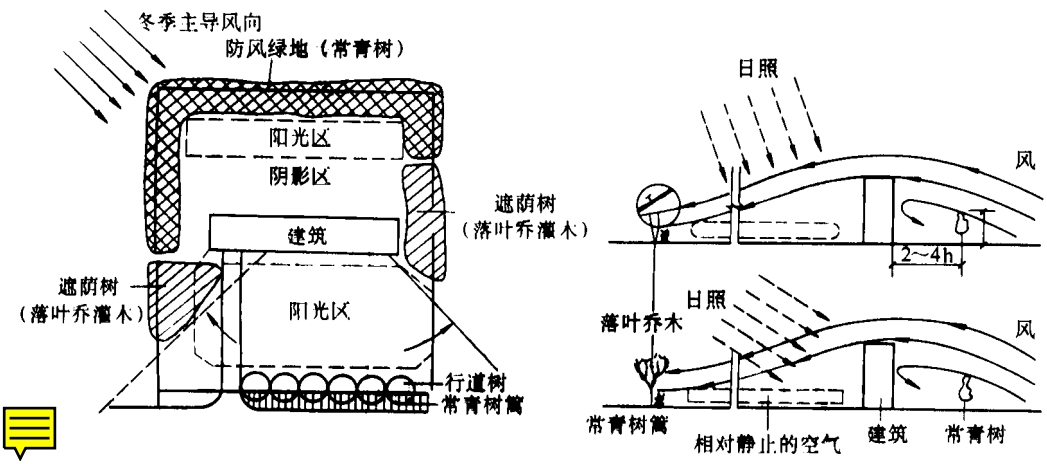


图 7－1　风障

1. 挡风树丛设计通则（见图 7－3）

1）挡风树丛的保护范围与树丛的高度成正比。树丛的高度越高时，其所保护的范围也越宽。它又与风的角度成正比，当风与树丛的夹角越大时，其所保护的范围也越宽。

2）挡风树丛的宽度越大时，其所保护的区域也越深；当挡风树丛的宽度达到或超过其高度的 11～12 倍时，其所保护的区域可以达到最大的深度。

3）挡风树丛的密实度也影响其挡风的范围。当密度最大时，在其挡风

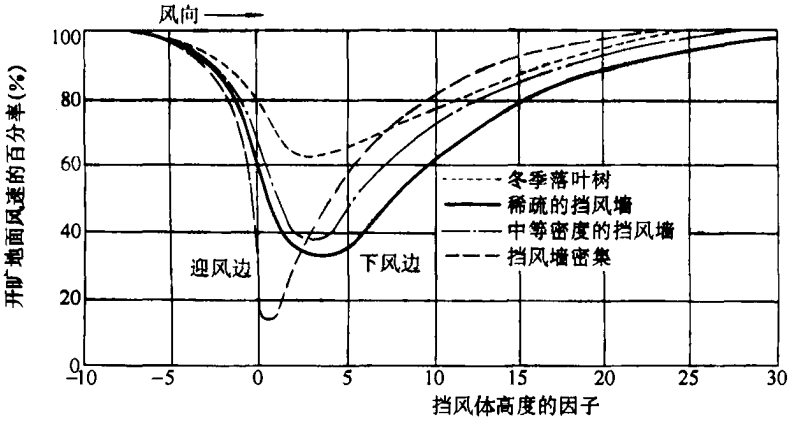


图 7－2　不同密度障碍物的挡风效果

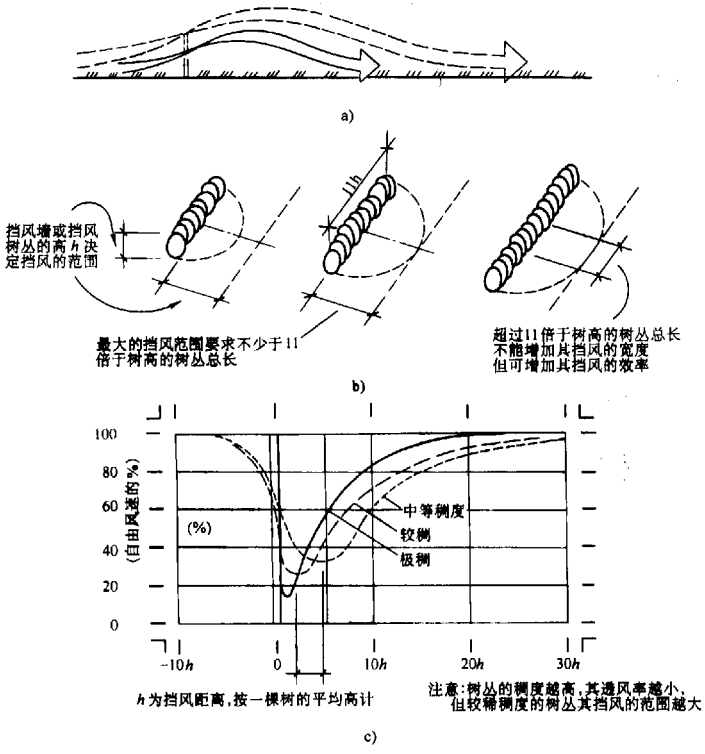


图 7－3　挡风墙和挡风树丛设计通则

a）挡风墙或挡风树丛的保护范围与墙或树丛的高度成正比，它又与风的夹角成正比

b）挡风墙的宽度越大时，其所保护的区域也越深

c）挡风墙的密度与其挡风范围的相互关系

的范围内可把风速降到最小，但挡风的范围也同时缩到最小。当树丛的密度变小时，则虽在其挡风力范围内会有一部分减弱了的风可以通过树丛体，但其总的挡风范围却可以加宽。一般说，在挡风树丛的透空率大约为 50% 时，可以使 5 ~ 10 倍于挡风树丛高的范围内的风速降到原来风速的 30%；因此，采用绿篱来挡风是最为合适的。

2. 树丛（带）、与树林　图 7 – 4 为用树丛来挡风的大致影响，从左、右两图可以看出，树丛厚度的增加不但不会对其所保护的范围有所扩大，反而会有所缩小。

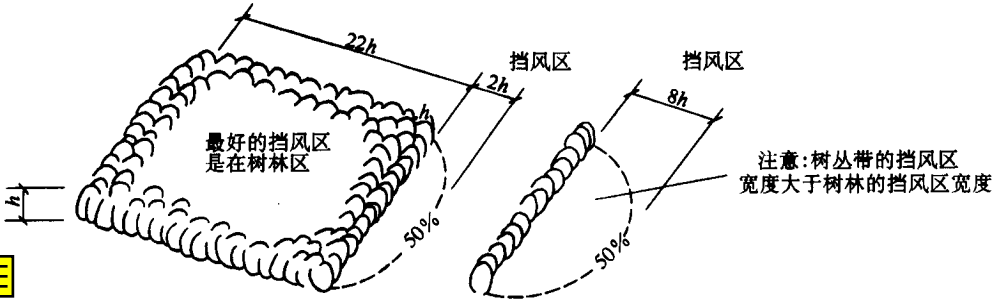


图 7 – 4 用树丛来挡风的大致影响

第八章 建筑节能规划设计实例

哈尔滨嵩山节能实验住宅小区规划新建建筑面积 14.37 万 m^2，包括原有住宅建筑 2.0 万 m^2，合计 16.37 万 m^2。如考虑今后再扩建 2.0 万 m^2，则小区总建筑面积将达到 18.37 万 m^2。其中，节能 30% 的约占 44.0%，节能 50% 的约占 35.7%，不节能的约占 20.3%。由于资金等方面的原因，该小区 1991 年节能住宅仅完成 4.7 万 m^2，1992 年仅完成 1.3 万 m^2。

在规划设计方面，在充分考虑小区各项功能完善，布局合理的基础上，还充分考虑节能，采取的主要措施有：

1）对节能型各类住宅在布局上采用改良行列式和周边式的组合，形成不同的围合空间；将同类建筑尽量规划在一起为供热系统节能创造设计和管理的方便条件。

2）建筑方位以南北向为主，争取南向最佳日照环境。在可能的条件下尽量增多南北朝向的建筑，为了实测不同建筑方位节能效果，规划中特意作了 8 个方位的不同布置，增加可比性。

3）建筑围合开口的位置安排向阳、居中，封闭冬季季风主导风向——西北向。

4）主要居室墙面和庭院位于弱风、静风和无风区。

5）小区全部住宅外墙均以白色为主调，冬季阳光反射、辐射十分强烈。该小区节能规划设计虽是初步探索，但对改善组团微气候和创造良好庭院景观起了积极作用。

经过多年实测，该住宅小区大部分为节能 30% 的住宅，小部分为节能 50% 的住宅。该小区节能规划设计对小区住宅实现节能达标起到了重要作用。

建筑节能规划设计实例详见第十三篇。

第四篇

民用建筑节能设计

第一章　采暖住宅建筑节能设计

合理的建筑设计应以供暖或空调设备系统得以有效运行、降低能耗为前提。对于节能建筑，在进行建筑设计时，应该从与建筑节能关系密切的建筑平面设计与组合、窗墙比、建筑体型、建筑体量诸多方面进行考虑，设计出符合新节能标准要求的节能建筑。

第一节　节能建筑平面设计

1. 建筑平面形状与节能的关系　建筑设计时，原则上应使围护结构的总面积越小越好。设计时应注意使围护结构面积 A 与建筑体积 V 之比为最小。常见建筑平面形状与能耗关系，见表 1－1。

表 1－1　建筑平面形状与能耗关系

平面形状	正方形	长方形	长条形	L 形	回字形	门字形
A/V	0.16	0.17	0.18	0.195	0.21	0.25
热耗（%）	100	106	114	124	136	163

2. 建筑长度与节能的关系　有关资料显示，住宅建筑的长度与建筑热耗间的关系，见表 1－2。

表 1－2　住宅建筑的长度与建筑热耗间的关系　（%）

室外计算温度/℃	住宅建筑长度/m				
	25	50	100	150	200
－20	121	110	100	97.9	96.1
－30	119	109	100	98.3	96.5
－40	117	108	100	98.3	96.7

从表 1－2 可以看出，增加住宅建筑的长度可以节能。长度小于 100m，

热耗增加较大。例如，从 100m 减至 50m，热耗增加 8% ~ 10%。从 100m 减至 25m，对于 5 层住宅，热耗增加 25%，对于 9 层住宅，热耗增加 17% ~ 21%。

3. 建筑宽度与节能的关系　住宅建筑的宽度与热耗间的关系见表 1 – 3。从表 1 – 3 中可以看出，对于 9 层住宅建筑，如宽度由 11m 增加到 14m，热耗可减少 6% ~ 7%，如增大到 15 ~ 16m，则热耗可减少 12% ~ 14%。

表 1 – 3　　住宅建筑宽度与热耗间的关系　　(%)

室外计算温度/℃	住宅建筑宽度/m							
	11	12	13	14	15	16	17	18
– 20	100	95.7	92	88.7	86.2	83.6	81.6	80
– 30	100	95.2	93.1	90.3	88.3	86.4	84.6	83.1
– 40	100	96.7	93.7	91.9	89.0	87.1	84.3	84.2

4. 建筑幢深与节能的关系　建筑幢深即建筑物沿纵向轴线方向的总尺寸。对于单幢建筑物来说，当其层数相同而幢深不同时，随幢深的加大，建筑的传热耗热指标明显降低，具有显著的节能效果。表 1 – 4 是不同体量的建筑在几种幢深下的耗热指标测定值。从表中可以看出，幢深越大，耗热指标降低幅度越大。若较大体量的建筑配以较大的幢深，效果更好。

表 1 – 4　　几种幢深的建筑传热耗热指标　　(单位：W/m^2)

幢深/m	建筑面积 $1000m^2$	建筑面积 $8000m^2$	耗热指标差　值
9	41.20	39.98	1.22
10	39.43	38.07	1.36
11	38.01	36.48	1.53
12	36.85	35.23	1.62

5. 建筑平面组合与节能的关系　建筑的平面布局不仅对建筑的合理使用及提高室内热舒适度有着决定性的影响，对于建筑节能尤其是冬季热耗量，也有很大的作用。

(1) 热环境的合理分区：由于人们对不同房间的使用要求及在其中的活动状况各异，因而，人们对不同房间室内热环境的需求也各不相同。在设计中，应根据这种对热环境的需求而合理分区，即将热环境质量要求相近的房间相对集中布置。这样做，既有利于对不同区域分别控制，又可将对热环境

质量要求较低的房间集中设于平面中温度相对较低的区域，高的设于温度较高区域，从而最大限度利用日辐射，保持室内具有较高温度，同时减少供热能耗。

住宅的起居厅向南，可以充分利用自然能源，改善住宅室内的热环境，更能适应小康生活形势下，人们对舒适的建筑热环境的日益迫切的需要。这对我国正在蓬勃发展的、量大面广的住宅建筑来讲，是一个直接有效的节能空间设计。

（2）温度阻尼区的设置：为了保证主要使用房间（或质量要求较高的热环境分区）的室内热环境，可在该热环境区与温度很低的室外空间之间，结合使用情况，设置各式各样的温度阻尼区（Buffer Zone）。这些阻尼区就像是一道“热闸”，不但可使房间外墙的传热损失减少 40% ~ 50%，而且大大减少了房间的冷风渗透，从而减少了建筑的渗透热损失。设于南向的温度阻尼区常可当作附加日光间来使用，是冬季减少耗热的一个有效措施。

例如，封闭阳台使阳台空间成为一个阳光室。该空间介于室内与室外之间，具有中介效应。中介效应是指其成为室外和室内两者之间的缓冲区和过渡带，充当着中间协调者的角色，使自然界的冷热变化不会直接作用于居室内部，这样经过阳光室间接传递后的环境作用力大大降低了，从而改善了居室的热舒适环境。

阳台空间是住宅中的一个比较特殊的部位，也是最富有自然情趣的场所。利用它来改善居室的生活品质，创造人与自然的和谐环境，达到节约能源的目的。放低窗台的高度，形成大面积的玻璃窗，这样可以更多地利用太阳能和自然通风。甚至可以取消窗台，做成落地大玻璃，使空气流经居住者的高度，产生良好的通风致凉效果。阳光室和室内宜用玻璃移动门隔开，既起到分隔作用，又具有通透、开敞的效果。如果是跃层住宅，还可以将此空间扩大到两层的高度，使其具有更积极的环境控制作用。

1）加强阳台空间的保温性能。为了加强阳台空间的保温性能，除了采用保温性能较好的双层或多层玻璃外，还可以设置保温窗帘。在夏天，白天用来遮挡直射阳光，减少热辐射，晚上拉开以利于凉气的引入；冬天则相反，白天拉开让太阳照射到室内，晚上则拉上形成厚厚的“棉被”，防止热量向外流失。某些特殊窗帘如热反射窗帘更能加强其冬季保温、夏季隔热的作用。

2）增加阳台空间的储热容量。阳台空间的地板是最具有储热作用的部位，因此宜采用石材、地砖等铺装材料，这些材料较之于木地板具有更大的蓄热系数。在这一区域铺设了鹅卵石也是一种非常好的蓄热体。

阳台空间的墙体，是储存热量的好部位，这些墙体冬季可以充分接受太阳辐射，并将其热量的一部分传给房间，其余的热量加热阳光室。

在进行建筑物的外轮廓设计方案比较时，对不同体型的外轮廓的节能程度应有一大致的概念。如半球形的建筑外轮廓，其外围护结构面积值是最小的。因此，从节能的意义来说，也是最理想的。

对一般的建筑物来说，一个节能程度高的建筑物，应使其外形尽量规整一些，避免过高的层高。举例说，一个正方形的建筑平面，平屋顶，建筑物的总高度约为建筑平面的边长的一半左右是比较合适的。

在考察围护结构对节能的影响时，除考虑围护结构总面积外，尚需考虑外墙（含窗）与屋顶保温性能之比。通常的办法，是计算屋顶传热系数与外墙和窗的加权平均传热系数之比。

3）挖掘阳光室的造型和功能。多层住宅的底层或顶层单元可以充分挖掘阳光室的造型和功能。顶层的阳光室可以形成开敞的居室空间，具有良好的景观效果；底层的阳光室可部分延伸到院子里，既扩大了底层的生活空间，也不影响采光效果。阳光室的屋顶如果做成倾斜玻璃，集热效能将大大增加，但应保证其有足够的强度，以确保安全。

4）增强节能意识，使阳台空间具有更加主动的调控性。人们如果能更主动地参与周围环境的调控，以适应外界的变化，对环境舒适性的主观满意度也会大大增加，使用者的主动参与，也是可持续建筑设计的重要方面。

第二节 节能建筑的立面与体型设计

1. 围护结构面积

（1）建筑物围护结构总面积与建筑面积之比 A_t/A_b：这一指标表征建筑物的长度和宽度以及立面的造型。从表 1－5 中可以看出，围护结构总面积与建筑面积之比每变化 0.01，可使能耗增加或者减少，对于 5 层住宅，能耗增减 1.25%～1.75%，9 层住宅增减 1.5%～2.0%。

表 1－5　　A_t/A_b 与节能的关系　　（%）

A_t/A_b	五层住宅			9层住宅		
	室外计算气温/℃					
	－20	－30	－40	－20	－30	－40
0.24	100	100	100	100	100	100
0.26	102.5	103	103.5	103	103.5	104
0.28	105	106	107	106	107	108
0.30	107.5	109	110.5	109	110.5	112
0.31	110	112	114	112	114	116
0.33	112.5	115	117.5	115	117.5	120
0.35	115	118	120	118	121	124

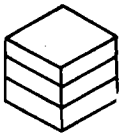
（2）建筑物的外围护结构的面积与其体积之比：这一指标是衡量不同体型建筑物的经济性的一个重要指标。在同样体积的条件下，建筑物的使用面积越多，则其每单位体积所消耗的热量越少。图 1－1 为同样体积的条件下，不同体型和不同层数的建筑物的几个经济指标的比较。其中：S/V 为外围护结构的面积与其体积之比。S/A_i；为外围护结构的面积与楼层面积之比。

对于面积相同的建筑而言，随着层数 N 的增加，屋顶面积占全部外围护结构面积之比逐渐减小，同时，屋顶耗热占整个建筑外围护结构耗热的比例也越来越小，参见图 1－2 和图 1－3 所示。

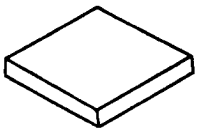
2. 表面面积系数及变化规律　扣除得热面南墙面之外其他墙面的热损失称为建筑物的热净负荷。建筑的热净负荷是与其面积大小成正比的。为此，我们引入“表面面积系数”的概念，即建筑物其他外表面面积之和 A_1（单位 m^2）与南墙面面积 A_2（单位 m^2）之比，这一比值，较之前述围护结构总面积与建筑总面积之比 A_t/A_b 这一指标，更能反映建筑体型对太阳能利用的影响。其中，地面面积按 30% 计入外表面积。表面面积系数随建筑长度、进深、层数变化的规律，见图 1－4～图 1－6 所示。

可以用表面面积系数来比较建筑的体型。表面面积系数越小，日照辐射和降低热耗越好。因此，我们也可以用表面面积系数来研究建筑体型对节能的影响。

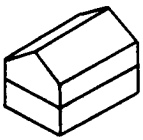
图 1－7 所示是几个体积相同的简单方形体型的建筑的 A_1/A_2 值。由图可以看出，从节能意义上来说，长轴朝向东西的长方形体型最好，正方形次



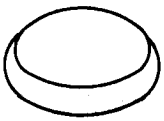
总体积(V)=32000　　三层面积(A_3)=1007
表面积(S)=5039　　二层面积(A_2)=1007　　$S/V=0.157$
底层面积(A_1)=1007　　$S/A_1=5.0$
总面积(A_{1+2+3})=3021　　$S/A_{1+2+3}=1.67$



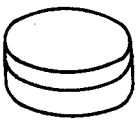
总体积(V)=32000　　$S/V=0.17$
表面积(S)=5429



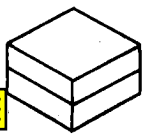
底层面积(A)=3200　　二层面积(A_2)=1350　　$S/V=0.148$
总体积(V)=32000　　底层面积(A_1)=1350　　$S/A_1=3.52$
表面积(S)=4754　　总面积(A_{1+2})=2700　　$S/A_{1+2}=1.76$



总体积(V)=32000　　二层面积(A_2)=1618　　$S/V=0.120$
表面积(S)=3864　　底层面积(A_1)=1932　　$S/A_1=2.0$
总面积(A_{1+2})=3550　　$S/A_{1+2}=1.0$



总体积(V)=32000　　二层面积(A_2)=1600　　$S/V=0.138$
表面积(S)=4435　　底层面积(A_1)=1600　　$S/A_1=2.77$
总面积(A_{1+2})=3200　　$S/A_{1+2}=1.38$



总体积(V)=32000　　二层面积(A_2)=1600　　$S/V=0.15$
表面积(S)=4800　　底层面积(A_1)=1600　　$S/A_1=3.0$
总面积(A_{1+2})=3200　　$S/A_{1+2}=1.5$

图 1－1　同样体积条件下，不同体型和不同层数建筑物的几个经济指标的比较

注：图中体积单位为 m^3，面积单位为 m^2。

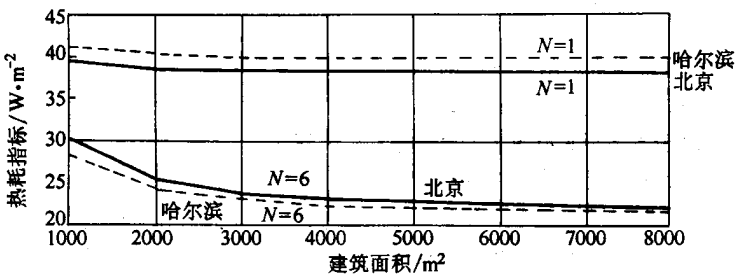


图 1－2　北京市与哈尔滨市的耗热指标对比（热惰性指标 $D=10$）

N—层数

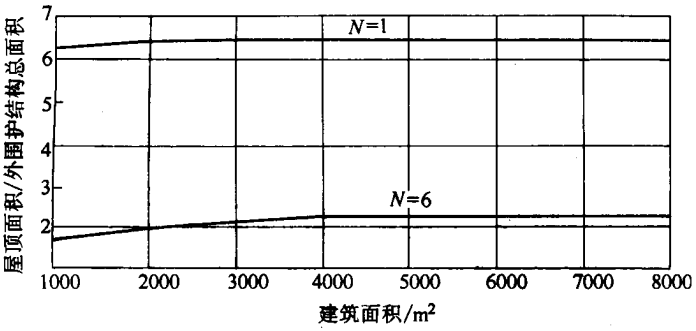


图 1－3　屋顶面积与外围护结构总面积之比（热情性指标 $D=10$）

N—层数

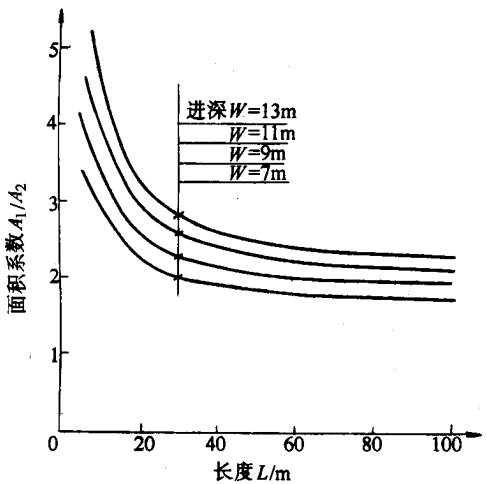


图 1－4　层数为 6 层时，

长度 L、进深 W 与 A_1/A_2 的关系曲线

之，而长轴朝向南北方向的长方形体型的建筑的节能效果最差。

3. 窗的设计与节能　窗在建筑设计中是一个独特的构件。一方面，窗要阻挡外界环境变化对室内的侵袭，另一方面，窗是使人在室内能够与室外及大自然沟通的渠道，人们可以通过窗户得到光和热，新鲜空气，观赏室外景物满足人们心理上的要求。由于窗户同时承担着隔绝与沟通室内外这两个互相矛盾的任务，因此，对窗户进行处理的难度就比较大。

窗的热耗在建筑物的总耗热量中所占比重很大。因此，设法减少门窗的耗热是建筑节能的重要内容。

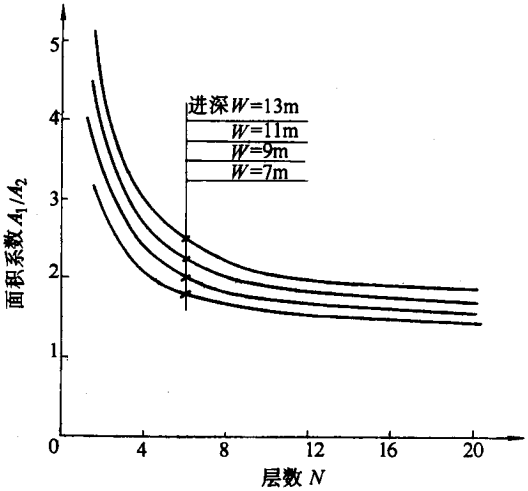


图 1－5　长度为 50m 时，层数 N 进深 W 与 A_1/A_2

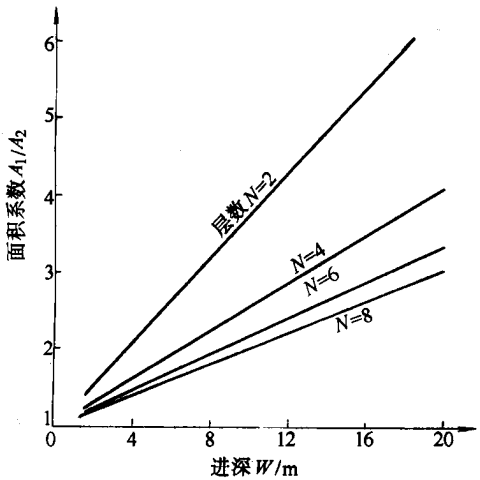


图 1－6　长度为 50m 时，进深 W、层数 N 与 A_1/A_2 的关系曲线

然而，窗并不仅仅是耗热构件，在有阳光照射时，太阳辐射热及天然光将进入室内。可见，将窗户设计成为得热构件也是可能的。

影响窗的热损失的主要因素是窗的传热系数，面积尺寸，其次是窗的朝向、遮挡状况、夜间保温和气密性等。下面分析这些因素与节能的关系。

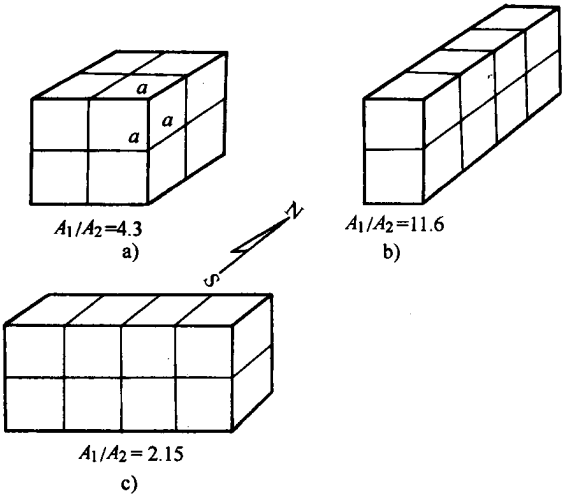


图 1－7　体积相同的三种简单方体型（A_1/A_2 值比较）

a）正方形　b）长轴朝向南北的长方形

c）长轴朝向东西的长方形

（1）窗墙比、玻璃层数及朝向对节能的影响：图 1－8～图 1－10 是以北京地区气象数据为准，室内温度按采暖计算温度 18℃计算，以 360mm 砖墙、单玻璃钢窗为基本条件，在改变窗面积，层数时计算出的节能率的变化。

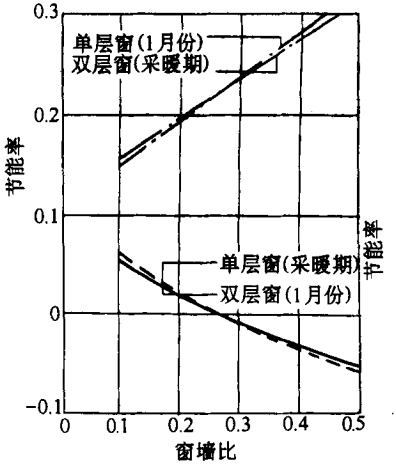


图 1－8　南向不同窗墙比与节能率的变化（采暖期，1 月份）

设南向窗户为 2.7m^2，窗墙比为 0.26 时的节能率为 0，以此为基础，窗

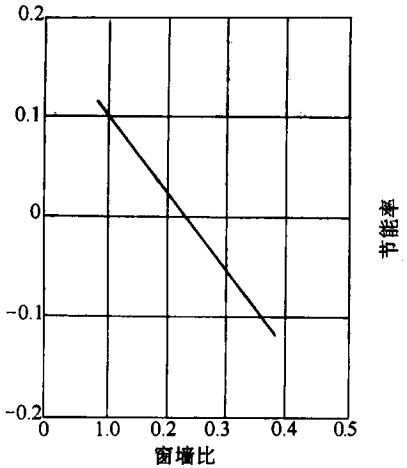


图 1－9　东向不同窗墙比与节能率的变化（单层窗，1 月份）

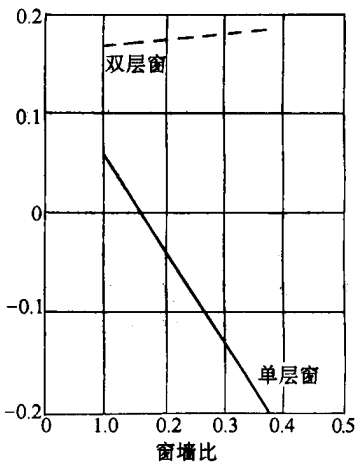


图 1－10　北向不同窗墙比与节能率的变化（1 月份）

墙比增加时，单层窗节能率下降，而双层钢窗却上升，这说明南向双层窗的辐射得热量大于窗的热耗而使南窗成为得热构件。采暖期的规律与 1 月份大致相同。东向和北向的单层窗节能率也随窗墙比增加而下降，此向用双层窗，窗墙比增加时节能率也略有增加。但三个不同朝向窗墙比增加时，节能率变化的灵敏度不同，单层窗时，北向窗的节能率灵敏度大，东向次之，南向最小。双层窗时，南向窗的节能率灵敏度比北向要高，这是由于北窗只接受散热辐射，采用双层窗时降低耗热与南向相同，但其日辐射得热却少得多

的缘故。

还需要注意的是，窗户的日辐射得热还与住宅所在地的气象条件有关。同一时刻各地的太阳辐射强度不同，投射到窗口的日辐射热也不相同，以北京和长春两个城市中不同类型南向窗在冬季各月份净得热或失热量的曲线（见图 1－11 和图 1－12）为例，在北京冬季使用双层钢窗就可使室内的日辐射得热量大于窗的热耗失量，而在长春，即使采用双层窗也依然是耗热构件。

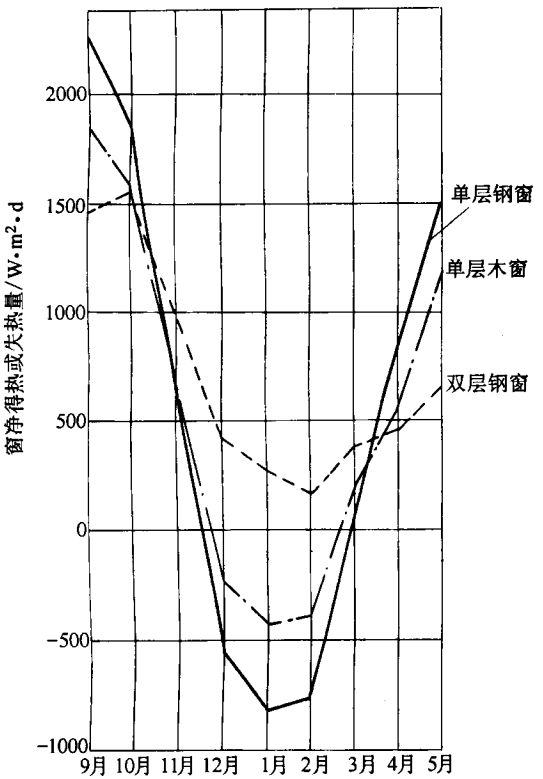


图 1－11　北京冬季各月单双层南向窗的净得热量与失热量

由上述分析可知，在进行窗的设计时，应根据地区的不同，选择层数不同的窗户构件，使其在本地区尽可能成为得热构件。在窗墙比的选择上，应区别不同朝向。对南向窗户，在选择合适层数及采取有效措施减少热耗的前提下可适当增加窗户面积，充分利用太阳辐射热；而对其他朝向的窗户，应在满足居室光环境质量要求的条件下适当减少开窗面积以降低热耗。

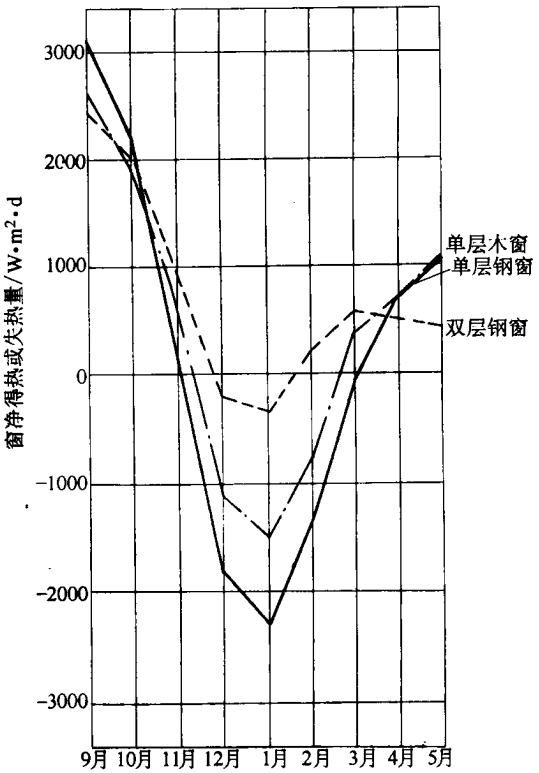


图 1－12　长春冬季各月单双层南向窗的净得热量与失热量

节能标准对窗墙面积比的规定见表 1－6。

表 1－6　　节能标准对窗墙面积比的规定

朝　向	原　标　准	新　标　准
北	0.20	0.25
东、西	0.30	0.30
南	0.35	0.35

新标准将北向窗户的窗墙面积比由原来的 0.20 改变为 0.25，其主要原因是，原来的窗墙面积比 0.20，窗户面积约为 1.2m×1.4m。这样大小的窗户对于北向面积稍大一些的房间来说常嫌太小，实践中常被突破；此外，由于新标准中围护结构的保温水平已有较大幅度的提高，寒冷地区一般也将采用双玻窗，因此，北向窗户稍稍开大些也是合理的。

（2）附加物对窗节能效果的影响

1）窗的夜间保温对节能的影响。居室的窗帘通常是阻挡视线，保证室内私密性和丰富室内色彩的装饰品，实际上，保温窗帘和保温板对减少晚上和夜间窗的热耗起着重要的作用。

图 1－13～图 1－15 分别表示南、东和北向的窗户增加夜间保温热绝缘系数对节能率的影响，从三个图中可以看到，不论何种朝向，当夜间窗户的保温热绝缘系数由 $0.156m^2 \cdot K/W$ 增加到 $3m^2 \cdot K/W$ 时，窗户的节能率都随之增加；但是节能率的灵敏度在不同的热绝缘系数阶段不同，保温热绝缘系数从 $0.156m^2 \cdot K/W$ 增至 $1m^2 \cdot K/W$ 的灵敏度最高，大于 $1m^2 \cdot K/W$ 以后，再增加夜间保温热绝缘系数则节能率增加有限；同时，三个朝向窗的临界热绝缘系数值有些差别。因此，窗在夜间应加设保温窗帘或保温板，窗的夜间保温热绝缘系数应选择在临界值附近以取得较好的节能效果。

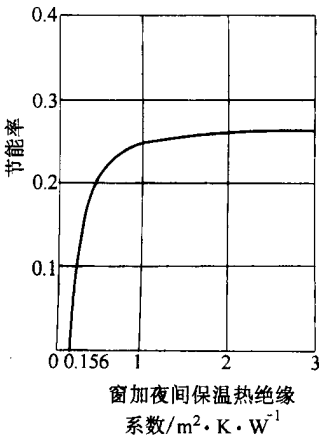


图 1－13　南向单层窗加夜间保温对节能率的影响（1 月份）

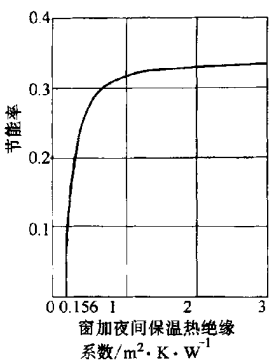


图 1－14　东向单层窗加夜间保温对节能率的影响（1 月份）

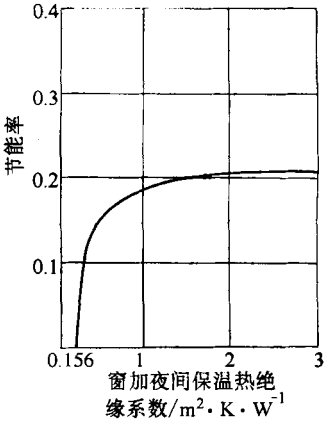


图 1－15　北向单层窗加夜间保温对节能率的影响（1 月份）

2）窗外遮挡对节能的影响。住宅的阳台在冬季对窗接受太阳辐射有一定的遮挡，遮挡的程度取决于阳台的挑出长度。且遮挡的情况还与朝向有关。在图 1－16 所示的南向阳台挑出长度与节能率的关系中看到，阳台挑出长度大于 0.5m 之后，节能率是下降的，而在图 1－17 中，东西向阳台的挑出长度则对节能率影响不大。因此，在满足使用功能的前提下，适当减少南向阳台的挑出长度对节能有利，对其他方向的阳台则不必如此。

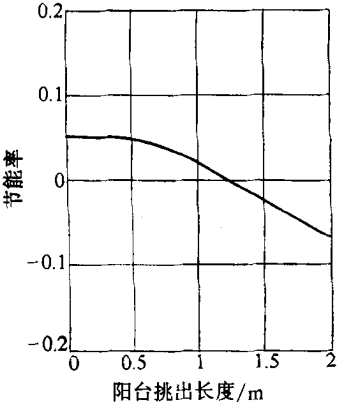


图 1－16　南阳台挑出长度与节能率的关系（1 月份）

3）窗的气密性与节能。窗的气密性的好坏对节能有很大的影响。窗的气密性差时，通过窗的缝隙渗透入室内的冷空气量加大，采暖热耗也随之增加。一般多层砖房因冷风渗透消耗的热量可达到采暖耗热总量的 25% ~ 30%，因此，改善窗的气密性是十分必要的。

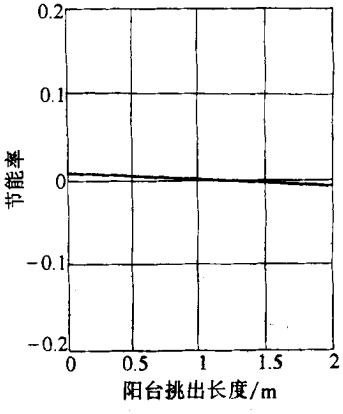


图 1－17　东西阳台挑出长度与节能率的关系（1 月份）

窗的气密性可用单位时间单位长度窗缝隙所渗透的空气体积表示，表 1－7 提出了作为我国外窗空气渗透性能国家标准的分级依据。房间的气密程度采用换气次数表示。窗的气密性好，空气渗透量小，则房间的换气次数就比较少。图 1－18 为北京地区—住宅南向房间的换气次数与节能率的关系。以每小时换气次数一次为基准，可以看到，节能率随换气次数的改变变化很大，换气次数从 1.5 次/h 降至 1 次/h 时可节约能耗 20%以上，从 1 次/h 降至 0.7 次/h 时可节约能耗 16%。因此，在满足房间卫生条件的前提下减少换气次数可以达到较好的节能效果。当然，换气次数的减少应控制在保证人对新鲜空气需求量的范围内，使室内空气质量无损于居住者的身心健康。

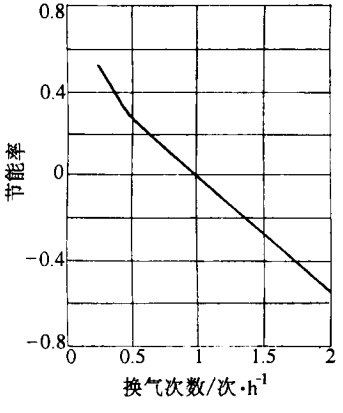


图 1－18　房间换气次数对节能率的影响（1 月份）

表 1－7　　外窗空气渗透性能分级（$\Delta P = 10Pa$）

级　别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
分级值/m^3（m·h）$^{-1}$	0.5	1.5	2.5	4.0	6.0

（3）不同气候区窗的设计：采暖期内的热耗与日辐射得热与建筑所在地区的气候条件有密切的关系。这是因为不同地区的太阳辐射强度不同，室外的采暖温度也不相同。在某些地区成为得热构件的窗户到另一地区就可能成为失热构件。例如，在北京地区和哈尔滨地区使用同样的南向窗户，计算出它们的节能率与窗墙比的变化关系（见图 1－19 和图 1－20）。比较两图，可以看到，使用单层钢窗时，哈尔滨地区的节能率随窗墙比的增加急剧下降，北京地区节能率虽也呈下降趋势，但比较平缓。若使用双层钢窗，哈尔滨地区的节能率仍随窗墙比增加而略有减小，而北京地区的节能率则与之相反呈上升趋势。这说明气候对窗的节能有很大的影响，在严寒地区不宜做单层窗，做双层窗能明显地减少热耗，但还需要采取增加夜间保温或改进窗的透过材料等措施才有可能使之成为得热构件。

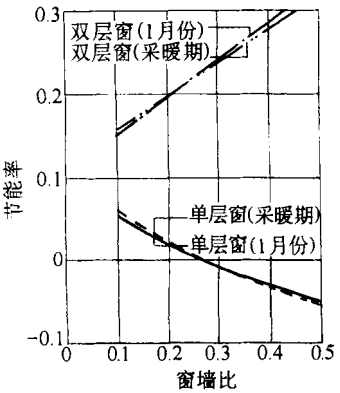


图 1－19　北京南向不同窗墙比与节能率的变化（采暖期，1 月份）

此外，在窗户采取夜间保温措施时，不同地区节能率随窗户保温热绝缘系数增加而上升的幅度也不相同。严寒地区保温热绝缘系数的临界点比寒冷地区要大。设计窗户夜间保温时也应该注意到它们的区别。

4. 最低耗能体型的选择　所谓最低耗能体型，是指建筑的各面尺寸与其有效传热系数相对应的最佳节能体型。对于长、宽、高不同的各种立方体型建筑的最佳节能尺寸，英国 L. March 等人研究了应用各面外围护结构的平均

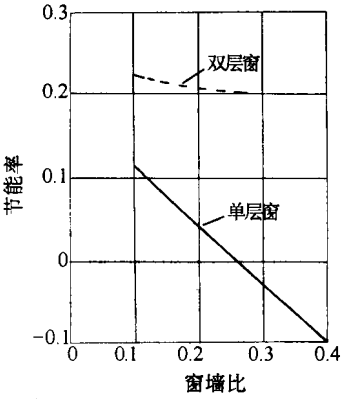


图 1－20　哈尔滨南向不同窗墙比与节能率的变化

有效传热系数来确定其与各面尺寸的关系，并得出：单位建筑面积耗热最小的体型条件应是建筑各向尺寸与各该向的平均有效传热系数之比相等，用公式表达为

$$\frac{K_1}{H}=\frac{K_2}{L}=\frac{K_3}{W} \tag{1-1}$$

或写成：$WLK_1 = WHK_2 = HLK_3$

即　$Q_1 = Q_2 = Q_3$

式中　K_1——屋顶和地面的平均有效传热系数；

K_2——建筑幢长方向两平行墙面及窗的平均有效传热系数；

K_3——建筑幢深方向两平行墙面及窗的平均有效传热系数；

H——建筑高度；

W——幢深；

L——幢长；

Q_1、Q_2、Q_3——三个方向的实际热流量。

在式中有效传热系数可以概括各地区和朝向的日辐射强度及构造本身传热系数的因素，使表达式比较简单明确，适合应用。

上述公式表明，最佳节能体型是以各面外围护结构传热特性的比例关系为准的，只有当建筑各面的有效传热系数相等时，即 $K_1 = K_2 = K_3$，则 $W = H = L$，即正立方体建筑耗热最少，这时将只由体形系数判定耗热的多少，体形系数小的耗热少，也就是正立方体为最佳体型。

在实际中，调节屋顶与外墙之间或东西墙与南北墙之间保温能力的比例关系，均可改变最佳体型尺寸。对朝南的建筑如加强北向墙及窗的保温，使其平均有效传热系数明显低于东西向，则建筑的最佳幢深尺寸可相对减小，即幢深可小于 12～14m 即可接近节能尺寸。这样较容易做到设计合理，同时又减少单位面积热耗。

总之，当各面的平均有效传热系数不同时，传热系数相对较小且有较大面积的体型，是最佳体型；而当各面的平均传热系数相同时，体形系数最小的体型，是最佳体型。

第三节 节能建筑体量的选择

建筑体量对其单位建筑面积采暖耗热影响很大。体量加大与耗热指标减少之间呈一定的曲线关系，即随着体量增加，开始时耗热指标下降较快，到一定阶段后趋于平缓，在面积增加到一定阶段后再继续加大，则进一步节能的效果就不明显。“耗热指标”在这里是指建筑各外围护结构（墙、窗、屋顶、地面）的总传热耗热损失除以建筑面积所得出的单位面积耗热量，其单位以 W/m^2 表示。

1. 适当增加总建筑面积　单幢建筑的总建筑面积越大，则单位建筑面积的传热耗热量越小。但这种因面积增加而产生的耗热量的下降是不均匀的，开始时较快，而当面积增加到一定限度后，再继续增加面积，节能效果就不明显了，如图 1－21 所示。

以体量（建筑总面积）从 $1000m^2$ 增至 $8000m^2$ 的耗热指标下降量为 100%，则其中 85%～86%是体量由 $1000m^2$ 增至 $4000m^2$ 所产生的，从 $4000m^2$ 再增至 $8000m^2$，耗热指标只降低其余的 14%～15%。在总下降量中又以建筑总面积从 $1000m^2$ 增至 $2000m^2$ 的节能效益最为明显。约占总下降量的 57%～58%。如以北京市按节能标准建造的 6 层住宅建筑为例，$4000m^2$ 的建筑可比 $1000m^2$ 建筑耗热指标减少 $6.98W/m^2$（幢深 10m 时）至 $7.68W/m^2$（幢深 11m 时），相当于节省了建筑总耗热量指标的 23.2%～26%。而 $8000m^2$ 的建筑只比 $4000m^2$ 的建筑耗热指标减少 $1.16W/m^2$（幢深 10m）至 $1.28W/m^2$（幢深 11m），相当于节省总耗热量指标的 3.9%～4%，显然前者效益显著而后者不

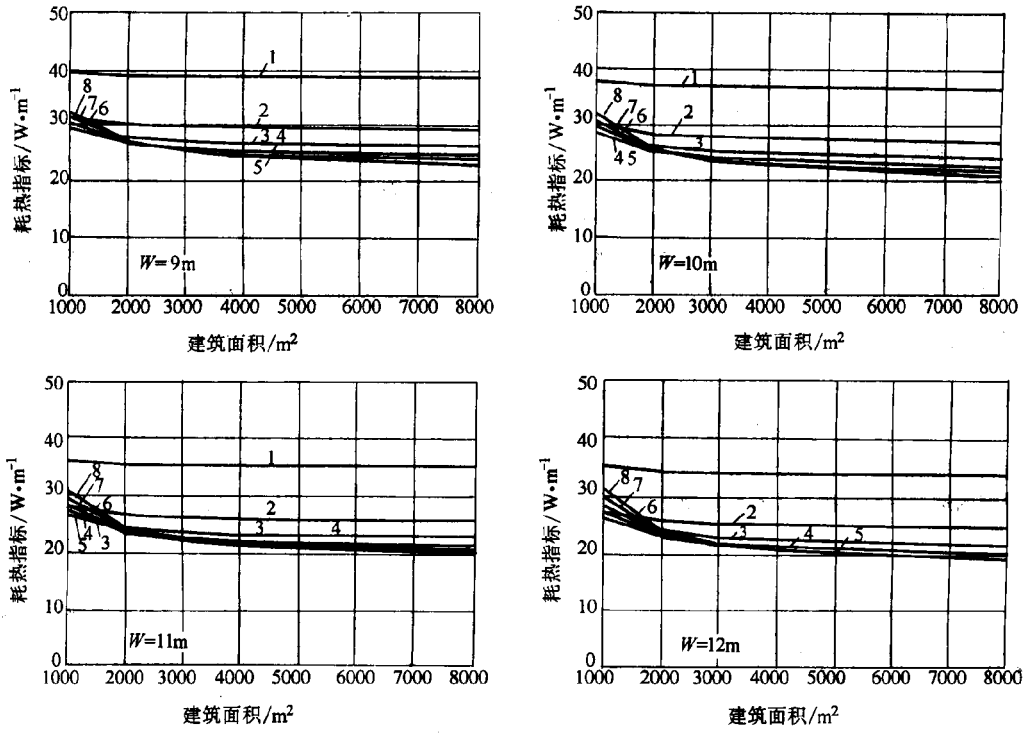


图 1－21　总建筑面积与耗热指标的关系（图中数字为层数 N　/ W—幢深）

明显。当然以 4000m² 作为分界不是绝对的。耗热曲线的变化随层数等的不同其过渡阶段大致在 3000～5000m² 左右。从大量数据的分析中得出：在选择体量时，应避免采用建筑面积在 2000m² 以下的小体量建筑，一般以建筑面积等于或大于 3000～4000m² 为宜。

2. 适当增加建筑层数　对于单幢建筑物来说，幢深越大、层数越多，体量加大所导致的节能效果越显著，尤其当幢深相同而层数不同时，随着层数的增加，由于体量加大而产生的节能效果是十分显著的（见表 1－8）。以幢深 12m 建筑为例，1 层时体量从 1000m² 增至 8000m²，耗热指标只减少 1.62W/m²，相当于减少 3.4%，而 6 层时这一耗热指标与 1 层相比就减少了 8.16W/m²，相当于减少 27%。

表 1－8　不同层数时体量加大与耗热指标降低的关系（幢深 12m）

耗热指标/W·m⁻² / 总层数	从 1000m² 增至 8000m² 的耗热指标降/W·m⁻²	与 1 层耗热指标降的差值/W·m⁻²
1	1.62	0
2	3.26	1.64
3	4.89	3.27
4	6.51	4.89
5	8.14	6.52
6	9.78	8.16
10	16.28	14.66

因此，一般来说层数多，幢深大的建筑更应采用较大的体量。

3. 选择适当的长宽比　节能建筑应尽量增大南向得热面积。建筑的长宽比对于节能也有很大的影响。对正南朝向来说，往往要求栋深小，一般是长宽比越大得热也越多。但须注意的是，如建筑朝向偏离正南方向，随着朝向的变化，长宽比对日辐射得热的影响就逐渐减少。计算得出对正南朝向（0°）建筑长宽比为 5:1 时，其各向墙面的辐射总得热量为方形（长宽比为 1:1）的 1.87 倍。但随着朝向的改变，这个比例也就逐渐减少。至偏东或偏西 45°时成为 1.562 倍。至偏东（西）67.5°时，各种长宽比体型的得热已相差不多，至东西向时，正方形的得热还比长方形得热稍多，显然，由于各朝向日辐射得热的变化给最佳体型选择增加了复杂性（见表 1－9）。

表 1－9　各种体型和朝向的外墙接受辐射的比值

朝向 / 长宽比	0°	15°	30°	45°	67.5°	90°
1:1	1	1.015	1.077	1.127	1.071	1
2:1	1.27	1.27	1.264	1.215	1.004	0.851
3:1	1.50	1.487	1.441	1.334	1.021	0.851
4:1	1.70	1.678	1.603	1.451	1.059	0.81
5:1	1.87	1.85	1.752	1.562	1.103	0.81

第二章　围护结构节能设计

采暖居住建筑的耗热量由通过建筑物围护结构的传热耗热量和通过门窗缝隙的空气渗透耗热量两部分构成。以北京地区 80 住 2～4、80MD1、81 试塔 1 等三种多层住宅为例，建筑物耗热量主要由通过围护结构的传热耗热量构成，约占 73%～77%；其次为通过门窗缝隙的空气渗透耗热量，约占 23%～27%。在传热耗热量所占的份额中，外墙约占 23%～34%；窗户约占 23%～25%；楼梯间隔墙约占 6%～11%；屋顶约占 7%～8%；阳台门下部约占 29%～39%；户门约占 2%～3%；地面约占 2%。窗户的传热耗热量与空气渗透耗热量相加，约占全部耗热量的 50%。哈尔滨地区 80 龙住 1，4 个单元 6 层楼，砖混结构住宅，在建筑物耗热量中，传热耗热量约占 71%，空气渗透耗热量约占 29%。在传热耗热量所占份额中，窗户约占 28.7%；外墙约占 27.9%；屋顶约占 8.6%；地面约占 3.6%；阳台门下部约占 1.4%；外门约占 1%。窗户的传热耗热量与空气渗透耗热量相加，约占全部耗热量的 57.7%。

从传热耗热量的构成来看，外墙所占比例最大，其次是窗户，以下是楼梯间隔墙（在有不采暖楼梯间情况下）和屋顶，阳台门下部、户门和地面所占比例较小，但这些部位的保温也是不可忽视的。

可以看出，窗户是耗热的薄弱环节，是节能的重点部位，改善建筑物窗户（包括阳台门）的保温性能和加强窗户的气密性是节能的关键措施。但是，加强窗户的气密性以减少空气渗透耗热量是以保证室内最低限度的换气次数（或空气质量）为限度的。窗户过于密闭，一则室内空气质量达不到基本的卫生要求，二则会使窗户造价提高。因此，窗户的气密性达到Ⅱ级和Ⅲ级即可。

《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）JGJ26—1995》所确定的建筑节能总目标为：在保证使用功能和建筑质量并符合经济原则的条件下，在当地 1980～1981 年住宅通用设计的基础上实现节能 50%，其中，要求改

善建筑围护结构设计，以减少建筑物采暖耗热量30%。

新标准中提高了对围护结构的保温要求（见表2－1）而且考虑了抗震柱、圈梁等周边热桥部位对外墙传热的影响，并要求不同地区采暖居住建筑各部分围护结构传热系数不得超过标准规定的限值，参见附录A中表A10。

表2－1　　节能标准对围护结构保温性能（传热系数）的要求

［单位：W/（m²·K）］

地区	原标准					新标准				
	屋面	外墙	窗户（含阳台门上部）	阳台门下部	户门	屋面	外墙	窗户（含阳台门上部）	阳台门下部	户门
西安	1.00	1.60	6.40	1.72	2.91	0.80	1.00 1.28	4.70（双玻塑窗） 4.00（双玻钢窗）	1.70	2.70
兰州	0.85	1.05 1.35	南、东、西6.40 北3.26	1.72	2.91	0.70	0.85 1.10	4.70 4.00	1.70	2.00
呼和浩特	0.70	1.00	3.26	1.36	—	0.60	0.65	3.00	1.35	—
乌鲁木齐	0.68	0.94	3.26	1.36	0.50	0.56	2.50	1.35	—	
北京	0.91	1.28 1.61	南、东、西6.40 北3.26	1.72	2.91	0.80	0.90 1.61	4.70 4.00	1.70	2.00
沈阳	0.60	1.05	3.26	1.36	2.91	0.60	0.68	3.00	1.35	1.50
长春	0.67	0.85	3.26	1.36		0.50	0.56	2.50	1.35	—
哈尔滨	0.64	0.73 0.84	南、东、西3.26 北2.09	1.36	—	0.50	0.52	2.50	1.35	—
海伦满洲里	—	—	—	—	—	0.40	0.52	2.00	1.35	—

注：表中外墙和屋面的传热系数限且适用于体形系数小于0.30的建筑。

第一节　外　　墙

1. 外墙的类型

1）外墙按其保温层所在位置分，目前主要有：单一保温外墙、内保温外墙、外保温上墙的夹芯保温外墙4种类型。

2）外墙按其主本结构所用材料分，目前主要有：加气混凝土外墙、粘土空心外墙、粘土（实心）砖外墙、混凝土空心砌块外墙、钢筋混凝土外墙、其他非粘土砖外墙等。

按照新标准对外墙的保温新规定，在单一材料墙体中，只有加气混凝土

墙体（热桥部位还要作外保温处理）才能满足要求。从西安到佳木斯地区的墙体厚度为 200 ~ 450mm。若采用粘土多孔砖墙体，其厚度在西安地区为 370mm，北京地区为 490mm，沈阳地区为 760mm，哈尔滨地区为 1020mm。这样的厚度显然是不可行的。

采用内保温的墙体，目前除了存在着显著的周边热桥影响之外，还存在着占用使用面积、不便于居民二次装修等问题。如能解决抗震柱、圈梁等热桥部位外侧的保温以及二次装修等问题，则内保温墙体仍有一定的使用价值。内保温和外保温墙体的比较参见图 2 - 1 所示。

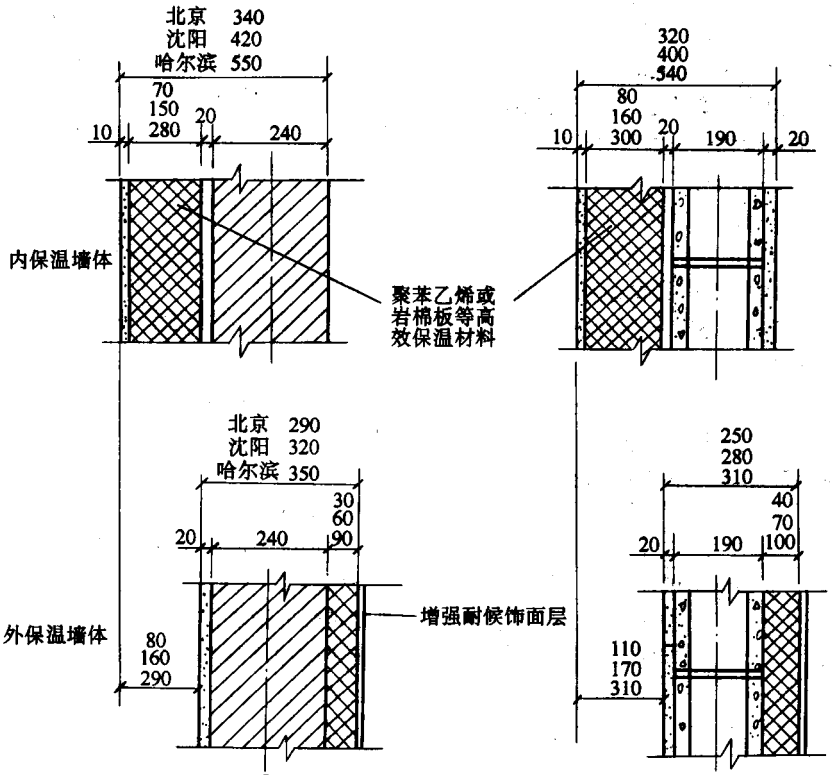


图 2 - 1　内保温和外保温墙体的比较

鉴于上述情况，根本的出路还在于发展高效保温节能的外保温墙体。这种外保温墙体的主体墙可采用各种混凝土空心砌块、非粘土砖、粘土空心砖墙体，以及现浇混凝土墙体等，外侧可采用轻质高效保温隔热层和耐候饰面层。在达到同样节能效果的条件下，采用外保温墙体，由于基本消除热桥的

影响，北京、沈阳、哈尔滨三地区，保温材料用量可分别节省 44%、48%、58%；由于保温材料贴在外侧，墙体减薄，每户使用面积可分别增加 1.2m²、2.4m²、4.2m²（主体墙为砖墙时），或分别增加 1.6m²、2.5m²、4.6m²（主体墙为混凝土空心砌块墙体时），其经济价值是十分可观的（见附录 B 中图 B1）。北京市已于 1997 年 1 月 1 日开始实施住宅商品房以使用面积计价的政策，这一政策将有力地促进墙体材料革新和建筑节能的发展。

为了满足新标准的要求，几种可供选择的保温节能墙体见附录 B 中图 B1。

2. 外墙的热工性能指标

1）外墙的热工性能指标包括外墙主体部位（即窗户、阳台门、抗震柱、圈梁、窗过梁等除外的部位）的热情性指标 D 值、热绝缘系数 M、传热系数 K_p 以及外墙的平均传热系数 K_m。

2）加气混凝土外墙热工性能指标见附录 B 中表 B1；粘土空心砖外墙热工性能指标见附录 B 中表 B2，粘土实心砖外墙热工性能指标见附录 B 中表 B3；混凝土空心砌块外墙热工性能指标见附录 B 中表 B4；钢筋混凝土外墙热工性能指标见附录 B 中表 B5。

3. 附录 B 中表 B1 ~ 表 B5 使用方法

1）新标准对外墙传热系数限值的规定见表 B1。表中外墙的传热系数限值系指考虑周边热桥影响后的外墙平均传热系数。在进行节能设计时，可在附录 B 中表 B2 ~ 表 B6 中选择外墙种类、构造和保温层厚度，使所选择的外墙平均传热系数小于或等于表 B1 中规定的限值，即为符合新标准的要求。

2）附录 B 中表 B1 ~ 表 B5 中没有列入的外墙，设计人员可按规定的方法计算该外墙的平均传热系数，并使之小于或等于表 B1 中规定的限值，即为符合新标准的要求。在计算外墙平均传热系数时，只需选择有代表性的外墙（例如带 1.5m × 1.4m 窗户、开间为 3.3m、层高为 2.7m 的檐墙）进行计算即可。

第二节 屋 面

1. 屋面的类型

（1）屋面按其保温层所在位置分，目前主要有：单一保温屋面、外保温屋面、内保温屋面和夹芯保温屋面 4 种类型，但目前绝大多数为外保温屋面。

虽然新标准提高了对屋面的保温要求，但是绝大多数屋面为外保温构造。这种构造受周边热桥的影响较小。为了提高屋面的保温性能，以满足新标准的要求，主要应从采用轻质高效、吸水率低或不吸水的可长期使用、性能稳定的保温材料作为保温隔热层，以及改进屋面构造、使之有利于排除湿气等措施入手。国外一些发达国家，采用轻质高强、吸水率极低的挤塑型聚苯板作为保温隔热层的倒铺屋面（见图 2－2 及图 2－3），取得了较好的保温隔热和保护防水层的效果。这一经验可供我国借鉴。近年来国内一些单位研制开发的憎水型水泥膨胀珍珠岩保温板、憎水型废橡胶防水胶粘结膨胀珍珠岩保温板、水泥聚苯保温隔热空心砌块等屋面保温隔热材料，以及屋面架空、微通风等构造做法，均有利于提高屋面的保温隔热性能，从而取得较好的节能和改善顶层房间热环境的效果。

（2）屋面按保温层所用材料分，目前主要有：加气混凝土保温屋面；乳化沥青珍珠岩保温屋面；憎水型珍珠岩保温屋面；聚苯板保温屋面；水泥聚苯板保温屋面；岩棉、玻璃棉板保温屋面；浮石砂保温屋面；彩色钢板聚苯乙烯泡沫夹芯保温屋面；彩色钢板聚氨酯硬泡夹芯保温屋面等。

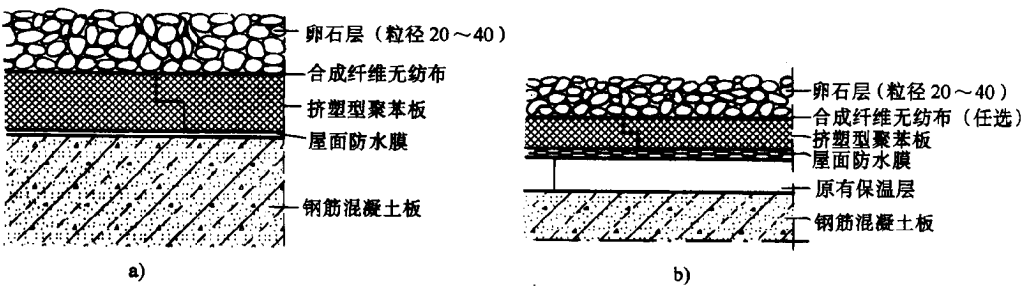
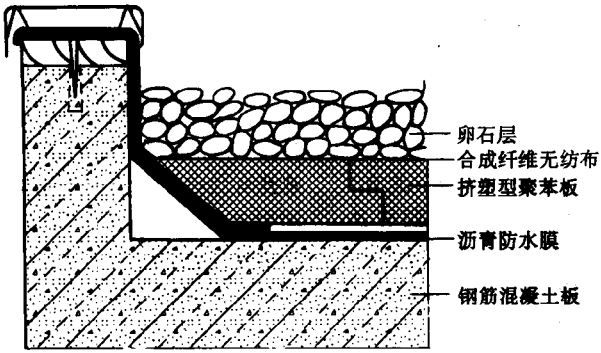


图 2－2　倒铺屋面构造

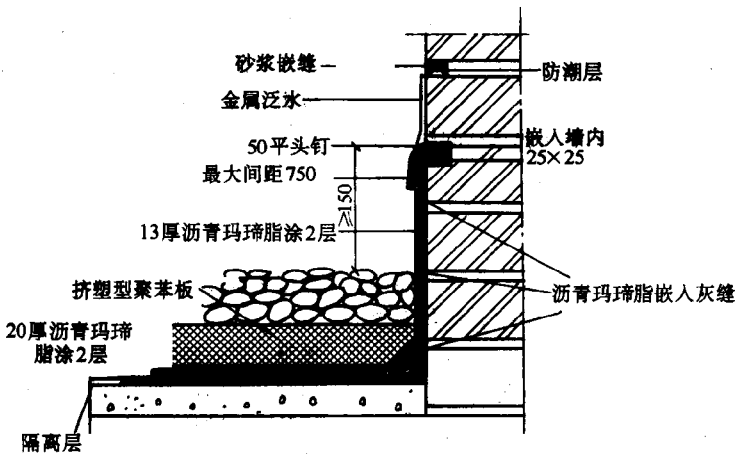
a）新建屋面保温　b）原有屋面提高保温

2. 屋面的热工性能指标

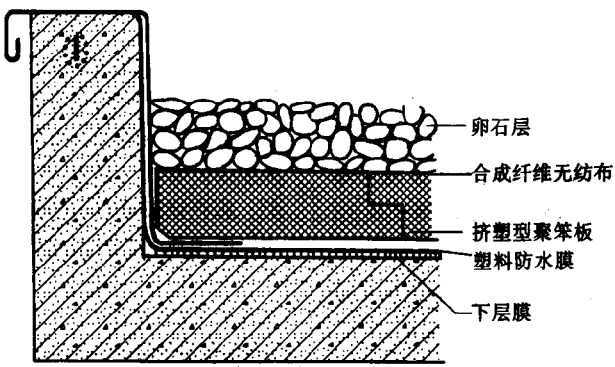
（1）屋面的热工性能指标主要包括：热情性指标 D 值、热绝缘系数 M、传热系数 K。



a)



b)



c)

图 2－3　倒铺屋面与女儿墙连接构造

a）沥清防水处理　b）沥青玛蹄脂防水处理　c）塑料防水膜防水处理

（2）加气混凝土保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B6；乳化沥青珍珠岩保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B7；憎水型珍珠岩保温屋面热工性能指标见表附录 B 中表 B8；聚苯板保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B9；挤塑型聚苯板保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B10；水泥聚苯板保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B11；岩棉、玻璃棉板保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B12；浮石砂保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B13；彩色钢板聚苯乙烯泡抹夹芯保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B14；彩色钢板聚氨酯硬泡夹芯保温屋面热工性能指标见附录 B 中表 B15。

3. 附录 B 中表 B6～附录 B 表 B15 使用方法

1）新标准对屋面传热系数限值的规定见本手册附录 A 中表 A10。设计人员可在附录 B 中表 B6～表 B15 中选择屋面种类、构造和保温层厚度，使所选择的屋面传热系数小于或等于附录 A 中表 A10 中规定的限值，即为符合新标准的要求。

2）附录 B 中表 B6～表 B15 中没有列入的屋面，设计人员可按本章第四节中“相关规定”的方法计算该屋面的传热系数，并使之小于或等于附录 B 中表 B1 中规定的限值，即为符合新标准的要求。

第三节　门　　窗

门窗是传热和空气渗透的薄弱环节。为了实现节能 50%这一目标，新标准对门窗的保温性能提出了更高的要求（见表 2－1），如在西安、北京、天津等地区，单层钢窗或铝窗［$K=6.40W/(m^2\cdot K)$］已不能采用，但单层塑料窗［$K=4.70W/(m^2\cdot K)$］仍可采用，条件是要加强外墙的保温；在长春、哈尔滨、乌鲁木齐等地区，要求窗户的传热系数 $K<2.50W/(m^2\cdot K)$，一般双层钢窗或铝窗［$K=3.0W/(m^2\cdot K)$］已不能满足要求，但单框双玻塑料窗［$K=2.4\sim2.8W/(m^2\cdot K)$］可以满足要求；在海伦和满洲里等地区，要求窗户的传热系数［$K\leqslant2.00W/(m^2\cdot K)$］，单层窗加单框双玻塑料窗可以满足要求，但这种窗户构造复杂、笨重、遮光、不便于擦洗等，需要探索新路。

1. 门窗保温性能

（1）节能标准对门宙保温性能的要求见表 2－1 及附录 A 中表 A10。

（2）窗户的传热系数和热绝缘系数见表 2－2。

表 2－2 窗户的传热系数和热绝缘系数

窗框材料	窗户类型	空气层厚度/mm	窗框窗洞面积比（%）	传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/m^2·K·W^{-1}
钢铝	单层窗		20～30	6.4	0.16
	单框双玻窗	12	20～30	3.9	0.26
		16	20～30	3.7	0.27
		20～30	20～30	3.6	0.28
	双层窗	100～140	20～30	3.0	0.33
	单层窗＋单框双玻窗	100～140	20～30	2.5	0.40
木□塑料	单层窗		30～40	4.7	0.21
	单框双玻窗	12	30～40	2.7	0.37
		16	38～40	2.6	0.38
		20～30	30～40	2.5	0.40
	双层窗	100～140	30～40	2.3	0.43
	单层窗＋单框双玻窗	100～140	30～40	2.0	0.50

注：1. 窗户的传热系数应按经国家计量认证的质检机构提供的测定值采用；如无上述机构提供的测定值，则可按表中值采用。

2. 本表中的窗户包括阳台门上部带玻璃部分。阳台门下部不透明部分的传热系数，如下部不作保温处理，可按表中值采用；如作保温处理，可按计算值采用。

3. 本表据《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）。

（3）门的传热系数和热绝缘系数见表 2－3。

表 2－3 门的传热系数和热绝缘系数

门框材料	门的类型	传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/m^2·K·W^{-1}
木□塑料	单层实体门	3.5	0.29
	夹板门和蜂窝夹芯门	2.5	0.40
	双层玻璃门（玻璃比例不限）	2.5	0.40
	单层玻璃门（玻璃比例小于 30%）	4.5	0.22
	单层玻璃门（玻璃比例 30%～60%）	5.0	0.20

续表

门框材料	门的类型	传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/m^2·K·W^{-1}
金属	单层实体门	6.5	0.15
	单层玻璃门（玻璃比例不限）	6.5	0.15
	单框双玻门（玻璃比例小于 30% =）	5.0	0.20
	单框双玻门（玻璃比例 30% ~ 70%）	4.5	0.22
无框	单层玻璃门	6.5	0.15

（4）窗户保温性能分级见表 2－4。

表 2－4　窗户保温性能分级

等级	传热系数 K /W（m^2·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M /m^2·K·W^{-1}
Ⅰ	≤2.00	≥0.500
Ⅱ	>2.00，≤3.00	<0.500，≥0.333
Ⅲ	>3.00，≤4.00	<0.333，≥0.250
Ⅳ	>4.00，≤5.00	<0.250，≥0.200
Ⅴ	>5.00，≤6.40	<0.200，≥0.156

注：本表据《建筑外窗保温性能分级及其检测方法》（GB/T8484—2002）。

（5）改善门窗保温性能的措施

1）改善镶嵌部分的保温能力。外门窗镶嵌部分保温性能提高的方法主要是设法增加其空气间层数目和加强其对红外线的反射能力。为增加空气层层数，可采用多层透明镶嵌材料。经实测及调研知，空气间层的最佳厚度为 20 ~ 25mm。当采用双层或三层玻璃时，还需注意中间空气层的防尘和防结露问题。此外，在窗内窗外侧粘贴透明塑料薄膜也可形成空气间层，取得一定的保温效果。

提高镶嵌材料对红外线的反射能力也可改善其保温性能。一种对红外线高反射，低辐射放热性的红外线反射薄膜材料在我国已取得初步研制成果，将其和普通玻璃组成中空镶嵌组合体，保温能力高于普通中空玻璃，传热系数比使用单层玻璃可降低 1.0 ~ 1.5W/（m^2·K），可大大减少透过镶嵌材料的热损失。

2）加强窗框部分的保温措施。改善窗框部分保温能力的方法主要是对

窗框进行断热处理，用高效保温材料镶嵌于金属窗框之间，加大窗框的热绝缘系数，或利用空腹钢窗内的空气间层达到增加空框热绝缘系数的目的。同时，选用热导率较小的塑料窗框也可以减少通过窗框部分的热耗。

2. 门窗的气密性

（1）节能标准对门窗气密性的要求，见表 2－5。

表 2－5　　节能标准对门窗气密性的要求

建筑层数	原标准		新标准	
	气密性等级	空气渗透量 q_0/ m^3（m·h）$^{-1}$	气密性等级	空气渗透量 q_0/ m^3（m·h）$^{-1}$
低层和多层（1～6 层）	Ⅲ	≤2.5	Ⅲ	≤2.5
中高层和高层（7～30 层）	Ⅱ	≤ 1.5	Ⅱ	≤1.5

注：空气渗透量 q_o 系指门窗试件两侧空气压力差为 10Pa 条件下，每小时通过每米缝长的空气渗透量。

（2）窗户气密性分级见表 2－6。

表 2－6　　窗户气密性分级

等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
空气渗透量 q_0/ m^3（m·h）$^{-1}$ ≤	0.5	1.5	2.5	4.0	6.0

注：本表据《建筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》（GB/T7107—2002）。

（3）加强窗户的气密性的措施：我国目前常用窗的气密性水平还处于较低的阶段。经过近几年的测定和调研，常用窗的气密性水平和普测结果列于表 2－7。特别是在常用窗型中用量最多的钢窗，其气密性等级均处于相当低的范围内。而国外的民用建筑，尤其是居住建筑，外窗的气密性等级都要求在Ⅰ～Ⅱ级之间。由此可知，不改变窗户气密性水平过低的问题，将难以满足节能设计的要求。

表 2－7　　窗户气密性等级

窗户类型		空气渗透量 $q_0/m^3(m\cdot h)^{-1}$	所属等级	等级范围
实腹钢窗	普通非气密型窗	4.2	Ⅴ	Ⅰ～Ⅴ
	标准型气密窗	1.7	Ⅲ	
	国标气密条密封窗	0.23	Ⅰ	
空腹钢窗	普通非气密型窗	4.6	Ⅴ	Ⅱ～Ⅴ
	改进非气密型窗	3.5	Ⅳ	
	标准型气密窗	2.3	Ⅲ	
	国标气密条密封窗	0.56	Ⅱ	
推拉铝窗		2.5	Ⅲ	Ⅱ～Ⅲ
平开铝窗		0.5	Ⅰ	Ⅰ～Ⅱ
塑料窗		1.0	Ⅱ	Ⅱ～Ⅲ

普通单层钢窗 $q_0 < 5.0m^3/(m\cdot h)$，属Ⅴ级；普通双层钢窗 $q_0 > 3.5m^3/(m\cdot h)$，属Ⅳ级，因此，都不能满足节能要求。在钢窗中，只有制作和安装质量良好的标准型气密窗、国标气密条密封窗，以及类似的带气密条的窗户，才能达到Ⅰ～Ⅲ级。平开铝窗、塑料窗、钢塑复合窗等能达到Ⅰ级。推拉铝窗、塑料窗能达到Ⅱ～Ⅲ级。新标准对门窗气密性的要求保持不变，一则是因为这样的气密性等级一般已能满足房间最低限度的换气要求；二则是因为在技术经济上可行。

改进窗户气密性可采取以下措施：

第一、通过提高窗用型材的规格尺寸、准确度、尺寸稳定性和组装的精确度以增加开启缝隙部位的搭接量，减少开启缝的宽度达到减少空气渗透的目的。

第二、采用气密条，提高外窗气密水平。各种气密条由于所用材料、断面形状、装置部位等情况不同，密封效果也略有差异。各种类型气密条效果参见表 2－8。

表 2－8　　各种钢窗气密条性能比较

气密条种类	材　料	气密水平表征值/m^3（m·h）$^{-1}$（ΔP = 10Pa）	开关力	耐火性
实腹钢窗用标准型气密条	橡胶	7.0	偏大	好
空腹钢窗用标准型气密条	橡胶	10.7	偏大	好
实腹钢窗用新型粘接式气密条	泡沫氯丁橡胶	1.4	正常	较好
空腹钢窗用新型粘接式气密条	泡沫氯丁橡胶	1.3	正常	较好
聚乙烯泡沫密封条	聚乙烯	0.48	偏大	较好
聚氨酯泡沫密封条	聚氨酯	0.97	正常	较差

3. 窗户的经济评价　评价窗户的经济性，要提倡全面的经济观点，不仅仅着眼于单位面积窗户的价格。例如，单层钢窗和木窗，虽然一次性投资较少，但每隔 2～3 年就需要维修一次，而且其使用寿命也较短，所以从长远来看不一定经济。较为全面的经济评价应考虑在建筑物使用寿命时期内，单位面积窗户的一次性投资、维修和更新费用，以及采暖和空调费用等。鉴于窗户的热绝缘系数值与采暖能耗直接相关，因此，建议在采暖建筑中，用窗户单位热绝缘系数的价格作为评价其经济性的一个指标。不同类型窗户的单价和单位热绝缘系数价格，见表 2－9。

表 2－9　　同类型窗户的单价和单位热绝缘系数价格

窗户类型	传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/m^2·K·W^{-1}	单价/元·m^{-2}	单位传热系数价格/元·W（m^2·K）$^{-1}$
单层钢窗	6.4	0.156	160	1025.6
单框双玻钢窗	4.0	0.25	200	800.0
单层塑料窗	4.7	0.213	220	1032.9
单框双玻塑料窗	2.5	0.40	260	650.0
单层彩板钢窗	6.0	0.167	300	1796.4
单框双玻彩板钢窗	4.0	0.25	340	1360.0
单层铝窗	6.4	0.156	320	2051.3
单框双玻铝窗	4.0	0.25	380	1520.0

由表 2－9 可见，单层钢窗的单价虽较低，但其单位传热系数价格偏高；单层塑料窗的单价虽高于单层钢窗，但两者的单位传热系数价格接近；单框双玻塑料窗的单位传热系数价格最低。

第四节　地　　面

地板和地面的保温是容易被人们忽视的问题。实践证明，在严寒和寒冷地区的采暖建筑中，接触室外空气的地板，以及不采暖地下室上面的地板如不加保温，则不仅增加采暖能耗，而且因地面温度过低，严重影响居民健康；在严寒地区、直接接触土壤的周边地面如不加保温，则接近墙脚的周边地面因温度过低，不仅可能出现结露，而且可能出现结霜，严重影响居民使用。新标准从改善室内热环境和控制采暖能耗出发，对地板和地面的保温作出了规定。

1. 地面的分类　地面按其是否直接接触土壤分为两类：

1）不直接接触土壤的地面，又称地板，其中又分为接触室外空气的地板和不采暖地下室上部的地板，以及底部架空的地板等。

2）直接接触土壤的地面。

2. 地面的卫生要求　《民用建筑热工设计规范》（GB350176—1993）从卫生要求（即避免人脚着凉）出发，对地面的热工性能分类及适用的建筑类型作出了规定，见表 2－10。

表 2－10　　地面热工性能分类

类别	吸热指数 B 值 /W（$m^2 \cdot h^{-1/2} \cdot K)^{-1}$	适用的建筑类型
Ⅰ	< 17	高级居住建筑，托幼、医疗建筑等
Ⅱ	17 ~ 23	一般居住建筑，办公、学校建筑等
Ⅲ	> 23	临时逗留及室温高于 23℃的采暖房间

注：表中 B 值是反映地面从人体脚部吸收热量多少和速度的一个指数。厚度为 3 ~ 4mm 的面层材料的热渗透系数对 B 值的影响最大。热渗透系数 $b = \sqrt{\lambda c \rho}$，故面层宜选择密度 ρ、比热容 c 和热导率 λ 小的材料较为有利。

几种地面吸热指数 B 值及热工性能类别见附录 B 中表 B19。

3. 地面的保温要求　节能标准对地面的保温要求见附录 B 中表 B1。对于接触室外空气的地板（如骑楼、过街楼的地板），以及不采暖地下室上部的地板等，应采取保温措施，使地板的传热系数小于或等于表中值。

几种保温地板的热工性能指标见附录 B 中表 B20。

对于直接接触土壤的非周边地面，一般不需作保温处理，其传热系数即可满足新标准的要求（见附录 A 中表 A10）。对于直接接触土壤的周边地面（即从外墙内侧算起 2.0m 范围内的地面），应采取保温措施、使地面的传热系数小于或等于 0.30W/（m^2·K）。满足这一要求的地面保温构造见附录 B 中图 B17。

附录 B 中图 B18 为英国几种典型的地面保温构造。

第五节　地下室

把建筑物设于地下室或地下通风层之上是防止房间内的热量被吸收入土层中去的一种有效办法。采用这种办法，必须在地下室或地下通风层修筑有效的保温设施。由于房间内的很大一部分暖气是通过地下室上部的，尤其是露出地面以上的墙体泄出室外的。因此，对这些部分更应加强保温的要求（见图 2－4～图 2－6）。如果第一层的底下需要留出通风孔、则必须在第一层的地面底部设置保温措施（见图 2－7）。地下室的保温层可以设于墙内或墙外，但如地下室本身有采暖设施时，则保温层还是设在墙外比较好。

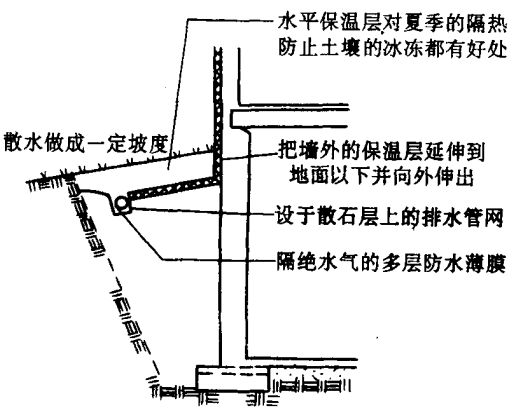


图 2－4　墙体外侧保温层延伸至散水的下面

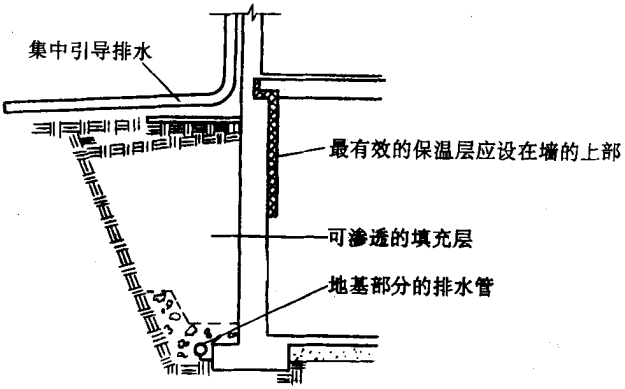


图 2－5　墙身内侧上部保温，对防止暖气热泄露最为有效

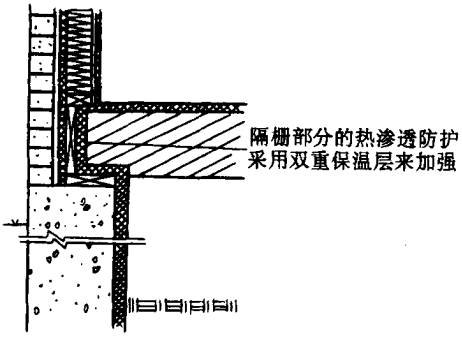


图 2－6　露出地面部分的双重保温层

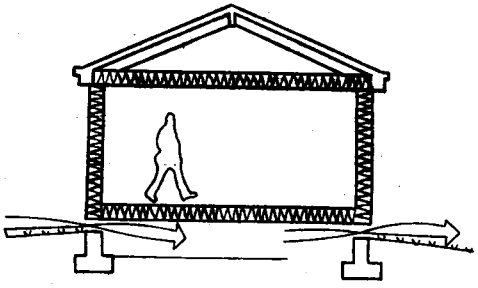


图 2－7　首层地面下部设通风孔时，保温层的位置

第三章　节能建筑计算机辅助设计

第一节　目的和内容

节能建筑计算机辅助设计是随着建筑节能工作的开展，CAD 在建筑上的一个新的应用领域。节能建筑计算机辅助设计的着眼点是建筑的热工分析，其主要目的有二：一方面是辅助建筑师在建筑扩大初步设计阶段作建筑热工设计，合理地设计建筑节点，并校核建筑能耗。另一方面是辅助暖通工程师作供热系统的设计。根据不同的目的，节能建筑计算机辅助设计有不同的内容。

1. 节能建筑计算机辅助热工设计　建筑师在建筑热工设计阶段需要对建筑物进行热工分析，主要内容为：校核围护结构内表面温度，判断围护结构内表面是否有结露可能；计算建筑物平均耗热量，判断其是否达到节能指标。

校核围护结构内表面温度不仅包括围护结构主断面内表面温度，还包括建筑中热桥所在部位内表面温度，而且热桥处往往温度较低，是可能出现露点的部位，尤其在节能建筑中，围护结构采用保温材料。主断面热绝缘系数增加，内表面温度一般较高，不会出现结露现象；而热桥部位由于结构的要求，保温材料出现断点，造成局部内表面温度过低，甚至低于室内空气的露点温度，出现结露现象。有必要对热桥处进行准确的热工分析，而热桥处的传热一般为二维或三维传热，手工计算相当困难，需要借助计算机来完成。利用计算机分析热桥，并进行建筑节点辅助设计是节能建筑计算机辅助设计的一个重要方面。

利用计算机的图像数字化技术使人们能同时采集大量信息并对各信息能够定位，如用红外摄像机将环境中各表面的辐射强度输入计算机，根据各表

面的辐射系数得到环境中各表面温度的分布。用这种技术，我们能够了解建筑外墙各部分的保温情况，判断出热冷桥的部位。

从图 3－1 中明显可看出楼板、过梁、内墙处冷桥的情况，图上各点温度在图像左边的白框中显示，通过计算机的处理还可以画出任一范围并显示出这一范围内表面温度的平均值、最大值及最小值。

图 3－1　天津大学一校舍的热像图

分析建筑物是否满足节能要求，需要计算建筑物耗热量指标，以此指标作为建筑是否满足节能要求的判据。如不满足，则应对建筑物进行改进，使其最经济合理地满足节能要求。建筑物耗热量指标可以通过动态法或稳态法计算出来。在节能设计标准中，考虑到计算工作的简化采用稳态估算方法计算，尽管如此，手工计算建筑物耗热量指标工作量仍然很大，而且，热桥的附加传热是节能建筑的能耗的一部分，手工计算热桥的附加传热是相当困难和复杂的，借助计算机来完成此部分工作，可大大简化建筑师的计算工作量，尤其在各方案比较的过程中，计算机的优势可充分显示出来。

2. 供热系统计算机辅助设计　采暖系统的设计相对来说比较简单，目前辅助暖通工程师作供热系统设计的 CAD 软件已经相当成熟，采用新型围护结构之后，建筑热负荷计算也遇到了新的问题。其中很重要的一个因素就是热桥的影响。热桥对节能建筑的能耗和供暖热指标影响较大，而且热桥的影响因围护结构的构造不同而不同。设计者在计算热负荷时，必须考虑到热桥的影响。这就是说，节能建筑供热系统的设计过程中使用已有的 CAD 软件，负荷计算不考虑热桥的影响是不行的。节能建筑计算机辅助设计需要解决的是准确、合理地预测出建筑物的热负荷，以便经济合理地选择设备或选择良好的围护结构形式和材料，以最经济的方式满足使用者对环境的要求。

第二节　节能建筑热工状况分析方法

从计算机辅助设计的角度，节能建筑的热工分析主要包括两方面内容。一为热桥的计算分析，二为节能建筑能耗模拟计算分析。热桥的计算分析包括三方面内容：①热桥温度场及内表面温度，校核是否有结露可能；②室外平均温度下的传热量，用来计算建筑耗热量指标；③室外计算温度下的传热量，用来计算采暖热负荷。节能建筑能耗模拟计算分析包括两方面内容：①室外平均温度下的整体建筑的耗热量指标。②室外计算温度下的建筑各房间的热负荷。

1. 热桥部位热状况分析　计算围护结构传热耗热量时，将其传热过程作为一维传热过程考虑，当墙体高度和宽度是厚度的 10 倍以上时，这种近似是可以的。在实际的建筑物中，特别是应用新型节能复合墙体的建筑中，某些部位不能划分出足以保证一维温度场的面积范围，围护结构中存在着已嵌入墙体的混凝土梁、柱，墙体和屋面板内的混凝土肋，屋顶檐口，窗框、外墙角等形式出现的导热体，在此地方形成复杂的二维及三维温度场。我国的热工规程中称为“热桥”。

目前研究热桥的方法分两大类：一类从工程应用的角度，力求简单、有侧重地反映热桥的传热，法国的近似计算法，美国的分区法，我国节能标准都从能耗的角度给出了热桥的简便计算方法，前苏联热工规程从验算内表面温度的角度给出了修正系数。国际标准 ISO6946/2 给出简单矩形构件的热桥附加耗热、内表面最低温度、热桥影响范围的计算方法。另一类从研究的角度，全面准确地反映热桥的热工状况，主要有热电模拟法、数值计算法。其中数值计算方法成为应用得比较广泛的方法。应用计算机辅助建筑节点的设计，采用数值计算的方法对建筑热桥的热工状况进行分析。其中，有限元素法特别适用于具有复杂形状和条件的物体，对于边界方正以及区域内部单一的简单情况，有限差分法可以获得与有限单元法同样的效果。而且在第一类边界条件下有相同的计算格式，但有限差分的计算过程要比有限元素法简单得多。

2. 节能建筑能耗模拟计算分析方法　由于节能的需要和计算机的发展，

研究建筑物冷、热负荷的计算方法得到迅速的发展。建筑物耗热量指标的计算方法很多，根据计算方法所依据的数学模型，计算方法可以分为两大类型：一类是建立在不稳定传热理论基础上的动态模拟法；另一类是建立在稳定传热理论基础上的简易估算法。

（1）稳态法（简易估算方法）：稳态法的特点是简易，它将供暖期或供暖期中的各旬、各月的热耗量按稳定传热进行计算，而不考虑各部分围护结构的蓄热影响，由于采暖时间较长，温度的日际波动周期也较长，围护结构蓄热对整个采暖期耗热量的影响甚微；而且对于通常的工程设计来说，一般只需知道整个建筑物或单位建筑面积在一个采暖期内的耗热量，并不需要详细掌握热耗随时间变化的具体情况。因此，实践中工程界很少应用动态模拟法来计算建筑供暖热耗量，在一般的耗热量估算中，稳态计算方法仍然被广泛采用。稳态法包括：有效传热系数法、度日法、BIN 方法、温度频率法及满负荷系数法等，其中前三种用得比较多，在此加以介绍。

1）有效传热系数法。有效传热系数方法的主要特点是用有效传热系数代替原传热系数。通常的传热系数，是指在单位温差下、单位面积在单位时间里的传热量。这里，认为传热仅仅是由两侧温差引起的。其实，在围护结构中，不仅存在两侧空气温差引起的热耗，而且，还存在由太阳辐射引起的得热，以及向天空辐射引起的失热，这三部分传热的代数和即为围护结构的净热耗。在单位温差下、单位面积在单位时间里的净热耗，即为有效传热系数。《民用建筑节能设计标准（采暖居住部分）》采用的方法是有效传热系数法，计算建筑物耗热量指标的具体公式为

$$q_H = q_{H\cdot T} + q_{INF} - q_{I\cdot H} \tag{3-1}$$

式中　q_H——建筑物耗热量指标（W/m^2）；

$q_{H\cdot T}$——围护结构的传热耗热量指标（W/m^2），按式（3－2）计算；

q_{INV}——建筑物空气渗透耗热量指标（W/m^2），按式（3－3）计算；

$q_{I\cdot H}$——单位建筑面积、单位时间建筑内部得热（W/m^2）。

围护结构的传热耗热量指标按下式计算：

$$q_{H\cdot T} = \frac{(t_i - t_e)\left[\sum_{i=1}^{m} \varepsilon_i K_i A_i\right]}{A_o} \tag{3-2}$$

式中　t_i——室内温度（℃）；

t_e——采暖期室外平均温度（℃）；

ε_i——围护结构传热系数的修正系数；

K_i——结构的传热系数［W/（m^2·K）］；

A_i——围护结构的面积（m^2）；

A_o——建筑面积（m^2）。

建筑物空气渗透耗热量指标按下式计算：

$$q_{INF} = \frac{(t_i - t_e)\ c_a \rho N V}{A_o} \tag{3-3}$$

式中 c_a——空气比热容，取 0.28W·h/（kg·K）；

ρ——空气密度（kg/m^3）；

N——换气次数（次/h）；

V——换气体积（m^3）。

经过原哈尔滨建筑大学多年来在建筑节能领域的研究发现：节能建筑中，热桥能耗占建筑总能耗的比例较大，一般为 20%左右。因此，对有效传热系数法进行改进，将建筑物传热耗热量指标的计算分为两部分：一为围护结构一维传热耗热量 q_J，仍按式（3－1）求得；一为建筑热桥部位附加传热量，按式（3－5）计算：

$$q_{H\cdot T} = q_J + q_F \tag{3-4}$$

$$q_F = \frac{(t_i - t_e)\ [\sum_{i=1}^{n} K_i L_i]}{A_o} \tag{3-5}$$

式中 q_F——热桥附加耗热量指标（W/m^2）；

K_i——热桥线性附加传热系数［W/（m·℃）］；

L_i——热桥长度（m）。

有效传热系数可以按地区、围护结构类型及朝向，对供暖期各月分别进行计算（包括供暖期两端不足一个月的那几天），然后按各月的天数求加权平均值。

2）度日法。度日法是一种简化的计算方法。它基于这样两点假设，即从长期平均来看，当室外日平均温度等于某一基准温度时，太阳辐射和室内得热可以完全弥补建筑物的热损失而采暖系统不需要运行；另外，采暖能耗正比于这一基准温度和室外日平均温度之差。美国将这一基准温度取为

18.3℃。1980 年，《ASHRAE 手册》给出用度日法估算采暖能耗的一般公式为

$$E = \frac{H_L D_d \times 24}{\Delta t \eta Q} \times C_D \tag{3-6}$$

式中　E——估算期的燃料消耗；

H_L——包括渗透在内的设计热损失；

D_d——估算期内以 18.3℃为基准的度日值；

Δt——设计的室内外温差；

η——采暖系统的运行效率；

Q——燃料的热值；

C_D——和度日有关的效率修正系数。

3）BIN 方法。BIN 方法（变基准温度的度日法）是在度日法的基础上发展起来的。基本的 BIN 方法是在不同室外干球温度条件下完成能耗计算，并将计算结果乘以各温度段出现的小时数，便可得出全年能耗量。美国将 BIN 方法的计算结果同 DOE—2 程序的计算结果比较，发现两种方法的计算结果十分接近。

（2）动态法：动态模拟法对各种影响因素考虑较细，得出的结果也比较精确。不过，应用动态模拟法进行热耗量计算时，必须借助大型电子计算机来完成。因此，只有在既具备条件，又掌握热耗随时间变化的具体情况时，才考虑应用动态模拟法。在动态算法上，有的采用反应系数/传递函数法，也有的采用有限差分或有限元等数值方法。

反应系数/传递函数法，是在 1967 年由加拿大学者 D.G.Stephenson 和 Q.P.Mitalas 把控制论中的系统、扰量、反应及传递函数的概念引入建筑物冷热负荷计算中后产生的。这种方法是把计算对象看成是一个线性系统，然后把扰量、反应以及系统的数学模型进行拉普拉斯（Laplace）变换，在频域内进行问题的求解。如果在时域内，扰量表示为 $f_{(t)}$，反应表示为 $y_{(t)}$，经 Laplace 变换后分别为 $\bar{f}_{(s)}$，$\bar{y}_{(s)}$。为了讨论方便，一般假定问题的初始条件为 0，即 $y_{(0)} = 0$，在这种条件下，将问题的数学模型进行 Laplace 变换后，就可以整理成如下形式：

$$\bar{y}_{(s)} = G_{(s)} \bar{f}_{(s)} \tag{3-7}$$

其中，$G_{(s)}$，称为系统的 S 传递函数。该函数只取决于系统的特征，而独立于输入函数，即扰量和反应函数。

把上式转换成时域内的形式，就得到问题的时域内的解。

$$y(t) = \int_0^t \omega_{(t-\tau)} f(\tau)\, \mathrm{d}\tau \tag{3-8}$$

$\omega_{(\tau)}$是 $G_{(s)}$为时域的表达形式。

当应用此方法进行动态空调负荷计算时，要进一步作以下几种处理：1）将建筑物看成是常物性线性系统。

2）采用三角波函数离散室内外连续变化的扰量，这样就可以用离散的逐时数据近似表达实际的连续扰量，并进行计算。

3）把各种扰量引起的空调负荷相叠加，便生成总的空调负荷。

具体地讲，这种方法首先计算出系统相对于某种单位三角波扰量的反应函数，然后取其逐时的值，就得到相单位三角波扰量的逐时反应系数。假如逐时的扰量为 $T_{(i)}$，反应系数为 $y_{(i)}$，则系统逐时的实际反应为

$$Q(n) = \sum_{i=0}^{n} y_{(n-i)} T_{(i)} \tag{3-9}$$

这就是反应系数法。

把各种扰量的反应减去室温引起的反应就得到各种扰量引起的空调负荷。利用反应系数法计算系统当前时刻的反应，要涉及在此之前相当一段时间内的各种扰量的作用，换句话说，要算出很多的反应系数。当进行长期负荷计算时，这种方法所花费的计算时间比较长。为此，人们进行了很多的改进工作，以减少计算量。比如公比法，以及 z 变换的方法等。目前 z 变换应用得比较多。设计用的冷负荷系数法、冷负荷温差法等方法，其原理都是一样的，都是反应系数/传递函数法的不同简化计算形式。

有限差分及有限元等数值方法都是流行的计算机算法，同样在动态空调冷热负荷计算中应用得很多。

由于建筑室外气象和室内热源的随机特性，随机分析的方法被应用于建筑热环境的分析。

20 世纪 60 年代，随机气象模型的研究工作开始，而建筑热环境的随机分析真正开始于 20 世纪 80 年代，国内外的很多学者致力于这方面的研究。

第三节　现有建筑能耗模拟计算程序介绍

20 世纪 60 年代后期，电子计算机飞速发展且广泛应用于建筑热特性方面的计算，计算机模拟成为建筑热工研究的一个重要部分。由于建筑能耗日益受到重视，使得建筑师不得不在设计阶段对所设计的建筑进行能耗分析；而对于建筑方案的能耗评价、对已建成建筑的能耗分析，也需要进行定量计算。这需要有正确的能耗分析软件作为计算的标准工具。另外，建筑节能规范和标准的建立和实施，也要依赖于这种软件。

1. 建筑热桥计算分析软件　近年来由于建筑节能工作的开展，热桥的研究工作得到了相当的重视。中国建筑科学研究院物理所黄福其教授等人在 VAX 机上开发出三维程序对一个开间的温度场进行模拟，分析内保温条件下的冷桥效应；谢守穆高工等在微机上编制二维温度场计算软件，分析内保温下的冷桥。

哈尔滨工业大学开发出一种微机环境下的热桥计算分析软件 TBAP（THERMAL BRIDG ANALYSE PROGRAM）。TBAP 软件为建筑师及暖通工程师提供了一个计算热桥的方便工具，软件对任意矩形构件组成的不规则形状的热桥都是可算的。TBAP 软件基于二维稳态传热模型对热桥进行计算分析，并提供了友好实用的图形方式输入界面，界面中包含了北方地区常见的热桥形式，面向广大建筑师及暖通工程师，达到了辅助建筑师作建筑节点设计的目的。软件运行最终给出图形方式及文本方式两种输出结果。全面清晰地反映热桥的热工状况。

2. 建筑能耗计算分析软件　利用计算机，可以很方便地在变化的室外参数的作用下模拟建筑物空间中的负荷，这种计算是动态的，而不是静态的。各国根据自己的特点及要求编制了计算建筑能耗的程序，其中应用较多的有美国的 DEROB、瑞典的 BKL 和 JULOTTA、美国的 DOE—2、日本的 HASP、英国的 Energy2、Seri - Res、芬兰的 TASE、法国的 CLIM2000 及中国的 BTP、EHL 等。

（1）国外情况：DEROB（Dynamic Energy Response of Building），软件是由美国得克萨斯大学建筑学院数学模拟研究所于 1972 年开始的，目前已经多

次修改，在已有的 PADDLE 基础上，再加上 5 个模块，构成了著名的 DEROB 软件。DEROB 软件对于太阳房分析模拟，计算精度相当高。该软件的微机版本还包括两个辅助子模块 ALKA—ZAM 及 DRBEDIT。前者可以把输入的建筑模型在绘图机上画出来；后者在计算机上提供表格，用户可方便地建立数据文件，并可把输入数据存储到用户指定的地方。另外还可利用这个模块对错误的输入进行修改。DEROB 程序采用的计算方法是动态法，把建筑描述成类似于电网络的形式，即建立 M—C（热绝缘系数—热容）网络，从而进一步针对网络中的节点建立方程组并求解。

计算要求的气象参数为气温、相对湿度、气压、太阳辐射及风速。在美国曾对 10 幢试点建筑进行实测分析和应用 DEROB 程序进行分析，两者结果很接近。在我国 DEROB 程序也曾被中国建筑科学研究院空调所应用于被动太阳能建筑的热工分析，实践证明其结果是可信的。哈尔滨工业大学进一步完善 DEROB 程序，解决了 DEROB 运行慢的问题；扩大 DEROB 模拟计算的能力，突破了 8 个房间的限制，模拟多层建筑物成为可能。

DOE—2（Department of Energy，Version2）程序，是由美国国家能源局提出的标准程序，程序规模很大，是比较有代表性的动态冷热负荷的模拟计算程序，是美国政府出资，由若干美国著名的实验室及数十名各种专业人员协同开发，两年完成的大型软件。该软件用反应系数法计算全年逐时负荷，需要知道全年逐时的 13 种气象资料：①室外干球温度；②室外湿球温度或露点温度；③大气压；④云态；⑤云量；⑥相对湿度（绝对湿度）；⑦室外空气焙；⑧室外空气密度；⑨风速；⑩风向；⑪太阳散射辐射强度；⑫地面散射辐射强度；⑬降雪量。

JULLOTA 程序是由瑞典隆德大学 KURT、KALLBLAD 和 FORRFST HIGGS 在 20 世纪 70 年代后期编制的，一直在不断发展的软件，是一个庞大的程序系统。其理论实质同 DEROB 程序一样，也是建立 M—C（热绝缘系数—热容）网络，进一步求解程序的数学模型，采用理论计算方法，很少有简化的地方。对墙体其传热计算采用有限差分的方法，并分别计算对流和辐射换热系数，对上下表面和四周表面采用不同的函数计算对流换热系数，对窗传热的计算及太阳辐射得热的计算考虑得也很全面。

BKL 软件是以 BKL 方法为基础编制的程序。BKL 方法是瑞典隆德大学、隆德理工学院建筑科学系开发的一种简易的全年建筑能耗分析方法，适用于

建筑师进行建筑扩初设计分析，以便达到建筑节能的目的。BKL 的方法的核心是将太阳辐射得热在一个月内的变化变成分段线性形式，这就意味着太阳得热因数及太阳得热强度与水平面上的太阳辐射强度之比在一个月内可以认为是常数。尽管 BKL 这种简易的算法存在一定的问题，但由于在处理繁杂的太阻辐射得热方面进行了大规模的简化，使得计算时间大量减少。同时，也提供了一种气象数据的处理方法。BKL 软件在瑞典建筑部门应用比较广泛，对瑞典气候条件是适用的。我国地域辽阔，气象条件差异很大，要使用 BKL 程序需对各地太阳辐射特点进行进一步的研究并相应地改动 BKL 程序以减少计算误差。

（2）国内情况

1）BTP。BTP（Building Thermal Processes）程序是清华大学开发的，在状态空间建筑热模型的基础上，开发出的一个建筑热过程动态模拟程序。BTP 的求解过程分三步，首先是计算多个房间室温或用户定义的环境温度分别对室外温度、室内热源、透过窗户的太阳辐射、外墙吸收的太阳辐射的反应系数以及供热空调（HVAC）系统对各种扰动的反应系数。其次是计算房间在无供热空调设备时的室温（称为自然室温）。最后计算不同空调控制方案下的房间的人工温度，它与自然室温加在一起就是实际的室温，并进一步计算供热空调负荷。

2）EHL。EHL 程序是由中国建筑科学研究院建筑物理所开发的，用来估算民用建筑采暖耗热量及进行建筑节能设计计算的程序。利用此程序在建筑扩初设计阶段对建筑物进行能耗分析，为建筑师进行建筑节能设计提供计算上的方便，此程序的计算方法是稳态法，采用有效传热系数法。

3）EHL 改进。EHL 改进程序是哈尔滨工业大学在 EHL 程序的基础上进一步开发的，其目的和采用的计算方法同 EHL 程序是相同的，不同之处在于：

①输入部分，提供了友好的输入界面，方便用户使用。

②计算方法的核心仍是有效传热系数法，同时，结合该校多年来建筑节能的经验对计算方法进行一系列的改进，如增加热桥附加耗热的计算，对地面、楼梯间的热损失的计算方法进行改进等。

③输出部分，除输出热工计算表之外，增加不同围护结构耗热量及其所占总能耗的比例部分，便于研究设计人员使用。

第四节　实例分析

以牡丹江市某节能住宅为例，进行节能建筑热工状况分析，该节能住宅墙体构造为 240mm 实心粘土砖墙，内贴 5mm 聚苯乙烯板保温。窗采用单框双玻璃塑料窗，阳台门采用单框双玻璃门，屋顶构造为 180mm 空心屋面板 + 50mm 聚苯乙烯板保温 + 120mm 水泥珍珠岩保温。建筑面积 A_o 为 3509.03m^2，建筑换气体积 V_o 为 9825.28m^3，楼层为 7 层。

1. 牡丹江市室外气象条件

（1）室外计算温度：－24℃；

（2）室外平均温度：－9.4℃。

2. 建筑耗热量计算

1）围护结构各部分的传热系数 K、面积 A 及一维传热计算等见表 3－1。

2）冷风渗透能耗应用公式计算如下

$$q_{渗} = 2.81 V_o / A_o = 7.87 \mathrm{W/m^2} \qquad (3-10)$$

式中　2.81—系数（W/m^3）。

3）部分热桥计算结果见表 3－2，单位建筑面积热桥总能耗量为 5W/m^2。

表 3－1　　牡丹江市某节能住宅传热指标计算

名　称		面积 A/m^2	传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	传热系数修正系数 ε	εKA/W·K^{-1}
北	外　窗	56.70	2.64	0.84	125.74
	楼梯间窗	25.20	2.23	0.84	47.20
	阳台门连窗	37.80	2.64	0.90	89.81
	阳台门	15.12	1.72	0.95	24.71
	外　墙	660.16	0.485	0.95	304.17
南	外　窗	138.60	2.64	0.43	157.34
	阳台门连窗	25.20	2.64	0.65	43.41
	阳台门	10.08	1.72	0.80	13.87
	外　墙	621.10	0.485	0.80	240.99

续表

名　称		面积 A/m^2	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$	传热系数修正系数 ε	$\varepsilon KA/W \cdot K^{-1}$
东	外　窗	25.20	2.64	0.70	46.57
	阳台门连窗	25.20	2.64	0.82	54.55
	阳台门	10.08	1.72	0.90	15.60
	楼梯间窗	12.60	2.23	0.70	19.67
西	外　墙	457.30	0.485	0.90	199.61
	外　窗	69.30	2.64	0.70	128.07
	阳台门连窗	5.60	2.64	0.82	12.12
	阳台门	17.64	1.72	0.60	27.31
	外　墙	442.88	0.485	0.90	193.32
屋　顶		501.29	0.468	0.96	225.22
地　面		501.29	0.213	1.00	106.77
合计					2075.88
传热指标 $/W \cdot m^{-2}$		$\sum \varepsilon KA\Delta t/A_o = 15.02$			

表 3－2　　热桥计算结果

达标类型	热桥长度 /m	热桥附加耗热系数/$W\ (m \cdot K)^{-1}$	热桥附加耗热量 /W	单位建筑面积热桥耗热量/$W \cdot m^{-2}$
间　墙	189.7	0.33	1590.07	0.453
窗左右侧	85.2	0.24	519.37	0.148
丁字墙	199.5	0.88	4459.2	1.271
外墙角	117.6	－0.30	－896.11	－0.255
外墙突出部位	117.6	0.16	477.92	0.136
窗上下侧	179.4	0.44	2004.97	0.571
无阳台檐口过梁	36.9	0.08	74.98	0.021
无阳台檐口圈梁	99.3	0.17	428.78	0.122
地　角	36.9	0.92	862.28	0.246
□	□	□	□	□
合　计				5.00

4）根据式（3－10）及表3－1、表3－2。建筑年平均热损失共为（7.87＋15.02＋5.0）W/m^2＝27.89W/m^2，扣除掉生活热之后，基本上达到了节能第一阶段目标的要求，要达到第二阶段节能目标，需进一步改进。

3. 建筑热桥分析　其建筑热桥构造比较复杂，影响热桥因素较多，在此仅利用TBAP程序进行简单分析。

（1）窗洞口：由于此建筑为内保温，同夹心内保温墙体相比，其窗洞口处、过梁处保温可一直做到窗洞侧面，构造见图3－2，因此，窗洞热桥效应较小。窗台处由于窗台板的存在，保温材料终止于窗台下，因此窗下部温度较低。由于采用单框窗，窗口热桥较大，且窗框安装位置对窗洞口处内表面温度影响较大。

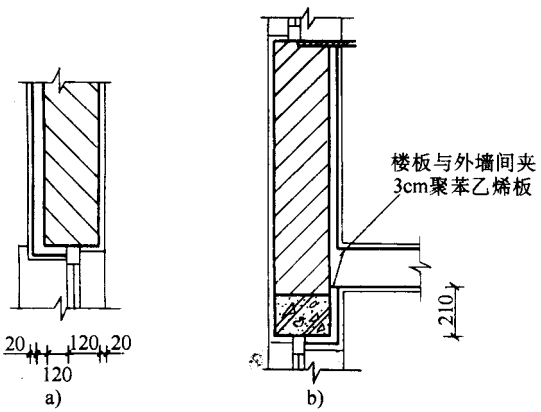


图3－2　窗洞口

a）窗左右侧　b）窗口下侧

（2）间墙：间墙处，由于内保温墙体，保温材料在间墙处断开，其热桥附加热损失较大，在间墙处作附加保温（见图3－3）热桥附加热损失可减少一半。

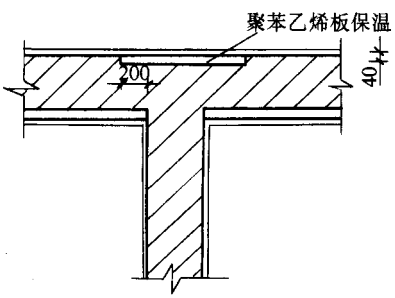


图3－3　间墙附加保温构造

4. 建筑能耗分析　由 EHL 改进程序计算建筑能耗，计算之后，除输出表 3－1 形式结果外，还给出表 3－3、表 3－4 形式的计算结果，供用户分析建筑能耗特点。

表 3－3　　围护结构各朝向能耗

围护结构		南	北	东	西	地　面	屋　顶	渗　风	热　桥	总　计
耗热量	W/m^2	3.30	4.28	2.43	2.61	0.77	1.63	7.87	5.0	27.89
	%	11.8	15.3	8.7	9.4	2.8	5.8	28.2	17.9	100

表 3－4　　围护结构各部位能耗

围护结构		墙	窗	屋　顶	地　面	渗　风	热　桥	总　计
耗热量	W/m^2	6.79	5.82	1.63	0.77	7.87	5.0	27.89
	%	24.3	20.9	5.8	2.8	28.2	17.9	100

第四章　热工设计计算实例

第一节　相关规定

1. 建筑物耗热量指标和采暖耗煤量指标计算方法的规定

（1）建筑物耗热量指标：建筑物耗热量指标系指在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在单位时间内消耗的、需由室内采暖设备供给的热量，其单位为 W/m^2。它是用来评价建筑物能耗水平的一个重要指标。建筑物耗热量指标应按下式计算：

$$q_H = q_{H\cdot T} + q_{INF} - q_{I\cdot H} \tag{4-1}$$

式中　q_H——建筑物耗热量指标（W/m^2）；

$q_{H\cdot T}$——单位建筑面积通过围护结构的传热耗热量（W/m^2）

q_{INF}——单位建筑面积的空气渗透耗热量（W/m^2）；

$q_{I\cdot H}$——单位建筑面积的建筑物内部得热（包括炊事、照明、家电和人体散热），住宅建筑，取 $3.80\,W/m^2$。

1）单位建筑面积通过围护结构的传热耗热量 $q_{H\cdot T}$应按下式计算：

$$q_{H\cdot T} = \frac{(t_i - t_e)\left[\sum_{i=1}^{m}\varepsilon_i K_i A_i\right]}{A_o} \tag{4-2}$$

式中　t_i——全部房间平均室内计算温度，一般住宅建筑，取 16℃；

t_e——采暖期室外平均温度（℃），应按本手册附录 A 中表 A4 选用；

ε_i——围护结构传热系数的修正系数，应按表 3－5 采用；

K_i——围护结构的传热系数［$W/(m^2\cdot K)$］，对于外墙应取其平均传热系数；

A_i——围护结构的面积（m^2），应按本手册附录 A6 的规定计算；

A_o——建筑面积（m^2），应按本手册附录 A6 的规定计算。

2）单位建筑面积的空气渗透耗热量应按下式计算；

$$q_{INF} = \frac{(t_i - t_e)\ c_a \rho N V}{A_o} \tag{4-3}$$

式中　c_a——空气比热容，取 0.28W·h/（kg·K）；

ρ——空气密度（kg/m^3），取 t_e 条件下的值；

N——换气次数（次/h），住宅建筑取 0.5 次/h；

V——换气体积（m^3），应按附录 A.6 规定计算。

其余符号见式（4－2）。

表 4－1　围护结构传热系数的修正系数 ε_1 值

地区	窗户（包括阳台门上部）					外墙（包括阳台门下部）			屋顶
	类型	有无阳台	南	东、西	北	南	东、西	北	水平
西安	单层窗	有	0.69	0.80	0.86	0.79	0.88	0.91	0.94
		无	0.52	0.69	0.78				
	双玻璃及双层窗	有	0.60	0.76	0.84				
		无	0.28	0.60	0.73				
北京	单层窗	有	0.57	0.78	0.88	0.70	0.86	0.92	0.91
		无	0.34	0.66	0.81				
	双玻璃及双层窗	有	0.50	0.74	0.86				
		无	0.18	0.57	0.76				
兰州	单层窗	有	0.71	0.82	0.87	0.79	0.88	0.92	0.93
		无	0.54	0.71	0.80				
	双玻璃及双层窗	有	0.66	0.78	0.85				
		无	0.43	0.64	0.75				
沈阳	双玻璃及双层窗	有	0.64	0.81	0.90	0.78	0.89	0.94	0.95
		无	0.39	0.69	0.83				
呼和浩特	双玻璃及双层窗	有	0.55	0.76	0.88	0.73	0.86	0.93	0.89
		无	0.25	0.60	0.80				
乌鲁木齐	双玻璃及双层窗	有	0.60	0.75	0.92	0.76	0.85	0.95	0.95
		无	0.34	0.59	0.86				
长春	双玻璃及双层窗	有	0.62	0.91	0.91	0.77	0.89	0.95	0.92
		无	0.36	0.68	0.84				
	三玻窗及单层窗＋双玻窗	有	0.60	0.79	0.90				
		无	0.34	0.66	0.84				

续表

地区	窗户（包括阳台门上部）					外墙（包括阳台门下部）			屋顶
	类型	有无阳台	南	东、西	北	南	东、西	北	水平
哈尔滨	双玻璃及双层窗	有 无	0.67 0.45	0.83 0.71	0.91 0.85	0.80	0.90	0.95	0.96
	三玻窗及单层窗+双玻窗	有 无	0.65 0.43	0.82 0.70	0.90 0.84				

（2）采暖耗煤量指标：采暖耗煤量指标系指在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在一个采暖期内消耗的标准煤量，其单位是 kg/m^2。采暖耗煤量指标随建筑物耗热量指标和采暖期时间的增长而增长，随锅炉运行效率和室外管网输送效率的提高而降低。它是用来评价建筑物和采暖系统组成的综合能耗水平一个重要指标。某一建筑物或某一小区是否节能、是否达到《节能标准》的要求，最重要看采暖耗煤量指标。

采暖耗煤量指标应按下式计算：

$$q_c = 24Zq_H / H_c \eta_1 \eta_2 \tag{4-4}$$

式中 q_c——采暖耗煤量指标（kg/m^2）标准煤；

q_H——建筑物耗热量指标（W/m^2）；

Z——采暖期天数（d）；

H_c——标准煤热值，取 $8.14 \times 10^2 W \cdot h/kg$；

η_1——室外管网输送效率，采取节能措施前，取 0.85，采取节能措施后，取 0.90；

η_2——锅炉运行效率，采取节能措施前，取 0.55，采取节能措施后，取 0.68。

（3）不同地区采暖住宅建筑耗热量指标和采暖耗煤量指标不应超过全国各城镇采暖期有关建筑物耗热量、采暖耗煤量指标规定的数值。

（4）集体宿舍、招待所、旅馆、托幼建筑等采暖居住建筑围护结构的保温应达到当地采暖住宅建筑相同的水平。

2. 围护结构传热系数的修正系数 ε_i

（1）围护结构传热系数修正系数的意义：节能标准中通过围护结构的传热耗热量是采用“有效传热系数法”进行计算的。围护结构传热系数的修正系数 ε_i 与围护结构的传热系数 K_i 的乘积，即为围护结构的有效传热系数

$K_{i.eff}$，也即

$$K_{i.eff} = \varepsilon_i K_i \tag{4-5}$$

因此

$$\varepsilon_i = K_{i.eff}/K_i \tag{4-6}$$

可见，围护结构有效传热系数与围护结构传热系数的比值，即为围护结构传热系数的修正素数，它实质上是考虑太阳辐射和天空辐射对围护结构传热产生的影响而采取的修正系数。

（2）围护结构传热系数与围护结构有效传热系数区别：围护结构传热系数系指在两侧空气温差为 1K，单位面积在单位时间内的传热量。在此，认为传热仅仅是由两侧空气温差引起的。但在实际的围护结构中，不仅存在由两侧空气温差引起的热损失（q_{aa}），而且还存在由太阳辐射引起的得热（q_{sol}），以及由天空辐射引起的热损失（q_s）。这三部分传热的代数和即为围护结构的净热损失：

$$q_{net} = q_{aa} + q_s - q_{sol} \tag{4-7}$$

净热损失除以两侧空气温差即为有效传热系数：

$$K_{i.eff} = \frac{q_{net}}{t_i - t_e} \tag{4-8}$$

因此，有效传热系数的定义是：在两侧空气温差为 1K 时，单位面积在单位时间内的净热损失。

（3）有效传热系数的计算：窗户和外墙通常要受到邻近建筑物和树木的遮挡，屋顶则不然，因此在计算有效传热系数时，前者不考虑天空辐射的影响，后者则予以考虑。窗户的有效传热系数按下式计算：

$$K_{G.eff} = \frac{K_G\ (t_i - t_e)\ -\ (q_\tau + q_\alpha)}{(t_i - t_e)} \tag{4-9}$$

式中　K_G——窗户通常传热系数［$W/m^2 \cdot K$］；

t_i——室内计算温度，取 18℃；

t_e——室外计算温度，取采暖期各月的平均温度（℃）

q_τ——透过窗户进入室内的太阳辐射热（W/m^2），按式（4－10）计算；

q_α——窗户吸收太阳辐射热后向室内的传热（W/m^2），按式（4－11）或式（4－12）计算。

$$q_\tau = (\tau_D I_D + \tau_F I_F)\ \mu\beta\gamma \tag{4-10}$$

式中　τ_D——玻璃的直射辐射透过系数；

τ_F——玻璃的散射辐射透过系数；

I_D、I_F——垂直面上的直射和散射辐射照度（W/m²）；

μ——窗户的太阳辐射通过系数（考虑窗框和阳台等遮挡的影响）；

β——太阳热利用系数（考虑采暖期末因室外气温较高，太阳辐射强度较大，向阳房间可能超过室内设计温度而采取的修正系数）；

γ——窗户结霜影响系数。

窗户吸收太阳热后向室内的传热 q_a/（W/m²）可按下式计算：

单层窗：

$$q_a = \frac{M_e}{M_o}(\alpha_D I_D + \alpha_F I_F)\mu\beta\gamma \tag{4-11}$$

双层窗：

$$q_a = \left[\frac{M_e}{M_o}(\alpha_{D2} I_D + \alpha_{F2} I_F) + \frac{M_e + M_a}{M_o}(\alpha_{D1} I_D + \alpha_{F1} I_F)\right]\mu\beta\gamma \tag{4-12}$$

式中　M_e——窗户外表面热绝缘系数（m²·K/W）；

M_o——窗户总热绝缘系数（m²·K/W）；

M_a——空气层热绝缘系数（m²·K/W）；

α_{D2}、α_{F2}——外层玻璃的直射和散射辐射吸收系数；

α_{D1}、α_{F1}——内层玻璃的直射和散射辐射吸收系数；

其余符号同前。

外墙的有效传热系数按下式计算：

$$K_{W\cdot eff} = \frac{K_W(t_i - t_e - t_{sol\cdot eq})}{t_i - t_e} \tag{4-13}$$

式中　$K_{W\cdot eff}$——外墙的有效传热系数［W/（m²·K）］；

K_W——外墙原传热系数［W/（m²·K）］；

$t_{sol\cdot eq}$——太阳辐射当量温度（℃），按下式计算：

$$t_{sol\cdot eq} = \frac{\rho I}{\alpha_e} \tag{4-14}$$

式中　ρ——外表面的太阳辐射吸收系数；

I——垂直面上的太阳辐射照度（W/m²）；

α_e——外表面的表面传热系数［W/（m²·K）］；

其余符号同前。

屋顶的有效传热系数按下式计算：

$$K_{R\cdot eff}=\frac{K_R\left(t_i-t_e+t_{s\cdot eq}-t_{sol\cdot eq}\right)}{t_i-t_e} \tag{4-15}$$

式中　$K_{R\cdot eff}$——屋顶的有效传热系数［W/（m^2·K）］；

K_R——屋顶原传热系数［W/（m^2·K）］；

$t_{s\cdot eq}$——天空辐射当量温度（℃），按下式计算：

$$t_{s\cdot eq}=\frac{\alpha_{er}}{\alpha_e}\left(t_e-t_s\right)\left(1-Cn\right) \tag{4-16}$$

式中　α_{er}——外表面与天空之间的辐射传换热系数，按式（4－17）计算：

C——云量减弱系数；

n——冬季计算云量；

α_e——外表面的表面传热系数［W/（m^2·K）］；

t_e——室外计算温度（℃）；

t_s——当量天空温度（℃），按式（4－18）计算。

$$\alpha_{er}=\varepsilon C_0\theta \tag{4-17}$$

式中　ε——表面黑度；

C_0——辐射常数，取 5.67W/（m^2·K^4）；

θ——温度系数；

$$t_s=0.0552\left(t_e+273\right)^{1.5}-273 \tag{4-18}$$

有效传热系数可按地区、围护结构类型及朝向等，对采暖期各月（包括采暖期两端不足一个月的那几天）分别进行计算，然后按各月的天数求加权平均值。

（4）建筑物耗热量指标计算中 ε_i 的取值注意事项：围护结构传热系数的修正系数 ε_i 取值见表 4－1。

建筑物耗热量指标计算中 ε_i 的取值注意事项：

1）阳台门上部透明部分的 ε_i 按同朝向窗户采用；阳台门下部不透明部分的 ε_i 按同朝向外墙采用。

2）不采暖楼梯间隔墙和户门，以及不采暖地下室上面的楼板的 ε_i 应以温差修正系数 m 代替。温差修正系数 m 的取值见表 4－2。

表 4－2　　温差修正系数 m 值

围护结构及其所处情况	m 值
带通风间层的平屋顶、坡屋顶顶棚、与室外空气相通的不采暖地下室上面的楼板等	0.90
与有外门窗的不采暖楼梯间相邻的隔墙： 1～6 层建筑 7～30 层建筑	 0.60 0.50
不采暖地下室上面的楼板： 外墙上有窗户时 外墙上无窗户且位于室外地坪以上时 外路上无窗户且位于室外地坪以上时	 0.75 0.60 0.40

注：表中数值依据（GB50176—1993）《民用建筑热工设计规范》。

3）接触土壤的地面，取 $\varepsilon_i = 1$。

4）封闭阳台内的窗户和阳台门上部按双层窗考虑。封闭阳台门内的外墙和阳台门下部：南向阳台，取 $\varepsilon_i = 0.5$；北向阳台，取 $\varepsilon_t = 0.9$；东、西向阳台，取 $\varepsilon_i = 0.7$；其他朝向阳台按就近朝向采用。

5）表 4－1 中已有的 8 个地区可以按表直接采用；其他地区可根据采暖期室外平均温度就近采用。必要时，也可按如下方法进行计算。

6）南、北、东、西 4 个朝向和水平面，可按表 4－1 直接采用。东南和西南向可按南向采用，东北和西北向可按北向采用。其他朝向可按就近朝向采用。必要时，可根据不同朝向的太阳辐射照度并按上述方法进行计算。

3. 外墙平均传热系数的计算　外墙受周边热桥影响条件下，其平均传热系数应按下式计算：

$$K_m = \frac{K_p A_p + K_{B1} A_{B1} + K_{B2} A_{B2} + K_{B3} A_{B3}}{A_P + A_{B1} + A_{B2} + A_{B3}} \tag{4-19}$$

式中　K_m——外墙的平均传热系数［W/（m^2·K）］；

K_p——外墙主体部位的传热系数［W/（m^2·K）］，应按国家现行标准（GB50176—1993）《民用建筑热工设计规范》的规定计算；

K_{B1}、K_{B2}、K_{B3}——外墙周边热桥部位的传热系数［W/（m^2，K）］；

A_p——外墙主体部位的面积（m^2）；

A_{B1}、A_{B2}、A_{B3}——外墙周边热桥部位的面积（m^2）。

外墙主体部位和周边热桥部位如图 4－1 所示。

4. 关于面积和体积的计算（见附录 A.6）

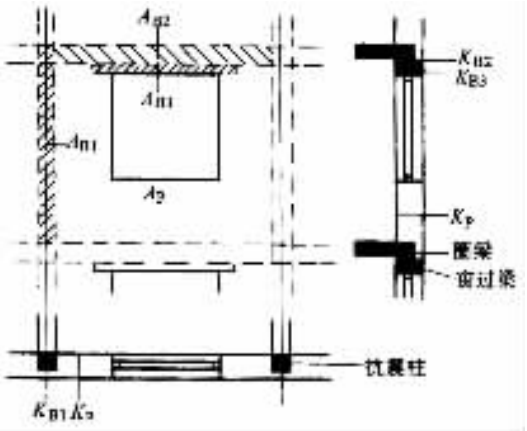


图 4－1　外墙主体部位和周边热桥部位示意图

第二节　建筑物耗热量指标和采暖耗煤量指标计算

【例 4－1】试求北京地区 80 住 2—4 住宅建筑耗热量指标。已知该住宅为砖混结构，4 个单元 6 层楼，层高 2.7m，南北向，单层钢窗，楼梯间不采暖；采暖期天然 $Z=125$d，采暖期室外平均温度 $t_e=-1.6$℃；建筑面积 $A_o=3258.8\text{m}^2$，建筑体积 $V_o=8749.4\text{m}^3$，外表面积 $A_o=2459.9\text{m}^2$，体形系数 $S=0.281$，换气体积 $V=0.6A_o=5249.6\text{m}^3$。各部分围护结构的传热系数和传热面积见表 4－3。建筑物耗热量指标计算见表 4－4。

表 4－3　　各部分围护结构的传热系数和传热面积

名　称	构造/mm	传热系数 K/W（$\text{m}^2\cdot\text{K}$）$^{-1}$	传热面积 A/m^2
屋　顶	1. 二毡三油防水层 2. 20 厚不泥砂浆找平层 3. 100 厚加气混凝土保温层 4. 70 厚水泥焦渣找坡层 5. 120 厚钢筋混凝土圆孔板	1.26	492.6（已扣除楼梯间面积）
外　墙	1. 20 厚石灰砂浆内抹灰 2. 370 厚粘土砖墙	1.57	南：521.3，北：469.7 东：146.2，西：172.7

续表

名　称	构造/mm	传热系数 K/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$	传热面积 A/m^2
楼梯间隔墙	1.20 厚石灰砂浆内外抹灰 2.240 厚粘土砖墙	1.83	644.5
户　内	50 厚夹板门	2.91	105.8
窗　户	单层钢窗	6.40	南：有阳台 151.2，无阳台 63.0 北：无阳台 131.0 东：有阳台 12.6，无阳台 20.2 西：无阳台 10.1
阳台门下部	单层钢板	6.40	南 40.2，东 3.8
南　面	1.20 厚水泥砂浆抹面 2.100 厚混凝土	周边 0.52 非周边 0.30	196.1（已扣除楼梯间面积） 257.9

表 4－4　建筑物耗热量指标的计算

项　目	计算式及计算结果	占总耗热的百分比（%）
传热耗热量	$Q_{H \cdot T} = (t_i - \bar{t}_e)(\sum_{i=1}^{m} \varepsilon_i K_i A_i)$　ε_i 按表 3－1 及表 3－2 选取 式中　$t_i - \bar{t}_e = 16K + 1.6K = 17.6K$	
屋　顶	$Q_R = (17.6 \times 0.91 \times 1.26 \times 492.6)W = 9940.7W$	8.6
外　墙	$Q_{W \cdot S} = (17.6 \times 0.70 \times 1.57 \times 521.3)W = 10083.2W$ $Q_{W \cdot N} = (17.6 \times 0.92 \times 1.57 \times 469.7)W = 11940.5W$ $Q_{W \cdot E} = (17.6 \times 0.86 \times 1.57 \times 146.2)W = 3474.2W$ $Q_{W \cdot W} = (17.6 \times 0.86 \times 1.57 \times 172.7)W = 4104.0W$ $\sum Q_W = 29601.9W$	8.7 10.3 3.0 3.5 25.5
楼梯间隔墙户外	$Q_{W \cdot S} = (17.6 \times 0.60 \times 1.83 \times 644.5)W = 12454.8W$ $Q_{D \cdot S} = (17.6 \times 0.60 \times 2.91 \times 105.8)W = 3251.2W$ $\sum Q_S = 15706.0W$	10.7 2.8 13.5

续表

项　　目	计算式及计算结果	占总耗热的百分比（%）
窗　　户（含阳台门上部）	有：$Q_{G\cdot S}$ = （17.6×0.57×6.40×151.2）W = 9707.8W 无：$Q_{G\cdot S}$ = （17.6×0.34×6.40×63.0）W = 2412.7W 无：$Q_{G\cdot N}$ = （17.6×0.81×6.40×131.0）W = 11952.2W 有：$Q_{G\cdot E}$ = （17.6×0.78×6.40×12.6）W = 1107.0W 无：$Q_{G\cdot E}$ = （17.6×0.66×6.40×20.2）W = 1501.7W 无：$Q_{G\cdot W}$ = （17.6×0.66×6.40×10.1）W = 750.9W $\sum Q_G$ = 27432.3W	8.4 2.1 10.3 1.0 1.3 0.6 23.7
阳台门下部	$Q_{B\cdot S}$ = （17.6×0.70×6.40×40.2）W = 3169.7W $Q_{B\cdot E}$ = （17.6×0.86×6.40×3.8）W = 368.1W $\sum Q_B$ = 3537.8W	2.7 0.3 3.0
地　　面	周　边：Q_{F1} = （17.6×0.52×196.1）W = 1794.7W 非周边：Q_{F2} = （17.6×0.30×257.9）W = 1361.7W $\sum Q_F$ = 3156.4W	1.5 1.2 2.7
传热耗热量	$Q_{H\cdot T} = Q_R + \sum Q_W + \sum Q_S + \sum Q_G + \sum Q_B + \sum Q_F$ = 89375.1W	77.0
空气渗透耗热量	Q_{INF} = （$t_i - \bar{t}_e$） $c_p \rho N V$ = （17.6×0.28×1.29×0.8×5249.6）W = 26697.9W	23.0
传热耗热量指标	$q_{H\cdot T} = Q_{H\cdot T}/A_o$ = 89375.1W/3258.8m^2 = 27.43W/m^2	
空气渗透耗热量指标	$q_{INF} = Q_{INF}/A_o$ = 26697.9W/3258.8m^2 = 8.19W/m^2	
内部得热指标	$q_{I\cdot H}$ = 3.80W/m^2	
建筑物耗热量指标	$q_H = q_{H\cdot T} + q_{INF} - q_{I\cdot H}$ = 27.43W/m^2 + 8.19W/m^2 − 3.80W/m^2 = 31.82W/m^2	

计算结果表明：北京地区 80 住 2—4 住宅，采取节能措施前，其建筑物耗热量指标为 31.82W/m^2。

【例 4－2】根据【例 4－1】求得的北京地区 80 住 2—4 住宅建筑耗热量指标 q_H = 31.82W/m^2，试求采暖耗煤量指标。

根据采暖耗煤量指标按式（4－4）计算：

$$q_c = 24 Z q_H / H_c \eta_1 \eta_2$$

$$= 24 \times 125 \times 31.82\text{kg}/（8.14 \times 10^3 \times 0.85 \times 0.55）\text{m}^2$$

$$= 25.09\text{kg}（\text{标准煤}）/\text{m}^2$$

计算结果表明：北京地区 80 注 2—4 住宅，采取节能措施前，其采暖耗煤量指标为 25.09kg（标准煤）/m^2。

第三节　外墙和窗户所需传热系数计算

【例 4－3】试求北京地区住宅建筑满足耗热量指标 $q_H = 20.6W/m^2$ 时外墙所需传热系数。已知建筑物平面、朝向、建筑面积、体积、窗墙面积比、楼梯间隔墙、地面均同【例 4－1】。屋顶传热系数 $K_R = 0.80W$（$m^2 \cdot K$），双玻钢窗 $K_G = 4.0W$（$m^2 \cdot K$），阳台门下部 $K_B = 1.7W$（$m^2 \cdot K$），户门 $K_{D \cdot S} = 2.7W/(m^2 \cdot K)$。外墙所需传热系数的计算见表 4－5。

表 4－5　　外墙所需传热系数的计算

项　目	计算式及计算结果
传热耗热量	$Q_{H \cdot T} = (t_i - \bar{t}_e)(\sum_{i=1}^{m} \varepsilon_i K_i A_i)$ 式中　$t_i - \bar{t}_e = 16K + 1.6K = 17.6K$
屋　顶	$Q_R = (17.6 \times 0.91 \times 0.80 \times 492.6)W = 6311.6W$
外　墙	$Q_{W \cdot S} = 17.6 \times 0.70 \times K_W \times 521.3 = 6422.4K_W$ $Q_{W \cdot N} = 17.6 \times 0.92 \times K_W \times 469.7 = 7605.4K_W$ $Q_{W \cdot E} = 17.6 \times 0.86 \times K_W \times 146.2 = 2212.9K_W$ $Q_{W \cdot W} = 17.6 \times 0.86 \times K_W \times 172.7 = 2614.0K_W$ $\sum Q_W = 18854.7K_W$
楼梯间隔墙 户　门	$Q_{W \cdot S} = (17.6 \times 0.60 \times 1.83 \times 644.5)W = 12454.8W$ $Q_{D \cdot S} = (17.6 \times 0.60 \times 2.70 \times 105.8)W = 3016.6W$ $\sum Q_S = 15471.4W$
窗　户 （含阳台门上部）	有：$Q_{G \cdot S} = (17.6 \times 0.50 \times 4.0 \times 151.2)W = 5322.2W$ 无：$Q_{G \cdot S} = (17.6 \times 0.18 \times 4.0 \times 63.0)W = 798.3W$ 无：$Q_{G \cdot N} = (17.6 \times 0.76 \times 4.0 \times 131.0)W = 7009.0W$ 有：$Q_{G \cdot E} = (17.6 \times 0.74 \times 4.0 \times 12.6)W = 656.4W$ 无：$Q_{G \cdot E} = (17.6 \times 0.57 \times 4.0 \times 20.2)W = 810.6W$ 无：$Q_{G \cdot W} = (17.6 \times 0.57 \times 4.0 \times 10.1)W = 405.3W$ $\sum Q_G = 15001.8W$

续表

项　　目	计　算　式　及　计　算　结　果
阳台门下部	$Q_{B\cdot S}=(17.6\times0.70\times1.70\times40.2)\ W=841.9W$ $Q_{B\cdot E}=(17.6\times0.86\times1.70\times3.8)\ W=97.8W$ $\sum Q_B=939.7W$
地　　面	$\sum Q_F=3154W$（同例 4－1）
传热耗热量	$Q_{H\cdot T}=Q_R+\sum Q_W+\sum Q_S+\sum Q_G+\sum Q_E+\sum Q_F$ $=40880.9W+18854.7K_W$
传热耗热量指标	$q_{H\cdot T}=(40880.9+18854.7K_W)/3258.8=12.54W+5.79K_W$
空气渗透耗热量指标	$q_{INF}=(17.6\times0.28\times1.29\times0.5\times5249.6)\ W/3258.8m^2=5.12W/m^2$
内部得热指标	$q_{I\cdot H}=3.80W/m^2$
建筑物耗热量指标	$q_H=q_{H\cdot T}+q_{INF}-q_{I\cdot H}=(12.54+5.79K_W+5.12-3.80)\ W/m^2$ $=20.6W/m^2$
外墙所需传热系数	$K_W=(20.6-12.54-5.12+3.80)\ W/5.79(m^2\cdot K)=1.16W/(m^2\cdot K)$

计算结果表明：北京地区住宅建筑满足耗热量指标 $q_H=20.6W/m^2$ **时，外墙所需传热系数为** $1.16W/(m^2\cdot K)$**，但建筑物体型系数应小于或等于** 0.30**，窗户采用双玻金属窗。**

【例 $4-4$**】试求北京地区住宅建筑满足耗热量指标** $q_H=20.6W/m^2$ **时窗户所需传热系数。已知建筑物平面、朝向、建筑面积、体积、窗墙面积比、楼梯间隔墙、地面均同【例** $4-1$**】。屋顶传热系数** $K_R=0.80W/(m^2\cdot K)$**，外墙传热系数** $K_W=0.90W/(m^2\cdot K)$**，阳台门下部** $K_B=1.7W/(m^2\cdot K)$**，户门** $K_{D\cdot S}=2.7W/(m^2\cdot K)$**。窗户所需传热系数的计算见表** $4-6$**。**

表 4－6　　窗户所需传热系数的计算

项　　目	计　算　式　及　计　算　结　果
传热耗热量	$Q_{H\cdot T}=(t_i-\bar{t}_e)(\sum_{i=1}^{m}\varepsilon_i K_i A_i)$ 式中　$t_i-\bar{t}_e=16K+1.6K=17.6K$
屋　　顶	$Q_R=(17.6\times0.91\times0.80\times492.6)\ W=6311.6W$
外　　墙	$Q_{W\cdot S}=(17.6\times0.70\times0.90\times521.3)\ W=5780.2W$ $Q_{W\cdot N}=(17.6\times0.92\times0.90\times469.7)\ W=6844.8W$ $Q_{W\cdot E}=(17.6\times0.86\times0.90\times146.2)\ W=1991.6W$ $Q_{W\cdot W}=(17.6\times0.86\times0.90\times172.7)\ W=2352.6W$ $\sum Q_W=16969.2W$

续表

项　　目	计　算　式　及　计　算　结　果
楼梯间隔墙及户门	$\sum Q_S = 15471.4W$（同例 4－3）
窗　　户 （含阳台门上前）	有：$Q_{G\cdot S} =$（$17.6 \times 0.50 \times K_G \times 151.2$）$= 1330.6K_G$ 无：$Q_{G\cdot S} =$（$17.6 \times 0.18 \times K_G \times 63.0$）$= 199.6K_G$ 无：$Q_{G\cdot N} =$（$17.6 \times 0.76 \times K_G \times 131.0$）$= 1752.3K_G$ 有：$Q_{G\cdot E} =$（$17.6 \times 0.74 \times K_G \times 12.6$）$= 164.1K_G$ 无：$Q_{G\cdot E} =$（$17.6 \times 0.57 \times K_G \times 20.2$）$= 202.6K_G$ 无：$Q_{G\cdot W} =$（$17.6 \times 0.57 \times K_G \times 10.1$）$= 101.3K_G$ $\sum Q_G = 3750.5K_G$
阳台门下部	$\sum Q_B = 939.7W$（同例 4－3）
地　　面	$\sum Q_F = 3156.4W$（同例 4－1）
传热耗热量	$Q_{H\cdot T} = Q_R + \sum Q_W + \sum Q_S + \sum Q_G + \sum Q_B + \sum Q_F$ $= 42848.3W + 3750.5K_G$
耗热量指标	$q_{H\cdot T} =$（$42848.3 + 3750.5K_G$）$/3258.8 = 13.15W + 1.15K_G$
空气渗透耗热量指标	$q_{INF} =$（$17.6 \times 0.28 \times 1.29 \times 0.5 \times 5249.6$）$W/3258.8m^2 = 5.12W/m^2$
内部得热指标	$q_{I\cdot H} = 3.80W/m^2$
建筑物耗热量指标	$q_H = q_{H\cdot T} + q_{INF} - q_{I\cdot H} =$（$13.15 + 1.15K_G + 5.12 - 3.80$）$W/m^2$ $= 20.6W/m^2$
窗户所需传热系数	$K_G =$（$20.6 - 13.15 - 5.12 + 3.80$）$W/1.15$（$m^2 \cdot K$）$= 5.33W/$（$m^2 \cdot K$）

计算结果表明：北京地区住宅建筑满足耗热量指标 $q_H = 20.6W/m^2$ **时，窗户所需传热系数为** $5.33W/$（$m^2 \cdot K$）**［可采用单层塑料窗** $K = 4.70W/$（$m^2 \cdot K$）**］，但建筑物体型系数应小于或等于** 0.30**，外墙传热系数应小于或等于** $0.90W/$（$m^2 \cdot K$）**。**

【例 4－5**】试求哈尔滨地区住宅建筑满足耗热量指标** $q_H = 21.9W/m^2$ **时外墙所需传热系数。已知该住宅平面采用** 80 **龙住** 1**，**4 **个单元** 6 **层楼，层高** 2.7m**，南北向，单框双玻塑料窗，楼梯间采暖；采暖期** $Z = 176d$**，采暖期室外平均温度** $t_e = -10℃$**；建筑面积** $A_o = 3409.4m^2$**，建筑体积** $V_o = 9546.3m^3$**，外表面积** $A_o = 2854.3m^2$**，体型系数** $S = 0.299$**，换气体积** $V = 0.65V_o = 6205.1m^3$**；已知屋顶的传热系数** $K_R = 0.50W/$（$m^2 \cdot K$）**，窗户** $K_G = 2.5W/$（$m^2 \cdot K$）**，阳台门下部** $K_B = 1.5W/$（$m^2 \cdot K$）**，外门** $K_D = 2.5W/$（$m^2 \cdot K$）**，周边地面保温** $K_{F1} = 0.30W/$（$m^2 \cdot K$）**。外墙所需传热系数的计算见表** 4－7**。**

表 4－7　　外墙所需传热系数的计算

项　　目	计　算　式　及　计　算　结　果
传热耗热量	$Q_{H\cdot T}=(t_i-\bar{t}_e)(\sum_{i=1}^{m}\varepsilon_i K_i A_i)$ 式中　$t_i-\bar{t}_e=16K+10K=26K$
屋　　顶①	$Q_R=(26\times0.96\times0.5\times568.2)W=7091.1W$
外　　墙①	$Q_{W\cdot S}=26\times0.80K_W\times708.0=14726.4K_W$ $Q_{W\cdot N}=26\times0.95K_W\times742.5=18339.8K_W$ $Q_{W\cdot E}=26\times0.90K_W\times153.6=3594.2K_W$ $Q_{W\cdot W}=26\times0.90K_W\times153.6=3594.2K_W$ $\sum Q_W=40254.6K_W$
窗　　户① （含阳台门上部）	有：$Q_{G\cdot S}=26\times0.67\times2.5\times60.5W=2634.8W$ 无：$Q_{G\cdot S}=26\times0.45\times2.5\times211.7W=6192.2W$ 有：$Q_{G\cdot N}=26\times0.91\times2.5\times80.6W=4767.5W$ 无：$Q_{G\cdot N}=26\times0.85\times2.5\times157.0W=8674.3W$ 无：$Q_{G\cdot E}=26\times0.71\times2.5\times10.1W=466.1W$ 无：$Q_{G\cdot W}=26\times0.71\times2.5\times10.1W=466.1W$ $\sum Q_G=23201.0W$
阳台门下部①	$Q_{B\cdot S}=26\times0.80\times1.5\times15.1W=471.1W$ $Q_{B\cdot N}=26\times0.95\times1.5\times30.2W=1118.9W$ $\sum Q_B=1590.0W$
外　　门①	$Q_{D\cdot N}=26\times0.95\times2.5\times13.8W=852.2W$
地　　面①	$Q_{F1}=26\times0.30\times252.4W=1968.7W$ $Q_{F2}=26\times0.30\times193.3W=1507.7W$ $\sum Q_F=3476.4W$
传热耗热量	$Q_{H\cdot T}=Q_R+\sum Q_W+\sum Q_G+\sum Q_B+\sum Q_D+\sum Q_F$ $=36210.7W+40254.6K\cdot m^2K_W$
传热耗热量指标	$q_{H\cdot T}=(36210.7W+40254.6K\cdot m^2K_W)3409.4m^2$ $=(10.62W+11.8K\cdot m^2K_W)/m^2$
空气渗透耗热量指标	$q_{INF}=(26\times0.28\times1.35\times0.5\times6205.1)W/3409.4m^2=8.94W/m^2$
内部得热指标	$q_{I\cdot H}=3.80W/m^3$
建筑物耗热量指标	$Q_H=q_{H\cdot T}+q_{INF}-q_{I\cdot H}=(10.62+11.8K_W+8.94-3.80)W/m^2$ $=21.9W/m^2$
外墙所需传热系数	$K_W=(21.9-10.62-8.94+3.80)W/11.8m^2\cdot K=0.52W/(m^2\cdot K)$

①围护结构面积 $A_i=568.2m^2$、$708.0m^2$、…、$193.3m^2$ 等为 80 龙住 1，4 单元中已知数据。

计算结果表明：哈尔滨地区住宅建筑满足耗热量指标 $q_H = 21.9W/m^2$ 时，外墙所需传热系数为 0.52W/（$m^2 \cdot K$），但建筑物体型系数应小于或等于 0.30，窗户传热系数应小于或等于 2.50W/（$m^2 \cdot K$）。

如果该住宅采用本例同一平面，相同朝向，同样窗户、阳台门、外门、地面，但为 4 个单元 3 层楼，建筑物体型系数为 0.359，屋顶传热系数为 0.30W/（$m^2 \cdot K$）。在这些条件下，要满足耗热量指标 $q_H = 21.9W/m^2$，按本例同样的方法可求得外墙所需的传热系数为 0.40W/（$m^2 \cdot K$）。

第四节　外墙的平均传热系数计算

【例 4－6】外墙为 240mm 厚砖墙，带钢筋混凝土圈梁和抗震柱。房间开间 3.3m，层高 2.7m，窗户 1.5m×1.5m。采用饰面石膏聚苯板（$\delta = 50mm$）内保温。空气间层厚 20mm。外墙构造见图 4－2。

所用材料的热导率 λ［W/（m·K）］；砖墙 0.81，钢筋混凝土 1.74，聚苯板 0.045。空气间层热绝缘系数 $M = 0.16m^2 \cdot K/W$。试分析这种墙体的保温效果。M_i、M_e 取值见附录 A 中表 A16、A17。

主体部位：

$$K_P = \frac{1}{M_i + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + M_e} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.24}{0.81} + 0.16 + \frac{0.05}{0.045} + 0.04} W/(m^2 \cdot K)$$

$$= \frac{1}{1.72} W/(m^2 \cdot K) = 0.58 W/(m^2 \cdot K)$$

$$A_P = [(3.3 - 0.24)(2.7 - 0.3)]m^2 - (1.5 \times 1.5)m^2 = 3.06 \times 2.4m^2 - 2.25m^2$$
$$= 5.09m^2$$

热桥部位：

$$K_{B1} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.24}{1.74} + \frac{0.07}{0.81} + 0.04} W/(m^2 \cdot K) = \frac{1}{0.37} W/(m^2 \cdot K) = 2.70 W/(m^2 \cdot K)$$

$$A_{B1} = 2.7 \times 0.24m^2 = 0.65m^2$$

$$K_{B2} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.31}{1.74} + 0.04} W/(m^2 \cdot K) = \frac{1}{0.33} W/(m^2 \cdot K) = 3.03 W/(m^2 \cdot K)$$

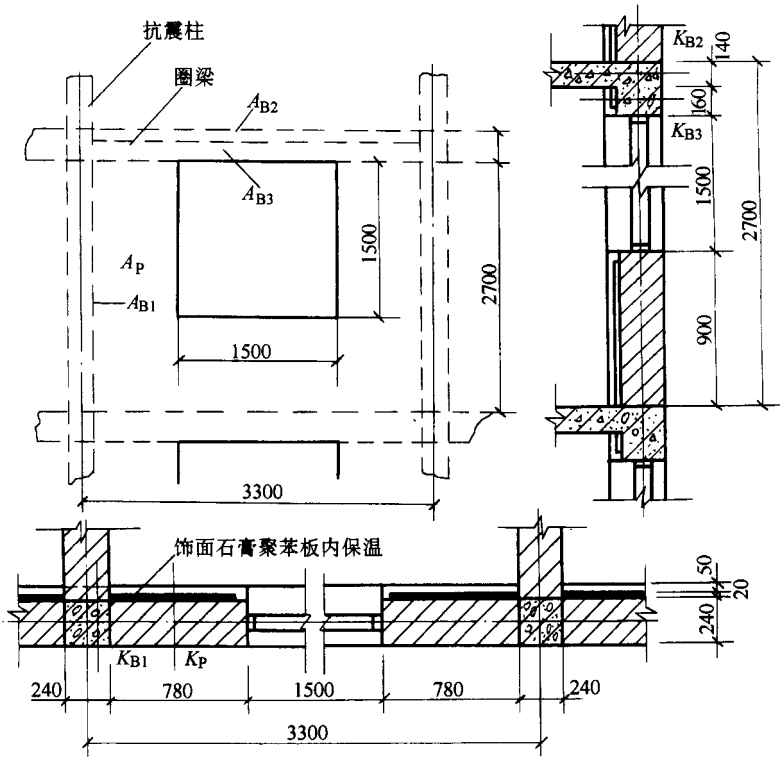


图 4－2　内保温墙体构造

$$A_{B2} = 3.06 \times 0.14\text{m}^2 = 0.43\text{m}^2$$

$$K_{B3} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.24}{1.74} + 0.16 + \frac{0.05}{0.045} + 0.04}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$= \frac{1}{1.56}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = 0.64\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$A_{B3} = 3.06 \times 0.16\text{m}^2 = 0.49\text{m}^2$$

外墙平均传热系数：

$$K_m = \frac{K_P A_P + K_{B1} A_{B1} + K_{B2} A_{B2} + K_{B3} A_{B3}}{A_p + A_{B1} + A_{B2} + A_{B3}}$$

$$= \frac{0.58 \times 5.09 + 2.70 \times 0.65}{5.09 + 0.65 + 0.43 + 0.49} + \frac{3.03 \times 0.43 + 0.64 \times 0.49}{5.09 + 0.65 + 0.43 + 0.49}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$= \frac{6.32}{6.66} = 0.95\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

计算结果表明：这一内保温墙体的平均传热系数为 0.95W/（m^2·K），**要**

比主体部位的传热系数 0.58W/（m²·K）高出 64%。由于热桥部位缺乏保温，故这种墙体的总体保温效果较差。

【例 4－7】外墙基本构造同【例 4－6】。但采用纤维增加强聚苯板（δ = 50mm）外保温。外墙构造见图 4－3。所用材料的热导率同【例 4－6】。试分析这种墙体的保温效果。M_i、M_e 取值见附录 A 中表 A16、A17。

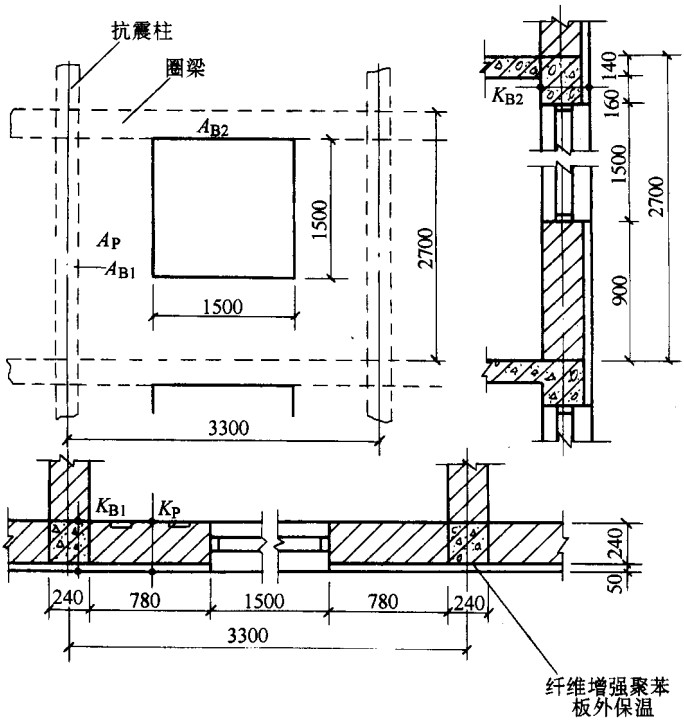


图 4－3　外保温墙体构造

主体部位：

$$K_P = \frac{1}{M_i + \sum\frac{\delta_i}{\lambda_i} + M_e} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.24}{0.81} + \frac{0.05}{0.045} + 0.04}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$= \frac{1}{1.56}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = 0.64\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$A_P = 5.09\text{m}^2$$

热桥部位：

$$K_{B1} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.24}{1.74} + \frac{0.05}{0.045} + 0.04}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = \frac{1}{1.40}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = 0.71\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$A_{B1} = 0.65\text{m}^2$$

$$K_{B2} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.24}{1.74} + \frac{0.05}{0.045} + 0.04}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = \frac{1}{0.40}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = 0.71\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$A_{B2} = 3.06 \times 0.30\text{m} = 0.92\text{m}^2$$

外墙平均传热系数：

$$K_m = \frac{K_P A_P + K_{B1} A_{B1} + K_{B2} A_{B2}}{A_p + A_{B1} + A_{B2}}$$

$$= \frac{0.64 \times 5.09 + 0.71 \times 0.65}{5.09 + 0.65 + 0.92}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} + \frac{0.71 \times 0.92}{5.09 + 0.65 + 0.92}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

$$= \frac{4.37}{6.66}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）} = 0.66\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

计算结果表明：这一外保温墙体的平均传热系数为 0.66W/（m^2·K），**比主体部位的传热系数** 0.64W/（m^2·K）**仅高出** 3%。**由于热桥部位和主体部位均已保温，故这种墙体的总体保温效果较好。**

第五节　空心砌块的平均热绝缘系数值计算

【例 4－8**】图** 4－4 **所示的浮石混凝土三排孔空心砌体。已知浮石混凝土的密度为** 1300kg/m^3**，热导率** $\lambda_1 = 0.53$W/（m·K）**；**45mm **及** 50mm **厚空气间层的当量热导率分别为：**$\lambda_2 = 0.25$W/（m·K），$\lambda_3 = 0.28$W/（m·K）**（按空气间层热绝缘系数求得）；**$M_i + M_e = 0.11\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.04\text{m}^2\cdot\text{K/W} = 0.15\text{m}^2\cdot\text{K/W}$。**试根据断面构造、尺寸和材料的热导率等，求该空心砌块的平均热绝缘系数值。**

为便于计算，现将中间一排孔与两侧孔排齐，然后，按平行于热流方向将砌块划分成 5 **级：**

$$A_1 = 2 \times 0.025\text{m}^2 + 1 \times 0.06\text{m}^2 = 0.11\text{m}^2$$

$$A_2 = 2 \times 0.19\text{m}^2 = 0.38\text{m}^2$$

$$A_0 = 0.49\text{m}^2$$

$$M_{o1} = \frac{0.24}{0.53}\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.15\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$= 0.45\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.15\text{m}^2\cdot\text{K/W} = 0.60\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$M_{o2} = 4\times\frac{0.025}{0.53}\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 2\times\frac{0.045}{0.25}\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 1\times\frac{0.05}{0.28}\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.15\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$= 0.19\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.36\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.18\text{m}^2\cdot\text{K/W} + 0.158\text{m}^2\cdot\text{K/W} = 0.88\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$\frac{\lambda_2+\lambda_3}{2}\Big/\lambda_1 = \frac{0.25+0.28}{2}\Big/0.53 = 0.50$$

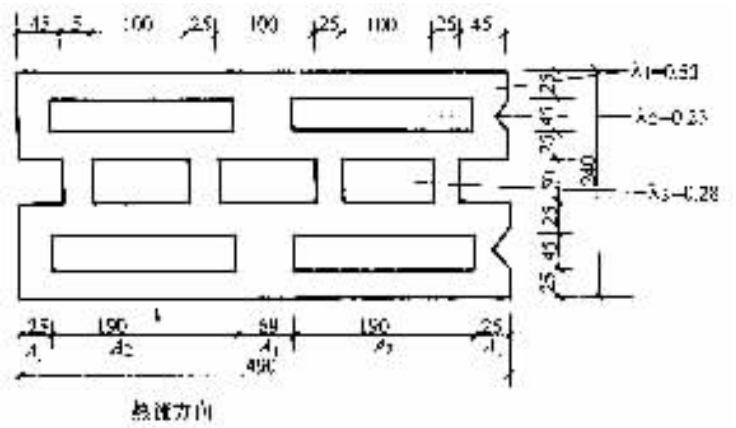


图 4－4　空心砌块断面构造

查表，$\varphi = 0.96$，空心砌块的平均热绝缘系数为

$$\overline{M} = \left[\left(\frac{A_0}{\dfrac{A_1}{M_{01}}+\dfrac{A_2}{M_{02}}}\right) - (M_i + M_e)\right]\varphi$$

$$= \left[\left(\frac{0.49}{\dfrac{0.11}{0.60}+\dfrac{0.38}{0.88}}\right) - 0.15\right]\times 0.96\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$= [0.80 - 0.15]\times 0.96\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$= 0.62\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

第六节　外围护结构内表面与内部温度及内部冷凝受潮计算

【例 4－9】试求粘土砖、岩棉板、石膏板复合墙体，在北京地区采暖室外计算温度条件下的内表面温度和各层温度分布。该墙体的温度分布见图 4

－5 所示。各层材料的热工性能指标见表 4－8。室内温度 $t_i = 18℃$，室外温度 $t_e = -9℃$。

表 4－8　　各层材料热工性能指标

各层材料名　称	密　度 $\rho/kg \cdot m^{-3}$	厚　度 δ/m	热导率 $\lambda/W(m \cdot K)^{-1}$	热绝缘系数 $M/(m^2 \cdot K)W^{-1}$
1. 石膏板	1050	0.012	0.33	0.04
2. 岩棉板	100	0.05	0.054	0.93
3. 空气层	—	0.02	0.125	0.16
4. 粘土砖墙	1800	0.24	0.81	0.30

注：各层材料热工性能指标按附录附表取 A14 值。

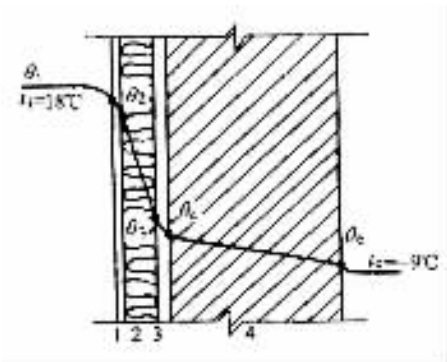


图 4－5　复合墙体的温度 θ 分布

墙体热绝缘系数：

$$M = M_i + \sum M + M_e$$

$$= (0.11 + 0.04 + 0.93 + 0.16 + 0.30 + 0.04)\ m^2 \cdot K/W = 1.58 m^2 \cdot K/W$$

墙体内表面温度：

$$\theta_i = t_i - \frac{t_i - t_e}{M_o} M_i = 18℃ - \frac{18+9}{1.58} \times 0.11℃ = 16.1℃$$

某层内表面温度：

$$\theta_m = t_i - \frac{t_i - t_e}{M_o}(M_i + M_{1-m})\ \text{（见附录 A.8.2）}$$

$$\theta_2 = 18℃ - \frac{18+9}{1.58}(0.11 + 0.04)℃ = 15.4℃$$

$$\theta_3 = 18℃ - \frac{18+9}{1.58}(0.11+0.04+0.93)℃ = -0.5℃$$

$$\theta_4 = 18℃ - \frac{18+9}{1.58}(0.11+0.04+0.93+0.16)℃ = -3.2℃$$

墙体外表面温度：

$$\theta_e = 18℃ - \frac{18+9}{1.58}(0.11+0.04+0.93+0.16+0.30)℃ = -8.3℃$$

【例 4－10】试验算北京地区住宅建筑加气温凝土内保温墙体在采暖期内保温层的受潮情况。由保温墙体构造见图 4－6，各层材料热工性能指标见表 4－9。

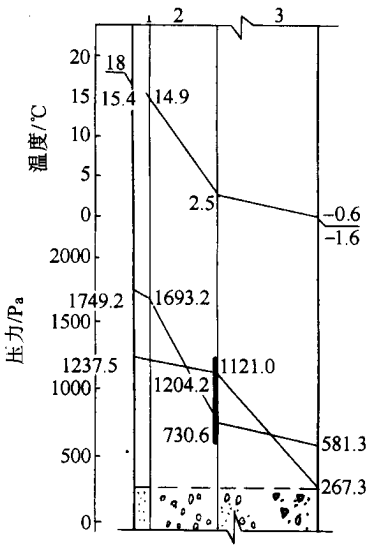


图 4－6　加气混凝土内保温墙体

表 4－9　　各层材料热工性能指标

各层材料名称	材料厚度 δ/m	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/（m^2·K）W^{-1}
1. **石灰砂浆** $\rho = 1600kg/m^3$	0.02	0.81	0.02
2. **加气混凝土** $\rho = 500kg/m^3$	0.125	0.24	0.52
3. **混凝土** $\rho = 2300kg/m^3$	0.20	1.51	0.13

续表

各层材料名称	材料蒸汽渗透系数 μ/g（m·h·Pa）$^{-1}$	水蒸汽渗透阻 H/m^2·h·Pa·g^{-1}
1. 石灰砂浆 $\rho = 1600\text{kg/m}^3$	0.000044	451.5
2. 加气混凝土 $\rho = 500\text{kg/m}^3$	0.000111	1126.1
3. 混凝土 $\rho = 2300\text{kg/m}^3$	0.000017	11560.1

1）求各界面的温度，作分布线。$M_o = 0.82\text{m}^2\cdot\text{K/W}$，$H_o = 13138.3\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$

$$\theta_1 = \theta_i = 18℃ - \frac{18+1.6}{0.82}\times 0.11℃ = 15.4℃$$

$$\theta_2 = 18℃ - \frac{18+1.6}{0.82}\times (0.11+0.02)℃ = 14.9℃$$

$$\theta_2 = 18℃ - \frac{18+1.6}{0.82}\times (0.11+0.02+0.52)℃ = 2.5℃$$

$$\theta_e = 18℃ - \frac{18+1.6}{0.82}\times (0.11+0.02+0.52+0.13)℃ = -0.6℃$$

2）求相应的饱和水蒸气分压力，作分布线。

查附录附 A 中表 A23 及表 A24，$p_{S\cdot 1} = p_{S\cdot i} = 1749.2\text{Pa}$

$$p_{S\cdot 2} = 1693.2\text{Pa}$$

$$p_{S\cdot 3} = 730.6\text{Pa}$$

$$p_{S\cdot 4} = p_{S\cdot C} = 581.3\text{Pa}$$

3）求各界面实际的水蒸气分压力，作分布线。

$t_i = 18℃$，$\varphi_i = 60\%$查附录 A 附录 A24，$p_{S-1} = 534.6\text{Pa}$

$$p_1 = p_i = 2062.5\times 0.6\text{Pa} = 1237.5\text{Pa}$$

$\bar{t} = 1.6℃$，$\bar{\varphi} = 50\%$，查附录 A 附表 A23，$p_{s\cdot c} = 543.6\text{Pa}$

$$p_C = 534.6\times 0.5\text{Pa} = 267.3\text{Pa}$$

$$p_2 = 1204.2\text{Pa}$$

$$p_3 = 1121.0\text{Pa}$$

4）由附录 A 中图 A9b 可见，p 线与 p_m 线相交。在冷凝界面（加气混凝土与混凝土交界面）处可能出现冷凝。据计算，小时冷凝量 $\omega = 0.28\text{g/m}^2$，采暖期冷凝量 $\omega = 544.3\text{g/m}^2$。加气混凝土重量湿度增量 $\Delta\omega = 1.34\%$，小于

附录 A 中附表 22 中的允许值 4%，故内侧不需设隔汽层。

【例 4－11】试验算传统屋顶（见图 4－7）在沈阳地区是否需要设置隔汽层（以下符号同表 4－9）。

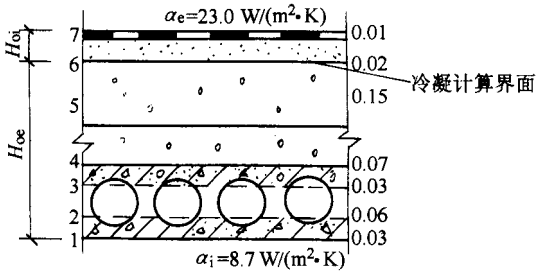


图 4－7　传统屋顶构造

（1）钢筋混凝土

$$\lambda_1 = 1.74\text{W/（m·K）}，M_1 = 0.02\text{m}^2\cdot\text{K/W}，$$

$$\mu_1 = 0.0000158\text{g/（m·h·Pa）}$$

（2）空气间层

$$\bar{\lambda}_2 = 0.91\text{W/（m·K）}，\bar{M}_2 = 0.07\text{m}^2\cdot\text{K/W}，$$

$$\mu_2 = \infty$$

（3）钢筋混凝土：同（1）

（4）干辅炉渣

$$\lambda_4 = 0.29\text{W/（m·K）}，M_4 = 0.24\text{m}^2\cdot\text{K/W}，$$

$$p_4 = 0.000193\text{g/（m·h·Pa）}$$

（5）加气混凝土：

$$\lambda_5 = 0.29\text{W/（m·K）}，M_5 = 0.52\text{m}^2\cdot\text{K/W}，$$

$$p_5 = 0.000111\text{g/（m·h·Pa）}$$

（6）水泥砂浆

$$\lambda_6 = 0.93\text{W/（m·K）}，M_6 = 0.02\text{m}^2\cdot\text{K/W}，$$

$$p_6 = 0.000021\text{g/（m·h·Pa）}$$

（7）二毡三油：

$$\lambda_7 = 0.17\text{W/（m·K）}，M_7 = 0.06\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$H_7 = 2\times 1107\text{m}^2\cdot\text{h·Pa/g} + 267\text{m}^2\cdot\text{h·Pa/g} + 480\text{m}^2\cdot\text{h·Pa/g} = 2961.0\text{m}^2\cdot\text{h·Pa/g}$$

（见附录 A 附表 A15 插值法计算）。

室内： $t_i = 18℃$，$\varphi_i = 60\%$，$p_i = 1237.5\text{Pa}$

室外： $t_e = -5.7℃$，$\varphi_i = 58\%$，$p_e = 219.6\text{Pa}$（参见附录 A 中表 A23、A24）

冷凝界面温度：

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - t_e}{M_0}(M_i + M_{0\cdot i}) = 18℃ - \frac{18+5.7}{1.10}(0.11+0.02+0.07+0.02+0.24+0.52)℃$$

$$p_{S\cdot C} = 476.0\text{Pa}$$

外表面至冷凝界面的水蒸气渗透阻 $H_{o\cdot e}$ 为

$$H_{o\cdot e} = H_6 + H_7 = \frac{\delta_6}{\mu_6} + H_7 = \frac{0.02}{0.000021} + 2961.0\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g} = 3913.4\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

加气混凝土（$\rho_0 = 500\text{kg/m}^3$）的重量湿度允许增量［$\Delta\omega$］$= 4\%$（见附录 A 中表 A22）。

内侧所需的蒸汽渗透阻（设加气混凝土保温层厚度 $\delta_i = 0.15\text{m}$）

$$H_{o\cdot i} = \frac{p_i - p_{S\cdot C}}{\dfrac{10p_0\delta_i[\Delta\omega]}{24Z} + \dfrac{p_{S\cdot C} - p_e}{H_{o\cdot e}}} = \frac{1237.5-476.0}{\dfrac{10\times500\times0.15\times4}{24\times152} + \dfrac{476.0-219.6}{3913.4}}\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

$$= \frac{761.5}{0.822+0.066}\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

$$= 857.5\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

内侧实际有的蒸汽渗透阻：

$$H_{o\cdot i} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \frac{\delta_4}{\mu_4} + \frac{\delta_5}{\mu_5}$$

$$= \frac{0.03}{0.0000158} + \frac{0.06}{\infty} + \frac{0.03}{0.0000158} + \frac{0.07}{0.000193} + \frac{0.15}{0.000111}\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

$$= 1898.7\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g} + 0 + 1898.7\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g} + 362.7\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g} + 1351.4\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

$$= 5511.5\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g} \geqslant 857.5\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/g}$$

验算结果表明：这种传统屋顶内侧实际有的蒸汽渗透阻已远远大于内侧计算所需的蒸汽渗透阻。如果钢筋混凝土层面板本身密实，且接缝处水泥砂浆填充密实并作良好的隔汽处理，则在整个采暖期内，加气混凝土保温层内

的湿度增量不会超过允许增量。因此，对于这种传统屋顶，在沈阳地区可不设隔汽层。

第五章　特殊类型建筑节能设计

第一节　游泳馆建筑节能设计

1. 游泳馆的主要特点

1）游泳馆由于功能上的需要，设计成高大空间建筑，采用钢结构居多。游泳池大厅的面积在 2000m^2 以上，顶棚高度 5～6m；比赛用的游泳馆，具有标准游泳池（50m×25m×5.5m）、跳水池（25m×25m×5.5m）和观众席，大厅面积达 3000～7000m^2，顶棚高度 15～20m。

2）游泳馆池水温度和空气温度的要求全年基本一致，而冬季的室内温度和相对温度比一般建筑舒适空调的参数高，采暖期比较长。

3）为保持游泳池的水温和室内温度，冬季的能耗大。

4）水池和池边地面有大量水分蒸发，为排除大量余湿所需的通风量和能耗较大。

5）设计以排湿为目的的通风换气，最不利条件是在过渡季，而不是冬季。

2. 游泳馆室内设计参数

（1）确定游泳馆室内设计参数应考虑的原则

1）满足游泳馆功能的需要。

2）满足运动员和其他人员的舒适要求。

3）满足上述两个基本要求下有效地减少采暖热耗，减少水面蒸发量和减少排除大量余湿的通风量，以达到节能的目的。

（2）游泳馆室内设计参数的确定：游泳馆室内空气参数的确定是一个很复杂的问题，考虑的因素很多，首先是水温，此外是池水的蒸发、建筑物耗热、围护结构的结露和游泳者、工作人员、观众的舒适等因素。表 5－1 列

出了几个国家所采用的游泳馆设计条件。

表 5－1 游泳馆室内设计条件

设计参数		德国	法国	日本	中国
水温/℃	竞赛游泳池	24	26	25～27	24～26
	跳水池	26	27		26～27
	训练池				26～27
	娱乐性泳池	28～30	28～30	28～30	28～30
室内温度/℃	游泳池大厅	比水温高 3～4 (28)	27	仅热风采暖 28～32 并用辐射采暖时 25～28	27～28
	观众席	(26)			
	淋浴室	24	23	23～25	24
	更衣室	22	23	22～23	22
相对湿度（%）		游泳区 70～75 观众区 45～60			
风速/m·s^{-1}	游泳区	<0.2	热风采暖时 0.1～0.3 辐射采暖时 0.15～0.2	0.2～0.3	0.15～0.2
	观众区	0.5		0.4～0.6	0.5
换气及新风量 m^3（h·人）$^{-1}$	大厅	3～4 次/h	22m^3/（h·人）	1～4 次/h	2～3 次/h
	观众区	30～75	18～30	15～20	15～30

1）池水温度。水温的确定与游泳馆的用途、游泳者类型及其在水中逗留时间长短、运动量大小等因素有关。

人体潜入水中，其热损耗比在空气中要大得多，当人体与介质的相对速度相同的情况下，在水中的热损耗比在空气中大 24 倍以上，由于人体在水中活动会产生热量，可以补偿热损耗。根据 C.Boutelier 的研究，人体对水温的热中和范围为 33.1～33.4℃，也就是说当水温为 33.4℃时，人体在水中浸泡或放松的情况下散热基本平衡，如果在水中活动，身体发热量增加，会引起体温上升，因此，游泳池的水温应低于此极限值。反之，当水温较低时，逗留时间过长，会因热损耗加大而造成体温下降。因此，对于娱乐性活动一般可采用 26℃的水温；对于儿童嬉水池，水温可高一些，建议采用 30～32℃，对于运动量较大且在水中时间较短的竞赛性运动，水温稍低，可采用 24℃，但训练性运动时可稍高一些，以 27℃为宜；对于比赛性的游泳池应按国际泳联的规定（24～26℃）设计。总之，池水温度应根据不同用途的游泳池的需要而定。

2）室内空气温度。室内空气温度与水温有关，当空气温度低于水温时，

水面向空气放出显热，同时随着池水的蒸发放出大量潜热，当游泳者出水时会产生“寒冷感”。为减少池水的耗热和排湿通风量，空气温度应高于水温。如果当空气温度过高时，必然要增加建筑隔热，游泳者入水时又会感到水凉，而工作人员在高温高湿下会感到闷热，甚至使衣着较多的观众难以忍受，因此空气温度比水温高 2～3℃为宜。

3）室内空气相对湿度。室内空气相对湿度直接影响水面的蒸发量和馆内人员的舒适度，在高温高湿的环境下适当降低馆内相对湿度，可以改善管理人员和观众的舒适程度，并有利于防止围护结构的结露。但由此会导致池水的蒸发量加大。从而增加排湿通风量及水池的热损耗。

由计算可知，当水温为 25℃和空温为 27℃的条件下，相对湿度为 RH60%时的池水的蒸发量，比相对湿度 RH70%时大 52%，并且是相对湿度为 RH80%时的 3.27 倍。而对游泳者来说，刚出水面时，由于相对湿度低，身上水分蒸发较快，往往感到寒颤。如果相对湿度过高，将增加为防止围护结构结露的一次投资，同时也会造成工作人员和观众的潮湿感和闷热感。据调查，在温度为 25～32℃，相对湿度 85%以上的温湿度环境中，很适合各种霉菌的生长繁殖，在带有指痕的玻璃上也会发霉。因此，游泳馆设计相对湿度一般采用 70%～75%。

4）空气流速。池面的空气流速也直接影响池水的蒸发量，当水温和空气参数一定时，池水蒸发量与空气流速成正比。对池边来说也是如此，池边空气流速稍大时，不仅会增加潮湿地面的水分蒸发量，而且使游泳者上岸时有吹风感，使身体表面的水分蒸发和散热加快，从而产生“寒冷感”。因此，池面和池边的空气流速不大于 0.3m/s，设计时可取 0.15～0.20m/s，而观众席空气温度较高，风速稍大些可以减轻观念的闷热感，一般可取 0.3～0.5m/s。

3. 游泳馆围护结构的节能设计

（1）游泳馆围护结构设计中应注意的问题：前面已经提到，游泳馆内的温度与湿度都比较高，游泳区一般维持在 24～28℃，上部往往达到 30℃左右，相对湿度一般大于 60%。因此，一些游泳馆墙上有发霉、青苔、冻坏、局部脱落和结构锈蚀等现象，顶棚结露，往下滴水，屋面和墙面材料长期受潮或受冻而造成大块坠落，特别在冬季比较寒冷的地区，围护结构的热工设计就更需多加注意。

1）墙面、屋面和门窗内表面结露问题。注意墙面和屋面的保温性能，

提高外窗的内表面温度，使围护结构内表面温度高于室内空气的露点温度。例如，当室内温度 28℃，相对湿度 70%时，空气的露点温度为 22℃，如果围护结构内表面温度低于 22℃，就会在内表面产生凝结水。

2）注意围护结构的隔汽性能。当水蒸气渗入围护结构内部，一方面由于受潮而大大降低其保温性能，另一方面也影响结构的强度，当围护结构内部产生负温区，使建筑材料的孔洞和毛细管中的自由水分结冰膨胀，甚至会造成墙体或屋面材料冻坏而大块脱落，影响游泳馆安全使用。

3）要注意“冷桥”部位的处理，如墙角、圈梁、挑檐、窗框等部位，防止产生发霉、锈蚀、冻裂、脱落等现象。

4）池面水分蒸发是游泳馆的主要湿负荷，减少蒸发量或控制水蒸气扩散，降低室内空气的水蒸气分压力，对围护结构的热工设计、节约排湿通风的能耗均有很大意义。

（2）游泳馆围护结构热工性能的分析：游泳馆室内外空气之间的温度和湿度存在较大差别，由于围护结构具有空气渗透性，从而通过围护结构传热的同时还伴随着传湿，在材料层内的热湿交换过程是相互联系的，因此在一般情况下，为了计算热湿状况，便需建立导热和导湿方程组进行分析，这样的计算显然很复杂。在工程上通常将问题简化，单独计算稳定状况下的温度场，湿状况仅在选择过程热特性时予以核算，当计算湿特性时，可将温度场作为给定值，通过绘制水蒸气分压力曲线的办法加以分析。

1）稳定条件下实体结构各层界面温度分布可用下式计算：

$$\tau_i = t_i - \frac{M_b + \sum_{j=1}^{i} M_j}{M_o}(t_i - t_w) \tag{5-1}$$

式中 t_i——室内空气计算温度。（℃）

t_w——室外空气计算温度（℃）；

M_o——围护结构的总热绝缘系数（含内外表面的放热绝缘系数）（$m^2 \cdot K/W$）；

$\sum_{j=1}^{i} M_j$——从内表面（$j=1$）至第 i 层的热绝缘系数之和（$m^2 \cdot K/W$）；

M_b——内表面的对流换热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）。

2）稳定条件下围护结构各层水蒸气分压力分布可用下式计算：

$$p_i = p_i - \frac{H_b + \sum_{j=1}^{i} H_j}{H_o}(p_i - P_w) \tag{5-2}$$

式中　p_i——室内空气的水蒸气分压力；

p_w——室外空气的水蒸气分压力；

H_o——围护结构的总水蒸气渗透阻（$m^2 \cdot h \cdot MPa/g$）；

$\sum_{j=1}^{i} H_j$——从内表面（$j=1$）至第 i 层的水蒸气渗透阻之和（$m^2 \cdot h \cdot MPa/g$）；

H_b——内表面的水蒸气传湿阻（$m^2 \cdot h \cdot MPa/g$）。

3）为防止围护结构内表面结露，其内表面温度应高于室内空气露点温度由下式计算稳定条件下围护结构的最小允许热绝缘系数：

$$M_o = M_b \frac{t_i - t_w}{t_i - \theta_i} \tag{5-3}$$

式中　θ_i——内表面温度，应高于室内空气露点温度 1～2℃；

M_b——内表面的对流换热绝缘系数，采用 $0.115 m^2 \cdot ℃/W$。

4）围护结构内表面和室内空气的湿热交换量用下式确定：

$$D = \beta_e (p_i - p_b) \tag{5-4}$$

式中　β_e——表面上的湿交换系数（$g/m^2 \cdot h \cdot MPa$）；

p_i——室内空气的水蒸气分压力（MPa）；

p_b——内表面上的水蒸气分压力（MPa）。

β_e 由室内空气的温度、湿度、流速及表面温度所决定，在自然对流条件下，采用下式计算：

$$\beta_e = 42.9 \Delta t^{1/3} \Delta p^{2/5} \tag{5-5}$$

式中

$$\Delta t = t_i - \theta_i \tag{5-6}$$

$$\Delta p = p_i - p_b \tag{5-7}$$

5）检查围护结构内部产生凝结水或冰冻可能性的方法：

①用围护结构剖面图，以材料层厚度尺寸为横坐标（mm），以温度（℃）和压力（MPa）为纵坐标，绘制各层的温度分布曲线 t 和各层水蒸气分压力曲线 p。

②根据各层的温度，利用空气的焓湿图求出相应的最大水蒸气分压力，并绘

制曲线 p_B。

③若曲线 p 与曲线 p_B 不相交，且曲线 p 位于曲线 p_B 之下，则围护结构内部不会有凝结水（见图 5－1 和图 5－3）；若曲线 p 与曲线 p_B 相交，则在 $p > p_B$ 的各层内会产生凝结水，称之为凝结区（见图 5－2）；当温度在 0℃以下时凝结水结冰，称之为冰冻区（见图 5－4）。

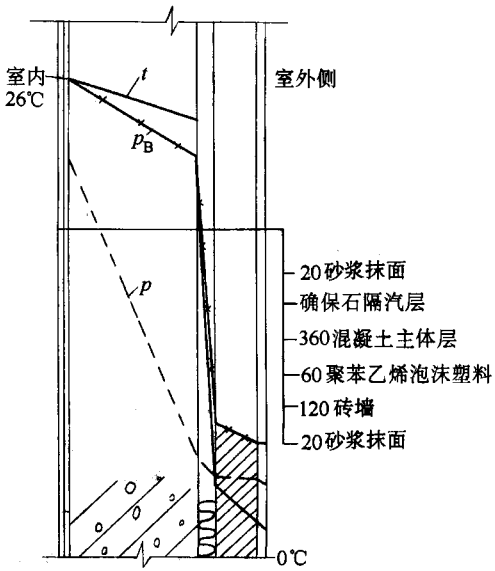


图 5－1　曲线 p 与曲线 p_B 不相交

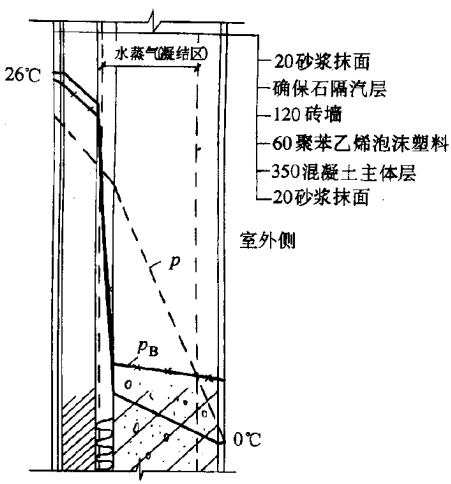


图 5－2　曲线 p 与曲线 p_B 相交

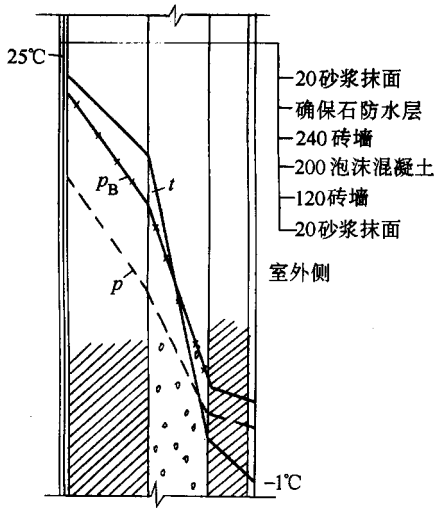


图 5－3　曲线 p 与曲线 p_B 不相交

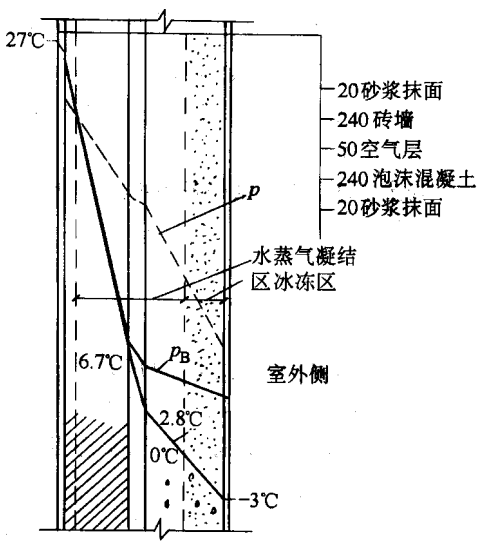


图 5－4　0℃以下凝结水结冰

（3）防止围护结构产生凝结区的主要措施

1）尽可能减少游泳馆大厅的围护结构直接与室外相接，可采用套廊、辅助用房或吊顶等隔离措施。

2）采用适当的保温层厚度，控制围护结构的热绝缘系数，使之内表面温度高于室内空气露点温度 1～2℃。游泳馆围护结构的传热系数应小于一般

建筑的传热系数。

3）游泳馆围护结构的保温层应布置在室外侧，提高其内部的温度场，有利于防止内部产生凝结区，图 5－1 所示结构的保温层布置在室外侧，图 5－2 是保温层布置在室内侧，虽然两种结构的总热绝缘系数相同，内外表面温度相同，但由于内部温度分布不同，保温层布置在室外侧的无凝结区，保温层布置在室内侧的产生凝结区。同理，如若将图 5－3 中的两个不同厚度的砖层互换位置，就会产生凝结区（见图 5－4）。

4）材料层中的湿交换取决于材料的吸湿和导湿性能，因此，保温材料中应选择不吸水或吸水性差的材料，如聚苯乙烯板、岩棉板及玻璃纤维板等。选择成形板材料比散装材料好，因为散装的玻璃棉、岩棉或矿渣棉，虽然材料本身不吸水，但由于材料的松散程度不同，保温性能不稳定，同时，由于材料的毛细管效应，容易积存水气或液相水。

5）游泳馆室内空气的水蒸气分压力较大，围护结构应设置隔汽层，以减少水蒸气由室内渗透到围护结构内部，隔汽材料应布置在室内侧。由式（5－2）和式（5－4）可知，隔汽材料的水蒸气渗透阻越大越好，如金属板、瓷砖或玻璃等，若将隔汽层设在室外侧，势必使渗入围护结构内的水蒸气因散发不出去而积存在内部，这是不允许的。

6）围护结构外表面装修层既具备装修作用，同时也应具备保护保温层的作用，装修层采用透气性较好的材料，有利于围护结构内部的水蒸气向室外散发。

（4）热工性能较合理的围护结构设计实例

1）墙体结构由室内侧至室外侧的材料层应按以下次序排列：

	材料层	实例
室内侧	瓷砖层	瓷　砖
↓	砂浆层	20mm 砂浆
	隔汽层	确保石
	主体层	350mm 混凝土
	保温层	60mm 沥青岩棉板
室外侧	保护层	120mm 砖墙
	外装修	20mm 砂浆抹面

2）屋顶。屋顶在建筑热工性能的要求与外墙相同，但由于其围护功能

与外墙不同，结构也不同。为防御雨雪侵入，外表层应是防水层，内表层也应是隔汽层，以防止水气渗入，中间应采用轻质保温材料，图 5－5 为德国慕尼黑游泳馆的屋顶，采用 100mm 聚酯保温层；我国奥体中心游泳馆采用金属板盒式屋顶，盒内发泡塑料作保温（见图 5－6）；图 5－7 和图 5－8 所示的斜屋顶和平屋顶的做法也有应用。

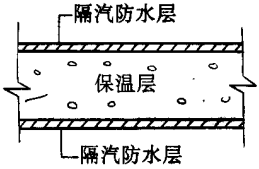


图 5－5　德国慕尼黑游泳馆的屋顶

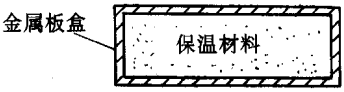


图 5－6　北京奥体中心游泳馆屋顶

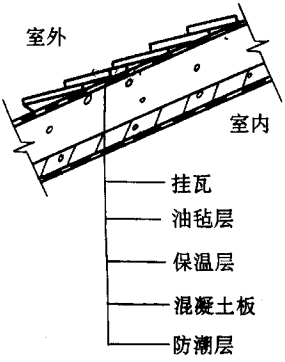


图 5－7　斜屋顶

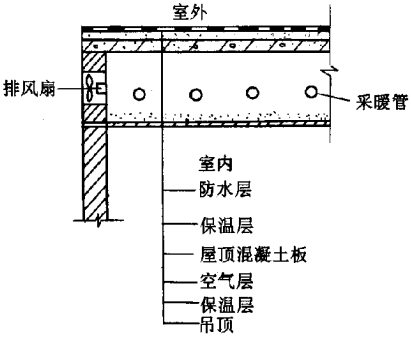


图 5－8　平屋顶

3）外窗。外窗用于采光，为增加外窗的热绝缘系数，一般采用双层或多层玻璃；为提高其内表面温度，采用在窗下设散热器（作用范围在 1～1.5mm 内）和上部用辐射板加温（如图 5－9）或用热风吹刷窗面（见图 5－10 及图 5－11）等措施，以减轻外窗的结露现象。

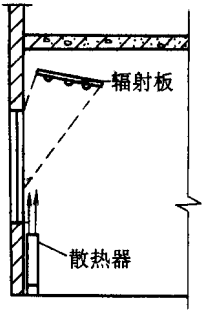


图 5－9　上部用辐射板加温

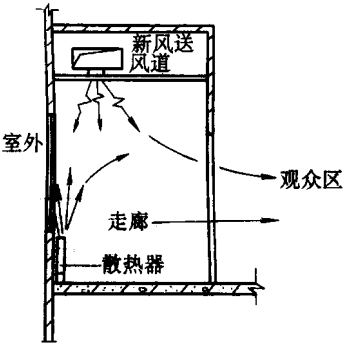


图 5－10　热风吹刷窗面

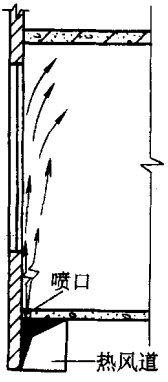


图 5－11　热风吹刷窗面

4）“冷桥”的处理。对柱子、过梁和圈梁一般采取适当保温；对墙角，在南方地区一般可将保温材料做成圆角（见图 5－12），而北方地区常常将采暖立管设置在墙角处（见图 5－12）。

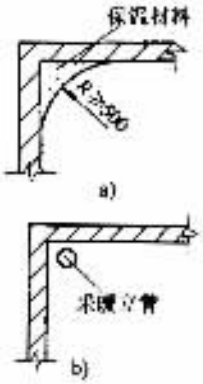


图 5－12　“冷桥”的处理

常年使用的游泳馆，为保证馆内的温、湿度要求，防止外围结构结露，延长建筑物的使用寿命，必须设计通风和供暖。

第二节　冷库建筑节能设计

1. 围护结构的热工计算

（1）围护结构的传热公式：按传热学原理，冷库围护结构的传热量 Q（单位 W）可按下式计算：

$$Q = KA\ (T_W - T_i) \tag{5-8}$$

其中

$$K = \frac{1}{M_o} = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_W} + \sum\dfrac{\delta}{\lambda} + \dfrac{1}{\alpha_i}} \tag{5-9}$$

式中　K——传热系数［W/（m^2·K）］；

A——传热面积（m^2）；

T_W——室外温度（K）；

T_i——室内温度（K）；

M_o——热绝缘系数（m^2·K/W）；

α_W——墙外表面的表面传热系数［W/（m^2·K）］，见表 5－2；

α_i——墙内表面的表面传热系数［W/（m^2·K）］，见表 5－3；

δ——导热层厚度（m）；

λ——导热层热导率［W/（m·K）］。

（2）隔热结构 K 值的选择：由式（5－8）可知，隔热材料的 K 值与热损失成正比，欲减少热损失，必须加厚隔热材料，相应的将增加一次投资费、维修费等。因此，选择 K 值时必须根据当地隔热材料的造价、施工费、使用年限、电费、经常费等经济指标作综合分析。一般情况下，可参考表 5－3～表 5－5 的数值。

表 5－2　　冷库围护结构的表面传热系数 α_W、α_i 及放热绝缘系数 M_W、M_i

结构部位及工作条件	α_W 或 α_i/W（m^2·K）$^{-1}$	M_W 或 M_i/m^2·K·W^{-1}
屋面及外墙的外表面，无防风设置时	23.2	0.04
外墙外部紧邻其他建筑物或有防风设置时	11.6	0.086
外墙及屋顶内表面，内墙的表面		
1. 冻结间有强力通风装置	29	0.034
2. 冷藏间有冷风机	17.4	0.057
3. 库房内无强力通风装置	8.1	0.123
冷库内楼板上下的表面	8.1	0.123
冷库地坪下为土壤时	8.1	0.123

表 5－3　　冷库外墙、屋盖、顶棚、内隔墙的传热系数 K 和总热绝缘系数 M_o

两侧温差	$K\Delta T$ = 9W/m^2		$K\Delta T$ = 10W/m^2		$K\Delta T$ = 11W/m^2	
/℃	K/W（m^2·K）$^{-1}$	M_o/m^2·K·W^{-1}	K/W（m^2·K）$^{-1}$	M_o/m^2·K·W^{-1}	K/W（m^2·K）$^{-1}$	M_o/m^2·K·W^{-1}
80	0.11	9.09	0.12	8.33	0.14	7.14
70	0.13	7.69	0.14	7.14	0.16	6.25
60	0.15	6.67	0.17	5.88	0.18	5.56
50	0.18	5.56	6.20	5.00	0.22	4.55
40	0.23	4.35	0.25	4.00	0.28	3.57
30	0.30	3.33	0.33	3.03	0.37	2.70
20	0.37	2.70	0.40	2.50	0.45	2.22
10	0.45	2.22	0.50	2.00	0.60	1.67

注：采用价廉隔热材料时选用 $K\Delta T$ 值小的数值。

表 5－4　　库房楼面的传热系数 K 和总热绝缘系数 M_o

楼板上下的温度差/K	K/ W（m^2·K）$^{-1}$	Mo/ m^2·K·W^{-1}	采用软木隔热层的推荐厚度/m
33～35	0.17	5.88	0.30
23～28	0.20	5.00	0.25
15～20	0.25	4.00	0.20
8～12	0.32	3.13	0.15
5	0.45	2.22	0.10

表 5－5　　库房地坪的传热系数 K 和总热绝缘系数 M_o

库房温层/℃	K/ W（m^2·K）$^{-1}$	Mo/ m^2·K·W^{-1}	采用软木隔热层的推荐厚度/m
－35	0.19	5.26	0.30
－28	0.22	4.55	0.25
－18～－23	0.27	3.70	0.20
－10～－15	0.35	2.86	0.15
－5	0.50	2.00	0.10

注：地坪铺设于架空层上时也可采用本表。

（3）隔热层的最小厚度：隔热层的最小厚度以隔热墙高温到表面不致发生结露现象为准。其相应的传热系数可按下式计算：

$$K_{max} = \frac{\alpha_W \Delta T_W}{(T_W - T_i)\ nb} \tag{5-10}$$

式中　α_W——室外墙面的表面传热系数［W/（m^2·K）］，见表 5－2；

ΔT_W——室外空气温度与室外空气露点温度之间的温度差（K）；

T_W、T_i——室内外空气温度（K）；

n——围护结构特性系数，如：外墙和无阁楼屋盖 $n=1$，带通风间层的屋盖 $n=0.9$，冷地下室上的楼板 $n=0.75$；

b——围护结构隔热层的品质系数，如：能经受挤压、变形、收缩的隔热材料（各种泡沫塑料、矿棉板材、毡料等，与表观密度无关）$b=1.2$；表观密度小于 400kg/m^3 的隔热材料（上述材料除外）$b=1.1$；其他围护结构 $b=1.0$。

为了防止围护结构外侧结露，围护结构的实际 K 值应小于 K_{max}。

（4）围护结构的特性系数

1）热扩散率。在不稳定传热中，通过隔热结构的传热量与隔热结构的

材料有关。热扩散率可用下式表示。

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \tag{5-11}$$

式中 a——建筑材料的热扩散率（m^2/h）；

λ——建筑材料的热导率［W/（m·K）］；

c——建筑材料的比热容［J/（kg·K）］；

ρ——建筑材料的表观密度（kg/m^3）。

热扩散率是不稳定传热时材料的热工特性指标。a 值越大，表明温度变化的速度越快，用这种材料做成的围护结构的热稳定性较差。故围护结构的构造材料宜选用 λ 和 a 都较小的材料。

2）蓄热系数。建筑物的许多热现象，都带有一定的周期波动性，如室外空气温度和太阳辐射热都有昼夜波动。当围护结构一侧受到周期波动热作用时，表面所接受或放出的热量将按同一周期波动，随之引起围护结构外表面温度以至内部和内表面温度的波动，其波动的程度随着向围护结构内部的深入而逐渐减弱。表层温度波动的剧烈程度以及温度波在围护结构内部的衰减程度，与构造材料的蓄热系数 S 有关。蓄热系数越大，表面温度变化越小。当采用 24h 为一波动周期时，材料的蓄热系数 S_{24} 为

$$S_{24} = 0.593\sqrt{\lambda c\rho} = 0.593\frac{\lambda}{\sqrt{a}}\mathrm{W/m^2 \cdot K} \tag{5-12}$$

3）热惰性指标。热惰性指标是指围护结构对外界温度波动作用的抵抗能力。在同样的室外波动热作用下，围护结构热惰性指标越大，则其内表面温度的波动就越小。围护结构的热惰性指标是材料的热绝缘系数 M 与蓄热系数 S 的乘积，用 D 表示，它是一个无因次量。对于单层材料：

$$D = MS \tag{5-13}$$

对于多层材料的围护结构：

$$D = M_1S_1 + M_2S_2 + M_3S_3 + \cdots + M_nS_n = \sum M_iS_i \tag{5-14}$$

式中 i——层次。

根据围护结构热情性指标的大小，一般把 $D \geqslant 6.1$ 的叫重型结构，$D = 3.1 \sim 6.0$ 的叫中型结构，$D \leqslant 3.0$ 的叫轻型结构。例如，以稻壳为隔热材料的砖砌体外墙结构，其热惰性指标 $\Sigma D \geqslant 8$；而灌注硬质聚氨酯泡沫塑料的预制隔热板外墙，其 $\Sigma D = 1.8$ 左右，属于轻型围护结构。

由于轻型围护结构的热惰性指标小，当制冷系统停止运行时，库温回升较大。所以采用轻型围护结构时，动力供应要有充分的保证。

2. 冷库围护结构的隔热防潮

（1）蒸汽渗透的基本概念：在一般情况下，我们所接触到的空气都是湿空气，即干空气与水蒸气的混合物。大气压力就是干空气分压力和水蒸气分压力之和。空气中的水蒸气越多，水蒸气分压力 p_e 值也越大。因此，水蒸气分压力的大小表征了空气中水蒸气含量的多少。当大气压力和空气温度一定时，水蒸气分压力总不能超过某一极限值——水蒸气最大分压力 p_E 见表 5－6。在这种情况下，该空气中所含水蒸气量已达饱和，故 p_E 又称水蒸气饱和压力。

表 5－6　　大气压力 $p = 0.1013$MPa 时，不同空气温度 t 时的最大水蒸气分压力 p_E 值（Pa）

t/℃	p_E	t/℃	p_E	t/℃	p_E	t/℃	p_E	t/℃	p_E
38	6624	4	813	－6.0	368	－12.8	203	－19.6	107
37	6274	3	758	－6.2	363	－13.0	199	－19.8	105
36	5940	2	705	－6.4	356	－13.2	195	－20.0	103
35	5623	1	657	－6.6	351	－13.4	191	－20.5	99
34	5319	0	611	－6.8	344	－13.6	188	－21.0	93
33	4976	－0.2	601	－7.0	337	－13.8	184	－21.5	89
32	4753	－0.4	592	－7.2	332	－14.0	181	－22.0	85
31	4492	－0.6	581	－7.4	327	－14.2	179	－22.5	81
30	4242	－0.8	573	－7.6	321	－14.4	175	－23.0	77
29	4008	－1.0	563	－7.8	315	－14.6	172	－23.5	73
28	3779	－1.2	553	－8.0	303	－14.8	168	－24.0	69
27	3564	－1.4	544	－8.2	304	－15.0	165	－24.5	65
26	3360	－1.6	535	－8.4	299	－15.2	163	－25.0	63
25	3167	－1.8	527	－8.6	293	－15.4	159	－25.5	60
24	2983	－2.0	517	－8.8	289	－15.6	156	－26.0	56
23	2809	－2.2	509	－9.0	284	－15.8	153	－26.5	53
22	2643	－2.4	500	－9.2	279	－16.0	151	－27.0	51
21	2486	－2.6	492	－9.4	273	－16.2	148	－27.5	48
20	2337	－2.8	484	－9.6	268	－16.4	145	－28.0	45
19	2197	－3.0	476	－9.8	264	－16.6	143	－28.5	44
18	2063	－3.2	468	－10.0	260	－16.8	140	－29.0	41
17	1937	－3.4	460	－10.2	255	－17.0	137	－29.5	39
16	1817	－3.6	452	－10.4	251	－17.2	135	－30	37
15	1705	－3.8	445	－10.6	245	－17.4	132	－31	33

续表

t/℃	p_E	t/℃	p_E	t/℃	p_E	t/℃	p_E	t/℃	p_E
14	1598	-4.0	437	-10.8	241	-17.6	129	-32	31
13	1497	-4.2	429	-11.0	237	-17.8	128	-33	27
12	1402	-4.4	423	-11.2	233	-18.0	125	-34	24
11	1308	-4.6	415	-11.4	229	-18.2	123	-35	23
10	1228	-4.8	408	-11.6	225	-18.4	120	-36	20
9	1148	-5.0	401	-11.8	221	-18.6	117	-37	17
8	1073	-5.2	395	-12.0	217	-18.8	116	-38	16
7	1001	-5.4	388	-12.2	213	-19.0	113	-39	13
6	934	-5.6	381	-12.4	209	-19.2	111	-40	12
5	868	-5.8	375	-12.6	207	-19.4	109		

当空气中水蒸气含量达到完全饱和状态时的温度称为露点温度 t_p。如进一步冷却空气（温度低于露点），空气中的水蒸气将开始凝结成水析出。露点在评价围护结构的潮湿状况时，具有很大的意义。已知空气的温度和相对湿度，就可确定它的露点。例如，空气的温度为 18℃，相对湿度为 70%时，查表 5－6 得到 $p_E = 2063\text{Pa}$，则其水蒸气分压 $p_e = p_E\varphi\% = 2063 \times 0.7\text{Pa} = 1444\text{Pa}$，与此水蒸气分压相对应的温度 12.5℃即为此温、湿度条件下空气的露点。各种气温和相对湿度下，达到露点的表面温度可直接由表 5－7 查得。

表 5－7　　各种气温和相对湿度下湿空气的露点温度　　（单位：℃）

空气温度/℃	露点空气的相对湿度（%）								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
36	26.5	28.0	29.3	30.5	31.7	32.9	34.0	35.1	36.0
34	24.6	26.1	27.2	28.6	29.8	31.0	32.1	33.1	34.0
32	22.7	24.2	25.4	26.7	27.8	29.0	30.0	31.1	32.0
30	20.9	22.3	23.6	24.8	25.9	27.0	28.1	29.1	30.0
28	19.0	20.4	21.7	22.9	24.0	25.1	26.1	27.1	28.0
26	17.2	18.5	19.8	21.0	22.1	23.1	24.1	25.1	26.0
24	15.2	16.6	17.8	19.0	20.1	21.1	22.1	23.1	24.0
22	13.4	14.7	15.9	17.0	18.1	19.1	20.1	21.1	22.0
20	11.5	12.8	14.0	15.1	16.2	17.2	18.2	19.1	20.0
18	9.6	10.9	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.1	18.0
16	7.7	9.0	10.2	11.3	12.3	13.3	14.3	15.2	16.0
14	5.8	7.0	8.2	9.3	10.3	11.3	12.3	13.2	14.0
12	3.9	5.1	6.3	7.4	8.4	9.4	10.3	11.2	12.0
10	2.1	3.3	4.4	5.4	6.4	7.4	8.3	9.2	10.0
8	+0.3	+1.4	2.5	3.5	4.5	5.4	6.3	7.2	8.0

续表

空气温度/℃	露点空气的相对湿度（%）								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
6	－1.5	－0.4	＋0.7	＋1.7	2.7	3.6	4.4	5.2	6.0
4	－3.2	－2.1	－1.1	－0.2	＋0.7	＋1.6	2.5	3.3	4.0
＋2	－4.9	－3.9	－3.0	－2.1	－1.2	－0.3	＋0.5	＋1.3	2.0
0	－6.5	－5.5	－4.6	－3.7	－2.9	－2.1	－1.3	－0.6	0
－2	－8.4	－7.4	－6.4	－5.6	－4.8	－4.0	－3.3	－2.6	－2.0
－4	－10.3	－9.3	－8.3	－7.5	－6.7	－6.0	－5.3	－4.6	－4.0
－6	－12.1	－11.2	－10.3	－9.5	－8.7	－8.0	－7.3	－6.6	－6.0
－8	－13.9	－13.0	－12.2	－11.4	－10.7	－10.0	－9.3	－8.6	－8.0
－10	－15.4	－14.8	－14.1	－13.3	－12.6	－11.9	－11.2	－10.6	－10.0
－12	－17.7	－16.7	－15.9	－15.1	－14.4	－13.8	－13.2	－12.6	－12.0
－14	－19.8	－18.8	－17.9	－17.1	－16.4	－15.8	－15.2	－14.6	－14.0
－16	－21.9	－20.9	－20.0	－19.2	－18.5	－17.8	－17.1	－16.5	－16.0
－18	－24.1	－23.0	－22.2	－21.4	－20.9	－19.8	－19.1	－18.5	－18.0
－20	－26.2	－25.2	－24.2	－23.4	－22.6	－21.8	－21.1	－20.5	－20.0

空气中水蒸气分压力随气温升高而增大，由此在围护结构的高温侧和低温侧之间会造成水蒸气分压力差，此时水蒸气将从分压力较高的一侧通过围护结构向压力较低的一侧渗透。对于冷库来说，由于外界空气常常形成指向冷间的压力差，故水蒸气总是向冷库内渗透。当水蒸气通过围护结构遇到结构内部温度达到或低于露点的某个冷区时，水蒸气就在该处凝结或结冰。

实践证明，隔汽防潮层的有无与好坏对于围护结构的隔热性能起着决定的作用。如果隔汽防潮处理不当，不管隔热层采用什么材料或多大的厚度，都难以取得良好的隔热效果。隔热层做得薄一些，还可以采取增加制冷装置的容量加以弥补；而防潮层设计和施工不良的话，外界空气中的水蒸气就会不断侵入隔热层以至库内，并产生如下的后果：

1）降低隔热层的隔热性能。

2）导致隔热材料的霉烂或崩解。

3）引起建筑材料的锈蚀和腐朽。

4）使冷间内和蒸发器表面结霜增多，增加融霜次数，影响库温的稳定和储藏商品的质量。

5）使冷间温度上升，增加电耗和制冷成本。

水蒸气长期渗透的最终结果，将导致围护结构的破坏，严重时甚至使整个冷库建筑报废。因此，在冷库建筑的设计施工中，对围护结构的隔汽防潮

应给予足够的重视。

（2）隔热防潮的计算：为了分析方便，假定通过冷库围护结构的水蒸气渗透过程为稳定过程，如图 5－13 所示。

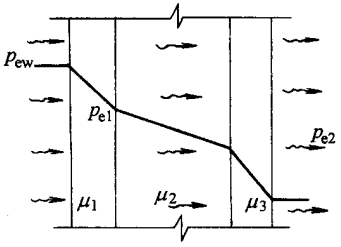


图 5－13　围护结构的蒸汽渗透过程

在稳定条件下，通过围护结构的蒸汽渗透量 P，与冷库内外的水蒸气分压力差成正比，与渗透过程中受到的阻力成反比，即

$$P = \frac{1}{H_o}(p_{ew} - p_{ei}) \tag{5-15}$$

式中　P——水蒸气渗透量（$g/m^2 \cdot h$）；

H_o——围护结构的总蒸汽渗透阻（$m^2 \cdot h \cdot Pa/g$）；

p_{ew}——室外空气的水蒸气分压力（Pa）；

p_{ei}——室内空气的水蒸气分压力（Pa）。

由 m 层材料组成的围护结构，其总蒸汽渗透阻可按下式确定：

$$H_o = H_1 + H_2 + H_3 + \cdots + H_m = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \cdots + \frac{\delta_m}{\mu_m} \tag{5-16}$$

式中　H_1、H_2、H_3、…——围护结构各层的蒸汽渗透阻（$m^2 \cdot h \cdot Pa/g$）；

δ_1、δ_2、δ_3、…——各层材料的厚度（m）；

μ_1、μ_2、μ_3、…——各层材料的蒸汽渗透系数［g/（m·h·Pa）］。

由于围护结构内外表面附近空气边界层的蒸汽渗透阻与结构材料层相比是很微小的，所以在计算总蒸汽渗透阻 H_o 时可忽略不计，而围护结构内外表面的水蒸气分压力也近似地取为 p_{ew} 和 p_{ei}。

冷库围护结构隔热层高温侧的蒸汽渗透阻应不小于最低蒸汽渗透阻，即

$$H \geqslant H_{min}$$

$$H_{min} = 214(p_{ew} - p_{ei}) \tag{5-17}$$

式中　H_{min}——最低蒸汽渗透阻（$m^2 \cdot h \cdot Pa/g$）；

p_{ew}、p_{ei}——围护结构高温侧及低温侧的水蒸气分压力（Pa）。

设计冷库围护结构时，如采用混凝土材料的隔热层（如珍珠岩混凝土、泡沫混凝土和蛭石混凝土）时，负温冷间隔汽层的最低蒸汽渗透阻 $H_{min} > 4000m^2 \cdot h \cdot Pa/g$。如采用沥青矿棉制品、泥炭板和其他有沥青夹层的隔热材料时，H_{min}可以降低，但不得小于 $2700m^2 \cdot h \cdot Pa/g$。

对于围护结构各层边界水蒸气的分压力 p_{ex}（单位 Pa）可按下式求取：

$$p_{ex} = p_{ew} - \frac{p_{ew} - p_{ei}}{H_o} \sum_{i=1}^{x-1} H_i \tag{5-18}$$

式中　$\sum_{i=1}^{x-1} H_i$——从外表面至 x 层之前各层材料的蒸汽渗透阻之和。

各界面的相对湿度可由下式求出：

$$\varphi_x = \frac{p_{ex}}{p_{Ex}} \times 100\% \tag{5-19}$$

如界面处的 $\varphi > 100\%$，则表示在该处结露或结冰。

为了判别围护结构在蒸汽渗透过程中，内部是否会出现冷凝现象，可按下述步骤进行：

1）根据库内外计算温度和湿度，确定 p_{ew}和 p_{ei}，然后按公式（5－18）算出围护结构各层的水蒸气分压力，并作出 p_e 的分布线。

2）根据库内外计算温度 T_w 和 T_i，确定各层的温度，并按表 5－6 作出相应的最大水蒸气分压力 p_E 的分布线。

3）根据 p_e 分布线和 p_E 分布线是否相交来判别围护结构内部是否会出现冷凝现象。如 p_E 分布线与 p_e 分布线不相交，说明没有水分在其内部冷凝；若两条分布线相交，则会出现冷凝，如图 5－14 所示。这是因为相交点 $p_e = p_E$，$\varphi = 100\%$。

如果围护结构内部可能出现冷凝情况，则通过 p_{ew}与 p_{ei}点分别作与 p_E 分布线相切的线，可求得两个切点 1、2，在此两切点之间即为凝结区。

对于单种材料的围护结构，根据所确定的凝结区，可以按下式求得进入凝结区的水蒸气量 P_1（$g/m^2 \cdot h$）：

$$P_1 = \frac{p_{ew} - p_{e1}}{\delta_x} \mu \tag{5-20}$$

式中　p_{e1}——凝结区边界点 1 处的水蒸气分压力（Pa）；

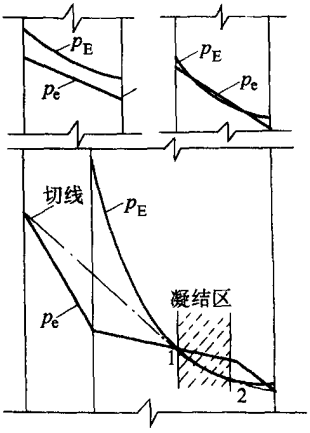


图 5－14　判断围护结构内部冷凝情况

δ_x——凝结区前的材料厚度（m）；

μ——材料的蒸汽渗透系数（g/m·h·Pa）。

透过凝结区的水蒸气量 P_2（g/m²·h）则为

$$P_2 = \frac{p_{e2} - p_{ei}}{\delta_y}\mu \tag{5-21}$$

式中　p_{e2}——凝结区边界点 2 处的水蒸气分压力（Pa）；

δ_y——凝结区后的材料厚度（m）。

这样，凝结在围护结构内的水分 P（g/m²·h）应为：$P = P_1 - P_2$

考虑到围护结构都是多层结构，可将式（5－20）中的 p_{ew} 用通过隔汽防潮层后的水蒸气分压力代入，式（5－2）中凝结区后的材料也可能有几层，它们的厚度 δ 和蒸汽渗透系数 μ 也应根据具体数据代入。

（3）冷库围护结构隔汽防潮工程应注意的问题。

1）隔汽防潮。将蒸汽渗透系数 μ 小的材料布置在隔热结构的高温侧，将 μ 值大的材料布置在低温侧，使水蒸气在隔热结构中“难进易出”。因此在布置隔汽防潮层时，外墙的隔汽防潮层应布置在高温侧，一般为外墙的内侧，隔热层的靠外墙一侧。对于北方地区的高温库，冬季的库外温度可能低于库内温度，水蒸气可由库内一侧渗入隔热层，因此，宜在隔热层的两侧均做隔汽防潮层。

对于低温侧比较潮湿的地方（冷却间、冻结间、水产准备间），其外墙和内隔墙隔热层的两侧均宜设防潮层。为了防止库内地面及土壤中水分的渗

透，地坪隔热层的上下均应设防潮层。库房隔热外墙外侧为砖墙时应做外粉刷。外墙、内墙隔热层的底部均应做防潮层。

2）做好相应的防水处理。有的冷库由于屋顶防水处理不好，投产后因雨水从屋顶流至外墙和楼板内部，使隔热材料受潮或霉变。因此，土建施工时必须做好屋顶、地下室、地面和墙脚处的防水措施。另外，在施工过程中应预防雨水淋湿隔热材料。

3. 库房耗冷量计算　库房耗冷量计算的目的是为选择制冷机、设备以及管道等提供必需的数据。库房耗冷量不是一个恒定不变的值，其大小随环境温度、进货量的大小以及经营管理方式等因素而变化。为计算方便，我们先引出通用的计算公式，再根据不同情况对算式乘以不同的系数加以修正，并最后归纳为库房的冷却设备负荷和机械负荷。库房耗冷量由以下五部分组成：

1）外围结构耗冷量 Q_1。

2）货物耗冷量 Q_2。

3）通风换气耗冷量 Q_3。

4）电动机运转耗冷量 Q_4。

5）操作管理耗冷量 Q_5。

计算库房耗冷量，应首先确定必需的工艺资料以及计算参数，然后逐项计算各种耗冷量。

（1）设计参数

1）室外计算温度 t_w 和相对湿度 φ_w 的确定。在进行耗冷量计算时，应考虑最不利的环境条件，这是确定室外计算参数的原则。冷库库房一般都属于从室外向室内传热的房间，因此，选择室外计算温度时应考虑炎热季节的环境条件。在设计计算时，可按《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》的规定，从当地气象资料中选用近十年中每年去掉五天最高日平均温度后的日平均干球温度，作为室外计算温度。室外计算相对湿度可按《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》中的规定，选用最热月平均相对湿度。

2）室内计算温度 t_i 和相对湿度 φ_i 的确定。室内计算温度和室内计算相对湿度即冷间的设计温度和相对湿度。是由食品冷加工工艺条件、被储存食品的性质、储存期限及技术经济分析等综合经济指标确定的。一般情况下，冷间设计温度和相对湿度可参考表 5－8。

表 5－8　　冷间设计温度和相对湿度

序　号	冷间名称	室温/℃	相对湿度（%）	适　用　食　品　范　围
1	冷却间	0		肉、蛋等
2	冻结间	－18～23 －23～30		肉、禽、兔、冰蛋、蔬菜、冰淇淋等 鱼、虾等
3	冷却物冷藏间	0	85～90	冷却后的肉、禽
		－2～0	80～85	鲜蛋
		－1～1	90～95	冰鲜鱼
		0～2	85～90	苹果、鸭梨等
		－1～1	90～90	大白菜、蒜薹、葱头、菠菜、香菜、胡萝卜、甘蓝、芹菜、莴苣等
		＋2－4	85～90	土豆、桔子、荔枝等
		＋7～13	85～95	柿子椒、菜豆、黄瓜、番茄、菠萝、柑等
		＋11～16	80～90	香蕉等
4	冻结物冷藏间	－15～－20 －18～－23	85～90 90～95	冻肉、禽、兔和副产、冰蛋、冻蔬菜、冰淇淋、冰棒等 冻鱼、虾等
5	储冰间	－4～－6		盐水制冰的冰块

注：冷却物冷藏间设计温度应按照食品的产地、品种、成熟度和降温时间等调节其温度与相对湿度。

3）邻室计算温度的确定。对两个库房之间或库房与其他建筑物之间进行传热计算时，应以邻室计算温度来代替室外计算温度。如邻室是冷却间或冻结间时，应取冷间的空库保温温度。一般冷却间按 10℃，冻结间按－10℃计算；如邻室是常温厅堂、地下室、附属建筑等设有规定温度的房间，邻室计算温度应按室外计算温度计算；如邻室是冷藏间、冰库等有规定温度的房间，邻室计算温度应取该规定的温度。冷间地面隔热层下设有通风加热装置时，其下侧的计算温度按 1～2℃计算；如地面隔热层下无通风及加热装置或地面隔热层下为通风架空层时，其下侧的计算温度应采用室外计算温度。

（2）围护结构的耗冷量计算：根据冷库设计规范，冷库外围结构耗冷量的计算公式为

$$Q_1 = KAa\ (T_w - T_i) \tag{5-22}$$

式中　Q_1——外围结构耗冷量（W）；

K——外围结构的传热系数［W/（m^2·K）］；

A——外围结构的传热面积（m^2）；

a——外围结构传热面两侧的温差修正系数；

T_w——室外计算温度（K）；

T_i——室内计算温度（K）。

1）传热系数 K 的计算。在进行库房耗冷量计算时，外围结构已经确定，传热系数可按下式计算：

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\cdots+\frac{\delta_n}{\lambda_n}+\frac{1}{\alpha_i}}$$

$$=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}} \tag{5-23}$$

式中　K——传热系数［W/（m^2·K）］；

α_w——室内空气对外墙壁的传热系数［W/（m^2·K）］；

α_i——内墙壁对室内空气的传热系数［W/（m^2·K）］，α_W 及 α_i 见表 5－9。

M——热绝缘系数（m^2·K/W），见表 5－10；

λ_1、λ_2、…、λ_3——各层材料的热导率［w/（m·K）］；

δ_1、δ_2、…、δ_n——各层材料的厚度（m）。

【例 5－1】　烟台地区某冷库，其平、剖面图及建筑做法见图 5－15。求其外墙、内墙、屋顶以及平坪的传热系数 K。

解：1. 外墙（以下计算数字取值见表 5－9 及表 5－10）

表 5－9　　库房围护结构内表面和外表面的表面传热系数 α_w、α_i 和热绝缘系数 M_W、M_i

围护结构部位及环境条件	α_w/ W（m^2·K）$^{-1}$	α_i/ W（m^2·K）$^{-1}$	M_w 或 M_i/ m^2·K·W^{-1}
无防风设施的屋面、外墙的外表面	23		0.043
顶棚上为掏楼成有房屋和外墙外部紧邻其他建筑物的外表面	12	—	0.083
外墙和顶棚的内表面、内墙和楼板的表面、地面的上表面：			
1. 冻结间、冷却间设有强力鼓风装置时		29	0.035
2. 冷却物冷藏间设有强力鼓风装置时		18	0.056

续表

围护结构部位及环境条件	α_w/ W（m^2·K）$^{-1}$	α_i/ W（m^2·K）$^{-1}$	M_w 或 M_i/ m^2·K·W^{-1}
3. 冻结物冷藏间设有鼓风的冷却设备时	—	12	0.083
4. 冷间无机械鼓风装置时		8	0.125
地面下为通风架空层	8		0.125

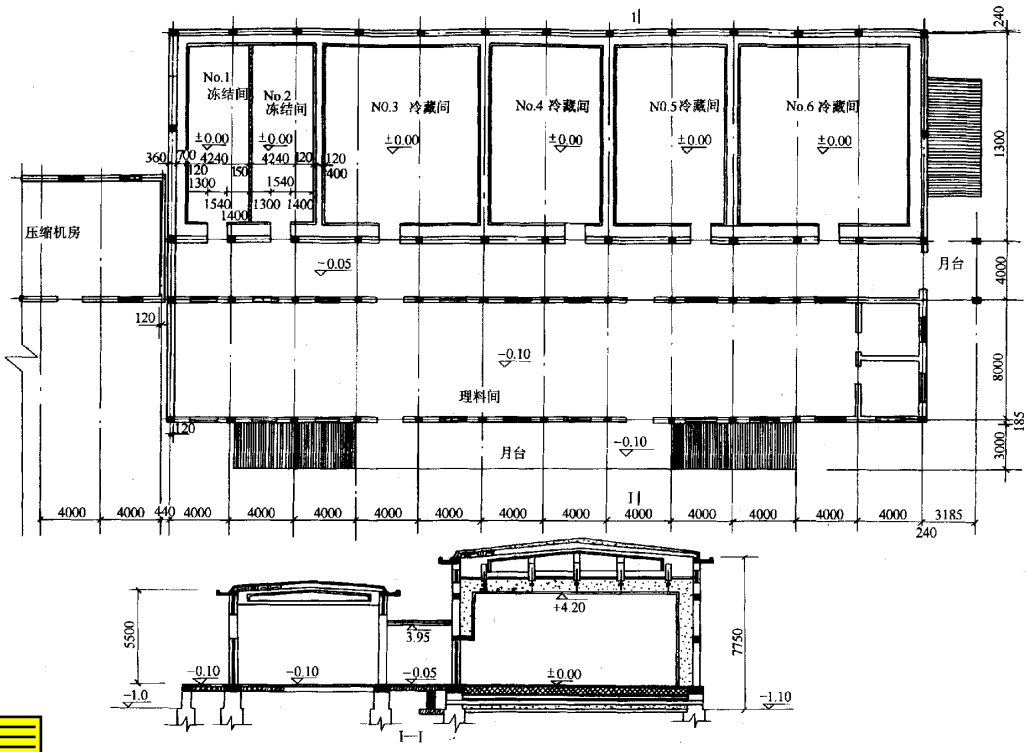


图 5－15　冷库平面、剖面图

表 5－10　外墙的构造以及各层的厚度、热导率、热绝缘系数

构造层	厚　度 δ/mm	热导率 λ/ W（m·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/m^2·K·W^{-1}	构造层	厚　度 δ/mm	热导率 λ/ W（m·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/m^2·K·W^{-1}
水泥砂浆	25	0.93	0.027	稻　壳	700	0.15	4.667
砖　墙	370	0.81	0.457	砖　墙	120	0.81	0.148
水泥砂浆	20	0.93	0.022	水泥砂浆	20	0.93	0.022
二毡三油	9	0.22	0.041				$\Sigma M = 5.384$

（1）冷藏间外墙

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}}=\frac{1}{\frac{1}{23}+5.384+\frac{1}{8}}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}=0.180\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

（2）冻结间外墙

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}}=\frac{1}{\frac{1}{23}+5.384+\frac{1}{29}}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}=0.180\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

2. **屋顶（见表 5－9 及表 5－11）**

表 5－11　屋顶的构造以及各层的厚度、热导率、热绝缘系数列表

构　造　层	厚度 δ/mm	热导率 λ/ W（m·K）$^{-1}$	热绝缘系数 M/ $m^2\cdot K\cdot W^{-1}$
稻　　壳	800	0.15	5.333
钢筋混凝土	100	1.55	0.065
单肋板			
			$\Sigma M=5.398$

冷藏间屋顶：

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}}=\frac{1}{\frac{1}{23}+5.398+\frac{1}{8}}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}=0.180\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

冻结间屋顶：

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}}=\frac{1}{\frac{1}{23}+5.398+\frac{1}{29}}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}=0.180\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

3. **地坪（见表 5－12）**

表 5－12　地坪的构造以及各层的厚度、热导率、热绝缘系数列表

构　造　层	厚度/mm	热导率/ W（m·K）$^{-1}$	热绝缘系数/ $m^2\cdot K\cdot W^{-1}$
钢筋混凝土	100	1.55	0.065
水泥砂浆	20	0.93	0.022
二毡三油	9	0.22	0.041
软　　木	200	0.07	2.857
二毡三油	9	0.22	0.041
冷底子油			
素混凝土	80	1.51	0.053
炉渣混凝土	50	0.58	0.086
炉　渣　粉	50	0.29	0.172
			$\Sigma R=3.337$

冷藏间地坪：

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}}=\frac{1}{\frac{1}{8}+3.337+\frac{1}{8}}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}=0.279\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

冻结间地坪：

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w}+\sum M+\frac{1}{\alpha_i}}=\frac{1}{\frac{1}{8}+3.337+\frac{1}{29}}\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}=0.279\text{W/（m}^2\cdot\text{K）}$$

2）**传热面积** A **的计算。围护结构的传热面积** A **的计算应符合下列规定：**

①**屋面、地坪和外墙的长、宽度应按图** 5－17 **中** l_1、l_2、l_3、l_4 **计算。**

②**楼板和内墙的长、宽度应按图** 5－17 **中** l_5、l_6、l_7、l_8 **计算。**

③**外墙的高度：地下室应按图** 5－16 **中** h_1、h_2 **计算；底层应按** h_3 **计算；中间层应按** h_6、h_5 **计算；顶层应按** h_6、h_7 **计算。**

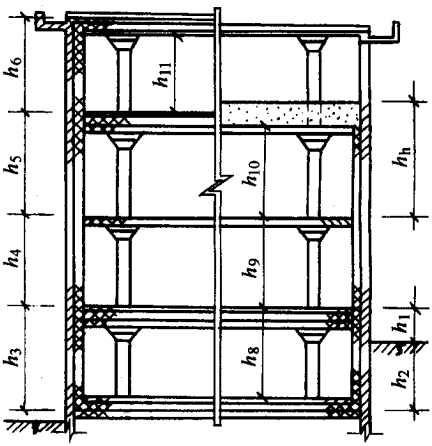


图 5－16　**确定围护结构高度的示意图**

④**内墙的高度：地下室、底层和中间层应按图** 5－16 **中** h_8、h_9 **计算；顶层应按** h_{10}、h_{11}**计算。**

【例 5－2**】　计算【例** 5－1**】中** No.4 **冷藏间六面墙的传热面积（见图** 5－18 **及图** 5－19**）。**

解：

1. **北面外墙**　$A_{北}=8\times(0.329+4.5+0.9)\text{m}^2=45.8\text{m}^2$

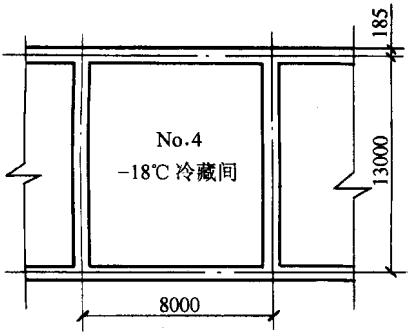


图 5－18　No.4 冷藏间平面尺寸图

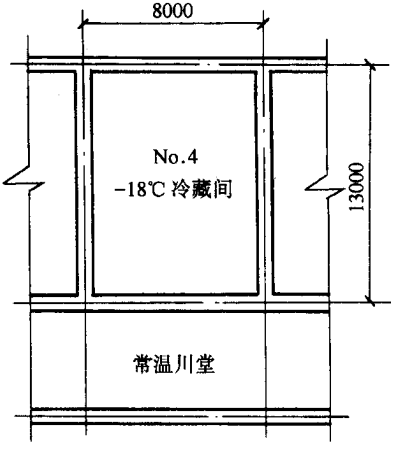


图 5－19　No.4 冷藏间平面图

2. **南面外墙**　$A_{南} = A_{北} = 45.8m^2$

3. **西面内墙**　$A_{西} = (13 - 0.372 \times 0.869) \times (4.5 + 0.1)\ m^2 = 50.1m^2$

4. **东面内墙**　$A_{东} = A_{西} = 50.1m^2$

5. **地坪**　$A_{地} = 8 \times (13 + 0.37)\ m^2 = 107.0m^2$

6. **屋顶**　$A_{顶} = A_{地} = 107.0m^2$

3）**外围护结构传热面两侧温差修正系数 a 的确定。温差修正系数是综合考虑了外墙及屋顶的太阳辐射及非外墙侧温度状况等因素确定的。其取值见表** 5－13。

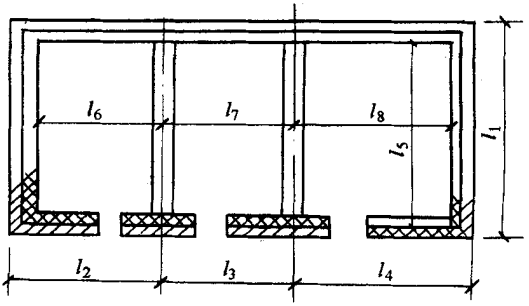


图 5－17　确定围护结构面积（长、宽）的示意图

表 5－13　　围护结构传热面两侧温差修正系数 a 值

序　号	围　护　结　构　部　位	a
1	$D>4$ 的外墙： 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间	 1.05 1.10
2	$D>4$ 相邻有常温房间的外墙： 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间	 1.00 1.00
3	$D>4$ 的冷间顶棚，其上为通风阁楼，屋面有隔热层或通风层： 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间	 1.15 1.20
4	$D>4$ 的冷间顶棚，其上为不通风阁楼，屋面有隔热层或通风层： 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间	 1.20 1.30
5	$D>4$ 的无阁楼屋面，屋面有通风层： 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间	 1.20 1.30
6	$D\leqslant4$ 的外墙：冻结物冷藏间	1.30
7	$D\leqslant4$ 的无阁楼屋面：冻结物冷藏间	1.60
8	半地下室外墙外侧为土壤时	0.20
9	冷间地面下部无通风等加热设备时	0.20
10	冷间地面隔热层下有通风等加热设备时	0.60
11	冷间地面隔热层下为通风架空层时	0.70
12	两侧均为冷间时	1.00

注：1. D 为围护结构热情性指标。

2. 序号 9～12 两侧温度取值根据 t_w 项规定。

3. 负温厅堂可参照冻结物冷藏间选用 a 值。

4. 表内未列的其他室温等于或高于 0℃的冷间可参照各项里冷却间的 a 值选用。

K、A、a、t_w、t_i 等各参数均确定之后，冷库外围结构的耗冷量即可由公式（5－22）求出。

第五篇

建筑节能材料

第一章　矿物棉及其制品

矿物棉包括岩棉和矿渣棉。一般说来，矿渣棉与岩棉在形态与性能上没有太大的差别，两者可互为替代。但严格说来，两者间又存在某些差别，主要表现在矿渣棉的纤维直径较岩棉粗，纤维长度短，熔化温度较低，因此在使用上岩棉比矿渣棉热导率稍低，使用温度稍高些，手感也好些，物理化学稳定性也比矿渣棉略优。

第一节　岩棉及其制品

岩棉系以精选的天然玄武岩或辉绿岩等为主要原料，经高温融化、高速离心法或喷吹法等工序制成的棉丝状无机纤维；岩棉纤维直径 4～7μm。在岩棉中加入一定量的胶粘剂、防尘油、憎水剂，经固化、切割、贴面等工序制成的岩棉板、缝毡、保温带、管壳等制品，称为岩棉制品。

1. 岩棉的主要技术性能（见表 1－1）

表 1－1　　岩棉的技术性能

技术性能										生产单位
密度 $-kg\cdot m^{-3}$	热导率/W（m.K）$^{-1}$	不燃性	纤维直径/μm	纤维软化温度/℃	渣球含量（$\phi>0.25mm$）（%）	吸温率（%）	酸度系数 $\frac{w(SiO_2)+w(Al_2O_3)}{w(CaO)+w(MgO)}$	憎水率（%）	树脂含量（质量分数，%）	
80～200（±10%）	0.0224～0.03	A1 级	4～7	900～1000	—	<5	≥1.5	>98	岩棉毡最大 1 岩棉板最大 3 岩棉管套 2～3.5	北新建材（集团）公司

续表

技术性能										生产单位
密度 $-kg\cdot m^{-3}$	热导率/W（m.K）$^{-1}$	不燃性	纤维直径/μm	纤维软化温度/℃	渣球含量（ϕ>0.25mm）（%）	吸温率（%）	酸度系数 $\frac{w(SiO_2)+w(Al_2O_3)}{w(CaO)+w(MgO)}$	憎水率（%）	树脂含量（质量分数，%）	
100～150（±15%）	≤0.041	A1 级	≤7	900～1000	≤12	≤5.0	≥1.5	≥98	≤3.0	南京新型建筑材料总厂
	≤0.03	A1 级	4～7	900～1000	—	≤5.0	≥1.5	≥98	—	哈尔滨岩棉厂
	0.03	A1 级	4～7	900～1000	—	≤1.5	≥1.5	≥98	—	兰州岩棉制品厂
	0.034	A1 级	—	—	—	≤5.0	≥1.6	—	<3.0	内蒙古新型建筑材料厂
27～200	<0.035	A1 级	4～7	900～1000	最大 4	最大 1	≥1.5	—	—	南方新型建材有限公司
80～200（±10%）	0.025～0.035	A1 级	4～7	900～1000	—	0.1～0.33	2.2～2.5	>98	毡最大 1 板最大 3 管壳最大 3.5	保定市岩棉厂

2. **岩棉制品的品种、规格及主要技术性能**　岩棉制品的主要品种有：岩棉板、岩棉缝毡、岩棉保温带（条）、岩棉管壳等。以上制品还可在表面粘贴或缝上玻璃纤维薄毡、玻璃纤维网格布、玻璃布、牛皮纸、涂塑牛皮纸、铝箔、铁丝网等贴面材料

岩棉制品一般的产品规格见表 1－2。不同厂家的制品品种和产品规格见表 1－3。岩棉制品的物理性能指标（即技术要求）见表 1－4 及表 1－5。

表 1－2　　岩棉制品一般的产品规格

制品名称	规格尺寸/mm				备注
	长	宽	厚	内径	
岩棉板	910、1000	500、630、700、800	30、40、50、60、70	—	如需其他规格尺寸，可由供需双方商定
岩棉带	2400	910	30、40、50、60	—	
岩棉毡	910	630、910	50、60、70	—	
岩棉管壳	600、910、1000	—	30、40、50、60、70	22、38、45、57、89、108、133、159、194、219、245、273、325	

注：据国际《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》（GB/T11835—1998）

表 1－3　不同厂家的岩棉制品的产品规格

名　称	型　号	密度/kg·m^{-3}	规格长（L/mm）×（宽 b/mm）×（高 h/mm）	生产单位
岩棉板	—	80、100、150	1000×630×（30、50、80）	南京新型建筑材料总厂
岩棉玻璃布缝毡	—	80、100	3000×910×（50、60）	
岩棉铁丝网缝毡	—	80、100	3000×910×（50、60）	
岩棉保温带	—	100	2400×910×（50、60）	
岩棉板	HYB	80、100、150、200	1000×630×（30、50、80）	哈尔滨岩棉厂
岩棉毡	HYF	80、100	3000×910×（50、60）	
岩棉保温带	HYD	100	2400×910×（50、60）	
建筑岩棉板	MX－350 A1	38	1200×（600、1200）×（50、75、100、125、150）	内蒙古新型建筑材料厂
建筑岩棉毡	MX－350 A2	38	（1200～4000）×（600、1200）×（50、75）	
岩棉软板	MX－350 B1	38	1200×（600、1200）×（25、50、75、100、125、150）	
岩棉软毡	MX－350 B2	38	（1200～4000）×（600、1200）×）25、50、75、100、125）	
岩棉板	MX－450 A1	80	1200×（600、1200）×（25、50、75、100、125）	
	MX－650 A1	100	1200×（600、1200）×（25、50、75、100）	
岩棉毡	MX－450 A2	80	（1200～4000）×600×（25、50、75）	
	MX－650 A2	100	（1200～4000）×（600、1200）×）（25、50、75）	
岩棉硬板	MX－650 B1	120	1200×（600、1200）×（25、50、75）	
高温岩棉绝缘板	MX－820 A1	110	1200×（600、1200）×（25、50、75）	

表 1－4　　岩棉制品的物理性能指标

制品名称	密度 /kg·m^{-3}	密度的极限偏差（%）			热导率（平均温度 70℃±5℃）/W（m·K）$^{-1}$	有机物含量（质量分数，%）	不燃性	最高使用温度 /℃
		优等品	一等品	合格品				
岩棉板	80	±10	±15	±20	≤0.044	≤4.0	合格	400
	100 120 150				≤0.046			600
	160				≤0.048			
岩棉毡	60 80	±10	±15	±20	≤0.049	≤1.5		400
	100 120							600
岩棉带	80	±10	±15	±20	≤0.054	≤4.0		400
	100 150				≤0.052			600
岩棉管壳	<200	±10	±15	±20	≤0.044	≤5.0	合格	600

注：据国际《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》（GB/T11835—1998）。

表 1－5　　岩棉板和岩棉毡的吸声系数

品种	密度 /kg·m^{-3}	厚度 /mm	频率 /Hz						
			100	125	250	500	1000	2000	4000
岩棉反	80	25	0.03	0.04	0.09	0.24	0.57	0.93	0.97
		50	0.06	0.08	0.22	0.60	0.93	0.98	0.90
		75	0.21	0.31	0.59	0.87	0.83	0.91	0.97
		100	0.27	0.35	0.64	0.89	0.90	0.96	0.98
	100	50	0.09	0.13	0.33	0.64	0.83	0.89	0.95
		100	0.33	0.38	0.53	0.77	0.78	0.87	0.95
	120	50	0.08	0.11	0.30	0.75	0.91	0.89	0.97
		100	0.30	0.38	0.62	0.82	0.81	0.91	0.96
	150	25	0.03	0.04	0.10	0.32	0.65	0.95	0.95
		50	0.08	0.11	0.33	0.73	0.90	0.89	0.96
		75	0.23	0.31	0.58	0.82	0.81	0.91	0.96
		100	0.34	0.43	0.62	0.73	0.82	0.90	0.95
岩棉毡	80	100	0.19	0.30	0.70	0.90	0.92	0.97	0.99

注：表中吸声系数由北京市劳动保护研究所测定。

3. 典型岩棉制品的品种、规格及主要技术性能北新建材（集团）公司

（原北京新型建筑材料总厂）是国内规模最大的新型建材集团公司。该公司以其规模和效益，被誉为全国建材行业红旗企业，被评为中国500家经济效益最佳企业、中国100家最大建材工业企业。该公司生产的“龙牌”岩棉制品在国内具有代表性，其中岩棉半硬板被评为“2000年小康型城乡住宅示范工程推荐产品”。以“龙牌”为商标的岩棉系列产品，已被国内许多重大工程所采用，并销往东南亚及中国台湾、香港和北欧等地区。该公司生产的岩棉制品的主要品种、规格和技术性能见表1－6～表1－8。

表1－6　岩棉制品的主要品种、规格和技术性能

品　种	规　格	技术性能
岩棉板（LYB型）	密度/kg·m^{-3}　厚度/mm 80　50 100　30、40、50、60、70、80 120　30、50、60、70、80 150　30、50	密度/kg·m^{-3}： 80、100、120、150 纤维平均直径4～7μm 树脂含量（质量分数）不大于3% 酸度系数≥1.5 吸湿率小于5% 憎水率大于98% 最高使用温度：600℃ 热导率方程见表1－7、表1－8 吸声系数：见表1－5
	宽度　630mm 长度　1000mm	
岩棉玻璃布缝毡（LYF—D型）	厚度　50、60mm 宽度　910mm 长度　3000mm	体积密度80kg/m^3、100kg/m^3 树脂含量（质量分数）不大于1%最高使用温度600℃ 其余同岩棉板
岩棉钢丝网缝毡（LYF—T型）	厚度　50、60mm 宽度　910mm 长度　3000mm	同岩棉玻璃布缝毡
岩棉管壳（LYG型）	内径　18～324mm 壁厚　20～80mm 长度　910mm	密度　130kg/m^3 同岩棉板

表1－7　岩棉制品用于高温条件下的热导率方程

品种 / 性能	岩棉板	岩棉缝毡	岩棉管壳
使用密度/kg·m^{-3}	100～200	100～200	120～250
正常使用温度/℃	350	600	350
热导率W（m·K）$^{-1}$	$0.035+0.00018t_m$	$0.028+0.00023t_m$	$0.036+0.00015t_m$

注：热导率方程中t_m为绝热层的平均温度。

表 1－8　　岩棉制品用于低温条件下的热导率方程

品种 / 性能	岩棉板	岩棉缝毡	岩棉管壳
使用密度/kg·m^{-3}	100～200	100～120	120～250
正常使用温度/℃	20～－20	20～－20	20～－20
热导率 W（m·K）$^{-1}$	$0.035+0.00022t_m$	$0.037+0.00017t_m$	$0.035+0.00012t_m$

注：热导率方程中 t_m 为绝热层的平均温度。

4. **不同品种岩棉制品的特点及用途**　见表 1－9。岩棉及其制品具有良好的绝缘性能（保温、隔热、隔声、吸声）、耐热、不燃等性能和良好的化学稳定性，且其单位热绝缘系数的价格也较低。岩棉及其制品广泛适用于房屋建筑、管道、储罐、锅炉、船舶等有关部位的保温、隔热和吸声。

表 1－9　　不同品种岩棉制品的特点及用途

品种	特点	用途
岩棉板	产品为半硬质板。具有优良的绝热、吸声性能，及良好的化学稳定性、耐热性和不燃性 根据用户需要，可带玻璃纤维薄毡、玻璃布、玻璃网格布、牛皮纸、涂塑牛皮纸、铝箔等贴面	适用于一般建筑、空调建筑和冷库建筑外墙和屋顶的绝热，建筑物隔墙、吊顶、防火隔声门的填充，工业厂房、演播室、录音棚、厅堂等的吸声处理。常用于平面和曲率半径较大的罐体、锅炉、换热器、各种工业设备和风管的绝热。一般使用温度为 350℃，如控制初次运行时的升温速度不超过每小时 50℃，则最高使用温度可达 600℃
岩棉玻璃布缝毡	产品用玻璃布覆面，并缝轧成毡状，以增强抗拉性，便于铺设和包扎	常用于形状复杂、温度较高的工业设备的绝热。一般使用温度为 400℃，如加大施工密度，增加保护钉，并采用金属外护，则最高使用温度可达 600℃
岩棉钢丝网缝毡	产品用钢丝网覆面，并缝轧成毡状，以增强抗拉强度，抵抗温度变形	常用于高温罐体、管道、锅炉、工业设备的绝热。最高使用温度 600℃
岩棉保温带	岩棉条表面粘合玻璃布或纸贴面，具有纵长向弯曲的性能，在垂直于带面上的承压强度高于岩棉板的平面承压强度	常用于大口径（直径大于 219mm）管道、储管等设备的保温、隔热和吸声。使用温度达 250℃

5. **岩棉制品在建筑节能中的应用**　岩棉板、岩棉毡和岩棉砖用于建筑节能墙体、屋面和地面保温隔热的构造见图 1－1，附录 B 中图 B2～图 B7，附

录 B 中图 B10 ~ B11。

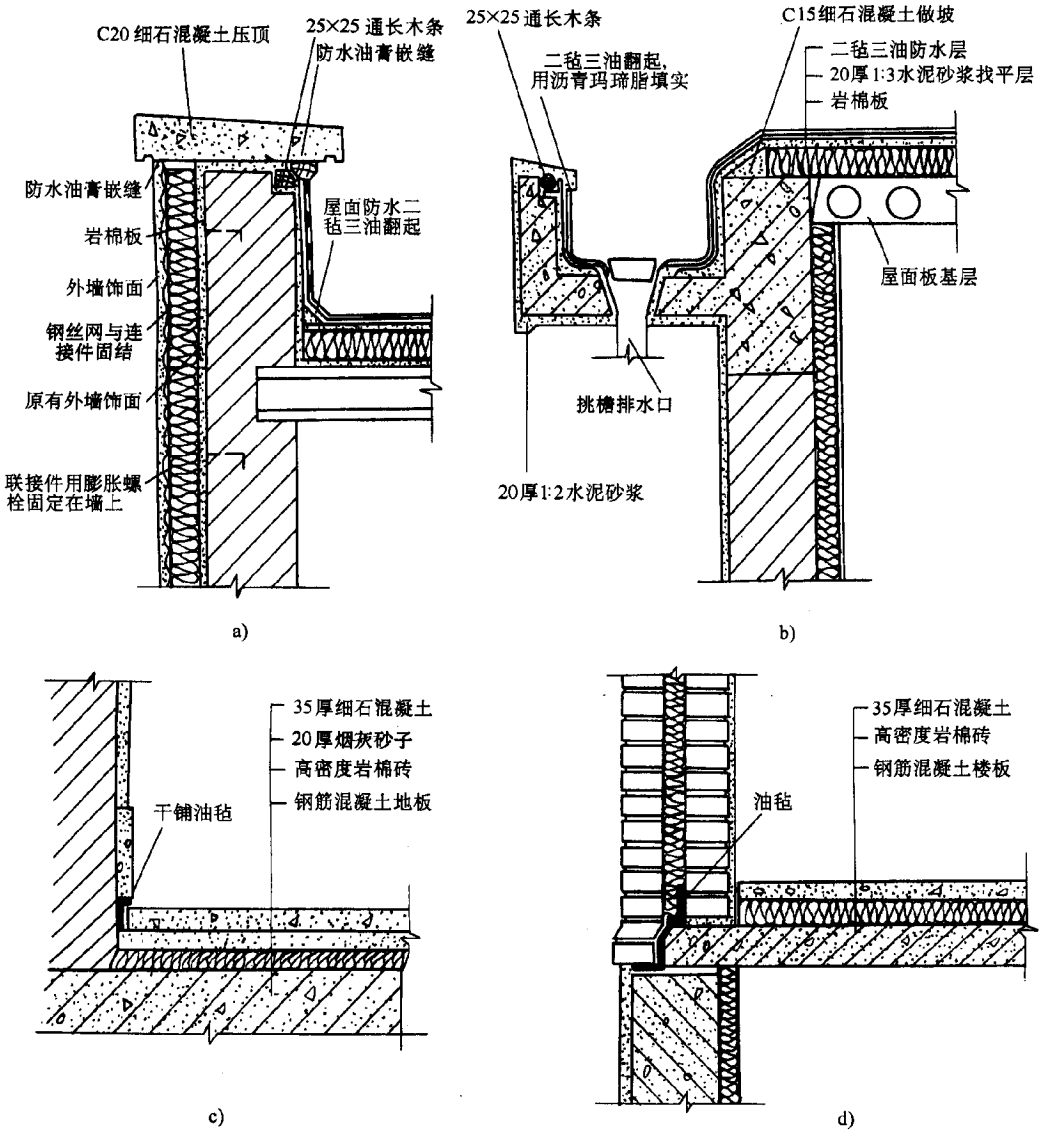


图 1 - 1　岩棉用于外墙、屋顶、地面的保温构造

（1）墙体用岩棉板：用于墙体保温隔热层的岩棉板，其适宜密度为 100kg/m^3，最低不低于 80kg/m^3，以便保持一定的支撑强度。岩棉板应有适当分布的塑料卡、金属卡或其他材料的联接件与主体墙卡紧或连接。见附录 B 中图 B2 ~ 图 B7。

（2）屋面用岩棉板（毡）：用于屋面保温隔热层的岩棉板或岩棉毡，在

砖墩架空屋面条件下（见附录 B 中图 B10），其适宜密度为 80～100kg/m³，最低不低于 60kg/m³；在一般上人或不上人屋面条件下（见附录 B 中图 B10 和附录 B 图 B11a、图 B11c），其适宜密度为 150kg/m³。

（3）楼地面用岩棉制品：用于地面保温层时（见图 1－1c、d），应采用高密度岩棉砖。当地面基层接触土壤时，应作好地面基层的防潮处理。

岩棉制品保温隔热层施工时，板与板、毡与毡之间应紧密相接，不留缝隙，并尽量避免雨水淋湿和施工水浸湿。对于外侧有卷材或其他密闭防水层的屋面，以及外侧有密实保护层或结构层的多层复合墙体，而内侧为砖、加气混凝土、石膏板等多孔材料时，应进行内部冷凝受潮验算。如经验算必须设置隔汽层，则应避免雨水和施工水漫湿保温隔热层，并保证隔汽层的施工质量。对于外侧有卷材或其他密闭防水层的屋面，应有与室外空气相通的排湿措施（如在檐口和屋脊处，或分布在屋面上设排湿口）。对于外侧有密实保护层或结构层的夹芯保温墙体，每层墙体宜设由保温隔热层引向室外的排湿口，以利于冷凝水或渗入雨水的排除。

第二节　矿渣棉及其制品

矿渣棉简称矿棉，是利用高炉矿渣或铜矿渣、铝矿渣等工业矿渣为主要原料，经熔化，用高速离心法或喷吹法工艺制成的棉丝状无机纤维，纤维直径 4～7μm。在矿渣棉中加入一定量胶粘剂、憎水剂、防尘剂等，经固化、切割、烘干等工序制成的矿棉板、缝毡、保温带、管壳等制品，称为矿渣棉制品。

1. 矿渣棉制品的主要品种　矿渣棉制品的主要品种有粒状棉、矿棉板、矿棉缝毡、矿棉保温带、矿棉管壳等。在以上制品表面粘贴或缝上玻璃纤维薄毡、玻璃纤维网格布、玻璃布、牛皮纸、涂塑牛皮纸、铝箔、铁丝网等贴面材料，制成用途各异的矿棉制品。

2. 矿渣棉制品的产品规格和技术要求　与岩棉类似，可参见表 1－1 和表 1－2。

3. 特点　矿渣棉制品具有良好的保温、隔热、吸声、不燃、防蛀等性能，以及较好的化学稳定性，且其单位热绝缘系数的价格较低。

4. 用途

1）粒状矿渣棉适用于有保温、隔热要求的建筑物外墙、隔墙和屋面，以及工业炉、罐体的喷涂层，也可用于隔热、防火的喷涂层。

2）矿渣棉板适用于建筑物外墙、屋面、隔墙等部位的保温、隔热和吸声，以及平面、曲率半径较大的罐体、锅炉、换热器的保温、隔热。

3）矿渣棉缝毡适用于罐体、管道、锅炉的保温、隔热；矿渣棉保温带适用于各种管道、罐塔的保温、隔热和保冷；矿渣棉管壳适用于小口径管道的保温、隔热。

5. 矿渣棉制品在节能建筑中的应用方式　参见“岩棉及其制品”中图 1－1，附录 B 中图 B2～图 B7，附录 B 中图 B10～图 B11。

第三节　矿物棉制品优化设计与应用

1. 保温材料应用的优化设计 保温措施的目的是为了节约能源，减少能源使用费用，进而取得较佳的经济效益。故衡量保温材料的优劣，不仅要看热导率的高低，还要考虑其售价及适用温度等因素，即所谓“经济热绝缘系数”。同种保温材料同样也存在“经济热绝缘系数”的问题，如矿物棉用于管道保温，保温层厚度增加，保温效果越好，然而材料成本增加。为寻求合理的、经济的保温厚度或材料选择，势必要借助于现代科学技术，采用最优化的设计方法。

最优化设计是近 20 年来出现的一种设计方法，它以最优化的数字理论为基础，借助于电子计算机来合理地选择设计方案。这种方法是保温工程中选择保温材料及厚度的科学依据。定性的最优化设计方法如图 1－2 所示。

从图 1－2 可以看到，1 线表示热量损失的费用，它随着隔热厚度的增加而减少；2 线表示保温材料使用费，它随隔热层厚度的增加，其所需费用也增长；3 线表示 1、2 两线叠加的结果。3_0 点表示最低的总费用，与 3_0 相对应的 t_0 就是最佳隔热层厚度。对于不同的保温材料，就可得到不同的 1、2、3 曲线，比较这些不同的曲线，可以得到其中最低总费用值的材料及相关数字。

2. 岩棉板和缝毡常用厚度的选择 人们通过长期的使用，并通过计算机

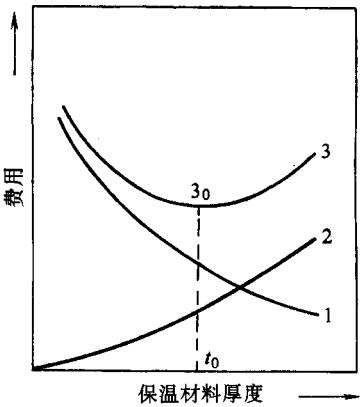


图 1－2　保温材料厚度与费用的关系

1—热量损失费　2—保温材料费　3—叠加用费

的优化设计，推荐岩棉板和缝毡的常用厚度如表 1－10，以供设计人员和用户选择使用。

表 1－10　　岩棉板和缝毡常用厚度选择　　（其余单位：mm）

外表面温度/℃	热面温度/℃	岩棉板和缝毡的密度																	
		20kg/m³			24kg/m³			32kg/m³			40kg/m³			60kg/m³			80kg/m³		
		f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3
50	100	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	200	50	65	75	40	50	75	40	50	65	40	40	50	25	40	40	25	40	50
	300										65	75	115	50	75	100	50	65	90
	400										115	150	190	90	115	165	90	115	150
	500										165	216	305	140	175	250	125	165	225
	600										—	—	—	—	—	—	190	240	—
65	100	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	200	25	40	50	25	40	50	25	25	40	25	25	40	25	25	25	25	25	25
	300										40	50	65	40	50	65	40	40	50
	400										65	90	115	65	75	100	50	65	90
	500										100	140	190	90	115	150	75	100	125
	600										—	—	—	—	—	—	115	150	200
80	100	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	200	25	25	40	25	25	40	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	300										25	40	50	25	40	40	25	25	40
	400										90	65	90	40	50	75	40	50	65
	500										75	100	125	65	75	115	65	75	100
	600										—	—	—	—	—	—	90	100	150

续表

外表面温度/℃	热面温度/℃	岩棉板和缝毡的密度																	
		20kg/m³			24kg/m³			32kg/m³			40kg/m³			60kg/m³			80kg/m³		
		f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3
50	100	25	25		25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25
	200	25	40		50	25		40	50		25	40	50	25	40	50	25	40	50
	300	50	65		90	50		65	90		50	65	90	50	65	90	59	65	90
	400	90	100		150	75		100	140		75	100	140	75	100	140	75	100	140
	500	125	165		240	115		140	200		115	140	200	125	140	200	125	140	200
	600	190	240		225	150		200	290		150	200	275	150	200	275	150	200	275
	700	—	—		—	215		275	—		215	275	—	200	275	—	200	250	—
	800													275	—	—	275	—	—
65	100	25	25		25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25
	200	25	25		25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25
	300	40	40		40	40		40	50		25	40	50	40	40	50	40	40	50
	400	50	65		90	50		65	90		50	65	90	50	65	90	50	65	90
	500	75	100		125	75		90	125		75	90	125	75	90	125	75	90	125
	600	115	150		200	100		125	175		140	165	175	100	150	175	100	125	175
	700	—	—		—	125		175	240		125	175	240	125	175	225	125	175	225
	800													175	225	300	175	225	300
80	100	25	25		25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25
	200	25	25		25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25
	300	25	25		40	25		25	40		25	25	40	25	25	10	25	25	40
	400	40	40		65	40		50	65		40	40	65	40	50	65	40	50	65
	500	50	75		100	50		65	90		50	65	90	50	65	90	50	65	90
	600	75	100		150	75		90	125		75	90	125	65	90	125	65	90	125
	700	—	—	—	100	125	175	90	125	165	90	125	175	90	125	175			
	800										125	150	225	125	150	225			

注：1. f_1、f_2、f_3 **分别为复合面、镀锌铁皮、铝皮作外护结构。**

2. **表中所列表面温度为** 50℃、65℃、80℃**时的保温厚度。**

第二章　玻璃棉及其制品

玻璃棉是以硅砂、石灰石、氟石等矿物为主要原料，经熔化，用火焰法、离心法或高压载能气体喷吹法等工艺，将熔融玻璃液制成的无机纤维。纤维平均直径：1 号玻璃棉小于 5.0μm；2 号玻璃棉（包括 2a、2b）小于或等于 8.0μm；3 号玻璃棉小于或等于 13.0μm。在玻璃纤维中加入一定量的胶粘剂和其他添加剂，经固化、切割、贴面等工序制成的玻璃棉毡、玻璃棉板、玻璃棉管壳等制品，称为玻璃棉制品。

1. 品种、规格及主要技术性能　玻璃棉制品的主要品种有：玻璃棉毡、玻璃棉板、玻璃棉管壳等。在制品表面贴或缝上玻璃纤维薄毡、玻璃纤维布、塑料装饰纸、铝箔、牛皮纸、铝箔牛皮纸等贴面材料，可制成用途各异的玻璃棉制品。

玻璃棉制品的产品规格见表 2－1，物理性能指标（技术要求）见表 2－2。

表 2－1　　玻璃棉制品的产品规格

制品名称	规格尺寸/mm				备　注
	长	宽	厚	内径	
板	1200	600	15、20、25	—	如需其他规格尺寸，可由供需双方商定
带	1820	605	25	—	
毡	1000、1200、800、5500、11000	600	25、40、50、75、100	—	
毯	1000、1200、5500	600	25、40、50、75、100	—	
管宙	100		20、25、30、40、50	22、38、45、57、89、108、133、159、194、219、245、273、325	

注：摘自国标《绝热用玻璃棉及其制品》（GB/T13350—2000）。

表 2－2　　玻璃棉制品的物理性能指标

制　品	种类	密　度 /kg·m^{-3}	热　导　率（平均温度 70℃±5℃）/W（m·K）$^{-1}$	不燃性	最高使用温度/℃
板	2 号	24	≤0.049	不燃	300
		32	≤0.047		350
		40	≤0.044		
		48	≤0.043		
		64			
		80			
		96			
		120	≤0.042		400
	3 号	80	≤0.047		
		96			
		120			
带	2 号	≥25	≤0.052	—	300、350、400
毯	2 号	≥24	≤0.048	—	350
		≥40	≤0.043		400
毡	2 号	≥24	≤0.049	—	300
管壳	2 号	≥45	≤0.043	不燃	350

注：摘自国标《绝热用玻璃棉及其制品》（GB/T13350—2000）。

2. 典型产品　欧文斯—科宁（广州）玻璃纤维有限公司是美国一家历史悠久、实力雄厚的著名跨国公司，广州公司从美国等发达国家引进具有当代国际先进水平的成套设备和生产技术，于 1995 年建成年产量 0.8QA 万 t 的玻璃棉系列产品的生产线，所生产的玻璃棉毡、板、管壳和天花板等 4 种产品，已于 1995 年 10 月通过了广东省建委组织的检测鉴定，并被评为“2000 年小康型城乡住宅示范工程推荐产品”。该公司玻璃棉产品已被国内许多重要工程所采用。

该公司产品按美国 ASTM 和英国 B.S. 标准生产，并通过 ISO9002 国际质量体系认证。产品主要品种、规格和技术性能见表 2－3～表 2－9。

表 2－3 玻璃棉产品主要品种、规格和技术性能

品种	规格	技术性能
玻璃棉毡	密度/kg·m^{-3}：10、12、14、16 厚度/mm：50、75、100、150 宽度/mm：1200 长度：不限 密度/kg·m^{-3}：20、24、32、40、48 厚度/mm：25、38、50 宽度/mm：1200 长度：不限	密度：24.6kg/m^3 纤维平均直径：4.8μm 渣球含量（质量分数）：1.0% 含水率：0.5% 热导率：0.036W/（m·K） 最高使用温度：320℃ 不燃性材料 热导率随密度的变化见表 2－4
玻璃	密度/kg·m^{-3}：32、40、48、56、64、72、80、96	密度：56kg/m^3 纤维平均直径：7.5μm 渣球含量（质量分数）：1.0%
棉板	厚度/mm：25、38、50 宽度×长度：600mm×1200mm	含水率：1.0% 热导率：0.042W/（m·K） 最高使用温度：400℃ 不燃性材料 不同密度玻璃棉板的抗压强度见表 2－5
玻璃棉天花板	密度：56kg/m^3 厚度：15mm 宽度×长度：600mm×600mm×610mm×1220mm	密度：56.7kg/m^3 纤维平均直径：6.9μm 渣球含量（质量分数）：1.0% 含水率：0.8% 热导率：0.042W/（m·K） 最高使用温度：400℃ 不燃性材料 吸声系数见表 2－6
玻璃棉管壳	壁厚/mm：15、25、38、50、65、75 平均管径/mm：15～152、15～381、15～356、15～305、51～279、76～254	密度：67.6kg/m^3 纤维平均直径：7.1μm 渣球含量（质量分数）：1.0% 含水率：0.5% 热导率：0.037W/（m·K） 最高使用温度：400℃ 不燃性材料 热导率随温度的变化见图 1－5 和表 2－7
玻璃棉管道包扎材料	厚度/mm：25、38、50、65、75、100	技术性能指标同玻璃管壳 热导率随温度的变化见图 1－7 和表 2－8 运行条件下的热工性能见表 4－13

表 2－4　玻璃棉毡热导率随密度的变化

密度/ kg·m^{-3}	热导率/ W·（m·K）$^{-1}$	密度/ kg·m^{-3}	热导率/ W·（m·K）$^{-1}$
10	0.046	14	0.040
12	0.043	16	0.039

表 2－5　不同密度玻璃棉板的抗压强度

抗压强度/ kPa	密　度/kg·m^{-3}					
	48	56	64	72	80	96
10%变形时	1.19	1.63	2.45	3.76	5.44	9.60
25%变形时	4.30	7.00	10.80			

表 2－6　玻璃棉天花板的吸声系数

试件背后空气层厚度/mm	频　率　/Hz						降噪系数
	125	250	500	1000	2000	4000	*NRC*
0	0.09	0.29	0.53	0.77	0.53	0.23	0.50
50	0.29	9.94	0.59	0.81	0.43	0.21	0.70
100	0.30	0.76	0.48	0.75	0.42	0.19	0.60
150	0.52	0.57	0.43	0.72	0.38	0.09	0.50
200	0.96	0.61	0.37	0.68	0.43	0.09	0.50

注：1. 试件为 PVC 薄膜贴面玻璃棉天花板，厚度 15mm，密度 56kg/m^3。

2. 测试标准：GBJ47—1983《混响室法吸声系数测量规范》。

3. 测试单位：中国建筑科学研究院建筑物理研究所。

表 2－7　管壳热导率随温度的变化

平均温度/℃	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	平均温度/℃	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$
10	0.032	150	0.052
24	0.033	175	0.057
50	0.037	200	0.062
75	0.040	225	0.068
100	0.044	250	0.075
125	0.047		

表 2－8　　管道包扎材料热导率随温度的变化

平均温度/℃	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	平均温度/℃	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$
10	0.037	100	0.056
24	0.039	125	0.063
50	0.045	150	0.070
75	0.050	175	0.078

表 2－9　　包扎材料在运行条件下的热工性能

包所材料厚度/mm	运行温度/℃									
	93		149		204		260		316	
	热损失/W·m^{-2}	表面温度/℃	热损失/W·m^{-2}	表面温度/℃	热损失/W·m^{-2}	表面温度/℃	热损失/W·m^{-2}	表面温度/℃	热损失/W·m^{-2}	表面温度/℃
25	100	38	211	48	350	60	526	73	743	88
38	72	35	148	43	246	52	365	61	517	73
50	54	33	113	39	189	47	280	54	394	64
65	44	32	91	37	151	43	227	50	321	58
75	38	32	79	36	129	41	192	47	271	53
100	28	31	60	34	98	38	151	42	205	48

3. **特点和用途**　玻璃棉制品密度小，手感柔软，热导率小，具有良好的保温、隔热、吸声、不燃、耐腐蚀、隔振等性能。广泛适用于房屋建筑、管道、储罐、锅炉、飞机、船舶等有关部位的保温、隔热和吸声。不同玻璃棉制品的特点及用途见表 2－10。

表 2－10　　不同玻璃棉制品的特点及用途

品　种	特　　色	用　　途
玻璃棉毡	产品呈粉红色，有带增强铝箔贴面、其他贴面和不带贴面 3 种类型。产品成卷压缩包装，打开后即自行恢复原厚度。产品具有优良的保温隔热和吸声降噪性能，并具有耐用、便于切割和施工安装、对人体无刺激等优点，带增强铝箔贴面的玻璃棉毡更具有防潮、防腐、防振、耐用、美观等优点	1. 带和不带贴面的玻璃棉毡，适用于工业、商业和民用建筑外墙和屋顶的保温隔热，特别是压型钢板复合轻板屋顶和外墙的保温隔热 2. 不带贴面的玻璃棉毡，适用于轻质隔墙和屋顶顶棚的保温隔热和吸声 3. 带增强铝箔贴面的软质和半硬质玻璃棉毡，适用于商业和民用建筑中冷、热风管系统的包扎，具有防潮、防冷凝、防霉、耐用、美观等作用

续表

品　种	特　　色	用　　途
玻璃棉板	有带和不带增强铝箔贴面的半硬质和硬质玻璃棉板 4 种类型。具有质轻、抗磨损、有韧性、保温隔热和吸声效果好等特点	1. 半硬质玻璃棉板，常用于设备、各类容器和空调系统的保温隔热。 2. 硬质玻璃棉板，适用于冷凝塔、制冷、供热设备及其管道的保温隔热。 3. 半硬质和硬质玻璃棉板，也可用于建筑物外墙和屋顶的保温隔热
玻璃棉天花板	带 PVC 塑料薄膜贴面的硬质玻璃棉天花板，具有可用水洗、耐磨损、轻质、美观、吸声效果好等特点	适用于商业和民用建筑的天花板
玻璃棉管壳	外表面有一层增强铝箔贴面，可在 -4 ~ 400℃环境下正常工作，具有防水、防潮、防腐、防霉、不生虫、不繁殖细菌、清洁、美观、施工方便等优点	适用于管径 15 ~ 75mm 的各种冷、热管道的保温隔热和防潮
玻璃棉管道包扎材料	半硬质玻璃棉板，外表面有一层增强铝箔贴面，产品富有弹性，便于包裹各种管道和容器，具有优良的耐磨性和保温隔热性	适用于管径大于或等于 250mm 的管道和容器，也可用于管道接头、各种阀门、平行管道、蒸汽加热管道的保温隔热

4. 在建筑节能中的应用

（1）在墙体、屋顶保温隔热中的应用：根据欧文斯—科宁（广州）玻璃纤维有限公司提供的资料，玻璃棉毡、板用于墙体保温隔热的几种构造见附录 B 中图 B8。玻璃棉板用于屋顶保温隔热的几种构造见附录 B 中图 B12。玻璃棉毡、板用于压型钢板屋顶和外墙夹芯保温隔热层见图 2 - 1 所示。

（2）玻璃棉毡包扎管道：包扎风管的玻璃棉毡达到其最佳保温效果和最高热绝缘系数值（M 值）的方法：

1）量出风管用长。

2）按表 2 - 11 所列长度剪裁包扎风管的玻璃棉毡，即周长 + 厚度要求的长度 = 平面展开尺寸。用这种方法可确保安装后平均厚度不少于表 2 - 12 中所列值，从而保证风管包扎玻璃棉毡在使用中达到设计 R 值。

表 2 - 11　　包扎风管的玻璃棉毡平面展开尺寸　　（单位：mm）

出厂平均厚度	安装后平均厚度	圆形或椭圆形风管	正方形风管	长方形风管
25	19	周长 + 178	周长 + 152	周长 + 127
38	28	周长 + 241	周长 + 203	周长 + 178
51	38	周长 + 305	周长 + 254	周长 + 203
76	57	周长 + 432	周长 + 368	周长 + 292

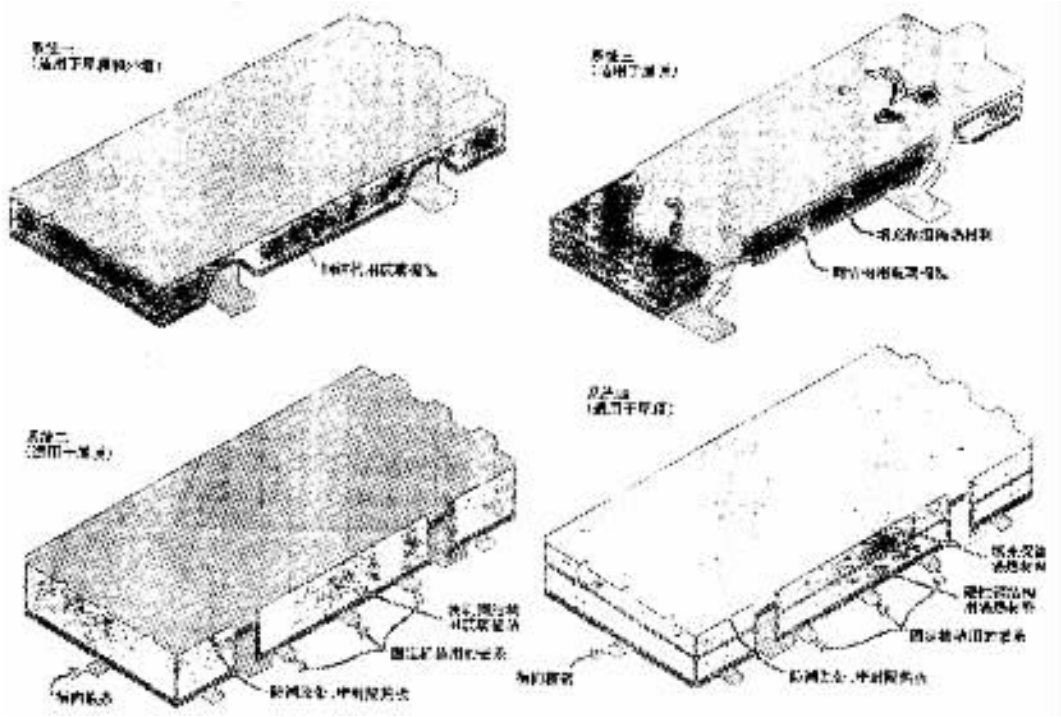


图 2－1　玻璃棉毡、板用于压型钢板屋顶和外墙夹芯保温隔热层

表 2－12　　应用在不同系统不同管径条件下管壳的经济厚度　　（单位：mm）

系统类别	介质温度/℃	支管管径不超过 50mm	管径/mm				
			≤24	32～50	64～100	125～150	≥200
热风系统							
蒸汽及热水系统高温/高压系统	152～238	40	64	64	75	89	89
中温/中压系统	122～151	40	50	64	64	75	75
低温/低压系统	94～121	25	40	40	50	50	50
低温系统	49～93	13	25	25	40	40	40
给水系统的蒸汽冷凝器	任何温度	25	25	40	50	50	50
制冷系统的冷水管道	4.5～13	13	13	25	25	25	25
冷冻剂或盐水	＜4.5	25	25	40	40	40	40

3）按图 2－2 所示包扎风管，并用带贴面的胶带密封。

风管包扎玻璃棉毡控制冷凝所需厚度，可用图 2－3 进行推算。图中数值都是在安装后的保温隔热层厚度，它不小于其包装纸标明的平均厚度的

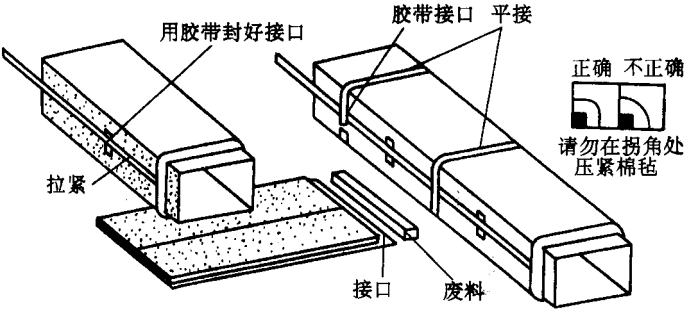


图 2－2　用玻璃棉毡包扎风管的方法

75%，风管内温度在 13℃条件下测得的，其使用方法为：

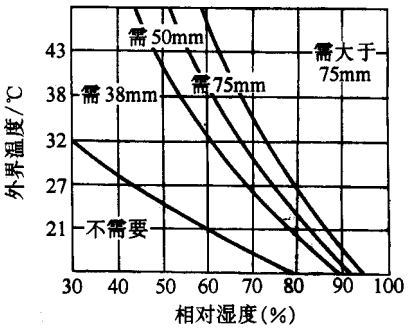


图 2－3　风管包扎玻璃棉毡控制冷凝所需厚度

1）在横坐标上找出相对湿度最大许可值。

2）从这一点垂直向上直到与外界气温最大许可值的直线相交。

3）按交点位置选择能有效控制冷凝的保温隔热层厚度（见表 2－13）。

表 2－13　　避免表面冷凝的管壁厚度　　（单位：mm）

外界温度/℃	相对湿度（%）	系统运行温度/℃		
		2	7	13
43	50～70	25	25	25
	80	38	38	25
	90	89	76	64
38	50～70	25	25	25
	80	38	38	25
	90	76	76	64
32	50～70	25	25	25
	80	38	25	25
	90	76	64	51

续表

外界温度/℃	相对湿度（%）	系统运行温度/℃		
		2	7	13
27	50～80	25	25	25
	90	64	51	38
21	50～80	25	25	25
	90	38	38	25

注：1. 增强铝箔贴面用于不超过 376mm 内径的铁管或铜管。如需内径大于 406mm 的铁管或铜管技术资料，与商家联系。

2. 如果空气湿度超过 90%时，玻璃棉管壳表面将会出现少量冷凝水。在这种情况下，建议在所有表面加一层防水涂层或 PVC 塑料薄膜。

推荐使用厚度不小于 50mm 的玻璃棉毡，以防止过大的热损失。风管包扎玻璃棉毡不适用于在 121℃以上高温下持续运行的风管系统；不得在无保护的状态下，在受风雨侵蚀和易受其他机械损伤的场合工作；不得用于风管内壁。

安装方法：将玻璃棉管壳直接套在管道上，然后用耐压防潮胶带或防水粘结剂封好所有纵、横向接缝（见图 2－4～图 2－7）。

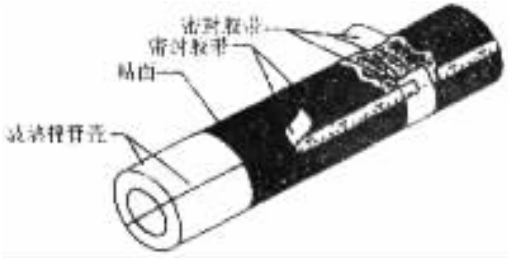


图 2－4　玻璃棉管壳安装示意图

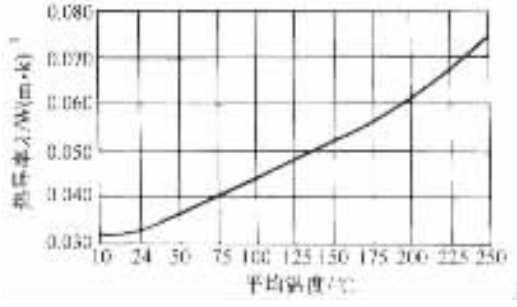


图 2－5　管壳热导率随温度的变化

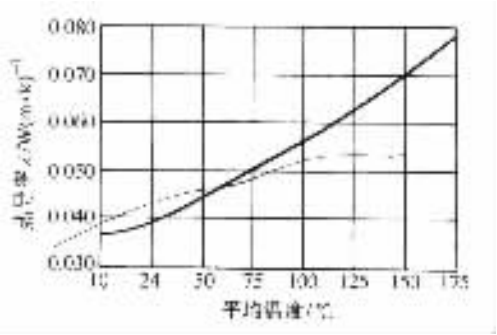


图 2－6　管道包扎材料热导率随温度的变化

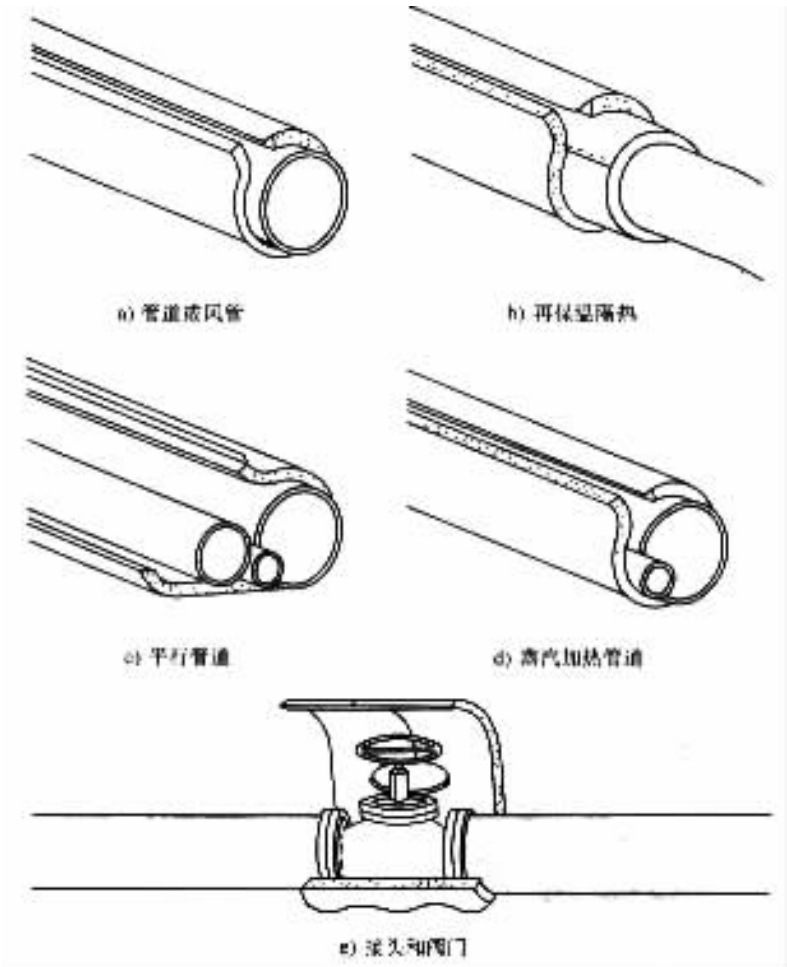


图 2－7　玻璃棉管道包扎材料安装示意图

第三章　膨胀珍珠岩及其制品

膨胀珍珠岩是以珍珠岩、松脂岩、黑曜岩矿石，经破碎、筛分、预热和在 1260℃左右高温中悬浮瞬时急剧加热膨胀而成的多孔颗料状材料。外观呈白色，微孔结构，散粒状构造。微孔尺寸为 100nm ~ 10μm 级，颗粒尺寸为 0.15 ~ 2.50mm，常温热导率为 0.042 ~ 0.076W/（m·K）。安全使用温度为 -200 ~ 1000℃，化学性质稳定，是一种优质绝热材料。

膨胀珍珠岩制品是以膨胀珍珠岩作为骨料，用水泥、石膏、石灰、水玻璃、沥青、合成高分子树脂等作为胶结剂，必要时加入增强剂、憎水剂等添加剂加工制作而成，具有规则形状的制品。

第一节　膨胀珍珠岩技术性能

1. 技术要求　膨胀珍珠岩按密度分为三类产品，其技术要求应符合表 3 - 1 的规定。

表 3 - 1　　膨胀珍珠岩的技术性能

指标名称	产品分类		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
密度 $kg \cdot m^{-3}$	< 80	80 ~ 150	150 ~ 250
粒度（质量分数，%）	粒径大于 2.5mm 的不超过 5 粒径小于 0.15mm 的不大于 8	粒径小于 0.15mm 的不大于 8	粒径小于 0.15mm 的不大于 8
常温热导率（t = 25℃）/W（m·K）~1	< 0.042	0.052 ~ ~ 0.064	0.064 ~ 0.076
含水率（%）	< 2	< 2	< 2

表 3－2　　膨胀珍珠岩散料的规格和性能

牌号	产品类别或颗粒度 mm	密度/ kg·m^{-3}	常温热导率 W /W（m，K）$^{-1}$	使用温度/℃	含水率（%）	生产单位
百花山	0.1～0.3	50～80	0.035～0.046	－200～950		北京市豆店膨胀珍珠岩保温材料厂
雪花牌	Ⅰ类 Ⅱ类 Ⅲ类	40～80 80～150 160～250	0.037～0.052 0．052～0．064 0.064～0.076	－256～800 －256～800 －256～800	＜2 ＜2 ＜2	天津市保温材料厂
石花牌		＜80	0.052	－200～800	＜2	天津市新型建筑材料一厂
轻珠牌	Ⅰ类 Ⅱ类 Ⅲ类	＜80 80～150 150～250	＜0.052 0.052～0.064 0.064～0.076	－200～800 －200～800 －200～800	＜2 ＜2 ＜2	上海轻质建筑材料厂
—		＜80	＜0.052	＜800	—	上海金山县金卫轻质保温材料厂
天珠牌		80～120	0．047	—	—	黑龙江省明水县保温材料厂
秋云牌	1～3	80～100	0.035～0.047	－273～1000	—	黑龙江省庆安珍珠岩制品厂
—		69～80	0.047～0.052	－200～800	1.5	黑龙江省木兰县珍珠岩厂
明珠牌		＜80 80～150	＜0.052 0.052～0.064	－200～800 －200～800	＜2 ＜2	佳木斯火电一公司珍珠岩厂
—		60～100	0.04～0.043	－256～800	—	吉林省通化市保温材料厂
	Ⅰ类 Ⅱ类 Ⅲ类	＜80 80～150 150～250	＜0.052 0.052～0.064 0.064～0.076	－200～800 －200～800 －200～800	—	大连耐火材料厂
锦珍牌		77.2	0.045	—	—	锦州珍珠岩厂

第二节　膨胀珍珠岩制品

膨胀珍珠岩制品品种很多。适用于建筑物围护结构保温、隔热的膨胀珍珠岩制品主要有：水泥膨胀珍珠岩制品，沥青膨胀珍珠岩制品，乳化沥青膨

胀珍珠岩制品，憎水膨胀珍珠岩制品，膨胀珍珠岩保温芯板等。膨胀珍珠岩制品的共同技术要求，见表 3－3。

表 3－3 膨胀珍珠岩制品的物理性能指标

标号		密度不大于 /kg·m^{-3}	热导率不大于（25℃±5℃）/ W（m·K）$^{-1}$	抗压强度不小于 /MPa	含水率（%） ≤
200	优等品	200	0.056	0.4	2
	合格品	200	0.060	0.3	5
250	优等品	250	0.064	0.5	2
	合格品	250	0.068	0.4	5
300	优等品	300	0.072	0.5	3
	合格品	300	0.076	0.4	5
350	优等品	350	0.080	0.5	4
	合格品	350	0.087	0.5	6

注：摘自国标《膨胀珍珠岩绝热制品》（GB/T10303－2001）。

1. 水泥膨胀珍珠岩制品

以水泥为胶结剂、珍珠岩为骨料，按一定配合比配合，经搅拌、成形、养护而成。

（1）技术性能

1）水泥膨胀珍珠岩制品的一般性能见表 3－4。

表 3－4 水泥膨胀珍珠岩制品的一般性能

表现密度/ kg·m^{-3}	抗压强度 /MPa	热导率/ W（m·K）$^{-1}$	抗折强度 /MPa	使用温度 /℃	吸湿率（24h）（%）	吸水率（24h）（%）	抗冻 15 次干冻循环强度损失（%）	软化系数	频率/Hz 吸声系数
300～400	0.5～1.0	常温：0.058～0.087 低温：0.081～0.116 高温：见表 4－30	>0.3	≤600	0.87～1.55	110～130	10～24	0.7～0.74	125 0.05～0.10、250 0.12～0.1 500 0.20～0.32、1000 0.10～0.49 2000 0.12～0.36

注；表列制品系以 42.5MPa 普通硅酸盐水泥为胶结剂。

2）水泥膨胀珍珠岩制品的高温热导率见表 3－5。

表 3－5　　水泥膨胀珍珠岩制品的高温热导率

膨胀珍珠岩粉的密度 kg·m^{-3}	用料体积比		烘干抗压强度 MPa	烘干密度 kg·m^{-3}	热面温度/℃	冷面温度/℃	平均温度/℃	热导率/W（m·K）$^{-1}$
	水泥	珍珠岩粉						
80	1	10	0．59	217	145	50	97.5	0.067
					334	113	223.5	0.105
					543	187	367.5	0.134
100	1	10	0.72	334	185	64	124.5	0.073
					328	167	217.5	0.109
					540	176	358	0.138
120	1	10	0.87	373	170	65	117.5	0.078
					342	121	231.5	0.104
					558	199	378.5	0.143
140	1	10	0.88	401	174	64	119	0.080
					339.7	124.3	232	0.114
					568	210	389	0.152

3）水泥珍珠岩制品与其他保温材料的比较见表 3－6。

表 3－6　　水泥膨胀珍珠岩制品与其他保温材料的比较

制品名称	密度/kg·m^{-3}	使用温度/℃	热导率/W（m·K）$^{-1}$
水泥珍珠岩制品	320	600	0.065
水泥蛭石制品	420	600	0.104
硅藻土制品	450～500	900	0.099
粉煤灰泡沫混凝土	450	350	0.100

（2）产品规格和技术性能（见表 3－7）

表 3－7　　水泥膨胀珍珠岩板、砖、管瓦的产品规格和技术性能

名称	规格（单位：mm）	密度/kg·m^{-3}	常温热导率/W（m·K）$^{-1}$	抗压强度/MPa	使用温度/℃	吸声系数		吸水性（%）	生产单位
						频率/Hz	吸声系数		
板、管瓦	按要求加工	250～350	0.058～0.070	0.3～0.5	4650	125 250 500 1000 2000 3200	0.3 0.47 0.44 0.77 0.82 0.92		天津市保温材料厂

续表

名称	规格（单位：mm）	密度/kg·m^{-3}	常温热导率/W（m·K）$^{-1}$	抗压强度/MPa	使用温度/℃	吸声系数		吸水性（%）	生产单位
						频率/Hz	吸声系数		
板、砖、管瓦	按要求加工	≤350	0.078	>0.4	<600				南京第三化工机械厂
板、砖、管瓦	各种规格均可加工制作	230～450	0.052～0.081	0.4～1	<600	125 250 500 1000 2000	0.17 0.24 0.32 0.40 0.53		包头二十二冶金建筑研究所轻质保温材料厂
板、砖、管瓦	按要求加工（砖 230×115×65）	300～400	0.058～0.081	0.5～1	普通水泥<600 耐火水泥<900	320 400 500 800 1000 1250 2000 2500 4000	0.64 0.71 0.71 0.62 0.66 0.69 0.70 0.70 0.80		大连耐火材料厂
板、砖、管瓦	各种规格	300～400	0.058～0.093	0.4～0.6	≤650	125 250 500 1000 2000	0.1～0.15 0.3～0.35 0.56～0.70 0.44～0.60 0.51～0.59	吸湿率 6.7	杭州保温材料厂
方板	200×200×30 300×200×70 300×300×（50、75、80、100） 400×350×（90、100）	300～380	0.069～0.083	0.4～0.8	≤600	125250 500 1000 2000 （注波法测定试件厚度 9.5mm）	0.17 0.24 0.32 0.40 0.53	吸水率 200～250	北京市豆店砖瓦厂
弧形板	ϕ840×50 ϕ426×60 ϕ245×80 ϕ1600×80 ϕ1020×90 均长 400								
管瓦	各种规格								
板	500×250×（50、60、70、80、100）	300～381	0.058～0.081	>0.4	<650				青岛保温材料厂
砖	230×115×65 其他尺寸按图加工								
管瓦	内径 ϕ25～ϕ2000 厚度 40～100 长度 350								

续表

名称	规格（单位：mm）	密度/kg·m^{-3}	常温热导率/W（m·K）$^{-1}$	抗压强度/MPa	使用温度/℃	吸声系数		吸水性（%）	生产单位
						频率/Hz	吸声系数		
板、砖	（60、80、100、120）×250×500	≤350	0.058～0.081	0.5～1	≤600			≤150（24h）	上海轻质建筑材料厂
管瓦	按图加工								
管瓦	按图加工	300～400	0.058～0.069	≥0.5	-40～800				成都西城区保温材料厂

（3）特点：具有密度小，热导率低，承压能力较高，施工方便，经济耐用等特点。

（4）用途：广泛应用于较低温度热管道、热设备及其他工业管道设备和工业建筑上的保温绝热，以及工业与民用建筑围护结构的保温、隔热、吸声。

（5）应用技术要点

1）水泥珍珠岩制品，根据设计要求和不同用途，可分别选用水泥膨胀珍珠岩灰浆、水泥、石灰膨胀珍珠岩灰浆等作为粘结材料，将水泥珍珠岩板铺贴在建筑物的墙面、平顶屋面上，或工业窑炉、反应釜等热工设备四周。

2）各种灰浆的比例为1：（1～2）（胶结材料：膨胀珍珠岩体积比）。

3）在粘贴前，底层先用灰浆刮平，然后再粘贴，要求底面和板的四周都要用保温灰浆嵌牢。屋面保温需做防潮层，并预留透气孔。

4）操作中若需要各种不同尺寸的板时，可用锯子锯开后粘贴。

5）水泥珍珠岩管，可用同样灰浆作为粘贴材料，粘贴在蒸汽管道外壁，然后做水泥珍珠岩保护层，如室外敷设尚需做防水层。

2. 水玻璃膨胀珍珠岩制品　以水玻璃为胶结剂，膨胀珍珠岩为骨料，按一定比例配合，并加入赤泥，经搅拌、成形干燥、焙烧而成。

（1）技术性能

1）一般性能。水玻璃膨胀珍珠岩制品的一般性能见表3－8。

表 3－8 水玻璃膨胀珍珠岩制品的一般性能

密度/ $kg \cdot m^{-3}$	常温热导率/ $W(m.K)^{-1}$	抗压强度/ MPa	最高使用温度/℃	吸水率（96h）（%）	吸湿率（相对湿度 5%～100%中，20d）（%）
200～300	0.0558～0.065	0.5～1.2	650	120～180	17～23

2）技术性能见表 3－9。

表 3－9 水玻璃膨胀珍珠岩制品的技术性能

密度/ $kg \cdot m^{-3}$	常温热导率/ $W(m \cdot K)^{-1}$	抗压强度/ MPa	使用温度/℃	频率 Hz / 吸声系数	吸水率（%）	吸湿率（%）	抗冻性	生产单位
200～300 220～260	0.058～0.093 0.065～0.083	0.3～0.9 0.4～1.3	－40～600					南京市第三化工机械厂
250～300	0.057～0.074	0.5～1.2	＜600					大连耐火材料厂
200～300	0.064～0.076	0.8～1.0	≤650	125/0.3、250/0.47、500/0.36 1000/0.76、2000/0.75、3200/0.82				天津市保温材料
250～350	0.052～0.076	0.4～0.7	≤600	125/0.14、250/0.25、500/0.24 1000/0.32、2000/0.45	180～220	≤6	－35℃冻16h，强度变化不大	北京市豆店砖瓦厂
＜300	0.052～0.076	＞0.6	＜700					青岛保温材料厂
350	0.07	0.6		100/0.33、200/0.62、400/0.58 800/0.61、1600/0.62、2000/0.68	150～180	22（相对湿度 90%）		上海轻质建筑材料厂
超轻膨胀珍珠岩制品：300	≤0.07	0.3		参考上列数值				
200～300	0.056～0.065	0.6～1.2	700			相对湿度 93%～100%中 20d：17～23		山东曹县青垌集南门保温材料厂
300	0.058	0.6～1.2	＜900					西安市坝桥区保温材料厂
300	0.127	≥0.5	－50～600					重庆市石棉保温制品加工厂

续表

密度/kg·m^{-3}	常温热导率/W（m·K）$^{-1}$	抗压强度/MPa	使用温度/℃	频率 Hz 吸声系数	吸水率（%）	吸湿率（%）	抗冻性	生产单位
200～300	0.056～0.065	0.6～1.2	650		120～180	17～23		浙江省永康县保温材料厂

（2）特点：具有密度小、热导率小、无味、无毒、不燃烧、抗菌、耐腐蚀、施工方便等特点。

（3）用途：多用于建筑物围护结构的保温、隔热、吸声。

3. 沥青膨胀珍珠岩制品　沥青珍珠岩制品是以沥青为膜结剂、膨胀珍珠岩为骨料，在常温下经搅合、压制、养护而成的制品。

（1）产品规格和技术性能见表 3－10。

表 3－10　　沥青膨胀珍珠岩制品的产品规格和技术性能

规格（单位：mm）	密度/kg·m^{-3}	抗压强度/MPa	常温热导率/W（m·K）$^{-1}$	使用温度/℃	吸湿率（经 24h）（%）	吸水率（24h）（%）	生产单位
按图样加工	280～450	0.25～0.7	0.075～0.104	－50～70	0.5～0.8	4～6	山东曹县固南门保温材料厂
按图样加工	300～400	≥0.3	0.07～0.093				大连耐火材料厂
保温块：200×300×（40～100）、150×（250、330）×（40～100）管：ϕ25～ϕ75	280～320	0.3～0.5	0.07～0.081	－40～250			徐州市建筑材料
按图样加工	300～400	＞0.2	0.081～0.104	60	48h 1.3～1.5		武汉市玻璃钢制品厂
600×250×50	280～320	0.3～0.5	0.07～0.081	－40～250			天津市油毡厂
按图样加工	250～300	0.3～0.5	0.07～0.093	670	0.8		杭州保温材料厂
按图样加工	≤350	0.3～0.5	0.078	－45～80			南京第三化工机械厂
按图样加工	≤400	≥0.3	0.0870			≤1	西安市坝桥区保温材料厂

续表

规格（单位：mm）	密度 /kg·m^{-3}	抗压强度 /MPa	常温热导率 /W（m·K）$^{-1}$	使用温度/℃	吸湿率（经 24h）（%）	吸水率（24h）（%）	生产单位
按图样加工	220～290	0.3～0.4	0.051～0.078	－20～70			长沙市朝阳保温材料厂
砖：500×240×120 板：500×500×（50、100）、500×300×（50、100） 管：按图样加工	280～320	0.3～0.5	0.07～0.081	－40～250		2～5	武汉市洪山区建设化工厂

（2）特点：具有密度小、热导率小、无味、无毒、不燃烧、抗菌、耐腐蚀、施工方便等特点。

（3）用途：多用于建筑物围护结构的保温、隔热、吸声。

（4）应用技术要点

1）其砌筑方法和普通砖墙操作法相同，砌筑用砂浆配比为：水泥：纸筋石灰膏：膨胀珍珠岩（粒径为 0.15～0.3mm）＝1∶1∶5（体积比），然后加水搅拌而成。

2）用于屋面铺设：

①首先将钢筋混凝土预制屋面板板缝用细石混凝土填灌密实，板面清扫干净。

②然后用热沥青膨胀珍珠岩做底层嵌缝材料（干砂、白灰砂浆也可）。

③整个屋面应坡向排水方向，不得有凹底不平处或倒坡，以免积水、漏水，并应随铺随做防水层，以免雨天漏水。

4. 乳化沥青膨胀珍珠岩制品　乳化沥青珍珠岩制品是以乳化沥青为胶结剂，膨胀珍珠岩为骨料，经搅拌、装模成形、压制加工、养护而成的制品。

（1）产品规格和技术性能见表 3－11。

表 3－11　乳化沥青膨胀珍珠岩制品的产品规格和技术性能

规　格 /mm	密　度 /kg·m^{-3}	抗压强度 /MPa	常温热导率 /W（m·K）$^{-1}$	使用温度/℃	吸湿率（经 24h）（%）	吸水率（经 24h）（%）	生产单位
按图样加工	250～400	0.233～0.51	0.065～0.0768	－50～60	0.2		浙江天台县保温材料厂
按图样加工	280～400	0.4～1.0	0.07～0.081		0.15～0.65		河北省万全县珍珠岩制品厂
板：400×250×100 管：按图样加工	≤350	≥0.3	≤0.081		湿度 95% 96h 61		上海轻质建筑材料厂
按图样加工	260～320	0.4～0.45	0.046～0.08	－40～130	0.1～0.2	2～2.5	浙江永康保温材料厂

（2）特点：具有重量轻、热导率小、保温、隔热、吸声、不老化、耐腐蚀等特点。

（3）用途：同沥青膨胀珍珠岩制品。适用于冷库围护结构和一般建筑物屋面的保温、隔热。

（4）应用技术要点：同沥青膨胀珍珠岩制品。

5. 憎水珍珠岩制品　憎水型膨胀珍珠岩制品是以水玻璃为胶结剂，膨胀珍珠岩为骨料，加适量憎水剂，经搅拌、压制成形的制品。

（1）技术性能（见表 3－12）。

表 3－12　憎水膨胀珍珠岩制品的产品品种和技术性能

品　种	密　度 /kg·m^{-3}	抗压强度 /MPa	热导率 /W（m·K）$^{-1}$	憎水度（%）	生　产　单　位
板、砖、管及其他制品	200～300	≥0.5	<0.058	≥90	大连耐火材料厂
板、管材、弧形板	<300	≥0.5	<0.07	>90	锦州珍珠岩厂

（2）特点：除了具备普通珍珠岩制品的性能外，还具有独特的抗水、不怕水浸、不怕潮湿的性能。具有重量轻、热导率小、憎水（憎水度大于 90%）、防潮等优点，适用于地下防水工程、地上防潮工程，以及屋面的保温、隔热。（3）用途：适用于地下防水、空中防潮等各种热力管道保温。

6. 磷酸盐膨胀珍珠岩制品

以膨胀珍珠岩为骨料，磷酸铝和少量的硫酸铝、纸浆废液做胶结剂，经过配料、搅拌、成形和焙烧而成 3－13。

（1）产品规格和技术性能（见表 3－13）。

表 3－13　　磷酸盐膨胀珍珠岩制品的产品规格和技术性能

规　格 /mm	密　度 /kg·m^{-3}	抗压强度 /MPa	常温热导率 /W（m·K）$^{-1}$	使用温度 ℃	生　产　单　位
按要求加工	200～300	0.5～1.0	0.044～0.053	＜1000	大连耐火材料厂
按要求加工	＜250	0.2～0.4	0.067	＜900	南京第三化工机械厂
管： ϕ57×60、 ϕ（76、89）×80、 ϕ103×90、 ϕ133×100 ϕ（159、219、273）×120	200～240	0.6～1.0	0.036～0.051	＜1000	长沙市朝阳保温材料厂

（2）特点：具有较高的耐火度、密度较低和强度、绝缘性能都较好等特点。

（3）用途：适用于温度要求较高的保温、隔热场合。

7. 高温耐火膨胀珍珠岩制品　高温耐火膨胀珍珠岩制品是选择了一种新型粘结剂，并掺加部分活性材料，抑制二氧化硅的收缩玻化，控制收缩变形，同时掺加部分轻质的非活性填料，增加制品的强度，研制出既能承受高温，又能耐火的新的膨胀珍珠岩制品。

（1）技术性能（见表 3－4）

表 3－14 大连耐火材料厂试制的高温耐火膨胀珍珠岩制品的技术性能

试验最高温度 /℃	常温压强 /MPa	100℃压强/ MPa	密度/kg·m^{-3}	热导率/W（m·K）$^{-1}$
1000	＞1.0	＞0.3	298～334	0.07～0.075

（2）特点：除了具备普通珍珠岩制品的性能外，还具有独特的抗水、不怕水浸、不怕潮湿的性能。具有重量轻、热导率小、憎水（憎水度大于 90%）、防潮等优点，适用于地下防水工程、地上防潮工程，以及屋面的保温、隔热。

（2）特点：具有高温耐火、成本低、节能显著和施工方便等特点。制品在高温 1000℃的长时间恒温加热（超过 10h 以上）情况下收缩小于 1%。在变温情大连耐火材料厂试制的高温耐火膨胀珍珠岩制品的技术性能况下，产品从 1000℃的

高温急骤冷却到室温，又立即加热到1000℃，再急骤冷却到室温，反复进行，制品仍不收缩、不松裂，仍有足够的抗压强度。

（3）用途：主要用在工业窑炉或其他高温设备上，作为保温绝热层及耐火炉衬的耐火层。

8．膨胀珍珠岩保温芯板　膨胀珍珠岩保温芯板是膨胀珍珠岩保温芯板以强度较高，耐老化的塑料薄膜，包裹膨胀珍珠岩，采用专门工艺压缩成型的保温芯板，具有重量轻、热导率小、防水、价格较低、施工方便等优点，适用于夹芯墙体和屋面的保温、隔热，但存在着塑料薄膜易扎破、颗粒漏出和水分进入而受潮等缺点，有待改进。

9．膨胀珍珠岩粉刷灰浆　它是以膨胀珍珠岩为骨料，以水泥或石灰膏为胶结料，按一定的配比混合搅拌而成。

（1）原材料和配合比

1）原材料

①膨胀珍珠岩

密度：81.150kg/m^3；常温热导率：<0.0523W/（m·K）。

②胶结料

水泥：325号普通硅酸盐水泥；

石灰膏：稠度为12cm，密度1344～1347kg/m^3。

2）配合比

①一般内墙、平顶粉刷采用的配合比为

石灰膏：珍珠岩＝1∶4（要求强度较高场合）。

②外墙粉刷采用的配合比为

水泥：珍珠岩＝1∶3～1∶4。

水泥：石灰膏＝珍珠岩＝1∶1∶6。

（2）技术性能（见表3－15）

表3－15　膨胀珍珠岩粉刷砂浆的技术性能

配合比（体积比）		石灰膏：珍珠岩		水泥：石灰膏：珍珠岩		水泥：珍珠岩	水泥：珍珠岩
		1∶4		1∶1∶6		1∶3	1∶4
砂浆稠度/cm		10.5	10.5	11.0	9.5	10.0	8.5
密度/kg·m^{-3}	温	852	622	932	712	1048	1002
	28d	370	305	545	497	770	623
	干	342	300	466	461	654	560

续表

配合比（体积比）			石灰膏：珍珠岩		水泥：石灰膏：珍珠岩		水泥：珍珠岩	水泥：珍珠岩
			1:4		1:1:6		1:3	1:4
抗压强度/MPa	7d		0.10	0.07	0.99	0.87	2.60	0.174
	28d		0.47	0.26	1.71	1.01	3.99	2.59
	烘干		0.86	0.51	1.62	0.96	3.74	2.47
	饱水		0.34	0.2	1.61	1.13	3.19	2.2
粘结强度/MPa			0.03	0.012	0.144	0.033	0.121	0.1
热导率/W（m·K）$^{-1}$			0.075	0.087	0.107	0.123	0.154	0.127
正入射吸声系数	不同频率（Hz）下吸声系数（%）	125	8	6	3.5	5.5	0	5.5
		250	8	9	3.5	6	5	6.3
		500	14	18	4	11	9.3	11.0
		1000	17	26	12	10.5	17	20
		1500	27	52	15	17	28	24

注：表中数据摘自上海轻质建筑材料厂资料，仅供参考。

（3）特点：具有重量轻、保温效果好、施工方便等优点。

（4）用途：广泛应用于建筑内墙、平顶粉刷和保温层。

（5）应用技术要点：用于建筑物围护结构保温、隔热的方式主要有：墙体内侧抹 20～30mm 膨胀珍珠岩保温砂浆，屋面现浇水泥膨胀珍珠岩砂浆，在墙体内侧抹膨胀珍珠岩保温砂浆，虽然有助于提高墙体的保温性能，在一部分寒冷地区能够满足原节能标准对墙体的保温要求，但是如果不在抗震柱和圈梁这些热桥部位采取外保温措施，目前很难满足新节能标准对墙体的保温要求。屋面现浇水泥膨胀珍珠岩砂浆，主要的问题是材料内部含有的大量施工水和雨水不易蒸发，从而大大降低屋面的保温、隔热效果，并容易导致屋面防水层的损坏。

1）施工操作要点

①混凝土墙面和平顶粉刷，首先要将油、灰清扫干净，做好墙面、平顶水平处垫灰头，以水泥：黄砂 = 1:2 砂浆补洞，隔天再进行粉刷。

②宜分二度粉刷，第一度粉好后，待充分收水后再粉刷第二度（大模板内墙、平顶粉刷，当天刮抄，第二天粉纸筋）。

③粉平顶的石灰膏稠度为 7.5cm 左右，粉墙面为 12cm 左右。

④珍珠岩砂浆可与一般砂浆做法一样，刮抄后，随手用钢皮铁板抹平，以增加牢度。

⑤灰浆的稠度较普通石灰浆略增大 1～2cm。

⑥严格掌握配合比；搅拌珍珠岩砂浆时，先将胶结料和水拌和，然后加入珍珠岩，搅拌时间一般为 20s，最多不得超过 30s。操作程序是先将水和胶结材料拌和，然后搅拌。

2）施工操作步骤

①平顶及墙面粉刷开始前，应先完成墙面头角、门窗、护角线、平顶搭脚手及个别墙面、平顶水平处垫灰头、清理等。

②如墙面或平顶垫灰头厚度在 1cm 以内用珍珠岩砂浆；1cm 以上时，用三合土垫平，然后开始做平顶。

③平顶做法：在多孔板底软扫帚清扫→洒水→珍珠岩砂浆刮抄（共一度，厚约 2～4mm，平均 3mm），平顶、阴角抽圆挡。

④墙面做法：洒水（不清扫，但水要湿透）→上排珍珠岩砂浆刮抄，拆脚手→下排珍珠岩抄浆刮抄，如大模板墙面，厚度和平顶相同。

⑤平顶和墙面均用抄板上料，钢铁皮板随手扶平，隔夜粉纸筋。四季都可隔夜粉，如刮抄坯面过干，可洒水后粉纸筋。由于珍珠岩砂浆轻、润滑和带有弹性，操作时手感明显和顺，容易压平。

10. 现浇水泥珍珠岩保温、隔热层　它是以膨胀珍珠岩为骨料，水泥为胶结材料，按一定配合比及水灰比搅拌而制成料浆，经施工成一定厚度而成。

（1）原材料、配合比和技术性能

1）原材料采用水泥和膨胀珍珠岩，水泥应选用不低于 325 号的普通硅酸盐水泥，以用 425 号普通硅酸盐水泥为好，或选用早期强度高的水泥。可选用 120～160kg/m^3 密度的膨胀珍珠岩。

2）配合比和技术性能，见表 3－16。

表 3－16　现浇水泥珍珠岩保温、隔热层用料配合比和技术性能

配合比（体积比）		密度 kg·m^{-3}	抗压强度 /MPa	热导率 /W（m·K）$^{-1}$
普通硅酸盐水泥（42.5MPa）	膨胀珍珠岩（密度：120～160kg/m^3）			
1	6	548	1.65	0.121
1	8	510	1.95	0.085
1	10	389	1.15	0.080
1	12	360	1.05	0.074
1	14	351	1.0	0.071
1	16	315	0.85	0.064
1	18	309	0.65	0.061
1	20	296	0.70	0.056

注：现浇水泥珍珠岩隔热保温层的用料体积比一般采用 1∶12 左右。

（2）特点：具有重量轻、热导率小、强度好、比较经济等特点。当用在乎屋面上时；可以减轻屋面荷重，节约水泥用量，降低造价，减少工序，缩短工期。

（3）用途：可用于屋面或夹壁等处做现浇隔热、保温层。

（4）应用技术要点

1）抹压法

①将水泥和珍珠岩按一定配合比干拌均匀，然后加水拌合，水不宜过多，灰浆稠度以外观松散，手握成团不散，挤不出水泥浆或只能挤出少量水泥浆为宜。

②基层表面事先应洒水湿润。墙面粉刷时用力要适当，一般掌握压缩比为 130%左右即可。

③平面铺设时应分仓进行，铺设厚度一般为设计厚度的 130%左右，经夯实（轻度）至设计厚度。夯实后的表面，不能直接铺贴油毡防水层，必须先抹 1∶（2.5～3）的水泥砂浆找平层一层，厚度为 7～10mm。抹后一周内应浇水养护。

2）喷涂法

①喷涂法适用于砖墙和拱屋面。

②喷涂设备包括混凝土喷射机和喷枪。

③喷前先将水泥和膨胀珍珠岩按一定比例干拌均匀，然后送入喷射机内进一步搅拌，在风压作用下经胶管送至喷枪，水与干物料在喷枪口混合后由

喷嘴喷出。

④喷涂时要随时注意调整风量、水量、喷射角度，当喷墙面、屋面时，喷枪与基层表面垂直为宜；喷顶棚时以45°角为宜。一次喷涂可达30mm厚，多次喷涂可达80mm厚。

第四章　气混凝土及其制品

加气混凝土是以钙质和硅质材料为基料，以铝粉为发泡剂，经配料、搅拌、浇注成形、切割和蒸压养护而成的一种多孔轻质材料。

第一节　加气混凝土品种及技术要求

加气混凝土的品种，按原材料分主要有：水泥、矿渣、砂，水泥、石灰、砂，水泥、石灰、粉煤灰 3 种；按强度分级有：10、25、35、50、75 级；按密度分有：03、04、05、06、07、08 级；按尺寸偏差、密度范围分有：优等品、一等品、合格品三个等级。

1. 加气混凝土砌块　加气混凝土砌块的技术性能指标见表 4－1。加气混凝土砌块不同密度级别、不同等级对于密度的要求见表 4－2。加气混凝土砌块不同等级对外观和尺寸允许偏差的规定，见表 4－3。

表 4－1　　加气混凝土砌块的技术性能指标

项　目		指　标				
		10 级	25 级	35 级	50 级	75 级
立方体抗压强度/MPa	平均值	≥1.0	≥2.5	≥3.5	≥5.0	≥7.5
	最小值	≥0.8	≥2.0	≥2.8	≥4.0	≥6.0
干密度（符合表 4－43 密度等级规定）		03	04	05	06	07
			05	06	07	08
干缩值/mm·m^{-1}	温度 50℃±1℃，温度 28%～32%条件下测试	≤0.8				
	温度 20℃±2℃，温度 41%～45%条件下测试	≤0.5				

续表

项　目		指　标				
		10 级	25 级	35 级	50 级	75 级
抗冻性（冻融循环 15 次）	重量损失（%）	≤5				
	强度损失（%）	≤20				

注：立方体抗压强度采用 100mm × 100mm × 100mm 试件，在含水率为 25% ~ 45% 时测定。

表 4 – 2　　加气混凝土砌块不同密度级别、等级对干密度的要求

密　度　级　别		03	04	05	06	07	08
干密度/kg·m^{-3}	优等品 A≤	300	400	500	600	700	800
	一等品 B≤	330	430	530	630	730	830
	合格品 C≤	350	450	550	650	750	850

表 4 – 3　　加气混凝土砌块不同等级对外观和尺寸偏差的规定

项　　目		指　　标		
		优等品 A	一等品 B	合格品 C
缺棱的最大和最小尺寸不得同时大于/mm		100 和 20		
掉角的最大和最小尺寸不得同时大于/mm		70 和 30		
平面弯曲最大处尺寸不得大于/mm		5		
完整面不得少于		一个大面		
裂纹	1. 贯穿一面二棱且超过缺棱掉角规定的裂缝或断裂	不允许		
	2. 任何面上的裂纹长度不得大于裂纹方向尺寸的	1/2		
	3. 贯穿一棱二面的裂纹长度不得大于裂纹所在面的裂纹方向尺寸总和的	1/3		
爆裂、粘模和损坏深度不得大于/mm		30		
表面疏松、层裂		不允许		
尺寸允许偏差/mm	长　　度	± 4	± 5	± 6
	高　　度	± 2	± 3	± 4
	宽　　度	± 2	± 3	± 4

注：完整面系指表面没有裂纺、爆裂，以及长、高、宽三个方向均不大于 20mm 的缺棱掉角的缺陷者。

2. 加气混凝土板　蒸压加气混凝土板技术要求如下：

（1）材料的基本性能

1）利用工业废渣为原料时，应符合 GB6763—1997、GB9196—2001 的规定。

2）蒸压加气混凝土性能应符合 GB11968—1998 的规定。

3）钢筋应符合 GB1499—1998 Ⅰ级钢的规定。

4）钢筋涂层的防锈能力大于或等于 8 级。

5）05、06 级板，板内钢筋粘着力大于或等于 0．8MPa（单筋粘着力最小值不得小于 0.5MPa）。07、08 级板，板内钢筋粘着力大于或等于 1．0MPa（单筋粘着力最小值不得小于 0.5MPa）。

（2）板的尺寸允许偏差和外观：应符合表 4－4。的规定。

表 4－4　　板的尺寸允许偏差和外观　　（单位：mm）

项　目	基　本　尺　寸		允　许　偏　差		
			优等品 A	一等品 B	合格品 C
尺　寸	长度 L	按制作尺寸	±4	±4	±4
	宽度 B	按制作尺寸	+2～－4	+2～－5	+2～－6
	厚度 D	按制作尺寸	±2	±3	±4
	槽	按制作尺寸	－0～+5	－0～+5	－0～+5
	侧向弯曲		L/1000	L/1000	L/750
外　观	对角线差		L/600	L/600	L/500
	表面平整		5	5	5
	露筋、掉角、侧面损伤		不允许	不允许	不允许
	大面损伤、端部掉头		+5	+5	+5
	主筋	20	－10	－10	－10
钢筋保护层	端部	0～15	—	—	—

（3）板的等级：优等品和一等品的板不得有裂缝；合格品屋面板不得有贯穿裂缝和其他影响结构性能的裂缝，不得有长度≥600mm、宽度≥0.2mm 纵向裂缝，其他裂缝的数量不得多于 2 条，合格品墙板上不得有贯穿裂缝，其他的裂缝长度、宽度不做限定，数量不得多于 3 条。

（4）板的钢筋保护层从钢筋外缘算起，应符合表中规定。

（5）在符合下列 6 种情况时，板允许修补。对于 05、06 级板，修补料抗压强度≥5．0MPa，对于 07、08 级板，修补料抗压强度≥8.0MPa。修补完整后，板经检查合格，可作为合格品出厂。

1）掉角。板宽方向的尺寸 $a \leqslant 150$mm，板长方向的尺寸 $b \leqslant 300$mm。

2）侧面损伤。总长度 $b \leqslant 500\text{mm}$，深度 a 不超过主筋保护层。

3）大面损伤。面积 $\leqslant 200\text{cm}^2$，深度 $a \leqslant 10\text{mm}$，板长 $L \leqslant 3300\text{mm}$ 的，板有 1 处，$L > 3300\text{mm}$ 的板少于或等于 2 处。

4）端部掉头（包括疏皮）：宽度 $\leqslant 25\text{mm}$，有 1 处。

5）发气不够高的板宽度尺寸不足。当宽度 $\geqslant 585\text{mm}$，长度 $\leqslant$ 板长的 2/3；宽度 $< 585\text{mm}$ 时，符合侧面损伤的情况。

6）板槽尺寸不符合规定。

（6）屋面板的结构性能应满足以下要求

1）材料强度、构造要求应符合设计图样规定。

2）承载能力检验系数实测值：

$$\gamma_u\ [0] \geqslant \gamma_0\ [\gamma_u]\ \frac{1}{\gamma_R} \qquad (4-1)$$

式中　γ [0] ——屋面板承载能力检验系数实测值，即试验达到表 4－5 所列破坏的检验标志之一时的荷载实测值与荷载设计值（均包括
自重）的比值；

γ_0——重要性系数，根据结构安全等级，按表 4－6 选用；

$[\gamma_u]$ ——屋面板承载力检验系数允许值，按表 4－5 选用；

γ_R——屋面板抗力分项系数，采用 0.75。

注：荷载设计值指相应于承载能力极限状态效

表 4－5　　屋面板承载力检验系数允许值

结构设计受力情况	破坏的检验标志	$[\gamma_u]$
受　　弯	在曼拉主筋的最大裂缝宽度达到 1.5mm，或挠度达到跨度的 1/50	1.20
	受压处加气混凝土破坏	1.25
	受拉主筋拉断	1.50
受弯构件的受剪	腹部斜裂缝达到 1.5mm，或斜裂缝末端受压区加气混凝土剪压破坏	1.35
	沿斜截面加气混凝土斜压破坏，或受拉主筋在端部滑脱，或其他锚圃破坏	1.50

应组合下的荷载值。

3）短期挠度实测值：

$$a_s \leqslant \frac{M_s}{M_{sl}(\theta - 1) + M_s}[a_f] \tag{4-2}$$

式中　a_s——在荷载的短期组合值作用下，屋面板的短期挠度实测值；

M_s——按荷载的短期组合值计算所得的弯矩值；

M_{sl}——按荷载的长期组合计算所得的弯矩值；

θ——考虑荷载长期组合对挠度增大的影响系数，采用 2.0；

$[a_f]$——屋面板的挠度允许值，采用 1/200 板的跨度。

4）在短期作用的标准荷载下，不应出现新裂缝。

5）标准荷载由各地区设计单位提出，由有关主管部门确定。

表 4－6　　γ_0 取值

结构安全等级	一级	二级	三级
γ_0	1.1	1.0	0.9

第二节　加气混凝土典型产品

北京市现代建筑材料公司拥有中国目前最大规模的加气混凝土生产企业——原北京市加气混凝土三厂，该公司生产的加气混凝土产品，在北京凯莱大酒店、台湾饭店、松鹤大酒店等宾馆饭店和亚运村工程，以及北京电视台等重要工程中得到广泛采用。该公司目前生产的加气混凝土主要产品有：各种规格的蒸压粉煤灰加气混凝土砌块、屋面板、隔墙板、外墙板，加气混凝土骨料小型空心砌块，加气混凝土专用砌筑及抹灰砂浆外加剂，钢筋防锈剂等。生产的属于蒸压水泥、石灰、粉煤灰加气混凝土产品，其主要品种、特点、用途、规格和技术性能见表 4－7。砌筑和抹灰砂浆外加剂品种、规格和技术性能见表 4－8。

北京市轻型建材公司加气温凝土厂生产的属于蒸压水泥、石灰、砂加气混凝土产品，该产品于 1994 年获国家一级产品证书。其主要品种、规格和技术性能，见表 4－9。该厂生产的 BJ－1 型砂浆添加剂，在普通砂浆中加入干材料重量的 2.4%，能显著提高砂浆的和易性、保水性、粘结力和抗裂性，从而保证了加气混凝土的砌筑和抹灰质量。已在北京市许多工程中采用，使

用效果良好。

表 4－7　加气混凝土产品的主要品种、规格和技术性能

品种	规格/mm	技术性能
蒸压粉煤灰加气混凝土砌块	厚度：60、100、120、150、180、200、240、300 宽度：240 长度：600	抗压强度 干密度为（500 ± 50）kg/m³ 时：≥ 2.7MPa 干密度为（600 ± 50）kg/m³ 时：≥ 4.0MPa 热导率 干燥状态：0.12～0.14W/（m·K） 自然含湿：0.17～0.20W/（m·K） 技术性能符合国标《蒸压加气混凝土砌块》GB11968—1997 要求
蒸压粉煤灰加气混凝土屋面板	厚度：180、240、300 宽度：600 长度：1800～6000	干密度：600kg/m³ 允许荷载： 一级 1000N/m² 二级 1500N/m² 三级 2000N/m²
蒸压粉煤灰加气混凝土隔墙板	厚度：120 宽度：600 长度：按设计要求	干密度：600kg/m³ 隔声性能： 60mm 厚，双面抹灰 38.8dB 100mm 厚，双面抹灰 40.6dB 120mm 厚，双面抹灰 43.2dB 100mm 厚，双面刮腻子喷浆 30.3dB

表 4－8　砌筑和抹灰砂浆外加剂品种、规格和技术性能

品　种	规　格	技　术　性　能
加气混凝土砌筑砂浆外加剂	外加剂呈干粉状，袋装，每袋重 20kg	干密度：1265h8/m³ 软化系数：0.72～0.90 自然收缩：1.03～1.04mm/m 抗压强度：3.9～6.9MPa 抗拉强度：1.1MPa 抗折强度；1.3MPa 粘结力（双面抗剪强度）0.2～0.3MPa 冻融强度损失 10.8%
加气混凝土抹灰砂浆外加剂	外加剂呈干粉状，袋装，每袋重 20kg	在对加气混凝土墙面不作浇水处理条件下，抹灰层与墙体之间的粘结力达 0.22～0.29MPa

表 4－9 加气灌凝土产品的品种、规格和技术性能

品 种	规格尺寸（mm）	技 术 性 能
加气混凝土素块	厚 度：75、100、125、150、200、250、300 长度：600 宽度：250	干密度：540kg/m^3 抗压强度：0.6MPa 干缩值：2.6mm/m 抗冻性：冻融循环 15 次， 重量损失 1% 强度损失 12% 热导率：0.14W/（m·K） 外观尺寸合格率：90%
加气混凝土屋面板	厚度：150、200、 宽度：600 长度：1800～3900	—
加气混凝土外墙板	厚度：120、150、200、240 宽度：600 长度：可按用户要求而定	—
加气混凝土隔墙板	厚度：100、120、150 宽度：600 长度：可按用户要求而定	—
加气混凝土骨料空心砌块	长×高×厚 390×240×190，290×240×90 390×90×190，340×90×90 290×90×90，390×190×190 190×90×90	砌块密度：720kg/m^3 抗压强度：2.8MPa 190mm 厚砌块墙体热绝缘系数 0.447m^2·K/W 抗冻性；15 次冻融循环，无脱皮掉角、裂纹现象

第三节 加气混凝土的特点及用途

1. 性能特点（见表 4－10）

加气混凝土和普通混凝土、泡沫混凝土相比，在建筑应用中有下述性能特点：

1）密度小。加气混凝土的孔隙率一般在 70%～80%，其中由铝粉发气形成的气孔占 40%～50%，由水分形成的气孔约占 20%～40%，大部分气孔孔径为 0.5～2mm，平均孔径为 1mm 左右。由于这些气孔的存在，通常密度为 400～700kg/m^3，比普通混凝土轻 3/5～4/5。

2）具有结构材料必要的强度。材料的强度和密度通常是呈正比关系，

加气混凝土也有此性质，以体积密度 500～700kg/m^3 的制品来说，一般强度为 2.5～6.0MPa，具备了作为结构材料的必要的强度条件，这是泡沫混凝土所不及的。

3）弹性模量和徐变较普通混凝土小。加气混凝土的弹性模量（0.147～0．245X10^{4}MPa）只及普通混凝土的（1.96×10^{4}MPa）1/10，因此在同样荷载下，其变形比普通混凝土大；加气混凝土的徐变系数（0.8～1.2）比普通混凝土的（1～4）小，所以在同样受力状态下，其徐变比普通混凝土要小。

4）耐火性好。加气混凝土是不燃材料，在受热至 80～100℃以上时，会出现收缩和裂缝，但在 70℃以前不会损失强度，并且不散发有害气体。耐火性能卓越。

5）隔热保温性能好。和泡沫混凝土一样，加气混凝土具有隔热保温性能好的优点，它的热导率为（0.116～0.212W/（m·K））。

6）隔声性能较好，加气混凝土的吸声能力（吸声系数为 0.2～0.3）比普通混凝土要好，但隔声能力因受质量定律支配，是和质量成正比，所以加气混凝土要比普通混凝土差，但比泡沫混凝土要好。

7）耐久性好。加气混凝土的长期强度稳定，这是泡沫混凝土难以和其相提并论的，但它的抗冻性和抗风化性比普通混凝土差，所以在使用中要有必要的处理措施。

8）易加工。加气混凝土可锯、可刨、可切、可钉、可钻。

9）干收缩性能能满足建筑要求。加气混凝土的干燥收缩标准值为不大于 0.5mm/m（温度 20℃，相对湿度 43%±2%），如果含水率降低，干燥收缩值也相应减少，所以只要控制上墙含水率在 15%以下，砌体的收缩值就能满足建筑要求。

10）施工效率高。在同样重量的条件下，加气混凝土的块型大，施工速度就快；在同样块型的条件下，加气混凝土比普通混凝土要轻，可以不要大的起重设备，砌筑费用少。

由于加气混凝土具有质轻、强度较高、易加工、保温、隔热、隔声、耐火性能好等优点，它深受建筑界和用户的欢迎，发展迅速。

2. 用途（见表 4－10）

加气混凝土制品的上述十大特点，使之适用于下面一些场合：

1）高层框架建筑。多年的实践证明。加气混凝土在高层框架建筑中的

应用是经济合理的，特别是用砌块来砌筑内外墙，已普遍得到社会的认同。

2）抗震地区建筑。由于加气混凝土自重轻，其建筑的地震力就小，对抗震有利，和砖混建筑相比，同样的建筑，同样的地震条件下，震害程度相差一个地震设计设防级别，如砖混建筑在达 7 度设防，它会受破坏，而此时加气混凝土建筑只达 6 度设防，就不会破坏。1975 年海城地震时，30 余幢多孔混凝土建筑震害轻微，而邻近的砖混建筑则震害严重；1976 年唐山地震时，北京市白家庄的一栋 5 层加气混凝土承重楼，自重仅 700kg/m^3，当时处于地震烈度为 6 度的情况下，震后没有出现新的裂缝，而在 50m 处的四层棍合结构的住宅，下部却产生大斜裂缝。

3）严寒地区建筑。加气混凝土的保温性能好，200mm 厚的墙的保温效果相当于 490mm 厚的砖墙的保温效果，因它在寒冷地区的建筑经济效果突出；所以具有一定的竞争力。

4）软质地基建筑。在相同地基条件下，加气混凝土建筑的层数可以增多，经济上有利。

加气混凝土主要缺点是收缩大，弹性模量低，怕冻害，因此，加气混凝土不适合下列场合：温度大于 80℃的环境；有酸、碱危害的环境；长期潮湿的环境，特别是在寒冷地区尤应注意。

表 4－10 加气混凝土产品的特点及用途

品种	特点	用途
蒸压粉煤灰加气混凝土砌块	以水泥、石灰、石膏和粉煤灰为主要原料，以铝粉为发气剂，经搅拌、注模、静停、切割、蒸压养护而成。具有质轻、强度较高、可加工性好、施工方便、价格较低、保温隔热、节能效果好等优点	适用于低层建筑的承重墙，多层建筑的自承重墙，高层框架建筑的填充墙，以及建筑物的内隔墙、屋面和外墙的保温隔热层，特别适用于节能建筑的单一和复合外墙。少量作其他用途（保温方面如滑冰场和供热管道保温等）
加气混凝土素块	由磨细砂、石灰，加水泥、水和发泡剂搅拌，经注模、静停、切割、蒸压养护而成。具有重量轻、强度较高、可加工性好、施工方便、价格较低、保温隔热、节能效果好等优点	适用于低层建筑承重墙、多层建筑自承重墙、高层框架填充墙，以及建筑物内隔墙、屋面和墙体的保温隔热层等

续表

品种	特点	用途
蒸压粉煤灰加气混凝土屋面板	用经过防锈处理的U形钢筋网片、板端预埋件，与粉煤灰加气混凝土共同浇注而成，具有重量轻、强度较高、整体刚度大、保温隔热、承重合一，抗震、节能效果好，施工方便、造价较低等优点	适用于建筑物的平屋面和坡屋面
加气混凝土隔墙板	带防锈防腐配筋。具有重量轻、强度较高、施工方便、造价较低、隔声效果好等优点	适用于建筑物分室和分户隔墙
加气混凝土外墙板	同屋面板	适用于建筑物外墙
加气混凝土骨料空心砌块	以加气混凝土碎块作为骨料，加水泥、粉煤灰和外加剂，制成空心砌块。具有质轻、施工方便、造价较低、保温隔热性能好等优点	适用于框架填充墙和隔墙
加气混凝土砌筑砂浆外加剂	掺有AM－1型外加剂的砌筑砂浆，具有粘着力大、保水性好、施工方便、保证灰缝饱满、砌体牢固等优点	适用于加气混凝土砌块的砌筑。按外加剂20kg，水泥50kg，砂200～250kg，水适量充分搅拌备用，砌筑时砌块可不浇水润湿，垂直缝可直接抹碰头灰
加气混凝土抹灰砂浆外加剂	掺有AM—2型外加剂的抹灰砂浆，具有良好的施工性能，可以便抹灰层与砌体粘结牢固，防止起鼓和开裂现象	适用于加气混凝土内外墙面抹灰。按外加剂20kg，水泥50kg，砂200～300kg，水适量搅拌备用。砂浆标号以40～50号为宜

第四节　加气混凝土制品在建筑节能中的应用

新节能标准为了实现节能50%这一目标，不仅提高了对围护结构的保温要求，而且考虑了抗震柱、圈梁等周边热桥对外墙传热的影响，并要求外墙的平均传热系数符合新标准的规定。这样，在单一材料墙体中，目前只有加气混凝土墙体才能满足新标准的要求，从西安到佳木斯地区的厚度为200～450mm（见表4－11），但在抗震柱和圈梁等热桥部位应作保温处理。保温处理的方式：在北京、天津、兰州、太原等地区，在热桥部位外侧贴约100mm厚加气混凝土；在西宁、沈阳、长春、哈尔滨等地区，外侧贴约50mm厚聚苯板加70mm厚加气混凝土。满足新标准要求的加气混凝土围护结构低限保

温厚度见表 4－11 表中的加气混凝土外墙和屋面板厚度，不仅能够满足新标准的要求，而且能够充分满足夏季隔热和空调建筑的节能要求。

表 4－11　　加气混凝土围护结构的低限保温厚度

采暖期室外平均温度/℃	代表性城市	屋面板厚度 δ/mm	外墙厚度 δ/mm	窗户传热系数 W（m^2·K）－1
2.0～1.0	郑州、洛阳、宝鸡、徐州	250（275）	200（225）	4.00
0.9～0.0	西安、拉萨、济南、安阳	.250（275）	200（225）	4.00
－0.1～－1.0	石家庄、德州、晋城、天水	250（275）	200（225）	4.00
－1.1～－2.0	北京、天津、大连、阳泉	250（275）	250（275）	4.00
－2.1～－3.0	兰州、太原、唐山、阿坝	300（350）	250（275）	4.00
－3.1～－4.0	西宁、银川、丹东	300（350）	300（350）	4.00
－4.1～－5.0	张家口、鞍山、酒泉、伊宁	300（350）	300（350）	3.00
－5.1～－6.0	沈阳、大同、本溪、哈密	350（400）	300（350）	3.00
－6.1～－7.0	呼和浩特、抚顺、大柴旦	350（400）	350（400）	3.00
－7.1～－8.0	延吉、通辽、通化、四平	350（400）	350（400）	2.50
－8.1～－9.0	长春、乌鲁木齐	425（450）	425（450）	2.50
－9.1～－10.0	哈尔滨、牡丹江、克拉玛依	425（450）	450（475）	2.50
－10.1～－11.0	佳木斯、安达、齐齐哈尔	425（450）	450（475）	2.50

注：1. 本表适用于体形系数为 0.30 的采暖居住建筑。

2. 表中厚度不带括号的数据适用于 $\rho_0 = 500 \sim 600k8/m^3$ 的加气混凝土；带括号的数据适用于 $\rho_0 = 700kg/m^3$ 加气混凝土；

3. 表中加气温凝土外墙厚度已考虑了周边热桥的影响，但这些热桥部位的外侧应做保温处理。圈梁和抗震柱外侧，寒冷地区做 100mm 厚加气混凝土保温层，严寒地区做 70mm 厚加气混凝土再加 50mm 厚聚苯板保温层。

由于加气混凝土墙体较薄，在北京地区，与原先的 370mm 厚砖墙相比，每户使用面积可增加约 1.5m^2；与主体墙为 240mm 厚砖墙，内侧为岩棉、石膏板等内保温墙体相比，每户使用面积可增加约 1.2m^2，可见其经济效益十分可观。

加气混凝土制品的生产和应用，在国外和国内已有 30 多年历史，在技术上已较为成熟。国内许多城市，特别是北京市在建筑物外墙、隔墙和屋面中应用较为广泛，取得了较好的技术经济效果，积累了较为丰富的经验。针对加气混凝土材料的孔形结构基本上为分散独立的多孔结构，而不是像粘土

砖那样的毛细管结构。有人把加气混凝土的孔形结构比作墨水瓶结构——嘴小肚子大。这种孔形结构吸水多而速度慢，表面浇水不易浇透。用普通水泥砂浆抹灰，砂浆层的水分被加气混凝土慢慢吸走，从而不利于水泥砂浆的养护和强度增长。此外，砂浆层的标号过高，与加气混凝土的标号不相匹配等原因，是导致抹灰层空鼓和开裂的主要原因。针对加气混凝土的孔形结构和材料特性，采用掺专用外加剂的低标号砂浆，并按规定程序操作，抹灰层的质量已经得到保证，空鼓和开裂问题已经基本解决。

1. 加气混凝土砌块的应用

1）承重加气混凝土砌块建筑，每层应设置现浇钢筋混凝土圈梁外，外墙转角及内墙交接处应咬砌，并在沿墙高 1m 左右灰缝内配置 2Φ6 钢筋，每边伸入墙内 1m。顶层山墙部位，也应采取加筋防裂措施（见图 4－1～图 4－3）。

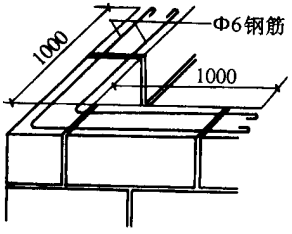


图 4－1　山墙与非承重外墙转角

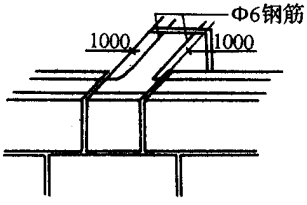


图 4－2　内承重墙与非承重外墙用钢筋拉结

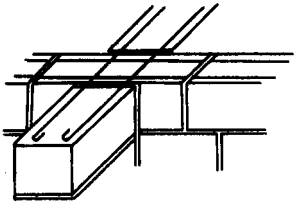


图 4－3　内承重墙与外墙及墙垛用钢筋拉结

在框架结构中，加气混凝土砌块用做非承重围护结构时，在钢筋混凝土柱上海隔 lm 左右高度要甩筋或加柱箍钢筋与砌块连接，砌块上部与钢筋混凝土的叠合梁连接（见图 4－4、图 4－5）。

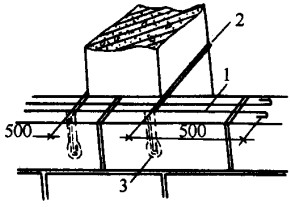


图 4－4　非承重外墙与框架柱连接

1—ϕ6 钢筋　2—ϕ8 筋　3—扩孔灌粘结砂浆

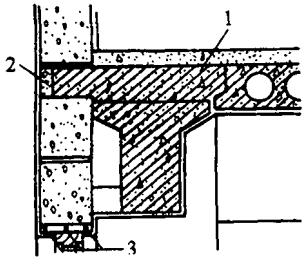


图 4－5　砌块上部与钢筋混凝土框架叠合梁连接

1—现浇叠合梁　2—保温块　3—钢筋

后砌的非承重墙（隔墙或填充墙），与承重墙或柱交接处，应沿墙高 1m 左右用 3Φ4 钢筋与承重墙或柱拉结，每边伸入墙内长度不得小于 700mm。

2）非承重外墙窗过梁，宜采用与砌块相配套的构配件，如本地区尚无这类构件，则可采用配筋平砌过梁做法（非承重门窗洞口，宽度在 1.5m 以内），即在梁底配以 3Φ6 钢筋，伸入墙支座不小于 500mm，钢筋保护层厚度不得小于 20mm（见图 4－6、图 4－7）。

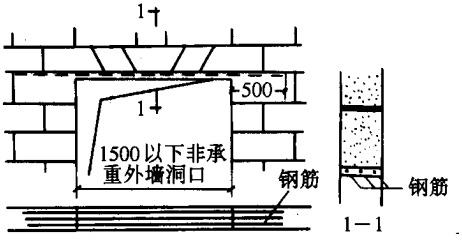


图 4－6　非承重外墙窗过梁做法

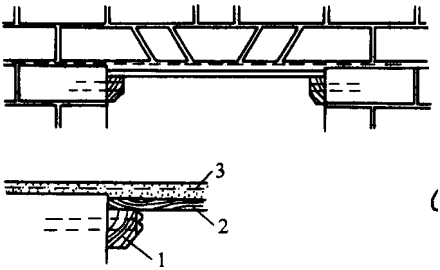


图 4－7　窗过梁的施工方法

1—临时固定木块　2—木板　3—钢筋

在窗洞口下部，也应有相应的构造措施，凡超过 600mm 洞口应在窗台板下铺设 2ϕ8（或 4ϕ4 钢筋），伸过洞边各 600mm（见图 4－8）。

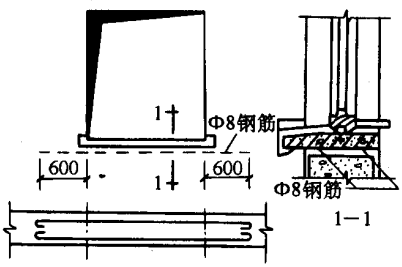


图 4－8　窗台下部做法

3）住宅分户墙采用两道砌块，中间留空气层方案时，每砌筑 1m 高度，两墙之间用 8 号铅丝或 Φ4 钢筋扒锯连接（见图 4－9），并应切实保证灰缝密实，两层墙的立缝应错位砌筑。

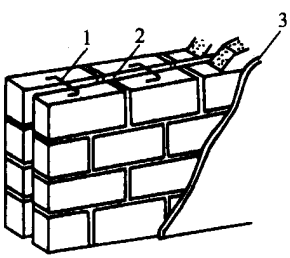


图 4－9　分户墙做法

1—铁扒锯　2—空气层　3—内墙抹灰

4）加气混凝土砌块墙原则上要避免与其他传统材料在外墙部位同时混用。如果在设计中难以避免不同材料的混用，则要采取一定措施，避免出现

墙体开裂或局部“热桥”等问题。在外墙中较常用的办法是在这些部位贴加气混凝土砌块，或是抹保温砂浆和设置其他保温材料（见图 4－10）。

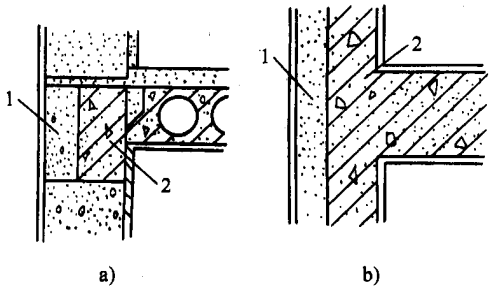


图 4－10　保温块的设置

a）外墙剖面节点　b）外墙圈梁与保温块平面

1—保温块　2—圈梁

2. 加气混凝土外墙板

1）加气混凝土外墙板与主体结构（如柱、梁、墙和楼板等）应有牢固可靠的连接，同时应采用分层承托的构造方法。

构造节点的形式与结构体系、施工方式和板材布置的形式有关。

板材的布置形式，主要有竖向为主布置形式和横向为主布置形式两种。当建筑开间（或柱距）尺寸越大，门窗洞口的形式较为复杂，一般均采用以竖向为主的布置形式，即板材沿层高方向垂直布置，通过在两板之间的板槽内灌浆插筋，与上下部位的楼板、梁或钢筋混凝土圈梁连接。在门窗洞口比较简单，窗间墙较少或没有窗间墙（如带形窗）的工业厂房和类似形式的民用建筑，采用横向为主的布置形式较为合适，这种形式的板材是沿开间方向水平布置，板材两端与柱或横墙连接。

竖向布置墙板在不同结构体系建筑中的节点构造实例，见图 4－11～图 4－16 所示。

加气混凝土单块墙板水平安装时，与柱或墙的支承长度不得小于 60mm。

2）外墙部分如有外露的圈梁或叠合梁时，在采暖地区应有保温措施，一般在圈梁，外部设置加气混凝土保温块，可将保温块直接用胶粘剂粘在墙板顶端，以取代圈梁或叠合梁的外模板。

3）竖向安装墙板时，甩口的窗过梁和窗坎墙，尤其是墙过梁，应与相邻的墙板和主体结构有可靠的连接，窗过梁的做法见图 4－18 所示。

横向布置墙板在框架结构建筑中的节点构造实例，见图 4－17 所示。

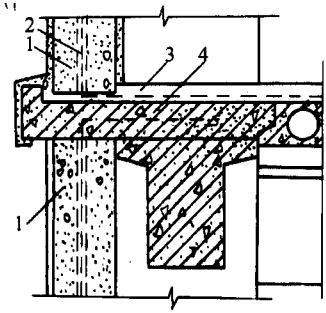


图 4－11　高层框架中外墙板节点构造实例之一

1—加气混凝土外墙板　2—钢筋　3—地面　4—钢筋混凝土叠合梁

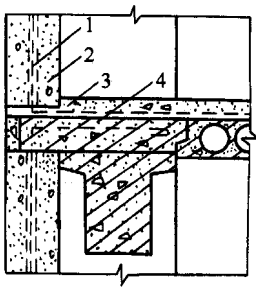


图 4－12　高层框架中外墙板节点构造实例之二

1—板缝插筋灌浆　2—加气混凝土外墙板　3—地面　4—现浇钢筋混凝土叠合梁

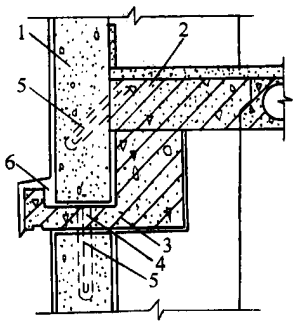


图 4－13　高层框架中外墙板节点构造实例之三

1—加气混凝土外墙板　2—现浇钢筋混凝土叠合层　3—预制梁　4—梁上预留孔 5—钻孔插筋灌浆

6—嵌缝油膏

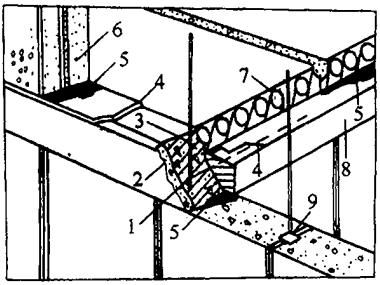


图 4－14　混合结构中（或内承重墙系板材或砌块）中外墙板做法

1—板缝钢筋与内墙圈梁拉结　2—保温块　3—外墙圈梁　4—水泥砂浆找平层

5—粘结砂浆　6—上层墙板　7—楼板 8—内墙圈梁 9—板缝灌浆插筋

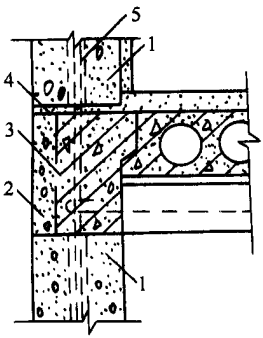


图 4－15　混合结构中的节点剖面

1—加气混凝土外墙板　2—保温块　3—现浇混凝土圈梁　4—找平层上铺粘结砂浆　5—板缝插钢筋灌浆

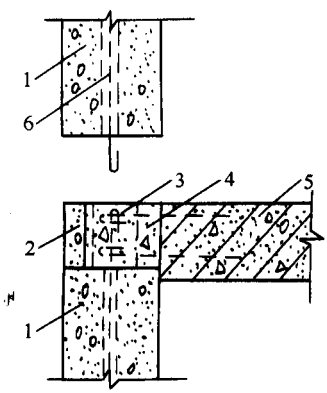


图 4－16　升板建筑中外墙板节点构造实例

1—加气混凝土外墙板　2—保温块　3—预留孔 60mm×60mm，每 600mm 灌浆后上板钢筋插入（ϕ10mm）　4—现浇混凝土圈梁 5—楼板 6—板缝插筋灌浆

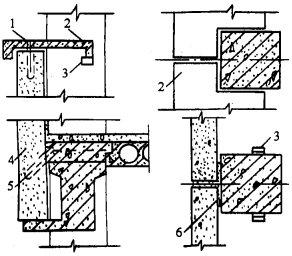


图 4－17　由梁承托外墙板构造节点实例

1—每隔 1m 左右钻孔插筋，灌粘结砂浆　2—预制钢筋混凝土窗台板

3—角钢　4—加气混凝土外墙板　5—每隔 1m 左右钻孔插筋，

灌粘结砂浆　6—泡沫塑料条

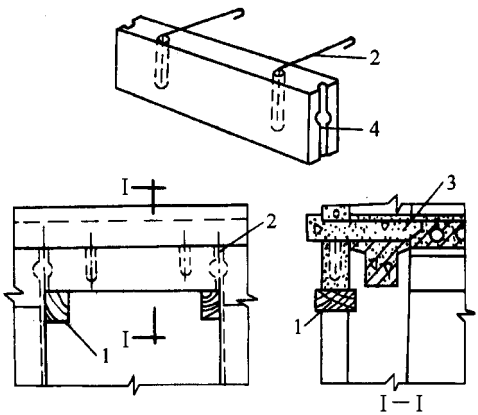


图 4－18　窗过梁的做法和施工

1—临时支承用木块　2—灌浆插筋　3—现浇叠合梁　4—边槽

4）加气混凝土应用于具有保温隔热要求的围护结构，设计中必须充分考虑材料的热物理特性，如加气混凝土热物理参数、加气混凝土热导率和蓄热系数计算取值、加气混凝土外墙的低限厚度和加气混凝土外墙的隔热厚度。

3. 隔墙板

1）加气混凝土隔墙板，一般采用垂直安装，板的两端应与主体结构连接牢靠，板与板之间用粘结砂浆粘结，沿板缝上下各 1/3 处，按 30°角斜钉入金属片，在转角墙和丁字墙交接处，在板高上下 1/3 处，应斜钉入长度不小于 200mmϕ18mm 铁件，见图 4－19～图 4－21 所示。

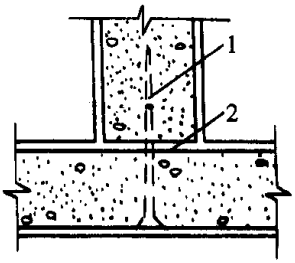


图 4－19　丁字墙节点构造

1—用 ϕ8 钢筋打尖（经防锈处理）　2—粘结砂浆

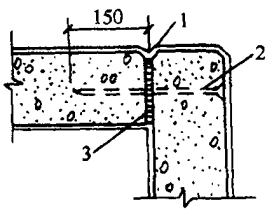


图 4－20　转角墙节点构造

1—八字缝　2—用 ϕ8 钢筋打尖（经防锈处理）　3—粘结砂浆

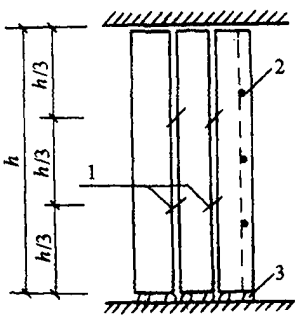


图 4－21　墙板用铁销、铁钉横向连接示意图

1—铁销　2—6 寸钉子　3—木楔

隔墙板上下部连接，普遍采用刚性节点做法，即在板的上端抹粘结砂浆，与梁或楼板的底部粘结，下部用木楔顶紧，最后在下部的木楔空间填入豆石混凝土，然后再打地面（见图 4－22）。

2）内隔墙门洞口过梁块的连接，见图 4－23 所示。

3）隔墙板的最小厚度，不得小于 75mm，墙板的厚度小于 125mm 时，其

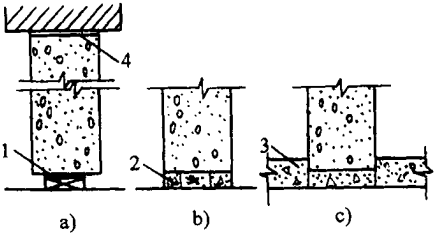


图 4－22　隔墙板上下连接构造方法之一

a）侧向对打木楔　b）木楔间空隙塞豆石混凝土　c）豆石混凝土硬结后取出木楔（或不取出），做地面

1—木楔　2—豆石混凝土　3—地面　4—粘结砂浆

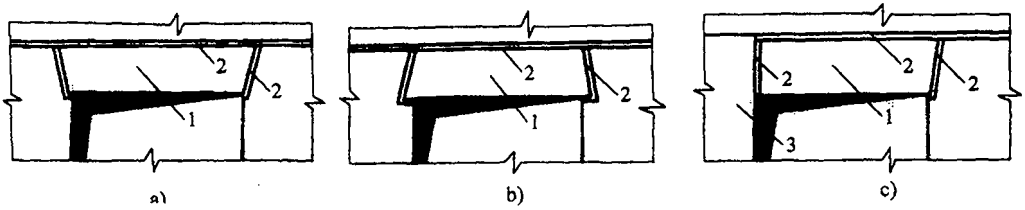


图 4－23　门洞口过梁块的连接构造做法

a）倒八字做法　b）正八字做法　c）靠混凝土柱边的做法

1—过梁块（用墙板切锯）　2—粘结砂浆　3—钢筋混凝土柱

最大长度不应超过 3.5mm。

4）对双层墙板的分户墙，要求两层墙板的缝隙相互错开。

5）隔墙板上不宜吊挂重物，如确需要，则应采取有效的构造措施。

4. 加气混凝土屋面板

1）加气混凝土屋面板一般不宜搂槽。如有特殊要求，可在板的上部沿板长方向搂划，其深度应小于或等于 15mm。

2）屋面板的挑出长度：沿板长方向不宜大于 2.5 倍板厚；板宽方向不宜大于板宽的 1/3，并应与相邻板有可靠的连接（如在两板间每隔 1m 用铁件连接）（见图 4－24）。

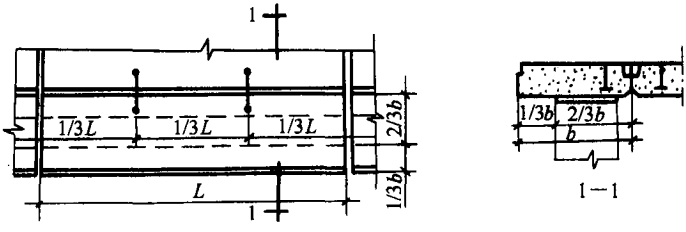


图 4－24　屋面板挑出做法

3）采用加气混凝土屋面板做平屋面时，如由支座找坡，坡度应符合设计要求，支座部位应平整，板下宜坐粘结砂浆（金属结构除外）。板与支座应有连接构造，例如在板的支座处预埋铁件，与放入板槽内的钢筋（长度≥1.2m）连接（见图 4－25）。屋面板端部的横向锚固钢筋至少应有 2 根配置在支承面内。同时：当支承在砖墙上时应不小于 11cm，支承在钢筋混凝土梁和钢结构上时应不小于 9cm。

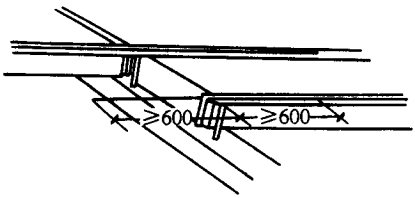


图 4－25　屋面板与支座处的构造连接

4）屋面板上准许在不切断钢筋和不破坏钢筋防锈层的情况下开一个孔洞，位置及尺寸见图 4－26，如开较大的孔洞，则应另行设计。

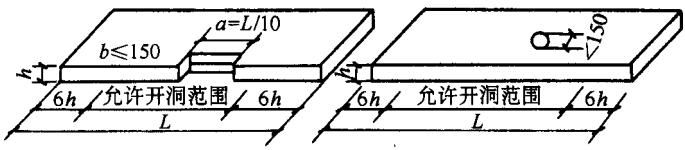


图 4－26　屋面板上开洞尺寸

5）屋面板不得截短使用，如必需沿板长方向纵向切锯，其最小使用宽度不宜小于 400mm，但不得沿纵向受拉钢筋部位剖切，如图 4－27 所示；当板为三面支承时，板的最小宽度也不宜小于 300mm。

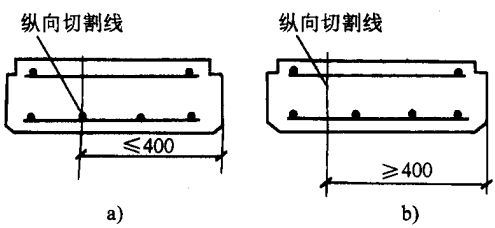


图 4－27　屋面板纵向切锯规定

a）不允许　b）允许

6）为加强屋面板的整体性，除应按设计要求在板缝凹槽内设置钢筋和灌浆外，还需在板缝距板端 $L/3$ 处用防锈金属片骑板缝与板成 45°角打入板内，见图 4－28 所示。

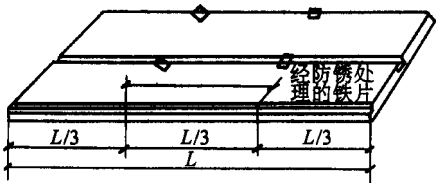


图 4－28　板缝内打入防锈金属片

7）在屋面板上做找平层时，找平层与屋面板应有良好的粘结，不得开裂、空鼓。找平层上油毡同一般做法。如直接在加气混凝土屋面板上做沥青卷材防水层时，屋盖应有良好的整体性，在板的端头缝处，应干铺一条宽度为 150～200mm 的油毡，第一层应用热沥青花撒或点铺；油毡的搭接部分和屋盖周边满粘，见图 4－29 所示。没有卷材防水层的屋面板，每 $100m^2$ 左右应设置排气孔一个，见图 4－30 所示。

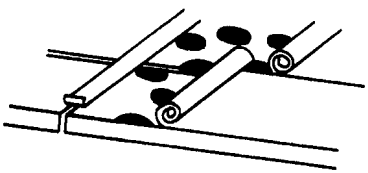


图 4－29　屋面板上油毡铺法

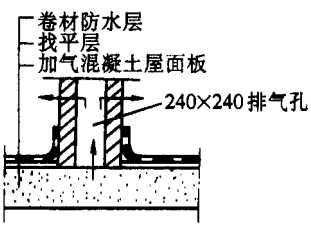


图 4－30　加气混凝土屋面板排气孔

8）如屋面板采用无组织排水，其檐口部位应有正确的排水、淌水构造，不得顺板侧或板端自由流淌。

9）屋面板底表面不宜做抹灰，如用于标准较高的建筑，在其下部可做

吊顶或其他底表面处理。

为了适应建筑节能和墙体改革的需要，北京市建筑设计研究院与有关单位合作，研制开发了一种节能、利废、抗震、经济的多层住宅新体系，在北京市石景山区高井北京市现代建筑材料公司，建成一幢 3033m² 的加气混凝土围护结构节能住宅。该住宅为 6 层建筑，采用 240mm 厚粉煤灰砖砌横墙承重，结构形式为大进深、小天井，设两道纵墙。山墙为 240mm 厚粉煤灰砖墙，外侧为 150mm 厚加气混凝土砌块。南、北外墙采用 300mm 厚 06 级、抗压强度为 4MPa 的粉煤灰加气混凝土砌块墙体。加气混凝土砌块墙体用掺 AM－1 型专用外加剂的砂浆砌筑，用掺 AM－2 型专用外加剂的砂浆抹灰，外表面用丙烯酸涂料饰面。每层设钢筋混凝土圈梁和异形构造柱。楼板采用钢筋混凝土预制短向圆孔板，局部现浇。屋面采用设有 U 形钢筋网片和预埋件的加气混凝土屋面板，板与板、板与支座之间用钢筋拉接，以利于抗震。窗户采用单框双玻保温钢窗。户门采用多功能安全门。节能住宅加气混凝土墙体主要节点构造见图和 4－31 所示。加气混凝土屋面板的屋面构造见图 4－32 所示。

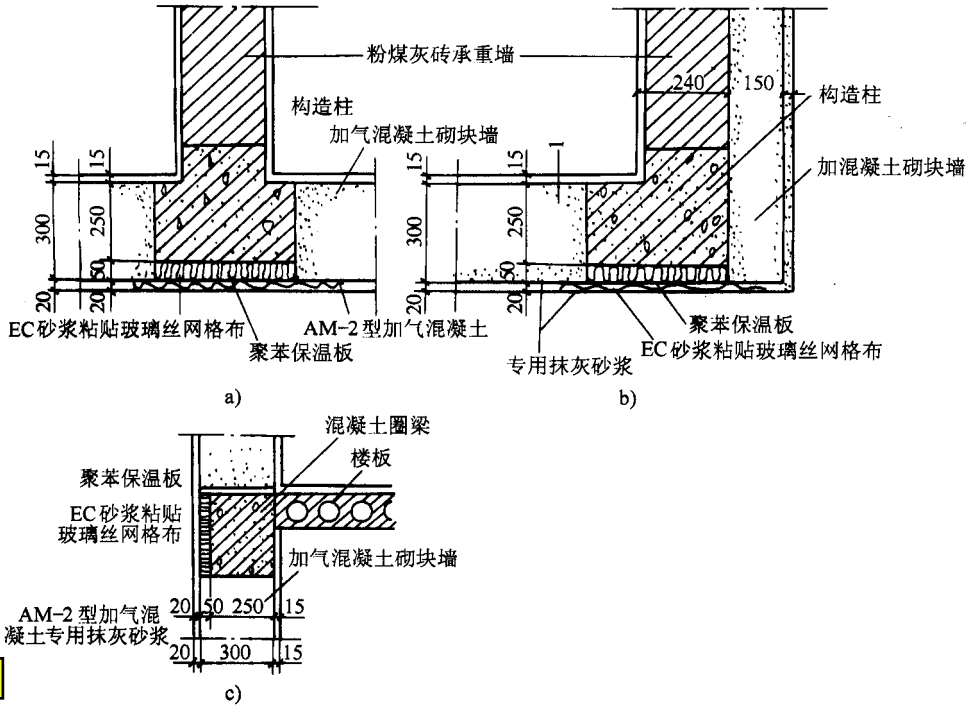


图 4－31　节能住宅加气混凝土墙体主要节点构造

a）丁字墙节点　b）山墙节点　c）纵墙与楼板节点

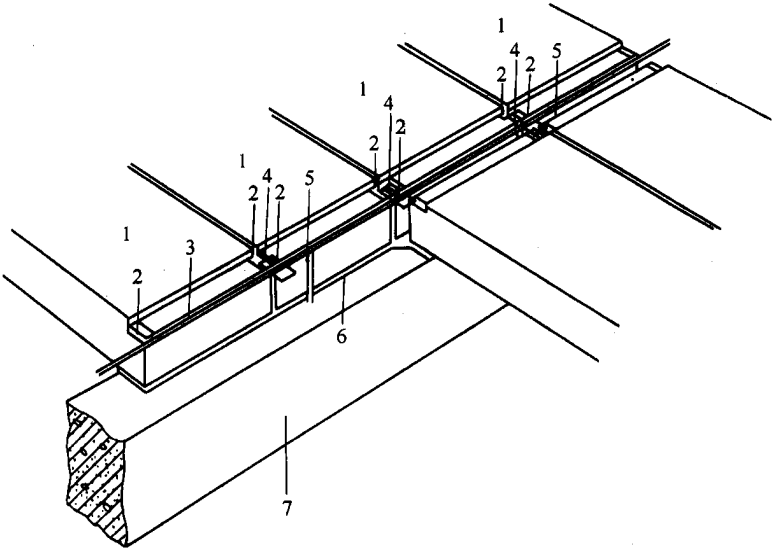


图 4－32　抗震加气混凝土屋面板构造图

1—抗震加气混凝土屋面板　2—预埋角铁　3—ϕ8 通长钢筋与钢筋环焊接　4—ϕ8 钢筋环与预埋角铁焊接　5—梁内预埋 ϕ10 钢筋间距 1200mm 与通长钢筋焊接　6—AM－1 型砌筑砂浆坐浆　7—钢筋混凝土梁或圈梁

该住宅结构体系能满足 8 度抗震要求，每平方米建筑面积粉煤灰用量达 600kg，建筑造价比当地的砖混结构仅高 5% 左右，建筑物耗热量指标为 20.02W/m^2，达到新标准的要求。该项目已通过北京市科委组织的科技成果鉴定。结构类似的、采用加气混凝土围护结构的多层节能住宅，已在北京市建成多处。北京市建筑设计研究院已编制出一套《多层节能住宅体系构造图集（加气混凝土砌块外墙）》，该图集中加气混凝土外墙主要节点构造见图扣 4－33。

为了推动加气混凝土的应用，国家有关部门组织制订了《加气混凝土应用技术规程》；编制了《加气混凝土砌块墙建筑构造图集》等，为促进我国加气混凝土的推广应用创造了条件。

第五节　设计与施工要点

1）干密度 05 级、C3（30 号）的加气混凝土砌块用于横墙承重时，建筑物层数不得超过 3 层，总高度不超过 10m；干密度 07 级、C5（50 号）的加气混凝土砌块用于横墙承重时，建筑物层数一般不宜超过 5 层，总高度不超过 15m。

2）建筑物基础处于浸水、高湿和化学侵蚀环境下，以及承重结构表面温度高于 80℃的部位均不得采用加气混凝土制品。

3）采用加气混凝土砌块承重的建筑物，宜采用横墙承重结构方案，横墙间距不宜超过 4.2m，尽可能使横墙对正贯通，每层应设置现浇钢筋混凝土圈梁，以保证建筑物有较好的空间整体刚度。墙体的允许高厚比［β］见表 4－12。

表 4－12　　墙体的允许高厚比［β］

砂浆标号	≥50	≥25
[β]	18	16

注：当墙体高度 H 大于或等于相邻横墙的间距 l_0 应按计算高度 $H_0=0.6l_0$ 验算高厚比。

4）加气混凝土制品施工时，其含水率一般宜小于 15%，粉煤灰加气混凝土制品的含水率允许达到 20%。

5）加气混凝土外墙面应做饰面防护处理，外墙墙面水平方向的凹凸部分（如线脚、雨罩、出檐、窗台等），应做泛水和滴水，以避免积水。

6）加气混凝土砌块墙体宜采用保水性、和易性、粘结力和抗裂性好的砂浆砌筑和抹灰。这种砂浆可由低标号水泥、砂并掺专用外加剂（如北京市现代建筑材料公司的 AM－1 型和 AM－2 型外加剂，北京市轻型建筑材料公司加气混凝土厂的 BJ－1 型砂浆添加剂等）获得。砂浆标号以 40～50 号为宜。砂浆的制备和抹灰层的施工应按有关的操作规程进行。

7）加气混凝土应用于具有保温隔热要求的围护结构，设计中必须充分考虑材料的热物理特性。采暖地区加气混凝土围护结构的厚度不得小于按《民用建筑热工设计规程》规定方法计算的低限厚度值。

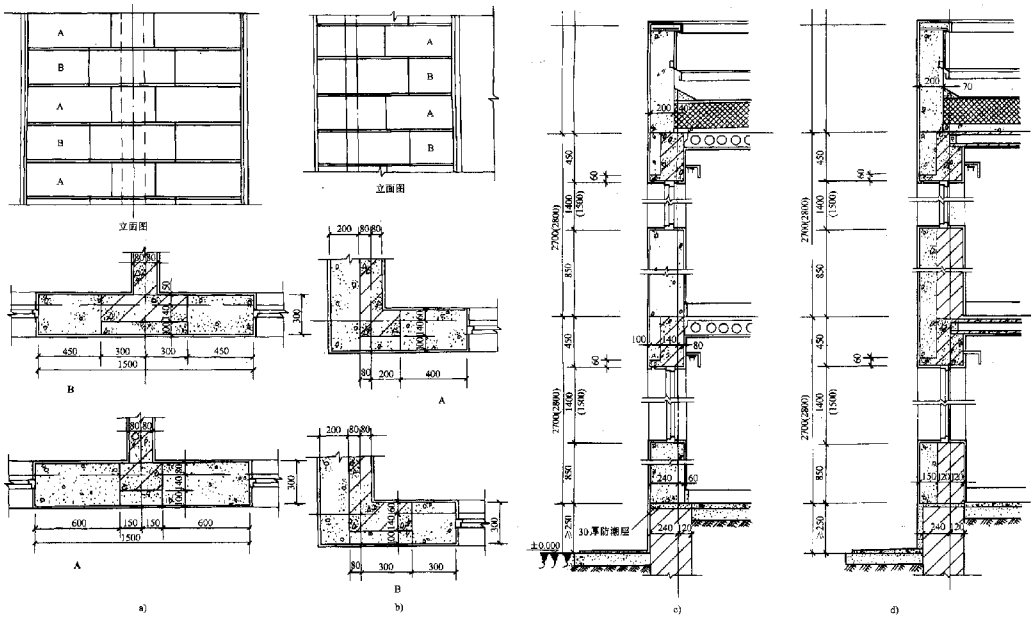


图 4－33　加气混凝土外端主要节点构造（　）中尺寸为可替换尺寸

说明：砌块高度按三种尺寸，即 200mm、250mm、300mm，水平灰缝小于或等 15mm

a）丁字节点构造　b）转角节点构造　c）纵墙节点构造　d）山墙节点构造

第五章　节能玻璃及其制品

在现代建筑工程中，玻璃已由过去单纯作为采光和装饰材料，向控制光线、调节热量、节约能源、控制噪声以及降低建筑物结构自重、保温隔热、改善建筑物内部环境等多功能方面发展，为建筑工程设计和施工提供了更大的选择性和可能性。玻璃绝热材料，主要是指对光、热具有控制作用的一类制品，如加热反射膜镀膜玻璃、低辐射膜镀膜玻璃、导电膜镀膜玻璃、中空玻璃、泡沫玻璃等。本节将对其中的一些主要品种进行介绍。

第一节　热反射玻璃

热反射玻璃是对太阳光具有较高的反射比和较低的总透射比，可较好地隔绝太阳辐射能，并对可见光具有较高透射比的一种节能玻璃。

热反射玻璃的较高反射比是通过磁控真空阴极溅射、电浮法、真空离子镀膜、溶胶凝胶等在玻璃表面镀敷或离子交换形成的一层极薄的金、银、铝、铜、铬、镍、铁等金属或金属氧化物膜来实现的，因此也称为镀膜玻璃。

镀膜玻璃实际上是个更为广泛的概念，因为改变膜层的组成和结构，既可制成热反射玻璃，也可形成吸热玻璃和其他品种的玻璃（如低辐射玻璃、减反射玻璃等）等。热反射玻璃与吸热玻璃的区别在于前者的太阳光直接反射比大于直接吸收比，而后者的太阳光直接反射比小于直接吸收比。有的膜层既具有反射太阳辐射热的功能又具有吸收太阳辐射热的功能，这种玻璃称为阳光控制玻璃或遮阳玻璃。

1. 品种、规格、技术要求热反射玻璃按颜色分类，有灰色、青铜色、茶色、金色、浅蓝色、棕色、古铜色褐色等；按性能分，有热反射、减反射、表面导电、防无线电、中空、热反射及夹层热反射玻璃等。热反射玻璃的生产方法很多，产品性能与质量也相差很大，但以磁控真空阴极溅射法生产的性能和质量最佳。

（1）规格：热反射玻璃按厚度分为 3mm、4mm、5rmn、6mm、8mm、10mm、12mm 七种规格。热反射玻璃的长度、宽度不做规定。目前可生产的最大尺寸可达 2000mm × 3000mm。

（2）外观质量；磁控真空阴极溅射、真空离子镀膜产品的外观质量应满足表 5－1 的要求，且原片玻璃应符合《浮法玻璃》（GB11614—1999）中的一级品或优等品的要求。

电浮法产品除光学变形、气泡、夹杂物、划伤等项应符合 GB11614—1999 的规定外，还应满足表 5－2 的要求。

（3）物理性能：热反射玻璃的光学性能、色差、耐磨性能应满足表 5－3 及表和 5－4 的要求。

热反射玻璃的型号中，首位字母代表其生产工艺（M 为磁控真空阴极溅射、E 为电浮法、I 为真空离子镀膜），第二、三位字母代表膜层的主要着色材料，第四、五位字母代表玻璃的颜色（S1 为银色、Gr 为灰色、Go 为金色、B1 为蓝色、Ea 为土色、Br 为茶色），最后的数字表示可见光透射比。

表 5－1 磁控真空阴极溅射及真空离子镀膜热反射玻璃的外观质量要求

缺陷		等级		
名称	说明	优等品	一级品	合格品
针孔（空洞）	直径小于 1.2mm	集中的不允许	集中的每平方米允许 2 处	不限
	直径大于或等于 1.2mm，小于或等于 1.6mm 的每平方米面积允许个数	中部不允许。边缘 75mm 允许 3 个	集中的不允许	不限
	直径大于 1.6mm，小于 2.5mm 的每平方米面积允许个数	不允许	75mm 边部允许 4 个，中部允许 2 个	75mm 边部允许 8 个，中部允许 3 个
	直径大于 2.5mm	不允许		
斑纹		不允许		
斑点	直径大于 1.6mm，小于 5.0mm 的每平方米面积允许个数	不允许	4 个	8 个
划伤	宽度大于 0.1mm，小于或等于 0.3mm 的每平方米面积允许条数	长度小于或等于 50mm 的允许 4 条	长度小于或等于 100mm 的允许 4 条	不限
	宽度大于 0.3mm 的每平方米面积允许条数	不允许	宽度小于 0.4mm，长度小于或等于 100mm 的 1 条	宽度小于 0.8mm，长度小于或等于 100mm 的 2 条

注：集中针孔（空洞）是指 100mm 直径圆面积内超过 20 个。

表 5－2　电浮法热反射玻璃的擦伤和条纹要求规定

缺陷		等级		
名称	说明	优等品	一级品	合格品
擦伤	75mm 边部，面积小于或等于 300mm^2	不允许	允许 1 处	允许 2 处
	75mm 边部，面积大于 300mm^2，小于 500mm^2	不允许	不允许	允许 1 处
条级	50mm 边部，宽小于 50mm	不允许	允许 1 条	允许 2 条
	50mm 边部，宽大于 5mm，小于 10mm	不允许	不允许	允许 2 条

表 5－3 热反射玻璃的光学性能、色差和耐磨要求

种类	品种			可见光（380～780nm）		太阳光（340～1800nm）			遮蔽系数	色差 ΔE	耐磨性	备注
	系列	颜色	型号	透射比（%）	反射比（%）	透射比（%）	反射比（%）	总透射比（%）			ΔT（%）	
磁控真空阴极溅射	St	银	MStSi－14	14±2	26±3	14±3	26±3	27±5	0.30±0.06	4	<8	
		灰	MStGr－8	8±2	36±3	8±3	35±3	20±5	0.20±0.05			
			MStGr－32	32±4	16±8	20±4	14±3	44±6	0.50±0.08			
		金	MStGo－10	10±2	23±3	10±3	26±3	22±5	0.25±0.05			
	Ti	蓝	MTiBl－30	30±4	15±3	24±4	18±3	38±6	0.42±0.08			
		土	MTiEa－10	10±2	22±3	8±3	28±3	20±5	0.23±0.05			
	Cr	银	MCrSi－20	20±3	30±3	18±3	24±3	32±5	0.38±0.05			
		蓝	MCrBl－20	20±3	19±3	19±3	18±3	34±5	0.38±0.06			
		茶	MCrBr－14	14±2	15±3	13±3	15±3	28±5	0.32±0.05			
			MCrBr－10	10±2	10±3	13±3	9±3	30±5	30±5 0.05			本体着色玻璃为基片
电浮法	Bi	茶	EBiBr	30～45	10～30	50～65	12～25	50～70	0.50 0.80			
离子镀膜	Cr	灰	1CrGr	4～20	20～40	6～24	20～38	18～38	0.20～0.45			
		茶	1CrBr	10～20	20～40	10～24	20～38	18～38	0.20 0.45			

注：电浮法产品的反射性能为膜面。磁控真空阴极溅射、真空离子镀膜产品的反射性能为玻璃面。

表 5－4 热反射玻璃颜色均匀性等级

同一片玻璃缺陷种类	一等品	二等品	三等品
宽小于等于 2mm 条状色纹	不允许有	不允许有	3 条
宽 2～4mm 条状色纹	不允许有	不允许有	2 条
宽大于 4mm 条状色纹	不允许有		
雾状、块状色斑	不允许有		

2. 特点与用途　与其他玻璃相比，热反射玻璃具有以下特性。

（1）太阳光反射比较高、遮蔽系数小、隔热性较高：热反射玻璃的太阳光反射比为 10% ~ 40%（普通玻璃仅为 7%），太阳光总透射比为 20% ~ 40%（电浮法为 50% ~ 70%）,，遮蔽系数为 0.20 ~ 0.45（电浮法为 0.50 ~ 0.80）。因此，热反射玻璃具有良好的隔绝太阳辐射能的性能，可保证炎热夏季室内温度保持稳定，并可大大降低制冷空调费用。

（2）镜面效应与单向透视性：热反射玻璃的可见光反射比为 10% ~ 40%，透射比为 8% ~ 30%（电浮法为 30% ~ 45%），从而使热反射玻璃具有良好的镜面效应和单向透视性。热反射玻璃较低的可见光透射比避免了强烈的日光，使光线柔和，起到防止眩目的作用。

（3）化学稳定性较高：热反射玻璃具有较高的化学稳定性，在质量分数为 5%的盐酸或 5%的氢氧化钠中浸泡 24h 后，膜层的性能不会发生明显的变化。

（4）耐洗刷性较高：热反射玻璃具有较高的耐洗刷性，可用软纤维或动物毛刷任意洗刷，洗刷时可使用中性或低碱性洗衣粉水。

由于热反射玻璃具有良好的隔热性能，在建筑工程中获得广泛应用。热反射玻璃多用来制成中空玻璃或夹层玻璃。如用热反射玻璃与透明玻璃组成带空气层的隔热玻璃幕墙，其遮蔽系数仅有 0.1 左右。这种玻璃幕墙的热导率约为 1.74W/（m·K），比一砖厚两面抹灰的砖墙保暖性能还好。

3. 应用技术要点　热反射玻璃用做玻璃幕墙的复合面是热反射玻璃的重要方向。

（1）用做玻璃幕墙的安装：安装方法可分为两大类：一类是现场插装式，方法是先将承受风荷载和幕墙自重的支座固定在钢筋混凝土楼板上，然后安装水平或垂直轨槽（即边抠），最后将玻璃插入轨槽内即成玻璃幕墙。这种方法的优点是节约金属型材，易于安装，运输与搬运费较低。其最大缺点是安装成败决定于现场施工质量，稍一疏忽就容易出现漏水漏气现象。另一类是预制组合式，. 这是一种工厂预制组合系统。铝型材加工、墙框组合、镶装玻璃嵌条密封等工序都在工厂内进行。可使玻璃幕墙的产品标准化，生产自动化，容易控制产品质量。在工地上只进行幕墙安装，可加速施工进度，节省现场人力。其缺点是铝型材用量约增加 15% ~ 20%。

（2）设计中应注意的问题

1）玻璃幕墙的结构设计：玻璃幕墙是非承重墙，其承受下列两种荷载。

①幕墙自重：玻璃幕墙自重约为 50kg/m^2，它对墙框的影响视支点位置而异。如支点在端上，则墙框承受拉力；支点在下端，则墙框承受压力。

②风荷载：风荷载是玻璃幕墙承受的主要荷载，一般不仅作正风力计算，对高层建筑还应作负风力（吸力）计算。后者易被忽略，但却是最危险的。刮台风时，许多玻璃是被吸离建筑物而不是吹进建筑物。风荷载的选取视地区、气候和建筑物的高度而定。我国一般地区 100m 以下的高层建筑承受 1970Pa 的风压、沿海地区为 2600Pa，而台湾则可能达 4900Pa。

2）温度影响：由于玻璃幕墙是外围护构件，室内外温差对型材产生的温度应力是比较大的。温差为 50℃，各种型材的温度应力列于表 5－5。从表中可见某些型材的温度应力是相当高的，甚至超过风荷载产生的应力值。因此，在设计上应留有余量，允许型材在垂直和水平方向自由胀缩，或是采用措施使其温差控制在较小范围。

表 5－5　　各种型材的温度应力

型材种类	△t = 1℃温度应力/MPa	△t = 50℃度应力/Mpa
铝	1.61	80.14
铜	1.81	99.12
钢	2.11	105.45
不锈钢	3.47	171.18
木	0.05	2.51

另外，还应注意地震的影响，将幕墙设计成为在四个水平方向均能移动，不致造成永久变形或玻璃破裂的情况。

3）建筑功能：保温、隔热、防止噪声是设计玻璃幕墙建筑时应该特别注意的问题。选用优质保温隔热材料，采用吸热玻璃或热反射玻璃等等，可使 K 值降至与混凝土墙板相近，使热工性能得以保证。从表 5－6 所列数据可以看出各方面效果。采用中空玻璃和加强密闭有利于降低玻璃幕墙噪声。

表 5－6　　不同幕墙类型的保温、传热、防止噪声特性

幕墙类剁	间隔宽度/cm	K 值/W（m^2·K）$^{-1}$	降低噪声/dB
单层玻璃（6mm 厚）	—	5.9	30

续表

幕墙类剁	间隔宽度/cm	K值/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$	降低噪声/dB
普通双层玻璃	1.2	3.0	39～44
普通双层玻璃加一涂层	1.2	1.9	—
热反射中空玻璃	—	1.6	—
混凝土墙	厚 15	3.3	48
砖墙	厚 23	2.8	50

4）防水、防气：设计时要注意采用压力均衡原理以防风雨，外墙有时承受风力和风力驱动的雨冲击，无论缝隙多么小，如有压力差雨水就可能渗过。消除这种现象的根本措施是使两侧没有压力差，在玻璃幕墙外表面之后设一空气室，空气室中的空气压力必须在各个点上一直保持与墙外的压力一样。这种压力均衡可以通过不密封外表面接缝，有意留下某种缝口的方法来达到。这样，由阵风产生的急剧气流就在气室内变为均衡，防止水因毛细管作用渗进幕墙系统。

设计幕墙时，应注意在墙框的适当位置留出排水孔，以便排除结露水。防气渗问题主要是选择优良粘结材料，并规定严格的操作规程，以保证气密性。

5）防止“热桥”：金属和玻璃均是低热阻材料，设计时应在玻璃内侧放热绝缘材料垫层防止出现热桥。在金属型材中也要放置热绝缘材料以阻止金属和金属的接触，避免热流通过玻璃幕墙系统，以减少热量的损失。

第二节　吸热玻璃

吸热玻璃是指能吸收大量红外线辐射而又保持良好可见光透过率的一类平板玻璃。一般是在普通钠—钙硅酸盐玻璃中加入着色氧化物，如氧化铁、氧化镍、氧化钴以及氧化硒等，使玻璃着色，而具有较高的吸热性能，或是在玻璃表面喷涂氧化锡、氧化锑、氧化铁、氧化钴等着色氧化物薄膜而制成。吸热玻璃有各种颜色，一般呈灰色、茶色、蓝色、绿色、古铜色、青铜色、粉红色、金色、棕色等。

1. 产品种类、规格与技术性能吸热玻璃按组分可分为硅酸盐吸热玻璃、磷酸盐吸热玻璃、光致变色玻璃与镀膜玻璃等。

吸热玻璃的厚度分为 2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、8mm、10mm、12mm，形状为矩形，尺寸一般不小于 1000mm × 1200mm，不大于 2500mm × 3000mm。其他尺寸由供需双方协商。

吸热玻璃的技术性能指标包括透光率、挡热（日晒）性能及抗老化性能三项。透光率指标见表 5－7 挡热性能指标见表

表 5－7　　吸热玻璃的透光率

玻璃种类	色调	可见光透过率（%）		太阳辐射透过率（%）
		最低	平均	
中国（上海耀华玻璃厂）	蓝色	31	51	51
	茶色	48	56	56
美国	茶色	49	55	55
德国	茶色	46	53）	54

表 5－8　　吸热玻璃的挡热（日晒）性能

项目	平板玻璃	灰绿色吸热玻璃	茶色吸热玻璃
厚度/mm	4.66	4.96	4.63
挡掉热量（%）	22.9	42.0	47.5

注：挡掉热量，系指被玻璃吸收和反射热量之和。

抗老化性能要求在距离 300mm 处 300W 的紫外线灯，经 160h 照射，无褪色现象，照射前与照射后，其透光曲线无明显变化。

2. 吸热玻璃的特点及用途

1）热作用较强。颜色和厚度不同，吸热玻璃对太阳辐射热的吸收程度也不同。故可根据不同地区日照条件选择使用不同颜色的吸热玻璃。如 6mm 蓝色吸热玻璃能挡住 50%左右的太阳辐射热。

2）吸收太阳的可见光能力较强。吸热玻璃对可见光的吸收能力比普通玻璃要大得多。如 6mm 厚的普通玻璃能透过太阳可见光的 78%，同样厚度的古铜色镀膜玻璃仅能透过太阳可见光的 26%。因而能使刺目的阳光变得柔和，减弱入射太阳光线的强度，起到反眩作用。

3）吸收太阳的紫外线能力较强。吸热玻璃除能吸收红外线外，还可显

著降低紫外线的透射，从而有效防止紫外线导致的室内家具、物品、档案资料与书籍等的褪色、变质。

4）吸热玻璃的透明度较普通平板玻璃略低，能清晰地观察室外景物。

5）色泽绚丽，装饰效果显著。

吸热玻璃广泛应用于建筑工程中凡既须采光又须隔热之处。如用做现代化建筑的门窗或幕墙以及火车、汽车、轮船的风挡玻璃等，起隔热、防眩作用。也可按不同用途进行加工，制成夹层、中空玻璃，隔热效果尤为显著。在外部围护结构中，用它装置彩画玻璃窗；室内美化装饰，可用来镶嵌玻璃隔断，装饰家具，以调节室内光线与色彩，增加美感。因此，采用各种不同颜色的吸热玻璃，不但能合理利用太阳光，调节室内与车船内的温度，节约能源费用，而且能创造舒适优美的环境。

3. 在节能建筑中应用注意事项使用吸热玻璃时，宜安装百叶窗，以消除吸热玻璃的较强热辐射作用而使人体感觉“闷热”的现象。

为避免“热炸”现象，在安装吸热玻璃时，应留有一定间隙，使窗帘、百叶窗等远离玻璃表面以利于通风、散热。避免暖风或冷风直接吹在玻璃上，避免强光直接照射在玻璃上，避免外墙过大的凹凸变化而在玻璃上出球形状复杂的阴影，避免在玻璃上粘贴纸等易吸收阳光的物品。

第三节　中空玻璃

中空玻璃又称密封隔热玻璃，它是由两片或多片性质与厚度相同或不相同的平板玻璃，切割成预定尺寸，中间夹充填干燥剂的金属隔离框，用胶粘接压合后，四周边部再用胶接、焊接或熔接的办法密封，所制成的玻璃构件。可以根据要求选用各种不同性能的玻璃原片，如透明浮法玻璃、压花玻璃、彩色玻璃、防阳光玻璃、镜面反射玻璃、夹丝玻璃、钢化玻璃等。其结构，如图 5－1 所示。

1. 产品品种、规格和技术性能中空玻璃的品种，按层数分，包括 2 层、3 层和多层数种；按所使用的玻璃种类分，有普通中空玻璃、吸热中空玻璃、热反射中空玻璃、钢化中空玻璃、夹层中空玻璃、夹丝中空玻璃、压花中空玻璃等；按颜色分类，有无色，茶色、蓝色、灰色、紫色、金色、银色及复

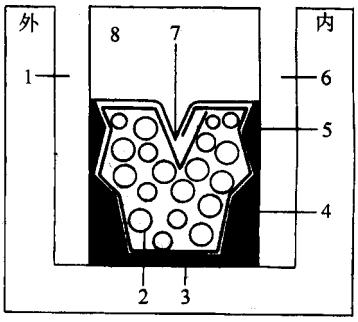


图 5－1　中空玻璃结构

1、6—玻璃原片　2—干燥剂　3—空心金属框　4、5—高强气密性复合胶粘剂　7—开口　8—干燥空气

合式多种；按隔离框厚度分，又包括 6mm、9mm、12mm、16mm、18mm 等；按使用玻璃原片的厚度可包括 3～18mm 数种。中空玻璃常用规格见表 5－9。

中空玻璃一般为正方形或长方形，也可做成异形（如圆形或半圆形）等。

中空玻璃的尺寸允许偏差分别见表 5－10～表 5－12。

表 5－9　　中空玻璃常用规格　　（单位：mm）

玻璃原片厚度	空气间隔宽度	方形最大尺寸	矩形最大尺寸	生产单位
3	6、9、12	1250×1250	1200×1800	深圳光华中空玻璃联合企业公司、秦皇岛工业技术玻璃厂、沈阳玻璃厂、通辽玻璃厂、上海船华玻璃厂、洛阳玻璃厂、国营一五七厂
4	6	1300×1300	1200×2000	
	9		1300×2000	
	12		1300×2200	
5	6	1700×1700	1300×2300	
	9	1800×1800	800×2600	
	12	2100×2100	1800×3000	
6	6	2000×2000	1400×2400	
	9	2100×2100	2000×3000	
	12	2400×2400	2400×3000	

注：1. 最小尺寸为 350mm×180mm。

2. 玻璃原片厚度还有 8mm、10mm，间隔厚度 16mm，用户如需特殊规格，可以面议。

3. 在制品规格超过 $1m^2$ 者，间隔层宽度应选用 9mm；规格超过 $2m^2$ 者，间隔层宽度应选用 12mm 以上。

4. 间隔层分为单层、双层、多层。

表 5－10　中空玻璃长度、宽度允许偏差　（单位：mm）

边长	允许偏差
< 1000	± 2.0
1000 ~ 2000	± 2.5
2000 ~ 2500	± 3.0

表 5－11　中空玻璃厚度允许偏差　（单位：mm）

玻璃厚度	公称厚度	允许偏差
≤6	< 18	± 1.0
	18 ~ 25	± 1.5
> 6	> 25	± 2.0

表 5－12　中空玻璃两对角线长度差　（单位：mm）

对角线长度	长度允许偏差
< 1000	4
1000 ~ 2500	6

中空玻璃的技术性能见表 4－13 ~ 表 4－14。

2. 特点与用途

（1）特点：中空玻璃不仅具有单层玻璃相同的采光性能，而且与单层玻璃相比，具有节能（隔热保温）、隔声、防结露、安全、美观等广系列优点。如在玻璃之间充以各种漫射光材料或电介质等，则可获得更好的声控、光控、隔热等效果。

中空玻璃的 K 值（传热系数）一般不大于 3.2W/（m^2·K），而 4mm 单层玻璃的 K 值为 5.8W/（m^2·K），据测算，如果用 4mm + 12mm + 4mm（玻璃厚度 + 隔离框厚度 + 玻璃厚度）的中空玻璃取代 4mm 厚的单层玻璃，每年可节约燃煤 22.5kg/m^2（取暖），年节电 20kW·h/m^2（空调制冷）。有调查结果表明，安装普通的 12mm 双层中空玻璃的传热系数 K 为 3.59W/（m^2·K），可节约能源费用 20% ~ 40%。据罗马尼亚的统计，采用双层中空玻璃，冬季采暖能耗可降低 25% ~ 30%；在日本东高地区的标准建筑上，用 18mm（3mm + 12mm + 3mm）普通双层中空玻璃代替 3mm 普通透明玻璃，其空调能耗可

降低 21%；如中空玻璃用吸热或热反射玻璃组成，则降低空调能耗更为显著；如采用 3mm 蓝色吸热玻璃 + 6mm 空气层 + 3mm 普通透明玻璃组成的双层中空玻璃，代替 3mm 普通透明玻璃，其空调能耗可降低 31%。美国一幢 20 层办公楼采用银色涂层的双层中空玻璃代替单层玻璃，其空调能耗降低 69%。

我国北方地区建筑的门窗结露始终是一个很大的问题，有时即使采用了双层门窗，也防止不了结露。如不及时清除，则继续至结冰，不但影响室内环境和采光，而且易损坏门窗。中空玻璃的内部露点低于 -40℃，如采用（4 + 12 + 4）mm 的中空玻璃，当室温为 20℃，相对湿度为 40%时，室外温度在 -25℃时不结露，而使用 4m 的单层玻璃，室外温度在 -5℃时就结露。采用中空玻璃，可有效地降低结露温度。中空玻璃防露使用图表，见图 5 - 2。

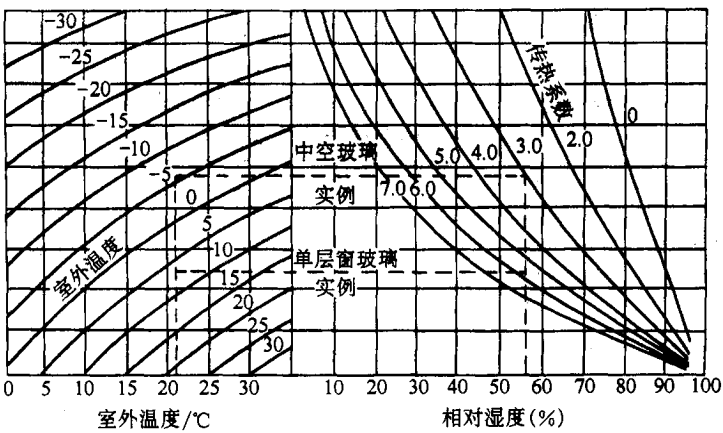


图 5 - 2 中空玻璃防露使用图表

表 5 - 13　　中空玻璃的技术性能

光学性能	根据所选用的玻璃原片，中空玻璃可以具有各种不同的光学性能 可见光透过率范围：10% ~ 80% 光反射率范围：25% ~ 80% 总透过率范围：25% ~ 50%
热性能	在某些条件下，其绝热性可优于混凝土墙。据统计，一些欧洲国家采用中空玻璃窗比普通单层窗每平方米每年可节省燃料油 40 ~ 50L
隔声性能	其噪声效果通常与噪声的种类、声强等有关。一般可使噪声下降 30 ~ 44dB。交通噪声可降低 31 ~ 38dB，即可将街道汽车噪声降低到学校教室的安静程度

续表

露点	在通常情况下，中空玻璃接触室内高湿度空气的时候玻璃表面温度较高，而外层玻璃虽然温度低，但接触的空气湿度也低，所以不会结露。中空玻璃内部空气的干燥度是中空玻璃最重要的质量指标，该公司生产的中空玻璃保证内部露点在 -40℃以下。中空玻璃防露使用图表如图 5-2 所示，例如当室内温度为 21℃，相对湿度为 57%，中空玻璃（空间距离为 12mm）传热系数 3.0W/（m^2·K），室外温度 -6℃以上时不结露。相同情况下，单层玻璃［传热系数为 5.6W/（m^2·K）］在室外温度为 7℃时，已结露

注：摘自深圳光华中空玻璃联合企业公司产品说明书。

表 5-14　中空玻璃的绝热性能

玻璃类型	间隔宽度/mm	传热系数 K /W·（m^2·K）$^{-1}$	玻璃类型	间隔宽度/mm	传热系数 K /W·（m^2·K）$^{-1}$
单层玻璃	—	5.9	三层中空玻璃	2×9	2.2
				2×12	2.1
普通双层中空	6	3.4	热反射中空玻璃	12	1.6
	9	3.1	混凝土墙	150①	3.3
	12	3.0	砖　墙	230①	2.8
防阳光双层中空玻璃	6	2.5			
	12	1.8			

①指墙之厚度。

表 5-15　中空玻璃隔声性能

双层玻璃类型/mm			平均下降分贝数	各种频率/Hz 下声音的下降分贝数/dB					
玻璃	间隔	玻璃	/dB≈	125	250	500	1000	2000	4000
4	6 或 12	4	25	20	23	26	29	29	28
4	6 或 12	4	28	24	23	30	33	33	30
6	6 或 12	6	29	27	25	31	34	27	36
6	6 或 12	6	31	28	25	32	34	34	38
6	6 或 12	6	32	29	25	32	34	36	38
10	6 或 12	10	31	29	26	32	32	33	38
10	6 或 12	10	31	29	26	32	32	34	38

注：摘自深圳光华中空玻璃联合企业公司产品说明书。

从以上事实不难看出，中空玻璃的应用对建筑节能、降低室内噪声、改善室内环境，采用新型建筑外墙，具有重要意义。

（2）用途：主要用于需要采暖、空调、防止噪声、结露及需要无直射阳

光和特殊光的建筑物上，广泛应用于住宅、饭店、宾馆、办公楼、学校、医院、商店等需要室内空调的场合，也可用于火车、汽车、轮船的门窗等处。

3. 在节能建筑中的应用　中空玻璃在国外建筑物中采用已非常普遍，如美国不仅在新建筑物中使用双层中空玻璃，而且在旧建筑物中也用中空玻璃替换单层玻璃。德国则以法律形式规定“所有建筑物必须全部采用中空玻璃，禁止把普通玻璃用做窗玻璃”。日本从 1975 年开始将中空玻璃用于住宅建筑，并规定“北海道等寒冷地区一律采用中空玻璃”。

单从基建费用计算，装设中空玻璃要比装设单层玻璃窗的费用高得多，但由于中空玻璃的保温、隔声、吸热性能，可减少建筑的采暖空调费用，故综合效益还是合算的。据综合测算，装设中空玻璃窗所增加的费用，约 3～4 年时间即可全部得到补偿。

我国发展中空玻璃生产起步较晚，但发展较快。目前我国已形成年超过 100 万 m^2 的生产能力。产品基本能满足国内建筑市场的需求，并可按国际标准组织生产，出口创汇。

选用玻璃原片厚度和最大使用规格，主要决定于使用状态的风压载荷，对于四周固定垂直安装的中空玻璃，其厚度及最大尺寸的选择原则条件是：

1）玻璃最小厚度所能承受的平均风压（双层中空玻璃所能承受的风压为单层玻璃的 1.5 倍）。

2）最大平均风压不超过玻璃的使用强度。

3）玻璃最大尺寸所能承受的平均风压。

经验根据见图 5－3，中空玻璃耐风压图。

【例 5－1】玻璃厚度的选择

假设要求尺寸为 1200mm × 900mm，应能承受风压 2500P0。玻璃面积为 1.08m^2，从在坐标轴上找出 1.08m^2 的一点，平移与横坐标上 2500Pa 点的垂直线相交，该点 S 交处于 3m + 3m 和 4m + 4m 之间的白区域，因此应选用 4mm 厚的玻璃原片。

【例 5－2】最大使用面积的选择

设尺寸长宽比为 2∶1.5mm 厚的原片应承受 2600Pa 的风压。在横坐标上 2600Pa 一点向上引垂线至 5mm + 5mm 的阴影位置，然后向左移与垂直的玻璃面积轴相交于 2.85m^2；即 2.85m^2 是最大选用面积。

【例 5－3】允许最大风压的确定

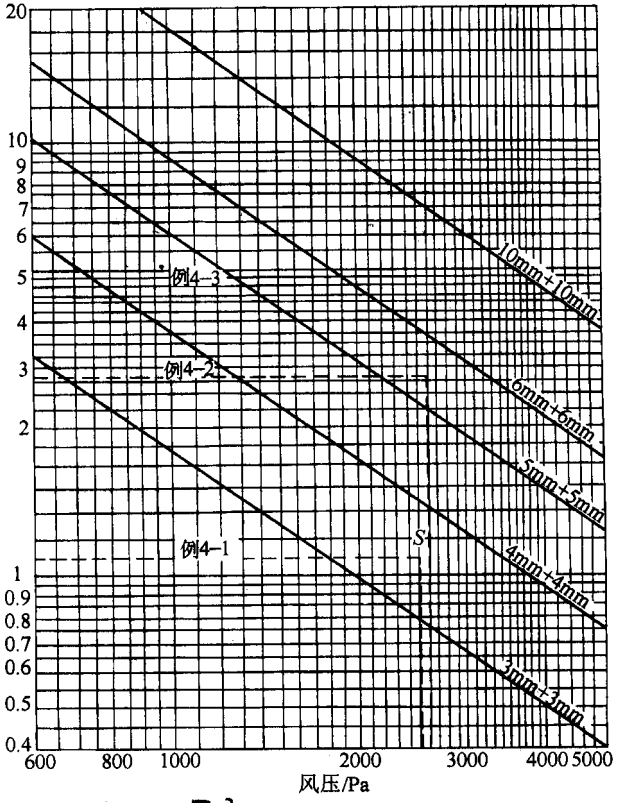


图 5－3　中空玻璃耐风压图

设两片 6mm 的浮法玻璃尺寸为 3000mm × 2000mm = $6m^2$ 长宽比为 1.5∶1。在垂直轴上找到 $6m^2$ 点平移到 6mm + 6mm 的阴影区（长宽比 1.5:1）。垂直下移至水平相交 1700Pa。即能承受的最大风压为 1700Pa。

第四节　泡沫玻璃

泡沫玻璃又称多孔玻璃。其内部充满无数开口或闭口的小气孔，气孔占总体积的 80% ~ 90%，孔径大小为 0.5 ~ 5mm，也有的小到几微米。生产泡沫玻璃通常以碎玻璃为主要原料，也可使用酸性火山熔岩类物质，如浮石、火山灰、珍珠岩、黑曜岩、高炉矿渣等，辅助材料主要为发泡剂和稳定剂。将玻璃粉或其他粉末状原材料与发泡剂按一定比例混合，置入模具中，送入发泡窑，加热到发泡温度。由于发泡剂产生大量气体，使软化了的玻璃发

泡，然后脱模退火即成。

1. 产品种类、规格及技术性能

（1）产口种类：泡沫玻璃的品种，根据用途可分为隔热泡沫玻璃和吸声泡沫玻璃等。根据所用原料，可分为普通泡沫玻璃、石英泡沫玻璃、熔岩泡沫玻璃等。泡沫玻璃有白色、黄色、棕色及纯黑色等。

泡沫玻璃制品按制品密度不同分为 150 号和 180 号两种品种，品种及代号见表 5－16。

表 5－16　　制品密度及代号

密度/kg·m^{-3}	代　　号
≤150	150
151～180	180

按制品外形分为平板和管壳，形状及代号见表 5－17。

按制品外观质量和物理性能，泡沫玻璃制品等级可分为优等品、一等品和合格品。

表 5－17　　外形及代号

形状	代号
平板	P
管壳	G

（2）制品常用规格尺寸：见表 5－18

表 5－18　　制品规格尺寸　　（单位：mm）

项目	平板	管壳
长度	300　400　500	
宽度	200　250　300　350　400	
厚度	40　50　60　70　80　90　100	
内径		57　76　89　108　114　133 159　194　219　245　273 325　356　377　426　480

注：用户如需其他形状和规格，可由供需双方商定。

（3）技术要求

1）外观质量

①尺寸和形状偏差。尺寸和形状允许偏差按表 5－19 规定。

表 5－19　　尺寸和形状偏差　　（单位：mm）

项目	平板	管壳
长度	±4	±4
宽度	±4	
厚度	+3 0	+3 0
厚度	+3 0	+3 0
内径		+5 －2
对角线差	5	—
垂直度	—	5
最大弯曲值	5	5

②外观缺陷。不得有对其应用有不良影响的可见缺陷。

2）性能指标。国内目前一般泡沫玻璃产品的技术性能，见表 5－20

表 5－20　　泡沫玻璃的技术性能

项目	表观密度/kg·m^{-3}	热导率/W（m·K^{-3}）	吸声系数	抗压声数/MPa	使用温度/℃
指标	120～500	0.035～0.14	（声频 100～250Hz 时 0.30～0.34）	0.7～0.8	240～420

泡沫玻璃制品物理性能指标见表 5－21

表 5－21　　制品物理性能

项目	分类	150			180	
	等级	优等	一等	合格	一等	合格
密度最大值/kg·m^{-3}		150	150	150	180	180
抗压强度最小值/MPa		0.5	0.4	’0.3	0.5	0.4
抗折强度最小值/MPa		0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
吸水率最大值（%）		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

续表

项目	分类	150			180	
	等级	优等	一等	合格	一等	合格
透湿系数最大值 /ng（Pa·s·m）－1		0.007	0.007	0.05	0.007	0.05
热导率最大值/W（m·K）$^{-1}$ 平均温度						
308K（35℃）		0.058	0.062	0.066	0.062	0.066
213K（－40℃）		0.046	0.050	0.054	0.05	0.054

不同品种和用途的泡沫玻璃，表观密度可在一个很宽的范围内变化（0.134～0.9g/cm^3）。即使同一品种的泡沫玻璃，工艺制度的改变也会使其表观密度有所改变。随表观密度的变化，其机械强度和热导率也会在一个很大的范围内变化，因此，泡沫玻璃对众多的使用要求有一很宽的适应性。

2. 特点与用途　泡沫玻璃是一种理想的绝热材料，具有不燃、耐火、隔热、耐虫蛀及细菌侵蚀性能，并能抗大多数的有机酸、无机酸及碱。作为隔热材料，其不仅具有良好的机械强度，而且加工方便，用一般的木工工具，即可将其锯成所需规格。

泡沫玻璃的许多优异的物理、化学性能，主要基于两点。①它是玻璃基质，因此其具有通常公认的玻璃性质；②它是泡沫状的，并且整体充满均匀分布的微小封闭气孔。这两点使它在大多数物理、化学性能上优于任何其他无机、有机的绝缘材料，而在保冷绝热中更是没有任何材料可以代替。

由于泡沫玻璃基质为玻璃，故不吸水。又由于内部气泡是封闭的，所以它既不存在毛细现象，也不会渗透，仅表面附着残留水分。因此，泡沫玻璃是目前最理想（也是惟一）的保冷绝热材料。

较之其他绝热材料，泡沫玻璃的机械强度高。强度的变化与表观密度呈正比。由于泡沫玻璃具有优良的抗压性能，故能经受住会损害大部分其他绝热材料的外部环境的侵蚀和负荷。优良的抗压强度和阻湿性能相结合，使泡沫玻璃成为地下管道和槽罐地基的最理想的绝热材料。

泡沫玻璃的热导率除与配方、工艺制度有关外，主要与气泡成分、结构及表观密度有直接关系。与其他种类的绝热材料相比。其入值不占绝对优势。但由于大部分绝热材料（几乎全部无机热材料）都具有吸水透湿性，因此，在实际使用中热导率会急剧增大。有机质绝热材料吸水透湿性小，但会

随时间而老化，其绝热效果也会降低。泡沫玻璃的热导率则长期稳定，不因环境影响发生改变，故其绝热性能优异。实践证明泡沫玻璃在使用 20 年后，其性能没有任何改变。

由于泡沫玻璃的基质是玻璃，既不自燃，也不会被烧毁，故是优良的防火材料。泡沫玻璃的使用温度较宽，其工作温度范围一般为 $-200 \sim 430℃$，也是其他绝热材料所不及的。泡沫玻璃的膨胀系数小，为 $8 \times 10^{-6}℃^{-1}$，而且完全可逆，所以材料性能长期不变，不易脆化，尺寸稳定性好。泡沫玻璃的隔声性能好，对声波有强烈的吸收作用。在 60 ~ 4000Hz 内，平均穿透损失为 28.3dB。其染色性能好，可以像彩色玻璃一样制成多种颜色，制作彩色墙面装饰砖及其他保温装饰制品。

由于其自身独特的优异性能，泡沫玻璃在国外已被广泛应用于建筑、石油、化工、造船、国防等工业部门的隔热、保冷、吸声工程中，并不断开发新的应用领域。在建筑行业，其可用做建筑物的屋面、围护结构和地面的隔热材料。由于泡沫玻璃承载强度良好，且能隔水和隔蒸汽，故可用于任何必须控制温度和湿度的地方，尤其适用于保温的自承重隔墙及必须支承重载和湿度的地面。在石油化工、酿造工业等设备上，也可用做保温材料。在食品冷藏设备、冷库及船仓等处用做绝热、吸声材料。我国的泡沫玻璃工业，目前还刚刚起步，但其前途必将是十分光明的。

第六章　塑料制品

第一节　泡沫塑料

泡沫塑料是以合成树脂为原料，加入发泡剂，通过热分解放出大量气体，形成内部具有无数小气孔材料的塑料制品。

泡沫塑料根据软硬不同，有“硬质发泡体”,“软质发泡体”和“半硬质发泡体”3 种。发泡倍率在 5 以下的，通常称为低发泡泡沫塑料，5 以上的为高发泡泡沫塑料。按照泡沫气孔结构不同，又可分为开孔发泡塑料（气孔与气孔之间互通）和闭孔发泡塑料（气孔与气孔之间是各自独立）两种。

泡沫塑料种类繁多，几乎每种合成树脂都可以制成相应品种的泡沫塑料，通常以所用树脂取名。目前建筑上应用较多的有聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料等。

1. 聚氨酯泡沫塑料　聚氨酯泡沫塑料是把含有羟基的聚醚或聚酯树脂与异氰酸酯反应构成聚氨酯主体，并由异氰酸酯与水反应生成的二氧化碳或用低沸点的氟氢化烷烃为发泡剂发泡，生产内部具有无数小气孔的一种塑料制品。

（1）产品分类、规格、技术性能

1）分类。聚氨酯泡沫塑料可分为软质、半硬质、硬质三类。软质聚氨酯泡沫塑料在建筑中应用尚少，只用在要求严格隔声的场合以及管道弯头的保温等处；半硬质制品的主要用途是车辆，在建筑业中可用来填塞波纹板屋顶及做填充外墙板端部空隙的芯材，其用途也较为有限；硬质聚氨酯泡沫塑料近年来，作为一种新型隔热保温和结构材料，在建筑上得到了越来越广泛的应用。按用途分为两种类型：

类型Ⅰ：适于承受轻负载；如建筑物屋顶、地板下隔层及类似的用途。

类型Ⅱ：适于承受重负载，如衬填材料、冷冻室地板等。

2）分级。按热导率值不同分为 A、B 二级。根据使用需求，燃烧性能分为三级。

3）技术要求

①聚氨酯泡沫塑料板材长度，宽度应符合表 6－1 规定。

表 6－1　　板材长度、宽度表

（单位：mm）

基本尺寸	尺寸偏差	对　角　线　差
< 1000	± 5	5
1000 ~ 2000	± 7	7
2000 ~ 4000	± 10	13
> 4000	+ 不限 － 10	—

②厚度应符合表 6－2 规定。

表 6－2　　板材厚度

（单位：mm）

厚　　度	偏　　差
< 50	± 2
50 ~ 75	± 3
75 ~ 100	± 3
> 100	供需双方商定

③外观：板材表面基本平整，无严重凹凸不平。

④物理机械性能应符合表 6－3 规定。软质聚氨酯泡沫塑料主要性能指标见表 6－4。

表 6－3　　物理机械性能

类　　型		分　　类			
		Ⅰ		Ⅱ	
		A	B	A	B
密度/$kg \cdot m^{-3}$	≥	30	30	30	30
压缩性能，屈服点时或形变 10% 时的压缩应力/kPa	≥	100	100	150	150
热导率/$W\ (m \cdot K)^{-1}$	≤	0.022	0.027	0.022	0.027

续表

类型				分类			
				Ⅰ		Ⅱ	
				A	B	A	B
尺寸稳定性（70℃，48h）（%）			≤	5	5	5	5
水蒸气透湿系数［23℃±2℃，(0%～85%) RH］/ng］(Pa·m·s)$^{-1}$			≤	6.5		6.5	
吸水率（%）			≤	4		3	
燃烧性	1级	垂直燃烧法	平均燃烧时间/s ≤	30		30	
			平均燃烧高度/mm ≤	250		250	
	2级	水平燃烧法	平均燃烧时间/s ≤	90		90	
			平均燃烧范围/mm ≤	50		50	
	3级	非阻燃型		无要求		无要求	

表 6－4　　软质聚氨酯泡沫塑料主要技术性能

项目		性能指标				
表观密度/kg·m^{-3}	≤	38	42	32～46	45	26
抗拉强度/kPa	≥	100	90	100	70	100
断裂伸长率（%）	≥	200	130	150	100	150
压缩50%的负荷/kPa	≥	1.7	2.5	4.0	4.5	3.0
回弹率（%）	≥	30	35	40	35	35
压缩变形（%）	≤	12	10		10	10
油中压缩变形（%）	≤			10		
静态上油/mm	≥			10		
老化系数	≥			0.9		
用途		柔软型	通用	油枕用	高负荷垫材	泡沫床垫

（2）特点：在建筑中应用的主要是硬质聚氨酯泡沫塑料，它多为闭孔结构，具有致密的表层和多孔内芯，其分子结构为三维网状结构，在每个独立气泡内充满二氧化碳或氟氯化烷烃，它们的热导率比空气低，这些特殊的泡沫结构和组成，使硬质聚氨酯泡沫塑料具有优异的性能特点。

1）硬质聚氨酯泡沫具有良好的力学性能。随着泡沫密度的增大，各项

机械强度均随之增大。发泡体具有各向异性，平行于起泡方向的机械强度均比垂直于起泡方向的高。硬质聚酯泡沫一般的密度是 30～40kg/m^3，但也可根据用途不同调整密度（24～80kg/m^3）。

2）隔热保温性好。硬质聚氨酯泡沫塑料热导率小，一般为 0.017～0.023W/（m·K）。在所有保温保冷材料中，硬质聚氨酯泡沫塑料绝热效果最佳。现将各种材料的热导率和达到同样绝热效果时的绝热材料厚度比较列于表 6－5。

表 6－5　　材料的热导率和达到同样绝热效果时材料厚度

材料名称	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	保温层厚度/mm	材料名称	热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	保温层厚度/mm
硬质聚氨酯泡沫塑料	0.023	25	纤维板	0.065	65
聚苯乙烯泡沫塑料	0.041	40	膨胀硅藻土	0.052	50
矿物棉	0.0465	45	混凝土块	0.349	380
轻软木	0.058	50	普通砖	0.698	860

3）粘接性好。除聚四氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯等材料外，硬质聚氨酯泡沫塑料都能与其粘合。可与硬质聚氨酯泡沫粘合的材料主要有：金属（钢、铝、不锈钢、镀锌板）、木材（三合板等）、树脂（PVC、环氧树脂、玻璃纤维增强塑料）、绝热材料（聚苯乙烯泡沫、泡沫玻璃等），非金属材料（石棉、混凝土、石膏等）。只要配方适当，硬质聚氨酯泡沫与上述材料的粘合力大于硬质聚氨酯泡沫本身的抗剪强度和抗拉强度。因此，硬质聚氨酯泡沫塑料可在混凝土、胶合板、木板、金属板等表面直接发泡，不需用其他粘结剂粘合。

4）耐水耐潮性好。一般绝热材料吸收水或蒸汽之后，其绝热效果就会下降，但硬质聚氨酯泡沫塑料对水和水蒸气具有较大的阻抗力，几乎无由于吸湿而引起绝热效果变化的现象。

5）耐化学性好。硬质聚氨酯泡沫具有良好的化学稳定性。除了会受到二氯甲烷、甲基乙基甲酮、丙酮、醋酸以及浓硫酸、浓硝酸、浓盐酸的轻微侵蚀外，其他无机酸、油类、有机溶剂对它无影响。

硬质聚氨酯泡沫塑料老化速度的快慢主要与使用温度有关；普通硬质聚氨酯树脂在 70～－190℃使用时，寿命可长达 14 年以上，如果使用得当，例如制成有双面保护的夹芯板材，其使用期可达 20 年以上。

（3）硬质聚氨酯泡沫塑料在建筑上的应用：建筑业是硬质聚氨酯泡沫塑料的主要市场。硬质聚氨酯泡沫塑料以容重分，有低密度轻质板材和高密度“人工木材”。其中建筑上应用最多的是密度为 25～70kg/m^3 的硬质聚氨酯泡沫塑料，应用的主要场合有：

1）用于建筑物的绝热房顶和墙壁的复合板材。硬质聚氨酯泡沫塑料在国外大量用做建筑物的绝热房顶和墙壁的复合板材。这些复合板材主要类别有：

①单硬面层（钢、铝、镀锌铁板、石膏板、石棉水泥板、矿渣棉板等）复合板。

②单软面层（纸、铝箔、玻璃纤维毡、合成织物等）复合板。

③双面层（二面硬或软面层，或者一硬一软）复合板。

④沥青敷设层压板。

⑤无面层块料和型材，前者切割后外加复面料，后者直接外贴面层。

⑥玻璃纤维增强的层压板（双面层）。

夹芯板是 20 世纪 60 年代由德国拜尔公司首先开发的。我国上海宝山冷冻设备厂、上海塑料六厂、青岛塑料十厂、邯郸第八塑料厂、天津天荣建筑板材有限公司、开封空分设备厂、武汉冷冻机厂、广东商业厅商业机械厂等厂引进德国技术和设备可生产各种型材和夹芯板材。

2）用于永久性建筑物外墙的防寒或隔热。采用直接喷射在结构物表面上，用做永久性建筑物外墙的防寒或隔热，其基本构造形式有以下三种。

①外喷式：在施工中将配好的聚氨酯硬质泡沫塑料喷涂于外墙体的外表面，并在其表面覆盖外墙涂料或抹灰装修。这种构造形式施工比较方便，可在室外操作，且安全可靠。

②内喷式：在施工中，将配好的聚氨酯硬质泡沫塑料喷涂于外墙体的内表面，其特点是施工简便、安全，可在室内操作。

③夹芯式：在施工中将配好的聚氨酯硬质泡沫塑料喷涂于外墙体的中部，室内外装修仍按传统的做法施工。这种形式施工较为复杂，但安全，简便，室内外操作均可。

3）用做结构件。家具结构件、门框、窗框、门、台面等，可用高密度硬质聚氨酯泡沫塑料材料制造。此时的硬质聚氨酯泡沫塑料的密度要在 150kg/m^3 以上。另外，也可用硬质聚氨酯泡沫塑料板做装饰板。

4）热力管线保温。城市建筑群集中供热的热力管网保温材料，以往主要用泡沫混凝土、珍珠岩、玻璃棉、矿渣棉等。由于其吸水后绝热效果下降，且密度大，故改用硬质聚氨酯泡沫塑料于热水管线保温。

5）用做隔声、消声材料。具有一定开孔率的硬质泡沫不仅起绝热作用，而且具有吸声性能，起隔声和消声作用。在一定条件下，开孔率越高，吸声性能越好。因为开孔率高，相应增加了空气固体之间接触界面的面积，声能的反射和透射比例下降，使其大部分被硬泡吸收。国外已广泛利用硬泡作隔声和消声材料。如美国隔声和板公司、日本井上隔声和板公司等都生产隔声板材。北京电子工艺技术研究中心，利用常州向阳化工厂的阻燃双组分组合料，在配方上适当调整后，用于“贵友”大厦的通风管道绝热消声工程，取得较满意的效果。

2. 聚苯乙烯泡沫塑料　聚苯乙烯泡沫塑料是以聚苯乙烯树脂为基料，加入发泡剂等辅助材料，经加热发泡而成的轻质材料。

（1）品种、规格及技术性能：按是否掺入阻燃剂，分阻燃型（ZR）和普通型（PT）两种。按采用的成形工艺不同，分模塑型和挤塑型两种。挤塑型为封闭形孔形结构，材料强度较高，蒸汽渗透阻较大，长期在潮湿环境中使用不易受潮，适用于倒铺屋面、冷库围护结构、地面，特别是大荷载地面的保温隔热层。挤塑型聚苯乙烯泡沫塑料价格较高，约为模塑型的 2.5 ~ 3.0 倍，故一般建筑物的外墙和屋顶的保温隔热层仍采用模塑型。本书介绍的聚苯乙烯泡沫塑料，除特别指明者外，均指模塑型聚苯乙烯泡沫塑料。

《隔热用聚苯乙烯泡沫塑料》（QB/T—3807—1999）适用于模塑型聚苯乙烯泡沫塑料，并按用途将其分为三类：

第Ⅰ类：应用时不承受负荷，如作为屋顶、墙壁及其他隔热材料。

第Ⅱ类：承受有限负荷，如地板隔热等。

第Ⅲ类：承受较大载荷，如停车平台隔热等：

隔热用聚苯乙烯泡沫塑料的技术要求见表 6－6 ~ 表 6－8。

表 6－6　厚度、长度、宽度及偏差要求

（单位：mm）

厚　　度	偏　　差	长度、宽度	偏　　差
< 50	± 2	< 1000	± 5
50 ~ 75	± 3	1000 ~ 2000	± 8

续表

厚　　度	偏　　差	长度、宽度	偏　　差
> 75 ~ 100	± 4	> 2000 ~ 4000	± 10
> 100	买卖双方决定	> 4000	正偏差不限，－10

表 6－7　　外观要求

项　目	要　　求	
	普通型（PT）	阻燃型（ZR）
色　泽	白色	混有颜色的颗粒
外　形	基本平整，无朋显膨胀和收缩变形	同左
熔　结	熔结良好，无明显掉粒	同左
杂　质	无明显油渍和杂质	不准有油渍和杂质

表 6－8　　物理机械性能要求

项　　目			性　能　指　标		
			第Ⅰ类	第Ⅱ类	第Ⅲ类
表观密度/kg·m^3		≥	15.0	20.0	30.0
压缩强度（在 10%形变下的压缩应力）/kPa		≥	60	100	150
热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$		≤	0.041	0.041	0.041
70℃48h 后尺寸变化率（%）		≤		0	
水蒸气渗透系数/ng（Ps·m·s）$^{-1}$		≤	9.5	4.5	4.5
体积吸水率（%）		≤	6	4	2
熔结性①	断裂弯曲负荷/N	≥	15	25	35
	弯曲变形/mm	≥	20	20	20
氧指数②（%）		≥	30	30	30

①断裂弯曲负荷或弯曲变形有一项能符合指标要求即为合格。

②普通型聚苯乙烯泡沫塑料板材不要求。

（2）特点与用途（见表 6－9）：可发性聚苯乙烯泡沫塑料的特性如下。

表 6－9　聚苯乙烯泡沫塑料的特性与用途

品　种	特　　点	用　　途
聚苯乙烯泡沫塑料（阻燃型）	在可发性聚苯乙烯珠粒中掺入阻燃剂，搅拌均匀，经加热预发后，在模具中加热成形。是一种闭孔型轻质绝热材料，具有重量轻、阻燃、热导率小、吸水率低、耐水、耐老化、耐低温、有一定强度、有韧性、易加工、价格适中等一系列优点	适用于一般建筑外墙、屋顶和地面等的绝热层，以及冷库建筑外墙、屋顶和地面等的绝热层；钢丝网架轻质板的夹芯层；彩色钢板轻质板的夹芯层；保温和冷藏车厢的绝热层等
聚苯乙烯泡沫塑料（普通型）	不加阻燃剂，产品遇火能燃烧，并产生烟雾。其余优点同阻燃型	适用于包装填充、模型、舞台道具等制作
钢丝网架聚苯乙烯泡沫夹芯板（舒乐舍板）	由钢丝网架、聚苯乙烯泡沫塑料夹芯、水泥砂浆面层构成。表面可做喷涂、瓷砖等饰面。具有重量轻、强度高、耐火极限时间长、保温隔热性能好等优点	适用于高层建筑的轻质隔墙、围护墙，低层和多层建筑的外保温墙体、屋面和楼地面，特别适用于加层建筑的外墙和屋面。
彩色钢板聚苯乙烯泡沫夹芯板	上下两面为 0.6mm 厚彩色钢板、中间为阻燃型聚苯乙烯夹芯层，用特制胶粘结，具有自重轻、强度高、耐候、保温性能好、施工安装方便等优点	适用于工业和民用建筑；特别是大跨度和加层建筑的屋面和外墙；装配式冷库外墙、屋面和地面等

1）重量轻，表观密度可小到 0.02mg/cm^3 以下，比水轻 50 倍以上。

2）是优良的绝热材料，热导率仅 0.044W/（m·K）。适用于保温 －40～70℃的介质。

3）防潮性好，因泡沫由单独气泡组成，不易吸水。

4）施工方便，用电热丝切割，也可与各种材料粘合。

5）弹性好，尺寸稳定，是优越的缓冲包装材料。

6）加阻燃剂后具有自熄性。

7）阳光下易老化，影响使用寿命。

8）能被一些有机溶剂溶解、溶胀，选用粘结剂要适当。

用于一般建筑、冷库、车厢等的保温隔热层，应采用阻燃型；普通型常用于包装填充和制作模型。

（3）在节能建筑中的应用：聚苯乙烯泡沫塑料板（简称聚苯板）可用于外保温墙体、夹芯保温墙体、屋面保温。

3. 典型产品　北京轻联塑料集团公司泡沫塑料厂（原北京市泡沫塑料厂）从 1964 年建厂至今已有 30 多年历史，是目前国内生产泡沫塑料的最大专业化生产厂家。其生产的泡沫塑料产品，在国内具有代表性，生产的主要品种为聚苯乙烯泡沫塑料和聚氨酯泡沫塑料。其产品主要品种、规格和技术性能见表 6－10～表 6－13。

表 6－10　　产品主要品种、规格和技术性能

品　种	规　　格	技术性能
聚苯乙烯泡沫塑料（阻燃型）	表观密度/kg·m^{-9}：10、15、20、30、50 且可根据用户需要而定尺寸/：（长/mm）×（宽/mm）×（厚/mm） 7500×1500×50 1500×1000×50 2000×1000×（10～500） 6000×1250×（10～500）	技术性能见表 6－11 最高使用温度不超过 75℃
聚苯乙烯泡沫塑料（普通型）	同阻燃型	见表 6－11
硬质聚氨酯泡沫塑料	密度和尺寸可根据用户需要而定	
软质聚氨酯泡沫塑料	密度和尺寸可根据用户需要而定	见表 6－12
钢丝网架聚苯乙烯泡沫夹芯板（舒乐舍板）	厚度和板面尺寸可根据用户需要而定	1. 夹芯板自重：未抹砂浆，3.9kg/m^2；两侧抹 25mm 砂浆，110kg/m^2，比 120 砖墙轻 60%； 2. 承载力：厚 110mm，高 2.7m 的夹芯板，中心轴向受压平均破坏荷载 280kN/m^2；横向荷载，跨度 2.7m，允许外荷载 1700N/m^2； 3. 保温隔热性能：厚 110mm 的夹芯板，热阻值相当于 120 砖墙，140mm 夹芯板，隔热性能相当于 240 砖墙

续表

品　种	规　　格	技术性能
彩色钢板聚苯乙烯泡沫夹芯板	厚度/mm：50、75、100、125、150、175、200、225、250 宽度/mm：1000、1200 长度：可根据用户需要而定 屋面板一般不超过 6m	技术性能见表 6－13 最高使用温度 75℃

表 6－11　　聚苯乙烯泡沫塑料主要技术性能

项　　目		性　能　指　标				
表观密度/kg·m^{-3}		10	15	20	30	50
压缩强度（在 10% 形变下的压缩应力）/kPa		30～80	60～120	100～170	150～240	240～500
热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$		0.032～0.044	0.030～0.041	0.030～0.041	0.030～0.041	0.030～0.041
70℃48h 后尺寸变化率（%）	≤	4	4	4	4	4
水蒸气渗透系数/ng（Pa·m·s）$^{-1}$	≤	8	7	4	4	4
体积吸水率（%）	≤	4	4	3	2	2
熔结性　断裂弯曲负荷/N	≥	15	20	25	35	60
熔结性　弯曲变形/mm	≥	20	20	20	20	7
氧指数（%）	≥	30	30	30	30	30

注：1. 熔结性中，断裂弯曲负荷和弯曲变形只要求其中一项。

2. 普通型聚苯乙烯泡沫塑料对氧指数不作规定。

表 6－12　　软质聚氨酯泡沫塑料主要技术性能

项　　目		性　能　指　标				
表观密度/kg·m^{-3}	≤	38	42	32～46	45	26
拉伸强度/kPa	≥	100	90	100	70	100
断裂伸长率（%）	≥	200	130	150	100	150
压缩 50% 的负荷/kPa	≥	1.7	2.5	4.0	4.5	3.0
回弹率（%）	≥	30	35	40	35	35
压缩变形（%）	≤	12	10		10	10
油中压缩变形（%）	≤			10		
静态上油变形量/mm	≥			10		
老化系数	≥			0.9		
用途		柔软型				

表 6－13　　彩色钢板聚苯乙烯泡沫塑料夹芯板主要技术性能

项　　目	厚　　度/mm								
	50	75	100	125	150	175	200	225	250
板重/kg·m^{-2}	11.72	12.12	12.53	12.93	13.33	13.75	14.13	14.53	14.93
传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	0.663	0.442	0.330	0.275	0.220	0.193	0.166	0.150	0.133
平均隔声量/dB	20.0	21.5	23.0						
屋面板允许最大跨度/m 当荷载/kN·m^{-2}时：									
500	3.5	4.2	4.8		6.0		7.0		7.5
1000	2.6	3.2	3.6		4.5		5.3		6.0
1500	1.8	2.6	2.8		3.6		4.2		4.8
2000	1.3	2.0	2.5		3.0		3.5		4.0
墙板允许垂直 荷载/N·m^{-1} 当板高/m时：									
2.5	14000	24000	34000		50000		70000		94000
3.5	11000	20000	27000		47000		68000		88000
4.0	8000	16000	24000		42000		62000		82000
5.0	7000	14000	21000		38000		58000		76000
5.5	6000	12000	18000		35000		54000		72000
6.0	5000	10000	16000		33000		50000		68000

近年来，该厂相继开发出聚苯乙烯泡沫塑料夹芯板、软质聚氨酯复合制品、高回弹泡沫塑料制品、建筑用舒乐舍板、酚醛树脂泡沫塑料制品等多种产品，被建筑、轻工、包装、家具、装饰等许多行业所采用。

第二节　塑料门窗

塑料门窗是以聚氯乙烯（PVC）树脂等高分子合成材料为主要原料，加上一定比例的稳定剂、着色剂、填充剂、紫外线吸收剂等挤出成型材，然后通过切割、焊接的方式制成门窗框扇，配装上橡塑密封条、毛条、五金件等，同时为增强型材的刚性，超过一定长度的型材空腔内需要填加钢衬（加强筋），这样制成的门窗，称之为塑料门窗。塑料门窗具有热导率低、不怕腐蚀、色彩鲜艳，是一种发展很快的节能型建筑门窗。

目前塑料门窗的种类很多，按材料分类可分为全塑窗、金属加强塑料窗。全塑窗是目前塑料窗中用量最大的一类，主要采用的是改型聚氯乙烯树脂，其他树脂使用的还不多。PVC 塑料门窗即聚氯乙烯塑料门窗，由于其具有重量轻、便于加工制作和大规模机械化生产、尺寸准确、外形美观、不需维修和油漆、耐腐蚀、保温、隔热、隔声性能优良、节能效果显著、价格适中等优点，因而近年来得到迅速发展和推广应用。

1. 品种、规格型号及技术性能　按开启方式分类：平开门窗、推拉门窗、固定窗、中悬窗、上悬窗等。按构造分类：单玻、双玻、三玻窗。PVC 塑料门窗的规格尺寸应符合国家标准（GB/T 5824—1986）《建筑门窗洞口尺寸系列》中的有关规定。窗用型材应符合（GB/T8814—1998）《门、窗梃用硬聚氯乙烯（PVC）型材》的要求。窗用密封条应符合（GB/T12002—1989）的要求。

（1）产品型号由产品的名称代号、特性代号、主参数代号组成

塑料门名称代号有：固定塑料门 MSG、平开塑料门 MSP、推拉塑料门 MST。

固定塑料窗 CSG、平开塑料窗 CSP。

（2）特性代号：玻璃层数 A、B、C、（分别为一、二、三层）、中空玻璃 K、带纱扇 S。

（3）主参数代号：抗风压性能等级为 1、2、3、4、5、6。

（4）产品型号示例

推拉塑料门：双层玻璃，带纱扇，门框厚度 90 系列，洞口宽度 1500mm，洞口高度 2100mm，抗风压性能 2 级，第一次设计：MST·BS90×1521－2。

平开塑料窗：双层璃璃，带纱窗，窗框厚度 60 系列，洞口宽度 1500mm，洞口高度 1800mm，抗风压性能 2 级，第一次设计：CIP·BS60×1518－2。

（5）门窗的外观：门窗的表面应平滑，颜色应基本均匀一致，无裂纹、无气泡，焊缝平整，不得有影响使用的伤痕、杂质等缺陷。

（6）门窗的性能要求

1）力学性能

①平开塑料门的力学性能应符合表 6－14 的要求。

表 6－14 平开塑料门的力学性能

项　目	技　术　要　求
开关力	≤80N
悬端吊重	在 500N 作用下，残余变形不大于 2mm，试件不损坏，仍保持使用功能
翘曲	在 300N 力使用下，允许有不影响使用的残余变形，试件不损坏，仍保持使用功能
开关疲劳	经不少于 10000 次的开关试验，试件及五金件不损坏。其固定处及玻璃压条不松脱，仍保持使用功能
大力关闭	经模拟 7 级风开关 10 次，试件不损坏，仍保持开关功能
角强度	平均值不低于 3000N，最小值不低于平均值的 70%
软物冲击	无破损，开关功能正常
硬物冲击	无破损

注：全玻璃门不检测软、硬物体的冲击性能。

②推拉塑料门的力学性能应符合表 6－15 的要求。

表 6－15 推拉塑料门的力学性能

项　目	技　术　要　求
开关力	≤100N
弯曲	在 300N 力作用下，允许有不影响使用的残余变形，试件不得损坏，仍保持使用功能
弯曲、扭曲	在 200N 力使用下，试件不损坏，允许有不影响使用的残余变形
开关疲劳	经不少于 10000 次的开关试验，试件及五金件不损坏，固定处及玻璃压条等不松脱
软物冲击	试验后无损坏，启闭功能正常
硬物冲击	试验后无损坏
角强度	平均值不低于 3000N，最小值不低于平均值的 70%

注：1. 无凸出把手的推拉手不作扭曲试验。

2. 全玻璃门不检测软、硬物的冲击性能。

③平开塑料窗应符合表 6－16 的要求。

表 6－16 平开塑料窗的力学性能

型式	项　目	技　术　要　求			
平开塑料窗	锁紧器（执手）的开关力	≤100N（力矩不大于 10N·m）			
	开关力	平铰链	≤80N	滑撑铰链	≥30N ≤80N
	悬端吊重	在 500N 力作用下，允许有不影响使用的残余变形，试件不损坏，仍保持使用功能			

续表

型式	项　　目	技　术　要　求
平开塑料窗	翘曲	在 300N 力作用下，允许有影响使用的残余变形，试件不损坏，仍保持使用功能
	开关疲劳	经不少于 10000 次的开关试验，试件及五金件不损坏，其固定处及玻璃压条不松脱，仍保持使用功能
	大力关闭	经模拟 7 级风连续开放 10 次，试件不损坏，仍保持开关功能
	角强度	平均值不低于 3000N，最小值不低于平均值的 70%
	窗撑试验	在 200N 力使用下，不允许位移，连接处型材不破裂

④推拉塑料窗的力学性能应符合表 6－17 的要求。

表 6－17　　推拉塑料窗的力学性能

形式	项　　目	技　术　要　求
推拉塑料窗	开关力	≤100N
	弯曲	在 300N 力使用下，允许有不影响使用的残余变形，试件不损坏，仍保持使用功能
	扭曲	在 200N 力使用下，试件不损坏，不允许有影响使用的残余变形
	对角线变形	
	开关疲劳	经不少于 10000 次的开关试验，试件及五金件不损坏，其固定处及玻璃压条不松脱
	角强度	平均值不低于 3000N，最小值不低于平均值的 70%

2）建筑物理性能。塑料门的抗风压、空气渗透、雨水渗漏、保温及隔声性能应分别符合表 6－18～表 6－22 的要求。

表 6－18　　门的抗风压性能 W_G

等　　级	1	2	3	4	5	6
W_G/P_a	≥3500	<3500 ≥3000	<3000 ≥2500	<2500 ≥2000	<2000 ≥1500	<1500 ≥1000

注：表中取值是建筑荷载规范中设计荷载值的 2.25 倍。

表 6－19　　门的空气渗透性能 q_0

等　　级	2	3	4	5
$q_0/m^3\ (h\cdot m)^{-1}$	≤1.0	>1.0 ≤1.5	>1.5 ≤2.0	>2.0 ≤2.5

注：1. 表中数值为压力差 10Pa 时，单位缝长空气渗透量。

2. 空气渗透量的合格指标为不小于 $2.5m^3/(h\cdot m)$。

表 6－20　　门的雨水渗漏性能 ΔP

等　　级	1	2	3	4	5	6
ΔP/Pa	≥600	<600 ≥500	<500 ≥350	<350 ≥250	<250 ≥150	<150 ≥100

注：1. 表中所列压力等级下，以雨水不连续流入室内为合格。

2. 雨水渗漏性能的最低合格指标为不小于 100Pa。

表 6－21　　门的保温性能 K_0

等　　级	1	2	3	4
平开塑料门 K_0/W（m^2·K）$^{-1}$	≤2.00	>2.00 ≤3.00	>3.00 ≤4.00	>4.00 <5.00
推拉塑料门 K_0/W（m^2·K）$^{-1}$	—	>2.00 ≤3.00	>3.00 ≤4.00	>4.00 ≤5.00

注：1. 无凸出把手的推拉手不作扭曲试验。

2. 全玻璃门不检测软、硬物的冲击性能。

表 6－22　　门的空气声计权隔声性能

等　　级	1	2	3
平开塑料门隔声性能/dB	≥35	≥30	≥25
推拉塑料门隔声性能/dB	—	≥30	≥25

塑料窗的抗风压、空气渗透、雨水渗漏、保温及隔声性能应符合表 6－23～表 6－27 的要求。

表 6－23　　窗的抗风压性能 W_q

等　　级	1	2	3	4	5	6
W_q/Pa	≥3500	<3500 ≥3000	<3000 ≥2500	<2500 ≥2000	<2000 ≥1500	<1500 ≥1000

注：表中取值是建筑荷载规范中设计荷载取值的 2.25 倍。

表 6－24　　窗的空气渗透性能 q_0

等　　级	1	2	3	4	5
平开窗/m^3（h·m）$^{-1}$	≤0.5	>0.5 ≤1.0	>1.0 ≤1.5	>1.5 ≤2.0	—
推拉窗/m^3（h·m）$^{-1}$	—	≤1.0	>1.0 ≤1.5	>1.5 ≤2.0	>2.0 ≤2.5

注：1. 表中数值是压力差为 10Pa 时单位缝长空气渗透量。

2. 平开塑料窗单位缝长空气渗透量的合格指标为不大于 $2.0m^3/(h\cdot m)$。

3. 推拉塑料窗单位缝长空气渗透量的合格指标为不大于 $2.5m^3/(h\cdot m)$。

表 6－25　窗的雨水渗漏性能 ΔP

等　级	1	2	3	4	5	6
ΔP/Pa	≥600	<600 ≥500	<500 ≥350	<350 ≥250	<250 ≥150	<150 ≥100

注：1. 在表中所列压力等级下，以雨水不进入室内为合格。

2. 塑料窗雨水渗漏性能的合格指标为不小于 100Pa。

表 6－26　窗的保温性能 K_0

等　级	1	2	3	4
平开塑料窗 $K_0/W\ (m^2\cdot K)^{-1}$	≤2.00	>2.00 ≤3.00	>3.00 ≤4.00	>4.00 ≤5.00
推拉塑料窗 $K_0/W\ (m^2\cdot K)^{-1}$	—	≤3.00	>3.00 ≤4.00	>4.00 ≤5.00

注：塑料窗保温性能的合格指标为 K_0 值不大于 $5.00W/(m^3\cdot K)$。

表 6－27　窗的空气声计权隔声性能

等　级	1	2	3
平开塑料窗隔声性能/dB	≥35	≥30	≥25
推拉塑料窗隔声性能/dB	—	≥30	≥25

注：1. 塑料窗隔声性能的合格指标为不小于 25dB。

2. 推拉塑料窗隔声性能的合格指标也可按协议确定。

2. 特点和用途　塑料门窗尺寸稳定，刚性好，气密性、水密性优良，组装机械化，安装方便，在国内外颇受欢迎，其特点是：

（1）有良好的保温节能性：塑料型材为多腔式结构，具有良好的隔热性能，传热系数甚小，使用塑料门窗比使用木窗的房间，冬季室内温度提高 4～5℃。据德国 Nobl 公司估测：每年采暖住宅每平方米塑料窗可节约石油 46kg。同时塑料门窗为国家节约了大量的木、铝、钢材料，其经济效益和社会效益都是巨大的。

（2）隔声好：塑料门窗使用单层玻璃平均隔声效果为 24dB，使用双层玻璃隔声效果为 30dB，特别适用于闹市区噪声干扰严重需要安静的场所，如医院、学校、宾馆、写字楼等。

（3）气密性：塑料门窗在安装时所有缝隙处均装有橡塑密封条和毛条，其气密性远远高于铝合金门窗，一般情况下，平开窗的气密性可达一级，推拉窗的可达二级到三级。

（4）水密性：塑料型材具有独特的多腔式结构，均有独立的排水腔，无论是框还是扇的积水都能有效排出，一般情况下，平开窗的水密性可达到二级，推拉窗可达到三级。

（5）抗风压性：在独立的塑料型材腔内，可填加 1.2～3mm 厚的钢衬，可根据当地的风压值等来选择加强的厚度及型材系列，以保证建筑对门窗的要求。

（6）耐腐蚀性：塑料型材有独特的配方，具有良好的耐腐蚀性，如选用防腐的五金件，不锈钢材料，其使用寿命是钢窗的 10 倍左右。

（7）耐候性：塑料门窗可长期使用于温差较大的环境中（－50～70℃），正常环境下塑料门窗使用寿命可达 50 年以上。

（8）防火性：塑料门窗不易燃，能自熄，安全可靠，测氧指数为 42.3%，符合国家规定的氧指数不低于 38%的要求。

（9）绝缘性：塑料门窗所使用的 PVC 型材经过试验，为优良的电绝缘体，不导电，安全性高。

（10）成品尺寸精度高，不变形：PVC 型材加工性佳，尺寸精密度稳定，其成品的尺寸精度，长宽及对边差均能控制在 2mm 左右，采用熔接方式，可一体成形，表面没有接缝，同时框材表面平整，防水性亦佳。

塑料门窗适合于各种民用及工业建筑。目前西方发达国家的塑窗使用率已达到 70%以上，塑窗行业已成为一个规模巨大、技术成熟、标准完善、社会协作周密、高度发展的生产领域。我国塑窗起步较晚，但发展迅猛。1997 年由建设部、化学工业部、中国轻工总会、国家建材局、中国石化总公司联合下发了《全国化学建材“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》，要求在 2010 年之前，塑料门窗在全国的建筑门窗市场占有率达到 30%以上。

3. 在节能建筑中的应用　窗户一般是由窗框（包括窗扇）和玻璃组成的。由于 PVC 塑料的热导率与木材接近，比钢材和铝材的热导率要小很多（约为钢材的 1/360、铝材的 1/1270），而且 PVC 塑料窗的窗框窗洞面积比较大（一般为 30%～40%），因此，PVC 塑料窗的保温性能比钢窗和铝窗都要好。PVC 塑料窗的传热系数 K［W/（m^2·K）］：单层窗为 4.5～4.7，属Ⅳ级，

单框双玻璃窗为 2.4～2.7，屑 B 级，双层窗为 2.2～2.3，属 E 级。钢窗和铝窗的传热系数 K［W/（m^2·K）］：单层窗为 6.2～6.5，属Ⅴ级，单框双玻璃窗为 3.5～4.0 属Ⅲ级，双层窗为 3.0～3.2，属Ⅲ级。由于 PVC 塑料型材采取挤压成形工艺，型材断面尺寸精密，且门窗组装时已将密封条镶嵌在缝隙部位，因此，PVC 塑料窗的气密性比普通钢窗要好，与铝窗的气密性接近。PVC 塑料窗的气密性等级，平开窗能达到Ⅰ～Ⅱ级，推拉窗能达到Ⅱ～Ⅲ级，而普通钢窗的气密性等级，单层钢窗为Ⅴ级，双层钢窗为Ⅳ级。由上述可见，PVC 塑料窗的保温性能和气密性均优于普通钢窗。多层节能住宅中采用 PVC 塑料窗比采用普通钢窗，采暖能耗在北京地区可节约 18%左右，在哈尔滨地区可节约 16%左右。此外，在东北地区，采用单框双玻璃塑料窗代替原先的普通双层钢窗，还具有减轻冷凝和遮光，减少对视线的遮挡，减少冷风渗透，使得室内热环境大大改善等优点，其造价也与普通双层钢窗接近，因而在东北地区应用较多，并受到用户普遍欢迎。

4. 典型产品　北京星航建筑塑料制品厂型材年生产能力 1200t，门窗年生产能力 7 万 m^2，可生产 42 系列轻型平开窗、58 系列平开门窗、60 系列新型三轨推拉门窗。该厂产品相继被中国建筑标准设计研究所编和《全国通用建筑标准设计》“PVC 塑料隔断”90SJ501、“PVC 塑料浴厕隔断”90SJ502、“硬聚乙烯塑钢门窗”92SJ704C—7 等图集，成为该图集的定点生产厂家之一，同时还编入“工业用塑料隔声观察窗”91SJ707，成为此种产品惟一的定点生产厂家。该厂还可按用户要求，设计、制作、安装各种不同形式和尺寸的非标准门窗、组合门窗、塑料型材玻璃幕墙等。产品可用于三星级宾馆。

58、42 系列固定窗、平开窗和中悬窗构造见附录 B 中图 B14；60 系列塑料推拉窗构造见附录 B 中图 B15；单扇平开门、地簧门和双扇平开门、地簧门构造见附录 B 中图 B16。58、42 系列固定窗、平开窗和中悬窗的式样、规格见附录 B 中表 B16；85、58 系列推拉窗和 85 系列推拉门的式样、规格见附录 B 中表 B17；单扇平开门、地簧门和双扇平开门、地簧门的式样、规格见附录 B 中表 B18。

第七章　复合板材

第一节　钢丝网架聚苯夹芯板

钢丝网架聚苯夹芯板的特性及用途参见表 6－9。

其产品规格和技术性能见表 6－10 用于外保温墙体的构造见图 7－1。

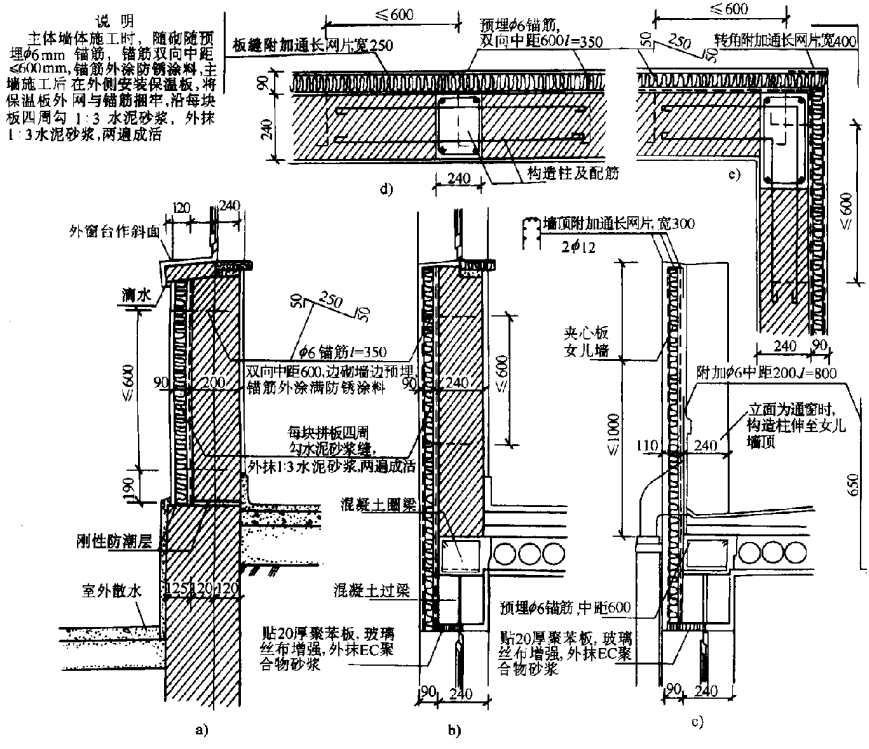


图 7－1　钢丝网架聚苯夹芯板用于外保温墙体的构造形式

a）首层外墙构造　b）中间层外墙构造

c）女儿墙构造　d）边柱外墙构造　e）角柱外墙构造

第二节　彩色镀锌钢板聚氨酯硬质泡沫塑料夹芯板

1. 特点及用途　彩色镀锌钢板聚氨酯硬质泡沫夹芯板是一种超轻型外墙和屋面板材。这种板材具有重量轻（单位面积重量一般为 15～25kg/m^2）、保温性能优良［传热系数为 0.34～0.65W/（m^2·K）］、隔声性能良好（平均隔声量为 25～50dB）、密闭性能好、抗震能力强、施工快捷方便（可用自攻螺钉、膨胀螺栓、抽芯铆钉等紧固，全部为干作业）、屋面不必另做防水层而且防水可靠、建筑物经久耐用、外观色彩丰富、美观大方等优点。

这种板材适用于各类工业与民用建筑，特别是加层建筑、大跨度建筑和活动房屋的外墙和屋面。

2. 典型产品的型号、规格、特点、用途这种适用范围较广，施工快捷方便的超轻型建筑板材在一些发达国家应用较多，我国近年来才开始引进、投产和应用，其中设在天津经济技术开发区的天荣建筑板材有限公司生产的“天荣板”很具有代表性。

“天荣板”的型号、规格和用途见表 7－1 屋面板自重见表 7－2，板材的传热系数见表 7－3，隔声性能见表 7－4。不同型号板材的断面构造见图 7－2～图 7－5。

表 7－1　“天荣板”的型号、规格和用途

型　号	规格尺寸 /mm	用　途
TRDB 型 （见图 7－2）	有效宽度 1000 厚度 40、60、80、100 长度 500～12500 （可按工程需要而定）	主要用于屋面
TRQB 型 （见图 7－3）	有效宽度 1000 厚度 40、60、80、100 长度 500～12500 （可按工程需要而定）	特别适用于围护墙
TRCBS 型 （见图 7－5）	有效宽度 450　600 厚度 50、70 长度 500～12500 （可按工程需要而定）	该板承载能力强，适用于墙板、楼板和屋面板

续表

型　　号	规　格　尺　寸　/mm	用　　途
TRLB 型 (见图 7－4)	有效宽度 1000 厚度 100、120、140、160、180 长度按工程需要而定	主要用于冷库围护结构
TRRMB 型	有效宽度 1000 厚度 20～60 长度按工程需要而定	该板为双软面层板 适用于围护结构的保温隔热层
TRCGB 型	有效宽度 330～1000 有单层和双层两种 长度按工程需要而定	该板用于采光，透光率 70%

表 7－2　　屋面板自重

夹芯板厚度/mm	40		60		80	
钢板厚度/mm	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
板重量/kg·m^{-2}	12	14	13	15	14	16

表 7－3　　板材的传热系数

夹芯板厚度/mm	40	60	80
传热系数 K/W（m^2·K）$^{-1}$	0.65	0.45	0.34

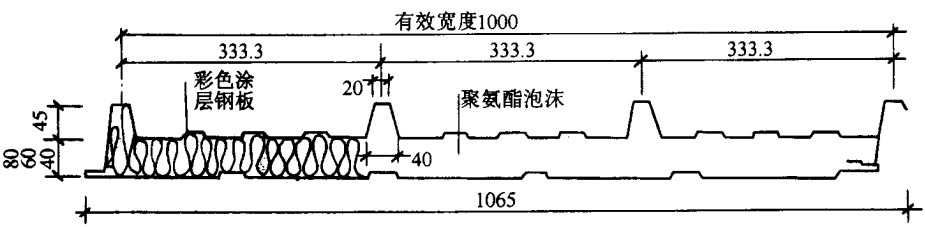


图 7－2　TRDB 型屋面板断面

“天荣板”的主要特点有以下几方面：

(1) 用料讲究：内、外面层采用进口优质彩色镀锌钢板。板厚 0.5～0.75mm，镀锌量 275g/m^2。钢板表面施以化学成膜，其上涂环氧树脂底漆，再喷涂聚酯树脂或硅铜系聚酯树脂两道并烘烤两次。漆膜厚度正面为 25μm，反面为 5μm。故具有优良的耐腐蚀和耐候性。填充层采用热导率为 0.026W/

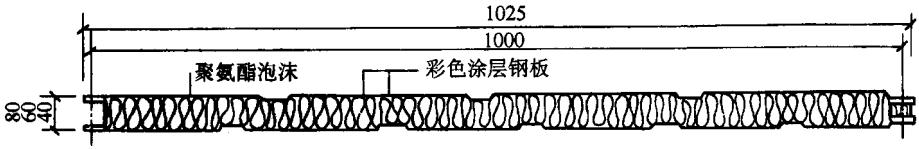


图 7－3　TRQB 型墙板

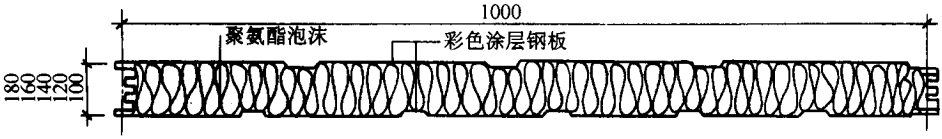


图 7－4　TRLB 型冷库板

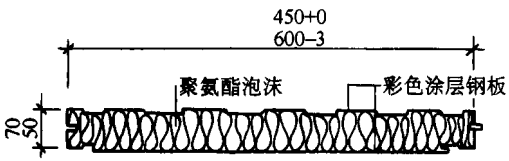


图 7－5　TRCBS 型承重板

(m·K)、密度为 30～45kg/m^3、抗压强度为 250kPa、尺寸稳定性好、吸水率低、阻燃性能好的英国 ICI 和德国 BAY－ER 建筑板材专用聚氨酯硬质泡沫材料。

(2) 工艺先进：采用聚氨酯发泡连续成形工艺，实现了大规模连续自动化生产，使产品质量得到保证，生产成本得到控制。

(3) 性能优良：板材厚度薄、自重轻、构造合理、新颖、房屋造型美观；保温性能优异、隔声性能良好；强度、刚度、稳定性、抗震性能好；耐久性和防水性能好，使用寿命长。该板的耐火极限为 0.6h，适用温度范围为 －50～120℃。

(4) 施工快捷：由于构件轻、预制装配化程度高，施工工期要比一般钢筋混凝土框架和砖混结构体系缩短 40%左右。

由于“天荣板”建筑体系的板材薄、自重轻、节省结构和基础费用、施工工期短、保温节能效果好、采暖空调费用低、投资回收期短等，故其综合经济效益是显著的。

第三节　CRC 外挂保温复合墙板

GRC（Glassfiber Reinforced Cement）意为玻璃纤维增强水泥。GRC 制品是用低碱水泥砂浆为基料、耐碱玻璃纤维为增强材料制成的一种无机复合材料。GRC 复合材料制品具有重量轻、强度高、薄壁、抗冲击、耐水、耐候、抗裂性好、便于制作成外形较为复杂的构件等优点，因而在轻质隔墙、屋面和墙体薄壁构件等方面具有广泛的用途。

为了适应建筑节能和墙改工作发展的需要，北京市建筑设计研究院、北京市建筑材料科学研究院、北京市亚新特种建材公司等单位，共同研制了一种 GRC 外挂保温板复合墙体，已于 1993 年在北京市窦店北京亚新特种建材公司建成一幢 4325m^2 的 6 层节能住宅。该住宅为粘土多孔砖横墙和纵墙承重、钢筋混凝土异形构造柱结构体系。外墙外侧绝大部分悬挂 GRC 聚苯乙烯泡沫塑料（简称聚苯）芯材保温板，少数悬挂 GRC 珍珠岩芯材保温板，内侧为 240mm 厚 KP1 型 36 孔粘土多孔砖墙。外挂保温板的断面形式见图 7－6，板缝处理见图 7－7，保温分块见图 7－8 与砖墙的连接构造见图 7－9。

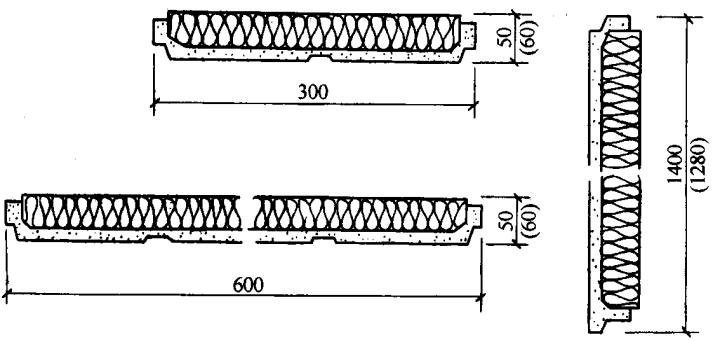


图 7－6　保温板断面形式

图 7－9 为原设计的连接构造，后因珍珠岩芯材保温板施工碰到困难，改为图 7－10 的连接构造。所有预埋铁件、连接铁件和焊接点均作防锈处理。外挂保温板是在外墙砌筑完毕后由上往下铺挂。施工的程序是：①墙面找平，凿去墙面混凝土抗震柱和圈梁跑模处的多余部分，同时凿出圈梁内的预埋件，调直墙上预埋的钢筋头。②墙面弹线，板块横向从门窗洞口向两边

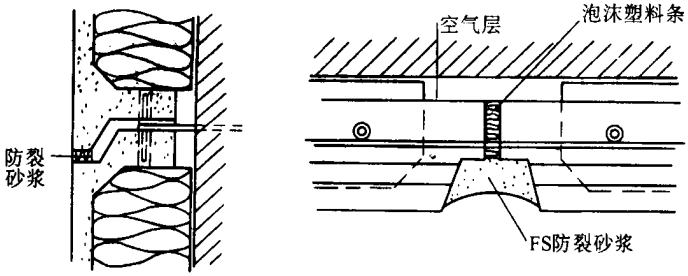


图 7－7　板缝处理

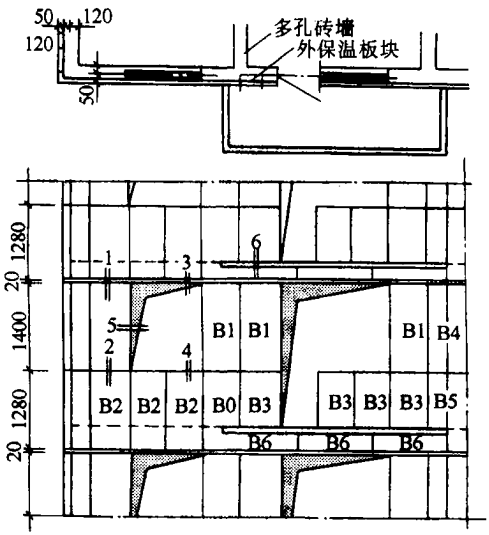


图 7－8　保温板分块图

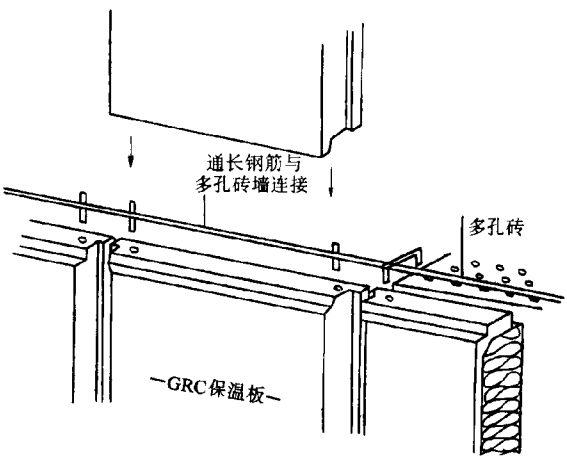


图 7－9　原设计板块与墙连接构造（试点中部分采用）

排列，竖向从洞口高度向上下排列。③挂板，三人为一组，两人扶板，一人吊线找平，然后焊接，随即将焊接点和预埋铁件涂刷防锈漆。竖缝应小于10mm，横缝应小于20mm。竖缝内侧用软质泡沫塑料填塞，然后用FS防裂砂浆（在体积比为1:2.5水泥砂浆中加入10%的FS防水剂和适量107胶）勾缝，横缝为高低缝，外侧用FS防裂砂浆勾缝。

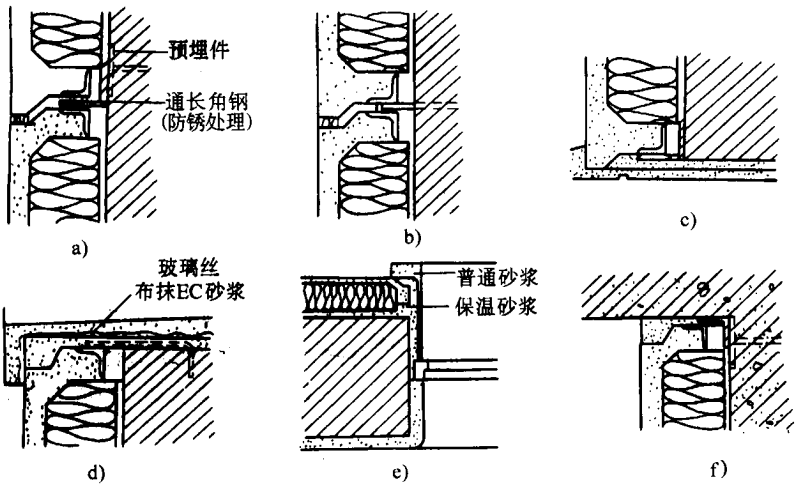


图7-10　保温板与墙体的连接构造

a）板块上下连接（窗口下部）　b）板块上下连接（窗口上部）

c）窗口上部　d）窗台做法　e）窗口部分　f）阳台下部

测试结果和几年来的使用经验表明，该住宅室内冬暖夏凉，使用功能良好，节能效果显著，耗热量指标为18.8W/m2，比新节能标准规定的20.6W/m2要低，单位建筑面积的造价比当地一般砖混结构住宅仅高6.6%。经过3年的使用，该住宅GRC外挂保温板外观基本保持良好，未见明显的开裂和损坏现象。

北京市建筑材料科学研究院墙体材料科技开发中心在吸取国内外实践经验的基础上，研制开发了一种幕墙式GRC外挂保温板节能体系。这种幕墙式GRC外挂保温复合墙体的构造见图7-11。它的构造是，先把岩棉板或聚苯板固定在砖或混凝土等墙面上，然后用三维调节固定件将GRC外壳安装在墙体外侧，板缝用止水带和丙烯酸密封膏处理。用于固定的所有铁件均作镀锌防锈处理。这一构造实现了墙体全面保温，消除了热桥，有利于保温层的通风散湿，避免了保温层与外饰面交界面处可能出现的凝结，从而使之具

有优良的保温、隔热性能。由于这一构造采用柔性连接，从而具有良好的抗风、抗震、抗裂和防水性能。此外，幕墙式 GRC 外保温板还有利于建筑立面丰富，便于施工安装等优点，不仅适用于新建节能建筑，而且适用于旧房节能改造。幕墙式 GRC 外保温板复合墙体的施工程序是：①按设计的板块划分弹出墨线。②安装三维调节固定件。③墙面满铺岩棉板，用卡具固定。④挂 GRC 外壳。⑤做板缝密封处理。

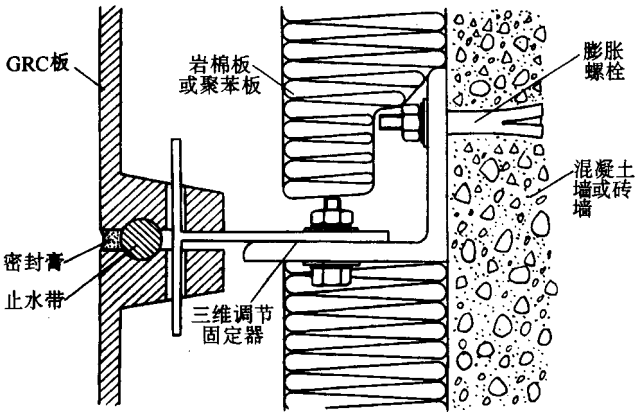


图 7－11　幕墙式 GRC 外挂保温板复合墙体构造

第六篇

建筑节能施工

第一章　单一材料墙体施工

第二节　空心砖墙体施工

1. 影响空心砖保温性能的因素

1）砖的热导率与其孔洞率成反比。孔洞率越大，其热导率越小，保温性能也越好。在同样孔洞率的空心砖中，小型孔洞较大型孔洞的空心砖热导率低，其保温隔热效果好。

2）空心砖的材料密度越小，热导率越小，其保温性能越好。

3）在空心砖外壁和内壁厚度相同的条件下，不同的孔形对空心砖的热导率影响较大，矩形孔的热导率最小，其余依次为菱形、方形、圆形。

2. 空心砖的规格与性能要求。空心砖的主要规格见表 1－1。空心砖的主要技术要求应符合《烧结空心砖和空心砌块》（GB13545—1992）中的各项规定。

表 1－1　　空心砖的主要规格

品　　种		代　号	长/mm	宽/mm	高/mm
承重空心砖		KM_1	190	190	90
		KP_1	240	115	90
		KP_2	240	185	115
非承重空心砖	主规格	KF_1	240	240	115
	副规格	KF_1	115	240	115

3. 施工方法

1）空心砖砌筑形式。空心砖一般侧立砌筑，孔洞方向与地面平行。特殊要求时，孔洞也可呈垂直方向。空心砖墙的厚度等于空心砖的厚度，采用全顺侧砌，上下皮均错开 1/2 砖长。

2）砌筑前空心砖试摆，在不够整砖之处，应用半砖。如无半砖规格，可用普通粘土砖代替。

3）所有非承重空心砖墙底部至少砌 3 皮普通砖，在门窗洞口两侧一砖范围内也应用普通砖实砌。

4）空心砖墙应同时砌起，不得留斜槎。每天砌筑高度不应超过 1.8m。砌筑时承重空心砖的孔洞应呈垂直方向，非承重空心砖的孔洞应呈水平方向。承重空心砖中的长圆孔应顺墙长方向。

5）砌空心砖宜采用刮浆法。竖缝应先刮砂浆后再砌筑。当孔洞呈垂直方向时，水平铺砂浆，应用套板盖住孔洞，以免砂浆掉入孔洞内。

6）当墙较长较高时，应在墙中加砌实心砖带或铺设拉结条。实心砖带至少砌 3 皮。拉结条可用直径 8mm 钢筋，整砖厚加 3 根，半砖厚加 2 根。

7）空心砖墙中不够整砖部分，不得砍凿，不够整砖时，可用实心砖补砌。

第二节　保温砌块墙体施工

建筑保温砌块是一种新型的节能墙体建筑材料之一，发展较快。目前，我国常用的砌块有普通混凝土空心砌块、陶粒混凝土空心砌块、煤矸石硅酸盐空心砌块等。

1. 砌块的规格与强度等级　混凝土小型空心砌块分为承重砌块和非承重砌块两类。砌块的规格及强度等级见表 1－2 及表 1－3。

表 1－2　　混凝土小型空心砌块规格

分类	规格	外形尺寸/mm			每块重量/kg
		长	宽	高	
承　重	主规格	390	190	190	18～20
	辅助规格	290	190	190	14～15
		190	190	190	9～10
		90	190	190	6～7
非承重	主规格	390	90～190	190	10～12
	辅助规格	190	90～190	190	5～10

表 1－3　　混凝土小型空心砌块的强度等级

强　度　等　级	抗压强　度/kPa	
	5 块平均值	单块最小值
3.5	≥3.5	≥2.8
5.0	≥5.0	≥4.0
7.5	7.5	6.0
10.0	10.0	8.0
15.0	15.0	12.0

注：非承重砌块在有试验数据的情况下，抗压强度可降低到 2.8kPa。

2. 砌块排列方法及要求

1）由施工部门根据工程的具体要求和施工条件绘制施工排列图（砌块排列从室内 ±0.000 开始），然后按图施工。施工时尽可能采用主规格，以减少吊次，增强房屋整体性。

2）水平灰缝厚度为 10～20mm，具有配筋或柔性拉结条的水平灰缝厚度为 20～25mm，竖直灰缝厚度为 15～30mm。竖直灰缝宽度超过 30mm 时应用细石混凝土填实，其标号应与砌块设计标号相同，当竖直灰缝宽度大于 130mm 时应镶砖。但砌块排列时尽量不镶砖或少镶砖，需要镶砖的地方尽量分散对称，以使墙体受力均匀。砌块排列时上下皮错缝长度一般为砌块长度的 1/2，不少于皮高的 1/3，当上下皮错缝长度小于 150mm 时，应加钢筋网片。

3）不允许将砌块凿开使用；当在砌块上凿洞开槽时，应细心操作，防止洞槽周围部分开裂。空心砌块砌体的砌块内孔均应对齐，上下皮竖缝错开不少于一孔，承重部分不允许同缝，在非承重部分当不可避免要产生同缝时，加放连按用钢丝点焊网片（纵横各 4ϕ3 长 600mm）以加强连接。

4）设计规定的洞口、管道、预埋件，在砌筑时应预留位置或预埋，对于空心砌块不准敲凿大于 100mm×100mm 的孔洞，砌块的主筋不准凿击。

5）在纵横墙的交接处或每单元交接处，每歼间的交接处上下圆孔要对齐。对于长方形孔的空心砌块，应选用带有圆孔的砌块，圆孔上下对齐，一般在孔中放置 1ϕ14 或 2ϕ12 钢筋从基础伸出，长度可按砌块高度伸长 200mm 左右，随吊随按钢筋随浇混凝土，混凝土强度等级不低于砌块混凝土的强度等级。

6）当砌块砌体搁置大梁或有集中荷重时，在梁轴线下网侧的孔灌以细石混凝土形成实心柱体。

7）为了提高建筑体刚度，楼面需设置 $\phi 6 \sim \phi H \phi 8mm$ 锚固钢筋，当设计另有规定时按设计设置。

3. 施工方法

1）砌块必须做好清污工作，视不同气候情况采用不同措施以确保施工质量。砌筑前一般不宜浇水，以降低砌块的含水率减少砌块的收缩。但在气候干燥炎热时，可稍加喷水湿润。一般要提前一天浇水，以提高砂浆的和易性。砌筑时待灰浆略有结硬时，可采用勾缝器对灰缝进行原浆勾幢。先勾水平缝，后勾垂直缝，使灰浆表面形成封闭面，减少砂浆毛细孔外蒸发量，避免砂浆过速失水。雨季施工要采取防雨排水措施，防止砂浆坠落和砌块滑移。雨天施工不得使用湿砌块。冬季冰冻期间不可浇水湿润砌块，不得使用被水浸后受冻的砌块，在砌筑前要清除砌块上的冻结物，应视不同的气候情况采取保暖措施。夏季施工宜在夜间进行，在顶层结构施工完毕后，应及时盖上草袋，减少太阳直射以防止墙体产生温度收缩裂缝。

2）砌块校正后一般不得撬动，需要重新移动位置时应将砌块吊起，清除原有砂浆另行铺灰和安装。校正砌块时不得在灰缝内塞进石子、砖片，也不得将砌块强烈振动，以免砂浆坠落，当砂浆受损时必须修补密实。勒缝后的砌块不可再行撬动。

3）水平灰缝铺筑应均匀平坦，铺灰长度一般不超过 3m，炎热夏天及严寒季节应适当缩短。如铺好的水平灰缝砂浆已干，应刮去重铺，竖缝灌浆应插捣密实，并在安装砌块的工作班内同时进行。

4）砌筑时采用无榫法操作，即将砌块直接安放在平铺的砂浆上。当无榫法有困难采用退榫法时，木榫与砌块的接触线应不高出砂浆顶面，退榫法所用的木樟，在砌块校正平直数分钟后即可取出。空心砌块的木榫待砂浆强度能达到承受上层砌块荷重时可取出，并用砂浆嵌实。进榫法禁止使用。

5）安装时起吊砌块避免偏心，使砌块底面水平，就位时可用手扶着砌块对准位置，慢慢地垂直下落，避免冲击。用托线板挂直时，可用人力推砌块，也可用瓦力或撬棒轻微撬动砌块，当砌块就位后略有偏差时，可用木槌敲击砌块顶面偏高处，直至校正为止。

6）砌块砌体粉刷前应对墙面进行清污工作，并隔夜浇水润湿，对墙面

上的孔洞和砌块缺损部位镶嵌密实。砌块砌体的内外粉刷必须按底层、面层分层进行，在一般情况下内粉刷相隔 2d 为宜，外粉刷相隔 1d 为宜。

7）圈梁施工不能在墙身上留孔穿方木支模，可采用如图 1－1 所示的方法施工。

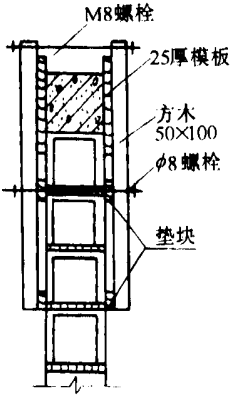


图 1－1　圈梁施工方法

8）砌体与门窗的连接，可采用制作带木砖的实心砌块，组砌在需固定门窗的部位，与木门窗的框料用圆钉固定，钢门窗则采用 φ8mm 钢筋砌筑在灰缝内与门窗框焊接，具体做法如图 1－1 及图 1－2 所示。

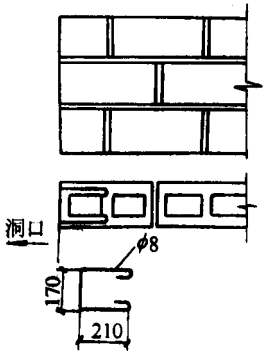


图 1－2　砌体与门窗洞口施工方法

第三节　加气混凝土墙体施工

1. 加气混凝土砌块的规格　加气混凝土砌块按其原料的组成来分主要有3种：水泥—石灰—粉煤灰、水泥—渣—砂和水泥—石灰—砂。一般有两个系列，其公称尺寸见表1－4。

表1－4　　加气混凝土砌块的规格

项　目	a 系 列	b 系 列
长度/mm	600	600
高度/mm	200、250、300	240、300
宽度/mm	75、100、125、150、175，200、250…（以25整增）	60、120、180、240…（以60递增）

2. 加气混凝土砌块的排列与要求

1）砌块的排列应符合设计要求，根据砌块尺才、灰缝的宽度、厚度算好砌块的排列方案。砌块的排列应尽可能采用工厂生产的标准规格砌块，即用大规格、主规格砌块，避免采用异型规格砌块。

2）用粘结砂浆砌筑时，水平灰缝的厚度及垂灰缝的宽度都应控制在1～3mm以内，用混合砂浆砌筑时，水平灰缝的厚度应不大于15mm，垂直灰缝的宽度则不大于20mm。加气混凝土砌体的上下皮砌块应互相错缝搭接，搭接长度不宜小于砌块长度的1/3。纵墙与横墙交接处以及外墙转角处的砌块，应该分皮咬槎、交错搭砌。砌体的垂直缝不得与窗洞口边缘同缝。

3）加气混凝土砌块承重墙体，每层均应设现浇钢筋混凝土圈梁，外墙转角部位和内外墙交接处均应咬槎，并在每隔1m左右墙高的水平灰缝内配置2ϕ6（或3ϕ4）钢筋或网片，每边嵌入墙内1m。

4）砌体需搁置过梁、搁板等处，以及需固定门窗或其他构件部位，应采用规格整齐和大规格的砌块砌筑，不得采用零星小砌块砌筑。

3. 施工方法

1）砌块运输和砌筑前，应检查其外观质量，砌块表面的浮灰、碎屑、污物必须清理干净，断裂砌块不要使用。采用混合砂浆砌筑时，应对砌块提前一天浇水湿润，在砌筑前还要对砌块浇水。

2）砌块灰缝应做到砂浆饱满，横平竖直，铺灰长度一次应在 1.5m 以内。对于垂直灰缝，应灌塞密实，可用临时夹板内外夹持灌缝措施。

3）加气混凝土砌块的切割、打眼、留孔等工作，必须用专用工具，不允许用斧、凿、砍，砌块砌筑上墙后更不能随意打砸。施工脚手应采用双排外脚手或里脚手，不得在外墙上留下脚手孔洞。

4）为避免砌体开裂，对加气混凝土墙体开洞口的下部应设置 2ϕ6 钢筋，并伸出洞口两侧大于 500mm。砌块抹灰前，用 107 胶水溶液拌制素水泥浆，涂刷结合层。其面层砂浆标号不宜过高，也不宜太厚，厚度要均匀一致，以避免抹灰层产生裂缝。

5）穿过或埋入加气混凝土墙体的金属管道、管线支架或其他铁件，均应涂刷防腐漆两道，或采取其他防腐、防锈保护措施。

第二章　外墙外保温施工

近年来，我国建筑业大力进行墙体改革，推广应用外墙外保温技术，已取得了较好的技术、经济效果。外墙外保温体系，墙体的重要特点是在垂直外墙的外表面上建造保温层，不占用室内空间，保温效果明显。该外墙用砖石或混凝上建造。外保温的使用范围十分广泛，既可用于采暖建筑，又町用于空调建筑，包括工业与民用建筑。特别是在严寒地区采用，更能显示其优越性，应加以发展和推广。

第一节　岩棉外墙外保温施工

岩棉是一种性能良好的高效保温材料。将岩棉设置在主体围护结构的外侧，构成复合外保温墙体，可使建筑物的采暖能耗大大降低。岩棉制品用在外墙外保温体系中的主要品种是岩棉板。

1. 岩棉板的技术性能。岩棉外墙外保温体系的主要材料是岩棉板、钢丝网、水泥砂浆、丙烯酸外墙涂料。岩棉板的技术性能见表 2－1。

表 2－1　　岩棉板的技术性能

密度 /kg·m^{-3}	密度的极限偏差（%）			热导率 W（m·K）$^{-1}$（平均温度 70℃±5℃）	有机物含量（质量分数，%）	最高使用温度/℃	不燃性
	优等品	一等品	合格品				
80	±10	±15	±20	≤0.044	≤4.0	400	合格
100 120				≤0.046		600	
150 160				≤0.048			
100				—		600	
120							

注：摘自《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T11835—1998。

2. 墙体构造　岩棉外保温墙体构造如图 2－1 所示。

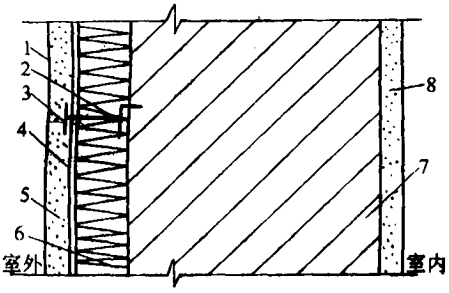


图 2－1　岩棉外保温墙体构造

1—彩色喷塑涂料　2—连接件　3—销杆　4—镀锌点焊钢丝网　5—30mm 防裂水泥砂浆
6—50mm 岩棉板　7—240mm 实心砖墙　8—20mm 混介砂浆

3. 施工方法

1）采用梅花布点方式在原有外山墙打眼安装连接件。

2）铺贴岩棉板，错缝铺贴，不得有间隙。

3）铺挂镀锌点焊钢丝网，并将钢丝网固定在连接件上。钢丝网要求铺设平整。在窗门洞口四周的岩棉板上还要增加一层钢丝网，以增强抵抗应力集中和温度应力的能力，在窗门洞口四周还要做好包角和封边工作。

4）分层抹防裂保护陷，并做好分块留缝，以减少收缩和收缩应力。

5）喷涂弹性较好的丙烯酸外墙涂料为饰面层，以提高其防水、防裂和耐久性能。

第二节　BT 型预制外墙外保温施工

BT 型预制外墙外保温板是以普通水泥砂浆为基材，以镀锌钢丝网及钢筋为增强材，在制作过程中与聚苯乙烯泡沫塑料板复合成为单面新的保温板材，是北京百通科技贸易公司的专利产品。

1. BT 板的规格与物理力学性能　BT 板的规格与物理力学性能见表 2－2 及表 2－3。

表 2－2 BT 板的各部位尺寸

部位名称	代　　号	部位尺寸/mm
板体总宽	L	450～750
板体高度	H	250～700
板体总厚	D	65
板面厚度	D2	10
板边厚度	D1	15
板边高度	B	40
压边宽度	E1	15
压边厚度	E2	5
连 接 体	P	60
柱　　径	R	ϕ30
边 槽 位	N	10
边 槽 宽	N1	10
边 槽 深	N2	7
保温封条宽	C	38
保 温 层	K1	30
保 温 层	K2	20
吊挂钩位置	J	28
吊 挂 钩	G	# 12（ϕ2）
内框配筋	1	ϕ4
保温封条外凸	T	38

表 2－3 BT 板的物理力学性能

面层	干密度/kg·m^{-3}	热导率/W（m·K）$^{-1}$	收缩率（%）	抗折强度/MPa
	约 2000	0.930	约 0.08	＞3.5

面层	芯材	密度/kg·m^{-3}	热导率/W（m·K）$^{-1}$
		16～18	＜0.04

板材	面密度/kg·m^{-2}	含水率（%）	绝热系数/M/（m^2·K）W^{-1}	抗弯荷载/N
	＜50	≤10	≥0.762	＞800

板材	抗冲击性	冻　　融
	10kg 沙袋高墙板 1m 撞击 100 次应无异常	30 次无变化

BT 板的基本构造，如图 2－2 所示。

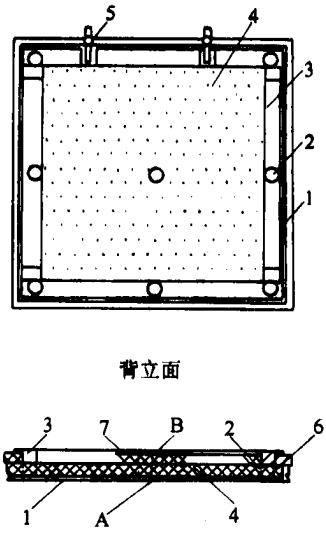


图 2－2　BT 板基本构造

1—板体　2—连接柱　3—内框（与外墙面粘接）　4—保温层

5—吊挂钩　6—板边聚苯封条 7—空气层

A—外饰面　B—主体结构墙

2. BT 板与外墙复合的构造　BT 板的与外墙复合的构造，如图 2－3 所示。

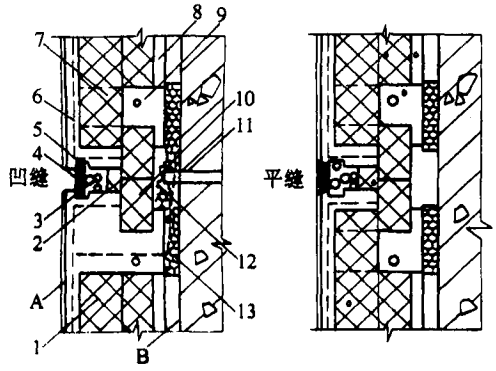


图 2－3　BT 板与外墙复合的构造

1—保温层　2—板缝聚苯盖条　3—聚苯粒水泥砂浆填缝材料　4—板缝表面防水层　5—柔性防水层　6—板体　7—连接柱　8—中气层　9—内枢　（与外墙面粘接）　10—板边聚苯封条　11—吊挂钩　12—密封吊挂钩的聚合物砂浆　13—聚合物砂浆粘接层

A—外饰面　B—主体结构墙

BT 板的技术特点：

1）如图 2－3 所示，板块是通过其内框 9 用聚合物砂浆实现与外墙体间的牢固粘按，为了增强连接的可靠性，还借助吊钩 11 实现挂按，做到牢固、经久耐用。

2）为使板缝的保温及防渗处理严密，预制时在板块四周复合有板边聚苯封条 10（见图 2－3），施工时先嵌入板缝聚苯盖条 2，再添加聚苯水泥砂浆材料，最后抹板缝柔性表面防水层。板块尺寸一般为 600mm × 600mm × 65mm，重约 10kg，可任意剪切。

3）取材容易，成本低廉，并可按需要制成各类面层（如花纹、图案及浮雕、金属面、瓷砖面、水刷石面等），一次成形，省工省时。

3. 施工安装

1）板块安装：①整修墙面，校正洞口尺寸误差。②设计分块。③用电钻在吊挂点上钻眼并埋入螺钉等挂件。④在粘接部位刷界面处理剂。⑤预挂板以调整挂钩高度使其精确定位。⑥板内框上抹聚合物砂浆。⑦粘贴（用橡皮锤轻敲，使粘接紧密，靠吊挂钩使板快不下移）。⑧待初凝后检查粘接质量。⑨紧固吊挂件。

2）板块处理：①缝内刷界面处理剂。②嵌入聚苯盖条。③嵌入聚苯粒水泥砂并揉压密实。④表层抹 1∶1 防水砂浆。⑤最后抹防水胶层。

3）构造节点：BT 板的构造节点如图 2－4 所示。

第三节　钢丝网架聚苯乙烯外墙保温施工

钢丝网架保温板以聚苯乙烯泡沫板作为绝热材料，具有保温性能好，使用寿命长，不吸水，耐候性好，不宜产生冷桥等优点。保温板表面喷抹水泥砂浆既能保护主墙和保温层，又能在外饰面中喷刷涂料或粘贴面砖。自采用北京亿利达公司的专利产品——亿力钉、亿力卡后，使此种保温板的机械式固定安装更为简便快捷。

1. 保温板及亿力钉规格　保温板及亿力钉规格见表 2－4。

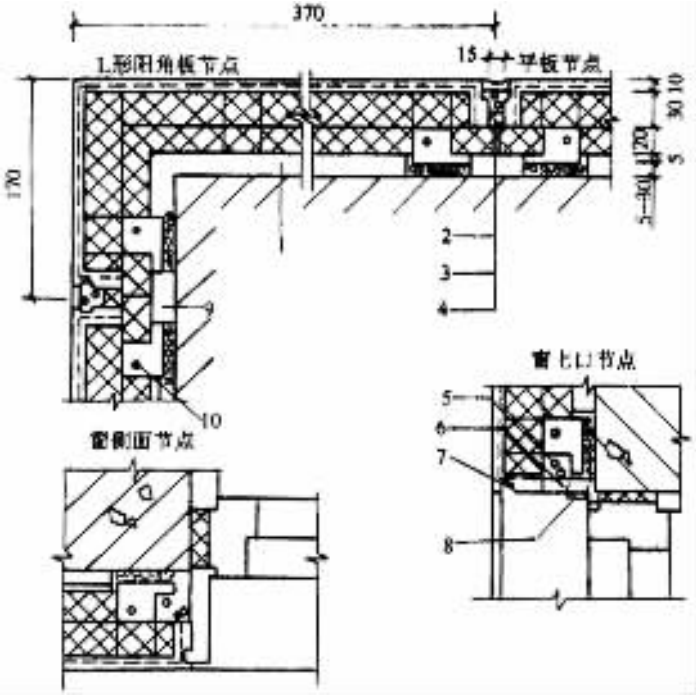


图 2－4　BT 板的构造节点示意

1—空气层　2—3mm 厚柔性防水胶　3—聚苯水泥砂浆嵌缝压实　4—覆盖 10mm 厚聚苯保温防水条　5—聚苯水泥砂浆嵌缝压实 6—水泥砂浆　7—滴水线　8—竖缝处留泄压孔　9—竖缝　10—内框

注：聚苯厚度尺寸可变

表 2－4　　钢丝网架聚苯乙烯外保温板　　（单位：mm）

板宽	板长（常见）	芯材厚度（常见）	钢丝直径
1200	2500、2800、3000	30、40、50	2.0、2.5

亿力钉规格：直径 6mm。用于芯材厚度为 30mm、40mm、50mm 的保温板时，钉长可分别选用 70mm、80mm、90mm；用于门窗口处固定角钢用时，钉长可用 35mm。

2. 施工方法

（1）安装用配件及材料的准备

1）保温板专用固定钉、亿力钉及亿力卡，用于在外墙上固定保温板。

2）方格钢丝片网，宽度为 200mm，方格尺寸为 50mm × 50mm。

3）方格钢丝角网，宽度 300mm。

4）. 火烧丝。

（2）墙面分隔缝的确定

1）为减少和避免面层抹灰的开裂，同时考虑建筑外观，保温板的抹灰面层应设分隔缝。

2）横向分隔缝设在门窗口的上、下沿处，并沿建筑物的四周贯通。竖向分隔缝设在门窗口两侧边缘，使上、下贯通，横竖分隔缝贯通，并将墙面分隔成面积不等的矩形块。

3）分隔缝宽度为 20mm，深度为 10mm。

4）依设计要求确定分隔缝。

（3）保温板的安装

1）安装前清理外墙面，以保证保温板安装的垂直度和平整度。

2）安装时，使保温板与外墙紧贴，用冲击钻钻进保温板并在墙上钻孔，孔径等于 $\phi 6.0^{+0.3}_{0}$3mm，孔深大于或等于 50mm。

3）用手锤将亿力钉穿过卡片打入 ϕ6mm 墙孔中。亿力卡竖向使用，下端的弯均要钩住保温板钢丝网架的横向钢丝。亿力钉打入的深度以卡片压紧保温板为准，如图 2－5 所示。

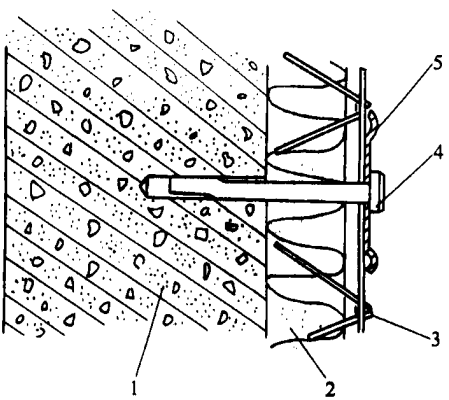


图 2－5　保温板在外墙上的安装示意

1—外墙　2—聚苯乙烯泡沫板　3—钢丝网　4—亿力钉　5—亿力卡

4）亿力钉的双向间隔小于或等于 500mm，与门窗口及外墙拐角处的距离小于或等于 100mm。

5）墙体拐角处，应用角钢将保温板接缝处连接。用火烧丝捆扎牢固，门窗洞口拐角处也应架设角钢。角钢的一面与保温板钢丝捆扎，另一面用短型专用亿力钉，亿力卡将其固定在洞口四周墙面上。

（4）面层抹灰施工

1）抹底灰。水泥砂浆抹至与保温板钢丝齐平（厚度 10mm）。砂浆配制：材料一：豆石混凝土。材料二：水泥砂浆。水泥：砂：1：4；水泥采用 425 号普通硅酸盐水泥，砂为中砂。抹灰时，应将砂浆压实，反复揉搓，使钢丝网全部握裹在水泥砂浆中。

2）抹找平层。底灰抹后 24h 即可进行找平抹灰。抹灰前应用水泥砂浆冲筋，冲筋用托线板找平拉立，冲筋间距为 1.2～1.5mm 左右。找平层抹灰厚度为 10～12mm，抹灰时应与冲筋平行，用木杠刮平找直，最后用木抹子拉毛。

3）面层的施工。找平层抹灰 24h 后进行面层处理，用铁抹子或刮板在找平层上抹一遍水泥胶浆（厚 2～2.5mm），然后立即将耐碱玻璃纤维网布压进砂浆，用铁抹子将其压平（最外层以平露出网布为准）。

4）网布铺设应由上至下纵向铺设，网布横向接缝应互相搭接 10cm，门窗洞口用网布包角。

5）缝的处理。分隔缝处用弹性密封膏嵌入，抹匀，将分隔缝填平。

6）节点构造。节点构造如图 2－6～图 2－12 所示。

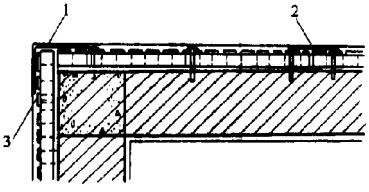


图 2－6　外墙角外保温

1—阴、阳角附加角网宽 350mm　2—夹芯板接缝附加网片宽 200mm

3—亿力钉固定夹芯板，每 0.4m² 一个钉

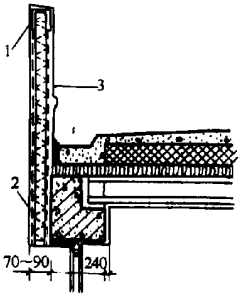


图 2－7　外保温女儿墙

1—板顶包 U 形网宽 300mm　2—亿力钉　3—附加抗弯钢筋预埋现浇梁内侧

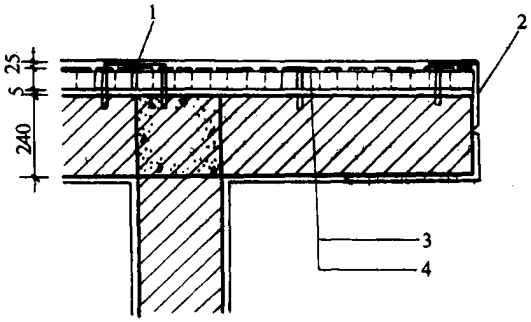


图 2－8　丁字墙外保温

1—夹芯板接缝附加网片宽 200mm　2—窗口附加网宽 300mm　3—25mm 厚 1:4 水泥砂浆　4—钻孔安装亿力钉，固定网架夹芯板

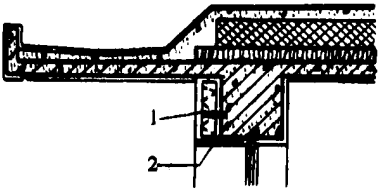


图 2－9　外保温檐口

1—亿力钉固定夹芯板　2—宽口附加角网，宽 300mm

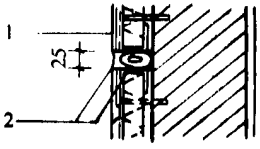


图 2－10　外保温变形缝（每两层设一道）

1—板端包 U 形网　2—外嵌建筑密封膏，聚乙烯背揿条

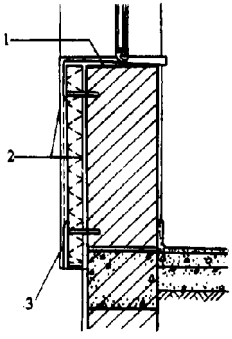


图 2－11　首层窗下墙外保温

1—宽口附加角网，宽 300mm　2—亿力钉固定夹芯板　3—板端包 U 形网宽 300mm

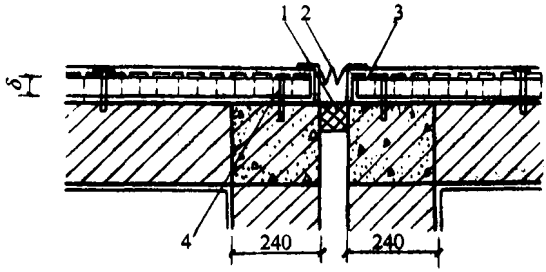


图 2－12　结构变形缝

1—钉钢丝网，填岩棉捆牢　2—钻孔胶栽 ϕ30mm 木砖，螺钉固定伸缩板（0.6mm 彩色钢板）3—板端包钢丝网　4—亿力钉固定夹芯板，每 0.4m^2 一个钉

第四节　装配式龙骨薄板外墙外保温施工

装配式龙骨薄板外保温施工技术的特点是在墙面上安装可调解高度的轻钢龙骨及其支持体系；龙骨间填充高效保温材料，其上覆盖工业化生产的薄型面板并固定在龙骨之上作为外保护层；薄板之间板缝全部采用弹性材料密封。该项施工技术全部为干法施工。板面根据用户需要做各种档次的涂料等饰面。该项技术由北京住总集团有限责任公司研究开发，经试用效果良好。墙体基本构造如图 2－13 所示。

1. 主要材料

（1）龙骨及支持体系材料质量要求

1）与结构墙体连结牢固，能承受足够的吊挂力和拉拔力，防锈。

2）安装时可在一定范围内调整位置和高低。

3）加工、安装方便；用钢量不高，以降低造价。

4）龙骨和支座的选择应尽量减少热桥面积。

所采用的龙骨、支座和紧固件均经镀锌处理，自攻螺钉也经阳极化处理以防生锈，其品种及规格，见表 2－5。尺寸为 1200mm × 2400mm 的面板，重约 290kg，由 14 个支座采承担保证其刚度。

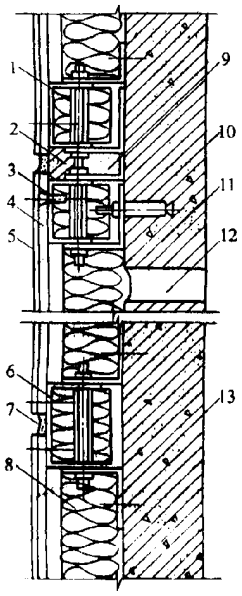


图 2－13　墙体基本构造图

1—穿钉、套管　2—聚乙烯棒芯　3—自攻螺钉　4—面板　5—饰面　6—龙骨　7—弹性密封膏　8—保温材料　9—预留膨胀缝　10—膨胀螺栓 11—外墙板　12—墙板水平缝　13—支座

表 2－5　　龙骨、支座与紧固件的形状与规格　　（单位：mm）

编　号	名　　称	截面形状	规　　格
1	宽龙骨		60×35×1
2	角龙骨		40×40×1.5
3	窄龙骨		40×35×1
4	专用支架		50×40×40×1.5
5	双头螺柱		M5×80
6	膨胀螺栓	标准件	M6
7	沉头螺钉	标准件	M5×18
8	自攻螺钉	标准件	3.5×40、3.5×25

（2）面板与绝热材料质量要求

1）面板材料要求。应具有较高的强度，与龙骨配合后能抵抗自重和风压；吸水率低，干缩小：易切割钻孔，与涂料结合好。可选用纤维增强硅酸钙板与纤维水泥加压平板。其主要性能指标见表 2－6。

表 2－6　主要性能指标

名　　称	厚度/mm	抗折强度/MPa	不燃性	密度/kg·m^{-3}	吸水率（%）
纤维增强硅酸钙板	6	11	不燃	1200	25.6
水泥加压平板	6	＞20	不燃	1600	23.0

2）保温材料要求。应具有热导率小且稳定，薄而轻；满足防火要求；加工方便、施工简便、价格低。可选用自熄型聚苯乙烯塑料板或玻璃棉毡。可选用的两种保温材料性能及优缺点，见表 2－7。

表 2－7　保温材料性能及优缺点

名称	生　产　厂	密度/kg·m^{-3}	热导率/W（m·K）$^{-1}$
自熄型聚笨板	北京泡沫塑料厂	16～18	0.042
玻璃棉毡	北京依索维尔玻璃棉毡有限公司	18～20	0.050

名称	不燃性	优　点	缺　　点
自熄型聚苯板	自　熄	密度小、易裁割、不易破损、价廉、对皮肤无刺激	耐火较差
玻璃棉毡	不　燃	耐火性好、密度小	价格高、需岩棉钉固定易吸水

2. 施工方法：

（1）基圃准备：一般情况下基面不做处理，若局部高差超过龙骨可调整范围的应别凿或修补。

（2）弹线：按图样要求定出龙骨的位置和距离，标出其中心线并放出横竖龙骨的边线，然后在边线上按已装配的龙骨实物，定出专用支座的中心距位置，并使相邻中心线的专用支座交错排列。弹基准线以窗口两边为准向左右进行。

（3）专用支座定位，在定位位置上用冲击钻钻出 ϕ10mm 深 4mm 的孔，将 ϕ6mm 膨胀螺栓与结构层联接。

（4）安装龙骨：预先将龙骨槽内填满聚苯板，并与专用支座组装好，然后按图样要求固定于膨胀螺栓之上，使龙骨处于可调状态。采用自上而下的顺序进行安装，先安装竖龙骨，后安装横龙骨。

（5）调整平面：用 2m 靠尺和吊线法将龙骨位置调整好，然后将全部螺

母拧紧，使龙骨平面误差不大于 1.5mm，垂直误差不大于 5mm。

（6）填保温材料：按尺寸将保温材料填于龙骨间，玻璃棉毡用岩棉钉装压好，空隙处儒填实。

（7）塞填发泡聚乙烯圆棒：在伸缩缝中塞填发泡聚乙烯圆棒。塞填后缝深为 4mm 左右。

（8）安装薄板：先将需安装的薄板按图样要求裁切好，弹线，预钻 ϕ3mm 孔，并在表面扩孔，且一串孔应成直线。装板时使用基准规线，以保证板材安装的横平竖直。板与板之间的 10mm 间隙，可采用 9mm 的木条塞于中间来控制。板就位后再在板面预钻孔位置上钻龙骨孔，然后用自攻螺钉固定，并使螺钉钉沉头低于板面。

（9）勾填嵌缝膏：板与板之间勾填嵌缝膏，分两次填实勾平。上挑檐缝应勾填嵌缝膏成凹形圆弧状，外勒角也要勾填嵌缝膏成凹形圆弧状。

（10）刷防水基料：先将板面用布擦去表面粉尘及浮土，并清除多余的嵌缝膏残渣等杂物；刮腻子并打磨平整，外露表面的薄板各面用刷子均匀的涂刷两遍基面涂料（间隔时间大于 30min）。在干透的基面涂料上面，要均匀涂刷两遍巴氏二合一墙面防水彩色涂料。

3. 施工注意

1）减少裂缝出现的可能，墙面面板连续安装的最大尺寸不宜超过 10m。在三、四层间留一道膨胀缝，如图 2－14 所示。

2）为减少面板加工量，降低损耗，面板宽尽可能采用 1.2m。

3）高度方向设计了较宽的腰线，上边盖过了原壁板水平缝，下边与窗上口平。

4）面板间一律留 10mm 宽糙，缝内填弹性密封膏。缝宽相同是为了减少龙骨规格。改变缝的色彩可收到或明或暗的效果。窗口做法、山墙拐角处做法、挑檐处做法分别如图 2－14～图 2－17 所示。

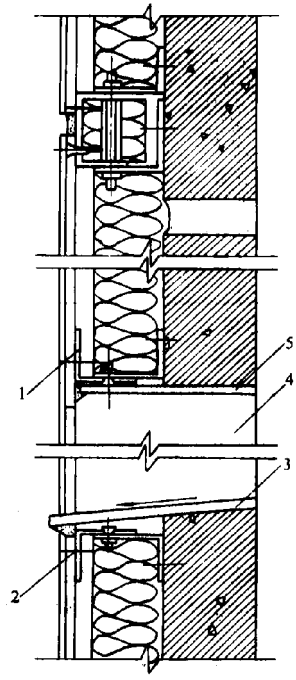


图 2－14　窗口和无膨胀缝腰线做法

1—窗口上龙骨　2—窗口下龙骨　3—窗口下板　4—窗口侧板　5—窗口土板

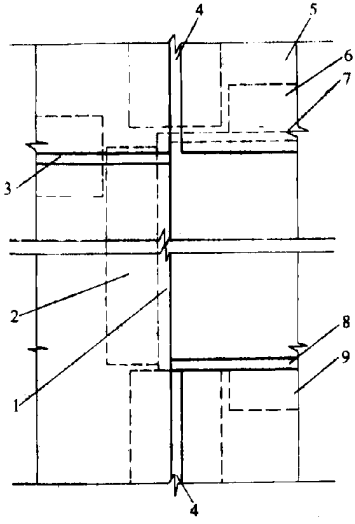


图 2－15　窗口做法

1—窗口侧板　2—窗侧龙骨　3—横龙骨　4—竖龙骨　5—窗口上面板

6—窗口上龙骨　7—窗口上板　8—窗口下板　9—窗口下龙骨

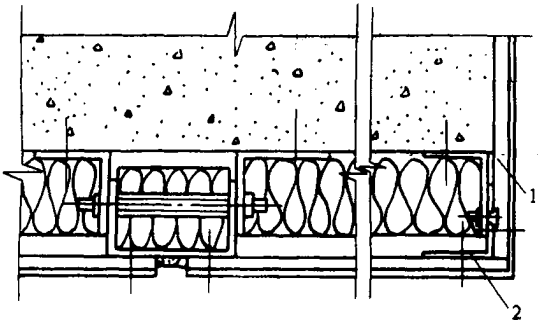


图 2－16　山墙拐角处做法

1—小面面板　2—墙角龙骨

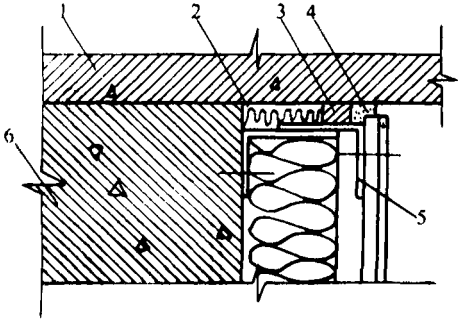


图 2－17　挑檐处做法

1—挑檐　2—填保温材料　3—砂浆勾缝　4—弹性密封膏　5—边龙骨　6—墙板

第五节　水泥聚苯板外墙外保温施工

水泥聚苯外保温板，是以废旧聚苯乙烯泡沫塑料板破碎后的颗粒为骨料，以普通硅酸盐水泥为胶结料，外加预先制备的泡沫经搅拌后浇注成形的。以下资料摘自北京市张镇建筑构件厂技术资料。

1. 墙体构造　水泥聚苯外保温板墙体构造如图 2－18 所示。

2. 保温板规格与性能

规格：长 90mm，宽 60mm，厚 60～80mm。

性能：水泥聚苯外保温板的性能见表 2－8。

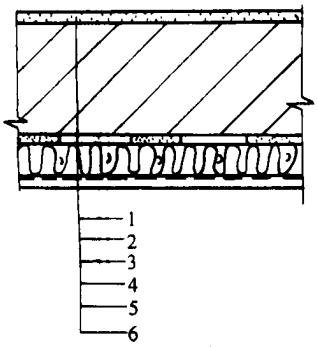


图 2－18　水泥聚苯外保温墙体构造图

1—20mm 厚室内抹灰　2—主体结构墙厚　3—10～15mm 厚 EC－6 粘结剂砂浆　4—60～80mm 厚水泥聚苯板 5—耐碱玻纤布一层（转角加一层）　6—15～20mm 厚抹灰面层

表 2－8　水泥聚苯外保温板的性能

项　　目	指　　标
密度/kg·m^{-3}	300±20
热导率/W（m·K）$^{-1}$	<0.09
扰压强度/MPa	>0.3
抗弯强度/MPa	>0.15
吸水率（%）	<30

3. 安装板材用的辅助材料

（1）EC—6 粘结剂砂浆组合配比：将 525 号水泥：细砂＝1：2 混合拌匀，再加入胶液拌合成适当稠度的 EC—6 粘结剂砂浆，其粘结强度大于等于 1.1MPa。

（2）玻纤网布：

耐碱玻璃纤维网布　8 孔/2.54cm

布重　>80g/m^2

断裂强度　尺寸为 25mm×100mm 的布条

经向 >30kg

纬向 >15kg

（3）EC—1 胶泥：EC—1 表面处理剂：水：425 号普通硅酸盐水泥＝1：1：2，混合拌匀即成。

（4）其他材料：白灰膏、亿力铆固钉等。

4. 施工安装

1）清理水泥聚苯保温板与墙面结合部突出墙面的砂浆，混凝土块等杂物必须剔除清扫干净，结合部应尽量找平。

2）在墙面粘贴水泥聚苯保温板应使用 EC—6 粘结剂砂浆。

3）把粘结剂砂浆放在水泥聚苯板保温板毛面上做成条状粘结剂砂浆带，粘结面积不小于板面的 60%，但在首层不小于 80%，粘结剂砂浆厚度为 10mm。

4）往墙面上粘贴保温板时，必须找平粘牢，从下向上粘贴，上下错缝。每层楼面外贴保温板都落在挑边上，碰头砂浆要挤满不成瞎缝，缝宽 8～10mm，保温板压实找平。

5）墙面满贴好保温板粘结剂砂浆固结之后，板面满贴一层耐碱细格玻璃纤维网布。网布用钉子临时钉在保温板上，然后用抹子和毛刷把拌好的 EC—1 胶泥抹在网布上，使网布满贴在保温板上。粘贴网布时应横向粘贴，搭接宽度 50mm，表面干燥后在墙角及门、窗框边均再加铺一层网布，宽度大于等于 400mm。

6）在粘好网布表面干燥后（约 2～3d），高层建筑在保温板上加亿力铆固钉，便可做罩面层。

5. 构造节点

1）水泥聚苯外保温板用 EC—6 粘结剂砂浆条布置如图 2－19 所示。

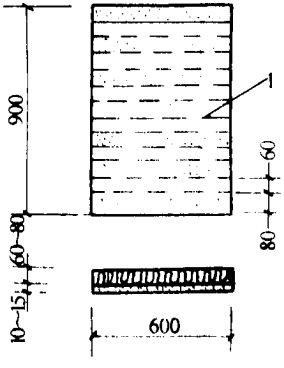


图 2－19　EC—6 粘结剂砂浆条布置

1—抹成条状 EC—6 粘结剂砂浆

2）水泥聚苯外保温板的构造节点示例如图 2－20～图 2－24 所示。

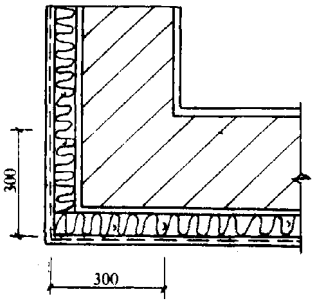


图 2－20　阳角墙节点

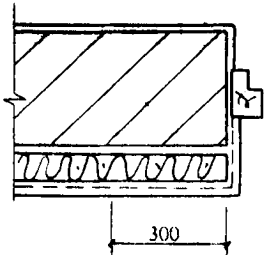


图 2－21　门侧节点

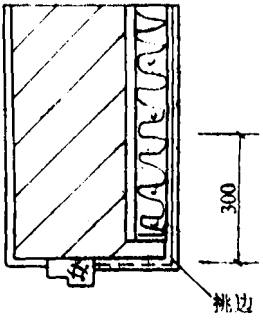


图 2－22　窗上节点

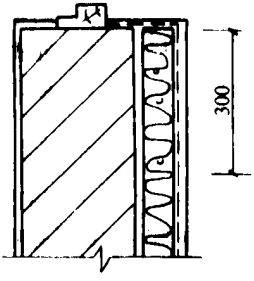


图 2－23　窗下节点

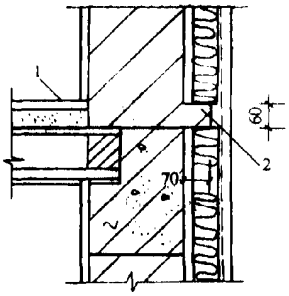


图 2－24　楼层交接处节点

1—楼面　2—挑边

第六节　GRC 外墙外保温施工

由玻璃纤维增强水泥面层与高效保温材料预复合而成的外墙保温板材，称为 GRC 外保温板，是英文 Class fiber Reinforced Cement 的缩写。目前使用的单面板施工，是将保温材料置于 GRC 槽形板内制作而成的。

1. 保温板规格

板长：550～900mm；板宽 450～600mm；板厚 40～50mm，其中聚苯板厚 30～40mm，GRC 面层厚 10mm。

2. 成形工艺　成形时，一般采用反打喷射成形工艺或反打铺网抹浆工艺制作 GRC 外保温板所用的朝向室外的板面。

3. 复合墙体构造　用 GRC 外墙保温板与主体复合组成的外保温复合墙体构造，有紧密结合型和空气隔离型两种，其构造如图 2－25 所示。

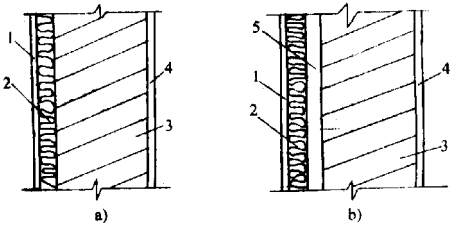


图 2－25　GRC 外保温板复合墙体构造示意图

a）紧密结合型　b）空气隔离型

1—GRC 面层　2—聚苯板　3—砖墙或混凝土墙　4—室内抹灰层　5—空气层

注：本节部分内容摘自《新型墙体材料手册》

第三章　外墙内保温施工

第一节　GRC 外墙内保温施工

GRC 外墙内保温板是一种以 GRC 为面层，以聚苯乙烯泡沫塑料板为芯层的夹芯式复合保温板。该产品是北京顺义张镇新型建筑构件厂与中国建材科学研究院合作开发研制而成。

GRC 外墙内保温板重量轻，防水、防火性能好，具有较高的抗折与抗冲击性和很好的热工性能。与 240mm 厚实心粘上砖外墙或与 200mm 厚混凝土外墙复合后，其保温效果超过 620mm 厚的实心粘土砖墙，目前已适用于外墙内保温工程。

1. 保温板规格

目前北京地区使用的 GRC 外墙内保温板，规格为 2400 ~ 2700mm，板宽为 595mm。板厚有 50mm 和 60mm 两种，前者与 240mm 厚的实心粘土砖外墙复合，后者用于 200mm 厚的混凝土外墙复合，保温效果优于 620mm 厚的混凝土砖墙。其性能指标见表 3 – 1。

表 3 – 1　　GRC 外墙内保温板技术性能指标

名　称		京 95sj 图集规定	建　议　值
面层 GRC	密度/kg·m^{-3}	≤1350	≤1350
	抗压强度/MPa	≥10	≥10
	热导率/W（m·K）$^{-1}$	0.4	≤0.4
	干缩率（%）	≤0.08	≤0.06
气干面密度（自重）/kg·m^{-3}		≤30	≤45
抗弯荷载/N		≥1.8G（G 为板材重）	≥1200（1200mm 跨距，加一集中荷载）

续表

名　　称	京 95sj 图集规定	建　　议　　值
抗冲击/次	冲击 10 次，背面无裂纹（砂袋重 10kg）	冲击 3 次背面无裂纹（砂袋重 30kg）
耐火极限/h	—	≥1
水的质量分数（%）	≤15	≤10

2. 安装用辅助材料

（1）粘结剂：采用水泥类粘结剂，如 891 胶砂浆。使用时间不迟于 0.5h，粘结强度不小于 1.2MPa。

（2）石膏腻子：用于满刮墙面。抗压强度大于 2.5MPa，抗折强度大于 1.0MPa，终凝时间不大于 3h，粘接强度大于 0.2MPa。

（3）玻璃纤维网布条：应采用耐碱玻璃纤维网布，其规格为：8 孔/2.54cm，布重大于 80g/m^2，断裂强度：径向大于 3MPa，纬向大于 1.5MPa。50mm 宽的用于板缝，200mm 宽的用于墙面转角附加层。

3. 墙体构造　GRC 内保温复合墙体构造如图 3－1 所示。

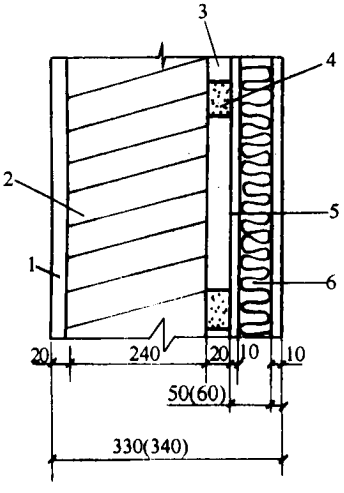


图 3－1　GRC 内保温复合墙体构造

1—抹灰层　2—240mm 砖墙（240mm 混凝土墙）　3—20mm 空气层　4—冲筋（带）1:3 水泥砂浆　5—50mm（60mm）厚内保温板　6—30mm（40mm）聚苯板

4. 施工安装

1）在主体墙内侧水平方向抹 20mm 厚，60mm 宽的 1：3 水泥砂浆冲筋

（带），以设定出 20mm 厚的空气层，并找平和粘贴内保温板。冲筋（带）布置如图 3－2 所示。

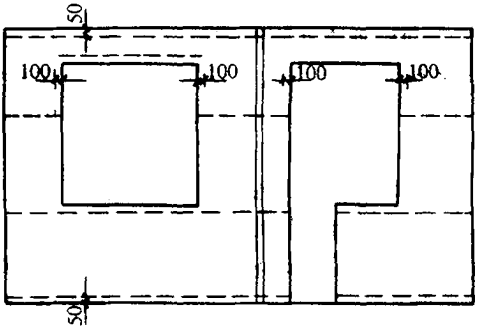


图 3－2　冲筋（带）布置示意图

注：图中虚线为冲筋的位置

2）在板侧，板上端和冲筋上满刮粘结剂。

3）安装时，一人将内保温板撬起，另一人揉压挤实，使板与冲筋紧贴，并使板接缝冒浆。检查内保温板是否垂直、平整，然后板下端用木楔背紧，并刮去冒出的粘结剂。扳下空隙内用 C10 细石混凝土填塞密实，待达到一定强度后再撤去木楔。撤木楔时要轻砸轻打，防止振裂板缝。

4）缝处理，整片墙的内保温板安装后，在两板拼接处的凹槽内刮粘结剂一道，贴 50mm 宽玻璃纤维网布条一层，压实，粘牢，再用粘结剂刮平。

5）墙面转角处理，加贴 200mm 宽玻璃纤维网布条一层。

6）墙面处理，板面打磨平整后，满刮石膏腻子一道，干后再刮石膏腻子一道。每道石膏腻子干后均需打磨平整，最后按设计要求做内饰面层。安装节点如图 3－3～图 3－11 所示。

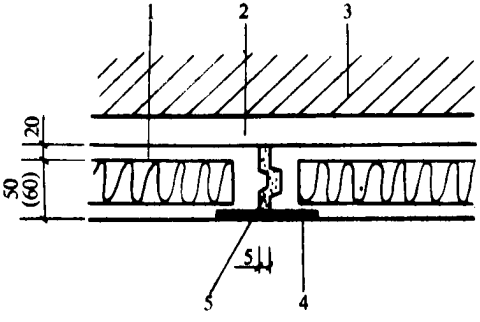


图 3－3　内保温板间节点

1—保温板　2—空气层　3—砖墙或混凝土墙　4—水泥型粘结剂　5—粘玻璃纤维布刮腻子

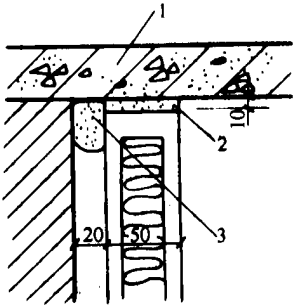


图 3－4　楼板内保温板节点

1—楼板　2—水泥型粘结剂　3—水泥砂浆冲筋

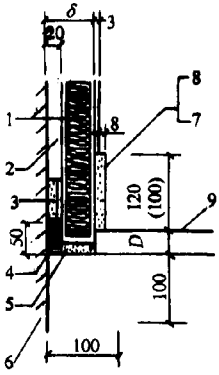


图 3－5　内保温扳室内地面节点

1—保温层　2—空气层　3—水泥冲筋　4—聚苯板条　5—C10 豆石混凝土　6—砖墙－（或砼墙）7—聚合物砂浆打底　8—1∶2.5 水泥砂浆罩面　9—室内地面

δ—保温层厚度（　）内尺寸也可选用

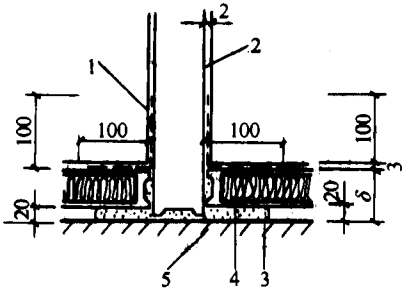


图 3－6　丁字墙节点

1—转角附加贴玻璃纤维网布条一层　2—轻质隔塘　3—水泥型粘结剂

4—保温层　5—砖墙（或混凝土墙）

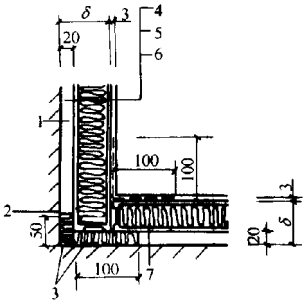


图 3－7　阴角节点

1—空气层　2—砖墙（或砼墙）　3—贴聚苯条　4—内饰面　5—刮腻子二道　6—水泥型粘结剂粘贴在 1∶3 水泥砂浆水平冲筋上　7 一阴角附加贴耐碱玻璃纤维网布条一层　δ—保温层厚度

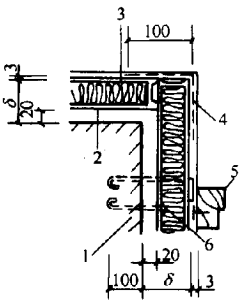


图 3－8　阳角节点

1—砖墙（或砼墙）　2—空气层　3—保温层　4—阴角附加贴耐碱玻璃纤维网布条一层　5—木门框　6—预埋件 60mm×60mm×4ϕ6mm　δ—保温层厚度

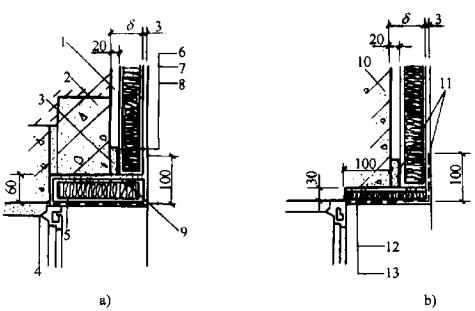


图 3－9　窗上 GRC 内保温板节点

a）砖墙　b）混凝土墙

1—空气层　2—砖墙预制过梁　3—冲筋（带）　4—建筑密封膏嵌严　5—用粘结剂满贴　6—内饰面 7—刮腻子二道　8—内保温板用水泥型粘结剂粘贴在 1∶3 水泥砂浆水平冲筋上　9—阳角附加贴耐碱玻璃纤维网布条一层　10—混凝土墙　11—保温层　12—聚合物砂浆型粘结剂粘 20mm 厚聚苯板　13—面层同墙面　δ—保温层厚度

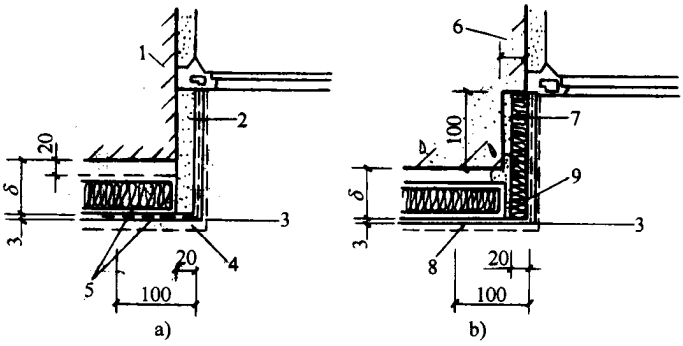


图 3－10　门侧节点

a）砖墙　b）混凝土砖

1—砖墙　2—聚合物砂浆　3—门框　4—窗台　5、7、8、9—保温层

6—混凝土墙　δ—保温层厚度

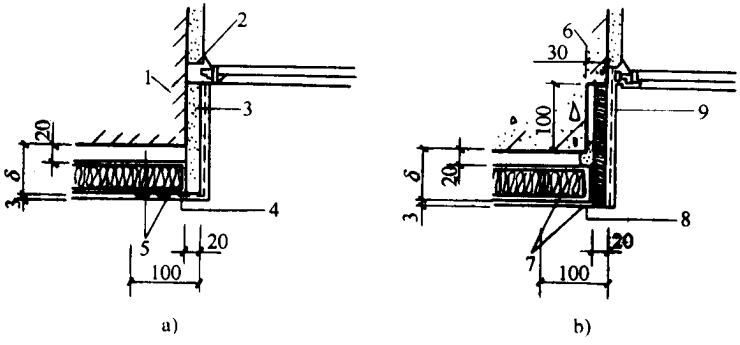


图 3－11　窗侧节点

a）砖墙　b）混凝土墙

1—砖墙　2—建筑密封膏嵌严　3—聚合物砂浆　4—窗台　5、7、9—保温层

6—混凝土墙　8—窗台　δ—保温层厚度

第二节　玻璃纤维增强石膏外墙内保温板施工

玻璃纤维增强石膏外墙内保温板，也称增加石膏聚苯复合板。是一种以玻璃纤维增强石膏为面层，聚苯乙烯泡沫塑料板为夹芯的夹芯式保温板材。

生产石膏内保温板，是在石膏基材中加入适量的普通的硅酸盐水泥、膨

胀珍珠岩，外加剂和水制成料浆，用中碱玻璃纤维网格布增强，采用平模台座铺网抹浆方法或立模浇注方法成形面层，并夹入自熄性聚苯乙烯塑料板制成。

该板适用于粘土砖外墙或钢筋混凝土土外墙的内侧。因其防水性能稍差，不能在厨房、卫生间等处使用。但石膏凝结硬化快，生产周期短，收缩小，石膏内保温板安装后墙体不易开裂。

1. 保温板规格与性能指标　板长为 2400～2700mm，板宽为 595mm。板厚 50mm 的适用于 240mm 的粘土砖墙，板厚 60mm 的适用于 200mm 的混凝土墙。石膏内保温板性能指标见表 3－2。

表 3－2　　石膏内保温板性能指标

项　　目	指　　标
密度（面层）/kg·m^{-3}	≤1150
热导率（面层）/W（m·K）$^{-1}$	0.20～0.50
板重/kg·m^{-2}	≤25
抗压强度（面层）/MPa	≥7.0
抗弯荷载/N	≥1.8G（G 为板材重量）
抗冲击	冲击 10 次，背面无裂纹（砂袋 10kg）
收缩率（%）	≤0.08
含水率（%）	≤5
软化系数	>0.50

2. 辅助材料

1）石膏类粘结剂。用于保温板与墙体固定。

2）接缝腻子。用于处理板缝，初凝时间大于 0.5h，抗压强度大于 3.0MPa，抗折强度大于 1.5MPa。

3）聚合物砂浆粘结剂。

4）石膏腻子。

5）玻璃纤维网布条，用于板缝处理（布宽 50mm）和墙面转角附加层（布宽 200mm）。

3. 施工方法

1）在主体墙内侧用 1∶3 的水泥砂浆做成 20mm 厚，直径 100mm 的冲筋，其作用是形成 20mm 厚的空气层并找平和粘贴石膏保温板。冲筋布置如图 3

－12 所示。

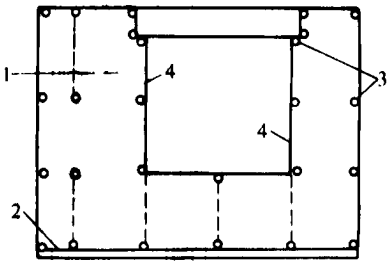


图 3－12　冲筋位置示意图

1—保温板　2—保温踢脚　3—冲筋（点）　4—窗开口处用粘结剂堵严

2）先用聚合物砂浆粘结剂粘贴防水保温踢脚。

3）板上端和冲筋上满刮石膏类粘结剂，粘贴石膏保温板并使整体墙面保持垂直平整。

4）在两板拼接处的凹槽内刮 WKF 接缝腻子一道，贴 50mm 宽的玻璃纤维网布条一层，压平、粘牢，再用 WKF 腻子刮平。

5）整体墙面打磨平整后，满刮石膏腻子一道。干后再刮石膏腻子一道，每道腻子干后需打磨平整，最后按设计规定做内饰面层。墙面转角处加贴 200mm 宽玻璃纤维网布条一层。

6）安装节点：楼地面处用石膏型粘结剂做防水保温踢脚，如图 3－13 所示。

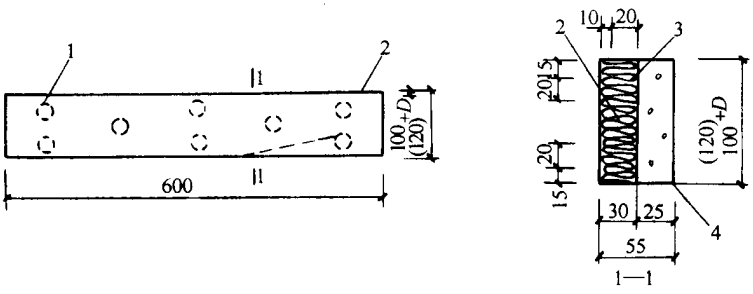


图 3－13　防水保温踢脚

1—8 个 ϕ20mm 混凝土连接点　2—聚苯板　3—ϕ20mm 混凝土连接

4—C15 细石混凝土点状嵌入聚苯板深 20mm

第三节　P－GRC 外墙内保温施工

P－GRC 外墙内保温的全称为“玻璃纤维增强聚合物水泥聚苯乙烯复合外墙内保温板”。该板由聚合物乳液、水泥、砂子配制成的砂浆做面层，用耐碱玻璃纤维网格布做增强材料，用自熄性聚苯乙烯泡沫塑料板做芯材，这是一种夹芯的内保温板材。

1. **保温板规格与性能指标**　板长 900～1500mm，板宽 595mm，板厚有 40mm 和 50mm 两种。P－GRC 外墙内保温板性能指标，见表 3－3。

表 3－3　　P－GRC 外墙内保温板性能指标

项　　日	指　　标	项　　目	指　　标
密度（面层）/kg·m^{-3}	≤1600	抗冲击	冲击 10 次，背面无裂纹（砂袋重 5kg）落差 0.5m
热导率（面层）/W（m·K）$^{-1}$	<0.44		
板重/kg·m^{-2}	≤25	收缩率（%）	≤0.08
抗压强度（面层）/MPa	≥10	含水率（%）	≤10
抗弯荷载/N	≥1.8G（G 为板材重量）	软化系数	>0.80

2. **安装用辅助材料**　P－CRC 外墙内保温墙体施工所用辅助材料用途及性能要求见表 3－4。

表 3－4　　辅助材料用途及性能要求

材　料　名　称	用　　途　　及　　要　　求			
聚合物乳液粘结剂	用于保温板与墙体固定、板缝粘接和墙面满贴玻璃纤维网布			
	压剪胶结强度和耐久性能： 常温（14h）大于 1.0MPa　泡水（7 天）大于 1.0MPa 拉伸胶结强度大于 0.2MPa　时间大于 10min 收缩串小于 0.5%			
石膏腻于	抗压强度	>2.5MPa	终凝时间	3h
	抗折强度	>1.0MPa	粘结强度	>0.2MPa
玻璃纤维网布	用于墙面满贴			
	耐碱玻璃纤维网格市（挂胶） 网格　10mm×10mm 布重　>80g/m^2 断裂强度　25mm×100mm 布条 径向大于 3.0MPa　纬线大于 1.5MPa			

续表

材料名称	用途及要求	
玻璃纤维用撸布舞	板缝处理（布宽 50mm）和墙面转角附加层（布宽 200mm）	
	耐碱玻璃纤维布（挂胶） 布重 断裂强度	8 孔/2.54cm 大于 80g/m² 25mm × 100mm 布条 径向大于 3.0MPa 纬线大于 1.5MPa

3. 施工安装

1）在主墙体内侧水平方向抹 20mm 厚、60mm 宽的 1∶3 水泥砂浆冲筋（带）。冲筋（带）布置如图 3－14 所示。

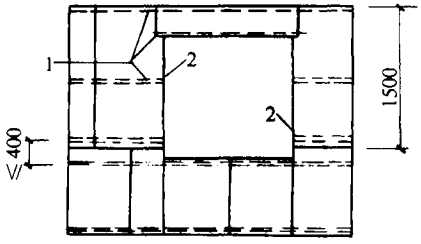


图 3－14　P－GRC 内保温板冲筋（带）示意图

1—冲筋　2—窗口处用粘结剂堵严

2）板一侧、板上端和冲筋（带）上澜刮聚合物乳液胶粘剂，粘贴 P－GRC 内保温板，使整体墙面垂直平整。板下端用木楔临时固定，在板下空隙内用 C10 细石混凝土填实，待达到一定强度后再撤去木楔。

3）在平整的 P－GRC 内保温板墙面上，先用聚合物乳液胶结剂在板拼缝及墙面转角处粘贴附加的玻璃纤维网布条，然后满刮石膏腻子一道，干后打磨平整。

4）在墙面横向满贴玻璃纤维网布一层，干后打磨平整，再满刮石膏腻子一道。

5）按设计规定做内饰面层。

6）安装节点。安装 P－GRC 内保温板节点图与 GRC 内保温板节点图相同。但凡是用水泥型粘结剂的地方一律改为聚合物型粘结剂。

第四节　其他五种外墙内保温施工

除以上介绍的三种外墙保温板外，还有五种工厂预制的内保温板，即充气石膏板、水泥聚苯板、纸面石膏聚苯复合板、纸面石膏玻璃棉复合板与无纸石膏聚苯复合板。

1. 五种保温板的规格尺寸　五种保温板的规格尺寸见表 3－5。

表 3－5　五种保温板的规格尺寸

板　名	充气石膏　板	水泥聚苯　板	纸面石膏聚苯复合板	纸面石膏玻璃棉复合板	无纸石膏聚苯复合板
规格尺寸/mm	长 900 宽 600 高 50～90	长 900 宽 600 高 50～90	长 2500～3000 宽 900～1200 厚 42～52	长 2500～3000 宽 900～1200 厚 42、47、52	长 800～850 宽 600 厚 45～60

2. 辅助材料　五种保温板安装用辅助材料见表 3－6。

表 3－6　五种保温板安装用辅助材料

板　名	安　装　用　辅　助　材　料
充气石膏板	粘结石膏：921 型，用于板与主体墙体帖接；922 型用于板面粘贴玻璃纤维布；中碱玻璃纤堆网布，2.5mm/in，布重大于 80g/m^2，断裂强度 25mm×100mm 布条，径向＞3.0MPa，纬向＞15kg；SG－821 腻子，EC－6 型砂浆粘结剂，丁苯 505 胶 聚苯板：自然性，密度 20g/m^3，氧指数＞30%
水泥聚苯板	EC－6 型砂浆粘结剂，耐碱玻璃纤维网布，EC－1 表面处理剂胶浆，EC－5 聚合物砂浆，425# 普通硅酸盐水泥，白灰，纸筋，弹性沥青防水胶
纸面石膏聚苯复合板	粘结剂，中碱玻璃纤维布，WKF 接缝腻子，金属护角条，防水保温踢脚，EC－5 型聚合物砂浆，425# 普通硅酸盐水泥
纸面石膏玻璃棉复合板	粘结剂，中碱玻璃纤维布，WKF 接缝腻子，金属护角条，塑料钉，防水保温踢脚，EC－5 型聚合物砂浆，聚苯板（自熄性），425# 普通硅酸盐水泥
无纸石膏聚苯复合板	粘结剂，中碱玻璃纤维布，SG－821 型腻子，防水保温踢脚，EC－5 型聚合物砂浆，107 胶

3. 施工安装

（1）充气石膏板：在主体墙内侧面用粘接石膏形成 20mm 厚的空气层；用 921 型粘结剂粘贴充气石膏板。粘结剂面积不小于板面面积 15%；板拼缝内用粘结剂嵌严；在充气石膏板面上用 922 型粘结剂横向满贴玻璃纤维布一层；用 SG－821 腻子刮平 2～3 遍，总厚度约 31mm。为防止建筑物西、北两侧外墙结露返潮，贴完保温板后，应采用丁苯 505 胶水泥砂浆贴玻璃纤维布。凡保温层易受损处和厨房、卫生间等湿度大的地方，不宜使用充气石膏板，应采用 GRC 内保温板、P－GRC 内保温板和水泥聚苯板。

（2）水泥聚苯板：在主体墙内侧面用粘接砂浆找出 10mm 空气层；用 EC－6 型砂浆粘结剂粘贴水泥聚苯板，粘接布置如图 3－15，粘结剂面积不小于板面积 20%；在板面上用 EC－1 表面处理剂胶浆横向满贴玻璃纤维布一层；抹 8mm 厚水泥白灰砂浆底灰，并用 2mm 厚纸筋灰罩面。为防止建筑物西、北两侧外墙内表面结露返潮，要在保温板上刷弹性沥青防水胶一层，然后再做面层。在厨房、卫生间等湿度较大之处，应做防潮防水处理。先在水泥聚苯板上用 EC－1 表面处理剂胶浆横向满贴玻璃纤维布一层，再抹 6mm 厚 EC－5 型聚合物砂浆，然后再抹 12mm 厚水泥砂浆面层。水泥聚苯板粘接点布置，如图 3－15 所示。

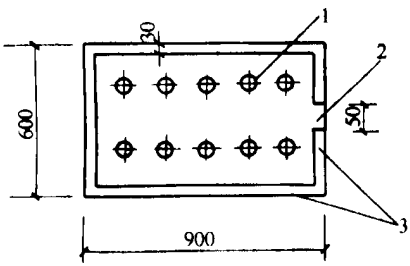


图 3－15　水泥聚苯板粘结点布置图

1—ϕ60mm 粘结剂（点粘）　2—排气口　3—粘结削（条粘）

（3）纸面石膏聚苯复合板：在主体墙内表面作水泥砂浆冲筋，并找出 20mm 空气层；用Ⅱ型粘结剂将水泥聚苯板粘贴于水泥砂浆冲筋上；板拚缝内用粘结剂嵌严；板的中间部位采取点粘，如图 3－16 所示。面层纸面石膏的接缝必须坡口与坡口相接，不能与平口相接。平门板可用于阴、阳角处。接缝处理如图 3－17 所示。踢脚部位必须采用防水保温踢脚。楼梯间内和厨

房、卫生间等湿度较大的房间应采用 GRC 保温板，P－GRC 内保温板或聚苯板。

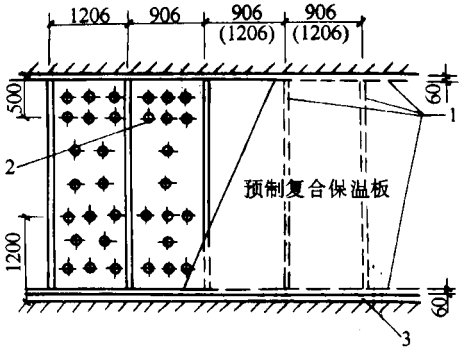


图 3－16　纸面石膏聚苯复合板粘结点分布图

1—1:3 水泥砂浆冲筋　2—粘结点　3—防水保温踢脚

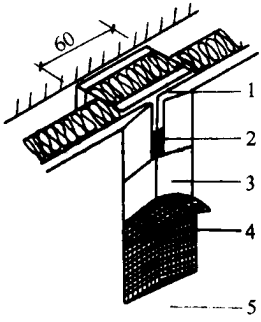


图 3－17　接缝处理示意图

1—纸面石膏板（带坡口）缝宽　2—WKF 接缝腻子嵌严板缝　3—刮一层 WKF 接缝腻子

4—粘贴一层玻璃纤维布、压实粘牢　5—表面用 WKF 接缝腻子刮平

（4）纸面石膏玻璃棉复合板：在主体墙内表面做水泥砂浆冲筋，并形成 20mm 厚空气层；用粘结剂将水泥聚苯板粘贴于水泥砂浆冲筋上，板四周条贴，板中间点粘贴；板拼缝内用粘结剂嵌严；板层纸面石膏的接缝必须坡口与坡口相接，平口板可用于阴、阳角处。如图 3－18 所示。踢脚部位必须采用防水保温踢脚。楼梯间内和厨房、卫生间等湿度较大的房间应采用 GRC 保温板、P－GRC 内保温板或水泥聚苯板。

（5）无纸石膏聚苯复合板：在主体墙内侧面用粘结剂找出 20mm 厚空气层；用Ⅰ、Ⅱ型粘结剂粘贴无纸石膏聚苯复合板；在板面上 107 胶横向满贴

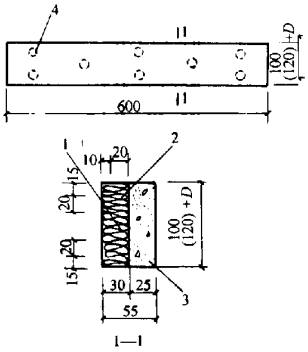


图 3－18　防水保温踢脚

1—聚苯板　2—ϕ20mm 混凝土连结点　3—C15 细石混凝土点状嵌入聚苯板深 20mm

4—8 个 ϕ20mm 混凝土连结点　D—楼、地面面层及垫层厚度

玻璃纤维布一层；用 SG－821 腻子刮平 2～3 遍，总厚度约 5mm；踢脚部位必须采用防水保温踢脚。阴、阳角转角拼接处须加贴玻璃纤维布一层，然后，再随板面横向满贴玻璃纤维布一层。与内墙及顶棚灰转角交接处玻璃纤维布需包裹 100mm，并压入内墙抹灰层内；楼梯间内和厨房、卫生间等湿度较大的房间应采用 GRC 内保温板，P－GRC 内保温板或水泥聚苯板。

（6）上述 5 种内保温施工的安装节点：上述 5 种内保温板的安装节点如图 3－19～图 3－24 所示。

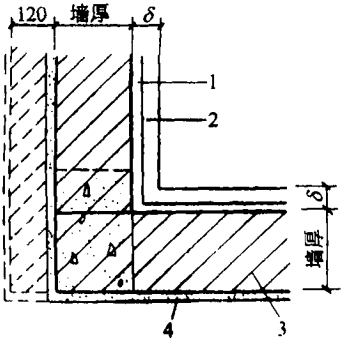


图 3－19　转角墙

注：虚线表示用于清水砖墙时组合柱位

1—空气层　2—保温结构层　3—砖墙（或混凝土墙）　4—外墙外饰面　δ—保温层厚度

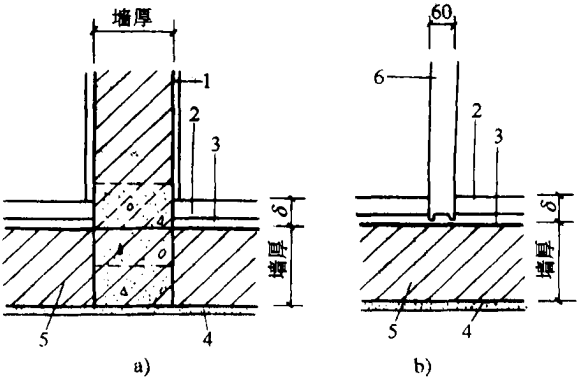


图 3－20　丁字墙

a）承重墙　b）轻隔断墙

1—内墙抹灰　2—保温结构层　3—空气层　4—外墙外饰面　5—砖墙（或混凝土墙）　6—轻隔断墙　δ—保温层厚度

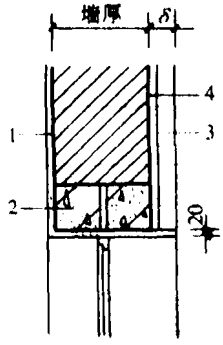


图 3－21　窗上（用于砖墙）

1—外墙外饰面　2—预制过梁　3—保温结构层　4—空气层　δ—保温层厚度

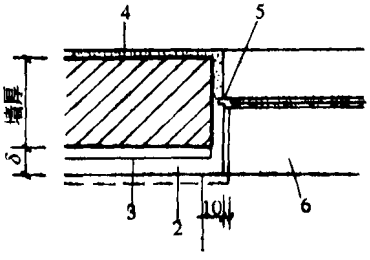


图 3－22　门侧（用于砖墙）

1—虚线为窗台线　2—保温结构层　3—空气层　4—外墙外饰面　5—建筑密封膏嵌严　6—门框　δ—保温层厚度

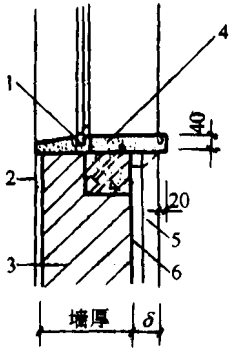


图 3－23　窗下

1—建筑密封膏嵌严　2—外墙外饰面　3—砖墙（或混凝土墙）　4—预制水泥窗台板

5—保温结构层　6—空气层　δ—保温层厚度

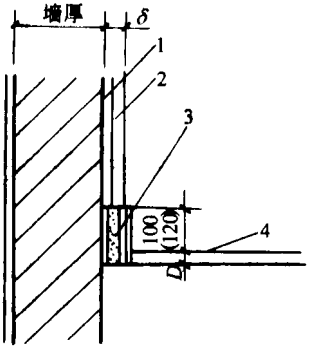


图 3－24　楼面

1—空气层　2—保温结构层　3—防水保温水泥踢脚　4—室内楼面　δ—保温层厚度

第四章　保温屋面施工

第一节　现浇膨胀珍珠岩保温屋面施工

1. **现浇膨胀珍珠岩保温屋面用料规格及用料配合比**　现浇膨胀珍珠岩保温屋面用料规格及用料参考配合比见表 4－1。用做保温隔热层的用料体积配合比一般采用 1∶12 左右。

表 4－1　　现浇膨胀珍珠岩保温屋面用料规格及用料参考配合比

用料体积比		密度/kg·m^{-3}	抗压强度/kPa	热导率 λ/W(m·K)$^{-1}$
普通硅酸盐水泥(425 号)	膨胀珍珠岩(密度：120～160kg/m^3)			
1	6	548	1.65	0.121
1	8	610	1.95	0.085
1	10	389	1.15	0.080
1	12	360	1.05	0.074
1	14	351	1.00	0.071
1	16	315	0.85	0.064

2. **施工方法**

1）水泥和珍珠岩按设计规定的配合比用搅拌机或人工干拌均匀，再加水拌合。水灰比不宜过高，否则珍珠岩将由于体轻而上浮，发生离析现象。灰浆稠度以外观松散，尹捏成团不散，挤不出灰浆或只能挤出极少量灰浆为宜。

2）根据设计对屋面坡度和各点厚度要求，首先将屋面各控制点处的保温层铺好，然后根据已铺好的控制点的厚度拉线控制保温层的虚铺厚度（铺设厚度与设计厚度之比称为压缩比，一般采用 130% 左右），进行大面积铺

设。铺设后可用木夯轻轻夯实，以由铺设厚度夯至设计厚度为止。

3）珍珠岩灰浆浇捣夯实后，由于其表面粗糙，铺设卷材不利，因此，必须再做 1:3 水泥细砂浆找平层一层，厚度为 7～10mm。可在保温层做好后 2～3d 再做找平层。整个保温隔热层包括找平层在内，抗压强度可达 1MPa 以上。

4）由于珍珠岩灰浆含水量较少，且水分散发较快，因此保温层应在浇捣完毕一周以内浇水养护。在夏季，保温层施工完毕 10d 后，即可完全干燥，铺设卷材。

第二节　现浇水泥蛭石保温屋面施工

1. 现浇水泥蛭石保温屋面使用材料及施工配合比

1）所用原材料水泥应不低于 325 号普通硅酸盐水泥，一般选用 425 号普通硅酸盐水泥。

2）膨胀蛭石可选用 5～20mm 的大颗粒级配。水泥与膨胀蛭石的体积比，一般为 1:12。水泥水灰比一般为 1:2.4～2.6（体积比）。现场检查方法是，将拌好的水泥蛭石浆用手紧捏成团不散，并稍有水泥浆滴下时为宜。常见配合比见表 4－2。

表 4－2　　现浇水泥蛭石保温屋面施工配合比

配合比 水泥：蛭石：水（体积比）	每 m^3 水泥蛭石浆用料数量		压缩半（%）	1:3 水泥砂浆找平层厚度/mm	养护时间/h	表观密度/$kg \cdot m^{-3}$	抗压强度/MPa	热导率/$W(m \cdot K)^{-1}$
	水泥/kg	蛭石/L						
1:12:4	425 号普硅水泥 110	1300	130	10	112	290	0.25	0.087
1:10:4	425 号普硅水泥 130	1300	130	10	112	320	0.30	0.093
1:12:3.3	425 号普硅水泥 110	1300	140	10	112	310	0.30	0.0919
1:10:3	425 号普硅水泥 130	1300	140	10	112	330	0，35	0.0988
1:12:3	325 号矿渣水泥 110	1300	130	15	112	290	0.25	0.087
1:12:4	325 号矿渣水泥 110	1300	130	5	112	290	0.25	0.087
1:10:4	325 号矿渣水泥 110	1300	125	10	112	320	0.34	0.087

2. 施工方法

1）可采用人工拌合。可先将定量的水与水泥均匀调成水泥浆，然后用

小桶将水泥浆均匀地泼在定量的膨胀蛭石上，随泼随拌，拌合均匀。膨胀蛭石用量按下式计算：

$$Q = 150x$$

式中　Q——$100m^2$ 隔热保温层中膨胀蛭石的用量（m^3）；

x——隔热保温层的设计厚度（m）。

2）屋面铺设隔热保温层时，应采取“分仓”施工，每仓宽度为 700～900mm。可采用木板分隔，也可采用特制的钢筋尺控制宽度和铺设厚度。由于膨胀蛭石吸水较快，施工时最好把原材料运至铺设地点，随拌随铺，以确保水灰比准确和工程质量。

3）铺厚度为设计厚度的 130%（不包括找平层），铺后用木拍板拍实抹平至设计厚度。铺设时应尽可能使膨胀蛭石颗粒的层理平面与铺设平面平行。

4）水泥蛭石砂浆压实抹平后应立即抹找平层，两者不得分两个阶段施工。找平层砂浆配合比为：425 号水泥：粗砂：细砂 = 1∶2∶1，稠度为 7～8cm。找平层抹好后，一般情况下可不必洒水养护。

第三节　硬质聚氨酯泡沫塑料保温屋面施工

1. 硬质聚氨酯泡沫塑料技术性能要求　硬质聚氨酯泡沫塑料是把含有羟基的聚醚或聚酯树脂与异氰酸酯反应构成聚氨酯主体，并由异氰酸酯与水反应生成的二氧化碳或用低沸点的氟氢化烷烃为发泡剂，生产内部具有无数小气孔的一种塑料制品。在保温屋面施工时，将液体聚氨酯组合料直接喷涂在屋面板上，使硬质聚氨酯泡沫塑料固化后与基层形成无拼接缝的整体保温层。其技术性能要求见表 4－3。

表 4－3　硬质聚氨酯泡沫塑料技术性能要求（GB10800—1989）

项　目	指　标			
	Ⅰ		Ⅱ	
	A	B	A	B
表观密度/$kg \cdot m^{-3}$　≥	30	30	30	30

续表

项目					指标			
					Ⅰ		Ⅱ	
					A	B	A	B
压缩性能（屈服点时或形成10%时的压缩应力）/kPa				≥	100	100	100	100
热导率/W（m·K）$^{-1}$				≤	0.022	0.027	0.022	0.027
尺寸稳定性（70℃，48h）（%）				≤	5	5	5	5
水蒸气透湿系数（23℃±2℃，0~85%RH）/ng（Pa·m·s）$^{-1}$				≤	6.5		6.5	
体积吸水率（%）				≤	4		3	
燃烧性	1级	垂直燃烧法	平均燃烧时间/s	≤	30		30	
			平均燃烧高度/mm	≤	250		250	
	2级	水平燃烧法	平均燃烧时间/s	≤	90		90	
			平均燃烧范围/mm	≤	50		50	
	3级	非阻燃型			无要求		无要求	
饰面聚苯板抗压强度/kPa					>0.85			

2. 施工方法

1）直接喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料保温屋面，必须在屋面其他所有工程全部完工后方可施工。穿过屋面的管道、设备或预埋件，应在直接喷涂前安装好。喷涂的基层表面应牢固、平整、干燥，无油污和尘灰、杂物。

2）非结构找坡的屋面（坡度1%~3%）及檐口、檐沟、天沟的基层排水坡度必须符合设计要求。结构找坡的屋面檐口、檐沟、天沟的纵向排水坡度不宜小于5%。可在基层上用1:3水泥砂浆找坡，也可利用水泥砂浆保护层找坡。在装配式屋面上，为避免结构变形将硬质聚氨酯泡沫塑料层拉裂，应沿屋面板的端缝铺设一层宽为300mm的油毡条，再直接喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料层。

3）屋面与突出屋面结构的连接处（泛水处），喷涂在立面上的硬质聚氨酯泡沫塑料层高度不宜小于250mm。

4）直接喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料的边缘尺寸界限要求。檐口：喷涂到距檐口边缘100mm处。檐沟：现浇整体檐沟喷涂到檐沟内侧立面与檐沟底面交接处；预制装配式檐沟，其沟内两侧立面和底面均要喷涂，并与屋面的硬质聚氨酯泡沫塑料层连接成一体。天沟：内侧3个面均要喷涂，并与屋面的

硬质聚氨酯泡沫塑料层连接成一体。水落口：喷涂到水落口周围内边缘处。水泥砂浆保护层应分格，分格面积不应大于 $9m^2$，分格缝应用防腐木条，其宽度不大于 15mm。

第四节　饰面聚苯板保温屋面施工

1. 饰面聚苯板性能要求　饰面聚苯板是用聚苯乙烯泡沫塑料做保温层，其下用 BP 粘结剂与屋面基层粘结牢固，其上面抹用 ST 水泥拌制的水泥砂浆，形成硬质表面，并作为找平层，然后便进行上层防水施工。其物理和力学性能见表 4－4。

表 4－4　饰面聚苯板物理和力学性能指标

项　目		指　标
聚　苯　板	密度/$kg \cdot m^{-3}$	16～19
	热导率/W（m·K）$^{-1}$	0.035
BP 粘结剂	凝结时间/min	＞30
	抗压强度/kPa	＞4
	抗折强度/kPa	＞2.5
	粘结强度/kPa	＞0.3
ST 水泥	凝结时间/h	＞2
	抗压强度/kPa	8
	抗折强度/kPa	2
	粘接强度/kPa	＞0.2

2. 施工方法

1）饰面聚苯板铺设前，应先将屋面隔气层清理干净。铺设时，用料铲或刮刀将膏状的 BP 粘结剂均匀地抹在隔气层上，厚度控制在 1cm 以内，再用磙子找平，然后将聚苯板满贴其上，并用手压揉拍打使板与基层粘接牢固，缝隙内用 BP 粘结剂塞实抹平，所有接缝处还要用粘结剂贴一条 10cm 宽的浸胶低碱的玻璃纤维布，以增强保温层的整体。BP 粘结剂与水的重量配合比为 1∶0.6，用料槽搅拌，并控制每次的拌合料在 40min 内用完。

2）ST 水泥砂浆找平层，其厚度一般为 2cm。可在饰面聚苯板铺贴 4h 后

进行。施工时，先将袋装水泥（包括 BP 粘结剂，由厂家提供）、细砂和水按照 1:2:0.5 的配合比倒入搅拌机中，拌合 5min 后，出料尽快使用。找平层施工时，要一次抹平压光，并站在跳板上操作，以防压裂饰面聚苯板，分格缝按 6cm 设置，缝宽 20mm，缝内填塞防水油膏。完工后 7d 内必须浇水养护，以防裂缝产生。

第五节　水泥聚苯板保温屋面施工

1. 水泥聚苯板　水泥聚苯板是由聚苯乙烯泡沫塑料下脚料及回收的旧包装破碎的颗粒，加入适量水泥、EC 起泡剂和 EC 粘结剂，经成形养护而成的板材。

2. 施工方法

（1）铺设保温板材：铺浆前先在隔气层上（可用氯丁胶乳沥青）均匀涂刷界面处理剂，其配合比为：水：TY 粘结剂 = 1:1，然后铺 1cm 的 1:3 水泥砂浆，即可将保温板材平稳地铺压其上。板与板间自然接铺，对缝或错缝铺砌均可，缝隙用砂浆填塞。为防止大面积屋面热胀冷缩引起开裂，施工时按不大于 700m^2 的面积断开，并做通气槽和通气孔，以确保质量。

（2）水泥砂浆找平层：水泥聚苯板上抹水泥砂浆找平层，是在板材铺设 0.5d 后，在板面适量洒水湿润，再在其上刷界面处理剂，其配合比为 1:2.5。第一遍厚 8～10mm，刮杆摊平，木抹压实；第二遍在 24h 后抹灰，厚度为 15～20mm。找平层分格缝（纵横间距）按 6cm 设置，缝宽 20mm，缝内填塞防水油膏。完工后 7d 内必须浇水养护，以防裂缝产生。

第五章　门窗施工

对于采暖建筑的窗户，其耗热量包括两方面，一是窗户（包括窗框和玻璃）的传热耗热量，一是窗户缝隙的冷风耗热量渗透。为此，节能窗户必须从这两方面着手，减少热量消耗，一是通过窗户加层，改用传热系数较小的框料以及阻断热桥等措施，减少窗户的传热系数，增强保温性能。一是通过改善窗户制作安装精度，加安密封条等办法，减少空气渗透，减少冷风渗透耗能。

第一节　PVC 塑料保温节能门窗施工

保温节能门窗，目前主要选用的是塑料门窗。它是由 PVC 树脂为胶结料，加入稳定剂、润滑剂、填料、颜料经混料、捏合、挤出冷却定型成异型材后，再经焊接、拼装、修整成的门窗制品。

塑料门窗通常分为三类：

1）PVC 钙塑门窗。价格低廉，可以塑代木。

2）改性 PVC 塑料门窗。门窗框扇由双螺杆挤出的中空异型材构成，这是目前塑料门窗的主体。

3）其他树脂作原料的塑料门窗。这类产品很少，主要有酚醛塑料门窗、玻璃钢门窗、聚丙烯塑料窗等。

1. 施工准备

1）施工材料。PVC 塑料门窗的规格、尺寸均符合设计要求。主要材料有木楔、钢钉密封膏、自攻螺钉、木螺钉、水泥（425 号以上）、砂等。

2）结构工程完成后，经验收达到合格标准，已办好工种之间的交接手续。

3）按图弹好门窗位置线，并根据已弹好的 50cm 水平线，确定好标高。

4）校核门窗洞口尺寸及标高是否符合要求，并保证连接件位置正确。

2. 安装施工

（1）安装工艺流程

检查门窗洞口 → 确定连接点位置 → 与墙体连接 → 填缝 → 安装五金 → 清理

（2）定连接点位置：在连接点布置时，首先应保证在与铰链水平的位置上设连接点。应注意相邻两连接点的间距不得大于 600mm，同时在转角和有搭接处的连接点间距应小一些。为了适应型材的线性膨胀，一般不允许在有横档或坚挺的部位设置窗框与墙体的连接紧固点，最近的连接点应设置于与其相距 150mm 处。

（3）与墙体连接：连接方法有直接固定法、连接件固定法和假框法。

连接件固定法：在塑料窗异型材的窗框靠墙一侧的凹槽内或突出部位，私下安装之字形铁件作连接件。塑料窗放入窗洞调整对中后用木楔临时稳定固位，然后将连接铁件的伸出端用射钉或膨胀螺栓固定于洞壁基体。

（4）填缝：塑料窗框于墙体之间的间隙，应填入矿渣棉、玻璃棉或泡沫塑料等绝缘材料做缓冲层，在间隙外侧再用弹性封缝材料，如氯丁橡胶条或密封膏密封，以封闭缝隙并同时适应硬质 PVC 的热伸缩特性。注意不可采用含沥青的嵌缝材料，以避免沥青材料对 PVC 的不良影响。

（5）安装允许偏差：见表 5－1。

表 5－1　　塑料门窗安装允许偏差　　（单位：mm）

项　次	项　　目		允许偏差	检　验　方　法
1	门窗槽口对角线尺寸之差	≤2000 >2000	≤3 ≤5	用钢卷尺检查
2	门窗框（含拼樘料）的垂直度	≤2000 >2000	≤2 ≤3	用线坠、水平靠尺检查
3	门窗框（含拼樘料）的水平度	≤2000 >2000	≤2 ≤3	用水平靠尺检查
4	门窗横框标高		≤5	用钢板尺检查
5	门窗竖向偏离中心		≤5	用线坠、钢板尺检查
6	双层门窗内外框、梃（含拼樘料）中心距		≤4	用钢板尺检查

第二节　门窗密封条施工

1. 安设门窗密封条

（1）种类：密封条产品种类很多，主要有自粘性的，另用胶粘剂粘接的，用钉子或螺栓固定、可镶嵌在门窗框预留槽内的等。

（2）施工方法

1）密封条品种规格的选择，要与门窗的类型、缝隙的宽窄以及使用的部位相匹配，否则将达不到预期效果。密封条可在生产门窗时在工厂内直接安装在门窗上，但在门窗运输时，必须注意防止具翘曲变形。

2）贴密封条前，心事先将门窗接缝处清理干净，保证无灰尘和污物。平开窗用密封条，应贴在门窗缝受压面，不宜贴在受剪切面上，否则会大大缩短密封条寿命。

3）密封条的固定位置，应做到使按缝完全封住，又要避免门窗关得过紧或过松。自粘性密封条在粘贴时，要用于依次认真按压，务使粘接牢固。用胶粘接的密封条，在门窗框扇接缝处涂上胶液后，视胶液种类的不同，往往需要晾置几分钟，待胶液中溶剂挥发，再将密封条贴上，使之牢固。

2. 挤注门窗密封条　将密封膏用挤枪挤注在门窗框扇接缝处，关上后挤压成形固化，即成门窗密封条，其尺寸厚薄正好与门窗缝隙一致。此种密封条造价低，较为实用。施工方法：

1）将钢窗框扇之间接缝认真清理，使之干净、干燥。

2）对钢窗接缝处的非粘接面，贴上单面胶带，其表面再刷上防粘硅油。防粘硅油必须刷满，粘接面处不得漏刷。

3）用挤枪对准接缝受压面挤注密封膏，挤注时必须做到厚薄宽窄符合密封要求，均匀一致。

4）根据施工时温湿度情况，24～48h 内膏状密封条固化。此时可推开钢窗开启扇，对已成形的密封条外观不整齐部分，用刀进行修整。如局部原先挤注厚度不够，可以补充挤注。经最终修整后，除去防粘纸。

第七篇

供热采暖及其运行节能技术

第一章　概　　述

将自然界的能源直接或间接转化为热能以满足人们需要的科学技术，称为热能工程；生产、输配和应用中、低品位热能的工程技术则称为供热工程；供热工程中的载能体即热媒主要采用水或蒸汽。热能用户的热系统主要有：一类为保证建筑物卫生和舒适条件的用热系统，如供暖、通风、空调和热水供应等；另一类为以消耗中、低品位热能为主的生产工艺用热系统。

在能源消耗总量中，第一类用热系统占有较大比例，美国、日本约占 1/4 ~ 1/3；第二类用热则更大。

第一节　供暖工程类型

供暖工程是指为保持适度室温和舒适环境，用人工方法向室内供给热量的技术。供暖系统是由热媒制备（热源）、热媒输送和热媒利用（散热设备）三个主要部分组成。热媒制备、输送、利用三者为一体的供暖系统，称为局部供暖系统，如烟气供暖、电供暖和燃气供暖等。热源和散热设备分别设置，由热媒管道相连，即由热源通过热力管道向各个房间或各栋建筑物供给热量的供暖系统，称为集中式供暖系统，如图 1 – 1 所示。

热水锅炉 1 和散热器 4 分别设置，通过热水管道（供水管与回水管）3 相连。循环水泵 2 使供暖系统的回水送人热水锅炉 1 中加热，并送到散热器，热水在散热器中冷却后，返回锅炉重新加热。膨胀水箱 5，用于容纳供暖系统升温后的膨胀水量，并使系统保持一定的压力。

供暖系统中室内散热供暖方式可分为对流供暖和辐射供暖两种。以散热器为散热设备采取对流换热的供暖方式者，称为对流供暖，也称为散热器供暖系统；对流供暖的另一种方式是利用热空气作为热媒，向室内供给热量的热风供暖系统。辐射供暖是以辐射传热为主的一种供暖方式。它的散热设

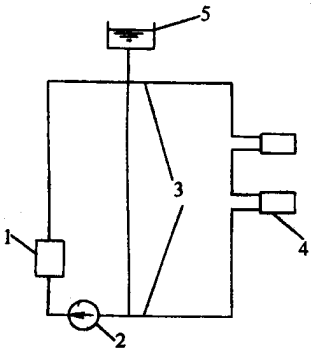


图 1－1　集中式供暖系统示意图

1—热水锅炉　2—循环水泵　3—热水管道　4—散热器　5—膨胀水箱

备，主要采用金属辐射板或以建筑物顶棚、地板、墙壁作为辐射散热面。

第二节　集中供热工程

集中供热系统由热源、管网和热用户三部分组成。

1. 热源　供热系统中的热源系指供热热媒的来源，它是热能生产和供给的中心。一般有区域锅炉房、热电厂、工业余热和地热等。

（1）热电厂：热电厂供热主要是利用汽轮机中、后部做功后的低品位蒸汽的热能，这种既供电，又供暖的汽轮机组可以使汽轮机的冷源损失得到有效利用，从而显著提高热电联合生产的综合利用效率。典型的热电联产和分散供电供热系统及其热量平衡示意，如图 1－2 所示。

如果采用热电联产方式，获得相同数量电能和热量，理论上所耗燃料比分产方式（分别由锅炉房供热和凝汽电厂供电）可少 1/3 左右。

热电厂的供热机主要有背压式汽轮机和抽汽式汽轮机等形式。

（2）区域锅炉房：区域锅炉房一般都装置容量大、效率高的蒸汽锅炉或热水锅炉，向城市各类用户供应生产、生活用热。区域锅炉房的规模和场地选择比较灵活，投资比热电厂少，建设周期比较短，但热能利用率低于热电厂，它是目前城市集中供热热源的一种主要形式。它既可单独向一些街区供热，形成独立的供热系统，也可以作为热电厂的辅助热源，在高峰负荷时，与热电厂联合供热。

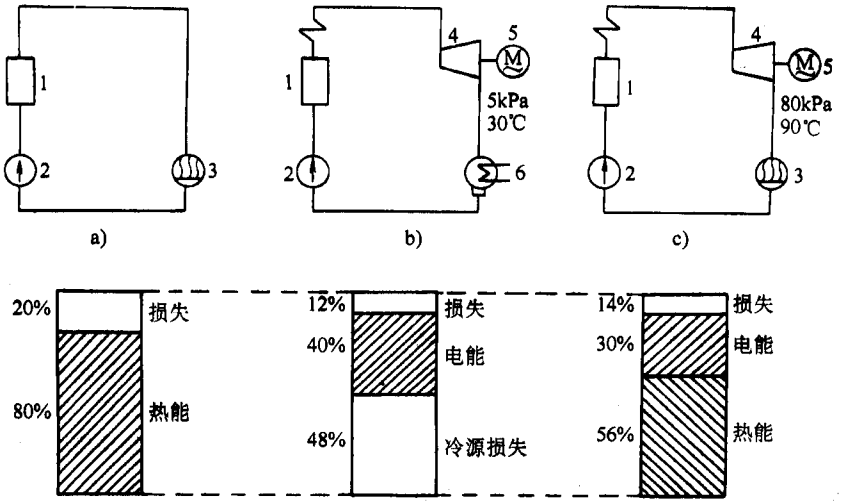


图 1－2　热电联产和分产供电供热系统及热量平衡图

a）区域锅炉房供热　b）凝汽发电　c）热电联产

1—锅炉　2—给水泵　3—热用户　4—汽轮机　5—发电机　6—凝汽器

热电厂和区域锅炉房大多数采用矿物燃料。有的国家发展以核裂变为热源的核电厂和核供热站，也有一些国家建设了垃圾焚烧厂以及燃烧麦杆、木材下脚料的热电厂或锅炉房。这些在我国都有应用实例。

（3）工业余热：工业余热的主要热源有：

1）从冶金炉、加热炉、工业窑炉等各种工艺设备的燃料气化装置排出的高温烟气。将其引入余热锅炉，生产蒸汽直接或间接加热热水供热。

2）各种工艺设备的冷却水。

3）各种工艺设备，如蒸汽锤等做功后的蒸汽。

4）熔渣物理热等。

工业余热一般用以满足本厂及住宅区的生产及生活用热，也可以并入热网和其他热源联合供热。

（4）地热：地热水供热是利用蕴藏在地下的热水资源，由开采并抽出向用户供热。它具有节省燃料和无污染的优点。为了防止水位下降，一般将利用后的地热水经回灌井返回地下。

地热水供暖可分为直接系统和间接系统两种。直接系统是将地热直接引入热用户系统，它具有设施简单，基础建设投资少等优点，但地热中含有硫化氢等杂质会造成系统管道和设备腐蚀。间接系统是通过换热器加热热水以

供给用户，它虽可以避免管道和设备的腐蚀，但是设施复杂，基建投资高。

地热水的温度较低，可在系统中装置高峰锅炉，或利用热泵等方法提高地热水温度，以扩大供热面积和降低成本。

2. 热网　热网是指由热源向热用户输送和分配供热介质的管线系统。由输热干线、配热干线、支线等组成。热网多采用枝状，少数采用环状，又可分为热水热网和蒸汽热网两种。

1）热水管网还可分为单管、双管和多管系统。热水单管系统只有一条供水管，热水经供暖散热、生活使用后不再返回热源，只适用于生活用热量大，热源充足的情况，如上面提到的地热水供暖系统。热水双管系统，适用于热水沿供水管送到用户，散热降温后又经回水管返回热源的情况，应用最广泛。热水多管系统，适用于两种或两种以上具有不同参数要求或不同调节特性的用户。

2）蒸汽热网一般常拥有凝结水管系统。蒸汽由热源经蒸汽管道输送到用户，在用热装置中放热并形成凝结水，再沿着凝结水管返回热源。当凝结水无回收价值时，可采用无凝结水管的蒸汽管网。

3）供热管道的敷设方式。敷设方式有地下敷设和地上敷设两种。

地下敷设方式，多用于市区供热管网，它可分为有沟敷设和无沟敷设。有沟敷设是指供热管道敷设在地沟内，管道不承受外界负载；无沟敷设是指管道直接埋于土壤中，无地沟管道直接承受外界负载，造价低廉，施工方便。

地上敷设方式多用于工业区、郊区、地下水位高、永久冻土区和湿陷性土壤等地质构造特殊的地区。

供热管道一般采用钢管并有防腐保温措施。为防止供热介质温度变化而破坏管道，还应设置热补偿装置。

3. 热用户　热用户是指集中供热系统利用热能的用户。热用户按用途不同，可分为建筑采暖、通风空调、生活热水和工业生产等类型。

为适应用户的需要，热网在进入一批用户的地方应设立热力站。根据用户性质不同可分为民用热力站和工业热力站。

民用热力站系统多数采用热水作为热媒，如图 1－3 所示。按连接方式，可分为直接连接和间接连接。直接连接时，热网的供热介质进入用户系统，有的采用水泵或喷射泵等混合装置，调节进入用户的压力　温度和流量等供

热介质参数。间接连接时，热网的供热介质通过表面式换热器进行热能交换，热网的供热介质不进入用户，进入用户的二次水靠水泵驱动循环。

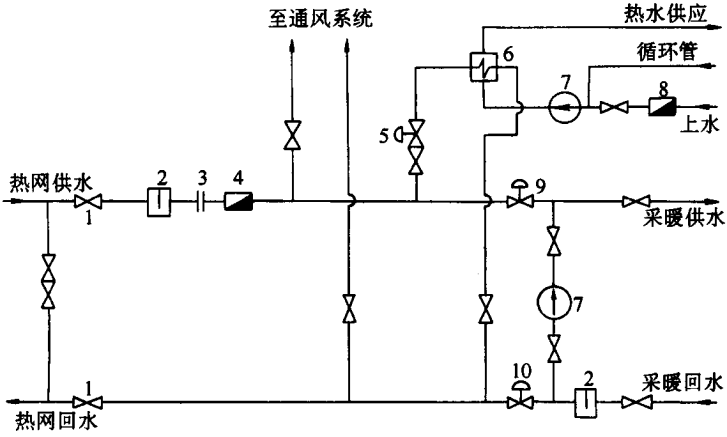


图 1－3　民用热水热力站示意图

1—阀门　2—除污器　3—调压板　4—流量计（或热量表）　5—温度调节器

6—换热器　7—水泵　8—水表　9—流量调节器　10—力调节器

工业热力站系统大多采用蒸汽作为热媒，工业蒸汽热力站示意，如图 1－4 所示。热网蒸汽首先进入分汽缸，然后再根据用汽设备要求的工作压力、温度等参数要求，经减压阀或减温阀调节后送人用户系统，其凝结水经凝结水箱、凝结水泵送回热源。

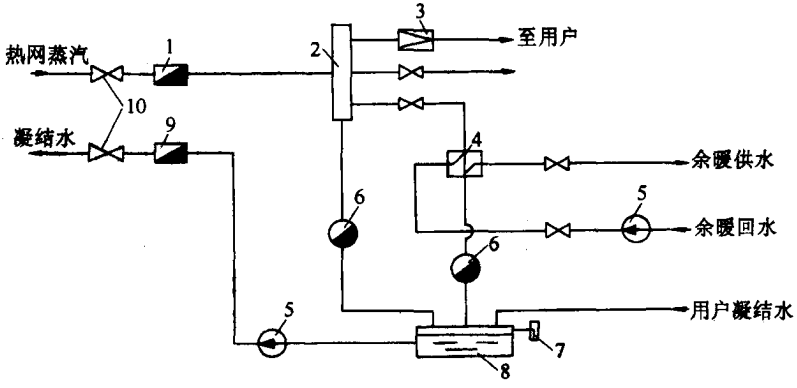


图 1－4　工业蒸汽热力站示意图

1—蒸汽流量计　2—分汽缸　3—减压阀　4—换热器　5—水泵　6—疏水器

7—水封　8—凝结水箱　9—凝结水表　10—阀门

4. 集中供热系统的类型

（1）区域锅炉房集中供热系统：它是指以区域锅炉房为热源的供热系统，如图 1－5 所示。

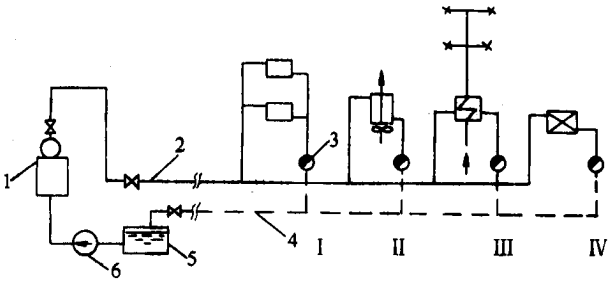


图 1－5　区域锅炉房集中供热系统

1—蒸汽锅炉　2—蒸汽干管　3—疏水器　4—凝水干管　5—凝结水箱　6—锅炉给水泵

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ—室内供暖、通风、热水供应和生产工艺和热系统

（2）热电厂集中供热系统：它是以热电厂作为热源的供热系统，如图 1－6 所示。由热电厂同时供应电能和热能的能源综合供应方式，称为热电联产，也称为“热化”。

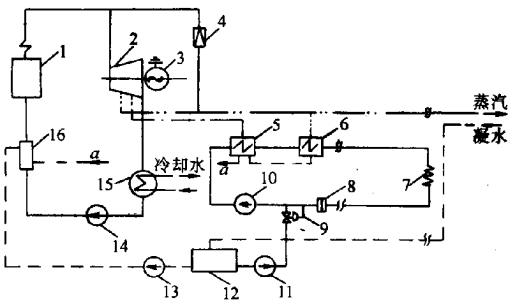


图 1－6　热电厂集中供热系统

1—蒸汽锅炉　2—供热汽轮机　3—发电机　4—减压减温装置　5—基本加热器

6—尖峰加热器　7—热用户　8—除污器　9—补给水压力调节顺　10—热网循环水泵

11—补给水泵　12—水处理装置　13—给水泵　14—凝结水泵　15—冷凝器　16—回热装置

第三节　节能标准的有关规定

1. 适用范围的规定　民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）（JGJ26—1995）总则中规定：本标准适用于严寒和寒冷地区设置集中采暖的新建和扩建居住建筑的建筑热工与采暖节能设计。暂无条件设置集中采暖的

居住建筑，其围护结构宜按本标准执行，一则有利于节能和改善室内热环境，二则为将来条件许可时设置集中采暖创造有利条件。

我国严寒和寒冷地区，主要包括东北、华北和西北地区（简称三北地区），累年日平均温度低于或等于 5℃的天数，一般都在 90 天以上，最长的满洲里达 211 天。这一地区习惯上称为采暖地区，其面积约占我国国土面积的 70%。居住建筑主要包括住宅建筑（约占 92%）和集体宿舍、招待所、旅馆、托幼建筑等（约占 8%）。集中采暖系指由分散锅炉房、小区锅炉房和城市热网等热源，通过管道向建筑物供热的采暖方式。改建的居住建筑如有节能要求，应按国家现行有关标准规范的规定执行。至于使用功能与居住建筑相近的其他民用建筑，工业企业辅助建筑，究竟包括哪些建筑，如何参照使用也不够明确，故都不列入本标准适用范围。

2. 建筑物耗热量指标和采暖耗煤量指标计算方法（见第三篇第四章第一节）

第二章 供热系统的调节控制与热量计量

第一节 计量与监测仪表

为使供暖系统运行管理走向科学化，设计中应考虑装设必要的计量与监测仪表。

1. 锅炉房的主要计量仪表

1）总耗水量的水表。

2）给水量的水表。

3）动力电表。

4）照明电表。

5）锅炉房总输出的热量计或流量计。

6）供回水温度自动记录仪。

7）中型以上锅炉建议设置燃煤量的计量仪。

中型以上锅炉建议设置以下参数的监测仪表：

1）炉膛温度。

2）炉膛压力。

3）排烟温度。

4）烟气成分。

5）空气过剩系数。

6）排烟量。

2. 采暖热量计量与调控设备

（1）热表：用于计量热量的仪表，能测出热水的流量与供回水的温差，并计量两者乘积进行累计。热表一般安装在楼梯间或户内。

（2）热量分配表：安装在每个散热器上用来测量每个散热器在系统中用

热量的比例，即耗热量。

（3）散热器恒温阀：安装在散热器上自动控制室内温度的阀门，可按设定值自动调节散热器内的热水供应量。

（4）平衡阀及专用智能仪表：平衡阀是一种定量化的可调节流通能力的孔板装置。它所带的专用智能仪表是与平衡阀的配套软件技术。

锅炉房及供暖系统，见图 2－1 所示。

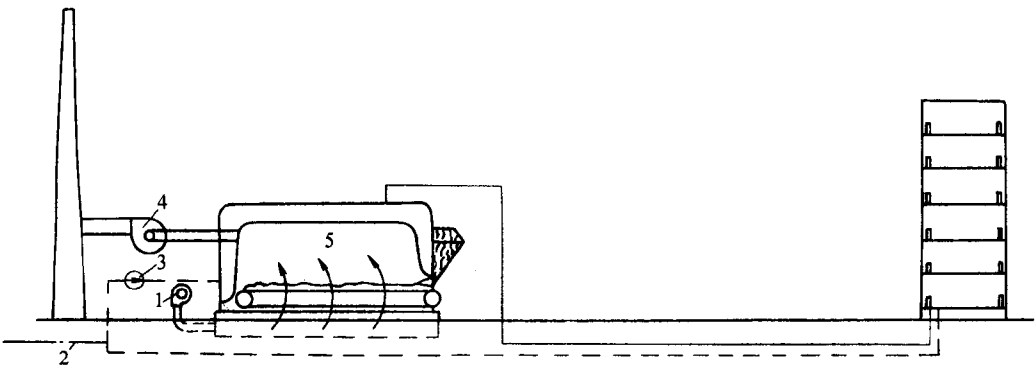


图 2－1　锅炉房及供暖系统

1—鼓风机　2—补给水　3—循环水泵　4—引风机　5—锅炉

第二节　室外供暖管网

1. 管网设计的水力平衡　室外供暖管网中通过各建筑的并联环路之间的水力平衡是整个供暖系统达到节能的必要条件，因为当不利建筑环路的流量偏低时，其室内平均温度也必然低于其他建筑。为使不利建筑环路的建筑物达到起码的舒适温度而提高整个管网的运行水温，则其他建筑的平均室温往往超过设计温度，从而造成热能的浪费。

为使室外供暖管网中通过各建筑的并联环路达到水力平衡，其主要手段是在各环路的建筑入口处设置手动或自动调节装置或孔板调压装置，以消除环路余压。当采用手动调节流量时，阀门应具有接近线性关系的“流量一开启度”特性曲线。

手动调节装置有手动调节阀及平衡阀。平衡阀除具有调压的功能外，还

可用来测定通过的介质流量。

采用孔板调压装置时，调压孔板用不锈钢板制作，其孔径的经验计算公式如下：

$$d = 6.36\sqrt[4]{G^2/p} \tag{2-1}$$

式中 d——孔径（mm）；

G——采暖入口流量（m^3/h）；

P——采暖入口要求消除压力（kPa）。

在调压孔板前的管道上应注意设置除污器，以免堵塞管道。

2. 住宅区内公共建筑的管网连接 住宅、托幼等居住建筑属全天 24h 内要求维持一定舒适温度的建筑，夜间允许室温适当下降，但不得超过一定幅度。此类建筑应采用连续供暖。

住宅区内的公共建筑，如中小学、商店、办公楼等，在一天中的使用时间低于 24h。只要在使用时间之前把室温提高到正常温度即可。这类建筑采用间歇供暖是经济合理的，从供暖热损失与室内外平均温差成正比关系的角度来分析，是可以节能的。

在连续供暖的住宅区内公共建筑实行间歇供暖，如图 2－2 所示。

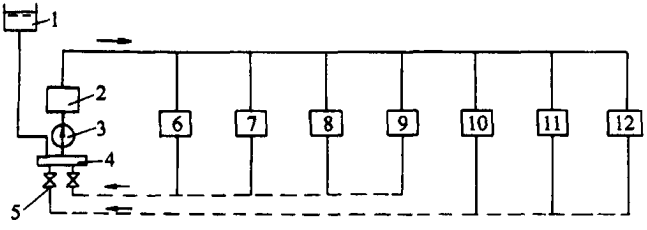


图 2－2 室外管网连接方案

1—膨胀水箱 2—锅炉 3—循环水泵 4—集水器 5—阀门

6、7、8、9—住宅、托幼 10、11、12—中小学、商店、办公楼

由图 2－2 可见，住宅建筑和公共建筑共用室外供暖的供水干管，而回水干管则分别设置，并接回到锅炉房内的集水器。在日常的运行中，通过定时起闭公共建筑回水干管连接集水器处的关闭阀 5，就可以方便地实现公共建筑的间歇供暖，从而节约其建筑耗热量。

第三节　室内供暖系统

1. 热负荷计算　住宅区锅炉房的供暖运行制度宜确定为连续供暖，以利于提高锅炉的全日平均运行效率。在住宅等居住建筑的室内供暖系统的设计时，从热损失计算开始即应按连续供暖考虑，而不考虑间歇因素的影响。不仅室内供暖系统的散热器及管道等部分的初投资有所节约，而且锅炉房的运行水温可以提高到更接近于设计水温。

2. 干管分环布置　在建筑物的主要朝向为南北向时，南向房间因受太阳直射的影响，晴天通过南向外窗单层玻璃进入室内的辐射量达 1.5～2.3kW·h/（m^2·d），通过南向外墙的平均传热量比相同面积的北向外墙的平均传热量约少 30%左右。在设计中除采用朝向修正率的方法使南向和北向的计算热负荷的比例较为符合实际外，在室内干管的布置方面，可将南北向分开环路并设置手动或自动调节阀门进行调节，以减少南向与北向房间的室温失调现象。

3. 室内供暖系统设计的水力平衡　室内供暖系统中通过各散热器的并联环路之间的水力平衡是各供暖房间达到室温基本平衡的必要条件。任何环路的流量偏低时，其室内温度的偏低现象要求提高管网的运行水温，往往造成其他环路的室温超过设计温度和形成热能的浪费。

为使室内供暖系统中通过各并联环路达到水力平衡，其主要手段是在于管和支管的管径计算中进行较为详细、准确的阻力计算，而不是依靠阀门的手动调节来达到水力平衡。

4. 温控阀　西欧国家普遍采用在散热器的供水支管上设置温控阀或在回水支管上设置回水温度限制器的办法，避免各项因素可能引起的室温偏高或回水温度偏高的现象，有助于节约能源，值得借鉴。

当温控阀的制造质量可靠、生产厂有保修服务，而且工程造价允许时，设计中采用温控阀时应注意下列问题：

（1）系统布置：目前安装温控阀的系统或目前尚无条件而今后准备增设温控阀的系统宜按双管系统布置管道。

（2）防堵塞：温控阀的通水阀孔断面狭小，系统水流中的污物极易在此

处形成堵塞。为此，温控阀宜在室内管道通水冲洗之后安装。此外，宜在系统人口干管和立管的适当部位考虑设置过滤装置。

第四节 计量供热系统设计

1. 计量供热系统的形式 计量供热已成为供热系统的发展方向。它不仅能做到用热分户计量，而且能满足用户热舒适和取热自由的要求，并具备室温可调、分室控温的功能。计量供热系统的形式可分为新单管系统和新双管系统，如图 2－3 所示。

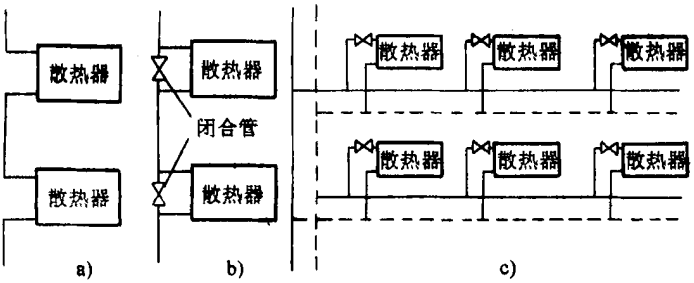


图 2－3 计量供热系统形式示意图

a）传统单管串联式 b）新单管系统 c）新双管系统

图 2－3a 为传统的单管串联形式。其缺点是上下楼层间相互贯通，各户缺乏自主调节的手段，不宜实现按户计热的要求。图 2－3b 为新单管系统，它是在已有单管串联式的每组散热器的供回水管之间加闭合管，这是已有系统的改造方案。图 2－3c 为新双管系统，该系统用户可根据自己的要求设定室内温度，满足舒适度要求，增强系统水力稳定性，减少垂直失调度。各用户双管并联，入口处采用压差控制器，保证供回水压差恒定，可随意调节，互不影响。

2. 分户热计量方案 目前较为可行的分户热计量方案有以下 3 种

1）对于新建居住建筑，采用在楼梯间设共用的供回水立管，并与分户独立系统相连接。分户独立系统，包含有入户总阀门、过滤器、热量表以及较长的户内管道系统等环节，阻力远大于单组散热器的阻力，而共同的供回水立管的阻力和自然作用压力值相对较小，基本可避免垂直失调问题。热表

可安设在楼梯间专用管井内。

2）对于既有居住建筑，可采用在每组散热器两端的管道之间，加设旁通跨越管与散热器并联。在散热器一侧安装散热器恒温阀，在散热器上安设热量分配计，形成新单管系统。此法可避免垂直失调，减少不同朝向房间的温差，并可实现室内温度的调节。

3）采用低温地板辐射采温技术。该技术将热水管埋设在混凝土地面内，热水管加热地面后，向上辐射散热。此法居住舒适、热稳定性较好，节约能源，较厚的地板及地板内敷设的铝箔聚苯板尚可改善楼板的隔声效果和上下楼层间的传热量。

3. 计量供暖系统的调控　分户热计量对热源和系统的影响，表现在负荷和流量的多变特性，热源、室外系统、室内系统和户内系统均应与此适应。

1）热源设备的燃烧调节、运行过程热媒的总体质调节和变流量系统调节，应充分挖掘节能潜力。除采用自动调控装置外，还应采用手动调节。

2）实现计量供暖系统的水力平衡。静态平衡是动态平衡的基础，对于总体供暖不足的系统，应首先解决好静态平衡。为此，应做好室外区域管网的统筹设计，室内外系统须经严格的水力平衡计算，以及设置必要的调节构件作为补充手段。

3）室外供热系统的控制。应按室外气温与回水温度自动调节供水水温；水泵宜采用适应室内采暖系统流量变化的变频控制技术。

为避免在每一分户人户口都设置自动调节装置，宜尽量增加末端系统阻力的比例。

4）分室温度控制应依不同的调节方式，确定在散热器上采用恒温阀或手动阀实施分室温度调节。

户用热量表的选择和管径的尺寸应认真进行水力平衡计算确定。

第五节　供暖节能设计登记表

供暖节能设计登记表见表 2－1。

表 2－1 **供暖节能设计登记表**

（设计供暖锅炉房或热力点时需填本表）

工程名称：　　供暖面积：

设计的供暖方式（打勾）：间歇（　　）　连续（　　）

锅炉	**供暖锅炉型号：**_____　**台数：**_____**台** **单台锅炉容量：热水锅炉**_____ $\times 10^6$ W（**或**_____**万** kJ/h） **蒸汽锅炉**_____ t/h **锅炉额定效率：**_____ %
风机	**鼓风机：型号**_____　**引风机：型号**_____ **风量**____ m^3/h　**风量**_____ m^3/h **风压**____ Pa　**风压**_____ Pa **功率**____ kW　**功率**_____ kW
循环水泵	**循环水泵型号：**_____；　**循环水泵型号：**_____ **常用**____**台，备用**____**台；　常用**____**台，　备用**____**台** **单台流量**____ m^3/h；　**单台流量**____ m^3/h **单台扬程**____ m；　**单台场程**____ m **单台轴功率**____ kW；　**单台轴功率**____ kW **全日理论供热量** $\sum Q$ ____ kW·h/d（**锅炉总容量** $\times$ 24h/d） **全日理论水泵耗电量** ε ____ kW·h/d（**水泵常用总轴功率** $\times$ 24h/d） **设计条件下输送单位热量的电耗** $\varepsilon \sum Q =$ ____； **室外管网主干线供回水管总长度** $\sum L =$ ____ m； **按节能设计标准的最大单位热量的电耗值**

第三章　建筑热工节能设计规定

第一节　一般规定

1）建筑物朝向宜采用南北向或接近南北向，主要房间宜避开冬季主导风向。

2）建筑物体形系数宜控制在 0.30 及 0.30 以下；若体形系数大于 0.30，则屋顶和外墙应加强保温，其传热系数应符合附录 A 表 A.8 的规定。

3）采暖居住建筑的楼梯间和外廊应设置门窗；在采暖期室外平均温度为 -0.1～-6.0℃的地区，楼梯间不采暖时，楼梯间隔墙和户门应采取保温措施。在 -6.0℃以下地区，楼梯间应采暖，入口处应设置门斗等避风设施。

第二节　围护结构设计

1）不同地区采暖居住建筑各部分围护结构的传热系数不应超过附录 A 表 A.8 规定的限值。

2）当实际采用的窗户传热系数比附录 A 表 A.8 规定的大于或等于限值 0.5 时，在满足新标准规定的耗热量指标条件下，应重新计算确定外墙和屋顶所需的传热系数。

3）外墙受周边混凝土梁、柱等热桥影响条件下，其平均传热系数不应超过附录 A 表 A.8 规定的限值。

4）窗户（包括阳台门上部透明部分）面积不宜过大。不同朝向的窗墙面积比不应超过表 3-1 规定的数值。

表 3－1 不同朝向的窗墙面积比

朝 向	窗墙面积比
北	0.25
东、西	0.30
南	0.35

注：窗墙面积比超过上表规定的数值，则应调整外墙和屋顶等围护结构的传热系数，使建筑物耗热量指标达到规定要求。

5）设计中应采用气密性良好的窗户（包括阳台门），其气密性等级，在1～6层建筑中，不应低于现行国家标准《建筑外窗空气密性能分级及其检测方法》（GB/T7107—2002）规定的Ⅲ级水平；在7～30层建筑中，不应低于上述标准规定的Ⅱ级水平。

6）在建筑物采用气密窗或窗户加设密封条的情况下，房间应设置可以调节的换气装置或其他可行的换气设施。

7）围护结构的热桥部位应采取保温措施，以保证其内表面温度不低于室内空气露点温度并减少附加传热热损失。

8）采暖期室外平均温度低于－5.0℃的地区，建筑物外墙在室内地坪以下的垂直墙面，以及周边直接接触土壤的地面应采取保温措施。在室内地坪以下的垂直墙面，其传热系数不应超过附录A表A.8规定的周边地面传热系数限值。在外墙周边从外墙内侧算起2.0m范围内，地面的传热系数不应超过0.30W/（m^2.K）。

第四章　采暖供热节能设计规定

第一节　一般规定

1）居住建筑的采暖供热应以热电厂和区域锅炉房为主要热源。在工厂区附近，应充分利用工业余热和废热。

2）城市新建的住宅区，在当地没有热电联产和工业余热、废热资源可利用的情况下，应建以集中锅炉房为热源的供热系统。集中锅炉房的单台容量不宜小于 7.0MW，供热面积不宜小于 10 万 m^2。对于规模较小的住宅区，锅炉房的单台容量可适当降低，但不宜小于 4.2MW。在新建锅炉房时应考虑与城市热网连接的可能性。锅炉房宜建在靠近热负荷密度大的地区。

3）新建居住建筑的采暖供热系统，应按热水连续采暖进行设计。住宅区内的商业、文化及其他公共建筑以及工厂生活区的采暖方式，可根据其使用性质、供热要求由技术经济比较确定。

第二节　采暖供热系统的规定

1）在设计采暖供热系统时，应详细进行热负荷的调查和计算，确定系统的合理规模和供热半径。当系统的规模较大时，宜采用间接连接的一、二次水系统，从而提高热源的运行效率，减少输配电耗。一次水设计供水温度应取 115～130℃，回水温度应取 70～80℃。

2）在进行室内采暖系统设计时，设计人员应考虑按户热表计量和分室控制温度的可能性。房间的散热器面积应按设计热负荷合理选取。室内采暖系统宜南北朝向房间分开环路布置。采暖房间有不保温采暖干管时，干管散

人房间的热量应予考虑。

3）设计中应对采暖供热系统进行水力平衡计算，确保各环路水量符合设计要求。在室外各环路及建筑物入口处采暖供水管（或回水管）路上应安装平衡阀或其他水力平衡元件，并进行水力平衡调试。对同一热源有不同类型用户的系统，应考虑分不同时间供热的可能性。

4）在设计热力站时，间接连接的热力站应选用结构紧凑，传热系数高，使用寿命长的换热器。换热器的传热系数宜大于或等于 3000W/（m^2·K）。直接连接和间接连接的热力站均应设置必要的自动或手动调节装置。

5）锅炉的选型应与当地长期供应的煤种相匹配。锅炉的额定效率不应低于表 4－1 中规定的数值。

表 4－1　　锅炉最低额定效率　　（%）

燃料品种		发热值 /kJ·kg^{-1}	锅炉容量/MW				
			2.8	4.2	7.0	14.0	28.0
烟煤	Ⅰ	15500～19700	72	73	74	76	78
	Ⅱ	＞19700	74	76	78	80	82

6）锅炉房总装机容量应按下式确定：

$$Q_B = Q_0/\eta_1 \tag{4-1}$$

式中　Q_B——锅炉房总装机容量（W）；

Q_0——锅炉负担的采暖设计热负荷（W）；

η_1——室外管网输送效率，一般取 0.90。

7）新建锅炉房选用锅炉台数，宜采用 2～3 台，在低于设计运行负荷条件下，单台锅炉运行负荷不应低于额定负荷的 50%。

8）锅炉用鼓风机、引风机与除尘器，宜单炉配置，其容量应与锅炉容量相匹配。选取设备的功率消耗宜低于或接近表 4－2，规定的数值。设计中应充分利用锅炉产生的各种余热。

表 4－2　燃用Ⅱ、Ⅲ类烟煤层燃炉的鼓风机与引风机区配指标

风　机		鼓　风　机			引　风　机		
锅炉容量		风量/$m^3 \cdot h^{-1}$		配用电动机功率/kW	风量/$m^3 \cdot h^{-1}$		配用电动机功率/kW
热水锅炉	蒸汽锅炉	风　压			风　压		
MW	t/h	Pa	mmH_2O		Pa	mmH_2O	
2.8	4	6000		202	10590		10.0
		508	52		2225	227	
4.2	6	9100		5.5	16060		13.0
		1362	139		2097	214	
7.0	10	14760		7.5	25200		22.0
		1352	138		2097	214	
14.0	20	29520		17.0	150400		40.0
		1352	138		2097	214	
28.0	40	59040		30.0	100800		75.0
		1352	138		2097	214	

9）一、二次循环水泵应选用高效节能低噪声水泵。水泵台数宜采用 2 台，一用一备。容量较大时，可合理增加台数，但必须避免“大流量、小温差”的运行方式。一次水泵选用时应考虑分阶段改变流量质调节的可能性。系统的水质应符合现行国家标准《热水水质标准》（GB1576—2001）的要求。锅炉容量较大时，宜设置除氧装置。

10）设计中应提出对锅炉房、热力站和建筑物人口进行参数监测与计量的要求。锅炉管、热力站和每个独立建筑物入口应设置供回水温度计、压力表和热表，若热水流量补水系统应设置水表。锅炉房动力用电、水泵用电和照明用电应分别计量。单台锅炉超过 7.0MW 的大型锅炉房，应设置计算机监控系统。

11）热水采暖供热系统的一、二次水的动力消耗应予以控制。一般情况下，耗电输热比 HER，即设计条件下输送单位热量的耗电量值，应不大于按下式所得的计算值：

$$HER = \frac{\varepsilon}{\sum Q} = \frac{\tau P}{24qA} \leqslant \frac{0.0056\ [14 + a \sum L]}{\Delta t} \tag{4-2}$$

式中　HER——耗电输热比；

$\sum Q$——全日系统供热量（kW·h）；

ε——全日理论水泵输送耗电量（kW.h）；

τ——全日水泵运行时数，连续运行时 $\tau = 24h$；

P——水泵铭牌轴功率（kW）；

q——采暖设计热负荷指标（kW/m^2）；

A——系统的供热面积（m^2）；

Δt——设计供回水温差，对于一次网，$\Delta t = 45 \sim 50℃$，对于二次网，$\Delta t = 25℃$；

$\sum L$——室外管网主干线（包括供回水管）总长度（m）。

a 的取值：

$\sum L \leqslant 500m$，$a = 0.0115$；

$500m < \sum L < 1000m$，$a = 0.0092$；

$\sum L \geqslant 1000m$，$a = 0.0069$。

一次网和二次网按式（4－2）计算所得的 HER 值见表 4－3。

表 4－3 *HER* 计算值

管网主干线总长度 $\sum L$/m	设计供回水温差 Δt/℃		
	50	45	25
200	0.0018	0.0020	0.0037
400	0.0021	0.0023	0.0042
600	0.0022	0.0024	0.0044
800	0.0024	0.0026	0.0048
1000	0.0025	0.0028	0.0050
1500	0.0027	0.0030	0.0055
2000	0.0031	0.0035	0.0062
2500	0.0035	0.0039	0.0070
3000	0.0039	0.0043	0.0078
3500	0.0043	0.0047	0.0085
4000	0.0047	0.0052	0.0093

第三节　管道敷设与保温的规定

1）设计一、二次热水管网时，应采用经济合理的敷设方式。对于庭院管网和二次网，宜采用宜埋管敷设。对于一次管网，当直径较大且地下水位不高时可采用地沟敷设。

2）采暖供热管道保温厚度应按现行国家标准《设备及管道保温设计导则》（GB/T8175—1987）中经济厚度的计算公式确定。

3）当供热热媒与采暖管道周围空气之间的温差等于或低于 60℃时，安装在室外或室内地沟中的采暖供热管道的保温厚度不得小于表 4－4 中规定的数值。

表 4－4　　采暖供热管道最小保温厚度 δ_{min}

保　温　材　料	管道公称直径 D_o/mm	管道外径 D/mm	最小保温厚度 δ_{min}/mm
岩棉或矿棉管壳			
$\lambda_m = 0.0314 + 0.0002t_m$ W/（m·K）	25～32	32～38	30
$t_m = 70$℃	40～200	45～219	35
$\lambda_m = 0.0452$W/（m·K）	250～300	273～325	45
玻璃棉管壳			
$\lambda_m = 0.0244 + 0.00018t_m$ W/（m·K）	25～32	32～38	25
$t_m = 70$℃	40～200	45～219	30
$\lambda_m = 0.037$W/（m·K）	250～300	273～325	40
聚氨酯硬质泡沫保温管（直埋管）			
$\lambda_m = 0.024 + 0.00014t_m$ W/（m·K）	25～32	32～38	20
$t_m = 70$℃	40～200	45～219	25
$\lambda_m = 0.03$W/（m·K）	250～300	273～325	35

注：表上 t_m 为保温材料层的平均使用温度（℃），取管道内热媒与管道周围空气的平均温度。

4）当选用其他保温材料或其热导率与表 4－4 的规定值差异较大时，最小保温厚度应按下式修正：

$$\delta'_{min} = \lambda'_m \delta_{min} / \lambda_m \qquad (4-3a)$$

式中　δ'_{min}——修正后的最小保温厚度（mm）；

δ_{min}——表中最小保温厚度（mm）；

λ'_m——实际选用的保温材料在其平均使用温度下的热导率［W/（m·K）］；

λ_m——表中保温材料在其平均使用温度下的热导率［W/（m·K）］。

当实际热媒温度与管道周围空气温度之差大于60℃时，最小保温厚度应按下式修正：

$$\delta'_{min} = (t_w - t_a)\ \delta_{min}/60 \qquad (4-3b)$$

式中 t_w——实际供热热媒温度（℃）；

t_a——管道周围空气温度（℃）。

5）当系统供热面积大于或等于5万 m^2 时，应将200～300mm管径的保温厚度在表4－4最小保温厚度的基础上再增加10mm。

第五章　供热锅炉房节能技术

第一节　概　　述

1. 供热锅炉房节能潜力　正常技术条件下，对于一般住宅建筑，1 蒸吨可供 10000m² 供暖；至于供热锅炉的热效率，按照产品样本，工业锅炉，2～40t/h 的蒸汽锅炉，或 1.4～29MW 的热水锅炉，设计和鉴定热效率一般为 72%～80%；小于等于 4t/h 容量的锅炉的热效率为低限值，6t/h 容量以上的锅炉，其热效率都在 75%以上。锅炉运行实践证明，在正常技术条件下，一些锅炉可长期稳定在 75%以上热效率工况下运行，锅炉设备利用率较全国平均水平可提高 40%，热效率提高 13%，这两种指标的综合效益是，不但节约燃料、电能、运输、人力等，还减轻了对环境的污染，节约了初投资，其中包括设备投资、建筑投资、土地面积等。锅炉房节能除上述两种硬指标外，还有锅炉辅机节电、降低锅炉设备和辅机的储备系数，合理利用投资等。可见，目前锅炉房设计中锅炉容量配置过高，造成巨大浪费，故供热锅炉房节能潜力巨大。

2. 1 蒸吨供 10000m² 住宅采暖的概念　所谓“1 蒸吨供若干建筑面积采暖”是目前采暖技术中的通俗说法。严格讲，锅炉容量的 1 蒸吨（热水锅炉为 0.7MW）供应若干建筑面积采暖有两种情况：一是该建筑群的热网和采暖系统的保温、系统泄漏率、热力和水力工况等基本正常，作为衡量锅炉房机组运行工况的一种尺度；二是指包含锅炉机组以及上述技术参数在不正常状态下对热网和采暖系统的综合影响。后一种情况，如保温层严重破坏、泄漏率过大或热力和水力工况严重失调等，易于暴露，用户一般对此较重视，并设法解决。通常称“1 蒸吨供若干建筑面积采暖”在技术术语中虽不够严格，但较为直观，简单明了，能在很大程度上表示出供热系统实际状态的优劣，

特别是能衡量锅炉机组的运行状态。此术语关系着供热系统锅炉容量的确定，故常被人们所采用。

3. 供热锅炉房的重要地位 全国目前平均每蒸吨仅供 6000m²，这主要由于实际工程中存在诸多不合理因素，问题的关键是供热系统的热源——锅炉机组未达到正常技术水平。

锅炉房作为供热热源工程，是由锅炉及其辅机的产品设计和制造质量、锅炉房工艺设计、安装施工和锅炉房的管理运行等四个主要环节组成的系统工程，其中某一环节出现问题，就影响全局，造成锅炉设备运行状态恶化。

第二节 锅炉及其辅机选型

1. 锅炉选型 就锅炉产品而言，影响锅炉负荷的重要因素是燃烧设备、炉膛结构形式及其内部的气流组织等。对锅炉部分，其受热面在长期运行期间灰污程度是否较低，也是影响锅炉负荷的重要因素。选择锅炉炉型时，不仅根据所需热负荷量，热负荷延续图、工作介质，选择锅炉结构形式、容量和台数，更重要的是针对用户本地供应燃料的品种选择燃烧设备。其次是按投资金额、施工进程、土地使用面积等因素选择组装锅炉或是散装锅炉。

（1）链条炉：在链条炉中，燃料在上部引燃，着火条件差；同时，在燃烧过程中燃料之间无相对运动，料层本身没有自身扰动作用，需人工拨火，所以燃料特性对链条炉的工作有重大影响。换言之，链条炉对燃料有较高要求。选择链条炉，其燃料最好满足如下指标。

1）水分要适当（质量分数），$10\% \leqslant W \leqslant 20\%$，$W$ 为煤的收到基水分。

2）灰分不过高（质量分数），也不过低，$10\% \leqslant A \leqslant 30\%$，A 为煤的灰分。

3）灰熔点不太低，$t_3 > 1200℃$，t_3 为灰熔点中的流动温度。

4）挥发物。一般讲，挥发物越高，越易着火，燃烧也好。挥发物少的煤燃烧很困难，严重影响锅炉出力。对于挥发物含量少的无烟煤，要在较高温度下才析出挥发物，故着火很困难，燃无烟煤的炉膛结构要特殊设计。

5）发热量。要保证锅炉出力，收到基低位发热量 $Q_{dw}^{y} > 18837kJ/kg$。

6）煤的颗粒度。燃料最好分选过。在燃用未经分选过的煤时，0 ~ 6mm

的粉末不应超过 50% ~ 55%，煤块的最大尺寸不应超过 30 ~ 40mm。

7）粘结性适中，不允许有强烈粘结性或碎裂成粉末的性质。粘结性强的煤，由于受到炉内高温辐射的作用，表面软化熔融，形成板状结焦。相反，粘结性弱的煤在受热时易爆裂成细屑碎末，易吹起和增加漏煤，燃烧经济性差又降低锅炉出力。

如果燃料不能满足链条炉上述要求，而又无相应的措施，则必然影响燃烧效果，即影响锅炉的出力和效率。总之，链条炉不宜单纯烧无烟煤及结焦性强和灰分高的低质煤。

（2）往复斜推炉排炉：往复斜推炉排炉（也称往复推饲炉）的燃烧过程和区段与链条炉基本一致，燃料预热干燥、燃烧和燃尽等阶段的完成由前而后地进行；但在往复炉排上，活动炉排对燃料层进行不断地耙动，使炉排与煤层之间相对运动，燃料层之间也有较强的相对运动，能使燃料层表面已着火的“红火”被翻到燃料层的下层，使之成为底层着火的火源，克服了链条炉排上面引火的弱点。活动炉排的这种耙拨作用，还可使燃料层的透气性改善，捣碎焦块，使包裹在燃料外层的灰壳脱落，有利于燃料的燃尽，强化了燃烧。往复斜推炉排着火条件较链条炉好，又实现了拨火的机械化，使其有可能在往复炉排中燃用有粘结性、多灰、发热量低和难以着火的低质烟煤，并有良好的消烟作用。

往复斜推炉排炉的弱点是，由于炉排有倾斜度，炉排片又要作近于水平运动，炉排的侧密封结构难于处理；炉排的耙拨作用易漏风、漏煤；活动炉排在运动时，其炉排片端头不断与灼热的煤层接触，易于烧坏。

总之，往复斜推炉排对煤种适应性广，对一些燃用煤种不稳定的地区，应考虑选用此种燃烧设备。但不宜燃烧挥发性低的贫煤和无烟煤，也不宜燃烧灰熔点低的优质煤。

（3）抛煤机倒转炉排炉，现在多采用机械一风力抛煤机，大容量锅炉加装倒转链条炉设备。由于煤粒在抛撒过程中即已预热焦化，其中的细屑在炉膛中飞扬作悬浮燃烧，其余落在炽热的燃料层上，其着火条件好，属于无限着火，煤种适应性广。缺点是悬浮煤粒细屑与空气混合较差，如调节不当，常造成很高的飞灰损失，不仅降低锅炉运行效率，对后部受热面磨损也很严重，而且污染环境不适宜水分大的煤。总之，由于它具有煤种适应性广，负荷调节灵活，锅炉出力足等优点，仍有一些用户选用。

（4）组装锅炉：组装锅炉结构紧凑、安装快。这对于节省锅炉房建筑造价、要求短期安装即可投运的用户较为适宜。对于热水锅炉而盲，自然循环条件较差，处理不当易产生过冷沸腾，使水冷壁管中结垢。一些组装锅炉锅筒下壁面直接受到炉内火焰高温辐射加热，由于工作条件差引起局部过热，选择组装锅炉，水处理设备不容忽视。

目前相继出现强制循环组装热水锅炉，是由水管组成的管架式角管式结构，克服了烟、水管组装锅炉水循环的弱点。

（5）散装锅炉：由于散装锅炉拥有空间的自由度，配置燃烧设备、炉膛结构形式和炉膛内气流组织有利。它的负荷率（即实际锅炉出力与额定负荷的比值）理应比组装锅炉高。只要达到额定负荷，每蒸吨容量就可供 10000m^2 住宅建筑采暖。

综上所述，选择炉型时，要对该锅炉运行实例进行认真考察，并要对本地燃料特性充分掌握，选用的锅炉型号才能成为优选，否则不但浪费资金且浪费燃料。

2. 锅炉辅机选型　就集中供热锅炉房的锅炉装机容量和用电设备的装机容量而言，我国尚未制定出明确的辅机容量指标。表 5－1 中仅列出 4.2MW（6t/h）热水锅炉的配套鼓风机，引风机电功率表。

表 5－1　　单台 4.2MW 锅炉鼓风机、引风机配套电功率表

项目 / 名称	Ⅰ			Ⅱ			Ⅲ		
	型号	参数	电动机功率/kW	型号	参数	电动机功率 kW	型号	参数	电动机功率/kW
鼓风机	4—72 N o4.5A	Q = 9194 m^3/h H = 2036Pa	7.5	4—72 N o5A	Q = 14328 m^3/h H = 2335Pa	15	4—72 N o5A	Q = 14328 m^3/h H = 2335Pa	15
引风机	y5—47 N o8c	Q = 18740 m^3/h H = 2383Pa	22	y5—47 N o8c	Q = 24000 m^3/h H = 2350Pa	30	y5—47 N o9c	Q = 340040 m^3/h H = 2471Pa	37
合计功率/kW	29.5			45			52		

从表中可见鼓风机、引风机电功率最大相差为 22.5kW，相差幅度达 76%。一些产品达不到技术指标，建议按计算选型，计算公式可查阅各种锅炉房设计手册及有关著作。

第三节　锅炉房工艺设计

锅炉设备的辅机选型是工艺系统设计者的重要任务。设备选型合理，积极配合施工和对用户在运行中存在问题进行技术指导，就会取得很大的经济效益。随着集中锅炉房单机容量和总装机容量的增大，锅炉房设计还要注意以下问题。

1. 运煤设备选择和系统设计　运煤设备对大容量锅炉不仅是将煤输送给燃烧设备，而且还要将块煤破碎到合适的粒度。当煤干燥时要均匀加水，使煤的收到基水分适度。煤斗的设计，包括煤斗进料和出料都要考虑煤的粒度分布，避免块煤进入炉排两侧，煤细屑进入中区，而使炉排上煤层粒度沿横向分布不匀，尤其当燃料层薄时更容易出现火口，破坏煤的稳定燃烧。采取煤斗几个进煤口等时间进料，或采取筛分措施将块煤送入料房下部，碎煤进入料层上部的分层燃烧，对燃烧更为有利。

2. 除渣系统设计　除渣设备是锅炉房中最易出现故障之处。无论选择何种除渣设备，设计时要注意对炉膛的密封作用。有的采用重型刮链，采用水槽密封。对大容量锅炉，灰渣落差很高，这时要防止灰渣垂直向下直接落入水槽。尤其当灰渣形成块状时，大块渣具有较高温度，直落水槽，会产生大量水蒸气，进入炉膛可短时间使炉膛形成正压，重者可烧伤正在观火或拨火的工人，轻者造成锅炉房污染，而且水蒸气突然大量进入炉膛影响正常燃烧工况。故应避免这种情况的发生。

3. 送风、引风系统设计　随着单机锅炉容量的增大，鼓风机、引风机风道断面尺寸和风道壁面压力或吸力也相应增大，风道壁面要适当加厚，并采取加强刚度的措施，以减少运行中风道金属壁面振动。另外，要在风道转弯处或截断面变化剧烈处增设导流板，以避免产生漩流引起振动。大断面风道常发生振动，一旦与某些部件发生共振，则产生巨大噪声，甚至振破烟、风道，影响锅炉正常运行。

4. 热工测量仪表配置；建立微机运行调度、监测系统，按照热负荷延续图和室外温度进行合理的供热系统调节。其测试仪表给出的炉膛出口温度，炉膛负压情况，烟风道各处负压情况、排烟温度，各风室风压等都是司炉调

节锅炉运行的依据。有些测试数据可用微机显示或记录，但有些数据要在司炉操作处显示，以便司炉按数据调试，而不是按视觉调试。当然对于全自控系统除外。

第四节 锅炉的安装施工

锅炉的安装施工质量不仅关系到锅炉能否安全可靠地运行，而且关系到锅炉的长期运行工况，尤其对散装锅炉更为重要。散装锅炉的炉子部分由安装队伍完成，是锅炉制造工序的继续。炉排运行状态，烟、风道的密封性，炉排下风室间的密封性能，炉墙砌筑质量等对锅炉能否满负荷运行影响很大。在前述锅炉测试诊断中，锅炉炉膛过量空气系数和排烟处过量空气系数大都在 2.5～3.0 左右，个别情况达到 7.0，其施工质量是重要原因。

1. 炉排施工　炉排施工不仅要做到炉排能运行正常，而且要对其密封部件严格按技术要求安装。尤其是炉排的两侧密封，既要考虑到受热膨胀后运动机件不致受到阻碍，又不要随意放大缝隙尺寸，以免失去密封作用。

2. 炉墙施工　墙体要严格按照耐火砖砌筑技术规范要求进行砌筑，尤其对墙角的膨胀缝，要填满石棉绳。要考虑到炉墙受热后膨胀方向，不因膨胀而破坏墙体密封性。锅炉墙体的密封性主要在耐火砖的砌筑。

3. 穿墙管的施工　锅炉墙体总有一些管道和集箱穿过，一般是在管道和集箱周围缠绕石棉绳。但此时要注意管子或集箱受热后可能发生的移动及其移动方向。它不仅是向外延伸，有时可能受相连部件的影响而有其他位移倾向。从而使炉墙产生裂缝，造成漏风。

第五节 锅炉房的运行管理

锅炉运行管理是对热力公司而言的。一般单机容量等于或大于 10t/h 的锅炉房，大都设置较全的热工监测仪表，甚至设有微机循环检测和显示，并配置较全的技术管理部门，使管理水平有很大提高。但目前存在如下问题值得重视：

1. 配备专职司炉工　司炉土种是一种技术性很强的工作，对锅炉运行的经济性有直接影响，对热力公司而言，是第一线技工。但是，目前临时司炉工居多，这是锅炉达不到在经济状态下满负荷运行的重要原因。因为锅炉运行要针对各种煤的特性采取不同的运行手段，即使同类品种的煤，当其收到基水分变化时，煤层厚度、煤层推进速度都要相应改变，随着室外温度变化，调节锅炉燃烧负荷，这些都不是用制度硬性规定能做到的。

2. 健全检测制度　某些省市对节煤下达的指标是炉渣含碳量。这就忽视了排烟热损失。由于下达单一指令的结果，司炉为了达到合格炉渣含碳量，运行中过于增加煤在炉内停留时间，增长靠渣区，结果使过量空气系数增加。现将 3 个锅炉房 7 台 20t/h 容量链条热水锅炉运行的过量空气系数列于表 5－2。炉膛内过量空气系数过大，锅炉炉膛平均温度降低，排烟过量空气系数大，除尘器阻力上升，降低了燃烧的所需空气量，使锅炉热效率大大降低。排烟热损失不是视觉所能观察到的，因而最易被忽视。

表 5－2　平时运行工况诊断测试过量空气系数值

名称	锅炉房Ⅰ		锅炉房Ⅱ			锅炉房Ⅲ	
	1 号	2 号	2 号	3 号	4 号	1 号	2 号
炉膛出口过量空气系数 α	2.8①	4.41①	3.3①	2.95①	4.17①	2.7①	2.65②
排烟处过量空气系数 α_{py}	3.45①	6.14①	4.26①	4.22①	5.27①	3.2②	3.01②

注：实际运行负荷占额定负荷的百分比，其中最好一台仅为 58.5%，热效率为 56.7%。

①平时运行工况，连续 4 天诊断测定记录平均值。

②平时运行工况，连续 2 天诊断测定记录平均值。

3. 建立合理的运行制度　锅炉房运行制度不合理，是造成锅炉热效率低的又一重要原因。如某热力公司 2 台 20t/h 链条热水锅炉房的运行记录中的运行时间为

1.00～8.00（7h）　　9:35～12:30（2h55min）

12:00～17:50（5h50nma）　　18:30～22:30（4h）

全天运行近 20h，分 4 次运行，根据锅炉从压火状态启运到达基本稳定热工况至少需 2h，见表 5－3。上述运行制度，低效率下的不稳定工况占总运行时间的 42%，若是将上述运行时间改为每天两次运行，每次 9.5h，则不稳定工况占总运行时间的 21%，锅炉负荷和热效率将有很大提高。

表 5－3 锅炉压火启运后热工况

时间	10:15～11:15	11:15～12:15	12:15～16:15
锅炉热效率（%）	56.97	64.51	76.56
锅炉热效率平均值（%）	60.74		45.56

4. 防止“大马拉小车”的运行方式　锅炉在“大马拉小车”下运行，即低负荷率下运行是锅炉浪费能源的又一重要原因。锅炉只有在；70%～110%额定负荷下运行才处于经济工作状态。从表 5－4 中可看出，稳定工况下负荷率为 76%时，锅炉效率最高为 76.6%，连续低负荷下运行锅炉的效率为 66.09%，反而高于长期停运，负荷率为 81%不稳定工况时锅炉运行效率的 63.08%。

表 5－4 同一台锅炉在不同运行方式下测试结果

项目 / 运行方式	运行总时间/h	锅护效率（%）	负荷率（%）	备注
连续运行	72	66.09	53	见注 1
间歇运行	37.5	63.08	81	见注 2
稳定工况负荷率下运行	7.67	76.6	76	见注 3

注：1. 3 月 18 日 2 时开始启动，连续低负荷率下运行至 3 月 21 日 8 时为止。

2. 锅炉采取停 12h，供 12h 间歇运行，3 月 21 日 8 时至 3 月 24 日 6 时停止。

3. 锅炉在上述间歇运行时的某一段稳定工况的 7.67h，即 3 月 22 日 18 时至 23 日 6 时止。

总之，锅炉房系统工程中的四个主要环节互相影响，紧密相关，如某一环节中的某一主要因素失控，就会影响锅炉的经济运行，使得每蒸吨容量供暖面积下降。

第六节　汽、水两用锅炉供热系统

由于区域供热需要，不仅要求供应热水，而且要求供应蒸汽，如有学校、医院、商场、饮食业等综合性的建筑小区，都要求供应两种热介质——蒸汽和热水。

国内生产的汽、水两用锅炉同时从上锅筒引出蒸汽和热水。引出的饱和水用混合器与热网回水混合。该锅炉尚可单独作蒸汽锅炉运行，也可按满水

状态下作热水锅炉运行。这三种运行方式的切换仅通过切换主蒸汽阀和供、回水主阀就可达到目的，运行特别方便。只是锅炉房供热管道需设置一套热水管线和一套蒸汽管线，若两台锅炉并联运行，再设锅筒汽空间的蒸汽平衡管。

1. 汽、水两用锅炉供热系统的特点　对于同时需要热水和蒸汽的用户，减少了锅炉设备型号和备用锅炉，节约了投资。当同时供应蒸汽和热水时，热水系统是蒸汽系统的大蓄热器，蒸汽负荷波动大时，锅炉负荷可偏向于热水系统，锅炉仍能保持在稳定负荷下运行，使锅炉燃烧工况稳定在高效率下工作。另外，作为蒸汽定压下的高温水系统，可维持较高的热水温度下运行，锅炉不怕突然停电汽化，锅炉水循环工况较一般热水锅炉好。对热水系统来说是很好的除氧设备，可节省除氧设备投资。

2. 汽、水两用锅炉供热系统　单台锅炉的汽、水两用管路系统简图见图5－1。网路回水经除污器、循环水泵、省煤器进入上锅筒。锅炉热水由上锅筒引出，随即进入混水器。在这里，锅炉引出的饱和水蒸汽与部分热网回水进行混合，其温度下降至15～20℃以上，而压力下降不多，从而保证了热水送入网路后不因沿途阻力和位置升高引起的压力下降而汽化。调节混水阀11的开度可改变进入混水器的网路回水量，从而达到改变供水温度的目的。为了防止误操作引起的完全关闭混合阀产生汽化，在混合阀处安装了不带阀门的旁通管。

锅炉若按蒸汽锅炉运行，则关闭进水阀9和热水阀1，切换热网与锅炉的联系即可。若按满水作热水锅炉运行，则将上锅筒蒸汽空间充满水，关闭主蒸汽阀即可。

3台汽水两用锅炉并联运行的热力系统图，如5－2所示。主要变化仅在上锅筒汽空间连接1个蒸汽连通管。

需指出，混合器的设计可按热网给回水温度和循环水量计算（可参考有关文献），另外锅炉厂可按提供的参数配套供应。

3. 汽、水两用锅炉供热系统的运行操作　汽、水两用锅炉供热系统进入正常运行后，完全按照蒸汽锅炉操作。并联时，仅控制任一锅炉的补水阀就可维持全系统锅炉的水位。

冷态启动时由于锅筒汽空间无压力，这时必须将锅炉与热网系统切断，即全关出水阀1和进水阀9（见图5－1）。锅炉按照一般蒸汽锅炉启动，直到

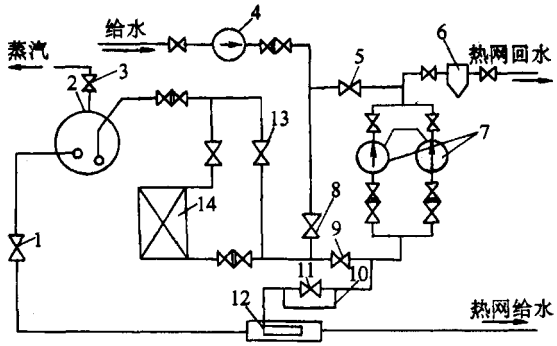


图 5－1 单台锅炉的汽、水两用管路系统简图

1—热水出水阀 2—上锅筒 3—主蒸汽阀 4—补给水泵 5—网络补水阀 6—除污器 7—网路循环水泵 8—锅炉补水阀 9—锅炉进水阀 10—旁通管 11—混水阀 12—混水器 13—省煤器旁通阀 14—省煤器

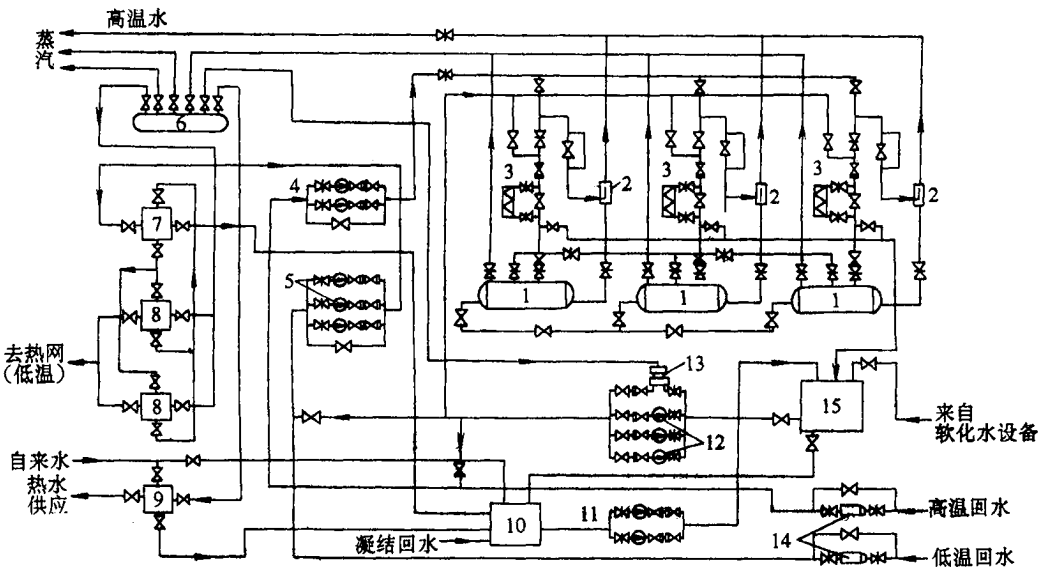


图 5－2 3 台汽水两用锅炉并联运行的热力系统简图

1—锅炉 2—混水器 3—省煤器 4—高温水循杯泵；5—低温水循环泵 6—分汽缸 7—螺旋板式水—水换热器（利用蒸汽凝结水预热低温采暖回水） 8—螺旋板式汽—水换热器 9—螺旋板式汽—水换热器（用于热水供应） 10—凝结水箱 11—凝结水泵 12—补给水泵 13—蒸汽泵 14—除污器 15—软化水箱

锅筒蒸汽压力达到按热网系统定压要求给定的压力，补水由补水阀 8 控制；

同时，热网通过补水阀 5 进行补水，将混水阀 11 开启到一定程度，补水到一定程度后，启动循环水泵，即按热网一般情况启动操作。待热网循环水泵出口压力升高到接近给定压力——定压压力（此时稍低于锅筒蒸汽压力），此时即可并网，首先全开进水阀 9，然后渐开出水阀 1，即可将热水送入热网。在并网前可以保持锅炉处于供蒸汽状态，并网时仍可保持连续供应蒸汽。网路供水温度通过混水阀 11 进行调节，而锅炉供出热水负荷的大小则通过出水阀 1 进行调节。正常运行后，仅用补水阀 8 进行补水，以保持上锅筒的正常水位，按照蒸汽锅炉操作。此时网路补水阀 5 在正常后应锁定，切勿使用。

第六章　集中供热锅炉节煤技术

第一节　煤的成分与锅炉燃烧

在未来一个相当长的时期，燃煤仍然是我国主要的能源。除了一些大、中城市的供暖锅炉采用燃气、燃油外，从全国范围来说，燃煤热水供暖锅炉始终是耗能大户，因此，节煤是一项长期的战略任务。

锅炉节约用煤，要求掌握煤的主要成分、性质及对锅炉燃烧的影响，选择合适的炉型（炉膛、炉排等），或者改造旧锅炉适应新的煤种，调节好煤的燃烧过程，提高燃烧效率。

对煤进行工业分析，研究挥发分、固定碳、水分、灰分的性质和对燃烧的影响就成为锅炉设计和运行工作者必须进行的基本工作。

1. 挥发分　失去水分的干燥煤样在 900℃恒温的马弗炉内隔绝空气加热约 7min，它所析出的气态物质称为挥发物，其百分数含量即为挥发分。

各种煤的挥发分含量和挥发分开始析出的温度是不同的，见表 6－1。

表 6－1　　各种煤种挥发分含量及开始析出温度

挥发分（质量分数，%）	煤　种	挥发分开始析出温度/℃
≤10	无烟煤	380～400
>10～20	贫煤	370～390
≥20	烟煤	170～320
>40	褐煤	130～170

挥发分是煤的一个重要燃烧特性，也是许多国家煤分类的重要依据之一。

煤的挥发分大小对燃烧过程的发生和发展有较大影响，尤其是对燃烧过程的初始阶段具有特殊的意义。

挥发分含量高的煤，由于含有较多的低分子碳氢化合物，容易着火，单位质量的挥发物燃烧能放出较高的热量。因此，挥发分含量高的煤燃烧比较稳定。挥发物是气态物质，易于燃烧完全。

对于层燃炉来说，在燃烧层产生的气态的挥发物主要在炉膛空间进行燃烧。而悬燃炉、沸腾炉中，随着煤粒的运动，挥发物在炉膛空间内燃烧。为使挥发物燃烧完全就需要足够的炉膛容积和炉膛高度。

用炉膛容积可见热强度 P_V 表示每立方米的炉膛容积放热的功率数，单位为 kW/m^3，其计算公式如下：

$$P_V = \frac{qQ_{dw}^{y}}{3600V_L} \tag{6-1}$$

式中　q——锅炉的燃料消耗量（kg/h）；

Q_{dw}^{y}——煤的收到基低位发热量（kJ/kg）；

V_L——炉膛容积（m^3）。

在供暖锅炉设计时，根据燃烧方式，确定炉膛容积可见热强度 P_V，然后根据下列公式求出炉膛容积 V_L：

$$V_L = \frac{qQ_{dw}^{y}}{3600P_V} \tag{6-2}$$

式中符号意义同式（6－1）。炉膛容积可见热强度 Pv 的允许值见表 6－2。

表 6－2　　各种层燃烧的 P_V 和 P_A 值

热工特性	炉型		
	手烧炉	链条炉	往复推饲炉
$P_V/kW\cdot m^{-3}$	自然通风 290～525 强制通风 230～350	290～500	235～290
$P_A/kW\cdot m^{-2}$	自然通风 580～815 强制通风 755～930	烟煤 600～1100 无烟煤 600～815	自然通风 700 强制通风 800～930

选用的 P_V 过大时，则 V_L 过小，会增大炉膛内烟气流速，使挥发物在炉膛内停留的时间缩短，容易使热烟气受到受热面的冷却，使烟气温度迅速降低而影响燃烧，导致化学不完全燃烧热损失和飞灰热损失增加。

但是当选用的 P_V 过小时，则 V_L 过大，会使炉温过低，以致不能维持正常燃烧。

挥发分高的煤宜采用较大的炉膛容积，像烟煤和褐煤，在层燃炉中燃烧

要考虑如何加强炉内气体的扰动、混合、减少气体不完全燃烧热损失 Q_3。对于链条炉和往复推饲炉可以采用高而短的前拱，后拱也不必太长，组成的喉口应有较大的扰动作用，也可以在喉口处加设二次风，单面布置时宜装在前拱上。

对于低挥发分的煤，例如无烟煤，炉膛空间布置要注意新煤的着火，通常采用低而长的后拱，后拱的覆盖长度甚至占炉排有效长度的一半以上，后拱倾角一般为 8° ~ 10°。也可以在喉口处加设二次风，单面布置时宜装在后拱上。

2. 固定碳　煤在隔绝空气加热时，水分蒸发、挥发分析出后的固体残余物成为焦炭。焦炭由固定碳 C^y 和灰分组成。挥发分析出、着火放出的热量加热焦炭，使焦炭燃烧进一步使残留在煤粒中的挥发物继续析出。

焦炭中的固定碳是煤中含量最大的可燃成分，无烟煤的固定碳 C^y（质量分数）在 50% ~ 70%之间，烟煤的固定碳 C^y（质量分数）在 30% ~ 60%，均依煤种而异。

纯碳的发热量较高为 33704kJ/kg。一般来说，煤中含碳量越高，煤的收到基低位发热量 Q_{dw}^y 也越高。但含氢量较多的优质烟煤的 Q_{dw}^y 却大于优质无烟煤的 Q_{dw}^y。

含碳量高的煤，如无烟煤，着火、燃烧均较困难。在链条炉中燃烧时，无烟煤层厚度应比烟煤的大一些。加大厚度是为了让燃烧层蓄积较多的热量，提高煤层的温度，有利于着火，燃尽。

挥发分与焦炭的燃烧可近似看作是两个相发生的不同的过程，焦炭燃烧时，煤层温度上升至更高，燃烧异常激烈。这时按需进行分区送风（因煤种而异）可以减小炉子的总风量并迅速提高燃烧层的温度。

焦炭中固定碳含量高，从而焦炭的燃烧时间长。另外，燃烧的同时，在焦炭颗粒表面会形成灰壳，灰壳向外依次包围有 CO 和 CO_2 两层气体，空气中的氧气难以扩散进入内部与碳发生氧化反应，只有加强拨火，才能使煤燃烧得较为完全。

考虑到焦炭燃尽时间的长短，对于燃用无烟煤的链条炉应加大炉排的长度。

在炉排设计时用到炉排可见热强度 P_A 它表示层燃炉炉排上燃烧的强烈程度，即单位面积炉排在单位时间内煤燃烧释放出的热量。

$$P_A = \frac{qQ_{dw}^{y}}{3600A} \tag{6-3}$$

式中　A——炉排有效面积（m^2）。

其余符号意义同式（6－1）。

对于链条炉来说，无烟煤的 P_A 为 600～815kW/m^2，烟煤的 P_A 为 600～1100kW/m^2，相差不大，烟煤的 P_A 上限较大是因为优质烟煤含氢量高，Q_{dw}^{y} 较高。

对于燃用无烟煤的链条炉，因为煤层较厚，要维持 P_A 在一定的范围内，就必须减小炉排的运行速度。

3. 水分　不同煤的水分含量（质量分数）差别甚大，低者仅为 2%～5%，如淮北煤矸石；高者可达 40%～50%，如云南褐煤。一般来说，煤的水分含量随煤的煤化程度增高而逐渐减少。

在采暖锅炉运行过程中，煤中水分过多会造成不良的后果。

进入炉膛的煤受热后，水分首先蒸发，水分蒸发要吸收炉内的热量，影响炉膛温度和新煤着火，延长燃烧过程。同时生成大量蒸汽，增加了烟气容积和引风机的电耗，增加了排烟热损失，加剧尾部受热面的低温腐蚀和堵灰。

当煤中水分过少时，特别是对于含粉末较多的煤，适当加水，可使粉末粘结成团（可用手捏试验），不易被鼓风吹走，也不易在炉排上漏落，减少了固体不完全燃烧热损失。水分的蒸发能在煤层中留下孔隙，有利于空气进入和煤的燃尽。

对于粘结性较强的煤，加一些水使结焦程度减轻。

适当加水可以控制挥发分的析出速度，有利于减少气体不完全燃烧的热损失。

往煤中加水要适量、均匀，因此，要在煤投入炉膛前一段时间加入，留有足够的渗透时间。

4. 灰分　灰分 A^y 是夹杂在燃料中的不可燃的矿物质，是燃料趴主要杂质。

煤中灰分含量高，可燃成分相对减少，如煤矸石 A^y60%～70%。而可燃成分仅为 15%～30%，Q_{dw}^{y} 很小，会严重影响煤的着火和正常燃烧，燃用煤矸石采用层燃炉不合适。

随烟气流动的灰粒，会磨蚀锅炉受热面金属，减薄金属厚度，减小受热元件的强度；也会磨蚀引风机叶轮，为了延长引风机的寿命，按烟气流向除尘器应布置在引风机之前。

在烟气流动过程中，部分灰粒会因重力等原因沉积在受热元件表面，影响锅炉的传热和燃料消耗量。

飞灰排人大气，降低环境质量，影响人们的身体健康。

煤燃烧后产生大量灰渣，如煤中灰分含量高，就要增大除灰渣设备，加重清灰工人的劳动强度。

灰没有明确的熔化温度，只有熔化温度。灰的熔化温度主要与灰的成分和周围介质的性质有关。用角锥法可以测得三个表征的温度，从低温到高温分别为：灰的变形温度 t_1、灰的软化温度 t_2、灰的熔化温度 t_3。

当炉膛内局部地点温度过高，超过灰的流动温度，灰渣熔化成液态，把固定碳裹住，妨碍固定碳继续燃烧。熔化的灰渣连成一大片，会阻碍通风，使固体不完全燃烧热损失增加。当熔化的灰渣粒随烟气流出炉膛，则容易在炉膛出口附近的受热面上形成结渣，影响烟气流动，妨碍传热。

工业上一般以灰的软化温度 t_2 作为衡量其熔融性的主要指标。对固态排渣炉，为避免炉膛出口结渣，出口烟温要比软化温度 t_2 低 100℃，这是锅炉热力计算时的一个重要限制条件。

煤的灰分的多少，对链条炉的燃烧也有较大影响。灰分多，灰裹碳的现象严重，氧气向可燃物质扩散的阻力增大，焦炭难以燃尽，增大了固体不完全燃烧损失。灰分少，炉排离最高温度层距离因灰层厚度而变小，容易过热，工作条件变差。若灰熔点较低，熔融的灰渣会堵住炉排通风孔隙，恶化燃烧。因此，对于链条炉的燃烧要求是：干基灰分（质量分数）不宜大于 30%，灰的熔化温度 $t_3 > 1200$℃。

第二节 最佳过量空气系数与锅炉热效率

为了有效地提高锅炉的热效率，必须进行锅炉的平衡试验。锅炉热平衡是以 1kg 固体燃料或液体燃料（气体燃料以 $1m^3$ 计）为单位组成热量平衡的，是在 1kg 燃料带入炉内的热量、锅炉有效利用热量和损失热量之间建立

数字关系。

1. 锅炉热平衡公式　锅炉热平衡的公式可写为

$$Q_r = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \tag{6-4}$$

式中　Q_r——每千克燃料带入锅炉的热量（kJ/kg）；

Q_1——锅炉有效利用热量（kJ/kg）；

Q_2——锅炉排烟热损失（kJ/kg）

Q_3——气体不完全燃烧热损失（kJ/kg）；

Q_4——固体不完全燃烧热损失（kJ/kg）；

Q_5——锅炉散热损失（kJ/kg）；

Q_6——灰渣热损失及其他热损失（kJ/kg）。

若以上 Q_1 表示有效利用热量和热损的百分数，则

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = 100\%$$

2. 锅炉排烟热损失 Q_2　锅炉排烟热损失 Q_2 是计量排烟温度高于进入锅炉的空气温度而由排烟所带走的热量损失。影响排烟热损失的主要因素是排烟温度和排烟体积。

在锅炉设计时，必须根据传热温差、尾部受热面的低温腐蚀，也即最终体现为金属与燃料耗量的技术经济比较来合理决定排烟温度。

在锅炉运行时，则尽量保持受热面清洁，经常将受热面上的灰渣除净，减少 Q_2 损失。

影响排烟体积大小的因素有炉膛出口过量空气系数 α''_e，烟道各处的漏风量及燃料所含水分。

为了减小锅炉排烟热损失 Q_2，在锅炉安装施工时应注意炉墙、烟道等砌筑的严密性，减小炉墙、烟道的漏风。

要注意的是：炉膛出口过量空气系数 α''_e，与 Q_2、Q_3、Q_4 有关，在 α''_e 的一定范围内，如层燃炉 $\alpha''_e = 1.1 \sim 1.5$，增大 α''_e，Q_2 会升高

3. 气体不完全燃烧热损失 Q_3　气体不完全燃烧热损失 Q_3 是由于部分 CO、H_2、CH_4 等可燃气体燃烧放热而随烟气排出所造成的损失。炉膛高度、炉膛体积，炉内水冷壁布置多少都会影响 Q_3 的大小。燃料特征、燃烧过程的组织，如过量空气系数 α''_e，二次风的引入和分布及炉内气流的混合与扰动也会影响 Q_3 的大小。

炉膛出口过量空气系数 α''_e 取得过小，可燃气体因得不到充足的氧气而未能燃尽，使 Q_3 增大；如 α''_e 取得过大，使炉膛温度下降，也会使 Q_3 增大。α''_e 在一定范围内时，如层燃炉 $\alpha''_e = 1.1 \sim 1.5$，随着 α''_e 的增加，可燃气体燃尽程度变好，Q_3 减小。另外，层燃炉燃料层的厚度过大，负荷增加等均会使 Q_3 增加。

4. 固体不完全燃烧热损失 Q_4　固体不完全燃烧热损失 Q_4 是由于进入炉膛的燃料中，有一部分没有参与燃烧或未燃尽而被排出炉外，因而引起的热损失。固体不完全燃烧损失分为压渣损失、漏煤损失、飞灰损失。

燃料特性对 Q_4 的影响：在层燃时，灰裹炭，灰可分为熔融与不熔融两种状态；或者易于产生飞灰，使 Q_4 增大。

不同燃烧方式，如层燃炉、沸腾炉、煤粉炉组成 Q_4 的压渣、漏煤、飞灰三部分损失比例是不同的，且总的量值差异很大，如链条炉（24 = 5% ~ 10%，往复推饲炉 $Q_4 = 7\% \sim 12\%$，沸腾炉 $Q_4 = 5\% \sim 30\%$，煤粉炉 $Q_4 = 3\% \sim 5\%$，而 α''_e 的值则为：链条炉 0.15 ~ 0.25，沸腾炉 0.25 ~ 0.6，煤粉炉 0.85 ~ 0.95。

层燃炉的炉拱、二次风以及炉排的大小、长短和通风孔隙的大小对燃烧有影响，煤粉炉炉膛的高低、燃烧器布置的位置也对燃烧有影响，Q_4 会有变化。

锅炉运行负荷对 Q_4 会有影响，层燃炉运行时的煤层厚度、链条炉排速度以及风量分配，煤粉炉运行时的煤粉细度及配风操作对 Q_4 也有影响。

过量空气系数 α''_e 的大小对 Q_4 的影响是，当层燃炉 $\alpha''_e = 1.1 \sim 1.5$ 时，随 α''_e 增加，Q_4 减少。

5. 最佳过量空气系数　Q_2、Q_3、Q_4 的总和随 α''_e 在 1.1 ~ 1.5 范围内变化，其变化为一下凸的曲线，其极值点即为最佳 α''_e 值点。锅炉处于最佳 α''_e 值这一点相应的运行工况时，热损失最小，经济性最高。锅炉设计或运行时应尽量采用最佳 α''_e 值。

最佳 α''_e 值随着燃料和燃烧设备的不同而不同。

气体、液体燃料比固体燃料容易燃烧，高挥发分固体燃料比低挥发固体燃料容易燃烧。而悬燃炉比层燃炉燃烧效率高。因而可使 Q_3、Q_4 减小。

据多年的运行实践，对燃烧不同燃料的各种炉子，其最佳 α''_e 值已积累

了相当可靠的经验数据，见表 6－3 当设计和运行时应以这些数据为准。

表 6－3　　最佳 α''_e 值

炉型	链条炉	往复推饲炉	沸腾炉	煤粉炉	油炉	天然气炉
α''_e	1.2～1.4	1.3～1.4	1.3	1.2	1.1	1.1

过量空气系数 α''_e 与锅炉烟气中的过量氧有关系，而对于某一种燃料来说，过量空气系数 α''_e 也仅与锅炉烟气中 RO_2 的体积分数有关系，计算式为

$$\alpha''_e = 21/(21 - O_2) = RO_2^{max}/RO_2 \qquad (6-5)$$

式中　O_2——干烟气中氧气的体积分数（%）；

RO_2——干烟气中三原子气体的体积分数（%）；

RO_2^{max}——在理论空气量下达到完全燃烧时干烟气中三原子气体的体积分数最大值（%），$RO_2^{max} = 21/(1+\beta)$；

β——燃料特性系数，仅与燃料的可燃成分有关。

当烟气中存在 N_2、O_2、CO、CO_2 四种气体时，在这一混合气体中，前三者热导率相近，而 CO_2 热导率则仅为前三者热导率的 60%左右，在保持混合气体的温度基本稳定的条件下，就可以由混合气体的总热导率的变化来确定 CO_2 的体积分数。

氧化锆氧量计是利用氧化锆固体电解质作成传感器来测量锅炉烟气中氧气的含量的。热导式气体分析仪是用来分析烟气中 CO_2 的含量的。

第三节　煤层厚度与节煤

链条炉的煤层厚度借闸门由人工调节。根据煤种、煤质及颗粒度的异同，一般煤层控制在 100～200mm 之间。

高挥发物的优质烟煤煤层要薄，煤层厚度为 90～120mm。链条炉的链条运行速度要快，这是为了减少燃料层上方气体成分在沿炉排长度方向的不均匀性，有利可燃气体在炉膛内燃尽。

无烟煤煤层要厚，可大于 130mm，链条运行速度要慢，这样既可保证前端着火稳定，又减少来燃尽焦炭排科渣斗。

当然用煤末时，煤层厚度不宜超过 100mm，一般粒度的混煤，厚度为 90

~ 120mm，燃用粒度小于 50mm 的中小块选煤时，厚度可为 150 ~ 200mm。

往复推饲炉的煤层厚度也是借闸门由人工调节，一般煤层厚度控制在 100 ~ 140mm 之间。

挥发分少、水分多、难着火的煤要保持较厚的煤层，活动炉排推煤的速度要慢。多灰分易结焦的煤应保持薄煤层，炉排的往复行程加大到 50mm 以上，以增强拨火的作用。灰分少的煤应调节煤层不要太薄，以免后部煤层中断，产生大量漏风。

总之，煤层合理厚度由试验确定，确定后一般不再变动，除非煤质，如水分、粒度等变化很大，或锅炉负荷有大的变动，才予适当调整。一般只用改变炉排速度来调节负荷。

第四节 分区送风与节煤

链条炉的燃烧过程是分区段的，沿炉排长度方向燃烧所需空气量各不相同。在煤的热力准备阶段，基本上不需要空气；在灰渣形成阶段，可燃物所剩无几，需要的空气也不多。空气需要量最大的区段是在炉排中段挥发物和焦炭的燃烧区域。

国内链条炉配风采用“两端少、中间多”的分段配风方式，沿炉排长度方向做成互相隔开的 4 ~ 6 个独立的小风室，每个小风室有调节风门。

调节风门的开度决定于煤种、炉排和炉拱的结构，要经常随炉排速度、燃煤粒度、水分的变动以及火床面的燃烧情况加以调整，关键是要维持火床长度。

所谓火床长度是较旺盛的或有火焰的炉排长度，一般为炉排有效长度的 3/4 以上。正常工况时，煤在进闸门后 0.2 ~ 0.3m 处，即应开始发火点燃，在除渣板前 0.3 ~ 0.5m 处基本燃尽。

烟煤等挥发分多的煤种易于引燃，着火后就需要供给多量的空气，故送风量最大的部位在炉排中间偏前，这一区段的送风门应全开。

无烟煤等挥发分少的煤较难着火，可燃物质以焦炭为主，燃烧的大部分时间是焦炭燃烧，焦炭燃烧需要大量空气，故分段送风门的开度由炉排中间部位以后逐渐开大。

在往复推饲炉的炉排上燃烧是分阶段进行的，同样采用分区送风。

第五节　二次风与节煤

链条炉中常设置二次风，即在燃料层上方借喷嘴送入炉膛一股高速气流，用来强化炉内气流的扰动和混合，减少未燃尽烟气飞出炉膛的数量，从而减小气体不完全燃烧热损失和总的过皇空气系数。二次风还能帮助新燃料着火，消烟除尘，减小飞灰损失。

实践证明，正确使用二次风可以提高锅炉热效率 4% ~ 10%，但过分增加二次风会增加排烟热损失 Q_2。

二次风量一般为总风量的 5% ~ 15%，当燃用无烟煤和贫煤时约占总风量的 5%，烟煤时约占总风量的 7%或以上。

二次风具有较高的喷嘴出口速度，一般为 50 ~ 80m/s，相应的风压为 2000 ~ 4000Pa，二次风的射程可在 1.5 ~ 2.5m 之间，根据炉膛大小选取。

二次风的布置形式与锅炉类型和燃料品种有关系。

小容量锅炉，炉膛深度小，常取前墙或后墙单面布置。燃用无烟煤时装在后拱，运送后部热量，帮助着火；燃用烟煤时装在前拱上，因为前部有较多的气体可燃物，而后部氧气过剩。也可以采用前、后墙布置，要留有前后喷嘴的一定高度差和相异的喷射方向，造成切圆旋转气流，甚至采用四角布置，则其扰动和封锁作用更佳。

为了充分利用炉膛容积进行燃烧，二次风应尽量接近燃料层，一般高出燃料层约 1.25 ~ 1.5m，喷口可以水平布置，也可略向下倾斜 10° ~ 25°。但必须注意，不要使二次风干扰燃料层的燃烧。

在运行中应根据使用煤种和锅炉负荷的变化调整二次风风量和风压。

锅炉负荷增加时，二次风应适当加大。煤末含量较多时，为减小飞灰热损失，二次风也应适当加大。锅炉负荷过小时应停止使用二次风，可由调整试验确定二次风下限。在其他类似燃烧过程的炉型中，也可因炉制宜，考虑采用二次风。

第七章 供暖运行节能技术

第一节 供热系统工况分析

1. 供热系统的水力工况分析

（1）供热系统的水力工况：热水供热系统中流量、水压的分布状况称为系统的水力工况。一个供热系统质量的好坏，与系统的水力工况有着密切的联系。当前，供热系统普遍存在冷热不均的现象，主要原因就是系统水力工况失调。

（2）热网正常运行对水压的基本要求

1）保证热用户有足够的使用压头。为了保证用户引入口处有足够的使用压头，要求在与用户连接的各点上，供回水管的压头差足以克服引入口处系统内部的各项阻力头。

2）保证设备不压坏。为了保证设备不压坏，用户系统中的压力不应超过允许压力。因此，为使用户系统能够安全运行，应以不超过散热器的工作压力为限，采暖系统中最底层散热器承压最大，因此，只要检查最底层的散热设备就足够了。各种类型散热器的工作压力应按制造厂的规定选用。

3）保证不倒空。要保证用户系统始终充满水，在直接连接的情况下，要求用户入口处回水管的测压管水头不应低于用户的充水高度，以避免系统顶部倒空，吸入空气破坏循环，腐蚀管道。

外部管网任何一点的压力不应低于大气压，至少高出 50Pa，以免吸入空气；循环水泵入口压力应保持最高回水温度下所需要的最小正压力，一般不小于 50Pa。

4）保证不汽化。为了保证管网和用户中的热水不发生汽化，在水温超过 100℃时，要求任何一点的压力都必须大于相应温度下的汽化压力。如果

能保证用户系统最高点高温水不汽化，那么其他地点就更不会汽化。

当系统的供回水温度为 95～70℃时，只要满足不倒空的水压条件也就同时满足了不汽化的水压条件。保证系统不汽化，对于高温水（供水温度大于100℃）系统尤为重要。表 7－1 给出了不同水温下的汽化压力。

表 7－1　不同水温下的汽化压力

水温/℃	100	110	115	120	125	130	140	150
汽化压力/kPa	3.2	45.1	71.6	101	134.4	172.6	263.8	378.5

（3）水力失调的概念：供热网是由很多串、并联管段与各用户组成的一个复杂的管道系统，各用户既互相关联又互相影响。供热系统在实际运行时往往很难按照设计水力工况运行，而是流量分配偏离设计值，出现了某些用户或散热设备的流量比设计流量大，而有些用户或散热设备的流量比设计流量小，因而造成热用户或房间冷热不均的现象。各用户或散热设备中的实际流量与设计流量的不一致性称为热用户或散热设备的水力失调。

水力失调的程度用实际流量 G_s（m^3/h）与设计流量 G_g（m^3/h））的比值 X 来表示，X 称为水力失调度，即

$$X = G_s / G_g \tag{7-1}$$

当各热用户 $X=1$ 时，即设计流量 G_g 等于实际流量 G_s 时，供热系统处于稳定水力工况，当 $X>1$ 或 $X<1$ 时表明存在水力失调，水力失调必然引起热力失调；当 $X>1$ 时，供热量有余，室温偏高，反之，$X<1$ 时，供热量不足，室温偏低。

（4）供热系统定压方式：对于低温热水供热系统，主要是保证系统始终充满水，处于正压运行状态，任何一点都不得出现负压。这就要求正确地选择膨胀水箱与系统定（恒）压点，并使系统的漏水得以及时地补充。对于高温水供热系统，最重要的是保证管网和局部系统任何一点压力不得低于该点水温下的汽化压力。为了防止管网和系统内的水发生汽化现象，必须施加压力于系统的某一点，控制该点的压力维持在给定值，通过定压点可控制整个供热系统的压力分布状况，使之符合设计要求。

热水供热系统的定压方式很多，常用的有以下几种：

1）膨胀水箱定压。低温热水采暖系统，当定压点设在循环水泵吸入口附近时，只要控制静压头线的高度高出室内系统的最高点（即充水高度），

就可保证用户系统始终充满水，任何一点都不会出现负压。确定膨胀水箱高度时，一般可考虑 2m 左右的安全余量。

在实际工作中，有时小区内最高建筑物运离锅炉房，应将膨胀管接回锅炉房，选定水泵入口作为恒压点。膨胀水箱定压的优点是压力稳定，不怕停电，缺点是水箱高度受限制，因此，膨胀水箱定压比较适合建筑物层数较低的小区低温热水供热系统。

2）补水泵定压。当系统恒压点压力要求较高，锅炉房无法高架膨胀水箱或最高建筑物远离锅炉房，不便采用膨胀水箱定压时，常采用补水泵定压。图 7－1 给出了最简单的补水泵定压系统示意图。当恒压点压力低于系统静水压力线要求的压力时，补水调节阀会自动开启，通过运行着的补水泵 6 将水从补水箱

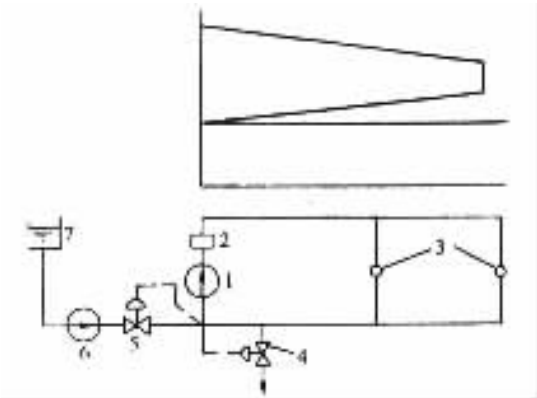


图 7－1　补水泵定压

1—循环水泵　22—锅炉　3—用户　4—泄水阀　5—补水调节阀　6—补水泵　7—补水箱

7 中补入供热系统，随着系统中水量增加，循环水泵入口的压力即可逐渐回升到要求的压力。当循环水泵入口压力高于设定值时，补水调节阀自动关小，必要时可自动开启泄水调节阀 4，将系统多余的水量泄入补水箱，使循环水泵入口压力快速回复。采用这种补水泵定压，最大的特点是补水泵始终连续不断运行，即使供暖系统停止运行时也如此。采用补水泵定压，补水泵的选择是关键，特别是扬程选择不宜过大，一定要仔细计算确定。

当恒压点在供热系统干线上时，恒压控制就不能简单在循环水泵入口处进行。正确的做法是应采用旁通定压方式，如图 7－2 所示。该方法是在循

环水泵旁通管 4 上找到与恒压点压力相等的点（可通过旁通管上的调节阀进行），并控制其压力恒定。由于控制旁通管上的压力就等于控制供热系统干线上恒压点压力，因此易于操作。进行旁通定压，补水泵可以连续运行，也可以间歇运行。

补水泵定压的优点是设备简单，投资少，便于操作。缺点是怕停电，对于大型供热系统应设双路电源；对于小区供热系统，在停电时可将热源与外网解列，防止炉水汽化窜入外网。

3）氮气定压。图 7－3 中所示为氮气定压（变压式）的热水供热系统的示意图。

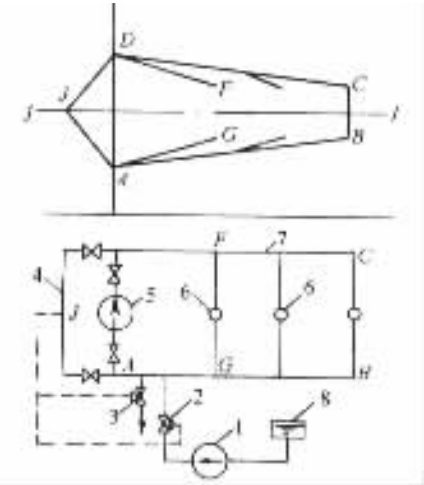


图 7－2　补水泵旁通定压

1—补给水泵　2—补水调节阀　3—泄水调节阀　4—旁通管　5—网路水泵　6—用户　7—网路　8—补给水箱

系统的补给水首先进入补给水箱 11，然后通过补给水泵加压，向系统补水。为了使补给水除氧，图 7－3 采用蒸汽间接加热方式。这种方法比采用大气式热力除氧器除氧的方法简单，但除氧效果不如后者。因此，图 7－3 中还设有网路阻力加药器 13，通过它向系统内定期投入化学药剂，以保护系统免遭腐蚀。通过取样冷却器 1，可以定期对进入热水锅炉的水质进行分析检验，以保证水质满足要求。

4）补水泵变频调速定压。补水泵变频调速定压的基本原理是根据供热系统的压力变化，改变电源频率，平滑无级地调整补水泵转速，进而及时调

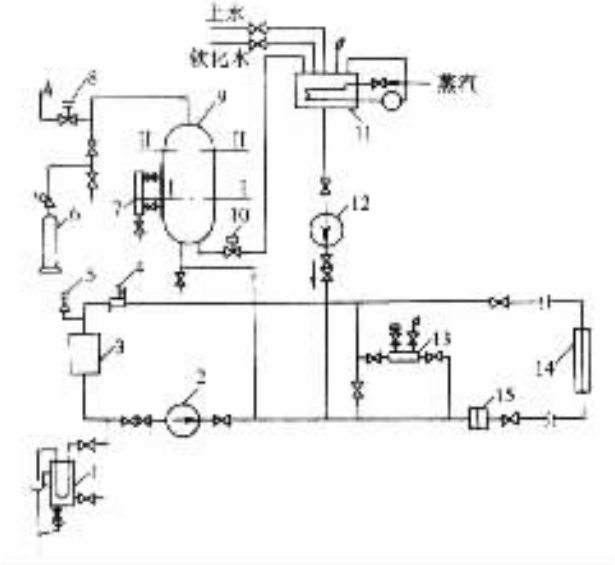


图 7－3　氮气定压的热水供热系统示意

1—取样冷却器　2—网路循环水泵　3—热水锅炉　4—集气罐　5—安全阀

6—氮气瓶　7—水位信号器　8—排气阀　9—氮气罐　10—排水阀

11—补给水箱　12—补给水泵　13—网路阻力加药器　14—热用户　15—除污器

Ⅰ—Ⅰ—罐内最低水位；Ⅱ—Ⅱ—罐内最高水位

整补水量，实现系统恒压点压力的恒定。

该定压方式的关键设备是变频器，其工作原理是把通常 50Hz 的交流电先变为直流电，再经过逆变器把直流电变换为另一种频率的交流电。由于电流频率的改变，从而达到补水泵调速的目的。

补水泵变频调速定压的节能效果是明显的，只是目前变频器较贵，约 1500 元/kW。由于补水泵功率一般在 10kW 以内，投资在 1～2 万元左右，使用者是可以承受的。若与氮气定压比较，特别是供热规模较大，氮气罐容积较大时，补水泵变频调速定压方式在经济上有一定优势。

2. 供热系统的热力工况分析

（1）供热系统的热力工况；热水供热系统中温度、供热量的分布状况称为系统的热力工况。供热系统的供热效果可以从热力工况直接反映出来，但水力工况的变化制约着热力工况的变化。

（2）水力工况对热力工况水平失调的影响：水力工况失调直接导致热力工况的失调。表 7－2、图 7－4 和图 7－5 反映了上述关系。分析计算的基本

条件是：室外计算温度 $t'_w = -9℃$，选用铸铁 813 型四柱散热器，平均每平方米供暖建筑面积安装 0.5 片散热器，此时单位供暖建筑面积的概算热指标为 52.3W/m²，也即单位供暖建筑面积室内外温差为 1℃时的热损耗量为 1.94W/（m²·K）。在室外供水温度 $t_g = 75℃$时，回水温度 t_h，对于单位供暖建筑面积而言，不同流量其热用户的平均室温 t_n 不同。

表 7－2　　供热系统水平失调时的热力工况计算

用户名称	设计供水温度 t'_g /℃	实际流量 G_s/kg·(m²·h)⁻¹	设计流量 G_g/kg·(m²·h)⁻¹	水力失调度 $X = G_s/G_g$	单位供暖面积散热器散热量 q/W·(m². C)⁻¹	回水温度 t_h/℃	室内平均温度 t_n/℃
1—5	75	2.25	2.25	1.0	0.95	55	18
1	75	0.35	2.25	0.16	0.78	12.9	4.4
2	75	0.70	2.25	0.31	0.88	27.2	11.3
3	75	1.60	2.25	0.71	0.94	47.5	17.5
4	75	3，20	2.25	1.42	0.96	59.9	19.9
5	75	5.40	2.25	2.40	0.98	66.0	20.2
系统总计	75	11.25	11.25	1.0	—	57.5	—

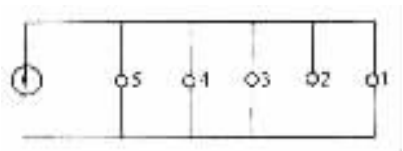


图 7－4　热力工况系统图

对于图 7－4 所示的供热系统，共有 5 个热用户，以热源而言，由远至近，热用户的编号顺序为 1、2、3、4、5，不难看出：当水力失调度 $X \gg 1$ 时，平均室温的增长缓慢；当水力失调度 $X \ll 1$ 时，平均室温的减少幅度明显增加。

经过多年的现场测试，我国供热系统水力工况水平失调的情况大致为，近端热用户水流量是设计流量的 2～3 倍即失调度 $X = 2 \sim 3$；远端热用户水流量是设计流量的 0.2～0.5 倍，即失调度 $X = 0.2 \sim 0.5$；中端热用户流量大体接近设计流量。在这种情况下，近端热用户平均室温在 20℃左右甚至更

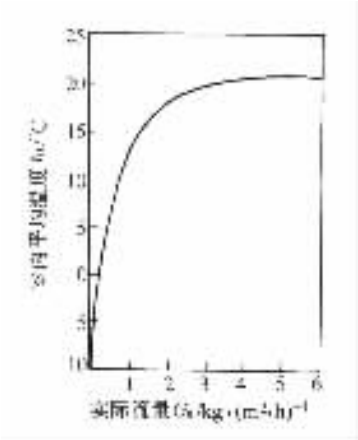


图 7－5　流量与室温关系曲线

注：当 $t_w = t'_w = -9℃$时（t'_w 室外计算温度，t_w—室外实际平均温度）。

高。远端热用户平均室温常常在 10℃左右甚至更低。从这里可以明显地了解到：供热系统各热用户室温的不均匀性即热力工况的水平失调，主要是由系统的热用户流量分配不均衡，即水力工况的水平失调引起的。

（3）大流量运行的产生及利弊分析：为了提高供热效果，克服热力工况失调现象，目前国内许多单位采用“大流量，小温差”的运行方式：即靠换大水泵，增加水泵并联台数或增设加压泵等方式提高系统循环流量，有时系统实际运行流量甚至比设计流量高好几倍。这种“大流量”的运行方式，在一定程度上能够缓解热力工况的失调，但它有很大的局限性，下面分析大流量运行的利弊。

通过对大流量运行下热力工况计算结果的分析：系统流量越大，末端用户室温提高的越多，近、末端用户室温偏差越小，水力失调对热力失调的影响越小，因而越有利于热力工况水平失调的消除。这是因为，系统流量增加，末端用户流量越接近设计流量，散热器散热越充分；而近端热用户流量超过设计流量越多，散热器传热系数的增大趋于平缓，散热能力变化甚小。供热系统大流量运行方式，是靠提高末端用户散热器的散热能力，抑制近端用户散热器散热能力的办法来达到消除系统热力工况水平失调的目的。这似乎也可看作是大流量运行方式有利的一面。

尽管如此，大流量运行方式并没有从根本上消除系统的水力失调，即各

热用户流量分配不均的问题并未解决。

通过以上分析，可以得出结论：大流量运行是一种落后的运行方式，应该逐步淘汰。供热系统热力失调的根本原因是水力失调即流量分配不均所致。因此，消除系统热力失调最有效最经济的方法应进行系统的流量均匀调节，即初调节。

第二节　初调节

1. 热网初调节的意义热　网初调节，也称“交工调节”，就是在供热系统施工安装完毕后，正式交付使用之前，按照选定的调节方法，对系统流量进行调节，改变调节前各热用户间流量分配不均的状况，使其达到设计要求。

2. 初调节方法简介　各种初调节方法大约可归纳为如下 10 种：阻力系数法、预定计划法、比例法、补偿法、计算机法、模拟分析法、模拟阻力法、温度调节法、自力式调节法和简易快速法等。

（1）阻力系数法和预定计划法：阻力系数法是反复测试系统各用户的流量和供回水压力差，进而计算出相应的系统阻力 s，直到用户的实测阻力系数与设计值相等为止。

预定计划法，是在调节前把系统备用户的阀门全部关闭，然后由远而近（对热源而言）逐个开启各用户阀门，阀门开启的同时，测试该用户的流量，使其达到预先计算出的过渡流量（不是设计值），按照上述方法，各用户阀门全部开启完毕，则初调节结束。

上述两种方法看似简单，实则复杂，当系统用户较多时，没有现实的可操作性。

（2）温度调节法：温度调节法是利用用户室温与系统供回水温度具有特定关系的原理进行的。当用户室温一定时（如设计温度 18℃），不管系统循环流量大小，室外温度所对应的系统供回水平均温度始终不变。同样，当近似看作各用户供水温度相同时，则用户室温相同时对应的回水温度也相同。温度调节法，就是依据上述原理调节回水温度或调节供回水平均温度。该方法由于系统的滞后性，实际也不易操作，多用于计算机自动控制。

（3）自力式调节法：一般借助温控阀和限流计（流量调节阀）两种设备进行调节。前者装在散热器入口处，根据限定的室温要求能自动调节流量。后者装在各用户的入口处，能自动限制用户流量不超过设计流量。这种方法简单易行，主要问题是价格昂贵，难以普遍推广。

（4）比例法与补偿法，这两种方法是瑞典 TA 公司提出的初调节方法，同时还配套开发了平衡阀及其智能仪表。比例法是靠等比失调的原理进行的；补偿法是各用户的阀门调节一次到位，调节阀门时，各用户之间的影响是由系统总阀门的调节给予补偿。这两种调节方法能比较理想地达到预期的目的，但占用人力与仪表设备较多。

（5）计算机法、模拟分析法、模拟阻力法：计算机法，首先由平衡阀配合智能仪表测出用户实际流量和阻力大小，然后由计算机算出该用户平衡阀需要调节的圈数，加以调节。模拟分析法是在计算机上对待调节的供热系统进行全系统的模拟调节，然后将调节结果在现场实施。现场流量测试可以用智能仪表，也可用超声波流量计。模拟阻力法与模拟分析法类似。所不同的是，后者根据调节流量判断平衡阀的调节是否到位；而前者则直接给出用户平衡阀实际的调节圈数。

这三种方法，计算机法比较简单，但误差较大；后两种技术要求高，调节准确，节省人力。但这三种方法，都需要专业人员操作，一般的操作人员不易掌握。

3. 调节阀门　在实施热网初调节中，流量调节是十分重要的一环，而实现流量调节的重要设备，是各种形式的调节阀，还有超声波流量计、智能仪表等。

（1）具有快开流量特性的闸阀和截止阀：闸阀和截止阀是最常用的阀门，见图 7－6 和图 7－7 所示。它们具有快开流量特性，图 7－8 理想流量特性中的曲线 3。为快开流量特性，该曲线为向上凸起的一条曲线。当阀门只开几圈时（相对开度 $\bar{L}$ 很小时），流量已达到最大值。苑种阀门由于调节性能差，一般只适合作关断用。目前通用的闸阀和截止阀皆属于具有快开流量特性的阀门。

（2）具有线性流量特性的调节阀和蝶阀：调节阀和蝶阀是调节性能较好的阀门，见图 7－9 和图 7－10 所示，它们具有线性流量特性，图 7－8 理想流量特性中的曲线 2，实际上是一条直线，表明阀门的相对流量 $\bar{G}$ 与相对开

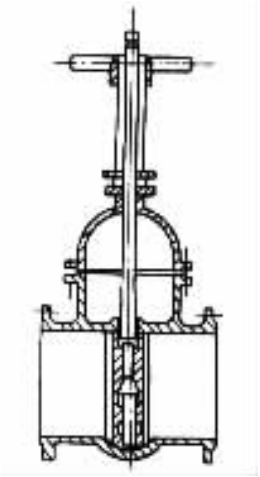


图 7－6　明杆平行式双板闸阀

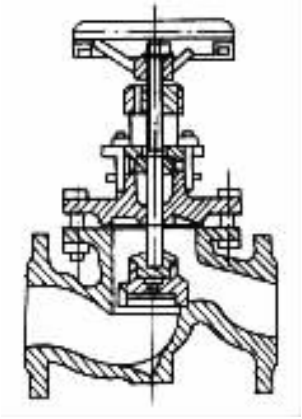


图 7－7　直通式截止阀

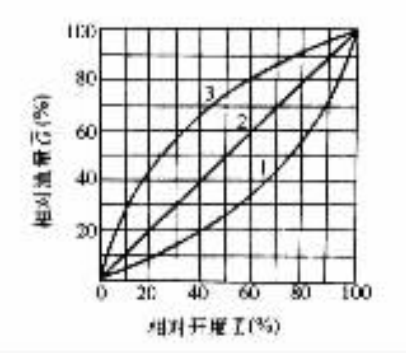


图 7－8　理想流量特性

1—百分比流量特性曲线　2—线性流量特性曲线　3—快开流量特性曲线

度$\bar{L}$成线性（直线）关系。即当阀门从小逐渐开大时，流量增加的百分比和阀门开度增加的百分比相同。采用调节阀和蝶阀便于实施热网的初调节。

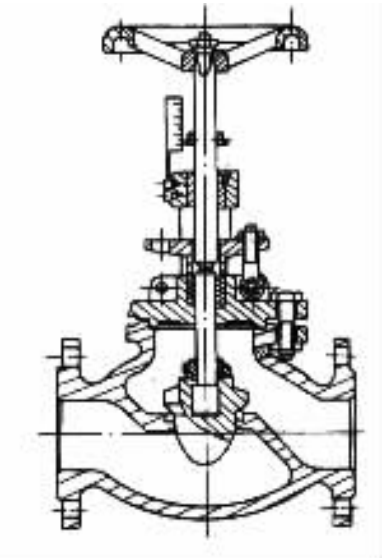


图 7－9　手动调节阀

（3）具有等百分比流量特性的平衡阀和调配阀：平衡阀和调配阀也是调节性能较好的阀门，见图 7－11 和图 7－12 所示。它们具有等百分比流量特性，见图 7－8 理想流量特性中的曲线 1。其特点是流量的变化量和相对开度的变化量成直线关系，不管阀门在什么开度下，流量的调节变化量皆相等。这类阀门的调节性能优于具有线性流量特性的阀门，当小开度下；流量的调节量小，大开度下，流量的调节量大。

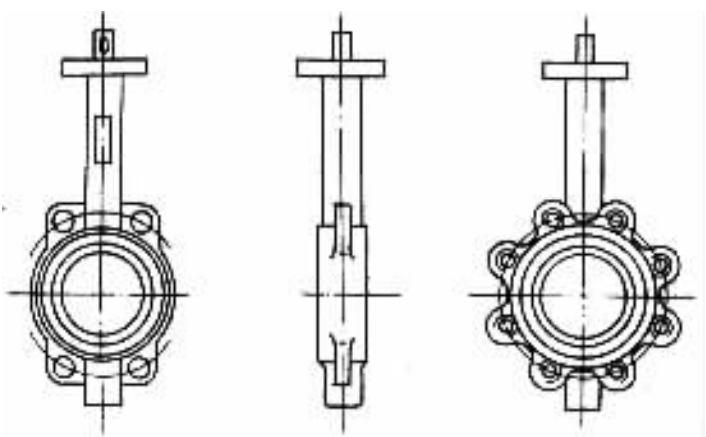


图 7－10　蝶阀外形图

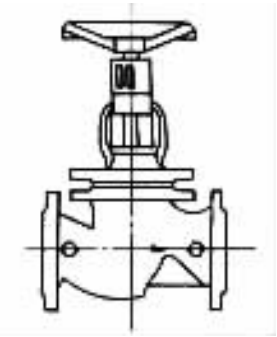


图 7－11　平衡阀示意图

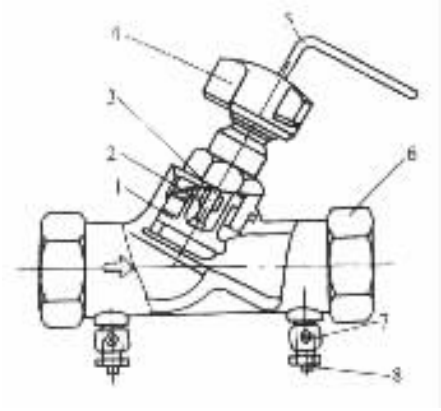


图 7－12　调配阀结构图

1—阀芯　2—阀杆　3—定位杆　4—手轮　5—扳手　6—阀体　6—阀体　8—针阀杆

在上述三类六种阀门中，第一类的闸阀和截止阀是过去最常用的，第二类的调节阀和蝶阀以及第三类的平衡阀和调配阀是这些年开始采用的。今后在新建热网工程中应采用调节性能好的阀门，旧有的热网工程，为了搞好初调节，也应调换阀门。值得指出的是，在热网的干线、支线和用户入口处的供、回水各分设阀门处，在供、回水对应的两个阀门中，应安装一个闸阀或截止阀，另安装一个调节性能好的阀门。

4. 快速简易法　为了适应量大面广的小区供热系统初调节的需要，清华大学在模拟分析法、模拟阻力法长期实践的基础上，提出简易快速初调节法。

调节实践表明；对于供热面积在 10 万 m^2 左右的供热系统中，调节过程

中的过渡流量一般在其理想流量值的±20%的范围内变动，当开大某一用户的调节阀时，其他用户流量减小；当关小某一用户的调节阀时，其他用户流量呈增大趋势。为了使各用户最终调为理想流量，必须先调用户的过渡流量使其大于理想流量。当用户调节阀为关小趋势时，已调用户流量应小于理想值。

在通常情况下，未进行过初调节的供热系统，其用户阀门都处于全开位置，因此，初调节应在关小阀门的过程中进行。

简易快速调节法的基本步骤如下：

1）测量供热系统总流量，改变循环水泵运行台数或调节系统供、回水总阀门，使系统总过渡流量控制在总理想流量的120%左右。

2）以热源为准，由近及远，逐个调节各支线、各用户。最近的支线、用户，将其过渡流量调到理想流量的80%～85%左右，较近的支线、用户，过渡流量应为理想流量的85%～90%左右；较远的支线、用户，过渡流量是理想流量的90%～95%左右；最远支线、用户，过渡流量按理想流量的95%～100%调节。

3）当供热系统支线较多时，应在支线管上安装调节阀。此时，仍按由近及远的原则，先调支线再调各支线的用户。过渡流量的确定方法同上。

4）在调节过程中，如遇某支线或某用户在调节阀全开时仍未达到要求的过渡流量，此时跳过该支线或该用户，按既定顺序继续调节。等最后用户调节完毕后再复查该支线或该用户的运行流量。若与理想流量偏差超过20%时，应检查，排除有关故障。

5）若有必要，适当开大系统总调节阀门。当供热系统循环水泵配置过大时，这一步骤可提高总循环流量，降低系统工作压力，有利于供热效果的改善和系统的安全运行。

使用该方法时，可安装各种类型的调节阀（包括平衡阀、调配阀）。流量测量应根据实际条件，选用超声波流量计或智能仪表。

采用该调节方法，供热量的最大误差不超过10%；最低平均室温可达16℃以上。

第三节　运行调节

1. 运行调节的意义　热水供暖系统是根据室外计算温度设计的，室外温度在整个供暖期内每时每刻都在变化。因此，在热水供暖系统投入运行后，不仅要保证在设计室外温度下维持室内温度符合设计值，而且，必须根据室外气温的变化，合理调节热媒参数，这种调节称为运行调节。

运行调节的目的在于使用户散热设备的放热量与用户热负荷的变化相适应，防止出现室温过高或过低的现象。因此，及时有效地运行调节，可以实现在保证供暖质量的前提下，最大限度的节能。

值得指出的是：初调节是运行调节的前提，运行调节是初调节的继续。为了达到保证供暖、节约能源的目的，这两种调节，都必须认真进行。

2. 运行调节的方法

（1）集中质调节：在整个供暖期间，随着室外温度的变化，在热源处只改变网路的供水温度、而网路的循环流量维持设计值不变的调节方法叫集中质调节。

集中质调节只需在热源处改变网路的供水温度，管理简单，操作方便。网路循环水量保持不变，则网路的水力工况比较稳定。由于在整个供暖期中，网路循环水量总保持不变，所以消耗电能比较多。集中质调节是目前应用最多的一种调节方法。

（2）集中量调节：在整个供暖期间，网路供水温度始终维持设计值不变，随室外温度的变化在热源处不断改变网路循环流量，以适应热负荷变化的调节方法叫集中量调节。

采用集中量调节，随着室外温度的升高，网路的流量迅速地减少，这样会使供暖系统产生严重的竖向热力失调，且操作技术比较复杂，常需变速泵来实现量调节。目前在国内很少采用。

（3）分阶段变流量的质调节：把整个供暖期按室外温度的高低分成几个阶段。在室外温度较低的阶段时保持较大的流量；而在室外温度较高的阶段时保持较小的流量。在每一个阶段内，网路均采用一种流量并保持不变，同时采用不断改变网路供水温度的质调节，这种调节方法叫分阶段变流量的质

调节。

在中小型热水供暖系统中，一般可选用两台不同规格的循环水泵。其中一台循环水泵的流量和扬程按计算值的 100% 选择；另一台循环水泵的流量按计算值的 75% 选择。由于水泵扬程与流量的平方成正比，水泵的电功率与流量的立方成正比，所以 75% 流量的循环水泵相应的扬程可按计算值的 56% 选用，循环水泵的运行电耗可减小到 42% 左右。

在大型供暖系统中，整个采暖期可分为三个或三个以上的阶段。如采用三个阶段，各个阶段中循环水泵的流量可分别为计算值的 100%、80% 和 60%，扬程可分别为 100%、64% 和 36%。而循环水泵的耗电量相应为 100%、51% 和 22%。

这种调节方法，综合了质调节和量调节的优点，既较好地避免了竖向失调，又显著地节省了电能，所以，是一种公认的比较经济合理的调节方法。在区域锅炉房热水供暖系统中，得到了较多的应用。

(4) 间歇调节：在室外温度升高时，不改变网路的循环水量和供水温度，而只减少每天的供暖小时数，这种调节方法叫间歇调节。

间歇调节指的是在设计室外温度下为连续供暖，只是在室外温度升高时，才减少每天的供暖小时数。

当采用间歇调节时，每次启动水泵投入供暖后，网路远端用户的水升温时间总比近端用户滞后，为了使近端和远端用户通过热水的小时数接近，在锅炉压火后，循环水泵应继续运转一段时间。间歇调节，一般在室外温度较高的初寒期和末寒期采用，作为一种辅助的调节措施。

在选用运行调节的方法时，一定要因时、因地制宜，根据每个供暖系统的实际情况，灵活选用。在实际应用中，一个采暖期只采用一种调节方法的不多，往往是几种方法结合起来使用。如有的在整个采暖期选用质调节为主的调节方法，只是在初寒期和末寒期，采用质调节与间歇调节相结合的方法，即，既改变系统的供水温度，又改变每天的供暖时数等。

3. 运行调节基本公式及其修正

(1) 运行调节基本公式：用运行调节基本公式 (7－2) 和式 (7－3)，可求得任意室外日平均温度 t_w 下的供、回水温度 t_g 和 t_h。

$$t_g = t'_n + \frac{1}{2}\left(t'_g + t'_h + 2t'_n\right)\left(\frac{t'_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right)^{1/(1+B)} + \frac{1}{2\bar{G}}\left(t'_g - t'_h\right)\left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right) \tag{7-2}$$

$$t_h = t'_n + \frac{1}{2}\left(t'_g + t'_h + 2t'_n\right)\left(\frac{t'_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right)^{1/(1+B)} - \frac{1}{2\bar{G}}\left(t'_g - t'_h\right)\left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right) \tag{7-3}$$

式中　t_g、t_h——任意室外温度下的网路供、回水温度（℃）；

t'_g、t'_h——设计供、回水温度（℃）；

t_n——室内平均温度；

t'_n——供暖室内计算温度（℃）；

t_w——任意室外日平均温度（℃）；

t'_w——供暖室外计算温度（℃）；

B——散热器指数，实验得出；其值在 0.14～0.37 之间，如 M—132 为 0.37；四柱为 0.35；大 60 为 0.30；钢串片为 0.22 等；

$\bar{G}$——相对流量，即调节时的实际运行流量 G 与设计流量 G' 之比：$G = G/G'$，也即水力失调度 X。

不难看出，公式的前两项之和是散热器供、回水的平均温度，而最后一项为供、回水温差之半。

（2）运行调节基本公式的修正：上述运行调节基本公式只是理论公式，其应用条件是；供暖系统中建筑物的实际热负荷必须等于设计热负荷，而且 24h 连续稳定运行。但这种情况在实际供暖中是很少存在的，所以，此理论公式不能真正用来指导实际运行。

现将唐山市房产经营公司锅炉供暖技术服务处与唐山市建筑设计院于 1986 年合作完成并通过鉴定的《热水供暖实际热媒运行参数的确定》的课题成果及推导出的实用的运行调节公式介绍如下：

$$t_g = t_n + \frac{1}{2}\left(t'_g + t'_h + 2t'_n\right)\left[\bar{nq}\left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right)\right]^{1/(1+B)} + \frac{\bar{nq}}{2\bar{G}}\left(t'_g - t'_h\right)\left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right) \tag{7-4}$$

$$t_h = t_n + \frac{1}{2}\left(t'_g + t'_h + 2t'_n\right)\left[\bar{nq}\left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right)\right]^{1/(1+B)} - \frac{\bar{nq}}{2\bar{G}}\left(t'_g - t'_h\right)\left(\frac{t_n - t_w}{t'_n - t'_w}\right) \tag{7-5}$$

式中 t_g、t_h——任意室外日均温度下的网路供、回水温度（℃）；

t'_g、t'_h——设计供、回水温度（℃）；

t_n——实际运行的任意室内日平均温度（℃）；

t'_n——室内计算温度（℃）；

t_W——任意室外日均温度（℃）；

t'_w——室外计算温度（℃）；

B——散热器的散热指数；

n——热负荷修正系数。为建筑物在设计工况下的实际热负荷与设计热负荷之比，反映了热负荷在设计上的偏差，见式（7－6）；

$\bar{q}$——为运行工况与设计工况下的建筑物热指标比值，代入公式时，可取 $\bar{q}=1$；

$\bar{G}$——相对流量为运行中实际流量 G 与设计流量 G' 之比，$\bar{G}=G/G'$，G 可实测，$\bar{G}$ 可用式 7－7 计算。

热负荷修正系数 n

$$n=\frac{(t_g+t_h-2t_n)^{1+B}\ (t'_n-t'_w)}{(t'_g+t'_h-2t'_n)^{1+B}\ (t_n-t_w)} \tag{7-6}$$

相对流量 $\bar{G}$

$$\bar{G}=\frac{(t_g+t_h-2t_n)^{1+B}\ (t'_g-t'_h)}{(t'_g+t'_h-2t'_n)^{1+B}\ (t_g-t_h)} \tag{7-7}$$

修正公式（7－4）和式（7－5）与理论公式（7－2）、式（7－3）不同之处在于：

1）增加了热负荷修正系数 n。n 值可以在稳定运行的条件下，将实测的 t_g、t_h、t_n 与 t_w 的日平均值代入式（7－6）中求得。其中 t_w 应由当地气象部门提供，也可概略地取当日最高与最低气温的平均值。n 反映了热负荷在设计上的偏差，相同类型的建筑物 n 值相同。不同类型的建筑物 n 值不同，这时各热用户可取相同的供水温度与不同的回水温度，这可通过对流量的调节来实现。若因各热用户的 n 值相差太大，当调流量不能奏效时，就只能调整各热用户内散热器的数量了。

2）增加了热指标比值 $\bar{q}$。它说明日照、风速、风向的变化与室内外温差有关。可据它们的变化来相应地调整 t_g，与 t_h；为了便于计算，在应用上

述公式时，取 $\bar{q}=1$。

3）公式中将 t_n 与 t'_n 相区别，目的是为了采用更舒适的室内温度 t_n，这为灵活地调节提供了方便。

这里需要说明的是，应用这一成果，供暖系统必须先进行确实有效的初调节，也就是说，必须在消除了系统的水力失调之后再进行。

（3）应用实例：唐山市某住宅小区锅炉房供暖系统，建筑物为四幢五层楼房，散热器为开式钢串片，$B=0.22$。设计供、回水温度分别为 95℃、70℃，室内外设计温度分别为 18℃和 −11℃。测试并求出某日的以下 4 个日平均温度：

1）锅炉供水温度，$t_g=57.4$℃。

2）锅炉回水温度，$t_h=48.5$℃。

3）用户室内温度，$t_n=18.3$℃。

4）室外温度，$t_w=-4.8$℃（由唐山市气象台提供）。

试用理论公式（7－2）、式（7－3）与修正公式（7－4）～式（7－7）分别计算其质调节供、回水温度，并画出相应的运行调节曲线。现计算如下：

将已知值代入修正公式（7－6）和式（7－7）得

$$n=\frac{(57.4+48.5-2\times18.3)^{1+0.22}\ (18+11)}{(95+70-2\times18)^{1+0.22}\ (18.3+4.8)}=0.59$$

$$\bar{G}=\frac{(57.4+48.5-2\times18.3)^{1+0.22}\times(95-70)}{(95+70-2\times18)^{1+0.22}\times(57.4-48.5)}=1.32$$

将求得的 n 与 $\bar{G}$ 代入修正公式（7－4）和式（7－5）中

$$t_g=18.3+\frac{1}{2}(95+70-2\times18)\left[0.59\left(\frac{18.3-t_w}{18+11}\right)\right]^{1/(1+0.22)}+\frac{0.59}{2\times1.32}(95-70)\left(\frac{18.3-t_w}{18+11}\right)$$

$$t_h=18.3+\frac{1}{2}(95+70-2\times18)\left[0.59\left(\frac{18.3-t_w}{18+11}\right)\right]^{1/(1+0.22)}-\frac{0.59}{2\times1.32}$$

$$(95-70)\left(\frac{18.3-t_w}{18+11}\right)$$

将不同的 t_w 值（$t_w=5\sim-11℃$），分别代入以上两式，即可求出相应于各室外日平均湿度 t_w 的该热用户入口修正后的质调节供、回水温度。计算结果列入表 7－7 左侧修正公式计算值栏中。

将已知值代入理论公式（7－2）和式（7－3）中

$$t_g=18+\frac{1}{2}(95+70-2\times18)\left(\frac{18-t_w}{18+11}\right)^{1/(1+0.22)}+\frac{1}{2}(95-70)\left(\frac{18-t_w}{18+11}\right)$$

$$18+64.5\left(\frac{18-t_w}{29}\right)^{0.82}+12.5\left(\frac{18-t_w}{29}\right)$$

$$t_h=18+\frac{1}{2}(95+70-2\times18)\left(\frac{18-t_w}{18+11}\right)^{1/(1+0.22)}-\frac{1}{2}(95-70)\left(\frac{18-t_w}{18+11}\right)$$

$$=18+64.5\left(\frac{18-t_w}{29}\right)^{0.82}-12.5\left(\frac{18-t_w}{29}\right)$$

将不同的 t_w 值（$t_2=5\sim-11℃$）分别代入以上两式，即可求出相应于各室外日平均温度 t_w 的该热用户入口理论的质调节供、回水温度。计算结果列入表 7－3 右侧理论公式计算值栏中。

表 7－3　　运行调节供、回水温度　　（单位：℃）

室外温度	修正公式计算值		理论公式计算值	
t_h	供水温度 t_g	回水温度 t_h	供水温度 t_g	回水温度 t_h
5	43	38	57	46
4	44	39	60	47
3	46	40	62	49
2	48	41	65	51
1	49	42	67	52
0	51	43	69	54
－1	52	44	72	55

续表

室外温度	修正公式计算值		理论公式计算值	
t_h	供水温度 t_g	回水温度 t_h	供水温度 t_g	回水温度 t_h
-2	53	45	74	57
-3	54	47	77	58
-4	56	48	79	60
-5	58	49	81	61
-6	59	50	84	63
-7	61	51	86	64
-8	62	52	88	66
-9	63	53	90	67
-10	65	54	93	69
-11	66	55	95	70

注：本表为唐山市某住宅小区锅炉房运行调节热媒参数表。

从表 7-4 中的计算值可知，当室外日平均气温等于设计值时，即 $t_w = -11℃$，为满足室内 18℃的要求，当用修正公式计算时，系统的供、回水温度，并不是按照理论公式计算出的 95℃、70℃，而是 66℃、55℃。当 $t_w = 5℃$时，为满足（$t_n = 18℃$时，也不是按理论公式计算出的 57℃、46℃，而是 43℃、38℃。经上述实例的实际运行，当采用修正后的公式来指导运行，在满足室温 $t_n = 18℃$的情况下，当年与往年采暖耗煤量相比，下降了 20%以上，可见运行调节的节煤效果很明显。

现将表 7-3 中的数据绘制成供暖系统运行调节曲线，见图 7-13。用于指导运行调节。

4. 智能型采暖系统量化管理仪在运行调节中的应用　中国建筑科学研究院空调所吸收了国内外同类产品的长处，并结合我国供暖的实际情况，开发出专门为采暖系统运行调节和量化管理的节能新产品 CLG—1 智能型采暖系统量化管理仪，满足了运行调节和量化管理的需求。它可以在中小型锅炉房和热力站中推广应用。

智能型采暖系统量化管理仪的外形为 160mm×80mm×250mm（宽×高×长）的长方体，可盘式安装，也可台式放置。后封头是接线端，见图 7-14。

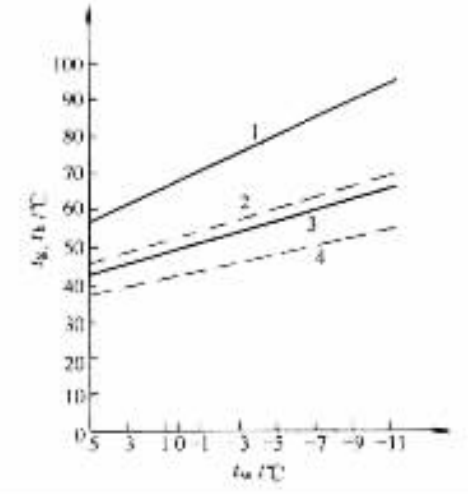


图 7－13　供暖系统运行调节曲线图

1、2—理论公式计算供、回水温度曲线

3、4—修正公式计算供、回水温度曲线

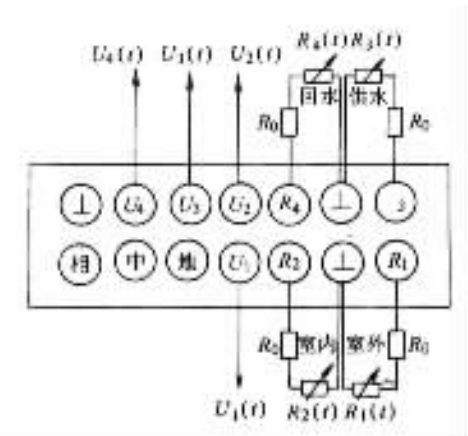


图 7－14　CLG—1 采暖系统量化管理仪

智能仪表主要由室外、室内、供水、回水温度传感器、温度变送器、多路开关、AD 转换、单片机、双数字显示及温度越限报警等单元所组成。此外，还有两个四刀拨动开关，靠里边的一个是斜率微调拨动开关，靠外边的一个是起点温度微调拨动开关。

采暖系统量化管理仪原理框图，见图 7－15。

从图 7－15 中可知，通过四路温度变送器分别将室外、室内、供水、回

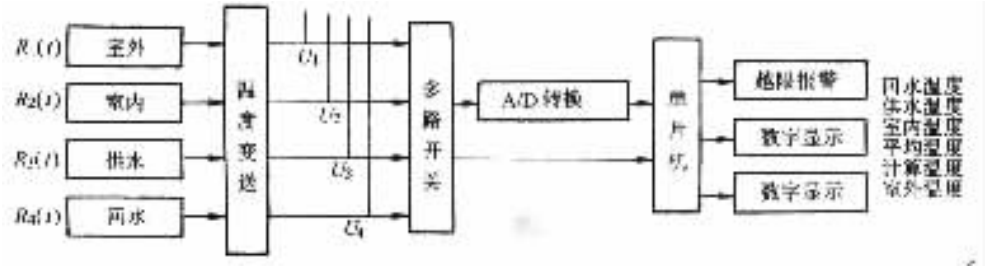


图 7－15　CLG—1 采暖系统量化管理仪原理框图

水回路温度传感器的温度转换为直流 0～2V 的电压信号，再经过多路自动转换开关，按一定时序送至 A/D 模数转换器，转换为数字量，并送至单片机进行数据处理，单片机则计算出前 24h 的室外平均温度，并按下式算出最佳供水计算温度。

$$t_g = t_g(0) - kt_w \tag{7-8}$$

式中　t_g——供水计算温度（℃）；

$t_g(0)$——起始点温度，即当室外平均温度为 0℃时的供水计算温度（℃）；

k——斜率，为供水质调节温度曲线的斜率，它表示室外平均温度每降（升）1℃时供水计算温升（降）的度数；

t_w——前 24h 的室外平均温度（℃）。

单片机将算得的室外温度平均值和最佳的供水温度计算值存于内存中，并将实测的供水温度和最佳的供水计算温度加以比较。当实际的供水温度大于或小于供水温度的计算值 1℃时，说明当前的热量供需不平衡，超出了允许的范围，智能仪则发出超温（红灯）或欠温（绿灯）的灯光报警信号，有关操作人员便应采取加强或减弱燃烧的相应措施，以保持热量供需平衡的最佳运行状态。这样既可满足所要求的供热质量，又可避免能源的浪费。

智能仪表采用了先进的单片机技术，通过分析不同地区、不同类型和用途建筑物的采暖热负荷随室外温度的变化规律，在机内固化了 16 种斜率的供水温度随室外平均温度变化而变化的质调节曲线。其中每一种斜率的质调节曲线又都具有平移和斜率的微调功能。由于这些曲线的覆盖面很广，它适用于我国“三北”地区的任一个供暖系统。

第四节　供暖运行制度

1. 供暖运行制度的分类　建筑物的供暖运行制度，依建筑物使用性质的不同，基本上可以分为两大类：连续供暖和间歇供暖。它们分别有着严格的定义。

1）连续供暖是指建筑物的使用时间为 24h，要求全天室温保持设计温度，如医院、三班制的工厂等。

2）间歇供暖是指建筑物的使用时间并不是 24h，因而只要求在使用时间内的室内平均温度保持设计室温，其他时间可以自然降温，如办公楼、公共建筑、商店、一班制的工厂等。

2. 住宅供暖运行制度的分析

1）供暖设计热负荷与供暖运行制度有关，按连续供暖设计和运行，可以减少锅炉的设计和运行台数（单台锅炉时可以减小锅炉容量）。

间歇供暖时，散热器放出的热量，不仅要补充房间的耗热量，而且还要加热房间内所有已经冷却了的围护结构。而连续供暖时散热器放出的热量只要补充房间的耗热量就可以了。如按连续供暖设计，就可以不考虑间歇附加，因而可以节约建设初投资和占地面积。也可以减少锅炉运行台数，节约运行费用，锅炉的负荷率和效率也能提高。

2）不同类型锅炉运行效率与供暖运行制度有关，目前常用供暖锅炉最适合连续运行。

近年来普遍采用的机械燃烧的链条炉排锅炉和往复炉排锅炉，因炉膛内有耐火砖砌体，需要较长的预热时间才能达到较好的燃烧条件，因此，最适合连续运行。

3）锅炉负荷率与锅炉效率有关，连续供暖有助于提高锅炉负荷率，因而有利于提高锅炉效率。

一般来讲，锅炉负荷率高，燃烧的燃料就多，炉膛温度也高，其化学不完全燃烧热损失和炉灰含碳量都将减少，锅炉效率可以提高。

大量运行实践表明：连续供暖有助于提高锅炉的负荷率，我国哈尔滨、长春、沈阳、北京、天津等采暖城市皆有不少锅炉房因实行连续供暖，使每

0.7MW（1t/h）的锅炉容量由原来只能带 4000～5000m²，提高到带 8000～10000m² 供暖建筑面积，既提高了锅炉负荷率，又使锅炉效率也相应提高。

4）影响耗煤量指标的两个主要因素，即日平均室温和锅炉运行效率皆与供暖运行制度有关，在评价节煤时不能脱离供暖质量和各类供暖运行制度。

$$q_c = \frac{24zq_H}{H_G\eta_1\eta_2} \tag{7-9}$$

式中　q_c——供暖耗标准煤量指标（kg/m²）；

q_H——建筑物耗热量指标（W/m²）；

z——供暖期天数（d）；

H_G——标准煤热值，取 8.14×10^3 W.h/kg；

η_1——室外管网输送效率；

η_2——锅炉运行效率。

从公式可以看出：

①耗煤量指标 q_c 与锅炉运行效率 η_2 成反比，效率越高越节煤。

②耗煤量指标 q_c 与建筑物耗热量指标 q_H 成正比，即建筑物耗热量指标越大越费煤。而建筑物耗热量指标 q_H 又与室内外温度差成正比。对某一城市来讲，其采暖期室外平均温度为一定值（如北京为 -1.6℃），因此，建筑物耗热量指标 q_H 实际上是与室内温度成正比，也就是说，室温越高越费煤。

当采用连续供暖时，日平均室温为 16℃；而采用现行间歇供暖时，日平均室温为 12℃（据统计，在每昼夜 24h 中，有 10h 为 16℃，14h 为 9℃，12℃为平均值）。连续供暖比现行间歇供暖费煤是正常的，因为连续供暖提高了 4℃的平均室温，耗煤量自然要增多。

当采用连续供暖时，锅炉运行效率相对是高的，而采用现行间歇供暖时，因锅炉频繁启停，锅炉运行效率相对是低的，表 7-4 给出测试结果，可说明其综合效益。

3. 间歇供暖与连续供暖的节能效益对比　现以连续供暖的耗煤量为标准，通过计算，对比一下连续供暖、准连续供暖和真正的间歇供暖的节煤率，对比结果列在表 7-5 中。从表中不难看出，真正的间歇供暖既能满足一般住宅的使用要求（白天 18℃，夜间 15℃），其节能效果也是好的。如果全天保证 18℃，自然供暖质量好，但费一些煤。

表 7－4 现行间歇供暖与连续供暖测试结果对比

（北京昌平西环里二号锅炉房）

名称	1986 年末寒期		1987 年严寒期	
	现行间歇供暖	连续供暖	现行间歇供暖	连续供暖
供暖面积 A/m^2	60893	60893	61849	61849
24h 供热量 Q/kJ	143441662	184083536	175692423	235336920
每小时单位面积供热量 Q/kJ·（h.m²）⁻¹	98.16	126.00	118.46	58.65
24h 煤耗量 q/kg	12093	12297	12640	13454.6
每小时单位面积煤耗量 q/kg（m²）⁻¹	0.0083	0.0084	0.0085	0.0091
锅炉运行效率 η（%）	57.65	74.20	55.6	73
锅炉负荷率 g（%）	57.11	73.29	69.95	93.70
室内平均温度 t_n/℃	19	21	23.2	22.5
修正后室内平温度 t_n/℃	19	20.94	23.2	23.9
室外平均温度 t_w/℃	2.72	2.78	－1.55	－2.39

注：室内平均温度修正系指因取相同室外温度而进行的修正。

表 7－5 住宅不同供暖运行制度耗煤情况对比表

供暖运行制度	全冬耗混煤		室内温度/℃		节煤率	备注
	kg/m²	%	供暖期间	非供暖期间	（%）	
真正的间歇供暖	29.6	94.9	18	14～16	5.1	非供暖期间平均室温 15℃
准连续供暖	30.8	98.7	18	15～17	1.3	非供暖期间平均室温 16℃
连续供暖	31.2	100	18	18	0	非供暖期间平均室温 18℃

注：1. 供暖期间指早 7 时至晚 23 时；非供暖期间为夜间 8h。

2. 准连续供暖及真正的间歇供暖白天均供暖 16h；夜间 8h 略有差别，准连续供暖夜间适当减弱，真正的间歇供暖夜间压火自然降温。

4. **关于住宅采用合理供暖运行制度的建议** 为了做到保暖节能，除特殊要求的住宅可全天实行连续供暖外，对一般住宅小区建议可在严寒期实行连续供暖，而在初寒期和末寒期实行准连续供暖或 16h 间歇供暖。无条件的也可以全冬实行准连续供暖，具体视锅炉房内锅炉台数及容量情况，合理确定供暖运行制度，只要能保证全冬每昼夜有 16h 达到 16℃以上室温，并尽量作到节煤就可以了。

（1）住宅供暖运行制度合理化

1）应杜绝不保证供暖质量的“尖子火”（昼夜供暖 8h）。

2）现行间歇供暖（昼夜供暖 12h，频繁启停），供暖质量不好又浪费煤，应尽快改进。

3）全冬不分阶段，一律 24h 连续供暖，对节煤不利。

4）严寒期 24h 连续供暖，初寒期、末寒期辅以间歇调节，既保暖又节煤，应该提倡。

5）待将来提高室温标准至 18℃时，可考虑实行 16h 以上真正的间歇供暖，以利夜间降低室温，节约能源。

（2）应注意的问题

1）实行连续供暖辅以间歇调节的主要措施有三：

①在供暖不同阶段合理调整锅炉的运行台数，保证锅炉在较高负荷下连续运行。

②司炉工班次，要由原来工作 24h，休息 24h，调整为工作 12h、休息 24h，以保证有足够的精力实现连续运行。

③锅炉及辅机的检修要加强，以保证设备能适应连续运行。

2）结合锅炉房大、小两种情况，应注意以下问题：

①对于较大的住宅小区且装有多台锅炉的锅炉房，因原设计一般配备的锅炉偏多，在基本达到设计室外温度的严寒期，应经认真核算，合理确定锅炉的运行台数，实行满负荷的连续运行，尽量烧满膛火。在初寒期和末寒期，当室外温度偏高时，可以减少锅炉的运行台数，也尽量使锅炉在负荷较高的情况下连续运行，但在中午及夜间可以结合具休情况进行适当间歇调节。

②较小的住宅建筑且只有单台锅炉的锅炉房，一般锅炉容量偏大，在基本达到设计室外温度的严寒期，有的还能实行连续供暖；而在初寒期和末寒期，当室外温度偏高时，就只能烧烧、停停。此时“大马拉小车”，锅炉的负荷率很低，出现运行效率很低的不合理现象。可以考虑如下方案解决：扩大供暖面积，发挥锅炉的潜力；在锅炉更新时，就近联片改造；调整为 2 台锅炉等。

第五节 热水锅炉的防腐阻垢和除焦

1. 热水锅炉的防腐阻垢 供暖运行管理水平低是影响节能的主要原因，锅炉的防腐阻垢是薄弱环节。为了攻克热水锅炉防腐技术的难关，北京化工大学魏刚教授已经研制出了新型热水锅炉防腐阻垢药剂，可在停用期间及运行期间使用。

（1）BF—30a 锅炉运行期间的防腐阻垢剂：BF—30a 是一种锅炉防腐阻垢剂，它不仅具有优良的防腐阻垢性能，而且由此而建立了一套独特的防腐阻垢方法。

BF—30a 对锅炉金属的缓蚀性能不是基于除氧作用，而是抑制了腐蚀的阳极过程和阴极过程；BF—30a 的阻垢性能不是基于化学计量，而是符合阀值效应规律。根据缓蚀作用原理，利用阀值效应规律，按照给出的工艺条件，把具有多种功能的防腐阻垢剂 BF—30a 加入锅内，BF—30a 即溶于锅水，扩散到达并吸附于金属表面，从而连续地起到防止锅炉运行时腐蚀结垢和停用时腐蚀的作用。

BF—30a 的实施方法：

1）采用生水的热水锅炉，将锅炉清理干净；根据供暖系统水容量，随锅炉上水按 2ks/m^3 量作为基础投药；运行期间再随补水量，按 1KG/m^3 量作为补充投药；停用时按 1kg/m^3 量投药，封闭锅炉；再次启用时，直接启动，补水时再按量补充投药即可。只要严格保持加药量，就能达到锅炉的安全经济运行。

2）采用软水的热水锅炉，将锅炉处理干净；随锅炉上水按 1.5kg/m^3 量基础投药；运行期间随补水量按 0.8kg/m^3 量作为补充投药；锅炉停用时按 1kg/m^3 量投药，封闭锅炉；锅炉重新启用时，直接启动，冲水时再按量补充投药即可。

BF—30a 技术具有高效、方便、连续、全面、干净、廉价筹特点。在锅炉房的一般条件下，BF—30a 技术对运行锅炉的缓蚀率、阻垢率和对停用锅炉的缓蚀率均达 99%，从而有可能从根本上解决长期不能取得突破性进展的热水锅炉防腐难题。

（2）TH—901 锅炉停用保护剂：TH—901 缓蚀剂半干法停炉保养技术，能对停用期间的锅炉进行有效的腐蚀控制，与传统的干法和湿法相比，腐蚀速度仅为湿法保护的 1/105，干法保护的 1/7；而且保护性能全面，不仅保护处于气相中的金属，而且也保护处于潮湿状态下的金属；不仅保护无垢金属，而且也保护垢下金属，缓蚀效率达 99% 以上。本技术无需除氧和干燥，并且具有渗透力强，缓蚀半径大的优点。

实施方法：趁热排空锅炉水，清除沉积在锅炉水、汽系统内的水渣及残留物；当汽、水系统内表面较清洁时，在集箱与锅炉中加药，药品用托盘盛放，加药量按锅炉水容量 $1kg/m^3$ 计算，集箱与锅筒投药量按 1∶6 或 1∶7 计算；封闭锅炉，若排水后锅内积水过多时，药品用量可加大 0.5～1 倍。本品对锅炉运行无害，锅炉重新启动时，不必清除药品，只取出盛器即可。若系生活锅炉，启用时先用水冲洗一遍，即可正常运行。

TH—901 锅炉停用保护剂可以有效地防止锅炉停用期间的腐蚀。

（3）BF—30T 锅炉热网系统停用期间保护剂：BF—30T 是锅炉和热网系统的保护剂，为透明液体（俗称液体 901）。使用 BF—30T 不仅能解决锅炉的防腐问题，还可以使热网管线、散热器等不受腐蚀。BF—30T 具有效果良好、方法简便、保护期长，费用低廉等特点。

实施方法：排出锅水和系统水，清除锅炉和系统内的沉渣，如果是采用 BF—30a 防腐阻垢剂的热水锅炉，也可以不排水，将经计量的 BF—30T 加入给水。若给水是生水，按 $2kg/m^3$ 计，若给水是软化水，按 $1.5kg/m^3$ 计。若是采用 BF—30a 而没有排水的热水锅炉，则按 $1kg/m^3$ 量加药。BF—30T 对工业锅炉运行无害，锅炉重新启用时，不必排出保护液，直接启动即可。若系生活锅炉，启用时排出保护液，再用水冲洗一遍即可。

BF—30T 缓蚀剂对锅炉和热网系统金属的缓蚀率达 99% 以上，明显优于传统干法和湿法。

可实现停用期间锅炉及热网系统的保护。

2. 锅炉运行期间的化学除焦

（1）锅炉运行期间除焦的必要性，锅炉运行期间在受热面外部形成的不同厚度的积灰和结焦，会大大降低传热效果，因为每 1mm 厚焦垢的热阻是等厚钢铁热阻的 200 倍，焦垢的存在必然影响锅炉的燃烧环境和正常的热交换，因此，受热面的积灰和结焦实际上也是降低锅炉运行效率的重要因素之

一。

以往，当锅炉受热面或炉拱、炉墙严重结焦以至影响锅炉不能正常运行时，一般都采用停炉打焦的办法来解决，这种方式不仅会造成停炉损失，而且在打焦中易损伤锅体和炉墙还要炉拱，工人劳动强度大，条件艰苦，焦垢也不易打净。

（2）化学除焦方法的依据

1）锅炉用煤的成分及燃烧产物。锅炉用煤一般以烟煤为主。煤的成分为磷、氢、氧、氮、硫 5 种元素及灰分、水分。煤的结构单元是多芳香环（包括氢化芳香环），在芳香环的周围有侧链、官能团等。其中，硫分包括有机硫和黄铁矿硫，不包括灰分中的硫酸盐硫。灰分主要成分以 SiQ_2、Al_2Q_3 两者为主，其和（质量分数）可达 80%～90%，其余成分为 Fe_2O_3、CaO 等。

当煤在空气中燃烧时，煤中的 5 种元素成分均与空气中的氧气发生反应，形成燃烧产物。其中气体产物有 CO_2、SO_2、CO、H_2O。其中，生成 CO 的反应与生成 CO_2 的反应相比，大约有 72% 的热量未释放出来，造成热损失。由于上述气体产物和由炉内通风引起的飞灰共同组成原始烟气。

2）原始烟气在金属受热面的吸附和焦垢形成的实质。由煤经过燃烧产生的气体产物及固体产物组成的原始烟气，在流经锅炉受热面与介质进行换热的同时，原始烟气中的气体产物与固体产物也与金属受热面发生了化学及物理作用，产生了化学和物理吸附。也就是说，金属受热面会受到烟气的化学腐蚀和飞灰的沉积。

锅炉的受热面分为两类：辐射受热面和对流受热面。锅炉结焦也就是在这两种受热面上产生的。

辐射受热面通常是在锅炉内温度为 900℃以上的区域内，也就是说，这种受热面是经高温烟气或火焰直接辐射的。燃烧形成的气体、固体产物的温度也在 900℃以上。在这个区域的金属受热面上，会有大量的固体产物（飞灰）吸附在上面。飞灰在金属受热面上的吸附是粉末颗粒固体与固体间的吸附，其吸附作用主要是固体表面力的作用。固体表面力是随温度和颗粒大小变化的。温度越高，表面力越大；颗粒越小，表面力越大。飞灰对金属受热面的表面力及烧结温度还会因烟气中 SO_2 含量的不同而不同，SO_2 含量越高，表面力越大，烧结温度也越低。大量的飞灰吸附在受热面后形成表面粉体，在高温下，又形成粉体的烧结。因为粉体的烧熔温度一般要比同种物固体质

的烧熔温度低 200～1000℃，最后，在金属受热面便形成葡萄状的灰熔角垢。

对流受热面通常是在锅炉内温度为 900℃以下的区域内，在这个区域内随着烟气的走向，烟温下降梯度很大，至除尘器入口处，烟温一般在 160～250℃之间。在对流受热区段内、原始烟气中的气体成分急速降温，产生出很强的物理吸附作用。加之烟气中水蒸气的雾化及飞灰与水蒸气形成的水膜飞尘颗粒，也都有很强的物理吸附作用。在这一区段内由于氧气含量很小，又处于负压区段，复杂的烟气又产生干馏现象，析出混合的粘性物质。因此，在这一区域内的金属受热面上便形成一层复杂的、酸性的、有机的、无机的焦油状的粘性焦垢。

目前国内生产的锅炉清灰剂种类很多，被国家经贸委、国家计委和国家科委联合评定为“一九九四年全国优秀节能产品”的北京市太昆节能材料公司生产的“太昆牌”TK 系列锅炉节能除灰剂是其中技术指标较好的一个，使用效果明显。

第六节　供暖运行节能的技术措施

1. 采用连续供暖加以间歇调节的运行制度　为了使住宅供暖制度合理化，应杜绝不保证供暖质量，昼夜供暖不足 8h 的“尖子火”；尽快改进昼夜供暖 12h，间歇 2～3 次，供暖质量不好又费煤的“现行间歇供暖”；不采用全冬不分阶段，一律 24h 连续供暖，不利节煤的做法；提倡采用连续供暖辅以间歇调节的运行制度，即严寒期 24h 连续供暖，初寒期、末寒期连续供暖辅以间歇调节，既保暖又节煤的住宅合理供暖运行制度。

要通过减少锅炉运行台数，改变“大马拉小车”锅炉低负荷不合理运行。实现分散锅炉（单台锅炉容量在 7MW 以下）每 0.7MW 带供暖建筑面积 8000～10000m^2，集中锅炉房（单台锅炉容量在 7MW 以上）每 0.7MW 带供暖建筑面积 10000～12000m^2，以提高锅炉负荷率和锅炉运行效率，挖掘锅炉设备的潜力。

2. 提高集中锅炉房间供式系统一次水参数　当前集中锅炉房普遍存在的问题是高温热水锅炉的低参数运行（如一次水供、回水温度应为 115℃、70℃，实际一般为 95℃、75℃，甚至更低。原因是系统定压低，补水泵选择

不当，扬程低)。而换热器的低负荷运行表现在每平方米换热面积所带的供暖建筑面积仅为 300～400m²，比应带的 600～800m² 低很多。有很大潜力。

为此，只有提高一次水参数，才能提高锅炉的出力和换热器的传热效率，也才能改变换热器的低负荷运行。

3. 搞好外网初调节，消除水平失调　以往为了解决因外网水平失调而造成远、近用户冷热不均的问题，一般采用加大循环水泵、多台泵并联运行、末端增设加压泵和加大末端管径等措施，这种“大流量，小温差”的不经济运行方式，应该改变。

正确的方法应该是搞好外网的初调节。在旧有的外网上进行初调节前，要换上调节性能好的阀门；新建时，要对外网的阀门把好关。可以选用大连市庄河县明阳阀门厂的调节阀，配合超声波流量计；中国建筑科学研究院空调所的平衡阀及其智能仪表；清华大学的调配阀及其智能仪表。

4. 科学的运行调节，对锅炉实行仪表监测或微机监控　根据室外温度合理确定供暖期每日的锅炉运行参数，做到既保暖又节煤的运行调节。

采用唐山市的“热水供暖实际运行热媒参数的确定”课题成果，用修正后的理论调节基本公式，计算并画出锅炉房运行曲线，指导运行。

对分散锅炉房有条件的可以安装智能型采暖系统量化管理仪等，以实现监测，指导司炉工控制合理的热媒参数，保证在供暖基础上最大限度的节煤。

对集中锅炉房 7MW 以上的锅炉，则应配装微机实行监控（自动控制炉排推进速度、鼓风及引风的开度等)。

5. 采用补水泵变频调速定压　维持恒压点压力恒定不变，是供暖系统正常运行的基本前提。由于膨胀水箱定压受使用范围的局限，定压罐价格昂贵，操作复杂，补水泵定压得到较多的运用。但补水泵连续运行费电，间歇运行压力波动，因此，近年来补水泵变频调速定压受到欢迎。

6. 应用变频调速技术　大容量锅炉采用微机监控，可以自动控制锅炉辅机——鼓风机及引风机的开度。但是只有同时将变频调速技术应用于其中，才能实现锅炉辅机的大幅度节电（节电 30%～40%)，值得推广。

由锦州市供暖公司与锦州市节能技术公司联合开发，在北京市昌平县房管局供暖服务公司工程中继续完善的“供暖锅炉微机：“三遥”自控节能技术应用研究”是把计算机控制、变频调速技术和无线电传输技术溶为一体的

一种新的控制模式，经实际运行效果很好。其特点是：调度室的上位机与若干锅炉房的下位机进行“三遥”（遥测、遥控、遥调）；锅炉房的下位机可使锅炉在最佳效率点上工作；上、下微机靠电台进行数据传输；下位机的执行机构采用变频调速器，节电效果明显。

7. 采用锅炉防腐阻垢剂和锅炉除灰剂　为搞好锅炉的除氧和水处理，建议采用北京化工大学魏刚教授研制的锅炉运行和停用期间的防腐系列产品：

1）BF－30a——锅炉运行期间的防腐阻垢剂。

2）TH－901——锅炉停用保护剂。

3）BF－30T——锅炉热网系统停用保护剂。

坚持使用上述新型药剂，可以不再设昂贵的除氧及水处理设备，是具有突破性进展的新产品。

在锅炉运行期间的化学除焦方面，建议采用北京市太昆节能材料公司研制生产的“太昆牌”TK 系列锅炉节能除灰剂，每日按用煤量的万分之二的比例，在运行中自锅炉的旺火区投入，可清除锅炉辐射、对流受热面及炉拱上的焦垢，节煤并延长炉龄。

8. 用热管省煤器　取代传统的铸铁省煤器“热管”是一种利用管内工作液体的两相流变化，以潜热为主进行传热的新型高效传热元件。采用辽宁省盘锦节能设备厂和北京市京海换热设备厂生产的热管省煤器，取代传统的铸铁省煤器，可有明显的节能效益。

9. 采用自动排气阀和臭味剂　供暖系统的末端，过去一般安装集气罐，作为手动的放风装置，用户常常在此私自取用系统水。如采用国产自动排气阀，往往因质量不够好，出现“跑水不跑气”的被动局面，是运行单位难于处理的“老大难”问题。如选用价格稍贵但确保质量的德国产品 E121 自动排气阀，效果十分理想。该产品由美国霍尼韦尔中国公司经销，由北京金房暖通节能技术公司总代理（北京市房地产科研所供暖室）。

此外，为防止用户私自取用系统水，可适量投入臭味剂（每吨水加 70～80g），效果很好，此药剂在购买防腐阻垢剂时，可一并供应。

10. 降低炉灰含碳量

1）北京市昌平县房管局供暖服务公司采用的“混合式烧煤法”。此方法是把煤、焦、渣和水，按 8∶4∶1.3∶1（即 320kg 纯煤、160kg 螺旋输送机出来的碎焦、50kg 前落灰斗的灰渣、40kg 水）的合理配比进行“混合”掺烧，可

以烧厚煤层（混煤煤层厚一般为 14～16cm，而纯煤厚为 6～12cm），因有碎焦掺烧，反而改善了通风条件。经测试，“混浇法”锅炉效率较“干烧法”、“湿烧法”高 9%～13%。“混烧法”炉灰碳的质量分数 3%～5%，节煤效果显著。此方法适用于电葫芦上煤、螺旋输送机出渣等锅炉房。

2）北京市海淀区房管局在 14MW 热水锅炉上采用的“二炭回烧法”。此方法是在上煤前用铲车将煤和灰渣按 3∶1 的比例掺搅均匀，在输煤带式输送机上设喷淋水管，使湿煤入仓闷透，再进入炉内燃烧。因三、四风室的漏排灰含碳量少，可以不回烧，只烧一、二风室的。初、末寒期 100%回烧，严寒期按 3∶1 的煤与灰渣回烧。上述为干出渣。如为水出渣，做法相同，只是将炉渣及漏排灰冲入渣池，用抓斗将炉灰渣抓到沉渣池内，将水分空出，再将灰渣运回煤库，用铲车将炉灰渣与煤搅拌均匀。100%的炉灰渣皆反烧，燃烧效果良好，可使炉灰含碳的质量分数由 30%降到 10%，出焦量（质量分数）由 30%降到 15%，节煤 10%。此方法适用于机械化上煤除灰的集中锅炉房。

3）天津市房产供热公司西湖村供热站的优化煤质结构和炉渣退烧的节煤措施。由于一般的配煤不能满足锅炉对燃煤粒度的严格要求，为此增置了粉碎机，使煤的粒度达到了设计要求。在此基础上运用炉渣返烧的节煤措施，降低炉渣含碳量。

①解决煤的筛选问题。改造渣仓，设计合理的自动振动筛，合理调整筛网规格，使渣的粒度达到燃用标准。

②合理化、科学化进行混煤配比。经过反复的燃用对比实验及混煤的工业分析和化学分析，确定合理的煤渣比。通过机械化手段，使原煤与炉渣均匀混合。确保混煤的燃烧特性符合燃烧条件，如每千克混煤的低位发热值为 16747kJ 以上，混煤的粉煤含量（质量分数）应低于 50%（小于 3mm）。

运用上述方法。炉渣含碳量（质量分数）由 40%下降到 10%以内，节煤 25%，锅炉效率提高 15%。燃用混煤使炉膛的燃烧状况得到了改善，使风、煤比更趋合理，增加了煤层的透气性，并使火床的长度加长，燃烧区前移等。

大量的实践证明：许多降低炉灰含碳量的措施皆是行之有效的，是节能挖潜的好办法，投入少，见效快，不容忽视。如条件允许，采用最近大力推广的分层给煤装置，效果也是很好的。

第八篇

空调系统节能技术

第一章　概　　述

现代建筑的一个特征就是室内环境人工气候化，即用人工的手段在室内创造各种环境，满足生产、工作和生活的需要。其中最重要的组成部分是建筑空调。

空调需要消耗大量的电能和热能，后者曾用石油、煤等当作燃料燃烧而获得，这样既污染了大气，又浪费了大量高品位的能量，是很不合理的。

因此，空调系统的能源有效利用和节能就成为空调事业发展中迫切需要解决的问题。

第一节　空调建筑节能基本原理

太阳辐射得热、传热得热及空气渗透得热和内部很热三部分构成空调建筑得热。这些得热是随时间而变的，且部分得热被内部围护结构所吸收和暂时储存，其余部分构成空调负荷。

空调负荷有设计日冷负荷和运行负荷之分。设计日冷负荷系指在空调室内外设计条件下，空调逐时冷负荷的峰值，其目的在于确定空调设备的容量。运行负荷系指在夏季空调期间为维持室内恒定的设计温度，需由空调设备从室内除去的热量。空调运行能耗系指在夏季空调期间，在空调设备采用连续空调或间歇空调方式的条件下，为将室温维持在允许的波动范围内，需由空调设备从室内除去的热量。

空调建筑节能除了应采取建筑措施，如窗户遮阳以减少太阳辐射得热；围护结构隔热以减少传热得热；加强门窗的气密性以减少空气渗透得热；采用重质内围护结构以降低空调负荷的峰值等，降低空调运行能耗之外，还应采用高效的空调节能设备或系统，以及合理的运行方式，以便提高空调设备的运行效率。

第二节 影响空调负荷的主要因素

热动态模拟研究结果表明，影响空调负荷的主要因素如下：

1. 围护结构的热阻和热容量 对于非顶层房间，当窗墙面积比为 30% 时，各朝向外墙热阻值的增加，对空调设计日冷负荷和运行负荷的降低并不显著；但当热阻值（即热绝缘系数）从 0.34 增至 $0.50m^2 \cdot K/W$ 阶段，设计日冷负荷和运行负荷的降低较为明显。对于顶层房间，当窗墙面积比为 30% 时，屋顶热阻值的增加，能使设计日冷负荷降低 42%，运行负荷降低 32%，效果显著。当外墙和屋顶的热容量较低时，增加热阻，降低空调负荷的效果较为明显；当外墙和屋顶的热容量较高时，增加热阻，降低空调负荷的效果较差。对降低空调负荷而言；热阻的作用要大于热容量，也就是说，采用热阻值较大、热容量较小的轻型围护结构，对空调建筑节能是有利的。

2. 窗墙面积比和窗户遮阳状况 空调设计日冷负荷和运行负荷是随着窗墙面积比的增大而增加的。窗墙面积比为 50% 的房间，与窗墙面积比为 30%的房间相比，设计日冷负荷要增加 25% ~ 42%，运行负荷要增加 17% ~ 25%。大面积窗户，特别是东、西向大面积窗户，对空调建筑节能极为不利。提高窗户的遮阳性能，能较大幅度地降低空调负荷，特别是运行负荷。

3. 房间朝向 房间朝向对空调负荷的影响很大。顶层及东、西向房间的空调负荷都大于南、北向房间，在窗墙面积比为 30%时，东、西向房间的设计日冷负荷和运行负荷，分别比南向房间要大 37% ~ 56%及 24% ~ 26%；顶层房间的设计日冷负荷及运行负荷，分别比南向房间的要大 14% ~ 80%及 25% ~ 69%。因此，避免在顶层设置空调房间，以及减少东、西向空调房间是空调建筑节能的重要措施。

4. 通过门窗缝隙的空气渗透 通过门窗缝隙的空气渗透对空调负荷有一定的影响，当房间的换气量由 0.5L/h 增大至 1.5L/h 时，设计日冷负荷及运行负荷分别要增加 41%及 27%。因此，加强门窗的气密性，对空调建筑节能有一定意义。

5. 房间的热容量 对于室温允许波动范围较大的舒适性空调房间，增大房间的热容量，对降低空调能耗具有显著作用。例如，当室温允许波动范围

为 ±2℃时，重质内围护结构的房间的运行能耗，仅为轻质内围护结构的房间的 1/3。

第三节　空调系统耗能量的主要影响因素

正常运行的一般空调系统，如图 1－1 所示。空调系统的耗能主要影响因素分析如下：

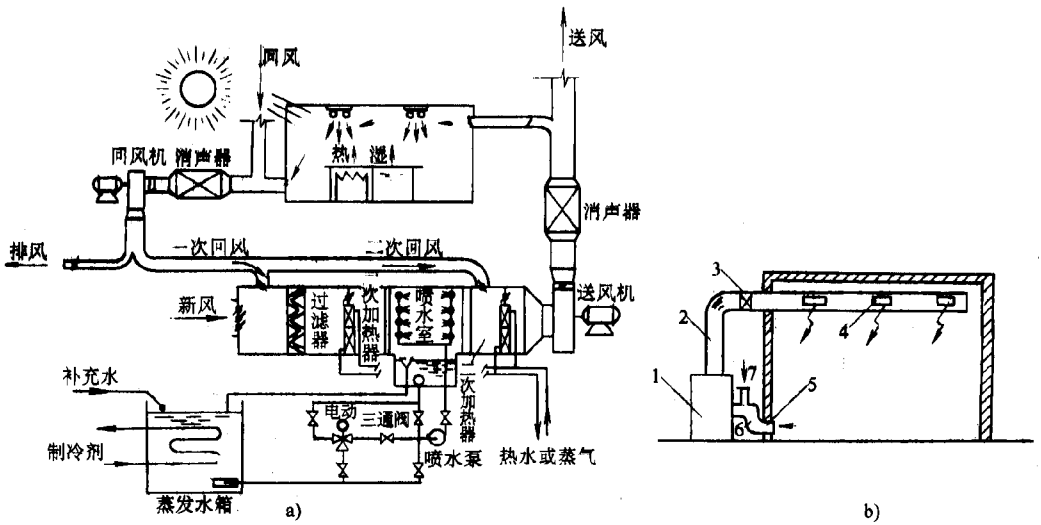


图 1－1　空调系统示意图

1—空调机组　2—送风管道　3—电加热器　4—送风口　5—回风口　6—回风管道　7—新风入口

1. 供给空气处理设备的大量冷（热）源耗能和风机与水泵克服流动阻力的动力耗能　现对包括空调房间、空气处理室在内的空调系统作一个热平衡。以夏季为例，系统的热平衡式为

$$Q_0 = Q_1 + Q_w + Q_2 \tag{1-1}$$

式中　Q_0——空调系统的冷负荷；

Q_1——空调房间的冷负荷，当室内热源形成的冷负荷一定，室外气象参数不变时，Q_1 随围护结构热特性及室内空气状态参数改变而改变；

Q_w——新风冷负荷，$Q_w = G_w\ (H_w - H_N)$，当室外空气焓值 H_w 一定

时，Q_w 随新风量 G_w 的增大和室内空气焓值 H_N 的降低而增高。

Q_2——包括风机温升，再热以及风道系统冷（热），量随时引起冷负荷的增量。

2. 空调系统耗能的其他影响因素　空调系统耗能的影响因素有室外气象参数，包括气温和太阳辐射强度；室内设计标准；围护结构特性；室内人、设备、照明等的热、湿负荷以及新风回风比等。

应当指出，空调房间冷负荷、新风冷负荷以及风机、水泵的耗电是空调系统必须消耗的能量。

第四节　空调系统耗能量的主要特点

1. 空调系统所需能源品位低，且用能有季节性空调系统所用冷源为 7～12℃的冷水，甚至高到 13～14℃的冷水。而且基本上是夏季使用。

空调系统所需热源为 0.2～0.3MPa（表压）的蒸汽，或 70～80℃的热水，而且基本上是冬季使用。

由于热源品位低，就可以使用天然能源，如太阳能、地热水等，工业生产的废热也可作空调热源。

冷源也可以用天然能源，如地道风降温，过渡季和冬季用较低温度的室外空气作冷源，季节性利用地下含水层蓄冷（热）等。

2. 空调系统同时存在需要冷（热、湿）量和放出冷（热、湿）量的过程　夏季室外空气需经过冷却干燥处理，而排风则是低温较干燥的空气；冬季室外空气需加热加湿处理，而排风是温湿度较高的空气。这样，夏季可以用排风对新风进行冷却干燥，冬季可用排风对新风进行加热加湿。系统耗能的这一特点，使整个空调系统可以就地进行热回收，有效地利用了能源。

3. 设计和运行方案的不合理会给系统带来多种无效能耗　空调系统的能耗包括供给设备冷（热）量和输送风、水而耗电，沿途冷（热）量损失和过多的阻力损失。但空调系统的设计和运行方案不合理，会给系统带来大量的无效能耗损失。

1）定风量空调系统。该方案风量不变，不能随室内负荷减少，而减少

风量，继而减少风机能耗。同样，定水量运行中，水量不变，当设备需冷量减少时，不能减少水量而减少水泵耗电，能耗用于提高了水温。

2）常规的设计方法，是根据设计条件下舶最大负荷值选容量较大的设备。这是一个很大的浪费，因为，全年室外气象参数和室内负荷在变化，出现设计负荷的时间是很少的，一些大的设备长期在部分负荷下工作，效率低，且增加无益能耗。

3）定露点运行加再热的系统及双风道定风量空调系统冷热能量抵消带来的能量损失，以及系统自控不严格形成夏季过冷过于，冬季过热过湿的不必要能量损失等，都是无效能耗损失。

第五节　空调建筑节能设计要点

1）空调建筑或空调空间应尽量避免东朝向和西朝向的建筑朝向和开设窗户。

2）空调房间应集中布置，上下对齐，温湿度要求相近的空调房间宜相邻布置。

3）空调房间应避免布置在转角房间和有变形缝处。

4）空调房间应避免布置在顶层，当必须布置在顶层时，屋顶应有良好的隔热措施。

5）在满足使用要求的前提下，空调房间的净高宜降低。

6）空调建筑的外表面积宜减小，外表面宜采用浅色饰面。

7）外窗面积应尽量减小，窗墙面积比不宜超过30%（单层窗时）和40%（双层窗或单框双玻督时）。

8）向幅面，特别是东、西向窗户，应采取热反射教璃、反射阳光镀膜以及各种固定或活动式遮阳等有效的遮阳措施。

9）外窗的气密性等级不应低于《建筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》（GB/T7107－2002）规定的Ⅲ级水平。

10）外窗的部分窗扇应能开启，当有频繁开启的外门时，应设置门斗或空气幕等防渗透设施。

11）围护结构的传热系数应符合《采暖通风与空气调节设计规范》

（GBJ19—1987）规定的要求（见表 1－1）。

表 1－1 舒适性空调建筑围护结构的最大传热系数

围护结构名称	最大传热系数 K_{max}/W·（m^2·K）$^{-1}$
屋 盖	1.0
顶 棚	1.2
外 墙	1.5
内墙和楼板	2.0

12）间歇使用的空调建筑，其外围护结构内侧和内围护结构宜采用轻质材料；连续使用的空调建筑，其外围护结构内侧和内围护结构宜采用重质材料。

第六节 空调系统节能技术措施

空调房间的冷兔荷、室外空气的冷负荷、风机水泵能耗是空调系统必需的能耗，然而，在必须能耗中也有节能潜力。

1. 改善建筑物维护结构的保温性能 近年来，许多国家提出了各种改善建筑保温性能，限制围护结构最大传热系数的规定，如限制空调耗能系数（*CEC*）的方法。

CEC = 全年空调总耗能量/（冷负荷 + 热负荷 + 新风负荷）的全年总和

就办公楼建筑来说，日本建筑省能法规定 *CEC* 小于 1.6。

我国在近年新编写的《采暖通风与空调节能设计规范》（GBJ19—1987）中已对围护结构经济的最大传热系数提出了限制。

2. 合理降低室内温、湿度标准 我们知道，夏季室内温度、相对湿度越低，冬季室内温度、相对湿度越高，系统设备耗能越大。

资料显示，夏季室温从 24℃改为 28℃，冷负荷可减少 36%；冬季室温从 22℃改为 18℃热负荷可减少 55%左右。

改变一次空气的露点温度（相当于改变室内相对湿度），其节能结果如下：

夏季，从 10℃提高到 12℃，节省冷量。17%。

冬季，从 10℃降低到 8℃，节省热量 5%。

由上可见，为了节约能耗，在满足生产要求和人体健康的情况下，夏季应尽可能提高，冬季应尽可能降低。

3. 控制和正确利甩室外新风量　控制和正确利用室外新风量是空调系统最有效的节能措施之一。

对于夏季需供冷，冬季需供热的空调房间，室外新风量越大，系统能耗越大。在这种情况下，室外新风应控制到卫生要求的最小值。

冬季和过渡季，对于那些室内周边负荷影响小，而内区发热量较大的建筑、如大的商店、会堂、剧场等，室内需供冷风时，要充分利用室外新风具有的冷量，可全部引入室外新风，推迟人工冷源使用的时间，节约人工冷源的能耗。

全年运行过程中，何时全部采用室外新风，是根据室内、外干球温度和室内外热焓的差值来判断，使用一种叫热焓调节器的装置来控制。

另外，吸烟和气味集中处应设局部排风；系统预冷、预热运行时新风阀门要关闭；新风阀门要选用线性特性好、便于调节的，避免关闭时漏风，这些都有助于节省新风能耗。

4. 减少输送系统的能耗　除减少空气和水在输送过程的局部阻力外，增大送风温差和供、回水温差，可减少流量（由于吸、放热量一定），使系统输送能量大大下降。

另外，高阻力环路和低阻力环路分别设水泵，可以防止低阻环路消耗多余的压力能。

推广闭式水路循环，它与开式水路循环比，可以减少相当于建筑高度的静压头，而且防止管道腐蚀和结垢的效果很好。

降低水和空气流速，减少阻力损失，还可节约输送能耗。

5. 选择节能的空调（空气、水）系统　系统形式的选择，直接影响冷、热源耗能和动力耗能。

从当前发展趋势来看，国外在办公、商业等大型公共建筑里（主要是内区），比较多的是采用变风量（VAV）空调系统（因外区全年冷、热变化太大，风量调节范围太大）。

变风量和定风量空调系统相比，全年空气输送能耗可节约 1/3，设备容量减少 20% ~ 30%，据多种资料介绍，变风量系统在一般情况下，节能可达 50%左右。

另外，旅馆多采用风机盘管系统。采用变水量，（VWV）的水系统，水泵可进行台数控制、转速控制，或二者同时控制，当系统负荷减少时，调小水量，冷水温度不变，和定水量系统相比，可避免冷、热抵消的能量损失，还可以减少水路输送的能耗。

6. 确保运行管理钓自动控制　确保空调系统运行管理的自动控制，不仅可以保证空调房间温、湿度精度要求，节省人力，而且是防止空调系统能量损失、节约能耗的重要环节。

（1）室内温、湿度控制：调节空调系统的再热量、改变风机盘管冷（热）水量、改变风机转速等都可以用来控制室温。同理，改变盘管冷水量，调节供回水三通阀门，改变新回风混合比等，都可以控制室内相对湿度（或控制冷却器、喷水室后露点温度）。而室温或室内相对湿度不控制，夏季会出现室内过冷、过干；冬季出现室内过热、过湿现象，造成过多地消耗能量。

（2）最佳启动和停机时间控制：对于间歇运行的空调系统，当空调设备停止运行时，室内空气温度发生变化，同时围护结构蓄存一定的热量或冷量；房间再次开始使用之前，为了将室温调到给定值，必须提前向房间供人多于设计状态下房间冷（热），负荷的冷（热）量。由空调机（或冷、热源）停止运行后室温的变化规律，还可以求出直到室内停止使用时刻，能维持室温下限的最早停机时间。

有些国家已由小型计算机来完成上述两种控制。

（3）利用微处理机控制空调系统的运行：用微处理机控制空调系统自动运行，主要是由这些微处理机通过预测室内、外空气的状态参数，以维持室内的舒适环境（即室内需要的空气温、湿度）为约束条件，把最小耗能量作为基本的评价函数，根据空调负荷大小来判断和确定供冷（热）量多少，指挥冷（热）源机组（或空调机）、水泵、风机的运转台数，工作方式及运转周期。用计算机控制空调系统运行的结果，可节能 30% ~ 40%。

7. 空调设计中，采用部分负荷分析　前已述，空调系统按设计负荷选择较大容量的设备，而设备经常在低于设计负荷下运行，这样一来，运行时需调小阀门，能耗加大，且设备常年在低效率下工作。为了解决这个问题，应对全年负荷进行统计和分析，作出全年负荷的时间频率图。图中给出了各种比例的负荷全年出现的累计小时数，从而可选择多台不同容量的设备，运行

时进行合理匹配，使设备在高效区运行，且节省能耗。

另外，采用无露点运行代替霹点运行，可节约水泵能耗和避免冷、热量抵消带来的能量损失。

以上介绍了空调系统能源有效利用和节能的几个主要途径。此外，在空调系统的设计，施工、运行、设备制造等许多环节中都存在以节能为目标的优化问题，如接近实际的负荷计算；空调系统的合理分区；合理地划分全年最佳运行工况；设立蓄冷（热）系统；提高管道和设备的保温质量；建筑遮阳等方面都有节能潜力。

第二章　空调蓄冷系统节能设计

第一节　空调蓄冷概念

1. 空调莆冷　蓄冷系统就是在不需冷量或需冷量少的时间（夜间），利用制冷设备将蓄冷介质中的热量移出，进行蓄冷，并将此冷量用在空调用冷或工艺用冷高峰期。蓄冷介质可以是水、冰或共晶盐。蓄冷系统可以转移制冷设备的运行时间，利用夜间的廉价电，减少白天的峰值电负荷从而达到电力移峰填谷的目的。

空调系统是现代公用建筑与商业用房不可缺少的设施，其耗电量很大，而且基本处于电负荷峰值期，例如，饭店和办公楼每平方米建筑面积的空调峰值耗电量约 40～60W，目前我国北京地区公用与商用建筑的空调用电负荷约为 60 万 kW，为高峰电负荷的 16%，空调负荷具有很大的削蜂填谷潜力。因此，国家将空调蓄冷作为重点节能技术措施之一。

2. 全负荷蓄冷与部分负荷蓄冷　除某些工业空调系统以外，商用建筑空调和一般工业建筑用空调通常每天只需运行 10～14h，而且几乎均在非满负荷下工作，图 2－1 中的 A 部分为某建筑典型设计日空调负荷图。如果不采用蓄冷，制冷机组的制冷量应满足全天瞬时最大负荷的需要量。

蓄冷系统的设计思路有两种，即全负荷蓄冷和部分负荷蓄冷。

（1）全负荷智冷：全负荷蓄冷或称负荷转移，其策略是将电力高峰期的冷负荷全部转到电力低谷期，如图 2－1 所示。图中 A 为全天需冷量，B、C 为夜间用电低谷期制冷机蓄冷量。

（2）部分负荷蓄冷：部分负荷蓄冷就是全天所需冷量部分，由蓄冷装置供给。如图 2－2 所示。夜间用电低谷期利用制冷机蓄存一定冷量，补充电高峰时间所需部分冷量；即蓄冷量 B＋C 等于 A_1，而全天需冷量为 $A_1 + A_2$。B、

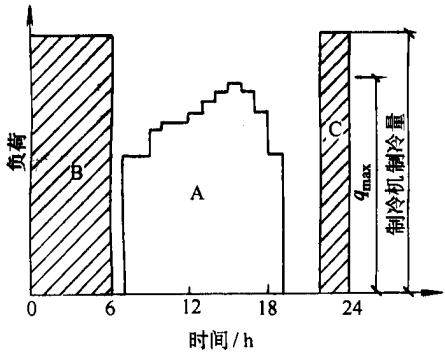


图 2－1　全负荷蓄冷

C 为夜间用电低谷期制冷机蓄冷量。

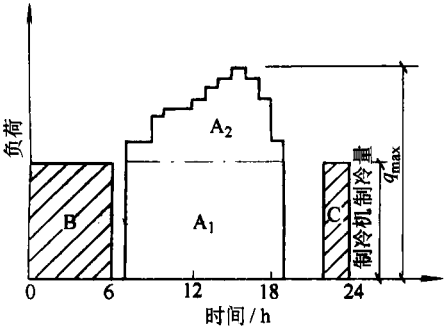


图 2－2　部分负荷蓄冷示意

部分负荷蓄冷系统可以按典型设计日制冷机基本为 24h 工作设计，这样，制冷机容量最小，蓄冷系统比较经济合理，是目前常采用的方法。

第二节　空调蓄冷设备

1. **分类**　美国制冷工业协会（ARI）1994 年出版的《蓄冷设备热性能指南》，将蓄冷设备广义地分为显热式蓄冷和潜热式蓄冷，见表 2－1。

表 2－1　　显热式蓄冷与潜热式蓄冷

分类	类　型	蓄冷介质	蓄冷流体	取冷流体
显热式	水蓄冷	水	水	水

续表

分类	类　型	蓄冷介质	蓄冷流体	取冷流体
潜热式	冰盘管（外融冰）	冰或其他共晶盐	制冷剂	水或冷剂
			制冷剂	
	冰盘管（内融冰）	冰或其他共晶盐	载冷剂	载冷剂
			制冷剂	制冷剂
	封装式	冰或其他共晶盐	水	水
			载冷剂	载冷剂
	片冰滑落式	冰	制冷剂	水
	冰晶式	冰	制冷剂	载冷剂
			载冷剂	

注：截冷剂一般为乙烯乙二醇水溶液。

最常用的蓄冷介质有水、冰和其他相变材料，不同蓄冷介质具有不同的单位体积蓄冷能力和不同的蓄冷温度。

1）水蓄冷，显热式蓄冷以水作为介质，水的比热容为 4.18J/（g·K）。

蓄冷槽的体积取决于空调回水与蓄冷槽供水之间的温差，对于大多数建筑的空调系统来说，此温差为 8～11℃。

水蓄冷的蓄冷温度为 4～6℃，空调常用冷水机组可以适应此温度。此外，水蓄冷空调系统的设计，应该尽可能提高空调回水温度，以充分利用蓄冷水槽的体积。

蓄冷水槽的体积受蓄冷水和回水之间保持分层程度的影响。一般蓄冷温差为 8℃，每蓄冷 1RTH（RTH 折合 12658kJ）需 $0.417m^3$ 或 $0.118m^3$/（kW·h）；如温差为 11℃，则蓄冷水槽可减为 $0.303m^3$ 或 $0.086m^3$/（kW·h）。

2）冰蓄冷，蓄冰则是利用冰的融解潜热 335J/g。蓄冰槽的体积取决于冰占水的百分比，一般蓄冰槽的体积为 0.068～$0.085m^3$/RTH 或 0.02～$0.025m^3$/（kW·h）。

3）共晶盐蓄冷，目前常用的相变材料为共晶盐，即无机盐水的混物，对于用作蓄冷介质的共晶盐有如下要求：

①融解或凝固温度为 5～8℃。

②融解潜热大，热导率大。

③密度大。

④无毒，无腐蚀。

2. 盘管式蓄冰装置　冰盘管式蓄冷装置是由沉浸在水槽中的盘管构成换热表面的一种蓄水设备。在蓄冷过程中，载冷剂（一般质量分数为 25% 的乙烯二醇水溶液）或制冷剂在盘管内循环，吸收水槽中水的热量，在盘管外表面形成冰层。取冷过程则有内融冰和外融冰两种方式，各具特点。

外融冰方式：温度较高的空调回水直接送入盘管表面结有冰层的蓄冰水槽，使盘管外表面的冰层自外向内逐渐融化，故称为外融冰方式。

内融冰方式：来自用户或二次换热装置的温度较高的载冷剂（或制冷剂）仍在盘管内循环，通过盘管表面将热量传递给冰层，使盘管外表面的冰层自内向外逐渐融化进行取冷，故称为内融冰方式。

目前常用的盘管式蓄冰装置有 3 种类型，其主要参数列于表 2－2 现分述如下：

表 2－2　　3 种盘管式蓄冰装置的主要参数

制　造　厂	B·A·C	Clamac	Fafco
管外径/mm	26.67（钢制）	16	6.35
冰层厚度/mm	约 35.0	约 12.0	约 10.0
盘管外表面积/m^2·RTH^{-1}	0.50	1.80	1.56
蓄冰槽体积/m^3·RTH^{-1}	0.078	0.063	0.061
乙二醇溶液量/kg·RTH^{-1}	4.2	3.6	2.2
冰—水体积/m^3·RTH^{-1}	0.048	0.038	0.038
蓄冰装置重量/kg·RTH^{-1}	15.9	4.36	5.81
流动阻力/Pa	≈75	≈115	≈75

注：表中以潜冷量的冷顿时为基准。

（1）蛇形盘管：此种形式的冰蓄冷盘管以美国 B·A·C 司为代表，如图 2－3 所示。

盘管为钢制，连续卷焊而成的立置蛇形盘管，外表面镀锌，管外径 1.05in（26.67mm），冰层厚度约 35mm，因此，盘管外表面积折合为 0.50m^2/RTH。盘管可以制成不同长度 L。如图 2－3 所示盘管。

当采用钢筋混凝土槽体时，蛇形盘管组在其中的布置，如图 2－4 所示。

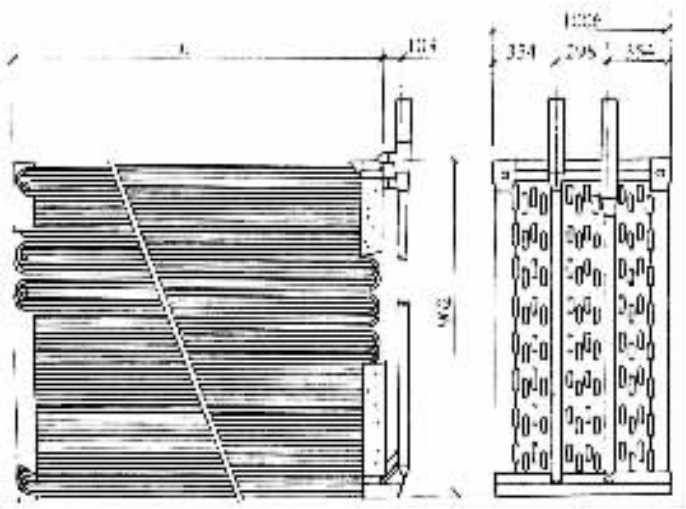


图 2－3　蛇形盘管

L—盘管长度

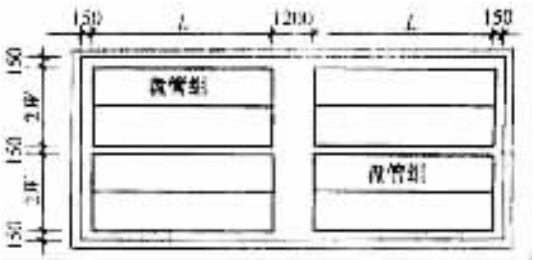


图 2－4　蛇形盘管组的布置

L—盘管长度　W—盘管组数

（2）圆形盘管：此种形式的冰蓄冷盘管以美国 Clamac 公司和 Dunham—Bush 公司的 Ice—Cel 为代表，如图 2－5 所示。

（3）U 形盘管：此种形式的冰蓄冷盘管以美国 Fafco－Icestor 为代表，如图 2－6 所示。U 形蓄冰盘管为内融冰式，置于钢制或玻璃钢制槽体内构成整体式蓄冰槽；或以 12 片为一组，置于钢筋混凝土槽体或筏基内，其布置如图 2－7 所示。

3. 封装式蓄冰装置　将蓄冷介质封装在球形或板形小容器内，并将许多此种小蓄冷容器密集地放置在密封罐或开式槽体内，从而形成封装式蓄冰装置，如图 2－8 所示。

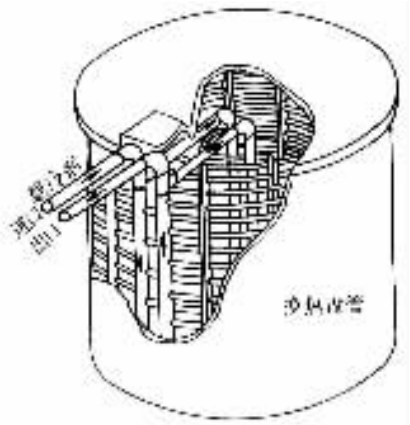


图 2－5　圆形盘管

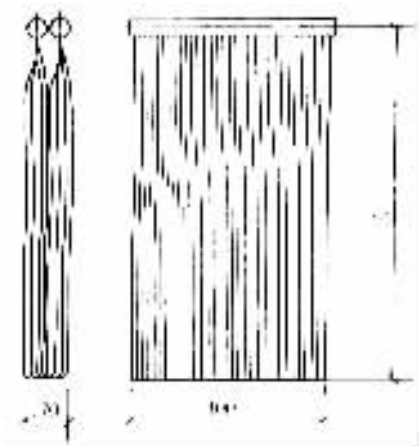


图 2－6　U 形盘管

L—盘管长度

封装在容器内的蓄冷介质有两种，即冰和其他相变材料，现分述如下：

（1）冰：此种类型的封装容器目前有 3 种形式，即冰球、冰板和蕊芯折囊式冰球。

1）冰球。冰球封装式蓄冰装置以法国 CIAT 公司和我国深圳中亚特公司为代表。

2）冰板。冰板封装式蓄冰装置以美国 Reaction 公司为代表，如图 2－9 所示。

3）蕊芯折囊式冰球。蕊芯蓄冰折囊为中国台湾产品，如图 2－10 所示。

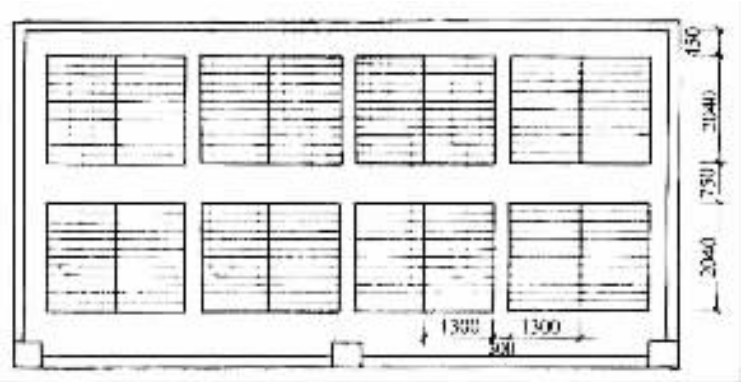


图 2－7　U 形盘管的布置

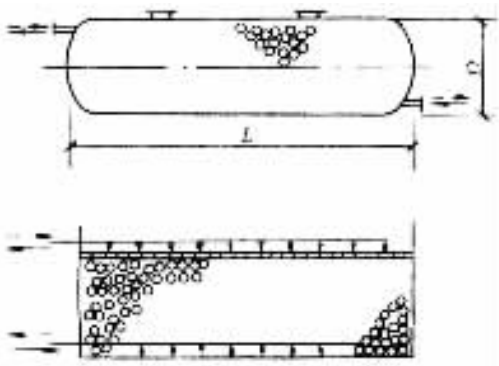


图 2－8　封装式蓄冰装置

蕊芯折囊式冰球直径 130mm，长度 242mm，球内充注（质量分数）95%的水和 5%的添加剂，以促进冻结如图 2－10 所示。每个折囊球的潜冷蓄冷量为 745kJ。

（2）其他相变材料：当前采用的其他相变材料主要是共晶盐，可以美国 Transphase 公司为代表，其蓄冷介质以五水硫酸钠化合物为主，充注在高密度聚乙烯板式容器内，其性能见表 2－3。

表 2－3　　相变材料的型号及性能

型　　号	T—41	T—47
冻结融解温度/℃	5	83
融解潜热/$J \cdot g^{-1}$	125.6	95.5

续表

型　　号	T—41	T—47
每片融解潜热/kJ	640	485
一次水进出口温度（蓄冷）/℃	1.5～4	5～7.5
二次水进出口温度（取冷）/℃	11～6	14～9
每冷吨小时蓄冷所需片数	20	28
外形尺寸（长/mm）×（宽/mm）×（高/mm）	410×203×44	
重量/kg	5.6	
容积/L	4.2	

图 2－9　冰板

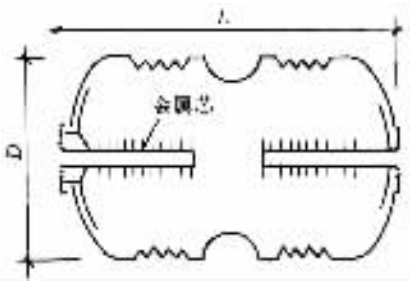


图 2－10　蕊芯折囊式冰球

4. **片冰滑落式蓄冰装置**　**片冰滑落式蓄冰装置就是在制冷机的板式蒸发器表面上不断冻结薄片冰，然后滑落至蓄冰水槽内，进行蓄冷，此种方法又称为动态制冰。该种类型的蓄冰装置的代表性厂家有** Turbo、MueUer **和** Morris **等公司。图** 2－11 **为片冰滑落式蓄冰装置的典型示意图。**

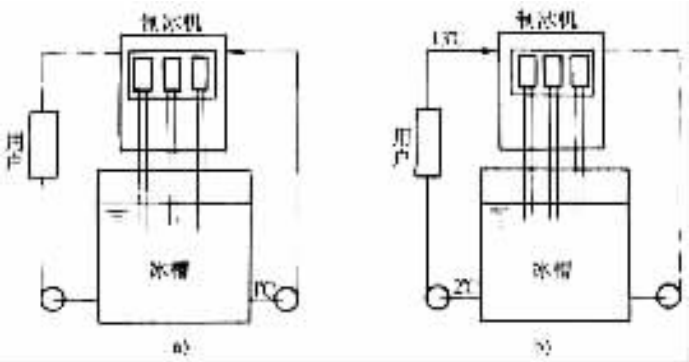


图 2－11　片冰滑落式蓄冰装置

a）片冰冻结及蓄冷过程　b）融冰取冷过程

片冰滑落式蓄冰装置，取冷供水温度低，融冰放冷速率极快，特别适合尖峰用冷。但是，这种蓄冰装置初投资较高，而且需要较高的机房。

5. 冰晶式蓄冰装置　冰晶式蓄冰装置是通过冰晶制冷机将低浓度的乙二醇水溶液冷却至于于 0℃，然后，将此状态的过冷水溶液送入蓄冰水槽，溶液中即可分解出 0℃的冰晶。这种过程犹如自然界降过冷状态的雨，着地立即形成“雨冰”；又如冬季凌晨过冷状态的雾与树木接触，在其上形成冰层，即所谓“树挂”。

冰晶制冷机的产品以加拿大 Sunwell 公司为代表，单台最大制冷能力不超过 100RTH。

第三节　空调蓄冷系统

1. 水蓄冷系统　水蓄冷系统投资低，运行可靠，运行效率高，有利于提高现有空调制冷系统的制冷能力，而且，蓄冷水池可兼用做消防蓄水池。但是，由于单位体积蓄冷量较小，故蓄冷水池体积颇大，与冰蓄冷相比冷损失较大，因此，水池容积越大，其经济性越好，一般来说，经济容积约 760m^3，或者蓄冷能力为 2000RTH。

水蓄冷系统主要技术问题是保持热回水与蓄存的冷水处于分离状态，为了达到这种分离状况，可采用分层技术、多池系统、隔膜或迷宫和折流板。其中分层技术简单、有效，是保证水蓄冷系统最为经济和高效的方法。

（1）分层技术：水的温度越低，密度越大，水温低于 4℃，则密度减小，直至冻结。因此，4～6℃的冷水应该稳定地聚积在水池的最低部位，而 12℃以上的热回水应聚积在水池的高部位。为了使蓄冷水池达到分层，依靠稳定的温度剧变层阻止下部的冷水与上部的热水相互混合，如图 2－12。在水池 1m 深度处形成温度剧变层，该层将 4℃的冷水和 13℃的热水分开，温度剧变层的厚度越薄越好，一般不希望超过 0.5m。

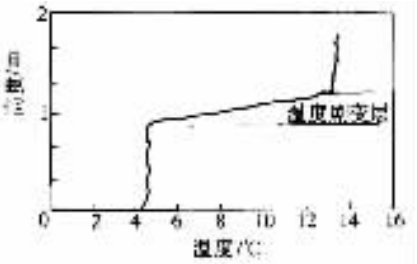


图 2－12　分层示意

（2）蓄冷水池：蓄冷水池可为钢制或钢筋混凝土制，形状可为圆形或矩形。

蓄冷水池的体积可按下式计算：

$$V = \frac{\text{蓄冷量}(\text{kW}\cdot\text{h}) \times 3600[\text{kJ}/(\text{kW}\cdot\text{h})]}{\Delta t(℃) \times 998(\text{kg/m}^3) \times 4.2[\text{kJ}/(\text{kg}\cdot℃)]\,\eta} \qquad (2-1)$$

式中　V——蓄水池的体积（m^3）；

Δt——蓄冷水温差，一般取 6～11℃；

η——蓄冷水池效率，一般为 0.8～0.9。

当然，实际蓄冷水池的体积应大于上述计算值，因为要考虑水面距池顶的空间。

（3）水流分布器。水流分布器由开孔圆管构成，位于蓄冷水池的上部（热水）和底部（冷水）。圆形蓄冷水池的水流分布器可作成八角形，见图 2－13 所示。矩形蓄冷水池的水流分布器可作成树枝形，见图 2－14 所示。热水从水流分布器管向上的孔口从分布器上部进入或流出；冷水从水流分布器圆管向下的孔口从分布器下部进入或流出。这样，可以使水流缓慢且均匀。

为了使取冷时从上部进入的热水和蓄冷时从下部进入的冷水主要依靠密度差而不是依靠惯性力横向流动，设计水流分布器时应保证弗劳德数 F_r 约为 1，且小于等于 2。

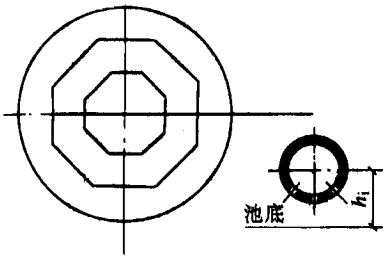


图 2－13　圆形水流分布器

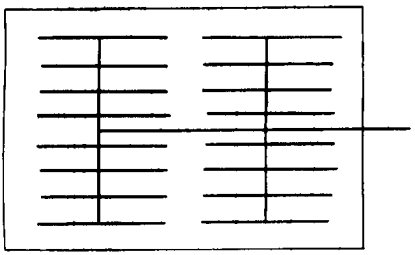


图 2－14　矩形水流分布器

F_r 为惯性力与浮力之比，由下式计算：

$$F_r = \frac{G/L}{[gh_i^3(\rho_i - \rho_a/\rho_a]^{1/2}} \tag{2-2}$$

式中　G——最大流量（m^3/s）；

L——分布器有效管长（m）；

g——重力加速度（m/s^2）；

h_i——最小入口高度（分布器管底距池底的距离（m）；

ρ_i——进水水的密度（kg/m^3）；

ρ_a——周围水的密度（kg/m^3）。

再者，为了尽量减少温度剧变层上下部分水的混合，应保证蓄冷水池进水流的雷诺数 R_e 值不超过一定范围。R_e 为惯性力与粘性力之比，可用下式计算：

$$R_e = \frac{G/L}{\nu} \tag{2-3}$$

式中　ν——水的运动粘度（m^2/s）。

对于很小的水池，希望 R_e 小于 200，一般采说，建议 R_e 不超过 850。

分布器孔口的水流出速度希望限制在 0.3～0.6m/s，孔口之间的距离小于 $2h_i$。

（4）水蓄冷系统：蓄冷水池为开式水池，而空调冷水系统一般均采用闭式系统。图 2－15 给出一种具有蓄冷水池的管道系统连接图。该系统设有 4 个电动蝶阀 V_1～V_4 用于启闭，1 个电动调节阀 V_5，1 个阀前压力调节阀 V_6，系统共设 3 台水泵，水泵 P_1 为冷冻机供冷用水泵；水泵 P_2 为蓄冷用水泵，该泵流量可大于 P_1，以减小进出水温差，有利蓄冷；水泵 P_3 为取冷用水泵。

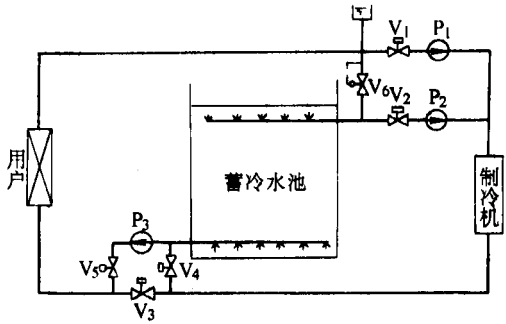


图 2－15　有蓄冷水池的管道系统连接

P—水泵　V—阀门

该系统可以有四种运行模式，即蓄冷工况，冷冻机供冷工况，蓄冷水池供冷工况以及冷冻机与蓄冷水池同时供冷工况，见表 2－4。值得强调的是，只要采用蓄冷水池供冷，必须依靠 V_6 保证阀前压力为膨胀水箱维持的系统静水压力，这样，可保证系统全部充满水，以便进行可靠的运行。

表 2－4　水蓄冷系统 4 种运行模式

工　况	冷冻机	P^1	P^2	P_3	V_1
蓄　冷	开	关	开	关	关
冷冻机供冷	开	开	关	关	开
蓄冷水池供冷	关	关	关	开	关
冷冻机、蓄冷水池供冷	开	开	关	开	开
工　况	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
蓄　冷	开	关	开	关	关

续表

工　况	冷冻机	P^1	P^2	P_3	V_1
冷冻机供冷	关	开	关	关	关
蓄冷水池供冷	关	关	关	调节	调节
冷冻机、蓄冷水池供冷	关	开	关	调节	调节

2. **冰蓄冷系统**　冰蓄冷系统的制冷主机和蓄冷装置所组成的管道系统可以是各种形式，但是，基本可分为并联系统和串联系统。

（1）并联系统：图 2－16 为并联系统。全系统由两部分组成，一部分为空调用冷水系统，介质为水；另一部分为乙烯乙二醇水溶液系统（图中点画线框内部分），可进行蓄冷或供冷。

乙烯乙二醇水溶液系统则由制冷主机、蓄冰槽、板式换热器和泵、阀门等组成。各种运行工况汇总见表 2－5。

表 2－5　　运行工况汇总表

工　况	阀 V_1	阀 V_2	阀 V_3	阀 V_4	阀 V_5
蓄　冰	关	关	开	关	开
制冷机供冷	开	关	关	关	关
蓄冰槽供冷	关	开	关	调节	调节
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	开	关	调节	调节

工　况	制冷机水温/℃		蓄冰槽水温/℃	
	供水	回水	出水	进水
蓄　冰	－5.0	－1.7	—	—
制冷机供冷	5.6	10.6	—	—
蓄冰槽供冷	—	—	5.6	10.6
制冷机与蓄冰槽同时供冷	—	10.6	5.6	10.6

注：表中水温值分示例，应用时应依实际情况确定。

空调用冷水共有 3 个回路。一路为基载冷水机组回路，可昼夜供给空调用冷水；一路为通过板式换热器 1，被来自乙烯乙二醇水溶液制冷机的低温溶液冷却的空调水回路；还有一路为通过板式换热器 2，被来自蓄冰槽的低

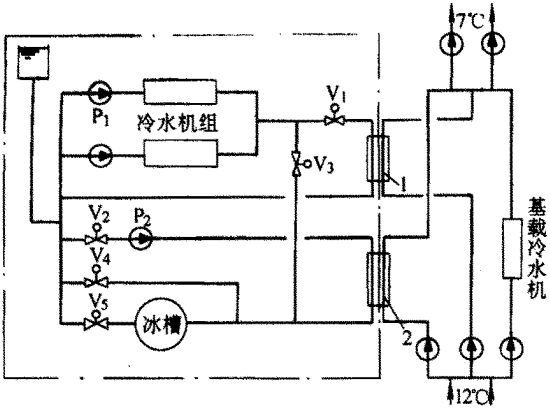


图 2－16　开联系统

温乙烯乙二醇水溶液冷却的空调水回路。

蓄冰时，阀门 V_1、V_2、V_4 关闭，开启阀门 V_3、V_5，制冷机向蓄冰槽供应低温乙烯乙二醇水溶液，使蓄冰槽中蓄冷介质冻结。蓄冷过程乙烯乙二醇水溶液温度不断降低。

供冷时可以有三种运行模式：

1）制冷主机单独供冷。

2）蓄冰槽单独供冷。

3）制冷主机与蓄冰槽联合供冷。启动水泵 P_1 和 P_2，关闭阀门 V_3，即可使制冷主机与蓄冰槽联合供冷。

图 2－17 是另一种形式的并联系统，适用于采用封装式蓄冰罐的冰罐冷系统。该系统为二次泵系统。由于封装式蓄冰罐的流动阻力较小，所以，不另设蓄冰罐泵。图 2－17a 为利用二次泵，调节阀门 V_1、V_2 夜间蓄冷期可同时供冷，并保证板式换热器乙烯乙二醇水溶液的供水温度大于 0℃；图 2－17b 为开启夜间供冷泵，并调节阀门 V_5 和 V_6，即可控制冷量，且使供水温度高于 0℃。

（2）串联系统：图 2－18 为串联系统。图中点画线框内部分为乙烯乙二醇水溶液系统，由乙烯乙二醇溶液制冷主机、蓄冰槽、板式换热器以及水泵、阀门等串联组成。利用温度比较低的乙烯乙二醇水溶液通过板式换热器冷却空调用水。对于串联系统来说，制冷主机可位于蓄冷槽上游，此时，制冷主机出水温度较高、电耗较小，而融冰温差小，取冰效率较低。如果制冷

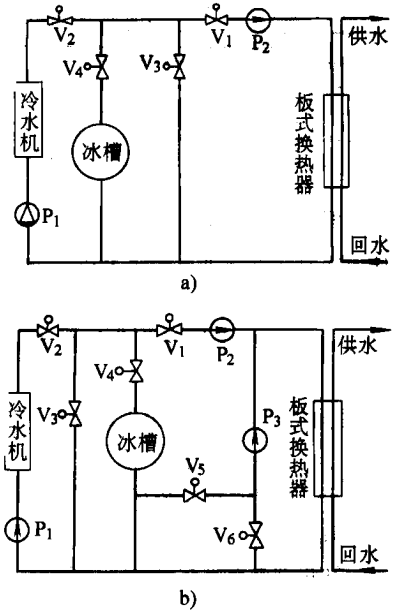


图 2－17　另一种形式的并联系统

主机位于冰槽下游，则情况正好相反。一般多采用“主机上游”布置。

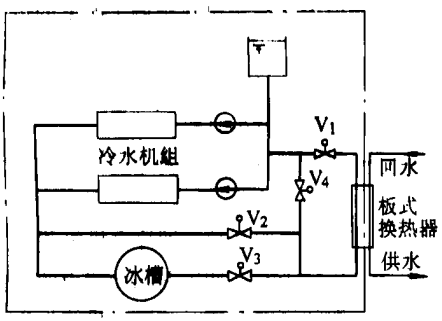


图 2－18　串联系统

串联系统与并联系统一样，除蓄冰工况以外，也可以制冷主机单独供冷、蓄冰槽单独供冷或制冷主机与蓄冰槽联合供冷。各种运行模式的阀门状态和参考水温值，见表 2－6。

表 2－6　　运行工况汇总表

工　况	阀 V_1	阀 V_2	阀 V_3	阀 V_4
蓄　冰	关	关	开	开

续表

工　况	阀 V_1	阀 V_2	阀 V_3	阀 V_4
制冷机供冷	开	开	关	关
蓄冰槽供冷	开	调节	调节	关
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	调节	调节	关
工　况	制冷机水温/℃		蓄冰槽水温/℃	
	供水	回水	出水	进水
蓄　冰	-5.0	-1.7	—	—
制冷机供冷	6.0	11.0	—	—
蓄冰槽供冷	11.0	11.0	6.0	11.0
制冷机与蓄冰槽同时供冷	6.8	11.5	4.0	6.8

按最不利工况确定泵扬程，在绝大多数运行工况下势必要增加泵的电耗。采用串联泵如图 2-19 所示，开启泵 P_1 和 P_2，调节阀门 V_1 和 V_2，可以解决此问题。该系统在夜间蓄冰期可以同时供冷。

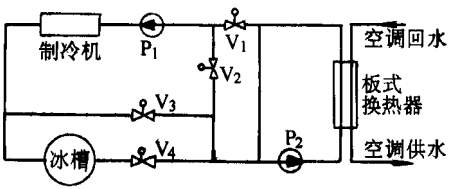


图 2-19　串联泵示意

第四节　空调蓄冰系统设计

1. 空调蓄冰系统的设计步骤

1）确定典型设计日的空调冷负荷。

2）选择蓄冰装置的形式。

3）确定蓄冰系统的形式和运行策略。

4）确定制冷主机和蓄冰装置的容量。

5）选择其他配套设备。

6）编制蓄冷周期逐时运行图。

7）经济分析。通过装置设备费与运行费的计算，求得与常规制冷系统相比的投资回收期。

2. 典型设计日冷负荷 日负荷图是每日 24h 的逐时冷负荷。

典型设计日的逐时冷负荷应根据典型日逐时气象数据、建筑围护结构、人流、内部设备以及运行制度，采用动态负荷计算法计算。关键在于人流、内部设备、新风量等随机负荷的确定，这常常需要大量的统计数据，至于典型日室外逐时干球温度可按以下公式计算：

$$t = t_{wp} + \beta \Delta t_r \tag{2-4}$$

式中　t——夏季典型设计日的逐时室外干球温度（℃）；

t_{wp}——夏季典型设计日室外平均干球温度（℃）；

Δt_r——夏季典型设计日的平均日较差（℃）；

β——室外温度逐时变化系数，见表 2－7。

表 2－7　　室外温度逐时变化系数

时　刻	1	2	3	4
β	－0.35	－0.38	－0.42	－0.45
时　刻	5	6	7	8
β	－0.47	－0.41	－0.28	－0.12
时　刻	9	10	11	12
β	0.03	0.16	0.29	0.40
时　刻	13	14	15	16
β	0.48	0.52	0.51	0.43
时　刻	17	18	19	20
β	0.39	0.28	0.14	0.00
时　刻	21	22	23	24
β	－0.10	－0.17	－0.23	－0.29

$$\Delta t_r = \frac{t_{wg} - t_{wp}}{0.52} \tag{2-5}$$

式中　t_{wg}——夏季空气调节室外计算干球温度（℃）。

逐时室外空气湿球温度可按等露点温度近似计算。

在初步设计过程或设计者难于采用动态负荷计算法（此法可参考有关资料）计算时可采用系数法或平均法，根据峰值负荷估算典型设计日逐时冷负荷或典型设计日日总冷负荷。

（1）系数法：表 2－8 给出 3 种类型建筑的逐时负荷系数，可依次计算典型设计日逐时冷负荷。表中以峰值小时负荷为 1。这样，计算或估算出峰值小时负荷以后，就可根据建筑物类型，取表中所列数值并参考式（2－6）得出典型设计日逐时冷负荷。表中所列数据仅供估算时参考。

表 2－8　　逐时负荷系数

时间/h	写字楼	宾馆	商场
1	—	0.16	—
2	—	0.16	—
3	—	0.25	—
4	—	0.25	—
5	—	0.25	—
6	—	0.50	—
7	0.60	0.59	—
8	0.65	0.67	0.40
9	0.78	0.67	0.50
10	0.81	0.75	0.76
11	0.82	0.84	0.80
12	0.85	0.90	0.88
13	0.91	1.00	0.94
14	0.96	1.00	0.96
15	1.00	0.92	1.00
16	0.95	0.84	0.96
17	0.85	0.84	0.96
18	0.64	0.74	0.80
19	—	0.74	0.64
20	—	0.50	0.50
21	—	0.50	0.40
22	—	0.33	—
23	—	0.16	—
24	—	0.16	—

（2）平均负荷系数法：日总冷负荷 Q 应按下式计算：

$$Q = \sum_{i=1}^{24} q_{\mathrm{i}} = nmq_{\max} = nq_{\mathrm{p}} \tag{2-6}$$

式中　q_i——i 时刻的空调冷负荷；

q_{max}——峰值小时冷负荷；

q_p——日平均冷负荷；

n——典型设计日空调运行小时数；

m——平均负荷系数，等于日平均冷负荷与峰值小时冷负荷之比。

从上式可以看出，利用平均负荷系数可以估算出典型设计日的空调日总负荷，依次可以进行蓄冰系统的方案设计或初步设计，确定制冷主机和蓄冰槽容量，一般平均负荷系数为 0.75～0.85。

3. 蓄冷周期逐时负荷分布图

（1）装置容量的确定：由于部分负荷蓄冰方式可以削减空调制冷系统高峰耗电量，而且初投资比较低，所以目前采用较多。

在确定部分负荷蓄冰系统的装置容量时，应充分发挥制冷主机的作用，使其昼夜运行，以达到制冷主机装机容量为最小，故最佳平衡计算式应为

$$q_c = \frac{Q}{n_1 + c_f n_2} = \frac{\sum_{i=1}^{24} q_i}{n_1 + c_f n_2} \tag{2-7}$$

$$Q_s = n_2 c_f q_c \tag{2-8}$$

式中　q_i——i 时刻空调冷负荷；

q_c——以空调工况为基点的制冷机制冷量（kW 或 RT）；

Q_s——蓄冰槽容量（kW·h 或 RTH）；

n_1——白天制冷主机在空调工况下的运行小时数，由于白天制冷主机不一定均为满载运行，计算时，该值可取（0.8～0.9）n；

n——空调运行小时数；

n_2——夜间制冷主机在蓄冰工况下的运行小时数；

c_f——冷水机组系数，即冷水机组蓄冰工况制冷能力与空调工况制冷能力的比值，一般活塞式与离心式冷水机约为 0.65，螺杆式冷水机约为 0.70，它取决于工况的温度条件和机组型号。

这样，利用公式（2－7）和式（2－9）就可以得出应配置的冷水机组制冷能力和蓄冰槽容量。

【例 2－1】　某建筑物典型设计日空调逐时冷负荷，见表 2－9。如果该建筑采用部分负荷蓄冰系统，试计算冷水机组和蓄冰槽的容量。

表 2－9　　某建筑物典型设计日逐时空调冷负荷参数

时间/h	空调负荷①/RT	冷水机制冷量/RT		冰槽取冷量/RT	冷槽蓄冰量②/RTH	取冷率(%)
		蓄冰工况	空调工况			
1	—	294	—	—	607	—
2	—	294	—	—	901	—
3	—	294	—	—	1195	—
4	—	294	—	—	1489	—
5	—	294	—	—	1783	—
6	—	275	—	—	2077	—
7	85	—	85	—	2352	—
8	469	—	420	49	2352	2.08
9	526	—	420	106	2303	4.51
10	627	—	420	207	2197	8.80
11	672	—	420	252	1990	10.71
12	550	—	420	130	1738	5.53
13	503	—	420	83	1608	3.53
14	722	—	420	302	1525	12.84
15	895	—	420	475	1223	20.20
16	895	—	420	475	748	20.20
17	625	—	420	205	273	8.72
18	469	—	420	49	68	2.08
19	341	—	341	—	19	—
20	341	—	341	—	19	—
21	227	—	227	—	19	—
22	99	—	99	—	19	—
23	—	294	—	—	19	—
24	—	294	—	—	313	—
总计	8046RT	2333RT	5713RT	2333RT	—	99.2

①1RT = 12658kW。

②1RTH = 12658kJ。

解：由于空调系统夜间不运行，所以不设置基载冷水机。

根据表 2－9，可得 $\sum_{q_i} = 8046\text{RTH}$。空调运行小时数 $n = 16\text{h}$，由于仅有 11h 的空调小时负荷超过峰值小时负荷的 50%，故取白天制冷主机在空调工况下满载运行小时数 $n_1 = 0.85n = 13.6\text{h}$。夜间制冷主机在蓄冰工况下的运行小时数 $n_2 = 8\text{h}$。采用螺杆式冷水机组，取冷水机组系数 c_f 为 0.7。这样，根据式（2－7）可得出所需冷水机组空调工况制冷量为

$$q_c = \frac{8046}{13.6 + 0.7 \times 8}\text{RT} = 419.06\text{RT}$$

$$\approx 420\text{RT}$$

根据式（2－8）可求出所需蓄冰槽容量为

$$Q_s = 8 \times 0.7 \times 420\text{RTH} = 2352\text{RTH}$$

（2）蓄冰周期逐时负荷分布图：表 2－9 是某建筑物典型设计日蓄冰周期逐时负荷分布图。在该图表中列出典型设计日逐时空调冷负荷，根据最佳平衡计算式（2－7）和（2－8）算出的制冷主机与蓄冷槽容量所得出的逐时制冷主机的运行工况和制冷量，以及逐时所需制冷量和蓄冰槽冷量。

该表是选取冷水机组、蓄冰槽等设备的依据，所选定的设备容量必须满足表中所列出的要求，同时，还要考虑蓄冰槽的冷损失和留有适当的余量。

4. 设备选择

（1）乙烯乙二醇：冰蓄冷系统所用的载冷剂多为乙烯乙二醇水溶液。

蓄冰系统乙烯乙二醇水溶液的凝固点应低于最低运行温度 3～4℃。乙烯乙二醇水溶液中应加入添加剂。添加剂包括防腐剂和稳定剂。溶液中添加剂的添加量为（$800 \sim 1200 \times 10^{-4}$）$\times 10^{-6}$。

乙烯乙二醇水溶液的密度稍大于水，粘度大于水，而比热容小于水，所以在计算载冷剂流量和管道系统阻力时应予以注意，图 2－20 给出不同质量分数的乙烯乙二醇水溶液在管道中流动时，其阻力与水阻力相比的修正系数。

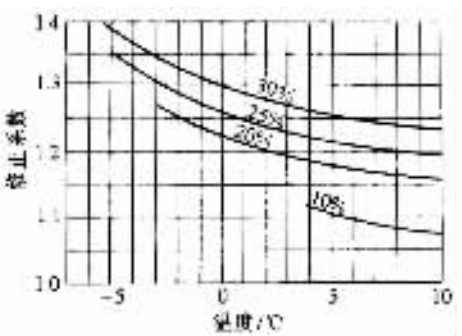


图 2－20　不同质量分数的乙烯乙二醇水溶液阻力与水阻力相比的修正系数同温度的关系

【例 2－2】　试问在相同载冷量和相同温度差条件下，采用质量分数为 25% 的乙烯乙二醇水溶液作载冷剂，当溶液平均温度为 5℃和 －5℃时，所需

流量比水为载冷剂的流量大多少？

解：　　载冷量 $= G_1 c_1 \rho_1 \Delta_t = G_2 c_2 \rho_2 \Delta_T$

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{c1_{\rho 1}}{c_2 \rho_2} \tag{2-9}$$

式中　c_1——水的比热容，取为 4.1868J/（kg·K）；

c_2——质量分数为 25% 的乙烯乙二醇水溶液的比热容，5℃时为 3.793kJ/（kg·K）；

ρ_1——水的密度，取为 1000kg/m^3；

ρ_2——质量分数为 25% 的乙烯乙二醇水溶液的比热容，5℃时为 1038.02kg/m^3，－5℃时为 1040.57kg/m^3；

G_2——采用质量分数为 25%的乙烯乙二醇水溶液作载冷剂时，所需的流量（kg）。

这样，5℃时：$\frac{G_2}{G_1} = \frac{4.1868 \times 1000}{3.739 \times 1038.02} = 1.079$

－5℃时：$\frac{G_2}{G_1} = \frac{4.1868 \times 1000}{3.715 \times 1040.57} = 1.083$

所以，采用质量分数为 25%的烯乙二醇水溶液为载冷剂时，由 $G_2/G_1 =$ 1.079－1.083 可知：所需流量应比水流量大 8%。

【例 2－3】　试问采用质量分数为 25%的乙烯乙二醇水溶液为载冷剂，溶液平均温度为 5℃和－5℃时，与水相比，管道流动阻力应乘以的修正系数为多少？

解：查图 7－21 可以得出：

5℃时，修正系数为 1.22；

－5℃时，修正系数为 1.36。

（2）制冷主机的选择：可供选择的类型有活塞式冷水机组、螺杆式冷水机组和 2 级或 3 级离心式冷水机组，其制冷量适宜范围和性能系数，见表 2－10。离心式冷水机组性能稍优。一般空调蓄冰系统多采用螺杆式冷水机组。

表 2－10　　制冷量适宜范围和性能系数

类　　型	空调工况制冷量/RT	性能系数/kW RT^{-1}	
		空调工况（6.7℃）	蓄冰工况（－5.6℃）
活塞式冷水机	10～240	0.85～1.1	1.10～1.30
螺杆式冷水机	80～1000	0.70～0.85	0.95～1.15
离心式冷水机	160～2000	0.65～0.75	0.90～1.10

同时，在设计空调蓄冰系统时还应掌握冷水机组在不同工况下运行时的制冷量变化，各制造厂应提供机组性能特性资料。

若无具体厂家提供机组性能资料时，可参考以下数据：

1）对空调工况，空调供水温度为 7℃，冷却水进水温度为 32℃，采用质量分数为 25%～30%的乙烯乙二醇水溶液为载冷剂，其制冷量约为以水为载冷量的 97%。

2）冷却水进水温度每降低或增加 1℃，机组制冷量约增加或降低 1.3%。

3）空调用供水温度每降低 1℃，机组制冷量的降低量，活塞式与离心机式机组约为 3%，螺杆式机组约为 2.6%。

当然，在选择制冷机组容量时还应考虑增加 5%～10%的余量。

此外，在选定空调蓄冰系统的制冷主机时，必须确定蓄冰期载冷剂的供水温度。图 7－21 示出某种盘管式蓄冰槽蓄冰冻结小时数与载冷剂供水温度的关系。从图中可以看出，如果冻结小时数长达 12h，其最终所需供水温度为－5℃；如果冻结小时数是 8h，则冻结终结时的供水温度将低至－6.4℃。

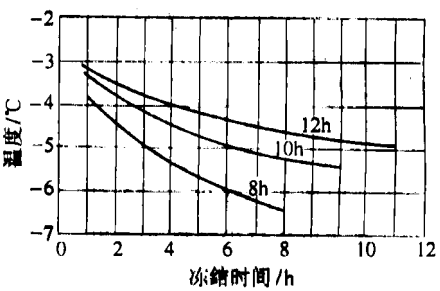


图 2－21　冻结小时与供水温度

下面以例 2－1 为示例说明冷水机组的选定。

1）所需机组空调运行工况的制冷量为 420RT。如果采用并联系统，其空

调供水温度为 5.6℃，回水温度为 10.5℃，冷却水进水温度为 32℃。由于载冷剂为质量分数 25%的乙烯乙二醇水溶液，因此，如按载冷剂为水、空调供水温度为 7℃选择螺杆式冷水机则制冷量应为

$$\frac{420\text{RT}}{0.97\times\ [1-0.026\times\ (7-5.6)]}=450\text{RT}$$

2）核算蓄冰期机组制冷能力能否满足要求。如果蓄冰槽蓄冰特性如图 2－21 所示，蓄冰冻结期为 8h，则应根据图中 8h 蓄冰期的供水温度曲线，逐时计算制冷主机可达到的制冷能力，见表 2－9。从表中可以看出，8h 蓄冰期的总制冷量为 2352RTH，由表 2－11 知机组制冷能力的制冰量为 2590RTH，与所得制冷量相比，裕量为$\frac{2590-2352}{2590}\times100\%=9.27\%$，恰好满足冰槽的冷损失。

表 2－11　　蓄冰期机组制冷能力

时间/h	负荷/RT	制冷机冷量/RT		所需制冷量/RT	蓄冰量/RTH		制冷机水温/℃		蓄冰槽水温/℃			蓄冰槽	
		蓄冰工况	空调工况		总计	每台	回水	供水	回水	供水	可达到的供水	总流量/$m^3\cdot h^{-1}$	阻力/kPa
1	—	302	—	—	850	53.1	—	－4.8	—	—	—	274.0	84.0
2	—	297	—	—	1150	71.9	—	－5.2	—	—	—	274.0	84.0
3	—	294	—	—	1445	90.3	—	－5.5	—	—	—	274.0	84.0
4	—	289	—	—	1737	108.6	—	－5.9	—	—	—	274.0	84.0
5	—	287	—	—	2024	126.5	—	－6.1	—	—	—	274.0	84.0
6	—	285	—	—	2309	144.3	—	－6.3	—	—	—	274.0	84.0
7	85	—	85	—	2592	162.0	7.7	6.7	—	—	—	274.0	84.0
8	469	—	420	49	2590	161.9	10.6	5.6	7.3	6.8	＜2.2	31.4	1.1
9	526	—	420	106	2539	158.7	10.6	5.6	7.8	6.7	＜2.2	61.8	4.3
10	627	—	420	207	2431	151.9	10.6	5.6	8.6	6.4	＜2.2	105.6	12.5
11	672	—	420	252	2222	138.9	10.6	5.6	8.9	6.2	＜2.2	122.8	16.9
12	550	—	420	130	1968	123.0	10.6	5.6	8.0	6.6	＜2.2	73.2	6.0
13	503	—	420	83	1836	114.8	10.6	5.6	7.6	6.7	＜2.2	50.2	2.8
14	722	—	420	302	1751	109.4	10.6	5.6	9.3	6.1	2.3	140.9	22.2
15	895	—	420	475	1447	90.4	10.6	5.6	10.6	5.6	4.2	242.4	65.7

续表

时间/h	负荷/RT	制冷机冷量/RT		所需制冷量/RT	蓄冰量/RTH		制冷机水温/℃		蓄冰槽水温/℃			蓄冰槽	
		蓄冰工况	空调工况		总计	每台	回水	供水	回水	供水	可达到的供水	总流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	阻力/kPa
16	895	—	420	475	970	60.6	10.6	5.6	10.6	5.6	5.6	310.0	106.53
17	625	—	420	205	493	30.8	10.6	5.6	8.6	6.4	5.8	239.1	64.0
18	469	—	420	49	286	17.9	10.6	5.6	7.3	6.8	5.7	100.0	11.2
19	341	—	341	—	235	14.7	9.9	5.8	—	—	—	—	—
20	341	—	341	—	233	14.6	9.9	5.8	—	—	—	—	—
21	227	—	227	—	231	14.4	8.9	6.2	—	—	—	—	—
22	99	—	99	—	229	14.3	7.4	6.6	—	—	—	—	—
23	—	319	—	—	226	14.1		-3.3	—	—	—	274.00	84.0
24	—	309	—	—	543	33.9		-4.2	—	—	—	274.0	84.0
总计/RTH	8046	2382	5713	2333	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（3）蓄冰装置的选择：首先确定蓄冰系统形式、典型设计日峰值小时负荷、载冷剂流量以及制冷主机和蓄冰槽的进出口温度。其次，根据逐时所需制冷量以及空调供回水温度，计算蓄冰槽逐时进出水温度，再次，根据所选定的蓄冰槽型式及可能的总制冷量计算所需蓄冰槽的型号和台数。最后，校核所选定的装置能否满足逐时所需制冷量和制冷供水温度。

（4）其他设备的选定：蓄冰空调系统除配置有制冷主机、蓄冰槽以外，还设有板式换热器、水泵、膨胀水箱、阀件与管件等。

1）膨胀箱。在闭式系统最高点应设置膨胀箱。对于盘管式蓄冰装置以及冰球内留有水在冻结时膨胀空间的冰球式蓄冰装置，膨胀箱的体积 Vs 可按下式计算：

$$V_E = \frac{V_s[(\rho_1 - \rho_2) - 1]}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)} \tag{2-10}$$

式中　V_E——膨胀箱的体积（m^3）；

V_s——在蓄冰期最低温度 t_1 条件下，系统中载冷剂的体积（m^3）；

ρ_1——t_1 条件下，载冷剂的密度（kg/m^3）；

ρ_2——最高温度条件下，载冷剂的密度（kg/m^3）；

α_1——在 t_1 状态下，低液位时，膨胀箱的剩余空间率，一般取 10%；

α_2——在最高温度下，高液位时，膨胀箱上部气体空间率，一般可取 20%。

由于冰水相变时体积膨胀率约 9%，所需容纳载冷剂的箱体体积颇大，应特别给予注意。

2）管道系统。管道系统阀门的密封性要良好，不应有内滑或外漏。泵轴部位的密封性要好。乙烯乙二醇水溶液管道不允许采用镀锌钢管，因为锌与乙烯乙二醇发生化学作用。

施工时应特别注意管道内部清洁，以防造成板式换热器或蓄冰盘管堵塞。施工完毕应仔细清洗管道系统，清除铁锈及其他杂物。对于金属管的清洗过程为

①用清水在系统内循环 1～2h，然后排空。

②将质量浓度为 10g/L 的环元偏磷基苏打水注入系统，循环 2h。

③用清水多次漂洗。

④注入乙烯乙二醇水溶液。

蓄冰槽中的水质也应予以关注。虽然在冰点温度附近，水的结垢和腐蚀作用均很小，一般不需要水处理，但是，要注意控制藻类的生长和铁细菌的扩展。

5. 蓄冷系统的控制 部分负荷蓄冰系统的控制，除了保证蓄冷工况与供冷工况之间的转换操作以及空调供水或回水温度控制以外，主要应解决制冷主机和蓄冷装置之间的供冷负荷分配问题。常用的控制策略有 3 种，即：制冷主机优先，蓄冷槽优先和优化控制。

（1）制冷主机优先：制冷主机优先就是尽量使制冷主机满负荷供冷。只有当空调冷负荷超过制冷主机的供冷能力时，方启用蓄冷槽，使其承担供冷不足部分。这种控制策略实施简单，运行可靠。但是，蓄冷槽使用率低，不能有效地削减峰值用电及节约运行费用。

（2）蓄冷槽优先：蓄冷槽优先就是尽量发挥蓄冷槽的供冷能力，只有在蓄冷槽不能完全负担时，方启动制冷主机，以解决供冷不足部分。这种控制策略既要保证弥补最大负荷时制冷主机供冷能力的不足，又要最大限度地利用蓄冷槽，因此，实施颇为复杂，需要对空调供冷负荷进行一定的预测。

（3）优化控制：优化控制就是根据电价政策，最大限度地发挥蓄冷槽作

用，使用户支付的电费最少。这种控制策略对于非典型设计日具有较大的经济性。以北京电价结构来说，保留一定数量的蓄冷，供晚上用电高峰使用，将是优化控制中的一种策略。根据分析，采用优化控制比采用制冷机优先控制，可以节省运行电费 25%以上。

第三章　空调方式的节能技术

第一节　常用空调方式节能技术

1. 概述　空气调节是将经过各种空气处理设备（空调设备）处理后的空气送入要求空调的建筑物内，并达到室内所要求的空气参数，即温度、湿度、速度和洁净度以及噪声控制等。

空调系统概括起来可分为两大类：集中式和分散式（包括局部方式），见表 3－1。

表 3－1　主要空调方式

空调类别	空调系统形式	空调输送方式
集中式	全空气系统	定风量方式 变风量方式（即 VAV 系统） 分区、分层空调方式 空气诱导方式 冰蓄冷低温送风方式
	空气—水系统	新风系统加风机盘管机组 诱导机组系统
	全水系统	水源热泵系统 冷热水机组加末端装置
分散式	直接蒸发式	单元式空调机加末端设备（如风口） 分体式空调器即 VRV 系统 窗式空调器
	辐射板式	辐射板供冷加新风系统 辐射板供冷或供暖

目前我国应用最多的空调方式，为集中的定风量全空气系统和新风加风

机盘管机组系统两种。

2，集中式空调节能途径 集中式空调是由集中冷热源、空气处理机组（又称组合式空调机组）、末端设备和输送管道所组成。由于输送介质参数和方式不同，出现了各种不同的系统型式，见表 3－1。不论何种型式，都必须有空气处理和末端设备，因此，空调设备的高效、节能是非常重要的。

（1）空调设备节能措施：组合式空调机组是集中式空调方式的主要设备，也是主要耗能设备。其技术性能指标 14 项，主要项目是机组的风量、风压、供冷量和供热量，如果匹配不当，耗能较大，而且达不到效果。因此要求；

1）机组风量风压匹配，选择运行最佳经济点运行，要求生产厂生产风机噪声低、效率高。

2）机组整机漏风要少，根据国家标准 GB/T14294－1993《组合式空调机组》的规定，机内静压保持 700Pa 时，机组漏风率不大于 3%；用于空气净化空调系统的机组，机组内静压保持在 1000Pa 时，机组漏风率不得大于 2%，高洁净度要求不大于 1%。

3）空气热回收设备的利用。空气热回收设备有显热回收器和全热回收器两种，每一种又有路止式和转轮全热交换器，详见 7.7 节。无论哪一种都是两种不同状态的空气同时进行热湿交换的设备，它主要用于回收空调系统中排风的能量，并将其直接传递给新风。在夏季，利用排风或回风比新风温湿度低来降低新风的温湿度。在冬季则相反，利用排风或回风与新风热交换来提高新风的温湿度。该设备可单独设置在空调新排风系统中，也可作为组合式空调机组的一个功能段，一般可节省新风负荷量 70%左右。

4）尽量利用可再生热源，如太阳能、地热、空气自身供冷能力等。在春秋季，尽量加大新风量，以节省冷量，因此，在设计空调机组时要考虑加大新风量的可能性。

（2）空调系统和室内送风方式：空调系统和末端设备髓建筑物特征和要求而不同。

1）公共建筑如体育馆、影剧院、会堂、博物馆、商场等，其特点为人员较多，空间高大，有舒适性空调要求。但空调负荷较大，设计时必须考虑节能措施，室内送风可采用下列方式，达到节能目的。

①高速喷口诱导送风方式。由于送风速度大（一般为 4～10m/s），诱导

室内空气量多，送风射程长，因而可以加大送风温差（一般可取 8～10℃），这就可减少送风量，也就节省能量，其计算方法详见《空气调节手册》。

②分层空调技术。在高大空间建筑物中，利用空气密度随着垂直方向温度变化而自然分层的现象，仅对下部工作区域进行空调，而上部较大空间不予空调或通风排热，既能保持下部工作所要求的环境条件，又能有效地减少空调负荷，与全室空调相比，一般可节省冷量 30%～50%，空间越大，节能效果越显著。

③下送风方式或座椅送风方式。由于这种送风方式只考虑工作区成人员所在处的负荷，直接送入需要空调部位，这也是一种节能措施，但这种方式只能应用于一般的舒适性空调，如影剧院等。

2）对于现代化办公和商业服务建筑群、宾馆等常用空调方式有：

①新风机组加末端风机盘管机组是现代化办公建筑应用最广泛的一种空调方式。它的最大特点是灵活性好，不同建筑平面形式，不同朝向房间进行就地控制，不使用的房间的空调可关闭，有利于节约能量。

②变风量空调方式是另一种节能空调方式，它是按各个空调房间的负荷大小和相应室内温度变化，自动调节各自送风量，达到所要求的空气参数。它可以利用室外空气冷却的办法达到节约制冷量的目的。由于变风量空调的冷却量不必按全部冷负荷峰值之和来确定，而是按某一时间各朝向冷负荷之和来确定，因此，它比风机盘管系统冷却能力可减少 20%左右。

3. 低温送风空调方式　从集中空气处理机组送出较低的一次风，经高诱导比的末端送风装置送入空调房间，构成低温送风系统。低温送风方式的一次风送风温度一般在 3～11℃之间。它与常规空调方式相比，降低了送风温度，减少了一次风量和空气处理设备。由于蓄冰制冷系统的发展，能提供 1.1～3.3℃的低温冷冻水，为低温送风方式创造了条件。

（1）低温送风空调方式的特点

1）在与蓄冰相结合条件下，低温送风与常规全空气送风方式比较，具有初投资少、运行费用低、节省空间等特点，见表 3－2。

表 3－2　低温送风与常规空调方式比较

项　　目	低温送风方式	常规空调方式
送风温差/℃	10～20	8～10
送风温度/℃	3～11	10～15

续表

项　　目	低温送风方式	常规空调方式
空调机组尺寸减少比例（%）	20～30	
风管尺寸减少比例（%）	30	0
风机功率减少（%）	30～50	0

2）降低运行费用。由于低温送风与冰蓄冷系统相结合，风机大多在电力峰值时间运行，低温送风方式又减少送风量，因此，采用低温送风可以进一步减小峰值电力需求，从而降低运行费用。

3）节省空间，降低建筑造价。由于送风量减少，相应的空调设备和风道尺寸均减小，所占空间也减小，将可使建筑物层高降低近 100mm。这对高层建筑增加使用面积有较大好处。

（2）几种低温送风方案比较举例：某建筑为单层办公建筑物，建筑面积 6373m^2，空调面积 5760m^2，最大制冷量为 774.4kW。方案 1 采用常规全空气空调方式，一般变风量末端设备；方案 2 和 3 采用带风机混合箱；方案 4 和 5 采用空气一水系统，除方案 1 外，均有蓄冷空调。将其比较列于表 3－3。

表 3－3　　几种低温送风方式方案比较

方案 / 项目	1	2	3	4	5
系统形式	全空气 无蓄冰	全空气 部分蓄冰	全空气 全蓄冰	空气—水 部分蓄冰	空气—水 全蓄冰
送风温度/℃	12.8	4.4	4.4	4.4	4.4
一次风风量/m^3·h^{-1}	147460	84100	84100	31680	31680
蓄水量（%）	—	46	100	46	100
用电时间	昼夜	昼夜	昼夜	昼夜	昼夜
高峰制冷量/kW	930	490　390	890	450　390	840
高峰空调用电量/kW 制冷/水系统 空气分布系统	 284/ 137	 115/107 101	 17/292 101	 102/107 59	 25/292 59
白天总耗电量/kW	421	216	118	161	84
年空调电费相对值	1	0.70	0.69	0.49	0.53
系统初投资相对值	1	0.97	1.18	0.89	1.06

1）从表 3－3 可以看出，部分霄冰的空气—水系统初投资和运行费均为最低，系统的空调能耗比方案 1 常规全空气空调方式少 61%，但回收期不到半年。

2）从表 3－3 部分蓄冰和全蓄冰空气—水系统（即方案 4 和 5）与相应全空气系统（方案 2 和 3）比较，前者年用电费用减少 29%，初投资减少 8%，空气—水系统的总能耗比全空气系统（方案 1）的总能耗减少 46%。

3）比较部分蓄冰全空气系统和全蓄冰空气—水系统，由于部分蓄冰全空气系统白天风机及制冷机的用电量较高，因此，其年空调电费比全部蓄冰的空气—水系统增加 31%，当峰谷电价差加大时，这种差别还会加大。

低温送风空调是随着蓄冷技术的发展而发展起来的一种空调方式，国外已应用于空调工程并取得经验。在我国，低温送风空调刚刚被认识和起步。

第二节　多分区空调节能技术

1. 概况　多分区空调方式属于空调设计合理化的一种节能措施，特别适合用于具有不同负荷变化特点的多个分区的空调系统中。以现代化开敞式办公楼为例，每个标准楼层可能划分为若干周边分区，如东区、南区、西区、北区等。各分区的空调负荷变化特点不同，如东区的最高冷负荷往往出现在上午，西区的最高冷负荷则往往出现于下午等。对于这类建筑来说，其空调设计应该能合理地解决不同 分区的负荷变化所造成的室内温度偏差问 题，避免某些分区的实际温度低于设计温 度，而另一些分区又高于设计温度。节能的空调设计应能避免上述两类温度差超过仪表精度所允许的限值。

2. 多分区空调方式　多分区空调方式主要设备是其空气处理部分，即多分区空调器。其构造分别见图 3－1 和图 3－2 所示。

多分区空调器是一种定风量组合式空调器。它和国内现在生产的组合式空调器的主要区别有：

1）它是压出式空调器，其送风机段位于表冷器（冷热交换器）和加湿段的上游，而现在生产的组合式空调器正相反。

2）在送风机与冷热交换器之间设一旁通分路。该分路中的空气参数由回风和新风的风量混合比例而定。

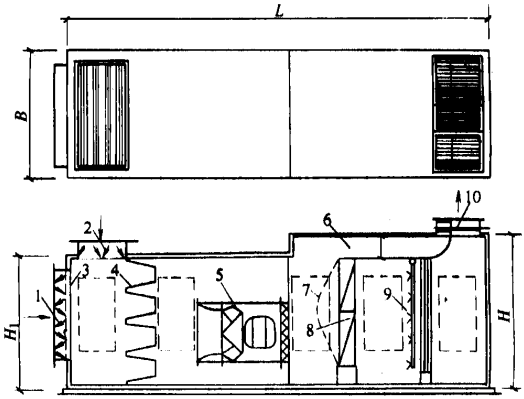


图 3－1　多分区空调器透视图

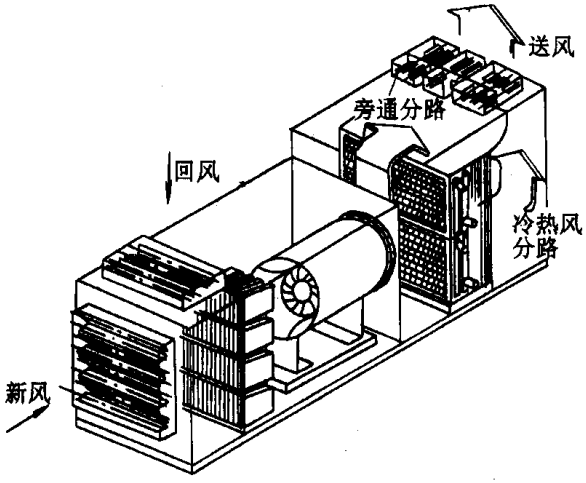


图 3－2　多分区空调器平、剖面图

1—新风阀　2—回风阀　3—初效过滤器　4—中效过滤器　5—送风机

6—旁通分路　7—均流孔板　8—冷热交换器　9—加湿喷水装置　10—送风阀

3）经过冷却或加热、加湿后的送风按分区的数量分为若干支路，各以不同比例与一部分旁通送风混合，从而产生若干不同温度参数的送风支路，分别接至各个空调分区。每组混合送风阀是通过设于该分区内的温度传感器信号，来按比例调节其开度。

多分区空调方式的主要优点是：

1）根据各个空调分区的负荷变化自动调节冷热风和旁通风的混合送风阀，以使空调房间达到设计的室内温度。其中不存在任何冷热能量抵消的问

题。

2）它是一种设备容量较小的全空气型空调器。如同变风量空调方式一样，设备容量不必按全部空调空间的负荷峰值之和来确定，而根据建筑物的使用性质，可以乘以一个“同时使用系数”或“时间参差系数”确定。

3）其各部分自动控制便于和楼宇自动化管理的电脑相连接，实现中央监控和调节。

4）具备在过渡季充分利用新风冷却代替人工制冷的条件，因而是优化节能的一种空调方式。

5）在采用智能全自动控制装置后，可以实现非工作时间（夜间、节假日）的送、回风机（双速电机）的低速节电运行，并且可以按设定的时间表白动改变室内温度设定值，降低非工作时间的温度标准，有利于进一步节能。

6）冷冻水管和凝水管不必进入建筑吊顶，从而避免管道渗漏、表面结露所造成的一系列检修问题。

3. 多分区空调方式的正常运行　多分区空调方式的主要功能与组成部分有：

（1）送风阀调节：每个空调分区应在有代表性的部位设置温度传感器。根据每个分区的温度信号与室内温度设定值的差值，对该分区的冷热风阀与旁通风阀进行开度的比例调节，可使室内温度恒定在一定舒适范围内。

（2）电动水阀调节：在空调器的冷热交换器下游设有温度传感器。在运行期间，根据该实测空气温度与（冬、夏）设定值的差值，对电动二通或三通水阀进行比例调节，使冷热交换器下游的冷热送风温度维持在设定范围内。

（3）冬季加湿控制：冬季加湿分为蒸汽加湿或喷水加湿，采用哪种方式由设计而定。在空调器的回风管内设有湿度传感器。在运行期间，如果该回风相对湿度低于设定值，即以双位调节方式开启电动蒸汽阀或喷水泵，直至达到设定值。

（4）节能调节：在新风入口设有温度传感器。在冬季及夏季（根据冬、夏设定值自动判断），令新风阀保持最小开度。在冬、夏设定值之间的温度范围内，按比例加大新风阀开度直至最大阀位，以节省送新风的能耗。空调器的回风阀与新风阀相反动作。

在设定的非工作时间（夜间、节假日），令双速送、回风机转为低速运行，而且令各分区的送风阀按降低标准的室内设定温度进行调节。

（5）防冻保护：在冷热交换器表面设有温度传感器。如果该温度低于某限值时，令新风阀全闭。每当送风机停止运行时，新风阀均自动关闭。

多分区空调方式的初投资比风机盘管加新风空调方式高40%左右，因而与变风量空调方式相比则低得多。它不存在变风量空调方式中部分负荷条件下新风量不足的问题和送风管道的静压波动问题。可以认为它是优点较多的一种节能型全空气空调方式。

我国自行开发的全自动多分区空调器目前已经完成，现已投入生产。

第四章　大空间建筑物空调节能技术

第一节　既　　述

在高大空间建筑物中，空气的密度随着垂直方向的温度变化而呈自然分层的现象，利用合理的气流组织，可以做到仅对下部工作区进行空调，而对上部的大空间不予空调或夏季采用上部通风排热，通常将这种空调方式称为分层空调，如图 4～1 所示。只要空调气流组织得好，既能保持下部工作区所要求的环境条件，又能节省能耗，减少空调的初投资和运行费用，其效果是全室空调所无法比拟的。与全室空调相比，分层空调可节省冷负荷 14%～50%，从我国应用分层空调的多项工程来看，可节省冷负荷 30%左右。

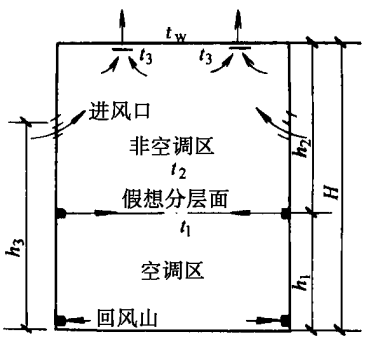


图 4－1　分层空调示意图

分层空调技术在我国得到了广泛应用，如南京汽轮电机厂、西安变压器厂、北京第一机床厂、上海展览馆、葛洲坝水电站水轮机房、北京二七机车车辆厂等采用了分层空调，都取得了显著的节能效果，证明高大空间建筑采用分层空调的节能效果十分显著，值得推广。

近期改造成功的铁道部北京二七机车车辆厂柴油机组装厂房 84m×21m

×12m（高），采用分层空调，空调区高度 5.3m，使空调区达到设计要求：室内温度夏季 26℃ ± 1℃，冬季 16℃ ± 1℃，相对湿度（50 ± 10）%，室内降尘量小于 40mg/（m^2·24h），与全室空调相比节省冷负荷 30.4%，耗电量节省 34.8%，节省初投资 20%。

第二节　分层空调冷负荷计算

1. 分层空调负荷计算特点　采用分层空调后，当空调区送冷风时，上下两区因空气温度和各个内表面温度的不同而产生由上向下的热转移，称为非空调区向空调区的热转移负荷，它由对流热转移负荷和辐射热转移负荷两部分组成。对流热转移负荷是由于送风射流的卷吸作用，使非空调区部分热量转移到空调区，成为空调区的冷负荷。辐射热转移是由于非空调区温度较高的各表面向空调区温度较低的表面的热辐射，空调区各实体表面接受辐射热后，其中一部分热量以对流方式再放到空气中，形成辐射热转移负荷。

因此，分层空调负荷计算的特点，除了要计算空调区本身得热所形成的冷负荷外，还必须计算对流和辐射的热转移负荷。

2. 分层空调空调区冷负荷的组成　分层空调空调区冷负荷由两部分组成：空调区本身得热所形成的冷负荷和非空调区向空调区的热转移负荷。

（1）空调区本身得热所形成的冷负荷包括：

1）通过外围结构（指墙、窗等）得热形成的冷负荷（CL_{1W}）。

2）内部热源（设备、照明和人体等）发热引起的冷负荷（CL_{1n}）。

3）室外新风或渗漏风形成的冷负荷（CL_x）。

（2）热转移负荷包括：

1）对流热转移负荷 CL_d。

2）辐射热转移负荷 CL_f。

综上所述，空调区冷负荷由五部分组成，用下式表示：

$$CL_1 = CL_{1w} + CL_{1n} + CL_x + CL_f + CL_d \tag{4-1}$$

式中，右边前三项与全室空调的计算方法相同，这里不再赘述。

3. 辐射热转移负荷 CL_f。

（1）辐射热转移量 Qf 的计算

1）近似计算法。非空调区各个面（屋盖、墙和窗等）与空调区地面和墙体各表面之间辐射换热 Q_f，包括：非空调区（屋盖、墙及窗）对空调区（地板和墙等）的表面辐射换热量和透过非空调区玻璃窗进入空调区的日射得热量 Q_f，以下式表示：

$$Q_f = \sum Q_{ij} + \sum Q_{ri} \tag{4-2}$$

式中　$\sum Q_{ij}$——非空调区各个面（屋盖、墙、窗等，$i=1$，2，3，…n）对空调区各个面（地板、墙等，$j=1$，2，3，…n）的辐射换热量之和（kW）；

$\sum Q_{ri}$——透过非空调区玻璃窗（$i=1$，2，3，…k）进入空调区的日射得热量之和（kW）。

对于非空调区与空调区任意两个表面之间的辐射换热量 Q_{ij} 可用下式计算：

$$Q_{ij} = \varphi_{ij} A_i \varepsilon_i \varepsilon_j C_0 \left[\left(\frac{T_i}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_j}{100}\right)^4 \right] \tag{4-3}$$

式中　A_i——第 i 表面的面积（m^2）

ε_i，ε_j——i 表面与 j 表面的材料黑度；

C_0——黑体的辐射系数［（kW/（$m^2 \cdot K^4$））］，一般取 $C_0 = 5.77 \times 10^{-3}$ kW/（$m^2 \cdot K^4$）；

φ_{ij}——i 表面对 j 表面的形态系数（或称角系数）；

T_i，T_j——i 表面与 j 表面的热力学温度（K）。

对于分层空调，只计算非空调区各个面与空调区各个面之间的辐射换热，把各个面之间辐射换热量相加可得出 $\sum Q_{ij}$。

透过非空调区玻璃窗进入空调区的日射得热量，在高大厂房中，地板是主要接受面，在计算时，主要考虑地板本身接受的部分，而通过屋盖反射到地面的部分，当反射率较小时可不考虑。透过非空调区任意一面窗 i 到达地面 j 的日射得热量按下式计算：

$$Q_{ri} = P_j \varphi_{ij} A_i E_i \tag{4-4}$$

式中　Q_{ri}——透过非空调区任意一面窗 i 到达地面 j 的日射得热量（kW）；

P_i——空调区地板的吸收率；

φ_{ij}——非空调区窗对地板的形态系数；

A_i——非空调区第 i 面窗的面积（m^2）；

E_i——透过玻璃窗的太阳辐射照度（kW/m^2）。

2）简易计算法。对常见的 13 种类型的高大厂房计算统计得出，非空调区各面（包括透过玻璃窗进入空调区）对地板的辐射热占总辐射热转移量 Q_f 的 70% ~ 80%，因此，采用下式估算时，与近似计算法相比误差不超过 10%。

$$Q_f = C_1 \left(\sum Q_{id} + \sum Q_{rd}\right) \tag{4-5}$$

式中　$\sum Q_{id}$——非空调区各个面对地板的辐射换热量（kW）；

$\sum Q_{rd}$——透过非空调区玻璃窗被地板接受的日射得热量（kW）；

C_1——辐射热转移系数，取 1.3 ~ 1.4。

（2）辐射热转移负荷的计算。

在空调区各个面上的热交换过程中，往往是辐射、对流、蓄热和传导同时进行，因此，接受来自非空调区的辐射热后，只是其中以对流形式再放到空气中的这部分热量，才转变为当时的空调负荷 CL_f（kW），即

$$CL_f = C_2 Q_f \tag{4-6}$$

式中　C_2——辐射热转移负荷系数，$C_2 < 1$，根据实测和统计，$C_2 = 0.45 \sim 0.72$，对于一般空调可取 0.5。

Q_f——总辐射热转移量，由式（4－5）算得。

4. 对流热转移负荷 CL_d

（1）对流热转移的影响因素：由实验所知，产生对流热转移的原因是送风射流的卷吸作用，而这种作用的大小又主要取决于表征送风射流特性的阿基米德准数 Ar 和透风口形式等。当风口形式一定时，影响对流热转移的主要因素为：送风射流的阿基米德准数 Ar；非空调区得热量 Q_2 和得热强度 q_2；空调区得热量 Q_1 和得热强度 q_1；非空调区排热量 Q_p 等，图 4－2 为分层空调对流热转移量 CL_d 的实验曲线，各影响因素的无因次量函数表达式如下：

$$CL_d/Q_2 = f\left(Q_2/Q_1,\ Q_p/Q_2,\ Ar\right)$$
$$= f\left(q_2/q_1,\ Q_p/Q_2,\ Ar\right) \quad (4-7)$$

空调区得热量： $Q_1 = Q_{1W} + Q_{1n} + Q_x + Q_f$　(4－8)

非空调区得热量： $Q_2 = Q_{2W} + Q_{2n} - Q_f$　(4－9)

得热强度： $q_1 = Q_1/V_1$；$q_2 = Q_1/V_2$　(4－10)

式中　q_1——**得热强度**（kW/m³）；

Q_{1W}，Q_{1n}——**通过空调区外围结构进入的热量及其内部发热量**（kW）；

Q_x——**空调区室外新风或渗漏风得热**（kW）；

Q_{2W}，Q_{2n}——**通过空调区外围结构进入的热量及其内部发热量**（kW）；

V_1，V_2——**空调区和非空调区的空间容积**（m³）；

Q_p——**非空调区排热量**（kW）。

由实验结果可知：

1）**只要保持阿基米德准数** Ar **在一定范围内，使送风射流上边界在工作区以上搭接，就能满足分层空调的要求，且对** CL_d **的影响不大。**

2）CL_d/Q_2 **值随着** q_2/q_1 **值的增加而增加，随着** Q_p/Q_2 **值的增加而减少。**

3）**由图** 4－2 **的实验曲线可见，** CL_d/Q_2 **值与** Q_2 **和** Q_P **有关，但当非空调区计算得热程度** $q_2 < 4.2\text{W/m}^3$ **时，可以不设进排风装置，对** CL_d **值的影响不大。**

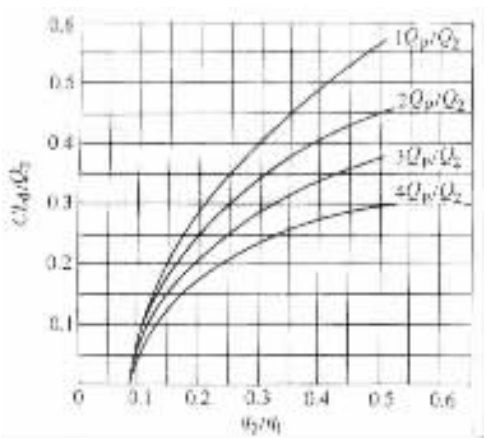


图 4－2　**分层空调对流热转移量实验曲线**

4）**非空调区设置进排风口时，换气次数** N_2 **不宜太大，一般取** 3 **次**/h **为**

宜。而进风口距空调区的下限值应为非空调区高度 1/3 左右，以防止非空调区进风流干扰空调区的气流组织。

（2）对流热转移负荷的确定：由非空调区来的对流热转移量即全部成为空调区的冷负荷。因此，确定分层面高度后，分别计算两区的得热量 Q_1 和 Q_2、得热强度 q_1 和 q_2 及排热量 Q_P，根据 q_2/q_1 和 Q_P/Q_2 由图 4－2 实验曲线，即可得得 CL_d/Q_2 值。

5. 热转移负荷计算方法及步骤。

（1）确定设计计算有关参数

1）室内外计算参数，可按有关手册选取。空调区计算温度 t_1，一般按工艺要求确定，但非空调区的室内温度 t_2 是随着室外温度和空调区热强度的变化而变化，不是一个定值，根据实验分析，可按下式决定（见图 4－1）：

$$t_2 = \frac{1}{2}(t_1 + t_3) \tag{4-11}$$

式中 t_2——非空调区室内温度（℃）；

t_1——空调区计算温度，按工艺要求确定（℃）；

t_3——屋盖下附近空气温度或排风温度，作为粗略计算，可按室外计算温度 t_w 加 2～3℃考虑（℃）。

2）分层高度 h_1，在满足使用要求的前提下，分层高度越低，通过围护结构传入空调区的热量越少，应根据工艺所要求工作区高度 h，结合气流组织所需的射流落差 Y，h_1 由下式计算确定：

$$h_1 = h + Y + h_a \tag{4-12}$$

式中 h_a——安全高度，对一般空调可不考虑，对于恒温空调可取 0.3m。

3）确定围护结构热工指标，包括传热系数、表面放热系数、表面材料黑度等。

（2）分别计算非空调区和空调区外围结构进入的热量和内部发热量：即 Q_{2w}，Q_{2n}。

（3）计算显非空调区和空调区各个内表面温度：

$$\tau = t_n + K\triangle t_{zh}/\alpha_n \tag{4-13}$$

式中 t_n——室内计算温度，空调区为 t_1，非空调区为 t_2（℃）

K——外围结构传热系数［W/（m^2·K）］；

$\triangle t_{zh}$——综合温差，对于墙体和屋顶应包括太阳辐射热的作用（℃）

α_n——外围结构内表面传热系数［W/（m^2·K）］。

（4）计算非空调区各个面对空调区各个面的形态系数 Ψ_{ij}：先用图 4－4 和图 4－5 来计算互相平行或互相垂直的平面之间的形态系数，然后利用形态系数的相对性原理和分解性原理，求出非空调区各个面对空调区各个面的形态系数，这里省略了推导过程，仅将结果列于后，图 4－3 表示了封闭空间中分层空调时各面的组合关系。

图 4－3　封闭空间中分层空调时各面的组合图

1—顶　棚	非空调区	6—东侧壁	空调区
2—东侧壁		7—南侧壁	
3—南侧壁		8—西侧壁	
4—西侧壁		9—北侧壁	
5—北侧壁		10—地　板	

顶棚与地面：$\Psi_{1.10} = \Psi_{10.1}$

顶棚与空调区侧壁：

$$\Psi_{1.6} = \Psi_{1.8} = \Psi_{1.4+8} - \Psi_{1.4}$$

$$\Psi_{1.7} = \Psi_{1.9} = \Psi_{1.3+7} - \Psi_{1.3}$$

非空调区侧壁与空调区相邻侧壁：

$$\Psi_{4.7} = \Psi_{2.7} = \Psi_{2.9} = \Psi_{4.9}$$

$$= \frac{1}{2}\left(\Psi_{4+8.3+7}\frac{H}{h_2} - \Psi_{4.3} - \Psi_{8.7}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

$$\Psi_{3.8} = \Psi_{3.6} = \Psi_{5.6} = \Psi_{5.8}$$

$$= \frac{1}{2}\left(\Psi_{3+7.2+6}\frac{H}{h_2} - \Psi_{3.2} - \Psi_{7.6}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

非空调区侧壁与空调区相对侧壁：

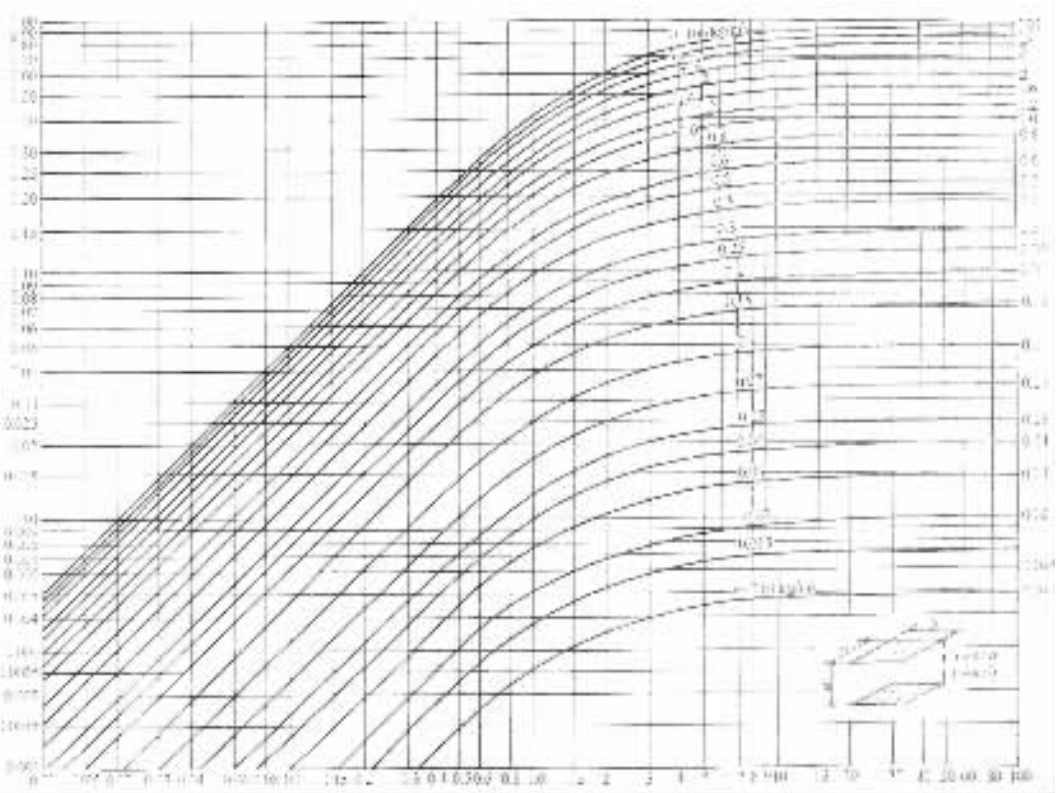


图 4－4　互相平行的矩形平面辐射换热的形态系数

注：本图表取木村建一著、单寄平译《建筑设备基础理论》

$$\Psi_{3.9} = \Psi_{5.7} = \frac{1}{2}\left(\Psi_{3+7.5+9}\frac{H}{h_2} - \Psi_{3.5} - \Psi_{7.9}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

$$\Psi_{2.8} = \Psi_{4.6} = \frac{1}{2}\left(\Psi_{2+6.4+8}\frac{H}{h_2} - \Psi_{2.4} - \Psi_{6.8}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

非空调区侧壁与空调区地面：

$$\Psi_{4.10} = \Psi_{2.10} = \left(\Psi_{4+8.10}\frac{H}{h_2} - \Psi_{8.10}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

$$\Psi_{3.10} = \Psi_{5.10} = \left(\Psi_{3+7.10}\frac{H}{h_2} - \Psi_{7.10}\frac{h_1}{h_2}\right)$$

（5）根据 Ψ_{ij} 材料黑度 ε 和 τ 用式（4－2）～式（4－5）计算辐射热转移量 Q_f。

（6）由式（4－6）得出辐射热线转移负荷 CL_f。

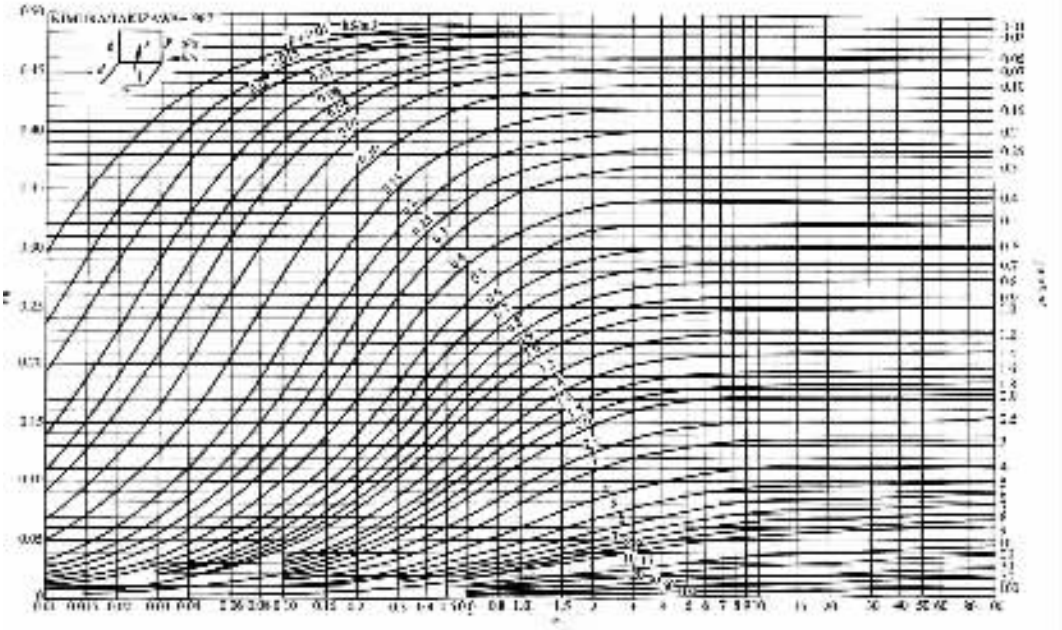


图 4－5　互相垂直的矩形平面辐射换热的形态系数

（7）先用式（4－8）和式（4－9）计算得出 Q_1 和 Q_2，然后按式（4－10）计算得热度 q_1 和 q_2。

（8）计算非空调区排热量 Q_p 和排热率 Q_p/Q_2。

$$Q_p = 0.24\rho V_2 n_2 \triangle t_p \tag{4-14}$$

式中　Q_P——非空调区排热量（kW）；

$\triangle t_p$——进排风温差（℃），可取 2～3℃；

ρ——空气密度（kg/m^3）。

（9）根据 q_2/q_1 和 Q_P/Q_2 由图 4－3 实验曲线，求得 CL_d/Q_2 值，从而得出 CL_d。

（10）用式（4－1）计算得空调区的总冷负荷 Cl_1。

第三节　分层空调气流组织设计

1. 分层空调气流组织设计要点

（1）空调对象：在进行分层空调气流组织设计时，首先应根据使用要求确定工作区的范围及空调参数。在高大厂房中，其要求通常属于一般空调或精度大于或小于 ±1℃的恒温空调。

（2）气流型：高大厂房分层空调气流组织可以有多种方式，以采用腰部水平喷射送风、同侧下部回风为宜，对于跨度较大的车间则采用双侧对送、双侧下部回风较好，如图 4－6 所示。处理好的空气以很大的动量通过送风口喷入相对静止的空间里形成射流，当射流行至所要求的射程时，其温度和速度得到充分的衰减，气流就折回。其中大部分空气是补充射流的室内循环空气，这样在送风射流作用下整个空调区形成大的回旋循环，使下部工作区处于回流区，温度场和速度场达到均匀。而非空调区（即上部大空间）则没有参数要求，允许存在较大的垂直温差。

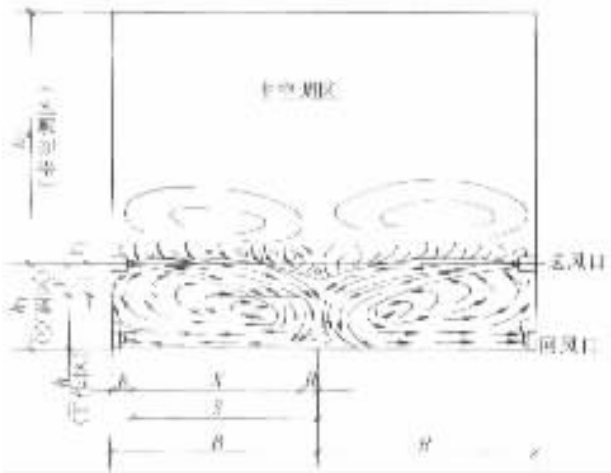


图 4－6　双侧对送、双侧下部回风气流

R—气流搭接长度　B—水平中距

X—水平射程　E—送风口伸入长度

（3）送风口的安装高度 h_1：送风口的高度决定了分层高度，它等于工作区高度 h 与射流落差 Y 之和。分层高度越低，即空调区越小，则通过围护结构传入空调区的热量相应也小。降低 h_1，即缩小 Y，这就要减小送风射流的阿基米德准数 Ar。为了减小 Ar 数，就要减小送风温差或加大送风速度，这样会增加空调设备的容量及其动力消耗。据空调模型试验的结果，当射流的最大落差为射程的 1/4 和最小落程为射程的 1/6 时，均能满足分层空调的要

求。因此，在确定分层高度时要综合考虑以上因素。

（4）送风参数：送风射流的阿基米德准数 Ar 是表征非等温射流特性的重要参数，它是送风射流的浮力和惯性力之比。由实验可知，当 Ar 数在 0.00055～0.00232 范围内均能满足分层空调的要求。只要合理选择送风口的结构形式和尺寸、送风温差和送风速度，都能获得所需要的射程和落差。但采用过小或过大的 Ar 数都是不经济的。在高大厂房中要求的射程较长，射流能够得到充分的衰减，因此，送风速度和送风温差可以选得大一些。在满足噪声控制和卫生标准的前提下，送风速度一般采用 4～10m/s，最大不超过 12m/s。

（5）对喷射流上边界搭接位置：为了满足工作区的空调要求，单侧送风时射流上边必须到达工作区上方的对面壁面；双侧对送时射流上边界必须在工作区上方的中央位置搭接，否则在中央地区会造成涡流，从而影响工作区内温度分布和速度分布的均匀性。实验表明当采用对喷水平送风时，上下区得热比和上部排热率一定时，Ar 数在 0.00055～0.00232 范围内，只要对喷气流末端在工作区以上搭接，对流热转移变化不大。

（6）射流温度的衰减：射流的热扩散比其动量扩散急剧，温差衰减比速度衰减率大。实验结果表明，温差衰减 $\overline{\triangle t_x}$ 乙与速度衰减 $\overline{\nu_x}$ 存在以下关系。

$$\overline{\triangle t_x} = \overline{\alpha \nu_x} \tag{4-15}$$

α 为常数，当为圆射流时 $\alpha = 0.73$，平面射流时，$\alpha = 0.86$。因此，对区域温差要求不是很严格的场合，只要射流的速度衰减能够满足要求，其温差衰减可以不必计算，但可利用温差和速度衰减的关系进行验算。

（7）其他：在设计中除了考虑上述各种因素对气流组织的影响外，还应尽量避免各种外来因素的干扰。在射流的途程中，较大的阻挡物会破坏射流的流动规律。在开启的大门处，常常出现较强的外来气流，干扰大门附近的空调气流，对工作区造成较大影响。因此，应采取必要的措施，如加设门斗或利用大门空气幕阻止室内外空气的交换。

在设计非空调区换气通风的气流组织时，进风口设置高度不宜过低，换气次数不宜过多。

2. 分层空调气流组织形式　分层空调时，空调区送回风口的形式和布置，除不采用顶棚下送风和贴附射流侧送风方式外，与全室空调时所采用的方式基本相同。而对非空调区，有时为了排除夏季余热还需考虑通风设施。

（1）分层空调气流组织基本形式：采用腰部水平送风的分层空调气流组织通常有以下几种基本形式，如图 4－7 所示。

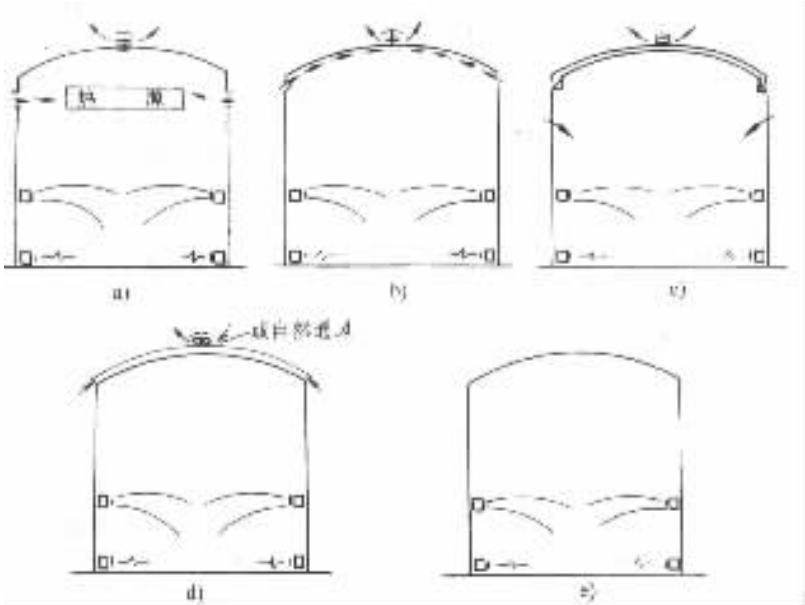


图 4－7　分层空调气流组织基本形式

1）空调区单侧送风或双侧送风，同侧下回风。非空调区有热源，屋顶排风，高侧墙上进风，如图 4－7a 示。

2）空调区单侧送风或双侧送风，同侧下回风。非空调区无主要热源，屋顶排风，进风在屋面下形成贴附气流，如图 4－7b 所示。

3）空调区单侧送风或双侧送风，同侧下回风。非空调区无主要热源，屋顶排风，屋面下通风夹层，高侧墙上进风，如图 4－7c 所示。

4）空调区单侧送风或双侧送风，同侧下回风。非空调区无主要热源，屋顶上设大阶砖架空屋盖，夹层中有机械或自然通风，如图 4－7d 所示。

5）空调区单侧送风或双侧送风，同侧下回风。非空调区无通风措施，如图 4－7e 所示。

以上各种形式对于单跨或多跨厂房均能适用。现场实测证明，在一个单跨或多跨而未加分隔的高大厂房中，或在大空间相邻的两个区域中，如同一高度存在一定温差时，空气密度不同会产生压差，引起空气对流，从而使两个区域间的温差缩小。因此，在同一厂房不同区域内需要有不同的分层高度时，应采用倒挂式隔断等分隔措施，以防止上部各区之间的对流。

（2）空调区的送回风方式。

1）侧面送风。如图 4－7 所示的基本形式，单侧或双侧送出多股平行射流，到一定距离以后形成一片气流（见图 4－8），实践证明此种方式能够得到显著的分层空调效果。

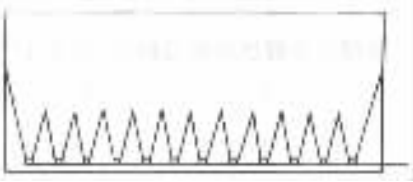


图 4－8　多股平行射流平面图

射流的射程与送风气流的 A_r 有关，A_r 越小，射程越远，可自几米直到几十米。当厂房跨度在 18m 以内时，建议采用单面侧送风，射流自墙的一侧或自跨间柱旁向两侧送出，如图 4－9 所示。当厂房跨度超过 21m 时，以采用双侧对送风为宜。

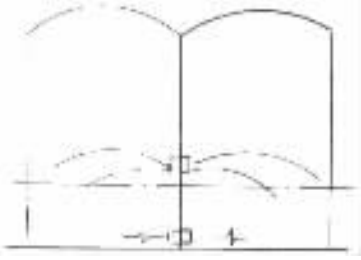


图 4－9　侧面送风

2）回风口的布置。分层空调设计中一般采用与送风口同侧的下部回风，当冬季送热风时，下部回风更为有利。回风口的形式与全室空调相同，回风口的吸风速度不宜过大，一般采取 1.5～2.5m/s，风口底边距地 0.2～0.3m。采用分散式机组时，回风口就在机组的下部。如采用集中式空调系统，回风口的布置可按以下 3 个原则来考虑。

①有利于排除局部热源散出的余热。

②尽可能消除气流停滞死角。

③在可能条件下尽量均匀布置。

（3）送风口的形式：分层空调中使用的送风口形式有喷口和风口两类。

虽然各种风口的特性各异，但只要对风口的尺寸、送风速度及送风温差等作仔细的计算和选用，都能满足要求。目前国内外常用的各种风口形式及其特性，见表 4－1。

表 4－1　　常用的风口形式及其特性

风口形式	风口常数		湍流系数 α
	K	K_1	
圆柱形风口	5.0	—	0.076
上下旋转喷口	5.0	5.7	0.10（矩形）
环形旋转喷口	5.0	—	0.076
圆喷口（收缩角 13°）	6.5	—	0.07
扁喷口（高度比≤1:20）	—	6.5	0.10
扁风口	—	3.5	0.12
百叶式矩形风口	—	0° 5.1	0.16
	—	45° 2.6	—

（4）非空调区设置通风的原则、组织方式和通风量的确定：非空调区通风时进风口的设置应从以下几点考虑。

1）沿厂房纵向长度均匀设置，均匀低速进风。

2）当非空调区的某一高度有热源而进行通风时，进风口可设置在热源位置的高度上。但进风口的相对高度 $\overline{H}$ 不小于非空调区高度的 1/3，即 $\overline{H} \geqslant 0.32$，$\overline{H} = (h_3 \sim h_1) / h_2$，$h_1$ 为空调区高度；h_2 为非空调区高度；h_3 为非空调区进风口离地面的高度。（图 4－7）

3）当非空调区无热源，通风仅为降低屋面内表面温度时，进风口高度以贴近屋面，形成沿屋面流动的贴附气流为宜。

如非空调区无热源，为降低屋面内表面温度可以采取一些更为有效的措施。

1）如屋面下用板材保温。可以由建筑设计配合，利用保温板材与屋面之间的空隙作为通风夹层，便能有效地降低屋面内表面的温度。

2）如屋面下无保温板材。因一般大型屋面板下均有井形肋条，很难避免通风死角存在，此时可以采用大阶砖架空屋盖通风，既能减少太阳对屋面

的辐射热影响，有效降低屋面内表面温度，且可避免在非空调区上部设进风口，屋面上也不必再开排风孔口。大阶砖架空屋盖可以用机械通风，也可以用自然通风。

非空调区的通风量 L_2 可根据所需排出的余热量通过下式确定：

$$L_2 = \frac{Q_{2d}}{\rho C_p \triangle t} \tag{4-16}$$

式中　L_2——非空调区的通风量（m^3/h）；

Q_{2d}——非空调区中所需排除的余热量（kW）；

$\triangle t$——计算进排风温差（℃），建议采用$\triangle t = 3$℃；

ρ——进风温度下的空气密度（kg/m^3）；

c_p——空气的定压比热容，$c_p = 1.01$kJ/（kg·K）。

由模型试验可知：当进排风方式一定时，非空调区的排热率随着通风量的增加而增加，但是当非空调区换气次数大于 3 次/ h 以后，排热率的增加并不显著。因此在设计时，非空调区的换气次数不宜大于 3 次/h。

3. 分层空调气流组织的计算方法及步骤

（1）计算参数的确定

1）射流的射程。射流射程 X，即射流轴心速度达到某一规定值处距风口的水平距离，可根据建筑物的尺寸确定。设射流的作用距离为 S，厂房沿送风方向的宽度为 B，风口离同侧的墙或柱子的距离为 E，则

$$S = B - E \tag{4-17}$$

设射流末端的扩散范围为 R，由实验得出：射流起始段为圆射流时，$R = 0.1X$；起始段为平面射流时，$R = 0.075X$；一般可取 $R = 0.075X$。射流的射程等于射流的作用距离减去射流末端的扩散范围，

即

$$X = S - R = S - 0.075X$$

则

$$X = 0.93S \tag{4-18}$$

2）工作区平均流速 v_n 及射流末端的轴心速度 v_x。工作区平均风速对于一般空调可取 0.15 ~ 0.25m/s，对于恒温厂房则按规范决定。工作区平均风速等于下部回流的平均速度，在高大厂房中，下部回流平均速度往往小于并接近于射流末端的平均速度 v_p，在设计时一般可按 $v_n \approx v_p$ 考虑。

射流断面的速度分布是具有一定规律的，在射流主体段内，垂直于轴线

的断面上的速度分布具有相似性，速度图形越到末端越平缓。对于自由点射流断面平均速度 v_p 与该断面的轴心速度 v_x 的关系，空调所在多股平行射流由实验中得出：

当 $X/d_o = 30 \sim 50$ 范围内，$v_p/v_x = 0.4 \sim 0.54$。

因此，在设计时一般可取 $v_p/v_x = 0.5$

3）射流落差 Y 和分层高度 h_1。射流落差 Y 根据实验结果推荐如下范围：当 Ar 为 $0.00055 \sim 0.00232$ 时，$Y = (1/16 \sim 1/4)X$，射程较大时可取至 $X/16$，射程较小时可取 $X/4$。

分层高度用下式确定：

$$h_1 = h + Y + h_a \tag{4-19}$$

式中　h_1——分层高度（m）；

h——工作区高度（m），根据工艺等使用要求决定；

h_a——安全高度（m），对一般空调可以不考虑，对有恒温精度要求的场合，可取 0.3m。

4）送风温差 $\triangle t_0$。送风温差根据设计规范和设计手册确定，对于 ±1℃的恒温空调宜采用 6～10℃，对超过 ±1℃者可采用 8～12℃。为防止风管及风口处产生结露，送风温度不应低于室内空气的露点温度。

（2）确定风口尺寸 d_o（m）和风速度 v_o（m/s）。

当采用圆喷口时，为圆喷口直径按以下经验公式计算：

$$d_o = 0.064\,(T/\triangle t_o)^{0.615} X^{0.302} Y^{0.687} v_x^{1.23} \tag{4-20}$$

$$v_o = 4.295\,(T/\triangle t_o)^{-0.591} X^{4.124} Y^{-0.532} v_x^{-0.182} \tag{4-21}$$

式中　T——空调区空调的热力学温度（K）；

X——射流射程（m）；

Y——射流落差（m）；

$\triangle t_o$——送风温差（℃）。

当采用其他风口时，可按公式（4－20）和式（4－21）先求出采用圆喷口时的 d_o 和 v_o 然后，通过下列各式求得所采用的风口特性尺寸和送风速度；

对于扁喷口：

$$h_o = d_o C_h \tag{4-22}$$

$$v_{ho} = v_o C_{vh} \tag{4-23}$$

对于其他风口（包括喷口）

$$d_{fo} = d_o C_a \tag{4-24}$$

$$v_{fo} = v_o C_{va} \tag{4-25}$$

式中　h_o、v_{ho}——扁喷口的高（短边）和送风速度；

C_h、C_{vh}——与扁喷口高宽比有关的系数，由表 4－2 查得；

d_{fo}、v_{fo}——风口的直径（或面积当量直径）和送风速度；

C_a、C_{va}——与风口紊流系数有关的系数，由表 4－3 查得。

将 h_o 取成 0.005m 的整倍数值，如算得结果为 $h_o = 0.262\text{m}$，则可取 $h_o = 0.260\text{m}$；又如计算结果为 $h_o = 0.266\text{m}$，则可取 $h_o = 0.265\text{m}$。

（3）检验计算结果：如满足 $0.2\text{m} \leqslant h_o \leqslant 0.8\text{m}$ 和 $v_o \leqslant 12\text{m/s}$，则可进行下步计算，如不满足则重新设定 Y 或 $\triangle t_o$，重复第二步计算，直到满足此条件为止。

（4）计算每个喷口的送风量 L_i（m^3/h）

$$L_i = \frac{\pi}{4} d_o^2 v_o \times 3600 \tag{4-26}$$

表 4－2　　与扁喷口高宽比有关的系数

高宽比	C_h	C_{vh}
1:10	0.028	1.261
1:11	0.196	1.272
1:12	0.186	1.282
1:13	0.177	1.292
1:14	0.169	1.300
1:15	0.162	1.309
1:16	0.156	1.316
1:17	0.150	1.324
1:18	0.145	1.330
1:19	0.140	1.337
1:20	0.136	1.343

表 4－3　　与风口紊流系数有关的系数

紊流系数 a	C_a	C_{va}
0.07	1	1
0.076	0.972	1.022
0.10	0.885	1.100
0.11	0.886	1.128
0.12	0.831	1.155
0.13	0.808	1.179
0.14	0.788	1.203
0.15	0.770	1.225
0.16	0.753	1.247

（5）根据已选定的分层高度 h_1 及相应的分层空调冷负荷 Q（kW 或 J/h），计算总送风量 L（m^3/h）。

$$L = \frac{Q}{c_p \rho \triangle t_o} \tag{4-27}$$

式中　ρ——送风的空气密度（kg/m^3）；

c_p——空气定压比热容［kJ/（kg·K）］；

$\triangle t_o$——送风温差（℃），含义见式（7－40）。

（6）确定喷口个数 n：$n = L/L_i$，取 n 为整数，并求得实际送风速度 v'_o：

$$v'_o = \frac{4L}{\pi d_o^2 n \times 3600} \tag{4-28}$$

（7）以 v'_o、d_o、$\triangle t_o$、T 代入下式计算送风射流的阿基米德准数 Ar：

$$Ar = \frac{g \triangle t_o d_o}{v_o^2 T} \tag{4-29}$$

式中　d_o——射流起始断面的直径，即喷口直径（m）；对于扁喷口，$d_o = h_o$，（h_o 为扁喷口的短边尺寸）；

v_o——送风速度（m/s）；

$\triangle t_o$——送风温差（℃），$\triangle t_o = |t_o - t_n|$，$t_o$ 为送风温度（℃），t_o 为空调区空气温度（℃）。

T——空调区空气的热力温度（K），$T = t_n + 273.15$（K）；

g——重力加速度（m/s^2）。

(8) 将 v'_o、d_o、Ar、X 代入式（4－20）、式（4－21）和式（4－29），求得射流落差 Y'、射流末端轴心速度 v' 和上边界搭接位置 Y_1，并与选定值比较，如满足以下 3 个条件：

$$\begin{bmatrix} \triangle Y = |Y' - Y| \leqslant 0.2 \\ \triangle v_x = |v'_x - v_x| \leqslant 0.05 \\ h_1 - Y_1 \geqslant h \end{bmatrix} \tag{4-30}$$

则达到设计要求。如不满足时，则可重新设定 Y 和 $\triangle t_o$，并重复进行第二步以后的计算，直到满足以上条件为止。只要满足前两个条件，第三个条件必定满足，因此，上边界搭接位置一般不必验算。

当采用其也风口时，可参照上述各步进行计算。

4. 分层空调系统的选择　当车间要求洁净度较高或温湿度波动范围较小时，则采用集中系统为宜。当采用集中式空调系统，且厂房内布置送回风管道有困难时，可以考虑选用柜式空气处理组或整体式空调机组。

(1) 集中式空调系统用于高大厂房分层空调，具有如下优缺点

1) 可以实现全年多工况运行，有利于节能，运行管理方便。

2) 处理空气量大，能够满足较高的清洁度及温湿度等要求。

3) 风管尺寸大，空间布置与系统调节困难。

4) 机房占地面积大。

(2) 采用柜式空气处理机组主要特点

1) 灵活性大，易于安装。

2) 风管断面小，布置与调节容易。

3) 柜式空气处理机组可直接布置在厂房内，空调占用的机房面积小。

4) 便于分区控制。

5) 布置分散，维护管理不便。

(3) 采用整体式空调机组的主要特点

1) 设备成套，可直接放于车间，易于安装，风管短小，调节方便。

2) 便于分区控制。

3) 大型机组噪声较大，布置分散，维护管理不便。

第四节　日本大空间建筑节能的应用实例

日本近十年间在大空间体育建筑中采用节能措施的总体情况，见表 4－4。

表 4－4　　日本大空间的节能措施实例

建筑物名称	种类及用途	设　施　概　要	环境及设备的特征（以节能为中心）
大阪城国际文化体育大厅	1. 全部室内运动 2. 文娱、音乐、展示会等	1. 多种用途的体育大厅 2. 可容纳 16000 人 3. B1F ~ 3F，建筑面积 31065m^2 4. 1983 年 8 月竣工	1. 室温：夏 26 ~ 28℃，冬 18 ~ 20℃ 2. 大厅一半在地下，高度隔热及密封 3. 供热供冷，按产生余热位置送风，以减小空调送风量 4. 利用风管环路系统的特殊设计可实现大厅部分空调 5. 新风供冷，排气热回收（全热交换器），控制 CO_2 浓度
新国技馆	1. 相扑，室内运动 2. 集会等	1. 以相扑为主的多用途大厅 2. 可容纳 11000 人 3. B3F ~ 2F，建筑面积 35342m^2 4. 1984 年 10 月竣工	1. 根据负荷变动控制最佳送风温度 2. 考虑到大空间的空气混合特性，控制空调机送风温度 3. 部分空调（按看台层次分区，送风量阶段调整） 4. 新风供冷，控制 CO_2 浓度 5. 燃气热源，常用发电机，避免特高压电 6. 雨水利用
东京体育馆	1. 棒球及各种体育运动 2. 各种比赛、表演等	1. 空气膜构造体育馆 2. 可容纳 50000 人（棒球比赛时） 3. B2F ~ 6F，建筑面积 116463m^2 4. 1988 年 3 月竣工	1. 室温：夏 28℃，冬 18℃ 2. 加压设备（提高控制系统的可靠性） 3. 居留域限定空调，以供冷为主的空调系统（防止渗透风，隔热） 4. 利用雨水，排水再利用

续表

建筑物名称	种类及用途	设　施　概　要	环境及设备的特征（以节能为中心）
福冈体育馆	1. 棒球及各种体育运动 2. 各种比赛、表演等	1. 屋顶开放式体育馆 2. 可容纳 40000 人（棒球比赛时） 3.1 ~ 7F，建筑面积 176068m^2 4.1993 年 3 月竣工	1. 利用开放屋顶实现自然通风及自然采光（包括建筑物配置规划） 2. 屋顶闭合时空调：居留域限定空调，循环流空调，各种节能空调控制系统 3. 利用雨水，广域中水利用
秋田天空体育馆	各种体育运动	1. 钢管骨组成的张力膜构造体育馆（运动场） 2.1F、2F，建筑面积 12158m^2 3.1990 年 1 月竣工	1. 利用建筑物配置及形状减少膜屋顶积雪 2. 间歇运行消除膜面积雪（利用构造体的钢管做风管，形成温风送风系统） 3. 通过膜面自然采光（一层膜） 4. 夏季：自然换气，冬季：室温 5 ~ 10℃，周边区局部供热 5. 利用雨水
出云体育馆	1. 棒球及各种体育运动 2. 体育比赛、表演等	1. 木结构组成的张力膜构造体育馆 2. 可容纳 5000 人 3.1F、2F，建筑面积 15742m^2 4.1992 年 3 月竣工	1. 自然换气，通过膜面自然采光（一层膜） 2. 井水利用［热水加热（利用深夜电力），杂用水补充水源］ 3. 利用雨水
东京滑雪馆	人工滑雪馆	全年室内滑雪场 1.1 ~ 4F，建筑面积 109398m^2 2.1993 年 3 月竣工	1. 滑雪场内空气温度：~ 3 ~ 5℃ 2. 外墙隔热，防 IL 冷气流出（回转门，挡风室） 3. 排风热回收（热泵） 4. 利用热气旁通方式给空调机冷却盘管除霜（冷热回收） 5. 热电联产系统

续表

建筑物名称	种类及用途	设　施　概　要	环境及设备的特征（以节能为中心）
奥林匹克冬季运动会冰球比赛馆	冰球比赛	1. 冰球会场（奥林匹克完了后可作多用途竞技场） 2. 可容纳 12000 人 3. B1 ~ 4F，建筑面积 24873m^2 4. 1995 年 3 月竣工	1. 空调系统细分化，以适应不同部分使用要求 2. 竞技场观众席：供冷时从顶棚送风，供热时从地板送风 3. 排风热回收（全热交换器） 4. 利用井水（杂用水）
宫崎海洋体育馆	水上乐园	1. 设于休闲地的屋顶开闭式水上乐园 2. 1 ~ 3F，建筑面积 55380m^2 3. 1993 年 3 月竣工	1. 室温：冬季 30℃，夏季以通风为主 2. 利用高速诱导风机搅拌体育馆内空气，排风热回收（显热交换器） 3. 通过开闭式屋顶处的双层膜自然采光 4. 利用井水（冲洗便器，游泳池、冷却塔，散水栓）
横滨水上乐园	水上乐园	1. 都市型室内水上乐园 2. B1F ~ 3F，建筑面积 32924m^2 3. 1992 年 4 月竣工	1. 室温：冬季 3℃，夏季（新风供冷为主） 2. 游泳池水温 30℃ 3. 海滩地板供暖 4. 热电联产系统，利用夜间电力（冷水蓄热），游泳池排水热回收 5. 游泳池排水再利用（中水）
调布市综合体育馆	1. 游泳 2. 室内体育运动	1. 游泳池，拥有大、小两个体育室的市营体育馆 2. B1F、1F，建筑面积 6057m^2 3. 1985 年 10 月竣工	1. 建筑物的地下埋设（减少传热损失，减少冬季负荷，利用土地热容量） 2. 游泳室：自然换气、自然采光、太阳热利用（被动供热），外壁面及地面加热 3. 体育室：换气 4. 燃气驱动型热泵，能源多级利用（冷却，加热，一次、二次排热利用）

续表

建筑物名称	种类及用途	设　施　概　要	环境及设备的特征（以节能为中心）
大馆树海体育馆	多功能用	1. 建筑面积 21900m^2，长 180m 2. 当地产秋田杉大断面集成材制作的木结构屋架，下部为钢筋混凝土 3. 最大容纳 5000 人 4.1997 年 6 月竣工	1. 居留区下送风，冬季送热风有利 2. 观众席上方设循环流风机 8 台，有利于夏季改善室内环境 3. 利用体育馆一侧之水面冷却自然通风的进入空气 4. 设有屋顶淋水装置（雨水处理后利用），对屋顶起蒸发冷却作用

注：此表引自范存养编著的《大空间建筑空调设计及工程实例》。

第五章　旅游旅馆建筑热工与空调节能设计

旅游旅馆是我国民用建筑中现代化水准较高的建筑，一般均装有全年性舒适空调，日常使用能源中约有60%消耗在空调上，因而旅游旅馆建筑热工与空调节能设计有重要意义。新建、扩建和改建的旅游旅馆的节能设计应遵照《旅游旅馆热工与空气调节节能设计标准》（GB350189—1993）及国家现行有关标准、规范的规定。主要有：《采暖通风与空气调节设计规范》(QBJ19—1987)；《民用建筑节能设计标准》（采暖居住建筑部分）（JCJ26—1995)；《建筑外窗保温性能分级及其检测方法》（GB/T484—2002)；《建筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》　（GB/T107—2002)；《设备及管道保温设计导则》(GB/T175—1987)。

第一节　基本规定

1）旅游旅馆的分级标准，应分为一、二、三、四级。

2）一、二、三级旅游旅馆应根据其等级、当地气象条件、室内设计计算参数、建筑规模与布局等，经技术经济比较分析后，择优选用相应的空调或采暖方式与设施。

3）四级旅游旅馆一般可不设空调，但最热月平均室外气温等于大于26℃的地区，可设置夏季降温空调设施。冬季累年日平均温度低于或等于5℃的总天数大于和等于60天的地区，可设置冬季采暖设施。

4）设空调的旅游旅馆，当冬季需要进行采暖时，无论是采用空调设备供热，还是另设独立的采暖系统，应根据旅馆等级与采暖期天数的多少，经技术经济分析比较后择优确定。但不得采用直接电加热的空调设备或系统。

寒冷地区的四级旅游旅馆，热舒适标准较低、采暖时间长的一般宜另设独立的采暖系统。而对于热舒适标准较高、选用空调设备较完善的一、二、

三级旅游旅馆，一般宜利用空调设备供暖，不必另设独立的采暖系统。

5）旅游旅馆冬夏季室内气候的设计计算参数。根据实践经验，测试数据和相关标准，旅游旅馆冬夏季室内气候的设计计算参数，见表 5－1。

表 5－1　　旅游旅馆各种用途空调房间室内设计计算参数

房间类型		夏季			冬季			新风量	空气中含尘浓度 G
		空气湿度 t/℃	相对湿度 RH（%）	风　速 v/m·s^{-1}	空气湿度 t/℃	相对湿度 RH（%）	风　速 v/m·s^{-1}	L/m^3·h^{-1}	/mg·m^3
客房	一级	24	≤55	≤0.25	24	≥50	≤0.15	≥50	≤0.15
	二级	25	≤60	≤0.25	23	≥40	≤0.15	≥40	
	三级	26	≤65	≤0.25	22	≥30	≤0.15	≥30	
	四级	27	—	—	21	—	—	—	
餐厅宴会厅多功能厅	一级	23	≤65	≤0.25	23	≥40	≤0.15	≥30	≤0.15
	二级	24	≤65	≤0.25	22	≥40	≤0.15	≥25	
	三级	25	≤65	≤0.25	21	≥40	≤0.15	≥20	
	四级	26	—	—	20	—	—	≥15	
商业服务	一级	24	≤65	≤0.25	23	≥40	≤0.15	≥20	≤0.25
	二级	25	≤65	≤0.25	21	≥40	≤0.15	≥20	
	三级	26	—	≤0.25	20	—	≤0.15	≥10	
	四级	27	—	—	20	—	—	≥10	
大堂四季厅	一级	24	≤65	≤0.30	23	≥30	≤0.30	≥10	≤0.25
	二级	25	≤65	≤0.30	21	≥30	≤0.30	≥10	
	三级	26	≤65	≤0.30	20	—	≤0.30	—	
	四级	—	—	—	—	—	—	—	
美容美发室		24	≤60	≤0.15	23	≥50	≤0.15	≥30	≤0.25
康乐设施		24	≤60	≤0.25	20	≥40	≤0.25	≥30	≤0.25

第二节　建筑围护结构

1．一般规定

1）旅游旅馆的主要房间，宜设于向阳的和冬季最大频率风向的下风一

侧，朝向宜避免夏季太阳照射强烈的方向，从而减少空调装置的冬季热负荷和夏季冷负荷。

2）旅游旅馆宜减少建筑物的外表面积。主体建筑宜避免过多的凹凸和错落。严寒地区与寒冷地区主体建筑的体形系数，宜控制在 0.35 以下。

3）四级旅游旅馆空调房间的空调设施，可不设新风供给系统，可采取设置开启的外窗等自然通风措施。

4）严寒和寒冷地区外门的设置，应避开冬季的最大频率风向。不可避免时，要采取可靠的防风措施。

5）严寒地区应满足冬季保温的要求；寒冷地区应满足冬季保温要求并兼顾夏季隔热要求；夏热冬冷地区应兼顾冬季保温和夏季遮阳隔热要求；夏热冬暖地区应满足夏季遮阳隔热要求。

2. 围护结构热工设计

1）外窗的面积不宜过大。主体建筑标准层的窗墙面积比，不宜大于 0.45。设计中既应注重体形美，又应避免盲目加大外窗面积的倾向。

2）外窗玻璃的遮阳系数，严寒地区应大于 0.80；非严寒地区应小于 0.60，或采取外遮阳措施。遮阳系数越大，越有利于减少采暖热负荷，节省全年供暖能耗。

3）外窗的保温性能，应符合现行国家标准《建筑外窗保温性能分级及其检测方法》的规定。其保温性能等级，严寒地区不应低于Ⅱ级，寒冷地区不应低于Ⅲ级，其他地区不宜低于Ⅳ级。

4）外窗的气密性，应符合现行国家标准《建筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》的规定，其气密性等级不宜低于Ⅱ级。

5）围护结构的外墙、屋顶及地面的热工性能，应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》和现行行业标准《民用建筑节能设计标准》（采暖居住建筑部分）的规定。

第三节　空调

1. 冷源

1）当旅游旅馆的客房规模超过 40 间时，其空调冷源应采用冷水机组。

2）当夏季有可利用的热源，且经济上合理时，其空调冷源宜采用额定蒸汽消耗低的吸收式冷水机组。

3）冷水机组台数宜选用 2～3 台，制冷量较大时也不超过 4 台，单机制冷量的大小应合理搭配。

4）冷水机组的选择，通过经济比较后，优先选用能量调节自动化程度高的机组。

5）当选用往复式冷水机组时，宜采用具有多台压缩机自动联控的冷水机组。

6）选用往复式、螺杆式、离心式冷水机组，其额定工况的能效比应符合表 5－2 的要求。当单台空调制冷量超过 698kW 时，不宜采用往复式机组。

表 5－2　　冷水机组额定工况的能效比

单机制冷量/kW	机　型	能效比
< 16	往复式	≥3.6
117～349	往复式	≥3.8
	螺杆式	≥3.9
350～581	往复式	≥3.9
	螺杆式	≥4.0
582～1163	离心式	≥4.4
	螺杆式	≥4.1
> 1163	离心式	≥4.4

注：额定工况系指蒸发器出水温度 7℃、进水温度 12℃，冷凝器进水温度 30℃、出水温度 35℃。

7）冷源的装机制冷量指标，应考虑当地气象条件、旅馆等级、公用区餐饮区的比例等因素，通过技术经济比较后确定。

2．热回收装置

1）当客房设置有独立的新风　排风系统时，宜选用全热或显热热回收装置，其额定热回收率不应低于 60%。

2）冷水机组的冷凝热，应根据建筑物需热量的大小与品位，经技术经济比较后加以合理利用。

3）大功率灯光的散热量，应根据空调房间的系统特点加以合理利用。

3．水系统

1）空调供冷、供暖水系统的设计，应符合各个环路之间的水力平衡要

求。对压差相差悬殊的高阻力环路，应设置二次循环泵。各环路应设置平衡阀等平衡装置。

2）空调供冷的水输送系数，不得小于 30；供暖的水输送系数：对两管制系统，严寒地区不应小于 190，寒冷地区和夏热冬冷地区不应小于 150，夏热冬暖地区不应小于 130；对四管制系统中的供暖的水输送系统，各地区均不得小于 90。

3）在设置二次泵的空调供冷、供暖水系统中，对其二次泵宜设置变频调速装置。

4）对同时供冷供暖的风机盘管四管制水系统，应仅限于热舒适要求最高的一级旅游旅馆中采用。

4. 风系统

1）旅馆公用部分的空调系统的服务范围和规模，应根据各空调房间的使用规律、负荷特点加以划分，并宜将空调机组设置在靠近空调房间的地方。

2）客房的新风、排风系统服务范围和规模，宜按中小规模划分，最大系统的风量不宜超过 40000m^3/h。

3）负荷变化较大的公用部分的空调通风系统，当其高峰使用时间较短，低谷使用时间较长时，应采用双速电动机驱动风机，或采用并联双风机等变风量措施。

5. 自控

1）空调的自控水平，应根据建筑规模、等级及运行管理的技术力量经综合分析、比较后确定。有条件时宜设置计算机能源管理系统。

2）每个空调风系统应至少设置 1 个调节温度的温控装置。

3）设置风机盘管的客房，均应设置单独调温的温控器，并宜与客房节能钥匙开关联锁。

4）温控器应具有标明温度值的刻度，每小格的分度值不得大于 2℃，温度的设定与调节范围，应符合下列要求：

仅用于冬季供暖的空调房间，温控器的调节范围为 16～24℃；仅用于夏季供冷的空调房间，温控器的调节范围为 20～28℃；用于夏季供冷、冬季供暖的空调房间，温控器的调节范围应为 16～28℃。

5）根据冷水机组对冷水进水温度的要求，应以冷却水的进水温度或出

水温度作控制参数，以便对冷却塔的通风与水流量进行合理控制。

6）非直流式空气处理装置，应设置可调节新风量的装置。

6. 管道保冷与保温

1）空调供冷水管的经济保冷厚度，不宜小于表 5－3 中所列数值。

表 5－3　　空调供冷水管经济保冷厚度

保冷材料	一年供冷时间 /h	公称直径 /mm	经济保冷厚度 /mm
岩棉管壳 玻璃棉管壳	2880	15～150	30
		200～350	40
	3600	15～50	30
		65～1350	40
	4320	15～80	40
		100～350	50

2）空调供暖水管的保温厚度，其值不应小于表 5－4 中所列的数值。

表 5－4　　空调供暖水管经济保温厚度

保温材料	公称直径/mm	经济保温厚度/mm
岩棉管壳 玻璃棉管壳	15～24	20
	32～150	30
	200～950	40

3）冷热两用供水管的保温厚度，应按表 5－3 相应的经济保冷厚度选用。

4）空调风管的经济保冷厚度，宜按表 5－5 选用。

表 5－5　　空调风管经济保冷厚度

保冷材料	一年代冷时间/h	经济保冷厚度/mm	
		在非空调房间内	在空调房间吊顶内
岩棉管壳 玻璃棉管壳	2880	40	20
	3600	50	30
	4320	60	40

注：在确定表 5－3 和表 5－4 的经济保冷厚度时，其材料热导率分为

岩棉管壳：$\lambda = 0.035 + 0.00012\ \delta m$［W/（m·K）］（材料密度：120～150kg/m^3）；

玻璃棉管壳：$\lambda = 0.033 + 0.00023\ \delta m$［W/（m·K）］（**材料密度：**40～60kg/m^3）；

岩棉板：$\lambda = 0.035 + 0.00022\ \delta m$［W/（m·K）］（**材料密度：**100～200kg/m^3）；

玻璃棉板：$\lambda = 0.038$［W/（m·K）］（**材料密度：**40～60kg/m^3）；

式中，δm 系指保冷层的平均厚度，一般按管内介质与周围空气的平均温度计算。

5）当选用其他保冷材料或热导率与本标准所列数值相差较大时，保冷厚度应按下式修正：

$$\delta' = \delta \frac{\lambda'}{\lambda} \tag{5-1}$$

式中 δ'——修正后的经济保冷厚度（mm）；

δ——表中所列经济保冷厚度（mm）；

λ'——实际选用保冷材料的热导率［W/（m·K）］；

λ——表中所列保冷材料的热导率［W/（m·K）］。

6）空调供冷的水管与风管，应设置隔汽层与保护层。

第四节 监测与计量

1）在供冷、供热水系统中，应设置温度、压力水流量、冷热量等监测仪表。

2）对用电量、燃料（含煤气、油和煤）消耗量、用水量、蒸汽耗量，应分级、分类设置累计计量仪表。

3）对分散设置的空调器、空调机组的用电量，应按配电系统、机组的分散程度，设置电度表。

第六章　洁净室净化空调系统节能技术

第一节　洁净室节能的重要性

1）目前我国洁净技术总产值约占我国国民生产总值的 0.015%，而同时期日本的此比例为 0.15%；目前我国洁净室生产的集成电路数量仅为韩国的 1/20。因此，必须加快在高技术方面的开发与发展，要求我国洁净技术生产规模在一定时期内要比目前提高 10～20 倍。

2）洁净室的单位面积建设费用和能耗比单纯空调房间要大得多。洁净室比普通空调办公楼每平方米耗能约多 10～30 倍。

3）现在洁净室对参数的要求提高了，过去洁净室对温湿度没有过高的要求，最高也就是 ±1℃。随着大规模和超大规模集成电路的出现，洁净室对温度有了更高的要求。现代高级别的洁净室要求温度基数一般低于 ±1℃和相对湿度波动范围为 ±2%，这样高精度控制的空调，能耗当然比单纯净化或单纯普通空调高得多。

表 6－1 是不同洁净度级别的半导体工厂的单位面积电力消耗的参数值。

表 6－1　半导体工厂单位面积电力消耗

级　别	温度/℃	相对湿度（%）	电力消耗/kW·m^{-2}
100000	24±3	50±1	0.1～0.2
10000	24±2	45±10	0.3～0.6
1000	22±1	40±5	0.8～1.2
100	22±0.1	40±1.5	1.2～1.8

第二节　洁净室的负荷分析

1. 负荷统计　洁净室的能耗主要来自制冷负荷和运行负荷。表 6－2 列出国内外 11 个工程的制冷负荷设计，可以看出制冷负荷中最重要的有新风、风机温升和工艺设备 3 项，一般说来以新风最大。

2. 制冷负荷

（1）新风负荷：从表 6－2 可见，新风负荷可从 26.3%达到 69%。

洁净室新风由以下几部分组成：

1）人的卫生要求。由于洁净室人员密度小，即使人均 $50m^3$，总量也不会太大。

2）维持正压条件下的缝隙漏风量，这是一般空调所没有的，不论是经验还是计算，此量一般占到 2～6 次/h 换气量。

表 6－2　　洁净室各类制冷负荷类型分配值的百分比

分类	工程项目					
	A（国内）	B（国内）	C（国内）	D（国外）	E（国外）	F（国外）
新风	47.0	69.0	45.5	40.4	26.3	42.5
工艺设备	39.7	16.0	30.5	36.8	44.8	28.8
风机温升	8.7	7.5	17.5	14.2	20.9	20.5
围护结构	1.4	3.0	1.4	4.4	4.4	4.3
照明	2.4	3.0	2.9	3.5	3.2	3.2
人	0.8	1.5	2.3	0.7	0.3	0.7
空调	–	–	–	–	–	–

分类	工程项目				
	G（国外）	H（国外）	I（国外）	J（国内）	K（国内）
新风	38.0	27.0	42.0	–	–
工艺设备	15.0	45.0	28.0	51.3	46.4
风机温升	35.0	20.0	23.0	26.1	26.9

续表

分　类	工　程　项　目				
	G（国外）	H（国外）	I（国外）	J（国内）	K（国内）
围护结构	6.0	6.0	4.0	–	–
照　　明	3.0	4.0	2.0	2.0	1.5
人	3.0	2.0	1.0	–	–
空　　调	–	–	–	20.6	25.2

3）弥补排风量。洁净室的弥补排风量需要比较大，而一般空调没有此需求或没有这么大。它往往比第二项大得多。

4）弥补系统漏风量。这个问题下面单独分析。

对于洁净室来说，设计规范还规定新风量对总风量之比为：100000 级不小于 30%，10000 级不小于 20%，1000 级不小于 10%；水平单向流不小于 4%，垂直单向流不小于 2%。这样一来，新风总量是一个不小的数字，这个数字约 5～10 次/h 换气，相当于一般空调总风量的 100%～150%。

（2）风机温升负荷：风机温升负荷可从 8%～30%，甚至可达 80%。

这种负荷又分以下两种情况：

1）只有风机在气流中。当知道风机所需功率千瓦数时，风机散热为 860kW。

不知道风机所需功率时，风机散热 Δq（kW）为

$$\Delta q = \frac{86L\Delta p}{102 \times 3600\eta_{风}} \tag{6-1}$$

式中　L——风量（mm^3/h）；

Δp——风机静压（Pa）；

$\eta_{风}$——风机效率，取 0.5。

设室内显热得热为 q

则

$$L = \frac{q}{0.28\Delta t_{送}}$$

$$q = 0.28\Delta t_{送} L$$

所以，风机散热和室内总显热得热之比

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{86L\Delta p}{102 \times 3600 \times \eta_{风} \times 0.28\Delta t_{送} \times L}$$

$$= \frac{86\Delta p}{102 \times 3600 \times 0.5 \times 0.28 \times \Delta t_{送}}$$

$$= \frac{0.167}{100} \times \frac{\Delta p}{\Delta t_{进}}$$

据此可以算出如表 6－3 所列的百分数。

表 6－3　　风机散热和室内总显热得热之比

风机静压 ΔpPa	送风温差 $\Delta t_{送}$/℃					
	1	2	3	4	5	10
300	50.1	25.0	16.7	12.5	10.0	5.0
400	66.8	33.4	22.3	16.7	13.4	6.7
500	83.5	41.8	27.9	20.9	16.7	8.4
1000	167.0	83.5	55.7	41.8	33.4	16.7

由于净化工程送风温差比单纯空调工程的小，一般在 4℃以下，甚至不足 1℃，所以当风机静压为 500Pa 左右时，风机散热可占到总显热得热的 20% ~ 80%。

2）电动机也在气流中。由于电动机散热也要加入送风空气中，则直接由电动机额定功率 P 计算，即

$$\Delta q = 860\varphi_1\varphi_2 P/\eta_{电} \tag{6-2}$$

式中　φ_1——所需动力与额定输出功率之比，一般取 0.95；

φ_2——电动机开动率；

$\eta_{电}$——电动机效率。

显然，电动机也在气流中比只有风机在气流中散出的热量要大。

（3）工艺设备负荷：一般不由暖通工程师确定。

3．运行负荷　由于洁净室的风量比一般空调大几倍至几十倍，风压又高出 500 ~ 700Pa，约占系统压头一半左右，所以洁净室运行的风机动力负荷比一般空调大 3 ~ 30 倍。对于百级以上单向流洁净室，风机负荷达到制冷负荷的 2 ~ 4 倍；对于紊流洁净室也相当于制冷负荷的 1/3 ~ 1/2。

第三节　洁净室的节能技术措施

1．减少新风负荷

（1）减小新风负荷 01f 值：对于洁净室，由于常使用多种有机溶剂，所以，空气中存在多种有害气体。因此应该以某一卫生浓度代替最高允许浓度。这样一来，计算所得新风量肯定还要大，例如办公楼的就要大 3 倍，所以说前面的洁净室新风量并不大。

惟一有效的节能方法是降低室内和系统的 01f 值，应对室内和系统的污染负荷有一限值。

（2）减少排风量：洁净室内需要补充大量新风的主要原因是有局部排风，所以要减少排风量。但局部排风并非全天运行，所以可根据排风量变化或室内正压变化，不断调节新风量，以维持既定的正压，工程实测表明，这能节电 38%，节气 56%，节蒸汽 83%。

为了减少排风能耗，还可采用节能型排风柜。

节能型排风柜原理如图 6－1 所示。主要是在排风柜开口处设有辅助送风口，辅助送风的空气必须是经过净化处理的，这样，工作时辅助空气起了空气幕作用，使从室内直接排出的空气大大减少；不工作时也能满足柜内起码的通风要求。

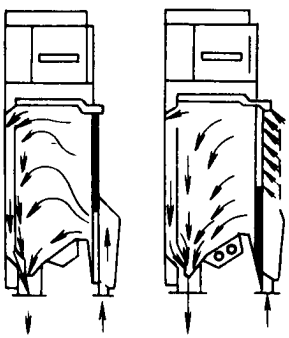


图 6－1　节能排风柜原理

（3）排风热回收：新风负荷是围护结构负荷的 10～30 倍，像北京、上海、广州等地潜热负荷都占夏季冷负荷 80% 以上，这种情况可以用全热回收。

半导体工业的扩散炉冷却水，可用来预热新风扩大扩散炉水冷比例。又如变电室、计算机房的低位热能可以通过热泵方式加以利用。图 6－2 为利用热源排热的系统示意图。

2. 减少工艺负荷　工艺负荷当然不由暖通专业决定，但可以通过热回收等暖通的专业手段来减少热负荷，例如集成电路工厂扩散炉冷却水可以预热新风等。

3. 减少风机、电动机温升负荷

1）对于空调器来说，净化空调器由于风量大，功率大，更宜把电动机外置，例如，有些玻璃钢厂生产的玻璃钢空调器就有电动机可以内置，也可以为外置两种形式。一些国外净化系统上的大空调器，风机、电动机都是独立外置的，这对节能是有意义的。

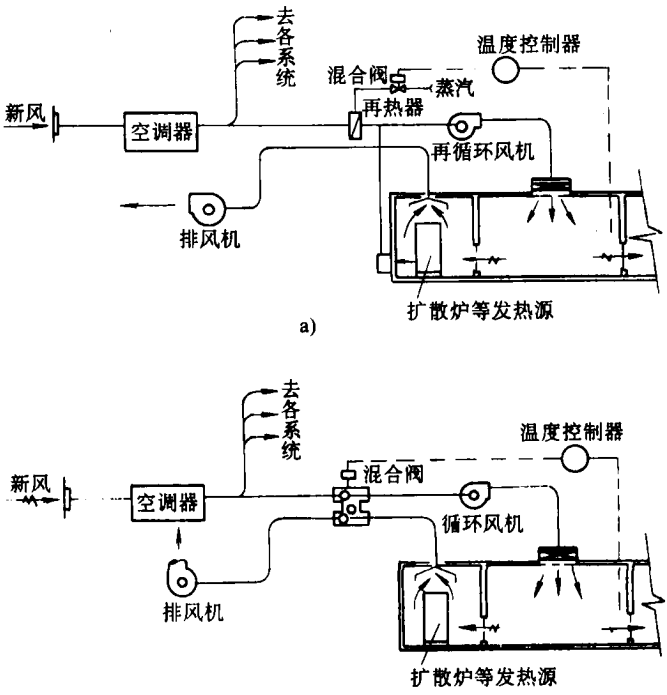


图 6－2　排热利用

a）一般方式　b）排热利用方式

2）对于系统，洁净室常用风口机组形式，即高效过滤器、风机、电动机均在一起；对于面积大或对空调有高要求的系统，应尽可能把风机、电动机设计在气流之外。前面例子已说明，这可节省很多能耗。

4. 减少运行动力负荷

1）合理确定换气次数。由于大量洁净室的换气次数都不是通过计算确定的，并在规范推荐值基础上又任意增加，所以都大得多，因此，合理确定换气次数尤为重要。

2）采用低阻过滤器，特别是低阻高效过滤器，或者能用低阻亚高效过滤器的就不用阻力高得多的高效过滤器，并且还要降低管道阻力。

送风消耗电能由下式计算：

$$W_f = \frac{L\Delta p\tau}{102 \times 3600\eta_f\eta_m \times 9.8} \tag{6-3}$$

式中　W_f——送风消耗电能（MJ）；

L——送风量（m^3/h）；

Δp——送风系统阻力（Pa）；

τ——运行时间（h）；

η_f——风机效率，见表 6－4。

η_m——电动机效率，见表 6－5。

表 6－4　风机效率

风机类型	η_f
多翼式风机	0.45～0.6
轴流式风机	0.7～0.85

表 6－5　电动机的效率

电动机功率/kW	0.25～1.1	1.5～2.2	3.0～4.0
η_m	0.76	0.8	0.83
电动机功率/kW	5.5～7.5	10.0～13.0	17.0～22
η_m	0.85	0.87	0.88

从上式可见，系统阻力若降低一半，则电能消耗也降低一半，而系统阻力中过滤器阻力又占较大的比重。

3）按发尘量变化控制风量。对于一个具体洁净室，应分析室内操作内容，非工作时间和维护管理期间各阶段的发尘量，随时变化的规律，把室内发尘量、在室人数等信息输入微机来进行风量调节。例如，一般车间在上班的第一个小时内，人活动量大，发尘多，以后逐渐下降并趋稳定；或者进、

出产品、原料时发尘量增大，又如手术室在患者入室、术中等阶段发尘量大。

图 6－3、图 6－4 是洁净室内的尘、菌发生量和时间的关系。

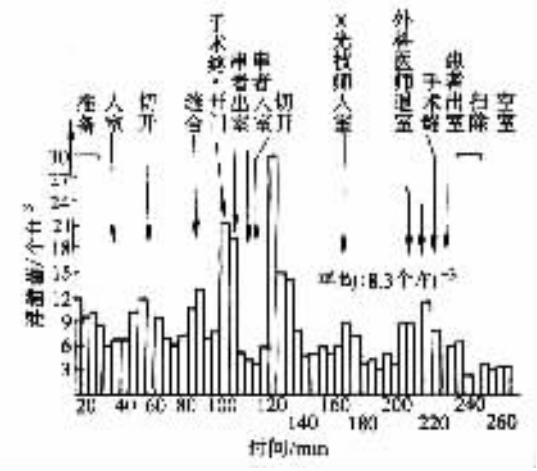


图 6－3　无空调的手术室中的细菌数和时间的关系

注：$1ft^3 = 0.028m^3$。

近几年来国内已生产了通过调压改变转速的小容量电动机，并配备于自净器和净化工作台的小风机。与原有固定电动机转速的设备相比，已显示出在风量调节、寿命和功耗等方面的优越性。这可用图 6－5 加以说明。

风量：变速电动机组可保持运行中风量恒定，定速电动机组开始就在超设计工况下运行，所以在相同条件下运行，后者寿命必小于前者。如果运行相同的时间，则定速电动机组在后期的风量不能满足设计要求。

阻力：变速电动机组因风量恒定，阻力随时间的增加比定速电动机组慢，使用寿命长。

容尘量：到达额定容尘量的时间，变速电动机组长于定速电动机组，即使用寿命长。

噪声：变速电动机组的噪声呈由小变大的趋势，而定速电动机组则相反。

功耗：变速电动机组功耗呈由小变大的趋势，而定速电动机组则相反。表 6－6 是定速、变速电动机和用阀门调节 3 种方式的能耗比，从表中可以看出，就整个过程来说，变速电动机系统的累计功耗最小。

表 6－6　不同风量调节方式能耗比

风量调节方式			能耗比	备注
电动机固定转速方式（不调风量）			1	
机械型（VAV）方式（调风门）	风机特性线	1	0.879	前向多翼风机
		2	0.97	后向翼片风机
		3	1.03	
电动机可变转速方式	风机特性线	1	0.695	前向多翼风机
		2	0.760	后向翼片风机
		3	0.816	

4）由风机台数进行分步控制风量。

5）在系统中区别空调送风和净化送风，净化风量只进行过滤处理，再循环，这将大大节省输送动力。

图 6－6　为区别这两种送风的概念图解：

①若 $v_f \gg v_{ac}$，则 v_f 和 v_{ac} 应分开来用末端旁通是经济的。

②若 $v_f \ll v_{ac}$，则 v_{ac} 应全部作为循环风经过空调处理。

③介于上面两者之间的情况，则要作认真比较。

6）缩小洁净空间体积。缩小洁净空间体积，特别是缩小高级别洁净室体积是降低造价和能耗的一个重要途径，其中洁净隧道或隧道式洁净室是值得重视的一种方式。

7）减少漏风的冷负荷。目前，国内通风与空调工程风道漏风率较为保守的和公认的数值是 10%～20%。这样，一个年耗电量 1000 万 kW·h（相当于一家大中型宾馆）的工程，漏风所造成的损失相当于其总用电量的 5%，如果将漏风率降到 3%，则其造成的耗电损失将降到 1.1%，相当 200t 标准煤。

我国制定的《洁净室施工及验收规范》（JCJ71－1990）给出了所有管道和洁净室板壁的缝隙都应胶封的规定和其他一些密封防漏措施。同时，第一次在规范中明确规定了具有国际先进水准的漏风率指标：千级系统不超过 2%，百级及百级以上不超过 1%；千级以下系统的空调器不超过 2%，千级及其以上系统的空调器不超过 1%。

此外，组合式空调器的国家标准还对空调器规定了 3%的漏风率。

5. 综合利用洁净气流　这是属于洁净室特有的节能途径。

（1）串联利用：对于无尘粒影响的车间，将洁净室按洁净度高低水平串联起来，然后由一个机组贯通送风，即最初的送风依次经过高级别至低级别

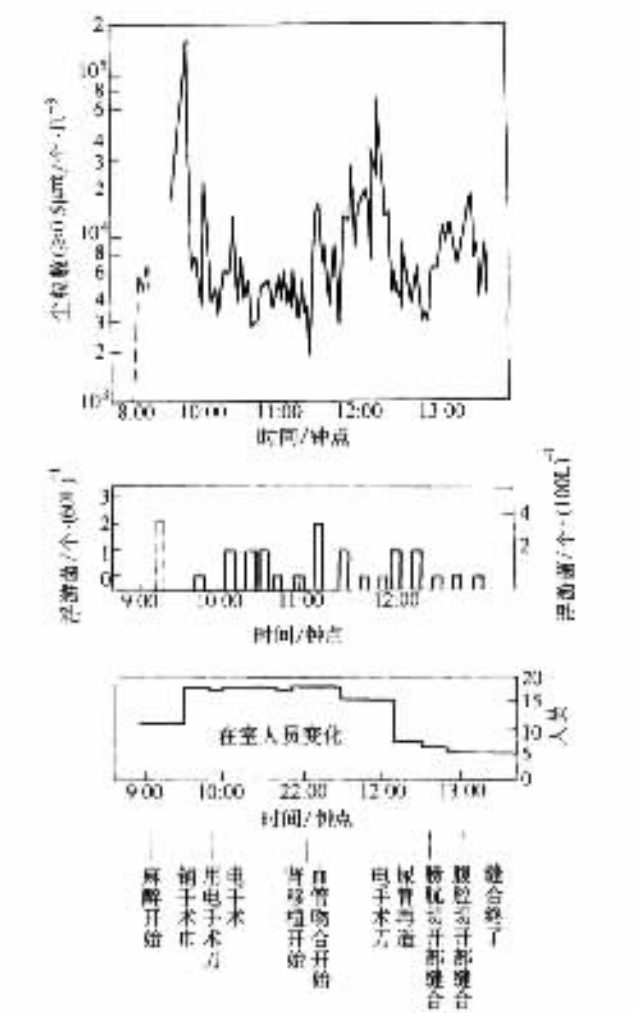


图 6－4　洁净手术室内尘菌发生量和时间的关系

注：60L 为一次采样之抽气量。

的房间后再回到空调机组。如有空调要求每个房间分别设置空调器。如有局部排风，需选择适当位置和大小设置排风机，以便及时排风。这种形式如图 6－7 所示。该图所示为一个 300m² 的水平单向流洁净室，图中 1 为 70m² 光刻间，2、3、4、5、6 为万级工艺间，共 230m²，7 为回风走廊。工艺流程：水平送风经高效过滤器（17 只）→光刻间→遮光百叶→2、3、4、5、6 万级工艺间→孔板平面→回风走廊 7→总回风口。

该洁净室布置合理，采用遮光百叶和孔板分隔不同功能的房间，省掉回

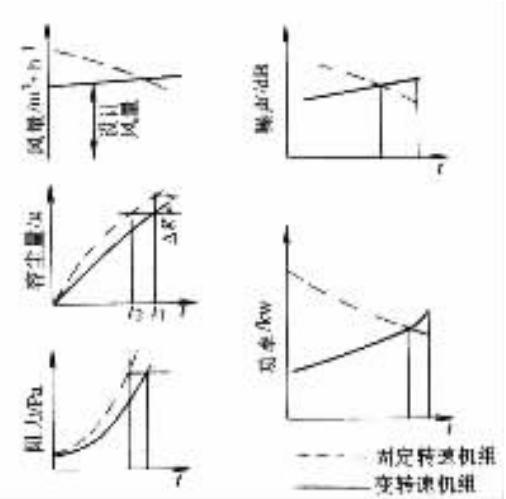


图 6－5　变速与定速电动机组的比较

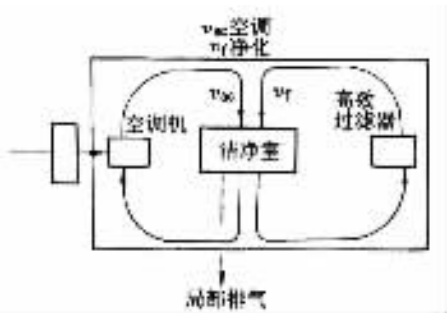


图 6－6　洁净室中两种作用的送风

v_{ac}—空调送风速度

v_f—净化送风速度

风夹层和 40 只高效过滤器。

实测各部位静压如表 6－7。

表 6－7　　贯通送风洁净室各部位静压差

部　位	1	2	3	4	5	6	7
相对部位	—	—	—	—	—	—	—
压差/Pa	70	55	35	65	45	31	15

（2）交叉利用：对于既有以消除余热为主，净化要求不太高的房间，又

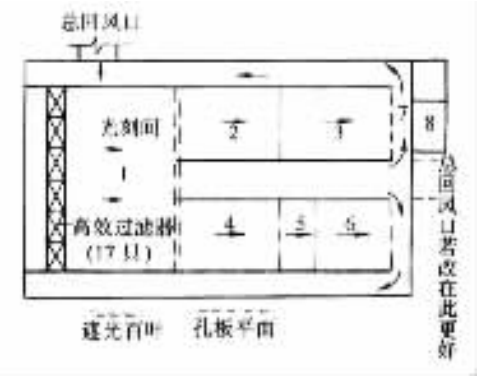


图 6－7　某研究所贯通送风洁净室平面

有主要要求净化的房间，可以交叉利用洁净气流。此法多在生产片基、薄膜类产品的生产线中采用。该类洁净室为需要高温洁净空气的干燥道箱体工艺间。一般采用下送上回的做法，满足工艺要求。下送是指将室外空气或回风经适当净化降温后，从干燥箱处下送；下送风经净化和加热后再上回至干燥道内，这种经下送初步净化、加热后，再经上回后进一步净化，加热可减少大量能耗，干燥道排出风，又可进行热回收，此法节能作用可达 30% ~ 40%。

第七章　暖通空调设备节能技术

暖通空调工程中设备节能技术具有重要意义，现介绍转轮全热交换器、板式显热交换器、板翅式全热交换器、中间热媒式换热器、热管换热器和热泵等设备。

第一节　转轮全热交换器

转轮全热交换器是一种空调节能设备。它是利用空调房间的排风，在夏季对新风进行预冷减湿；在冬季对新风进行预热加湿。它分金属制和非金属制两种不同形式。

转轮全热交换器的特点：结构紧凑，设备体积小。在旋转过程中让排风与新风以相逆方向流过转轮，由于中间有清洗扇，本身有自净作用，可使排风几乎不会漏入新风。能同时进行热湿交换。热回收率高达 70% 以上。

转轮全热交换器，如图 7－1 所示。利用喷涂氯化锂的铝箔及非金属膜、特殊纸等材质做成蜂窝状，外形成轮形，并能转动的全热交换器。轮子上半部通过新风，下半部通过室内排风。冬季排风的温、湿度高于新风。排风经过转轮时，使转芯材质的温度升高，水分含量增多。当转芯材质经过清洗扇转至与新风接触时，转芯便向新风放出热量与水分，使新风升温增湿，如图 7－2 所示。冬季，排风质量焓由 h_3 降到 h_4（kJ/kg），新风质量焓由 h_1 增为 h_2（HJ/kg）。夏季，与之相反，减低新风温、湿度，增高排风温、湿度，新风质量焓由 h_1 降至 h_2。设 G_x。为新风量（kg/h），则回收热量 q（W）为

$$q = \frac{G_x}{3.6}(h_1 - h_2) \tag{7-1}$$

新风显热效率

$$\eta_{tx} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3} \tag{7-2}$$

新风潜热效率　$$\eta_{dx} = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - d_3} \tag{7-3}$$

新风全热效率　$$\eta_{ix} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3} \tag{7-4}$$

排风显热效率　$$\eta_{tp} = \frac{t_4 - t_3}{t_1 - t_3} \tag{7-5}$$

排风潜热效率　$$\eta_{dp} = \frac{d_4 - d_3}{d_1 - d_3} \tag{7-6}$$

排风全热效率　$$\eta_{ip} = \frac{h_4 - h_3}{h_1 - h_3} \tag{7-7}$$

式中　t_1、t_2——新风进、出全热交换器的温度（℃）；

t_3、t_4——排风进、出全热交换器的温度（℃）；

d_1、d_2——新风进、出全热交换器的每千克干空气焓湿量（g）；

d_3、d_4——排风进、出全热交换器的每千克干空气焓湿量（g）；

h_1、h_2——新风进、出全热交换器的质量焓（kJ/kg）；

h_3、h_4——排风进、出全热交换器的质量焓（kJ/kg）。

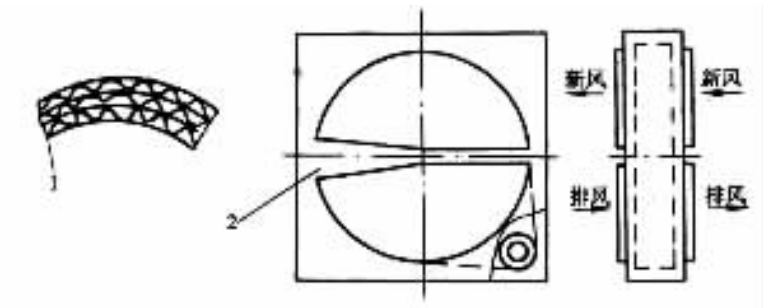


图 7－1　转轮全热交换器

1—转予结构　2—清洗扇

如果新风量与排风量相等，通过全热交换器后新风侧和排风侧的热回收效率也相等。

新风、排风通过转芯时，空气状态的变化在 $h-d$ 图上的表示，如图 7－3 所示。由图 7－3 可知，随着温度 t（℃）和湿度 d（g/kg）的降低，热回收率 φ（%）可提高，如图中曲线所示；同时，在夏季工况（粗虚线）和冬季工况（粗实线）下的新风、排风状态变化过程不同。夏季新风降温减

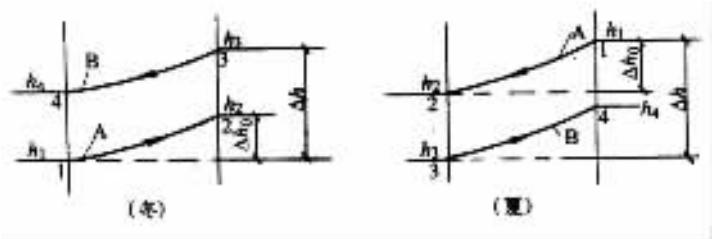


图 7－2　全热交换器内空气焓的变化

A—新风质量焓曲线　B—排风质量焓曲线

湿，曲线 1→2 所示；排风升温加湿，曲线 3→4 所示。冬季排风降温减湿，粗实线 3→4 所示；新风升温加湿，粗实线 1→2 所示。

影响热回收效率的因素可分为三类：第二类是转芯的结构尺寸参数，如转芯的宽度 b、蜂窝层的高度 h；第二类是转芯材料的蓄热特性参数，如材料比热容 c_r、单位面积质量 m；第三类是运行参数，如空气流动面速度 v_y、新风与排风量之比 C、转轮的转速 n、空气的物理特性参数如定压比热容 c_p、密度 ρ。

ZQ 型全热交换器的性能，见表 7－1。

表 7－1　　转轮全热及显交换器性能表

规格	额定新风量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	转轮直径/mm	外形尺寸（长/mm）×（宽/mm）×（高/mm）	重量 /kg	空气阻力 Pa	功率 /kW	回收效率（%）
ZQ—1　ZX—1	1000	ϕ600	700×700×300	220	140	0.18	70～85 新见风与排风之比 1∶1
ZQ—2　ZX—2	2000	ϕ800	900×900×300	260	140	0.18	
ZQ—3　ZX—3	3150	ϕ950	1300×1300×320	280	150	—	
ZQ—4　ZX—4	4000	ϕ1100	1400×1400×320	310	140	—	
ZQ—5　ZX—5	5000	ϕ1200	1500×1500×320	340	140	—	
ZQ—6　ZX—6	6300	ϕ1350	1600×1600×320	388	140	—	
ZQ—7　ZX—7	8000	ϕ1500	1700×1700×360	420	150	—	70～85 新见风与排风之比 1∶1
ZQ—10　ZX—10	10000	ϕ1700	1900×1900×360	480	140	—	
ZQ—12　ZX—12	12500	ϕ1900	2100×2100×360	555	140	—	
ZQ－—16ZX—16	16000	ϕ2150	2400×2400×390	740	140	—	
ZQ—20　ZX—20	20000	ϕ2400	2640×2640×390	855	140	—	
ZQ—30　ZX—30	31500	ϕ2900	3100×3100×430	1340	150	—	

续表

规格	额定新风量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	转轮直径/mm	外形尺寸（长/mm）×（宽/mm）×（高/mm）	重量 /kg	空气阻力 Pa	功率 /kW	回收效率（%）
ZQ—40　ZX—40	40000	ϕ3500	360×3660×430	1865	130	0.37	—
ZQ—50　ZX—50	50000	ϕ3800	4000×4000×430	2265	140	—	
ZQ—60　ZX—60	63000	ϕ4200	4500×4500×470	2975	140	—	
ZQ—80　ZX—80	80000	ϕ4600	4900×4900×470	3975	150	0.75	—
ZQ—100　ZX—100	100000	ϕ5000	5400×5400×470	4400	160	—	

注：转轮式换热器有全热回收（ZQ）、显热回收（ZX）两个系列，由常州能源设备厂生产。

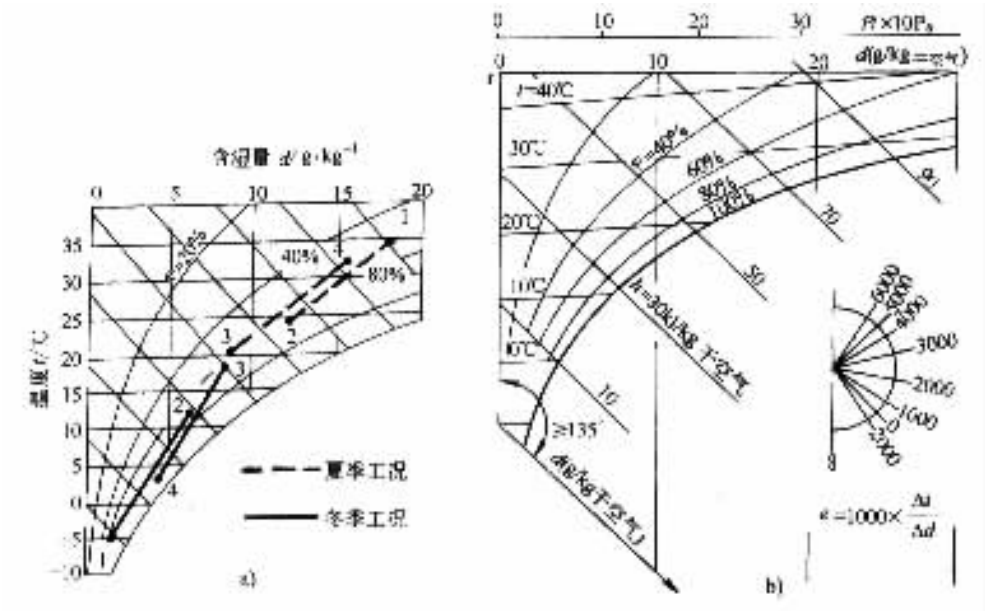


图 7－3　全热交换器空气状态变化的 $h-d$ 图

转轮全热交换器，一般使用参数范围及主要性能如下：当新风量、排风量相等时，面风速 v_v 为 2～4m/s；转轮转速 n 为 10r/min；使用空气温度范围 －5～40℃；热回收效率为 70%～85%；空气流动阻力为 140～160Pa。

选用转轮全热交换器时，应注意下列事项：

1）转轮两侧气流入口处，宜装空气过滤器。

2）设计时，必须计算校核转轮上是否会出现结霜、结冰现象；必要时

应在新风进风管上设空气预热器，或在热回收器后设温度自控装置，当温度达霜冻点，就发信号关闭新风阀门或开启预热器。

3）由于全热交换器转轮需要动力，并且增加了阻力，从而增加输送动力和增加投资，因此，必须计算回收效应，当总能耗节约显著时，方可选用。

4）一般情况下，全热交换器宜布置在负压段。

5）适用于排风不带有害物或有毒物质的情况。

第二节　板式显热交换器

1. 板式显热交换器结构特点　板式显热交换器可以由光滑板装配而成，形成平面通道 a；在光滑平板间通常构成三角形、U 形、∩形截面，在同样的设备体积 $V = abc$ 情况下，使空气与板之间的接触表面大为增加。从热交换特性来看，换热介质的逆流运动是效率最高的。但是逆流交换器的结构复杂和难以实现气密性，因而常常采用叉流结构方案。板式热交换器如图 7－4 所示。

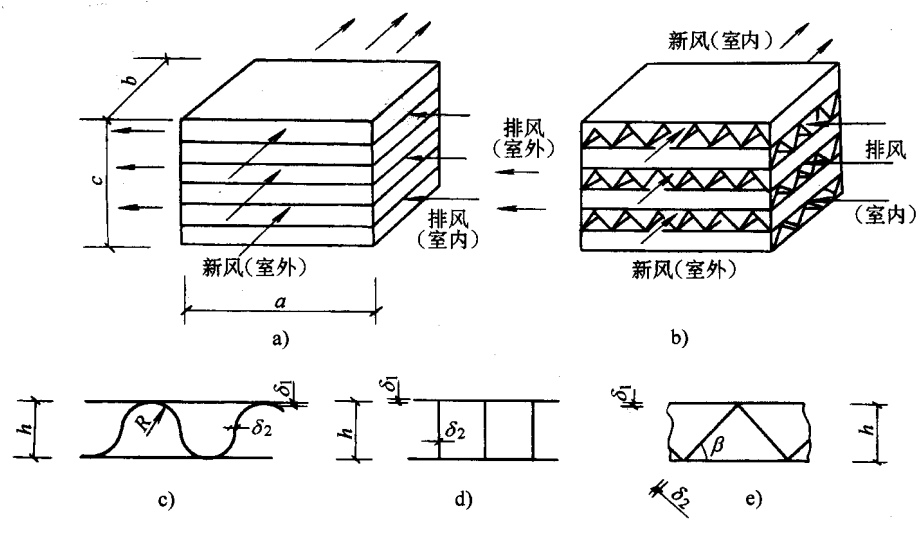


图 7－4　板式热交换器结构示意图

a）光滑平板通道式　b）三角形通道式　c）波形通道式　d）矩形通道式　e）折板形通道式

如板式空气—空气热交换器的单位体积的换热表面积为 A_d（m^2）和空气通道单位迎风表面积的通道净截面积为 A'_d（m^2），则其通道的当量直径 D_d（m）为

$$D_d = 4A'_d / A_d \tag{7-8}$$

其肋化系数 ψ，为总换热表面积 A 与光滑板表面积 Ag（m^2）之比，如三角形通道的 ψ 为

$$\psi = A / Ag = 1/\cos\beta + 1 \tag{7-9}$$

各种形状通道的 A_d、A'_d、D_d 值列于表 7－2。

表 7－2　　各种形状通道的特性

间隙 h /mm	正三角形通道 $\beta=60°$　$\delta_1=\delta_2=0.15$mm			U 形 通 道 $h_s=2R$　$\delta_1=\delta_2=0.15$mm			平面 通 道 $\delta_1=\delta_2=0.15$mm		
	A_d/m^2	A'_d/m^2	D_d/mm	A_d/m^2	A'_d/m^2	D_d/mm	A_d/m^2	A'_d/m^2	D_d/mm
1	5100	0.595	0.466	4371	0.665	0.595	1738	0.869	2
2	2775	0.786	1.133	2378	0.820	1.373	930	0.930	4
3	1900	0.855	1.800	1628	0.877	2.150	634	0.952	6
5	1164	0.912	3.134	998	0.925	3.700	398	0.971	10
6	975	0.926	3.800	836	0.937	4.46	324	0.976	12
10	591	0.955	6.464	506	0.962	7.60	196	0.985	20

2. 板式显热交换器干工况设计计算

（1）热交换效率 E_g

$$aE_g = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3} \tag{7-10}$$

$$E_g = f\ (B_0,\ D_0) \tag{7-11}$$

$$B_0 = \frac{3.6KA_1}{G_x c_{px}} \tag{7-12}$$

式中　t_1、t_2——热风进、出显热交换器的温度（℃）；

t_3——冷风进入显热交换器的温度（℃）；

B_0——传热单位数；

K——传热系数［W/（m^2·K）］；

A_1——换热器热表面的换热面积（m^2）；

G_x——热风量（kg/h）；

c_{px}——热风定压比热容［kJ/（kg·K）］；

a——安全因数，一般取 $a=0.94$；

D_0——热容量比。

$$D_0=\frac{G_x c_{px}}{G_p c_{pp}} \tag{7-13}$$

式中　G_p——冷风量（kg/h）；

c_{pp}——冷风定压比热容［kJ/（kg·K）］；

E_g 值一般按下式求得，也可按图 7－5 查得。

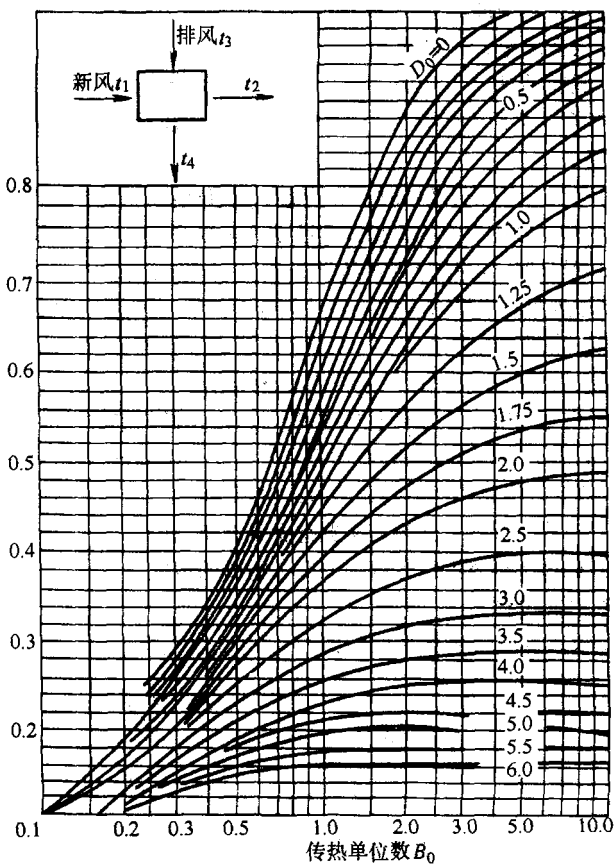


图 7－5　热交换效率 E_g 计算图

$$E_g = \frac{1 - e^{-B_0(1-D_0)}}{1 - D_0 e^{-B_0(1-D_0)}} \tag{7-14}$$

由式（7－12）求得 B_0，由式（7－13）求得 D_0，两者交点至纵坐标查得 E_g 值。

（2）传热系数 K：按热表面面积计算的传热系数可按下式计算：

$$K = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_1 \eta_{L1}} + \dfrac{A_2/A_1}{\alpha_2 \eta_{L2}}} \tag{7-5}$$

式中　A_1、A_2——热表面和冷表面的换热面积（m^2）；

α_1、α_2——热气流和冷气流的表面传热系数［W/（m^2·K）］；

η_{L1}、η_{L2}——热表面和冷表面的肋化脂标；

$$\eta_{L1} = A_{g1}/A_1 + (A_{y1}/A_1)B$$

$$\eta_{L2} = A_{g2}/A_2 + (A_{y2}/A_2)B$$

A_{g1}、A_{g2}——热、冷表面光滑平板的换热面积（m^2）；

A_{y1}、A_{y2}——热、冷表面翼形肋片的换热面积（m^2）；

B——考虑翼形肋片与光滑板接触质量的系数，通常 $B = 0.5 \sim 0.9$，可取 $B = 0.7$。

E_g 和 K 值由生产厂根据试验提供，并应提供冷风和热风的阻力。

在夏季，新风为热风，排风为冷风。在冬季，排风为热风，新风为冷风。

3. 板式显热交换器湿工况设计计算　当冷风的进口温度低于热风进口的露点温度时，热风可能有冷凝水产生，热风为去湿冷却过程，由于湿工况时，冷凝水量不大，通道受阻不严重，可认为热气流的表面传热系数 α_1 与干工况相同，即 K 值与干工况相同，进行计算。

（1）湿工况的判断：当符合下式时为湿工况：

$$t_3 < t_1 - \frac{E_0}{\alpha E_g}(t_1 - t_{L1}) \tag{7-16}$$

式中　t_{L1}——进入显热交换器热风的露点温度（℃）；

α——安全因数，一般取 $\alpha = 0.94$；

E_0——接触系数。

$$E_0 = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_0} \approx 1 - \frac{t_2 - t_{s2}}{t_1 - t_{s1}} \tag{7-17}$$

当热表面和冷表面面积相等（$A_1 = A_2$）时：

$$E_0 = 1 - e^{-B_0\left[1+\left(\frac{v_x}{v_p}\right)^n\right]} \tag{7-18}$$

式中　h_1、h_2——热风进、出口空气的质量焓（kJ/kg）；

h_0——假想传热表面温度下饱和空气的质量焓（kJ/kg）；

t_{s1}、t_{s2}——热风进、出口空气的湿球温度（℃）；

v_x、v_p——热风和冷风的风速（m/s）；

n——指数，当 $Re \geqslant 1000$ 时，$n = 0.67$，$Re < 10$ 时，$n = 0.4$，$Re = 10 \sim 1000$ 时，用插入法求得：

$$Re = vD_d/\nu \tag{7-19}$$

式中　v——风速（m/s），此处可采用（$v_x + v_p$）/2；

ν——运动粘度（m^2/s）；

D_d——当量直径（m）。

（2）换热效率：传热效率仍可采用式（7－12）、式（7－13）和式（7－14），但 B_0 和 D_0 应改用 D_s：

$$B_s = B_0/\xi \tag{7-20}$$

$$D_s = D_0/\xi \tag{7-21}$$

式中　ξ——析湿系数；

$$\xi = \frac{h_1 - h_2}{c_p(t_1 - t_2)} \tag{7-22}$$

c_p——空气的定压比热容 kJ/（kg·K）。

对于湿工况，已知干工况的热交换效率 E_g 和 K 值时，可按下列步骤进行计算：

1）按迎风面风速为 2.5～3.5m/s，确定迎风面积，图 7－4 所示。一般取冷热风风量相等，冷热风进风断面相等即 $a = b$。

$$A_y = G_x/(3600 v_y \rho) \tag{7-23}$$

$$A_y = ac/2 = bc/2 \tag{7-24}$$

确定选用的热交换器的尺寸 a、b、c。

2）计算 v_x、v_p

$$v_x = 2G_x/(3600 acA'_d p) \tag{7-25}$$

$$v_p = 2G_p/(3600 bcA'_d p) \tag{7-26}$$

3）计算热交换器的换热面积

$$A_1 = A_2 = \frac{abc}{2} A_d \tag{7-27}$$

4）根据 K 值，按公式（7－12）求 B_0。

5）按式（7－19）求 Re，确定 n 值；

6）按式（7－18）求 E_0

7）按式（7－13）求 D_0，按式（7－14）或图 7－5 求干工况 E_g（按厂家给出 E_g 公式计算）。

8）按式（7－16）判断是否为湿工况，如是湿工况，则按下面顺序计算。

9）假定 t_2，按式（7－17）求 t_{s2}

$$t_{s2} = t_2 - (1 - E_0)(t_1 - t_{s1})$$

按 t_{s2}查图 7－3b 得 h_2，按式（7－22）求 ξ。

10）按式（7－20）、式（7－21）求 B_s、D_s，以 B_s、D_s 代替 B_0、$/D_0$ 按式（7－14）或图 7－5 求湿工况的 E_g 值。

11）按式（7－10）求 t_2

$$t_2 = t_1 - aE_g(t_1 - t_3)$$

求出的 t_2 如与第 9）项假定的 t_2 值相差较多，则需重新假定，直到两者相近为止。

12）计算换热量 Q（W）：

$$Q = G_x(h_1 - h_2)/3.6 \tag{7-28}$$

式（7－23）～式（7－28）中：

v_y——迎风面风速（m/s）；

ρ——进风温度下的空气密度（kg/m^3）；

A_y——迎风面积（m^2）；

A_d、A'_d——见式（7－8）；

p——压强（MPa）。

其他符号与式（7－8）～式（7－22）相同。

4. 选用板式显热交换器的注意事项

1）新风温度不宜低于－10℃时，否则排风侧出现结霜。

2）当新风温度低于 -10℃时，应在热交换器之前设置新风预热器。

3）新风进入热交换器之前，必须先经过过滤器净化，排风进入热交换器之前，一般也应装过滤器，但当排风较干净时，可不装。

第三节　板翅式全热交换器

1. 结构与工作流程　板翅式全热交换器的结构与板式显热交换器基本相同，工作原理也相同，仅是构成热交换材质的不伺，显热交换器的基材为铝箔等，仅能使排风与新风之间进行热交换。而全热交换器的隔板材质采用特殊加工的纸或膜。当隔板两侧气流之间存在温度差和水蒸气分压力差时，两气流之间就产生传热和传质的过程，进行全热交换。

2. 热回收效率表达式

温度效率 η_t

$$\eta_t = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3} \times 100\% \tag{7-29}$$

湿度效率 η_d

$$\eta_d = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - d_3} \times 100\% \tag{7-30}$$

焓效率（全热效率 η_h）

$$\eta_h = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3} \times 100\% \tag{7-31}$$

式中　t_1、d_1、h_1——新风进热交换器时的温度（℃）、含湿量（g/kg）、质量焓（kJ/kg）；

t_2、d_2、h_2——新风出热交换器时的温度（℃）、含湿量（g/kg）、质量焓（kJ/kg）；

t_3、d_3、h_3——排风进热交换器时的温度（℃）、含湿量（g/kg）、质量焓（kJ/kg）；

QHW 型的换热效率和压力损失列于表 7-3。

表 7－3　　QHW 型交换器的换热效率和压力损失

规格型号			温度效率 η_t（%）	湿度效率 η_d（%）	焓效率 η_h（%）		压力损失 /Pa
系列	型号	额定风量 /$m^3 \cdot h^{-1}$			冬季平均	夏季平均	
40	4041	1280	80	56	72	65	180
	4042	2560					
	4043	3840					
	4044	5120					
	4045	6400					
	4041	1440	78	48	68	58	210
	4042	2880					
	4043	4320					
	4044	5760					
	4045	7200					
	4041	1600	77	42	66	54	230
	4042	3200					
	4043	4800					
	4044	6400					
	4045	8000					
100	10041	4000	77	40	64	52	320
	10042	8000					
	10043	12000					
	10044	16000					
	10045	20000					

表中的效率值是以排风量 G_p 与新风量 G_x 之比 $D = G_p / G_x = 1$ 为条件编制的。当 $D \neq 1.0$ 时，表中的效率应减去 $\Delta\eta$，见表 7－4。

表 7－4　　$\Delta\eta$ 值

$D = G_p / G_x$	0.9	0.8	0.7	0.6
$\Delta\eta$	4.0	8.5	13.5	20.0

表 7－3 中的额定风量和压力损失，均指新风侧。压力损失仅指热交换器不包括空气过滤器的阻力。

排风侧的压力损失，可根据风量参照新风侧压力损失确定。

3. 设计选用步骤

1）根据所需最小新风量选定换热器的型号。

2）计算风量比 D，由表 7－4 确定 $\Delta\eta$ 值。

3）由表 7－3 查出的效率值减去 $\Delta\eta$ 值，求得实际效率值 η_t、η_d。

4）将求得的实际效率值代入式（7－29）和式（7－30），从而求得新风的终状态参数。

5）求出回收热量。

6）查表 7－3 求得新风侧、排风侧压力损失。

4. 板翅式全热交换器使用时应注意

1）当排风口含有害成分时，不宜选用。

2）实际安装时，最好在新风侧和排风侧分别设有风机和粗过滤器，用此风机来克服全热交换器的阻力。

3）图 7－6 表示板翅式全热交换器的安装方法，它与转轮式相比，不同的仅是风道的连接方式；转轮式全热交换器的连接分割成上、下两部分，其他要求是相同的。

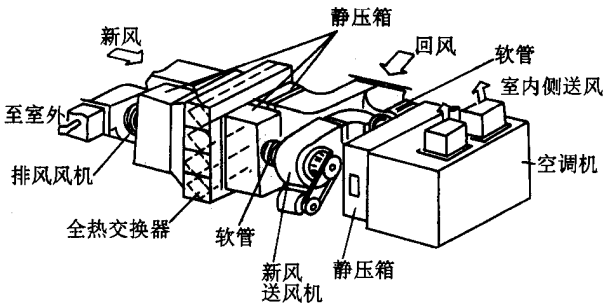


图 7－6　板翅式全热交换器安装方法

4）为了节能，在过渡季或冬季采用新风供冷时，不能用全热交换器。因此，必须采用新风供冷时，应在新风道和排风道上分别设旁通风道，并装密闭性较好的风阀，使空气绕过全热交换器。

第四节　中间热媒式换热器

1. 换热器的工作流程　见图 7－7 所示。

2. 中间热媒　中间热媒通常为水。为了降低水的冰点，一般在水中加入一定比例的乙二醇。不同质量分数时的乙二醇水溶液的凝固点，如图 7－8 所示。

图 7－9～图 7－12，分别给出了有关乙二醇水溶液的密度、热导率、粘

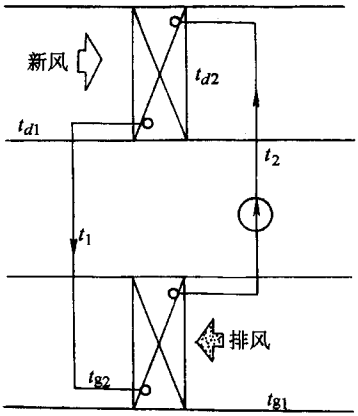


图 7－7　中间热媒式换热器的工作流程

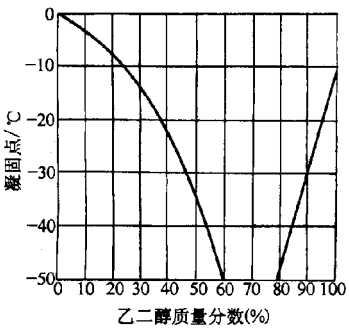


图 7－8　乙二醇水溶液的凝固点

度、比热容等物理参数。

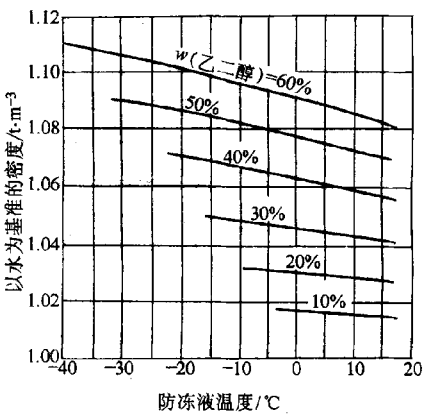


图 7－9　乙二醇水溶液的密度

（以 4℃水，$\rho = 1000\text{kg/m}^3$ 为基准）

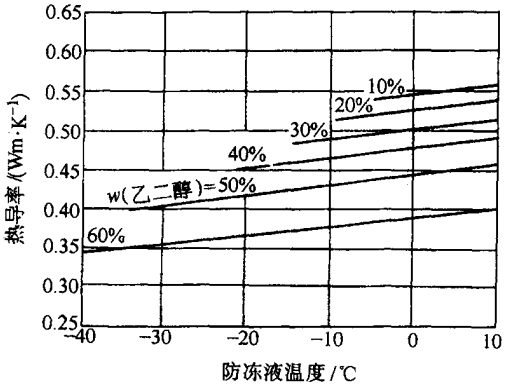


图 7－10　乙二醇水溶液的热导率

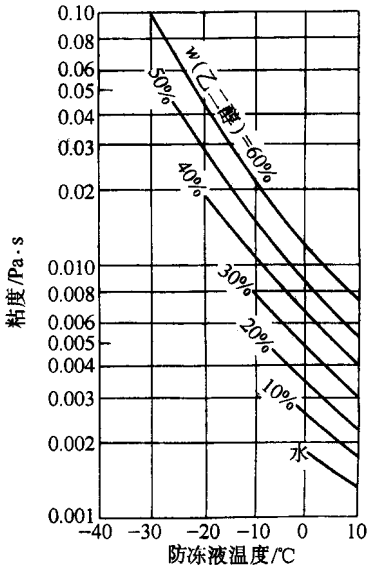


图 7－11　乙二醇水溶液的粘度

3. **中间热媒式换热器的优缺点，见表** 7－5。

表 7－5　　**中间热媒式换热器的主要优缺点**

优　　点
1. 新风与排风不会产生交叉污染 2. 供热侧与得热侧之间通过管道连接，因此，距离没有限制，布置方便灵活 3. 水泵、盘管均可选用常规通用产品

续表

缺　　点
1. 需配备循环水泵，有动力消耗 2. 由于应用中间热媒，所以存在温差损失，热效率较低，一般在 60% 以下 3. 只能回收显热，不能回收潜热

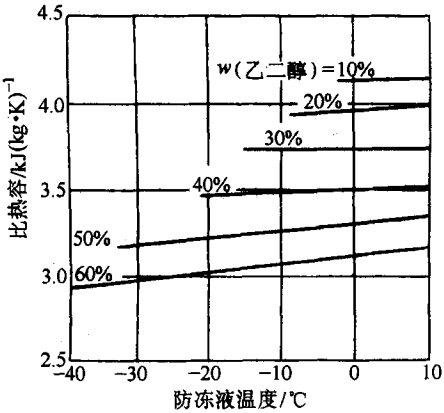


图 7－12　乙二醇水溶液的比热容

4. **热工计算**　中间热媒式换热器的热工计算，可按表 7－6 所列公式进行。

表 7－6　　中间热媒式换热器热工计算

序号	名　称	所　处　工　况	
		供热侧干工况、得热侧干工况	供热侧湿工况、得热侧干工况
1	温度效率	$\eta_t = \frac{1}{(1+R)/\eta_d - r}$	$\eta_t = \frac{1}{(1+Rf)/\eta_d - r}$
2	设计热容量比	$r = (c_d\eta_d)/(c_g\eta_g)$	$r = (c_d\eta_d)/(c_g\eta_g)$
3	得热侧的温度效率	$\eta_d = (t_{d2} - t_{d1})/(t_2 - t_{d1})$	$\eta_d = (t_{d2} - t_{d1})/(t_2 - t_{d1})$
4	供热侧的温度效率	$\eta_g = (t_{g1} - t_{g2})/(t_{g1} - t_1)$	$\eta_g = (t_{g1} - t_{g2})/(t_{g1} - t_1)$
5	湿工况冷量修正系数	$f = 1 - (1 - c_p/a)D$	$f = 1 - (1 - c_p/a)D$
6	干、湿工况界限判据	$D = \eta_g/(1 - BF)$	$D = \eta_g/(1 - BF)$
7	回收热量/kJ	$Q = c_d\eta(t_{g1} - t_{d1})$	$Q = c_d\eta(t'_{g1} - t_{d1})$
8	供热侧水的初温/℃	$t_1 = t_{g1} - \frac{\eta R}{\eta_d}(t_{g1} - t_{d1})$	$t_2 = t'_{g1} - \frac{\eta Rf}{\eta_d}(t'_{g1} - t_{d1})$
9	得热侧水初温/℃	$t_2 = t_{d1} + \frac{\eta_t}{\eta_d}(t_{g1} - t_{d1})$	$t_2 = t_{d1} + \frac{\eta_t}{\eta_d}(t'_{g1} - t_{d1})$

注：本计算表系根据孙格菲著《热回收环的热工计算方法及其性能分析》中的资料编制而成

r—设计热容量比，$r = c_d/c$；t_{d1}、t_{d2}—得热侧空气的初温、终温（℃）；t_{g1}、t_{g2}—供热侧空

气的初温、终温（℃）；t'_{g1}—供热侧进风的湿球温度（℃）；c_g、c_d、c—供热侧、得热侧、热媒侧的热容（kJ/℃）；c_p—湿空气的定压比热容（kJ/kg·K）；a—湿球差的焓当量（kJ/kg·K）；BF—旁通系数；f—湿工况冷量修正系数。

当热媒侧设计有水量调节装置时，如图 7－13 所示。温度效率应按下式计算：

$$\eta_t = \frac{1}{\dfrac{R + R_f}{\eta_d} - r} \tag{7-32}$$

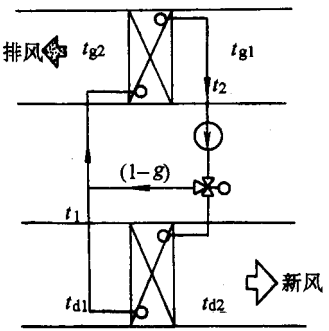


图 7－13　带水量调节装置的中间热媒式换热器

当供热侧处于湿工况时：

$$\eta_t = \frac{1}{\dfrac{Rf + R_f}{\eta_d} - r} \tag{7-33}$$

$$R_f = 1 + \Psi_s\ (1/G - 1) \tag{7-34}$$

式中　Ψ_s——水量调节的特征系数；

R——热阻（m^2K/W）；

其余符号意义，见表 7－6。

当得热侧采用风量调节时，如图 7－14 所示。温度效率应按下式计算：

$$\eta = \frac{1}{\dfrac{R_a + Rg}{\eta_d} - rg} \tag{7-35}$$

当供热侧处于湿工况时：

$$\eta = \frac{1}{\dfrac{R_a + Rfg}{\eta_d} - rg} \tag{7-36}$$

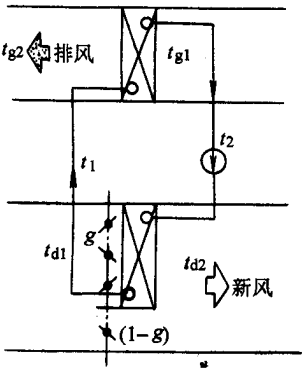


图 7－14　带风量调节时的中间热媒式换热器

$$R_a = 1 + \Psi_f\ (1/g - 1) \tag{7-37}$$

式中　Ψ_f——风量调节的特征系数。

其余符号意义见表 7－6。

5. 设计要点

1）换热器（盘管）的排数 n，宜选择 $n = 6 \sim 8$ 排。

2）换热器（盘管）的迎面风速 v_y，宜选择 $v_y = 2\text{m/s}$。

3）作为中间热媒的循环水量一般可根据水汽比 μ 确定

$n = 6$ 排时　　$\mu = 0.30$

$n = 8$ 排时　　$\mu = 0.25$

4）当供热侧与得热侧的风量不相等时，循环水量应按数值大的风量确定。

5）为了防止换热器表面结霜，宜设置如图 7－13 所示的水量调节装置。

第五节　热管换热器

1. 热管的工作原理及构造　热管是蒸发—冷凝器型的换热设备，中间热媒在自然对流或毛细管压力作用下实现其中的循环。

一个单根热管是由铜、铝等管材两头密封经抽真空后充填相变工质（如氟里昂－12 等）制成。水平安装的热管，在管内装有紧贴管内壁的毛细芯层，热管的一端接触热源，另一端接触冷源，毛细芯层是把放热冷凝的液态

工质传输到受热蒸发端去的通道，见图 7－15 所示。

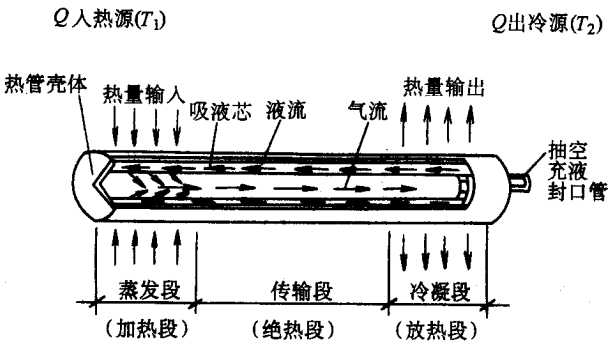


图 7－15　热管的结构和工作原理示意图

热管在投入运行之前，内部工作介质的状态取决于当时环境温度和介质在该温度下对应的饱和压力。这就是热管工作前介质的初始参数。

热量自高温热源（T_1）传入热管时，处于与热源接触段的热管内壁吸液芯中的饱和液体吸热气化，蒸汽进入热管空腔，该段称为蒸发段（也叫加热段或汽化段）。当蒸汽分子不断进入汽化段空腔，空腔内的压力不断升高，蒸汽分子便由汽化段经传输段流向热管的另一端。蒸汽在这里遇到冷源 T_2 凝结成液体，同时对冷源放出潜热，液体为吸液芯层所吸收。这段叫冷凝段（也叫冷却段）。

由于热管内汽相和液相工质同时存在，所以管内压力由汽液分界面的温度所决定。如果热管的蒸发段和冷凝段由于外界的加热和冷却作用引起一个温差，而管内又存在这个气液分界面，那么两段之间的蒸汽压力就会不同，在此蒸汽压差的推动下，蒸汽就从蒸发段流向冷凝段，并在冷段冷凝成液体，经毛细芯层流回蒸发段，从而完成一个循环。

通常，热管换热器由多根热管组成，为了增大传热面积，管外加有翅片，肋化系数（翅化比）一般为 10～25。沿气流方向的热管排数通常为 4～10 排。

空调工程热回收系统中应用的大都是重力热管，其性能受工作时热管倾斜角度的影响，所以，选取和控制倾斜角度是很关键的问题。一般热管换热器倾角为 5°～7°，倾角坡向热端。

利用热管进行空调热回收时，由于冷、热空气的温差较小，为了提高换热效率，必须选择热阻小的管芯结构，如轴向槽道或周向槽道管芯、金属烧

结管芯。图 7－16 所示为低温热管换热器，图 7－17 所示为 JNK1 热管能量回收空调机组装配图。

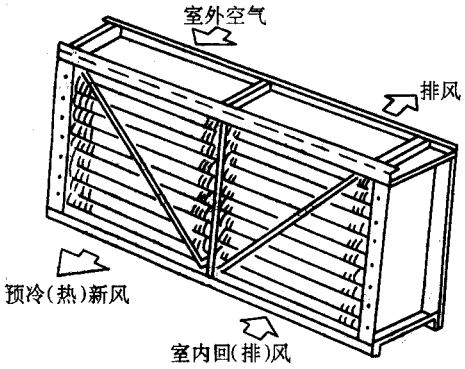


图 7－16　低温热管换热器

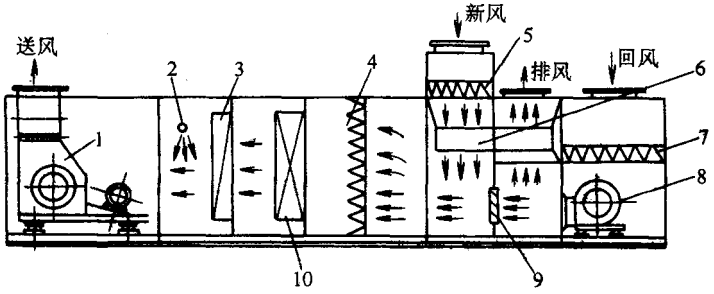


图 7－17　JNK1 型能量回收空调机组装配图

1—送风机　2—加湿器　3—加热器　4—中效过滤器　5—新风过滤器
6—热管换热器　7—回风过滤器　8—回风机　9—多叶调节阀　10—表冷器

2. 低温热管换热器尺寸、性能　北京市门头沟妙峰山环保设备厂生产的 KLS 型低温热管，系由两端密封的铝轧翅片管，经清洗并抽成真空后注入适量液态工质而成。将热管元件按一定行列间距采用等边三角形布置方式，成束装在框架的壳体内，有中间隔板将热管的回热段和散热段分隔开，构成热管换热器，其主要外形尺寸如图 7－18 所示。各种型号的尺寸、迎风面积、传热面积、重量见表 7－7。

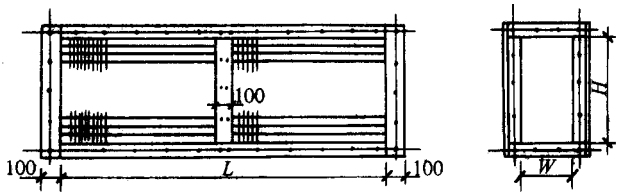


图 7－18　低温热管外形尺寸图

表 7－7　　低温热管换热器规格尺寸

型　号	L/mm	H/mm	迎风面积 A_y/m²	每排传热面积/m² 片距 1.8mm	片距 2.1mm	片距 2.4mm	法兰角钢尺寸/mm	每排根数	8 排的重量/kg
KLS—11	600	443	0.097	2.88	2.40	2.16	L30×4	8	83
KLS—12	600	545	0.120	3.60	3.00	2.70	L50×4	10	100
KLS—13	600	698	0.154	4.68	3.90	3.51	L30×4	13	129
KLS—14	600	800	0.176	5.40	4.50	4.05	L30×4	15	147
KLS—15	600	953	0.210	6.48	5.40	4.86	L30×4	18	176
KLS—21	1000	443	0.180	4.80	4.00	3.60	L40×4	8	137
KLS—22	1000	545	0.223	6.00	5.00	4：50	L40×4	10	164
KLS—23	1000	698	0.286	7.80	6.50	5.85	L40×4	13	204
KLS—24	1000	800	0.328	9.00	7.50	6.75	L40×5	15	233
KLS—25	1000	953	0.390	10.80	9.00	8.10	L40×5	18	243
KLS—26	1000	1106	0.454	12.60	10.50	9.45	L40×5	21	310
KLS—27	1000	1259	0.517	14.40	12.00	10.80	L40×5	24	365
KLS—31	1500	545	0.360	9.00	7.50	6.75	L40×5	10	243
KLS—32	1500	698	0.461	11.70	9.75	8.775	L40×5	13	294
KLS—33	1500	800	0.528	13.50	11.25	10.125	L40×5	15	333
KLS—34	1500	953	0.630	16.20	13.50	12.15	L40×5	18	392
KLS—35	1500	1106	0.730	18.90	15.75	14.175	L40×5	21	451
KLS—36	1500	1259	0.831	21.60	18.00	16.20	L40×5	24	515
KLS—37	1500	1412	0.932	24.30	20.25	18.225	L40×5	27	579
KLS—41	2000	545	0.491	12.00	10.00	9.00	L50×5	10	315
KLS—42	2000	698	0.628	15.60	13.00	11.70	L50×5	13	383
KLS—43	2000	800	0.720	18.00	15.00	13.50	L50×5	15	444
KLS—44	2000	953	0.858	21.60	18.00	16.20	L50×5	18	522
KLS—45	2000	1106	0.995	25.20	21.00	18.90	L50×5	21	599
KLS—46	2000	1208	1.307	27.60	23.00	20.70	L50×5	23	650
KLS—47	2000	1361	1.225	31.20	26.00	23.40	L50×5	26	734
KLS—48	2000	1514	1.362	34.80	29.00	26.10	L50×5	29	819
KLS—49	2000	1667	1.500	38.40	32.00	28.80	L50×5	32	904
KLS—51	2500	698	0.803	19.50	16.25	14.625	L50×5	13	486

续表

型 号	L/mm	H/mm	迎风面积 A_y/m^2	每排传热面积/m^2			法兰角钢尺寸/mm	每排根数	8 排的重量/kg
				片距 1.8mm	片距 2.1mm	片距 2.4mm			
KLS—52	2500	800	0.920	22.50	18.75	16.875	L50×5	15	549
KLS—53	2500	953	1.096	27.00	22.50	20.25	L50×5	18	944
KLS—54	2500	1106	1.272	31.50	26.25	23.625	L50×5	21	739
KLS—55	2500	1208	1.389	34.50	28.75	25.875	L50×5	23	803
KLS—56	2500	1361	1.565	39.00	32.50	29.25	L50×5	26	898
KLS—57	2500	1514	1.741	43.50	36.25	32.625	L50×5	29	1002
KLS—58	2500	1667	1.917	48.00	40.00	36.00	L50×5	32	1106
KLS—59	2500	1820	2.093	52.50	43.75	39.375	L50×5	35	1210
KLS—61	3000	800	1.120	27.00	22.50	20.25	L50×5	15	650
KLS—62	3000	953	1.334	32.40	27.00	24.30	L50×5	18	783
KLS—63	3000	1106	1.548	37.80	31.50	28.35	L50×5	21	877
KLS—64	3000	1200	1.691	41.40	34.50	31.05	L50×5	23	953
KLS—65	3000	1361	1.905	46.80	39.00	35.10	L50×5	26	1066
KLS—66	3000	1514	2.119	52.20	43.50	39.10	L50×5	29	1189
KLS—67	3000	1667	2.333	57.60	48.00	43.20	L50×5	32	1312
KLS—68	3000	1820	2.547	63.00	52.50	47.25	L50×5	35	1476
KLS—69	3000	1973	2.762	68.40	57.00	51.30	L50×5	38	1599
KLS—71	3500	953	1.572	37.80	31.50	28.35	L50×5	18	882
KLS—72	3500	1106	1.825	44.10	36.75	33.075	L50×5	21	1013
KLS—73	3500	1208	1.903	48.30	40.25	36.225	L50×5	23	1100
KLS—74	3500	1361	2.246	54.60	45.50	40.95	L50×5	26	1232
KLS—75	3500	1514	2.498	60.90	50.75	45.675	L50×5	29	1374
KLS—75	3500	1667	2.751	67.20	56.00	50.40	L50×5	32	1516
KLS—76	3500	1820	3.003	73.50	61.25	55.125	L50×5	35	1658
KLS—76	3500	1973	3.255	79.80	66.50	59.85	L50×5	38	1800
KLS—77	3500	2126	3.508	86.10	71.75	64.575	L50×5	41	1943
KLS—77	3500	2279	3.760	92.40	77.00	69.30	L50×5	44	2085
KLS—78	3500	2432	4.013	98.70	82.25	74.025	L50×5	47	2227
KLS—78	3500	2585	4.265	105.0	87.50	78.75	L50×5	50	2369
KLS—79	3500	2738	4.518	111.3	92.75	83.475	L50×5	53	2511
KLS—79	3500	2891	4.770	117.6	98.00	88.20	L50×5	56	2654

注：1. 表面数据均指片高为 9.5mm。

2. 换热器的厚度 δ（m）为：4 排：253；6 排：341；8 排：430。

3. 6 排的重量约为 8 排的 74% ~ 80%，4 排的重量约为 8 排的 50% ~ 60%。

4. 编号方法为：型号—排数—片距，如 KLS—45—8—1.8。

KLS 型低温热管换热器的温度效率 η_t（%）和空气阻力 p 见图 7 - 19，其温度效率的定义为

$$\eta_t = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3} \times 100 \tag{7-36}$$

式中　t_1、t_2——新风的进、出口温度（℃）；

t_3——排风的进口温度（℃）。

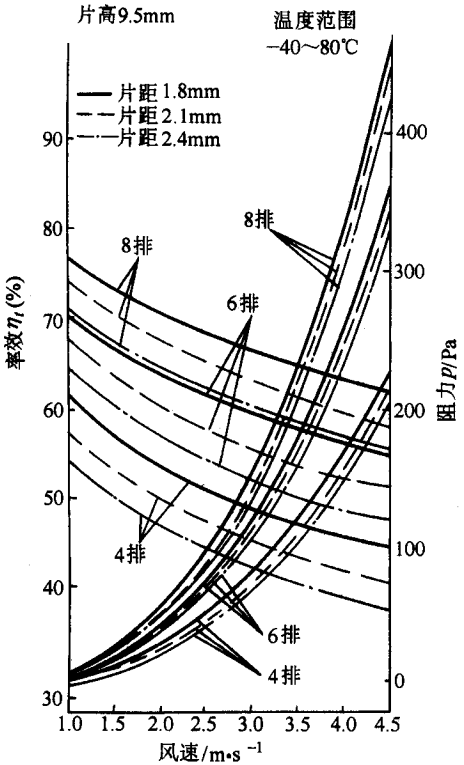


图 7－19　KLS 热管换热器的效率和阻力

该厂只提供冷却段为干工况的温度效率，冷却段为湿工况时，有待试验确定。

3. 热管换热器的设计计算　一般已知热管换热器的新风和排风的入口温度 t_1 和 t_3，取新风量 L_x 与排风量 L_p 相等，即 $L_x = L_p$，新风和排风的出口温度按下列公式计算：

$$t_2 = t_1 - \frac{\eta_t\ (t_1 - t_3)}{100} \tag{7-37}$$

$$t_4 = t_3 - \frac{\eta_t\ (t_1 - t_3)}{100} \tag{7-38}$$

式中　t_4——排风出口温度（℃）

其余符号同式（7－36）。

回收的热量 Q（W）为（负值时为冷量）

$$Q=\frac{1}{3.6}L_x\rho_x c_x\ (t_2-t_1) \tag{7-39}$$

式中　L_x——新风量（m^3/h）；

ρ_x——新风的密度（kg/m^3）；

c_x——新风的比热容，一般可取 1.0kJ/（kg·K）。

选用热管换热器时，应注意：

1）当水平安装时，低温侧上倾 5°～7°，由于热管换热器全年使用，冬季的低温侧，夏季成为高温侧，用手动方法使其下倾 10°～14°。

2）排风应含尘量小，且无腐蚀性物质。

3）温度范围在－40～80℃之间。

4）迎风面风速宜采用 1.5～3.5m/s。

5）冷、热端之间的隔板，宜采用双层结构，以防止因漏风而造成交叉污染。

6）换热器可以垂直或水平安装，既可以几个并联，也可以几个串联。

7）当热气流的含量较大时，应设计凝水排除装置。

8）启动换热器时，应使冷、热气流同时流动，或使冷气流先流动；停止时，应使冷、热气流同时停止，或先停热气流。

9）考虑热管、翅片上积灰等因素，应有一定的安全因素。建议按图 7－19 查出的 η_t 值乘以 0.9。

10）对于冷却端为湿工况时，加热端的 η_t 值应增加，即回收热量增加。也可按上述公式计算（增加的热量作为安全因素）。需要确定冷却端（热气流）的终参数时，可按下式确定处理后的质量焓，并按处理后的相对湿度为 90%左右。

$$h_2=\frac{3.6Q}{L_\rho} \tag{7-40}$$

式中　h_2——热气流处理后的质量焓（kJ/kg）；

Q——按冷气流计算出的回收热量（W）；

L——热气流的风量（m^3/h））；

ρ——热气流的密度（kg/m^3）。

【例 7－1】　已知当地大气压接近 993hPa；新风与排风量相等，$L_x = L_p = 10000m^3/h$；夏季新风温度 35℃，$h_1 = 92kJ/kg$，排风进口温度 22℃；冬季室外温度为－10℃，排风进口温度为 20℃，质量焓为 40kJ/kg，试选用热管换热器。

解：(1) 按迎面风速 $v_y = 3m/s$ 求迎风面积 A_y；

由式（7－23）得

$$A_y = \frac{L_x}{3600v_y} = \frac{10000}{3600 \times 3}m^2 = 0.926m^2$$

(2) 查表 7－7，选用 KLS—53 型 8 排，片距 2.1mm，即 KLS—53—8—2.1 型，$A_y = 1.096$

$$v_y = \frac{L_x}{3600A_y} = \frac{10000}{3600 \times 1.096}m/s = 2.53m/s$$

(3) 按 $v_y = 2.53m/s$，查图 7－19 得

$\eta_t = 67\%$，阻力 $\rho = 240Pa$，取 $\eta_t = 0.9 \times 67 = 60.3$

(4) 求新风出口温度，按式（7－37）

夏季：

$$t_2 = 35℃ - \frac{60.3 \times (35 - 22)}{100}℃ = 27.2℃$$

冬季：

$$t_2 = -10℃ - \frac{60.3 \times (-10 - 20)}{100}℃ = 8.1℃$$

查图 7－3，当 $t_1 = 35℃$，$h_1 = 92kJ/kg$ 时，其露点温度为 26.3℃，故新风夏季可能有少量凝结水，需考虑泄水措施。

(5) 求排风出口温度，按式（7－38）计算

夏季：

$$t_4 = 22 + 60.3 \times (35 - 22)℃/100 = 29.8℃$$

冬季：

$$t_4 = 20 + 60.3 \times (-10 - 20)℃/100 = 1.9℃$$

查图 7－3，冬季排风露点温度为 10℃左右，冬季肯定有凝结水，故排风段也应有排水措施。而且处理后的温度应比 1.9℃为高，如求排风终参数，

可按公式（7－40）计算。

（6）回收冷、热量按式（7－39）计算

夏季（冷量）：

$$Q=\left[\frac{1}{3.6}\times 10000\times 1.2\times 1.01\times\ (27.2-35)\right]\mathrm{W}=-26260\mathrm{W}$$

冬季（热量）：

$$Q=\left[\frac{1}{3.6}\times 10000\times 1.2\times 1.01\times\ (8.1+10)\right]\mathrm{W}=60940\mathrm{W}$$

4. 利用热管的配套产品　北京妙峰山环保设备厂还生产了一系列的利用热管配套的产品。

1）热管与空调器其他构件（过滤、加热、冷却、加湿、风机等）组合的直流式和非直流式能量回收机组，其构造见图 7－7。

2）由热管、风机和进风过滤器组合与 H50、H100 配套的能量回收风箱。

3）由热管、新风过滤器、加热器、新风风机和排风风机组成箱体的节能补风加热机组。

4）由热管、新风风机、排风风机、排风过滤器等组成为冬、夏季预热、预冷新风用的屋顶能量回收机组。

5. 太阳能热管系统　入射的太阳光照射到抛物线柱形反射镜面上，太阳光经过反射，聚集于抛物线镜面聚焦轴线的热管吸收器上，吸收聚集后的太阳光并转换为热能给介质，通过热管的冷凝段的换热器来生产热水或蒸汽。集热器可跟踪太阳转动。

第六节　热　　泵

热泵是指依靠高位能的拖动，迫使热量从低位热源流向高位热源的装置。它可以把不能直接利用的低品位热能，如空气、土壤、水、太阳能和工业废热等转换为可以利用的高位能，从而达到节约部分高位能，如煤、石油、天然气和电能等的目的。显然，热泵是暖通空调节能的一条重要途径，是一项有巨大潜力的节能新技术，现已用于家庭、公共建筑、厂房和一些工艺过程。目前主要用于 100℃以下的低温用能，已有从 1.7～3500kW 的多种规格的热泵。在实际使用中，热泵的性能系数 *COP*（热泵的供热量与输入功

的比值）均可达到 3～4，即用热泵得到的热能是消耗电能热当量的 3～4 倍，说明供应同样数量的热，热泵比电热器省电。

热泵取热的低温热源可以是室外空气、室内排气、地面或地下水以及废弃不用的其他余热。利用热泵是有效利用低温热能和防止环境污染的一项节能的技术手段。

1. 热泵的基本工作原理及类型

（1）热泵的基本工作原理：热泵的工作原理与制冷机相同，都是按热机的逆循环工作的，所不同的是工作温度范围不同，使用的目的也不同，制冷机利用吸收热量而使对象变冷，达到制冷的目的；而热泵则是用排放热量，向对象供热，达到制冷目的，如图 7－20 所示。图中，Q_1 表示机器吸入热量，Q_2 表示传出热量，W 为驱动能源。T_h、T_A、T_o 表示热用户所得温度，其温度品位依次为 $T_h > T_A > T_o$。

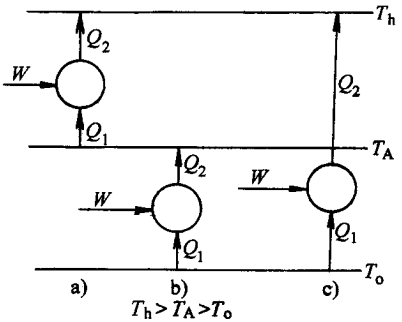


图 7－20　制冷机与热泵的基本能量转换关系图

a）热泵装置　b）制冷机

c）同时供冷供热的联合循环机

图中 a）表示热泵装置，它从环境中吸取热量，传递给高温物体，实现供热目的。图中 b）表示制冷机，它从低温物体吸取热量传递到环境中去，实现制冷目的；图中 c）表示同时供冷供热联合循环机，它从低温物体吸热，实现制冷，同时又把热量传递给被加热的对象，实现供热的目的。由此可见，热泵系统的组成，应包括三个主要部分：

1）热泵的驱动能源（电能、汽油、柴油、煤油、煤等）和驱动装置（电动机、燃料发动机、蒸汽透平等）。

2）热泵的工作机。一般来说，制冷机可作为这种热泵系统的工作机，

制冷机的冷凝器中释放的热量不是简单地向大气排放，而要加以利用，通过供热系统向热用户供热。

3）低温热源（空气、水、地热、工业废热、太阳能等）。热泵从低温热源吸取热量，使其温度品位升高，转为可利用的热能。

图 7－21 为最简单的热泵供暖系统原理图。由压缩机、冷凝器、蒸发器和节流机构构成一个最简单的热泵装置，这个装置作为供热系统的热源。它通过蒸发器从低温热源（如河水）吸取热量 Q_e，在冷凝器中施出热量 $Q_c = Q_e + W$，将 Q_c 热量供给供热系统。这种供热系统只要消耗少量高位能源 W，便可得到满足房间供热所需要温度的能量 Q_c。

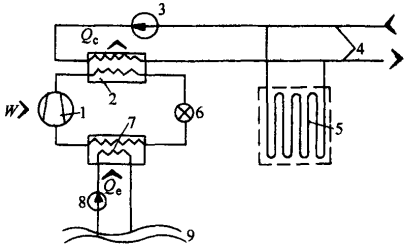


图 7－21　热泵供热系统原理图

1—压缩机　2—蒸发器　3—热网的循环水泵　4—热网

5—地板辐射供暖　6—节流机构　7—冷凝器

8—低温热源水的循环泵　9—河水

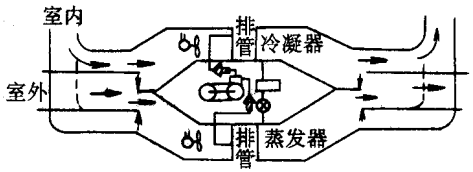
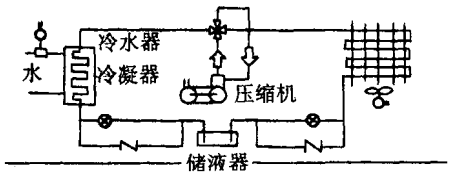
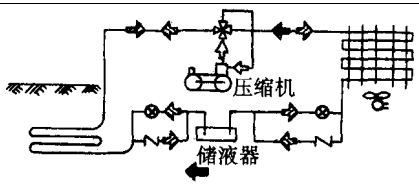
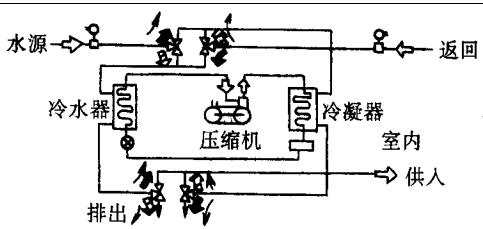
（2）热泵类型

主要的热泵类型，见表 7－8。

表 7－8　　主要的热泵类型

热泵和散热源	输配流体	热力循环空气	供热　供冷　供热和供冷
空　气	空　气	制冷剂转换	室外　室内　压缩机

续表

热泵和散热源	输配流体	热力循环空气	⇨ 供热　➡ 供冷　⇨ 供热和供冷
空　气	空　气	空气转换	
水 空　气	空　气 水	制冷剂转换	
地	空　气	制冷剂转换	
水	水	水转换	

2. **空气热源热系统的设计**　**蒸发器从室外空气中得到的热量** Q_z（W）

$$Q_z = K_z A_x \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_z \right) \tag{7-41}$$

$$Q_z = cL\ (t_1 - t_2) \tag{7-42}$$

或

$$Q_z = k\ (t_1 - t_2) \tag{7-43}$$

$$k = \frac{K_z A_z}{1 + (K_z A_z) / (2cL)}$$

式中　k**——系数；**

K_z**—蒸发器的传热系数，当迎风面速度为** $v_y = 2 \sim 3\text{m/s}$ **时，平片型肋片管的** $K_z = 25 \sim 35\text{W/}(\text{m}^2 \cdot \text{K})$**；**

A_z**——蒸发器的传热面积（**m^2**）；**

t_1、t_2**——空气的进、出口温度（℃）；**

t_z——蒸发温度（℃）；

c——空气的比热容［J/（kg·K）］；

L——空气的质量流速（kg/s）。

空气热源热泵系统的具体设计计算步骤：

1）根据规定的供暖时间，求出该时区内室外空气的平均温度 t_p（℃），并计算出对应的供暖负荷 Q_p（W）

$$Q_p = Q_w \frac{t_i - t_p}{t_i - t_w} \tag{7-44}$$

式中　t_i——室内供暖温度（℃）；

t_w——室外供暖计算温度（℃）；

Q_w——对应于 t_w 的供暖负荷（W）。

2）确定蒸发温度 t_z 和冷凝温度 t_1，蒸发温度一般取：$t_z = t_w -$（10～15℃）；冷凝温度一般取：$t_1 = 40 \sim 50$℃。

3）根据 t_z 和 t_1 值，在制冷剂的图 7－23 上画出热力过程，并算出 q_z 和 q_1 以及 q_1/q_z 值。由表 7－9 可直接查出制冷剂的 k_c 值（$k_c = q_1/q_z$）。

表 7－9　　R—12 制冷剂的 k_c 值

t_z/℃	t_1/℃						
	25	30	35	40	45	50	55
－30	1.280	1.318	1.356	1.394	1.441	1.492	1.554
－25	1.246	1.279	1.314	1.351	1.394	1.438	1.493
－20	1.210	1.240	1.274	1.307	1.348	1.388	1.438
－15	1.183	1.213	1.243	1.274	1.312	1.349	1.395
－10	1.156	1.184	1.211	1.240	1.276	1.311	1.353
－5	1.130	1.157	1.180	1.209	1.243	1.276	1.315
－0	1.103	1.130	1.150	1.176	1.208	1.238	1.273
＋5	1.079	1.101	1.123	1.147	1.177	1.205	1.241

注：本表系按 R—12 制冷剂的图 7－23 算出，未考虑过冷与过热。

4）计算平均制冷能力 Q_{zp}（W）

$$Q_{zp} = Q_p / k_c \tag{7-45}$$

5）确定通过蒸发器的室外空气流量 L（kg/s）：空气流量大时，蒸发器的传热面积小，但风机的动力消耗增大。表 7－10 中列出了国外样本中的数值。

表 7－10　　空气量的参考数据

压缩机	设计条件		空气量/供热量 /（$m^3 \cdot h^{-1}$/kW）	压缩机功率/供热量 /（kW/kW）
	室外空气温度/℃	热媒出口温度/℃		
往复式	7	45	390～520	0.28～0.38
螺杆式	－2	45	690～770	0.41～0.46

注：国际制冷学会“节能”研究组成员 G. Nussbaum 提出：每 1kW 供热量的空气最好取 1200m^3/h，以便尽可能减小空气与制冷剂（蒸发温度）之间的温差。

6）由式（7－42），可求出蒸发器出口的空气 t_2：

$$t_2 = t_p - \frac{Q_{zp}}{cL} \tag{7-46}$$

7）以 Q_p 和 t_p 分别代替式（7－41）中的 Q_z 和 t_1，并求出传热面积 A_z；考虑到蒸发器表面的结霜因素，一般应对 K_z 乘以 0.8 修正系数。

8）对应 t_z、t_1 选定能力为 Q_{zp}的制冷机，并绘制热泵的加热能力曲线，见图 7－22 所示。从而求出温度为 t_w 时的加热能力 Q_w。

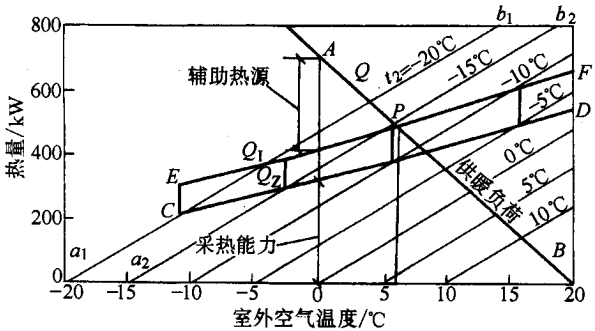


图 7－22　空气热源热泵的加热能力曲线

9）加热能力的不足部分，可考虑由辅助加热设备来提供。所以，辅助加热能力 Q_F（W）应为

$$Q_F = Q_W - Q'_W$$

【例 7－2】　根据下列条件设计空气热源热泵；室外供暖计算温度 t_w = 0℃，室内设计温度 t_i = 20℃，供暖设计负荷 Q_w = 700000W，供暖时间为 8～17 点，该时区内室外空气的平均温度 t_p = 6℃

解：

1）先按式（7－44）计算出对应于 t_p 的供暖负荷 Q_p

$$Q_p = Q_w \frac{t_i - t_p}{t_i - t_w} = 700000\text{W} \times \frac{20-6}{20-0} = 490000\text{W}$$

2）确定蒸发温度与冷凝温度

$$t_z = t_w - 10 = (0-10)℃ = -10℃$$

$$t_1 = 45℃$$

3）由表 7－9 得 $k_c = 1.276$，所以，由式（7－45）得

$$Q_{zp} = Q_p / k_c = (490000/1.276)\text{W} = 384000\text{W}$$

4）取空气量/供热量 $= 490\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{kW})$，则空气量为

$$L = \left(1.2 \times 490 \times \frac{490000}{1000 \times 3600}\right)\text{kg/s} = 80\text{kg/s}$$

5）蒸发器的空气出口温度为

$$t_2 = t_p - \frac{Q_{zp}}{cL} = \left(6 - \frac{384000}{1005 \times 80}\right)℃ = 1.2℃$$

6）取传热系数 $K_z = 30\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 考虑结霜修正后，实际 $K_z = 30 \times 0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) = 24\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$。

所需蒸发器的传热面积由式（7－41）可得

$$A_z = \frac{Q_{zp}}{K_z\left(\frac{t_1 + t_2}{2} + t_z\right)} = \left[\frac{384000}{24 \times \left(\frac{6+1.2}{2} + 10\right)}\right]\text{m}^2 = 1176\text{m}^2$$

7）根据 $t_z = -10℃$、$t_1 = 45℃$ 和 $Q_{zp} = 384000\text{W}$ 选择制冷机。

8）由式（7－43）计算 Q_z（W）

$$k = \frac{K_z A_z}{1 + (K_z A_z)/(2cL)} = \frac{24 \times 1176}{1 + [(24 \times 1176)/(2 \times 1005 \times 80)]} = 23920$$

所以　　$Q_z = 23920 \times (t_1 - t_z)$

以不同的 t_1 和 t_z 值代入上式，可得出如图 7－22 所示的 a_1b_1、a_2b_2…等一组直线。

同时，根据所选定的压缩机性能资料，列出对应的 Q_z 值，见表 7－11。

表 7－11　　不同温度对应的 Q_z、Q_1 值

t_z/℃	－20	－15	－10	－5	0	＋5
Q_z/kW	220	290	380	490	620	780
Q_1/Q_z	1.348	1.312	1.276	1.243	1.208	1.177
Q_1/kW	296.6	380	485	609	749	918

在图 7－22 中的 a_1b_1、a_2b_2、…线上点出与对应的 Q_z 值，再在这点上方定出 Q_1 值的点，分别连接诸点，即得出 Q_z 和 Q_1 曲线；表示 Q_1 的曲线 EF 与供暖负荷线 AB 交于 P 点，这里 $t_w = 6℃$，热量为 488000W；而 $t_w = 0℃$ 时，$Q_z = 320000W$。

9）由下列热平衡方程可求出蒸发器出口空气温度 t_2 与蒸发温度 $\Delta t'$ 之差

$$Q_z = cL\ (t_w - t_z - \Delta t')$$

$$\Delta t' = t_2 - t_z = \frac{-Q_z}{cL} + t_w - t_z = \left[\frac{-32000}{1005 \times 8} + 0 - (-10)\right]℃ = 6℃ > 2℃$$ 满足。

10）$t_w = 0℃$ 时，冷凝器的加热能力由图 7－22 查得：$Q_1 = 407000W$。由此可得必须提供的辅助热量为

$$Q_f = 700000W - 407000W = 293000W$$

3. 水热源泵系统的设计

1）选择装置形式

容量 < 200kW 时　宜用水—空气方式；

容量 ≥ 200kW 时　宜用水—水方式。

2）确定冷凝温度（t_1），一般 $t_1 = 40 \sim 50℃$。t_1 取高值时，热水或空气温度可能提高，但是性能系数 COP 值降低，压缩机功耗增大；同时，由于压缩比增高，效率将下降。

3）确定蒸发温度（t_z），一般 $t_z = t_{sl} -$（10～15℃）（t_{sl}—进水温度，℃）

4）在制冷剂 p—i 图 7－23 上绘出相应热力循环过程，并由图 7－23 查得 $i_1 \sim i_4$ 值。算出下列各项参数：

$$q_1 = i_3 - i_4 \tag{7-47}$$

$$q_z = i_2 - i_1 = i_2 - i_4 \tag{7-48}$$

$$p = i_3 - i_2 \tag{7-49}$$

式中　q_1——单位质量制冷剂的冷凝热（J/kg）；

q_z——单位质量制冷剂的蒸发热（J/kg）；

p——单位质量制冷剂的压缩功（J/kg）。

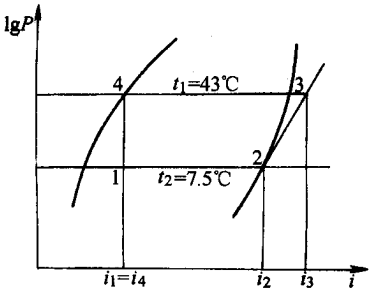


图 7－23　p—i 图上的热力循环过程

5）计算性能系数 CDP

$$COP = (i_3 - i_4) / (i_3 - i_2) \tag{7-50}$$

（注：这是理论 COP 值，实际 COP 值将小于此值。）

6）计算制冷剂的循环量 G（kg/s）

$$G = Q / (i_3 - i_4) \tag{7-51}$$

式中　Q——供暖加热能力（W）。

7）计算压缩机的压缩功率 P_y/（W）和轴功率 P（W）

$$P_y = G_p = G(i_3 - i_2) \tag{7-52}$$

$$P = P_y / (\eta_1 \eta_2) \tag{7-53}$$

式中　η_1、η_2——压缩效率和压缩机械效率（%），见表 7－12。

表 7－12　　多缸压缩机的 η_1 和 η_2 值　　（%）

压缩比	3	4	5	6	7
η_1	80	79	77	75	72
η_2	85	85	84	83	81

8）蒸发器负荷 Q_z（W）

$$Q_z = q_z G = G(i_2 - i_1) \tag{7-54}$$

9）确定冷凝器的传热面积 A_1（m^2）

①水—空气方式的空气加热器（风冷冷凝器）

$$A_1 - \frac{Q_1}{K_1 \Delta t_p} = nAA_y \tag{7-55}$$

$$Q_1 = cL\ (t_2 - t_1) \tag{7-56}$$

$$\Delta t_p = \frac{(t_1 - t_1) - (t_1 - t_2)}{\ln \frac{t_1 - t_1}{t_1 - t_2}} \approx t_1 - \frac{t_1 + t_2}{2} \tag{7-57}$$

式中　Q_1——冷凝器的热量（W）；

K_1——冷凝器的传热系数，见表 7－13；

n——管排数；

A——每平方米迎风面积内每排管子的表面积（m^2）；

A_y——迎风面面积（m^2）；

L——空气的质量流量（kg/s）；

c——空气的比热容［J/（kg·K）］；

t_1、t_2空气的进、出口温度（℃）。

表 7－13　　平片型肋片风冷冷凝器的 K_1 值

空气流速/m·s$_{-1}$	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
K_1/W（m^2·K）$^{-1}$	23.7	26.3	28.7	30.2	31.6	34.0

注：本表中氟里昂凝时的表面传热系数 $\alpha = 1500$W/（m^2·K）；肋化系数 $R = 16.2$。

②水—水方式的水加热器（水冷式冷凝器）一般采用壳管式，计算方法如下：

$$A_1 = \frac{Q_1}{K_1 \Delta t_p} \approx \frac{Q_L}{K_1\left(t_1 - \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2}\right)} \tag{7-58}$$

$$Q_1 = cL\ (t_{s2} - t_{s1}) \tag{7-59}$$

$$\Delta t_p = \frac{(t_{s1} - t_z) - (t_{s2} - t_z)}{\ln \frac{t_{s1} - t_z}{t_{s2} - t_z}}$$

式中　t_{s1}、t_{s2}——水的进、出口温度（℃）；

c——水的比热容［J/（kg·K）］；

t_z——水的蒸发温度（℃）。

壳管式水冷冷凝器的传热系数，可近似地按表 7－14 采用。

表 7－14　　壳管式水冷冷凝器的 K_1 值（R—12）

水流速度/m·s$_{-1}$	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
K_1/W（m^2·K）$^{-1}$	267	384	582	721	802	930

注：管道公称直径 $DN=32$mm，铜管。

4. 热泵系统设计注意事项

（1）热泵系统经济运行的基本要求

1）尽可能利用温度高的热源。

2）热源和热媒间的实际温差最低。

3）热源应满足下列要求：

①在尽可能高的供热温度下提供所需的热量。

②利用热源所需增加的费用较低。

③无论在化学上或物理上，对换热设备都不产生不良的影响。

④热源条件变化时，有较好的适应性。

⑤动力设备如风机、水泵等的能耗尽可能低。

（2）热泵系统的压缩机应满足下列要求：

1）对于空气热源热泵，在 $t_z=-35\sim15$℃和 $t_1\leqslant65$℃，范围内应能正常运行；压缩比高至 9 时，仍应有满意的效率；同时，不应有过高的过热温度。

2）在吸入蒸汽处于过热和不饱和状态时，压缩机不受吸气质量的影响。

3）能承受工作压力的迅速变化，不产生油沫；油应随蒸汽返回曲轴箱，并在箱中装有浸没式加热器。

4）应有良好的、可靠的超温、超压保护装置。无故障运行时间在 25000h 以上。

5）较大型的热泵，应配备平滑而无损耗的能量调节器。

6）压缩机配用的电动机，具有平坦的效率曲线。

7）压缩机的选用

①加热量 $Q=0.5\sim500$kW 时，采用容积式压缩机。

②加热量 $Q>500$kW 时，采用离心式压缩机。

（3）室外盘管：为了达到对能源的高效利用，在室外盘管中，应将蒸发器和冷凝器的功能分开。两个循环合用一个公用的换热器和空气输送装置，不过，每个循环所起的作用不同，一个供暖期间起蒸发功能；另一个在供冷

期间起冷凝功能。同时，将其中未运用的蒸发器作为供冷期间的过冷器。

通过热源盘管的空气量必须相当大，以减少空气和蒸发制冷剂之间的温差。一般可按每千瓦供暖能力 1200m³/h 空气量考虑，这样，在室外空气温度 $t_w = 3 \sim 4$℃时，可实现无霜运行。

（4）室内盘管：在供冷时作为蒸发器，供暖时则作为冷凝器。在每一工况下，它的压力和环境温度实际上是恒定的，不管季节，如何回到盘管的空气温度总是 20～25℃左右。供暖时的冷凝压力一般恒定在 1500kPa；供冷时的蒸发压力一般恒定在 600kPa。所以，如果供暖期间冷凝容量足够的话，供冷时将有更足够的冷却能力。

（5）由于热泵系统中蒸发器和冷凝器之间的温度差，一般远小于制冷场合的温度差，所以，在设计室内、外盘管时，取极端负荷工况下最大压降各为 10kPa 是合理的。

（6）制冷剂的流量控制：以采用热力膨胀阀为宜，而且应该是“平衡孔”型，以保持不随进口压力的变化而变化，且能在压差较小的情况下正常运行。

（7）经济分析：对于具有一定性能的热泵系统，在下列条件下应用时，通常认为是经济的。

1）像地下水那样的良好热源。

2）每年满负荷运行的时间不少于 2000h。

3）$COP > 3$。

4）在夏季供冷基础上作供暖循环时，不要求增加能量。

5）已经采用制冷设备的场合，如冷库、溜冰场、超级市场等。

6）有废热可供利用的场合。

7）建筑物内部有较大余热，有可能在环境温度低于零度时使用内部热源加热如百货大楼、影剧院、计算机房等建筑物。

反之，如果是下列情况的热泵，就不能使用内部热源加热。

1）仅仅用于供暖。

2）$COP < 3$。

3）热泵容量远大于供暖负荷。

5. 空调热泵节能技术

（1）热泵技术在空调工程中的应用：热泵技术在空调工程中的应用，主

要表现在以下几个方面。

1）热泵式房间空调器。在我国用得最多的空气一空气热泵是可以进行全年空调的热泵式房间空调器。这种空调器有整体式（如窗式空调器 KCR—22、KCR—30 等）和分离式（如 KFR—25GW、KFR—45GW、KFR—65GW 等）两类。这些房间空调器适用于一个房间的全年空调。其中有的产品装有辅助电加热器（如 KFRd—20GW 等），可在室外空气温度降低时补充加热。热泵型房间空调器通过换向阀门的变换，在夏季实现制冷循环，在冬季实现制热循环。当向室内提供同样热量时，热泵型空调器的耗电量只有电热型房间空调器的 25% ~ 50%，并且一机两用，提高了设备利用率。热泵型房间空调器还具有安装方便、自动化程度高、操作简单、容易购买等优点。因此，它是国内发展很快的一种热泵空调。目前，热泵型房间空调器主要用于试验室、宾馆客房、医院和办公楼的分散空调上。但是在使用中应注意，供热时，室外温度不能太低，一般要高于 -5℃，在 0℃以上使用供热效果最佳。

2）集中式热泵空调系统。集中式热泵空调系统的所有空气处理设备和空气输送设备都集中在空调机房。一套制冷设备可夏季制冷、冬季供热，一机两用。这种集中式热泵空调系统常用在全年空调的大、中型建筑物中。

图 7 - 24 为前苏联黑海沿岸一公共建筑物用海水作热源的全年空调热泵系统。该系统的运行参数和特性列于表 7 - 15 中。从表中看到，压缩机在热泵运行和制冷运行的容积效率和能量效率基本上一样。这也说明可以利用制冷设备来组成热泵系统。系统平均制热性能系数达 4。如果生产 1000kW·h 的热量，用热泵只需 250kW 左右的电能，相当于需要 100kg 标准煤。而锅炉房供热，则需要 180 ~ 230kg 标准煤。这样，采用热泵后大大节省了燃料，而且避免了锅炉供热时对环境的污染。

表 7 - 15　　系统的运行参数和特性

项　目	夏　季		冬　季	
	最大负荷的计算值	平均值	最大负荷的计算值	平均值
海水温度/℃	30	26	8	12
室外温度/℃	32	25	-2	6.8
循环淡水温度/℃	6	10	50	45
R—12 制冷剂蒸发温度/℃	1	5	1	7
R—12 制冷剂冷凝温度/℃	35	30	55	50

续表

项　　目	夏　　季		冬　　季	
	最大负荷的计算值	平 均 值	最大负荷的计算值	平 均 值
制冷量/kW	160	185	115	150
制热量/kW	193	220	140	180
耗功率/kW	46	53	43	45
性能系数	3.48（制冷）	3.49（制冷）	3.26（制热）	4.0（制热）
压缩机容积效率	0.76	0.8	0.67	0.75
压缩机批示效率	0.75	0.79	0.68	0.72
压缩机总效率	0.66	0.69	0.60	0.63

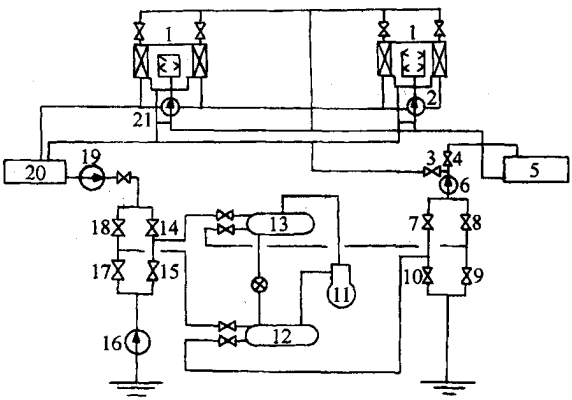


图 7－24　用海水作热源的水—水热泵系统

1—空调机　2、6、16、19、21—水泵　3、4、7、8、9、10、14、15、17、18—截止阀

5—冷水箱　11—压缩机　12—蒸发器　13—冷凝器　20—温水箱

3）热泵用于建筑中热回收。在一些现代的大型建筑中，往往可以将建筑物划分为周边区和内区两大部分。内区即使在冬季也需要供冷，即把内区中的灯光、人员、设备（如复印机、电动打字机等）的热量提取到周围环境中去。另外建筑物中的排风系统也会把热量排到周围环境中去。如果把这些本来排到周围环境中去的热量加以有效利用，则称为热回收。热回收可以通过热交换器直接回收，如用转轮式或板式换热器使排风与新风直接进行热交换，也可以利用热泵回收热量。实际上，用做热回收的热泵也就是以建筑物内部热量做热源的热泵。热回收热泵的使用条件是：

①最好同时有制冷和供热的需要，而且排出热量与需热量接近。

②需要供热的场所接近回收热量的场所。

③回收热量所增加的设备费用在近期内得到回收。

④热量回收与热量利用应互不影响。系统控制简单、安全性高。

目前，在建筑物中回收内部热量的热泵系统有：

①图 7－25 是采用双管束冷凝器，具有热回收功能的热泵型空调系统原理图。系统中设有若干台空气处理机组，分别用于内区和周边区的空调。空气处理机组设有新风预热、冷却去湿和再加热设备，根据空调区的需要，开动其中的处理设备。在冬季，周边区的空气处理机组只需加热，而内区的空气处理主要是冷却及新风加热。系统中还设有若干台回收排风系统热量机组，大楼的排风经冷却后排入大气。因此，通过这个系统，将内区的热量以及排风的热量转移到周边区中或用于加热新风。在春秋或夏季，周边区的需热量逐渐减少，而冷量的需求量增加，这时开启冷却塔 2，排走一部分或全部热量，排风机组 6 关闭。这个热泵系统全部利用内区热量及排风热量，而无外热源，因此，具有较高的供热性能系数。系统中一般还设有辅助加热器和蓄热槽。这种系统既提供冷水用于空调，又利用冷凝器制得的热水供热，故可减少或者省掉锅炉等热源设备。它适合于内区发热量大、过渡季和冬季也需供冷的大型办公楼等建筑。我国广州中国大酒店即采用了双管束冷凝器。表 7－6 给出了几个使用双管束冷凝器的热泵空调系统的实例。

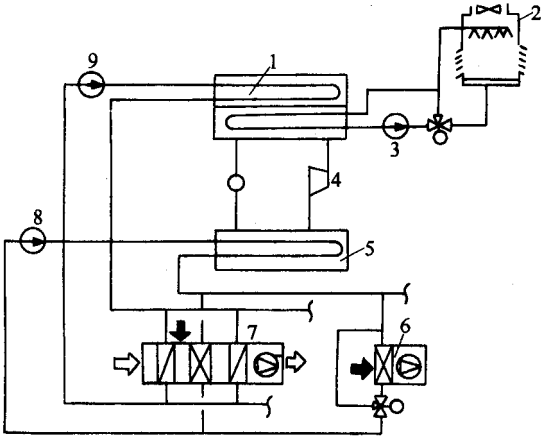


图 7－25　双管束冷凝器的回收热泵系统

1—双管束冷凝器　2—冷却塔　3、8、9—冰泵　4—压缩机　5—蒸发器

6—回收捧风机组　7—空气处理机组

表 7－6　采用双管束冷凝器的热泵机组的热回收空调系统实例

建筑物名称	用　途	层数	面积/m^2	机组安装容量/kW		空调系统形式	辅助热源/kW	蓄热槽/m^3
				制　冷	制热			
Rohm & Haas 工程办公楼（美国）	办公楼	2	5600	1196	1614	周边区：低速集中系统，房间再热 内区：诱导系统	电锅炉 300	38
东京 IBM 大厦（日本）	办公楼	22	38000	双管束 2637 普　通 1582	3560	周边区：四管风机盘管系统 内区：各层机组	电锅炉 400	15
芝加哥 IBM 广场大厦（美国）	办公楼	52	168000	双管束 5274 普　通 8790	7120	周边区：诱导系统 内区：分区再热	电锅炉 16000	—
三和银行（日本东京）	办公楼	24	40370	9494	12800	周边区：四管风机盘管系统 内区：变风量和定风量系统	电锅炉 1116	复式蓄热槽 4600
中部电力局营业所（日本）	办公楼	9	9443	双管束往复式 633	—	周边区：四管风机盘管系统 内区：变风量系统	电锅炉 400	复式蓄热槽 800
日本地所第一大厦	办公楼	12	26300	2954	3987	周边区：风机盘管及诱导器 内区：单风道系统	燃油锅炉 3767	复式蓄热槽 177

注：表中制热安装容量是估算的。

②闭式环路水源热泵空调系统。闭式环路水源热泵空调系统，又称水源热泵空调系统。20 世纪 80 年代以来，我国在深圳、上海、北京等地的一些工程中开始采用闭式环路水源热泵空调系统。

图 7－26 为典型闭式环路水源热泵空调系统的原理图，该系统由以下四部分组成：

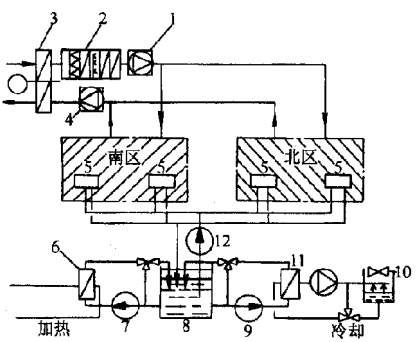


图 7－26　闭式环路水源热泵空调系统原理图

1—新风机　2—新风处理机组　3—热回收装置　4—排风机　5—室内水源热泵　6、11—换热器　7、9、12—水泵　8—蓄热水池　10—冷却塔

a. 室内水源热泵（HP）。

b. 闭式水循环回路（管路、循环泵等）。

c. 辅助设备（冷却塔、加热设备、蓄热装置等）。

d. 新风与排风系统。

所有这些小型室内水源热泵都并联在一封闭的水系统上。根据空调场所的需要，按制冷工况运行的机组（如南区的机组），将房间的余热连同机组的输入功率一起都转移到水系统中去，而按制热工况运行的机组（如北区的机组），从水中提取热量。这样热量从有多余的区域（南区）转移到需要热量的区域（北区）。

楼内的每个房间新鲜空气由集中的新风处理系统供应。排风在排出前应与室外新风进行热交换，回收热量或冷量。

封闭循环的水系统设定在一定温度范围内（15～35℃），高于上限温度（35℃）时，冷却塔开启，将系统多余的热量排放到大气中去。当水温低于下限温度（15℃）时，由加热设备向系统补充热量。由于从南区向北区转移的热量不可能每时每刻都是平衡的，因此系统中还没有蓄热水箱，暂存多余的热量。

这种系统具有如下特点：

a. 调节方便。用户根据室外气候的变化特点和各自的要求，在一年内的任何时候可随意进行房间的供暖或供冷调节，以保证室内的舒适条件。也便于各房间单独计价。

b. 虽然循环水管是双管系统，但与四管制风机盘管一样，可以达到同时供冷、供热的效果。

c. 建筑物热回收效果好。这种系统适用于有内区与外区的大中型建筑物，适用于大部分时间内有同时供冷、供热需要的场合。

d. 系统布置紧凑，简捷灵活。由于没有体积庞大的风管、冷水机组等，故可不设空调机房或机房面积很小，从而增大了使用面积及有效空间；环路水管可不设保温，并可与消防喷洒系统共用。

e. 设计方便，设计周期短，只要布置好室内水源热泵和计算水循环系统即可。设计周期只是常规空调系统的一半。

f. 施工及运行管理简便。

（2）我国热泵空调技术的发展与应用

1）空气源热泵式冷热水机组在我国的发展与应用。用空气源热泵式冷热水机组做空调系统的冷热源，20 世纪 80 年代后期我国逐步开始使用，20 世纪 90 年代便得到广泛应用。

空气源热泵式冷热水机组在我国得到迅速发展与广泛应用的主要原因是：

第一，空气源热泵式冷热水机组具有许多优点。

①用空气作为低位热源，取之不尽，用之不竭，处处都有，可以无偿地获取。

②空调系统的冷源与热源合二为一。夏季提供冷水，冬季提供热水，一机两用。

③要求尽可能将空气源热泵式冷热水机组布置在室外，如布置在裙楼屋顶上、阳台上等。这样可以不占用建筑物的有效面积。

④安装简单，运行管理方便。

⑤设备的保护和控制系统齐全而完善，使设备的可靠性不断提高。例如，厦门国本公司生产的空气源热泵式冷热水机组具有完善的保护和控制措施。

第二，我国部分地区的气候是夏热冬冷，适合于应用空气源热泵式冷热水机组。

由于近年来中国经济的迅速发展，在这些地区的民用建筑中常要求夏季供冷，冬季供暖。因此，在这些地区选用空气源热泵式冷热水机组解决空调供冷与供热问题是较为合适的选择。例如，在上海地区，用空气源热泵式冷热水机组做办公楼、宾馆的冷热源，冬季季节性能系数在 3 以上，其能量利用系数 E 也在 0.81 以上，要优于用锅炉供暖和区域锅炉房集中供热。

第三，某些大城市中，由于地区的限制或环境污染问题，不准设置锅炉房作为空调热源。这种情况下，选用空气源热泵式冷热水机组作为空调冷源显得更合理。

第四，产品质量的不断提高，解决于冬夏使用存在的一些问题，促进了空气源热泵式冷热水机组在我国的推广应用。

近年来，仅上海已有数百台空气源热泵（19 ~ 700kW）作为空调冷热源装置投入运行，运行效果也较好。

在使用中，应注意如下问题：

①当室外空气相对湿度大于 70%，温度在 3～5℃范围时，设备结霜最严重。也就是说，在我国南方使用时，仍然存在结霜问题。因此，选择设备时，一定注意设备应有良好的除霜措施。

②使用空气源热泵式冷热水机组时，应设置适当容量的辅助热源。

③设备尽可能布置在室外通风良好的地方，但注意排风不能受到阻挡，避免造成气流短路。

④设备台数不宜太多，有关资料建议，宜在 4～5 台以下为好。

⑤设计和使用中，应注意提高空气源热泵式冷热水机组的制热性能系数和可靠性。

2）闭式环路水源热泵空调系统在我国的发展与应用。20 世纪 80 年代初，我国在一些外商投资的建筑中采用了闭式环路水源热泵空调系统。目前，在深圳、上海、北京等地均有工程实例。例如：北京天安大厦、上海锦江第 4 号楼、上海锦明大厦、上海金城大厦、西安建国饭店、青岛华侨饭店、深圳国贸大厦、深圳光通大厦、惠州大酒店、泉州大酒店等工程中都采用闭式环路水源热泵空调系统。它作为一种典型的节能空调系统，在我国的应用和发展将会有广阔的前景。为此，目前正在进行闭式环路水源热泵在我国各地运行的计算机模拟分析，预测在全国各地采用水源热泵时，其气象条件、建筑形式、规模、建筑物内部的负荷等因素对水源热泵系统运行能耗的影响，以便指导闭式环路水源热泵空调系统在我国的推广与应用。

6. 同时供冷供热的联合机组

（1）应用风冷冷热器作为恒温恒湿机组的二次加热器：由哈尔滨工业大学和哈尔滨空气调节机厂联合设计的，由哈尔滨空调机厂生产出第一台样机，并被命名为 LHR—20A 型热泵恒温恒湿机组（后改型为 HR—20 恒温恒湿机组）。夏季制冷量为 23.25kW，冬季供热量为 13.95kW。

图 7－27 为 HR—20 空调机流程图。其特点为：

1）在夏季，机组利用冷凝废热作为恒温恒湿空调的二次加热器的热源，这既节省了电能，又节省了水。运行实践表明，用冷凝热量作二次加热后，机组可以达到 ±1℃的恒温要求。

2）在冬季，机组通过四通换向阀，变为水—空气热泵机组，向室内供热。

（2）调温式冷冻除湿机：图 7－28 为调温式冷冻除湿机的原理图。由图

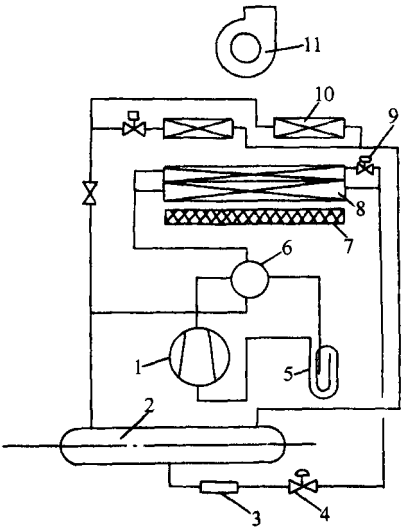


图 7－27　HR—20 空调机流程图

1—压缩机　2—水换热器　3—干燥过滤器　4—双向膨胀阀　5—液体分离器　6—四通换向阀
7—空气过滤　8—空气换热器　9—电磁阀　10—次加热器　11—风机

可见，这种除湿机有三种功能：

1）水冷冷凝器不通冷却水时，则有除湿升温功能。即以冷冻机作为冷却手段，将湿空气进行冷却除湿，再直接用其冷凝热进行等湿加热。

2）应使用有除湿降温功能的水冷冷凝器，而不选用风冷式冷凝器。

3）水冷式冷凝器通部分冷却水，有除湿调温功能。冷却水开大一些，出风温度就低一些；反之，关小一些，出风温度就高些。

通过上述二例的分析，同时供冷供热技术有许多优点。但是通常情况下，空调冷源的冷凝废热未充分利用，目前常采用冷却塔排放到大气中去。这样不仅白白排掉大量的冷凝废热，而且要消耗电能和水。空调系统越大，浪费也越大。空调冷源的拎凝废热虽然品位不高（32～37℃），但其数量却是可观的。因此，在空调冷源供冷的同时，如何回收冷凝热是实现大型建筑物节能的重要途径。在空调设计和运行中，应时刻注意解决好空调制冷系统的同时供冷与供热的问题。

通过上述几个问题的分析，可有以下几点认识：

1）发展和应用热泵技术是暖通空调节能的一条重要途径。

2）根据我国的气候特点，能源情况，热泵作为一种典型的节能装置，

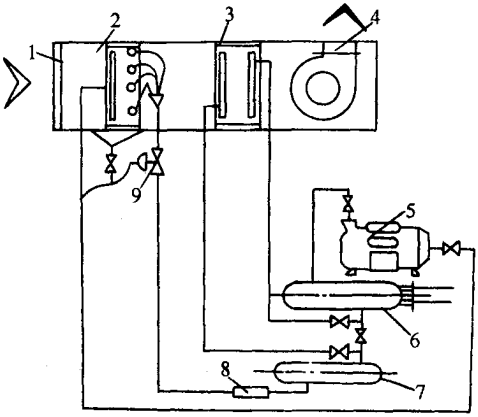


图 7－28　调温式冷冻除湿机原理图

1—空气过滤器　2—蒸发器　3—风冷冷凝器　4—风机　5—制冷压缩机

6—水冷冷凝器　7—储液桶　8—干燥过滤器　9—热力式节流阀

在我国暖通空调领域中有广阔的应用前景。但要注意，我国地域辽阔，南北气候条件相差很大，建筑物的形式和功能又各不相同，应用热泵一定要因地制宜，只有在合适的场合、合适的条件下运用，才会有良好的经济效益和可观的节能效果。

3）目前，空气源热泵的空调机组和冷热水机组，夏季供冷、冬季供热，一机两用。在我国受到不少地区、特别是长江中下游地区用户的欢迎。设备发展迅速，应用十分广泛。

4）在我国以采暖为主的三北（东北、华北、西北）地区，当有理想的合适的低温热源情况下，发展和运用热泵供暖系统将会解决传统供暖的节能以及环境保护中的一些问题。发展热泵供暖系统最有效的供热方式是低温地板辐射供暖。

5）闭式环路水源热泵空调系统，是一种很有前途的节能型空调系统。在国外许多工程中取得成功地应用，在我国暖通空调领域中应大力研究和发展水源热泵空调系统，以回收建筑物内的余热。

6）回收和利用空调冷源中的冷凝热量，实现空调制冷系统的同时供冷供热功能，是大型建筑物节能的重要途径。

7）热泵技术在暖通空调领域的发展与应用需要政策的推动。建议出台适当的鼓励热泵发展的政策和措施，建立暖通空调热泵示范工程，以此推动热泵技术在我国的发展和应用。

第九篇

既有建筑节能改造与夏热冬冷地区建筑节能设计

第一章　既有采暖居住建筑节能改造技术

第一节　概　　述

1. 既有采暖居住建筑的采暖供热概况　既有采暖居住建筑节能改造具有一定的迫切性，我国严寒和寒冷地区，主要包括东北、华北和西北地区（简称三北地区，习惯上称采暖地区），占我国国土面积的70%以上，这些地区的既有居住建筑，绝大部分不符合《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）的规定。据统计1979～1996年，全国城乡共建住宅130亿m^2，而建成的节能住宅仅为4000多万m^2。因此，目前我国采暖居住建筑围护结构保温水平低、热环境差、采暖能耗大的状况仍然普遍存在。

到2000年底，北京市共有房屋建筑面积3.5亿m^2，其中住宅建筑约1.78亿m^2，节能住宅只有0.68亿m^2，其他1.1亿m^2属于非节能住宅，约需30多亿元进行节能改造。建筑物围护结构保温能力低，采暖设备陈旧，保温性能差，浪费大量能源，既有采暖居住建筑节能改造已成为迫切的任务。

2. 既有建筑节能改造的目标　随着经济发展，生活水平的提高，我国能耗将更加突出。目前，由于建筑围护结构保温和门窗气密性差等原因，冬季居室温度大多数低于16℃，夏季超过30℃，居住热环境差，普遍要求改善。对既有建筑进行有计划的节能改造，可达到提高居住舒适性、节约能源和改善环境的目的。

对采暖区热环境差或能耗大的既有建筑的节能改造工作，2000年起重点城市成片开始，2005年起各城市普遍开始，2010年重点城市普遍推行。

夏热冬冷区，2005年重点城镇开始成片进行建筑热环境及节能改造，2010年起各城镇开始成片进行建筑热环境及节能改造。

3. 既有建筑节能改造的范围

1）凡耗热量指标，围护结构保温和门窗气密性等方面不符合《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）要求的既有居住建筑，均需要进行节能改造。

2）首先应对热环境很差的结露建筑和危旧建筑进行改造，其次是对其他保温隔热条件不良的建筑进行改造。

3）重点为集中采暖的既有居住建筑的节能改造。居住建筑主要包括占90%以上的住宅和集体宿舍、招待所、旅馆、托幼建筑等。集中采暖是指由分散锅炉房、小区锅炉房和城市热网等热源，通过管道向建筑物供暖的方式。暂无条件设置集中采暖的居住建筑，其围护结构也应按《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》（JGJ129—2000）执行，以便于建筑达到节能要求和改善室内热环境，也为将来设置集中采暖创造条件。

4. 建筑节能改造的判定原则　建筑节能改造的判定应遵守下列原则：

1）既有采暖居住建筑，当其建筑物耗热量指标、围护结构保温和门窗气密性等不能满足现行行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）的要求时，应进行节能改造。

2）既有采暖供热系统的锅炉年运行效率低于0.68及（或）室外管网的输送效率低于0.9，并由此造成室温达不到要求的应予以改造。

3）当既有采暖居住建筑的室内系统不能实现分室控制室温及分户计量用热量时，宜予以改造。

4）旅馆、招待所、托幼建筑、集体宿舍等公共采暖居住建筑，当其围护结构的保温性能不能达到当地采暖住宅建筑相应的要求时，应予以改造。

5. 建筑节能改造的判定方法

1）根据行业标准《采暖居住建筑节能检验标准》（JGJ132—2001）规定的方法，对既有建筑物的采暖能耗、围护结构各部分的热损失、房间气密性等方面进行检测，评定出其需改造的能耗情况及室内热环境状况，并根据上述原则确定是否需要加以改造。也可根据本手册第10章建筑节能的检测与评价方法进行。

当条件不具备时，对既有建筑室内热环境和建筑物各部位的保温、气密性状况只能部分地进行仪器检测及计算，更多地是靠实地勘查分析，作出评价。

2）复核单位锅炉容量的供热面积，测算其采暖耗煤量指标，应符合本

手册附录 A 表 A.4 的规定或《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》（JGJ129—2000）的附录 A 的规定。

采暖耗煤量的多少是衡量建筑物是否节能的最直接指标，在保证室内温度符合要求的前提下，采暖耗热量降低了，标志建筑节能取得实效。

6. 既有建筑节能改造后的验收　既有建筑节能改造后的验收，除要求节能改造有关技术资料完整齐全外，对所用的保温材料、门窗件及施工质量均应认真检查验收，填写必要的表格。既有建筑节能改造后的验收，应符合下述规定：

（1）对节能改造后的建筑，应及时进行验收：验收单位应由业主方、设计单位、施工单位的代表及建设行政主管部门指派的人员组成。

（2）验收的主要内容应符合下列要求：

1）节能改造方案、设计图样、计算复核资料等应完整齐全。

2）材料、配件、设备的质量应符合要求。

3）施工质量应符合设计要求。

4）抽检建筑物围护结构的保温气密性能和采暖供热系统的效果，考察建筑物室内热环境状况并应符合现行行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）的规定。

5）复核改造后建筑物的实际耗煤量指标，据此测算建筑物的节能率并应符合规定。

第二节　围护结构保温改造

围护结构保温改造是既有建筑节能改造的重要内容。它应与建筑物的改造加固及装修相结合。搞好勘察检测和节能改造设计是保证质理的关键环节。选择墙体保温的形式则更为重要。

1. 一般规定　围护结构保温改造的一般规定如下：

（1）围护结构改造前应进进查勘，查勘时应具备下列资料：

1）房屋地形图及设计图样。

2）房屋装修改造资料。

3）历年修缮资料。

4）城市建设规划和市容要求。

5）其他必要的资料。

（2）围护结构改造应重点查勘下列内容：

1）荷载及使用条件的变化。

2）重要结构构件的安全性评价。

3）墙面受到冻害、析盐、侵蚀损坏及结露状况。

4）屋顶及墙面裂缝、渗漏状况。

5）门窗翘曲、变形等状况。

（3）进行围护结构保温改造设计时，应从下列两项中选取一项作为控制指标：

1）不同地区采暖居住建筑各部位围护结构的传热系数应符合表 3－10 规定的限值。

2）通过围护结构单位建筑面积的耗热量指标不应超过现行行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）第 3.0.1 条的规定进行验算。

（4）采暖居住建筑的楼梯间及外廊应封闭，严寒地区应增设闭门器。采暖居住建筑楼梯间不采暖时，楼梯间隔墙和户门应采取保温措施；楼梯间采暖时，入口处应设置门斗等避风设施。

2. 墙体节能改造设计

（1）墙体节能改造应优先采用外保温方案：墙体节能改造方案可有外墙外保温、外墙内保温和夹芯墙保温等多种形式，应优先采用外墙外保温方案。外墙外保温方案具有适用范围广，对主体结构起保护作用，基本消除热桥影响，改善墙体冷凝潮湿的不良现象，有利保持室温稳定，提高墙体气密性和室内热环境质量，减少保温材料用量。由于保温材料贴在墙体外侧可增加或不占用室内使用面积，对既有建筑进行节能改造最大优点是无需临时搬迁，不影响居民的正常生活。此外，当需要二次装修时，内保温墙体也受到较大的限制。

（2）墙体节能改造设计计算：设计计算的主要内容有：

1）外墙平均传热系数的计算。

2）所用保温材料的厚度计算。

3）墙体改造的构造措施及节点设计。

除必要的计算以外，墙体改造的构造措施及细部节点设计是重点内容，是保证节能改造质量的重要前提。

（3）外墙平均传热系数的计算方法：外墙平均传热系数的计算方法，详见本手册第四篇三章一节，并应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）的规定。

3. 墙体外保温的技术规定

（1）墙体外保温所用材料与配件的要求：墙体外保温所用材料、配件应符合下列要求

1）胶粘剂及（或）固定件：胶粘剂应采用经过鉴定的专用胶粘剂，其主要技术性能指标应符合表 1－1 的规定：固定件应采用膨胀螺栓或特制的防锈连接件。

2）保温板应采用自熄型高效保温、耐久性好的材料，并应符合防火的要求。当采用聚苯乙烯泡沫塑料板（以下简称聚苯板）时，其主要技术性能指标应符合表 1－2 的规定。

3）底层抹面材料，应采用专用聚合物水泥砂浆，其主要技术性能指标应符合表 1－1 的规定。

4）增强网布应选择极限伸长率低的材料，并应具有防腐耐碱性能。当选用玻璃纤维网布时，其主要技术性能指标应符合表 1－3 的规定，并应埋置在底层抹面材料内。

5）装饰面层，应符合抗裂及防水要求，并应具有装饰效果，其主要技术性能指标应符合表 1－4 的规定。

（2）墙体外保温的基本构造：墙体外保温的基本构造应符合表 1－5 的要求。墙体外保温做法可按附录 B 表 B.1 进行。

表 1－1　　胶粘剂的主要技术性能指标

项　目	实验条件	采用标准	强度指标/MPa	
			掺合强度等级 42.5 水泥	掺合强度等级 52.5 水泥
抗拉粘结强度	常温常态 14d	GB/T12954—1991	≥1.0	≥1.0
抗拉粘结强度	常温常态 14d，浸碱 4d	GB/T12954—1991	≥0.6	≥0.6
抗拉粘结强度	常温常态 14d，浸水 7d	GB/T12954—1991	≥0.6	≥0.6
压剪粘结强度	常温常态 7d	GB/T12954—1991	≥1.5	≥2.5
压剪粘结强度	常态 7d，浸水 24h	JC/T547—1994	≥0.9	≥1.8
压剪粘结强度	常温常态 28d	GB/T12954—1991	≥1.7	≥3.0
压剪粘结强度	常温常态 28d，浸水 24h	JC/T547—1994	≥1.7	≥3.0

表 1－2 聚苯板的主要技术性能指标

项目		指标	项目		指标
密度/kg·m^{-3}	最小	≥18.0	氧指数（%）		≥30
	最大	≤20.0	火焰扩散指数		≤25
热导率/W·（m·K）$^{-1}$		≤0.042	烟密度指数		≤450
抗压强度/KPa		≥69	板尺寸（长/mm）×（宽/mm）		≤1200×600
抗拉强度/kPa		≥103	养护天数	自然养护/d	≥42
抗弯强度/kPa		≥172		蒸汽养护/d（60℃恒温	≥5
切变模量/KPa		≥2758	溶结性	断裂弯曲负荷/N	≥15
体积吸水率（%）		≤2.5		弯曲变形/mm	≥20
尺寸稳定性（%）		≤2.0			

表 1－3 玻璃纤维网布的主要技术性能指标

项目		指标	
		标准网布	加强网布
标准网眼尺寸（长/mm）×（宽/mm）		3.5×4.0	5.5×5.0
公称单位面积质量/g·m^{-2}		≥139	≥678
抗拉强度/N（2.5cm）$^{-1}$	经向	667	3336
	纬向	667	2446
耐碱性抗拉强度/N（2.5cm）$^{-1}$	经向	534	2668
	纬向	534	1956
耐碱抗拉强度保持率（%）	经向	≥80	≥80
	纬向	≥80	≥80

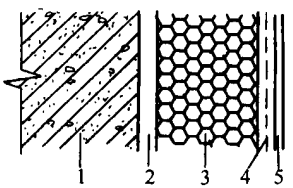
表 1－4 装饰面层的主要技术性能指标

项目	指标
抗拉强度/MPa	≥2.20
伸长率（%）	≥64
弹性变形恢复率	80
柔韧性	－26℃以上温度快弯试验无裂缝出现
抗粉尘附着（残留反射率）（%）	98
耐水性	240h 后试验，涂层无裂纹、起泡、剥落及软化物析出，与未浸泡部分相比，颜色、光泽允许有轻微变化
耐碱性	

续表

项　　目	指　　标
耐洗刷性	1000 次洗刷试验后，涂层无变化
耐沾污率	5 次沾污试验后，沾污率在 45% 以下
耐冻融循环性	10 次冻融循环试验后，涂层无裂纹、起泡、剥落与未试验部分相比，颜色、光泽允许有轻微变化
粘结强度/MPa	≥0.69
人工加速耐候性	2000h 试验后，涂层无裂纹、起泡、剥落、粉化、变色不大于 2 级

表 1－5　　墙体外保温的基本构造

墙体 1	粘结层 2	保温层 3	保护层 4	饰面层 5	构　造　示　意
钢筋混凝土墙 粘土砖 粘土多孔砖墙 混凝土空心砌块墙	胶粘剂	保温板	底层抹灰材料＋网布	装饰面层＋罩面材料	

（3）施工准备工作

1）在对墙面状况进行查勘的基础上，施工前应对原墙面上由于冻害、析盐或侵蚀所产生的损害予以修复。

2）油渍应进行清洗。

3）损坏的砖或砌块应更换。

4）墙面的缺损和孔洞应填补密实。

5）墙面上疏松的砂浆应清除。

6）不平的表面应事先抹平。

7）墙外侧管道、供电线路应拆除，在可能的条件下，宜改为地下管道或暗线。

8）原有窗台宜接出加宽，窗台下宜设滴水槽。

9）脚手架宜采用与墙面分离的双排脚手架。

（4）聚苯外保温板施工要求

1）保温板的固定。保温板应从墙壁的基部或坚固的支撑处开始，自下而上逐排沿水平方向依次装设，拉线校核，并逐列用铅坠校直。在阳角与阴

角的垂直接缝处应交错排列，如图 1－1 所示。装设时，应采用点粘或条粘的方法，通过挤紧胶粘剂层，使保温板有规则地牢固地粘结在外墙面上。

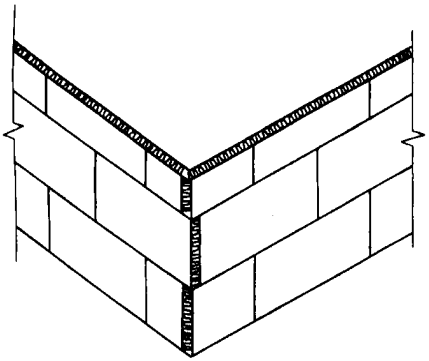


图 1－1　角部接缝处保温板的排列

保温板装设时及装设后至少 24h 之内，空气温度和外墙表面温度不应低于 5℃。

2）抹灰与埋入增强网布。在保温板的整个表面上应均匀抹一层聚合物水泥砂浆，并随抹随铺以使增强网布粘牢。抹灰层厚度宜为 3～4mm，且应均匀一致。增强网布拉平，全部压埋在抹灰层内，不应裸露。遇门窗口、通风口及与不同材质的接合处（配电箱、水管等），应将增强网布翻边包紧保温板；洞口的四角应各贴一块增强网布，并用聚合物砂浆将网布拆叠部分抹平封严。

3）每块保温板宜在板中央部位钉一只膨胀螺栓。螺栓应套一直径 5cm 的垫片，栓铆后应对螺栓表面进行抹灰平整处理。

4）外装修。应在抹灰工序完成后，进行外装修，宜采用薄涂层。

（5）岩棉外保温板施工要求

1）岩棉板的密度不应小于 100kg/m^3，应平整地铺在外墙面上。

2）岩棉应通过镀锌钢丝网及防锈金属固定件固定在墙体上，固定件应按设计图样的要求布置，每平方米墙面不应少于 3 个。

3）岩棉保温板上应喷涂或压抹水泥砂浆作为保护层（厚度宜为 25mm），保护层应满足防裂要求。

4）对窗口、檐口和外墙角等部位应采取局部加强措施。

5）保护层硬化后，方可进行饰面层施工，饰面层可采用涂料等饰面材料。

4. 墙体内保温技术规定

（1）墙体内保温所用材料、配件应符合下列要求：

1）胶粘剂或固定件。胶粘剂应采用经过鉴定的专用胶粘剂材料；固定件可采用膨胀螺栓或特制的防锈连接件。

2）保温层应采用保温隔热性能、防火性能及耐久性均好的保温材料，可选用下列两种类型。

①充气石膏板，增强石膏（或水泥）聚苯板，纸面石膏板、复合岩棉板、玻璃棉或聚苯板等保温材料。

②轻质砌块。

3）热反射材料。铝箔热反射板宜加贴在暖气散热器后的内墙面上。

4）饰面层应符合抗裂及卫生要求，并具有装饰效果。

（2）墙体内保温的基本构造：墙体内保温的基本构造宜符合图 1－2 的要求。墙体内保温常见做法可按附录 B 表 B.1 进行。

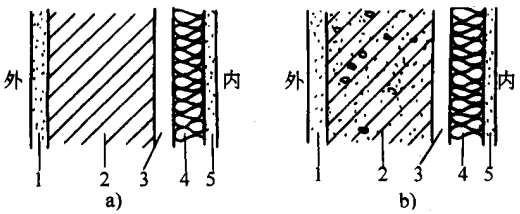


图 1－2　墙体内保温的基本构造

a）砖墙　b）混凝土墙

1—墙体外饰面　2—墙体　3—空气层　4—保温层　5—内饰面

（3）墙体内保温施工要求

1）施工准备。施工前遇有墙体疏松、脱落、霉烂等情况应修复；原墙面涂层应刮掉并扫干净；墙面潮湿时应先晾干或吹干，墙面过干应予以湿润。

2）保温层固定。使用石膏板加高效保温材料的复合保温板时可采用胶粘剂粘结或同时采用膨胀螺栓锚固的方法与墙体固定；使用轻质砌块保温层时，用轻质砌块砌筑并与原墙体可靠拉接。

3）饰面处理。饰面层与保温层应连接牢靠，不得出现空鼓、裂缝及脱落现象。

（4）墙体内保温热桥部位的处理：围护结构易出现热桥的部位，如混凝

土梁、边柱或丁字墙的外柱等应采取有效的保温措施，具体做法可按附录 B 表 B.1 进行。

（5）楼梯间墙面保温可按墙体内保温的要求及做法进行。

5. 门窗保温改造技术规定

1）户门的保温、密闭性能应实地考察。应在户门关闭的状态下，测量门框与墙身、门框与门扇、门扇与门扇之间的缝隙宽度。在缝隙部位应设置耐久性和弹性均好的密封条。

2）对传热系数不符合要求的户门应提高其保温性能，在门芯内应加贴高效保温材料如聚苯板、玻璃棉、岩棉板、矿棉板等，并应使用强度较高且能阻止空气渗透的面板加以保护。

3）在严寒地区对于关启频繁的户门宜安装闭门器。

4）对原有窗户、阳台门应进行气密性能检查或抽样检测。其气密性等级，在 1～6 层建筑中，不应低于现行国家标准《建筑外窗气密性性能分级及其检测方法》（GB/TT107—2002）规定的Ⅲ级水平；在 7～30 层建筑中，不应低于上述标准中规定的Ⅱ级水平。当不能满足要求时，应对原窗进行更新或改造。

5）对于空腹钢窗和木窗，宜采用性能好的橡塑密封条来改善其气密性。阳台门门芯板应加贴保温材料。对原有阳台可进行封闭处理。

6）对窗框与墙体之间的缝隙，宜采用高效保温气密材料加弹性密封胶封堵。

7）在寒冷地区，宜将单玻璃窗改造成双玻璃窗；在严寒地区，宜将双玻璃窗改造成三玻璃窗，或在原窗的一侧安装一樘保温性能好的新窗。

8）当门窗的气密性显著提高时，房间应设置有组织、可调节的换气装置或设施。

6. 屋面和地面保温改造技术规定

1）对屋面和地面的传热系数应进行测算。当其明显超出表 2－3 中规定的传热系数限值时，应对屋面和地面实施改造。保温状况的考察判定可采用考察加计算或用仪器检测，灵活掌握。

2）拟定屋面节能改造方案时，应对原房屋结构进行复核、验算；当不能满足节能改造方案时，应采取结构加固措施。加固方法应按《民用建筑修缮工程查勘与设计规程》（JGJ117—1998）规定执行。

3）平屋顶改造可根据实际情况，选用下列方法之一：

①直接铺设保温层。在原屋面上满铺一层经过憎水处理的岩棉板，其厚度应根据热工计算确定，在保温层上做水泥砂浆保护层，并做防水层。

②设架空保温层。应在屋面适当位置采用水泥、石灰膏、砂质量比为 1∶0.5∶10 的水泥石灰膏砂浆，卧砌 115mm × 115mm × 180mm 砖墩，纵横中距宜保持为 500mm，砖墩应落在相应的承重屋面板上，并将预制钢筋混凝土架空板放在砖墩上。铺设架空板前，在原屋面上应铺放保温材料，其厚度应做找坡层、找平层及防水层。保温材料可采用廉价的膨胀珍珠岩等。此法适用于女儿墙较低，进深较小的建筑。

③采用倒铺屋面，在防水层良好的情况下，可在其上直接铺设挤塑聚苯乙烯硬性泡沫板或现场发泡聚氨酯等不吸水保温材料（其厚度应根据热工计算而定），然后再覆盖保护层。

④加设坡屋顶。应在原有建筑平屋顶上铺设保温层，其厚度应根据热工计算而定，并在上面加设挂瓦尖屋顶进行保护，见图 1－3 所示。

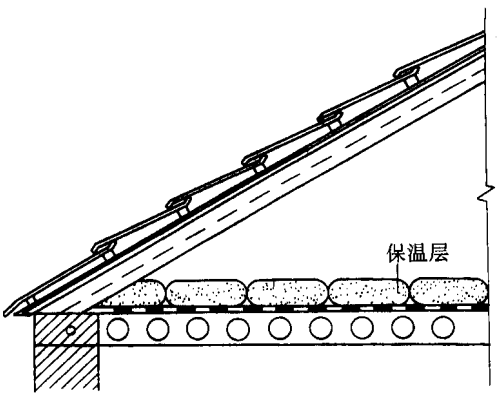


图 1－3　加设坡屋顶并铺设保温层做法

4）坡屋顶改造时宜在屋顶吊顶上铺放轻质保温材料，其厚度应根据热工计算确定。无吊顶的屋顶应增设吊顶层，吊顶层应耐久性好，并能承受铺设保温层的荷载。

5）楼面、地面节能改造时，对下列情况均应进行保温设计验算，其传热系数限值应符合表 2－3 的要求。

①不采暖地下室的顶板作为首层地面（楼板）。

②下方直接暴露在大气中的楼板。

6）保温地面的构造做法可按附录 B 表 B.4 进行。

7. 确定 EPS 外保温墙体保温材料厚度

（1）既有建筑节能改造过程中，墙体保温层厚度的确定要考虑以下两个方面的因素：

1）要达到预期的节能目标。

2）要保证粘接处温度高于冰点。

（2）从节能角度确定保温材料厚度：外保温改造墙体示意图，见图 1－4 所示。原有墙体热阻为 R_0，保温层热阻 R_s。由于保护层厚度非常薄，热阻很小，在计算总热阻时，忽略其影响。根据节能标准规定，节能建筑墙体热阻需满足如下条件：

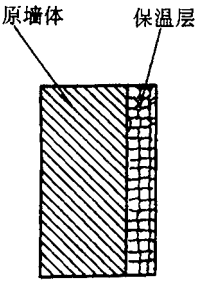


图 1－4　墙体示意图

$$R_o + R_s \geqslant \begin{cases} 2.00 \text{ 时，} S \leqslant 0.30 \\ 2.38 \text{ 时，} S > 0.3 \end{cases} \tag{1-1}$$

式中　S—建筑体形系数。

对于既有建筑节能改造，建筑物某些部位，如地面、窗等改造难度较大，此部位的传热系数可能达不到《节能标准》的规定，墙体、屋面等较容易改造的部位，节能幅度相对大一些。墙体的节能率 φ_w。要根据建筑能耗分析结果合理确定。墙体保温层热阻应满足下列关系式

$$R_s \geqslant \frac{\varphi_w}{1-\varphi_w} R_0 \tag{1-2}$$

（3）从保证粘结处温度确定保温材料厚度：从结构安全考虑，粘结处温度应高于 0℃，否则粘结处反复出现冻融现象，必将影响粘结强度。粘结处温度取决于室内外温度及墙体内部温度梯度。在哈尔滨地区设计条件下（室内 18℃，室外－26℃），按一维稳态传热计算，必须满足式（1－3），才能保

证粘结处温度高于 0℃的要求。

$$R_s \geqslant 0.123 + 1.444R_0 \tag{1-3}$$

可知保温层热阻需满足式（1－4）要求，或式（1－2）式（1－3）取大值。

$$R_s \geqslant \max\left(\frac{\varphi_w}{1-\varphi_W}R_0,\ 0.123 + 1.444R_0\right) \tag{1-4}$$

当 $\varphi_w \geqslant 60\%$，墙体以节能率的热阻式（1－2）条件占优，否则，粘结处温度条件的热阻式（1－3）占优。

在“哈尔滨既有建筑节能改造示范工程”研究中，墙体保温层厚度按照上述分析确定。根据建筑能耗分析结果，墙体节能率为 53%，保温层热阻满足 $1.128R_0$ 和（$0.123 + 1.444R_0$）较大值，用如下关系式表示：

$$R_s \geqslant \max（1.128R_0，0.123 + 1.444R_0） \tag{1-5}$$

示范工程原有墙体热阻（实际为热绝缘系数，后同）为 0.779W/（m^2·K），按式（1－4）及式（1－5）计算保温层热阻最小为 1.247W/（m^2·K），聚苯乙烯保温板（热导率 0.35W/（m^2·K），厚度最小为 50mm。因此，示范工程墙体改造方案是在原有 490mm 实心粘土砖墙基础上，外贴 50mmEPS 板保温。

第三节　采暖供热系统改造

1. 采暖供热系统改造的查勘

（1）采暖供热系统改造查勘的资料准备：既有居住建筑的采暖供热系统情况十分复杂，有的新建成，有的年久失修，有的经过多次维修改造。因此，查勘设计图样和历年维修改造资料是搞好节能改造的必要条件。

采暖供热系统改造前应进行查勘，查勘时应具备下列资料：

1）设计图样。

2）历年维修改造资料。

3）其他必要的资料。

（2）采暖供热系统改造的重点查勘内容

1）单位锅炉容量的供暖面积。

2）采暖期间单位建筑面积的耗煤量（折合成标准煤）、耗电量和水量。

3）根据建筑耗热量、耗煤量指标和实际供暖天数推算系统的运行效率。

4）供暖质量。

2. 采暖锅炉房（换热站）的节能改造 采暖锅炉房（换热站）的节能改造除应符合下述规定外，可参考本手册第 6 章的有关要求。

1）热水采暖系统应采用连续供暖方式，并根据室外温度变化采用质调节。

2）锅炉改造时应充分利用烟气余热，宜选用热管省煤器。

3）对于 10t 以上锅炉应加装质量可靠的分层给煤装置；对于 10t 以下的锅炉，应采用有效的节煤燃烧措施。

4）锅炉房宜加装燃煤计量装置。

5）热水采暖供热系统的循环水泵应采用高效节能低噪声水泵，输热动力消耗应予控制，耗电输热比应达到现行行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JCJ26—1995）的规定。

6）锅炉房的循环水泵应同建筑热负荷相匹配。水泵宜采用变频调速装置，保证水泵流量适应热负荷变化。

7）当锅炉的鼓风机、引风机与锅炉出力不相匹配时，应进行调整改造，宜加装风机的变频调速装置，合理控制风煤比。

8）系统定压宜采用变频调速的补水定压装置。

9）对热交换器的容量及二次水循环泵的流量应进行验算，应与供暖负荷相匹配。

10）对小型分散的锅炉房宜连片改造成集中高效锅炉房。

11）锅炉房的锅炉进出口总管、分集水缸及循环水泵进出口管凡未设置温度计、压力计，应予补装。

3. 室内采暖系统节能改造

1）采用双管系统和带三通阀的单管系统。室外气象条件的变化，设计和实际施工中的偏差，会造成室内实际温度和设计温度之间的差别。为调节和弥补这种差别，可采用带温控阀或手动调节阀的双管系统，或带三通阀的单管系统。

2）室内采暖系统改造应考虑分室、分户控温的可能性，宜安装热表分户计量热量。在采暖期，室温可用安装在各个散热器人口或出口处的恒温调节阀控制。有的可通过安在墙上的温度感应器和程序控制器控制，以便根据

室温需要自动调节热水流量，从而使能耗处于最低状态，实现分室控温节能要求。

3）室内采暖系统的排气装置应采用质量可靠的自动排气阀。为减少住宅建筑小区的丢水情况，可改变建筑物高点集气罐的手动排气方式。在自动排气阀的上游管道上，常配有关闭阀和 Y 型过滤器，以减少排气阀故障，并使检修方便。

4）对于集中供暖的房屋，在暖气散热器上装设小型热量分配计，供热单位可在供暖结束后检验耗热量，为按实际耗热量收费提供条件。

5）室内采暖系统改造时，应进行水力平衡验算，采取解决室内采暖系统垂直及水平方向水力失调的措施。

第四节　既有建筑外保温改造试点工程实例

1. 甘肃省建筑科学研究院住宅改造试点工程

（1）外墙岩棉外保温试点建筑概况：甘肃省建筑科学研究院第 31 栋和第 32 栋住宅楼均为 20 世纪 70 年代初兴建的 4 层砖混结构住宅楼，两栋楼采用同一设计图样，每栋楼建筑面积皆为 1580m^2，合计 3160m^2。该楼暖气采用上行下给的单管供热系统。由于当时未考虑建筑节能，故外墙均为 240mm 厚度的粘土实心砖砌体，加之圈梁和构造柱等热桥部位也未做保温处理，在投入使用后，上述热桥部位的粉刷层表面出现灰暗色，在湿度较大的厕所和厨房还有结露现象。1992 年 12 月至 1993 年 1 月对第 32 栋住宅楼中间层北向房间进行了测试，在非正常供暖情况下（室外空气温度为 －5.0～－7.0℃），室内空气温度为 7.5～10.5℃；在正常供暖情况下（室外空气温度为（－3.1～－5.0℃），室内空气温度为 15.8～16.7℃。住户反映该住宅楼冬冷夏热，尤其是西、北向住宅，因此需进行保温改造。

1992 年首先对第 31 栋住宅楼采用岩棉、钢丝网、水泥砂浆进行外保温改造，接着于 1993 年又对第 32 栋住宅楼进行了同样方式的保温改造。现将两栋楼的保温改造情况简介如下。

（2）岩棉外保温墙体构造与做法：岩棉外保温墙体构造，见图 1－5 所示。

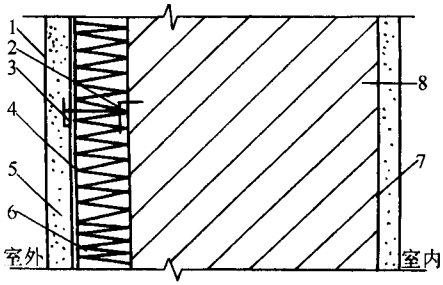


图 1－5　岩棉外保温墙体构造

1—彩色喷塑涂料　2—连接杆　3—销杆　4—镀锌点焊钢丝网　5—30mm 防裂水泥砂浆　6—50mm 岩棉板　7—20mm 混合砂浆　8—240mm 实心砖墙

两栋住宅楼外墙均采用岩棉、钢丝网、水泥砂浆外保温方案，其施工工序如下：

1）在原有外墙上打眼安装连接件，采用梅花形布点方式。

2）错缝铺贴岩棉板，不得有间隙。

3）铺挂镀锌点焊钢丝网，并将钢丝网固定在连接件上，要求钢丝网铺设平整。在门窗洞口的岩棉板上还要增加一层钢丝网，以增强承受集中应力和温度应力的能力，在门窗洞口四周还要做好包角和封边工作。

4）分层抹防裂砂浆保护层，并做好分块留缝，以减少收缩变形和收缩应力。

5）喷涂弹性较好的丙烯酸外墙涂料作为饰面层，以提高其防水、防裂和耐久性能。

（3）实测结果

1）墙体采用岩棉外保温改造后的房间温度的测试结果。甘肃省建筑科学研究院的第 31 栋和第 32 栋住宅楼，其建筑年代、结构形式、单元与户室布置、层数和朝向等方面均完全相同，测试时第 31 栋已进行了岩棉外保温改造，而第 32 栋则尚未进行外保温施工。实测时，选择了两栋建筑中顶层和中间层朝北的相同房间，对其室内气温在正常供暖和非正常供暖（锅炉房出现故障时）两种情况下昼夜变化进行了测试，其实测结果，见表 1－6。

表 1－6　室内空气温度实测结果比较表　（单位：℃）

项目名称	采暖方式	非正常供暖					正常供暖				
	气温	日平均气温			平均温度	最大温差	日平均气温			平均温度	最大温差
	测试时间	12 月 25 日	12 月 26 日	12 月 27 日			1 月 7 日	1 月 8 日	1 月 9 日		
顶层北向房间	31 栋	15.5	15.5	16.0	15.7	2.0	21.0	20.7	21.5	20.9	2.0
	32 栋	12.0	11.6	12.9	12.2	3.6	18.0	17.0	17.3	17.4	3.6
中间层北向房间	31 栋	17.0	16.0	16.0	16.3	3.0	20.6	20.1	21.1	20.6	2.2
	32 栋	10.5	9.0	7.5	9.0	4.4	16.5	15.8	16.7	16.3	4.2
室外空气温度		－7.0	－5.7	－5.1	—	—	－3.1	－3.9	－5.0	—	—

注：测试时间为 1992 年 12 月至 1993 午 1 月。

从表 1－6 实测结果可以看出，经保温改造后，室内空气温度有明显提高，在非正常供暖情况下，保温改造后（第 31 栋）顶层北向房间温度为 15.5～16.0℃，平均为 15.7℃；而未做保温改造（第 32 栋）的顶层北向房间温度为 11.6～12.9℃，平均为 12.2℃，二者相差 3.5℃；保温改造后中间层北向房间温度为 16.0～17.0℃，平均为 16.3℃；而未做保温改造的中间层北向房间温度为 7.5～10.5℃，平均为 9.0℃，二者相差 7.3℃，可见保温改造后比保温改造前室内空气温度平均提高 3.5～7.3℃。在正常供暖情况下，保温改造后（第 31 栋）的顶层北向房间温度为 20.7～21.5℃，平均为 20.9℃；而未做保温改造（第 32 栋）的顶层北向房间温度为 17.0～18.0℃，平均为 17.4℃；二者相差 3.5℃；保温改造后中间层北向房间温度为 20.1～21.1℃，平均为 20.6℃；而未做保温改造的中间层北向房间温度为 15.8～16.7℃，平均为 16.3℃，二者相差 4.3℃，可见保温改造后比保温改造前室内空气温度平均提高 3.5～4.3℃。

从表 1－6 还可以看出：在非正常供暖情况下，保温改造后的房间最大温差为 2.0～3.0℃，而未做保温改造的房间最大温差为 3.6～4.4℃；在正常供暖情况下，保温改造后的房间最大温差为 2.0～2.2℃，而未做保温改造的房间最大温差为 3.6～4.2℃。另外在正常供暖情况下，当室内空气温度为－3.0～－5.0℃时，保温改造后的房间温度顶层北向房间平均为 20.9℃，中间层北向房间温度平均为 20.6℃，皆超过 20℃；而未做保温改造的房间温度顶层北向房间平均为 17.4℃，中间层北向房间温度平均为 16.3℃，皆未达到 18℃。

2）外保温改造后外墙及楼梯间墙热工性能测试。两栋住宅楼在外保温施工时，除外墙大面积选用岩棉做保温层外，针对一些部位的特点，还采用

了其他保温方式。

阳台部位的外墙：在原 240mm 实心砖外贴 40mm 厚充气石膏保温板，其具体构造见图 1－6 所示。

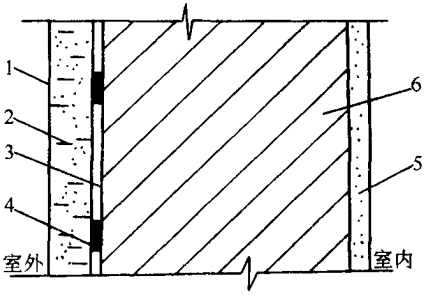


图 1－6 充气石膏保温构造图

1—5mm 薄石膏抹灰 2—40mm 保温石膏板 3—10～20mm 空气层 4—石膏粘结点

5—20mm 混合砂浆 6—240mm 粘土实心砖

楼梯间：原为 240mm 实心砖墙，敞开式窗洞口。楼梯间安装钢窗后，对楼梯间墙仍要求增加保温，为此将原粉刷抹灰层铲去，改为 30mm 厚双灰粉保温砂浆。

对经外保温改造的住宅楼的热工性能进行了现场测试，其测试结果见表 1－7。

表 1－7 外保温改造墙体的热工性能测试结果

项目	240mm 实心砖墙	岩棉外保温墙体	保温石膏板保温墙体	保温砂浆保温墙体
室内空气温度/℃	17.0	20.3	22.2	11.1
室外空气温度/℃C	－4.0	4.0	－4.0	7.3
墙内表面温度/℃	11.2	18.7	20.7	—
墙外表面温度/℃	—	－2.6	－4.0	8.3
墙体热阻/$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	0.43	1.07	0.93	0.63
墙体总热阻/$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	0.58	1.25	1.15	0.86
墙体传热系数/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$	1.72	0.80	0.87	1.16

从表（1－7）实测结果可以看出，岩棉外保温墙体传热系数为 0.8W/（$m^2 \cdot K$），相当于 860mm 厚实心砖墙的保温水平；充气石膏保温板墙体的传热系数为 0.87W/（$m^2 \cdot K$），相当于 740mm 厚实心砖墙的保温水平；楼梯间墙抹 30mm 保温砂浆后，传热系数降到 1.16W/（$m^2 \cdot K$），超过 370mm 厚的实心砖墙的保温水平。需要说明的是，该两栋试点建筑测试时已使用了 18 年，比较干燥，故实心砖墙的热导率偏小（即热阻值偏大）。

1996 年 12 月 27 日至 1997 年 1 月 12 日，又选择了第 31 栋住宅楼底层北向房屋进行了室内空气温度测试。在此期间室外温度为 -10.0 ~ 5.0℃之间，但室内温度经实测始终保持在 18.0 ~ 19.5℃之间，可见经过了 5 年的考验，即使在底层最不利的房间实测，其保温效果也是非常良好的。

（4）外墙岩棉外保温需要解决的技术关键问题：岩棉外保温墙体是由功能分明的墙体结构层、保温层、保护层及饰面层四部分组成，做好外保温墙体的主要技术关键是：

1）保温层与结构层以及保温层与保护层的连接方式。保温层、保护层与结构层的连接方式有以下几种：①连杆托架；②斜连杆托架；③长螺杆；④粘结剂。上述四种连接方式虽各有特点，但综合起来比较，前三种方案施工比较麻烦，而第四种方案还涉及粘结强度和耐久性等问题，为此建议采用以下四种较简便的方案；①射钉方案；②膨胀螺栓方案；③预埋钢筋或塑料筋方案；④粘、钉结合方案。这几种方案不仅施工方便，而且也有较好的耐久性。

2）防止和消除保护层和饰面层出现裂缝，研究减少保护层应力集中和收缩应力的措施。保护层和饰面层出现裂缝主要有如下几种原因：①保护层与保温层的粘结强度较低或出现空鼓；②保护层和饰面层收缩变形较大，导致产生收缩裂缝；③由于门窗洞口处应力集中，导致保护层和饰面层出现裂缝。针对上述产生裂缝的几种原因，宜采取以下几种防裂措施：①采用钢丝网或采用钢丝夹心岩棉板增强层，一方面钢丝网可以增强结构层与保温层、保护层的连接，另一方面还可以分散保护层和饰面层的收缩应力和应力集中，从而达到减少和防止出现裂缝的目的。在墙体易产生裂缝的部位（如门窗洞口、墙体转角及勒脚部位等）还需采取局部设置加强网措施。②采用粘结强度较高、收缩变形小且具有一定弹性的微膨胀防裂砂浆或聚合砂浆。由于岩棉板质地较软，故防裂砂浆厚度以 25 ~ 30mm 为宜。③将保护层进行分块留缝并做好嵌缝防水处理，以便减少收缩和温度应力。

3）解决好保护层与饰面层的耐候性问题。解决保护层与饰面层耐候性可以采用两种方法：一是在保护层外贴饰面砖，此方法增加了墙体自重和造价，但作为有较高装饰要求的建筑还是可取的。二是在保护层外边喷涂高弹性、耐候性好的外墙涂料，由于这种涂料既有较好的弹塑性和防水性能，又有较好的防裂和耐候性能，可对保护层和保温层起到了保护作用。

综上所述，只要解决好以上三方面的外保温技术关键，精心设计、精心施工，就可以达到良好的效果。甘肃省建筑科学研究院的两栋试点住宅楼，已历经 6 年，1998 年经有关专家鉴定认为是目前岩棉保温工程试点面积最大，考验时间最长，实际效果最好的范例，达到了国内领先水平。

2. 北京市西坝河中里 18 号楼保温改造工程

西坝河中里 18 号楼保温改造工程，采用北京市住宅建设集团总公司研究开发的装配式龙骨薄板外墙外保温技术。该工程是已建成的六层全装配式大板宿舍楼，层高 2.9m，山墙高 10.2m，建筑物总高 17.4m。

（1）改造方案：采用装配式龙骨薄板对外墙做保温隔热改造。

主要材料性能及规格，见表 1－8～表 1－11。面板尺寸：2400mm × 1200mm，板缝之间留 10mm 宽缝，缝内填弹性密封膏。三、四层间留一道膨胀缝。

表 1－8　　龙骨主件规格

名　称	宽龙骨	窄龙骨	角龙骨	专用支座
简　图				
断面/mm	60 × 35	40 × 35	40 × 40	50 × 40
长度/m	2.9；2.245	2.9	2.9；2.5；0.857	0.04
用途	横竖主龙骨	伸缩缝龙骨	周边、窗口龙骨	龙骨与墙面联结

注：龙骨表面镀锌；长度中用“；”为分组号。

表 1－9　　龙骨附件规格

名称	膨胀螺栓	双头螺柱螺母	开槽沉头螺钉螺母	自攻螺钉
规格/mm	M6	M5 × 80	M5 × 50，M5 × 20	M3.5 × 25，M3.5 × 40
用途	固定专用支座	联结龙骨和专用支座	联结窄龙骨、角龙骨和专用支座	固定薄板
表面处理	镀　锌			阳极电氧化或镀锌

表 1－10　　薄板规格

名　称		西山墙	东山墙
		纤维增强硅酸钙板	水泥加压平板
厚度/mm	首层	8	7
	2～6 层	6	6
密度/kg·m^{-3}		1200	1600
吸水率（%）		25.62	23

表 1－11　　保温材料规格

名　　称	西山墙	东山墙
	自熄型发泡聚乙烯板	玻璃棉毡
厚度/mm	50	50
密度/kg·m^{-3}	16	16
吸水率（%）	0.042	0.053
生产厂家	北京华都聚氨酯总公司	北京依索维尔玻璃棉有限公司

其他材料：嵌缝膏采用建筑防水密封膏，其最大伸长率不大于 150%。伸缩缝内填 ϕ30 发泡聚乙烯圆棒。墙面涂料采用巴氏二合一墙面防水涂料。

（2）施工方法

1）施工工艺流程。采用装配式龙骨薄板外墙外保温隔热改造工程的施工工艺流程如下：

基面准备→弹线→专用支座定位→安装龙骨→调整平面→填保温材料→填塞发泡聚乙烯圆棒→安装薄板→面层防水处理及饰面。

2）施工要点。施工要点详见本手册第六篇二章六节。

（3）改造效果：经北京市建设工程质量检测中心检测，保温改造前后山墙的主体传热系数分别为

保温改造前：$K=1.37$W/（m^2.K）

保温改造后：$K=0.74$W/（m^2·K）

实测结果表明：该试点工程外窗传热系数 $K_{外窗}\leqslant 4.00$W/（m^2·K）时，能满足节能 50%的要求。

（4）工程工料费分析：该工程的工料费分析，见表 1－12。

采用装配式龙骨薄板外墙外保温施工技术，使总的保温改造工程的工料费降低 10%以下。

综上所述，采用装配式龙骨薄板外墙外保温改造可获得较好的保温节能效果，具有良好的推广前景。

表 1－12 工程工料费

项目		单价	每平方米外墙用量	费用/元·m^{-2}
材料费	龙骨	6.5 元/m	2.75m	17.87
	支座	1.5 元/个	7 个	10.50
	紧固件	—	—	3.00
	聚苯板	210/m^3	0.058m^3	12.29
	硅酸钙板	20.2/元/m^2	1.1m^2	22.15
	涂料	—	—	11.76
	密封膏	13 元/kg	0.15kg	1.95
人工费		50 元/工	0.73 工	36.64
工料费合计		—	—	116.16

第二章　夏热冬冷地区居住建筑节能设计

第一节　概　　述

1. 夏热冬冷地区区域范围　夏热冬冷地区是指长江中下游及周围地区。该地区的范围大致为陇海线以南，南岭以北，四川盆地以东，包括上海、重庆二直辖市，湖北、湖南、江西、安徽、浙江五省全部，四川、贵州二省东半部，江苏、河南二省南半部，福建省北半部，陕西、甘肃二省南部，广东、广西二省区北端，涉及16个省、市、自治区。该地区面积约180万平方公里，人口5.5亿左右，国内生产总值约占全国的48%，是一个人口密集、经济发达地区。夏热冬冷地区区域范围详见附录A表A.3。

2. 夏热冬冷地区建筑热环境与节能特点该地区夏季气候炎热，酷暑时间长，冬季寒冷，室内无采暖设备，热环境恶劣。

该地区过去不采暖、不使用空调，居住建筑设计对保温隔热问题不够重视，围护结构的热工性能普遍很差。电暖气和暖风机等主要采暖设备能效比很低，电能浪费很大。节约能源，保护环境，改善居住建筑环境，提高采暖和空调的能源利用效率以成为迫切任务。

建设部《建筑节能“九五”计划和2010年规划》、《建筑节能技术政策》规定：“夏热冬冷地区新建民用建筑2000年起开始执行建筑热环境及节能标准”。2001年建设部正式颁布《夏热冬冷地区建筑节能设计标准》（JGJ134—2001），对夏热冬冷地区居住建筑从建筑、热工和暖通空调设计方面提出节能措施，对采暖和空调能耗规定控制指标。为保证室内热环境质量，提高人民的居住水平，提高采暖、空调能源利用效率，贯彻执行国家可持续发展战略，实现节能50%的目标具有重要意义。

3. 夏热冬冷地区建筑节能降低能耗的途径

1）建筑物环境热舒适性的指标体系。室内热环境质量的指标体系包括温度、湿度、风速，壁面温度等多项指标。对居住建筑起主要作用的是温度指标和换气指标。

舒适性空调建筑是实现建筑室内热舒适性的主要措施之一。舒适性空调建筑是指通过建筑物围护结构良好的热工性能和辅助人工冷源，来抵御自然界各种气候因素对室内环境的作用，调节室内环境的微小气候，建立一种舒适的室内热环境，以满足人们对环境舒适性的需要。

2）建筑节能降低能耗的途径。建筑节能降低能耗的途径主要是两方面，一是提高建筑物空调设备的效益及改进运行管理方式；二是改善建筑围护结构热工性能，增强建筑的自身隔热防热能力，降低夏季热浪对室内环境的影响，减少建筑物的得热量。

通过围护结构传热的得热量约占整个围护结构得热量的 70% ~ 80%，通过门窗缝隙渗透的得热量约占 20% ~ 30%。降低围护结构得热量，对降低维持室内舒适性所需的冷负荷具有重要意义。

3）改善建筑物围护结构热工特性。主要是通过增大外墙体热阻，使窗户具有较好的朝向，合适的窗墙比以及提高屋面保温隔热能力等途径。新型墙体材料具有较大的热阻，应为首选建筑节能墙体。

第二节　室内热环境和建筑节能设计指标

1. 冬季采暖室内热环境设计指标　冬季采暖室内热环境设计指标，应符合下列要求：

1）卧室、起居室室内设计温度 16 ~ 18℃。

2）换气次数 1.0 次/h。

2. 夏季空调室内热环境设计指标　夏季空调室内热环境设计指标，应符合下列要求：

1）卧室、起居室室内设计温度 26 ~ 28℃。

2）换气次数 1.0 次/h。

居室温度夏季控制在 26 ~ 28℃，冬季控制在 16 ~ 18℃，和该地区原来恶劣的室内热环境相比基本达到热舒适水平。

冬、夏季室外的新鲜空气进入室内是确保卫生条件的重要要求，因而，换气次数是实现室内热舒适性的重要设计指标。参考国内外有关标准，住宅建筑层高 2.5m 以上，按人均居住面积 $15m^2$ 计算，1h 换气 1 次，人均占有新风 $37.5m^3$ 已接近二级客房水平。

室内热环境主要设计指标中未明确规定相对湿度设计指标，这是因为夏季室内温度定得比较低，空调机运行时间较长，在空调机运行状态下，室内潮湿感觉不明显，故未作明确规定。

3. 采暖空调能耗应节约 50% 目标居住建筑通过采用增强建筑围护结构保温隔热性能和提高采暖、空调设备能效比的节能措施，在保证相同的室内环境指标的前提下，与未采取节能措施相比，采暖、空调能耗应节约 50%。

该项节能指标是按该地区居住建筑传统的建筑围护结构，在保证主要居室冬天为 18℃、夏天为 26℃的条件下，冬天用能效比为 1 的电暖器采暖，夏天用额定制冷工况时的能效比为 2.2 的空调降温，计算出一个全年采暖、空调能耗，将这个采暖、空调能耗作为基础耗能。在这个基础上确定居住建筑全年采暖、空调能耗降低 50% 的节能目标，再按这一节能目标对建筑、热工、采暖和空调设计提出节能的要求。

各地应根据当地实际情况，采取经济合理的技术措施，在保证达到节能目标的同时，尽可能降低建筑造价。节能 50% 住宅的节能投资增长率一般可控制在 10% 左右。

第三节　建筑和建筑热工节能设计

夏热冬冷地区居住建筑节能设计可参照第 2 章和本章的有关内容，以下仅对相关要点的设计规定加以说明。

1. 建筑群的规划布置、建筑物的平面布置应有利于自然通风　组织好建筑物室内外春秋季和夏季凉爽时间的自然通风，不仅有利于改善室内的热舒适度，而且可减少开空调的时间，有利于降低建筑物的实际使用能耗。因此，在建筑设计和群体总平面布置时，考虑自然通风是十分必要的。

有利于自然通风的建筑规划布置与建筑平面布置方法，详见第三篇和第四篇三章。

2. 建筑物的朝向宜采用南北向或接近南北向太阳辐射得热对建筑能耗的影响很大，夏季太阳辐射得热增加制冷负荷，冬季太阳辐射得热降低采暖负荷。由于太阳高度角和方位角的变化规律，南北朝向的建筑夏季可以减少太阳辐射得热，冬季可以增加太阳辐射得热，是最有利的建筑朝向。但由于建筑物的朝向还要受到许多其他因素的制约，不可能都作到南北朝向。

3. 条式建筑物的体形系数不应超过 0.35，点式建筑物的体形系数不应超过 0.40。建筑物体形系数是指建筑物的外表面积和外表面积所包的体积之比。

体形系数的大小对建筑能耗的影响非常显著。体形系数越小，单位建筑面积对应的外表面积越小，外围护结构的传热损失越小。从降低建筑能耗的角度出发，应该将体形系数控制在一个较低的水平上。

但是，体形系数不只是影响外围护结构的传热损失，它还与建筑造型，平面布局，采光通风等紧密相关。体形系数过小，将制约建筑师的创造性，造成建筑造型呆板，平面布局困难，甚至损害建筑功能。因此，权衡利弊，兼顾不同类型的建筑造型，将条式建筑的体形系数定在 0.35，点式建筑定在 0.40。超过规定的体形系数时，则要求提高建筑围护结构的保温隔热性能，并按照有关标准的规定计算建筑物的节能综合指标，审查建筑物的采暖和空调年耗电量是否能控制在规定的范围内，确保实现节能 50% 的目标。

4. 外窗（包括阳台门的透明部分）的面积不应过大不同朝向、不同窗墙面积比的外窗，其传热系数应符合表 2－1 的规定。

表 2－1 对外窗的传热系数、窗户的遮阳、太阳辐射透过率作严格的限制，是夏热冬冷地区建筑节能设计的特点之一。在放宽窗墙面积比限值的情况下，必须提高对外窗热工性能的要求，才能真正做到住宅的节能。技术经济分析也表明，提高外窗热工性能，所需资金不多，每平方米建筑面积约 10 ~ 20 元，比提高外墙热工性能的资金效益高 3 倍以上。同时，放宽窗墙面积比，提高外窗热工性能，给建筑师和开发商提供了更大的灵活性，以满足人们对提高居住建筑水平的要求。

5. 多层住宅外窗宜采用平开窗，外窗宜设置活动外遮阳　平开窗的开启面积大，有利于自然通风。同时为了保证采暖、空调时住宅的换气次数得以控制，要求窗户及阳台门具有良好的气密性，一般而言平开窗的气密性比推拉窗好。

夏季透过窗户进入室内的太阳辐射热构成了空调负荷的主要部分，设置外遮阳是减少太阳辐射热进入室内的一个有效措施。冬季透过窗户进入室内的太阳辐射热可以减小采暖负荷，所以设置活动式外遮阳是比较合理的。

常用遮阳设施的太阳辐射热透过率可参见表 2－2。

表 2－1　不同朝向、不同窗墙面积比的外窗传热系数

朝　向	窗外环境条件	外窗的传热系数 K/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$				
		窗墙面积比 ≤0.25	窗墙面积比 2>0.25 且≤0.30	窗墙面积比 > 0.3 且≤0.35	窗墙面积比 >0.35 且≤0.45	窗墙面积比 >0.45 且≤0.50
北（偏东 60°到偏西 60°范围	冬季最冷月室外平均气温 >5℃	4.7	4.7	3.2	2.5	—
	冬季最冷月室外平均气温 ≤5℃	4.7	3.2	3.2	3.5	—
东、西（东或西偏北 30°到偏南 60°范围）	无外遮阳措施	4.7	3.2	—	—	—
	有外遮阳（其太阳辐射透过率≤20%）	4.7	3.2	3.2	3.5	3.5
南（偏东 30°到偏西 30°范围）		4.7	4.7	3.2	2.5	2.5

表 2－2　常用遮阳设施的太阳辐射热透过率（%）

外窗类型	窗帘内遮阳		活动外遮阳	
	浅色较紧密织物	浅色紧密织物	铝制百叶卷帘（浅色）	金属或木制百叶卷帘（浅色）
单层普通玻璃窗 3～6mm 厚玻璃	45	35	9	12
单框双层普通玻璃窗				
3mm＋3mm 厚玻璃	42	35	9	13
6mm＋6mm 厚玻璃	42	35	13	15

6. 建筑物的气密性　建筑物 1～6 层的外窗及阳台门的气密性等级，不应低于现行国家标准《建筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》（GB37107—2002）规定的Ⅲ级；7 层及 7 层以上的外窗及阳台门的气密性等级，不应低于该标准规定的Ⅱ级。

为了保证采暖、空调时住宅的换气次数得以控制，要求外窗及阳台门具有良好的气密性。现行国家标准《建筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》（GB7107—2002）规定的Ⅲ级所对应的空气渗透数据是：在 10Pa 压差下，每小时每米缝隙的空气渗透量在 1.5～2.5m^3 之间；Ⅱ级所对应的空气渗透

数据是：在 10Pa 压差下，每小时每米缝隙的空气渗透量在 0.5～1.5m³ 之间。

普通窗户（包括阳台门的透明部分）的保温隔热性能比外墙差很多，夏季白天通过窗户进入室内的太阳辐射热也比外墙多得多，窗墙面积比越大，则采暖和空调的能耗也越大。因此，从节能的角度出发，必须限制窗墙面积比。在一般情况下，应以满足室内采光要求作为窗墙面积比的确定原则，表 2－1 中规定的数值能满足较大进深房间的采光要求。

在北方地区《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JCJ26—1995）规定北向窗墙比不大于 0.25，南向不大于 0.35。但在夏热冬冷地区人们无论是过渡季节还是冬、夏两季普遍有开窗通风的习惯。一是自然通风改善了室内空气质量；二是夏季在两个连晴高温期间的阴雨降温过程或降雨后连晴高温开始升温过程的夜间，室外气候凉爽宜人，加强房间通风能带走室内余热和积蓄冷量，可以减小空调运行时的能耗。这都需要较大的开窗面积。此外，南窗大有利于冬季日照，可以通过窗口直接获得太阳辐射热。参考近年小康住宅小区的调查情况和重庆、江苏、上海等地方标准的规定，窗墙面积比一般宜控制在 0.35 以内，如窗的热工性能好，窗墙面积比可适当提高。这样也给建筑设计以更大的灵活性。考虑到上海、南京、合肥、武汉等地冬季一般室外平均风速都大于 2，5m/s，西部重庆、成都地区冬夏季室外平均风速一般在 1.5m/s 左右，且西部冬季室外气温比上海、南京、合肥、武汉等地偏高 3～7℃，因此，北向将窗墙面积比分为两个等级见表 2－1。且东、中部地区北向窗墙面积比规定为不超过 0.25；西部地区和西南部地区由于室外风速小，尤其是夜间静风率高，如果南北向窗墙面积比相差过大，则不利于夏季穿堂风的形成。另外窗口面积过小，容易造成室内采光不足，像西南地区冬季平均日照率小于等于 25%，全年阴雨天很多，在纬度低的这一地区增大南窗的冬季太阳辐射所提供的热量对室内采暖的作用有限，而且经过 DOE—2 程序计算和工程实测，由于冬季北向季风小，单位面积的北窗热损失并不明显大于南窗。另外，窗口面积太小，所增加的室内照明用电能耗，将超过节约的采暖能耗。因此，西部和西南地区在进行围护结构节能设计时，不宜过分依靠减少窗墙面积比，应重点是提高窗的热工性能。

太阳辐射通过窗户直接进入室内的热量是造成夏季室内过热的主要原因。日本、美国、欧洲以及我国香港地区都把提高窗的热工性能和遮阳控制作为夏季防热、降低住宅空调负荷的重点，普遍在居住建筑窗外安装有遮阳

设施。因此，应该把窗的遮阳作为夏季节能的一个重点措施。

7. 围护结构各部分的传热系数和热惰性指标应符合表 2－15 的规定　其中，外墙的传热系数应考虑结构性冷桥的影响，取平均传热系数，其计算方法应符合本手册附录 A 表 A.5 及第 4 篇 4 章 1 节的规定。

表 2－3　　围护结构各部分的传热系数 K 和热惰性指标 D　[单位：W/（m^2·K）]

屋顶	外墙	外窗（含阳台门进明部分）	分户墙和楼板	底部自然通风的架空楼板	户门
$K\leqslant1.0$ $D\geqslant3.0$	$K\leqslant1.5$ $D\geqslant3.0$	按表 8－13 的规定	$K\leqslant2.0$	$K\leqslant1.5$	$K\leqslant3.0$
$K\leqslant0.8$ $D\geqslant2.5$	$K\leqslant1.0$ $D\geqslant2.5$				

注：当屋顶和外墙的 K 值满足要求，但 D 值不满足要求时，应按照《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）第 5.1.1 条验算隔热设计要求。

对一般的居住建筑，体形系数符合九篇二章三节第 3 条规定，当窗墙比和外窗的热工性能满足表 2－1 的规定，墙和屋顶等的热工性能满足表 2－3 的规定时，编制标准过程中大量的动态计算结果表明，此类居住建筑采暖、空调年耗电量能满足节能 50%的要求，对这些建筑无需再用动态方法进行计算。

当外墙和屋顶采用含有轻质的绝热材料的复合结构时，会出现热情性指标值很低的情况。这样，在夏季不开启空调机的自然通风条件下，屋顶和外墙的内表面最高计算温度有可能高于《民用建筑热工设计规范》（GB.50176—1993）的规定。为了避免出现这种情况，并提高采暖和空调时室内温度的稳定性，在表 2－3 中，根据不同的传热系数，规定屋顶和外墙的热惰性指标不应低于 3.0 和 2.5。

但不是所有采用含有轻质绝热材料的复合结构的外墙和屋顶都能满足热惰性指标值高于 2.5 的要求，出现这种情况时，屋顶和外墙的内表面温度应按照《民用建筑热工设计规范》（GBS0176—1993）的规定核算。《民用建筑热工设计规范》中屋顶和外墙的内表面温度的规定是最低要求，各地可以根据实际情况适当提高要求。

表 2－13 中外窗的传热系数限值按照表 2－13 的规定取值，即根据不同的朝向和窗墙比，确定不同的传热系数限值。

单框单玻璃 PVC 塑料窗的传热系数可满足表 2－13 规定的 4.7W/（m^2·K）。

单框（PVC 塑料和断热铝合金等）双玻璃窗的传热系数可满足表 2－1 规定的 3.2W/（m^2·K）。使用双玻璃窗是一种发展的方向，是夏热冬冷地区节能居住建筑兼顾通透明亮和节能，放宽窗墙面积比，提高外窗热工性能的主要技术途径。

规定屋顶和外墙的热惰性指标不小于 3.0 或 2.5 是考虑了夏热冬冷地区的特点。这一地区夏季外围护结构严重地受到不稳定温度波作用，例如，夏季实测屋面外表面最高温度，南京可达 62℃，武汉 64℃，重庆 61℃以上，西墙外表面温度，南京可达 51℃，武汉 55℃，重庆 56℃以上，夜间围护结构外表面温度可降至 25℃以下。对处于这种温度波幅很大的非稳态传热条件下的建筑围护结构来说，只采用传热系数这个指标不能全面地评价围护结构的热工性能。传热系数只是描述围护结构传热能力的一个性能参数，是在稳态传热条件下建筑围护结构的评价指标。在非稳态传热的条件下，围护结构的热工性能除了和传热系数这个参数之外，还应该用抵抗温度波和热流波在建筑围护结构小传播能力的热惰性指标 D 来评价。

本节规定 D 不小于 3.0 或 2.5 是因为目前围护结构采用轻质材料越来越普遍。当采用轻质材料时，虽然其传热系数满足标准的规定值，但热惰性指标 D 可能达不到标准的要求，从而导致围护结构内表面温度波幅过大。

8. 围护结构的外表面宜采用浅色饰面材料　采用浅色饰面材料的围护结构外墙面，在夏季有太阳直射时，能反射较多的太阳辐射热，从而能降低空调时的得热量和自然通风时的内表面温度，当太阳直射时，它又能把围护结构内部在白天所积蓄的太阳辐射热较快地向外天空辐射出去，因此，无论是对降低空调耗电量还是对改善无空调时的室内热环境都有重要意义。但是采用浅色饰面外表面建筑物的采暖耗电量会有所增加，而夏热冬冷地区冬季的日照率普遍较低，突出矛盾仍是夏季，所以采用浅色饰面材料还是有意义的。

平屋顶的日照时间最长，太阳辐射照度最大，由屋顶传给屋内的热量最多，是建筑物夏季的最不利朝向。绿化屋顶是解决屋顶隔热问题非常有效的方法，它的内表面温度低且昼夜稳定。当然绿化屋顶在结构设计上要采取一些特别的措施。

第四节　建筑物的节能综合指标

1. 建筑物的节能综合指标　本处采用建筑物耗冷量、耗热量、空调全年用电量以及采暖全年用电量作为建筑物的综合指标。

（1）建筑物耗冷量指标：

建筑物耗冷量指标是指按照夏季室内热环境设计标准和设定的计算条件，计算出的单位建筑面积在单位时间内消耗的由空调设备提供的冷量。建筑物耗冷量指标用符号 q_c 表示，单位为 W/m^2。

如果用稳态的方法计算，q_c 是一个固定的值。本标准采用的是动态计算方法，所以，不同时间的建筑物耗冷量指标是变化的。为了使用上的方便，这里的建筑物耗冷量指标是将建筑物在一年中最热月份的耗冷量（kW·h）除以该月的小时数和建筑面积所获得的值。在实际使用中，这个指标主要用来衡量建筑围护结构热工性能的优劣。将建筑耗冷量指标乘以一个月的小时数和建筑面积，再除以所用空调设备的最热月平均能效比，就可以得出该建筑物最热月份的空调耗电量。

（2）建筑物耗热量指标：建筑物耗热量指标是指按照冬季室内热环境设计标准和设定的计算条件，计算出的单位建筑面积在单位时间内消耗的需要由采暖设备提供的热量。建筑物耗热量指标用符号 q_h 表示，单位为 W/m^2。

与上述建筑物耗冷量指标一样，由于采用了动态计算方法，不同时间的建筑物耗热量指标 q_h 也是变化的。这里的建筑物耗热量指标是将建筑物在一年中最冷月份的耗热量（kW·h）除以该月的小时数和建筑面积所获得的值。在实际使用中，这个指标主要用来衡量建筑围护结构热工性能的优劣。将建筑耗热量指标乘以一个月的小时数和建筑面积，再除以所用采暖设备的最冷月平均能效比，就可以得出该建筑物最冷月的采暖耗电量（$kW·h/m^2$）。

（3）建筑物空调全年用电量指标：空调年耗电量是指按照夏季室内热环境设计标准和设定的计算条件，计算出的单位建筑面积空调设备每年所要消耗的电能。

为了将夏季卧室和起居室的空气温度控制在设计指标 26℃并保持每小时一次的通风换气量，空调设备或系统要消耗一定量的电能，将空调设备或系

统消耗的电量除以建筑面积，就得到空调年耗电量 E_c，E_c 的单位 kW·h/m²。

（4）建筑物采暖全年用电量指标：建筑物采暖全年用电量简称采暖年耗电量，是指按照冬季室内热环境设计标准和设定的计算条件，计算出的单位建筑面积采暖设备每年消耗的电能。

为了将冬季卧室和起居室的温度控制在设计指标 18℃并保持每小时一次的通风换气量，采暖设备或系统要消耗一定量的电能，将采暖设备或系统消耗的电量除以建筑面积，就得到采暖年耗电量 E_h，E_h 的单位 kW·h/m²。

（5）夏热冬冷建筑物节能综合指标的分析：建筑物的耗热量、耗冷量指标综合反映了建筑设计和围护结构热工性能的优劣，因此是节能建筑的重要控制指标。

围护结构热工性能好的居住建筑，在不配备采暖、空调设备的条件下，冬夏季的室内温度情况也要比一般居住建筑好。

建筑节能除了改善建筑围护结构的热工性能之外，提高空调、采暖设备的效率也是一个很重要的方面。

夏热冬冷地区冬季室内外温差比北方严寒和寒冷地区小得多，改善建筑围护结构的热工性能所发挥的节能作用不如严寒和寒冷地区大，因此提高空调、采暖设备的效率显得更加重要。

按照设定的计算条件，在计算出来全年采暖和空调所节约的 50%能耗中，建筑围护结构的贡献略低于 25%，采暖空调系统略高于 25%。因此要控制空调和采暖年耗电量，真正达到节能 50%的目的，必须使用高效率的空调和采暖设备或系统。

在此没有明确划定采暖期和空调期，而是用空调和采暖年耗电量作为控制指标，主要原因是夏热冬冷地区的居住建筑目前极少配备集中供热和供冷系统，降温和采暖基本上是居民的个人行为，春秋两季，气温突降或骤升时，不论是否已到了所谓的采暖期或空调期，居民都有可能开启冷暖型空调器采暖或降温。

空调、采暖设备的运行时间很集中，用电的峰值负荷对电网的压力很大，除了耗电量之外，空调、采暖的用电负荷也是一个重要指标，设计时应予以足够的重视。

2. 建筑物节能综合指标的计算条件　为了在不同的建筑之间建立起一个公平合理的可比性，并符合建筑物的节能综合指标，特意规定了计算的条

件。

1）居室室内计算温度，冬季全天为 18℃；夏季全天为 26℃。

2）室外气象计算参数采用典型气象年的参数。

3）采暖和空调时，换气次数为 1.0 次/h。

4）采暖、空调设备为家用气源热泵空调器，空调额定能效比取 2.3，采暖额定能效比取 1.9。

5）室内照明得热为 0.0141kW·h/（m^2·d）。室内其他得热平均强度为 4.3W/m^2。

6）建筑面积和体积应按附录 A 表 A.6 计算。

计算时取卧室和起居室室内温度，冬季全天为 18℃，夏季全天为 26℃，换气次数为 1.0 次/h。其他房间不控温。

采暖设备的额定能效比取 1.9，主要是考虑冬季采暖设备部分使用家用冷暖型（风冷热泵）空调器，部分仍使用电热型采暖器；空调设备额定能效比取 2.3，主要是考虑家用空调器国家标准规定的最低能效比。

在计算中取比较低的设备额定能效比，有利于突出建筑围护结构在建筑节能中的作用。由于夏热冬冷地区室内采暖、空调设备的配置是居民个人的行为，实际上能控制的主要是建筑围护结构，所以，在计算中适当降低设备的额定能效比对居住建筑实际达到节能 50%的目标是有利的。

居住建筑的内部得热在冬季可以减小采暖负荷，在夏季则增大空调负荷。在计算时将内部得热分为照明和其他（人员、家电、炊事等）两类来考虑。对人员、炊事和家电得热还分别考虑采暖空调和非采暖空调房间的情况。

室内得热的多少随机性很强，为了使不同的建筑之间具有可比性，在计算中取定值，这与实际情况是有出入的。

在计算中室内照明得热按 0.0141kW·h/（m^2·d）取值。

室内人员、炊事和视听设备等的其他得热，分为显热和潜热两部分。对卧室和起居室，显热按每天 4.33kW·h，潜热按每天 1.69kW·h 取值。对厨房和卫生间，显热按每天 2.9kW·h，潜热按每天 1.76kW·h 取值。

这组数据大致反映了 80m^2 三口之家的一般情况，折合到每小时的平均值约为 4.3W/m^2。

3. 建筑物节能综合指标动态计算方法

（1）选择动态计算方法的原因：由于夏热冬冷地区的气候特性，室内外温差比较小，一天之内温度波动对围护结构传热的影响比较大，尤其是夏季白天室外气温很高，又有很强的太阳辐射，热量通过围护结构从室外传入室内。夜里室外温度下降比室内温度快，热量有可能通过围护结构从室内传向室外。由于这个原因，为了比较准确地计算采暖、空调负荷，并与现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》（GBJ19—1987）保持一致，需要采用动态计算方法。

（2）常用的动态计算方法：暖通空调设计手册里的冷负荷 Q 计算方法就是一种常用的计算方法。

1）温—湿频数（BIN）法。当室内温度设定在 t_n 值时，在任意室外温度 t_{wx} 时，由室内外温差引起的负荷通用计算公式为

$$Q_x = q\ (t_n - t_{wx}) \tag{2-1}$$

式中　Q_x—在任意室外温度 t_{wx} 时的负荷（kW）；

q—室内外温差为 1℃时的负荷（kW/℃）。

运行期间冷负荷总累计值，可按下式计算：

$$Q = \sum_{x=1}^{m} Q_x N_x = q \sum_{x=1}^{m} (t_n - t_{wx})\ N_x \tag{2-2}$$

式中　Q—运行期间的冷负荷总累计值（kW·h）；

N_x—t_{wx} 温度出现的累计小时数（h）；

m—在 t_{wx} 变化范围内，每 1℃间隔的分组数。

2）当量峰值小时数法。把峰值与非峰值条件下的全部负荷折算为相当于峰值负荷出现 τ 小时造成的负荷的计算方法。这是仅适用于由室内外温差引起负荷的一种简易计算运行期间冷负荷总累计值的方法。计算通式为

$$Q = Q_y \tau \tag{2-3}$$

式中　Q—运行期间冷负荷总累计值（kW·h）；

Q_v—空调室外设计条件时的负荷，即峰值负荷（kW）；

τ—当量峰值小时数（h），对应不同类型的负荷，有当量干球湿度峰值小时数 τ_g 和当量湿球湿度峰值小时数 τ_s 之分。

3）供热燃料消耗量计算。冬日供热用燃料消耗量习惯使用度日（DD）法，其计算公式为

$$Q_t = \frac{3600 \times 24 q_L \times DD \times C_D}{\Delta t_d \times \eta \times h_t} \tag{2-4}$$

式中　Q_t—燃料消耗量，（L/季）或（m^3/季）；

q_L—建筑物总设计热负荷（kW）；

DD—室温以 18℃为基准的度日数；

C_D—修正系数，考虑间歇供暖对连续供暖的修正，见表 2－4；

Δta—室内外设计温差（℃）；

η—部分负荷特性，考虑了锅炉采用节能设备等措榷后的供暖期平均锅炉效率，我国锅炉运行效率应达到 0.68；

h_t—燃烧的发热量（kJ/m^3）

表 2－4　　修正系数 C_D

DD（℃·d）	1000	2000	3000	4000
C_D	0.76±0.3	0.67±0.26	0.6±0.25	0.62±0.25

注：本表摘自 ASHRAE Handbook，1980。

（3）反应系数计算方法：《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ134—2001）采用了反应系数计算方法，并采用美国劳伦斯伯克力国家试验室开发的 DOE—2 软件作为计算工具。

1）反应系数的基本原理。DOE—2 用反应系数法来计算建筑围护结构的传热量。反应系数法是先计算围护结构内外表面温度和热流对一个单位三角波温度扰量的反应，计算出围护结构的吸热、放热和传热反应系数，然后将任意变化的室外温度分解成一个个可迭加的三角波。利用导热微分方程可迭加的性质，将围护结构对每一个温度三角波的反应迭加起来，得到任意一个时刻围护结构表面的温度和热流。反应系数的基本原理用图 2－1 的板壁的反应系数予以说明。

图 2－1 中当室内温度恒为零，室外侧有一个单位等腰三角波形温度扰量作用时，从作用时刻算起，单位面积壁体外表面逐时所吸收的热量，称为壁体外表面的吸热反应系数，用符号 X（j）表示；通过单位面积壁体逐时传入室内的热量，称为壁体传热反应系数，用符号 Y（j）表示；与上述情况相反，当室外温度恒为零，室内侧有一个单位等腰三角波形温度扰量作用时，从作用时刻算起，单位面积壁体内表面逐时所吸收的热量，称为壁体内表面的吸热反应系数，用符号 Z（j）表示；通过单位面积壁体逐时传至室外的热量，仍称为壁体传热反应系数，数值与前一种情况相等，固仍用符号

Y（j）表示。

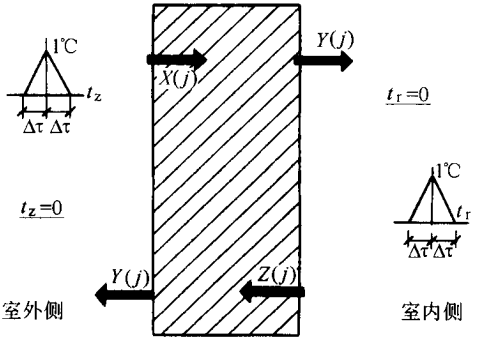


图 2－1　板壁的反应系数

传热反应系数和内外壁面的吸热反应系数的单位均为 W/（m^2·K）。符号括号中的 $j=0$，1，2…，表示单位扰量作用时刻以后的 $j\Delta\tau$ 小时。一般情况 $\Delta\tau$ 均取 1h，所以 X（5）就表示单位扰量作用时刻以后 5h 的外壁面吸热反应系数。

2）反应系数的计算。反应系数的计算可以参考专门的资料或使用专门的计算机程序进行。

3）围护结构传热量计算。有了反应系数后就可以利用下式计算第 n 个时刻，室内从室外通过板壁围护结构的传热得热量 HG（n）。

$$HG(n)=\sum_{j=0}^{m}Y(j)\,t_z(n-j)-\sum_{j=0}^{\infty}Z(j)\,t_r(n-j) \qquad (2-5)$$

式中，t_z（$n-j$）是第 $n-j$ 时刻室外综合温度；t_r（$n-j$）是第一个 $n-j$ 时刻室内温度。

当室内温度 t_r 不变时，此式还可以简化成

$$HG(n)=\sum_{j=0}^{\infty}Y(j)\,t_z(n-j)-Kt_r \qquad (2-6)$$

式中 K—板壁的传热系数。

4）DOE—2 软件的应用。DOE—2 软件可以模拟建筑物采暖、空调的热过程。用户可以输入建筑物的几何形状和尺寸，可以输入建筑围护结构的细节，可以输入室内人员、电器、炊事、照明等的作息时间，可以输入一年 8760h 的气象数据，可以选择空调系统的类型和容量等参数。DOE—2 根据用户输入的数据进行计算，计算结果以各种各样的报告形式提供。

4. 建筑物节能综合指标的限值

1）计算出的每栋建筑的采暖年耗电量和空调年耗电量之和，不应超过表 2－5 按采暖度日数列出的采暖年耗电量和按空调度日数列出的空调年耗电量限值之和。

表 2－5　建筑物节能综合指标的限值

*HDD*18/C·d	耗热量指标 q_h/W·m^{-2}	采暖年耗电量 E_h/kW·h·m^{-2}	*CDD*26/℃·d	耗冷量指标 q_c/W·m^{-2}	空调年耗电量 E_c/kW·h·m^{-2}
800	10.1	11.1	25	18.4	13.7
900	10.9	13.4	50	19.9	15.6
1000	11.7	15.6	75	21.3	17.4
1100	12.5	17.8	100	22.8	19.3
1200	13.4	20.1	125	24.3	21.2
1300	14.2	22.3	150	25.8	23.0
1400	15.0	24.5	175	27.3	24.9
1500	15.8	26.7	200	28.8	26.8
1600	16.6	29.0	225	30.3	28.6
1700	17.5	31.2	250	31.8	30.5
1800	18.3	33.4	275	33.3	32.4
1900	19.1	35.7	300	34.8	34.2
2000	19.9	37.9	—	—	—
2100	20.7	40.1	—	—	—
2200	21.6	42.4	—	—	—
2300	22.4	44.6	—	—	—
2400	23.2	46.8	—	—	—
2500	24.0	49.0	—	—	—

2）表 2－5 的依据。表 2－5 中所列的数据就是用 DOE—2 计算出来的，计算中严格按照 8.2.4 节规定的计算条件。计算所依据的建筑模型是两个比较典型的六层建筑，这两栋建筑的建筑面积各 2200m^2 左右，体形系数 0.31 和 0.35，南北朝向，每层两个单元四户，每户建筑面积稍小于 100m^2，分为 2～3 间卧室，1 间起居室，1 间厨房，1～2 间卫生间。卧室和起居室控制温度和换气次数，卫生间和厨房不控温。东西山墙上不开窗、南北墙上的窗户上都有水平遮阳。外墙的传热系数为 1.54W/（m^2·K），屋顶的传热系数为 0.93W/（m^2，K），窗户的传热系数为 3.1W/（m^2·K）。将这两栋典型建筑在夏热冬冷地区的合肥、南京、上海、杭州、武汉、长沙、南昌、成都、重庆 9 个大城市的逐时气象条件下计算，把计算出来的一些结果按采暖度日数 *HDD*18 和空调度日数 *CDD*26 回归，得到与 *HDD*18（CDD26）相对应的建筑物耗热量（耗冷量）指标和采暖（空调）年耗电量关系式。根据回归得到的关系式计算出了表 2－5 中所列的数据。

3）表 2－5 的使用方法说明。使用表 2－5 时，应注意以下几点：

①表 2－5 中所列的建筑物耗热量（耗冷量）指标和采暖（空调）年耗电量，是对应若干个采暖度日数 *HDD*18 和空调度日数 *CDD*26 的数据。当计算的建筑所在地的采暖度日数 *HDD*18 和空调度日数 *CDD*26 不与表中所列数据相同时，应用线性内插法确定建筑物耗热量（耗冷量）指标和采暖（空调）年耗电量的限值。

②计算得到的建筑物的采暖年耗电量或空调年耗电量，各自分别可超过限值，但两者之和不应超过两个限值之和。

③DOE－2 的计算是逐时动态的，所以建筑物耗冷量指标、耗热量指标都不是一个固定的数值，而是每小时都变化的。为了使用上的方便，表 8－17 中所列的建筑物耗冷量指标 q_c 是将建筑物在一年中最热月份中的（一般是 7 月或 8 月）一个月的耗冷量除以该月的小时数和建筑面积所获得的值。所列的建筑物耗热量指标 q_h 是将建筑物在一年中最冷月份的（一般是 1 月）一个月的耗热量除以该月的小时数和建筑面积所获得的值。计算耗冷量和耗热量指标时所用的建筑面积系指整栋建筑的建筑面积。

④表 2－5 所列的空调年耗电量，不包括气温低而潮湿季节的除湿的耗电量。这是因为除湿与否主要取决于气象条件，与建筑物的设计基本无关，与围护结构热工性能关系也较少。而作为性能指标之一的空调年耗电量指标主要是针对建筑和热工节能设计的综合评价提出的。

5. 夏热冬冷地区主要城市采暖度日数和空调度日数

（1）采暖度日数（*HDD*18）：室外空气温度是随时变化的，每天都有一个不同的日平均温度。一年 365 个日平均温度中，有些高于 18℃，有些低于 18℃。将每一个低于 18℃的日平均温度与 18℃之间的差乘以 1 天，然后累加起来，就得到了以 18℃为基准的采暖度日数 *HDD*18。

一个地方的采暖度日数 *HDD*18 大致反映了该地气候的寒冷程度。《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ134—2001）根据 HDD18 确定当地居住建筑的建筑物耗热量指标 q_h 和采暖年耗电量 E_h。

（2）空调度日数（*CDD*26）：一年 365 个日平均温度中，有些高于 26℃，有些低于 26℃。将每一个高于 26℃的日平均温度与 26℃之间的差乘以 1 天，然后累加起来，就得到了以 26℃为基准的空调度日数 *CDD*26。

一个地方的空调度日数 *CDD*26 大致反映了该地气候的炎热程度。《夏热

冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JCJ134—2001）根据 $CDD26$ 确定当地居住建筑的建筑物耗冷量指标 q_c 和采暖年耗电量 E_c。

（3）夏热冬冷地区主要城市采暖度日数和空调度日数。表 2－6 列出了夏热冬冷地区主要城市的采暖度日数 $HDD18$ 和空调度日数 $CDD26$。

表 2－6　　夏热冬冷地区主要城市采暖度日数和空调度日数

城市名称	东经/（°）	北纬/（°）	$HDD18$	$CDD26$
合　肥	117.23	31.87	1825	116
蚌　埠	117.38	32.95	2064	158
安　庆	117.05	30.53	1730	204
南　京	118.80	32.00	1967	175
上　海	121.43	31.17	1691	164
杭　州	120.17	30.23	1647	196
温　州	120.67	28.00	1226	143
定　海	122.10	30.03	1563	78
武　汉	114.13	30.62	1792	195
恩　施	109.47	30.28	1606	105
长　沙	113.08	28.20	1557	275
常　德	111.68	29.05	1601	181
醴　陵	111.62	26，23	1448	222
南　昌	115.92	28.60	1468	254
景德镇	117.20	29.30	1549	193
赣　州	114.95	25.85	1131	299
成　都	104.02	30.67	1454	27
宜　宾	104.60	28.80	1150	77
南　充	106.10	30.78	1359	152
重　庆	106.48	29.52	1073	241
遵　义	106.88	27.70	1749	20
桂　林	110.30	25.32	1139	182
韶　关	113.58	24.80	835	290

第五节　采暖、空调和通风节能设计

1）居住建筑采暖、空调方式及其设备的选择，应根据当地资源情况，经技术经济分析，及用户对设备运行费用的承担能力综合考虑确定。

夏热冬冷地区冬季湿冷，夏季酷热，随着经济发展，人民生活水平的不断提高，对采暖、空调的需求逐年上升。对于居住建筑选择设计集中采暖、空调系统方式，还是分户采暖、空调方式，应根据当地能源、环保等因素，通过仔细的技术经济分析来确定。同时，该地区居民采暖空调所需设备及运

行费用全部由居民自行支付，因此，还要考虑用户对设备及运行费用的承受能力。对于一些特殊的居住建筑，如幼儿园、养老院等，可根据具体情况设置集中采暖、空调设施。

2）居住建筑当采用集中采暖、空调时，应设计分室（户）温度控制及分户热（冷）量计量设施。

采暖系统其他节能设计应符合现行行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》（JGJ26—1995）中的有关规定。集中空调系统设计应符合现行国家标准《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》(GB50189—1993）中的有关规定。

建设部2000年2月18日颁布了第76号令《民用建筑节能管理规定》，其中第五条规定“新建居住建筑的集中采暖系统应当使用双管系统，推行温度调节和户用热量计量装置，实行供热计量收费”。其中第八条规定：“设计单位应当依据建设单位的委托以及节能的标准和规范进行设计，保证建筑节能设计质量。(一）严寒和寒冷地区设置集中采暖的新建、扩建和改建的居住建筑设计，应当执行中华人民共和国《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分)》。（二）新建、扩建和改建的旅游旅馆的热工与空气调节设计，应当执行中华人民共和国《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》。因此，该地区采用集中采暖、空调方式时，应设置分室（户）温度控制及分户计量设施，其他采暖、空调设计技术规定应执行或参照执行上述标准中有关条款。

3）一般情况下，居住建筑采暖不宜采用直接电热式采暖设备。

当前，夏热冬冷地区居住建筑的采暖、空调方式多为分户形式，即自行购买安装使用采暖器及空调器。由于直接电热的电散热器、电红外线采暖器等类产品价格低廉，使用方便，仍然是居民常选用的采暖设备。这类产品直接用电阻元件发热供暖，能效比不超过1.0，不宜大量使用。近年来市场上出现直接用电进行采暖的电热膜、电热电缆管以及以电锅炉作为供热源的设备，在应用时要做仔细的分析。如果当地对环境要求严格，采用其他采暖方式不能符合环保要求，电资源又较为丰富，电价较低，当地采暖期较短，采暖面积较小或者用于局部采暖；并且建筑的保温及气密性达到或超过节能标准规定值，这意味着采暖负荷低，用户能承担支付采暖的电费，在这种情况下，可以采用这类电热膜、电热电缆管方式采暖。但在应用时还要特别注意

防火要求，不能用于厨房、卫生间等潮湿房间。如果当地电力峰谷差较大，在有条件蓄热时，可采用电锅炉作为供热的设备，以利用夜间低谷电运行电锅炉。但是，在电力供应紧张的地区，室内装修复杂，且有特殊要求的场所，以及有集中供热或有余热资源的地区，不应采用直接电热方式。

4）居住建筑进行夏季空调、冬季采暖时，宜采用电驱动的热泵型空调器（机组）。或燃气（油）、蒸汽或热水驱动的吸收式冷（热）水机组，或采用低温地板辐射采暖方式，或采用燃气（油或其他燃料）的采暖炉采暖等。

要积极推行应用能效比高的电动热泵型空调器，或燃气（油）、蒸汽或热水驱动的吸收式冷（热）水机组进行冬季采暖、夏季空调。当地有余热、废热或区域性热源可利用时，可用热水驱动的吸收式冷（热）水机组为冷（热）源。此外，低温地板辐射采暖也是一种效率较高和舒适型采暖方式。至于选用何种方式采暖、空调，应根据建筑条件、能源、环保、技术经济分析，以及用户对设备及运行费用的承受能力等因素来确定。

5）居住建筑采用燃气为能源的家用采暖设备或系统时，燃气采暖器的热效率应符合国家现行有关标准的规定。

当以燃气力能源提供采暖热源时，可以直接向房间送热风，或经由风管系统送入；也可以产生热水，通过散热器、风机盘管进行采暖，或通过地下埋管进行低温地板辐射采暖。所应用的燃气机组的热效率要符合现行有关标准《家用燃气取暖器》（CJ/T113—2000）第 5.2 条规定值；《家用燃气快速热水器》（GB6932—2001）第 5.1 条规定值；以及《常压容积式燃气热水器）（CJ/T3031—1995）第 5.2.5 条的规定值。

6）居住建筑采用分散式（户式）空气调节器（机）进行空调（及采暖）时，其能效比（性能系数）应符合国家现行有关标准中的规定值。居住建筑采用集中采暖空调时，作为集中供冷（热）源的机组，其性能系数应符合现行有关标准中的规定值。

居住建筑采用房间全空气调节器、单元式空气调节机，以及采用按户设置的供暖、供冷设备分散（分户）进行采暖空调时，其能效比（性能系数）要符合现行有关标准《房间空气调节器》（GB/T7725—1996）第 5.2.22 和 5.2.23 条规定值；《单元式空气调节机》（GB/T17758—1999）第 4.2.1、4.2.3、4.2.5、4.2.6 条规定值；以及目前已报批的国家标准《蒸汽压缩循环冷水（热泵）机组—户用和类似用途冷水（热泵）机组》中有关能效比的规

定值。居住建筑小区采用电或燃气（油、蒸汽、热水）驱动的冷（热）水机组作为集中供冷热源时，其能效比（性能系数）要符合目前已报批的国家标准《蒸汽压缩循环冷水（热泵）机组——工商业用或类似用途的冷水（热泵）机组》、《直燃型溴化锂吸收式冷热水机组》以及《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》中有关能效比的规定值。

采暖、空调设备能效比（性能系数）是指在额定工况下，采暖、空调设备提供的热量或冷量与设备本身所消耗的能量之比。显然，能效比（性能系数）越大，则节能效果越好，故采暖、空调设备应符合有关标准的规定值。

7）具备有地面水资源（如江河、湖水等），有适合水源热泵运行温度的废水等水源条件时，居住建筑采暖、空调设备宜采用水源热泵。当采用地下井水为水源时，应确保有回灌措施，确保水源不被污染，并应符合当地有关规定，具备可供地热源热泵机组埋管用的土壤面积时，宜采用埋管式地热源热。

风冷热泵机组可以利用环境空气作为热泵机组的热源与热汇，取之不尽、用之不竭。但是，它也有两个主要的缺点：当冬季环境空气温度在 4℃左右时，室外侧热交换器盘管表面温度将低于冰点，会出现结霜。霜层会减小蒸发器的传热能力，增大蒸发器的空气阻力，严重时会使热泵无法工作。所以要采取除霜措施，这会影响到室内热环境品质及能量消耗；另一个缺点是它的出力正好与需求量（冷、热负荷）以及性能系数、能效比值呈反比。尤其在冬季为了保持室内需要的室温，往往需要设置辅助加热装置（一般为直接电热）。我国冬冷夏热地区冬季湿冷夏季酷热，在有一些气候区域风冷热泵机组的缺点会影响这类热泵的应用。水源热泵机组则克服了上述两个缺点，不存在除霜问题，出力稳定，性能系数、能效比大幅度高于风冷热泵。它应用水作为热泵机组的热源及热汇，可以应用河、湖及海水，废水等，以及打井取用的地下水。但应用地下井水时，必须确保有（真正的）回灌措施以及确保水源不被污染，并必须符合当地有关规定。否则，会引起水资源保护及环境问题。如果没有合适的水源可以利用，也可以采用封闭水循环系统，但需要在水循环系统中设置冷却塔及加热装置，以便保持水循环系统中的水温在一定的范围内。如果在该建筑附近有一定面积的土壤可以埋设专门的塑料管道（水平开槽埋设或垂直钻孔埋设），可以采用地热源热泵机组，它利用土壤作热源和热汇，通过在管道里流动的水进行热交换，有很高的能

效比，并有利于环保。

8）居住建筑采暖、空调设备，应优先采用符合国家现行标准规定的节能型采暖、空调产品。

目前，国家质量技术监督局发布了国家标准《房间空气调节器能源效率限值及节能评价值》（GB12021.3—2000），其中表 2“节能评价值”内所列房间空气调节器的能效比要高于现行标准《房间空气调节器》（GB/17725—1996）中有关规定值。中国节能产品认证中心已于 2000 年 6 月 1 日对房间空气调节器产品按上述标准中有关规定值进行节能产品认证，获证产品的平均耗电量要比普通产品的平均耗电量少 10%以上。所以应鼓励优先采用符合国家现行标准规定以及推荐的节能型采暖、空调产品。

9）应鼓励在居住建筑小区采用热、电、冷联产技术，以及在住宅建筑中采用太阳能、地热等可再生能源。太阳能利用和地热开发技术，可参阅本手册第 9 章及第 11 章有关内容。

10）未设置集中空调、采暖的居住建筑、在设计统一的分体空调器室外机安放搁板时，应充分考虑其安放位置有利于空调器夏季排放热量、冬季吸收热量，并应防止对室内产生热污染及噪声污染。

目前，居住建筑中广为应用的空调（采暖）设备仍然是分体型、单冷或热泵型空调器。应防止安装不当使空调器能效比下降，并影响环境及小区（街区）美观和冷凝水（及融霜水）引流不当、热污染及噪声污染等问题。

11）居住建筑通风设计应处理好室内气流组织，提高通风效率。厨房、卫生间安装局部机械排风装置。对采用采暖、空调设备的居住建筑可采用机械换气装置（热量回收装置）。

目前，居住建筑还没有条件普遍采用有组织的全面机械通风系统，但为了防止厨房、卫生间的污浊空气进入居室，应当在厨房、卫生间安装局部机械排风装置。如果当地夏季白天与晚上的气温相差较大，应充分利用夜间通风以达到被动降温目的。在装设采暖空调设备的居住建筑中，往往围护结构密闭性较好，为了改善室内空气质量需要引入室外新鲜空气（换气）。如果直接引入，将会带来很高的冷热负荷，大大增加能源消耗。如果当地采用热回收装置在经济上合理，建议采用质量好、效率高的机械换气装置（热量回收装置），可同时达到热量回收、节约能源的目的。

第十篇

天然能源建筑利用技术

第一章　太阳能建筑利用概述

太阳能、地热、河水、湖水、海水、地下水、空气（风）能及地下能源等天然能源和可再生能源在建筑中的利用，是实现节约能源、保护环境等基本国策和建筑节能“十五”规划的重点。本章将介绍太阳能、地热、地下含水层蓄能、自然通风和土壤热能等天然能源的建筑利用技术。

第一节　太阳能资源

1. 太阳能资源的来源及分布　太阳是一个巨大的能源。在太阳中心所进行的热核反应，可释放出巨大的能量。太阳能被大气反射、吸收后，还有70%透射到地面。地球上1年接收到的太阳能高达$1.8\times10^{+}8kW\cdot h$，比目前全世界各种能源产生的能量总和还大1万多倍。

各地太阳能资源分布情况，取决于该地区所在的纬度、海拔及气候特征、计算比较困难，一般只能依靠实际测量。我国一些地区的年总辐射量及每天的日照总时数可参阅表1－1。

表1－1　我国各地年总辐射量及日照总时数类别

类型	地　区	年日照时数/h	年总辐射量H/4.186KJ·cm^{-2}	相当于标准煤数量/kg
1	宁夏北部、甘肃西部、新疆东南部、青海西部、西藏西部	2800～200	225～235	
2	河北西北部、山西北部、内蒙古、宁夏南部、甘肃西部、青海东部、西藏东南部、新疆南	3000～3200	140～160	200～225
3	山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、福建南部、江苏北部、安徽北部	2200～3000	120～140	170～200

续表

类型	地　　区	年日照时数/h	年总辐射量 H /4.186KJ·cm^{-2}	相当于标准煤数量/kg
4	湖南、广西、江西、浙江、湖北、福建北部、广东北部、陕西南部、江苏南部、安徽南部、黑龙江	1400～2200	100～120	140～170
5	四川、贵州	1000～1400	80～100	115～140

怎样利用太阳能以及利用程度，应根据本地区太阳能资源情况、矿物燃料情况等诸方面因素作统筹考虑，因地制宜，方可取得实际效益。

2. 太阳能资源的特点

（1）太阳能资源的广泛性：太阳能资源取之不尽，用之不竭，是任何地区、任何个人都能分享的一种自然能源。这对于经济不发达地区、能源匮乏地区更显示出它的优越性。即使对于经济高度发达的国家来说，太阳能也日益受到人们的重视。

（2）太阳能资源的无污染性：煤炭、石油等能源的开采对环境污染严重，而太阳能却有以上各种能源无可相比的清洁性。利用太阳能可以大大减少环境污染，并给人一种安静感和自然感。

（3）太阳能的稀薄性及间歇性：太阳能作为一种能源，由于过于“稀薄”，而且 1 年内，太阳的位置无时不在变化、太阳在天空的活动范围约占整个天空的 40%，加上昼夜交替，云雾阴雨，要想经济有效地收集并储藏足够的供工业和生活使用的太阳能，就需要有一定的科技措施。

第二节　太阳能暖房

1. 太阳房的概念　太阳房是指采取一定措施利用太阳能进行冬季采暖或夏季制冷的房屋。用于冬季采暖目的的称为“太阳暖房”；用于夏季降温和制冷目的的叫“太阳冷房”，统称太阳房。

太阳暖房可分为两大类：一类为主动式太阳房，是指以一种需用集热器、蓄热器、管道、风机与泵等设备，靠机械动力驱动达到收集蓄存和输出太阳能的系统，如图 1－1 所示。该系统的集热器与蓄热器相互分开。太阳能在集热器中转化为热能，随着水或空气等流体工质的流动而从集热器被输

送到蓄热器，再从蓄热器通过管道与散热设备输送到室内利用。工质流动的动力，由泵或风扇提供。

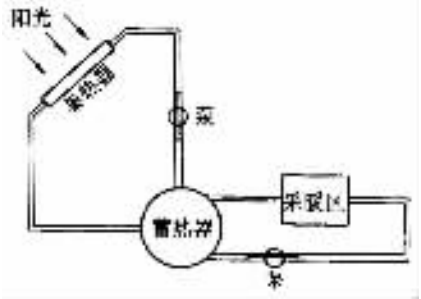


图 1－1　主动式太阳能采暖系统示意

另一类为被动式太阳房，太阳能向室内的传送不需机械动力，完全由辐射、传导和对流等自然方式进行。被动式太阳房是依靠建筑物本身的构造和材料的热工性能，不需添置附加设备，是集热部件与建筑构件融为一体的采暖系统。该系统具有简单、经济与管理方便酌优点如图 2－8 所示。

此外，还有一种由被动系统与主动系统相结合的混合系统，如图 1－2 所示。风扇驱使热空气从阳光间进入室内。阳光间为被动式系统，而风扇是主动系统的一个部件。风扇所传输的热空气能量与驱动风扇所用的电能之比，称为这种混合系统的“性能系数”，其值一般为 8～12。如果在阳光间系统中不使用风扇，热能可能由于阳光间室温升高过多而损失较大，因而，采用混合系统会收到比单一系统更好的效果。

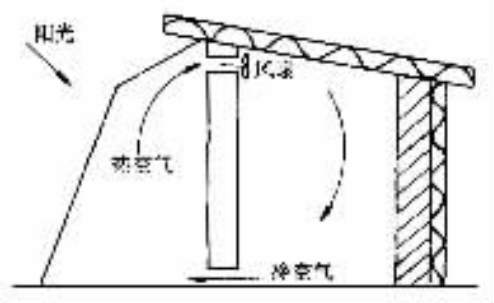


图 1－2　主动被动混合系统示意

2. 被动式太阳房的类型　被动式太阳房的形式有多种。目前有两种分类方式：按传热过程分类和按集热形式分类。

（1）按传热过程分类

1）直接受益式。指阳光透过窗户直接进入采暖房间。

2）间接受益式。指阳光不直接进入采暖房间而是首先照射到集热部件上，通过导热或空气循环将太阳能送入室内。

（2）按集热形式分类

1）直接受益式。太阳光直射室内，利用室内墙面、地面等建筑构件本身蓄热，温度升高。然后，逐渐释放热量，使房间夜间或阴天保持一定的温度。这是应用较早且简单的一种常用类型。

2）集热蓄热墙式。太阳光照射集热墙，。集热墙又是蓄热体，通过自然对流、辐射等方式向室内散热。集热蓄热墙通常由混凝土、砖、土坯或储水装置构成，墙的外表面涂成黑暗色，用以有效地吸收阳光。

3）附加阳光间式。在房间南侧附建一个阳光间，中间用墙隔开。阳光间既可供给室内太阳热能，又可作为一个缓冲区减少房间热损失，使房间获得一个温和的环境。

4）组合式。将上述几种类型的被动式太阳房分别由两个或两个以上的类型组合而产生一个新的系统，则称为组合式系统。这种形式兼有两种或两种以上类型的优点，因而成为发展方向。

5）新型被动式太阳能利用系统。

①美国 MIT 新型被动式太阳房。美国麻省理工学院（MIT）的新型被动式太阳能利用系统是指，该太阳房靠屋顶蓄热及散热，屋顶由聚合混凝土制的空心砖组成，空心砖内放入相变材料硫酸钠水溶液，它的相变温度为 23℃。白天太阳能加热了顶棚空心砖，硫酸钠液化吸收了熔解热而将热量储存起来，夜间周围温度下降，硫酸钠凝固而放出热量。这样，顶棚温度维持在 23C 左右，则室内温度稳定，如图 1－3 所示。

窗采用双层玻璃，为了减少热损失而使用了特殊涂层。这种涂料是用热绝缘系数高、透明的塑料制成，使用这种涂料夜间散热降为原来的 1/4。在两层玻璃之间装有百叶窗，它可将阳光反射到顶棚上，太阳高度角随季节而变，所以，每月需调节百叶窗角度一次。

顶棚空心砖如图 1－4 所示，可采用预制好的空心砖现场装配，从而解决了工厂化生产的问题。

②热二极管集热板。为了减少夜间的热损失，有人研制了热二极管集热

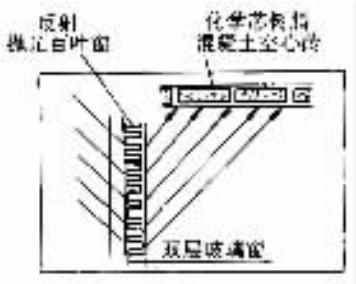


图 1－3　美国 MIT 新型被动式太阳房

器板。该板除太阳辐射外无需任何的外界动力源。每块集热器板都是一个独立的太阳能加热组件，尺寸为 243.8cm 长，121.9cm 宽，25.4cm 厚（见图 1－5）。系统的心脏部件称为“油阀”，该阀系一小室，里面有一层油在水面上浮动，起单向活门作用，此油层使集热器板具有类似二极管的单向流动作用。这就十分方便而巧妙地解决了对水流的控制问题，使之只能在白天单向流动，而不会在晚间倒流。

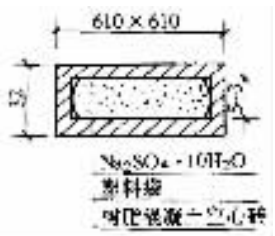


图 1－4　顶棚空心砖

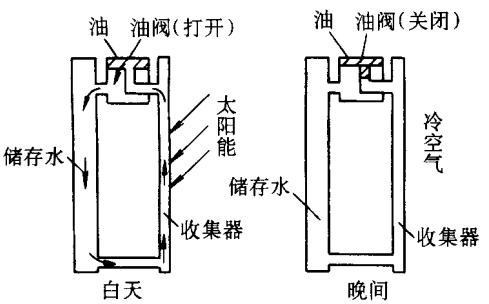


图 1－5　热二极管集热板

③集热屋顶式。利用屋顶集热及蓄热。图 1－6 所示是有名的天空热体

系（Sky therm system）太阳房，建于美国加利福尼亚州的亚特斯卡德（Atascadero）。屋顶上放满装满水的黑塑料袋。冬季白天太阳直射黑塑料水袋，水热后传到屋面，通过金属的天花板向室内辐射。夜间将保温盖板沿导轨滑动盖在屋面上，以减少热损失。盖板用 5.08cm 厚泡沫制成，移动盖板用一个 0.18kW 的电动机带动，只需要 2min 即可就位。夏季盖板的位置与冬季相反，白天把盖板盖上，夜间打开使室内降温。

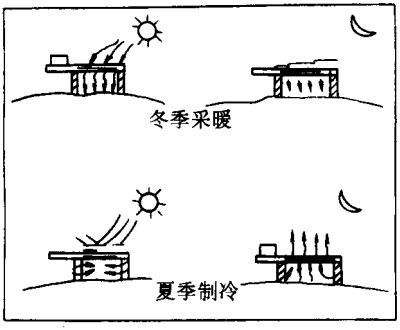


图 1－6　天空热体系太阳房

④自然对流式。太阳光照射集热器（热媒用空气或水），通过自然循环向室内散热，并设置有蓄热体蓄热。图 1－7 所示为美国新墨西哥州阿尔布开克附近建的一幢太阳房，该房窗面积较大，直接获得太阳辐射热，并在窗内侧装有保温挡板，减少夜间热损失。空气集热器安装在廊子的前面，有一倾斜角，石子蓄热槽位于廊下。太阳照射时，集热器内的空气加热上升，穿过六层涂黑的金属网，提高空气温度，进入一个大的石子蓄热槽加热石子，再从石子间的空隙向下返回集热器，白天就这样反复循环。夜间打开阀门将石子槽的热空气送入室内，室内冷空气再循环送至蓄热槽的底部。

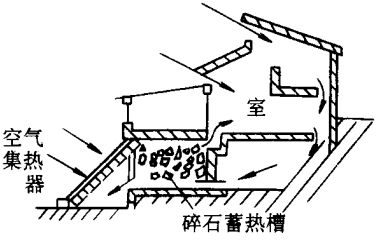


图 1－7　自然对流式太阳房

3. 主动式太阳能暖房。主动式太阳能暖房按使用热媒种类不同，可分为空气式及热水式；按太阳能利用方式不同，又可分为直接式和间接式。下面分别加以介绍。

（1）空气式及热水式主动太阳能暖房：集热器环路内循环流体是空气则为空气式，是水则为热水式。与热水式相比，空气式系统的优点是无需防冻措施，腐蚀问题不严重，系统没有过热汽化的危险；其缺点是所需用管道投资大，风机电能消耗大，蓄热体积大以及不易和吸收式制冷机配合使用。

下面介绍空气式及热水式的太阳能暖房。图 1－8 是空气式的丹佛太阳房，由 Lof 博士在美国科罗拉多州丹佛市建造的。用太阳能集热器来加热空气，集热器的有效面积为 49.2m^2，地板面积约 195m^2。两组太阳能集热器串联连接，第一组有一层玻璃，第二组有两层玻璃。集热器相对于平屋顶的角度为 45°。蓄热介质为 10640ks 卵石，卵石直径为 2.5～3.8cm。蓄热介质装在直径为 0.91m、高 5.5m 的两根圆柱形管内。在一根蓄热管中有一根导管自上而下地穿过，以作为屋顶上的集热器组与地下室设备之间的通道。生活用水通过空气一水热交换器由太阳能预热，所需的其余热能由常规的烧燃料的加热器提供。该系统的辅助热源是烧天然气的炉子。

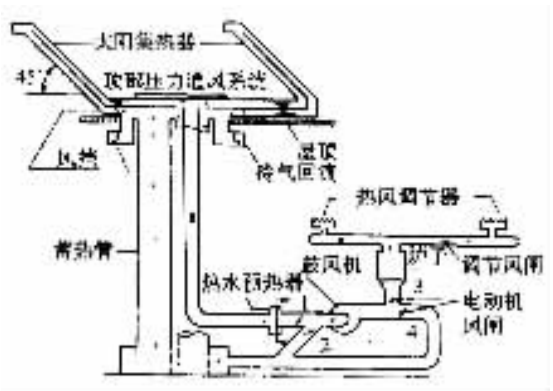


图 1－8　空气式丹佛太阳房

系统的 4 种运行方式如下：

1）当建筑物不需采暖而太阳辐射很强时，风闸 1、4 打开而 2、3 关闭，空气由集热器到热水预热器、风机、蓄热器，再回到集热器，即为集热、蓄热过程。

2）当建筑物所需热量可直接由太阳能满足时，风闸 1，3 打开而 2、4 关

闭，空气由集热器到热水预热器、风机、炉子、热风调节器、回风口，又返回集热器。如果太阳能不能满足建筑物的要求，则辅助热源投入运行。

3）当需要利用蓄热器中的热量对建筑物采暖时，风闸 2、3 打开而 1、4 关闭，室内回风由回风口向下通过蓄热器到风机、炉子、热风调节器再进入室内。

4）当完全采用辅助热源时，空气流程与 3）相同，不同的是需要点燃炉子。

图 1－9 是麻省理工学院 4 号太阳房的热水供暖系统图。该系统的集热器为两层玻璃、吸收板为涂黑铝板，集热管采用铜管。集热器的肋片效率 $F_R = 0.86$，吸热板吸收率 $\alpha = 0.97$，集热器的热损系数 $U_L = 3.97$。不用集热器系统时，可将水卸至容量为 757L 的膨胀水箱内。辅助热源是一个烧油的水加热器，并包括一个容量为 378.5L 的水箱。供暖房间采用热风采暖，热量靠一个水一空气式换热器传给室内空气。室内装有温度敏感元件，当室内温度降低时，则由蓄热水箱供应热量，如果室内温度继续下降，即蓄热水箱的热量不能满足负荷要求，电动阀就改变位置，使热水从辅助水箱而不是从主水箱循环。该系统也可供生活用热水，它使自来水串联地通过主蓄热箱中的加热盘管及辅助水箱中的另一加热盘管而变为热水，该热水和自来水混合后温度为 60℃。

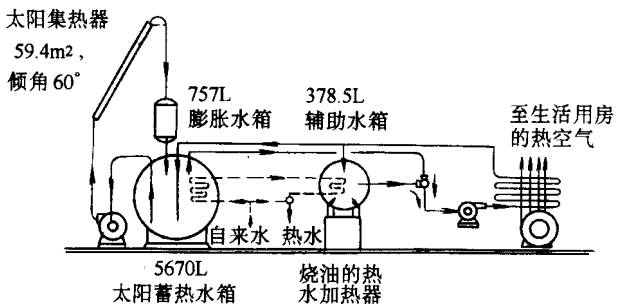


图 1－9 MIT4 号太阳房热水供暖系统图

图 1－10 是在甘肃省建造的主动式太阳房热水采暖系统图。集热器为管板式的，吸热板为 $\delta = 1\text{mm}$ 的铝板，集热管为 $\phi 121\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的铝管，面盖为一层 3mm 厚的玻璃和一层 30μm 厚的聚酯薄膜。热水箱容积 3m^3。采暖房间分别设置排管式辐射地板及铸铁圆翼型散热器。

采暖房间温度要求维持在 15℃，由自动控温仪监控。当蓄热水水箱温度

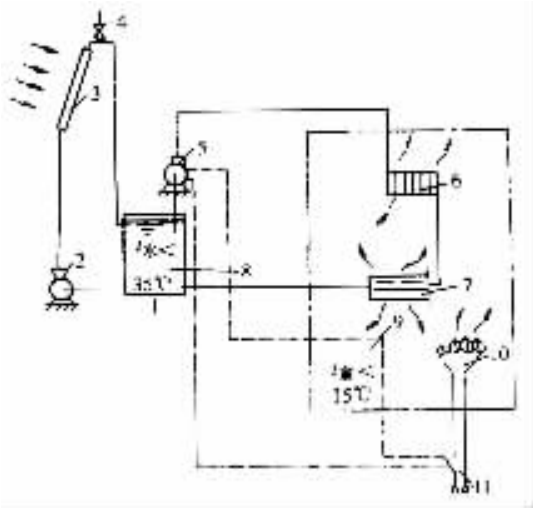


图 1－10　甘肃主动式太阳房

1—水箱　2—水泵　3—集热器　4—排气阀　5—水泵　6—散热器

7—散热器（地面辐射）板）　8、9—温度监控仪　10—辅助热源　11—电源

高于 35℃时，由该水箱热水供暖；当蓄热水水箱温度低于 35℃时，只由辅助热源供暖。

（2）直接式和间接式主动太阳能暖房：所谓直接式就是由太阳能集热器加热的热水或空气直接用来供暖。比如，上面介绍的丹佛太阳房，就是将集热器的空气送入暖房间供暖；甘肃太阳房就是将集热器加热的热水送入采暖房间供暖；MIT4 号太阳房将集热器加热的热水通入风机盘管加热空气，再将被加热的空气送入采暖房间供暖。这种太阳房均称为直接式的太阳能采暖系统。所谓间接式就是集热器加热的热水并不直接拿来去供暖，而通过热泵将该热水温度再次提高后以供暖，也称为热泵式。

图 1－11 是 Bliss 在来利桑那州图森的一个实验室建立的太阳能供暖及制冷系统。该实验室为一层建筑，其平屋顶向南倾斜 7°，屋顶表面由涂成黑色的、带管子的薄铜皮覆盖，即为无盖板的太阳能集热器。蓄热水箱是一个垂直水箱，中间用隔热挡板分开，其顶部储存热水而底部储存冷水。此外，利用一个热泵将热量由水箱下部送至水箱上部。热泵的蒸发器盘管在水箱底部，凝结器盘管在水箱顶部。

该系统的两种运行方式为：

1）冬天的集热、供暖过程。当收集太阳能时，水由集热泵送至屋顶集

热器和蓄热水箱底部，再回到集热器则为集热过程。当室内要求供暖时，储存在蓄热水箱顶部的热水通过循环而流到顶棚辐射板供暖则为供暖过程。打开热泵，热泵将蓄热水箱底部的热能传至水箱顶部，使蓄热水箱顶部的温度上升到能满足建筑物供暖的要求。

2）夏季夜空辐射过程及室内降温过程。夏季夜间蓄热水箱顶部的水由集热泵送至屋顶集热器（此时作为散热器用），由于夜空辐射作用水温降低又回到蓄热箱顶部，此即夜空辐射过程。夏季当室内需降温时，将蓄热水箱底部的冷水经水泵而送入顶棚辐射板，该水吸收室内热量，使室内降温，而水温度变高又回到蓄热水箱底部，此即室内降温过程。此时打开热泵，热泵将蓄热水箱底部的热能传至蓄热水箱顶部，使蓄热水箱底部的水温足够低，而能够达到室内降温的要求。

此外，按建筑物内采暖系统的形式不同，又可分为顶棚辐射板式（见图 1－11 的图森太阳房）、地面辐射板式（见图 1－10 的甘肃太阳房）、风机盘管式（见图 1－9 的 MIT4 号太阳房）、热风式（见图 1－8 的丹佛太阳房）以及暖气片式（见图 1－10 的甘肃太阳房）。

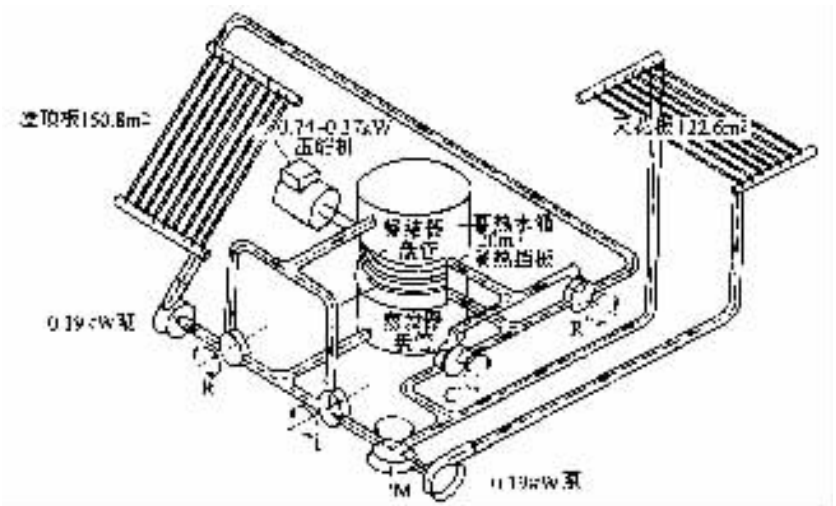


图 1－11　图森实验室太阳能采暖及制冷系统

R、R′—屋顶板三通阀　C、C′—天花板三通阀　M—三通调节阀

注：各阀由电动机驱动。

按太阳能采暖系统可否与其他系统综合利用，可分为太阳能发电供暖系统（即该系统又可发电又可供暖）及太阳能供暖、空调系统（即该系统冬季

可供暖夏季可降温)。

图 1－12 是美国特拉华大学一号太阳房的带太阳电池的平板集热器。该太阳房的一个特点是应用太阳电池电能的同时，还应用电池的冷却热来采暖。太阳电池在阳光作用下产生电能的同时也要散出热能，用冷空气吸收这部分能量变为热空气而供采暖用。另外，因有空气冷却太阳电池，使太阳电池的效率提高、寿命延长，所以是一种很好的结合方式，但是，这种联合运行方式只局限于低温情况（对 CdS 电池为 70℃以下)。

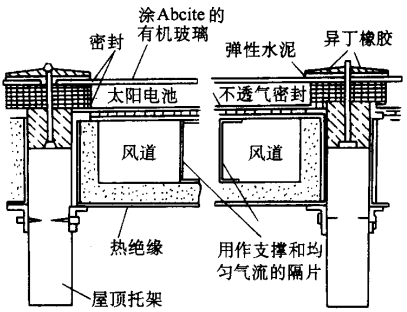


图 1－12　特拉华大学太阳房的带太阳电池平板集热器

第三节　太阳房设计基本参数与公式

1. 度日值 DD 计算

(1) 度日值 DD 的定义：度日值 DD（℃·d)，其数值等于基础温度 T_b（℃）和该月室外日平均温度 T_a（℃）之差。当某日的 $T_a \geqslant T_b$ 时，取 $DD = 0$

(2) 采暖期内某月的 DD 值计算：采暖期内某月的 DD 值可直接按下式计算：

$$DD = M(T_b - T_a) \tag{1-1}$$

式中　M——该月的天数（d)；

T_a——该月的平均室外空气温度（℃)；

T_b——室内基础温度（℃)，T_b 是设计预定的室温下限，我国定为

14℃。当室温低于此值时就要向室内提供辅助热量。

2. 负荷系数计算

(1) 房间总负荷系数 TLC：TLC 表示当室内外气温每差 1℃，房间稳定传热时，计算热损失的日累计值。其数值等于房间在未计入太阳作用的情况下，维持 1℃室内外温差，每日所需的总热耗，即基本传热损失和冷风渗透热损失之和。TLC 可按下式计算：

$$TLC = 24\left(3.6\sum_{j=1}^{nb} A_j K_j + nV\bar{\rho}_a c_p\right) \tag{1-2}$$

式中 TLC——总负荷系数［kJ/（K·d)］；

nb——围护结构的编号总数；

j——房间各个围护结构的编号，包括各个朝向的墙、门、窗以及屋顶、地面；

A_j——围护结构 j 的面积（m^2）；

K_j——围护结构 j 的传热系数［W/（m^2·K)］；

n——房间的换热次数（次/h）；

V——房间的内部体积（m^3）；

$\bar{\rho}_a$——室外空气平均密度（kg/m^3），$\bar{\rho}_a = \frac{353}{273 + T_a} \times \frac{p}{101.3}$，可取 $\bar{\rho}_a = 1.2 kg/m^3$；

p——当地大气压力（kPa）；

c_p——空气的比定压热容，正常范围内为 1.008kJ/（kg·K)。

(2) 房间净负荷系数 NLC：净负荷系数等于不包括太阳能集热部件在内的房间其他外围护结构的基本传热损失和冷风渗透热损失之和的负荷系数。NLC 的计算可按下式：

$$NLC = 24\left(3.6\sum_{j=nc+1}^{nb} A_j K_j + nV\bar{\rho}_a c_p\right) \tag{1-3}$$

式中 nc——太阳房集热件的总个数，即太阳房集热部件编号；

j——太阳房集热件的编号。

(3) 集热部件净负荷系数 NLC_s 和总负荷系数 TLC_s：集热部件是指主要用来完成房间的太阳能采暖系统集热功能的设施，如直接受益窗、集热墙以及附加阳光间等。集热部件净负荷系数 NLC_s 和总负荷系数 TLC_s 的计算公式如下。

1）集热部件净负荷系数 NLC_s 的计算可按下式：

$$NLC_s = 24 \times (3.6\sum_{i=1}^{cb} A_i K_i + n_s V_s \bar{\rho}_a c_p) \tag{1-4}$$

2）集热部件总负荷系数 TLC_s 的计算可按下式：

$$NLC_s = NLC_s + 24 \times 3.6\sum_{j=1}^{nc} A_{cj} K_{cj} \tag{1-5}$$

式中　i——集热部件中各外围结构的编号；

cb——集热部件中各外围结构的编号总数；

V_s——集热部件的内部净空体积（m^3）；

n_s——集热部件相对于 V_s 的冷风渗透换气次数（次/h）；

A_i——集热部件中外围护结构 i 的面积（m^2）；

K_i——集热部件中外围护结构 i 的传热系数［W/（m^2·K)］；

nc——太阳房集热件的总个数；

j——太阳房集热件的编号；

A_{cj}——集热部件 j 的面积（m^2）；

K_{cj}——集热部件 j 的传热系数［W/（m^2·K)］；

其余符号意义同式（1－2)、式（1－3)。

3）集热部件中，A_c、K_c 和 A_{cp}、K_{cp}的确定方法。

在各种集热部件中，A_c 为集热部件的面积，K_c 为集热部件的传热系数；A_p 为集热部件的投影面积，为考虑透过玻璃折射损失后的面积，$A_p = X_m A_c$，X_m 为有效面积系数；K_{cp}为相应于 A_p 的稳态传热系数。这些参数依集热部件类型不同计算方法不同，以下算例中均用到。

①直接受益窗。直接受益窗 A_c 等于窗户面积，包括玻璃及其边框在安装平面上的投影面积。

直接受益窗相对于投影面积 A_p 的稳态传热系数 K_{cp}值为

$$K_{cp} = K_c A_c / A_p \tag{1-6}$$

②集热墙。集热墙的面积 A_c 等于集热墙的玻璃罩盖及其边框在集热墙和房间连接面上投影面积。

集热墙的稳态传热系数 K_c 等于热流从室内空气经集热墙系统至室外空气的总传热系数，集热墙相对于其投影面积 A_p 的稳态传热系数 K_{cp}为

$$K_{cp}=\left(\frac{A_{ct}K_{ct}NLC_s}{NLC_s+24\times3.6A_{ct}K_{ct}}\right)/A_p \tag{1-7}$$

式中 A_{ct}——集热墙墙体传热面积，$A_{ct}=A_c$（m^2）；

K_{ct}——集热墙墙体传热系数，[W/（m^2·K)]。

③阳光间。阳光间的集热部件面积 A_c 等于阳光间外围结构在其和计算房间相连接的公用墙上的投影面积。

阳光间的 K_c 值等于热流从室内空气经阳光间系统传至室外空气的总传热系数。

阳光间相对于其投影面积 A_p 的稳态传热系数 K_{cp}等于

$$K_{cp}=\left(\frac{A_{cw}K_{cw}NLC_s}{NLC_s+24\times3.6A_{cw}K_{cw}}\right)/A_p \tag{1-8}$$

式中 A_{cw}——公用墙面积，$A_{cw}=A_c$（m^2）；

K_{cw}——公用墙传热系数 [W/（m^2.K)]。

3. 通过玻璃后的日射得热 通过玻璃后的日射得热量包括透过日射热量和被玻璃吸收后由玻璃内表面通过辐射和对流传入的热量两部分。

通过玻璃的日射月辐照量 S_{ot} 中，被玻璃吸收后传入的辐照量 S_{oa}（即 $M\bar{S}_{ca}$）通常比透过玻璃的辐照量 S_{or}（即 $M\bar{S}_{ca}$）要小得多，故在热平衡估算时，可将 S_{oa}忽略，并可得 S_{ot}的简化算法，如下述。

（1）主要原始资料

1）投射到水平面上的总日射月平均日辐照量 $\bar{H}_t$ [kJ/（m^2·d)]。可查我国 42 个城镇被动房设计用气象参数，见附录 A 表 11 及表 12。

2）太阳月中正午天顶角（$\phi-\delta$），ϕ 表示当地纬度，δ 表示计算月的月中赤纬值，n 表示该天在一年中的序号。

$$\delta=23.45\sin\left[360\times(284+n)/365\right] \tag{1-9}$$

3）月平均大气晴朗指数 $\bar{K}_T$

$$\bar{K}_T=\frac{\text{当地水平面总日射月平均日辐照量 }\bar{H}_t}{\text{大气层外水平面上总日射月平均日辐照量}} \tag{1-10}$$

4）平板玻璃的厚度 $L=3mm$；消光系数的基准值 $K=0.045mm^{-1}$，即 $KL=0.135$；玻璃折射率的基准值 $n_g=1.526$。

5）地面反射率的基准值 $\rho_{gr}=0.3$；

（2）基本计算公式

1）通过玻璃被集热系统吸收的总日射月辐照量 S_M 为

$$S_M = M\bar{S}_{ot}\alpha_e A_g X_m \tag{1-11}$$

式

$$S_M = M\bar{H}_t \bar{R}_{t\theta}\bar{\tau}_{t\theta}\alpha_a A_g X_m \tag{1-12}$$

2）通过单位净玻璃投影面积被集热系统吸收的总日射月辐照量 S_p 为

$$\begin{aligned} S_p &= S_M/A_p \\ &= M\bar{H}_t\ \bar{R}_{t\theta}\ \bar{\tau}_{t\theta}\alpha_a A_g X_m/A_p \end{aligned} \tag{1-13}$$

式中　M——计算月的总天数（d）；

$\bar{H}_t$——投射在每平方米水平面上的总日射月平均日辐照量［kJ/（m^2·d）］；

$\bar{R}_{t\theta}$——投射在每平方米，倾角为 θ 的玻璃上的总日射月平均日辐照量 $\bar{H}_{t\theta}$和 $\bar{H}_t$ 的比值；

$\bar{\tau}_{t\theta}$——通过每平方米玻璃的总日射的月平均日辐照量 $\bar{S}_{ot}$和 $\bar{H}_{t\theta}$的比值；

α_a——通过玻璃后被集热系统吸收的总日射月平均日辐照量 $\bar{S}_{ota}$和通过玻璃的总日射月平均，日辐照量 $\bar{S}_{ot}$之比，近似等于透过玻璃后被集热系统吸收的总日射辐照量 $\alpha_a\bar{S}_{or}$与 $\bar{S}_{ot}$的比值；

A_g——玻璃窗，包括玻璃和框的面积（m^2）；

X_m——玻璃窗的有效透光面积系数。

（3）修正系数

1）KL 值的修正系数。当玻璃的消光系数 K 与其厚度 L 的乘积 KL 不等于基准值 0.135 时，则应对按基准值算得的玻璃透过系数 $\bar{\tau}_{t\theta o}$和透过玻璃的日射辐照量 $\bar{S}_{o\tau o}$加以修正。则有

$$\bar{\tau}_{t\theta} = \alpha_{KL}\bar{\tau}_{t\theta o} \tag{1-14}$$

$$\bar{S}_{o\tau} = \alpha_{KL}\bar{S}_{o\tau o} \tag{1-15}$$

式中　$\bar{\tau}_{t\theta}$——修正值，［kJ/（m^2·K）］；

α_{KL}——修正系数，当日射入射角在 40°～70°范围内时，可查表 1－2。

表 1－2　　日射入射角在 40°～70°之间时的修正系数 α_{KL} 值

KL		0.09	0.12	0.135	0.15	0.18
α_{KL}	$N=1$	1.055	1.017	1.000	0.983	0.948
	$N=2$	1.114	1.033	1.000	0.965	0.898

KL		0.21	0.24	0.27	0.30
α_{KL}	$N=1$	0.915	0.883	0.853	0.823
	$N=2$	0.836	0.778	0.725	0.675

注：表中 N 为玻璃层数，双层玻璃时各层玻璃品种相同。

2）地面日射反射系数的修正系数。当地面日射反射系数 ρ_{gr} 的值不等于基准值 0.3 时，可按下式对 $\bar{\tau}_{t\theta}$ 加以修正。

$$\bar{\tau}_{t\theta}=\bar{\tau}_{t\theta o}+\frac{\bar{\tau}_{d}F_{cg}\ (\rho_{gr}-0.3)}{R_{t\theta}} \tag{1-16}$$

式中　$\bar{\tau}_{t\theta o}$——相对于 $\rho_{gr}=0.3$ 时的 $\tau_{t\theta}$ 的基准值；

$\bar{\tau}_{d}$——玻璃时的日射透过系数；

F_{cg}——地面对被投射面的可见系数，$F_{cg}=(1-\cos\theta)/2$；

θ——被投射面对地面的倾角；

$R_{t\theta}$——投射在每平方米（倾角为 θ）玻璃上的总日射月平均日辐照量和水平面上总日射月平均日辐照量的比值。

3）KL 值和 ρ_{gr} 值的综合修正

$$\bar{\tau}_{t\theta}=\alpha_{KL}\left[\bar{\tau}_{t\theta o}+\frac{\bar{\tau}_{d}F_{cg}\ (\rho_{gr}-0.3)}{R_{t\theta}}\right] \tag{1-17}$$

4）挑檐遮阳修正系数。

被动太阳房设有南向挑檐时，如图 1－13 所示。对南窗的遮阳修正系数。α_{sh} 可查阅有关图表，或参考有关计算资料，尚无成熟计算方法，一般可省略。

4. 基准太阳房的负荷系数

（1）基准太阳房的含义：基准太阳房简称基准房，是指为了进行逐时热性能模拟计算而设定的一些有代表性的“标准”的被动式太阳能采暖房。该“标准”是由模拟计算结果整理成的太阳房热特性编制的计算图表，以便设计时选用。当所设计的太阳房与基准房不同时，可用相应的“灵敏度”加以修正。

图 1－13　挑檐示意图

（2）基准太阳房的选择。

基准房一般采用正南向平房，集热部件设在正南向。尺寸为宽×进深×净高＝6.6m×5m×2.8m。

基本集热部件类型分为直接受益窗、集热墙和附加阳光间等。每类部件又分为不同蓄热特性、透光面的布置、层数、有无夜间保温等情况的基准设计。

基准房围护结构的热工特征。外墙体采用夹心清水砖墙，厚为（0.24＋0.12）m，内填保温材料，内抹灰为 20mm 厚，总传热系数为 0.35W/（m^2·K）；南向设集热部件；屋顶为人字形屋架，三合板吊顶厚 6mm，内铺保温层，总传热系数为 0.30W/（m^2·K）；地面 80mm 厚混凝土，平均传热系数为 0.23W/（m^2·K）。

房间换气次数取 1 次 h。

（3）基准房负荷系数：基准房负荷系数包括基准房的净负荷系数 *NLC* 及总负荷系数 *TLC*。在辅助热量计算中采用净负荷系数。

1）净负荷系数的计算。净负荷系数［kJ/（K·d）］可按下式计算：

$$NLC = 24\left(3.6\sum_{j=nc+1}^{nb} A_j K_j + nV\bar{\rho}_a c_p\right) = 24\left(3.6\times 33.76 + 92.86\bar{\rho}_a\right) \tag{1-18a}$$

当 $\bar{\rho}_a$ 为 1.2kg/m^3 时，*NLC*＝5591kJ/（K·d）。

2）总负荷系数的计算。总负荷系数 *TLC*［kJ/（K·d）］可按下式计算：

$$TLC = NLC + 24\times 3.6\sum_{j=1}^{nc} A_j K_j \tag{1-18b}$$

5. 对比房的负荷系数

（1）对比房的含义：对比房是指与设计的太阳房同种类型，同样面积的当地非太阳房的一般房屋，它是计算太阳房节能率和经济性的比较对象。

（2）对比房的选择：对比房的尺寸同基准房。外墙可选用 240mm、370mm、490mm 清水砖墙，内表面抹白灰砂浆 20mm 厚；

不同墙厚的房间净负荷系数 *NLC* 及相应窗户类型的对比房的总负荷系数 *TLC* 值，见表 1－3。

表 1－3 对比房负荷系数表

对比房类型	CH_1	CH_2	CH_3
砖墙厚/mm	240	370	490
窗户层数	单层木窗	单层木窗	双层木窗
NLC/kJ（K·d）$^{-1}$	19933	17257	15765
TLC/kJ（K·d）$^{-1}$	22648	19972	17015

6. 太阳房采暖设计的 *SLR* 法

（1）太阳得热负荷比 *SLR*：太阳得热负荷比 *SLR* 等于通过太阳能集热部件玻璃，被集热系统每月所获得的太阳热量 S_pA_p 和房间的月净负荷 Q_{net} 的比值。可利用 *SHF* 和 *SLR* 的相互关系对 *SHF* 进行逐月计算。

SHF 为太阳能供暖率，它是计算太阳房所需辅助热量 Q_{aux} 的过渡参数。

太阳房采暖设计的 *SLR* 法，主要用于计算在室温低于基础温度 T_b（期间由辅助供热系统向房间提供的使室温不低于 T_b）所需的辅助热量 Q_{aux} 和太阳房的节能率 *ESF*。墙体总传热系数依次为 2.08W/（m^2·K）、1.56W/（m^2·K）、1.27W/（m^2·K）；南窗为双扇木窗，5.4m^2；240mm 厚、370mm 厚墙可用单层窗，490mm 厚墙可用双层窗，传热系数分别为 5.82W/（m^2·K）及 2.68W/（m^2·K）；屋顶结构基准房，吊顶不加保温层，传热系数为 1.16W/（m^2·K）；地面不保温，平均传热系数为 0.67W/（m^2·K）。房间冷风渗透量按房间换气为 1.5 次/h 计算。

（2）对比房负荷系数

1）对比房南窗视为太阳能集热部件，其净负荷系数可按下式计算：

$$NLC = 24\ [3.6\ (60.39 + 59.56)\ \times K_w + 139.29 \times \bar{\rho}_a] \qquad (1-19)$$

式中 *NLC*——净负荷系数［kJ/（K·d）］；

K_w——相对墙体面积 A_w 的传热系数。

$\bar{\rho}_a = 1.2\text{kg/m}^3$ 时，3 种墙厚对比房的 NLC，见表 1－4。

表 1－4　　对比房净负荷系数

砖墙厚/mm	240	370	490
NLC/kJ·（K·d）$^{-1}$	19933	17257	15765

2）对比房的总负荷系数 TLC。TLC 可按下式计算：

$$TLC = NLC + 24 \times 3.6 A_g K_g \tag{1-20}$$

或

$$TLC = \text{NLC} + 466.56 K_g$$

式中　TLC——对比房的总负荷系数［kJ/（K·d）］；

A_g——对比房南窗面积（m^2）；

K_g——对比房南窗传热系数［W/（m^2·K）］。

（3）太阳房的辅助热量 Q_{aux}；Q_{aux}为在室温低于基础温度 T_b 期间由辅助供热系数向房间提供的使室温不低于 T_b 所需要的热量，可按下式计算：

$$Q_{aux} = （1 - SHF）\ NLC - Q_{in} \tag{1-21}$$

式中　Q_{aux}——太阳房辅助热量（kJ）；

SHF——太阳房供暖率；

NLC——太阳房净负荷系数［kJ/（K·d）］；

Q_{in}——内热源，由室内的人、照明及非专设的采暖设备等产生的热量，不包括辅助热量在内（kJ）。

（4）太阳房节能率 ESF；太阳房的节能率 ESF 表示太阳房和对比房相比，所节省的采暖能量的百分比，即

$$ESF = 1 - （Q_{aux}/Q_{aux,c}） \tag{1-22}$$

式中，Q_{aux}、$Q_{aux,c}$分别表示太阳房和对比房所需的辅助热量。

（5）太阳房的热平衡

太阳房在采暖月的日平均热平衡为

$$NLC（\bar{T}_r - \bar{T}_a） = \bar{Q}_{cg} + \bar{Q}_{cb} + \bar{Q}_{in} + \bar{Q}_{aux} \tag{1-23}$$

式中　NLC——房间的净负荷系数［kJ/（K·d）］；

$\bar{T}_r$——房内空气在计算月的日平均温度（℃）；

$\bar{T}_a$——室外空气在计算月的日平均温度（℃）；

$\overline{Q}_{cg}$——由太阳能集热部件净供给室内的总日射的月平均日辐照量（kJ/d）；

$\overline{Q}_{cb}$——由太阳能集热部件以外的其余外围结构传向室内的总日射的月平均日辐照量（kJ/d）；

$\overline{Q}_{in}$——由室内的人、照明及非专用采暖设备所产生的内部热量在计算月中的日平均值（kJ/d）；

$\overline{Q}_{aux}$——由辅助供暖设备在计算月中供给房间的日平均辅助热（kJ/d）。

（6）太阳房所需的辅助热量 $Q_{aux,M}$

$$Q_{aux,M} = NLC \cdot DD_M (1 - SHF) - Q_{in} \tag{1-24}$$

对比房所需辅助热量 $Q_{aux,cM}$ 为

$$Q_{aux,cM} = TLC \cdot DD_M (1 - SHF_c) - Q_{in} \tag{1-25}$$

太阳房与对比房相比的节能量为

$$\Delta Q_{aux} = Q_{aux,c} - Q_{aux} \tag{1-26}$$

太阳房与对比房相比的节能率为

$$ESF = 1 - (Q_{aux}/Q_{aux,c}) \tag{1-27}$$

（7）SLR 法的计算步骤：太阳房 SLR 法的计算步骤如下：

1）计算太阳房的 SLR_M 和对比房的 $SLR_{c,M}$。

2）计算太阳房和对比房的太阳能供暖率 SHF_M 和 $SHF_{c,M}$。

3）计算太阳房和对比房的辅助热量 Q_{aux} 和 $Q_{aux,c}$。

4）计算太阳房的节能量 $\Delta Q_{aux,g}$ 和节能率 ESF_g。

5）计算集热部件采用保温帘时，集热部件的效率 η 和太阳房的太阳能供暖率 SHF 的修正值。

$$\eta = \eta_0 + y(\eta_b - \eta_0) \tag{1-28}$$

$$SHF = SHF_0 + y(SHF_b - SHF_0) \tag{1-29}$$

式中 η_0、SHF_0——太阳房集热部件在没有加保温帘时的效率和太阳能供暖率；

η_b、SHF_b——保温帘的附加热绝缘系数为 M_b 时，集热部件效率和太阳能供暖率；

η、SHF——保温帘的附加热热绝缘系数为 M 时，集热部件的效率

和太阳能的供暖率；

y——修正系数。

$$y = [1 + (M_0/M_b)] / [1 + (M_0/M)] \tag{1-30}$$

式中　M_0——集热部件在未加保温帘时的热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）。

（8）太阳房室内空气平均温度的预测：太阳房室内空气平均温度 $\overline{T}_r$ 的简易预测方法为：

1）直接受益式太阳房为

$$\overline{T}_r = \overline{T}_a + \frac{\overline{S}_p A_p + \overline{Q}_{cb} + \overline{Q}_{in} + \overline{Q}_{aux}}{NLC + 24 \times 3.6 A_g K_g} \tag{1-31}$$

2）集热蓄热墙或附加阳光间型太阳房为

$$\overline{T}_r = \overline{T}_a + \frac{\overline{T}_a + A_g \overline{H}_{t\theta} + \overline{Q}_{cb} + \overline{Q}_{in} + \overline{Q}_{aux}}{NLC} \tag{1-32}$$

7. 太阳辐射参数

（1）赤纬角 δ：地球与太阳的连线与地球赤道的平面夹角称为赤纬角，记作 δ。δ 可按下式计算：

$$\delta = 23.45\sin\left(\frac{N-80}{370} \times 360\right) \tag{1-33}$$

式中　δ——年中逐日的赤纬角度（°）

N——所计算日在一年中的日期序号。

（2）太阳高度角 γ_h：太阳高度角是指太阳与地面上观测点的连线与地平面的夹角。

（3）太阳方位角 α：太阳方位角 α 是指由观测点指向太阳的向量在地平面上的投影与正南方向之间的夹角。

（4）平面倾斜角 θ：平面倾斜角 θ 是指平面与地平面之间的夹角。对于垂直面，$\theta = 90°$；对于水平面，$\theta = 0°$。

（5）阳光入射角 i：阳光入射角 i 是指阳光入射线与被投射面法线之间的夹角。

（6）倾斜平面方位角 γ：倾斜平面方位角 γ 是指倾斜平面外法线在水平面上的投影线与正南方向线之间的夹角。当倾斜平面面向正南时，$\gamma = 0$；面向东时，γ 为负；面向西时，γ 为正。

γ、θ、i 之间几何关系的示意图，如图 1－14 所示。

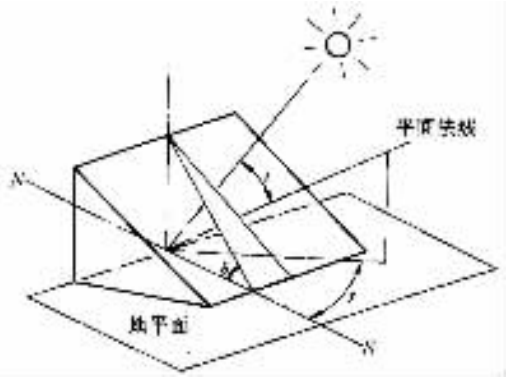


图 1－14　阳光入射角示意图

第四节　太阳房热工设计

太阳房设计步骤，如下所述

1. 原始资料

（1）建筑资料

1）建筑物的服务对象，使用特点及建筑设计草图。

2）投资建造单位对太阳房的设计要求，投资数量及使用单位的管理水平。

3）营造单位的施工水平和预期施工进度。

4）太阳房周围建筑和太阳房的关系，有无造成遮阳、污染的情况。

（2）气象资料：气象资料的是否完整和正确，直接影响太阳房性能的测试精度和设计的质量。在设计太阳房时所需的气象资料主要有以下几方面：

1）辐射资料。水平面的总日射和散射日射的月平均日辐照量，在概略计算时可以只要水平面的总日射辐照量。可查附录 A 表 A.10。

2）气温。采暖期各月室外空气平均温度。可查附录 A 表 A.4 及表 A.7。

3）风向和风速。用于确定冷风渗透量和比较准确地确定外围结构外表面的传热系数。特别是集热部件外表面的传热系数。后者在集热部件的热平衡计算中十分重要。

4）当地湿度。对合理确定材料的热工参数有重要意义。

5）与确定气象条件有关的其他条件，如当地纬度、经度以及地形、地貌等。

在详细进行太阳房的热工计算时（如需预测逐时室温），需要进行逐时模拟计算。此时还需要太阳辐射和室外气温的逐时资料以及有关月份的地温资料等。

（3）建材资料：设计前需要掌握的建材资料主要有：

1）透光材料的光学特性。所用玻璃或其他透光材料的厚度和消光系数。如采用玻璃钢，还需要了解其在使用期间光学特性的变化规律，以便合理确定其设计参数。

2）保温材料的密度、热导率，比热容，以及在实际施工和使用期间可能发生的变化。可查附录 A 表 A.7、表 A.10、表 A.12、表 A.13、表 A.14。

3）气密性材料　包括是否设置窗户密封条以及在用玻璃钢作透光材料时因其热胀冷缩性较强，在其和窗框连接处需要选用能承受胀缩的气密材料等。在确定冷风渗透量时，需要综合考虑这方面的因素。可查附录 A 表 A.7。

4）集热墙和附加阳光间中接受太阳辐射的表面，使用选择性镀层的必要性及其太阳辐射吸收系数和长波辐射发射率。可查附录 A 表 A.12、表 A.13。

5）当地常用重质材料的品种和热工参数。可查附录 A 表 A.7、表 A.12、表 A.13、表 A.14。

6）当地常用的采暖常规能源品种及性能。

7）与上述各项材料有关的价格及供销渠道。

2. 总体方案的确定　在设计太阳房时，首先要根据建筑物的用途，当地气象、建材条件以及周围环境等因素，对太阳房的总体方案进行认真考虑。主要至内容有：太阳房的朝向选择和集热面的合理布置；太阳房的层高与进深，体形及层数；太阳房和邻近建筑的日照间距及环境绿化；房间的保温、蓄热；建筑内部的平面组合及出入口布置等。

（1）在选定建筑位置和朝向时，要尽量避免烟尘对太阳房集热部件透光表面的污染。要考虑冬季防风、防遮阳，以及夏季通风、遮阳降温等问题。

（2）集热方式和集热部件的选择。对主要使用时，间在晚上的房间要优先选用蓄热性能较好的集热系统，以便晚间有较高的室温；对主要使用时间

在白天的房间，要优先选用能使房间在白天有较高室温，上午升温较快，并使定温波动不超过舒适范围的集热系统。另外选用便于清扫集热面以及维护管理方便的集热部件。

（3）在建筑平面组合上，对主要居室或办公室应尽量朝南布置，并尽量避开边跨；对没有严格温度要求的房间、过道，如储藏室、楼梯间等可以布置在北面或边跨；对寒冷地区的有上下水道的房间，要验算水管的防冻温度。南北房间之间的隔墙，应核算保温性能。对建筑的主要入口，一般应设置门斗。对主要居室应尽可能地设置通过辅助房间的次要入口。

（4）在建筑保温构造上，应尽量就地取材，选用性能较好的廉价保温材料，要注意设计性能优良可靠，又便于操作管理的活动保温装置。

（5）确定室温标准及允许波动室温范围。

（6）利用最优化方法确定最有利的初投资，并找出最经济的热工设计方案。

3. 热工特性的校核计算

（1）校核在设计日房间的平均温度是否达标，舒适度及温度波动是否满足要求，计算出辅助热耗量。

（2）选取 1 月份较冷的晴天进行设计日的室温计算。

（3）计算房间的热损失系数 BLC。

（4）计算房间的阳光得热量。

（5）确定房间的 1 天的平均室温。

（6）计算房间的室温变化。

4. 太阳房的热舒适性和技术经济性分析评价

（1）计算不舒适度指标 DI，并评价该太阳房方案热舒适性的优劣。

（2）计算该太阳房在寿命期内资金节省额 SAV，以及总投资 A。

（3）计算回收年限 n。

由第（2）、（3）项进行该太阳房的经济评价。

5. 进行方案评价及建议。

第二章　被动式太阳房的最佳朝向

本节从计算我国各地、各朝向在正常晴天下的全日及逐时阳光得热量入手，分析了被动太阳房内的热负荷特点及阳光在室内供热量的日分布规律，并预测了被动房瞬时室温。

第一节　阳光得热量分析

本节计算了我国冬季 12、1、2 月份从北纬 28°～48°N 地区，正南以及南偏东和偏西 5°～90°，其间隔为 5°的集热面上，单、双层玻璃，从日出到日落晴天情况下单位面积逐时阳光得热量及累加全日得热量，非北向与对应的南向日得热量之比值 R，见表 2－1 及图 2－1。由此可知，集热面由南向东或西偏转时，全日阳光得热量降低的幅度随集热面方位角 γ 的绝对值的增大而增大。由图 2－2 尚可知单、双层窗的各个对应值均很接近。

表 2－1　　我国北纬（N）28°～48°地区不同方位角 γ 时日得热量比值 R 的峰值

纬　度	月　份	W（$\gamma=90°$）E（$\gamma=-90°$）	WSW（$\gamma=67.5°$）ESE（$\gamma=-67.5°$）	SW（$\gamma=45°$）SE（$\gamma=-45°$）	SSW（$\gamma=22.5°$）SSE（$\gamma=-22.5°$）
28°N	12	0.3208	0.5205	0.7261	0.9141
	1	0.3485	0.5448	0.7400	0.9141
	2	0.4892	0.6738	0.8202	0.9373
32°N	12	0.3111	0.5133	0.7237	0.9155
	1	0.3154	0.5159	0.7246	0.9147
	2	0.4353	0.6262	0.7959	0.9356

续表

纬　　度	月　　份	W（$\gamma=90°$） E（$\gamma=-90°$）	WSW（$\gamma=67.5°$） ESE（$\gamma=-67.5°$）	SW（$\gamma=45°$） SE（$\gamma=-45°$）	SSW（$\gamma=22.5°$） SSE（$\gamma=-22.5°$）
36°N	12	0.2798	0.4883	0.7133	0.9158
	1	0.3109	0.5125	0.7257	0.9172
	2	0.4018	0.5975	0.7813	0.9335
40°N	12	0.2997	0.5069	0.7270	0.9195
	1	0.2820	0.4968	0.7216	0.9182
	2	0.3643	0.5614	0.7572	0.9219
44°N	12	0.2335	0.4537	0.7027	0.9176
	1	0.2516	0.4649	0 .7072	0.9167
	2	0.3347	0.5353	0.7437	0.9195
48°N	12	0.2046	0.4320	0.6969	0.9193
	1	0.2290	0.4469	0 .7022	0.9180
	2	0.3025	0.5075	0.7289	0.9169

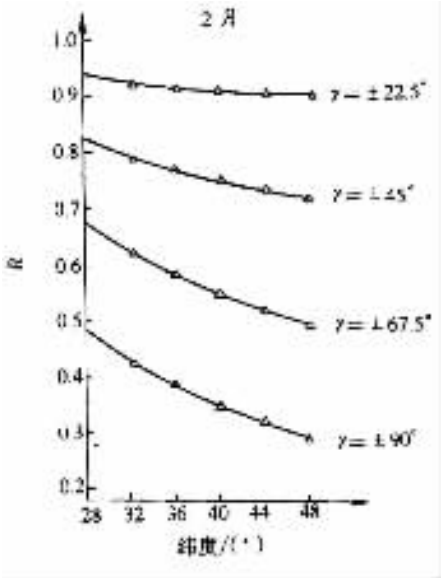


图 2－1　非北向与南向日得热量（双层窗）的比值和方位角的关系

注：R = 非北向日得热量/南向日得热量。

图 2－2 给出 2 月份时在纬度 28°N 处，通过不同朝向单层玻璃一日阳光

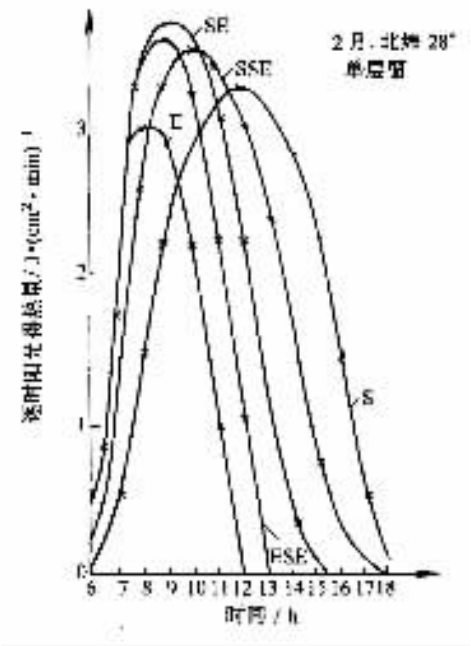


图 2－2　不同朝向单层窗逐时得热量分布

的逐时分布。由图 2－2 知，朝东（西）南峰值最大，朝东（西）峰值出现得最早（迟），朝东南的全天日照最大热量集中在上午 9 时左右。图 2－3 所示是在 1 月份方位角 $\gamma = -45°$的单层窗在各种纬度（28°N～48°N）下的逐时得热量分布。各种纬度下比值 R 的峰值列于表 2－2。由表 2－2 可知，R 峰值出现时间，在各纬度下均为上午 9 时，并且峰值的大小是随纬度的增大而降低的。图 2－4 示是方位角 $\gamma = -45°$的单、双层窗，在 40°N 不同月份一日逐时得热量的分布。由图 2－4 可知，12 月和 1 月份的数值较接近，2 月份的逐时得热量更大些。并且单、双层窗日得热量逐时分布规律是相近的，但在峰值出现前后 1.5h 的区间内，单、双层窗逐时得热量的数值相差较大。

表 2－2　　1 月份东南向单层窗各纬度下逐时得热量与南向对应值之比的峰值

纬度 / 时间	28°N	32°N	36°N	40°N	44°N	48°N
9 时	1.4655	1.429	1.399	1.376	1.356	1.345

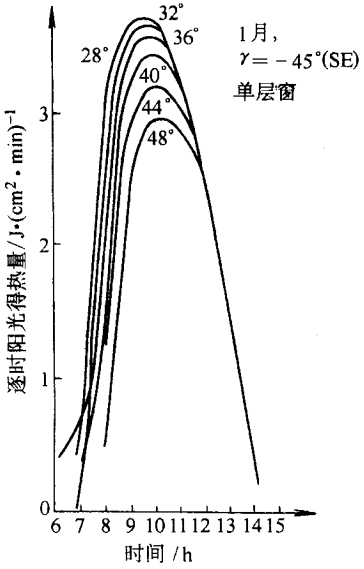


图 2－3　各纬度下单层窗一日逐时得热量分布

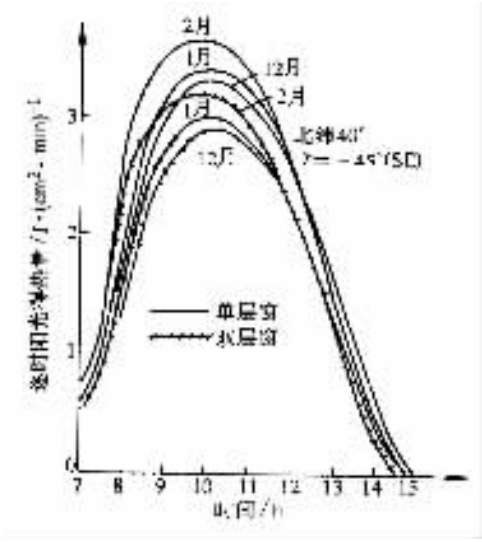


图 2－4　不同月份单双层窗一日逐时热量分布

第二节　被动式太阳房热负荷特点

本节用一阶谐波法逐时计算了室内维持 12℃时各种朝向被动太阳房的热负荷。计算出了外墙综合耗热量。还计算了无阳光照射外墙时被动房的热负荷，如图 2－5 所示。由图 2－5 可知，有、无阳光作用的两条热负荷曲线仅在夜间稍有差别，各朝向被动房之间的热负荷的差别更小。

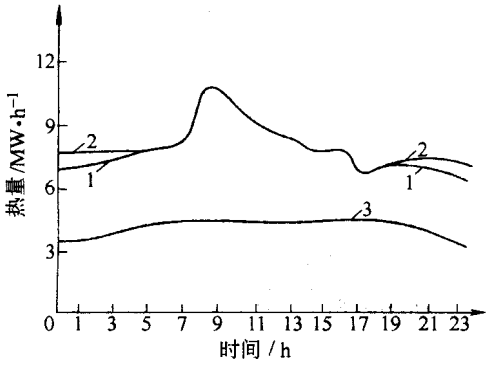


图 2－5　被动房热负荷曲线

1—有日照作用时被动房墙体热负荷曲线

2—有日照作用时被动房全热负荷曲线

3—无日照作用时被动房全热负荷曲线

人们习惯地认为，夜间没有阳光，且室外温度低，则被动房的夜间热负荷必然大些，但从图 2－5 的曲线 2 可看出，有保温帘的被动房热负荷在 8～16 时较大，夜间却较小。原因有二：其一是凌晨没有阳光且室外温度低，这种低温经围护结构延迟十多个小时后反映为白天的热负荷则较大；其二是以直接收益式为主的太阳房，玻璃面大，其热负荷占主导，白天玻璃面热耗较大，晚上有保温帘而热耗较小，所以总的来说热负荷仍是白天大。

在被动房的热负荷计算中，由于在一昼夜中墙体热负荷较均匀，所以只考虑在日照作用下的墙体的热负荷，如图 2－5 中的曲线 1 所示。

第二节　被动式太阳房全日阳光供热量

阳光得热量，包括透过玻璃窗的日照量以及玻璃窗吸收日照后向室内的放热量。透过玻璃窗的日照量不能全部转化为即时的阳光供热量，其中部分辐射热投射在围护结构表面上，而使其温度上升，热流一方面传入墙体内部蓄存，另一方面当温度升至高于周围空气的温度时，则以对流方式传给周围空气，其余蓄存的热量逐渐放出作为阳光供热量。阳光供热量低于热负荷的部分即为太阳房所需的补热量，补热量为最小的朝向即为最佳朝向。

第三章　被动式太阳房总体热工设计

在被动式太阳房设计中，要想使太阳房达到较高的太阳能供暖率 SHF 及节能率 ESF，减少室温日波动幅度，一方面应使太阳房在冬季能接收到尽可能多的太阳辐射热，又不致引起冬季室温日波幅太大及夏季过热；另一方面还应减少太阳房围护结构热损失以及合理的选用太阳能收集部件。才能使太阳房达到理想的效果。为此，被动式太阳房总体热工设计应考虑以下几方面的问题。

第一节　太阳房的方位及集热面的布置

1. 太阳房的方位

（1）方位与日射辐照量：不同纬度 ϕ 的地区，在不同的季节（用赤纬角 δ 表示），正午太阳高度角 γ_h（日最大太阳高度角）存在以下关系：

$$\gamma_h = 90° - (\phi - \delta)$$

图 3－1 给出了不同（$\phi - \delta$）值下各朝向垂直面的相对辐照量，即各朝向垂直面的辐照量与南向垂直面辐照量的比值。

从日射辐照量的角度来看，对于以解决采暖为主的纬度较高的地区，建筑的方位在 30°以内是适用的，15°以内是较好的。

（2）方位与日照时间：根据地球的运行规律，冬、夏季日出至日落全天太阳方位角的变化范围是不同的，见图 3－2 所示。

从日照时间的角度来看，太阳房的方位以朝南及略偏东或偏西是比较合适的。

（3）方位及室温波动：冬季，室外最低气温出现于早晨 7 时，最高气温出现于午后，太阳房若偏西则由于午后室外气温及日射辐照量均较大，从而导致全天热负荷不均，室温变化较大。因此，从要使室温波动小的角度来看，太阳

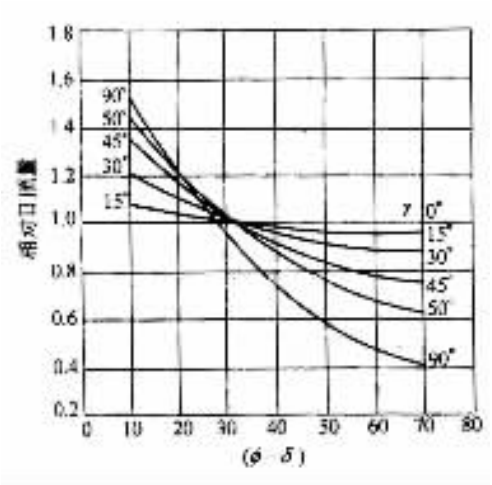


图 3－1　垂直集热面在不同方位角的相对日照量与（$\phi-\delta$）的关系

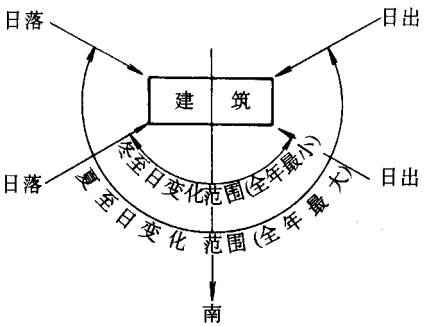


图 3－2　冬、夏季太阳方位变化范围示意图

房的方位以略偏东为宜。

综合以上分析，太阳房的方位以朝南及南偏东、南偏西 15°以内比较合适；从室温波动来看以朝南及南偏东更为适宜。

2. 集热面的布置　集热面应布置在南向垂直墙面上，东、西向不宜布置集热面。因为从图 3－1 可以看出东、西向集热面冬季辐照量很低，夏季辐照量却很大，这对于冬季利用太阳能供暖及防止夏季室内过热都是不利的。

图 3－3 给出了朝南集热面在倾斜角 θ，纬度 ϕ 的地区在不同季节（$\phi-\delta$）下的相对日照量。当集热面倾斜安装时，夏季应特别注意采取遮阳措施，以避免室内过热。

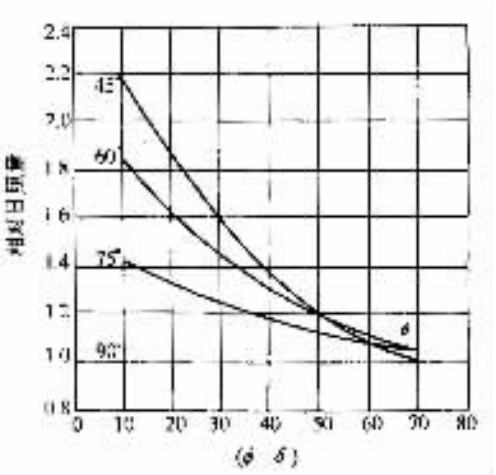


图 3－3　集热面在不同倾角 θ 下，相对日照量与（$\phi-\delta$）的关系

第二节　太阳房的日照间距与环境绿化

1. 太阳房的日照间距　为保证太阳房的太阳能集热部件不被其前方建筑物遮挡，必须使太阳房与其前方建筑物之间具有一定的距离，此间距称为太阳房的日照间距。

日照间距的计算取冬至日作为计算日，只要冬至日能保证太阳房在要求的日照时间内不被其前方建筑物遮挡，则冬季其他日期的日照时间均大于冬至日的日照时间。

图 3－4 为位于平坦地面上朝向偏东的太阳房，其前方建筑物高度为 h。若使正午 n 小时内太阳房勒脚下的 P 点以上墙面的阳光不被前方建筑物遮挡时，就必须满足正午前 n 小时前方建筑物的阴影落在 P 点，通过 P 点作墙面的法线 P_n，正南方向线 PS，则 Pa 即其日照间距 S。S 值可按下式计算：

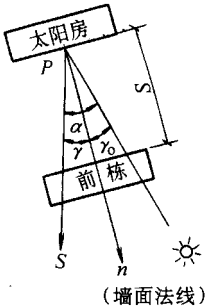
$$S = h_o \cot\gamma_h \cos\gamma_o \tag{3-1}$$

式中　h_o——前栋建筑物的计算高度（m）；

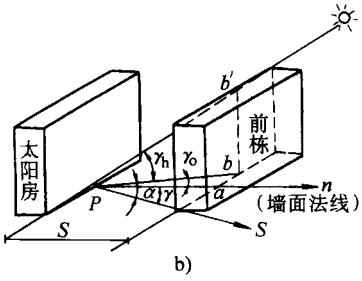
γ_h——计算时刻的太阳高度角（°）；

γ_o——计算时刻太阳光线在水平面上的投影与垂直墙面法线之间的夹角（°）

角 γ_o 与太阳方位角 α 及墙面的方位角 γ 有以下关系，如图 3－5 所示。



a)



b)

图 3－4　日照间距示意图

太阳高度角 γ_h 和太阳方位角 α 可用下式计算：

$$\sin\gamma_h = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos\omega \tag{3-1}$$

$$\sin\alpha = \frac{\cos\delta\sin\omega}{\cos\gamma_h} \tag{3-2}$$

或

$$\cos\alpha = \frac{\sin\gamma_h\sin\phi - \sin\delta}{\cos\gamma_h\cos\phi} \tag{3-3}$$

式中　ϕ——当地地理纬度（°）

δ——计算日赤纬角，冬至日 $\delta = -23°27'$；

ω——计算时角，太阳时正午 $\omega = 0°$，每小时变化 15°，午前为负，午后为正。

前栋建筑的计算高度 h_o 与建筑的地面标高、建筑的体型以及太阳房墙面被照射部位的高度（P 点的高度）有关，见图 3－6～图 3－9 所示。

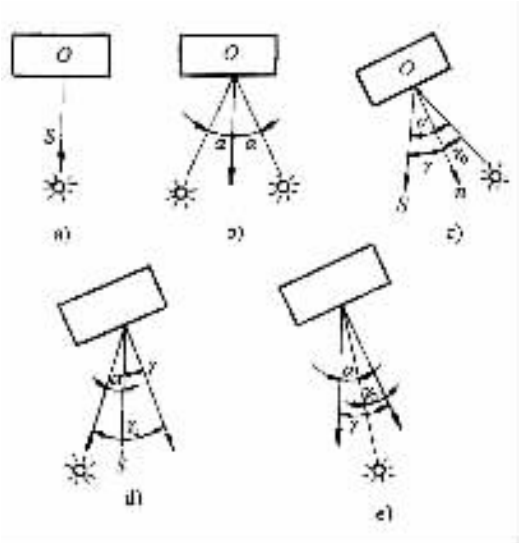


图 3－5　朝向与太阳方位的关系

a）$\gamma_o = 0$，$\gamma = 0$，$\alpha = 0$　b）$\gamma_o = G\alpha G$，$\gamma = 0$　c）$\gamma_o = \alpha - \gamma$，$\gamma_o = \gamma + \alpha$　e）$\gamma_o = \gamma - \alpha$

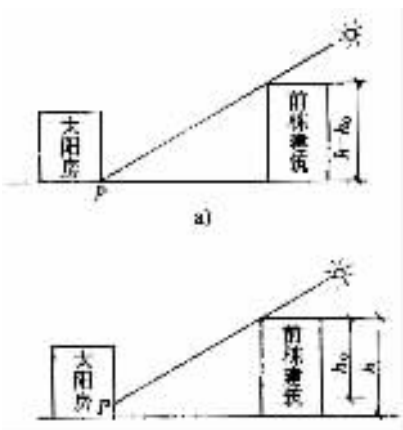


图 3－6　太阳照射太阳房位置对前栋建筑计算高度 h_o 的影响

a）太阳照射在勒角下 P 点　b）太阳照射在一层窗台 P 点

【例 3－1】北京地区某正南朝向太阳房，其前栋建筑的计算高度 h_o = 3m，求冬至正午前、后 2h 整个墙面均有太阳照射及仅正午有照射时，其日照间距 S。

解：北京地理纬度 $\phi = 39°57' = 39.95°$

冬至日赤纬 $\delta = -23°27' = -23.4°$

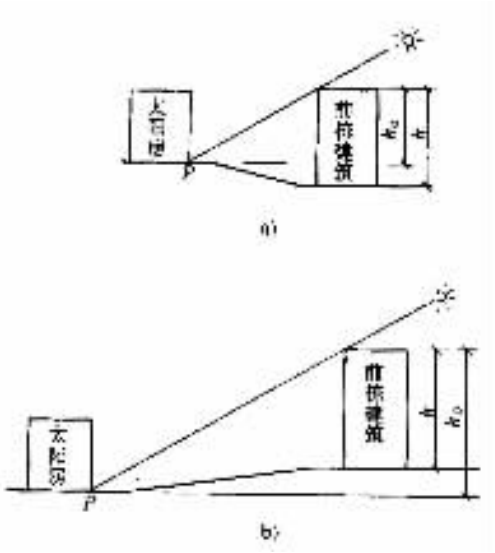


图 3－7　室外地面标高对前栋建筑计算高度 h_0 的影响

a）前栋建筑地面标高较低　b）前栋建筑地面标高较高

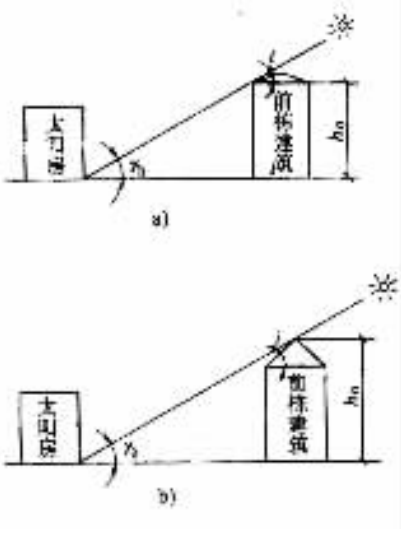


图 3－8　屋顶倾斜角对前栋建筑计算高度 h_0 的影响

a）前栋建筑屋顶倾斜角 i 较小　b）前栋建筑屋顶倾斜角 i 较大

计算时角 ω：正午前后 2h， $\omega = \mp 2 \times 15° = \mp 30°$

正午 $\omega = 0°$

（1）计算太阳高度角

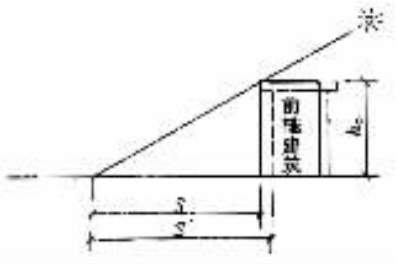


图 3－9　前栋建筑屋檐对日照间距的影响

$$\sin\gamma_h = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos\omega$$

$$= \sin39.95°\sin(-23.4°) + \cos39.95°\cos(-23.4°)\cos\omega$$

将时角 $\omega = 30°$ 及 $\omega = 0°$ 分别代入上式，则

正午前后 2h 的太阳高度 $\gamma_h = 20.7°$

正太阳高度角 $\gamma_h = 26.62°$

（2）计算太阳的方位角 α

$$\sin\alpha = \frac{\cos\delta\sin\omega}{\cos\gamma_h}$$

正午前后 2h 太阳方位角 α 为：$\omega = 30°$，$\gamma_h = 20.7°$

$$\sin\alpha = \mp\frac{\cos(-23.4°)\sin30°}{\cos27.7°} = \mp0.490$$

$$\alpha = 29.34°$$

正午太阳方位角 α。由于正午时角 $\omega = 0$

所以 $\alpha = 0$

（3）日照间距 S

$$S = h\cot\gamma_h\cos\gamma_o$$

正午前后 2h 有日照时：$\gamma_h = 20.7°$，$\gamma_o = 29.34°$

$$S = 3\cot20.7°\cos29.34° = 6.92\text{m}$$

正午有日照时：$\gamma_h = 26.62°$，$\gamma_o = 0$

$$S = 3\cot26.62°\cos0° = 5.99\text{m}$$

2. 太阳房的环境绿化　为了使环境绿化在冬季不遮挡太阳房的阳光，在太阳房的前方以种植花草及灌木为宜，高大的树木宜种植在如图 3－10 所示建筑前方 120°范围以外，这些树木冬季不会遮挡阳光。考虑夏季的遮阳，可

在建筑前方搭架种植季节性的藤类植物。

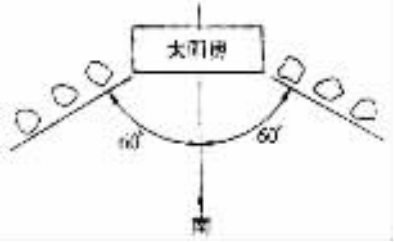


图 3－10　太阳房绿化区域

第三节　集热面的遮阳设计

为了防止太阳房集热部件夏季导致室温过热，常常利用挑檐作为夏季的遮阳措施。由于一年中正午的太阳高度角 γ_h 是变化的，见图 3－11 所示。冬至日正午太阳高度角最小，夏至日正午太阳高度角最大，太阳房又基本上朝向正南，所以只要正确设计挑檐的伸出宽度 A（见图 3－11）就可以起到隆冬季节不遮挡太阳，而盛夏季节则可遮挡住绝大部分入射的太阳光的作用。

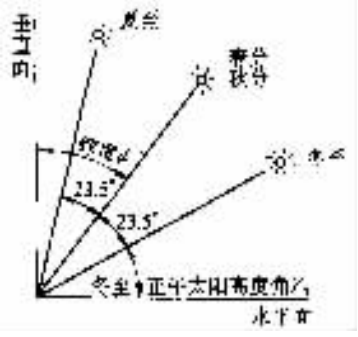


图 3－11　不同地区和季节正午的太阳高度角

当集热面的上缘和挑檐距离为 B 时，如图 3－12 所示。挑檐的伸出宽度 A 应考虑满足冬、夏季的需要。冬季 2 月初正午的太阳高度角约比冬至日大 5°左右，因此，要使最冷的 1 月份集热面无遮挡，就应满足以下要求：

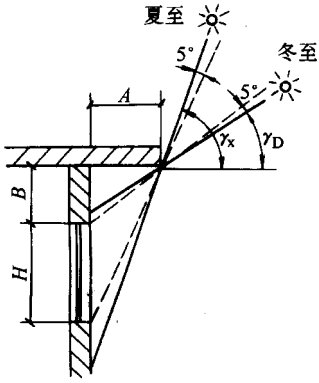


图 3－12　冬夏季挑檐遮阳情况

$$\mathrm{tg}\left(\gamma_D + 5^\circ\right) = B/A \tag{3-4}$$

式中　γ_D——冬至日正午太阳高度角（°）；

A——挑檐的伸出宽度（m）；

B——集热面上缘至挑檐根部之距离（m）。

夏至日正午太阳高度角是全年的最大值，5 月中及 8 月初正午太阳角约比夏至日低 5°，因此，当满足下式要求时，5 月中到 8 月初正午集热面上的阳光可全部被遮挡

$$\mathrm{tg}\left(\gamma_x - 5\right) = \left(B + H\right)/A \tag{3-5}$$

式中　γ_x——夏至日正午太阳高度角（°）；

H——集热面的高度（m）。

利用挑檐进行集热部件夏季的遮阳时，对于高纬度的寒冷地区，首先应满足冬季集热面不被遮挡的要求，对于纬度较低的温暖地区，应重视夏季遮阳的要求。

对于一定的 A、B、H 值，集热面的遮阳修正系数可按有关资料计算。

第四节　太阳房的层高、进深、型体与层数

1. 太阳房的层高与建筑进深

（1）太阳房的层高：对于采用了一定通风换气措施的住宅，层高可采用 2.8m，由于太阳房的密封性能较好，净高不低于 2.8m 为宜。对于人员较多

的公共建筑，如学校、幼儿园等，层高还应适当加大。

（2）太阳房的建筑进深：当太阳房的层高一定时，建筑的进深过分加大则整栋建筑的节能率会降低，因此，建筑进深在满足使用的条件下不宜太大。当建筑进深不超过层高的 2.5 倍时可以获得比较满意的节能率。

2. 太阳房的型体与建筑的层数

（1）太阳房的型体：太阳房的型体首先应对阳光不产生自身遮挡，其次在层高和建筑面积一定的情况下，太阳房的型体以正方形或接近正方形的矩形为宜。立面应简单，避免立面上的凹凸造成建筑的自身遮挡和外围护结构面积的加大。

一般南立面上的阳台在夏季能起到很好的遮阳作用，但冬季很难完全不遮挡阳光。对于冬季寒冷而夏季气温不高的地区，南向立面尽量不设阳台，若需设阳台时，应尽量缩小阳台的伸出宽度。凹入的阳台（或称凹廊）在太阳房中应避免使用，因为，它在水平方向及垂直方向都会产生对太阳的遮挡。

（2）太阳房的层数：从节能的角度来看，对于独户住宅，3 开间的做成 1 层为宜，4 开间以上的做成 2 层为宜。对于单元式住宅则以连排 3 单元 5～6 层节能效果较好。

第五节　太阳房的平面布置、蓄热及出入口防冷风渗透措施

1. 太阳房布置及蓄热　太阳房内部平面布置主要居室宜在南面，辅助房间宜在北面，房间使用应方便，此外，尚应解决好居室的进深和蓄热问题。

（1）南向主要居室的进深：为了保证南向主要房间达到较高的太阳能供暖率 *SHF*，房间的进深不宜太大，一般不大于层高的 1.5 倍，这时可保证集热面积与房间面积之比不小于 30%。

（2）蓄热问题：为减小太阳房温度的波动值，至少应保证两面以上的隔断墙是蓄热性能好的重质墙，太阳房中不宜用轻质材料做隔断墙。在直接受益式太阳房中，楼板和地面都是很好的蓄热体。地面受太阳照射的时间长，照射的面积大，因此，地面上不要铺地毯。对于底层的地面，还应适当加厚

其蓄热层。

2. 太阳房的出入口防冷风渗透措施　出入口开启时会有大量冷空气进入室内，因此，太阳房出入口应采取防冷风渗透措施。

（1）设置门斗：当门斗设在南向时，最好不要采用凸出建筑的外门斗，以免遮挡南墙面上的阳光。设置如图 3－13 中的内门斗则可避免产生遮挡。门斗不要直通室温要求较高的主要居室，而应通向辅助房间或过道，以防冷风直接进入主要居室。

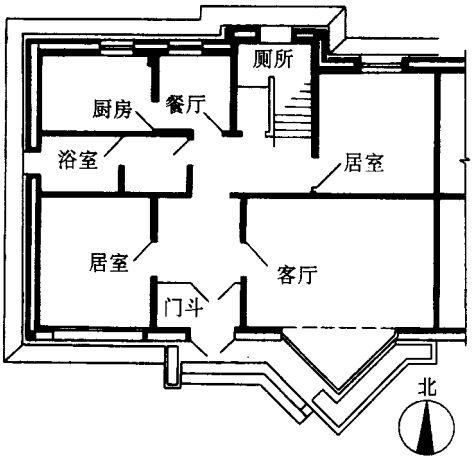


图 3－13　出入口设置内门斗的太阳房

（2）出入口外设阳光间：当出入口在南向并通向主要居室时，可将出入口做成阳光间。白天在阳光照射下，阳光间的温度较高，因此，可以减小由于出入口开启对室温的影响，如图 3－14 所示。

（3）增设供冬季使用的辅助出入口：当出入口在南向并通向主要居室时，还可采用在太阳房的东、西或北侧设置供冬季使用的辅助出入口，辅助出入口通向辅助房间或过道，设有外（或内）门斗。这样夏季、春秋季可利用南向出入口，冬季使用辅助出入口，从而避免出入口开启引起主要房间室温的波动。

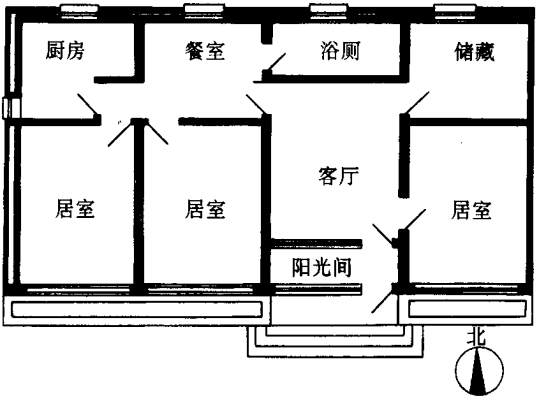


图 3－14 出入口设置阳光间的太阳房

第六节 太阳房外围护结构的保温

外围护结构保温的具体做法可参看《被动式太阳房设计图集》和本手册有关内容，此处仅对确定围护结构保温时应考虑的问题加以介绍。

1. 保温厚度 在围护结构的传热温差一定的情况下，围护结构保温层厚度越大，其传热损失越小，但随着厚度的增加，其收效减低，当厚度超过一定程度时，传热损失随保温层厚度的增加下降得非常微小。因此，保温层的最佳厚度应通过技术经济分析来确定。

2. 保温层的位置 保温层的最好位置是敷设在外围护结构的外表面，这样整个外围护结构内的温度都会提高，对防止围护结构内部结露是有利的，还可以改善人体舒适感。其次，可做成夹芯结构。应避免将保温层置于外围护结构的内表面，因为在这种情况下，整个外围护结构内的温度都会下降，增加了围护结构内部产生凝水的可能性。

3. 注意加强保温后的热桥问题 当外围护结构加强了保温后，大量的热量将从保温薄弱或未保温的部位散失掉，我们称之为热桥。热桥不仅加大了热损失，而且形成内部结露。

第四章　直接受益式太阳房设计

第一节　概　　述

所谓直接受益，就是让阳光直接加热采暖房间，把房间本身当作一个包括有太阳能集热器、蓄热器和分配器的集合体，即是一种利用南窗直接接受太阳辐射的被动式太阳房，如图 4－1 所示。

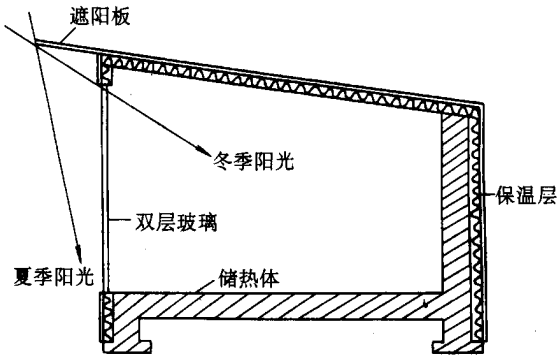


图 4－1　直接受益式太阳房构成

1. 工作原理　冬天，阳光透过宽大的南窗玻璃面，直接照射到室内的墙壁、地面和家具上，使它们的温度升高，并在其中蓄存热量。到夜间，当室外温度和房间温度开始下降时，墙壁、地面等就会散发热量。太阳热能这种集、蓄、放的全过程，即是直接受益式太阳房的工作原理，如图 4－2 所示。

2. 特点　直接受益式太阳房具有结构简单，建筑形式美观，且造价较低等优点。但如设计不当，会引起室温日波动大，舒适性差，辅助能耗增多。此外，白天室内的眩光问题不易解决。适宜建在气候比较温和的地区，在寒冷地区效果较差。

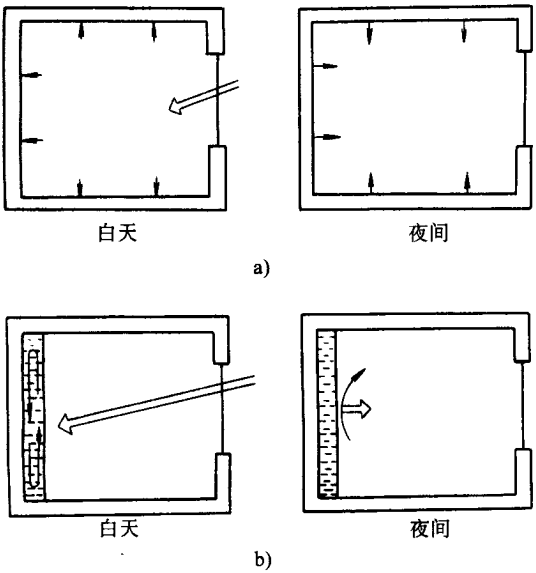


图 4－2　直接受益式太阳能采暖系统工况示意图

a）重质蓄热材料　b）内部设水墙

3. **范例**　图 4－3 所示为英国柴郡、华莱斯伊（Wallascy Cheshire）圣乔治（St. George）学校的太阳房，建于 1961 年。华莱斯伊位于北纬 53°，冬天风大、云天较多。这幢建筑是 2 层，地面做法是 15cm 厚混凝土，10cm 面层。楼板是 23cm 厚钢筋混凝土。屋顶 17cm 钢筋混凝土覆盖 13cm 泡沫塑料保温层，隔断为 23cm 厚砖墙。南墙长 70.1m，高 8.2m，大部分是双层玻璃，中间空气层为 60cm，有少数几个窗是开扇。这幢建筑保温性能好，并且围护结构热容量很大，即使在晴天室内温度的波动也小于 3℃。

第二节　基本设计要素

直接式太阳能采暖系统中主要的集热构件是南向玻璃窗，称为直接受益窗，要求窗扇密封性能良好，并配有保温窗帘。

另一类主要构件是蓄热体，有室内的地面、墙壁、屋顶和家具等。此外，围护结构应有良好的保护层，防止室内热量散失。

1. **直接受益窗**　直接受益窗是直接受益式太阳房获取太阳热能的唯一途

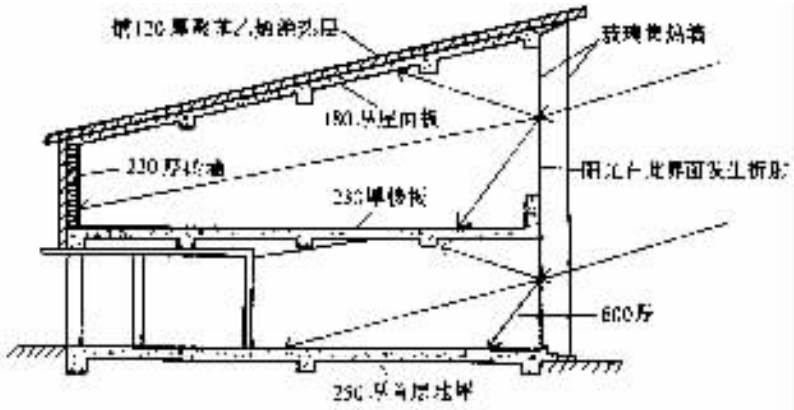


图 4－3　圣乔治小学校的太阳房

径，它既是得热部件，又是失热部件。一个设计合理的集热窗应保证在冬季通过窗户的太阳得热量能大于通过窗户向室外散发的热损失，而在夏季使照在窗户上的日照量尽可能少。

改善直接受益窗的保温状况，一是增加窗的玻璃层数；二是在窗上增加夜间活动保温窗帘。

增加玻璃层数，可以加大窗的热阻，减小热损失，但同时玻璃的透过系数及窗的有效面积系数降低，使透过玻璃的太阳得热量也减小了。

当无夜间保温时，增加玻璃层数对提高房屋热性能有较大作用，但有了夜间保温后，作用就相应减小。具体选择可参照表 4－1。

表 4－1　　不同地区直接受益窗玻璃层数推荐值

冬季室外平均气温/℃	玻璃层数	
	夜间没有保温	夜间保温（热绝缘系数 $M=0.86m^2\cdot℃/W$）
0～5	2	1
－5～0	2 或 3	1 或 2
＜－5	3 层以上	2

因采光要求，窗户占南立面的比例至少应等于 30%，此时窗地比约为 0.16，为获取太阳热量，此比例还需加大，但窗户面积过大，会引起直接受益式太阳房室温波动变大。因此，应选择适当的窗户面积。若集取的太阳热量不够，可将不开窗户的其余南向墙面设计成其他类型的集热设施。推荐的窗地比值见表 4－2。

表 4－2　　不同气候条件下的窗地比

冬季室外平均气温/℃	窗　地　比
－8～9	0.27～0.42（窗有保温措施）
－5～7	0.24～0.38（窗有保温措施）
－0～4	0.21～0.33
0～1	0.19～0.29
2～1	0.16～0.25

2. 蓄热体　为了更充分地利用太阳能，应使房间在有日照时，能多吸收和蓄存一部分过剩的太阳热量，以便在无日照时，又能将热量逐渐向室内散发，减少室温波动并保持一定的水平，这就需要在房间内配置足够数量的蓄热物质即蓄热体。

蓄热材料应具有较高的体积热容和热导率，砖石、混疑土、水等都是较好的蓄热材料

应将蓄热体配置在阳光能够直接照射到的区域，并且不能在蓄热体表面覆盖任何影响其蓄热性能的物品。

对重型结构房屋通常所用的厚度是：墙体大于或等于 24cm，地面大于或等于 5cm，蓄热体表面积与玻璃面积之比大于或等于 3，地面所起的蓄热作用较大，地面厚度增至 10cm 比较有利。

3. 房间内表面的有效太阳能吸收系数 α_a　直接受益式太阳房房间内表面的有效太阳能吸收系数 α_a，是指太阳房内墙壁、天花板和地面所吸收的日射量 S_n 与透过南窗玻璃的日射量 S_{or}的比值 S_o 其大小与玻璃的反射系数 ρ_r、房间内壁、板的吸收系数 α_W 及南窗面积与房间内隔壁、板表面积的比例等因素有关。图 4－4 为直接受益式太阳房房间内表面的有效太阳能吸收系数 α_a的示意图，H_o 及 H_w 分别表示从南窗玻璃及房间内壁、板表面发出的总辐射流密度。H_o 由两部分组成：阳光的直接透射和对于房间内壁、板的辐射的反射。

直接受益式太阳房房间内表面的有效太阳能吸收系数 α_a 为

$$\alpha_a = \frac{S_n}{S_{0\tau}} = \frac{1-\rho_w}{(1-\rho_w) + \rho_w (1-\rho_c)\dfrac{A_o}{A_w}} \tag{4-1}$$

式中　ρ_w——内壁板表面反射系数；

ρ_c——玻璃的反射系数；

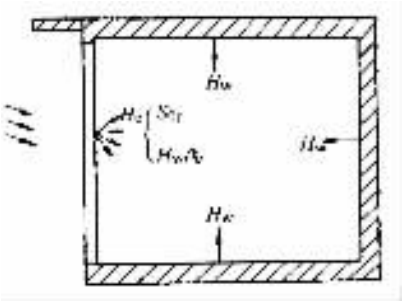


图 4－4　房间内表面的有效太阳能吸收系数 α_a

A_o——南窗玻璃的总面积；

A_w——各壁板总表面积。

在实际使用时，内壁、板表面的反射系数 ρ_w 可取各表面反射系数 ρ_i 的面积加权平均值即

$$\rho_w = \frac{\sum_{i=1}^{n} \rho_i A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \tag{4-2}$$

式中　ρ_i——第 i 个表面的反射系数；

A_i——第 i 个表面面积；

n——表面个数。

直接受益式太阳房房间内表面的颜色对其有效太阳能吸收系数 α_a 有明显的影响，按基准房几何尺寸计算的结果，见表 4－3。

表 4－3　　房间内表面颜色对 α_a 的影响

类　　别	α_a
各表面均为深色（$\rho_f = \rho_c = 0.1$）	0.88
各表面均为浅色（$\rho_f = \rho_c = 0.8$）	0.67
地面为深色，其他表面为浅色（$\rho_f = 0.1$，$\rho_c = 0.8$）	0.83

地面颜色对提高房间的太阳能吸收起决定性作用。地面应涂成深色，其他表面则选择任意颜色。如果是轻质结构表面，一定要涂成浅色。

第三节　直接受益式太阳房的 *SHF*—*SLR* 关系曲线

直接受益式 4 种窗型太阳房的 *SHF*—*SLR* 曲线，如图 4－5 所示。

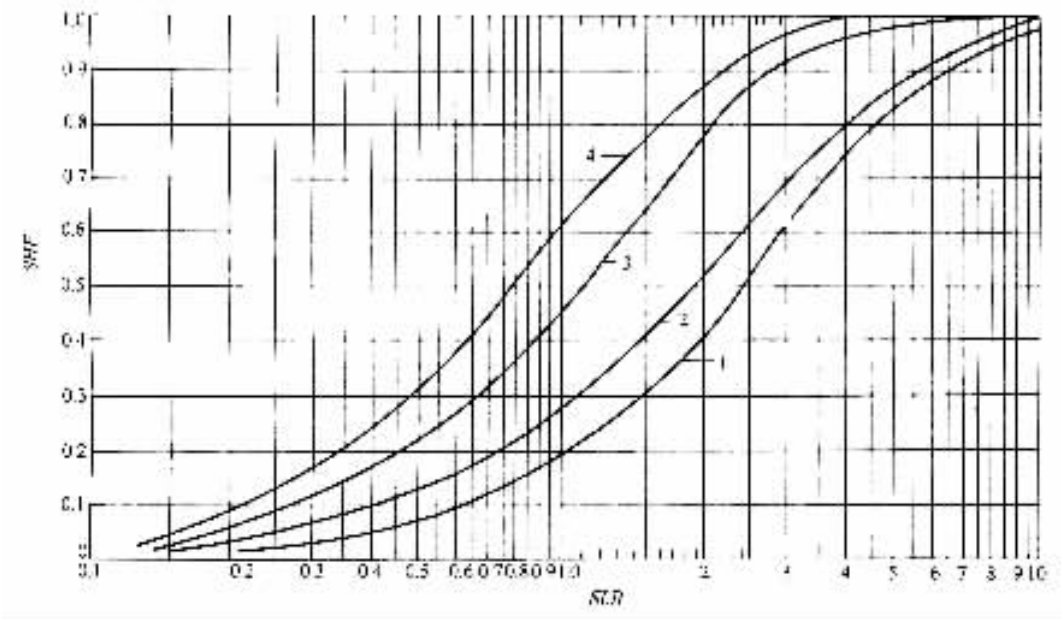


图 4－5　直接受益式太阳房 *SHF*—*SLR* 曲线

1—单层玻璃，无夜间保温　2—单层玻璃，有夜间保温，保温帘热绝缘系数 $0.8m^2 \cdot K/W$

3—层玻璃，无夜间保温　4—层玻璃，有夜间保温，保温帘热绝缘系数 $0.86m^2 K/W$

直接受益式太阳房的主要设计参数：开窗面积、玻璃透光性能、房屋朝向、围护结构构造、尺寸及热工性能。房间内表面有效吸收系数的影响均已包括在参数 *SLR* 中，重质结构房屋蓄热体厚度的变化对 *SHF* 的影响不大。夜间保温变化时，可在曲线 1、3 的基础加以修正。

第四节　设计示例

【例 4－1】　北京地区某直接受益式太阳房，房宽 6.6m，进深 5.0m，房高 2.8m。朝向正南。南墙上有两樘直接受益窗，每樘窗尺寸：2m×3m，均为双层玻璃木窗，未加夜间保温。房间内墙面、顶棚反射系数 $\rho_c = 0.52$，地面反射系数 $\rho_f = 0.27$，玻璃反射系数 $\rho_c = 0.1$。设计室温 $\tau_b = 14℃$。试求该太阳房的太阳能供暖率 *SHF* 和节能率 *ESF*。

太阳房和对比房围护结构传热系数，见表 4－4。对比房南墙上有两樘尺寸为 1.5m×1.8m 的单层玻璃木窗，采用标准玻璃（*KL* = 0.135）。房间内表面反射系数同太阳房，室内无其他热源 $Q_{in} = 0$。

表 4－5　　太阳房和对比房外围护结构传热系数[单位：W/（m²·K)]

房屋类型	外围护结构名称			
	外　墙	屋　顶	地　面	外　窗
太阳房	0.35	0.30	0.23	2.94
对比房	1.56	1.16	0.67	5.82

解：　（1）已知以下气象资料：北京地区纬度：39.8°。采暖期：按 11～3 月计算，各月的采暖度日值 $DD_{14,M}$ 列于表 9～12 的第②项中。

（2）计算太阳房净负荷系数 *NLC* 与对比房总负荷系数 *TLC*。有关计算参数列入表 4－5 中。

表 4－5　　太阳房净负荷系数 *NLC* 与对比房总负荷系数 *TLC* 的值的计算参数

外围护结构名称	尺寸（长/m）×（宽/m）	净面积 /m²	太阳房		对比房	
			K/W（m²·K）⁻¹	$KA/W\cdot K^{-1}$	K/W（m²·K）⁻¹	$KA/W\cdot K^{-1}$
东墙	2.8×5.0	14.00	0.35	4.90	1.56	21.84
西墙	2.8×5.0	14.00	0.35	4.90	1.56	21.84
北墙	6.6×2.8	18.48	0.35	6.47	1.56	28.83
屋顶	6.6×5，0	33.00	0.30	9.90	1.16	38.28
地面	6.6×5.0	33.00	0.23	7.59	0.67	22.11
南　窗	2.0×3.0	12.00	2.94	—	—	—
	1.5×1.8	5.40	—	—	5.82	31.43

续表

外围护结构名称	尺寸（长/m）×（宽/m）	净面积/m^2	太阳房		对比房	
			K/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$	$KA/W \cdot K^{-1}$	K/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$	$KA/W \cdot K^{-1}$
南墙	6.6×2.8－12	6.48	0.35	2.27	—	—
	6.6×2.5－5.4	13.08	—	—	1.56	20.40
冷风渗透系数	$nV\rho_a c_p/3.6$	—	—	30.95	—	46.40
∑				66.96	—	231.13

①为两樘窗总面积。

表 4－5 冷风渗透系数为

$nV\rho_a c_p$

式中 n——换气次数，太阳房 $n=1$ 次/h，对比房 $n=1$，5 次/h；

V——房间体积（m^3）；

$V=6.6\times5.0\times2.8m^3=92.4m^3$

$\rho_a=1.2kg/m^3$

$c_p=1.005kJ$（kg·K）

由此可得太阳房净负荷系数 NLC

$$NLC=24\times66.96\times3.6kJ/（K\cdot d）=5785kJ/（K\cdot d）$$

表 4－6 月太阳能供暖率 SHF_M，SHF_M，c 月辅助热量 Q_{aux}，$Q_{aux,c,M}$ 计算表

序号	项目	符号	单位	11 月	12 月	1 月	2 月	3 日	计算方法
①	每月天数	M	d	30	31	31	28	31	—
②	月度日值	$DD_{14,M}$	℃·d	297	518	577	454	294	
③	太阳房 透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的日射月平均日辐照量	$\bar{S}_{or}$	kJ/（m^2·d）	9351	9381	10029	9737	8150	
④	太阳房 月太阳有效得热量	S_M	kJ	1938.5×10^3	2009.5×10^3	2148.3×10^3	1883.9×10^3	1745.8×10^3	6.19×③×①
⑤	太阳房 月太阳得热负荷比	SLR_M	—	1.128	0.671	0.644	0.717	1.026	④/NLC×②
⑥	太阳房 月太阳能供暖率	SHF_M	—	0.31	0.18	0.17	0.19	0.28	查 4－5 图
⑦	太阳房 月辅助热量	$Q_{aux,M}$	kJ	1185.5×10^3	2457.2×10^3	2770.5×10^3	2127.4×10^3	1224.6×10^3	（①－⑥）×NLC×②

续表

序号	项　目	符号	单位	11 月	12 月	1 月	2 月	3 日	计算方法
⑧	对比房　透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照量	$\bar{S}_{ot}$	kJ/（m^2·d）	11056	11047	11847	11711	10168	—
⑨	对比房　月太阳有效得热量	$S_{c,M}$	kJ	1227.2×10^3	1267.1×10^3	1358.8×10^3	1213.2×10^3	1166.3×10^3	3.7×⑧×①
⑩	对比房　月太最得热负荷比	$SLR_{c,M}$	—	0.207	0.122	0.118	0.134	0.199	⑨/*TLC*×②
⑪	对比房　月太阳能供暖率	$SHF_{c,M}$	—	0.075	0.023	0.020	0.025	0.070	查 4－6
⑫	对比房　月辅助热量	$Q_{aux,c,M}$	kJ	5486.3×10^3	10106.5×10^3	11292.2×10^3	8839.7×10^3	5460.2×10^3	（①－⑨）×*TLC*×②

对比房总负荷系数 TLC

$$TLC = 24\times231.13\times3.6\text{kJ/（K·d）} = 19970\text{kJ/（K·d）}$$

（3）计算太阳房的下列值，填入表 4－6。

1）透过直接受益窗的月太阳有效得热量 S_M

$$S_M = A_p\bar{S}_{ot}\alpha_a M$$

式中　A_p**——净玻璃投影面积（m^2）。**

$$A_p = X_m A_g$$

X_m**——破璃窗的有效面积系数，**$X_m = 0.60$

A_g**——窗面积，**$A_g = 12m^2$**，**$A_p = 0.6\times12m^2 = 7.2m^2$**；**

$\bar{S}_{ot}$**——透过玻璃及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照量（kJ/m^2·d）。**

α_a**——房间内表面的有效太阳吸收系数。**

$$\alpha_a = \frac{1-\rho_w}{(1-\rho_w)+\rho_w(1-\rho_c)\dfrac{A_p}{A_W}}$$

式中　ρ_c**——玻璃反射系数，**$\rho_c = 0.1$**；**

A_w**——房间内表面积，**$A_w = 118.96m^2$**；**

ρ_w**——房间内表面平均反射系数**

$$\rho_w = \frac{\sum_{i=1}^{n}\rho_i A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} = \frac{\rho_e A_e + \rho_f A_f}{A_w}$$

式中　ρ_e——房间内墙面、顶棚反射系数，$\rho_e = 0.52$；

A_e——房间内墙面及顶棚面积，$A_e = 85.96\text{m}^2$；

ρ_f——地面反射系数，$\rho_f = 0.27$；

A_f——地面面积，$A_f = 33\text{m}^2$。

$$\rho_w = \frac{0.52 \times 85.96 + 0.27 \times 33}{118.96} = 0.45$$

$$\alpha_a = \frac{1 - 0.45}{(1 - 045) + 0.45(1 - 0.1)\dfrac{7.2}{118.96}} = 0.96$$

$$S_M = 7.2 \times \bar{S}_{ot} \times 0.96 \times M = 6.91\bar{S}_{ot} M$$

式中　M——该月天数。

2）月太阳得热负荷比 SLR_M

$$SLR_M = \frac{S_M}{NLC \cdot DD_M}$$

3）月太阳能供暖率 SHF_M，利用图 4－5 查得

4）月辅助热量 $Q_{aux,M}$

$$Q_{aux,M} = (1 - SHF_M)\ NLC \cdot DD_M$$

（4）计算对比房的下列值，填入表 4－6 中

1）透过对比房南窗的月太阳有效得热量 $S_{c,M}$

$$S_{c,M} = A_p \bar{S}_{ot} \alpha_a M$$

式中　A_p——破璃净投影面积（m^2）；

$$A_p = X_m A_g$$

式中　Xm——有效透光面积系数，$X_m = 0.70$

A_g——窗面积，$A_g = 5.4\text{m}^2$；

$$A\text{p} = 0.7 \times 5.4\text{m}^2 = 3.78\text{m}^2；$$

α_a——房间内表面的有效太阳能吸收系数，计算公式同太阳房，计算参数值除 $A_w = 125.56\text{m}^2$，$A_p = 3.78\text{m}^2$，$A_e = 92.56\text{m}^2$ 外，均与太阳房相同。

$$\rho_{\mathrm{w}}=\frac{0.52\times 85.96+0.27\times 33}{125.56}=0.45$$

$$\alpha_{\mathrm{a}}=\frac{1-0.45}{(1-0.45)+0.45(1-0.1)\dfrac{3.78}{125.56}}=0.98$$

$$S_{\mathrm{c,M}}=3.78\times\bar{S}_{\mathrm{ot}}\times 0.98\times M=3.70\bar{S}_{\mathrm{ot}}M$$

2）**月太阳得热负荷比** $SLR_{\mathrm{c,M}}$

$$SLR_{\mathrm{c,M}}=\frac{S_{\mathrm{c,M}}}{TLC\cdot DD_{\mathrm{M}}}$$

3）**月太阳能供暖率** $SHF_{\mathrm{c,M}}$**，利用图** 4－6 **查得。**

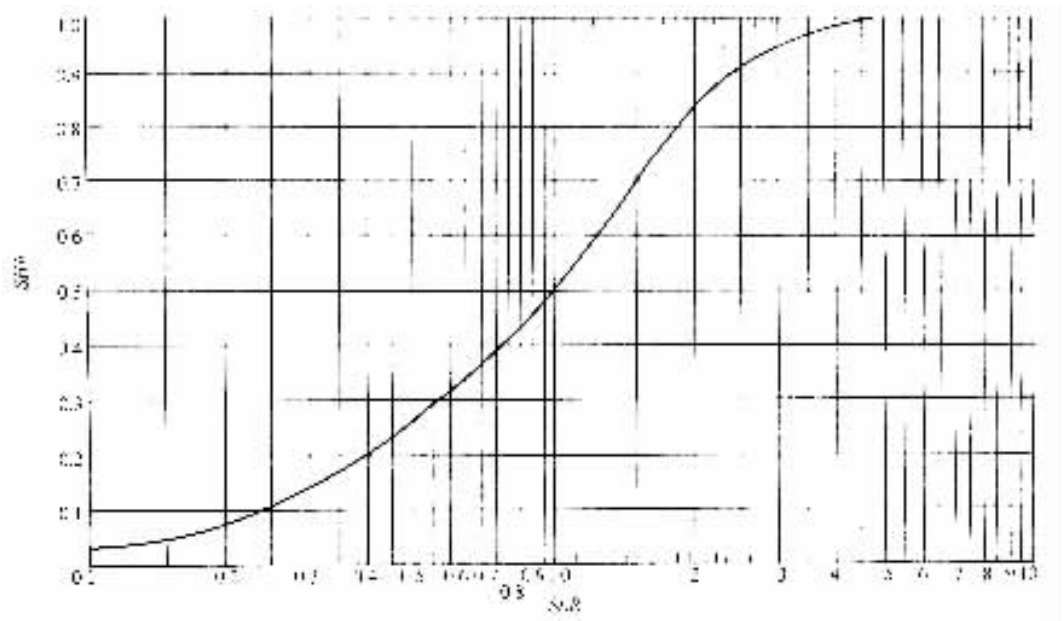


图 4－6　**对比房** SHF—SLR **曲线**

4）**月辅助热量** $Q_{\mathrm{aux,c,M}}$

$$Q_{\mathrm{aux,c,M}}=(1-SHF_{\mathrm{c,M}})\ TLC\cdot DD_{\mathrm{M}}$$

（5）**计算采暖期（**11～3 **月）的辅助热量** $Q_{\mathrm{aux,q}}$

$$Q_{\mathrm{aux,q}}=\sum_{\mathrm{M}=11}^{3}Q_{\mathrm{aux,M}}$$

$$=(1185.5+2457.2+2770.5+2127.4+1224.6)\times 10^{3}\,\mathrm{kJ}$$

$= 9765.2 \times 10^3 \text{kJ}$

（6）计算节能率 ESF

1）计算采暖期（11～3 月）对比房的辅助热 $Q_{\text{aux,c,q}}$

$$Q_{\text{aux,c,q}} = \sum_{M=11}^{3} Q_{\text{aux,c,M}}$$

$$= (5486.3 + 10106.5 + 11292.2 + 8839.7 + 5460.2) \times 10^3 \text{kJ}$$

$$= 41184.9 \times 103\text{kJ}$$

2）计算太阳房采暖期的节能量 $\Delta Q_{\text{aux,q}}$**和节能率** ESF

$$\Delta Q_{\text{aux,q}} = Q_{\text{aux,c,q}} - Q_{\text{aux,q}}$$

$$= (41184.9 - 9765.2) \times 10^3 \text{kJ}$$

$$= 31419.7 \times 10^3 \text{kJ}$$

$$ESF = \frac{\Delta Q_{\text{aux,q}}}{\Delta Q_{\text{aux,c,q}}} = \frac{31419.7 \times 10^3}{41184.9 \times 10^3} = 0.76$$

【例 4－2】北京地区某直接受益式太阳房，朝向为南偏东 22.5°，其余条件均同例 4－1，求该太阳房在室内基础温度 $T_b = 14℃$**时的辅助热量和节能率（对比房朝向同太阳房）。**

解：

（1）求太阳房的 SLR_m **和对比房的** $SLR_{c,M}$**值：当地纬度为 39°48′，采暖期取 11～3 月，对应于** $T_b = 14℃$**的逐月** DD_M **值，见表 4－9。**

太阳房净负荷系数 $NLC = 5785\text{kJ/（℃·d）}$**；对比房总负荷系数** $TLC = 19970\text{kJ/（℃·d）}$**，同例 4－1。**

计算太阳房的太阳有效得热量 S_M **及对比房的太阳有效得热量** $S_{c.M}$**，见表 4－7。**

表 4－7　　修正前后的 S_M **及** $S_{c,M}$**值　　（单位：kJ）**

月　份		11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
S_M	原值	1938.5×10^3	2009.5×10^3	2148.3×10^3	1883.9×10^3	1745.8×10^3
	新值	1785.0×10^3	1847.7×10^3	1972.6×10^3	1736.8×10^3	1615.9×10^3
$S_{c,M}$	原值	1227.2×10^3	1267.1×10^3	1358.8×10^3	1213.2×10^3	1166.3×10^3
	新值	1130.0×10^3	1165.1×10^3	1247.7×10^3	1118.5×10^3	1079.5×10^3

将原示例中的对应值乘以非南向窗与南向窗的全天阳光得热量之比 R_{or}，并将新值填入表 4－9。R_{or}可由算得的全天阳光得热量求得，也可以从图 2－1 或表 2－1 中查出，对图或表中没有的月份用外插法近似求出。汇总后列于表 4－8。

表 4－8　非南向窗全天阳光得热量与南向窗全天阳光得热量之比 R_{or}值

月份	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
R_{or}	0.9208	0.9195	0.9182	0.9219	0.9256

太阳房的 SLR_M 和对比房的 $SLR_{c,M}$的值可以从其原值（见例 4－1）直接乘以 R_{or}值得出。计算结果见表 4－9。

（2）计算太阳房和对比房的太阳能供暖率 SHF_M 和 $SHF_{c,M}$

根据求出的 SLR_M 值查图 4－5 得 SHF_M。

根据求出的 $SLR_{c,M}$值查图 4－6 $SHF_{c,M}$。

将有关值填入表 4－9。

（3）计算太阳房和对比房的辅助热量 $Q_{aux,M}$和 $Q_{aux,c,M}$。

计算式分别见式 1－24 和式 1－25，并将计算结果填入表 4－9。

累计整个采暖期的值，分别得到

$$Q_{aux,q} = \sum_{M=11}^{3} Q_{aux,M} = 9986.8 \times 10^3 \text{kJ}$$

$$Q_{aux,c,q} = \sum_{M=11}^{3} Q_{aux,c,M} = 41319.1 \times 10^3 \text{kJ}$$

（4）计算太阳房采暖期的节能量 $\Delta Q_{aux,q}$和节能率 ESF_q

$$\Delta Q_{aux,q} = Q_{aux,c,q} - Q_{aux,q} = (41319.1 - 9986.8) \times 10^3 \text{kJ} = 31332.3 \times 10^3 \text{kJ}$$

$$ESF_q = \frac{\Delta Q_{aux,q}}{\Delta Q_{aux,q}} = \frac{31332.3 \times 10^3}{41319.1 \times 10^3} = 75.8\%$$

【例 4－3】北京地区某直接受益式太阳房，采用玻璃的消光系数和其厚度的乘积 $KL = 0.24$，其余条件均同例 4－1，求该太阳房在 $T_b = 14℃$时的辅助热量和节能率（对比房玻璃的 KL 值同太阳房）

解：当玻璃的 KL 值变化时，不但透过玻璃的日射辐照量 $S_{o\tau}$要发生变化，而且被玻璃吸收后传入室内的那部分日射辐照量 $\overline{S}_{oa}$也要发生变化。但两者变化的比例并不相同，需要分别加以修正：首先在原来 KL_0 值的基础上

用 $R_{t\tau}$ 从 $\bar{S}_{oto}$ 中分离出当时条件下的 $\bar{S}_{o\tau o}$；其次用修正系数 α_{KL} 将原来 KL_0 值时的 $\bar{S}_{o\tau o}$ 修正成变化后的 KL 值时的 $\bar{S}_{o\tau}$ 值；最后再用新的 KL 值时的 $R_{t\tau}$ 值从 $S_{o\tau}$ 求出新的 $\bar{S}_{ot}$ ［kJ/（m²·d）］值。即

表 4－9　　太阳房和对比房辅助热量计算参数表

序号	项目		月份					计算方法
			11	12	1	2	3	
①	每月天数 M/d		30	31	31	28	31	—
②	月度日值（$t_b=14℃$）DD_M/℃·d		297	518	577	454	294	—
③	太阳房	透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照量 $\bar{S}_{o\tau}$/kJ（m²·d）⁻¹	8678	8626	9209	8977	7544	—
④	太阳房	月太阳有效得热量 S_M/kJ	1785×10^3	1847.7×10^3	1792.6×10^3	1736.8×10^3	1615.9×10^3	—
⑤	太阳房	月太阳得热负荷比 SLR_M	1.039	0.617	0.591	0.661	0.950	④/NLC×②
⑥	太阳房	月太阳能供暖率 SHF_M	0.28	0.16	0.15	0.18	0.27	查 4－5 图
⑦	太阳房	月辅助热量 $Q_{aux,M}$/kJ	1237.1×10^3	2517.2×10^3	2837.3×10^3	2153.6×10^3	1241.6×10^3	（1－⑥）×NLC×②
⑧	对比房	透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐 $\bar{S}_{o\tau}$/kJ（m²·d）⁻¹	10180	10143	10878	10796	9412	—
⑨	对比房	月太阳有效得热量 $S_{c,M}$ kJ	1130.0×10^3	1165.1×10^3	1247.7×10^3	1118.5×10^3	1079.5×10^3	—
⑩	对比房	月太阳得热负荷比 $SLR_{c,M}$	0.191	0.112	0.108	0.124	0.184	⑨/TLC×②
⑪	对比房	月太阳能供暖率 $SHF_{c,M}$	0.066	0.022	0.020	0.025	0.058	查 4－6 图
⑫	对比房	月辅助热量 $Q_{aux,c,M}$/kJ	5539.6×10^3	10116.9×10^3	11292.2×10^3	8839.7×10^3	5530.7×10^3	（1－⑩）TLC×②

$$\bar{S}_{ot}=(\bar{S}_{oto}/R_{t\tau o})\ \alpha_{KL}R_{t\tau} \tag{4-3}$$

式中　$\bar{S}_{ot}$——传入室内的日射辐照量的总值，包括透过玻璃和被玻璃吸收后传入室内的两部分辐射量；

$R_{t\tau}$——传入室内的总日射辐照量 S_{ot} 和透入室内的总日射辐照量 $S_{o\tau}$ 的比值，S_{ot} 和 $R_{t\tau}$ 右下角带有角码 0 的表示 S_{ot} 和 $R_{t\tau}$ 在原 $KL=KL_0$ 时的对应值，不带此角码的表示新值。

上式可改写为

$$\bar{S}_{ot}=C_{Ra}\bar{S}_{oto} \tag{4-4}$$

式中　C_{Ra}——当 KL 值变化时 $\bar{S}_{ot}$ 对 $\bar{S}_{o\tau o}$ 的修正系数，即

$$C_{Ra} = \alpha_{KL} R_{t\tau} / R_{t\tau o} \tag{4-5}$$

同样可以得出

$$S_M = C_{Ra} S_{Mo} \tag{4-6}$$

和

$$SLR = C_{Ra} SLR_0 \tag{4-7}$$

由此可以算出本例情况下的 C_{Ra} 值，见表 4－10。

表 4－10　　修正系数 C_{Ra} 值

玻璃层数 N	α_{KL} (KL = 0.24)	$R_{t\tau}$		C_{Ra}
		$KL = 0.135$	$KL = 0.24$	
太阳房 $N = 2$	0.778	1.166	1.321	0.881
对比房 $N = 1$	0.883	1.053	1.100	0.922

将用 C_{Ra} 修正后的 S_M，$S_{c,M}$；SLR_M，$SRL_{c,M}$；SHF_M，$SHF_{c,M}$ 值填入表 4－11 并计算出太阳房和对比房逐月 $Q_{aux,M}$ 及 $Q_{aux,c,M}$ 值，分别累计后得整个采暖期太阳房所需的辅助热量 $Q_{aux,q}$ 及对比房所需的辅助热量 $Q_{aux,c,q}$。

表 4－11　　太阳房和对比房辅助热量计算表

序号	项目		月份					计算方法
			11	12	1	2	3	
①	各月天数 M/d		30	31	31	28	31	—
②	月度日值（$t_b = 14℃$）DD_M/℃·d		297	518	577	454	294	—
③	太阳房	透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照量 $\bar{S}_{ot}$/kJ（m^2·d）$^{-1}$	8238	8265	8836	8578	7180	—
④	太阳房	月太阳有效得热量 S_M/kJ	1707.8×10^3	1770.4×10^3	1892.7×10^3	1659.7×10^3	1538.1×10^3	—
⑤	太阳房	月太阳得热负荷比 SLR_M	0.994	0.591	0.567	0.632	0.904	④/NLC × ②
⑥	太阳房	月太阳能供暖率 SHF_M	0.275	0.150	0.142	0.167	0.252	查 4－5 图
⑦	太阳房	月辅助热量 $Q_{aux,M}$/kJ	1245.7×10^3	2547.1×10^3	2864.0×10^3	2187.8×10^3	1272.2×10^3	(1－⑥) × NLC × ②

续表

序号	项目		月份					计算方法
			11	12	1	2	3	
⑧	对比房	透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照量 $\bar{S}_{ot}$/kJ（$m^2 \cdot d$）$^{-1}$	10194	10185	10923	10798	9375	—
⑨	对比房	月太阳有效得热量 $S_{c,M}$ kJ	1131.5 × 10^3	1168.3 × 10^3	1252.8 × 10^3	1118.6 × 10^3	1075.3 × 10^3	—
⑩	对比房	月太阳得热负荷比 $SLR_{c,M}$	0.191	0.113	0.109	0.124	0.184	⑨/ TLC × ②
⑪	对比房	月太阳能供暖率 $SHF_{c,M}$	0.066	0.023	0.021	0.025	0.058	查 4－6 图
⑫	对比房	月辅助热量 $Q_{aux,c,M}$/kJ	5539.6 × 10^3	10106.5 × 10^3	11280.7 × 10^3	8839.7 × 10^3	5530.7 × 10^3	（1－⑩） TLC × ②

$$Q_{aux,q} = \sum_{M=11}^{3} Q_{aux,M} = (1245.7 + 2547.1 + 2864.0 + 2187.8 + 1272.2) \times 10^3 \text{kJ} = 10116.8 \times 10^3 \text{kJ}$$

$$Q_{aux,c,q} = \sum_{M=11}^{3} Q_{aux,c,M} = (5539.6 + 10106.5 + 11280.7 + 8839.7 + 5530.7) \times 10^3 \text{kJ} = 41297.2 \times 10^3 \text{kJ}$$

太阳房在整个采暖期的节能量 $\Delta Q_{aux,q}$ 和节能率 ESF_q 为

$$\Delta Q_{aux,q} = Q_{aux,q} - Q_{aux,c,q}$$

$$= (41297.2 - 10116.8) \times 10^3 \text{kJ}$$

$$= 31180.4 \times 10^3 \text{kJ}$$

$$ESF_q = \frac{\Delta Q_{aux,q}}{\Delta Q_{aux,c,q}} = \frac{31180.4 \times 10^3}{41297.2 \times 10^3} = 75.5\%$$

【例 4－4】北京地区某直接受益太阳房，直接受益窗［二层玻璃，K_g = 2.91W/（$m^2 \cdot ℃$）］，采用附加热阻等于 0.34$m^2 \cdot ℃$/W 的夜间保温帘，其余条件均和例 4－1 相同，求该太阳房在 T_b = 14℃时的辅助热量和节能率。

解：在图 4－5 中已有双层玻璃、无夜间保温时的 SHF—SLR 曲线 3 以及双层玻璃、有夜间保温，保温帘对窗户的附加热阻为 0.86$m^2 \cdot ℃$/W 时的 SHF—SIR 曲线 4。可用公式及求出当夜间保温帘对窗户的附加热阻为 0.34m^2/W 时，太阳房在采暖期的逐月 SHF 值和 Q_{aux} 值。计算数据汇总在表 4－12。

表 4－12　　太阳房夜间保温的辅助热量修正表

项　目	月　份					说　明
	11	12	1	2	3	
NLCkJ（℃·d）$^{-1}$	5785					见例 4－3
DD_M（Tb＝14℃）/℃·d	297	518	577	454	294	
SLR_M	1.128	0.671	0.644	0.717	1.026	
$SHF_{o,M}$	0.31	0.18	0.17	0.19	0.28	
$SHF_{b,M}$	0.65	0.43	0.41	0.46	0.61	查图 4－5 曲线 4
y	—	—	0.7	—	—	—
SHF_M	0.55	0.36	0.34	0.38	0.51	—
$Q_{aux,M}$kJ	773.2×10^3	1917.8×10^3	2203×10^3	1628.4×10^3	833.4×10^3	$(1-SHF_M)\ NLCDD_M$

注：$SHF_{o,M}$——太阳房集热部件在没有加保沮帘时的太阳能供暖率；

$SHF_{b,M}$——对应于保温帘热绝缘系数 $M_b=0.86\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ 时的太阳能供暖率；

SHF_M——待求的对应于保温帘加热绝缘系数 $M=0.34\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ 时的太阳能供暖率，计算式即

$$SHF_M=SHF_{o,M}+y\ (SHF_{b,M}-SHF_{o,M})$$

y——修正系数，其值为，

$$y=(1+M_0/M_b)/(1+M_0/M)=[1+1/(U_gM_b)]/[1+1/(U_gM)]$$
$$=[1+1/(2.91\times0.86)]/[1+1/(2.91\times0.34)]=0.7$$

由表中数据求出太阳房采暖期所需辅助热量的累计值为

$$Q_{aux,q}=\sum_{M=11}^{3}Q_{aux,M}=(773.2+1917.8+2203+1628.4+833.4)\times10^3\text{kJ}=7355.8\times10^3\text{kJ}$$

对比房同例 4－1，其采暖期所需辅助热量的累计值为

$$Q_{aux,c,q}=41184.9\times10^3\text{kJ}$$

由此求出太阳房在采暖期中的节能量为

$$\Delta Q_{aux,c,q}=Q_{aux,c,q}-Q_{aux,q}=(41184.9-7355.8)\times10^3\text{kJ}=33829.1\text{kJ}$$

太阳房在采暖期中的节能率为

$$ESF=(\Delta Q_{aux,q}/\Delta Q_{aux,c,q})$$

$$= (33829.1 \times 10^3 / 41184.9 \times 10^3)$$

$$= 82.1\%$$

第五章　实体墙式集热蓄热墙太阳房设计

第一节　概　　述

用实体墙进行太阳能的收集和蓄存时称之为实体墙式集热蓄热墙。以实体墙式集热蓄热墙作为太阳能集热部件的太阳房称之为实体墙式集热蓄热墙太阳房。

实体墙式集热蓄热墙通常是利用建筑南立面的外墙，在其外表面涂以高吸收系数的无光深色涂料，并以密封的玻璃盖层覆盖而成，墙体材质应具有较大的体积热容量和导热系数，如混凝土、砖砌体、土坯等。

实体墙式集热蓄热墙可分为有风口及无风口两大类，见图 5－1 所示。

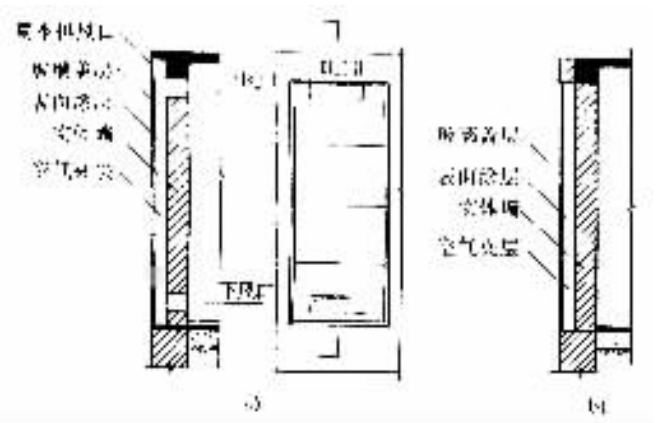


图 5－1　实体墙式集热蓄热墙

a）有风口　b）无风口

1. 工作原理　实体式集热蓄热墙，一般利用在南向实体墙外覆盖一玻璃罩盖构成，有的在墙的上下侧开有通风孔，如图 5－2 所示。太阳辐射通过

玻璃被墙壁吸收。被集热墙吸收的太阳辐射热可通过两种途径传入室内：其一是通过墙体热传导，把热量从墙体外表面传往墙体内表面，即向房间侧的表面，再由墙体内表面通过对流及辐射将热量传入室内；其二主要由集热墙外表面通过对流方式将热量传给集热墙玻璃罩盖和墙体外表面之间的夹层空气，再由被加热后的夹层空气通过和房间空气之间的对流（经由集热蓄热墙上、下风口），把热量传给房间，达到采暖的目的。对于不设风口的集热蓄热墙，或集热墙风口关闭时，上述由集热蓄热墙向房间的第二项传热量等于零。夏季关闭集热墙上部的通风口，打开北墙调节窗和南墙玻璃盖层上通向室外的排气窗，利用夹层的“热烟筒”作用，将室内热空气抽出，达到降温的目的。

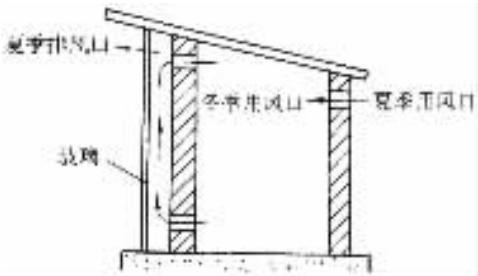


图 5－2　实体集热蓄热墙式太阳房工况示意图

2. 特点　实体墙式集热蓄热墙太阳房与直接受益式太阳房相比较，由于集热蓄热墙体具有较好的蓄热能力，太阳房的室温波动较小，舒适感较好。

3. 范例

1）法国奥台罗（Odeillo）太阳房。60cm 厚的混凝土南墙 3 前面盖上透明玻璃层 2。当太阳辐射透过玻璃时，被涂黑的表面 3 吸收，从而加热了墙壁及间层的空气，受热上升的空气流 5 经风门 9 进入房间 13，同时室内冷空气 10 从墙基下的通风口 1 进入间层 6 而又被加热，如此形成自然循环。到了夏天打开风门 8 和 14，被加热的空气流经风门 8 排到室外，冷的新鲜空气则从北面经风门 14 进入室内，通常称这种集热墙为 Trombe 墙，如图 5－3 所示。

2）鼓形罐集热墙太阳房，建于美国新墨西哥州的阿尔布开克（Albuguerque）。南墙由 20 个装满 250L 水的鼓形罐所组成。该墙外面安装 1 层玻璃及可拉动的保温板。保温板表面材料为铝箔，白天放平增加反射光，

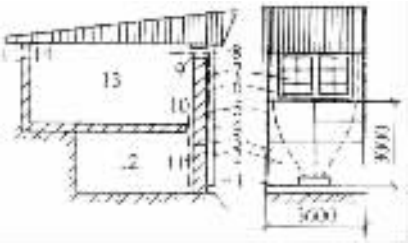


图 5－3　法国奥台罗（Odeillo）太阳房

板内为蜂窝纸板并填以泡沫塑料，夜间将保温板拉直以减少热损失。鼓形罐的向阳面涂黑。在鼓形墙与起居室之间作一拉帘，对散热稍加控制，如图 5－4 所示。

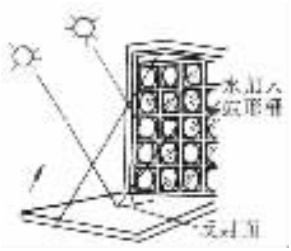


图 5－4　Baer 鼓形罐集热墙

3）甘肃省集热墙式被动太阳房，如图 5－5 所示。该太阳房采用屋顶作集热蓄热构件，该房南墙用 370mm 砖墙，其余用 490mm 土坯墙。白天吸热，夜晚释放，效果较好。

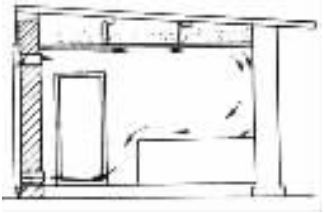


图 5－5　甘肃集热墙式被动太阳房

第二节　实体靠热曹热墙设计

1. 集热蓄热墙的组成要素及集热效率

1）集热蓄热墙的组成要素主要有墙体厚度、风口设置及大小、盖层玻璃层数及墙面涂层材料。

2）集热蓄热墙集太阳能的能力可用集热效率 η 表示。

$$\eta=\left(\frac{\text{集热蓄热墙的供热量}}{\text{玻璃盖层表面接受的辐照量}}\right)\times 100\%$$

当集热蓄墙盖层玻璃的光学性能一定时，其集热效率 η 与墙体的材料及厚度、风口的设置（有、无风口、风口的大小）、盖层玻璃层数、夜间有无保温板、墙体表面涂层性质有关。

2. 墙体材料及厚度　实体墙式集热蓄热墙应采用具有较大体积热容量及热导率的重型材料，常用的砖、混凝土、土坯等都适宜做实体墙式集热蓄热墙。

在条件一定的情况下，集热蓄热墙墙体的厚度对其集热效率 η 蓄热量、墙体内表面的最高温度及其出现的时间有直接的影响。墙体越厚，蓄热量越大，通过墙体的温度波幅衰减越大，时间也越长。因此，传导进入室内的热量 Q_D 小，集热蓄热墙的集热效率 η 愈低。墙体薄集热效率虽增高，然而由于蓄热量小，温度波幅的延迟时间短，将导致室温的波幅增大。经模拟分析，并结合工程实际，推荐采用以下厚度：

土坯墙	200 ~ 300mm
砖墙	240mm，370mm
混凝土墙	300 ~ 400mm

3. 通风口的设置与大小　有通风口的实体墙式集热墙的集热效率比无风口时高很多。有风口时供热量的最大值出现在白天太阳辐射最大的时候；无风口时，其最大值滞后于太阳辐射最大值出现的时间，对于较温暖地区或太阳辐射资源好、气温日差较大的地区，采用无风口集热蓄热墙既可避免白天房间过热，又可提高夜间室温，减小室温的波动。对于寒冷地区，利用有风口的集热蓄热墙，其集热效率高，补热量少，可更多的节能。

当空气夹层的宽度约为 30～150mm 时，其集热效率 η 随风口面积与空气夹层的横断面积比值的增加略有增加，合适的面积比为 0.8～1.0。减小风口与夹层横断面的面积比，集热蓄热墙的集热效率随之降低，直至风口面积为 0 此时集热效率最低，室温波动最小。

4. 玻璃层数　玻璃层数越少，透过玻璃的太阳辐射越多，热损失越少，因此，玻璃的层数不宜大于 3 层。我国以 1～2 层为宜。较寒冷地区采用两层，温暖地区可采用单层。

夜间在集热蓄热墙外加设保温板，可有效地减少损失，提高集热效率。单层玻璃加夜间保温板的集热蓄热墙，其集热效率与双层玻璃相差很少。保温板的价格则高于一层玻璃，故宜采用双层玻璃。

5. 墙体外表面的涂层　涂层应采用吸收系数高的深色无光涂层，如黑色、墨绿色、暗蓝色等。

第三节　实体集热蓄热墙的定型结构

通过前面的分析，根据墙体的厚度，有、无风口，玻璃层数以及夜间有无保温板，针对最常用的砖质集热蓄热墙，确定了 12 种定型结构的构造及热绝缘系数 M_0，可供选用时参考。见表 5－1。

表 5－1　　定型砖质实体墙式集热蓄热墙的构造与热绝缘系数

序号	型　号	构　造				热绝缘系数 M_0/（$m^2 \cdot K$）$\cdot W^{-1}$	
		风　口	夜间保温	墙体厚/mm	玻璃层数	木　框	钢　框
1	ZFB240—1	有	有	240	1	0.98	0.81
2	ZFB370—1	有	有	370	1	0.86	0.70
3	ZP240—1	有	无	240	1	0.98	0.81
4	ZF240—2	有	无	240	2	1.32	1.27
5	ZF370—1	有	无	370	1	0.86	0.70
6	ZF370—2	有	无	370	2	1.48	1.28
7	ZB240—1	无	有	240	1	0.98	0.81
8	ZF370—1	无	有	370	1	0.86	0.70

续表

序号	型　号	构　造				热绝缘系数 M_0/（$m^2 \cdot K$）$\cdot W^{-1}$	
		风　口	夜间保温	墙体厚/mm	玻璃层数	木　框	钢　框
9	Z240—1	无	无	240	1	0.98	0.81
10	Z240—2	无	无	240	2	1.32	1.27
11	Z370—1	无	无	370	1	0.86	0.70
12	Z3370—2	无	无	370	2	1.48	1.28

注：1. 夜间保温板的热绝缘系数 $M_b = 0.86 m^2 \cdot K/W$。

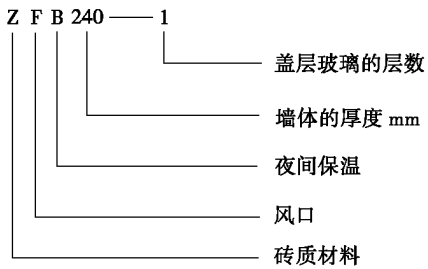
2. 空气夹层厚度为 100mm。

3. 上（或下）通风口面积/空气夹层横断面积 = 0.8 ~ 1.0。

4. 上、下风口中心距为 2.1m。

5. M_0 为无保温板时集热蓄热墙的热绝缘系数 $m^2 \cdot K/W$。

型号所代表的意义如下：



第四节　集热蓄热墙太阳房的 *SHF*—*SLR* 曲线

实体墙式集热蓄热墙太阳房 *SHF*—*SLR* 曲线，见图 5－6 ~ 图 5－8。

根据太阳房的 *SLR* 值，查图可获得该太阳房的太阳能供暖率 *SHF*，计算出该太阳房所需辅助热源的热量 Q_{aux} 及太阳房的节能率 *ESF*，具体步骤见示例。

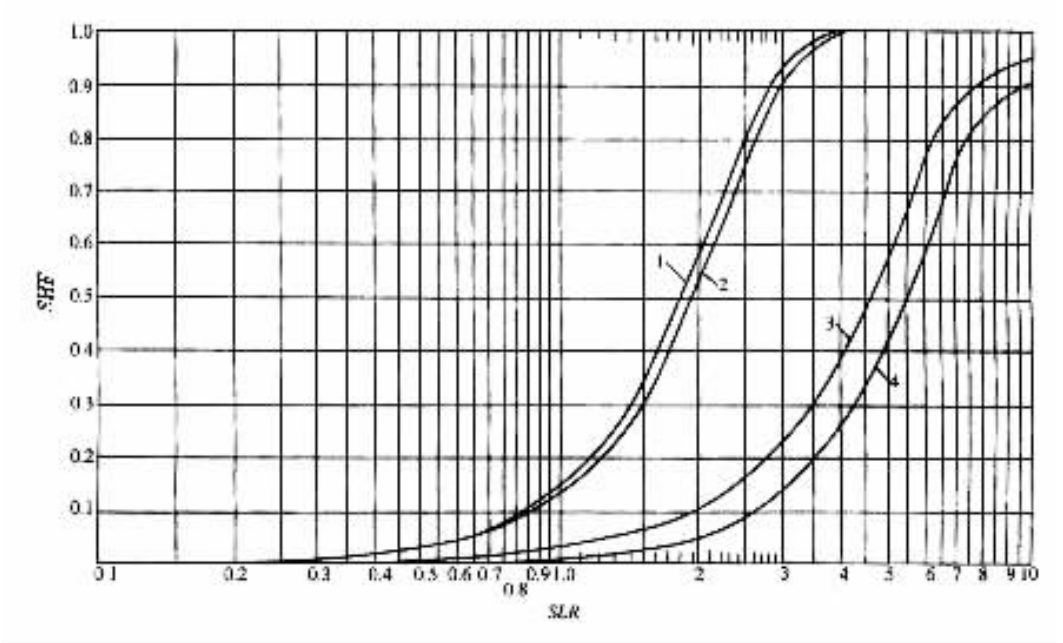


图 5－6　砖质单层玻璃实体墙式集热蓄热墙 *SHF*－*SLR* 曲线

1—墙厚 240mm，有风口　2—墙厚 370mm，有风口

3—墙厚 240mm，无风口　4—墙厚 370mm，无风口

第五节　*SHF*－*SLR* 曲线灵敏度分析

1. 夜间保温板热绝缘系数 *M* 的影响　对于有夜间保温的集热蓄热墙，当保温板热绝缘系数 *M* 不等于定型集热蓄热墙的取值（0.86ma^2·K/W）时，应对利用图 5－6～图 5－8 查得 *SHF* 值进行修正。

2. 风口面积的影响　当风口面积与夹层空气横断面积之比小于 0.8 时，集热蓄热墙太阳房的太阳能供暖率 *SHF* 会下降，当面积比等于 0 时，其 *SHF* 达到最低值；当面积比小于 0.8 时，可按插值法确定。

3. 集热蓄热墙高度对 *SHF* 的影响　当风口面积与夹层空气横断面积之比一定时，高墙和矮墙的太阳能供暖率 *SHF* 差别不大，因此，可以不考虑墙高的影响。

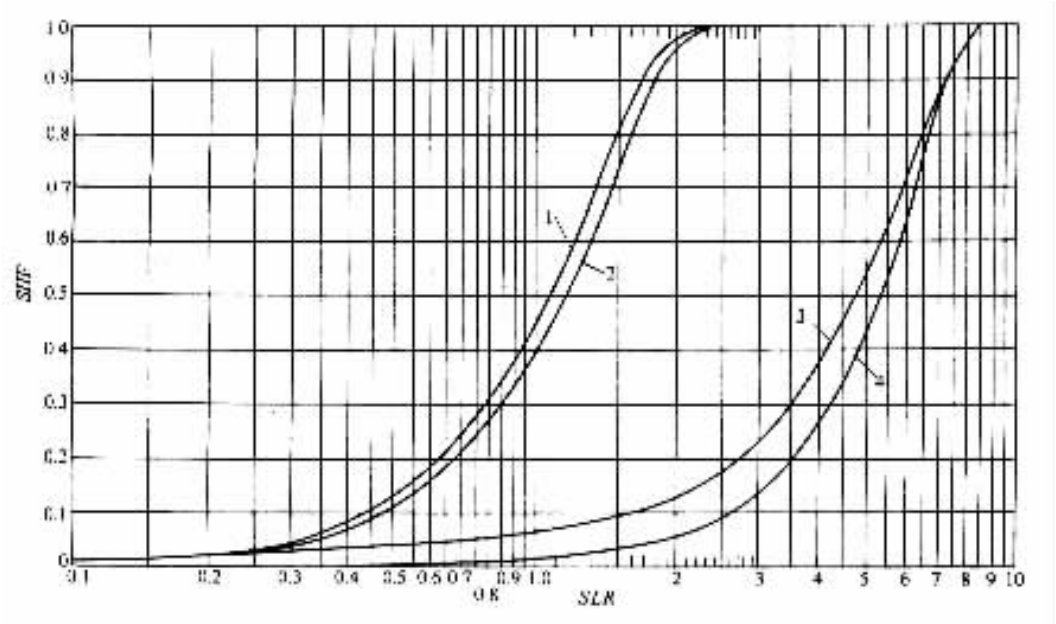


图 5－7　砖质单层玻璃有夜间保温板实体式集热蓄热墙 *SHF*－*SLR* 曲线

1—墙厚 240mm，有风口　2—墙厚 370mm，有风口

3—墙厚 240mm，无风口　4—墙厚 370mm，无风口

第六节　设计示例

北京地区某实体墙式集热蓄热墙太阳房，房宽 6.6m，深 5m，高 2.8m。太阳房朝向正南，南墙设有 6.0m 宽，2m 高 ZF240—2 型集热蓄热墙，盖层采用钢框标准玻璃（玻璃消光系数为 $0.45cm^{-1}$，厚度为 3mm），有效透光面积系数 $X_m = 0.85$，墙体外表面涂无光黑漆，表面吸收系数 $\alpha_a = 0.92$，设计室温不低于 14℃，求该太阳房的太阳能供暖率及节能率。

对比房尺寸与太阳房相同，对比房的构造，围护结构热工性能，太阳房围护结构的热工性能与例 3－1 相同。

设计计算步骤：

（1）气象资料如下：北京地区地理纬度为 39.8°。采暖期为 11～3 月，各月在室温 14℃时的度日值 DD_M，填入表 5－3 第②项。

（2）计算太阳房的净负荷系数 NLC 与对比房的总负荷系数 TLC。有关数据列于表 5－2 中。

表 5－2　太阳房净负荷系数 NLC 与对比房总负荷系数 TLC 计算参数

外围护结构的名称	尺寸（长×/m）×（宽×/m）	净面积 A/m^2	太阳房		对比房	
			K/K（m^2·K）$^{-1}$	$KA/W\cdot K^{-1}$	$KW/$（m^2·K）$^{-1}$	$KA/W\cdot K^{-1}$
东墙	2.8×5.0	14.0	0.35	4.90	1.56	21.84
两墙	2.8×5.0	14.0	0.35	4.90	1.56	21.84
北墙	6.6×2.8	18.48	0.35	6.47	1.56	28.83
屋顶	6.6×5.0	33.0	0.30	9.90	1.16	38.28
地面	6.6×5.0	33.0	0.23	7.59	0.67	22.11
南窗	1.5×1.8	5.4①	—	—	5.82	31.43
集热蓄热墙	6.0×2.0	12.0	—	—	—	—
南墙	6.6×2.8－6×2	6.48	0.35	2.27	—	—
南墙	6.6×2.8－5.4	13.08	—	—	1.56	20.4
冷风渗透系数 $nV\rho ac_p$			30.93		46.40	
$\sum$			66.96		231.13	

①为两樘窗总面积。

表 5－2 冷风渗透系数式中

n——换气次数　太阳房 $n=1.0h^{-1}$，对比房 $n=1.5h^{-1}$

V——房间体积，m^3；

$$V=6.6\times5.0\times2.8m^3=92.4m^3$$

ρ_a——室外空气的密度，取 $\rho_a=1.2kg/m^3$

c_p——空气比定压热容，$c_p=1.005kJ/$（kg·K）

由此可得：

$$NLC=24\times66.96\times3.6kJ/（K\cdot d）$$
$$=5785kJ/（℃\cdot d）$$
$$TLC=24\times231.13\times3.6kJ/（K.d）$$
$$=19970kJ/（℃\cdot d）$$

（3）计算太阳房的下列值，填入表 5－2。

1）集热蓄热墙墙体外表面的月得热量 S_M，填入表 5－3 第④项。

$$S_M=A_p\bar{S}_{o\tau}\alpha_M$$

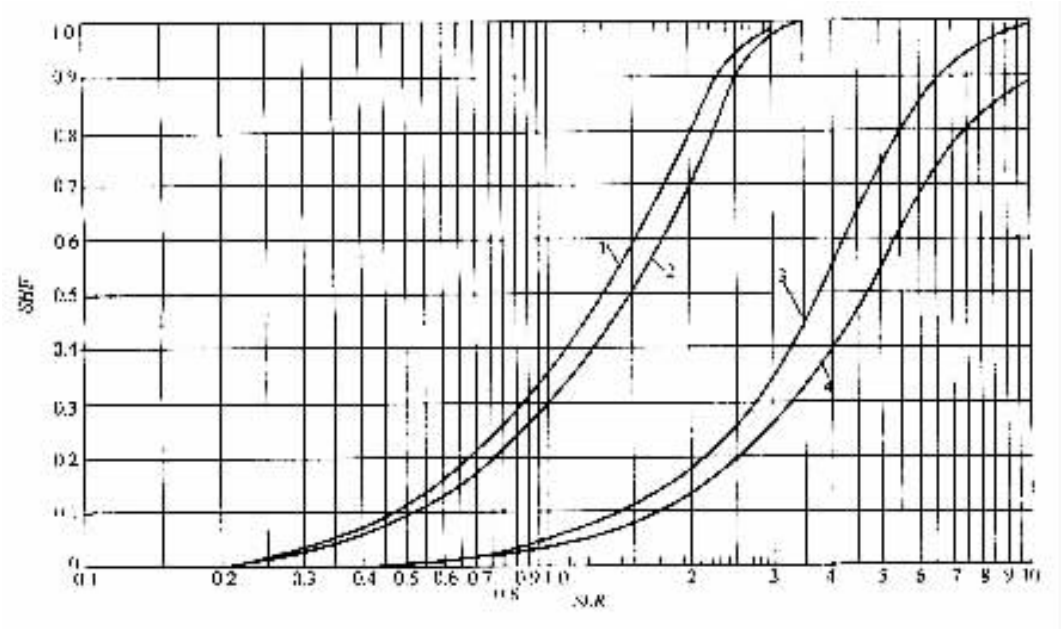


图 5－8　砖质单层玻璃实体墙式集热蓄热墙 $SHF-SLR$ 曲线

1—墙厚 240mm，有风口　2—墙厚 370mm，有风口

3—墙厚 240mm，无风口　4—墙厚 370mm，无风口

式中　A_p——盖层玻璃的净投影面积（m^2）；$A_p = X_M A_g$

A_g——破璃盖层的面积，$A_g = 2m \times 6m = 12m^2$

$A_p = 0.85m \times 12m = 10.2m^2$

$\bar{S}_{o\tau}$——透过玻璃的总日射月平均日辐照量，kJ/（$m^2 \cdot d$）。按式（9－15）计算或查附录 A 表 A.10 及表 A.25，填入表 5－3 第③项。

α_a——集热蓄热墙墙体外表面的吸收系数 $\alpha_a = 0.92$；

M——计算月的天数（d）。

$$S_M = 10.2 \times 0.92 \times \bar{S}_{o\tau} M = 9.384 \bar{S}_{o\tau} M$$

2）计算月太阳能得热负荷比 SLR_M，填入表 5－3 第⑤项。

$$SLR_M = \frac{S_M}{NLC \cdot DD_M}$$

3）根据各月的 SLR_M 值查图 9－4 得到该太阳房的太阳能供暖率 SHF_M，填入 5－7 第⑥项。

4）计算月辅助供热量 $Q_{aux,M}$，填入表 5－3 第⑦项

$$Q_{aux,M} = (1 - SHF_M) \cdot NLC \cdot DD_M$$

5）计算采暖期（北京地区为 11～3 月）的辅助热量 $Q_{aux,q}$。

$$\begin{aligned} Q_{aux,q} &= \sum_{M-11}^{3} Q_{aux,M} \\ &= (859.1 + 2277.4 + 2637 + 1917.3 \\ &\quad + 935.4) \times 10^3 \text{kJ} \\ &= 8626.2 \times 10^3 \text{kJ} \end{aligned}$$

（4）计算对比房的下列值，填入表 5－3。

表 5－3　月太阳能供暖率 SHF_M，$SHF_{c,M}$ 月辅助热量 $Q_{aux,M}$，$Q_{aux,c,M}$ 计算表

序号		项目	符号	单位	月份					计算方法
					11	12	1	2	3	
①		各月天数	M	d	30	31	31	28	31	—
②		月度日值	DD_M	℃·d	297	518	577	454	294	—
③	太阳房	透地玻璃的总日射月平均日辐射量	$\bar{S}_{o\tau}$	kJ/(m²·d)	8107	8151	8699	8371	6904	—
④	太阳房	月太阳有效得热量	S_M	10^3 kJ	2282.3	2371.2	2374.7	2199.5	2008.4	9.384×③×①
⑤	太阳房	月太阳得热负荷比	SLR_M	—	1.33	0.79	0.71	0.84	1.2	④/NLC×②
⑥	太阳房	月太阳能供暖率	SHF_M	—	0.50	0.24	0.21	0.27	0.45	查图 5－7
⑦	太阳房	月辅助热量	$Q_{aux,M}$	kJ	859.1	2277.4	2637	1917.3	935.4	(①－⑥)×NLC×②
⑧	对比房	透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照量	$\bar{S}_{o\tau}$	kJ/(m²·d)	11056	11047	11847	11711	10168	—
⑨	对比房	月太阳有效得热量	$S_{c,M}$	10^3 kJ	1227.2	1267.1	1358.8	1213.2	1166.3	3.7×⑧×①
⑩	对比房	月太阳得热负荷比	$SLR_{c,M}$	—	0.207	0.122	0.118	0.134	0.115	⑨×TLC×②
⑪	对比房	月太阳能供暖率	$SHF_{c,M}$	—	0.075	0.023	0.020	0.025	0.070	查 4－6 图
⑫	对比房	月辅助热量	$Q_{aux,c,M}$	10^3 kJ	5486.3	10106.5	11292.2	8839.7	5460.2	(①×⑪×TLC×②

1）月太阳有效得热量 $S_{c,M}$，填入表 5－3 第⑨项；外窗的月太阳得热负荷比 $SLR_{c,M}$，填入表 5－3 第⑩项；查图 4－6 获得太阳房的 $HFS_{c,M}$，填入表 5－3 第⑪项；计算月辅助热量 $Q_{aux,c,M}$，填入第⑫项。

以上计算方法与例 4－1 相同。

2）计算采暖期辅助热量 $Q_{aux,c,q}$

$$
\begin{aligned}
Q_{aux,c,q} &= \sum_{M=11}^{3} Q_{aux,c,M} \\
&= (5486.3 + 10106.5 + 11292.2 \\
&\quad + 8839.7 + 5460.2) \times 10^3 \text{kJ} \\
&= 41184.9 \times 10^3 \text{kJ}
\end{aligned}
$$

（5）计算采暖期太阳房的节能量 $\Delta Q_{aux,q}$ 及节能率 ESF_q。

1）采暖期太阳房的节能量 $\Delta Q_{aux,q}$

$$
\begin{aligned}
\Delta Q_{aux,q} &= \Delta Q_{aux,c,q} - \Delta Q_{aux,q} \\
&= (41184.9 - 8626.2) \times 10^3 \text{kJ} \\
&= 32558.7 \times 10^3 \text{kJ}
\end{aligned}
$$

2）采暖期太阳房的节能率 ESF_q。

$$
ESF_q = \frac{\Delta Q_{aux,q}}{\Delta Q_{aux,c,q}} = \frac{32558.7 \times 10^3}{41184 \times 10^3} = 79.1\%
$$

第六章　附加阳光间式太阳房设计

第一节　概述

附加阳光间式太阳房是实体墙式和直接受益式被动太阳房的混合产物。如果将实体集热墙的透明盖层与墙体之间的距离增大，将其上循环孔加大，就形成了一个典型的附加阳光间式太阳房。如图 6－1 所示。

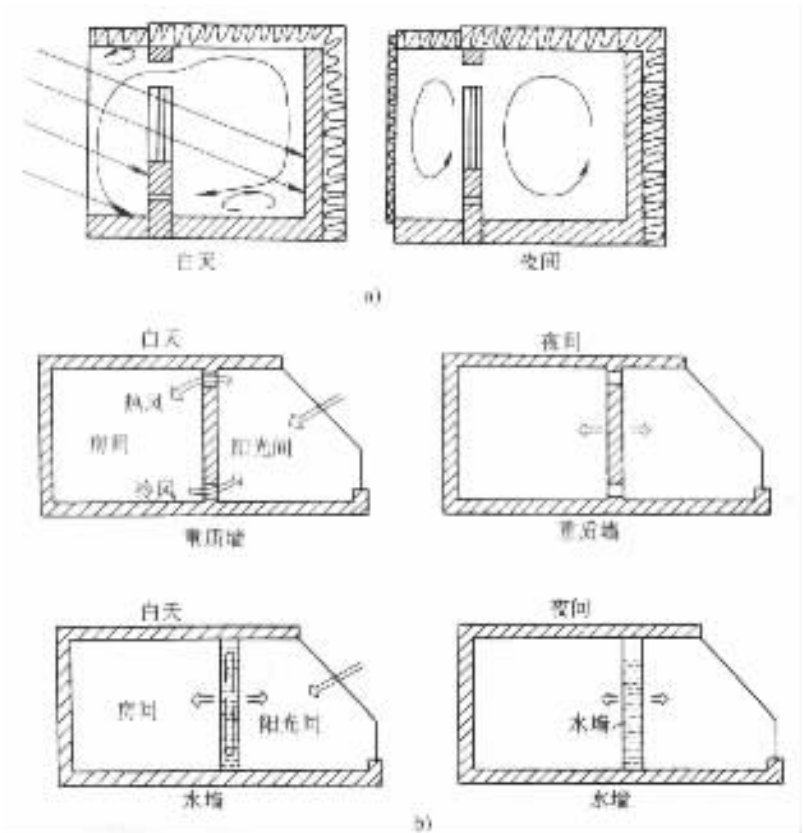


图 6－1　附加阳光间式太阳房

a）附加阳光间式太阳房原理示意图　b）附加阳光间式被动太阳房工况示意图

1. 工作原理　阳光间作为集热蓄热部件附加在采暖房间外面，整个太阳房分成两个可活动的空间，其公共墙是集热蓄热墙。上部的大孔既是采暖房间的采光窗也是白天热空气流入的通道。在白天，阳光透过阳光间透明盖层，一部分直接进入采暖房间，一部分被阳光间地面和公共墙吸收转换成热量，然后通过热空气循环和墙的传导进入采暖房间，起到太阳能供暖作用。

2. 特点　与实体墙式相比，附加阳光间增加地面作为集热蓄热体，与直接受益式相比，采暖房间的温度波动及眩光程度均小。阳光间作为采暖房间与外界的缓冲区，可减小采暖房间的冷风渗透热损失。此外，阳光间本身可作为白天休息活动室或温室花房等用途，容易和整个房屋的建筑设计融为一体。因此，这种太阳房越来越受到人们的重视。多层住宅建筑的朝阳封闭阳台，实际上也具有附加阳光间式太阳能采暖功能。

3. 形式　附加阳光间的形式有许多种，其顶部和端墙可以是不透明的保温隔热体，也可以做成透明的，以增加集热面，但也增加热损失；阳光间南立面可以是垂直的，也可以倾斜，以增加集热量；阳光间两端可以和采暖房间相通，形成凹阳光间或阳光走廊。对于住宅太阳房，附加阳光间的顶部和两端一般是不透明的保温隔热体，阳光间进深以 0.6 ~ 1.5m 为宜，这是整个建筑功能和热性能等综合考虑的结果。

第二节　附加阳光间式太阳房设计参数

1. 阳光间基准尺寸及参数　南向垂直集热面为单层或双层玻璃：顶部及东西端墙为不透明保温材料。公共墙为砖质，厚 240mm，上部开大孔兼作采光窗。

基本尺寸为宽 6.4m，高 2.8m，进深 0.6m；大孔为高 0.62m，宽 4.2m，底边离地 1.4m；小孔为高 0.25m，宽 0.4m，底边离地 0.1m。

热工参数如下：

顶部及端墙总传热系数：1W/（m^2·K）。

内表面吸收系数：顶部，地面及公共墙为 0.9，端墙为 0.7。

外保温层热绝缘系数：10m^2·K/W；0，5 m^2·K/W；0.2m^2·K/W。

开孔固定时间：8：00 ~ 17：00。

外保温层放置固定时间：17：00～8：00

地面蓄热层厚 0.2m，密度 2000kg/m³，比热容 0.85kJ/（kg·K）。

2. *SHF*—*SLR* 曲线　根据 5 个地区不同气象数据，计算上述基准房的 *SHF*—*SLR* 曲线，见图 6－2 和图 6－3 所示。

图 6－2 为南立面单层玻璃，顶部和端墙不透明的阳光间。

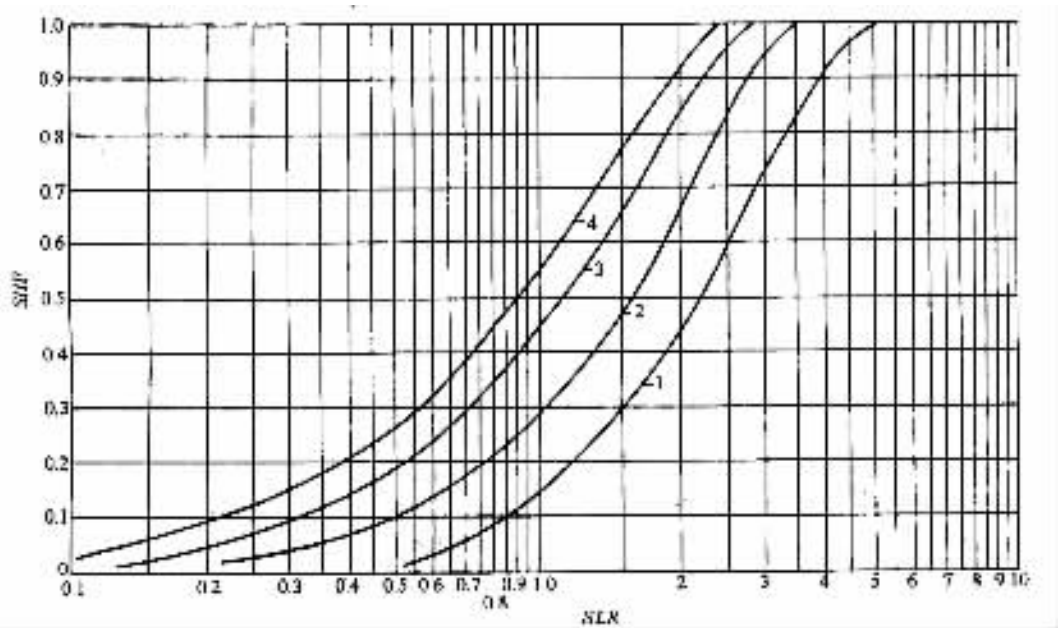


图 6－2　单玻阳光间 *SHF*—*SLR* 曲线

1—无夜间保温　2—有夜间保温，热绝缘系数 0.2m²·K/W

3—有夜间保温，热绝缘系数 0.5m²·K/W　4—有夜间保温，热绝缘系数 1.0m²·K/W

图 6－3 为南立面双层玻璃，顶部和端墙不透明的阳光间。

表 6－1 列出了 10 种附加阳光间（单玻和双玻各 5 种）。公共墙开孔率分别为 10%、15%、20%、30%、40%在无保温装置时的 M_0 值，基准房的公共墙开孔率为 15%。

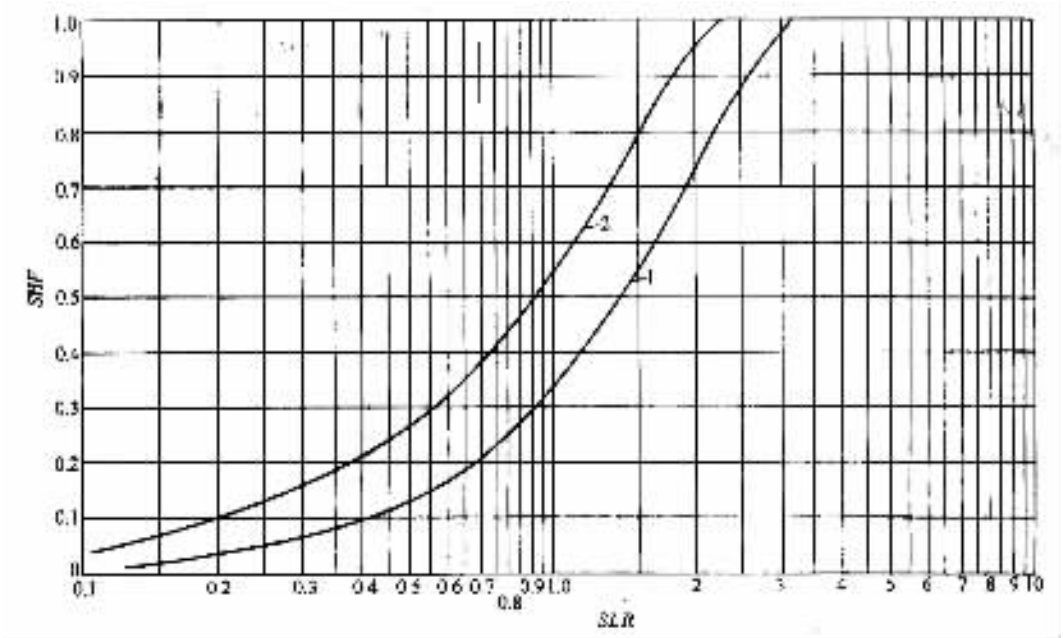


图 6－3　双玻阳光间 *SHF*—*SLR* 曲线

1—无夜间保温　2—有夜间保温，热绝缘系数 1.0m²·K/W

表 6－1　　附加阳光间设计参数

型　号	墙体材料	墙厚/cm	玻璃层数	孔隙率（%）	无保温装置时 M_0/m²·K·W⁻¹
DB1	砖	24	1	10	0.9093
DB2			1	15	0.8774
DB3			1	20	0.8509
DB4			1	30	0.7938
DB5			1	40	0.7680
SB1			2	10	1.1019
SB2			2	15	0.0834
SB3			2	20	0.0503
SB4			2	30	0.9991
SB4			2	40	0.9394

第三节　设计示例

附加阳光间式被动太阳房的设计步骤与示例可参照第四章、第五章进行。

第七章　组合式被动太阳房设计

第一节　概　　述

由两个或两个以上的采暖集热系统组成的组合系统，由不同的采暖方式相互结合使用，形成互为补充的、更为有效的被动式太阳能采暖系统。图 7－1 是由直接受益窗和集热墙两种形式结合而成的组合式太阳房，具有白天自然采光和全天太阳能供热均匀的优点。组合式被动太阳房已显示出它的强大生命力，成为当今世界被动式太阳能建筑发展的一个趋势。

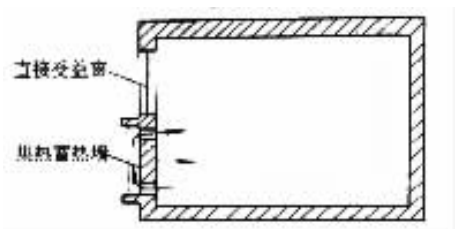


图 7－1　组合式被动太阳房示意图

由于视野和采光通风的需要，在被动式太阳房上经常需设置直接受益窗。但是，单一的直接受益系统仅对于要求早晨迅速供热或白天使用的建筑是合适的，对居住建筑则经常在满足开窗面积的同时，需配置非直接式系统。

有通风孔的实体墙可以通过气流在白天供热，在晚上则可获得由墙体的蓄热供热。带后挡板的花格式集热蓄热墙全天供热均匀，且供热总量有所增加，它们可以与直接受益系统配合。

无通风口的实体集热蓄热墙对直接受益窗来说是个很好的补充。因为，直接受益式系统的供热峰值通常在午间出现，而无孔实体墙的供热峰值通常

出现在晚间，这样两种系统配合使用可在白天、晚上均匀供热。

阳光间可以和多种其他类型的系统相结合，这取决于为了使空气对流而使用的门、窗或其他开口，也取决于所用的蓄热物质和墙体。

总之，一个被动式太阳房的设计可以包含多种集热系统的组合，这些系统在供热时间上互相搭配，其供热量之和满足要求。合理的组合式系统比单一集热式的太阳房更舒适。

本节介绍 SLR 法在组合式被动太阳房设计中的应用。其出发点是将建筑的净负荷 Q_{net} 按各种集热部件的面积比例进行分配，每种部件只负担与其面积相当的负荷所对应的区域。这样，就可以把每个区域看成是单一系统的太阳房来进行处理，最后，由供给各区的采暖期辅助热量的总和来确定整个建筑物的热特性。

第二节　被动集热系统分区

最简单的情况是建筑物以内墙分割为不同的区域，每一区仅由一个集热系统负担，内墙被看做足热屏障，阻止热在 1、2 区之间传递，如图 7－2 所示。于是，两个区就可以看做是两栋单独的建筑，除去不计通过内墙的热损失之外，每个区的净负荷系统 NLC_i，都可采用前几章所述的一般方法进行计算。

图 7－2　内墙分割为不同的区域

另一种情况是由两个或两个以上的被动集热系统负担一个建筑物，该建筑物并没有由墙或其他屏障分隔成不同的区域，见图 7－3。在这种情况下，

又有两种处理方法：第一，如果被动系统十分近似，例如，有两个或两个以上的直接受益窗，它们的区别仅是朝向不同，这时，应把它们看成是一个系统的组成部分，处理这种单一系统多组件的情况是把它们的太阳有效得热量 $S_{i,m}$ 相加在一起。第二，如果被动系统不那么相似，就必须把它们当做彼此独立的系统处理。如图 7－3 所示的直接受益式和实体墙系统共同向同一建筑供暖，在这种情况下，就需要人为地分区，分区的原则是把整个建筑的净负荷系统 NLC_B 按各系统的采光投影面积的比例来划分，即按下式计算：

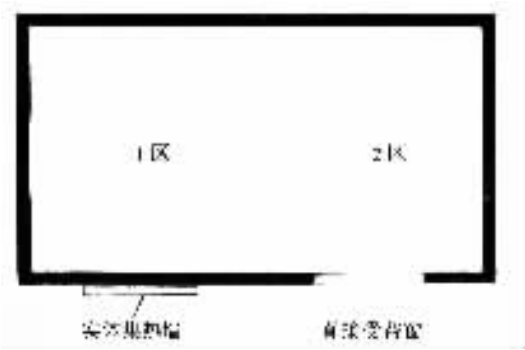


图 7－3　由两个不同的被动集热系统供同一栋建筑

$$\left.\begin{aligned} NLC_i &= (A_{g,i}/A_{g,B})\,NLC_B \\ NLC_i &= (A_{g,i}/A_{g,c,B})\,NLC_B \end{aligned}\right\} \qquad (7-1)$$

式中　$A_{g,B}$、$A_{g,c,B}$——太阳房、对比房总采光窗口面积，$A_{g,B}=\sum_{i=1}^{z}A_{g,i}$；

$A_{g,i}$——i 系统的采光窗口面积；

NLC_i——由 i 系统所负担区域的净负荷系数；

NLC_B——整个建筑物的净负荷系数；

Z——各系统的总数；

i——第 i 个系统；

g——采暖期代号；

c——对比房代号；

B——建筑物总体。

第三节 组合式太阳房供暖热特性的计算

组合式太阳房供暖热特性分为由内墙分区和人为分区两种情况计算。

1. 由内墙分割成区的太阳房供暖特性的计算

1）将建筑划分为若干区域，各区编号为 $i=1\cdots$，Z，把每个区作为独立的建筑来处理。

2）计算 NLC_i。

3）确定第 M 月间 i 系统的内热源发热量 $Q_{\mathrm{in},i,\mathrm{M}}$。

4）按设计要求确定，由 i 系统所负担区域的基础温度 $T_{\mathrm{b},i}$。

5）计算或由附录 A 表 A.4 查出由 i 系统所负担区域的度日值 $DD_{i,\mathrm{M}}$。

6）计算 $A_{\mathrm{p}i}=X_{\mathrm{m},i}A_{\mathrm{R},i}$，$X_{\mathrm{m},i}$ 为 i 系统有效透光面积系统。

7）计算第 i 系统第 M 月的太阳有效得热量 $S_{i,\mathrm{M}}$，求出 i 系统第 M 月的太阳得热负荷比 $SLR_{i,\mathrm{M}}$

$$SLR_{i,\mathrm{M}}=S_{i,\mathrm{M}}/(NLC_i\cdot DD_i)_{\mathrm{M}}$$

式中 $S_{i,\mathrm{M}}=A_{\mathrm{p}i}\overline{S}_{\mathrm{o}\tau}\alpha_{\mathrm{a},i}M$

$\alpha_{\mathrm{a},i}$——i 系统对阳光的吸收系数。

8）由 $SHF-SLR$ 曲线求出 i 系统第 M 月的太阳供暖率 $SHF_{i,\mathrm{M}}$。

9）求各系统的采暖期辅助热量

$$Q_{\mathrm{aux},i,\mathrm{q}}=\sum_{M=j}^{k}[(1-SHF_{i,\mathrm{M}})NLC_i\cdot DD_{i,\mathrm{M}}-Q_{\mathrm{in},i,\mathrm{M}}]$$

式中 j、k——采暖期运止月份。

10）计算整个建筑采暖期辅助热量，即

$$Q_{\mathrm{aux,B,q}}=\sum_{i=1}^{z}Q_{\mathrm{aux,c,q}}$$

2. 对人为分区的建筑热特性的计算

1）给划分为虚拟区的被动系统编号，$i=1$，…，Z。

2）计算 NLC_{B}。

3）确定内热源发热量 $Q_{\mathrm{in},i,\mathrm{M}}$。

4）按设计要求确定 $T_{\mathrm{b,B}}$。

5）计算或由附录 A 表 A.4 查出 DD_M。

6）计算 $A_{p,i} = X_{m,i}A_{g,i}$。

7）计算月太阳有效热量，对直接受益式或附加阳光间系统 $S_{i,M} = A_{p,i}\bar{S}_{ot}\alpha_{a,i}M$；对集热蓄热墙式系统 $S_{i,M} = A_{p,i}\bar{S}_{o\tau}\alpha_{a,i}M$，$\bar{S}_{ot}$、$\bar{S}_{o\tau}$由附录 A 表 A.10 查出。

8）计算 $NLC_i = (A_{g,i}/A_{g,B})\ NLC_B$。

9）求出 $SLR_{i,M} = S_{i,M}/(NLC_i \cdot DD_M)$。

10）查 $SHF-SLR$ 曲线求出 $SHF_{i,M}$。

11）计算各系统的采暖期辅助热量

$$Q_{aux,i,q} = \sum_{M=j}^{k}[(1 - SHF_{i,M})NLC_i \cdot DD_M - Q_{in,i,M}]$$

12）求整个建筑物的采暖期辅助热量，即

$$Q_{aux,B,q} = \sum_{i=1}^{z} Q_{aux,i,q}$$

第四节　组合式太阳房的节能率及节能量的计算

组合式太阳房的节能率 ESF 和总节能量 $\Delta Q_{aux,g}$是评价其效益的重要指标。其计算步骤如下：

1）对于由内隔墙分区的被动太阳房，将其对比房相应地分区编号为 $i = 1\cdots Z$，以下称情况 1；对应于人为分区的太阳房。而对比房不必分区，以下称情况 2。

2）对情况 1，计算对比房的 TLC_i。

对情况 2，计算对比房的 TLC_B

3）计算月太阳有效得热量，对情况 1 需计算 $S_{c,i,M} = A_{p,i}\bar{S}_{ot}\alpha_{a,c}M$；$A_{p,i} = X_m \cdot A_{g,i}$；对情况 2 则只需计算 $S_{c,B,M} = A_{p,c,B}\bar{S}_{ot}\alpha_{a.c}M$；$A_{p,c,B} = X_{m,c}A_{g,c,B}$。

4）计算各月的建筑总负荷，对情况 1 需计算对比房各月的 $(TLC \cdot DD)_{i,m}$，其中 $DD_{i,M}$与太阳房内墙分区的度日值相同：对情况 2 只需计算 $(TLC \cdot DD)_{B,M}$，其中 $DD_{B,M}$与无内墙分隔的太阳房的度日值相同。

5）计算对比房各月的太阳得热负荷比

对情况 1 需计算：

$$\mathrm{SLR}_{\mathrm{c},i,\mathrm{M}} = \mathrm{S}_{\mathrm{c},i,\mathrm{M}}/(\mathrm{TLC}\cdot\mathrm{DD})_{i,\mathrm{M}} \tag{7-2}$$

对情况 2 需计算：

$$SLR_{\mathrm{c,B,M}} = S_{\mathrm{c,B,M}}/(TLC\cdot DD)_{\mathrm{B,M}} \tag{7-3}$$

6）查曲线图，对情况 1，由 $SLR_{i,\mathrm{M}}$ 查得 $SHF_{i,\mathrm{M}}$；对情况 2，由 $SLR_{\mathrm{B,M}}$ 查出 $SHF_{\mathrm{B,m}}$。

7）计算对比房各月的辅助热量

对于情况 1：

$$Q_{\mathrm{aux,c,B,M}} = \sum_{i=1}^{z}[(1-SHF_{\mathrm{c},i,\mathrm{M}})(TLC\cdot DD)_{i,\mathrm{M}} - Q_{\mathrm{in},i,\mathrm{M}}] \tag{7-4}$$

对于情况 2：

$$Q_{\mathrm{aux,c,B,M}} = (1-SHF_{\mathrm{c,B,M}})(TLC\cdot DD)_{\mathrm{B,M}} - Q_{\mathrm{in,B,M}} \tag{7-5}$$

8）计算对比房的采暖期辅助热量

$$Q_{\mathrm{aux,c,B,q}} = \sum_{M=j}^{k} Q_{\mathrm{aux,c,B,M}}$$

9）计算太阳房采暖期总节能率

$$ESF = 1-\left(\frac{\text{太阳房采暖期辅助热量}}{\text{对比房采暖期辅助热量}}\right) \tag{7-6}$$

$$= 1-(Q_{\mathrm{aux,B,q}}/Q_{\mathrm{aux,c,B,q}})$$

10）计算太阳房的采暖期总节能量

$$\Delta Q_{\mathrm{aux,q}} = Q_{\mathrm{aux,c,B,q}} - Q_{\mathrm{aux,B,q}} \tag{7-7}$$

第五节 设计示例

北京地区某组合式被动太阳房，宽 16m，进深 5m，高 2.7m。太阳房朝正南，南墙上有 4 樘宽 2.5m，高 1.9m 单层直接受益窗，一个宽 2.5m，高 2.6m 单层玻璃木门，其保温热阻均为 $0.86\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{k/W}$。南窗下有 4 块宽 2.5m，高 0.9m 的单玻无孔无保温实体集热蓄热墙，集热墙体为 240mm 厚砖墙，表面涂无光黑漆，其阳光吸收系数 $\alpha_{\mathrm{a}}=0.9$。玻璃均为 3mm 厚，消光系数为 $0.45\mathrm{cm}^{-1}$，折射率 $n=1.526$。直接受益窗与实体集热蓄热墙的玻璃盖层的有

效透光面积系数 X_m 均为 0.8。房间内墙与天花板内表面为白色粉刷，其对阳光的反射系数为 0.52，地面为水泥抹面，其阳光反射系数为 0.27，若设计室温 $T_b = 14℃$，不考虑内热源，求该太阳房的太阳能供暖率及节能率。

对比房南墙上开有 4 樘 1.5m × 1.8m 单层木窗，太阳房及对比房围护结构的传热系数 K 值，见表 7－1。

表 7－1　围护结构的传热系数　[单位：$W/m^2 \cdot K$]

房屋类型	围护结构名称			
	外墙（门）	外墙	屋顶	地面
太阳房	热绝缘系数 $0.86m^2 \cdot K/W$	0.44	0.42	0.33
对比房	5.82	1.56	1.163	0.52

设计计算步骤

1）由附录查得北京地区气象资料：采暖期由 11～3 月，各月的天数及逐月的度日值 $DD_{14,M}$ 列于表 7－3 第②项，由附录 A 表 A.10 查得北京地区透过南向玻璃的总日射月平均日辐射量 $\bar{S}_{ot}$ 及 $\bar{S}_{o\tau}$ 列于表 7－3 第③和⑨项。

2）给予建筑的被动系统编号，设直接受益窗系统编号 1，实体集热蓄热墙系统编号 2，系统 1、2 对应的建筑区域属虚拟区类型。

3）计算太阳房净负荷系数 NLC 及对比房的总负荷系数 TLC。有关数据列于表 7－2 中，表中冷风渗透系数 $nV\rho^a c_p$ 取值如下：太阳房 $n = 1h^{-1}$，对比房 $n = 1.5h^{-1}$，

$$V = 5m \times 16m \times 2.7m = 216m^3，\rho_a = 1.2kg/m^3，c_p = 1.005kJ/（kg \cdot K）$$

$$NLC = 165.88 \times 24 \times 3600MJ/（K \cdot d）= 14.3MJ/（K \cdot d）$$

$$TLC = 465.5 \times 24 \times 3600MJ/（K \cdot d）= 40.2MJ/（K \cdot d）$$

表 7－2　太阳房净负荷系数 NLC 及对比房的总负荷系数 TLC 的计算参数

围护结构名称	尺寸（长/m）×（宽/m）	净面积 A/m^2	太阳房		对比房	
			$K/W（m^2 \cdot K）^{-1}$	$KA/W \cdot K^{-1}$	$K/W（m^2 \cdot K）^{-1}$	$KA/W \cdot K^{-1}$
东墙	5×2.7	13.5	0.44	5.94	1.56	21.06

续表

围护结构名称	尺寸（长/m）×（宽/m）	净面积 A/m^2	太阳房 $K/W(m^2\cdot K)^{-1}$	太阳房 $KA/W\cdot K^{-1}$	对比房 $K/W(m^2\cdot K)^{-1}$	对比房 $KA/W\cdot K^{-1}$
西墙	5×2.7	13.5	0.44	5.94	1.56	21.06
北墙	16×2.7	43.2	0.44	19	1.56	67.4
屋顶	5×16	80	0.42	33.6	1.163	93.04
地面	5×16	80	0.32	25.6	0.52	41.6
南窗	2.5×1.6+2.5×2.6	25.5①	—	—	—	—
	1.5×1.8	10.8①	—	—	5.82	62.8
南墙	16×2.7−25.5−9	8.7	0.44	3.8	—	—
	16×2.7−10.8	32.4	—	—	1.56	50.5
冷风渗透系数	$nV\rho_a c_p/3.6$			72	—	108
合　计	—			165.88	—	465.5

①为 4 樘窗总面积。

4）计算太阳房的 $S_{1,M}$，$S_{2,M}$及对比房的 $S_{C,B,M}$，列于表 7－3 第④、⑩、⑩项中。

$$S_{1,M}=X_{m,1}A_{g,1}\overline{S}_{ot}\alpha_{a,L}M$$

$$S_{2,M}=X_{m,2}A_{g,2}\overline{S}_{o\tau}\alpha_{a,2}M$$

$$S_{C,B,M}=X_{m,C}A_{g,c,B}\overline{S}_{ot}\alpha_{a,C}M$$

式中　$X_{m,1}=X_{m,2}=0.8$，$X_{m,c}=0.7$

$A_{g.1}=25.5m^2$，$A_{g,2}=9m^2$，$A_{g.c.B}=10.8m^2$

$\alpha_{a.1}$计算如下：

根据已知条件，房间内墙、天花板对阳光的反射系数为 0.52，地板为 0.27，求出房间内表面平均反射系数

$$\rho_w=\frac{0.52\times167.7+0.27\times80}{247.7}=0.43$$

玻璃对阳光的反射系数为 0.1，由式（4－5）求出房间对阳光的吸收系数

$$\alpha_{a,1}=\frac{1-0.43}{(1-0.43)+0.43(1-0.1)\times\dfrac{25.5}{247.7}}=0.93$$

$\alpha_{a,2}$为实体墙对阳光的吸收系数，即 $\alpha_{a,2}=0.9$

对于对比房，由前述方法求出房间内表面的平均反射系数

$$\rho_w = \frac{0.52 \times 182.6 + 0.27 \times 80}{262.6} = 0.44$$

房间对阳光的吸收系数

$$\alpha_{a,c} = \frac{1 - 0.44}{(1 - 0.44) + 0.44(1 - 0.1) \times \frac{10.8}{262.8}} = 0.97$$

5）计算太阳房的 NLC_1、NLC_2

$$NLC_1 = (A_{g,1}/A_{g,B})\ NLC_B$$

$$= (25.5/34.5)\ 14.3\text{MJ}/(\text{K}\cdot\text{d}) = 10.6\text{MJ}/(\text{K}\cdot\text{d})$$

$$NLC_2 = (A_{g,2}/A_{g,B})\ NLC_B$$

$$= (9/34.5)\ 14.3\text{MJ}/(\text{K}\cdot\text{d}) = 3.73\text{MJ}/(\text{K}\cdot\text{d})$$

6）计算太阳房的 SLR

①计算 $Q_{net,1} = NLC_1 \times DD_{14,M}$**，列入表** 7－3 **第⑤项；**

②计算 $Q_{net,2} = NLC_2 \times DD_{14,M}$**，列入表** 7－3 **第⑪项；**

表 7－3　　**太阳房和对比房辅助热量计算表**

序号	项目		月份					计算方法
			11	12	1	2	3	
①	每月天数 M/d		30	31	31	28	31	—
②	月度日值 $DD_{14.M}$/℃·d		297	518	577	454	294	—
③	太阳房系统1	透过玻璃以及被玻璃吸收后进入室内的总日射月平均日辐照 $\bar{S}_{ot}$ kJ（m^2·d）$^{-1}$	11056	11047	11847	11711	10168	—
④	太阳房系统1	月太阳有效得热量 $S_{1.M}$/MJ	6292.6	6497.1	6967.6	6221.1	5980.1	0.8×25.5×0.93×③×①
⑤	太阳房系统1	月净负荷 $Q_{net.1}$/MJ	3148.2	5492.8	6116.2	4812.4	3116.4	10.6×②
⑥	太阳房系统1	月太阳得热负荷比 $SLR_{1.M}$	1.99	1.18	1.15	1.29	1.93	④/⑤
⑦	太阳房系统1	月太阳能供暖率 $SHF_{1.M}$	0.79	0.53	0.51	0.58	0.77	查图 4－5 曲线 2
⑧	太阳房系统1	月辅助热量 $Q_{aux.1.M}$/MF	661.75	2581.6	2996.9	2021.2	716.7	（1－⑦）×⑤
⑨	太阳房系统2	透过玻璃的总日射月平均日辐照量 S_{or}/kJ（m^2·d）$^{-1}$	8107	8151	8699	8371	6904	—
⑩	太阳房系统2	月太阳有效得热量 $S_{2.M}$/MJ	1576	1637.4	1747.5	1518.8	1386.8	0.8×9×0.9×⑨×①
⑪	太阳房系统2	月净负荷 $Q_{net.2}$/MJ	11107.8	1937.3	2157.9	1698	1099.5	3.73×②
⑫	太阳房系统2	月太阳得热负荷比 $SLR_{2.m}$	1.42	0.84	0.81	0.89	1.26	⑩/⑪
⑬	太阳房系统2	月太阳能供暖率 $SHF_{2.M}$	0.06	0.04	0.04	0.045	0.05	查图 4－5 曲线 3
⑭	太阳房系统2	月辅助热量 $Q_{aux.2.M}$/MJ	1044	1860.3	2071.6	1261.6	1044.5	（1－⑫）×⑪

续表

序号	项目		月份					计算方法
			11	12	1	2	3	
⑮	对比房	月太阳有效得热 $S_{c,B,M}$/MJ	2432.2	2511.3	2693.1	2404.6	2311.5	—
⑯		月总负荷 $Q_{t,M}$/MJ	11939	20823.6	23195.4	18250.8	11818.8	—
⑰		月太阳得热负荷比 $SLR_{c,B,M}$	0.2	0.12	0.116	0.13	0.2	⑮/⑯
⑱		月太阳能供暖率 $SHF_{c,B,M}$	0.07	0.025	0.022	0.03	0.07	查图 4－6
⑲		月辅助热量 $Q_{aux,C,M}$/MJ	11103.27	20303	22685.1	17703.3	10991.5	(1－⑱) ×⑯

③计算

$$SLR_{1,M}=\frac{S_{1,M}}{NLC_1\times DD_{14,M}}$$ 列入表 7－3 第⑥项；

④计算

$$SLR_{2,M}=\frac{S_2,M}{NLC_2\times DD_{14,M}}$$ 列入表 7－3 第⑫项。

7）查 $SHF-SLR$ 曲线求 $SHF_{1,M}$，$SHF_{2,M}$

对于系统 1，由 $SLR_{1,M}$ 查图 4－5 曲线 2，求得 $SHF_{1,M}$，列入表 7－3 第⑦项；

对于系统 2，由 $SLR_{2,M}$ 查图 5－6 曲线 3，求得 $SHF_{2,M}$ 列入表 7－3 第⑬项。

8）计算各系统的辅助热量

①计算系统 1 的 $1-SHF_{1,M}$。

②计算系统 2 的 $1-SHF_{2,M}$。

③计算

$$Q_{aux,1,M}=(1-SHF_{1,M})(NLC_1\cdot DD_{14,M})。$$

④计算

$$Q_{aux,2,M}=(1-SHF_{2,M})(NLC_2\cdot DD_{14,M})。$$

③、④结果分别列入表 7－3 的第⑧、第⑭项中。

⑤计算 $Q_{aux,1,q}=\sum_{M=11}^{3}Q_{aux,1,M}=8978.15\text{MJ}$。

⑥计算 $Q_{aux,2,q}=\sum_{M=11}^{3}Q_{aux,2,M}=7641.9\text{MJ}$。

9）计算太阳房的节能率与节能量

①计算对比房的 $S_{C,B,M}=X_{m,c}A_{g,c}\overline{S}_{ot}\alpha_{a,c}M$ 列于表 7－3 第⑮项中。

②计算对比房的总负荷 $Q_{1,M} = TLC_B \cdot DD_{14,M}$ 列于表 7－3 第⑯项中。

③计算对比房的 $SLR_{C,B,M} = \dfrac{S_{C,B,M}}{TLC_B \cdot DD_{14,M}}$ 列于表 7－3 第⑰项中。

④由曲线查对比房的 $SHF_{C,B,M}$ 列入表 7－3 第⑱项中。

⑤计算对比房的 $Q_{aux,c,M} = (1 - SHF_{C,B,M})\ Q_{1,M}$ 列入表 7－3 第⑲项。

⑥求对比房采暖期辅助热量

$$Q_{aux,c,B,q} = \sum_{M=11}^{3} Q_{qux,c,B,M} = 82786.15\text{MJ}$$

⑦计算太阳房采暖期的节能率

$$ESF = 1 - \frac{Q_{aux,B,q}}{Q_{aux,c,B,q}} = 1 - \frac{16620}{82786.15} = 0.8$$

⑧计算太阳房采暖期的节能量：

$$\Delta Q_{aux,B,q} = Q_{aux,c,B,q} - Q_{aux,B,q} = 66166.15\text{MJ}$$

第六节　利用太阳能资源进行采暖价值的评估

太阳房节能量除了和 *SDM* 值的大小有关，还和采暖期的长短以及太阳房的集热、保温和蓄热水平等因素有关。我国 42 个城镇的 *SDM* 值、最冷月的 $\bar{T}_a$ 及累年日平均气温小于或等于 5℃的天数见附录 A 表 A.11 及表 A.12。

对一定的太阳房而言，其适宜的建造地点除了和节能量有关以外，还和当地辅助热源（包括辅助采暖设备及其运营费用）的价格、建造太阳房的新增费用、当地最冷月的室外平均气温以及当地环境保护的要求等因素有关。当地最冷月的室外平均气温，是决定建造太阳房后可否免设或简化辅助采暖设备的重要因素之一。在一定的室内气温对室外气温的温升情况下，室外温度越高，室内的温度水平也就越高。当最冷月的室内气温可以满足采暖需要时，就可不设辅助采暖设备，或对辅助采暖设备的类型进行简化。太阳能资源作为采暖的利用价值，需要将上述多种因素通盘考虑后才能确定。

在附录 A 表 A.11 中按 SDM 值分成 5 个区域；表 A.12 中除了列有我国 42 个城镇冬季最冷 3 个月的综合 *SDM* 值以外，还列有最冷月的室外空气平均温度以及累年日平均气温小于或等于 5C 的天数，供综合评估之用，以下综合评估供建造太阳房时参考。

第 1 区（$SDM \geqslant 30$）。是建造太阳房的最佳区。其中拉萨 $SDM > 50$，列在 42 个城镇之首，采暖期（小于或等于 +5℃韵天数）较长（等于 149d），累年最冷月的月平均气温不低（等于 -2.2℃）。上述 3 个条件依次意味着在当地建造太阳房不但集热部件的热效率很高，而且年累计节能量很大；同时，只要设计建造得当，可以不用辅助热源以及相应的供热设备就可满足一般用途的采暖要求。

除拉萨以外的其余城镇，如上海、南京、汉口等地区，虽然冬季南向垂直面上的太阳辐射量 $\overline{Htvs}$ 不如有些地方高，但因累年低于，5℃以下的天数不多，而且最冷月的室外气温也不低，集热部件的热效率较高。这些地区建造太阳房后有可能在不加辅助热源和供热设备从而也不增加环境污染的情况下，将冬季室内空气温度从原来不能满足人们舒适要求的无采暖的普通房的室内气温提高到比较舒适的水平，明显地改善人们的居住环境，满足人们日益提高的居住水平要求。另外，由于太阳房围护结构的保温情况比普通房好，也为夏季隔热降温提供了良好的基础。

第 2 区（$25 \leqslant SDM < 30$）。是建造太阳房的次佳地区。这些地区太阳集热部件的热效率在我国 42 个城市中处于中等偏好水平。其中宜昌地区建造太阳房的优缺点与上海、南京等地类同，但效果略逊。其余各地大多具有较好的采暖和节能效果，只是其中部分地区因冬季有的月份室外气温较低，需要补充辅助热源方可将室温提高到适宜的水平。

第 3 区（$20 \leqslant SDM < 25$）。除成都、万县等少数地区因冬季南向垂直面的太阳辐照量过低和空气湿度较大等原因，集热部件能够提供给房间的热量不多，建造太阳房的预期热效果不明显外，其余均为建造太阳房的适宜地区。

第 4 区（$15 \leqslant SDM < 20$）。这个地区的建筑物在用辅助热源控制室温不低于 14℃的运行条件下，在冬季采暖的某些主要月份中有些集热部件的集热量小于本身的失热量，热效率会出现负值。但只要集热部件选择、优化得当，在室内不加辅助热源的情况下还可使室温得到相当程度的提高，和普通房相比，还有比较明显的节能效果，是建造太阳房的较适宜地区。

第 5 区（$10 \leqslant SDM < 15$）。这些城镇大多分布在我国纬度较高、太阳能资源不高的严寒地区。在这些地区多数集热部件的热效率低下，大多不适宜采用集热墙或附加阳光间作为房间的集热部件。但由于这些地区的采瞬期大

多较长，如果参照节能房设置面积较小但能满足室内采光要求的直接受益窗，配上高热阻的夜间保温窗帘，并切实加强房屋外围护结构的保温性能，和普通房相比也会有较好的节能效果。

第八章　太阳能制冷

太阳能制冷系统分为三大类，兰金循环驱动的压缩式制冷系统、蒸汽喷射式制冷系统、吸收式制冷系统。

第一节　太阳能兰金循环驱动的压缩式制冷系统

图 8－1 是太阳能兰金循环驱动的压缩式制冷系统原理图。该图的上部为太阳能集热器循环；左部为热机循环，即低压蒸汽推动汽轮机对外作功；右部是蒸汽压缩式制冷机循环。

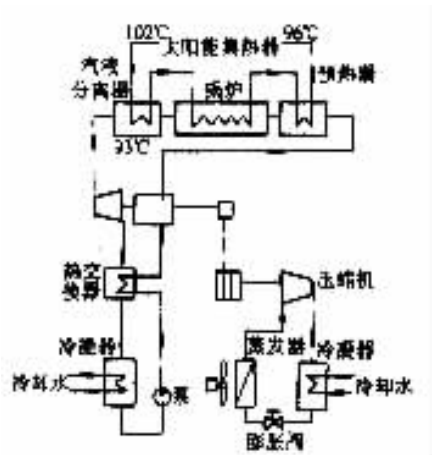


图 8－1　太阳能兰金循环驱动的压缩式制冷系统原理图

在太阳能集热器循环中，被太阳能加热的工质达到 102℃时，通过过热器、锅炉（热交换器）、预热器几次放热后，温度降低为 96℃，又进入太阳能集热器再进行加热，如此周而复始，即太阳能集热器作为热机循环的热源。

在热机循环中，低沸腾点工质由汽液分离器出来时，压力为 379kPa、温

度为 93℃，是高压蒸汽，它推动汽轮机旋转而对外作功，然后进入热交换器被冷却，再进入冷凝器被冷凝成液态。该液体又通过热交换器、预热器、锅炉、汽液分离器再次被加热成高压蒸汽。该过程即为消耗热能而作功的热机循环。

在制冷循环中，汽轮机的旋转带动了压缩机的旋转，压缩机的高压端将高压蒸汽送入冷凝器，高压蒸汽被冷却成液态又通过膨胀阀降温降压后流入蒸发器，低压低温的液体在蒸发器蒸发，吸收空气的热量而变为低压蒸汽，这低压蒸汽再次被压缩机的吸入端吸入经过压缩变为高压蒸汽再进入冷凝器，如此周而复始，形成了压缩制冷循环。在蒸发器外流过的空气因热量被吸收，而由较热的空气变为较冷的空气，这较冷的空气送入空调房间内可起到降温的作用。

第二节　太阳能蒸汽喷射式制冷系统

图 8－2 是太阳能蒸汽喷射式制冷系统原理图。该图左部为太阳能集热器循环，右部为喷射式制冷循环。

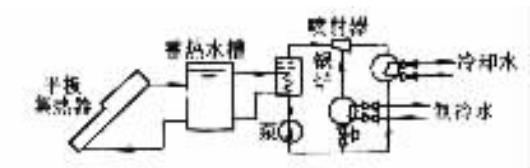


图 8－2　太阳能蒸汽喷射式制冷系统原理图

在太阳能集热器循环中，被太阳能加热的水通过集热器、蓄热水槽进入锅炉而散出热量，该热量加热了低沸腾点工质，使之变成高压蒸汽。温度降低了的水又回集热器重新被加热。

在喷射式制冷循环中，喷射器由喷嘴、吸入室、混合室及扩压器组成，见图 8－3。吸入室与蒸发器相通，扩压器出口与冷凝器相连，由锅炉出来的高压蒸汽（称之为工作蒸汽）通过喷嘴时因流出速度高、压力低，在吸入室侧引吸蒸发器内生成的低压蒸汽，进入混合室，此混合汽流经扩压器后速度降低，压力增加，而后流入冷凝器被冷凝。冷凝后的液体，一部分经膨胀阀在蒸发器中汽化吸收冷冻水的热量而达到制冷的目的，另一部分则返回锅炉

再次被加热为高压蒸汽，如此循环不已。

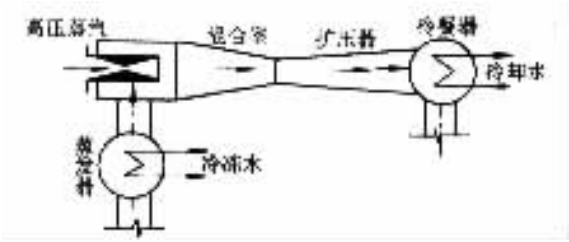


图 8－3　喷射器

第三节　太阳能吸收式制冷系统

太阳能吸收式制冷系统按其可否连续运行而分为间歇式和连续式；按其系统中有无动力装置（泵）而分为无泵式及有泵式；按其作用原理可分为间接式和直接式。所谓直接式是指工质直接在太阳能集热器内被加热，而后进行制冷。这种系统只能作为制冷用。间接式是指在太阳能集热器中生产出来的热水可用于采暖、加热生活用水，可供给吸收式制冷机制冷用，间接式系统可作为采暖、加热生活用水及制冷用的联合系统。

1. 间歇式太阳能吸收式制冷系统　图 8－4 所示为间歇式氨水太阳能吸收制冷装置简图。其工作流程如下；太阳能平板式集热器 1 将太阳辐射能转变为热能加热氨水。由于在相同压力下氨的饱和温度较水为低，故氨易于蒸发。集热器不断接受太阳能，氨水溶液中的氨就逐渐蒸发出来。氨蒸汽上升（有精馏作用）到空气冷凝器 2 中冷凝成为液氨，没有冷凝的氨蒸汽在水冷凝器 3 中继续冷凝。冷凝的液氨既可储存在水冷凝器 3 中，也可以经过阀 A 储存在冰箱的蒸发器 4 中，也就是说，白天集热器作为发生器，阀门 A 开启，而阀门 B 及 C 关闭，它在白天接受太阳照射后，就可以获得一定数量的液氨。液氨储存在蒸发器 4 中后，随即把阀 A 关上，转入冷却阶段。夜间，集热器对空间进行辐射。为了加强集热器的散热，集热器外盒的上下盖也可设计成为可拆卸的。打开集热器外盒的上下盖，将集热器排管全部暴露在大气中，冷却效果良好。如果要加快冷却速度，还可以用水喷洒在集热器排管上。此时，集热器用作吸收器，开启阀门 B，关上阀门 A 及 C。因吸收器

（即集热器）内溶液温度逐渐下降，因而，整个系统中的压力逐渐下降，蒸发器内氨液的饱和温度也相应降低。当该温度降至低于蒸发器的温度时，蒸发器内的液氨开始吸取蒸发器的热量、变成气态，从而达到制冷的目的。蒸发器内生成的氨蒸汽通过阀门 B，从吸收器的下部压入稀溶液内面被吸收。在进行第二次试验前打开阀门 C，将蒸发器中剩余的液体回流。合上集热器上下盖即可进行第二次试验。

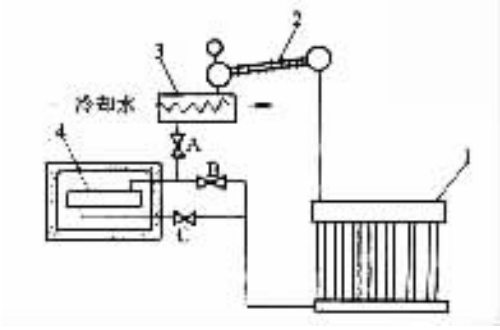


图 8－4　间歇式氨水太阳能吸收制冷装置简图

1—平板集热器（吸收器）　2—空气冷凝器　3—水冷凝器　4—蒸发器（冰箱）

间歇式无泵吸收制冷系统的制冷能力除与各设备的传热面积大小以及蒸发温度和冷凝温度有关外，主要与充于太阳能集热器中的溶液浓度有关。溶液浓度过低，对溶液的沸腾过程（即发生过程）有利，对吸收过程不利；浓度过高，则对吸收过程有利，对发生过程不利。因此，需要根据溶液（工质）种类不同，选取恰当的浓度。

2. 有泵连续式太阳能吸收式制冷系统

（1）直接式太阳能吸收制冷系统：图 8－5 所示为直接式太阳能氨水吸收制冷系统。

集热器中充有浓度适当的氨水溶液，当氨水溶液被太阳加热后，部分氨气将从溶液中分离出来。氨气通过管道 1 流入冷凝器，在此冷凝成为过冷流体。液态氨经管道 2 到膨胀阀，经过节流（2 到 3）降压，形成低压低温的汽、液混合物，而后在蒸发器中吸热蒸发，完成制冷作用。蒸发出来的低压氨蒸汽经管 4 进入吸收器，在吸收器中氨蒸汽与来自溶液热交换器的、喷雾进来的稀氨水溶液接触，则稀氨水溶液吸收氨蒸汽而变成浓氨溶液，经氨液循环泵通过溶液热交唤器重新打回集热器，如此不断进行循环。

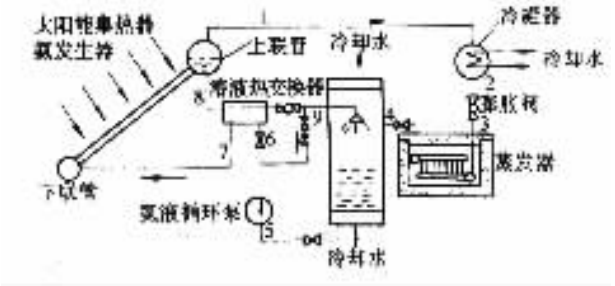


图 8－5　直接式太阳能氨水吸收制冷系统简图

（2）间接式太阳能吸收制冷系统：图 8－6 所示为间接式太阳能吸收制冷系统。该系统的太阳能集热器加热出来的热水，一年四季均可加热生活用水。在冬季用来通入暖风机作为供暖之用；在夏季通入吸收式制冷机的发生器作为制冷之用。所以说，该间接式的系统可作为采暖、加热生活用水及制冷用联合系统。

图 8－6　间接式太阳能吸收制冷系统图

（3）太阳能敞开型再生式氯化锂吸收制冷系统：图 8－7 所示为太阳能敞开型再生式氯化锂吸收制冷装置图。这种制冷装置是以氯化锂为吸收剂，水作为制冷剂。该制冷装置的特点是具有一个敞开型的吸收液（氯化锂水溶液）装置。氯化锂水溶液成薄层撒布于再生器表面，它从上面流到下面的过程中接受太阳辐射热。氯化锂水溶液中的部分水蒸发到大气中去后，使氯化锂水溶液变浓，而达到了再生的目的。这种系统不使用一般的太阳能集热器，它的太阳能集热装置只是一个宽敞的平面，可以倾斜地安装在屋顶和地面上。另外，这种装置不需要冷凝器，因此，设备简单，金属用量少，冷却水量也可以大大减少。

下面我们按照图 8－7 来说明该装置的工作流程。稀的氯化锂水溶液通

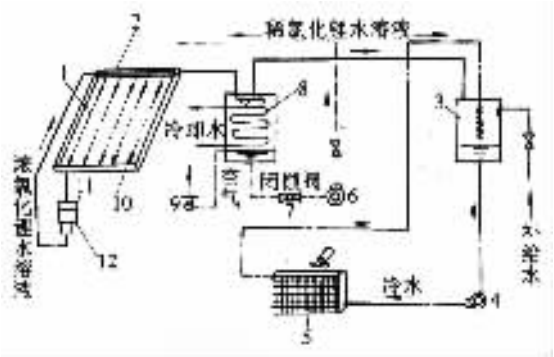


图 8－7　太阳能敞开型再生式氯化锂吸收制冷系统图

过泵 6 从吸收器 8 送入热交换器兼撒水器 2，由 2 的小孔有规则地、准确地由再生器 1 的上面流出，成薄层撒布于再生器表面，入射于再生器平面上的太阳辐射对氯化锂水溶液进行再加热，因而氯化锂水溶液中的部分水汽蒸发，则沿再生器上面到最下面浓度不断增加。浓溶液流进再生器下端的沟 10 中，从这里再流入装有浮子式液面控制器 12 的容器 11 中。这种浮子阀是为了避免空气直接进入吸收器和蒸发器系统中，也能起到调节进入吸收器的浓溶液流量的作用。从热交换器兼撒水器 2 出来的被浓缩、加热了的溶液，又在热交换器兼撒水器 2 中与稀溶液呈逆流进行热交换，浓溶液被稀溶液冷却后，通向吸收器 8。

浓溶液在吸收器中润湿其表面，吸收从蒸发器 3 来的水蒸气，靠冷水除去因吸收水蒸气产生的热量。在蒸发器中被冷却的冷冻水，通过泵 4 送入空气冷却器 5，吸收了来自空调房间的回风的热量温度升高，又返回蒸发器 3，再通过沸腾，降低温度。进入蒸发器吸收器系统中的空气，用位于水蒸气分压最低处的、吸收器下部的泵 9 清除掉。在吸收器 8 和泵 6 之间的闭锁阀 7，当关闭制冷装置时，用来防止空气进入蒸发器—吸收器系统。由带浮子的给水装置，对蒸发器进行补水。再生器是用片状岩石棉制作的，安装在需送冷气的住宅的屋顶上，在石棉上还覆盖一层能高度吸收太阳辐射热的人造橡胶。人造橡胶的表面带有小褶皱，它使溶液在再生器上流动均匀，使溶液中的水汽能更好地蒸发。

该装置更适于在热带地区和非常干燥的气候条件下使用。

3. 无泵溴化锂太阳能吸收式制冷系统：图 8－8 为连续作用的无泵溴化锂吸收式制冷原理图。由于吸收器 3 的压力低于发生器 1 的压力，故两者应

有一定的高度差，才能保证稀溶液自流进入发生器。稀溶液在发生器 1 内受热沸腾，靠热虹吸管将水蒸气和浓溶液的混合物一起提升至汽液分离器 6。在汽液分离器 6 中，除去液体后的高压过热水蒸气进入冷凝器 5、再进入蒸发器 4 进行制冷；而分离出来的浓溶液积存在汽液分离器 6 的下部，靠高度差流经溶液热交换器 2，再进入吸收器 3，吸收来自蒸发器 4 的低压冷的水蒸气。

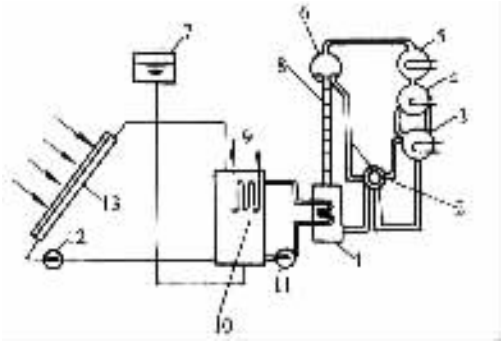


图 8－8　连续式无泵溴化锂吸收制冷原理图

1—发生器　2—热交换器　3—吸收器　4—蒸发器

5—冷凝器 6—汽液分离器　7—膨胀冰箱 8—热虹吸管（气泡泵）

9—辅助加热器 10—蓄水箱　11、12—泵　13—太阳能集水器

这种无泵溴化锂吸收式制冷机靠热虹吸管输送溶液，简化了制冷装置的组成。但是，它的效率受热媒温度影响较大，热媒温度过低、过高均使效率急剧降低。此外，它的制冷能力较小。

图 8－9 是溴化锂吸收式制冷工作原理图。该图的右部为制冷循环，左部为吸收循环。

在制冷循环中，太阳能集热器加热的水作为制冷循环的热源而进入发生器以加热溴化锂水溶液。漠化锂水溶液是两种沸点不同的物质组成的二元混合物。其中沸点低的物质为制冷剂，沸点高的物质为吸收剂，故又称为制冷剂—吸收剂工质对。在 LiB_r-H_2O 的情况下，沸点低的是水，所以水是制冷剂，沸点高的是 LiBr，所以 LiBr 是吸收剂。溴化锂—水溶液被加热时水蒸发成水蒸气。制冷后的水蒸气进入冷凝器冷凝成水，水经膨胀阀降压后进入蒸发器，吸收冷冻水的热量在低温低压下散发，冷冻水温度被降低而达到制冷的目的，而低温的制冷剂水蒸气则进入吸收器。

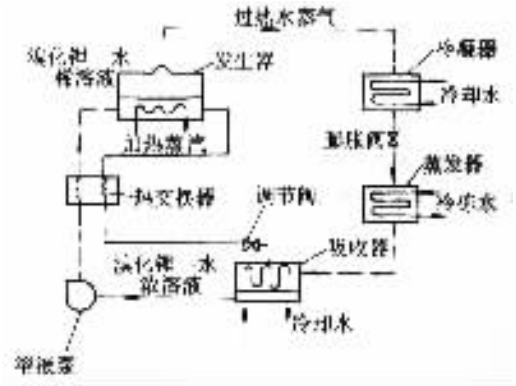


图 8－9　溴化锂吸收式制冷工作原理图

在吸收循环中，溴化锂—水稀溶液在发生器内由于不断析出水分而逐渐变浓，此浓溶液通过调节阀降压流入吸收器。流入吸收器的溴化锂水溶液在常温下能大量吸收来自蒸发器的低压制冷剂水蒸气。同时在吸收器内需通过冷却水以排除吸收过程放出的热量。溴化锂水浓溶液因吸收水分而浓度降低。此稀溶液再由溶液泵抽送返回发生器，重新提供使用。上述过程不断进行，便组成了吸收剂溴化锂水溶液的再生循环。

和压缩式制冷对比一下可以发现，吸收器内溴化锂水稀溶液在较低压力下吸收水蒸气的作用，相当于压缩机的吸气。发生器内溴化锂水浓溶液在较高的压力下放出水蒸气的作用相当于压缩机的排气，吸收剂溴化锂水溶液的吸收循环实际上起着压缩机的作用。

溴化锂—水溶液在发生器中是被加热的，从其中流出的溶液温度较高；而在吸收器中是被冷却的，从其中流出来的溶液温度较低。其后，当两股溶液分别进入吸收器和发生器时，作用刚好相反，而分别要被冷却和加热。如果让两股溶液先在热交换器中进行一次热交换，再分别进入吸收器和发生器，既可节省吸收器中的冷却水量，又可节省发生器中的耗热量，使装置的经济性大为提高，因而设置了热交换器。

图 8－10 是日本矢崎 1 号太阳房采暖、制冷及供热水系统图。该制冷系统是太阳能溴化锂吸收式，夏季制冷机发生器的热源是太阳能集热器加热的蓄热槽中的热水。冷凝器和吸收器的冷却水由冷却塔供应。被蒸发器冷却的冷冻水通入风机盘管以冷却空气，将此冷风送入空调房间以达到降温的目的。冬季，蓄热槽中的热水通入风机盘管加热空气，该热风送入室内以达到

采暖的目的。夏季蓄热槽上部温度低于 75℃，或冬季风机盘管入口热水温度低于 40℃，或供热水温度低于 50℃时，装在蓄热槽下部的辅助热源则投入使用。

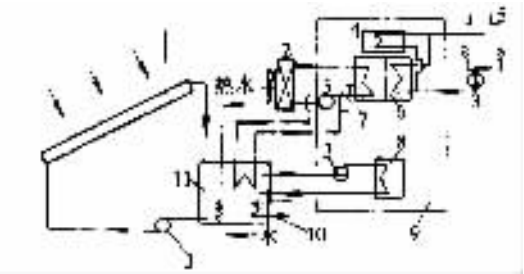


图 8－10　日本矢崎 1 号太阳房采暖、制冷及供热水系统图

1—集热器　2—风机盘管　3—水泵　4—冷凝器　5—冷却塔　6—吸收器

7—蒸发器　8—发生器　9—吸收式制冷机　10—辅助热源　11—蓄热槽

第四节　太阳能制冷系统效率的分析

在太阳能兰金循环驱动的压缩式制冷系统中有 3 个循环：制冷机循环、热机循环及太阳能集热器循环。下面分别分析上述 3 个循环的效率。

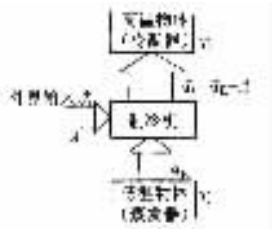


图 8－11　制冷机工作原理

注：q_i 为冷凝冷量（kJ）。

1. 制冷循环的效率 ε 是指消耗单位功所产生的制冷量，见图 8－11 即

$$\varepsilon = \frac{q_E}{A} \leqslant \frac{T_z}{T_i - T_z} \tag{8-1}$$

式中　T_z——蒸发温度（K）；

T_i——冷凝温度（K）；

q_E——蒸发热量（kJ）；

A——输入功量（kJ）。

2. 热机循环的效率 η 是指消耗单位热量所产生的能量，见图 8－12 所示，即：

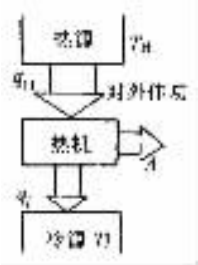


图 8－12　热机工作原理图

$$\eta = \frac{A}{qH} \leqslant \frac{T_H - T'_i}{T_H} \tag{8-2}$$

式中　q_H——热源发温度（kJ）；

A——输出功量（kJ）；

T'_i——冷源温度（K）。

T_H——热源温度即太阳能集热器的集热温度，（K）。

上述两循环的总效率为

$$\varepsilon\eta \leqslant \frac{T_z}{T_i - T_z} \times \frac{T_H - T'_i}{T_H} = \frac{T_z}{T_i - T_z}\left(1 - \frac{T'_i}{T_H}\right) \tag{8-3}$$

我们称总效率 $\varepsilon\eta$ 为制冷机的工作系数（COP）。由式 9－60 可知兰金循环制冷机制的工作系数均随热源温度 T_H 的升高而升高。

3. 太阳能集热器的效率 η_c：

常用的平板式太阳能集热器的效率为有用能量与太阳总辐射量之比 η_c，可按下式计算：

$$\eta_c = F_R\left[(\tau\alpha) - \frac{U_L - (T_{f.1} - T_H)}{I_0}\right] \tag{8-4}$$

式中　F_R——热转移因子（%）；

$(\tau\alpha)$——盖板透过率 τ 与吸热板吸收率的乘积（%）；

U_L——集热器总热损系数〔W/（m^2·℃）〕；

$T_{f.1}$——集热器入口处介质温度（℃）；

T_H——集热器环境温度（℃）；

I_0——太阳辐照度（W/m²）。

由式 8－3 可知集热器进口流体温度 $T_{f.1}$ 越高则集热器效率越低。制冷机的综合效率应为 $COP\eta_c$，当太阳能集热器集热温度在一定范围时该值为最高，见图 8－13 的下半部。

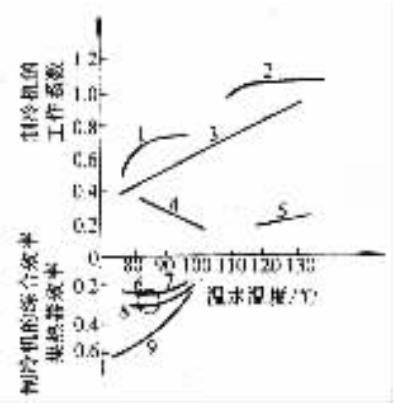


图 8－13　制冷机的综合效率和工作系数

1—*HO*—*LB*—效吸收式　2—*HO*—*LB* 二效吸收式　3—氟里昂透平式　4—*IGT* 去湿式

5—蒸汽喷射式 6—希望在此范围内使用　7—氟里昂透平式预想综合效率

8—吸收制冷机预想综合效率　9—平板型集热器效率

从图 8－13 可知，蒸汽喷射式制冷因工作系数值较低，并且要求较高的集热温度，所以目前较少采用。兰金循环压缩式制冷在集热温度较高时工作系数较高，因而，有时需要采用真空管式集热器或聚焦式集热器，这样就提高了设备投资费。吸收式制冷系统要求的集热温度较低，并且工作系数值也较高（0.65 左右），因而，目前采用的较多。

第九章　地热建筑利用技术

第一节　地热资源评价

地热是指地球内部可供开发的热能，地球是一个庞大的热库，蕴藏着无穷无尽的热量，地热资源一般是指陆地地表以下 300m 深度内的岩石和淡、咸水的总含热量，据估计，地球的地热资源量高达 14.1×10^{22} kJ，相当于 4348 万亿 t 标准煤。已初步探明的地热储量，约为全世界煤和石油储量的 700 倍，可满足人类 9.5 万年能源需求量。

1. 地热能源的形成和分布　地热能源的形成和分布情况，经人们长期观察和测量证实，地热的温度随地层深度而有规律的增加，即形成地温梯度。据观测，深度每增加 30m，地温可增加 1°。距地面 25 ~ 50km 处，温度可达 200 ~ 1000℃；距地面 6731km，即地心处，温度高达 4500℃。一种假说认为，地球内部巨大的热能是由放射性物质自然蜕变放出的能量，经长期积聚在封闭绝热的岩层内而形成。

地热热流在全世界范围内是相对稳定的，但随地质构造稳定程度不同而有较大变化。在构造稳定区域，热流值和地温梯度值无明显变化，在构造活动区域，则变化幅度很大。在现代火山作用和造山运动地区处于地质构造大板块的边缘地带热流值异常高。地壳内的裂隙系统，可把热能沿裂隙输送到地面或近地面处。世界依此形成四大地热带：红海—亚丁海—东非裂谷地热带、地中海—喜马拉雅地热带、环太平洋地热带、大西洋裂谷中脊地热带等。

上述四条地热带，有两条经过我国，环太平洋地热带西经我国台湾省，地中海—喜马拉雅地热带东端则是我国藏滇地热带的主体。我国地热资源依地质构造特征可分为东部、西部和西北三区。

东部地区，包括台湾地区、华北断块区、华南断块区、东北断块区等具有古老基底构造特征的地热活动区。

西部地区，包括喜马拉雅地热带、川西地区和昆仑部地区。

西北地区，包括古亚洲构造域，即断隔盆地分布区。

目前，我国已探明的地热约为 4626 亿 t 标准煤，已经发现的天然和人工地热露头点，包括温泉、热水井及矿坑热水等 2700 余处。按已经勘察的 2412 个地热点统计，地热流量总值约为 9.5×10^{13} kJ/a，这些热量相当于 378 万 t 标准煤。其中，西藏的地热能资源最多，折合 162 万 t 标准煤，占全国查明地热能的 43%，发现地热点最多的是云南省，达 706 处。另外，四川、广东、福建、台湾以及京津地区地热资源也比较多，不少地热点的水温在 80℃以上，具有较好的经济开发利用价值。

我国西藏羊八井建有我国最大的地热电站，井口温度平均为 140℃，电站装机容量为 1 万 kW，世界上共有 6 个国家的首都拥有地热资源，我国的首都北京是利用地热资源较好的城市。

低热能源的利用价值应依据储量、经济、法律和工艺条件等因素，根据目前技术经济条件，埋藏在 2000m 以内的地热资源为经济型；在 2000～3000m 深处称为亚经济型。经济型的地热资源是只储量丰富目位于浅部丰富集，在某一假定的经济、法律和工艺条件下有足够的开发价值的地热资源。

地热资源按在地下存在的状态又可分为水热型、地压型、岩浆型和干热型，后 3 项坯处于探索和实验阶段。

根据地下水的温度，水热型地热资源可分为四级，即低温水热型，温度为 20～40℃；中低温水热型，温度在 40～60℃；中高温水热型，温度在 60～80℃；高温水热型，温度在 80℃以上。

根据地热水热型出水的状态又可分为干蒸汽田，是指地下热水温度高于 100℃，但其饱和压力低于地下岩层压力，故仍处于液态，当其上升到地面时，下降到大气压力时变成水蒸气称为干蒸汽田；若地下热水温度在 100℃左右时，喷出地面呈水与汽交混状态，成为湿蒸汽；若抽出或喷出地面的全部为热水，则叫热水地热田。

2. 地热能源的利用　地热能源的直接利用，除了发电和沐浴外，还可以用于灌溉、取暖、水产养殖、印染织布、车间空调等方面。

北京地区地下热水属于低矿化度、低硬度水，水温多在 25～70℃，水中

含有多种矿物成分，经过加工可做成矿泉水饮料。城区地热还含有硫化氢等成分，具有良好的浴疗和理疗的疗效。

目前，北京地区的地热资源已得到广泛利用。地热采暖面积已达 32 万 m^2 以上；地热温泉 50 多处；地热温室可种植 60 多种名优蔬菜；地热养殖水面达 150 多亩；地热水养殖的非洲鲫鱼等热带鱼生长良好；光华染织厂用地热水印染和退浆，可节约标准煤 2500t。

美国一所大学用 3 眼 600m 深的地热水井为校舍供暖，总面积达 4.6 万 m^2，每年节省暖气费达 25 万美元。

3. 地热能源的特点　作为供热源，地热水具有以下特点：

1）地热水的温度、压力等参数及成分，在不同环境条件下又有很大差别。地热水往往带有腐蚀性，对传热表面和管路设备产生腐蚀或沉积。

2）地热水的参数与热负荷无关。某一水井，地热水的温度终年不变，因而，不能适应热负荷变化的要求，使得利用地热能的供暖系统变得复杂。

3）地热水一般为一次性利用。地热水热能被利用后，通常被废弃，若采用分级利用方式，则使供热系统复杂，从而增大费用。

4）地热水供暖可以节省矿物燃料，且是无废渣废气排放的稳定的洁净能源。

5）地热能源是一种占地面积少、生产成本低和应用范围广的新能源。

4. 水热型地热能的开采

1）水热型热储的形成原理。水热型的热是由储存在多孔和渗透性储热岩石中的高渗（深）水或蒸汽构成的。由于水和蒸汽通过断层和裂隙的对流循环，热能被传递到地球表面附近，由向下流动的冷水和向上活动的热水之间的密度差所产生的重力作为动力而形成这种对流循环。地热储热岩石中的热能是通过把热水或蒸汽带到地表的方式进行开采的。水热型热储示意图，如图 9－1 所示。

2）水热型地热资源的地表标志。水热型储存在的地区，通常有以下标志：近期火山活动；频繁的地震活动；高水平的导热流；温泉或喷气孔等一种或多种地质现象。

3）水热型地热资源的勘探工作。在勘探地热能源时，通常要进行如下工作，即获得政府的许可和赞助；对温泉和其他地表标志进行调查；地球化学勘测；地球物理勘测；在浅井孔中测量热流；钻深井，然后测试流量。

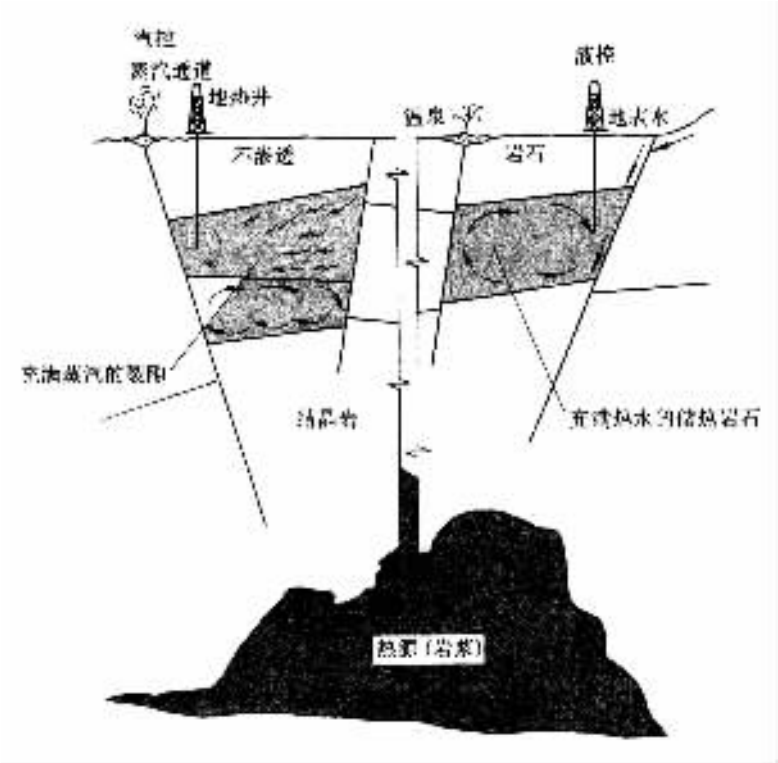


图 9－1　水热型热储示意图

最后一项工作是提供充足的地热资源的数据。初探井的成功率为 10%以下，勘探井的费用则超过 100 万美元以上。通过可行性研究论证后，开始远距离钻井，以确定热储的范围，并经试井、岩芯分析与生产的技术评价，从而完成勘探工作。

4）地热热储工程的基本概念。热储工程涉及的活动内容有；确定井位、测井、钻井、流量测量、确定生产机理，预测热储工况特征曲线，以寻找能够导致最高经济效益热回采的最佳生产条件。热储工程师的基本任务是预测地热井和热储的长期工作情况。

热储工程应解决以下问题：热储的最佳开发计划；确定钻井数量和井网种类；确定地热井的生产量和回采热量数量；确定温度一时间变化关系曲线；确定强化回采程序以取得最多的热能值。

第二节　地热水热源供暖与空调方案

地热水供暖可分为直接式与间接式等多种方式。

1. 地热水直接供暖或做空调热源 这种方案是将地热井直接供建筑物采暖和空调系统，与一般热水采暖和空调供热系统相同。地热井代替锅炉房或热电站的供热功能。

（1）地热水直接供暖系统：地热水直接供暖系统原理，如图 9－2 所示。

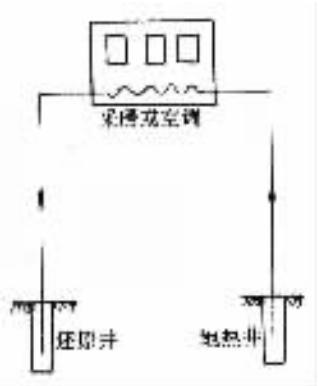


图 9－2　地热水直接供暖系统原理

地热井中的地热水由水泵抽出，直接送到用户供暖系统，供暖系统回水直接排放或利用部分余热后排放到还原井中。

直接利用地热水的供暖或空调系统，具有系统简单，基建费用少的优点，但由于地热水中含有硫化氢等腐蚀性成分，对系统管道和设备易产生腐蚀和结垢现象等问题。

（2）设计应注意问题

1）对低温地热水的直接采暖，室内暖气片或空气加热器面积增大过多肘，系统的运行费用和金屑耗能将增加，应进行技术经济分析比较后，选择合理方案。

2）为防止腐蚀性气体和有害离子对供热管道和设备的腐蚀，应选用耐腐蚀的管材，如低温地板辐射供暖系统中的交联聚乙烯（PEX）管材，它具有强度高、耐腐蚀、抗老化、水阻力损失小、不结垢和成本低等特点，被列

为首选管材。

3）热水直接供热装置中水温最低限值的参考规定。资料表明：为了防止散热面积不致增加过多，不同形式的地热直接供热装置的水温最低限值为：装有光管的混凝土地板的最低水温为 30℃；空调或热风采暖的肋片式空气加热器，水温不低于 40℃；供热水的风机盘管机组，水温不低于 49℃；自然对流的散热器，水温不低于 60℃；金属暖气片，水温不低于 71℃。

4）采用去除腐蚀性气体和盐分，如 O_2、H_2S、CO_2 等气体和 $CaSO_4$、$CaCO_3$ 等盐分措施，采用各种缓蚀剂，如硅酸钠、防垢药品、六聚片磷酸钠等。

2. 地热水间接供暖方式　为了避免地热水对供暖系统与设备的腐蚀，利用热交换器来加热供暖系统的热水，可达到延长管道和设备的使用寿命，减少雏修费用。

（1）地热供暖加调峰锅炉方式：供暖期实际室外温度多数时间高于设计温度值，而建筑物的供暖设计负荷是由室外设计温度决定的，而地热井的水温和流量是最稳定的，不便调节，若采用采暖设计温度下的负荷作为地热采暖负荷，显然降低了地热利用率。

为了提高地热利用率，扩大地热采暖的建筑面积，采取在高峰负荷时另设锅炉房供应超负荷部分；而地热只负担稳定采暖负荷部分。

我国目前的做法是以采暖负荷的 1/3 作为调峰锅炉负荷进行设计，锅炉的供热量的占全年采暖热量的 1/10。地热供暖加调峰锅炉的供热方式，见图 9－3 所示。

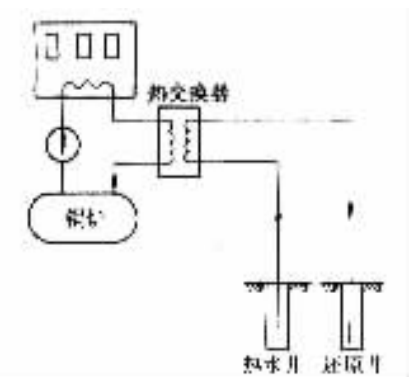


图 9－3　地热供暖加调峰锅炉示意图

（2）地热加热泵供暖方式：直接利用地热水供暖，当温度较低时，必然

造成散热器面积过大，金属消耗量增大。为改善和提高地热利用率，可将地热水作为热泵的热源，通过蒸发器使部分热水形成蒸汽或较高温的热水，降温后的部分低温水排入还原井。经冷凝器出来的较高温度的二次热水供采暖和空调的热，源之用。地热加热泵供暖系统，如图 9－4 所示。

地热水源热泵是一种以地热作为热源的热泵机组；具有节省投资和运行费用低的明显优势。

地热水的利用和热泵技术具体见第八篇第 7 章和第十一篇第十章的内容。

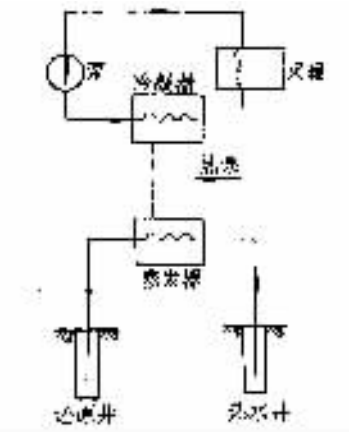


图 9－4　地热加热泵供暖系统示意图

第十章　其他天然能源的建筑利用技术

第一节　地下含水层蓄能技术

1. 概述　地下含水层蓄能，又叫深井回灌。

所谓地下含水层蓄能，就是通过井孔，将低于含水层原有水温的冷水，或高于含水层原有水温的热水灌入地下含水层。利用含水层作为蓄热介质蓄存冷、热量，待需要用水时，用泵吸取使用。这项技术由于充分利用了自然界取之不尽的能量以及地层的良好保温性能，所以，它是很好的季节性蓄能措施之一。由于空调系统耗能有季节性，所以，地下含水层蓄能对空调节能有很大经济意义。因此，它和其他新能源的开发和利用一样，也受到了重视和发展。

2. 地下含水层蓄能系统 地下含水层蓄能（深井回灌）的示意图，如图 10－1 所示。

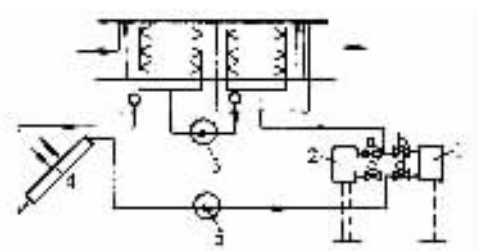


图 10－1　深井回灌示意图

1—热井及泵　2—冷井及泵　3—喷水泵　4—太阳能集热器　5—回灌泵

该系统夏季运行工况为启动冷井泵 2。并打开阀门 a、d，由泵 2 向空调装置供冷水，同时，其回水直接或经集热器 4（或经大气喷淋）由回灌泵 5 灌入热井 1 内。冬季则启动热井泵 1，打开阀门 b、c，由泵 1 向空调装置供

温水，预热空气后的回水直接或经大气喷淋经回水泵流入冷井 2 内。

由于地下水流动速度很慢，灌入含水层中的水流失也很缓慢，地下土层的传热系数较小，以致把低温水灌入含水层储存几个月后，再抽上来使用，水温变化很小。如上海某回灌井（见图 10－2），回灌前地下水温为 20.2℃，冬季回灌水最低温度为 4℃，平均温度为 9.5℃。储存 67 天后，夏季抽出相同的水量，平均出水温度为 14.5℃按平均水温计算，在含水层内的热交换速度为 0.074℃/d。

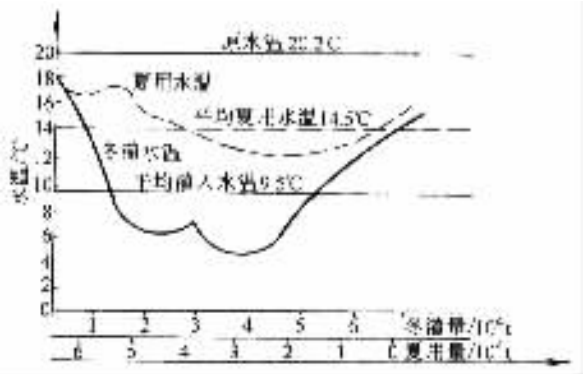


图 10－2　深井回灌冬灌夏用水温变化曲线

目前，在我国采用深井回灌方式的水源热泵系统在北方地区得到了较大发展。该系统工作原理同地热源热泵系统，但由于换热效率高，所以，节能性更好，初投资与运行费用较少。

值得注意的是，我国利用深井回灌技术中，已出现只注意深井取水而忽视回灌之弊病，造成部分地区地下水位下降，引起建筑物、构筑物的地基下沉的危害。所以，在应用中一定要取得当地主管部门允许，在设计时防止“只抽不灌”的情况发生。

3. 深井回灌井水的利用，大空间建筑屋面的雨水收集起来进行深井回灌，或用工厂废热水、地热水的回水、河水等进行深井回灌后，可充分利用杂用水，以节约资源，如用于清洗便器、地面，喷灌树木、花草等；井水的热量可作为热量的热源利用，或作为制冷机的冷却水；井水也可用于化雪和清洗用水等。

大空间建筑有大面积的露天覆盖屋面，可通过设置杂用水槽、雨水储水槽。雨水原水槽的水位控制，以及各种槽用泵与深水泵构成系统，以雨水作

为杂用水的主水源，井水起补给作用。雨水不够时，全部用井水代替。大空间建筑雨水和井水利用系统。如图 10－3 所示。

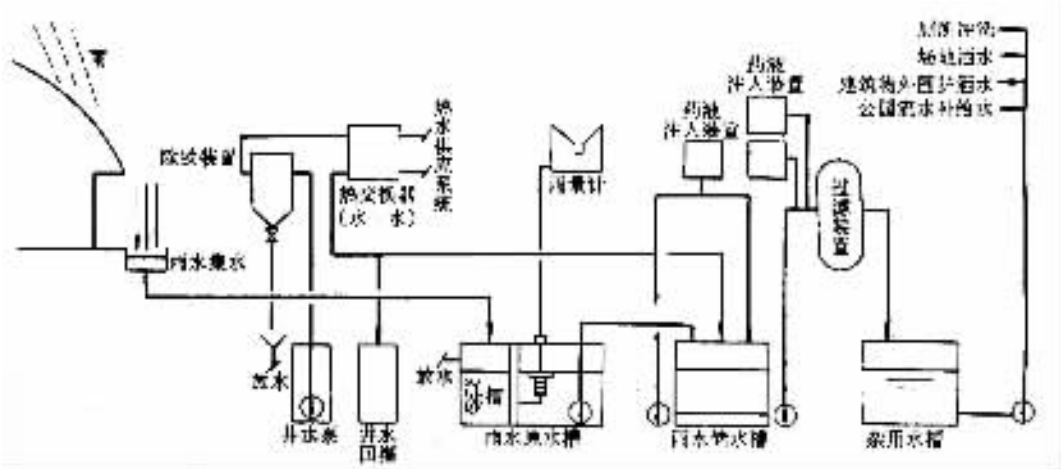


图 10－3　大空间建筑雨水—井水利用系统示意图

第二节　自然通风的建筑利用技术

对于没有环境噪声干扰的大空间建筑，最大限度地利用自然通风改善室内环境和节约能量消耗是最为合理的。现今屋顶可开闭式大型体育馆彻底地实现了这一要求。与此同时还以利用阳光的直射，对场内植（草皮）进行培育。

采用自然通风时可以根据风压、热压造成的作用压力确定开窗面积，现今还可以辅以计算机模拟手段来预测室内气流和温度分布。

1. 风道式自然通风的建筑利用　风道式自然通风适用于半埋入式建筑，通过进风竖井与混凝土水平分布管道相连从下部送入场内（也可以组织部分空气直接进场），空气经风道时有降温作用（我国曾采用过的地道风），热空气从顶部开口（侧窗）排出。这种方式与同时设置的空调系统在布置上无矛盾（空调采用居留区个人空调方式）。自然通风的通风道在空调时可用作回风总管，这种成功的实例如大阪市立中央体育馆，利用自然通风，该馆可达到将近每小时 1 次换气（室外空气），相当于 5000 人的基本需求。

2. 利用常规式自然通风的建筑　常规形式是指下部进风、顶部排风，为了利用风压，进风面宜正对当地夏季或过渡季节的主导风向，进风口做成大型百叶（相当于可开启的墙面），使开口面积和方向有很大的灵活性，上部天窗（排气）则应遥控。如日本大馆树海体育馆利用地面水池对主导风向的进风进行自然蒸发冷（见图 10－4），换气次数达 1.7 次/h，起到一些降温作用，大阪体育馆则利用其建筑造型，在自然通风换气时充分利用海风经穹顶的拔风作用。建筑物除利用自然遇风处还可考虑自然通风和机械通风相结合。

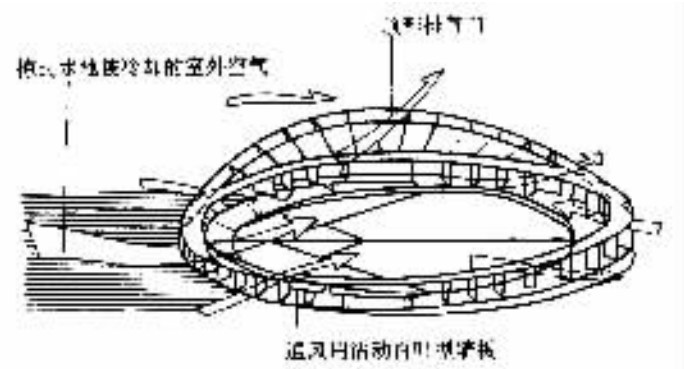


图 10－4　大馆树海体育馆的自然通风示意

3. 利用构成回旋流的自然通风建筑 构成回旋流的自然通风：利用圆形体育馆的顶部排风窗和平面上 4 个回转门的开度和进风方向使进入场内的空气在场内引起回旋气流，在热压和风压作用下，提高换气效果。同时造成的风感可使室内人员在温热感上得到满意的效果。日本熊本 Park 体育馆（双重薄膜屋顶）采用了这种方式，其原理可从图 10－5 中看出。

4. 自然通风的应用实例　从以上可知，以体育建筑为代表的自然通风的应用主要在于节省空调运行费用，在夏季和过渡季节以及对于市民体育馆作一般运动锻炼时使用，虽然温湿度不一定满足要求，但可节约开支，而且可以有较好的空气品质。另一种考虑是用于晚间向场内强力通风（即 night purge），以消除场内余热，以日本长野市奥林匹克纪念体育馆为例（见图 10－6a），换气可达 1.7～2.2 次/h，从实际结果看有明显的排热效果，（见图 10－6b）。此外，即使对于大型开启式运动场，亦可在观众密集的看台上设立竖句的风道，通过热压作用强化通风效果，成功的实例己在 2000 年悉尼奥

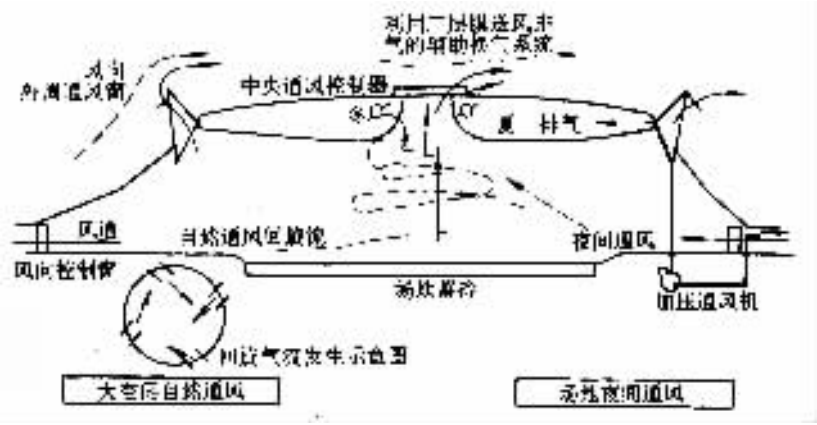


图 10－5　构成回旋气流的自然通风

运会 11 万人的大体育场中证实。

表 10－1 列出了若干体育馆采用自然通风的一些设施和特点。

表 10－1　　体育馆自然通风的应用例

年份	名　称	地　点	人数	特　点	备　注
1975	广西体育馆	南宁市（中国）	5450	看台架空，从其下进风，以穿堂风作用为主	无空调
1964	驹泽体育馆	东京（日本）	3000	体育馆主体在地面下，观众席用机械通风，体育馆上部、赛区用自然通风	—
1990	前桥 Green 体育馆	群马县（日本）	2000	过渡季用，2～4F 进风，顶部温度达 40℃时自动打开顶部天窗	—
1992	出云体育馆	长野县（日本）	5000	侧部进风（1920m²），顶排风	无空调
1990	秋田天空体育馆	秋田县（日本）	1000	利用两侧穿堂风	—
1992	山彦体育馆	长野县（日本）	6000	外侧进风（250m²），顶排风，展览用时临时设柜式空调机组	无空调
1996	大阪府立门真体育中心	大阪府（日本）	6000	过波季用，侧进风，顶排风	
1997	大阪体育馆	大阪市（日本）	55000	利用海风，$v = 30m/s$，进风面积 100m²，$n = 0.5 \sim 0.8$ 次/h	—

续表

年份	名　称	地　点	人数	特　点	备　注
1996	长野县奥林匹克纪念体育馆（M－Wave）	长野县（日本）	2500	两侧大百叶墙面进风，两侧开口 570m²，夏季、过渡季白天自然通风用，并可用于晚间排热	—
1997	大馆树海体育馆	秋田县（日本）	3500	进风利用池面蒸发冷却	—
1996	大阪市立中央体育馆（主馆）	大阪市（日本）	6000	密闭建筑（埋地式），利用管道有组织自然通风，有居住区空调系统	—
1997	札幌体育馆	札幌市（日本）	1000	夏季室外（最高 30℃）采用自然通风，周边进风，上部天窗开启，室内比室外高 2℃，晚上换气排余热	冬季通风采暖
1997	Park 体育馆	熊本市（日本）	2000	调整外周四个回转门的进风方向，在场内形成回转自然气流，提高体感效果，换气次数也可达 3 次/h	—
1992	长滨体育馆	滋贺县长滨市	1762	同时考虑机械通风及自然通风	无空调

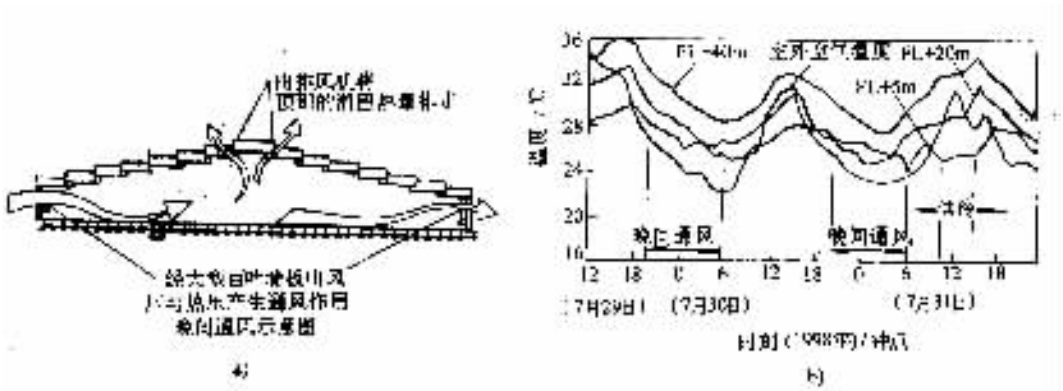


图 10－6　晚间通风的效果实例

a）经大型百叶墙板由风压与热压产生通风作用晚间通风示意图　b）时间

第三节　土壤热利用

体育馆占地面积大，利用其地下的土壤作为蓄热材料蓄热十分有利。例如，在进厅地面下埋设盘管，利用晚间由廉价电力制冷（热）水，由盘管将

热量蓄在土层，白天取出供空调应用，同时由于地下蓄热，使地面起辐射板供冷（热）的作用。日本熊本 Palk 体育馆用保温材料砌筑的土壤蓄热槽内设总长度达 4800m 的 ϕ25mm 的聚乙烯蓄热管（分四段设置），利用晚间由热泵型冷水机组制得热水（冬季）。或冷水（夏季），在管内循环将热量蓄在土壤中，白天将冷（热）送入空气处理机组（AHU）供进厅 200m^2 的建筑面积空调，以降低空调制冷装置的高峰负荷，该系统示意如图 10－7 所示。

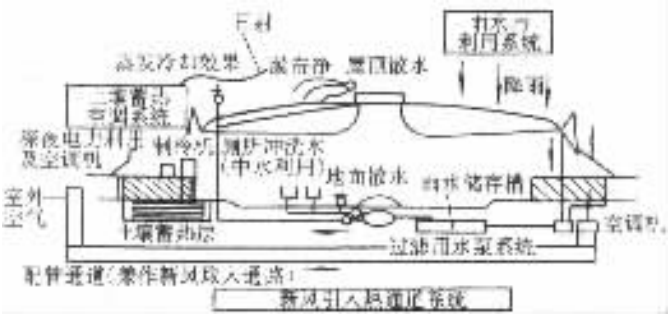


图 10－7　土壤蓄热的利用

此外，为了减低新风负荷，将新风流经专用配管沟道进行预热或预冷，间接利用了土壤的热量（土壤与空气换热）。

有的甚空将雨水集管经过土壤升温在冬季可提高融雪效果。

将体育馆等大空间建筑做成下沉式，即半埋式，周围覆土掩埋，对隔声、保湿及提高建筑物稳定性和抗震性能等方面十分有利，同时，也反映与环境的和谐，营造生态气息。

土壤源热泵以大地土壤为热源对建筑物进行空调。冬季通过热泵将大地土壤中的低位热能提高品位后对建筑物供暖，同时蓄存冷量，以备夏用；夏天通过热泵将建筑内的热量转移到地下对建筑物进行降温，同时蓄存热量；以备冬用，与空气源热泵相比，*COP* 值高，制冷（制热）效率稳定，是一种节能、无污染的优良空调系统。

第十一篇

建筑节能的检测与评价

第一章　建筑物节能检测项目及必要条件

建筑节能检测的目的是通过实测取得节能技术指标与参数，用以评价建筑物的节能效果。常用的评价方法有两种：一种方法称为热源法，即在热源或冷源处直接测取采暖耗煤量和耗电量，然后求出建筑物的耗热量指标或耗冷量指标：另一种方法称为建筑热工法，即在建筑物中直接测取建筑物的耗热量指标或耗冷量指标，然后求出采暖耗煤量指标或耗电量指标。

对于绝热材料及其构件绝热性能的测试方法，可采用稳态热箱法，动态热箱法和热流计法等常用方法。

根据不同的要求和条件，检测可在实验室进行，也可在现场检测。

第二节　建筑物节能检测项目

1. 对试点小区应检测的项目　居住建筑节能试点小区供热采暖系统包括锅炉或热力站、室外输送管网和热用户三部分。所以规定以下 9 项检测内容：

1）建筑物单位采暖耗热量。

2）小区单位采暖耗煤量。

3）建筑物室内平均温度。

4）建筑物围护结构传热系数。

5）建筑物围护结构热桥部位内表面温度。

6）建筑物围护结构热工缺陷。

7）室外管网水力平衡度。

8）供热系统补水率。

9）室外管网输送效率。

以上 1)、2)、3）项为建筑物的热工性能和供热系统运行质量的综合体

现；4)、5)、6）项为建筑物本身的热工特性；7)、8)、9）项是采暖系统的热工性能。

建筑物单位采暖耗热量，是指在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在单位时间内消耗的热量。它需由室内采暖设备供给。

小区单位采暖耗煤量，是指小区（对于整个供热系统）在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在一个采暖期内消耗的标准煤量。

2. 对试点建筑检测项目　对试点建筑不含供热锅炉或热力站、室外输送管网，仅有热用户一部分，故检测项目仅有以下 5 项：

1）建筑物单位采暖耗热量。

2）建筑物室内平均温度。

3）建筑物围护结构传热系数。

4）建筑物围护结构热桥部位内表温度。

5）建筑物围护结构热工缺陷。

3. 对非试点小区应检测的项目　因为非试点小区，要求有较强的可操作性检测项目，仅规定如下 4 项：

1）建筑物单位采暖耗热量。

2）建筑物室内平均温度。

3）室外管网水力平衡度。

4）供热系统补水率。

4. 对非试点建筑检测项目　对非试点建筑，应有更强的可操作性，检测项目只规定了如下 2 项。

1）建筑物单位采暖耗热量。

2）建筑物室内平均温度。

第二节　建筑物节能检测必要条件

节能检测必须具备下列有关技术条件，方可进行工作。

1）国家有关部门对节能设计的审核文件。

2）有国家认可的检测机构出具的外门或户门、外窗及保温材料的性能检测报告。

3）锅炉或热交换器、循环水泵等的产品合格证。

4）节能隐蔽工程施工质量的验收报告。

以上四方面的规定中，第 1）项是为了保证节能建筑的设计质量；第 2）、3）项是为了控制建筑建造过程中的材料、设备的质量；第 4）项是为了防止与节能有关的隐蔽工程出现施工质量问题。

第三节　建筑节能检测仪器仪表的要求

1）检测中使用的仪器仪表应在检定有效期内。

2）检测中使用的仪器仪表应具有法定计量部门出具的校验合格证或校验印记。

3）除另有规定外，仪器仪表的性能应符合表 1－1 的有关规定。

表 1－1　　仪器仪表的性能要求

序号	测量的目标参数	测头的不确定度/℃	二次仪表		总不确定度
			功　能	精度（级）	%
1	空气温度	≤0.5	应具有自动采集和存储数据功能，并可以和计算机接口	0.1	≤5
2	空气温差	≤0.4		0.1	≤5
3	水温度	≤2（低温水系统） ≤3（高温水系统）	宜具有自动采集和存储数据功能，并可以和计算机接口。	0.1	≤5
4	水温差	≤0.5（低温水系统） ≤1.0（高温水系统）		0.1	≤5
5	水流量	—	二次仪表应能显示瞬时流量或累计流量、或能自动存储、打印数据、或可与计算机接口。	—	≤5

续表

序号	测量的目标参数	测头的不确定度/℃	二次仪表		总不确定度 %
			功能	精度（级）	
6	热量	—	集成化热表应具有自动采集和自动存储瞬时或累计数据的功能，并能打印数据或可与计算机接口。	—	≤5
7	煤量	—	—	2	≤10

第四节 采暖居住建筑物的几种分类方法

1. 建筑物体形系数（S）类型 建筑物体形系数是指建筑物外表面与其所包围的体积之比。按《节能设计标准》的规定，建筑物体形系数类型可分为两类：

1）当 $S \leqslant 0.30$ 时为第一类。

2）当 $S > 0.30$ 时为第二类。

2. 建筑物窗墙面积比（WWR）类型 建筑物窗墙面积比是指窗洞面积与外墙总面积（含窗洞面积）之比。《节能设计标准》规定，北向方 0.25，东、西向为 0.3，南向为 0.35，其平均值为 0.3。本处的窗墙面积比是以单栋建筑物整体为依据，故不考虑朝向的不同，这样既不影响检验结果，又可简化操作程序，减少工作量。按建筑物窗墙面积类型可分为两类：

1）当 $WWR \leqslant 0.30$ 时为第一类。

2）当 $WWR > 0.30$，时为第二类。

3. 同类采暖居住建筑物的特征条件 当采暖居住建筑物同时符合下列 3 个条件时，应视为同一类采暖居住建筑物。

1）具有相同的外围护结构体系。

2）具有相同的建筑物体形系数。

3）具有相同的窗墙面积比。

第五节　代表性建筑物的选取

代表性建筑物应根据层数、朝向和采暖系统形式在同一类采暖居住建筑物中综合选取。

第二章 建筑物单位采暖耗热量

第一节 建筑物单位采暖耗热量的含义

建筑物耗热量是指在锅炉房集中采暖条件下，为保持室内温度，需由来暖设备供给，且由建筑物消耗的热量。

建筑物耗热量指标，也称建筑物单位采暖耗热量 q_{hm}，单位为 W/m^2，它是用来评价建筑耗能水平的一项重要指标。

第二节 检测对象受检部位和测点

1）检测建筑物单位采暖耗热量时，其受检面积不应小于一个热力入口所对应的采暖建筑面积。

2）对建筑物的供热量应采用热量计量装置在建筑物热力入口处测量。计量装置中温度计和流量计的安装应符合相关产品的使用规定。供回水温度测点宜位于外墙外侧且距外墙轴线 2.5m 以内的技术规定与室内供热系统的工程划界。

3）热量计量装置。应包括温度传感器、流量计和相应的二次仪表集约而成的一体化热表和非一体化的热表；也包括流量和温度分别测量，最后由人工计算热量的测量方式。

第三节　检测持续时间及工况

1. 供热系统运行状况　供热系统在正常稳定运行的工作状况下，方可进行检测。当供热系统运行不正常时，包括系统排气未尽、循环不正常、补水率超标等，不得进行检测。以免检测结果不确定，数据不可靠。

2. 检测持续时间　与建筑物单位采暖耗热量有关的物理量的检测，应在供热系统正常运行后进行，检测持续时间不应小于 168h，即 7d。

所谓“检测持续时间”是指连续的检测时间，而不是指几段不连续的检测的累计值。

第四节　建筑物单位采暖耗热量计算

在进行建筑物单位采暖耗热量检测时，可分有人居住和无人居住两种情况。

1. 有人居住条件下进行检测时的计算　在有人居住条件下进行检测时，建筑物单位采暖耗热量应按下式计算：

$$q_{hm} = \frac{Q_{hm}}{A_O} \cdot \frac{t_i - t_e}{t_{ia} - t_{ea}} \cdot \frac{278}{H_r} + \left(\frac{t_i - t_e}{t_{ia} - t_{ea}} - 1 \right) q_{1H} \tag{2-1}$$

2. 无人居住条件下进行检测时的计算　在无人居之条件下进行检测时，建筑物单位采暖耗热量应按下式计算：

$$q_{hm} = \frac{Q_{hm}}{A_O} \cdot \frac{t_i - t_e}{t_{ia} - t_{ea}} \cdot \frac{278}{H_r} - q_{1H} \tag{2-2}$$

式中　q_{hm}——建筑物单位采暖耗热量（W/m^2）；

Q_{hm}——检测持续时间内，在建筑物热力入口处测得的总供热量（MJ）；

q_{1H}——单位建筑面积的建筑物内部得热（W/m^2），应按《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）或本手册附录 A 表 A.4 的规定采用；

t_i——全部房间室内计算温度，一般住宅建筑取 16℃；

t_e——采暖期室外计算温度（℃），应按《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）或本手册附录 A 表 A.4 的规定采用；

t_{ia}——检测持续时间内，建筑物室内平均温度（℃）；

t_{ea}——检测持续时间内，建筑物室外平均温度（℃）；

A_0——建筑物的总采暖建筑面积（m^2），按《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JG26—1995）或本手册附录 A 表 A.6 的规定计算；

H_r——检测持续时间（h）；

278——单位换算系数。

第五节 建筑物单位耗热量合格标准

建筑物单位耗热量，经计算确定后，不应大于《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）或本手册附录 A 表 A.4 中相关指标值，否则应判定为不合格。

第三章　小区单位采暖耗煤量

第一节　小区单位采暖耗煤量的含义

采暖耗煤量，是指在锅炉房集中采暖条件下，为保持室内温度，用于建筑物采暖所消耗的煤量。

采暖耗煤量指标，也称为小区单位采暖耗煤量，是指在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在一个采暖期内消耗的标准煤量，以 q_{cm}表示，单位为 kg/（m^2·a），它也是用来评价建筑物采暖能耗水平的一个重要指标。

第二节　检测持续时间

与小区单位采暖耗煤量有关的物理量的检测，应在热系统正常运行后进行。检测持续时间应为整个采暖期。采用整个采暖期作为检测时间，首要原因是由于我国采暖供热锅炉房的技术装备差，缺乏有效的调控手段；其次，由于采暖期气候的变化不规则，锅炉房内所有锅炉的整体运行效果有较大差异；其三，国内尚无对运行效率简便测试方法的研究成果。因而，应对试点小区整个采暖期作为检测持续时间，并在正常运行后进行。

第三节　耗煤量应按批逐日计量和统计

由于锅炉房的规模不同，煤场的进煤批数在采暖期可有多次，故采暖耗

煤量应按批逐日计量和统计，即每批煤的燃烧量应分开计量和统计以便更准确的计算燃用煤的热量。

试点小区及非试点小区单位采暖耗煤量的检测应以整个系统为对象。整个供热系统包括锅炉、管网和热用户。

第四节 煤样的送检

煤样应用基低位发热值的化验批数应与供热锅炉房进煤批数相一致，及煤场每进一批煤，就应送检一批煤的煤样，以防在检测期间，因煤质差异导致检测结果的较大误差。

第五节 小区单位采暖耗煤量的计算

小区单位采暖耗煤量应按下式计算：

$$q_{cm} = 8.2 \times 10^{-4} \frac{G_{ct} \cdot Q^{y}_{dw,av}}{A_{0,qt}} \cdot \frac{t_i - t_e}{t_{qt} - t_{ea}} \cdot \frac{Z}{H_r} \qquad (3-1)$$

式中 q_{cm}——小区单位采暖耗煤量（标准煤）。〔kg/（m^2·a)〕；

t_{gt}、t_{ea}见式（10－6)、式（10－8)；

G_{ct}——检测持续时间内的耗煤量（kg)，当燃料为天然气时，天然气耗量应按热值折算为标准煤发热值；

$Q^{y}_{dw,av}$——检测持续时间内，燃用煤的平均应用基低位发热值（kJ/kg)，当燃料为天然气时，天热气耗量应按热值拆算为标准煤发热值；

$A_{0,qt}$——小区内所有采暖建筑物的总采暖建筑面积（m^2)；

Z——采暖期天数（d）应按《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分)》（JGJ26—1995）或本手册附录 A 表 A.4 的规定采用。

其他符号意义同式（2－1)、或（2－2)

小区单位采暖耗煤量不应大于《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分)》（JCJ26—1995）附录 A 附表 A 或本手册附录 A 表 A.4 中的相关指标规定值，否则应判为不合格。

第四章　室内、外温度的检测与计算

建筑物室内平均温度、小区室内平均温度和检测持续时间内室外平均温度是建筑物能耗的基本参数，其检测和计算应按以下方法进行。

第一节　建筑物室内平均温度

1. 检测时期和时间

1）建筑物室内平均温度应在采暖期最冷月检测，且检测持续时间不应少于 168h。此项规定多用于供热公司检测供热质量或解决供热质量纠纷的需要，因此，时间问题更为突出。

2）在检测建筑物单位采暖耗热量或住宅小区单位采暖耗煤量等过程中，检测时间应和建筑物单位采暖耗热量或住宅小区单位采暖耗煤量的检测起止时间一致。

2. 测量仪表和检测部位

1）室内、外温度可采用铂电阻温度计、热电偶温度计、玻璃温度计；铜电阻、半导体点温度计以及自记式温度计测量。

2）温度计应设于室内有代表性位置，且不受太阳辐射或室内热源的直接影响，一般应设在房间中央，距地面 1.5m 处。若由于条件限制，不能设在该处时，应标出实际设置仪表的温度示值与房间中央离地 1.5m 处仪表的温度示值差，并对测试数据进行修正。

室内温度测量仪表应设置防辐射罩，一般用铝箔制作。

3）检测部位。建筑物室内平均温度的检测部位应为底层、顶层和中间层的代表性房间，且每层的测点不应少于 3 个。

3. 建筑物室内平均温度计算。

（1）建筑物室内平均温度应以代表性房间室内温度的逐时检测值为依

据。检测持续时间内第 j 个温度计逐时检测所得的算术平均值 $t_{rm,j}$（℃），按下式计算：

$$t_{rm,j}=\frac{\sum_{i=1}^{s}t_i}{s} \tag{4-1}$$

（2）建筑物室内平均温度应按下式计算：

$$t_{ia}=\frac{\sum_{i=1}^{n}t_{rm,j}A_{rm,j}}{\sum_{j=1}^{n}A_{rm,j}} \tag{4-2}$$

式中 t_i——每小时实测的室内空气温度（℃）；

$t_{rm,j}$——检测持续时间内，第 j 个温度计逐时检测值的算术平均值（℃）；

t_{ia}——检测持续时间内建筑物室内平均温度（℃）

$A_{rm,j}$——第 j 个温度计所代表的采暖建筑面积（m^2）；

j——室内温度计的序号；

n——建筑物室内温度计的个数；

s——检测持续时间（h）。

4. 建筑物合适温度　建筑物室内温度的逐时值最低不应低于 16℃，最高不应高于 24℃，方为合格，否则判为不合格。该规定兼顾建筑节能、室内热舒适度以及人民生活质量提高等因素。

第二节　小区室内平均温度

1. 小区室内平均温度测量的基础

1）小区室内平均温度的测量是以小区内代表性建筑物的平均室内温度的测量为基础。

2）代表性建筑物应按距热源的远近综合选取，即距离热源的远端、中间和近端均宜有代表性建筑物，且近、中、末端的代表性建筑物应着重考虑其朝向、层数和采暖系统形式等因素。

3）代表性建筑物室内平均温度的检测应按第一章第一节的检测方法执行。

4）代表性建筑物的采暖建筑面积应占同一类建筑物采暖建筑面积的

10%以上，以使实际测温面积与总采暖建筑面积之比控制在 1% ~ 3%。

同一类采暖居住建筑物的条件应符合第一章第一节第 3 条的规定。

2. 小区室内平均温度的计算　小区室内平均温度，需按以下两种情况计算：

1）检测持续时间内小区室内平均温度 t_{qt}，按下式计算：

$$t_{qt}=\frac{\sum_{i=1}^{m}t_{i,qt}A_{0,i}}{\sum_{i=1}^{m}A_{0,i}} \tag{4-3}$$

符号意义见式（4 - 4）。

2）检测持续时间内第 i 类建筑物的室内平均温度 $t_{i,qt}$，按下式计算：

$$t_{i,qt}=\frac{\sum_{j=1}^{n}t_{i,j}A_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n}A_{i,j}} \tag{4-4}$$

式中　t_{qt}——检测持续时间内小区室内平均温度（℃）；

$t_{i,qt}$——检测持续时间内第 i 类建筑物的室内平均温度（℃）；

$t_{i,j}$——检测持续时间内第 i 类建筑物中，第 j 栋代表性建筑物的室内平均温度（℃），按公式（4 - 2）计算；

$A_{0,j}$——第 i 类建筑物的采暖建筑面积（m^2）；

$A_{i,j}$——第 i 类建筑物中，第 j 栋代表性建筑物的采暖建筑面积（m^2），按《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JCJ26—1995）附录 A 或本手册附录 A 表 A.6 的规定计算；

n——第 i 类建筑物中代表性建筑物的栋数；

m——小区中采暖居住建筑物的类别数，按第一节方法分类后统计而得。

第三节　检测持续时间内室外平均温度

1. 室外空气温度计的布置要求　室外空气温度计应设在百叶箱内。当无百叶箱时，应采取防护措施。感温测头宜距地面 1.5 ~ 2.0m，且宜在建筑物不同方向同时设置室外温度测点。百叶箱应安置在被测建筑物的背阴面，离

外墙 5m 以外的空旷区。如因条件所限也可将设置在防辐射罩内的测温仪表，安置于离墙面或窗口 50cm 左右的阴影下。

2. 检测持续时间

1）与建筑物单位采暖耗热量相应的室外空气平均温度的测量，应在供热系统正常运行后进行，检测持续时间不应少于 168h。

2）与小区单位采暖耗煤量相应的室外空气平均温度的测量，应在供热系统正常运行后进行，检测时间应为整个采暖期。

3. 检测持续时间内室外平均温度的计算公式检测持续时间内室外平均温度的计算应按下式进行：

$$t_{ea} = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} t_{ei,j}}{mn} \tag{4-5}$$

式中　t_{ea}——检测持续时间内室外平均温度（℃）；

$t_{ei,j}$——第 i 个温度测点的第 j 个逐时测量值（℃）；

m——室外温度测点的数量；

n——单个温度的测点逐时测量值的总个数；

i——室外温度测点的编号；

j——室外温度第 i 个测点测量值的顺序号。

第五章　建筑物围护结构传热系数检测

第一节　概　　述

建筑物的围护结构，通常指外围护结构，包括外墙、屋面、窗户、阳台门、外门，以及不采暖楼梯间的隔墙和户门等。传热系数是指在稳定传热条件下，围护结构两侧空气温差为 1 度（K，℃），1h 内通过 $1m^2$ 面积传梯的热量，以 K 表示，单位为 $W/m^2 \cdot K$ 或 $W/m^2 \cdot ℃$。

传热绝缘系数 M_0 是传热系数 K 的倒数，即 $M_0 = 1/K$，单位为 $m^2 \cdot K/W$ 或 $m^2 \cdot ℃/W$。

围护结构的传热系数 K 值越小，或传热绝缘系数 M_0 越大，则保温性越好。因而它们是建筑耗能的重要基本参数。

传热系数 K 和传热绝缘系数 M_0 的测定方法可分为实验室测量和现场测量两种。

建筑材料和围护结构热特性的测定多采用防护热箱法、标定热箱及热流计法，都在实验室内进行。对围护结构的热流密度，室内外温度、围护结构外表面温度以及热流计自身两表面温度的测量主要用热流计和热电偶在现场测量。

第二节　围护结构传热系数的现场检测

1. 检测方法

（1）围护结构传热系数的现场检测宜采用热流计法或经国家质量监督部门认定的其他方法。热流计法是目前国内外常用的现场测试方法。

（2）热流计及其标定应符合现行行业标准《建筑用热流计》（JG/T3016—1994）的规定。

（3）热流和温度测量应采用自动化数据采集记录仪表，数据存储方式应适用于计算机分析。测量仪表的附加误差应小于 2μV 或 0.05℃。

（4）温度传感器用于温度测量时，测量误差应小于 0.5℃；用一对温度传感器直接测量温度差时，测量误差应小于 2%；用两个温度值相减求取温差时，测量误差应小于 0.2℃。

2. 测量位置

（1）测量位置应根据检测目的确定。测量主体部分的传热系数时，测点位置不应靠近热桥、裂缝和有空气渗透的部位，不应受加热、制冷装置和风扇的直接影响。

（2）测点应选在有代表性的部位。如结构复杂，应在不同部位设置测点，并按不同部位求加权平均值；热流测点一般应设在围护结构内表面，并采用埋入式。

3. 仪器的安装　热流计和温度传感器的安装应符合下列规定：

（1）热流计应直接安装在被测围护结构的内表面上，且应与表面完全接触，一般采用埋入式，并常用胶液、石膏或者凡士林粘贴，以利于装拆，且能保证精度要求。

（2）温度传感器应在被测围护结构两侧表面安装。内表面温度传感器应靠近热流计安装，外表面温度传感器宜在与热流计相对应的位置安装。温度传感器连同 0.1m 长引线应与被测表面紧密接触，传感器表面的辐射系数应与被测表面基本相同。

4. 检测时间

（1）检测应在采暖供热系统正常运行后进行。

（2）检测时间宜选在最冷月，应避开气温剧烈变化的天气，检测期间室内温度应保持基本的稳定。

（3）检测持续时间不应少于 96h。

（4）热流计不得受阳光直接照射，围护结构被测区域的外表面宜避免雨雪侵袭和阳光直射。

（5）检测时间应选在当地无风或微风的阴寒天气，避开寒潮期。

（6）连续观测时间，对于轻型围护结构［单位面积比热容小于 20kJ/

（$m^2 \cdot K$）]，宜使用夜间采集的数据（日落后 1h 至日出）计算围护结构的热绝缘系数。当经过连续 4 个夜间测量之后，相邻两次测量的计算结果相差不大于 5%时，即可结束测量。

（7）连续观测时间，对于重型围护结构［单位面积比热容大于等于 20kJ/（$m^2 \cdot K$）]，应使用全天数据（24h 的整数倍）计算围护结构的热绝缘系数，且只有在下列条件得到满足时，方可结束测量。

①末次 M 计算值与 24h 之前的 M 计算值相差不大于 5%。

②检测期间内第一个 INT（$2XDT/3$）天内与最后一个同样长的天数内的 M 计算值相差不大于 5%。DT 为检测持续天数，INT 表示取整数部分。

5. 数据分析和误差处理

（1）热流和温度测量应采用自动化数据采集记录仪表，数据储存方式适应于计算机分析。

（2）检测期间，应逐时记录热流密度和内、外表面温度。可记录多次采样数据的平均值，采样间隔宜短于传感器最小时间常数的 1/2。

采用累积式测法，人工记录时，每 30min 记录一次；自动打印每 10min 打印一次。

（3）温度传感器温度测量误差应小于 0.5℃；用一对传感器直接测量误差时，测量误差应小于 2%；用两个温度值相减求取温差时，测量误差小于 0.2℃。

测量仪器的附加误差应小于 2μ 或 0.05℃。

以上规定是为了缩短测量时间和减小测量误差。

经验表明，可能使误差增大的原因有：测量之前或测量期间，温度波动比构件内外表面温差大得多；构件厚重而测量持续时间又过短；构件受到太阳的辐射或其他强烈的热影响；热流计存在引起附加误差的因素等。此外，还有仪表标定误差、数据采集系统的误差等。在以上误差控制范围内，则可减小这些因素引起的误差增大。

（4）数据分析方法。数据分析方法可采用算术平均法或动态分析法。

6. 围护结构热绝缘系数的计算

采用算术平均法进行数据分析时，围护结构的热绝缘系数，可按下式计算：

$$M = \frac{\sum_{j=1}^{n} (\theta_{Ij} - \theta_{Ej})}{\sum_{j=1}^{n} qj} \tag{4-6}$$

式中　M——围护结构的热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）；

θ_{Ij}——围护结构内表面温度的第 j 次测量值（℃）；

θ_{Ej}——围护结构外表面温度的第 j 次测量值（℃）；

qj——热流密度的第 j 次测量值；（W/m^2）。

7. 围护结构传热系数计算　围护结构传热系数计算应按下式：

$$K = 1/(M_i + M + M_e) \tag{4-7}$$

式中　K——围护结构的传热系数（$W/m^2 \cdot K$）；

M_i——内表面换热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$），应按《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）附录二中附表 2.2 及附表 2.3 或本手册附录 A 表 A8.1 的规定采用；

M_e——外表面换热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$），应按《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）附录二中附表 2.2 及附表 2.3 或本手册附录 A 表 A8.1 的规定采用；

8. 检测规则

（1）每一种保温体系至少应选择一处对外围护结构主体部体的传热系数进行检验。

（2）建筑物围护结构主体部位的传热系数应符合设计要求。

第三节　围护结构传热系数的实验室测量

围护结构中的墙体、屋面、门窗等构件及各种绝热保温材料的传热系数和绝热性能可在实验室中进行检测。在实验室条件下的测量具有精度高、不受时间、地点限制的特点，并可提供可靠数据，作为建筑能耗分析和建筑设备选择的依据。

1. 实验室检测的主要方法　在实验室检测围护结构构件和绝热材料的主要方法有：

（1）防护热板法：可用来测定建筑材料的绝热性能，其测量精度可达 ±

2%。

（2）热流计法：在热室和冷室之间砌筑墙体构件，冷室和热室分别降温和升温，使构件两侧空气造成恒定的温差，然后在试件热表面上粘贴热流计并在热流计附近的试件冷热表面上粘贴上热电偶，测出通过试件的热流及温度，即可计算出该试件的热绝缘系数。热流计法的测量精度为 ±2%。

“JW——Ⅲ型热流计式热导率测定仪”由北京东方奥达仪器设备有限公司和中国建筑科学院物理研究所研制。该仪器由三部分组成：冷源、热源和控制系统；冷板、热板、热流计及热偶系统；智能系统。冷热源均能自动控温，冷源自动控温设定范围从 5℃至室温，热源控温设定范围从室温至 65℃。测量仪有巡回及定点显示选择功能、存储和清除数据功能、直接显示与打印被测材料热导率功能。

（3）防护热箱法：热箱装置是实验室内测量多种均质或非均质构件热传递性能的专用设备。根据一维稳定传热原理在试件两侧的箱体内分别建立所需的温度，风速和辐射条件达到稳定后，测量空气温度、试件的表面温度及输入到计量箱中的功率。然后计算出试件的热传递特性。

防护热箱也称防护式动态热箱。它是由计量箱、自动控制和计量系统及空气处理装置与冷却水系统组成，如图 5－1a 所示。动态热箱的计量箱用于模拟室内温度、风速，室外实际自然条件相当于静态热箱装置中的冷箱。因此，防护热箱可以反映室外自然气候，如太阳辐射、风速、风向等对建筑物的影响，反映建筑物热过程及湿迁移过程；可在自然条件下，对比测量多种围护结构的采暖能耗、有效传热系数及相关物理性能，综合分析节能效果等。

（4）标定热箱法：标定式静态热箱装置主要由计量箱、冷箱、试件架及自动控制与计量系统组成，如图 5－1b 所示。

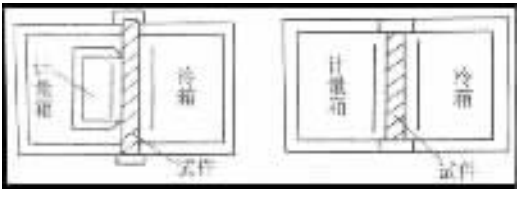


图 5－1　热箱装置图

a）防护式热箱　b）标定式热箱

计量箱用于模拟室内温度及风速，温度可在 10～40℃范围内调节，风道内的风速在 0.2～0.5m/s 范围内可调节；冷箱用于模拟室外平均气温及风速；试件架用于安装墙体试件，墙体砌在试件架的下框架上，周边的框架用高效保温材料保温，应保证一维传热条件。图 5－2 是哈尔滨建筑大学建造的标定式静态热箱装置构造图。

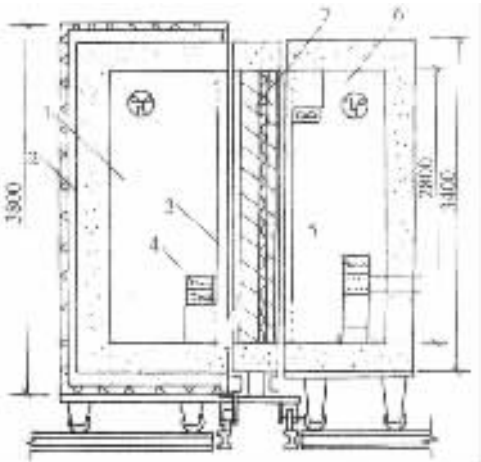


图 5－2　静态热箱装置

1—计量箱　2—夹层风　3—导流屏　4—热箱加热系统

5—冷箱制冷加热系统　6—冷箱　7—试验墙体

2. 检测方法的选用与分析　围护结构构件及绝热材料检测方法的分析与选择，可参考以下建议。

（1）测定墙体的保温的保温性能可采用防护热箱法、标定热箱法及热流计法。3 种方法的比较分析如下：

①防护热箱。箱体较大，其防护圈的宽度不能小于试件的厚度，否则侧向热损失将导致较大误差。

②标定热箱。标定通过箱壁绕过试件及其支架的侧向热流比较复杂，特定的标定热箱在特定的环境条件下有特定的标定系数，所以检测应在同样条件下进行，否则会造成较大误差。

③热流行。除热流计本身存在的误差之外，还存在粘贴表面的粗糙度及严密程度的影响，精度较低，但使用方便。

（2）测定屋面的保温性能：通过采用防护热箱法与热流计法进行。基本与测定墙体的方法相同。

（3）测定窗户的保温性能：应采用防护热箱或标定热箱、防护热箱法较为简便，宜优先选用。

（4）测定建筑材料，特别是绝热材料热导率的测定：可采用稳定法，如防护热板法，或采用非稳定法，如热脉冲法。非稳定法测量速度快，设备简便，成本较低，但精度较低，重复性较差，使用范围较狭窄，尚未实现自动化。稳定法中热流计法精度较高，重复性较好，使用范围较广，测量时间较短，易于操作，已实现自动化测量，且成本低于防护热板法，应予以优先使用和推广。

3. 标定热箱法实例　下面介绍采用标定热箱法所建立的建筑幕墙门窗保温性能检测装置 BHR—Ⅱ的系统配置、实验工况参数的选定和实验数据的采集及处理以及检测装置的热流系数标定。

（1）检测装置：建筑幕墙门窗保温性能检测装置 BHR—Ⅱ，是基于稳定传热原理，采用稳定热箱法建立的。试件一侧为热箱，模拟采暖建筑冬季室内气候条件，另一侧冷箱，模拟冬季室外气时候条件。

1）检测装置的构成。检测装置主要由热箱、冷箱、构件框和环境空间及数据采集及处理系统等部分组成，如图 5－3 所示。

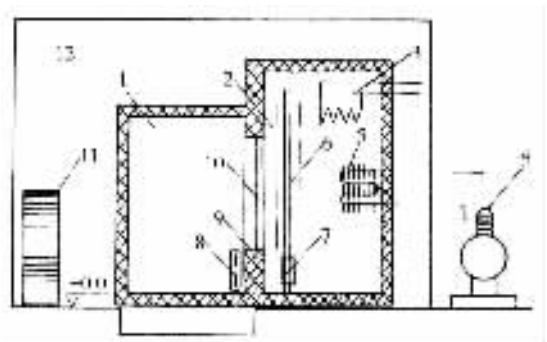


图 5－3　检测装置示意图

1—热箱　2—冷箱　3—加热箱　4—冷冻机　5—蒸发器

6—隔风板　7—风机　8—电暖气　9—试件框

10—试件　11—空调器　12—环境空间

热箱开口尺寸为 2400mm × 2800mm（宽 × 高），进深为 2000mm，内设电加热器，通过自动控制系统保证热箱内空气温度恒定。为适应不同规格试件的安装要求，试件框由固定和活动两部分组成，根据活动块的不同组合，可

形成两个测窗和一个测门三种不同规格的洞口；试件框外缘尺寸与热箱开口部位的内缘尺寸相等，厚度为 300mm。冷箱通过安装在箱内的蒸发器对空气进行降温，采用控制电加热器辅助加热的方法使冷箱内的空气温度恒定，并采用隔风板和轴流风机进行强迫对流，使距试件表面 150mm 平面内平均风速满足 GB/T13475—1992 要求，且沿试件表面形成自上而下、温度波动小于等于 0.3℃的均匀气流。热箱、冷箱外墙及试件的构造材料均采用复合保温板，其表面黑度 ε 值为 0.9。

检测装置设置在无外窗的实验室内，实验室围护结构内表面进行了绝热处理，具有良好的保温性能和热稳定性能，室内设有空调器用来保证热箱外壁内、外表面面积加权平均温差小于 1.0K、环境空间温度小于等于 0.5℃。

2）实验数据的采集及处理。实验数据通过 HWD（Hot Working Detection）系统进行数据的采集及处理，温度传感器信息由 HWD 系统采集后，进入计算机存储，并自动按照程序计算。该系统界面直观、使用方便，数据采集时间间隔可随时设定，实验结果可随时输出。

①温度传感器的选择及测点的布置。采用丝径为 0.4mm 的铜丝和康铜丝制作的铜—康铜热电偶（经中国计量科学研究院检定）作为温度传感器，根据实验要求，共设 117 个热电偶作为固定测温点（热箱外壁和试件框表面温度点及冷、热箱空气温度点），27 个热电偶作为非固定测温点（试件和填充板表面温度点），测量空气温度的热电偶感应头均进行了热辐射屏蔽。

②实验工况参数的确定。热箱空气温度设定在 18～20℃之间，温度波动幅度小于等于 0.1℃，室内空气为自然对流。冷箱空气温度设定为：单玻璃 －10℃，单框双玻璃或双层窗 －20℃，冷箱空气温度波动幅度小于等于 0.3℃。距试件冷侧表面 150mm 平面内的平均风速为 0.3m/s。

③传热系数的计算。当冷、热箱和环境空气温度稳定 4h 之后，每隔 30min 测量一次参数 t_h、t_c、$\triangle t_1$、$\triangle t_2$、$\triangle t_3$、Q，共测 6 次。取各测量参数的平均值，根据下式计算门窗的传热系数 K 值：

$$K = \frac{Q - m_1 \triangle t_1 - m_2 \triangle t_2 - A_1 \lambda \triangle t_3}{A_2 \triangle t} \tag{4-8}$$

式中 K——试件传热系数［W/（m^2·K）］；

Q——电暖器加热功率（由数字有功功率表读出）（W）；

m_1、m_2——分别为暖箱外壁、试件框热流系数（W/K）；

$\triangle t_1$、$\triangle t_2$——分别为热箱外壁内外、试件框热侧冷侧表面面积加权平均温度之差（K）；

A_1、A_2——分别为填充板、试件的面积（m^2）；

$\triangle t_3$——填充板两表面的平均温差（K）；

$\triangle t$——热箱空气平均温度 t_h 与冷箱空气平均温度 t_c 之差（K）；

λ——填充板的热导率［W/（m^2·K）］

（2）检测装置热流系数的标定

1）标定内容。不同规格洞口单层窗、双层窗及门的热箱外壁热流系数 m_1 和试件框热流系数 m_2。

2）标定工况参数。冷箱空气温度分别为 -10℃和 -2℃。其检测条件与窗户保温性能实验条件相近。

3）标定。每种规格形式的热流系数标定。均在标准试件两侧空气温度差相同或相近的两种不同工况下各进行一次，并满足热箱外壁内、外表面面积加权平均温差的绝对值大于 4.5K。

①单层窗（包括单玻璃窗和双玻璃窗）。采用与试件洞口面积相同，经长期存放，厚度为 50mm 左右的聚苯乙烯泡沫塑料板（其密度等于 20kg/m^3）。在洞口上，周边与洞口之间的缝隙用聚苯乙烯泡沫塑料条塞紧，并密封。标准板两侧表面分别均匀布置 9 个铜—康铜热电偶。当每次标定实验传热过程达到稳定之后，每隔 30min 测量 1 次有关参数，共测 6 次，取各测量参数的平均值作为计算参数。

两次试验结束后，根据下面两式联解求出热流系数 m_1 和 m_2。

$$Q - m_1\triangle t_1 - m_2\triangle t_2 = A_b\lambda_b\triangle t_3$$

$$Q' - m_1\triangle t'_1 - m_2\triangle t'_2 = A_b\lambda_b\triangle t'_3 \qquad (4-9)$$

式中　Q、Q'——分别为第一次、第二次实验热箱电暖器加热功率（W）；

$\triangle t_1$、$\triangle t'_1$——分别为第一次、第二次实验热箱外壁内、外表面面积加权平均温差（K）；

$\triangle t_2$、$\triangle t'_2$——分别为第一次、第二实验试件框热侧与冷侧表面面积加权平均温差（K）；

$\triangle t_3$、$\triangle t'_3$——分别为第一次、第二次实验标准试件两表面面积加权平均温差（K）；P

λ_b——标准试件的热导率［W/（m^2·K）］；

A_b——标准试件面积（m^2）。

②双层窗。双层窗热导率与单层窗标定结果相同。双层窗的热流系数 m_2 按下面方法进行标定：在试件洞口上安装两块标准试件。第一块标准试件的安装要求与单③支层窗标定实验相同，两侧表面所布置热电偶也相同。第二块标准试件安装在距第一块标准试件表面 100mm 的位置，缝隙处理按照标准规定进行。并按规定的实验条件进行标定实验，将测定的参数 Q、$\triangle t_1$、$\triangle t_2$、$\triangle t_3$ 及标定单层窗的热流系数 m_1 值代入上式中，计算双层窗的热流系数 m_2。

③门。门的热箱外壁热流系数 m_1 和试件框热流系数 m_2 标定方法与①相同。

4）标定结果。对门、单层窗和双层窗不同规格洞口的热流系数 m_1 值和热流系数 m_2 分别进行多组标定实验，将标定结果的各自平均值作为 m_1 和 m_2 的值。通过测量误差分析，传热系数的测量误差小于 3%。

实测和误差分析表明，建筑幕墙门窗保温性能检测装置 BHR－Ⅱ从系统配置、实验工况参数的确定到实验数据的采集及处理，都是合格的，测量结果是可靠的。由于试件框的结构设计方法不同，不同规格试件的安装，更能满足建筑门窗保温性能检测的要求。

第六章　围护结构热桥及热工缺陷

第一节　热桥内表面温度检测与计算

1. 热桥的含义　热桥是指处在外墙和屋面的围护结构中的钢筋混凝土或金属梁、柱、肋等部位。因这些部位传热能力强，热流较密集，热表面温度较低，故称为热桥，以往又称为冷桥，现统一名为热桥。常见的热桥有处在外墙周边的钢筋混凝土抗震柱、圈梁、门窗过梁，钢筋混凝土或钢框架梁、柱，钢筋混凝土或金属屋面板中的边肋或小肋，以及玻璃幕墙中和玻璃窗中的金属框等。

热桥内表面的温度是测定建筑耗能的一个重要的基本参数。

2. 检测用仪表　热桥部位内表面温度宜采用热电偶等温度传感器贴于被测表面进行检测。热电偶反应灵敏，成本低，易制作，适用性强，应用广泛，在表面温度测量中，应优先采用。

热桥部位内表面温度也可采用红外摄像仪测量。红外摄像仪售价高，对人员素质要求高，在条件许可下方可采用。

检测时间也应符合第三节第 2 条的规定，并应每小时记录测量温度数据一次。

3. 检测测点　内表面温度测点应选在热桥温度最低处。室内空气温度测点距离地面的高度应为 1.5m 左右，并应离开被测墙面 0.5m 以上。室外空气温度测点距离地面的高度应为 1.5～2.0m，并应离开被测墙面 0.5m 以上。空气温度传感器应采取热辐射防护措施。

内表面温度传感器连同 0.1m 长引线应与被测表面紧密接触，传感器表面的辐射系数应与被测物表面相同。

4. 热桥部位内表面温度计算　在室内外计算温度下，热桥部位的内表面

温度应按下式计算：

$$\theta_I = t_{di} - \frac{t_{im} - \theta_{im}}{t_{im} - t_{em}}(t_{di} - t_{de}) \tag{6-1}$$

式中 θ_I——室内外计算温度下，热桥部位内表面温度（℃）；

θ_{im}——检测持续时间内，热桥部位内表面温度逐次测量值的算术平均值（℃）；

t_{im}——检测持续时间内，室内空气温度逐次测量值得算术平均值（℃）；

t_{em}——检测持续时间内，室外空气温度逐次测量值得算术平均值（℃）；

t_{di}——室内计算温度（℃），应根据具体的设计图样确定或按《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）第 4.1.1 条或本手册第二节有关公式的规定采用；

t_{de}——围护结构冬季室外计算温度（℃），应根据具体设计图样确定，或按《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）第 2.0.1 条或本手册第一节的规定采用。

5. 检测规则

（1）检测对象：热桥部位内表面温度检测部位的数量可依现场情况而定，但在同一建筑物中，其检测部位不应少于一处。

（2）合格判据：在室内外计算温度条件下，围护结构热桥部位的内表面温度不应低于室内空气露点温度，且在确定室内空气露点温度时，室内空气相对湿度应按 60%计算。

此外，需将实际室内外温度条件下的测量值换算成室内外计算温度下的表面温度值 θ_I，θ_I 应按式（4－8）计算。

6. 建筑物围护结构和热桥部位示意图，详见本手册附录 A 表 A.5

外墙受周边热桥的影响，其平均传热系数应按下式计算：

$$K_m = \frac{K_p A_p + K_{B1} A_{B2} + K_{B2} A_{B2} + K_{B3} A_{B3}}{A_p + A_{B1} + A_{B2} + A_{B3}} \tag{6-2}$$

式中 K_m——外墙平均传热系数［W/（m^2·K）］；

K_p——外墙主体部位的传热系数［W/（m^2·K）］；按《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）或本手册附录 A 表

A.5；

K_{B1}、K_{B2}、K_{B3}——外墙周边热桥部位的传热系数［W/（m^2·K)］；

A_p——外墙主体部位的面积（m^2）；

A_{B1}、A_{B2}、A_{B3}——外墙周边热桥部位的面积（m^2）。

第二节　建筑物围护结构热工缺陷检测与分析

1. 热工缺陷的含义　热工缺陷是指建筑物围护结构因缺少保温材料、保温材料受潮和空气渗透等项原因产生的热工性能方面的缺陷。

2. 检测方法　常用的方法可有红外摄像法。用此法进行热工缺陷的定性检验，要求检验人员具有红外摄像和建筑热工方面的专业知识和丰富的实践经验，并掌握大量的参考热像图。

检测时，参考国际标准《建筑围护结构中热工性能异常的定性检验》（ISO6781－1983（E））中给出的对气候条件、环境状况和热工缺陷的 3 种类型的典型特征及参考热像图的举例说明。

所谓热像图是指用红外摄像仪拍的表示物体表面表观辐射温度的图片。参考热像图是对各种典型建筑构造在实验室条件下或实际建筑物在现场条件下测得的各种热像图，可表征有热工缺陷和无热工缺陷的各种建筑构造，用于在分析测量结果时做对比参考时使用。

3. 检测要求

1）红外摄像仪及其温度测量范围应符合冬季现场测量要求。红外摄像仪传感器的使用波长应处在 2.0～2.6μm、3.0～5.0μm 或 8.0～14.0μm 之内，传感器的分辨率不应低于 0.1℃，其测量误差应小于 0.5℃。

由于在室内外温度差较大且基本稳定的条件下，可使测得的热像图中热工缺陷部位更加明显和易于辨认，所以，这种方法特别适用于冬季现场测量。

2）检测应在供热系统正常运行后进行。

3）当围护结构处于直射阳光下时，因直射阳光下的表面温度不能反映围护结构正常的传热性能，所以，这种情况下，不应检测。

4）用红外摄像仪对围护结构进行检测之前，应首先对围护结构进行普

测，然后对可疑部位进行详细检测。

4. 热工缺陷分析　将实测热像图与参考热像图进行对比分析，判断是否存在热工缺陷、缺陷类型及其严重程度。

必要时可采用内窥镜或取样等方法进行认定。

5. 围护结构空气渗透性能检测

（1）检测依据：围护结构空气渗透性能检测宜采用国家质量技术监督部门认定的测试方法进行。

我国颁布实施了适用于实验室检测外窗性能的《健筑外窗空气气密性能分级及其检测方法》（GB7107—2002）；美国颁布了供现场检测外窗及门本身空气渗透性能的《已安装外窗和门空气渗透的现场测量》（ASTME783—1991）。外门窗的安装质量，即外门窗外框和门窗洞口连接处的气密性能的检测也是一个重要内容，但尚无成熟的检测方法。

（2）检测方法：在工程实践中，通常采用示踪气体浓度测定法来测量房间的换气次数；采用鼓风门法来检测房间的空气渗透性能。上述两法均为针对房间或建筑物整体特性的。

（3）示踪气体浓度测定法：利用 SF_6 作为示踪气体，房间的初始浓度为 C_0，室外空气经门窗缝隙渗入到室内，在 t 时间后，室内的示踪气体被稀释，一般可用风机将气体搅拌均匀。内门应用密封条封严。采用乳胶管联通室内、外，室外端头用夹子夹紧。乳胶管距离地面 1.5m 放置。取样可用大号针筒抽取，开始先排出相当胶管总体体积的不纯气体；然后，再抽取实验所需气体，夹紧胶管并记下抽气时间。每隔 30min 左右，重复取样 1 次，直到检测结果为检漏仪示值的 30% 左右为止。

在检测渗风时，应同时测量室内外气温、压差和风速。上述测量，24h 应进行 3～4 次。采用 SF_6 气体检漏仪可测得初始浓度 C_0，稀释后气体浓度 C_{io}

（4）房间空气渗透量 V_1

房间空气渗透量 V_1 可按下式计算

$$V_1 = \frac{V_2}{\triangle \tau} 1n \frac{C_0}{C_i} \tag{6-3}$$

房间冷风渗透耗热量 Q_{INF} 可按下式计算：

$$Q_{INF} = V_1 \gamma C \ (t_n - t_w) \tag{6-4}$$

上两式中　V_1——房间空气渗透量（m^3/h）；

V_2——被测房间体积（m^3）；

C_0——被测房间初始浓度；

C_i——被测房间示踪气体稀释后浓度；

$\triangle\tau$——初值和终值的时间间隔（h）；

Q_{INF}——冷气渗透耗热量（W）；

γ——空气质量密度（kg/m^3），γ 取 1.293；

C——空气比热容［kJ/（kg·K）］C 取 0.28；

t_n——室内空气温度（℃）；

t_w——室外空气温度（℃）。

（5）房间日平均换气次数 $\overline{n}$ 的计算：建筑气密性指标主要用室内换气次数确定。换气次数为 1h 内通过空隙进入室内空气量与室内体积之比值。房间的日平均换气次数 $\overline{n}$，可由下式计算。

$$\overline{n} = \frac{\sum\triangle\tau_i n_i + \sum n_k \triangle\tau_k}{24} \tag{6-5}$$

式中　$\overline{n}$——房间日平均换气次数（次/h）；

n_i——第 i 次换气次数（次/h），$n_i = V_{1i}/V_2$；

n_k——第 k 次前后时间隔内，房间换气次数平均值（1/h），$n_k = (n_i + n_{i+1})/2$；

n_{i+1}——第 $i+1$ 次房间换气次数（次/h）；

V_{1i}——第 i 次测量得的空气渗透量，（m^3/h）；

$\triangle\tau_i$——第 i 次测量房间空气渗透时间间隔（h）；

τ_k——第 k 次末测量房间空气渗透时间间隔（h）；

6. 检测规则

1）建筑物围护结构热工缺陷应实行普测，然后对可疑部位进行详测。

2）建筑物外围护结构不应存在热工缺陷。

第七章　室外管网水力平衡度的检测与计算

第一节　室外管网水力平衡度的含义

室外管网水力平衡度是指采暖居住建筑物热力入口处循环水量（质量流量）的测量值与设计值之比。所谓水力平衡系统是指系统运行时，所有用户都能获得设计水量，而水力不平衡则意味着水力失调，即流经用户或机组的实际流量与设计流量不相符合，并且各用户室温不一致，即近热源处室温偏高，远热源处室温低，从而造成能耗高，供热品质差，所谓“大马拉小车”的运行模式。为了保证循环水量稳定维持在设计值的 90% ~ 110% 范围内，该项检测有着重要意义。

第二节　检测技术要求

1）水力平衡度的检测应在供热系统运行稳定的基础上进行，检测时系统应处于热态。这时易于确认系统中空气是否排尽，并可增加检测结果的可信性。

2）检测过程中，循环水泵的运行状态应和设计相符。循环水泵出口总流量应稳定维持在设计值的 90% ~ 110%。

3）流量计量装置应安装在供热系统相应的热力入口处，且应符合相应产品的使用要求。

4）流量计量装置，可依具体情况选用涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声波流量计和水表等。其总精度均优于 2.0 级，总不确定也满足表 10 – 1 的要求。使用中应按使用说明书的要求操作。

第三节　水力平衡度的计算

1）循环水量的测量值应以相同检测持续时间，一般为 30min 内各热力入口处测得的结果为依据进行计算。

2）水力平衡度应按下式计算

$$HB_j = G_{wm,j} / G_{wd,j} \tag{6-6}$$

式中　HB_j——第 j 个热力入口处的水力平衡度；

$G_{wm,j}$——第 j 个热力入口处循环水量的测量值（kg/s）；

$G_{wd,j}$——第 j 个热力入口处循环水量的设计值（kg/s）；

j——热力入口序号。

第四节　检验规则

1. 检验对象的确定　水力平衡度的检测应以独立的供热系统为对象。

2. 合格判据　室外供热管网各个热力入口处的水力平衡度应为 0.9 ~ 1.2。热力入口不含锅炉房或热力站循环水泵出口总管。

通过平衡调试以后，供热系统其各个热力入口（不含热源出入口）的实际循环流量保持在设计流量的 90% ~ 110%之间较符合实际，且可满足用户的室内舒适度及建筑节能的要求。

第八章 供热系统补水率的检测与计算

第一节 供热系统补水率的定义

《锅炉房设计规范》（GB50041）第 4.1.7 条规定："热水系统的小时泄漏量，应根据系统的规模和供水温度等条件确定，宜为系统水容量的 1%；"《城市热力网设计规范）（CJJ34）第 3.4.1 条规定："闭式热水热力网的补水率，不宜大于总循环水量的 1%"。前者是以水容量为基础，后者是以循环水量为基础。《采暖居住建筑节能检验标准》（JGJ132—2001）采用"以系统采暖的设计循环水量为基础"来计算系统的补水率。所谓设计循环水量并不是指循环水泵的额定流量，而是指设计人员根据系统设计热负荷和设计水温差确定的理论循环水量。这种规定既便于实际操作，又有利于收到实效。

第二节 检测技术要求

补水率的检测应在供热系统运行稳定且室外管网水力平衡度检验合格后的基础上进行。检测持续时间不应少于 24h。

第三节 检测仪器的要求

1）总补水量应采用具有累计流量显示功能的流量计量装置测量。

2）流量计量装置应安装在系统补水管上适当位置且应符合相应产品的使用要求。一般用流量仪表计算时可设在补水泵出口管路上。补水温度用电

阻温度计或热电偶温度计，设在水箱中进行测量。

第四节　供热系统补水率计算

供热系统补水率应按下式计算：

$$R_{mu} = \frac{G_{mu}}{G_{wt}} \times 100\% \tag{8-1}$$

式中　R_{mu}——供热系统补水率；

G_{mu}——检测持续时间内系统的总补水量（kg）；

G_{wt}——检测持续时间内系统的设计循环水量的累计值（kg）。

第五节　检测规定

1. 检测对象的确定　供热系统的补水率的检测应以独立的供热系统为对象。

2. 合格判据　供热系统补水率不应大于 0.5%。实践表明，只要严把工程质量关，供热系统的补水率控制在循环水量的 0.5% 以下是能够做到的。如哈尔滨市嵩山小区供热系统补水率达到设计循环水量的 0.48%。《城市热力网设计规范》（CJJ34）第 3.4.1 条则规定："闭式热水热力网的补水率，不宜大于总循环水量 1%。"

第九章 室外管网输送效率的检测与计算

第一节 室外管网输送效率的含义

室外管网输送效率是指在检测时间内，全部热力入口测得的热量累计值与锅炉房或热力站总管处测得的热量累计值之比。这是建筑能耗的一项重要参数。

第二节 检测技术要求

1）检测应在最冷月进行，且持续时间不应少于 24h。最冷月采暖供水温度相应较高，也最接近设计工况，检测结果最具有代表性。

2）检测时间，供热系统应处于正常运行状态，且锅炉或换热器的热力工况应保持稳定，并且符合下列规定：

①锅炉或换热器出力的波动不应超过 10%。

②锅炉或换热器的进出水的温度与设计值之差不应太于 10℃。

供热系统处于正常运行状态是指室外管网应处于水力平衡且系统的补水率应处于正常。

锅炉或换热器热力工况应保持稳定是为了提高检测结果的可比性。

本处重点在于检测室外管网热力输送效率，所以较《工业锅炉热工试验规范》（GB10180）的下述规定："热水锅炉的进水温度和出水温度与设计值之差不得大于 5℃"，放宽为 10℃。

3）各个热力（包括锅炉房或热力站）入口的热量应同时测量，其检测方法应符合 10.2.2 节的规定。

第三节　室外管网输送效率计算

室外管网输送效率应按下式进行计算：

$$\eta_{m,t}=\frac{\sum_{i=1}^{n}Q_{m,j}}{Q_{m,t}} \tag{9-1}$$

式中　$\eta_{m,t}$——室外管网输送效率；

$Q_{m,j}$——检测持续时间内，第 j 个热力入口处测得的热量累计值（MJ）；

$Q_{m,t}$——检测持续时间内在锅炉房或热力站总管处测得的热量累计值（MJ）；

j——热力入口的序号。

第四节　检测规则

1. 检测对象的确定　室外管网输送效率的检验应以独立的供热系统为对象。

2. 合格判据　室外管网输送效率不应小于 0.9。该控制指标是根据行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—1995）第 3.0.3 条提出的。

第十章　节能示范住宅检测实例

本节介绍天津龙潭路节能示范住宅检测的情况，可全面了解建筑检测的方法。本节摘自《建筑节能》（35）“天津市龙潭路节能示范住宅检测”一文。

第一节　龙潭路节能示范建筑概况

龙潭路节能示范建筑位于天津市河东区龙潭路与中山二路交口处，示范建筑为2幢住宅建筑（龙潭西里1号和2号楼），砖混6层，层高2.80m，总建筑面积8691m^2（不含阳台），建筑物主朝向为西南。其中，1号楼3个单元3377m^2，建筑物体形系数为0.29；2号楼4个单位5314m^2，建筑物体形系数为0.27。除2号楼沿街首层为商店（层高3.30m）外，其余全部为单元式住宅，户型均为2室户和3室户，户均建筑面积约90m^2。

1. 建筑节能技术　示范建筑外墙为240mm厚粉煤灰烧结砖，外贴40mm厚聚苯板［传热系数 $K=0.77W/(m^2\cdot K)$］；屋顶采用150mm厚水泥聚苯板保温［传热系数 $K=0.60W/(m^2\cdot K)$］；建筑外窗采用中空玻璃塑料窗［传热系数 $K=2.56/(m^2\cdot K)$］，封闭阳台及封闭在阳台内的外窗采用单玻璃塑料窗；分户门采用保温包厢木门［传热系数皮 $K=1.70W/(m^2\cdot K)$］，要求门窗的气密性能小于或等于2.5$m^3/(m\cdot h)$（GB7107—2002Ⅲ级）；楼梯间入口安装半玻自由木门。

2. 采暖系统节能技术　为实现来暖系统分室控制温度，按户计量，示范建筑室内采暖系统采用下供下回双管系统，散热器采用铸铁单面定向对流散热器，每组散热器安装温控阀（恒温控制器）一个，住户可根据需要自行设定室温，恒温控制器用以自动调节散热器的热量供给，保持事先设定的温度。这样可以保持室温稳定，并且防止室温过热，起到节约能源的效果。各

户采暖供回水管道（交联聚丙烯（PP—R）管材）设在各自地板内，室内不见明管。建筑物入口安装自力式差压控制器，各户入口安装平衡阀和热计量表（设在楼梯间管道井内）。采暖热源为中山门4段供热锅炉房，一次网提供95/70℃热水，二次网水温75/50℃，室外供热管道采用直埋保温管。换热站主要由板式换热器、变频调速水泵及各种控制阀等组成。

第二节　示范节能住宅建筑检测

1. 检测依据　《建筑物围护结构传热系数和采暖热负荷检测方法》（DB12/T111—1999）和《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）天津地区实施细则》（DBJ29—1—1997）（以下简称《细则》）。

2. 检测仪器

1）建筑热工温度热流巡回检测仪性能参数如下：

测量通道：温度1～56路，热流1～20路。

温度检测量程：－50～100℃，分辨率：0.1℃，不确定度：≤±0.5℃。

热流检测量程：0～220mV，分辨率：0.10mV，不确定度：≤±1‰±1个字。

为了保证数据准确，该仪器经中国计量研究院检定。

2）远红外表面温度计性能参数：测量范围：－50～99.9℃，分辨率：0.1℃。

3）便携式计算机和EPSONLQ1600型打印机。

3. 检测步骤

1）用远红外表面温度计扫描欲检测的围护结构，如屋顶和墙体内表面，选择温度分布均匀处作为测试区域。

2）在围护结构内、外表面相应位置布置温度传感器和热流计；在房间中央的1/2高度处，布置室内空气温度传感器；在室外被测建筑物的背阴处布置室外空气温度传感器。

3）连接信号传输导线，检查确定连接正确后，开始检测。

4）检测周期。围护结构传热系统检测周期为4d，采暖系统检测周期不少于1周。

本次测试于 1999 年 12 月 17 日 ~ 2000 年 2 月 1 日，对 1 号楼和 2 号楼分别进行了检测，并分别记录了 1 号楼 2 单元、3 单元和 2 号楼 4 单元检测期间各户的热表数。

4. 示范建筑围护结构传热系数检测　示范建筑各部分围护结构传热系数检测结果，见表 10 – 1。

表 10 – 1　　示范建筑各部分围护结构平均传热系数　　单位：W/（m^2·K）

序号	维护结构名称	计算值	测试值	《细则》值
1	屋　顶	0.60	0.72	0.80
2	外　墙	0.77	0.67	1.61
3	楼梯间墙	1.67	1.84	1.70
4	分户门	1.70	1.69	1.70

根据示范建筑各部分围护结构传热系数检测结果，节能示范建筑的采暖耗能指标，见表 10 – 2。

表 10 – 2　　示范建筑采暖耗能指标

工程名称	1 号楼	2 号楼	《细则》值
测试日期	99.12.28 ~ 00.01.01	99.12.17 ~ 99.12.21	—
建筑面积 A_0/m^2	3377	5314	—
采暖耗热量指标 q_H/W·m^{-2}	17.10	16.91	20.50
采暖耗煤量指标 q_c /kg·m^{-2}标煤	9.80	9.69	11.80

从表 10 – 2 可见，1 号楼和 2 号楼采暖耗热量指标和采暖耗煤量指标均满足《细则》的要求。

5. 示范建筑实际采暖耗热量检测　因示范建筑中每组散热器均安装了温控阀（恒温控制器）。恒温控制器会有效利用太阳和建筑内部得热，自动减小或关闭散热器的热量供给，保持住户所设定的温度，故示范建筑的检测不扣除建筑内部得热量。

（1）检测期间示范建筑采暖耗热量：示范建筑实际采暖耗热量检测是利

用各户热表，在检测期间读取热表的初读数和末读数，得出建筑物的耗热量，再根据检测期间得到的室内、外空气平均温度，将其折算成一般居住建筑的耗热量指标。

示范建筑总面积为 8691m²。其中 1 号楼为 3 个单元，总建筑面积为 3376.64m²，1 单元与 3 单元对称，3 单元建筑面积为 1144.43m²，2 单元建筑面积为 108.78m²。

检测日期为 1999.12.28，14：00 ~ 2000.01.07，13：00（10d）。检测结果：2 单元检测期间耗热量为 5561.31kW·h；3 单元检测期间耗热量为 8826.97kW·h；检测期间室内空气平均温度为 19.93℃；检测期间室外空气平均温度为 -1.93℃；天津地区采暖期室外空气平均温度为 -1.2℃；一般居住建筑平均室内空气计算温度为 16.0℃。

检测期间是内外空气平均温差为：19.19.93℃ + 1.93℃ = 21.86℃，天津地区采暖期是内外空气平均温差为：16.0℃ + 1.2℃ = 17.2℃，检测时间为 24h × 10 = 240h。

检测期间 1 号楼各单元建筑物耗热量指标计算：

1）1 单元和 3 单元

$$q_1 = q_3 = 8826.97 \times 1000 \div 240 \div 1144.43\text{W/m}^2$$
$$= 32.14\text{W/m}^2$$

2）2 单元。

$$q2 = 5561.31 \times 1000 \div 240 \div 1087.78\text{W/m}^2$$
$$= 21.30\text{W/m}^2$$

将检测期间的耗热量指标折算成采暖期建筑物耗热量指标

$$qH = \frac{(32.14 \times 1144.43 \times 2 + 21.30 \times 1087.78) \times 17.2}{3376.64 \times 21.86}\text{W/m}^2 = 22.54\text{W/m}^2$$

则耗煤量指标

$$q_c = 0.573_{qH} = 0.573 \times 22.54\text{kg/m}^2$$
$$= 12.93\text{kg/m}^2 \text{ 标准煤}$$

根据检测结果，1 号楼采暖耗热量指标为 22.54W/m²，采暖耗煤量指标为 12.93kg/m² 标准煤，大于根据示范建筑各部分围护结构传热系数的检测结果所得出的建筑物采暖耗热量指标 17.10W/m² 和采暖耗煤量指标 9.80kg/m²

标准煤。主要是因为检测期间，有的住户在装修，窗户一直敞开，还有一些带阳台的居室或厨房未安装门，这些房屋的外墙就是阳台栏板，外窗也就是封闭阳台的单玻窗，因此，采暖能耗偏高。随着住户的正常入住和采暖计量收费制度的实施，这些指标肯定下降。

此外，我们还在 1 号楼无人居住且暖气全部关闭的 2 单元 501 室（非端头中间层）进行了空气温度测试，见表 10－3。

表 10－3 空气温度测试

建筑名称	龙潭西里 1 号楼 2 单元 501 室（非端头暖气全部关闭）				
室内空气温度/℃			室外空气温度/℃		
平均	最高	最低	平均	最高	最低
14.35	15.90	13.20	－4.53	1.60	－11.20

注：检测日期：2000.01.26～2000.02.01。

由上表数据可以看出，该建筑物保温较好，室温波动较小。

（2）采暖期示范建筑耗热量：示范建筑总建筑面积为 8691m^2（不含阳台）；示范建筑总耗热量（从换热站热表得到）为 474.57MW·h；示范建筑采暖期为 1999.11.15～2000.03.25（131d）。

采暖期示范建筑实际平均耗能量计算指标

采暖期时间为：$24 \times 131h = 3144h$

$q_H = 474.57 \times 10^6 /（8691 \times 3144）W/m^2$

$= 17.37W/m^2$

$q_c = 0.573 q_H = 0.573 \times 17.37kg/m^2$

$= 9.95kg/m^2$ 标准煤

采暖期示范建筑平均耗热量指标为 17.37W/m^2，平均耗煤量指标为 9.95kg/m^2 标准煤，小于检测期间的建筑物采暖耗热量指标 22.54W/m^2 和采暖耗煤量指标 12.93kg/m^2 标准煤，主要是因为供暖采用 4t/h 小锅炉，整个采暖期内几次出现故障，并有一段时间供暖温度较低，使得采暖期供热量偏低，以致采暖期平均耗能指标低于检测期间所得的耗能指标。

从以上检测结果可以看出，节能示范建筑保温节能效果很好。同天津市 1980～1981 年住宅通用设计的建筑采暖能耗相比，每年可节约采暖能耗近 94t 标准煤，年节能收益 2.82 万元（每 t 标准煤按 300 元计算）。同天津市

1998 年住宅平均采暖能耗相比，每年可节约采暖耗能 183t 标准煤，每年节能收益 5.49 万元。虽然，节能示范建筑造价稍高，但节能投资在几年内可收回，不仅节约能源，而且减少环境污染，一次投资百年受益。由于节能示范建筑的采暖系统实现了分室控温、按户计算，从而便于用户根据需要自行调节室温，并真正实现采暖用热按户计量，且确实降低了采暖能耗。因此，采暖用热按户计量是实现降低采暖能耗的关键。

第十一章　建筑节能检测仪器仪表

第一节　仪器仪表的性能要求

为了保证测量数的准确度能满足工程应用，并努力提高检测仪表自动化程度，建筑节能检测仪器仪表性能应满足表 10－1 的要求。

第二节　温度测量仪器仪表

温度是表示物体冷热程度的物理量，是建筑节能检测中的最重要的参数之一。测温仪表主要由感温元件和显示仪表两大功能部件组成。感温元件用以感受温度的变化，并转换成与之成单值关系的某些物理量；显示仪表用以测量这些物理量并以温度刻度的方式显示出来。测温仪表的种类很多，在温度的连续测定中，常采用的温度传感器有铂电阻、铜电阻、热敏电阻和热电偶等；在室温测试中，常采用的温度传感器有铜电阻、热敏电阻和热电阻；在采暖供热系统供回水温差的检测工程中，常采用的温度传感器有铂电阻、铜壁电阻、热敏电阻和热电偶。

用于检测空气温度的二次仪表，随着计算机技术的进步，智能型的数据巡检仪得到快速的发展和应用。一个单点的温度采集器，使用前，首先通过计算机进行设定，然后将其放在室内合适的地方进行自动数据采集和存储，待一个采暖期结束后，再将采集器收回，通过计算机将其数据传输至计算机的硬盘中，使用方便。这种温度巡检仪可用于空气温度、湿度、CO_2 气体浓度、水温等参数的检测中。

1. 热电偶　常用的热电偶为铜—康钢热电偶，其正极为纯铜，负极为康

钢，将两种金属端点 A、B 相连接形成一个闭合回路，即组成一对热电偶，它与显示仪表（动圈仪表或电子电位差计）和连接导线（铜导线和补偿导线）组成测温系统，即热电偶温度计。

工作原理：两种性质不同的导体相接触后，设接触点 1 的温度为 t，产生的电动势为 E_{AB}（t），点 2 的温度为 t_0，产生的电动势为 E_{AB}（t_0）；当 $t > t_0$ 时；则回路中有电动势 E_{AB}（t，t_0）产生，且

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t) - E_{AB}(t_0) \tag{11-1}$$

这一现象称为热电现象，该电势称为热电势。如果在这一对热电偶中通过导线接上一个电位差计，则可在电位差计上读到这个热电势的数值。若将热电偶的一端（点 2）置于某一恒定温度处或置于 0℃它的冰点中，那么点 2 产生韵热电势 E_{AB}（t_0）为一常数；热电偶另一端（点 1）为测量端，该端的热电势 E_{AB}（t）的变化随被测物体的温度的变化而变化。只要测得热电势，即可得到相应的温度。如图 11－1 所示。

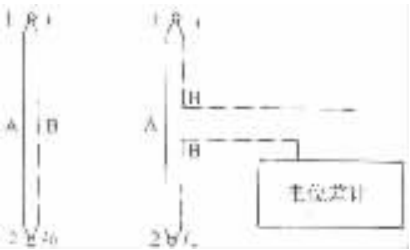


图 11－1　热电偶工作原理

测量热电势的仪表，常用电位差计、数字电压表及数字温度计等。

电位差计，主要用于高精度的温度测量。现场测量多用 UJ－33a 电位差计。

数字电压表主要用于高精度的温度测量，精度可达 0.05%。

数字温度计，可用数字显示的仪表，多用于普通温度测量。

2. 热电阻　在温度检测仪中，热电阻的准确度高，在较低的温度（300℃以下）与热电偶相比，有较高的灵敏度，故在中低温（－200～850℃）测量中得到广泛的应用。

热电阻悬利用导体或半导体的电阻值随温度变化的性质来测量温度的元件，它是由热电阻体，连接导线和显示或记录仪表组成测温系统。

（1）铂电阻：铂在氧化性介质中，甚至高温下，具有示值稳定，测温准确度高、互换性好等优点，用于 -200 ~ 850℃范围内。它既可作为测温元件，又可作为复现温标的基准。铂电阻体有玻璃烧结式、陶瓷骨架式和薄膜式 3 种基本结构形式。

（2）铜电阻：铜易于提纯，价格便宜，应用广泛，其互换性好，可用于 -50 ~ 150℃范围内的测温。铜易于氧化，铜丝较细，强度较低。铜电阻体通常用棒形塑料作骨架，绝缘钢电阻丝双线无感应地绕在骨架上，锰铜补偿绕组是调整钢电阻体的电阻温度系数用的。整个元件绕组制后需经酚醛树脂的浸渍处理，以形成防护膜。

现场测定可选用数显仪表或 XCZ—102 型动圈式仪表进行单点或多点测量。热阻温度计的标定可将热阻放在恒温水浴中，并插入一只二级标准水银温度计，将热电阻温度计的显示值与标准水银温度计读值比较，即可确定仪表的误差。

3. 热敏电阻　热敏电阻温度计是利用热敏电阻作为感温元件，并配有温度显示装置的温度测量仪表。

热敏电阻是把一些金属氧化物按一定的比例混合、压制和烧结而成的固态感温元件，利用其电阻值随温度变化的特性去测量温度。电阻体可做成珠形、杆形、圆形、片状，体积小而热惯性小，适合快速测温，且灵敏度高，缺点是互换性差，温度范围不够宽。热敏电阻温度计有指针式和数显示两种。

4. 温度传感器测温范围及不确定度

1）温度连续检测中，各类常用温度传感器的测温范围及不确定度，见表 11 - 1。

2）在室温测试中，常用温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起的总不确定度，采用算术合成法计算，其结果见表 11 - 2。

3）在采暖供热系统供回水温差检测工程中，常用温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度，经计算及采用算术合成法，所得结果，对 40 ~ 50℃低温水系统，见表 11 - 3；对 70 ~ 130℃高温热水系统，见表 11 - 4。

表 11－1　温度传感器测温范围及绝对不确定度

种　类	分级	测温范围 t/℃	绝对不确定度△t/℃
铂电阻	Ⅰ级	0～500	±（$0.15+3.0\times10^{-3}\cdot t$）
	Ⅱ级	0～500	±（$0.30+4.5\times10^{-3}\cdot t$）
铜电阻	Ⅱ级	－50～100	±（$0.30+3.5\times10^{-3}\cdot t$）
	Ⅲ级	－50～100	±（$0.30+6.0\times10^{-3}\cdot t$）
热敏电阻		0～150	±1.5%t
热电阻	Ⅰ级	－40～＋350	±0.5℃或±0.4%t
	Ⅱ级	－40～＋350	±1.0℃或±0.75%t

表 11－2　温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度

种　类	分级	16℃时温度传感器的绝对不确定度（℃）/相对不确定度（%）	16℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度（%）	24℃时温度传感器的绝对不确定度（℃）/相对不确定度（%）	24℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度（%）
铜电阻	Ⅱ级	±0.36/2.2	2.7	±0.38/1.6	2.1
	Ⅲ级	±0.40/2.5	3.0	±0.44/1.8	2.3
热敏电阻		±0.24/1.5	2.0	±0.36/1.5	2.0
热电偶	Ⅰ级	±0.50/3.1	3.6	±0.50/2.1	2.6
	Ⅱ级	±1.00/6.3	6.8	±1.00/4.2	4.7

表 11－3 温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度（低温水系统）

种 类	分级	40℃时温度传感器的绝对不确定度（℃）/相对不确定度（%）	40℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度（%）	95℃时温度传感器的绝对不确定度（℃）/相对不确定度（%）	95℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度（%）
铂电阻	Ⅰ级	±0.27/0.68	1.18	±0.44/0.46	0.96
	Ⅱ级	±0.48/1.20	1.70	±0.73/0.76	1.26
铜电阻	Ⅱ级	±0.44/1.10	1.60	±0.63/0.66	1.16
	Ⅲ级	±0.54/1.35	1.85	±0.87/0.92	1.42
热敏电阻		±0.60/1.50	2.00	±1.42/1.50	2.00
热电阻	Ⅰ级	±0.50/1.25	1.75	±0.50/0.53	1.03
	Ⅱ级	±1.00/2.50	3.00	±1.00/1.05	1.55

表 11－4 温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起的总不确定度（高温热水系统）

种 类	分级	70℃时温度传感器的绝对不确定度（℃）/相对不确定度（%）	70℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度（%）	130℃时温度温度传感器的绝对不确定度（℃）/相对不确定度（%）	130℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的相对总不确定度（%）
铂电阻	Ⅰ级	±0.36/0.51	1.01	±0.54/0.40	0.90
	Ⅱ级	±0.62/0.88	1.38	±0.89/0.68	1.18
热敏电阻		±1.05/1.50	2.00	±1.95/1.50	2.00
热电偶	Ⅰ级	±0.50/0.71	1.21	±0.52/0.40	0.90
	Ⅱ级	±1.00/1.43	1.93	±1.00/0.76	1.26

第三节　热　流　计

热流计是用来测量建筑物或各种保温材料的传热量及物理性能参数的一种常用仪表。

1. 热流计的工作原理 热流计是由热流测头和显示仪表两部分组成。热流计的基本工作原理，如图 11－2 所示。当热流通过被测壁板时，因热阻的存在，使温度梯度沿厚度方向衰减，导致壁板两侧产生温差$\triangle t = t_2 - t_3$。温差$\triangle t$与热流量之间存在对应关系，依此关系可测定出建筑热耗量。

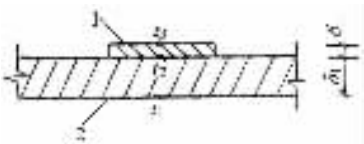


图 11－2　热流计工作原理示意图

1—热流计　2—被测壁板面

测量时，将热流计 1 粘贴在被测壁板表面 2 上，通过热流计的热流量即为被测壁板的热流量。稳定状态下，通过热流计的热流量可按下式计算：

$$q = \frac{\triangle t}{\delta / \lambda} \tag{11-2}$$

当用热电偶测量温差$\triangle t$，且热电势$\triangle E$与温度成线性关系时，则通过热流计的热流量可按下式计算：

$$q = C \triangle E \tag{11-3}$$

式中　q——通过热流计的热流量（W/m^2）；

δ——热流计的厚度（m）；

λ——热流计的热导率［W/（m·K）］；

$\triangle t$——被测壁板粘贴热流计后，热流计两面的温差，$\triangle t = t_2 - t_3$（℃）

$\triangle E$——热电势，$\triangle E = C' \cdot t$（mV）；

C'——热电偶系数；

C——热流计系数［W/（m^2·mV）］

2. 热流计测头的标定 目前常用的热流计测头有板式 WYP 和可挠式

WYR 两种。板式测头，多用于围护结构的热流量和墙体、屋面等热导率 λ 的测定；可绕式测头常用于管道散热量的量测。

为了保证热流计测头的测量结果的准确性，当使用一段时间后，或考虑粘贴或埋设测头对传热状态的影响，应对测头自身的热阻性能加以标定。常用的标定方法有平板直接法、平板比较法和单项平板法等。

（1）平板直接法：平板直接法是采用保护热板式导热仪作为标定热流测头用的标准热流发生器。将两个热流测头分别放在主热板两侧再放上两块绝热缓冲块，外侧用冷板夹紧，其中，中心热板用稳定的直流电源加热，冷板为一恒温水套。平板直接法结构组成，如图 11－3 所示

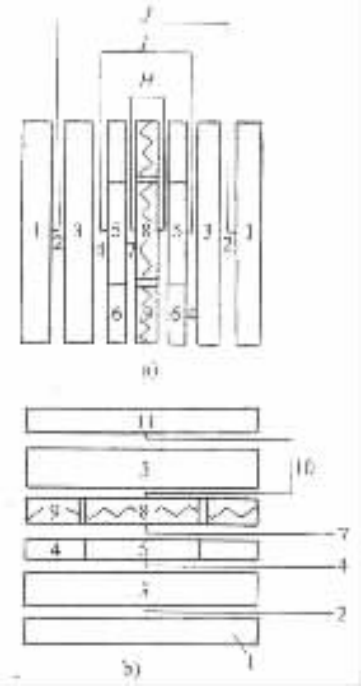


图 11－3　平板直接法结构示意图

（a）双平板　（b）单平板

1—冷板　2—冷板表面热电偶　3—保温材料　4—测头表面热电偶　5—测头　6—测头保护圈

7—热板表面热电偶　8—中心计量板　9—保护板

10—热板与背保护板表面温差电偶　11—背保护板

平板直接法可按下述程序标定：

1）根据不同的工况确定中心加热器的加热功率和恒温水温。

2）调整保护圈的加热器的加热功率，使保护圈表面均热板的温度与中心热板表面的温度相一致。

3）冷板与热板间建立稳定的垂直的一维热流场，并使其温差大于 10℃。

4）进入稳定状态后，每隔 30min 连续测量测头和热缓冲板两侧温差、测头输出电势及热流密度。一般测量 4 次，若测量结果的偏差小于 1%，且非单向变换时，标定结束。

5）相同温度下，每块测头应标定两次以上，并换位标定。

平板直接法标定参数计算方法如下：

1）热流密度计算。主加热器所发出的热流均匀垂直地通过热流测头时，热流密度可按下式计算：

$$q = \frac{RI_2}{2A} \tag{11-4}$$

2）测定系数 C 的确定；测出热流测头的热流密度 q 与输出电势 E 后，即可按下式确定测头系数 C。

$$C = q/E \tag{11-5}$$

式中　q——计算热流密度（W/m^2）；

A——中心热板的面积（m^2）；

R——中心热板加热器电阻（Ω）；

I——通过加热器的电流（A）；

E——热流测头的输出电势（mV）；

C——测头标定系数。

（2）平板比较法：平板比较法标定是指以平板直接法标定的测头作为标准，待标定的热流测头与其比较而确定测头标定系数 C 的一种方法。平板比较法的标定装置包括热板、冷板和测量系统，如 11－5 所示

比较法标定方法如下述：

1）将待标定的热流测头与标准热流测头及绝缘缓冲块一起放在热板和冷板之间，热板和冷板用加热或恒温水槽控温，使其表面温度保持均匀稳定。

2）利用标准热流测头测出测头标定系数 C_1、C_2 和输出电势 E_1、E_2。

3）计算热流密度 q 及确定热流测头的系数 C。

$$C = \frac{q}{E} = \frac{C_1E_1 + C_2E_2}{2E} \tag{11-6}$$

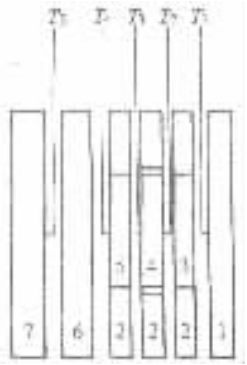


图 11－5　平板比较法装置示意图

1—热板　2—测头保护圈　3、5—标准测头　4—待标测头　6—热缓冲板　7—冷板

式中　C——标测头的系数［W/（m^2·mV）］；

C_1、C_2——标准测头的系数［W/（m^2·mV）］；

q——热流密度（W/m^2），按式（11－4）计算；

E——待标测头的输出电势（mV）；

E_1、E_2——标准测头的输出电势（mV）。

4）标定的具体要求和作法，同平板直接法。

（3）单向平板法：单向平板法是指标定装置可控制中心计量热板的热量只向热流测头单向传递的一种标定方法。

单向平板法的标定装置包括热板、冷板和测量系统，如图 11－6 所示。

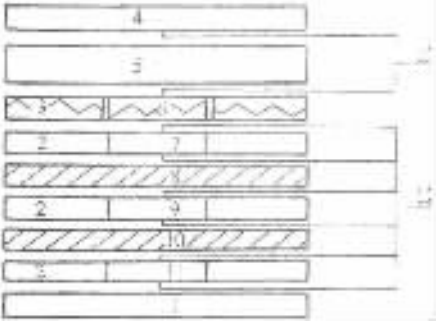


图 11－6　单向平板法装置示意图

1—冷板　2—测头保护圈　3—待标测头　4—背保护板　5—保温材料　6—热板

7、9、10、11—测头　8—橡皮板　12—测头表面热电偶

13—热板与背保护板表面温差电偶

单向平板法装置可使中心计算热板 6 和保护热板 4 的温度相等；可使 6 板底部温度和背保护板下的温度也相等，因而，保证中心计量热板的热量不能向周围及底部散失，唯一的可传递方向是通过热流测头，实现了一维稳定热流的条件。

热流密度 q 和测头系数 C 计算。量测出中心板加热器电阻 R 和电流 I 的量值，测出热流测头的输出电热 E 以及中心热板的面积 A，即可计算出热流密度 q 和测头系数 C 值。

$$q = \frac{RI^2}{A} \tag{11-7}$$

$$C = \frac{q}{E} \tag{11-8}$$

及

式中　q——计算热流密度（W/m^2）；

R——中心热板加热器电阻（Ω）；

I——通过加热器的电流（A）；

A——中心热板的面积（m^2）；

E——热流测头的输出电势（mV）；

C——测头标定系数。

3. 热流计指标仪表

（1）简易热流计指标仪表：早期热流测头是采用电位差计或毫伏测量测头的输出电势，然后用标定曲线或经验公式计算热流密度的办法。

（2）成套热流测试仪表：成套测试仪表有两种：一种是指针式仪表，另一种是数字式仪表。

WY—1 型热流计，属指针式显示仪表，可与 WYP 和 WYR 两类热流测头配合使用，具有结构简单、成本低廉等优点，综合误差在 6%以内，其中指标仪表误差为 ±2%，热流测头用比较法标定误差为 5%。该热流计为中国预防医学中心卫生研究所研制。

NWY 型热流计，属数显示仪表，显示位数为 3/2 位，测量误差 < 0.3% +1 个字，它也可与 WYP 和 WYR 两类热流测头配合使用。该热流计也是中国预防医学中心卫生研究所研制。

RLJ—1—60 型热流自动检测仪，可实现热流的自检显示和打印，由武汉自动化研究所研制。

WLR—C 智能多点温度检测仪，可测量 50 路室内外温度、32 路电势，可同时检测温度和热流，具有巡检、打印功能，需设冰瓶。测温误差为 ±0.2℃·mV，测电势误差为 ±0.02mV。该产品由哈尔滨建筑大学供热研究室研制。

第四节　流量计量装置

在暖通领域常用的流量计量仪表有涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声波流量计和水表等。

1. 涡轮流量计　涡轮流量计是一种速度式流量计，由涡轮流量变速器、前置放大器、指示或累计式显示仪表组成。涡轮流量变送器的结构，如图 11－7 所示。

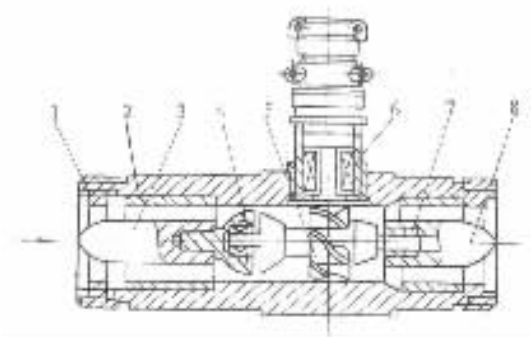


图 11－7　涡轮流量变送器结构图

1—紧固环 2—壳体 3—前导流器 4—止推片

5—涡轮叶片 6—磁—电转换器 7—轴承 8—后导流器

由图 11－7 可见，涡轮流量变送器由前后导流器、轴向流涡轮叶片、磁电转换装置等组成。

（1）工作原理：当流体流量通过变送器时，涡轮叶片旋转。涡轮叶片由铁磁性材料制成，壳体由固定性永久磁铁制作，当叶片在壳体中旋转时，磁路中的磁阻发生周期性变化，感应出交流信号，该信号的频率与被测流体的体积流量成正比，即

$$f = K_0 V \tag{11-9}$$

式中　f——输出电脉冲信号频率（次/s）；

V——被测流体的体积流量（L/s）；

K_0——仪表常数，由试验确定（次/L）。

磁—电转换器的输出信号经放大后，输出至显示仪表，进行流量指示和积算。

（2）涡轮流量变送器的技术数据及配套仪表：涡轮流量计的精度，在正常流量范围内，一般可达 0.2～0.5 级；在扩大量程范围内，精度可达 1 级。

涡轮流量变送器的主要技术数据，见表 11－5。

表 11－5　　液体涡轮流量变送器技术数据

型　号	公称直径/mm	正常流量范围 /$m^3 \cdot h^{-1}$	扩大流量范围 /$m^3 \cdot h^{-1}$	最大流量下压力损失/MPa	工作温度/℃
LW—4	4	0.04～0.25	—	≤0.12	—
LW—6	6	0.10～0.60	—	≤0.1	—
LW—10	10	0.20～1.20	—	≤0.6	—
LW—15	15	0.6～4	0.6～6	≤0.35	—
LW—25	25	1.6～10	1～10	—	—
LW—40	40	3～20	2～20	—	—
LW—50	50	6～40	4～40	—	—
LW—80	80	16～100	10～100	—	－20～120
LW—100	100	25～160	20～200	—	—
LW—150	150	50～300	40～400	≤0.25	—
LW—200	200	100～600	80～800	—	—
LW—250	250	160～1000	120～1200	—	—
LW—300	300	250～1600	250～2500	—	—
LW—400	400	400～2500	400～4000	—	—
LW—500	500	1000～6000	800～8000	—	—

涡轮流量变送器的配套仪表，一般可采用 XSF—40 型涡轮流量指示输出积算仪、XSJ—461 型积算频率仪，也可直接与智能仪表配套。

主要生产厂家有：开封仪表厂、上海自动化仪表九厂、天津自动化仪表三厂、湛江仪表厂等。

（3）使用注意事项：

1）涡轮流量变送器宜避开特征曲线非线性区段，使其工作在流量上限的 50%以上。

2）变送器上游应有 $20D$ 直管段，下游应有 $15D$ 直管段，D 为变送器公称直径。

3）焊接入口法兰时，应无突出处；连接入口侧法兰时，两法兰外周要完全吻合，且垫圈不得露在管内。

4）不得使用偏心异径接头，以免引起流速不均匀。

5）调节流量阀门应安装在变送器的下游；上游安装的截止阀必需全开。

6）变送器前的直管段的上游，必须安装过滤器，以免管路阻塞叶轮。变送器宜安装两个旁通阀，两个阀间应安装判断流体泄漏情况的阀门。

2. 涡街流量计　涡街流量计是利用有规则的漩涡剥离现象来测量流体量的仪表。

（1）工作原理：在流体中垂直插入一报圆柱体或三角柱体等，作为淤涡发生体。当流体速度高于一定值时，在柱体的下游就会产生两排交替出现的漩涡列，称为卡门涡街，如图 11－8 所示。设单列两漩涡间距为 l，两漩涡距离为 h，试验表明，当 $h/l=0.281$ 时，流体形成稳定涡街。

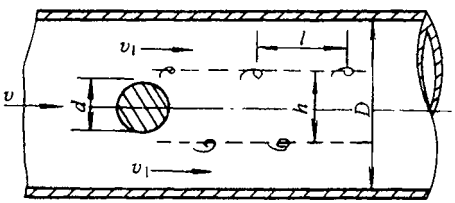


图 11－8　涡街流量计工作原理示意图

根据卡门涡街原理，单列漩涡产生的频率 f 及流体体积流量 q_v 分别为

$$f=S_t\frac{v_1}{d}=S_t\frac{v}{md} \tag{11-10}$$

$$q_v=A_0\frac{d}{S_t}(1-1.27\beta)f \tag{11-11}$$

式中　f——单列漩涡产生的频率（次/3）；

v_1——分别为圆柱体两侧的流体速度（m/s）；

v——管道流体的平均速度，$v=\frac{d}{S_t}(1-1.27\beta)f$（$m/s$）；

d——圆柱体直径（m）；

m——管道流体的平均流速与圆柱体的两侧流速之比 $m = v/v_1$；

S_t——斯特劳尔数，圆柱体为 0.21，三角体为 0.16；

β——圆柱体直径与管道直径之比，$\beta = d/D$；

D——管道直径（m）；

A_0——管道截面积（m^2）。

当管道内径和圆柱体的几何尺寸确定后，体积流量 q_v 只与涡街产生的频率 f 成正比，而与流体的物理性质无关，故有

$$q_v = Kf \tag{10-12}$$

式中　K——仪表常数。$K = A_0 \dfrac{d}{S_t}(1 - 1.27\beta)$

若涡街流量计淤涡发生体改用三角柱体，柱体迎流面的边长或宽度为 d，则流体的体积流量 q_v 为

$$q_v = A_0 \frac{d}{S_t}(1 - 1.5\beta) f \tag{11-13}$$

（2）涡街频率 f 的检测：涡街频率 f 的检测方法有热学法、电容法和差压法等。下面介绍热学法。热学法涡街频率的检测，如图 11－9 所示。

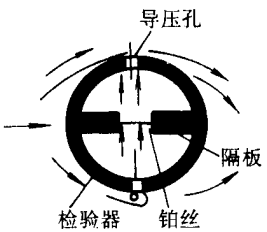


图 11－9　涡街频率检测示意图

在圆柱涡街发生体上设一段空腔（检测器），由隔板分成两侧，中心位置有一根细铂丝作为涡街频率转换元件，它被加热到比被测流体温度略高 10℃左右，并保持恒定。圆柱涡街发生体一侧产生涡漩时，流速降低而静压增高，无漩涡一侧，流速高而静压低，两侧之间产生静压差。流体由空腔上有漩涡一侧的导压孔进入，向未产生漩涡一侧的导压孔流出，流体经铂丝的流动，将铂丝上的热量带走，铂丝温度降低，电阻值变小。由于漩涡的形成是周期变化的，则铂丝电阻的变化频率应与之相对应，故可通过测量铂丝电

阻值的变化频率推算出漩涡的频率。

铂丝阻值的变化频率，采用一个不平衡电桥进行转换、放大和整形，变换成直流电 0～10mA 或 4～20mV 统一的标准信号输出，由记录仪或积算器显示流量。

（3）涡街流量计的应用：涡街流量计一般用于气体和液体的测量，尤其适于煤气、烟气和自来水等大流量管道上应用。

流量计无活动部件，压头损失小；在正常流量范围内，精度可达 1 级；几乎不受被测介质温度、压力和密度的影响；量程比约为 30∶1 直接输出频率信号，便于远传、积算和与计算机配合使用。

3. 电磁流量计　电磁流量计是由变送器组成。被测液体的流量经过变送器转换成感应电势，再经转换器将感应电势转换成直流电 0～10mA 或 4～20mA 的统一信号输出，它与相应的显示或控制仪表配套后，可对导电流体的流量进行指示、记录、积算和控制等运作。

（1）工作原理，当被测导电流体在测量导管内流动而切割磁力线时，在两个电极上便产生感应电动势 E_x，该电动势与流体流向和磁力线方向相垂直。流量计工作原理，如图 11－10 所示。

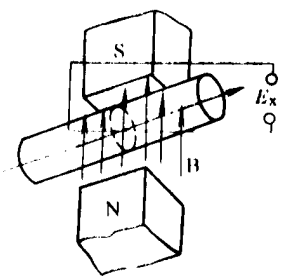


图 11－10　电磁流量计工作原理示意图

感应电动势 E_x 可按下式确定：

$$E_x = BDv \times 10^{-8} \tag{11-14}$$

式中　E_x——感应电势（V）；

B——磁感应强度（T）；

D——导体在磁场内长度，即变送器的管道直径（m）；

v——被测液体垂直磁力线方向的流速（m/s）。

对某一确定的流量计，管径 D、磁场强度 B 均为定值，侧感应电势与

液体的平均流速成线性关系，则有：

$$E_x = Kq_v \tag{11-15}$$

式中　K——仪表常数，$K = 4B/\pi D \times 10^{-8}$；

q_v——体积流量，$q_v = \pi/4D^2 v/$（L/s）。

利用变送器测量管上对称配置的电极，引出感应电势值信号，经放大处理后，由仪表指示出液体流量值。

（2）电磁流量变送器：电磁流量变送器由测量管、激磁系统、电极、内衬和外壳等组成，如图 11－11 所示。

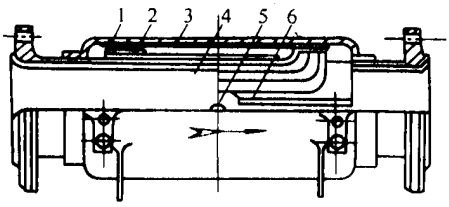


图 11－11　电磁流量变送器

1—外壳　2—励磁线圈　3—磁轭　4—内衬　5—电极　6—绕组支持件

测量管是由非导磁的不锈钢、玻璃钢等高阻率材料制成，其内壁常衬上绝缘衬里。

电极由非导磁的铂、金和不锈钢制成。电极与测量管内壁应绝缘，并与内衬齐平，以免流体通过时受阻。安装位置宜在管道水平对称方向。

（3）电磁流量转换器：转换器是将流量变送器随流量变化产生的交流毫伏信号，转换成与流量成比例的统一标准直流电信号 0～10mA 或 4～20mA，以供流量指示、记录及控制用。

（4）电磁流量计的安装：流量变送器可垂直安装，也可水平安装，以垂直安装为宜。变送器的上游一般只需设 $DN5$ 的直管段，下游可不设直管段。若上游有各种阀时，直管段的长度应为 $DN10$。

变送器的外壳、屏蔽线及测量导管均应单独接地，并应安装在远高大功率电气设备处。电磁流量变送器及转化器应用同一相电源，以免影响正常工作。

变送器必须定期维护清理，以免积垢、磨损，产生误差。

（5）电磁流量计的性能指标：电磁流量计的性能指标，可参见以下厂家的产品资料，见表 11－6、表 11－7、表 11－8。

表 11－6 武汉国营二六五厂 LD 型电磁流量计性能指标

型　　号	公称直径/mm	最大流量/L·h⁻¹		最高工作压力/MPa	配套仪表
		精度 ±1.5%	精度 ±2.0%		
LD—4A	4	>70	50～70	0.3	LDZ—13 输出信号 0～10mA
LD—6A	6	>150	100～150		
LD—10A	10	>420	280～420	0.3	LDZ—13 输出信号 0～10mA
LD—15A	15	>650			
LD—20A	20	>1100			

表 11－7 天津自动化仪表三厂 ID 型电磁流量计性能指标

型　　号	公称直径/mm	最大流量/m³·h⁻¹		满量程精度（%）	工作压力/MPa
		高速挡 1～10m/s	低速挡 0.5～5m/s		
LD—6B	6	1	0.5	±1.5	1.6
LD—10B	10	3	1.5		
LD—15B	15	6	3		
LD—20B	20	11	5.5		
LD—25B	25	18	9		
LD—40B	40	45	23		
LD—50B	50	70	35		
LD—80B	80	180	90		
LD—100B	100	280	140		
LD—150B	150	640	320		
LD—200B	200	1100	550	±2.5	1.0
LD—250B	250	1800	900		
LD—300B	300	2400	1200		
LD—400B	400	4400	2200		
LD—500B	500	7000	3500	±4	
LD—600B	600	10000	5000		
LD—700B	700	14000	7000		
LD—800B	800	18000	9000		
LD—900B	900	23000	11500		
LD—1000B	1000	28000	14000		
LD—1200B	1200	40000	20000		

注：包括配套转换器 LDZ—Ⅰ、LDZ—Ⅱ、LDZ—Ⅲ的精度。

表 11－8　　开封仪表厂 LD 型电磁流量计性能指标

结构形式	型　　号	公称直径/mm	最大流量范围 /$m^3 \cdot h^{-1}$	满量程流量系列 /$m^3 \cdot h^{-1}$	工作压力 /MPa	配套仪表
集中绕组式	LD—10	10	0.4～4	1，1.25	1.6	LDZ—Ⅱ 输出信号 0～10mA
	LD—15	15	0.63～6.3	1.6，2		
	LD—25	25	2～20	2.5，3.2		
	LD—50	50	8～80			
	LD—80	80	20～200	4.5		
	LD—100	100	32～320	6.3		
分段绕组式	LD—150	150	80～800	8×10^n n 为正或负整数或零	1.0	LDZ—Ⅱ 输出信号 0～10mA
	LD—200	200	125～1250			
	LD—300	300	250～2500			

注：LD 型变送器与 LDZ—Ⅱ型转换器配套精度为 1.0 级和 1.5 级。

4. **超声波流量计**　超声波流量计是一种非接触式测量流量的仪表。它是利用超声波在流体中的传播特性来测量流体的流速和流量，最常用的方法是测量超声波在顺流和逆流中的传播速度差，进而求出流量的速度差法和多普勒频移法。

（1）速度差法超声波流量计工作原理：该法工作原理示意如图 11－12 所示。

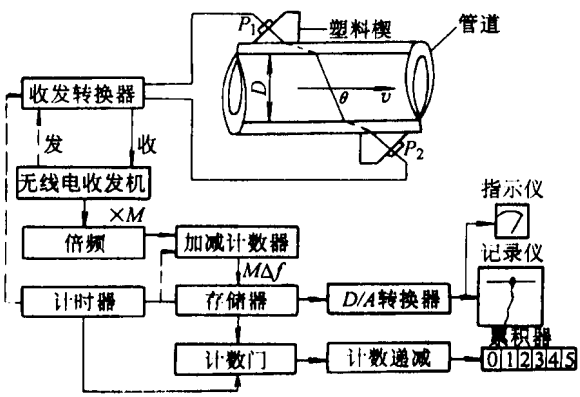


图 11－12　速度差法超声波流量计工作原理示意

两个相同的超声换能器，又称超声探头 P_1、P_2 分别安装在管道外壁两侧，以一定的斜角对称布置。超声探头采用锆钛酸铅陶瓷制成。换能器在电

路的激励下，产生超声波，以一定的入射角射入管壁，并以横波形式传播，经折射入流体，并以纵波形式在流体内传播，最后透过介质，穿过管壁为另一换能器接收。两个换能器通过电子开关（收发转换器）控制，可交替作为发射器和接收器。

设流体的流速为 v，管道内径为 D，超声波速度与管道轴线夹角为 θ，超声波在静止的流体中的传播速度为 c，则超声波在顺流和逆流方向传播频率 f_a 和 f_u 分别为

$$f_a = \frac{c + v\cos\theta}{D/\sin\theta} - \frac{(c + v\cos\theta)\ \sin\theta}{D}$$

$$f_u = \frac{c - v\cos\theta}{D/\sin\theta} = \frac{(c - v\cos\theta)\ \sin\theta}{D}$$

故顺流与逆流传播频率差 Δf 为

$$\Delta f = f_a - f_u = \frac{\sin 2\theta}{D} v \tag{11-16}$$

流体的体积流量 q_v 为

$$q_v = \frac{\pi D^2}{4} v = \frac{\pi D^3}{4\sin 2\theta}\Delta f \tag{11-17}$$

若某一流量计，q_v、D 为常数，则 q_v 与 Δf 成正比，故测得 Δf，即可算出流体流量 q_v 值。

（2）技术指标：超声波流量计有固定式和便携式两种。表 11－9 为国产 SP 固定式超声波流量计的技术指标；表 11－10 为日产 FLB 便携式超声波流量计的技术指标。

表 11－9　　SP 型超声波流量计技术指标

项　目		技　术　指　标
待测流体参数	种　类	水及粘度不过大的介质
	浊　度　（%）	1000×10^{-6} 以下
	水　质	不含过多杂质及气泡
	温　度/℃	0～50
	流　态	满　管　流
	流　速	－9～0～＋9

续表

项　目		技　术　指　标
管道参数	种　类	钢管、铸铁管
	直　径	$DN100 \sim DN2200$
测点要求		主机 $-10 \sim 40$℃
精　度		标准条件，误差 $\leqslant \pm 1.5\%$，$DN \geqslant 250$，$v/ < 1$m/s，显示值 $\leqslant \pm 0.015$m/s $DN100 \sim DN250$，$v < 2$m/s，显示值 $\leqslant \pm 0.03$m/s
生　产　家		湖南长沙电子仪表二厂

表 11－15　　FLB 便携式超声波流量计技术指标

项　目	技　术　指　标
测量流体种类	自来水、污水、海水等，浊度 1%以下，无气泡，满管流
流体温度/℃	$-40 \sim 100$
流速/$m \cdot s^{-1}$	16
管　道　材　质	钢、不锈钢、铸铁、玻璃钢、塑料
管　径/mm	$DN25 \sim DN500$ 用小探头 $DN200 \sim DN3000$ 用大探头
测　点　要　求	探头环境温度 $-20 \sim 60$℃
	主机环境温度 $-10 \sim 45$℃
精　度	标准条件，显示值 $\pm 1.5\%$
	$DN \geqslant 250$，$v < 1$m/s，显示值 ± 0.015m/s
	$DN < 250$，$v < 2$m/s，显示值 ± 0.3m/s

（3）应用与注意事项：超声波流量计可用于液体和气体大管道的流量测量。无需插入被测管道的部件，故无压头损失，可节约能源，换能器与流体无接触，故不需切断金属管道，从外部可测量流量和流速，且安装和检修时对流体流动和管道均无影响。

1）超声波流量计在安装条件满足要求的情况下，精度达到 1.5 级，测量管道液体流速范围为 0.5～5m/s。

2）安装时应有一定的直管段，探头器上游应有 $DN10$ 以上直管段，下游应有 $DN5$ 以上直管段。DN 为所测管段的公称直径。

3）探头前后应避免有干扰的泵及阀门等。若有时，探头应距干扰源

30*DN* 处安装。

4）输入的管道参数应与实际相符合，内径误差为 1%，可引起测量误差 3%。

5）对于不能确定厚度的管道应用超声波测厚仪测出其厚度。无锡市梅园电子仪器厂生产的 WM—3 型超声波数字测厚仪，可测出 1.5～200m 厚度，精度可达 ±0.1mm，环境温度为 -10～50℃，显示单位为 mm，保留小数点后一位数字。

5. 水表　水表是计量管道通过水量的仪表。可分为流速式及容积式两种，容积式量测通过的水容积，精度高，结构复杂，且要求水质好；流速式水表是根据流速与流量成比例而制作。常用流速式水表，它结构简单，使用方便，成本低。正常使用流量范围内（10%～100%特性流量），精确度可达到 2 级。

（1）工作原理：水以一定速度流经水表，水流冲动旋翼轴旋转，翼轮的转速与被测水体的流速或流量成比例，通过转轮上的齿轮或蜗杆，把翼轮的转速传递出去，经减速机构再传至积算机构，最后由表盘上的指针显示出被测流体的总量。

（2）水表的技术数据：水表的口径在 *DN*150 以下时，为旋翼式结构；口径在 *DN*80 以上至 *DN*400 以下时，为螺翼式结构。

特性流量和灵敏限是水表的两个性能指标。特性流量是指水流通过水表产生 $10mH_2O$（0.1MPa）水头损失时的流量值；灵敏限是指水表连续均匀指示时的允许最小流量值。

特性流量的示值允许误差，对旋翼式水表，当最小流量至特性流量的 5%之间时，为 ±5%；当最小流量至特性流量的 5%～10%之间时，为 ±2%～±3%；当最小流量至特性流量的 10%～100%之间时，为 ±2%。

对螺翼式水表，按以上范围，特性流量提高至 10%、10%～100%，则示值允许误差为 ±5%、±2%。

因此，水表使用时，应使其工作在特性流量的 10%～100%之间，一般可取 70%最大流量。

常用水表的技术性能指标，详见表 11－11、表 11－12 及表 11－13。

表 11－11　　LXR 型旋翼式热水表规格及性能

型　号	特性流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	最大流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	额定流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	最小流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	工作环境		生产厂家
					水温/℃	压力/MPa	
LXR—15	3	1.5	1	0.06	≤90	≤0.6	天津自动化仪表三厂
LXR—20	5	2.5	1.6	0.09			
LXR—25	7	3.5	2.2	0.12			
LXR—40	20	10	6.3	0.24	≤90	≤0.6	天津自动化仪表三厂 宁波水表厂
LXR—50 (LXLR—50)	(20)	17 (30)	10 (18)	0.60			
LRX—80 (LXLR—80)	(65)	20 (100)	13 (60)	2			
LXR—100 (LXLR—100)	(110)	30 (150)	20 (100)	3			
LXR—150	—	50	33	5			

注：括号内型号及数字为宁波水表厂产品。

表 11－12　　LXS 型旋翼式水表规格及性能

型　号	公称直径 /mm	特征流量	最大流量	额定流量	最小流量	灵敏度 ≤m^3/h	最大示值/m^3	工作环境		生产厂家
		m^3/h						水温 /℃	水压 /MPa	
LXS—15 LXS—15A	15	3	1.5	1.0	0.045	0.017	10000	≤40	≤0.10	宁波水表厂 天津自动化仪表三厂 福州水表厂 北京等地自来水厂
LKS—20 LXS—20A	20	5	2.5	1.6	0.075	0.025	10000			
LXS—25 LXS—25A	25	7	3.5	2.2	0.090	0.03	10000			
LXS—32	32	10	5.0	3.2	0.120	0.04	10000			
LXS—40	40	20	10.0	6.3	0.220	0.070	100000			
LXS—50	50	30	15.0	10.0	0.400	0.090	100000			
LXS—80	80	70	35.0	22.0	1.100	0.030	100000			
LXS—100	100	100	50.0	32.0	1.400	0.400	100000			
LXS—150	150	200	100.0	63.0	2.400	0.550	100000			

表 11－13　　LXL 型大口径水平螺翼式水表规格及性能

公径直径	流通能力 /$m^3 \cdot h^{-1}$	最大流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	额定流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	最小流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	最小示值 /m^3	最大示值 /m^3	生　产　厂
80	65	100	60	3	0.01	1000000	宁波水表厂 天津自动化仪表三厂
100	110	150	100	4.5	0.01	1000000	
150	270	320	200	7	0.01	1000000	
200	500	600	300	12	0.01	10000000	
250	800	950	450	20	0.01	10000000	
300	—	1500	750	35	0.01	10000000	
400	—	2800	1400	60	0.01	10000000	

（3）水表安装与使用：水表安装时的上游要保证 *DN*10 以上的直管段，下游则要保证 *DN*5 以上的直管段，*DN* 为水表的公称直径。若水温在 90℃以下时，可选用金属机芯的热水表；水温在 40℃以下时，可选用普通的冷水表；水温高达 100℃时，可选用聚四氟乙烯机芯的热水表。

6. 流量仪表的标定　流量仪表的标定方法有两种：一种为实验校验法，另一种为间接校验法。实验校验法是指让流体流过被标定的流量计并取得示值；然后用标准水表或标准容器测出标准流量值，将两者进行比较，即可对标定出流量计的精度和误差。

实验校验法根据标准器的形式可分为：容器式、称重式、标准体积管式和标准流量计式等。

标准流量计法是将经计量局标定过的流量计与待标定的流量计进行比较的标定方法，一般采用直接法。直接法标定装置工作原理，如图 11－13 所示。

标准流量计与待标定流量计串连在管道中，在相同时间内标准流量计的读数为 V_1，待标定流量计的读数为 V_2，则其误差为：

$$\delta = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\% \tag{11-18}$$

流量计校验装置建造耗资巨大，大口径的流量计的标定宜送当地或国家计级量局进行；口径小的流量计，可采用标准流量计法标定。

间接校验法是指采用测量流量计的构造尺寸及其有关的量，并检查使用和操作方法的有无偏差的办法。该法未直接测量流体本身，故称间接校验

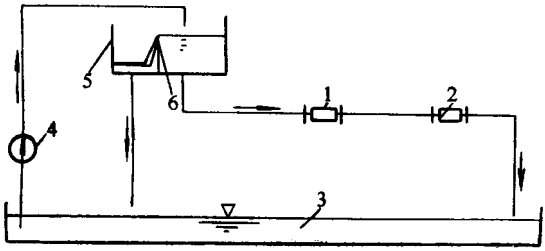


图 11－13　直接法标定装置工作原理示意

1—标准流量计　2—待标定流量计　3—低位水箱

4—水泵　5—高位水箱　6—堰

法。

7. 测量流量的仪表的选用　测量流量的仪表很多，各有特点，且在正常的条件下和正常流量范围内，总精度均优于 2.0 级，总不确定度均能满足表 10－1 的要求，故在具体执行过程中，可以因地制宜地选用。在使用各类流量计进行测量时，均应按使用说明书的要求进行操作，以便降低测量的不确定度。

第五节　热量计量装置

在现阶段的技术条件下，测量热量的方法有两种：一种是高度集成化的热表，该热表设计精巧、紧凑、自动化程度高、能自动采集并存储有关数据，并可与计算机通讯。另一种是分别测量流量和温差，然后根据有关公式计算得出热量，这两种传统的测热量方法经济适用，适用于我国现阶段的实际情况。

1. 热表的工作原理及技术指标

（1）WLR—B 型热表的工作原理：WLR—B 热表的工作原理，如图 11－14 所示。当水流过涡轮后，由涡轮产生的脉冲信号经前置放大器放大，送入 WLR—B 型仪表进行显示和积分；同时由用户供回水管路上设置的铂电阻测取的网络供回水温度信号 R_{t1}（供水温度）和 R_{t2}（回水温度），也送至 WLR—B 型仪表，经处理后进行显示和打印。

（2）热表的技术指标：国内一些单位生产的热量计量仪表的技术性能指

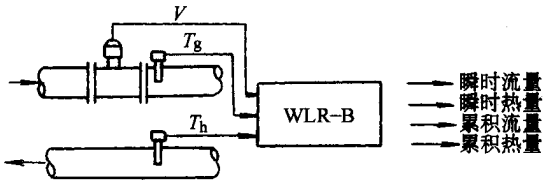


图 11－14　WLR—B 热表工作原理示意

标，见表 11－14。

表 11－14　　热量仪表技术指标

名　称	型　号	精　度（%）	配套仪表	测量范围/℃	最小温差/℃	生产厂家
热水热量指示积算仪	NRS—01	±1	涡轮 孔板铂电阻	t_g = 70～150 t_h = 50～100 t_g = 50～120 t_h = 40～90	10	上海大华仪表厂
智能型热水热量计	NRS—11	±1	孔　板 涡　轮 涡街铂电阻	t_g = 40～170 t_h = 20～100	0～150	天津自动化仪表八厂
热量流量积算器	XSF—51	±0.3	涡　轮 涡街铂电阻	t_g = 70～120 t_h = 40～80	10～80	天津自动化仪表八厂
积算式热量流量计	RLJ—1 RLJ—2	±2.5 ±1.5	涡　轮 涡街铂电阻	t_g = 70～120 t_h = 40～80	10～80	北京公用事业科研所
智能热水热量采集控制仪	WLR—B	±1	涡　轮 铂电阻	t_g = 10～100 t_h = 10～90	10	哈尔滨建筑大学供热研究室

2. **传统的热量的测量方法**　传统的热量测量方法，是用流量计测量流体的流量，用温度计测量流体的进出温度，然后按下式计算热量

$$Q = \rho q_v c\ (t_g - t_h)\ /3600 \qquad (11-19)$$

式中　Q——供热量（W）；

ρ——流体密度（kg/m^3）；

q_v——流体的体积流量（m^3/h）；

c——液体的比热容（J/kg·℃）；

t_g——供水温度（℃）；

t_h——回水温度（℃）。

无论采用何种方法，其测量系统的总不确定度不应超过测试值的 10%。

第六节　煤量计量装置

煤量计量装置，按工作原理可分为体积法和重量法两种。体积法是指测出锅炉用煤的体积后乘以煤的松散密度而得到用煤量的一种方法。该法常用的仪表有耗煤电子计数器、行星式煤耗计量表、远传式煤量表等。该法因用煤松散密度难于经常测定，故误差较大。

重量法是指用仪表直接测取煤的重量的办法。该法常用的仪表有台秤、地秤、皮带电子秤、核子秤、冲板流量计等。

1. 皮带电子秤　皮带电子称是用来检测固体散料的输送量的自动称量和控制的装置。

（1）工作原理：皮带电子称由荷重传感器、测速传感器、显示仪表和称架等组成，其工作原理，如图 11－15 所示。

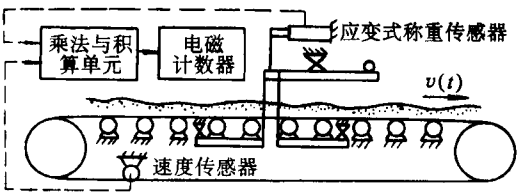


图 11－15　皮带电子秤工作原理示意图

带式输送机单位时间的瞬时输送量 W_t 等于带上单位长度的物料重量 q_t 与带的传动速度 v_t 的乘积，即

$$W_t = q_t v_t \tag{11-20}$$

带的传动速度 v_t，由磁阻式速度传感器测量，带转动时带动速度传感器的转子转动，从而在线圈里感应出电势，其频率与转动的速度成正比，并转变成电脉冲。

单位长度上的物料重量 q_t 由应变式称重传感器测量。放大后的传感器输出信号与速度信号一起送到乘法积算单元运算和积算成脉冲信号，推动计数器予以累计。采用合适的积分常数，计数器的读数为 $0 \sim t$ 时间内皮带输送总量。

皮带电子秤的主要性能指标，见表 11－15。

表 11－15 电子皮带秤技术指标

系统误差（%）	额定最大输送量/$t \cdot h^{-1}$	输送带宽度/mm	带的传送速度/$m \cdot s^{-1}$	输送机倾角/（°）	工作环境/℃		主要生产厂家
					显示仪表	传感器	
0.5	10～3000	500 650 800 1000 1200 1400	0.2～3.15	0～18	－10～＋45	－10～50	华东电子仪器厂

（2）仪表标定：胶带电子秤在投入运行前必须进行标定，在运行过程中也要定期校验。胶带电子称的准确度一般为 0.5%～1%。常用的标定法有实物标定和挂码标定两种。

1）实物标定。实物标定是一种已知准确的定量物料逐渐加在运送带上，最后比较仪表的累积量与实际之差；另一种是用容器把输送的物料收集起来，进行准确称量，与仪表在这段时间的累积值相比较。该法可靠、准确，但较麻烦。

2）挂码标定。该法是在秤框托辊轴中心平面内挂上一定量的标准砝码，代替胶带有效称量段上的物料重量，计算标准砝码重量和理论累积值的重量及其差值。标准砝码重量 P_H 和理论累积值 $G_H \Delta t$ 可按下式计算：

$$P_H = \frac{GL}{3.6v} \tag{11-21}$$

$$G_H \Delta t = \frac{3.6 P_H v}{L} \Delta t \tag{11-22}$$

式中 P_H——标准砝码重量（kg）；

G——与对应的标定仪表瞬时重量（t/h）；

L——胶带上有效称量段长度（m）；

v——胶带的运动速度（m/s）；

G_H——对应所挂标准砝码的理论瞬时重量（t/h）；

$\triangle t$——积累的时间间隔（h）。

在挂码标定时，秤框、传感器、辊轴角度、胶带的仰角及托辊的间距的量值要准确，以避免过大的标定误差。

2. 胶带核子秤 胶带核子秤是由探测器和控制器两部分组成。其中探测

器由电离室及其护套、胶带、速度计、射源及其容器、安装架等组成，探测器安装在输送机上。控制器由微处理机系统组成，安装在操作室或现场附近。

HZ－500 型核子秤工作原理。如图 11－16 所示。

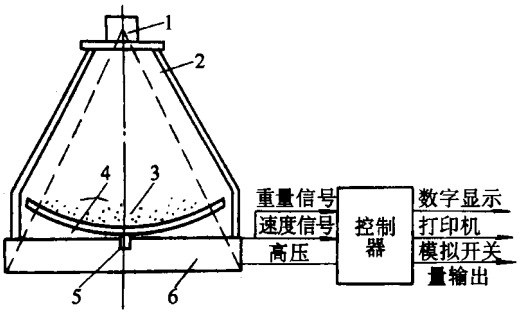


图 11－16　HZ—500 型核子秤工作原理示意

1—射源　2—安装架　3—物料　4—胶带

5—胶带速度计　6—探测器

射源发出的 γ 射线，穿过被测物料 3，被探测器 6 接收，其强度因物料的吸收而减弱，且与物料重量有关，其关系式为

$$W = \frac{b}{\mu_m} \ln \frac{I_0}{I} \tag{11-23}$$

式中　W——胶带上单位长度上物料的重量；

b——物料的宽度；

I——探测器接收到的射线强度；

I_0——胶带空载时，探测器接收到的射线强度；

μ_m——待测物料的重量吸收系数。

某一固定装置，μ_m、b、I_0 为定值，则 I 与 W 成比例，将 W 与速度计测得的单位时间运行长度相乘，便可求得胶带上运行物料流的瞬时流量及总积累量。

表 11－16 为化工部自动化研究所开发的 HZ—5500 微机核子秤的主要性能指标。

表 11－16　　HZ—5500 核子秤技术指标

称重范围/t·h⁻¹	胶带速度/m·s⁻¹	精度（标定量程）（%）	探测器有效长度/m	环境温度/℃		放射源	强度/毫居里	半衰期/a	泄漏照射量率
				探测器	控制器				
< 3600	< 10	± 1	1	－25～45	5～45	铯 137	100	33	距射源 1m 周围空间 ≤ 0.2mR/h

在正常情况下，其总不确定度 ≤ 1%FS

3. **冲板流量计**　冲板流量计由测量传感器和测量仪组成，如图 11－17 所示。

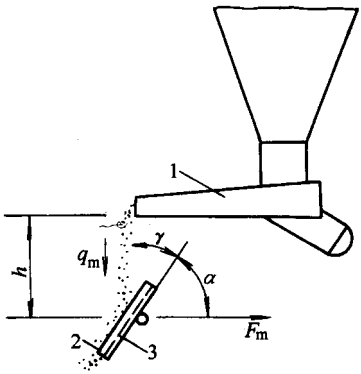


图 11－17　冲板流量计工作原理示意

1—物料给料设备　2——物料　3——冲板

输送设备传送的物料直接作用在冲料斜板上，作用在冲料斜板上的水平分力为

$$F_x = q_m \sqrt{h} \sin\alpha \sin\gamma \times 100 \qquad (11-24)$$

式中　F_x——物料对冲料板产生的水平冲力（N）；

q_m——物料流量（t/h）；

h——落差（m）；

α——冲料板水平安装角度（°）；

γ——料流与冲料间的角度（°）。

冲料板固定后，α、γ、h 均为定值，当测得水平分力 F_x 后，即可求得物料流量 q_m 值。表 11－17 给出德国 E＋H 公司生产的冲板流量计的主要技术指标。

表 11－17　冲板流量计技术指标

型　号	最大冲板尺寸 宽/mm×高/mm	测量范围最大 流量范围	防　尘
LLO30	160×160	0～40kg/h 0～1000kg/h	换　气
LLE37	400×400	0～50kg/h 0～40kg/h	隔板防尘
LLH37	400×400	0～500kg/h 0～40t/h	换　气
LLE61	800×800	0～5t/h 0～200t/h	隔板防尘
LLH61	800×800	0～10t/h 0～300t/h	换　气
DE72	1600×800	0～100t/h 0～1000t/h	防　尘

4. **电子吊钩秤**　电子吊钩秤的传感器是安装在起重机的吊钩或者行走的小车上，在吊运过程中可直接称量出物体重量的物料测量设备。如图 11－18 所示。

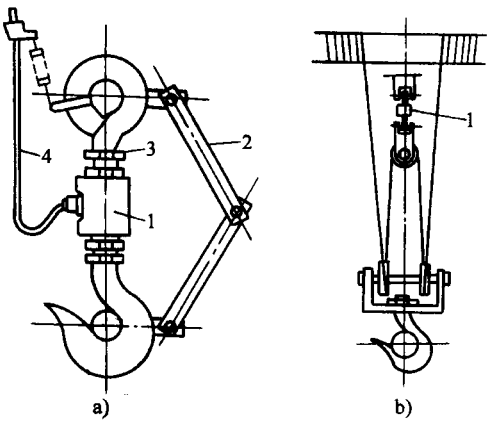


图 11－18　电子吊钩秤

a）吊钩安装方式　b）固定安装方式

1—传感器　2——防扭转臂　3——限位螺母　4—信号电缆

在吊起后，由于重物的转动使传感器受扭力作用而产生误差，为克服此扭力，在吊环与吊钩之间加了两个防扭转臂。

在安装时，必须注意转臂与吊钩、吊环上的连板的配合，上、下限位螺母不能拧得太紧。无线传输电子吊钩秤的准确度可达 0.1FS。

5. 电子料斗秤　料斗由四个传感器支撑，在安装时要考虑冲击力对传感器的影响，应采取适当的防振措施，并注意保持料斗位置的稳定，四根限位杆，可把料斗拉紧，使料斗在水平方向的移动受限制，如图 11－19 所示。

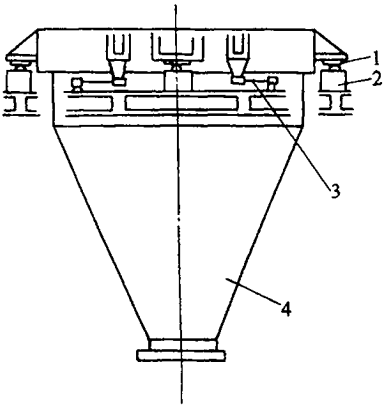


图 11－19　电子料斗秤

1—防振垫　2—传感器　3—限位杆　4—料斗

电子汽车秤、轨道衡、台秤等结构与电子料斗秤类似。

第七节　气体流速测量仪表

1. 热线风速仪　热线风速仪的测速探头是由加热金属铂丝与测量温度用的铜—康铜热电偶组成。利用被测气流通过加热的金属丝或金属薄膜时，带走热量使其温度降低，且降低的程度与气流速度大小相关。恒电流热线风速仪的工作原理，如图 11－20 所示。

仪表由两个独立的电路组成，其一，由加热铂丝、电池与调节电流的可变电阻组成，用来调节保持加热电路中的电流恒定；其二，由铜—康铜热电偶与显示仪表组成，热电偶的热端固定在加热铂丝的中间，用以测定铂丝温度。由于加热铂丝的温度与气流速度成函数关系，所以，从显示仪表的刻度上可以直接读出气流速度值。

2. 热敏电阻恒温风速仪　热敏电阻恒温风速仪由测量桥路、风温自动补偿电路、表头指示电路组成，如图 11－21 所示。

测速探头装在一根测杆顶端内，测速探头的热敏电阻 R_θ 接在桥路的一

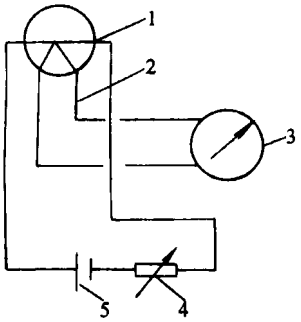


图 11－20　恒电流热线风速仪工作原理示意

1—加热铂丝　2—铜一康铜热电偶　3—显示仪表　4—调节电流可变电阻　5—电池

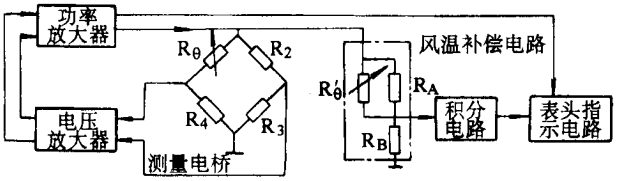


图 11－21　热敏电阻恒温风速仪工作原理

桥臂中，当风速为零时，经过探头的电流将热敏电阻 R_θ 加热至 130℃，电桥处于全通状态，电压为一定值；当风速增高时，探头温度降低，热敏电阻 R_θ 增大，经电压放大器放大后，使桥路供电电压增高，故又使流经 R_θ 的电流增大，从而，使热敏电阻 R_θ 减小，故可搜探头温度基本维持恒定，电桥趋于新的平衡。风速越高，电桥供电电压越高，流经探头的电流也越大。根据测量桥路供电电压的大小即可测出相应的风速值。

热敏电阻恒温风速仪操作简单，读数精确，探头体积小，灵敏度高。当风速下降为 0.04m/s，且风在 5～40℃范围内变化时，风温自动补偿的精度为满刻度的 ±1%。

3. 风速的测量　室外风速可采用热线风速仪或热球风速仪测量。风速的测点应设在百叶箱附近或离被测房间的墙面（或窗户）500mm 左右，每个朝向至少布置一个测点，风速每昼夜测量 4 次，每次不少于 20s，日平均风速可按下式计算：

$$v_{cp} = \frac{\sum \overline{v_i}}{4} \tag{11-25}$$

式中　v_{cp}——日平均风速（m/s）；

$\overline{v_i}$——每次测量的平均风速（m/s），

$$\overline{v_i} = \frac{\sum v_i}{n};$$

v_i——每次测量的瞬时风速（m/s）；

n——测量瞬时风速的读数次数。

第八节　六氟化硫气体检漏仪

六氟化硫气体检漏仪是用于充有六氟化硫（SF_6）或含有卤素的气体用于的建筑物或房间的气密性检测的仪表，可用于房间空气渗透量的测量。

工作原理　六氟化硫气体检漏仪是根据空气中含有不同程度的 SF_6 或含有各种卤素气体时，在高频电磁场作用下电离程度不同的原理制作而成。

六氟化硫气体检漏仪主要由探头和泵体部分组成，如图 11－22 所示。探头分气路和电路两部分。气路由针阀、高频电离腔和真空软管组成；电路由高频功率边缘振荡器、差动放大电路和音频报警电路组成。

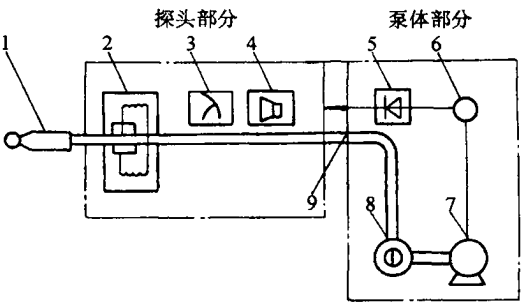


图 11－22　六氟化硫气体检漏仪工作原理

1—针阀　2—电离腔震荡电路　3—指示仪表放大电路

4—音频报警电路　5—直流稳压电源　6—交流电源

7—交流电动机　8—高速真空泵　9—真空软管

当气路中，电离腔内通过不含 SF_6 气体时，它吸收能量，而使电路中高频振荡器的振幅下降；当电离腔中含有 SF_6 气体时，自由电子被 SF_6 中的负电子俘获，从而电离程度减弱，振荡器的振幅增大。由电子电路测出振幅的

大小，可以从指示仪表上得知空气中的 SF_6 或卤素的含量多少。漏气量 L 和漏气率 M 可按下式计算：

$$L = \frac{K}{\Delta t} V_{\rho t} \tag{11-26}$$

$$M = \frac{L}{G} \times 100\% \tag{11-27}$$

式中　L——漏气量（g）；

V——测试体积（L）；

K——由校准曲线所得的 SF_6 体积分数（%）；

ρ——SF_6 的密度，可取 $\rho = 6.14g/L$；

t——被测对象的工作时间（h）；

Δt——测量的间隔时间（h）；

M——漏气率（%）；

G——房间中充入的 SF_6 气体总重量（g）。

在定量检测前或更换气体时，应用标准气体在当时试验温度下，作出检漏仪的定量校准曲线，以取得较准确的 K 值。SF_6 气体检漏仪的技术指标，见表 11－18。

表 11－18　　SF_6 气体检漏仪的技术指标

项　　目	技　术　指　标
检测范围	$10^{-8} \sim 10^{-2}$（体积比）
指示方式	定量指示仪表，声、光系统
真空泵抽气速率/$L \cdot s^{-1}$	1
连续工作时间/h	4（环境温度 > 30℃，为 2h）
使用环境温度/℃	5 ~ 40
生产厂家	上海市唐山仪表厂

第十二章 被动太阳房的热性能测试

被动太阳房的热工测试目的可概括为下列三点：

1）验证热工设计及热性能预示结果，以便改进数学模型及设计方法。

2）研究新型被动部件、施工技术及实际使用过程中各种因素对被动太阳房热性能的影响。

3）对已建成的被动太阳房进行综合性能评价。

第一节 热模型及热工参数

被动太阳房的热模型有 3 类：分部件动态模型、整体动态模型和整体稳态模型。这 3 种模型具有不同的热模拟水平，对应于不同的测试目的，其热工参数除了详细程度不同外，可分为 3 大类：

1. 建筑热工参数 它取决于被动太阳房的结构材料等本身固有的热特性，如墙体、地面、屋顶等围护结构的热绝缘系数 M，被动太阳房总负荷系数 TLC，净负荷系数 NLC，换气次数 n，蓄热量 Q_s 等。正常使用状态下，住户人体和室内设备产生的内热源 Q_{in} 及积热部件的热效率 η 也列入此类参数。

2. 输入参数 它是使太阳房运行的外部参数，如太阳辐照量，室外气温 T_a，环境风速 v_a，风向等，保温部件开闭时间，室内温度 T_b 等也包括在内。

3. 输出参数 它体现被动太阳房的运行结果；如室内气温 T_r 及其平均值 $\bar{T}_r$，最大值 T_{max} 和最小值 T_{min}；太阳净供热量 Q_{cg}，辅助热量 Q_{aux}；太阳房节能率 ESF，太阳房供暖率 SHF 等。

上述参数代表了被动太阳房的保温、蓄热特性，太阳能利用及节能效果。按照模型的详细程度，这些热工参数又分为部件热性能和整体热性能。详细模型的热工参数可推出简单模型的热工参数，动态的可推出稳态的。反

之则不行。

上述参数可直接测量：有些则通过测量其他参数再计算获得，建筑参数一般用常规热工计算或用一次性或短期测量获得，输入和输出参数一般应连续测量。

第二节　测试分级及要求

根据测试目的及热模型的详细程度，被动太阳房的热工测试可分为 A、B、C 三级，各种类型被动太阳房的各级测试的内容及精度要求，见表 12－1～表 12－4。

表 12－1　　气候参数测试内容及要求

测试水平及项目		范　围	短期详测		长期监测	
			精　度	间　隔	精　度	间　隔
A 级	T_a	－30～40℃	±0.2℃	1h	±0.5℃	日平均
	H_t	0～1300W/M^2	±2%		±2%	日累积
	H_d					
	H_{tr}					
	v_a	0～25m/s	±0.5m/s		±0.5m/s	日平均
	D_a	0～360%	±8%		±2%	
	ϕ_a	0～100%	±5%	—	—	—
	P_a	50～130kPa	±5kPa	—	—	—
B 级	t_a	－39～40℃	±0.5℃	1h	±1.0℃	日平均
	H_t	0～1300W/m^2	±5%		—	—
	H_d					
	H_{tv}					
C 级	取附近气象站的资料					

注：t_a—室外空气温度（干球）；H_{tv}—垂直面总日照量；ϕ_W—环境相对湿度；H_t—水平总射量；v_a—环境风速；P_a—大气压力；H_d—水平面散射日射量；D_a—环境风向。

表 12－2 直接受益式太阳房的测试内容及要求

测试水平/项目		范围	短期详测		长期监测	
			精度	间隔	精度	间隔
A 级	t_r	0～40℃	±0.2℃	1h	±0.2℃	日平均
	t_g					
	t_1	0～50℃	±0.1℃			
	t_2					
	t_3					
	Q_b	0～100W/m^2	±1W/m^2		—	—
	Q_{aux}	—	±5%		±5%	日平均
	Q_{in}					
	TLC		±10%	一次性测试或计算	—	—
	t					
B 级	t_r	0～40℃	±0.2℃	1h	±5℃	日平均
	t_1				—	—
	t_2				—	—
	Q_b	0～100W/m^2	±1W/m^2		—	—
	Q_{aux}	—	±5%	日平均	±5%	月平均
	Q_{in}		±5℃			
	TLC		±10℃	一次性测试计算	—	—
	t					
C 级	t_r	0～40℃	—	—	±1℃	月平均
	Q_{aux}	—			±10%	
	Q_{in}					

注：t_r—室内气温（干球）；t_3—窗玻璃温度；TLC—总负荷系数；t_g—室内黑球温度；Q_b—围护结构热流；t—保温开关时间；t_1—直接蓄热体温度；Q_{aux}—辅助结构热量；t_2—间接蓄热体温度；Q_{in}—内热量。

表 12－3　　集热蓄热墙式太阳房的测试内容及要求

测试水平/项目		范　围	短期详测		长期监测	
			精　度	间　隔	精　度	间　隔
A 级	t_r	0～40℃	±0.2℃	1h	±0.2℃	日平均
	t_g					
	t_1	0～60	±0.1℃			
	t_2	0～40				
	t_u、t_d	0～60	±0.1℃	15min	—	—
	v_u、v_d	0～5m/s	±5%FS			
	Q_W	0～100W/m²	±1W/m²			
	Q_b			1h		
	Q_{aux}	—	±5%		±5%	日平均
	Q_{in}					
	TLC		±10%	一次性测试或计算	—	—
	t		±1min		±5min	
B 级	t_r	0～40℃	±0.2℃	1h	±0.5℃	日平均
	t_1	0～60℃			—	—
	t_u、t_d	0～60℃		30min		
	v_u、v_d	0～5m/s	±5%FS			
	Q_W	0～100W/m²	±1W/m²	1h		
	Q_{aux}	—	±5%	日平均	±5%	月平均
	Q_{in}					
	TLC		±10%	一次性测试或计算		
	t		±5min		±10min	—
C 级	t_r	0～40℃	—	—	±1℃	月平均
	Q_{aux}	—			±10%	
	Q_{in}					

注：t_r—室内气温（干球温度）；t_u、t_d—上下通风孔气温；Q_{aux}—辅助热量；t_g—室内黑球温度；v_u、v_d—上下通风孔风速；Q_{in}—内热源；t_1—集热温度；Q_W—集热墙上的热流；TLC—总负荷系数；t_2—间接蓄热体温度；Q_b—围护结构热流；t—通气孔开关时间。

表 12－4　附加阳光间式太阳房的测试内容及要求

测试水平/项目		范围	短期详测		长期监测	
			精度	间隔	精度	间隔
A级	t_r	0～40℃	±0.2℃	1h	±0.2℃	日平均
	t_g					
	t_1	0～60℃	±0.1℃			
	t_2	0～40℃				
	t_s	0～60℃		一次性测试或计算	—	—
	v_s	0～5m/s	±5%FS			
	Q_W	0～100W/m²	±1W/m²			
	Q_b					
	Q_{aux}	—	±5%		±5%	日平均
	Q_{in}					
	TLC		±10%		—	—
	t		±1min		±5min	
B级	t_r	0～40℃	±0.2℃	1h	±0.5℃	日平均
	t_1	0～60℃			—	—
	t_s					
	v_s	0～5m/s	±5%FS			
	Q_W	0～100W/m²	±1W/m²			
	Q_{aux}	—	±5%	日平均	±5%	月平均
	Q_{in}					
	TLC		±10%	一次性测试或计算	—	—
	t		±5min		±10min	
C级	t_r	0～40℃			±1℃	月平均
	Q_{aux}	—	—	—	±10%	
	Q_{in}					

注：t_r—室内气温（干球温度）；t_s—阳光间内气温；Q_{aux}—辅助热量；t_g—室内黑球温度；v_s—阳光间到室内的空气流速；Q_{in}—内热量；t_1—蓄热墙温度；Q_W—蓄热墙上的热流；TLC—总负荷系数；t_2—间接蓄热体温度；O_b—围护结构热流；t—保温窗开关时间。

第三节　基本热工参数的测量

在被动太阳房的热性能参数中，有 4 种基本热工参数可以直接测定，其余可由这些基本参数推算。

1. 太阳辐射测量　测量太阳辐射的目的主要有两个：测定太阳集热部件的热效率及集热部件向房间的净供热量 Q_{cg}，C 级可不作测试，用附近气象站的数据。

测定被动集热部件的热效率，应使用太阳总日射表直接测量集热面上的太阳总辐射量，仪表精度应与世界气象组织（WMO）规定的一级表相当。

为测定集热部件向房间的净供热量，可用总日射表测量水平面上的太阳总日射和散射日射（加遮光带）或用直射表测量太阳直射分量，然后换算到各集热面上，仪表精度应满足 WMO 规定的二级表以上精度。

太阳总日射表在使用一年后应进行标定或与已知准确度的同级表进行比对。在测试期间玻璃罩应保持干净，引线应避免阳光直接照射。

太阳日射量的积分平均值就由积分仪求得，或由图形记录仪记录的曲线积分求得，也可用累积式日射记录仪直接测量。

2. 温度测量　室外气温 A 级测量可用热电偶、热敏电阻、铂电阻等热电型温度计或误差不大于 ±0.2℃的水银玻璃温度计测量。B 级测量可使用双金属片自记温度计，但在换记录纸前后均应用误差不大于 ±0.2℃的上述温度计订正。温度计应置于被测太阳房附近距地面 1.5m 以内的白色标准百叶箱内，百叶箱应放置在通风良好、无阳光直接照射、无热源的地方，气候参数测试内容，见图 12－1 所示。

室内气温 A 级测量和 B 级的短期详测应使用热电偶、热敏电阻、铂电阻等热电型温度计或精度为 ±0.2℃的水银温度计测量。温度计应安在室内中心位置，离地 1.5m（见图 12－2），温度计应带有通风良好的白色防护罩（直径约 15mm，长约 45mm），或使用通风干球温度计。B 级的长期监测和 C 级测量可使用双金属片自记温度计，但在换记录纸前后应用精度为 ±0.2℃的上述温度计订正。对于 C 级测量，每天可在 6:00、14:00、20:00 记录 3 次。直接受益式太阳房测量内容，如图 12－2 所示。

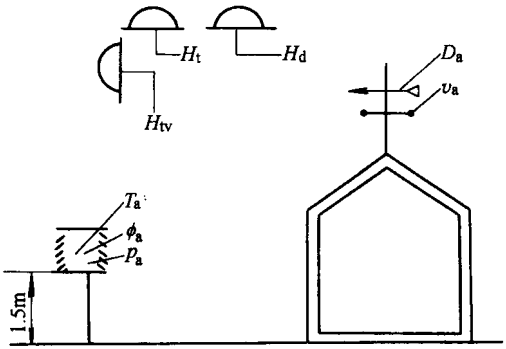


图 12－1　气候参数测试内容示意图

T_a—室外空气温度（干球）　H_{tv}—垂直面总日照量

ϕ_a—环境相对湿度　H_t—水平总射量　v_a—环境风速

p_a—大气压力　H_d—水平面散射日射量　D_a—环境风向

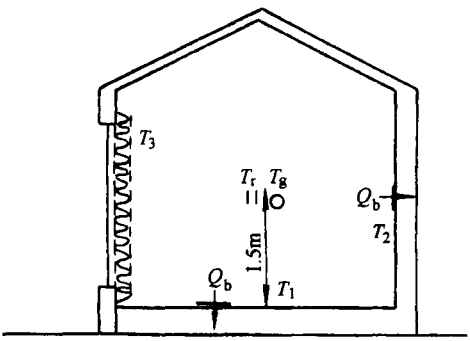


图 12－2　直接受益式太阳房测量内容示意图

T_r—室内气温（干球）　T_g—室内黑球温度　Q_b—围护结构热流　T_1—直接蓄热体温度

T_2—间接蓄热体温度　T_3—窗玻璃温度

实体集热墙上下通风孔的气温用热电偶测量，在每个通风孔截面上取 6～9 个测点进行平均。为消除阳光直接照射的影响，热电偶测头应漆成白色，集热蓄热墙式太阳房测试内容，如图 12－3 所示。

阳光间内部气温测量用通风干球温度计，或加白色防护罩的水银玻璃温度计、热电型温度计。测量误差 A 级不大于 ±0.2℃，B 级不大于 ±0.5℃，附加阳光间式太阳房测试内容，如图 12－4 所示。

墙体、地面、屋顶等围护结构和集热蓄热体表面温度用热电偶或热敏电阻等小型温度传感器测量，传感器应紧贴于表面，并尽量使测点表面状态与被测表面一致。

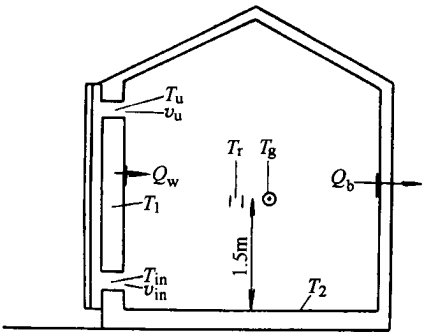


图 12－3　集热蓄热墙式太阳房测试内容示意图

T_r—室内气温（干球温度）　T_g—室内黑球温度　T_1—集热墙温度　T_2—间接蓄热体温

T_u、T_{in}—上、下通气孔温度　v_u、v_{in}—上、下通气孔风速　Q_W—集热墙上的热流

Q_b—围护结构热流

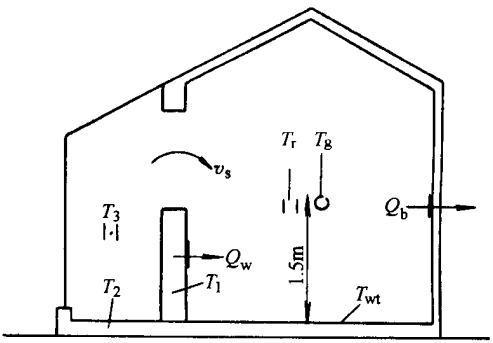


图 12－4　附加阳光间式太阳房测试内容示意图

T_r—室内气温（干球温度）　T_g—室内黑球温度　T_1—蓄热墙温度　T_2—间接蓄热体温度

T_3—阳光间内温度　v_s—阳光间到室内的空气流速　Q_W—蓄热墙上的热流

Q_b—围护结构上的热流　T_{WT}—间接蓄热体温度

窗玻璃或其他透明盖层的温度用线径不大于 0.2mm 的热电偶测量，应使用透明胶粘紧，以保持原位置测量状态。

3. 热流测量　通过墙体、地面、屋顶及其他集热蓄热体的热量可用温差电堆型热流片测量，热流片灵敏度为 5～20W/（m^2·mV），精度 ±5%。热流片本身热绝缘系数应小于 0.02m^2·K/W。热流片最好埋在被测体内，若不能埋在内部测量，应使热流片与被测体表面无空气间隙，且热流片表面应涂成与被测表面相同的颜色，以消除阳光照射时的影响。

4. 风速测量　室外风速可用误差小于 ±0.5m/s 的旋杯式风速计或其他风速计测量，测点应距被测太阳房 10m 之内。

实体集热墙上下通风时空气流速可用误差小于 ±0.1m/s 的热球风速计或其他风速计测量，每个截面应取 6～9 个测点进行，最后以平均值计。

5. 其他测量　辅助热量的测量视不同测试水平而定。对于 A 级测量，可用电度表测定电采暖耗电量后换算。对于 B 级测量，如由水暖系统提供辅助热量，可测定热水流量及进出口温差后换算。如由煤炉供暖，可一次测定煤的热值及煤炉采暖热效率并测定每日耗煤量进行计算。对于 C 级测量，只统计日耗煤量或耗燃料量即可。

室内综合温度（围护结构的平均辐射温度），即黑球温度可用 150mm 直径、中心处装有热电偶或铂电阻的黑球温度计测量，黑球温度计应置于室内中心，离地 1.3～1.5m 高。

相对湿度可用干湿球温度计或毛发温度计等其他类型温度计测量。测定误差应小于 ±5%。

第四节　测试程序及数据处理

1. 测试大纲。在实施具体的测试项目之前，首先应制定测试大纲：

1）测试目的。

2）测试模型及项目。

3）测试点布置。

4）测试精度及时间间隔要求。

5）测试仪器。

6）测试数据整理方法及要求。

对于每一具体的太阳房测试，应针对测试目的，选择适当的测试仪器，进行适当的数据处理。，

2. 测试房条件及状态　在测试房建成后，应经半年左右的自然干燥，再进行测试。被测太阳房的运行状态有 3 种：无人居住、无内热源、无辅助热源的自然运行；有人正常居住无辅助热源；有人正常居住并有辅助热源。对于工程研究性测试，一般应有无人居住和有人正常居住两种状态的太阳房。无人居住适合于进行长期连续测试。为了测定被动太阳房的实际节能效果，应选择同类常规房（又称对比房）进行测试比较。

3. 长期连续测试　被动太阳房热惰性大，影响因素多，不可能处于热稳定状态，故应以月平均或采暖期平均的水平进行评价。目前在用短期测试数据推算长期热性能的方法还不成熟的情况下，对室内外温度，太阳得热量，辅助热源等进行长期连续测试，对于 3 种模型都是必要的。一般应测试两个采暖期，至少有两个最冷月份的测试数据。

4. 短期详细测试　对于使用新设计、新结构、新材料的太阳房研究项目，进行有选择的短期详细测试是必要的。这类测试一般应在无人居住条件下进行，以尽量排除不确定的因素，并持续测量两周以上。其布点及测试的详细程度应视测试目的而定。

（1）围护结构热阻的测定：围护结构热阻 R 一般以常数计算，常规的材料结构可查手册进行计算，新材料新结构可在短期详测中按下式计算：

$$R = (T_{bi} - T_{bo}) / Q_b \tag{21-1}$$

式中，T_{bi}、T_{bo}、Q_b 分别为被测围护结构内、外表面温度及在该温差下的热流量，这几个参数应连续测量一周以上，取其平均值计算。测定一种新型围护机构热阻应至少 3 个不同位置的热流测点进行平均。

（2）实体集热效率 η 的测定

$$\eta = \frac{Q_{cg}}{H_{t\theta} A_W} = \frac{(Q_{cod} + Q_{cov})}{H_{t\theta} A_W} \tag{12-2}$$

式中　$H_{t\theta}$——倾斜面上的总日照量；

Q_{cg}——集热部件供给室内的太阳净供热量；

A_W——集热墙毛面积；

Q_{cod}——经墙传导进入室内的热量，由贴在内墙表面的热流片测定，热流向里为正，向外为负；

Q_{cov}——经上下通风孔自然对流进入室内的热量。由测量上下通风孔气温及风速 v 后，按下式计算：

$$Q_{cov} = \sum C_p \rho v_m A (T_u - T_{in}) \Delta t \tag{12-3}$$

式中　C_p——空气定压比热容；

ρ——空气密度；

μ_m——上通风孔的风速；

A——上通风孔的截面积；

T_u、T_{in}——集热墙上下通风孔的温度；

Δt——取值时间间隔，一般应小于 30min。

为消除墙的蓄热影响，应连续测试一周以上，取其平均值。其他新型部件的测试可参照上述办法进行。

5. 一次性测试 被动太阳房的建筑参数一般按常规建筑热工计算获得，在特殊情况下可进行测试。

（1）总负荷系数 TLC 的测定：使用电加热器保持室温为定值，测量室内外温度 T_r、T_a，取其月平均值 $\overline{T}_r$、$\overline{T}_a$ 及日电耗 Q_e，然后按下式计算：

$$TLC = \frac{Q_e}{\overline{T}_r - \overline{T}_a} \tag{12-4}$$

测试应在不住人、连阴天下（或将所有太阳入射面遮蔽）进行，连续 3 天应保持室内外温差 20℃以上。同时太阳房内主要蓄热体温度变化小于 ±0.1℃/h。

（2）净热负荷系数 NLC 的测定：由总负荷系数 TLC 的测试值减去太阳集热部件在无阳光照时的负荷系数计算值求得。

6. 间接测试法 有些热性能参数夏天测量比较困难，可用热平衡原理，从测量其他参数中求得。如有屋檐及其他东西遮挡的直接受益窗，直接测定其传入室内的太阳净供热量 Q_{cg}比较困难，可用下列热平衡方程测定：

$$Q_{cg} = NLC\ (T_r - T_a)\ M - Q_{in} - Q_{aux} \tag{12-5}$$

式中 NLC 可由一次性测量式计算求得，在一个月期间连续测量 T_r、T_a、Q_{in}、Q_{aux}就可求得太阳净供热量 Q_{cg}。这种间接测定法同样适用于其他太阳集热部件。

第十三章　建筑节能指标与性能评价

第一节　建筑节能技术经济分析

1. 建立可比条件

1）以当地住宅通用设计的围护结构构造和建筑物耗热量指标作为对比基准。

2）评价对象与对比基准设计，两者应具有相同或相近的建筑面积、层数、层高、体形系数和朝向，相同的设防等级，并采用同一地区的预算定额和价格水平。

2. 评价指标

（1）建筑物耗热量指标 q_n 及采暖耗热量指标 q_c：两项指标不应超过附录 A 表 A.6 规定的限值。

（2）节煤量 Δq_c 的计算：节煤量 Δq_c 按下式计算：

$$\Delta q_c = q_{c.1} - q_{c.2} \tag{13-1}$$

式中　Δq_c——节煤量（kg/m^2）；

$q_{c.1}$——非节能建筑的耗煤量（kg/m^2）；

$q_{c.2}$——节能建筑的耗煤量（kg/m^2）。

（3）节能率 a 的计算：节能率 a 按下式计算：

$$a = \Delta q_c / q_{c.1} \times 100\% \tag{13-2}$$

（4）节能投资：节能投资是指为实现节能目标而增加的工程造价，可按下式计算：

$$I = I_2 - I_1 \tag{13-3}$$

式中　I——节能投资（元/m^2）；

I_2——节能建筑工程造价（元/m^2）；

I_1——非节能建筑工程造价（元/m^2）。

（5）节能收益：节能收益可按下式计算：

$$A = \Delta q_c \times B \tag{13-4}$$

式中　A——节能收益（元/m^2）

Δq_c——节煤量（kg/m^2）；

B——热能价格（元/kg）。

热能价格 B，是指煤转化成热能的供热价格，可采用吨标准煤投入供热系统形成的供热能力的热价格，包括煤炭市场价格、运输、运行和管理等费用。

（6）投资回收期：投资回收期也称投资返本期，是以逐年收益去偿还原始投资，计算出需要偿还的年限。回收期越短，经济效果越好。考虑到资金的时间价值，动态投资回收期可按下式进行计算

$$n = \log \frac{A}{A - I_i} / \log（I + i） \tag{13-5}$$

式中　n——动态投资回收期（年）；

A——节能收益（元/年）；

I——节能投资（元）；

i——节能投资年利率（%）。

第二节　建筑节能的效益评价

1. 优惠的建筑节能政策提供的经济效益　为实现建筑节能目标，国家颁布了建筑节能住宅的优惠政策。

2. 建筑节能实现环境效益　全国若按每年新建 1 亿 m^2 节能住宅计算，每年可节约 150 万 t 标准煤；减少要 SO_2 排放量 12.7 万 t/年、灰渣 217 万 t/年，有着十分可观的社会、经济和环境效益。

第三节　建筑热舒适性评价方法

以太阳房为例，说明建筑热舒适性评价方法。评价方法详见本手册第二篇第一章第五节。

第十二篇

国内外先进的建筑节能技术

第一章　概　　述

近年采，国内外建筑节能技术迅速发展，出现各种先进的节能技术，诸如新型节能墙体材料，外墙绝热及饰面型节能墙体，保温中空墙体系，夹芯墙体系及外墙内保温体系等，尤其是外墙外保温体系得到广泛重视和迅速发展；红外热反射技术，高效节能玻璃，硅气凝胶利用；太阳能、地热等再生能源利用，热回收装置开发；生态节能建筑的发展；新型节能材料及制品的开发与研制等。

本章将对专威特外墙体系、欧文斯科宁外墙外保温体系、TDL 外墙保温体系、GKP 外墙外保温技术、加拿大保温中空墙体系、IMSI 夹芯墙保温体系、BT 型预制板外墙外保温技术、积木式外墙外保温体系、SB 外墙外保温和装配式龙骨薄板外墙外保温技术等加以详细介绍。

同时，对国内正在兴起并取得良好节能效果的低温地板辐射采暖技术，电热供暖节能技术等也给予介绍。

本章对加拿大、德国、法国和日本等发达国家的先进建筑节能技术的发展和利用情况也给予简要介绍。

第二章　专威特外墙外保温体系

第一节　概　　述

专威特外墙外保温体系是美国专威特（Dryvit）公司的墙体保温技术，属外墙绝热及饰面结合型节能墙体。其主要特点为：保温材料置于外墙外侧，不占用室内空间；保温效果较好，基本满足节能50%的要求；装饰与保温结合运用，可应用于新建建筑和既有建筑的节能中。

第二节　墙体系统的组成

专威特墙体由内向外包括基层墙体、粘结层、绝热层、保护层和饰面层。基层墙体可为钢筋混凝土墙、混凝土空心砌块墙、粘土砖墙等各种结构。粘结层采用粘结胶浆，其为液体聚合物材料；绝热层采用聚苯乙烯泡沫塑料板，由粘结胶浆固定在基层墙体上；绝热层外层采用抹面胶浆和玻璃纤维网格布作为保护层，外侧为面层涂料，见构造示意图2－1。

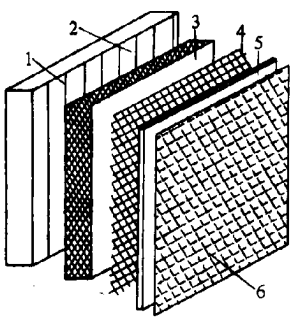


图2－1　专威特墙体构造示意图

1—粘结胶　2—墙体基材　3—绝热板　4—玻璃纤维网　5—砂浆　6—饰面

第三节　主要材料性能

专威特体系各组成部分可选用几种品牌产品，其中网格布为插编式耐碱涂覆网格布，面层涂料选用弹性好的丙烯乳酸液。主要材料及性能，见表 2－1。

表 2－1　专威特系统主要材料及其性能

名称	品　牌	特　点	
粘结胶浆	Genesis①	液体聚合物胶结材料，用于非木质基层墙体，现场拌制	
	Primus	液体聚合物胶结材料，用于非木质基层墙体，现场拌制	
	ADEPS	水溶性非水泥质材料，用于木质基层墙体，工厂拌制	
	PrimusDM	用于非木质基层材料	
抹面胶浆	Genesis①	液体聚合物胶结材料，现场与水泥混合	
	Primus	液体聚合物胶结材料，现场与水泥混合	
	NCM™	水溶性非水泥质材料，工厂拌制	
	PrimusDM™	预拌、多聚合物干混胶结材料，现场与水泥混合	
玻璃纤维网格布	品　牌	重量/$g \cdot m^{-2}$	最小抗拉强度/Pa
	Standard②	146	270
	Standard Plus	203	360
	Intermediate	407	540
	Panzer 15	509	710
	Panzer 20	695	980
	Detail②	146	270
	Comer	244	490
面层涂料	Standard 抗粉尘型	水溶性丙烯酸涂料，有抗粉尘化学成分，并有粗、中、细、仿石拉毛多种颜色、纹 理的仿石饰面	
	Elastomeric 抗粉尘型	水溶性弹性丙烯酸涂料，有抗粉尘化学成分，并有粗、中、细、仿石拉毛多种颜色、纹理的仿石饰面	
	Medallion 系列	水溶性丙烯酸涂料，有抗霉菌化学成分，并有粗、中、细、仿石拉毛多种颜色、纹 理的仿石饰面	
	特种涂料	工厂拌合的丙烯酸涂料，具有天然石材外观	

续表

名称	品牌	特点
面层胶浆	Dernanditt 抗霉菌	水溶性丙烯酸材料，具有多种颜色、纹理
	Devyvit 细砂纹理	水溶性丙烯酸材料，具有多种颜色、纹理
	Weaterlastic Smooth	水溶性丙烯酸材料，具有多种颜色、无纹理
底漆	Color Prime	水溶性丙烯酸底漆，具有多种颜色
	Prvmit	水溶性丙烯酸底漆
罩面涂料	Sealclear	透明丙烯酸液罩面涂料

①已在国内使用，并正在国产化生产。

②已在国内使用，尚未国产化生产。

粘结胶浆的强度指标是保证聚苯板固定牢靠及构造安全可靠的决定因素。抗拉和压剪粘结强度是粘结胶浆的主要技术性能指标，应满足表 2－2 的要求。

表 2－2 粘结胶浆的主要技术性能要求

项目	实验条件	采用标准	指标/MPa	
			掺合 32.5 级水泥	掺合 42.5 级水泥
抗拉粘结强度/MPa	常温常态 14d	GB/T12954—1991	≥1.0	≥1.0
	常态 14d，浸碱 4d	GB/T12954—1991	≥0.6	≥0.6
	常态 14d，浸水 7d	GB/T12954—1991	≥0.6	≥0.6
压剪粘结强度/MPa	常温常态 7d	GB/T12954—1991	≥1.5	≥2.5
	常态 7d，浸水 24h	JC/T547—1994	≥0.9	≥1.8
	常温常态 28d	GB/T12954—1991	≥1.7	≥3.0
	常态 28d，浸水 24h	JC/T547—1994	≥1.7	≥3.0

根据专威特企业标准，其保温聚苯板的技术指标应满足表 2－3 的要求。

表 2－3 聚苯板主要技术性能要求

项目		指标	项目	指标
密度/kg·m^{-3}	最小	≥18.0	尺寸稳定性（%）	≤2.0
	最大	≤20.0	氧指数（%）	≥30.0
热导率/W（m·K）$^{-1}$		≤0.041	火焰扩散指数	≤25
抗压强度/kPa		≥69	烟密度指数	≤450

续表

项　　目	指　　标	项　　目		指　　标
抗拉强度/kPa	≥103	板（长/mm）×（宽/mm）		≤1200×600
抗弯强度/kPa	≥172	养护天数/d	自然养护	≥42
剪切模量/kPa	≥2758		蒸汽养护（60℃恒温）	≥5
水蒸气渗透系数/g（m^2·h·Pa）$^{-1}$	≤1.0305×10^{-3}	熔结性	断裂弯曲负荷/N	≥15
体积吸水率（%）	≤2.5		弯曲变形/mm	≥20

第四节　墙体体系性能分析

专威特墙体属外保温体系，其在寒冷地区的保温效果明显优于内保温体系。此外，研究表明，外保温体系夏季隔热效果也容易满足设计要求，即在室内自然通风情况下，墙体内表面最高温度不超过室外计算温度的最高值《民用建筑热工设计规范》（GB50176—1993）第5.1.1条或本手册附录A表A.3表中规定。而若采用绝热材料贴在结构层内侧的内保温作法，由于外露的结构层夏季蓄热比散热多，在不使用机械通风或空调时，不易满足夏季隔热要求。

根据专威特公司提供的数据，对其墙体进行的抗风压性能试验结果表明：在风压力和吸力各为4.5kN/m^2时，系统破坏始于基层墙体。按我国荷载规范标准，抗风性能满足设计要求。

第五节　适用范围

可适用于冬季采暖地区和夏季绝热地区使用。由于绝热层的EPS聚苯板的抗拉强度低，不宜采用面砖等较重的饰面材料，仅适于外墙装饰采用涂料的建筑。在南方地区使用时，应注意水蒸气渗透问题。根据专威特公司提供的数据，当夏季室内使用空调降温，在钢筋混凝土墙与聚苯板接触面上，可能会出现凝结水。为此，专威特系统的粘合剂和面层涂料都采用了具有“呼吸”性能的材料。为防止整体系统因水蒸气未能排除造成的不利影响，设计

中应注意：①室内不使用蒸汽渗透阻太大的墙纸；②外墙围护体系选用易于水蒸气渗透的材料。

第六节 主要设计要求

基层墙体的挠度不应超过 L/240，其中，L 为建筑层高。墙体 2.4m 以下应根据抗冲击要求进行处理，或采用专威特加强型系统，即在需加强的部位增设加强网格布，并在设计中特殊注明。标准网格布在下列终端部位应进行翻包：

1）门窗洞口、管道或其他设备需穿墙的洞口处；

2）勒脚、阳台、雨篷等系统的尽端部位；

3）变形缝等需要终止墙体系统的部位；

4）女儿墙顶部。

在基层墙体设有伸缩缝、沉降缝和防震缝等部位，应在此保温系统内设置相应的变形。除此之外，在以下部位应增设变形缝：预制墙板相交处；基层墙体材料改变处；外保温系统与不同材料相交处；墙面的连续高、宽度每超过 23m，且未设置其他变形缝处；结构可能产生较大位移而又未设置结构变形缝处。

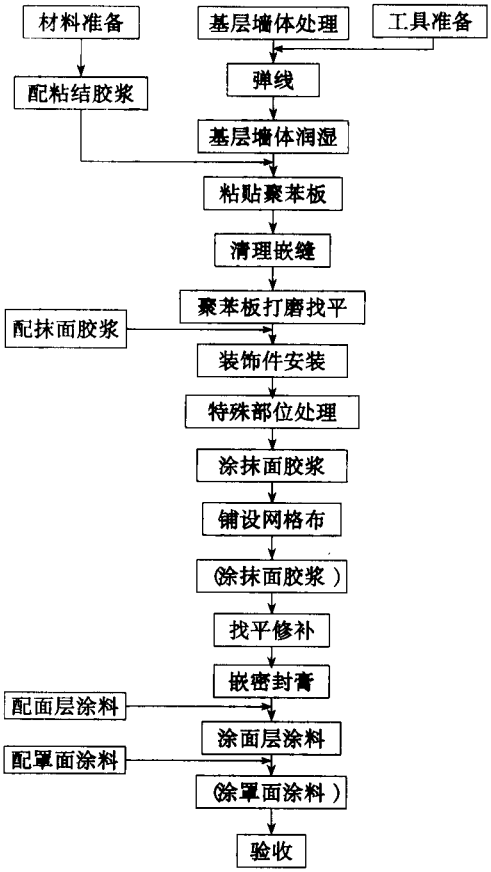
在炎热地区使用此系统时，外立面涂料不宜选择过深的颜色，以保证本系统的透气性能，有利于水蒸气在墙体内扩散。墙体内表面宜采用透气材料，外墙面层涂料的水蒸气渗透阻不应大于 $694m^2 \cdot h \cdot Pa/g$ 或 $0.193m^2 \cdot s \cdot Pa/g$。

第七节 墙体施工

墙体施工程序框图（如下图）

施工要点如下：

（1）施工条件：专威特墙体的施工应在外墙及外门窗口施工及验收完毕后进行。施工现场环境温度和基层墙体表面温度不能低于 4℃，风力不大于 5 级，墙面施工应避免阳光直射，防止雨水冲刷，并采取保护措施，防止墙



面在施工过程中受到污染。

(2) 基层墙体清理：对新建工程的结构墙体基面必须进行清理，除去污物和有碍粘结的材料，用水冲洗，使表面平整清洁。清除基层墙体中松动或风化的部分，检验墙面平整和垂直度不大于 5mm，超出部分采用剔凿或修补的方法使之平整。对旧房改造时，应彻底清除原面饰层，对原有基层墙体进行修补找平。

(3) 粘贴聚苯板：根据设计图样在处理后的墙面上放线。粘贴聚苯板可采用点粘法和条粘法。点粘法在聚苯板周边涂抹宽 50mm，厚 10mm 的粘结胶浆，对于标准尺寸的聚苯板，板面中间部位涂抹直径 100mm 的粘结点，中心距为 200mm。对于非标准尺寸的聚苯板，中间部位的粘结点不应少于 4 个点，且涂抹粘结胶浆的面积之和不应少于聚苯板面积的 1/3，如图 2－2 所示。

采用条粘法时，先将聚苯板背面涂满粘结胶浆，然后采用专用锯齿抹子

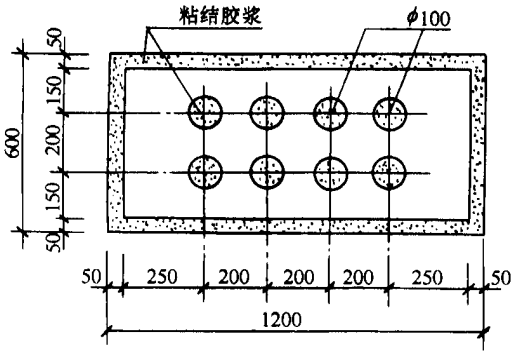


图 2－2　点粘法贴聚苯板

紧压聚苯板板面，抹子与板面呈 45°，用其刮除多余粘结胶浆，形成宽 10mm，厚 13mm，中心矩为 48mm 的粘结条带，如图 2－3 所示。

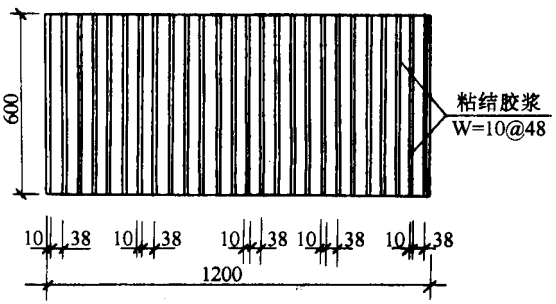


图 2－3　条粘法贴聚苯板

涂抹粘结胶浆后的聚苯板应尽快平贴就位，并随时用靠尺进行整平操作。板粘牢后应采用搓抹子抹平板与板之间的高差接缝，然后用粗砂纸先打磨一遍，再用细砂纸将整个板面打磨一遍。外墙转角接缝处，上下层聚苯板应交错连接。

（4）铺设网格布：在乎整、干燥、清洁的聚苯板表面上涂抹抹面胶浆，然后沿外墙一圈一圈地铺设网格布。铺设方法有两种。方法一：二道抹面胶浆法。其做法是用不锈钢抹子在聚苯板表面均匀涂抹一道厚度为 1.6mm 的抹面胶浆，其面积略大于一块网格布的范围，立即将网格布压入湿胶浆中，待胶浆干燥至可触摸时，再抹第二道抹面胶浆，使网格布约处两道胶浆的中间层位置。方法二：一道抹面胶浆法。采用一道厚度为 2.5mm 的抹面胶浆，面积略大于一块网格布的范围，将网格布压入湿胶浆中，深度至表面无法看到

网格布的纹路。加强型网格布采用厚度为 3.2mm 的一道抹面胶浆法。

（5）面层涂料的施工：刷面层涂料前，应做一次检查，对抹面胶浆的缺陷和凹凸不平进行修补。面层涂料采用滚涂法施工，涂抹厚度为 0.25～0.5mm。罩面涂料采用喷涂法施工，自下而上进行喷涂。

墙体细部构造及作法详见企业图集及《外墙外保温技术规程》（DBJ/T01—38—1998）。

第三章　欧文斯科宁外墙外保温体系

第一节　概　　述

欧文斯科宁保温隔热技术包括屋面保温隔热体系和外墙外保温体系。其中外墙外保温体系属外墙绝热及饰面结合型节能墙体。其采用挤塑聚苯板为保温材料，通过粘合和机械固定的方式将挤塑聚苯板固定在墙体外表面，以聚合物砂浆为保护层、耐碱玻璃纤维为增强材料、涂料或面砖为面层体系。欧文斯科宁体系的特点是保温材料性能较好，固定方式可靠。

第二节　墙体构造

欧文斯科宁墙体体系构造示意如图 3－1 所示。

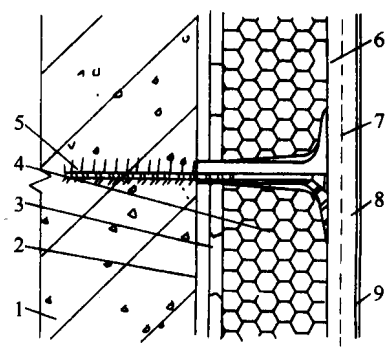


图 3－1　欧文斯科宁墙体系构造

1—墙体　2—水泥砂浆找平层　3—聚合物粘结砂浆　4—挤塑聚苯板

5—固定件　6—聚合物砂浆底层　7—耐碱玻纤网格布

8—聚合物砂浆面层　9—弹性涂料或面砖

第三节　墙体材料及性能

墙体保温层采用的挤塑聚苯板具有材质轻、抗压性能高、保温隔热性能好和吸水率低的特点，目前只有少数跨国公司生产。其规格和性能，见表 3－1。采用以机械锚固为主、粘贴为辅的固定方式，对基层表面处理要求低。体系采用的聚合物砂浆为单组分干混砂浆，质量稳定，具有较高的抗冲击韧性。

第四节　墙体施工

施工条件：欧文斯科宁保温体系施工前，应使基层墙体完全干燥，门窗就位，并验收合格。施工期间及施工后 24h 内，现场环境温度及墙体表面温度应不低于 5℃，风力不大于 5 级。施工面应避免阳光直射、雨水冲刷，雨季施工应有保护措施。

表 3－1　　挤塑聚苯板规格和性能

特　性	测试方法	性　能　指　标					
		FM150	FM250	FM350	FM400	FM450	FM550
抗压强度（45d）/kPa	GB/T8813—1988	≥150	≥250	≥350	≥400	≥450	≥500
渗透系数① ng/m·s·Pa	GB/T2411—1988	≤3.5	≤3.0				≤2.0
吸水率② （%）（V/V）	GB/T28810—1988	≤1.5	≤1.0				
尺寸稳定性（%）②	GB/T8811—1988	≤2.0			≤1.5		≤1.0
热导率（90d） /W（m·K）$^{-1}$	GB/T10294—1988	≤0.025（平均温度 10℃） ≤0.027（平均温度 25℃）					
燃烧性能	GB8624—1997	B2 级					

①23℃±1℃，RH150%±5%。

②浸水 96h。

③70℃±2℃，48h。

施工程序：基层处理→滚涂界面剂→调制聚合物砂浆→安装挤塑聚苯板→安装固定件→打磨→划分格凹线条→抹底层聚合物砂浆→埋贴网格布→抹面层聚合物砂浆→补洞及修理→外饰面。

施工要点：

（1）基层处理：应清除基层表面影响粘结效果的杂质；采用 1∶3 水泥砂浆找平，使墙体最大偏差小于 ±4mm。

（2）调制聚合物砂浆：将 5 份干混砂浆置于干净的塑料桶内，加入 1 份净水，边加水边搅拌，然后用手持式电动搅拌器搅拌约 5min，直至均匀。加水量应尽可能少。将配置好的砂浆静置 5min，再经搅拌备用。调好的砂浆应在 1h 内使用完。

（3）安装挤塑聚苯板：挤塑聚苯板的标准板面尺寸为 1200mm × 600mm，也可按实际需要加工非标准尺寸的板。如需切割挤塑聚苯板，可使用电热丝切割器或工具刀。加工允许尺寸偏差为 1.5mm。聚苯板粘贴法有条粘法和条点法。建议采用条粘法，即在聚苯板上抹宽为 10mm，厚度 10mm，间距 50mm 的聚合物砂浆，然后立即贴在墙上。粘贴动作要迅速，以免砂浆结皮而失去粘结力。

挤塑聚苯板贴完后应用 2m 的靠尺压平操作，保、证平整度和粘贴牢固。板与板之间要挤紧，接头处不抹聚合物砂浆。

在温度伸缩缝两侧或孔洞边，应在挤塑聚苯板上预贴宽度约 200mm 左右的网格布，并将其翻包约 80mm。

（4）安装固定件：挤塑聚苯板贴牢固后，还须采用固定件固定。固定件的数量可参照欧文斯科宁提供的数据确定：7 层以下约为 4 个/m^2，8 ~ 18 层（含 18 层）约为 9 个/m^2，9 ~ 28 层（含 28 层）约为 11 个/m^2。同时对面积大于 0.1m^2 的单块板，应安装固定件，其数量视形状和现场情况而定；若单块板面积小于 0.1m^2 时，是否需安装固定件应根据现场情况而决定。在阳角、孔洞边缘的板，应在水平和垂直方向增加固定件，其间距不大于 300mm，距基层边缘不小于 60mm。固定件的安装应在粘贴挤塑聚苯板后 24h 内进行，锚固深度为基层内 50mm，钻孔深度为 60mm。螺钉应拧紧，并使膨胀螺钉和螺母与挤塑聚苯板表面齐平或略拧入一些，确保膨胀螺钉尾部回拧，使之与基层充分紧固。

（5）埋贴网格布：在聚苯板上抹 2mm 厚聚合物砂浆，然后埋贴耐碱玻

璃纤维网格布。网格布应沿水平方向绷直绷平，并将弯曲的一面朝里，用抹子由中间向上下两边将网格布抹平，使其紧贴底层聚合物砂浆。在网格布搭接处，可用聚合物砂浆补充原砂浆的不足。埋贴时还应注意以下细部做法：在门、窗洞口内侧周边与墙面形成的 45°阳角处应采用一层 300mm × 200mm 网格布做局部加强，并使墙面网格布搭接在门窗洞口周边的网格布之上；对洞口四周的挤塑聚苯板端头，应用网格布和粘结砂浆将其包住，并允许在挤塑聚苯板边涂抹粘结砂浆；在装饰凹缝处，应沿凹槽将网格布埋入砂浆内。网格布搭接宽度在凹缝处不少于 65mm，在阴阳角处不小于 200mm；施工及其他预留连接处，应适时进行局部修整。

（6）抹面层聚合物砂浆：将网格布压入底层聚合物砂浆后，待砂浆干至不粘手时，开始抹面层砂浆，其厚度约为 1mm，以盖住网格布为准，使砂浆保护层总厚度约为 2.5mm ± 0.5mm。在首层应加铺一层网格布，以提高抗冲击能力，即保护层总厚度约为 3.5mm ± 0.5mm。采用其他材料做外装饰时，仍需采用与前述相同的聚合物砂浆。

（7）其他：对预留孔洞及损坏处应进行修补。外饰面可采用涂料、彩色砂浆、面砖等，按相关施工工艺要求进行施工。

第四章　TDL 型外墙外保温技术

第一节　概　　述

TDL 外墙体系属外墙绝热及饰面结合型节能墙体体系，其关键技术是 TDL 聚合物干混砂浆。通过 TDL 系列粘合剂（干混砂浆），来解决外墙外保温中经常出现的表面开裂、保温板变形等问题，该体系主要依靠粘贴方式固定保温板，简化了施工工艺，进而形成了一套墙体保温做法。

第二节　墙体组成

与其他外保温体系一样，TDL 保温外墙由基层、保温层、纤维增强保护层、饰面层组成。

第三节　墙体保温层材料及粘结剂性能

保温层材料可以选用膨胀型或挤塑型聚苯乙烯泡沫塑料板、岩棉、玻璃棉等。当采用聚苯板作为保温层，其固定方式主要依靠 TDL 粘贴剂粘贴，只在有必要时，采用 $\phi 8$ 专用尼龙涨管辅助固定。TDL 体系选用 TDL—013 聚合物干混砂浆作为聚苯板的粘贴剂。该砂浆是以三元共聚物再分散粉为水泥的添加剂，同时添加增稠剂、保水剂、触变剂制成。TDL—013 聚合物干混砂浆的主要技术性能，见表 4－1。保温层外侧抹聚合物干混砂浆并粘贴纤维增强层。墙体饰面层选用具有不透水性的弹性涂料，其伸长率大于或等于

200%，并要求具有一定的水蒸气渗透性。

表 4－1　　TDL—013 聚合物干混砂浆的主要技术性能

项目			性能	检验结果
细度（≤0.425mm）（%）			>4	—
烧失量（%）			<5	—
含水率（%）			<1	—
收缩率（%）			0.14	—
48h 吸水量比（%）			6.8	—
抗渗压力/MPa			0.9	—
胶粘剂	压剪胶结强度（与水泥砂浆）/MPa	常温常态 14d	—	1.51
		常温常态 14d，浸水 48h	—	1.26
		常温常态 14d，冻融 25 次	—	1.15
	拉伸胶结强度（与聚苯板）/MPa	常温常态 14d	—	0.25
		常温常态 14d，浸水 48h	—	0.0
	可操作时间/h		—	4
保护层砂浆	压剪胶结强度/MPa	常温常态	—	1.51
		常温常态浸水 48h	—	0.78%
	拉伸胶结强度（砂浆—聚苯板）/MPa	常温常态	—	0.30
		常温常态浸水 48h	—	0.08
	可操作时间/h		—	≥2
	压折比		—	≤0.3

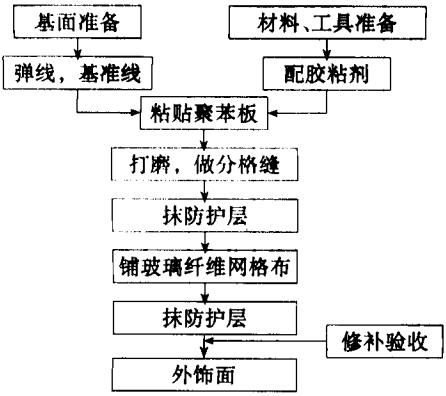
第四节　墙体施工

施工程序：施工程序如下列框图所示：

施工要点：

（1）配制粘贴剂：在干净的塑料容器内先倒入拌合水，按 4∶1（干混砂浆：水）比例边搅拌边加入干混砂浆，直至得到适宜稠度的胶浆，胶浆静停 5min 后，再搅拌 1min 备用。调好的粘贴剂应在 1h 内使用完。

（2）抹聚合物砂浆：聚苯板粘贴上墙后，在其表面抹 2mm 厚 TDL—013



聚合物干混砂浆，然后立即将玻璃纤维网格布压入湿料浆中，表面再抹 1～2mmTDL—013 聚合物干混砂浆，使表面平整，首层铺设一层网格布。重复上述操作，灰浆总厚度为 5～7mm。

（3）其他施工工艺：其检验标准参见企业技术规程，以及北京市标准《外墙外保温施工技术规程（聚苯板玻璃纤维网格布聚合物砂浆做法）》（DBJ/T01—38—1998）。

第三节 造价分析

TDL 外墙保温体系（不含饰面层）费用核算，见表 4－2。

表 4－2 TDL 外墙保温体系（不含饰面层）费用核算

项 目	用 量	单 价	小计/元·m^{-2}
聚苯板	1.0m^2	14.0 元/m^2	14
玻璃纤维网络布	1.5m^2	4.0 元/m^2	6
干混砂浆	8.0kg/m^2	6.0 元/kg	48
人 工 费			20
合 计			88

第五章　GKP 型外墙外保温技术

第一节　概　　述

GKP 外墙外保温技术属外墙绝热及饰面结合型节能技术。与其他外保温体系一样，GKP 保温外墙由基层、保温层、纤维增强保护层、饰面层组成。GKP 中的 G 指砂浆防护层采用树脂涂覆的抗碱玻璃纤维网格布，K 指粘合剂采用 KE 胶，P 指保温材料采用自熄型发泡聚苯板。GKP 外墙的主要特点是在防止保护层开裂和提高保温层耐久性方面采取了综合措施。例如，为防止保护层开裂的措施有：①砂浆中水泥选用收缩小的硫铝酸盐水泥；②将墙面分割为单块面积不大于 $12m^2$ 的板面尺寸；③选择弹性保持久的分隔缝嵌缝膏；④为减小基层墙面对保护层的约束，保护层砂浆与墙体基面脱离接触；⑤通过加入聚合物，降低砂浆弹性模量，减小拉应力；⑥网格布增强。为提高建筑首层的抗冲击性以提高保温层耐久性，保温层外侧贴面砖，并用角钢托架支托，以防止因保温外墙自重过大而脱落，如图 5－1 所示。

第二节　墙体材料及性能

GKP 外墙的其他材料按外墙外保温材料选用。其采用的粘合剂为 KE 胶和 KE 砂浆，性能见表 5－1～表 5－4。

表 5－1　　KE 胶作陶瓷面砖粘合　　（单位：MPa）

检测项目	检测结果	标准≥	备注
7d 压剪强度	1.76	1.00	28d 压剪强度 3.19

续表

检测项目	检测结果	标准≥	备注
7d 浸水后压剪强度	1.38	0.70	—
7d，100℃后压剪强度	1.75	0.70	
7d，25 次冻融后压剪强度	1.46	0.70	28d，25 次冻融后压剪强度 2.33

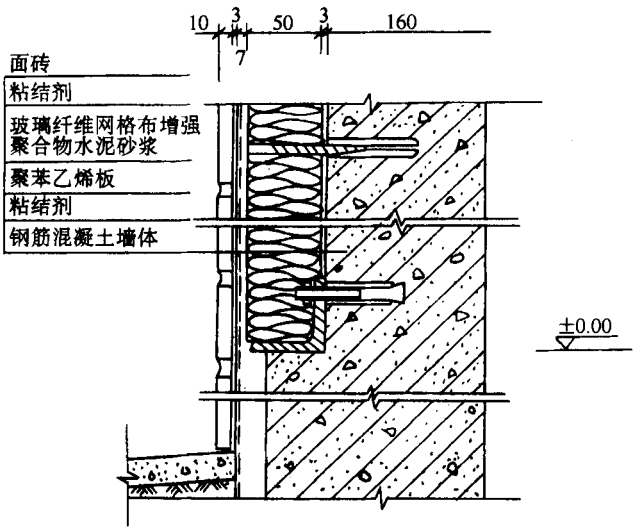


图 5－1 GKP 外墙构造示意

表 5－2 KE 胶作聚苯板粘合剂 （单位：MPa）

检测项目	检测结果	备 注
与聚苯板粘结后剪切强度	0.18	检测中均为聚苯板破坏
与聚苯板粘结后 25 次冻融后剪切强度	0.18	
与聚苯板结后抗拉强度	0.45	
与聚苯板粘结 25 次冻融后抗拉强度	0.45	

表 5－3 修补砂浆粘结强度

项 目	配合重量比			28d 压剪粘结强度 /MPa	28d 抗拉粘结强度 /MPa
	水泥	砂	KE 胶		
基准砂浆	1	2.5	—	0.57	0.75
KE 修补砂浆	1	3.0	0.3	1.41	1.59

表 5－4　KE 砂浆性能

项　目	密度/kg·m^{-3}	抗压强度/MPa						抗压弹性模量/×10^3 MPa		抗渗①/MPa 1h 不透水	干缩率（×10^{-4}）							吸水量比（%）	
		标准养护			自然养护						3d	7d	14d	28d	60d	90d	180d	标准养护 14d	标准养护 28d
		3d	7d	28d	3d	7d	28d	28d	60d										
底层砂浆	1882	10.0	12.9	17.6	11.6	13.1	18.3	15.6	18.7	0.3	1.1	1.7	3.0	3.7	4.2	4.5	5.0	35.7	38.6
面层砂浆	1840	16.0	18.6	20.1	16.4	20.6	24.5	15.8	18.5	1.2	1.1	1.5	2.2	3.1	3.6	3.7	4.0	11.0	10.0
基准砂浆	—	—	—	—	—	—	—	25.5	—	—	3.0	3.9	5.7	6.4	7.9	9.1	9.4	100	100

①抗渗砂浆试件 30mm 高。5mm 底层砂浆＋2mm 面层砂浆的复合抗渗试验，在 0.7MPa 下，1h 不透水。

第三节　施工程序

基面准备→材料准备→弹线→安装首层托架→粘贴聚苯板→安装拉结件→刷界面剂→抹底层砂浆→贴网格布→抹面层砂浆→养护→检验→填嵌缝膏作外饰面。

施工技术规程详见《外墙外保温施工技术规程（聚苯板玻璃纤维网格布聚合物砂浆做法）》（DBJ/T01－38－1998）。

第四节　造价分析

若采用 40mm 厚聚苯板，从粘贴聚苯板到做完嵌缝膏，GKP 外墙材料费约为 50 元/m^2（不包含角钢托架和外饰面层），人工费 26 元/m^2，工料费合计 76 元/m^2，见表 5－5。

表 5－5　GKP 外墙外保温每平米墙面工料费

项　目	KE 胶/kg	硫铝水泥/kg	32.5 级水泥/kg	中细砂/kg	石英砂/kg	聚苯板/m^3	网络布/m^3	固定件/个	嵌缝膏/kg	棒芯/m	人工/工	工料费/元
3mm 粘合剂	0.72	—	1.44	—	—	—	—	—	—	—	—	—
保温材料	—	—	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—	—
界面剂	0.3	—	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5mm 底灰	0.9	1.8	—	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—

续表

项目	KE 胶/kg	硫铝水泥/kg	32.5 级水泥/kg	中细砂/kg	石英砂/kg	聚苯板/m^3	网络布/m^3	固定件/个	嵌缝膏/kg	棒芯/m	人工/工	工料费/元
网格布	—	—	—	—	—	—	1.61	—	—	—	—	—
2mm 抹面砂浆	0.6	1.0	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—	—
养护剂	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
连接	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
嵌缝	—	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.83	—	—
小计	2.82	2.8	1.74	6.3	2.0	0.05	1.61	3	0.09	0.83	0.8	—
加 10%耗损	3.1	3.08	1.91	6.93	2.20	0.055	1.77	3.3	0.10	0.91	—	—
单价	7.16	0.63	0.33	0.04	0.45	2.50	3.25	0.80	13.8	0.70	33	—
费用	22.20	1.94	0.63	0.28	0.99	13.75	5.75	2.64	1.37	0.64	26.40	76.60

第六章　加拿大空心复合外墙体系

第一节　概　　述

加拿大复合外墙是适合寒冷地区使用的一种保温墙体。其墙体设计采用外保温技术，且通过合理的构造，减弱冷凝和雨雪等因素对墙体保温效果的负面影响。其主要优点是构造合理、保温效果好、维修费用低、耐久性能良好。目前国内尚无产品。本节主要介绍复合墙体的设计概念及构造。

第二节　墙体的组成及技术特点

加拿大复合外墙在地面以上由 5 部分组成：面层、空气隔离层、保温层、隔汽层和结构层，如图 6－1 所示。

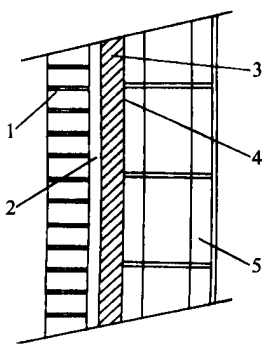


图 6－1　复合外墙基本构造

1—面层　2—空气隔离层　3—保温层　4—隔汽层　5—结构层

1. 面层　面层具有抵御雨雪、保护内部构件不受化学有机物或其他有害物质侵蚀，以延长内侧结构寿命的功能。面层通常构成一侧墙肢，采用墙板或由粘土空心砖、混凝土砖、砌块或石材砌筑而成，厚度通常为 75 ~ 90mm。竖向支撑装在结构的主要构件上，或由主要构件或次一级构件伸出的角钢上。面层与支撑墙牢固连接，但连接的程度尚不足以将其作为抵御水平或平面外荷载的构件进行计算。由于其高厚比较大，在没有水平支撑的情况下稳定性差，所以，在面层和结构层间应有规律地设置可靠的金属水平连接件。

2. 空气隔离层　空气隔离层起到多种功能。它使得安装非结构构件变得容易；为已经侵入面层的潮气、水分提供了排出墙外的通道；空气隔离层使得内外墙肢间形成一个空腔，此空腔可平衡或部分平衡室内外空气压力，从而阻止潮气在压力作用下进入墙体；利用空气层可调节内外墙肢间的施工误差或不均匀变形。空气层的厚度一般设计为 25mm，计算宽度从保温层外侧面起至外侧墙肢内侧面止。

3. 保温层　保温层为室内提供保温隔热的效果，防止或缓解内部构件出现冷凝，减小由温度变化引起的墙体内部构件和主体结构的变形。

4. 隔汽层　保温层内侧是一个连续的隔汽层，可减少建筑物外轮廓的空气渗透，并可影响潮气在墙体和构件上的聚积量，起到避免潮气引发的冷凝问题。隔汽层一般为连续设置，位置应在不易损坏处，且能保证不发生或减少发生气体冷凝结露现象。

5. 结构层　结构层的作用是支撑墙体的所有组成部分。支撑墙可为混凝土砌体墙结构，还可采用钢龙骨、木龙骨、或混凝土结构。在结构计算中，一般不考虑支撑墙与外层面墙的剪切复合作用。

第三节　复合墙体设计原则及构造要求

复合墙体在结构设计时应考虑以下因素的影响：结构骨架的缩短和支撑构件的变形、水平荷载、温度变形、施工误差、潮气渗透。

1. 结构骨架的缩短和构件变形影响　墙体与主体结构的连接需适应结构骨架的缩短和支撑构件的变形。

图 6 – 2 所示为一复合外墙体系，其与楼板连接处考虑了楼板的变形。

支托砖墙的角钢底面与下一楼层砖墙的顶端间预留了足够的缝隙，以适应支撑结构的缩短变形、砖墙由温湿度变化产生的变形、结构和墙体材料的物理变形、外加荷载以及施工进度（影响残余变形的总值）等因素的影响。

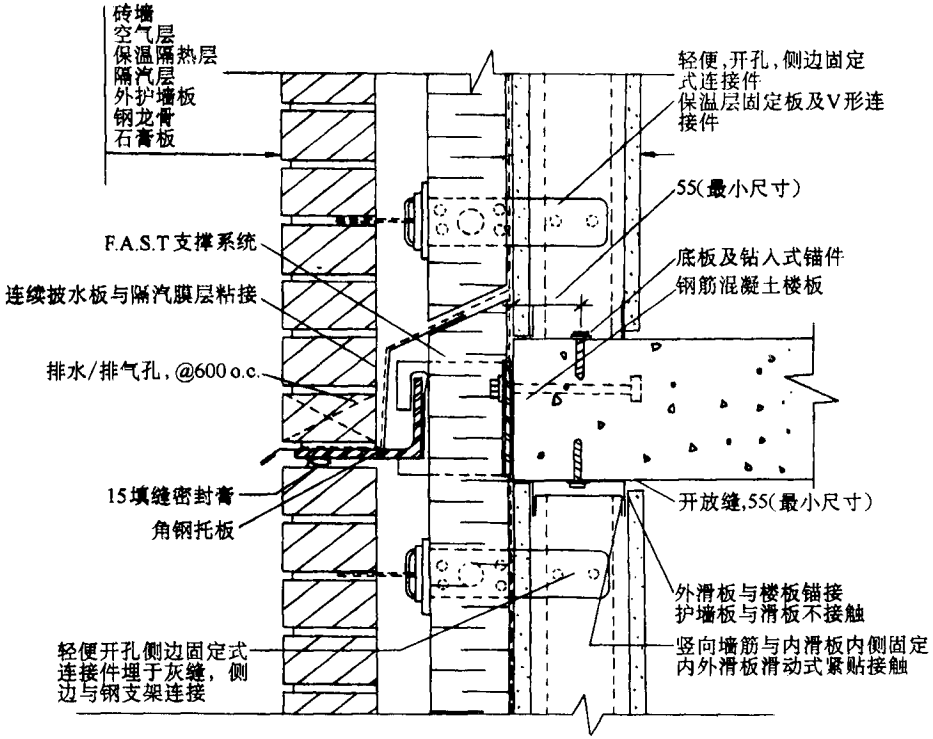


图 6－2　钻入式锚件将钢龙骨与混凝土楼板连接的做法

面层的施工一般是在楼板可以承受由墙体传来的荷载后立即进行，并考虑施工速度和工期对结构变形的影响。通过在建筑物水平方向有规律设置的水平伸缩缝，可防止由楼板变形引起的墙体附加荷载。

2. **水平荷载因素**　复合墙体上作用的水平荷载通过连接件（锚固件、拉结件、连接扣件）传递到主体结构。连接件的设计应适当考虑墙体的完整性，因为隔汽层被穿透的数量与连接件的多少和在结构中所处的位置有关。连接件的布置应考虑传力和保温的双重作用。连接件形式的选择受其位置和到边缘的距离等因素影响。图 6－2 表示一钻入式锚件将钢龙骨的链板与混凝土楼板连接的做法。

连接件与砌体墙肢间的相互作用受砌体类型、砂浆型号、埋置深度、连

接件形状及有无竖向荷载等因素影响。连接件在墙体内的高度也会影响其性能。受力最不利的连接件位于墙体顶端，在此部位墙体所受竖向压力最小，而连接件的荷载最大。图 6－3 所示是根据加拿大规范 S304.1 和 A370—94 设置的开洞处墙体连接件。有关连接件、锚固件的详细要求，可参照加拿大 CSA 规范 A370—94《砌体墙连接件》和 CSA 规范 A371《砌体结构施工》的内容。

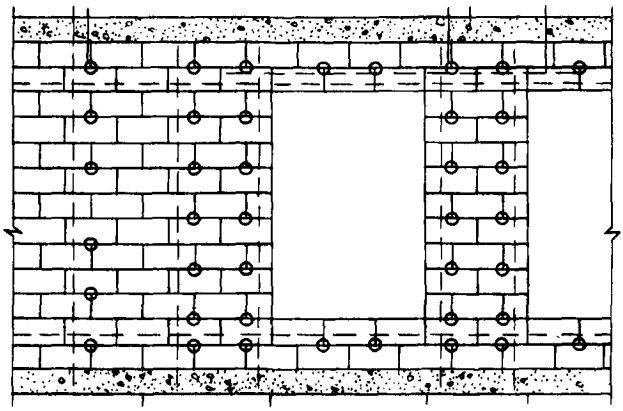


图 6－3　墙体连接件

3. 温度引起的变形　复合墙体对大的温差的负作用更为敏感，在剪力作用下的构件，可能导致过大的温度变形。采用设置空气层等办法可缓解温度变形引起的负面作用。图 6－4 所示复合墙体体系，外墙肢抵御潮气，空气层易于干燥排水。

4. 潮气的流动　加拿大复合墙体设计考虑了潮气透过墙体的流动对保温效果的影响。其在墙体的面层和保温隔热层之间设置空气隔离层，并在楼板处设置披水板，对内侧墙体起防雨作用，并可阻止潮气的侵入，从而提高了墙体的耐用性能。复合墙体的设计中考虑了潜在的冷凝点在墙中的位置，保证支撑墙肢内不发生冷凝现象。对于主要起保温作用的墙体，隔汽层应设置在保温层的室内一侧，即温度较高一侧。

第四节　连接构造要求

1. 墙体与屋面的连接　墙体与屋面连接处应使隔汽防潮层保持良好的连

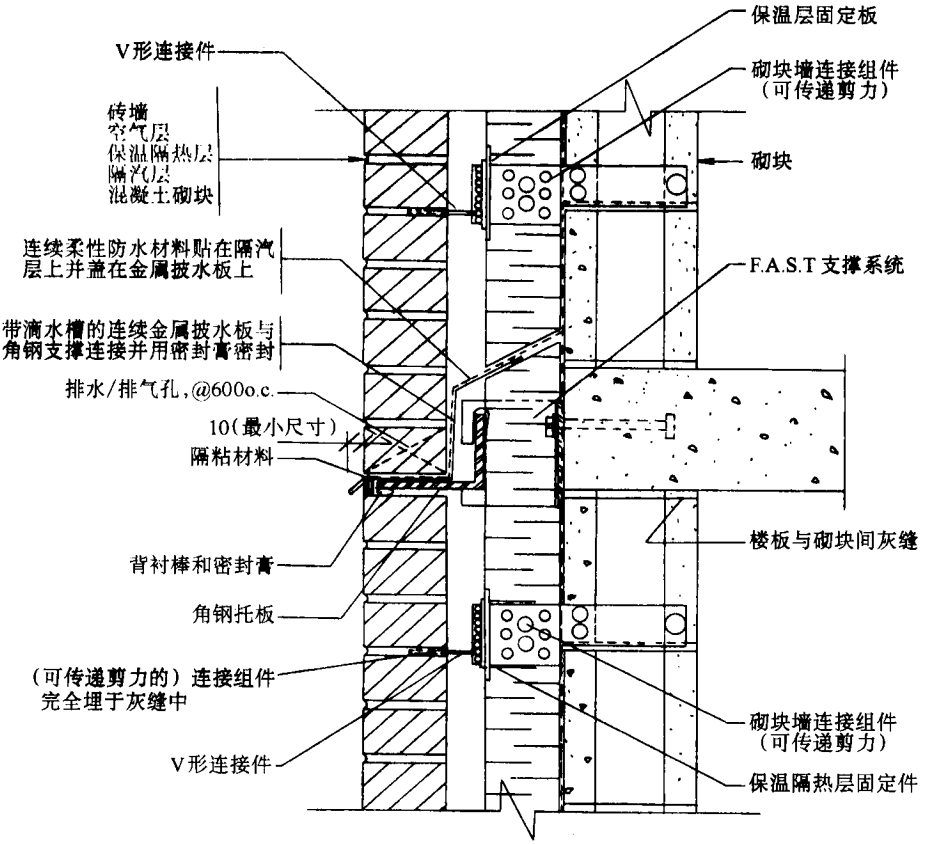


图 6－4　复合墙体外墙肢

续性，并根据防止支撑墙体发生冷凝的原则，设计连接细部构造。例如，对高低女儿墙的设计应参照图 6－5 所示的女儿墙的细部，对于高于 600mm 的女儿墙，或湿度大的建筑物，这一细部构造不太合适，因为在温度低的女儿墙处会产生冷凝，引起破坏。

2. 墙体与楼板的连接　外侧墙肢在中间楼层的支撑处构造应周密考虑，使热层和隔汽层保持连续。外墙在首层终止处的设计与在楼层处相似，应保证保温和隔汽层的连续性。图 6－6 所示为在基础水平处根据上述要求所做的处理。

3. 墙体在通风管道处的构造　管道或其他构件穿透外墙，使隔汽层的连续性受到破坏，是导致保温性能受损的主要诱因。合理的安装通风系统需要仔细设计施工的程序，并适当考虑墙体漏气问题。经过空调后的气体若泄漏在墙体的内外墙肢间，对墙体是十分有害的。图 6－7 所示为典型的通风管

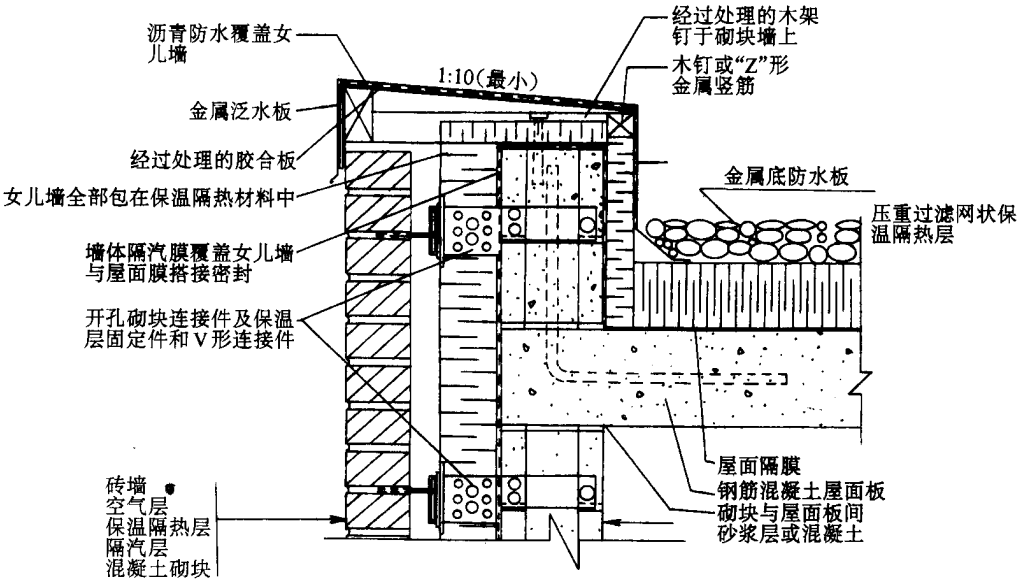


图 6－5 砖—砌块复合外墙在低女儿墙处做法详图

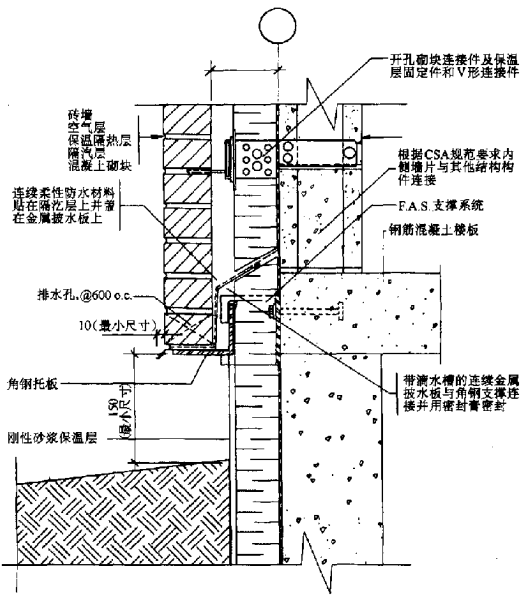


图 6－6 砖—混凝土砌块复合外墙在基础处细部做法

道与墙体间的细部构造。

如果墙内侵入雨水或已发生结露，保温材料可能会影响这些水分的干燥。夹壁墙和砌体面墙体系通过在墙肢间设置空气层，可以阻止雨水的侵入

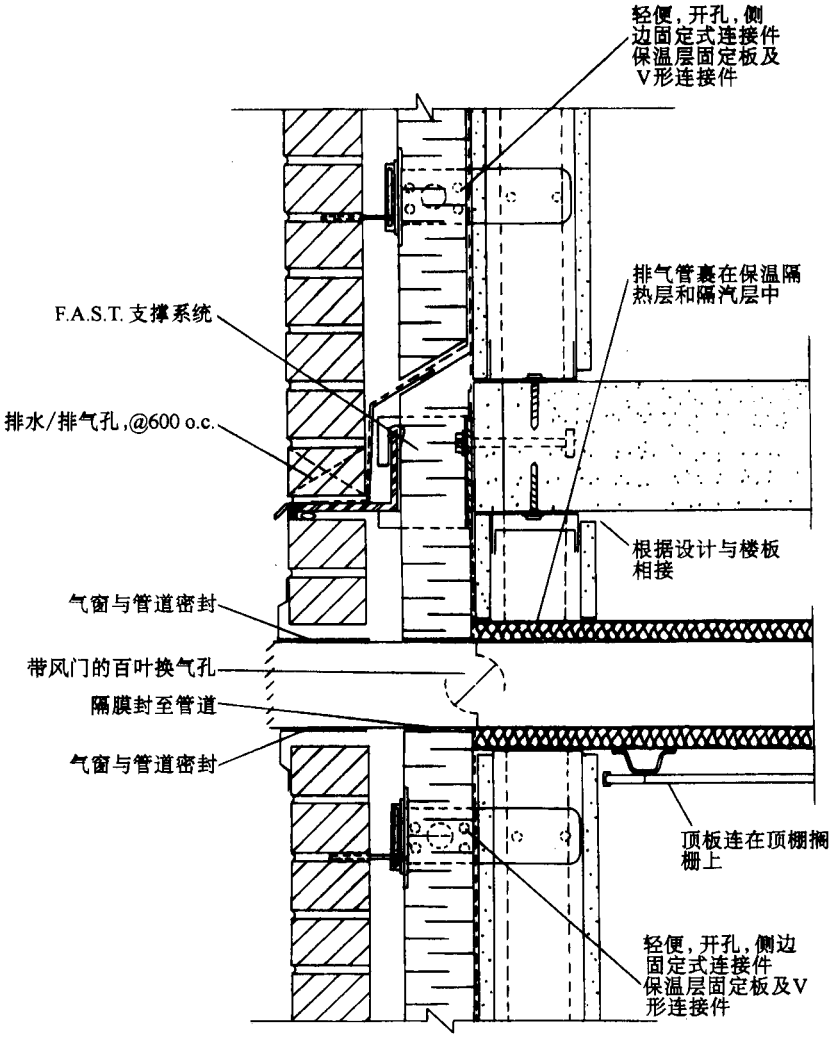


图 6－7　砖—钢龙骨复合外墙在排气孔处细部做法

且易于干燥排水，具体方法是在支撑处设置披水板、排水孔，做开缝等，使雨水或结露水流出墙外，并通过设置通风孔使夹缝中墙体干燥。

对于设置了保温层的复合墙，由内外墙肢间温度差、材料性能差异引起的剪应力的大小受连接件刚度、连接件数量和间距，以及夹层宽度等因素影响。这种应力一般较小，对 12m 以下的墙体不会造成很大影响。

当夹壁墙外墙肢为烧结粘土砖，内墙肢为混凝土砌块，砖在潮湿环境中膨胀，而混凝土砌块则收缩，使砖墙内产生压应力，而砌块墙产生拉应力。在砖墙中产生的压应力对缓解墙体开裂、阻止潮气侵入是有益处的，在砌块墙中产生的

拉应力可通过设置竖向钢筋承受。

图 6－8 所示在夹壁墙中使用的几种具有专利技术的连接件体系。建议使用者应获得符合加拿大规范 CSA A370 要求的可靠数据后，方可在设计和施工中采用。

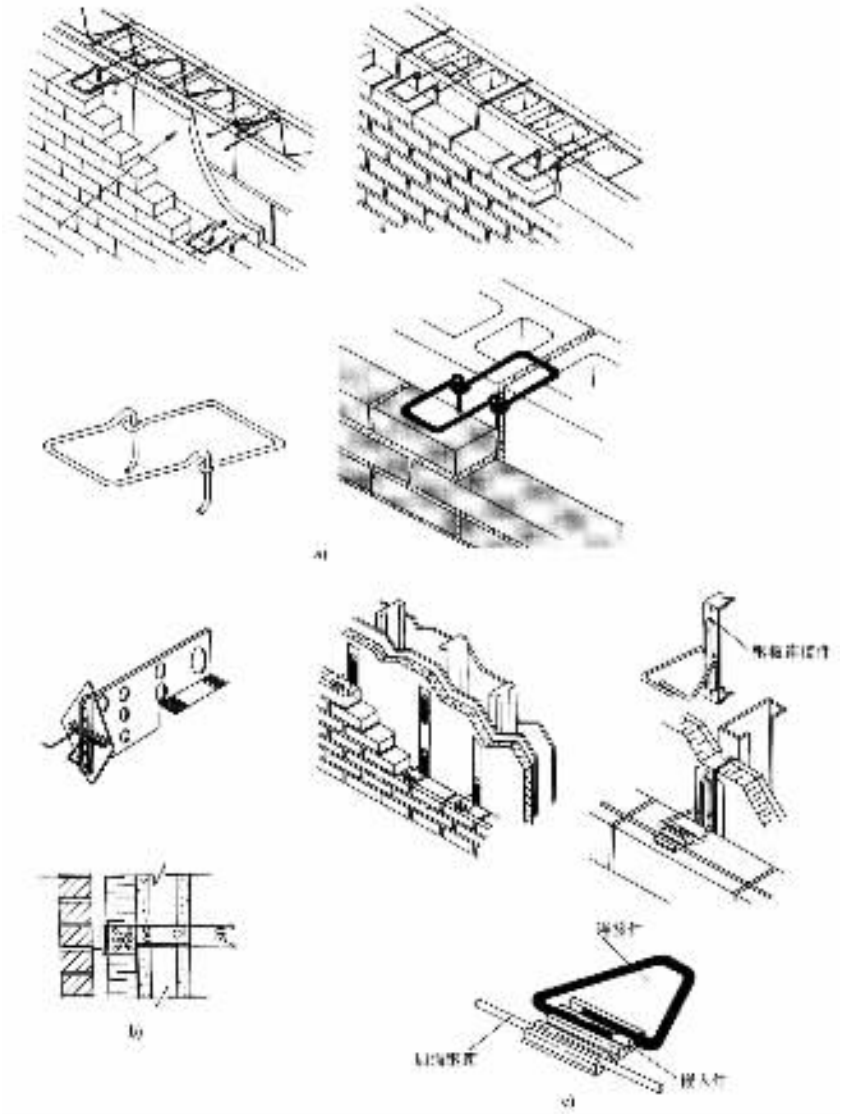


图 6－8　夹壁墙中使用的几种具有专利技术的连接件

a）矩形连接件　b）剪力连接件　c）钢结构墙体连接件

第七章　美国 IMSI 外墙保温技术体系

第一节　概　　述

IMSI 保温墙体体系是一种墙体体系。IMSI（1nsulated Reinforced Masonry System）是英文配筋砌体结构体系的简称。该体系属夹芯保温墙体体系，其特点是砌块孔型设计独特，混凝土多孔砌块内插保温板使夹芯墙体可完成承重和保温双重功能，砌块水平接缝一般不坐浆，墙体施工简便，保温层获得有效保护，防火性、耐久性较好。

第二节　墙体组成

IMSI 夹芯保温墙体的组成自内向外有：内侧砂浆层、IMSI 砌块墙体、外侧砂浆层，其中砌块内侧孔根据结构设计需要，在墙体适当位置设置芯柱，外侧孔插入聚苯板，构造示意图如图 7－1 所示。

第三节　墙体材料

IMSI 砌块分为 200mm 厚和 300mm 厚两种，主规格砌块尺寸为：390mm×190mm×190mm，390mm×290mm×190mm，砌块形状见图 7－2 所示。

保温插板为膨胀聚苯板，为配合砌块孔洞形式，插板形状经过了特殊设计，如图 7－3 所示。保温插板分为长板和短板。其中，短板的作用是封闭砌块接缝间的空隙，使保温板形成连续的屏幕式绝热层，防止冷、热桥的出

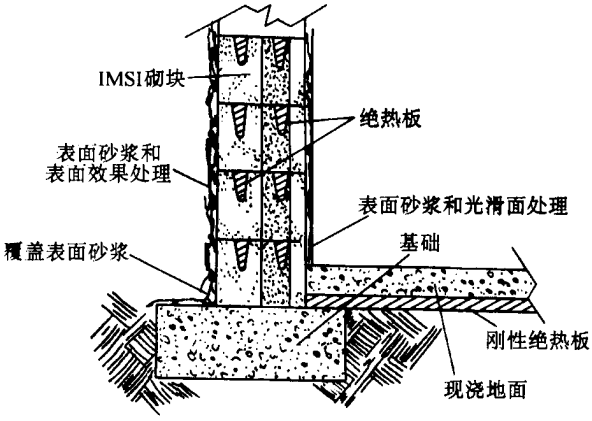
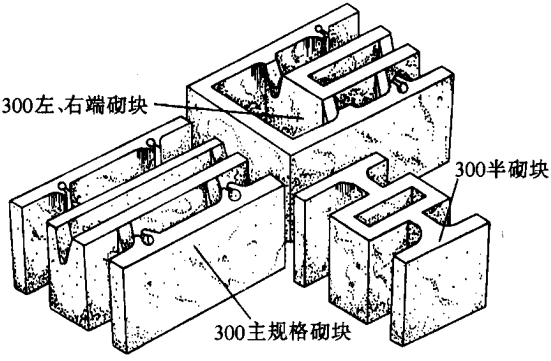
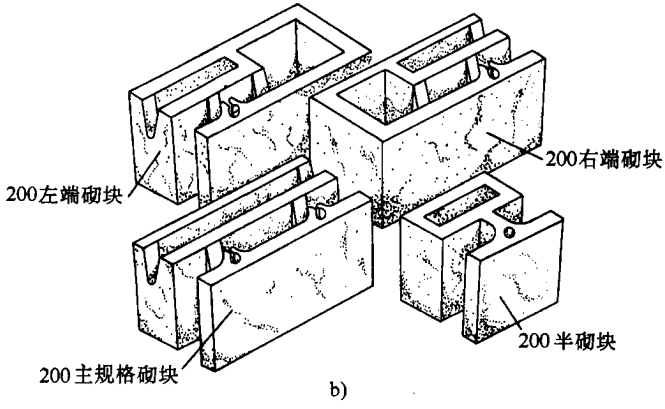


图 7－1 IMSI 墙体构造示意图



a)



b)

图 7－2 IMSI 砌块

a）300mm 厚砌块 b）200mm 厚砌块

现。

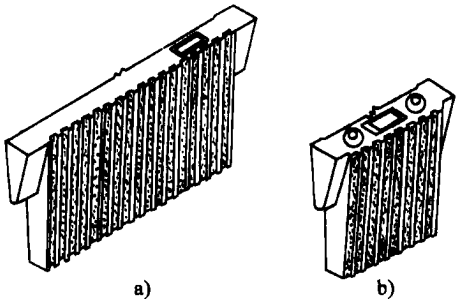


图 7－3　IMSI 保温插板

a）长板　b）短板

砌块墙体内外侧均涂抹纤维增强水泥砂浆，称为 IMSI 表面砂浆，也称 Q—结合剂砂浆，是专有配方的干混砂浆，现场拌水后即可使用，具有抗裂、抗渗性能，且可以做成多种颜色。

第四节　墙体设计

IMSI 墙体设计应符合规范关于免浆砌筑墙体设计要求。设计应依据可靠数据或参考 IMSI 技术规程等资料。

第五节　墙体施工

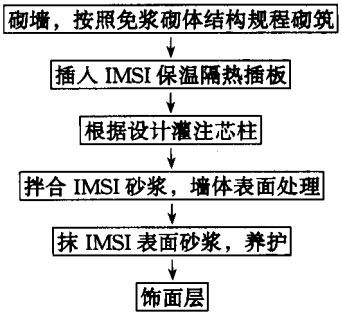
1. 施工程序　墙体施工程序如下列框图所示：

2. 施工要点　IMSI 墙体为免浆砌筑的墙体，施工应满足砌块墙体砌筑的要求，并应注意以下各点：

1）第一皮砌块要坐浆，待砂浆凝固干燥后再砌筑以上各皮砌块。免浆砌筑时，可使用专用垫片或砂浆找平。

2）电源盒等需嵌固的附件，最好准确嵌固在砌块上，再砌筑该砌块。电源盒等嵌固件一般不设置在芯柱附近，以免灌浆时浆体流出。

3）现场拌制干混砂浆时，在干净的容器内倒入 5.7L 水，然后加入一袋



（22.7kg）砂浆，搅拌时间切忌过长，以免纤维起团。机械搅拌只需 30～45s。砂浆初始搅拌后，每隔半小时加少量水，以免干硬。

4）涂抹砂浆之前，将砌体表面淋湿，但不要过湿。抹灰自下而上呈倾斜角。变换抹灰手法，获得多种灰饰效果。

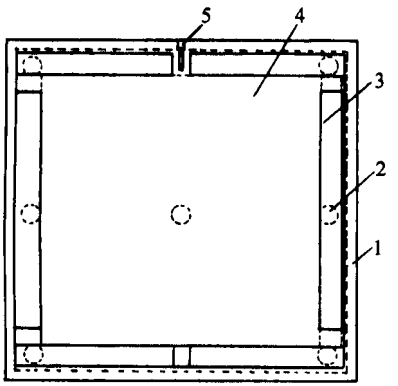
5）抹灰应在初凝前完成。抹灰后 24h 内应喷水养护 2 次。干燥环境下增加喷水次数。雨雪季施工时，砌筑好的墙体应予以保护。

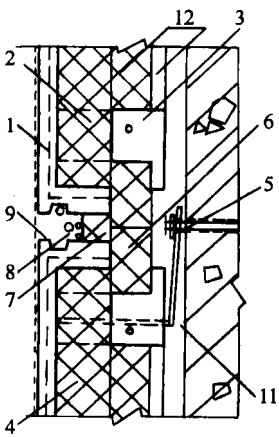
其他工作要点见 IMSI 墙体及免浆砌体结构相应施工规程。

第八章　积木式外墙外保温体系

第一节　概　　述

积木式外墙外保温体系的保温板采用组装施工，具有施工方便、保温体系与结构的连接更加牢固、结构及装饰的适用形式广泛、工程造价低廉等特点。体系的构造如图 8－1 所示。





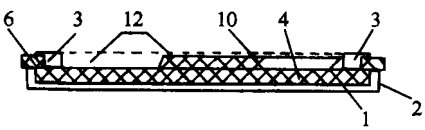


图 8－1　积木式外墙外保温体系构造

1—板体　2—连接柱　3—内框（与外墙面粘结）　4—保温层　5—板边聚苯封条　6—吊挂钩　7—板缝聚苯盖条　8—聚苯粒水泥砂浆填缝材料　9—板缝表面防水层　10—密封吊挂钩的聚合物砂浆　11—聚合物砂浆粘接层　12—空气层

积木式外墙外保温体系的施工过程与砌体的砌筑过程或混凝土的浇筑过程同时进行，与外贴聚苯板外墙外保温形式相比，减少了粘贴工序，缩短了工期，且施工质量容易保证。采用普通混凝土砂浆抹面，使工程造价比外贴聚苯板做法降低25%左右。连接件采用经特别研制的工程塑料注塑成形，可承载较大外饰层荷载。

第二节 适用范围

积木式外墙外保温体系适用于新建混合结构或现浇混凝土剪力墙结构。板规格见表8－1。

表8－1 保温板的规格及适用形式

项目型号	适用形式	规格（长/mm）×（宽/mm）×（高/mm）	表观密度/kg·m^{-3}	自熄时间/s	成形方法
E—18	砖混结构	975×615×50	≥18	2	切割
E—22	剪力墙结构	1200×415×50	≥22	2	模塑

当用于混合结构时，积木式外墙外保温体系随着外墙的砌筑而逐层安装连接件和保温板，并可通过调整保温板的模数适应各类砌块模数的要求。

在应用于现浇剪力墙结构时，可先将连接件和保温板插接成片，并用橡皮条定位到钢筋墙上，然后在保温板的外侧安装钢模板或具有相应功能的平面支撑系统，利用混凝土的侧压力将外墒外保温体系通过连接件紧紧地固定到混凝土外墙上，如图8－2所示。

积木式外墙外保温的传力结构为：外饰层→连接件→结构，而外贴聚苯板形式的外墙外保温的传力结构是：外饰层→聚苯板→结构。传力结构的合理设计，使积木式外墙外保温的外饰层承载力可达1000N/m^{2}以上，可采用多种形式饰面层，如：玻璃纤维网布聚合砂浆抹面、外挂石材、贴瓷砖、外挂钢（板、丝）网普通混凝土砂浆二次抹面等，解决了现有外墙外保温外饰层挂面砖承载力不足的技术难题。

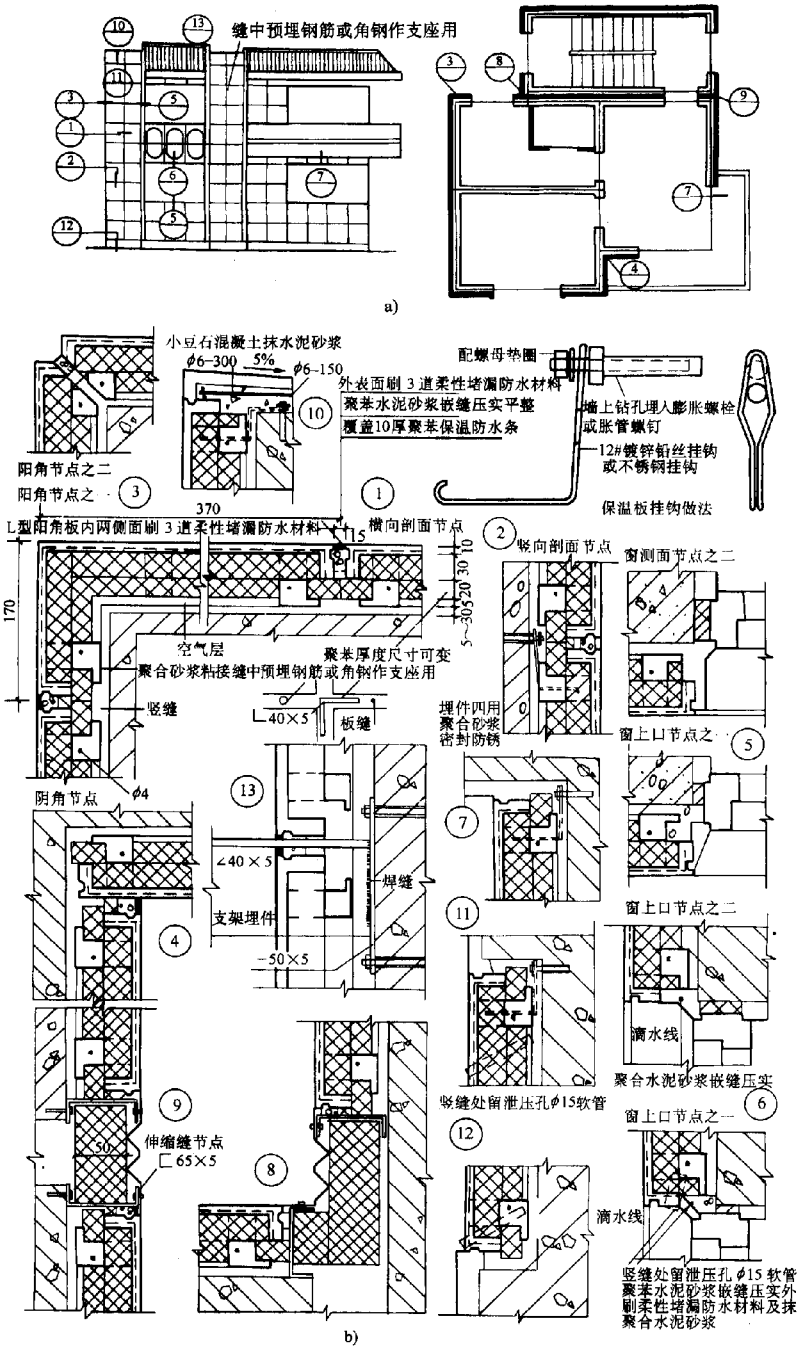


图 8－2　外保温通过连接件固定到混凝土外墙做法（续）

a）分块和板块配置　b）节点做法

第三节　施工方法

参照华北建筑设计标准化办公室编写的外墙保温图集（88J2—X8）的施工作法。并应注意积木式外墙外保温体系的聚苯板采用模塑成形，标准插块式设计，聚苯板的固定不是采用低碳钢丝而是经特殊设计的塑料连接件。

第九章　SB 板墙体保温体系

SB 板外墙外保温技术的特点是保温性能显著，施工工艺简单，建筑装饰可灵活多样，造价较为低廉，可以用于低层、多层和高层住宅或公共建筑。

SB 板分为两种，SB1 板采用斜丝不穿透聚苯板的做法，直接固定于混凝土墙、粘土砖墙、混凝土砌块墙、灰砂砖墙等结构墙体外表面上，其表面可进行各种抹灰或粘贴各种装饰材料；SB2 板采用斜丝穿透聚苯板的做法，主要用于现浇混凝土外墙的外保温。在浇灌混凝土后 SB 板即与新浇混凝土结为一体，然后在 SB 板上抹以面层砂浆。由于面层砂浆有与斜插钢丝相结合的大片钢丝网加强，可以抵抗各种内外应力，因而其面层与聚苯板结合牢固，不致产生裂缝或空鼓脱落。

第一节　墙体基本构造

SB1 板，又称单面斜丝不透型 SB 板，以聚苯板为保温基屋，双向交叉斜插入 ϕ2.2mm 冷拔钢丝，所插入的钢丝插入保温层内 4/5 而不透，单面覆以网目为 50mm × 50mm 的 ϕ2mm 冷拔钢丝网片，组装焊接而成，其构造见图 9 – 1。

SB1 板产品规格见表 9 – 1。并可根据用户规定尺寸加工。

表 9 – 1　　SB1 板的规格尺寸　　（单位：mm）

项次	项目	长度	宽度	整板厚度	芯板厚度
1	标准型	3000	1200	63	50
2	非标准型	2700	1200	63	50
3	非标准型	2400	1200	63	50

SB2 板，又称单面斜丝穿透型 SB 板，以聚苯板为保温基材，其外侧表

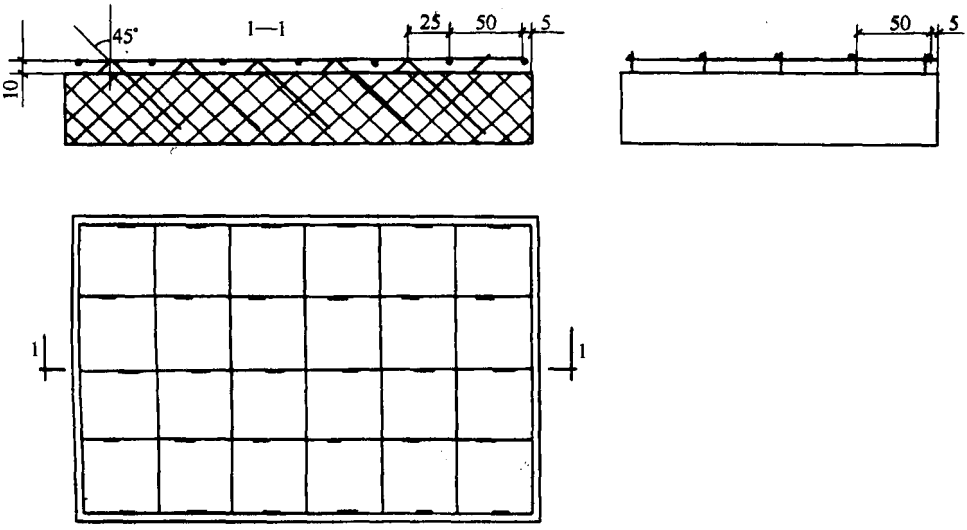


图 9－1　SB1 板构造

面加工成 30～50mm×10mm 的梯形挂灰槽，双向交叉斜插入 ϕ2.2mm 冷拔钢丝，钢丝透过保温基层 25mm，并在梯形挂灰槽一侧覆以网目为 50mm×50mm（丝径 ϕ2mm）的冷拔钢丝网片，组装焊接而成，其构造见图 9－2 所示。产品规格见表 9－2。

表 9－2　　SB2 板的规格尺寸　　（单位：mm）

项次	项目	长度	宽度	整板厚度	芯板厚度
1	标准型	3000	1200	85	0
2	非标准型	2700	1200	85	50
3	非标准型	2400	1200	85	50

第二节　墙体材料性能要求

材料性能应满足表 9－3 的要求。

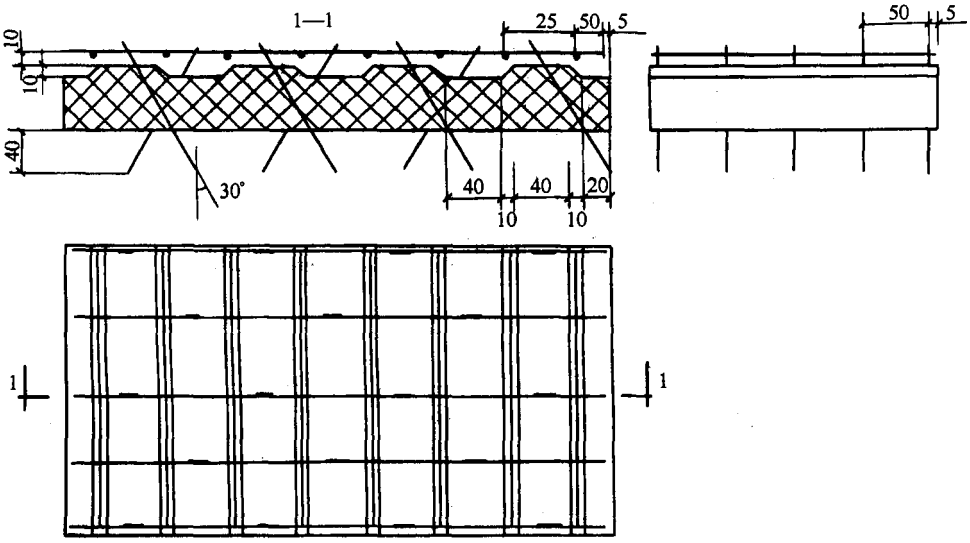


图 9－2　SB2 板构造

表 9－3　　材料性能要求

项　　目		直　径/mm	抗拉强度/MPa	冷弯试验反复弯曲 180°
钢丝①	板面网片	$\phi 2.0 \pm 0.05$	≥550	≥6 次
	斜插的冷拔钢丝	$\phi 2.2 \pm 0.05$	≥550	≥6 次
保温基层①		表观密度/$kg \cdot m^{-3}$	氧指数	
		15～20	≥30	
抹灰砂浆		面层①	并符合 GBJ203—98 的有关规定	
		采用水泥砂浆或混合砂浆，≥M20	用 C20 小石混凝土	
聚苯板耐火性能试验		氧指数		
		36.2		

①其余性能应符合 GBJ343—1994 的规定。

第三节　墙体传热系数

墙体的传热系数，见表 9－4。

表 9－4　　SB 板复合墙体的传热系数　　[单位：W/（m^2·K)]

板　型		SB1 板				SB2 板			
EBS 板厚度/mm		50	60	70	80	50	60	70	80
钢筋混凝土墙厚度/mm	180	0.78	0.67	0.59	0.53	1.07	0.94	0.84	0.76
	200	0.78	0.67	0.59	U.53	1.06	0.93	0.84	0.75
粘土砖墙厚度/mm	240	0.68	0.60	0.53	0.48	0.89	0.80	0.72	0.66
	370	0.61	0.54	0.49	0.45	0.78	0.70	0.65	0.60

第四节　墙体其他构造

采用 SB1 板时，由于插入钢丝并未穿透，必须用射钉与 U 形铁板固定，见图 9－3 所示。其他构造见图 9－4 和图 9－5 所示。

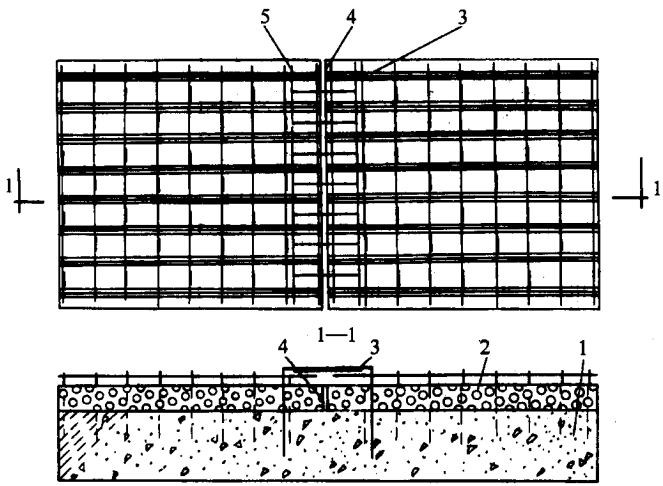


图 9－3　SB1 板用射钉与 U 形铁板固定

1—钢筋混凝土外墙　2—钢丝网架聚苯保温板　3—U 形 8 号镀锌铁丝穿过保温板与墙间钢筋缠绕或绑扎　4—保温板竖向拼缝，切锯时应平直，缝隙宜越小越好　5—板缝附加网片，用火烧丝与钢丝网架绑扎

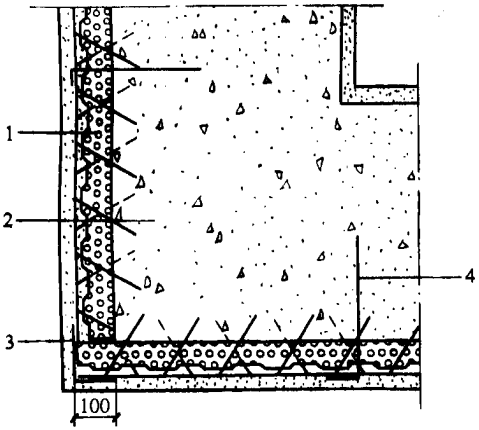


图 9－4　SB2 板外墙阳角构造

1—钢丝网架聚苯保温板　2—钢筋混凝土外墙

3—附加钢丝网角网　4—锚固筋 600mm×600mm 间距（穿过保温板部分刷防锈漆两道）

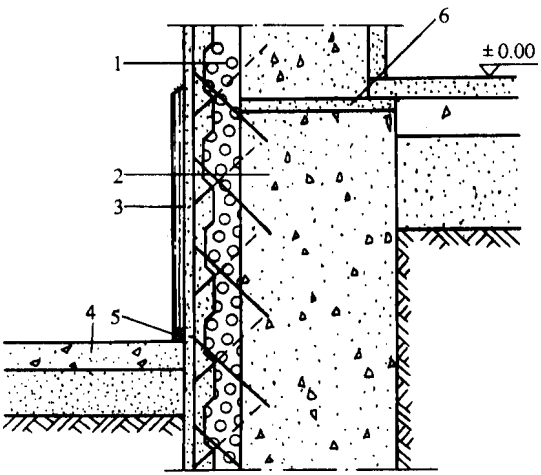


图 9－5　SB2 板墙体勒脚构造

1—钢丝网架聚苯保温板　2—钢筋混凝土外墙

3—3cm 厚抗裂砂浆粘耐碱玻璃纤维布　4—散水 5—嵌缝油膏　6—防水砂浆

第五节　墙体施工

1.SB1 安装施工　SB1 型板材安装需配置以下工具：各种宽度的冷拔钢

丝平网、角网和U型网，ϕ6钢筋头和U型铁板、射钉、射弹和22号镀锌丝；射钉枪、断丝剪、钢尺、钢锯及施工一般常用工具。

1）施工流程。清理墙面；拟用板检查；按图样尺寸裁板；拼接板，与墙面固定；板缝补强。

2）施工要点。SB1板的质量必须符合《JC623—1996》及《Q/LSU001—1998》的规定，对于由运输、堆放造成的变形，须予以矫正，脱焊点必须补焊或用铁丝扎紧。板材须用射钉枪和U形铁板与墙面固定好，并进行板缝补强，在门窗洞口四周用连接网补强。将接线盒预埋位置留出，并将接线盒预埋件固定好。SB1板与其他墙体、楼面、顶棚、门、窗的连接，所用配件的规格、数量和技术条件必须符合设计要求。其他细节详见中国建筑科学研究院结构所和山东龙新建材股份有限公司合编的舒乐舍板墙体构造设计图集。

2.SB2型板安装施工　SB1型板材安装需配置以下工具：各种宽度的冷拔钢丝平网、角网和U型网，ϕ6mmL型钢筋、ϕ10mm短钢筋头和22号镀锌铁丝；断丝剪、钢尺、钢锯及施工一般常用工具。

施工程序和要点为：安装前首先对拟用SB2板的梯形槽面喷涂一层EC—1型表面处理剂，以便抹水泥砂浆。在墙体已绑扎好的钢筋骨架外侧绑好垫块。按图样尺寸裁SB2板，将板安装在钢筋骨架外侧，斜插丝出头的一面靠紧垫块，安装每块板的高度以1.5m为宜，用总长度为200mm的ϕ6mmL型钢筋锚固件穿插透芯板，再用钢筋扎线将锚固筋的弯钩与板钢丝呈十字交叉部分绑扎牢固，L型锚固筋应为梅花形布置，双向间距为500mm左右。在浇筑混凝土前，在钢丝交叉部位与芯板间加垫一厚度为100mm的垫块，同锚固筋弯钩和钢丝网一起绑扎牢固，以避免混凝土振捣时所产生的侧压力，使芯板梯形槽面与钢丝网挤靠在一起。

SB2板与墙体钢筋固定好后，安装钢模板。钢模板必须是大模板，或滑动模板。外模必须固定牢固，不得挤压SB2板。

混凝土应分层连续浇灌，每层浇灌深度为500～700mm。落料口应尽量分散。浇灌混凝土时振动棒应直上直下振动，应避免碰到保温板，造成破损。混凝土浇灌至板顶后停止。进行上层模板安装，安装完毕后再进行下道混凝土浇灌工序。

SB2板于钢筋混凝土墙体浇灌完毕，并养护至混凝土达到强度后，拆除模板。拆模后，穿墙套管卸除所产生的聚苯板内的孔洞，仍应填塞聚苯材

料。待检查完毕，一切妥善后，再进行板面抹灰。

3. 墙面抹灰　抹灰时，环境空气温度不得低于 4℃。每层抹灰的间隔时间不小于 24h，气温较低时应当延长。抹灰施工要点：

1）抹灰前，应清除板面灰尘、污垢等杂物，清理浇灌混凝土时接缝间可能有的漏浆。在相邻的 SB 板间安设拼缝网片，并绑扎牢固。

2）墙体抹灰分三层，底层厚度 12～15mm；中层厚度 8～10mm；罩面层厚度 3～5mm；总厚度不小于 25mm。抹灰前先喷界面剂。底层和中层用同一配比砂浆，砂浆标号按图样设计要求，并掺入 EC 砂浆抗裂剂。室外墙面抹灰应在砂浆中加入适量的防水添加剂。

3）抹面要点为：抹面自下而上，底层用木抹子反复揉搓，使砂浆密实，墙面粗糙。中层要在底层上洒水润湿，抹灰后用刮板找平，表面搓毛。罩面层时，按中层相同的方法抹灰，并在收水后用铁抹子抹两遍。

4）每层水泥砂浆终凝后均应洒水养护，使表面保持湿润，避免脱水。各类层之间应按每块墙面 35～40m^2 设变形缝。

5）在水泥砂浆表面上可做饰面，包括使用建筑涂料、刮腻子、装饰等，其做法应符合（JGJ73—1991）有关规定。

第六节　造价分析

芯板厚度为 5cm 的 SB 板：

SB 板（含 200km 以内运费）	48.00 元/m^2
抹灰砂浆材料费	5.00 元/m^2
其他材料费	5.00 元/m^2
板材安装及抹灰人工费	14.00 元/m^2
小计	72.00 元/m^2

第十章　低温地板辐射采暖技术

低温地板辐射采暖技术是一种新兴的采暖节能技术，我国有些工程已采用，并取得良好效果。

第一节　概　　述

1. 低温地板辐射采暖的工作原理　低温地板辐射采暖的工作原理是使加热的低温热水流经铺设在地板层中的管道，并通过管壁的热传导对其周围的混凝土地板加热，低温地板以辐射方式向室内传热，从而达到舒适的采暖效果。

2. 辐射地板构造　辐射地板一般由供暖埋管和覆盖混凝土层构成，如图10－1所示。基层为钢筋混凝土楼板，上铺高效保温材料隔热层，隔热层上敷设塑铝复合管，塑铝复合管上铺钢筋加强网，其上为混凝土地面和装修层。

3. 采暖系统　低温地板辐射采暖系统，如图10－2所示。该系统由4部分构成，热源、分水器、采暖管道和集水器。

（1）热源：可以用天然气或电为燃料，通过燃气或电热水器产生不高于65℃的热水或地热水。供暖回水、余热水等经主供水管进入分水器。

（2）分水器：热水经供水主管进入分水器，再经过分水器进入各环路采暖管道。分水器起到均匀分水作用。

（3）采暖管道：热水经分水器进入环路采暖管道，加热房间。

（4）集水器：热水从各环路采暖管道进入集水器，再由回水主管道回到燃气热水器。

供暖方式由低压微型泵将低于60℃的热水，通过交联管循环，加热地表面层以辐射的方式向室内传热，从而达到舒适的采暖效果。

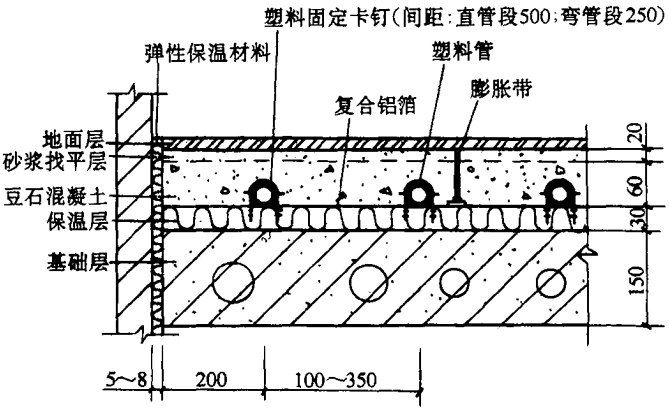


图 10－1　辐射地板构造示意图

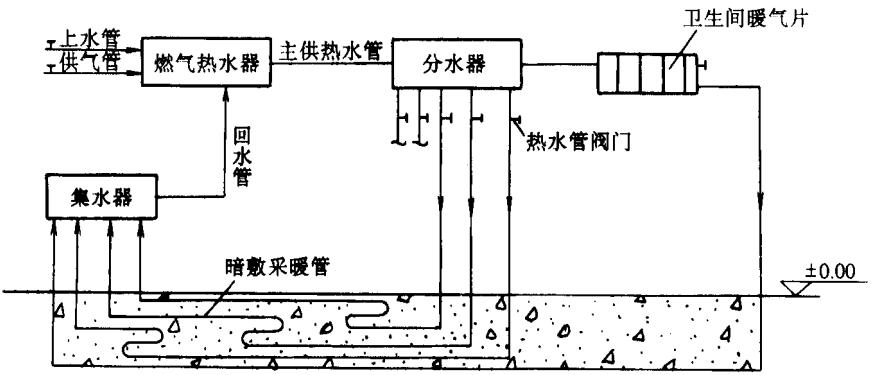


图 10－2　低温地板辐射采暖系统图

由辐射地板构造和采暖系统图可知，影响采暖效果的主要因素有：

1）塑铝复合管在房间中单位平方米敷设的长度。

2）覆盖在塑铝复合管上的混凝土层的厚度及其上的介质材料性能。

3）塑铝复合管下的隔热介质材料性质。

4）塑铝管的布管形式及管径的大小。

4. 低温地板辐射采暖的特点

1）高效节能。其一，该系统可利用余热水；其二，辐射采暖方式较对流采暖方式热效率高，若设计按 16℃参数选用，可达 20℃的供暖效果；其三，低温传送，在输送热媒过程中热量损失小。

2）使用寿命长，安全可靠，不易渗漏。交联管经过长期静水压试验，连续使用寿命可达 50 年以上，同时在施工中采用整根管铺设，地下不留接口，消除渗漏隐患。

3）解决了大跨度和矮窗式建筑物的供暖需求。如在宾馆大厅、影剧院、体育馆、育苗（种）等场所应有用，效果十分理想，也为设计者开拓了设计思路，增加了设计手段。

4）采暖十分舒适。室内地面温度均匀，梯度合理。由于室内温度由下而上逐渐递减，地面温度高于呼吸线温度给人以脚暖头凉的良好感觉。

5）室内卫生条件得以改善。由于采用辐射散热方式，不使污浊空气对流。

6）不占用使用面积。这不仅节省为装饰散热器及管道设备所花的费用，同时增加了居室的有效利用面积 1%～3%。室内卫生、美观。

7）热容量大，热稳定性好，在间歇供暖的条件下温度变化缓慢。

8）维护运行费用低，管理操作运行简便，安全可靠。在系统运行期间，只需定期检查过滤器，其运行费用仅为系统微型泵的电力消耗。

9）供暖系统易调节和控制，便于实现单户计量。按北欧经验，用热计量取热费代替按面积收取热费的方法可以节约能源 20%～30%。采用地板辐射采暖时，由于单户自成采暖系统，只要在分配器处加上热计量装置，即可实现单户计算。

5. 发展前景 “以塑代钢”技术的发展，加速了低温地板辐射采暖技术的发展。低温地板辐射采暖技术从 20 世纪 30 年代开始在一些发达国家应用，我国 20 世纪 50 年代末已将该技术应用于一些工程中，由于当时技术条件和材料工业的限制，只能采用钢管（或铜管）。由于管材成本高、接口多、易渗漏、电化学腐蚀以及易引起地面龟裂等问题，地板辐射采暖技术的应用受到了极大的限制。目前，我国引进国外技术和进口原料生产的 XLPE 管（交联聚乙烯管），PP—C（改性聚丙烯），聚丁烯管，均符合有关国际标准，作为低温地板辐射采暖的加热管，完全符合要求，而且具有一般金属管材所没有的耐腐蚀、阻力小、寿命长的优点，目前已广泛用于实际工程中。

6. 低温地板辐射采暖在住宅中应用存在问题

1）由于目前地板采暖的通水管，国产化过程中存在着国产原料供应断档，生产设备投资大等因素的限制，致使短期内通水管等关键部件尚需依赖

进口，因此，价位较高，应用范围受到一定限制。

2）从技术角度看，地板采暖在住宅中应用需占最小 60mm 的标高，所以建筑物每层需增加层高 60～100mm。

3）地板采暖属于隐蔽工程，可维修性较差，一旦通水渗漏维修难度较大，需要专业人员用专用设备查漏和修复。

第二节　低温地板辐射采暖技术的应用

1. 采暖系统的布置　该采暖系统多为单元独立的自采暖方式，取消了传统的小区锅炉供暖所需要的设施。低温地板采暖系统出水温度为 65℃，回水温度为 40～50℃，并可以由调温阀自调。温度控制钓方法有：调节分水器上的热水管道阀门，控制热水流量或调节控制燃气热水器上的火焰大小。

影响采暖效果的主要因素，已如前述。采暖系统的布置则是重要的环节。

（1）布管形式：布管形式可有单回路、双回路和多回路等。如图 10－3 所示。

为减小水嘴及弯管处的损耗，其弯曲半径应大于等于 5D，D 为管径，由于家具一般贴墙布置，所以，以距墙 350～400mm 布置管道为宜。若房间面积较大，计算后所需暗敷管长若超过 100m 时，应采用暗敷双回路或多回路布置。工程设计要求暗敷管道不应有接头，以防接头处渗漏，难于维修。市场上管道为 100m/盘或 50m/盘，可满足双回路或多回路布置要求。

（2）房间内单位平方米所需管长的计算：以 1620 型号管计算管道阻力与散热量。此管内径为 16mm，壁厚为 2mm，最大流速为 3.7m/s，由沿程摩阻力损失表查出，每 100m 沿程阻力 F_1 为 0.91MPa，每 50m 沿程局部阻力现场仪器检测值 F_2 为 0.46MPa，则单位管道长的阻力 F 为 $F_1 + F_2 =$（0.91/100）MPa +（0.46/50）MPa = 0.0183MPa

若某 $18m^2$ 居室地板热导率为 0.45W/（m·k），供回水温差为 20℃，居室温度为 16～18℃，沿外墙带保温的居室面积每平方米供暖需 35W，则该居室每平方米需管道长度为：35/（20×0.45）m = 3.9m。

该 $18m^2$ 居室所需管道总长就为 18×3.9m = 70.2m。按 72m 管长计算管道

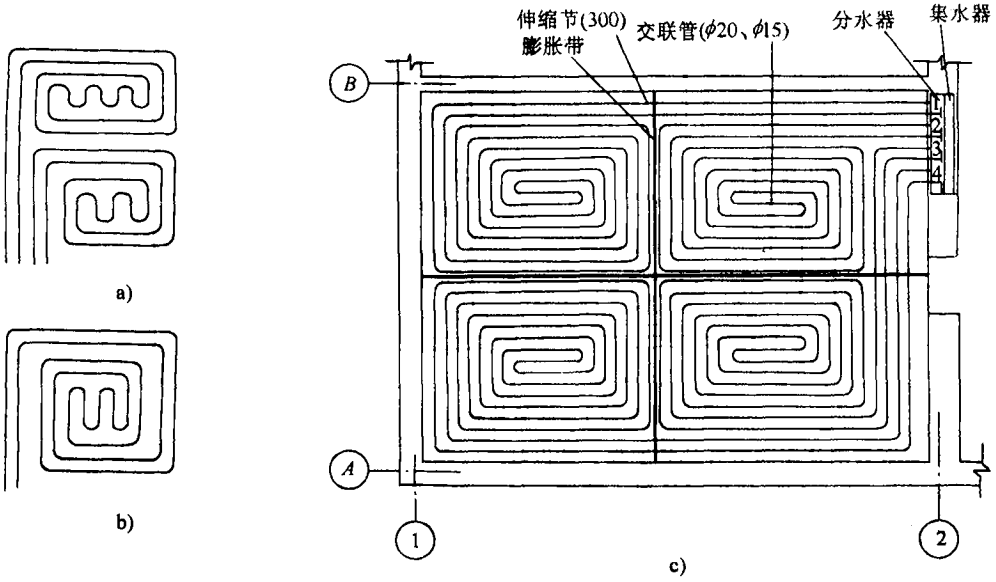


图 10－3　布管形式与平面布置

a）多回路　b）单回路　c）平面布置

阻力，则阻力值应为：0.0183MPa × 70.2m = 1.318MPa。需暗敷管道可取 4m/m^2。可满足居室室温 16～18℃的供暖要求。

该居室所需暗敷管道为 72m，未超过 100m，故可采用单回管布置方式。

2. 管道最佳混凝土覆盖层的厚度　塑铝复合管上的混凝土层越薄，传热效率越好，但会导致混凝土层的损坏。为此，应寻求最佳混凝土层的厚度。经理论分析和对混凝土层及聚苯板隔热层的承重试验表明，聚苯板和隔热层的变形主要受楼板结构层的变形影响，混凝土覆盖层的厚度则主要受混凝土强度等级的影响。一般取混凝土强度等级为 C15 或 C20，混凝土覆盖层的厚度取 30mm 以上，即能满足要求。

3. 辐射地板混凝土层防裂的措施

(1) 荷载作用引起的混凝土层的开裂：通过最不利荷载组合下，对 20mm 厚苯板的加载试验，可知由混凝土板传给苯板的应力值仅为 0.058MPa，当苯板在允许变形值范围时，其应力值为 0.15MPa。表明苯板满足允许变形的要求。因此，混凝土层及苯板保温层除楼板结构层产生过大变形时可能引起混凝土层开裂外，不会因荷载作用产生过大裂缝。

(2) 由于温度和收缩应力产生的混凝土裂缝：为防止混凝土的温度和收

缩裂缝可采用放置钢筋网片和在混凝土中掺加防裂胶或采用聚合物混凝土等措施加以解决。

4. 装饰地面构造做法　为使地面不开裂、装修效果好，且传热效果好，对常用的装饰地面做法进行分析比较如下：

（1）水磨石和彩色水泥地面：该类地面传热效果好，装饰效果一般，缺点是墙边踢脚处易开裂。

（2）磁砖和大理石地面：该类地面装饰效果好，墙边不易开裂，传热效果好。

（3）带龙骨木地板和密实木地板地面：该类地面装饰效果好、不易开裂，但传热效果差。

5. 阻热介质材料的选用　为了防止热量向下层房间的传导，在暗敷塑铝复合管下面要铺设一层阻热介质材料，阻热介质材料的选用，主要依据阻热性能和抗压强度选择。阻热介质材料的搭配及其性能对比，见表 10－1。

表 10－1　阻热介质材料的搭配及其性能对比表

材　料	热导率/W·（m·K）$^{-1}$	抗压强度/MPa	材料组合	适用温度/℃	施工成本综合分析
苯　板	0.0233～0.0348	0.15	苯板＋铝铂	－80～75	铺设简单，造价高，施工条件要求高，效果好
水泥膨胀珍珠岩	0.0587～0.087	0.5～0.8	水泥＋膨胀珍珠岩＋防火漆	≤600	浇筑施工，造价低，效果略差
水泥蛭石	0.0791～0.1105	＞0.25	水泥＋蛭石＋防火漆	－30～1000	浇筑施工，造价低，效果略差
酚酸玻璃棉毡	0.0349～0.0523		酚酸玻璃棉毡＋胶	－100～300	铺设简单、造价高、效果好

根据技术经济分析和施工难易的综合考虑，施工单位可根据房间面积、使用功能要求与建设单位协商，进行阻热介质材料的选择，选用适当的介质材料，以求合理降低造价和确定优化的施工方案。

第三节　低温辐射地板的施工

1. 施工工艺流程　低温辐射地板的施工工艺流程如下：

清理楼板→结构层找平→敷设保温隔热层→敷设塑铝复合管→敷设钢筋网→管道试压（风吹、水洗）→打混凝土毛地面→二次管道试压冲洗→完成地面装修。

2. 施工技术要点

（1）施工前要做好准备工作：施工前准备工作包括，施工人员上岗前的技术培训；塑铝复合的管材准备，敷设时弯径大于或等于 5D，不准有接头；清理楼板；结构层找平，可用厚 20mm 水泥砂浆找平。

（2）敷设保温隔热层：在低温辐射地板与结构层交界处铺设阻热隔层，以免热量沿结构向外传导，特别是通过外墙的遗失。

（3）敷设塑铝复合管：暗敷中不应有接头，并应避免铁器对外管壁的损伤。

（4）塑铝复合管试压：在塑铝复合管敷设完毕后，浇筑混凝土前必须进行试压。

试压方法是，将塑铝复合管两端分别与分、集水管相连接，每户一组。将所有的管道全部连接完毕后，就对管道逐根进行试压冲洗，其目的，一是检漏，二是逐根清洗。吹压应不小于 0.25MPa，若为冷水介质试压要求达到 0.6MPa，5min 后降压不应大于 0.05MPa。系统运行时，热水管压力为 0.2～0. 3MPa，其轴向和径向拉伸量与 0. 6MPa 冷水压力情况下基本相同。浇筑混凝土毛地面时要带压进行，待管道完全定位在混凝土层内后，再置换具有 0.2～0.3MPa 压力的热水时，管道拉伸量不会有太大变化，从而避免混凝土层的开裂，并可保证 50 年不用维修。

第四节 低温地板辐射采暖技术应用实例

低温地板辐射采暖技术，因其具有节能、室内温度均匀、舒适性高、温度梯度小、卫生条件好、占用使用面积少等优点，越来越受到关注。目前，国外低温地板辐射供暖使用已相当广泛，而在我国仍处于起步阶段，仅在东北和华北地区的一些工程中采用。北京地区地热资源丰富，更有利于采用低温地板辐射采暖系统。由北京城建集团五公司承建的曙光小区住宅楼以燃气热水器产生的低温水为热源的低温地板辐射采暖工程项目取得了成功，积累

了有益的工程经验。宏福苑住宅小区以地下热水为热源取得了良好的经济效果及环保效果。

北京曙光花园住宅小区内甲 4 号楼低温地板辐射采暖工程施工经验介绍如下：

1. 工程概况　曙光花园住宅小区甲 4 号楼位于海淀区板井村，建筑面积 1.7 万 m^2，地上 17 层，地下 2 层，剪力墙结构，每层设计为 8 户，其中三居室 3 户，二居室 5 户，上下层对称设置。内设有上下水，消防及采暖系统，其中采暖系统为低温地板辐射采暖，共分为 8 个系统，每个系统 17 户。

1）曙光小区甲 4 号楼采暖系统设计为低温地板辐射采暖，是以户为单元燃气热器产生低温水为热源，采暖管采用聚乙烯夹铝复合管，暗敷设于楼板垫层内，该系统主要由以下 4 部分构成：

①热源。以天然气为燃料，通过燃气热水器产生不高于 65℃热水，经主供水管进入分水器。

②分水器。热水经供水主管进入分水器，再经过分水器进入各环路采暖管道，起到均匀分水作用。

③采暖管道。热水经分水器进入环路采暖管道，加热房间。

④集水器。热水从各环路采暖管进入集水器，再由回水主管道回到燃气热水器。

2）低温地板辐射采暖平面图及系统图，分别见图 10－4 及图 10－6。

厕所设有防水层，为防止防水层受温度影响产生裂缝，因此，厕所不采取采暖管盘绕地板垫层方式，而是采用铝制散热器，供回水管材不变，暗敷于墙体和楼板垫层中。

3）低温地板辐射采暖构造。低温地板辐射采暖构造，如图 10－1 所示。

2. 低温地板辐射采暖管道性能要求

（1）采暖管道的技术要求

1）采暖管道成分。目前各国采用的采暖管道，一般为纯聚丁烯管、聚丙烯管，交联聚乙烯管或这些材料与铝合金组成的复合金属管，都属于有机管或有机无机复合管，但其主要成分均是有机物。

2）采暖管道使用寿命。目前采暖介质一般为水，而水中含有 Ca^+、Mg^+ 离子和游离氧，这些离子与钢管极易起氧化反应并结垢。钢管长期使用，易被腐蚀，导致采暖系统无法正常运转或运转效果越来越差。而有机管材不与

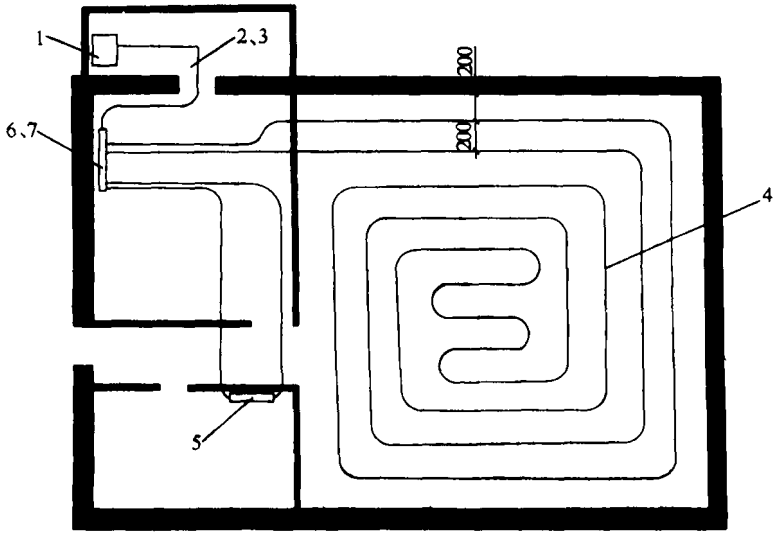


图 10－4　低温地板辐射采暖平面图

1—热源（燃气热水器）　2—主供水管　3—主回水管　4—采暖管道

5—散热器　6—分水器　7—集水器

这些无机介质反应，所以使用寿命可超过 50 年。

3）低温地板辐射采暖技术，要求采暖管具有一定抗压强度，易于弯曲，导热系数高，水流阻力小，膨胀系数小，使用寿命长，不结垢等特点。

（2）聚乙烯（PE）夹铝复合管特性：曙光小区 4 号楼低温地板辐射采暖中采用的管材为聚乙烯夹铝复合管。

1）聚乙烯夹铝复合管的结构特点。聚乙烯夹铝复合管系英国 KIFTC 发明的一种节能型建筑管材，其内外由特种高密度聚乙烯（PE）塑料构成，中间为合金铝，经特种胶层（XLPE）粘和的一种 5 层材质，是集金属管和塑料管优点为一身的新型管材。

此种管材内外层聚乙烯（PE）塑料分子式为（CH_2）N，属于对称性非极性高分子聚合物，化学性质非常稳定，具有无毒、耐腐蚀、重量轻、机械强度高、耐热性能好、脆化温度低、使用寿命长等优点；内层聚乙烯（PE）塑料光滑，管内流体摩擦阻力小、通水能力强、永不结垢，使用该管的有效截面比金属管大 30%，且流体不会受污染。中间铝层除对聚乙烯（PE）塑料起加强作用，使管的强度大大提高夕卜尚具有以下优点：①100%隔氧，彻底消除气体渗透；②弯曲时可吸收管的能量，使管道弯曲成形后不至于反

弹；③加强管道纵向散热能力，增加管道阻燃效果；④降低管道综合热膨胀系数，使管道尺寸稳定；⑤具有抗静电性。铝层和聚乙烯（PE）塑料层之间均匀分布高强度粘和材料（XLPE），使膨胀系数不同的铝和聚乙烯（PE）塑料紧密结合在一起，形成复合管材。

2）聚乙烯夹铝复合管的物理化学特性

①常用规格。常用规格见表 10－2。

表 10－2　聚乙烯夹铝复合管的常用规格

序号	型号	内径 /mm	外径 /mm	壁厚 /mm	重量 $g \cdot m^{-1}$	耐压 MPa	垂直支撑距离 /m	水平支撑距离 /m
1	1014	10	14	2	80	0.7	2	1
2	1216	12	16	2	95	0.6	2	1
3	1620	16	20	2	140	0.5	2	1

②物理性质。物理性质见表 10－3。

表 10－3　聚乙烯夹铝复合管的物理性质

1	热导率/$W(m \cdot K)^{-1}$	0.45
2	热膨胀系数/$℃^{-1}$	25×10^{-6}
3	气体渗透率	0
4	可弯曲半径	$5D$
5	抗化学性	优
6	导电度	抗静电，耐电压贯穿强度 10kV

③适用介质温度。适用介质温度见表 10－4。

表 10－4　聚乙烯夹铝复合管适用介质温度　（单位：℃）

管　材　类　别	适用温度	耐用温度
冷水用聚乙烯夹铝复合管	60	70
热水用聚乙烯夹铝复合管	95	110

④耐化学腐蚀。聚乙烯夹铝复合管内外层为聚乙烯（PE）塑料是一种对称性非极性材料，化学性质非常稳定，在常温下聚乙烯不溶于任何一种已知溶剂，能耐各种酸、碱、盐的腐蚀。在实际工程中钢材主要是通过电化学方式被腐蚀，但聚乙烯夹铝复合管内外层为化学性质非常稳定的聚乙烯（PE）

塑料，其不会与周围潮湿空气发生正负离子交换，避免电化学腐蚀，从而避免生成类似钢管的氧化铁、氧化亚铁、氢氧化铁等物质。

此外，铝比铁更具有抗腐蚀性，因铝与氧接触会生成氧化铝，阻止腐蚀的进一步发展。

⑤沿程比摩阻。沿程比摩阻见表 10－5。

由于材料与水流摩擦阻力小，因此沿程水压损失小，在相同单位水头损失情况下，聚乙烯夹铝复合管通水量比同管径大 30％以上，沿程比摩阻性能。见表 10－5。

表 10－5　　聚乙烯夹铝复合管沿程比摩阻性能表

型号 / 流量	1216	1216	1620	1620	2025	2025
流量/ $L\cdot S^{-1}$	流速/ $m\cdot s^{-1}$	损失（100m）/MPa	流速/ $m\cdot s^{-1}$	损失（100m）/MPa	流速/ $m\cdot s^{-1}$	损失（100m）/MPa
0.2	1.6	0.26	1.0	0.08	0.6	0.03
0.25	2.0	0.36	1.2	0.12	0.7	0.04
0.3	2.4	0.55	1.5	0.17	0.9	0.05
0.35	2.8	0.74	1.7	0.27	1.1	0.07
0.4	3.2	0.95	2.0	0.28	1.2	0.09
—	—	—	2.2	0.35	1.4	0.11
—	—	—	2.5	0.44	1.5	0.14
—	—	—	2.7	0.51	1.7	0.17
—	—	—	3.0	0.60	1.8	0.19
—	—	—	3.2	0.70	2.0	0.23
—	—	—	3.5	0.80	2.2	0.26
—	—	—	3.7	0.91	2.3	0.29

⑥使用寿命。聚乙烯夹铝复合管内外层为纯聚乙烯（PE），中间为铝，在耐压、抗冲击等性能方面都优于纯聚乙烯，经过试验其使用寿命超过 50 年。

⑦其他优良性能。聚乙烯夹铝复合管坚硬而又可弯曲，受挤压不宜变形，弯曲不破裂；弯曲半径为 5 倍的管外径，管道敷设时不用弯头；重量轻，可成卷运输，每卷为 100m 或 50m，其内壁光滑，输送流体时噪声低；

铝层能较好地吸收管中水锤产生的冲击波，消减了噪声。

⑧聚乙烯夹铝复合管与其他种类管材性能比较，见表 10－6。

表 10－6　　聚乙烯夹复合管与其它种类管材性能比较

名　称	锈蚀	水质	保温	抗冻	耐压	耐温	施工	价格	寿命
镀　管	严重	差	差	一般	好	好	难	一般	低
塑料管	无	一般	一般	差	差	差	易	低	低
UPVC 管	无	一般	一般	差	差	差	易	低	低
聚乙烯夹铝复合管	无	好	好	好	好	好	易	低	高

3. 管材的连接方式　聚乙烯夹铝复合管的连接是用专门为之配套设计的铜制接头，其独特的设计解决了管道跑、冒、滴、漏通病；解决了钢管连接内外径、内外螺纹互变的麻烦，该管只需一个接头即可改变管径、管螺纹，且能 100％保证其严密性。施工不需要沉重的操作平台、笨重的套螺纹板、切割机，只需要一把专用管剪，一条弯管弹簧，一只整圆器，个人即可操作。

（1）主要连接件及其组成：在聚乙烯夹铝复合管专用连接件中，曙光小区仅用到了分（集）水器、外螺纹直接头、堵塞、平接头。其常用规格如下：

1）平接头连接件（分等径和异径两种）两端均接复合管

常用规格　　等径　　2025×2025

1620×1620

1216×1216

异径　　2025×1620

1620×1216

2）外螺纹直接头（一端接复合管，一端接钢管）

常用规格　　2025×*DN*25

2025×*DN*20

1620×*DN*15

1612×*DN*15

3）加长型内螺纹弯头和变通型内螺纹弯头（一端接复合管，一端接钢管）

常用规格 1620 × *DN*15

1216 × *DN*15

4）分（集）水器

最多为 7 个支路，一般规格为 DN40，主要起供回水主管与各分支环路连接作用。常用规格（分支管）为：2025 型、1620 型、1216 型。

（2）复合管安装专用工具

1）整圆器。用于管道切割后复圆倒角。

2）管剪。用于切割管材。

3）弯管弹簧。用于弯曲管道。

（3）管道与管件连接方法

1）用管剪截取所需长度管子，将整圆器插入管切口处并用力旋到底，再用手旋转整圆，同时完成管内复圆倒角。

2）将螺母和 C 型套环先套入管子端头。

3）将管件本体内芯插入管子腔体，用力将内芯全长压入管子内为止。

4）拉回 C 型套环和螺母，用扳手将螺母拧固在管件本件的外螺纹上。

（4）管与管件拉拖负荷，见表 10－7。

表 10－7 管与管件拉拖负荷

1	规格	拉拖负荷/kN
2	1216	2
3	1620	3
4	2025	4

（5）管道安装：管道安装如图 10－5 所示。此图以直管平接头为例。管道安装时，必须将接头本体的内芯全长压入管内腔。

4. 施工准备 低温地板辐射采暖在住宅工程中属新型工艺，所以，施工准备工作极为重要。

（1）作好图样会审：组织施工技术人员认真审图，在设计交底会上认真听取设计思路，将有疑问的、问题与设计人员进行交流，直到理解、清楚。

（2）作好施工技术交底工作：如果施工人员是首次接触此采暖系统，技术人员作好技术交底工作尤显重要。

（3）充分了解管材特性：聚乙烯夹铝复合管的特性与焊管有极大差别，技术人员要与管材供应商充分合作，了解管材的特性，安装要点及其他注意

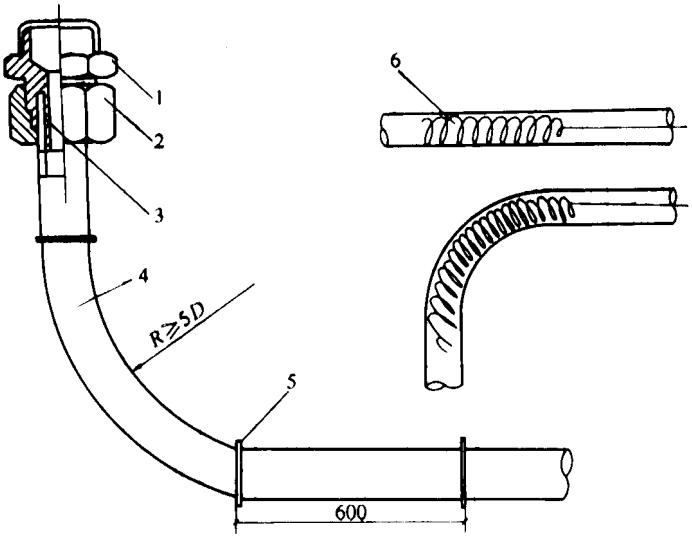


图 10－5　管道安装示意图

1—接头本体　2—螺母　3—C 型卡环　4—管道　5—管卡　6—弯管弹簧

事项。

5. 低温地板辐射采暖工工艺

（1）施工工艺流程：

敷设保温隔热层→安放环路管道→钢筋网敷设→清理楼板结构层，并找平→管道固定→分（集）水器安装→试压、冲洗→打基石混凝土毛地面→二次管道试压、冲洗。

（2）机具设备

1）管剪：用于截取管材。

2）整圆器：用于管材割断后复圆例角。

3）弯管弹簧：用于弯曲管道。

4）电锤：用于裁分（集）水器卡子和用于安装分（集）水器。

（3）适用范围：此施工工艺适合于低温地板辐射采暖中，采暖管道为纯聚丁烯管，康丙烯管，交联聚乙烯管或这些材料与铝合金组成的复合金属管的施工。

（4）施工要点

1）清理楼板结构层，并找平。由于普通混凝土现浇楼板在浇筑过程中没有经过完全找平，且楼板上由十交插作业造成凹凸不平，所以首先应将地

面找平，误差不允许大于 5mm。以防止地面受力不均，产生不均匀沉降而使地面破裂。只有在地面平整后才可在其上进行第二道工序——铺设保温、隔热材料。

2）敷设保温、隔热材料。本工程中的保温、隔热层材料为聚苯板，厚度为 20mm，在聚苯板单面粘有一层丝网和起反射热量作用的铝铂。各聚苯板之间通过胶带粘接在一起。整个房间地面要满敷聚苯板，防止热量向下层房间传导。且房间四周边墙也要敷设一层聚苯板，板高与混凝土毛地面平，它的作用是防止热量沿边墙散失，同时因聚苯板有一定弹性，起到伸缩缝作用。

3）敷设管道

①选取合适长度的管材。根据工程实际需要，选取 50m/盘或 100m 盘的管材，不同的选取方案会影响到工程材料的消耗程度。因管材均为 50m/盘或 100m/盘，建议设计人员设计管路时，长度必须在 100m 之内，否则要设两条环路，才满足散热量要求。

②管道敷设。管道敷设以 4 人 1 个小组为宜，1 个人负责查图和指导敷设；1 个人负责滚动整盘管材，按管道走向敷设：1 个人负责管道调直；1 个人负责钉固定卡钉（固定卡钉的作用是固定管道，以间距 500mm 为宜，固定方法是利用卡钉上的倒叉勾勾住聚苯板上的尼龙丝网）。固定卡钉如图 10－6 所示。

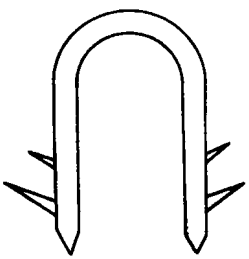


图 10－6 固定卡钉示意图

施工要点如下：

a. 复合管材进料时都是整盘的，且每根管两端都是封死的，管材内存有 0.3MPa 气压，因此，在管道敷设时不宜过早将管材长出部分剪断，以防止进入污物。管道走向要平直，不应有扭曲、凹凸现象发生，以减少管道阻力。

b. 管道在敷设时会有弯曲管段，弯管可以直接用手弯，也可用弯管弹簧，弯曲十径要求大于或等于 $5D$。若弯曲半径过小，易使管道折断，并增大管道阻力，且不利于管道热膨胀时自由伸长。为保证弯曲半径大于 $5D$，以 1620 型管为例，冈根采暖管间距不应小于 200mm，即 $5 \times D \times 2 = 5 \times 20\text{mm} \times 2 = 200\text{mm}$。

c. 施工中如有穿墙敷设的管道，须在穿墙处加设套管，套管两端以伸出墙外 0 ~ 50mm 为宜，套管过长会造成浪费。

d. 整根管道全部按图样敷设完毕后，则将管道两端分别连接在分、集水器上。安装方式详见图 10 – 7 所示。每户设一组分、集水器，将分、集水器上所有管道全部连接完毕就可以进行户系统试压、冲洗。

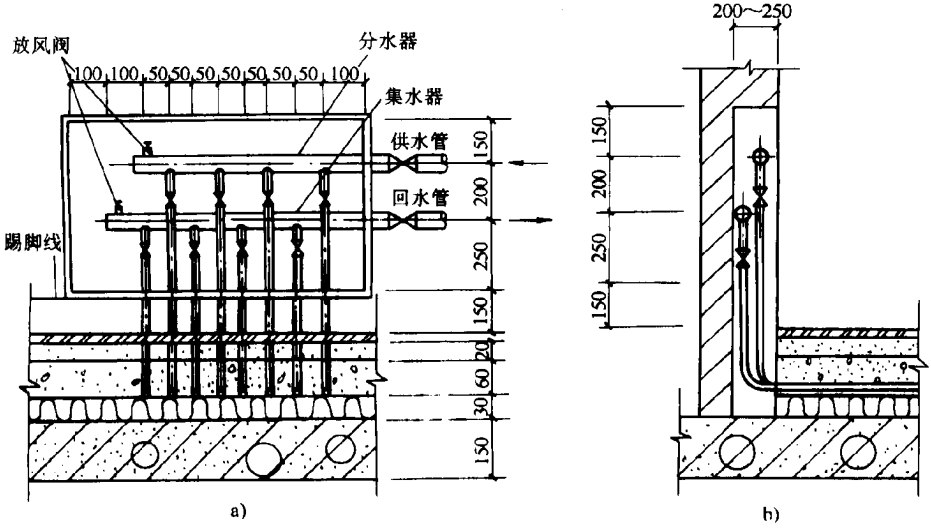


图 10 – 7　管道与分、集水器的连接示意图

a）分、集水器正视　b）分、集水器侧视

③施工注意事项

a. 对于首次进行该管施工的人员必须进行岗前培训，让施工人员都了解该管材的特性，掌握专用工具的使用方法及管道安装的技巧。

b. 管道施工时，应避免被钉子、刀、钻、锯等利刃损伤。当管道暗装时，需协调各工序，注意避免损伤管道。应在有管道的地方作标记，严禁在有管道经过的地方进行钻、凿、钉等有可能损伤管道的工序。

c. 运输、储存、施工中的管子应避免太阳的直接暴晒。

d. 当管道弯曲半径小于 5 倍外径时，应采用直角弯头连接，但埋地暗敷设的管道不允许用连接件连接。

4）分户系统试压、吹洗

①吹洗。分户系统所有管道个部安装完毕就可以进行分户系统试压、冲（吹）洗。由于担心管道在施工中进入灰尘杂质，所以先进行管道吹洗，采用中气压缩机对管道逐根进行吹洗，要保证吹洗压力不少于 0.25MPa，把所有杂质全部吹出为止。

②试压。试验历力为 0.6MPa，通气 5min，压降不大 0.05MPa 为合格；试验合格后，管道不准泄压，带压时间不少于 24h。

a. 试压过程。用电泵从分水器一端向系统内充入自来水，同时打开分、集水器手动放气阀，放气大约 5min，待一个分户系统内部全部充满水。然后，将手动放气阀关上，再利用手压泵将分户系统压力逐步提升，首先将压力升至 0.2MPa，观察管道系统，无渗漏则再升压至 0.4MPa，观察管道系统，无渗漏则可升压到 0.6MPa，同时关上试压阀门，观察压力变化情况，由于整根管道除与分（集）水器有连接头外，其余地方没有接头，所以主要观察分、集水器就可知道有无渗漏。但同时也需不断巡视管道系统，防止由施工中管道破损造成的渗漏。如管路系统没有渗漏，且压力计在 5min 内降压不大于 0.05MPa，则可进行下一道工序。

b. 系统 24h 带压的意义。由于试压时所用介质为冷水，而系统真正运行时系统内介质为热水，在压力相同时，冷热水对管道的轴向和径向拉伸量是不一样的。系统运行时压力为 0.2 ~ 0，3MPa，其轴向和横向拉伸量与 0.6MPa 冷水压力情况下基本相同。管道系统带压时浇筑混凝土垫层，24h 内混凝土已完全初凝，管道在冷水 0.6MPa 压力下的拉伸量就已固化在混凝土垫层内，等系统真正运行时，管道拉伸量就不会再有大的变化，从而避免了混凝土垫层的开裂。管路系统带压打地面相当于对管道进行预拉伸。

5）铺设钢筋网。管道铺设完毕后，在管道上面铺设一层钢筋网，以防止混凝土垫层出现裂缝，钢筋网要求搭边 150mm。本工程采用 ϕ2.5 直径钢筋制成的 150mm × 150mm 钢筋网。

6）浇筑豆石混凝土地面。浇筑豆石垫层地面总厚度一般要求在 50 ~ 120mm。本工程采用厚度 50mm。为了确保浇筑混凝土地面施工过程中不损坏聚乙烯复合管，所有混凝土料全部采用人工抬运，不允许用手推车在管道上

运输。浇筑混凝土地面时禁止使用一切铁器，不允许踩踏管道。混凝土中要同时掺入 10%的防龟裂乳剂。地面打好后，撒锯末浇水养护 6 天，防止地面受热龟裂。

7）二次试压、冲洗

①二次冲洗。二次冲洗介质为自来水，用电泵加压冲洗，以不小于 1.5m/s 流速冲洗，边冲边放，直至出入口水色一样为合格。二次冲洗目的是防止施工中有污物进入管路。

②二次试压。二次试压要求压力 0.6MPa，5min 内压降不大于 0.05MPa 为合格。二次试压的目的是为了验证各分户系统在打混凝土地面时，管道有无出现渗漏，如果出现渗漏，地面会有渗水或潮湿，可剔开局部地面，将管道渗漏点剪开，用平接头重新连接。

8）调试。曙光住宅小区甲 4 号楼每层设计 8 户，上下层完全一致，采暖系统以户为单元，每个系统由 17 户组成，同一系统共用一根上水干管。

a. 试运行条件。采暖系统安装试压完毕，上下水及燃气系统达到使用条件。

b. 调试顺序。因试运行时已到冬季，为防止上水被冻，调试应按系统为单位进行，而不应按楼层进行，且调试中要保证 1～17 层同时进行。

c. 调试要点。系统运行后要派专人进行看护，每隔 1h 记录 1 次供水温度、供水压力及房间温度。渊节分支截门，使各房间温度一致，以达到设计要求。

（5）劳动组织：曙光小区甲 4 号楼共计 17 层，每层 8 户，每户一独立采暖系统，即每层 8 个采暖系统，所以将施工人员分成 8 个小组，每个小组由 4 人组成，负责各自的采暖系统（1～17 层，共 17 户）。一组一天可敷设完一户的管道。

由于混凝土毛地而施工时不准推车进入房间，也不准用铁锹锄混凝土，所以供料周期长，人员过多不宜展开，以每户 4 人一组为宜，两人搬运混凝土，两人打地面。

（6）检查验收：工程竣工后由甲方、监理、设计、乙方及质检站进行验收。

竣工验收检测及方法如下：

1）用简便仪器检测明管、散热器、分（集）水器的标高、垂直度，偏

差必须在施工规范规定之内。

2）用目测法观察管道伸缩及毛地面的偏差必须在施工规范规定之内进行。

3）检查施工资料

a. 所有的材料及设备要有出厂合格证。

b. 聚苯板要有国家质量检测中心耐火极限和理化性能检测报告。

c. 预检、试压记录、吹洗记录、隐检记录及质量评定填写详尽、准确。

（7）安全措施

1）机具及电源符合电气安全操作规程，禁止非电工接电。

2）安装管道时要戴手套，防止管材断口划伤。

3）使用管剪时注意安全。

4）按施工现场实际情况作出相应的安全防护措施。

（8）施工用料、用工定额见表 10－8。

表 10－8　　施工用料、用工定额表

定额号	项　目	合价/元	人工费/元	材料费/元	工日/d	主 要 材 料
1	聚乙烯夹铝复合管安装	1613.02	13.02	1600	2.1	聚乙烯夹铝复合管（100mm）
2	套管安装	15.03	4.03	11	0.65	6个
3	保温板敷设	34.48	2.48	32	0.4	保温板（1m²）
4	钢筋网敷设	10.48	2.48	8	0. 4	钢筋网（1m²）

6. 阻力及散热量计算

（1）沿程阻力计算：以 1216 型管为例，按最大流速（即引起最大阻力）3.2m/s，每 100m 沿程阻力值芦，为 0.95MPa（查沿程摩阻表），经现场仪器检测局部阻力 F_2 为 0.48MPa（管长为 50m）。

单位长管道阻力：

$$F = F_1 + F_2 = 0.95/100\text{MPa} + 0.48/50\text{MPa} \approx 0.02\text{MPa}$$

以曙光小区甲 4 号楼最长管道 75m 计算，阻力值仅为 $0.02 \times 75\text{MPa} = 1.5\text{MPa}$。

（2）散热量计算：从物理性质表中可查出复合管热导率为 0.45W/（m·K），供回水温差为 15～20℃，按 18℃计算，外墙带保温层的居室每平米需供暖 32W，那么每平米需管道

$$\frac{32}{18\times0.45}\times1\text{m}=4\text{m}$$

（3）计算结果：系统最大阻力为 1.5MPa，房间内平均每平方米使用用管道 4m。曙光小区甲 4 号设计图中，每平方米使用管材 4.2m，完全达到居室供暖要求。

7. 工程应用结论　聚乙烯平夹铝复合管具有通水能力强、永不结垢、机械强度高、耐腐蚀、可弯曲、使用寿命长等钢管无法比拟的优点；地板辐射采暖具有调节方便、热效果好、不占空间、美化居室、卫生性好等优点；两者的有机结合具有传统供暖方式无法比拟的优势。在人民物质生活水平不断提高的今天，较易为人们所接受，在商厦宾馆、写字楼及住宅工程有着广阔的应用前景，对传统供暖方式是一个巨大的挑战。

（1）资金投入：传统铸铁散热器采暖，每平方米造价一般在 100～140 元之间（含锅炉房投资、外线投资、内线投资、散热器投资及人工费等）。低温地板辐射采暖每平方米造价一般在 140～160 元之间（含燃气热水器投资、采暖管投资及人工费等投资）。从表面上看，低温地板辐射采暖的造价较传统采暖投资多一些，但细算起来，并非如此，低温地板辐射采暖寿命超过 50 年，而传统采暖使用寿命不超过 40 年。若传统散热器采暖按 50 年折算，每平方米投资为：100（140）×50/40＝125（175）元/m^2，显然不便宜。此外以户为单元、燃气热水器产生低温水为热源的低温地板辐射采暖，省去传统供暖中的锅炉房，节省锅炉脚建设所需地皮，且有利于环境保护。

（2）免维修：传统散热器采暖每年每平方米维修费在 1 元以上，而低温地板辐射采暖终身不用维修，节省大量维修费且减少工人工作强度。

（3）美观，不占室内面积：低温地板辐射采暖不没散热器，在房间里看不到采暖管道，既节省空间又焚化居室；传统采暖方式每个房间至少有一组暖气片和采暖立支管，影响室内美观，又占空间，对室内装修极为不利。

（4）散热均匀：传统采暖方式小，每个房间设组散热器，置于窗口下方，主要以热对流方式加热房间，这样散热不够均匀，靠近散热器的地方和房间上部温度较高，远离炉片和房间中低部温度较低。低温地板辐射采暖无此弊病，因它是采用整个房间地面为散热源，散热均匀，且低温地板辐射采暖主要以热辐射和热对流方式加热房间，使脚下有舒适之感。

（5）调节方便：调节方便、灵活，各家可根据自身情况利用热水器的计算机，设定供水温度，使房间达到自己满意的温度。对个别房间可采用调节

分水器上的阀门以改变房间温度。如家人白天外出上班可将房间温度设为10℃，下班后可设为20℃，夜间又可变为15℃，并可方便地将厨房、客厅的供暖关闭。方便快捷的调节方法是传统集中供暖方式无法比拟的。此采暖系统升温快，在10min内可将室内温度提升7～10℃。相对传统采暖平均一年节省燃料20%。

（6）热效果好：暖气系统的功能是为用户提供舒适的室内环境，从而满足人们生理上的需求。通常情况下，人们认为下半身温度高，上半身温度低，即脚暖头凉的感觉较为舒适。现以当前不同种采暖方式，在相同客观条件下使房间达到不同舒适效果程度，来说明低温地板辐射采暖的优点，如图10－8所示。

按照符合人体生理学舒适原则编制了图10－8曲线1；根据不同种采暖方式编制了曲线2～4。从图10－8中看出，只有曲线2比较接近于曲线1，即低温地板辐射采暖相对其他采暖方式是最为合理和科学的。

1）图10－8中曲线3为普通散热器采暖方式。因其主要以热对流方式加热房间，必然导至空气上升，冷空气下降，从图中可以看出上部温度较高，而下部尤其脚部温度却非常低，这不是人们需要的理想采暖方式。

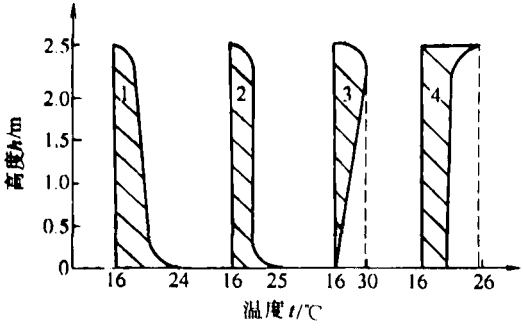


图10－8　不同采暖方式热效果比较图

1—理想采暖方式　2—低温地板辐射采暖　3—传统采暖　4—空调采暖

2）图10－8中曲线4为空调采暖，它虽可以解决脚部温度过低的问题，但头部温度偏高，给人以燥热之感，不是合理的采暖方式。

3）图10－8中曲线2为低温地板辐射采暖，因其主要通过热辐射、热传导方式加热房间，能够保证房间下部温度高于上部，符合舒适原则，是较为合理的采暖方式。

（7）卫生性好：从图中可以看出，通过热对流方式采暖的房间，都会引起室内空气对流，而导致室内灰尘四处飘散，造成空气污染。低温地板辐射采暖主要通过热辐射方式温暖房间，能较好地避免室内空气流动扬起灰尘。

经运行后，用户反映：运转正常，系统调试方便灵活，室内温度在 24h 内维持 18℃，地面温度在 24℃左右，并有脚暖头凉的舒适感觉。混凝土地面无裂痕产生，始终保持平整，用户感到满意。

第十一章　电热采暖节能技术

目前，国家许多地区电力供应充足，电力部门也大力推行鼓励用电举措，不少地区的住宅小区已开始实行分户电热采暖，而且主要是分户电热直接采暖。由于投资费用、运行费用和环保性、安全性等方面的综合优势，以及供电优惠政策，在新建住宅小区中分户电热直接采暖方式迅速占领一席之地。现就用电分户采暖的方式进行一些介绍。

第一节　电热膜顶棚辐射采暖技术

辐射采暖使人体的辐射散热量减少，生理热平衡需要降低，因此，较低室温辐射采暖可取得与较高室温对流采暖相同的热舒适感，这就是辐射采暖比对流采暖节能的原因。对于住宅而言，辐射采暖比对流采暖的节能幅度约为 10%。

电热膜装在居室顶固或墙面，通过电加热半透明聚铝膜，以红外线低温辐射采暖，具有不占室内使用面积、自行调节室温、无污染、免维修和舒适温暖等特点，主要适用于楼房和节能型平房。

电热膜顶棚辐射采暖的主要优点还有前期投资少，耗电少，升温快；辐射传热可蓄热，可躲高峰电和低谷电；取消水循环系统，无渗漏之忧和与建筑同寿命等。因此，电热膜顶棚辐射采暖在住宅中得到了较为广泛的应用。电热膜顶棚辐射采暖的主要不足在于为防止系统过热和人为损坏，装修时会受到一定限制不能提供生活用水。

第二节　电热缆地面辐射采暖技术

电热缆地面辐射采暖是将电热缆铺在房间地面下的垫层内，热媒可利用余热的低温热水和地热水，主要适用于楼房、节能型平房和别墅类住宅。

国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》对地板辐射的规定，按照人员停留时间长短来划分，人员长期停留场合要求为 24 ~ 26℃且不应超过 28℃，电热缆地面辐射采暖可确保符合上述要求，因而，可得到合理垂直温度插的分布，而且可保持较好的室温稳定性。

电热缆地面辐射采暖的主要优点是不占室内使用面积；自上而下均衡散热，温度柔和，节能、舒适，安全清洁，无噪声，无污染；不怕水浸，装修材料不受限制，不会产生局部过热；加热 8h，热量可用 16h；配套温控器可自动识别自然温度；免除传统采暖带来的渗漏问题，使用寿命长达 50 年等。电热缆地面辐射采暖的主要不足在于前期投入费用较大，与电热膜相比，每平方米高出 30 ~ 60 元；电缆下要做保温层；安装使用时不可人为损坏；第一次开启后，一般需要 2 ~ 4d 才能达到所需温度且不能提供生活用水等。

第三节　电锅炉供暖技术

电锅炉为立式圆柱形，占地少，体形小，直径仅为 400mm，安装方便，操作简单，运行稳定，而且可同时提供供暖和生活用水，具有多种时段温控预设功能，一周内可预设 7 种不同温度，一天里可预设 6 种不同时段温度，可大大提高住宅舒适度，而且达到经济运行的效果，主要适用于住宅面积宽敞的家庭。

电锅炉供暖的主要优点是升温快，热效高；可实现全自动温控；配有超温超压安全阀和断电保护器；无需水处理，不结垢；防腐不生锈，无噪声，无污染和使用寿命长等。电锅炉供暖的主要不足在于前期投入较大；与其他电热供暖形式相比，除需要暖气片外，还需要至少直径为 50mm 的占地面积和抢高峰电，不能利用低谷电蓄热等。

第四节　电暖器采暖技术

电暖器既有壁挂式的，也有放在墙角里或装在踢脚线上的，价格在 500 ~ 900 元之间，都带有手控或自动调温器，既漂亮又实用，十分适用于楼房和节能型平房。

电暖器采暖的主要优点是外观精致，价格低廉，质量可靠，使用方便；可调节室温，热效高和免维修等。电暖器采暖的主要不足在于厨房、厕所及保温性不好的房间内不宜使用和抢高峰电等。

第五节　热超导快速加热器采暖技术

热超导快速加热器是采用无机热超导技术开发的专利产品。热超导元件传热速度是白银的数千倍，热效率极高。热超导快速加热器与暖气片相连，可自行调节室温，同时成本低，耗电量小，不占地方，安装简单，无噪声，无污染，前期投资少，使用方便，安全请沽和免维修等。主要适用于土暖气改造和节能型房屋。热超导快速加热器采暖的主要不足在于这种采暖形式尚未通过正式认证；不能提供生活用水和抢高峰电等。

电是清洁的能源，目前费用略高是正常的，但如果选择恰当，而且合理利用，就可取得既节能又环保的效果，对住户和国家都十分有利。随着传统采暖方式的改变，分户电热直接采暖方式会成为今后优质住宅的热点之一。

第十二章　加拿大的建筑节能技术

1. 制定节能法规，开展全面节能　加拿大是北美发达的资本主义国家，人口 3000 多万，土地 997 万 km^2，人均占有土地 $0.33km^2$，是我国的 42 倍。加拿大还是一个能源丰富的国家，盛产石油、天然气、煤，并且是世界上最大的林业出口国，森林面积占世界森林总面积的 1%，占国土的 50%。尽管如此，加拿大政府依然十分重视节约能源和资源，保护生态环境，制定了一系列政策和法规。

我们过去所理解的建筑节能，一般只从建筑本身的构造技术，如屋顶、墙体的保温，隔热性能等方面考虑。在加拿大，对节能的概念不仅限于这些，而且包括了节水、节电、材料再回收等。例如，他们在建造新的小区住宅时，建造前期就把该留的路，该立的路灯灯杆和绿化用地都考虑进去。还考虑了施工过程中旧材料和建筑垃圾的再利用、污水的净化处理、环境的改善等。

2. 采用先进节能材料与节能技术

1）屋面保温主要采用玻璃棉、岩棉、矿棉、发泡聚苯乙烯等保温材料，坡屋顶一般采用在阁楼内铺或喷保温材料的作法。平屋顶一般采用外保温做法，即在屋面防水层上作保温层。也有的在屋面上铺一种特制复合岩棉板，板上贴有一层改性的沥青油毡，上面根据需要做保护层。这种屋面的保温和防水性能都比较好。

2）墙体一般采用阻燃性发泡聚苯乙烯、玻璃棉或岩棉等保温材料同其他墙体复合而成。在加拿大居住建筑中多采用木框架、填充墙的结构形式。一、二层的住宅墙体主要以木质蒙皮板和 120 ~ 150mm 厚的聚乙烯泡沫塑料夹层结合而成。蒙皮板与夹层墙板还可用采制造地板、屋顶，其中间填实的绝热保温夹层可以有效地隔断热量、空气和水汽的流通。板上可粘各种装饰贴面、壁板，作内外装饰，也可以简单地饰以涂料。用双层泡沫聚苯乙烯板制成的预制板采用干砌法，成为具有高度绝热保温性能的永久性模板。内外

模板之间的空心层经过混凝土灌注和适当的钢筋加固，形成建筑的墙体。

此外，还有空心墙、夹壁墙等，详见第六章。

3）在门窗的保温方面，加拿大做得非常严谨，窗多是双层的，也有三层的，根据业主的要求有的中间填充氩气，其保温性能更佳。在窗与边框之间有的还装有双腔的橡皮密封条。门窗绝大部分是木质、塑料以及铝木复合而成的，钢门窗用得较少。

3. 太阳能建筑　多伦多郊外的青少年活动营地上有两幢节能建筑，由多伦多大学西蒙（Simon）教授设计。设计的指导思想是让青少年了解人类如何应用自然资源，它的最大特点是充分利用太阳能并把节能与环保结合起来。

第一幢是个外形新颖、色彩明快、富有雕塑感的建筑，建筑面积 380m^2。南向采用大面积玻璃斜屋顶。该建筑所需能量 70%来源于太阳能，30%是外界的电力支持。由于室内太阳光大面积的照射，能量的吸取很充足，冬季室内在没有空调的情况下，温度可保持在 20℃左右，完全可以满足住户及活动者的需求。一套恒温器控制能量的储存和转换，太阳能热水器供应热水。在外窗的顶上配有遮挡装置，由多块百页形的挡板组成，冬季可拉上去，夏季可放下来。窗户设有三层玻璃，在玻璃之间充氩气。木质架空地板层厚 700～800mm，土铺 10mm 厚的橡皮地毯，下面做绝缘层，起隔热作用。夏天晚间通过地板下的 5 根通风管道把房间多余的热散发出去。

第二幢节能建筑隐藏在绿树丛中。西蒙教授将建筑的一半埋在土里，屋顶局部外露，其他都被泥土、绿化、树木所覆盖，冬暖夏凉。该建筑除了利用太阳能外，还有粪便、污水的处理设备，它的工作程序是：粪便→封闭式蓄粪池→细菌分解→净化→滤化→重新使用。

以上程序运行中配有抽风系统，使位于地下室的排污和化粪设施，没有任何气味。污水的处理是一个生化过程，用海棉吸附的方法，成本非常低。另外，该幢建筑的地下室设有自动配电盘，蓄电池可将太阳能转化为电能曹存在蓄电池中。该幢建筑把太阳能利用、建筑节能和环境保护有机地结合在一起，这种节能建筑目前为数并不多，它的设计是成功的。

加拿大是个资源和能源都极为丰富的国家，却十分重视能源的节约、回收和再利用。这对我们是一个很大的启发和促进。

第十三章　德国及北欧的建筑节能技术

1. 德国及北欧的能源开发和建筑节能　德国把节约能源改善环境作为重要任务，其主要判定指标是燃料在转变成能源过程中所释放的 OC_2。即〔CO_2 的排放量单位为 kg/（a·kW·h)〕，其中燃煤为 0.33～0.4，燃油为 0.26，天然气为 0.2。CO_2 对大气所造成的污染，从采暖方式而育，独家独户采暖污染最为严重，CO_2 排放量接近 50kg/（a·kW·h)，小区用油锅炉为 50kg/（a·kW·h)。天然气约 30kg/（a·kW·h)，远程热电联产集中供暖方式约为 20kg/（a·kW·h)。为减少空气中 CO_2 的排放量，应注重新能源的开发利用。

（1）太阳能的利用：北欧计划建成 50 个太阳能小区，他们主要从两方面考虑：

1）从总体布局结合城市规划，考虑房屋的朝向（不超过 45°）和遮阳、体型系数，尽量做到布局紧凑合理。

2）对具体建筑则要求：①首先是保温、隔热；②规定热水用量来自太阳能不得小于 60%；③1/3 用电来源于太阳能。

采用太阳能，相同面积的建筑每户实际经济效益，见表 13－1。

表 13－1　　采用太阳能的经济效益

项　目	普通住宅建筑/马克 (户·a)$^{-1}$	太阳能利用建筑/马克 (户·a)$^{-1}$
电　费	1011	669
采暖费	245	249
热水费	188	88
厨房耗能费	1022	814
水　费	—	133（利用集热板） 86（太阳能收集器）
每户合计	3193	2172

由于采用太阳能，每年往空气中释放的 CO_2 也大大降低。利用太阳能的住宅建筑 CO_2 的排放量为 43kg/户·a，而利用电、油、天然气采暖的住宅建筑分别为 1053kg/户·s、538kg/户·a、375kg/户·a。

(2) 地热利用：尽管在德国开发太阳能，但有些学者认为利用太阳舶可用于加热水，但采暖不可取，用地下水周期长，水质不干净，容易产生水垢。他们赞成使用地热热泵技术，把供热系统和通风系统连成一体，这种热泵系统在改善环境方面比油、气更可靠，目前，在国际上应用较为广泛，瑞典占 50%，瑞士占 30% ~ 40%，奥地利占 20%，荷兰、波兰、捷克也在使用。热泵不仅能采暖，也能用于制冷、空调。热泵技术的优点是环保效益好，CO_2 的排放量比煤和油都小。它的缺点是一次性投资大，需要经常维修；驱动时需用电，但综合经济效益还是好的。

地热利用可有四种方式；第一种方式是在地下打两口井用泵抽水供热，这种方式所耗工作时间长，第二种方式是在地下 1.2 ~ 1.5m 处埋入一组排管，放入循环储水池中，可供 150m² 用户使用，每平方米可达 40 ~ 50W 电能；第三种方式是将四根塑料管埋入地下 30 ~ 100m 深处，通过热泵送入用户供热；第四种方式是在地下埋入一组排管，热水通过第一组热泵进入供热设施送入用户。回收热通过第二组热泵作为建筑空调用。这种地热装置初始温度为 10℃，泵送时为 40℃，设备投资回收期约为 10 ~ 20 年。

(3) 生态建筑：在杜塞尔多夫一个原矿区，建造了一幢世界上最大的生态建筑，是州内务部的培训中心。这是一幢长 220m，宽 72m，高 16m 的巨大玻璃房子，结构全部为木框架。在这幢大容积的玻璃房子的内部再修建大部分为 3 层的房屋，其中有办公楼、培训中心教学楼、培训中心宿舍、餐厅、会议厅、图书馆和大片水池等。该工程与 1997 年开工，于 1999 年 8 月 22 日竣工启用。由于所有建筑物均在这一巨大玻璃房子内，室内气温可以进行调节，其能源来自玻璃顶棚的太阳能积热板，该玻璃顶棚总建筑面积为 15000m²，太阳能集热面积为 10000m²，集热板有大小疏密之分，按天上云彩的形式进行分布，这一巨大的集热板每年能发 75 万 kW·h 电，其自用电仅为 1/3，其余 2/3 并入电网。玻璃房子中的建筑物也为木结构建筑，外墙为木板，板后有防潮层，防潮层后为岩棉保温板，所以室内基本上恒温，内外温差仅 5℃。

2. 保温材料及建筑应用

（1）保温材料

1）建筑保温材料的种类。主要有有机泡沫材料，如发泡泡沫聚苯、挤塑聚苯、保温浆料和聚氨酯等。还有有机的植物和动物纤维，如再生的木材、废纸、棉花、麻丝、羊毛、废软木塞、椰子壳、谷物的壳等。

2）如何保证材料质量

①证明材料的可用性（相当我国的准用证）。

新材料则要通过复杂的方法进行检测才能得到可用性证明（一般材料只要符合工业产品标准就可以），并定期对成品、原材料和生产工艺进行检测。

②厂方自检（相当于我国的企业标准）。厂方经常检测产品材料性能，如热导率、耐火、抗压等指标。

③独立的检测机构检测。这是一个政府和厂方之外第三者的独立检测机构，每年下厂抽样检测两次。按国家标准检测，只要一项指标不合格就得停产整顿，两次不合格就不准销售，一直到合格后才能发给证书，再度进入市场。

④建材标准的限值。德国对建材厂均按标准进行严格考核，这一标准不仅本国承认，并得到国际承认，除此以外还有一些法律之外的附加规定，从发展趋势看，这些标准、规范将由欧共体来统一制订。

（2）节能建筑的围护结构构造

1）墙体。目前德国墙体没有内保温做法，国家要求的传热系数指标是0.4～0.5W/（m^2·K）。基本上是两类：一类是外保温外装饰层，墙体材料用混凝土小型空心砌块、粘土空心砖和加气混凝土砌块，外面使用的保温材料视建筑外饰面情况而定。如外饰面用涂料时，一般均粘贴泡沫聚苯板，密度为15kg/m^3，厚度120～160mm，外贴抗裂砂浆玻璃纤维网格布，外涂涂料饰面。如外部为装饰砖（如普通粘土单砖墙）则在墙体与装饰砖层的空间，填塞岩棉和玻璃棉，墙体与装饰砖之间用专用连接件连接；如混凝土空心砌块外贴泡沫聚苯，采用装饰砖饰面，则中间留空气层。若采用框架结构时在框架竖向龙骨之间铺设岩棉或玻璃棉，外挂纤维板或刨花板，外贴防潮层，饰面层一般挂木质、塑料或金属的装饰板；第二类是单一材料做法，如加气混凝土和轻质多孔砌块，外墙厚度都比较厚，外做饰面层；当使用高效保温单一材料，外面还用保温材料时如300mm厚加气混凝土墙体外放100mm厚岩棉和120mm厚单砖墙，总厚度为520mm，这种构造基本上可以不安装暖气。

2）屋面。德国住宅建筑的屋面绝大部分是坡屋面，基本上用棉类保温材料，厚度为 200mm 左右，即便使用 150mm 厚加气混凝土，上部也铺厚 200mm 的聚苯板或岩棉。屋面传热系数的国家标准是 0.25～0．3W/（m^2·K）。

3）楼地面。一般楼面也放置聚苯板，目的不是保温而是隔声。使用的聚苯有两种：一种是挤塑聚苯，一种是经过压缩过的普通聚苯。地面一般用复合做法，如采用加气混凝土板上铺 100 厚聚苯，一般均铺 200～300 厚岩棉，楼地面传热系数国家标准是 0.30W/（m^2·K）。

4）窗户。德国窗户均为空气双玻璃窗，较多为塑钢窗，窗户侍热系数国家标准是 1.80W/（m^2·K），还没有达到欧共体 1.3W/（m^2·K）的标准。

（3）材料的回收利用；废品主要是 EPS，因其具有较好的弹性、抗渗性、耐冲击性、轻质，大部分用于包装材料和房屋保温。政府规定对废品一定要重复利用和回收。收集废料的用途是：

1）粉碎后加入外加剂，制成泡沫塑料，该项占总废品的 30%。

2）与粘土混合后改良土壤。

3）与粘土混合后经过烧结制成轻质砖，该项约占总废品量的 60%。

4）加热后熔化再压制成形，生产再生塑料，该项约占废品量的 10%。

5）作为燃料。

3. 能源计量　由于德国的住宅房屋多数是 20 世纪 50～60 年代所建，其户内供暖都有温度控制，却没有热量计量。对暖气计量用一种暖气计量仪，它的原理是通过暖气的热量蒸发来计量。目前正在发展热水和冷水计量仪，可在水管中装一翼轮式机械装置，在热水管上装一传感器，它可以得出三个参数，一是进水温度，二是流量，三是温差。在每个房间设置电缆。给设定房间室温、并逐一进行热量计量，这样可节能 20%。经过进一步发展，可把每个房间集中在一起设定温度进行计量，直接在控制中心接受信号计量，不必到每户去查表计量。

第十四章　法国的建筑节能技术

法国十分重视建筑节能，政府指定专门机构负责制定有关节能标准，进行节能方面的技术研究和监督检查，在维护结构的保温、室内采暖和太阳能利用等方面都采用了一些行之有效的技术和做法，从而在建筑节能上取得了显著成效。

1. 法国的节能途径和技术政策　1973 年后，曙世界石油危机，不得不采取节能措施，减少生活中的能源消耗。政府规定新建住宅需考虑节能。对 1973 年前建成的住宅，政府鼓励住户进行节能改造。经改造后的住宅室内温度、舒适度也要达到规定的指标和要求。至于采用什么样的保温技术，用何种保温材料，可自由选择。

法国政府每年拨款 3 亿法郎，用以研究节能、防火、隔声、环保以及气候和光污染等问题。新技术方面包括太阳能和风能利用、维护结构构造和采暖、通风技术婷。法国建筑科学技术中心负责建筑技术项目的研究、开发，推荐并对有关节能材料和产品进行严格检测，编制有关的标准和质量体系并督促执行。对于建筑材料质量、性能，制造商要在材料下贴签标明，而法国科学技术中心会对这些产品一年抽查 2 次，如发现产品质量和性能与标签不相符合，则被取消在市场上销售的资格。

在法国卖房时，要标明这幢建筑是否节能，所报数字要经得起有关部门的检查。

2. 围护结构保温技术与构造

（1）外墙外保温：20 世纪 70 年代墙体外保温技术还不够成熟，墙体保温基本上采用内保温做法，但后来由于大批旧房需要改造，内保温做法已不适用，因此，就部分采用外保温做法。

墙体结构的保温效果，一是看保温材料本身的性能，二是看它和其他材料组合在一起总体性能如何。岩棉、矿棉、玻璃棉、阻燃型发泡聚苯乙烯和聚氨酯等保温材料在法国应用较多。并在组成各种复合的墙体时，根据不同

的要求加以选择和搭配。聚苯板外保温的具体做法是将聚苯板用聚合物砂浆粘贴或机械固定在墙面上，然后外抹聚合物砂浆，砂浆上铺耐碱玻璃纤维网格布增强，再做饰面涂层。

外墙外保温通常有几种作法：

1）保温层外抹聚合物砂浆，用玻璃纤维网布增强，再作饰面涂层，这种做法约占 50%。

2）保温层外砌砖，外层砖墙与内层墙体拉揍。

3）外墙面装龙骨，龙骨间放置保温材料，龙骨外复合饰面板。2）和 3）两种做法共约占 40%。

4）预制复合保温板直接挂在外墙面上，约有 10%用这种做法。

保温层一般采用阻燃型发泡聚苯乙烯板或密度为 120kg/m^3 的岩棉板。如果采用纤维垂直于墙面的特制玻璃棉板，用密度为 50kg/m^3 的即可。楼房防潮层以下的外保温材料，通常采用挤出型的发泡聚苯乙烯板，而且要求覆盖抗拉强度更高的玻璃纤维网格布。

玻璃纤维网格布种类繁多，应用非常广泛。用于墙体抹灰的要求挂胶，主要是达到防腐和坚挺不易变形的目的。对所挂胶的种类和挂胶量，也有不同的要求，还要测定其浸泡在碱溶液中 30d、60d 和 90d 的抗拉强度和重量损失率。

（2）屋顶保温：法国住房大多数为坡屋顶，不少是木结构，仅有少量的平屋顶，履顶的保温要求很高，北部地区传热系数要求达到 0.2W/m^2·K 以下。当顶层阁楼住人时，保温屠直按做在屋顶，一般多为内保温做法，顶屠阁楼不住人时，则可直接在顶棚上铺设玻璃棉等保温材料。

坡屋顶的做法主要有：屋面瓦与木望板间铺有保温材料，如岩棉或玻璃棉毡等，总厚度 10cm 左右。用长的螺钉将这些材料直接钉在檩条上。在保温层上再做防水层。几乎每幢坡履顶上都有采光窗，并有一定的倾斜角度，它既是采光的需要，也具有吸收太阳能量的功能。有些公共设施，如大会议厅、体育馆等。屋顶在考虑采光的同时，也考虑太阳能的利用和能量转换的问题。屋顶的构架上大片暴露的玻璃顶和南向成片的玻璃窗，使建筑成为一个被动式的太阳房，可以适当补充所需的能量。

平屋顶一般均为外保温做法。以往多在屋面铺设发泡聚苯乙烯板，再做防水和保护层；也有倒铺法，即在防水层上铺挤出型发泡聚苯乙烯板，然后

在上面铺小卵石压顶。这种做法由于温度的周期性变化聚苯板多次伸缩，很容易导致接缝处下面部位防水层开裂渗漏。屋面铺小卵石还容易积土，久而久之会生长杂草甚至小树。现在的做法是在屋面上铺一种特制的岩棉板，这种岩棉板表面预先复合一层 SBS 改性沥青油毡，然后在现场用热熔（或冷粘）法再铺一层 SBS 改性沥青油毡，其上再根据需要做保温层。这种屋面的保温和防水的性能都比较可靠。

（3）PVC 塑料保温窗：法国历史上用木窗较多，后来采用铝合金窗，现在铝合金窗也逐渐被淘汰，近十多年来政府推荐住户采用塑料门窗。法国新建住宅，大多数采用 PVC 塑料窗。一般装有中空玻璃，周边嵌橡胶密封条。窗框与墙体接缝处，采用现场发泡聚氨酯封严。为了室内的卫生和保持适当的换气，在外墙窗框上留有人工调节的微流量通风器。玻璃窗上配有外挂式的 PVC 保温帘或金属卷帘，以便关闭后起到遮阳、隔离太阳辐射热、保温和降低噪声对室内干扰的作用，深受住户的欢迎。

3．室内保暖与太阳能利用　法国除了通过建筑物围护结构控制能耗外，还对室内采暖和热水系统进行节能控制，室内采暖主要有电热和水热两种，而政府鼓励大家多用电，用天然气和石油等能源者不足 50%，这是法国目前在能源利用方面的一个发展趋势。

法国在 20 世纪 50 年代便研究试用地板采暖，开始并不理想。因为当时其用水温度与用于散热器上的温度一样（近 90℃），采暖时地面温度过高，采暖与不采暖时地面温度变化过大，对地板材料很不利，对人们生理健康的影响也不好。后逐渐发展为低温水（45℃左右）地板采暖。地板表面的温度不大于 28℃。由于保温材料的发展，实现了地板中的热量主要向上散发而不向下传递。这样热量的损失小，自下而上温度均匀、舒适，且隔声效果好。1986 年以后，地板采暖采用电热，或用聚乙烯热水管，效果更好，但造价较高。目前约有 30%的独立式住宅采用地板采暖。

为解决热水管网水力平衡问题，在各住户管网中加一个平衡阀，使各住户的室温趋超于均衡，一般可使采暖系统节能 30%（最少也可节能 5%），所以旧房节能改造时，普遍都加装了平衡阀。

由于法国所有的住户都是自费用热，必须计量收费。目前采暖计费的方法有几种：用电采暖者，用电计量可以解决，分散的独立住户采暖，无论用天然气或石油作燃料，都无需对用热单独计价，只计油气用量即可：原有尚

未进行节能改造的福利楼房，仍根据全楼的用热量，采用按使用面积分摊采暖费；已进行节能改造钓住宅建筑，大多在各组暖气片上安装蒸发式热量分配计，然后根据总用热量，再按各蒸发式热量分配计的计数，按比例计费；新建的住宅一般都采用热量表计量收费。计量表一般设在户外管道间或专门的表箱中，不必进户便可查表。住户若逾期不交费，主管部门可中断暖气供应。

所有住宅的各级暖气片上，都装有温控阀，用户可根据使用时间和所需温度进行流量调节，以充分利用自由热和捉高舒适度，又可减少不必要的开支。据统计，设置计量装置和可调控制装置的系统，比不设置的可节能约10%。

“生态节能学派”是法国新的建筑学派，它的设计思想是尽量利用太阳能，作为采暖的辅助能源，建议建筑师在设计建筑立面时，考虑南向大面积开窗，同时用一定的技术手段，把太阳能转化为电能，加以储存，为建筑供电和加热热水。他们推荐采用“集热型节能墙体”，即墙体外侧用玻璃覆盖，两者之间有空隙，透过玻璃进入的太阳辐射热被储存在墙体中，冷空气流经墙体时就被加热后引入室内。有些房屋还考虑了夏季隔热，在窗上设光电遮阳板，既起遮阳作用又能回收能量，在朝向有利的情况下，可节能50%。

第十五章　日本的暖通空调及建筑节能现状

日本建筑物的暖通空调技术，在世界上仅稍逊于美国，而且发展速度极快，现在日本的所有公共建筑，如影剧院、商店、工厂、旅馆、医院、办公大楼以及70%的住宅都有空调设备，近年新建的所有建筑几乎都安装有空调设备。据统计，日本用于暖遁空凋以及制冷中的能耗量，约占全国总能耗的10%，相当于4000万t石油的能源。

1. 日本建筑节能的途径　日本在建筑业中实施的节能途径有以下三方面：

1）改善围护结构的保温性能。

2）提高暖通空调制冷设备的效率。

3）积极发展建筑节能研究。

日本除了大力研究和改善建筑围护结构的保温性能之外，还重点研究空调制冷技术的节能问题。其做法是，事先对空调系统各个单项作出耗能特性曲线，从中选择最优化的空调方案。这些工作都是由电子计算机对建筑物本身的位置及周围环境作出合理的规划设计，如在建筑物周围多种树木、草坪，以减少地面反射玻璃等造成的冷负荷；再如尽量减少相邻建筑物外墙反射玻璃等造成的冷负荷；在建筑物的两侧设置喷水池也可以减少冷负荷；此外建筑方位也是考虑因素，最佳方位是南北向，其全年的冷、热负荷最小，东西向的负荷最大，故应尽量避免东西向的方位；对于节能来说，建筑本身的长宽比以1∶1为最佳；建筑层数以6、7层的全年冷热负荷最小，2层的建筑物负荷最大；建筑物的出入口，设在下风向为宜，在出入口处以及楼梯口处多采用空气隔断措施；对于外墙体的保温层应置于外侧，从而可减少热桥；外窗面积越小，越有利于节能，窗户一般都设有遮阳台或遮阳帘；多采用双层窗，日本现代建筑又多采用铝合金窗，制作严密，可以基本解决冷空气渗透问题。

2. 空调、供热与节能　日本的空调方式，一般多为集中式的变水流量与

变风流量系统。在新风与排风之间，设有全热交换器。

日本空调系统的热源主要采用新型锅炉，有真空式锅炉和直流式锅炉。真空式锅炉的压力是处于真空状态，保证安全，锅炉多为燃油型，一般锅炉效率都在 88%左右。热源的另一途径是采用热泵系统。同时热泵又是很有效的节能措施之一，所以热泵的研究在日本倍受重视，热泵的热源主要是采用自然能。

日本空调系统的另一种方式是水气混合式，目前日本多采用分层空调机组与风机盘管方式，对于居住建筑一般都采用全水式盘管机组。当前，窗式空调机大量发展，使用窗式空调机比集中式空调系统更经济。

日本的城市供热多发展区域供热，一般采用 180℃的高温水供暖，回水温度为 12℃，并采用蒸汽加压方式。

日本的生活用热水系统，一般是采用太阳能集热器和空气热源热泵相结合的方式。对于高层建筑的排水，都有排水再生利用装置。

日本的太阳能供热装置都与热泵系统相结合，这是日本热泵系境的一大特点。日本的太阳能蓄热，主要应用于一些特殊情况下，如在电影院等一类建筑物中，往往都是在集中时间内出现高峰负荷，此时则多用蓄热来补偿。

再一种是用于当负荷时间与冷热源设备运行发生不一致时，如太阳能供热系统在夜间或降雨天时，由于系统已不能发挥作用，于是也多由蓄热系统补给。

日本所用的蓄热方法有敞开式蓄热池和封闭式蓄热缸，一般采用砂石或土层蓄热。

日本的空调界对于废热的回收问题也作了大量的研究工作，热回收的范围也是多方面的，如对于排气的热回收与利用问题，对于室内散热，空调排气，工厂排气、排热等都进行回收再利用，决不轻易排掉。一般是采用热泵来回收排气中所含的热量，然后再供给空调系统作预热新风之用，有时还采用热交换器来进行回收，可以回收排气的显热和潜热。

对于排水中的热量也同样进行回收，如火电厂的排水温度都相当高，它相当于 40%的发电燃料所发出的热量。将这部分热量回收后，主要用于建筑物的采暖。

日本对于自然能的利用也进行了广泛的研究，并取得了不小成就。如对太阳能的利用，日本在太阳能用于民用方面的技术极为成熟，也相当普及。

至于太阳能在工业方面的应用，日本国家研究机构正在下大力气进行研究，目前已进入实用阶段。

再如，对地下热水、河水与海洋热能的开发研究，主要应用对象是热泵系统。日本正在将大气能广泛应用于热泵系统的热源。

3. 节能型大楼　近些年来，日本已建成了一大批节能型大楼，这些大楼中都有完善的节能措施，节能效果十分显著。

如大阪大林大楼，其节能措施是：利用蓄热式回收热泵系统，在冬季把室内的人体、照明、机器等散发的热量以及太阳辐射热进行全面回收，然后经过处理，供采暖用。回收的热量竟大于采暖需要的热量。

此外，还从排气、排水系统中进行热回收，在所有排气系统中，都设有全热交换器进行热回收，对于排水系统，则设有热交换器，从而可以从排水系统中回收热量。

该大楼还采用了先进的电子计算机操纵管理系统以及监测系统，它能根据室外温度的波动进行各种控制，如对空气预冷和预热的最佳启动时间与停止时间，以及蓄热温度及蓄热运转时间等，都能进行有效的控制。

节能型大楼采用的其他节能措施很多，例如，为了减少输送空气所需的动力，特意增大了冷热水温差及送回风温差。配电系统也作了节能方面的安排，如变压器分别设在地下 1 层及地上 15 层的两侧，成三角形布置。采取这样的布置方法可以达到负荷均匀、降低电压的目的，有利于节能。

该大楼的热源，采用电力及煤气交替使用，在夜间采用电力热泵及蓄热系统供热，在夏季高峰负荷时，则由电力锅炉负担。

由于采用多种节能措施以及计算机控制系统，从而使该大楼与一般同类型建筑相比，可以节能 30%左右。

4. 日本的节能政策　在建筑物和居民日常生活方面，政府也大力采取了节约能源的措施。如家庭住宅实现隔热化，在新建的房屋中广泛采用隔热材料、反射玻璃、双层窗户等。日本政府还采取了一系列限制措施，如限制电视播放、电影上映及商业用霓虹灯的开启时间等。日本还公布了“关于能源使用合理化法律”，在民用方面规定暖气温度不得超过 18℃，夏季空调不得低于 28℃。

日本在节能方面取得如此成就，也与其在财政、金融、市场价格等方面的措施分不开。如为了鼓励节能，对节能设备实行特别折旧制，一年可折

旧。在年度财政预算中规定：凡以节省能源为目的的新投资，可实行减免相当于投资额 10%的减税制度。据估算，此项减税额就达 2000 亿日元。尽管日本的财政预算是“超紧缩的”，但开发银行对节省能源及代替能源的投资贷款仍有大幅度增加，计增加 26.1%，利息串为 5.9%，另外还创立了年利息 5.5%的超低利贷款制度。

与上述各国建筑节能技术实例相比，我国存在很大差距。我国是个耗能大国，能源利用率极低。据统计，1988 年我国每亿美元国民生产总值的耗能量比日本高出近 4 倍，比美国高出 1 倍，甚至比印度也要高出 65%。特别是建筑耗能，它大体占到全国总能耗的 30%～40%。现在，建筑节能的浪潮席卷所有的发达国家。各国纷纷制订建筑节能标准，其中规定的墙体、门窗、屋顶等传热系数的限值，为我国相同气候条件下房履的 1/3～1/5 之间。北京常用的单层钢窗传热系敷为 6．4W/（m^2·K），发达国家已普遍采用双层密封窗，并有内外遮蔽措施，传热系数在 2．0W/（m^2·K）以下。至于窗户的气密性，我们目前常用的钢窗的空气渗透系数达 6～8，而发达国家的门窗密封性良好，通常窗的空气渗透系数在 1 以下。因此，节约能源应是我国包括建筑在内的各行各业刻不容缓的任务。

第十三篇

国内建筑节能示范工程实例

第一章　天津华苑居华里小区建筑节能工程

1．建筑节能技术应用概况　华苑居住宅区是国家建设部第四批城市住宅建设试点小区之一，是天津市实施国家安居工程最重要的项目，其中居华里小区是天津市房管局重点工程中的重点。居华里小区总建筑面积为 16.6 万 m^2，其中住宅 52 栋，建筑面积为 15.7 万 m^2；公共建筑 3 栋，建筑面积 0.9 万 m^2。

在居华里小区住宅建筑工程中，较广泛地应用了各种保温材料，如水泥炉渣聚苯保温板（以下简称炉渣聚苯板）、粘土珍珠岩保温砖、水泥珍珠岩保温砖、KP_1 承重粘土多孔砖、水泥聚苯板、聚苯板等。小区内 9 号、10 号、14 号、15 号和 16 号楼是按节能 50%的标准设计，其余均按节能 30%的标准设计，建筑结构为砖混和异型柱框架等。

（1）复合保温墙体应用技术：无论是外保温墙体还是内保温墙体，都能提高墙体的保温性能，改善居室的热环境质量。为保证工程质量，经设计、施工和有关部门反复研究、论证后，本工程采用了内保温墙体的方案。选择 11 号楼砖混结构和 16 号楼框架结构作为典型建筑。11 号楼 6 层，坡屋面带跃层，地下一层（不采暖）。16 号楼（支撑体）6 层，坡屋面带跃层。

根据设计要求，11 号楼外墙为 365mm 厚 KP_1 承重粘土多孔砖墙，经计算，主体墙的保温性能相当于 540mm 厚实心粘土砖墙，如考虑热桥的影响则相当于 400mm 厚实心粘土砖墙。16 号楼框架柱为 200mm 厚钢筋混凝土，内侧贴砌 50mm 厚水泥珍珠岩保温砖，主体填充墙外侧为 115mm 厚的大 3 孔粘土空心砖，内侧为 115mm 厚粘土珍珠岩保温砖，内外侧砖墙之间设 20mm 厚空气层。经计算，主体墙的保温性能相当于 1000mm 厚实心粘土砖墙，如考虑热桥的影响则相当于 500mm 厚实心粘土砖墙。

对粘土或水泥珍珠岩保温砖（以下简称保温砖）内保温墙面的抹灰，应严格控制底层砂浆的强度。当面层为水泥砂浆时，底层砂浆应采用 1∶1∶6（水泥：白灰：砂）重量比混合砂浆；面层为纸筋灰时，底层砂浆应采用 1∶1

:6（水泥：白灰：砂）重量比混合砂浆或白灰砂浆。每遍抹灰层表面应喷涂YH—2砂浆防裂剂一道。

内保温墙体预埋电线管，不宜采用在墙面上开槽的方法，可将电线管砌在主体墙内。

（2）复合保温屋面及楼板的应用技术

1）平屋面的构造做法为由下至上，依次为预制钢筋混凝土楼板，水泥砂浆找平层，隔汽层，铺水泥聚苯保温层，设置排汽道，铺水泥炉渣找坡层，做水泥砂浆找平层，做防水层。

2）坡屋面的构造做法为现浇钢筋混凝土楼板，铺LC板（单面网，50mm厚聚苯保温层），现浇细石混凝土，刷聚氨酯防水层，安装挂瓦钢筋，采用水泥砂浆卧瓦并绑扎。

3）不采暖地下室顶板的构造做法为40mm厚保温灰，现浇钢筋混凝土楼板。

4）首层车库（不采暖）上部楼板的构造做法（自下而上）为20mm厚水泥砂浆面层，50mm厚炉渣聚苯板，现浇钢筋混凝土楼板。

冬季采暖房屋中，在外围护结构的两侧存在着水蒸气分压力差。水蒸气分于将从压力较高的一侧向较低的一侧扩散渗透。如果设计或施工处理不当，围护结构会产生内部冷凝水而使材料受潮。材料受潮盾，热导率增大，保温能力降低，抗冻性差的保温材料易遭破坏，特别是卷材防水屋面可能产生鼓包以致破裂。所以，为达到设计要求，必须在施工中严格保温及找坡层材料在保存和铺设时不要受潮，隔汽层要做得严密无缝等。本工程在卷材防水平屋面的找坡层内设置了排汽道，使保温层和找坡层内原有的施工水分和使用中可能出现的冷凝水可通过排汽道排出。

（3）门窗的安装：根据设计要求，多层建筑门窗的气密性能小于$2.5m^3$（m·h）（Ⅲ级），高层建筑门窗的气密性小于等于$1.5m^3$/（m·h）（Ⅱ级）。为保障门窗的气密性能，安装窗户时在其周边与窗洞口之间填塞泡沫塑料聚苯板条。

（4）采暖系统：本工程的室内采暖系统均按设计施工，不得随意增加散热器。施工完毕均做冲洗、试压和初调节。每个热力入口均安装压力计、温度计。为保证水力平衡，各热力入口均安装自力式流量控制器。

2. 典型建筑围护结构热工性能测试

（1）测试仪器

1）ZCS—Ⅰ型建筑热工智能化测试仪。测量通道 64 路。温度量程 －50～70℃，精度 ±0.2%。热流计量程 0.000～ ±2.000mV，精度 ±5%。

2）远红外表面温度计。量程 －50～99.9℃，分辨力 0.1℃。

3）玻璃棒温度计。量程 －30～20℃，0～50℃，精度 0.1℃。

4）计算机。486 型，内存 4M，主频 66MHz。采用 Epson—LQ1600 型打印机和建筑节能检测计算程序。

（2）测试步骤

1）外表面温度计扫描计划检测的围护结构，如屋面、墙体和楼板内表面，选择温度分布均匀处作为测试区域。

2）在围护结构内、外表面相应位置布置温度传感器和热流计；在房间中央的 1/2 高度处，布置室内温度传感器；在室外被测建筑物的背阴处布置室外温度传感器。

3）连接信号传输导线，接通通道选择开关，接通设备电源。检查确认设备连接正确后，设置日期、时钟，开始测试。

4）测试周期为 4d。

5）测试完毕后，测试原始数据可通过传输电缆存储到计算机的软盘备用。测试于 1997 年 12 月 27 日开始，1998 年 1 月 17 日结束，其中，居华里 11 号楼、16 号楼和碧华里 24 号楼的围护结构传热系数测试结果，见表 1－1。采暖耗热量，见表 1－2。

表 1－1　　典型建筑物围护结构传热系数

[单位：W/（m^2·K）]

围　护　结　构	计算值	测试值	《细则》值	备　　注
坡屋面	0.79	0.82	0.90～0.80	按节能 30%～50%设计
365mmKP_1 承重粘土多孔砖外墙	1.22	1.42	1.61	居华里 11 号楼，按节能 30%设计
115mm 三孔砖 + 20mm 空气层 + 115mm 粘土珍珠岩外墙	1.04	1.01	1.16	居华里 16 号楼，按节能 50%设计
190mm 承重混凝土小砌块 + 60mm 炉渣聚苯板外墙	1.09	1.11	1.16	碧华里 24 号楼，按节能 50%设计
240mmKP_1 粘土多孔砖楼梯间墙	1.67	1.46	1.72	居华里 11 号楼
190mm 承重混凝土小砌块楼梯间墙	1.70	1.26	1.70	碧华里 24 号楼

续表

围 护 结 构	计算值	测试值	《细则》值	备 注
普通保温分户门	1.20	1.46	1.72～1.70	居华里，按节能 30%～50%设计
高级保温分户门	0.74	0.59	1.70	碧华里 24 号楼
木质保温阳台门板	1.66	2.37	1.72～1.70	居华里，按节能 30%～50%设计
塑钢保温阳台门板	1.70	2.44	1.70	碧华里 24 号楼
不采暖地下室上部楼板 + 40mm 保温灰	1.82	3.42	—	居华里 11 号楼

表 1－2 典型建筑物采暖耗热量指标

项 目	居华里 11 号楼	居华里 16 号楼	碧华里 24 号楼
测试日期	12.27～12.31	1.2～1.6	1.13～1.17
室内平均温度/℃	23.6	16.6	17.5
室外平均温度/℃	－0.5	－2.2	－4.8
建筑面积/m^2	4437	5002	3941
体形系数	0.30	0.27	0.30
建筑节能标准（%）	30	50	50
采暖耗热指标/$W \cdot m^{-2}$	24.24	18.67	20.38

根据《标准）要求，天津地区节能 30%和 50%的建筑物采暖耗热量指标分别为 25.3W/m^2 和 20.5W/m^2，从表 2－2 可见以上典型建筑物的采暖耗热量指标均满足建筑节能设计标准的要求。

从表 2－1 可见，居华里和碧华里典型建筑物围护结构除阳台门板外，均能基本满足《细则》的要求。新《细则》要求，屋面的传热系数小于等于 0.80W/（$m^2 \cdot K$）。本工程坡屋面的设计，其保温层为 50mm 厚聚苯板，为满足新《细则》的要求，聚苯板的厚度应采用 60mm 厚。经检测，阳台门板的保温性能普遍较差，为满足新《细则》的要求，阳台门板内应当有 20mm 厚聚苯板或相当于 20mm 厚聚苯板的保温层。据测试，当室外日平均温度为 0℃左右时（室内温度为 23℃），不采暖地下室顶板的上表面温度约为 12℃。由于该楼板上部住户脚下温度低，人体感觉冷。因此，应加强不采暖地下室上部楼板的保温。一般住宅建筑地下室层高较低，建议对不采暖地下室上部

楼板，采用粘贴 70mm 厚聚苯板，外抹聚酯砂浆，贴玻璃纤维网，抹聚酯砂浆的构造作法。

3. 技术经济分析　以居华里小区 11 号楼和 16 号楼为例进行技术经济分析，见表 1－3。

表 1－3　居华里典型住宅建筑技术经济分析

工程名称	建筑面积/m^2	工程造价/元·m^{-2}	节能投资/元·m^{-2}	节能标准（%）	节能投资占工程造价的比例（%）
11 号楼	4437	956.00	83.06	30	8.69
16 号楼	5002	1006.35	113.49	50	11.27

居华里小区共建造节能住宅 15.7 万 m^2，其中按节能 30%设计标准建造的 11.7 万 m^2，按节能 50%设计标准建造的 4.0 万 m^2。仅居华里小区每年至少可节约采暖能耗 1300t 标准煤，年节能收益近 40 万元（每吨标准煤按 300 元计算）。

4. 建议

1）在同样采用 50mm 厚聚苯板保温的条件下，墙体外保温要比内保温的热损失降低 20%，我国应积极引进适合我国国情的外保温技术，并积极开发、研究、应用外保温材料。

2）重视采暖供热系统的节能，因为能否降低采暖能耗，最终都要通过采暖供热系统来实现。

3）对采暖房间温度未达标的，不应片面强调是采暖设计问题，应通过测试分析判断。

4）为切实降低采暖能耗，确保节能工程质量，对已报竣工的节能建筑工程应规定按比例抽查检测，并根据抽查检测结果批准是否免交投资方向调节税。

5）“热”也是一种商品，因而计量收费理所应当。根据发达国家的经验，采取供热计量收费制可节能 20%～30%。在住宅向商品化发展的形势下，供暖福利制已难以维持，必须转向实行供暖费由国家、集体和个人三者共同承担，即由企业向职工发放供暖补贴，再由职工向供暖单位交纳供暖费。

6）应积极研制开发薄型铸铁散热器，并适当减少其高度。

7）建筑物单元入口不宜采用普通平开门，如采用平开门则应安装闭门器。建议建筑物楼梯间入口采用自由门。

8）建筑的设计均应重视不采暖地下室上部楼板的保温。

第二章　北京望园东里小区建筑节能获奖工程

1. 工程概况　北京市丰台区望园东里小区二期工程，分成 3 大块，高层住宅布置在东、西两端，多层住宅群布置在中间部分，中学布置在小区的中间地带，小区的建筑群墙身采用乳白色和浅驼色相间的涂料喷涂，暗红色陶瓦屋顶或屋檐，形成 2 个小区各自独特的艺术风格，又有统一协调的色彩、形式的呼应。该小区为北京市节能 50%墙体改革试点小区，要求不用一块粘土砖。现 3 幢 24 层住宅楼（14、15、16 号建筑面积约 6 万 m^2）和 7 幢 6 层住宅楼（7、8、9、10、11、12、13 号建筑面积约 5 万 m^2）均已完成。3 幢高层住宅楼的保温形式，采用钢筋混凝土剪力墙结构，外墙外保温复合墙体，其中 2 幢保温材料采用 70mm，厚单面钢丝网聚苯板与钢筋混凝土外墙一次浇注，这样既方便施工、缩短工期，又降低造价。屋面保温采用 70mm 厚水泥聚苯板 2 层错缝铺贴，外窗 4 个朝向均采用 35 空腹双玻保温钢窗，传热系数为 3.26W/（m^2·K）。单元平面设计，采用一梯 10 户，为充分考虑节能，在设计中力求达到每户都能取得南向、东南向或西南向的较好朝向。

7 幢 6 层住宅楼采用 2 种结构体系，即混凝土小型空心砌块承重结构体系外保温形式与内浇钢筋混凝土剪力墙外砌加气混凝土块结构体系单一材料保温形式。多层住宅楼的屋面保温均设计为 70mm 厚水泥聚苯板，2 层错缝铺贴；外窗 4 个朝向，均采用 35 空腹双玻保温钢窗。这两种体系，由建设部科技司和抗震办公室进行技术鉴定，成果均获得建设部科技进步三等奖。

2. 承重混凝土空心砌块外保温多层住宅体系望园东里小区 7、8、10 号 3 幢 6 层住宅，采用承重混凝土小型砌块，全部内外墙均采用强度为 10MPa 以上的混凝土空心砌块。外墙采用 80mm 厚水泥聚苯板，基础采用蒸压粉煤灰砖，这样全部建筑不用 1 块粘土砖。80mm 厚聚苯板与 190mm 混凝土空心砌块复合，其保温性能满足节能 50%的要求。

（1）混凝土小型空心砌块承重体系的优点

1）材料价格（170元/m^3）基本与粘土砖持平，其单方造价可低于传统的砖混结构。

2）有较完整的规范、标准，如国家已制订了该制品的设计规范、产品标准、试验方法，北京市已编制了施工规程和标准图集。

3）有科研基础，能满足8度抗震设防地震区的抗震和节能要求。

4）望园小区7、8、10号3幢多层住宅总建筑面积为22351m^2，采用盲孔砌块。在T字墙、十字墙、拐角墙、门窗口两旁对孔灌注芯柱孔的尺寸应大于120mm×120mm，同时确定合理的壁、肋宽，块型。砌块强度、抗冻、抗渗满足国家制定的产品标准。

（2）砌块规格：砌块规格的确定取决于以下因素：①应充分满足规范要求，便于对孔灌芯；②考虑到生产的可能性、工效以及模具制造费用的经济性；③便于施工；④排列组合多样化，尽可能减少规格。为此，我们确定了6种规格，主规格K4为390mm×190mm×190mm、K6为590mm×190mm×190mm；辅助规格K3为290mm×190mm×190mm、K1.4为140mm×190mm×190mm、K2为190mm×190mm×190mm以及K1为90mm×190mm×190mm。这6种规格基本上能满足各种平面的砌块排列要求。其中主规格390mm和590mm均占绝大多数。

需说明的是其中两种规格确定的原因：①K6（590mm×190mm×190mm），由于《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》（JGJ/T14—1995）的抗震构造措施要求：外墙转角处要灌实7个孔；内外墙交接的丁字墙要求灌实5个孔；门、窗洞口两侧各灌实1～2个孔。在8度抗震设防时，芯柱插筋不应小于1ϕ16钢筋。技术规程中又规定芯柱截面不宜小于120mm×120mm。因此，在排块时，L形、丁字形和十字形节点，没有K6规格，很难满足要求。②K1.4（140mm×190mm×190mm），在排块时发现，当前砌块主规格K4（390mm×190mm×190mm）与我国目前通用的$3M_0$（M_0是建筑基本模数，$M_0=100$mm）制不符，即便匹配辅助规格K3、K2也不能适应（目前平面开间及门窗宽度尺寸均为$3M_0$），如开间双数（如3.0m、3.6m、4.2m），但若窗户居中又为单数（如0.9m、1.5m、2.1m），则窗边墙必然会出现50mm数值（见图2－1）。反之亦然，除非两者均为双数或单数。

还有一种情况是内墙的门边为搁置过梁，难免出现小垛，其中包括50mm尺寸。基于上述原因，在8、10号楼中采取2项措施：①在设计中加

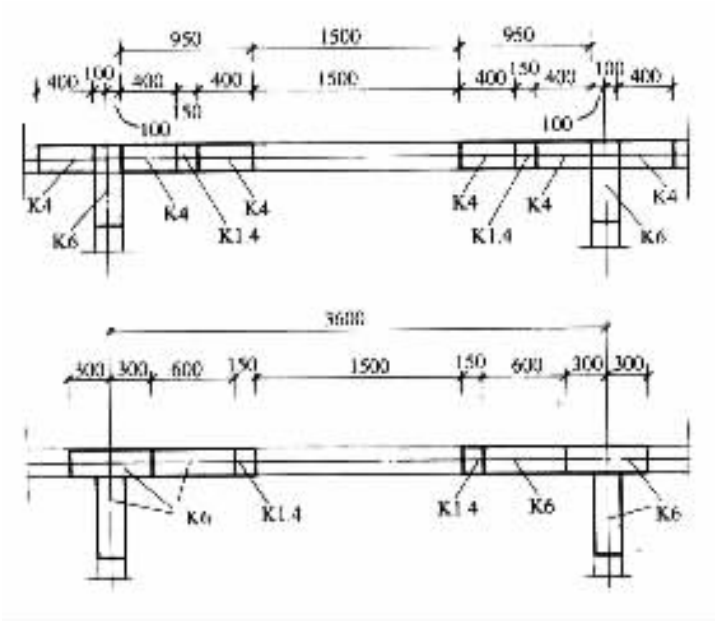


图 2－1　增加 K1.4 规格做法

以调整，如开间与门窗出现单、双矛盾，则将窗往一个方向偏离 50mm，使窗边墙不出现 50mm 数值（见图 2－2）；对门口出现的小垛在设计中尽量避免。②增加 K1.4 规格，在目前我国建筑模数、门窗模数暂时还不能统一时，适当增加一、两种砌块规格是解决这一矛盾的途径。否则必然会给设计、施工带来不便。根据 8、10 楼的排块实践，上述 6 种规格基本上能满足设计和施工要求。但在个别情况下，由于采用 K1.4 规格，会上下对孔不合要求，插筋困难。在此可采取如下 2 种措施：①灌孔时可跳过 K1.4，在相邻符合要求的孔内插筋灌孔；②在 K1.4 规格下皮灰缝用钢筋网片加强，这也是规程允许的。实际上，K1.4 数量出现很少，3 个单元中均仅出现 2 处。因此，在 2 幢建筑中这一规格仅占总量的 3.2%，目前设计中还很难避免。

在沿高度排块时有 2 种情况：①窗户部分，窗台术规程设计、计算，主要经验是：

1）选择规则的平面有利混凝土砌块的排列，不宜设置较多的拐角，否则，不仅排块困难而且每一拐角都将增加 5～7 个芯柱，施工不便，且过多的芯柱会增加结构造价。

2）选择符合我国规范、规程要求的小砌块规格孔型。国外的模具规格

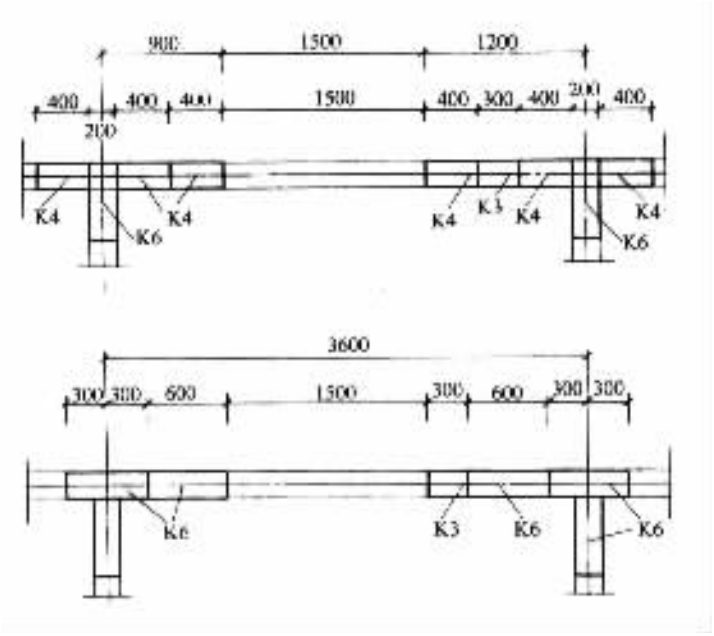


图 2－2　窗往左（或右）偏 50mm 做法

有的不符合我国规范要求，如芯柱的孔洞太小，不能保证芯柱的最小面积 120mm × 120mm。为此，望园东里小区 7 号楼的 390mm × 190mm × 190mm 砌块因孔洞仅为 90mm × 90mm 不符合要求，不得不改为构造柱做法。

3）混凝土小型空心砌块承重结构体系按照规程规定需要在平面中设置芯柱的数量相当多，以 4 个单元 1 幢住宅为例，每层平面中的芯柱共需设置约 400 个，6 层共 2000 余个芯柱。芯柱给穿筋、绑扎、浇注、捣实和质量检查带采困难。在望园东里小区程中，曾发现其中 1 幢的芯柱混凝土浇注质量不好，竟高一般排 4 块，高度 800mm，往上再打 100mm 混凝土窗台，如 2.7m 层高，窗高 1.4m 加上 900mm 窗下墙，则为 2.3m，现浇过梁为 400mm；②实墙部分为 11 块砌块，高 2.2mm，上部现浇 500mm 高圈梁，即当圈梁遇窗口时其高度减低 100mm。在施工初期曾一度出现错误，把高度调整层放在窗下部位形成一周圈为 100mm 的混凝土带，然后在其外加保温层，给施工带来麻烦（见图 2－3）。

（3）结构设计原则：按照我国抗震规范和砌块技有 9% ~ 10% 的芯柱有空洞，需作加固处理。

4）砌筑砂浆的选用。对通孔砌块，砌筑砂浆只能铺砌在边肋和中肋上，

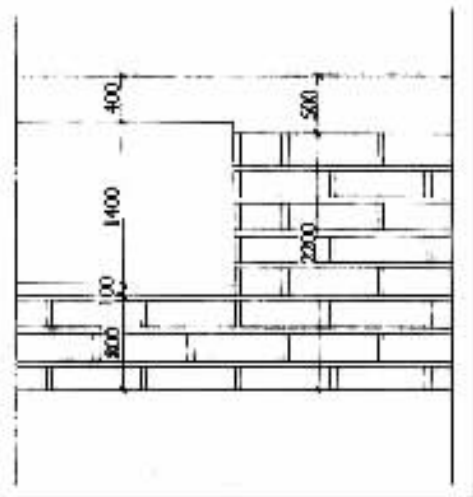


图 2－3　层高 2.7m 立面排块示意

因此，要求砌筑砂浆有较好的和易性，较高的强度等级，以保证灰缝处剪力的传递。对不通孔砌块，砂浆砌筑时的条件较好，砂浆缝的饱满度易于保证，应当推荐这种砌块。对混凝土砌块竖缝的砂浆饱满度，规程要求为80%。但施工中只有技术较高的瓦工才能达到。技术规程规定承重小砌块的砌筑砂浆不得低于 M5.0，是偏低的，采用 M10 砌筑砂浆是比较合适的。

5）凡设有芯柱部位的小砌块的根部，必须设置清扫孔。清扫孔一是为浇注芯柱混凝土之前清理杂物，绑扎或焊接钢筋；二是为浇注芯柱混凝土后，检查混凝土浇注质量。

（4）细部构造：在细部设计中，电气管线采用塑料软管，随砌随从孔洞中穿线。一些大洞如配电箱，还有一些管道比较集中的部位，如上下水管、通讯设备管线，尽可能集中在一起。在砌筑中留缝，设管、现浇混凝土。因为混凝土强度较高，壁厚平均为 30mm，对安装附墙管的固定卡并不困难。

门窗固定方式，由于门窗洞均为满灌芯柱，可以在完工后用膨胀螺栓固定，也可以用弯钩钢筋上焊预埋铁件。砌筑到一定高度，将预埋件钢筋插入空心块内，铁件外露在墙面，也可在砌块侧面预埋木砖。楼地面第 1 皮砌块芯柱部位均应留清扫孔，其尺寸不得小于 100mm × 100mm。暖气片、手盆和水箱在墙上用膨胀螺栓固定，当墙体砌筑到该部位时，在固定这些设施的孔洞内灌豆石混凝土。

（5）外粉刷：外墙采用水泥聚苯板用专用粘结砂浆与墙面点粘。设计方

案是在外墙采用掺有防裂剂的 1∶1∶6（水泥∶白灰∶砂子）重量比混合砂浆找平，然后在其表面抹 2～3mm 抗裂砂浆，随抹随将 4mm×4mm 耐碱玻璃纤维布压入抗裂砂浆内，然后在表面再抹 2～3mm 抗裂砂浆面层，外饰面采用弹性涂料。楼梯间墙内表面均抹保温砂浆。

（6）施工程序：由于当时砌块尚无清扫孔砌块，先用电锯加工出清扫口，并将需灌孔部位的不通孔表皮（约 5mm）剔凿，然后在大角或丁字墙砌筑清扫孔砌块。上部有对孔灌浆要求的，应对孔砌筑。每隔一定高度，放置预先点焊好的钢筋网片，纵筋间距 160mm，横筋间距约 160～180mm。纵、横均应对肋砌筑，达到设计高度时，在底层清扫孔中，清扫渣末、灌浆、插筋、并用微型振捣器振捣。在门窗洞口及圈梁部位支模，配筋打圈梁，墙体逐层上砌；封顶后粘贴保温块每隔一定间距与墙内伸出网片拉结，每层圈梁出挑 50～60mm，分层承托保温块。最后做内外墙装修，管线及预埋件随砌随穿随预设。

（7）尚需改进处

1）保温材料采用水泥聚苯板，系手工生产，产品质量良莠不齐。

2）芯柱质量的检测方法，有待进一步完善。

3）个别外墙面抹灰，未按设计要求做，如玻璃纤维网格布质量不合标准、粘贴部位不准，以致造成局部开裂、返修。

3. 内浇外砌多层住宅体系　9、11、12、13 号楼采用内浇外砌形式，建筑面积 29492m^2，内横、纵墙和山墙均采用 140～160mm 厚现浇混凝土墙，外墙采用 06 级强度 4MPa、热导率 0.17～0.2W/（m^2·K）的粉煤灰加气混凝土砌块，基础采用蒸压粉煤灰砖。

加气混凝土外墙既作为保温材料，又能满足北京地区节能 50% 的要求。同时，以加气混凝土砌块墙体作为自承重墙体是恰当的。采用在内外墙交接部位设置异型构造柱的做法，满足加气混凝土外墙的抗震要求。在望园东里小区工程设计中，共有 4 幢多层住宅采用此种结构体系。由于承重内横墙和内纵墙均为现浇剪力墙结构，具有较强的刚度和较好的抗震性能，可以满足 8 度抗震设防区的抗震要求。

（1）内浇外砌多层住宅体系的优点

1）施工比较简单、快捷，外墙采用 300mm 加气混凝土砌块，就能满足节能要求。免去了内、外保温的复杂施工工艺，现浇墙体采用商品混凝土，

实现了工业化施工方法。

2）全楼不用 1 块粘土砖，而且外墙及基础均采用以工业废料为原材料的制品。

3）由于不用粘土砖，利废和节能可享受政府颁布的各项优惠政策，该体系在北京推广已近 20 万 m^2。有较成熟的经验，并已编制成构造图集。

（2）防止热桥和墙面抹灰开裂的措施：望园东里小区 4 幢建筑，砌块使用专用砂浆砌筑。外墙每开间设置构造柱。因保温墙体为单一材料，圈梁及构造柱混凝土部分不能与加气砌块在同一表面上，不同材料温度变形或收缩值不一致引起开裂而产生热桥，所以在该部位外部均放水泥聚苯板。在砌筑外墙砌块的同时，绑扎钢筋后，按构造柱和圈梁的形状裁切水泥聚苯板，将其砌筑在构造柱和圈梁的外侧，然后再支外模、横墙内模及角模，打混凝土。实践证明，拆模后，水泥聚苯板与混凝土构造柱和混凝土圈梁均有良好的粘结力。

外墙抹灰防止裂缝的具体做法是先在构造柱及圈梁部位用防裂砂浆粘贴 4mm×4mm 抗碱玻璃纤维网格布，然后在大面上刷界面处理剂。用扫帚甩毛、平均厚度不超过 3mm，接着将混合砂浆找平、打底，重量配比为 1∶1∶6（水泥∶白灰∶砂）并加入水泥量 10%的防裂剂，在底灰面层用防裂砂浆粘贴抗碱玻璃纤维网格布，厚度 3～5mm，以将网格布全部压入砂浆为宜，最后再在表面抹 2mm 防裂砂浆罩面，外饰面层用浮雕材料。

现浇混凝土山墙做法有两种：①贴 80mm 厚水泥聚苯板，抹防裂砂浆，将抗碱玻璃纤维网格布压入防裂砂浆内，外表用防裂砂浆罩面，弹性涂料饰面；②以 11 号楼为试点，在山墙上抹密度为 230kg/m^2 的聚苯颗粒保温砂浆，厚度 45mm，分 2 次抹平后在表面抹防裂砂浆，随抹随压入抗碱玻璃纤维网格布，防裂砂浆罩面，弹性涂料饰面。为防止面层由于材料收缩及温度变形引起开裂，在墙面进行分缝处理。首先在层间均匀分缝，宽度为 20～25mm，分缝深度一般均以保温外表为其深度基底。分缝部位的基底在抹底灰或找平层前应先用防裂砂浆粘贴抗碱玻璃纤维布 1 条，宽度 100mm 左右。竖缝间距要根据建筑设计立面要求，但原则上最好按每 15～20m^2 分块。

第三章　南京聚福园小区建筑节能示范工程

南京聚福园小区位于南京城西秦淮河以西的长江之畔，小区总占地 12 万 m^2，总建筑面积 15 万 m^2，其中一期工程 5 万 m^2；二期工程 10 万 m^2，二期工程被建设部列为国家首批建筑节能试点示范工程。节能设计标准参照江苏省新修订的《民用建筑热环境与节能设计标准》及国家颁布的夏热冬冷地区的建筑节能标准并适度提高。由于聚福园小区同时被建设部列为国家康居示范工程及智能化系统示范小区，所以节能设计按《商品房性能认定标准》中的要求比地方标准提高 10%。

1. 节能设计　聚福园小区二期工程除 4 幢小高层外，其余为 4 ~ 6 层建筑。在总平面规划中居住建筑全部为南北朝向，日照间距系数大于等于 1.2。居住组团的院落式布置，既避开了冬季的西北季风，又导入了夏季的东南风向。小区采用“大绿化、小庭院、多层次”的江南民居园林传统风格和建筑风格相呼应。小区绿化率高于 35%，有效降低了太阳辐射热对建筑的影响，使丰富的绿色生态环境形成小气候的节能效果。

房屋体形系数是影响建筑外围护结构传热损失的指标之一。夏热冬冷地区房屋体形系数不应超过 0.35，江苏省地方标准要求体形系数小于等于 0.32，高于 0.32 时要采取提高窗、墙隔热保温性能指标的补偿措施。聚福园小区多层住宅体形系数为 0.28 ~ 0.31；小高层住宅体形系数为 0.26（板式）和 0.32（塔式）。

建筑的窗墙比值，北向是 0.21 ~ 0.25，南向是 0.32 ~ 0.35，东西向控制在 0.15，其值都满足江苏省标准要求。

多层及小高层住宅均设地下、半地下室，使底层住宅地面板提高了保温隔热能力。

2. 围护结构的隔热保温技术

（1）外墙选材及隔热保温方法：聚福园二期工程全部采用外墙外保温技术。根据建筑结构设计要求，外保温又分为多层砖混结构外保温、多层框架

外保温及小高层外保温。多层砖混结构外墙采用承重页岩模数化节能砖砌体，墙体厚度为 240mm。这种砖以页岩、粉煤灰及少量陶土为原料烧结而成。孔洞率达 36%，尺寸为 240mm × 190mm × 90mm，配砖尺寸为 240mm × 90mm × 90mm，强度等级大于等于 MU10，吸水率小于 15%，砌体传热系数为 0.476W/（m^2·K），蓄热系数为 7.39W/（m^2·K）。外保温采用 R.E 复合保温砂浆。以北墙为例施工程序为：内墙装饰涂料→20mm 厚混合砂浆打底粉面→240mm 厚砖砌体→R.E 界面剂砂浆（底 8mm，以上 5mm）→20mm 厚 R.E 复合保温砂浆（分两层粉刷）→R.E 防裂抗渗砂浆防护层（4 ~ 6mm）→外墙贴面砖或外墙涂料。外墙主要技术参数，见表 3 – 1。考虑圈梁、构造柱因素，北墙，东、西墙和南墙的平均热绝缘系数分别是：0.866m^2·K/W、0.827m^2·K/W 和 0.657m^2·K/W。

表 3 – 1　　砖混结构外墙主要技术参数

部　　位	保温层厚度/mm	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	惰性指标 D
北　　墙	20	0.921	4.87
东、西墙	15	0.862	4.69
南　　墙	—	0.699	4.23

多层框架结构外围护墙采用非承重页岩砖，孔洞率为 45%，密度为 1100kg/m^3，尺寸为 240mm × 190mm × 90mm，外保温做法同多层砖混结构。主要技术参数见表 3 – 2。由于框架梁柱的热桥效应增加，框架结构外围护墙的平均热阻比砖混结构的热阻降低的比例大。本工程中南北墙框架降低 12%左右，砖混降低 6%左右。

表 3 – 2　　框架结构外墙主要技术参数

部　　位	保温层厚度/mm	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	惰性指标 D
北　　墙	25	0.856	5.06
东、西墙	20	0.828	4.87
南　　墙	15	0.738	4.69

小高层外墙设计为 190mm 厚钢筋混凝土剪力墙，采用欧文斯科宁挤塑板外保温，施工程序为：涂料内饰面→20mm 厚混合砂浆打底粉面→钢筋混凝

土剪力墙（局部填充页岩空心砖）→20mm 厚 1∶3 水泥砂浆找平→欧文斯科宁专用粘结剂→30mm 厚 250k1）a 强度的挤塑板用塑料膨胀钉加自攻螺钉固定→聚合物砂浆保护层，耐碱玻璃纤维网格布增强→外墙涂料或贴外墙砖（小于 35k8/m^2）。主要技术指标，见表 3－3。由于剪力墙外围墙中以页岩空心砖填充，所以，平均热阻要高于墙体热阻。

表 3－3　　小高层外墙主要技术参数

部　　位	保温层厚度/mm	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	惰性指标 D
北　　墙	30	1.304	2.91
东、西墙	25	1.137	2.82
南　　墙	20	0.971	2.73

（2）屋面隔热保温技术：聚福园建筑屋面采用了平、坡结合的方式，保温隔热全部采用“倒置式的隔热保温技术”。

平屋面施工程序如下：现浇钢筋混凝土板→20mm 厚 1∶3 水泥砂浆找平层→德国汉高 CD65 水泥基防水宝 2～3mm→珍珠岩保温材找坡，最薄 40mm 厚→20mm 厚 1∶2.5 水泥砂浆找平→25mm 厚 250kPa 强度的挤塑板→40mm 厚配筋细石混凝土收平→贴地面砖。

斜坡屋面施工程序如下：现浇钢筋混凝土屋面板→20mm 厚 1∶3 水泥砂浆找平→建筑油膏贴 30mm 厚挤塑板→40mm 厚细石混凝土（配双向筋 Φ6@200mm）拍平，理出挂瓦条→挂水泥彩瓦；天沟板随坡找平→CD65 防水处理→1∶2.5 水泥砂浆保护层。

屋面主要技术参数为：平屋面的热绝缘系数为 1.39$m^2 \cdot K/W$，惰性指标 D 为 4.1，坡屋面的热绝缘系数为 1.45$m^2 \cdot K/W$，惰性指标 D 为 2.55。

聚福园小区建筑外窗全部采用塑铝合金中空玻璃窗。平开样窗经测定传热系数为 2.6W/（$m^2 \cdot K$）。外窗的周边缝隙用发泡剂封塞堵实，防止透风和雨水渗漏，使气密性不低于 GB/T7107—2002Ⅱ级标准。

聚福园住宅阳台全部为全玻璃落地封闭可开启阳台，阳台另设铁艺防护栏杆。阳台内一般为起居厅，装修中以推拉门加垂地布帘与阳台分隔。这样的建筑处理避免了阳台门窗临外界时，门肚板热阻值不易保证的弊端。阳台设计为全落地封闭可开启形式，既满足冬季被动式采暖及保温的需要，夏季也可以防太阳热辐射，起到隔热的作用。阳台开启可以调节通风并恢复户外

活动空间的功能。

3. 建筑节能技术综合评价　聚福园小区住宅标准，执行《商品房性能认定标准》中的 AA 级标准。该标准在建筑节能设计中要求示范标准比地方标准在围护结构上热阻提高 10%。聚福园小区的建筑节能设计、选材及施工组织，实现了这一示范指标。装修中又选择了能效比较高的取暖和制冷设备，不但室内的舒适度可以保证，综合节能 50%的目标也完全可以达到。

不考虑建筑节能时，多层住宅的工程投资约 700 元/m^2，小高层约 900 元/m^2。建筑节能增加的工程费用分别占原工程费的 11.3%和 10.9%。聚福园小区同时进行太阳能热水器的应用研究和废水处理的应用研究。把太阳能板的安装和平、坡屋面结合起来，结合管道区分户配置太阳能供热水和电加热辅助系统。在小区的望江苑安装地下废水处理系统，利用中水浇花、洗车。

聚福园小区建筑节能技术的应用和研究，对地方建筑节能技术的应用和发展起到一定的推动作用，也成为南京地区当前房地产界开发科技品牌的一个亮点。

第四章　重庆天奇花园建筑节能示范工程

天奇花园是夏热冬冷地区建筑节能示范工程，总建筑用地 2.2 万 m^2，总建筑面积约 3.7 万 m^2，容积率 1.61，建筑密度 27%，绿化覆盖率 36%。其中住宅约 3.36 万 m^2，商场 1300m^2。

1. 建筑节能规划设计　天奇花园经设计处理，使建筑全部实现南北朝向。小区内建筑南北间距宽阔，有利于自然采光和冬季日照，并且使东西通道宽敞，小区内气流顺畅，并与嘉陵江—缙云山局部地区气流自然衔接，室内通风气流与小区内气流相环接。从而使环境气流、小区气流、建筑换气气流合理组织，避免局部涡旋或滞流区造成空气质量恶劣和夏季热量滞积。特别重视组织夏季夜间气流，强化夏季夜间通风，利用室外冷空气降温，减少空调运行时间和能耗，并提高室内空气质量。小区内建筑东西紧靠，以便相互利用，作为遮阳，遮挡夏季的东、西日晒，减少空调负荷。并且和建筑间的绿化树木一起，构成阻挡冬季北风的屏障。小区绿化在重视景观效果的同时，重视绿化对小区微气候和空气质量的作用。草坪、灌木丛、乔木合理搭配，尽量削弱夏季太阳辐射对建筑的热作用，又不影响冬季太阳辐射和全年自然采光。

2. 体形系数　天奇花园位于重庆北碚，属本市西部山地，冬季日照率只有 13%，全年阴天为主。

减小体形系数，可显著减少采暖空调期的冷热耗量。但体形系数过小，容易造成通风采光不良，不能充分利用自然通风降温和自然采光，使空调和照明灯具的开启时间增多，反而增加建筑能耗。重庆空调期只有 32d，采暖期 88d，占全年总天数的 1/3。如将体形系数降低 0.1，建筑面积全年节约冷暖耗电 2.70kW·h/m^2；而由于体形系数减小，自然采光减弱，全年照明用电将增加 2.92k·W·h/m^2，超过所节约的冷暖电耗。这里还未计入因体形系数减小，自然通风削弱所增加的通风和空调能耗。此外，体形系数还影响到建筑造型、平面布局、功能划分等诸方面，限制过紧，将严重制约建筑师的创

造性，使造型单调，有损建筑艺术、城市风貌和社会文化；另外，在平面布局、功能划分上也会造成困难，影响建筑其他使用功能。

通过综合分析比较，各种套型住宅的体形系数为 0.27～0.32。

3. 窗墙面积比窗墙面积比对建筑能耗的影响，取决于窗与外墙之间热工性能的差异，相差越大，影响越显著。

对于传统的 240mm 砖墙，单层金属窗的住宅楼，每平方米窗的冷暖年能耗约是同面积外墙的 3.6 倍，而夏季造成的空调用电负荷约是外墙的 5 倍。在重庆这样的住宅，若窗墙面积比由 0.4 减少为 0.3，建筑面积年冷暖耗电量可减少 $5kW·h/m^2$，节能效果非常显著。但当采用单框双玻璃塑钢窗，再加上有效的外遮阳措施后，每平方米窗的年冷暖能耗只有外墙的 1.8 倍，夏季造成的空调用电负荷只有外墙的 2.5 倍，建筑面积年冷暖耗电量只减少 $1kW·h/m^2$，减少窗墙面积比的节能效果大幅度下降。窗墙面积比还影响到自然通风和自然采光。不合理地缩小窗墙面积比，增加的照明和通风能耗会超过减少的冷暖能耗。另外，还影响到建筑立面及居住者的视觉感觉和心理感受。

三北地区强调增大南窗、减小北窗。而重庆冬季日照率只有 13%，且北风微弱，南北窗对采暖能耗的影响差异不如三北地区明显。

综合考虑，天奇花园南北向窗墙面积比差别很小，南窗略大一点。不同套型的窗墙面积比为 0.28～0.35。

4. 窗的热工性能改善措施　窗是改善建筑热环境、降低能耗的关键。前面已提到，单层金属窗年冷暖能耗是相同面积 240mm 砖外墙的 3.6 倍，是节能墙体的 4 倍以上。采用单框双玻璃塑钢窗，将窗的传热系数由 $6.4W/(m^2·K)$ 降到 $3.0W/(m^2·K)$，夏季再加强遮阳隔热，窗夏季冷负荷减少 $72W/m^2$，冬季热负荷减少 $55W/m^2$；全年采暖空调用电量减少 $25.75kW·h/m^2$。

单玻璃铝合金窗改为单框双玻璃塑钢窗，每平方米窗增加投资 50 元。收益是减少空调设备费 72 元，每年省电 25.75kW·h。

天奇花园采用单框双玻璃塑钢窗，传热系数为 $3.0W/(m^2·K)$。

5. 外墙热工性能改善措施　外墙热工性能的改善，要综合考虑建筑热环境质量与节能，墙体材料改革，节能投资效益诸方面。根据重庆气象资料分析外墙传热系数从现在的 240mm 实心砖的 $1.94W/(m^2·K)$ 降到 $1.0W/(m^2·K)$，每平方米外墙可减少空调冷负荷 6.35W；全年减少冷热耗量 19.85kW·

h，从而减少用电负荷 2.4W，减少采暖空调用量 7.25kW.h。达到这一热工要求的墙体，造价约 100 元/m^2，比传统 240mm 实心砖造价高 58 元/m^2。这意味着在外墙上 58 元的节能投资，收益仅为减少空调设备费 6.35 元，每年省电 7.25kW·h，显然比窗上节能投资效益差得多。

另外，建筑节能投资的控制指标是不使土建造价增加额超过 10%。重庆北碚地区土建造价 450 元/m^2，因此，节能投资不应超过 45 元/m^2。天奇花园每平方米建筑面积分摊的外墙面积为 0.8m^2。若将外墙传热系数降到 1.0W/（m^2·K），每平方米建筑面积分摊的节能投资额为 46.4 元/m^2。仅此外墙一项节能投资，就突破了 45 元/m^2 的控制指标。

因此，天奇花园外墙传热系数勉强降到 1.0W/（m^2·K）是不合理的。

墙体主材不宜长途运输，应以当地材料为主。重庆市页岩资源丰富，KP1 型页岩多孔砖生产能力足。KP1 型多孔砖，单面加抹 20mm 厚保温隔热砂浆，传热系数为 1.42W/（m^2·K），造价为 48.8 元/m^2。与 240mm 实心砖相比，增加的节能投资为 6.8 元/m^2，收益是减少空调设备费 3.2 元/m^2，每年省电 3.5kW·h。节能投资效益虽然仍不及窗，但比将外墙传热系数降到 1.0W/（m^2·K）的节能投资效益好得多。KP1 型多孔砖加单面保温隔热砂浆增加的节能投资，均摊在建筑面积上为 5.44 元/m^2，这有利于控制总的节能投资额。因此，天奇花园确定外墙采用 KP1 型多孔页岩砖加抹单面保温隔热砂浆。

6. 屋顶　屋面采用蓄水覆土种植屋面，传热系数不超过 0.63W/（m^2·K），比传统的通风隔热屋面性能提高了很多，冷热损失减少 50% 以上。种植屋面造价比普通屋面造价约增加 70%，但种植屋面可提高顶层住房的售价，甚至可单独出售，收入超过 70% 的造价。因此，屋顶热工性能的改进，实际上只是屋顶资源开发的一个副产品。

7. 节能效果　天奇花园采用上述各项节能措施后，由外围护结构传热引起的全年空调采暖用电量 14.8kW·h/m^2，再加上空调除湿的新用电量 7.10kW·h/m^2，采暖新风用电量 13.48kW·h/m^2，总用电量为 35.38kW·h/m^2。低于《重庆市民用建筑热环境与节能设计标准》（DB50/5009—1999）限制指标 38kW·h/m^2，达到节能目标。

第五章　北京丰台周庄小区建筑节能试点工程

北京丰台周庄小区是北京市节能50%的试点工程项目。该小区在整体布置、构造设计、热源管网等方面都采取了节能措施。该小区一期望园西里工程共计建筑面积14.26万m^2，其中住宅建筑面积8.69万m^2，配套公用建筑面积1.99万m^2，非配套公用建筑3.59万m^2。能耗实测表明实现了节能50%的目标。该小区二期望园东里工程共计建筑面积约25万m^2，其中，住宅建筑面积约22万m^2（高层住宅约17万m^2，多层住宅约5万m^2），配套公用建筑约1万m^2，非配套公用建筑约2万m^2。要求节能50%，且从基础开始不用一块粘土实心砖。

1. 一期节能50%的试点工程

（1）围护结构构造设计

1）节能住宅围护结构。外墙采用内保温和外保温两种构造形式；门窗采用金属单框双玻璃门窗；屋面采用密度轻、吸水率低、热导率小的高效保温材料作为保温层。

2）节能公用建筑围护结构。外墙采用在240mm粘土实心砖墙外贴70mm水泥聚苯板外保温墙体；屋面构造同节能住宅屋面的4个朝向窗户均采用喷塑空腹双玻璃钢窗。

一期工程围护结构构造，见表5－1，建筑物耗热量指标计算结果，见表5－2。

表 5－1　　一期工程围护结构构造　　（单位：mm）

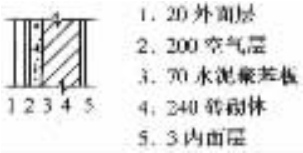
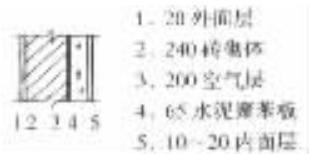
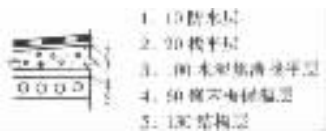
序号	名　称	构　造　做　法	备　注
1	外保温复合外墙		用于 10～14 号住宅楼 16～20 号住宅楼
2	内保温复合外墙		用于 1～4 号住宅楼
2	内保温复合外墙		用于 5、15 号住宅楼
			用于 6～9 号住宅楼
3	屋　面		用于所有住宅建筑
4	窗　户	4 个朝向均采用钢质双层玻璃窗，1～5 号住宅采用空腹喷塑双玻璃平开保温窗，6～15 号住宅楼采用空腹钢质喷塑双玻璃推拉保温窗	—
5	门	户门均采用四防门	—
		阳台采用菱镁聚苯板夹芯门心板（聚苯板 19mm 厚）	
6	楼梯间隔墙	内侧抹灰 20mm 厚，外侧（楼梯间一侧）抹双灰粉保温砂浆 30mm 厚	—
7	地　面	水泥地面	—

表 5－2　一期工程建筑物耗热量指标计算结果

楼　号	建筑面积/m^2	体形系数	耗热量指标/$W.m^{-2}$	楼　号	建筑面积/m^2	体形系数	耗热量指标/$W.m^{-2}$
1 号	4036.4	0.358	20.19	7 号	5074.34	0.33	18.3
2 号	3380.72	0.356	19.36	8 号	4611.46	0.32	17.73
3 号	4036.4	0.358	20.19	9 号	4611.46	0.32	17.73
4 号	2018.2	0.385	19.73	10 号	3685.07	0.37	19.67
5 号	5398.92	0.31	19.81	11 号	4494.18	0.29	18.2
6 号	3015.18	0.324	17.1	12 号	3015.18	0.325	18.66
13 号	5231.31	0.322	20.50	18 号	3367.98	0.373	19.9
14 号	3187.73	0.324	17.1	19 号	3319.2	0.373	20.48
15 号	5008.89	0.30	18.35				

注：耗热量指标平均值为 19.0W/m^2。

（2）热源和管网设计：热源为一个区域性锅炉房，以一次水向几个区的建筑群供热，周庄小区一期工程的热交换设备后改设在锅炉房内，以二次水直接向小区供暖。

小区住宅楼共 20 个幢号，公用建筑共 6 幢，住宅采暖总负荷为 4543kW；公用建筑采暖负荷为 2654kW。考虑到住宅楼高峰负荷在晚上，而公用建筑高峰负荷则是在白天，因此，在小区内住宅楼群设计为一个采暖系统，公用建筑设计为另一个采暖系统，以达到使用合理、节省能源的目的。

经过对管道敷设方式的技术经济分析，小区采取直埋管道敷设。外管壁刷氰聚塑凝胶两道，且用 30～50mm 厚聚氰酯硬质泡沫塑料包覆，外设玻璃钢保护层。

（3）节能住宅建筑围护结构实测：1993 年冬季对 4 种不同构造形式的 4、5、6 和 12 号楼的外墙和 4 号楼的屋面进行了冬季热工实测，其实测热阻与其相应的计算值，见表 5－3。

表 5－3　　一期工程外墙和屋面的热阻值

实测楼号	实测日期	项目内容	构造做法	热绝缘系数/$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$		
				计算值	实测值	实测平均值
4 号	1994.1.12	聚苯板饰面石膏面层内保温复合墙体		1.387	1.557 1.373	1.466
5 号	1994.1.12	充气石膏板内保温复合墙体		1.166	1.393 1.119	1.309
6 号	1994.1.13	水泥聚苯板内保温复合墙体		1.224	1.425 1.226	1.326
12 号	1994.1.13	水泥聚苯板外保温复合墙体		1.120	1.099 1.126	1.113
4 号	1994.1.12	聚苯板保温屋面		1.264	1.248	—

1994 年夏季对 4 种不同构造的外墙及其所处房间进行了夏季外墙表面温度和室温实测。

实测结果表明：外墙和屋面热阻实测值与计算值基本上是一致的，说明主要围护结构的保温效果达到了设计要求，即达到建筑节能 50%的指标；夏季隔热效果良好。

（4）小区管网能耗实测：1995 年 3 月由天津市节能监测中心对小区干管供水管道的一段直径为 273mm，长为 104m 进行测试，当供热水温度为 66℃时，该管段千米管道散热损失值为 76.93kW（环境温度 12℃）。

小区管网管径由 *DN*45～*DN*426，保温层厚度 30～50mm，管道的总长度为 11180m，总热耗量为 551，432.5W。

小区建筑采暖总负荷为 4543000W＋2654000W＝7197000W，管网热耗量占建筑热耗量百分率为 7.7%。

锅炉房面积约 3000m^2，设计了 5 台 15t 锅炉，可解决 80 万 m^2 建筑的采暖。

（5）技术经济分析：技术经济分析依据《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》的北京地区实施细则的有关规定和确定的计算方法，并采用 1992 年概算定额、材料预算价格、各项费率以及 1992 年市房管局煤价、

采暖费用指标进行计算分析。计算分析结果表明：采暖节煤量为 13.6k8/m^2·年；节能投资占土建工程造价的 8%；节能投资回收期为 6.3 年。

根据上列构造以及规定方法计算出各住宅的耗热量指标，均达到了 20.6W/m^2，节能达 50%的要求，见表 12－8。

2. 二期节能 50%试点小区

1）3 幢高层住宅楼，采用钢筋混凝土剪力墙结构，外墙外保温复合墙体，保温材料采用 70mm 厚单面钢丝网改良型舒乐舍板与钢筋混凝土外墙板一次浇注。这样既方便施工、缩短工期，又降低造价，屋面保温采用 70mm 厚水泥聚苯板二层错缝铺贴，4 个外窗朝向的均采用钢塑双玻璃保温窗，传热系数为 2.5W/（m^2·K）。在单元平面设计过程中，采用一梯 10 户，为充分考虑节能，在设计中力求达到每户都能取得南向、东南向或西南向的较好朝向。

2）7 幢 6 层住宅楼在规划设计中，为保证节能在布局上以南北向为至，在单元平面设计时，在满足使用功能合理、方便的前提下，尽可能缩小体形系数，体形系数控制在 0.29～0.37 之间。7、8、9 号楼采用混凝土空心承重砌块结构，基础、暖气沟或地下室墙体采用蒸压粉煤灰砖砌筑，外墙采用 80mm 厚水泥聚苯板外保温复合墙体。

3）9、11、12、13 号楼采用内浇外砌 300mm 加气混凝土砌块结构形式，加气混凝土外墙的基础部分、暖气沟采用蒸压粉煤灰砖砌筑。

多层住宅楼的屋面保温材料均设计为 70mm 厚水泥聚苯板，两层错缝铺贴，4 个朝向的外窗，均采用钢塑双玻璃保温窗。

此小区热源、管网的节能设计与望园西里小区相同。

第六章 哈尔滨嵩山住宅小区建筑节能试点工程

哈尔滨嵩山住宅小区规划新建建筑面积 14.37 万 m^2。再扩建 2.0 万 m^2，小区总建筑面积达到 16.37 万 m^2。1991 年该小区节能住宅仅完成 4.7 万 m^2，1992 年完成 1.3 万 m^2。其中，大部分为节能 30% 的住宅，小部分为节能 50% 的住宅。

（1）在规划设计方面：在充分考虑小区各项功能完善，布局合理的基础上，充分考虑节能要求。采取的主要措施有：将同类建筑尽量规划在一起为供热系统节能创造方便条件；尽量增多南北朝向的建筑；重复使用同一设计用于不同朝向，在小区的公共建筑内设置供节假日值班用房及专用控制设备，以便在无人时将室温自动降下来，在有人上班时，提前将房间加热。

（2）在建筑设计方面：在考虑建筑物造型活泼、具有时代感、多样性的同时，尽量减小体形系数；在考虑室内平面布置时，尽量将人们经常居住或工作的房间设在南向；楼梯间全部设置采暖设施，并设置门斗保温；严格控制透明围护结构的面积，窗墙面积比均未超过节能标准控制的数字。

（3）建筑热工设计方面：由建筑师和暖通工程师密切合作完成。该小区采用了如下 3 种节能建筑体系：

1）岩棉红砖复合墙体系。采用岩棉板内保温或外保温的方式与粘土实心砖墙复合，使墙体的传热系数由 490mm 实心粘土砖墙的 1.25W/（m^2·K）降低到 0.42W/（m^2·K），节能 66.2%。

2）框架轻板体系。采用 300mm 厚的加气混凝土外墙，使墙体传热系数由 490mm 实心粘土砖墙的 1.25W/（m^2·K）降低到 0.69W/（m^2·K），节能 4.47%；屋面采用沥青珍珠岩作保温层，使其传热系数由过去常规做法的 0.78W/（m^2·K）降低到 0.64W/（m^2·K），节能 17.9%。

3）粘土空心砖体系。采用新型空心砖墙体或粘土空心砖与岩棉复合墙体，使节能达标，墙体的传热系数由 490mm 实心粘土砖墙的 1.25W/（m^2·

K)，降低到 0.53W/（m^2·K)，节能 57.696；屋面采用岩棉保温层，使其传热系数由过去常规构造的 0.78W/（m^2·K)，降低到 0.53W/（m^2·K)，节能 30.8%。

该小区节能住宅均采用节能木窗，南向采用双玻璃窗，其传热系数为 2.91W/（m^2·K)，北向采用三玻璃窗，其传热系数为 2.09W/（m^2·K)。

(4) 在采暖供热系统设计方面，该小区采用了下列一些节能措施：

1) 选择合适的设备容量，坚决杜绝“大马拉小车”的现象。嵩山小区锅炉房选用了 3 台 4.2MW 的热水锅炉，平均每吨炉供热面积约为 1.02 万 m^2，预计经常运行是 2 台，备用 1 台。可实现每吨炉供热面积为 1.5 万 m^2 的指标。锅炉必须连续运行，运行的平均效率在 70%以上，循环水泵的选用实现了“大温差小水流量”，且满足节能设计标准要求的水输送系数。该小区选用了 200R—45（55kW）水泵作为循环水泵，选用 4—72—12No4.5A 鼓风机，Y5—47—8C（22kW）引风机，CQX30（7.5W)。

2) 设计时考虑了供热量的调节。在锅炉房设置了煤量计、热量计、补水流量计等。

3) 考虑了热网的散热损失。该小区热网设计的保温要求较高，将输送效率控制在 90%～93%，力争保持在 93%，采用了岩棉保温管壳。

4) 在系统设计时，严格进行了水力计算，确保网路的水力平衡，以保证整个系统的供热均匀。每一个入口装置都有一个固定的阻力损失范围，根据水力计算和水压图，选择适合的入口装置，用它来实现各用户之间的流量，阻力平衡。同时每栋建筑的室内采暖系统均按南北朝向分两环，在南环上安装电磁阀，在白天有太阳辐射热时，自动将南向房间的采暖系统关闭，以防止南向房间由早 9:00 至下午 3:00 的过热现象。

(5) 在运行管理方面该小区主要采取下列一些措施

1) 各栋建筑的门斗和楼梯间的管理。嵩山小区的各栋建筑均设置了门斗，楼梯也设置了采暖，管理好门斗和楼梯间暖气是一项很重要的管理工作。其次是对整个供热系统的运行管理，制定出合理的运行制度、维修制度及计量考核制度。

2) 供热系统做好初调节和运行调节工作，使供热系统始终能在最佳状态下工作，调节是靠每栋建筑入口的专门入口装置来完成的。在运行过程中第一个环节是要不断地调整锅炉燃煤量、鼓风量、引风量、炉膛温度等，以

保证锅炉在较高的运行效率下燃烧。这一调整是在计算机控制下完成的。

运行中的第二个调节就是要根据室外气象条件的变化来调整总供热量，使之得热与失热平衡，系统不过热。为节省电耗采取质调节和分阶段改变流量的质调节，控制供回水温度。这一调节也是在计算机控制下完成的。

运行中的第三个调节就是要控制南向房间的过热能源浪费，这一调节是靠设置在室内采暖系统南环上的电磁阀完成的。

在嵩山小区的各类建筑中，供热系统的各个环节上，均安装了测试和计量仪表，用以评价节能效果。

1993 年冬季，对已经建成的 6.0 万 m^2 节能住宅进行了节能效果的测试。其中，重点测试的有 6 栋，即 4、5、6、7、8、11 号楼，一般测试的有 3 栋，即 9、10、11 号楼。测试结果表明：4、6、8、9、11 号楼的建筑物耗热量指标分别为 26.29、26.50、25.50、26.33、24.08、26.14W/m^2，均已满足节能 30%标准规定的要求，10 号楼的建筑物耗热量指标为 28.28W/m^2，略高于节能 30%标准规定的要求（节能 30%住宅的耗热量指标为 27.1W/m^2）；5、7 号楼的建筑物耗热量指标分别为 23.45、23.20W/m^2，略高于节能 50%标准规定的要求（节能 50%住宅的耗热量指标为 21.9W/m^2）。

第七章　北京卧龙小区建筑节能试点工程

卧龙小区又称慧忠里 A 区，总建筑面积 24.65 万 m^2，由北京住总集团开发建设。计有住宅 25 栋，共 21.51 万 m^2，其中 8 栋高层住宅（12～24 层）和 10 栋多层住宅（3～6 层），采用全现浇（钢筋混凝土）；7 栋多层住宅为内浇（钢筋混凝土）外砌（6 栋外砌粘土砖，1 栋外砌加气混凝土）。另有商业、中小学、托幼、变电、热力、停车等配套设施，共 3.14 万 m^2；其中 5 项计 6282m^2 系砖混结构，占小区总建筑面积的 2.6%。在该小区选择住总自行设计的 9 栋多层住宅计 53476m^2 作为节能 50%的试点工程，其余项目采用节能 30%设计，但对外墙保温，采用以 30mm 厚聚苯为保温层的复合板，达到节能 50%标准的要求。该小区节能 50%试点住宅概况，见表 7－1。

表 7－1　　卧龙小区节能 50%试点住宅概况

栋号	建筑面积 /m^2	层数	结构类型	外墙保温方式	体形系数
6	8482	6	内浇外砌（加气混凝土）	自保温	0.30
7	3158		内浇外砌（粘土砖）	内保温	0.39
8	7284				0.27
9	1534				0.32
10	5882				0.35
11	1544				0.36
12	8582		全现浇	外保温	0.35
13	8582				
13	8428				

1．节能 50%的技术措施

1）9 栋试点住宅均设计为南北向，其体形系数多在 0.35 以下，符合建

筑节能的基本要求。

2）围护结构各部位的传热系数值在北京地区节能30%的实施细则基础上再降低20%，作为住宅节能50%的设计依据。具体做法是：

①外墙保温（3种）：7～11号楼做内保温，采用市建委推荐的第二批建筑节能外墙内保温材料，内保温墙1用45mm厚增强石膏聚苯复合保温板。内保温墙2用45m厚增强水泥聚苯复合保温板，均内含30mm厚聚苯保温层；12～14号楼做外保温，采用50mm厚聚苯板作保温层；6号楼做墙体自保保温，采用300mm厚加气混凝土块砌筑。

②窗：东、南、西、北四面均采用双玻璃保温窗。

③门：户门采用多功能四防门。阳台均做封闭。

④屋面：屋面1用70mm厚聚苯板保温层（节能30%为50mm厚）。屋面2用130mm厚水泥聚苯板槽形板。

⑤楼梯间：抹20mm厚HT—800硅酸盐保温涂料。

⑥地下室顶板：不采暖地下室顶板贴70mm厚聚苯板（节能30%时为50mm厚）。

3）热力管网。该小区热力一次管线采用通行地沟设滑动支架铺设安装，接入小区热力站，经热交换后送入二次管网至各建筑物。热力二次管网采用了聚乙烯做外套、聚氨酯硬质泡沫塑料做保温层的直埋预制保温管，并按住总集团自行编制的直埋保温管道施工技术要点，对全长5100m，共11种规格的二次热力管网组织施工安装。

2. 墙体保温施工技术要点

（1）外墙外保温

1）北京住总集团从1994年开始调查研究，做了多方案对比的150m^{2}试验墙，以防止外保护层砂浆开裂为重要目标，开展了机理研究，基本结论是：

①保温层以采用聚苯板为好。一是其重量轻，保温与防水效果好；二是它对外保护层砂浆形成软约束，能适应其变形，减少了开裂的可能。

②外保护层砂浆需用玻璃纤维聚合物砂浆。采用住总集团技术开发中心自行配制的KE胶，掺入水泥砂浆后，使其弹性模量降低，极限拉应变值提高，增加了抗裂性能。在聚合物砂浆保护层中间再铺设一层耐碱玻璃纤维网格布，进一步提高了抗裂性和韧性。

③外保护层砂浆采用的硫铝酸盐水泥优于其他水泥。一是早强，若养护得当，3 天即可达普通水泥砂浆一般养护条件下 28 天强度，能抵御施工时物理、化学因素造成的早期干缩裂缝。二是收缩小，稳定性好，在外界温度、湿度变化时，减少了开裂的可能。三是碱度低，可减少对玻璃纤维网格布的侵蚀，提高外保护层砂浆的耐久性。

2）在试验研究的基础上，又吸收了国内外的经验和教训，于 1995 年 7 月编制了要求明确、操作方便的 GKP 外墙外保温施工新工艺，其要点是：

①选用 50mm 厚聚苯板（密度为 18～20kg/m^3）作保温层。聚苯板与墙体采用粘、钉结合方式，即用 KE 砂浆粘结，每平方米用 2～3 个镀锌螺钉加固，以提高聚苯板与墙体连接的可靠性。

②保温层设置分格缝，面积不宜大于 12m^2，单向长度不超过 5m。缝内填充弹性嵌缝膏。

③外保护层砂浆采用不同配比的两层做法，总厚度 6～7mm，中间铺设 5mm×5mm 的耐碱玻璃纤维网格布（单位面积重量大于 160g/m^2）。

④外保护层砂浆终凝后，喷水养护 3d，每 4h 喷一次。第四天喷掺水的 KE 胶三遍。

3）1995 年 9 月，12、13 号楼 9000m^2 混凝土外墙面采用自行开发的外保温新工艺施工。不久，曾发现两处局部开裂，经鉴别分析，为网格布漏放和搭接不好所致，经修补后，未再出现开裂，进一步证明了玻璃纤维网格布对提高外保护层砂浆抗裂性能的重要作用。经过两冬两夏的观察，至今外墙表面未见开裂现象。1996 年 10 月，14 号楼进行了外保温施工。经市建委鉴定，北京市住宅建设总公司 GKP 外墙保温技术达到国内领先水平。

（2）外墙内保温：这种方式虽存在热桥，却因施工方便已实施近 10 年。采用复合保温板后，进一步确保了保温性能，提高了施工效率，但板缝处、窗口处的开裂仍屡见不鲜，影响了装饰效果。分析其开裂的原因，主要是保温板在温湿变化条件下变形较大造成的。因此，选择稳定性好的保温板是确保外墙内保温施工质量的关键。最后选用了收缩率低、稳定性好的 45mm 厚增强水泥聚苯复合保温板和 45mm 厚增强石膏聚苯复合保温板（均内含 30mm 厚聚苯板），保温性能达到节能 50% 的要求。为稳妥起见，还采用了整板面满铺 3mm×3mm 玻璃纤维网格布（单位面积重量大于 80g）的做法。由于抓住了内保温板缝开裂的原因，从选材到施工步步把关，7～11 号楼的外墙内

保温施工质量有明显提高，经过一年多的观察，板缝处基本没有开裂现象。但在窗口四角处，仍有部分裂缝，估计是应力集中和两种材料交接处较为薄弱所致。若窗口与保温板交接处加铺网格布，并用聚合物砂浆抹灰，预计可避免出现裂缝。在总结经验的基础上，北京市住宅建设总公司编制了“增强石膏聚苯复合保温板施工技术规程”和“增强水聚苯复合保温板施工技术规程”，已通过市建委评审，作为北京市标准颁发。

（3）外墙自保温：6 号楼外墙原拟采用 290mm 厚三合一（承重、保温、装饰）混凝土砌块，因产品试制不过关及其他原因，决定舍弃，改为 300mm 厚加气混凝土块加构造柱的做法。加气混凝土表面抹灰的开裂问题，也是多年来存在的质量通病。6 号楼加气混凝土表面抹灰，采用内加 ϕ6 ~ 900mm × 1000mm 钢丝网和孔径为 10mm 粗铅丝网用 ϕ10 短筋固定上抹 1∶2.5 水泥砂浆面层，施工效果尚在观察中。

3. 热工测试结果

1）1996 年 2 月、8 月，1996 年 12 月 ~ 1997 年 1 月（已采暖），前后三次对该小区 6、7、10、11、14 号楼的围护结构各部位的传热系数和单位建筑面积耗热量进行了热工测试，测试结果见表 7 – 2、表 7 – 3。

表 7 – 2　　圈护结构各部位的传热系数

[单位：W/（m²·K）]

序　号	测　试　部　位	标准值	设计值	测试值	备　　注
1	屋面 1	0.60	0.57	0.59	用于 7 – 11 号楼
2	屋面 2		0.69	0.95	用于 12 ~ 14 号楼
3	内墙保温 1	0.82	0.86	0.84	用于 7、8、10 号楼
4	内墙保温 2		0.81	0.82	用于 11 号楼
5	外墙保温		0.74	0.92	用于 1 ~ 14 号楼
6	加气混凝土墙	1.16	0.81	0.90	用于 6 号楼
7	单框双玻璃窗	4.00	3.34	3.24	用于 7、9、10、11 号楼
8	钢推拉双玻璃窗		3.50	3.11	用于 12 ~ 14 号楼
9	多功能四防门	2.00	2.13	—	用于各栋号楼
10	楼梯间保温	1.83	1.27	0.76	用于 11 号楼
11	地下室顶板	0.55	0.62	0.70	用于 10 号楼

注：标准值取自（JCJ26—1995）节能标准。

表 7－3　　单位建筑面积耗热量

（单位：W/m²）

栋　号	标　准　值	设计值	测试值
7	20.6	14.4	14.5
10		17.5	15.9
11		17.0	19.5
6		17.3	21.4
14		16.8	18.7

为考察外墙外保温对改善室内热环境的效果，还测试了 14 号楼内外墙转角部位温度场分布，测试了 13 号楼夏季外墙隔热性能，结果表明：外保温做法防止了局部热桥，转角弱节点部位不会结露；外保温做法不仅冬季保温效果好，而且夏季隔热性能也好。2）1997 年 1 月，对运行中的小区热力管网，进行了节能效果的测试。结果表明：直埋保温管热力管网散热损失率为 4%，热输送效率达 96%，高于节能 50%新标准要求热力管网输送效率达 90%的规定。

4. 经济分析

1）选取 10～12 号三栋试点住宅作分析。以 1992 年概算定额为基础，按 1995 年价格计算，结果见表 7－4。

表 7－4　　节能投资占工程造价的比例

栋　号	结构形式	建筑面积/m²	工程造价/元	节能投资/元	节能投资比例（%）
10	内浇外砌	5882	7442030	428150	5.9
11		1544	1986301	129118	6.5
12	全现浇	8582	12235093	795281	6.5

由此可见：节能 50%的住宅，其节能投资比例为 6%～7%，小于建设部新标准规定的 10%的要求。

2）外墙内保温与外保温的造价对比。以 1992 年概算定额为基础，按 1995 年价格计算，结果见表 7－5。

表 7－5 外墙内保温与外保温概算单价对比

序 号	构造作法	主 要 材 料	概算单价/元·m^{-2}	备 注
1	外墙内保温	45mm 厚增强石膏聚苯复合板	51.74	不含墙体价
2			53.96	
3		30mm 厚聚苯 + 8mm 厚增强 KE 砂浆	76.26	

外墙内保温还应增加外墙抹灰费用，尚未计算在内。总的来说，外墙外保温的每平方米造价比外墙内保温增加 20 元左右，但可增加使用面积 1.5% 左右。以 12 号楼为例，可增加使用面积 128m^2。北京市商品房已执行按使用面积计价，故采用外保温做法其经济效益十分可观。

第八章　马鞍山珍珠园小区节能示范工程

1. **工程概况**　马鞍山珍珠园小区节能示范住宅（珍珠园 Z—16 号住宅楼）为 6 层坡屋顶砖混结构，层高 2.8m，3 个单元，一梯两户，共计 36 户，总建筑面积为 2311m^2，建筑外表面积 1621m^2，体形系数 0.25，南向窗墙比为 0.336，北向窗墙比 0.24，楼梯间为北向封闭式。整个住宅平面布局简洁合理，进深面宽适中，在外门窗、外墙和屋面上均采取了很多措施，保证住宅被动利用太阳能，冬暖夏凉，节省能源。节能住宅平面图及南立面图、侧立面图，如图 8－1～图 8－3 所示。

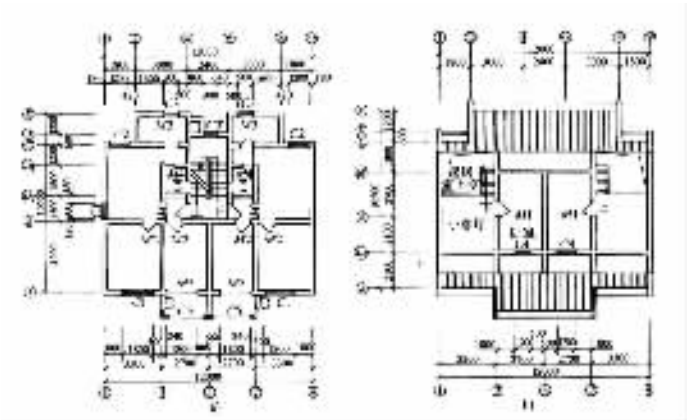


图 8－1　节能住宅平面图

a）标准层平面图　b）7 层平面图

（1）墙体围护结构的保温隔热：为了提高砖砌外墙的保温性能，在 240mm 外墙内侧贴 250mm×500mm×50mm 防水树脂珍珠岩保温板。这种保温板常温下的热导率为 0.00721W/（m·K）以下，热绝缘系数为 0.69m^2·K/W，粘贴保温板后的外墙保温性能大大提高。

在粘贴保温板时，将排放热量较大的厨房置于保温外墙之外，沿厨房和客厅间隔墙粘贴保温板，有利于夏季降低室内温度。在门窗四周粘贴的是高

图 8－2　节能住宅南立面图

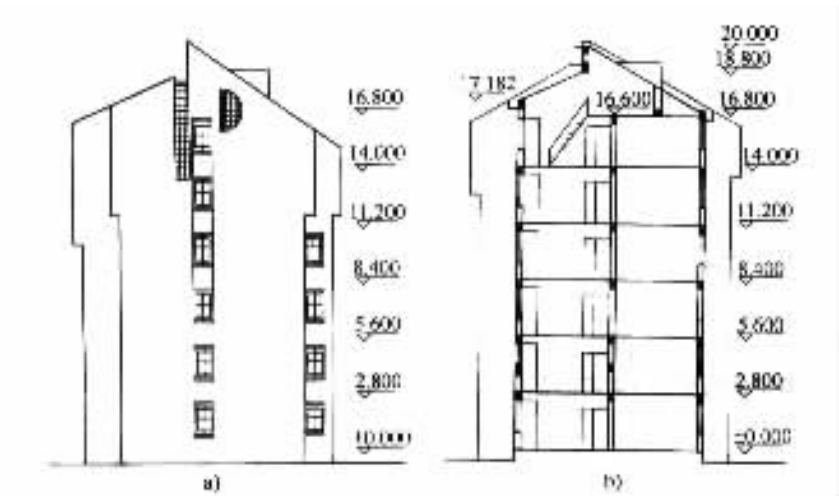


图 8－3　节能住宅侧立平面图

强度珍珠岩保温板［热导率为 1.163W/（m·K）以下］，以有利于门窗的安装。a）侧立面图　b）剖面图

（2）屋面保温隔热措施：节能示范住宅采用现浇钢筋混凝土坡屋面，结合顶层平面充分利用坡屋面空间，坡屋面采用 250mm×500mm×80mm 防水树脂珍珠岩保温板作为保温隔热材料，其保温热绝缘系数为 1.11m²·K/W。具体做法是在钢筋混凝土坡屋面上用 15mm 厚、1∶2.5 水泥砂浆找平压光，用

SG—791 建筑胶粘剂和水泥以 1∶1.6 配成浆糊状刷一遍，待干凝后铺 25mm 厚 C20 细石混凝土找平压光，最后用 1∶2 水泥砂浆制作挂瓦条，铺设机平瓦。顶层坡屋面空间适当加大作为跃层，在南向开设老虎窗，北向开设高窗形成空气对流，有效地减少了顶层住户的烘烤感，使各楼层之间室温差别减少，室内热环境得以改善。

（3）外门窗的节能措施

1）为了尽可能利用太阳能，适当加大南向居室的窗墙比。节能示范住宅的平面布局有利于居室得到足够的穿堂风。

2）南向阳台封闭作为日光间。利用日光间采暖，很大程度上提高了居室的热环境舒适性，很受居民欢迎。

3）加强外门窗密封防护措施。外门采用密封性能好、中间有隔汽层的二合一防盗门。外窗采用 PVC 塑钢复合窗，热导率为 17.445W/（m·K）以下，保温性能良好。南向窗为单框单玻，其他朝向均为单框双玻，空气夹层厚度为 10mm。外框和玻璃之间均有密封压条。除厨房以外，所有窗户均设热反射保温隔热窗帘。

4）为了减小楼梯间外墙热损失，将该地区习惯采用的北向敞开式楼梯间改为封闭式，并使用单框双玻璃塑钢窗，底层设密封性能好的入口防盗门。

2. 室内热环境的预测评价　利用 ROTEB 软件和 AITE 软件对马鞍山珍珠园小区节能示范住宅的室内热环境进行了预测和评价。为了对比，还对没有保温措施的同样形式的普通住宅的室内热环境进行了预测和评价。预测的节能住宅和普通住宅冬季和夏季中间层南向卧室的月平均室温、平均壁面温度、相对湿度、标准有效温度 SET 和 PMV 值，见表 8－1 和表 8－2。

表 8－1　　1 月份室内热环境预测评价

热　环　境　参　数	普通住宅	节能住宅
室内月平均温度/℃	9.2	13.0
平均壁面温度/℃	10.4	13.8
平均相对湿度（%）	51	44
标准有效温度 SET/℃	16.4	19.3
PMV*	－2.15	－1.41

表 8－2 8 月份室内热环境预测评价

热 环 境 参 数	普通住宅	节能住宅
室内月平均温度/℃	29.8	28.5
平均壁面温度/℃	29.9	28.7
平均相对湿度（%）	77	77
标准有效温度 SET/℃	28.5	27.6
PMV*	1.82	1.56

从表 12－15 中可以看出，节能住宅和普通住宅相比，冬季南向卧室的平均温度、平均壁面温度、标准有效温度 SKF 和 PMV* 都高，而夏季南向卧室这些参数都低，说明节能住宅的室内热环境得到了明显的改善。节能住宅 1 月份平均室温为 13℃，PMV* ＝－1.41；8 月份平均室温为 28.513，PMV* ＝1.56。这表明室内热环境只是有所改善，还未达到舒适的温度。

3. 测试结果

（1）夏季测试结果：实测结果表明，节能示范住宅南向卧室的日平均室温比普通住宅低 2.5℃，且顶层和一层室温仅相差 0.6℃。节能住宅全天室温波动范围为 2.5～3.5℃，远小于普通住宅的室温波动值 4.8～5.5℃。

由于节能住宅的西山墙采取了保温措施，使得节能住宅带西山墙的南向卧室的室温仅比不带西山墙的南向卧室高 0.3℃。

由于采用坡屋顶，6 层设有带通风的阁楼，增加了屋顶和室内的温度梯度，有效地改善了节能住宅顶层的室内热环境。

（2）冬季测试结果：室外日平均温度为 2.3℃时，节能住宅南向卧室的日平均室温为 9℃。马鞍山地区冬季采暖期平均室外温度为 3.5℃，由此推算，节能住宅南向卧室的平均室温为 10.2℃，这是在没人居住情况下测得的。如果将有人居住时的自由热考虑进去，节能住宅南向房间的冬季平均室温可达到 11～13℃。

4. 节能示范住宅的经济评价　马鞍山珍珠园小区节能示范住宅（Z—16 号楼）和对比的普通住宅（Z—15 号楼）建筑面积相同，均为 2337m²，总造价分别为 99，14 万元和 89 万元，单位面积的造价分别为 380.78 元/m² 和 424.14 元/m²。两者相比，节能住宅的造价比普通住宅增加 11.39%。表 8－3 给出了节能住宅和普通住宅经济分析的汇总结果。

表 8－3　　节能住宅和普通住宅经济分析

项　　目	建筑面积/m^2	定额基价元	材料差价元	总造价/元	单位造价/元 m^{-2}
非节能住宅（Z—15 号）	2337.48	398328	272266	890009	380.76
节能住宅（Z—16 号）	2337.48	468899	314978	991420	424.14
造价增加（%）	—	17.72	15.69	11.39	11.39

第九章 中英合作建筑节能北京示范工程

中国建筑总公司与英国建筑研究署根据中英两国政府的正式换文，自1992年起开展建筑节能合作，历时四年半，于1996年完成全部合作项目。在合作过程中，通过结合中国的实际条件，学习、研究英国先进的建筑节能技术，实际应用于两幢对中国北方有代表性的多层砖混住宅中，其中一幢为新建节能住宅楼，另一幢则为原有住宅，对其进行节能改造。两个示范工程均在北京。其中原有多层住宅的节能改造为南苑北京中建建筑科学技术研究院内的一幢住宅楼，3层砖混结构，1320m²，1993年改造完成。新建节能建筑为三里河国家计委住宅楼，6层，2786.7m²，1995年建成。在两个示范工程中，采用了多项实用的节能技术，经检测均达到节能50%的要求。特别是对几项在中国有重要意义的关键技术，如外墙保温技术、采暖控制技术、门窗密封技术等，进行了适应性研究，取得了良好的结果。

第一节 建筑节能技术措施

1. 墙体保温

（1）外墙外保温：新建试点建筑外墙为240mm厚实心粘土砖墙，需节能改造的现有建筑外墙为370mm厚实心粘土砖墙，均采用外保温方案。外保温方法系采用50mm聚苯板（密度为17kg/m3）用胶粘剂粘贴在外墙外表面上，外贴大网孔带抗碱保护层的玻璃纤维网格布加强，用PM聚合物水泥砂浆抹面，再喷涂涂料或再做面层。外保温技术的困难在于，其表层要长期与外界大气接触，受气候变化的影响，表面容易开裂。这两项工程由于采用了先进的工艺与本国生产的材料，至今已经3～4年时间的考验，情况良好，造价也不高，墙面的人工及材料总费用为48.45元/m²。传热系数值为0.54W/(m²·K)。此种外保温的优点还有：外保温层不占房屋使用面积，避免产生冷

桥，建筑热舒适性较好，旧房改造时对住户不产生干扰等。

（2）外墙内保温：对进行节能改造的原有建筑的370mm砖墙，一部分也采用了内保温方法。保温采用35mm聚苯板并用纸面石膏板覆面，用粘结剂粘贴在外墙内表面上。纸面石膏板间用嵌缝腻子及嵌入的玻璃纤维网孔带处理，可以避免裂缝，造价一般较外保温为低，施工较方便，内保温层不受外界气候的影响。但建筑使用面积减少2.6%，在楼板、窗台、过梁等处有冷桥问题，在旧房改造时对住户有干扰，特别是暖气散热器及暖气管靠墙部位，因外墙间原先预留间隙较小，插入内保温层有相当困难。

（3）热反射板：在暖气散热器后的外墙上贴上热反射板（由英国Novitherm公司生产），可将散热器传至外墙的热能大部分反射回室内，使散热器后的墙体温度降低，通过外墙传往室外热量减少，节约热能，并提高室内温度。

（4）楼梯间墙保温：楼梯间内隔墙均为240mm实心粘土砖墙，采用石膏饰面的聚苯板贴在楼梯间一侧保温。方法是在将墙面清理后，用石膏胶粘剂粘贴30mm聚苯板（密度17kg/m^3），上用石膏胶粘剂粘贴玻璃纤维网格布加强，面层厚度为7mm。

2. 门窗密封

（1）条刷状密封条：现有建筑为木窗木门，用条刷状密封条（英国Kleeneze公司生产）密封。此种密封条为尼龙短丝用钢（或铝）板夹紧成为条刷状，再嵌入塑料夹板中形成，有多种规格。根据需要长度剪切后，用钉钉固在木门或木窗接缝处，即可取得密封效果。此种密封条安装容易，密封严密，使用年限长。与其他各种密封条相比，即便是用于户门、厨房门下部，效果也显著。

（2）塑胶密封条：新建试点建筑木门用塑料密封条（英国Schlegd公司生产）。此种密封条为硬质塑料板与软质塑胶带结合而成，有各种不同规格。根据需要长度剪切后，用钉钉固在木门接缝处，即可取得密封效果。此种密封条施工简单，密封性能好，寿命也较长。

（3）现场挤注的膏状密封条：此种密封膏为简装单组分材料。施工时，将窗接缝处擦净并干燥后，用挤枪将密封膏挤注于固定扇接缝的受压面上，挤注时做到平直、适量、均匀，相对的开启扇则贴上胶粘带并涂以防粘液。挤注完毕后将该窗扇关闭24～48h，膏体即固化，然后用刀切除其边缘突出

部分。此膏最适用于钢门窗密封，密封条厚薄与钢窗缝隙一致，寿命长，价格较低。

厨房窗户不予密封，以免炊事燃烧供氧不足。

3. 门窗保温

（1）加层窗：原有建筑木窗为单层玻璃。在原窗扇内周边加上两根相互嵌接的塑料条，一条钉固在木窗上，另一条则待安入第二层玻璃后插入，以便使第二层玻璃固定。这样形成空气间层，有良好的保温作用，传热系数值从 4.96W/（m^2·K）降低到 2.85W/（m^2·K）。其优点是安装简便，固定牢靠，需要擦洗玻璃时也容易卸下。

（2）低发射率玻璃窗：为了指出玻璃窗的发展方向，在新建试点建筑中采用了低发射率涂层玻璃（英国 Pilkington 玻璃公司生产），作为塑料（铝）框中空玻璃双层窗。低发射率玻璃厚 4mm，空气间层厚度为 12mm，为对开推拉窗。此种玻璃透明度与普通玻璃无异。短波的太阳光线照样射入，但室内产生的长波红外热却反射回来，因而保温效果较普通双层玻璃为优，其整窗传热系数为 2.05W/（m^2·K）。

（3）封闭阳台：新建建筑及原有建筑均有阳台。对阳台进行封闭处理。白天南向阳台可作为取暖的阳光间，晚上则可减少室内热量的散失，对节能和提高热舒适条件有利。

（4）保温门：原有建筑户门为在木框两面包上胶合板制成。该门与朝北非采暖楼梯间连通，冬季楼梯间门经常敞开，楼梯间内温度很低，因此，必须对户门保温。方法是揭去原门的一面面板，在木门框内填入聚苯板，再重新钉上一层新面板。其传热系数值即从原先的 2.91W/（m^2·K）降低为 1.46W/（m^2·K）。

4. 屋顶保温

（1）尖屋顶保温：考虑到膨胀珍珠岩是一种廉价的高效保温材料，价格仅为 70 元/m^3。把膨胀珍珠岩装入塑料袋中并处于没有光照的封闭环境，不致随风吹散，而能长期保持其良好的保温性能，因此，在原有建筑平屋顶上铺设 25cm 厚的袋装膨胀珍珠岩，并在上面加设一挂瓦尖屋顶保护。其传热系数从原先的 0.97W/（m^2·K），降低为 0.28W/（m^2·K）。

（2）平屋顶保温：在新建房屋平屋顶上铺设 20cm 厚袋装膨胀珍珠岩，上用加气混凝土块支承的薄钢筋混凝土板覆盖，中间还有 5cm 空气间层。其

传热系数为 0.31W/（m^2.K）。

5. 采暖系统控制　只有通过控制采暖系统，测定消耗的热量，并按实用热量向用户收费，才能收到节能效果，但中国目前普遍使用的垂直串联式单管采暖系统无法控制及计量，为此，在本项目中采用了改进的方案。

（1）按典型房间温度对整幢建筑的采暖系统进行控制：在现有建筑节能改建过程中，在整幢建筑的采暖管道进水干管处安设温度控制阀，并与 1 个有代表性的房间的温度传感器相连接，按该点的温度来控制进入热水量的多少。测试结果证明，由于选取典型房间温度点适当，控制体系灵活有效，取得了明显的节能效果。

（2）改用双管系统或加跨越管系统，在每组散热器上安设 1 个恒温阀进行控制：在新建示范建筑中，有 3 个楼梯间单元，为了对比不同采暖系统的节能效果，其中 1 个单元用双管系统，1 个单元用单管加跨越管系统，余下 1 个单元仍沿用单管系统。对于采用双管系统和单管加跨越管系统的两个单元，在每组暖气散热器的入口处均安设恒温阀（丹麦 Danfoss 公司生产）进行控制，设定室内最高温度不高于 20℃。

（3）用热量表及热量分配计进行计量：在新建建筑的各组散热器上，均安设热量分配计（丹麦 raabkarcher 公司生产）而在 3 个楼梯简单元的每个单元的热水干管上，又安设了热量计（丹麦 Danfoss 公司生产）每个楼梯间单元各住户所消耗的总热量，可由各热量计读得。由于散热器放热，使附着于散热器表面的热量分配计上小管液面下降。由热量分配计显示的读值，以及房间部位、朝向、大小以及散热器类型等多种因素，可以算得该散热器散热量所分配的份额。再有了热量表的读数，就可以成为各用户热量计费的依据。

第二节　热工性能检测

（1）节能改造的现有住宅热工性能检测结果表 9－1。

表 9－1 现有住宅热共性能检测结果

项目	改造前	改造后	
		控制前	控制后
测试时间	1993.2.1～3.11	1994.11.16～12.20	1995.1.6～3.11
室内平均温度/℃	18.2	21.0	20.9
室外平均温度/℃	2.5	1.6	2.8
室内外温差/℃	15.7	19.4	18.1
消耗总热量/MJ	135888	124859	114867
实测耗热量/$W \cdot m^{-2}$	30.6	31.3	15.5
耗热指标/$W \cdot m^{-2}$	38.2	31.6	16.8
节能率（%）	0	17.3	56.0

①换算为北京市采暖期平均温差 18.0－（－1.6）＝19.6℃的耗热量。

由此可以看出，经过节能改造的建筑，效果是非常显著的，即使是按典型房间温度对整幢建筑的采暖系统进行控制也是很有效的。

（2）新建示范建筑热工性能检测结果，见表 9－2。

表 9－2 新建示范建筑热工性能检测结果

项目	数据	项目	数据
室内平均温度/℃	18.7	消耗总热量/MW.h	81.36
室外平均温度/℃	0.6	实测耗热量/$W \cdot m^{-2}$	20.3
室内外温差/℃	18.1	耗热指标/$W \cdot m^{-2}$	22.0

注：测试时间为 1996 年。

由于新建示范建筑在热工检测时尚未住人，与节能设计标准耗热量指标对比时，应减去建筑内部得热（包括炊事、照明、家电和人体散热）3.80K/m^2，即 $22.0-3.8=18.2W/m^2<20.6W/m^2$。可见，该建筑已符合第二阶段节能标准要求。

（3）示范建筑气密性监测：用气压法对新建及现有建筑部分住户单元进行了气密检测。此种检测分别在门窗密封前及密封后进行。在检测时，有的是将厨房及卫生间的通风孔封闭，以检查空气渗漏情况；有的是保持厨房及卫生间的通风孔敞开，以检查全部通风与空气渗漏情况。现将压力在 50Pa 下测得的换气次数结果列于表 9－3。

表 9－3　　气密性检测结果

检测条件		检测户数	50Pa 下平均换气次数/次 .h^{-1}		密封门窗前后气密性改善（%）
			密封门窗前	窗前后窗后	
新建建筑	通风孔打开	10	11.4	9.3	18.4
	通风孔封闭	25	8.4	4.8	42.9
现有建筑		4	8.7	5.2	40.5

由此可见密封门窗有良好的节能效果。此外，当前经常敞开的通风孔冬季耗能太大，应研究改进。

第十章　北京石景山高井现代建材公司多层住宅节能新体系

为了适应建筑节能和墙体改革的需要，北京市建筑设计研究院与有关单位合作，研制开发了一种节能、利废、抗震、经济的多层住宅新体系，在北京市石景山区高井现代建筑材料公司，建成一幢 3033m^2 的加气混凝土围护结构节能住宅。该住宅为 6 层建筑，采用 240mm 厚粉煤灰砖砌横墙承重，结构形式为大进深、小天井，设两道纵墙。山墙为 240mm 厚粉煤灰砖墙，外侧为 150mm 厚加气混凝土气块。南、北外墙采用 300mm 厚 06 级、抗压强度为 4MPa 的粉煤灰加气混凝土砌块墙体。每层设钢筋混凝土圈梁和异型造柱。节能住宅加气混凝土墙体主要节点构造，见图 10－1。

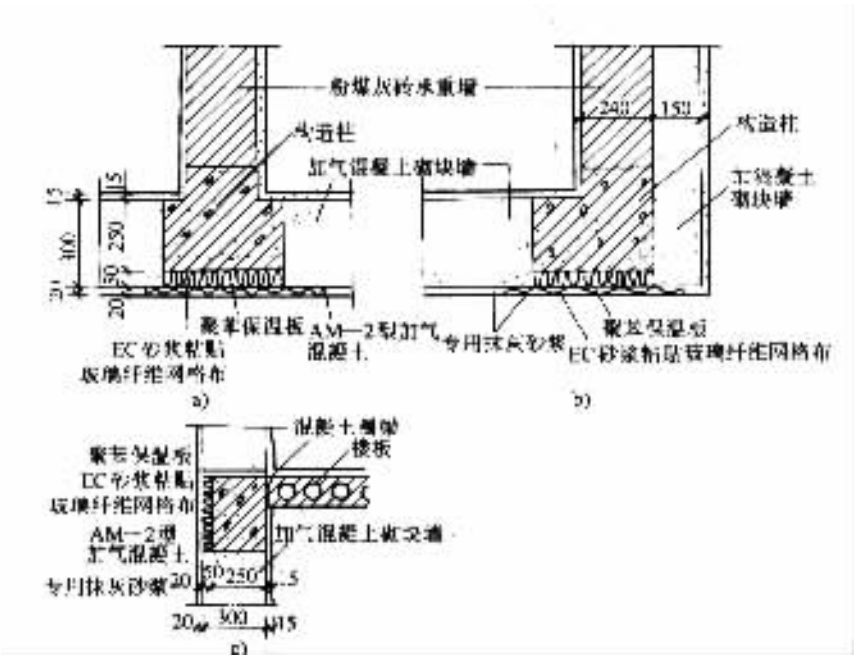


图 10－1　节能住宅加气混凝土墙体主要结点构造

a）丁字墙节点　b）山墙节点　c）纵墙与楼板节点

楼板采用钢筋混凝土预制短向圆孔板，局部现浇。屋面采用设有 U 形钢筋网片和预埋件的加气混凝土屋面板，其屋面板的构造，见图 10－2。加气混凝土砌块墙体用掺 AM—1 型专用外加剂的砂浆砌筑，用掺 AM—2 型专用外加剂的砂浆抹灰，外表面用丙烯酸涂料饰面，窗户采用单框双玻璃保温钢窗。户门采用多功能安全门。该住宅结构体系能满足 8 度抗震设防要求，每平方米建筑面积粉煤灰用量达 600kg，建筑造价比当地的砖混结构仅高 5%左右，建筑物耗热量指标为 20.02W/m^2，达到新标准的要求。该项目已通过北京建委组织的科技成果鉴定。结构类似的、采用加气混凝土围护结构的多层节能住宅，已在北京市建成多处，建筑面积已超过 4 万 m^2。北京市建委和北京市建材集团总公司已做出决定，要把加气混凝土作为一种主要的新型墙体材料，在节能建筑中大力推广应用。

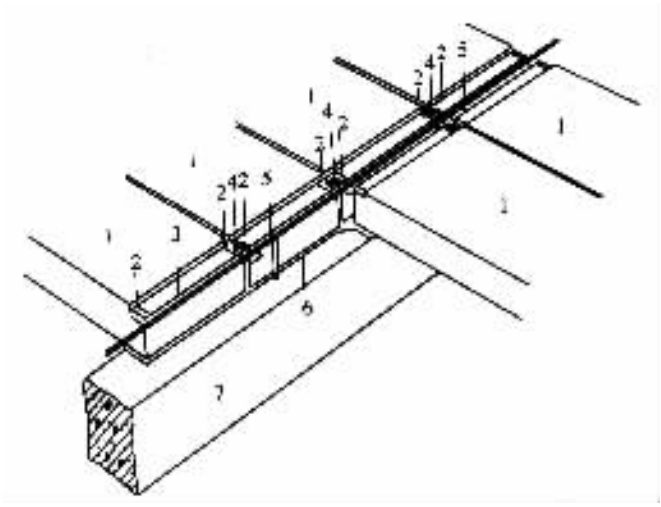


图 10－2　抗震加气混凝土屋面板构造图

1—抗震加气混凝土屋面板　2—预埋角钢　3—ϕ8mm 通长钢筋与钢筋环焊接

4—ϕ8mm 钢筋环与预埋角钢焊接　5—梁内预埋 ϕ10mm 钢筋间距 1200mm 与通长钢筋焊接

6—AM—型砌筑砂浆坐浆　7—钢筋混凝土梁或圈梁

第十一章　南京金墙花苑建筑节能小区

南京市墙改办在发展新型保温节能轻质墙材的同时，着重研究开发适合本地区的节能技术，在征求市建委、设计院有关专家建议的基础上，于 1992 年底兴建南京市第一幢节能实验住宅楼。同时，选定与实验楼相距 8m 的一幢 6 层普通住宅楼作为对比楼。该实验楼 1993 年底竣工，1994 年春节住人后，分别于 1994 年 7 月和 12 月进行了夏季和冬季室温测试，结果见表 11－1。由表可见，夏季室内平均温度和最高温度，实验楼比对比楼要低；冬季室内平均温度和最低温度，实验楼比对比楼要高，基本上满足了《江苏省民用建筑节能标准实施细则》的要求。在此基础上，江苏省建委和墙改办批准建设南京市首片节能小区——金墙花苑，于 1995 年底开工建设。为了改善夏季和冬季室内热环境并节约降温和采暖能耗，该小区在总体规划设计，建筑设计和围护结构设计方面采取了一些措施。

表 11－1　　1994 年夏季和冬季室温的实测结果　　（单位：℃）

楼　名	层数	房间位置	夏季平均室温	最　高室　温	冬季平均室温	最　低室　温
对比房	1	中北	30.1	32.1	—	—
	3	中南	30.4	32.1	—	—
	6	西南	31.5	33.5	—	—
		西南	32.3	33.6	4.8	2.9
实验楼	1	西北	28.7	30.5	9.8	9.1
		西南	28.7	30.5	8.7	7.2
		中南	28.5	29.0	7.8	6.5
		东北	28.2	29.3	7.6	6.6
	4	西北	28.4	29.6	8.3	7.7
		西南	28.5	30.3	9.3	7.9
		中南	28.3	29.9	9.9	8.9
		东北	27.8	29.8	8.70	7.8
		西北	28.1	29.4	8.4	7.9
		西南	29.0	32.4	9.1	8.3
	7	中南	29.2	32.2	9.2	8.6
		东北	28.6	30.2	8.4	7.6

注：测试日夏季最高温度为 33.6℃，平均温度为 30.6℃；冬季室外最低温度为 2.7℃，平均温度为 5.6℃。

第一节　总体规划设计方面

1. 小区总体规划设计　在小区总体规划设计时，结合南京地处长江三角洲，文化经济较发达，城市用、地紧张，人们对生活质量有较高要求的特点，在 19000 多平方米的建筑用地上，结合地形规划设计了 4 幢点式住宅，8 幢条式住宅及辅助用房，总建筑面积为 36700m^2，建筑容积率为 1.9。

2. 小区的建筑布局、朝向和间距　小区占地是南北向长 300 多米、东西向宽 50～70m 不等的倒三角形狭长地带。设计 4 幢点式住宅沿中心花园成半环形布置，将 8 幢条式住宅分成南北两片，12 幢住宅全部都为南北朝向，只有部分低层辅房设计为东西朝向。房屋间距都按 1∶1.2 控制，房屋山墙间距 8.5m，而且条式住宅顶层采用退层式设计。这些不仅保证了住宅的冬季日照和夏季通风流畅，而且从城市规划的角度上既充分合理利用了土地，又使小区的建筑具有层次感。3. 小区的绿化设计，注重居住环境质量小区充分考虑到绿化设计，每幢房屋之间计划种植不同季节的树木，空地上砌筑园林小品，铺设四季青草皮，并在小区中部设计了 2000 多平米的中心花园，供居民小憩。据有关部门测试，绿化地带在炎热的夏季能提高空气湿度 15% 以上，比非绿化地带温度低 3℃左右并可以吸收空气中的粉尘，增加空气的含氧量，降低噪声 6～8dB。绿化调节作用，可以使小区具有一个良好的室外小气候环境。

第二节　建筑单体设计方面

1. 选择适宜的房屋进深　南京地区的住宅进深多在 9 米左右，冬季不保温，热量损失大，夏季强热辐射贯穿整个住宅，居住很不舒适。按照《江苏省民用建筑节能设计标准实施细则》规定，此次小区的房屋进深设计，既考虑保温隔热要求，又注重通风采光，房屋进深选定为 12.5m，从而有利于形成冬暖夏凉的室内环境，并且与小进深建筑相比可以降低建筑造价。

2. 设置南北阳台及必要的窗口遮阳板　该小区每套住宅都设有南北阳

台，有利于夏季的遮阳，并且南阳台采用 PVC 塑钢窗封闭。西山墙窗口设置混凝土遮阳板，既增加了立面美观，又在夏季明显减弱了热辐射强度；而在冬季由于太阳照射角度的变化，室内依然大面积受到阳光的直射，使室内温度升高。

3. 设计合理的窗墙比　窗的面积在建筑上要兼顾采光、通风、保温隔热及视野和立面美观等方面要求。适合南京等长江中下游地区的窗墙比南窗为 0.4，北窗为 0.2 左右。所以该小区住宅南窗普遍采用 1.5m × 1.5m 的窗，少数南窗为 1.5m × 1.8m，冬季太阳光可大面积的射入房间，提高室内温度，而且夏季可为空气对流创造条件。北窗宽度小于 1.2m，可减少冬季西北的吹灌，避免室温的损失。

第三节　围护结构设计方面

1. 采用新型墙体材料和保温隔热构造　南京地处丘陵地带，粘土资源较为丰富，南京市区确定在砖混结构的多层建筑中，近阶段以 KP_1 型多孔砖作承重墙体为主导体系。经过几年的推广应用，南京的建筑市场以接受了 KP_1 型多孔砖，因而该小区的墙材主要使用 KP_1 型多孔砖。另外，在一幢框轻结构的跃层住宅中使用了 3 孔空心砖作为填充墙，在沿街的低层商业用房中使用了加气混凝土砌块，以便小区建成后对几种新型墙材的热工性能作实测比较，见表 11－2。可见这几种新型墙材与粘土实心砖所砌墙体的热绝缘系数，已能满足《江苏省民用建筑节能设计标准实施细则》附录 A 的要求。即外墙冬季最小热阻建议值（节能 30%）0.51 ~ 0.55m^2·K/W，（节能 50%）0.60 ~ 0.65m^2·K/W。为进一步提高墙体的保温隔热性能，每幢房屋的东西山墙内粉刷使用 20 ~ 30mm 厚的膨胀珍珠岩保温砂浆，提高墙体热绝缘系数 0.22m^2·K/W。

表 11－2　　新型墙材墙体与实心砖墙体传热绝缘系数的比较

强　体　类　型	墙厚/mm	传热系数/W（m^2·K）$^{-1}$	热绝缘系数/m^2·K·W^{-1}
实心粘土砖	240	2.05	0.49

续表

强　体　类　型	墙厚/mm	传热系数/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$	热绝缘系数/$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
KP_1 型多孔砖	240	1.57	0.64
大 3 孔空心砖	240	1.50	0.67
加气混凝土砌块	250	0.845	1.18

2. 统一使用 PVC 塑钢窗，北窗采用单框双玻璃　多层建筑室内热量损失中，经过窗户损失的约为 40%，所以，提高窗户的气密性和保温性能是建筑节能的重要环节。该小区统一使用国家建设部“2000 年小康型城乡住宅示范工程”推荐产品 PVC 塑钢窗。塑钢窗的传热系数大大低于普通钢窗的传热系数，而与现今流行使用的铝合金窗相比，其传热系数仅为铝合金窗的 1/1.4。另外塑钢窗的隔声性能比普通钢窗的要好得多，塑钢窗单玻璃平均隔声量 25dB，双玻璃平均隔声量 35dB。因此，PVC 塑钢窗不仅节能，还能创造宁静的居住环境。

3. 使用聚乙烯泡沫塑料新型保温节能屋面　该小区建筑屋面使用聚乙烯泡沫板材作为保温层。从屋面的传热量来说，10mm 厚的聚乙烯泡沫板材相当于 50mm 厚的混凝土板，而此次小区建筑的屋面均采用 30mm 厚的聚乙烯泡沫板材，其热绝缘系数为 1.24$m^2 \cdot K/W$，满足空调建筑屋面最小热绝缘系数建议值 1.22$m^2 \cdot K/W$ 的要求。

第十二章　秦皇岛文建里小区采暖系统水力平衡工程

以秦皇岛市热力公司文建里小区供热系统来说明采取管网系统水力平衡后，采暖设计部分节能目标达标的可能性。该小区原供热面积 5.75 万 m^2，配一台热水锅炉。1989 年小区新建住宅 2.97 万 m^2，选配扬程 36m、流量 270t/h、轴功率 33.1kW、配用功率 40kW 电动机的水泵。决定不增设锅炉容量，采取了如下措施。

（1）管网系统平衡技术：在供热小区 4 条干管及各幢楼的入口处管线上安设平衡阀，见图 12－1，并在采暖其间应用专用智能仪表对平衡阀逐一进行调试。首先调整 4 条干管实际流量与设计流量一致，然后调整每条干管上各楼入口支管中流量与设计流量一致。全部平衡阀调试完后锁定，以免无关人员随意变更平衡阀开关。

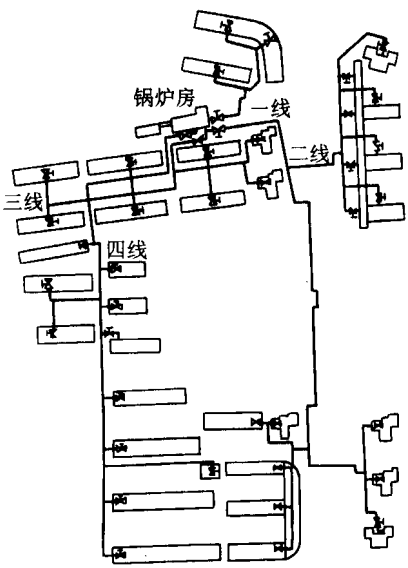


图 12－1　小区供热管网示意图

注：图中所标阀门均为平衡阀，供热管网为回水管。

（2）制定供热运行调节方式：以质调节为主，在采暖期始末实行部分时间间歇供热及小范围量调节。制定了“采暖期室外日平均温度与供水温度及耗煤量对照表”，发至锅炉房具体指导运行。

经过 1989～1990 年采暖气的全面测试，并与采取节能措施前情况相比，结果如下：

1）水系统装机总水量为 223t/h，设计总循环水量 209t/h，测定期间（1989 年 12 月下旬）供回水温差达 20℃。

2）每吨小时锅炉出力由 5000 余平方米提高到近 9000 平方米，锅炉平均运行效率达 64.1%。

3）能耗大幅度下降。煤耗由以前 28kg 标准煤/（a·m^2）下降到 21.9kg 标准煤/（a·m^2），节煤 21.8%；电耗由以前的 3.6kW·h/（a·m^2）下降到 2.35kW·h/（a·m^2），节电 34.7%。

4）供热品质提高。以往小区近环最高室温达 28℃，远环最低室温只有 9℃，改造后室温在 18.8～15·4℃范围内，小区平均室温 17.1℃，室温超过 16℃的用户占 97.6%。

以上分析可以说明，供热系统要实现节能目标，首先要解决水系统中存在的问题，这是水输送系统达标及提高锅炉运行效率的基础，是实现“标准”中采暖部分节能目标。当然要获得实质性的节能效果，供热系统还需要科学量化管理运行，要改变目前司炉人员凭着感觉烧的状况，才能解决供热与需热的一致，取得较好的经济效益与社会效益。

第十三章 北京安贞西里小区采暖系统水力平衡工程

安贞西里小区位于北京安定门外，是 1985 年成片开发的住宅新区。采用区域锅炉集中供热，锅炉房装备有单台容量为 1.3MW 热水锅炉 6 台。系统一次网供回水设计温度分别为 130℃及 80℃，二次网供回水设计温度分别为 95℃及 70℃，通过 6 个热交换站间接连接，供安贞西里和安华西里两个居民小区采暖用热。计划小区面积约 100 万 m^2，目前小区建筑面积为 73 万 m^2。由于各种原因，小区供热效果较差，相当数量住户的室温低于 16℃，有的只有 10℃左右。经实测诊断，系统主要问题为：①系统没有水力平衡手段，一、二次管网水力、热力失调严重；②锅炉运行参数（压力和温度）始终未达至设计值；③热力站部分螺旋板换热器内阻力过大并且串水。此外，地沟内管道保温局部损坏脱落，失水量大等。

测定结果表明，一、二次管网都处于大流量、小温差的不合理运行状态。一次管网计算循环水量为 960t/h。在启动 2 台循环泵的情况下，总回水量为 1334t/h，超过计算值 36%。运行 3 台泵时一次网总回水量 1536t/h，超过计算值 56%。二次管网同样也处于大流量、小温差的运行状况。一次水的设计供回水温差为 50℃，而实际运行时只有 15～20℃。同时，一、二次网均处于水力失调状态。一次网在开启 2 台泵时其 6 个热力站尽管 5 个热力站的一次水量超过设计水量，其中的 1 个站的水量达到设计水量的 218%，但仍有一个热力站只获得 76%设计水量。即使运行 3 台泵，那个热力站也不能获得要求的设计水量。二次网同样存在水力失调，如 1 号、13 号、22 号、25 号楼流量为设计值的 87%、79%、227%和 32%。这与平时居民反映 22 号楼过热、25 号楼供热质量差的事实是一致的。1991 年 2 月 24 日曾对二区 1 号及 25 号楼实测室温（当日室外日平均温度为 －3.9℃），结果表明绝大多数住房都未达到 16℃，最高 19℃，最低仅为 9.8℃。

为了达到平衡供暖，采取了三方面的措施，首先是应用以平衡阀及其专

用智能仪表为核心的管网水力平衡技术。根据管网的实际情况及实测结果，在一次管网中各热力站的回水管、二次管网中各分支管路的回水管、及各栋楼入口的回水管上均设计安装了平衡阀，共计 215 个（安华里二次水仅在回水管上安装平衡阀）。

在 1991 年采暖期初期对各平衡阀进行调试，使系统获得水力平衡。一次网流量达到了合理分配，2 台泵运行时的总流量从测试诊断时的 1334t/h 降至 965t/h，减少了 28%，消除了大流量小温差的不良运行状况。6 个热力站的实际水量基本符合设计水量值（在 98% ~ 127%之间）。二次水各环路也调试到设计值，如仍以 1、13、22、25 号楼而言，调试后的实际流量为设计流量的 116%、117%、118%、83%。

第二个技术措施是更换扬程较低的补水泵，使回水定压从 0.35MPa 提高到 0.5MPa，使一次水供水温度达到 115℃，提高了锅炉的供热出力。同时，还更换了部分热力站的热交换器，使热交换效率提高，阻力下降。

第三个技术措施涉及到系统的合理运行调节。根据计算，绘制了系统一次水供回水温度在不同室外温度下分三个阶段改变流量的质调节曲线。此外，还对某些不合理的采暖管道作了技术改造。

通过上述技术改造措施，大大提高了供热品质，现场调查测定表明，系统中全部室温均达到 16℃以上。住户普遍反映改造后的温度比以往高 2 ~ 3℃。从锅炉运行台数来看，比以往少运行一台（以往严寒期开 5 台、平时开 4 台，改造后严寒期运行 4 台，平时运行 3 台），少运行 1 台锅炉及 1 台水泵（包括锅炉鼓、引风机），相当于节省电耗 219kW，即一个采暖季节省 68 万 kW·h 电，按电价 0.16 元/kW·h 计，一个采暖季节省的电费 10.9 万元，平衡阀的投资为 24 万元（包括平衡阀费用及管网中拆下旧阀、安装平衡阀的安装费用等），光节省的电费就可在当年回收 50%的投资费用。

第十四章 北京会城门国家计划委员会住宅小区采暖系统恒温阀应用示范工程

1. 示范工程的目的和任务 该示范工程选在会城门国家计划委员会住宅小区。该区的供暖管网分为东、西两区；西区包括 2 幢高层建筑及 2 幢低层建筑，总建筑面积 4.8 万 m^2，东区包括 7 座多层建筑，总建筑面积 6.4 万 m^2。

示范工程主要针对以下问题：即集中供热管网相连接的用户供暖系统设计不统一；小区供暖系统设计不尽合理；缺少必要的调节控制设施；无科学计量手段；建筑物之间严重的水力失调；室内系统存在的热力失调等采取下列措施：

1）消除建筑物之间及建筑物内部供暖系统的水力热力失调，提高室温合格率，寻求二次管网系统的合理调节方式。

2）通过对几种不同形式室内供暖系统的试验比较，寻找耗能低、室温均衡的系统布置形式，寻求现有单管顺流式系统的改进措施。

3）应用自动控制技术，降低系统回水温度，实现二次系统的变流量运行，以提高能源利用率。

4）应用完整的计量设备，为实现按热量收费打好基础。

5）应用自动控制技术，解决具体使用间断性的建筑物热力供应，实现建筑物的分时供暖。

示范工程具体试验项目如下：

1）在小区所有建筑物入口加装流量平衡阀，以消除各建筑物之间的水力失调。

2）对东区楼带散热器温控阀的双管系统进行试验；对西区楼单管顺流式改造成部分跨越管的形式进行试验。

3）在单栋楼（或单个供暖系统）入口对具有自动控制功能的混合式供

暖入口设备进行应用试验。

4）在每座建筑物入口安装热量计，进行建筑供暖耗能测试。

5）在热力站实行自动控制，采用变速泵技术。

2. 供暖系统入口及室内系统形式 示范工程对 3 种形式建筑供暖系统进行试验，以确定合理的入口及室内系统布置形式。图 14－1 为东区楼的模式。系统入口装混合式节能调控设备；室内供暖系统为双管系统；各立管均安装流量平衡阀；各散热器支线上装散热器温控阀，以消除同一立管各层散热器之间的竖向失调，保持各居室温度均衡。

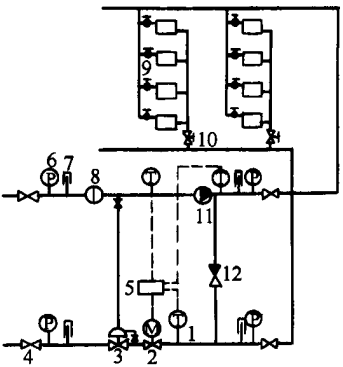


图 14－1　供暖系统模式图

1—控制器　2—电动阀　3—压差控制阀　4—截止阀　5—温度传感器

6—压力计　7—温度表　8—除污器　9—散热器温控阀

10—平衡阀　11—循环水泵　12—逆止阀

3. 结论与建议

1）我国建筑供暖系统能量浪费严重，供暖质量难以达到较高水准，必须下力量进行节能改造。

2）平衡阀在进行水力管网平衡中起着重要作用，适用于热网的基本平衡调试，以消除建筑物之间的水力失调。

3）建筑物内部系统竖向失调是目前供暖系统的难题。带散热器温控阀的双管系统及带温控阀的单管跨越式系统是解决此难题的有效办法。

4）建筑物入口的混合式节能控制设备，对降低供暖系统回水温度、提高热能利用率、节约能源起到了重要作用，应予以推广应用。

5）散热器温控阀是安装在散热器支管上的自动控制阀门，它能够使用

户根据实际使用要求设定室温值，以保持各房间温度具有单独性与稳定性，提高居室舒适度，节约能源。

使用散热器温控阀充分利用了室内人员、阳光、电气设备、厨具等所放出的免费热量，降低了供暖系统的热能消耗，成为供热系统节能的重要手段。如果供暖系统安装了散热器温控阀，则可节能 20% ~ 30%左右。

6）节能工作不仅在于降低能耗和提高供热质量，更重要的是培养用户的自觉节能意识。

7）在热力站水平及建筑供暖系统入口水平上安装应用热量计。打破供暖包费制，尽快实现按热量计量收费。

附　　录

附录 A　建筑节能名词、术语和技术指标

A.1　名词解释与符号

1. 名称解释见表 A1。

表 A1　　名词解释

名　　词	符　号	单　位	名　　词　　解　　释
历　　年			历年，特指整编气象资料时，所采用的以往一段连续年份中的每一年
累　　年（历年）		a	累年，特指整编气象资料时，所采用的以往一段连续年份（不少于 3 年）的累计
设计计算用采暖期天数	Z	d	累年日平均温度低于或等于 5℃的天数，这一天数仅用于建筑热工设计计算，故称设计计算用采暖期天数。各地实际的采暖期天数，应按当地行政主管部门的规定执行
采暖期度日数	D_{di}（DD）	℃·d	室内温度 18℃与采暖期室外平均温度之间的温差值乘以采暖期天数
地方太阳时（当地太阳时）		h	以太阳正对当地子午线的时刻为中午 12 时所推算出的时间
太阳辐射照度（太阳辐射强度）	E	W/m^2	以太阳为辐射源，在某一表面上形成的辐射照度
热导率（导热系数）	λ	W/（m·K）	在稳态条件下，1m 厚的物体，两侧表面温度差为 1K 或 1℃，比内通过 $1m^2$ 面积传递的热量
比　热　容	c	kJ/（kg·K）	1kg 的物质，温度升高或降低 1K 或 1℃所需吸收或放出的热量
密　　度	ρ	kg/m^3	$1m^3$ 的物体所具有的质量
材料蓄热系数	s	W/（m^2·K）	当某一足够厚度的单一材料层一侧受到谐波热作用时，表面温度将按同一周期波动，通过表面的热流波幅与表面温度波幅的比值。其值越大，材料的热稳定性越好
表面蓄热系数（表面换热系数）	α	W/（m^2·K）	在周期性热作用下，物体表面温度升高或降低 1K 时，在 1h 内，$1m^2$ 表面积储存或释放的热量

续表

名 词	符 号	单 位	名 词 解 释
导温系数（热扩散率）	α	m^2/h	材料的热导率与其比热容和密度乘积的比值，表征物体在加热或冷却时各部分温度趋于一致的能力，其值越大，温度变化的速度越快
围护结构			建筑物及房间各面的围挡物。它分透明和不透明两部分：不透明围护结构有墙，屋顶和楼板等；透明围护结构有窗户、天窗和阳台门等。按是否同室外空气直接接触，又可分外围护结构和内围护结构
外围护结构			同室外空气直接接触的围护结构，如外墙、屋顶、外门和外窗等
内围护结构			不同室外空气直接接触的围护结构，如隔墙、楼板、内门和内窗等
热绝缘系数	M	$m^2 \cdot K/W$	表征围护结构本身或其中某层材料阻抗传热能力的物理量
内表面传热系数	K_i	$W/(m^2 \cdot K)$	围护结构内表面温度与室内空气温度之差为 1℃或 1K，1h 内通过 $1m^2$ 表面积传递的热量
内表面传热绝缘系数	M_i	$m^2 \cdot K/W$	内表面传热系数的倒数
外表面传热系数	K_e	$W/(m^2 \cdot K)$	围护结构内表面温度与室内空气温度之差为 1℃或 1K，1h 内通过 $1m^2$ 表面积传递的热量
有效侍热系数	K_{eff}	$W/(m^2 \cdot K)$	不同地区、不同朝向的围护结构，因受太阳辐射和天空辐射影响，使其在两侧空气温差同样为 1K 情况下，在 1h 内通过 $1m^2$ 面积的传热量要改变，这个改变后的传热量称为有效传热系数
传热系数的修正系数	ε_i	—	有效传热系数与传热系数的比值，即 $\varepsilon_i = K_{eff}/K$。$\varepsilon_i$ 实质上是围护结构因受太阳辐射和天空辐射影响而使传热量改变的修正系数
体形系数	S	—	建筑物与室外大气接触的外表面积 A_o 与其所包围的体积 V_o 的比值。面积中不包括地面和不采暖楼梯间隔墙与户门的面积
外表面传热绝缘系数	M_e	$m^2 \cdot K/W$	外表面传热系数的倒数
传热系数（总传热系数）	K	$W/(m^2 \cdot K)$	在稳态条件下，围护结构两面侧空气温度差为 1℃或 1K，1h 内通过 $1m^2$ 面积传递的热量
热绝缘系数（总热阻）	M	$m^2 \cdot K/W$	表征围护结构（包括两侧表面空气边界层）阻抗传热能力的物理量。为传热系数的倒数
最小热绝缘系数	$M_{o,min}$	$m^2 \cdot K/W$	特指设计计算中容许采用的围护结构传热阻的下限值。规定最小传热阻的目的，是为了限制通过围护结构的传热量过大，防止内表面冷凝，以及限制内表面与人体之间的辐射换热量过大而使人体受凉

续表

名　词	符　号	单　位	名　词　解　释
经济传热绝缘系数	$M_{o,E}$	$m^2 \cdot K/W$	围护结构单位面积的建造费用（初次投资的折旧费）与使用费用（由围护结构单位面积分摊的采暖运行费用和设备折旧费）之和达到最小值时的热阻
热惰性指标（D 值）	D		表征围护结构对温度波衰减快慢程度的无量纲指标。单一材料围护结构，$D = RS$；多层材料围护结构，$D = \Sigma RS$。式中 R 为围护结构材料层的热阻，S 为相应材料层的蓄热系数。D 值越大，温度波在其中的衰减越快，围护结构的热稳定性越好
围护结构的热稳定性			在周期性热作用下，围护结构本身抵抗温度波动的能力。围护结构的热惰性是影响其热稳定性的主要因素
房间的热稳定性			在室内外周期性热作用下，整个房间抵抗温度波动的能力。房间的热稳定性主要取决于内外围护结构的热稳定性
窗墙面积比（窗墙比）	X		窗户洞口面积与房间立面单元面积（即房间层高与开间定位线围成的面积）的比值
温度波幅	A_t		当温度呈周期性波动时，最高值或最低值与平均值之差
综合温度	t_{sa}	K，℃	室外空气温度 t_e 与太阳辐射当量温度 $\rho I/\alpha_e$ 之和，即 $t_{sa} = t_e + \rho I/\alpha_e$。式中 ρ 为太阳辐射吸收系数，I 为太阳辐射照度，α_e 为外表面传热系数
衰减倍数（总衰减倍数）	γ_o		围护结构内侧空气温度稳定，外侧受室外综合温度或室外空气温度谐波作用，室外综合温度或室外空气温度谐波波幅与围护结构表面温度谐波波幅的比值
延迟时间（总延迟时间）	t_o	h	围护结构内侧空气温度稳定，外侧受室外综合温度或室外空气温度谐波作用，围护结构内表面温度谐波最高值（或最低值）出现时间与室外综合温度或室外空气温度谐波最高值（或最低值）出现时间的差值
露点温度	t_d	K，℃	在大气压力一定，含湿量不变的情况下，未饱和的空气因冷却而达到饱和状态时的温度
冷凝或结露（凝结）			特指围护结构表面温度低于附近空气露点温度时，表面出现冷凝水的现象
水蒸气分压力	p	MPa	在一定温度下空气中水蒸气部分所产生的压力
饱和水蒸气分压力	p	MPa	空气中水蒸气呈饱和状态时水蒸气部分所产生的压力
空气相对温度	t	K，℃	空气中实际的水蒸气分压力与同一温度下饱和水蒸气分压力的百分比
蒸汽渗透系数	μ		1m 厚的物体，两侧水蒸气分压力差为 1Pa，1h 内通过 $1m^2$ 面积渗透的水蒸气量

续表

名 词	符 号	单 位	名 词 解 释
蒸汽渗透阻	H		围护结构或某一材料层，两侧水蒸气分压力差为 1Pa，通过 $1m^2$ 面积渗透 1g 水分所需要的时间
围护结构温差修正系数	n	—	根据围护结构与室外空气接触的状况对室内外温差采取的修正系数
热桥（冷桥）	—	—	围护结构中包含金属、钢筋混凝土或混凝土梁、柱、肋等部位，在室内外温差作用下，形成热流密集、内表面温度较低的部位。这些部位形成传热的桥梁，故称热桥
外墙平均传热系数	K_m	W/（m^2·K）	包括外墙主体部位和周边混凝土圈梁和抗震柱等热桥部位在内，按面积加权平均求得的传热系数
换气体积	V	m^3	需要通风换气的房间体积
换气次数	N	次/h	单位时间内室内空气的更换次数
集中采暖	—	—	热源和散热设备分别设置，由热源通过管道间向各个房间或各个建筑物供给热量的采暖方式

2. 主要符号

A——传热面积

A_{te}——室外计算温度波幅

A_{ti}——室内计算温度波幅

$A_{\theta i}$——内表面温度波幅

B——地面吸热指数

D——热惰性指标

D_{di}——采暖期度日数

E——太阳辐射照度

H——蒸汽渗透阻

K——热力学温度，传热系数

M——热绝缘系数

M_o——传热绝缘系数

$M_{o.min}$——最小传热绝缘系数

$M_{o.E}$——经济传热绝缘系数

M_e——外表面传热绝缘系数

M_i——内表面传热绝缘系数

Q——热、热量

S——材料蓄热系数

Y_e——外表面蓄热系数

Y_i——内表面蓄热系数

Z——采暖期天数

a——热扩散率，热导率和蓄热系数的修正系数

b——材料层的热渗透系数

c——比热容

P_e——室外空气水蒸气分压力

p_i——室内空气水蒸气分压力

t_d——露点温度

t_e——室外计算温度

t_i——室内计算温度或室内空气到内表面的延迟时间

t_o——延迟时间

t_{sa}——室外综合温度

t_w——采暖室外计算温度

$[\Delta t]$——室内空气与内表面之间的允许温差

α——太阳辐射吸收系数

α_e——外表面的表面传热系数

α_i——内表面的表面传热系数

θ——表面温度，内部温度

$\theta_{i\cdot max}$——内表面最高温度

λ——材料热导率

μ——材料蒸气渗透系数

ν_o——衰减倍数

ν_i——室内空气到内表面的衰减倍数

ρ——材料密度

ρ_o——材料干密度

φ——空气相对湿度

Φ——热流量

A.2　法定计量单位与非法定计量单位的换算（见表 A2）

表 A2 法定计量单位与非法定计量单位换算表

量的名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算关系
	名称	符号	名称	符号	
压力 压强	帕斯卡	Pa	毫米水柱	mmH_2O	$1mmH_2O = 9.80665Pa$
			毫米汞柱	mmHg	1mmHg = 133.322Pa
功、能、热	千焦耳	kJ	千卡	kcal	1kcal = 4.1868kJ
	兆焦耳	MJ	千瓦小时	kW·h	1kW·h = 3.6MJ
功率	瓦特	W	千卡每小时	kcal/h	1kcal/h = 1.163W
比热容	千焦耳每千克开尔文	kJ/（kg·K）	千卡每千克摄氏度	kcal/（kg·℃）	1kcal/（kg·℃）= 4.1868hJ/（kg·K）
热流密度	瓦特每平方米	W/m^2	千卡每平方米小时	kcal/（m^2·h）	1kcal/（m^2·h）= $1.163W/m^2$
传热系数	瓦特每平方米开尔文	W/（m^2·K）	千卡每平方米小时摄氏度	kcal/（m^2·h·℃）	1kcal/（m^2·h·℃）= 1.163W/（m^2·K）
热导率	瓦特每米开尔文	W/（m·K）	千卡每米小时摄氏度	kcal/（m·h·℃）	1kcal/（m·h·℃）= 1.163W/（m·K）
蓄热系数	瓦特每米开尔文	W/（m·K）	千卡每平方米小时摄氏度	kcal/（m^2·h·℃）	1kcal/（m^2·h·℃）= 1.163W/（m^2·K）
表面传热系数	瓦特每平方米开尔文	W/（m^2·K）	千卡每平方米小时摄氏度	kcal/（m^2·h·℃）	1kcal/（m^2·h·℃）= 1.163W/（m^2·K）
太阳辐射照度	瓦特每平方米	W/m^2	千卡每平方米小时	kcal/（m^2·h）	1kcal/（m^2·h）= $1.163W/m^2$
蒸汽渗透系数	克每米小时帕斯卡	g/（m·h·Pa）	克每米小时毫米汞柱	g/（m·h·mmHg）	1g/（m·h·mmHg）= 0.0075g/（m·h·Pa）

注：1. 比热容、传热系数、热导率、蓄热系数、表面传热系数等法定计量单位中的 K（开尔文）也可以用℃（摄氏度）替换。

2. 比热容的法定计量单位为 kJ/（kg·K），但在实际计算中比热容的单位应取 W·h/（kg·K），由前者换算成后者应乘以换算系数 0.2778。

A.3 建筑热工设计分区及设计要求（见表 A3）

表 A3　　建筑热工设计分区及设计要求

分区名称		严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	温和地区
分区指标	主要指标	最冷月平均温度小于或等于 -10℃	最冷月平均温度 0～-10℃	最冷月平均温度 0～10℃ 最热月平均温度 25～30℃	最冷月平均温度 >10℃ 最热月平均温度 25～29℃	最冷月平均温度 0～13℃ 最热月平均温度 18～25℃
	辅助指标	日平均温度小于或等于 5℃平均的天数大于或等于 145d	日平均温度小于或等于 5℃的天数 90～145d	日平均小于或等于 5℃(0～90d) 日平均温度大于或等于 25℃（40～110d）	日平均温度大于或等于 25℃的天数 100～200d	日平均温度小于或等于 5℃的天数 0～90d
设计要求		必须充分满足冬季保温要求，一般可不考虑夏季防热	应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热	必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温	必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温	部分地区应注意冬季保温，一般可不考虑夏季防热

注：1. 本附录据《民用建筑热工设计规范》(GB50176—1993)。
2. 设计分区地区图，见附图 A1。

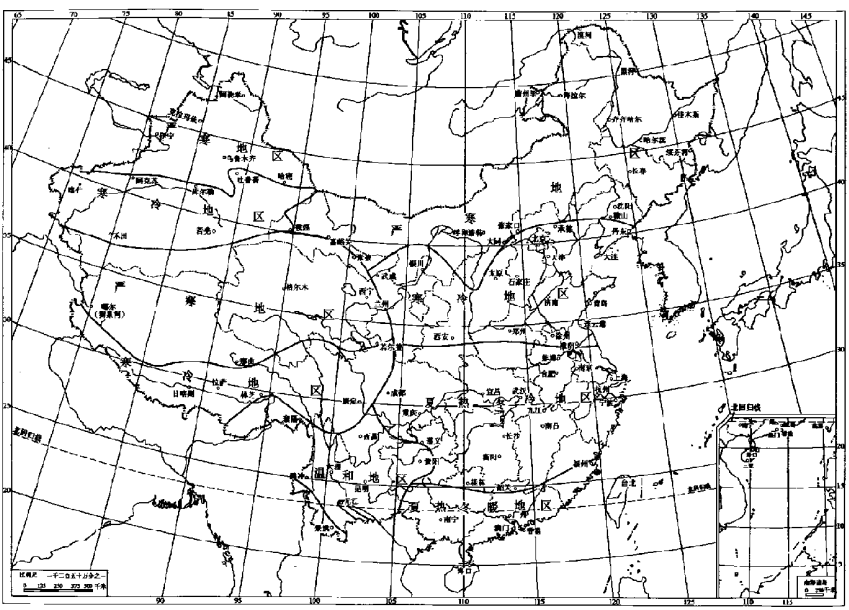


图 A1　全国建筑热工设计分区图

（本图上中国国界线系按中国地图出版社 1989 年出版的《中华人民共和国地形图》绘制）

A.4　全国主要城镇采暖期有关参数及建筑物采暖耗热量、采暖耗煤量指标（见表 A4～表 A7）

表 A4　　全国主要城镇采暖期有关参数及建筑物采暖耗热量、采暖耗煤量指标

地　名	计算用采暖期			耗热量指标 q_H/W·m^{-2}	耗煤量指标 q_c/kg·m^{-2}
	天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d		
北京市	125	－1.6	2450	20.6	12.4
天津市	119	－1.2	2285	20.5	11.8
河北省					
石家庄	112	－0.6	2083	20.3	11.0
张家口	153	－4.8	3488	21.1	15.3
秦皇岛	135	－2.4	2754	20.8	13.5
保　定	119	－1.2	2285	20.5	11.8
邯　郸	108	0.1	1933	20.3	10.6
唐　山	127	－2.9	2654	20.8	12.8
承　德	144	－4.5	3240	21.0	14.6
丰　宁	163	－5.6	3847	21.2	16.6
山西省					
太　原	135	－2.7	2795	20.8	13.5
大　同	162	－5.2	3758	21.1	16.5
长　治	135	－2.7	2795	20.8	13.5
阳　泉	124	－1.3	2393	20.5	12.2
临　汾	113	－1.1	2158	20.4	11.1
晋　城	121	－0.9	2287	20.4	11.9
运　城	102	0.0	1836	20.3	10.0
内蒙古自治区					
呼和浩特	166	－6.2	4017	21.3	17.0
锡林浩特	190	－10.5	5415	22.0	20.1
海拉尔	209	－14.3	6751	22.6	22.8
通　辽	165	－7.4	4191	21.6	17.2
赤　峰	160	－6.0	3840	21.3	16.4
满洲里	211	－12.8	6499	22.4	22.8
博克图	210	－11.3	6153	22.2	22.5
二连浩特	180	－9.9	5022	21.9	19.0
多　伦	192	－9.2	5222	21.8	20.2
白云鄂博	191	－8.2	5004	21.6	19.9

续表

地　名	计算用采暖期			耗热量指标 q_H/W·m^{-2}	耗煤量指标 q_c/kg·m^{-2}
	天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d		
辽宁省					
沈　阳	152	-5.7	3602	21.2	15.5
丹　东	144	-3.5	3096	20.9	14.5
大　连	131	-1.6	2568	20.6	13.0
阜　新	156	-6.0	3744	21.3	16.0
抚　顺	162	-6.6	3985	21.4	16.7
朝　阳	148	-5.2	3434	21.1	15.0
本　溪	151	-5.7	3579	21.2	15.4
锦　州	144	-4.1	3182	21.0	14.6
鞍　山	144	-4.8	3283	21.1	14.6
锦　西	143	-4.2	3175	21.0	14.5
吉林省					
长　春	170	-8.3	4471	21.7	17.8
吉　林	171	-9.0	4617	21.8	18.0
延　吉	170	-7.1	4267	21.5	17.6
通　化	168	-7.7	4318	21.6	17.5
双　辽	167	-7.8	4309	21.6	17.4
四　平	163	-7.4	4140	21.5	16.9
白　城	175	-9.0	4725	21.8	18.4
黑龙江省					
哈尔滨	176	-10.0	4928	21.9	18.6
嫩　江	197	-13.5	6206	22.5	21.4
齐齐哈尔	182	-10.2	5132	21.9	19.2
富　锦	184	-10.6	5262	22.0	19.5
牡丹江	178	-9.4	4877	21.8	18.7
呼　玛	210	-14.5	6825	22.7	23.0
佳木斯	180	-10.3	5094	21.9	19.0
安　达	180	-10.4	5112	22.0	19.1
伊　春	193	-12.4	5867	22.4	20.8
克　山	191	-12.1	5749	22.3	20.5
江苏省					
徐　州	94	1.4	1560	20.0	9.1
连云港	96	1.4	1594	20.0	9.2
宿　迁	94	1.4	1560	20.0	9.1
淮　阴	95	1.7	1549	20.0	9.2
盐　城	90	2.1	1431	20.0	8.7

续表

地 名	计算用采暖期			耗热量指标	耗煤量指标
	天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d	q_H/W·m^{-2}	q_c/kg·m^{-2}
山东省					
济 南	101	0.6	1757	20.2	9.8
青 岛	110	0.9	1881	20.2	10.7
烟 台	111	0.5	1943	20.2	10.8
淄 博	113	−0.8	2124	20.5	11.2
兖 州	106	−0.4	1950	20.4	10.4
潍 坊	114	−0.7	2132	20.4	11.2
河南省					
郑 州	98	1.4	1627	20.0	9.4
安 阳	105	0.3	1859	20.3	10.3
濮 阳	107	0.2	1905	20.3	10.5
新 乡	100	1.2	1680	20.1	9.7
洛 阳	91	1.8	1474	20.0	8.8
商 丘	101	1.1	1707	20.1	9.8
开 封	102	1.3	1703	20.1	9.9
四川省					
阿 坝	189	−2.8	3931	20.8	18.9
甘 孜	165	−0.9	3119	20.5	16.3
康 定	139	0.2	2474	20.3	18.5
西藏自治区					
拉 萨	142	0.5	2485	20.2	13.8
噶 尔	240	−5.5	5640	21.2	24.5
日喀则	158	−0.5	2923	20.4	15.5
陕西省					
西 安	100	0.9	1710	20.2	9.7
榆 林	148	−4.4	3315	21.0	14.8
延 安	130	−2.6	2678	20.7	13.0
宝 鸡	101	1.1	1707	20.1	9.8
甘肃省					
兰 州	132	−2.8	2746	20.8	13.2
酒 泉	155	−4.4	3472	21.0	15.7
敦 煌	138	−4.1	3053	21.0	14.0
张 掖	156	−4.5	3510	21.0	15.8
山 丹	165	−5.1	3812	21.1	16.8
平 凉	137	−1.7	2699	20.6	13.6
天 水	116	−0.3	2123	20.3	11.3

续表

地　名	计算用采暖期			耗热量指标 q_H/W·m^{-2}	耗煤量指标 q_c/kg·m^{-2}
	天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d		
青海省					
西　宁	162	−3.3	3451	20.9	16.3
玛　多	284	−7.2	7159	21.5	29.4
大柴旦	205	−6.8	5084	21.4	21.1
共　和	182	−4.9	4168	21.1	18.5
格尔木	179	−5.0	4117	21.1	18.2
玉　树	194	−3.1	4093	20.8	19.4
宁夏回族自治区					
银　川	145	−3.8	3161	21.0	14.7
中　宁	137	−3.1	2891	20.8	13.7
固　原	162	−3.3	3451	20.9	16.3
石嘴山	149	−4.1	3293	21.0	15.1
新疆维吾尔自治区					
乌鲁木齐	162	−8.5	4293	21.8	17.0
塔　城	163	−6.5	3994	21.4	16.8
哈　密	137	−5.9	3274	21.3	14.1
伊　宁	139	−4.8	3169	21.1	14.1
喀　什	118	−2.7	2443	20.7	11.8
富　蕴	178	−12.6	5447	22.4	19.2
无拉玛依	146	−9.2	3971	21.8	15.3
吐鲁番	117	−5.0	2691	21.1	11.9
库　车	123	−3.6	2657	20.9	12.4
和　田	112	−2.1	2251	20.7	11.2

表 A5　我国夏热冬冷地区部分城镇日平均温度小于等于5℃期间有关参数

地　名	日平均温度≤5℃期间			地　名	日子均温度≤5℃期间		
	天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d		天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d
上　海	54	3.7	772	无　锡	70	3.2	1036
南　京	75	3.0	1125	苏　州	59	3.8	850
常　州	71	3.1	1058	扬　州	81	3.1	1207
溧　阳	70	3.1	1043	泰　州	80	2.4	1248

续表

地名	日平均温度≤5℃期间			地名	日子均温度≤5℃期间		
	天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d		天数 Z/d	室外平均温度 t_e/℃	度日数 D_{di}/℃·d
南通	70	3.2	1036	周口	91	1.7	1483
东京	84	2.5	1302	老河口	75	2.2	1185
杭州	51	4.0	714	襄樊	65	3.2	962
湖州	61	3.6	878	随州	70	3.0	1050
绍兴	46	4.0	644	安陆	67	3.2	992
宁波	42	4.3	575	运安	56	3.6	806
合肥	70	2.9	1057	钟祥	60	3.4	876
蚌埠	83	2.3	1303	麻城	63	2.7	964
阜阳	85	2.1	1352	沙市	54	3.7	772
淮南	78	2.4	1271	武汉	58	3.4	847
滁州	77	2.7	1178	十堰	65	3.0	975
六安	73	2.9	1102	略阳	81	2.8	1231
巢湖	65	3.2	962	汉中	75	3.1	1118
马鞍山	67	3.3	985	安康	55	3.5	798
芜湖	62	3.4	505	山阳	97	1.9	1562
铜陵	59	3.5	856	武都	63	3.2	932
安庆	53	3.9	747	酉阳	42	4.0	588
屯溪	46	4.1	639	桐梓	46	4.0	644
南阳	84	2.2	1327	遵义	42	4.2	580
驻马店	82	2.2	1296	凯里	40	4.6	536
信阳	78	2.6	1201	毕节	70	3.2	1036
固始	75	2.5	1163	安顺	43	4.1	598
新县	74	2.7	1132	水城	62	3.3	911
焦作	89	1.6	1460	昭通	83	3.0	1245
平顶山	86	2.1	1367	察隅	57	4.1	792

表 A6 建筑物节能综合指标的限值

$HDD18$/℃·d	耗热量指标 q_h/W·m^{-2}	采暖年耗电量 E_h/kW·h·m^{-2}	$CDD26$/℃·d	耗冷量指标 q_c/W·m^{-2}	空调年耗电量 E_c/kW·h·m^{-2}
800	10.1	11.1	25	18.4	13.7
900	10.9	13.4	50	19.9	16.5
1000	11.7	15.6	75	21.3	17.4
1100	12.5	17.8	100	22.8	19.3
1200	13.4	20.1	125	24.3	21.2
1300	14.2	22.3	150	25.8	23.0

续表

$HDD18$/℃·d	耗热量指标 q_h/W·m^{-2}	采暖年耗电量 E_h/kW·h·m^{-2}	$CDD26$/℃·d	耗冷量指标 q_c/W·m^{-2}	空调年耗电量 E_c/kW·h·m^{-2}
1400	15.0	24.5	175	27.3	24.9
1500	15.8	26.7	200	28.8	26.8
1600	16.6	29.0	225	30.3	28.6
1700	17.5	31.2	250	31.8	30.5
1800	18.3	33.4	275	33.3	32.4
1900	19.1	35.7	300	34.8	34.2
2000	19.9	37.9	—	—	—
2100	20.7	40.1	—	—	—
2200	21.6	42.4	—	—	—
2300	22.4	44.6	—	—	—
2400	23.2	46.8	—	—	—
2500	24.0	49.0	—	—	—

表 A7　我国 60 个城市冬季室外空气计算温度

地　名	室外空气计算温度/℃	地　名	室外空气计算温度/℃	地　名	室外空气计算温度/℃
哈尔滨	-31	塔　城	-30	赤　峰	-23
嫩　江	-39	哈　密	-25	二连浩特	-33
齐齐哈尔	-30	伊　宁	-30	多　伦	-31
牡丹江	-29	喀　宁	-16	太　原	-16
佳木斯	-33	克拉玛依	-31	大　同	-22
伊　春	-35	吐鲁番	-21	运　城	-11
长　春	-28	和　田	-16	北　京	-14
吉　林	-31	西　宁	-18	天　津	-12
延　吉	-24	兰　州	-15	石家庄	-15
通　化	-28	酒　泉	-21	张家口	-21
四　平	-27	敦　煌	-20	秦皇岛	-15
沈　阳	-24	天　水	-12	保　定	-13
丹　东	-19	银　川	-23	康　山	-14

续表

地 名	室外空气计算温度/℃	地 名	室外空气计算温度/℃	地 名	室外空气计算温度/℃
大 连	-17	西 安	-11	承 德	-18
抚 顺	-27	榆 林	-23	济 南	-12
本 溪	-23	延 安	-16	青 岛	-11
锦 州	-19	呼和浩特	-24	郑 州	-10
鞍 山	-23	锡林浩特	-34	德 州	-15
锦 西	-18	海 拉 尔	-41	拉 萨	-9
乌鲁木齐	-30	通 辽	-24	日 喀 则	-14

A.5 围护结构传热系数计算指标

围护结构各部位的传热性能见表 A8 ~ 表 A10。

表 A8 不同朝向、不同窗墙面积比的外窗传热系数

朝 向	窗外环境条件	外窗的传热系数 K/W（$m^2 \cdot K$）$^{-1}$				
		窗墙面积比 ≤0.25	窗墙面积比 >0.25 且≤0.30	窗墙面积比 >0.30 且≤0.35	窗墙面积比 >0.35 且≤0.45	窗墙面积比 >0.45 且≤0.50
北（偏东 60°到偏西 60°范围）	冬季最冷月室外平均气温大于 5℃	4.7	4.7	3.2	2.5	—
	冬季最冷月室外平均气温小于或等于 5℃	4.7	3.2	3.2	2.5	—
东、西（永或四偏北 30°到偏离 60°范围）	无外遮阳措施	4.7	3.2	—	—	—
	有外遮阳（其太阳辐射遗过率小于或等于 20%）	4.7	3.2	3.2	2.5	2.5
南（偏东 30°到偏西 30°范围）		4.7	4.7	3.2	2.5	2.5

表 A9　围护结构各部分的传热系数 K/W（$m^3 \cdot K$）$^{-1}$和热惰性指标 D

屋　顶①	外　墙①	外窗（含阳台门透明部分）	分户墙和楼板	底部自然通风的架空楼板	户　　门
$K \leqslant 1.0$ $D \geqslant 3.0$	$K \leqslant 1.5$ $D \geqslant 3.0$	按《民用建筑热工设计规范》GB50176—1993 第 A.5.3 的规定或按表 8－13 规定	$K \leqslant 2$	$K \leqslant 1.5$	$K \leqslant 3.0$
$K \leqslant 0.8$ $D \geqslant 2.5$	$K \leqslant 1.0$ $D \geqslant 2.5$				

①当屋顶和外墙的 K 值满足要求，但 D 值不满足要求时，应按照《民用建筑热工设计规范》GB50176—1993 第 5.1.1 条来验算隔热设计要求。

表 A10　不同地区采暖居住建筑各部分围护结构传热系数限值　［单位：W/（$m^2 \cdot K$）］

采暖期室外平均温度/℃	代表性城市	屋顶		外墙		不采暖楼梯间		窗户（含阳台门上部）	阳台门下部芯板	外门	地板		地面	
		体形系数≤0.3	体形系数＞0.3	体形系数≤0.3	体形系数＞0.3	体形系数≤0.3	体形系数＞0.3				接触室外空气地板	不采暖地下室上部地板	周边地面	非周边地面
2.0～1.0	郑州、洛阳、宝鸡、徐州	0.80	0.60	1.10 1.40	0.80 1.10	1.83	2.70	4.70 4.00	1.70	—	0.60	0.65	0.52	0.30
0.9～0.0	西安、拉萨、济南、青岛、安阳	0.80	0.60	1.00 1.28	0.70 1.00	1.83	2.70	4.70 4.00	1.70	—	0.60	0.65	0.52	0.30
－0.1～1.0	石家庄、德州、晋城、天水	0.80	0.60	0.92 1.20	0.60 0.85	1.83	2.00	4.70 4.00	1.70	—	0.60	0.65	0.52	0.30
－1.1～－2.0	北京、天津、大连、阳泉、平凉	0.80	0.60	0.90 1.16	0.55 0.82	1.83	2.00	4.70 4.00	1.70	—	0.50	0.55	0.52	0.30
－2.1～－3.0	兰州、太原、唐山、阿坝	0.70	0.50	0.85 1.10	0.62 0.78	0.94	2.00	4.70 4.00	1.70	—	0.50	0.55	0.52	0.30
－3.1～－4.0	西宁、银川、丹东	0.70	0.50	0.68	0.65	0.94	2.00	4.00	1.70	—	0.50	0.55	0.52	0.30
－4.1～－5.0	张家口、鞍山、酒泉、伊宁、吐鲁番	0.70	0.50	0.75	0.60	0.94	2.00	3.00	1.35	—	0.50	0.55	0.52	0.30
－5.1～－6.0	沈阳、大同、本溪、阜新、哈密	0.60	0.40	0.68	0.56	0.94	1.50	3.00	1.35	—	0.40	0.55	0.30	0.30
－6.1～－7.0	呼和浩特、抚顺、大柴旦	0.60	0.40	0.65	0.50	—	—	3.00	1.35	2.50	0.40	0.55	0.3	0.3
－7.1～－8.0	延吉、通辽、通化、四平	0.60	0.40	0.65	0.50	—	—	2.50	1.35	2.50	0.40	0.55	0.3	0.3
－8.1～－9.0	长春、乌鲁木齐	0.50	0.30	0.56	0.45	—	—	2.50	1.35	2.50	0.30	0.50	0.3	0.3
－9.1～－10.0	哈尔滨、牡丹江、克拉玛依	0.50	0.30	0.52	0.40	—	—	2.50	1.35	2.50	0.30	0.50	0.3	0.3

续表

采暖期室外平均温度/℃	代表性城市	屋顶		外墙		不采暖楼梯间		窗户（含阳台门上部）	阳台门下部芯板	外门	地板		地面	
		体形系数≤0.3	体形系数>0.3	体形系数≤0.3	体形系数>0.3	体形系数≤0.3	体形系数>0.3				接触室外空气地板	不采暖地下室上部地板	周边地面	非周边地面
－10.1～－11.0	佳木斯、安达、齐齐哈尔、富锦	0.50	0.30	0.52	0.40	—	—	2.50	1.35	2.50	0.30	0.50	0.3	0.3
－11.1～－12.0	海伦、博克图	0.40	0.25	0.52	0.40	—	—	2.00	1.35	2.50	0.25	0.45	0.3	0.3
－12.1～－14.5	伊春、呼玛、海拉尔、满洲里	0.40	0.25	0.52	0.40	—	—	2.00	1.35	2.50	0.25	0.45	0.3	0.3

A.6　关于面积和体积的计算

1. 建筑面积 A_o，应按各层外墙外包线围成面积的总和计算。

2. 建筑体积 V_o，应按建筑物外表面和底层地面围成的体积计算。

3. 换气体积 V，楼梯间不采暖时，应按 $V=0.6V_o$ 计算；楼梯间采暖时，应按 $V=0.65V_o$ 计算。

4. 屋顶或顶棚面积 A_R，应按支承屋顶的外墙外包线围成的面积计算，如果楼梯间不采暖，则应减去楼梯间的屋顶面积。

5. 外墙面积 A_w 应按不同朝向分别计算。某一朝向的外墙面积，由该朝向外表面积减去窗户和外门洞口面积构成。当楼梯间不采暖时，应减去楼梯间的外墙面积。

6. 窗户（包括阳台门上部透明部分）面积 A_G，应按朝向和有、无阳台分别计算，取窗户洞口面积。

7. 外门面积 A_D，应按不同朝向分别计算，取外门洞口面积。

8. 阳台门下部不透明部分面积 A_B，应按不同朝向分别计算，取洞口面积。

9. 地面面积 A_F，应按周边和非周边，以及有、无地下室分别计算。周边地面系指由外墙内侧算起向内 2.0m 范围内的地面；其余为非周边地面。如果楼梯间不采暖，还应减去楼梯间所占地面面积。

10. 地板面积 A_B，接触室外空气的地板和不采暖地下室上面的地板应分别计算。

11. 楼梯间隔墙面积 $A_{s.w}$，楼梯间不采暖时应计算这一面积，由楼梯间

隔墙总面积减去户门洞口面积构成。

12. 户门面积 $A_{s\cdot D}$，楼梯间不采暖时应计算这一面积，由各层户门洞口面积的总和构成。

13. 建筑物外表面积应按墙面面积、屋顶面积和下表面直接接触室外空气的楼板面积的总和计算。

A.7　建筑材料热物理性能计算参数（见表 A11～表 A15）

表 A11　　建筑材料热物理性能计算参数

序号	材料名称	干密度 ρ_o/kg·m^{-3}	计算参数			
			热导率 λ/W(m·K)$^{-1}$	蓄热系数 S（周期 24h）/W(m^2·K)$^{-1}$	比热容 c/kJ(kg·K)$^{-1}$	蒸汽渗透系数 μ/g(m·h·Pa)$^{-1}$
1	混凝土					
1.1	普通混凝土					
	钢筋混凝土	2500	1.74	17.20	0.92	0.0000158*
	碎石、卵石混凝土	2300 2100	1.51 1.28	15.36 13.57	0.92 0.92	0.0000173* 0.0000173*
1.2	轻骨料混凝土					
	膨胀矿渣珠混凝土	2000 1800 1600	0.77 0.63 0.53	10.49 9.05 7.87	0.96 0.96 0.96	—
	自然煤矿石、炉渣混凝土	1700 1500 1300	1.00 0.76 0.56	11.68 9.54 7.63	1.05 1.05 1.05	0.0000548* 0.0000900 0.0001050
	粉煤灰陶粒混凝土	1700 1500 1300 1100	0.95 0.70 0.57 0.44	11.40 9.16 7.78 6.30	1.05 1.05 1.05 1.05	0.0000188 0.0000975 0.0001050 0.0001350
	粘土陶粒混凝土	1600 1400 1200	0.84 0.70 0.53	10.36 8.93 7.25	1.05 1.05 1.05	0.0000315* 0.0000390* 0.0000405*
	页岩渣、石灰、水泥混凝土	1300	0.52	7.39	0.98	0.0000855*
	页岩陶粒混凝土	1500 1300 1100	0.77 0.63 0.50	9.65 8.16 6.70	1.05 1.05 1.05	0.0000315* 0.0000390* 0.0000435*
	火山灰渣、砂、水泥混凝土	1700	0.57	6.30	0.57	0.0000395*
	浮石混凝土	1500 1300 1100	0.67 0.53 0.42	9.09 7.54 6.13	1.05 1.05 1.05	 0.0000188* 0.0000353*
1.3	轻混凝土					

续表

序号	材料名称	干密度 ρ_o/kg·m^{-3}	计算参数			
			热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	蓄热系数 S（周期 24h）/W（m^2·K）$^{-1}$	比热容 c/kJ（kg·K）$^{-1}$	蒸汽渗透系数 μ/g（m·h·Pa）$^{-1}$
	加气混凝土、泡沫混凝土	700 500	0.22 0.19	3.59 2.81	1.05 1.05	0.0000998* 0.0001110*
2	砂浆和砌体					
2.1	砂浆					
	水泥砂浆 石灰水泥砂浆 石灰砂浆 石灰石膏砂浆 保温砂浆	1800 1700 1600 1500 800	0.93 0.87 0.81 0.76 0.29	11.37 10.75 10.07 9.44 4.44	1.05 1.05 1.05 1.05 1.05	0.0000210* 0.0000975* 0.0000443*
2.2	砌体					
	重砂浆砌筑粘土砖砌体 轻砂浆砌筑粘土砖砌体 灰砂砌体 硅酸盐砖砌体 炉渣砖砌体 重砂浆砌筑 26、33 及 36 孔粘土空心砖砌体	1800 1700 1900 1800 1700 1400	0.81 0.76 1.10 0.87 0.81 0.58	10.63 9.96 12.72 11.11 10.43 7.92	1.05 1.05 1.05 1.05 1.05 1.05	0.0001050 0.0001200 0.0001050 0.0001050 0.0001050 0.0000158
3	热绝缘材料					
3.1	纤维材料					
	矿棉、岩棉、玻璃棉板	≤80 80～200	0.050 0.045	0.59 0.75	1.22 1.22	0.0004880
	矿棉、岩棉、玻璃棉毡	≤70 70～200	0.050 0.045	0.58 0.77	1.34 1.34	0.0004880
	矿棉、岩棉、玻璃棉松散料 麻 刀	≤70 70～120 150	0.050 0.045 0.070	0.46 0.51 1.34	0.84 0.84 2.10	0.0004880
3.2	膨胀珍珠岩、蛭石制品					
	水泥膨胀珍珠岩	800 600 400	0.26 0.21 0.16	4.37 3.44 2.49	1.17 1.17 1.17	0.0000420* 0.0000900* 0.0001910*
	沥青、乳化沥青膨胀珍珠岩	400 300	0.12 0.093	2.28 1.77	1.55 1.55	0.0000293* 0.0000675*
	水泥膨胀蛭石	350	0.14	1.99	1.05	
3.3	泡沫材料及多孔聚合物					

续表

序号	材料名称	干密度 ρ_o/kg·m^{-3}	计算参数			
			热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	蓄热系数 S（周期 24h）/W（m^2·K）$^{-1}$	比热容 c/kJ（kg·K）$^{-1}$	蒸汽渗透系数 μ/g（m·h·Pa）$^{-1}$
	聚乙烯泡沫塑料	100	0.047	0.70	1.38	
	聚苯乙烯泡沫塑料	30	0.042	0.36	1.38	0.0000162
	聚氨酯硬泡沫塑料	30	0.033	0.36	1.38	0.0000234
	聚氯乙烯硬泡沫塑料	130	0.048	0.79	1.38	
	钙塑	120	0.049	0.83	1.59	
	泡沫玻璃	140	0.058	0.70	0.84	0.0000225
	泡沫石灰	300	0.116	1.70	1.05	
	炭化泡沫石灰	400	0.14	2.33	1.05	0.0000375
	泡沫石膏	500	0.19	2.78	1.05	
4	木材与板材					
4.1	木材					
	橡木、枫树（热流方向垂直木纹）	700	0.17	4.90	2.51	0.0000562
	橡木、枫树（热流方向顺木纹）	700	0.35	6.93	2.51	0.0003000
	松木、云杉（热流方向垂直木纹）	500	0.14	3.85	2.51	0.0000345
	松木、云杉（热流方向顺木纹）	500	0.29	5.55	2.51	0.0001680
4.2	建筑板材					
	胶合板	600	0.17	4.57	2.51	0.0000225
	软木板	300	0.093	1.95	1.89	0.0000255*
		150	0.058	1.09	1.89	0.0000285*
	纤维板	1000	0.340	8.13	2.51	0.0001200
		600	0.23	5.28	2.51	0.0001130
	石棉水泥板	1800	0.52	8.52	1.05	0.0000135*
	石棉水泥隔热板	500	0.16	2.58	1.05	0.0003900
	石膏板	1050	0.33	5.28	1.05	0.0000790*
	水泥刨花板	1000	0.34	7.27	2.01	0.0000240*
		700	0.19	4.56	2.01	0.0001050
	稻草板	300	0.13	2.33	1.68	0.0003000
	木屑板	200	0.065	1.54	2.10	0.0002630
5	松散材料					
5.1	无机材料					

续表

序号	材料名称	干密度 ρ_o/kg·m^{-3}	计算参数			
			热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	蓄热系数 S（周期 24h）/W（m^2·K）$^{-1}$	比热容 c/kJ（kg·K）$^{-1}$	蒸汽渗透系数 μ/g（m·h·Pa）$^{-1}$
	锅炉渣	1000	0.29	4.40	0.92	0.0001930
	粉煤灰	1000	0.23	3.93	0.92	
	高炉炉渣	900	0.26	3.92	0.92	0.0002030
	浮石、凝灰岩	600	0.23	3.05	0.92	0.0002630
	膨胀蛭石	300	0.14	1.79	1.05	
		200	0.10	1.24	1.05	
	硅藻土	200	0.076	1.00	0.92	
	膨胀珍珠岩	120	0.07	0.84	1.17	
		80	0.058	0.63	1.17	
5.2	有机材料					
	木屑	250	0.093	1.84	2.01	0.0002630
	稻壳	120	0.06	1.02	2.01	
	干草	100	0.047	0.83	2.01	
6	其他材料					
6.1	土壤					
	夯实粘土	2000	1.16	12.99	1.01	
		1800	0.93	11.03	1.01	
	加草粘土	1600	0.76	9.37	1.01	
		1400	0.58	7.69	1.01	
	轻质粘土	1200	0.47	6.36	1.01	
	建筑用砂	1600	0.58	8.26	1.01	
6.2	石材					
	花岗岩、玄武岩	2800	3.49	25.49	0.92	0.0000113
	大理石	2800	2.91	23.27	0.92	0.0000113
	砾石、石灰岩	2400	2.04	18.03	0.92	0.0000375
	石灰石	2000	1.16	12.56	0.92	0.0000600
6.3	卷材、沥青材料					
	沥青油毡纸	600	0.17	3.33	1.47	
	沥青混凝土	2100	1.05	16.39	1.68	0.0000075
	石油沥青	1400	0.27	6.73	1.68	
		1050	0.17	4.71	1.68	
6.4	玻璃					
	平板玻璃	2500	0.76	10.69	0.84	
	玻璃钢	1800	0.52	9.25	1.26	
6.5	金属					

续表

序号	材料名称	干密度 ρ_o/kg·m^{-3}	计算参数			
			热导率 λ/W（m·K）$^{-1}$	蓄热系数 S（周期 24h）/W（m^2·K）$^{-1}$	比热容 c/kJ（kg·K）$^{-1}$	蒸汽渗透系数 μ/g（m·h·Pa）$^{-1}$
	纯铜	8500	407	324	0.42	
	青铜	8000	64.0	118	0.38	
	建筑钢材	7850	58.2	126	0.48	
	铝	2700	203	191	0.92	
	铸铁	7250	49.9	112	0.48	

注：1. 围护结构在正确设计和正常使用条件下，材料的热物理性能计算参数应按本表直接采用。

2. 有附表 A12 所列情况者，材料的热导率和蓄热系数计算值应分别按下列两式修正。

$$\lambda_c = \lambda\alpha$$

$$S_c = S\alpha$$

式中　λ、S——材料的热导率和蓄热系数，应按本表采用；

α——修正系数，应按附表 A12 采用。

3. 表中比热容 c 的单位为法定单位，但在实际计算中比热容 c 的单位应取 W/h（kg·K），因此，表中数值应乘以换算系数 0.2778。

4. 表中带 * 号者为测定值。

表 A12　热导率 λ 及蓄热系数 S 的修正系数 α 值

序号	材料、构造、施工、地区及使用情况	α
1	作为夹芯层浇筑在混凝土墙壁体及屋面构件中的块状多孔保温材料（如加气混凝土、泡沫混凝土及水泥膨胀珍珠岩等），因干燥缓慢及灰缝影响	1.60
2	铺设在密闭屋面中的多孔保温材料（如加气混凝土、泡沫混凝土、水泥膨胀珍珠岩、石灰炉渣等），因干燥缓慢	1.50
3	铺设在密闭屋面中及作为夹芯层浇筑在混凝土构件中的半硬质矿棉、岩棉、玻璃棉板等，因压缩及吸湿	1.20
4	作为夹芯层浇筑在混凝土构件中的泡沫塑料等，因压缩	1.20
5	开孔保温材料（如水泥刨花板、木丝板、稻草板等），表面抹灰或与混凝土浇筑在一起，因灰浆渗入	1.30
6	加气混凝土、泡沫混凝土砌块墙体及加气混凝土条板墙体、屋面，因灰缝影响	1.25
7	填充在空心墙体及屋面构件中的松散保温材料（如稻壳、木屑、矿棉、岩棉等），因下沉	1.20
8	矿渣混凝土、炉渣混凝土、浮石混凝土、粉煤陶粒混凝土、加气混凝土等实心墙体及屋面构件，在严寒地区，且在室内平均相对湿度超过 65%的采暖房间内使用。因干燥缓慢	1.15

表 A13 墙体、屋面和保温材料在不同使用场合 λ、S 计算值

材料名称	干密度 ρ_o /kg·m^{-3}	标准值		修正系数 α	计算值		使用场合及影响因素
		λ/W (m·K)$^{-1}$	S/W (m·K)$^{-1}$		λ/W (m·K)$^{-1}$	S/W (m·K)$^{-1}$	
钢筋混凝土	2500	1.74	17.20	1.00	1.74	17.20	墙体及屋面
碎石、卵石混凝土	2300	1.51	15.36	1.00	1.51	15.36	墙体
水泥焦渣	1100	0.42	6.13	1.50	0.63	9.20	屋面找坡层，吸湿
加气混凝土	500	0.19	2.81	1.25	0.24	3.51	墙体及屋面板，灰缝
加气混凝土	500	0.19	2.81	1.50	0.29	4.22	屋面保温层，吸湿
加气混凝土	600	0.20	3.00	1.25	0.25	3.75	墙体及屋面板，灰缝
加气混凝土	600	0.20	3.00	1.50	0.30	4.50	屋面保温层，吸湿
水泥砂浆	1800	0.93	11.37	1.00	0.93	11.37	抹灰层、找平层
石灰水泥砂浆	1700	0.87	10.75	1.00	0.87	10.75	抹灰层
石灰砂浆	1600	0.81	10.07	1.00	0.81	10.07	抹灰层
粘土实心砖墙	1800	0.81	10.63	1.00	0.81	10.63	墙体
粘土空心砖墙（26～36 孔）	1400	0.58	7.92	1.00	0.58	7.92	墙体
灰砂砖墙	1900	1.10	12.72	1.00	1.10	12.72	墙体
硅酸盐砖墙	1800	0.87	11.11	1.00	0.87	11.11	墙体
炉渣砖墙	1700	0.81	10.43	1.00	0.81	10.43	墙体
岩棉、矿棉、玻璃棉板	80～200	0.045	0.75	1.20	0.054	0.90	墙体保温层、龙骨、插筋
岩棉、矿棉、玻璃棉板	80～200	0.045	0.75	1.90	0.086	1.43	架空屋面、夹芯墙、砖墩等
聚苯乙烯泡沫板	20～30	0.042	0.36	1.00	0.042	0.36	彩色钢板夹芯屋面
聚苯乙烯泡沫板	20～30	0.042	0.36	1.20	0.05	0.43	墙体保温层、龙骨、灰缝
聚苯乙烯泡沫板	20～30	0.042	0.36	1.50	0.063	0.54	钢筋混凝土夹芯墙、压缩、插筋
聚苯乙烯泡沫板	20～30	0.042	0.36	1.50	0.063	0.54	屋面保温层、压缩、吸湿
聚苯乙烯泡沫板	20～30	0.042	0.36	1.90	0.08	0.68	架空屋面保温层、砖墩
聚苯乙烯泡沫板	20～30	0.042	0.36	1.55	0.065	0.56	泰伯板、舒乐舍板、插筋
聚氨酯硬泡沫板	30～45	0.033	0.36	1.00	0.033	0.36	彩色钢板夹芯屋面
充气石膏板	400	0.14	2.20	1.20	0.17	2.60	墙体保温层、灰缝、粘结点
乳化沥青珍珠岩板	400	0.12	2.28	1.20	0.14	2.74	屋面保温层、灰缝、吸湿
乳化沥青珍珠岩板	300	0.093	1.77	1.20	0.11	2.12	屋面保温层、灰缝、吸湿
高强度珍珠岩板	400	0.12	2.03	1.20	0.14	2.44	墙体保温层、灰缝
憎水型珍珠岩板	200	0.07	1.10	1.30	0.09	1.43	屋面保温层、灰缝
水泥聚苯板	300	0.09	1.54	1.30	0.12	2.00	墙体保温层、灰缝、吸湿
水泥聚苯板	300	0.09	1.54	1.50	0.14	2.31	屋面保温层、灰缝、吸湿
浮石砂	600	0.20	3.00	1.50	0.30	4.50	屋面保温层

注：表中 λ 为材料热导率，S 为材料蓄热系数。标准值为正常使用条件下的值，计算值为在不同使用场合、考虑影响因素修正系数以后的值，此值供设计计算采用。

表 A14　常用材料和构造层的热绝缘系数 M 和热惰性能指标 D 值

材料和构造层名称	层厚/mm	ρ_o/kg·m^{-3}	λ/W（m·K）$^{-1}$	S/W（m^2·K）$^{-1}$	M/（m^2·K）W^{-1}	D
水泥砂浆	20	1800	0.93	11.37	0.02	0.23
石灰水泥砂浆	20	1700	0.87	10.75	0.02	0.22
石灰砂浆	20	1600	0.81	10.07	0.02	0.20
粘土实心砖墙	120	1800	0.81	10.63	0.15	1.59
	240	1800	0.81	10.63	0.30	3.19
	370	1800	0.81	10.63	0.46	4.89
	490	1800	0.81	10.63	0.60	6.38
	620	1800	0.81	10.63	0.77	8.19
粘土空心砖墙（26～36 孔）	120	1400	0.58	7.92	0.21	1.66
	240	1400	0.58	7.92	0.41	3.25
	370	1400	0.58	7.92	0.64	5.07
	490	1400	0.58	7.92	0.84	6.65
	620	1400	0.58	7.92	1.07	8.47
钢筋混凝土	30	2500	1.74	17.20	0.02	0.34
	40	2500	1.74	17.20	0.02	0.34
	50	2500	1.74	17.20	0.03	0.52
	80	2500	1.74	17.20	0.05	0.86
	100	2500	1.74	17.20	0.06	1.03
	150	2500	1.74	17.20	0.09	1.55
	200	2500	1.74	17.20	0.11	1.89
	250	2500	1.74	17.20	0.14	2.41
碎石、卵石混凝土	50	2300	1.51	15.36	0.03	0.46
	100	2300	1.51	15.36	0.07	1.08
	150	2300	1.51	15.36	0.10	1.54
	200	2300	1.51	15.36	0.13	1.99
加气混凝土	100	500	0.24	3.51	0.42	1.47
	125	500	0.24	3.51	0.52	1.83
	150	500	0.24	3.51	0.63	2.21
	200	500	0.24	3.51	0.83	2.91
	250	500	0.24	3.51	1.04	3.65
	300	500	0.24	3.51	1.25	4.39
	100	500	0.29	4.22	0.34	1.43
	150	500	0.29	4.22	0.52	2.19
	200	500	0.29	4.22	0.69	2.91
	100	600	0.25	3.75	0.40	1.50
	125	600	0.25	3.75	0.50	1.88
	150	600	0.25	3.75	0.60	2.25
	175	600	0.25	3.75	0.70	2.63
	200	600	0.25	3.75	0.80	3.00

续表

材料和构造层名称	层厚/mm	ρ_o/kg·m^{-3}	λ/W（m·K）$^{-1}$	S/W（m^2·K）$^{-1}$	M/（m^2·K）W^{-1}	D
加气混凝土	250	600	0.25	3.75	1.00	3.75
	300	600	0.25	3.75	1.20	4.50
	100	600	0.30	4.50	0.33	1.49
	150	600	0.30	4.50	0.50	2.25
	200	600	0.30	4.50	0.67	3.02
岩棉、矿棉玻璃棉板	30	80～200	0.054	0.90	0.56	0.50
	40	80～200	0.054	0.90	0.74	0.67
	50	80～200	0.054	0.90	0.93	0.84
	60	80～200	0.054	0.90	1.11	1.00
	70	80～200	0.054	0.90	1.30	1.17
	80	80～200	0.054	0.90	1.48	1.33
	100	80～200	0.054	0.90	1.85	1.67
充气石膏板	50	400	0.17	2.60	0.29	0.75
	60	400	0.17	2.60	0.35	0.91
	70	400	0.17	2.60	0.41	1.07
	80	400	0.17	2.60	0.47	1.22
	90	400	0.17	2.60	0.52	1.35
	100	400	0.17	2.60	0.59	1.53
乳化沥青珍珠岩板	50	400	0.14	2.74	0.36	0.99
	60	400	0.14	2.74	0.43	1.18
	70	400	0.14	2.74	0.50	1.37
	80	400	0.14	2.74	0.57	1.56
	90	400	0.14	2.74	0.64	1.75
	100	400	0.14	2.74	0.71	1.95
乳化沥青珍珠岩板	50	300	0.11	2.12	0.45	0.95
	60	300	0.11	2.12	0.55	1.17
	70	300	0.11	2.12	0.64	1.36
	80	300	0.11	2.12	0.73	1.55
	90	300	0.11	2.12	0.82	1.74
	100	300	0.11	2.12	0.91	1.93
高强度珍珠岩板	40	400	0.14	2.44	0.29	0.71
	50	400	0.14	2.44	0.36	0.88
	60	400	0.14	2.44	0.43	1.05
	70	400	0.14	2.44	0.50	1.22
	80	400	0.14	2.44	0.57	1.39
	90	400	0.14	2.44	0.64	1.56
	100	400	0.14	2.44	0.71	1.73

续表

材料和构造层名称	层厚/mm	ρ_o/kg·m^{-3}	λ/W（m·K）$^{-1}$	S/W（m^2·K）$^{-1}$	M/（m^2·K）W^{-1}	D
憎水型珍珠岩板	40	200	0.12	2.00	0.33	0.66
	50	200	0.12	2.00	0.42	0.84
	60	200	0.12	2.00	0.50	1.00
	70	200	0.12	2.00	0.58	1.16
	80	200	0.12	2.00	0.67	1.34
	90	200	0.12	2.00	0.75	1.50
	100	200	0.12	2.00	0.83	1.66
浮　石　砂	200	600	0.30	4.50	0.67	3.02
	250	600	0.30	4.50	0.83	3.74
	300	600	0.30	4.50	1.00	4.50
	350	600	0.30	4.50	1.17	5.27
	400	600	0.30	4.50	1.33	5.99
	450	600	0.30	4.50	1.50	6.75
聚苯乙烯泡沫板	30	20～30	0.05	0.43	0.60	0.26
	40	20～30	0.05	0.43	0.80	0.34
	50	20～30	0.05	0.43	1.00	0.43
	60	20～30	0.05	0.43	1.20	0.52
	70	20～30	0.05	0.43	1.40	0.60
	80	20～30	0.05	0.43	1.60	0.69
	100	20～30	0.05	0.43	2.00	0.86
	30	20～30	0.063	0.54	0.48	0.26
	40	20～30	0.063	0.54	0.63	0.34
	50	20～30	0.063	0.54	0.79	0.43
	60	20～30	0.063	0.54	0.95	0.51
	70	20～30	0.063	0.54	1.11	0.60
	80	20～30	0.063	0.54	1.27	0.69
	100	20～30	0.063	0.54	1.59	0.86
水泥聚苯板	50	300	0.12	2.00	0.42	0.84
	60	300	0.12	2.00	0.50	1.00
	70	300	0.12	2.00	0.58	1.16
	80	300	0.12	2.00	0.67	1.34
	90	300	0.12	2.00	0.75	1.50
	100	300	0.12	2.00	0.83	1.66
	50	300	0.14	2.31	0.36	0.83
	60	300	0.14	2.31	0.36	0.99
	70	300	0.14	2.31	0.50	1.16
	80	300	0.14	2.31	0.57	1.32
	90	300	0.14	2.31	0.64	1.48
	100	300	0.14	2.31	0.71	1.64

续表

材料和构造层名称	层厚/mm	ρ_o/kg·m^{-3}	λ/W（m·K）$^{-1}$	S/W（m^2·K）$^{-1}$	M/（m^2·K）W^{-1}	D
混筋混凝土圆孔板	130 180				0.11 0.16	1.16 1.23
单排孔混凝土空心砌块	190				0.21	1.57
双排孔混凝土空心砌块	190				0.24	2.02
三排孔混凝土空心砌块	240				0.32	2.68

注：表中材料的热导率和蓄热系数计算值 λ_c 和 S_c 的使用场合见附表 A13。

表 A15　　常用薄片材料和涂层蒸气渗透阻 H_c 值

材料及涂层名称	厚度/mm	H_c/m^2·h.Pa.g^{-1}	材料及涂层名称	厚度/mm	H_c/m^2·h.Pa.g^{-1}
普通纸板	1	16	环氧煤焦油二道	—	3733
石膏板	8	120	油漆二道（先做油灰嵌缝、上底漆	—	640
硬质木纤维板	8	107	聚氯乙烯涂层二道	—	3866
软质木纤维板	10	53	氯丁橡胶涂层二道	—	3466
三层胶合板	3	227	玛蹄脂涂层一道	2	600
石棉水泥板	6	267	沥青玛蹄脂涂层一道	1	640
热沥青一道	2	267	沥青玛蹄脂涂层二道	2	1080
热沥青二道	4	480	石油沥青油毡	1.5	1107
乳化沥青二道	—	520	石油沥青油纸	0.4	333
偏氯烯二道	—	1240	聚乙烯薄	0.16	733

A.8　建筑热工设计常用计算方法

A.8.1　传热绝缘系数、传热系数、热绝缘系数和热惰性指标的计算

1. 围护结构的传热绝缘系数：

$$M_o = M_1 + M + M_e = \frac{1}{\alpha_i} + M + \frac{1}{\alpha_e} \tag{A1}$$

式中　M_i、α_i——内表面传热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）、表面传热系数［W/（$m^2 \cdot K$）］，按表 A16 采用；

M_e、α_e——外表面传热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）、表面传热系数［W/（$m^2 \cdot K$）］，按表 A17 采用；

M——围护结构绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）。

2. 围护结构传热系数

$$K = 1/M。\tag{A2}$$

式中　M_o——围护结构热绝缘系（$m^2 \cdot K/W$）。

3. 围护结构热绝缘系数的计算

表 A16　　内表面的传热系数 α_i 及内表面热绝缘系数 M 值

适用季节	表　面　特　征	α_i/W（$m^2 \cdot K/W$）$^{-1}$	M_i/W（$m^2 \cdot K/W$）$^{-1}$
冬季和夏季	墙面、地面、表面平整或有肋状突出物的顶棚，当 $h/s \leqslant 0.3$ 时有肋状突出物的顶棚当 $h/s > 0.3$ 时	8.7	0.11
		7.6	0.13

注：表中 h 为肋高，s 为肋间净距。

表 A17　　外表面的传热系数 α_e 及外表面热绝缘系数 M_e 值

适用季节	表　面　特　征	α_e/W（$m^2 \cdot K/W$）$^{-1}$	M_e/W（$m^2 \cdot K/W$）$^{-1}$
冬　季	外墙、屋顶与室外空气直接接触的表面	23.0	0.04
	与室外空气相通的不采暖地下室上面的楼板	17.0	0.06
	屋顶、外墙上有窗的不采暖地下室上面的楼板	12.0	0.08
	外墙上无窗的不采暖地下室上面的楼板	6.0	0.17
夏　季	外墙和屋顶	19.0	0.05

（1）单层结构热绝缘系数：

$$M = \frac{\delta}{\lambda}\tag{A3}$$

式中　δ——材料层厚度（m）；

λ——材料热导率 W/（m·K），见图 A2。

（2）多层结构热绝缘系数

$$M = M_1 + M_2 + \cdots + M_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \cdots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}\tag{A4}$$

式中　M_1、M_2、…、M_n——各层材料热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）；

δ_1、δ_2、…、δ_n——各层材料厚度（m）；

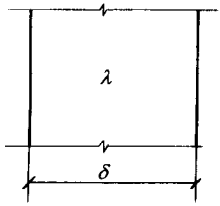


图 A2

λ_1、λ_2、…、λ_n——各层材料热导率［W/（m·K）］，见图 A3。

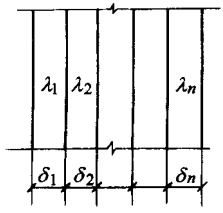


图 A3

（3）由两种以上材料组成的、两向非均质围护结构（包括各种形式的空心砌块，填充保温材料的墙体等，但不包括多孔粘土空心砖），其平均热绝缘系数应按下式计算：

$$\overline{M}=\left[\frac{A_o}{\dfrac{A_1}{M_{o\cdot 1}}+\dfrac{A_2}{M_{o\cdot 2}}+\cdots+\dfrac{A_n}{M_{o\cdot n}}}-(M_i+M_e)\right] \tag{A5}$$

式中　$\overline{M}$——平均热绝缘系数（$m^2\cdot K/W$）；

A_o——与热流方向垂直的总传热面积（m^2），见图 A4；

A_1、A_2、…、A_n——按平行于热流方向划分的各个传热面积（m^2）；

$M_{o\cdot 1}$、$M_{o\cdot 2}$、…、$M_{o\cdot n}$——各个传热面部位的热绝缘系数（$m^2\cdot K/W$）；

M_i——内表面热绝缘系数，取 $0.11m^2\cdot K/W$；

M_e——外表面热绝缘系数，取 $0.04m^2\cdot K/W$；

φ——修正系数，按表 A18 采用。

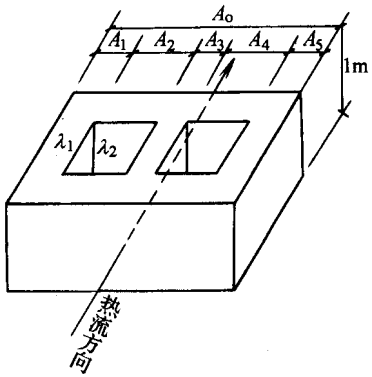


图 A4

表 A18　　修正系数 φ 值

λ_1/λ_2 或 $\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}/\lambda_1$	φ	λ_1/λ_2 或 $\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}/\lambda_2$	φ
0.09～0.19	0.86	0.40～0.69	0.96
0.20～0.39	0.93	0.70～0.99	0.98

注：1. 表中 λ 为材料的热导率，当围护结构由两种材料组成时，λ_2 应取较小值，λ_1 应取较大值，然后求两者的比值。

2. 当围护结构由三种材料组成，或有两种厚度不同的空气间层时，φ 值应按比值 $\frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}/\lambda_1$ 确定，空气间层的 λ 值，按附表 A.19 空气间层的厚度及热阻求得。

3. 当围护结构中存在圆孔时，应先将圆孔折算成同面积的方孔，然后按上述规定计算。

（4）空气间层热绝缘系数的确定：

1）不带铝箔、单面铝箔、双面铝箔封闭空气间层的热绝缘系数，应按表 A19 采用；

2）通风良好的空气间层，其热绝缘系数可不予考虑。这种空气间层的间层温度可取进气温度，表面传热系数可取 12.0W/（m^2·K）。

表 A19　　空气间层热绝缘系数值　　（单位：m^2·K/W）

位置、热流状况及材料特性	冬季状况							夏季状况						
	间层厚度/mm							间层厚度/mm						
	5	10	20	30	40	50	>60	5	10	20	30	40	50	>60
一般空气间层														
热流向下（水平、倾斜）	0.10	0.14	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.09	0.12	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15
热流向上（水平、倾斜）	0.10	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.09	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

续表

位置、热流状况及材料特性	冬季状况							夏季状况						
	间层厚度/mm							间层厚度/mm						
	5	10	20	30	40	50	>60	5	10	20	30	40	50	>60
垂直空气间层	0.10	0.14	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	0.09	0.12	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15
单面铝箔空气间层														
热流向下（水平、倾斜）	0.16	0.28	0.43	0.51	0.57	0.60	0.64	0.15	0.25	0.37	0.44	0.48	0.52	0.54
热流向上（水平、倾斜）	0.16	0.26	0.35	0.40	0.42	0.42	0.43	0.14	0.20	0.28	0.29	0.30	0.30	0.28
垂直空气间层	0.16	0.26	0.39	0.44	0.47	0.49	0.50	0.15	0.22	0.31	0.34	0.36	0.37	0.37
双面铝箔空气间层														
热流向下（水平、倾斜）	0.18	0.34	0.56	0.71	0.84	0.94	1.01	0.16	0.30	0.49	0.63	0.73	0.81	0.86
热流向上（水平、倾斜）	0.17	0.29	0.45	0.52	0.55	0.56	0.57	0.15	0.25	0.34	0.37	0.38	0.38	0.35
垂直空气间层	0.18	0.31	0.49	0.59	0.65	0.69	0.71	0.15	0.27	0.39	0.46	0.49	0.50	0.50

4. 围护结构热惰性指标 D 值的计算

（1）单一材料围护结构或单一材料层的 D 值：

$$D = MS \tag{A6}$$

式中　M——材料层的热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）；

S——材料的蓄热系数［$W/(m^2 \cdot K)$］。

（2）多层围护结构的 D 值：

$$D = D_1 + D_2 + \cdots + D_n = M_1 S_1 + M_2 S_2 + \cdots + M_n S_n \tag{A7}$$

式中　M_1、M_2、…、M_n——各层材料的热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）；

S_1、S_2、…、S_n——各层材料的蓄热系数［$W/(m^2 \cdot K)$］，空气间层的蓄热系数取 $S = 0$。

（3）如某层有两种以上材料组成（见图 A5），则应先按下式计算该层的平均热导率：

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \cdots + A_n F_n}{A_1 + A_2 + \cdots + A_n} \tag{A8}$$

然后按下式计算该层的平均热绝缘系数：

$$\bar{M} = \frac{\delta}{\bar{\lambda}}$$

该层的平均蓄热系数按下式计算

$$\bar{S} = \frac{S_1 A_1 + S_2 A_2 + \cdots + S_n A_n}{A_1 + A_2 + \cdots + A_n} \tag{A9}$$

式中　A_1、A_2、…、A_n——在该层中按平行于热流划分的各个传热面积（m^2）；

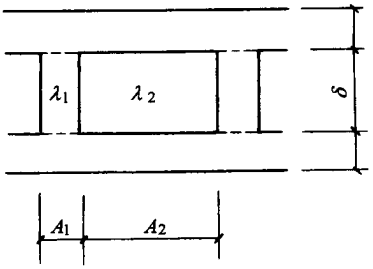


图 A5

λ_1、λ_2、…、λ_n——各个传热面积上材料的热导率［W/（m·K)］；

S_1、S_2、…、S_n——各个传热面积上材料的蓄热系数［W/（m^2·K)］。

该层的热惰性指标 D 值应按下式计算：

$$D = \overline{MS}$$

A.8.2　围护结构内表面和内部温度的计算

1. 围护结构内表面温度

$$\theta_i = t_i - \frac{t_i - t_e}{M_o} M_i \tag{A10}$$

2. 围护结构内部第 m 层内表面温度

$$\theta_m = t_i - \frac{t_i - t_e}{M_o} (M_i + M_{1-m}) \tag{A11}$$

式中　t_i、t_e——室内和室外计算温度（℃）；

M_o、M_i——围护结构传热绝缘系数和内表面热绝缘系数（m^2·K/W）；

M_{1-m}——第 1 ~ $m-1$ 层热绝缘系数之和（见图 A6)。

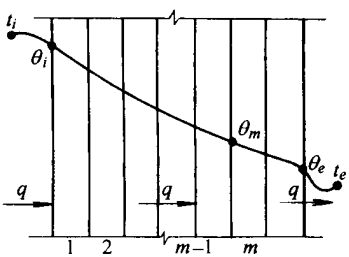


图 A6

第 2 层由两种材料组成。

3. **热桥部位内表面温度的计算**

图 A7 **所列** 5 **种热桥内表面温度：**

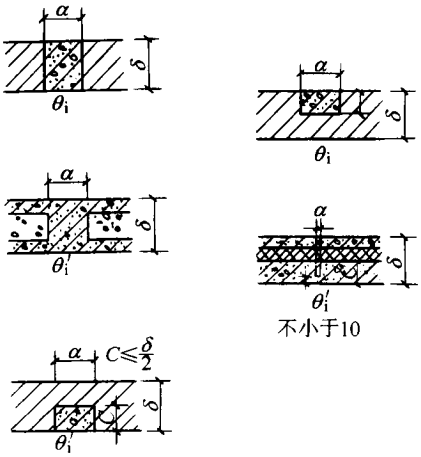


图 A7　**热桥形式**

$$\theta_i = t_i - \frac{M'_o + \eta\ (M_o - M'_o)}{M_o M'_o} M_i\ (t_i - t_e) \qquad \text{(A12)}$$

式中　t_i、t_e——**室内和室外计算温度（**℃**）（**t_e **取热桥形式（**1**）型计算温度）；**

M_o、M'_o——**非热桥部位和热桥部位热绝缘系数（**$m^2 \cdot K/W$**）；**

M_i——**内表面热绝缘系数（**$m^2 \cdot K/W$**）；**

η——**修正系数（见表** A20 **或表** A21**）。**

表 A20　　**修正系数** η **值**

热桥形式	a/δ								
	0.02	0.06	0.10	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.50
(1)	0.12	0.24	0.38	0.55	0.74	0.83	0.87	0.90	0.95
(2)	0.07	0.15	0.26	0.42	0.62	0.73	0.81	0.85	0.94
(3)	0.25	0.50	0.96	1.26	1.27	1.21	1.16	1.10	1.00
(4)	0.04	0.10	0.17	0.32	0.50	0.62	0.71	0.77	0.89

注：a/δ > 1.5，**热桥部位内表面温度按下式计算：**

$$\theta'_i = t_i\ \frac{t_i - t_e}{M'_o} M_i$$

表 A21　　修正系数 η 值

热桥形式	δ_i/δ	a/δ							
		0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
(5)	0.50	0.011	0.025	0.044	0.071	0.102	0.136	0.170	0.205
	0.25	0.006	0.014	0.025	0.040	0.054	0.074	0.092	0.112

注：δ、a 见图 A7。δ_i 为每层厚度。

A.8.3　围护结构内部冷凝受潮的验算

1. 围护结构内部冷凝的判别（见图 A8）

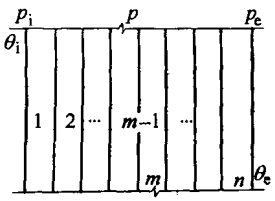


图 A8

（1）内部冷凝条件：内部某处的水蒸气分压力 P_m 大于该处的饱和水蒸气分压力 p_s。

（2）判别方法

1）求各界面的温度 θ_m。并作分布线。

2）求与这些界面温度相应的饱和水蒸气分压力 p_s，并作分布线。

3）求各界面上实际的水蒸气分压力 p_m，并作分布线。

$$p_m = p_i - \frac{p_i - p_e}{H_o}(H_1 + H_2 + \cdots + H_{m-1}) \tag{A13}$$

式中　P_i、P_e——内表面和外表面水蒸气分压力，取室内和室外空气的水蒸气分压力（Pa）；

H_1、H_2、…、H_{m-1}——各层的水蒸气渗透阻（$m^2 \cdot h \cdot Pa/g$）；

H_o——结构的总水蒸气渗透阻（$m^2 \cdot h \cdot Pa/g$）。

材料层的水蒸气渗透阻：

$$H = \delta/\mu$$

多层结构的总水蒸气渗透阻：

$$H_o = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \cdots + \frac{\delta_n}{\mu_n} \tag{A14}$$

式中　δ——材料层厚度（m）

μ——材料的蒸汽渗透系数（g/m·h·Pa）。

4）若 p_m 线与 p_s 线不相交（见图 A9a），则内部不会出现冷凝；若两线相交（见附图 A9b），则内部可能出现冷凝。

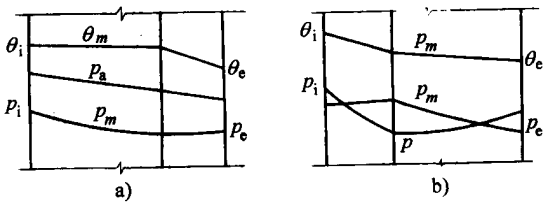


图 A9

2. 内部冷凝量的计算（见附图 A10）。

若经判别内部可能出现冷凝，则每平方米小时冷凝量：

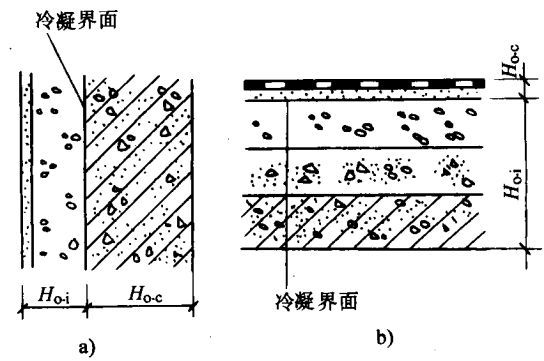


图 A10

$$\omega = \frac{p_i - p_{s\cdot c}}{H_{o\cdot i}} - \frac{p_{s\cdot c} - p_e}{H_{o\cdot e}} \tag{A15}$$

式中　p_i、P_e——室内和室外水蒸气分压力（Pa）；

$p_{s\cdot c}$——冷凝界面温度下的饱和水蒸气分压力（Pa）；

$H_{o\cdot i}$——内表面至冷凝界面的水蒸气渗透阻（m^2·h·Pa/g）；

$H_{o\cdot e}$——外表面至冷凝界面的水蒸气渗透阻（m^2/·h·Pa/g）。

冷凝界面温度：

$$\theta = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{M_o}\ (M_i + M_{o\cdot i}) \tag{A16}$$

式中　t_i——室内计算温度（℃）；

t_e——采暖期室外平均温度（℃）；

M_o——围护结构热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）；

M_i——内表面热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）；

$M_{o \cdot i}$——内表面至冷凝界面的热绝缘系数（$m^2 \cdot K/W$）。

每平方米采暖期冷凝量：

$$W = 24 Z\omega \tag{A17}$$

式中　Z——采暖期天数（d）；

ω——每平方米小时冷凝量［g/（$m^2 \cdot h$）］。

3. 冷凝界面内侧所需水蒸气渗透阻的计算

为保证采暖期内围护内部保温材料因冷凝受潮而使其重量湿度的增量不超过允许值，冷凝界面内侧所需的水蒸气渗透阻：

$$H_{o \cdot i} = \frac{p_i - p_{s \cdot c}}{\dfrac{10_{\rho o}\delta_i\ [\Delta\omega]}{24Z} + \dfrac{p_{s \cdot c} - p_e}{H_{o \cdot e}}} \tag{A18}$$

式中　［$\Delta\omega$］——采暖期内保温材料重量湿度允许增量（见表 A22）；

ρ_o——保温材料干密度（kg/m^3）；

δ_i——保温材料厚度（m）；

Z——采暖期天数（d）。

当冷凝界面内侧实际具有的水蒸气渗透阻小于所需值时，应设置隔汽层或其他构造措施，以提高内侧的隔汽能力。

表 A22　　采暖期内保温材料重量湿度允许增量［$\Delta\omega$］

保温材料名称	［$\Delta\omega$］（%）	保温材料名称	［$\Delta\omega$］（%）
多孔混凝土（包括泡沫混凝土、加气混凝土等）$\rho_o = 500 \sim 700 kg/m^3$	4	矿棉、岩棉、玻璃棉及其制品（毡或板）	3
水泥膨胀珍珠岩、水泥膨胀蛭石等，$\rho_o = 300 \sim 500 kg/m^3$	6	聚苯乙烯泡沫塑料	15
沥青膨胀珍珠岩、沥青膨胀蛭石等，$\rho_o = 300 \sim 500 kg/m^3$	7	矿渣和炉渣填料	2
水泥纤维板	5		

A.9　标准大气压不同温度下的饱和水蒸气分　压力 P_s 值（见表 A23、

表 A24）

表 A23　温度自 0～－40℃（与冰面接触）饱和水蒸气压力 P_s 值

（其余单位：Pa）

t/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	610.6	605.3	601.3	595.9	590.6	586.6	581.3	576.0	572.0	566.6
－1	562.6	557.3	553.3	548.0	544.0	540.0	543.6	530.6	526.6	521.3
－2	517.3	513.3	509.3	504.0	500.0	496.0	492.0	488.0	484.0	480.0
－3	476.0	172.0	468.0	464.0	460.0	456.0	452.0	448.0	445.3	441.3
－4	437.3	433.3	429.3	426.6	422.6	418.6	416.0	412.0	408.0	405.3
－5	401.3	398.6	394.6	392.0	388.0	385.3	381.3	378.6	374.6	372.0
－6	368.0	365.3	362.8	358.6	356.0	353.3	349.3	346.6	344.0	341.3
－7	337.3	334.6	332.0	329.3	326.6	324.0	321.3	318.6	314.7	321.0
－8	309.3	306.6	304.0	301.3	298.6	296.0	293.3	292.0	289.3	286.6
－9	284.0	281.3	278.6	276.0	273.3	272.0	269.3	266.6	264.0	262.6
－10	260.0	257.3	254.6	253.3	250.6	248.0	246.6	244.0	241.3	240.0
－11	237.3	236.0	233.3	232.0	229.3	226.6	225.3	222.6	221.3	218.6
－12	217.3	216.0	213.3	212.0	209.3	208.0	205.3	204.0	206.6	200.0
－13	198.6	197.3	194.7	193.3	192.0	189.3	188.0	186.7	184.0	182.7
－14	181.3	180.0	177.3	176.0	174.7	173.3	172.0	169.3	168.0	166.7
－15	165.3	164.0	162.7	161.3	160.0	157.3	156.0	154.7	153.3	152.0
－16	150.7	149.3	148.0	146.7	145.3	144.0	142.7	141.3	140.0	138.7
－17	137.3	136.0	134.7	133.3	132.0	130.7	129.3	128.0	126.7	126.0
－18	125.3	124.0	122.7	121.3	120.0	118.7	117.3	116.6	116.0	114.7
－19	113.3	112.0	111.3	110.7	109.3	108.7	106.7	106.0	105.3	104.0
－20	102.7	102.0	101.3	100.0	99.3	98.7	97.3	96.0	95.3	94.7
－21	93.3	93.3	92.0	90.7	90.7	89.3	88.0	88.0	86.7	85.3
－22	85.3	84.0	84.0	82.7	81.3	81.3	80.0	80.0	78.7	77.3
－23	77.3	76.0	76.0	74.7	74.7	73.3	73.3	72.0	70.7	70.7
－24	70.7	69.3	68.0	68.0	66.7	66.7	65.3	65.3	64.0	64.0
－25	62.7	62.7	61.3	61.3	61.3	60.0	60.0	58.7	58.7	57.3
－26	57.3	57.3	56.0	56.0	54.7	53.3	53.3	53.3	53.3	52.0
－27	52.0	50.7	50.7	50.7	49.3	49.3	48.0	48.0	48.0	46.7
－28	46.7	46.7	45.3	45.3	45.3	44.0	44.0	44.0	42.7	42.7
－29	42.7	41.3	41.3	41.3	40.0	40.0	40.0	38.7	38.7	38.7
－30	37.3	37.3	37.3	37.3	36.0	36.0	36.0	34.7	34.7	34.7
－31	34.7	33.3	33.3	33.3	33.3	32.0	32.0	32.0	21.0	30.7

续表

t/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
－32	30.7	30.7	30.7	29.3	29.3	29.3	29.3	28.0	28.0	28.0
－33	28.0	28.0	26.7	26.7	26.7	26.7	25.3	25.3	25.3	25.3
－34	25.3	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	22.7	22.7	22.7	22.7
－35	22.7	22.7	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	20.0	20.2	20.2
－36	20.0	20.0	20.0	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
－37	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	16.0	16.0	16.0
－38	16.0	16.0	16.0	16.0	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
－39	14.7	14.7	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
－40	13.3	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

表 A24　温度自 0～－40℃（与冰面接触）时饱和水蒸气压力 P_s 值

（其余单位：Pa）

t/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	610.6	615.9	619.9	623.9	629.3	633.3	638.6	642.6	647.9	651.9
1	657.3	661.3	666.6	670.6	675.9	681.3	685.3	690.6	695.9	699.9
2	705.3	710.6	715.9	721.3	726.6	730.6	735.9	741.3	746.6	751.9
3	757.3	762.6	767.9	773.3	779.9	785.3	790.6	791.9	801.3	807.9
4	813.3	818.6	823.9	830.6	835.9	842.6	847.9	853.3	859.9	866.6
5	871.9	878.6	883.9	890.6	897.3	902.6	909.3	951.9	921.3	927.9
6	934.6	941.3	947.9	954.6	961.3	967.9	974.6	981.2	987.9	994.6
7	1001.2	1007.9	1014.9	1022.6	1029.2	1035.9	1043.9	1050.6	1057.2	1065.2
8	1071.9	1079.9	1086.6	1094.6	1101.2	1109.2	1117.2	1123.9	1131.9	1139.9
9	1147.9	1155.9	1162.6	1170.6	1178.6	1186.6	1194.6	1202.6	1210.6	1218.6
10	1227.9	1235.9	1243.9	1251.9	1259.9	1269.2	1277.2	1286.6	1294.6	1303.9
11	1311.9	1321.2	1329.2	1338.6	1347.9	1355.9	1365.2	1374.5	1383.9	1393.2
12	1401.2	1410.5	1419.9	1429.2	1438.5	1449.2	1458.5	1467.9	1477.2	1486.5
13	1497.2	1506.5	1517.2	1526.5	1537.2	1546.5	1557.2	1566.5	1577.2	1587.9
14	1597.2	1607.9	1618.5	1629.2	1639.9	1650.5	1661.2	1671.9	1682.5	1693.2
15	1703.9	1715.9	1726.5	1737.2	1749.2	1759.9	1771.8	1782.5	1794.5	1805.2
16	1817.2	1829.2	1841.2	1851.8	1863.8	1875.8	1887.8	1899.8	1911.8	1925.2

续表

t/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
17	1937.2	1949.2	1961.2	1974.5	1986.5	1998.5	2011.8	2023.8	2037.2	2050.5
18	2062.5	2075.8	2089.2	2102.5	2115.8	2129.2	2142.5	2155.8	2169.1	2182.5
19	2195.8	2210.5	2223.8	2238.5	2251.8	2266.5	2279.8	2294.5	2309.1	2322.5
20	2337.1	2351.8	2366.5	2381.1	2395.8	2410.5	2425.1	2441.1	2455.8	2470.5
21	2486.5	2501.1	2517.1	2531.8	2547.8	2563.8	2579.8	2594.4	2610.4	2626.4
22	2642.4	2659.8	2675.8	2691.8	2707.8	2725.1	2741.1	2758.4	2774.4	2791.8
23	2809.1	2825.1	2842.4	2859.8	2877.1	2894.4	2911.8	2930.4	2947.7	2965.1
24	2983.7	3001.1	3019.7	3037.1	3055.7	3074.4	3091.7	3110.4	3129.1	3147.7
25	3167.7	3186.4	3205.1	3223.7	3243.7	3262.4	3282.4	3301.1	3321.1	3341.0
26	3361.0	3381.0	3401.0	3421.0	3441.0	3461.0	3482.4	3502.4	3523.7	3543.7
27	3565.0	3586.4	3607.7	3627.7	3649.0	3670.4	3693.0	3714.4	3735.7	3757.0
28	3779.7	3802.3	3823.7	3846.3	3869.0	3891.7	3914.3	3937.0	3959.7	3982.3
29	4005.0	4029.0	4051.7	4075.7	4099.7	4122.3	4146.3	4170.3	4194.3	4218.3
30	4243.6	4267.6	4291.6	4317.0	4341.0	4366.3	4391.7	4417.0	4442.3	4467.6
31	4493.0	4518.3	4543.7	4570.3	4595.6	4622.3	4648.9	4675.6	4702.3	4728.9
32	4755.6	4782.3	4808.9	4836.9	4863.6	4891.6	4918.2	4946.2	4974.2	5002.2
33	5030.2	5059.6	5087.6	5115.6	5144.9	5174.2	5202.2	5231.6	5260.9	5290.2
34	5319.5	5350.2	5379.5	5410.2	5439.5	5470.2	5500.9	5531.5	5562.2	5592.9
35	5623.5	5655.5	5686.2	5718.2	5748.8	5780.8	5812.8	5844.8	5876.8	5910.2
36	5942.2	5975.5	6007.5	6040.8	6074.2	6107.5	6140.8	6174.1	6208.8	6242.1
37	6276.8	6310.1	6344.8	6379.5	6414.1	6448.8	6484.8	6519.4	6555.4	6590.1
38	6626.1	6662.1	6698.1	6734.1	6771.4	6807.4	6844.8	6882.1	6918.1	6955.4
39	6999.1	7031.4	7068.7	7107.4	7144.7	7183.4	7222.1	7260.7	7299.4	7338.0
40	7378.0	7416.7	7456.7	7496.7	7536.7	7576.7	7616.7	7658.0	7698.0	7739.3

A.10　全国主要城市冬季太阳辐射照度（见表 A25）

表 A25　全国主要城市冬季太阳辐射照度　（单位：W/m²）

城市名称	月份	朝向①	当地太阳时 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	日总量	昼夜平均
北京	11月	S			152	331	471	558	587	558	471	331	152			3611	150.4
		W（E）			35	77	105	121	127	249	328	327	209			1578	65.7
		N			35	77	105	121	127	121	105	77	35			803	33.5
		H			86	223	340	416	442	416	340	223	86			2511	107.1
	12月	S			128	333	498	599	633	599	498	333	128			3749	156.2
		W（E）			26	79	117	140	148	265	333	308	162			1578	65.8
		N			26	79	117	140	148	140	117	79	26			872	36.3
		H			51	181	298	374	400	374	298	181	51			2208	92.0
	1月	S			160	370	534	635	669	635	534	370	160			4067	169.5
		W（E）			36	92	130	154	162	290	368	355	211			1796	74.8
		N			36	92	130	154	162	154	130	92	36			986	41.1
		H			74	217	341	421	449	421	341	217	74			2555	106.5
	2月	S		1	195	368	501	583	613	583	501	368	195			3908	162.8
		W（E）			62	105	133	149	154	288	381	395	290	1		1959	81.6
		N			62	105	133	149	154	149	133	105	62			1076	44.8
		H			154	308	433	513	540	513	433	308	154	1		3358	139.9
	3月	S		74	213	351	464	536	561	536	464	351	212	74		3831	159.6
		W（E）		43	99	140	167	183	189	324	419	447	379	196		2586	107.8
		N		43	99	140	167	183	189	183	167	140	99	43		1453	60.5
		H		94	216	421	548	629	657	629	548	421	261	94		4563	190
呼和浩特	10月	S		6	243	419	557	644	674	644	557	419	243	6		4412	183.8
		W（E）		2	62	100	125	139	145	310	434	479	402	18		2216	92.3
		N		2	62	100	125	139	145	139	125	100	62	2		1001	41.7
		H		4	190	354	487	572	601	572	487	354	190	4		3815	159.0
	11月	S			170	372	528	623	655	623	528	372	170			4041	168.4
		W（E）			36	79	106	123	127	267	360	365	234			1697	70.7
		N			36	79	106	123	127	123	106	79	36			815	34.0
		H			88	234	359	439	467	439	359	234	88			2707	112.8
	12月	S			161	395	579	690	728	690	579	395	161			4378	182.4
		W（E）			24	77	117	139	147	288	375	362	207			1736	72.3
		N			24	77	117	139	147	139	117	77	24			861	35.9
		H			50	190	316	398	426	398	316	190	50			2334	97.3
	1月	S			167	389	559	661	696	661	559	389	167			4248	177.0
		W（E）			38	95	134	157	163	298	382	372	219			1858	77.4
		N			38	95	134	157	163	157	134	95	38			1011	42.1
		H			76	223	347	426	453	426	347	223	76			2597	108.2
	2月	S		1	234	426	574	666	697	666	574	426	234	1		4499	187.5
		W（E）			60	102	130	145	151	311	426	458	357	3		2143	89.3
		N			60	102	130	145	151	145	130	102	60			1025	42.7
		H		1	162	329	462	547	576	547	462	329	162	1		3578	149.1
	3月	S		79	222	365	480	554	580	554	480	365	222	79		3980	165.8
		W（E）		43	96	136	162	177	183	324	427	464	400	216		2628	109.5
		N		43	96	136	162	177	183	177	162	136	96	43		1411	58.8
		H		96	264	423	548	629	657	629	548	423	264	96		4577	100.7

续表

城市名称	月份	朝向①	当地太阳时 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	日总量	昼夜平均
沈阳	11月	S			131	297	431	515	543	515	431	297	131			3291	137.1
		W（E）			25	61	87	101	105	219	293	290	180			1361	56.7
		N			25	61	87	101	105	101	87	61	25			653	27.2
		H			62	182	287	355	379	355	287	182	62			2151	89.6
	12月	S			11	269	421	516	547	516	421	269	11			2981	124.2
		W（E）			2	61	97	118	125	225	277	247	15			1167	48.6
		N			2	61	97	118	125	118	97	61	2			681	28.4
		H			4	137	239	308	331	308	239	137	4			1707	71.1
	1月	S			115	287	432	525	557	525	432	287	115			3275	136.5
		W（E）			23	70	108	131	138	240	296	272	151			1429	59.5
		N			23	70	108	143	150	143	108	70	23			838	34.9
		H			46	161	268	339	364	339	268	161	46			1992	83.0
	2月	S		1	177	343	476	561	591	561	476	343	177	1		3707	154.5
		W（E）			46	89	119	137	143	270	354	364	267	2		1791	74.6
		N			46	89	119	137	143	137	119	89	46			925	38.5
		H			123	267	389	468	495	468	389	267	123			2989	124.5
	3月	S		70	205	340	451	522	546	522	451	340	205	70		3722	155.1
		W（E）		34	83	119	145	159	163	298	396	430	373	207		2407	100.3
		N		34	83	119	145	159	163	159	145	119	83	34		1243	51.8
		H		82	234	382	500	575	601	575	500	382	234	82		4147	172.8
哈尔滨	10月	S		2	177	273	457	538	566	538	457	273	177	2		3460	144.2
		W（E）		1	43	75	98	112	117	247	340	362	286	6		1687	70.3
		N		1	43	75	98	112	117	112	98	75	43	1		775	32.3
		H		1	123	251	358	426	451	426	358	251	123	1		2769	115.4
	11月	S			113	287	431	521	552	521	431	287	113			3256	135.7
		W（E）			16	51	76	90	95	210	282	274	157			1251	52.1
		N			16	51	76	90	95	90	76	51	16			561	23.4
		H			41	150	250	351	338	315	250	150	41			1850	77.1
	12月	S			3	241	402	504	539	504	402	241	3			2839	118.3
		W（E）				45	81	103	110	208	255	217	4			1023	42.6
		N				45	81	103	110	103	81	45				568	23.7
		H			1	101	196	262	284	262	196	101	1			1404	58.5
	1月	S			12	281	436	534	568	534	436	281	12			3095	128.9
		W（E）			2	59	95	118	125	230	287	261	16			1193	49.7
		N			2	59	95	118	125	118	95	59	12			673	28.0
		H			3	133	234	303	326	303	234	133	3			1672	69.7
	2月	S			163	333	473	561	591	561	473	333	163			3651	152.1
		W（E）			38	77	105	122	127	254	338	346	245			1652	68.8
		N			38	77	105	122	127	122	105	77	38			811	33.8
		H			98	231	344	417	443	417	344	231	98			2623	109.3

续表

城市名称	月份	朝向①	当地太阳时 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	日总量	昼夜平均
哈尔滨	3月	S		66	196	332	444	516	541	516	444	332	196	66		3649	152.0
		W（E）		30	74	109	133	147	152	280	372	403	346	191		2237	93.2
		N			30	74	109	133	147	152	147	133	109	74	30	1138	47.4
		H		70	208	343	451	521	545	521	451	343	208	70		3731	155.5
	4月	S	19	77	176	280	366	423	444	423	366	280	176	77	19	3126	130.3
		W（E）	19	63	103	133	154	167	172	282	365	398	367	260	101	2584	107.7
		N	19	63	103	133	154	167	172	167	154	133	103	63	19	1450	50.4
		H	40	157	290	414	511	573	595	573	511	414	290	157	40	4565	190.2
西安	12月	S			89	218	327	396	421	396	327	218	89			2481	103.4
		W（E）			33	86	124	148	155	219	245	210	108			1328	55.3
		N			33	86	124	148	155	148	124	86	33			937	39.0
		H			61	170	268	333	355	333	268	170	61			2019	84.1
	1月	S			95	223	330	397	421	397	330	223	95			2511	104.6
		W（E）			43	96	134	158	166	230	255	222	117			1421	59.2
		N			43	96	134	158	166	158	134	96	43			1028	42.8
		H			76	190	289	354	376	354	289	190	76			2194	91.4
	2月	S		1	102	209	296	352	372	352	296	209	102	1		2292	95.5
		W（E）		1	60	103	133	150	155	220	252	227	134	1		1436	59.8
		N		1	60	103	133	150	155	150	133	103	60	1		1049	43.7
		H		2	120	238	337	400	422	400	337	238	120	2		2616	109
兰州	11月	S			117	258	375	451	476	451	375	258	117			2878	119.9
		W（E）			40	89	125	147	154	239	283	260	157			1494	62.3
		N			40	89	125	147	154	147	125	89	40			956	39.8
		H			90	223	339	417	444	417	339	223	90			2582	107.6
	12月	S			83	218	337	414	440	414	337	218	83			2544	106
		W（E）			30	86	130	158	167	230	251	208	101			1361	56.7
		N			30	86	130	158	167	158	130	86	30			975	40.6
		H			54	167	273	343	367	343	273	167	54			2041	85.0
	1月	S			96	232	348	424	450	424	348	232	96			2650	110.4
		W（E）			39	95	139	165	174	241	266	229	120			1468	61.2
		N			39	95	139	165	174	165	139	95	39			1050	43.8
		H			69	189	295	365	389	365	295	189	69			2225	92.7
	2月	S		1	139	273	383	453	477	453	383	273	139	1		2975	124
		W（E）		1	66	117	153	174	180	268	316	297	195	2		1769	73.7
		N		1	66	117	153	174	180	174	153	117	66	1		1202	50.1
		H		1	141	286	407	484	511	484	407	286	141	1		3149	131.2
	3月	S		53	160	272	364	423	444	423	364	272	160	53		2988	124.5
		W（E）		41	103	154	190	211	218	302	650	338	254	106		2267	94.5
		N		41	103	154	190	211	218	211	190	154	103	41		1616	67.3
		H		79	327	376	496	573	600	573	496	376	227	79		4102	170.9

续表

城市名称	月份	朝向①	当地太阳时 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	日总量	昼夜平均
西宁	10月	S		61	215	362	477	550	574	550	477	362	215	61		3904	162.7
		W（E）		20	72	108	132	146	151	291	395	429	353	154		2251	93.8
		N		20	72	108	132	146	151	146	132	108	72	20		1107	46.1
		H		47	200	354	479	558	586	558	479	354	200	47		3862	160.9
	11月	S			219	417	565	654	685	654	565	417	219			4395	183.2
		W（E）			47	89	116	432	137	290	398	421	305			1935	80.6
		N			47	89	116	132	137	132	116	89	47			905	37.7
		H			126	289	423	509	539	509	423	289	126			3233	134.7
	12月	S			207	437	608	710	745	710	608	437	207			4669	194.5
		W（E）			39	95	134	157	163	312	409	410	264			1933	32.6
		N			39	95	134	157	163	157	134	95	39			1013	42.2
		H			86	244	376	462	493	462	376	244	86			2829	117.9
	1月	S			215	437	601	700	733	700	601	437	215			4639	193.3
		W（E）			52	108	145	167	175	323	421	426	284			2101	87.5
		N			52	108	145	167	175	167	145	108	52			1119	46.6
		H			110	272	405	491	521	491	405	272	110			3077	128.2
	2月	S		2	222	397	531	614	643	614	531	397	222	2		4175	174
		W（E）		1	76	122	151	167	173	317	418	438	332	3		2198	91.6
		N		1	76	122	151	167	173	167	151	122	76	1		1207	50.3
		H		2	190	360	497	583	614	583	497	360	190	2		3878	161.6
	3月	S		75	210	341	446	512	536	512	446	341	210	75		3704	154.3
		W（E）		54	116	160	188	205	210	336	422	441	361	163		2656	110.7
		N		54	116	160	188	205	210	205	188	160	116	54		1656	69
		H		106	282	446	575	657	686	657	575	446	282	106		4818	200.8
乌鲁木齐	10月	S		4	216	382	516	600	629	600	516	382	216	4		4065	169.4
		W（E）		1	47	81	104	117	122	274	387	426	355	12		1926	80.3
		N		1	47	81	104	117	122	117	104	81	47	1		822	34.3
		H		1	151	293	410	486	511	486	410	293	151	2		3195	133.1
	11月	S			122	287	421	505	533	505	421	287	122			3203	133.5
		W（E）			19	54	79	93	97	209	280	276	167			1274	53.1
		N			19	54	79	93	97	93	79	54	19			587	24.5
		H			51	161	260	325	347	325	260	161	51			1941	80.9
	12月	S			4	200	323	401	426	401	323	200	4			2282	95.1
		W（E）			1	47	77	95	101	175	212	181	5			894	37.3
		N			1	47	77	95	101	95	77	47	1			541	22.5
		H			2	100	179	232	251	232	179	100	2			1277	53.2

续表

城市名称	月份	朝向①	当地太阳时 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	日总量	昼夜平均
乌鲁木齐	1月	S			98	272	416	505	536	505	416	272	98			3118	129.9
		W（E）			19	65	98	118	124	224	279	255	129			1311	54.6
		N			19	65	98	118	124	118	98	65	19			724	30.2
		H			38	145	241	304	326	304	241	145	38			1782	74.3
	2月	S			161	322	450	531	558	531	450	322	161			3486	145.3
		W（E）			45	83	110	125	130	250	329	337	238			1647	68.6
		N			45	83	110	125	130	125	110	83	45			856	35.7
		H			110	241	351	421	444	421	351	241	110			2690	112.1
	3月	S		62	186	310	412	477	501	477	412	310	186	62		3395	141.5
		W（E）		36	82	116	138	152	155	272	355	380	319	159		2164	90.2
		N	36	82	116	138	152	155	152	138	116	82	36		1203	50.1	
		H		75	212	343	446	511	534	511	446	343	212	75		3708	154.5

①S—南，W—西，E—东，N——北，K—顶部（上面）。

A.11　全国 42 个城市的 SDM 值及太阳能采暖资源区划综合数据（见表 A26 及表 A27）

表 A26　　按冬季最冷 3 个月的 SOM 值排序的 42 个城镇

SDM 值	城　市
$SDM \geqslant 30$	拉萨、昌都、上海、南京、汉口、合肥、济南
$25 \leqslant SDM < 30$	狮泉河、郑州、北京、宜昌、玉树、天津、西宁、格尔木、银川、敦煌、和田、烟台
$20 \leqslant SDM < 25$	侯马、太原、民勤、伊金霍洛旗、哈密、成都、库车、那曲、万县、若羌、西安、大同、呼和浩特、二连浩特、伊宁、喀什、吐鲁蕃
$15 \leqslant SDM < 20$	兰州、沈阳、长春、阿勒泰
$10 \leqslant SDM < 15$	佳木斯、哈尔滨

表 A27　　中国 42 个城镇太阳能采暖资源区划综合数据表

序号	区号	代表城镇	$\overline{H}_{tvs}$（合计）	SDM_{14}	$\overline{T}_a$（1 月）	d（≤5℃）/a
1	1	拉萨	69030	51.02	－2.2	149
2		昌都	52303	37.66	－2.6	146
3		上海	29626	35.65	3.5	62
4		南京	31335	32.78	2.0	83
5		汉口	26694	31.04	3.0	67
6		合肥	28985	30.93	2.1	75
7		济南	37857	30.58	－1.4	106

续表

序号	区号	代表城镇	$\overline{H_{tvs}}$(合计)	SDM_{14}	$\overline{T_a}$(1月)	d（≤5℃）/a
8		狮泉河	67757	29.63	-12.4	240
9		郑州	33352	28.90	-0.3	102
10		北京	43552	28.12	-4.6	129
11		宜昌	20176	27.75	4.7	43
12		玉树	51258	27.48	-7.6	194
13		天津	39642	26.80	-4.0	122
14	2	西宁	49851	26.73	-8.4	165
15		格尔木	54766	26.36	-10.7	189
16		银川	49165	26.14	-9.0	149
17		敦煌	48223	25.65	-9.3	140
18		和田	38843	25.21	-5.6	114
19		烟台	32319	25.11	-1.9	112
20		侯马	36813	24.99	-4.4	110
21		太原	42458	24.92	-6.6	144
22		民勤	48535	24.76	-9.6	154
23		伊金霍洛旗	52463	24.67	-11.4	163
24		哈密	50681	24.38	-12.2	138
25		成都	14813	24.18	5.5	0
26		库车	42807	24.17	-8.4	123
27		那曲	57457	23.58	-13.8	256
28	3	万县	12305	23.39	6.7	0
29		若羌	40605	22.81	-8.5	126
30		西安	27063	22.37	-1.0	101
31		大同	46830	22.28	-11.3	165
32		呼和浩特	49287	21.82	-13.1	171
33		二连浩特	57669	20.90	-18.6	184
34		伊宁	40210	20.66	-10.0	143
35		喀什	33565	20.47	-6.6	122
36		吐鲁番	37525	20.44	-9.5	121
37		兰州	30725	17.99	-6.9	135
38	4	沈阳	37526	17.61	-12.0	152
39		长春	43598	17，29	-16.4	174
40		阿勒泰	41941	15.84	-17.0	176
41		佳木斯	39206	14.00	-20.0	183
42	5	哈尔滨	37743	13.53	-19.8	179

注：1. $\overline{H_{tvs}}$(合计)为1、2、12月投射在南向垂直面上的总日射月平均日辐照量［KJ/（m^2·d)］的(逐月平均日）合计值。

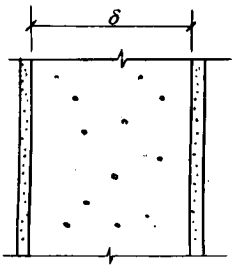
2. $SDM14$为以14℃为基础温度的太阳房资源区划的综合气象因素［kJ/（m^2·d^2·℃)]。

3. $\overline{T_a}$（1月）为累年1月室外平均气温（℃)。

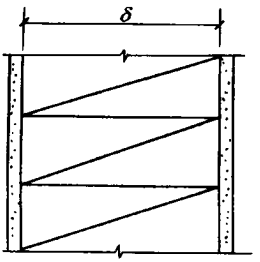
4. d（≤5℃）/a为累年室外平均气温低于或等于5℃的天数。

附录 B　建筑节能设计图表

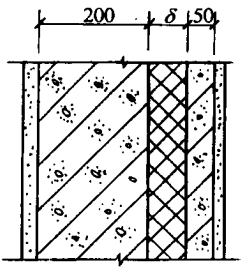
B.1　常用节能墙体（见图 B1～B9，及表 B1～表 B5）



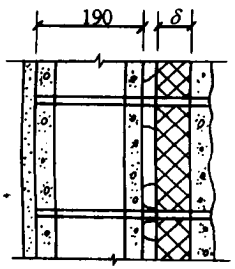
δ:西安200,佳木斯
450加气混凝土墙



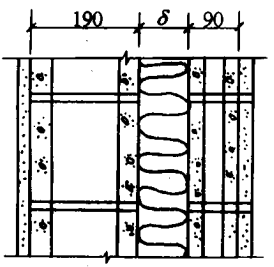
δ:西安 370, 北京
490粘土多孔砖墙



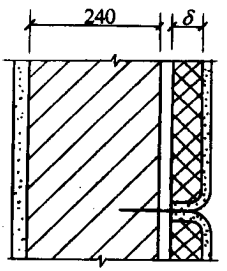
δ:从南到北30～120
混凝土现浇夹芯墙



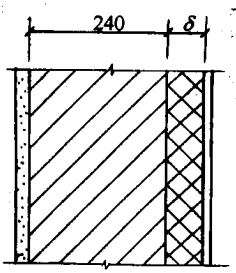
δ:30～120
混凝土砌块外保温墙



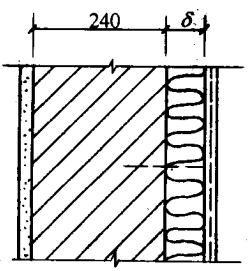
δ: 西安30,北京40
哈尔滨120混凝土砌块夹芯墙



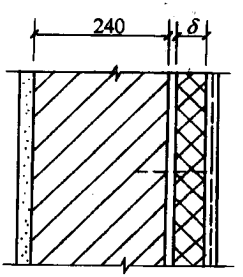
δ:30～120
GRC 外保温墙



δ:从南到北30～120
纤维增强聚苯或水泥
聚苯板外保温墙



δ:30～120
钢丝网水泥岩棉板
外保温墙



δ:30～120
钢丝网架水泥聚苯板
外保温墙

图 B1　几种可供选择的节能墙体

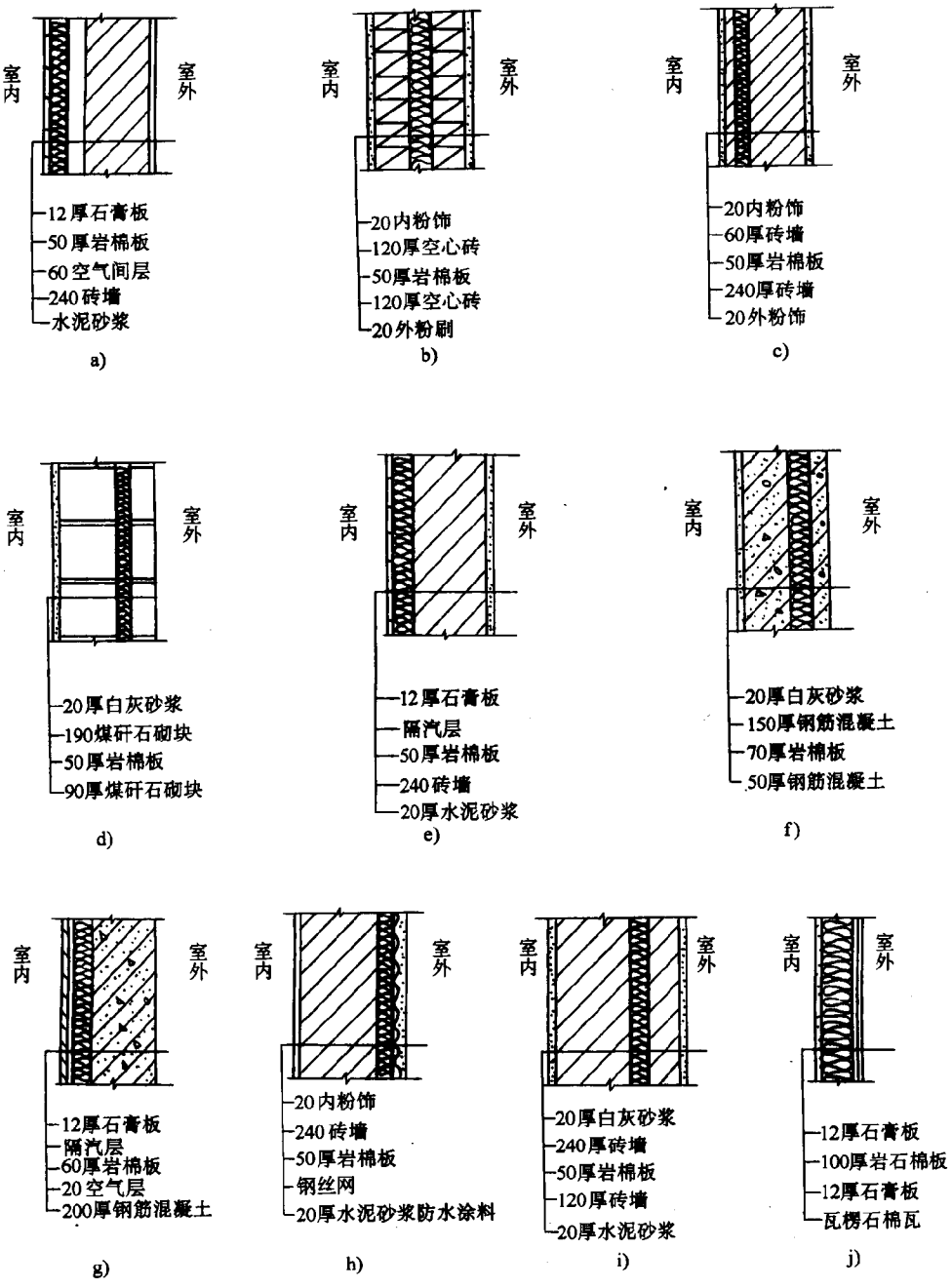


图 B2 岩棉板用于墙体保温隔热的几种构造

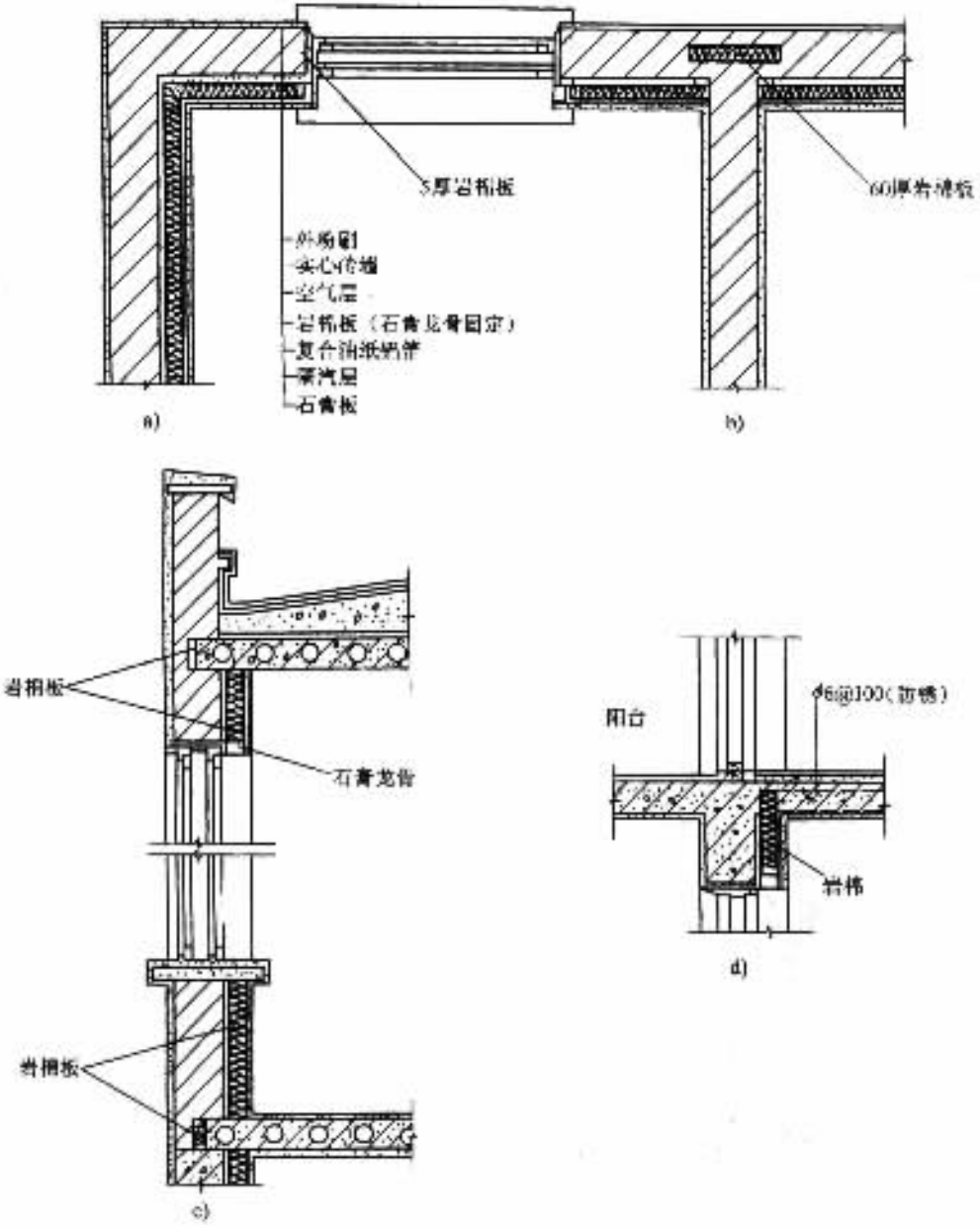


图 B3　岩棉、石膏板内保温墙体构造

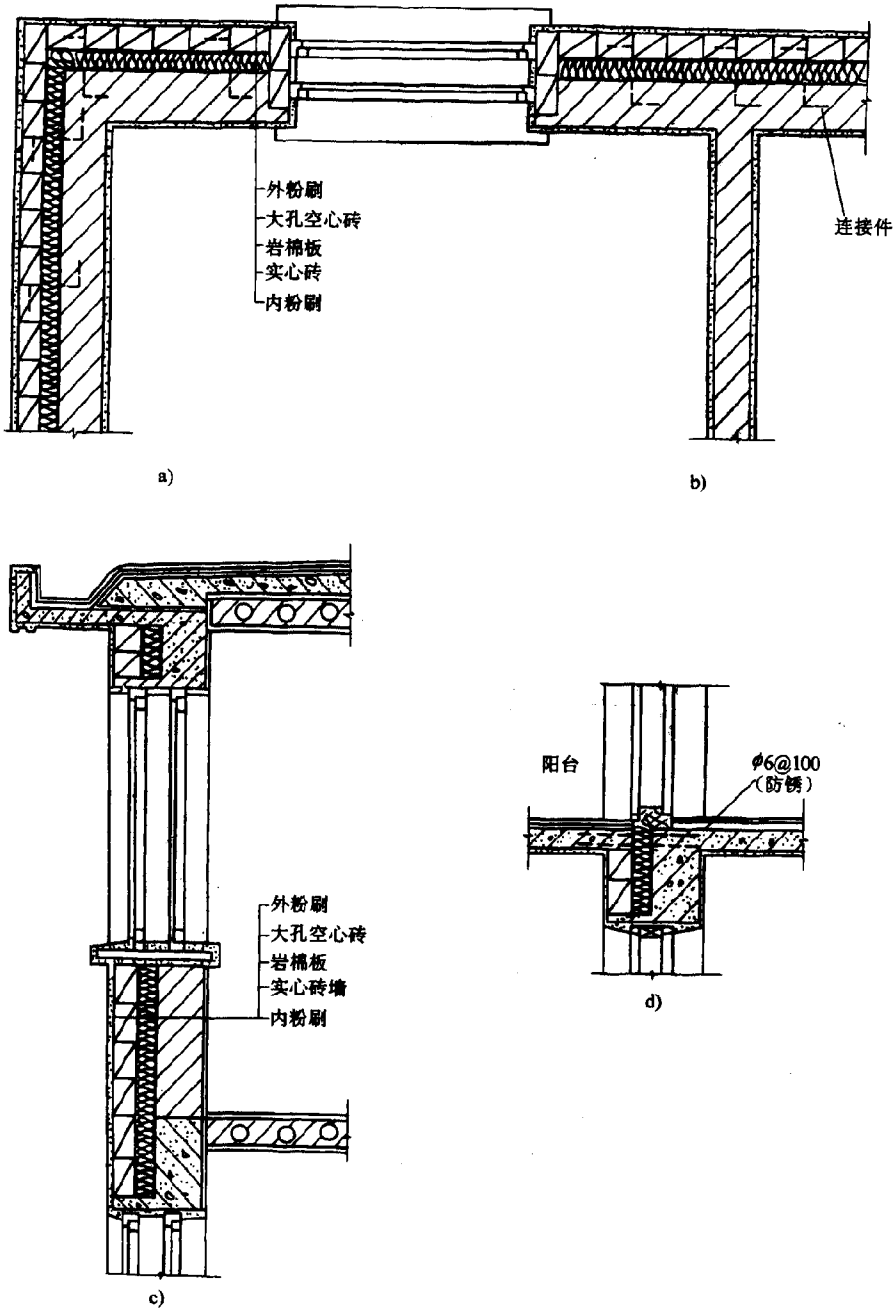


图 B4　岩棉夹芯保温墙体构造

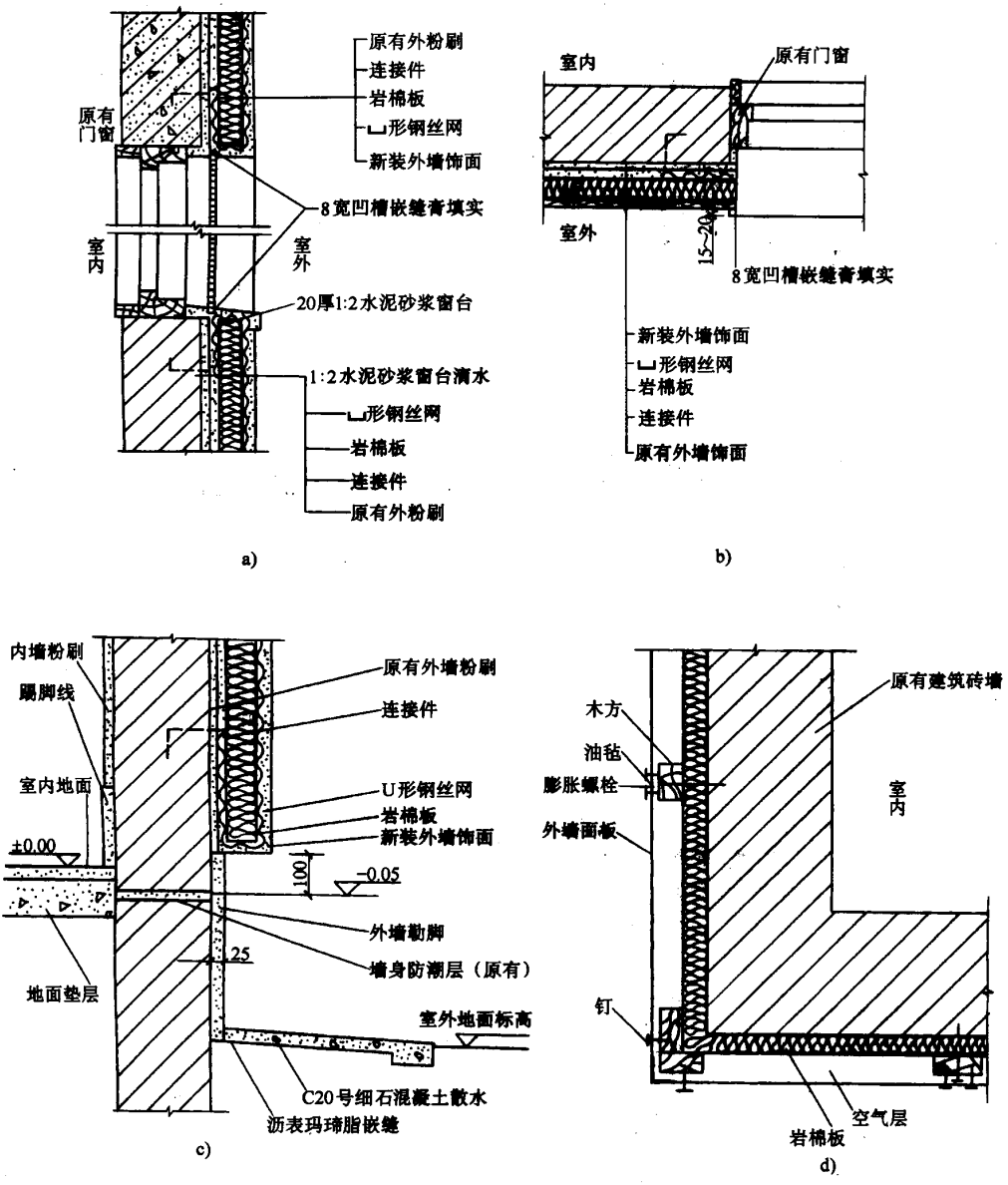


图 B5　岩棉、钢丝网水泥及面板外保温墙体构造

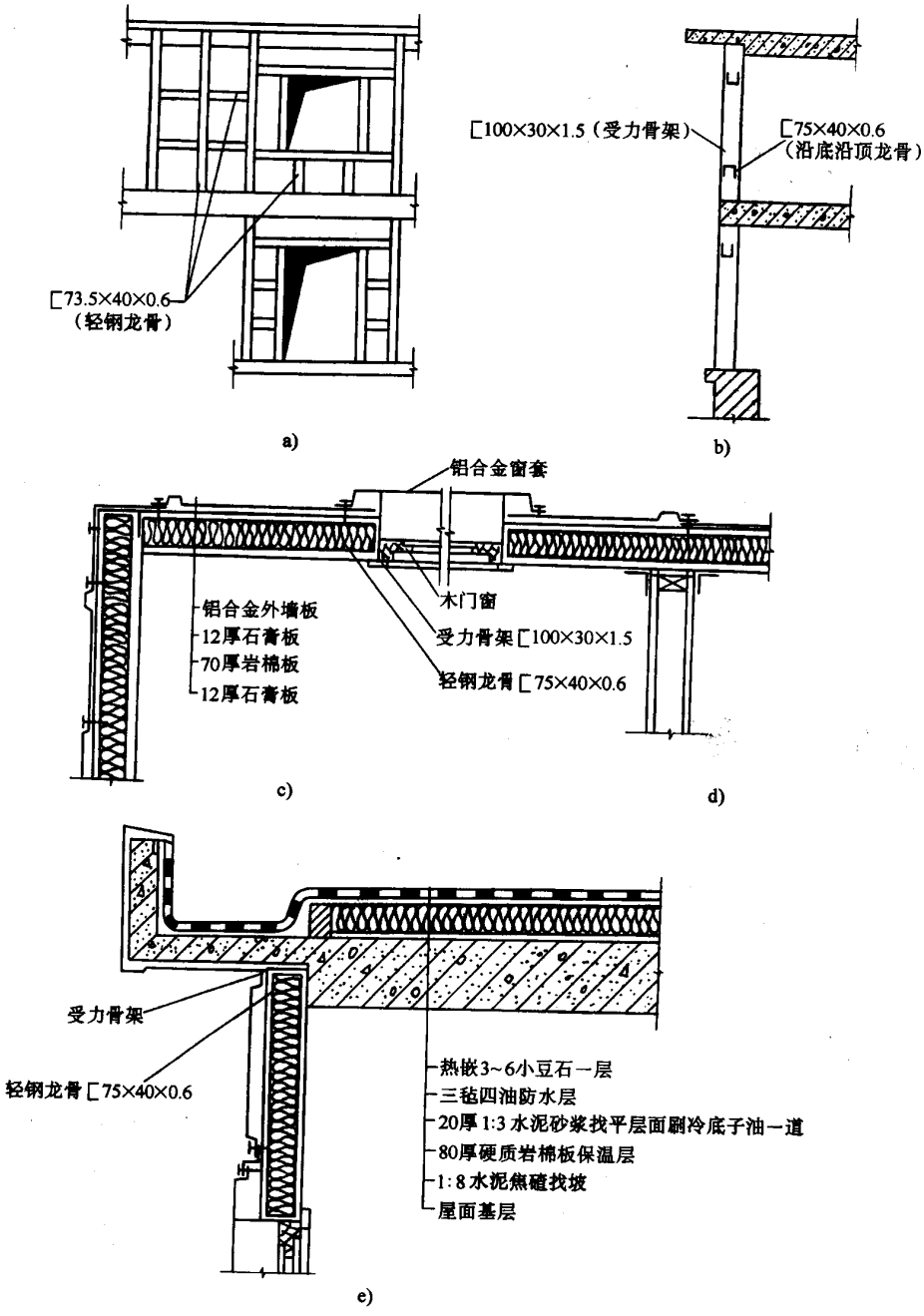


图 B6　轻钢龙骨岩棉保温墙本构造

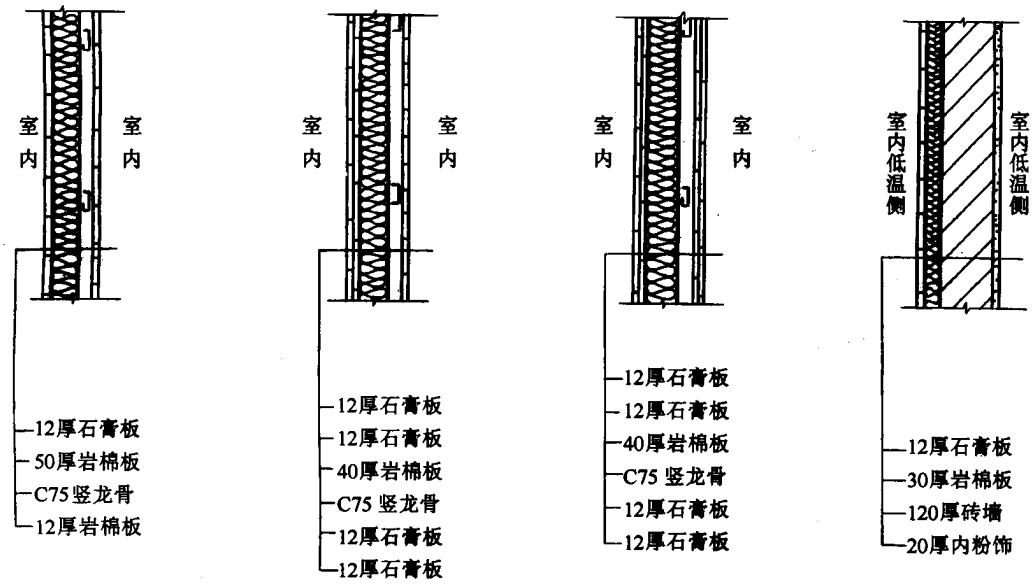


图 B7　岩棉板、石膏板用于空调建筑内隔墙的几种构造

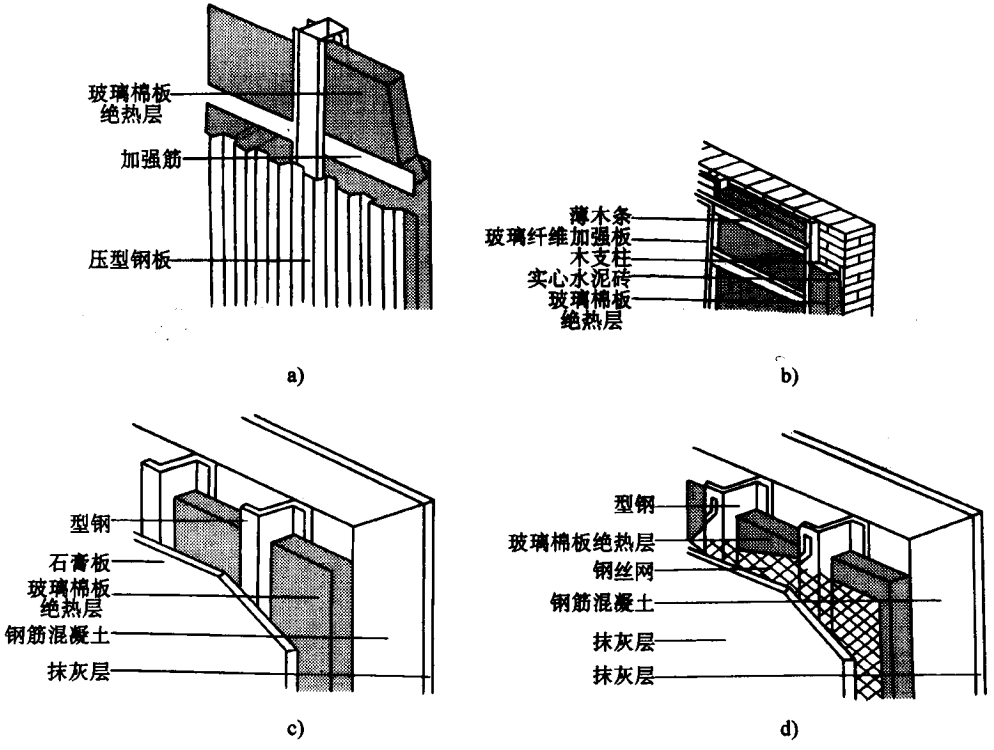


图 B8　玻璃棉毡、板用于墙体保温隔热的几种构造

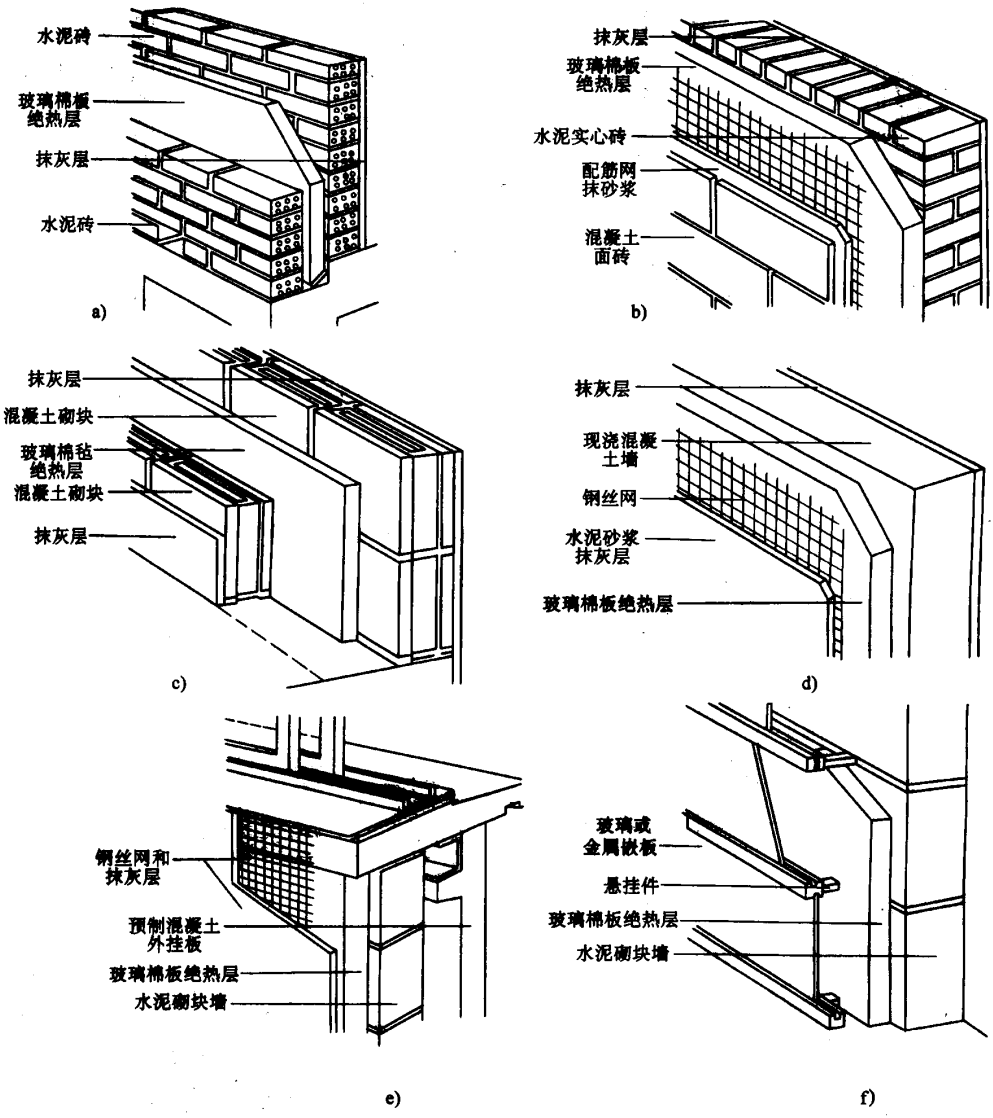


图 B9 玻璃棉毡、板用于墙体保温隔热的几种构造

表 B1　　加气混凝土外墙热工性能指标

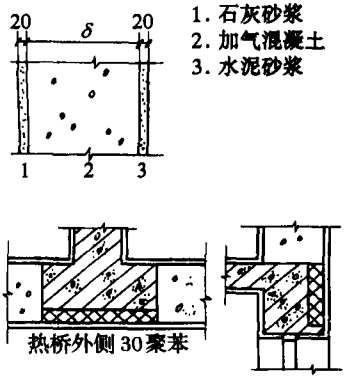
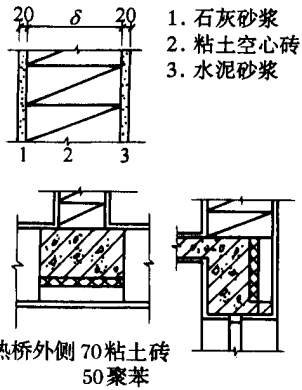
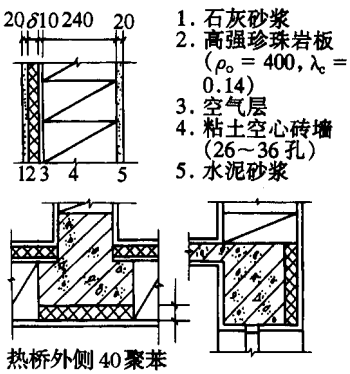
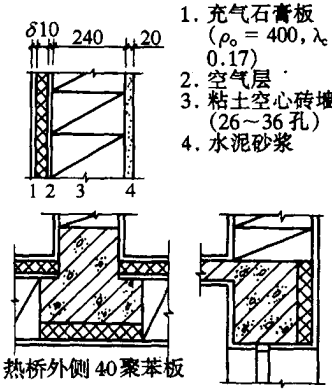
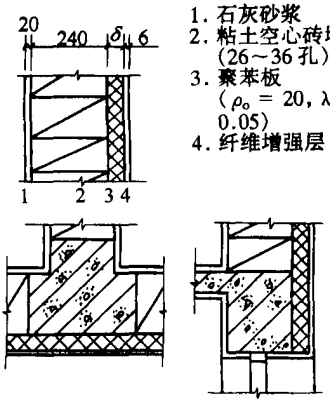
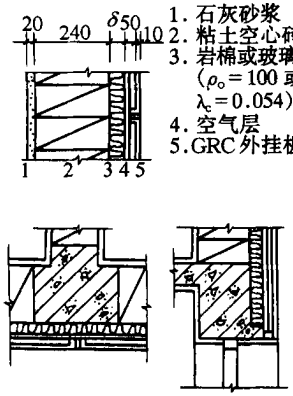
编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		200 250	240 290	3.43 4.18	0.84 1.04	1.01 0.84	1.04 0.92
(2)	构造同（1） 热桥外侧 50 聚苯	200 250	240 290	3.43 4.18	0.84 1.04	1.01 0.84	0.94 0.82
(3)	构造同（1） 热桥外侧 100 加气	300	340	4.93	1.24	0.72	0.94
(4)	构造同（1） 热桥外侧 70 加气、30 聚苯	300	340	4.93	1.24	0.72	0.76
(5)	构造同（1） 热桥外侧 150 加气	350	390	5.68	1.44	0.63	0.78
(6)	构造同（1） 热桥外侧 100 加气、50 聚苯	350	390	5.68	1.44	0.63	0.62
(7)	构造同（1） 热情外侧 200 加气	400	440	6.43	1.64	0.56	0.67
(8)	构造同（1） 热桥外侧 150 加气、50 聚苯	400	440	6.43	1.64	0.56	0.55
(9)	构造同（1） 热桥外侧 2256 加气	425	465	6.81	1.74	0.53	0.62
(10)	构造同（1） 热桥外侧 175 加气、50 聚苯	425	465	6.81	1.74	0.53	0.52
(11)	构造同（1） 热桥外侧 250 加气	450	490	7.18	1.84	0.50	0.58
(12)	构造同（1） 热桥外侧 200 加气、50 聚苯	450	490	7.18	1.84	0.50	0.49

表 B2 粘土空心砖外墙热工性能指标

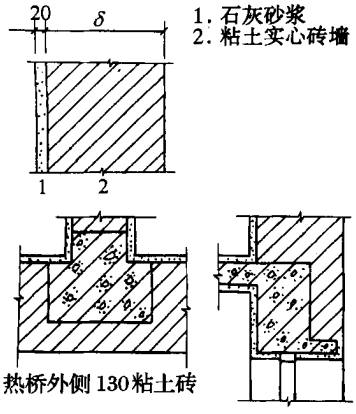
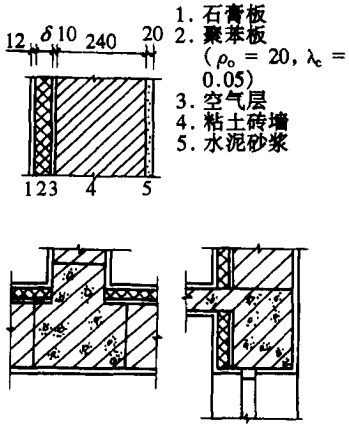
编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		370	410	5.50	0.68	1.20	1.40
(2)	构造同（1） 热桥外侧 120 空心砖	370	410	5.50	0.68	1.20	1.40
(3)	构造同（1） 热桥外侧 190 空心砖、50 聚苯	490	530	7.08	0.88	0.97	0.85
(4)	构造同（1） 热桥外侧 240 空心砖	490	530	7.08	0.88	0.97	1.08
(5)		50 60 70 80 90 100	340 350 360 370 380 390	4.56 4.73 4.90 5.07 5.24 5.41	0.95 1.03 1.08 1.17 1.24 1.30	0.91 0.85 0.81 0.76 0.72 0.69	0.90 0.86 0.83 0.79 0.77 0.74

续表

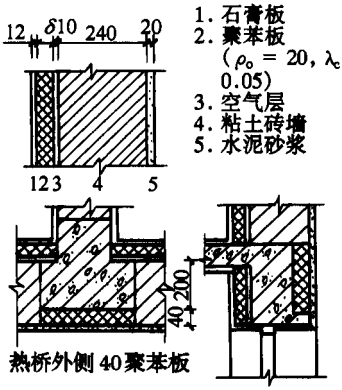
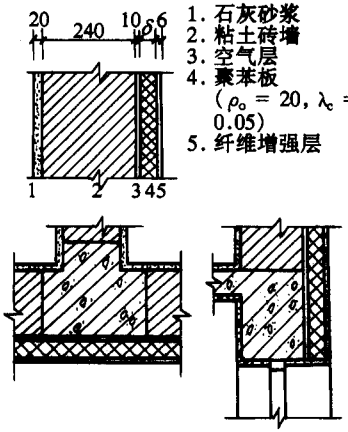
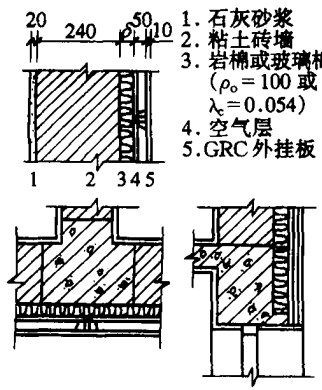
编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(6)	 1. 充气石膏板（ρ_o = 400，λ_c = 0.17） 2. 空气层 3. 粘土空心砖墙（26～36 孔） 4. 水泥砂浆	50	320	4.23	0.86	0.99	0.97
		60	330	4.39	0.93	0.93	0.92
		70	340	4.55	0.99	0.88	0.88
		80	350	4.70	1.04	0.84	0.85
		90	360	4.83	1.08	0.81	0.83
		100	370	5.01	1.17	0.76	0.80
(7)	 1. 石灰砂浆 2. 粘土空心砖墙（26～36 孔） 3. 聚苯板（ρ_o = 20，λ_c = 0.05） 4. 纤维增强层	30	296	3.78	1.04	0.84	0.92
		40	306	3.86	1.24	0.72	0.78
		50	316	3.95	1.44	0.63	0.67
		60	326	4.04	1.64	0.56	0.59
		70	336	4.12	1.84	0.50	0.52
		80	346	4.21	2.04	0.46	0.48
(8)	 1. 石灰砂浆 2. 粘土空心砖墙 3. 岩棉或玻璃棉板（ρ_o = 100 或 30，λ_c = 0.054） 4. 空气层 5. GRC 外挂板	50	370	4.40	1.53	0.60	0.63
		80	400	4.89	2.08	0.45	0.47
		100	420	5.23	2.45	0.38	0.40

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3 热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

表 B3 粘土实心砖外墙热工性能指标

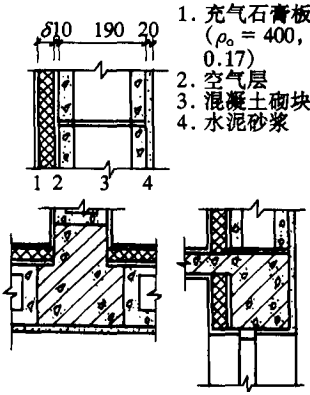
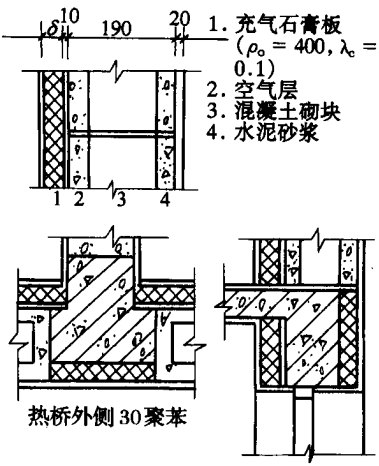
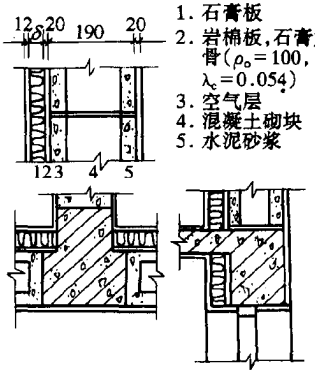
编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		370	390	5.09	0.48	1.59	1.79
(2)	构造同 (1) 热桥外侧 250 粘土砖	490	510	6.58	0.62	1.30	1.42
(3)		30 40 50 60 70 80	312 322 332 342 352 362	3.89 3.97 4.06 4.15 4.23 4.32	1.10 1.30 1.50 1.70 1.90 2.10	0.80 0.69 0.61 0.54 0.49 0.44	1.47 1.39 1.31 1.26 1.20 1.15

续表

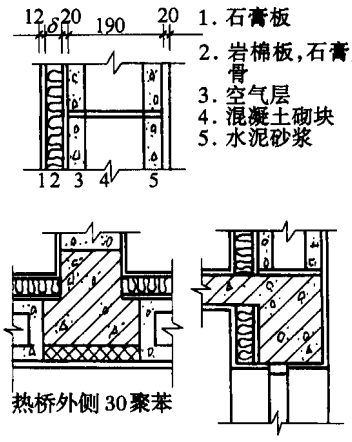
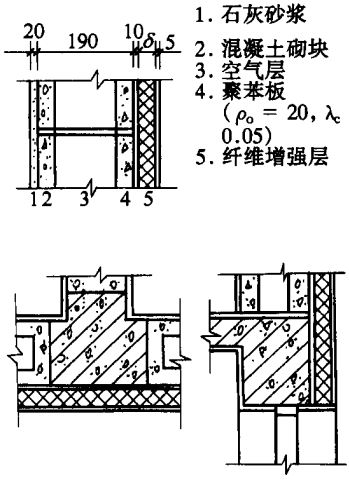
编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(4)	 1. 石膏板 2. 聚苯板 (ρ_o = 20, λ_c = 0.05) 3. 空气层 4. 粘土砖墙 5. 水泥砂浆	30	312	3.89	1.10	0.80	0.83
		40	322	3.97	1.30	0.69	0.76
		50	332	4.06	1.50	0.61	0.70
		60	343	4.15	1.70	0.54	0.65
		70	352	4.23	1.90	0.49	0.61
		80	362	4.32	2.10	0.44	0.58
(5)	 1. 石灰砂浆 2. 粘土砖墙 3. 空气层 4. 聚苯板 (ρ_o = 20, λ_c = 0.05) 5. 纤维增强层	30	306	3.72	1.07	0.82	0.86
		40	316	3.80	1.28	0.70	0.73
		50	326	3.89	1.46	0.62	0.64
		60	336	3.98	1.67	0.55	0.57
		70	346	4.06	1.85	0.50	0.51
		80	356	4.15	2.07	0.45	0.46
(6)	 1. 石灰砂浆 2. 粘土砖墙 3. 岩棉或玻璃棉板 (ρ_o = 100 或 30, λ_c = 0.054) 4. 空气层 5. GRC 外挂板	50	370	4.34	1.42	0.64	0.66
		80	400	4.83	1.97	0.47	0.48
		100	420	5.17	2.34	0.40	0.41

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/(m·K)。

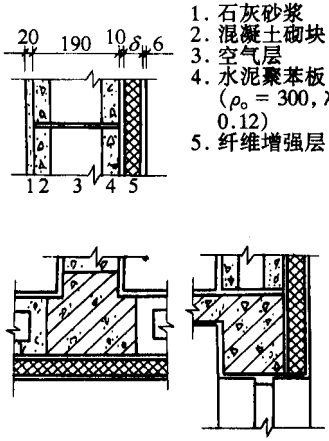
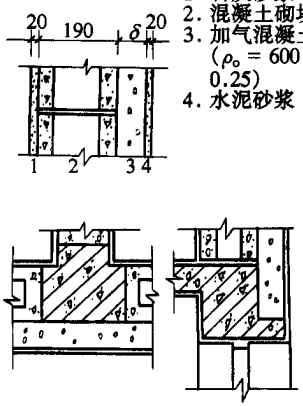
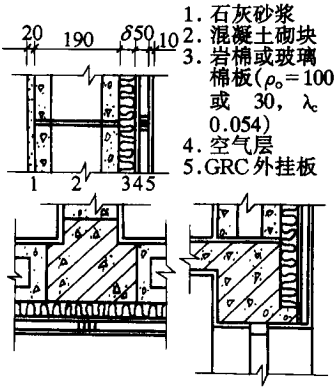
表 B4　　混凝土空心砌块外墙热工性能指标

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)	 1. 充气石膏板（ρ_o = 400, λ_c = 0.17） 2. 空气层 3. 混凝土砌块 4. 水泥砂浆	50	270	2.12	0.64	1.27	1.51
		60	280	2.28	0.70	1.18	1.43
		70	290	2.44	0.76	1.10	1.35
		80	300	2.59	0.82	1.03	1.29
		90	310	2.75	0.88	0.97	1.23
		100	320	2.90	0.94	0.92	1.19
(2)	 1. 充气石膏板（ρ_o = 400, λ_c = 0.1） 2. 空气层 3. 混凝土砌块 4. 水泥砂浆	50	270	2.12	0.64	1.27	1.22
		60	280	2.28	0.70	1.18	1.16
		70	290	2.44	0.76	1.10	1.10
		80	300	2.59	0.82	1.03	1.05
		90	310	2.75	0.88	0.97	1.01
		100	320	2.90	0.94	0.92	0.97
(3)	 1. 石膏板 2. 岩棉板，石膏龙骨（ρ_o=100, λ_c=0.054） 3. 空气层 4. 混凝土砌块 5. 水泥砂浆	30	272	2.07	0.93	0.93	1.24
		40	282	2.24	1.12	0.79	1.11
		50	292	2.41	1.30	0.69	1.02
		60	302	2.58	1.49	0.61	0.94
		70	312	2.75	1.67	0.55	0.89
		80	322	2.92	1.85	0.50	0.84

续表

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(4)	 1. 石膏板 2. 岩棉板，石膏龙骨 3. 空气层 4. 混凝土砌块 5. 水泥砂浆	30	272	2.07	0.93	0.93	0.99
		40	282	2.24	1.12	0.79	0.89
		50	292	2.41	1.30	0.69	0.82
		60	302	2.58	1.49	0.61	0.76
		70	312	2.75	1.67	0.55	0.72
		80	322	2.92	1.85	0.50	0.68
(5)	 1. 石灰砂浆 2. 混凝土砌块 3. 空气层 4. 聚苯板（$\rho_o = 20$，$\lambda_c = 0.05$） 5. 纤维增强层	30	256	2.10	0.98	0.88	0.89
		40	266	2.18	1.18	0.75	0.77
		50	276	2.27	1.38	0.65	0.67
		60	286	2.36	1.58	0.58	0.59
		70	296	2.44	1.78	0.52	0.53
		80	306	2.53	1.98	0.47	0.48

续表

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(6)	 1. 石灰砂浆 2. 混凝土砌块 3. 空气层 4. 水泥聚苯板（ρ_o = 300，λ_c = 0.12） 5. 纤维增强层	50	276	2.68	0.80	1.05	1.09
		60	286	2.84	0.88	0.97	1.01
		70	296	3.01	0.96	0.90	0.93
		80	306	3.17	1.05	0.83	0.86
		90	316	3.34	1.13	0.78	0.80
		100	326	3.51	1.21	0.74	0.76
(7)	 1. 石灰砂浆 2. 混凝土砌块 3. 加气混凝土（ρ_o = 600，λ_c = 0.25） 4. 水泥砂浆	125	355	3.88	0.75	1.11	1.16
		150	380	4.25	0.85	1.00	1.04
		175	405	4.63	0.95	0.91	0.94
		200	430	5.00	1.05	0.83	0.86
(8)	 1. 石灰砂浆 2. 混凝土砌块 3. 岩棉或玻璃棉板（ρ_o = 100 或 30，λ_c = 0.054） 4. 空气层 5. GRC 外挂板	50	320	2.72	1.33	0.68	0.70
		80	350	3.21	1.88	0.49	0.50
		100	370	3.55	2.25	0.42	0.46

续表

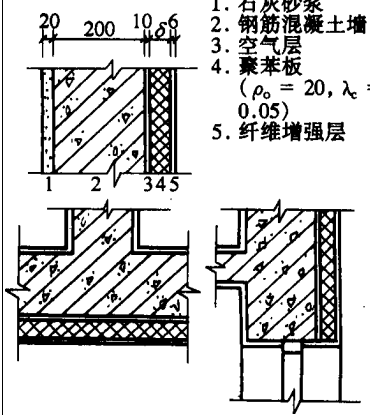
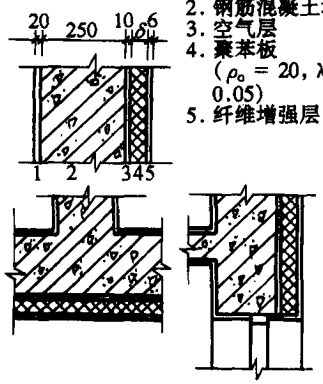
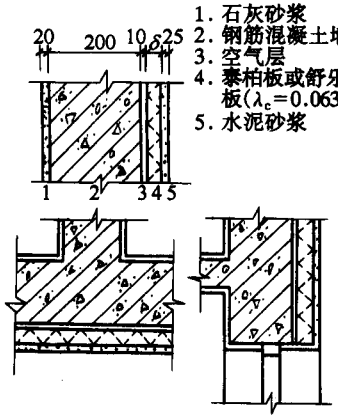
编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(9)	1. 石灰砂浆 2. 混凝土砌块 3. 岩棉板（$\rho_o = 100$，$\lambda_c = 0.054$） 4. 空气层 δ_4 5. 混凝土砌块 6. 水泥砂浆	30	420	4.00	1.19	0.75	0.91
		40	420	4.17	1.37	0.66	0.83
		50	420	4.34	1.56	0.58	0.75
		60	420	4.50	1.74	0.53	0.70
		70	420	4.67	1.92	0.48	0.66
		80	420	4.83	2.09	0.45	0.63
		100	420	5.17	2.30	0.41	0.59

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

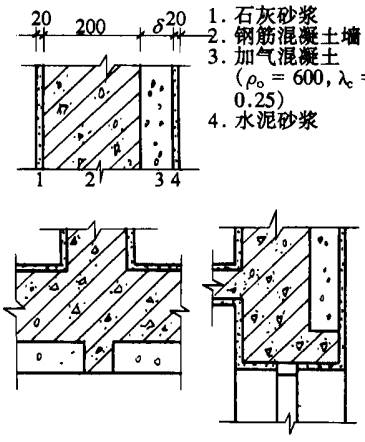
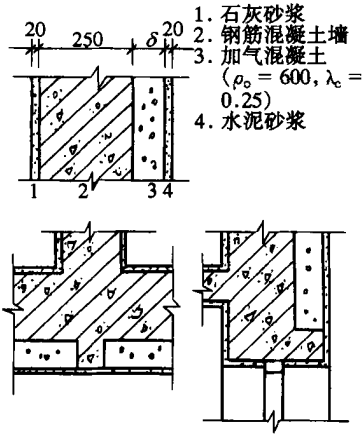
表 B5　　钢筋混凝土外墙热工作性能指标

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)	1. 石灰砂浆 2. 钢筋混凝土墙 3. 空气层 4. 聚苯板（$\rho_o = 20$，$\lambda_c = 0.05$） 5. 纤维增强层	30	246	2.25	0.88	0.97	0.97
		40	256	2.33	1.08	0.81	0.81
		50	266	2.42	1.28	0.70	0.70
		60	276	2.51	1.48	0.61	0.61
		70	286	2.59	1.68	0.55	0.55
		80	296	2.68	1.88	0.49	0.49

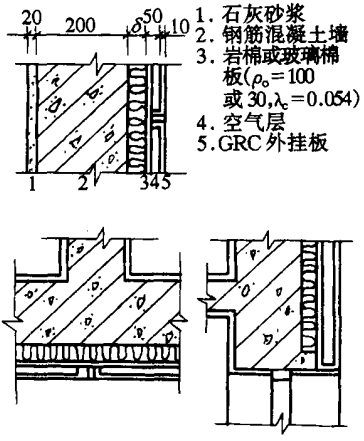
续表

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(2)	 1. 石灰砂浆 2. 钢筋混凝土墙 3. 空气层 4. 聚苯板 (ρ_o = 20, λ_c = 0.05) 5. 纤维增强层	30	266	2.42	0.89	0.96	0.96
		40	276	2.50	1.09	0.81	0.81
		50	286	2.59	1.29	0.69	0.69
		60	296	2.68	1.49	0.61	0.61
		70	306	2.76	1.69	0.54	0.54
		80	316	2.85	1.89	0.49	0.49
(3)	 1. 石灰砂浆 2. 钢筋混凝土墙 3. 空气层 4. 聚苯板 (ρ_o = 20, λ_c = 0.05) 5. 纤维增强层	30	316	2.94	0.91	0.94	0.94
		40	326	3.02	1.11	0.79	0.79
		50	336	3.11	1.31	0.68	0.68
		60	346	3.20	1.51	0.60	0.60
		70	356	3.28	1.71	0.54	0.54
		80	366	3.37	1.91	0.49	0.49
(4)	 1. 石灰砂浆 2. 钢筋混凝土墙 3. 空气层 4. 泰柏板或舒乐合板(λ_c=0.063) 5. 水泥砂浆	54	309	2.89	1.16	0.76	0.76
		50	305	2.86	1.09	0.81	0.81
		40	295	2.77	0.93	0.93	0.93

续表

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(5)		125	365	4.20	0.65	1.25	1.37
		150	390	4.57	0.75	1.11	1.24
		175	415	4.95	0.85	1.00	1.13
		200	440	5.32	0.95	0.91	1.04
(6)		125	415	4.72	0.68	1.20	1.32
		150	440	5.09	0.76	1.08	1.20
		175	465	5.47	0.88	0.97	1.09
		200	490	5.84	0.98	0.88	1.00

续表

编号	外墙构造	保温层厚度 δ/mm	外墙总厚度 /mm	主体部位 热惰性指标 D 值	主体部位 热绝缘系数 M/ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	主体部位 传热系数 K_p/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$	外墙平均传热系数 Km/ $W(m^2 \cdot K)^{-1}$
(7)		50	330	3.04	1.23	0.72	0.72
		80	360	3.53	1.78	0.52	0.52
		100	380	3.87	2.15	0.43	0.43

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

B.2　常用节能屋顶（见图 B10～图 B13，及表 B6～表 B15）

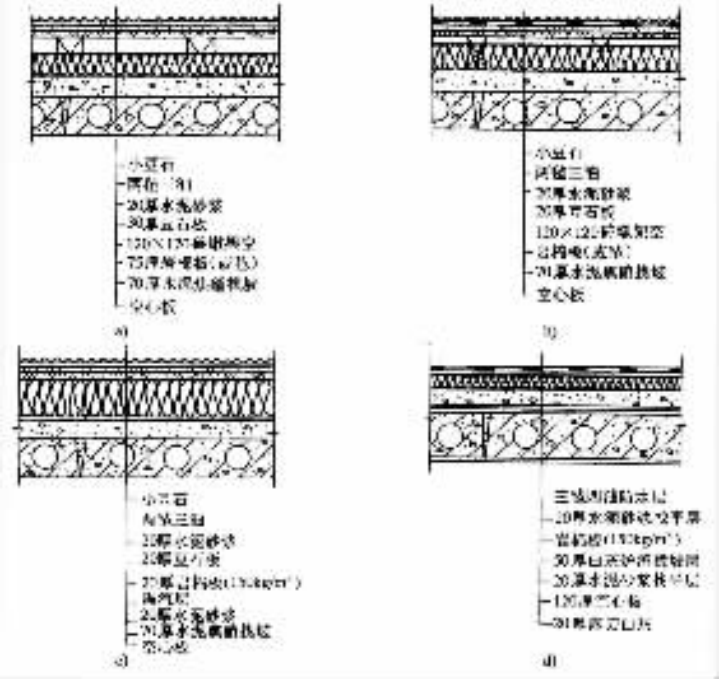


图 B10　岩棉板（或毡）用于屋面保温的几种构造

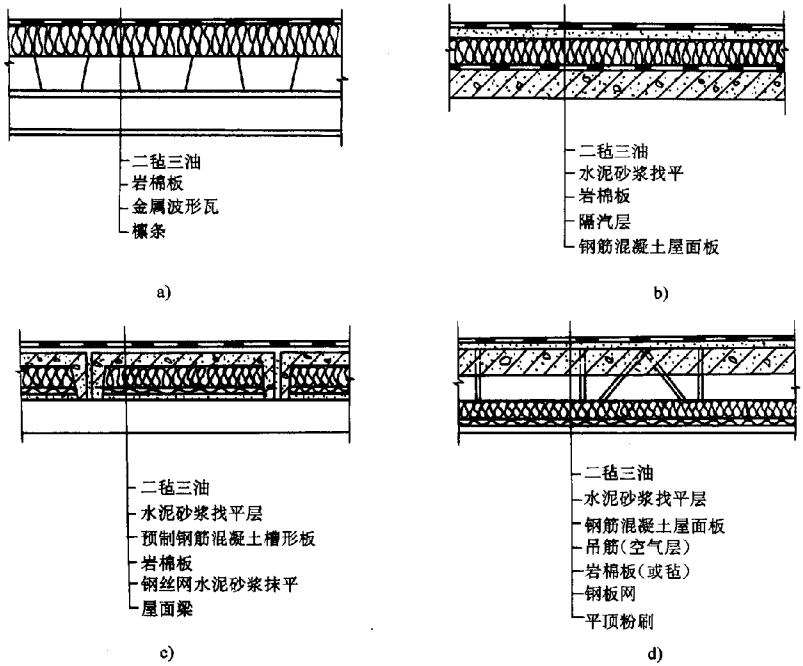


图 B11　岩棉板（或毡）用于工业建筑屋面保温隔热的几种构造

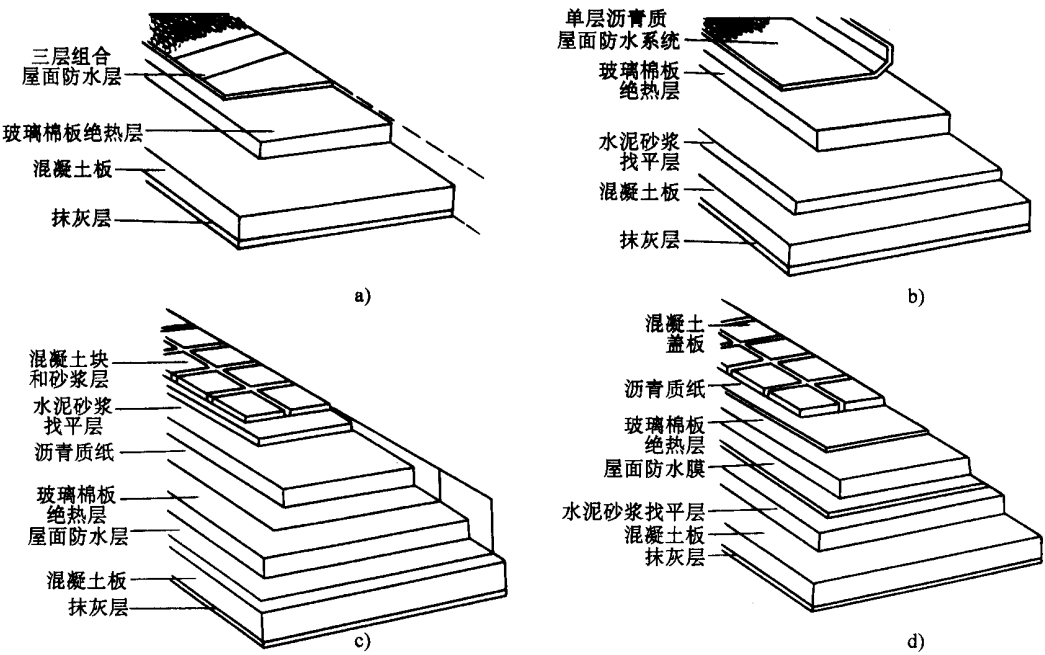


图 B12　玻璃棉板用于屋顶保温隔热的几种构造（一）

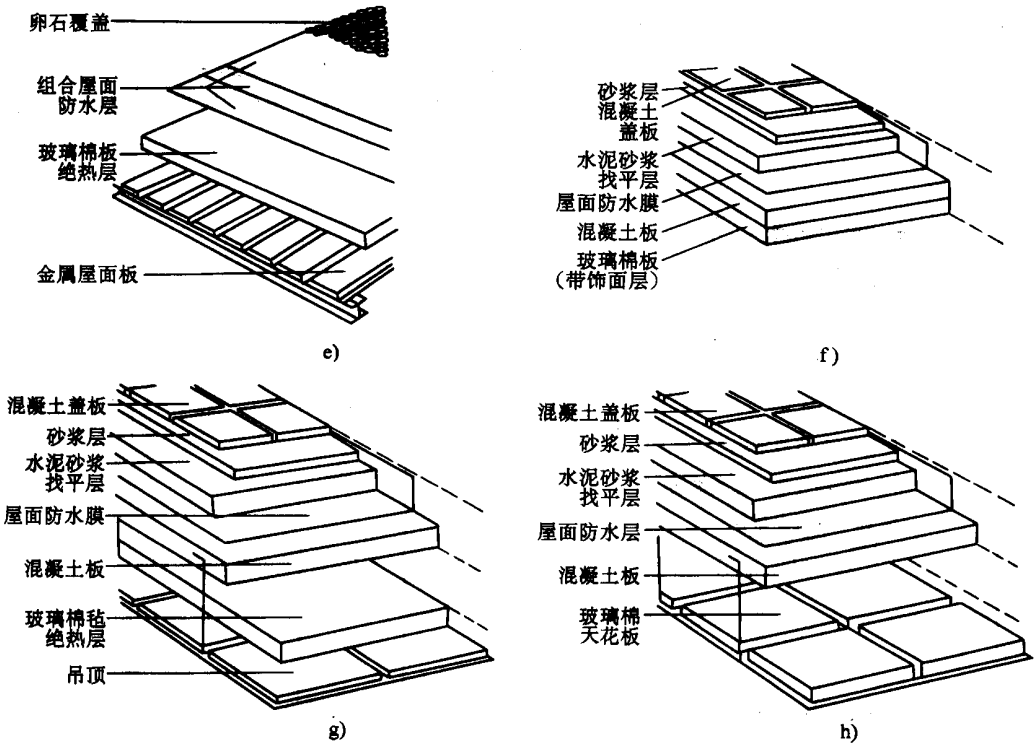


图 B13 玻璃棉板用于屋顶保温隔热的几种构造（二）

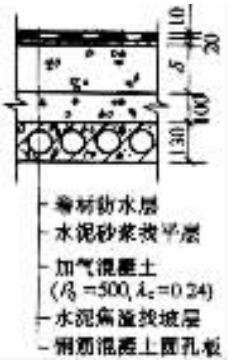
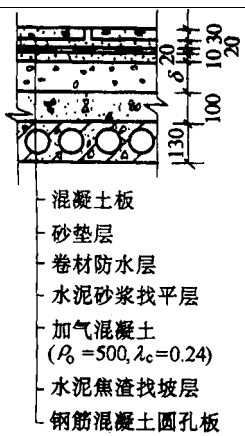
表 B6 加气混凝土保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 M/m²·K·W⁻¹	传热系数 K/W（m²·K）⁻¹
(1)	10 20 δ 卷材防水层 水泥砂浆找平层 加气混凝土条板（ρ_0=600, λ_c=0.25）	200	230	3.42	0.91	0.94
		250	280	4.16	1.12	0.79
		300	330	4.90	1.33	0.66
		350	380	5.63	1.54	0.59

续表

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(2)	10 20 50 δ 卷材防水层 水泥砂浆找平层 水泥加气混凝土找坡层 加气混凝土条板 (ρ_0 =500, λ_c=0.24)	200 250 300 350	280 330 380 430	4.15 4.89 5.63 6.36	1.02 1.23 1.44 1.65	0.85 0.72 0.63 0.56
(3)	10 20 δ 卷材防水层 水泥砂浆找平层 加气混凝土条板 (ρ_0 =600, λ_c=0.25)	200 250 300 350	230 280 330 380	3.51 4.26 5.01 5.76	0.88 1.08 1.28 1.48	0.97 0.81 0.70 0.61
(4)	10 20 50 δ 卷材防水层 水泥砂浆找平层 水泥加气混凝土找坡层 加气混凝土条板 (ρ_0 =600, λ_c=0.25)	200 250 300 350	280 330 380 430	4.24 4.99 5.74 6.49	0.99 1.19 1.39 1.59	0.88 0.75 0.65 0.57

续表

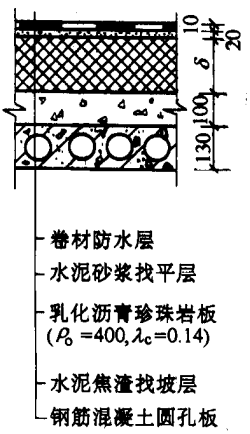
编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(5)		100 150 200	360 410 460	4.61 5.35 6.05	0.77 0.98 1.18	1.09 0.88 0.75
(6)	构造同（5） 加气混凝土（$\rho_o = 600$，$\lambda_c = 0.25$）	100 150 200	360 410 460	4.64 5.39 6.14	0.75 0.95 1.15	1.11 0.91 0. 77
(7)	构造同（5） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	100 150 200	410 460 510	4.68 5.42 6.12	0.82 1.03 1.23	1.03 0.85 0.72
(8)	构造同（6） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	100 150 200	410 460 510	4.71 5.46 6.21	0.80 1.00 1.20	1.05 0.87 0.74
(9)	构造同（5） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	100 150 200	340 390 440	4.48 5.22 5.92	0.72 0.93 1.13	1.15 0.93 0.78
(10)	构造同（6） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	100 150 200	340 390 440	4.31 5.26 6.01	0.70 0.90 1.10	1.18 0.95 0.80
(11)		100 150 200	410 460 510	5.17 5.91 6.61	0.82 1.03 1.23	1.03 0.85 0.72

续表

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(12)	构造同（11） 加气混凝土（$\rho_o = 600$，$\lambda_o 0.25$）	100 150 200	410 460 510	5.20 5.95 6.70	0.80 1.00 1.20	1.05 0.87 0.74
(13)	构造同（11） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	100 150 200	460 510 560	5.24 5.98 6.68	0.87 1.08 1.28	0.98 0.81 0.70
(14)	构造同（12） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	100 150 200	460 510 560	5.27 6.02 6.77	0.85 1.05 1.25	1.00 0.83 0.71
(15)	构造同（11） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	100 150 200	390 440 490	5.04 5.78 6.48	0.77 0.98 1.18	1.09 0. 88 0.75
(16)	构造同（12） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	100 150 200	390 440 490	5.07 5.82 6.57	0.75 0.95 1.15	1.11 0.91 0.77

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_o 单位为 W/（m·K）。

表 B7　　乳化沥青珍珠岩保温屋面热工性能指标

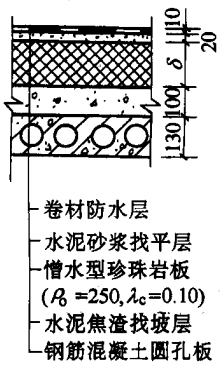
编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		100 120 140 160 180 200	360 380 400 420 440 460	5.09 5.50 5.88 6.26 6.67 7.06 0.48		0.83 0.74 0.67 0.61 0.56 0.52

续表

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(2)	构造同（1） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	100	410	5.16	1.11	0.79
		120	430	5.57	1.26	0.71
		140	450	5.95	1.40	0.65
		160	470	6.33	1.54	0.59
		180	490	6.74	1.69	0.54
		200	510	7.13	1.83	0.51
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	100	340	4.96	1.01	0.86
		120	360	5.37	1. 16	0.76
		140	380	5.75	1.30	0.69
		160	400	6.13	1.44	0.63
		180	420	6.54	1.59	0.57
		200	440	6.93	1.73	0.53

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

表 B8　　憎水型珍珠岩保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		60	320	4.16	0.95	0.91
		80	340	4.50	1.15	0.77
		100	360	4.84	1.35	0.67
		120	380	5.18	1.55	0.59
		140	400	5.52	1.75	0.53
		160	420	5.86	1.95	0.48
(2)	构造同（1） 厦面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	60	370	4.17	1.07	0.82
		80	390	4.48	1.29	0.69
		100	410	4.80	1.51	0.60
		120	430	5.11	1.73	0.53
		140	450	5.44	1.96	0.47
		160	470	5.76	2.18	0.43

续表

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	60	300	3.97	0.97	0.89
		80	320	4.28	1．19	0.75
		100	340	4.60	1．41	0.64
		120	360	4.91	1.63	0.56
		140	380	5.24	1.86	0.50
		160	400	5.56	2．08	0.45

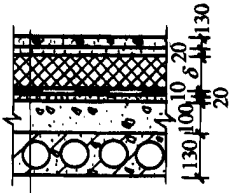
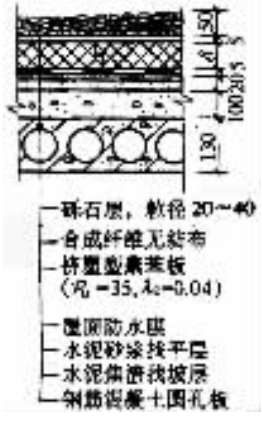
注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m.K）。

表 B9　　聚苯板保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)	卷材防水层 水泥砂浆找平层 水泥焦渣找坡层 聚苯板（ρ_o =20，λ_c=0.063） 钢筋混凝土圆孔板	50	310	3.57	1.14	0.76
		60	320	3.65	1.30	0.69
		70	330	3.74	1.46	0.62
		80	340	3.83	1.62	0.56
		90	350	3.91	1.78	0.52
		100	360	4.00	1.94	0.48
(2)	构造同（1） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	50	360	3.64	1.19	0.75
		60	370	3.72	1.35	0.67
		70	380	3.81	1.51	0.60
		80	390	3.90	1.67	0.55
		90	400	3.98	1.83	0.51
		100	410	4.07	1.99	0.47
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	50	290	3.44	1.09	0.81
		60	300	3.52	1.25	0.71
		70	310	3.61	1.41	0.64
		80	320	3.70	1.57	0.58
		90	330	3.78	1.73	0.53
		100	340	3.87	1.89	0.49

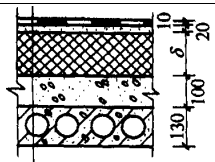
注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

表 B10　挤塑型聚苯板保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 M/m²·K·W⁻¹	传热系数 K/W（m²·K）⁻¹
(1)	 混凝土板 砂垫层 挤塑型聚苯板 （ρ_0=35，λ_c=0.04） 卷材防水层 水泥砂浆找平层 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板	30 40 50 60 70 80	340 350 360 370 380 390	4.05 4.17 4.29 4.41 4.52 4.64	1.15 1.40 1.65 1.90 2.15 2.40	0.77 0.65 0.56 0.49 0.43 0.39
(2)	构造同（1） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	30 40 50 60 70 80	390 400 410 420 430 440	4.12 4.24 4.36 4.48 4.59 4.71	1.20 1.45 1.70 1.95 2.20 2.45	0.74 0.63 0.54 0.48 0.43 0.38
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	30 40 50 60 70 80	320 330 340 350 360 370	3.92 4.04 4.16 4.28 4.39 4.51	1.10 1.35 1.60 1.85 2.10 2.35	0.80 0.67 0.57 0.50 0.44 0.40
(4)		30 40 50 60 70 80	340 350 360 370 380 390	4.05 4.17 4.29 4.41 4.52 4.64	1.15 1.40 1.65 1.90 2.15 2.40	0.77 0.65 0.56 0.49 0.43 0.39

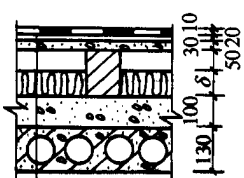
注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m³；热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

表 B11　　水泥聚苯板保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)	 卷材防水层 水泥砂浆找平层 水泥聚苯乙烯泡沫塑料板(ρ_0=300, λ_c=0.14) 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板	100 120 140 160 180 290	360 380 400 420 440 460	4.78 5.13 5.45 5.77 6.12 6.44	0.06 1.21 1.35 1.49 1.64 1.78	0.83 0.74 0.67 0.61 0.56 0.52
(2)	构造同（1） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	100 120 140 160 180 200	410 430 450 470 490 510	4.85 5.20 5.52 5.84 6.19 6.51	1.11 1.26 1.40 1.54 1.69 1.83	0.79 0.71 0.65 0.59 0.54 0.51
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	100 120 140 160 180 200	340 360 380 400 420 440	4.65 5.00 5.32 5.64 5.99 6.31	1.01 1.16 1.30 1.44 1.59 1.73	0.86 0.76 0.69 0.63 0.57 0.53

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m.K）。

表 B12　　岩棉、玻璃棉板保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)	 卷材防水层 水泥砂浆找平层 混凝土板，砖墩架空 空气层 岩棉板或玻璃棉板 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板	50 60 70 80 90 100	390 400 410 420 430 440	4.28 4.45 4.61 4.78 4.95 5.11	1.12 1.24 1.35 1.47 1.59 1.70	0.79 0.72 0.67 0.62 0.57 0.54

续表

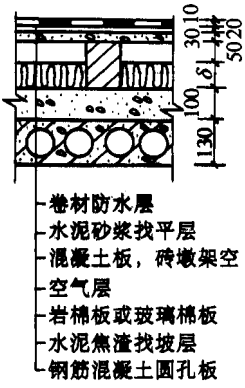
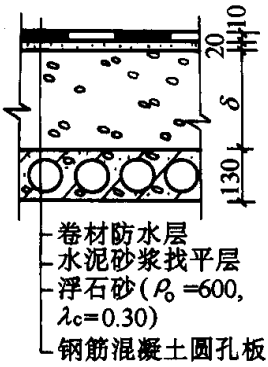
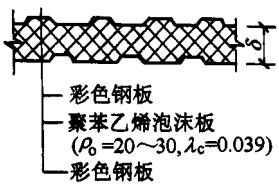
编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(2)	构造同（1） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	50	440	4.35	1.17	0.76
		60	450	4.52	1.29	0.69
		70	460	4.68	1.40	0.65
		80	470	4.85	1.52	0.60
		90	480	5.02	1.64	0.56
		100	490	5.18	1.75	0.53
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	50	370	4.15	1.07	0.82
		60	380	4.32	1.19	0.75
		70	390	4.48	1.30	0.69
		80	400	4.65	1.42	0.64
		90	410	4.82	1.54	0.59
		100	420	4.98	1.65	0.56
(4)		50	390	4.28	1.37	0.66
		60	400	4.45	1.54	0.59
		70	410	4.62	1.71	0.54
		80	420	4.78	1.87	0.50
		90	430	4.95	2.04	0.46
		100	440	5.12	2.21	0.42
(5)	构造同（4） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	50	440	4.35	1.42	0.64
		60	450	4.52	1.59	0.57
		70	460	4.69	1.76	0.52
		80	470	4.85	1.92	0.48
		90	480	5.02	2.09	0.45
		100	490	5.18	2.26	0.41
(6)	构造同（4） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	50	370	4.15	1.32	0.68
		60	380	4.32	1.49	0.61
		70	390	4.49	1.66	0.55
		80	400	4.65	1.82	0.51
		90	410	4.82	1.99	0.47
		100	420	4.98	2.16	0.43

表 B13　　浮石砂保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		200 250 300 350 400 450	460 510 560 610 660 710	4.69 5.41 6.17 6.94 7.66 8.42	0.79 1.02 1.19 1.36 1.52 1.69	1.06 0.85 0.75 0.66 0.60 0.54
(2)	构造同（1） 屋面板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	200 250 300 350 400 450	510 560 610 660 710 760	4.76 5.48 6.24 7.01 7.73 8.49	0.84 1.07 1.24 1.41 1.57 1.74	1.01 0.82 0.72 0.64 0.58 0.53
(3)	构造同（1） 屋面板为 110mm 厚钢筋混凝土板	200 250 300 350 400 450	440 490 540 590 640 690	4.56 5.28 6.04 6.81 7.53 8.29	0.74 0.97 1.14 1.31 1.47 1.64	1.12 0.89 0.76 0.68 0.62 0.56

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m.K）。

表 B14　　彩色钢板聚苯乙烯泡沫夹芯保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W\ (m^2 \cdot K)^{-1}$
(1)		40 60 80	40 60 80	0.37 0.55 0.74	1.03 1.54 2.05	0.85 0.59 0.45

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m.K）。

表 B15　　彩色钢板聚氨酯硬泡夹泡保温屋面热工性能指标

编号	屋面构造	保温层厚度 δ/mm	屋面总厚度/mm	热惰性指标 D 值	热绝缘系数 M/m²·K·W⁻¹	传热系数 K/W（m²·K）⁻¹
(1)	彩色钢板 聚氨酯硬质泡沫板 (ρ_0=30～45, λ_c=0.029) 彩色钢板	40 60 80	40 60 80	0.50 0.75 0.99	1.38 2.07 2.76	0.65 0.45 0.34

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m³；热导率 λ_c 单位为 W/（m.K）。

B.3　常用节能门窗（见图 B14～图 B16 及表 B16～表 B18）

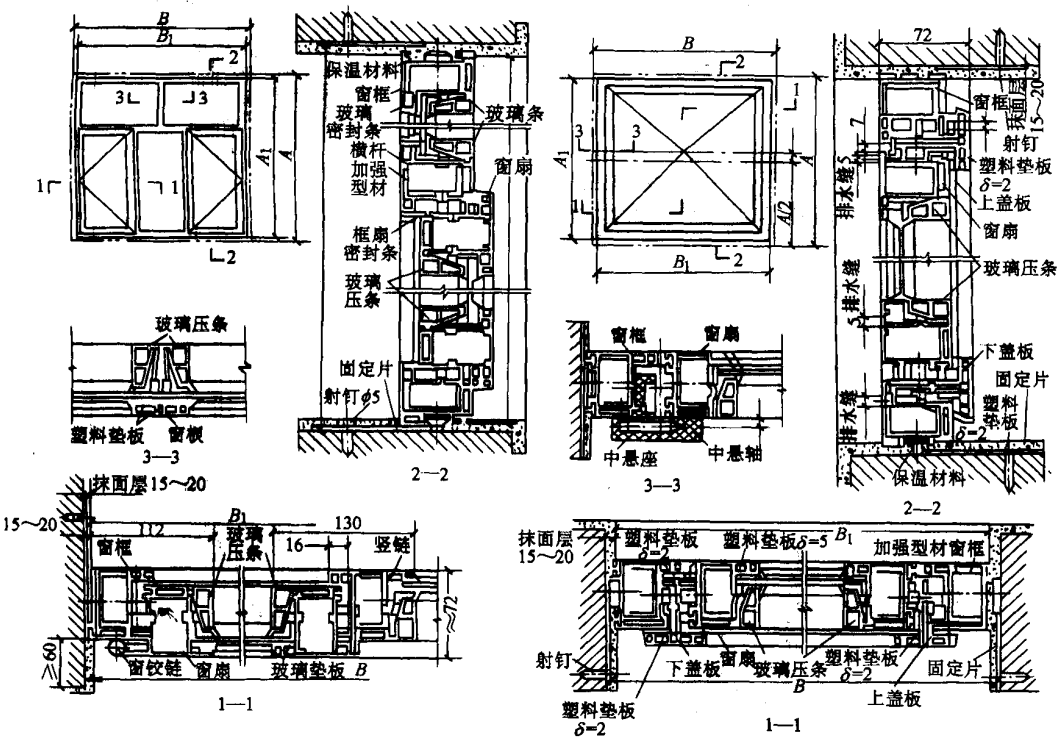
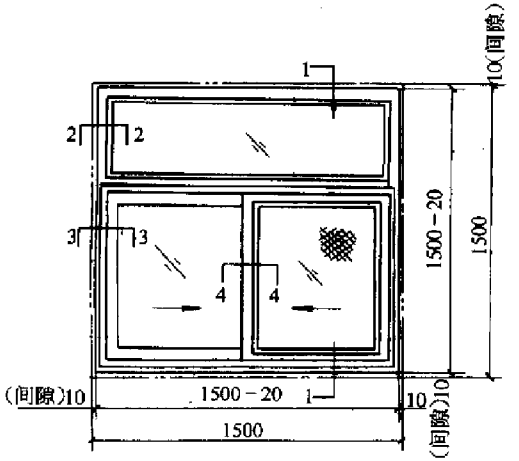
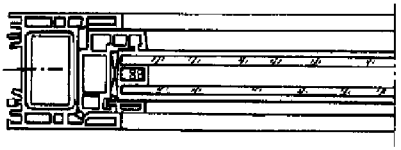
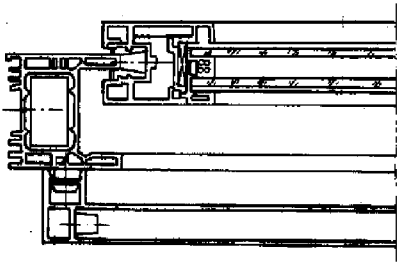


图 B14　58、42 系列固定窗、平开窗和中悬窗构造

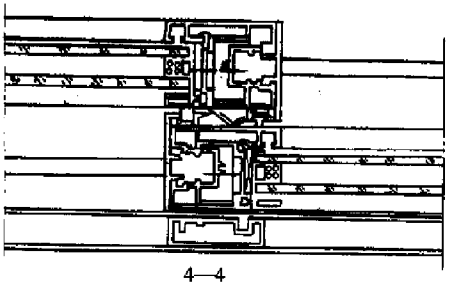




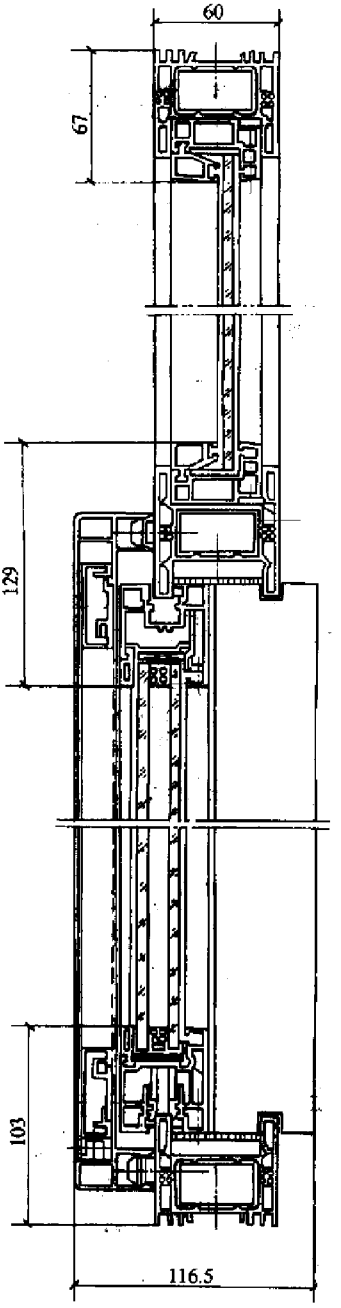
2—2



3—3



4—4



1—1

图 B15　60 系列塑料推拉窗构造

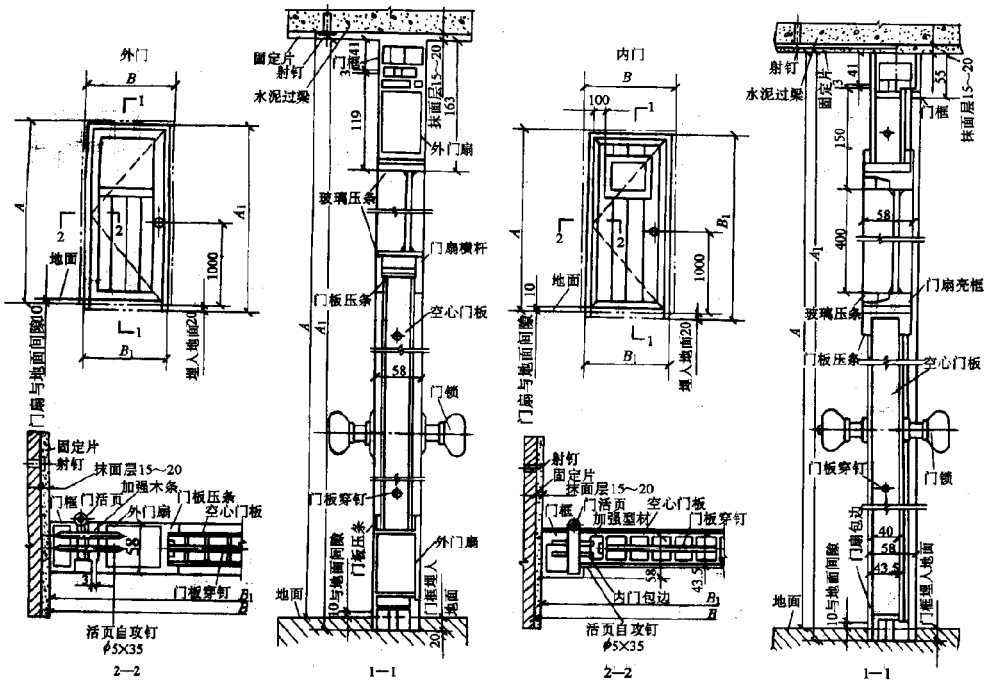


图 B16 单扇子开门、地簧门和双扇平开门、地簧门构造

表 B16 58、42 系列固定窗、平开窗和中悬窗的式样、规格 （单位：mm）

品种		固定窗	单扇平开窗		双扇平开窗	三扇平开窗			中悬窗		
B		500~1500	450~750		900~1500	1500~2400			600~900	900~1800	1800~2400
B_1		B-30	B-30		B-30	B-30			B-30		
A	A_1										
600~1400	B-30	DHGC001	FHPC005E	DHPC005D	DHPC010	DHPC006A	DHPC017A	DHPC017B	DHZC022A	DHZC028A	DHZC025A
1500~2400	B-30	DHGC002	DHPC007A	DHPC007D	DHPC011	DHPC015A	DHPC014A	DHPC014B	DHZC022C	DHZC028B	DHZC032A
1500~2400	B-30	DHGC004	DHPC008A	DHPC008D	DHPC013	DHPC015I	DHPC015P	DHPC021E	DHZC022E	DHZC028C	DHZC032B
1500~2400	B-30	HGC003	DHPC007E	DHPC007F	DHPC012	DHPC015C	DHPC015V	DHPC021K	DHZC023A	DHZC030A	DHZC033

注：1. 42系列无中悬窗 2. 42系列窗框最大尺寸限1800×1800 3. 如需内开窗，订货时请注明 4. 四扇平开窗亦可制作 5. 如需其它窗型，可在订货时提出。

表 B17　85、58 系列推拉窗和 85 系列推拉门的式样、规格　（单位：mm）

85,58 系列推位窗					85 系列推位窗				
A / A_1	B / B_1	900~2400	900~2400	1800~3000	A / A_1	B / B_1	1200~2400	1200~2400	2100~3000
		B-30	B-30	B-30			B-30	B-30	B-30
900~1800	A-30	DHTC001	DHTC001A	DHTC005	2100	A-30	DHTM001L	DHTM001R	DHTM005
		DHTC003	DHTC001B	DHTC006			DHTM002L	DHTM002R	DHTM006
1200~2700	A-30	DHTC007	DHTC007A	DHTC011	2400~3000	A-30	DHTM007L	DHTM007R	DHTM011
		DHTC009	DHTC007B	DHTC0012			DHTM008L	DHTM008R	DHTM012

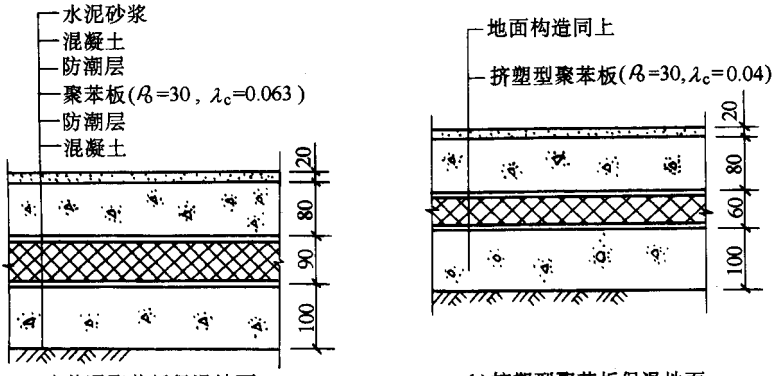
注：58 系列无上亮推拉窗框最大尺寸恨2100×1500,58系列带上亮推拉窗框最大尺寸限2100×2400。

表 B18　单扇平开门、地簧门和双扇平开门、地簧门的式样、规格　（单位：mm）

品种		单扇平开门			双扇平开门		地簧门	
A / A_1	B / B_1	700~1000			1200~1800		700~1200	1200~2000
		B-30			B-30		B-30	B-30
1900~2400	A+5	DHPM001	DHPM005A	DHPM005C	DHPM010	DHPM010C	DHPM001	DHPM010
		DHPM003A	DHPM003B	DHPM005E	DHPM010B	DHPM010D	DHPM002	DHPM011
2400~300	A+5	DHPM006Q	DHPM006I	DHPM006J	DHPM011A	DHPM012A	DHPM003	DHPM012
		DHPM003A	DHPM003B	DHPM006V	DHPM012B	DHPM012C	DHPM004	DHPM013

注：1. 本图所示均为外门，如需要内门请订货时注明，但地弹簧门无内门外门之分。2. 本图所示平开门均为内开门，如需外开门请在图号后加“Y”字（例如，DHPM006QY）。3. 门的上亮如需开启时，请订货时注明，但须加价 15%。4. 门框需带门下槛（例如阳台门时），请订货时注明。

B.4　常用节能地面（见图 B17、图 B18 及表　B19、表 B20）



a) 普通聚苯板保温地面　　b) 挤塑型聚苯板保温地面

图 B17　地面保温构造

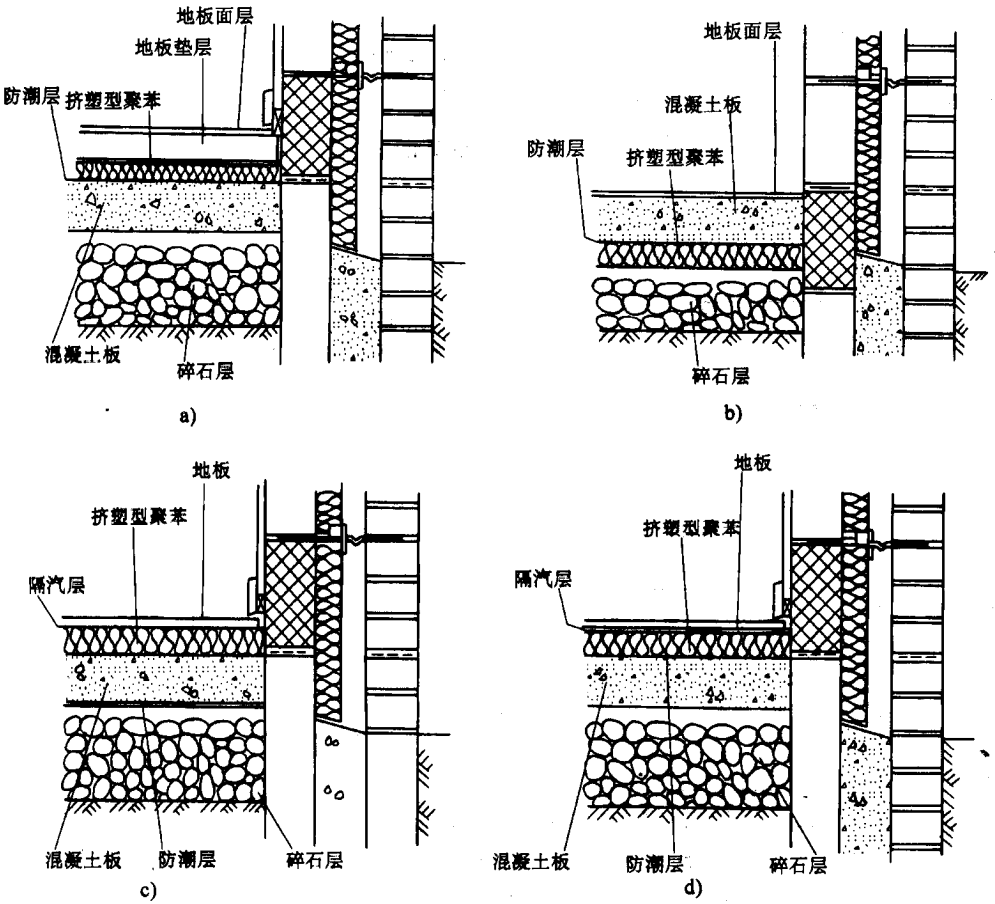


图 B18　几种典型的地面保温构造（英国）

表 B19　　几种地面吸热指数 β 值及热工性能类别

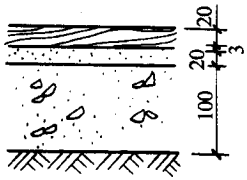
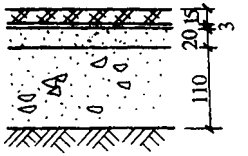
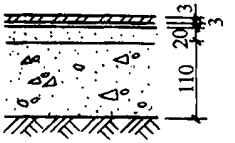
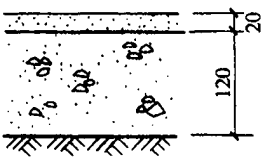
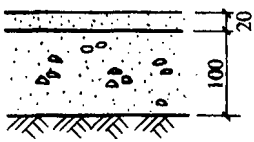
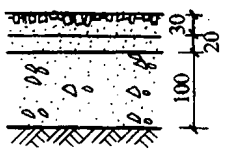
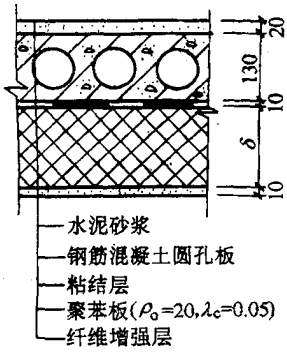
名称	地面构造		B 值	热工性能类别
硬木地面		1. 硬木地板 2. 粘贴层 3. 水泥砂浆 4. 素混凝土	9.1	Ⅰ
厚层塑料地面		1. 聚氯乙烯地板 2. 粘贴层 3. 水泥砂浆 4. 素混凝土	8.6	Ⅰ
薄层塑料地面		1. 聚氯乙烯地面 2. 粘贴层 3. 水泥砂浆 4. 素混凝土	18.2	Ⅱ
轻骨料混凝土垫层水泥砂浆地面		1. 水泥砂浆地面 2. 轻骨料混凝土 ($\rho_0 < 1500\text{kg/m}^3$)	20.5	Ⅱ
水泥砂浆地面		1. 水泥砂浆地面 2. 素混凝土	23.3	Ⅲ
水磨石地面		1. 水磨石地面 2. 水泥砂浆 3. 素混凝土	24.3	Ⅲ

表 B20 **几种保温地板的热工性能指标**

编号	地 板 构 造	保温层厚度 δ/mm	地板总厚度/mm	热绝缘系数 $M/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	传热系数 $K/W(m^2 \cdot K)^{-1}$
Ⅰ(1)		60	230	1.40	0.63
		70	240	1.64	0.56
		80	250	1.84	0.50
		90	260	2.04	0.46
		100	270	2.24	0.42
		120	290	2.64	0.36
		140	310	3.04	0.31
		160	330	3.44	0.28
Ⅱ(2)	构造同(1) 地板为 180mm 厚钢筋混凝土圆孔板	60	280	1.49	0.61
		70	290	1.69	0.54
		80	300	1.89	0.49
		90	310	2.09	0.45
		100	320	2.29	0.41
		120	340	2.69	0.35
		140	360	3.09	0.31
		160	380	3.49	0.27
(3)	构造同(1) 地板为 110mm 厚钢筋混凝土板	60	210	1.39	0.65
		70	220	1.59	0.57
		80	230	1.79	0.52
		90	240	1.99	0.47
		100	250	2.19	0.43
		120	270	2.59	0.36
		140	290	2.99	0.32
		160	310	3.39	0.28

注：表中密度 ρ_o 单位为 kg/m^3；热导率 λ_c 单位为 W/（m·K）。

附录 C　建筑节能推荐产品

关于推广应用住宅建设新技术新产品的公告

中华人民共和国建设部令

第 10 号

各省、自治区、直辖市建委（建设厅），北京市　　市政管委、北京市城乡规委，新疆生产建设兵团建设局：

加快住宅建设，把住宅建设培育成为新的经济增长点，对于促进国民经济持续、快速、健康发展具有重要意义。当前，要结合重点建设经济适用住宅的实际情况。通过推广应用既能满足经济适用住宅建设需要，又能适应今后一个时期住宅建设发展方向要求的先进、成熟、经济、适用的新技术、新产品，集中力量解决住宅建设中的关键技术问题，加速用现代科学技术改造传统住宅产业，提高住宅产业的技术水平和住宅建设的整体效益。

在住宅建设中依靠科技进步，建立推广应用新技术、新产品制度，促进科技成果向现实生产力转化，对于加快住宅建设，完善住宅功能，提高住宅质量，创造文明居住环境，推进住宅的质量换代和住宅产业现代化将发挥重要作用。建设部将建立这一制度，定期公布住宅技术和住宅产品推荐目录，引导住宅建设技术发展方向，提高科学技术对住宅建设的贡献率，促进实现住宅建设增长方式的转变和住宅产业的全面发展。现公布首批住宅技术和住宅产品推荐目录。请各地建设行政主管部门根据本地实际情况，采取相应措施，在住宅建设中推广应用。

件：1. 首批住宅技术推荐目录

2. 首批住宅产品推荐目录

中华人民共和国建设部

一九九八年五月十四日

附件 1　首批住宅技术推荐目录

类　别	推荐技术	技　术　特　点	技术适用范围	适用住宅类型		备　注
				经济适用	较高标准	
一、住宅结构体系技术	1. 内浇外砌结构体系	(1) 分户墙为结构的承重墙，户内一般无承重横墙，垒我承重纵墙，分隔灵活可变 (2) 内纵墙集中设置的楼梯间、电梯间与相邻的横墙及外墙形成钢筋混凝土筒，成为主要抗侧力部件 (3) 多层大开间住宅采用具有一定连续板功能的装配整体式楼板 (4) 多层大开间灵活住宅的外墙根据计算设置与砌体形成整体的现浇钢筋混凝土约束柱，间距不大于 3.6m (5) 住宅开间一般在 7.2m 以下，进深一般在 10 ~ 11m	抗震设防烈度在 8 度以下地区，总高度不超过 24m 的 6 ~ 8 层大开间住宅	√	√	北京市已推广应用 30 多幢建筑。并已在天津、上海、常州、苏州、成都、本溪等地区采用
	2. 新型砌筑体系 (1) 混凝土小型空心砌块体系	可设置水平筋带和钢筋混凝土芯柱来满足承载能力的设计要求。层高大于 3m，开间一般不大于 4.5m	抗震设防烈度在 8 度以下的地区 6 度可盖 7 层 21m 7 度可盖 6 层 18m 8 度可盖 5 层 15m	√	√	可广泛应用于缺土地区
	(2) KP1 型多孔砖体系 (3) 模数多孔砖砌体系	节能新型墙体材料，使用与普通粘土砖相同。层高不大于 3m，开间一般不大于 4.5m 多孔砖符合完整的 10 模数新型节能建筑。层高不大于 3m，开间一般不大于 4.5m	抗震设防烈度在 9 度以下的地区 6 度可盖 8 层 24m 7 度可盖 7 层 21m 8 度可盖 6 层 18m 9 度可盖 3 层 9m 同 KP1 多孔砖体系	√	√	具有良好隔热性能的节能建筑 多孔砖墙体具有较好的热工性能，有节能效果

续表

类　别	推荐技术	技　术　特　点	技术适用范围	适用住宅类型		备　注
				经济适用	较高标准	
一、住宅结构体系技术	3. 框轻体系 （1）整体预应力装配式板柱体系	（1）该体系用后张法将预制好的板、柱组成整体预应力混凝土房屋。在现场主要是组装和预应力张拉。为提高抗弯安全度和节省钢材，多采用折线预应力配筋　（2）这种结构的柱距较大，一般为 4.2m × 4.2m，可做到 7.2m × 7.2m，甚至更大，并且楼层无梁、无柱帽，天棚明净　（3）在结构上的最大特点为采用平接式摩擦节点　水平预应力作用所产生的垂直摩擦力远比传递来的最大垂直荷载大，垂直抗剪安全系数在 3 以上。预应降起组装和承载两种作用，它使节点具有自行调节的柔性及较高的弹性恢复能力。这些特征在经受天然地震和动力试验中均得到验证　（4）在地震区或高层建筑中可加设剪力墙，是一种抗震性能较好的框架结构体系　配合住宅各房间的布置，框架柱采用“L”、“+”、“T”等形状，使室内柱无凸角，便于住户布置。纯框架柱一般不大于 6m	抗震设防烈度在 8 度以下的地区　建筑高度不超过 50m，抗震设防烈度不超过 8 度的多层、高层住宅及其他建筑	√	√	在北京、成都、唐山、广州、沈阳、常州及兰州等地已推广应用 25 万 m^2
	（2）异型柱框架结构体系		抗震设防烈度在 8 度以下的地区。纯框架可用于 9 层以下的住宅。与剪力墙共同使用可用于高住宅建筑			框架承担了全部荷载，因此建筑内外墙可结合各地情况，采用新型墙体材料
	4. 底部大空间，上层大开间少内纵墙剪力墙结构体系	（1）底部为大空间，两端设置钢筋混凝土筒体，中间为框架支承，可满足规划设计的各种需要 （2）横墙间距一般在 7.2m 以下，进深一般在 10 ~ 11m （3）内纵墙少，集中设置在两端的楼电梯间钢筋混凝土筒处，为建筑平面灵活多样化创造了条件 （4）采用现浇楼板 （5）外墙可采用各种形式的挂板	抗震设防烈度在 8 度以下地区，20 层以下的高层建筑	√	√	北京市已应用，为发展多功能建筑创造了条件

续表

类别	推荐技术	技术特点	技术适用范围	适用住宅类型		备注
				经济适用	较高标准	
二、建筑节能成套技术	1. 围护结构节能技术					外保温易于达到节能标准节能50%的外墙保温隔热要求，可避免热桥，但对构造、材料和施工要求严格 夹心保温面层处理简便，但必须做好内外层墙皮之间的拉结 内保温施工较简便，严寒和寒冷地区能达到民用建筑节能30%的墙体保温隔热要求，但存在热桥问题注意处理。内墙装修时要注意保护 注意不能用膨胀型聚苯板 装饰、节能两方面兼顾
	（1）外墙外保温隔热层技术 1）外墙外保温隔热技术	将聚苯乙烯板粘结于基层墙体外侧，上抹聚合物砂浆，内满铺耐碱玻璃纤维网布增强	严寒和寒冷地区新建节能住宅墙体和旧住宅节能改造	√	√	
	2）外墙夹心保温隔热技术	在混凝土砌块或砖墙中间，夹入聚苯板、岩棉板、玻璃板和或膨胀珍珠岩材料，或者中间灌注发泡聚氨酯	严寒和寒冷地区新建节能住宅墙体	√	√	
	3）外墙内保温隔热技术	用聚苯乙烯板、岩棉板或玻璃棉板与纸面石膏板、增强石膏板或GRC板复合，固定在基层墙体内侧	新建住宅墙体和旧住宅节能改造	√		
	（2）屋面保温隔热技术 1）防水层下设保温隔热层技术	用憎水性珍珠岩、聚苯乙烯板、水泥聚苯板做保温层，上面再作防水层	新建节能住宅屋面	√	√	
	2）防水层上设保温隔热技术	在防水层上，设桥塑型聚苯板作保温隔热层，上用石块和混凝土块压住	新建节能住宅屋面及旧住宅屋面节能改造	√	√	
	3）防水珍珠岩屋面保温块	带排气孔，容量轻、不含水、强度高、冷作业、施工方便	是新型屋面保温防水材料，有条件的地区均可用	√	√	
	3）门窗节能技术 1）塑料窗	用保温和气密性优良的塑料窗，寒冷地区用双玻璃；严寒地区可用三玻窗并加贴密封条防止空气渗透		√	√	
	2）保温镀膜玻璃	该种窗玻璃又称低辐射玻璃，是在普通玻璃上镀上一层或几层金属、合金或金属氧化物薄膜。一般都用于制造中空型双层玻璃	造价较高，在有条件的严寒、寒冷地区可用		√	

续表

类别	推荐技术	技术特点	技术适用范围	适用住宅类型		备注
				经济适用	较高标准	
二、建筑节能成套技术	3）外门及外露阳台门保温	该种玻璃能把90%远红外线反射在室内，节能效果很好。在门内侧或夹心设轻质高难度效保温材料		√	√	应符合“民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）JGJ26—1995”第五章采暖设计部分规定的各项指标要求
	2. 供热系统节能技术					
	（1）集中式具有室温控制及热量计量的室内采暖系统					
	1）双管接户水平管系统	每户为一个系统（户内为水平并联或串联），每户设热表，每台散热器安装恒温阀或手动调节阀（并联时）或设一个恒温或手动调节阀（串联时）	适用于新建住宅小区	√	√	按明装散热器设计的系统散热器不允许加罩，更不能借装修罩住对流通路及调节阀门
	2）常规双管系统	每台散热器安装恒温阀或手动调节阀 每台散热器安设热量分配表，整幢楼或锅炉房或热力站安设热表	适用于新建住宅小区	√	√	恒温阀或调节阀应采用高阻力式
	3）单管系统加上散热器跨越管	同常规双管系统	适用于新建住宅小区或旧住宅采暖系统改造	√	√	散热器及调节阀需外露
	（2）集中供热水平衡系统			√	√	恒温阀不需选高阻力式
	1）平衡阀及其水力平衡调试技术	平衡阀具有良好的流量调节性能，借助智能仪表可测出流经该平衡阀的流量，智能仪表内储存了平衡阀的流量特性及平衡调试软件，只需在供热系统运行时对管网中全部平衡阀作一次性的调整，即可实现流量分配符合设计要求	适用于单管及单管加跨越管系统，以及规模较小的双管系统			根据能源情况及房屋开发商的要求选定 注意冷热负荷的匹配
	2）压差控制技术	设置压差控制器调整供回水管压差，保证系统稳定	适用于规模大的双管系统	√	√	应注意燃烧产物的排放问题，并应防止墙体保温
	（3）制冷、采暖、热水三联供系统技术	利用热网热源或足够余热的溴化锂吸收式冷（热）机组及冬季使用的汽水热交换器系统，室内可装风机盘管送冷（热）风	有集中热源的即需要采暖又需空调的住宅小区		√	

续表

类 别	推荐技术	技 术 特 点	技术适用范围	适用住宅类型		备 注
				经济适用	较高标准	
二、建筑节能成套技术	1）溴化锂吸收式冷（热）水机组系统 2）直燃型吸收式冷（热）水机组系统	利用燃气的双效直燃型吸收式冷（热）水机组三联供系统，可解决冬、夏燃气峰谷问题，室内可用风机盘管送冷（热）风	最适合我国过渡地区（冬冷、夏热地区）和部分寒冷地区，但必须有充足的气源	√	√ √	根据能源及具体条件选定
	（4）分散式采暖、空调节能技术 1）燃气式整栋供暖机组或单元热水器提供每栋或每户采暖系统	需配以散热器或风机盘管末端装置 机组将冷、热风送入室内，由恒温器调节室温	适用于无集中采暖，有燃气地区或采暖系统改造工程 当住宅小区有燃气供暖，同时又有空调要求时	√	√ √	
	2）燃气采暖、电气空调机组 3）小型热泵机组提供每户采暖、空调冷热源 ①风冷热泵机组（分全式及整体式） ②闭环水源热泵机组（整体式）	热泵机组将冷、热风送入室内，由恒温器调节室温 全楼由闭环水管连接每户机组，设一个冷却塔及一个辅助热源，室内安设风管将冷热风送入室内	适用于既需采暖又需空调的过渡地区	√	√ √	

续表

类　别	推荐技术	技　术　特　点	技术适用范围	适用住宅类型		备　注
				经济适用	较高标准	
二、建筑节能成套技术	3. 利用太阳能节能技术 （1）太阳能供热水技术 1）高效节能集热器利用 2）合理的系统布置及水箱防冻处理	玻璃真空管集热器、热管真空集热器及铝铜复合条带集热板的应用	太阳能充足地区，尤其适合于常规能源缺乏地区及乡镇住宅	√		施工要符合安装施工规范，产品要符合质量标准
	（2）被动式太阳能采暖技术	《设计建造依据被动式太阳房热工设计手册》及《被动式太阳房建筑参考图集》	太阳能资源丰富的北方村镇及常规能源缺乏地区	√	√	在较高标准建筑中可增加辅助热源

注：打√的为适用于此类型。

附件 2　首批住宅产品推荐目标（摘录）

类　别	推荐产品	产品技术性能要求	适用住宅类型		限制使用或淘汰产品	备　注
			经济适用	较高标准		
一、外墙材料	1. 混凝土空心砌块（含多排孔或双排孔，空心率不大于35%的轻骨料混凝土小砌块）	应符合 GB8239—1997 技术要求。五层及五层以上民用建筑应采用不低于 MU15、MU20 高强砌块	√	√	实心粘土砖（限制）	墙体材料量大面广，地方性、经济性强，要因地制宜。禁止毁田烧砖，充分利用地方资料及工农业废料，发展自重轻，节约原料，节约能源，工业化生产的新型墙体材料
	2. 加气混凝土砌块	应符合 GB/T 11968—1997 技术要求。在 ±0 以下和受化学侵蚀部位不得使用	√	√		
	3. 烧结空心砖（包括粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰空心砖）	应符合 GB 13545—1992 技术要求，用于非承重墙体，密度为 800kg/m³、900kg/m³、1100kg/m³、三个级别，壁厚大于 10mm，肋厚应于 7mm，孔洞率≥35%	√	√		

续表

类 别	推荐产品	产品技术性能要求	适用住宅类型		限制使用或淘汰产品	备 注
			经济适用	较高标准		
一、外墙材料	4. 蒸压砖（包括灰砂砖，粉煤灰砖等）	蒸压灰砂砖应符合 GB11945—1999 技术要求。强度级别分为 MU25、MU20、MU15、MU10 四级，优等品不得小于 MU15，主要用于承重墙体，应保证砌体抗剪要求。MU10 不得用于基础及潮湿建筑部位 蒸压粉煤灰砖应符合 JC239—2001 技术要求，强度级别分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 五级。不得用于长期受热、受急冷急热和有酸性介质侵蚀的建筑部位。MU10 不得用于基础及潮湿建筑部位	√			外墙材料应具有保温、隔热、防风、防雨、防火、耐久和装饰等功能。强度应符合建筑结构设计要求，各种性能应符合国家或行业标准 国家规定的采暖地区，外墙传热系数的限制应符合国家建筑节能标准。冬冷夏热和炎热地区，也应加强外墙的保温隔热功能，提高室内舒适性和节约采暖及空调能耗。绝热材料性能应符合国家或行业标准
	5. 烧结砖（包括页岩、煤矸石、粉煤灰砖）	应符合 GB5101—1998 技术要求。砖的强度等级为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 五级	√		烧结粘土砖已被淘汰	
二、非承重内墙材料 （一）薄板	1. 纸面石膏板	应符合 GB9775—1988，GB11978—1959，GB11979—1989 技术要求。纸面石板分普通纸面石膏板，耐水纸面石膏板和防火纸面石膏板。厚度为 9mm、12mm、15mm 和 18mm，密度 750～900kg/m^3 当层间位移达到 1/150～1/200，不应发生崩裂和倒塌	√	√		内墙材料应具有使用强度，隔声，防火、防水、防潮、抗菌功能，该项性能应符合国家和行业标准
	2. 纤维增强硅酸钙板	密度 900～1100kg/m^3，厚度为 6～12mm，抗折强度应大于 5MPa，阻燃	√	√		
	3. 纤维增强水泥板	纤维增强水泥品种很多，密度 900mm～1200kg/m^3，厚度 4～25mm	√	√		

续表

类　别	推荐产品	产品技术性能要求	适用住宅类型		限制使用或淘汰产品	备　注
			经济适用	较高标准		
（一）薄板	4. 石膏纤维板	密度 900～1200kg/m³，厚度 7～15mm，抗折强度：横向 3.2～12MPa，纵向 3.6～1MPa	√	√		
	5. 水泥刨花板	密度 1100～1200kg/m³，厚度 4～40mm，抗折强度 9～11MPa，抗压强度 10～15MPa	√			
	6. 水泥木屑板	密度 1250～1300kg/m³，厚度 4～40mm，抗折强度 9～11MPa	√			
（二）隔墙板	1. 耐碱玻纤低碱水泥隔墙板	低碱水泥耐碱短纤维喷射成型。板厚 60mm，圆孔抗压强应大于 7MPa。低碱水泥耐碱玻璃纤维布增强板，板厚 60～90mm，圆孔或方孔，壁厚大于或等于 14mm，抗压强度大于 10MPa	√			隔墙板用做室内空间的分隔，其材料的面密度小于或等于 60kg/m²，耐火限大于或等于 130min，隔声量大于 30dB，破坏荷载大于或等于 100kg/m²，单点吊挂力大于等于 800N，用于厨房，卫生间隔断应具有防水性能
	2. 石膏水泥圆孔隔墙板	以石膏板为主料，适当掺加水泥，用中碱涂塑玻璃纤维网络布增强，板厚 60～90mm，圆孔，抗压强度大于 7MPa	√			
	3. 陶粒混凝土隔墙板	产品有毛面和光面两种，板厚 60～90mm，抗压强度 7MPa，冷拔钢丝增强	√			
（三）砌筑材料	1. 加气混凝土砌块	应符合 GB11968—1997 技术要求。墙体砌筑和抹灰应使用专用砂浆	√	√		
	2. 大孔烧结空心砖	应符合 GB13545—1992 技术要求。用于非承重墙体，密度 800kg/m³、900kg/m³、1100kg/m³，壁厚应于 10mm，肋厚应于 7mm，孔洞率大于等于 35%	√			

续表

类 别	推荐产品	产品技术性能要求	适用住宅类型		限制使用或淘汰产品	备 注
			经济适用	较高标准		
（三）砌筑材料	3. 轻骨料混凝土砌块	密度 400～500kg/m³ 和 700～800kg/m³，空心率大于等于 35%，抗压强度不小于 1.5～2.5MPa	√			
	4. 石膏砌块	干密度 500～700kg/m³，抗压强度大于 2.5MPa	√			
三、绝热材料	1. 挤塑型聚苯乙烯泡沫制品	表观密度 25～45kg/m³，热导率 0.025～0.035W/（m·K）；抗压强度 150～700MPa；吸湿率 0.05%～0.1%	√	√		根据建筑节能的发展目标，积极发展自重轻，强度较高，密度低，热导率小，吸湿率低，透气性好的新型隔热保温材料
	2. 玻璃棉制品产品	技术性能应符合 GB/T13350—2000	√	√		
	3. 自发泡聚氨酯材料	产品技术性能应符合 GB10800—1989	√	√		
	4. 半硬质岩棉制品	产品技术性能应符合 GB11835—1989	√	√		
	5. 矿棉制品	产品技术性能应符合 GB/T11835—1998	√			
	6. 憎水型珍珠岩制品	抗压强度大于 0.7MPa；憎水率大于 98%；表观密度小于 200kg/m³；热导率小于 0.09W/（m·K）	√			
	7. 水泥聚苯板	表观密度 280～300kg/m³；抗压强度大于 0；3MPa；软化系数大于 0.9；热导率小于 0.09W/（m·K）	√			
	8. 阻燃型聚苯乙烯制品	产品技术性能指标应符合 GB/T 10801—2002	√			
	9. 充气石膏制品	表观密度 450～500kg/m³，断裂荷载大于 55kg；保温层热导率 0.05～0.08W（m·K）；收缩小于 0.02%；耐火极限大于 1h	√			

注：打√的为适用于此类型。

第十四篇

相关法律法规

中华人民共和国建筑法

（1997 年 11 月 1 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过 1997 年 11 月 1 日中华人民共和国主席令第九十一号公布自 1998 年 3 月 1 日起施行）

第一章　总　则

第一条　为了加强对建筑活动的监督管理，维护建筑市场秩序，保证建筑工程的质量和安全，促进建筑业健康发展，制定本法。

第二条　在中华人民共和国境内从事建筑活动，实施对建筑活动的监督管理，应当遵守本法。

本法所称建筑活动，是指各类房屋建筑及其附属设施的建造和与其配套的线路、管道、设备的安装活动。

第三条　建筑活动应当确保建筑工程质量和安全，符合国家的建筑工程安全标准。

第四条　国家扶持建筑业的发展，支持建筑科学技术研究，提高房屋建筑设计水平，鼓励节约能源和保护环境，提倡采用先进技术、先进设备、先进工艺、新型建筑材料和现代管理方式。

第五条　从事建筑活动应当遵守法律、法规，不得损害社会公共利益和他人的合法权益。

任何单位和个人都不得妨碍和阻挠依法进行的建筑活动。

第六条　国务院建设行政主管部门对全国的建筑活动实施统一监督管理。

第二章 建筑许可

第一节 建筑工程施工许可

第七条 建筑工程开工前，建设单位应当按照国家有关规定向工程所在地县级以上人民政府建设行政主管部门申请领取施工许可证；但是，国务院建设行政主管部门确定的限额以下的小型工程除外。

按照国务院规定的权限和程序批准开工报告的建筑工程，不再领取施工许可证。

第八条 申请领取施工许可证，应当具备下列条件：

（一）已经办理该建筑工程用地批准手续；

（二）在城市规划区的建筑工程，已经取得规划许可证；

（三）需要拆迁的，其拆迁进度符合施工要求；

（四）已经确定建筑施工企业；

（五）有满足施工需要的施工图纸及技术资料；

（六）有保证工程质量和安全的具体措施；

（七）建设资金已经落实；

（八）法律、行政法规规定的其他条件。

建设行政主管部门应当自收到申请之日起十五日内，对符合条件的申请颁发施工许可证。

第九条 建设单位应当自领取施工许可证之日起三个月内开工。因故不能按期开工的，应当向发证机关申请延期；延期以两次为限，每次不超过三个月。既不开工又不申请延期或者超过延期时限的，施工许可证自行废止。

第十条 在建的建筑工程因故中止施工的，建设单位应当自中止施工之日起一个月内，向发证机关报告，并按照规定做好建筑工程的维护管理工作。

建筑工程恢复施工时，应当向发证机关报告；中止施工满一年的工程恢复施工前，建设单位应当报发证机关核验施工许可证。

第十一条 按照国务院有关规定批准开工报告的建筑工程，因故不能按期开工或者中止施工的，应当及时向批准机关报告情况。因故不能按期开工

超过六个月的，应当重新办理开工报告的批准手续。

第二节　从业资格

第十二条　从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位和工程监理单位，应当具备下列条件：

（一）有符合国家规定的注册资本；

（二）有与其从事的建筑活动相适应的具有法定执业资格的专业技术人员；

（三）有从事相关建筑活动所应有的技术装备；

（四）法律、行政法规规定的其他条件。

第十三条　从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位和工程监理单位，按照其拥有的注册资本、专业技术人员、技术装备和已完成的建筑工程业绩等资质条件，划分为不同的资质等级，经资质审查合格，取得相应等级的资质证书后，方可在其资质等级许可的范围内从事建筑活动。

第十四条　从事建筑活动的专业技术人员，应当依法取得相应的执业资格证书，并在执业资格证书许可的范围内从事建筑活动。

第三章　建筑工程发包与承包

第一节　一般规定

第十五条　建筑工程的发包单位与承包单位应当依法订立书面合同，明确双方的权利和义务。

发包单位和承包单位应当全面履行合同约定的义务。不按照合同约定履行义务的，依法承担违约责任。

第十六条　建筑工程发包与承包的招标投标活动，应当遵循公开、公正、平等竞争的原则，择优选择承包单位。

建筑工程的招标投标，本法没有规定的，适用有关招标投标法律的规定。

第十七条　发包单位及其工作人员在建筑工程发包中不得收受贿赂、回扣或者索取其他好处。

承包单位及其工作人员不得利用向发包单位及其工作人员行贿、提供回扣或者给予其他好处等不正当手段承揽工程。

第十八条 建筑工程造价应当按照国家有关规定，由发包单位与承包单位在合同中约定。公开招标发包的，其造价的约定，须遵守招标投标法律的规定。

发包单位应当按照合同的约定，及时拨付工程款项。

第二节 发 包

第十九条 建筑工程依法实行招标发包，对不适于招标发包的可以直接发包。

第二十条 建筑工程实行公开招标的，发包单位应当依照法定程序和方式，发布招标公告，提供载有招标工程的主要技术要求、主要的合同条款、评标的标准和方法以及开标、评标、定标的程序等内容的招标文件。

开标应当在招标文件规定的时间、地点公开进行。开标后应当按照招标文件规定的评标标准和程序对标书进行评价、比较，在具备相应资质条件的投标者中，择优选定中标者。

第二十一条 建筑工程招标的开标、评标、定标由建设单位依法组织实施，并接受有关行政主管部门的监督。

第二十二条 建筑工程实行招标发包的，发包单位应当将建筑工程发包给依法中标的承包单位。建筑工程实行直接发包的，发包单位应当将建筑工程发包给具有相应资质条件的承包单位。

第二十三条 政府及其所属部门不得滥用行政权力，限定发包单位将招标发包的建筑工程发包给指定的承包单位。

第二十四条 提倡对建筑工程实行总承包，禁止将建筑工程肢解发包。

建筑工程的发包单位可以将建筑工程的勘察、设计、施工、设备采购一并发包给一个工程总承包单位，也可以将建筑工程勘察、设计、施工、设备采购的一项或者多项发包给一个工程总承包单位；但是，不得将应当由一个承包单位完成的建筑工程肢解成若干部分发包给几个承包单位。

第二十五条 按照合同约定，建筑材料、建筑构配件和设备由工程承包单位采购的，发包单位不得指定承包单位购入用于工程的建筑材料、建筑构配件和设备或者指定生产厂、供应商。

第三节　承　　包

第二十六条　承包建筑工程的单位应当持有依法取得的资质证书，并在其资质等级许可的业务范围内承揽工程。

禁止建筑施工企业超越本企业资质等级许可的业务范围或者以任何形式用其他建筑施工企业的名义承揽工程。禁止建筑施工企业以任何形式允许其他单位或者个人使用本企业的资质证书、营业执照，以本企业的名义承揽工程。

第二十七条　大型建筑工程或者结构复杂的建筑工程，可以由两个以上的承包单位联合共同承包。共同承包的各方对承包合同的履行承担连带责任。

两个以上不同资质等级的单位实行联合共同承包的，应当按照资质等级低的单位的业务许可范围承揽工程。

第二十八条　禁止承包单位将其承包的全部建筑工程转包给他人，禁止承包单位将其承包的全部建筑工程肢解以后以分包的名义分别转包给他人。

第二十九条　建筑工程总承包单位可以将承包工程中的部分工程发包给具有相应资质条件的分包单位；但是，除总承包合同中约定的分包外，必须经建设单位认可。施工总承包的，建筑工程主体结构的施工必须由总承包单位自行完成。

建筑工程总承包单位按照总承包合同的约定对建设单位负责；分包单位按照分包合同的约定对总承包单位负责。总承包单位和分包单位就分包工程对建设单位承担连带责任。

禁止总承包单位将工程分包给不具备相应资质条件的单位。禁止分包单位将其承包的工程再分包。

第四章　建筑工程监理

第三十条　国家推行建筑工程监理制度。

国务院可以规定实行强制监理的建筑工程的范围。

第三十一条　实行监理的建筑工程，由建设单位委托具有相应资质条件的工程监理单位监理。建设单位与其委托的工程监理单位应当订立书面委托

监理合同。

第三十二条 建筑工程监理应当依照法律、行政法规及有关的技术标准、设计文件和建筑工程承包合同，对承包单位在施工质量、建设工期和建设资金使用等方面，代表建设单位实施监督。

工程监理人员认为工程施工不符合工程设计要求、施工技术标准和合同约定的，有权要求建筑施工企业改正。

工程监理人员发现工程设计不符合建筑工程质量标准或者合同约定的质量要求的，应当报告建设单位要求设计单位改正。

第三十三条 实施建筑工程监理前，建设单位应当将委托的工程监理单位、监理的内容及监理权限，书面通知被监理的建筑施工企业。

第三十四条 工程监理单位应当在其资质等级许可的监理范围内，承担工程监理业务。

工程监理单位应当根据建设单位的委托，客观、公正地执行监理任务。

工程监理单位与被监理工程的承包单位以及建筑材料、建筑构配件和设备供应单位不得有隶属关系或者其他利害关系。

工程监理单位不得转让工程监理业务。

第三十五条 工程监理单位不按照委托监理合同的约定履行监理义务，对应当监督检查的项目不检查或者不按照规定检查，给建设单位造成损失的，应当承担相应的赔偿责任。

工程监理单位与承包单位串通，为承包单位谋取非法利益，给建设单位造成损失的，应当与承包单位承担连带赔偿责任。

第五章 建筑安全生产管理

第三十六条 建筑工程安全生产管理必须坚持安全第一、预防为主的方针，建立健全安全生产的责任制度和群防群治制度。

第三十七条 建筑工程设计应当符合按照国家规定制定的建筑安全规程和技术规范，保证工程的安全性能。

第三十八条 建筑施工企业在编制施工组织设计时，应当根据建筑工程的特点制定相应的安全技术措施；对专业性较强的工程项目，应当编制专项安全施工组织设计，并采取安全技术措施。

第三十九条　建筑施工企业应当在施工现场采取维护安全、防范危险、预防火灾等措施；有条件的，应当对施工现场实行封闭管理。

施工现场对毗邻的建筑物、构筑物和特殊作业环境可能造成损害的，建筑施工企业应当采取安全防护措施。

第四十条　建设单位应当向建筑施工企业提供与施工现场相关的地下管线资料，建筑施工企业应当采取措施加以保护。

第四十一条　建筑施工企业应当遵守有关环境保护和安全生产的法律、法规的规定，采取控制和处理施工现场的各种粉尘、废气、废水、固体废物以及噪声、振动对环境的污染和危害的措施。

第四十二条　有下列情形之一的，建设单位应当按照国家有关规定办理申请批准手续：

（一）需要临时占用规划批准范围以外场地的；

（二）可能损坏道路、管线、电力、邮电通讯等公共设施的；

（三）需要临时停水、停电、中断道路交通的；

（四）需要进行爆破作业的；

（五）法律、法规规定需要办理报批手续的其他情形。

第四十三条　建设行政主管部门负责建筑安全生产的管理，并依法接受劳动行政主管部门对建筑安全生产的指导和监督。

第四十四条　建筑施工企业必须依法加强对建筑安全生产的管理，执行安全生产责任制度，采取有效措施，防止伤亡和其他安全生产事故的发生。

建筑施工企业的法定代表人对本企业的安全生产负责。

第四十五条　施工现场安全由建筑施工企业负责。实行施工总承包的，由总承包单位负责。分包单位向总承包单位负责，服从总承包单位对施工现场的安全生产管理。

第四十六条　建筑施工企业应当建立健全劳动安全生产教育培训制度，加强对职工安全生产的教育培训；未经安全生产教育培训的人员，不得上岗作业。

第四十七条　建筑施工企业和作业人员在施工过程中，应当遵守有关安全生产的法律、法规和建筑行业安全规章、规程，不得违章指挥或者违章作业。作业人员有权对影响人身健康的作业程序和作业条件提出改进意见，有权获得安全生产所需的防护用品。作业人员对危及生命安全和人身健康的行

为有权提出批评、检举和控告。

第四十八条 建筑施工企业必须为从事危险作业的职工办理意外伤害保险，支付保险费。

第四十九条 涉及建筑主体和承重结构变动的装修工程，建设单位应当在施工前委托原设计单位或者具有相应资质条件的设计单位提出设计方案；没有设计方案的，不得施工。

第五十条 房屋拆除应当由具备保证安全条件的建筑施工单位承担，由建筑施工单位负责人对安全负责。

第五十一条 施工中发生事故时，建筑施工企业应当采取紧急措施减少人员伤亡和事故损失，并按照国家有关规定及时向有关部门报告。

第六章建筑工程质量管理

第五十二条 建筑工程勘察、设计、施工的质量必须符合国家有关建筑工程安全标准的要求，具体管理办法由国务院规定。

有关建筑工程安全的国家标准不能适应确保建筑安全的要求时，应当及时修订。

第五十三条 国家对从事建筑活动的单位推行质量体系认证制度。从事建筑活动的单位根据自愿原则可以向国务院产品质量监督管理部门或者国务院产品质量监督管理部门授权的部门认可的认证机构申请质量体系认证。经认证合格的，由认证机构颁发质量体系认证证书。

第五十四条 建设单位不得以任何理由，要求建筑设计单位或者建筑施工企业在工程设计或者施工作业中，违反法律、行政法规和建筑工程质量、安全标准，降低工程质量。

建筑设计单位和建筑施工企业对建设单位违反前款规定提出的降低工程质量的要求，应当予以拒绝。

第五十五条 建筑工程实行总承包的，工程质量由工程总承包单位负责，总承包单位将建筑工程分包给其他单位的，应当对分包工程的质量与分包单位承担连带责任。分包单位应当接受总承包单位的质量管理。

第五十六条 建筑工程的勘察、设计单位必须对其勘察、设计的质量负责。勘察、设计文件应当符合有关法律、行政法规的规定和建筑工程质量、安全标准、建筑工程勘察、设计技术规范以及合同的约定。设计文件选用的建筑材料、建筑构配件和设备，应当注明其规格、型号、性能等技术指标，

其质量要求必须符合国家规定的标准。

第五十七条　建筑设计单位对设计文件选用的建筑材料、建筑构配件和设备，不得指定生产厂、供应商。

第五十八条　建筑施工企业对工程的施工质量负责。

建筑施工企业必须按照工程设计图纸和施工技术标准施工，不得偷工减料。工程设计的修改由原设计单位负责，建筑施工企业不得擅自修改工程设计。

第五十九条　建筑施工企业必须按照工程设计要求、施工技术标准和合同的约定，对建筑材料、建筑构配件和设备进行检验，不合格的不得使用。

第六十条　建筑物在合理使用寿命内，必须确保地基基础工程和主体结构的质量。

建筑工程竣工时，屋顶、墙面不得留有渗漏、开裂等质量缺陷；对已发现的质量缺陷，建筑施工企业应当修复。

第六十一条　交付竣工验收的建筑工程，必须符合规定的建筑工程质量标准，有完整的工程技术经济资料和经签署的工程保修书，并具备国家规定的其他竣工条件。

建筑工程竣工经验收合格后，方可交付使用；未经验收或者验收不合格的，不得交付使用。

第六十二条　建筑工程实行质量保修制度。

建筑工程的保修范围应当包括地基基础工程、主体结构工程、屋面防水工程和其他土建工程，以及电气管线、上下水管线的安装工程，供热、供冷系统工程等项目；保修的期限应当按照保证建筑物合理寿命年限内正常使用，维护使用者合法权益的原则确定。具体的保修范围和最低保修期限由国务院规定。

第六十三条　任何单位和个人对建筑工程的质量事故、质量缺陷都有权向建设行政主管部门或者其他有关部门进行检举、控告、投诉。

第七章　法律责任

第六十四条　违反本法规定，未取得施工许可证或者开工报告未经批准擅自施工的，责令改正，对不符合开工条件的责令停止施工，可以处以罚

款。

第六十五条 发包单位将工程发包给不具有相应资质条件的承包单位的，或者违反本法规定将建筑工程肢解发包的，责令改正，处以罚款。

超越本单位资质等级承揽工程的，责令停止违法行为，处以罚款，可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；有违法所得的，予以没收。

未取得资质证书承揽工程的，予以取缔，并处罚款；有违法所得的，予以没收。

以欺骗手段取得资质证书的，吊销资质证书，处以罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第六十六条 建筑施工企业转让、出借资质证书或者以其他方式允许他人以本企业的名义承揽工程的，责令改正，没收违法所得，并处罚款，可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。对因该项承揽工程不符合规定的质量标准造成的损失，建筑施工企业与使用本企业名义的单位或者个人承担连带赔偿责任。

第六十七条 承包单位将承包的工程转包的，或者违反本法规定进行分包的，责令改正，没收违法所得，并处罚款，可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

承包单位有前款规定的违法行为的，对因转包工程或者违法分包的工程不符合规定的质量标准造成的损失，与接受转包或者分包的单位承担连带赔偿责任。

第六十八条 在工程发包与承包中索贿、受贿、行贿，构成犯罪的，依法追究刑事责任；不构成犯罪的，分别处以罚款，没收贿赂的财物，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员给予处分。

对在工程承包中行贿的承包单位，除依照前款规定处罚外，可以责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书。

第六十九条 工程监理单位与建设单位或者建筑施工企业串通，弄虚作假、降低工程质量的，责令改正，处以罚款，降低资质等级或者吊销资质证书；有违法所得的，予以没收；造成损失的，承担连带赔偿责任；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

工程监理单位转让监理业务的，责令改正，没收违法所得，可以责令停

业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

第七十条　违反本法规定，涉及建筑主体或者承重结构变动的装修工程擅自施工的，责令改正，处以罚款；造成损失的，承担赔偿责任；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十一条　建筑施工企业违反本法规定，对建筑安全事故隐患不采取措施予以消除的，责令改正，可以处以罚款；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

建筑施工企业的管理人员违章指挥、强令职工冒险作业，因而发生重大伤亡事故或者造成其他严重后果的，依法追究刑事责任。

第七十二条　建设单位违反本法规定，要求建筑设计单位或者建筑施工企业违反建筑工程质量、安全标准，降低工程质量的，责令改正，可以处以罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十三条　建筑设计单位不按照建筑工程质量、安全标准进行设计的，责令改正，处以罚款；造成工程质量事故的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书，没收违法所得，并处罚款；造成损失的，承担赔偿责任；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十四条　建筑施工企业在施工中偷工减料的，使用不合格的建筑材料、建筑构配件和设备的，或者有其他不按照工程设计图纸或者施工技术标准施工的行为的，责令改正，处以罚款；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书；造成建筑工程质量不符合规定的质量标准的，负责返工、修理，并赔偿因此造成的损失；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十五条　建筑施工企业违反本法规定，不履行保修义务或者拖延履行保修义务的，责令改正，可以处以罚款，并对在保修期内因屋顶、墙面渗漏、开裂等质量缺陷造成的损失，承担赔偿责任。

第七十六条　本法规定的责令停业整顿、降低资质等级和吊销资质证书的行政处罚，由颁发资质证书的机关决定；其他行政处罚，由建设行政主管部门或者有关部门依照法律和国务院规定的职权范围决定。

依照本法规定被吊销资质证书的，由工商行政管理部门吊销其营业执照。

第七十七条　违反本法规定，对不具备相应资质等级条件的单位颁发该

等级资质证书的，由其上级机关责令收回所发的资质证书，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十八条 政府及其所属部门的工作人员违反本法规定，限定发包单位将招标发包的工程发包给指定的承包单位的，由上级机关责令改正；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十九条 负责颁发建筑工程施工许可证的部门及其工作人员对不符合施工条件的建筑工程颁发施工许可证的，负责工程质量监督检查或者竣工验收的部门及其工作人员对不合格的建筑工程出具质量合格文件或者按合格工程验收的，由上级机关责令改正，对责任人员给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任；造成损失的，由该部门承担相应的赔偿责任。

第八十条 在建筑物的合理使用寿命内，因建筑工程质量不合格受到损害的，有权向责任者要求赔偿。

第八章 附 则

第八十一条 本法关于施工许可、建筑施工企业资质审查和建筑工程发包、承包、禁止转包，以及建筑工程监理、建筑工程安全和质量管理的规定，适用于其他专业建筑工程的建筑活动，具体办法由国务院规定。

第八十二条 建设行政主管部门和其他有关部门在对建筑活动实施监督管理中，除按照国务院有关规定收取费用外，不得收取其他费用。

第八十三条 省、自治区、直辖市人民政府确定的小型房屋建筑工程的建筑活动，参照本法执行。

依法核定作为文物保护的纪念建筑物和古建筑等的修缮，依照文物保护的有关法律规定执行。

抢险救灾及其他临时性房屋建筑和农民自建低层住宅的建筑活动，不适用本法。

第八十四条 军用房屋建筑工程建筑活动的具体管理办法，由国务院、中央军事委员会依据本法制定。

第八十五条 本法自 1998 年 3 月 1 日起施行。

中华人民共和国产品质量法（修正）

（1993年2月22日第七届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过根据2000年7月8日第九届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议《关于修改〈中华人民共和国产品质量法〉的决定》修正）

第一章　总　　则

第一条　为了加强对产品质量的监督管理，提高产品质量水平，明确产品质量责任，保护消费者的合法权益，维护社会经济秩序，制定本法。

第二条　在中华人民共和国境内从事产品生产、销售活动，必须遵守本法。

本法所称产品是指经过加工、制作，用于销售的产品。

建设工程不适用本法规定；但是，建设工程使用的建筑材料、建筑构配件和设备，属于前款规定的产品范围的，适用本法规定。

第三条　生产者、销售者应当建立健全内部产品质量管理制度，严格实施岗位质量规范、质量责任以及相应的考核办法。

第四条　生产者、销售者依照本法规定承担产品质量责任。

第五条　禁止伪造或者冒用认证标志等质量标志；禁止伪造产品的产地，伪造或者冒用他人的厂名、厂址；禁止在生产、销售的产品中掺杂、掺假，以假充真，以次充好。

第六条　国家鼓励推行科学的质量管理方法，采用先进的科学技术，鼓励企业产品质量达到并且超过行业标准、国家标准和国际标准。

对产品质量管理先进和产品质量达到国际先进水平、成绩显著的单位和个人，给予奖励。

第七条　各级人民政府应当把提高产品质量纳入国民经济和社会发展规划，加强对产品质量工作的统筹规划和组织领导，引导、督促生产者、销售者加强产品质量管理，提高产品质量，组织各有关部门依法采取措施，制止

产品生产、销售中违反本法规定的行为，保障本法的施行。

第八条 国务院产品质量监督部门主管全国产品质量监督工作。国务院有关部门在各自的职责范围内负责产品质量监督工作。

县级以上地方产品质量监督部门主管本行政区域内的产品质量监督工作。县级以上地方人民政府有关部门在各自的职责范围内负责产品质量监督工作。

法律对产品质量的监督部门另有规定的，依照有关法律的规定执行。

第九条 各级人民政府工作人员和其他国家机关工作人员不得滥用职权、玩忽职守或者徇私舞弊，包庇、放纵本地区、本系统发生的产品生产、销售中违反本法规定的行为，或者阻挠、干预依法对产品生产、销售中违反本法规定的行为进行查处。

各级地方人民政府和其他国家机关有包庇、放纵产品生产、销售中违反本法规定的行为的，依法追究其主要负责人的法律责任。

第十条 任何单位和个人有权对违反本法规定的行为，向产品质量监督部门或者其他有关部门检举。

产品质量监督部门和有关部门应当为检举人保密，并按照省、自治区、直辖市人民政府的规定给予奖励。

第十一条 任何单位和个人不得排斥非本地区或者非本系统企业生产的质量合格产品进入本地区、本系统。

第二章 产品质量的监督

第十二条 产品质量应当检验合格，不得以不合格产品冒充合格产品。

第十三条 可能危及人体健康和人身、财产安全的工业产品，必须符合保障人体健康和人身、财产安全的国家标准、行业标准；未制定国家标准、行业标准的，必须符合保障人体健康和人身、财产安全的要求。

禁止生产、销售不符合保障人体健康和人身、财产安全的标准和要求的工业产品。具体管理办法由国务院规定。

第十四条 国家根据国际通用的质量管理标准，推行企业质量体系认证制度。企业根据自愿原则可以向国务院产品质量监督部门认可的或者国务院产品质量监督部门授权的部门认可的认证机构申请企业质量体系认证。经认

证合格的，由认证机构颁发企业质量体系认证证书。

国家参照国际先进的产品标准和技术要求，推行产品质量认证制度。企业根据自愿原则可以向国务院产品质量监督部门认可的或者国务院产品质量监督部门授权的部门认可的认证机构申请产品质量认证。经认证合格的，由认证机构颁发产品质量认证证书，准许企业在产品或者其包装上使用产品质量认证标志。

第十五条　国家对产品质量实行以抽查为主要方式的监督检查制度，对可能危及人体健康和人身、财产安全的产品，影响国计民生的重要工业产品以及消费者、有关组织反映有质量问题的产品进行抽查。抽查的样品应当在市场上或者企业成品仓库内的待销产品中随机抽龋监督抽查工作由国务院产品质量监督部门规划和组织。县级以上地方产品质量监督部门在本行政区域内也可以组织监督抽查。法律对产品质量的监督检查另有规定的，依照有关法律的规定执行。

国家监督抽查的产品，地方不得另行重复抽查；上级监督抽查的产品，下级不得另行重复抽查。

根据监督抽查的需要，可以对产品进行检验。检验抽取样品的数量不得超过检验的合理需要，并不得向被检查人收取检验费用。监督抽查所需检验费用按照国务院规定列支。

生产者、销售者对抽查检验的结果有异议的，可以自收到检验结果之日起十五日内向实施监督抽查的产品质量监督部门或者其上级产品质量监督部门申请复检，由受理复检的产品质量监督部门作出复检结论。

第十六条　对依法进行的产品质量监督检查，生产者、销售者不得拒绝。

第十七条　依照本法规定进行监督抽查的产品质量不合格的，由实施监督抽查的产品质量监督部门责令其生产者、销售者限期改正。逾期不改正的，由省级以上人民政府产品质量监督部门予以公告；公告后经复查仍不合格的，责令停业，限期整顿；整顿期满后经复查产品质量仍不合格的，吊销营业执照。

监督抽查的产品有严重质量问题的，依照本法第五章的有关规定处罚。

第十八条　县级以上产品质量监督部门根据已经取得的违法嫌疑证据或者举报，对涉嫌违反本法规定的行为进行查处时，可以行使下列职权：

（一）对当事人涉嫌从事违反本法的生产、销售活动的场所实施现场检查；

（二）向当事人的法定代表人、主要负责人和其他有关人员调查、了解与涉嫌从事违反本法的生产、销售活动有关的情况；

（三）查阅、复制当事人有关的合同、发票、帐簿以及其他有关资料；

（四）对有根据认为不符合保障人体健康和人身、财产安全的国家标准、行业标准的产品或者有其他严重质量问题的产品，以及直接用于生产、销售该项产品的原辅材料、包装物、生产工具，予以查封或者扣押。

县级以上工商行政管理部门按照国务院规定的职责范围，对涉嫌违反本法规定的行为进行查处时，可以行使前款规定的职权。

第十九条 产品质量检验机构必须具备相应的检测条件和能力，经省级以上人民政府产品质量监督部门或者其授权的部门考核合格后，方可承担产品质量检验工作。法律、行政法规对产品质量检验机构另有规定的，依照有关法律、行政法规的规定执行。

第二十条 从事产品质量检验、认证的社会中介机构必须依法设立，不得与行政机关和其他国家机关存在隶属关系或者其他利益关系。

第二十一条 产品质量检验机构、认证机构必须依法按照有关标准，客观、公正地出具检验结果或者认证证明。

产品质量认证机构应当依照国家规定对准许使用认证标志的产品进行认证后的跟踪检查；对不符合认证标准而使用认证标志的，要求其改正；情节严重的，取消其使用认证标志的资格。

第二十二条 消费者有权就产品质量问题，向产品的生产者、销售者查询；向产品质量监督部门、工商行政管理部门及有关部门申诉，接受申诉的部门应当负责处理。

第二十三条 保护消费者权益的社会组织可以就消费者反映的产品质量问题建议有关部门负责处理，支持消费者对因产品质量造成的损害向人民法院起诉。

第二十四条 国务院和盛自治区、直辖市人民政府的产品质量监督部门应当定期发布其监督抽查的产品的质量状况公告。

第二十五条 产品质量监督部门或者其他国家机关以及产品质量检验机构不得向社会推荐生产者的产品；不得以对产品进行监制、监销等方式参与

产品经营活动。

第三章　生产者、销售者的产品质量责任和义务

第一节　生产者的产品质量责任和义务

第二十六条　生产者应当对其生产的产品质量负责。

产品质量应当符合下列要求：

（一）不存在危及人身、财产安全的不合理的危险，有保障人体健康和人身、财产安全的国家标准、行业标准的，应当符合该标准；

（二）具备产品应当具备的使用性能，但是，对产品存在使用性能的瑕疵作出说明的除外；

（三）符合在产品或者其包装上注明采用的产品标准，符合以产品说明、实物样品等方式表明的质量状况。

第二十七条　产品或者其包装上的标识必须真实，并符合下列要求：

（一）有产品质量检验合格证明；

（二）有中文标明的产品名称、生产厂厂名和厂址；

（三）根据产品的特点和使用要求，需要标明产品规格、等级、所含主要成份的名称和含量的，用中文相应予以标明；需要事先让消费者知晓的，应当在外包装上标明，或者预先向消费者提供有关资料；

（四）限期使用的产品，应当在显著位置清晰地标明生产日期和安全使用期或者失效日期；

（五）使用不当，容易造成产品本身损坏或者可能危及人身、财产安全的产品，应当有警示标志或者中文警示说明。

裸装的食品和其他根据产品的特点难以附加标识的裸装产品，可以不附加产品标识。

第二十八条　易碎、易燃、易爆、有毒、有腐蚀性、有放射性等危险物品以及储运中不能倒置和其他有特殊要求的产品，其包装质量必须符合相应要求，依照国家有关规定作出警示标志或者中文警示说明，标明储运注意事项。

第二十九条　生产者不得生产国家明令淘汰的产品。

第三十条 生产者不得伪造产地，不得伪造或者冒用他人的厂名、厂址。

第三十一条 生产者不得伪造或者冒用认证标志等质量标志。

第三十二条 生产者生产产品，不得掺杂、掺假，不得以假充真、以次充好，不得以不合格产品冒充合格产品。

第二节 销售者的产品质量责任和义务

第三十三条 销售者应当建立并执行进货检查验收制度，验明产品合格证明和其他标识。

第三十四条 销售者应当采取措施，保持销售产品的质量。

第三十五条 销售者不得销售国家明令淘汰并停止销售的产品和失效、变质的产品。

第三十六条 销售者销售的产品的标识应当符合本法第二十七条的规定。

第三十七条 销售者不得伪造产地，不得伪造或者冒用他人的厂名、厂址。

第三十八条 销售者不得伪造或者冒用认证标志等质量标志。

第三十九条 销售者销售产品，不得掺杂、掺假，不得以假充真、以次充好，不得以不合格产品冒充合格产品。

第四章 损害赔偿

第四十条 售出的产品有下列情形之一的，销售者应当负责修理、更换、退货；给购买产品的消费者造成损失的，销售者应当赔偿损失：（一）不具备产品应当具备的使用性能而事先未作说明的；（二）不符合在产品或者其包装上注明采用的产品标准的；（三）不符合以产品说明、实物样品等方式表明的质量状况的。

销售者依照前款规定负责修理、更换、退货、赔偿损失后，属于生产者的责任或者属于向销售者提供产品的其他销售者（以下简称供货者）的责任的，销售者有权向生产者、供货者追偿。

销售者未按照第一款规定给予修理、更换、退货或者赔偿损失的，由产

品质量监督部门或者工商行政管理部门责令改正。

生产者之间，销售者之间，生产者与销售者之间订立的买卖合同、承揽合同有不同约定的，合同当事人按照合同约定执行。

第四十一条　因产品存在缺陷造成人身、缺陷产品以外的其他财产（以下简称他人财产）损害的，生产者应当承担赔偿责任。

生产者能够证明有下列情形之一的，不承担赔偿责任：

（一）未将产品投入流通的；

（二）产品投入流通时，引起损害的缺陷尚不存在的；

（三）将产品投入流通时的科学技术水平尚不能发现缺陷的存在的。

第四十二条　由于销售者的过错使产品存在缺陷，造成人身、他人财产损害的，销售者应当承担赔偿责任。

销售者不能指明缺陷产品的生产者也不能指明缺陷产品的供货者的，销售者应当承担赔偿责任。

第四十三条　因产品存在缺陷造成人身、他人财产损害的，受害人可以向产品的生产者要求赔偿，也可以向产品的销售者要求赔偿。属于产品的生产者的责任，产品的销售者赔偿的，产品的销售者有权向产品的生产者追偿。属于产品的销售者的责任，产品的生产者赔偿的，产品的生产者有权向产品的销售者追偿。

第四十四条　因产品存在缺陷造成受害人人身伤害的，侵害人应当赔偿医疗费、治疗期间的护理费、因误工减少的收入等费用；造成残疾的，还应当支付残疾者生活自助具费、生活补助费、残疾赔偿金以及由其扶养的人所必需的生活费等费用；造成受害人死亡的，并应当支付丧葬费、死亡赔偿金以及由死者生前扶养的人所必需的生活费等费用。

因产品存在缺陷造成受害人财产损失的，侵害人应当恢复原状或者折价赔偿。受害人因此遭受其他重大损失的，侵害人应当赔偿损失。

第四十五条　因产品存在缺陷造成损害要求赔偿的诉讼时效期间为二年，自当事人知道或者应当知道其权益受到损害时起计算。

因产品存在缺陷造成损害要求赔偿的请求权，在造成损害的缺陷产品交付最初消费者满十年丧失；但是，尚未超过明示的安全使用期的除外。

第四十六条　本法所称缺陷，是指产品存在危及人身、他人财产安全的不合理的危险；产品有保障人体健康和人身、财产安全的国家标准、行业标

准的，是指不符合该标准。

第四十七条 因产品质量发生民事纠纷时，当事人可以通过协商或者调解解决。当事人不愿通过协商、调解解决或者协商、调解不成的，可以根据当事人各方的协议向仲裁机构申请仲裁；当事人各方没有达成仲裁协议或者仲裁协议无效的，可以直接向人民法院起诉。

第四十八条 仲裁机构或者人民法院可以委托本法第十九条规定的产品质量检验机构，对有关产品质量进行检验。

第五章 罚 则

第四十九条 生产、销售不符合保障人体健康和人身、财产安全的国家标准、行业标准的产品的，责令停止生产、销售，没收违法生产、销售的产品，并处违法生产、销售产品（包括已售出和未售出的产品，下同）货值金额等值以上三倍以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得；情节严重的，吊销营业执照；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第五十条 在产品中掺杂、掺假，以假充真，以次充好，或者以不合格产品冒充合格产品的，责令停止生产、销售，没收违法生产、销售的产品，并处违法生产、销售产品货值金额百分之五十以上三倍以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得；情节严重的，吊销营业执照；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第五十一条 生产国家明令淘汰的产品的，销售国家明令淘汰并停止销售的产品的，责令停止生产、销售，没收违法生产、销售的产品，并处违法生产、销售产品货值金额等值以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得；情节严重的，吊销营业执照。

第五十二条 销售失效、变质的产品的，责令停止销售，没收违法销售的产品，并处违法销售产品货值金额二倍以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得；情节严重的，吊销营业执照；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第五十三条 伪造产品产地的，伪造或者冒用他人厂名、厂址的，伪造或者冒用认证标志等质量标志的，责令改正，没收违法生产、销售的产品，

并处违法生产、销售产品货值金额等值以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得；情节严重的，吊销营业执照。

第五十四条　产品标识不符合本法第二十七条规定的，责令改正；有包装的产品标识不符合本法第二十七条第（四）项、第（五）项规定，情节严重的，责令停止生产、销售，并处违法生产、销售产品货值金额百分之三十以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得。

第五十五条　销售者销售本法第四十九条至第五十三条定禁止销售的产品，有充分证据证明其不知道该产品为禁止销售的产品并如实说明其进货来源的，可以从轻或者减轻处罚。

第五十六条　拒绝接受依法进行的产品质量监督检查的，给予警告，责令改正；拒不改正的，责令停业整顿；情节特别严重的，吊销营业执照。

第五十七条　产品质量检验机构、认证机构伪造检验结果或者出具虚假证明的，责令改正，对单位处五万元以上十万元以下的罚款，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员处一万元以上五万元以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得；情节

严重的，取消其检验资格、认证资格；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

产品质量检验机构、认证机构出具的检验结果或者证明不实，造成损失的，应当承担相应的赔偿责任；造成重大损失的，撤销其检验资格、认证资格。

产品质量认证机构违反本法第二十一条第二款的规定，对不符合认证标准而使用认证标志的产品，未依法要求其改正或者取消其使用认证标志资格的，对因产品不符合认证标准给消费者造成的损失，与产品的生产者、销售者承担连带责任；情节严重的，撤销其认证资格。

第五十八条　社会团体、社会中介机构对产品质量作出承诺、保证，而该产品又不符合其承诺、保证的质量要求，给消费者造成损失的，与产品的生产者、销售者承担连带责任。

第五十九条　在广告中对产品质量作虚假宣传，欺骗和误导消费者的，依照《中华人民共和国广告法》的规定追究法律责任。

第六十条　对生产者专门用于生产本法四十九条、第五十一条所列的产品或者以假充真的产品的原辅材料、包装物、生产工具，应当予以没收。

第六十一条 知道或者应当知道属于本法规定禁止生产、销售的产品而为其提供运输、保管、仓储等便利条件的，或者为以假充真的产品提供制假生产技术的，没收全部运输、保管、仓储或者提供制假生产技术的收入，并处违法收入百分之五十以上三倍以下的罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第六十二条 服务业的经营者将本法第四十九条至第五十二条规定禁止销售的产品用于经营性服务的，责令停止使用；对知道或者应当知道所使用的产品属于本法规定禁止销售的产品的，按照违法使用的产品（包括已使用和尚未使用的产品）的货值金额，依照本法对销售者的处罚规定处罚。

第六十三条 隐匿、转移、变卖、损毁被产品质量监督部门或者工商行政管理部门查封、扣押的物品的，处被隐匿、转移、变卖、损毁物品货值金额等值以上三倍以下的罚款；有违法所得的，并处没收违法所得。

第六十四条 违反本法规定，应当承担民事赔偿责任和缴纳罚款、罚金，其财产不足以同时支付时，先承担民事赔偿责任。

第六十五条 各级人民政府工作人员和其他国家机关工作人员有下列情形之一的，依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：（一）包庇、放纵产品生产、销售中违反本法规定行为的；（二）向从事违反本法规定的生产、销售活动的当事人通风报信，帮助其逃避查处的；（三）阻挠、干预产品质量监督部门或者工商行政管理部门依法对产品生产、销售中违反本法规定的行为进行查处，造成严重后果的。

第六十六条 产品质量监督部门在产品质量监督抽查中超过规定的数量索取样品或者向被检查人收取检验费用的，由上级产品质量监督部门或者监察机关责令退还；情节严重的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分。

第六十七条 产品质量监督部门或者其他国家机关违反本法第二十五条的规定，向社会推荐生产者的产品或者以监制、监销等方式参与产品经营活动的，由其上级机关或者监察机关责令改正，消除影响，有违法收入的予以没收；情节严重的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分。

产品质量检验机构有前款所列违法行为的，由产品质量监督部门责令改正，消除影响，有违法收入的予以没收，可以并处违法收入一倍以下的罚

款；情节严重的，撤销其质量检验资格。

第六十八条　产品质量监督部门或者工商行政管理部门的工作人员滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，依法给予行政处分。

第六十九条　以暴力、威胁方法阻碍产品质量监督部门或者工商行政管理部门的工作人员依法执行职务的，依法追究刑事责任；拒绝、阻碍未使用暴力、威胁方法的，由公安机关依照治安管理处罚条例的规定处罚。

第七十条　本法规定的吊销营业执照的行政处罚由工商行政管理部门决定，本法第四十九条至第五十七条、第六十条至第六十三条规定的行政处罚由产品质量监督部门或者工商行政管理部门按照国务院规定的职权范围决定。法律、行政法规对行使行政处罚权的机关另有规定的，依照有关法律、行政法规的规定执行。

第七十一条　对依照本法规定没收的产品，依照国家有关规定进行销毁或者采取其他方式处理。

第七十二条　本法第四十九条至第五十四条、第六十二条、第六十三条所规定的货值金额以违法生产、销售产品的标价计算；没有标价的，按照同类产品的市场价格计算。

第六章　附　　则

第七十三条　军工产品质量监督管理办法，由国务院、中央军事委员会另行制定。

因核设施、核产品造成损害的赔偿责任，法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

第七十四条　本法自 1993 年 9 月 1 日起施行。

中华人民共和国行政许可法

中华人民共和国主席令
第七号

《中华人民共和国行政许可法》已由中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第四次会议于 2003 年 8 月 27 日通过，现予公布，自 2004 年 7 月 1 日起施行。

中华人民共和国主席　胡锦涛
2003 年 8 月 27 日

中华人民共和国行政许可法

（2003 年 8 月 27 日第十届全国人民代表大会常务委员会第四次会议通过）

第一章　总　　则

第一条　为了规范行政许可的设定和实施，保护公民、法人和其他组织的合法权益，维护公共利益和社会秩序，保障和监督行政机关有效实施行政管理，根据宪法，制定本法。

第二条　本法所称行政许可，是指行政机关根据公民、法人或者其他组织的申请，经依法审查，准予其从事特定活动的行为。

第三条　行政许可的设定和实施，适用本法。

有关行政机关对其他机关或者对其直接管理的事业单位的人事、财务、外事等事项的审批，不适用本法。

第四条　设定和实施行政许可，应当依照法定的权限、范围、条件和程

序。

第五条　设定和实施行政许可，应当遵循公开、公平、公正的原则。

有关行政许可的规定应当公布；未经公布的，不得作为实施行政许可的依据。行政许可的实施和结果，除涉及国家秘密、商业秘密或者个人隐私的外，应当公开。

符合法定条件、标准的，申请人有依法取得行政许可的平等权利，行政机关不得歧视。

第六条　实施行政许可，应当遵循便民的原则，提高办事效率，提供优质服务。

第七条　公民、法人或者其他组织对行政机关实施行政许可，享有陈述权、申辩权；有权依法申请行政复议或者提起行政诉讼；其合法权益因行政机关违法实施行政许可受到损害的，有权依法要求赔偿。

第八条　公民、法人或者其他组织依法取得的行政许可受法律保护，行政机关不得擅自改变已经生效的行政许可。

行政许可所依据的法律、法规、规章修改或者废止，或者准予行政许可所依据的客观情况发生重大变化的，为了公共利益的需要，行政机关可以依法变更或者撤回已经生效的行政许可。由此给公民、法人或者其他组织造成财产损失的，行政机关应当依法给予补偿。

第九条　依法取得的行政许可，除法律、法规规定依照法定条件和程序可以转让的外，不得转让。

第十条　县级以上人民政府应当建立健全对行政机关实施行政许可的监督制度，加强对行政机关实施行政许可的监督检查。

行政机关应当对公民、法人或者其他组织从事行政许可事项的活动实施有效监督。

第二章　行政许可的设定

第十一条　设定行政许可，应当遵循经济和社会发展规律，有利于发挥公民、法人或者其他组织的积极性、主动性，维护公共利益和社会秩序，促进经济、社会和生态环境协调发展。

第十二条　下列事项可以设定行政许可：

（一）直接涉及国家安全、公共安全、经济宏观调控、生态环境保护以及直接关系人身健康、生命财产安全等特定活动，需要按照法定条件予以批准的事项；

（二）有限自然资源开发利用、公共资源配置以及直接关系公共利益的特定行业的市场准入等，需要赋予特定权利的事项；

（三）提供公众服务并且直接关系公共利益的职业、行业，需要确定具备特殊信誉、特殊条件或者特殊技能等资格、资质的事项；

（四）直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全的重要设备、设施、产品、物品，需要按照技术标准、技术规范，通过检验、检测、检疫等方式进行审定的事项；

（五）企业或者其他组织的设立等，需要确定主体资格的事项；

（六）法律、行政法规规定可以设定行政许可的其他事项。

第十三条　本法第十二条所列事项，通过下列方式能够予以规范的，可以不设行政许可：

（一）公民、法人或者其他组织能够自主决定的；

（二）市场竞争机制能够有效调节的；

（三）行业组织或者中介机构能够自律管理的；

（四）行政机关采用事后监督等其他行政管理方式能够解决的。

第十四条　本法第十二条所列事项，法律可以设定行政许可。尚未制定法律的，行政法规可以设定行政许可。

必要时，国务院可以采用发布决定的方式设定行政许可。实施后，除临时性行政许可事项外，国务院应当及时提请全国人民代表大会及其常务委员会制定法律，或者自行制定行政法规。

第十五条　本法第十二条所列事项，尚未制定法律、行政法规的，地方性法规可以设定行政许可；尚未制定法律、行政法规和地方性法规的，因行政管理的需要，确需立即实施行政许可的，省、自治区、直辖市人民政府规章可以设定临时性的行政许可。临时性的行政许可实施满一年需要继续实施的，应当提请本级人民代表大会及其常务委员会制定地方性法规。

地方性法规和省、自治区、直辖市人民政府规章，不得设定应当由国家统一确定的公民、法人或者其他组织的资格、资质的行政许可；不得设定企业或者其他组织的设立登记及其前置性行政许可。其设定的行政许可，不得

限制其他地区的个人或者企业到本地区从事生产经营和提供服务，不得限制其他地区的商品进入本地区市场。

第十六条　行政法规可以在法律设定的行政许可事项范围内，对实施该行政许可作出具体规定。

地方性法规可以在法律、行政法规设定的行政许可事项范围内，对实施该行政许可作出具体规定。

规章可以在上位法设定的行政许可事项范围内，对实施该行政许可作出具体规定。

法规、规章对实施上位法设定的行政许可作出的具体规定，不得增设行政许可；对行政许可条件作出的具体规定，不得增设违反上位法的其他条件。

第十七条　除本法第十四条、第十五条规定的外，其他规范性文件一律不得设定行政许可。

第十八条　设定行政许可，应当规定行政许可的实施机关、条件、程序、期限。

第十九条　起草法律草案、法规草案和省、自治区、直辖市人民政府规章草案，拟设定行政许可的，起草单位应当采取听证会、论证会等形式听取意见，并向制定机关说明设定该行政许可的必要性、对经济和社会可能产生的影响以及听取和采纳意见的情况。

第二十条　行政许可的设定机关应当定期对其设定的行政许可进行评价；对已设定的行政许可，认为通过本法第十三条所列方式能够解决的，应当对设定该行政许可的规定及时予以修改或者废止。

行政许可的实施机关可以对已设定的行政许可的实施情况及存在的必要性适时进行评价，并将意见报告该行政许可的设定机关。

公民、法人或者其他组织可以向行政许可的设定机关和实施机关就行政许可的设定和实施提出意见和建议。

第二十一条　省、自治区、直辖市人民政府对行政法规设定的有关经济事务的行政许可，根据本行政区域经济和社会发展情况，认为通过本法第十三条所列方式能够解决的，报国务院批准后，可以在本行政区域内停止实施该行政许可。

第三章 行政许可的实施机关

第二十二条 行政许可由具有行政许可权的行政机关在其法定职权范围内实施。

第二十三条 法律、法规授权的具有管理公共事务职能的组织，在法定授权范围内，以自己的名义实施行政许可。被授权的组织适用本法有关行政机关的规定。

第二十四条 行政机关在其法定职权范围内，依照法律、法规、规章的规定，可以委托其他行政机关实施行政许可。委托机关应当将受委托行政机关和受委托实施行政许可的内容予以公告。

委托行政机关对受委托行政机关实施行政许可的行为应当负责监督，并对该行为的后果承担法律责任。

受委托行政机关在委托范围内，以委托行政机关名义实施行政许可；不得再委托其他组织或者个人实施行政许可。

第二十五条 经国务院批准，省、自治区、直辖市人民政府根据精简、统一、效能的原则，可以决定一个行政机关行使有关行政机关的行政许可权。

第二十六条 行政许可需要行政机关内设的多个机构办理的，该行政机关应当确定一个机构统一受理行政许可申请，统一送达行政许可决定。

行政许可依法由地方人民政府两个以上部门分别实施的，本级人民政府可以确定一个部门受理行政许可申请并转告有关部门分别提出意见后统一办理，或者组织有关部门联合办理、集中办理。

第二十七条 行政机关实施行政许可，不得向申请人提出购买指定商品、接受有偿服务等不正当要求。

行政机关工作人员办理行政许可，不得索取或者收受申请人的财物，不得谋取其他利益。

第二十八条 对直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全的设备、设施、产品、物品的检验、检测、检疫，除法律、行政法规规定由行政机关实施的外，应当逐步由符合法定条件的专业技术组织实施。专业技术组织及其有关人员对所实施的检验、检测、检疫结论承担法律责任。

第四章　行政许可的实施程序

第一节　申请与受理

第二十九条　公民、法人或者其他组织从事特定活动，依法需要取得行政许可的，应当向行政机关提出申请。申请书需要采用格式文本的，行政机关应当向申请人提供行政许可申请书格式文本。申请书格式文本中不得包含与申请行政许可事项没有直接关系的内容。

申请人可以委托代理人提出行政许可申请。但是，依法应当由申请人到行政机关办公场所提出行政许可申请的除外。

行政许可申请可以通过信函、电报、电传、传真、电子数据交换和电子邮件等方式提出。

第三十条　行政机关应当将法律、法规、规章规定的有关行政许可的事项、依据、条件、数量、程序、期限以及需要提交的全部材料的目录和申请书示范文本等在办公场所公示。

申请人要求行政机关对公示内容予以说明、解释的，行政机关应当说明、解释，提供准确、可靠的信息。

第三十一条　申请人申请行政许可，应当如实向行政机关提交有关材料和反映真实情况，并对其申请材料实质内容的真实性负责。行政机关不得要求申请人提交与其申请的行政许可事项无关的技术资料和其他材料。

第三十二条　行政机关对申请人提出的行政许可申请，应当根据下列情况分别作出处理：

（一）申请事项依法不需要取得行政许可的，应当即时告知申请人不受理；

（二）申请事项依法不属于本行政机关职权范围的，应当即时作出不予受理的决定，并告知申请人向有关行政机关申请；

（三）申请材料存在可以当场更正的错误的，应当允许申请人当场更正；

（四）申请材料不齐全或者不符合法定形式的，应当当场或者在五日内一次告知申请人需要补正的全部内容，逾期不告知的，自收到申请材料之日起即为受理；

（五）申请事项属于本行政机关职权范围，申请材料齐全、符合法定形式，或者申请人按照本行政机关的要求提交全部补正申请材料的，应当受理行政许可申请。

行政机关受理或者不予受理行政许可申请，应当出具加盖本行政机关专用印章和注明日期的书面凭证。

第三十三条 行政机关应当建立和完善有关制度，推行电子政务，在行政机关的网站上公布行政许可事项，方便申请人采取数据电文等方式提出行政许可申请；应当与其他行政机关共享有关行政许可信息，提高办事效率。

第二节 审查与决定

第三十四条 行政机关应当对申请人提交的申请材料进行审查。

申请人提交的申请材料齐全、符合法定形式，行政机关能够当场作出决定的，应当当场作出书面的行政许可决定。

根据法定条件和程序，需要对申请材料的实质内容进行核实的，行政机关应当指派两名以上工作人员进行核查。

第三十五条 依法应当先经下级行政机关审查后报上级行政机关决定的行政许可，下级行政机关应当在法定期限内将初步审查意见和全部申请材料直接报送上级行政机关。上级行政机关不得要求申请人重复提供申请材料。

第三十六条 行政机关对行政许可申请进行审查时，发现行政许可事项直接关系他人重大利益的，应当告知该利害关系人。申请人、利害关系人有权进行陈述和申辩。行政机关应当听取申请人、利害关系人的意见。

第三十七条 行政机关对行政许可申请进行审查后，除当场作出行政许可决定的外，应当在法定期限内按照规定程序作出行政许可决定。

第三十八条 申请人的申请符合法定条件、标准的，行政机关应当依法作出准予行政许可的书面决定。

行政机关依法作出不予行政许可的书面决定的，应当说明理由，并告知申请人享有依法申请行政复议或者提起行政诉讼的权利。

第三十九条 行政机关作出准予行政许可的决定，需要颁发行政许可证件的，应当向申请人颁发加盖本行政机关印章的下列行政许可证件：

（一）许可证、执照或者其他许可证书；

（二）资格证、资质证或者其他合格证书；

（三）行政机关的批准文件或者证明文件；

（四）法律、法规规定的其他行政许可证件。

行政机关实施检验、检测、检疫的，可以在检验、检测、检疫合格的设备、设施、产品、物品上加贴标签或者加盖检验、检测、检疫印章。

第四十条　行政机关作出的准予行政许可决定，应当予以公开，公众有权查阅。

第四十一条　法律、行政法规设定的行政许可，其适用范围没有地域限制的，申请人取得的行政许可在全国范围内有效。

第三节　期　　限

第四十二条　除可以当场作出行政许可决定的外，行政机关应当自受理行政许可申请之日起二十日内作出行政许可决定。二十日内不能作出决定的，经本行政机关负责人批准，可以延长十日，并应当将延长期限的理由告知申请人。但是，法律、法规另有规定的，依照其规定。

依照本法第二十六条的规定，行政许可采取统一办理或者联合办理、集中办理的，办理的时间不得超过四十五日；四十五日内不能办结的，经本级人民政府负责人批准，可以延长十五日，并应当将延长期限的理由告知申请人。

第四十三条　依法应当先经下级行政机关审查后报上级行政机关决定的行政许可，下级行政机关应当自其受理行政许可申请之日起二十日内审查完毕。但是，法律、法规另有规定的，依照其规定。

第四十四条　行政机关作出准予行政许可的决定，应当自作出决定之日起十日内向申请人颁发、送达行政许可证件，或者加贴标签、加盖检验、检测、检疫印章。

第四十五条　行政机关作出行政许可决定，依法需要听证、招标、拍卖、检验、检测、检疫、鉴定和专家评审的，所需时间不计算在本节规定的期限内。行政机关应当将所需时间书面告知申请人。

第四节　听　证

第四十六条　法律、法规、规章规定实施行政许可应当听证的事项，或者行政机关认为需要听证的其他涉及公共利益的重大行政许可事项，行政机

关应当向社会公告，并举行听证。

第四十七条 行政许可直接涉及申请人与他人之间重大利益关系的，行政机关在作出行政许可决定前，应当告知申请人、利害关系人享有要求听证的权利；申请人、利害关系人在被告知听证权利之日起五日内提出听证申请的，行政机关应当在二十日内组织听证。

申请人、利害关系人不承担行政机关组织听证的费用。

第四十八条 听证按照下列程序进行：

（一）行政机关应当于举行听证的七日前将举行听证的时间、地点通知申请人、利害关系人，必要时予以公告；

（二）听证应当公开举行；

（三）行政机关应当指定审查该行政许可申请的工作人员以外的人员为听证主持人，申请人、利害关系人认为主持人与该行政许可事项有直接利害关系的，有权申请回避；

（四）举行听证时，审查该行政许可申请的工作人员应当提供审查意见的证据、理由，申请人、利害关系人可以提出证据，并进行申辩和质证；

（五）听证应当制作笔录，听证笔录应当交听证参加人确认无误后签字或者盖章。

行政机关应当根据听证笔录，作出行政许可决定。

第五节 变更与延续

第四十九条 被许可人要求变更行政许可事项的，应当向作出行政许可决定的行政机关提出申请；符合法定条件、标准的，行政机关应当依法办理变更手续。

第五十条 被许可人需要延续依法取得的行政许可的有效期的，应当在该行政许可有效期届满三十日前向作出行政许可决定的行政机关提出申请。但是，法律、法规、规章另有规定的，依照其规定。

行政机关应当根据被许可人的申请，在该行政许可有效期届满前作出是否准予延续的决定；逾期未作决定的，视为准予延续。

第六节 特别规定

第五十一条 实施行政许可的程序，本节有规定的，适用本节规定；本

节没有规定的，适用本章其他有关规定。

第五十二条　国务院实施行政许可的程序，适用有关法律、行政法规的规定。

第五十三条　实施本法第十二条第二项所列事项的行政许可的，行政机关应当通过招标、拍卖等公平竞争的方式作出决定。但是，法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

行政机关通过招标、拍卖等方式作出行政许可决定的具体程序，依照有关法律、行政法规的规定。

行政机关按照招标、拍卖程序确定中标人、买受人后，应当作出准予行政许可的决定，并依法向中标人、买受人颁发行政许可证件。

行政机关违反本条规定，不采用招标、拍卖方式，或者违反招标、拍卖程序，损害申请人合法权益的，申请人可以依法申请行政复议或者提起行政诉讼。

第五十四条　实施本法第十二条第三项所列事项的行政许可，赋予公民特定资格，依法应当举行国家考试的，行政机关根据考试成绩和其他法定条件作出行政许可决定；赋予法人或者其他组织特定的资格、资质的，行政机关根据申请人的专业人员构成、技术条件、经营业绩和管理水平等的考核结果作出行政许可决定。但是，法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

公民特定资格的考试依法由行政机关或者行业组织实施，公开举行。行政机关或者行业组织应当事先公布资格考试的报名条件、报考办法、考试科目以及考试大纲。但是，不得组织强制性的资格考试的考前培训，不得指定教材或者其他助考材料。

第五十五条　实施本法第十二条第四项所列事项的行政许可的，应当按照技术标准、技术规范依法进行检验、检测、检疫，行政机关根据检验、检测、检疫的结果作出行政许可决定。

行政机关实施检验、检测、检疫，应当自受理申请之日起五日内指派两名以上工作人员按照技术标准、技术规范进行检验、检测、检疫。不需要对检验、检测、检疫结果作进一步技术分析即可认定设备、设施、产品、物品是否符合技术标准、技术规范的，行政机关应当当场作出行政许可决定。

行政机关根据检验、检测、检疫结果，作出不予行政许可决定的，应当书面说明不予行政许可所依据的技术标准、技术规范。

第五十六条　实施本法第十二条第五项所列事项的行政许可，申请人提交的申请材料齐全、符合法定形式的，行政机关应当当场予以登记。需要对申请材料的实质内容进行核实的，行政机关依照本法第三十四条第三款的规定办理。

第五十七条　有数量限制的行政许可，两个或者两个以上申请人的申请均符合法定条件、标准的，行政机关应当根据受理行政许可申请的先后顺序作出准予行政许可的决定。但是，法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

第五章　行政许可的费用

第五十八条　行政机关实施行政许可和对行政许可事项进行监督检查，不得收取任何费用。但是，法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

行政机关提供行政许可申请书格式文本，不得收费。

行政机关实施行政许可所需经费应当列入本行政机关的预算，由本级财政予以保障，按照批准的预算予以核拨。

第五十九条　行政机关实施行政许可，依照法律、行政法规收取费用的，应当按照公布的法定项目和标准收费；所收取的费用必须全部上缴国库，任何机关或者个人不得以任何形式截留、挪用、私分或者变相私分。财政部门不得以任何形式向行政机关返还或者变相返还实施行政许可所收取的费用。

第六章　监督检查

第六十条　上级行政机关应当加强对下级行政机关实施行政许可的监督检查，及时纠正行政许可实施中的违法行为。

第六十一条　行政机关应当建立健全监督制度，通过核查反映被许可人从事行政许可事项活动情况的有关材料，履行监督责任。

行政机关依法对被许可人从事行政许可事项的活动进行监督检查时，应当将监督检查的情况和处理结果予以记录，由监督检查人员签字后归档。公众有权查阅行政机关监督检查记录。

行政机关应当创造条件，实现与被许可人、其他有关行政机关的计算机档案系统互联，核查被许可人从事行政许可事项活动情况。

第六十二条　行政机关可以对被许可人生产经营的产品依法进行抽样检查、检验、检测，对其生产经营场所依法进行实地检查。检查时，行政机关可以依法查阅或者要求被许可人报送有关材料；被许可人应当如实提供有关情况和材料。

行政机关根据法律、行政法规的规定，对直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全的重要设备、设施进行定期检验。对检验合格的，行政机关应当发给相应的证明文件。

第六十三条　行政机关实施监督检查，不得妨碍被许可人正常的生产经营活动，不得索取或者收受被许可人的财物，不得谋取其他利益。

第六十四条　被许可人在作出行政许可决定的行政机关管辖区域外违法从事行政许可事项活动的，违法行为发生地的行政机关应当依法将被许可人的违法事实、处理结果抄告作出行政许可决定的行政机关。

第六十五条　个人和组织发现违法从事行政许可事项的活动，有权向行政机关举报，行政机关应当及时核实、处理。

第六十六条　被许可人未依法履行开发利用自然资源义务或者未依法履行利用公共资源义务的，行政机关应当责令限期改正；被许可人在规定期限内不改正的，行政机关应当依照有关法律、行政法规的规定予以处理。

第六十七条　取得直接关系公共利益的特定行业的市场准入行政许可的被许可人，应当按照国家规定的服务标准、资费标准和行政机关依法规定的条件，向用户提供安全、方便、稳定和价格合理的服务，并履行普遍服务的义务；未经作出行政许可决定的行政机关批准，不得擅自停业、歇业。

被许可人不履行前款规定的义务的，行政机关应当责令限期改正，或者依法采取有效措施督促其履行义务。

第六十八条　对直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全的重要设备、设施，行政机关应当督促设计、建造、安装和使用单位建立相应的自检制度。

行政机关在监督检查时，发现直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全的重要设备、设施存在安全隐患的，应当责令停止建造、安装和使用，并责令设计、建造、安装和使用单位立即改正。

第六十九条 有下列情形之一的，作出行政许可决定的行政机关或者其上级行政机关，根据利害关系人的请求或者依据职权，可以撤销行政许可：

（一）行政机关工作人员滥用职权、玩忽职守作出准予行政许可决定的；

（二）超越法定职权作出准予行政许可决定的；

（三）违反法定程序作出准予行政许可决定的；

（四）对不具备申请资格或者不符合法定条件的申请人准予行政许可的；

（五）依法可以撤销行政许可的其他情形。

被许可人以欺骗、贿赂等不正当手段取得行政许可的，应当予以撤销。

依照前两款的规定撤销行政许可，可能对公共利益造成重大损害的，不予撤销。

依照本条第一款的规定撤销行政许可，被许可人的合法权益受到损害的，行政机关应当依法给予赔偿。依照本条第二款的规定撤销行政许可的，被许可人基于行政许可取得的利益不受保护。

第七十条 有下列情形之一的，行政机关应当依法办理有关行政许可的注销手续：

（一）行政许可有效期届满未延续的；

（二）赋予公民特定资格的行政许可，该公民死亡或者丧失行为能力的；

（三）法人或者其他组织依法终止的；

（四）行政许可依法被撤销、撤回，或者行政许可证件依法被吊销的；

（五）因不可抗力导致行政许可事项无法实施的；

（六）法律、法规规定的应当注销行政许可的其他情形。

第七章 法律责任

第七十一条 违反本法第十七条规定设定的行政许可，有关机关应当责令设定该行政许可的机关改正，或者依法予以撤销。

第七十二条 行政机关及其工作人员违反本法的规定，有下列情形之一的，由其上级行政机关或者监察机关责令改正；情节严重的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分：

（一）对符合法定条件的行政许可申请不予受理的；

（二）不在办公场所公示依法应当公示的材料的；

（三）在受理、审查、决定行政许可过程中，未向申请人、利害关系人履行法定告知义务的；

（四）申请人提交的申请材料不齐全、不符合法定形式，不一次告知申请人必须补正的全部内容的；

（五）未依法说明不受理行政许可申请或者不予行政许可的理由的；

（六）依法应当举行听证而不举行听证的。

第七十三条　行政机关工作人员办理行政许可、实施监督检查，索取或者收受他人财物或者谋取其他利益，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，依法给予行政处分。

第七十四条　行政机关实施行政许可，有下列情形之一的，由其上级行政机关或者监察机关责令改正，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）对不符合法定条件的申请人准予行政许可或者超越法定职权作出准予行政许可决定的；

（二）对符合法定条件的申请人不予行政许可或者不在法定期限内作出准予行政许可决定的；

（三）依法应当根据招标、拍卖结果或者考试成绩择优作出准予行政许可决定，未经招标、拍卖或者考试，或者不根据招标、拍卖结果或者考试成绩择优作出准予行政许可决定的。

第七十五条　行政机关实施行政许可，擅自收费或者不按照法定项目和标准收费的，由其上级行政机关或者监察机关责令退还非法收取的费用；对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分。

截留、挪用、私分或者变相私分实施行政许可依法收取的费用的，予以追缴；对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十六条　行政机关违法实施行政许可，给当事人的合法权益造成损害的，应当依照国家赔偿法的规定给予赔偿。

第七十七条　行政机关不依法履行监督职责或者监督不力，造成严重后果的，由其上级行政机关或者监察机关责令改正，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第七十八条　行政许可申请人隐瞒有关情况或者提供虚假材料申请行政

许可的，行政机关不予受理或者不予行政许可，并给予警告；行政许可申请属于直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全事项的，申请人在一年内不得再次申请该行政许可。

第七十九条 被许可人以欺骗、贿赂等不正当手段取得行政许可的，行政机关应当依法给予行政处罚；取得的行政许可属于直接关系公共安全、人身健康、生命财产安全事项的，申请人在三年内不得再次申请该行政许可；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第八十条 被许可人有下列行为之一的，行政机关应当依法给予行政处罚；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）涂改、倒卖、出租、出借行政许可证件，或者以其他形式非法转让行政许可的；

（二）超越行政许可范围进行活动的；

（三）向负责监督检查的行政机关隐瞒有关情况、提供虚假材料或者拒绝提供反映其活动情况的真实材料的；

（四）法律、法规、规章规定的其他违法行为。

第八十一条 公民、法人或者其他组织未经行政许可，擅自从事依法应当取得行政许可的活动的，行政机关应当依法采取措施予以制止，并依法给予行政处罚；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第八章 附 则

第八十二条 本法规定的行政机关实施行政许可的期限以工作日计算，不含法定节假日。

第八十三条 本法自2004年7月1日起施行。

本法施行前有关行政许可的规定，制定机关应当依照本法规定予以清理；不符合本法规定的，自本法施行之日起停止执行。

中华人民共和国科学技术进步法

全国人大常委会
主席令第四号
（1993 年 7 月 2 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二次会议通过）

第一章　总　　则

第一条　为了促进科学技术进步，在社会主义现代化建设中优先发展科学技术，发挥科学技术第一生产力的作用，推动科学技术为经济建设服务，根据宪法，制定本法。

第二条　国家实行经济建设和社会发展依靠科学技术，科学技术工作面向经济建设和社会发展的基本方针。

第三条　国家保障科学研究的自由，鼓励科学探索和技术创新，使科学技术达到世界先进水平。

国家和全社会尊重知识、尊重人才，尊重科学技术工作者的创造性劳动，保护知识产权。

第四条　国家根据科学技术进步和社会主义市场经济的需要，改革和完善科学技术体制，建立科学技术与经济有效结合的机制。

第五条　国家鼓励科学研究和技术开发，推广应用科学技术成果，改造传统产业，发展高技术产业，以及应用科学技术为经济建设和社会发展服务的活动。

第六条　国家普及科学技术知识，提高全体公民的科学文化水平。

国家鼓励机关、企业事业组织、社会团体和公民参与和支持科学技术进步活动。

第七条　国务院制定科学技术发展规划，确定科学技术的重大项目、与科学技术密切相关的重大项目，保障科学技术进步与经济建设和社会发展相协调。

制定科学技术发展规划和重大政策，确定科学技术的重大项目、与科学

技术密切相关的重大项目，应当充分听取科学技术工作者的意见，实行科学决策的原则。

第八条 国务院科学技术行政部门，负责全国科学技术工作的宏观管理和统筹协调。国务院其他有关行政部门，依照国务院规定的职责范围负责有关的科学技术进步工作。

地方各级人民政府应当采取有效措施，推进科学技术进步。

国家帮助少数民族地区、边远贫困地区加速发展科学技术事业。

第九条 中华人民共和国政府积极发展同外国政府、国际组织之间的科学技术合作与交流，鼓励研究开发机构、高等院校、社会团体和科学技术工作者与国外科学技术界建立多种形式的合作关系。

第二章 科学技术与经济建设和社会发展

第十条 国家鼓励研究开发新技术、新产品、新材料、新工艺，开展合理化建议、技术改进和技术协作活动，不断提高产品质量，提高劳动生产率和经济效益，发展社会生产力。

第十一条 国家选择对经济建设具有重大意义的项目，组织科学研究和技术开发，加速科学技术成果在生产领域中的推广应用。

第十二条 国家建立和发展技术市场，推动科学技术成果的商品化。技术贸易活动应当遵循自愿平等、互利有偿和诚实信用的原则。

第十三条 国家依靠科学技术进步，推动经济建设和社会发展，控制人口增长，提高人口素质，合理开发和利用资源，防御自然灾害，保护生活环境和生态环境。

第十四条 国家依靠科学技术进步，振兴农村经济，促进农业科学技术成果的推广应用，发展高产、优质、高效的现代化农业。

第十五条 县级以上地方各级人民政府应当采取措施，保障农业科学技术研究开发机构和示范推广机构有权自主管理和使用试验基地和生产资料，进行农业新品种、新技术的研究开发、试验和推广。

农业科学技术成果的应用和推广，依照有关法律的规定实行有偿服务或者无偿服务。

第十六条 地方各级人民政府应当鼓励和支持农村群众性科学技术组织

的发展，对种植业、林业、畜牧业、渔业等各业提供产前、产中、产后综合配套的社会化科学技术服务。

第十七条　国家依靠科学技术进步，发展工业、交通运输、邮电通信、地质勘查、建筑安装和商业等行业，提高经济效益和社会效益。

第十八条　国家鼓励企业建立和完善技术开发机构，鼓励企业与研究开发机构、高等院校联合和协作，增强研究开发、中间试验和工业性试验能力。

第十九条　企业应当根据国际、国内市场的需求，进行技术改造和设备更新，提高科学管理水平，吸收和开发新技术，增强市场竞争能力。

企业进行技术改造和从国外引进先进技术和设备，应当经过咨询论证，贯彻国家的产业政策和技术政策。

企业采用新技术开发生产新产品的，可以依照国家的规定享受优惠待遇。

第二十条　国家依靠科学技术进步，发展国防科学技术事业，促进国防现代化建设，增强国防实力。

第二十一条　国家鼓励运用先进的科学技术，促进教育、文化、卫生、体育等各项事业的发展。

第三章　高技术研究和高技术产业

第二十二条　国家推进高技术的研究，发挥高技术在科学技术进步中的先导作用；扶持、促进高技术产业的形成和发展，运用高技术改造传统产业，发挥高技术产业在经济建设中的作用。

第二十三条　国务院科学技术行政部门和其他有关行政部门，在全国范围内组织科学技术力量实施高技术研究，推广高技术研究成果。

第二十四条　经国务院批准，选择具备条件的地区建立高新技术产业开发区。

第二十五条　对在高新技术产业开发区和高新技术产业开发区外从事高技术产品开发、生产的企业和研究开发机构，实行国家规定的优惠政策，具体办法由国务院规定。

第二十六条　国家鼓励和引导从事高技术产品开发、生产和经营的企业

建立符合国际规范的管理制度，生产符合国际标准的高技术产品，参与国际市场况争，推进高技术产业的国际化。

第四章 基础研究和应用基础研究

第二十七条 国家保障基础研究和应用基础研究持续、稳定的发展，加强科学技术进步的基础。

基础研究和应用基础研究经费在研究开发经费总额中应当占有适当比例。

第二十八条 国务院科学技术行政部门对学科前沿和经济、社会发展中的重大基础性科学研究课题，应当有计划地组织实施。

研究开发机构、高等院校及其他企业事业组织和公民可以自主选择课题，从事基础研究和应用基础研究。

第二十九条 国家建立自然科学基金，按照专家评议、择优支持的原则，资助基础研究和应用基础研究。

国家支持优秀责年的科学研究活动，在自然科学基金中设立青年科学基金。

第三十条 国家支持重点实验室的建设，建立基础研究和应用基础研究基地。

国家的重点实验室向国内外开放。

第五章 研究开发机构

第三十一条 国家根据经济建设和科学技术进步的需要，统筹规划和指导科学技术研究开发机构的布局，建立现代化的科学技术研究开发体系。

第三十二条 国家对从事基础研究和应用基础研究、高技术研究、重大工程建设项目研究、重大科学技术攻关项目研究、重点社会公益性科学技术研究的研究开发机构和高等院校，在经费、实验手段等方面给予支持。

第三十三条 国家鼓励和引导从事技术开发的研究开发机构单独或者与企业事业组织联合开发技术成果，实行技术、工业、贸易或者技术、农业、贸易一体化经营。

国家鼓励和引导科学技术咨询、科学技术信息服务和社会公益性的研究开发机构，逐步实行企业化经营或者有偿服务。

第三十四条　研究开发机构实行院长或者所长负责制。

研究开发机构依照国家有关规定享有研究开发、生产经营、经费使用、机构设置、人员聘用等方面的自主权。

第三十五条　国家鼓励社会力量自行创办研究开发机构，保障其合法权益不受侵犯。

第三十六条　研究开发机构可以依法在国外投资，设立分支机构。

国外组织和个人可以在中国境内依法设立研究开发机构，也可以与中国的研究开发机构或者其他组织举办中外合资、中外合作研究开发机构。

第六章　科学技术工作者

第三十七条　科学技术工作者是社会主义现代化建设事业的重要力量。国家采取各种措施，提高科学技术工作者的社会地位，通过各种途径，培养和造就各种专门的科学技术人才，创造有利环境和条件，充分发挥科学技术工作者的作用。

第三十八条　各级人民政府和企业事业组织应当采取措施，逐步提高科学技术工作者的待遇，改善其工作条件和生活条件；对有突出贡献的科学技术工作者应当给予优厚待遇。

第三十九条　各级人民政府和企业事业组织应当为科学技术工作者的合理流动创造环境和条件，发挥其专长。

第四十条　对从事基础研究和应用基础研究、高技术研究、重大工程建设项目研究、重大科学技术攻关项目研究和重点社会公益性科学技术研究以及在农村贫困地区、少数民族地区和恶劣、危险环境中工作的科学技术工作者，依照国家规定给予补贴。

第四十一条　国家实行专业技术职称制度。科学技术工作者可以根据其学术水平、业务能力和工作实绩，取得相应的职称。

第四十二条　科学技术工作者有依法创办或者参加科学技术社会团体的权利。

科学技术社会团体应当在推进学科建设、普及科学技术知识、培养专门

人才、开展咨询服务、促进学术交流、维护科学技术工作者的合法权益等方面，发挥积极作用。

第四十三条　国家鼓励在国外的科学技术工作者回国参加社会主义现代化建设，或者以其他形式为国家建设服务。

第四十四条　科学技术工作者应当遵守职业道德，完成本职工作，努力提高自身的科学技术水平。

第七章　科学技术进步的保障措施

第四十五条　国家逐步提高科学技术经费投入的总体水平。全国研究开发经费应当占国民生产总值适当的比例，并逐步提高，同科学技术、经济、社会发展相适应。全国研究开发经费占国民生产总值的具体比例，由国务院予以规定。

国家财政用于科学技术的经费的增长幅度，高于国家财政经常性收入的增长幅度。

任何单位和个人不得挪用、克扣、截留国家财政用于科学技术的经费。

第四十六条　国家鼓励企业增加研究开发和技术创新的投入。企业的技术开发费按实际发生额计入成本费用。

第四十七条　国家金融机构应当在信贷方面支持科学技术成果商品化。

第四十八条　从事技术开发的研究开发机构，可以按照国家有关规定采取多种形式向社会筹集研究开发资金。

第四十九条　国家鼓励国内国外的组织或者个人设立各类科学基金，资助科学研究和技术开发。

第五十条　国务院有关行政部门和地方各级人民政府应当采取措施，发展科学技术信息交流，建立现代化的科学技术信息网络。

第五十一条　国家建立科学技术保密制度，保护涉及国家安全和利益的科学技术秘密。

国家严格控制珍贵的生物种质资源出境。

第八章　科学技术奖励

第五十二条　国家建立科学技术奖励制度，对于在科学技术进步活动中

做出重要贡献的公民、组织，给予奖励。

第五十三条　国家对为科学技术事业发展做出杰出贡献的公民，依法授予国家荣誉称号。

第五十四条　国务院设立自然科学奖、技术发明奖、科学技术进步奖、国际科学技术合作奖；必要时，可以设立其他科学技术奖。

自然科学奖授予在基础研究和应用基础研究中阐明自然现象、特征和规律，做出重大科学发现的公民。

技术发明奖授予运用科学技术知识做出产品、工艺、材料及其系统等重大技术发明的公民。

科学技术进步奖授予在应用推广先进科学技术成果，完成重大科学技术工程、计划和项目，改进科学技术管理等项工作中有突出贡献的公民或者组织。

国际科学技术合作奖授予对中国科学技术事业做出重要贡献的外国公民或者组织。

第五十五条　企业事业组织应当按照国家有关规定从实施科学技术成果新增留利中提取一定比例，奖励完成技术成果的个人。

第五十六条　国内、国外的组织或者个人可以设立科学技术奖励基金，奖励在科学技术进步活动中做出突出贡献的公民或者组织。

第九章　法律责任

第五十七条　违反国家财政制度、财务制度，挪用、克扣、截留国家财政用于科学技术的经费的，由上级机关责令限期归还被挪用、克扣、截留的经费；情节严重的，由上级机关或者所在单位对直接责任人员给予行政处分。

第五十八条　滥用职权，压制科学技术发明或者合理化建设，情节严重的，对直接责任人员给予行政处分。

第五十九条　在新技术、新产品开发和科学技术成果申报中采取欺骗手段，获取优惠待遇或者奖励的，取消其优惠待遇和奖励，并给予行政处罚或者行政处分。

参加科学技术成果鉴定的人员故意做出虚假鉴定的，由有关主管部门给

予行政处分。

第六十条　剽窃、篡改、假冒或者以其他方式侵害他人著作权、专利权、发现权、发明权和其他科学技术成果权的，非法窃取技术秘密的，依照有关法律的规定处理。

第十章　附　　则

第六十一条　国务院科学技术行政部门和有关行政部门根据本法制定实施办法，报国务院批准施行。

第六十二条　本法自 1993 年 10 月 1 日起施行。

中华人民共和国合同法

1999 年 3 月 15 日第九届全国人民代表大会第二次会议通过

总　　则

第一章　一般规定

第一条　为了保护合同当事人的合法权益，维护社会经济秩序，促进社会主义现代化建设，制定本法。

第二条　本法所称合同是平等主体的自然人、法人、其他组织之间设立、变更、终止民事权利义务关系的协议。婚姻、收养、监护等有关身份关系的协议，适用其他法律的规定。

第三条　合同当事人的法律地位平等，一方不得将自己的意志强加给另一方。

第四条　当事人依法享有自愿订立合同的权利，任何单位和个人不得非法干预。

第五条　当事人应当遵循公平原则确定各方的权利和义务。

第六条　当事人行使权利、履行义务应当遵循诚实信用原则。

第七条　当事人订立、履行合同，应当遵守法律、行政法规，尊重社会公德，不得扰乱社会经济秩序，损害社会公共利益。

第八条　依法成立的合同，对当事人具有法律约束力。当事人应当按照约定履行自己的义务，不得擅自变更或者解除合同。依法成立的合同，受法律保护。

第二章　合同的订立

第九条　当事人订立合同，应当具有相应的民事权利能力和民事行为能

力。当事人依法可以委托代理人订立合同。

第十条 当事人订立合同，有书面形式、口头形式和其他形式。法律、行政法规规定采用书面形式的，应当采用书面形式。当事人约定采用书面形式的，应当采用书面形式。

第十一条 书面形式是指合同书、信件和数据电文（包括电报、电传、传真、电子数据交换和电子邮件）等可以有形地表现所载内容的形式。

第十二条 合同的内容由当事人约定，一般包括以下条款：

（一）当事人的名称或者姓名和住所；

（二）标的；

（三）数量；

（四）质量；

（五）价款或者报酬；

（六）履行期限、地点和方式；

（七）违约责任；

（八）解决争议的方法。

当事人可以参照各类合同的示范文本订立合同。

第十三条 当事人订立合同，采取要约、承诺方式。

第十四条 要约是希望和他人订立合同的意思表示，该意思表示应当符合下列规定：

（一）内容具体确定；

（二）表明经受要约人承诺，要约人即受该意思表示约束。

第十五条 要约邀请是希望他人向自己发出要约的意思表示。寄送的价目表、拍卖公告、招标公告、招股说明书、商业广告等为要约邀请。商业广告的内容符合要约规定的，视为要约。

第十六条 要约到达受要约人时生效。采用数据电文形式订立合同，收件人指定特定系统接收数据电文的，该数据电文进入该特定系统的时间，视为到达时间；未指定特定系统的，该数据电文进入收件人的任何系统的首次时间，视为到达时间。

第十七条 要约可以撤回。撤回要约的通知应当在要约到达受要约人之前或者与要约同时到达受要约人。

第十八条 要约可以撤销。撤销要约的通知应当在受要约人发出承诺通

知之前到达受要约人。

第十九条　有下列情形之一的，要约不得撤销：

（一）要约人确定了承诺期限或者以其他形式明示要约不可撤销；

（二）受要约人有理由认为要约是不可撤销的，并已经为履行合同作了准备工作。

第二十条　有下列情形之一的，要约失效：

（一）拒绝要约的通知到达要约人；

（二）要约人依法撤销要约；

（三）承诺期限届满，受要约人未作出承诺；

（四）受要约人对要约的内容作出实质性变更。

第二十一条　承诺是受要约人同意要约的意思表示。

第二十二条　承诺应当以通知的方式作出，但根据交易习惯或者要约表明可以通过行为作出承诺的除外。

第二十三条　承诺应当在要约确定的期限内到达要约人。要约没有确定承诺期限的，承诺应当依照下列规定到达：

（一）要约以对话方式作出的，应当即时作出承诺，但当事人另有约定的除外；

（二）要约以非对话方式作出的，承诺应当在合理期限内到达。

第二十四条　要约以信件或者电报作出的，承诺期限自信件载明的日期或者电报交发之日开始计算。信件未载明日期的，自投寄该信件的邮戳日期开始计算。要约以电话、传真等快速通讯方式作出的，承诺期限自要约到达受要约人时开始计算。

第二十五条　承诺生效时合同成立。

第二十六条　承诺通知到达要约人时生效。承诺不需要通知的，根据交易习惯或者要约的要求作出承诺的行为时生效。采用数据电文形式订立合同的，承诺到达的时间适用本法第十六条第二款的规定。

第二十七条　承诺可以撤回。撤回承诺的通知应当在承诺通知到达要约人之前或者与承诺通知同时到达要约人。

第二十八条　受要约人超过承诺期限发出承诺的，除要约人及时通知受要约人该承诺有效的以外，为新要约。

第二十九条　受要约人在承诺期限内发出承诺，按照通常情形能够及时

到达要约人，但因其他原因承诺到达要约人时超过承诺期限的，除要约人及时通知受要约人因承诺超过期限不接受该承诺的以外，该承诺有效。

第三十条 承诺的内容应当与要约的内容一致。受要约人对要约的内容作出实质性变更的，为新要约。有关合同标的、数量、质量、价款或者报酬、履行期限、履行地点和方式、违约责任和解决争议方法等的变更，是对要约内容的实质性变更。

第三十一条 承诺对要约的内容作出非实质性变更的，除要约人及时表示反对或者要约表明承诺不得对要约的内容作出任何变更的以外，该承诺有效，合同的内容以承诺的内容为准。

第三十二条 当事人采用合同书形式订立合同的，自双方当事人签字或者盖章时合同成立。

第三十三条 当事人采用信件、数据电文等形式订立合同的，可以在合同成立之前要求签订确认书。签订确认书时合同成立。

第三十四条 承诺生效的地点为合同成立的地点。采用数据电文形式订立合同的，收件人的主营业地为合同成立的地点；没有主营业地的，其经常居住地为合同成立的地点。当事人另有约定的，按照其约定。

第三十五条 当事人采用合同书形式订立合同的，双方当事人签字或者盖章的地点为合同成立的地点。

第三十六条 法律、行政法规规定或者当事人约定采用书面形式订立合同，当事人未采用书面形式但一方已经履行主要义务，对方接受的，该合同成立。

第三十七条 采用合同书形式订立合同，在签字或者盖章之前，当事人一方已经履行主要义务，对方接受的，该合同成立。

第三十八条 国家根据需要下达指令性任务或者国家订货任务的，有关法人、其他组织之间应当依照有关法律、行政法规规定的权利和义务订立合同。

第三十九条 采用格式条款订立合同的，提供格式条款的一方应当遵循公平原则确定当事人之间的权利和义务，并采取合理的方式提请对方注意免除或者限制其责任的条款，按照对方的要求，对该条款予以说明。格式条款是当事人为了重复使用而预先拟定，并在订立合同时未与对方协商的条款。

第四十条 格式条款具有本法第五十二条和第五十三条规定情形的，或

者提供格式条款一方免除其责任、加重对方责任、排除对方主要权利的，该条款无效。

第四十一条　对格式条款的理解发生争议的，应当按照通常理解予以解释。对格式条款有两种以上解释的，应当作出不利于提供格式条款一方的解释。格式条款和非格式条款不一致的，应当采用非格式条款。

第四十二条　当事人在订立合同过程中有下列情形之一，给对方造成损失的，应当承担损害赔偿责任：

（一）假借订立合同，恶意进行磋商；

（二）故意隐瞒与订立合同有关的重要事实或者提供虚假情况；

（三）有其他违背诚实信用原则的行为。

第四十三条　当事人在订立合同过程中知悉的商业秘密，无论合同是否成立，不得泄露或者不正当地使用。泄露或者不正当地使用该商业秘密给对方造成损失的，应当承担损害赔偿责任。

第三章　合同的效力

第四十四条　依法成立的合同，自成立时生效。法律、行政法规规定应当办理批准、登记等手续生效的，依照其规定。

第四十五条　当事人对合同的效力可以约定附条件。附生效条件的合同，自条件成就时生效。附解除条件的合同，自条件成就时失效。当事人为自己的利益不正当地阻止条件成就的，视为条件已成就；不正当地促成条件成就的，视为条件不成就。

第四十六条　当事人对合同的效力可以约定附期限。附生效期限的合同，自期限届至时生效。附终止期限的合同，自期限届满时失效。

第四十七条　限制民事行为能力人订立的合同，经法定代理人追认后，该合同有效，但纯获利益的合同或者与其年龄、智力、精神健康状况相适应而订立的合同，不必经法定代理人追认。相对人可以催告法定代理人在一个月内予以追认。法定代理人未作表示的，视为拒绝追认。合同被追认之前，善意相对人有撤销的权利。撤销应当以通知的方式作出。

第四十八条　行为人没有代理权、超越代理权或者代理权终止后以被代理人名义订立的合同，未经被代理人追认，对被代理人不发生效力，由行为

人承担责任。相对人可以催告被代理人在一个月内予以追认。被代理人未作表示的，视为拒绝追认。合同被追认之前，善意相对人有撤销的权利。撤销应当以通知的方式作出。

第四十九条 行为人没有代理权、超越代理权或者代理权终止后以被代理人名义订立合同，相对人有理由相信行为人有代理权的，该代理行为有效。

第五十条 法人或者其他组织的法定代表人、负责人超越权限订立的合同，除相对人知道或者应当知道其超越权限的以外，该代表行为有效。

第五十一条 无处分权的人处分他人财产，经权利人追认或者无处分权的人订立合同后取得处分权的，该合同有效。

第五十二条 有下列情形之一的，合同无效：

（一）一方以欺诈、胁迫的手段订立合同，损害国家利益；

（二）恶意串通，损害国家、集体或者第三人利益；

（三）以合法形式掩盖非法目的；

（四）损害社会公共利益；

（五）违反法律、行政法规的强制性规定。

第五十三条 合同中的下列免责条款无效：

（一）造成对方人身伤害的；

（二）因故意或者重大过失造成对方财产损失的。

第五十四条 下列合同，当事人一方有权请求人民法院或者仲裁机构变更或者撤销：

（一）因重大误解订立的；

（二）在订立合同时显失公平的。

一方以欺诈、胁迫的手段或者乘人之危，使对方在违背真实意思的情况下订立的合同，受损害方有权请求人民法院或者仲裁机构变更或者撤销。

当事人请求变更的，人民法院或者仲裁机构不得撤销。

第五十五条 有下列情形之一的，撤销权消灭：

（一）具有撤销权的当事人自知道或者应当知道撤销事由之日起一年内没有行使撤销权；

（二）具有撤销权的当事人知道撤销事由后明确表示或者以自己的行为放弃撤销权。

第五十六条　无效的合同或者被撤销的合同自始没有法律约束力。合同部分无效，不影响其他部分效力的，其他部分仍然有效。

第五十七条　合同无效、被撤销或者终止的，不影响合同中独立存在的有关解决争议方法的条款的效力。

第五十八条　合同无效或者被撤销后，因该合同取得的财产，应当予以返还；不能返还或者没有必要返还的，应当折价补偿。有过错的一方应当赔偿对方因此所受到的损失，双方都有过错的，应当各自承担相应的责任。

第五十九条　当事人恶意串通，损害国家、集体或者第三人利益的，因此取得的财产收归国家所有或者返还集体、第三人。

第四章　合同的履行

第六十条　当事人应当按照约定全面履行自己的义务。当事人应当遵循诚实信用原则，根据合同的性质、目的和交易习惯履行通知、协助、保密等义务。

第六十一条　合同生效后，当事人就质量、价款或者报酬、履行地点等内容没有约定或者约定不明确的，可以协议补充；不能达成补充协议的，按照合同有关条款或者交易习惯确定。

第六十二条　当事人就有关合同内容约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，适用下列规定：

（一）质量要求不明确的，按照国家标准、行业标准履行；没有国家标准、行业标准的，按照通常标准或者符合合同目的的特定标准履行。

（二）价款或者报酬不明确的，按照订立合同时履行地的市场价格履行；依法应当执行政府定价或者政府指导价的，按照规定履行。

（三）履行地点不明确，给付货币的，在接受货币一方所在地履行；交付不动产的，在不动产所在地履行；其他标的，在履行义务一方所在地履行。

（四）履行期限不明确的，债务人可以随时履行，债权人也可以随时要求履行，但应当给对方必要的准备时间。

（五）履行方式不明确的，按照有利于实现合同目的的方式履行。

（六）履行费用的负担不明确的，由履行义务一方负担。

第六十三条　执行政府定价或者政府指导价的，在合同约定的交付期限内政府价格调整时，按照交付时的价格计价。逾期交付标的物的，遇价格上涨时，按照原价格执行；价格下降时，按照新价格执行。逾期提取标的物或者逾期付款的，遇价格上涨时，按照新价格执行；价格下降时，按照原价格执行。

第六十四条　当事人约定由债务人向第三人履行债务的，债务人未向第三人履行债务或者履行债务不符合约定，应当向债权人承担违约责任。

第六十五条　当事人约定由第三人向债权人履行债务的，第三人不履行债务或者履行债务不符合约定，债务人应当向债权人承担违约责任。

第六十六条　当事人互负债务，没有先后履行顺序的，应当同时履行。一方在对方履行之前有权拒绝其履行要求。一方在对方履行债务不符合约定时，有权拒绝其相应的履行要求。

第六十七条　当事人互负债务，有先后履行顺序，先履行一方未履行的，后履行一方有权拒绝其履行要求。先履行一方履行债务不符合约定的，后履行一方有权拒绝其相应的履行要求。

第六十八条　应当先履行债务的当事人，有确切证据证明对方有下列情形之一的，可以中止履行：

（一）经营状况严重恶化；

（二）转移财产、抽逃资金，以逃避债务；

（三）丧失商业信誉；

（四）有丧失或者可能丧失履行债务能力的其他情形。

当事人没有确切证据中止履行的，应当承担违约责任。

第六十九条　当事人依照本法第六十八条的规定中止履行的，应当及时通知对方。对方提供适当担保时，应当恢复履行。中止履行后，对方在合理期限内未恢复履行能力并且未提供适当担保的，中止履行的一方可以解除合同。

第七十条　债权人分立、合并或者变更住所没有通知债务人，致使履行债务发生困难的，债务人可以中止履行或者将标的物提存。

第七十一条　债权人可以拒绝债务人提前履行债务，但提前履行不损害债权人利益的除外。债务人提前履行债务给债权人增加的费用，由债务人负担。

第七十二条　债权人可以拒绝债务人部分履行债务，但部分履行不损害债权人利益的除外。债务人部分履行债务给债权人增加的费用，由债务人负担。

第七十三条　因债务人怠于行使其到期债权，对债权人造成损害的，债权人可以向人民法院请求以自己的名义代位行使债务人的债权，但该债权专属于债务人自身的除外。代位权的行使范围以债权人的债权为限。债权人行使代位权的必要费用，由债务人负担。

第七十四条　因债务人放弃其到期债权或者无偿转让财产，对债权人造成损害的，债权人可以请求人民法院撤销债务人的行为。债务人以明显不合理的低价转让财产，对债权人造成损害，并且受让人知道该情形的，债权人也可以请求人民法院撤销债务人的行为。撤销权的行使范围以债权人的债权为限。债权人行使撤销权的必要费用，由债务人负担。

第七十五条　撤销权自债权人知道或者应当知道撤销事由之日起一年内行使。自债务人的行为发生之日起五年内没有行使撤销权的，该撤销权消灭。

第七十六条　合同生效后，当事人不得因姓名、名称的变更或者法定代表人、负责人、承办人的变动而不履行合同义务。

第五章　合同的变更和转让

第七十七条　当事人协商一致，可以变更合同。法律、行政法规规定变更合同应当办理批准、登记等手续的，依照其规定。

第七十八条　当事人对合同变更的内容约定不明确的，推定为未变更。

第七十九条　债权人可以将合同的权利全部或者部分转让给第三人，但有下列情形之一的除外：

（一）根据合同性质不得转让；

（二）按照当事人约定不得转让；

（三）依照法律规定不得转让。

第八十条　债权人转让权利的，应当通知债务人。未经通知，该转让对债务人不发生效力。债权人转让权利的通知不得撤销，但经受让人同意的除外。

第八十一条 债权人转让权利的，受让人取得与债权有关的从权利，但该从权利专属于债权人自身的除外。

第八十二条 债务人接到债权转让通知后，债务人对让与人的抗辩，可以向受让人主张。

第八十三条 债务人接到债权转让通知时，债务人对让与人享有债权，并且债务人的债权先于转让的债权到期或者同时到期的，债务人可以向受让人主张抵销。

第八十四条 债务人将合同的义务全部或者部分转移给第三人的，应当经债权人同意。

第八十五条 债务人转移义务的，新债务人可以主张原债务人对债权人的抗辩。

第八十六条 债务人转移义务的，新债务人应当承担与主债务有关的从债务，但该从债务专属于原债务人自身的除外。

第八十七条 法律、行政法规规定转让权利或者转移义务应当办理批准、登记等手续的，依照其规定。

第八十八条 当事人一方经对方同意，可以将自己在合同中的权利和义务一并转让给第三人。

第八十九条 权利和义务一并转让的，适用本法第七十九条、第八十一条至第八十三条、第八十五条至第八十七条的规定。

第九十条 当事人订立合同后合并的，由合并后的法人或者其他组织行使合同权利，履行合同义务。当事人订立合同后分立的，除债权人和债务人另有约定的以外，由分立的法人或者其他组织对合同的权利和义务享有连带债权，承担连带债务。

第六章 合同的权利义务终止

第九十一条 有下列情形之一的，合同的权利义务终止：

（一）债务已经按照约定履行；

（二）合同解除；

（三）债务相互抵销；

（四）债务人依法将标的物提存；

（五）债权人免除债务；

（六）债权债务同归于一人；

（七）法律规定或者当事人约定终止的其他情形。

第九十二条　合同的权利义务终止后，当事人应当遵循诚实信用原则，根据交易习惯履行通知、协助、保密等义务。

第九十三条　当事人协商一致，可以解除合同。当事人可以约定一方解除合同的条件。解除合同的条件成就时，解除权人可以解除合同。

第九十四条　有下列情形之一的，当事人可以解除合同：

（一）因不可抗力致使不能实现合同目的；

（二）在履行期限届满之前，当事人一方明确表示或者以自己的行为表明不履行主要债务；

（三）当事人一方迟延履行主要债务，经催告后在合理期限内仍未履行；

（四）当事人一方迟延履行债务或者有其他违约行为致使不能实现合同目的；

（五）法律规定的其他情形。

第九十五条　法律规定或者当事人约定解除权行使期限，期限届满当事人不行使的，该权利消灭。法律没有规定或者当事人没有约定解除权行使期限，经对方催告后在合理期限内不行使的，该权利消灭。

第九十六条　当事人一方依照本法第九十三条第二款、第九十四条的规定主张解除合同的，应当通知对方。合同自通知到达对方时解除。对方有异议的，可以请求人民法院或者仲裁机构确认解除合同的效力。法律、行政法规规定解除合同应当办理批准、登记等手续的，依照其规定。

第九十七条　合同解除后，尚未履行的，终止履行；已经履行的，根据履行情况和合同性质，当事人可以要求恢复原状、采取其他补救措施，并有权要求赔偿损失。

第九十八条　合同的权利义务终止，不影响合同中结算和清理条款的效力。

第九十九条　当事人互负到期债务，该债务的标的物种类、品质相同的，任何一方可以将自己的债务与对方的债务抵销，但依照法律规定或者按照合同性质不得抵销的除外。当事人主张抵销的，应当通知对方。通知自到达对方时生效。抵销不得附条件或者附期限。

第一百条 当事人互负债务，标的物种类、品质不相同的，经双方协商一致，也可以抵销。

第一百零一条 有下列情形之一，难以履行债务的，债务人可以将标的物提存：

（一）债权人无正当理由拒绝受领；

（二）债权人下落不明；

（三）债权人死亡未确定继承人或者丧失民事行为能力未确定监护人；

（四）法律规定的其他情形。标的物不适于提存或者提存费用过高的，债务人依法可以拍卖或者变卖标的物，提存所得的价款。

第一百零二条 标的物提存后，除债权人下落不明的以外，债务人应当及时通知债权人或者债权人的继承人、监护人。

第一百零三条 标的物提存后，毁损、灭失的风险由债权人承担。提存期间，标的物的孳息归债权人所有。提存费用由债权人负担。

第一百零四条 债权人可以随时领取提存物，但债权人对债务人负有到期债务的，在债权人未履行债务或者提供担保之前，提存部门根据债务人的要求应当拒绝其领取提存物。债权人领取提存物的权利，自提存之日起五年内不行使而消灭，提存物扣除提存费用后归国家所有。

第一百零五条 债权人免除债务人部分或者全部债务的，合同的权利义务部分或者全部终止。

第一百零六条 债权和债务同归于一人的，合同的权利义务终止，但涉及第三人利益的除外。

第七章 违约责任

第一百零七条 当事人一方不履行合同义务或者履行合同义务不符合约定的，应当承担继续履行、采取补救措施或者赔偿损失等违约责任。

第一百零八条 当事人一方明确表示或者以自己的行为表明不履行合同义务的，对方可以在履行期限届满之前要求其承担违约责任。

第一百零九条 当事人一方未支付价款或者报酬的，对方可以要求其支付价款或者报酬。

第一百一十条 当事人一方不履行非金钱债务或者履行非金钱债务不符

合约定的，对方可以要求履行，但有下列情形之一的除外：（一）法律上或者事实上不能履行；（二）债务的标的不适于强制履行或者履行费用过高；（三）债权人在合理期限内未要求履行。

第一百一十一条　质量不符合约定的，应当按照当事人的约定承担违约责任。对违约责任没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，受损害方根据标的的性质以及损失的大小，可以合理选择要求对方承担修理、更换、重作、退货、减少价款或者报酬等违约责任。

第一百一十二条　当事人一方不履行合同义务或者履行合同义务不符合约定的，在履行义务或者采取补救措施后，对方还有其他损失的，应当赔偿损失。

第一百一十三条　当事人一方不履行合同义务或者履行合同义务不符合约定，给对方造成损失的，损失赔偿额应当相当于因违约所造成的损失，包括合同履行后可以获得的利益，但不得超过违反合同一方订立合同时预见到或者应当预见到的因违反合同可能造成的损失。经营者对消费者提供商品或者服务有欺诈行为的，依照《中华人民共和国消费者权益保护法》的规定承担损害赔偿责任。

第一百一十四条　当事人可以约定一方违约时应当根据违约情况向对方支付一定数额的违约金，也可以约定因违约产生的损失赔偿额的计算方法。约定的违约金低于造成的损失的，当事人可以请求人民法院或者仲裁机构予以增加；约定的违约金过分高于造成的损失的，当事人可以请求人民法院或者仲裁机构予以适当减少。当事人就迟延履行约定违约金的，违约方支付违约金后，还应当履行债务。

第一百一十五条　当事人可以依照《中华人民共和国担保法》约定一方向对方给付定金作为债权的担保。债务人履行债务后，定金应当抵作价款或者收回。给付定金的一方不履行约定的债务的，无权要求返还定金；收受定金的一方不履行约定的债务的，应当双倍返还定金。

第一百一十六条　当事人既约定违约金，又约定定金的，一方违约时，对方可以选择适用违约金或者定金条款。

第一百一十七条　因不可抗力不能履行合同的，根据不可抗力的影响，部分或者全部免除责任，但法律另有规定的除外。当事人迟延履行后发生不可抗力的，不能免除责任。本法所称不可抗力，是指不能预见、不能避免并

不能克服的客观情况。

第一百一十八条 当事人一方因不可抗力不能履行合同的，应当及时通知对方，以减轻可能给对方造成的损失，并应当在合理期限内提供证明。

第一百一十九条 当事人一方违约后，对方应当采取适当措施防止损失的扩大；没有采取适当措施致使损失扩大的，不得就扩大的损失要求赔偿。当事人因防止损失扩大而支出的合理费用，由违约方承担。

第一百二十条 当事人双方都违反合同的，应当各自承担相应的责任。

第一百二十一条 当事人一方因第三人的原因造成违约的，应当向对方承担违约责任。当事人一方和第三人之间的纠纷，依照法律规定或者按照约定解决。

第一百二十二条 因当事人一方的违约行为，侵害对方人身、财产权益的，受损害方有权选择依照本法要求其承担违约责任或者依照其他法律要求其承担侵权责任。

第八章 其他规定

第一百二十三条 其他法律对合同另有规定的，依照其规定。

第一百二十四条 本法分则或者其他法律没有明文规定的合同，适用本法总则的规定，并可以参照本法分则或者其他法律最相类似的规定。

第一百二十五条 当事人对合同条款的理解有争议的，应当按照合同所使用的词句、合同的有关条款、合同的目的、交易习惯以及诚实信用原则，确定该条款的真实意思。合同文本采用两种以上文字订立并约定具有同等效力的，对各文本使用的词句推定具有相同含义。各文本使用的词句不一致的，应当根据合同的目的予以解释。

第一百二十六条 涉外合同的当事人可以选择处理合同争议所适用的法律，但法律另有规定的除外。涉外合同的当事人没有选择的，适用与合同有最密切联系的国家的法律。在中华人民共和国境内履行的中外合资经营企业合同、中外合作经营企业合同、中外合作勘探开发自然资源合同，适用中华人民共和国法律。

第一百二十七条 工商行政管理部门和其他有关行政主管部门在各自的职权范围内，依照法律、行政法规的规定，对利用合同危害国家利益、社会

公共利益的违法行为，负责监督处理；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第一百二十八条　当事人可以通过和解或者调解解决合同争议。当事人不愿和解、调解或者和解、调解不成的，可以根据仲裁协议向仲裁机构申请仲裁。涉外合同的当事人可以根据仲裁协议向中国仲裁机构或者其他仲裁机构申请仲裁。当事人没有订立仲裁协议或者仲裁协议无效的，可以向人民法院起诉。当事人应当履行发生法律效力的判决、仲裁裁决、调解书；拒不履行的，对方可以请求人民法院执行。

第一百二十九条　因国际货物买卖合同和技术进出口合同争议提起诉讼或者申请仲裁的期限为四年，自当事人知道或者应当知道其权利受到侵害之日起计算。因其他合同争议提起诉讼或者申请仲裁的期限，依照有关法律的规定。

分　　则

第九章　买卖合同

第一百三十条　买卖合同是出卖人转移标的物的所有权于买受人，买受人支付价款的合同。

第一百三十一条　买卖合同的内容除依照本法第十二条的规定以外，还可以包括包装方式、检验标准和方法、结算方式、合同使用的文字及其效力等条款。

第一百三十二条　出卖的标的物，应当属于出卖人所有或者出卖人有权处分。法律、行政法规禁止或者限制转让的标的物，依照其规定。

第一百三十三条　标的物的所有权自标的物交付时起转移，但法律另有规定或者当事人另有约定的除外。

第一百三十四条　当事人可以在买卖合同中约定买受人未履行支付价款或者其他义务的，标的物的所有权属于出卖人。

第一百三十五条　出卖人应当履行向买受人交付标的物或者交付提取标的物的单证，并转移标的物所有权的义务。

第一百三十六条　出卖人应当按照约定或者交易习惯向买受人交付提取

标的物单证以外的有关单证和资料。

第一百三十七条　出卖具有知识产权的计算机软件等标的物的，除法律另有规定或者当事人另有约定的以外，该标的物的知识产权不属于买受人。

第一百三十八条　出卖人应当按照约定的期限交付标的物。约定交付期间的，出卖人可以在该交付期间内的任何时间交付。

第一百三十九条　当事人没有约定标的物的交付期限或者约定不明确的，适用本法第六十一条、第六十二条第四项的规定。

第一百四十条　标的物在订立合同之前已为买受人占有的，合同生效的时间为交付时间。

第一百四十一条　出卖人应当按照约定的地点交付标的物。当事人没有约定交付地点或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，适用下列规定：

（一）标的物需要运输的，出卖人应当将标的物交付给第一承运人以运交给买受人；

（二）标的物不需要运输，出卖人和买受人订立合同时知道标的物在某一地点的，出卖人应当在该地点交付标的物；不知道标的物在某一地点的，应当在出卖人订立合同时的营业地交付标的物。

第一百四十二条　标的物毁损、灭失的风险，在标的物交付之前由出卖人承担，交付之后由买受人承担，但法律另有规定或者当事人另有约定的除外。

第一百四十三条　因买受人的原因致使标的物不能按照约定的期限交付的，买受人应当自违反约定之日起承担标的物毁损、灭失的风险。

第一百四十四条　出卖人出卖交由承运人运输的在途标的物，除当事人另有约定的以外，毁损、灭失的风险自合同成立时起由买受人承担。

第一百四十五条　当事人没有约定交付地点或者约定不明确，依照本法第一百四十一条第二款第一项的规定标的物需要运输的，出卖人将标的物交付给第一承运人后，标的物毁损、灭失的风险由买受人承担。

第一百四十六条　出卖人按照约定或者依照本法第一百四十一条第二款第二项的规定将标的物置于交付地点，买受人违反约定没有收取的，标的物毁损、灭失的风险自违反约定之日起由买受人承担。

第一百四十七条　出卖人按照约定未交付有关标的物的单证和资料的，

不影响标的物毁损、灭失风险的转移。

第一百四十八条　因标的物质量不符合质量要求，致使不能实现合同目的的，买受人可以拒绝接受标的物或者解除合同。买受人拒绝接受标的物或者解除合同的，标的物毁损、灭失的风险由出卖人承担。

第一百四十九条　标的物毁损、灭失的风险由买受人承担的，不影响因出卖人履行债务不符合约定，买受人要求其承担违约责任的权利。

第一百五十条　出卖人就交付的标的物，负有保证第三人不得向买受人主张任何权利的义务，但法律另有规定的除外。

第一百五十一条　买受人订立合同时知道或者应当知道第三人对买卖的标的物享有权利的，出卖人不承担本法第一百五十条规定的义务。

第一百五十二条　买受人有确切证据证明第三人可能就标的物主张权利的，可以中止支付相应的价款，但出卖人提供适当担保的除外。

第一百五十三条　出卖人应当按照约定的质量要求交付标的物。出卖人提供有关标的物质量说明的，交付的标的物应当符合该说明的质量要求。

第一百五十四条　当事人对标的物的质量要求没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，适用本法第六十二条第一项的规定。

第一百五十五条　出卖人交付的标的物不符合质量要求的，买受人可以依照本法第一百一十一条的规定要求承担违约责任。

第一百五十六条　出卖人应当按照约定的包装方式交付标的物。对包装方式没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，应当按照通用的方式包装，没有通用方式的，应当采取足以保护标的物的包装方式。

第一百五十七条　买受人收到标的物时应当在约定的检验期间内检验。没有约定检验期间的，应当及时检验。

第一百五十八条　当事人约定检验期间的，买受人应当在检验期间内将标的物的数量或者质量不符合约定的情形通知出卖人。买受人怠于通知的，视为标的物的数量或者质量符合约定。当事人没有约定检验期间的，买受人应当在发现或者应当发现标的物的数量或者质量不符合约定的合理期间内通知出卖人。买受人在合理期间内未通知或者自标的物收到之日起两年内未通知出卖人的，视为标的物的数量或者质量符合约定，但对标的物有质量保证

期的，适用质量保证期，不适用该两年的规定。出卖人知道或者应当知道提供的标的物不符合约定的，买受人不受前两款规定的通知时间的限制。

第一百五十九条　买受人应当按照约定的数额支付价款。对价款没有约定或者约定不明确的，适用本法第六十一条、第六十二条第二项的规定。

第一百六十条　买受人应当按照约定的地点支付价款。对支付地点没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，买受人应当在出卖人的营业地支付，但约定支付价款以交付标的物或者交付提取标的物单证为条件的，在交付标的物或者交付提取标的物单证的所在地支付。

第一百六十一条　买受人应当按照约定的时间支付价款。对支付时间没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，买受人应当在收到标的物或者提取标的物单证的同时支付。

第一百六十二条　出卖人多交标的物的，买受人可以接收或者拒绝接收多交的部分。买受人接收多交部分的，按照合同的价格支付价款；买受人拒绝接收多交部分的，应当及时通知出卖人。

第一百六十三条　标的物在交付之前产生的孳息，归出卖人所有，交付之后产生的孳息，归买受人所有。

第一百六十四条　因标的物的主物不符合约定而解除合同的，解除合同的效力及于从物。因标的物的从物不符合约定被解除的，解除的效力不及于主物。

第一百六十五条　标的物为数物，其中一物不符合约定的，买受人可以就该物解除，但该物与他物分离使标的物的价值显受损害的，当事人可以就数物解除合同。

第一百六十六条　出卖人分批交付标的物的，出卖人对其中一批标的物不交付或者交付不符合约定，致使该批标的物不能实现合同目的的，买受人可以就该批标的物解除。出卖人不交付其中一批标的物或者交付不符合约定，致使今后其他各批标的物的交付不能实现合同目的的，买受人可以就该批以及今后其他各批标的物解除。买受人如果就其中一批标的物解除，该批标的物与其他各批标的物相互依存的，可以就已经交付和未交付的各批标的物解除。

第一百六十七条　分期付款的买受人未支付到期价款的金额达到全部价款的五分之一的，出卖人可以要求买受人支付全部价款或者解除合同。出卖

人解除合同的，可以向买受人要求支付该标的物的使用费。

第一百六十八条　凭样品买卖的当事人应当封存样品，并可以对样品质量予以说明。出卖人交付的标的物应当与样品及其说明的质量相同。

第一百六十九条　凭样品买卖的买受人不知道样品有隐蔽瑕疵的，即使交付的标的物与样品相同，出卖人交付的标的物的质量仍然应当符合同种物的通常标准。

第一百七十条　试用买卖的当事人可以约定标的物的试用期间。对试用期间没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，由出卖人确定。

第一百七十一条　试用买卖的买受人在试用期内可以购买标的物，也可以拒绝购买。试用期间届满，买受人对是否购买标的物未作表示的，视为购买。

第一百七十二条　招标投标买卖的当事人的权利和义务以及招标投标程序等，依照有关法律、行政法规的规定。

第一百七十三条　拍卖的当事人的权利和义务以及拍卖程序等，依照有关法律、行政法规的规定。

第一百七十四条　法律对其他有偿合同有规定的，依照其规定；没有规定的，参照买卖合同的有关规定。

第一百七十五条　当事人约定易货交易，转移标的物的所有权的，参照买卖合同的有关规定。

第十章　供用电、水、气、热力合同

第一百七十六条　供用电合同是供电人向用电人供电，用电人支付电费的合同。

第一百七十七条　供用电合同的内容包括供电的方式、质量、时间，用电容量、地址、性质，计量方式，电价、电费的结算方式，供用电设施的维护责任等条款。

第一百七十八条　供用电合同的履行地点，按照当事人约定；当事人没有约定或者约定不明确的，供电设施的产权分界处为履行地点。

第一百七十九条　供电人应当按照国家规定的供电质量标准和约定安全

供电。供电人未按照国家规定的供电质量标准和约定安全供电，造成用电人损失的，应当承担损害赔偿责任。

第一百八十条　供电人因供电设施计划检修、临时检修、依法限电或者用电人违法用电等原因，需要中断供电时，应当按照国家有关规定事先通知用电人。未事先通知用电人中断供电，造成用电人损失的，应当承担损害赔偿责任。

第一百八十一条　因自然灾害等原因断电，供电人应当按照国家有关规定及时抢修。未及时抢修，造成用电人损失的，应当承担损害赔偿责任。

第一百八十二条　用电人应当按照国家有关规定和当事人的约定及时交付电费。用电人逾期不交付电费的，应当按照约定支付违约金。经催告用电人在合理期限内仍不交付电费和违约金的，供电人可以按照国家规定的程序中止供电。

第一百八十三条　用电人应当按照国家有关规定和当事人的约定安全用电。用电人未按照国家有关规定和当事人的约定安全用电，造成供电人损失的，应当承担损害赔偿责任。

第一百八十四条　供用水、供用气、供用热力合同，参照供用电合同的有关规定。

第十一章　赠与合同

第一百八十五条　赠与合同是赠与人将自己的财产无偿给予受赠人，受赠人表示接受赠与的合同。

第一百八十六条　赠与人在赠与财产的权利转移之前可以撤销赠与。具有救灾、扶贫等社会公益、道德义务性质的赠与合同或者经过公证的赠与合同，不适用前款规定。

第一百八十七条　赠与的财产依法需要办理登记等手续的，应当办理有关手续。

第一百八十八条　具有救灾、扶贫等社会公益、道德义务性质的赠与合同或者经过公证的赠与合同，赠与人不交付赠与的财产的，受赠人可以要求交付。

第一百八十九条　因赠与人故意或者重大过失致使赠与的财产毁损、灭

失的，赠与人应当承担损害赔偿责任。

第一百九十条　赠与可以附义务。赠与附义务的，受赠人应当按照约定履行义务。

第一百九十一条　赠与的财产有瑕疵的，赠与人不承担责任。附义务的赠与，赠与的财产有瑕疵的，赠与人在附义务的限度内承担与出卖人相同的责任。赠与人故意不告知瑕疵或者保证无瑕疵，造成受赠人损失的，应当承担损害赔偿责任。

第一百九十二条　受赠人有下列情形之一的，赠与人可以撤销赠与：

（一）严重侵害赠与人或者赠与人的近亲属；

（二）对赠与人有扶养义务而不履行；

（三）不履行赠与合同约定的义务。

赠与人的撤销权，自知道或者应当知道撤销原因之日起一年内行使。

第一百九十三条　因受赠人的违法行为致使赠与人死亡或者丧失民事行为能力的，赠与人的继承人或者法定代理人可以撤销赠与。赠与人的继承人或者法定代理人的撤销权，自知道或者应当知道撤销原因之日起六个月内行使。

第一百九十四条　撤销权人撤销赠与的，可以向受赠人要求返还赠与的财产。

第一百九十五条　赠与人的经济状况显著恶化，严重影响其生产经营或者家庭生活的，可以不再履行赠与义务。

第十二章　借款合同

第一百九十六条　借款合同是借款人向贷款人借款，到期返还借款并支付利息的合同。

第一百九十七条　借款合同采用书面形式，但自然人之间借款另有约定的除外。借款合同的内容包括借款种类、币种、用途、数额、利率、期限和还款方式等条款。

第一百九十八条　订立借款合同，贷款人可以要求借款人提供担保。担保依照《中华人民共和国担保法》的规定。

第一百九十九条　订立借款合同，借款人应当按照贷款人的要求提供与

借款有关的业务活动和财务状况的真实情况。

第二百条 借款的利息不得预先在本金中扣除。利息预先在本金中扣除的，应当按照实际借款数额返还借款并计算利息。

第二百零一条 贷款人未按照约定的日期、数额提供借款，造成借款人损失的，应当赔偿损失。借款人未按照约定的日期、数额收取借款的，应当按照约定的日期、数额支付利息。

第二百零二条 贷款人按照约定可以检查、监督借款的使用情况。借款人应当按照约定向贷款人定期提供有关财务会计报表等资料。

第二百零三条 借款人未按照约定的借款用途使用借款的，贷款人可以停止发放借款、提前收回借款或者解除合同。

第二百零四条 办理贷款业务的金融机构贷款的利率，应当按照中国人民银行规定的贷款利率的上下限确定。

第二百零五条 借款人应当按照约定的期限支付利息。对支付利息的期限没有约定或者约定不明确，依照本法六十一条的规定仍不能确定，借款期间不满一年的，应当在返还借款时一并支付；借款期间一年以上的，应当在每届满一年时支付，剩余期间不满一年的，应当在返还借款时一并支付。

第二百零六条 借款人应当按照约定的期限返还借款。对借款期限没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，借款人可以随时返还；贷款人可以催告借款人在合理期限内返还。

第二百零七条 借款人未按照约定的期限返还借款的，应当按照约定或者国家有关规定支付逾期利息。

第二百零八条 借款人提前偿还借款的，除当事人另有约定的以外，应当按照实际借款的期间计算利息。

第二百零九条 借款人可以在还款期限届满之前向贷款人申请展期。贷款人同意的，可以展期。

第二百一十条 自然人之间的借款合同，自贷款人提供借款时生效。

第二百一十一条 自然人之间的借款合同对支付利息没有约定或者约定不明确的，视为不支付利息。自然人之间的借款合同约定支付利息的，借款的利率不得违反国家有关制借款利率的规定。

第十三章　租赁合同

第二百一十二条　租赁合同是出租人将租赁物交付承租人使用、收益，承租人支付租金的合同。

第二百一十三条　租赁合同的内容包括租赁物的名称、数量、用途、租赁期限、租金及其支付期限和方式、租赁物维修等条款。

第二百一十四条　租赁期限不得超过二十年。超过二十年的，超过部分无效。租赁期间届满，当事人可以续订租赁合同，但约定的租赁期限自续订之日起不得超过二十年。

第二百一十五条　租赁期限六个月以上的，应当采用书面形式。当事人未采用书面形式的，视为不定期租赁。

第二百一十六条　出租人应当按照约定将租赁物交付承租人，并在租赁期间保持租赁物符合约定的用途。

第二百一十七条　承租人应当按照约定的方法使用租赁物。对租赁物的使用方法没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，应当按照租赁物的性质使用。

第二百一十八条　承租人按照约定的方法或者租赁物的性质使用租赁物，致使租赁物受到损耗的，不承担损害赔偿责任。

第二百一十九条　承租人未按照约定的方法或者租赁物的性质使用租赁物，致使租赁物受到损失的，出租人可以解除合同并要求赔偿损失。

第二百二十条　出租人应当履行租赁物的维修义务，但当事人另有约定的除外。

第二百二十一条　承租人在租赁物需要维修时可以要求出租人在合理期限内维修。出租人未履行维修义务的，承租人可以自行维修，维修费用由出租人负担。因维修租赁物影响承租人使用的，应当相应减少租金或者延长租期。

第二百二十二条　承租人应当妥善保管租赁物，因保管不善造成租赁物毁损、灭失的，应当承担损害赔偿责任。

第二百二十三条　承租人经出租人同意，可以对租赁物进行改善或者增设他物。承租人未经出租人同意，对租赁物进行改善或者增设他物的，出租

人可以要求承租人恢复原状或者赔偿损失。

第二百二十四条 承租人经出租人同意，可以将租赁物转租给第三人。承租人转租的，承租人与出租人之间的租赁合同继续有效，第三人对租赁物造成损失的，承租人应当赔偿损失。承租人未经出租人同意转租的，出租人可以解除合同。

第二百二十五条 在租赁期间因占有、使用租赁物获得的收益，归承租人所有，但当事人另有约定的除外。

第二百二十六条 承租人应当按照约定的期限支付租金。对支付期限没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定，租赁期间不满一年的，应当在租赁期间届满时支付；租赁期间一年以上的，应当在每届满一年时支付，剩余期间不满一年的，应当在租赁期间届满时支付。

第二百二十七条 承租人无正当理由未支付或者迟延支付租金的，出租人可以要求承租人在合理期限内支付。承租人逾期不支付的，出租人可以解除合同。

第二百二十八条 因第三人主张权利，致使承租人不能对租赁物使用、收益的，承租人可以要求减少租金或者不支付租金。第三人主张权利的，承租人应当及时通知出租人。

第二百二十九条 租赁物在租赁期间发生所有权变动的，不影响租赁合同的效力。

第二百三十条 出租人出卖租赁房屋的，应当在出卖之前的合理期限内通知承租人，承租人享有以同等条件优先购买的权利。

第二百三十一条 因不可归责于承租人的事由，致使租赁物部分或者全部毁损、灭失的，承租人可以要求减少租金或者不支付租金；因租赁物部分或者全部毁损、灭失，致使不能实现合同目的的，承租人可以解除合同。

第二百三十二条 当事人对租赁期限没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，视为不定期租赁。当事人可以随时解除合同，但出租人解除合同应当在合理期限之前通知承租人。

第二百三十三条 租赁物危及承租人的安全或者健康的，即使承租人订立合同时明知该租赁物质量不合格，承租人仍然可以随时解除合同。

第二百三十四条 承租人在房屋租赁期间死亡的，与其生前共同居住的人可以按照原租赁合同租赁该房屋。

第二百三十五条　租赁期间届满，承租人应当返还租赁物。返还的租赁物应当符合按照约定或者租赁物的性质使用后的状态。

第二百三十六条　租赁期间届满，承租人继续使用租赁物，出租人没有提出异议的，原租赁合同继续有效，但租赁期限为不定期。

第十四章　融资租赁合同

第二百三十七条　融资租赁合同是出租人根据承租人对出卖人、租赁物的选择，向出卖人购买租赁物，提供给承租人使用，承租人支付租金的合同。

第二百三十八条　融资租赁合同的内容包括租赁物名称、数量、规格、技术性能、检验方法、租赁期限、租金构成及其支付期限和方式、币种、租赁期间届满租赁物的归属等条款。融资租赁合同应当采用书面形式。

第二百三十九条　出租人根据承租人对出卖人、租赁物的选择订立的买卖合同，出卖人应当按照约定向承租人交付标的物，承租人享有与受领标的物有关的买受人的权利。

第二百四十条　出租人、出卖人、承租人可以约定，出卖人不履行买卖合同义务的，由承租人行使索赔的权利。承租人行使索赔权利的，出租人应当协助。

第二百四十一条　出租人根据承租人对出卖人、租赁物的选择订立的买卖合同，未经承租人同意，出租人不得变更与承租人有关的合同内容。

第二百四十二条　出租人享有租赁物的所有权。承租人破产的，租赁物不属于破产财产。

第二百四十三条　融资租赁合同的租金，除当事人另有约定的以外，应当根据购买租赁物的大部分或者全部成本以及出租人的合理利润确定。

第二百四十四条　租赁物不符合约定或者不符合使用目的的，出租人不承担责任，但承租人依赖出租人的技能确定租赁物或者出租人干预选择租赁物的除外。

第二百四十五条　出租人应当保证承租人对租赁物的占有和使用。

第二百四十六条　承租人占有租赁物期间，租赁物造成第三人的人身伤害或者财产损害的，出租人不承担责任。

第二百四十七条 承租人应当妥善保管、使用租赁物。承租人应当履行占有租赁物期间的维修义务。

第二百四十八条 承租人应当按照约定支付租金。承租人经催告后在合理期限内仍不支付租金的，出租人可以要求支付全部租金；也可以解除合同，收回租赁物。

第二百四十九条 当事人约定租赁期间届满租赁物归承租人所有，承租人已经支付大部分租金，但无力支付剩余租金，出租人因此解除合同收回租赁物的，收回的租赁物的价值超过承租人欠付的租金以及其他费用的，承租人可以要求部分返还。

第二百五十条 出租人和承租人可以约定租赁期间届满租赁物的归属。对租赁物的归属没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，租赁物的所有权归出租人。

第十五章 承揽合同

第二百五十一条 承揽合同是承揽人按照定作人的要求完成工作，交付工作成果，定作人给付报酬的合同。承揽包括加工、定作、修理、复制、测试、检验等工作。

第二百五十二条 承揽合同的内容包括承揽的标的、数量、质量、报酬、承揽方式、材料的提供、履行期限、验收标准和方法等条款。

第二百五十三条 承揽人应当以自己的设备、技术和劳力，完成主要工作，但当事人另有约定的除外。承揽人将其承揽的主要工作交由第三人完成的，应当就该第三人完成的工作成果向定作人负责；未经定作人同意的，定作人也可以解除合同。

第二百五十四条 承揽人可以将其承揽的辅助工作交由第三人完成。承揽人将其承揽的辅助工作交由第三人完成的，应当就该第三人完成的工作成果向定作人负责。

第二百五十五条 承揽人提供材料的，承揽人应当按照约定选用材料，并接受定作人检验。

第二百五十六条 定作人提供材料的，定作人应当按照约定提供材料。承揽人对定作人提供的材料，应当及时检验，发现不符合约定时，应当及时

通知定作人更换、补齐或者采取其他补救措施。承揽人不得擅自更换定作人提供的材料，不得更换不需要修理的零部件。

第二百五十七条　承揽人发现定作人提供的图纸或者技术要求不合理的，应当及时通知定作人。因定作人怠于答复等原因造成承揽人损失的，应当赔偿损失。

第二百五十八条　定作人中途变更承揽工作的要求，造成承揽人损失的，应当赔偿损失。

第二百五十九条　承揽工作需要定作人协助的，定作人有协助的义务。定作人不履行协助义务致使承揽工作不能完成的，承揽人可以催告定作人在合理期限内履行义务，并可以顺延履行期限；定作人逾期不履行的，承揽人可以解除合同。

第二百六十条　承揽人在工作期间，应当接受定作人必要的监督检验。定作人不得因监督检验妨碍承揽人的正常工作。

第二百六十一条　承揽人完成工作的，应当向定作人交付工作成果，并提交必要的技术资料和有关质量证明。定作人应当验收该工作成果。

第二百六十二条　承揽人交付的工作成果不符合质量要求的，定作人可以要求承揽人承担修理、重作、减少报酬、赔偿损失等违约责任。

第二百六十三条　定作人应当按照约定的期限支付报酬。对支付报酬的期限没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，定作人应当在承揽人交付工作成果时支付；工作成果部分交付的，定作人应当相应支付。

第二百六十四条　定作人未向承揽人支付报酬或者材料费等价款的，承揽人对完成的工作成果享有留置权，但当事人另有约定的除外。

第二百六十五条　承揽人应当妥善保管定作人提供的材料以及完成的工作成果，因保管不善造成毁损、灭失的，承揽人应当承担损害赔偿责任。

第二百六十六条　承揽人应当按照定作人的要求保守秘密，未经定作人许可，不得留存复制品或者技术资料。

第二百六十七条　共同承揽人对定作人承担连带责任，但当事人另有约定的除外。

第二百六十八条　定作人可以随时解除承揽合同，造成承揽人损失的，应当赔偿损失。

第十六章　建设工程合同

第二百六十九条　建设工程合同是承包人进行工程建设，发包人支付价款的合同。建设工程合同包括工程勘察、设计、施工合同。

第二百七十条　建设工程合同应当采用书面形式。

第二百七十一条　建设工程的招标投标活动，应当依照有关法律的规定公开、公平、公正进行。

第二百七十二条　发包人可以与总承包人订立建设工程合同，也可以分别与勘察人、设计人、施工人订立勘察、设计、施工承包合同。发包人不得将应当由一个承包人完成的建设工程肢解成若干部分发包给几个承包人。总承包人或者勘察、设计、施工承包人经发包人同意，可以将自己承包的部分工作交由第三人完成。第三人就其完成的工作成果与总承包人或者勘察、设计、施工承包人向发包人承担连带责任。承包人不得将其承包的全部建设工程转包给第三人或者将其承包的全部建设工程肢解以后以分包的名义分别转包给第三人。禁止承包人将工程分包给不具备相应资质条件的单位。禁止分包单位将其承包的工程再分包。建设工程主体结构的施工必须由承包人自行完成。

第二百七十三条　国家重大建设工程合同，应当按照国家规定的程序和国家批准的投资计划、可行性研究报告等文件订立。

第二百七十四条　勘察、设计合同的内容包括提交有关基础资料和文件（包括概预算）的期限、质量要求、费用以及其他协作条件等条款。

第二百七十五条　施工合同的内容包括工程范围、建设工期、中间交工工程的开工和竣工时间、工程质量、工程造价、技术资料交付时间、材料和设备供应责任、拨款和结算、竣工验收、质量保修范围和质量保证期、双方相互协作等条款。

第二百七十六条　建设工程实行监理的，发包人应当与监理人采用书面形式订立委托监理合同。发包人与监理人的权利和义务以及法律责任，应当依照本法委托合同以及其他有关法律、行政法规的规定。

第二百七十七条　发包人在不妨碍承包人正常作业的情况下，可以随时对作业进度、质量进行检查。

第二百七十八条　隐蔽工程在隐蔽以前，承包人应当通知发包人检查。发包人没有及时检查的，承包人可以顺延工程日期，并有权要求赔偿停工、窝工等损失。

第二百七十九条　建设工程竣工后，发包人应当根据施工图纸及说明书、国家颁发的施工验收规范和质量检验标准及时进行验收。验收合格的，发包人应当按照约定支付价款，并接收该建设工程。建设工程竣工经验收合格后，方可交付使用；未经验收或者验收不合格的，不得交付使用。

第二百八十条　勘察、设计的质量不符合要求或者未按照期限提交勘察、设计文件拖延工期给发包人造成损失的，勘察人、设计人应当继续完善勘察、设计，减收或者免收勘察、设计费并赔偿损失。

第二百八十一条　因施工人的原因致使建设工程质量不符合约定的，发包人有权要求施工人在合理期限内无偿修理或者返工、改建。经过修理或者返工、改建后，造成逾期交付的，施工人应当承担违约责任。

第二百八十二条　因承包人的原因致使建设工程在合理使用期限内造成人身和财产损害的，承包人应当承担损害赔偿责任。

第二百八十三条　发包人未按照约定的时间和要求提供原材料、设备、场地、资金、技术资料的，承包人可以顺延工程日期，并有权要求赔偿停工、窝工等损失。

第二百八十四条　因发包人的原因致使工程中途停建、缓建的，发包人应当采取措施弥补或者减少损失，赔偿承包人因此造成的停工、窝工、倒运、机械设备调迁、材料和构件积压等损失和实际费用。

第二百八十五条　因发包人变更计划，提供的资料不准确，或者未按照期限提供必需的勘察、设计工作条件而造成勘察、设计的返工、停工或者修改设计，发包人应当按照勘察人、设计人实际消耗的工作量增付费用。

第二百八十六条　发包人未按照约定支付价款的，承包人可以催告发包人在合理期限内支付价款。发包人逾期不支付的，除按照建设工程的性质不宜折价、拍卖的以外，承包人可以与发包人协议将该工程折价，也可以申请人民法院将该工程依法拍卖。建设工程的价款就该工程折价或者拍卖的价款优先受偿。

第二百八十七条　本章没有规定的，适用承揽合同的有关规定。

第十七章 运输合同

第一节 一般规定

第二百八十八条 运输合同是承运人将旅客或者货物从起运地点运输到约定地点，旅客、托运人或者收货人支付票款或者运输费用的合同。

第二百八十九条 从事公共运输的承运人不得拒绝旅客、托运人通常、合理的运输要求。

第二百九十条 承运人应当在约定期间或者合理期间内将旅客、货物安全运输到约定地点。

第二百九十一条 承运人应当按照约定的或者通常的运输路线将旅客、货物运输到约定地点。

第二百九十二条 旅客、托运人或者收货人应当支付票款或者运输费用。承运人未按照约定路线或者通常路线运输增加票款或者运输费用的，旅客、托运人或者收货人可以拒绝支付增加部分的票款或者运输费用。

第二节 客运合同

第二百九十三条 客运合同自承运人向旅客交付客票时成立，但当事人另有约定或者另有交易习惯的除外。

第二百九十四条 旅客应当持有效客票乘运。旅客无票乘运、超程乘运、越级乘运或者持失效客票乘运的，应当补交票款，承运人可以按照规定加收票款。旅客不交付票款的，承运人可以拒绝运输。

第二百九十五条 旅客因自己的原因不能按照客票记载的时间乘坐的，应当在约定的时间内办理退票或者变更手续。逾期办理的，承运人可以不退票款，并不再承担运输义务。

第二百九十六条 旅客在运输中应当按照约定的限量携带行李。超过限量携带行李的，应当办理托运手续。

第二百九十七条 旅客不得随身携带或者在行李中夹带易燃、易爆、有毒、有腐蚀性、有放射性以及有可能危及运输工具上人身和财产安全的危险物品或者其他违禁物品。旅客违反前款规定的，承运人可以将违禁物品卸

下、销毁或者送交有关部门。旅客坚持携带或者夹带违禁物品的，承运人应当拒绝运输。

第二百九十八条　承运人应当向旅客及时告知有关不能正常运输的重要事由和安全运输应当注意的事项。

第二百九十九条　承运人应当按照客票载明的时间和班次运输旅客。承运人迟延运输的，应当根据旅客的要求安排改乘其他班次或者退票。

第三百条　承运人擅自变更运输工具而降低服务标准的，应当根据旅客的要求退票或者减收票款；提高服务标准的，不应当加收票款。

第三百零一条　承运人在运输过程中，应当尽力救助患有急病、分娩、遇险的旅客。

第三百零二条　承运人应当对运输过程中旅客的伤亡承担损害赔偿责任，但伤亡是旅客自身健康原因造成的或者承运人证明伤亡是旅客故意、重大过失造成的除外。前款规定适用于按照规定免票、持优待票或者经承运人许可搭乘的无票旅客。

第三百零三条　在运输过程中旅客自带物品毁损、灭失，承运人有过错的，应当承担损害赔偿责任。旅客托运的行李毁损、灭失的，适用货物运输的有关规定。

第三节　货运合同

第三百零四条　托运人办理货物运输，应当向承运人准确表明收货人的名称或者姓名或者凭指示的收货人，货物的名称、性质、重量、数量，收货地点等有关货物运输的必要情况。因托运人申报不实或者遗漏重要情况，造成承运人损失的，托运人应当承担损害赔偿责任。

第三百零五条　货物运输需要办理审批、检验等手续的，托运人应当将办理完有关手续的文件提交承运人。

第三百零六条　托运人应当按照约定的方式包装货物。对包装方式没有约定或者约定不明确的，适用本法第一百五十六条的规定。托运人违反前款规定的，承运人可以拒绝运输。

第三百零七条　托运人托运易燃、易爆、有毒、有腐蚀性、有放射性等危险物品的，应当按照国家有关危险物品运输的规定对危险物品妥善包装，作出危险物标志和标签，并将有关危险物品的名称、性质和防范措施的书面

材料提交承运人。托运人违反前款规定的，承运人可以拒绝运输，也可以采取相应措施以避免损失的发生，因此产生的费用由托运人承担。

第三百零八条 在承运人将货物交付收货人之前，托运人可以要求承运人中止运输、返还货物、变更到达地或者将货物交给其他收货人，但应当赔偿承运人因此受到的损失。

第三百零九条 货物运输到达后，承运人知道收货人的，应当及时通知收货人，收货人应当及时提货。收货人逾期提货的，应当向承运人支付保管费等费用。

第三百一十条 收货人提货时应当按照约定的期限检验货物。对检验货物的期限没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，应当在合理期限内检验货物。收货人在约定的期限或者合理期限内对货物的数量、毁损等未提出异议的，视为承运人已经按照运输单证的记载交付的初步证据。

第三百一十一条 承运人对运输过程中货物的毁损、灭失承担损害赔偿责任，但承运人证明货物的毁损、灭失是因不可抗力、货物本身的自然性质或者合理损耗以及托运人、收货人的过错造成的，不承担损害赔偿责任。

第三百一十二条 货物的毁损、灭失的赔偿额，当事人有约定的，按照其约定；没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，按照交付或者应当交付时货物到达地的市场价格计算。法律、行政法规对赔偿额的计算方法和赔偿限额另有规定的，依照其规定。

第三百一十三条 两个以上承运人以同一运输方式联运的，与托运人订立合同的承运人应当对全程运输承担责任。损失发生在某一运输区段的，与托运人订立合同的承运人和该区段的承运人承担连带责任。

第三百一十四条 货物在运输过程中因不可抗力灭失，未收取运费的，承运人不得要求支付运费；已收取运费的，托运人可以要求返还。

第三百一十五条 托运人或者收货人不支付运费、保管费以及其他运输费用的，承运人对相应的运输货物享有留置权，但当事人另有约定的除外。

第三百一十六条 收货人不明或者收货人无正当理由拒绝受领货物的，依照本法第一百零一条的规定，承运人可以提存货物。

第四节　多式联运合同

第三百一十七条　多式联运经营人负责履行或者组织履行多式联运合同，对全程运输享有承运人的权利，承担承运人的义务。

第三百一十八条　多式联运经营人可以与参加多式联运的各区段承运人就多式联运合同的各区段运输约定相互之间的责任，但该约定不影响多式联运经营人对全程运输承担的义务。

第三百一十九条　多式联运经营人收到托运人交付的货物时，应当签发多式联运单据。按照托运人的要求，多式联运单据可以是可转让单据，也可以是不可转让单据。

第三百二十条　因托运人托运货物时的过错造成多式联运经营人损失的，即使托运人已经转让多式联运单据，托运人仍然应当承担损害赔偿责任。

第三百二十一条　货物的毁损、灭失发生于多式联运的某一运输区段的，多式联运经营人的赔偿责任和责任限额，适用调整该区段运输方式的有关法律规定。货物毁损、灭失发生的运输区段不能确定的，依照本章规定承担损害赔偿责任。

第十八章　技术合同

第一节　一般规定

第三百二十二条　技术合同是当事人就技术开发、转让、咨询或者服务订立的确立相互之间权利和义务的合同。

第三百二十三条　订立技术合同，应当有利于科学技术的进步，加速科学技术成果的转化、应用和推广。

第三百二十四条　技术合同的内容由当事人约定，一般包括以下条款：

（一）项目名称；

（二）标的的内容、范围和要求；

（三）履行的计划、进度、期限、地点、地域和方式；

（四）技术情报和资料的保密；

（五）风险责任的承担；

（六）技术成果的归属和收益的分成办法；

（七）验收标准和方法；

（八）价款、报酬或者使用费及其支付方式；

（九）违约金或者损失赔偿的计算方法；

（十）解决争议的方法；

（十一）名词和术语的解释。

与履行合同有关的技术背景资料、可行性论证和技术评价报告、项目任务书和计划书、技术标准、技术规范、原始设计和工艺文件，以及其他技术文档，按照当事人的约定可以作为合同的组成部分。技术合同涉及专利的，应当注明发明创造的名称、专利申请人和专利权人、申请日期、申请号、专利号以及专利权的有效期限。

第三百二十五条 技术合同价款、报酬或者使用费的支付方式由当事人约定，可以采取一次总算、一次总付或者一次总算、分期支付，也可以采取提成支付或者提成支付附加预付入门费的方式。约定提成支付的，可以按照产品价格、实施专利和使用技术秘密后新增的产值、利润或者产品销售额的一定比例提成，也可以按照约定的其他方式计算。提成支付的比例可以采取固定比例、逐年递增比例或者逐年递减比例。约定提成支付的，当事人应当在合同中约定查阅有关会计帐目的办法。

第三百二十六条 职务技术成果的使用权、转让权属于法人或者其他组织的，法人或者其他组织可以就该项职务技术成果订立技术合同。法人或者其他组织应当从使用和转让该项职务技术成果所取得的收益中提取一定比例，对完成该项职务技术成果的个人给予奖励或者报酬。法人或者其他组织订立技术合同转让职务技术成果时，职务技术成果的完成人享有以同等条件优先受让的权利。职务技术成果是执行法人或者其他组织的工作任务，或者主要是利用法人或者其他组织的物质技术条件所完成的技术成果。

第三百二十七条 非职务技术成果的使用权、转让权属于完成技术成果的个人，完成技术成果的个人可以就该项非职务技术成果订立技术合同。

第三百二十八条 完成技术成果的个人有在有关技术成果文件上写明自己是技术成果完成者的权利和取得荣誉证书、奖励的权利。

第三百二十九条 非法垄断技术、妨碍技术进步或者侵害他人技术成果

的技术合同无效。

第二节　技术开发合同

第三百三十条　技术开发合同是指当事人之间就新技术、新产品、新工艺或者新材料及其系统的研究开发所订立的合同。技术开发合同包括委托开发合同和合作开发合同。技术开发合同应当采用书面形式。当事人之间就具有产业应用价值的科技成果实施转化订立的合同，参照技术开发合同的规定。

第三百三十一条　委托开发合同的委托人应当按照约定支付研究开发经费和报酬；提供技术资料、原始数据；完成协作事项；接受研究开发成果。

第三百三十二条　委托开发合同的研究开发人应当按照约定制定和实施研究开发计划；合理使用研究开发经费；按期完成研究开发工作，交付研究开发成果，提供有关的技术资料和必要的技术指导，帮助委托人掌握研究开发成果。

第三百三十三条　委托人违反约定造成研究开发工作停滞、延误或者失败的，应当承担违约责任。

第三百三十四条　研究开发人违反约定造成研究开发工作停滞、延误或者失败的，应当承担违约责任。

第三百三十五条　合作开发合同的当事人应当按照约定进行投资，包括以技术进行投资；分工参与研究开发工作；协作配合研究开发工作。

第三百三十六条　合作开发合同的当事人违反约定造成研究开发工作停滞、延误或者失败的，应当承担违约责任。

第三百三十七条　因作为技术开发合同标的的技术已经由他人公开，致使技术开发合同的履行没有意义的，当事人可以解除合同。

第三百三十八条　技术开发合同履行过程中，因出现无法克服的技术困难，致使研究开发失败或者部分失败的，该风险责任由当事人约定。没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，风险责任由当事人合理分担。当事人一方发现前款规定的可能致使研究开发失败或者部分失败的情形时，应当及时通知另一方并采取适当措施减少损失。没有及时通知并采取适当措施，致使损失扩大的，应当就扩大的损失承担责任。

第三百三十九条　委托开发完成的发明创造，除当事人另有约定的以

外，申请专利的权利属于研究开发人。研究开发人取得专利权的，委托人可以免费实施该专利。研究开发人转让专利申请权的，委托人享有以同等条件优先受让的权利。

第三百四十条 合作开发完成的发明创造，除当事人另有约定的以外，申请专利的权利属于合作开发的当事人共有。当事人一方转让其共有的专利申请权的，其他各方享有以同等条件优先受让的权利。合作开发的当事人一方声明放弃其共有的专利申请权的，可以由另一方单独申请或者由其他各方共同申请。申请人取得专利权的，放弃专利申请权的一方可以免费实施该专利。合作开发的当事人一方不同意申请专利的，另一方或者其他各方不得申请专利。

第三百四十一条 委托开发或者合作开发完成的技术秘密成果的使用权、转让权以及利益的分配办法，由当事人约定。没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，当事人均有使用和转让的权利，但委托开发的研究开发人不得在向委托人交付研究开发成果之前，将研究开发成果转让给第三人。

第三节 技术转让合同

第三百四十二条 技术转让合同包括专利权转让、专利申请权转让、技术秘密转让、专利实施许可合同。技术转让合同应当采用书面形式。

第三百四十三条 技术转让合同可以约定让与人和受让人实施专利或者使用技术秘密的范围，但不得限制技术竞争和技术发展。

第三百四十四条 专利实施许可合同只在该专利权的存续期间内有效。专利权有效期限届满或者专利权被宣布无效的，专利权人不得就该专利与他人订立专利实施许可合同。

第三百四十五条 专利实施许可合同的让与人应当按照约定许可受让人实施专利，交付实施专利有关的技术资料，提供必要的技术指导。

第三百四十六条 专利实施许可合同的受让人应当按照约定实施专利，不得许可约定以外的第三人实施该专利；并按照约定支付使用费。

第三百四十七条 技术秘密转让合同的让与人应当按照约定提供技术资料，进行技术指导，保证技术的实用性、可靠性，承担保密义务。

第三百四十八条 技术秘密转让合同的受让人应当按照约定使用技术，

支付使用费，承担保密义务。

第三百四十九条　技术转让合同的让与人应当保证自己是所提供的技术的合法拥有者，并保证所提供的技术完整、无误、有效，能够达到约定的目标。

第三百五十条　技术转让合同的受让人应当按照约定的范围和期限，对让与人提供的技术中尚未公开的秘密部分，承担保密义务。

第三百五十一条　让与人未按照约定转让技术的，应当返还部分或者全部使用费，并应当承担违约责任；实施专利或者使用技术秘密超越约定的范围的，违反约定擅自许可第三人实施该项专利或者使用该项技术秘密的，应当停止违约行为，承担违约责任；违反约定的保密义务的，应当承担违约责任。

第三百五十二条　受让人未按照约定支付使用费的，应当补交使用费并按照约定支付违约金；不补交使用费或者支付违约金的，应当停止实施专利或者使用技术秘密，交还技术资料，承担违约责任；实施专利或者使用技术秘密超越约定的范围的，未经让与人同意擅自许可第三人实施该专利或者使用该技术秘密的，应当停止违约行为，承担违约责任；违反约定的保密义务的，应当承担违约责任。

第三百五十三条　受让人按照约定实施专利、使用技术秘密侵害他人合法权益的，由让与人承担责任，但当事人另有约定的除外。

第三百五十四条　当事人可以按照互利的原则，在技术转让合同中约定实施专利、使用技术秘密后续改进的技术成果的分享办法。没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，一方后续改进的技术成果，其他各方无权分享。

第三百五十五条　法律、行政法规对技术进出口合同或者专利、专利申请合同另有规定的，依照其规定。

第四节　技术咨询合同和技术服务合同

第三百五十六条　技术咨询合同包括就特定技术项目提供可行性论证、技术预测、专题技术调查、分析评价报告等合同。技术服务合同是指当事人一方以技术知识为另一方解决特定技术问题所订立的合同，不包括建设工程合同和承揽合同。

第三百五十七条 技术咨询合同的委托人应当按照约定阐明咨询的问题，提供技术背景材料及有关技术资料、数据；接受受托人的工作成果，支付报酬。

第三百五十八条 技术咨询合同的受托人应当按照约定的期限完成咨询报告或者解答问题；提出的咨询报告应当达到约定的要求。

第三百五十九条 技术咨询合同的委托人未按照约定提供必要的资料和数据，影响工作进度和质量，不接受或者逾期接受工作成果的，支付的报酬不得追回，未支付的报酬应当支付。技术咨询合同的受托人未按期提出咨询报告或者提出的咨询报告不符合约定的，应当承担减收或者免收报酬等违约责任。技术咨询合同的委托人按照受托人符合约定要求的咨询报告和意见作出决策所造成的损失，由委托人承担，但当事人另有约定的除外。

第三百六十条 技术服务合同的委托人应当按照约定提供工作条件，完成配合事项；接受工作成果并支付报酬。

第三百六十一条 技术服务合同的受托人应当按照约定完成服务项目，解决技术问题，保证工作质量，并传授解决技术问题的知识。

第三百六十二条 技术服务合同的委托人不履行合同义务或者履行合同义务不符合约定，影响工作进度和质量，不接受或者逾期接受工作成果的，支付的报酬不得追回，未支付的报酬应当支付。技术服务合同的受托人未按照合同约定完成服务工作的，应当承担免收报酬等违约责任。

第三百六十三条 技术咨询合同、技术服务合同履行过程中，受托人利用委托人提供的技术资料和工作条件完成的新的技术成果，属于受托人。委托人利用受托人的工作成果完成的新的技术成果，属于委托人。当事人另有约定的，按照其约定。

第三百六十四条 法律、行政法规对技术中介合同、技术培训合同另有规定的，依照其规定。

第十九章 保管合同

第三百六十五条 保管合同是保管人保管寄存人交付的保管物，并返还该物的合同。

第三百六十六条 寄存人应当按照约定向保管人支付保管费。当事人对

保管费没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，保管是无偿的。

第三百六十七条　保管合同自保管物交付时成立，但当事人另有约定的除外。

第三百六十八条　寄存人向保管人交付保管物的，保管人应当给付保管凭证，但另有交易习惯的除外。

第三百六十九条　保管人应当妥善保管保管物。当事人可以约定保管场所或者方法。除紧急情况或者为了维护寄存人利益的以外，不得擅自改变保管场所或者方法。

第三百七十条　寄存人交付的保管物有瑕疵或者按照保管物的性质需要采取特殊保管措施的，寄存人应当将有关情况告知保管人。寄存人未告知，致使保管物受损失的，保管人不承担损害赔偿责任；保管人因此受损失的，除保管人知道或者应当知道并且未采取补救措施的以外，寄存人应当承担损害赔偿责任。

第三百七十一条　保管人不得将保管物转交第三人保管，但当事人另有约定的除外。保管人违反前款规定，将保管物转交第三人保管，对保管物造成损失的，应当承担损害赔偿责任。

第三百七十二条　保管人不得使用或者许可第三人使用保管物，但当事人另有约定的除外。

第三百七十三条　第三人对保管物主张权利的，除依法对保管物采取保全或者执行的以外，保管人应当履行向寄存人返还保管物的义务。第三人对保管人提起诉讼或者对保管物申请扣押的，保管人应当及时通知寄存人。

第三百七十四条　保管期间，因保管人保管不善造成保管物毁损、灭失的，保管人应当承担损害赔偿责任，但保管是无偿的，保管人证明自己没有重大过失的，不承担损害赔偿责任。

第三百七十五条　寄存人寄存货币、有价证券或者其他贵重物品的，应当向保管人声明，由保管人验收或者封存。寄存人未声明的，该物品毁损、灭失后，保管人可以按照一般物品予以赔偿。

第三百七十六条　寄存人可以随时领取保管物。当事人对保管期间没有约定或者约定不明确的，保管人可以随时要求寄存人领取保管物；约定保管期间的，保管人无特别事由，不得要求寄存人提前领取保管物。

第三百七十七条 保管期间届满或者寄存人提前领取保管物的，保管人应当将原物及其孳息归还寄存人。

第三百七十八条 保管人保管货币的，可以返还相同种类、数量的货币。保管其他可替代物的，可以按照约定返还相同种类、品质、数量的物品。

第三百七十九条 有偿的保管合同，寄存人应当按照约定的期限向保管人支付保管费。当事人对支付期限没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，应当在领取保管物的同时支付。

第三百八十条 寄存人未按照约定支付保管费以及其他费用的，保管人对保管物享有留置权，但当事人另有约定的除外。

第二十章 仓储合同

第三百八十一条 仓储合同是保管人储存存货人交付的仓储物，存货人支付仓储费的合同。

第三百八十二条 仓储合同自成立时起生效。

第三百八十三条 储存易燃、易爆、有毒、有腐蚀性、有放射性等危险物品或者易变质物品，存货人应当说明该物品的性质，提供有关资料。存货人违反前款规定的，保管人可以拒收仓储物，也可以采取相应措施以避免损失的发生，因此产生的费用由存货人承担。保管人储存易燃、易爆、有毒、有腐蚀性、有放射性等危险物品的，应当具备相应的保管条件。

第三百八十四条 保管人应当按照约定对入库仓储物进行验收。保管人验收时发现入库仓储物与约定不符合的，应当及时通知存货人。保管人验收后，发生仓储物的品种、数量、质量不符合约定的，保管人应当承担损害赔偿责任。

第三百八十五条 存货人交付仓储物的，保管人应当给付仓单。

第三百八十六条 保管人应当在仓单上签字或者盖章。仓单包括下列事项：

（一）存货人的名称或者姓名和住所；

（二）仓储物的品种、数量、质量、包装、件数和标记；

（三）仓储物的损耗标准；

（四）储存场所；

（五）储存期间；

（六）仓储费；

（七）仓储物已经办理保险的，其保险金额、期间以及保险人的名称；

（八）填发人、填发地和填发日期。

第三百八十七条　仓单是提取仓储物的凭证。存货人或者仓单持有人在仓单上背书并经保管人签字或者盖章的，可以转让提取仓储物的权利。

第三百八十八条　保管人根据存货人或者仓单持有人的要求，应当同意其检查仓储物或者提取样品。

第三百八十九条　保管人对入库仓储物发现有变质或者其他损坏的，应当及时通知存货人或者仓单持有人。

第三百九十条　保管人对入库仓储物发现有变质或者其他损坏，危及其他仓储物的安全和正常保管的，应当催告存货人或者仓单持有人作出必要的处置。因情况紧急，保管人可以作出必要的处置，但事后应当将该情况及时通知存货人或者仓单持有人。

第三百九十一条　当事人对储存期间没有约定或者约定不明确的，存货人或者仓单持有人可以随时提取仓储物，保管人也可以随时要求存货人或者仓单持有人提取仓储物，但应当给予必要的准备时间。

第三百九十二条　储存期间届满，存货人或者仓单持有人应当凭仓单提取仓储物。存货人或者仓单持有人逾期提取的，应当加收仓储费；提前提取的，不减收仓储费。

第三百九十三条　储存期间届满，存货人或者仓单持有人不提取仓储物的，保管人可以催告其在合理期限内提取，逾期不提取的，保管人可以提存该物。

第三百九十四条　储存期间，因保管人保管不善造成仓储物毁损、灭失的，保管人应当承担损害赔偿责任。因仓储物的性质、包装不符合约定或者超过有效储存期造成仓储物变质、损坏的，保管人不承担损害赔偿责任。

第三百九十五条　本章没有规定的，适用保管合同的有关规定。

第二十一章　委托合同

第三百九十六条　委托合同是委托人和受托人约定，由受托人处理委托

人事务的合同。

第三百九十七条　委托人可以特别委托受托人处理一项或者数项事务，也可以概括委托受托人处理一切事务。

第三百九十八条　委托人应当预付处理委托事务的费用。受托人为处理委托事务垫付的必要费用，委托人应当偿还该费用及其利息。

第三百九十九条　受托人应当按照委托人的指示处理委托事务。需要变更委托人指示的，应当经委托人同意；因情况紧急，难以和委托人取得联系的，受托人应当妥善处理委托事务，但事后应当将该情况及时报告委托人。

第四百条　受托人应当亲自处理委托事务。经委托人同意，受托人可以转委托。转委托经同意的，委托人可以就委托事务直接指示转委托的第三人，受托人仅就第三人的选任及其对第三人的指示承担责任。转委托未经同意的，受托人应当对转委托的第三人的行为承担责任，但在紧急情况下受托人为维护委托人的利益需要转委托的除外。

第四百零一条　受托人应当按照委托人的要求，报告委托事务的处理情况。委托合同终止时，受托人应当报告委托事务的结果。

第四百零二条　受托人以自己的名义，在委托人的授权范围内与第三人订立的合同，第三人在订立合同时知道受托人与委托人之间的代理关系的，该合同直接约束委托人和第三人，但有确切证据证明该合同只约束受托人和第三人的除外。

第四百零三条　受托人以自己的名义与第三人订立合同时，第三人不知道受托人与委托人之间的代理关系的，受托人因第三人的原因对委托人不履行义务，受托人应当向委托人披露第三人，委托人因此可以行使受托人对第三人的权利，但第三人与受托人订立合同时如果知道该委托人就不会订立合同的除外。受托人因委托人的原因对第三人不履行义务，受托人应当向第三人披露委托人，第三人因此可以选择受托人或者委托人作为相对人主张其权利，但第三人不得变更选定的相对人。委托人行使受托人对第三人的权利的，第三人可以向委托人主张其对受托人的抗辩。第三人选定委托人作为其相对人的，委托人可以向第三人主张其对受托人的抗辩以及受托人对第三人的抗辩。

第四百零四条　受托人处理委托事务取得的财产，应当转交给委托人。

第四百零五条　受托人完成委托事务的，委托人应当向其支付报酬。因

不可归责于受托人的事由，委托合同解除或者委托事务不能完成的，委托人应当向受托人支付相应的报酬。当事人另有约定的，按照其约定。

第四百零六条　有偿的委托合同，因受托人的过错给委托人造成损失的，委托人可以要求赔偿损失。无偿的委托合同，因受托人的故意或者重大过失给委托人造成损失的，委托人可以要求赔偿损失。受托人超越权限给委托人造成损失的，应当赔偿损失。

第四百零七条　受托人处理委托事务时，因不可归责于自己的事由受到损失的，可以向委托人要求赔偿损失。

第四百零八条　委托人经受托人同意，可以在受托人之外委托第三人处理委托事务。因此给受托人造成损失的，受托人可以向委托人要求赔偿损失。

第四百零九条　两个以上的受托人共同处理委托事务的，对委托人承担连带责任。

第四百一十条　委托人或者受托人可以随时解除委托合同。因解除委托合同给对方造成损失的，除不可归责于该当事人的事由以外，应当赔偿损失。

第四百一十一条　委托人或者受托人死亡、丧失民事行为能力或者破产的，委托合同终止，但当事人另有约定或者根据委托事务的性质不宜终止的除外。

第四百一十二条　因委托人死亡、丧失民事行为能力或者破产，致使委托合同终止将损害委托人利益的，在委托人的继承人、法定代理人或者清算组织承受委托事务之前，受托人应当继续处理委托事务。

第四百一十三条　因受托人死亡、丧失民事行为能力或者破产，致使委托合同终止的，受托人的继承人、法定代理人或者清算组织应当及时通知委托人。因委托合同终止将损害委托人利益的，在委托人作出善后处理之前，受托人的继承人、法定代理人或者清算组织应当采取必要措施。

第二十二章　行纪合同

第四百一十四条　行纪合同是行纪人以自己的名义为委托人从事贸易活动，委托人支付报酬的合同。

第四百一十五条　行纪人处理委托事务支出的费用，由行纪人负担，但当事人另有约定的除外。

第四百一十六条　行纪人占有委托物的，应当妥善保管委托物。

第四百一十七条　委托物交付给行纪人时有瑕疵或者容易腐烂、变质的，经委托人同意，行纪人可以处分该物；和委托人不能及时取得联系的，行纪人可以合理处分。

第四百一十八条　行纪人低于委托人指定的价格卖出或者高于委托人指定的价格买入的，应当经委托人同意。未经委托人同意，行纪人补偿其差额的，该买卖对委托人发生效力。行纪人高于委托人指定的价格卖出或者低于委托人指定的价格买入的，可以按照约定增加报酬。没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，该利益属于委托人。委托人对价格有特别指示的，行纪人不得违背该指示卖出或者买入。

第四百一十九条　行纪人卖出或者买入具有市场定价的商品，除委托人有相反的意思表示的以外，行纪人自己可以作为买受人或者出卖人。行纪人有前款规定情形的，仍然可以要求委托人支付报酬。

第四百二十条　行纪人按照约定买入委托物，委托人应当及时受领。经行纪人催告，委托人无正当理由拒绝受领的，行纪人依照本法第一百零一条的规定可以提存委托物。委托物不能卖出或者委托人撤回出卖，经行纪人催告，委托人不取回或者不处分该物的，行纪人依照本法第一百零一条的规定可以提存委托物。

第四百二十一条　行纪人与第三人订立合同的，行纪人对该合同直接享有权利、承担义务。第三人不履行义务致使委托人受到损害的，行纪人应当承担损害赔偿责任，但行纪人与委托人另有约定的除外。

第四百二十二条　行纪人完成或者部分完成委托事务的，委托人应当向其支付相应的报酬。委托人逾期不支付报酬的，行纪人对委托物享有留置权，但当事人另有约定的除外。

第四百二十三条　本章没有规定的，适用委托合同的有关规定。

第二十三章　居间合同

第四百二十四条　居间合同是居间人向委托人报告订立合同的机会或者

提供订立合同的媒介服务，委托人支付报酬的合同。

第四百二十五条　居间人应当就有关订立合同的事项向委托人如实报告。居间人故意隐瞒与订立合同有关的重要事实或者提供虚假情况，损害委托人利益的，不得要求支付报酬并应当承担损害赔偿责任。

第四百二十六条　居间人促成合同成立的，委托人应当按照约定支付报酬。对居间人的报酬没有约定或者约定不明确，依照本法第六十一条的规定仍不能确定的，根据居间人的劳务合理确定。因居间人提供订立合同的媒介服务而促成合同成立的，由该合同的当事人平均负担居间人的报酬。居间人促成合同成立的，居间活动的费用，由居间人负担。

第四百二十七条　居间人未促成合同成立的，不得要求支付报酬，但可以要求委托人支付从事居间活动支出的必要费用。

附　　则

第四百二十八条　本法自1999年10月1日起施行，《中华人民共和国经济合同法》、《中华人民共和国涉外经济合同法》、《中华人民共和国技术合同法》同时废止。

中华人民共和国环境影响评价法

（2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过）

第一章 总 则

第一条 为了实施可持续发展战略，预防因规划和建设项目实施后对环境造成不良影响，促进经济、社会和环境的协调发展，制定本法。

第二条 本法所称环境影响评价，是指对规划和建设项目实施后可能造成的环境影响进行分析、预测和评估，提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施，进行跟踪监测的方法与制度。

第三条 编制本法第九条所规定的范围内的规划，在中华人民共和国领域和中华人民共和国管辖的其他海域内建设对环境有影响的项目，应当依照本法进行环境影响评价。

第四条 环境影响评价必须客观、公开、公正，综合考虑规划或者建设项目实施后对各种环境因素及其所构成的生态系统可能造成的影响，为决策提供科学依据。

第五条 国家鼓励有关单位、专家和公众以适当方式参与环境影响评价。

第六条 国家加强环境影响评价的基础数据库和评价指标体系建设，鼓励和支持对环境影响评价的方法、技术规范进行科学研究，建立必要的环境影响评价信息共享制度，提高环境影响评价的科学性。

国务院环境保护行政主管部门应当会同国务院有关部门，组织建立和完善环境影响评价的基础数据库和评价指标体系。

第二章 规划的环境影响评价

第七条 国务院有关部门、设区的市级以上地方人民政府及其有关部

门，对其组织编制的土地利用的有关规划，区域、流域、海域的建设、开发利用规划，应当在规划编制过程中组织进行环境影响评价，编写该规划有关环境影响的篇章或者说明。

规划有关环境影响的篇章或者说明，应当对规划实施后可能造成的环境影响作出分析、预测和评估，提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施，作为规划草案的组成部分一并报送规划审批机关。

未编写有关环境影响的篇章或者说明的规划草案，审批机关不予审批。

第八条　国务院有关部门、设区的市级以上地方人民政府及其有关部门，对其组织编制的工业、农业、畜牧业、林业、能源、水利、交通、城市建设、旅游、自然资源开发的有关专项规划（以下简称专项规划），应当在该专项规划草案上报审批前，组织进行环境影响评价，并向审批该专项规划的机关提出环境影响报告书。

前款所列专项规划中的指导性规划，按照本法第七条的规定进行环境影响评价。

第九条　依照本法第七条、第八条的规定进行环境影响评价的规划的具体范围，由国务院环境保护行政主管部门会同国务院有关部门规定，报国务院批准。

第十条　专项规划的环境影响报告书应当包括下列内容：

（一）实施该规划对环境可能造成影响的分析、预测和评估；

（二）预防或者减轻不良环境影响的对策和措施；

（三）环境影响评价的结论。

第十一条　专项规划的编制机关对可能造成不良环境影响并直接涉及公众环境权益的规划，应当在该规划草案报送审批前，举行论证会、听证会，或者采取其他形式，征求有关单位、专家和公众对环境影响报告书草案的意见。但是，国家规定需要保密的情形除外。

编制机关应当认真考虑有关单位、专家和公众对环境影响报告书草案的意见，并应当在报送审查的环境影响报告书中附具对意见采纳或者不采纳的说明。

第十二条　专项规划的编制机关在报批规划草案时，应当将环境影响报告书一并附送审批机关审查；未附送环境影响报告书的，审批机关不予审批。

第十三条　设区的市级以上人民政府在审批专项规划草案，作出决策前，应当先由人民政府指定的环境保护行政主管部门或者其他部门召集有关部门代表和专家组成审查小组，对环境影响报告书进行审查。审查小组应当提出书面审查意见。

参加前款规定的审查小组的专家，应当从按照国务院环境保护行政主管部门的规定设立的专家库内的相关专业的专家名单中，以随机抽取的方式确定。

由省级以上人民政府有关部门负责审批的专项规划，其环境影响报告书的审查办法，由国务院环境保护行政主管部门会同国务院有关部门制定。

第十四条　设区的市级以上人民政府或者省级以上人民政府有关部门在审批专项规划草案时，应当将环境影响报告书结论以及审查意见作为决策的重要依据。

在审批中未采纳环境影响报告书结论以及审查意见的，应当作出说明，并存档备查。

第十五条　对环境有重大影响的规划实施后，编制机关应当及时组织环境影响的跟踪评价，并将评价结果报告审批机关；发现有明显不良环境影响的，应当及时提出改进措施。

第三章　建设项目的环境影响评价

第十六条　国家根据建设项目对环境的影响程度，对建设项目的环境影响评价实行分类管理。

建设单位应当按照下列规定组织编制环境影响报告书、环境影响报告表或者填报环境影响登记表（以下统称环境影响评价文件）：

（一）可能造成重大环境影响的，应当编制环境影响报告书，对产生的环境影响进行全面评价；

（二）可能造成轻度环境影响的，应当编制环境影响报告表，对产生的环境影响进行分析或者专项评价；

（三）对环境影响很小、不需要进行环境影响评价的，应当填报环境影响登记表。

建设项目的环境影响评价分类管理名录，由国务院环境保护行政主管部

门制定并公布。

第十七条　建设项目的环境影响报告书应当包括下列内容：

（一）建设项目概况；

（二）建设项目周围环境现状；

（三）建设项目对环境可能造成影响的分析、预测和评估；

（四）建设项目环境保护措施及其技术、经济论证；

（五）建设项目对环境影响的经济损益分析；

（六）对建设项目实施环境监测的建议；

（七）环境影响评价的结论。

涉及水土保持的建设项目，还必须有经水行政主管部门审查同意的水土保持方案。

环境影响报告表和环境影响登记表的内容和格式，由国务院环境保护行政主管部门制定。

第十八条　建设项目的环境影响评价，应当避免与规划的环境影响评价相重复。

作为一项整体建设项目的规划，按照建设项目进行环境影响评价，不进行规划的环境影响评价。

已经进行了环境影响评价的规划所包含的具体建设项目，其环境影响评价内容建设单位可以简化。

第十九条　接受委托为建设项目环境影响评价提供技术服务的机构，应当经国务院环境保护行政主管部门考核审查合格后，颁发资质证书，按照资质证书规定的等级和评价范围，从事环境影响评价服务，并对评价结论负责。为建设项目环境影响评价提供技术服务的机构的资质条件和管理办法，由国务院环境保护行政主管部门制定。

国务院环境保护行政主管部门对已取得资质证书的为建设项目环境影响评价提供技术服务的机构的名单，应当予以公布。

为建设项目环境影响评价提供技术服务的机构，不得与负责审批建设项目环境影响评价文件的环境保护行政主管部门或者其他有关审批部门存在任何利益关系。

第二十条　环境影响评价文件中的环境影响报告书或者环境影响报告表，应当由具有相应环境影响评价资质的机构编制。

任何单位和个人不得为建设单位指定对其建设项目进行环境影响评价的机构。

第二十一条 除国家规定需要保密的情形外，对环境可能造成重大影响、应当编制环境影响报告书的建设项目，建设单位应当在报批建设项目环境影响报告书前，举行论证会、听证会，或者采取其他形式，征求有关单位、专家和公众的意见。

建设单位报批的环境影响报告书应当附具对有关单位、专家和公众的意见采纳或者不采纳的说明。

第二十二条 建设项目的环境影响评价文件，由建设单位按照国务院的规定报有审批权的环境保护行政主管部门审批；建设项目有行业主管部门的，其环境影响报告书或者环境影响报告表应当经行业主管部门预审后，报有审批权的环境保护行政主管部门审批。

海洋工程建设项目的海洋环境影响报告书的审批，依照《中华人民共和国海洋环境保护法》的规定办理。

审批部门应当自收到环境影响报告书之日起六十日内，收到环境影响报告表之日起三十日内，收到环境影响登记表之日起十五日内，分别作出审批决定并书面通知建设单位。

预审、审核、审批建设项目环境影响评价文件，不得收取任何费用。

第二十三条 国务院环境保护行政主管部门负责审批下列建设项目的环境影响评价文件：

（一）核设施、绝密工程等特殊性质的建设项目；

（二）跨省、自治区、直辖市行政区域的建设项目；

（三）由国务院审批的或者由国务院授权有关部门审批的建设项目。

前款规定以外的建设项目的环境影响评价文件的审批权限，由省、自治区、直辖市人民政府规定。

建设项目可能造成跨行政区域的不良环境影响，有关环境保护行政主管部门对该项目的环境影响评价结论有争议的，其环境影响评价文件由共同的上一级环境保护行政主管部门审批。

第二十四条 建设项目的环境影响评价文件经批准后，建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，建设单位应当重新报批建设项目的环境影响评价文件。

建设项目的环境影响评价文件自批准之日起超过五年，方决定该项目开工建设的，其环境影响评价文件应当报原审批部门重新审核；原审批部门应当自收到建设项目环境影响评价文件之日起十日内，将审核意见书面通知建设单位。

第二十五条　建设项目的环境影响评价文件未经法律规定的审批部门审查或者审查后未予批准的，该项目审批部门不得批准其建设，建设单位不得开工建设。

第二十六条　建设项目建设过程中，建设单位应当同时实施环境影响报告书、环境影响报告表以及环境影响评价文件审批部门审批意见中提出的环境保护对策措施。

第二十七条　在项目建设、运行过程中产生不符合经审批的环境影响评价文件的情形的，建设单位应当组织环境影响的后评价，采取改进措施，并报原环境影响评价文件审批部门和建设项目审批部门备案；原环境影响评价文件审批部门也可以责成建设单位进行环境影响的后评价，采取改进措施。

第二十八条　环境保护行政主管部门应当对建设项目投入生产或者使用后所产生的环境影响进行跟踪检查，对造成严重环境污染或者生态破坏的，应当查清原因、查明责任。对属于为建设项目环境影响评价提供技术服务的机构编制不实的环境影响评价文件的，依照本法第三十三条的规定追究其法律责任；属于审批部门工作人员失职、渎职，对依法不应批准的建设项目环境影响评价文件予以批准的，依照本法第三十五条的规定追究其法律责任。

第四章　法律责任

第二十九条　规划编制机关违反本法规定，组织环境影响评价时弄虚作假或者有失职行为，造成环境影响评价严重失实的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员，由上级机关或者监察机关依法给予行政处分。

第三十条　规划审批机关对依法应当编写有关环境影响的篇章或者说明而未编写的规划草案，依法应当附送环境影响报告书而未附送的专项规划草案，违法予以批准的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员，由上级机关或者监察机关依法给予行政处分。

第三十一条　建设单位未依法报批建设项目环境影响评价文件，或者未

依照本法第二十四条的规定重新报批或者报请重新审核环境影响评价文件，擅自开工建设的，由有权审批该项目环境影响评价文件的环境保护行政主管部门责令停止建设，限期补办手续；逾期不补办手续的，可以处五万元以上二十万元以下的罚款，对建设单位直接负责的主管人员和其他直接责任人员，依法给予行政处分。

建设项目环境影响评价文件未经批准或者未经原审批部门重新审核同意，建设单位擅自开工建设的，由有权审批该项目环境影响评价文件的环境保护行政主管部门责令停止建设，可以处五万元以上二十万元以下的罚款，对建设单位直接负责的主管人员和其他直接责任人员，依法给予行政处分。

海洋工程建设项目的建设单位有前两款所列违法行为的，依照《中华人民共和国海洋环境保护法》的规定处罚。

第三十二条 建设项目依法应当进行环境影响评价而未评价，或者环境影响评价文件未经依法批准，审批部门擅自批准该项目建设的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员，由上级机关或者监察机关依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第三十三条 接受委托为建设项目环境影响评价提供技术服务的机构在环境影响评价工作中不负责任或者弄虚作假，致使环境影响评价文件失实的，由授予环境影响评价资质的环境保护行政主管部门降低其资质等级或者吊销其资质证书，并处所收费用一倍以上三倍以下的罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第三十四条 负责预审、审核、审批建设项目环境影响评价文件的部门在审批中收取费用的，由其上级机关或者监察机关责令退还；情节严重的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分。

第三十五条 环境保护行政主管部门或者其他部门的工作人员徇私舞弊，滥用职权，玩忽职守，违法批准建设项目环境影响评价文件的，依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第五章 附 则

第三十六条 省、自治区、直辖市人民政府可以根据本地的实际情况，要求对本辖区的县级人民政府编制的规划进行环境影响评价。具体办法由

省、自治区、直辖市参照本法第二章的规定制定。

第三十七条　军事设施建设项目的环境影响评价办法，由中央军事委员会依照本法的原则制定。

第三十八条　本法自 2003 年 9 月 1 日起施行。

中华人民共和国清洁生产促进法

中华人民共和国主席令
第七十二号

《中华人民共和国清洁生产促进法》已由中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议于2002年6月29日通过，现予公布，自2003年1月1日起施行。

中华人民共和国主席 江泽民
2002年6月29日

中华人民共和国清洁生产促进法

（2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过）

第一章 总 则

第一条 为了促进清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展，制定本法。

第二条 本法所称清洁生产，是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

第三条 在中华人民共和国领域内，从事生产和服务活动的单位以及从事相关管理活动的部门依照本法规定，组织、实施清洁生产。

第四条 国家鼓励和促进清洁生产。国务院和县级以上地方人民政府，

应当将清洁生产纳入国民经济和社会发展计划以及环境保护、资源利用、产业发展、区域开发等规划。

第五条　国务院经济贸易行政主管部门负责组织、协调全国的清洁生产促进工作。国务院环境保护、计划、科学技术、农业、建设、水利和质量技术监督等行政主管部门，按照各自的职责，负责有关的清洁生产促进工作。

县级以上地方人民政府负责领导本行政区域内的清洁生产促进工作。县级以上地方人民政府经济贸易行政主管部门负责组织、协调本行政区域内的清洁生产促进工作。县级以上地方人民政府环境保护、计划、科学技术、农业、建设、水利和质量技术监督等行政主管部门，按照各自的职责，负责有关的清洁生产促进工作。

第六条　国家鼓励开展有关清洁生产的科学研究、技术开发和国际合作，组织宣传、普及清洁生产知识，推广清洁生产技术。

国家鼓励社会团体和公众参与清洁生产的宣传、教育、推广、实施及监督。

第二章　清洁生产的推行

第七条　国务院应当制定有利于实施清洁生产的财政税收政策。

国务院及其有关行政主管部门和省、自治区、直辖市人民政府，应当制定有利于实施清洁生产的产业政策、技术开发和推广政策。

第八条　县级以上人民政府经济贸易行政主管部门，应当会同环境保护、计划、科学技术、农业、建设、水利等有关行政主管部门制定清洁生产的推行规划。

第九条　县级以上地方人民政府应当合理规划本行政区域的经济布局，调整产业结构，发展循环经济，促进企业在资源和废物综合利用等领域进行合作，实现资源的高效利用和循环使用。

第十条　国务院和省、自治区、直辖市人民政府的经济贸易、环境保护、计划、科学技术、农业等有关行政主管部门，应当组织和支持建立清洁生产信息系统和技术咨询服务体系，向社会提供有关清洁生产方法和技术、可再生利用的废物供求以及清洁生产政策等方面的信息和服务。

第十一条　国务院经济贸易行政主管部门会同国务院有关行政主管部门

定期发布清洁生产技术、工艺、设备和产品导向目录。

国务院和省、自治区、直辖市人民政府的经济贸易行政主管部门和环境保护、农业、建设等有关行政主管部门组织编制有关行业或者地区的清洁生产指南和技术手册，指导实施清洁生产。

第十二条 国家对浪费资源和严重污染环境的落后生产技术、工艺、设备和产品实行限期淘汰制度。国务院经济贸易行政主管部门会同国务院有关行政主管部门制定并发布限期淘汰的生产技术、工艺、设备以及产品的名录。

第十三条 国务院有关行政主管部门可以根据需要批准设立节能、节水、废物再生利用等环境与资源保护方面的产品标志，并按照国家规定制定相应标准。

第十四条 县级以上人民政府科学技术行政主管部门和其他有关行政主管部门，应当指导和支持清洁生产技术和有利于环境与资源保护的产品的研究、开发以及清洁生产技术的示范和推广工作。

第十五条 国务院教育行政主管部门，应当将清洁生产技术和管理课程纳入有关高等教育、职业教育和技术培训体系。

县级以上人民政府有关行政主管部门组织开展清洁生产的宣传和培训，提高国家工作人员、企业经营管理者和公众的清洁生产意识，培养清洁生产管理和技术人员。

新闻出版、广播影视、文化等单位和有关社会团体，应当发挥各自优势做好清洁生产宣传工作。

第十六条 各级人民政府应当优先采购节能、节水、废物再生利用等有利于环境与资源保护的产品。

各级人民政府应当通过宣传、教育等措施，鼓励公众购买和使用节能、节水、废物再生利用等有利于环境与资源保护的产品。

第十七条 省、自治区、直辖市人民政府环境保护行政主管部门，应当加强对清洁生产实施的监督；可以按照促进清洁生产的需要，根据企业污染物的排放情况，在当地主要媒体上定期公布污染物超标排放或者污染物排放总量超过规定限额的污染严重企业的名单，为公众监督企业实施清洁生产提供依据。

第三章　清洁生产的实施

第十八条　新建、改建和扩建项目应当进行环境影响评价，对原料使用、资源消耗、资源综合利用以及污染物产生与处置等进行分析论证，优先采用资源利用率高以及污染物产生量少的清洁生产技术、工艺和设备。

第十九条　企业在进行技术改造过程中，应当采取以下清洁生产措施：

（一）采用无毒、无害或者低毒、低害的原料，替代毒性大、危害严重的原料；

（二）采用资源利用率高、污染物产生量少的工艺和设备，替代资源利用率低、污染物产生量多的工艺和设备；

（三）对生产过程中产生的废物、废水和余热等进行综合利用或者循环使用；

（四）采用能够达到国家或者地方规定的污染物排放标准和污染物排放总量控制指标的污染防治技术。

第二十条　产品和包装物的设计，应当考虑其在生命周期中对人类健康和环境的影响，优先选择无毒、无害、易于降解或者便于回收利用的方案。

企业应当对产品进行合理包装，减少包装材料的过度使用和包装性废物的产生。

第二十一条　生产大型机电设备、机动运输工具以及国务院经济贸易行政主管部门指定的其他产品的企业，应当按照国务院标准化行政主管部门或者其授权机构制定的技术规范，在产品的主体构件上注明材料成分的标准牌号。

第二十二条　农业生产者应当科学地使用化肥、农药、农用薄膜和饲料添加剂，改进种植和养殖技术，实现农产品的优质、无害和农业生产废物的资源化，防止农业环境污染。

禁止将有毒、有害废物用作肥料或者用于造田。

第二十三条　餐饮、娱乐、宾馆等服务性企业，应当采用节能、节水和其他有利于环境保护的技术和设备，减少使用或者不使用浪费资源、污染环境的消费品。

第二十四条　建筑工程应当采用节能、节水等有利于环境与资源保护的

建筑设计方案、建筑和装修材料、建筑构配件及设备。

建筑和装修材料必须符合国家标准。禁止生产、销售和使用有毒、有害物质超过国家标准的建筑和装修材料。

第二十五条 矿产资源的勘查、开采，应当采用有利于合理利用资源、保护环境和防止污染的勘查、开采方法和工艺技术，提高资源利用水平。

第二十六条 企业应当在经济技术可行的条件下对生产和服务过程中产生的废物、余热等自行回收利用或者转让给有条件的其他企业和个人利用。

第二十七条 生产、销售被列入强制回收目录的产品和包装物的企业，必须在产品报废和包装物使用后对该产品和包装物进行回收。强制回收的产品和包装物的目录和具体回收办法，由国务院经济贸易行政主管部门制定。

国家对列入强制回收目录的产品和包装物，实行有利于回收利用的经济措施；县级以上地方人民政府经济贸易行政主管部门应当定期检查强制回收产品和包装物的实施情况，并及时向社会公布检查结果。具体办法由国务院经济贸易行政主管部门制定。

第二十八条 企业应当对生产和服务过程中的资源消耗以及废物的产生情况进行监测，并根据需要对生产和服务实施清洁生产审核。

污染物排放超过国家和地方规定的排放标准或者超过经有关地方人民政府核定的污染物排放总量控制指标的企业，应当实施清洁生产审核。

使用有毒、有害原料进行生产或者在生产中排放有毒、有害物质的企业，应当定期实施清洁生产审核，并将审核结果报告所在地的县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门和经济贸易行政主管部门。

清洁生产审核办法，由国务院经济贸易行政主管部门会同国务院环境保护行政主管部门制定。

第二十九条 企业在污染物排放达到国家和地方规定的排放标准的基础上，可以自愿与有管辖权的经济贸易行政主管部门和环境保护行政主管部门签订进一步节约资源、削减污染物排放量的协议。该经济贸易行政主管部门和环境保护行政主管部门应当在当地主要媒体上公布该企业的名称以及节约资源、防治污染的成果。

第三十条 企业可以根据自愿原则，按照国家有关环境管理体系认证的规定，向国家认证认可监督管理部门授权的认证机构提出认证申请，通过环境管理体系认证，提高清洁生产水平。

第三十一条　根据本法第十七条规定，列入污染严重企业名单的企业，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定公布主要污染物的排放情况，接受公众监督。

第四章　鼓励措施

第三十二条　国家建立清洁生产表彰奖励制度。对在清洁生产工作中做出显著成绩的单位和个人，由人民政府给予表彰和奖励。

第三十三条　对从事清洁生产研究、示范和培训，实施国家清洁生产重点技术改造项目和本法第二十九条规定的自愿削减污染物排放协议中载明的技术改造项目，列入国务院和县级以上地方人民政府同级财政安排的有关技术进步专项资金的扶持范围。

第三十四条　在依照国家规定设立的中小企业发展基金中，应当根据需要安排适当数额用于支持中小企业实施清洁生产。

第三十五条　对利用废物生产产品的和从废物中回收原料的，税务机关按照国家有关规定，减征或者免征增值税。

第三十六条　企业用于清洁生产审核和培训的费用，可以列入企业经营成本。

第五章　法律责任

第三十七条　违反本法第二十一条规定，未标注产品材料的成分或者不如实标注的，由县级以上地方人民政府质量技术监督行政主管部门责令限期改正；拒不改正的，处以五万元以下的罚款。

第三十八条　违反本法第二十四条第二款规定，生产、销售有毒、有害物质超过国家标准的建筑和装修材料的，依照产品质量法和有关民事、刑事法律的规定，追究行政、民事、刑事法律责任。

第三十九条　违反本法第二十七条第一款规定，不履行产品或者包装物回收义务的，由县级以上地方人民政府经济贸易行政主管部门责令限期改正；拒不改正的，处以十万元以下的罚款。

第四十条　违反本法第二十八条第三款规定，不实施清洁生产审核或者

虽经审核但不如实报告审核结果的，由县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门责令限期改正；拒不改正的，处以十万元以下的罚款。

第四十一条　违反本法第三十一条规定，不公布或者未按规定要求公布污染物排放情况的，由县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门公布，可以并处十万元以下的罚款。

第六章　附　　则

第四十二条　本法自 2003 年 1 月 1 日起施行。

中华人民共和国大气污染防治法（修正）

（1987年9月5日第六届全国人民代表大会常务委员会第二十二次会议通过　根据1995年8月29日第八届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议《关于修改〈中华人民共和国大气污染防治法〉的决定》修正）

第一章　总则

第一条　为防治大气污染，保护和改善生活环境和生态环境，保障人体健康，促进社会主义现代化建设的发展，制定本法。

第二条　国务院和地方各级人民政府，必须将大气环境保护工作纳入国民经济和社会发展计划，合理规划工业布局，加强防治大气污染的科学研究，采取防治大气污染的措施，保护和改善大气环境。

第三条　各级人民政府的环境保护部门是对大气污染防治实施统一监督管理的机关。

各级公安、交通、铁道、渔业管理部门根据各自的职责，对机动车船污染大气实施监督管理。

第四条　向大气排放污染物的单位，必须遵守国家有关规定，并采取防治污染的措施。

第五条　任何单位和个人都有保护大气环境的义务，并有权对污染大气环境的单位和个人进行检举和控告。

第六条　国务院环境保护部门制定国家大气环境质量标准。

省、自治区、直辖市人民政府对国家大气环境质量标准中未作规定的项目，可以制定地方标准，并报国务院环境保护部门备案。

第七条　国务院环境保护部门根据国家大气环境质量标准和国家经济、技术条件，制定国家大气污染物排放标准。

省、自治区、直辖市人民政府对国家大气污染物排放标准中未作规定的项目，可以制定地方排放标准；对国家大气污染物排放标准中已作规定的项

目，可以制定严于国家排放标准的地方排放标准。地方排放标准须报国务院环境保护部门备案。

凡是向已有地方排放标准的区域排放大气污染物的，应当执行地方排放标准。

第八条 国家采取有利于大气污染防治以及相关的综合利用活动的经济、技术政策和措施。

在防治大气污染、保护和改善大气环境方面成绩显著的单位和个人，由各级人民政府给予奖励。

第九条 各级人民政府应当加强植树造林、城市绿化工作，改善大气环境质量。

第二章 大气污染防治的监督管理

第十条 新建、扩建、改建向大气排放污染物的项目，必须遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定。

建设项目的环境影响报告书，必须对建设项目可能产生的大气污染和对生态环境的影响作出评价，规定防治措施，并按照规定的程序报环境保护部门审查批准。

建设项目投入生产或者使用之前，其大气污染防治设施必须经过环境保护部门检验，达不到国家有关建设项目环境保护管理规定的要求的建设项目，不得投入生产或者使用。

第十一条 向大气排放污染物的单位，必须按照国务院环境保护部门的规定，向所在地的环境保护部门申报拥有的污染物排放设施、处理设施和在正常作业条件下排放污染物的种类、数量、浓度，并提供防治大气污染方面的有关技术资料。

排放污染物的种类、数量、浓度有重大改变的，必须及时申报。拆除或者闲置污染物处理设施的，应当征得所在地的环境保护部门同意。

第十二条 向大气排放污染物的单位，超过规定的排放标准的，应当采取有效措施进行治理，并按照国家规定缴纳超标准排污费。征收的超标准排污费必须用于污染防治。

对造成大气严重污染的企业事业单位，限期治理。

第十三条　在国务院和省、自治区、直辖市人民政府划定的风景名胜区、自然保护区和其他需要特别保护的区域内，不得建设污染环境的工业生产设施；建设其他设施，其污染物排放不得超过规定的排放标准。在本法施行前企业事业单位已经建成的设施，其污染物排放超过规定的排放标准的，限期治理。

第十四条　市、县或者市、县以下人民政府管辖的企业事业单位的限期治理，由市、县人民政府的环境保护部门提出意见，报同级人民政府决定。中央或者省、自治区、直辖市人民政府直接管辖的企业事业单位的限期治理，由省、自治区、直辖市人民政府的环境保护部门提出意见，报同级人民政府决定。

第十五条　企业应当优先采用能源利用效率高、污染物排放量少的清洁生产工艺，减少大气污染物的产生。

国家对严重污染大气环境的落后生产工艺和严重污染大气环境的落后设备实行淘汰制度。

国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门公布限期禁止采用的严重污染大气环境的工艺名录和限期禁止生产、禁止销售、禁止进口、禁止使用的严重污染大气环境的设备名录。

生产者、销售者、进口者或者使用者必须在国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门规定的期限内分别停止生产、销售、进口或者使用列入前款规定的名录中的设备。生产工艺的采用者必须在国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门规定的期限内停止采用列入前款规定的名录中的工艺。

依照前两款规定被淘汰的设备，不得转让给他人使用。

第十六条　因发生事故或者其他突然性事件，排放和泄漏有毒有害气体和放射性物质，造成或者可能造成大气污染事故、危害人体健康的单位，必须立即采取防治大气污染危害的应急措施，通报可能受到大气污染危害的单位和居民，并报告当地环境保护部门，接受调查处理。

在大气受到严重污染，危害人体健康和安全的紧急情况下，当地人民政府必须采取强制性应急措施，包括责令有关排污单位停止排放污染物。

第十七条　环境保护部门和其他监督管理部门有权对管辖范围内的排污单位进行现场检查，被检查单位必须如实反映情况，提供必要的资料。检查部门有义务为被检查单位保守技术秘密和业务秘密。

第十八条 国务院环境保护部门应当建立大气污染监测制度，组织监测网络，制定统一的监测方法。

第三章 防治燃煤产生的大气污染

第十九条 国务院有关主管部门应当根据国家规定的锅炉烟尘排放标准，在锅炉产品质量标准中规定相应的要求；达不到规定要求的锅炉，不得制造、销售或者进口。

第二十条 新建造的工业窑炉、新安装的锅炉，烟尘排放不得超过规定的排放标准。

第二十一条 城市建设应当统筹规划，统一解决热源，发展集中供热。

第二十二条 国务院有关部门和地方各级人民政府应当采取措施，改进城市燃料结构，发展城市煤气，推广成型煤的生产和使用。

第二十三条 在人口集中地区存放煤炭、煤矸石、煤渣、煤灰、石灰，必须采取防燃、防尘措施，防止污染大气。

第二十四条 国家推行煤炭洗选加工，降低煤的硫份和灰份，限制高硫份、高灰份煤炭的开采。新建的所采煤炭属于高硫份、高灰份的煤矿，必须建设配套的煤炭洗选设施，使煤炭中的含硫份、含灰份达到规定的标准。

对已建成的所采煤炭属于高硫份、高灰份的煤矿，应当按照国务院批准的规划，限期建成配套的煤炭洗选设施。

禁止开采含放射性和砷等有毒有害物质超过规定标准的煤炭。

第二十五条 大、中城市人民政府应当制定规划，对市区内的民用炉灶，限期实现燃用固硫型煤或者其他清洁燃料，逐步替代直接燃用原煤。

第二十六条 在城市市区内新建火电厂，应当根据需要与条件，实行热力与电力的联合生产，安排供热管网与该热电厂主体工程同步建设、同步验收投入使用。

第二十七条 国务院环境保护部门会同国务院有关部门，根据气象、地形、土壤等自然条件，可以对已经产生、可能产生酸雨的地区或者其他二氧化硫污染严重的地区，经国务院批准后，划定为酸雨控制区或者二氧化硫污染控制区。

在酸雨控制区和二氧化硫污染控制区内排放二氧化硫的火电厂和其他大

中型企业，属于新建项目不能用低硫煤的，必须建设配套脱硫、除尘装置或者采取其他控制二氧化硫排放、除尘的措施，属于已建企业不用低硫煤的，应当采取控制二氧化硫排放、除尘的措施。国家鼓励企业采用先进的脱硫、除尘技术。

企业应当逐步对燃煤产生的氮氧化物采取控制的措施。

第四章　防治废气、粉尘和恶臭污染

第二十八条　严格限制向大气排放含有毒物质的废气和粉尘；确需排放的，应当经过净化处理，不超过规定的排放标准。

第二十九条　工业生产中产生的可燃性气体应当回收利用，不具备回收利用条件而向大气排放的，应当进行防治污染处理。

向大气排放转炉气、电石气、电炉法黄磷尾气、有机烃类尾气的，须报当地环境保护部门批准。

因回收利用装置不能正常作业确需排放可燃性气体的，应当将排放的可燃性气体充分燃烧或者采取其他减轻大气污染的措施。

第三十条　炼制石油、生产合成氨、煤气和燃煤焦化、有色金属冶炼过程中排放含有硫化物气体的，应当配备脱硫装置或者采取其他脱硫措施。

第三十一条　向大气排放含放射性物质的气体和气溶胶，必须符合国家有关放射性防护的规定，不得超过规定的排放标准。

第三十二条　向大气排放恶臭气体的排污单位，必须采取措施防止周围居民区受到污染。

第三十三条　向大气排放粉尘的排污单位，必须采取除尘措施。

第三十四条　禁止在人口集中地区焚烧沥青、油毡、橡胶、塑料、皮革以及其他产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质；特殊情况下确需焚烧的，须报当地环境保护部门批准。

第三十五条　运输、装卸、贮存能够散发有毒有害气体或者粉尘的物质，必须采取密闭措施或者其他防护措施。

第三十六条　城市饮食服务业的经营者，必须遵守国务院有关饮食服务业环境保护管理的规定，采取措施，防治油烟对附近居民居住环境的污染。

第三十七条　机动车船向大气排放污染物不得超过规定的排放标准，对

超过规定的排放标准的机动车船，应当采取治理措施。污染物排放超过国家规定的排放标准的汽车，不得制造、销售或者进口。具体监督管理办法由国务院规定。

第三十八条 国家鼓励、支持生产和使用高标号的无铅汽油，限制生产和使用含铅汽油。

国务院有关主管部门应当制定规划，逐步减少含铅汽油的产量，直至停止含铅汽油的生产和使用。

第五章 法律责任

第三十九条 违反本法规定，有下列行为之一的，环境保护部门或者其他监督管理部门可以根据不同情节，给予警告或者处以罚款：

（一）拒报或者谎报国务院环境保护部门规定的有关污染物排放申报事项的；

（二）未经环境保护部门同意，擅自拆除或者闲置污染物防治设施，污染物排放超过规定的排放标准的；

（三）拒绝环境保护部门或者其他监督管理部门现场检查或者在被检查时弄虚作假的；

（四）违反本法第三十四条规定，在人口集中地区焚烧沥青、油毡以及其他产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质的；

（五）不按国家规定缴纳超标准排污费的。

第四十条 违反本法第十五条的规定，生产、销售、进口或者使用禁止生产、销售、进口、使用的设备，或者采用禁止采用的工艺的，由县级以上人民政府经济综合主管部门责令改正；情节严重的，由县级以上人民政府经济综合主管部门提出意见，报请同级人民政府按照国务院规定的权限责令停业、关闭。

第四十一条 建设项目的大气污染防治设施没有建成或者没有达到国家有关建设项目环境保护管理的规定的要求，投入生产或者使用的，由审批该建设项目的环境影响报告书的环境保护部门责令停止生产或者使用，可以并处罚款。

第四十二条 对经限期治理逾期未完成治理任务的企业事业单位，除按

照国家规定加收超标准排污费外，可以根据所造成的危害后果处以罚款，或者责令停业、关闭。

罚款由环境保护部门决定。责令停业、关闭，由作出限期治理决定的人民政府决定；责令中央直接管辖的企业事业单位停业、关闭，须报国务院批准。

第四十三条　对违反本法规定、造成大气污染事故的企业事业单位，由环境保护部门根据所造成的危害后果处以罚款；情节较重的，对有关责任人员，由所在单位或者上级主管机关给予行政处分。

第四十四条　当事人对行政处罚决定不服的，可以在收到处罚决定通知之日起 15 日内，向人民法院起诉；期满不起诉又不履行的，由作出处罚决定的机关申请人民法院强制执行。

第四十五条　造成大气污染危害的单位，有责任排除危害，并对直接遭受损失的单位或者个人赔偿损失。

赔偿责任和赔偿金额的纠纷，可以根据当事人的请求，由环境保护部门处理；当事人对处理决定不服的，可以向人民法院起诉。当事人也可以直接向人民法院起诉。

第四十六条　完全由于不可抗拒的自然灾害，并经及时采取合理措施，仍然不能避免造成大气污染损失的，免于承担责任。

第四十七条　造成重大大气污染事故，导致公私财产重大损失或者人身伤亡的严重后果的，对有关责任人员可以比照《中华人民共和国刑法》第一百一十五条或者第一百八十七条的规定，追究刑事责任。

第四十八条　环境保护监督管理人员滥用职权、玩忽职守的，给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第六章　附　　则

第四十九条　国务院环境保护部门根据本法制定实施细则，报国务院批准施行。

第五十条　本法自 1988 年 6 月 1 日起施行。

全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国大气污染防治法》的决定

（1995年8月29日第八届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议通过 1995年8月29日中华人民共和国主席令第五十四号公布自公布之日起施行）

第八届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议决定对《中华人民共和国大气污染防治法》作如下修改：

一、第八条增加一款，作为第一款："国家采取有利于大气污染防治以及相关的综合利用活动的经济、技术政策和措施。"

二、增加一条，作为第九条："各级人民政府应当加强植树造林、城市绿化工作，改善大气环境质量。"

三、增加一条，作为第十五条："企业应当优先采用能源利用效率高、污染物排放量少的清洁生产工艺，减少大气污染物的产生。

"国家对严重污染大气环境的落后生产工艺和严重污染大气环境的落后设备实行淘汰制度。

"国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门公布限期禁止采用的严重污染大气环境的工艺名录和限期禁止生产、禁止销售、禁止进口、禁止使用的严重污染大气环境的设备名录。

"生产者、销售者、进口者或者使用者必须在国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门规定的期限内分别停止生产、销售、进口或者使用列入前款规定的名录中的设备。生产工艺的采用者必须在国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门规定的期限内停止采用列入前款规定的名录中的工艺。

"依照前两款规定被淘汰的设备，不得转让给他人使用。"

四、增加一条，作为第二十四条："国家推行煤炭洗选加工，降低煤的硫份和灰份，限制高硫份、高灰份煤炭的开采。新建的所采煤炭属于高硫份、高灰份的煤矿，必须建设配套的煤炭洗选设施，使煤炭中的含硫份、含灰份达到规定的标准。

“对已建成的所采煤炭属于高硫份、高灰份的煤矿，应当按照国务院批准的规划，限期建成配套的煤炭洗选设施。

“禁止开采含放射性和砷等有毒有害物质超过规定标准的煤炭。”

五、增加一条，作为第二十五条：“大、中城市人民政府应当制定规划，对市区内的民用炉灶，限期实现燃用固硫型煤或者其他清洁燃料，逐步替代直接燃用原煤。”

六、增加一条，作为第二十六条：“在城市市区内新建火电厂，应当根据需要与条件，实行热力与电力的联合生产，安排供热管网与该热电厂主体工程同步建设、同步验收投入使用。”

七、增加一条，作为第二十七条：“国务院环境保护部门会同国务院有关部门，根据气象、地形、土壤等自然条件，可以对已经产生、可能产生酸雨的地区或者其他二氧化硫污染严重的地区，经国务院批准后，划定为酸雨控制区或者二氧化硫污染控制区。

“在酸雨控制区和二氧化硫污染控制区内排放二氧化硫的火电厂和其他大中型企业，属于新建项目不能用低硫煤的，必须建设配套脱硫、除尘装置或者采取其他控制二氧化硫排放、除尘的措施，属于已建企业不用低硫煤的，应当采取控制二氧化硫排放、除尘的措施。国家鼓励企业采用先进的脱硫、除尘技术。

“企业应当逐步对燃煤产生的氮氧化物采取控制的措施。”

八、增加一条，作为第三十六条：“城市饮食服务业的经营者，必须遵守国务院有关饮食服务业环境保护管理的规定，采取措施，防治油烟对附近居民居住环境的污染。”

九、增加一条，作为第三十八条：“国家鼓励、支持生产和使用高标号的无铅汽油，限制生产和使用含铅汽油。

“国务院有关主管部门应当制定规划，逐步减少含铅汽油的产量，直至停止含铅汽油的生产和使用。”

十、增加一条，作为第四十条：“违反本法第十五条的规定，生产、销售、进口或者使用禁止生产、销售、进口、使用的设备，或者采用禁止采用的工艺的，由县级以上人民政府经济综合主管部门责令改正；情节严重的，由县级以上人民政府经济综合主管部门提出意见，报请同级人民政府按照国务院规定的权限责令停业、关闭。”

十一、将第三章章名修改为："防治燃煤产生的大气污染"。

本决定自公布之日起施行。

《中华人民共和国大气污染防治法》根据本决定作相应的修正，重新公布。

中华人民共和国可再生能源法

中华人民共和国主席令第三十三号

《中华人民共和国可再生能源法》已由中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议于2005年2月28日通过，现予公布，自2006年1月1日起施行。

中华人民共和国主席　胡锦涛

2005年2月28日

中华人民共和国可再生能源法

（2005年2月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议通过）

第一章　总则

第一条　为了促进可再生能源的开发利用，增加能源供应，改善能源结构，保障能源安全，保护环境，实现经济社会的可持续发展，制定本法。

第二条　本法所称可再生能源，是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。

水力发电对本法的适用，由国务院能源主管部门规定，报国务院批准。

通过低效率炉灶直接燃烧方式利用秸秆、薪柴、粪便等，不适用本法。

第三条　本法适用于中华人民共和国领域和管辖的其他海域。

第四条　国家将可再生能源的开发利用列为能源发展的优先领域，通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施，推动可再生能源市场的建立和发展。

国家鼓励各种所有制经济主体参与可再生能源的开发利用，依法保护可

再生能源开发利用者的合法权益。

第五条 国务院能源主管部门对全国可再生能源的开发利用实施统一管理。国务院有关部门在各自的职责范围内负责有关的可再生能源开发利用管理工作。

县级以上地方人民政府管理能源工作的部门负责本行政区域内可再生能源开发利用的管理工作。县级以上地方人民政府有关部门在各自的职责范围内负责有关的可再生能源开发利用管理工作。

第二章 资源调查与发展规划

第六条 国务院能源主管部门负责组织和协调全国可再生能源资源的调查，并会同国务院有关部门组织制定资源调查的技术规范。

国务院有关部门在各自的职责范围内负责相关可再生能源资源的调查，调查结果报国务院能源主管部门汇总。

可再生能源资源的调查结果应当公布；但是，国家规定需要保密的内容除外。

第七条 国务院能源主管部门根据全国能源需求与可再生能源资源实际状况，制定全国可再生能源开发利用中长期总量目标，报国务院批准后执行，并予公布。

国务院能源主管部门根据前款规定的总量目标和省、自治区、直辖市经济发展与可再生能源资源实际状况，会同省、自治区、直辖市人民政府确定各行政区域可再生能源开发利用中长期目标，并予公布。

第八条 国务院能源主管部门根据全国可再生能源开发利用中长期总量目标，会同国务院有关部门，编制全国可再生能源开发利用规划，报国务院批准后实施。

省、自治区、直辖市人民政府管理能源工作的部门根据本行政区域可再生能源开发利用中长期目标，会同本级人民政府有关部门编制本行政区域可再生能源开发利用规划，报本级人民政府批准后实施。

经批准的规划应当公布；但是，国家规定需要保密的内容除外。

经批准的规划需要修改的，须经原批准机关批准。

第九条 编制可再生能源开发利用规划，应当征求有关单位、专家和公

众的意见，进行科学论证。

第三章　产业指导与技术支持

第十条　国务院能源主管部门根据全国可再生能源开发利用规划，制定、公布可再生能源产业发展指导目录。

第十一条　国务院标准化行政主管部门应当制定、公布国家可再生能源电力的并网技术标准和其他需要在全国范围内统一技术要求的有关可再生能源技术和产品的国家标准。

对前款规定的国家标准中未作规定的技术要求，国务院有关部门可以制定相关的行业标准，并报国务院标准化行政主管部门备案。

第十二条　国家将可再生能源开发利用的科学技术研究和产业化发展列为科技发展与高技术产业发展的优先领域，纳入国家科技发展规划和高技术产业发展规划，并安排资金支持可再生能源开发利用的科学技术研究、应用示范和产业化发展，促进可再生能源开发利用的技术进步，降低可再生能源产品的生产成本，提高产品质量。

国务院教育行政部门应当将可再生能源知识和技术纳入普通教育、职业教育课程。

第四章　推广与应用

第十三条　国家鼓励和支持可再生能源并网发电。

建设可再生能源并网发电项目，应当依照法律和国务院的规定取得行政许可或者报送备案。

建设应当取得行政许可的可再生能源并网发电项目，有多人申请同一项目许可的，应当依法通过招标确定被许可人。

第十四条　电网企业应当与依法取得行政许可或者报送备案的可再生能源发电企业签订并网协议，全额收购其电网覆盖范围内可再生能源并网发电项目的上网电量，并为可再生能源发电提供上网服务。

第十五条　国家扶持在电网未覆盖的地区建设可再生能源独立电力系统，为当地生产和生活提供电力服务。

第十六条 国家鼓励清洁、高效地开发利用生物质燃料，鼓励发展能源作物。

利用生物质资源生产的燃气和热力，符合城市燃气管网、热力管网的入网技术标准的，经营燃气管网、热力管网的企业应当接收其入网。

国家鼓励生产和利用生物液体燃料。石油销售企业应当按照国务院能源主管部门或者省级人民政府的规定，将符合国家标准的生物液体燃料纳入其燃料销售体系。

第十七条 国家鼓励单位和个人安装和使用太阳能热水系统、太阳能供热采暖和制冷系统、太阳能光伏发电系统等太阳能利用系统。

国务院建设行政主管部门会同国务院有关部门制定太阳能利用系统与建筑结合的技术经济政策和技术规范。

房地产开发企业应当根据前款规定的技术规范，在建筑物的设计和施工中，为太阳能利用提供必备条件。

对已建成的建筑物，住户可以在不影响其质量与安全的前提下安装符合技术规范和产品标准的太阳能利用系统；但是，当事人另有约定的除外。

第十八条 国家鼓励和支持农村地区的可再生能源开发利用。

县级以上地方人民政府管理能源工作的部门会同有关部门，根据当地经济社会发展、生态保护和卫生综合治理需要等实际情况，制定农村地区可再生能源发展规划，因地制宜地推广应用沼气等生物质资源转化、户用太阳能、小型风能、小型水能等技术。

县级以上人民政府应当对农村地区的可再生能源利用项目提供财政支持。

第五章 价格管理与费用分摊

第十九条 可再生能源发电项目的上网电价，由国务院价格主管部门根据不同类型可再生能源发电的特点和不同地区的情况，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则确定，并根据可再生能源开发利用技术的发展适时调整。上网电价应当公布。

依照本法第十三条第三款规定实行招标的可再生能源发电项目的上网电价，按照中标确定的价格执行；但是，不得高于依照前款规定确定的同类可

再生能源发电项目的上网电价水平。

第二十条　电网企业依照本法第十九条规定确定的上网电价收购可再生能源电量所发生的费用，高于按照常规能源发电平均上网电价计算所发生费用之间的差额，附加在销售电价中分摊。具体办法由国务院价格主管部门制定。

第二十一条　电网企业为收购可再生能源电量而支付的合理的接网费用以及其他合理的相关费用，可以计入电网企业输电成本，并从销售电价中回收。

第二十二条　国家投资或者补贴建设的公共可再生能源独立电力系统的销售电价，执行同一地区分类销售电价，其合理的运行和管理费用超出销售电价的部分，依照本法第二十条规定的办法分摊。

第二十三条　进入城市管网的可再生能源热力和燃气的价格，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则，根据价格管理权限确定。

第六章　经济激励与监督措施

第二十四条　国家财政设立可再生能源发展专项资金，用于支持以下活动：

（一）可再生能源开发利用的科学技术研究、标准制定和示范工程；

（二）农村、牧区生活用能的可再生能源利用项目；

（三）偏远地区和海岛可再生能源独立电力系统建设；

（四）可再生能源的资源勘查、评价和相关信息系统建设；

（五）促进可再生能源开发利用设备的本地化生产。

第二十五条　对列入国家可再生能源产业发展指导目录、符合信贷条件的可再生能源开发利用项目，金融机构可以提供有财政贴息的优惠贷款。

第二十六条　国家对列入可再生能源产业发展指导目录的项目给予税收优惠。具体办法由国务院规定。

第二十七条　电力企业应当真实、完整地记载和保存可再生能源发电的有关资料，并接受电力监管机构的检查和监督。

电力监管机构进行检查时，应当依照规定的程序进行，并为被检查单位保守商业秘密和其他秘密。

第七章　法律责任

第二十八条　国务院能源主管部门和县级以上地方人民政府管理能源工作的部门和其他有关部门在可再生能源开发利用监督管理工作中，违反本法规定，有下列行为之一的，由本级人民政府或者上级人民政府有关部门责令改正，对负有责任的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）不依法作出行政许可决定的；

（二）发现违法行为不予查处的；

（三）有不依法履行监督管理职责的其他行为的。

第二十九条　违反本法第十四条规定，电网企业未全额收购可再生能源电量，造成可再生能源发电企业经济损失的，应当承担赔偿责任，并由国家电力监管机构责令限期改正；拒不改正的，处以可再生能源发电企业经济损失额一倍以下的罚款。

第三十条　违反本法第十六条第二款规定，经营燃气管网、热力管网的企业不准许符合入网技术标准的燃气、热力入网，造成燃气、热力生产企业经济损失的，应当承担赔偿责任，并由省级人民政府管理能源工作的部门责令限期改正；拒不改正的，处以燃气、热力生产企业经济损失额一倍以下的罚款。

第三十一条　违反本法第十六条第三款规定，石油销售企业未按照规定将符合国家标准的生物液体燃料纳入其燃料销售体系，造成生物液体燃料生产企业经济损失的，应当承担赔偿责任，并由国务院能源主管部门或者省级人民政府管理能源工作的部门责令限期改正；拒不改正的，处以生物液体燃料生产企业经济损失额一倍以下的罚款。

第八章　附则

第三十二条　本法中下列用语的含义：

（一）生物质能，是指利用自然界的植物、粪便以及城乡有机废物转化成的能源。

（二）可再生能源独立电力系统，是指不与电网连接的单独运行的可再生能源电力系统。

（三）能源作物，是指经专门种植，用以提供能源原料的草本和木本植物。

（四）生物液体燃料，是指利用生物质资源生产的甲醇、乙醇和生物柴油等液体燃料。

第三十三条　本法自 2006 年 1 月 1 日起施行。

中华人民共和国环境噪声污染防治法

（1996年10月29日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十二次会议通过）

第一章　总则

第一条　为防治环境噪声污染，保护和改善生活环境，保障人体健康，促进经济和社会发展，制定本法。

第二条　本法所称环境噪声，是指在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的干扰周围生活环境的声音。

本法所称环境噪声污染，是指所产生的环境噪声超过国家规定的环境噪声排放标准，并干扰他人正常生活、工作和学习的现象。

第三条　本法适用于中华人民共和国领域内环境噪声污染的防治。

因从事本职生产、经营工作受到噪声危害的防治，不适用本法。

第四条　国务院和地方各级人民政府应当将环境噪声污染防治工作纳入环境保护规划，并采取有利于声环境保护的经济、技术政策和措施。

第五条　地方各级人民政府在制定城乡建设规划时，应当充分考虑建设项目和区域开发、改造所产生的噪声对周围生活环境的影响，统筹规划，合理安排功能区和建设布局，防止或者减轻环境噪声污染。

第六条　国务院环境保护行政主管部门对全国环境噪声污染防治实施统一监督管理。

县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门对本行政区域内的环境噪声污染防治实施统一监督管理。

各级公安、交通、铁路、民航等主管部门和港务监督机构，根据各自的职责，对交通运输和社会生活噪声污染防治实施监督管理。

第七条　任何单位和个人都有保护声环境的义务，并有权对造成环境噪声污染的单位和个人进行检举和控告。

第八条　国家鼓励、支持环境噪声污染防治的科学研究、技术开发，推广先进的防治技术和普及防治环境噪声污染的科学知识。

第九条　对在环境噪声污染防治方面成绩显著的单位和个人，由人民政府给予奖励。

第二章　环境噪声污染防治的监督管理

第十条　国务院环境保护行政主管部门分别不同的功能区制定国家声环境质量标准。

县级以上地方人民政府根据国家声环境质量标准，划定本行政区域内各类声环境质量标准的适用区域，并进行管理。

第十一条　国务院环境保护行政主管部门根据国家声环境质量标准和国家经济、技术条件，制定国家环境噪声排放标准。

第十二条　城市规划部门在确定建设布局时，应当依据国家声环境质量标准和民用建筑隔声设计规范，合理划定建筑物与交通干线的防噪声距离，并提出相应的规划设计要求。

第十三条　新建、改建、扩建的建设项目，必须遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定。

建设项目可能产生环境噪声污染的，建设单位必须提出环境影响报告书，规定环境噪声污染的防治措施，并按照国家规定的程序报环境保护行政主管部门批准。

环境影响报告书中，应当有该建设项目所在地单位和居民的意见。

第十四条　建设项目的环境噪声污染防治设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

建设项目在投入生产或者使用之前，其环境噪声污染防治设施必须经原审批环境影响报告书的环境保护行政主管部门验收；达不到国家规定要求的，该建设项目不得投入生产或者使用。

第十五条　产生环境噪声污染的企业事业单位，必须保持防治环境噪声污染的设施的正常使用；拆除或者闲置环境噪声污染防治设施的，必须事先报经所在地的县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门批准。

第十六条　产生环境噪声污染的单位，应当采取措施进行治理，并按照

国家规定缴纳超标准排污费。

征收的超标准排污费必须用于污染的防治，不得挪作他用。

第十七条 对于在噪声敏感建筑物集中区域内造成严重环境噪声污染的企业事业单位，限期治理。

被限期治理的单位必须按期完成治理任务。限期治理由县级以上人民政府按照国务院规定的权限决定。

对小型企业事业单位的限期治理，可以由县级以上人民政府在国务院规定的权限内授权其环境保护行政主管部门决定。

第十八条 国家对环境噪声污染严重的落后设备实行淘汰制度。

国务院经济综合主管部门应当会同国务院有关部门公布限期禁止生产、禁止销售、禁止进口的环境噪声污染严重的设备名录。

生产者、销售者或者进口者必须在国务院经济综合主管部门会同国务院有关部门规定的期限内分别停止生产、销售或者进口列入前款规定的名录中的设备。

第十九条 在城市范围内从事生产活动确需排放偶发性强烈噪声的，必须事先向当地公安机关提出申请，经批准后方可进行。当地公安机关应当向社会公告。

第二十条 国务院环境保护行政主管部门应当建立环境噪声监测制度，制定监测规范，并会同有关部门组织监测网络。

环境噪声监测机构应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定报送环境噪声监测结果。

第二十一条 县级以上人民政府环境保护行政主管部门和其他环境噪声污染防治工作的监督管理部门、机构，有权依据各自的职责对管辖范围内排放环境噪声的单位进行现场检查。被检查的单位必须如实反映情况，并提供必要的资料。检查部门、机构应当为被检查的单位保守技术秘密和业务秘密。

检查人员进行现场检查，应当出示证件。

第三章 工业噪声污染防治

第二十二条 本法所称工业噪声，是指在工业生产活动中使用固定的设

备时产生的干扰周围生活环境的声音。

第二十三条　在城市范围内向周围生活环境排放工业噪声的，应当符合国家规定的工业企业厂界环境噪声排放标准。

第二十四条　在工业生产中因使用固定的设备造成环境噪声污染的工业企业，必须按照国务院环境保护行政主管部门的规定，向所在地的县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报拥有的造成环境噪声污染的设备的种类、数量以及在正常作业条件下所发出的噪声值和防治环境噪声污染的设施情况，并提供防治噪声污染的技术资料。

造成环境噪声污染的设备的种类、数量、噪声值和防治设施有重大改变的，必须及时申报，并采取应有的防治措施。

第二十五条　产生环境噪声污染的工业企业，应当采取有效措施，减轻噪声对周围生活环境的影响。

第二十六条　国务院有关主管部门对可能产生环境噪声污染的工业设备，应当根据声环境保护的要求和国家的经济、技术条件，逐步在依法制定的产品的国家标准、行业标准中规定噪声限值。

前款规定的工业设备运行时发出的噪声值，应当在有关技术文件中予以注明。

第四章　建筑施工噪声污染防治

第二十七条　本法所称建筑施工噪声，是指在建筑施工过程中产生的干扰周围生活环境的声音。

第二十八条　在城市市区范围内向周围生活环境排放建筑施工噪声的，应当符合国家规定的建筑施工场界环境噪声排放标准。

第二十九条　在城市市区范围内，建筑施工过程中使用机械设备，可能产生环境噪声污染的，施工单位必须在工程开工十五日以前向工程所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报该工程的项目名称、施工场所和期限、可能产生的环境噪声值以及所采取的环境噪声污染防治措施的情况。

第三十条　在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内，禁止夜间进行产生环境噪声污染的建筑施工作业，但抢修、抢险作业和因生产工艺上要求或者

特殊需要必须连续作业的除外。

因特殊需要必须连续作业的，必须有县级以上人民政府或者其有关主管部门的证明。

前款规定的夜间作业，必须公告附近居民。

第五章 交通运输噪声污染防治

第三十一条 本法所称交通运输噪声，是指机动车辆、铁路机车、机动船舶、航空器等交通运输工具在运行时所产生的干扰周围生活环境的声音。

第三十二条 禁止制造、销售或者进口超过规定的噪声限值的汽车。

第三十三条 在城市市区范围内行驶的机动车辆的消声器和喇叭必须符合国家规定的要求。机动车辆必须加强维修和保养，保持技术性能良好，防治环境噪声污染。

第三十四条 机动车辆在城市市区范围内行驶，机动船舶在城市市区的内河航道航行，铁路机车驶经或者进入城市市区、疗养区时，必须按照规定使用声响装置。

警车、消防车、工程抢险车、救护车等机动车辆安装、使用警报器，必须符合国务院公安部门的规定；在执行非紧急任务时，禁止使用警报器。

第三十五条 城市人民政府公安机关可以根据本地城市市区区域声环境保护的需要，划定禁止机动车辆行驶和禁止其使用声响装置的路段和时间，并向社会公告。

第三十六条 建设经过已有的噪声敏感建筑物集中区域的高速公路和城市高架、轻轨道路，有可能造成环境噪声污染的，应当设置声屏障或者采取其他有效的控制环境噪声污染的措施。

第三十七条 在已有的城市交通干线的两侧建设噪声敏感建筑物的，建设单位应当按照国家规定间隔一定距离，并采取减轻、避免交通噪声影响的措施。

第三十八条 在车站、铁路编组站、港口、码头、航空港等地指挥作业时使用广播喇叭的，应当控制音量，减轻噪声对周围生活环境的影响。

第三十九条 穿越城市居民区、文教区的铁路，因铁路机车运行造成环境噪声污染的，当地城市人民政府应当组织铁路部门和其他有关部门，制定

减轻环境噪声污染的规划。铁路部门和其他有关部门应当按照规划的要求，采取有效措施，减轻环境噪声污染。

第四十条　除起飞、降落或者依法规定的情形以外，民用航空器不得飞越城市市区上空。城市人民政府应当在航空器起飞、降落的净空周围划定限制建设噪声敏感建筑物的区域；在该区域内建设噪声敏感建筑物的，建设单位应当采取减轻、避免航空器运行时产生的噪声影响的措施。民航部门应当采取有效措施，减轻环境噪声污染。

第六章　社会生活噪声污染防治

第四十一条　本法所称社会生活噪声，是指人为活动所产生的除工业噪声、建筑施工噪声和交通运输噪声之外的干扰周围生活环境的声音。

第四十二条　在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内，因商业经营活动中使用固定设备造成环境噪声污染的商业企业，必须按照国务院环境保护行政主管部门的规定，向所在地的县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报拥有的造成环境噪声污染的设备的状况和防治环境噪声污染的设施的情况。

第四十三条　新建营业性文化娱乐场所的边界噪声必须符合国家规定的环境噪声排放标准；不符合国家规定的环境噪声排放标准的，文化行政主管部门不得核发文化经营许可证，工商行政管理部门不得核发营业执照。

经营中的文化娱乐场所，其经营管理者必须采取有效措施，使其边界噪声不超过国家规定的环境噪声排放标准。

第四十四条　禁止在商业经营活动中使用高音广播喇叭或者采用其他发出高噪声的方法招揽顾客。

在商业经营活动中使用空调器、冷却塔等可能产生环境噪声污染的设备、设施的，其经营管理者应当采取措施，使其边界噪声不超过国家规定的环境噪声排放标准。

第四十五条　禁止任何单位、个人在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内使用高音广播喇叭。

在城市市区街道、广场、公园等公共场所组织娱乐、集会等活动，使用音响器材可能产生干扰周围生活环境的过大音量的，必须遵守当地公安机关

的规定。

第四十六条　使用家用电器、乐器或者进行其他家庭室内娱乐活动时，应当控制音量或者采取其他有效措施，避免对周围居民造成环境噪声污染。

第四十七条　在已竣工交付使用的住宅楼进行室内装修活动，应当限制作业时间，并采取其他有效措施，以减轻、避免对周围居民造成环境噪声污染。

第七章　法律责任

第四十八条　违反本法第十四条的规定，建设项目中需要配套建设的环境噪声污染防治设施没有建成或者没有达到国家规定的要求，擅自投入生产或者使用的，由批准该建设项目的环境影响报告书的环境保护行政主管部门责令停止生产或者使用，可以并处罚款。

第四十九条　违反本法规定，拒报或者谎报规定的环境噪声排放申报事项的，县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门可以根据不同情节，给予警告或者处以罚款。

第五十条　违反本法第十五条的规定，未经环境保护行政主管部门批准，擅自拆除或者闲置环境噪声污染防治设施，致使环境噪声排放超过规定标准的，由县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门责令改正，并处罚款。

第五十一条　违反本法十六条的规定，不按照国家规定缴纳超标准排污费的，县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门可以根据不同情节，给予警告或者处以罚款。

第五十二条　违反本法第十七条的规定，对经限期治理逾期未完成治理任务的企业事业单位，除依照国家规定加收超标准排污费外，可以根据所造成的危害后果处以罚款，或者责令停业、搬迁、关闭。

前款规定的罚款由环境保护行政主管部门决定。责令停业、搬迁、关闭由县级以上人民政府按照国务院规定的权限决定。

第五十三条　违反本法十八条规定，生产、销售、进口禁止生产、销售、进口的设备的，由县级以上人民政府经济综合主管部门责令改正；情节严重的，由县级以上人民政府经济综合主管部门提出意见，报请同级人民政

府按照国务院规定的权限责令停业、关闭。

第五十四条　违反本法第十九条的规定，未经当地公安机关批准，进行产生偶发性强烈噪声活动的，由公安机关根据不同情节给予警告或者处以罚款。

第五十五条　排放环境噪声的单位违反本法第二十一条的规定，拒绝环境保护行政主管部门或者其他依照本法规定行使环境噪声监督管理权的部门、机构现场检查或者在被检查时弄虚作假的，环境保护行政主管部门或者其他依照本法规定行使环境噪声监督管理权的监督管理部门、机构可以根据不同情节，给予警告或者处以罚款。

第五十六条　建筑施工单位违反本法第三十条第一款的规定，在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内，夜间进行禁止进行的产生环境噪声污染的建筑施工作业的，由工程所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门责令改正，可以并处罚款。

第五十七条　违反本法第三十四条的规定，机动车辆不按照规定使用声响装置的，由当地公安机关根据不同情节给予警告或者处以罚款。

机动船舶有前款违法行为的，由港务监督机构根据不同情节给予警告或者处以罚款。

铁路机车有第一款违法行为的，由铁路主管部门对有关责任人员给予行政处分。

第五十八条　违反本法规定，有下列行为之一的，由公安机关给予警告，可以并处罚款：

（一）在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内使用高音广播喇叭；

（二）违反当地公安机关的规定，在城市市区街道、广场、公园等公共场所组织娱乐、集会等活动，使用音响器材，产生干扰周围生活环境的过大音量的；

（三）未按本法第四十六条和第四十七条规定采取措施，从家庭室内发出严重干扰周围居民生活的环境噪声的。

第五十九条　违反本法第四十三条第二款、第四十四条第二款的规定，造成环境噪声污染的，由县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门责令改正，可以并处罚款。

第六十条　违反本法第四十四条第一款的规定，造成环境噪声污染的，

由公安机关责令改正，可以并处罚款。

省级以上人民政府依法决定由县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门行使前款规定的行政处罚权的，从其决定。

第六十一条 受到环境噪声污染危害的单位和个人，有权要求加害人排除危害；造成损失的，依法赔偿损失。

赔偿责任和赔偿金额的纠纷，可以根据当事人的请求，由环境保护行政主管部门或者其他环境噪声污染防治工作的监督管理部门、机构调解处理；调解不成的，当事人可以向人民法院起诉。当事人也可以直接向人民法院起诉。

第六十二条 环境噪声污染防治监督管理人员滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊的，由其所在单位或者上级主管机关给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第八章 附 则

第六十三条 本法中下列用语的含义是：

（一）“噪声排放”是指噪声源向周围生活环境辐射噪声。

（二）“噪声敏感建筑物”是指医院、学校、机关、科研单位、住宅等需要保持安静的建筑物。

（三）“噪声敏感建筑物集中区域”是指医疗区、文教科研区和以机关或者居民住宅为主的区域。

（四）“夜间”是指晚二十二点至晨六点之间的期间。

（五）“机动车辆”是指汽车和摩托车。

第六十四条 本法自1997年3月1日起施行。1989年9月26日国务院发布的《中华人民共和国环境噪声污染防治条例》同时废止。

中华人民共和国电力法

中华人民共和国主席令第六十号

1995 年 12 月 28 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议通过

第一章　总　　则

第一条　为了保障和促进电力事业的发展，维护电力投资者、经营者和使用者的合法权益，保障电力安全运行，制定本法。

第二条　本法适用于中华人民共和国境内的电力建设、生产、供应和使用活动。

第三条　电力事业应当适应国民经济和社会发展的需要，适当超前发展。国家鼓励、引导国内外的经济组织和个人依法投资开发电源，兴办电力生产企业。

电力事业投资，实行谁投资、谁收益的原则。

第四条　电力设施受国家保护。

禁止任何单位和个人危害电力设施安全或者非法侵占、使用电能。

第五条　电力建设、生产、供应和使用应当依法保护环境，采用新技术，减少有害物质排放，防治污染和其他公害。

国家鼓励和支持利用可再生能源和清洁能源发电。

第六条　国务院电力管理部门负责全国电力事业的监督管理。国务院有关部门在各自的职责范围内负责电力事业的监督管理。

县级以上地方人民政府经济综合主管部门是本行政区域内的电力管理部门，负责电力事业的监督管理。县级以上地方人民政府有关部门在各自的职责范围内负责电力事业的监督管理。

第七条　电力建设企业、电力生产企业、电网经营企业依法实行自主经营、自负盈亏，并接受电力管理部门的监督。

第八条　国家帮助和扶持少数民族地区、边远地区和贫困地区发展电力事业。

第九条 国家鼓励在电力建设、生产、供应和使用过程中，采用先进的科学技术和管理方法，对在研究、开发、采用先进的科学技术和管理方法等方面作出显著成绩的单位和个人给予奖励。

第二章 电力建设

第十条 电力发展规划应当根据国民经济和社会发展的需要制定，并纳入国民经济和社会发展计划。

电力发展规划，应当体现合理利用能源、电源与电网配套发展、提高经济效益和有利于环境保护的原则。

第十一条 城市电网的建设与改造规划，应当纳入城市总体规划。城市人民政府应当按照规划，安排变电设施用地、输电线路走廊和电缆通道。

任何单位和个人不得非法占用变电设施用地、输电线路走廊和电缆通道。

第十二条 国家通过制定有关政策，支持、促进电力建设。

地方人民政府应当根据电力发展规划，因地制宜，采取多种措施开发电源，发展电力建设。

第十三条 电力投资者对其投资形成的电力，享有法定权益。并网运行的，电力投资者有优先使用权；未并网的自备电厂，电力投资者自行支配使用。

第十四条 电力建设项目应当符合电力发展规划，符合国家电力产业政策。

电力建设项目不得使用国家明令淘汰的电力设备和技术。

第十五条 输变电工程、调度通信自动化工程等电网配套工程和环境保护工程，应当与发电工程项目同时设计、同时建设、同时验收、同时投入使用。

第十六条 电力建设项目使用土地，应当依照有关法律、行政法规的规定办理；依法征用土地的，应当依法支付土地补偿费和安置补偿费，做好迁移居民的安置工作。

电力建设应当贯彻切实保护耕地、节约利用土地的原则。

地方人民政府对电力事业依法使用土地和迁移居民，应当予以支持和协

助。

第十七条　地方人民政府应当支持电力企业为发电工程建设勘探水源和依法取水、用水。电力企业应当节约用水。

第三章　电力生产与电网管理

第十八条　电力生产与电网运行应当遵循安全、优质、经济的原则。

电网运行应当连续、稳定，保证供电可靠性。

第十九条　电力企业应当加强安全生产管理，坚持安全第一、预防为主的方针，建立、健全安全生产责任制度。

电力企业应当对电力设施定期进行检修和维护，保证其正常运行。

第二十条　发电燃料供应企业、运输企业和电力生产企业应当依照国务院有关规定或者合同约定供应、运输和接卸燃料。

第二十一条　电网运行实行统一调度、分级管理。任何单位和个人不得非法干预电网调度。

第二十二条　国家提倡电力生产企业与电网、电网与电网并网运行。具有独立法人资格的电力生产企业要求将生产的电力并网运行的，电网经营企业应当接受。

并网运行必须符合国家标准或者电力行业标准。

并网双方应当按照统一调度、分级管理和平等互利、协商一致的原则，签订并网协议，确定双方的权利和义务；并网双方达不成协议的，由省级以上电力管理部门协调决定。

第二十三条　电网调度管理办法，由国务院依照本法的规定制定。

第四章　电力供应与使用

第二十四条　国家对电力供应和使用，实行安全用电、节约用电、计划用电的管理原则。

电力供应与使用办法由国务院依照本法的规定制定。

第二十五条　供电企业在批准的供电营业区内向用户供电。

供电营业区的划分，应当考虑电网的结构和供电合理性等因素。一个供

电营业区内只设立一个供电营业机构。

省、自治区、直辖市范围内的供电营业区的设立、变更，由供电企业提出申请，经省、自治区、直辖市人民政府电力管理部门会同同级有关部门审查批准后，由省、自治区、直辖市人民政府电力管理部门发给《供电营业许可证》。跨省、自治区、直辖市的供电营业区的设立、变更，由国务院电力管理部门审查批准并发给《供电营业许可证》。供电营业机构持《供电营业许可证》向工商行政管理部门申请领取营业执照，方可营业。

第二十六条 供电营业区内的供电营业机构，对本营业区内的用户有按照国家规定供电的义务；不得违反国家规定对其营业区内申请用电的单位和个人拒绝供电。

申请新装用电、临时用电、增加用电容量、变更用电和终止用电，应当依照规定的程序办理手续。

供电企业应当在其营业场所公告用电的程序、制度和收费标准，并提供用户须知资料。

第二十七条 电力供应与使用双方应当根据平等自愿、协商一致的原则，按照国务院制定的电力供应与使用办法签订供用电合同，确定双方的权利和义务。

第二十八条 供电企业应当保证供给用户的供电质量符合国家标准。对公用供电设施引起的供电质量问题，应当及时处理。

用户对供电质量有特殊要求的，供电企业应当根据其必要性和电网的可能，提供相应的电力。

第二十九条 供电企业在发电、供电系统正常的情况下，应当连续向用户供电，不得中断。因供电设施检修、依法限电或者用户违法用电等原因，需要中断供电时，供电企业应当按照国家有关规定事先通知用户。

用户对供电企业中断供电有异议的，可以向电力管理部门投诉；受理投诉的电力管理部门应当依法处理。

第三十条 因抢险救灾需要紧急供电时，供电企业必须尽速安排供电，所需供电工程费用和应付电费依照国家有关规定执行。

第三十一条 用户应当安装用电计量装置。用户使用的电力电量，以计量检定机构依法认可的用电计量装置的记录为准。

用户受电装置的设计、施工安装和运行管理，应当符合国家标准或者电

力行业标准。

第三十二条　用户用电不得危害供电、用电安全和扰乱供电、用电秩序。

对危害供电、用电安全和扰乱供电、用电秩序的，供电企业有权制止。

第三十三条　供电企业应当按照国家核准的电价和用电计量装置的记录，向用户计收电费。

供电企业查电人员和抄表收费人员进入用户，进行用电安全检查或者抄表收费时，应当出示有关证件。

用户应当按照国家核准的电价和用电计量装置的记录，按时交纳电费；对供电企业查电人员和抄表收费人员依法履行职责，应当提供方便。

第三十四条　供电企业和用户应当遵守国家有关规定，采取有效措施，做好安全用电、节约用电和计划用电工作。

第五章　电价与电费

第三十五条　本法所称电价，是指电力生产企业的上网电价、电网间的互供电价、电网销售电价。

电价实行统一政策，统一定价原则，分级管理。

第三十六条　制定电价，应当合理补偿成本，合理确定收益，依法计入税金，坚持公平负担，促进电力建设。

第三十七条　上网电价实行同网同质同价。具体办法和实施步骤由国务院规定。

电力生产企业有特殊情况需另行制定上网电价的，具体办法由国务院规定。

第三十八条　跨省、自治区、直辖市电网和省级电网内的上网电价，由电力生产企业和电网经营企业协商提出方案，报国务院物价行政主管部门核准。

独立电网内的上网电价，由电力生产企业和电网经营企业协商提出方案，报有管理权的物价行政主管部门核准。

地方投资的电力生产企业所生产的电力，属于在省内各地区形成独立电网的或者自发自用的，其电价可以由省、自治区、直辖市人民政府管理。

第三十九条 跨省、自治区、直辖市电网和独立电网之间、省级电网和独立电网之间的互供电价，由双方协商提出方案，报国务院物价行政主管部门或者其授权的部门核准。

独立电网与独立电网之间的互供电价，由双方协商提出方案，报有管理权的物价行政主管部门核准。

第四十条 跨省、自治区、直辖市电网和省级电网的销售电价，由电网经营企业提出方案，报国务院物价行政主管部门或者其授权的部门核准。

独立电网的销售电价，由电网经营企业提出方案，报有管理权的物价行政主管部门核准。

第四十一条 国家实行分类电价和分时电价。分类标准和分时办法由国务院确定。

对同一电网内的同一电压等级、同一用电类别的用户，执行相同的电价标准。

第四十二条 用户用电增容收费标准，由国务院物价行政主管部门会同国务院电力管理部门制定。

第四十三条 任何单位不得超越电价管理权限制定电价。供电企业不得擅自变更电价。

第四十四条 禁止任何单位和个人在电费中加收其他费用；但是，法律、行政法规另有规定的，按照规定执行。

地方集资办电在电费中加收费用的，由省、自治区、直辖市人民政府依照国务院有关规定制定办法。

禁止供电企业在收取电费时，代收其他费用。

第四十五条 电价的管理办法，由国务院依照本法的规定制定。

第六章 农村电力建设和农业用电

第四十六条 省、自治区、直辖市人民政府应当制定农村电气化发展规划，并将其纳入当地电力发展规划及国民经济和社会发展计划。

第四十七条 国家对农村电气化实行优惠政策，对少数民族地区、边远地区和贫困地区的农村电力建设给予重点扶持。

第四十八条 国家提倡农村开发水能资源，建设中、小型水电站，促进

农村电气化。

国家鼓励和支持农村利用太阳能、风能、地热能、生物质能和其他能源进行农村电源建设，增加农村电力供应。

第四十九条　县级以上地方人民政府及其经济综合主管部门在安排用电指标时，应当保证农业和农村用电的适当比例，优先保证农村排涝、抗旱和农业季节性生产用电。

电力企业应当执行前款的用电安排，不得减少农业和农村用电指标。

第五十条　农业用电价格按照保本、微利的原则确定。

农民生活用电与当地城镇居民生活用电应当逐步实行相同的电价。

第五十一条　农业和农村用电管理办法，由国务院依照本法的规定制定。

第七章　电力设施保护

第五十二条　任何单位和个人不得危害发电设施、变电设施和电力线路设施及其有关辅助设施。

在电力设施周围进行爆破及其他可能危及电力设施安全的作业的，应当按照国务院有关电力设施保护的规定，经批准并采取确保电力设施安全的措施后，方可进行作业。

第五十三条　电力管理部门应当按照国务院有关电力设施保护的规定，对电力设施保护区设立标志。

任何单位和个人不得在依法划定的电力设施保护区内修建可能危及电力设施安全的建筑物、构筑物，不得种植可能危及电力设施安全的植物，不得堆放可能危及电力设施安全的物品。

在依法划定电力设施保护区前已经种植的植物妨碍电力设施安全的，应当修剪或者砍伐。

第五十四条　任何单位和个人需要在依法划定的电力设施保护区内进行可能危及电力设施安全的作业时，应当经电力管理部门批准并采取安全措施后，方可进行作业。

第五十五条　电力设施与公用工程、绿化工程和其他工程在新建、改建或者扩建中相互妨碍时，有关单位应当按照国家有关规定协商，达成协议后

方可施工。

第八章　监督检查

第五十六条　电力管理部门依法对电力企业和用户执行电力法律、行政法规的情况进行监督检查。

第五十七条　电力管理部门根据工作需要，可以配备电力监督检查人员。

电力监督检查人员应当公正廉洁，秉公执法，熟悉电力法律、法规，掌握有关电力专业技术。

第五十八条　电力监督检查人员进行监督检查时，有权向电力企业或者用户了解有关执行电力法律、行政法规的情况，查阅有关资料，并有权进入现场进行检查。

电力企业和用户对执行监督检查任务的电力监督检查人员应当提供方便。

电力监督检查人员进行监督检查时，应当出示证件。

第九章　法律责任

第五十九条　电力企业或者用户违反供用电合同，给对方造成损失的，应当依法承担赔偿责任。

电力企业违反本法第二十八条、第二十九条第一款的规定，未保证供电质量或者未事先通知用户中断供电，给用户造成损失的，应当依法承担赔偿责任。

第六十条　因电力运行事故给用户或者第三人造成损害的，电力企业应当依法承担赔偿责任。

电力运行事故由下列原因之一造成的，电力企业不承担赔偿责任：

（一）不可抗力；

（二）用户自身的过错。

因用户或者第三人的过错给电力企业或者其他用户造成损害的，该用户或者第三人应当依法承担赔偿责任。

第六十一条　违反本法第十一条第二款的规定，非法占用变电设施用地、输电线路走廊或者电缆通道的，由县级以上地方人民政府责令限期改正；逾期不改正的，强制清除障碍。

第六十二条　违反本法第十四条规定，电力建设项目不符合电力发展规划、产业政策的，由电力管理部门责令停止建设。

违反本法第十四条规定，电力建设项目使用国家明令淘汰的电力设备和技术的，由电力管理部门责令停止使用，没收国家明令淘汰的电力设备，并处五万元以下的罚款。

第六十三条　违反本法第二十五条规定，未经许可，从事供电或者变更供电营业区的，由电力管理部门责令改正，没收违法所得，可以并处违法所得五倍以下的罚款。

第六十四条　违反本法第二十六条、第二十九条规定，拒绝供电或者中断供电的，由电力管理部门责令改正，给予警告；情节严重的，对有关主管人员和直接责任人员给予行政处分。

第六十五条　违反本法第三十二条规定，危害供电、用电安全或者扰乱供电、用电秩序的，由电力管理部门责令改正，给予警告；情节严重或者拒绝改正的，可以中止供电，可以并处五万元以下的罚款。

第六十六条　违反本法第三十三条、第四十三条、第四十四条规定，未按照国家核准的电价和用电计量装置的记录向用户计收电费、超越权限制定电价或者在电费中加收其他费用的，由物价行政主管部门给予警告，责令返还违法收取的费用，可以并处违法收取费用五倍以下的罚款；情节严重的，对有关主管人员和直接责任人员给予行政处分。

第六十七条　违反本法第四十九条第二款规定，减少农业和农村用电指标的，由电力管理部门责令改正；情节严重的，对有关主管人员和直接责任人员给予行政处分；造成损失的，责令赔偿损失。

第六十八条　违反本法第五十二条第二款和第五十四条规定，未经批准或者未采取安全措施在电力设施周围或者在依法划定的电力设施保护区内进行作业，危及电力设施安全的，由电力管理部门责令停止作业、恢复原状并赔偿损失。

第六十九条　违反本法第五十三条规定，在依法划定的电力设施保护区内修建建筑物、构筑物或者种植植物、堆放物品，危及电力设施安全的，由

当地人民政府责令强制拆除、砍伐或者清除。

第七十条　有下列行为之一，应当给予治安管理处罚的，由公安机关依照治安管理处罚条例的有关规定予以处罚；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）阻碍电力建设或者电力设施抢修，致使电力建设或者电力设施抢修不能正常进行的；

（二）扰乱电力生产企业、变电所、电力调度机构和供电企业的秩序，致使生产、工作和营业不能正常进行的；

（三）殴打、公然侮辱履行职务的查电人员或者抄表收费人员的；

（四）拒绝、阻碍电力监督检查人员依法执行职务的。

第七十一条　盗窃电能的，由电力管理部门责令停止违法行为，追缴电费并处应交电费五倍以下的罚款；构成犯罪的，依照刑法第一百五十一条或者第一百五十二条的规定追究刑事责任。

第七十二条　盗窃电力设施或者以其他方法破坏电力设施，危害公共安全的，依照刑法第一百零九条或者第一百一十条规定追究刑事责任。

第七十三条　电力管理部门的工作人员滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，依法给予行政处分。

第七十四条　电力企业职工违反规章制度、违章调度或者不服从调度指令，造成重大事故的，比照刑法第一百一十四条的规定追究刑事责任。

电力企业职工故意延误电力设施抢修或者抢险救灾供电，造成严重后果的，比照刑法第一百一十四条的规定追究刑事责任。

电力企业的管理人员和查电人员、抄表收费人员勒索用户、以电谋私，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，依法给予行政处分。

第十章　附　　则

第七十五条　本法自1996年4月1日起施行。

附：刑法有关条款

第一百零九条　破坏电力、煤气或者其他易燃易爆设备，危害公共安

全，尚未造成严重后果的，处三年以上十年以下有期徒刑。

第一百一十条　破坏交通工具、交通设备、电力煤气设备、易燃易爆设备造成严重后果的，处十年以上有期徒刑、无期徒刑或者死刑。

过失犯前款罪的，处七年以下有期徒刑或者拘役。

第一百一十四条　工厂、矿山、林场、建筑企业或者其他企业、事业单位的职工，由于不服管理、违反规章制度，或者强令工人违章冒险作业，因而发生重大伤亡事故，造成严重后果的，处三年以下有期徒刑或者拘役；情节特别恶劣的，处三年以上七年以下有期徒刑。

第一百五十一条　盗窃、诈骗、抢夺公私财物数额较大的，处五年以下有期徒刑、拘役或者管制。

第一百五十二条　惯窃、惯骗或者盗窃、诈骗、抢夺公私财物数额巨大的，处五年以上十年以下有期徒刑；情节特别严重的，处十年以上有期徒刑或者无期徒刑，可以并处没收财产。

中华人民共和国水法（修订）

中华人民共和国主席令
第七十四号

《中华人民共和国水法》已由中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议于 2002 年 8 月 29 日修订通过，现将修订后的《中华人民共和国水法》公布，自 2002 年 10 月 1 日起施行。

中华人民共和国主席　江泽民
2002 年 8 月 29 日

中华人民共和国水法

（2002 年 8 月 29 日第九届全国人民代表大会
常务委员会第二十九次会议通过）

第一章　总　　则

第一条　为了合理开发、利用、节约和保护水资源，防治水害，实现水资源的可持续利用，适应国民经济和社会发展的需要，制定本法。

第二条　在中华人民共和国领域内开发、利用、节约、保护、管理水资源，防治水害，适用本法。

本法所称水资源，包括地表水和地下水。

第三条　水资源属于国家所有。水资源的所有权由国务院代表国家行使。农村集体经济组织的水塘和由农村集体经济组织修建管理的水库中的水，归各该农村集体经济组织使用。

第四条　开发、利用、节约、保护水资源和防治水害，应当全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合利用、讲求效益，发挥水资源的多种功能，协调

好生活、生产经营和生态环境用水。

第五条　县级以上人民政府应当加强水利基础设施建设，并将其纳入本级国民经济和社会发展计划。

第六条　国家鼓励单位和个人依法开发、利用水资源，并保护其合法权益。开发、利用水资源的单位和个人有依法保护水资源的义务。

第七条　国家对水资源依法实行取水许可制度和有偿使用制度。但是，农村集体经济组织及其成员使用本集体经济组织的水塘、水库中的水的除外。国务院水行政主管部门负责全国取水许可制度和水资源有偿使用制度的组织实施。

第八条　国家厉行节约用水，大力推行节约用水措施，推广节约用水新技术、新工艺，发展节水型工业、农业和服务业，建立节水型社会。

各级人民政府应当采取措施，加强对节约用水的管理，建立节约用水技术开发推广体系，培育和发展节约用水产业。

单位和个人有节约用水的义务。

第九条　国家保护水资源，采取有效措施，保护植被，植树种草，涵养水源，防治水土流失和水体污染，改善生态环境。

第十条　国家鼓励和支持开发、利用、节约、保护、管理水资源和防治水害的先进科学技术的研究、推广和应用。

第十一条　在开发、利用、节约、保护、管理水资源和防治水害等方面成绩显著的单位和个人，由人民政府给予奖励。

第十二条　国家对水资源实行流域管理与行政区域管理相结合的管理体制。

国务院水行政主管部门负责全国水资源的统一管理和监督工作。

国务院水行政主管部门在国家确定的重要江河、湖泊设立的流域管理机构（以下简称流域管理机构），在所管辖的范围内行使法律、行政法规规定的和国务院水行政主管部门授予的水资源管理和监督职责。

县级以上地方人民政府水行政主管部门按照规定的权限，负责本行政区域内水资源的统一管理和监督工作。

第十三条　国务院有关部门按照职责分工，负责水资源开发、利用、节约和保护的有关工作。

县级以上地方人民政府有关部门按照职责分工，负责本行政区域内水资

源开发、利用、节约和保护的有关工作。

第二章 水资源规划

第十四条 国家制定全国水资源战略规划。

开发、利用、节约、保护水资源和防治水害，应当按照流域、区域统一制定规划。规划分为流域规划和区域规划。流域规划包括流域综合规划和流域专业规划；区域规划包括区域综合规划和区域专业规划。

前款所称综合规划，是指根据经济社会发展需要和水资源开发利用现状编制的开发、利用、节约、保护水资源和防治水害的总体部署。前款所称专业规划，是指防洪、治涝、灌溉、航运、供水、水力发电、竹木流放、渔业、水资源保护、水土保持、防沙治沙、节约用水等规划。

第十五条 流域范围内的区域规划应当服从流域规划，专业规划应当服从综合规划。

流域综合规划和区域综合规划以及与土地利用关系密切的专业规划，应当与国民经济和社会发展规划以及土地利用总体规划、城市总体规划和环境保护规划相协调，兼顾各地区、各行业的需要。

第十六条 制定规划，必须进行水资源综合科学考察和调查评价。水资源综合科学考察和调查评价，由县级以上人民政府水行政主管部门会同同级有关部门组织进行。

县级以上人民政府应当加强水文、水资源信息系统建设。县级以上人民政府水行政主管部门和流域管理机构应当加强对水资源的动态监测。

基本水文资料应当按照国家有关规定予以公开。

第十七条 国家确定的重要江河、湖泊的流域综合规划，由国务院水行政主管部门会同国务院有关部门和有关省、自治区、直辖市人民政府编制，报国务院批准。跨省、自治区、直辖市的其他江河、湖泊的流域综合规划和区域综合规划，由有关流域管理机构会同江河、湖泊所在地的省、自治区、直辖市人民政府水行政主管部门和有关部门编制，分别经有关省、自治区、直辖市人民政府审查提出意见后，报国务院水行政主管部门审核；国务院水行政主管部门征求国务院有关部门意见后，报国务院或者其授权的部门批准。

前款规定以外的其他江河、湖泊的流域综合规划和区域综合规划，由县级以上地方人民政府水行政主管部门会同同级有关部门和有关地方人民政府编制，报本级人民政府或者其授权的部门批准，并报上一级水行政主管部门备案。

专业规划由县级以上人民政府有关部门编制，征求同级其他有关部门意见后，报本级人民政府批准。其中，防洪规划、水土保持规划的编制、批准，依照防洪法、水土保持法的有关规定执行。

第十八条　规划一经批准，必须严格执行。

经批准的规划需要修改时，必须按照规划编制程序经原批准机关批准。

第十九条　建设水工程，必须符合流域综合规划。在国家确定的重要江河、湖泊和跨省、自治区、直辖市的江河、湖泊上建设水工程，其工程可行性研究报告报请批准前，有关流域管理机构应当对水工程的建设是否符合流域综合规划进行审查并签署意见；在其他江河、湖泊上建设水工程，其工程可行性研究报告报请批准前，县级以上地方人民政府水行政主管部门应当按照管理权限对水工程的建设是否符合流域综合规划进行审查并签署意见。水工程建设涉及防洪的，依照防洪法的有关规定执行；涉及其他地区和行业的，建设单位应当事先征求有关地区和部门的意见。

第三章　水资源开发利用

第二十条　开发、利用水资源，应当坚持兴利与除害相结合，兼顾上下游、左右岸和有关地区之间的利益，充分发挥水资源的综合效益，并服从防洪的总体安排。

第二十一条　开发、利用水资源，应当首先满足城乡居民生活用水，并兼顾农业、工业、生态环境用水以及航运等需要。

在干旱和半干旱地区开发、利用水资源，应当充分考虑生态环境用水需要。

第二十二条　跨流域调水，应当进行全面规划和科学论证，统筹兼顾调出和调入流域的用水需要，防止对生态环境造成破坏。

第二十三条　地方各级人民政府应当结合本地区水资源的实际情况，按照地表水与地下水统一调度开发、开源与节流相结合、节流优先和污水处理

再利用的原则，合理组织开发、综合利用水资源。

国民经济和社会发展规划以及城市总体规划的编制、重大建设项目的布局，应当与当地水资源条件和防洪要求相适应，并进行科学论证；在水资源不足的地区，应当对城市规模和建设耗水量大的工业、农业和服务业项目加以限制。

第二十四条 在水资源短缺的地区，国家鼓励对雨水和微咸水的收集、开发、利用和对海水的利用、淡化。

第二十五条 地方各级人民政府应当加强对灌溉、排涝、水土保持工作的领导，促进农业生产发展；在容易发生盐碱化和渍害的地区，应当采取措施，控制和降低地下水的水位。

农村集体经济组织或者其成员依法在本集体经济组织所有的集体土地或者承包土地上投资兴建水工程设施的，按照谁投资建设谁管理和谁受益的原则，对水工程设施及其蓄水进行管理和合理使用。

农村集体经济组织修建水库应当经县级以上地方人民政府水行政主管部门批准。

第二十六条 国家鼓励开发、利用水能资源。在水能丰富的河流，应当有计划地进行多目标梯级开发。

建设水力发电站，应当保护生态环境，兼顾防洪、供水、灌溉、航运、竹木流放和渔业等方面的需要。

第二十七条 国家鼓励开发、利用水运资源。在水生生物洄游通道、通航或者竹木流放的河流上修建永久性拦河闸坝，建设单位应当同时修建过鱼、过船、过木设施，或者经国务院授权的部门批准采取其他补救措施，并妥善安排施工和蓄水期间的水生生物保护、航运和竹木流放，所需费用由建设单位承担。

在不通航的河流或者人工水道上修建闸坝后可以通航的，闸坝建设单位应当同时修建过船设施或者预留过船设施位置。

第二十八条 任何单位和个人引水、截（蓄）水、排水，不得损害公共利益和他人的合法权益。

第二十九条 国家对水工程建设移民实行开发性移民的方针，按照前期补偿、补助与后期扶持相结合的原则，妥善安排移民的生产和生活，保护移民的合法权益。

移民安置应当与工程建设同步进行。建设单位应当根据安置地区的环境容量和可持续发展的原则，因地制宜，编制移民安置规划，经依法批准后，由有关地方人民政府组织实施。所需移民经费列入工程建设投资计划。

第四章　水资源、水域和水工程的保护

第三十条　县级以上人民政府水行政主管部门、流域管理机构以及其他有关部门在制定水资源开发、利用规划和调度水资源时，应当注意维持江河的合理流量和湖泊、水库以及地下水的合理水位，维护水体的自然净化能力。

第三十一条　从事水资源开发、利用、节约、保护和防治水害等水事活动，应当遵守经批准的规划；因违反规划造成江河和湖泊水域使用功能降低、地下水超采、地面沉降、水体污染的，应当承担治理责任。

开采矿藏或者建设地下工程，因疏干排水导致地下水水位下降、水源枯竭或者地面塌陷，采矿单位或者建设单位应当采取补救措施；对他人生活和生产造成损失的，依法给予补偿。

第三十二条　国务院水行政主管部门会同国务院环境保护行政主管部门、有关部门和有关省、自治区、直辖市人民政府，按照流域综合规划、水资源保护规划和经济社会发展要求，拟定国家确定的重要江河、湖泊的水功能区划，报国务院批准。跨省、自治区、直辖市的其他江河、湖泊的水功能区划，由有关流域管理机构会同江河、湖泊所在地的省、自治区、直辖市人民政府水行政主管部门、环境保护行政主管部门和其他有关部门拟定，分别经有关省、自治区、直辖市人民政府审查提出意见后，由国务院水行政主管部门会同国务院环境保护行政主管部门审核，报国务院或者其授权的部门批准。

前款规定以外的其他江河、湖泊的水功能区划，由县级以上地方人民政府水行政主管部门会同同级人民政府环境保护行政主管部门和有关部门拟定，报同级人民政府或者其授权的部门批准，并报上一级水行政主管部门和环境保护行政主管部门备案。

县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构应当按照水功能区对水质的要求和水体的自然净化能力，核定该水域的纳污能力，向环境保护

行政主管部门提出该水域的限制排污总量意见。

县级以上地方人民政府水行政主管部门和流域管理机构应当对水功能区的水质状况进行监测，发现重点污染物排放总量超过控制指标的，或者水功能区的水质未达到水域使用功能对水质的要求的，应当及时报告有关人民政府采取治理措施，并向环境保护行政主管部门通报。

第三十三条 国家建立饮用水水源保护区制度。省、自治区、直辖市人民政府应当划定饮用水水源保护区，并采取措施，防止水源枯竭和水体污染，保证城乡居民饮用水安全。

第三十四条 禁止在饮用水水源保护区内设置排污口。

在江河、湖泊新建、改建或者扩大排污口，应当经过有管辖权的水行政主管部门或者流域管理机构同意，由环境保护行政主管部门负责对该建设项目的环境影响报告书进行审批。

第三十五条 从事工程建设，占用农业灌溉水源、灌排工程设施，或者对原有灌溉用水、供水水源有不利影响的，建设单位应当采取相应的补救措施；造成损失的，依法给予补偿。

第三十六条 在地下水超采地区，县级以上地方人民政府应当采取措施，严格控制开采地下水。在地下水严重超采地区，经省、自治区、直辖市人民政府批准，可以划定地下水禁止开采或者限制开采区。在沿海地区开采地下水，应当经过科学论证，并采取措施，防止地面沉降和海水入侵。

第三十七条 禁止在江河、湖泊、水库、运河、渠道内弃置、堆放阻碍行洪的物体和种植阻碍行洪的林木及高秆作物。

禁止在河道管理范围内建设妨碍行洪的建筑物、构筑物以及从事影响河势稳定、危害河岸堤防安全和其他妨碍河道行洪的活动。

第三十八条 在河道管理范围内建设桥梁、码头和其他拦河、跨河、临河建筑物、构筑物，铺设跨河管道、电缆，应当符合国家规定的防洪标准和其他有关的技术要求，工程建设方案应当依照防洪法的有关规定报经有关水行政主管部门审查同意。

因建设前款工程设施，需要扩建、改建、拆除或者损坏原有水工程设施的，建设单位应当负担扩建、改建的费用和损失补偿。但是，原有工程设施属于违法工程的除外。

第三十九条 国家实行河道采砂许可制度。河道采砂许可制度实施办

法，由国务院规定。

在河道管理范围内采砂，影响河势稳定或者危及堤防安全的，有关县级以上人民政府水行政主管部门应当划定禁采区和规定禁采期，并予以公告。

第四十条　禁止围湖造地。已经围垦的，应当按照国家规定的防洪标准有计划地退地还湖。

禁止围垦河道。确需围垦的，应当经过科学论证，经省、自治区、直辖市人民政府水行政主管部门或者国务院水行政主管部门同意后，报本级人民政府批准。

第四十一条　单位和个人有保护水工程的义务，不得侵占、毁坏堤防、护岸、防汛、水文监测、水文地质监测等工程设施。

第四十二条　县级以上地方人民政府应当采取措施，保障本行政区域内水工程，特别是水坝和堤防的安全，限期消除险情。水行政主管部门应当加强对水工程安全的监督管理。

第四十三条　国家对水工程实施保护。国家所有的水工程应当按照国务院的规定划定工程管理和保护范围。

国务院水行政主管部门或者流域管理机构管理的水工程，由主管部门或者流域管理机构商有关省、自治区、直辖市人民政府划定工程管理和保护范围。

前款规定以外的其他水工程，应当按照省、自治区、直辖市人民政府的规定，划定工程保护范围和保护职责。

在水工程保护范围内，禁止从事影响水工程运行和危害水工程安全的爆破、打井、采石、取土等活动。

第五章　水资源配置和节约使用

第四十四条　国务院发展计划主管部门和国务院水行政主管部门负责全国水资源的宏观调配。全国的和跨省、自治区、直辖市的水中长期供求规划，由国务院水行政主管部门会同有关部门制订，经国务院发展计划主管部门审查批准后执行。地方的水中长期供求规划，由县级以上地方人民政府水行政主管部门会同同级有关部门依据上一级水中长期供求规划和本地区的实际情况制订，经本级人民政府发展计划主管部门审查批准后执行。

水中长期供求规划应当依据水的供求现状、国民经济和社会发展规划、流域规划、区域规划，按照水资源供需协调、综合平衡、保护生态、厉行节约、合理开源的原则制定。

第四十五条　调蓄径流和分配水量，应当依据流域规划和水中长期供求规划，以流域为单元制定水量分配方案。

跨省、自治区、直辖市的水量分配方案和旱情紧急情况下的水量调度预案，由流域管理机构商有关省、自治区、直辖市人民政府制订，报国务院或者其授权的部门批准后执行。其他跨行政区域的水量分配方案和旱情紧急情况下的水量调度预案，由共同的上一级人民政府水行政主管部门商有关地方人民政府制订，报本级人民政府批准后执行。

水量分配方案和旱情紧急情况下的水量调度预案经批准后，有关地方人民政府必须执行。

在不同行政区域之间的边界河流上建设水资源开发、利用项目，应当符合该流域经批准的水量分配方案，由有关县级以上地方人民政府报共同的上一级人民政府水行政主管部门或者有关流域管理机构批准。

第四十六条　县级以上地方人民政府水行政主管部门或者流域管理机构应当根据批准的水量分配方案和年度预测来水量，制定年度水量分配方案和调度计划，实施水量统一调度；有关地方人民政府必须服从。

国家确定的重要江河、湖泊的年度水量分配方案，应当纳入国家的国民经济和社会发展年度计划。

第四十七条　国家对用水实行总量控制和定额管理相结合的制度。

省、自治区、直辖市人民政府有关行业主管部门应当制订本行政区域内行业用水定额，报同级水行政主管部门和质量监督检验行政主管部门审核同意后，由省、自治区、直辖市人民政府公布，并报国务院水行政主管部门和国务院质量监督检验行政主管部门备案。

县级以上地方人民政府发展计划主管部门会同同级水行政主管部门，根据用水定额、经济技术条件以及水量分配方案确定的可供本行政区域使用的水量，制定年度用水计划，对本行政区域内的年度用水实行总量控制。

第四十八条　直接从江河、湖泊或者地下取用水资源的单位和个人，应当按照国家取水许可制度和水资源有偿使用制度的规定，向水行政主管部门或者流域管理机构申请领取取水许可证，并缴纳水资源费，取得取水权。但

是，家庭生活和零星散养、圈养畜禽饮用等少量取水的除外。

实施取水许可制度和征收管理水资源费的具体办法，由国务院规定。

第四十九条　用水应当计量，并按照批准的用水计划用水。

用水实行计量收费和超定额累进加价制度。

第五十条　各级人民政府应当推行节水灌溉方式和节水技术，对农业蓄水、输水工程采取必要的防渗漏措施，提高农业用水效率。

第五十一条　工业用水应当采用先进技术、工艺和设备，增加循环用水次数，提高水的重复利用率。

国家逐步淘汰落后的、耗水量高的工艺、设备和产品，具体名录由国务院经济综合主管部门会同国务院水行政主管部门和有关部门制定并公布。生产者、销售者或者生产经营中的使用者应当在规定的时间内停止生产、销售或者使用列入名录的工艺、设备和产品。

第五十二条　城市人民政府应当因地制宜采取有效措施，推广节水型生活用水器具，降低城市供水管网漏失率，提高生活用水效率；加强城市污水集中处理，鼓励使用再生水，提高污水再生利用率。

第五十三条　新建、扩建、改建建设项目，应当制订节水措施方案，配套建设节水设施。节水设施应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

供水企业和自建供水设施的单位应当加强供水设施的维护管理，减少水的漏失。

第五十四条　各级人民政府应当积极采取措施，改善城乡居民的饮用水条件。

第五十五条　使用水工程供应的水，应当按照国家规定向供水单位缴纳水费。供水价格应当按照补偿成本、合理收益、优质优价、公平负担的原则确定。具体办法由省级以上人民政府价格主管部门会同同级水行政主管部门或者其他供水行政主管部门依据职权制定。

第六章　水事纠纷处理与执法监督检查

第五十六条　不同行政区域之间发生水事纠纷的，应当协商处理；协商不成的，由上一级人民政府裁决，有关各方必须遵照执行。在水事纠纷解决

前，未经各方达成协议或者共同的上一级人民政府批准，在行政区域交界线两侧一定范围内，任何一方不得修建排水、阻水、取水和截（蓄）水工程，不得单方面改变水的现状。

第五十七条　单位之间、个人之间、单位与个人之间发生的水事纠纷，应当协商解决；当事人不愿协商或者协商不成的，可以申请县级以上地方人民政府或者其授权的部门调解，也可以直接向人民法院提起民事诉讼。县级以上地方人民政府或者其授权的部门调解不成的，当事人可以向人民法院提起民事诉讼。

在水事纠纷解决前，当事人不得单方面改变现状。

第五十八条　县级以上人民政府或者其授权的部门在处理水事纠纷时，有权采取临时处置措施，有关各方或者当事人必须服从。

第五十九条　县级以上人民政府水行政主管部门和流域管理机构应当对违反本法的行为加强监督检查并依法进行查处。

水政监督检查人员应当忠于职守，秉公执法。

第六十条　县级以上人民政府水行政主管部门、流域管理机构及其水政监督检查人员履行本法规定的监督检查职责时，有权采取下列措施：

（一）要求被检查单位提供有关文件、证照、资料；

（二）要求被检查单位就执行本法的有关问题作出说明；

（三）进入被检查单位的生产场所进行调查；

（四）责令被检查单位停止违反本法的行为，履行法定义务。

第六十一条　有关单位或者个人对水政监督检查人员的监督检查工作应当给予配合，不得拒绝或者阻碍水政监督检查人员依法执行职务。

第六十二条　水政监督检查人员在履行监督检查职责时，应当向被检查单位或者个人出示执法证件。

第六十三条　县级以上人民政府或者上级水行政主管部门发现本级或者下级水行政主管部门在监督检查工作中有违法或者失职行为的，应当责令其限期改正。

第七章　法律责任

第六十四条　水行政主管部门或者其他有关部门以及水工程管理单位及

其工作人员，利用职务上的便利收取他人财物、其他好处或者玩忽职守，对不符合法定条件的单位或者个人核发许可证、签署审查同意意见，不按照水量分配方案分配水量，不按照国家有关规定收取水资源费，不履行监督职责，或者发现违法行为不予查处，造成严重后果，构成犯罪的，对负有责任的主管人员和其他直接责任人员依照刑法的有关规定追究刑事责任；尚不够刑事处罚的，依法给予行政处分。

第六十五条　在河道管理范围内建设妨碍行洪的建筑物、构筑物，或者从事影响河势稳定、危害河岸堤防安全和其他妨碍河道行洪的活动的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令停止违法行为，限期拆除违法建筑物、构筑物，恢复原状；逾期不拆除、不恢复原状的，强行拆除，所需费用由违法单位或者个人负担，并处一万元以上十万元以下的罚款。

未经水行政主管部门或者流域管理机构同意，擅自修建水工程，或者建设桥梁、码头和其他拦河、跨河、临河建筑物、构筑物，铺设跨河管道、电缆，且防洪法未作规定的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令停止违法行为，限期补办有关手续；逾期不补办或者补办未被批准的，责令限期拆除违法建筑物、构筑物；逾期不拆除的，强行拆除，所需费用由违法单位或者个人负担，并处一万元以上十万元以下的罚款。

虽经水行政主管部门或者流域管理机构同意，但未按照要求修建前款所列工程设施的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令限期改正，按照情节轻重，处一万元以上十万元以下的罚款。

第六十六条　有下列行为之一，且防洪法未作规定的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令停止违法行为，限期清除障碍或者采取其他补救措施，处一万元以上五万元以下的罚款：

（一）在江河、湖泊、水库、运河、渠道内弃置、堆放阻碍行洪的物体和种植阻碍行洪的林木及高秆作物的；

（二）围湖造地或者未经批准围垦河道的。

第六十七条　在饮用水水源保护区内设置排污口的，由县级以上地方人民政府责令限期拆除、恢复原状；逾期不拆除、不恢复原状的，强行拆除、恢复原状，并处五万元以上十万元以下的罚款。

未经水行政主管部门或者流域管理机构审查同意，擅自在江河、湖泊新建、改建或者扩大排污口的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令停止违法行为，限期恢复原状，处五万元以上十万元以下的罚款。

第六十八条 生产、销售或者在生产经营中使用国家明令淘汰的落后的、耗水量高的工艺、设备和产品的，由县级以上地方人民政府经济综合主管部门责令停止生产、销售或者使用，处二万元以上十万元以下的罚款。

第六十九条 有下列行为之一的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令停止违法行为，限期采取补救措施，处二万元以上十万元以下的罚款；情节严重的，吊销其取水许可证：

（一）未经批准擅自取水的；

（二）未依照批准的取水许可规定条件取水的。

第七十条 拒不缴纳、拖延缴纳或者拖欠水资源费的，由县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令限期缴纳；逾期不缴纳的，从滞纳之日起按日加收滞纳部分千分之二的滞纳金，并处应缴或者补缴水资源费一倍以上五倍以下的罚款。

第七十一条 建设项目的节水设施没有建成或者没有达到国家规定的要求，擅自投入使用的，由县级以上人民政府有关部门或者流域管理机构依据职权，责令停止使用，限期改正，处五万元以上十万元以下的罚款。

第七十二条 有下列行为之一，构成犯罪的，依照刑法的有关规定追究刑事责任；尚不够刑事处罚，且防洪法未作规定的，由县级以上地方人民政府水行政主管部门或者流域管理机构依据职权，责令停止违法行为，采取补救措施，处一万元以上五万元以下的罚款；违反治安管理处罚条例的，由公安机关依法给予治安管理处罚；给他人造成损失的，依法承担赔偿责任：

（一）侵占、毁坏水工程及堤防、护岸等有关设施，毁坏防汛、水文监测、水文地质监测设施的；

（二）在水工程保护范围内，从事影响水工程运行和危害水工程安全的爆破、打井、采石、取土等活动的。

第七十三条 侵占、盗窃或者抢夺防汛物资，防洪排涝、农田水利、水文监测和测量以及其他水工程设备和器材，贪污或者挪用国家救灾、抢险、防汛、移民安置和补偿及其他水利建设款物，构成犯罪的，依照刑法的有关

规定追究刑事责任。

第七十四条　在水事纠纷发生及其处理过程中煽动闹事、结伙斗殴、抢夺或者损坏公私财物、非法限制他人人身自由，构成犯罪的，依照刑法的有关规定追究刑事责任；尚不够刑事处罚的，由公安机关依法给予治安管理处罚。

第七十五条　不同行政区域之间发生水事纠纷，有下列行为之一的，对负有责任的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分：

（一）拒不执行水量分配方案和水量调度预案的；

（二）拒不服从水量统一调度的；

（三）拒不执行上一级人民政府的裁决的；

（四）在水事纠纷解决前，未经各方达成协议或者上一级人民政府批准，单方面违反本法规定改变水的现状的。

第七十六条　引水、截（蓄）水、排水，损害公共利益或者他人合法权益的，依法承担民事责任。

第七十七条　对违反本法第三十九条有关河道采砂许可制度规定的行政处罚，由国务院规定。

第八章　附则

第七十八条　中华人民共和国缔结或者参加的与国际或者国境边界河流、湖泊有关的国际条约、协定与中华人民共和国法律有不同规定的，适用国际条约、协定的规定。但是，中华人民共和国声明保留的条款除外。

第七十九条　本法所称水工程，是指在江河、湖泊和地下水源上开发、利用、控制、调配和保护水资源的各类工程。

第八十条　海水的开发、利用、保护和管理，依照有关法律的规定执行。

第八十一条　从事防洪活动，依照防洪法的规定执行。

水污染防治，依照水污染防治法的规定执行。

第八十二条　本法自 2002 年 10 月 1 日起施行。

国务院关于加强城乡规划监督管理的通知

国发〔2002〕13号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

改革开放以来，我国城乡建设发展很快，城乡面貌发生显著变化。但近年来，在城市规划和建设中出现了一些不容忽视的问题，一些地方不顾当地经济发展水平和实际需要，盲目扩大城市建设规模；在城市建设中互相攀比，急功近利，贪大求洋，搞脱离实际、劳民伤财的所谓“形象工程”、“政绩工程”；对历史文化名城和风景名胜区重开发、轻保护；在建设管理方面违反城乡规划管理有关规定，擅自批准开发建设等。这些问题严重影响了城乡建设的健康发展。城乡规划和建设是社会主义现代化建设的重要组成部分，关系到国民经济持续快速健康发展的全局。为进一步强化城乡规划对城乡建设的引导和调控作用，健全城乡规划建设的监督管理制度，促进城乡建设健康有序发展，现就有关问题通知如下：

一、端正城乡建设指导思想，明确城乡建设和发展重点

城乡规划建设是一项长期而艰巨的任务，各地一定要认真贯彻江泽民同志“三个代表”重要思想，坚持以经济建设为中心，坚持为最广大人民群众服务，实施可持续发展战略；要实事求是，讲求实效，量力而行，逐步推进。

当前城市建设的重点，是面向中低收入家庭的住房建设、危旧房改造和城市生活污水、垃圾处理等必要的市政基础设施建设以及文化设施建设，改善人居环境，完善城市综合服务功能。要充分考虑财力、物力的可能，从不同地区的经济、社会发展水平和资源、环境、文化条件出发，确定合理的建设规模和发展速度，提高城乡建设投资的社会效益。要坚持走内涵与外延相结合、以内涵为主的发展道路，严格控制土地供应总量，优化用地结构和城市布局，促进经济结构的合理调整，注重保护并改善生态环境和人文环境。

发展小城镇，首先要做好规划，要以现有布局为基础，重点发展县城和规模较大的建制镇，防止遍地开花。地方各级人民政府要积极支持与小城镇发展密切相关的区域基础设施建设，为小城镇发展创造良好的区域条件和投资环境。

二、大力加强对城乡规划的综合调控

城乡规划是政府指导、调控城乡建设和发展的基本手段。各类专门性规划必须服从城乡规划的统一要求，体现城乡规划的基本原则。区域重大基础设施建设，必须符合省域城镇体系规划确定的布局和原则。市一级规划的行政管理权不得下放，擅自下放的要立即纠正。行政区划调整的城市，应当及时修编城市总体规划和近期建设规划。

城市规划由城市人民政府统一组织实施。在城市规划和建设中，要坚持建设项目选址意见审查制度。各类重大项目的选址，都必须依据经批准的省域城镇体系规划和城市总体规划。因特殊情况，选址与省域城镇体系规划和城市总体规划不一致的，必须经专门论证；如论证后认为确需按所选地址建设的，必须先按法定程序调整规划，并将建设项目纳入规划中，一并报规划原批准机关审定。要严格控制设立各类开发区以及大学城、科技园、度假区等，城市规划区及其边缘地带的各类开发区以及大学城、科技园、度假区等的规划建设，必须纳入城市的统一规划和管理。要发挥规划对资源，特别是对水资源、土地资源的配置作用，注意对环境和生态的保护。建设部、国土资源部等有关部门，要按照《中共中央关于做好农户承包地使用权流转工作的通知》（中发〔2001〕18号）精神，研究制定加强城乡结合部规划建设和土地管理的具体政策措施。

三、严格控制建设项目的建设规模和占地规模

各地区在当前城市规划和建设中，要严格依照城市总体规划，确定具体的建设项目。要严格控制建设项目规模，坚决纠正贪大浮夸、盲目扩大城市占地规模和建设规模，特别是占用基本农田的不良倾向。特别要严格控制超高层建筑、超大广场和别墅等建设项目，不得超过规定标准建设办公楼。各

级政府在审批城乡规划时，以及各级计划部门在审批建设项目时，要严格掌握尺度。凡拖欠公务员、教师、离退休人员工资，不能及时发放最低生活保障金的城市，不得用财政资金新上脱离实际的各类楼堂馆所和不求效益的基础设施项目。

城市规划区内的建设项目，都必须严格执行《中华人民共和国城市规划法》。各项建设的用地必须控制在国家批准的用地标准和年度土地利用计划的范围内。凡不符合上述要求的近期建设规划，必须重新修订。城市建设项目报计划部门审批前，必须首先由规划部门就项目选址提出审查意见；没有规划部门的“建设用地规划许可证”，土地部门不得提供土地；没有规划部门的“建设工程规划许可证”，有关商业银行不得提供建设资金贷款。

四、严格执行城乡规划和风景名胜区规划编制和调整程序

地方各级人民政府必须加强对各类规划制定的组织和领导，按照政务公开、民主决策的原则，履行组织编制城乡规划和风景名胜区规划的职能。规划方案应通过媒体广泛征求专家和群众意见。规划审批前，必须组织论证。审批城乡规划，必须严格执行有关法律、法规规定的程序。

总体规划和详细规划，必须明确规定强制性内容。任何单位和个人都不得擅自调整已经批准的城市总体规划和详细规划的强制性内容。确需调整的，必须先对原规划的实施情况进行总结，就调整的必要性进行论证，并提出专题报告，经上级政府认定后方可编制调整方案；调整后的总体规划和详细规划，必须按照规定的程序重新审批。调整规划的非强制性内容，应当由规划编制单位对规划的实施情况进行总结，提出调整的技术依据，并报规划原审批机关备案。

各地要高度重视历史文化名城保护工作，抓紧编制保护规划，划定历史文化保护区界线，明确保护规则，并纳入城市总体规划。历史文化保护区要依据总体规划确定的保护原则制定控制性详细规划。城市建设必须与历史文化名城的整体风貌相协调、在历史文化保护区范围内严禁随意拆建，不得破坏原有的风貌和环境，各项建设必须充分论证，并报历史文化名城审批机关备案。

风景名胜资源是不可再生的国家资源，严禁以任何名义和方式出让或变

相出让风景名胜区资源及其景区土地，也不得在风景名胜区内设立各类开发区、度假区等。要按照“严格保护、统一管理、合理开发、永续利用”的原则，认真组织编制风景名胜区规划，并严格按规划实施。规划未经批准的，一律不得进行各类项目建设。在各级风景名胜区内应严格限制建设各类建筑物、构筑物。确需建设保护性基础设施的，必须依据风景名胜区规划编制专门的建设方案，组织论证，进行环境影响评价，并严格依据法定程序审批。要正确处理风景名胜资源保护与开发利用的关系，切实解决当前存在的破坏性开发建设等问题。

五、健全机构，加强培训，明确责任

各级人民政府要健全城乡规划管理机构，把城乡规划编制和管理经费纳入公共财政预算，切实予以保证。设区城市的市辖区原则上不设区级规划管理机构，如确有必要，可由市级规划部门在市辖区设置派出机构。

要加强城乡规划知识培训工作，重点是教育广大干部特别是领导干部要增强城市规划意识，依法行政。全国设市城市市长和分管城市建设工作的副市长，都应当分期、分批参加中组部、建设部和中国科协举办的市长研究班、专题班。未参加过培训的市长要优先安排。各省（区、市）也应当建立相应的培训制度，各级城乡规划行政主管部门的领导更要加强学习，不断更新城乡规划业务知识，提高管理水平。

城乡规划工作是各级人民政府的重要职责。市长、县长要对城乡规划的实施负行政领导责任。各地区、各部门都要维护城乡规划的严肃性，严格执行已经批准的城乡规划和风景名胜区规划。对于地方人民政府及有关行政主管部门违反规定调整规划、违反规划批准使用土地和项目建设的行政行为，除应予以纠正外，还应按照干部管理权限和有关规定对直接责任人给予行政处分。对于造成严重损失和不良影响的，除追究直接责任人责任外，还应追究有关领导的责任，必要时可给予负有责任的主管领导撤职以下行政处分；触犯刑律的，依法移交司法机关查处。城乡规划行政主管部门工作人员受到降级以上处分者和触犯刑律者，不得再从事城乡规划行政管理工作，其中已取得城市规划师执业资格者，取消其注册城市规划师执业资格。对因地方人民政府有关部门违法行政行为而给建设单位（业主）和个人造成损失的，地

方人民政府要依法承担赔偿责任。

对建设单位、个人未取得建设用地规划许可证、建设工程规划许可证进行用地和项目建设，以及擅自改变规划用地性质、建设项目或扩大建设规模的，城市规划行政主管部门要采取措施坚决制止，并依法给予处罚；触犯刑律的，依法移交司法机关查处。

六、加强城乡规划管理监督检查

要加强和完善城乡规划的法制建设，建立和完善城乡规划管理监督制度，形成完善的行政检查、行政纠正和行政责任追究机制，强化对城乡规划实施情况的督查工作。

建设部要对国务院审批的城市总体规划、国家重点风景名胜区总体规划的实施情况进行经常性的监督检查，要会同国家文物局对国家历史文化名城保护规划实施情况进行监督检查；对检查中发现的问题要及时纠正，对有关责任人要追究行政责任，并向国务院报告。要抓紧建立全国城乡规划和风景名胜区规划管理动态信息系统，采用现代技术手段，加强对全国城乡规划建设情况的动态监测。

各省（区、市）人民政府也要采取相应措施，对本行政区域内的城乡规划实施情况进行严格监督。地方各级人民政府都要采取切实有效的措施，充实监督检查力量，强化城乡规划行政主管部门的监督检查职能，支持规划管理部门依法行政。要建立规划公示制度，经法定程序批准的总体规划和详细规划要依法向社会公布。城市人民政府应当每年向同级人民代表大会或其常务委员会报告城乡规划实施情况。要加强社会监督和舆论监督，建立违法案件举报制度，充分发挥宣传舆论工具的作用，增强全民的参与意识和监督意识。

近期，建设部要会同监察部、国土资源部等有关部门，组织联合检查组，对地方的城乡规划和风景名胜区规划检查工作情况进行监督。对严重违反城乡规划、破坏环境、铺张浪费和弄虚作假的，要公开曝光。对规划管理混乱、自然和历史文化遗产破坏严重的历史文化名城和风景名胜区，要给予公开警告直至取消相应名称。各省（区、市）人民政府要按照本通知要求，对本行政区域内城乡规划和风景名胜区规划执行情况进行一次全面检查。对

发现的问题，要依法处理。检查工作要在 2002 年 10 月底之前完成，并将检查结果及查处情况向国务院报告。

国务院

二〇〇二年五月十五日

关于印发《建设工程质量保证金管理暂行办法》的通知

建质［2005］7号

各省、自治区建设厅、财政厅，直辖市、计划单列市建委、财政局，国务院有关部门建设司、财务司，新疆生产建设兵团建设局、财务局：

为了规范建设工程质量保证金管理，落实工程在缺陷责任期内的维修、修养责任，建设部、财政部制定了《建设工程质量保证金管理暂行办法》。现印给你们，请结合本地区、本部门实际认真贯彻执行。

附件：建设工程质量保证金管理暂行办法

中华人民共和国建设部
中华人民共和国财政部
二〇〇五年一月十二日

建设工程质量保证金管理暂行办法

第一条　为规范建设工程质量保证金（保修金）管理，落实工程在缺陷责任期内的维修责任，根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程价款结算暂行办法》和《基本建设财务管理规定》等相关规定，制定本办法。

第二条　本办法所称建设工程质量保证金（保修金）（以下简称保证金）是指发包人与承包人在建设工程承包合同中约定，从应付的工程款中预留，用以保证承包人在缺陷责任期内对建设工程出现的缺陷进行维修的资金。

缺陷是指建设工程质量不符合工程建设强制性标准、设计文件，以及承包合同的约定。

缺陷责任期一般为六个月、十二个月或二十四个月，具体可由发、承包双方在合同中约定。

第三条　发包人应当在招标文件中明确保证金预留、返还等内容，并与承包人在合同条款中对涉及保证金的下列事项进行约定：

（一）保证金预留、返还方式；

（二）保证金预留比例、期限；

（三）保证金是否计付利息，如计付利息，利息的计算方式；

（四）缺陷责任期的期限及计算方式；

（五）保证金预留、返还及工程维修质量、费用等争议的处理程序；

（六）缺陷责任期内出现缺陷的索赔方式。

第四条　缺陷责任期内，实行国库集中支付的政府投资项目，保证金的管理应按国库集中支付的有关规定执行。其他政府投资项目，保证金可以预留在财政部门或发包方。缺陷责任期内，如发包方被撤销，保证金随交付使用资产一并移交使用单位管理，由使用单位代行发包人职责。

社会投资项目采用预留保证金方式的，发、承包双方可以约定将保证金交由金融机构托管；采用工程质量保证担保、工程质量保险等其他保证方式的，发包人不得再预留保证金，并按照有关规定执行。

第五条　缺陷责任期从工程通过竣（交）工验收之日起计。由于承包人原因导致工程无法按规定期限进行竣（交）工验收的，缺陷责任期从实际通过竣（交）工验收之日起计。由于发包人原因导致工程无法按规定期限进行竣（交）工验收的，在承包人提交竣（交）工验收报告 90 天后，工程自动进入缺陷责任期。

第六条　建设工程竣工结算后，发包人应按照合同约定及时向承包人支付工程结算价款并预留保证金。

第七条　全部或者部分使用政府投资的建设项目，按工程价款结算总额 5%左右的比例预留保证金。

社会投资项目采用预留保证金方式的，预留保证金的比例可参照执行。

第八条　缺陷责任期内，由承包人原因造成的缺陷，承包人应负责维修，并承担鉴定及维修费用。如承包人不维修也不承担费用，发包人可按合同约定扣除保证金，并由承包人承担违约责任。承包人维修并承担相应费用后，不免除对工程的一般损失赔偿责任。

由他人原因造成的缺陷，发包人负责组织维修，承包人不承担费用，且发包人不得从保证金中扣除费用。

第九条　缺陷责任期内，承包人认真履行合同约定的责任，到期后，承包人向发包人申请返还保证金。

第十条　发包人在接到承包人返还保证金申请后，应于 14 日内会同承包人按照合同约定的内容进行核实。如无异议，发包人应当在核实后 14 日内将保证金返还给承包人，逾期支付的，从逾期之日起，按照同期银行贷款利率计付利息，并承担违约责任。发包人在接到承包人返还保证金申请后 14 日内不予答复，经催告后 14 日内仍不予答复，视同认可承包人的返还保证金申请。

第十一条　发包人和承包人对保证金预留、返还以及工程维修质量、费用有争议，按承包合同约定的争议和纠纷解决程序处理。

第十二条　建设工程实行工程总承包的，总承包单位与分包单位有关保证金的权利与义务的约定，参照本办法中发包人与承包人相应的权利与义务的约定执行。

第十三条　本办法由建设部、财政部负责解释。

第十四条　本办法自公布之日起施行。

关于实施《房屋建筑和市政基础设施工程施工图设计文件审查管理办法》有关问题的通知

建质［2004］203号

各省、自治区建设厅，直辖市建委（规划委）：

为贯彻实施《房屋建筑和市政基础设施工程施工图设计文件审查管理办法》（建设部令第134号，以下简称134号令），现将有关问题通知如下：

一、关于审查机构的认定

1. 省、自治区、直辖市建设主管部门要结合本行政区域内的建设规模，对本地区所需审查机构的数量进行测算、定期进行调整并向社会公布。

省、自治区、直辖市建设主管部门要在2004年12月31日前完成对本地区审查机构的认定工作，2005年1月1日起，建设部颁发（印制）的《施工图设计文件审查许可证》停止使用。

2. 审查机构中专职从事审查工作的审查人员不得低于各专业审查人员要求数量的50%。

专职从事审查的注册人员，在审查期间保留其注册资格，但须暂停勘察设计执业；兼职从事审查工作的注册人员，应当与审查机构签订至少一年以上的聘用合同。

审查人员只能在一个审查机构从事审查工作。

3. 申请某一类型市政工程审查机构认定的，其必须配套的专业人员与本机构其他类型市政工程所需专业或者必须配套的专业人员专业相同的，该人员在认定时可以重复使用。

4. 申报认定的机构，应当按规定提供相关材料，并对材料的真实性负责。申报材料的要求及式样由各地自定。

5. 建设主管部门应当对获得认定的审查机构颁发《审查机构认定书》，并向社会公布。

《审查机构认定书》由各地自行印制，参考式样见附件一。

为便于审查工作管理和信息统计，认定书编号采用5位数，前两位全国统一编号，为各省、自治区、直辖市代码，后三位由各地自定，代码见附件二。

二、关于审查任务的委托和承接

6. 建设单位委托施工图审查任务，应当与审查机构签订审查合同。

7. 对于技术力量薄弱，难以按规定的认定条件成立审查机构的地区，提倡本省行政区域内的审查机构在这些地区设立施工图审查受理窗口或者办事机构，以提高审查时效。

8. 建设单位选择本省行政区域外审查机构审查的，审查机构出具审查合格书后，应当在向项目所在地县级以上地方人民政府建设主管部门备案的同时，向审查机构所在地省、自治区、直辖市建设主管部门备案。

三、关于审查合格书

9. 审查合格书是证明施工图审查合格的法定文书，是建设单位申请领取施工许可证的必备条件。

审查合格书式样由各省、自治区、直辖市建设主管部门制定。审查合格书应当包括建设工程项目概况、勘察设计企业概况、施工图审查情况等。

四、关于审查合格后的备案

10. 审查机构应当在审查合格书颁发后5个工作日内将审查情况报项目所在地县级以上地方人民政府建设主管部门备案。该备案属于告知性备案，其内容应当包括审查合同和审查合格书。

五、关于不良记录的报送

11. 审查机构应当按照《建设工程质量责任主体和有关机构不良记录管

理办法》要求，对审查中发现的建设单位、勘察设计企业和注册执业人员违反法律、法规和工程建设强制性标准的问题，报项目所在地县级以上人民政府建设主管部门。

建设主管部门应当对审查机构上报的不良记录进行核实并根据有关法律、法规进行处罚。

各省、自治区、直辖市建设主管部门，应当按要求将施工图审查情况通过《勘察设计质量管理信息业务系统》定期向我部报送。

六、关于存档

12. 审查机构应当在审查合格后，对包括审查记录和审查合格书在内的全套审查资料进行保存以备查。

七、关于签字盖章

13. 审查合格后，审查机构应当在全套施工图（包括须经审查的设计变更文件）的每一张图纸上按规定盖章。

中华人民共和国建设部

二〇〇四年十一月二十三日

关于加强城市照明管理促进节约用电工作的意见

建城［2004］204号

各省、自治区建设厅、北京市、重庆市市政管理委员会、上海市建委、市容环境卫生管理局，天津市市容环境管理委员会；各省、自治区、直辖市及计划单列市、副省级省会城市发展改革委（计委）、经贸委（经委）：

为了贯彻落实党的十六届三中全会提出的“坚持以人为本，树立全面协调可持续的科学发展观”，进一步加强城市照明管理，促进节约用电，引导我国城市照明工作健康发展，提出如下意见：

一、充分认识加强城市照明管理的重要意义

城市照明是城市功能照明和景观照明的总称，主要是指城市范围内的道路、街巷、住宅区、桥梁、隧道、广场、公园、公共绿地和建筑物等功能照明与夜间景观照明。城市照明对城市交通安全、社会治安、人民生活、美化环境等具有重要作用，是重要的城市基础设施，是城市管理的重要内容。

改革开放以来，我国的城市照明发展很快，对完善城市功能，改善城市环境，提高人民生活水平发挥了积极作用。但是，从总体上说，城市照明水平还不高，主要表现在：法规和相关标准滞后，建设市场混乱，重视工程建设，轻视维护管理；忽视照明设计的文化品位和与环境的和谐，单纯追求亮度，追求豪华，造成光污染；使用低效照明设备，电能浪费严重，加剧城市用电的紧张等。

城市照明管理直接关系到节约能源、保护环境，关系到人民群众的生活，体现了一个城市的文化品位和管理水平。各级建设行政主管部门要努力提高对城市照明管理工作的认识，积极会同节能主管部门，进一步加强对城市照明工作的组织和指导，采取有力措施，提高城市照明管理工作的水平。

二、明确城市照明工作的原则和主要任务

城市照明必须坚持以人为本、全心全意为城市居民服务的原则；坚持经济实用、节约用电、保护环境的原则；坚持照明建设与当地经济水平相适应的原则。今后一个时期，城市照明工作的主要任务是：

1. 努力完善城市的功能照明。要重点解决城市道路有路无灯、有灯不亮的问题，以保证人民群众夜间出行的安全。要完善城市广场、公园、码头、车站等公共区域的功能照明。大城市亮灯率要达到97%，中小城市要达到95%；城市道路装灯率要达到100%，公共区域装灯率要达到95%；主次干道的亮度指标应满足设计标准值的要求。

2. 抓好城市照明的规划设计。要按城市规划和城市照明专项规划的要求，结合城市的建设与改造，设置照明设施，并做到统一规划、统一设计。城市景观照明要严格按标准设计、按规划建设，讲究亮度与色彩的科学配置，把满足人的安全感、舒适感放在首位，避免光污染，使照明与自然夜空相和谐。

3. 大力推广节能技术，提高电能利用效率。严格按照照明设计标准规范进行照明设施的建设，不得超标准建设；新建、改建照明项目必须采用科学的照明设计方法，推广采用高效照明电器产品（见附件）和节能控制技术。2006年底前，所有城市要完成节能灯具的改造任务；尽快实现节能型的城市照明体系。

三、强化城市照明规划的指导作用

城市照明主管部门要会同城市规划主管部门和节能主管部门，以城市总体规划为依据，抓紧编制城市照明专项规划。城市照明专项规划应当包括以下内容：第一，根据城市功能照明与景观照明的需要，提出照明的量化指标；第二，根据城市自然地理环境、人文资源和经济发展水平，按照城市不同的功能分区，确定其照明效果；第三，制定城市照明的环保与节能的具体措施，提出实施方案。

各城市应在2008年以前完成城市照明专项规划的编制工作。省级建设

行政主管部门要对规划的编制和执行情况进行全面检查。对未按规定编制规划的，要限期完成编制工作；对已编制规划，但不符合城市发展需求和节约用电、保护环境原则的，要在规定时间内修改完善；对违反规划的，要监督其改正。

四、切实抓好城市照明的节约用电工作

在城市照明行业广泛开展节约用电活动，有条件的城市应实施城市照明集中监控和分时控制模式，努力降低电耗。

不论是道路照明设施建设项目还是景观照明建设项目的设计方案，都应进行充分论证，要按照照明节能设计标准，优先选用通过认证的高效节能产品，禁止使用低效的照明产品。

积极推行合同能源管理，对于节电工作开展得好、节电效果显著的单位，各地应予以奖励。

要以节约能源、保护环境、促进健康为宗旨，积极推广绿色照明，抓好城市绿色照明示范工程，提高城市照明质量、努力改善城市人居环境。

五、积极稳妥地推进城市照明管理体制改革

按照“政事分开、政企分开”的原则，改革建管养一体的管理体制。按照建设部《关于加快市政公用行业市场化进程的意见》，养护作业应推向市场，实行养护维修作业招标投标制。

按照“有利管理、集中高效”的原则，积极探索将城市照明建设、管理统一到一个部门，集中行使管理职能。

公益性的城市道路照明、景观照明，应纳入公共财政体系，由城市政府提供必要的资金保证。开征电力附加费的地方必须做到专款专用，保证其维护经费与电费的正常支出。

六、建立健全城市照明法规和标准体系

要加快城市照明的法制建设，建立和完善法规、规章制度，做到依法建

设、依法管理。依法治理城市照明建设中的光污染。负责城市照明的主管部门要与城建监察部门、电力部门密切配合，依法打击盗窃和恶意破坏城市照明设施的行为。

完善城市照明标准体系，制定城市照明工程强制性标准。要尽快制定城市照明规划建设标准和光污染控制标准，引导城市照明向“高效、节能、环保、健康”的方向发展。

七、加强城市照明建设市场管理

要按照《招标投标法》、《建筑法》和《建设工程质量管理条例》的有关规定，加强对城市照明工程的市场管理。城市照明单项工程要严格执行城市及道路照明工程专业承包资质管理制度，严禁无证承包。要充分发挥城市照明工程专家的作用，实施城市照明工程项目设计方案的专家论证制度。

政府投资和政府为主投资的城市照明工程项目，应当按照《建筑法》、《招标投标法》等有关规定，进行招标或采购。

附：城市照明中鼓励推广采用的高效照明电器产品目录

中华人民共和国建设部
中华人民共和国国家发展改革委员会
二〇〇四年十一月二十三日

附件：城市照明中鼓励推广采用的高效照明电器产品目录

（一）电光源产品

1. T8 双端荧光灯（三基色）（产品能效值符合 GB19043－2003《普通照明用双端荧光灯能效限定值及能效等级》的要求）

2. T5 双端荧光灯（三基色）（产品能效值符合 GB19043－2003《普通照明用双端荧光灯能效限定值及能效等级》的要求）

3. 自镇流紧凑型荧光灯（产品能效值符合 GB19044－2003《普通照明用自镇流荧光灯能效限定值及能效等级》的要求）

4. 高压钠灯（产品能效值符合 GB19573－2004《高压钠灯能效限定值及能效等级》中能效评价值的要求）

5. 金属卤化物灯（产品能效标准正在制定之中）

（二）镇流器

1. 管形荧光灯用电子镇流器（产品能效值符合 GB17896－1999《管形荧光灯镇流器能效限定值及节能评价值》的要求）

2. 管形荧光灯用高效电感镇流器（产品能效值符合 GB17896－1999《管形荧光灯镇流器能效限定值及节能评价值》的要求）

3. 高压钠灯镇流器（产品能效值符合 GB19574－2004《高压钠灯用镇流器能效限定值及节能评价值》的要求）

4. 金属卤化物灯镇流器（产品能效标准正在制定之中）

关于印发《建设工程项目管理试行办法》的通知

建市［2004］200号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，国务院有关部门建设司，解放军总后营房部，山东、江苏省建管局，新疆生产建设兵团建设局，中央管理的有关企业：

现将《建设工程项目管理试行办法》印发给你们，请结合本地区、本部门实际情况认真贯彻执行。执行中有何问题，请及时告我部建筑市场管理司。

中华人民共和国建设部

二〇〇四年十一月十六日

建设工程项目管理试行办法

第一条　［目的和依据］为了促进我国建设工程项目管理健康发展，规范建设工程项目管理行为，不断提高建设工程投资效益和管理水平，依据国家有关法律、行政法规，制定本办法。

第二条　［适用范围］凡在中华人民共和国境内从事工程项目管理活动，应当遵守本办法。

本办法所称建设工程项目管理，是指从事工程项目管理的企业（以下简称项目管理企业），受工程项目业主方委托，对工程建设全过程或分阶段进行专业化管理和服务活动。

第三条　［企业资质］项目管理企业应当具有工程勘察、设计、施工、监理、造价咨询、招标代理等一项或多项资质。

工程勘察、设计、施工、监理、造价咨询、招标代理等企业可以在本企业资质以外申请其他资质。企业申请资质时，其原有工程业绩、技术人员、管理人员、注册资金和办公场所等资质条件可合并考核。

第四条 ［执业资格］从事工程项目管理的专业技术人员，应当具有城市规划师、建筑师、工程师、建造师、监理工程师、造价工程师等一项或者多项执业资格。

取得城市规划师、建筑师、工程师、建造师、监理工程师、造价工程师等执业资格的专业技术人员，可在工程勘察、设计、施工、监理、造价咨询、招标代理等任何一家企业申请注册并执业。

取得上述多项执业资格的专业技术人员，可以在同一企业分别注册并执业。

第五条 ［服务范围］项目管理企业应当改善组织结构，建立项目管理体系，充实项目管理专业人员，按照现行有关企业资质管理规定，在其资质等级许可的范围内开展工程项目管理业务。

第六条 ［服务内容］工程项目管理业务范围包括：

（一）协助业主方进行项目前期策划，经济分析、专项评估与投资确定；

（二）协助业主方办理土地征用、规划许可等有关手续；

（三）协助业主方提出工程设计要求、组织评审工程设计方案、组织工程勘察设计招标、签订勘察设计合同并监督实施，组织设计单位进行工程设计优化、技术经济方案比选并进行投资控制；

（四）协助业主方组织工程监理、施工、设备材料采购招标；

（五）协助业主方与工程项目总承包企业或施工企业及建筑材料、设备、构配件供应等企业签订合同并监督实施；

（六）协助业主方提出工程实施用款计划，进行工程竣工结算和工程决算，处理工程索赔，组织竣工验收，向业主方移交竣工档案资料；

（七）生产试运行及工程保修期管理，组织项目后评估；

（八）项目管理合同约定的其他工作。

第七条 ［委托方式］工程项目业主方可以通过招标或委托等方式选择项目管理企业，并与选定的项目管理企业以书面形式签订委托项目管理合同。合同中应当明确履约期限，工作范围，双方的权利、义务和责任，项目管理酬金及支付方式，合同争议的解决办法等。

工程勘察、设计、监理等企业同时承担同一工程项目管理和其资质范围内的工程勘察、设计、监理业务时，依法应当招标投标的应当通过招标投标方式确定。

施工企业不得在同一工程从事项目管理和工程承包业务。

第八条　［联合投标］两个及以上项目管理企业可以组成联合体以一个投标人身份共同投标。联合体中标的，联合体各方应当共同与业主方签定委托项目管理合同，对委托项目管理合同的履行承担连带责任。联合体各方应签订联合体协议，明确各方权利、义务和责任，并确定一方作为联合体的主要责任方，项目经理由主要责任方选派。

第九条　［合作管理］项目管理企业经业主方同意，可以与其他项目管理企业合作，并与合作方签定合作协议，明确各方权利、义务和责任。合作各方对委托项目管理合同的履行承担连带责任。

第十条　［管理机构］项目管理企业应当根据委托项目管理合同约定，选派具有相应执业资格的专业人员担任项目经理，组建项目管理机构，建立与管理业务相适应的管理体系，配备满足工程项目管理需要的专业技术管理人员，制定各专业项目管理人员的岗位职责，履行委托项目管理合同。

工程项目管理实行项目经理责任制。项目经理不得同时在两个及以上工程项目中从事项目管理工作。

第十一条　［服务收费］工程项目管理服务收费应当根据受委托工程项目规模、范围、内容、深度和复杂程度等，由业主方与项目管理企业在委托项目管理合同中约定。

工程项目管理服务收费应在工程概算中列支。

第十二条　［执业原则］在履行委托项目管理合同时，项目管理企业及其人员应当遵守国家现行的法律法规、工程建设程序，执行工程建设强制性标准，遵守职业道德，公平、科学、诚信地开展项目管理工作。

第十三条　［奖励］业主方应当对项目管理企业提出并落实的合理化建议按照相应节省投资额的一定比例给予奖励。奖励比例由业主方与项目管理企业在合同中约定。

第十四条　［禁止行为］项目管理企业不得有下列行为：

（一）与受委托工程项目的施工以及建筑材料、构配件和设备供应企业有隶属关系或者其他利害关系；

（二）在受委托工程项目中同时承担工程施工业务；

（三）将其承接的业务全部转让给他人，或者将其承接的业务肢解以后分别转让给他人；

（四）以任何形式允许其他单位和个人以本企业名义承接工程项目管理业务；

（五）与有关单位串通，损害业主方利益，降低工程质量。

第十五条　［禁止行为］项目管理人员不得有下列行为：

（一）取得一项或多项执业资格的专业技术人员，不得同时在两个及以上企业注册并执业。

（二）收受贿赂、索取回扣或者其他好处；

（三）明示或者暗示有关单位违反法律法规或工程建设强制性标准，降低工程质量。

第十六条　［监督管理］国务院有关专业部门、省级政府建设行政主管部门应当加强对项目管理企业及其人员市场行为的监督管理，建立项目管理企业及其人员的信用评价体系，对违法违规等不良行为进行处罚。

第十七条　［行业指导］各行业协会应当积极开展工程项目管理业务培训，培养工程项目管理专业人才，制定工程项目管理标准、行为规则，指导和规范建设工程项目管理活动，加强行业自律，推动建设工程项目管理业务健康发展。

第十八条　本办法由建设部负责解释。

第十九条　本办法自 2004 年 12 月 1 日起执行。

关于印发《全国绿色建筑创新奖实施细则（试行）》的通知

建科［2004］177号

各省、自治区建设厅，直辖市建委及有关部门，新疆生产建设兵团建设局：

根据《全国绿色建筑创新奖管理办法》，我部制定了《全国绿色建筑创新奖实施细则（试行）》，现印发给你们，请遵照执行。

附件：全国绿色建筑创新奖实施细则（试行）

中华人民共和国建设部

二〇〇四年十月十八日

全国绿色建筑创新奖实施细则（试行）

第一章　总　　则

第一条　为做好全国绿色建筑创新奖（以下简称“绿色建筑奖”）管理工作，根据《全国绿色建筑创新奖管理办法》，制定本实施细则。

第二条　本实施细则适用于绿色建筑奖的组织管理。

第三条　绿色建筑奖分为工程类项目奖（以下简称“工程奖”）和技术与产品类项目奖（以下简称“技术奖”）。工程奖分为绿色建筑创新综合奖、智能建筑创新专项奖和节能建筑创新专项奖。

第四条　绿色建筑奖的奖励对象为在推进建设事业节约资源、保护环境和可持续发展中，对发展绿色建筑有突出示范作用的工程和有积极作用的技术与产品，以及做出重要贡献的组织和人员。

第五条　绿色建筑奖设立一等奖、二等奖、三等奖三个等级，每两年评

选一次。

第六条 建设部归口管理绿色建筑奖。

建设部科学技术委员会负责绿色建筑奖的管理。建设部科学技术委员会办公室（设在建设部科学技术司）负责绿色建筑奖的日常工作。

省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门负责组织本地区绿色建筑奖的申报、初审和推荐上报。

第二章 申报条件

第七条 申报工程奖的项目应符合以下基本条件：

（一）在保护自然资源和生态环境、节能、节材、节水、节地、减少环境污染与智能化系统建设等方面，综合效果显著的公共建筑和住宅建筑工程。

（二）符合国家基本建设程序和管理规定，以及有关的技术标准规范。

（三）总体规划、建筑设计、建筑结构、施工质量等具有较高的水平，有一定的规模，并具有示范作用。工程规模应符合以下要求：

1. 公共建筑一般应在 2 万 m^2 以上。

2. 住宅建筑一般应符合：

（1）住宅小区或住宅小区内组团 5 万 m^2 以上；

（2）单体高层住宅 2 万 m^2 以上；

申报绿色建筑创新综合奖的工程一般不受规模限制。

（四）规划与建筑设计、环境设计和智能化系统设计等要体现绿色建筑的特色，采用适合于绿色建筑的技术、工艺与产品，运营管理水平较高，实现社会、环境、经济效益的统一。

（五）工程（含既有建筑改造工程）竣工验收合格后投入使用一年以上。

（六）申报绿色建筑奖的住宅建筑入住率应达到 70%以上。

第八条 申报绿色建筑创新综合奖的工程项目，其适用性、场地与环境、能源利用、水资源利用、材料与资源、智能与管理等应达到同类工程的先进水平。

第九条 申报智能建筑创新专项奖的工程项目，其智能化系统建设、功

能效益、工程质量、运行维护等应达到同类工程先进水平，且各系统运行良好。

第十条　申报节能建筑创新专项奖的工程项目，其建筑主体节能、常规能源系统优化利用和可再生能源利用等应做到效果显著，建筑设计、围护结构、采暖空调系统、照明系统和能源利用效率等应达到同类工程的先进水平，且节能效果显著。

第十一条　申报技术奖的技术与产品项目应符合以下条件：

（一）符合国家产业政策，具有自主知识产权，创新性强且实用效果突出的新技术、新材料、新产品、新工艺；

（二）通过科技成果鉴定（评估）一年以上；

（三）符合绿色建筑工程应用要求及产品生产的节能环保要求；

（四）具有较高技术含量，达到国内同类项目的先进水平；

（五）具有明显的经济、社会和环境效益。

第十二条　工程奖项目申报单位的条件：

（一）申报绿色建筑创新综合奖和节能建筑创新专项奖项目，一般应由其建设单位或开发单位、设计单位、施工总承包单位等主要参建单位联合申报；也可经建设单位或开发单位同意后，由设计单位、施工总承包单位联合申报或其中一家单独申报。其它参建单位可随主要参建单位申报。申报单位总数一般不超过 8 家。

（二）申报智能建筑创新专项奖的项目，一般应由建设单位或开发单位牵头申报，也可经建设单位或开发单位同意后，由系统集成商与运营商联合申报或会同主要系统分包商共同申报。申报的系统分包商一般不超过 3 家，并具备以下条件：

1. 与建设单位或系统集成商签有分包合同；

2. 完成的工程量占系统工程总量的 10%以上；

3. 完成的分包工程的质量全部合格。

（三）近两年内未发生过工程建设重大事故。

第十三条　技术奖项目申报单位的条件：

申报单位必须是研究开发单位，并拥有该项目的自主知识产权。生产企业参予申报时应随该项目关键技术的研究开发单位申报。

第三章 申报资料及申报程序

第十四条 工程奖项目申报资料的内容和要求：

（一）《全国绿色建筑创新奖申报表（工程类）》一式 10 份；

（二）工程项目总结报告一式 2 份：

1. 绿色建筑创新综合奖申报项目总结报告的内容和要求。

（1）工程概况：项目概况和关于绿色建筑创新点的说明；

（2）设计总结：包括对适用性、场地与环境性能、能源利用、水资源利用、材料的选用、智能系统等进行总结；

（3）施工总结：包括对环境性、能源利用、水资源保护、材料的使用等进行总结；

（4）运行情况总结：包括对工程运行情况和相关指标的落实情况进行总结，主要包括计量结果和检测报告、日常节能和节水、节材情况及管理措施、绿化管理的成效、垃圾管理规定等。

2. 智能建筑创新专项奖申报项目总结报告的内容和要求。

（1）工程概况；

（2）智能化系统总体结构总结：包括总体和各子系统的功能，系统的先进性、实用性、可扩充性、可维护性和标准化等；

（3）智能化系统运行效益分析：包括需求定位、总体效益和各子系统的效益；

（4）运营管理模式及经验总结；

（5）智能化系统技术创新与管理创新；

（6）已获得的奖项或达标情况：住宅小区或住宅小区组团要总结达到《居住区智能化系统建设要求与技术导则》确定的星级标准的情况。

3. 节能建筑创新专项奖申报项目总结报告的内容和要求。

（1）工程概况；

（2）节能工程的主要内容；

（3）节能工程实施情况（包括设计、施工与运行管理）；

（4）技术创新点；

（5）节能产品和材料的进场验收检验报告；

（6）建筑节能专项施工监理记录；

（7）工程质量检验部门出具的包括建筑物与采暖（制冷）系统节能性能检验的工程质量检验报告；

（8）技术经济分析；

（9）能耗检测与结果分析。

（三）有关资料一式 2 份并按以下顺序装订成册。

1. 工程项目计划任务书；

2. 验收合格证书及与绿色建筑相关的验收材料；

3. 申报工程的业主委员会或使用单位出具的用户意见。

（四）介绍项目总体情况的光盘（时间不超过 15 分钟）和反映工程概况并附文字说明的工程主要部位的彩色照片。

第十五条　技术奖项目申报资料的内容和要求：

（一）《绿色建筑奖（技术与产品类）申报表》一式 10 份；

（二）成果研究报告一式 2 份；

（三）有关材料一式 2 份并按以下顺序装订成册：

1. 成果鉴定证书及有关鉴定资料；

2. 推广应用所需的标准化应用技术文件：主要包括申报单位编制或执行的国家发布的技术规范、规程、工法、标准图、操作手册、使用维护管理手册等或相关文件资料；

3. 国家认定的检测机构出具的近期质量检测报告；

4. 用户意见或应用于生产与工程实践的证明，以及两家以上已推广应用的工程或单位名单；

5. 获奖、专利和通过 ISO 认证的相关文字材料，以及生产许可等材料；

6. 其它必要的技术资料等。

（四）介绍技术与产品情况的光盘（时间不超过 15 分钟）和图片。

第十六条　申报程序：

（一）申报绿色建筑奖的单位依照本章第十四、十五条的要求，向省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门提交申报资料；

（二）省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门，按照第二章对申报项目和申报单位的要求进行初审，并负责审定验收合格证书等资质性资料的真实性，对初审合格的项目签署推荐意见后报送建设部科学技术委员会办公

室；

（三）建设部科学技术委员会办公室负责组织专家对申报资料进行形式审查。

第四章 评 审

第十七条 建设部科学技术委员会办公室负责组织绿色建筑奖的评审工作。评审专家委员会由绿色建筑领域的技术专家和建设部有关司局、行业学（协）会的人员组成。评审委员必须为具有高级技术职称、熟悉绿色建筑专业技术或管理的技术专家和管理人员。根据申报项目情况，评审专家委员会可分别组成专项专家组。

第十八条 评审专家委员会依据评审标准（另行制订发布），通过审查申报材料，进行质询、讨论和评议，以无记名投票方式按多数原则确定获奖项目。

第十九条 建设部科学技术委员会办公室根据需要可组织核查小组对需要实地核查的申报项目进行现场核查。核查小组由 4－5 名专业技术人员组成，被核查项目所在省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门应派人参与核查工作。核查的内容和要求如下：

（一）听取申报单位对工程质量、系统功能及运行情况的介绍；

（二）实地查验工程质量、系统功能及运行情况。凡核查小组要求查看的工程内容和文件资料，申报单位都必须予以满足，不得以任何理由回避或拒绝；

（三）听取业主及监理单位对工程质量、系统功能及运行情况的评价意见。核查小组向业主及监理单位咨询情况时，申报单位的有关人员应当回避；

（四）查阅工程的有关文件与技术、质量以及管理资料等；

（五）核查小组应向评审委员会提交书面核查报告。

第五章 公示与公布

第二十条 通过评审的项目在建设部网（网址：www.cin.gov.cn）上公

示。公示期三个月。

第二十一条　任何单位或个人对公示的项目持有异议，均可在公示期内以署实名的书面形式向建设部提出异议，并提供必要的证明材料。

第二十二条　异议分为技术性异议和非技术性异议。凡对公示项目的创新性、先进性、实用性，以及申报资料不实提出的异议为技术性异议；对公示项目单位的有关情况及其排序的异议为非技术性异议。对评审等级的异议，不属异议范围。

第二十三条　技术性异议由建设部科学技术委员会办公室负责协调解决，有关单位和个人应积极配合，必要时可组织评审委员进行调查，提出处理意见。非技术性异议由所在省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门负责协调解决，并将结果报建设部科技委办公室。

第二十四条　无异议或有异议但已妥善解决的公示项目，报建设部常务会议审查。通过审查的获奖项目以建设部文件公布。

第六章　纪　　律

第二十五条　申报绿色建筑奖的单位不得弄虚作假，不得请客送礼。违者将视情节轻重给予批评教育直至取消申报或获奖资格的处理。

第二十六条　评审委员本人必须参加评审会议，不得委派代表出席或写出书面意见委托他人到评审会上代读。

第二十七条　评审委员和现场核查小组人员必须秉公办事，廉洁自律，不得收受企业和有关人员的礼品、礼金。违者将视情节轻重给予批评教育直至取销评审委员或核查人员资格的处理，并将违纪行为通知本人所在单位。

第二十八条　对已经获得绿色建筑奖的项目，若发现其工程质量安全或获奖技术与产品存在重大问题或隐患，建设部科学技术委员会办公室将组织有关人员进行核实并提出书面报告，对情况属实且已影响获奖项目资格的经建设部批准取消其绿色建筑奖项目资格。

第七章　奖　　励

第二十九条　绿色建筑奖获奖项目的获奖组织和人员不应超过以下数量

规定：

（一）工程奖获奖项目组织（单位）个人

一等奖 820

二等奖 615

三等奖 410

（二）技术奖获奖项目组织（单位）个人

一等奖 515

二等奖 410

三等奖 35

第三十条　建设部向获得绿色建筑奖的项目及相应的组织和人员颁发证书和证牌。

第三十一条　有关部门、地区和获奖单位应根据本部门、本地区和本单位的实际情况，对获奖单位和有关人员给予奖励。

第八章　附　　则

第三十二条　本细则自发布之日起施行。

第三十三条　本细则由建设部负责解释。

关于印发《全国绿色建筑创新奖管理办法》的通知

建科函［2004］183 号

各省、自治区建设厅，直辖市建委及有关部门，新疆生产建设兵团建设局：

为贯彻落实科学发展观，促进节约资源、保护环境和建设事业可持续发展，加快推进我国绿色建筑及其技术的健康发展，我部决定设立“全国绿色建筑创新奖”。现将我部制定的《全国绿色建筑创新奖管理办法》印发你们，请遵照执行。

中华人民共和国建设部

二○○四年八月二十七日

全国绿色建筑创新奖管理办法

第一章　总　　则

第一条　为贯彻落实科学发展观，促进节约资源、保护环境和建设事业可持续发展，推动我国绿色建筑及其技术的健康发展，规范全国绿色建筑创新奖的管理，制定本管理办法。

第二条　绿色建筑是指为人们提供健康、舒适、安全的居住、工作和活动的空间，同时实现高效率地利用资源（节能、节地、节水、节材）、最低限度地影响环境的建筑物。绿色建筑是实现“以人为本”、“人—建筑—自然”三者和谐统一的重要途径，也是我国实施可持续发展战略的重要组成部分。

第三条　本办法适用于全国绿色建筑创新奖（以下简称“绿色建筑奖”）的管理。

第四条　绿色建筑奖分为工程类项目奖和技术与产品类项目奖。工程类

项目奖包括绿色建筑创新综合奖项目、智能建筑创新专项奖项目和节能建筑创新专项奖项目；技术与产品类项目奖是指应用于绿色建筑工程中具有重大创新、效果突出的新技术、新产品、新工艺。

第五条 绿色建筑奖的奖励项目应符合国家和建设部发布的产业政策、技术政策和有关标准规范的规定。

第六条 绿色建筑奖的申报应遵循自愿原则，奖励工作应符合科学、公开、公平、公正和实事求是的要求。

第七条 绿色建筑奖每两年评审一次。

第八条 建设部归口管理绿色建筑奖。省、自治区、直辖市建设行政主管部门负责组织本地区域内绿色建筑奖项目的申报和初审、推荐上报工作。

第二章 管理及执行机构的职责

第九条 建设部的管理职责：

（一）负责制定和实施绿色建筑奖的工作原则及管理办法；

（二）组建和批准成立绿色建筑奖评审专家委员会；

（三）审定绿色建筑奖评审结果并公布获奖项目；

（四）颁发《全国绿色建筑创新奖》证书；

建设部科学技术委员会负责本条职责的落实。

第十条 建设部科学技术委员会办公室（设在建设部科学技术司内）为日常管理和执行机构，负责以下职责：

（一）组织绿色建筑奖申报及评审；

（二）组织评审结果公示、报审和审定后获奖项目发布与颁证；

（三）评审专家委员会的日常联系与管理；

（四）建立并保管评审工作档案；

（五）受理绿色建筑奖查询事务和违反本办法的举报事宜。

第十一条 评审专家委员会由绿色建筑领域的技术专家和国务院建设行政主管部门有关司局、行业学（协）会的人员组成。主要职责如下：

（一）制订评审标准；

（二）开展绿色建筑奖评审并提出评审意见。

第三章　申报、评审及审批程序

第十二条　申报程序：

（一）申请绿色建筑奖的单位向省、自治区、直辖市建设行政主管部门申报；

（二）省、自治区、直辖市建设行政主管部门对申报项目及资料进行初审，合格的签署推荐意见后报送建设部；

（三）建设部科学技术委员会办公室负责组织专家对申报资料进行形式审查。

第十三条　建设部科学技术委员会办公室根据申报项目情况将评审专家委员会分成若干评审专家组，组织评审专家依据评审标准对通过形式审查的项目进行评审。

第十四条　通过评审的项目在建设部网（网址：www.cin.gov.cn）上公示。公示期三个月。

第十五条　公示后无异议或有异议但已解决的项目，作为最终的评审结果报国务院建设部常务会议审查确定获奖项目。

第四章　公布与颁证

第十六条　建设部以部文公布获奖项目；

第十七条　建设部对获奖项目颁发《全国绿色建筑创新奖》证书。

第五章　纪　　律

第十八条　申报单位不得弄虚作假，不得请客送礼。违者，将视情节轻重给予批评教育直至取消申报或获奖资格。

第十九条　绿色建筑奖管理部门工作人员和评审专家委员会成员必须秉公办事、廉洁自律，不得收受企业和有关人员的礼品、礼金。违者，将视情节轻重给予批评教育，直至取消有关人员参予评奖活动的资格，并将违纪行为通知本人单位。

第六章　附　　则

第二十条　绿色建筑奖具体实施工作应符合《全国绿色创新奖实施细则》的规定。

第二十一条　本办法由建设部负责解释。

第二十二条　本办法自发布之日起施行。

关于组织开展资源节约专项检查的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市发展改革委（计委）、经贸委（经委）、建设厅（建委）、水利厅、质量技术监督局：

为贯彻落实《国务院办公厅关于开展资源节约活动的通知》（国办发[2004]30号）和国务院全社会深入开展资源节约活动电视电话会议精神，推动资源节约工作，缓解经济和社会发展面临的资源瓶颈制约，保证国民经济持续快速协调健康发展，努力建设资源节约型社会，根据《中华人民共和国节约能源法》（以下简称《节约能源法》）、《中华人民共和国水法》（以下简称《水法》），国家发展改革委、建设部、水利部、国家质检总局决定今年在全国范围内组织开展资源节约专项检查。现将有关事项通知如下：

一、检查目的和重点

检查目的：摸清高耗能、高耗水地区和行业节能、节水情况及有关规定和标准执行情况，进一步提高全社会的资源节约意识，强化政府对节能工作的监督、管理职能，推进企业依法用能、用水。

检查重点：重点用能单位、用水大户和钢铁、电解铝、水泥、电石、焦炭等生产企业，重点耗能设备和器具生产企业，部分行政机关和事业单位。

二、检查内容

（一）各地贯彻落实《节约能源法》、《水法》及其配套法规情况。

（二）重点用能单位、高耗电企业和行政机关节能管理情况。

1. 重点用能单位节能管理制度建立和执行情况，包括能源计量管理制度、能源消费统计和报告制度、能源消耗成本管理制度、节能工作责任制、能源管理岗位设立情况、节能奖惩情况及主要用能设备操作人员持证上岗、培训等情况。

2. 重点用能单位主要耗能设备和工艺系统的能源利用状况，执行淘汰落

后用能设备情况。

3.《节约用电管理办法》规定的9种高耗电产品生产企业执行电耗最高限额标准情况；用电负荷在500千瓦及以上或年用电量在300万千瓦时及以上单位的电平衡测试情况以及节约用电措施落实情况。

4.行政机关和事业单位以及宾馆、饭店、商厦、写字楼等公共设施依法用能、节约用电情况。

（三）有关部门和设计单位贯彻固定资产投资工程项目可行性研究报告增列“节能篇（章）”规定的执行情况，包括可行性研究报告是否有“节能篇（章）”及其评估情况；贯彻行业节能设计技术规定和标准的执行情况。

（四）重点耗能设备和器具生产企业执行国家强制性能效标准情况。重点检查中小型三相异步电动机、容积式空气压缩机、家用电冰箱、房间空气调、家用电动洗衣机、单端荧光灯、普通照明用双端荧光灯、普通照明用自镇流荧光灯、管形荧光灯镇流器等9个产品生产企业执行国家能效标准情况；市场抽查用能产品的能耗（能效）指标是否符合标准的要求。

（五）建筑节能设计标准执行情况，针对严寒、寒冷采暖地区、夏热冬冷地区、部分夏热冬暖地区重点检查：

1.贯彻民用建筑（采暖居住建筑部分）、夏热冬冷地区居住建筑、夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准的情况。

2.有关部门和设计单位在设计和图纸审查、竣工验收过程中贯彻建筑节能要求的措施。

3.2001—2003年度重点开发项目（县城、地级市5万平方米，省会及直辖市10万平方米）建设全过程对建筑节能标准的落实，包括立项、可研、报建、施工、监理、竣工验收。

（六）用水大户取水和节水情况。

1.固定资产投资项目的水资源论证开展情况（节水设施“三同时”）。

2.取水许可制度实施及监督管理情况（取退水地点及计量，取水许可证发放及年检，水资源费征收）。

3.取用水计划、取水定额、水价制度执行情况。

4.抽查用水单位的水资源利用情况（单位产品取水量、水平衡测试、水价、水重复利用率等）。

5.节水技术和设施及节水器具推广情况。海水利用、工业废水和城市污

水再利用情况。

（七）国务院资源节约活动落实情况。

三、工作方式和步骤

检查由国家发展改革委、建设部、水利部、国家质检总局共同组织。检查分两个阶段进行。

第一阶段为自查阶段。时间安排在 2004 年 8—9 月，各地方组织有关单位按照本通知要求，结合全国节能宣传周活动，对照国家有关法律法规、标准进行自查，并在规定的时间完成检查总结报当地有关主管部门。

第二阶段为监督检查阶段，包括地方监督抽查和国家督促检查。时间安排在 10—11 月。地方监督抽查由各省、自治区、直辖市发展改革委（计委）、经贸委（经委）联合建设厅（建委）、水利（水务）厅（局）、质量技术监督局统一组织实施，于 2004 年 12 月底前上报检查总结报告，并对检查中发现的问题提出整改措施。

国家督促检查由国家发展改革委、建设部、水利部、国家质检总局组织，有关行业协会和专家参加，对各地贯彻落实本通知情况以及自查和地方监督抽查情况进行实地检查。

检查工作采取听取汇报、召开座谈会、直接访谈、深入基层和有关单位抽查相结合的方式进行。具体检查工作可以委托具有节能、节水监督检查资质的单位实施。

各省、自治区、直辖市发展改革委（计委）、经贸委（经委）要会同建设厅（建委）、水利（水务）厅（局）、质量技术监督局对本地的检查工作做出部署，及时发现和处理检查中出现的问题，做好协调、督促和指导工作，保证检查工作有序、有效地进行。

四、工作要求

（一）各地发展改革委（计委）、经贸委（经委）、建设厅（建委）、水利（水务）厅（局）、质量技术监督局要从贯彻落实“三个代表”重要思想和党的十六大精神以及牢固树立和落实科学发展观的战略高度，高度重视贯彻落

实本次专项检查工作，切实加强组织领导，部门负责同志要亲自挂帅，组织有关部门和单位，按照统一部署、分工负责、密切配合的原则，周密制定工作方案，明确工作目标和责任。

（二）各地在自查和监督检查工作中要切实按照通知要求，从全局利益出发，一定要做到客观调查，认真检查，对发现的问题要提出有针对性、可操作的解决措施，并将检查情况如实报告。

（三）检查组一定要深入基层和群众，认真检查，注意收集第一手资料，听取群众意见，防止检查流于形式和走过场，对发现的问题要加强与地方政府沟通，并如实报告。在检查中要轻车简从，严格执行廉政规定。

（四）充分发挥广播、电视和报刊等新闻媒体的作用，宣传节能法规和专项检查工作，强化全社会的节能意识，深入持久地推进全社会的资源节约工作。

国家发展改革委　建设部　水利部　国家质检总局

二〇〇四年七月二日

关于印发《建设部机关实施行政许可工作规程》的通知

建法［2004］111号

部机关各单位，有关单位：

《建设部机关实施行政许可工作规程》已经建设部第37次常务会议审议通过，现印发给你们，请认真贯彻执行。

中华人民共和国建设部

二〇〇四年六月三十日

建设部机关实施行政许可工作规程

第一条　为规范建设部机关实施行政许可的工作程序，依据《中华人民共和国行政许可法》，结合部机关工作实际，制定本规程。

第二条　本规程适用于部机关直接实施的行政许可事项的办理。

第三条　部机关主管有关行政许可事项的各业务司局（以下简称主管司局），应当在办公场所、建设部网站公示以下内容：

（一）行政许可事项的依据、条件、数量、程序、期限；

（二）申请行政许可需要提交的全部资料目录；

（三）申请书示范文本；

（四）法律、法规、规章规定的其他内容。

申请人要求对公示内容予以说明、解释的，主管司局应当说明、解释，提供准确、可靠的信息。

第四条　主管司局应当创造条件，方便申请人通过信函、电报、电传、传真、电子数据交换和电子邮件等方式提出行政许可申请。

主管司局应当在建设部网站提供申请书格式文本免费下载服务。

第五条　主管司局收到行政许可申请后，应当根据下列情况分别作出处

理：

（一）对依法不需要取得行政许可或者不属于本机关职权范围的行政许可申请，申请人隐瞒有关情况或者提供虚假材料申请行政许可的，即时制作《建设行政许可不予受理通知书》，发送申请人。

（二）对申请材料存在可以当场更正的错误的，应当允许申请人当场更正。

（三）对属于本机关受理的行政许可申请，即时制作《建设行政许可申请材料接收凭证》，发送申请人。

（四）对材料不齐全或者不符合法定形式的行政许可申请，应当当场或者在五日内制作《建设行政许可补正材料通知书》，发送申请人。逾期不告知的，自收到申请材料之日起即为受理。

（五）对属于本机关职权范围，材料（或补正材料）齐全、符合法定形式的行政许可申请，在五日内制作《建设行政许可受理通知书》，发送申请人。

申请人对其申请材料实质内容的真实性负责。主管司局不得要求申请人提交与其申请的行政许可事项无关的技术资料和其他材料。

第六条　依法应当先经省、自治区建设厅和直辖市建委及有关部门（以下简称省级主管部门）初审的行政许可，省级主管部门应当自受理申请之日起二十日内审查完毕，并在审查完毕后 7 日内将初审意见和全部申请材料直接报送建设部。

第七条　主管司局收到省级主管部门初审意见和全部申请材料，应即时制作《建设行政许可申请材料接收凭证》，发送初审机关经办人。

主管司局审查经初审后的申请材料，对材料齐全、符合法定形式的行政许可申请，自收到省级主管部门初审意见和全部申请材料之日起即为受理。主管司局不得要求申请人重复提供申请材料。如果经初审的申请材料仍不齐全或者不符合法定形式，主管司局应当在五日内制作《建设行政许可补正材料通知书》，直接发送申请人。

第八条　依法需要对申请材料的实质内容进行核实的，主管司局应当指派两名以上工作人员进行核查，并制作核查笔录。笔录应当场交当事人核对，并签名盖章。

第九条　实施行政许可需要听证的，按照《建设行政许可听证工作规

定》的程序办理。

第十条　主管司局审查建设行政许可申请，对依法需要听证、检验、检测、鉴定、咨询评估、评审的，应当制作《建设行政许可特别程序通知书》，告知申请人所需时间，所需时间不计算在许可期限内。

第十一条　主管司局应当自受理行政许可申请之日起二十日内作出行政许可决定。情况复杂，不能在规定期限内作出决定的，经分管部长批准，可以延长十日，并制作《建设行政许可延期通知书》，发送申请人，说明延期理由。但是，法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

第十二条　主管司局对行政许可申请进行审查后提出处理意见，报分管部长同意后，依法作出行政许可决定：

（一）对符合法定条件、标准的行政许可申请，制作《准予建设行政许可决定书》，发送申请人。

（二）对不符合法定条件、标准的或者申请人隐瞒有关情况或者提供虚假材料申请行政许可的，制作《不予建设行政许可决定书》，说明理由，并告知申请人享有依法申请行政复议或者提起行政诉讼的权利。

第十三条　建设部作出准予行政许可决定，需要颁发行政许可证件的，主管司局应当自作出决定之日起十日内向申请人颁发、送达行政许可证件。行政许可证件应加盖本行政机关印章。

第十四条　建设部作出的准予行政许可决定，主管司局应当在建设部网站等媒体予以公告，公众有权查阅。

第十五条　被许可人提出变更行政许可事项申请的，主管司局应当在二十日内依法办理变更手续。对不符合变更条件的，应当制作《不予变更建设行政许可决定书》，发送当事人。

第十六条　被许可人在行政许可有效期届满三十日前提出延续申请的，主管司局应当在该行政许可有效期届满前提出是否准予延续的意见，报分管部长同意后，制作《准予延续建设行政许可决定书》或《不予延续建设行政许可决定书》，发送当事人。逾期未作决定的，视为准予延续。

第十七条　建设部应当加强对省级主管部门实施行政许可的监督检查，及时纠正行政许可实施中的违法行为。

第十八条　主管司局应当按照《建设部机关对被许可人监督检查的规定》，加强对被许可人从事行政许可事项活动情况的监督检查。

第十九条 主管司局根据利害关系人的请求或者依据职权，可以依法撤消、注销行政许可，制作《撤销建设行政许可决定书》、《注销建设行政许可决定书》，发送当事人。

撤销建设行政许可涉及应当由建设部行政赔偿的，赔偿费用按照国家有关规定办理。

第二十条 发生下列情形之一的，主管司局可以依法变更或者撤回已经生效的行政许可，制作《变更、撤回建设行政许可决定书》，发送被许可人。

（一）建设行政许可所依据的法律、法规、规章修改或者废止。

（二）准予行政许可所依据的客观情况发生重大变化的。

变更、撤回建设行政许可给被许可人造成财产损失的，应当依法给予补偿。

第二十一条 部机关工作人员违法实施行政许可，依照《建设部机关行政许可责任追究办法》予以处理。

第二十二条 主管司局应当听取公民、法人或者其他组织就建设行政许可的设定和实施提出的意见和建议，适时组织专家对建设行政许可的实施情况及存在的必要性进行评价。

第二十三条 建设行政许可各类文书中，《建设行政许可申请材料接收凭证》、《建设行政许可不予受理通知书》、《建设行政许可补正材料通知书》、《建设行政许可受理通知书》、《建设行政许可特别程序告知书》、《建设行政许可听证公告》、《建设行政许可听证告知书》、《建设行政许可听证通知书》由主管司局司长签发，其他由分管部长签发。

第二十四条 主管司局实施行政许可和对被许可人进行监督检查，不得收取任何费用。但法律、行政法规另有规定的，依照其规定。

第二十五条 主管司局制作建设行政许可各类文书，应当执行《建设行政许可文书示范文本》（见附件），由主管司局统一编号，并加盖建设部行政许可专用印章。

第二十六条 本规程自 2004 年 7 月 1 日起实施。

关于印发《建设部机关对被许可人监督检查的规定》的通知

建法［2004］110号

部机关各单位，有关单位：

《建设部机关对被许可人监督检查的规定》已经建设部第37次常务会议审议通过，现印发给你们，请认真贯彻执行。

中华人民共和国建设部

二〇〇四年六月三十日

建设部机关对被许可人监督检查的规定

第一条　为加强对被许可人从事行政许可事项活动情况的监督检查，及时制止和纠正违法从事行政许可事项的活动，维护公共利益和社会秩序，依据《中华人民共和国行政许可法》和有关法律法规，结合部机关工作实际，制定本规定。

第二条　本规定适用于建设部机关实施的行政许可事项。

第三条　部机关直接承办行政许可事项的司局和部稽查特派员办公室（以下简称承办司局）负责对被许可人的监督检查，并依据法律、法规和有关规定，会同有关部门处理被许可人从事行政许可事项活动的违法、违规行为。

第四条　承办司局应当主要通过书面检查，核查反映被许可人从事行政许可事项活动情况的有关资料，履行监督检查职责。

通过书面检查方式尚不能满足监督检查要求，或者根据对具体事项监督检查的实际需要，承办司局可以依法进行抽样检查、检验、检测或实地检查。

第五条　承办司局应当创造条件，充分利用公共信息网络资源和电子政

务系统，实现与被许可人、地方建设行政主管部门和其他有关行政机关的计算机档案系统互联，核查被许可人从事行政许可事项活动情况。

承办司局实施对被许可人的监督检查，需要被许可人提供相关材料的，应当允许被许可人通过信函、电报、电传、传真、电子数据交换和电子邮件等方式提供。

第六条 承办司局要建立对被许可人从事行政许可事项活动实施监督检查情况的书面记录和归档制度。书面记录应登载以下信息：

（一）被许可人名称、地址；

（二）准予许可的事项；

（三）准予许可的有效期；

（四）被许可人申报的业绩、资历等有关材料；

（五）实施监督检查情况；

（六）监督检查结果；

（七）承办司局认为需要登载的其他信息。

书面记录由监督检查人员签字后归档。公众有权查阅监督检查书面记录档案。

承办司局应当指定人员管理监督检查记录档案，并负责接待公众查阅的工作。

第七条 承办司局要在书面记录和归档制度的基础上，建立被许可人从事行政许可事项活动的不良信用公告制度。凡经核实的被许可人违法从事行政许可事项活动的情况，均应载入该被许可人的不良信用记录，并依法予以公开披露。

第八条 承办司局要建立健全与省级建设主管部门之间有关被许可人从事行政许可事项情况的书面告知工作机制。省级建设主管部门应当将由建设部许可的被许可人违法从事行政许可事项活动的事实、处理结果及建议等，及时报告建设部，由建设部对该许可事项依法作出处理。

第九条 建立健全公众举报制度。承办司局要公布专门的监督举报电话、电子信箱等，并指定人员负责受理公众有关被许可人从事行政许可事项情况的举报。承办司局在接到举报后，应当及时组织对有关事项进行核实和处理。

第十条 承办司局要建立健全依法撤销、注销行政许可的工作机制，对

各项准予行政许可的事项实施动态管理，及时根据利害关系人的请求或依据职权，撤销有关行政许可，及时依法办理有关行政许可的注销手续。

第十一条　对被许可人实施监督检查，应当本着公开、公平、公正的原则，着眼于提高管理效能。不得妨碍被许可人正常的生产经营活动，不得索取或者收受被许可人的财物，不得谋取其他利益。工作人员对被许可人实施监督检查中的违法违规行为，依照法律法规和《建设部机关行政许可责任追究办法》的有关规定处理。

第十二条　本规定自 2004 年 7 月 1 日起实施。

关于印发《建设部机关行政许可责任追究办法》的通知

建法［2004］109号

部机关各单位，有关单位：

《建设部机关行政许可责任追究办法》已经建设部第37次常务会议审议通过，现印发给你们，请认真贯彻执行。

中华人民共和国建设部

二〇〇四年六月三十日

建设部机关行政许可责任追究办法

第一条　为加强对建设部机关实施行政许可的管理和监督，保证部机关及其工作人员公正、廉洁、高效地实施行政许可，依据《中华人民共和国行政许可法》和有关法律法规，结合部机关的工作实际，制定本办法。

第二条　本办法适用于部机关国家公务员和法律、行政法规授权实施建设行政许可组织的工作人员。

第三条　部机关党委、人事司受理对部机关国家公务员和部机关任命的其他人员实施行政许可的违法违纪行为的举报和投诉。

举报和投诉的受理电话、电子信箱应当公开。

第四条　部机关党委、人事司负责对有关举报、投诉的调查，根据对举报、投诉的查实结果，依照本办法提出对直接负责的主管人员和其他直接责任人的责任追究意见，会同有关部门按照干部管理权限和行政处分审批权限的规定，实施责任追究。

第五条　行政许可责任追究方式分为：

（一）责令作出书面检查；

（二）通报批评；

（三）当年考评为基本称职或不称职；

（四）调离工作岗位；

（五）给予行政处分。

以上追究方式可以单处或并处。

第六条　实施行政许可过程中有下列情形之一的，责令改正；对直接负责的主管人员和其他直接责任人追究责任：

（一）对符合法定条件的行政许可申请不予受理的；

（二）不在办公场所公示依法应当公示的材料的；

（三）在受理、审查、决定行政许可过程中，未向申请人、利害关系人履行法定告知义务的；

（四）申请人提交的申请材料不齐全、不符合法定形式，不一次告知申请人必须补正的全部内容的；

（五）未依法说明不受理行政许可申请或者不予行政许可的理由的；

（六）依法应当举行听证而不举行听证的。

第七条　本办法第六条所列情形中，工作人员主动发现并及时纠正错误、未给部机关和行政管理相对人造成损失或不良影响的，经批评教育，可免予追究责任。

第八条　本办法第六条所列情形中，情节较轻，经责令改正后，给机关和行政管理相对人造成损害和影响较小的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人，责令作出书面检查，给予通报批评，当年考评为基本称职。

第九条　本办法第六条所列情形中，情节严重，虽经责令改正，仍给部机关和行政管理相对人造成损害和不良影响的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人，当年考评为不称职，调离工作岗位，给予行政警告处分。

第十条　实施行政许可过程中有下列情形之一的，责令改正，对直接负责的主管人员和其他直接责任人，当年考评为不称职，调离工作岗位，给予行政警告至记大过处分；情节严重的，给予行政降级至开除处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）对不符合法定条件的申请人准予行政许可或者超越法定职权作出准予行政许可决定的；

（二）对符合法定条件的申请人不予行政许可或者不在法定期限内作出准予行政许可决定的；

（三）依法应当根据招标、拍卖结果或者考试成绩择优作出准予行政许可决定，未经招标、拍卖或者考试，或者不根据招标、拍卖结果或者考试成绩择优作出准予行政许可决定的。

第十一条 机关工作人员办理行政许可、实施监督检查，索取或者收受他人财物或者谋取其他利益，构成犯罪的，依法追究刑事责任；尚不构成犯罪的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人，给予行政撤职至开除处分。

第十二条 实施行政许可，擅自收费或者不按照法定项目和标准收费的，责令退还非法收取的费用；对直接负责的主管人员和其他直接责任人，调离工作岗位，给予行政记过至记大过处分。

截留、挪用、私分或者变相私分实施行政许可依法收取的费用的，依法予以追缴；对直接负责的主管人员和其他直接责任人，给予行政降级至开除处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第十三条 主管司局不依法履行监督职责或者监督不力，造成严重后果的，责令改正，对直接负责的主管人员和其他直接责任人，给予行政降级至撤职处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第十四条 领导干部利用职权或者职务上的影响，授意、指示、强令实施行政许可的机关、单位及其工作人员违反规定许可，或者违反规定插手干预行政许可事项，情节较轻的，给予行政警告至记大过处分；情节较重的，给予行政降级至撤职处分；情节严重的，给予行政开除处分。

第十五条 有下列情形之一的，工作人员不承担行政许可责任：

（一）行政管理相对人弄虚作假，致使工作人员无法作出正确判断的；

（二）法律、法规、规章和内部行政管理制度未作规定或规定不具体，致使行政机关工作人员理解错误的；

（三）因不可抗力导致行政许可过错发生的；

（四）其他不承担行政许可责任的情形。

第十六条 行政许可责任人，干扰、阻碍、不配合对其实施行政许可行为进行调查的，或者对投诉人、检举人、控告人打击、报复、陷害的，依照有关法律法规的规定处理。

第十七条 行政许可责任人，有陈述权和申辩权。行政许可责任人对行政处分决定不服的，依照《中华人民共和国行政监察法》和《国家公务员暂

行条例》的有关规定办理。

第十八条　本办法自 2004 年 7 月 1 日起施行。

关于印发《建设行政许可听证工作规定》的通知

建法［2004］108号

各省、自治区建设厅，直辖市建委及有关部门，新疆生产建设兵团建设局，部机关各单位：

《建设行政许可听证工作规定》已经建设部第37次常务会议审议通过，现印发给你们，请认真贯彻执行。

中华人民共和国建设部

二〇〇四年六月三十日

建设行政许可听证工作规定

第一条　为规范建设行政管理行为，促进科学决策和民主决策，保护公民、法人和其他组织的合法权益，依据《中华人民共和国行政许可法》和有关法律法规，制定本规定。

第二条　县级以上人民政府建设主管部门及有关部门或法律法规授权的组织（以下简称主管机关），实施行政许可组织听证的，适用本规定。

第三条　法律、法规、规章规定实施行政许可应当听证的事项，或者主管机关认为需要听证的其他涉及公共利益的重大行政许可事项，主管机关应当向社会公告，并举行听证。

第四条　主管机关在作出行政许可决定前，应当审查该许可事项是否直接涉及申请人与他人之间重大利益关系；直接涉及的，应当告知申请人、利害关系人享有要求听证的权利，必要时可发布公告。

申请人、利害关系人在被告知听证权利或公告发布之日起五日内，提出听证申请的，主管机关应当在二十日内组织听证。

第五条　主管机关对第三条规定的事项举行听证的，应当在举行听证会三十日前，向社会公告听证会的时间、地点、内容、听证会代表产生办法、

申请参加听证会须知。

符合主管机关规定条件的公民、法人和其他组织，均可申请或推选代表申请参加听证会。

主管机关按照听证公告规定的代表产生办法，根据拟听证事项及公民、法人和其他组织的申请情况，确定听证会代表；确定的听证会代表应当具有广泛性、代表性。

第六条　主管机关对第四条规定的事项组织听证的，应当公布确定利害关系人的原则。拟听证的许可事项涉及利害关系人较多的，可由利害关系人推举或通过抽签等方式确定参加听证的代表。

第七条　听证由主管机关内经办行政许可事项的机构或法制工作机构具体组织。

第八条　组织听证，应当遵循公开、公平、公正和便民的原则，充分听取公民、法人和其他组织的意见，保证其陈述意见、质证和申辩的权利。

第九条　行政许可听证，除涉及国家秘密、商业秘密或者个人隐私外，应公开举行。

第十条　听证工作人员包括听证主持人、记录员，必要时可设一至三名听证员。

第十一条　听证主持人、记录员以及必要的听证员由主管机关指定。主管机关应当指定直接审查该行政许可申请的工作人员以外的人员为听证主持人。

听证主持人与听证事项有直接利害关系的，应当主动申请回避。申请人、利害关系人认为听证主持人与听证事项有直接利害关系的，有权申请回避。申请人、利害关系人申请听证主持人回避，听证主持人与听证事项确有直接利害关系的，听证主持人应当回避。

第十二条　主管机关应制作《听证通知书》，并在举行听证七日前将《听证通知书》送听证会代表或许可申请人、利害关系人。

《听证通知书》应当载明下列事项：

（一）听证的事由与依据；

（二）听证的时间、地点；

（三）听证主持人、记录员、听证员的姓名、职务；

（四）听证会代表或许可申请人和利害关系人的权利与义务；

（五）注意事项；

第十三条 听证所需时间不计算在行政许可办理期限内。主管机关应当将所需时间书面告知许可申请人。

第十四条 听证会按下列程序进行：

（一）听证主持人核实听证参加人的身份和到场情况；

（二）听证主持人介绍记录员、听证员的姓名、工作单位及职务，告知听证参加人的权利和义务，宣布听证开始；

（三）听证主持人宣读听证纪律和听证会场有关注意事项；

（四）审查该行政许可事项的工作人员提出审查意见并陈述理由，提供有关依据、证据等材料。

（五）许可申请人、利害关系人提出维护其合法权益的事实、理由和依据，或者听证会代表对听证事项发表意见；

（六）有关各方进行申辩和质证；

（七）最后陈述；

（八）听证笔录交听证参加人确认无误或者补正后签字或者盖章。无正当理由又拒绝签字或者盖章的，记录员应记明情况；

（九）听证主持人宣布听证结束。

第十五条 听证笔录应当载明下列内容：

（一）听证事项名称；

（二）听证主持人、记录员、听证员的姓名、职务；

（三）听证参加人的姓名或名称、地址以及职业、职务等基本情况；

（四）听证会举行的时间、地点、方式；

（五）经办机构工作人员提出的审查意见及陈述的理由；

（六）许可申请人、利害关系人提出的事实、理由和依据，或者听证会代表发表的意见；

（七）有关各方进行申辩和质证的内容；

（八）听证参加人的签字或者盖章，或者听证参加人拒绝签字或者盖章的情况说明；

（九）听证主持人对听证活动中有关事项的处理情况；

（十）听证主持人认为需载明的其他事项。

第十六条 主管机关应当根据听证笔录作出行政许可决定，听证参加人

有权查阅听证笔录。

第十七条　有下列情形之一的，可以延期举行听证：

（一）因不可抗力导致听证无法按期举行的；

（二）当事人申请延期，有正当理由的；

（三）可以延期的其他情形。

延期听证的，主管机关应当书面通知听证参加人，说明理由。

延期听证的情形消失后，主管机关应当在五日内举行听证，并书面通知听证参加人。

第十八条　有下列情形之一的，中止听证：

（一）听证主持人认为听证过程中提出新的事实、理由和依据或者提出的事实有待调查核实的；

（二）因不可抗力导致听证参加人无法继续参加听证的；

（三）应当中止听证的其他情形。

中止听证的，主管部门应当书面通知听证参加人，说明理由。

中止听证的情形消失后，主管机关应当在五日内恢复听证，并书面通知听证参加人。

第十九条　有下列情形之一的，终止听证：

（一）申请人撤回听证申请或在听证过程中声明退出的；

（二）申请人无正当理由不到场的，或者未经听证主持人允许中途退场的；

（三）有权申请听证的公民死亡，没有继承人，或者继承人放弃听证权利的；

（四）有权申请听证的法人或者其他组织终止，承受其权利的法人或者组织放弃听证权利的；

（五）需要终止听证的其他情形。

终止听证的，主管机关应当书面通知听证参加人。

终止听证后，由主管机关依法作出行政许可决定。

第二十条　组织听证所需经费由主管机关承担，列入主管部门预算；组织听证必需的场地、设备、工作条件，由主管机关给予保障。听证事项的申请人、利害关系人不承担主管机关组织听证的费用；主管机关不得向听证参加人收取或者变相收取任何费用。

第二十一条　对违反行政许可法和本规定，不履行法定告知听证义务、不举行依法或依申请应当举行的听证，以及组织听证中的违法违规行为，依照法律法规和行政许可责任追究的有关规定，追究有关人员的责任。

第二十二条　本规定自 2004 年 7 月 1 日起施行。

关于印发《建设部建筑节能试点示范工程（小区）管理办法》的通知

建科［2004］25号

各省、自治区建设厅，直辖市建委及有关部门，计划单列市建委（建设局），新疆生产建设兵团建设局：

为加强建筑节能试点示范工程的管理，规范其申报、检查、验收等工作，充分发挥节能建筑示范效应，推动全国建筑节能工作，我部制定了《建设部建筑节能试点示范工程（小区）管理办法》，现印发给你们，请遵照执行。

附件：建设部建筑节能试点示范工程（小区）管理办法

中华人民共和国建设部

二〇〇四年二月十一日

建设部建筑节能试点示范工程（小区）管理办法

第一条　为贯彻建设部《民用建筑节能管理规定》，执行国家有关建筑节能设计标准，通过实施建筑节能试点示范工程（小区）（以下简称示范工程）推动各地建筑节能工作，制定本办法。

第二条　本办法适用于各气候区民用建筑新建或改造项目实施节能的工程。

第三条　建设部负责示范工程的立项审查与批准实施、监督检查、建筑节能专项竣工验收、建筑节能示范工程称号的授予等组织管理工作。

第四条　县级以上地方建设行政主管部门负责示范工程的组织实施，同时要结合示范工程制定本地区的建筑节能技术经济政策和管理办法。

第五条　在示范工程的实施中，通过规划、设计、施工、材料应用、运行管理、工程实践和经验总结等，推广先进适用成套节能技术与产品，实现

节能的经济和社会效益，促进建筑节能产业进步，推动建筑节能工作的发展。

第六条 示范工程应重点抓好下列成套节能技术和产品的应用：

1. 新型节能墙体、保温隔热屋面、节能门窗、遮阳和楼梯间节能等技术与产品；

2. 供热采暖系统调控与热计量和空调制冷节能技术与产品；

3. 太阳能、地下能源、风能和沼气等可再生能源；

4. 建筑照明的节能技术与产品；

5. 其它技术成熟、效果显著的节能技术和节能管理技术。

第七条 申报示范工程的项目必须具备的条件：

1. 设计方案应优于现行建筑节能设计标准，并且符合《民用建筑节能管理规定》；或设计方案满足现行建筑节能设计标准，但采用的节能技术具有国内领先水平；

2. 有建设项目的正式立项手续；

3. 有可靠的资金来源，开发企业有相应的房地产开发资质；

4. 选用的节能技术与产品通过有关部门的认证和推广，并符合国家（或行业）标准；没有国家（或行业）标准的技术与产品，应由具有相应资质的检测机构出具检测报告，并经国务院或省、自治区、直辖市有关部门组织的专家审定。

第八条 申报示范工程的单位应提交以下文件、资料：

1. 建设部科技示范工程（建筑节能专项）申报书；

2. 工程可行性研究报告（含节能篇）；

3. 规划和建筑设计方案和节能专项设计方案；

4. 工程立项批件、开发企业资质等证照复印件。

第九条 申报与审查：

1. 申请示范工程的单位将申报书与其它相关文件、资料报省、自治区、直辖市、计划单列市的建设厅（建委、建设局）；

2. 省、自治区、直辖市、计划单列市建设厅（建委、建设局）组织对申报书及其它相关文件、资料的初审。通过初审的签署意见，报建设部；

3. 建设部组织专家对申报项目进行审查，通过审查的项目列入建设部科学技术项目计划（建筑节能示范工程专项）。

建设部每年组织一次示范工程立项审查。

第十条　项目列入建设部科学技术项目计划后，承担单位应严格按照批准的设计方案实施，每半年向省、自治区、直辖市、计划单列市建设厅（建委、建设局）汇报项目实施情况，并由省、自治区、直辖市、计划单列市建设厅（建委、建设局）签署意见后报建设部。

第十一条　承担单位在实施节能分项工程过程中，应向省、自治区、直辖市、计划单列市建设厅（建委、建设局）和建设部提交阶段实施报告。

第十二条　阶段性监督检查工作由建设部或由部委托省、自治区、直辖市、计划单列市建设厅（建委、建设局）组织。

第十三条　示范工程完成工程竣工验收并投入使用不少于一个采暖（制冷）期、且其节能性能经国家认可的检测机构检验合格后，由承担单位提出节能专项验收申请，由建设部或由部委托省、自治区、直辖市、计划单列市建设厅（建委、建设局）组织专家进行验收。

第十四条　申请节能专项验收时，承担单位应提交以下文件：

1. 工程竣工验收文件；

2. 示范工程实施综合报告（包括节能设计、节能新技术应用、施工建设、运行管理、节能效果、经济效益分析等内容）；

3. 工程质量检测机构出具的包括建筑物与采暖（制冷）系统的节能性能检测报告。

第十五条　通过验收的项目，由建设部统一颁发建设部建筑节能示范工程证书和标牌，并予以公示。

第十六条　具有下列情形之一的项目，取消其示范工程资格，并予以公告：

1. 实施后达不到建筑节能设计标准的项目；

2. 工程竣工后两年内未申请节能专项验收的项目；

3. 列入计划后一年内未组织实施的项目；

4. 未获得建设部批准延期实施的项目。

第十七条　本办法由建设部科学技术司负责解释。

第十八条　本办法自颁布之日起施行。

关于印发《建设部科技示范工程立项形式审查要点》的通知

建科综函［2004］001号

建设部科技发展促进中心：

为规范建设部科技示范工程立项的形式审查要求，根据《建设领域推广应用新技术管理规定》和《建设部推广应用新技术管理细则》，我司制定了《建设部科技示范工程立项形式审查要点》（见附件），现印发给你单位，请遵照执行。

附件：建设部科技示范工程立项形式审查要点

建设部科学技术司

二〇〇四年一月二日

建设部科技示范工程立项形式审查要点

第一条　为规范建设部科技示范工程立项的形式审查要求，根据《建设领域推广应用新技术管理规定》和《建设部推广应用新技术管理实施细则》，制定本形式审查要点。

第二条　建设部科技示范工程（以下简称“示范工程”）的立项审查分为形式审查和技术审查。

形式审查是对申报示范工程项目是否符合示范工程条件和申报程序的要求，以及对申报材料的完整性进行审查；技术审查是组织专家按照建设部科技示范工程的评审要求对示范工程进行审查。

第三条　形式审查的主要内容包括申报程序、示范工程资格、示范技术、申报单位资格、申报材料、示范技术标准化应用技术文件和计算机应用软件编制计划、同类工程推广应用新技术指南编制计划的审查等。

第四条　申报程序审查

（一）《建设部科技示范工程申报书》（以下简称“《申报书》”）的相应栏目内，应有申报单位的申报意见和加盖的公章；

（二）《申报书》的相应栏目内，应有省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门、建设部直属单位和国家国有资产管理局直属单位签署的推荐意见和加盖的公章。

第五条　示范工程资格审查

（一）示范工程应是国家或地方的重点工程、标志性建筑或具有普遍示范意义的工程项目；

（二）示范工程必须具有优良的规划设计，满足节能、节水、节地和治理环境污染的要求，符合工程建设强制性标准；

（三）示范工程可以是拟建、在建或竣工时间在一年以内的工程。拟建和在建工程应在申请示范工程立项前办理完成有关工程审批手续，已竣工的工程应通过竣工验收，申报时应提供相应的审批文件。

第六条　示范技术审查

（一）示范工程成套技术审查。

1. 综合技术示范工程应先确定工程的关键技术领域，再选择与之相应的关键技术和配套技术，组成多个技术体系，形成综合成套技术，作为综合示范技术；

2. 专项技术示范工程应先确定某一关键技术领域（如建筑节能）或依托某一类新技术的新的工程类型（如钢结构住宅），再选择与之相应的关键技术和配套技术，组成专项成套技术，作为专项示范技术；

3. 单项技术示范工程应选择一项重大的先导性技术或量大面广的新技术作为示范的关键技术，与工程应用技术配套形成单项成套技术，作为单项示范技术。

（二）示范技术基本要求审查

1. 示范技术中的关键技术一般应为建设部、省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门发布的科技成果推广项目，其技术依托单位应与发布的单位一致；

2. 示范技术中的关键技术和配套技术不是前述推广项目的，应经过省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门和建设部直属单位、国家国有资产管理局直属单位组织的技术论证，并应在其签署的推荐意见中予以说明；

3. 选用的示范技术不符合现行工程建设强制性标准的，必须通过依据《实施工程建设强制性标准监督规定》（建设部第 81 号令）组织的论证。

第七条 申报单位资格审查

（一）示范工程申报单位可以是业主、工程总承包单位、设计院、施工安装单位或示范技术的技术依托单位。其中示范技术的技术依托单位至少应与前述某一类单位共同申报；

（二）申报单位应具有实施申报示范工程相应的市场准入资质。

第八条 申报材料（有关要求见《申报书》）审查

（一）必须按要求填写《申报书》；

（二）必须按要求编写《建设部科技示范工程实施可行性报告》；

（三）必须提供示范工程的规划设计方案；

（四）示范工程开（竣）工审批文件必须符合要求；

（五）申报单位实施示范工程的市场准入资质必须符合规定。

第九条 示范技术标准化应用技术文件和计算机应用软件编制计划审查。

（一）申报单位可以编制示范技术中的示范技术体系或示范关键技术的标准化应用技术文件，并提出相应的编制工作计划；

（二）申报单位可以编制示范技术计算机应用软件及操作手册，并提出相应的编制工作计划。

第十条 同类工程推广应用新技术指南编制计划审查。

编制的指南应对与示范工程同类的工程应用新技术具有指导作用。主要包括以下内容：

（一）同类工程应推广应用的成套技术

1. 应推广应用新技术的关键技术领域

2. 应推广应用的技术体系

3. 各技术体系中的关键技术和配套技术

（二）推广应用中的技术难点和相应的操作要点

（三）推广应用中应重视的问题及其解决方法

（四）技术经济分析

从技术、经济、社会、环境效益和提高工程质量、功能、性能、工效和节能、节地、节水及减少劳动强度、降低造价等方面与采用传统技术进行比

较分析，总结采用新技术的综合优势、取得的经验以及存在的不足。

第十一条　建设部科技司委托建设部科技发展促进中心负责申报示范工程的形式审查工作。

第十二条　本形式审查要点由建设部科技司负责解释。

第十三条　本形式审查要点自印发之日起施行。

关于印发《建设部科技成果推广项目立项形式审查要点》的通知

建科综函［2004］002号

建设部科技发展促进中心：

为规范建设部科技成果推广项目立项的形式审查要求，根据《建设领域推广应用新技术管理规定》和《建设部推广应用新技术管理细则》，我司制定了《建设部科技成果推广项目立项形式审查要点》（见附件），现印发给你单位，请遵照执行。

附件：建设部科技成果推广项目立项形式审查要点

建设部科学技术司

二〇〇四年一月二日

建设部科技成果推广项目形式立项审查要点

第一条　为规范建设部科技成果推广项目立项的形式审查要求，根据《建设领域推广应用新技术管理规定》和《建设部推广应用新技术管理细则》，制定本形式审查要点。

第二条　建设部科技成果推广项目（以下简称“推广项目”）的立项审查分为形式审查和技术审查。

形式审查是对申报推广项目是否符合申报技术领域和申报程序的要求，以及对申报材料的完整性进行审查；技术审查是组织专家按建设部科技成果推广项目的评审要求对申报推广项目进行审查。

第三条　形式审查的主要内容包括申报程序审查和申报推广项目的资格审查、鉴定情况审查、组织鉴定单位资格审查、申报材料审查等；

第四条　申报程序审查

（一）《建设部科技成果推广项目申报书》（以下简称“《申报书》”）的相

应栏目内，应有申报单位的申报意见和加盖的公章；

（二）《申报书》相应栏目内，应有省、自治区建设厅、直辖市建委及有关部门、建设部直属单位和国家国有资产管理局直属单位签署的推荐意见和加盖的公章。

第五条　申报推广项目资格审查

（一）申报推广项目技术领域审查

报推广项目应符合建设部推广应用重点实施技术领域、《建设部推广应用新技术和限制、禁止使用落后技术公告》要求及科技成果推广应用的需要；

（二）申报推广项目应经过技术鉴定，一般应为尚未纳入国家发布标准的科技成果；已有国家发布标准，但仍需要加强推广应用的高新技术成果，也可以申报。

（三）申报推广项目不存在成果或其权属争议。

第六条　申报推广项目鉴定情况审查

申报推广项目必须按照规定通过技术鉴定，鉴定时间一般应在一年以上。技术鉴定应根据管理规定选择以下一种方式（以下统称为“鉴定”）。

（一）按照科技成果鉴定管理办法组织鉴定；

（二）按照建设部科技成果评估管理办法组织评估；

（三）按照新产品新技术鉴定验收管理办法组织鉴定验收；

（四）示范技术标准化应用技术文件或同类工程推广应用新技术指南，应按照建设部科技示范工程验收管理规定的要求组织验收；

第七条　组织鉴定单位资格审查

必须是原国家科委《科学技术成果鉴定办法》、原国家经贸委《新产品新技术鉴定验收管理办法》和建设部《建设部科技成果评估工作管理暂行办法》、《建设部推广应用新技术管理细则》中确定的可以组织鉴定的单位

第八条　申报单位资格审查

（一）必须是申报推广项目鉴定证书中的成果完成单位；

（二）成果完成单位是两个或两个以上时，联合申报应由各成果完成单位共同填写申报意见，并加盖各单位公章；主要完成单位单独申报，其他单位须出具同意申报的书面意见；

（三）因企业改制或技术转让等原因，申报单位与成果完成单位不一致

时，申报单位必须提供由其继承成果权责的具有法律效力的文件；

（四）申报单位名称应与单位公章名称一致。

第九条　申报材料审查

（一）必须按要求填写《申报书》一式十份并提供电子文档；

（二）有关技术资料审查

1. 必须按申报要求提供技术资料（有关要求见《申报书》）一式四份并装订成册，其中“推广项目简介”应提供电子文档；

2. 申报推广项目必须具有规程、工法、标准图、操作手册、应用件使用手册等标准化应用技术文件；

申报推广项目没有国家发布的标准化应用技术文件的，应提供申报单位编制并已实施的标准化应用技术文件；已有国家发布的标准化应用技术文件的，应提供该标准的相关内容（如申报单位具有高于国家发布标准的标准化应用技术文件，应同时提供）。

第十条　建设部科技司委托建设部科技发展促进中心负责申报项目的形式审查工作。

第十一条　本形式审查要点由建设部科技司负责解释。

第十二条　本形式审查要点自印发之日起施行。

关于印发《工程质量监督工作导则》的通知

各省、自治区建设厅，直辖市建委，国务院有关部门建设司，新疆生产建设兵团建设局：

现将《工程质量监督工作导则》印发给你们，请结合实际贯彻执行。

中华人民共和国建设部

二〇〇三年八月五日

工程质量监督工作导则

1　总　　则

1.0.1　为加强建设工程质量监督管理、规范质量监督行为、制定本工作导则。

1.0.2　本工作导则适用于对新建、改建、扩建的房屋建筑和市政基础设施工程的质量监督工作。

1.0.3　工程质量监督是建设行政主管部门或其委托的工程质量监督机构（统称监督机构）根据国家的法律、法规和工程建设强制性标准、对责任主体和有关机构履行质量责任的行为以及工程实体质量进行监督检查、维护公众利益的行政执法行为。

1.0.4　工程质量监督除应执行本工作导则的规定外、还应符合国家有关法律、法规和工程技术标准等规定。

2　术　　语

2.0.1　本导则所称的建设工程质量责任主体、是指参与工程建设项目的建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位和监理单位。

本导则所称的有关机构、是指工程质量检测机构。

2.0.2 本导则所称的质量行为、是指在工程项目建设过程中、责任主体和有关机构履行国家有关法律、法规规定的质量责任和义务所进行的活动。

2.0.3 本导则所称的监督注册、是指建设单位在申领建筑工程施工许可证前、按规定向监督机构办理的工程项目监督登记手续。

2.0.4 本导则所称的质量监督工作方案、是指监督机构针对工程项目的特点、根据有关法律、法规和工程建设强制性标准编制的、对该工程实施质量监督活动的指导性文件。监督工作方案应明确监督重点和基本监督方式。

2.0.5 本导则所称的监督检查、是指监督机构根据有关工程技术标准及规定、对责任主体和有关机构履行质量责任的行为、以及对有关工程质量的文件、资料和工程实体质量等随机进行的抽样检查活动。

2.0.6 本导则所称的见证取样检测、是指在建设单位或监理单位人员的见证下、由施工单位有关人员对工程中涉及结构安全的试块、试件和材料在现场取样、并送至具备相应资质的检测单位所进行的检测。

2.0.7 本导则所称的监督检测、是指监督机构在施工现场使用便携式仪器、设备随机对工程实体及建筑材料、构配件和设备进行的抽样测试。

2.0.8 本导则所称的工程竣工验收监督、是指监督机构通过对建设单位组织的工程竣工验收程序进行监督、对经过勘察、设计、监理、施工各方责任主体签字认可的质量文件进行查验、对工程实体质量进行现场抽查、以监督责任主体和有关机构履行质量责任、执行工程建设强制性标准情况的活动。

2.0.9 本导则所称的工程竣工报告、是指施工单位在工程完工后、按照《建筑工程施工质量验收统一标准》要求、向建设单位或监理单位提交的、以证明工程项目具备竣工验收条件的文件。工程竣工报告应包括分项工程验收表、子分部工程验收表、检测报告、隐蔽工程验收记录、材料设备合格证、材料设备进场检验及复试报告等证明工程质量符合工程技术标准的各类技术文件。

2.0.10 本导则所称的工程质量评估报告、是指监理单位提交给建设单位的、以证明工程项目已完成施工合同的全部内容、工程质量符合工程技术

标准规定、具备竣工验收条件的文件。

2.0.11　本导则所称的工程质量检查报告、是指勘察单位或设计单位提交的、以证明工程满足设计文件的要求、设计变更内容已在工程项目上得以实现的文件。

2.0.12　本导则所称的工程竣工验收报告、是指建设单位组织的工程竣工验收所形成的、以证明工程项目符合竣工验收条件、可以投入使用的文件。

2.0.13　本导则所称的工程质量监督报告、是指监督机构在建设单位组织的工程竣工验收合格后向备案机关提交的、在监督检查（包括工程竣工验收监督）过程中形成的、评估各方责任主体和有关机构履行质量责任、执行工程建设强制性标准的情况以及工程是否符合备案条件的综合性文件。

2.0.14　本导则所称的不良记录、是指对责任主体和有关机构违反国家有关法律、法规所规定的质量责任和义务、以及违反工程建设强制性标准的行为记录。

3　基本规定

3.0.1 监督机构的主要工作内容包括：

1. 对责任主体和有关机构履行质量责任的行为的监督检查；

2. 对工程实体质量的监督检查；

3. 对施工技术资料、监理资料以及检测报告等有关工程质量的文件和资料的监督检查；

4. 对工程竣工验收的监督检查；

5. 对混凝土预制构件及预拌混凝土质量的监督检查；

6. 对责任主体和有关机构违法、违规行为的调查取证和核实、提出处罚建议或按委托权限实施行政处罚；

7. 提交工程质量监督报告；

8. 随时了解和掌握本地区工程质量状况；

9. 其他内容。

3.0.2　监督人员岗位条件应符合国家有关规定。

3.0.3　监督机构应建立业务管理的有关制度。

监督人员在履行工程质量监督职责时、应持证上岗、并不得少于 2 人。

在履行监督职责时、对发现责任主体和有关机构违反法律、法规和违反工程建设强制性标准行为的、应及时发出监督整改通知、限期整改。

3.0.4 监督机构应根据本地区年度建设规模、质量状况和年度质量工作目标以及本身资源情况、制定本地区年度或阶段工程质量监督工作计划。

3.0.5 监督机构应要求建设单位在办理质量监督注册手续时提供下列资料：

1. 施工图设计文件审查报告和批准书；
2. 中标通知书和施工、监理合同；
3. 建设单位、施工单位和监理单位工程项目的负责人和机构组成；
4. 施工组织设计和监理规划（监理实施细则）；
5. 其他需要的文件资料。

3.0.6 监督机构可根据工程项目的规模和特点、投资形式责任主体和有关机构的信誉和质量保证能力制定工程项目质量监督工作方案、并根据监督检查中发现问题的情况及时对监督方法作出调整。

3.0.7 监督机构应查阅施工组织设计、监理规划（监理实施细则）和施工图设计文件审查报告、在工程项目质量监督工作方案中明确以下监督重点；

1. 责任主体和有关机构质量行为的监督检查具体内容和方式；
2. 工程实体质量的监督检查（包括监督检测）的具体内容和方式；
3. 工程竣工验收的监督内容。

3.0.8 监督机构应将工程项目质量监督工作方案的主要内容书面告知建设单位。

4 责任主体和有关机构质量行为的监督

4.0.1 监督机构对责任主体和有关机构质量行为进行监督应遵守以下一般规定：

1. 抽查责任主体和有关机构执行有关法律、法规及工程技术标准的情况。
2. 抽查责任主体和有关机构质量管理体系的建立和实施情况。

3. 发现存在违法违规行为的、按建设行政主管部门委托的权限对违法违规事实进行调查取证、对责任单位、责任人提出处罚建议或按委托权限实施行政处罚。

4.0.2　监督机构应对建设单位的下列行为进行抽查：

1. 施工前办理质量监督注册、施工图设计文件审查、施工许可（开工报告）手续情况；

2. 按规定委托监理情况；

3. 组织图纸会审、设计交底、设计变更工作情况；

4. 组织工程质量验收情况；

5. 原设计有重大修改、变动的、施工图设计文件重新报审情况；

6. 及时办理工程竣工验收备案手续情况。

4.0.3　监督机构应对勘察、设计单位的下列行为进行抽查：

1. 参加地基验槽、基础、主体结构及有关重要部位工程质量验收和工程竣工验收情况；

2. 签发设计修改变更、技术洽商通知情况；

3. 参加有关工程质量问题的处理情况。

4.0.4　监督机构应对施工单位的下列行为进行抽查：

1. 施工单位资质、项目经理部管理人员的资格、配备及到位情况；主要专业工种操作上岗资格、配备及到位情况；

2. 分包单位资质与对分包单位的管理情况；

3. 施工组织设计或施工方案审批及执行情况；

4. 施工现场施工操作技术规程及国家有关规范、标准的配置情况；

5. 工程技术标准及经审查批准的施工图设计文件的实施情况；

6. 检验批、分项、分部（子分部）、单位（子单位）工程质量的检验评定情况；

7. 质量问题的整改和质量事故的处理情况；

8. 技术资料的收集、整理情况。

4.0.5　监督机构应对监理单位的下列行为进行抽查：

1. 监理单位资质、项目监理机构的人员资格、配备及到位情况；

2. 监理规划、监理实施细则（关键部位和工序的确定及措施）的编制审批内容的执行情况；

3. 对材料、构配件、设备投入使用或安装前进行审查情况；

4. 对分包单位的资质进行核查情况；

5. 见证取样制度的实施情况；

6. 对重点部位、关键工序实施旁站监理情况；

7. 质量问题通知单签发及质量问题整改结果的复查情况；

8. 组织检验批、分项、分部（子分部）工程的质量验收、参与单位（子单位）工程质量的验收情况；

9. 监理资料收集整理情况。

4.0.6 监督机构应对工程质量检测单位的下列行为进行抽查：

1. 是否超越核准的类别、业务范围承接任务；

2. 检测业务基本管理制度情况；

3. 检测内容和方法的规范性程度；

4. 检测报告形成程序、数据及结论的符合性程度。

5 工程实体质量监督

5.0.1 监督机构对工程实体质量的监督应遵守以下一般规定：

1. 对工程实体质量的监督采取抽查施工作业面的施工质量与对关键部位重点监督相结合的方式；

2. 重点检查结构质量、环境质量和重要使用功能、其中重点监督工程地基基础、主体结构和其它涉及结构安全的关键部位；

3. 抽查涉及结构安全和使用功能的主要材料、构配件和设备的出厂合格证、试验报告、见证取样送检资料及结构实体检测报告；

4. 抽查结构混凝土及承重砌体施工过程的质量控制情况；

5. 实体质量检查要辅以必要的监督检测、由监督人员根据结构部位的重要程度及施工现场质量情况进行随机抽检。

5.0.2 监督机构应对地基基础工程的验收进行监督、并对下列内容进行重点抽查：

1. 桩基、地基处理的施工质量及检测报告、验收记录、验槽记录；

2. 防水工程的材料和施工质量；

3. 地基基础子分部、分部工程的质量验收情况。

5.0.3　监督机构应对主体结构工程的验收进行监督、并对下列内容进行重点抽查：

1. 钢结构、混凝土结构等重要部位及有特殊要求部位的质量及隐蔽验收；

2. 混凝土、钢筋及砌体等工程关键部位、必要时进行现场监督检测；

3. 主体结构子分部、分部工程的质量验收资料。

5.0.4　监督机构应根据实际情况对有关装饰装修、安装工程的下列部分内容进行抽查：

1. 幕墙工程、外墙粘（挂）饰面工程、大型灯具等涉及安全和使用功能的重点部位施工质量的监督抽查；

2. 安装工程使用功能的检测及试运行记录；

3. 工程的观感质量；

4. 分部（子分部）工程的施工质量验收资料。

5.0.5　监督机构应根据实际情况对有关工程使用功能和室内环境质量的下列部分内容进行抽查：

1. 有环保要求材料的检测资料；

2. 室内环境质量检测报告；

3. 绝缘电阻、防雷接地及工作接地电阻的检测资料、必要时可进行现场测试；

4. 屋面、外墙和厕所、浴室等有防水要求的房间及卫生器具防渗漏试验的记录、必要时可进行现场抽查；

5. 各种承压管道系统水压试验的检测资料。

5.0.6　监督机构可对涉及结构安全、使用功能、关键部位的实体质量或材料进行监督检测、检测记录应列入质量监督报告。

5.0.7　监督检测的项目和数量应根据工程的规模、结构形式、施工质量等因素确定。

5.0.8　监督检测的项目宜包括：

1. 承重结构混凝土强度；

2. 要受力钢筋数量、位置及混凝土保护层厚度；

3. 浇楼板厚度；

4. 砌体结构承重墙柱的砌筑砂浆强度；

5. 安装工程中涉及安全及功能的重要项目；

6. 钢结构的重要连接部位；

7. 其他需要检测的项目。

5.0.9 监督机构经监督检测发现工程质量不符合工程建设强制性标准、或对工程质量有怀疑的、应责成有关单位委托有资质的检测单位进行检测。

6 工程竣工验收监督

6.0.1 监督机构应对以下工程竣工验收文件进行审查：

1. 施工单位出具的工程竣工报告、包括结构安全、室内环境质量和使用功能抽样检测资料等合格证明文件、以及施工过程中发现的质量问题整改报告等；

2. 勘察、设计单位出具的工程质量检查报告；

3. 监理单位出具的工程质量评估报告。

6.0.2 监督机构应对验收组成员组成及竣工验收方案进行监督。

6.0.3 监督机构应对工程实体质量进行抽测、对观感质量进行检查。

6.0.4 工程竣工验收监督的记录应包括下列内容：

1. 对工程建设强制性标准执行情况的评价；

2. 对观感质量检查验收的评价；

3. 对工程竣工验收的组织及程序的评价；

4. 对工程竣工验收报告的评价。

7 工程质量监督报告

7.0.1 监督机构应在工程竣工验收合格后7个工作日内、向备案机关提交工程质量监督报告。

7.0.2 工程质量监督报告应根据监督抽查情况、客观反映责任主体和有关机构履行质量责任的行为及检查到的工程实体质量的情况。

7.0.3 工程质量监督报告应由负责该项目的质量监督人员编写、有关专业监督人员签认、工程质量监督机构负责人审查签字、加盖公章。

7.0.4 工程质量监督报告应包括以下内容：

1. 工程概况和监督工作概况；

2. 对责任主体和有关机构质量行为及执行工程建设强制性标准的检查情况；

3. 工程实体质量监督抽查（包括监督检测）情况；

4. 工程质量技术档案和施工管理资料抽查情况；

5. 工程质量问题的整改和质量事故处理情况；

6. 各方质量责任主体及相关有资格的人员的不良记录内容；

7. 工程质量竣工验收监督记录；

8. 对工程竣工验收备案的建议。

8　工程质量监督档案和信息管理

8.0.1　监督机构应建立工程质量监督档案管理制度。

8.0.2　工程质量监督档案应推行信息化管理。

8.0.3　工程质量监督档案应包括以下主要内容：

1. 监督注册及工程项目监督工作方案；

2. 质量行为的监督记录；

3. 地基基础、主体结构工程抽查（包括监督检测）记录；

4. 工程质量竣工验收监督记录；

5. 工程质量监督报告；

6. 不良行为记录；

7. 施工中发生质量问题的整改和质量事故处理的有关资料；

8. 工程监督过程中所形成的照片（含底片）、音像资料；

9. 其他有关资料。

8.0.4　工程质量监督档案应及时整理、并符合档案管理的有关规定。

8.0.5　工程质量监督档案保管期限分为长期和短期两种、长期为 15 年、短期为 5 年。

8.0.6　工程质量监督档案案卷的装具、装订应做到统一、整齐、牢固、符合相关规范标准的要求、便于保管与查阅。

8.0.7　监督机构应加强工程质量监督的信息化建设、运用工程质量监督信息系统、实现监督注册、行为监督、实体质量监督、不良行为记录、竣

工验收备案等工作的在线作业。

8.0.8　监督机构应建立工程质量监督信息数据库、将工程建设责任主体和有关机构信息、在建及竣工工程信息、监督检查中发现的工程建设责任主体违规和违反强制性标准信息、工程质量状况统计信息、工程竣工验收备案信息等纳入数据库。

8.0.9　市（地）级以上工程质量监督机构及有条件的县（市）级监督机构应设置质量信息局域网、其设置应满足上级部门对质量信息管理及数据传递的要求。

8.0.10　监督机构应将所发现的工程建设各方责任主体和有关机构的不良行为进行记录、核实、按规定的程序和权限、通过信息系统向社会公示并向上级有关部门传递。

建设部关于印发《建设部推广应用新技术管理细则》的通知

建科［2002］222号

各省、自治区建设厅、直辖市建委，北京市政管委，首都规划委员会、计划单列市建委，新疆生产建设兵团：

根据《建设领域推广应用新技术管理规定》（建设部令第109号），制定了《建设部推广应用新技术管理细则》。现印发给你们，请遵照执行。

附件：建设部推广应用新技术管理细则

中华人民共和国建设部

二〇〇二年九月六日

建设部推广应用新技术管理细则

第一章　总　　则

第一条　根据《建设领域推广应用新技术管理规定》（建设部令第109号）和有关规定，制定本细则。

第二条　本细则所称的推广应用新技术，是指新技术的推广应用和落后技术的限制、禁止使用（以下简称限用、禁用）。

第三条　本细则适用于建设部开展推广应用新技术工作的管理。

第四条　建设部推广应用的新技术，是指适用于工程建设、城市建设和村镇建设等领域，并经过科技成果鉴定、评估或新产品新技术鉴定的先进、成熟、适用的技术、工艺、材料、产品。

第五条　建设部限用、禁用的落后技术，是指已无法满足工程建设、城市建设、村镇建设等领域的使用要求，阻碍技术进步与行业发展，且已有替

代技术，需要对其应用范围加以限制或禁止其使用的技术、工艺、材料、产品。

第六条 建设部推广应用新技术的发布采取《建设部重点实施技术领域》（以下简称“重点实施技术领域”）、《建设部推广应用新技术和限制、禁止使用落后技术公告》（以下简称“技术公告”）和《建设部科技成果推广项目》（以下简称“推广项目”）三种方式。

前款三种发布方式的内容，适用于全国或所规定的适用范围。

第七条 建设部通过科技示范工程（以下简称示范工程）和新技术产业化基地（以下简称产业化基地）、科技发展试点城市、企业技术中心及技术市场等形式，推动建设行业推广应用新技术。

第八条 推广应用新技术应当遵循自愿、互利、公平、诚实信用原则，依法或者依照合同的约定，享受利益，承担风险。对技术进步有重大作用的新技术，在充分论证的基础上，可以采取行政和经济等措施，予以推广。

第九条 城市规划、公用事业、工程勘察、工程设计、建筑施工、工程监理、房地产开发和物业管理等单位，应当积极采用建设部推广应用的新技术，严格执行限用和禁用落后技术规定，其应用新技术的业绩应当作为衡量企业技术进步的重要内容。

第十条 积极鼓励和扶持建设科技中介服务机构从事新技术推广应用工作，充分发挥行业协会、学会的作用，开展新技术推广应用与落后技术的限用和禁用工作。

第二章 重点实施技术领域

第十一条 根据产业优化升级和技术创新的要求，围绕国家建设事业的工作重点，选择有先进、成熟技术支撑并需重点组织技术推广的技术领域发布重点实施技术领域，引导建设行业有重点地开展推广应用新技术工作。

第十二条 建设部征集有关单位的建议，组织专家论证确定重点实施技术领域，以建设部公告形式每五年发布一次。发布期内可根据需要进行局部调整。

第三章　技术公告

第十三条　技术公告根据重点实施技术领域确定的技术领域和行业发展要求，组织编制和发布。

第十四条　建设部向有关单位征集技术公告建议案，组织专家论证，经审定后，以建设部公告形式发布。

第十五条　技术公告发布以下内容：推广应用或限用、禁用技术名称、主要技术指标、适用对象、适用地域范围以及适用起止时间等。

第十六条　对技术公告公布的限用和禁用技术，施工图设计审查单位、工程监理单位和质量监督部门应将其列为审查内容；建设单位、设计单位和施工单位不得在工程中使用；凡违反技术公告应用禁用或限用落后技术的，视同使用不合格的产品，建设行政主管部门不得验收、备案；违反技术公告并违反工程建设强制性标准的，依据《建设工程质量管理条例》对实施单位进行处罚。

第四章　推广项目

第十七条　推广项目根据技术公告和科技成果推广应用的需求编制，按年度以建设部文件发布并颁发证书，有效期三年。

第十八条　推广项目主要发布科技成果名称、适用范围和技术依托单位。其中，产品类科技成果发布其应用技术或生产技术。

第十九条　推广项目立项应具备以下条件：

1. 符合重点实施技术领域、技术公告和科技成果推广应用的需要；

2. 通过科技成果鉴定、评估或新产品新技术鉴定，鉴定时间一般在一年以上；

3. 具备必要的应用技术标准、规范、规程、工法、操作手册、标准图、使用维护管理手册或技术指南等完整配套且指导性强的标准化应用技术文件；

4. 技术先进、成熟、辐射能力强，适合在全国或较大范围内推广应用；

5. 申报单位必须是成果持有单位且具备较强的技术服务能力；

6. 没有成果或其权属的争议。

第二十条 对国家发布的现行工程建设标准、规范、规程未涉及的推广项目，建设部可根据工程建设强制性条文和有关标准、规范、规程的要求，指定国家认可的检测机构进行试验、出具检测报告，委托有关单位编制统一的建设部科技成果推广项目技术导则，并经建设部组织的技术专家委员会审定后发布使用。技术导则可以作为签定合同时约定质量指标的考核标准，并作为编制勘察设计文件、施工图审查、施工安装、工程监理、质量检验评定验收和使用维护管理的技术依据。

第二十一条 对进入国内建设市场的境外技术，可按照推广项目的要求进行评审和发布。

第二十二条 凡在三年有效期内，具备有效法定检测报告的推广项目，在工程应用时不再重新检测（国家和行业另有规定的除外）。

第二十三条 推广项目技术依托单位在推广应用中，应配合应用单位及时进行应用技术总结，完善技术规程、标准图集及修订定额等，并不断提高技术质量标准和技术服务水平。

第二十四条 对推广项目技术依托单位在推广应用过程中降低质量标准和技术服务水平，不能满足推广应用要求的，建设部将取消推广项目资格并收回证书；发生质量问题的，技术依托单位按照有关法律、法规承担相应的责任。

第五章 示范工程

第二十五条 示范工程优化集成先进适用成套技术，为不同类型工程推广应用新技术提供范例，按年度组织实施，纳入建设部科技项目计划管理。

第二十六条 示范工程立项应具备以下条件：

1. 应是国家或地方的重点工程、标志性建筑或量大面广具有普遍意义的工程项目。可以是拟建、在建或竣工时间在一年内的工程。拟建工程应在申请示范工程立项前办理有关工程审批手续；

2. 以提高工程整体效益为目标，实现技术的集成与优化，形成完整的成套技术；

3. 选用技术应为建设部或省、自治区建设厅、直辖市建委发布的推广项

目，且必须是示范工程需要使用的重大关键技术，其它配套技术可根据需要选用，但必须经过申报示范工程所在的省、自治区建设厅、直辖市建委组织的技术论证；

4. 示范工程申报单位可以是业主，也可以由业主与施工安装单位、工程总承包单位、工程设计院、选用技术的持有单位等联合申报，施工安装单位等也可单独或各单位联合申报。

第二十七条　示范工程申报单位作为示范工程实施单位应根据计划认真组织实施并及时进行总结，提出相应的规程、工法、标准图等标准化应用技术文件，编制必要的计算机应用软件；进行技术经济分析，对示范工程经济、社会、环境效益进行总结并提出报告；拍摄示范工程录像资料，制作光盘等。重点总结提出示范工程推广应用新技术指南。

第二十八条　经过论证的示范工程推广应用新技术指南和标准化应用技术文件，可按推广项目发布。

第二十九条　示范工程所在地的省、自治区、直辖市建设行政主管部门，负责示范工程的监督管理。

第三十条　示范工程遇特殊情况停建或缓建，实施单位应及时报告所在省建设行政主管部门，由其提出处理意见后报建设部备案。

第三十一条　对不按照实施计划和示范要求组织实施的示范工程，给予通报批评，直至取消示范工程资格。

第三十二条　示范工程在完成建设工程项目竣工验收后，建设部组织对示范工程进行验收，通过验收的示范工程颁发建设部科技示范工程验收合格证书，并对优秀的示范工程和有关人员予以表彰。

第六章　产业化基地

第三十三条　产业化基地以引导行业新技术产业化为目标，以行业优势企业为载体，推进重点实施技术领域的新技术产业化进程。产业化基地纳入建设部科技项目计划管理。

第三十四条　申报产业化基地立项应具备以下条件：

1. 管理体制和运行机制有利于新技术的产业化，组织机构健全，管理科学合理，人员素质较高；

2. 具有一定规模和效益，有实施新技术产业化的资金筹措能力，具有良好的市场信誉；

3. 新技术产业化水平较高，产业化模式符合产业化发展方向；

4. 技术创新能力较强，成果居行业先进水平。大型企业应设有技术中心；中小型企业应具有产学研相结合的技术创新机制；

5. 在行业技术创新、产业化和人力资源开发等方面，能为行业发展提供服务；

6. 有切实可行的产业化基地建设规划和工作计划。

第三十五条 产业化基地实施单位，应根据基地建设规划和工作计划认真组织实施，并负责编制本行业的新技术产业化导则。

第三十六条 产业化基地遇特殊情况不能按计划组织实施，实施单位应及时报告并提出处理意见后报建设部备案。

第三十七条 对不能按照计划和要求组织实施的产业化基地，给予通报批评，直至取消产业化基地资格。

第三十八条 实施完成的产业化基地建设由建设部组织验收，通过验收的产业化基地颁发建设部新技术产业化基地验收合格证书，并对优秀的产业化基地及其有关人员予以表彰。

第七章 附 则

第三十九条 建设科技发展试点城市、企业技术中心、工程技术研究中心和技术市场可参照示范工程或产业化基地的管理方式开展工作。

第四十条 省、自治区、直辖市建设厅（建委）依据《建设领域推广应用新技术管理规定》，参照本细则制定本行政区的建设领域推广应用新技术管理规定实施细则。

第四十一条 本细则由建设部负责解释。

第四十二条 本细则自发布之日起施行。本细则施行后，《建设部重点实施技术示范工程管理办法》（建科［2000］286号文）废止。

建设部关于印发《房屋建筑工程施工旁站监理管理办法（试行）》的通知

建市［2002］189号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，国务院有关部门建设司，解放军总后营房部，新疆生产建设兵团，中央管理的有关总公司：

现将《房屋建筑工程施工旁站监理管理办法（试行）》印发给你们，请结合本地区、本部门实际情况认真贯彻执行。执行中有何问题，请及时告我部建筑市场管理司。

附件：旁站监理记录表（略）

中华人民共和国建设部

二〇〇二年七月十七日

房屋建筑工程施工旁站监理管理办法（试行）

第一条　为加强对房屋建筑工程施工旁站监理的管理，保证工程质量，依据《建设工程质量管理条例》的有关规定，制定本办法。

第二条　本办法所称房屋建筑工程施工旁站监理（以下简称旁站监理），是指监理人员在房屋建筑工程施工阶段监理中，对关键部位、关键工序的施工质量实施全过程现场跟班的监督活动。

本办法所规定的房屋建筑工程的关键部位、关键工序，在基础工程方面包括：土方回填，混凝土灌注桩浇筑，地下连续墙、土钉墙、后浇带及其他结构混凝土、防水混凝土浇筑，卷材防水层细部构造处理，钢结构安装；在主体结构工程方面包括：梁柱节点钢筋隐蔽过程，混凝土浇筑，预应力张拉，装配式结构安装，钢结构安装，网架结构安装，索膜安装。

第三条　监理企业在编制监理规划时，应当制定旁站监理方案，明确旁

站监理的范围、内容、程序和旁站监理人员职责等。旁站监理方案应当送建设单位和施工企业各一份，并抄送工程所在地的建设行政主管部门或其委托的工程质量监督机构。

第四条 施工企业根据监理企业制定的旁站监理方案，在需要实施旁站监理的关键部位、关键工序进行施工前 24 小时，应当书面通知监理企业派驻工地的项目监理机构。项目监理机构应当安排旁站监理人员按照旁站监理方案实施旁站监理。

第五条 旁站监理在总监理工程师的指导下，由现场监理人员负责具体实施。

第六条 旁站监理人员的主要职责是：

（一）检查施工企业现场质检人员到岗、特殊工种人员持证上岗以及施工机械、建筑材料准备情况；

（二）在现场跟班监督关键部位、关键工序的施工执行施工方案以及工程建设强制性标准情况；

（三）核查进场建筑材料、建筑构配件、设备和商品混凝土的质量检验报告等，并可在现场监督施工企业进行检验或者委托具有资格的第三方进行复验；

（四）做好旁站监理记录和监理日记，保存旁站监理原始资料。

第七条 旁站监理人员应当认真履行职责，对需要实施旁站监理的关键部位、关键工序在施工现场跟班监督，及时发现和处理旁站监理过程中出现的质量问题，如实准确地做好旁站监理记录。凡旁站监理人员和施工企业现场质检人员未在旁站监理记录（见附件）上签字的，不得进行下一道工序施工。

第八条 旁站监理人员实施旁站监理时，发现施工企业有违反工程建设强制性标准行为的，有权责令施工企业立即整改；发现其施工活动已经或者可能危及工程质量的，应当及时向监理工程师或者总监理工程师报告，由总监理工程师下达局部暂停施工指令或者采取其他应急措施。

第九条 旁站监理记录是监理工程师或者总监理工程师依法行使有关签字权的重要依据。对于需要旁站监理的关键部位、关键工序施工，凡没有实施旁站监理或者没有旁站监理记录的，监理工程师或者总监理工程师不得在相应文件上签字。在工程竣工验收后，监理企业应当将旁站监理记录存档备

查。

第十条　对于按照本办法规定的关键部位、关键工序实施旁站监理的，建设单位应当严格按照国家规定的监理取费标准执行；对于超出本办法规定的范围，建设单位要求监理企业实施旁站监理的，建设单位应当另行支付监理费用，具体费用标准由建设单位与监理企业在合同中约定。

第十一条　建设行政主管部门应当加强对旁站监理的监督检查，对于不按照本办法实施旁站监理的监理企业和有关监理人员要进行通报，责令整改，并作为不良记录载入该企业和有关人员的信用档案；情节严重的，在资质年检时应定为不合格，并按照下一个资质等级重新核定其资质等级；对于不按照本办法实施旁站监理而发生工程质量事故的，除依法对有关责任单位进行处罚外，还要依法追究监理企业和有关监理人员的相应责任。

第十二条　其他工程的施工旁站监理，可以参照本办法实施。

第十三条　本办法自 2003 年 1 月 1 日起施行。

进一步贯彻《关于加强建筑工程室内环境质量管理的若干意见》的通知

建质施函［2002］37号

各省、自治区建设厅，直辖市建委：

为使国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》，以及有关建筑和装修材料污染物控制标准等在工程建设中得到及时贯彻落实，我部印发了《关于加强建筑工程室内环境质量管理的若干意见》（建办质［2002］17号），规定建筑工程竣工验收时，建设单位必须委托经考核认可的检测机构对建筑工程室内氡、甲醛、苯、氨、总挥发性有机化合物（TVOC）的含量指标进行检测，指标不符合《规范》规定的，不得投入使用。目前，各地已按照《意见》的要求，开展了建筑工程室内环境质量监督管理工作。

鉴于这项工作与以往工程质量监督管理的内容有较大区别，涉及面广，政策性强，与群众生活密切相关，为了积极稳妥地推进工作，摸索经验，经研究，我司决定在今后半年内重点联系北京、上海、天津、重庆、江苏、浙江、山东、河北、河南、辽宁等地，深入了解这些地区开展建筑工程室内环境质量监督管理工作的情况。希望这些地区在今年年底以前力求在以下几个方面取得成效：建立健全规章制度，提出检测机构的条件，建立并认可检测机构，开展竣工验收检测工作，协调有关部门制定检测收费标准，加强对进场的建筑材料的监督检查，加强对环境质量验收的监督和备案管理等。

今年年底（12月15日）前，请以上地区就工作开展情况向我司提交工作报告，内容包括开展建筑工程室内环境监督管理的基本情况：制度建设方面出台的配套文件、本地区检测机构设立和分布情况，已经建设主管部门认可的非建设系统的检测机构及所占的比例、检测收费标准、对进场建筑材料的监督检查措施、如何处理环境质量验收与备案的关系、以及与有关部门在建筑工程室内环境质量监管中的关系协调情况等，同时提出存在的问题和建议。其他地区开展此项工作的，也可将情况报我司。

我司将于8月下旬对建筑工程室内环境质量管理工作情况进行调研，于

11 月中旬召开加强建筑工程室内环境质量监督工作座谈会，年底进行工作总结。并根据各地实践情况，进一步完善建筑工程室内环境质量监督管理制度。

建设部工程质量安全监督与行业发展司

二〇〇二年六月二十八日

关于印发《建设部建筑业新技术应用示范工程管理办法》的通知

建质［2002］173号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，江苏省建管局，山东省建管局，新疆生产建设兵团：

为加大建筑业推广应用新技术力度，加强对全国建筑业新技术示范工程的管理，我部制定了《建设部建筑业新技术示范工程管理办法》，现印发你们，请组织实施。

中华人民共和国建设部

二○○二年六月十三日

建设部建筑业新技术应用示范工程管理办法

第一条 为使科技成果转化为生产力，推动建筑新技术在工程上的广泛应用，进一步做好建设部建筑业新技术应用示范工程的管理工作，根据《建设领域推广应用新技术管理规定》（建设部令第109号），制定本办法。

第二条 本办法所称建筑新技术是指建设部当前重点推广的“建筑业10项新技术”，即深基坑支护技术、高强高性能混凝土技术、高效钢筋和预应力混凝土技术、粗直径钢筋连接技术、新型模板和脚手架应用技术、建筑节能和新型墙体应用技术、新型建筑防水和塑料管应用技术、钢结构技术、大型构件和设备的整体安装技术、企业的计算机应用和管理技术。

本办法所称建设部建筑业新技术应用示范工程（以下简称示范工程）是指经建设部公布的、采用6项以上建筑新技术的工程。

第三条 建设部工程质量安全监督与行业发展司会同科学技术司负责示范工程的立项审批、实施与监督，以及应用成果评审工作。示范工程管理的具体工作委托中国建筑业协会（以下称示范工程委托管理单位）承办。

第四条　示范工程的立项条件是：新开工程、建设规模大、技术复杂、质量标准要求高的房屋建筑工程、市政基础设施工程、土木工程和工业建设项目。上述工程已经批准列为省（部）级建筑业新技术应用示范工程，并可在三年内完成申报的全部新技术内容的，可申报示范工程。

第五条　省、自治区、直辖市建设行政主管部门，国务院有关部门建设司按立项条件择优选取有代表性的工程进行初审，通过初审后方可申报示范工程。

第六条　申报单位填写《示范工程申报书》（申报书格式见附件），连同批准列为省（部）级建筑业新技术应用示范工程的文件，一式两份，经当地建设行政主管部门或有关部门建设司审核后，报建设部工程质量安全监督与行业发展司。

第七条　经示范工程委托管理单位组织专家审核后，批准列为示范工程，并由部发文公布。

已经被批准列为示范工程的项目，如果立项条件发生变化，经与有关方面协商后，建设部可以做出取消或更改的决定。

第八条　有关地区或部门要加强对示范工程实施工作的领导，制订实施计划，每半年总结检查一次。

示范工程委托管理单位将不定期地对示范工程进行检查。

第九条　示范工程执行单位要采取有效措施，认真落实示范工程新技术应用实施计划，强化管理，使其成为工程质量优、科技含量高、施工速度符合标准规范和合同要求、经济和社会效益好的样板工程。

第十条　示范工程执行单位全部完成了《示范工程申报书》中提出的新技术内容，且应用新技术的分项工程质量达到现行质量验收标准的，示范工程执行单位应准备好应用成果评审资料，并填写《示范工程应用成果评审申请书》一式四份（应用成果评审申请书格式见附件），按隶属关系向省、自治区、直辖市建设行政主管部门或国务院有关部门建设司提出申请。经其初审符合标准的，向示范工程委托管理单位申请应用成果评审。

第十一条　示范工程执行单位应提交以下应用成果评审资料：

（一）《示范工程申报书》及批准文件；

（二）工程施工组织设计（有关新技术应用部分）；

（三）应用新技术综合报告（扼要叙述应用新技术内容，综合分析推广

应用新技术的成效，体会与建议）；

（四）单项新技术应用工作总结（每项新技术所在分项工程状况，关键技术的施工方法及创新点，保证质量的措施，直接经济效益和社会效益）；

（五）工程质量证明（工程监理或建设单位对整个工程或地基与基础和主体结构两个分部工程质量验收证明）；

（六）效益证明（有条件的可以由有关单位出具的社会效益证明及经济效益与可计算的社会效益汇总表）；

（七）企业技术文件（通过示范工程总结出的技术规程、工法等）；

（八）新技术施工录像及其它有关文件和资料。

第十二条 示范工程应用成果评审的主要内容：

（一）提供评审的资料是否齐全；

（二）是否完成了申报书中提出的推广应用新技术内容；

（三）施工企业应用新技术中有无创新内容；

（四）应用新技术后对工程质量、工期、效益的影响。

评审专家组应根据以上内容，对该示范工程应用新技术的整体水平做出综合评价。

第十三条 示范工程的应用成果评审由示范工程委托管理单位组织评审专家组进行，每项示范工程评审专家组由专家 5～7 人组成。

被评审的示范工程执行单位人员，不得聘为专家组成员。申报工程所在省、自治区、直辖市或国务院有关部门的评审专家不得超过专家组人数的三分之一。

示范工程评审专家从建设部工程质量安全监督与行业发展司设立的示范工程应用成果评审专家库中选取。专家库由省、自治区、直辖市建设行政主管部门和国务院有关部门推荐的专家形成。入选专家库的专家必须具有本科以上学历和高级技术职称，从事项目管理或专业技术工作 10 年以上，在某一新技术领域有较深研究，年龄原则上不超过 65 周岁。专家库每三年更换一次。

第十四条 示范工程应用成果评审工作分两个阶段进行，一是资料审查，二是现场查验。评审专家必须认真审查示范工程执行单位报送的评审资料和查验施工现场，实事求是地提出审查意见。

评审专家必须为申报单位保守技术秘密。

评审工作费用由申报单位承担。

第十五条　评审专家组组长应提出初步评审意见，当有超过三分之一（含三分之一）的评审专家对该审查结果提出不同意见时，该评审意见不能成立。评审意见形成后，由评审专家组组长签字。

第十六条　示范工程通过评审，其中应用的新技术水平达到国内领先水平时，该工程可综合评价为示范工程国内领先水平；新技术应用水平达不到国内领先水平时，该工程可综合评价为示范工程国内先进水平。

第十七条　通过评审的示范工程，经建设部工程质量安全监督与行业发展司会同科学技术司审定后，按照程序予以公告。

第十八条　各类优质工程的评选应优先从“建设部建筑业新技术应用示范工程”中选取，以提高优质工程的科技含量。

第十九条　对已通过评审的建设部建筑业新技术应用示范工程，发现其工程质量存在问题或隐患，取消其建设部建筑业新技术应用示范工程称号，并予以公告。

第二十条　本办法由建设部负责解释。

第二十一条　本办法自 2002 年 10 月 1 日起施行。原《全国建筑业新技术应用示范工程验收办法》（建建技［1996］20 号）同时废止。

住宅室内装饰装修管理办法

中华人民共和国建设部令

第 110 号

《住宅室内装饰装修管理办法》已于 2002 年 2 月 26 日经第 53 次部常务会议讨论通过，现予发布，自 2002 年 5 月 1 日起施行。

部长：汪光焘

二〇〇二年三月五日

第一章　总　　则

第一条　为加强住宅室内装饰装修管理，保证装饰装修工程质量和安全，维护公共安全和公众利益，根据有关法律、法规，制定本办法。

第二条　在城市从事住宅室内装饰装修活动，实施对住宅室内装饰装修活动的监督管理，应当遵守本办法。

本办法所称住宅室内装饰装修，是指住宅竣工验收合格后，业主或者住宅使用人（以下简称装修人）对住宅室内进行装饰装修的建筑活动。

第三条　住宅室内装饰装修应当保证工程质量和安全，符合工程建设强制性标准。

第四条　国务院建设行政主管部门负责全国住宅室内装饰装修活动的管理工作。

省、自治区人民政府建设行政主管部门负责本行政区域内的住宅室内装饰装修活动的管理工作。

直辖市、市、县人民政府房地产行政主管部门负责本行政区域内的住宅室内装饰装修活动的管理工作。

第二章　一般规定

第五条　住宅室内装饰装修活动，禁止下列行为：

（一）未经原设计单位或者具有相应资质等级的设计单位提出设计方案，变动建筑主体和承重结构；

（二）将没有防水要求的房间或者阳台改为卫生间、厨房间；

（三）扩大承重墙上原有的门窗尺寸，拆除连接阳台的砖、混凝土墙体；

（四）损坏房屋原有节能设施，降低节能效果；

（五）其他影响建筑结构和使用安全的行为。

本办法所称建筑主体，是指建筑实体的结构构造，包括屋盖、楼盖、梁、柱、支撑、墙体、连接接点和基础等。

本办法所称承重结构，是指直接将本身自重与各种外加作用力系统地传递给基础地基的主要结构构件和其连接接点，包括承重墙体、立杆、柱、框架柱、支墩、楼板、梁、屋架、悬索等。

第六条　装修人从事住宅室内装饰装修活动，未经批准，不得有下列行为：

（一）搭建建筑物、构筑物；

（二）改变住宅外立面，在非承重外墙上开门、窗；

（三）拆改供暖管道和设施；

（四）拆改燃气管道和设施。

本条所列第（一）项、第（二）项行为，应当经城市规划行政主管部门批准；第（三）项行为，应当经供暖管理单位批准；第（四）项行为应当经燃气管理单位批准。

第七条　住宅室内装饰装修超过设计标准或者规范增加楼面荷载的，应当经原设计单位或者具有相应资质等级的设计单位提出设计方案。

第八条　改动卫生间、厨房间防水层的，应当按照防水标准制订施工方案，并做闭水试验。

第九条　装修人经原设计单位或者具有相应资质等级的设计单位提出设计方案变动建筑主体和承重结构的，或者装修活动涉及本办法第六条、第七条、第八条内容的，必须委托具有相应资质的装饰装修企业承担。

第十条　装饰装修企业必须按照工程建设强制性标准和其他技术标准施工，不得偷工减料，确保装饰装修工程质量。

第十一条　装饰装修企业从事住宅室内装饰装修活动，应当遵守施工安全操作规程，按照规定采取必要的安全防护和消防措施，不得擅自动用明火

和进行焊接作业，保证作业人员和周围住房及财产的安全。

第十二条 装修人和装饰装修企业从事住宅室内装饰装修活动，不得侵占公共空间，不得损害公共部位和设施。

第三章 开工申报与监督

第十三条 装修人在住宅室内装饰装修工程开工前，应当向物业管理企业或者房屋管理机构（以下简称物业管理单位）申报登记。

非业主的住宅使用人对住宅室内进行装饰装修，应当取得业主的书面同意。

第十四条 申报登记应当提交下列材料：

（一）房屋所有权证（或者证明其合法权益的有效凭证）；

（二）申请人身份证件；

（三）装饰装修方案；

（四）变动建筑主体或者承重结构的，需提交原设计单位或者具有相应资质等级的设计单位提出的设计方案；

（五）涉及本办法第六条行为的，需提交有关部门的批准文件，涉及本办法第七条、第八条行为的，需提交设计方案或者施工方案；

（六）委托装饰装修企业施工的，需提供该企业相关资质证书的复印件。

非业主的住宅使用人，还需提供业主同意装饰装修的书面证明。

第十五条 物业管理单位应当将住宅室内装饰装修工程的禁止行为和注意事项告知装修人和装修人委托的装饰装修企业。

装修人对住宅进行装饰装修前，应当告知邻里。

第十六条 装修人，或者装修人和装饰装修企业，应当与物业管理单位签订住宅室内装饰装修管理服务协议。

住宅室内装饰装修管理服务协议应当包括下列内容：

（一）装饰装修工程的实施内容；

（二）装饰装修工程的实施期限；

（三）允许施工的时间；

（四）废弃物的清运与处置；

（五）住宅外立面设施及防盗窗的安装要求；

（六）禁止行为和注意事项；

（七）管理服务费用；

（八）违约责任；

（九）其他需要约定的事项。

第十七条　物业管理单位应当按照住宅室内装饰装修管理服务协议实施管理，发现装修人或者装饰装修企业有本办法第五条行为的，或者未经有关部门批准实施本办法第六条所列行为的，或者有违反本办法第七条、第八条、第九条规定行为的，应当立即制止；已造成事实后果或者拒不改正的，应当及时报告有关部门依法处理。对装修人或者装饰装修企业违反住宅室内装饰装修管理服务协议的，追究违约责任。

第十八条　有关部门接到物业管理单位关于装修人或者装饰装修企业有违反本办法行为的报告后，应当及时到现场检查核实，依法处理。

第十九条　禁止物业管理单位向装修人指派装饰装修企业或者强行推销装饰装修材料。

第二十条　装修人不得拒绝和阻碍物业管理单位依据住宅室内装饰装修管理服务协议的约定，对住宅室内装饰装修活动的监督检查。

第二十一条　任何单位和个人对住宅室内装饰装修中出现的影响公众利益的质量事故、质量缺陷以及其他影响周围住户正常生活的行为，都有权检举、控告、投诉。

第四章　委托与承接

第二十二条　承接住宅室内装饰装修工程的装饰装修企业，必须经建设行政主管部门资质审查，取得相应的建筑业企业资质证书，并在其资质等级许可的范围内承揽工程。

第二十三条　装修人委托企业承接其装饰装修工程的，应当选择具有相应资质等级的装饰装修企业。

第二十四条　装修人与装饰装修企业应当签订住宅室内装饰装修书面合同，明确双方的权利和义务。

住宅室内装饰装修合同应当包括下列主要内容：

（一）委托人和被委托人的姓名或者单位名称、住所地址、联系电话；

（二）住宅室内装饰装修的房屋间数、建筑面积，装饰装修的项目、方式、规格、质量要求以及质量验收方式；

（三）装饰装修工程的开工、竣工时间；

（四）装饰装修工程保修的内容、期限；

（五）装饰装修工程价格，计价和支付方式、时间；

（六）合同变更和解除的条件；

（七）违约责任及解决纠纷的途径；

（八）合同的生效时间；

（九）双方认为需要明确的其他条款。

第二十五条　住宅室内装饰装修工程发生纠纷的，可以协商或者调解解决。不愿协商、调解或者协商、调解不成的，可以依法申请仲裁或者向人民法院起诉。

第五章　室内环境质量

第二十六条　装饰装修企业从事住宅室内装饰装修活动，应当严格遵守规定的装饰装修施工时间，降低施工噪音，减少环境污染。

第二十七条　住宅室内装饰装修过程中所形成的各种固体、可燃液体等废物，应当按照规定的位置、方式和时间堆放和清运。严禁违反规定将各种固体、可燃液体等废物堆放于住宅垃圾道、楼道或者其他地方。

第二十八条　住宅室内装饰装修工程使用的材料和设备必须符合国家标准，有质量检验合格证明和有中文标识的产品名称、规格、型号、生产厂厂名、厂址等。禁止使用国家明令淘汰的建筑装饰装修材料和设备。

第二十九条　装修人委托企业对住宅室内进行装饰装修的，装饰装修工程竣工后，空气质量应当符合国家有关标准。装修人可以委托有资格的检测单位对空气质量进行检测。检测不合格的，装饰装修企业应当返工，并由责任人承担相应损失。

第六章　竣工验收与保修

第三十条　住宅室内装饰装修工程竣工后，装修人应当按照工程设计合

同约定和相应的质量标准进行验收。验收合格后，装饰装修企业应当出具住宅室内装饰装修质量保修书。

物业管理单位应当按照装饰装修管理服务协议进行现场检查，对违反法律、法规和装饰装修管理服务协议的，应当要求装修人和装饰装修企业纠正，并将检查记录存档。

第三十一条　住宅室内装饰装修工程竣工后，装饰装修企业负责采购装饰装修材料及设备的，应当向业主提交说明书、保修单和环保说明书。

第三十二条　在正常使用条件下，住宅室内装饰装修工程的最低保修期限为二年，有防水要求的厨房、卫生间和外墙面的防渗漏为五年。保修期自住宅室内装饰装修工程竣工验收合格之日起计算。

第七章　法律责任

第三十三条　因住宅室内装饰装修活动造成相邻住宅的管道堵塞、渗漏水、停水停电、物品毁坏等，装修人应当负责修复和赔偿；属于装饰装修企业责任的，装修人可以向装饰装修企业追偿。

装修人擅自拆改供暖、燃气管道和设施造成损失的，由装修人负责赔偿。

第三十四条　装修人因住宅室内装饰装修活动侵占公共空间，对公共部位和设施造成损害的，由城市房地产行政主管部门责令改正，造成损失的，依法承担赔偿责任。

第三十五条　装修人未申报登记进行住宅室内装饰装修活动的，由城市房地产行政主管部门责令改正，处 5 百元以上 1 千元以下的罚款。

第三十六条　装修人违反本办法规定，将住宅室内装饰装修工程委托给不具有相应资质等级企业的，由城市房地产行政主管部门责令改正，处 5 百元以上 1 千元以下的罚款。

第三十七条　装饰装修企业自行采购或者向装修人推荐使用不符合国家标准的装饰装修材料，造成空气污染超标的，由城市房地产行政主管部门责令改正，造成损失的，依法承担赔偿责任。

第三十八条　住宅室内装饰装修活动有下列行为之一的，由城市房地产行政主管部门责令改正，并处罚款：

（一）将没有防水要求的房间或者阳台改为卫生间、厨房间的，或者拆除连接阳台的砖、混凝土墙体的，对装修人处 5 百元以上 1 千元以下的罚款，对装饰装修企业处 1 千元以上 1 万元以下的罚款；

（二）损坏房屋原有节能设施或者降低节能效果的，对装饰装修企业处 1 千元以上 5 千元以下的罚款；

（三）擅自拆改供暖、燃气管道和设施的，对装修人处 5 百元以上 1 千元以下的罚款；

（四）未经原设计单位或者具有相应资质等级的设计单位提出设计方案，擅自超过设计标准或者规范增加楼面荷载的，对装修人处 5 百元以上 1 千元以下的罚款，对装饰装修企业处 1 千元以上 1 万元以下的罚款。

第三十九条　未经城市规划行政主管部门批准，在住宅室内装饰装修活动中搭建建筑物、构筑物的，或者擅自改变住宅外立面、在非承重外墙上开门、窗的，由城市规划行政主管部门按照《城市规划法》及相关法规的规定处罚。

第四十条　装修人或者装饰装修企业违反《建设工程质量管理条例》的，由建设行政主管部门按照有关规定处罚。

第四十一条　装饰装修企业违反国家有关安全生产规定和安全生产技术规程，不按照规定采取必要的安全防护和消防措施，擅自动用明火作业和进行焊接作业的，或者对建筑安全事故隐患不采取措施予以消除的，由建设行政主管部门责令改正，并处 1 千元以上 1 万元以下的罚款；情节严重的，责令停业整顿，并处 1 万元以上 3 万元以下的罚款；造成重大安全事故的，降低资质等级或者吊销资质证书。

第四十二条　物业管理单位发现装修人或者装饰装修企业有违反本办法规定的行为不及时向有关部门报告的，由房地产行政主管部门给予警告，可处装饰装修管理服务协议约定的装饰装修管理服务费 2 至 3 倍的罚款。

第四十三条　有关部门的工作人员接到物业管理单位对装修人或者装饰装修企业违法行为的报告后，未及时处理，玩忽职守的，依法给予行政处分。

第八章　附　　则

第四十四条　工程投资额在 30 万元以下或者建筑面积在 300 平方米以

下，可以不申请办理施工许可证的非住宅装饰装修活动参照本办法执行。

第四十五条　住宅竣工验收合格前的装饰装修工程管理，按照《建设工程质量管理条例》执行。

第四十六条　省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门可以依据本办法，制定实施细则。

第四十七条　本办法由国务院建设行政主管部门负责解释。

第四十八条　本办法自 2002 年 5 月 1 日起施行。

关于印发《关于加强建筑工程室内环境质量管理的若干意见》的通知

建办质［2002］17号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，国务院有关部门建设司：

为了更好地贯彻执行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》，加强对建设工程勘察、设计、施工、验收阶段的管理，我部制定了《关于加强建筑工程室内环境质量管理的若干意见》，现印发给你们，请各地结合实际，贯彻执行。

中华人民共和国建设部办公厅

二〇〇二年三月一日

关于加强建筑工程室内环境质量管理的若干意见

为了预防和控制新建、扩建、改建的民用建筑工程室内环境污染，建设部制定了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（以下简称《规范》），对建筑工程室内氡、甲醛、苯、氨、总挥发性有机化合物（TVOC）含量的控制指标作了规定。这是我国第一部控制室内环境污染的工程建设强制性标准，将从颁布之日起施行。现就贯彻执行《规范》和加强建筑工程室内环境质量管理提出以下意见。

一、提高对建筑工程室内环境污染严重性和控制室内环境污染紧迫性的认识。近年来由于建筑工程环境污染日益严重，已引起社会各界的关注。有关部门制定的建筑和装修材料的环境指标，以及《规划》的颁布实施，基本形成了控制建筑工程室内环境污染的技术标准体系。各地建设行政主管部门要把控制室内环境污染作为确保建筑工程质量和居民身体健康的一项重要工作，抓实抓好。

二、在勘察设计和施工过程中严格执行《规范》。各地要组织工程建设

有关单位学习《规范》，对有关人员进行室内环境污染与控制知识的培训。勘察设计单位要在工程勘察和室内通风、装饰装修设计中充分考虑室内环境污染控制。施工单位和监理单位要作好材料进场检验工作，凡无出厂环境指标检验报告或者放射性指标、有害物质含量指标超标的产品不得使用在工程上。积极引导和鼓励勘察、设计、施工企业贯彻 ISO14000 环境管理体系认证，不断改进施工工艺，开展洁净生产。

三、建立民用建筑工程室内环境竣工验收检测制度。建筑工程竣工时，建设单位要按照《规范》要求对室内环境质量检查验收，委托经考核认可的检测机构对建筑工程室内氡、甲醛、苯、氨、总挥发性有机化合物（TVOC）的含量指标进行检测。建筑工程室内有害物质含量指标不符合《规范》规定的，不得投入使用。

从事建筑工程室内环境质量检测的机构要经过有关部门认证后，方可从事建筑工程室内环境质量检测。

四、加强对建筑工程室内环境质量的监督管理。各级工程质量监督机构应将建筑工程室内环境质量作为工程质量监督的重要内容之一。在工程质量监督机构报送给工程竣工验收备案机关的工程质量监督报告中，应包括对建筑工程室内环境质量监督的结论性意见。备案机关发现建筑工程室内环境质量不符合规范规定的，不得同意备案。对于施工单位不按照设计图纸和强制性标准施工，或者使用国家明令淘汰的建筑材料的，使用没有出厂检验报告的建筑材料，不按规定对有关建筑材料进行有害物质含量指标复验的，要根据《建设工程质量管理条例》第六十四条、第六十五条规定对现任单位进行处罚。对于建设单位在竣工验收时不对室内有害物质含量进行检查，

或检查不合格擅自投入使用的，要根据《建设工程质量管理条例》第五十八条规定对现任单位进行处罚。

国家科学技术奖励条例实施细则（修改）

科学技术部令第 9 号

《关于修改 < 国家科学技术奖励条例实施细则 > 的决定》已经 2004 年 4 月 16 日科学技术部第 16 次部务会议审议通过，现予发布，自公布之日起施行。

部长

二○○四年十二月二十七日

关于修改《国家科学技术奖励条例实施细则》的决定

为进一步做好国家科学技术奖励工作，保证国家科学技术奖的评审质量，现对科学技术部 1999 年 12 月 24 日发布的《国家科学技术奖励条例实施细则》（科学技术部令第 1 号）作如下修改：

一、第三条修改为：“国家科学技术奖励贯彻‘尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造’的方针，鼓励团结协作、联合攻关，鼓励自主创新，鼓励攀登科学技术高峰，促进科学研究、技术开发与经济、社会发展密切结合，促进科技成果商品化和产业化，加速科教兴国、人才强国和可持续发展战略的实施。”

二、第五条修改为：“国家科学技术奖授予在科学发现、技术发明和促进科学技术进步等方面做出创造性突出贡献的公民或者组织，并对同一项目授奖的公民、组织按照贡献大小排序”，作为第一款；将“在科学研究、技术开发项目中仅从事组织管理和辅助服务的工作人员，不得作为国家科学技术奖的候选人”单列为第二款。

三、删去第十二条第（二）项“在学术上处于国际领先或者先进水平”，并将第三项调整为第二项。

四、第十三条修改为：“奖励条例第九条第二款（三）所称‘得到国内

外自然科学界公认 ’，是指主要论著已在国内外公开发行的学术刊物上发表或者作为学术专著出版一年以上，其重要科学结论已为国内外同行在重要国际学术会议、公开发行的学术刊物，尤其是重要学术刊物以及学术专著所正面引用或者应用。”

五、第十五条修改为：“ 国家自然科学奖一等奖、二等奖单项授奖人数一般不超过 5 人，特等奖除外。特等奖项目的具体授奖人数经国家自然科学奖评审委员会评审后，由国家科学技术奖励委员会确定。”

六、第十六条增加一款作为第三款，并将本条修改为：“（一）在科学上取得突破性进展，发现的自然现象、揭示的科学规律、提出的学术观点或者其研究方法为国内外学术界所公认和广泛引用，推动了本学科或者相关学科的发展，或者对经济建设、社会发展有重大影响的，可以评为一等奖。

（二）在科学上取得重要进展，发现的自然现象、揭示的科学规律、提出的学术观点或者其研究方法为国内外学术界所公认和引用，推动了本学科或者其分支学科的发展，或者对经济建设、社会发展有重要影响的，可以评为二等奖。

对于原始性创新特别突出、具有特别重大科学价值、在国内外自然科学界有重大影响的特别重大的科学发现，可以评为特等奖。”

七、第十九条修改为：“ 奖励条例第十条第二款（二）所称 ‘ 具有先进性和创造性 ’，是指该项技术发明与国内外已有同类技术相比较，其技术思路、技术原理或者技术方法有创新，技术上有实质性的特点和显著的进步，主要性能（性状）、技术经济指标、科学技术水平及其促进科学技术进步的作用和意义等方面综合优于同类技术。”

八、第二十一条第一款修改为：“ 国家技术发明奖的候选人应当是该项技术发明的全部或者部分创造性技术内容的独立完成人 ”；第二款修改为：“ 国家技术发明奖一等奖、二等奖单项授奖人数一般不超过 6 人，特等奖除外。特等奖项目的具体授奖人数经国家技术发明奖评审委员会评审后，由国家科学技术奖励委员会确定。”

九、第二十二条增加一款作为第二款，并将本条修改为：“ 属国内外首创的重大技术发明，技术思路新颖，主要技术上有较大的创新，技术经济指标达到了同类技术的先进水平，对本领域的技术进步有推动作用，并产生了明显的经济效益或者社会效益，可以评为二等奖。

对原始性创新特别突出、主要技术经济指标显著优于国内外同类技术或者产品，并取得重大经济或者社会效益的特别重大的技术发明，可以评为特等奖。”

十、第三十条增加“特等奖授奖人数和单位数不限”，并将本条修改为：“国家科学技术进步奖一等奖单项授奖人数不超过 15 人，授奖单位不超过 10 个；二等奖单项授奖人数不超过 10 人，授奖单位不超过 7 个；特等奖授奖人数和单位数不限。特等奖项目的具体授奖人数和单位数经国家科学技术进步奖评审委员会评审后，由国家科学技术奖励委员会确定。”

十一、第三十二条增加一款“对于技术创新性特别突出、经济效益或者社会效益特别显著、推动行业科技进步作用特别明显的项目，可以评为特等奖”，并将本条修改为：“国家科学技术进步奖授奖等级根据候选人或者候选单位所完成的项目进行综合评定，评定标准如下：

（一）技术开发项目类：

在关键技术或者系统集成上有重大创新，技术难度大，总体技术水平和主要技术经济指标达到了国际同类技术或者产品的先进水平，市场竞争力强，成果转化程度高，创造了重大的经济效益，对行业的技术进步和产业结构优化升级有重大作用的，可以评为一等奖；

在关键技术或者系统集成上有较大创新，技术难度较大，总体技术水平和主要技术经济指标达到国际同类技术或者产品的水平，市场竞争力较强，成果转化程度较高，创造了较大的经济效益，对行业的技术进步和产业结构调整有较大意义的，可以评为二等奖。

（二）社会公益项目类：

在关键技术或者系统集成上有重大创新，技术难度大，总体技术水平和主要技术经济指标达到了国际同类技术或者产品的先进水平，并在行业得到广泛应用，取得了重大的社会效益，对科技发展和社会进步有重大意义的，可以评为一等奖；

在关键技术或者系统集成上有较大创新，技术难度较大，总体技术水平和技术经济指标达到国际同类技术或者产品的水平，在行业较大范围应用，取得了较大的社会效益，对科技发展和社会进步有较大意义的，可以评为二等奖。

（三）国家安全项目类：

在关键技术或者系统集成上有重大创新，技术难度很大，总体技术达到国际同类技术或者产品的先进水平，应用效果十分突出，对国防建设和保障国家安全具有重大作用的，可以评为一等奖；

在关键技术或者系统集成上有较大创新，技术难度较大，总体技术达到国际同类技术或者产品的水平，应用效果突出，对国防建设和保障国家安全有较大作用的，可以评为二等奖。

（四）重大工程项目类：

团结协作、联合攻关，在关键技术、系统集成和系统管理方面有重大创新，技术难度和工程复杂程度大，总体技术水平、主要技术经济指标达到国际同类项目的先进水平，取得了重大的经济效益或者社会效益，对推动本领域的科技发展有重大意义，对经济建设、社会发展和国家安全具有重大战略意义的，可以评为一等奖；团结协作、联合攻关，在关键技术、系统集成和系统管理方面有较大创新，技术难度和工程复杂程度较大，总体技术水平、主要技术经济指标达到国际同类项目的水平，取得了较大的经济效益或者社会效益，对推动本领域的科技发展有较大意义，对经济建设、社会发展和国家安全具有战略意义的，可以评为二等奖。

对于技术创新性特别突出、经济效益或者社会效益特别显著、推动行业科技进步作用特别明显的项目，可以评为特等奖。”

十二、第三十六条增加一项“对国家科学技术奖的推荐、评审和异议处理工作进行监督”，作为第（三）项。

十三、第三十九条第一款修改为：“国家科学技术奖各评审委员会分别设主任委员 1 人、副主任委员 2 至 4 人、秘书长 1 人、委员若干人。委员人选由科学技术部向国家科学技术奖励委员会提出建议。秘书长由奖励办公室主任担任。”

第二款修改为：“国家科学技术奖评审委员会委员实行聘任制，每届任期 3 年，连续任期不得超过两届。”

十四、第四十条增加“并将评审结果向评审委员会报告”，并将本条修改为“国家技术发明奖、国家科学技术进步奖评审委员会内设专用项目小组，负责国防、国家安全等保密项目的评审，并将评审结果向评审委员会报告。”

十五、第四十一条修改为：“根据评审工作需要，国家科学技术奖各评

审委员会可以设立若干评审组，对相关国家科学技术奖的候选人及项目进行初评，初评结果报相应的国家科学技术奖评审委员会。”

十六、第四十二条修改为：“各评审组设组长 1 人、副组长 1 至 3 人、委员若干人，组长一般由相应国家科学技术奖评审委员会的委员担任。评审组委员实行资格聘任制，其资格由科学技术部认定。

各评审组的委员成员，由奖励办公室根据当年国家科学技术奖推荐的具体情况，从有资格的人选中提出，经评审委员会秘书长审核，报相应评审委员会主任委员批准。评审组委员每年要进行一定比例的轮换。”

十七、增加一条，作为第四十四条：“国家科学技术奖各评审委员会的委员因故不能出席会议，可能影响评审工作正常进行时，可以由相关评审组的委员代替，并享有与其他委员同等的权利。具体人选由评审委员会秘书长提名，经相应评审委员会主任委员批准。”

十八、第四十四条改为第四十五条，修改为：“国家科学技术奖评审委员会及其评审组的委员和相关的工作人员应当对候选人和候选单位所完成项目的技术内容及评审情况严格保守秘密。”

十九、第四十八条改为第四十九条，其中第二款修改为“国家最高科学技术奖获奖人每人每年度可推荐 1 名（项）所熟悉专业的国家科学技术奖。中国科学院院士、中国工程院院士每年度可 3 人以上共同推荐 1 名（项）所熟悉专业的国家科学技术奖”；并增加一款作为第四十九条第三款：“推荐单位推荐国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖特等奖的，应当在推荐前征得 5 名以上熟悉该项目的院士的同意。”

二十、增加一条，作为第五十条：“国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖特等奖的推荐单位、推荐人，应当按照本细则规定的条件严格控制候选人、候选单位的数量。

综合性的重大自然科学发现、技术发明的候选人数超过规定限额的，推荐单位、推荐人应当在国家科学技术奖励推荐书中提出充分理由。”

二十一、增加一条，作为第五十二条：“推荐单位、推荐人认为有关专家学者参加评审可能影响评审公正性的，可以要求其回避，并在推荐时书面提出理由及相关的证明材料。每项推荐所提出的回避专家人数不得超过 3 人。”

二十二、第五十三条改为第五十六条，修改为：“经评定未授奖的候选

人、候选单位，如果其完成的项目或者工作在此后的研究开发活动中获得新的实质性进展，并符合奖励条例及本细则有关规定条件的，可以按照规定的程序重新推荐。

连续两年参加评审未予授奖的，如再次推荐须隔一年进行。”

二十三、增加一条，作为第五十八条：“对科学技术进步、经济建设、社会发展和国家安全具有特别意义或者重大影响的科学技术成果，可适时推荐国家科学技术奖励。”

二十四、第五十五条改为第六十一条，修改为：“对形式审查合格的推荐材料，由奖励办公室提交相应评审组进行初评。”

二十五、第五十八条改为第六十条　，修改为：“奖励办公室应当在国家科学技术奖励网站等媒体上公布通过形式审查的国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖的候选人、候选单位及项目。涉及国防、国家安全的，在适当范围内公布。”

二十六、增加一条，作为第六十三条：“在保障国家安全和候选人、候选单位合法权益的情况下，奖励办公室可以邀请海外同行专家对国家科学技术奖候选人、候选单位及项目进行评议，并将有关意见提交相关评审组织。”

二十七、第五十九条改为第六十四条，修改为：“对通过初评的国家最高科学技术奖、国际科技合作奖人选，及通过初评且没有异议或者虽有异议但已在规定时间内处理的国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖人选及项目，提交相应的国家科学技术奖评审委员会进行评审。”

二十八、第六十一条改为第六十六条，修改为：“（一）初评以网络评审或者会议评审方式进行，以记名投票表决产生初评结果。

（二）国家科学技术奖各评审委员会以会议方式进行评审，以记名投票表决产生评审结果。

（三）国家科学技术奖励委员会以会议方式对各评审委员会的评审结果进行审定。其中，对国家最高科学技术奖以及国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的特等奖，以记名投票表决方式进行审定。

（四）国家科学技术奖励委员会及各评审委员会、评审组的评审表决应当有三分之二以上多数（含三分之二）委员参加，表决结果有效。

（五）国家最高科学技术奖、国际科技合作奖的人选，以及国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的特等奖、一等奖应当由到会

委员的三分之二以上多数（含三分之二）通过。

国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的二等奖应当由到会委员的二分之一以上多数（不含二分之一）通过。”

二十九、第六十二条改为第六十七条，修改为：“国家科学技术奖评审实行回避制度，与被评审的候选人、候选单位或者项目有利害关系的评审专家应当回避。”

三十、第六章异议及其处理修改为“监督及异议处理”。

三十一、增加一条，作为第六十八条：“国家科学技术奖励委员会设立的科学技术奖励监督委员会负责对国家科学技术奖的推荐、评审和异议处理工作进行监督。

科学技术奖励监督委员会组成人选由科学技术部提出，报国家科学技术奖励委员会批准。”

三十二、增加一条，作为第六十九条：“国家科学技术奖各评审委员会和奖励办公室应当定期向科学技术奖励监督委员会报告有关国家科学技术奖的推荐、评审和异议处理的工作情况。必要时，科学技术奖励监督委员会可以要求进行专题汇报。”

三十三、增加一条，作为第七十条：“任何单位和个人发现国家科学技术奖的评审和异议处理工作中存在问题的，可以向科学技术奖励监督委员会进行举报和投诉。有关方面收到举报或者投诉材料的，应当及时转交科学技术奖励监督委员会。”

三十四、增加一条，作为第七十一条：“科学技术奖励监督委员会对评审活动进行经常性监督检查，对在评审活动中违反奖励条例及本细则有关规定的专家学者，可以分别情况建议有关方面给予责令改正、记录不良信誉、警告、通报批评、解除聘任或者取消资格的处理。”

三十五、增加一条，作为第七十二条：“国家科学技术奖励实行评审信誉制度。科学技术部对参加评审活动的专家学者建立信誉档案，信誉记录作为提出评审委员会委员和评审组委员人选的重要依据。”

三十六、第六十三条改为第七十三条，并将第二款修改为：“任何单位或者个人对国家科学技术奖候选人、候选单位及其项目持有异议的，应当在通过形式审查的项目公布之日起 60 日内向奖励办公室提出；逾期且无正当理由的，不予受理。”

三十七、增加一条，作为第七十六条："为维护异议者的合法权益，奖励办公室、推荐单位及其工作人员和推荐人，以及其他参与异议调查、处理的有关人员应当对异议者的身份予以保密；确实需要公开的，应当事前征求异议者的意见。"

三十八、第六十七条改为第七十八条，修改为："实质性异议由奖励办公室负责协调，由有关推荐单位或者推荐人协助。推荐单位或者推荐人接到异议通知后，应当在规定的时间内核实异议材料，并将调查、核实情况报送奖励办公室审核。必要时，奖励办公室可以组织评审委员和专家进行调查，提出处理意见。

非实质性异议由推荐单位或者推荐人负责协调，提出初步处理意见报送奖励办公室审核。涉及跨部门的异议处理，由奖励办公室负责协调，相关推荐单位或者推荐人协助，其处理程序参照前款规定办理。

推荐单位或者推荐人未提出调查、核实报告和协调处理意见的，不提交评审。

涉及国防、国家安全项目的异议，由有关部门处理，并将处理结果报奖励办公室。"

三十九、增加一条，作为第七十九条："异议处理过程中，涉及异议的任何一方应当积极配合，不得推诿和延误。候选人、候选单位在规定时间内未按要求提供相关证明材料的，视为承认异议内容；提出异议的单位、个人在规定时间内未按要求提供相关证明材料的，视为放弃异议。"

四十、第六十八条改为第八十条，并增加一款作为第二款："奖励办公室应当及时向科学技术奖励监督委员会报告异议处理情况。"

四十一、第六十九条改为第八十一条，修改为："异议自异议受理截止之日起 60 日内处理完毕的，可以提交本年度评审；自异议受理截止之日起一年内处理完毕的，可以提交下一年度评审；自异议受理截止之日起一年后处理完毕的，可以重新推荐。"

四十二、增加一条，作为第八十二条："提出异议的单位、个人不得擅自将异议材料直接提交评审组织或者其委员；委员收到异议材料的，应当及时转交奖励办公室，不得提交评审组织讨论和转发其他委员。"

四十三、第七十二条改为第八十五条，第二款修改为："国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖奖金数额由科学技术部会同财政

部另行公布。”

此外，对个别文字作了修改并对条文顺序作了相应调整。

本决定自 2004 年 12 月 27 日起施行。《国家科学技术奖励条例实施细则》根据本决定作相应的修改，重新公布。

国家科学技术奖励条例实施细则

（1999 年 12 月 24 日科学技术部令第 1 号发布，根据
2004 年 12 月 27 日科学技术部令第 9 号《关于修改
<国家科学技术奖励条例实施细则>的决定》修改）

第一章　总　　则

第一条　为了做好国家科学技术奖励工作，保证国家科学技术奖的评审质量，根据《国家科学技术奖励条例》

（以下称奖励条例），制定本细则。

第二条　本细则适用于国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和中华人民共和国国际科学技术合作奖（以下称国际科技合作奖）的推荐、评审、授奖等各项活动。

第三条　国家科学技术奖励贯彻“尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造”的方针，鼓励团结协作、联合攻关，鼓励自主创新，鼓励攀登科学技术高峰，促进科学研究、技术开发与经济、社会发展密切结合，促进科技成果商品化和产业化，加速科教兴国、人才强国和可持续发展战略的实施。

第四条　国家科学技术奖的推荐、评审和授奖，实行公开、公平、公正原则，不受任何组织或者个人的非法干涉。

第五条　国家科学技术奖授予在科学发现、技术发明和促进科学技术进步等方面做出创造性突出贡献的公民或者组织，并对同一项目授奖的公民、组织按照贡献大小排序。

在科学研究、技术开发项目中仅从事组织管理和辅助服务的工作人员，不得作为国家科学技术奖的候选人。

第六条　国家科学技术奖是国家授予公民或者组织的荣誉，授奖证书不作为确定科学技术成果权属的直接依据。

第七条　国家科学技术奖励委员会负责国家科学技术奖的宏观管理和指导。

科学技术部负责国家科学技术奖评审的组织工作。国家科学技术奖励工作办公室（以下称奖励办公室）负责日常工作。

第二章 奖励范围和评审标准

第一节 国家最高科学技术奖

第八条 奖励条例第八条第一款（一）所称“在当代科学技术前沿取得重大突破或者在科学技术发展中有卓越建树”，是指候选人在基础研究、应用基础研究方面取得系列或者特别重大发现，丰富和拓展了学科的理论，引起该学科或者相关学科领域的突破性发展，为国内外同行所公认，对科学技术发展和社会进步作出了特别重大的贡献。

第九条 奖励条例第八条第一款（二）所称“在科学技术创新、科学技术成果转化和高技术产业化中，创造巨大经济效益或者社会效益”，是指候选人在科学技术活动中，特别是在高新技术领域取得系列或者特别重大技术发明，并以市场为导向，积极推动科技成果转化，实现产业化，引起该领域技术的跨越发展，促进了产业结构的变革，创造了巨大的经济效益或者社会效益，对促进经济、社会发展和保障国家安全作出了特别重大的贡献。

第十条 国家最高科学技术奖的候选人应当热爱祖国，具有良好的科学道德，并仍活跃在当代科学技术前沿，从事科学研究或者技术开发工作。

第二节 国家自然科学奖

第十一条 奖励条例第九条第二款（一）所称“前人尚未发现或者尚未阐明”，是指该项自然科学发现为国内外首次提出，或者其科学理论在国内外首次阐明，且主要论著为国内外首次发表。

第十二条 奖励条例第九条第二款（二）所称“具有重大科学价值”，是指：（一）该发现在科学理论、学说上有创见，或者在研究方法、手段上有创新；（二）对于推动学科发展有重大意义，或者对于经济建设和社会发展具有重要影响。

第十三条 奖励条例第九条第二款（三）所称“得到国内外自然科学界公认”，是指主要论著已在国内外公开发行的学术刊物上发表或者作为学术

专著出版一年以上，其重要科学结论已为国内外同行在重要国际学术会议、公开发行的学术刊物，尤其是重要学术刊物以及学术专著所正面引用或者应用。

第十四条　国家自然科学奖的候选人应当是相关科学技术论著的主要作者，并具备下列条件之一：

（一）提出总体学术思想、研究方案；

（二）发现重要科学现象、特性和规律，并阐明科学理论和学说；

（三）提出研究方法和手段，解决关键性学术疑难问题或者实验技术难点，以及对重要基础数据的系统收集和综合分析等。

第十五条　国家自然科学奖一等奖、二等奖单项授奖人数一般不超过5人，特等奖除外。特等奖项目的具体授奖人数经国家自然科学奖评审委员会评审后，由国家科学技术奖励委员会确定。

第十六条　国家自然科学奖授奖等级根据候选人所做出的科学发现进行综合评定，评定标准如下：

（一）在科学上取得突破性进展，发现的自然现象、揭示的科学规律、提出的学术观点或者其研究方法为国内外学术界所公认和广泛引用，推动了本学科或者相关学科的发展，或者对经济建设、社会发展有重大影响的，可以评为一等奖。

（二）在科学上取得重要进展，发现的自然现象、揭示的科学规律、提出的学术观点或者其研究方法为国内外学术界所公认和引用，推动了本学科或者其分支学科的发展，或者对经济建设、社会发展有重要影响的，可以评为二等奖。

对于原始性创新特别突出、具有特别重大科学价值、在国内外自然科学界有重大影响的特别重大的科学发现，可以评为特等奖。

第三节　国家技术发明奖

第十七条　奖励条例第十条第一款所称的产品包括各种仪器、设备、器械、工具、零部件以及生物新品种等；工艺包括工业、农业、医疗卫生和国家安全等领域的各种技术方法；材料包括用各种技术方法获得的新物质等；系统是指产品、工艺和材料的技术综合。

国家技术发明奖的授奖范围不包括仅依赖个人经验和技能、技巧又不可

重复实现的技术。

第十八条 奖励条例第十条第二款（一）所称“前人尚未发明或者尚未公开”，是指该项技术发明为国内外首创，或者虽然国内外已有但主要技术内容尚未在国内外各种公开出版物、媒体及其他公众信息渠道发表或者公开，也未曾公开使用过。

第十九条 奖励条例第十条第二款（二）所称“具有先进性和创造性”，是指该项技术发明与国内外已有同类技术相比较，其技术思路、技术原理或者技术方法有创新，技术上有实质性的特点和显著的进步，主要性能（性状）、技术经济指标、科学技术水平及其促进科学技术进步的作用和意义等方面综合优于同类技术。

第二十条 奖励条例第十条第二款（三）所称“经实施，创造显著经济效益或者社会效益”，是指该项技术发明成熟，并实施应用一年以上，取得良好的应用效果。

第二十一条 国家技术发明奖的候选人应当是该项技术发明的全部或者部分创造性技术内容的独立完成人。

国家技术发明奖一等奖、二等奖单项授奖人数一般不超过 6 人，特等奖除外。特等奖项目的具体授奖人数经国家技术发明奖评审委员会评审后，由国家科学技术奖励委员会确定。

第二十二条 国家技术发明奖授奖等级根据候选人所做出的技术发明进行综合评定，评定标准如下：

（一）属国内外首创的重大技术发明，技术思路独特，主要技术上有重大的创新，技术经济指标达到了同类技术的领先水平，推动了相关领域的技术进步，已产生了显著的经济效益或者社会效益，可以评为一等奖。

（二）属国内外首创的重大技术发明，技术思路新颖，主要技术上有较大的创新，技术经济指标达到了同类技术的先进水平，对本领域的技术进步有推动作用，并产生了明显的经济效益或者社会效益，可以评为二等奖。

对原始性创新特别突出、主要技术经济指标显著优于国内外同类技术或者产品，并取得重大经济或者社会效益的特别重大的技术发明，可以评为特等奖。

第四节　国家科学技术进步奖

第二十三条　奖励条例第十一条第一款（一）所称“技术开发项目”，是指在科学研究和技术开发活动中，完成具有重大市场实用价值的产品、技术、工艺、材料、设计和生物品种及其推广应用。

第二十四条　奖励条例第十一条第一款（二）所称“社会公益项目”，是指在标准、计量、科技信息、科技档案、科学技术普及等科学技术基础性工作和环境保护、医疗卫生、自然资源调查和合理利用、自然灾害监测预报和防治等社会公益性科学技术事业中取得的重大成果及其应用推广。

第二十五条　奖励条例第十一条第一款（三）所称“国家安全项目”，是指在军队建设、国防科研、国家安全及相关活动中产生，并在一定时期内仅用于国防、国家安全目的，对推进国防现代化建设、增强国防实力和保障国家安全具有重要意义的科学技术成果。

第二十六条　奖励条例第十一条第一款（四）所称“重大工程项目”，是指列入国民经济和社会发展计划的重大综合性基本建设工程、科学技术工程和国防工程等。

第二十七条　国家科学技术进步奖重大工程类奖项仅授予组织。在完成重大工程中做出科学发现、技术发明的公民，符合奖励条例和本细则规定条件的，可另行推荐国家自然科学奖、技术发明奖。

第二十八条　国家科学技术进步奖候选人应当具备下列条件之一：

（一）在设计项目的总体技术方案中做出重要贡献；

（二）在关键技术和疑难问题的解决中做出重大技术创新；

（三）在成果转化和推广应用过程中做出创造性贡献；

（四）在高技术产业化方面做出重要贡献。

第二十九条　国家科学技术进步奖候选单位应当是在项目研制、开发、投产、应用和推广过程中提供技术、设备和人员等条件，对项目的完成起到组织、管理和协调作用的主要完成单位。

各级政府部门一般不得作为国家科学技术进步奖的候选单位。

第三十条　国家科学技术进步奖一等奖单项授奖人数不超过 15 人，授奖单位不超过 10 个；二等奖单项授奖人数不超过 10 人，授奖单位不超过 7 个；特等奖授奖人数和单位数不限。特等奖项目的具体授奖人数和单位数经

国家科学技术进步奖评审委员会评审后，由国家科学技术奖励委员会确定。

第三十一条 国家科学技术进步奖候选人或者候选单位所完成的项目应当总体符合下列条件：

（一）技术创新性突出：在技术上有重要的创新，特别是在高新技术领域进行自主创新，形成了产业的主导技术和名牌产品，或者应用高新技术对传统产业进行装备和改造，通过技术创新，提升传统产业，增加行业的技术含量，提高产品附加值；技术难度较大，解决了行业发展中的热点、难点和关键问题；总体技术水平和技术经济指标达到了行业的领先水平。

（二）经济效益或者社会效益显著：所开发的项目经过一年以上较大规模的实施应用，产生了很大的经济效益或者社会效益，实现了技术创新的市场价值或者社会价值，为经济建设、社会发展和国家安全做出了很大贡献。

（三）推动行业科技进步作用明显：项目的转化程度高，具有较强的示范、带动和扩散能力，促进了产业结构的调整、优化、升级及产品的更新换代，对行业的发展具有很大作用。

第三十二条 国家科学技术进步奖授奖等级根据候选人或者候选单位所完成的项目进行综合评定，评定标准如下：

（一）技术开发项目类：

在关键技术或者系统集成上有重大创新，技术难度大，总体技术水平和主要技术经济指标达到了国际同类技术或者产品的先进水平，市场竞争力强，成果转化程度高，创造了重大的经济效益，对行业的技术进步和产业结构优化升级有重大作用的，可以评为一等奖；

在关键技术或者系统集成上有较大创新，技术难度较大，总体技术水平和主要技术经济指标达到国际同类技术或者产品的水平，市场竞争力较强，成果转化程度较高，创造了较大的经济效益，对行业的技术进步和产业结构调整有较大意义的，可以评为二等奖。

（二）社会公益项目类：

在关键技术或者系统集成上有重大创新，技术难度大，总体技术水平和主要技术经济指标达到了国际同类技术或者产品的先进水平，并在行业得到广泛应用，取得了重大的社会效益，对科技发展和社会进步有重大意义的，可以评为一等奖；

在关键技术或者系统集成上有较大创新，技术难度较大，总体技术水平

和技术经济指标达到国际同类技术或者产品的水平，在行业较大范围应用，取得了较大的社会效益，对科技发展和社会进步有较大意义的，可以评为二等奖。

（三）国家安全项目类：

在关键技术或者系统集成上有重大创新，技术难度很大，总体技术达到国际同类技术或者产品的先进水平，应用效果十分突出，对国防建设和保障国家安全具有重大作用的，可以评为一等奖；

在关键技术或者系统集成上有较大创新，技术难度较大，总体技术达到国际同类技术或者产品的水平，应用效果突出，对国防建设和保障国家安全有较大作用的，可以评为二等奖。

（四）重大工程项目类：

团结协作、联合攻关，在关键技术、系统集成和系统管理方面有重大创新，技术难度和工程复杂程度大，总体技术水平、主要技术经济指标达到国际同类项目的先进水平，取得了重大的经济效益或者社会效益，对推动本领域的科技发展有重大意义，对经济建设、社会发展和国家安全具有重大战略意义的，可以评为一等奖；团结协作、联合攻关，在关键技术、系统集成和系统管理方面有较大创新，技术难度和工程复杂程度较大，总体技术水平、主要技术经济指标达到国际同类项目的水平，取得了较大的经济效益或者社会效益，对推动本领域的科技发展有较大意义，对经济建设、社会发展和国家安全具有战略意义的，可以评为二等奖。

对于技术创新性特别突出、经济效益或者社会效益特别显著、推动行业科技进步作用特别明显的项目，可以评为特等奖。

第五节　国际科技合作奖

第三十三条　奖励条例第十二条所称“外国人或者外国组织”，是指在双边或者多边国际科技合作中对中国科学技术事业做出重要贡献的外国科学家、工程技术人员、科技管理人员和科学技术研究、开发、管理等组织。

第三十四条　被授予国际科技合作奖的外国人或者组织，应当具备下列条件之一：

（一）在与中国的公民或者组织进行合作研究、开发等方面取得重大科技成果，对中国经济与社会发展有重要推动作用，并取得显著的经济效益或

者社会效益。

（二）在向中国的公民或者组织传授先进科学技术、提出重要科技发展建议与对策、培养科技人才或者管理人才等方面做出了重要贡献，推进了中国科学技术事业的发展，并取得显著的社会效益或者经济效益。

在促进中国与其他国家或者国际组织的科技交流与合作方面做出重要贡献，并对中国的科学技术发展有重要推动作用。

第三十五条 国际科技合作奖每年授奖数额不超过 10 个。

第三章 评审组织

第三十六条 国家科学技术奖励委员会的主要职责是：

（一）聘请有关专家组成国家科学技术奖评审委员会；

（二）审定国家科学技术奖评审委员会的评审结果；

（三）对国家科学技术奖的推荐、评审和异议处理工作进行监督；

（四）为完善国家科学技术奖励工作提供政策性意见和建议；

（五）研究、解决国家科学技术奖评审工作中出现的其他重大问题。

第三十七条 国家科学技术奖励委员会委员 15～20 人。主任委员由科学技术部部长担任，设副主任委员 1 至 2 人、秘书长 1 人。国家科学技术奖励委员会委员由科技、教育、经济等领域的著名专家、学者和行政部门领导组成。委员人选由科学技术部提出，报国务院批准。

国家科学技术奖励委员会实行聘任制，每届任期 3 年。

第三十八条 国家科学技术奖励委员会下设国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和国际科技合作奖等国家科学技术奖评审委员会。其主要职责是：

（一）负责各国家科学技术奖的评审工作；

（二）向国家科学技术奖励委员会报告评审结果；

（三）对国家科学技术奖评审工作中出现的有关问题进行处理；

（四）对完善国家科学技术奖励工作提供咨询意见。

第三十九条 国家科学技术奖各评审委员会分别设主任委员 1 人、副主任委员 2 至 4 人、秘书长 1 人、委员若干人。委员人选由科学技术部向国家科学技术奖励委员会提出建议。秘书长由奖励办公室主任担任。

国家科学技术奖评审委员会委员实行聘任制，每届任期3年，连续任期不得超过两届。

第四十条　国家技术发明奖、国家科学技术进步奖评审委员会内设专用项目小组，负责国防、国家安全等保密项目的评审，并将评审结果向评审委员会报告。

第四十一条　根据评审工作需要，国家科学技术奖各评审委员会可以设立若干评审组，对相关国家科学技术奖的候选人及项目进行初评，初评结果报相应的国家科学技术奖评审委员会。

第四十二条　各评审组设组长1人、副组长1至3人、委员若干人，组长一般由相应国家科学技术奖评审委员会的委员担任。评审组委员实行资格聘任制，其资格由科学技术部认定。

各评审组的委员组成，由奖励办公室根据当年国家科学技术奖推荐的具体情况，从有资格的人选中提出，经评审委员会秘书长审核，报相应评审委员会主任委员批准。评审组委员每年要进行一定比例的轮换。

第四十三条　科学技术部可以委托相关部门负责涉及国防、国家安全方面的国家技术发明奖和国家科学技术进步奖评审组的日常工作。

第四十四条　国家科学技术奖各评审委员会的委员因故不能出席会议，可能影响评审工作正常进行时，可以由相关评审组的委员代替，并享有与其他委员同等的权利。具体人选由评审委员会秘书长提名，经相应评审委员会主任委员批准。

第四十五条　国家科学技术奖评审委员会及其评审组的委员和相关的工作人员应当对候选人和候选单位所完成项目的技术内容及评审情况严格保守秘密。

第四章　推　　荐

第四十六条　奖励条例第十五条第一款（一）、（二）、（三）所列推荐单位的推荐工作，由其科学技术主管机构负责。

第四十七条　奖励条例第十五条第一款（四）所称“其他单位”，是指经科学技术部认定，具备推荐条件的国务院直属事业单位、中央有关部门及其他特定的机关、企事业单位和社会团体等。

第四十八条　奖励条例第十五条第一款（四）所称“科学技术专家”，是指国家最高科学技术奖获奖人、中国科学院院士、中国工程院院士。

第四十九条　国家科学技术奖实行限额推荐制度。各推荐单位在奖励办公室当年下达的限额范围内进行推荐。

国家最高科学技术奖获奖人每人每年度可推荐 1 名（项）所熟悉专业的国家科学技术奖。中国科学院院士、中国工程院院士每年度可 3 人以上共同推荐 1 名（项）所熟悉专业的国家科学技术奖。

推荐单位推荐国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖特等奖的，应当在推荐前征得 5 名以上熟悉该项目的院士的同意。

第五十条　国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖特等奖的推荐单位、推荐人，应当按照本细则规定的条件严格控制候选人、候选单位的数量。

综合性的重大自然科学发现、技术发明的候选人数超过规定限额的，推荐单位、推荐人应当在国家科学技术奖励推荐书中提出充分理由。

第五十一条　推荐单位、推荐人推荐国家科学技术奖的候选人、候选单位应当征得候选人和候选单位的同意，并填写由奖励办公室制作的统一格式的推荐书，提供必要的证明或者评价材料。推荐书及有关材料应当完整、真实、可靠。

第五十二条　推荐单位、推荐人认为有关专家学者参加评审可能影响评审公正性的，可以要求其回避，并在推荐时书面提出理由及相关的证明材料。每项推荐所提出的回避专家人数不得超过 3 人。

第五十三条　凡存在知识产权以及有关完成单位、完成人员等方面争议的，在争议未解决前不得推荐参加国家科学技术奖评审。

第五十四条　法律、行政法规规定必须取得有关许可证，且直接关系到人身和社会安全、公共利益的项目，如动植物新品种、食品、药品、基因工程技术和产品等，在未获得主管行政机关批准之前，不得推荐参加国家科学技术奖评审。

第五十五条　同一技术内容不得在同一年度重复推荐参加国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的评审。

第五十六条　经评定未授奖的候选人、候选单位，如果其完成的项目或者工作在此后的研究开发活动中获得新的实质性进展，并符合奖励条例及本

细则有关规定条件的，可以按照规定的程序重新推荐。

连续两年参加评审未予授奖的，如再次推荐须隔一年进行。

第五十七条　我国公民或者组织在国外以及我国公民在中国的外资机构，单独或者合作取得重大科学技术成果，符合奖励条例和本细则规定的条件，且成果的主要学术思想、技术路线和研究工作由我国公民或者组织提出和完成，并享有有关的知识产权，可以推荐为国家科学技术奖候选人或者候选组织。

第五十八条　对科学技术进步、经济建设、社会发展和国家安全具有特别意义或者重大影响的科学技术成果，可适时推荐国家科学技术奖励。

第五章　评　　审

第五十九条　符合奖励条例第十五条及本细则规定的推荐单位和推荐人，应当在规定的时间内向奖励办公室提交推荐书及相关材料。奖励办公室负责对推荐材料进行形式审查。对不符合规定的推荐材料，可以要求推荐单位和推荐人在规定的时间内补正，逾期不补正或者经补正仍不符合要求的，可以不提交评审并退回推荐材料。

第六十条　奖励办公室应当在国家科学技术奖励网站等媒体上公布通过形式审查的国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖的候选人、候选单位及项目。涉及国防、国家安全的，在适当范围内公布。

第六十一条　对形式审查合格的推荐材料，由奖励办公室提交相应评审组进行初评。

第六十二条　国际科技合作奖的初评结果应当征询我国有关驻外使、领馆或者派出机构的意见。

第六十三条　在保障国家安全和候选人、候选单位合法权益的情况下，奖励办公室可以邀请海外同行专家对国家科学技术奖候选人、候选单位及项目进行评议，并将有关意见提交相关评审组织。

第六十四条　对通过初评的国家最高科学技术奖、国际科技合作奖人选，及通过初评且没有异议或者虽有异议但已在规定时间内处理的国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖人选及项目，提交相应的国家科学技术奖评审委员会进行评审。

第六十五条　国家科学技术奖励委员会对国家科学技术奖各评审委员会的评审结果进行审定。

第六十六条　国家科学技术奖的评审表决规则如下：

（一）初评以网络评审或者会议评审方式进行，以记名投票表决产生初评结果。

（二）国家科学技术奖各评审委员会以会议方式进行评审，以记名投票表决产生评审结果。

（三）国家科学技术奖励委员会以会议方式对各评审委员会的评审结果进行审定。其中，对国家最高科学技术奖以及国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的特等奖以记名投票表决方式进行审定。

（四）国家科学技术奖励委员会及各评审委员会、评审组的评审表决应当有三分之二以上多数（含三分之二）委员参加，表决结果有效。

（五）国家最高科学技术奖、国际科技合作奖的人选，以及国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的特等奖、一等奖应当由到会委员的三分之二以上多数（含三分之二）通过。

国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的二等奖应当由到会委员的二分之一以上多数（不含二分之一）通过。

第六十七条　国家科学技术奖评审实行回避制度，与被评审的候选人、候选单位或者项目有利害关系的评审专家应当回避。

第六章　监督及异议处理

第六十八条　国家科学技术奖励委员会设立的科学技术奖励监督委员会负责对国家科学技术奖的推荐、评审和异议处理工作进行监督。

科学技术奖励监督委员会组成人选由科学技术部提出，报国家科学技术奖励委员会批准。

第六十九条　国家科学技术奖各评审委员会和奖励办公室应当定期向科学技术奖励监督委员会报告有关国家科学技术奖的推荐、评审和异议处理的工作情况。必要时，科学技术奖励监督委员会可以要求进行专题汇报。

第七十条　任何单位和个人发现国家科学技术奖的评审和异议处理工作中存在问题的，可以向科学技术奖励监督委员会进行举报和投诉。有关方面

收到举报或者投诉材料的，应当及时转交科学技术奖励监督委员会。

第七十一条　科学技术奖励监督委员会对评审活动进行经常性监督检查，对在评审活动中违反奖励条例及本细则有关规定的专家学者，可以分别情况建议有关方面给予责令改正、记录不良信誉、警告、通报批评、解除聘任或者取消资格的处理。

第七十二条　国家科学技术奖励实行评审信誉制度。科学技术部对参加评审活动的专家学者建立信誉档案，信誉记录作为提出评审委员会委员和评审组委员人选的重要依据。

第七十三条　国家科学技术奖励接受社会的监督。国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖的评审工作实行异议制度。

任何单位或者个人对国家科学技术奖候选人、候选单位及其项目持有异议的，应当在通过形式审查的项目公布之日起 60 日内向奖励办公室提出；逾期且无正当理由的，不予受理。

第七十四条　异议分为实质性异议和非实质性异议。凡对涉及候选人、候选单位所完成项目的创新性、先进性、实用性等，以及推荐书填写不实所提的异议为实质性异议；对候选人、候选单位及其排序的异议，为非实质性异议。

推荐单位、推荐人及项目的完成人和完成单位对评审等级的意见，不属于异议范围。

第七十五条　提出异议的单位或者个人应当提供书面异议材料，并提供必要的证明文件。

提出异议的单位、个人应当表明真实身份。个人提出异议的，应当在书面异议材料上签署真实姓名；以单位名义提出异议的，应当加盖本单位公章。以匿名方式提出的异议一般不予受理。

第七十六条　为维护异议者的合法权益，奖励办公室、推荐单位及其工作人员和推荐人，以及其他参与异议调查、处理的有关人员应当对异议者的身份予以保密；确实需要公开的，应当事前征求异议者的意见。

第七十七条　奖励办公室在接到异议材料后，应当对异议内容进行审查，如果异议内容属于本细则第七十四条所述情况，并能提供充分证据的，应予受理。

第七十八条　实质性异议由奖励办公室负责协调，由有关推荐单位或者

推荐人协助。推荐单位或者推荐人接到异议通知后，应当在规定的时间内核实异议材料，并将调查、核实情况报送奖励办公室审核。必要时，奖励办公室可以组织评审委员和专家进行调查，提出处理意见。

非实质性异议由推荐单位或者推荐人负责协调，提出初步处理意见报送奖励办公室审核。涉及跨部门的异议处理，由奖励办公室负责协调，相关推荐单位或者推荐人协助，其处理程序参照前款规定办理。

推荐单位或者推荐人未提出调查、核实报告和协调处理意见的，不提交评审。

涉及国防、国家安全项目的异议，由有关部门处理，并将处理结果报奖励办公室。

第七十九条 异议处理过程中，涉及异议的任何一方应当积极配合，不得推诿和延误。候选人、候选单位在规定时间内未按要求提供相关证明材料的，视为承认异议内容；提出异议的单位、个人在规定时间内未按要求提供相关证明材料的，视为放弃异议。

第八十条 奖励办公室应当向相关的国家科学技术奖评审委员会报告异议核实情况及处理意见，提请国家科学技术奖评审委员会决定，并将决定意见通知异议方和推荐单位、推荐人。

奖励办公室应当及时向科学技术奖励监督委员会报告异议处理情况。

第八十一条 异议自异议受理截止之日起 60 日内处理完毕的，可以提交本年度评审；自异议受理截止之日起一年内处理完毕的，可以提交下一年度评审；自异议受理截止之日起一年后处理完毕的，可以重新推荐。

第八十二条 提出异议的单位、个人不得擅自将异议材料直接提交评审组织或者其委员；委员收到异议材料的，应当及时转交奖励办公室，不得提交评审组织讨论和转发其他委员。

第七章 授 奖

第八十三条 科学技术部对国家科学技术奖励委员会做出的获奖人选、项目及等级的决议进行审核，报国务院批准。

第八十四条 国家最高科学技术奖由国务院报请国家主席签署并颁发证书和奖金。

国家最高科学技术奖奖金数额为500万元。其中50万元属获奖人个人所得，450万元由获奖人自主选题，用作科学研究经费。

第八十五条　国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖由国务院颁发证书和奖金。

国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖奖金数额由科学技术部会同财政部另行公布。

第八十六条　国际科技合作奖由国务院颁发证书。

第八章　附　　则

第八十七条　国家科学技术奖的推荐、评审、授奖的经费管理，按照国家有关规定执行。

第八十八条　本细则自发布之日起施行。