

二级建造师继续教育培训教材

Jianzhu Jieneng



建筑节能

山东省二级建造师继续教育培训教材编委会 组织编写

于慧利 王东升 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

内 容 简 介

本书主要介绍了传热学基本知识、建筑能耗分析、建筑规划节能技术、围护结构的节能技术、通风节能设计、采光节能技术、太阳能利用与设计及采暖空调系统等内容。

本书是二级建造师继续教育培训教材,也可供相关专业的专业技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能 / 于慧利, 王东升主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008. 4

ISBN 978 - 7 - 81107 - 952 - 4

I. 建… II. ①于…②王… III. 建筑—节能—技术培训—教材 IV. TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 051356 号

书 名 建筑节能

组织编写 山东省二级建造师继续教育培训教材编委会

主 编 于慧利 王东升

责任编辑 周立钢 姜 华

责任校对 张海平

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 11 字数 275 千字

版次印次 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

山东省二级建造师 继续教育培训教材编审委员会

主任委员	顾发全		
副主任委员	刁伟明	董林玉	王华杰
委	顾发全	刁伟明	董林玉
员	王华杰	葛金平	王孝亮
	杨建武	王东升	李 军
	张尚杰	于文海	黄丽丽

《建筑节能》 编委会

主 编 于慧利 王东升

副主编 顾 雯 张 莹 葛 欣

出版说明

根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》和人事部、建设部印发的《建造师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]11号)、《关于建造师资格考试相关科目专业类别调整有关问题的通知》(国人厅发[2006]213号)的规定,为了加强建设施工管理,提高工程技术人员、工程管理人员业务素质,规范施工管理行为,保证工程质量和施工安全,使我国建设事业向又好又快的方向发展,国家对从事建设项目总承包及施工管理的专业技术人员实行建造师执业资格制度。

为了尽快培养和建立一支懂法律、会管理、善经营和高水平的建造师队伍,我们受山东省建设厅执业资格注册中心委托,编写了二级建造师继续教育培训教材。在编撰过程中,我们本着理论联系实际的原则,着重于解决实际问题的能力,重点体现综合性、实践性、通用性和前瞻性。本套教材与中等学历相结合,与二级项目经理结合,与现行工程建设法律、法规及标准相结合,与中、小型规模工程建设需要相结合。

本套教材共有31个分册,在知识体系上由公共课、专业必修课、专业选修课三部分组成。从专业领域上又进一步分为建筑工程、公路、市政、机电、水利共5个专业。

本套教材编撰者为高等院校、行政管理、行业协会和施工企业等方面的专家和学者,可以作为二级建造师继续教育培训用书,也可供工程类大专院校师生教学时参考。

在本套教材编写过程中,得到了山东省建设厅、山东省建管局、山东省水利厅、中国海洋大学、山东建筑大学、青岛理工大学、山东交通学院等单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本套教材,虽经反复推敲核证,仍难免有疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

山东省二级建造师继续教育培训教材编委会

2008年2月

前 言

我国能源形势十分严峻,节能工作极端重要,既是保证经济持续健康发展的需要,也是一项重要的政治任务。“十一五”规划已经提出明确的节能目标,全面节能是应对这一挑战,解决能源供需矛盾的唯一途径,而建筑节能可能是各种节能途径中潜力最大、最有效的节能途径之一。

我们从建筑节能国内外现状研究开始,从传热学基本知识、建筑能耗分析、建筑规划节能技术、围护结构节能技术、通风节能设计、采光节能技术、太阳能利用与设计、采暖空调系统几个方面系统阐述建筑节能基本知识、技术路线及途径,以帮助建设工程从业人员提高节能意识和业务素质,更好地执行国家有关节能技术规范 and 标准。

本书编写过程中,得到了山东省建设厅、山东省建管局、中国海洋大学、青岛海洋建筑设计院的大力支持,在此一并表示感谢。

作者力图为建设工程行业从业人员提供一本有理论价值与实用价值的教材,但由于水平和经验所限,书中错误和疏漏之处在所难免。恳请读者批评指正,作者在此预致谢忱。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第一章 建筑节能综述	1
第一节 能源现状与建筑节能的必要性	1
第二节 国内外建筑节能概况	6
第二章 传热学的基本知识	9
第一节 建筑与热流的关系	9
第二节 建筑的传热方式	11
第三节 建筑围护结构传热过程与传热量	15
第四节 建筑隔热设计原理	19
第五节 空气间层的传热	22
第六节 建筑换气损失	25
第七节 太阳日照基本概念	27
第三章 建筑能耗分析	34
第一节 建筑体形对建筑能耗的影响	34
第二节 建筑朝向对能耗的影响	36
第三节 窗墙比对能耗的影响	37
第四节 热惯性对能耗的影响	39
第四章 建筑规划节能技术	42
第一节 建筑选址与布局	42
第二节 建筑物风环境优化设计	46
第三节 建筑体型优化设计	54
第四节 建筑间距优化设计	61
第五节 建筑朝向的优化设计	63
第六节 利用绿化改善室外热环境	65
第五章 围护结构的节能技术	68
第一节 外墙保温节能技术	68
第二节 地面的保温	73
第三节 屋顶保温与隔热	74
第四节 节能外窗技术	77
第五节 建筑遮阳技术	87

第六节 建筑遮阳设计	94
第七节 双层皮玻璃幕墙技术	97
第八节 相变储能材料在建筑节能中的应用	104
第六章 通风节能设计	106
第一节 自然通风的原理及主要形式	106
第二节 自然通风设计	108
第三节 改善建筑物自然通风的方法	110
第四节 建筑设计中诱导式自然通风技术	113
第七章 采光节能技术	115
第一节 概述	115
第二节 天然采光影响因素分析	116
第三节 天然采光设计	118
第四节 照明系统和绿色照明工程	122
第八章 太阳能利用与设计	126
第一节 我国太阳能资源分布	126
第二节 太阳能在建筑中的应用	127
第三节 太阳能被动式通风降温	129
第四节 被动式太阳房	135
第五节 太阳能生活热水系统	137
第九章 采暖空调系统	146
第一节 热泵技术	146
第二节 天然气的应用	150
第三节 蒸发冷却空调的应用	152
第四节 辐射供冷系统	155
参考文献	161

第一章 建筑节能综述

第一节 能源现状与建筑节能的必要性

一、世界能源现状

能源是国民经济的血液和动力,关系到社会的正常运行和发展,关系到国家安全,关系到生态环境,也涉及子孙后代的生存与发展。能源安全直接影响到国家安全、可持续发展及社会稳定。1973年,西方世界爆发了石油危机,全球性能源意识被唤起,世界各国,尤其是西方发达国家比以往任何时候都更加深刻地体会到能源不仅关系到经济发展,而且还关系到国家和民族的兴亡。1979年,联合国在维也纳召开的科学技术促进发展大会上,能源问题同粮食问题、人口问题、环境问题被列为人类面临的四大问题。人类的生存离不开能源,随着经济的发展,人口的增长,人们生活水平的提高,人类对能源的需求量也在不断地增加。

常规能源的剩余可采储量有限,且资源分布不均衡。到2001年,世界石油剩余可采储量为 143.0×10^9 t,其中中东地区约占世界总量的2/3;天然气剩余可采储量 155.08×10^{12} m³,主要分布在俄罗斯和中东地区;煤炭可采储量为 $984\,453 \times 10^6$ t,主要分布在亚太、北美和俄罗斯地区。

能源消费飞速增长。据估计,整个工业时期大约只占人类历史长度的0.2%,而此期间消费的能源却占到了总消耗的99.9%。2001年,世界石油、天然气、煤炭消费总量分别为 $3\,510.6 \times 10^6$ t、 $2\,404.9 \times 10^9$ m³、 $2\,255.1 \times 10^6$ t,分别占世界储量的2.5%、1.6%、0.2%左右。仅按2001年的消费量计算,世界上石油、天然气仅仅可分别再用41年、65年左右。

能源生产的形势同样不容乐观。2001年,世界石油(包括原油、天然气液)产量为 $3\,584.9 \times 10^6$ t,其中中东地区最多,占世界总量的1/3;天然气产量为 $2\,464.0 \times 10^9$ m³,主要产自北美和俄罗斯地区;煤炭产量为 $2\,248.3 \times 10^6$ t,主要分布在亚太和北美地区。世界石油和天然气的生产和消费基本平衡,而煤炭的生产量不能满足消费量,可再生能源的利用有待于进一步开发。

尽管能源的种类很多,但在今后相当长的一段时间里,化石燃料仍将是占主导地位的能源。到21世纪中叶,煤炭是唯一可以大量获得的化石燃料。也就是说人类所消费的能源,几乎均属于枯竭性能源(石油、煤炭、天然气等矿物燃料及核燃料)。为了满足今后20年世界对化石燃料能源的需求,煤炭产量可能加倍,达到每年70亿t;天然气产量将达到4万亿m³,也就是美国现存天然气数量的2倍。正如美国麻省理工学院的《1985~2000年能源展望》中所说“人类继续依靠地壳中不可再生性石化能源的日子决不会太长了,尤其像美国这样的社会”。据专家们估计,如果按目前的消费增长率持续下去,石油和天然气将会在今后30~40年内枯竭,即使把煤炭、核燃料(不包括增殖反应堆)计算在内,枯竭性能源也只能维

持 200~300 年左右。

二、我国能源概况

我国能源总储量不少,但人均占有量很低。我国能源资源丰富,水能资源蕴藏量居世界第一位,煤炭探明储量居世界第三位,石油探明储量居世界第十位,天然气探明储量居世界第十位。若把煤炭、石油、天然气和可开发水能资源总和折算成标煤量,世界能源总量大约 1.45 万亿 t,我国有 1 551 亿 t,占世界总量的 10.7%。但是我国人口众多,人均能源资源占有量只有 135 t 标准煤,是世界人均占有量的 51%;石油储量人均占有量只有世界的 11%,天然气储量人均占有量为世界平均值的 4%,如果按照 1999 年的开采量,在 100 年内,这些能源储量将枯竭,见表 1-1。

表 1-1 我国化石燃料储量及可开采年限

能源种类	探明储量	折合标煤/亿 t	1999 年开采量	可开采年限/年
煤炭	1 145 亿 t	817	10.45 亿 t	109
石油	32.6 亿 t	47	1.6 亿 t	20
天然气	11 230 亿 m ³	15	252 亿 m ³	45

此外,我国能源资源在地区分布上极不平衡。华北、西南、西北三地区占全国能源资源总量的 86.9%,煤炭 79.9%集中在华北和西北,石油、天然气东北占了 47.2%,水能资源 70%集中在西南。人口稠密的华东、华中和华南仅占有全国能源总量的 20%。表 1-2 为我国能源分布情况表。

表 1-2 我国能源资源分布

地区	能源资源占全国比重/%				能源资源构成/%		
	合计	煤炭	油气	水力	煤炭	油气	水力
华北	38.1	49.6	13.3	1.8	98.1	1.1	0.8
华东	5.4	5.3	19.0	4.4	73.4	18.3	8.3
中南	4.5	3.0	5.4	9.5	50.0	47.0	3.0
东北	3.8	3.2	47.2	1.8	70.0	6.0	24.0
西南	22.2	8.6	2.0	70.0	29.0	70.8	0.2
西北	26.0	30.3	13.1	12.5	88.0	1.8	1.2

受资源分布、能源开发和基础设施建设的限制,我国能源生产主要集中在中部地区,占全国能源生产的 40%左右,能源消费地主要集中在东部地区的沿海城市,能源运输成本很大。

再者,我国的能源结构以煤炭为主。常规能源的生产总量与消费总量中煤炭占 75%左右。随着经济的发展,能源需求不断增长,大幅度地增加煤炭产量将使煤炭开采、运输和利用的困难增加;大量燃煤造成的环境污染,也将成为一个主要限制因素。以煤为主的能源消

费结构,脱离了世界能源消费结构的主流,是造成我国能源问题与国外差距的根本原因。1996年世界一次能源消费构成与我国1998年一次能源消费构成对比见图1-1。同世界能源消费结构相比,我国属“低质型”能源消费结构。由于能源结构的不合理,大量煤炭直接燃烧,既浪费了宝贵的资源,污染了环境,又降低了能源利用的经济效益。

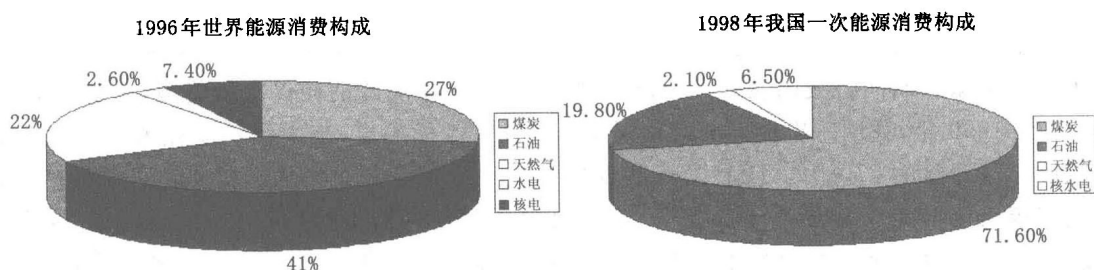


图 1-1 我国与世界能源消费结构对比

三、建筑节能的内涵

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。节能不能简单地认为只是少用能,节能的核心是提高能源的使用效率。因此探讨建筑物的节能问题就是探讨如何提高建筑物使用过程中的能源效率问题。

一栋建筑物从最初的设想设计,到原材料的采集、生产、运输,再到构部件的组合、加工、建造和使用,最后复原、回收或废物管理等一系列过程,可称为这个建筑物的寿命周期。在整个寿命周期中,都存在能源消耗与能源效率的问题,因此建筑节能的概念也就有广义和狭义之分。

广义的建筑节能要求考虑建筑物整个寿命周期内的能源流动情况,如何在全寿命周期内尽可能地提高能源的利用效率。与广义建筑节能相对应的建筑节能技术即是绿色建筑。绿色建筑,是综合运用当代建筑学、生态学及其他科学技术的成果,把住宅建筑造成一个小的生态系统,为居住者提供生机盎然、自然气息浓厚、方便舒适并节约能源、没有污染的居住环境。“绿色”并非指一般意义上的立体绿化、屋顶花园,而是对环境无害的一种标志,是指这种建筑能够在不损害生态环境的前提下,提高人们的生活质量及当代与后代的环境质量。其“绿色”的本质是物质系统的首尾相接、无废无污染、高效和谐、开放式闭合性的良性循环。

狭义的建筑节能通常对构部件的组合、加工、建造及建筑的使用过程中的能耗关注较多,尤其是建筑运行过程中的能耗,是狭义建筑节能研究的重点。与狭义建筑节能相对应的建筑节能技术即是建筑节能。建筑节能包括四个方面:一是建筑本体的节能,包括建筑规划与设计、围护结构的设计等节能;二是建筑系统的节能,包括采暖与制冷系统等设备的节能;三是能源管理,规范管理的方式做到合理用能。现在国内外习惯上把建筑节能从狭义的观点出发将它理解为使用能耗,即建筑物使用过程中用于供暖、通风、空调、照明、家用电器、输送、动力、烹饪、给排水和热水供应等的能耗。

四、建筑节能的必要性

节约能源是我国的一项基本国策,建筑节能是我国节能工作的重要组成部分,深入持久地开展建筑节能工作意义十分重大。

(1) 建筑节能有利于缓解能源供给的紧缺局面

如前所述,我国人均能源资源较少,资源分布不均,优质能源少,是世界上少数几个以煤炭为主的国家。而同时我国又是一个能源消费大国,全年能源消耗仅次于美国,总量居世界第二位。1999年,我国一次能源总消费量为13.01亿t标准煤,其中建筑能耗为3.62亿t,占能源总消费量的27.8%。随着经济的发展和人民生活水平的提高,采暖范围日益扩大,空调建筑迅速增加(2000年广东、上海、北京百户居民空调器平均拥有量分别为98.04台、96.4台、69.6台),某些城市夏季空调用电甚至占总用电量的25%~40%。建筑能耗的增长远高于能源生产增长的速度,尤其是电力、燃气、热力等优质能源的需求急剧增加。1990年至1999年人均生活用电量由42.4 kW·h增至159.4 kW·h,城市集中供热面积由2.13亿m²增至9.68亿m²。目前我国经济发展速度约为8%,能源增长速度约为3.5%,我国能源生产的增长速度滞后于国民经济的增长速度。随着我国现代化建设的发展,我国建筑能耗比例将日益向国际水平(30%~40%)接近,能源供应将更加紧张。

我国城乡建设发展十分迅速,房屋建设规模日益扩大,建筑用能增长速度较快。20世纪80年代初期,全国每年建成建筑面积达7亿~8亿m²,到90年代初期每年建成面积已达10亿m²左右,至今已增加至每年16亿~17亿m²,其中城镇住宅4亿~5亿m²,公共建筑4亿~5亿m²,农村住宅7亿~8亿m²。我国城乡现有建筑面积已超过360亿m²,到2020年预计将达到500亿m²。由于我国的城市建设正处在快速增长时期,建筑用能缺口很大,仅靠单方面加强能源方面的投入和基础设施建设无法满足快速增长的社会发展需求和减缓能源供给的紧缺局面。

(2) 建筑节能有利于改善大气环境、实现可持续发展

由于我国能源结构是以煤为主,煤炭的大量直接燃烧导致城市大气污染日益严重。我国每年采暖燃煤排放二氧化硫约60万t、烟尘约25万t,采暖期城市大气污染指数普遍超标。北京地区采暖期与非采暖期相比,空气中总悬浮物高1.2倍,氮氧化物和一氧化碳高1.7倍,二氧化硫高1.6倍。烟尘颗粒物和二氧化硫、氮氧化物不仅损害人体健康,还会形成对土壤、水体、森林、建筑物危害严重的酸雨。更为严重的是煤炭燃烧还直接造成温室气体——二氧化碳的大量排放。我国每年采暖燃煤排放的二氧化碳约2.6亿t,二氧化碳排放量居世界第二位,约占世界总排放量的13%。

全球变暖的现实正不断地向世界各国敲响警钟。2003年,欧洲各地气温连续几个月比往年同期平均值高5℃,而且酷热天气扩大到了整个北半球。在印度的某些地区,气温高达45℃~49℃。加拿大、美国、中国、俄罗斯的部分地区都创下了当地最高气温纪录。我国自1986年出现明显的“暖冬”以来,暖冬不断,已持续至今。统计数据表明1981年至1990年全球平均气温比一百年前的1861年至1880年上升了0.48℃。预测到21世纪末全球平均气温比现在还要提高1.4℃~5.8℃。全球变暖将使世界生态环境发生重大变化,如极地融缩、冰川消失、海面升高、洪水泛滥、干旱频发、风沙肆虐、物种灭绝、疾病流行等,这对人类的生存构成了严重威胁,全球变暖是人类在本世纪所面临的最大挑战之一。近几年,我国

由于气候变化引起的特大灾害十分频繁,许多地方发生特大洪水、持续干旱,荒漠化加剧和沙尘暴频发,已使我国蒙受了巨大的经济损失。

1992年5月9日,国际社会通过了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC),1995年各缔约国又在柏林启动了新一轮关于减排温室气体的强制性目标和时间表的谈判,1997年12月,149个国家和地区的代表在日本东京召开《联合国气候变化框架公约》缔约方会议,会议通过了旨在限制发达国家温室气体排放量以抑制全球变暖的《京都议定书》,我国政府目前已正式核准《〈联合国气候变化框架公约〉京都议定书》。切实履行减排温室气体义务、保护地球大气和生态环境对建筑节能提出了更高的要求。

(3) 建筑节能有利于提高人民生活水平

我国地域广阔,冬季南北温差极大,气候条件比较严酷。东北地区不仅气温低,而且持续时间长。华北地区虽然不如东北地区冬季那样寒冷,但冷热时间都很长,夏季经常出现炎热天气。我国与世界同纬度地区的气候相比相对恶劣,平均气温一月份东北地区偏低 $10^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 、华北地区偏低 $10^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 、长江南岸偏低 $8^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、东南沿海偏低 5°C ,而7月份各地平均温度又偏高 $1.3^{\circ}\text{C}\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 。

过去我国对建筑物的保温、隔热、气密性重视不够,大多数住宅的建筑品质和节能水平仅相当于欧洲20世纪50年代的水平,冬季普遍居室温度低于 16°C 、夏季超过 30°C ,居住热环境很差,影响广大人民群众的身心健康,特别是老人、儿童、病人、产妇。冬天,感冒、气管炎、关节炎、风湿性心脏病、心脑血管疾病的发病率明显增高;盛夏季节,气温高,室内闷热,特别是处在顶层和西向房间的人们最为难熬,白天在室内如入蒸笼,大汗淋漓,晚上辗转反侧无法入睡。建筑节能开展后上述情况得到改观,新建节能建筑除了采用高效、节能的供暖、空调设备之外,还特别加强围护结构(外墙、屋顶、门窗和地面)的保温和隔热性能以及门窗的气密性,这样不仅能降低建筑能耗,而且显著地改善室内环境的热舒适性,实现冬暖夏凉,提高人民群众的生活质量和健康水平。

(4) 建筑节能有利于保护耕地资源

我国人口居世界第一位,以世界上7%的耕地养活了世界上22%以上的人口。到2000年底,我国人均耕地的占有量仅为1.51亩,只占世界人均耕地的45%,其中低于联合国规定的人均耕地在0.8亩危险线以下的城市约有170个,耕地资源十分有限。

我国传统建筑的墙体材料以实心黏土砖为主。实心黏土砖不仅其保温性能达不到国家对建筑的节能要求,而且严重毁占耕地,消耗大量能源。我国约有12万个砖瓦企业,占地600多万亩,每年烧制6000多亿块黏土砖,取土约 14.3亿 m^3 ,相当于毁坏耕地20万亩。此外我国每年烧砖要烧掉6000多万t标准煤,占建材生产总能耗的55%。全面禁止使用实心黏土砖、推行节能节地和利用废的新型墙体材料是我国目前建材行业的首要任务。建筑节能极大地推动了我国建材领域的墙材革新,对保护耕地和生态环境起到了积极作用。

综上所述,建筑节能是一个世界性潮流,我国起步时间晚而且相对落后,因此建筑节能研究是我国目前亟待深入研究的前沿应用型课题。推进建筑节能的深入发展对保证能源安全、减少温室气体排放、保护大气环境及生态环境、节约土地资源、提高人民群众的生活水平都具有重要意义。

第二节 国内外建筑节能概况

一、国外建筑节能概况

世界性能源危机以来,面对全球性能源的日益紧张形势,世界各国,尤其是西方工业发达国家,对建筑节能给予了高度重视,制定了一系列的建筑节能标准、政策和法规,以法律的形式保证了建筑节能工作的顺利进行,取得了显著的成绩。法国的建筑节能法规出台最早。法国在第二次世界大战后建造了大量的住宅,并在1955年提出了建造具有一定舒适性住房的热工标准。从1974年起分三步用法律形式正式规定了节能的指标,要求1974年节能25%,1982年和1989年分别达到节能45%和60%。由于政府重视,法国研究开发了很多有关建筑节能的新技术、新产品,并带动大批相关产业发展,形成了完整的体系,包括规范、标准、技术细则的制定,以及建筑物的开发、设计、建造经营和管理等。

英国气候温和,月平均气温冬夏相差不到20℃。由于舒适条件要求高,因此,采暖期长,能源消耗大。1989年英国家用能耗占能源总消耗的27.2%,其中以天然气为主,占71.6%。在各种家用能耗中,仍以采暖能耗为主,占56.6%。英国不少新建房屋外墙传热系数数值在 $0.22\sim 0.35\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 之间,低于本国标准要求。墙体和屋顶保温基本措施是采用高效保温材料,门窗采用双层玻璃窗,安装可调控的百叶窗(室内控制),加设门窗密封条。为解决通风问题,房间使用微流量通风器,通风流量大小可根据需要随时用人工调节。20多年来,英国在建筑节能方面已形成一套机制,既有政策上的宏观调控,又有规范、法规的具体要求,既有组织措施,又有技术保障。

美国在全球性能源危机发生后,对能源的利用情况进行了全面的实事求是的分析,认为必须对建筑设计制定节能标准并提出法规予以执行。1975年第一次颁布了ASHRAE(美国采暖、制冷和空调工程师协会)标准《新建筑物节能设计标准》,以此为基础,1977年12月官方正式颁布了《新建筑结构的节能法规》,并在全美45个州内收到了明显的效果,节约能耗近40%,且未影响建筑物的正常使用以及居民的居住舒适度。但他们并未因此而满足,美国国家能源局、标准局及全国建筑法规和标准大会不断地在建筑节能和评估准则等方面提出新的内容,每五年对ASHARE标准进行一次修订。经过了十多年的实施和改进,为了使节能工作更有效,决定将原有的一个标准分为两个,这就是1989年颁布的ASHRAE《新建筑物节能设计标准(除低层居住建筑外)》和1993年颁布的ASHRAE《新的低层居住建筑节能设计标准》,另外又提出了在以前的节能基础上再节能25%的要求,并在标准中把消费者的经济利益与节能要求有机地结合起来,使得建筑节能更有推动力。

日本政府于1979年6月通过了《关于合理化利用能源法》,1980年颁布了《住宅能源使用合理化的建筑业主判断标准》、《办公用建筑物能源使用合理化的建筑业主判断标准》、《住宅能源合理化的设计施工方针》等。

1977年8月,经联邦政府同意,德国首次颁布了建筑物节能的隔热法令。为了鼓励旧建筑进行技术改造,减少能耗,政府又制定了激励政策并规定:在1977年2月到1982年,为改造房屋围护结构和采暖设备支付的资金,政府给予25%的补贴,并在10年内减税10%。随着技术的更新,该国从2002年开始实行新的建筑节能规范——EnEv,其核心思想是从控

制单项建筑围护结构(如外墙、外窗、屋顶)的最低保温隔热指标,转化为对建筑的能量总消耗量的控制。这一规范的一个新型节能措施,就是对建筑实行按建筑面积或体积为基准的能耗标准控制。规定了建筑物最大允许能耗标准,建筑围护结构最大允许平均损失值,以及一系列实施上的具体管理措施。

二、国内建筑节能概况

人均能源占有量过低、国民生产总值能源消耗过高是我国长期以来国民经济和社会发展中的突出问题。工业能耗高的问题早已引起各级领导的重视,但建筑能耗高的问题却长期被忽视。

改革开放以来,我国的经济发展很快,伴随着经济的高速发展,每年成亿平方米的新建筑雨后春笋似的在全国各地涌现出来。而且随着生活水平的提高,人们对室内环境的要求也越来越高,越来越多的建筑配备了采暖空调系统、热水供应设施等。中国的建筑能耗在全国总能耗中的比例一直在增长,而 1978 年这个比例大约为 10%,到 2001 年已经达到 27.45%,如图 1-2 所示,预计这个比例最终会达到 35%~40%。届时,建筑将超越工业、交通、农业等其他行业成为能耗的首位。我国建筑物的设计寿命为 50 年,建筑物在全寿命周期内将直接或间接地消耗大量的能源,从而对能源造成重负,对环境造成严重污染。因此,建筑节能已成为影响能源安全、优化能源结构、提高能源利用效率和可持续发展的关键因素。实施建筑节能无疑将保护我们有限的自然资源,减少环境污染,实现国民经济和社会的可持续发展及人们生活水平的提高。

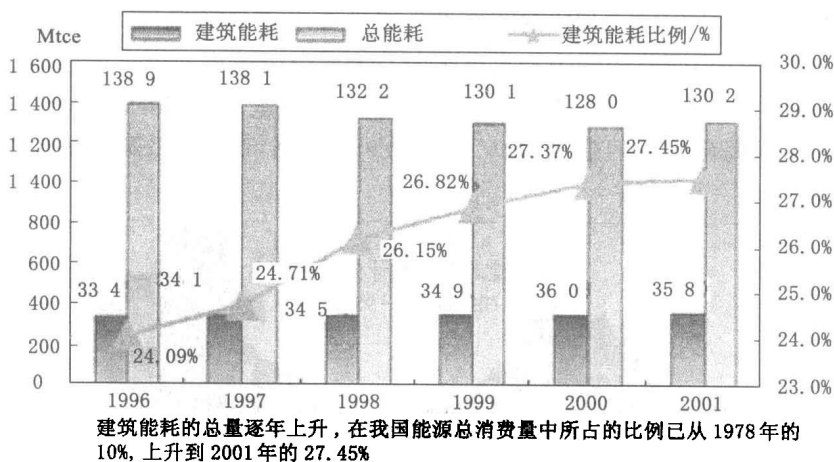


图 1-2 我国建筑能耗与总能耗关系变化图

我国是个幅员辽阔的国家,根据 1 月份和 7 月份的平均气温,全国共分成了 5 个不同的建筑气候区,分别是:严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区(见图 1-3)。传统上严寒地区和寒冷地区又称做采暖地区。东北、西北、华北以及青藏高原是采暖地区。夏热冬冷地区的范围,大致为陇海线以南,南岭以北,四川盆地以东,也可以大体上说是长江中下游地区。以昆明为中心的云南、贵州两省的一部分是温和地区。桂林、韶关、福州一线以南是夏热冬暖地区。从 5 个建筑气候分区的名字上就可以看出,除面积很小的温和地区外,我国绝大部分国土上的建筑都需要采取一定的技术措施来保证冬夏两季的室内舒适环境。北方的严

寒地区和寒冷地区主要考虑冬季采暖,南方的夏热冬暖地区主要考虑夏季空调,而地处长江中下游的夏热冬冷地区则要兼顾夏季空调和冬季采暖。由于我国目前的发展水平还远低于发达国家,经济正处在一个高速增长时期,所以人均占有的建筑面积、人均能源消费量还不可避免地要增长。建筑节能的目的在于提高能源利用效率,在创造舒适的室内环境的同时尽量少消耗能源,减缓建筑用能的增长速度。建筑用能中,采暖和空调占的比例最大,约为 65%。采暖和空调在创造一个适宜的室内环境的同时,要消耗数量惊人的能源。为了创造一个舒适的室内环境,冬夏两季要靠采暖空调系统来维持室内温度与室外温度之间的差别。正是这个室内外的温差导致能量以热的形式流出或流入室内,采暖空调设备消耗的能量主要就是用来补充这个能量损失的。达到建筑节能的目的可以从两方面入手:一是提高建筑物本身的保温隔热能力,二是提高采暖空调系统的效率。前者可以减少流出或流入室内的热量,后者可以少耗能多产出热(冷)量。

从 20 世纪 80 年代开始,建设部就开始抓建筑节能工作,之后又出台了我国第一个建筑节能设计标准,20 世纪 90 年代加大了建筑节能工作的力度,建筑节能设计标准目前已经基本配套,并且出台了一系列有关实施建筑节能设计标准的文件。现在所颁布的建筑节能相关设计标准主要有:《民用建筑节能设计标准》(JGJ 26—95)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001)、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2003),另外全国各地很多城市,如北京、上海、重庆等地都根据地方的实际情况分别制定了相关的节能设计标准。

2002 年 6 月建设部正式印发了《建设部建筑节能“十五”计划纲要》。按照计划要求,全国的新建民用建筑都应该按照相应的节能设计标准要求设计建造,而这些节能设计标准都从提高建筑物本身保温隔热的能力和提高了采暖空调系统的效率两个方面对新建建筑提出了明确的要求,满足这些设计要求将使新建筑在保持同样室内条件的前提下比老建筑节能 50% 的能源。我国每年新建的建筑数以 10 亿 m^2 计,节省 50% 的采暖空调耗能将是一个非常可观的数字。



图 1-3 我国建筑气候区划图

第二章 传热学的基本知识

第一节 建筑与热流的关系

建筑的屋顶、墙等外围护结构的作用是使室内受到遮护,以不受到室外气候变化的影响。如果仅从室内的冷热角度来考虑,则外围护结构的作用就是为了防热御寒,使室内形成温暖、舒适的环境。

当然,气候有四季之别。冬夏两季,建筑内外的热流方向截然不同。春秋两季可谓舒适气候。若仅就春秋两季而言,外围护结构的热工性能差一些也是可以的;而冬夏两季,则要求外围护结构具有绝热的性能。

图 2-1 所示为房屋冬季的热流方向。冬天,一般室内温度高,室外温度低,热流必然由室内流向室外。当室内不供暖时,室温的自然变化受太阳辐射热、与其他建筑物之间的热辐射以及房间里人体散热等各因素的影响,它不同于室外气温,把这个自然变化的室温称为该房间的自然温度。冬季,房屋的热流方向大多是由室内流向室外的。夏季,白天和黑夜的热流方向恰恰相反(图 2-2)。白天,若房间不供冷,则由室外向室内的热流量相对较少,与该热量相比,房屋接受太阳辐射热却相当大;若房间供冷,则室温比室外气温低得多,由室外流向室内的热流量就会相应增加。可是,到了夜间,室外气温一下降,热流便由室内流向室外,以利于室内人们的生活。

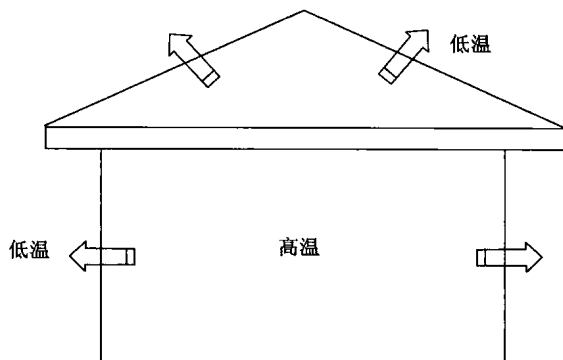


图 2-1 房屋冬季的热流方向示意图

为了改善室内气候条件,我们应当了解室外热量是怎样进入室内的。夏季室内热量的主要来源如图 2-3 所示。

(1) 围护结构向室内的传热。在太阳辐射和室外气温共同作用下,外围护结构外表面吸热升温,将热量传入室内,并以传导、辐射和对流的方式使围护结构内表面及室内空气温度升高。