



普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建筑节能

天津大学 王立雄 编著



中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建 筑 节 能

天津大学 王立雄 编著

中国工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节能/王立雄编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-06173-3

I. 建... II. 王... III. 建筑—节能—高等学校—
教材 IV. TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 024777 号

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建筑节能

天津大学王立雄 编著

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10½ 字数: 260 千字

2004 年 5 月第一版 2006 年 1 月第二次印刷

印数: 4001—5200 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-112-06173-3

TU·5440 (12186)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

建筑节能是在当今人类面临生存与可持续发展重大问题的大环境下世界建筑发展的基本趋向。本书依照我国最新颁布的各种建筑节能标准，针对我国的地域环境和建筑特点，并注重国际上先进的建筑节能概念，重点介绍了在建筑设计中节能的原理和途径，提供了有效的节能设计依据和方法。本书内容包括建筑节能设计原理、相关术语、与节能相关的热工计算、围护结构节能设计、供热节能设计、制冷节能原理、建筑规划及单体节能设计等十个章节。

本书根据全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求编写，可作为高等学校建筑学、城市规划专业的教材，也可供土建设计和科研人员参考。

* * *

责任编辑：陈 桦

责任设计：孙 梅

责任校对：刘玉英

前 言

节约建筑用能源是贯彻可持续发展战略和实施科教兴国战略的一个重要方面，是执行节约能源、保护环境基本国策和中华人民共和国《节约能源法》的重要组成部分。积极推进建筑节能，有利于改善人民生活和工作环境，保证国民经济持续稳定发展，减轻大气污染，减少温室气体排放，缓解地球变暖的趋势，是发展我国建筑业和节能事业的重要工作。

建筑节能是建筑技术进步的一个重大标志，也是建筑界实施可持续发展战略的一个关键环节。发达国家为此进行了长久的努力，并取得了十分丰硕的成果。在我国，建筑用能在能源消耗中占有较大比重。我国 2000 年建筑用商品能源消耗共计 3.56 亿吨标准煤，占当年全社会终端能源消费量的比重为 27.8%，接近发达国家建筑用能占全社会能源消费量的 1/3 左右的水平。建筑节能工作任务巨大，刻不容缓。

高校建筑学专业指导委员会远见卓识地提出编写《建筑节能》教材的要求，以满足高等学校建筑类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学需要。天津大学自 1994 年开设“建筑节能”课程至今已近十年，在这其中积累了大量资料和教学经验。我们申请并获批准承担编写《建筑节能》教材任务，历经努力并终于完成。

本书依照我国最新颁布的各种建筑节能标准，重点介绍了在建筑设计中节能的原理和途径，提供了有效的节能设计依据和方法。内容主要有以下几个特色：一、建筑规划及单体节能途径、围护结构节能设计、相关的热工计算是建筑节能中相互关联的核心内容，书中分配了较大篇幅重点介绍；二、由于建筑节能领域涉及很多概念、术语，这些内容容易在实际工作中混淆，所以书中用专门章节加强了这一部分；三、专门介绍供热节能设计及热计量技术，以满足节能 50% 的目标中供热系统承担 20% 的任务要求；四、针对夏热冬冷地区建筑节能，介绍了制冷系统的节能原理。

在本书编写过程中得到天津大学沈天行教授的悉心指导，臧志远为本书绘制了全部插图，作者在此深表谢意。

限于编者的水平，书中难免有不妥之处，恳切希望得到各方面的及时批评和指正。

王立雄

2004.3 于天津大学

目 录

第一章 建筑节能基本知识	1
第一节 建筑节能是现代建筑设计的趋势	1
第二节 国外建筑节能概况	2
第三节 我国建筑能耗概况	4
第四节 采暖居住建筑节能基本原理和节能途径	5
第五节 空调建筑节能原理	6
第六节 我国建筑节能的目标与任务	8
第二章 名词术语及相关规范	11
第一节 建筑节能领域中常用的名词术语	11
第二节 建筑物采暖耗热量指标和采暖耗煤量指标	14
第三节 围护结构传热系数的修正系数	16
第四节 与建筑节能相关的规范与标准	19
第五节 节能标准与热工规范的区别及联系	22
第三章 新节能标准	23
第一节 适用范围的规定	23
第二节 相关的热工指标计算方法的规定	23
第三节 建筑热工设计规定	24
第四章 建筑热工设计计算	28
第五章 围护结构节能设计	37
第一节 墙体节能概述	37
第二节 外墙外保温技术	37
第三节 外墙内保温技术	45
第四节 屋面	50
第五节 窗户节能	53
第六节 门	59
第七节 地面	60
第八节 楼梯间内墙与构造缝	64
第六章 供热节能设计	65
第一节 供热采暖系统节能途径	65
第二节 供热节能设计	66
第三节 供热管网系统水力平衡	69
第四节 控温与热计量技术	76
第七章 制冷节能原理	83
第一节 常规空调的节能途径	83
第二节 分散空调方式的节能技术	85
第三节 户式中央空调节能	88

第四节	中央空调系统节能	90
第五节	高大空间建筑物空调节能技术	94
第六节	蓄冷空调系统	96
第八章	建筑单体设计与节能	100
第一节	建筑平面尺寸与节能的关系	100
第二节	建筑体型与节能的关系	101
第三节	合理选择外墙保温方案	104
第四节	窗的设计与节能的关系	105
第五节	一个典型的低能耗建筑	108
第九章	建筑规划设计与节能	111
第一节	建筑选址	111
第二节	建筑组团布局	112
第三节	建筑朝向	113
第四节	建筑间距	116
第五节	建筑与风环境	118
第十章	其他建筑节能方法	122
第一节	照明系统的节能	122
第二节	建筑采光与节能	124
第三节	太阳能建筑	127
附录一	建筑热工设计分区及设计要求	133
附录二	全国主要城镇采暖期有关参数及建筑物耗热量、采暖耗煤量指标	134
附录三	我国夏热冬冷地区部分城镇日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 期间有关参数	138
附录四	围护结构传热系数的修正系数 ε_i 值	140
附录五	建筑材料热物理性能计算参数	141
附录六	外墙平均传热系数的计算	148
附录七	关于面积和体积的计算	149
附录八	建筑热工设计常用计算方法	150
附录九	全国主要城市冬季太阳辐射照度	154
附录十	建筑外窗性能国家标准	160
参考文献		161

第一章 建筑节能基本知识

第一节 建筑节能是现代建筑设计的趋势

一、建筑节能带来的变化

建筑节能是可持续发展概念的具体体现，也是世界性的建筑设计大潮流，同时又是建筑科学技术的一个新的增长点。设计、建造使用节能建筑有利于国民经济持续、快速、健康发展，保护生态环境。促使建筑节能化的最初原因是从 20 世纪 70 年代开始的能源危机，而节能建筑的出现又带动了建筑技术在多方面的蓬勃发展，甚至使建筑行业的结构也产生了种种变化，具体可总结出以下几个方面：

1. 建筑物外围护结构形式的变化

传统建筑的外围护结构大都注重其承载功能，保温隔热能力处于相对次要地位，建筑材料多为单一的砖石或混凝土等。这些材料的保温隔热能力较差。近年来研制出了能够工业化大规模生产的泡沫聚苯板、岩棉板、玻璃棉板等高效保温材料，其保温效能是普通黏土实心砖的 20 倍。人们可以用这些高效保温材料与加强面材组成复合墙体，它具有质轻体薄高效的优点，可以让人们能更加灵活地设计建筑，取得最佳的保温节能效果。同时建筑外窗的设计、制造也发生了巨大变化，保温性能大大提高，为建筑节能提供了基础构件。

2. 采暖调控系统的技术进步

传统建筑物中的采暖系统只是简单的管道连接暖气散热器组成。在我国，绝大多数曾经采用的居住建筑采暖方式为单管串联供热方式。这种方式存在的问题是室温冷热不均，调控困难，无法对所用热能计量，所以能量浪费较严重。目前使用的现代采暖技术，已经完全做到各房间温度按需要自动控制调节，整个供热系统依据各处回馈热能需求的信息，自动控制热网的供热情况。这种新型采暖系统，大可达到一个城市区域，小可到一家一户，精确高效。同时按热计量取费使节能效果更加明显。

3. 建筑构件产品、建筑机构的变化

节能建筑中大量采用各种各样的新的保温材料、密封材料、加强材料、保温门窗、保温管道、换热器、调速泵、温控阀和计量表等等。为了生产这些保温密封供暖材料设备，在各发达国家中已形成现代化的庞大的节能产业群体。同时由于建筑节能技术的专业性与复杂性，在各发达国家都相应产生了各有其技术专长的建筑安装公司和供热计量等服务性公司，使建筑机构上出现了新的变化。

二、变化出现的原因

另一方面我们也关注到，上述这些变化出现的根本原因是现代社会日益提高的对建筑功能的要求导致的。

1. 经济可持续发展的需要

源于 20 世纪 70 年代的石油危机使人们终于明白, 我们浪费不起能源, 能源将是调节经济可持续发展的重要因素, 近年来我国国民生产总值的增长近于 10%, 但能源的增长, 经过持续努力也只能做到 3% ~ 4% 的增长幅度, 能源发展滞后于经济发展, 所以必须依靠节能技术的大范围使用来保障经济的发展。从煤炭的经济可采储量和可开发的水电量等能量人均占有指标上看, 我国仍低于世界人均水平, 至于石油天然气资源就更少了。为了子孙后代可持续利用国有自然资源, 节能是必然的选择。

2. 大气环保的需要

矿物燃料燃烧时排放的硫和氮的氧化物会危害人体健康, 造成环境酸化, 燃烧时产生的二氧化碳将导致地球产生重大气候变化, 危及人类生存。世界上许多国家都严重关切这些问题, 建筑采暖所用燃料无疑是造成大气污染的一个主要因素, 各发达国家节能的政策也是以减少燃料燃烧的排放物为明确目标。在我国以北京市为例, 在非采暖期大气环境几个污染因素指标是符合国家标准的, 而一到采暖期指标就大大上升。所以建筑节能可减轻对大气环境的污染。

3. 宜人的建筑热环境的需要

舒适宜人的建筑热环境是现代生活的基本标志。在发达国家, 他们通过越来越有效的利用好能源, 不断地满足人们的需要。在我国, 随着现代化建筑的发展和人民生活水平的提高, 对建筑热环境的舒适性要求也越来越高。由于地理位置的特点, 我国大部分地区冬寒夏热, 与世界同纬度地区相比: 1 月份的平均气温, 我国东北地区低 14 ~ 18℃, 黄河中下游地区低 10 ~ 14℃, 长江以南地区低 8 ~ 10℃, 东南沿海地区低 5℃左右; 在夏季七月平均气温, 我国绝大部分地区却要高出 1.3 ~ 2.5℃。加之夏天整个东部地区温度均高, 冬天东南地区仍保持较高温度, 因此, 夏天闷热、冬天湿冷是我国主要的气候情况。所以我国冬冷夏热问题比较突出。创造舒适宜人的室内热环境, 冬天需采暖, 夏天要用空调, 这些都需要有能源的支持。而我国的能源供应十分紧张, 这样, 在节能技术的支持下改善室内环境质量就是必然之路。

以上几个方面充分说明建筑节能已成为世界性大潮流, 同时也是客观的社会需要。

第二节 国外建筑节能概况

一、外围护结构传热系数

西方发达国家在经历了 1973 年世界性石油危机后, 都十分重视建筑物节能问题。一方面从建筑法规上保障节能方针的有效实施, 一方面从经济上加以引导、鼓励或限制。为了推进建筑节能, 发达国家自 20 世纪 70 年代开始都先后颁布了若干标准, 组成配套体系标准。随着能源紧张的加剧和科学技术的进步, 各国均是每隔一定年限就修订一次与节能有关的标准, 提高节能要求, 挖掘技术潜力。从具有代表性的国家上看, 目前法国执行的已是石油危机后第三个节能 25% 的标准。英国的标准中外墙传热系数[单位为 $W/(m^2 \cdot k)$]限值 1975 年时为 1.0, 到 1982 年降至 0.6, 1988 年再度减为 0.45。北欧国家丹麦的建筑法规最初规定, 外墙依其自重不同, 传热系数应不大于 0.6 和 1.0, 经 1977 年和 1985

年的修订逐步降低到 0.30 和 0.35，而现在分别为 0.2 和 0.3。德国节能规范中建筑围护结构中外墙目前为 0.5，外窗为 0.7。可以看出在这些国家的标准中对建筑节能的要求越来越高，同时这些标准都得到认真的遵守。

现将国内外建筑外围护结构传热系数的比较列于表 1-1。其中北京和哈尔滨外围护结构传热系数为原热工规程和先后两个节能设计标准的限值，表中发达国家的参数为现行标准对外围护结构传热系数的限值。需要说明的是，气候越是寒冷的地区，采暖度日数越高，其建筑外围护结构的传热系数的规定就应越是严格。

国内外建筑外围护结构传热系数[W/(m²·K)] 表 1-1

国 家			外 墙		外 窗	屋 顶	
中国	北京	1986 年节能标准	1.28		6.40	0.91	
		1996 年节能标准	1.16	0.82	4.00	0.80	0.60
	哈尔滨	1986 年节能标准	0.73		3.26	0.64	
		1996 年节能标准	0.52	0.40	2.50	0.50	0.30
瑞典南部地区			0.17		2.00	0.12	
丹 麦			0.20(每平方米重量 < 100kg) 0.30(每平方米重量 > 100kg)		2.90	0.15	
德国 柏林			0.50		1.50	0.22	
英 国			0.45		(双玻璃)	0.45	
加拿大	相当于哈尔滨采暖度日数地区		0.27		2.22	0.17	
	相当于北京采暖度日数地区		0.36		2.86	0.23	
日本	北海道		0.42		2.33	0.23	
	东京都		0.87		6.51	0.66	

由此可见我国目前建筑外围护结构保温水平与气候条件接近的发达国家相比，差距相当大。同时门窗的气密性差距也在 3~6 倍之多。

二、建筑能耗

欧美发达国家随着人们生活水平的提高，住宅能耗所占全国能耗的比例都相当高，在居住能耗中由于各国国情的不同，也有相当的差别。对于天气寒冷期较长的一些国家和地区，如西北欧国家、加拿大，其采暖及供热水能耗均占住宅能耗中的大部分。图 1-1 资料源于欧洲联盟统计局。

发达国家城市及乡村建筑普遍装有采暖设备，所用能源主要是煤气，燃料油或者电力。其采暖室温一般为 20~22℃，多设有恒温控制器来自动调节室温。与我国相比，在相近的气候条件下，发达国家一年内采暖时间较长，同时长年供应家用热水，炎热地区建筑内则安装有空调设备。

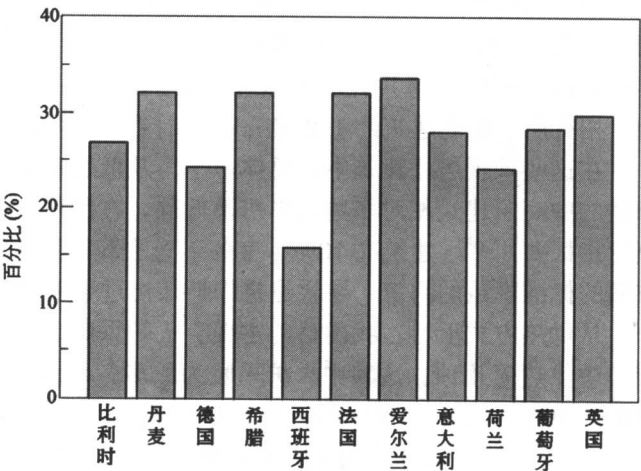


图 1-1 欧洲国家家用能耗占总能耗百分比

在发达国家中,已有建筑比每年新建建筑多得多,要使建筑节能取得突出成效,就必须大力推进已有建筑的节能改造工作。北欧和中欧国家在1980年前即已形成按节能要求改造旧房的高潮,到1980年代中期即已基本完成。西欧、北美的已有房屋也早已逐步组织节能改造。因此有些国家尽管建筑面积逐年增加,但整个国家建筑能耗却大幅度下降。如丹麦1992年比1972年的采暖建筑面积增加了39%,但同时采暖总能耗却由1992年的322PJ减少到222PJ,减少了31.1%;采暖能耗占全国能源总消耗的比例,也由39%下降为27%;每平米建筑面积采暖能耗由1.29GJ减少到0.64GJ,即减少了50%。

按照我国目前水平,与气候条件接近的发达国家相比,在建筑围护结构保温性能上相差很远,采暖系统的热效率也相当低,供热调控水平也很缺乏。但发达国家独户住宅和联排住宅多,其建筑体形系数大,欧洲国家冬季通过太阳辐射得热较少。因此,从总体上看,我国单位建筑面积采暖能耗为同等条件下发达国家的3倍左右。

第三节 我国建筑能耗概况

一、我国居住建筑情况

我国人口众多住宅建筑规模巨大。至2000年底,全国既有房屋建筑面积,城市已至76.6亿 m^2 (其中住宅44.1亿 m^2),农村为299.4亿 m^2 (其中住宅约占80%)。其中能够达到采暖建筑节能设计标准的只有1.8亿 m^2 。近几年全国每年建成的房屋建筑面积达16~19亿 m^2 。从住宅数量上看是非常庞大的,但保温隔热的总体水平和气密性都很差,采暖系统大都很落后,以北京市拥有量较多的多层砖混住宅为例,过去一贯采用的结构为370mm实心黏土砖外墙,240mm实心黏土砖内墙,单框钢窗。这类门窗厚度薄,缝隙大,其空气渗透损失的热量,占全部热损失的一半以上,而外墙和楼梯间的保温效果也差,散热量超过总散热量的1/3。

二、我国的采暖与能耗

我国严寒和寒冷地区主要包括东北、华北和西北地区,习惯上称为采暖区,其面积约占我国土地面积的70%,这些地区一年内日平均温度不高于5℃的天数超过90天,最长的满洲里达211天。这一地区即常说的采暖地区,全部城镇居住人口超过1.5亿。1995年年底,这一地区城镇共有房屋建筑面积37.4亿 m^2 ,其中住宅20.2亿 m^2 ,再加上集体宿舍、招待所、托幼建筑约1.8亿 m^2 ,共计有采暖居住建筑22亿 m^2 ,占总面积的58.8%。

在这些采暖居住建筑中,总体上平房及低层建筑仍占大多数,大城市中多层及近年来新建的中高层建筑相对多些。平房及低层,在围护结构保温性能大多相同的条件下,其耗热量指标要比多层建筑高10%~30%。过去我国因片面强调降低造价,加之没有建筑节能方面的标准规范的约束,导致建筑围护结构过于单薄。门窗缝隙过大,采暖能耗过高。

从供热方式上看,我国目前主要有火炉采暖、分散锅炉房供暖、区域锅炉房供暖和城市集中供热等几种。这其中火炉采暖为最多,约占全部建筑采暖总量的近2/3,而火炉采暖的热效平均只有15%~25%。北方大城市采暖以分散锅炉房供暖比重最大。相关统计显示,在29个大中城市中分散锅炉供暖平均占84%。这些锅炉普遍在低负荷、低效率状态下运行,实际供暖面积平均只达到额定能力的40%。从发展趋势看,火炉采暖比例在逐步

减少,集中供热、区域联合供热和小区锅炉房供暖量逐步增长。但是,目前热效率低、供热成本高、对环境污染大的供暖方式仍占主导地位。

我国采暖居住建筑在采暖期内室内温度多数偏低,大城市中采暖公共建筑多为 $12 \sim 15^{\circ}\text{C}$,其中接通城市热网的采暖建筑室温较高,平均在 16°C 以上。在各供热网中热水失调现象十分普遍,同在一个系统中室温冷热不均现象非常突出。

长江流域的非采暖区,城镇人口有 1.5 亿,建筑面积有 31.8 亿 m^2 ,这个地区寒冷天气有 $2 \sim 3$ 个月,最冷月份平均气温只有 $4 \sim 6^{\circ}\text{C}$,而且夏天湿热,最热月室内平均气温达 $30 \sim 32^{\circ}\text{C}$ 。建筑物保温隔热性不良,且无采暖设备,居住热工条件较差。能源效率低。

我国居住建筑一般均无热水供应。

建筑能耗在不同领域有不同的界定,本书所指建筑能耗为城乡各类房屋建筑采暖,空调和照明所使用的能源,其中的采暖能耗数量最多。据初步统计,在采暖区集中采暖建筑为 14.7 亿 m^2 ,采暖用煤 6230 万 t (标准煤),分散采暖(火炉)建筑为 22.7 亿 m^2 ,采暖用煤 5200 万 t ,全部为 11430 万 t (标煤),平均每年每平方米建筑采暖能耗高达 30.5 kg 。进一步估算,北方农村采暖用商品能源约为 1400 万 t ,长江流域冬季采暖用商品能源 400 万 t ,空调建筑用能为 600 万 t (电折煤),建筑照明用能为 350 万 t (电折煤),总计上述建筑使用能耗约 1.43 亿 t 。统计表明 2000 年建筑能耗占全国商品能源消费总量的 13.1% 。

近年来我国带空调的高档旅游宾馆发展迅速,其单位能耗很高,每年每平米建筑面积能耗,北京地区为 $190 \sim 220 \text{ kg}$ 标准煤(为一般住宅的 $6 \sim 7$ 倍),上海地区为 $120 \sim 140 \text{ kg}$ 标准煤,广州地区为 $150 \sim 200 \text{ kg}$ 标准煤。宾馆能耗中包括电、煤、重油及煤气消耗。其中电耗常占第一位,每平方米建筑面积的年用电量为 $100 \sim 200 \text{ kW} \cdot \text{h}$ (为一般城市居民用电的 $10 \sim 20$ 倍)。在各类电耗中,空调通风占 $50\% \sim 60\%$,照明占 $25\% \sim 35\%$ 。

第四节 采暖居住建筑节能基本原理和节能途径

一、采暖居住建筑的主要特点

统计显示,在居住建筑中住宅大约占 92% ,其余的为集体宿舍、招待所、托幼建筑等。这些建筑的共同特点是供人们昼夜连续使用。所以这类建筑常对室内热环境和空气质量有较高要求,室内都设计安装有采暖设备及通风换气装置。在冬季按我国现行标准,冬季室内温度要求达到 $16 \sim 18^{\circ}\text{C}$,高级别建筑要求达到 $20 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 。从建筑尺度上看,居住建筑层高一般为 $2.7 \sim 3.0 \text{ m}$,开间一般为 $3.3 \sim 4.5 \text{ m}$ 。住宅建筑中人均占有居住面积约为 $7 \sim 8 \text{ m}^2$,占有居住容积 $18.2 \sim 20.8 \text{ m}^3$ 。城镇居住建筑内多层建筑为主,大城市中有一定数量的中高层住宅。近年来由于建筑设计的多样化,城镇新建居住建筑物体形系数有变大的趋势。例如,在北京市和天津市等寒冷地区,多层住宅体形系数已从原来的 0.30 左右向 0.35 左右增大。

二、采暖居住建筑的能耗构成

建筑能耗可分成建筑材料生产能耗、建筑施工能耗、建筑使用能耗三个部分。在这里主要讨论建筑使用能耗。

采暖居住建筑的耗热量由通过围护结构的传热耗热量和通过门窗缝隙的空气渗透耗热

量两部分组成。以北京地区 80 住 2—4、80MD1、81 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，占 73% ~ 77%，其次为通过门窗缝隙的空气渗透耗热量，占 23% ~ 27%。传热耗热总量中，外墙占 23% ~ 34%，窗户占 23% ~ 25%，楼梯间隔墙占 6% ~ 11%，屋顶占 7% ~ 8%，阳台门下部占 2% ~ 3%，户门占 2% ~ 3%，地面占 2%。窗户总耗热量，即窗的传热耗热量加上空气渗透耗热量占建筑物全部耗热量的 50%。

从上述可见，窗户是耗热较大的构件，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。另一方面我国对保证室内空气卫生要求所需的换气次数有明确标准，加强窗户的气密性以减少冷风渗透耗量需注意保证室内最低换气次数。使用气密性很高的窗户时应考虑增加主动式排风装置。

从围护结构各部位传热耗热量所占比例看，外墙最大，第二是窗户，之后是楼梯间隔墙（以楼梯间不采暖住宅为例）和屋顶等。所以外墙仍是节能设计的重点部位。

三、采暖居住建筑节能基本原理

采暖居住建筑物在冬季为了获得适于居住生活的室内温度，必须有持续稳定的得热途径。建筑物总的热量中采暖供热设备供热占大多数，其次为太阳辐射得热，建筑物内部得热（包括炊事、照明、家电和人体散热等）。这些热量的一部分会通过围护结构的传热和门窗缝隙的空气渗透向室外散失。当建筑物的总得热和总失热达到平衡时，室温得以稳定维持。所以建筑节能的基本原理是，最大限度地争取得热，最低限度地向外散热。具体可总结成以下几个方面：

(1) 通过有效的组团规划、单体设计，从朝向、间距、体形上保证建筑物受太阳辐射面积最大。

(2) 减小建筑物的体形系数及外表面积和加强围护结构保温，以减少传热耗热量。

(3) 提高门窗的气密性，减少空气渗透耗热量，提高门窗保温性减少其传热耗热量。

(4) 改善采暖供热系统的设计和运行管理，提高锅炉运行效率；加强供热管线保温；加强热网供热的调控能力。

第五节 空调建筑节能原理

一、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. 围护结构的热阻和蓄热性能

对于非顶层房间，当窗墙面积比为 30% 时，增加建筑物各朝向外墙热阻，对空调设计日冷负荷和运行负荷的降低并不显著。例如外墙热阻从 0.34 增到 $1.81(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$ ，设计日冷负荷降低 10% ~ 13%。对于顶层房间，当窗墙面积比为 30% 时，增加屋顶热阻值，可使设计日冷负荷降低 42%，运行负荷降低 32%，效果明显。对于任何位置任何朝向的空调房间，外墙和屋顶的蓄热能力对空调负荷的影响极小，仅 2% 左右。但当外墙和屋顶蓄热能力较小时，增加热阻带来的效果很明显，而外墙和屋顶蓄热能力较大时，增加热阻带来的降低空调负荷的效果较差。也就是说从降低空调负荷效果上看，热阻作用大于蓄热

能力的作用。即采用热阻较大,蓄热能力较小的轻质围护结构以及内保温的构造做法,对空调建筑的节能是有利的。

2. 房间朝向状况,蓄热能力

房间朝向对空调负荷影响很大。不论围护结构热阻和蓄热能力怎样,顶层及东西向房间的空调负荷都大于南北向房间。因此将空调房间避开顶层设置以及减少东西向空调房是空调建筑节能的重要措施。

对于允许室温有一定波动范围的舒适性空调房间,增加围护结构的蓄热能力,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 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 时。厚重的围护结构房间的运行能耗仅为轻质房间的 $1/3$ 左右。

3. 窗墙面积比,窗户遮阳与空气渗透情况

空调设计日冷负荷和运行负荷是随着窗墙面积增大而增加的。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。同时加强门窗的气密性,对空调建筑节能有一定意义。

二、空调建筑节能基本原理

我国夏热冬冷的长江流域中下游地区和夏热冬暖的广东、广西、福建地区,空调器在建筑中的使用越来越普遍。这些地区空调耗电已成为建筑能耗的重点。因此,必须通过技术途径实现空调建筑的节能。本书所述空调建筑系指一般夏季空调降温建筑,即室温允许波动范围为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的舒适性空调建筑。

空调建筑得热一般有以下三种途径:①太阳辐射通过窗户进入室内构成太阳辐射得热;②围护结构传热得热;③门窗缝隙空气渗透得热。这些得热随时间而变化,且部分得热被内部围护结构所吸收和暂时贮存,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。设计日冷负荷专指在空调室内外设计条件下,空调逐小时冷负荷的峰值,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,在空调设备采用某种运行方式的条件下(连续空调或间歇空调),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。

根据空调建筑物夏季得热途径,总结出以下节能设计要点:

- (1) 空调建筑应尽量避免东西朝向或东西向窗户,以减少太阳直接辐射得热。
- (2) 空调房应集中布置,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处,有伸缩缝处及顶层。当必须布置在顶层时,屋顶应有良好的隔热措施。
- (4) 在满足功能要求的前提下,空调建筑外表面积宜尽可能的小,表面宜采用浅色,房间净高宜降低。
- (5) 外窗面积应尽量减小,窗墙面积比不宜超过 0.30 (单层窗)和 0.40 (双层窗)。向阳或东西向窗户,宜采用热反射玻璃、反射阳光镀膜和有效的遮阳构件。
- (6) 外窗气密性等级不应低于《建筑外窗气密性能分级及检测方法》(GB 7107—2002)中规定的3级水平。
- (7) 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》(GBJ 19—87)规定的要求(表1-2)。

舒适性空调建筑围护结构的最大传热系数

表 1-2

围护结构名称	最大传热系数[$K_{\max}$ (W/m ² ·K)]
屋顶	1.0
顶棚	1.2
外墙	1.5
内墙和楼板	2.0

(8)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厚重材料。

第六节 我国建筑节能的目标与任务

一、建筑节能发展的基本目标

根据建设部节能工作协调组颁布的《建筑节能“九五”计划和2010年规划》,为不断提高建筑用能源的利用率,改善居住热舒适条件,促进国民经济和生活环境的协调发展,提出以下节能基本目标:

(1)新建采暖居住建筑1996年以前在1980~1987年当地通用住宅设计能耗水平基础上普遍降低30%,为第一阶段节能目标;1996年起在达到第一阶段要求的基础上再节能30%。即这时采暖居住建筑采暖能耗从1980~1981年住宅通用设计的基础上节能50%,为第二阶段节能目标;2005年起在达到第二阶段要求的基础上再节能30%为第三阶段节能目标。

(2)对采暖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。

(3)对集中供暖的民用建筑安装热表及有关调节设备并按表计量收费的工作,1998年通过试点取得成效,开始推广,2000年在重点城市成片推行,2010年基本完成。

(4)新建采暖公共建筑2000年前做到节能50%,为第一阶段;2010年在第一阶段基础上再节能30%,为第二阶段。

(5)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,其中居住建筑按该地区建筑传统的建筑围护结构,在保证主要居室冬天18℃,夏天26℃的条件下,建筑全年采暖,空调能耗降低50%为节能目标。2005年重点城镇开始成片进行建筑热环境及节能改造。

(6)在村镇中推广太阳能建筑,到2000年累计建成1000万m²,至2010年累计建成5000万m²。

按上述目标开展节能工作,至2005年可累计节能7400万t标准煤,至2010年可累计节能1.7亿t标准煤。

在建筑面积持续增加的同时,通过建筑节能使采暖产生的大气污染得到控制,使采暖期城市大气质量日益恶化的趋势得到扭转,并且逐步有所改善。随着建筑节能技术的进步,通过新建和技术改造,到2005年初步形成建筑保温、密封、热量表、采暖调节控制等新兴建筑节能产业部门,使建筑工业产业结构趋于合理,以满足建筑节能事业大发展的

需要。

二、实现建筑节能目标的相关措施

在我国全面切实达到建筑节能发展的目标，需要完成的工作是十分艰巨的。因此认清节能工作的紧迫性、必要性，同时要建立起法律手段，经济手段和教育手段相结合的宏观调控机制。

1. 加强法规建设和执行力度

自1986年8月1日建设部颁布第一个《节能设计标准》（第一阶段）至今已逾16年，但具体的实施效果并不理想，大多数省市连第一阶段的目标尚未达到。加强节能法规建设和法规执行力度是重要的一项任务。

目前我国与节能相关的法规有1996年7月1日建设部经修订颁布的新的《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ 26—96）；2001年10月1日施行的《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ 134—2001）；2001年1月1日施行的《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》（JGJ 129—2000）；2001年6月1日施行的《采暖居住建筑节能检验标准》（JGJ 132—2001）；2003年10月1日施行的《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》（JGJ 75—2003）；目前正在组织编制的《民用建筑节能设计标准（采暖公共建筑部分）》。根据这些规范标准，我国主要的大城市也制定了相对应的实施细节，总体上我国的法规虽然已覆盖我国主要气候条件地区，但从规定的详细程度与发达国家还有一定的距离，同时这些节能法规的实施情况也很不尽如人意。因此在加强法规编写的同时，业主方、设计方、施工方共同贯彻执行法规是节能工作有无成效的关键。

2. 实施经济激励机制

对北方节能住宅减免固定资产投资方向调节税。随着今后各个建筑节能标准的颁布执行，应逐步扩大范围，凡认真执行建筑节能实际标准及热环境标准的建筑，可享受减免税的优惠。

为搞好建筑节能研究、开发、推广，应加大投资力度，相对集中力量，支持重点项目的实施。

为倡导建筑节能试点，并鼓励房屋所有者对高耗能建筑及热环境过差的建筑进行节能及热环境改造，宜提供一定比例的资助及低息贷款，减免能源交通税。对于逾期不进行节能改造的高耗能建筑所有者，征收能源超量使用费。

设立建筑节能奖，对在研究、开发、推广建筑节能新技术和新产品中作出重要贡献的单位和个人进行奖励。

3. 提高国民节能意识

建筑节能是实现我国国民经济可持续发展，保护生态环境，高效利用自然资源的大政方针，它牵涉到千家万户，要使亿万群众对能源供给有深刻的危机感，对子孙后代的生存环境有强烈的责任感，因而尽其所能地去合理利用能源。在建筑物建造使用的各环节上增强节能观念，并落在实处。要形成政府支持节能建筑，开发商投资开发节能建筑，设计人员注重设计节能建筑，业主群众真诚地愿意购买居住节能建筑的良性节能环境，并逐步形成广泛持久的社会风气。

提高节能意识还在于各级领导的重视。有关领导应树立正确的认识，特别在节能效益问题上，要摆脱短期行为和局部利益的束缚，认识到建筑节能带来的效益的广泛与持久性，它包括经济效益，环境效益和社会发展的效益，着眼于宏观的、整体的和长远的，属

于国家与民族的利益。

4. 加强国际合作

在扩大对外开放的形势下，学习引进国外先进技术与管理经验，跟踪世界科技发展方向，尽快缩短与发达国家之间的差距。国际合作的方式，可以是专家互访、合作研究、资料交流、合作建设试点示范工程、合作生产节能材料设备、合作召开国际会议、合办节能中心等。