

JIANZHU JIENENG  
JISHU YU JIENENG

CAILIAO

# 建筑节能技术与 节能材料

张雄 张永娟 主编



化学工业出版社

JIANZHU JIENENG  
JISHU YU JIENENG

CAILIAO

# 建筑节能技术与 节能材料

张雄 张永娟 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了建筑围护结构,包括建筑墙体、建筑门窗、建筑屋面和建筑地面的节能技术和节能材料;也包括与建筑节能相关的地源热泵技术、太阳能利用技术以及空调节能技术;书中还针对目前新型的相变储能节能材料的原理、制备以及在建筑节能中的应用做了详尽描述;此外,还详尽介绍了既有建筑节能改造的相关技术和建筑节能检测与评估技术。

本书旨在为建筑行业设计人员、工程技术人员和相关生产厂家提供各类建筑节能体系的基本知识、设计与施工基本要领;也可作为土木工程有关专业学生的教材或参考读物,以拓展其建筑节能方面的知识。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑节能技术与节能材料/张雄,张永娟主编. —北京:  
化学工业出版社, 2009. 5  
ISBN 978-7-122-04954-4

I. 建… II. ①张…②张… III. ①节能-建筑材料②建  
筑-节能-技术 IV. TU5 TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 030040 号

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 王 琪

责任校对: 陈 静

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 23½ 字数 461 千字 2009 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究



随着社会生产力的发展和人民生活水平的提高，建筑中消耗的能量日益增加，如何降低能源消耗，减少建筑物中热量的损失，已引起了世界各国的普遍关注。《建筑节能技术与节能材料》是编者编著的“建筑功能材料系列”的又一新作。它与《建筑功能砂浆》（张雄、张永娟主编，化学工业出版社2006年出版）；《建筑功能外加剂》（张雄、李旭峰、杜红秀主编，化学工业出版社2004年出版）；《现代建筑功能材料》（张雄、张永娟主编，化学工业出版社2009年即将出版）相辅，构成“建筑功能材料系列”出版物。

《建筑节能技术与节能材料》汇集了近年来国内外建筑领域蓬勃发展起来的建筑节能最新的技术成果，主要介绍了建筑围护结构、地源热泵、太阳能利用、空调、建筑相变节能等节能技术和相关材料；还介绍了既有建筑节能改造的相关技术和建筑节能检测与评估技术。旨在使建筑业相关人士充分了解建筑节能的相关技术，以推动建筑节能的发展。

本书由同济大学张雄教授、张永娟副教授主编。

各章节编写的分工为：第一章 绪论 张雄；第二章 节能建筑墙体及其节能材料 张永娟、冷达、刘昕；第三章 节能建筑门窗技术与节能材料 张雄、闫文涛；第四章 建筑节能屋面技术与材料 张永娟、王标、雷州；第五章 建筑地面节能技术 闫文涛、张雄；第六章 节能建筑地源热泵技术 冷达、张永娟；第七章 建筑节能相变材料及其应用技术 张雄、廖晓敏；第八章 空调节能技术 高翔、张永娟、丘琴；第九章 节能建筑太阳能利用技术 张永娟、高翔；第十章 既有建筑节能改造技术 周云、张雄；第十一章 建筑节能效率检测与评估技术 周云、张雄、张悦然。

由于编者水平的局限性，本书难免有不妥之处，诚请广大读者指正。

编 者  
2009年4月



# 目 录

第一章 绪论	1
第二章 节能建筑墙体及其节能材料	7
第一节 节能墙体设计与施工技术	7
一、节能墙体设计方式	7
二、典型节能墙体构造及其施工技术	12
第二节 节能墙体材料	29
一、常用有机节能墙体材料	29
二、常用无机节能墙体材料	34
三、复合节能墙体材料	42
四、利废节能墙体材料	45
五、建筑保温涂料	50
六、建筑保温砂浆	52
第三节 国外节能墙体介绍	54
一、双(多)层立面	54
二、太阳能空气加热墙体系统	56
参考文献	58
第三章 节能建筑门窗技术与节能材料	61
第一节 建筑节能门窗体系设计及相关标准	61
一、门窗传热与影响节能因素	61
二、节能门窗的设计原则	64
三、节能门窗性能要求与相关标准	64
四、节能门窗的设计技术	66
五、节能门窗设计案例	72
六、节能门窗施工要求及相关标准	75
第二节 建筑节能遮阳体系及其节能技术	76
一、固定遮阳系统	77

二、可调节遮阳系统 .....	78
三、可收缩的遮阳系统 .....	81
四、植物遮阳系统 .....	82
第三节 建筑节能门窗材料 .....	83
一、窗框材料 .....	83
二、镶嵌材料 .....	94
三、薄膜材料 .....	107
四、密封材料 .....	110
参考文献 .....	111
<b>第四章 建筑节能屋面技术与材料</b> .....	<b>113</b>
第一节 建筑节能屋面技术要求 .....	113
一、屋面保温技术的发展 .....	113
二、屋面节能设计指标及其构造 .....	114
第二节 新型节能建筑屋面设计与施工技术 .....	117
一、倒置式保温屋面 .....	117
二、种植屋面 .....	123
三、其他节能屋面 .....	129
第三节 建筑节能屋面保温隔热材料 .....	135
一、屋面保温隔热材料的选择原则 .....	135
二、屋面保温材料的分类 .....	136
三、常用建筑屋面保温隔热材料 .....	137
参考文献 .....	140
<b>第五章 建筑地面节能技术</b> .....	<b>141</b>
第一节 地板与地面节能保温 .....	141
一、地面分类 .....	141
二、地面的保温要求及其构造设计 .....	142
第二节 低温地板辐射采暖技术 .....	145
一、低温地板辐射采暖系统 .....	145
二、低温地板辐射采暖应用技术 .....	148
三、低温辐射地板的施工 .....	150
参考文献 .....	151
<b>第六章 节能建筑地源热泵技术</b> .....	<b>152</b>
第一节 地源热泵优势 .....	152

一、一次能源利用率高 .....	152
二、能效比高 .....	153
三、环保、无污染 .....	153
四、低运行费用 .....	153
五、低维护费用 .....	154
第二节 地源热泵工作原理和分类 .....	154
一、地源热泵工作原理 .....	154
二、地源热泵的分类 .....	156
第三节 地源热泵的应用技术 .....	162
一、地源热泵设计施工技术 .....	162
二、地源热泵相关设备介绍 .....	170
第四节 地源热泵前沿技术及其应用实例 .....	174
一、地源热泵前沿技术 .....	174
二、地源热泵应用实例介绍 .....	178
参考文献 .....	182
<b>第七章 建筑节能相变材料及其应用技术</b> .....	<b>184</b>
第一节 相变材料 .....	184
一、相变材料定义 .....	184
二、相变材料储能特点 .....	184
三、相变材料应用 .....	185
四、相变材料分类 .....	186
五、选用原则 .....	186
六、常用相变材料 .....	187
七、复合相变材料 .....	189
第二节 建筑节能用相变材料制备技术 .....	189
一、相变材料筛选与相变蓄热建筑结构 .....	189
二、相变材料制备 .....	193
三、相变建筑材料的热性能效果分析 .....	203
第三节 建筑节能相变材料应用技术 .....	205
一、相变蓄能围护结构 .....	205
二、空调-相变储能系统 .....	210
三、相变材料在节能建筑中应用的其他形式 .....	215
四、展望 .....	217
参考文献 .....	218

<b>第八章 空调节能技术</b> .....	220
第一节 储能技术介绍 .....	220
一、显热蓄能技术 .....	220
二、潜热蓄能技术 .....	220
三、蓄冷空调技术 .....	222
四、蓄热空调技术 .....	225
第二节 热回收技术 .....	227
一、概述 .....	227
二、热管技术 .....	229
三、冷凝热回收技术 .....	238
第三节 变频技术 .....	245
一、概述 .....	245
二、变频技术 .....	247
三、应用 .....	259
参考文献 .....	264
<b>第九章 节能建筑太阳能利用技术</b> .....	265
第一节 太阳能利用技术概述 .....	265
一、太阳集热器 .....	265
二、太阳能热水器 .....	270
三、太阳能温室 .....	276
四、太阳能制冷与空调 .....	277
五、太阳能热发电系统 .....	279
六、太阳能光伏发电系统 .....	282
第二节 太阳能在建筑节能中的应用 .....	284
一、太阳能建筑技术的发展 .....	284
二、太阳能在建筑中应用的方式 .....	286
参考文献 .....	299
<b>第十章 既有建筑节能改造技术</b> .....	300
第一节 既有建筑门窗节能改造技术 .....	300
一、门窗在建筑节能中的意义 .....	300
二、我国既有建筑门窗现状 .....	301
三、既有建筑门窗节能改造方法 .....	302
第二节 既有建筑墙体节能改造技术 .....	310



一、围护结构传热特点 .....	310
二、我国既有建筑墙体现状与节能前景 .....	311
三、既有建筑墙体节能改造方法 .....	314
第三节 既有建筑屋面节能改造技术 .....	317
一、屋面节能改造的意义及发展现状 .....	317
二、既有建筑屋面节能改造一般方法 .....	318
三、典型建筑屋面改造方法详述 .....	319
参考文献 .....	328
<b>第十一章 建筑节能效率检测与评估技术</b> .....	<b>329</b>
第一节 概述 .....	329
一、建筑节能效率检测与评估的必要性 .....	329
二、建筑节能效率检测与评估的主要内容 .....	329
第二节 建筑节能效率检测技术 .....	330
一、建筑物节能检测项目 .....	330
二、建筑节能效率检测基本原理与方法 .....	333
三、建筑节能效率检测要求 .....	340
第三节 建筑节能评估技术 .....	353
一、建筑节能评估方法 .....	353
二、国外建筑节能评估体系简介 .....	359
三、我国建筑节能评价体系简介 .....	363
参考文献 .....	366

# 第一章

## 绪论



近年来,全球能源形势日趋严峻,据一些国际研究机构分析,世界一次性能源仅够人类使用30年,能源危机始终困扰各国。在经济快速发展的中国,能源匮乏也同样引起了人们的高度关注。中国煤炭消耗量占世界消耗总量的40%,石油消耗量仅次于美国,居第二位。据有关专家测算,到2020年,中国对海外石油能源的依赖程度将达到惊人的55%以上。

在能源消耗的众多形式中,建筑能耗在我国能源总消费量中所占比例逐年上升,已经从20世纪70年代末的10%上升到现在的27.6%。我国住宅建筑采暖能耗约为发达国家的3倍,外墙为4~5倍,屋顶为2.5~5.5倍,外窗为1.5~2.2倍。由于能源需求增长的速度大于能源生产的速度,能源供需的矛盾日益尖锐,已成为制约我国经济发展的重要因素。因此,我国政府越来越重视建筑节能工作。国家从1997年开始强制实施建筑节能50%的标准,到目前已有170多个城市强制实施了节能50%的标准,而北京、天津等已经开始强制实施节能65%的标准。

实现建筑节能的根本有效途径是加快推广和普及低能耗建筑,这是建筑节能发展的一个必然趋势。所谓低能耗建筑构筑是根据建筑物所处当地的气候特点,采用先进的建筑技术和材料(如地源热泵技术系统、混凝土顶棚辐射制冷制热系统等),对建筑物所处的声、光、热等自然因素进行全面系统的调节,力图最大限度地减少自然环境对居住舒适度和健康的负面影响,降低建筑的能源消耗,使室内自然温度接近或保持在人体舒适的温度内。

实现低能耗建筑首先需要对于建筑物外围护结构部位应用节能技术和节能材料,降低其热损失(或冷损失)。

按照建筑物外围护部位面积大小区分,墙体所占比例最高。目前应用于墙体节能体系的技术包括外墙自保温、外墙内保温、外墙外保温和外墙夹芯保温。与之相对应的材料有无机类保温材料、有机类保温材料以及无机有机复合保温材料。科技工作者试图将相变蓄热材料应用于墙体蓄热保温,这将是对于传统墙体保温技术和材料的根本创新。

近年来智能玻璃幕墙技术的发展主要表现在以下两个方面。

① 深入广泛的基础理论研究,特别是在提高舒适度和能量动态研究方面,各方面专业人员从不同角度对已建成的双层幕墙建筑进行大规模、长时间的跟踪实

测,掌握了大量的第一手数据,并提升到理论高度,对幕墙的设计进行模拟和指导。

②在幕墙与建筑设备、空调系统的配合方面又有新的进展、探索。如采用外墙新风装置设备,这种小型机具有高效通风采暖、降噪功能,可有效提高舒适度和使用灵活性。我国双层玻璃幕墙技术已有近20年的发展历史,技术日益成熟,双层玻璃幕墙从构造形式上划分有窗箱式双层玻璃幕墙、外廊式双层玻璃幕墙、通风式多层玻璃幕墙、封闭式双层玻璃幕墙。

门窗虽然占外围护部位面积的比例不高,但其热损失是墙体热损失的5~6倍。通过门窗的热损失分为框扇材料的传导热损失、玻璃的辐射热损失、框扇间隙的空气对流热损失和窗墙比与朝向。针对上述四点可采取相应的节能技术和节能材料。

门窗节能经历了单层窗阶段、双层玻璃阶段和镀膜玻璃阶段。目前节能等综合性能比较好的窗框体系有铝包木、塑包木、铝合金隔断等。遮阳技术是通过遮蔽不透明或透明表面来限制直射太阳辐射进入室内,同时限制散射辐射和反射辐射进入室内,属于传统的自然降温技术。目前可供选用的遮阳系统有多种,如固定式遮阳系统、可调节式遮阳系统、可伸缩式遮阳系统以及植物遮阳系统。

我国屋面节能经历了如下三个发展阶段。第一阶段:即20世纪50~60年代,当时屋面保温做法主要是干铺炉渣、焦渣或水淬矿渣;第二阶段:即20世纪70~80年代,屋面保温层出现了现浇水泥膨胀珍珠岩、现浇水泥膨胀蛭石保温层,以及沥青或水泥作为胶结与膨胀珍珠岩、膨胀蛭石制成的预制块及岩棉板等保温材料;第三阶段:20世纪80年代以后,随着我国化学工业的蓬勃发展,开发出了重量轻、热导率小的聚苯乙烯泡沫塑料板、泡沫玻璃块材等屋面保温材料;近年来又推广使用重量轻、抗压强度高、整体性能好、施工方便的现喷硬质聚氨酯泡沫塑料保温层,为屋面工程的节能提供了物质基础。除了传统的屋面构造形式外,应用于屋面节能的构造体系还有倒置式屋面、种植屋面、蓄水屋面、架空屋面、冷屋面等。

地板和地面的保温常常容易被人们忽视。低温地板辐射采暖技术是近几年比较流行的地板采暖施工工艺,常用的低温热水地板采暖一般是以低温水(一般 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ,最高 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ )为加热热媒,加热盘管采用塑料管,预埋在地面混凝土垫层内。

双层架空地面是现代办公建筑的标准配置,它是随着现代化通信以及空调技术发展应运而生的一种建筑技术体系。世界上最早使用双层架空地面敷设通信电缆的建筑是1877年建成的柏林的德国邮电大厦。现代建筑中双层架空地面,近年来,由于置换式新风系统越来越普遍,送风管也布置在双层架空地面中,可以配合混凝土楼板制冷系统省去吊顶,使建筑层高大大降低,从而节约造价。现代化双层架空

地面的面材可以选用石材、木地面、地毯或合成地面。承重板材为薄钢板或钢框架支撑的高密度合成板，支脚多为可调节的钢螺栓，支脚与地面采用铆栓或黏结方式固定。

实现低能耗建筑还需采用(开发)可再生能源利用技术以及对建筑空调系统节能技术的应用。

地源热泵是世界上发展最快的可再生能源利用设备之一，是一种先进的高效、节能、环保，有利于可持续发展的技术。地源热泵可以分为地下水源热泵系统、地表水源热泵系统和土壤源热泵系统等种类，深入考察采用哪一种系统是一个最关键的问题。

1946年美国建成了第一个地源热泵系统。但直到20世纪70年代初世界上出现第一次能源危机，它才开始受到重视。尽管许多国家都开始对热泵产生兴趣，但热泵的增长主要还是在美国和欧洲。我国在地源热泵的应用方面还刚刚起步。在工程应用中，美国对地源热泵的利用偏重于地源热泵全年冷热联供，而不像欧洲国家偏重于冬季供暖，我国情况与美国比较相似。最早在20世纪50年代，中国就曾在上海、天津等地尝试以夏取冬灌的方式抽取地下水制冷。天津大学热能研究所最早开展我国热泵的研究，1965年研制成功国内第一台水冷式热泵空调机。在20世纪80年代初，天津大学和天津商学院对地源热泵领域开展了理论研究。由于我国能源价格的特殊性以及其他一些因素的影响，地源热泵的应用推广非常缓慢。20世纪90年代以后，由于受国际大环境的影响以及地源热泵自身所具备的节能和环保优势，这项技术日益受到人们的重视，越来越多的技术人员开始投身于此项研究。《地源热泵系统工程技术规范》(GB 50366—2005)已于2005年11月30日发布，自2006年1月1日起正式实施，规范了地源热泵系统工程的施工及验收的各环节标准依据，确保地源热泵系统能安全可靠地运行，以更好地发挥其节能效益。

与地源热泵技术有一定关联但又有所区别的是能量活性建筑基础。这项技术的基本原理就是在建筑基础施工过程中将工程塑料管埋入地下，形成闭式循环系统，用水作为载体，夏季将建筑物中的热量转移到土壤中；冬季从土壤中提取能量。这项技术于1980年初诞生于欧洲，初期多用于居住建筑，今天更多地用于大型公共建筑以及商业和工业建筑。其突出优点是不需要专门钻井就可以获取地热(地冷)资源，投资相对较少，经济效益明显。根据建筑基础土质情况和建筑基础工程的要求，可采用与基础形式相配合的技术，如能量活性基础桩、基础墙与基础板。

近20年来，工业发达国家和一些发展中国家都非常重视太阳能建筑技术的发展。至20世纪中后期，太阳能热水器等一些太阳能产品技术在一些国家已很成熟，并在住宅小区中开始广泛推广使用。

太阳能是新能源和可再生能源的一种。它不同于常规化石能源，可持续发展，

几乎是用之不竭，对环境无多大损害，有利于生态良性循环。我国幅员广大，有着十分丰富的太阳能资源。据估算，我国陆地表面每年接受的太阳辐射能约为  $50 \times 10^{18}$  kJ。全国各地太阳年辐射总量达  $335 \sim 837 \text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。中值为  $586 \text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。因此我国太阳能利用技术前景广阔。

太阳能在建筑节能中的应用主要有太阳能采暖和供热水、太阳能空调、以太阳集热器作为热源替代煤、石油、天然气、电等常规能源作为燃料锅炉的主动式太阳房、被动式太阳房（通过建筑朝向和周围环境的合理布置，内部空间和外部形体的巧妙处理，以及建筑材料和结构、构造的恰当选择，使其在冬季能采集、保持、储存和分配太阳能，从而解决建筑物的采暖问题。同时，在夏季又能遮蔽太阳辐射能，散逸室内热量，从而使建筑物降温，达到冬暖夏凉的目的）。

随着我国经济的高速发展和人民物质生活水平的不断提高，对电力供应不断提出新的挑战。尽管全国发电装机容量已超过 2 亿千瓦，年发电量突破 9000 亿千瓦·小时，然而，目前我国电力供应仍很紧张，突出矛盾是电网峰谷负荷差加大。夜间至清晨谷段负荷率低，而高峰段电力严重不足，有的电网峰谷负荷之差达  $25\% \sim 30\%$ 。蓄能空调技术正是在这种形势下逐渐在我国研制和应用的。目前已采用和正在研究的蓄能技术主要是利用工作介质状态变化过程所具有的显热、潜热效应或化学反应过程的反应热来进行能量储存，它们是显热蓄能技术、潜热蓄能技术和热化学蓄能技术。

在宾馆及大商场中，新风量较大，新风处理的全年热负荷大约为传热负荷的 1~4 倍。应用热（冷）回收技术能起到较好的效果：利用空调排风中的热量或冷量，预热或预冷新风，从而节省能耗。

顶棚辐射制冷采暖系统广泛应用于现代化办公室空间、商业建筑、医院等之中，优点是无噪声、无风感、设备负荷小、节省机房和竖向管道空间。根据国际权威机构研究表明，传统的以空气为冷热载体的中央空调系统，对于脑力工作者的工作效率有很多不良影响，而顶棚辐射制冷供暖加置换式新风系统的满意程度要远远高于传统的中央空调。

空调变频技术是空调运行中的节能控制，由于变频技术通过改变频率调整压缩机功率，因此应用了变频技术的空调机一方面降低了开关损耗，另一方面提高了低频运转时的能效。

**对既有建筑节能改造是推进我国建筑节能的又一举措。**

我国在颁布节能标准之前建造的各种建筑绝大部分不能满足节能要求，但这些建筑又必须在相当长时间内继续保留。迄今为止，我国既有建筑存有量近 400 亿平方米，其中城市建筑总面积约为 138 亿平方米，而节能建筑仅有 3.2 亿平方米，95% 以上是高能耗建筑。

我国的既有建筑种类繁多，涵盖不同建设年代，不同气候条件，不同使用功

能,不同建筑规模,不同结构形式,均需分别对待,只有相对的大原则可以遵循,没有绝对的公式和办法可以套用。

新建建筑分步骤普遍实施节能率为50%的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—1995)、《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)、《公共建筑节能设计标准》以及《建筑照明节能标准》等规范标准,以大中城市为先导,逐步生效,强制实施,到2010年前全国各大中小城市及城镇实施上述标准将全面到位。相对而言,既有建筑改造的相应法律法规还比较缺乏,只有《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》(JGJ 129—2000),改造工作主要参照上述新建建筑的节能规范来开展。但是可以通过区域规划调研,排除无改造价值的建筑,对可改造部分做出分类,对节能改造潜力大的建筑(主要是大型公共建筑)优先考虑改造,这样一方面可以提高节能改造的效率,早见成效,另一方面可以作为示范工程为后续改造工作打开局面。

既有建筑改造除了对单体既有建筑进行建筑门窗改造、建筑墙体改造和建筑屋面改造外,还应该考虑下面几点。

(1) 从区域节能改造的角度考虑,采取措施改善区域内建筑周围的“小环境”。

热岛效应使区域内的温度升高,大大加剧了空调的负荷,造成能源的浪费。如果能通过一定的改造措施有效缓解热岛效应,降低区域温度,则可以达到高效的节能效果。具体措施包括以下几个方面。

① 区域改造时,应考虑合理布局城市建筑物,适当取舍,改善区域风环境。考虑地面常年主导风向,设置一定长、宽的风道,引风入城,力求增大大气流量,排出区域内的热量。

② 提高区域内的绿地覆盖率,注意绿地的合理分布和植物配置。

③ 改进排水系统的透水性能,保证水在区域环境内的渗透、保存。

④ 设置建筑屋顶绿化。

(2) 提高用能效率的节能改造。

首要的是提高采暖用能效率。我国北方城市集中供热主要以燃煤锅炉为主,供热采暖综合效率偏低,从锅炉房到建筑物间含制热和配送的综合热效率约为45%~70%,而输送过程中的热损失在8%~15%以上,远低于发达国家80%的水平。供热采暖系统应在建筑节能政策的带动下,全面赶上国际先进水平。比如以钢制散热器来替代铸铁散热器,并促进热源、输送系统等全面技术创新。还有其他耗能设备的节能改造,可通过更换节能、节水产品来实现。

(3) 因地制宜,结合当地具体情况发掘其他可利用的可再生能源,包括太阳能、风能、地热能等。

可再生能源是目前最理想的能源供应形式,无污染,永不衰竭。我国可再生能

源储量大，分布广，各地方可以因地制宜，结合建筑节能改造的契机开发利用可再生资源。我国太阳能资源丰富，占总面积 2/3 以上地区年日照时数大于 2000h，可以大力推广使用太阳能。个别地区还有其他丰富的可再生资源可供利用，例如，在我国西南水力资源丰富的地区发展小水电，在西北、内蒙古等具备建设风电场条件的区域发展风电，在西藏重点开发地热能等。

## 第二章

# 节能建筑墙体及其节能材料



节能型建筑不仅要求在设计上做到节省土地，在功能上节约建筑能耗，而且对建筑部品、部件的发展提出同样的要求，其中包括如何进一步发展节能、节土、利废、改善建筑功能的节能型墙体。

节能型墙体不是一个形和质固定不变的体系，比较通行和传统的概念是新型砖、新型砌块和新型墙板的总称。本章对节能型墙体的范畴提出了拓展，认为组成承重或非承重墙体基本结构的各种材料、各个部件都包括在墙体体系及材料的范围内，并将其中突出节能功能性的材料或部件归入节能型墙体材料。其中既有新型砖、新型砌块等兼顾力学性能和保温节能性能的传统意义上的新型墙材，也包括了各种作为空隙填充材料或板材使用的有机泡沫、无机外挂板材、保温砂浆和涂料。

本章主要介绍节能墙体设计与施工技术、节能墙体材料和国外节能墙体前沿。

### 第一节 节能墙体设计与施工技术

#### 一、节能墙体设计方式

##### (一) 外墙自保温

外墙自保温系统是墙体自身的材料具有节能阻热的功能，如当前使用较多的加气混凝土砌块，尤其是砂加气混凝土砌块。由于加气混凝土制品里面有许多封闭小孔，保温性能良好，热导率相对较小，砌体达到一定厚度后，单一材料外墙即可满足节能指标要求的平均传热系数和热惰性指标。加气混凝土外墙自保温系统即为加气混凝土块或板直接作为建筑物的外墙，从而达到保温节能效果。其优点是将围护和保温合二为一，无须另外附加保温隔热材料，在满足建筑要求的同时又满足保温节能要求。但作为墙体材料，该制品的抗压强度相对较低，故只能用于低层建筑承重或用作填充墙。

计算结果表明，对于框架结构墙体和短肢剪力墙，采用强度满足要求的加气混凝土砌块进行自保温，也能达到节能效果，当用于短肢剪力墙（或异形柱框架）结构外墙填充墙时加气混凝土制品的厚度应取 250mm，而对于剪力墙（或异形柱）以及框架等部位则应采用厚度为 50mm 的加气混凝土砌块实施外保温或内保温。

尽管外墙自保温优势明显，但推广难度仍然不小。首先是由于自保温材料强度



比较低,抗裂性能不很理想,时间一长容易产生墙体开裂。即使用在一般框架结构的建筑上,由于框架的变形性能好,而填充墙的变形性能差,两者的控制变形难以取得一致,若增设过多的构造柱和水平抗裂带会增大冷热桥处理的难度。而且,对于大量高层建筑随着短肢剪力墙的大量使用,填充墙所占比例不高,使得外墙自保温系统受到限制。

## (二) 外墙内保温

内保温技术对材料的物理性能指标要求相对较低,具有施工不受气候影响、技术难度小、综合造价低、室内升温降温快等特点。外墙内保温是在外墙结构的内部加做保温层,将保温材料置于外墙体的内侧,是一种相对比较成熟的技术。

它的优点在于以下几点。

① 它对饰面和保温材料的防水性、耐候性等技术指标的要求不甚高,纸面石膏板、石膏抹面砂浆等均可满足使用要求,取材方便。

② 内保温材料被楼板所分隔,仅在一个层高范围内施工,不需搭设脚手架。内保温施工速度快,操作方便灵活,可以保证施工进度。

③ 内保温应用时间较长,技术成熟,施工技术及检验标准是比较完善的。在2001年外墙保温施工中约有90%以上的工程应用内保温技术。

较常见的外墙内保温方式有以下几种。

① 胶粉聚苯颗粒保温砂浆 该系统由基墙界面处理剂、胶粉聚苯颗粒保温砂浆、抗裂砂浆及耐碱网格布组成。但在建设部2004年第218号公告第103序号中规定,自2004年7月1日起,该系统不得在大城市民用建筑外墙内保温工程中应用。

② 砂加气砌块内保温 它是在外墙结构层内侧砌筑砂加气砌块的内保温体系。其特点是施工快捷,抗冲击能力较强,但材料热导率较大,使用中厚度较大,一般需50mm以上。目前应用量不大。

③ 棉制品干挂内保温 它是一种最传统的内保温方式,由龙骨(木龙骨或轻钢龙骨)、棉制品(矿岩棉、玻璃棉板或毡)和面板(纸面石膏板或无石棉水泥压力板)构成。厚度较大,保温材料容易在建筑物运行中受潮(水蒸气渗透造成)。宾馆中有一些应用,民居中相对个人行为较多。

④ 泡沫玻璃内保温系统 它是在外墙结构层内侧砌筑泡沫玻璃块的内保温系统。特点是抗压强度较高,但抗冲击性能较差,价格较高。因此很少有应用。

⑤ 石膏聚苯颗粒保温砂浆 该系统由石膏聚苯颗粒保温砂浆、抗裂抹面腻子(有些内设网格布)组成。该系统强度较高,施工速度也快,但保温材料热导率较大。也在大城市禁用之列。

在多年的实践中,外墙内保温显露出以下一些缺点。

① 许多种类的内保温作法,由于材料、构造、施工等原因,饰面层出现开裂。