

建筑工程新技术丛书

5

围护结构节能技术 新型空调和采暖技术

主 编 林寿 杨嗣信

副主编 余志成 侯君伟 高玉亭 吴琰

中国建筑工业出版社

建筑工程新技术丛书

5

围护结构节能技术
新型空调和采暖技术

主 编 林 寿 杨嗣信

副主编 余志成 侯君伟 高玉亭 吴 琰

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

围护结构节能技术 新型空调和采暖技术/林寿, 杨嗣信主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009
(建筑工程新技术丛书 5)
ISBN 978-7-112-11133-6

I. 围… II. ①林…②杨… III. ①建筑物-围护结构-节能-新技术应用②房屋建筑设备: 空气调节设备-新技术应用③房屋建筑设备: 采暖设备-新技术应用 IV. TU111.4-39
TU83-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 118119 号

建筑工程新技术丛书

5

围护结构节能技术 新型空调和采暖技术

主 编 林 寿 杨嗣信

副主编 余志成 侯君伟 高玉亭 吴 建

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 6 字数: 175 千字

2009 年 10 月第一版 2009 年 10 月第一次印刷

定价: 16.00 元

ISBN 978-7-112-11133-6

(18386)

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)

本书是《建筑工程新技术丛书》之五，以围护结构节能技术及新型空调和采暖技术为专题，详细介绍了近些年，在建筑工程施工领域所采用的新技术、新工艺和新材料，旨在为新技术的推广应用起到促进作用。

* * *

责任编辑：周世明

责任设计：赵明霞

责任校对：王金珠 梁珊珊

《建筑工程新技术丛书》 编写委员会

组织编写单位：

北京市城建科技促进会

北京双圆工程咨询监理有限公司

主 编：林 寿 杨嗣信

副主编：余志成 侯君伟 高玉亭 吴 璉

编 委（按姓氏笔划） 王广鼎 王庆生 王建民

毛凤林 安 民 孙競立 杨嗣信 余志成

肖景贵 吴 璉 张玉明 林 寿 周与诚

侯君伟 赵玉章 高玉亭 陶利兵 程 峰

路克宽 薛 发

本册编写人员：王庆生 何晓燕 高 原 符存官

林孝青 安 民 王 雷 李中令

李 洋

原建设部于 1994 年首次颁发了《关于建筑业 1994、1995 年和“九五”期间重点推广应用 10 项新技术的通知》，对促进我国建筑技术的发展起到了积极的推动作用。随后，于 1998 年根据我国建筑技术的发展新情况，又颁发了《关于建筑业进一步推广应用 10 项新技术的通知》，进一步推动了我国建筑新技术的发展。为此，我们于 2003 年在系统总结经验的基础上，组织编写了《建筑业重点推广新技术应用手册》，供广大读者阅读参考。

随着我国建筑技术水平的不断提高，原建设部于 2004 年对 10 项新技术进一步进行了修订，并于 2005 年又颁发了《关于进一步做好建筑业 10 项新技术推广应用的通知》，将 10 项新技术的范围扩大到铁路、交通、水利等土木工程。为此，我们根据 21 世纪以来新颁布的标准和建筑技术发展的新成果，以房屋建筑为主，突出施工新技术以及有关建筑节能技术，组织摘选编写了本系列丛书。

本书共分 6 册，第一册地基基础工程和基坑支护工程；第二册新型模板、高效钢筋、钢筋连接及高性能混凝土应用技术；第三册预应力技术；第四册设备安装工程应用技术；第五册围护结构节能技术及新型空调和采暖技术；第六册钢结构工程。

本丛书仅摘选了有关房屋建筑施工中一些新技术内容，在编写中难免存在挂一漏万和错误之处，恳请批评指正。

编 者

目

录

1. 围护结构节能技术	1
1.1 概述	1
1.2 保温砌块墙体应用技术	5
1.2.1 蒸压加气混凝土砌块	5
1.2.2 轻集料混凝土小型空心砌块	8
1.2.3 保温砌块	11
1.3 预制混凝土外墙夹芯保温技术	15
1.4 胶粉聚苯颗粒保温浆料外墙内保温技术	18
1.5 外墙外保温技术	26
1.5.1 聚苯板薄抹灰外墙外保温系统	26
1.5.2 胶粉聚苯颗粒浆料复合外墙外保温系统	38
1.5.3 现浇混凝土聚苯板外墙外保温系统	49
1.5.4 喷涂硬泡聚氨酯复合胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统	61
1.5.5 预制复合保温板外墙外保温系统	67
1.6 屋面保温隔热技术	68
1.6.1 屋面保温隔热系统构造及特点	68
1.6.2 屋面保温隔热系统材料	71
1.6.3 聚苯板正置保温屋面 (XPS、EPS 板) 施工	75
1.6.4 加气混凝土砌块保温屋面施工	75
1.6.5 聚氨酯硬泡体喷涂保温屋面施工	76
1.6.6 架空屋面施工	77
1.6.7 种植屋面施工	77

1.6.8	倒置式屋面保温层施工	79
1.7	节能门窗应用技术	80
1.7.1	门窗保温隔热的技术途径	80
1.7.2	保温节能门窗安装技术	88
1.7.3	建筑门窗遮阳技术	94
1.8	楼地面保温隔热技术	95
1.8.1	楼地面保温隔热设计要求	95
1.8.2	楼地面节能技术措施	97
1.8.3	典型楼地面的热工性能参数	99
1.8.4	低温热水地板辐射采暖施工技术	99
1.9	节能建筑施工质量验收	115
1.9.1	建筑节能工程施工质量验收要求	115
1.9.2	节能建筑检测与评估技术	115
1.10	保温工程施工防火技术	117
2.	新型空调和采暖技术	122
2.1	地源热泵供暖空调技术	122
2.2	供热采暖系统与热计量温控技术	133
2.3	地板辐射供暖技术	146
2.4	冰蓄冷与低温送风技术	157
2.5	变风量空调技术	171

围护结构节能技术

1.1 概 述

1. 国内外节能型围护结构发展概况

节能型围护结构（主要包括外墙、屋面、门窗等）主要指围护结构在设计和施工时使用具有保温隔热性能的材料，使建筑物降低采暖和空调能耗。

目前我国建筑围护结构的保温隔热水平，与国际发达国家相比仍有很大差距。欧洲国家的住宅年实际采暖耗能已经普遍降到了每平方米 6 升油以下，领先的“高舒适度，低能耗”住宅达到了 3 升油以下。以北京市住宅的平均采暖耗能按欧洲方法折算，为每平方米 16 升油，按照节能 50% 标准新建住宅的采暖能耗也是 8.75 升油的水平；北京市实施节能 65% 设计标准，可达到每平方米建筑一个采暖季耗标煤 8.75kg，也仅达到 6.125 升油的目前欧洲平均水平。

北京市住宅建筑围护结构传热系数设计标准与相近气候条件下发达国家的住宅建筑围护结构传热系数设计标准比较结果见表 1-1-1。

住宅建筑围护结构传热系数

设计标准对比 $[W/(m^2 \cdot K)]$

表 1-1-1

地 区	外 墙	外 窗	屋 面
中国北京（节能 65%）	0.60	4.7	0.60
瑞典南部	0.17	2.5	0.12
德国柏林	0.5	1.5	0.22
加拿大	0.36	2.86	0.23~0.4
日本北海道	0.42	2.33	0.23
俄罗斯气候与北京相近地区	0.77~0.44	2.75	0.57~0.33

1. 围护结构节能技术

目前,我国实行的建筑节能标准是在 20 世纪 80 年代建筑标准的基础上节能 50%,包括采暖空调和围护结构,根据建筑物所在地区和使用功能不同,分别执行不同的标准规范。现行的标准规范有《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—93)、《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)、《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2003)、《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)。以上标准均为强制性标准或标准中主要条文为强制性,目前全国大部分地区实行节能 50% 标准,北京、天津等城市率先实行节能 65% 的标准。

尽管全国建造了相当数量的节能建筑,但相当多的建筑由于节能设计不尽合理、保温隔热材料和施工质量等原因,导致围护结构热工性能差、缺陷多,室内出现结露、长霉现象,室内温度达不到标准要求,能耗高的现象仍较为严重。如外墙内保温或外保温时建筑结构挑出部位如阳台、雨罩、靠外墙阳台拦板、空调室外机搁板、附壁柱、凸窗、装饰线、檐沟、靠外墙阳台分户隔墙、女儿墙内外侧及压顶等部位不做保温就会存在热工缺陷(图 1-1-1 和图 1-1-2)。因此,在进行节能建筑设计和施工时,不论使用何种保温隔热材料,均应注意避免围护结构热阻不够和产生热桥等问题。

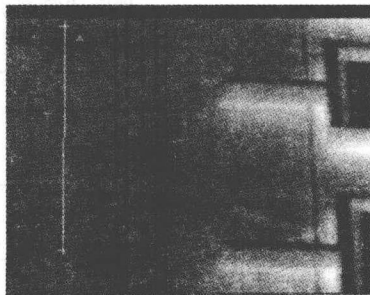
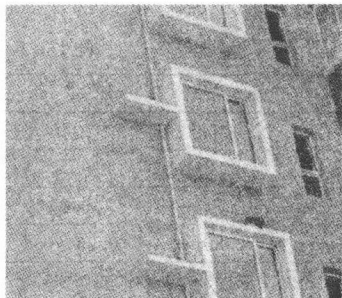


图 1-1-1 围护结构飘窗未做保温,导致主体墙热损失

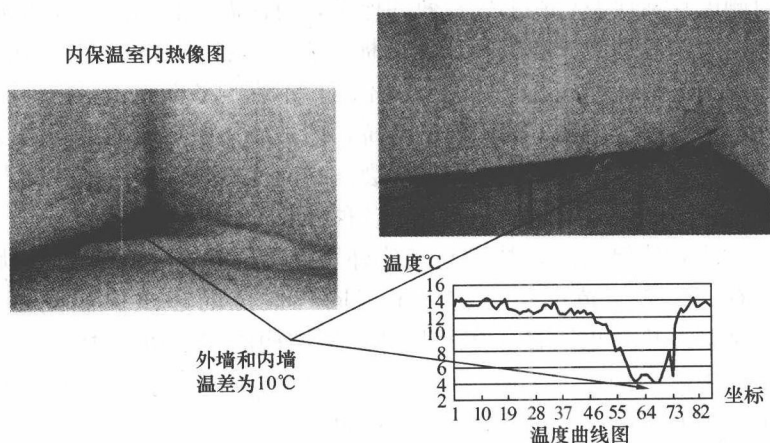


图 1-1-2 围护结构为内保温，导致局部结露长霉

2. 目前我国围护结构的保温隔热技术简介

围护结构是指建筑及房间各面的围挡物，其中外围护结构是指与室外空气直接接触的围护结构，如外墙、屋顶、外门和外窗等。

(1) 外墙体

要提高外墙体的保温隔热效果，就要提高墙体的热阻值，减小墙体的传热系数。外墙保温隔热技术可分为外墙内保温隔热技术、外墙夹心保温技术、外墙外保温技术和外墙自保温技术。

外墙内保温是将轻质保温材料置于外墙体的内侧。其传热系数 K 值较小，其传热阻 R_0 值较大，亦即其保温性能较好，而热稳定性较差，在夏季室外综合温度和室内空气温度波作用下，内表面温度容易升得较高，亦即其隔热性能较差。另外外墙内保温在冬季由于保温材料很难完全包裹基层墙体，在室内外温差作用下，易产生热桥。

外墙夹心保温技术是将保温材料置于同一外墙的内、外侧墙片之间，内、外侧墙片均可采用传统的黏土砖、混凝土空心砌块等，其优点有：①这些传统材料的防水、耐候等性能均良好，对

1. 围护结构节能技术

内侧墙片和保温材料形成有效的保护,对保温材料的选材要求不高,聚苯乙烯泡沫塑料板、玻璃棉、岩棉等各种材料均可使用;②对施工季节和施工条件的要求不高,不影响冬期施工。但外墙夹心保温也会出现不同程度的热桥,内外墙体所形成的不同温度应力,也容易使墙体产生变形开裂。它的优点是保温与结构同寿命,减少外保温工序,并有利于各种外装饰。

外墙外保温隔热技术与其他外墙保温隔热技术相比,其优点有:①适用范围广,适用于不同气候区的建筑保温隔热;②保温隔热效果明显,建筑物外围护结构的“热桥”少;③能保护主体结构,大大减少了自然界温度、湿度、紫外线等对主体结构的影响;④有利于改善室内环境;⑤扩大室内的使用空间,与内保温相比,每户使用面积约增加 $1.3 \sim 1.8\text{m}^2$;⑥有利于旧房改造。

由此可见,在以上三种外墙保温技术中,外墙外保温是较好的一种方案,目前已大量推广应用,在《中国节能技术政策大纲》中也明确指出,“重点推广外保温墙体”。外墙夹心保温技术,仍属发展阶段,有待进一步完善。

(2) 屋面

屋面节能的原理也是通过改善屋面的热工性能阻止热量的传递。主要措施有保温屋面(用高效保温隔热材料做外保温或内保温)、架空通风屋面、蓄水屋面、设吊顶层的坡屋面、绿化屋面等。

屋面保温可采用板状或块状高效保温材料、整体现喷保温材料作保温层。封闭式保温层的含水率,应相当于该材料在当地自然风干状态下的平衡含水率。

屋面隔热可采用架空、蓄水、种植或加贴绝热反射膜的隔热层。但当屋面防水等级为Ⅰ级、Ⅱ级时,或在寒冷地区、地震地区和振动较大的建筑物上,不宜采用蓄水屋面;架空屋面宜在通风较好的建筑物上采用;种植屋面根据地域、气候、建筑环境、建筑功能等条件,选择相适应的屋面构造形式。最近又出现了三

合一（保温、找坡、防水）新技术，效果很好。

（3）外门窗

窗户节能技术主要从减少渗透、传热和太阳辐射能三个方面进行。减少渗透量可以减少室内外冷热气流的直接交换，从而减少设备负荷，可通过采用密封材料增加窗户的气密性；减少传热量是防止室内外温差而引起的热量传递，通过采用节能玻璃（如中空玻璃、热反射玻璃等）、节能型窗框（如塑料窗框、隔热铝型框、玻璃钢框等）来减小窗户的整体传热系数；在南方地区太阳辐射非常强烈，通过窗户传递的辐射热占主要地位，因此可通过遮阳设施（外遮阳、内遮阳等）及高遮蔽系数的镶嵌材料（如 low-E 玻璃）来减少太阳辐射热。

目前节能门窗主要有塑钢窗、玻璃钢窗、断桥的铝合金窗和其他形式的保温隔热门窗等。

（4）楼、地面

楼、地面的保温隔热包括不采暖地下室顶板和热阻不能满足规定的地面，楼板下方为室外空气以及户与户上下楼层之间有保温要求的楼面。

目前楼、地面的保温隔热技术一般分两种，普通的楼面在楼板的下方粘贴聚苯板或其他高效保温材料后吊顶；另一种采用地板辐射采暖的楼、地面，即在楼、地面基层完成后，在该基层上先铺保温材料，而后将交联聚乙烯、聚丁烯、改性聚丙烯或铝塑复合等材料制成的管道，按一定的间距，双向循环的盘曲方式固定在保温材料上，然后回填豆石混凝土，经平整振实后，在其上铺地板。

1.2 保温砌块墙体应用技术

1.2.1 蒸压加气混凝土砌块

蒸压加气混凝土砌块主要将 70% 左右的粉煤灰与定量的水

1. 围护结构节能技术

泥、生石灰胶结料、铝粉、石膏等按配比混合均匀，加入定量水，经搅拌成浆后注入模具发气成型，经静停固化后切割成坯体，再经高压蒸养固化而成制品，是一种新型多孔轻质墙体材料，其特点是热阻大，重量轻，具有良好的防火、隔热、保温、隔声性能。保温隔热墙体使用时应选择密度等级小于 B07 级的砌块。

1. 材料

我国生产的加气混凝土砌块类型主要有三种（用混合钙质材料）：即水泥—矿渣—砂，水泥—石灰—粉煤灰和水泥—石灰—砂。采用较为广泛的是后两种。

加气混凝土砌块的规格尺寸见表 1-2-1。

加气混凝土砌块的规格尺寸

表 1-2-1

砌块公标尺寸			砌块实际尺寸		
长度 (L)	宽度 (B)	高度 (H)	长度 (L ₁)	宽度 (B ₁)	高度 (H ₁)
600	100	200	L-10	B	H-10
	125				
	150	250			
	200				
	250	300			
	300				

加气混凝土砌块按强度分有 A1.0、A2.0、A2.5、A3.5、A5.0、A7.5、A10 七个级别（后面的数字表示立方体平均抗压强度的兆帕值）按表观密度分级有：B03、B04、B05、B06、B07、B08 六个等级（后面的数字表示其表观密度值，单位是 t/m^3 ）。蒸汽加压混凝土砌块的技术指标应符合《蒸压加气混凝土砌块》(GB/T 11968—1997) 要求，加气混凝土砌块导热系数和蓄热系数计算值见表 1-2-2。

不同厚度加气混凝土外墙的传热系数 K 值和热惰性指标 D 值可按表 1-2-3 采用。

加气混凝土砌块导热系数和蓄热系数计算值 表 1-2-2

项 目 \ 体积密度等级		B04	B05	B06	B07
干密度 ρ_0 (kg/m ³)		400	500	600	700
理论计算值 体 积 含 水 率 3%	导热系数 λ [W/(m·K)]	0.13	0.16	0.19	0.22
	蓄热系数 S_{24} [W/(m ² ·K)]	2.06	2.61	3.01	3.49
灰缝影响系数		1.25	1.25	1.25	1.25
设计计算值	导热系数 λ [W/(m·K)]	0.16	0.20	0.24	0.28
	蓄热系数 S_{24} [W/(m ² ·K)]	2.58	3.26	3.76	4.36

不同厚度加气混凝土外墙性能指标 表 1-2-3

外墙厚度 δ (mm)	传热阻 R_0 (m ² ·K/W)	传热系数 K [W/(m ² ·K)]	热惰性指标 D
200	1.02(1.24)	0.98(0.81)	3.55(3.59)
225	1.13(1.37)	0.88(0.73)	3.95(3.98)
250	1.23(1.51)	0.81(0.66)	4.34(4.38)
275	1.34(1.64)	0.75(0.61)	4.73(4.78)
300	1.44(1.77)	0.69(0.56)	5.12(5.18)
325	1.54(1.90)	0.65(0.53)	5.51(5.57)
350	1.65(2.03)	0.61(0.49)	5.90(5.96)
375	1.75(2.16)	0.57(0.46)	6.30(6.36)
400	1.86(2.30)	0.54(0.43)	6.69(6.76)

注：①表中的热工指标考虑灰缝影响， $\lambda=0.24$ [W/(m·K)]，蓄热系数 $S_{24}=3.76$ [W/(m²·K)]。

②括号内数据为加气混凝土砌块之间采用胶粘剂粘结，导热系数 $\lambda=0.19$ [W/(m·K)]，蓄热系数 $S_{24}=3.01$ [W/(m²·K)]。

③其他干密度的加气混凝土热工性能指标由选用入根据表 1-2-2 的数据计算。

④表内数据不包括钢筋混凝土圈梁、过梁、构造柱等热桥部位的影响。

加气混凝土砌块用于工业及民用建筑保温隔热墙体，大多为

1. 围护结构节能技术

非承重墙，应采用饰面防护措施，也可用于屋面保温。加气混凝土制品施工时的含水率一般宜小于 15%。

在加气混凝土墙体内外侧，加抹一定厚度的轻骨料保温砂浆，也是一种经济而简便的节能办法。在加气混凝土砌块外先抹 20mm 厚胶粉聚苯颗粒既可增强饰面层的牢固、抗裂，又增加了保温效果，04 级加气混凝土砌块 200mm 厚的传热系数为 $0.60\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，05 级加气混凝土砌块 250mm 厚的传热系数为 $0.57\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

2. 墙体砌筑要点

(1) 砌筑加气混凝土砌块单层墙，应将加气混凝土砌块立砌，墙厚为砌块的宽度；砌双层墙，是将加气混凝土砌块立砌两层，中间加空气层或保温材料层，两层砌块间每隔 500mm 墙高应在水平灰缝中放置 $\phi 4 \sim \phi 6$ 的钢筋扒钉，扒钉间距 600mm。

(2) 砌筑加气混凝土砌块应采用满铺满挤法砌筑，上下皮砌块的竖向灰缝应相互错开，长度不宜小于砌块长度的 $1/3$ 并不小于 150mm。当不能满足要求时，应在水平灰缝中放置 2 $\phi 6$ 的拉结钢筋或 $\phi 4$ 的钢筋网片，拉结钢筋或钢筋网片的长度不小于 700mm。转角处应使纵横墙的砌块相互咬砌搭接，隔皮砌块露端面。砌块墙的丁字交接处，应使横墙砌块隔皮露头，并坐中于纵墙砌块。

(3) 加气混凝土砌块墙体拉结筋应按设计要求设置。

(4) 加气混凝土砌块墙每天砌筑高度不宜超过 1.8m。

(5) 加气混凝土砌块墙上不得留脚手眼，搭拆脚手架时不得碰撞已砌好的墙体和门窗边角。

1.2.2 轻集料混凝土小型空心砌块

轻集料混凝土小型空心砌块采用水泥作胶凝材料，骨料以各种陶粒、陶砂（宜采用非黏土型）和煤矸石等加入部分炉下灰为集料，经压制振动成型。产品具有重量轻、力学性能好、保温隔热等特点。

1. 材料

轻集料混凝土小型空心砌块技术指标应符合《轻集料混凝土小型空心砌块》(GB/T 15229—2002)标准规定,干缩率应根据使用地区的不同来选择,范围应在0.065%以内,其轻集料混凝土小型空心砌块技术性能和外墙热工性能可参照表1-2-4、表1-2-5选取。

轻集料混凝土小型空心砌块技术指标

表 1-2-4

砌块宽度 (mm)	空心率 (%)	强度等级 (Mu)	主体传热系数 [W/(m ² ·K)]	主体热阻 (m ² ·K/W)	隔声量 (dB)	耐火极限 (h)
90	22.3	3.5	2.67	0.224	46	1.42
140	36.9	3.5	2.51	0.282	48	1.98
190	50.4	5.0	1.54	0.5	50	2.25
240	47.9	3.5	4.23	0.66	45	2.92
290	50.4	3.5	1.25	0.65	54	>4.0

注:①各项测试值除砌块厚240mm的为三排孔外,其他均是单排孔。

②隔声、耐火极限测试值包括砌体内外20mm厚抹灰层。

部分轻集料混凝土小型空心砌块热工性能

表 1-2-5

主体材料	孔型	表观密度 (kg/m ³)	孔洞率 (%)	厚度 (mm)	热阻 R_b [(m ² ·K) / W]	热惰性 指标 D_b
煤渣硅酸盐	单排孔	1000	44	190	0.23	1.66
水泥煤渣硅酸盐	单排孔	940	44	190	0.24	1.64
水泥石灰窑渣	单排孔	990	44	190	0.22	1.66
煤渣硅酸盐	双排孔	890	40	190	0.35	1.92
煤渣硅酸盐	三排孔	890	35	240	0.45	2.20
陶粒(500级)	单排孔	707	44	190	0.36	1.36
		547	44	190	0.43	1.30
陶粒(500级)	双排孔	510	40	190	0.74	1.50
陶粒(500级)	三排孔	474	35	190	1.07	1.72
		465	36.2	190	0.98	1.70