

建筑节能和环保 应用技术

徐春霞 主编



筑龙网施工新技术系列丛书
(zhulong.com)



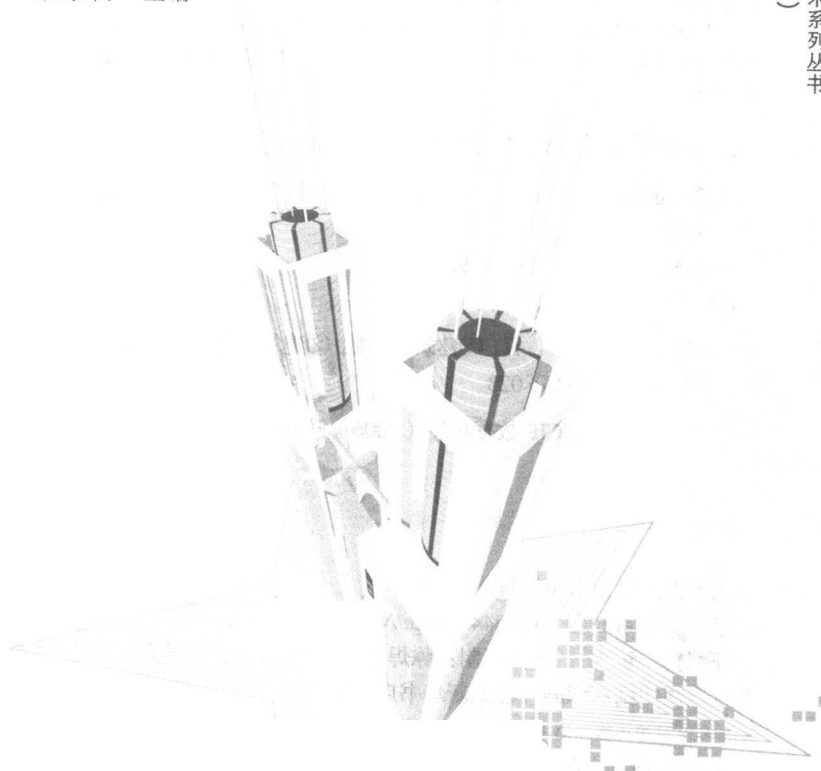
中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TU111.19
2

建筑节能和环保 应用技术

徐春霞 主编

“龙网施工新技术系列丛书”
(inlong.com)



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书主要讲述建筑节能与环保的应用技术,从各个方面入手实现建筑节能,考虑维护结构的材料保温性能、门窗的节能应用、供热制冷方面的节能空调措施以及对室内温度情况的控制,达到从建筑的各个方面综合考虑节能的目的。

本书共3章,主要内容有新型墙体材料应用技术及施工技术、节能型门窗应用技术、节能型建筑检测与评估技术、地源热泵供暖空调技术、供热采暖系统温控与热计量技术、预拌砂浆技术。

本书综合目前对节能型建筑的要求,从最新近的资料着手,编排内容新颖、丰富。适用于从事相关专业的工程技术人员及广大从事环保应用技术工作的爱好者选用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能和环保应用技术 / 徐春霞编. —北京: 中国电力出版社, 2006

(筑龙网施工新技术系列丛书)

ISBN 7-5083-4490-1

I. 建... II. 徐... III. ①建筑 - 节能 ②建筑工程 - 环境保护
IV. ①TU111.4 ②TU - 023

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066633 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑: 黄肖 责任印制: 陈焊彬 责任校对: 罗凤贤

北京丰源印刷厂印刷 · 各地新华书店经售

2006 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/32 · 6.375 印张 · 137 千字

定价: 25.00 元

版权专有 翻印必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

本社购书热线电话 (010 - 88386685)



前言

建筑节能与环保，是当今建筑行业发展的主流。

近年来，人们对居住舒适度的要求日益提高，但由于能源利用效率很低，建筑耗能已大大超过了能源增长的速度，能源供应紧张已严重制约了经济建设和人民生活水平的进一步提高，建筑节能已成为一项长期而紧迫的战略任务。开展建筑节能，有着巨大的社会经济效益，还可以改善室内热环境，减少空气污染，提高人居环境水平，带动相关产业和经济持续发展。

要达到节能型建筑的要求，应从建筑物的多方面考虑，保证各个方面都达到节能要求，才能保证建筑物整体的节能性。我国近期建筑节能的重点包括建筑围护结构节能，采暖、空调设备效率提高和可再生能源利用方面等。

即将出台的《民用建筑节能管理规定》中指出：鼓励民用建筑节能的科学研究和技术开发，推广应用节能型的建筑、结构、材料、节能设备和附属设施及相应的施工工艺、应用技术和管理技术，促进可再生能源的开发利用。国家鼓励多元化、多渠道投资既有建筑的节能改造，投资人可以按照协议分享节能改造的收益；鼓励研究制定本地区既有建筑节能改造资金筹措办法和相关激励政策。

由此可见，节能型建筑的应用越来越受到重视，与之相结合的环保技术也将列入首要地位。

前 言

本书编写目的主要是为了适应目前对节能建筑要求和环保应用技术的理解，以达资源共享目的。由于时间仓促，难免有些不妥之处，还望读者指正。

编者



目 录

前言

第1章 节能型围护结构应用技术	1
1.1 新型墙体材料应用及施工技术	1
1.1.1 砖	1
1.1.2 砌块	14
1.1.3 轻质墙板	35
1.1.4 围护结构的保温应用	52
1.2 节能型门窗应用技术	69
1.2.1 建立窗户传热模型	70
1.2.2 建筑门窗的节能设计	72
1.2.3 节能型门窗的隔热性能	80
1.2.4 节能型门窗的其他性能	84
1.2.5 节能型门窗玻璃的应用	85
1.2.6 节能型门窗玻璃的施工技术	96
1.3 节能型建筑检测与评估技术	98
1.3.1 节能型建筑检测技术	98
1.3.2 节能型建筑评估技术	105
1.3.3 节能型建筑效益评估	118
第2章 新型空调和采暖技术	123
2.1 地源热泵供暖空调技术	123
2.1.1 地源热泵空调系统简介	123

2.1.2	地源热泵空调系统分类	125
2.1.3	地源热泵空调系统特点	130
2.1.4	地源热泵空调系统应用	133
2.1.5	地源热泵系统性能的影响因素	135
2.1.6	U形埋管换热器的热回流分析	136
2.1.7	地源热泵系统设计	146
2.1.8	地源热泵系统施工	151
2.1.9	地源热泵系统经济性分析	153
2.1.10	地源热泵系统应用前景	155
2.2	供热采暖系统温控与热计量技术	159
2.2.1	温控设备	159
2.2.2	热量计量方法	164
2.2.3	热量计量装置	165
2.2.4	新型智能集中供热温控与热计量系统形式	173
2.2.5	新型智能集中供热温控与热计量系统控制	179
2.2.6	温控与热计量系统的收费	183
第3章	预拌砂浆技术	186
3.1	预拌砂浆定义	186
3.2	几种干拌砂浆介绍	187
3.3	预拌砂浆应用	191
参考文献		194



第 1 章

节能型围护结构应用技术

1.1 新型墙体材料应用及施工技术

长期以来,普通烧结砖一直是我国墙体材料中的主导材料,但普通烧结砖的生产消耗了大量的土地资源和煤炭资源,造成严重的环境破坏和污染。针对这些问题我国对传统普通烧结砖的限制和淘汰力度逐步加大,国务院国办发[1999]72号文,建设部建住房发[1999]295号文以及国家墙体材料革新办公室墙办发[2000]06号文中已明确提出相关城市限时禁止使用普通烧结砖的目标。大力开发与推广使用节土、节能、利废、多功能、有利于环保、符合可持续发展的新型墙体材料,特别是轻质、高效、保温、隔热、外观整齐、带有自装饰、施工方便快捷的新型墙体材料是各级政府和广大建筑科技人员的一项重要使命。

新型墙体材料的概念是相对传统材料——普通烧结砖而言。纸面石膏板、混凝土空心砌块等墙体材料为新型墙体材料。

新型墙体材料一般按产品的形状可分为砖、砌块和板三类。

1.1.1 砖

砌筑用的人造小型块材,长度 $<365\text{mm}$,宽度 $\leq 240\text{mm}$,高度 $\leq 115\text{mm}$ 称为砖。砖的块材小,砌筑较为灵活,但施工效益较低。新型墙体材料中砖的类型颇多,本文重点介绍其中较有代表性的几种。

1. 蒸压灰砂砖

蒸压灰砂砖是以石灰和砂为主要原料，经计量配料、搅拌混合、消化、压制成型、蒸压养护、成品包装等工序而制成的实心或空心砖，它是典型的硅酸盐建筑制品，主要用于多层混合结构建筑的承重墙体。

(1) 蒸压灰砂砖生产工艺，见表 1-1-1。

表 1-1-1 蒸压灰砂砖生产工艺

序号	工艺流程	内 容
1	原材料	砂子和石灰是生产灰砂砖的主要原料。砂子可用河砂、海砂、风积砂、沉积砂和选矿厂的尾矿砂等，砂中的 SiO_2 应大于 65%，级配较好。石灰应采用生石灰， CaO 应大于 60%，生石灰的质量直接影响灰砂砖的质量，故应尽可能选用含钙量高、消化速度快、消化温度高、过火和欠火石灰量少的磨细钙质生石灰
2	混合料的制备	混合料的制备包含原材料的计量与搅拌、混合料的消化、混合料的二次搅拌等工序。制备混合料之前，必须进行配合比设计。设计配合比要考虑使砖有足够的强度和使产品达到事先确定的性能，如强度、耐久性、抗冻性和在侵蚀介质中的稳定性等。产品强度高虽好，但强度越高石灰就要用得越多，对砂子质量要求也要越好，这就意味着成本提高。因此，配合比设计可找到技术上和经济上最优化的临界点。石灰的掺量以有效 CaO 计，一般占砂的 10%~15%
3	砖坯成型	成型是灰砂砖生产最重要的环节之一。包括四个生产工序：将松散的混合料加入压砖机模孔中、加压成型、取出砖坯、码坯。灰砂砖的成型压力越大，砖坯的密度、强度越高。但压力过大，混合料的弹性阻抗大，反而会使砖坯膨胀、层裂，故成型压力一般不超过 20MPa。加压时间对砖坯强度也有一定影响，压制时间过短，砖坯强度低，但压制时间过长也没意义

续表

序号	工艺流程	内 容
4	蒸压养护	灰砂砖的结构形成是靠 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与砂子中的 SiO_2, 发生化学反应生成具有胶凝性质的水化硅酸钙, 将砂子胶结成整体而成。该反应在常温下速度极慢, 无法满足生产需求, 在高温 (即蒸压养护) 条件下, 反应速度大大加快, 可使混合料在很短的时间内形成很高的强度 蒸压养护在蒸压釜内进行: 整个过程分为静停、升温升压、恒温恒压、降压降温四个工序。静停可使砖坯中的石灰完全消化, 提高砖坯的初始强度, 从而防止蒸压过程中的制品胀裂。蒸压养护的蒸汽压力最低要达到 0.8MPa, 一般不超过 1.5MPa, 在 $0.8\sim 1.5\text{MPa}$ 压力范围内, 相应的饱和蒸汽温度为 $170.42\sim 198.28^\circ\text{C}$。升温升压速度不能过快, 以免砖坯内外温差、压差过大而产生裂纹, 一般恒温恒压 $4\sim 6\text{h}$。未经蒸汽压力养护的灰砂砖只能是气硬性材料, 强度低, 耐水性差

(2) 表压灰砂砖产品规格与技术性能。

1) 产品规格。

我国国家标准规定的品种和规格只有一种, 即 $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 53\text{mm}$ 。合格品的尺寸公差是 $\pm 3\text{mm}$; 一等品是 $\pm 2\text{mm}$; 优等品的长宽方向为 $\pm 2\text{mm}$, 高度为 $\pm 1\text{mm}$ 。表 1-1-2 列出了灰砂砖的外观质量要求。

表 1-1-2

蒸压灰砂砖外观质量

(mm)

序号	项 目	指 标		
		优等品	一等品	合格品
1	尺寸偏差不超过			
	长度	± 2		

续表

序号	项 目	指 标		
		优等品	一等品	合格品
1	宽度	± 2	± 2	± 3
	高度	± 1		
2	对应高度差不大于	1	2	3
3	缺棱掉角的最小尺寸不大于	10	15	25
4	完整面不小于	2 个条面和 1 个顶面或 2 个顶面和 1 个条面	1 个条面和 1 个顶面	1 个条面和 1 个顶面
5	裂缝长度不大于			
	A. 大面上宽度方向及其延伸到条面的长度	30	50	70
	B. 大面上宽度方向及其延伸到顶面的长度或条、顶面水平的裂纹长度	50	70	100

注：凡有以下缺陷均为非完整面：

1. 缺棱尺寸和掉角尺寸大于 8mm。
2. 灰球黏土团、草根等杂物造成破坏面的两个尺寸同时大于 10mm×20mm。
3. 有气泡，麻面，龟裂等缺陷。

2) 强度等级。

我国标准规定了：10、15、20、25 等四个强度级别，抗压强度平均值分别为 10MPa、15MPa、20MPa、25MPa，抗折强度平均值分别为 2.5 MPa、3.3 MPa、4.0 MPa、5.0MPa，见表 1-1-3。

表 1-1-3 蒸压灰砂砖强度等级

强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	平均值 $\geq$	单块值 $\geq$	平均值 $\geq$	单块值 $\geq$
25	25.0	20.0	5.0	4.0
20	20.0	16.0	4.0	3.2
15	15.0	12.0	3.3	2.6
10	10.0	8.0	2.5	2.0

注：优等品的强度等级不得小于 15 级。

3) 抗冻性能，见表 1-1-4。

表 1-1-4 蒸压灰砂砖的抗冻性能指标

强度级别	抗压强度平均值不小于/MPa	单块砖的干质量损失不大于(%)
25	20.0	2.0
20	16.0	2.0
15	12.0	2.0
10	8.0	2.0

注：优等品的强度等级不得小于 15 级。

4) 导热性，见表 1-1-5。

表 1-1-5 蒸压灰砂砖的导热系数和热阻

蒸压灰砂砖 种类	容量 等级	导热系数 /[W/(m·K)]	墙体厚度/cm				
			11.5	17.5	24	30	36.5
			热阻/(m ² ·K/W)				
实心砖	1.4	0.7	0.16	0.25	0.34	0.43	0.52
	1.6	0.79	0.15	0.22	0.30	0.38	0.46
	1.8	0.99	0.12	0.18	0.24	0.30	0.37
	2.0	1.10	0.10	0.16	0.22	0.27	0.33

2. 烧结多孔砖和烧结空心砖

孔洞率等于或大于 15% 的砖称多孔砖。孔洞率等于或大于 35% 称为空心砖。与烧结普通砖相比, 烧结多孔砖与烧结空心砖具有一系列优点: 可节省黏土 20%~30%, 节约燃料 10%~20%, 提高工效 40%, 节约砂浆降低造价 20%, 减轻墙体自重 30%~35%, 并可改善, 墙体的绝热和吸声性能。

(1) 烧结多孔砖, 如图 1-1-1 所示。

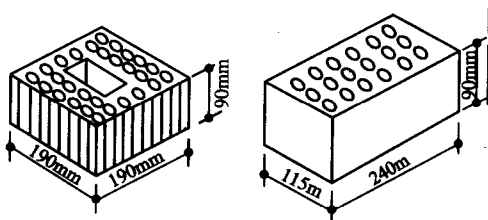


图 1-1-1 烧结多孔砖

根据《烧结多孔砖》(GB13544—2000) 规定, 其主要技术要求如下:

1) 形状与规格尺寸。

烧结多孔砖的孔洞小而孔数多, 孔洞方向与受压方向一致。其砖型及孔径规定如表 1-1-6 所示。

表 1-1-6 烧结多孔砖砖型及孔径规定 (mm)

代号	长	宽	高	圆孔直径	非圆孔内切圆直径	手抓孔	矩形条孔
M	190	190	90	≤22	≤15	(30~40) × (75~80)	孔长 ≤50, 孔长 ≥3 倍孔宽
P	240	115	90				

2) 强度与质量等级。

烧结多孔砖按抗压强度分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 五个强度等级，见表 1-1-7；强度和抗风化性能合格的砖，根据尺寸偏差、外观质量、孔型及空洞排列、泛霜、石灰爆裂等分为优等品（A），一等品（B）、合格品（C）三个质量等级。

表 1-1-7 烧结多孔砖强度指标

产品等级	强度等级	抗压强度/MPa		抗折荷载/kN	
		平均值 $\geq$	单块最小值 $\geq$	平均值 $\geq$	单块最小值 $\geq$
优等品（A）	MU30	30.0	22.0	13.5	9.0
	MU25	25.0	18.0	11.5	7.5
	MU20	20.0	14.0	9.5	6.0
一等品（B）	MU15	15.0	10.0	7.5	4.5
	MU10	10.0	6.0	5.5	3.0
合格品（C）	MU7.5	7.5	4.5	4.5	2.5

(2) 烧结空心砖，如图 1-1-2 所示。

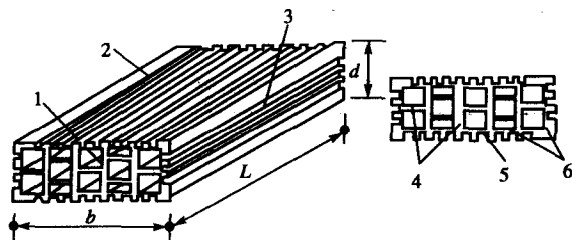


图 1-1-2 烧结空心砖

1—顶面；2—大面；3—条面；4—肋；
5—凹线槽；6—外壁；L—长度；b—宽度；d—高度

根据《烧结空心砖和空心砌块》(GB13545—2003)规定,其主要技术参数如下:

1) 形状与规格尺寸

烧结空心砖的外形为直角六面体。在与砂浆的接触面上设有增加结合力的深度 1mm 以上的凹槽。

空心砖的长度、宽度、高度尺寸应符合下列之一的要求:

a. 长度: 290mm、240mm、190mm;

b. 宽度: 240mm、190mm、180mm、175mm、140mm、115mm;

c. 厚: 90mm。砖的壁厚应不小于 10mm, 肋厚应不小于 7mm, 孔洞多为矩形条孔或其他形状。

2) 强度及密度等级, 见表 1-1-8 和表 1-1-9。

表 1-1-8 烧结空心砖强度等级

强度等级	大面抗压强度/MPa		条面抗压强度/MPa	
	5 块平均值 $\geq$	单块平均值 $\geq$	5 块平均值 $\geq$	单块平均值 $\geq$
MU5.0	5.0	3.7	3.4	2.3
MU3.0	3.0	2.2	2.2	1.4
MU2.0	2.0	1.4	1.6	0.9

表 1-1-9 烧结空心砖表面密度级别

密度级	800	900	1100
5 块表面密度平均值/(kg/m^3)	≤ 800	801~900	901~1100

(3) 烧结多空砖和烧结空心砖的应用。

烧结多孔砖因其强度较高保温性能优于普通砖, 一般用于砌筑六层以下建筑物的承重墙。烧结空心砖主要用于填充墙和隔断墙非承重结构部位。烧结多孔砖和烧结空心砖在运输、装卸过程中应避免碰撞, 严禁倾卸和抛掷。堆放时应按

品种、规格、强度等级分别堆放整齐不得混杂；砖的堆置高度不宜超过 2m。

(4) 蒸压灰砂砖的应用。

灰砂砖经模具压制，尺寸精度高，表观质量好，抗压强度较高，蓄热能力好，隔声性能优越，属于不可燃建筑材料。可替代普通烧结砖用于各种砌筑工程，也可用于清水砖砌墙、多层混合结构建筑的承重墙体。其中 MU15、MU20、MU25 灰砂砖可用于基础部位，MU10 可用与防潮层以上的建筑部位。长期高于 200℃ 温度，急冷、急热或有酸性介质的环境禁止使用蒸压灰砂砖。

3. 蒸压粉煤灰砖

蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰、石灰、石膏以及骨料为原料，经配料、搅拌、轮碾、压制成型、高压蒸汽养护等生产工艺制成的实心粉煤灰砖。

(1) 蒸压粉煤灰砖生产工艺，见表 1-1-10。

表 1-1-10 蒸压粉煤灰砖生产工艺

序号	工艺流程	内 容
1	原材料	原材料主要有粉煤灰、石灰、石膏和骨料。粉煤灰应符合《硅酸盐建筑制品用粉煤灰》(JC 409—1991) 规定。石灰应尽可能选用有效氧化钙含量高消化速度快、消化温度高的新鲜生石灰。一般要求有效氧化钙大于 60%，氧化镁小于 5%，消化速度小于 15min，消化温度大于 60℃，细度要求用方孔边长 0.08mm 筛筛余应小于 15%。石膏可用天然石膏或工业副产石膏，要求 CaSO_4 含量大于 61%。采用工业副产石膏时应对其杂质加以限制。石膏的细度亦应小于 15%。骨料的种类及掺量直接影响砖的强度及收缩值。骨料掺量增加，可显著改善成型工艺特性，减小物料分层。骨料可采用工业废渣、砂以及细石屑等

续表

序号	工艺流程	内 容
2	配料搅拌	按配合比进行配料,目的是通过生产工艺过程使各原料相互作用,生成一定水化产物和形成一定结构,使蒸压粉煤灰砖达到要求的强度及性能。配料要计量准确,而且要根据原材料产量的波动变化及时调整。搅拌使各原料能混合均匀
3	消化	又称“陈化”,目的是使生石灰充分消解,生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与粉煤灰等材料产生预水化反应,提高拌和料的可塑性,提高坯体的成型性能,而且还可防止在蒸压过程中因石灰消化引起体积膨胀使砖胀裂的现象发生。石灰一定要充分消化
4	轮碾	轮碾对拌和料起到压实、均化和增塑的作用,可提高砖坯的极限成型压力。同时轮碾又使粉煤灰在碱性介质中的活性得以激发。这种共同作用的结果,改善和提高了蒸压粉煤灰砖的质量
5	压制成型	经过轮碾的拌和料送入压砖机的料仓,经布料压制成型砖坯。成型的压力、加压速度等对砖的质量影响较大。压砖机的压力小,砖坯不密实;压制速度快,砖坯内的气体不能很好排出,会造成砖坯分层和裂纹。压制后砖坯的外观质量应达到标准规定的要求
6	砖坯静停	成型好的砖坯放在养护小车上,送至静停线编组静停。静停的作用是使砖坯在蒸压养护之前达到一定强度,以便在蒸压养护时能抵御因温度变化产生的应力,防止砖坯发生裂纹
7	蒸压养护	砖坯在蒸压釜内养护分为升温、恒温、降温三个阶段。合理的蒸压养护制度是确保粉煤灰砖质量的前提。当蒸汽压力由0.8MPa上升到1.0MPa时,小试件抗压强度提高30%~40%;当蒸汽压力由0.8MPa上升到1.2MPa时,抗压强度几乎增加一倍。温度升高,托勃莫来石含量增加,当CSH凝胶与托勃莫来石达到最佳比例时,能同时满足强度和收缩要求。因此,蒸压养护时间宜为10~12h,蒸汽压力不宜小于1.0MPa