



新型墙体材料应用丛书

蒸压灰砂砖 生产及应用技术

杨伟军 梁建国 张中脊 编著

中国建筑工业出版社

新型墙体材料应用丛书

蒸压灰砂砖生产及应用技术

杨伟军 梁建国 张中脊 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

蒸压灰砂砖生产及应用技术/杨伟军等编著. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2014. 10

(新型墙体材料应用丛书)

ISBN 978-7-112-17114-9

I. ① 蒸… II. ① 杨… III. ① 蒸压-灰砂砖-生产工艺
IV. ① TU522.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 159074 号

新型墙体材料应用丛书

蒸压灰砂砖生产及应用技术

杨伟军 梁建国 张中脊 编著

*

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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 75 字数: 204 千字

2014 年 10 月第一版 2014 年 10 月第一次印刷

定价: 24.00 元

ISBN 978-7-112-17114-9
(25897)

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)

本书从蒸压灰砂砖的产品性能、生产及其砌体的力学性能到房屋的承载力分析、结构分析、抗震性能和施工等方面，对蒸压灰砂砖及其砌体房屋进行了系统的论述。第1章绪论介绍蒸压灰砂砖的基本情况和它的发展与应用；第2章阐述蒸压灰砂砖的性能及其原材料；第3章介绍蒸压灰砂砖生产技术；第4章介绍蒸压灰砂砖砌体的基本力学性能；第5章为蒸压灰砂砖砌体构件承载力计算；第6章为蒸压灰砂砖砌体结构房屋的墙柱和梁的设计；第7章为蒸压灰砂砖砌体结构房屋的抗震设计；第8章为蒸压灰砂砖砌体的施工技术。

本书可供新型墙体材料生产企业、管理部门的技术与管理人员，房屋建筑工程技术人员、科学研究人员和高等院校有关师生参考。

* * *

责任编辑：武晓涛

责任设计：董建平

责任校对：陈晶晶 张 颖

“新型墙体材料应用丛书”

编审委员会

主 任 杨伟军

副主任 梁建国 樊家生 黎 滨 李 炜

成 员 (以姓氏汉语拼音为序):

樊家生 高连玉 雷 波 黎 滨

李 炜 梁建国 林文修 刘 斌

倪玉双 欧阳辰敏 彭艺斌 王季青

夏栋舟 杨春侠 杨伟军 玉小冰

张兴富 张振浩 张中脊 赵成文

左恒忠

前 言

加快新型墙体材料的发展是我国经济社会发展和实施可持续发展战略的必然要求。随着墙改工作的深入开展,各类满足节能、节土、利废要求的新型墙体材料不断涌现,并在实践中不断完善与改进,对提高建筑工程质量,改善建筑功能,美化我们的生活和工作环境发挥了巨大的作用。

新型墙体材料发展和应用需要从市场、建筑结构体系、建筑节能、技术创新、资源情况、产品种类及工艺、技术装备选型等出发,全方位给予指导,提供成套技术。一方面解决新型墙材品种过多过滥、优质产品过少、产品性能指标不高,企业在上项目时无所适从的问题;另一方面也便于管理,制定和实行扶持政策支持发展重点;另外也为新型墙体材料革新工作的健康发展提供成套技术保障。

作者在多年从事蒸压灰砂砖及其砌体理论与试验研究工作的基础上,吸收国内外该领域的最新科研成果,写成了本书。编著本书意在为蒸压灰砂砖建筑的科学健康发展提供科学依据,为蒸压灰砂砖企业的新建改造项目决策、生产技术和应用市场提供科学依据和成套技术,为蒸压灰砂砖建筑在设计、施工与验收等方面提供成套技术,解决蒸压灰砂砖建筑推广过程中的应用技术问题。

本书得到湖南省墙体材料改革办公室和长沙理工大学出版资助,编者的许多同事和谭炜、杨建宇等研究生参与了本书工作,在此一并表示衷心感谢!

本书试图起到抛砖引玉的作用，使新型墙体材料建筑得到较大的发展，为国家经济建设做出贡献。限于作者水平，书中难免有不妥之处，恳请有关专家和广大读者批评指正。

2014 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 蒸压灰砂砖的生产发展	3
1.3 蒸压灰砂砖应用研究的发展	9
1.4 蒸压灰砂砖的发展方向	16
1.5 蒸压灰砂砖的生产与应用可行性	19
第 2 章 蒸压灰砂砖性能与原材料	23
2.1 蒸压灰砂砖的基本情况	23
2.2 蒸压灰砂砖的质量等级、强度与外观尺寸	25
2.3 蒸压灰砂砖的物理性能	27
2.4 蒸压灰砂砖的耐久性能	35
2.5 蒸压灰砂砖的原材料	38
第 3 章 蒸压灰砂砖的生产技术	49
3.1 蒸压灰砂砖的生产设备	49
3.2 蒸压灰砂砖的生产工艺	52
3.3 蒸压灰砂砖生产中的主要经验	58
第 4 章 蒸压灰砂砖砌体的基本力学性能	60
4.1 影响蒸压灰砂砖砌体力学性能的因素	60
4.2 蒸压灰砂砖砌体受压性能	64
4.3 蒸压灰砂砖砌体受剪性能	68
4.4 蒸压灰砂砖砌体墙的屈服准则及其抗剪强度计算	71

4.5	蒸压灰砂砖砌体弯曲抗拉性能	81
4.6	蒸压灰砂砖砌体受力变形性能	86
第5章	蒸压灰砂砖砌体构件承载力计算	90
5.1	蒸压灰砂砖砌体结构可靠度设计	90
5.2	蒸压灰砂砖砌体受压构件	98
5.3	蒸压灰砂砖砌体局部受压	109
5.4	蒸压灰砂砖砌体受拉、受弯及受剪承载力计算	120
第6章	蒸压灰砂砖砌体结构房屋的墙柱和梁设计	124
6.1	蒸压灰砂砖砌体房屋的结构布置和承重体系	124
6.2	房屋的静力计算方案	128
6.3	砌体房屋墙、柱设计	135
6.4	蒸压灰砂砖混合结构房屋的构造措施	150
6.5	过梁	163
6.6	挑梁	168
第7章	蒸压灰砂砖砌体结构房屋抗震设计	177
7.1	多层蒸压灰砂砖砌体结构房屋抗震设计的规定	178
7.2	多层蒸压灰砂砖砌体结构房屋抗震计算要点	185
7.3	多层蒸压灰砂砖房屋抗震构造措施	193
7.4	蒸压灰砂砖砌体结构房屋抗震可靠性	201
第8章	蒸压灰砂砖砌体施工	208
8.1	蒸压灰砂砖砌体施工要点	208
8.2	施工注意事项	211
8.3	蒸压灰砂砖砌体施工工艺	214
8.4	蒸压灰砂砖砌体施工质量要求	229
8.5	蒸压灰砂砖砌体施工安全措施	231
	参考文献	232

第 1 章 绪 论

1.1 引言

蒸压灰砂砖是以石灰、河砂、石英砂尾矿等为主要原料，允许掺入颜料和外加剂，通过加水搅拌、消化反应、坯料制备、压制成型后经蒸压养护制成的一种块体材料。蒸压灰砂砖因其具有节约黏土，不破坏耕地的优点，在我国已普遍使用。与烧结砖比较，蒸压灰砂砖强度高，损耗少，外形标准，施工方便，隔声性能和蓄热能力较好，适用于多层混合结构建筑的承重墙体、各种建筑物的填充墙体和其他构筑物。砌筑后的墙体平整度高、节约抹灰砂浆，是一种理想的墙体材料。但是它也有吸水慢、出水慢、绝干收缩率大于黏土砖等特点，需要在施工过程中加以注意。

蒸压灰砂砖以其低廉的价格和就地取材方便的优势成为建筑房屋的新型墙体材料，其应用逐渐推广，尤其是在广大的农村和中小城市。蒸压灰砂砖及其砌体房屋的优势主要体现在以下几个方面：

1) 利于就地取材，保护耕地

灰砂砖主要原料砂子，可取河流中的沉积砂、石河道的冲积砂、沙漠中的风集堆积砂，也可用山砂、海砂等，根本不需泥土，从而保护了耕地；而且由于大量用砂制砖，可以吃砂造地，减轻沙尘暴的危害，用河流中砂子制砖还有疏通河道之功能。

2) 生产环保

据有关资料报道：蒸压制砖所消耗的煤比烧结制砖少得多。而且煤中或多或少含有硫之成分，含量高的可达 5%。由于蒸压

灰砂砖生产煤耗低，带来了排入大气中的 SO_2 、 CO_2 及烟尘也大大减少。蒸压灰砂砖要比烧结砖少排出 SO_2 量为 $3.13\sim 5.25\text{kg}/\text{m}^3$ ， CO_2 温室气体 $107.5\sim 204.6\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3) 产品性能优良

在制备过程中块体尺寸规整，变形小，不易出现缺棱掉角情况，也很少出现如烧结黏土砖般的裂缝。抗冻融、抗碳化、抗干缩等耐久性能均优于普通黏土砖。

灰砂砖强度高，可用于建筑的承重墙及基础，外形规正、美观。具有蓄热能力强、隔声和生物性能好等物理特性，有利于改善室内环境，使人有居住舒适感。

4) 具有装饰功能

普通蒸压灰砂砖因外形规正、美观，可砌成清水墙，大大节省造价。通过添加颜料可以制成彩色蒸压灰砂砖，故可砌成清水墙，不必抹面，也不必外墙装饰。

5) 生产节能

蒸压灰砂砖生产能耗比普通烧结黏土砖要低，节约生产能源、少消耗煤的效益很明显，国内外均有报道。德国出版的《建筑物理》，对各种墙体材料的原始能源含量作比较（见表 1.1-1），从表 1.1-1 中可以看出：每生产 1t 墙体材料的原始能源含量灰砂砖最低。

德国各种墙体材料原始能源含量比较表 表 1.1-1

墙体材料名称	墙体材料 密度 (kg/m^3)	原始能源含量		电耗所占 百分比 (%)
		$\times 10^7 \text{J}/\text{t}$	$\times 10^7 \text{J}/\text{m}^3$	
灰砂砖	1.4	871	1219	11.6
浮石混凝土	0.7	1044	731	15.8
以膨胀黏土作骨料的 轻混凝土	0.7	2440	1708	12.7
加气混凝土	0.55	3105	1703	22.3

续表

墙体材料名称	墙体材料 密度 (kg/m ³)	原始能源含量		电耗所占 百分比 (%)
		×10 ⁷ J/t	×10 ⁷ J/m ³	
实心黏土砖	1.6	3610	4176	18
空心黏土砖	1.2	2610	3132	18
以废料为内燃的 轻质黏土砖	0.8	2205	1764	19.6

注：原始能源包含料制备能源、蒸汽养护能源及其他能源。

蒸压灰砂砖的不足主要表现在以下几个方面：

- 1) 密度较普通黏土砖要大。
- 2) 砌筑时的含水率不易控制，使得在墙角、窗角容易出现开裂。
- 3) 与砂浆的粘结能力差，抹灰容易出现空鼓现象。
- 4) 吸水、失水滞后性。

蒸压灰砂砖有如下特点：

1) 干缩值大。蒸压灰砂砖的收缩率、线膨胀系数要大于烧结普通砖砌体。

2) 吸水率与烧结砖接近，但吸水和失水速度较慢。蒸压灰砂砖的吸水率和烧结砖相近，但蒸压灰砂砖生产工艺与烧结砖不同，它经高温高压成型，表面光滑平整，孔隙率较烧结砖小。

3) 抗压强度与烧结砖相当，但抗拉强度比黏土砖低。同强度等级的蒸压灰砂砖的抗压强度与烧结普通砖相当；但抗折强度只有烧结普通砖的 70%，而且灰砂砖表面光滑平整，孔隙率较小，使得砂浆和砖之间不易粘合，造成蒸压灰砂砖砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪强度不如烧结砖理想。

1.2 蒸压灰砂砖的生产发展

灰砂砖工业在我国发展较快，20 世纪初从英国进口了灰砂

砖产品，在北京动物园内建设了一栋房子，到如今已有 100 多年的历史。1958 年在北京市大兴县黄村建设了我国第一家生产灰砂砖的工厂——北京市硅酸盐制品厂，1960 年投产，年生产能力 8000 万块，到现在已有 50 多年的历史（已转产）。1960 年后，由于市场的需求，灰砂砖工业发展很快，而且生产技术、装备水平有了很大提高。到 1980 年，我国生产灰砂砖企业发展到了 40 多家，年产灰砂砖 10.5 亿块；由于产品受到用户的欢迎，所以到 1985 年灰砂砖企业发展到 130 多家，年产量 32.1 亿块；到 1990 年发展到 160 家，年产量达到 40 亿块；2001 年发展到 200 多家，年产量 60~70 亿块。从我国灰砂砖发展情况看，在 20 世纪 70~80 年代四川省（包括重庆市）灰砂砖发展较快，建设了 100 多个生产厂，年产灰砂砖 25 亿块，占全国生产总量的 60% 以上。其他省市，如北京、山东、广东、湖南、湖北、河北、贵州等地的灰砂砖产品也有了较快的发展。1980 年后，原建材工业部提出消灭黏土实心砖，发展新型建筑材料，在砖瓦行业引起了很大的反响，促进了我国灰砂砖工业的发展。为加速我国灰砂砖工业的发展和技术进步，我国从事灰砂砖产品的科研设计部门从 20 世纪 70 年代末就开始对其生产工艺、技术、装备、特别自动化机械码坯和提高工作效率等方面进行了研究试验，取得了可喜的成果，推动了企业的进步和行业的发展。在 20 世纪 80 年代初重庆市第一建材厂从原联邦德国引进了 UP-550 型自动压砖机，该机配有液压传动的码坯装置，压力 300t，同时成型 14 块标砖，小时产量 4800 块，可生产各种灰砂砖 100 多种。之后，广州灰砂砖厂、长沙灰砂砖厂、武汉硅酸盐制品厂、内蒙古等地从原联邦德国引进了技术和设备，生产各种高质量的实心 and 空心灰砂制品。但是由于生产灰砂砖企业、建材主管部门对新产品的宣传力度不够，以及和建筑应用管理部门没有很好的配合，因而工程设计部门不积极进行应用设计，再加之黏土实心砖的市场激烈竞争和产品优质不能优价等方面的原因，所以在一些地区产品市场受到很大的影响。与此同时，有些地区如四川省（包括

重庆市),一些老灰砂砖企业由于产品市场和砂源等方面的影响,改产和关停了部分工厂,灰砂砖企业数量和产量逐年减少。1991年国家在哈尔滨市召开了第一次全国墙材革新和建筑节能动员大会之后,成立了国家墙材革新建筑节能办公室,相继各省市也成立了墙材革新办公室,对全国各地区的墙材革新提出了要求,颁布了发展新型墙材的有关政策法规,逐年加大墙材革新的力度,限制黏土砖的生产和使用。同时把灰砂砖产品作为新型墙体材料,列入鼓励发展的产品。由此,我国灰砂砖工业又有了较快的发展。特别是国家提出全国170个城市于2003年6月30日前限时禁止使用黏土实心砖的新形势下,一些省市灰砂砖工业发展速度加快。如浙江省的温州地区黏土资源比较贫乏,但河砂资源比较充足,为节土、节地限制黏土砖生产,在1994年~1996年期间,该市充分利用河砂资源,先后建设了29条灰砂砖生产线,年生产能力9亿块,成为当时新型墙材的主导材料,但是由于受人们使用习惯等方面的影响,该产品信誉较差;此外,因当地地基较软,新建房屋中高层和多层大都为框架结构,因灰砂砖产品较重,因而市场逐渐缩小,关停了一些企业。目前尚存10余家企业,年生产灰砂砖4亿块左右。广东省在20世纪80年代初期只有2家灰砂砖厂,年产灰砂砖5000万块左右。在限制使用黏土实心砖的新形势下,充分利用河砂资源丰富的条件,先后建设了上百家灰砂砖企业,年生产灰砂砖近30亿块,占全国总产量的50%左右,成为当今生产灰砂砖的大省,也是该省黏土实心砖的主要替代产品。北京市在限制使用黏土实心砖后,为发展新型墙体材料和解决多层住宅基础用砖,在发展煤矸石、粉煤灰和页岩砖的同时,利用京郊永定河的砂源,在北京大兴县建设了年产1.5亿块灰砂砖的生产厂,分两期建成。第一期年产7500万块的生产线于2003年上半年投产,产品质量达到和超过了国家标准《蒸压灰砂砖》GB 11945—1999规定的相关指标。此外,广西壮族自治区、云南省、江西省、福建省、湖北省、河南省等省市自治区灰砂砖产品也有了较快的发展。为了提高灰砂砖的抗

剪能力和应用水平，扩大产品市场和提高企业的效益，温州市的一些灰砂砖厂对生产工艺和压砖设备进行了小改小革（一是对砖机底模进行改造，使底模带有许多细小弧形条状凹槽和小半球状压痕；二是在灰砂砖压制时，当砖块从模具中被顶出的瞬间增加机械装备对其表面进行毛面加工），生产毛面灰砂砖。这样在一定程度上增大了灰砂砖表面的粗糙度，提高了砖与砂浆之间的机械咬合力，使毛面灰砂砖与砂浆的粘结性能得到改善，同时砌体抗剪强度比用普通灰砂砖提高了 40% 左右，生产成本增加很少，产品受到广大用户的欢迎。

我国蒸压灰砂砖的相关指标见表 1.2-1^[1]。

国内蒸压灰砂砖相关指标

表 1.2-1

	平均	大型企业	中型企业	小型企业	最高	最低	德国
抗压强度 (kg/cm ²)	149.75	173.25	154.2	148.14	300	60	725
砂耗量 (t/万块)	25.88	24.50	24.70	25.01	42.20	—	—
生石灰耗量 (t/万块)	3.43	3.41	3.57	3.43	6.69	2.00	2.00
煤耗 (t/万块)	0.87	0.51	0.64	0.89	2.0	0.30	0.40
电耗 (度/万块)	225.92	227.75	223.58	226.03	500	57.89	—
劳动生产率 (万块/人)	7.64	12.92	13.84	7.23	—	—	160 万以上

由上表看出，各企业之间各项指标差别很大，反映整个行业水平参差不齐；中国蒸压灰砂砖行业整体水平较德国差距很大。

进入 21 世纪后，灰砂砖在一度兴旺以后出现一些萎缩，受砂资源地域分布的制约，加上近十年来混凝土业的高速发展对砂资源的需求猛增，烧结黏土砖价格很低以及应用中出现一些问

题的影响，蒸压灰砂砖的产量及生产企业在逐渐减少。应该说近些年来墙材革新为灰砂砖的发展提供了一个很好的机遇，特别是在市场经济的影响下，广大企业已意识到了加速企业进步、不断开发新产品、提高产品质量的重要意义，为此，企业加速了技术改造，改进了工艺、设备，提高了生产技术，加强了全面质量管理，产量及产品质量都有了发展与提高。特别是 2000 年 2 月 1 日在灰砂砖行业修订实施了蒸压灰砂砖国家标准，该标准参照了德国和俄罗斯联邦国家标准，结合我国国情提出了更高的要求，规定了缺棱掉角个数和裂纹条数以及缺棱掉角的最大破坏尺寸，标准还增列了对原材料质量的要求，并将彩色灰砂砖以及相应的性能、色差试验方法列入了标准。在标准强度等级中去掉了 MU7.5 级，和烧结普通砖一样最低为 MU10 级，应该说标准水平有了提高，有利于企业的技术进步和产品质量的提高。

20 世纪 90 年代末，研制开发彩色系列——蓝色、红色、紫色、黄色灰砂砖，受到用户的欢迎。北京大兴县耐力达建材灰砂砖厂建成投产后，已批量生产沟槽砖，受到用户的好评。另外，一些灰砂砖企业为适应市场的需求，还研制生产了不同颜色的仿花岗岩灰砂产品，取得了较好的效益。

在国外，特别是德国、美国、俄罗斯等国家，蒸压灰砂砖的研究水平比较高，发展速度快，除供应国内使用外还大量出口，促进了世界灰砂砖工业的发展。

德国是灰砂砖生产的起源国，现有生产灰砂砖的工厂 300 多家，年产 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 71\text{mm}$ 标砖 60 亿块，在墙体材料中所占比例约为 35%。为了满足国内战后重建家园用砖需要，从 20 世纪 50 年代以后，灰砂砖生产迅速发展起来。灰砂砖建筑从城市到农村，随处可见，应用十分广泛。灰砂砖生产线的自动化、机械化程度很高，劳动生产率也很高，而灰砂砖的售价均低于黏土砖，深受建筑部门欢迎。德国灰砂砖之所以能大力推广开来，与德国有多家为灰砂砖生产提供专用设备的专业公司是分不开的。诸如玻利鸠斯公司、道尔斯顿公司、施洛赛尔公司、飞乐

公司、阿特拉斯公司及拉斯科公司等等，这些公司不但为国内灰砂砖厂提供设备，而且也广泛地向世界各国提供灰砂砖生产设备。

前苏联是世界上生产灰砂砖的大国，其产量位居世界之首。全国约有灰砂砖生产厂或车间约 140 余家，年产灰砂砖 146 亿块左右，占全国墙体材料总量的 16%。俄罗斯也是生产灰砂砖的大国，年产灰砂砖 140 亿块，年产 6000 万块以上的企业占 60%，有 8 个工厂年产量在 2 亿块以上，劳动生产率 30 万块/人/年，用于建设 9~14 层的承重墙体建筑工程，也用于基础和其他建筑部位，灰砂砖在俄罗斯被认为是最便宜、最优良的墙体材料。

波兰的灰砂砖工业在德国影响下发展较早，即在 1890 年就有第一家灰砂砖生产厂，经过 100 多年的发展，现有灰砂砖厂 40 多家，年产 250mm×125mm×65mm 标准灰砂砖 20 多亿块，占其墙体材料总量的 15%。灰砂砖在波兰是作为廉价墙体材料而占领市场的。其建厂投资仅为黏土砖厂的 51%，而生产成本只有黏土砖的 62%，电能消耗为黏土砖的 22%，故被政府确定为优先发展的墙体材料。

朝鲜从 1984 年开始，分别引进波兰的自动取码坯机械压砖机生产线和德国的液压压砖机自动化生产线，其整体技术水平已超过我国，灰砂砖产量占其墙体材料总量的 25%。朝鲜灰砂砖厂的管理水平也比较高，非生产人员只占职工总数的 2%~4%，劳动生产率人均达到年产 50 万块，比俄罗斯高近一倍，比我国高 5 倍多。政府大力推广应用灰砂砖，故产品大量应用于城市和农村建筑中，在城市到处可见灰砂砖建造的 5~10 层住宅楼及公用建筑，农村住宅中灰砂砖的使用则更加普遍，一幢幢砖混楼房十分壮观。

国外蒸压灰砂砖的研究始于 20 世纪初，到了 20 世纪 50 年代开始迅速发展。1955 年，原联邦德国 Atlas 公司设计制造出了第一台自制砖机——Atlas550 型砖机，在固定模式压砖机上实现自动去坯、码坯，从而使原联邦德国灰砂砖产量直线上升，到