

■ 新型墙体材料应用丛书

页岩多孔砖 生产及应用技术

杨伟军 倪玉双 主编
梁建国 欧阳辰敏 主审

中国建筑工业出版社

新型墙体材料应用丛书

页岩多孔砖生产及应用技术

杨伟军 倪玉双 主编
梁建国 欧阳辰敏 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

页岩多孔砖生产及应用技术/杨伟军, 倪玉双主编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2011.9

(新型墙体材料应用丛书)

ISBN 978-7-112-13503-5

I. ①页… II. ①杨… ②倪… III. ①复合砖-生产工艺

IV. ①TQ175.79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 171687 号

新型墙体材料应用丛书

页岩多孔砖生产及应用技术

杨伟军 倪玉双 主编

梁建国 欧阳辰敏 主审

*

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

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 235 千字

2011 年 10 月第一版 2011 年 10 月第一次印刷

定价: 22.00 元

ISBN 978-7-112-13503-5

(21276)

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)

本书从页岩多孔砖的产品设计、生产及其砌体的力学性能到承载力分析、结构分析、抗震性能和施工等方面,对页岩多孔砖及其砌体进行了系统的论述。第1章绪论;第2章页岩多孔砖产品设计;第3章页岩多孔砖生产与应用可行性分析;第4章页岩多孔砖性能与原材料;第5章页岩多孔砖的生产技术;第6章页岩多孔砖砌体的基本力学性能;第7章无筋页岩多孔砖砌体构件承载力计算;第8章配筋页岩多孔砖砌体构件承载力计算;第9章页岩多孔砖砌体结构房屋的墙柱和梁设计;第10章页岩多孔砖砌体结构抗震设计;第11章页岩多孔砖砌体施工。

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:赵梦梅 武晓涛

责任设计:董建平

责任校对:肖 剑 刘 钰

“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。

新型墙体材料的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，制定和实行扶植政策支持发展重点；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。

编著本套丛书意在为墙材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；为新型墙体材料建筑在设计、施工与验收规定等方面提供技术应用指导，解决新型墙体材料建筑推广过程中的应用技术问题。

作者在多年从事页岩多孔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。

本书得到湖南省墙体材料改革办公室的资助，参考了大量的国内外文献，编者的许多同事和李耀、李丽珊、欧孟仁、皮正波、沈继美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，为国家经济建设作出贡献。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。

2011年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 页岩砖基本情况	1
1.2.1 P 型页岩多孔砖	4
1.2.2 页岩模数多孔砖	4
1.2.3 煤矸石页岩多孔砖	5
1.2.4 页岩粉煤灰烧结节能模数砖	5
1.3 页岩砖生产概况	6
1.4 页岩砖的特点和优势	7
1.4.1 页岩砖的特点	7
1.4.2 页岩砖的优势	8
1.5 页岩烧结砖的发展	9
1.5.1 国内外研究与应用状况	9
1.5.2 页岩烧结砖生产发展的主要经验和教训	9
1.5.3 页岩烧结砖的发展方向	11
第 2 章 页岩多孔砖产品设计	13
2.1 页岩多孔砖的设计要求	13
2.1.1 页岩多孔砖强度的要求	13
2.1.2 多孔砖隔声的要求	14
2.1.3 多孔砖保温隔热的要求	15
2.1.4 多孔砖模数设计的要求	15
2.1.5 多孔砖生产制造条件的要求	16
2.1.6 多孔砖施工的要求	17

2.1.7 多孔砖孔型设计要点	18
2.2 块型和孔洞对砌体的影响	20
2.2.1 块型对砌体抗压强度的影响	20
2.2.2 孔洞对砌体抗压强度的影响	21
2.3 块型和孔型设计	22
2.3.1 单砖应力分析	24
2.3.2 热工性能分析	25
第3章 页岩多孔砖生产与应用可行性分析	28
3.1 生产应用页岩多孔砖节能的优越性	28
3.1.1 节约土地保护环境	28
3.1.2 从生产和使用能耗比较	28
3.1.3 建筑采暖方面分析	29
3.1.4 页岩多孔砖保温隔热性能分析	30
3.2 利用页岩生产烧结多孔砖的可行性	30
3.2.1 利用页岩生产烧结多孔砖的有利条件	30
3.2.2 开发页岩烧结多孔砖的限制因素	32
3.3 页岩砖生产工艺及技术要求	32
3.3.1 生产工艺	32
3.3.2 关键生产技术	32
3.4 页岩多孔砖建筑经济技术分析	33
3.5 页岩多孔砖建筑施工可行性	34
3.6 页岩多孔砖建筑设计可行性	35
3.6.1 现行国家标准及设计施工规范涵盖页岩多孔砖	35
3.6.2 建筑和构造要求	35
3.6.3 节能与隔声设计	36
3.6.4 结构设计要点	37
3.7 推广页岩多孔砖多层节能住宅体系的有利条件	38
第4章 页岩多孔砖性能与原材料	40
4.1 页岩多孔砖的物理性能	40

4.1.1	孔洞率	40
4.1.2	密度	41
4.1.3	吸水率	42
4.1.4	导热性	42
4.1.5	耐久性	44
4.1.6	防火性	46
4.1.7	导湿性	47
4.1.8	隔声性	47
4.1.9	干缩性能	48
4.2	页岩多孔砖的质量等级、强度与外观尺寸	50
4.3	页岩多孔砖的原料	52
4.3.1	页岩的岩石类型	52
4.3.2	页岩的矿物成分	53
4.3.3	页岩的化学成分和粒度组成	54
4.3.4	页岩的物理性能	54
4.4	页岩原料的处理	55
4.5	废渣在页岩烧结砖中的应用	56
4.5.1	粉煤灰	57
4.5.2	炉渣	57
4.5.3	硫铁矿渣	58
4.5.4	磷渣	59
4.5.5	铬渣	60
4.5.6	钢渣	61
4.5.7	锰铁矿渣	62
4.5.8	赤泥、硼泥和钙镁泥	63
4.5.9	淤泥	64
4.5.10	煤矸石	66
第5章	页岩多孔砖的生产技术	67
5.1	页岩多孔砖的生产工艺	67

5.2	多孔砖生产工艺中所应注意事项	72
5.3	页岩多孔砖的生产设备	76
5.3.1	设备选型	76
5.3.2	页岩原料破碎设备	79
5.3.3	挤压设备	83
5.4	窑炉的选型	84
5.4.1	隧道窑	84
5.4.2	轮窑	87
5.4.3	烧转立窑	90
第6章	页岩多孔砖砌体的基本力学性能	91
6.1	影响页岩多孔砖砌体力学性能的因素	91
6.2	页岩多孔砖砌体受压性能	94
6.3	页岩多孔砖砌体受剪性能	95
6.4	页岩多孔砖砌体弯曲抗拉性能	96
6.5	页岩多孔砖砌体受力变形性能	97
第7章	无筋页岩多孔砖砌体构件承载力计算	101
7.1	页岩多孔砖砌体结构可靠度设计	101
7.1.1	砌体结构可靠度设计方法的发展	101
7.1.2	以概率理论为基础的极限状态设计法	103
7.1.3	设计表达式	105
7.1.4	页岩多孔砖砌体强度设计值	106
7.2	无筋砌体受压构件	109
7.2.1	受压短柱	110
7.2.2	受压长柱	111
7.2.3	双向偏心受压砌体构件承载力计算	116
7.3	页岩多孔砖砌体局部受压	118
7.3.1	砌体局部均匀受压	120
7.3.2	梁端支承处砌体的局部受压	122

7.4 砌体受拉、受弯及受剪承载力计算	128
7.4.1 轴心受拉构件	128
7.4.2 受弯构件	129
7.4.3 受剪构件	129
第8章 配筋页岩多孔砖砌体构件承载力计算	132
8.1 网状配筋页岩多孔砖砌体受压构件	132
8.2 组合砖砌体构件	136
8.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	141
第9章 页岩多孔砖砌体结构房屋的墙柱和梁设计	144
9.1 页岩多孔砖砌体房屋的结构布置和承重体系	144
9.2 房屋的静力计算方案	148
9.2.1 房屋静力计算简图	148
9.2.2 刚性、刚弹性方案房屋的横墙要求	151
9.2.3 空间性能影响系数	153
9.3 砌体房屋墙、柱设计	154
9.3.1 刚性方案房屋墙、柱设计	155
9.3.2 弹性方案房屋墙、柱设计	162
9.3.3 刚弹性方案砌体房屋墙、柱设计	163
9.3.4 上柔下刚、上刚下柔砌体房屋墙、柱设计	169
9.4 页岩多孔砖混合结构房屋的构造措施	170
9.4.1 墙、柱的允许高厚比	170
9.4.2 页岩多孔砖砌体房屋一般构造要求	173
9.4.3 圈梁的设置及构造要求	175
9.4.4 防止或减轻墙体开裂的主要措施	177
9.5 页岩多孔砖墙体设计实例	181
9.6 过梁	195
9.6.1 过梁的类型及其适用范围	195
9.6.2 过梁的破坏特点	195

9.6.3	过梁上的荷载	196
9.6.4	过梁的承载力计算和构造要求	198
9.7	墙梁	199
9.7.1	墙梁的受力性能	200
9.7.2	墙梁的一般规定	204
9.7.3	墙梁设计总则	205
9.7.4	墙梁的托梁正截面承载力计算	208
9.7.5	墙梁的托梁斜截面受剪承载力计算	210
9.7.6	墙梁的墙体受剪承载力计算	211
9.7.7	托梁支座上部砌体局部受压承载力计算	212
9.7.8	墙梁的构造要求	212
9.8	挑梁	218
9.8.1	挑梁的分类	218
9.8.2	挑梁的受力性能和破坏特点	219
9.8.3	挑梁的设计	222
第 10 章	页岩多孔砖砌体结构抗震设计	226
10.1	多层页岩多孔砖砌体结构房屋抗震设计的规定	226
10.1.1	一般规定	226
10.1.2	房屋总高度和层数的限制	227
10.1.3	房屋高宽比的限制	229
10.1.4	墙体的布置	230
10.1.5	房屋的平立面布置和防震缝的设置	233
10.2	多层页岩多孔砖砌体结构房屋抗震计算要点	234
10.2.1	计算简图和地震作用	234
10.2.2	楼层水平地震剪力在各墙间的分配	236
10.2.3	墙体抗震承载力的验算	239
10.3	多层页岩多孔砖房屋抗震构造措施	241
10.3.1	页岩多孔砖房屋构造柱的设置要求和构造	241

第 11 章 页岩多孔砖砌体施工	250
11.1 页岩多孔砖施工要点	250
11.2 施工注意事项	253
11.3 页岩多孔砖砌筑施工工艺	254
11.4 页岩多孔砖砌体施工质量要求	263
11.5 页岩多孔砖砌体施工安全措施	264
主要参考文献	266

第 1 章 绪 论

1.1 引言

我国用页岩烧砖始于 20 世纪 60 年代,最初是用 CM143 型高压杠杆压砖机半干压成型。由于这种成型方法坯体易层裂,烧结温度范围很窄,产品质量不过关,所以到 1978 年,全国只有页岩烧结砖厂 30 多家,年产页岩烧结砖 3 亿多块标砖。但科研工作并没有停止,通过总结经验与教训,从而在页岩原料的选择、运输、粉碎、搅拌、成型、干燥、焙烧等工序上都有所突破。所以 1983 年产量达到 13 亿标砖,1984 年达到 19.9 亿标砖,1986 年达到 38.9 亿标砖。与此同时,四川出现年产 4000 万块标砖的页岩砖厂,江西出现年产 5000 万块标砖的页岩砖厂。特别是四川省,1984 年页岩烧结砖的产量达到 14.5 亿块标砖,占当年全国产量的 72.8%,占四川省当年烧结砖产量的 12.8%。进入 20 世纪 90 年代,工艺更加成熟,产品质量更好,因此发展速度更快,特别是墙体材料改革力度的加大,限制毁田烧砖,给页岩烧结砖的发展带来了新的发展机遇。1997 年页岩烧结砖登上年产 140 亿块标砖的新台阶,成为非黏土烧结砖中产量最多的一个品种。进入 21 世纪,由于建筑节能的需要,页岩烧结多孔砖成了许多省市主要的墙体材料。

1.2 页岩砖基本情况

我国页岩资源丰富,分布地域较广。页岩烧结砖具有能耗低、强度高、外观规则的特点,其强度等级可达 MU15~MU30,可砌建筑中的承重、非承重墙体和清水墙。

砌体是由块体和砂浆砌筑而成的整体材料，分为无筋砌体和配筋砌体两大类。仅由块体和砂浆组成的砌体称为无筋砌体；配置钢筋或钢筋混凝土的砌体称为配筋砌体。根据我国常用的块体材料的不同，通常采用的无筋砌体有砖砌体、石砌体和砌块砌体。

块体分为砖、石材和砌块三大类。砖与砌块通常是按块体的高度尺寸划分的，块体高度小于 180mm 者称为砖，块体高度大于或等于 180mm 者称为砌块。

目前，我国用于承重砌体结构的砖有烧结普通砖、烧结多孔砖和非烧结硅酸盐砖。烧结普通砖是以黏土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要成分塑压成坯，经高温焙烧制成的实心或孔洞率小于 25% 的砖。目前我国生产的标准实心黏土砖的规格为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ ，密度为 $18 \sim 19\text{kN/m}^3$ 。塑压实心黏土砖是一种耐久性很好的材料，适用于各类地上和地下砌体结构。实心黏土砖自重大，黏土用量多，毁坏土地资源，消耗能源，我国政府已在许多地区禁用黏土砖。

烧结多孔砖是以黏土、页岩、煤矸石为主要原料经焙烧而成的承重多孔砖。孔洞率等于或大于 25%，孔的尺寸小而数量多的砖称为多孔砖，常用于承重部位；孔洞率等于或大于 40%，孔的尺寸大而数量少的砖称为空心砖，常用于非承重部位。与实心砖相比，多孔砖不但可以减轻结构自重，且由于砖的厚度较大，还可节约砌筑砂浆和砌筑工时，黏土用量、电力和燃料消耗也可相应减少。烧结多孔砖的外形尺寸，按《烧结多孔砖和多孔砌块》GB 13544 规定，长度可为 290mm、240mm、190mm，宽度可为 240mm、190mm、180mm、175mm、140mm、115mm，高度为 90mm。产品还可以有 1/2 长度或 1/2 宽度的配砖，配套使用。有的多孔砖可与烧结普通砖搭配使用。

目前，常用的烧结普通砖和烧结多孔砖的外形尺寸如图 1.2-1 所示。

非烧结硅酸盐砖是用硅酸盐材料压制坯并经高压釜蒸气养

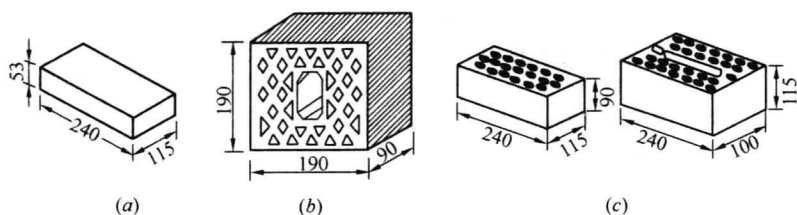


图 1.2-1 烧结普通砖和烧结多孔砖的外形尺寸 (单位: mm)

(a) 烧结普通砖; (b) M 型烧结多孔砖; (c) P 型烧结多孔砖

护而成的实心砖。常用的有以石英砂及熟石灰制成的蒸压灰砂砖; 以粉煤灰、石灰及少量石膏制作的蒸压粉煤灰砖; 以矿渣、石英砂及石灰制作的矿渣硅酸盐砖等, 其规格尺寸与标准实心黏土砖相同。各种硅酸盐砖均不需焙烧, 这类砖不宜用于砌筑炉壁、烟囱等承受高温的砌体。

页岩是一种沉积岩, 由泥砂在湖泊、海洋等低洼地区沉积后, 经过上千亿年的地质运动, 在巨大的压力及胶结作用下形成, 其层理明显, 岩质致密均一, 硬度低, 不透水, 经过开采、粉碎、加工处理后, 是理想的制砖原料。页岩砖是以页岩为原料, 经粉碎、成型、焙烧后制成的一种新型墙体建筑材料, 是传统的实心黏土砖的替代产品。它包含有烧结页岩多孔砖、页岩空心砖、页岩砖、高保温模数砖、清水墙砖等类别。页岩多孔砖孔小数量多, 孔洞率在 15% 以上, 可用于 6 层及以下建筑承重墙体, 其形式分为 P 型 (普通型) 砖和 M 型 (模数型) 砖两类, P 型砖规格 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$, M 型砖规格尺寸 $190\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$ 。P 型砖便于与普通砖配套使用, M 型砖符合建筑模数, 使设计规范化、系列化, 提高施工速度, 节约砂浆。在以页岩砖作为主要建材的砖混建筑施工中, 页岩砖最大的优势就是与传统的黏土砖施工方法完全一样, 无须附加任何特殊施工设施、专用工具, 是传统黏土实心砖的最佳替代品。烧结的页岩系列产品符合《掺工业废渣建筑材料产品放射性物质控制标准》GB 9196 的规定。

1.2.1 P型页岩多孔砖

(1) 砖型规格

P型页岩多孔砖的砖型与普通红砖极其相近,其规格尺寸为:长240mm,宽115mm,高90mm。

P型页岩多孔砖的平面尺寸与普通红砖完全一致,仅将砖高由53mm变为90mm,由此竖向模数变成100mm,这将使砌筑更为快捷。孔洞率 $\geq 25\%$,孔型为圆形、椭圆形。

(2) P型页岩多孔砖性能

P型页岩多孔砖的物理、力学性能均优于普通黏土砖,见表1.2-1。

P型页岩多孔砖的物理、力学性能及其与普通黏土砖的对比

表 1.2-1

项 目	P型页岩多孔砖	普通黏土砖	结论
强度(平均值,MPa)	19.2	12.0	好于黏土砖
强度(标准值,MPa)	12.6	10.0	好于黏土砖
5h沸煮吸水率(平均值)	14%	$\leq 23\%$	好于黏土砖
5h沸煮吸水率(单块最大值)	16%	$\leq 25\%$	好于黏土砖
饱和系数(平均值)	0.82	≤ 0.88	好于黏土砖
饱和系数(单块最大值)	0.85	≤ 0.90	好于黏土砖
冻融试验	符合要求	符合要求	好于黏土砖
孔洞率(%)	27%	0%	好于黏土砖

注:表中均按240mm厚墙体计算分析。

1.2.2 页岩模数多孔砖

为了与建筑模数相配合,并能方便组砌成各种尺寸墙体和结构构造,避免砍砖,提高砌筑工效,页岩模数多孔砖的砖型规格如下:190mm $\times$ 240mm $\times$ 90mm(主砖);140mm $\times$ 240mm $\times$ 90mm(配砖);90mm $\times$ 240mm $\times$ 90mm(配砖);40mm $\times$ 240mm $\times$ 90mm(配砖,为实心砖)(图1.2-2)。