



新型墙体材料应用丛书

混凝土多孔砖 生产及应用技术

杨伟军 杨春侠 编著
梁建国 彭艺斌 主审

中国建筑工业出版社

新型墙体材料应用丛书

混凝土多孔砖生产及应用技术

杨伟军 杨春侠 编著
梁建国 彭艺斌 主审

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土多孔砖生产及应用技术/杨伟军, 杨春侠编著.

北京: 中国建筑工业出版社, 2011.10

(新型墙体材料应用丛书)

ISBN 978-7-112-13509-7

I. ①混… II. ①杨…②杨… III. ①混凝土-砖-生
产工艺 IV. ①TU522.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 174165 号

新型墙体材料应用丛书

混凝土多孔砖生产及应用技术

杨伟军 杨春侠 编著

梁建国 彭艺斌 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: 10 $\frac{3}{4}$ 字数: 288 千字

2011 年 10 月第一版 2011 年 10 月第一次印刷

定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-13509-7

(21278)

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)

本书从混凝土多孔砖的产品设计、生产及其砌体的力学性能到房屋的承载力分析、试验研究、抗裂性能、抗震性能等方面对混凝土多孔砖及其砌体进行了系统的论述。第1章绪论；第2章混凝土多孔砖生产与应用可行性分析；第3章混凝土多孔砖产品设计；第4章混凝土多孔砖性能、原材料及其资源分析；第5章混凝土多孔砖生产技术；第6章混凝土多孔砖砌体的基本力学性能；第7章混凝土多孔砖砌体房屋的建筑设计与建筑节能技术；第8章混凝土多孔砖砌体结构构件的承载力计算；第9章混凝土多孔砖砌体房屋的墙柱设计；第10章混凝土多孔砖砌体房屋裂缝控制；第11章混凝土多孔砖砌体房屋的抗震设计；第12章混凝土多孔砖砌体房屋的施工技术。

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：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。

目前，新型墙体材料产量在墙体材料中占到了绝大多数，但新型墙体材料生产及其应用中有一些问题尚待解决。例如：对新型墙体材料了解不够、市场不清楚、技术不完善、政策导向不了解、生产与应用脱节等。因而大力发展新型墙体材料产业，生产出高质量的新型墙体材料，完善新型墙体材料建筑设计施工技术，是做好“禁实”工作的前提条件。

新型墙体材料的发展和应用需要从政策、市场、建筑结构体系、建筑节能、技术创新、资源情况、产品种类品种及工艺、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。

作者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。

作者在多年从事混凝土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，梁建国教授仔

细审查了全书，长沙理工大学的许多同事和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 混凝土砖的分类	2
1.2 混凝土多孔砖及其砌体的基本情况	4
1.3 混凝土多孔砖及其砌体的发展和应用	6
1.3.1 混凝土多孔砖及其砌体的研究现状	6
1.3.2 混凝土多孔砖的应用	8
1.3.3 混凝土多孔砖的发展趋势	11
1.4 混凝土多孔砖及其砌体发展中的一些问题	14
1.5 对我国混凝土多孔砖及其砌体的展望.....	15
1.5.1 应用预测	15
1.5.2 轻质高强	16
1.5.3 保温隔热	17
1.5.4 多功能	18
1.5.5 节能利废	19
第 2 章 混凝土多孔砖生产与应用可行性分析	21
2.1 混凝土多孔砖的生产及其特点	21
2.2 国家政策支持	27
2.3 混凝土多孔砖砌体结构可行性分析	30
2.4 混凝土多孔砖在建筑应用中的可行性.....	33
2.5 混凝土多孔砖在施工中的可行性	39
2.6 混凝土多孔砖的经济效益分析	41
2.7 混凝土多孔砖的社会效益分析与市场发展前景	44

第 3 章 混凝土多孔砖产品设计	49
3.1 混凝土多孔砖块型设计	50
3.2 混凝土多孔砖孔型设计	53
3.2.1 混凝土多孔砖孔洞形状设计	53
3.2.2 多排孔设计	55
3.3 混凝土多孔砖肋厚设计	56
3.3.1 混凝土多孔砖肋厚与其自重、孔洞率等之间的关系	56
3.3.2 肋厚对混凝土多孔砖砌体抗压强度的影响	58
3.3.3 肋厚对多孔砖砌体抗剪强度的影响	59
3.3.4 利用 ANSYS 对肋厚的分析研究	60
3.4 混凝土多孔砖产品的建筑节能技术提升研究	63
3.5 节能型多功能混凝土多孔砖产品设计例	70
3.5.1 节能型多功能混凝土多孔砖的块型设计	70
3.5.2 节能型多功能混凝土多孔砖的孔型设计	71
3.5.3 复合保温材料的选择	74
3.5.4 饰面设计	78
3.5.5 节能型多功能混凝土多孔砖砌体热工性能	82
3.5.6 产品设计方案	93
第 4 章 混凝土多孔砖性能、原材料及其资源分析	97
4.1 混凝土多孔砖的规格与强度等级	97
4.1.1 规格	97
4.1.2 孔洞排列	98
4.1.3 强度等级	98
4.2 混凝土多孔砖的性能	99
4.2.1 干燥收缩率和相对含水率	99
4.2.2 抗冻性和抗渗性	101
4.2.3 重力密度、放射性与其他	102
4.3 混凝土多孔砖原材料	102

4.3.1	胶凝材料	102
4.3.2	骨料	105
4.3.3	外加剂	107
4.4	原材料的技术要求	110
4.4.1	胶凝材料的技术要求	110
4.4.2	粗骨料的质量技术要求	114
4.4.3	细骨料的质量技术要求	119
4.4.4	混凝土掺合料和混凝土拌合水的质量技术要求	123
4.5	资源分析	124
第5章	混凝土多孔砖生产技术	129
5.1	混凝土多孔砖的混凝土配合比设计	130
5.2	混凝土多孔砖生产工艺	137
5.2.1	原材料的选择	137
5.2.2	成型工艺	139
5.2.3	养护	140
5.2.4	成品检验和堆放	140
5.3	混凝土多孔砖厂设计	141
5.3.1	混凝土多孔砖厂设计原则及条件	141
5.3.2	混凝土多孔砖生产的动力及原材料需要量	143
5.3.3	混凝土多孔砖生产工艺计算及设备选型	144
5.3.4	混凝土多孔砖生产的投资概算	146
5.3.5	生产混凝土多孔砖厂的环境保护、劳动安全及 消防措施	149
第6章	混凝土多孔砖砌体的基本力学性能	151
6.1	混凝土多孔砖砌体受压性能	151
6.2	混凝土多孔砖砌体抗剪强度	157
6.3	混凝土多孔砖砌体弯曲抗拉强度	161
6.4	混凝土多孔砖砌体受力变形性能	165

第7章 混凝土多孔砖砌体房屋的建筑设计 with 建筑

节能技术..... 168

- 7.1 混凝土多孔砖建筑的防水设计..... 168
 - 7.1.1 混凝土多孔砖建筑的渗漏问题 168
 - 7.1.2 清水墙防渗漏要求 170
 - 7.1.3 其他防水设计要求 170
- 7.2 混凝土多孔砖砌体建筑的隔声设计 171
- 7.3 混凝土多孔砖墙体热工性能 177
- 7.4 混凝土多孔砖建筑节能设计 182
 - 7.4.1 建筑节能设计标准 182
 - 7.4.2 建筑热工节能设计 183
- 7.5 热桥的影响范围 188

第8章 混凝土多孔砖砌体结构构件的承载力计算..... 192

- 8.1 混凝土多孔砖砌体结构的可靠度设计 192
- 8.2 无筋砌体受压构件 197
 - 8.2.1 受压短柱..... 198
 - 8.2.2 受压长柱..... 199
 - 8.2.3 双向偏心受压构件承载力计算 204
- 8.3 混凝土多孔砖砌体局部受压 206
 - 8.3.1 砌体局部受压的特点 206
 - 8.3.2 砌体局部均匀受压 207
 - 8.3.3 梁端局部受压 209
 - 8.3.4 梁下设有刚性垫块 212
 - 8.3.5 梁下设有长度大于 πh_0 的钢筋混凝土垫梁..... 214
- 8.4 砌体受拉、受弯、受剪构件 216
 - 8.4.1 轴心受拉构件 216
 - 8.4.2 受弯构件..... 216
 - 8.4.3 受剪构件..... 217

第 9 章 混凝土多孔砖砌体房屋的墙柱设计	219
9.1 混凝土多孔砖砌体房屋的结构布置和承重体系	219
9.1.1 横墙承重体系	219
9.1.2 纵墙承重体系	220
9.1.3 纵横墙承重体系	221
9.1.4 内框架承重体系和底层框架承重体系	222
9.2 房屋的静力计算方案	223
9.2.1 房屋静力计算简图	223
9.2.2 刚性、刚弹性方案房屋的横墙要求	226
9.2.3 空间性能影响系数	228
9.3 砌体房屋墙、柱设计	230
9.3.1 刚性方案房屋墙、柱设计	230
9.3.2 弹性方案房屋墙、柱设计	237
9.3.3 刚弹性方案砌体房屋墙、柱设计	239
9.3.4 上柔下刚、上刚下柔砌体房屋墙、柱设计	244
9.4 混凝土多孔砖混合结构房屋的构造措施	246
9.4.1 墙、柱的允许高厚比	246
9.4.2 混凝土多孔砖砌体房屋一般构造要求	249
9.4.3 圈梁的设置及构造要求	250
第 10 章 混凝土多孔砖砌体房屋裂缝控制	253
10.1 混凝土多孔砖自生收缩和干燥收缩	253
10.1.1 混凝土多孔砖的收缩机理	253
10.1.2 混凝土多孔砖的收缩试验	254
10.2 裂缝产生的原因分析	257
10.2.1 混凝土多孔砖材料自身的原因	257
10.2.2 构造设计的原因	259
10.2.3 砌筑施工方面的原因	259
10.2.4 温差作用的原因	259

10.2.5	地基沉降的原因	260
10.3	混凝土多孔砖砌体温度裂缝机理	260
10.3.1	顶层外纵墙八字形裂缝的形成机理	264
10.3.2	顶层端部开间内横墙和内纵墙阶梯形裂缝的 形成机理	265
10.3.3	圈梁上、下沿水平裂缝形成机理	267
10.3.4	顶层山墙裂缝的形成机理	268
10.4	防止或减轻墙体开裂的主要措施	268
10.4.1	生产环节的措施	268
10.4.2	设计环节的措施	269
10.4.3	施工环节的措施	272
10.4.4	抹灰环节的防裂措施	275
10.5	防止裂缝的局部措施	279
10.5.1	混凝土多孔砖房屋顶层墙体	279
10.5.2	混凝土多孔砖砌体房屋底层墙体	281
10.5.3	多孔砖砌体房屋顶层两端和底层第一、二开间 门窗洞口处	282

第 11 章 混凝土多孔砖砌体房屋的抗震设计 283

11.1	多层混凝土多孔砖砌体结构房屋抗震设计的规定	284
11.1.1	一般规定	284
11.1.2	房屋总高度和层数的限制	285
11.1.3	房屋高宽比的限制	288
11.1.4	墙体的布置	289
11.1.5	房屋的平立面布置和防震缝的设置	291
11.2	多层混凝土多孔砖砌体结构房屋抗震计算要点	292
11.2.1	计算简图和地震作用	292
11.2.2	楼层水平地震剪力在各墙间的分配	295
11.2.3	墙体抗震承载力的验算	297
11.3	多层混凝土多孔砖房屋抗震构造措施	299

第 12 章 混凝土多孔砖砌体房屋的施工技术	308
12.1 混凝土多孔砖建筑的施工特点	309
12.2 原材料的质量控制	310
12.3 施工准备	315
12.4 墙体砌筑抹灰	316
12.5 构造柱施工	322
12.6 冬、雨期施工与安全施工	323
参考文献	328

第 1 章 绪 论

随着改革开放的深入，我国已进入了城市化的高峰期。据有关部门预测，未来十年内我国的房地产业将每年保持 7% 以上的增长速度，我国将进入另一个大规模建设的时期，进入一个建筑业高速发展的时期。而其中住宅产业又是整个房地产业中未来发展最为迅速、市场需求最大的部分。长期以来我国的住宅建筑采用的是黏土实心砖墙承重的结构体系，随着全国城市化进程的加快，对建造房屋的黏土砖需求量正在急剧增大，从而导致了土地资源的进一步严重短缺。而我国耕地面积仅占世界总量的 7%，人口却占世界总人口的 22%，耕地资源十分贫乏。据悉，每生产 1 万块标准黏土砖需要挖土 33t，约 18m^3 ；同时烧砖煤耗需要标准煤 1t 左右。按此计算，每烧制黏土砖 66.6 万块，就要烧毁 1 亩可耕地；1t 烧煤约产生二氧化碳 3.7t，同时还会放出大量的二氧化硫气体。为了保护日益稀缺的耕地资源，避免由于黏土实心砖的生产对于我国的土地资源、能源、环境造成严重的危害，急需新型墙体材料取代实心黏土砖，进行墙体材料的改革势在必行。国家实行强制性“禁实”、“限粘”、“节能环保”政策的要求为新型墙体材料提供了良好的发展机遇和新的挑战，许许多多的新型墙体材料应运而生，混凝土多孔砖就是近几年开发的符合国家产业政策的其中一种。图 1.0-1 为长沙理工大学西苑学生公寓 7、8 号楼，系湖南省用混凝土多孔砖建设的首两栋建筑。



图 1.0-1 混凝土多孔砖砌体建筑

1.1 混凝土砖的分类

(1) 按照有无孔洞和孔洞大小特征

混凝土砖按照有孔、无孔及孔洞的大小可以分为混凝土实心砖、混凝土多孔砖和混凝土空心砖。

混凝土实心砖是以水泥为胶结材料，砂、石为主要骨料，经加水搅拌、成型、养护制成的，砖的外形为直角六面体，其主规格尺寸为： $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 、 $200\text{mm} \times 100\text{mm} \times 56\text{mm}$ 。其他规格由供需双方协商确定，但砖高 $\geq 40\text{mm}$ 。砖的抗压强度分为 MU40、MU35、MU30、MU25、MU20、MU15 六个等级。按混凝土自身的密度分为普通（A： $\geq 2100\text{kg/m}^3$ ）、中等（B： $1680 \sim 2100\text{kg/m}^3$ ）和轻量级（C： $< 1680\text{kg/m}^3$ ）三个密度等级。

混凝土多孔砖是以水泥为胶结材料，以砂、石等为主要骨料，加水搅拌、成型、养护制成的一种有多排小孔的混凝土砖。产品的主规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$ ，孔洞率不小于 30%；按强度等级分为 MU10、MU15、MU20、MU25、MU30 共 5 个强度等级。

承重墙体的混凝土多孔砖的孔洞应垂直于铺浆面，孔洞率不应大于 35%。外壁和肋的厚度不宜小于 15mm。

混凝土空心砖是由水泥、粗细骨料以及外加剂（其中粗骨料 $\leq 10\text{mm}$ ）制成的空心砖，按一定比例经机械成型、养护而成的块材。混凝土空心砖的强度等级为 MU20、MU15、MU10、MU7.5、MU5。竖孔混凝土空心砖孔洞率为 35% 以上，主要规格有 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$ 、 $190\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$ 和 $240\text{mm} \times 180\text{mm} \times 115\text{mm}$ 等；水平孔混凝土空心砖的孔洞率一般为 40% 以上，外壁和肋的厚度不宜小于 10mm，主要规格有 $290\text{mm} \times 290\text{mm} \times 115\text{mm}$ 及 150mm 和 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 240\text{mm}$ ，密度为 $1000 \sim 1100\text{kg/m}^3$ ，用于非承重墙或作为钢筋

混凝土预制空心砖墙板、空心砖楼板和空心砖檩条的填充体。

(2) 按照密度和使用材质的不同

以混凝土多孔砖为例，根据密度和使用材质的不同可以分为普通混凝土多孔砖、轻骨料混凝土多孔砖、粉煤灰混凝土多孔砖及再生混凝土多孔砖。

普通混凝土多孔砖以普通水泥为胶结料，砂石为主要骨料，轻骨料为辅助骨料，经配料、加水搅拌、振动加压成型、养护而成。

根据骨料的不同，轻骨料混凝土多孔砖有很多类型。如采用粉煤灰烧结陶粒生产的轻骨料混凝土多孔砖，它是以粉煤灰陶粒、粉煤灰、煤渣等工业废渣为主要骨料，以水泥为胶结料，采用“薄壁肋多排孔半封底”的孔型结构设计和振动加压成型生产工艺生产的。它具有抗压强度高，墙体抗震性能好，建筑热工性能优良，符合我国现行建筑设计施工规范要求等特点的轻骨料混凝土多孔砖；矿渣混凝土多孔砖是利用高炉矿渣和礞泥等工业废料为骨料，水泥为胶结料，采用机械压制成型的一种新型墙体材料。矿渣混凝土多孔砖的强度等级有 MU10、MU15，其干燥收缩率不大于 0.045%。矿渣混凝土多孔砖具有隔热保温、节土利废、减少污染等优点。

粉煤灰混凝土多孔砖是以粉煤灰为主要原料的建筑材料，它具有密度小、孔隙率高、导热系数低。

再生混凝土多孔砖是利用废弃的混凝土或黏土砖制作成的。随着建筑业的发展，建筑垃圾的处理量和处理费用越来越高，利用建筑垃圾中的混凝土及砖石残骸碎片，经过破碎、分级、清洗，并按一定的比例配合后，作为再生骨料部分或全部替代天然砂石配制再生混凝土砖，节能利废，符合国家的发展政策。

(3) 按照其使用用途分

按照是否用于承重，可分为承重混凝土砖和非承重混凝土砖。混凝土实心砖一般可作为承重砖用于工业与民用建筑基础；