



建筑工程施工知识丛书

砌体结构



刘平 吴迈 骆中钊 编著



化学工业出版社



建筑工程施工知识丛书

砌体结构

◎ 刘平 吴迈 骆中钊 编著

学工业出版社
·北京·

本书是《建筑工程施工知识丛书》中的一册。本书以砌体结构为研究对象，建立了以理论分析为主，理论与实践技术相结合的完整体系。书中概括地介绍了砌体的材料及种类、物理力学性能和砌筑砂浆。分章阐述了砖砌体、混凝土小型空心砌块砌体、石砌体、配筋砌体、加气混凝土砌块和粉煤灰砌块砌体以及填充墙砌体，还编入脚手架工程及垂直运输设施、冬季施工、砌体结构的检测与评定和砌体结构的加固等内容。

本书适合于广大农村知识青年、施工技术工人和管理人员阅读，也可作为建筑施工技术的培训教材，还可供大专院校相关专业师生教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

砌体结构/刘平, 吴迈, 骆中钊编著. —北京: 化学工业出版社, 2008. 5
(建筑工程施工知识丛书)
ISBN 978-7-122-02560-9

I. 砌… II. ①刘…②吴…③骆… III. 砌块结构-工程施工 IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 049283 号

责任编辑: 刘兴春 徐 娟
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 张林爽
装帧设计: 周 遥

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市彩桥印刷有限责任公司

装 订: 北京市顺板装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 14½ 字数 283 千字 2008 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

出版者的话

改革开放的春风给我们的祖国带来了无限的生机和活力，举国上下建设热潮汹涌澎湃，令人鼓舞，催人奋进。广大农村的大批知识青年和剩余劳动力进入建筑行业，经过专业的培训和锻炼，已成为建筑业的生力军，为我国建筑业的发展立下了汗马功劳。

“百年大计，质量第一”。建筑必须有可靠的质量保证，才能确保人们的安居乐业。建筑工程的施工危险性大，必须有可靠的技术保证和安全措施，才能确保广大施工人员的生命安全和施工质量。建筑业的迅猛发展，急需大量懂技术、懂安全的熟练工人和善管理、会经营的技术人员。现在进入建筑业的大批来自农村的知识青年都具有一定的文化水平，只要能为他们提供一些通俗易懂的建筑工程施工知识，通过自学、辅导和培训，让他们尽快掌握建筑工程施工知识有着重要的现实意义和可行性。为了适应发展的需要，我们已组织出版了可供从事建筑工程施工的广大农村知识青年通过自学，从读懂施工图入手，进而学习一般建筑工程施工的基本知识、质量检查常识和施工安全常识的《建筑工程施工知识 自学丛书》（共六册，2006年该丛书荣获全国服务“三农”优秀图书），深受广大农村知识青年的欢迎和社会各界的好评。

党和我国政府极为关心农民问题。十七大报告中再次强调指出，解决好农业、农村、农民问题，事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重；同时还指出，坚持农村基本经营制度，培育有文化、懂技术、会经营的新型农民，发挥亿万农民建设新农村的主体作用。

改革开放三十年来，很多在建筑业中刻苦学习、勤奋工作的农村知识青年已成为建筑业中的领军人物，并已走上了管理岗位。为了响应党中央和我国政府的号召，值此纪念改革开放三十周年之际，化学工业出版社邀请国内该领域多位专家、学者，组织编写包括《地基基础》、《砌体结构》、《混凝土结构》、《钢结构》和《施工组织》共五册的《建筑工程施工知识丛书》，为多年从事建筑业施工，并掌握了一定技术和经验的广大农村知识青年提供较为全面、系统的建筑工程施工知识，以期能为他们提高技术水平和走上管理岗位提供一些帮助。

在《建筑工程施工知识丛书》出版之际，感谢很多领导、专家的关心和指导，感谢全体编写人员的辛勤工作。

限于组织编写时间仓促，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评、指正，以便进一步修改、完善。

前 言

砌体结构是指包括由多种材料的块体砌筑而成的建筑结构，几千年来由于其良好的物理力学性能、易于取材、生产和施工工艺简单、造价低廉，一直是我国主导的建筑材料。随着新材料、新技术和新结构形式的不断研制，砌体结构在工程中的应用日益广泛。合理组织砌体工程的施工工序和掌握成熟的操作方法是确保砌体质量的关键所在。为适应我国现代化建设的需要以及砌体工程建设的发展，我们组织编写了《砌体结构》一书，以使广大的从业人员能全面掌握和熟悉砌体工程施工的相关内容，高效、优质、低耗地完成工程建设任务，促进我国砌体工程迈入新的发展阶段。

本书是《建筑工程施工知识丛书》中的一册，书中以砌体结构为研究对象，建立了以理论分析为主，理论与实践技术相结合的完整体系，采用了现代工程施工理论方法以及我国砌体工程研究的新成果和一系列相关的工程建设法规。书中概括介绍了砌体的材料及种类、物理力学性能和砌筑砂浆。分章阐述了砖砌体、混凝土小型空心砌块砌体、石砌体、配筋砌体、加气混凝土砌块和粉煤灰砌块砌体以及填充墙砌体，还编入脚手架工程及垂直运输设施、冬季施工、砌体结构的检测与评定和砌体结构的加固等内容。力求做到专业面宽，知识面广，适用面大。注重施工技术和管理方法的实用性和可操作性。本书采用通俗易懂的语言、深入浅出的理论讲解方式，便于从事建筑业施工的广大农村知识青年、技术工人和管理人员阅读，以适应建筑业快速发展的需要。

本书由刘平、吴迈、骆中钊编著。河北工业大学刘平编著第1章、第5章、第11章、第12章；河北工业大学吴迈编著第9章、第13章、第14章；河北工程技术高等专科学校时长春编著第3章、第6至8章、第10章；燕山大学曹海莹编著第2章；廊坊师范学院皮凤梅、杨洪渭编著第4章。全书由骆中钊统稿和校审。

在编写过程中，得到很多专家、学者、同行的支持和指导并参考了有关专家、学者的论著，借此致以衷心的感谢。

限于水平，不足之处，敬请指正。

编著者

2008年5月

目 录

第 1 章 砌体结构	1
1.1 砌体结构的特点	1
1.1.1 砌体结构的主要优点	2
1.1.2 砌体结构的缺点	2
1.2 砌体结构的历史与应用概况	2
1.2.1 砌体结构量大面广	3
1.2.2 新材料、新技术、新结构的研究与应用	3
1.2.3 砌体结构理论研究 with 计算方法	4
1.3 砌体结构的发展	5
1.3.1 积极开发节能环保型的新型建材	6
1.3.2 发展高强砌体材料	7
1.3.3 继续加强配筋砌体和预应力砌体的研究	7
1.3.4 加强砌体结构理论的研究	7
第 2 章 砌体材料及种类	8
2.1 砌体材料	8
2.1.1 砖	8
2.1.2 石材	9
2.1.3 砌块	10
2.1.4 砌筑砂浆	11
2.1.5 块体及砂浆的选择	12
2.2 砌体种类	13
2.2.1 砖砌体	13
2.2.2 砌块砌体	13
2.2.3 石砌体	14
2.2.4 配筋砌体	14
2.2.5 墙板	15
第 3 章 砌体的物理力学性能	16
3.1 砌体受压特性	16

3.1.1	砌体轴心受压的破坏特点	16
3.1.2	影响砌体抗压强度的因素	17
3.1.3	砌体的抗压强度平均值	18
3.2	砌体的受拉、受弯性能	19
3.2.1	砌体的轴心受拉性能	19
3.2.2	砌体的受弯性能	20
3.3	砌体的受剪性能	21
3.4	砌体的强度标准值和设计值	22
3.4.1	砌体的强度标准值	22
3.4.2	砌体的强度设计值	22
3.5	砌体的变形模量、泊松比和剪变模量	23
3.5.1	砌体的弹性模量	23
3.5.2	砌体剪变模量和泊松比	24
3.6	砌体的其他物理性能	24
3.6.1	砌体的受热性能和收缩率	24
3.6.2	砌体的摩擦系数	25
第4章	砌筑砂浆	26
4.1	原材料	26
4.1.1	水泥砂浆	26
4.1.2	混合砂浆	26
4.1.3	非水泥砂浆	26
4.2	砂浆的制备及性能	29
4.2.1	砂浆的制备	29
4.2.2	建筑砂浆的和易性	29
4.2.3	砂浆的强度	30
4.2.4	砂浆强度增长关系	31
4.3	砂浆配合比计算和确定	32
4.3.1	水泥混合砂浆配合比计算	32
4.3.2	水泥砂浆配合比选用	34
4.3.3	配合比试配、调整与确定	34
4.3.4	砌筑砂浆配合比计算实例	34
4.4	砂浆质量控制与检验	35
第5章	砖砌体工程	38
5.1	砌筑用砖	38
5.1.1	烧结普通砖	38
5.1.2	烧结多孔砖	39

5.1.3	烧结空心砖	40
5.1.4	粉煤灰砖	41
5.1.5	蒸压灰砂砖	42
5.2	砌筑施工工艺	42
5.2.1	砖墙砌筑的组砌形式	42
5.2.2	砖砌体砌筑工艺过程	44
5.3	砌砖操作方法	47
5.3.1	三一砌砖法	47
5.3.2	铺浆挤砌法	48
5.3.3	坐浆砌砖法	48
5.3.4	刮浆砌砖法	49
5.3.5	砖砌体质量要求及保证措施	49
5.4	各类砖砌体施工	51
5.4.1	砖基础施工	51
5.4.2	实心砖墙	53
5.4.3	砖柱与砖垛	57
5.4.4	砖拱与挑檐	57
5.4.5	钢筋砖过梁的砌法	58
5.5	砖砌体质量控制与检验	60
5.5.1	一般规定	60
5.5.2	影响砖砌体工程质量的因素与防治措施	61
5.5.3	主控项目	63
5.5.4	一般项目	64
第6章	混凝土小型空心砌块砌体工程	66
6.1	混凝土小型空心砌块	66
6.1.1	混凝土小型空心砌块的规格	67
6.1.2	混凝土小型空心砌块尺寸偏差、外观质量和抗压强度要求	67
6.2	混凝土小型空心砌块施工	69
6.2.1	施工准备	69
6.2.2	砌块墙体施工	70
6.2.3	砌筑注意事项	72
6.2.4	芯柱及圈梁设置	74
6.3	混凝土小型空心砌体质量控制与检验	77
6.3.1	一般规定	77
6.3.2	主控项目	78
6.3.3	一般项目	79

第7章 石砌体工程	80
7.1 砌筑用石	80
7.1.1 强度	80
7.1.2 石材分类	80
7.1.3 石材的加工	80
7.2 石砌体施工	82
7.2.1 毛石砌筑	82
7.2.2 料石砌筑	85
7.2.3 石挡土墙的砌筑	87
7.2.4 石墙面勾缝	87
7.3 石砌体工程质量控制与检验	88
7.3.1 一般规定	88
7.3.2 主控项目	89
7.3.3 一般项目	90
第8章 配筋砌体工程	92
8.1 面层和砖组合砌体	92
8.1.1 面层和砖组合砌体构造	92
8.1.2 面层和砖组合砌体施工	93
8.2 构造柱和砖组合砌体	93
8.2.1 构造柱和砖组合砌体构造	93
8.2.2 构造柱和砖组合砌体施工	94
8.3 网状配筋砖组合砌体	95
8.3.1 网状配筋砖砌体构造	95
8.3.2 网状配筋砖砌体施工	95
8.4 配筋砌块砌体	96
8.4.1 配筋砌块砌体构造	96
8.4.2 配筋砌块砌体施工	97
8.5 配筋砌体工程质量控制与检验	98
8.5.1 一般规定	98
8.5.2 主控项目	98
8.5.3 一般项目	99
第9章 加气混凝土砌块工程和粉煤灰砌块工程	101
9.1 加气混凝土砌块工程	101
9.1.1 加气混凝土砌块砌体	103
9.1.2 加气混凝土砌块砌体质量	105
9.2 粉煤灰砌块工程	106

9.2.1	粉煤灰砌块砌体	108
9.2.2	粉煤灰砌块砌体质量	108
第10章	填充墙砌体工程	110
10.1	填充墙砌筑用砖及填充墙施工	110
10.1.1	填充墙砌筑用砖	110
10.1.2	填充墙施工	110
10.2	质量控制与检验	111
10.2.1	一般规定	111
10.2.2	主控项目	111
10.2.3	一般项目	111
第11章	脚手架工程及垂直运输设施	114
11.1	概述	114
11.1.1	脚手架的基本内容	114
11.1.2	脚手架构架与设置和使用要求的一般规定	120
11.1.3	脚手架杆配件的一般规定	123
11.2	常用的几种形式脚手架	128
11.2.1	扣件式钢管脚手架	128
11.2.2	碗扣式钢管脚手架	133
11.2.3	门型组合式脚手架	138
11.3	脚手架工程的安全管理工作	141
11.4	垂直运输机械的选择	144
11.5	砌体工程安全技术	147
第12章	冬季施工	149
12.1	砌体工程冬季施工的基本要求	149
12.2	外加剂法	153
12.2.1	外加剂法的工艺特点	153
12.2.2	作用机理	153
12.2.3	掺盐砂浆法施工注意事项	153
12.3	暖棚法	156
12.4	冻结法	157
12.4.1	冻结法的原理和适应范围	157
12.4.2	冻结法的施工工艺	158
第13章	砌体结构的检测与评定	160
13.1	结构的鉴定与评估技术	160
13.1.1	概述	160
13.1.2	砌体结构的质量检查	161

13.1.3	砌体结构的缺陷与分析	162
13.1.4	砌体的损坏机理	164
13.1.5	砌体结构检测的一般原则	166
13.2	砌体结构的检测	168
13.2.1	砌体抗压强度的检测	168
13.2.2	砌体抗剪强度的检测	172
13.2.3	砌体砂浆强度的检测	173
13.2.4	砂浆和砌体强度推定	175
13.2.5	砖抗压强度的检测	176
13.2.6	砌体灰缝饱满度和砌体裂缝检测	178
13.2.7	砌体结构的尺寸和垂直度检测	179
13.3	砌体结构检测鉴定工程实例	179
13.3.1	某大学教学楼的抗震鉴定分析及加固设计	179
13.3.2	某砖混结构住宅楼墙体开裂原因分析	185
第14章	砌体结构的加固	188
14.1	结构加固的发展	188
14.2	砌体结构的加固技术和方法	190
14.2.1	砌体结构的加固技术	190
14.2.2	砌体结构的加固方法	191
14.2.3	加固方法的施工要点	195
14.3	砌体裂缝的处理和加固	203
14.3.1	裂缝类型及其形成的原因分析	203
14.3.2	砌体结构裂缝的防治措施	205
14.3.3	砌体裂缝处理与加固	206
14.4	工程实例分析	209
附录		215
附录 A	砌体工程检验批质量验收记录	215
参考文献		219

第 1 章 砌体结构

1.1 砌体结构的特点

砌体是一种传统的墙体材料，由砖砌体、石砌体或砌块砌体建筑的结构，统称砌体结构。由于这种房屋结构具有构造简单、施工方便、可以就地取材等优点，因而成为我国房屋建筑中最广泛应用的 forms 形式，尤其是以黏土砖做承重墙、预制或现浇钢筋混凝土楼屋盖的房屋更为普遍。

砌体房屋的结构形式，有一般的多层墙体承重结构、单层砖柱排架结构、多层内框架和底层框架结构及各种混合承重的结构。我国已从过去用砖石建筑低矮的民房发展到现在建造大量的多层住宅、办公楼等民用建筑和中、小型单层工业厂房、多层轻工业厂房、仓库以及影剧院、食堂等公共建筑。

现代砌体结构已与传统的砖砌体有许多区别。按照砌体中的配筋率大小可将其分为无筋砌体、约束砌体和配筋砌体三类。它们的界限定义为：仅有少量的拉结钢筋，含筋量在 0.07% 以下时，可称为无筋砌体；约束砌体是适用于地震设防地区的砌体结构，如在墙段边缘设置边缘构件（钢筋混凝土构造柱），同时，墙段上下设置有圈梁，此类砌体的特点是在砌体周边均有钢筋混凝土约束构件，砌体的配筋量为 0.07%~0.17%；配筋砌体适用于 10 层以上的中高层建筑，如配筋混凝土空心小砌块，其实质是一种砌筑成型的剪力墙结构，其配筋率也接近于现浇混凝土剪力墙结构，即在 0.2% 左右。

在我国现有的整幢房屋建筑工程中，砌体结构房屋约占 80%。在今后相当长一段时期内，虽然钢筋混凝土框架、抗震墙结构、钢结构等其他结构形式迅猛发展，但由于我国的经济水平及人口环境等的现实情况，多层砌体结构房屋仍将是多数城镇民用建筑的主要结构形式，在经济不发达地区尤其如此。

砌体结构所用块材一般属脆性材料，砌体的抗压强度高，抗剪和抗拉强度却很低，适用于承受轴心压力和小偏心压力的构件，因此一般常用于民用建筑和工业建筑中的内、外墙、柱、过梁、基础和塔、烟囱，交通工程中的拱桥、隧道、涵洞，水利工程中的石坝、渡槽和挡土墙；此外，在钢筋混凝土结构和其他结构的建筑中，通常用作围护结构，如框架的填充墙等也常用砌体结构。在我国住宅建筑中砌体结构房屋约占 90% 以上，使砌体结构在很长时期内成为土木建筑工程中应用范围极其广泛的结构形式之一。

1.1.1 砌体结构的主要优点

① 因地制宜、就地取材。砖主要用黏土烧制，石材取自于天然石；黏土、砂和石是天然材料，来源方便，价格低廉；砌块种类多种多样，有的可以利用工业废料制作。

② 技术性能好。具有良好的耐火性能、化学稳定性和较好的大气稳定性，耐久性能良好，能保证在预计的耐久期限内使用。砖砌体可承受 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的高温，能满足消防规范对非燃烧体的要求。

③ 降低工程造价。与钢结构和混凝土结构相比，砌体具有承重和维护的双重功能，节约水泥、钢材和木材三大材料，工程造价低。

④ 有稳定的建筑物理性能。砌体结构材料保温、隔热和隔声性能良好，能满足节能和热工性能要求，是较好的围护结构。

⑤ 施工简便。施工工艺简单方便，砌筑时不需要模板和特殊的施工设备，不需专门的养护期，施工受季节影响较小，能进行连续施工操作。

1.1.2 砌体结构的缺点

① 砌体本身的强度低，构件的截面尺寸大，材料用量多，因而构件的自重大。这对于高层建筑结构以及抗震都是不利的。

② 砂浆和块材之间的黏结力较弱，因此砌体结构的抗拉、抗弯、抗剪强度低，抗震、抗裂能较差。

③ 砌体结构基本上采用手工方式砌筑，劳动量大，生产效率低。

④ 占用和消耗大量土地资源。烧制实心黏土砖，需占用大量农田，消耗了大量能源和我国有限的土地资源，影响农业生产，不利于我国生态平衡和可持续发展。

随着科学技术的进步，砌体结构的缺点在工程实践的各种措施中逐渐得以克服和改善，如加强轻质高强砌块材料的研究，从而减小构件截面尺寸，减轻结构自重；采用构造柱、芯柱、配筋砌体及组合砌体来提高砌体的抗震能力；推广空心砖、混凝土空心砌块和大型墙板等新型墙材的应用和加快工业化生产和机械化施工方法，减轻劳动强度，节约土地资源，同时也改善居住环境，以利于国内生态平衡和可持续发展。

1.2 砌体结构的历史与应用概况

砌体结构在国内从采用石材乃至砖的建筑物有着悠久的历史。早在原始时代，人类就用天然石材垒建住所，后来人们采用石料和黏土砌筑房屋，继之发明了土坯砖和烧制砖。自此，以石、土和砖作为块材的砌体结构记载了建筑史上光辉的历史。例如：古老的万里长城，造型优美的河北赵县安济桥（赵州桥），河南登封的高岳寺砖塔，以及南京灵谷寺无梁殿后面走廊的砖砌官廨；在国外，举世闻名的埃及金字塔和神庙，巴比伦的空中花园，希腊的雅典卫城以及运动场，罗马的废墟、

斗兽场，君士坦丁堡的圣索菲亚大教堂，南美的金字塔等，都是宏伟和历史悠久的砌体结构。

中国是砌体大国，在历史上有举世闻名的万里长城，它是两千多年前用“秦砖汉瓦”建造的最伟大的砌体工程之一；有在春秋战国时期就已兴修水利，如今仍然起灌溉作用的秦代李冰父子修建的都江堰水利工程；有在1400年前由料石修建的现存河北赵县安济桥，这是世界上最早的敞肩式拱桥（该桥已被美国土木工程学会选入世界第12个土木工程里程碑）。这些都是值得我们自豪和继承的，也对弘扬我国文化遗产起到了积极作用。我国在砌体结构方面这些年有了很大的发展，下面分三个方面加以概要介绍。

1.2.1 砌体结构量大面广

新中国成立以来，我国砖的产量逐年增长。据统计，1980年全国年产量为1600亿块，1996年增至6200亿块，为世界其他国家砖每年产量的总和。全国基建中采用砌体作墙体材料约占90%。在办公、住宅等民用建筑中大量采用砖墙承重。20世纪50年代这类房屋一般为3~4层，现在已为5~6层，不少城市一般建到7~8层。现在每年兴建的城市住宅建筑面积多达 $1 \times 10^8 \text{m}^2$ 以上。

在中小型单层工业厂房和多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑也广泛采用砖墙、柱承重结构。砖石结构还用于建造各种构筑物。如镇江市建成的顶部外径2.18m、底部外径4.78m、高60m的砖烟囱；用料石建成的80m高排气塔；在湖南建造的高12.4m、直径6.3m、壁厚240mm的砖砌粮仓群；福建用毛石建造的横跨云霄、东山两县的大型引水工程——向东渠，其中陈岱渡槽全长4400m，高20m，槽支墩共258座，工程规模宏大。此外我国在古代建桥技术的基础上，于1959年建成跨度60m、高52m的石拱桥，接着又建成了敞肩式现代公路桥，即最大跨度达120m的湖南鸟巢河大桥。

除广泛使用黏土砖建造诸如水池、烟囱、坝和水槽等特殊砌体结构外，在民用住房建设中，非地震区房屋墙厚240mm可造到6层，加厚后在地震区用砖建造的房屋可达7层。砌体结构也从建造各类民用住宅发展到建造工业建筑，从作为承重结构发展到用作围护结构。砌体结构材料也由砖、石发展到当前采用混凝土、轻骨料混凝土和加气混凝土，以及利用各种工业废渣、粉煤灰和煤矸石等制成的混凝土砌块。轻质高强砌块已成为我国墙体材料革新的主要材料。当前墙体材料的革新已从“节土”、“节能”、“利废”发展到“禁实”、“限黏”，正大力开展推广烧结空心砖、页岩砖、混凝土空心砌块和承重、保温多功能砌块砌体，取得了显著的社会经济效益。

据不完全统计，从20世纪80年代初至今20多年间，我国主要大中城市建造的多层砌体结构房屋建筑面积已达 $(130 \sim 140) \times 10^8 \text{m}^2$ 。

1.2.2 新材料、新技术、新结构的研究与应用

20世纪60年代以来，我国黏土空心砖（多孔砖）的生产和应用有较大的发展，在南京建造了6~8层的空心砖承重的旅馆。当时空心砖孔洞率为22%，与实

心砖强度等效,但可减轻自重 17%、墙厚减小 20%,节省砂浆 20%~30%,砌筑工时少 20%~25%,墙体造价降低 19%~23%。根据节能进一步要求,近年来我国在消化吸收国外先进技术的基础上,制造出规格为 380mm×240mm×190mm、孔洞率为 40%的烧结保温空心砖(块),这种保温砖的相对密度为 1012kg/m³,抗压强度 10.5MPa,热阻 1.649m²·K/W,在主要力学和热工性能的指标接近或达到国际同类产品的水平。同时,《多孔砖砌体设计与施工技术规程》行业标准的颁布实施为这种砖的推广创造了条件。

近 10 余年来,采用混凝土、轻骨料混凝土或加气混凝土,以及利用河砂、各种工业废料、粉煤灰、煤矸石等制无热料水泥煤渣混凝土砌块或蒸压灰砂砖、粉煤灰硅酸盐砖、砌块等在我国有较大的发展。1958 年建成采用砌块作墙体的房屋,经过 40 多年的实践,砌块墙体已成为我国墙体革新的有效途径之一。砌块种类、规格较多,其中以中、小型砌块较为普遍,在小型砌块中又开发出多种强度等级的承重砌块和装饰砌块。作为黏土砖的主要替代材和某些功能强于黏土砖的砌块的发展前景是非常好的。

我国配筋砌体应用研究起步较晚,20 世纪 60 年代衡阳和株洲一些房屋的部分墙、柱采用网状配筋砌体承重,节省钢材和水泥。1958~1972 年在徐州采用配筋砖柱建筑了 12~24m、吊车起重量 50~200t 的单层厂房 36×10⁴m²,使用情况良好。20 世纪 70 年代以来,尤其是 1975 年海城、营口地震和 1976 年唐山大地震之后,对设置构造柱和圈梁的约束砌体进行了一系列的试验研究,其成果引入我国抗震设计规范。在此基础之上,通过在砖墙中加大加密构造柱形成所谓强约束砌体的中高层结构的研究取得了可喜的成果。如辽宁沈阳、江苏徐州、湖南长沙、甘肃兰州等地先后建造了 8~9 层上百万平方米的这类建筑,获得了较好的经济效益。这些研究成果有的已纳入到地方标准或国家标准。这是我国科研工作者在应用黏土砖砌体低强材料情况下建造中、高层建筑方面做出的贡献。利用如此低强度的砌体材料在震区建造如此之高的建筑唯有中国。约束配筋砌体对应的是所谓均匀配筋砌体,即国外广泛应用的配筋混凝土砌块剪力墙结构,这种砌体和钢筋混凝土剪力墙一样,对水平和竖向配筋有最小含钢率要求,而且在受力模式上也类同于混凝土剪力墙结构,它是利用配筋砌块剪力墙承受结构的竖向和水平作用,是结构的承重和抗侧力构件。配筋砌体具有强度高、延性好的特点,和钢筋混凝土剪力墙性能十分类似,可以用于大开间和高层建筑结构。如美国抗震规范规定,配筋砌体的适用范围同钢筋混凝土结构。我国在 20 世纪 80 年代初期主持编制国际标准《配筋砌体设计规范》起至今对其进行了较为系统的试验研究,表明用配筋砌体可建造一定高度的既经济又安全的建筑结构,如广西的 10~11 层、盘锦的 15 层、上海的 18 层建筑等。可见配筋砌体中高层建筑的研究和应用具有十分广阔的前景。

1.2.3 砌体结构理论研究与计算方法

1950 年以前,我国谈不上有任何结构设计理论。国家建设委员会于 1956 年批

准在我国推广应用前苏联《砖石及钢筋砖石结构设计标准和技术规范》(NU-TY120—55),直到20世纪60年代。20世纪60~70年代初,在我国有关部门的领导和组织下,在全国范围内对砖石结构进行了比较大规模的试验研究和调查,总结出一套符合我国实际、比较先进的砖石结构理论、计算方法和经验。在砌体强度计算公式、无筋砌体受压构件的承载力计算、按刚弹性方案考虑房屋的空间工作,以及有关构造措施方面具有我国特色。在此基础上于1973年颁布了国家标准《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73)。这是我国第一部砖石结构设计规范。从此使我国的砌体结构设计进入了一个崭新的阶段。20世纪70年代中期至80年代末期,为修订GBJ 3—73规范,我国对砌体结构进行了第二次较大规模的试验研究,其中收集我国历年来各地试验的砌体强度数据4023个,补充长柱受压试件近200个、局压试件100多个、墙梁试件200多根及2000多个有限元分析数据和进行了11栋多层的砖房空间性能实测和大量的理论分析工作等。这样在砌体结构的设计方法、多层房屋的空间工作性能、墙梁的共同工作以及砌块的力学性能和砌块房屋的设计方面取得了新的成绩。此外,对配筋砌体、构造柱和砌体房屋的抗震性能方面也进行了许多试验研究。同时,相继出版了《中型砌块建筑设计与施工规范》(JGJ 5—80)、《混凝土小型空心砌块建筑设计与施工规程》(JGJ 14—82)、《冶金工业厂房钢筋混凝土墙梁设计规程》(YS 07—79)、《多层砖房设置钢筋混凝土构造柱抗震设计与施工规程》(JGJ 13—82)等,特别是《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88),使我国砌体结构设计理论和方法趋于完善。我国砌体结构可靠度的设计方法,已达到当前的国际先进水平。对于多层砌体房屋的空间工作,在墙梁中考虑墙和梁的共同工作和局压设计方法等专题的研究成果在世界上处于领先地位。近10余年来,特别是《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)颁行后,进入了第三次较大规模的修订时期。如1995年颁行的《混凝土小型空心砖块建筑技术规程》(JGJ/T 14—95),通过试验增强抗震构造措施,使原规范(JGJ 14—82)可增加一层,扩大了地震区的应用范围。1999年6月1日颁行的《砌体工程施工及验收规范》(GB 50203—98)取代了《砖石工程施工及验收规范》(GB 203—83)。

近10多年来,随着我国砌体结构新材料、新技术、新结构的推广和应用,以及设计、施工经验的积累,于2002年颁布了新的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)。新的砌体结构设计规范体现了丰富的工程经验和最新的科研成果,从而使我国砌体结构取得了更进一步的发展。

1.3 砌体结构的发展

砌体是包括多种材料的块体砌筑而成的,其中砖石是最古老的建筑材料,几千年来由于其良好的物理力学性能,易于取材、生产和施工,造价低廉,至今仍成为我国主导的建筑材料。但是,我国的砌体材料普遍存在着自重大、强度低、生产能

耗高、毁田严重、施工机械化水平较低和耐久性、抗震性能较差等弊病。根据目前世界各国砌体应用概况,我国砌体结构正向适应科技迅猛发展和满足社会需求的现代砌体发展,其特点如下。

1.3.1 积极开发节能环保型的新型建材

1988年第一次国际材料研究会议上首次提出“绿色建材”的概念,1992年6月巴西里约热内卢环境和发展世界各国首脑会议上通过了“21世纪议程”宣言,确认了“可持续发展”的战略方针,其目标是:“依据环境再生、协调共生、持续自然的原则,尽量减少自然资源的消耗,尽可能对废弃物的再利用和净化。保护生态环境以确保人类社会的可持续发展。”

近年来发达国家在实施《绿色建材》计划上取得了较大的进展,我国以1992年联合国环境与发展首脑会议为契机,遵照“经济的发展,必须与人口、环境、资源统筹考虑,决不能走浪费资源和先污染后治理的老路”的指示精神,迅速行动起来,广泛研制“绿色建材”产品,取得了初步成果。

① 加大限制高能耗、高资源消耗、高污染低效益的产品的生产力度。如对黏土砖(按1996年生产6000亿块的代价是毁田10万多亩、能耗6000万吨标煤)国家早就出台了减少和限制的政策。近年的限制力度越来越大,如北京、上海等城市在建筑上不准采用黏土实心砖,这间接地促进了其他新建材的发展。

② 大力发展蒸压、灰砂、废渣制品。这包括钢渣砖、粉煤灰砖、炉渣砖及其空心砌块、粉煤灰加气混凝土墙板等。这些制品我国20世纪80年代以前生产量曾达2.5亿块,消除工业废渣几百万吨,但由于种种原因大多数厂家已停产,致使黏土砖生产回潮。今后应加大科研投入,改进工艺,提高产品性能和强度等级,降低成本,向多功能化发展。

③ 利用页岩生产多孔砖。我国页岩资源丰富,分布地域较广。烧结页岩砖具有能耗低、强度高、外观规则的优点,其强度等级可达MU15~MU30,可砌清水墙和中高层建筑。页岩砖在四川、湖北和大连等地已初步应用。如成都的“锦城苑”小区 $16 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的建筑均采用这种砖。

④ 大力发展废渣轻型混凝土墙板。这种轻板利用粉煤灰代替部分水泥,骨料为陶粒、矿渣或炉渣等轻骨料,加入玻璃纤维或其他纤维。同时发展其他轻材料墙板,提高砌体施工技术的工业化水平。

⑤ 蒸压纤维水泥板。我国是世界上第三大粉煤灰生产国,仅电力工业年排灰量达上亿吨,目前的利用率仅为38%。粉煤灰经处理后可生产价值更高的墙体材料,如高性能混凝土砌块、蒸压纤维增强粉煤灰墙板等。它具有容重低、热导率小、可加工性强、颜色白净的特点,目前全国的产量已达 $700 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。

⑥ 复合砌块墙体材料也是今后的发展方向。如采用矿渣空心砖、灰砂砌块、混凝土空心砌块中的任一种与绝缘材料相复合都可满足外墙的要求,目前已有少量生产。我国在复合墙体材料的应用方面已有一定基础,宜进一步改善和完善配套技