



高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

Masonry Structures

砌体结构

· 建筑工程方向 ·

■ 主编 阎奇武 刘素梅
■ 主审 余志武



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

砌体结构

主编 阎奇武 刘素梅

主审 余志武



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

砌体结构/阎奇武,刘素梅主编. —武汉:武汉大学出版社,2014. 4
高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材
ISBN 978-7-307-12876-7

I. 砌… II. ① 阎… ② 刘… III. 砌体结构—高等学校—教材 IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 036081 号

责任编辑:刘小娟 孙 丽 责任校对:王 蕾 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:880×1230 1/16 印张:15 字数:474 千字

版次:2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-12876-7 定价:31.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

学术委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:周创兵

副主任委员:方 志 叶列平 何若全 沙爱民 范 峰 周铁军 魏庆朝

委 员:王 辉 叶燎原 朱大勇 朱宏平 刘泉声 孙伟民 易思蓉

周 云 赵宪忠 赵艳林 姜忻良 彭立敏 程 桦 靖洪文

编审委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:李国强

副主任委员:白国良 刘伯权 李正良 余志武 邹超英 徐礼华 高 波

委 员:丁克伟 丁建国 马昆林 王 成 王 湛 王 媛 王 薇

王广俊 王天稳 王曰国 王月明 王文顺 王代玉 王汝恒

王孟钧 王起才 王晓光 王清标 王震宇 牛荻涛 方 俊

龙广成 申爱国 付 钢 付厚利 白晓红 冯 鹏 曲成平

吕 平 朱彦鹏 任伟新 华建民 刘小明 刘庆潭 刘素梅

刘新荣 刘殿忠 闫小青 祁 皓 许 伟 许程洁 许婷华

阮 波 杜 咏 李 波 李 斌 李东平 李远富 李炎锋

李耀庄 杨 杨 杨志勇 杨淑娟 吴 昊 吴 明 吴 轶

吴 涛 何亚伯 何旭辉 余 锋 冷伍明 汪梦甫 宋固全

张 红 张 纯 张飞涟 张向京 张运良 张学富 张晋元

张望喜 陈辉华 邵永松 岳健广 周天华 郑史雄 郑俊杰

胡世阳 侯建国 姜清辉 娄 平 袁广林 桂国庆 贾连光

夏元友 夏军武 钱晓倩 高 飞 高 玮 郭东军 唐柏鉴

黄 华 黄声享 曹平周 康 明 阎奇武 董 军 蒋 刚

韩 峰 韩庆华 舒兴平 童小东 童华炜 曾 珂 雷宏刚

廖 莎 廖海黎 缪宇宁 黎 冰 戴公连 戴国亮 魏丽敏

出版技术支持

(按姓氏笔画排名)

项目团队:王 睿 白立华 曲生伟 蔡 巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。



本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录www.stmpress.cn下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

丛书序

土木工程涉及国家的基础设施建设,投入大,带动的行业多。改革开放后,我国国民经济持续稳定增长,其中土建行业的贡献率达到1/3。随着城市化的发展,这一趋势还将继续呈现增长势头。土木工程行业的发展,极大地推动了土木工程专业教育的发展。目前,我国有500余所大学开设土木工程专业,在校生达40余万人。

2010年6月,中国工程院和教育部牵头,联合有关部门和行业协(学)会,启动实施“卓越工程师教育培养计划”,以促进我国高等工程教育的改革。其中,“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划”由住房和城乡建设部与教育部组织实施。

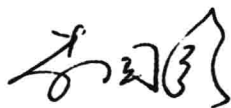
2011年9月,住房和城乡建设部人事司和高等学校土建学科教学指导委员会颁布《高等学校土木工程专业本科指导性专业规范》,对土木工程专业的学科基础、培养目标、培养规格、教学内容、课程体系及教学基本条件等提出了指导性要求。

在上述背景下,为满足国家建设对土木工程卓越人才的迫切需求,有效推动各高校土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,促进高等学校土木工程专业教育改革,2013年住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会启动了“高等教育教学改革土木工程专业卓越计划专项”,支持并资助有关高校结合当前土木工程专业高等教育的实际,围绕卓越人才培养目标及模式、实践教学环节、校企合作、课程建设、教学资源建设、师资培养等专业建设中的重点、亟待解决的问题开展研究,以对土木工程专业教育起到引导和示范作用。

为配合土木工程专业实施卓越工程师教育培养计划的教学改革及教学资源建设,由武汉大学发起,联合国内部分土木工程教育专家和企业工程专家,启动了“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材”建设项目。该系列教材贯彻落实《高等学校土木工程专业本科指导性专业规范》《卓越工程师教育培养计划通用标准》和《土木工程卓越工程师教育培养计划专业标准》,力图以工程实际为背景,以工程技术为主线,着力提升学生的工程素养,培养学生的工程实践能力和工程创新能力。该系列教材的编写人员,大多主持或参加了住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会的“土木工程专业卓越计划专项”教改项目,因此该系列教材也是“土木工程专业卓越计划专项”的教改成果。

土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,需要校企合作,期望土木工程专业教育专家与工程专家一道,共同为土木工程专业卓越工程师的培养作出贡献!

是为序。



2014年3月于同济大学四平路校区

前 言

砌体结构的基本理论是土木工程专业各方向的必修基础知识,砌体结构房屋设计是建筑工程方向的专业知识。我国砌体结构由于开发了许多取代黏土砖的块体,如混凝土砖以及配筋砌体的不断开发和应用,呈现出日新月异的发展,新的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)已于2011年7月发布,并于2012年8月开始实行。

“卓越工程师教育培养计划”是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的重大改革项目,该计划要求培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。

依据我国新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011),按照21世纪土木工程专业人才培养方案和“砌体结构”教学大纲要求,基于“卓越工程师教育培养计划”下的培养理念,本书强化“卓越工程师教育培养计划”的特点,区别于一般土木工程专业,突出工程、创新意识,结合砌体结构新的发展特点和需要,既有浅显易懂的基础知识,更有现场感强、教训深刻的工程经验。本书尽量做到基础理论与实践深度融合,具有工程引领作用,重在工程应用。本书在编写过程中既强调砌体结构知识理论的系统性、逻辑性,注重砌体结构基础知识的介绍,又用具体鲜活的工程案例突出基础知识的应用。每章都有内容提要、能力要求、知识归纳,并配有一定数量的例题或工程案例、独立思考题和习题,以利于学生创造性学习,亦便于自学。

参加本书编写的人员为:中南大学,阎奇武、贺学军、蔡勇;武汉大学,刘素梅。

本书的编写分工如下:阎奇武(第1章、第2章、第4章);贺学军(第3章、第6章);蔡勇(第5章、第7章);刘素梅(第8章、第9章)。本书由阎奇武、刘素梅担任主编。

中南大学余志武教授担任本书主审,详细审阅了编写大纲和全部书稿,并提出了宝贵的修改意见,特此致谢。

因作者水平有限,书中难免出现错误和不妥之处,敬请读者给予批评和指正。

编 者

2013年12月

目 录

1 绪论	(1)	2.6 砌体的受拉、抗弯性能	(32)
1.1 砌体结构的特点与应用	(2)	2.6.1 砂浆和块体的黏结强度	(32)
1.1.1 砌体结构的基本概念	(2)	2.6.2 砌体的轴心抗拉	(33)
1.1.2 砌体结构的类型	(2)	2.6.3 砌体的弯曲抗拉	(34)
1.1.3 砌体结构的应用	(3)	2.7 砌体的变形性能	(34)
1.2 砌体结构的发展过程	(4)	2.7.1 砌体应力-应变关系	(34)
1.2.1 砌体结构在我国的发展过程	(4)	2.7.2 砌体变形模量	(36)
1.2.2 砌体结构在国外的的发展过程	(8)	2.7.3 砌体的线膨胀系数、收缩率和	
1.3 砌体结构的发展趋势	(9)	摩擦系数	(37)
1.4 课程学习方法与要求	(10)	知识归纳	(38)
1.4.1 学习方法	(10)	独立思考	(39)
1.4.2 学习要求	(10)	习题	(39)
知识归纳	(11)	参考文献	(39)
独立思考	(11)		
参考文献	(11)	3 砌体结构设计原则	(40)
2 砌体结构的材料力学性能	(12)	3.1 砌体结构设计方法的发展过程	(41)
2.1 块体	(13)	3.1.1 砌体结构可靠度设计方法的	
2.1.1 砖	(13)	发展简况	(41)
2.1.2 砌块	(15)	3.1.2 我国砌体结构设计的发展	(42)
2.1.3 石材	(16)	3.2 极限状态设计法的基本概念	(44)
2.2 砂浆和灌孔混凝土	(16)	3.2.1 结构的功能要求	(44)
2.2.1 砂浆	(17)	3.2.2 结构的极限状态	(45)
2.2.2 灌孔混凝土	(17)	3.2.3 结构上的作用、作用效应和	
2.3 砌体	(18)	结构的抗力	(45)
2.3.1 无筋砌体	(18)	3.2.4 结构的可靠度和可靠指标	(45)
2.3.2 配筋砌体	(19)	3.2.5 结构的设计可靠指标	(46)
2.4 砌体的受压性能	(21)	3.3 砌体结构设计表达式	(47)
2.4.1 砌体全截面受压性能	(21)	3.4 砌体强度标准值和设计值	(48)
2.4.2 砌体局部受压性能	(27)	3.4.1 砌体强度标准值	(48)
2.5 砌体的受剪性能	(28)	3.4.2 砌体强度设计值	(48)
2.5.1 砌体受剪破坏特征	(28)	3.4.3 各类砌体强度设计值的调整	(51)
2.5.2 砌体抗剪强度的影响因素	(29)	3.5 砌体结构的耐久性设计	(52)
2.5.3 砌体抗剪强度计算	(30)	3.5.1 设计基准期和设计使用年限	(52)
		3.5.2 砌体结构材料性能劣化	(52)

3.5.3 砌体结构耐久性设计规定	(53)	独立思考	(100)
知识归纳	(55)	习题	(100)
独立思考	(56)	参考文献	(101)
参考文献	(56)		
4 无筋砌体构件承载力计算	(58)	6 混合结构房屋墙、柱设计	(102)
4.1 无筋砌体受压构件	(59)	6.1 概述	(103)
4.1.1 受压短柱承载力分析	(59)	6.2 混合结构房屋的结构布置	(103)
4.1.2 轴心受压长柱受力分析	(62)	6.3 混合结构房屋的静力计算方案	(105)
4.1.3 偏心受压长柱受力分析	(62)	6.3.1 混合结构房屋的空间工作性能	(105)
4.1.4 受压构件承载力计算公式	(63)	6.3.2 混合结构房屋静力计算方案的分类	(107)
4.1.5 双向偏心受压	(67)	6.3.3 刚性方案和刚弹性方案房屋的横墙	(108)
4.2 砌体局部受压	(69)	6.4 砌体房屋墙、柱设计计算	(109)
4.2.1 砌体局部均匀受压计算	(69)	6.4.1 刚性方案房屋的墙、柱计算	(109)
4.2.2 梁端支承处砌体的局部受压	(71)	6.4.2 弹性方案房屋的墙、柱计算	(116)
4.2.3 梁端下设有刚性垫块时砌体局部受压	(73)	6.4.3 刚弹性方案房屋的墙、柱计算	(117)
4.2.4 梁端下设长度大于 πh_0 的钢筋混凝土梁时砌体的局部受压	(74)	6.4.4 地下室墙体计算	(120)
4.3 受剪构件	(77)	6.5 墙、柱刚性基础设计	(123)
4.4 砌体轴心受拉、受弯构件	(78)	6.5.1 刚性基础类型	(123)
4.4.1 轴心受拉构件	(78)	6.5.2 刚性基础台阶的允许宽高比	(124)
4.4.2 受弯构件	(79)	6.5.3 基础的埋置深度	(124)
知识归纳	(80)	6.5.4 刚性基础计算	(125)
独立思考	(81)	6.6 混合结构房屋构造措施	(128)
习题	(81)	6.6.1 墙、柱高厚比的验算	(128)
参考文献	(82)	6.6.2 墙、柱的一般构造要求	(130)
		6.6.3 防止或减轻墙体开裂的主要措施	(132)
5 配筋砌体构件承载力计算	(83)	6.6.4 圈梁的设置及构造要求	(135)
5.1 网状配筋砖砌体	(84)	6.7 设计例题	(136)
5.2 组合砖砌体构件	(88)	知识归纳	(149)
5.2.1 砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层组成的组合砖砌体构件	(88)	独立思考	(149)
5.2.2 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	(91)	习题	(150)
5.3 配筋砌块砌体构件	(93)	参考文献	(150)
5.3.1 正截面受压承载力计算	(94)		
5.3.2 斜截面受剪承载力计算	(96)	7 过梁、挑梁及墙梁设计	(151)
5.3.3 构造要求	(97)	7.1 过梁	(152)
知识归纳	(100)	7.1.1 过梁的类型及其适用范围	(152)
		7.1.2 过梁的破坏特征	(152)

7.1.3 过梁上的荷载	(152)	8.4.1 承载力计算	(190)
7.1.4 过梁的承载力计算	(154)	8.4.2 构造措施	(193)
7.1.5 过梁的构造要求	(155)	8.5 配筋砌块砌体抗震墙设计	(194)
7.2 挑梁	(155)	8.5.1 承载力计算	(194)
7.2.1 挑梁的分类	(155)	8.5.2 构造措施	(195)
7.2.2 挑梁的受力性能和破坏特点	(156)	8.6 设计例题	(196)
7.2.3 挑梁的设计	(157)	8.6.1 多层砖砌体房屋抗震设计	
7.2.4 挑梁的构造	(158)	实例	(196)
7.3 墙梁	(160)	8.6.2 底部框架-抗震墙砌体房屋	
7.3.1 墙梁的受力特点	(160)	设计实例	(199)
7.3.2 墙梁的一般规定	(162)	知识归纳	(207)
7.3.3 墙梁设计总则	(163)	独立思考	(208)
7.3.4 墙梁计算	(165)	习题	(208)
7.3.5 墙梁的构造要求	(167)	参考文献	(210)
知识归纳	(173)		
独立思考	(174)	9 砌体结构常见工程质量事故与案例	
习题	(174)	分析	(211)
参考文献	(175)	9.1 砌体结构常见工程质量事故	(212)
8 砌体结构抗震设计	(176)	9.1.1 设计事故	(212)
8.1 砌体结构震害分析、一般规定及		9.1.2 施工事故	(213)
地震作用计算	(177)	9.1.3 使用事故	(213)
8.1.1 砌体结构震害分析	(177)	9.2 主要措施	(214)
8.1.2 概念设计及一般规定	(179)	9.2.1 设计措施	(214)
8.1.3 地震作用计算	(181)	9.2.2 施工措施	(215)
8.1.4 地震剪力分配	(182)	9.2.3 使用规定	(215)
8.2 砖砌体构件抗震设计	(185)	9.3 案例分析与处理	(216)
8.2.1 承载力计算	(185)	9.3.1 设计事故分析与处理	(216)
8.2.2 构造措施	(186)	9.3.2 施工事故分析与处理	(219)
8.3 混凝土砌块砌体构件抗震设计	(188)	9.3.3 使用事故分析与处理	(223)
8.3.1 承载力计算	(188)	知识归纳	(225)
8.3.2 构造措施	(189)	独立思考	(226)
8.4 底部框架-抗震墙砌体房屋构件		参考文献	(226)
设计	(190)		

绪 论

课前导读

▽ 内容提要

本章主要包括砌体结构的概念、特点、类型、应用，砌体结构的发展过程、趋势，本课程的学习方法与要求。

▽ 能力要求

通过本章的学习，学生应了解砌体结构的简史与发展趋势；掌握砌体结构的基本概念。

1.1 砌体结构的特点与应用 >>>

1.1.1 砌体结构的基本概念

砌体是块体通过砂浆砌筑而成的整体,包括砖砌体、砌块砌体、石砌体。砌体结构是主要受力构件由砌体制成的结构,是砖砌体结构、砌块砌体结构、石砌体结构的统称。墙、柱是砌体结构建筑物的主要受力构件。古代的砌体结构主要用于城墙、拱桥、寺院和佛塔。

据统计,在我国城乡建设中,砌体作为墙体材料至今仍占全部墙体材料的90%以上,即使是在当代发达国家,如英国、德国,砌体结构在墙体中占的比重也不低于50%。砌体结构得到如此广泛的应用,是与其所具有的下列优点分不开的。

(1) 取材方便

就块体而言,我国各种天然石材分布较广,易于开采和加工;土坯,蒸养灰砂砖块的砂,焙烧砖材的黏土,制造粉煤灰砖的工业废料均可就近取得;块体的生产工艺简单,易于生产。对于砂浆而言,石灰、水泥、砂、黏土均可就近或就地取得。不仅在农村可以生产块体,在大中城市也可生产多种块体。

(2) 性能良好

砌体具有良好的隔音、隔热、耐火、耐久、抗腐蚀性能和具有较好的大气稳定性。在一般情况下,砌体可耐受400℃左右的高温。砌体的保温、隔热性能好,节能效果好。其抗腐蚀方面的性能较好,受大气的影响小,完全满足预期耐久年限的要求。

(3) 施工简单

砌体可手工砌筑,1~2 d可砌1层,并可随即铺放楼板连续施工。

(4) 造价低

与混凝土结构相比,砌体具有承重和围护的双重功能,用钢量仅为混凝土结构的1/3,节约木材、钢材和水泥。

(5) 可工业化生产和施工

当采用砌块或大型板材作墙体时,可以减轻结构自重,加快施工进度,进行工业化生产和施工。采用配筋混凝土砌块高层建筑相比现浇混凝土高层建筑节省模板,加快施工进度。

同时,砌体结构也存在以下缺点。

(1) 强度低,自重大

由于砌体强度较低,作为承重结构势必截面尺寸较大,这样自重也大,显得比较笨重。

(2) 用工多,砌筑繁重

在一般砌体混合结构住宅建筑中,手工砌筑工作量占1/4,这在一定程度上是由块体体积大、自重大造成的。

(3) 黏结力弱

块体和砂浆间的黏结力较小,因此砌体抗拉、抗弯和抗剪强度也比较低。

(4) 抗震性能差

由于质量大,对抗震不利,无筋砌体黏结力弱,无筋砌体结构抗震能力差。

1.1.2 砌体结构的类型

按层数或高度分,层数小于10层或高度小于或等于28 m的住宅建筑以及其他高度小于或等于24 m的民用建筑为多层砌体结构,层数大于或等于10层或高度大于28 m的住宅建筑以及其他高度大于24 m的民

用建筑为高层砌体结构。按配筋情况,砌体分为无筋砌体结构和配筋砌体结构,配筋砌体结构按预应力又分为一般配筋砌体结构和预应力配筋砌体结构。

1.1.2.1 无筋砌体结构

无筋砌体结构是指仅由块体和砂浆砌成的砌体,并制成主要受力构件的结构。常用的无筋砌体结构有无筋砖砌体结构、无筋砌块砌体结构、石砌体结构。

(1) 无筋砖砌体结构

无筋砖砌体是砖仅通过砂浆砌筑而成的整体,视砖块体的不同又分为烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖砌体。无筋砖砌体结构是主要受力构件由无筋砖砌体制成的结构。

(2) 无筋砌块砌体结构

无筋砌块砌体是砌块仅通过专用砂浆砌筑而成的整体,视块体的不同又分为混凝土砌块砌体、轻集料混凝土砌块砌体。无筋砌块砌体结构是主要受力构件由无筋砌块砌体制成的结构。

(3) 石砌体结构

石砌体是石材通过砂浆砌筑而成的整体,视石材的不同又分为料石和毛石砌体。石砌体结构是主要受力构件由石砌体制成的结构。

1.1.2.2 配筋砌体结构

为提高砌体抗拉、抗弯能力而在砌体中配置钢筋的砌体称为配筋砌体,可分为配筋砖砌体和配筋砌块砌体。

配筋砌体结构是由配置钢筋的砌体作为主要受力构件的结构,是网状配筋砌体柱、水平配筋砌体墙、砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层组合砌体柱(墙)、砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙和配筋砌块砌体剪力墙结构的统称。

(1) 网状配筋砌体

在水平灰缝中配置钢筋网片的砌体,如图 1-1(a)所示,主要用作承受轴心压力或偏心距小的受压构件。

(2) 组合砖砌体

由砖砌体和钢筋混凝土或钢筋砂浆组成的砌体称为组合砖砌体。它有两种形式,一种是采用钢筋混凝土或钢筋砂浆作面层的组合砌体,如图 1-1(b)所示,可用作偏心距较大的墙、柱;另一种是在墙体的转角处、交接处,并沿墙长每隔一定距离设置钢筋混凝土构造柱而形成的组合墙,如图 1-1(c)所示,构造柱除约束砌体,还直接参与受力,较无筋墙体其受压、受剪承载力有一定程度提高,可用作一般房屋的承重墙。

(3) 配筋砌块砌体剪力墙

在混凝土小型空心砌块砌体的孔洞内设置竖向钢筋和在水平灰缝或砌块内设置水平钢筋并用灌孔混凝土灌实的砌体墙体称为配筋砌块砌体剪力墙,如图 1-1(d)所示。配筋混凝土砌块墙体剪力墙具有良好的静力和抗震性能,在多高层建筑中值得推广应用。

1.1.3 砌体结构的应用

砌体抗压承载力较高,它最适用于制成受压构件,如墙、柱等竖向承重构件。无筋砌体抗弯、抗拉性能较差,一般不宜用作受拉或受弯构件。目前,五层以内的办公楼、教学楼、试验楼,七层以内的住宅、旅馆采用砌体制作竖向承重构件,高强轻质砖可制成高层建筑砌体竖向构件,但这些房屋的楼、屋盖结构则通常采用混凝土结构、钢结构和木结构。我们把这种由砌体和其他结构材料组成的结构称为混合结构。

砌体结构广泛应用于:

- ① 民用建筑,如墙体、柱、过梁、基础等;
- ② 工业建筑、构筑物,如承重墙、围护墙、烟囱、料斗、筒仓、围墙、挡土墙、地沟、管道支架和抗渗要求不高的水池等;
- ③ 交通工程,如拱桥、墩台、隧道、涵洞等;
- ④ 水利工程,如石坝、渡槽、围堰等。

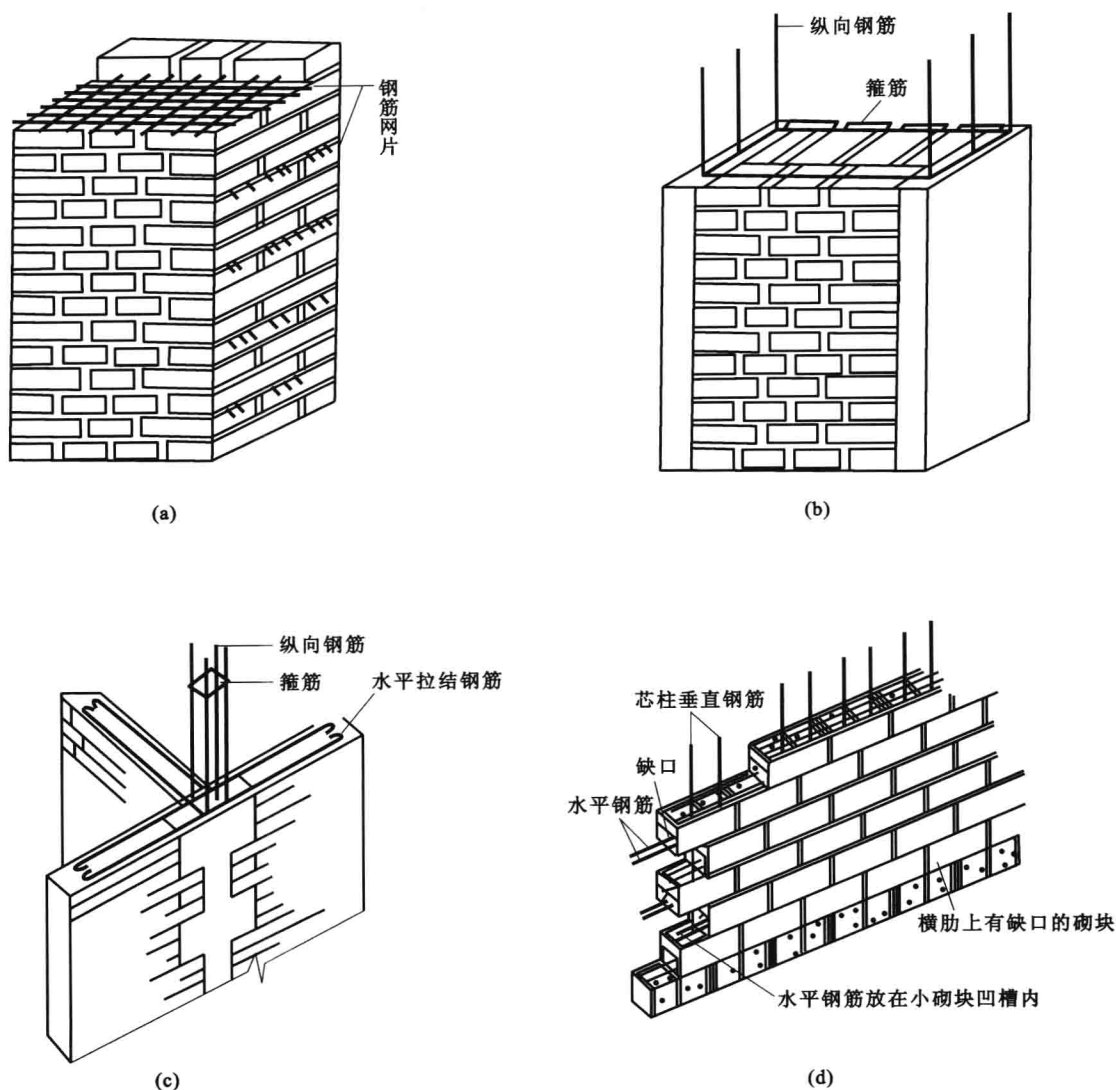


图 1-1 配筋砌体结构

(a) 网状配筋砌体; (b), (c) 组合砖砌体; (d) 配筋砌块砌体剪力墙

1.2 砌体结构的发展过程 >>>

1.2.1 砌体结构在我国的发展过程

考古发掘资料表明,我国在 4500~6000 年前新石器时代末期已有地面木构架建筑和木骨泥墙建筑,到公元前 20 世纪夏代时则发现有夯土的城墙。公元前 1783—前 1122 年商代以后,开始采用黏土做成的板筑墙。自公元前 1388—前 1122 年殷商以后逐渐改用日光晒干的黏土砖土胚来砌筑墙,到西周时期已有烧制的瓦。在战国时期的墓中发现有烧制的大尺寸空心砖,这种空心砖成形于西汉,但由于制造复杂,至东汉末年时已不再生产。六朝时,实心砖的使用已很普遍,有完全用砖建成的塔。

石料在我国应用是多方面的。我们的祖先曾用石料刻成各种建筑装饰用的浮雕,用石料建造台基和制作栏杆,也采用石料砌造建筑物。

琉璃瓦的制造始于北魏中叶,到明代又在瓦内掺入陶土以提高其强度。同时琉璃砖的生产自明代开始有较大发展。

我国拱券建筑最早用于墓葬,虽说洛阳北郊东周墓中已有发现,但非正式记载。根据现有资料和实物证明,其早在西汉中期已使用。

砖砌体大多用于建筑物中承受垂直荷载的部分,如墙、柱、桥墩和基础等。洞口上的结构通常用整块的大石跨过,约在公元前 3000 年才开始建筑拱券。

早期砖石砌体的体积都是很大的,为了节省材料和减轻建筑工作量,要求减小构件的截面尺寸。因此,对砌筑材料提出更高的要求,但是改进和发展的过程是缓慢的。

水泥发明后,有了高强度的砂浆,进一步提高了砖石结构的质量,促进了砖石结构的发展。19 世纪,欧洲建造了各式各样的砖石建筑物,特别是多层房屋。

我国早期建筑一般采用木结构的构架,墙壁仅作填充保护之用。鸦片战争后,我国建筑受到欧洲建筑的影响,开始采用砖墙承重。这时砖石砌体结构已成为工程结构中不可分割的一环,研究和确定其计算方法是必然趋势。我国砌体结构发展过程大致如下。

第一阶段:在 19 世纪中叶以前,我国砖石建筑主要为城墙、佛塔和少数砖砌重型穹拱佛殿以及石桥和石拱桥等。历史上有名的工程——万里长城,如图 1-2 所示,原为春秋战国时期各国诸侯为了防御在形势险要处修建的城墙。秦始皇统一六国后于公元前 214 年将秦、赵、燕三国北边的长城予以修缮、连贯为一。明代时,为了防御鞑靼、瓦剌的侵扰,前后修筑长城 18 次,西起嘉峪关东至山海关,成为“边墙”。宣化、大同二镇之南,直隶、山西界上,并筑有内长城称为“次边”,总长 6700 km,称“万里长城”,长城大部分至今仍然完好。旧长城原为黏土拌和乱石建造的。现在河北、山西北部的长城在明代中叶重建时改为大块精制砖。

距今约 1400 年建造的河北赵县安济桥,如图 1-3 所示,净跨 37.02 m,宽约 9 m,为单孔敞肩式石拱桥,外形十分美观。据考证,该桥为世界上最早的敞肩石拱桥。拱上开洞,既可节约石材,又可减轻洪水压力,故它在材料使用、结构受力、艺术造型上,都达到了很高的成就。1991 年安济桥被美国土木工程师学会(ASCE)选为第 12 个国际历史上土木工程的里程碑。



图 1-2 万里长城

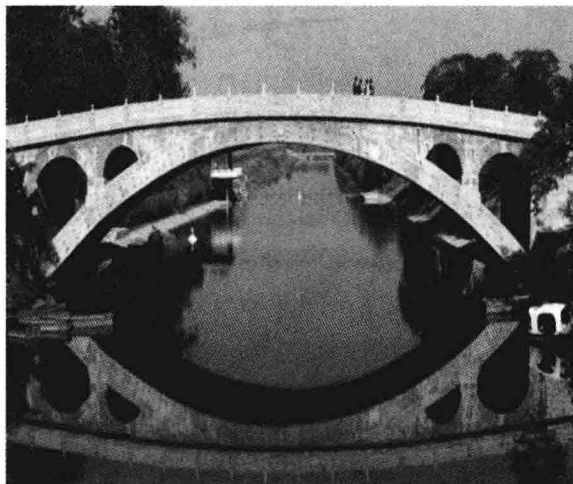


图 1-3 安济桥

在南宋之前建造,明、清时重修过的广宁七折石拱桥,如图 1-4 所示。桥南、北分别设 16 级和 20 级石台阶,各长 25.30 m 和 26.30 m,桥跨径 6.25 m,在 800 年前就已用折线形拱代替圆形拱以简化施工,再一次证明我国建造石拱桥技术的先进。在广宁桥桥孔下两边各设纤道,供纤夫拉纤之用,也可供行走,这是中国,也可能是世界立交桥的雏形。

公元 1055 年建成的开元寺塔位于定州城内南门里东侧,是世界上现存最高的砖木结构古塔,如图 1-5 所示,塔全部为砖木结构,平面八角形,11 层,高 84.2 m,平面由两个正方形交错而成。公元 1330 年建成的

柏林寺塔为砖木结构的密檐式塔,平面呈八角形,七级,如图 1-6 所示,塔高 39.5 m,坐落在高达 2.5 m 的方形台基上,台基分上下两层,下层石砌、上层砖砌。公元 1381 年建成的南京灵谷寺无梁殿,后面走廊为砖砌穹窿,如图 1-7 所示,从殿基到屋顶,全部用大砖砌成,不施寸木,也无梁椽,故俗称无梁殿。



图 1-4 广宁桥



图 1-5 开元寺塔



图 1-6 柏林寺塔

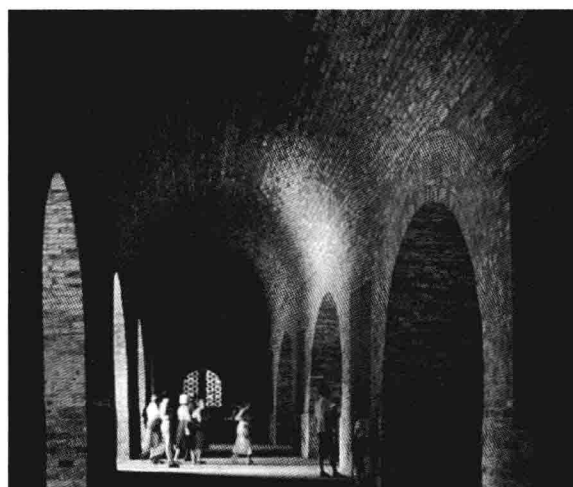


图 1-7 南京无梁殿后走廊

第二阶段:19 世纪中叶后至新中国成立前大致 100 年的时期内,我国广泛采用承重墙,但块体材料主要采用黏土砖。这一阶段对砌体结构的设计系按容许应力粗略进行估算,而对静力分析则缺乏较正确的理论依据。

纵观前两个阶段,虽经过漫长的岁月,尽管我国劳动人民对砖石建筑作出了伟大贡献,但砌体结构的实践和理论发展却是缓慢的。

第三阶段:新中国成立以后,砌体结构有了较快的发展,可分为三个方面。

(1) 在原有基础上的发展

如石砌拱桥的跨度已有显著加大,厚度减小,同时桥的高度和承载力都有了很大的发展,并广泛采用砖砌多层房屋代替钢筋混凝土框架建筑;改进非承重的空斗墙为承重墙,用来建造 2~4 层(少数达 5 层)房屋,多孔砖、混凝土砌块的推广和应用在这一历史阶段起了节约用砖,也即节约烧砖占用农田的作用;因地制宜地扩大了石结构的应用范围等。

在 21 世纪以前,我国建成的跨度为 100~120 m 的石拱桥已有 10 座。这 10 座桥的跨度都超过了 1904 年的石拱桥原世界纪录——跨度为 90 m 的德国 Syrtal 桥。2001 年,在山西晋城至河南焦作高速公路上建造的新丹河石拱桥,其主跨跨度为 146 m,如图 1-8 所示。该桥的建成,将石料在桥梁结构中的利用推向一个崭新的高度,表明我国石拱桥建设居于世界领先地位。

(2) 新的发展

砌体结构的新发展包括新结构、新材料和新技术的采用。在新结构方面,我国曾研究和建造了各种形式的砖薄壳。在新材料方面,如硅酸盐和泡沫硅酸盐砌块,混凝土空心砌块和各类大板以及各种承重和非承重空心砖的采用和不断改进。在新技术方面,如采用振动砖(包括空心砖)墙板及各种配筋砌体,包括预应力空心砖楼板等。

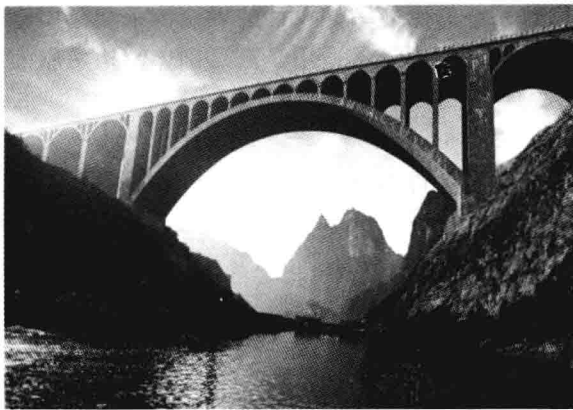


图 1-8 新丹河石拱桥

20 世纪 60—70 年代,混凝土小型砌块在我国南方城乡的推广和应用取得显著的社会和经济效益,是替代实心黏土砖的有效措施之一。改革开放后,其应用迅速由乡镇推向城市,由南方推向北方,由底层推向中、高层,从单一功能发展到多功能,如承重、保温、装饰块。我国已从过去用砖石建造低矮的民房,发展到现在建造大量多层住宅、办公楼等民用建筑和中小型工业建筑以及影剧院、食堂、仓库等建筑,此外还建造了烟囱、筒仓、拱桥、挡土墙等构筑物。20 世纪 70 年代以后在重庆用砖和混凝土砌块砌筑成高层住宅,局部达 12 层,但只在 1~4 层采用了混凝土砌块承重内墙。据 1996 年统计,全国砌块总产量 2500 万块,砌块建筑面积 5000 万平方米,每年以 20% 的速度递增,2006 年我国房屋建筑用普通混凝土砌块的产量为 1000 万立方米、自承重混凝土砌块(包括轻集料混凝土砌块)为 6300 万立方米、混凝土多孔砖为 1300 万立方米、混凝土实心砖为 1000 万立方米、混凝土路面砖为 2.2 亿立方米、混凝土水工及护坡砌块为 700 万立方米。砌块砌体建筑在节土、节能、利废等方面具有巨大的社会 and 经济效益。

1983 年、1986 年广西南宁已修建了配筋砌块 10 层住宅和 11 层办公楼试点房屋,但由于存在采用 MU20 高强混凝土砌块生产工艺问题,未能推广。1997 年在辽宁盘锦修建了 15 层配筋砌块剪力墙点式住宅楼,所用 MU20 砌块是用从美国引进的砌块成型机生产的。1998 年上海建成一栋 18 层配筋(小型)砌块剪力墙塔楼——园南新村。MU20 混凝土砌块也是用美制设备生产的,这标志着我国配筋混凝土砌块高层建筑已达到国际先进水平,这也必然推动混凝土砌块多、中高层建筑的发展。21 世纪初在哈尔滨阿继科技园建成的两栋 18 层高层住宅楼是用 190 mm 和 90 mm 宽的混凝土小型空心砖块作内外壁,中空 100 mm 填以 80 mm 厚苯板的空腔墙(Cavity Wall),是作为我国北方寒冷地区采用普通混凝土小型空心砖的高层建筑试点工程。黑龙江省还制定了地方标准《普通混凝土小型空心砌块夹心苯板复合墙体建筑技术规程》(DB23/T 698—2001),以利推广这种墙体。配筋混凝土砌块剪力墙比现浇钢筋混凝土剪力墙造价低、施工速度快、用钢量省、抗震性能好,在中高层建筑中将得到越来越多的应用。

(3) 逐步建立了具有我国特色的砌体结构设计计算理论

根据大量试验和调查研究资料,提出砌体各种强度计算公式,偏心受压构件统一的计算公式和考虑风荷载下房屋空间工作的计算方法等。1973 年制定了适合我国情况并反映当时国际先进水平的《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73);1988 年经过修订,颁布了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988)。在该版本规范中,采用以近似概率为理论基础的、各种结构统一的极限状态设计方法,并做了如下几方面的修改:将各砌体强度计算公式统一,并将偏心受压承载力计算中三个系数综合为一个系数,改进了局部受压承载力计算,将考虑房屋空间工作计算推广于多层房屋,提出墙梁和挑梁的新计算方法等。同时我国和国际标准化组织砌体技术委员会(ISO/TC 179)建立了紧密的联系和合作,并担任了配筋砌体的秘书国。在 2001 年、2011 年分别更新颁布了《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)。我国已建立