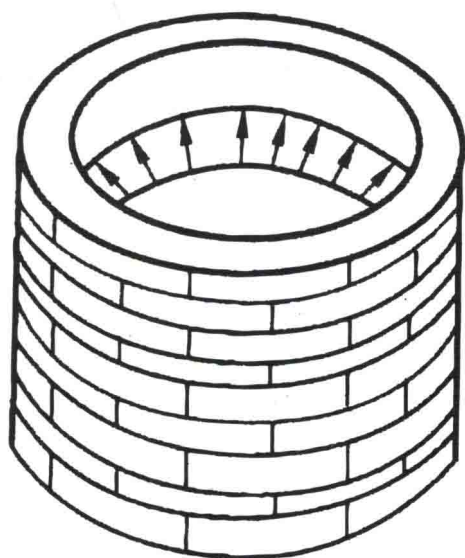


砌体结构

〔第2版〕

主 编◎何培玲 尹维新



- 采用最新颁布的砌体结构设计规范
- 增加砌体结构课程设计的相关内容



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

砌体结构(第 2 版)

主 编	何培玲	尹维新	
副主编	谢淮宁	任森智	余文晖
参 编	吴美琴	白应华	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

“砌体结构”是土木工程专业的主要专业课程,本书结合应用型本科的培养目标和基本要求,加强针对性,突出应用性、实用性、先进性和创造性,力求理论部分概念清晰、简明扼要,突出并充实结构构造及工程应用等实用性内容,注意从工程实际的角度增强结构设计的系统性,尽量反映新技术的应用,具有与本学科发展相适应的科学技术水平。

本书共7章,内容包括:绪论,砌体材料及其基本力学性能,砌体结构构件的承载力计算,砌体结构房屋的墙体承载力验算,砌体结构墙体中的过梁、圈梁、构造柱、墙梁、挑梁,砌体结构的墙体设计和课程设计。

为方便学习,第2版每章除编有本章小结、思考题及习题外,还根据教材实际内容的需要,增加了教学目标和教学要点,并为展开线索导入了案例,主要章节还编有简明实用的工程设计实例和供巩固提高的大作业,增加了课程设计内容。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教学用书,也可供土建工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/何培玲,尹维新主编. —2版. 北京:北京大学出版社,2013.1

(21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-19113-2

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第119060号

书 名: 砌体结构(第2版)

著作责任者: 何培玲 尹维新 主编

策 划 编 辑: 吴 迪 卢 东

责 任 编 辑: 伍大维

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-19113-2/TU·0158

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 13印张 296千字

2006年1月第1版

2013年1月第2版 2013年1月第1次印刷(总第3次印刷)

定 价: 26.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

第2版前言

本书自2006年出版以来,经有关院校教学使用,反映良好。随着近年来国家关于建设工程的新政策、新法规的不断出台,一些新的规范、规程陆续颁布实施,为了更好地开展教学,适应大学生学习的要求,编者对本书第1版进行了修订。

这次修订主要做了以下工作:

- (1) 增补了新颁布实施的相关规范、规程等内容;
- (2) 增加了应用环节第7章课程设计的内容;
- (3) 修订增补了与当前砌体结构发展相关的内容;
- (4) 对全书的版式进行了全新的编排,每章增加了教学目标、教学要点、引例、本章小结、思考题及习题。

经修订,本书具有以下特点:

- (1) 注重编写体例新颖适用。借鉴优秀教材特点的写作思路、写作方法以及章节安排,编排清新活泼、图文并茂,内容深入浅出,适合当代大学生使用。
- (2) 注重人文科技结合渗透。通过对相关知识的历史、实例、理论来源等的介绍,增强教材的可读性,提高学生的人文素养。
- (3) 注重相关课程关联融合。明确知识点的重点和难点以及与其他课程的关联性,做到新旧知识内容的融合和综合运用。
- (4) 注重知识拓展应用可行。强调锻炼学生的思维能力以及运用概念解决问题的能力。在编写过程中有机融入最新的实例以及操作性较强的案例,并对实例进行有效的分析,以应用实例或生活类比案例来引出全章的知识点,从而提高教材的可读性和实用性。在提高学生学习兴趣和效果的同时,培养学生的职业意识和职业能力。
- (5) 注重知识体系实用有效。以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的内容和关键点,知识点讲解顺序与实际设计程序一致,突出实用性和可操作性,使学生学而有用,学而能用。

本书按24学时的教学内容编写,各章建议的分配学时为:第1章,1学时;第2章,5学时;第3章,6学时;第4章,4学时;第5章,4学时;第6章,4学时;第7章,2周。

本书由南京工程学院谢淮宁修订增补了第7章。尹维新教授对全书提出了建设性意见。全书由何培玲、谢淮宁进行统稿。

对于本版存在的缺点和不足,欢迎同行批评指正。对使用本书、关注本书以及提出修改意见的同行们表示深深的感谢。

编 者

2012年10月

第 1 版前言

本书系《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》。

编写本书的指导思想是为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展的需要，满足我国高等教育从精英教育向大众化教育转移过程中社会对高等学校应用型人才培养的需求，采用理论、实践、应用三结合的教材编写理念，重视应用能力和创造性思维能力的培养。

本教材是根据 2002 年高等学校土木工程专业指导委员会为土木工程专业教学制定的“高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲”对该门课程的教学基本要求和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)进行编写的。

教材注重以教学为主，内容少而精；突出重点、讲清难点；在阐述基本原理和概念的基础上，结合规范和工程实际，体现国内外先进的科学技术成果。

本书按 24 学时的教学内容编写，各章建议的分配学时为：第 1 章，1 学时；第 2 章，5 学时；第 3 章，6 学时；第 4 章，4 学时；第 5 章，4 学时；第 6 章，4 学时。

参加本书编写的有南京工程学院何培玲(第 1 章)，中南林学院任森智(第 2 章)，山西大学尹维新(第 3 章)，湖北工业大学白应华(第 4 章)，武汉工业学院余文晖(第 5 章)，华东交通大学吴美琴(第 6 章)。全书由何培玲、尹维新统稿，由南京理工大学范进教授主审。

限于我们水平所限，对有关政策和新规范中的内容学习领会不够，加之时间仓促，书中难免有不少缺点乃至错误，欢迎老师、学生及各界人士批评指正。

编 者

2006 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 砌体结构的概念及特点	2
1.1.1 砌体结构的概念	2
1.1.2 砌体结构的特点	2
1.2 砌体结构的发展简史	4
1.3 砌体结构的发展现状及方向	8
1.3.1 砌体结构的发展现状	8
1.3.2 砌体结构的发展方向	11
本章小结	13
思考题	13

第 2 章 砌体材料及其基本力学性能	14
2.1 砌体的材料及其强度等级	15
2.1.1 砖	15
2.1.2 砌块	17
2.1.3 石材	18
2.1.4 砌筑砂浆	19
2.1.5 砌体材料的选择	20
2.2 砌体的种类	20
2.2.1 砖砌体	21
2.2.2 砌块砌体	22
2.2.3 石砌体	22
2.2.4 配筋砌体	23
2.2.5 墙板	24
2.3 砌体的受压性能	25
2.3.1 砌体的受压破坏特征	25
2.3.2 砌体的受压应力状态	25
2.3.3 影响砌体抗压强度的因素	26
2.3.4 砌体抗压强度的计算	29
2.4 砌体的受拉、受弯、受剪性能	30
2.4.1 砌体的轴心受拉性能	30

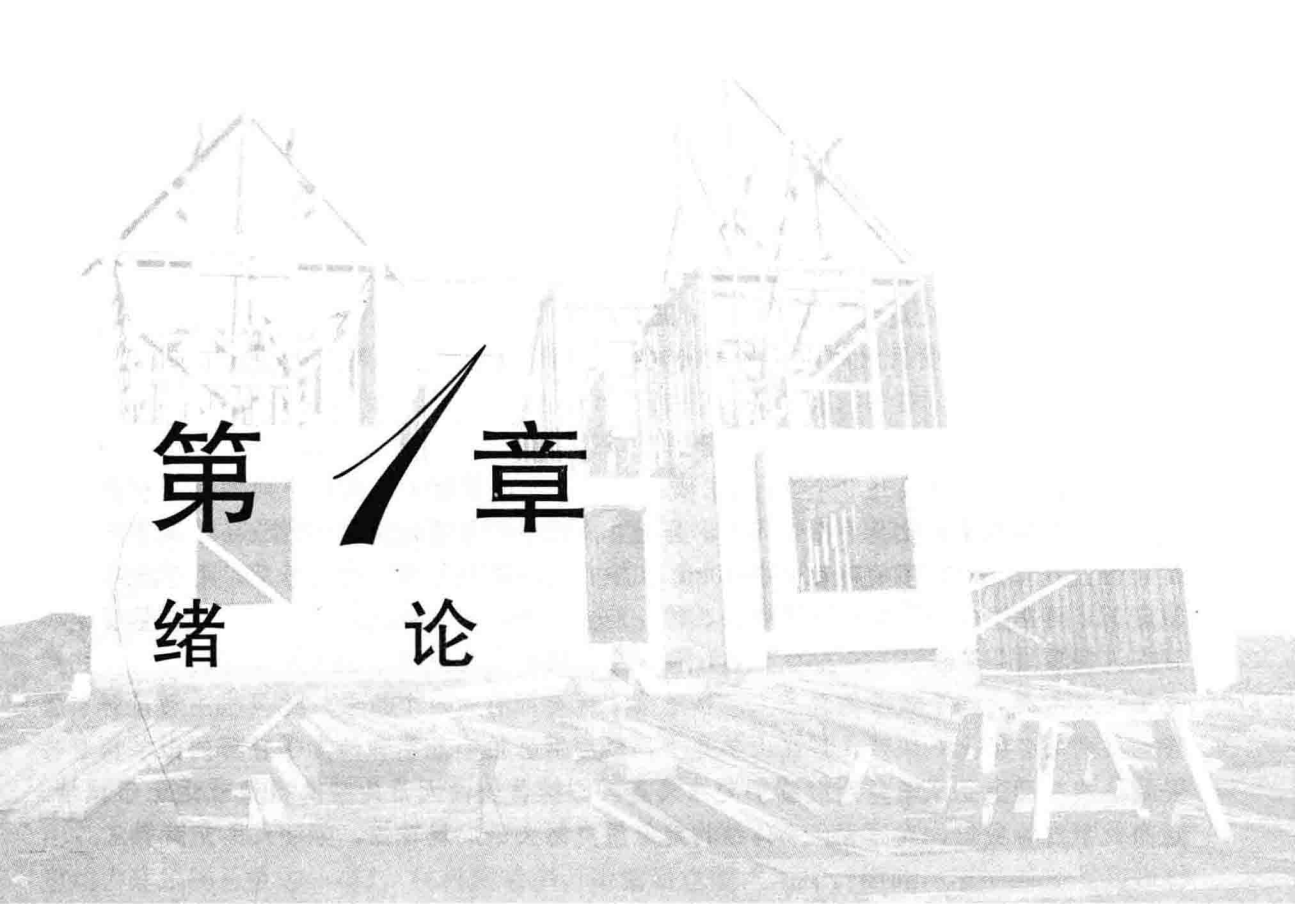
2.4.2 砌体的受弯性能	31
2.4.3 砌体的受剪性能	32
2.5 砌体的其他性能	34
2.5.1 砌体的应力-应变关系	34
2.5.2 砌体的弹性模量和剪变模量	35
2.5.3 砌体的线膨胀系数和收缩率	36
2.5.4 砌体的摩擦系数	36
本章小结	37
思考题	37

第 3 章 砌体结构构件的承载力计算	39
3.1 以概率理论为基础的极限状态设计方法	40
3.1.1 概述	40
3.1.2 砌体的强度标准值和设计值	46
3.1.3 砌体的强度设计值调整系数	49
3.2 受压构件	50
3.2.1 短柱的承载力分析	50
3.2.2 长柱承载力的分析	52
3.2.3 受压构件的承载力计算	57
3.2.4 双向偏心压构件的承载力计算	58
3.3 局部受压	61
3.3.1 局部受压的基本性能	61
3.3.2 局部均匀受压	62
3.3.3 梁端支承处砌体局部受压	63
3.3.4 梁端垫块下砌体局部受压	64
3.3.5 梁端垫梁下砌体局部受压	66



3.4 受拉、受弯及受剪构件	68	4.5.1 多层刚性方案房屋承重纵 墙的计算	119
3.4.1 受拉构件	68	4.5.2 多层刚性方案房屋承重横 墙的计算	123
3.4.2 受弯构件	69	4.5.3 多层刚弹性方案房屋的 计算	129
3.4.3 受剪构件	69	4.6 地下室墙的计算	130
3.5 配筋砌体构件	71	4.6.1 地下室墙体的荷载	130
3.5.1 网状配筋砖砌体构件	71	4.6.2 地下室墙体的计算	132
3.5.2 组合砖砌体构件	75	4.7 墙、柱刚性基础设计	133
3.5.3 组合砖墙	78	4.7.1 基础埋置深度	134
3.5.4 配筋砌块砌体构件	80	4.7.2 墙、柱基础的计算	135
本章小结	85	4.7.3 常用刚性基础的剖面形式 及其适用范围	137
思考题	86	本章小结	138
习题	86	思考题	138
第4章 砌体结构房屋的墙体承载力 验算	89	习题	139
4.1 砌体结构房屋的组成及结构 布置	90	大作业	139
4.1.1 纵墙承重方案	91	第5章 砌体结构墙体中的过梁、圈 梁、构造柱、墙梁、挑梁 ..	141
4.1.2 横墙承重方案	91	5.1 过梁的设计计算	142
4.1.3 纵横墙混合承重方案	92	5.1.1 过梁的类型	142
4.1.4 内框架承重方案	93	5.1.2 过梁上的荷载取值	143
4.1.5 底部框架承重方案	93	5.1.3 过梁的计算	144
4.2 砌体结构房屋的静力计算 方案	94	5.2 墙梁的设计计算	149
4.2.1 房屋的空间工作性能	94	5.2.1 概述	149
4.2.2 房屋的静力计算方案	96	5.2.2 墙梁的受力性能及破坏 形态	150
4.2.3 《规范》对横墙的要求	97	5.2.3 墙梁设计一般规定	155
4.3 墙、柱的高厚比验算	99	5.2.4 墙梁的构造要求	156
4.3.1 墙、柱的计算高度	99	5.3 圈梁	158
4.3.2 高厚比的影响因素	100	5.3.1 圈梁的作用	158
4.3.3 允许高厚比及其修正	100	5.3.2 圈梁构造要求	160
4.3.4 墙、柱高厚比验算	101	5.4 构造柱	160
4.4 单层房屋的墙体计算	107	5.4.1 构造柱的作用	160
4.4.1 单层刚性方案房屋承重 纵墙的计算	107	5.4.2 构造柱的构造要求	161
4.4.2 单层弹性方案房屋承重 纵墙的计算	109	5.5 挑梁	162
4.4.3 单层刚弹性方案房屋承重 纵墙的计算	110	5.5.1 挑梁的受力特点与破坏 形态	162
4.5 多层房屋的墙体计算	119		

5.5.2 挑梁的承载力验算	163	本章小结	185
5.5.3 雨篷设计	165	思考题	186
本章小结	167	第7章 课程设计	188
习题	167	7.1 砌体结构课程设计任务书	189
第6章 砌体结构的墙体设计	170	7.1.1 课程设计应达到的 目的	189
6.1 墙、柱的一般构造要求	171	7.1.2 课程设计题目及要求	189
6.1.1 墙、柱的最小截面尺寸 要求	171	7.1.3 课程设计任务及工作量 要求(包括课程设计计 算说明书、图纸等 要求)	189
6.1.2 墙、柱中设混凝土垫块和 壁柱的构造要求	171	7.1.4 主要参考文献	190
6.1.3 砌块砌体的构造要求	172	7.1.5 课程设计进度安排	190
6.1.4 砌体中留槽洞及埋设管道 时的构造要求	172	7.1.6 成绩考核办法	191
6.1.5 夹心复合墙的构造要求	172	7.2 砌体结构课程设计指导书	194
6.1.6 墙、柱稳定性的一般构造 要求	173	7.2.1 课程设计进度安排	194
6.1.7 多层砌体房屋抗震的一般 构造要求	174	7.2.2 设计程序	195
6.2 墙体的质量及裂缝分析	174	7.2.3 结构施工图设计	195
6.2.1 墙体质量	174	7.2.4 设计中注意的问题	196
6.2.2 墙体出现裂缝的原因及主 要防治措施	176	本章小结	196
		参考文献	197



第 章

绪 论

教学目标

本章主要讲述砌体结构的一般概念；重点阐述砌体结构的特点和砌体结构的历史、现状及发展前景。通过本章的学习，应达到以下目标：

- (1) 熟悉砌体结构的一般概念；
- (2) 深刻理解和掌握砌体结构的优缺点；
- (3) 了解砌体结构的发展简史；
- (4) 了解砌体结构的应用及发展前景。

教学要求

知识要点	掌握程度	相关知识
砌体结构的概念	熟悉	砖砌体、石砌体和砌块砌体以及配筋砌体
砌体结构的特点	掌握	砌体结构的优点及缺点
砌体结构的发展历史	了解	国内外代表性的砌体结构建筑
砌体结构的发展现状及方向	了解	新材料、新技术、新规范的应用



引例

万里长城是我国古代伟大的工程之一,始建于春秋战国(公元前770—476年),今存者为明代所修建。西起嘉峪关,东到丹东鸭绿江畔的虎山口,东西绵延上万里,因此称作万里长城。它是建造历时最长、占地面积最大、工程量最大的建筑奇迹。在我国古代,这样一个工程量巨大的建筑是如何建成的呢?用作城墙材料的砖石又是如何运送上去的呢?

这里介绍一个关于运送砖石的故事。

嘉峪关段的城墙高达9m,并且在城墙之上还要修建数十座大小不同的楼阁和众多的垛墙,其用砖数量之大是非常惊人的。当时,施工条件很差,没有吊运设备,全靠人工搬运,而当时修关城所用的砖都是在20km以外的地方烧制而成。砖烧好后,用牛车拉到关城之下,再用人工往上背。由于城高,唯一能上下的马道坡度大,上下很困难,尽管派了许多人往城墙上背砖,个个筋疲力尽,但背上去的砖却仍然供不应求,工程进展受到了严重影响。一天,一个放羊的孩子来到这里放羊玩耍,看到这个情景,他灵机一动,解下腰带,往两头各捆上一块砖,搭在山羊身上,然后用手拍一下羊背,身子轻巧的山羊驮着砖一溜小跑就爬上了城墙。人们看了又惊又喜,纷纷仿效,大量的砖头很快就运上了城墙。这个故事告诉我们,我国古代砌体结构建筑历史悠久、成就辉煌,劳动人民充满智慧。

1.1 砌体结构的概念及特点

1.1.1 砌体结构的概念

砌体结构是指由天然的或人工合成的石材、粘土、混凝土、工业废料等材料制成的块体和水泥、石灰膏等胶凝材料与砂、水拌和而成的砂浆砌筑而成的墙、柱等作为建筑物主要受力构件的结构。由烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为砖砌体结构;由天然毛石或经加工的料石与砂浆砌筑而成的结构称为石砌体结构;由普通混凝土、轻骨料混凝土等材料制成的空心砌块作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为砌块砌体结构;根据需要在砌体的适当部位配置水平钢筋、竖向钢筋或钢筋网作为建筑物主要受力构件的结构则统称为配筋砌体结构。砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构以及配筋砌体结构统称为砌体结构。

1.1.2 砌体结构的特点

砌体结构有着与其他结构迥然不同的特点。其主要优点有如下几方面。

(1) 砌体结构所用的主要材料来源方便,易就地取材。天然石材易于开采加工;粘土、砂等几乎到处都有,且块材易于生产;利用工业固体废弃物生产的新型砌体材料既有利于节约天然资源,又有利于保护环境。

(2) 砌体结构造价低。砌体结构不仅比钢结构节约钢材,而且较钢筋混凝土结构节约水泥和钢筋;砌筑砌体时不需模板及特殊的技术设备,可以节约木材。

(3) 砌体结构比钢结构甚至较钢筋混凝土结构有更好的耐火性,且具有良好的保温、隔热性能,节能效果明显。

(4) 砌体结构施工操作简单快捷。一般新砌筑的砌体上即可承受一定荷载,因而可以连续施工;在寒冷地区,必要时还可以用冻结法施工。

(5) 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的高层建筑较现浇钢筋混凝土高层建筑可节省模板、加快施工进度。

(6) 目前,随着高强度混凝土砌块等块体的开发和利用,专用砌筑砂浆和专用灌孔混凝土材料的配套使用,以及对芯柱内放置钢筋的砌体受力性能的研究和理论分析,配筋砌块砌体剪力墙结构由于其具有造价低、材料省、施工周期短,在等厚度墙体内可随平面和高度方向改变质量、刚度、配筋,砌块竖缝的存在一定程度上可以吸收能量、增加延性,有利于抗震,总体收缩量比混凝土小等优点,因此在地震区、高层民用建筑应用中取得了较大的进展。

砌体结构除上述优点外,也存在下列缺点。

(1) 砌体结构的自重大。因为砖石砌体的抗弯、抗拉性能很差,强度较低,故必须采用较大截面尺寸的构件,致使其体积大,自重也大(在一般砖砌体结构居住建筑中,砖墙重约占建筑物总重的一半),材料用量多,运输量也随之增加。因此,应加强轻质高强材料的研究,以减小截面尺寸并减轻自重。

(2) 由于砌体结构工程多为小型块材,经人工砌筑而成,砌筑工作相当繁重(在一般砖砌体结构居住建筑中,砌砖用工量占 1/4 以上)。因此在砌筑时,应充分利用各种机具来搬运块材和砂浆,以减轻劳动量;但目前的砌筑操作基本上还是采用手工方式,因此必须进一步推广砌块和墙板等工业化施工方法,以逐步克服这一缺点。

(3) 现场的手工操作,不仅工期缓慢,而且使施工质量不易保证。在设计时应十分注意提出对块材和砂浆的质量要求,在施工时要对块材和砂浆等材料质量以及砌体的砌筑质量进行严格的检查。

(4) 砂浆和块材间的粘结力较弱,使无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度都很低,造成砌体抗震能力较差,有时需采用配筋砌体。

(5) 采用烧结普通粘土砖建造砌体结构,不仅毁坏大量的农田,严重影响农业生产,而且对环境造成污染。所以,应加强采用工业废料和地方性材料代替粘土实心砖的研究,以解决上述矛盾。现在我国一些大城市已禁止使用实心粘土砖。

由于砌体结构的优点,使得它具有广泛的应用范围。在我国,大约 90% 的民用建筑采用砌体结构,在美国、英国、德国分别约为 60%、70%、80%。目前,一般民用建筑中的基础、内外墙、柱和过梁等构件都可用砌体建造。由于砖砌体质量的提高和计算理论的进一步发展,国内住宅、办公楼等 5 层或 6 层的房屋采用以砖砌体承重的砌体结构非常普遍,不少城市已建到 7 层或 8 层。重庆市在 20 世纪 70 年代建成了高达 12 层的以砌体承重的住宅,在国外有建成 20 层以上的砖墙承重房屋。在我国某些产石地区,建成不少以毛石或料石作承重墙的房屋,毛石砌体作承重墙的房屋高达 6 层。对中、小型单层厂房和多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑,也广泛地采用砌体作墙身或立柱的承重



结构。在交通运输方面,砌体可用于建造桥梁、隧道、涵洞、挡土墙等;在水利建设方面,可以用石料砌筑坝、堰和渡槽等;此外砌体还用于建造各种构筑物,如烟囱、水池、管道支架、料仓等。

由于砌体结构所存在的缺点,因此限制了它在某些场合下的应用。为有效地提高砌体结构房屋的抗震性能,在地震设防区建造砌体结构房屋,除保证施工质量外,还需采取适当的构造措施,如设置钢筋混凝土构造柱和圈梁。经震害调查和抗震研究表明,地震设防烈度在六度以下地区,一般的砌体结构房屋能经受地震的考验;如按抗震设计要求进行改进和处理,完全可在七度或八度设防区建造砌体结构房屋。

1.2 砌体结构的发展简史

砌体结构在我国有着悠久的历史,在约 6000 年前,就已有木构架和木骨泥墙。公元前 20 世纪,有土夯实的城墙;公元前 1783 年—公元前 1122 年,已逐渐开始采用粘土做成的板筑墙;公元前 1388 年—公元前 1122 年,逐步采用晒干的土坯砌筑墙;公元前 1134 年—公元前 771 年已有烧制的瓦;公元前 475 年—公元前 221 年已有烧制的大尺寸空心砖;公元 317 年—558 年已有实心砖的使用。石料也由最初的装饰浮雕、台基和制作栏杆,到后来用于砌筑建筑物。

在国外,大约在 8000 年前已开始采用晒干的土坯;5000—6000 年前左右,经凿琢的天然石材已被广泛使用;采用烧制的砖约有 3000 年的历史。

古代砌体结构的成就是辉煌的。享有悠久历史声誉的埃及胡夫金字塔(Pyramids)如图 1.1 所示,它是现存世界最古老的石结构,是约公元前 3000 年埃及第三王朝第二个国王乔赛尔为自己所修建的陵墓,是一座用 230 余万块巨石砌垒起来的高 146.6m 的伟大建筑。

从现存最古老的石建筑——古希腊的巴特农神庙(The Parthenon Temple)的构造中可以看出,它是先在地下深处设置用石灰岩块石做成的基础,在基础上砌 3 或 4 层大理石平台,在平台上用石块叠成长立柱,在柱顶安放石过梁、石腰带和飞檐,形成人字形屋顶图,如图 1.2 所示。立柱通常由几个像鼓一样的单元构件连接而成,它们用埋置在单元构件体内的销钉对中,其间灌有砂浆。在将单元构件仔细连接后,才由熟练雕工雕刻成凹槽,如图 1.3 所示。

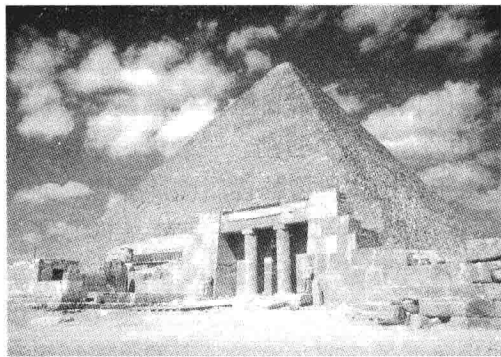


图 1.1 金字塔



图 1.2 巴特农神庙

古罗马的万神殿外观很平凡(The Pantheon),如图 1.4 所示,但其内部装饰却金碧辉煌,十分豪华。圆顶外表原来是用青铜饰面层覆盖的,至 17 世纪后改为铅饰面覆盖。万神殿的前厅与巴台农神庙相似,后面用砌体结构做成有圆屋顶的圆形祭祀殿堂。该圆球形顶部直径约 43.6m,顶端是一直径为 8.2m 的孔洞,洞口至地平面也为 43.6m 高,球面用方形的下厚上薄、下大上小的平顶砖镶板叠合砌成,并在木支架上成型。圆球形屋顶在自重作用下有向四周推出的外推力,因而,需要在圆周边上砌筑约 6m 厚的圆筒形墙体加以支承。虽然该圆筒形墙很厚,但其内部是空的,用双层筒拱将两侧边墙连接起来,形成一个刚度和强度都很大的圆筒。

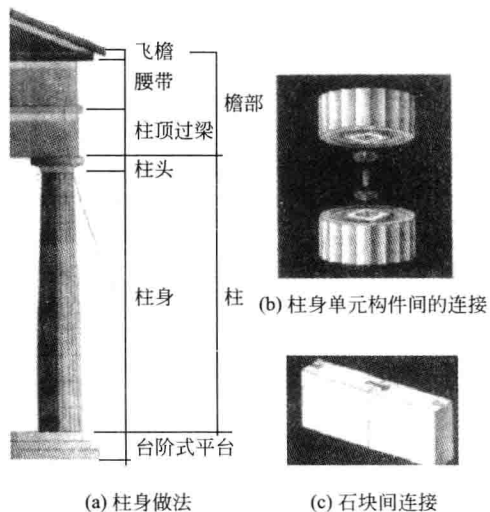


图 1.3 巴特农神庙构造示意图

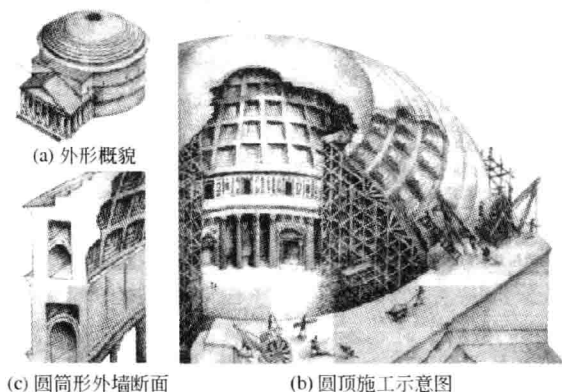


图 1.4 万神殿示意图

建成于公元 537 年的位于伊斯坦布尔的索菲亚大教堂(Hagia Sophia)如图 1.5 所示,它是一座用砖砌球壳(直径约 30m,壳顶离地约 50m)、石砌半圆拱和巨型石柱组成的宏伟砖石建筑,至今仍完整地矗立在原址,供世人观赏。

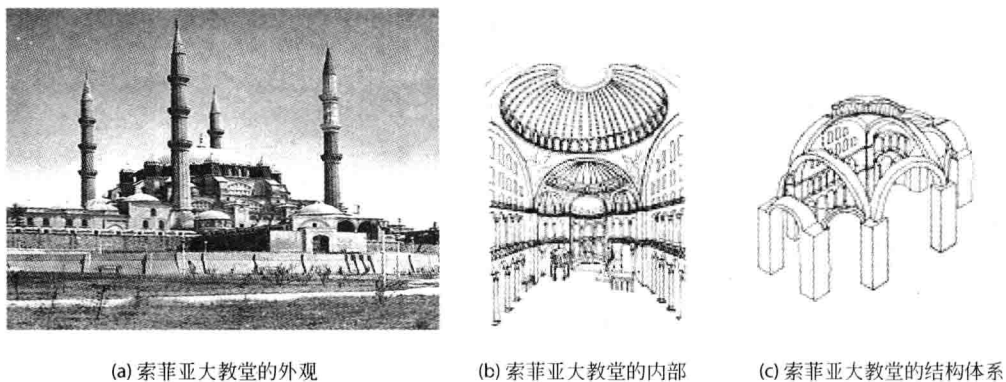


图 1.5 索菲亚大教堂

巴黎圣母院(Notre Dame de Paris)如图 1.6 所示,它是世界著名的哥特式教堂建筑,始建于 1163 年,约建成于 1180 年,建筑平面宽 47m,深 125m,可容纳万人。它是 12 世纪西方典型的有划时代创造性的砌体结构建筑,采用的是以柱墩骨架、券拱和飞扶壁等组



成的砖石框架结构,墙体不承重,如图1.7所示。由于在始建时就决定它的中厅(也称中殿)要比同期其他教堂的中厅高 $1/4\sim 1/3$ 的高度,使得中厅两侧的墙体要承受更大的风力。为了迎接这个挑战,建造者开发设计了飞扶壁的结构做法。飞扶壁是外墙外侧的既高又薄的扶壁,顶部呈弧形拱状,它越过侧廊屋顶,抵住中厅骨架拱脚,可以承受通过四方肋形穹顶砖券拱传来的外推力以及施加于中厅侧墙的风力;同时,它还能解脱两侧墙体的承重功能,使墙上可以开设各种形状的大玻璃窗。飞扶壁不仅受力合理,而且建筑造型美观,又有利于室内采光,在结构上是一个了不起的创造。巴黎圣母院建成后,很快就被后来建造的哥特式教堂所仿造,在西方曾风靡一时。



图 1.6 巴黎圣母院

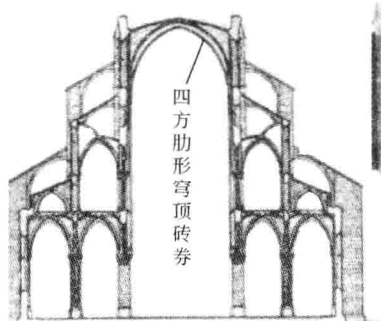
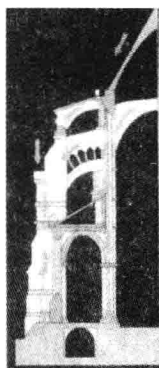
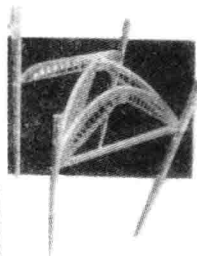


图 1.7 巴黎圣母院结构特征



中国是砌体大国,在历史上有举世闻名的万里长城,如图1.8所示,它是2000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,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,如图1.9所示;有在1400年前由料石修建的现存于河北赵县的安济桥,如图1.10所示,这是世界上最早的单孔敞肩式石拱桥,净跨为37.02m,宽约9m,为拱上开洞,既可节约石材,且可减轻洪水期的水压力,它在材料使用、结构受力、艺术造型和经济上都达到了相当高的成就,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。



图 1.8 万里长城



图 1.9 都江堰

明代建造的南京灵谷寺无梁殿以砖拱券为主体结构,室内空间为一大型砖拱,总长53.5m,总宽37.35m,纵横两个方向均为砖砌穹拱,无一根梁,如图1.11所示。它中列

最大跨度 11.25m, 净高 11.4m; 前后列跨度 5m, 净高 7.4m; 与列正交的小洞跨度 3.85m, 净高 5.9m; 外部出檐、斗拱、檠、枋等均以砖石仿造木构件制作。



图 1.10 安济桥

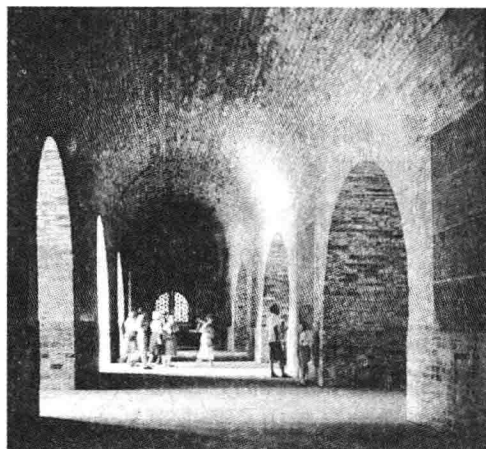


图 1.11 灵谷寺无梁殿

河北定县开元寺塔(又称料敌塔)如图 1.12 所示, 它于公元 1055 年建成, 是当时世界上最高的砌体结构, 高 84.2m, 共 11 层, 平面为八边形, 底部边长 9.8m, 采用砖砌双层筒体结构体系。

近代在 20 世纪以前, 世界上最高的砌体结构办公用楼房是 1891 年在美国芝加哥建成的莫纳德·洛克大楼(Monadnock Building), 如图 1.13 所示, 它长 62m, 宽 21m, 高 16 层。但由于当时的技术条件限制, 其底层承重墙厚 1.8m。瑞士在 20 世纪 50 年代后期用抗压强度达 60MPa、孔洞率为 28% 的多孔砖建成 19 层和 24 层高的塔式住宅建筑, 砖墙仅 380mm 厚, 由此加强了各国对砌体结构材料的研究, 使砌体结构在理论研究和设计方法上取得了众多成果, 推动了砌体结构的发展。



图 1.12 开元寺塔



图 1.13 莫纳德·洛克大楼



1.3 砌体结构的发展现状及方向

1.3.1 砌体结构的发展现状

从国外近些年来发展情况看,高强砖和高强、高粘结砂浆的使用使砌体的强度大大提高。在20世纪70年代初期,砌体抗压强度可达20MPa以上;至1975年,砌体抗压强度有达45MPa的,因而可采用薄墙,大大地减轻了自重。当采用掺入有机化合物(聚氯乙烯乳胶)的高粘结砂浆时,砌体抗压强度可提高37%,抗弯强度提高两倍,抗剪强度和整体性能都有相应提高,因而有效地改善了砖砌体的抗震性能,这对在地震区采用砖结构具有十分重要的作用。若将实心砖改为空心砖,特别是高孔洞率、高强度的大块空心砖,对于减轻建筑物自重、提高砌筑效率、节约材料、减少运输量和降低工程造价都有重要作用。

1979年意大利粘土砖的强度一般达30~60MPa,空心砖孔洞率高达60%;英国砖的抗压强度达140MPa;美国商品砖的强度为17.2~140MPa,最高达230MPa。

砂浆的强度也很高。美国ASTMC270规定的M、S、N这3种水泥石灰混合砂浆的抗压强度分别是25.5MPa、20MPa、13.9MPa,德国是13.7~14.1MPa。在美国生产的高粘结强度的砂浆抗压强度超过55MPa,用41MPa砂浆砌筑的砌体强度可达34MPa。

砌块的生产与发展非常迅猛,德国1970年生产普通砖75亿块,生产砌块相当于砖74亿块;英国1976年生产砖60亿块,生产砌块相当砖67亿块;美国1974年生产普通砖73亿块,生产砌块相当砖370亿块。

1932年,前苏联的聂克拉索夫提出在砌体砂浆层中配置钢筋做成配筋砌体,使砌体结构的应用得到大面积推广。

美国用两片90mm厚单砖墙中间夹70mm的配筋灌浆层建成21层高的公寓。当前,高强砖砌体、配筋砖或空心砖砌体、配筋混凝土块材、配筋混凝土空心砖以及混凝土和砖组合砌体,已成为不少国家常用的砌体结构材料。

前苏联是世界上最先建立砌体结构理论和设计方法的国家,从20世纪40年代就开始进行大量系统的理论研究和试验,在20世纪50年代提出了砌体结构极限状态设计法。欧美各国从20世纪60年代以来,逐渐改变长期沿用的按弹性理论的容许应力设计法。国际建筑研究与文献委员会承重墙工作委员会(CIB.W23)于1980年颁布《砌体结构设计施工的国际建议》(CIBJ 58),国际标准化协会砌体结构委员会ISO/TC 179编制的《砌体结构设计规范》均采用了以近似概率理论为基础的安全度准则。

近半个世纪以来,我国的砌体结构得到了空前的发展,经历了一个由砖砌体(含承重多孔空心砖砌体)—配筋砖砌体—大型振动砖壁板材—配筋混凝土砌块砌体的发展过程。

(1) 在1952年,我国统一了粘土砖的规格,使之标准化、模数化,建筑砌块也从功能停留在墙用砌块范畴的五六种规格的单调形式,发展有结合节能在孔形上稍作变化的单孔、双排孔、三排孔、方孔、圆孔、条孔的空心砌块。国外还专门生产专用的门窗洞砌块、转角砌

块、端墙砌块、过梁砌块、壁柱砌块、管道砌块、控制缝砌块等。在砌筑施工方面,我国创造了多种合理、快速的施工方法,既加快了工程进度,又保证了砌筑质量。目前我国承重空心砖孔洞率一般在30%以内,抗压强度一般在10MPa左右,少数可达30MPa。

(2)在材料上,我国由过去单一的烧结普通砖发展到采用承重粘土多孔砖和空心砖、混凝土空心砌块、轻骨料混凝土或加气混凝土砌块、非烧结硅酸盐砖、硅酸盐砖、粉煤灰砌块、灰砂砖以及其他工业废渣,如粉煤灰、炉渣、矿渣、煤矸石、多种冶金渣、尾矿等制成的无熟料水泥煤渣混凝土砌块和石膏、脱硫石膏、浮石、蛭石、淤泥等制成的砌块,其中某些种类的砌块具有强度高、隔热、隔声、防火、环保、健康舒适、施工安装快捷、无污染、无放射性等特点。同时,还发展了高强度砂浆。

(3)在新技术应用方面,振动砖墙板技术、预应力空心砖楼板技术与配筋砌体等都得到了应用。20世纪50年代用振动墙板建成5层住宅,20世纪70年代用空心砖做成振动砖墙板建成4层住宅。20世纪60年代开始在一些房屋的部分砖砌体承重墙、柱中采用网状配筋,提高了墙、柱的承载力,节约了材料;20世纪70年代以来,尤其是经历了1975年海城地震和1976年唐山大地震之后,我国加强了对配筋砌体结构的试验和研究。为了提高砖墙的抗震性能,我国西北建筑设计院曾研制以 $240\text{mm}\times 240\text{mm}\times 90\text{mm}$ 为模数的抗震空心砖,在砖的孔洞中可放置竖向钢筋浇筑混凝土,形成构造柱体,对砌体结构的研究和实践取得了相当丰富的成果。1998年,上海曾采用190mm厚的混凝土空心砌块配筋砌体建成了18层的住宅楼,它属于以配筋砌块剪力墙结构体系的高层建筑,是目前我国最高的砌体结构建筑。

(4)在新型结构形式上,我国也有了较大发展,砌体承重结构已发展为大型墙板、内框架结构、底层框架结构、内浇外砌、挂板等;在大跨度的砌体结构方面,用砖砌体建造屋面、楼面结构,如双曲扁球形砖壳屋盖、双曲砖扁壳楼盖、空心砖建成的双曲扁壳屋盖(跨度达 $16\text{m}\times 16\text{m}$)。

新中国成立前直至1950年,我国谈不上有任何结构设计理论。国家建委于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》(NUTY 120—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,我国于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,其中收集了我国历年来各地试验的砌体强度数据4023个,补充了长柱受压试件近200个、局压试件100多个、墙梁试件200多根及有限元分析数据2000多个,还进行了11栋多层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,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