



21st CENTURY

实用规划教材

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

主 编 何培玲 尹维新
副主编 任森智 余文晖
主 审 范 进



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

主 编	何培玲	尹维新
副主编	任森智	余文晖
参 编	吴美琴	白应华
主 审	范 进	



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,本教材结合应用性本科的培养目标和基本要求,加强针对性,突出应用性和实用性,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,注意从工程的角度加深对结构实践的系统性,尽量反映新技术的应用。

全书共六章,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体系及其承载力验算,砌体结构墙体中的过梁、墙梁、挑梁,砌体结构的墙体设计等。

为方便学习,每章均编有本章提要、本章小结、习题及思考题,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。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教学用书,并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. —北京:北京大学出版社, 2006. 1

(21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10302-6

I. 砌… II. ①何…②尹… 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(2005)第 145426 号

书 名: 砌体结构

著作责任者: 何培玲 尹维新 主编

责任编辑: 吴 迪 李昱涛

标准书号: ISBN 7-301-10302-6/TU · 0015

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> <http://www.pup6.com>

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

电子信箱: pup_6@163.com

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 300 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 彭少民

副主任 (按拼音顺序排名)

陈伯望 金康宁 李 忱 李 杰

罗迎社 彭 刚 许成祥 杨 勤

俞 晓 袁海庆 周先雁

委 员 (按拼音顺序排名)

邓寿昌 付晓灵 何放龙 何培玲

李晓目 李学罡 刘 杰 刘建军

刘文生 罗 章 石建军 许 明

严 兵 张泽平 张仲先

丛书总序

我国高等教育发展迅速，全日制高等学校每年招生人数至 2004 年已达到 420 万人，毛入学率 19%，步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这大规模的扩招，教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体：一是学生，一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映，教材则是两个主体的媒介，属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出：“一些高校办学定位不明，盲目追求上层次、上规格，导致人才培养规格盲目拔高，培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考硕热’、‘考博热’持续升温，应试学习倾向仍然比较普遍，导致各层次人才培养目标难于全面实现，大学生知识结构不够合理，动手能力弱，实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材，在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用，但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐，许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材，缺乏针对性强的实用教材。

近年来，我国房地产行业已经成为国民经济的支柱产业之一，随着本世纪我国城市化的大趋势，土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教學需求，从 2004 年 10 月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书，并派出 10 多位编辑分赴全国近 30 个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上，规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过 2005 年 1 月份在湖南大学的组稿会和 2005 年 4 月份在三峡大学的审纲会，在来自全国各地几十所高校的知名专家、教授的共同努力下，不但成立了本丛书的编审委员会，还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的 40 多个选题，再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力，并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑辛勤劳动下，首批教材终于 2006 年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中，得到了越来越多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是，在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下，北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校，于 2005 年 11 月 26 日在长沙中南林学院召开了《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》（第二批）组稿会，规划了①建筑学专业；②城市规划专业；③建筑环境与设备工程专业；④给排水工程专业；⑤土木工程专业道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近 60 多个选题。至此，北京大学出版社规划的“大土木建筑系列教材”已经涵盖了“大土建”的 6 个专业，是近年来全国高等教育出版界唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材，并将于 2007 年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育，在国家教育部和建设部的指导下，经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨，已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式，明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格，从宽口径的视角，要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等,并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲,由一批长期在教学第一线从事教学并有过多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编,以定位“应用型人才培养”为目标而编撰,具有以下特点:

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案,注重提高学生综合素质和创新能力,注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构,不刻意追求理论研究型教材深度,内容取舍少而精,向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上,深入研究各课程之间的相互关系,各课程教材既要反映本学科发展水平,保证教材自身体系的完整性,又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生,单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法,要取得专门实践的成功是不够的,因为这些方法随科学技术的发展经常在改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步,教材的编撰侧重培养学生透彻理解教材中的基本理论、基本特性和性能,又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景,以不变应万变,这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程,系1999~2002年完成的修订,内容有较大的取舍和更新,反映了我国土木工程设计与施工技术的发展。作为应用型教材,为培养学生毕业后获得注册执业资格,在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释义。

(5) 当代土木工程设计,越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件,有些结构特殊要求,则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中,在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上,给出了设计方法的详细步骤,这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图,有助于培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观,从可持续发展的观念,根据课程特点,反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺,以社会发展和科技进步的新近成果充实、更新教材内容,尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式,以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者,没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践,要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台,为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生,不吝指正,随时给我们提出宝贵的意见,以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的PPT电子教案在出版社相关网站上提供下载。

《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006年1月

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。

目 录

第 1 章 绪论	1	2.5.2 砌体的弹性模量和剪变模量	33
1.1 概述	1	2.5.3 砌体的线膨胀系数和收缩率	35
1.2 砌体结构的特点及应用范围	1	2.5.4 砌体的摩擦系数	35
1.3 砌体结构的发展简史	3	2.6 本章小结	36
1.4 砌体结构的发展现状	7	2.7 思考题与习题	36
1.5 砌体结构的发展展望	10	第 3 章 砌体结构构件的承载力计算	38
1.6 本章小结	12	3.1 以概率理论为基础的极限状态	
1.7 思考题与习题	12	设计方法	38
第 2 章 砌体材料及其基本力学性能	13	3.1.1 结构上的作用和作用效应	38
2.1 砌体的种类	13	3.1.2 结构功能和可靠度	39
2.1.1 砖砌体	13	3.1.3 极限状态设计法	42
2.1.2 砌块砌体	14	3.1.4 砌体的强度标准值和设计值	44
2.1.3 石砌体	15	3.1.5 砌体的强度设计值调整系数	48
2.1.4 配筋砌体	15	3.2 受压构件	48
2.1.5 墙板	17	3.2.1 短柱的承载力分析	48
2.2 砌体的材料及其强度等级	17	3.2.2 长柱承载力的分析	51
2.2.1 砖	17	3.2.3 受压构件的承载力计算	55
2.2.2 砌块	19	3.2.4 双向偏心压构件的	
2.2.3 石材	20	承载力计算	56
2.2.4 砌筑砂浆	21	3.3 局部受压	60
2.2.5 钢筋与混凝土	22	3.3.1 局部受压的基本性能	60
2.2.6 砌体材料的选择	22	3.3.2 局部均匀受压	61
2.3 砌体的受压性能	23	3.3.3 梁端支承处砌体局部受压	62
2.3.1 砌体的受压破坏特征	23	3.3.4 梁端垫块下砌体局部受压	64
2.3.2 砌体的受压应力状态	23	3.3.5 梁端垫梁下砌体局部受压	66
2.3.3 影响砌体抗压强度的因素	24	3.4 受拉、受弯及受剪构件	69
2.3.4 砌体抗压强度的计算	27	3.4.1 受拉构件	69
2.4 砌体的受拉、受弯、受剪性能	28	3.4.2 受弯构件	70
2.4.1 砌体的轴心受拉性能	28	3.4.3 受剪构件	71
2.4.2 砌体的受弯性能	30	3.5 配筋砌体构	73
2.4.3 砌体的受剪性能	31	3.5.1 网状配筋砖砌体构件	73
2.5 砌体的其他性能	33	3.5.2 组合砖砌体构件	76
2.5.1 砌体的应力—应变关系	33	3.5.3 组合砖墙	80

3.5.4 配筋砌块砌体构件.....	82	4.7.1 基础埋置深度	139
3.6 本章小结	88	4.7.2 墙、柱基础的计算	139
3.7 思考题与习题	88	4.7.3 常用刚性基础的剖面形式 及其适用范围	142
第4章 砌体结构房屋的墙体的 承载力验算.....	92	4.8 本章小结	142
4.1 砌体结构房屋的组成及结构布置	92	4.9 思考题与习题	143
4.1.1 纵墙承重方案.....	92	第5章 砌体结构墙体中过梁、 墙梁、挑梁.....	145
4.1.2 横墙承重方案.....	93	5.1 过梁的设计计算	145
4.1.3 纵横墙混合承重方案.....	94	5.1.1 过梁的类型	145
4.1.4 内框架承重方案.....	95	5.1.2 过梁上的荷载取值	146
4.1.5 底部框架承重方案.....	96	5.1.3 过梁的计算	147
4.2 砌体结构房屋的静力计算方案	96	5.2 墙梁的设计计算	151
4.2.1 房屋的空间工作性能.....	96	5.2.1 概述	151
4.2.2 房屋的静力计算方案.....	99	5.2.2 简支墙梁的受力性能 及破坏形态	153
4.2.3 《规范》对横墙的要求.....	100	5.2.3 连续墙梁的受力性能 及破坏形态	157
4.3 墙、柱的高厚比验算	101	5.2.4 框支墙梁的受力性能 及破坏形态	159
4.3.1 墙、柱的计算高度.....	101	5.2.5 墙梁设计一般规定	160
4.3.2 高厚比的影响因素.....	102	5.2.6 墙梁的承载力计算	161
4.3.3 允许高厚比及其修正.....	103	5.2.7 墙梁的构造要求	164
4.3.4 墙、柱高厚比验算.....	104	5.3 挑梁	169
4.4 单层房屋的墙体计算	110	5.3.1 挑梁的受力特点 与破坏形态	169
4.4.1 单层刚性方案房屋承重 纵墙的计算.....	110	5.3.2 挑梁的承载力验算	171
4.4.2 单层弹性方案房屋承重 纵墙的计算.....	112	5.3.3 雨篷设计	173
4.4.3 单层刚弹性方案房屋承重 纵墙的计算.....	114	5.4 本章小结	175
4.5 多层房屋的墙体计算	123	5.5 思考题与习题	175
4.5.1 多层刚性方案房屋承重 纵墙的计算.....	123	第6章 砌体结构的墙体设计	177
4.5.2 多层刚性方案房屋承重 横墙的计算.....	127	6.1 墙、柱的一般构造要求	177
4.5.3 多层刚弹性方案 房屋的计算.....	133	6.1.1 墙、柱的最小截面 尺寸的要求	177
4.6 地下室墙的计算	134	6.1.2 墙、柱中设混凝土垫块 和壁柱的构造要求	177
4.6.1 地下室墙体的荷载.....	135	6.1.3 砌块砌体的构造要求	178
4.6.2 地下室墙体的计算.....	136		
4.7 墙、柱刚性基础设计	138		

6.1.4 砌体中留槽洞及埋设管道 时的构造要求.....	178	6.3 墙体的质量及裂缝分析	185
6.1.5 夹心墙的构造要求.....	179	6.3.1 墙体质量	185
6.1.6 墙、柱稳定性的一般 构造要求.....	179	6.3.2 墙体出现裂缝的原因及 主要防治措施	186
6.1.7 多层砌体房屋抗震的一般 构造要求.....	180	6.4 本章小结	196
6.2 墙体的布置及圈梁的设计	181	6.5 思考题与习题	197
6.2.1 墙体的布置.....	181	参考文献	198
6.2.2 圈梁的设计与构造.....	182		

第1章 绪 论

教学提示：本章主要讲述了砌体结构的一般概念；重点阐述了砌体结构的特点和砌体结构的历史、现状及发展前景。

教学要求：本章让学生在了解砌体结构的一般概念的基础上，深刻理解和掌握砌体结构的优缺点，了解砌体结构的应用及发展前景。

1.1 概 述

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总称为配筋砌体结构。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砌体结构。

1.2 砌体结构的特点及应用范围

砌体结构有着与其他结构迥然独到的特点。其主要优点有：

(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。不仅比钢结构节约钢材，较钢筋混凝土结构可以节约水泥和钢材，而且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。一般新铺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重量、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, 也存在下列一些缺点。

(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, 而且施工质量得不到保证。应十分注意在设计时提出对块材和砂浆的质量要求, 在施工时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。

砌体结构迥异的特点, 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 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, 也较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。

1.3 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版筑墙。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 年至公元前 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广泛使用;采用烧制的砖也有约 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(如图 1.1 所示),是现存世界最古老的石结构。系约公元前 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。

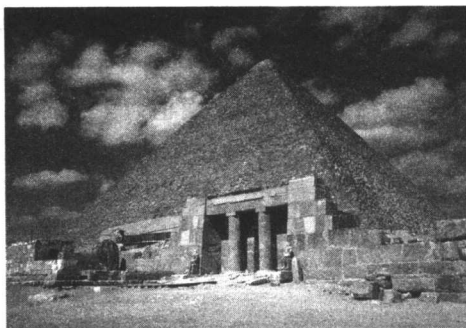


图 1.1 金字塔

从现存最古老的石建筑古希腊的巴特农神庙(The Partheon, 如图 1.2 所示)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。立柱通常由几个像鼓一样的单元构件连接而成,它们用埋置在铅内的销钉对中,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)。

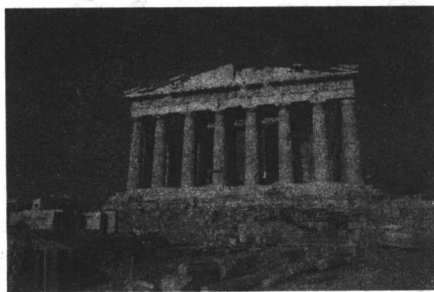


图 1.2 巴特农神庙

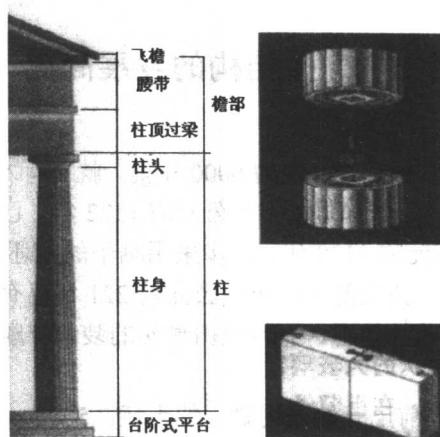


图 1.3 巴特农神庙构造示意图

(a)柱身做法 (b)柱身单元构件间的连接 (c)石块间连接

古罗马万神殿外观很平凡(The Pantheon, 如图 1.4 所示), 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。万神殿的前厅与巴特农神庙相似, 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, 顶端为一 8.2m 直径的孔洞, 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, 但是内部是空的, 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桶。

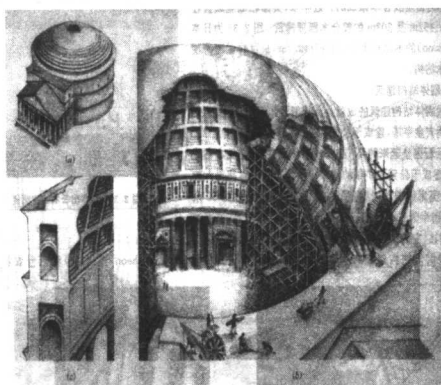
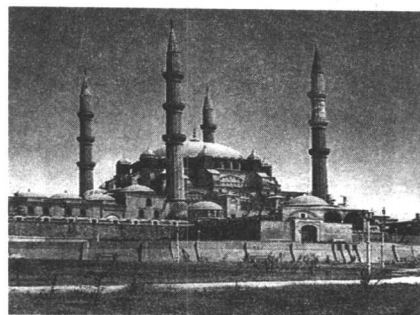


图 1.4 万神殿示意图

(a)外形概貌 (b)圆顶施工示意 (c)圆筒形外墙断面

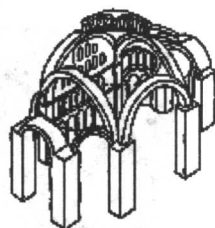
建成于公元 537 年的位于伊斯坦布尔的索菲亚大教堂(Hagia Sophia, 如图 1.5 所示), 是一座用砖砌球壳(直径约 30 m, 壳顶离地约 50 m)、石砌半圆拱和巨型石柱组成的宏伟砖石建筑。它们至今仍完整地矗立在原址, 供世人观赏。



(a) 索非亚大教堂外观



(b) 索非亚大教堂内部



(c) 索非亚大教堂的结构体系

图 1.5 索非亚大教堂

巴黎圣母院(Notre Damede Paris, 如图 1.6 所示)是世界著名歌德式教堂建筑, 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。在巴黎圣母院建成后, 很快它就被后来建造的歌德式教堂所仿造, 在西方曾风靡一时。

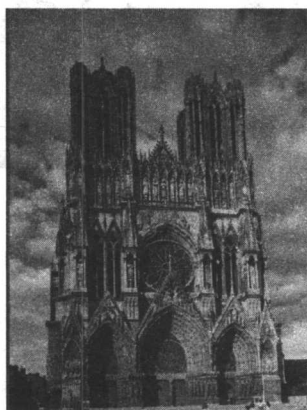


图 1.6 巴黎圣母院

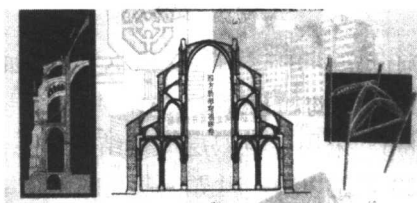


图 1.7 巴黎圣母院结构特征

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), 它是两千多万年前用“秦砖汉瓦”建造的世界上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(如图 1.9 所示); 有在 1400 年前由料石修建的现存河北赵县的安济桥(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,

它无论在材料使用、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。

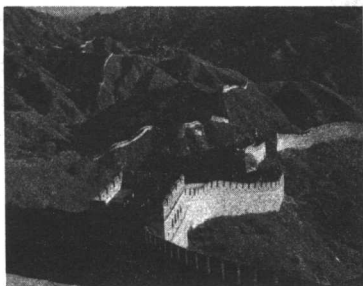


图 1.8 万里长城



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)。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、檩、枋等均以砖石仿造木构件制作。



图 1.10 安济桥

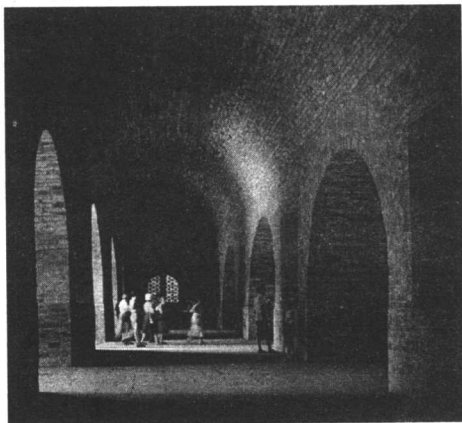


图 1.11 灵谷寺无梁殿

河北定县开元寺塔(又称料敌塔,如图 1.12 所示)于公元 1055 年建成,是当时世界上最高的砌体结构。它高 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。

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 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。

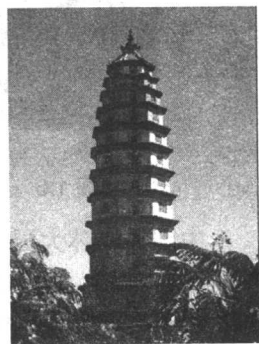


图 1.12 开元寺塔



图 1.13 莫纳德·洛克大楼

1.4 砌体结构的发展现状

从国外近些年来的发展情况看,由于高强砖和高强、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,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,空心砖空心率高达 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 ASTM C270 规定的 M、S、N 三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。