

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



QITI JIEGOU

砌体结构

何培玲 主 编
王继果 刘肖凡 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



QITI JIEGOU

砌体结构

主 编 何培玲
副主编 王继果 刘肖凡
编 写 余文晖 曹秀丽
主 审 许成祥



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。全书共8章，主要内容包括绪论，砌体及其基本材料力学性能，砌体结构构件的设计方法，砌体结构构件的承载力计算，砌体结构房屋的墙体设计，砌体结构墙体中的过梁、圈梁、墙梁、挑梁设计，砌体结构的墙体设计，砌体结构房屋抗震设计等。

本书结合对创新型应用性本科人才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，重视应用能力和创造性思维能力的培养。

为方便读者学习，每章均编有本章提要、本章小结及思考题，主要章节还附有简明实用的工程设计实例和供巩固提高的作业。

本书可作为普通高等院校土木工程专业及相关专业教材，也可作为土建工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

砌体结构/何培玲主编. —北京: 中国电力出版社, 2010. 8

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5123-0516-8

I. ①砌… II. ①何… III. ①砌块结构—高等学校—教材
IV. ①TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 107816 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011年3月第一版 2011年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 11.25印张 272千字

定价 19.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。全书共8章，主要内容包括绪论，砌体及其基本材料力学性能，砌体结构构件的设计方法，砌体结构构件的承载力计算，砌体结构房屋的墙体设计，砌体结构墙体中的过梁、圈梁、墙梁、挑梁设计，砌体结构的墙体设计，砌体结构房屋抗震设计等。

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，满足社会对高等学校创新型应用人才培养的需求，采用理论、实践、应用三者相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。

本书根据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订的“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新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2010)进行编写。全书内容精炼、浅显易懂、可读性强、重点突出。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。

本书编写分工如下：余文晖（武汉工业学院）编写第1章，王继果（三江学院）编写第2、6、7章，曹秀丽（南京工程学院）编写第3、8章，何培玲（南京工程学院）编写第4章，刘肖凡（武汉工业学院）编写第5章，全书由何培玲、王继果主编。长江大学许成祥教授审阅了全书，提出许多宝贵意见，在此表示感谢！

限于编者水平，书中难免不足之处，欢迎读者批评指正。

编者

2011年2月



目 录

前言

| | |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 砌体结构发展史 | 1 |
| 1.2 砌体结构的优缺点 | 6 |
| 1.3 砌体结构的应用范围 | 7 |
| 1.4 现代砌体结构展望 | 7 |
| 1.5 本章小结 | 8 |
| 思考题 | 9 |
| 第 2 章 砌体及其基本材料力学性能 | 10 |
| 2.1 砌体材料及其强度等级 | 10 |
| 2.2 砌体的种类 | 16 |
| 2.3 砌体的受压性能 | 19 |
| 2.4 砌体的受拉、受弯、受剪性能 | 23 |
| 2.5 砌体的变形和其他性能 | 26 |
| 2.6 本章小结 | 29 |
| 思考题 | 30 |
| 第 3 章 砌体结构构件的设计方法 | 31 |
| 3.1 极限状态设计方法的基本概念 | 31 |
| 3.2 砌体的强度标准值和设计值 | 34 |
| 3.3 砌体结构耐久性 | 38 |
| 3.4 本章小结 | 40 |
| 思考题 | 40 |
| 第 4 章 砌体结构构件的承载力计算 | 41 |
| 4.1 受压构件承载力计算 | 41 |
| 4.2 局部受压承载力计算 | 52 |
| 4.3 轴心受拉、受弯和受剪构件承载力计算 | 61 |
| 4.4 配筋砌体构件承载力计算 | 64 |
| 4.5 本章小结 | 76 |
| 思考题 | 76 |
| 习题 | 76 |
| 第 5 章 砌体结构房屋的墙体设计 | 79 |
| 5.1 砌体结构房屋的组成及结构布置 | 79 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 5.2 | 砌体结构房屋的静力计算方案 | 81 |
| 5.3 | 墙、柱的高厚比验算 | 85 |
| 5.4 | 单层房屋的墙体计算 | 89 |
| 5.5 | 多层房屋的墙体计算 | 94 |
| 5.6 | 地下室墙的设计 | 102 |
| 5.7 | 本章小结 | 104 |
| | 思考题 | 105 |
| | 习题 | 105 |
| 第6章 | 砌体结构墙体中的过梁、圈梁、墙梁、挑梁设计 | 106 |
| 6.1 | 过梁 | 106 |
| 6.2 | 圈梁 | 111 |
| 6.3 | 墙梁 | 113 |
| 6.4 | 挑梁 | 129 |
| 6.5 | 本章小结 | 132 |
| | 思考题 | 133 |
| | 习题 | 133 |
| 第7章 | 砌体结构的墙体设计 | 136 |
| 7.1 | 墙、柱的一般构造要求 | 136 |
| 7.2 | 墙体的布置 | 140 |
| 7.3 | 墙体的质量及裂缝分析 | 141 |
| 7.4 | 本章小结 | 150 |
| | 思考题 | 151 |
| 第8章 | 砌体结构房屋抗震设计 | 152 |
| 8.1 | 砌体结构房屋的震害 | 152 |
| 8.2 | 砌体结构房屋抗震一般规定 | 153 |
| 8.3 | 砌体结构房屋抗震计算要点 | 156 |
| 8.4 | 砌体结构房屋抗震构造措施 | 160 |
| 8.5 | 砌体结构房屋抗震验算 | 166 |
| 8.6 | 本章小结 | 171 |
| | 思考题 | 172 |
| | 参考文献 | 173 |

第1章 绪 论

本章提要：本章主要叙述了砌体结构的一般概念，重点介绍了砌体结构的发展史、特点、应用范围、现状以及今后砌体结构研究方向和发展前景。

要求学生掌握砌体结构的特点，并了解其应用和发展。

1.1 砌体结构发展史

由砖砌体、石砌体或砌块砌体建造的结构，称为砌体结构。

石材是史前以及人类进入文明之后应用的最古老、最丰富、最重要的原材料。人类住在石材的建筑物中，在石材庙宇中膜拜，并建造了石板路和石桥。砖是经过人类加工的最古老的建筑材料，它大约是在 10 000 年前发明的，烧结砖的生产和使用也已有 3000 余年的历史。

拱和穹顶结构的发明堪称是砌体结构乃至建筑结构最显著的革新。拱的出现摆脱了建筑物跨越能力的局限性，使曾经被认为不可实现的，用石材在空间架桥的想法成为现实。

我国的砌体结构有着悠久的历史 and 辉煌的记录。据记载我国长城始建于公元前 7 世纪春秋时期的楚国，在秦代用乱石和土将秦、燕、赵北面的城墙连成一体并增筑新的城墙，建成闻名于世的万里长城，其中一部分用烧制砖砌筑。图 1-1 为山海关——万里长城东端的重要关隘，称“天下第一关”，位于河北省。我国于 1979 年 5 月，在辽宁西部喀喇沁左翼蒙古族自治县东山嘴村发现一处原始社会末期的大型石砌祭坛遗址。1983 年以后，又在相距 50 公里的建平、凌源两县交界处牛河梁村发现一座女神庙遗址和数处积石大建筑群，以及一座类似城堡或方形广场的石砌围墙遗址，距今已有 5000 多年历史。



图 1-1 山海关

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，虽然在地震中遭到一定程度的毁坏，还是值得我们自豪和继承的。我国隋朝石匠李春以无比的聪明才智，建造的河北赵县安济桥，又名赵州桥（图 1-2），是一座单孔弧形敞肩拱石桥，长 60 多米，历尽风雨沧桑 1400 年。拱肩加拱这一“敞肩拱”法的运用，是世界桥梁之首创，也是赵州桥最独特之处。桥上雕刻栩栩如生，注视着车水马龙的过客。隋用无言的石料，不仅完成了这举世无双的宏伟建筑，而且给后人留下了无限的遐想和诗画般的意境。



图 1-2 赵州桥

中国封建时期采用砖木建造的寺院、庙宇、宫殿和宝塔等，体现了中国古代砌体结构的成就。其中砖塔是一种高层建筑，建于北魏时期的河南登封嵩岳寺塔为高 40m 的砖砌密檐式塔，是中国最古密檐式砖塔，为砖砌单筒体结构（图 1-3）。西安大雁塔（图 1-4）也为砖砌单筒体结构，高 60 多米，1200 多年来，历经数次地震，仍巍然屹立。河北定县料敌塔高约 84m，为砖砌双筒体结构。



图 1-3 河南登封嵩岳寺塔

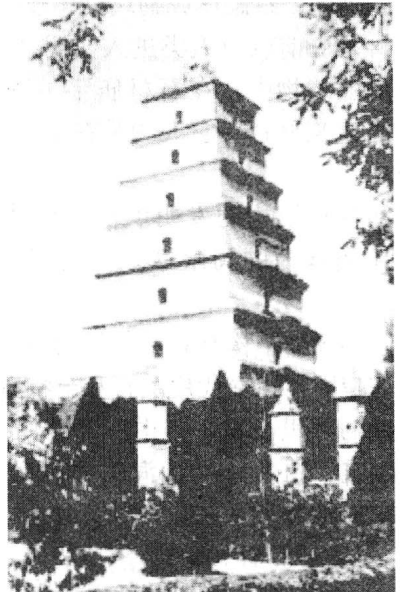


图 1-4 西安大雁塔

在国外，大量具有纪念性的古建筑用砖、石建造。如用加工的巨大石块建成的金字塔一直保存到现代。其中在尼罗河三角洲的吉萨建造的 3 座大金字塔建于公元前 2723~前 2563 年（图 1-5），是精确的正方锥体，其中最大的胡夫金字塔，塔高 146.6m，底边长 230.60m，约用 230 万块重 2.5 吨的石块建成，它是古王国第四王朝法老们的陵墓。

欧洲古建筑以石砌体居多，如罗马在公元 72~公元 80 年采用石结构建成的罗马大角斗场（图 1-6），至

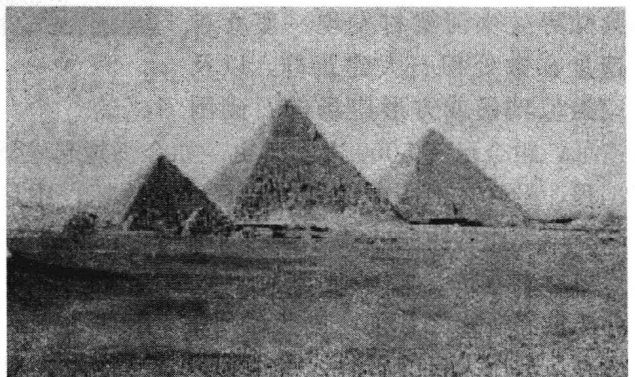


图 1-5 埃及吉萨的大金字塔群

今仍供人们参观，平面为椭圆形，长轴 189m，短轴 156.4m，高 48.5m，分 4 层，可以容纳 5 万~8 万观众，也用块石砌成，4 层楼的 3 楼以下皆为拱门式建筑，其装饰性式样由下往上依次是多利安式、爱奥尼亚式和科林斯式。外墙最上层竖有旗杆，穿上绳子就能张起巨大的篷顶，变成不受气候影响的全天候竞技场。中世纪，在欧洲用砖砌筑的拱、券、穹隆和圆顶等结构也得到很大发展。如公元 532 年始建于君士坦丁堡的圣索菲亚教堂，东西向长 77m，南北向长 71.7m，正中是直径 32.6m、高 15m 的穹顶，全部用砖砌成。



图 1-6 罗马大角斗场

自 1824 年发明波特兰水泥后，最早的混凝土砌块于 1882 年问世，因此砌块的生产 and 应用仅百余年的历史。混凝土小型空心砌块起源于美国，第二次世界大战后混凝土砌块的生产 and 应用技术传至美洲和欧洲的一些国家，继而又传至亚洲、非洲及大洋洲。美国于 1897 年建成第一幢砌块建筑。1952 年建成的美国退伍军人医院、1966 年建成的圣地亚哥 8 层海纳雷旅馆（位于 9 度抗震设防区）和洛杉矶 19 层公寓等，都采用了配筋砌块结构，这些砌块建筑大部分都经历了强烈地震的考验。

在工业革命的冲击下，人们对建筑材料的注意力集中到钢铁和混凝土上来。到 20 世纪早期，人们更多的关注摩天大楼，而石材和砌体结构由于材料特性的局限（强度低、脆性大），已经跟不上其他建筑体系的发展步伐了。

20 世纪上半叶我国砌体结构的发展缓慢，直至建国以后砌体结构才得到迅速发展。1949 年以来，我国砖的产量连年增长。据统计，1980 年全国砖的年产量约为 1566 亿块。1990 年增至 6200 亿块，为世界其他国家砖年产量的总和，全国基本建设中墙体材料 90% 以上为砌体。住宅、办公楼等民用建筑中主要采用砖墙承重。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、多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑，此外还可用砖石建造各种砖石构筑物，如烟囱、筒仓、拱桥、挡土墙等。此外，我国在古代建桥技术的基础上还建造了多座 100m 以上的石拱桥，有些还在不同方面创造了世界纪录。长期以来，我国逐步积累了在地震区建造砌体结构房屋的宝贵经验，尤其唐山大地震以后，按照抗震规范设计在砌体墙中带有构造柱做法的房屋，已在多次地震中得到了考验。经过设计与构造上的改进和处理，还在 7 度和 8 度抗震设防区建造了砌体结构房屋。据不完全统计，从 20 世纪 80 年代初至今，我国主要大中城市建

造的多层砌体结构房屋已达 70 亿~80 亿平方米。综上所述,砌体结构作为一种重要的土木工程结构材料,在我国的应用范围仍将十分广泛。

但值得注意的是黏土是制造黏土砖的主要原材料,要增加砖产量,势必过多占用农田。不但严重影响农业生产,对保持生态环境平衡也是很不利。我国是一个土地资源非常紧缺的国家,人均耕地占有量只有 1006.7m^2 ,仅为世界人均水平的 45%。我国实心黏土砖的年产量曾高达 7000 亿块,不仅严重毁田,且每年生产能耗 7000 多万吨标准煤,与此同时年排放 2 亿多吨煤矸石和粉煤灰,不仅占用大量土地而且严重污染环境。

20 世纪 60 年代以来,我国小型空心砌块和多孔砖的生产及应用有较大发展。20 世纪 60 年代末我国已提出墙体材料革新,90 年代至今我国墙体材料革新已迈入第三个重要的发展阶段。2000 年我国新型墙体材料占墙体材料总量的 28%,新型墙体材料产量达到 2100 亿块标准砖,累计节约耕地 4 万公顷,节约燃煤 6000 万吨标准煤,利用工业废渣 3.2 亿吨,减少了二氧化硫和氮氧化物等有害气体排放,并淘汰了一批小型砖瓦企业。1958 年建成采用砌块作墙体的房屋以来,经过几十年的实践,砌块墙体已成为我国墙体改革的重要途径之一。1996 年,我国砌块的年产量约 2500 万立方米,用砌块作墙体的房屋面积已达 5000 万平方米。近 10 年来,我国混凝土砌块与砌块建筑的年递增量均在 20% 左右。20 世纪 80 年代,在广西南宁建成 10 层住宅和 11 层办公楼;20 世纪 90 年代,在辽宁本溪建成 12 万平方米的 8~10 层住宅。

我国对配筋砌体结构的研究起步较晚。80 年代主要探讨砖混组合墙及设有构造柱组合砖墙在中高层房屋中的应用,取得了一定的成果。90 年代以来,我国加快并深化了对配筋混凝土砌块砌体结构的研究和应用,在吸收和消化国外配筋砌体结构成果的基础上,建立了具有我国特点的配筋混凝土砌块砌体剪力墙结构体系,大大拓宽了砌体结构在高层房屋及在抗震设防地区的应用。近几年已建成数幢配筋混凝土砌块砌体剪力墙结构的高层房屋。如上海园南新村 18 层配筋砌块剪力墙住宅试点建筑,大屋面标高 51.4m,承重墙均为全灌芯配筋砌块砌体;盘锦市国税局 15 层配筋砌块住宅,建筑高度 46m,除电梯井外,承重墙均为配筋混凝土砌块砌体。两栋高层建筑均建于 7 度抗震设防地区(图 1-7)。

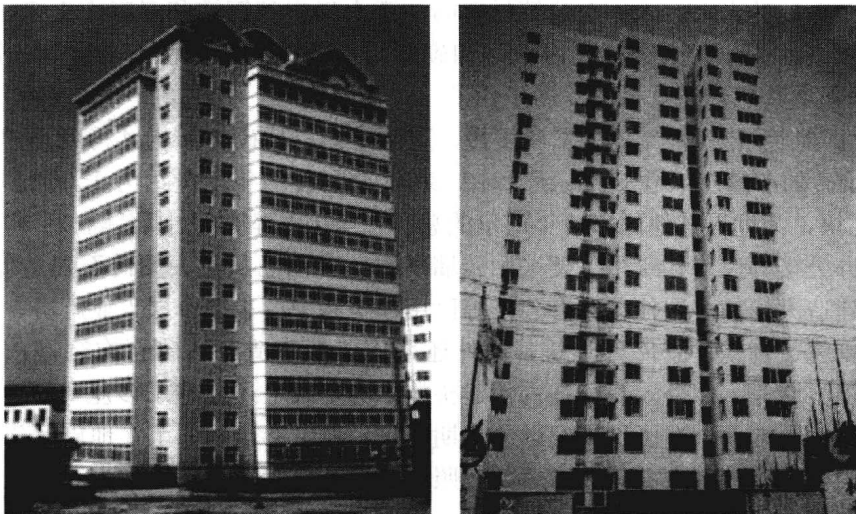


图 1-7 配筋砌块剪力墙住宅

近几十年来国外研究、生产了许多性能好、质量高的砌体材料,推动了砌体结构的迅速发展。在英国砖的抗压强度最高达 140MPa。目前,欧美及澳大利亚等国砖的抗压强度一般均可达到 30~69MPa,且能生产强度高于 100MPa 的砖,空心砖的重力密度一般为 13kN/m³,轻的则达 6kN/m³。国外采用的砌筑砂浆强度也较高,美国 ASTM C270 规定的 M、S 和 N 三类水泥石灰混合砂浆的抗压强度分别为 25.5MPa、20MPa 和 13.8MPa;德国采用的水泥石灰混合砂浆抗压强度为 13.7~41.1MPa;还研制出高黏结强度砂浆。由于砖和砂浆材料性能的改善,砌体的抗压强度也大大提高,在西欧及美国,20 世纪 70 年代砖砌体的抗压强度已达 20MPa 以上,接近甚至超过了普通混凝土的强度。国外砌块的发展也相当迅速,一些国家在 20 世纪 70 年代砌块的产量就接近普通砖的产量。世界上发达国家 20 世纪 60 年代已完成了从实心黏土砖向各种轻质、高效多功能墙材的转变,形成以新型墙体材料为主、传统墙体材料为辅的产品结构,走上现代化、产业化和绿色化的发展道路。在国外还采用砌体作承重墙建造了许多高层房屋。欧美许多国家对预制砖墙板和配筋砌体的研究相当重视,为砌体在高层建筑中的应用开辟了新的途径。20 世纪 60 年代,前苏联采用预制砖墙板建造的房屋面积已超过 400 万平方米。近几年,美国的预制装配折线形砖墙板和加拿大的预制槽形及半圆筒拱形墙板,均已在工程上应用。在美国及新西兰等国,配筋砌体结构的研究和使用取得较大进展,已建成的高层建筑层数达到 20 层以上。配筋砌体不但强度高,抗震性能也好。

在设计理论与规范方面,从 20 世纪 60 年代起,我国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计算理论和设计方法,并于 1978 年颁布了我国第一本《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973),又于 1988 年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GBJ 8—1988),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,以及砌块砌体的力学性能和砌块房屋的设计等方面取得了新的成绩。该规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,在砌体结构可靠度设计方面已达到国际先进水平。20 世纪 90 年代以来,我国对砌体结构的研究有新的发展,2000 年颁布的国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),为适应我国墙体材料革新的需要,增加了许多新型砌体材料,扩充了配筋砌体结构的类型。在砌体结构可靠度方面、配筋混凝土砌块砌体、墙梁的抗震方面作了调整和补充。砌体结构可靠度,根据我国当前国情,作了适当的上调。这样做主要为促进采用较高等级的砌体材料,提高耐久性和适当提高抗风险能力。配筋砌体,特别是配筋混凝土砌块砌体,其理论更完善,应用范围和限制有了较大的扩展和突破。2010 年颁布,预计于 2011 年正式实施的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2010)在《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)的基础上,结合几年来的材料发展、试验研究和历次大地震的经验教训,对原规范做了较多增补。新规范在砌体材料方面增加了混凝土普通砖和混凝土多孔砖,调整了部分砌体材料的强度等级。在设计原则方面,增补了板下支承墙体偏心距确定方法,对砌体结构耐久性进行增补,并单独列为一节。对砌体结构墙梁设计计算方法进行了调整简化,使其更加适用于设计工作。对抗震设计部分增补较多,采用了最新的研究成果,使得砌体结构抗震设计上升了一个新的台阶。未来的实施,对促进我国砌块结构向高档次发展具有重要作用。

就世界范围而言,直到 20 世纪 40 年代欧洲的工程师才开始认真研究砌体承重墙的设计,几乎比混凝土承重墙的研究落后了 100 年。苏联是最先较完整地建立砌体结构理

论和设计方法的国家。20世纪60年代以来欧美等许多国家加强了对砌体材料的研究和生产,在砌体结构理论、计算方法以及应用上也取得了许多成果,推动了砌体结构的发展。在以后的20年里,确立了精确地设计程序,并采用了有效地测试方法来认可砌体材料的物理力学性能。

80年代以前,长期沿用的按弹性理论的允许应力设计法已经得到改变,普遍采用极限状态设计法。80年代以后,国际上《砌体结构设计规范》,均已采用近似概率理论为基础的安全度准则。由此可见,从国际上来说,砌体结构的设计方法已提高到一个新的水平。

现代砌体与历史上的传统建筑结构存在明显差异,根据建筑行业规范的要求,现代砌体结构建筑将比过去的砌体结构更轻质、更有效,能够在严重的地震和火灾等情况下依然表现良好。

1.2 砌体结构的优缺点

1.2.1 砌体结构的优点

(1) 材料来源广泛。天然石材、黏土、砂等材料在自然界分布广泛,易于就地取材。利用工业废料如煤矸石、粉煤灰、页岩等制作块材,用来生产砖或砌块不仅可以降低造价,也有利于保护环境。

(2) 砌体结构造价低。可节约钢材、水泥,并且砌体砌筑时不需要模板及特殊的技术设备,可以节省木材。

(3) 有很好的耐火性,具有良好的保温隔热功能,节能效果明显。

(4) 施工速度快。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,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。

(6) 采用配筋混凝土砌块和高强混凝土砌块,建造配筋砌块砌体剪力墙结构,具有造价低、材料省、施工周期短、抗震性能好等优点。

1.2.2 砌体结构具有的缺点

(1) 自重大。一般砌体的强度较低,建筑物中墙、柱的截面尺寸较大,材料用量较多,因而结构的自重大。因此,应加强轻质高强砌体材料的研究,以减小截面尺寸、减轻结构自重。

(2) 砌筑砂浆和砖、石、砌块之间的黏结力较弱,因此无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度低,抗震及抗裂性能较差。因此,应研制推广高黏结性砂浆,必要时采用配筋砌体。

(3) 砌筑工作繁重。砌体基本采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低。因此,有必要进一步推广砌块、墙板等工业化施工方法,以逐步克服这一缺点。

(4) 手工操作量大,使施工质量得不到保证。施工时对块材和砂浆的质量及砌体的砌筑质量应进行严格的检查。

(5) 采用烧结普通黏土砖,往往毁坏大量农田,影响农业生产。因此,必须大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖等黏土砖的替代产品。

1.3 砌体结构的应用范围

砌体结构的应用范围较广泛,在我国大约90%的多层民用建筑采用砌体结构,在美国、英国、德国分别约为60%、70%、80%。砌体主要用于承受压力的构件,房屋的基础、内外墙、柱等都可以用砌体结构建造。由于砖砌体质量的提高和计算理论的进一步发展,我国无筋砌体房屋一般可建5~7层,配筋砌块剪力墙结构房屋可建8~18层。此外,过梁、屋盖、地沟等构件也可以用砌体结构建造。

在石材产区,也可以用毛石或料石建造房屋,目前已有建到6层的。

对中小型单层厂房和多层轻工业厂房,以及影剧院、仓库等公共建筑中,砌体往往被用来砌筑围护墙和填充墙,同时可作为承重墙体或柱。工业企业中的烟囱、料斗、管道支架以及对渗水性要求不高的水池等特殊构件也可以用砌体建造。

在交通运输方面,砌体结构可以用于桥梁、隧道工程,各种地下渠道、涵洞、挡土墙等也常用石材砌筑。在水利建设方面,可用石材砌筑坝、堰和渡槽等。

但值得注意的是,由于砌体结构所存在的缺点,在某些方面其应用受到了限制。无筋砌体抗拉强度低、抗裂抗震性能较差,在应用时应注意有关规范、规程的使用范围。在地震区采用砌体结构,应采取必要的抗震措施,如设置钢筋混凝土构造柱和圈梁。如按抗震设计要求进行设计,完全可以在7度或8度设防区建造砌体结构房屋。

1.4 现代砌体结构展望

由于砌体结构的上述特点,在我国砌体结构还必将继续发展和完善。砌体结构的发展,主要在于如何进一步发挥其优点并克服其缺点,结构的研究目的在于使砌体体系更坚固、更有效、更经济。现代砌体结构要求采用节能、环保、轻质、高强且品种多样的砌体材料;工程上有较广的应用领域,在中高层建筑结构中有较强的竞争力;具有先进、高效的建造技术,为舒适的居住和使用环境创造良好的条件。根据我国的基本国情,应加强以下几方面的工作:

1.4.1 积极开发新型砌体材料

几千年来,由于砖、石具有良好的物理性能,可就地取材、生产和施工方法简便、造价低廉等优点,所以至今仍为我国主导的建筑材料。解放后我国也确实研制出多种材料的砌块,但都存在着自重大、强度低、生产耗能高、毁田严重、机械化水平低、耐久和抗震性能差的特点,所有这些都抑制着砌体结构的发展。

从世界范围来看,主要是加强对节能环保、轻质、高强砖和砌块以及高黏结强度砂浆的研究和应用,同时加大限制高能耗、高资源消耗、高污染产品的生产力度。按墙体材料革新的要求,“十五”期间,我国人均占有耕地不足0.8亩的城市和省会城市要全部禁止使用实心黏土砖。这间接地促进了其他新型材料的发展。事实上除了环保之外,渗水性、耐久性和保温性与大多数人的日常生活都息息相关,它比结构本身的性能更重要。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,遵循江泽民同志的“经济的发展,必须与人口、环境、资源统筹考虑,绝不能走浪

费资源和先污染后治理的老路，更不能吃祖宗饭，断子孙路”的指示精神，迅速行动起来，积极研制“绿色建材”产品，并取得了一定的效果。如蒸压灰砂废渣制品、利用页岩生产多孔砖、废渣轻型混凝土墙板、GRC板、蒸压粉煤灰砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖、蒸压纤维水泥板、轻型混凝土复合墙板和砌块等就是近几年发展起来的几种新型建材制品，既能节省耕地保护环境，又能同时满足建筑的节能、防水、耐久、高强等要求。和国外相比，我国砖和砌块的强度普遍较低，有必要采取有力措施迅速提高砖和砌块的强度。此外，还应大力研制和推广与新型墙体材料配套的高黏结强度砂浆，以提高砌体结构房屋的整体性和抗裂能力。据预测，干拌砂浆和商品砂浆具有很好的市场前景。干拌砂浆将所有配料在干燥状态下混合装包供应，现场按要求加水搅拌即可。天津舒布洛克水泥砌块公司已供应这种干拌砂浆，价格比普通砂浆高约0.2%左右。商品砂浆的优点同商品混凝土一样，这类砂浆一旦取代传统砂浆，将是一个巨大的变化。

1.4.2 配筋砌体及组合砌体结构的研究与推广应用

现代砌体的形式多种多样：墙体可以是实心砌块、空心砌块砌筑的实心墙或空心墙；砌体可以配筋也可以不配筋；承重墙不仅可以支撑自重，还可以支撑动荷载以及风荷载、地震荷载；在组合空斗墙中可以用空心砌块砌筑后再灌浆。我国对配筋混凝土砌块砌体剪力墙结构已有初步研究，但可进一步研究其抗震性能，为拓宽配筋砌体结构的应用范围提供依据。同时应研制和定型生产砌块和建筑施工用的机具，如铺砂浆器、小直径振捣棒、小型灌孔混凝土浇注泵、小型钢筋焊机、灌孔混凝土检测仪等，以适应工业化生产、机械化施工，从而减少繁重的体力劳动，加快工程建设速度，并能保证配筋砌块结构的质量。除此以外，国外在预应力砌体方面的水平很高，这种预应力砌体的原理同预应力混凝土，能明显改善砌体的受力性能和抗震性能。我国直到最近才有少数专家对其进行研究。

1.4.3 进一步加强砌体结构设计理论的研究

建立精确而完整的砌体结构理论，是世界各国所关心的课题。我国在这方面的研究有较好的基础，但必须紧跟经济发展的需要，继续加强这一领域的研究，进一步研究砌体结构的破坏机理和受力性能，并进一步改进实验技术，使测试和数据处理自动化，得到更精确的实验和分析结果。此外，还应重视砌体结构的耐久性以及对砌体结构修复补强的研究。

当前砌体结构仍然处在快速发展期，国内外不少学者认为“古老的砖结构是在与其他材料相竞争中重新出世的承重墙体结构”，并预计“黏土砖、灰砂砖、混凝土砌块砌体是高层建筑中受压构件的一种有竞争力的材料”。随着我国基本建设规模的扩大，人们居住条件的不断改善，砌体结构必然在现代化建设中发挥更大的作用。

1.5 本章小结

(1) 砌体结构作为一种主要的结构形式，历史悠久，发展前景可观。其结构是以采用天然石材或人工合成的块材与水泥、砂、石膏等混合胶凝材料砌筑而成的墙体、柱等作为主要受力构件。

(2) 砌体结构与其他结构比较起来，有其独特的优点：易于就地取材，耐火性、耐久性好，保温、隔热性能好，经济、施工速度快等。同时存在明显的缺点：材料强度低、自重大、抗震及抗裂性能较差。因此其应用范围受到限制。

(3) 砌体结构广泛应用于工业与民用建筑中的基础、内外墙、柱等，也应用于水利、交通等建筑物和构筑物。

(4) 砌体结构的主要发展方向是发展新型材料，使砌体体系更坚固、更有效、更经济，采用节能、环保、轻质、高强且品种多样的砌体材料。

思 考 题

1-1 砌体按所采用材料的不同可分为哪几类？纵观国内外砌体结构的发展史，砌体材料的应用有什么特点？

1-2 砌体结构的主要优、缺点是什么？

1-3 谈谈你对砌体结构今后发展方向的认识。

第2章 砌体及其基本材料力学性能

本章提要：本章介绍了砌体材料及其强度等级，常见砌体的种类，以及砌体受压、拉、受弯、受剪的性能和影响砌体抗压强度的主要因素，给出了各种受力条件下的砌体强度的计算公式。最后介绍了砌体的弹性模量、膨胀系数及摩擦系数等变形及其他基本物理力学性能。

要求学生熟知砌体材料及其强度等级，掌握砌体材料的选用、砌体的受压应力状态以及影响砌体抗压强度的因素，了解砌体的其他基本物理力学性能。

2.1 砌体材料及其强度等级

构成砌体的材料包括块体材料和胶结材料，块体材料和胶结材料的强度等级主要是根据其抗压强度划分的，也是确定砌体在各种受力状态下强度的基础数据。

2.1.1 砖

我国目前用于砌体结构的砖主要可分为烧结砖和非烧结砖两大类，包括烧结普通砖、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6种。

烧结砖一般可分为烧结普通砖与烧结多孔砖。烧结普通砖是由黏土、煤矸石、页岩或粉煤灰为主要原料，经过焙烧而成的实心或空洞率不大于25%且外形尺寸符合规定的砖。烧结普通砖按其主要原料种类可分为烧结黏土砖、烧结煤矸石砖、烧结页岩砖及烧结粉煤灰砖等。烧结普通砖的规格尺寸为 $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 53\text{mm}$ [图2-1(a)]，重力密度在 $16\sim 18\text{kN/m}^3$ 之间，具有较高的强度，良好的耐久性和保温隔热性能，且生产工艺简单，故生产应用最为普遍。

烧结多孔砖是以黏土、页岩、煤矸石为主要原料，经焙烧而成、空洞率不小于25%，孔的尺寸小而数量多，主要用于承重部位的砖，简称多孔砖。多孔砖分为P型砖与M型砖，P型砖的规格尺寸 $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 90\text{mm}$ [图2-1(b)]，M型砖的规格尺寸 $190\text{mm}\times 190\text{mm}\times 90\text{mm}$ [图2-1(c)]以及相应的配砖。此外，用黏土、页岩、煤矸石等原料还可经焙烧成孔洞较大、空洞率大于35%的烧结空心砖 [图2-1(d)]，用于围护结构。一般烧结多孔砖重力密度为 $11\sim 14\text{kN/m}^3$ ，而大孔空心砖重力密度则为 $9\sim 11\text{kN/m}^3$ 。多孔砖与实心砖相比，可减轻结构自重、节省砌筑砂浆、减少砌筑工时，此外原料用量与耗能亦可相应减少。

蒸压灰砂普通砖是以石灰等钙质材料和砂等硅质材料为主要原料，经坯料制备、加压排气、压制成型、高压蒸汽养护而成的实心砖，简称灰砂砖。蒸压粉煤灰普通砖是以石灰、消石灰（如电石渣）或水泥等钙质材料与粉煤灰等硅质材料为主要原料，掺加适量石膏，经坯料制备、加压排气、压制成型、高压蒸汽养护而成的实心砖，简称粉煤灰砖。灰砂砖与粉煤灰砖的规格尺寸与烧结普通砖相同。

混凝土普通砖是指以水泥为胶结材料，以砂、石等为主要集料，经原料制备、加压或振动加压、养护制成的混凝土砖，用于工业与民用建筑基础和墙体的实心砖。混凝土普通砖的

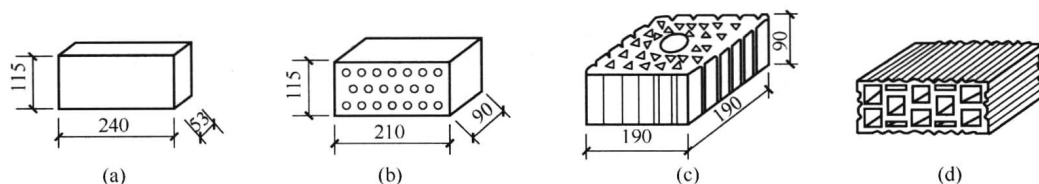


图 2-1 部分地区空心砖的规格

(a) 烧结普通砖；(b) P型多孔砖；(c) M型多孔砖；(d) 空心砖

规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 。

混凝土多孔砖是以水泥为胶结材料，与砂、石（轻集料）等经加水搅拌、成型和养护而制成的一种具有多排小孔的混凝土制品。混凝土多孔砖是继混凝土普通砖与轻集料混凝土小型空心砌块之后又一个墙体材料新品种。混凝土多孔砖具有生产能耗低、节土利废、施工方便和质量轻、强度高、保温效果好、耐久、收缩变形小、外观规整等特点，是一种替代烧结黏土砖的理想材料。混凝土多孔砖主规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$ ，砌筑时可配合使用半砖（ $120\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$ ）、七分砖（ $180\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$ ）或与主规格尺寸相同的实心砖等。

烧结砖中以烧结黏土砖的应用最为久远，也最为普遍，但由于黏土砖生产要侵占农田，影响社会经济的可持续发展，加上我国人口多、耕地面积小，更应逐步限制甚至取消黏土砖的生产和使用，并进行墙体材料的改革，积极发展黏土砖的替代产品，利用当地资源或工业废料研制生产新型墙体材料。蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖、混凝土普通砖和混凝土空心砖均属硅酸盐制品，这类砖的生产不需要黏土，而且可以大量利用工业废料，减少环境污染，是值得大力推广的一类墙体材料。

砖的强度等级按试验实测值来进行划分。实心砖的强度等级是根据标准试验方法所得到的砖的极限抗压强度值来划分的 [《烧结普通砖》(GB/T 5101—2003)]，多孔砖强度等级的划分除考虑抗压强度外，尚应考虑其抗折荷重 [《烧结多孔砖》(GB 13544—2000)]。

烧结普通砖、烧结多孔砖的强度等级有 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10，其中 MU 表示砌体中的块体 (Masonry Unit)，其后数字表示块体的抗压强度值，单位为 MPa。

蒸压灰砂普通砖和蒸压粉煤灰普通砖的强度等级有 MU25、MU20 和 MU15。确定粉煤灰砖的强度等级时，其抗压强度应乘以自然碳化系数，当无自然碳化系数时，可取人工碳化系数的 1.15 倍。

混凝土普通砖和混凝土多孔砖的强度等级有 MU30、MU25、MU20 和 MU15。

自承重空心砖的强度等级为 MU10、MU7.5、MU5 和 MU3.5。

烧结普通砖、烧结多孔砖的强度等级指标分别见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 烧结普通砖强度等级指标 MPa

| 强度等级 | 抗压强度平均值 $\bar{f} \geq$ | 变异系数 $\delta \leq 0.21$ | 变异系数 $\delta > 0.21$ |
|------|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | | 抗压强度标准值 $f_k \geq$ | 单块最小抗压强度值 $f_{\min} \geq$ |
| MU30 | 30.0 | 22.0 | 25.0 |
| MU25 | 25.0 | 18.0 | 22.0 |