



“十三五”普通高等教育本科规划教材

砌体结构

孙维东 李九阳 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

砌体结构

主	编	孙维东	李九阳
编	写	武海荣	董福祥
主	审	张利	



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

本书主要介绍了砌体结构的材料及其力学性能，砌体结构的设计方法，无筋砌体及配筋砌体构件，砌体结构房屋的墙、柱设计，砌体结构房屋中的圈梁、过梁、墙梁及挑梁，以及砌体结构房屋抗震概念设计及构造措施。本书各章后均有小结和思考题，以助于学习过程中加深对内容的理解和掌握。

本书内容通俗易懂，讲解深入浅出，强化工程应用，既可作为高等教育相关专业本科学生的教材，也可作为土木工程相关工作人员日常工作的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

砌体结构/孙维东, 李九阳主编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 8

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-9341-7

I. ①砌… II. ①孙…②李… 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 (2016) 第 103639 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>)

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.5 印张 254 千字

定价 23.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材，是参照高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，并根据《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB 50203—2011)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等最新规范编写。

本书主要介绍了砌体结构的材料及其力学性能，砌体结构的设计方法，无筋砌体及配筋砌体构件，砌体结构房屋的墙、柱设计，砌体结构房屋中的圈梁、过梁、墙梁及挑梁，以及砌体结构房屋抗震概念设计及构造措施。

本书内容密切结合我国近年来砌体结构和墙体材料改革的发展方向，弱化传统砌体材料及结构形式，突出现代砌体结构的特点。在内容顺序方面，参照多本优秀教材，进行合理编排；在内容编写方面，原理深入浅出，强化工程应用，满足应用型人才培养目标的要求。本书各章后均有小结和思考题，有的章节还具有配套设计例题和习题，帮助读者加深对各部分内容的理解和掌握。

本书由孙维东、李九阳主编，武海荣和董福祥参编。各章编写分工如下：长春工程学院孙维东编写第1~5章；长春工程学院李九阳编写第6、7章；河南城建学院武海荣编写第8章。全书由孙维东统稿。

本书承蒙长春工程学院教授张利审阅，审阅过程中提出了许多宝贵的建设性意见，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限和编写时间仓促，书中难免有不足之处，恳请广大读者和同行专家批评指正。

编 者

2016年6月

目 录

前言

第 1 章 概述 1

1.1 砌体结构的特点及应用范围 1

1.2 砌体结构的发展简史及发展现状 2

1.3 砌体结构的发展趋势 7

本章小结 7

思考题 8

第 2 章 砌体材料及其力学性能 9

2.1 砌体的材料 9

2.2 砌体的种类 13

2.3 砌体的受压性能 16

2.4 砌体的受拉、受弯、受剪性能 20

2.5 砌体的变形和其他性能 23

本章小结 27

思考题 27

第 3 章 砌体结构设计方法 29

3.1 极限状态设计方法 29

3.2 砌体结构的强度指标 30

3.3 砌体结构的耐久性规定 34

本章小结 36

思考题 37

第 4 章 无筋砌体构件 38

4.1 受压构件 38

4.2 局部受压 46

4.3 受拉、受弯、受剪构件 56

本章小结 58

思考题 59

习题 60

第 5 章 配筋砌体构件 62

5.1 网状配筋砖砌体构件 62

5.2 组合砖砌体构件 66

5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙 72

5.4 配筋砌块砌体构件 74

本章小结	83
思考题	84
习题	84
第 6 章 砌体结构房屋的墙、柱设计	86
6.1 房屋的结构布置	86
6.2 房屋的静力计算方案	89
6.3 刚性方案房屋的计算	94
6.4 弹性方案房屋的计算	100
6.5 刚弹性方案房屋的计算	101
6.6 砌体结构房屋的构造措施	103
6.7 多层砌体结构房屋墙体计算实例	113
本章小结	122
思考题	122
习题	123
第 7 章 砌体结构房屋中的其他结构构件	124
7.1 圈梁	124
7.2 过梁	125
7.3 墙梁	129
7.4 挑梁	141
本章小结	146
思考题	147
习题	147
第 8 章 砌体结构房屋的抗震设计概念设计及构造措施	149
8.1 砌体结构房屋的震害分析	149
8.2 砌体结构房屋的抗震概念设计	152
8.3 砌体结构房屋的抗震构造措施	155
本章小结	160
思考题	161
参考文献	162

第1章 概 述

砌体是由块体和砂浆组砌而成的整体。根据组成砌体的块材种类不同,可分为石砌体、砖砌体、砌块砌体等;按砌体是否配置钢筋,又可分为无筋砌体和配筋砌体。若结构当中的主要承重部分为砌体,这种结构可称之为砌体结构。砌体结构历史悠久,而且迄今为止仍被广泛应用。

1.1 砌体结构的特点及应用范围

1.1.1 砌体结构的特点

1. 砌体结构的优点

砌体结构被广泛应用,是因为砌体结构有许多优点。

(1) 砌体结构取材方便,造价较低。

1) 砌体所需原材料,如石材、黏土、砂子等是天然材料,几乎到处都有。

2) 石块、砖及混凝土砌块易于加工、生产。

3) 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。

4) 砌体结构可节约钢材、水泥;砌筑时不需模板及特殊机具。

(2) 砌体结构耐火性和耐久性较好。

1) 一般砌体可耐受 400°C 高温,比钢结构、钢筋混凝土结构具有更好的耐火性。

2) 砌体结构具有较好的化学稳定性和大气稳定性,使用年限长。

(3) 砌体结构保温、隔热性较好。与钢结构和混凝土结构相比,砌体结构,尤其是空心砖和空心砌块砌体结构,保温、隔热性能良好,既是较好的承重结构,也是良好的围护结构。

(4) 砌体结构施工简单,可连续施工。

1) 砌体结构不需要特殊机具,施工技术简单。

2) 一般新砌筑的砌体即可承受一定的荷载,因而可以连续施工。

2. 砌体结构的缺点

与其他结构型式相比,砌体结构也存在许多缺点。

(1) 砌体结构的自重大。与钢结构和混凝土结构相比,砌体强度较低,抗弯、抗拉性能很差,故必须采用较大截面尺寸的构件,致使其体积大,材料用量多,运输量也随之增加。因此,在选择砌体材料时,尽可能采用轻质、高强的材料,以减小截面尺寸并减轻自重。

(2) 砌体结构砌筑工作量大。砌体结构多为人工砌筑,块材尺寸一般较小,砌筑工作量较大,因此,须进一步推广大、中型砌块和墙板砌体结构。

(3) 无筋砌体结构抗震性差。砌体中砂浆和块材之间的黏结力较弱,使无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度均较低,造成无筋砌体抗震能力较差,因此,必要时需采用配筋砌体。

(4) 烧结黏土砖占用土地资源。传统黏土烧结砖,需要取土、烧制,不仅损毁和占用大量的农田,而且浪费能源,对环境造成污染。因此,应尽可能采用利用工业废料制成的砖和混凝土砌块。

1.1.2 砌体结构的应用范围

由于砌体结构的诸多优点,因此,应用范围较广泛。

在民用建筑中,砌体结构一般应用于建筑中的基础、内外墙、柱、地沟等。由于砖质量的提高和计算理论的进一步发展,对一般5~6层房屋用砌体墙体承重已很普遍。20世纪70年代后在高层建筑当中也可以采用砌体墙体承重。在我国某些产石材的地区,也可用毛石承重墙建造房屋,目前有高达5层的石砌体房屋。

在工业厂房中,砌体往往被用来砌筑围护墙。此外,工业企业中的烟囱、料仓、地沟、管道支架、对渗水性要求不高的水池等特种结构也可采用砌体结构建造。

农村建筑,如禽舍、粮仓等也可用砌体结构建造。

在交通、运输、水利、水电工程方面,砌体结构除可用于桥梁、隧道外,各式地下渠道、涵洞、挡墙、堤坝、围堰等也常用石材砌筑。

1.2 砌体结构的发展简史及发展现状

1.2.1 砌体结构的发展简史

砌体结构历史悠久,早在原始时代,人们就用天然石材建造藏身之所,随后逐渐用石块建筑城堡、陵墓或神庙。如在我国辽宁西部喀喇沁左翼蒙古族自治县东山嘴村有一处原始社会末期的大型石砌祭坛遗址,在与其相距50km的建平、凌源两县交界处牛河梁村有一座女神庙遗址和数处积石群,以及一座类似城堡或方型广场的石砌围墙遗址,经碳十四测定和树轮校正,这些遗址距今已有五千多年历史。又如公元前2723~公元前2563年间在尼罗河三角洲的吉萨建成的三座大金字塔,距今也有近5000年的历史,其中最大的胡夫金字塔,塔高146.6m,底边长230.6m,是用大约230万块25kN左右的石块砌筑而成。

随着石材加工业的不断发展,石砌体结构的建造艺术和水平不断提高。如公元70~82年建成的古罗马斗兽场(见图1-1),平面为椭圆形,长轴189m,短轴156.4m,总高48.5m,分4层,可容纳观众5万~8万人。我国隋代大业年间(公元605~618年)李春建造的河北赵县安济桥(见图1-2),为单孔空腹式石拱桥,该桥全长50.83m,净跨37.02m,矢高7.23m,宽9.6m,由28条纵向石拱券组成,在桥两端各建有两个小型拱券,既减轻了桥的自重,又减小了水流的阻力,使桥面较平缓。这是世界上现存最早、跨度最大的空腹式单孔圆弧石拱桥。



图 1-1 古罗马斗兽场

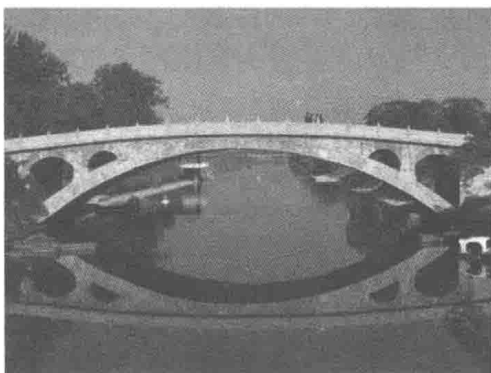


图 1-2 河北赵县安济桥

人们生产和使用烧结砖也有 3000 年以上的历史。我国在西周时期（公元前 1046～公元前 771 年）已能烧制砖瓦，在春秋战国时期（公元前 475～公元前 221 年）已能烧制大尺寸空心砖。南北朝（公元 420～589 年）以后砖的应用比较普遍。北魏（公元 386～534 年）孝文帝建于河南登封的嵩岳寺塔（见图 1-3），是一座平面为 12 边形的密檐式砖塔，共 15 层，总高 43.5m，为单筒体结构，塔底部直径 8.4m、墙厚 2.1m、高 3.4m，塔内建有真、假门 504 个。该塔历经多年风雨侵蚀，仍巍然屹立，是中国现存最早的砖塔。始建于北宋（公元 550～577 年）天保十年的开封铁塔（见图 1-4），大量采用异型琉璃砖砌成，因琉璃砖呈褐色，清代时百姓称之为铁塔，平面为 8 角形，共 13 层，塔高 55.08m，地下尚有 5～6m。该塔已经受地震 38 次，冰雹 19 次，河患 6 次，雨患 17 次，至今依然耸立。中世纪在欧洲用砖砌筑的拱、券、穹窿和圆顶等结构得到了很大的发展。如公元 532～537 年建于土耳其君士坦丁堡的圣索菲亚教堂（见图 1-5），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。我国以砖拱券为主体的代表性建筑南京灵谷寺无梁殿（见图 1-6），建于明朝洪武十四年（公元 1381 年），因为整座建筑全部用砖垒砌，没有木梁、木柱，故称之为无梁殿，该殿坐北朝南，前设月台，东西阔 5 间、长 53.8m，南北深 3 间、宽 37.85m，殿顶高 22m，它是我国各地寺庙同类结构中规模最大的一座。我国万里长城也是砌体结构代表性杰作，其建造时间之长，规模之大，堪称世界建筑历史的奇迹。我国长城始建于夏代（约公元前 21 世纪～公元前 10 世纪），最初是用土夯筑而成，在秦代用乱石和土将原来秦、赵、燕北面的城墙连接起来，西起甘肃临洮，东至辽东，长达 10000 余里（1 里=500m），明代又进行了大规模修建，西起甘肃嘉峪关，东至鸭绿江，长达 12700 余里。后来修建的部分城墙是用精制的大块砖重修，如现在河北、山西北部的一段城墙，山海关至嘉峪关的部分至今大多完整。

砌块的生产和应用时期较短，只有 100 多年的历史，其中以混凝土砌块生产最早，这与水泥的出现有关。1824 年英国建筑工人阿斯普丁发明波特兰水泥，之后，在 1882 年混凝土砌块问世。美国于 1897 年建成了第一幢混凝土砌块结构房屋，我国第一栋混凝土砌块房屋于 1958 年建成。

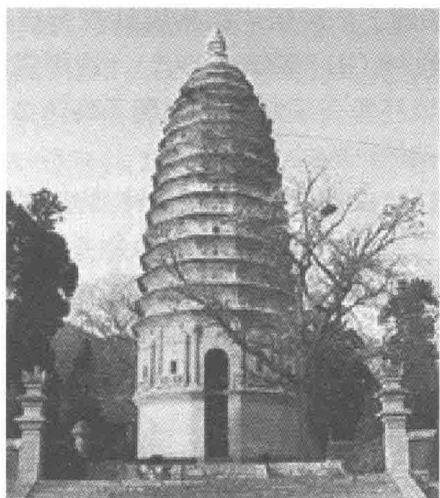


图 1-3 河南登封的嵩岳寺塔



图 1-4 开封铁塔



图 1-5 君士坦丁堡的圣索菲亚教堂

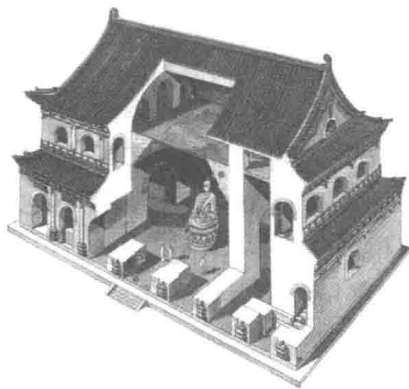


图 1-6 南京灵谷寺无梁殿

1.2.2 砌体结构的国内发展现状

我国在几千年封建和半封建制度的束缚下,砌体结构的发展极其缓慢。新中国成立以来,砌体结构的研究和应用方面得到了迅速发展,取得了显著成就。

1. 砌体结构设计理论逐步完善

新中国成立以前,我国建造的砌体结构房屋主要是住宅和办公楼等低层民用建筑,基本是凭经验设计,缺乏可靠的设计依据。新中国成立初期,在 1952 年,由东北人民政府工业局拟定出砖石结构设计临时标准。1955 年国家建筑工程部公布了砖石及钢筋砖石结构临时设计规范,该规范主要是参照苏联设计方法并结合我国国情编制的。1973 年我国根据近 20 年大规模的砌体结构研究经验,并结合国际最新设计方法,颁布了《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973),这是我国第一部砖石结构设计规范。

1988 年我国在第二次较大规模的砌体结构研究工作基础上,修订颁布了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988),并相继颁布了《中型砌块建筑设计与施工规程》(JGJ/T 14—1980)、《混凝土小型空心砌块建筑设计与施工规程》(JGJ 14—1982)、《冶金工业厂房钢筋混凝土墙梁设计规程》(YS 07—1979)、《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—1982)等。有关砌体结构的设计理论和方法趋于完善,有些内容研究已达到国际先进水平。

1998 年在总结新的科研成果和工程经验的基础上,对砌体结构设计规范进行了全面修订,并于 2002 年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)。这版规范是根据我国科研试验及工程经验,以及国际规范、国外实践经验而编制的,体现了砌体结构最新研究成果,反映了我国砌体结构的发展已进入了现代砌体结构的发展阶段。

近年来,为满足墙体材料革新、建筑节能、环境保护、提高砌体结构防灾减灾能力的需要,结合我国砌体材料的发展、结构基本理论和工程应用的新成果,并参考国际规范及国外工程经验,对已有砌体结构设计规范进行了新一轮的修订。2011 年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011) [简称《砌体规范》],它标志着我国砌体结构领域的技术与发展进入了一个全新的层次,对推广砌体结构新材料、新技术,提高砌体结构的设计水平,增强砌体结构抵御灾害的能力,保证砌体结构的质量具有重大的意义。

2. 砌体结构应用范围不断扩大

新中国成立初期至 20 世纪 80 年代,砌体结构是土木工程当中的主要结构,随着基本建设规模逐渐扩大,应用的范围也逐渐扩大,不但在民用住宅中采用砌体结构,在办公、商

场、影剧院,以及一些工业建筑当中,均大量采用砌体结构房屋,其中以砖砌体结构房屋居多,主要为单层和多层建筑。此外,砌体结构在交通运输和水利工程中也得到了广泛应用,大量的桥梁、护坡、堤坝等工程采用石砌体结构,一些水池、水塔、散热塔、粮仓等构筑物也主要采用砌体结构。20世纪80年代以后,由于混凝土结构、钢结构等结构形式逐渐增多,砌体结构在土木工程当中所占比例逐渐减少,但由于其经济性、保温隔热等特性,使其在土木工程当中仍占有相当的比例。而且随着近年来新的砌体材料、新的施工技术,以及新的砌体结构型的出现,在今后相当长的历史时期,仍然会采用砌体结构。

3. 砌体新材料、新技术和新结构不断研制和使用

20世纪60年代,我国黏土空心砖(多孔砖)的生产和应用有了较大的发展。空心砖(多孔砖)与实心砖强度相当,既可以减轻墙体自重、节省砂浆、减少砌筑工时,又可以提高墙体的保温、节能效率。近年来,以煤矸石、粉煤灰等工业废料为主要原料烧制的空心砖,减少了对土地资源的占用及工业废料对环境的污染,因此,是目前重点推广和应用的砌块材料之一。

20世纪六七十年代,混凝土小型空心砌块在我国南方城乡逐步得到推广应用。混凝土砌块强度高,自重较轻,保温、隔热性能较好,节省砂浆,砌筑效率高,而且不需要黏土,不需要烧制,具有显著的社会效益和经济效益。改革开放以来,混凝土砌块在一些大中城市也迅速推广,而且应用的项目从低层向多层,甚至向中高层发展。近年来,采用河砂、粉煤灰、煤矸石等制成的砌块种类、规格较多,其中以中、小型砌块较为普遍。混凝土砌块有节土、节能、利废方面的优势,是替代黏土砖的主要材料,也是我国墙体改革重点推广和应用的材料,具有良好的发展前景。

随着砌体结构的广泛应用,新结构形式也不断出现。20世纪50年代曾用振动砖墙板建成5层住宅,承重墙板厚120mm。1974年在南京、西安等地,用空心砖制作振动砖墙板建成4层住宅。近10多年来北京等地采用内浇(混凝土)外砌的混合结构建造中高层建筑,取得了较好的经济效益。最近几年清华大学开展了多层大开间混凝土核心筒、砌体外墙的混合结构的试验研究和小规模试点工程,在改进和扩展砌体结构的性能和应用范围方面进行了有益的探索。

在大跨度的砌体结构方面,出现了以砖砌体建造的屋面、楼面结构。1958年湖南大学采用蒸养粉煤灰硅酸盐砖和砌块建成18m跨的大厅。20世纪60年代在南京采用带钩空心砖建成14m×10m的双曲扁壳屋盖的实验室,10m×10m两跨双曲扁壳屋盖的车间,16m×16m双曲扁壳屋盖的仓库。在西安建成24m跨双曲拱屋盖。20世纪70年代我国还在闽清梅溪建成88m跨的双曲砖拱桥,见图1-7。

我国在配筋砌体方面的研究起步较晚。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,节省了钢材和水泥。1958~1972年期间,在徐州采用配筋砖柱建造了一批12~24m、吊车起重量为50~200t的单层厂房,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,对配筋砌体结构开展了一系列的试验和研究,并积极探讨在中、高层砖混组合墙结构房屋中应用,



图1-7 闽清梅溪砖拱桥

取得了许多成果。1984 年中国建筑西北设计院等单位,首次在西安按八度设防要求建成一幢 6 层住宅,采用的是竖向配筋空心砖墙体。此外,采用在砖墙中加密构造柱建造高层建筑结构的研究也取得了可喜的成果。在辽宁沈阳、江苏徐州、湖南长沙等地先后建造了 8~9 层上百万平方米的此类建筑,获得了较好的经济效益。

20 世纪 80 年代,我国一些科研、教学单位还对配筋混凝土砌块剪力墙结构进行了实验研究。配筋砌块剪力墙结构在受力模式上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,使其作为结构的承重和抗侧力构件。配筋砌块砌体具有强度高、延性好的特点,而且配筋砌块剪力墙不需要模板,砌块上墙前,已完成 40% 的收缩变形,可减少为避免收缩变形影响而配置的构造钢筋数量,因此,配筋砌块剪力墙结构在经济性方面较现浇混凝土剪力墙结构具有明显的优势。我国从 20 世纪 80 年代初陆续在广西、盘锦、上海、哈尔滨等地建造了一批配筋砌块剪力墙结构的房屋,取得了较好的经济效益。

1.2.3 砌体结构的国外发展现状

苏联是最先建立砌体结构设计理论和方法的国家,20 世纪 40 年代之后进行了较系统的试验研究,50 年代率先提出砌体结构按极限状态设计方法。20 世纪 60 年代,欧美许多国家加强了砌体结构的研究,从砌体材料、结构计算理论、设计方法到工程应用等方面都得到了一定的进展。与此同时,世界各国在砌体结构学科方面的交流和合作也逐渐加强,推动了砌体结构的发展。1967 年由美国国家科学基金会和美国结构黏土制品协会发起,在美国奥斯汀德克萨斯大学举行了第一届(国际)砌体结构会议。1980 年建筑研究与文献委员会承重墙委员会(CIB.W23)颁发了《砌体结构设计施工的国际建议》(CIB 58)。国际标准化协会砌体结构技术委员会 ISO/TC 179 于 1981 年成立,并开展了国际砌体结构设计规范的编制工作。

20 世纪 60 年代以来,国外研究、生产出了许多性能好、质量高的砌体材料,推动了砌体结构的迅速发展。1891 年在美国芝加哥建造了一幢 17 层砖房,由于当时的技术条件限制,底层承重墙厚 1.8m。而于 1957 年在瑞士苏黎世采用强度为 58.8MPa、空心率为 28% 的空心砖建成了一幢 19 层塔式住宅,墙厚只有 380mm。在意大利,5 层及 5 层以下的居住建筑有 55% 采用砖墙承重,砖的抗压强度一般可达 30~60MPa;英国多孔砖的抗压强度为 35~70MPa,抗压强度最高的达到 140MPa;美国生产的砖抗压强度多为 17.2~140MPa,最高的可达 230MPa。国外空心砖的表观密度一般为 13kN/m³,轻的达 6kN/m³。国外砌体所采用的砂浆强度通常也较高,美国 ASTM C 标准规定的 M、S 和 N 三类水泥石灰混合砂浆,抗压强度分别为 25.5、20、13.9MPa;德国的砂浆抗压强度为 13.7~14.1MPa。此外,国外还研制出了高黏结强度砂浆,如美国 Dow 化学公司已生产的高黏结强度砂浆,掺有聚氯乙烯乳胶,抗压强度可超过 55MPa,用这种砂浆砌筑强度为 41MPa 的砖,其砌体强度可达 34MPa。

高强砌体材料的发展,使利用砌体结构建造高层房屋成为可能。首先,高层砌体结构房屋在经济性方面比混凝土结构及钢结构房屋具有优势。如 1970 年在英国诺丁汉市建成一幢 14 层房屋(内墙 230mm 厚,外墙 270mm 厚),与钢筋混凝土框架结构相比上部结构造价降低 7.7%;英国利物浦皇家教学医院的 10 层职工住宅采用空心墙,内叶为半砖厚(102.5mm)承重墙,外叶为白色混凝土面砖,节省了材料,减轻了结构自重,经济效果显著。此外,高层砌体结构房屋在抗震性方面也能满足一般抗震设防要求,如美国、新西兰等国采用配筋砌体

在地震区建造的高层房屋可达13~20层；美国帕萨迪纳市的希尔顿饭店为13层高强混凝土砌块结构，经受圣佛南多大地震后完好无损，而毗邻的一幢10层钢筋混凝土结构却遭受严重破坏。可见砌体结构作为一种传统结构形式，在今后相当长的时期内仍将占有重要的地位。

1.3 砌体结构的发展趋势

随着社会经济的发展、科学技术的进步，砌体结构势必继续发展和完善，其基本趋势主要有以下几个方面：

(1) 发展轻质、高强、高性能、可持续发展的新材料。发展轻质、高强块体材料，尤其是研制高黏结强度砂浆，有效提高砌体强度，减轻墙体自重，是砌体结构的一个重要发展方向。采用空心砖、混凝土砌块，利用工业废料生产砌体块材，是实现砌体结构可持续发展的必然途径。

(2) 加强砌体结构的理论和试验研究。进一步研究砌体结构的破坏机理和受力性能，建立精确而完整的砌体结构理论，积极探索新的砌体结构形式，是结构工程界关心的课题。新中国成立以来，我国对砌体结构理论、设计方法的研究取得了很大成绩。但是，目前在砌体的各项力学性能、破坏机理及砌体与其他结构材料共同工作机制等方面还有许多未能很好解决的课题，砌体结构的动力响应、抗震性能及砌体结构的耐久性和砌体结构加固技术也有待于进一步深入研究。

(3) 推广配筋砌体结构。国内、外的研究成果及试点工程均已表明，在中高层（8~18层）建筑中，采用配筋砌体结构，尤其是配筋砌块剪力墙结构，可提高结构的强度和抗裂性，能有效提高砌体结构的整体性和抗震性能，且能节约钢筋和木材，施工速度快，经济效益明显。因此，应深化配筋砌体结构的研究，并在中高层建筑当中，积极推广应用配筋砌体结构。

(4) 提高砌体结构的建造技术和建筑质量。目前，砌体结构基本采用手工砌筑方式，劳动效率低下，施工质量不易保证。因此，推广采用大、中型砌块建筑或墙板建筑，提高砌体建筑的工业化、机械化水平，加快工程建设进度，加强对砌体结构施工质量控制体系和质量检测技术的研究，也是未来砌体结构亟待解决的问题和发展方向。



本章小结

(1) 砌体是由块材和砂浆组砌而成的整体，根据组成砌体的块材种类不同，可分为石砌体、砖砌体、砌块砌体等；按砌体是否配置钢筋，又可分为无筋砌体和配筋砌体。若结构当中的主要承重部分为砌体，这种结构称为砌体结构。

(2) 砌体结构的主要优点有：取材方便、造价较低；耐火性和耐久性较好；保温、隔热性较好；施工简单、可连续施工。由于砌体结构的优点，使其在土木工程领域得到了广泛的应用。

(3) 我国自新中国成立以来，砌体结构得到了迅速发展，主要体现在：砌体结构的设计理论逐步完善；砌体结构的应用范围不断扩大；砌体新材料、新技术和新结构不断研制和使

用。在国外，砌体结构设计理论、材料以及新型结构形式方面都得到了一定的进展。

(4) 砌体结构的发展趋势为：发展轻质、高强、高性能、可持续发展的新材料；加强砌体结构的理论和试验研究；推广配筋砌体结构；提高砌体结构的建造技术和建筑质量。

思考题



- 1-1 什么是砌体结构？
- 1-2 砌体结构有哪些主要优点和缺点？其主要应用范围？
- 1-3 砌体结构在国内外的发展现状如何？
- 1-4 砌体结构的发展趋势主要有哪几个方面？

第2章 砌体材料及其力学性能

砌体是块材和砂浆的复合体。组成砌体的块材和砂浆的种类不同,砌体的受力性能也不尽相同。了解砌体材料及其力学性能,是掌握砌体结构受力性能和设计理论的基础。

2.1 砌体的材料

2.1.1 块材

块材是砌体的主要部分,通常占砌体总体积的78%以上。目前我国常用的块材可分为以下几类。

1. 烧结砖

以煤矸石、粉煤灰、页岩或黏土为主要原料,经过焙烧而成的砖称为烧结砖。烧结砖按孔洞率大小可分为烧结普通砖和烧结多孔砖。

(1) 烧结普通砖。无孔洞或孔洞率小于15%的烧结砖称为烧结普通砖。我国烧结普通砖的统一规格为 $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 53\text{mm}$,重力密度为 $16\sim 18\text{kN/m}^3$ 。

烧结普通砖强度较高,保温隔热及耐久性能良好,可用于房屋的墙体,也可用来砌筑地面以下的带形基础、地下室墙体及挡土墙等潮湿环境下的砌体和受较高温度作用的构筑物。但烧结普通砖自重较大,浪费原料和能源,以黏土为主要原料的烧结普通砖还会造成大量的农田破坏,因此,我国许多省、市已禁止使用烧结普通砖。

(2) 烧结多孔砖。烧结多孔砖为大面有孔的砖,孔多而小,使用时孔洞垂直于受压面。烧结多孔砖的孔洞率不小于15%且不大于35%。烧结多孔砖规格尺寸各地不同,常用的有M型砖和P型砖,见图2-1。烧结多孔砖的重力密度一般为 $11\sim 14\text{kN/m}^3$ 。烧结多孔砖如孔洞率超过35%,则称为大孔砖;孔大而少,可称之为空心砖。多孔砖一般用于非承重墙体。

烧结多孔砖表观密度小,节省原料、燃料,保温、隔热性能好,是我国重点推广的墙体材料之一。

烧结普通砖和烧结多孔砖的强度等级共分为MU30、MU25、MU20、MU15、MU10五个强度等级。

2. 非烧结硅酸盐普通砖

非烧结硅酸盐普通砖是以工业废渣、石灰、砂等为主要原料,经高压蒸汽养护而制成的砖。非烧结硅酸盐普通砖规格尺寸同烧结普通砖,重力密度为 $14\sim 18\text{kN/m}^3$ 。非烧结硅酸盐普通砖与烧结普通砖相比耐久性较差,所以不宜用于防潮层以下的勒脚、基础及高温、有酸性侵蚀的砌体中。

非烧结硅酸盐普通砖强度等级分为MU25、MU20、MU15三个强度等级。

3. 混凝土砖

混凝土砖是以水泥为胶凝材料,以砂、石等为主要集料而制成的砖。可分为实心的混凝土普通砖和带孔的混凝土多孔砖。混凝土实心砖的主要规格尺寸有 $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 53\text{mm}$ 、

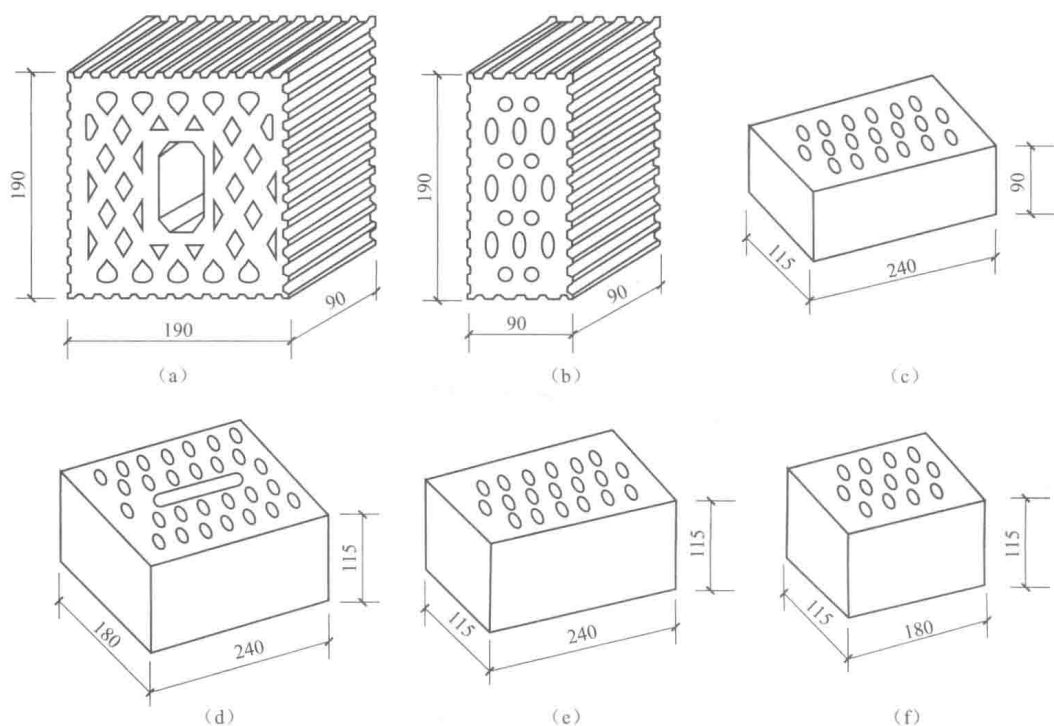


图 2-1 常用的几种烧结多孔砖

(a) KM1 型; (b) KM1 型配砖; (c) KP1 型; (d) KP2 型; (e)、(f) KP2 型配砖

240mm×115mm×90mm，重力密度为 22~24kN/m³；混凝土多孔砖的主要规格有 240mm×115mm×90mm、240mm×190mm×90mm、190mm×190mm×90mm 等，孔洞率不小于 30%。多孔混凝土砖随孔洞率大小不同，重力密度变化范围较大。

混凝土砖取材方便，生产工艺简单，耐久性好，可节约土地资源、能源，减少对环境 的污染，但是与烧结砖相比，其重力密度较高，保温、隔热性较差，水泥用量较多。

混凝土砖强度等级分为 MU30、MU25、MU20、MU15 四个强度等级。

4. 砌块

与砖相比尺寸较大的人造块体称为砌块。砌块规格尺寸尚不统一，通常把高度在 180~350mm 的砌块称之为小型砌块，高度在 360~900mm 的砌块称为中型砌块，高度大于 900mm 的砌块称为大型砌块。小型砌块尺寸较小、自重较轻、型号多，使用灵活，便于手工操作，目前我国应用较广泛。中型、大型砌块尺寸较大、自重较重，适用于机械起吊和安装，可提高施工速度、减轻劳动强度，但其型号不多，使用不够灵活，目前较少采用。砌块按有无孔洞或空心率大小可分为实心砌块和空心砌块。一般将无孔洞或空心率小于 25% 的砌块称为实心砌块，空心率大于或等于 25% 的砌块称为空心砌块。

在我国大力推广节土、节能、利废的墙改政策激励下，建筑砌块工业发展迅速，砌块类型多种多样。作为承重墙体的砌块主要有以下几种。

(1) 普通混凝土小型空心砌块。普通混凝土小型空心砌块（简称混凝土砌块或砌块）的混凝土集料为普通砂石，这种砌块在世界上的生产和应用已有 100 多年历史，其生产工艺成熟、生产设备简单，生产砌块的原材料资源丰富，成本低廉。普通混凝土小型空心砌块具有强度高、质量轻、耐久性好、外形尺寸规整等优点，已成为世界范围内流行的建筑墙体材

料。我国从 20 世纪 60 年代开始对混凝土砌块的生产和应用进行研究和探索,取得了显著进展。目前,普通混凝土小型空心砌块已成为我国发展新型墙体材料的主导产品。它的主规格尺寸为 $390\text{mm} \times 190\text{mm} \times 190\text{mm}$,用于承重的砌块空心率为 $25\% \sim 50\%$ 。图 2-2 所示为常用的几种混凝土小型砌块。

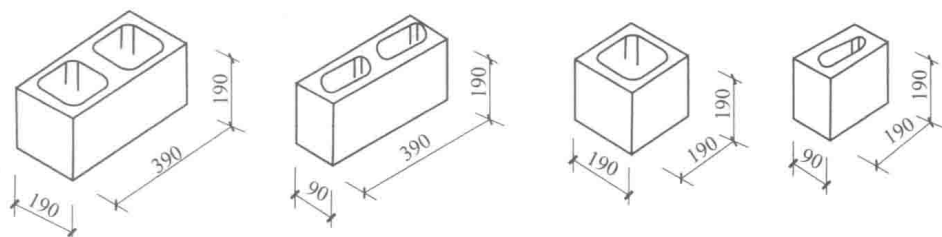


图 2-2 常用混凝土小型空心砌块

(2) 轻集料混凝土小型空心砌块。轻集料混凝土小型空心砌块(简称轻集料混凝土砌块)包括煤矸石混凝土砌块和孔洞率不大于 35% 的火山渣、浮石和陶粒混凝土砌块。它具有轻质、高强、保温隔热性能好等特点,在各种建筑的墙体中得到广泛应用,特别适用于对保温隔热要求较高的围护结构。随着墙改和建筑节能的发展,轻集料混凝土小型空心砌块将成为我国很有发展前途的新型墙体材料。目前我国轻集料混凝土小型空心砌块的主要规格尺寸与普通混凝土小型空心砌块的主规格尺寸相同,但孔的排数有单排孔、双排孔、三排孔和四排孔等四种类型,孔排数的增加有利于进一步改善其保温隔热性能。

(3) 粉煤灰小型空心砌块。粉煤灰小型空心砌块是指以水泥、粉煤灰、各种轻重集料、水为主要材料制成的小型空心砌块。它具有轻质、高强、热工性能好、利废等特点,被广泛应用于建筑结构的内外墙体。它的主规格尺寸与孔的排数与轻集料混凝土小型空心砌块相同。

混凝土砌块的强度等级分为 MU20、MU15、MU10、MU7.5、MU5 五个强度等级。

5. 石材

砌体结构所采用的石材一般为重质天然石,如花岗岩、砂岩、石灰岩等,重力密度多大于 18kN/m^3 。天然石材具有抗压强度高、抗冻性能好、耐久性好等优点。石材导热系数大,因此,在炎热及寒冷地区不宜用作建筑物外墙。

石材按其加工的外形规则程度分为料石和毛石两类。

(1) 料石。料石按照其加工的外形规则精度不同又可分为以下几种:

1) 细料石。通过细加工,外形规则,叠砌面凹入深度不大于 10mm ,截面的宽度、高度不小于 200mm ,且不小于其长度 $1/4$ 的块石。

2) 粗料石。规格尺寸同细料石,但叠砌面凹入深度不大于 20mm 的块石。

3) 毛料石。外形大致方正,一般不加工或稍加工修整,高度不小于 200mm ,叠砌面凹入深度不大于 25mm 的块石。

(2) 毛石。毛石是形状不规则、中部厚度不小于 200mm 的块石。

石材的强度等级分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20 七个强度等级。