



普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材

Putong Gaodeng Jiaoyu



Tumu
Gongcheng

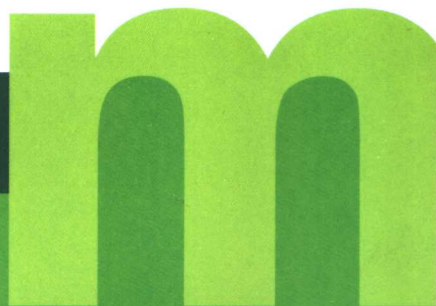
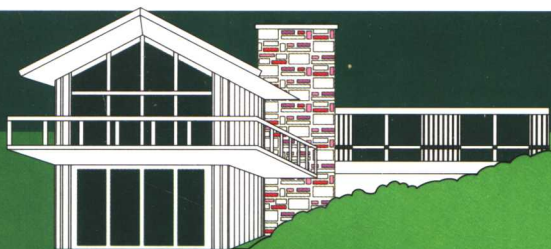
Zhuanye “Shiyiwu” Guihua Jiaocai

砌

QITI JIEGOU

● 主编 李凤兰

体 结构



郑州大学出版社

普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材

Putong Gaodeng Jiaoyu

内容简介



Tumu
Gongcheng

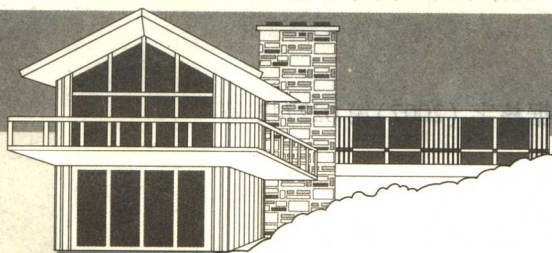
Zhuanye “Shiyiwu” Guihua Jiaocai

砌

QITI JIEGOU

●主编 李凤兰

体结构



郑州大学出版社

内 容 简 介

本书是普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材之一。全书共六章,主要介绍了砌体结构的基本理论和设计方法,内容包括砌体材料的基本力学性能,砌体结构构件承载力的计算,混合结构房屋墙体设计,过梁、圈梁、墙梁和挑梁的设计,砌体结构房屋抗震设计等。本书可供普通高等学校土木工程、工程管理专业的学生使用,也可作为相关专业的继续教育教材。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/李凤兰主编. —郑州:郑州大学出版社,2007.3

普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81106-360-8

I. 砌… II. 李… 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 (2007) 第 022742 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

黄委会设计院印刷厂印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:13.25

字数:325 千字

版次:2007 年 3 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

1/16

印数:1~3 100

印次:2007 年 3 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-81106-360-8

定价:20.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编写指导委员会

本

The compilation directorive committee

名誉主任 王光远

主任 高丹盈

委员 (以姓氏笔画为序)

申金山 司马玉州 刘立新 关 罡

李晓峰 李继周 张 伟 张 玲

张本昀 张国强 陈 淮 郑永红

赵顺波 段印德 祝彦知 姚庆钊

原 方 钱文军 曾宪桃 鲍 鹏

秘 书 崔青峰

本书作者

Authors

主 编 李凤兰

副 主 编 靳向红

编 委 (以姓氏笔画为序)

刘小敏 李 艳 李凤兰

肖洪涛 郝 晓 靳向红

序

Preface

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王守仁

2006年7月

前言

Preface

砌体结构是土木工程领域应用最为广泛的结构形式之一,其设计理论课程是土木工程专业的一门重要的专业基础课。随着科学研究的深入和技术发展,砌体结构的工程应用范围已延伸到中高层房屋建筑和高耸、大跨结构,其相关设计理论也得到不断的丰富和完善,同时新的砌体结构材料和结构形式也在不断创新发展中。为适应社会对土木工程专业人才的需求,依据《砌体结构设计规范》(GB 50003 - 2001)以及其他有关规范编写了本教材。

全书共6章,重点阐述了砌体结构的基本理论和设计方法,内容包括砌体材料的基本力学性能,砌体结构构件承载力计算,混合结构房屋墙体设计,过梁、圈梁、墙梁和挑梁的设计,砌体结构房屋抗震设计等。本书在编写过程中力求做到内容精炼,叙述清楚和实用,为有利于学生的学习和巩固,章后附有相应的思考题与习题。为了学以致用,书中编写的例题数量较多,可供教学时选择与参考。

本书由李凤兰担任主编,靳向红担任副主编,各章编写人员分工为:李凤兰编写第1章、第2章、第4章第7节和第8节,李艳编写第3章第1~3节,肖洪涛编写第3章第4节以及第4章第1、2节,刘小敏编写第4章第3~6节,郝晓编写第5章,靳向红编写第6章;张晓燕参加了部分文字校对和图表绘制工作;最后,由李凤兰统稿和修编定稿。

本书在编写过程中,参考了近年来出版的一些砌体结构教材及设计手册,在此向这些资料的作者们表示诚挚的谢意!同时还要感谢郑州大学出版社的大力支持和帮助!

由于编者水平有限,虽经再三努力,书中错误在所难免,恳请读者不吝批评指正。

编者
2006年10月

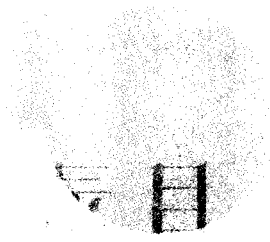
目录

CONTENTS



1

第1章 绪论	1
1.1 砌体结构的特点	1
1.2 砌体结构的发展简况	2
1.3 本课程的任务和特点	6
第2章 砌体及其材料的基本力学性能	9
2.1 砌体材料	9
2.2 砌体的种类	13
2.3 砌体的受压性能	15
2.4 砌体的受拉、受弯、受剪性能	18
2.5 砌体强度的标准值和设计值	23
2.6 砌体的变形性能及其他性能	27
第3章 砌体结构构件承载力计算	32
3.1 受压构件	32
3.2 局部受压	42
3.3 轴心受拉、受弯和受剪构件	54
3.4 配筋砌体构件	58
第4章 混合结构房屋墙体设计	87
4.1 混合结构房屋的结构布置方案	87
4.2 混合结构房屋的静力计算方案	91
4.3 墙柱高厚比验算	97
4.4 单层房屋墙体计算	106
4.5 多层房屋墙体计算	115
4.6 地下室墙体计算	127
4.7 一般构造要求	133
4.8 防止墙体裂缝的主要措施	135
第5章 过梁、圈梁、墙梁和挑梁的设计	142
5.1 过梁	142
5.2 圈梁	146
5.3 墙梁	148
5.4 挑梁	160



第6章 砌体结构房屋抗震设计.....	168
6.1 砌体结构房屋的受震破坏	168
6.2 砌体结构房屋抗震设计的基本规定	170
6.3 房屋结构抗震验算	173
6.4 房屋抗震构造措施	181
6.5 配筋砌块砌体房屋抗震设计	189
参考文献.....	202

100	100
101	101
102	102
103	103
104	104
105	105
106	106
107	107
108	108
109	109
110	110
111	111
112	112
113	113
114	114
115	115
116	116
117	117
118	118
119	119
120	120

第 1 章 绪 论

1.1 砌体结构的特点

由砖砌体、石砌体或砌块砌体组成的结构,统称为砌体结构。这些砌体是将砖、石材或各种砌块等块材用砂浆砌筑而成的。

砌体结构是我国广泛应用的 forms 之一,大量的低层、多层、中高层建筑房屋的基础、内外墙、柱等均可用砖砌体或砌块砌体结构建造,过梁、屋盖、地沟等构件也可用砌体结构建造。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。在石材的产地也可以用毛石或料石建造房屋,目前可建到 5 层。在混凝土结构或钢结构承重的房屋中,砖砌体和砌块砌体常被用作填充墙。在工业与民用建筑中,砌体往往被用来砌筑围护墙和填充墙。工业建筑中的烟囱、料斗、管道支架、对渗水性要求不高的水池等特种结构构件以及农村建筑,如仓库、跨度不大的加工厂房,也可用砌体结构建造。另外,石砌体结构还可用于建造桥涵结构,或用于道路的路基和边坡防护工程以及隧道进出口的防护工程。在水利工程中,可用石材砌筑坝、堰、渡槽和挡土墙等。

1.1.1 砌体结构的优点

(1) 砌体结构原材料来源广泛,石材、黏土、砂等均是天然材料,分布广,易于就地取材,价格也较水泥、钢材和木材便宜。此外,工业废料,如煤矸石、粉煤灰、页岩等,都是制作块材的原料,将之用于生产砖或砌块不仅可以降低造价,也有利于保护环境。

(2) 砌体结构有良好的耐火性和较好的耐久性,使用年限长。

(3) 砌体的保温、隔热性能好,节能效果明显。

(4) 砌体结构的施工设备和方法较简单,砌筑时不需要模板及特殊的技术设备,可以节约水泥、钢材和木材,造价较低,并且新砌筑的砌体即可承受一定荷载,因而可以连续施工。

(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。

1.1.2 砌体结构的缺点

(1) 砌体结构自重大。一般砌体的强度较低,建筑物的墙、柱截面尺寸较大,材料用量较多,结构的自重大。因此,应加强具有轻质高强等高性能砌体材料的研究,以减小截面尺寸并减轻结构自重。



(2) 砌筑砂浆和砖、石或砌块之间的黏结力较弱,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,并加强抗震抗裂的构造措施。

(3) 砌体结构砌筑工作繁重,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、振动砖墙板和混凝土空心墙板等工业化施工方法。

(4) 砖砌体结构的黏土砖用量很大,往往占用农田,影响农业生产,不利于保持生态平衡。因此,应大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖等替代黏土砖的产品。

1.2 砌体结构的发展简况

1.2.1 砌体结构发展简史

石砌体结构和砖砌体结构有着悠久的历史。人类自巢居、穴居进化到室居以后,最早是使用石块、土块等原始材料垒筑洞穴和房屋,并在此基础上逐步从使用乱石块发展为加工块石,从土坯发展为烧结砖瓦,出现了最早的砌体结构。据记载,我国早在 5 000 年前就建造有石砌祭坛和石砌围墙;我国的长城始建于公元前 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,建成了闻名于世的万里长城;隋代,由李春所建造的河北赵县安济桥(赵州桥,公元 595 ~ 605 年),距今已有 1 400 多年,其净跨为 37.02 m,宽为 9 m,外形十分美观,是世界上最早建造的空腹式单孔圆弧石拱桥,至今保留完好。古埃及约在公元前 3000 年在尼罗河三角洲的吉萨采用块石建成三座大金字塔,工程十分浩大。古罗马在公元 75 ~ 80 年采用石结构建成了罗马大角斗场,至今仍供人们参观。

人们生产和使用烧结砖瓦也有 3 000 多年的历史,在西周时期(公元前 1046 年 ~ 公元前 771 年)已有烧制的瓦,在战国时期(公元前 475 ~ 公元前 221 年)已能烧制成大尺寸空心砖,南北朝时砖的使用已很普遍。北魏(公元 386 ~ 534 年)孝文帝建于河南登封的嵩岳寺塔,是一座平面为 12 边形的密檐式砖塔,共 15 层,总高 43.5 m,为单筒体结构,塔底直径 8.4 m、墙厚 2.1 m、高 3.4 m,塔内建有真、假门 504 个,是我国保存最古的砖塔,在世界上也是独一无二的。始建于北齐(公元 550 ~ 577 年)天保十年的河南开封铁塔,大量采用异型琉璃砖砌成(因琉璃砖呈褐色,清代时百姓称为铁塔,流传至今),该塔平面为八角形,共 13 层,塔高 55.08 m,地下尚有 5 ~ 6 m;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。明代建造的南京灵谷寺无梁殿后面走廊的砖砌穹窿,显示出我国古代应用砖石结构的重要方面。中世纪在欧洲用砖砌筑的拱、券、穹窿和圆顶等结构也得到很大发展,如公元 532 ~ 637 年建于君士坦丁堡的圣索菲亚教堂,东西向长 77 m,南北向长 71.7 m,正中是直径 32.6 m 的穹顶,为砖砌大跨结构,具有很高的技术水平。

砌块的生产和应用以混凝土砌块为最早,但也只有 100 多年的历史。混凝土砌块于 1882 年问世。1897 年,美国建成了第一幢砌块建筑。在 1933 年美国加利福尼亚亚长滩大地震中,无筋砌体损害严重,之后推出了配筋混凝土砌块结构体系,建造了大量的多层和



高层配筋砌体建筑,如1952年建成的26幢6~13层的美国退伍军人医院、1966年在圣地亚哥建成的8层海纳雷旅馆(位于9度区)和洛杉矶19层公寓等,这些砌块建筑大部分都经历了强烈地震的考验。建国以来,我国的砌块结构得到迅速发展,取得了显著的成绩。1958年,我国建成采用混凝土空心砌块做墙体的房屋,之后空心砖和砌块的生产以及应用得到了一定的发展。目前,我国砌块的年产量已达 $1.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,砖的年产量达到世界其他国家砖年产量的总和,房屋建筑工程的墙体结构中95%以上的墙体均采用砌体材料。我国已从过去用砖石建造的低矮的民房,发展到现在大量的多层住宅、办公楼等民用建筑和中小单层工业厂房、多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑,此外还可利用砖石建造各种砖石构筑物,如烟囪、筒仓、拱桥等。

1.2.2 砌体结构在材料方面的发展

据不完全统计,我国每年实心黏土砖产量高达7 000亿块,毁田数十万亩,每年生产能耗超过 $7 \times 10^8 \text{ t}$ 标煤。因此,在人口多、耕地少的地区,应采取有力措施限制使用或取消黏土砖,使传统黏土砖砌体沿着符合“节土、节能、利废”的基本国策的方向发展。

目前,各种孔洞率高、孔型和结构合理的黏土空心砖系列产品在各地得到推广应用,竖向孔洞的空心砖用于承重,水平孔洞的空心砖用于框架填充墙,砖的强度等级也有所提高,《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)已将砖的最低强度等级提高到MU10,将砂浆的最低强度等级提高到M2.5。用空心砖建造的房屋具有墙厚减薄,墙体自重减轻,使用面积有所增大的优点,取得了明显的技术经济效益。在空心砖的孔洞内设置预应力钢筋而制成空心砖楼板、小梁或檩条,在工程中也有应用。黏土砖的替代产品,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、烧结页岩砖、烧结粉煤灰砖、混凝土砌块等也得到越来越广泛的应用。

近10年来,采用混凝土、轻质混凝土以及利用各种工业废渣、粉煤灰、煤矸石等制成的混凝土砌块在我国有较大发展。由混凝土砌块代替黏土砖作为承重墙体材料,既保留了传统砖石结构取材广泛、施工方便、造价低廉的特点,又具有强度高、延性好的钢筋混凝土结构的特性。它的最大优势在于砌块的生产不毁坏耕地,而且耗能较低,仅为生产黏土砖的一半,是我国墙体材料改革的有效途径之一。据中国建筑砌块协会统计,1998年全国砌块总产量已达到 $3.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ (折算砖约为245亿块),而且近几年混凝土砌块和砌块建筑的年递增量都在20%左右,尤其以大中城市推广迅速。以上海推广砌块建筑的面积为例,1994年约 $5 \times 10^6 \text{ m}^2$,1995年约 $1 \times 10^7 \text{ m}^2$,1996年约 $1.5 \times 10^7 \text{ m}^2$,到1999年一季度累计完成约 $4.5 \times 10^7 \text{ m}^2$ 。大庆油田从1976年引进国外砌块生产线起到1999年底,已建成100多幢砌块住宅。

当前,我国需要大力生产高强、承重、保温隔热、带装饰面等多功能的混凝土空心砌块,生产孔洞率高、孔型和结构合理的承重空心砖,以及利用工业废料的砖和砌块。根据有关发展规划要求,到2010年,使新型墙体材料占墙体材料总量的40%(其中,在直辖市要求占70%~80%,在计划单列市和经济发达的省会城市占60%~70%),以改善建筑功能,提高住房建设质量和施工效率,减少繁重体力劳动,不断提高生产工业化、施工机械化的水平,以达到节约能源、保护土地、有效利用资源、综合治理环境污染的目的。

轻质、高强是砖砌体发展的重要方向。目前,欧、美各国及澳大利亚的砖的抗压强度



一般均可达到 $30 \sim 60 \text{ N/mm}^2$, 孔洞率有的高达 60%, 且能生产强度高于 140 N/mm^2 的砖; 空心砖的重力密度一般为 13 kN/m^3 , 轻的则达 6 kN/m^3 。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 25.5 N/mm^2 、 20 N/mm^2 和 13.8 N/mm^2 ; 德国采用的水泥石灰混合砂浆的抗压强度为 $13.7 \sim 41.1 \text{ N/mm}^2$ 。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。在西欧及美国等, 20 世纪 70 年代的砖砌体的抗压强度已达 20 N/mm^2 以上, 接近甚至超过了普通混凝土的强度。

1.2.3 砌体结构在结构形式方面的发展

砌体结构可用于建造各种构筑物, 如在镇江市建成顶部外径为 2.14 m 、底部外径为 4.78 m 、高 60 m 的砖砌烟囱。我国曾建造成用料石砌筑而成的高达 80 m 的排气塔。在湖南建成储粮用的砖砌筒群仓, 每个筒仓高 12.4 m 、直径 6.3 m 、壁厚 240 mm 。20 世纪 50~60 年代, 我国修建了一大批砖拱楼盖和屋盖, 还建成用作屋盖的 $10.5 \text{ m} \times 11.3 \text{ m}$ 的扁球型砖壳, $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ 的双曲扁球型壳和直径 40 m 的圆球型砖壳。南京、西安等地还研制和生产出拱壳砖(又称带钩空心砖), 其构造巧妙, 很有特色。20 世纪 60 年代, 在南京采用带钩空心砖建成 $14 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的双曲扁壳屋盖的实验室、 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 两跨双曲扁壳屋盖的车间、 $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ 双曲扁壳屋盖的仓库以及直径为 10 m 的圆形壳屋盖的油库。在西安还建成了 24 m 跨双曲拱屋盖。

桥梁工程中也广泛采用了砌体结构。20 世纪 70 年代, 我国在闽清梅溪大桥工程中建成 88 m 跨的双曲砖拱(拱波之间设有钢筋混凝土小肋), 在四川丰都九溪沟建成跨度为 116 m 的变截面敞肩式公路石拱桥。1991 年建成的湖南鸟巢河双肋公路石拱桥, 净跨度达 120 m , 是世界上跨度最大的石拱桥。

在水利工程方面, 福建用石砌体建成横跨云霄、东山两县的大型引水工程, 其中陈岱渡槽全长超过 4400 m , 高 20 m , 渡槽支墩共 258 座, 工程规模宏大。著名的河南林州市红旗渠也大量采用石砌渡槽。

砌体结构是房屋建筑结构的传统结构形式之一, 应用量大面广。随着城市建设和节土、节能、墙体改革的需要, 配筋砌体结构和约束砌体结构的研究和应用已取得较大进展。20 世纪 60 年代, 在衡阳和株洲一些房屋的部分墙、柱中采用网状配筋砖砌体承重。20 世纪 50~70 年代, 徐州采用配筋砖柱建造了跨度为 $12 \sim 24 \text{ m}$, 吊车起重量为 $50 \sim 200 \text{ t}$ 的单层厂房共 $3.6 \times 10^6 \text{ m}^2$ 。1984 年, 西安采用配竖向钢筋空心砖墙承重建成一幢按 8 度设防的 6 层住宅。1987 年, 沈阳(7 度区)共建成带钢筋混凝土约束柱和圈梁的“砖混组合墙体”8 层住宅 34 幢, 共 $1.7 \times 10^6 \text{ m}^2$, 体系受力性能介于钢筋混凝土框架-填充墙结构与带钢筋混凝土构造柱的砖混结构体系之间, 较同样 8 层的钢筋混凝土轻型框架结构房屋, 可降低造价 20%~50%, 节省钢材 50%, 节约木材 45%, 且施工周期短。

近 20 年来, 许多国家在配筋砌体的研究和应用方面取得了较大进展, 为砌体结构在高层建筑中的应用开辟了新的途径。为了适应中高层建筑(8~20 层)的需要, 配筋砌块剪力墙结构体系应运而生, 与钢筋混凝土框架剪力墙结构体系相比, 采用配筋砌块剪力墙可缩短建筑工期约 20%, 降低工程总造价 10% 以上。配筋砌块剪力墙既可采用墙体全部



落地的方式,又可采用底层框架的方式,有很强的适应性。欧、美等国从20世纪60年代至今已建立了完善的配筋砌体结构系列标准。在瑞士,这种房屋一般可达20层;在美国和新西兰等国,采用配筋砌体在地震区建造高层房屋,层数可达13~28层。

英国在预应力砌体结构研究和设计方面处于领先地位,1967年建成一座竖向和环向施加预应力内径为12 m的砖水池,近年来还将预应力砌体结构用于单层厂房和大型仓库,取得了很好的效果。

采用配筋砌体剪力墙建造中高层房屋也是我国目前大力推进的房屋建筑结构之一,已进行了一些试点工程。20世纪80年代,广西南宁建成10~11层砌块房屋;1997年,辽宁盘锦市建成国税局15层配筋砌块住宅楼,并相继修建了配筋砌块砌体10层住宅楼和11层办公楼试点工程;1998年,上海建成18层配筋砌块住宅;辽宁抚顺市也建成5幢16层配筋砌块住宅楼。国外的经验和我国的研究结果及试点工程都已表明,在中高层建筑(8~18层)中,采用配筋砌体结构尤其是配筋砌块剪力墙结构,可节约钢筋和木材,施工速度快,经济效益显著,且结构的抗震和抗裂性能良好。

1.2.4 砌体结构在建造技术方面的发展

目前,我国砌体基本采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低,且施工质量不易保证,有必要在我国较大范围内改变传统的砌体结构建造方式,提高生产的工业化、机械化水平,从而减少繁重的体力劳动,加快工程建设速度。根据我国目前的实际情况,应推广采用砌块建筑或墙板建筑。我国大型板材墙体也有发展,20世纪50年代曾用振动砖墙板建成5层住宅,承重墙板厚120 mm;1974年,在南京、西安等地用空心砖做振动砖墙板建成4层住宅;1986年,在长沙建成内墙采用混凝土空心大板、外墙采用砖砌体的8层住宅。

近20年来,许多国家在预制砖墙板的研究和应用方面也取得了较大进展,为砌体结构在高层建筑中的应用开辟了新的途径。20世纪60年代,苏联采用预制砖墙板的房屋面积已超过 $4 \times 10^7 \text{ m}^2$;丹麦生产了11种类型的振动砖墙板,年产量达 $3.5 \times 10^7 \text{ m}^2$;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中应用。

1.2.5 砌体结构在设计理论方面的发展

建国以前,我国所建造的砌体结构房屋主要是住宅等低层民用建筑,只凭经验设计而不作计算,由房屋的层数来选定墙的厚度。1952年,东北人民政府工业局拟定出砖石结构设计临时标准,规定了基于弹性理论和允许荷载的结构分析和设计方法。1955年,国家建筑工程部参照苏联的《砖石及钢筋砖石结构设计标准及技术规范》(HuTy 120-55)并结合我国实际情况公布了《砖石及钢筋砖石结构临时设计规范》,该规范采用定值的极限状态设计方法。20世纪60~70年代初,在全国范围内对砖石结构进行了比较大规模的科学试验、工程调查、计算理论和设计方法的研究工作,并于1973年颁布了我国第一部《砖石结构设计规范》(GBJ 3-73),采用了多系数分析、单系数表达的半经验半概率极限状态设计方法,在静力计算方案方面首次提出了刚弹性构造方案,考虑了房屋整体空间工作,并对受压构件提出了统一的计算公式,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 年代中期,我国组织有关高校、科研和设计单位有计划地对砌体结构进行了第二次较大规模的研究,取得了大批数据和科研成果,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果,并于 1988 年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988),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提高到当时的国际水平,其中多层砌体结构房屋的空间工作以及在墙梁中墙和梁的共同工作等专题的研究成果在国际上处于领先地位,另外,规范补充了混凝土中型、小型砌块房屋的设计,修改了砌体的基本强度表达式、偏心受压长柱、局部受压和配筋砌体的计算公式等,使我国砌体结构理论和设计方法更趋完善。同时,我国还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,并担任了配筋砌体分委员会的秘书国。

近 10 多年来,随着我国在砌体方面新材料、新技术、新结构的推广应用,以及人民生活水平的提高,对砌体房屋结构的可靠性、耐久性提出了进一步的要求,原有的《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988)已显得不适应工程建设的需要。从 1998 年起,在总结新的科研成果和工程经验的基础上,在全国范围内组织有关高校、科研和设计单位对原《砌体结构设计规范》进行了全面修订,编制了新的《砌体结构设计规范》(GBJ 50003—2001),新规范的砌体结构类别和应用范围较原规范有所扩大,增加了组合砖墙、配筋砌块砌体剪力墙结构以及地震区的无筋和配筋砌体结构构件设计等内容,引入了近年来新型砌体材料,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块及混凝土小型空心砌块灌孔砌体的计算指标,提高了材料强度等级,适当调整了材料设计强度的取值,补充了以承受永久荷载为主的内力组合,增加了施工质量控制等级的内容,补充了砖砌体和混凝土构造柱组合墙、配筋砌块砌体剪力墙的设计方法;对结构和构件承载力计算方法(如局部受压、墙梁计算等)作了进一步改进,并补充和完善了砌体结构构造措施,提高了一般构造要求的最低材料强度等级,增加了夹心墙的构造要求,此外,还明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文。

当前,进一步研究砌体结构的破坏机理和受力性能,从理论上解决砌体结构各种受力构件的强度计算方法,以砌体结构的整体为研究对象建立精确而完整的砌体结构计算方法和设计理论,积极探索新的砌体结构形式,是世界各国所关心的课题。我国今后应继续加强这一领域的研究,并进一步改进实验技术,使测试和数据处理自动化,以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,应加强对砌体裂缝的机理和防止减轻墙体裂缝措施的研究,以进一步提高砌体结构房屋的质量。

1.3 本课程的任务和特点

本课程是土木工程专业重要的专业技术理论课程,学习本课程的主要目的和任务是:掌握砌体结构材料性能及其各种受力性能指标的计算及取值方法,掌握砌体结构构件的基本设计理论、计算方法和构造知识,掌握砌体结构房屋的结构方案、布置和构造以及砌



体结构房屋的抗震设计,为顺利地从事砌体结构房屋的设计和研究奠定基础。

学习本课程的目的是能够进行砌体结构设计。砌体结构设计过程要正确处理好安全适用和经济、结构的局部构件设计和房屋的整体设计、结构和建筑、设计和施工等一系列关系问题。结构设计是一个综合性的问题,包含了结构方案、结构布置、材料选择、截面形式选择、配筋计算和构造等。设计时,如果过多地考虑安全,会搞成“肥梁”、“胖柱”、“厚墙”、“重盖”、“深基”等,造成浪费;如果片面考虑经济,把结构设计得过于单薄,又会影响到房屋安全使用。一个好的设计应该切合实际、技术先进、安全适用、经济合理。

学习本课程知识应注意以下几个方面的问题。

(1)掌握砌体材料性能是本课程学习的根本。

砌体材料包括砖、石、砌块等各类块材,它们通过砂浆砌筑成砖砌体、石砌体、砌块砌体等。因块体类别和砌体类别不同、砂浆强度不同以及施工质量控制等级不同等原因,在砌体同样受压、受拉、受弯、受剪时,不同的砌体材料表现出不同的受力性能,因而造成材料性能取值没有简便的计算方法,需要根据具体情况应用经验公式或查表获得。只有理解砌体材料的这些差异,熟练掌握材料各种性能指标的取值方法,才能为后续的砌体结构构件设计及砌体结构设计奠定坚实的基础。

(2)本课程是砌体结构设计的技术理论课程。

由于砌体是由各种块材和砌筑砂浆两种力学性能不同的材料组成的复合材料,所以其力学特性及强度理论较为复杂,难以用力学模型和数学模型来严谨地推导建立,目前的计算公式常常是经大量试验研究并结合理论分析建立起的半理论半经验公式,学习时应注意结合实际工程设计,正确运用这些理论和公式。砌体结构构件的受力性能也因砌体的非均质性,不能简单的套用单一弹性材料的理论计算方法,这就使得本课程与材料力学课程有很大的不同,在学习时应注意它们之间的异同点,体会并灵活运用材料力学课程中分析问题的基本原理和基本思路,学会从材料的物理关系、变形的几何关系和受力的平衡关系中寻找解决问题的途径,这对学好本课程是十分有益的。

同时,由于砌体结构房屋一般是由竖向砌体承重和水平向钢筋混凝土承重组合而成的复合结构体系,其结构受力性能受到两者之间传递荷载和协同工作能力的影响,所以需要灵活运用结构力学课程中的结构分析方法。

(3)构造知识和构造规定具有重要地位。

在设计砌体结构房屋时,除应进行墙、柱的承载力计算和高厚比的验算外,还应采取一些构造措施,以保证房屋的耐久性、整体性及抗震性能的要求。如材料的最低强度等级、截面的最小尺寸、构件的支承长度、拉结要求等。构造是结构设计不可缺少的内容,与计算是同样重要的,因此,要充分重视对构造知识的学习。在学习过程中不必死记硬背构造的具体规定,但应注意弄清其中的道理,通过平时的作业和课程设计逐步掌握。

(4)学会运用规范至关重要。

设计规范是国家颁布的关于结构设计计算和构造要求的技术规定和标准,具有约束性和立法性,是贯彻国家的技术经济政策,保证设计质量,达到设计方法上必要的统一化、标准化的统一依据,工程设计人员必须遵循,并要能熟练应用。本课程需学习的设计规范主要有《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构荷载规范》



(GB 50009—2001)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)。

由于科学技术水平和生产实践经验是在不断发展的,设计规范也必然要不断进行修订和补充。因此,要用发展的眼光来看待设计规范,在学习和掌握砌体结构理论和设计方法的同时,要善于观察和分析,不断进行探索和创新。由于设计工作是一项创造性工作,在遇到超出规范规定范围的工程技术问题时,不应被规范束缚,而需要充分发挥主动性和创造性,经过试验研究和理论分析等可靠性论证后,积极采用先进的理论和技术。



思考题

1. 什么是砌体结构?
2. 砌体结构有哪些优点和缺点? 有哪些应用范围?
3. 我国哪些设计规范与砌体结构设计有关?
4. 我国今后一个时期砌体结构的发展方向有哪些?
5. 学习砌体结构课程知识应注意哪些问题?