



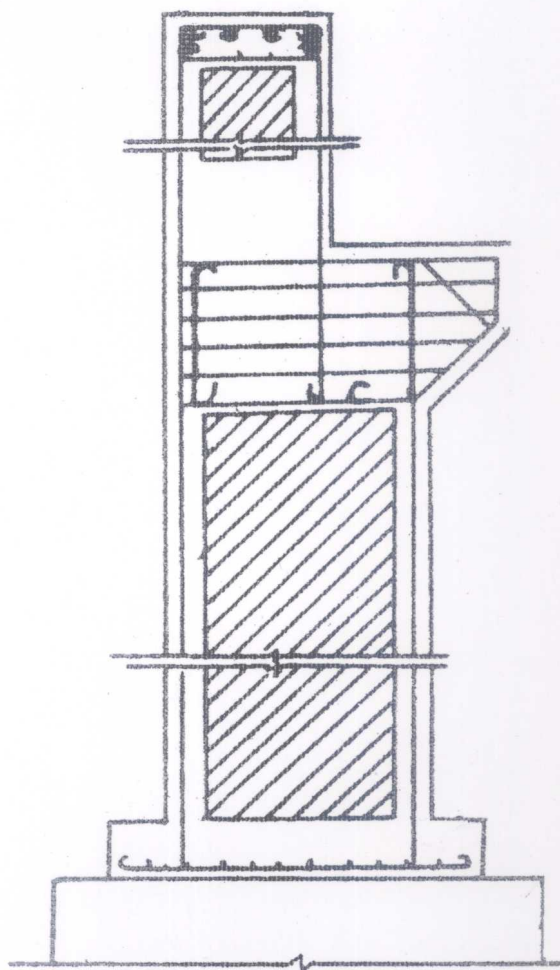
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

砌体结构 (第3版)

Q T J G

刘立新 主编



WUTP

武汉理工大学出版社

TU36/11=3

2007

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

砌体结构

(第3版)

主 编 刘立新
副主编 谢丽丽
参 编 王新玲 管品武
郝 彤 赵文兰
于秋波

武汉理工大学出版社

【 内 容 提 要 】

本书结合我国近年来砌体结构的新发展,主要介绍了砌体材料及砌体的力学性能,砌体结构和构件以概率理论为基础的极限状态设计方法,构件的受压、局部受压、受拉、受弯和受剪承载力计算,配筋砌体和配筋砌块砌体剪力墙承载力计算,混合结构房屋墙体设计,过梁、圈梁、墙梁、挑梁及墙体的构造措施,以及砌体结构房屋抗震设计。全书依据《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写。

本书可作为高等学校土木工程专业的砌体结构课程教材,也可供土木工程技术人员参考。

【 主 编 简 介 】

刘立新 男,1947年10月生,郑州大学教授,博士生导师。1997年被国务院批准为享受政府特殊津贴专家,1998年被评为全国优秀教师。长期从事土木工程专业教学和科研工作,主要研究方向为混凝土结构、砌体结构基本理论及工程应用。曾荣获省级教学成果特等奖1项,部省级科技进步二等奖4项、三等奖6项,出版学术专著、教材11本,在国内外学术刊物发表论文70多篇。主要社会兼职为建设部土木工程专业指导委员会委员、全国混凝土结构标准技术委员会委员、全国砌体结构标准技术委员会委员等。

E-mail: liu lixin@371.net

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/刘立新主编. —3版. —武汉:武汉理工大学出版社,2007.12
ISBN 7-978-5629-2626-9

I. 砌… II. 刘 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 180829 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路122号 邮编:430070)

http://www.techbook.com.cn 理工图书网

E-mail: wutpyyk@163.com

印刷者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:9.25

字 数:300千字

版 次:2000年8月第1版 2003年5月第2版 2007年12月第3版

印 次:2007年12月第13次印刷

印 数:101001—111000册

定 价:17.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87397097 87383695

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

编 审 委 员 会

(第3版)

顾 问:成文山 滕智明 罗福午 李少甫 甘绍熿

施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠

主 任:江见鲸 吕西林 雷绍锋

副主任:朱宏亮 赵均海 刘伟庆 辛克贵 袁海庆 吴培明

刘立新 赵明华 朱彦鹏 徐礼华 戴国欣

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

毛鹤琴 王天稳 王社良 邓铁军 白晓红 包世华

田道全 叶献国 卢文胜 江见鲸 吕西林 刘立新

刘长滨 刘永坚 刘伟庆 朱宏亮 朱彦鹏 孙家齐

过静君 闵小莹 李世蓉 李必瑜 李启令 吴培明

吴炜煜 辛克贵 何铭新 汤康民 陈志源 汪梦甫

张立人 张建平 邵旭东 罗福午 周 云 赵明华

赵均海 尚守平 杨 平 杨志勇 柳炳康 胡敏良

俞 晓 桂国庆 袁海庆 徐 伟 徐礼华 秦建平

蒋沧如 彭少民 覃仁辉 雷俊卿 雷绍锋 蔡德明

廖 莎 燕柳斌 戴国欣

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

出版说明

(第3版)

1998年教育部颁布了新的高等学校本科专业目录,将“建筑工程专业”拓宽为“土木工程专业”。为了适应专业拓宽后教学的需要,解决教材缺乏的燃眉之急,我们于2000年率先组织编写并出版了“普通高等学校土木工程专业新编系列教材”。这套教材经中国土木工程学会教育工作委员会审订,并向全国高等学校推荐之后,已被众多高等学校选用,同时也得到了广大师生和社会的好评。其中多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖,多数被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。截至2006年底,单本书销量最高的已达几十万册。这充分说明了教材编审委员会关于教材的定位、内容、特色和编写宗旨符合土木工程专业的教学要求,满足了专业建设的急需,但它仍然存在缺点和不足。随着我国土木工程建设领域国家标准、规范的修订和高等工程教育教学改革的新发展,教材编审委员会于2003年及时对本套教材进行了第2次修订,并根据高等学校土木工程专业本科教学的需要,增补出版了13种教材。

教材必须及时反映我国土木工程领域科学技术的最新发展,以及高等工程教育教学改革所取得的阶段性成果。根据这些要求,教材编审委员会决定2007年对本套教材进行第3次修订,教材编审委员会的成员也将进行相应的增补和调整。

(1)在教学过程中使用本套教材的各高等学校土木工程专业的师生,积极支持我社开展的教材审读活动,并根据教学实践提出了很多中肯的意见和建议,我们尽管在教材重印时及时做了局部修改,但仍感到存在一些问题,需要做较系统的修订。

(2)第3版教材的修订将及时反映当前土木工程建设领域发展的最新成果,尤其是新材料、新技术、新工艺和新设备,使教材内容与国家和行业最新颁布的标准、规范同步。

(3)第3版教材的修订将更准确地体现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《土木工程专业本科(四年制)培养目标和毕业生基本规格》、《专业基础课程教学大纲》、《专业课群组核心课程教学大纲》等文件精神。教材将在宽口径土木工程专业的建设方面进行认真探索,并为高等工程教育人才培养提供新的经验。

(4)第3版教材的修订将注重教材的立体化建设,充分利用多媒体教学手段以提高教学质量。我们配合中国土木工程学会教育工作委员会举办了“首届全国高等学校土木工程专业多媒体教学课件竞赛”活动,并将从获奖作品中遴选相关课程的优秀课件正式出版。

第3版教材的修订工作仍将秉承教材编审委员会既定的宗旨,把教材的内容质量放在第一位,并力求更好地满足教学需要。我们更希望广大师生能一如既往地关注本套教材,并及时反馈各校专业建设和教学改革的意见和建议,以便我们再次修订,将本套教材打造成名副其实的精品教材。

武汉理工大学出版社

2007.5

第 3 版前言

《砌体结构》第 1 版和第 2 版分别于 2001 年 8 月和 2003 年 5 月出版后,受到了广大师生和读者的欢迎。但由于近年来我国国民经济可持续发展的需要,为节约耕地,减少对环境的污染,国家有关部门先后发出了关于加快墙体材料革新、推广节能建筑的通知,并公布了限时禁止使用实心粘土砖的城市,不少省、市也出台了禁止或限制使用实心粘土砖的政策,因而原《砌体结构》第 1 版和第 2 版中的部分内容已显得不适应当前墙体材料革新的形势,有必要进行修订。

《砌体结构》第 3 版在编写时,除依据土木工程专业教学大纲的要求和我国现行《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)以及其他有关结构设计、施工规范的规定外,还适当介绍了最近几年来我国开发生产的一些新型墙体材料。有些新型墙体材料虽然尚未列入现行的《砌体结构设计规范》,但一些省、市已编制了相应的工程建设地方标准,本教材补充了相关内容,可供参考。为了响应国家加快墙体材料革新的政策,《砌体结构》第 3 版也对教材中的例题进行了适当修改,尽可能介绍采用新型墙体材料的设计计算方法。还适当增加了一些思考题和习题,并给出了部分习题的答案。

《砌体结构》第 3 版仍分为 6 章,第 1 章由刘立新编写,第 2 章由管品武、郝彤编写,第 3 章由刘立新、管品武、赵文兰编写,第 4 章由王新玲、刘立新编写,第 5、6 章由谢丽丽、于秋波编写。由刘立新任主编、谢丽丽任副主编。全书的思考题和习题由郝彤、赵文兰修改,并给出部分答案。

刘伟老师对第 1 版和第 2 版中的个别印刷错误给予了指正,在此表示衷心感谢。

石家庄铁道学院赵静,桂林工学院覃荷瑛同志对第 3 版的编写工作提出了宝贵意见,在此表示诚挚的谢意!

尽管本教材已进行多次修订,但由于编者水平有限,书中仍难免存在错误与缺点,恳请读者批评指正。

编者
2007 年 4 月

第 2 版前言

《砌体结构》第 1 版于 2001 年 8 月出版以后,中华人民共和国国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)于 2002 年 3 月 1 日正式颁布实施,与《砌体结构设计规范》有关的其他结构设计规范也已陆续修订完成,并于 2002 年上半年全面颁布实施。为了使《砌体结构》教材能够反映我国结构设计新的有关规定,本次再版时按照正式颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)和有关的《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)等的规定,对该书第 1 版进行了局部修改。主要修改内容为:荷载效应组合、砌体结构房屋抗震设计的规定等,对相关的例题也进行了相应的修改。

由于编者水平有限,对新修订的各种规范学习理解不够,书中仍难免存在错误与缺点,恳请读者批评指正。

编 者
2003 年 4 月

第 1 版前言

本书是根据高等学校土木工程专业“砌体结构”课程的基本要求编写的。比较系统地介绍了砌体材料及砌体的基本力学性能,砌体结构构件承载力的计算方法,包括构件的受压、局部受压、受拉、受弯和受剪承载力计算,配筋砌体和配筋砌块砌体剪力墙承载力计算等。较详细地介绍了混合结构房屋墙体设计,过梁、圈梁、墙梁、挑梁及墙体的构造措施,以及砌体结构房屋抗震设计等内容。

本书是依据新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)以及其他有关新修订的结构设计规范编写的。在编写过程中力求做到内容精炼、概念清楚、文字叙述简明,注意遵循由浅入深、循序渐进的教学规律。本书编写了较多的按照新修订的规范计算的例题,便于学习理解新规范的设计计算方法,各章后面附有小结、思考题和习题,便于复习巩固所学的内容。可作为高等学校土木工程专业砌体结构课程教材,也可供土木工程技术人員学习新修订的《砌体结构设计规范》时参考。

全书分为 6 章,第 1 章由刘立新编写,第 2 章由管品武编写,第 3 章由刘立新、管品武编写,第 4 章由王新玲编写,第 5、6 章由谢丽丽编写。由刘立新主编、谢丽丽副主编。

由于编者水平有限,编写时间仓促,对新修订的规范学习理解不够,并由于我国各种结构设计规范全面修订后尚未正式颁布实施,因此书中错误与缺点难免,恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 7 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 砌体结构发展概况	(1)
1.1.1 砌体结构发展简史	(1)
1.1.2 我国砌体结构发展概况	(2)
1.1.3 国外砌体结构发展简介	(4)
1.2 砌体结构的优缺点及其应用范围	(4)
1.2.1 砌体结构的优缺点	(4)
1.2.2 砌体结构的应用范围	(5)
1.3 砌体结构发展展望	(5)
本章小结	(6)
思考题	(6)
2 砌体及其基本材料力学性能	(7)
2.1 砌体材料及其强度等级	(7)
2.1.1 砖	(7)
2.1.2 砌块	(9)
2.1.3 石材	(10)
2.1.4 砂浆	(10)
2.1.5 对砌体材料的耐久性要求	(10)
2.2 砌体的种类	(11)
2.2.1 砖砌体	(11)
2.2.2 砌块砌体	(11)
2.2.3 石砌体	(11)
2.2.4 配筋砌体	(11)
2.2.5 墙板	(12)
2.3 砌体的受压性能	(12)
2.3.1 砌体的受压破坏特征	(12)
2.3.2 砌体的受压应力状态	(12)
2.3.3 影响砌体抗压强度的因素	(13)
2.3.4 砌体抗压强度计算公式	(14)
2.4 砌体的受拉、受弯、受剪性能	(14)
2.4.1 砌体的轴心受拉性能	(15)
2.4.2 砌体的受弯性能	(15)
2.4.3 砌体的受剪性能	(15)
2.5 砌体的变形和其他性能	(17)
2.5.1 砌体的弹性模量	(17)
2.5.2 砌体的剪变模量	(19)
2.5.3 砌体的干缩变形和线膨胀系数	(19)
2.5.4 摩擦系数	(19)
本章小结	(19)
思考题	(20)

3	砌体结构构件承载力的计算	(21)
3.1	以概率理论为基础的极限状态设计方法	(21)
3.1.1	极限状态设计方法的基本概念	(21)
3.1.2	砌体的强度标准值和设计值	(23)
3.2	受压构件	(27)
3.2.1	受压短柱的承载力分析	(27)
3.2.2	轴心受压长柱的受力分析	(29)
3.2.3	偏心受压长柱的受力分析	(30)
3.2.4	受压构件承载力的计算	(32)
3.2.5	计算例题	(33)
3.3	局部受压	(35)
3.3.1	砌体局部受压的特点	(35)
3.3.2	砌体局部均匀受压	(36)
3.3.3	梁端局部受压	(37)
3.3.4	梁下设有刚性垫块	(38)
3.3.5	梁下设有长度大于 πh_0 的钢筋混凝土垫梁	(39)
3.3.6	计算例题	(40)
3.4	轴心受拉、受弯和受剪构件	(42)
3.4.1	轴心受拉构件	(42)
3.4.2	受弯构件	(42)
3.4.3	受剪构件	(42)
3.4.4	计算例题	(43)
3.5	配筋砖砌体构件	(44)
3.5.1	网状配筋砖砌体受压构件	(44)
3.5.2	组合砖砌体构件	(46)
3.5.3	砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	(49)
3.5.4	计算例题	(50)
3.6	配筋砌块砌体构件	(51)
3.6.1	正截面受压承载力计算	(51)
3.6.2	斜截面受剪承载力计算	(53)
	本章小结	(53)
	思考题	(54)
	习题	(54)
4	混合结构房屋墙体设计	(56)
4.1	混合结构房屋的组成及结构布置方案	(56)
4.1.1	混合结构房屋的组成	(56)
4.1.2	混合结构房屋的结构布置方案	(56)
4.2	房屋的静力计算方案	(58)
4.2.1	混合结构房屋的空间工作性能	(58)
4.2.2	房屋静力计算方案的分类	(59)
4.2.3	刚性方案和刚弹性方案的横墙	(60)
4.3	墙柱高厚比验算	(61)
4.3.1	允许高厚比及影响高厚比的因素	(61)
4.3.2	高厚比验算	(62)
4.4	单层房屋墙体计算	(66)

4.4.1	单层刚性方案房屋承重纵墙的计算	(66)
4.4.2	单层弹性方案房屋承重纵墙的计算	(67)
4.4.3	单层刚弹性方案房屋承重纵墙的计算	(68)
4.4.4	计算例题	(69)
4.5	多层房屋墙体计算	(72)
4.5.1	多层刚性方案房屋承重纵墙的计算	(72)
4.5.2	多层刚性方案房屋承重横墙的计算	(75)
4.5.3	多层刚性方案房屋计算例题	(75)
4.5.4	多层刚弹性方案房屋的计算	(79)
4.6	地下室墙	(80)
4.6.1	概述	(80)
4.6.2	地下室墙体的荷载	(80)
4.6.3	地下室墙体的计算简图和截面验算	(81)
4.6.4	地下室墙计算示例	(82)
	本章小结	(85)
	思考题	(86)
	习题	(86)
5	过梁、圈梁、墙梁、悬挑构件及墙体的构造措施	(88)
5.1	过梁	(88)
5.1.1	过梁的分类及应用范围	(88)
5.1.2	过梁上的荷载	(88)
5.1.3	过梁的计算	(89)
5.2	圈梁	(91)
5.2.1	圈梁的设置	(91)
5.2.2	圈梁的构造要求	(91)
5.3	墙梁	(92)
5.3.1	概述	(92)
5.3.2	墙梁的受力特点和破坏形态	(93)
5.3.3	墙梁的计算	(96)
5.3.4	墙梁的构造要求	(98)
5.3.5	计算例题	(99)
5.4	悬挑构件	(106)
5.4.1	悬挑构件的受力性能	(106)
5.4.2	挑梁的计算	(107)
5.4.3	挑梁的构造要求	(109)
5.5	墙体的构造措施	(109)
5.5.1	墙、柱的一般构造要求	(109)
5.5.2	防止或减轻墙体开裂的措施	(110)
	本章小结	(112)
	思考题	(113)
	习题	(113)
6	砌体结构房屋抗震设计	(115)
6.1	砌体结构房屋的震害	(115)
6.2	多层砌体结构房屋抗震设计的一般规定	(115)
6.2.1	房屋总高度和层数的限制	(115)

6.2.2	房屋高宽比的限制	(116)
6.2.3	墙体的布置	(116)
6.2.4	平立面布置和防震缝的设置	(117)
6.2.5	材料及截面尺寸要求	(118)
6.3	多层砌体结构房屋抗震计算要点	(118)
6.3.1	计算简图和地震作用	(118)
6.3.2	水平地震剪力的分配	(120)
6.3.3	墙体抗震承载力的验算	(120)
6.3.4	计算例题	(122)
6.4	多层砌体结构房屋抗震构造措施	(125)
6.4.1	多层砖房屋构造措施	(125)
6.4.2	多层砌块房屋构造措施	(128)
6.5	配筋砌块砌体剪力墙抗震设计	(129)
6.5.1	配筋砌块砌体剪力墙房屋抗震设计的一般规定	(129)
6.5.2	配筋砌块砌体剪力墙抗震计算要点	(131)
6.5.3	配筋砌块砌体剪力墙房屋抗震构造措施	(133)
	本章小结	(135)
	思考题	(135)
	主要参考文献	(136)

1 绪 论

本章提要

本章叙述了砌体结构的类型、砌体结构的发展简史以及砌体结构在我国及国外发展的概况,介绍了砌体结构的优缺点及其应用范围,结合我国国情讨论了砌体结构的发展与展望。

1.1 砌体结构发展概况

1.1.1 砌体结构发展简史

砌体结构是指用砖、石或砌块为块材,用砂浆砌筑的结构。砌体按照所采用块材的不同,可分为砖砌体、石砌体和砌块砌体三大类。

砌体结构有悠久的历史。人类自巢居、穴居进化到室居以后,最早发现的建筑材料就是块材,如石块、土块等。人类利用这些原始材料垒筑洞穴和房屋,并在此基础上逐步从乱石块发展为加工成块石,从土坯发展为烧结砖瓦,出现了最早的砌体结构。例如,我国早在 5000 年前就建造有石砌祭坛和石砌围墙;在秦代用乱石和土将秦、燕、赵北面的城墙连成一体,建成了闻名于世的万里长城;在隋代由李春所建造的河北赵县安济桥,距今已有约 1400 年,净跨为 37.02m,宽约 9m,外形十分美观,是世界上最早建造的敞肩式单孔圆弧石拱桥;古埃及在公元前约 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。

我国在新石器时代末期(距今约 4500~6000 年)已有地面木架建筑和木骨泥墙建筑,在公元前约 2000 年的夏代已有夯土的城墙,商代(公元前 1783 年~公元前 1135 年)以后逐渐采用粘土做成的板筑墙。人们生产和使用烧结砖瓦也有 3000 多年的历史,在西周时期(公元前 1134 年~公元前 771 年)已有烧制的瓦,在战国时期(公元前 475 年~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 年~534 年)孝文帝建于河南登封的嵩岳寺塔是一座平面为十二边形的密檐式砖塔,共 15 层,总高 43.5m,为单筒体结构,塔底直径 8.4m、墙厚 2.1m、高 3.4m,塔内建有真、假门 504 个,是我国现存最古老的砖塔之一,在世界上也是独一无二的。始建于北齐(公元 550 年~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 55.08m,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。明代建造的南京灵谷寺无梁殿后面走廊的砖砌穹隆,体现出我国古代对砖石结构的重要应用。中世纪的欧洲用砖砌筑的拱、券、穹隆和圆顶等结构也得到了很大发展,如公元 532 年~637 年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,正中是直径为 32.6m 的穹顶,全部用砖砌成。

砌块生产和应用的历史只有 100 多年,其中以混凝土砌块生产最早,自 1824 年发明波特兰水泥后,最早的混凝土砌块于 1882 年问世,美国于 1897 年建成第一幢砌块建筑。1933 年美国加利福尼亚长滩大地震中无筋砌体震害严重,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。1958 年我国建成了采用混凝土空心砌块做墙体的房屋。

1.1.2 我国砌体结构发展概况

我国自新中国成立以来,砌体结构得到了迅速发展,取得了显著的成就。其主要特点是:

(1) 应用范围扩大

新中国成立以来,我国的砖产量逐年增加,近几年已为世界各国砖产量的总和,全国以砌体材料为主要建筑材料建造的各类房屋仍占相当大的比例。20世纪50年代砌体结构房屋一般为3~4层,现在已大量建造5~6层的房屋,有的城市建到7~8层。20世纪60~70年代,在中小型单层工业厂房和多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑中,曾广泛采用砖墙、柱承重结构。我国还逐步积累了在震区建造砌体结构房屋的经验,唐山地震以后,按照抗震规范设计的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。

砌体结构还用于建造小型水池、料仓、渡槽、水塔等各种构筑物,如在镇江市建成顶部外径为2.14m、底部外径为4.78m、高60m的砖砌烟囱;我国曾建造成用料石砌筑而成的高达80m的排气塔;在湖南建成储粮用的砖砌筒仓,高12.4m、直径6.3m、壁厚240mm;在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4400m,高20m,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。

桥梁工程中也广泛采用了砌体结构,1971年建成的四川丰都九溪沟变截面敞肩式公路石拱桥,跨度为116m;2000年建成的位于山西省晋城—焦作高速公路上的丹河石拱桥,净跨度达146m,是目前世界上跨度最大的石拱桥。

(2) 新材料、新技术和新结构的不断研制和使用

20世纪60年代以来,我国承重空心砖的生产和应用有较大发展。南京市用承重空心砖建成的8层旅馆建筑,其中1~4层墙厚为290mm,5~8层墙厚为190mm。由于墙厚减薄,墙体自重减轻,达到了较好的经济效果,同时房屋的使用面积也有所增大。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。我国有着用砖砌筑拱和券的丰富经验,新中国成立以来,又向新的结构形式和大跨度方向发展。20世纪50~60年代修建了一大批砖拱楼盖和屋盖,还建成用作屋盖的10.5m×11.3m的扁球形砖壳,16m×16m的双曲扁球形壳和直径40m的圆球形砖壳。南京、西安等地还研制和生产出拱壳砖(又称带钩空心砖),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,以及直径10m圆形壳屋盖的油库;在西安建成了24m跨双曲拱屋盖。20世纪70年代我国还在闽清梅溪大桥工程中建成88m跨的双曲砖拱(拱波之间设有钢筋混凝土小肋)。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120mm。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。1965~1972年在北京用烟灰矿渣混凝土做墙板建成11.5万m²的住宅,节约普通粘土砖1900万块。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。

配筋砖砌体结构和约束砖砌体的研究和应用也取得较大进展。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,节约了钢筋和水泥。20世纪50~70年代,徐州采用配筋砖柱建造了跨度为12~24m,吊车起重量为50~200t的单层厂房共36万m²。1984年中国建筑西北设计院等单位在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。辽宁省建筑设计院设计了一种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的“砖混组合墙体体系”,1987年在沈阳(7度区)共建成这种带钢筋混凝土约束柱和圈梁的“砖混组合墙体体系”8层住宅34幢,共17万m²。

近年来,采用混凝土、轻集料混凝土,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。混凝土砌块属于非烧结性块材,它是由胶凝材料、集料按一定比例经机械成型、养护而成的块材。在材料组成上有以砂石作骨料的混凝土承重空心砌块,以浮石、煤矸石为骨料的轻骨料混凝土砌块,近年来又研制出大掺量粉煤灰混凝土承重砌块等。混凝土砌块按尺寸可划分为小型混凝土空心砌块和中型混凝土空心砌块,其中以小型混凝土空心砌块的应用较为普遍,小型混凝土空心砌块按厚度又可划分为190mm和290mm两大系列。砌块结构根据配筋方式和受力情况的不同分为约束配筋砌块结构

和均匀配筋砌块结构。约束配筋砌块结构系指仅在砌块墙体的局部配置构造钢筋,如在墙体的转角、丁字接头、十字接头和墙体较大洞口边缘设置竖向钢筋,并在这些部位设置一定的拉结钢筋网片。约束配筋砌块结构在地震设防烈度为6度、7度和8度地区建造房屋的允许层数分别为7层、7层和6层,当采取加强构造措施后,可在原允许层数上增加一层。均匀配筋砌体结构对水平和竖向配筋有最小含钢率要求,在受力模式上也类同于混凝土剪力墙结构,它利用配筋砌块剪力墙承受结构的竖向和水平作用,是结构的承重和抗侧力构件。配筋砌体的注芯率一般大于50%,由于砌体的强度高、延性好,可用于大开间和高层建筑结构。均匀配筋砌块结构在地震设防烈度为6度、7度和8度地区建造房屋的允许层数分别为18层、15层和10层。

由混凝土砌块代替粘土砖作为承重墙体材料既保留了传统砖结构取材广泛、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,仅为生产粘土砖的一半,符合国家可持续发展的技术政策,是我国墙体材料改革的有效途径之一。粘土砖采用优质粘土烧结而成,经计算,生产每万块粘土砖需取土毁田0.007~0.01亩,以沈阳为例,现有砖厂322个,年产约20亿块粘土砖,每年仅烧砖能耗约30万t标准煤,毁田1480亩。如果以砌块取代粘土砖,每年可节省15万t标准煤,节约耕地1480亩。由于砌块砌体具有上述明显的优点,1996年全国砌块总产量已达到2500万 m^3 ,而且近10年来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为例,1994年约50万 m^2 ,1995年约100万 m^2 ,1996年约150万 m^2 ,到1999年一季度累计完成砌块建筑450万 m^2 。大庆油田从1976年引进国外砌块生产线起到2001年底,已建成500多幢砌块住宅。高层配筋砌块建筑也已进行了一些试点工程,20世纪80年代广西建成10~11层砌块房屋,1997年建成盘锦市国税局15层配筋砌块住宅楼,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。

(3) 砌体结构计算理论和计算方法的逐步完善

新中国成立以前,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。1956年原国家建委批准在我国使用前苏联的《砖石及钢筋砖石结构设计标准及技术规范》(HuTy 120—55),该规范采用属于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1973年颁布了我国第一部《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73),采用的是多系数分析、单系数表达的半经验半概率极限状态设计方法,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、科研和设计单位对砌体结构进行了第二次较大规模的试验和研究,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,并于1988年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)。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,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。

近年来,随着我国在砌体新材料、新技术、新结构方面的推广应用,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—88)已显得不适应工程建设的需要。1998年起又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》(GB 50003—2001)(以下简称《规范》)。《规范》的砌体结构类别和应用范围较原规范(GBJ 3—88)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,以提高结构的可靠度;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,并补充和完善了防止墙体开裂的构造措施。此外,新的砌体结构设计规范还明确了工程设计人员必须遵守的强制

性条文。新砌体结构设计规范的颁布实施必将促进我国砌体结构设计和应用水平的进一步提高。

1.1.3 国外砌体结构发展简介

前苏联是最早建立较完整的砌体结构理论和设计方法的国家,1939年颁布了《砖石结构设计标准及技术规范》(OCT—90038—39),20世纪50年代在对砌体结构进行了一系列试验和研究的基础上,提出了按极限状态的设计方法,原东欧一些国家如捷克、波兰等国也相继采用这一方法。自1958年在瑞士苏黎世采用抗压强度为58.8MPa、空心率为28%的空心砖做墙体建成一幢19层塔式住宅(墙厚380mm),随后又建成一幢24层塔式住宅之后,欧、美及世界上许多国家加强了对砌体结构的研究。

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。在意大利,5层及5层以下的居住建筑中有55%是采用砖墙承重,砖的抗压强度一般可达30~60MPa,空心砖产量占砖总产量的80%~90%,空心率有的高达60%;瑞士、保加利亚则几乎全部采用空心砖;英国多孔砖的抗压强度为35~70MPa,抗压强度最高的达到140MPa;美国商品砖的抗压强度为17.2~140MPa,最高的达230MPa。目前欧、美及澳大利亚等国砖的抗压强度一般可达到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ASTMC270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;此外,还研制出高粘结强度砂浆。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,欧、美等国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年代砌块的产量就已接近普通砖的产量。

近年来,许多国家在预制砖墙板和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。20世纪60年代,前苏联采用预制砖墙板的房屋面积已超过400万m²;丹麦生产了11种类型的振动砖墙板,年产量达350万m²;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。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。美国是配筋砌块建筑应用最广泛的国家,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,1990年5月在内华达州拉斯维加斯(7度区)建成了4幢28层配筋砌块旅馆。新西兰等国也采用配筋砌体在震区建造高层房屋。英国在制定配筋和预应力砌体规范方面处于领先地位,1967年建成一座竖向和环向施加预应力,内径为12m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。近年来,国际上在砌体结构学科方面的交流与合作也很频繁,进一步推动了砌体结构的发展。

1.2 砌体结构的优缺点及其应用范围

1.2.1 砌体结构的优缺点

砌体结构之所以不断发展,成为世界上应用最广泛的结构形式之一,其重要原因在于砌体结构具有以下优点:

(1) 砌体结构材料来源广泛,易于就地取材。石材、粘土、砂等是天然材料,分布广,易于就地取材,价格也较水泥、钢材、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,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) 砌体结构有很好的耐火性和较好的耐久性,使用年限长。

(3) 砌体特别是砖砌体的保温、隔热性能好,节能效果明显。

(4) 采用砌体结构较钢筋混凝土结构可以节约水泥和钢材,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。新砌筑的砌体上即可承受一定荷载,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。

除上述优点外,砌体结构也有下述一些缺点:

(1) 砌体结构自重大。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、砌块之间的粘结力较弱,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,应研制推广高粘结性砂浆,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,以逐步克服这一缺点。

(4) 砖砌体结构的粘土砖用量很大,往往占用农田,影响农业生产。据统计,全国每年生产粘土砖上十亿块,毁坏农田近 10 万亩,使我国人口多、耕地少的矛盾更突出。因此,必须大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖、混凝土多孔砖等粘土砖的替代产品。

1.2.2 砌体结构的应用范围

由于砌体结构具有很多明显的优点,因此应用范围广泛。但是,砌体结构存在的缺点也限制了它在某些场合下的应用。

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 10~18 层。此外,过梁、屋盖、地沟等构件也可用砌体结构建造。

在某些产石材的地区,也可以用毛石或料石建造房屋,目前已有建到 5 层的。

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,工业企业中的烟囱、料斗、管道支架、对渗水性要求不高的水池等特殊构件也可用砌体建造。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。

在交通运输方面,砌体结构可用于桥梁、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。

但是应该注意,砌体结构是用单块块材和砂浆砌筑的,目前大多是手工操作,质量较难保证均匀一致,加上无筋砌体抗拉强度低、抗裂抗震性能较差等缺点,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。唐山地震以来的经验表明,在多层砌体房屋中加设钢筋混凝土构造柱是提高房屋抗震能力的一项有效措施。

1.3 砌体结构发展展望

砌体结构作为一种应用量大和应用范围广的传统结构形式,在我国势必将继续发展、完善。今后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,并结合我国国情,使砌体结构的应用范围扩大,性能更好。

(1) 积极发展新材料

主要应加强对轻质、高强的砖和砌块以及高粘结强度的砂浆的研究和应用,积极发展粘土砖的替代产品。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(新修订的砌体结构设计规范已将砖的最低强度等级提高到 MU10、砂浆的最低强度等级提高到 M2.5)。我国地域辽阔,西北等地区粘土资源丰富,可推广应用空心粘土砖,这对节省能源、节约粘土资源、减轻结构自重、加快施工进度都有明显作用。在广大人口多、耕地少的地区,要限制使用或取消粘土砖,积极发展粘土砖的替代产品,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块、混凝土小型空心砌块以及混凝土多孔砖等,以节省耕地、保护环境。此外,还应大力研制和推广与新型墙体材料配套的高粘结强度砂浆,以提高砌体结构房屋的整体性和抗裂能力。

(2) 积极推广应用配筋砌体结构

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(10~18 层)中,采用配筋砌体结