



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等专科学校
高等职业技术学院

房屋建筑工程专业新编系列教材

砌体结构



(第3版)

张建勋 主编

武汉理工大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等专科学校
房屋建筑工程专业新编系列教材
高等职业技术学院

砌体结构

(第3版)

张建勋 主编

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内 容 提 要】

本教材在《砌体结构》(第二版)的基础上,根据《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)的要求,参照全国高等学校土木工程专业指导委员会对土木工程专业的培养要求和目标作了全面修订。以砌体结构设计 with 构造的要求为主要内容,突出工程应用,较系统地介绍了砌体材料及其力学性能、砌体结构的设计方法、无筋及配筋砌体构件、砌体结构房屋的墙体体系及其承载力验算、砌体结构的墙体设计及墙体中的构件设计、砌体结构抗震设计、部分砌体特种结构的设计等。

本书可作为高职高专院校土建类专业与相近专业砌体结构课程的教材,也可作为建筑结构设计、施工、科研及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构(第3版)/张建勋主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009.1
ISBN 978-7-5629-2848-5

I. 砌…

II. 张…

III. 砌块结构-高等学校-教材

IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 160679 号

出版者: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

印刷者:武汉理工大印刷厂

经销者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.25

字 数:324 千字

版 次:1997 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月第 2 版 2009 年 1 月第 3 版

印 次:2009 年 1 月第 12 次印刷

印 数:145001—150000 册

定 价:23.00 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换。)

**全国建筑高等专科学校
房屋建筑工程专业新编系列教材编审委员会
第 1、2 版
(1997~2006 年)**

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熿 罗福午 陈希天 卢 循

主 任:齐继禄 袁海庆

副主任:(以姓氏笔画为序)

李生平 孙成林 张协奎 张建勋 武育秦 侯治国
胡兴国 廖代广

委 员:(以姓氏笔画为序)

甘绍熿 乐荷卿 孙成林 齐继禄 卢 循 李少甫
李生平 张协奎 张建勋 张流芳 陈书申 陈希天
武育秦 陈晓平 周绥平 罗福午 胡兴国 侯治国
袁海庆 高琼英 舒秋华 董卫华 简洪钰 廖代广
滕智明 蔡德民 蔡雪峰 聂旭英

秘书长:蔡德民

**高等专科学校
高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材编审委员会**

**第 3 版
(2006 年)**

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熿 罗福午 陈希天 张协奎
袁海庆 侯治国 廖代广 武育秦 李生平

主 任:张建勋 胡兴国

副主任:(以姓氏笔画为序)

王春阳 王文仲 王丰胜 王枝胜 王 红 李建新
李宏魁 何 辉 陈伯望 陈年和 陈 刚 张京穗
赵 研 赵 彬 蔡德民

委 员:(以姓氏笔画为序)

王春阳 王文仲 王丰胜 王枝胜 王 红 韦节廷
乐荷卿 甘绍熿 李少甫 李生平 李建新 李宏魁
关光福 何 辉 陈书申 陈晓平 张国强 陈希天
张协奎 张建勋 陈伯望 陈年和 陈 刚 张京穗
周绥平 罗福午 武育秦 侯治国 胡兴国 赵 研
赵 彬 高琼英 聂旭英 袁海庆 舒秋华 董卫华
窦立军 蔡雪峰 廖代广 蔡德民 滕智明

秘书长:刘永坚

总责任编辑:田道全

第3版出版说明

我社组织编写的“高等专科学校、高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材”问世已经十年了。十年来,本套教材平均每种发行量达到了18万册,最高的已超过了30万册;其中有11种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材;本套教材使用的地域遍及中国大陆,被高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育学院、继续教育学院、网络教育学院、广播电视大学、独立学院广为选用。

十年来,一贯关注我国高等专科教育、高等职业技术教育发展、壮大的本套教材编委会,准确、及时地跟踪人才培养和教学要求的变化,对本套教材不断修订,不断完善。在第2版的基础上,编委会又根据目前高等专科教育、高等职业技术教育的新规范、新要求、新面貌,组织了第3次修订(即第3版)。

教材第3版坚持了以下原则:

1. 在第2版的基础上,广泛认真地征求了相关任课教师的意见,并以其意见为基础,指导着修订的各项工作。

2. 尽可能反映国内外建筑技术、工艺、材料等方面的新进步、新发展、新成果以及新理念、新思想。

3. 扩大了知识面,比如增加了道路、桥梁等多项与“房屋建筑工程专业”相关联的实用性内容。

4. 充分考虑学生的发展实际,在教材的不少地方添加了有关“建造师”内容的基本知识。

5. 追求学生实际动手能力的提高,适当加大了思考题、练习题乃至试验、检测内容的比重。

6. 除了保持第1版、第2版的统一性、创新性、实用性外,还特别考虑到了本套教材的普及性、适用性。

总之,为了更好地适应高等专科教育、高等职业技术教育的发展,针对高等专科教育、高等职业技术教育的新特点、新要求,其修订始终强调的是实用与实践。

第3版的面世,恰如其分地体现了本套教材编委会提出的“持久性”目标。“十年磨一剑”,经过全面、认真地修订,本套教材必将焕发新的活力与生机。今后,随着高等专科教育、高等职业技术教育事业的发展和进步,本套教材也将不断修订,不断完善,与时俱进,永葆青春。

我们再次诚挚地祈盼广大读者对本套教材提出最为宝贵的批评与建议!

武汉理工大学出版社

2006.6

前 言

(第3版)

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材之一,是为高职高专院校土建专业所编写的专业基础课教材。本书以砌体结构理论和我国现行的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)为依据,在第二版的基础上进行修订,主要做了以下内容的改动:增加第3章“砌体结构的设计方法”;第5章“配筋砌体构件”中增加配筋砌块砌体构件的内容;第6章“砌体结构房屋的墙体体系及静力计算方案”作重新编写并增加地下室墙的内力计算内容;增加第9章“砌体结构抗震设计”和第10章“砌体特种结构”。

本教材结合高职高专的培养目标和基本要求,加强针对性,突出应用性和实用性;理论部分概念清晰、简明扼要,工程应用方面注重体现工程概念和结构构造要求,通过工程应用的实例加深对结构设计原理和构造要求的理解。

本书由张建勋主编,许利惟副主编,王黎怡、吴琛、洪芳参编修订。具体编写分工如下:许利惟编写修订第1~4章及第7章,吴琛编写修订第6章,王黎怡编写修订第9章,洪芳编写修订第5章、第8章、第10章。全书由张建勋教授统一修订定稿。

本教材内容及深度适用性广泛,例题步骤完整,思考题和练习题内容全面,紧扣关键概念和关键构造要求,适合作为高职高专院校土建类专业的教学用书,也适宜用作其他有关专业的教学用书和土建类专业工程技术人员参加资格考试的参考用书。

由于编写时间紧迫及编者学识有限,书中难免会有疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008年6月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 砌体结构的历史	(1)
1.2 砌体结构的优缺点	(2)
1.2.1 砌体结构的优点	(2)
1.2.2 砌体结构的缺点	(3)
1.3 我国砌体结构的发展	(3)
1.3.1 应用范围广泛	(3)
1.3.2 发展简况	(4)
1.3.3 发展方向	(5)
2 砌体材料及其力学性能	(6)
2.1 砌体的材料	(6)
2.1.1 块材	(6)
2.1.2 砂浆	(9)
2.2 砌体的种类	(9)
2.2.1 无筋砌体	(9)
2.2.2 配筋砌体	(11)
2.2.3 墙板	(13)
2.2.4 砌体的选用原则	(13)
2.3 砌体的受压性能	(14)
2.3.1 砖砌体的受压破坏特征	(15)
2.3.2 影响砌体抗压强度的因素	(16)
2.3.3 砌体的抗压强度	(17)
2.4 砌体的轴心受拉、弯曲受拉、受剪性能	(22)
2.4.1 砌体轴心受拉	(22)
2.4.2 砌体弯曲受拉	(23)
2.4.3 砌体的受剪	(25)
2.5 砌体的弹性模量、摩擦系数与线膨胀系数	(27)
2.5.1 砌体的弹性模量	(27)
2.5.2 砌体的剪变模量	(28)
2.5.3 砌体的摩擦系数和线膨胀系数	(29)
本章小结	(29)
思考题	(30)
3 砌体结构的设计方法	(31)
3.1 极限状态设计方法的基本概念	(31)
3.1.1 设计基准期与设计使用年限	(31)

3.1.2	结构的安全等级	(31)
3.1.3	结构的功能要求	(31)
3.1.4	结构的极限状态	(32)
3.1.5	结构上的作用、作用效应 S 、结构的抗力 R	(32)
3.1.6	结构的功能函数与极限状态方程	(32)
3.1.7	结构的可靠度与可靠指标	(33)
3.2	极限状态设计表达式	(34)
3.2.1	承载能力极限状态设计表达式	(34)
3.2.2	砌体结构作为刚体时的稳定性验算	(35)
	本章小结	(35)
	思考题	(35)
4	无筋砌体构件	(36)
4.1	受压构件	(36)
4.1.1	短柱受压的承载力	(36)
4.1.2	长柱受压的承载力	(37)
4.1.3	双向偏心受压构件的承载力	(42)
4.2	局部受压构件	(44)
4.2.1	局部均匀受压	(45)
4.2.2	梁端支承处砌体的局部受压	(46)
4.2.3	梁端下设有垫块时,垫块下砌体的局部受压承载力计算	(49)
4.2.4	梁端下设有垫梁时,垫梁下砌体的局部受压承载力计算	(50)
4.3	轴心受拉构件	(54)
4.4	受弯构件	(54)
4.4.1	受弯承载力计算	(55)
4.4.2	受剪承载力计算	(55)
4.5	受剪构件	(55)
	本章小结	(57)
	思考题	(58)
	习题	(58)
5	配筋砌体构件	(60)
5.1	网状配筋砖砌体构件	(60)
5.1.1	适用范围	(60)
5.1.2	受压性能	(60)
5.1.3	破坏过程与特征	(60)
5.1.4	构造要求	(61)
5.1.5	承载力计算	(61)
5.2	组合砖砌体构件	(64)
5.2.1	适用范围	(64)
5.2.2	受压性能和破坏特征	(64)

5.2.3 构造要求	(65)
5.2.4 承载力计算	(66)
5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	(71)
5.3.1 适用范围	(71)
5.3.2 受压性能	(71)
5.3.3 构造要求	(71)
5.3.4 轴心受压承载力计算	(72)
5.4 配筋砌块砌体构件	(72)
5.4.1 适用范围	(72)
5.4.2 构造要求	(73)
5.4.3 受压承载力计算	(75)
5.4.4 受剪承载力计算	(78)
5.4.5 连梁的承载力计算	(79)
本章小结	(80)
思考题	(80)
习题	(80)
6 砌体结构房屋的墙体体系及静力计算方案	(81)
6.1 房屋的结构布置	(81)
6.1.1 概述	(81)
6.1.2 承重墙体的布置	(81)
6.2 房屋的静力计算方案	(83)
6.2.1 房屋的空间工作性能	(83)
6.2.2 房屋静力计算方案的分类	(85)
6.2.3 静力计算方案的确定	(86)
6.2.4 刚性和刚弹性方案房屋的横墙	(87)
6.3 刚性方案房屋的计算	(88)
6.3.1 刚性方案单层房屋的计算	(88)
6.3.2 刚性方案多层房屋的计算	(90)
6.4 弹性方案房屋的计算	(99)
6.4.1 弹性方案单层房屋的计算	(99)
6.4.2 弹性方案多层房屋的计算	(100)
6.5 刚弹性方案房屋的计算	(101)
6.5.1 刚弹性方案单层房屋的计算	(101)
6.5.2 刚弹性方案多层房屋的计算	(103)
6.6 上柔下刚和上刚下柔多层房屋的计算	(107)
6.6.1 上柔下刚多层房屋的计算	(107)
6.6.2 上刚下柔多层房屋的计算	(107)
6.7 地下室墙的内力计算	(108)
6.7.1 地下室墙的计算特点	(108)

6.7.2	计算简图	(108)
6.7.3	荷载计算	(109)
6.7.4	内力计算	(110)
6.7.5	控制截面与承载力计算	(110)
6.7.6	施工阶段抗滑移验算	(110)
本章小结		(112)
思考题		(113)
习题		(113)
7	砌体结构墙体中的过梁、墙梁、挑梁、圈梁	(115)
7.1	过梁	(115)
7.1.1	过梁的类型及构造要求	(115)
7.1.2	过梁承受的荷载	(116)
7.1.3	过梁承载力计算	(116)
7.2	墙梁	(119)
7.2.1	简支墙梁的受力性能和破坏形态	(120)
7.2.2	框支墙梁的受力性能和破坏形态	(122)
7.2.3	连续墙梁的受力性能和破坏形态	(123)
7.2.4	墙梁的计算	(123)
7.2.5	墙梁的构造要求	(128)
7.3	挑梁	(133)
7.3.1	挑梁的受力性能及破坏形态	(133)
7.3.2	挑梁的计算	(134)
7.3.3	挑梁的构造要求	(136)
7.4	圈梁	(137)
7.4.1	圈梁的作用	(137)
7.4.2	圈梁的设置	(138)
7.4.3	圈梁的构造要求	(138)
本章小结		(139)
思考题		(140)
习题		(140)
8	砌体结构的墙体设计	(141)
8.1	墙、柱的高厚比验算	(141)
8.1.1	墙、柱计算高度的确定	(141)
8.1.2	墙、柱的高厚比验算	(142)
8.2	墙、柱的一般构造要求	(147)
8.2.1	块体和砂浆的最低强度等级	(147)
8.2.2	构造限制	(147)
8.2.3	墙、柱的拉结	(148)
8.2.4	伸缩缝的设置	(150)

8.2.5 砌块砌体的补充构造	(150)
8.3 墙体的布置	(151)
8.4 墙体的质量及裂缝分析	(154)
8.4.1 影响砖墙体质量的因素	(154)
8.4.2 提高墙体质量的主要措施	(155)
8.4.3 墙体裂缝分析	(156)
本章小结	(159)
思考题	(159)
9 砌体结构抗震设计	(160)
9.1 砌体结构房屋的震害分析	(160)
9.1.1 多层砌体房屋的震害	(160)
9.1.2 震害原因分析	(161)
9.1.3 抗震概念设计	(161)
9.2 多层砌体房屋抗震设计	(161)
9.2.1 多层砌体房屋抗震设计的一般规定	(161)
9.2.2 多层砌体结构房屋抗震计算	(164)
9.2.3 多层砌体结构房屋抗震构造措施	(169)
9.3 配筋砌块砌体剪力墙房屋抗震设计	(175)
9.3.1 配筋砌块砌体剪力墙房屋抗震设计的一般规定	(175)
9.3.2 配筋砌块砌体剪力墙抗震计算	(176)
9.3.3 配筋砌块砌体剪力墙房屋抗震构造措施	(178)
9.4 底部框架-抗震墙房屋抗震设计	(180)
9.4.1 底部框架-抗震墙房屋抗震设计的一般规定	(180)
9.4.2 底部框架-抗震墙房屋抗震计算	(181)
9.4.3 底部框架-抗震墙房屋抗震构造措施	(183)
本章小结	(184)
思考题	(185)
10 砌体特种结构	(186)
10.1 挡土墙	(186)
10.1.1 重力式挡土墙的荷载及计算	(187)
10.1.2 重力式挡土墙的设计	(188)
10.1.3 重力式挡土墙的构造要求	(191)
10.2 烟囱	(192)
10.2.1 烟囱所受荷载及计算	(193)
10.2.2 砖烟囱设计	(195)
10.2.3 砖烟囱构造要求	(196)
本章小结	(197)
思考题	(197)
参考文献	(198)

1 绪 论

1.1 砌体结构的历史

由砖、石或砌块组成,并用砂浆黏结而成的材料称为砌体。由砌体砌筑而成的结构称为砌体结构。

砌体结构在我国有着悠久的历史,其中石砌体与砖砌体在我国更是源远流长,构成了我国独特文化体系的一部分。

考古资料表明,我国在原始社会末期就有大型石砌祭坛遗址。在辽宁西部的建平、凌源两县交界处还发现有女神庙遗址和数处积石冢群,以及一处类似于城堡或广场的石砌围墙遗址,这些遗址距今已有 5000 多年的历史。隋代(公元 590—608 年)李春所建造的河北赵县安济桥(图 1.1),是世界上现存最早、跨度最大的空腹式单孔圆弧石拱桥,桥长 50.82 m,净跨 37.02 m,拱圈矢高 7.23 m,桥宽 9.6 m,拱由 28 券并列组成。在大拱的两肩又各设两个小拱券,既减轻自重又可泄洪,设计合理,外形美观。此桥无论在材料的使用上、结构受力上,还是在艺术造型和经济上,都达到了相当高的水平。建于北宋年间(公元 1053—1059 年)的福建泉州万安桥(图 1.2),原长 1200 m,现长 835 m;公元 1189 年建的北京卢沟桥,长 266.5 m,至今仍在使用中。

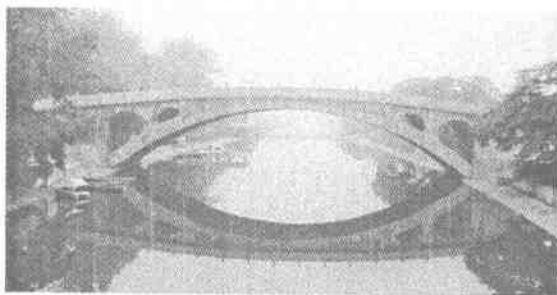


图 1.1 安济桥



图 1.2 万安桥

我国生产和使用烧结砖的历史有 3000 年以上。西周时期(公元前 1134—前 771 年)已有烧制的黏土瓦,并出现了我国最早的铺地砖。战国时期出现了精制的大型空心砖。西汉时期(公元前 206—公元 8 年)出现了空斗砌筑的墙壁,以及用长砖砌成的角拱券顶、砖穹隆顶等。北魏时期(公元 386—534 年)出现了完全用砖砌成的塔,如河南登封的嵩岳寺塔、开封的“铁塔”(用异型琉璃砖砌成,呈褐色,俗称“铁塔”)。公元 1368—1398 年在南京灵谷寺和苏州开元寺中所建的无梁殿,都是古代应用砖砌筑穹拱结构的例子。

长城是举世宏伟的土木工程,它始建于公元前 7 世纪春秋时期。秦代用乱石和土将原来秦、赵、燕国北面的城墙连接起来,长达 10000 余里。明代又对万里长城进行了工程浩大的修筑,使长城蜿蜒起伏达 25400 里,其中部分城墙用精制的大块砖重修。长城是雄伟的砌体结

构,是人类创造的一大奇迹,是古代劳动人民勇敢、智慧与血汗的结晶。

在世界上许多文明古国,应用砌体结构的历史也相当久远。约公元前 3000 年在埃及所建成的三座大金字塔(图 1.3),公元 70—82 年建成的罗马大斗兽场(图 1.4),希腊的雅典卫城和一些公共建筑(运动场、竞技场等),以及罗马的大引水渠、桥梁、神庙和教堂等,都是文化历史上的辉煌成就,至今仍是备受推崇和瞻仰的宝贵遗产。

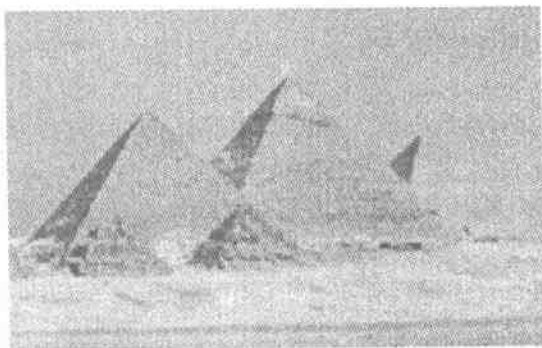


图 1.3 埃及金字塔



图 1.4 罗马大斗兽场

在只能利用天然材料的时代,由于缺乏运载和修建的工具和设备,又没有科学的结构分析方法,建造的艰难及其用料的浪费和建造不当的巨大损失是显而易见的,其发展也是相当缓慢的。如今留存在世上为数极少的砌体结构的壮丽工程是砌体结构经历了自然淘汰后的结果。

我国传统的房屋原先一般以木构架承重,用砖砌墙壁作围护。19 世纪 20 年代发明了水泥后,由于水泥砂浆的应用,砌体质量得以提高,一般的房屋结构逐渐采用砖墙承重,从而更广泛、更充分地发挥了砌体材料的作用。

1.2 砌体结构的优缺点

砌体结构在我国获得广泛的应用,是与这种建筑材料所具有的下列主要优点分不开的。

1.2.1 砌体结构的优点

1.2.1.1 取材方便

从块材来源而言,我国各种天然石材分布较广,易于开采和加工。土坯、蒸养灰砂砖块的砂、焙烧砖材的黏土、制造粉煤灰砖的工业废料均可就近取得。块材的生产工艺简单,易于生产。对于砂浆而言,石灰、水泥、砂子、黏土均可就近或就地取得。不仅在农村可以生产块材,在大中城市也可生产多种块材。

1.2.1.2 性能良好

砌体结构具有良好的耐火性和较好的耐久性。在一般情况下,砌体可耐受 400°C 左右的高温。砌体的保温、隔热性能好,节能效果好。其抗腐蚀方面的性能较好,受大气的影 响小,完全可以满足预期耐久年限的要求。此外,砌体结构往往兼有承重与围护的双重功能。

1.2.1.3 节省材料

采用砌体结构可节约木材、钢材和水泥,而且与水泥、钢材和木材等建筑材料相比,价格相

对便宜,工程造价较低。

1.2.2 砌体结构的缺点

1.2.2.1 强度低、延性差

通常砌体的强度较低,因而墙、柱截面尺寸大,材料用量增多,自重加大,致使运输量加大,且在地震作用下引起的惯性力也增大,对抗震不利。由于砌体结构的抗拉、抗弯、抗剪等强度都较低,无筋砌体的抗震性能差,需要采用配筋砌体或构造柱改善结构的抗震性能。建议采用高强轻质的材料,可有效地减小构件截面和自重。

1.2.2.2 用工多

砌体结构基本上采用手工作业的方式,一般民用的砖混结构住宅楼,砌筑工作量要占整个施工工作量的 25% 以上,砌筑劳动量大,工人十分辛苦。要发展大型砌块和振动砖墙板、混凝土空心墙板以及预制大型板材,通过采取工业化生产和机械化施工的方式,减少劳动量。

1.2.2.3 占地多

目前黏土砖在砌体结构中应用的比例仍然很大。生产大量的砖势必过多地耗用农田,影响农业生产,对生态环境平衡也很不利。要加大发展用工业废料和其他代替黏土的地方性材料生产砌块,以缓和并解决占用耕地的矛盾。

1.3 我国砌体结构的发展

新中国成立后的半个世纪以来,我国的砌体结构得到迅速发展,取得了显著的成就。其主要特点表现在:应用广泛;新材料、新技术和新结构不断被采用;计算理论和计算方法逐步完善。

1.3.1 应用范围广泛

砌体结构由于有其一系列独特的优点,因此长期在土木工程中被广泛使用。多层住宅、办公楼等民用建筑的基础、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 8~18 层。重庆市在 20 世纪 70 年代建成了高达 12 层的以砌体承重的住宅。在福建的泉州、厦门和其他一些产石地区,建成不少以毛石或料石作承重墙的房屋。某些产石地区以毛石砌体作承重墙的房屋高达 6 层。

在工业厂房建筑中,通常采用砌体砌筑围墙。对中、小型厂房和多层轻工业厂房,以及影剧院、食堂、仓库等建筑,也广泛地采用砌体作墙身或立柱等承重结构。

砌体结构还用于建造各种构筑物,如烟囱、小水池、料仓等。在水利工程方面,堤岸、坝身、水闸、围堰引水渠等,也较广泛地采用砌体结构。

我国还积累了砌体结构房屋抗震设计的宝贵经验。在地震设防区建造砌体结构房屋,除必须保证施工质量外,还须设置钢筋混凝土构造柱和圈梁,并采取适当的构造措施,有效提高砌体结构房屋的抗震性能。经震害调查和抗震研究表明,地震烈度在 6 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 7 度和 8 度设防区建造砌体结构房屋。

1.3.2 发展简况

近半个世纪以来,砌体结构在我国得到了空前的发展。1952年全国统一黏土砖的规格,使之标准化、模数化。在砌体施工方面,创造了多种合理、快速的施工方法,既能加快工程进度,又可保证砌体质量。

20世纪80年代以来,轻质、高强块材新品种的产量逐年增长,应用更趋普遍。从过去单一的烧结普通砖发展到采用承重黏土多孔砖和空心砖、混凝土空心砌块、轻骨料混凝土或加气混凝土砌块、非烧结硅酸盐砖、硅酸盐砖、粉煤灰砌块、灰砂砖以及其他工业废渣、煤矸石等制成的无熟料水泥煤渣混凝土砌块等;同时,还发展高强度砂浆,制定了各种块体和砂浆的强度等级,形成系列化,以便应用。

随着砌体结构的广泛应用,新型结构形式也有较快的发展,从过去单一的墙砌体承重结构发展为大型墙板、内框架结构、底层框架结构、内浇外砌、挂板等结构形式。在大跨度的砌体结构方面,近代也有新的发展,出现了以砖砌体建造的屋面、楼面结构。20世纪五六十年代曾修建过一大批砖拱楼盖和屋盖,有双曲扁球形砖壳屋盖、双曲砖扁壳楼盖,还有采用带钩的空心砖建成的双曲扁壳屋盖,跨度达 $16\text{ m}\times 16\text{ m}$ 。

在应用新技术方面,我国曾采用过振动砖墙板技术、预应力空心砖楼板技术与配筋砌体等。20世纪50年代用振动墙板建成5层住宅;20世纪70年代曾用空心砖做成振动砖墙板,建成4层住宅。配筋砌体结构的试验和研究在我国虽然起步较晚,但进展还是显著的。20世纪60年代开始在一些房屋的部分砖砌体承重墙、柱中采用网状配筋以提高墙、柱的承载力,同时节约了材料。20世纪70年代以来,尤其是经历了1975年海城地震和1976年唐山大地震之后,加强了对配筋砌体结构的试验和研究。对采用竖向配筋的墙、柱以及带有钢筋混凝土构造柱的砖混结构的研究和实践均取得了相当丰富的成果。

经过长期的工程实践和大量的科学研究,我国已建立起一套较完整的计算理论和设计方法,制定了符合我国特点的设计和施工规范。我国于1956年推广使用原苏联属于定值极限状态设计法的《砖石及钢筋砖石结构设计标准及技术规范》,20世纪60年代初至70年代初,在全国对砖石结构进行了较大规模的试验、研究和调查,总结出一套砖石结构理论、计算方法和经验,于1973年颁布我国第一部《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73)。20世纪70年代后,我国对砌体结构继续进行较大规模的试验与研究,在砌体结构的设计方法、房屋空间工作性能、墙梁共同工作、砌块砌体的性能与设计,以及配筋砌体、构造柱和砌体房屋的抗震性能等方面取得新的进展,并于1988年颁布《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)。此外,我国砌体结构抗震的理论与试验、研究也取得显著的成绩,在地震作用、抗震设计、变形验算、建筑结构的抗震鉴定与加固等方面都已取得丰硕的成果,制定出了《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—82)等设计与施工的规定,并于2001年颁布《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)。我国于2002年1月颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),是在19个有关单位从1998年开始对《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)进行全面修订的基础上完成的,主要修订的内容涉及砌体材料、砌体的可靠度调整、砌体施工质量控制等级、无筋砌体受压构件计算以及构造措施、设计方法等。一系列计算理论和计算方法的建立、设计与施工规范的制定,显示了我国现阶段的综合水平,使我国的砌体结构理论和设计方法更趋于完善。

我国与国际标准组织(International Organization for Standardization,简称ISO)已建立起

工作关系。国际标准化组织砌体结构技术委员会(ISO/TC179)于1981年成立,下设无筋砌体(SC1)、配筋砌体(SC2)和试验方法(SC3)三个分技术委员会。我国为该技术委员会中配筋砌体分技术委员会(ISO/TC179/SC2)的秘书国,并出任该分技术委员会的常任主席,使我国在该学科上与国际的交流和合作日益增多,对推动我国砌体结构的发展有着重大的意义。

1.3.3 发展方向

砌体结构作为一种传统结构形式,在土木工程中今后相当长的时期内仍将占有重要地位。随着科学技术的进步,砌体结构的发展方向着重在以下几个方面:

1.3.3.1 新材料

应加强对砌筑块材和砂浆新材料的研究,发展轻质、高强的砌体是今后砌体结构发展的重要方向。砌体强度提高,墙、柱的截面尺寸才可能减小,材料消耗才会减少,房屋的建造高度将进一步提高,经济指标将会更趋合理。

积极发展黏土砖的替代产品,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻骨料混凝土砌块以及煤渣砖、矿渣砖、建筑废渣砖等,坚持“可持续发展”的战略方针,依据环境再生、协调共生、持续再生的原则,尽量减少自然资源的消耗,尽可能地对废物再利用和净化,广泛研制“绿色建材产品”。

1.3.3.2 配筋砌体结构

我国是一个多地震的国家,大部分地区属于抗震设防区。我国的研究成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,可提高砌体的强度和抗裂性,能有效地提高砌体结构的整体性和抗震性能,而且节约钢筋和木材,施工速度快,经济效益明显。配筋砌块砌体结构房屋将在未来的建筑结构中发挥重要作用。

1.3.3.3 试验和理论研究

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的进步。目前对砌体的各项力学性能、破坏机理以及砌体与其他材料共同工作等方面还有许多未能很好解决的课题需要研究;砌体结构的动力反应和抗震性能也有待进一步深入研究,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技术的研究。今后应加强这些方面的研究工作,进一步改进试验方法,建立精确、完整的结构计算理论,不断提高砌体结构的设计水平和施工水平。

当前,砌体结构正处在一个蓬勃发展的新时期。正如国外学者所指出的,“砌体结构有吸引力的功能特性和经济性,是它获得新生的特点。我们不应停留在这里,我们正进一步赋予砌体结构以新的概念和用途”。砌体结构工作者对砌体结构的未来也满怀信心和希望。我们相信,随着科学技术和经济建设的继续发展,砌体结构将更充分地发挥其重要作用。

2 砌体材料及其力学性能

砌体是由块材和砂浆黏结而成的复合体。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设计和计算的基础。

2.1 砌体的材料

2.1.1 块材

块材分为砖、砌块和石材三大类。块材强度等级以符号 MU(Masonry Unit)表示。

2.1.1.1 砖

用于承重结构中的砖,主要有烧结普通砖、烧结多孔砖和烧结空心砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖等。

(1) 烧结普通砖

烧结普通砖是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经焙烧而成。分为烧结黏土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖和烧结粉煤灰砖等。烧结普通砖具有全国统一的规格尺寸:240 mm×115 mm×53 mm,通称为“标准砖”。

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、水池等潮湿环境下的砌体和受较高温度作用的构筑物。

烧结普通砖的强度等级是根据 10 块样砖的抗压强度平均值、强度标准值和单块最小抗压强度值来划分的(表 2.1),共分为 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10 五个强度等级。

表 2.1 砖强度等级确定指标

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 $\delta > 0.21$
		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
MU20	20.0	14.0	16.0
MU15	15.0	10.0	12.0
MU10	10.0	6.5	7.5

(2) 烧结多孔砖和烧结空心砖

烧结多孔砖是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经焙烧而成,孔洞率不小于 25%,孔的尺寸小而数量多的砖(图 2.1)。烧结多孔砖主要用于承重部位,砌筑时孔洞垂直于受压面。我国主要采用的空心砖规格有三种:KP1 型、KP2 型、KM1 型。其中,符号 K 表示空