



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

砌体结构

(第2版)

唐岱新 主 编

唐岱新 许淑芳 盛洪飞 王凤来 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

砌体结构

(第2版)

唐岱新 主 编

唐岱新 许淑芳 盛洪飞 王凤来 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书根据高等学校土木工程专业的教学要求、砌体结构教学大纲和新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),在第1版的基础上修订而成。为适应专业拓宽的需要编写了砌体拱桥、墩台、涵洞等设计内容。根据国家“节土”、“节能”、“利废”基本政策和有关限制使用粘土砖的规定,着重介绍混凝土小型空心砌块的有关材性和应用技术。结合新修订的规范编写了框支墙梁、连续墙梁、配筋砌块砌体剪力墙结构以及砌体结构构件抗震设计的内容,删减陈旧内容,体现现代砌体结构气息。有关设计计算的各章均附有较多的计算实例,有助于读者掌握设计步骤和加深对理论的理解。相对第1版而言,本书变动之处主要是根据砌体桥涵新规范对相关内容作了修改,其他章节或多或少也作了修改和补充。

本书可作为高等学校土木工程专业教学用书,也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/唐岱新主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009.1

ISBN 978-7-04-024923-1

I. 砌… II. 唐… 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(2008)第188885号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 张玉海 封面设计 王 隼 责任绘图 尹 莉
版式设计 陆瑞红 责任校对 张 颖 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京人卫印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.75
字 数 380 000

版 次 2003年6月第1版
2009年1月第2版
印 次 2009年1月第1次印刷
定 价 20.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24923-00

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员:沈蒲生(湖南大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

白国良(西安建筑科技大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

周绪红(兰州大学)

强士中(西南交通大学)

委员:(按姓氏笔画排序)

卫 军 (中南大学)

王清湘 (大连理工大学)

江见鲸 (清华大学)

刘 明 (沈阳建筑大学)

张印阁 (东北林业大学)

吴胜兴 (河海大学)

杨和礼 (武汉大学)

周 云 (广州大学)

梁兴文 (西安建筑科技大学)

焦兆平 (广州大学)

霍 达 (北京工业大学)

王 健 (北京建筑工程学院)

叶志明 (上海大学)

关宝树 (西南交通大学)

朱彦鹏 (兰州理工大学)

张家良 (辽宁工学院)

沙爱民 (长安大学)

尚守平 (湖南大学)

赵明华 (湖南大学)

黄醒春 (上海交通大学)

廖红建 (西安交通大学)

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土木类专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单地以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比

较系统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材第1版出版之后,在教学实践基础上,将组织修订出版第2版、第3版,希望在不断修订过程中更新内容、消除疏漏,更加适应教学需要。

本系列教材的编写大纲和初稿、修订稿都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,请读者批评指正!

高等教育出版社
建筑与力学分社
2006年3月

第2版前言

本书自2003年初出版以来,受到较多关注,应用数量较多,2006年被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,我们深受鼓舞,决心继续努力修编好本书。

本书第1版是根据当时有关规范编写的。最近《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)等一批新规范陆续发布施行。新规范采用了以概率理论为基础的极限状态设计方法,与房屋建筑应用的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)更为接近,据此,我们对教材中有关砌体桥涵设计部分按新规范进行了修改,其他各章本着精练、充实完善、有助于理解等要求作了或多或少的修改和补充。

参加修订工作的仍为第1版各章的作者。由于水平所限,书中不足之处恳请读者指正。

编者

2008年7月

第 1 版前言

本书根据高等学校土木工程专业的教学要求,“砌体结构”教学大纲和新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写。

为适应专业拓宽的需要,本书编写了砌体拱桥、墩台、涵洞等设计内容。

根据国家“节土”、“节能”、“利废”的基本政策和目前国家日益加大限制使用粘土砖的力度,本书着重介绍最具竞争力的混凝土小型空心砌块的有关材性和应用技术。

本书结合新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写了框支墙梁、连续墙梁、配筋砌块砌体中高层及砌体结构构件抗震设计等内容,删减了陈旧的、不常用的一些砌体类型,体现现代砌体结构气息。

为便于学生自学和进一步理解课程内容,各主要章节编写了较多的计算例题和复习思考题。

本书第一、三、四、六章由哈尔滨工业大学唐岱新编写,第二、七、八章由西安建筑科技大学许淑芳编写,第五章由哈尔滨工业大学王凤来编写,第九章由哈尔滨工业大学盛洪飞编写。全书由唐岱新主编,书稿承蒙湖南大学陈行之教授详细审阅并提出许多宝贵意见,作者谨致衷心感谢。

书中错误和不足之处恳请读者指正。

唐岱新
于哈尔滨工业大学
2001 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1	§ 5-2 混合结构房屋的结构布置	69
§ 1-1 砌体结构的特点	1	§ 5-3 混合结构房屋按空间刚度的分类	72
§ 1-2 国外砌体结构发展现状	1	§ 5-4 砌体房屋墙、柱设计计算	75
§ 1-3 我国砌体结构的最新进展	3	§ 5-5 混合结构房屋的构造措施	82
§ 1-4 砌体结构发展方向	5	§ 5-6 设计例题	90
第 2 章 砌体材料及其力学性能	7	思考题	103
§ 2-1 块体	7	第 6 章 配筋砌体构件的承载力	
§ 2-2 砂浆和灌孔混凝土	11	计算	104
§ 2-3 砌体的分类和应用	12	§ 6-1 网状配筋砖砌体	104
§ 2-4 砌体的受压性能	16	§ 6-2 组合砖砌体构件	108
§ 2-5 砌体的抗拉、抗弯、抗剪性能	20	§ 6-3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组	
§ 2-6 砌体的变形性能	23	合墙	115
§ 2-7 公路桥涵砌体结构材料及其		§ 6-4 配筋砌块砌体构件	118
设计指标	27	§ 6-5 配筋砌块砌体剪力墙的构造	
思考题	31	要求	131
第 3 章 砌体结构的强度计算指标	32	§ 6-6 配筋砌块高层设计实例	133
§ 3-1 砌体结构的可靠度	32	思考题	141
§ 3-2 砌体的抗压强度设计值	34	第 7 章 混合结构房屋其他结构构	
§ 3-3 砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及		件设计	142
抗剪强度设计值	37	§ 7-1 圈梁	142
§ 3-4 灌孔砌块砌体的抗压强度和		§ 7-2 过梁	143
抗剪强度设计值	38	§ 7-3 墙梁	146
§ 3-5 公路桥涵圬工砌体构件设计规定	39	§ 7-4 挑梁	163
思考题	42	思考题	169
第 4 章 无筋砌体结构的承载力计算	43	第 8 章 砌体结构抗震设计	170
§ 4-1 无筋砌体受压构件	43	§ 8-1 砌体结构的震害分析与概念	
§ 4-2 砌体局部受压计算	51	设计	170
§ 4-3 砌体受拉、受弯及受剪承载力计算	62	§ 8-2 多层砌体房屋抗震构造措施	175
§ 4-4 公路桥涵圬工构件计算简介	65	§ 8-3 无筋砌体多层房屋抗震承载力	
思考题	68	计算	179
第 5 章 混合结构房屋墙、柱设计	69	§ 8-4 配筋砖砌体墙抗震承载力验算	
§ 5-1 概述	69	和构造要求	186
		§ 8-5 配筋砌块砌体剪力墙抗震承载	

力计算及构造要求	187	§ 9-2 砌体拱桥内力计算和截面设计 ...	198
§ 8-6 墙梁的抗震设计	193	§ 9-3 砌体桥墩、桥台及挡土墙设计	207
思考题	194	§ 9-4 砌体涵洞设计	216
第 9 章 砌体拱桥、墩台、涵洞设计 ...	195	附录 等截面悬链线砌体拱桥计算示例 ...	223
§ 9-1 砌体拱桥构造和设计	195	参考文献	236

第 1 章

绪 论

§ 1-1 砌体结构的特点

砌体结构是砖砌体、砌块砌体、石砌体建造的结构统称。这些砌体是将粘土砖和非粘土砖、各种砌块或石材等块体用砂浆砌筑而成的。由于过去大量应用的是砖砌体和石砌体,所以习惯上称为砖石结构。

众所周知,砖、石是地方材料,用之建造房屋符合“因地制宜、就地取材”的原则。与钢筋混凝土结构相比,砖石砌体可以节约水泥和钢材,降低造价。砖石材料具有良好的耐火性,较好的化学稳定性和大气稳定性。在施工方面,砖石砌体砌筑时不需要特殊的技术设备。此外,砖石砌体特别是砖砌体,具有较好的隔热、隔声性能。

砌体结构的另一个特点是其抗压强度远大于抗拉、抗剪强度,即使砌体强度不是很高,也能具有较高的结构承载力,特别适合于以受压为主构件的应用。由于上述这些特点,砌体结构得到了广泛的应用,不但大量应用于一般工业与民用建筑,而且在高塔、烟囱、料仓、挡墙等构筑物以及桥梁、涵洞、墩台等也有广泛的应用。闻名世界的中国万里长城和埃及金字塔就是古代砌体结构的光辉典范。

砌体结构也存在许多缺点:与其他材料结构相比,砌体的强度较低,因而必须采用较大截面的墙、柱构件,体积大、自重、材料用量多、运输量也随之增加;砂浆和块材之间的粘结力较弱,因此砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度较低,抗震性能差,使砌体结构的应用受到限制;砌体基本上采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率较低。此外,在我国大量采用的粘土砖与农田争地的矛盾十分突出,已经到了政府不得不加大禁用粘土砖力度的程度。

随着科学技术的进步,针对上述种种缺点已经采取各种措施加以克服和改善,古老的砖石结构已经逐步走向现代砌体结构。

§ 1-2 国外砌体结构发展现状

苏联是最先建立砌体结构理论和设计方法的国家,20 世纪 40 年代之后进行了较系统的试验研究,以奥尼西克(А. И. Онищук)及波里亚可夫(С. В. Поляков)为代表的苏联学者发表了许多论文。20 世纪 50 年代苏联提出了砌体结构按极限状态设计方法。

1891 年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,其底层承重墙厚

1.8 m。1957年瑞士苏黎世采用强度 58.8 MPa,空心率为 28% 的空心砖建成一幢 19 层塔式住宅,墙厚才 380 mm,引起了各国的兴趣和重视。欧美各国加强了对砌体结构材料的研究和生产,在砌体结构的理论研究和设计方法上取得了许多成果,推动了砌体结构的发展。

从材料生产方面看,联合国 1980 年统计,在 20 世纪 70 年代,世界上 50 多个国家每年粘土砖总产量为 1 000 亿块(不包括中国),1979 年,欧洲各国产量为 409 亿块,苏联 470 亿块,亚洲各国 132 亿块,美国 85 亿块。按年人均产量计算,苏联为 170 块,东欧各国 145 块,西欧各国 137 块。中国 1980 年统计全国砖产量为 1 566 亿块,近年已达 2 100 亿块,人均 200 块左右,是个砖石大国。

意大利 1979 年粘土砖的人均产量 133 块,强度一般达 30 ~ 60 MPa,空心砖产量占砖总产量的 80% ~ 90%,空心率高达 60%。瑞士空心砖生产占砖总量的 97%,保加利亚为 99%;英国砖的抗压强度达 140 MPa,加拿大 80% 的砖强度达 55 MPa,砖强度高的达 70 MPa。法国、比利时、澳大利亚砖强度一般达 60 MPa,德国粘土砖强度为 20 ~ 140 MPa,灰砂砖强度为 7 ~ 140 MPa。美国商品砖强度为 17.2 ~ 140 MPa,最高 230 MPa。

俄罗斯全国应用空心砖,没有实心砖,新研制的陶土大板强度达 80 MPa。

总之,国外砖的强度一般均达 30 ~ 60 MPa,而且能生产高于 100 MPa 的砖。国外空心砖的重力密度一般为 13 kN/m^3 (即容重 $1\,300 \text{ kg/m}^3$),轻的达 6 kN/m^3 。

国外采用的砂浆强度也很高,美国标准 ASTM C270 规定的 M、S、N 三类水泥石灰混合砂浆,抗压强度分别为 25.5 MPa、20 MPa、13.9 MPa,德国砂浆为 13.7 ~ 14.1 MPa。

美国 Dow 化学公司已生产“Sarabond”高粘结强度的砂浆(掺有聚氯乙烯乳胶)抗压强度可超过 55 MPa,用这种砂浆砌筑 41 MPa 的砖,其砌体强度可达 34 MPa。

总之,国外早在 20 世纪 70 年代砖砌体抗压强度已达 20 MPa 以上,已接近或超过普通混凝土强度。

国外砌块生产发展也很快,在一些国家 20 世纪 70 年代砌块产量就接近砖的产量。德国 1970 年生产普通砖 75 亿块,生产砌块相当于砖 74 亿块;英国 1976 年生产砖 60 亿块,砌块 67 亿块;美国 1974 年生产砖 73 亿块,砌块 370 亿块。

国外采用砌体作承重墙建造了许多高层房屋。1970 年在英国诺丁汉市建成一幢 14 层房屋(内墙 230 mm,外墙 270 mm)与钢筋混凝土框架相比上部结构造价降低 7.7%。

美国、新西兰等国采用配筋砌体在震区建造高层可达 13 ~ 20 层。如美国丹佛市 17 层的“五月市场”公寓和 20 层的派克兰姆塔楼等,前者高度 50 m,墙厚仅 280 mm(50 MPa 实心粘土砖各厚 82.5 mm,内填钢筋混凝土)。

英国利物浦皇家教学医院 10 层职工住宅是欧洲最高的半砖厚(102.5 mm)薄壁墙,实际是空腔墙,内外半砖,内叶承重,外叶为白色混凝土面砖。

新西兰允许在震区用配筋砌体建造 7 ~ 12 层的房屋,因为它们在一定范围内与钢筋混凝土框架填充墙相比具有较好的适用性和经济价值。

美国加州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。

国外采用高粘度粘合性高强砂浆或有机化合物树脂砂浆甚至可以对缝砌筑。

在设计理论方面,20 世纪 60 年代以来欧美许多国家逐渐改变长期沿用的按弹性理论的容

许应力设计法。英国标准协会 1978 年编制了砌体结构实施规范,意大利砖瓦工业联合会于 1980 年编制承重砖砌体结构设计计算的建议均采用极限状态设计方法。国际建筑研究与文献委员会承重墙工作委员会(CIB. W23)于 1980 年颁发《砌体结构设计施工的国际建议》(CIB58),采用了以近似概率理论为基础的安全度准则。国际标准化协会砌体结构委员会 ISO/TC179 编制国际砌体结构设计规范,也采用上述安全度准则。

20 世纪 60 年代以来国际上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。自 1967 年由美国国家科学基金会和美国结构粘土制品协会发起,在美国奥斯汀得克萨斯大学举行第一届国际砖砌体结构会议以来,每 3 年举行一次国际会议,1997 年在上海召开了第 11 届国际砌体结构会议。

国际标准化协会砌体结构委员会 ISO/TC179 于 1981 年成立,下设 SC1、SC2 和 SC3 三个分技术委员会,我国在 1981 年被推选为 SC2 的秘书国。我国负责主编的配筋砌体结构国际规范(ISO 5952—3)已经完成,并于 2000 年通过各成员国审查。

§ 1-3 我国砌体结构的最新进展

我国在砌体结构研究和应用方面也做了大量工作。

新中国成立初期,由东北人民政府工业局拟定出砖石结构设计临时标准(1952 年),规定结构分析和设计应基于弹性理论和允许荷载。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,这是参照苏联破损阶段设计法结合我国情况修订的。1960 年和 1966 年规范修订组提出了砖石结构设计规范草案,这是在苏联 1955 年按极限状态设计规范颁布后结合我国实际情况修订的,但没有正式颁布,实际上设计工作是依据苏联 1955 年规范。

1973 年在大量试验研究和总结新中国成立以来工程实践经验基础上颁布了《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973),它和钢筋混凝土结构设计规范一样采用了多系数分析,单一安全系数表达的极限状态设计法。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。这是根据我国国情,总结自己的工程实践经验的第一本砖石结构设计规范。它的颁布实施对于这一历史时期指导规模宏大的基本建设工作起了良好的作用。

1974 年后国家有关部门组织全国一些科研、设计和教学单位,有计划地开展科研工作,取得了大批数据和科研成果,在 1988 年修订颁布了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988)(以下简称《88 规范》)。这本规范的特点是:采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,并以分项系数的设计表达式进行计算;补充了混凝土中型、小型砌块房屋的设计;考虑空间整体工作的多层房屋的静力计算方案;增加了考虑组合作用的墙梁和挑梁的设计方法;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,其中有些内容的研究已达到国际先进水平。

在工程应用方面主要有以下几方面进展:

KP1 型空心砖是当前重点推广项目,新的建材国家标准对竖向孔洞承重粘土空心砖称为烧结多孔砖,虽然孔洞率仅 25%,但对节土节能还是有意义的。采用异形块配芯柱可提高砌体抗弯抗剪能力,适应抗震需要,陕西西安已做了大量工作。此外,已生产出多孔模数砖 DM

型,对坯体改性、提高孔洞率、提高施工速度已经有了成效。

混凝土小型空心砌块已有百余年历史,20 世纪 60—70 年代在我国南方广大城乡逐步得到推广应用,取得了显著的社会经济效益。改革开放以来不仅在广大乡镇普及而且在一些大中城市迅速推广,由乡镇推向城市;由南方推向北方;少层推向多层甚至到中高层;从单一功能发展到多功能,例如承重、保温、装饰相结合的砌块。

据 1996 年统计,全国砌块生产总量 $2\,500 \times 10^4 \text{ m}^3$,砌块建筑面积 $5\,000 \times 10^4 \text{ m}^2$,每年以 20% 速度递增;1998 年统计,年产量已达 $3\,500 \times 10^4 \text{ m}^3$,各类砌块建筑的总面积达到 $8\,000 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。建筑砌块与砌块建筑不仅具有较好的技术经济效益,而且在节土、节能、利废等方面具有巨大的社会效益和环境效益。

按照有关方面的规划设想,21 世纪我国建筑砌块事业要进入成熟发展的阶段,要接近和赶上发达国家的发展水平,包括砌块的生产与建筑砌块的应用两个方面的发展水平,其中最根本的是要提高建筑砌块生产质量与应用技术水平。

1995 年颁布实行的《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》(JGJ/T 14—1995)对全国砌块建筑推广应用起到了推动作用。

1996 年全国墙体节能会议重申 2000 年必须达到 50% 节能目标,单用红砖是很难达到目标的(例如在哈尔滨要 1.2 m 墙厚),应用砌块复合墙,多功能化(承重、保温、防渗、装饰)前景广阔。

混凝土小砌块是新型建材,事实证明它是替代粘土砖最有竞争力的墙体材料。1997 年在扬州召开的全国混凝土小砌块应用技术研讨会之后,小砌块应用进入了新的发展阶段,国家建材局将它列为重点发展的产品,各方面的研究和应用加快了步伐。

为适应城市建设需要,各地都在研究砌体中高层。沈阳用加强构造柱体系即组合墙结构,在七度区建造 8 层砖房比钢筋混凝土框架节省投资 20% ~ 30%,而且还研究修建了底部框架剪力墙 1 层托 7 层组合墙和 2 层托 6 层组合墙房屋。1994 年编制了《沈阳市钢筋混凝土—砖组合墙结构技术规程》。

徐州市根据约束砌体工作原理,采取砖墙加密构造柱、圈梁的办法,即墙面每 1.5 ~ 2.5 m 设柱,每半层设圈梁对墙面形成很强的约束作用。这种房屋在 6 度区可建 10 层、7 度区 9 层、8 度区 7 层。1994 年编制了徐州地区《约束砖砌体建筑技术规程》。

兰州市将横墙加密的砖房(横墙间距不大于 4.2 m 而且纵横墙交叉点均设构造柱)与少量的钢筋混凝土剪力墙相结合,提高了房屋的抗震能力,在 6 度区可建 10 层、7 度区 9 层、8 度区 8 层。并于 1995 年编制了甘肃省规程——《中高层砖墙与混凝土剪力墙组合砌体结构设计与施工规程》。

青岛市于 1993 年公布了《青岛市中高层底部框架砖房抗震设计暂行规定》,是针对 7 度区底部框架剪力墙 1 托 7.2 托 6 的组合墙房屋。

除了约束砌体外,国内一些科研、教学单位还对配筋砌块砌体剪力墙结构进行了试验研究并且已有试点建筑建成。

1983 年和 1986 年我国在广西南宁即已修建配筋砌块 10 层住宅楼和 11 层办公楼试点房屋,当时采用的 MU20 高强砌块是用两次人工投料振捣而成,这种砌块无法大量生产,也无法推广。其后辽宁本溪市用煤矸石混凝土砌块配筋修建了一批 10 层住宅楼。

1997 年根据哈尔滨建筑大学、辽宁省建筑科学研究院等单位做的试验研究,中国建筑东北设计院在辽宁盘锦市设计并建成了一栋 15 层配筋砌块剪力墙点式住宅楼,所用砌块是从美国引进的砌块成型机生产的,砌块强度等级达到 MU20。

1998 年上海住宅总公司在上海建成一栋配筋砌块剪力墙 18 层塔楼,所用砌块也是用美国设备生产 MU20 的砌块,这是我国最高的 18 层砌块高层房屋,而且建在 7 度设防的上海市,其影响和作用都是比较的。

2000 年抚顺也建成一栋 6.6 m 大开间 12 层配筋砌块剪力墙板式住宅楼。

砌块中高层、高层房屋在各地市场很明显被开发商看好,上海、沈阳等地正准备修建中高层砌块房。上海为避免城市成为混凝土森林已决定不再建大高层,只批准 12 层左右的中高层,砌块中高层是经济的首选体系。

2001 年阿继集团科技园区(位于哈尔滨先锋路)修建了 12 层配筋砌块房屋,2003 年在同一科技园内建成了一幢配筋砌块剪力墙 18 层双塔式住宅楼。截止 2006 年底的短短几年间在哈尔滨、大庆地区已建成的配筋砌块剪力墙中高层和高层房屋累计总建筑面积已超过一百万平方米。

新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)(以下简称《01 规范》)根据国内科研试验、国际规范、国外实践经验以及国内已建几栋试点建筑的效果,为满足我国建设的需要已将配筋砌块砌体剪力墙中高层、高层结构体系列入新规范,并明确设计方法、计算公式以及构造要求。

《01 规范》还增加了砌体结构构件抗震设计,扩充了连续墙梁、框支墙梁的设计方法,调整了砌体结构的可靠度,补充完善了砌体局部受压计算,增强了砌体结构防裂措施,并对多项内容进行了修订。

《01 规范》体现了国内砌体结构最新研究成果,也反映了我国砌体结构发展已进入现代砌体结构的发展阶段。

我国在砌体桥涵方面的应用历史悠久,而且闻名中外。公元 591—599 年间隋朝人李春所建的河北省赵州的安济桥,是世界上第一座敞肩式拱桥(即拱上用空腹式小拱代替拱上的空腹部分),跨度达 37.27 m,其跨度之大,构思之巧,设计之精,均领先于世界同时期的石拱桥,是我国古代桥梁的杰出代表。

石拱桥建造可因地制宜,就地取材,经济实用,我国在这方面的建桥技术一直处于世界领先地位。1961 年修建的云南省南盘江长虹大桥,跨径 112.5 m,首次突破石拱桥百米的跨径大关。1990 年在湖南省凤凰县鸟巢河上建成主跨 120 m 世界最大跨径的石拱桥。目前,世界更大跨径的石拱桥,晋城—焦作高速公路上的跨径 146 m 丹河大桥已经建成。该桥的建成,在世界石拱桥的建设史上,又谱写了光辉灿烂的一章。

拱桥作为当今五大桥型(梁式桥、拱式桥、刚构桥、斜拉桥、悬索桥)之一,仍然充满旺盛的活力和绚丽的发展前景,其建筑材料的多样,结构形式的各异,造型的多姿多彩,建筑技术的进步,使拱桥的应用仍为当今世界各国所瞩目。

§ 1-4 砌体结构发展方向

根据以上国内外砌体结构发展情况,不少学者对古老的砖石结构相继作出重新评价,认为目前是几种结构齐头并进发展的局面。“古老砌体结构是在与其他材料结构的竞争中重新出世的

承重墙体结构”，“粘土砖、灰砂砖、混凝土砌块砌体是高层建筑中受压构件的一种最具竞争力的材料”。

对于我国来说，今后要积极发展新材料，研究轻质高强低能耗的砖、砌块并向薄壁大块发展，充分利用工业废料，天然火山资源，发展节能墙体和多层、中高层乃至高层砌块砌体结构。

结构理论方面还要研究基本的本构关系和工作机理，需要用适合于砌体结构特点的模型和手段来研究砌体结构的各种力学行为，结构整体工作性能，配筋砌体中高层计算理论以及砌体结构的评估、修复和加固等。

为适应土木工程专业扩宽专业面的需要，本教材将砌体桥涵设计纳入本书第 9 章，但目前我国房屋结构设计规范与桥涵工程的规范尚未统一，尽管《公路工程结构可靠度设计统一标准》（GB/T 50283—1999）已颁布，最近《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61—2005）、《公路涵洞设计细则》（JTG D65—04—2007）、《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63—2007）等一批新规范也陆续发布施行，新规范采用了以概率理论为基础的极限状态设计与房屋建筑应用的《砌体结构设计规范》（GB 50003—2001）更为接近，但还是存在其不同特点，所以还应在第 2～4 章中增加《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61—2005）的有关规定。

第 2 章

砌体材料及其力学性能

§ 2-1 块体

块体是砌体的主要组成部分,通常占砌体总体积的 78% 以上。目前我国砌体结构中常用的块体有以下几类。

一、烧结普通砖

以粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要原料,经高温焙烧而成的实心或孔洞率不大于 15% 的砖称为烧结普通砖。根据我国国家标准《烧结普通砖》(GB 5101—2003)规定,烧结普通砖按主要原料分为烧结普通粘土砖、烧结普通页岩砖、烧结普通煤矸石砖和烧结普通粉煤灰砖(通常简称为烧结粘土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖和烧结粉煤灰砖)。烧结普通砖的公称尺寸为:长 240 mm、宽 115 mm、高 53 mm。重力密度为 $16 \sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。可用于建筑物的墙体、基础等砌体结构。

长期以来,烧结粘土砖在建筑工程中占据主导地位,主要因为其耐久性、保温、隔热性能好,取材方便,生产工艺简单,砌筑方便等优点。但是,生产粘土砖造成大量的农田破坏、能源消耗和环境污染,我国许多省、市已禁止使用烧结普通粘土砖。因此,因地制宜推广应用烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等其他非粘土和以工业废料为原料的块体取代烧结粘土砖,是今后制砖业发展的方向。

二、非烧结硅酸盐砖

非烧结硅酸盐砖是用硅酸盐材料压制成型后,经压力釜蒸汽养护而制成的实心砖。其规格尺寸同烧结普通砖。常用的非烧结硅酸盐砖有蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖。

(一) 蒸压灰砂砖

以石英砂和石灰为主要原料,也可加入颜料和外加剂,经坯料制备、压制成型、经高压蒸汽养护而成的砖。蒸压灰砂砖是一种技术成熟、性能优良的新型建筑材料。

(二) 蒸压粉煤灰砖

以粉煤灰为主要原料,掺配一定比例的石灰、石膏或其他碱性激发剂,再加入一定量的炉渣或水淬矿渣作骨料,经坯料制备、压制成型、高压蒸汽养护而成的砖。

另外,以炉渣为主要原料,掺配适量的石灰、石膏或其他碱性激发剂制成的炉渣砖;以未经水淬的高炉硬矿渣为主要原料,加入适量的粉煤灰、石灰制成的矿渣砖;以及多种利用工业废料制成的非烧结硅酸盐砖在一些地区建筑墙体中有所应用。