



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 砌体结构

杨伟军 司马玉洲 主编



高等教育出版社



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 砌体结构

---

杨伟军 司马玉洲 主编



高等教育出版社

## 内容提要

本书为教育科学“十五”国家规划课题研究成果之一,重点论述现代砌体结构的基本理论和设计方法,内容包括:砌体材料及砌体的力学性能,无筋砌体构件的承载力计算,配筋砌体构件的承载力计算,砌体结构房屋的墙、柱设计,过梁、墙梁和挑梁的设计等。

本书可作为土木工程专业本、专科教材,也可作为土木工程技术人员参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/杨伟军,司马玉洲主编. —北京:高等教育出版社, 2004.11

ISBN 7-04-015615-6

I. 砌… II. ①杨…②司… 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(2004)第 099229 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 李 澈 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静  
版式设计 王 莹 责任校对 张 颖 责任印制 杨 明

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 100011  
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×960 1/16  
印 张 10.25  
字 数 180 000

版 次 2004 年 11 月第 1 版  
印 次 2004 年 11 月第 1 次印刷  
定 价 13.40 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:15615-00

## 总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型本科人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所以培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。目前,教材建设工作存在的问题不容忽视,适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对一般院校,尤其是新办本科院校来说,起点较高,难度较大,内容较多,难以适应一般院校的教学需要。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部即将启动的“高等学校教学质量和教学改革工程”的实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

# 前 言

本书是适应土木工程专业应用型人才培养需要而编写的系列教材之一,重点阐述砌体结构的基本理论和设计方法,比较详细地介绍了现行《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)的有关内容。全书内容包括:绪论,砌体材料及砌体的力学性能,无筋砌体构件的承载力计算,配筋砌体构件的承载力计算,砌体结构房屋的墙、柱设计,过梁、墙梁及挑梁的设计等。

在本书的编写过程中,我们结合多年积累的教学经验,强调应用型人才的培养,力求贯彻少而精和理论联系实际的原则,以利于学生的学习及学以致用;在文字叙述上尽可能地将问题交代清楚,使例题数量尽可能多一些。此外,每章之后附有思考题与习题,可供教学选择、参考。本书可作为土木工程专业本、专科教材,还可作为函授本科、函授专科、电大、夜大以及有关工程技术人员的自学教材和参考书。

本书第1章、第2章由长沙理工大学杨伟军编写,第3章由南阳理工学院司马玉洲编写,第4章由南阳理工学院熊辉霞和长沙理工大学杨伟军编写,第5章由长沙理工大学戴培君和杨伟军编写,第6章由熊辉霞编写。本书由杨伟军、司马玉洲主编,并由杨伟军统稿。

湖南大学施楚贤教授审阅了全书,并提出宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中难免有不妥之处,恳请有关专家和广大读者批评指正。

编者

2004年5月

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....           | 1  |
| 1.1 砌体结构发展简史 .....              | 1  |
| 1.2 砌体结构的优缺点及其应用范围 .....        | 3  |
| 1.3 近代砌体结构的特点 .....             | 5  |
| 思考题 .....                       | 8  |
| <b>第 2 章 砌体材料及砌体的力学性能</b> ..... | 9  |
| 2.1 砌体材料 .....                  | 9  |
| 2.2 砌体的分类 .....                 | 13 |
| 2.3 砌体的受压性能 .....               | 16 |
| 2.4 砌体的受拉、受弯和受剪性能 .....         | 21 |
| 2.5 砌体的变形性能及有关性能 .....          | 24 |
| 思考题与习题 .....                    | 29 |
| <b>第 3 章 无筋砌体构件的承载力计算</b> ..... | 30 |
| 3.1 砌体结构可靠度设计 .....             | 30 |
| 3.2 无筋砌体受压构件 .....              | 39 |
| 3.3 无筋砌体局部受压 .....              | 50 |
| 3.4 砌体受拉、受弯和受剪承载力计算 .....       | 60 |
| 思考题与习题 .....                    | 63 |
| <b>第 4 章 配筋砌体构件的承载力计算</b> ..... | 65 |
| 4.1 配筋砖砌体构件 .....               | 65 |
| 4.2 配筋砌块砌体构件 .....              | 76 |
| 4.3 配筋砌块砌体剪力墙的构造 .....          | 80 |
| 思考题与习题 .....                    | 84 |
| <b>第 5 章 砌体结构房屋的墙、柱设计</b> ..... | 85 |
| 5.1 房屋的结构布置和承重体系 .....          | 85 |
| 5.2 房屋的静力计算方案 .....             | 88 |

---

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 5.3 砌体房屋墙、柱设计 .....             | 93         |
| 5.4 混合结构房屋的构造措施 .....           | 108        |
| 5.5 设计例题 .....                  | 118        |
| 思考题与习题 .....                    | 127        |
| <br><b>第 6 章 过梁、墙梁及挑梁 .....</b> | <b>129</b> |
| 6.1 过梁 .....                    | 129        |
| 6.2 墙梁 .....                    | 133        |
| 6.3 挑梁 .....                    | 148        |
| 思考题与习题 .....                    | 151        |
| <br><b>参考文献 .....</b>           | <b>154</b> |



# 第1章 绪 论

## 1.1 砌体结构发展简史

砌体结构是砖砌体、砌块砌体、石砌体建造的结构的统称。这些砌体是将粘土砖、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。

由于石和砖是两种古老的建筑材料，因而砌体结构在我国具有悠久的历史。古代的砌体结构主要用于城墙、拱桥、寺院和佛塔。

早在原始社会时代，人们就用天然石建造藏身之所，随后逐渐用石块建造城堡、陵墓或神庙。“我国1979年5月在辽宁西部喀喇沁左翼蒙古族自治县东山嘴村发现一处原始社会末期的大型石砌祭坛遗址。1983年以后，又在相距五十公里的建平、凌源两县交界处牛河梁村发现一座女神庙遗址和数处积石大家群，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”（《人民日报》1986年7月25日）。公元前2723—前2563年间在尼罗河三角洲的古萨建成的三座大金字塔，为精确的正方锥体，其中最大的胡夫金字塔，塔高146.6 m，底边长230.60 m，用重25 kN的约230万块石块砌成。

秦朝（公元前221—公元前206年）建造的万里长城，盘山越岭，气势磅礴，在砌体结构史上写下了光辉的一页，为人类在地球上留下一大奇观，她是中华民族的骄傲。

随着石材加工业的不断发展，石结构的建造艺术和水平不断提高。如公元70—82年建成的罗马大斗兽场，采用块石结构，平面为椭圆形，长轴189 m、短轴156.4 m。该建筑总高48.5 m，分四层，可容纳观众5~8万人。

隋朝（公元581—618年）李春建造的河北赵县安济桥，净跨37.02 m，矢高7.23 m，宽9.6 m，距今约有1400年的历史，仍完好无损。据考证，该桥是世界上最早的一座空腹式石拱桥，无论在材料的使用上，结构受力上，还是在艺术造型上和经济上，都达到了很高的水平。1991年安济桥被美国土木工程师学会(ASCE)选为第12个国际历史上土木工程里程碑，这对弘扬我国历史文物具有重要意义。

北宋年间（公元1055年），在河北定县建造的料敌塔，高82 m（11层），为

砖楼面和砖砌双层筒体结构,是我国古代保留至今最高的砌体结构。这种筒中筒结构体系,在现代高层建筑中得到了继承和发展。公元960—1127年在福建漳州所建虎渡桥,为简支石梁桥,桥面为三根石梁,最大跨径达23 m,梁宽1.9 m,厚约1.7 m,每根梁重达2 000 kN。

明代(公元1368—1644年)建造的南京灵谷寺无梁殿后走廊,为砖砌穹窿结构,将砖砌体直接用于房屋建筑中,使抗拉承载力低的砌体结构能跨越较大的空间。

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—537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、高15 m的穹顶,全部用砖砌成。

19世纪中叶至解放前,在大致100年的时期内,由于水泥的发明,砂浆强度的提高,促进了砖砌体结构的发展,我国广泛采用承重砖墙,但砌体材料仍主要是粘土砖。在这个时期,砌体结构的设计是采用容许应力法粗略进行估算,对砌体结构的静力分析尚缺乏较正确的理论依据。

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。

新中国成立以来,砌体结构得到迅速发展,取得了显著的成绩。20世纪50年代,主要是学习苏联在砖石结构方面的设计和施工经验,在大规模的基本建设中,采用了苏联的砖石结构设计规范。在这个时期,也采用了一些新材料、新结构和新技术。在新材料方面,采用了硅酸盐和泡沫硅酸盐砌块、混凝土空心砌块以及各种承重和非承重的空心砖。在新结构方面,曾研究和建造各种形式的砖薄壳。在新技术方面,采用振动砖板墙及各种配筋砌体,包括预应力空心砖楼板等。

20世纪60年代到70年代初,我国较大规模地开展了有关砌体结构的试验和理论研究。根据大量的砌体结构试验资料和调研制定了适合我国国情的《砖石结构设计规范》(GB J3—73),提出了多系数分析、单系数表达的半经验半概率的极限状态设计方法。

20世纪70年代初到80年代,在我国砌体结构科研及设计人员的努力下,又完成了许多砌体结构的专题研究,总结了一套具有我国特色、比较先进的砌体结构设计理论、计算方法和应用经验,并制定了适合我国国情的新的《砌体结构设计规范》(GB J3—88),该规范在采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,多层砌体结构中考虑房屋的空间工作,以及考虑墙体和梁的共同工作设

计墙梁等方面已达到世界先进水平。

近年来,我国在砌体结构基本理论与设计方法、结构可靠度与荷载分析、新型结构的开发、结构抗震研究、有限元方法及计算机在砌体结构分析中的应用等方面取得了一大批新的科研成果和丰富的工程建设经验。于1998年到2001年对《砌体结构设计规范》(GB J3—88)进行了全面的修订,在2002年3月1日实施了新的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)(以下简称《规范》)。《规范》明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文,为设计人员在坚持原则的情况下创造性地、灵活地使用规范提供了条件;在砌体材料方面引入了蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻骨料混凝土砌块及混凝土小型空心砌块灌孔等新型砌体的计算指标;补充了以自重为主的荷载组合表达式并对砌体结构可靠度做了适当调整,引进了与砌体结构可靠度有关的砌体施工质量控制等级;在构件设计与计算上,增加了无筋砌体构件双向偏心受压的计算方法,补充了刚性垫块上局部受压的计算及跨度大于等于9 m的梁在支座处约束弯矩的分析方法,修改了砌体沿通缝受剪构件计算方法,补充了连续墙梁、框支墙梁及砖砌体和混凝土构造柱组合墙的设计方法,增加了配筋砌块砌体剪力墙结构和砌体结构构件的抗震设计方法;在墙体构造方面,依据建筑节能要求,增加了砌体夹心墙的构造措施,依据住房商品化要求,较大地加强了砌体结构房屋的抗裂措施,特别是对新型墙材砌体结构的防裂、抗裂构造措施。《规范》吸收了我国最新的科研成果和丰富的工程实践经验,它的实施必将对工程设计水平的进一步提高起到积极的作用。

## 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

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。砌体结构和钢筋混凝土结构相比,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,又具有较好的保温隔热和隔声性能,易满足建筑功能要求。在施工方面,砌体砌筑时不需要特殊的技术设备,施工工序单一、方便,新铺砌体可承受一定的荷载,可连续施工,在寒冷地区可用冻结法施工。

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,特别适合于以受压为主构件的应用。

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。

### 1.2.2 砌体结构的应用范围

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土坯发展为烧制砖瓦，从乱石块加工成块石等等。因此，砌体材料是一种最原始又是应用最广泛的传统建筑材料。尤其在中国广阔的土地上，从南到北，从东到西，无不有砌体材料的普遍应用，而且时至今日，全国城乡仍以砌体材料为主要建筑材料，用以建造的各类房屋仍占 80% 以上。

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。

据估计，我国 1980 年砖的年产量为 1 600 亿块，1996 年增至 6 200 亿块，为世界其他各国砖年产量的总和，全国基建中 90% 以上的墙体采用砌体材料。我国已从过去用砖建造低矮的民房，发展到现在建造大量的多层住宅、办公楼等民用建筑和中小型单层工业厂房、多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑。

砌体结构抗压承载力较高，因此，它最适用于作受压构件，如混合结构房屋中的竖向承重构件（墙和柱）。目前，5 层以内的办公楼、教学楼、试验楼，7 层以内的住宅、旅馆采用砌体作为竖向承重结构已非常普遍。在非地震区，8~9 层的砖楼房也为数不少。在中小型工业厂房和农村居住建筑中，也可用砌体作围护或承重结构。

砌体结构抗弯、抗拉性能较差，一般不宜作为受拉或受弯构件。当弯矩、剪力或拉力较小时，仍可酌情采用，如跨度较小（1.5 m 以内）的门窗过梁可采用砌体结构。如采用配筋砌体或与钢筋混凝土形成组合构件（墙梁），则承载力较高，可跨越较大的空间。

工业中的一些特殊结构，如小型管道支架、料仓、高度在 60 m 以内的烟囱、小型水池；在交通土建方面，如拱桥、隧道、地下渠道、涵洞、挡土墙；在水利建设方面，如小型水坝、水闸、堰和渡槽支架等，也常用砌体结构建造。

在地震设防区建造砌体结构房屋,除进行抗震计算、保证施工质量外,应采取一定的抗震构造措施。设置钢筋混凝土构造柱和圈梁等采取适当的构造措施,可有效地提高砌体结构房屋的抗震性能。震害调查和抗震研究表明,地震烈度在六度以下的地区,一般的砌体结构房屋能经受地震的考验;若按抗震设计要求进行处理,完全可在七度和八度设防区建造砌体结构房屋。

## 1.3 近代砌体结构的特点

古老的砖石结构由于块材品种少、强度低、自重大、抗震性能差、块材与砂浆之间的粘结力小,因而发展缓慢。近40多年来,砌体结构的发展使它焕发出新的活力,也形成了近代砌体结构的特点,归纳起来主要有以下几个方面。

### 1.3.1 墙体材料的高强轻质和优良的建筑性能

近代砌体结构采用高强度、大尺寸、高孔洞率的块材,不仅可以节省原材料、减轻结构自重、改善抗震性能、提高施工效率、扩大砌体结构的应用范围,还可以使砌体在保温、隔热、隔音、防火和建筑节能等方面优于其他结构材料。国外砖的抗压强度一般约为30~60 MPa,最高可达230 MPa,而承重块材的空洞率一般为25%~40%,高的可达60%。空心砖的重力密度一般为 $13 \text{ kN/m}^3$ ,轻的达 $7.3 \text{ kN/m}^3$ 。由于重量减轻,砖的尺寸可以做得大一些,因而可节省劳动,减少灰缝,更加改善了结构性能。花色繁多的块材类型满足了近代砌体结构在结构和建筑上的各种要求,例如配筋砌体的要求,保温的要求,外墙装饰的要求等。

砌体砂浆是影响砌体强度和整体性的一个重要因素,国内外对影响砂浆性能的因素做了很多研究工作,特别是在提高砂浆粘结能力方面下了不少功夫。美国ASTMC270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 MPa、20 MPa和13.8 MPa。美国还对已使用的高粘结性砂浆,要求其最低抗压强度不低于42 MPa,抗拉强度不低于5.3 MPa。由于砖和砂浆材料性能的改善,砌体的抗压强度大大提高。美国砖砌体的抗压强度为17.2~44.8 MPa,已接近或超过普通强度等级的混凝土强度。

我国目前大量生产的块材和砂浆强度还较低,但新的材料和砌体规范已在逐步淘汰低标号的强度等级,增加高标号的强度等级。

推广非粘土制品和部分地区推广粘土空心砖是节土、节能、减轻结构自重的有效途径。据江苏省的调查,生产空心砖比实心砖节约土源20%~30%,节约燃料30%~40%;采用空心砖,结构自重可减轻20%~30%,加快施工

进度 20%，节约运输费用 20%。

### 1.3.2 结构性能的大大改善和混凝土砌体的发展

传统的砌体结构不仅承载力低，而且整体性差、拉弯剪强度相当低、抗震性能差，限制了砌体结构的应用。近代砌体结构在结构性能方面作了较大的改善。

改善砌体结构抗震性能最简单有效的措施是设置混凝土圈梁和构造柱，这已在历次地震中、试验和理论分析中得到验证。我国砌体和抗震规范对圈梁和构造柱的设置要求均作了详细规定。

无筋砌体的抗弯、抗拉和抗剪强度要大大低于其抗压强度，这在很大程度上限制了砌体结构的应用范围。为此，多年来国内外一直致力于配筋砌体的研究，并已取得了很大进展。在高强空心砖或空心砌块内配置竖向和水平钢筋，并灌注砂浆或混凝土，或在墙中间设置钢筋砂浆或钢筋混凝土夹层，可以大大提高墙体的抗弯、抗剪能力和延性。近代，配筋砌体结构已得到广泛的应用。

预应力砌体结构与配筋砌体一样，能改善结构的性能，而且预应力砌体结构后张法简单，预应力损失较预应力混凝土中钢筋的预应力损失小。

以结构而言，实际上砌体结构已经发展成为混凝土砌体结构，这从上面三点可以看出。因而，它的许多原理、分析手段、方法与混凝土结构有关。

### 1.3.3 工业化、机械化

大量非粘土制品的应用提高了建筑业工业化的程度。

采用大型墙板作为承重的内墙和悬挂的外墙，以及采用各种轻质板材作隔墙，可减轻砌筑墙体繁重的体力劳动，加快建设速度，是提高建筑业机械化和工业化施工的有效途径。我国在这方面已做了不少工作，在南宁、唐山、湘潭等地先后建造了一批单层和多层的大板建筑。

在城市建设中，利用工业废料，如粉煤灰和炉渣，可以制作硅酸盐砖或加气硅酸盐砌块及煤渣混凝土砌块。这样，既可处理城市中的部分工业废料，又可缓和烧砖与农争地的矛盾。特别是对于土层薄、缺乏粘土资源的地区更具有重要意义。

### 1.3.4 混凝土小型空心砌块的发展

混凝土小型空心砌块已有百余年历史，20 世纪 60~70 年代它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，混凝土小型空心砌块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；由低层推向多层甚至到中高层；从单一功能发展

到多功能,例如具有承重、保温、装饰功能相结合的砌块。

根据中国建筑砌块协会统计,我国混凝土小型砌块年产量 1992 年为 600 万  $\text{m}^3$ , 1998 年统计年产量已达 3 500 万  $\text{m}^3$ , 各类砌块建筑的总面积达到 8 000 万  $\text{m}^2$ 。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—95)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,单用红砖是很困难的(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)砌块前景广阔。

国家对于限制粘土砖应用的力度将进一步加大。2003 年全国有 170 多个城市列入禁用粘土实心砖的范围。

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,原国家建材总局将它列为重点发展的产品,各方面的研究和应用都加快了步伐。

近三年发展起来的混凝土小型空心砌块的小型化产品——混凝土多孔砖(空心砖)强度高。在砖的表面上排列着垂直于砖大面的小孔洞,既增强了砖的隔热保温性能,又有助于减轻墙体的自重,同时又不会影响管线的暗埋。其尺寸规格与粘土实心砖相似,砌筑简单,有利于推广。同时还有助于解决混合结构房屋中因为屋盖、楼盖、砖墙各自材料的不同引起的裂缝。因此,混凝土多孔砖(空心砖)在全国各地迅速得到广泛的应用。

### 1.3.5 应用方面

传统砌体结构主要用于低层民用建筑。由于材料和结构性能的改善,近代砌体结构应用十分广泛。各种住宅、办公楼、工业厂房、影剧院等工业民用建筑,挡土墙、水箱、筒仓、烟囱等构筑物,特别是在高层建筑中和在地震区都有广泛应用。美国、新西兰等国采用配筋砌体在地震区建造高层房屋,层数一般达 15~20 层,1990 年落成的拉斯维加斯 28 层配筋砌体结构——爱斯凯利堡旅馆位于地震 2 区(相当于我国的 7 度区)是目前最高的配筋砌体建筑。我国先后在上海、抚顺、盘锦和哈尔滨等城市分别建造了 13~18 层的配筋砌体建筑

五栋。

我国于1983年、1986年在广西南宁修建了配筋砌块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，以及中国建筑东北设计院设计，在辽宁盘锦市建成了一栋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修建成一栋18层配筋砌块剪力墙房屋，所用砌块也是用美国设备生产的MU20砌块，这是我国最高的砌块高层房屋，而且建在7度设防的上海市，其影响和作用都是比较大的。

2000年抚顺建成一栋6.6 m大开间12层配筋砌块剪力墙板式住宅楼。

2003年根据长沙理工大学等单位的试验研究，用混凝土多孔砖(空心砖)在长沙市建成了两栋7层的学生公寓楼。

总之，近代砌体结构的特点，反映在既克服了传统砌体结构的缺点，又发扬了传统砌体结构的优点，同时也吸取了其他结构形式的优点，其砌体结构的含义得到了更大的拓展。

## 思考题

- 1.1 简述《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)的特点。
- 1.2 砌体结构有哪些优缺点？
- 1.3 近代砌体结构的特点有哪些？
- 1.4 砌体结构有哪些应用范围？
- 1.5 你对砌体结构今后的发展有何设想？



## 第2章 砌体材料及砌体的力学性能

### 2.1 砌体材料

砌体是由块体和砂浆砌筑而成的整体材料。块体和砂浆的强度等级是根据其抗压强度而划分的级别,是确定砌体在各种受力状态下强度的基础数据。块体强度等级以符号“MU”(Masonry Unit)表示,砂浆强度等级以符号“M”(Mortar)表示。对于混凝土小型空心砌块砌体,砌筑砂浆的强度等级以符号“Mb”表示,灌孔混凝土的强度等级以符号“Cb”表示,其符号b意指block。

#### 2.1.1 块体

块体分为砖、砌块和石材三大类。砖与砌块通常是按块体的高度尺寸划分的,块体高度小于180 mm者称为砖;大于等于180 mm者称为砌块。

##### 1. 砖

目前,我国用作承重砌体结构的砖有:烧结普通砖、烧结多孔砖和非烧结硅酸盐砖。

烧结普通砖以粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要成分塑压成坯,经高温焙烧而成的实心或孔洞率小于25%的砖。目前,我国生产的烧结普通砖的统一规格为240 mm×115 mm×53 mm。实心粘土砖的重力密度为16~18 kN/m<sup>3</sup>。

实心粘土砖的强度可以满足一般结构的要求,且耐久性、保温隔热性好,生产工艺简单,砌筑方便,故生产应用最为普遍,多用作砌筑单层及多层房屋的承重墙、基础、隔墙和过梁,以及构筑物中的挡土墙、水池和烟囱等,同时还适用于作为潮湿环境及承受较高温度的砌体。但由于粘土砖毁坏土地资源、浪费能源,我国政府已在许多地区禁用粘土砖。

为了减轻墙体自重,改善砖砌体的技术经济指标,近期以来我国部分地区生产应用了具有不同孔洞形状和不同孔洞率的烧结多孔砖或空心砖。这种砖自重较小,保温隔热性能有了进一步改善,砖的厚度较大,抗弯抗剪能力较强,而且节省砂浆。孔洞率等于或大于25%,孔的尺寸小而数量多的砖称为多孔砖,常用于承重部位;孔洞率等于或大于40%;孔的尺寸大而数量少的砖称为空心砖,常用于非承重部位。

烧结多孔砖的外形尺寸,按《烧结多孔砖》(GB 13544—2000)规定,长度