

高等工科院校自学函授教材

砌 体 结 构

范家骥 高莲娣 喻永言 编

中国建筑工业出版社

高等工科院校自学函授教材

砌 体 结 构

范家骥 高莲娣 喻永言 编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书是按新颁布的《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)以及其它有关新规范编写,内容根据工业与民用建筑专业自学函授及学校教学的需要进行安排。全书包括砌体材料及其力学性能,砌体结构构件的设计原则,砌体结构构件的承载力计算,混合结构房屋中的墙、柱设计,过梁、圈梁、墙梁及挑梁的设计,砌体结构房屋抗震设计要点等。每章均有学习要点、复习思考题和习题,以指导学习与复习。

本书可作为工业与民用建筑专业自学、函授及本科生教材,也可供土建工程技术人员学习与运用新规范时参考。

高等工科院校自学函授教材

砌 体 结 构

范家骥 高莲娣 喻永言 编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 11 字数: 266 千字

1992年6月第一版 1992年6月第一次印刷

印数: 1—5,100册 定价: 5.80元

ISBN7—112—01560—X/TU·1168

(6595)

前 言

本书是根据我国新颁布的《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)编写的。编写本书时,还以已颁布的《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84)、《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83—85)、《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)作为依据。本书可作为工业与民用建筑专业本科自学函授教材,也可作为工业与民用建筑专业本科教材,并可供土建技术人员在使用《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)时用作参考。

编写本书的指导思想是适合自学要求,内容上既有理论又注重实用,突出重点,文字叙述力求简明扼要、说理清楚。每章开头有学习要点,以便学习每章时掌握要领,每章末尾附有复习思考题和习题。

本书第一章、第三章及第七章由范家骥编写,第二章及第四章由高莲梯编写,第五章及第六章由喻永言编写。封面署名按姓氏笔划为序。

在完成本书工作中,韦玉华、金桓康及沈俊华同志协助作了许多工作,在此表示感谢。

限于编者水平,书中错误和不足之处,敬希读者批评指正。

主 要 符 号

作用和作用效应

N ——轴向力设计值 (normal force 轴向力);
 N_k ——轴向力标准值 (characteristic 标准, 特征, 表示特性的);
 N_0 ——局部受压面积上轴向力设计值、梁端支承压力 (local 局部的);
 N_0 ——上部轴向力设计值 (over 上面的);
 N_t ——轴向拉力设计值 (tension 拉力);
 M ——弯矩设计值 (moment of force 弯矩);
 M_r ——抗倾覆力矩 (resistance 抵抗);
 M_{ov} ——倾覆力矩设计值 (overturn 倾覆);
 V ——剪力设计值 (shear force 剪力);
 F ——集中力设计值 (force 力);
 σ_0 ——上部平均压应力设计值;
 σ_k ——恒荷载标准值产生的平均压应力。
 计算指标
 MU ——块体 (砖、石、砌块) 强度等级 (masonry unit 砌块, 圬工单位);
 M ——砂浆强度等级 (mortar 砂浆);
 f_1 ——块体 (砖、石、砌块) 抗压强度平均值 (force 强度);
 f_2 ——砂浆抗压强度平均值;
 f ——砌体的抗压强度设计值;
 f_k ——砌体的抗压强度标准值;
 f_t ——砌体的轴心抗拉强度设计值;
 $f_{t,k}$ ——砌体的轴心抗拉强度标准值;;
 f_{tm} ——砌体的弯曲抗拉强度设计值;
 $f_{tm,k}$ ——砌体的弯曲抗拉强度标准值;
 f_v ——砌体的抗剪强度设计值;
 $f_{v,k}$ ——砌体的抗剪强度标准值;
 f_n ——网状配筋砖砌体的抗压强度设计值 (net 网状的);
 f_y ——受拉钢筋的强度设计值 (yield 屈服);
 f'_y ——受压钢筋的强度设计值;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (concrete 混凝土, compression 压力);
 E ——砌体的弹性模量 (modulus of elasticity 弹性模量);
 E_c ——混凝土的弹性模量;
 G ——砌体的剪切模量 (shear modulus)。

几何参数

A ——截面面积 (area of section);
 A_l ——局部受压面积;
 A_0 ——影响局部抗压强度的计算面积;
 A_b ——垫块面积 (base 垫板);
 A_s ——距轴向力较远侧的钢筋截面面积 (steel 钢筋);
 A'_s ——受压钢筋的截面面积;
 A' ——砌体受压部分面积;
 V ——体积 (volume);
 s ——相邻横墙、窗间墙之间或壁柱间的距离 (span 间距);
 b_s ——在相邻横墙、窗间墙之间或壁柱间的距离范围内的门窗洞口宽度 (breadth 宽度);
 b ——截面宽度、边长;
 b_f ——带壁柱墙的计算截面翼缘宽度、翼墙计算宽度 (flange 翼缘);
 h ——墙的厚度或矩形截面的纵向力偏心方向的边长、梁的高度 (height 高度);
 h_b ——砌块高度、托梁高度 (block 块体);
 h_0 ——截面有效高度、垫梁折算高度;
 h_t ——T形截面的折算厚度 (thickness 厚度);
 h_w ——墙体高度、墙体计算高度 (wall 墙);
 a ——边长、梁端实际支承长度;
 a_0 ——梁端有效支承长度;
 c, d ——距离 (distance);
 e ——偏心距 (eccentricity);
 H ——墙体总高、构件高度;

目 录

主要符号

第一章 绪论	(1)
学习要点	(1)
1-1 砌体结构的历史	(1)
1-2 砌体结构的应用范围	(4)
1-3 砌体结构的优缺点	(4)
1-4 近代砌体结构的发展	(5)
复习思考题	(7)
第二章 砌体材料及其力学性能	(8)
学习要点	(8)
2-1 砌体的块材	(8)
2-2 砌体的砂浆	(11)
2-3 砌体的种类	(11)
2-4 砌体的受压性能	(13)
2-5 砌体受拉性能	(20)
2-6 砌体的受剪性能	(24)
2-7 砌体的弹性模量、摩擦系数和线膨胀系数	(27)
复习思考题	(29)
第三章 砌体结构构件的设计原则	(30)
学习要点	(30)
3-1 砌体结构的安全度	(30)
3-2 用分项系数表达的极限状态计算方法	(34)
3-3 分项系数	(38)
复习思考题	(39)
第四章 砌体结构构件的承载力计算	(40)
学习要点	(40)
4-1 无筋砌体构件的承载力计算	(40)
一、受压构件计算	(40)
二、砌体的局部受压计算	(52)
三、轴心受拉构件计算	(60)
四、受弯构件计算	(61)
五、受剪构件计算	(62)
4-2 配筋砖砌体构件的承载力计算	(63)
一、网状配筋砖砌体构件计算	(63)
二、组合砖砌体构件计算	(68)
复习思考题	(74)

习题	(74)
第五章 混合结构房屋中墙和柱的设计	(76)
学习要点	(76)
5-1 概述	(76)
5-2 房屋的结构布置方案	(76)
5-3 房屋的静力计算方案	(78)
5-4 墙和柱的构造要求	(82)
5-5 刚性方案房屋中墙和柱的计算	(89)
5-6 弹性方案房屋中墙和柱的计算	(99)
5-7 刚弹性方案房屋中墙和柱的计算	(101)
5-8 上柔下刚和上刚下柔多层房屋的内力计算	(108)
5-9 地下室墙设计	(109)
复习思考题	(114)
习题	(114)
第六章 过梁、圈梁、墙梁及挑梁	(116)
学习要点	(116)
6-1 过梁	(116)
6-2 圈梁	(121)
6-3 墙梁	(123)
6-4 挑梁	(137)
复习思考题	(140)
习题	(141)
第七章 砌体结构房屋抗震设计要点	(142)
学习要点	(142)
7-1 砌体结构房屋的震害及抗震构造措施	(142)
7-2 多层砌体结构房屋的抗震计算	(160)
7-3 单层砖柱厂房的抗震计算要点	(165)
复习思考题	(167)
参考文献	(168)

第一章 绪 论

学 习 要 点

一般性了解砌体结构的历史，了解砌体结构的应用范围，熟悉砌体结构的优缺点，以利实际中应用砌体结构，并掌握其发展趋向。

1-1 砌体结构的历史

一、砌体结构进展简况

顾名思义，砌体结构就是将各种可供砌筑的块体，用砂浆砌合筑成的结构。

砌体结构在我国源远流长，构成我国独特的文化的一部分。

远在7千至5千年以前，我国的先民即开始从巢居、穴居逐渐过渡到半穴居和地面建筑。从现在发现的半坡村、大河村等新石器时代遗址，可以看到我国先民在那时候已创造了承重木柱和木骨泥墙等技术，房屋内部的地面用石灰拌粗砂抹面，墙下挖有基槽，槽内基础用垫置硬烧土块或铺置石块的做法。在其稍后的龙山文化时期，大约距今4.8千至4.3千年前，据考古发现，已有了单间小屋和套间房屋，并能烧制石灰、粘土作建筑材料，室内地面采用了夯土做法；发明了用土坯砌筑房屋的内壁，错缝用黄泥浆粘结，这是所知最早的土坯砌体。这些技术对形成我国以木、土为主体的结构有重大影响。其后，在距今约5千至4千年前的细石器文化时期，在内蒙古赤峰的某遗址发现有不规则的天然石块墙，在辽东半岛留有巨石建筑（石棚）。在公元前三千年后尧的时代，筑城见于文献。在舜的时代，已有最基本的施工工具，如挂线、圆规、直尺、角尺、准绳等，这些工具对发展我国的砌筑技术有着重大的意义，而且经过不断的演变和改进，一直在我国流传着。在公元前2140年后禹的时代，开始夯土筑城，并建有地下陶管水道和石砌的井壁。在公元前1763年后桀的时代，有我国最早的用瓦盖屋的记录。在公元前1711年后商汤时代，夯土技术已很成熟，除版筑城墙外，还发现有房屋用夯土墙作外墙和承重内隔墙的。在公元前11世纪至公元前771年的西周时期，出现我国最早的铺地砖。在公元前五世纪末的春秋时期，出现用陶井圈修筑的陶井。在紧接着的战国时期出现了精制的大型空心砖；在河南新郑发现的战国冶炼通气井，井壁为小砖，平砌丁砖错缝，用细泥作胶结材料，为我国最早的砖砌墙体；战国时期各国都修筑了基本上用夯土筑成的长城。在公元前383年秦献公时，出现有模压花纹砖。在公元前350年秦孝公时，出现了用石灰粉刷并用土坯和花纹砖砌的墙壁，也出现了用土坯砖砌的窑顶，说明拱壳结构已经萌芽。在秦代，还以土石将位于北部各国的北部长城连接起来，并增筑伸延，逶迤达3千公里。在公元前206年至公元8年的西汉时期，出现了空斗砌法的墙壁，也出现用条砖砌的角拱券顶、砖穹窿顶等等。……

此后，砖石的应用慢慢地普及开来，砌筑技术也逐渐精巧。在历史的长河里，我国兴建过众多的城池、宫殿、街坊、宅院、园林、寺庙、陵墓、桥梁等……，其中砌体结构曾

发挥了巨大的作用。“秦砖汉瓦”几乎成了我国漫长时期砌体材料的格局和代称，与此同时，版筑技术、土坯砖也一直在某些地区流传应用，未曾泯灭。

我国古代很多砌体建筑，都表现出所具有的高度工程技术和优美艺术形式，是我国的一份宝贵的科学、文化遗产。例如公元520年北魏孝文帝时期建造的河南登封嵩岳寺塔，是我国也是世界现存最早的砖塔；塔的平面为12边形，共15层，高约40m。公元652年唐高宗时期建造、公元701至704年唐武后时期重修的西安大雁塔，平面为四边形，高66m，经历多次地震而无损坏。河北定县宋开元寺的料敌塔，高逾84m，为宋代最高的砖塔。在石桥方面：公元605至618年隋代所建的河北赵州安济桥，是世界上最早的空腹敞肩单孔桥，大拱跨度37.37m，高7.23m，由28道石拱券并列组成，在大拱端部桥的两肩又各设有两个小拱券，既减轻了自重且能泄洪，设计合理，造型优美，技术极为成功，至今已近1千4百年，尚屹立无恙，诚为国宝；公元1078年宋元丰元年所建泉州万安桥，长540m；公元1189年金大定29年所建北京芦沟桥，长266.5m。这些桥梁至今仍承担着南来北往繁重的交通任务。还有其他的殿宇，如明代洪武（公元1368至1398年）年间在南京灵谷寺和苏州开元寺中所建的无梁殿，明代万历（公元1573至1619年）年间所建定陵的地宫，都是砖、石穹拱结构的例子。明代在砖石结构和砌筑技术方面的成就，还表现在对万里长城进行的工程浩大的修筑，其间或以精制的大块的砖石重修，或建关设隘，造墩筑台，时间延续达200年之久，使长城东西起伏，蜿蜒5千6百多公里，气壮山河，险峻雄丽，是为砌体结构伟大杰作，人类创造的一大奇迹。

我国古代还涌现出许多能工巧匠，和设计者、营建者，推动了砌体结构的发展；也出现过不少工程记载、著述和典籍，如北宋崇宁2年（公元1103年）颁布的《营造法式》，是我国古代最完整的建筑技术著作，其内容包括了设计、施工等各个方面的规章制度；清雍正12年颁布的《工部工程作法则例》，对有关建筑的模数、用料、构造都作了统一，使之更加标准化。清代在施工方面已出现使用类如千斤顶工具、手摇卷扬机等简单的器械，以提高工效。

与我国的情况相仿，世界上许多文明古国，在最初阶段也都是直接采用粘土、石料等天然材料作砌筑房屋的材料，从而使砌体结构得到应用和发展。在欧洲，大约距今8千年前已出现土坯砖，距今约5至6千年前已开采石料用于建筑，至于烧制砖的使用也有约3千年之久。历史上众多的石砌或砖砌的砌体结构，如埃及的金字塔和神庙，巴比伦的空中花园，希腊的雅典卫城和一些公共建筑（运动场、竞技场、露天音乐场、纪念馆等），罗马的大引水渠、桥梁、斗兽场、浴室、神庙和教堂，君士坦丁堡的大教堂，南美的金字塔等等，都是宏伟绝伦，在文化和历史上获得辉煌成就的。这些建筑至今仍是备受推崇和瞻仰的遗产。

在只能利用天然材料的时代，既缺乏运载和修建的工具和设备，又没有科学的结构受力分析，砌体结构的建造主要依靠劳动人民的体力，其建造的艰难可想而知，其用料的大量耗费或建造不当而招致的巨大损失也显而易见。所以，对于砌体结构来说虽然用以建成了许多壮丽的工程，但它的发展是缓慢的。

就砌体结构的建筑材料而言，西方国家古代以石材为主。至19世纪20年代发明了水泥，其后有了水泥砂浆，砌体质量得以提高，从而使欧洲的砖石结构房屋取得进一步的发展。我国传统的房屋建筑一般以木构架承重，砖体墙壁只起围护、分隔的作用。到19世纪

中叶以后，一般的房屋结构才逐渐采用砖墙承重，从而发挥了砌体材料的抗压性能。

二、建国以来砌体结构的发展简况

建国以来，我国开展了宏伟的社会主义建设，砌体结构获得空前的发展。建国初期，我国直接借用了当年先进的苏联的砌体结构设计理论和计算方法。1952年统一了粘土砖的规格，使之标准化、模数化。到80年代中期，我国粘土砖的年产量已达到世界各国粘土砖年产量总和的水平。在粘土砖的砌筑方面，创造了多种合理的、快速施工方法，以加快工程进度并保证砌筑质量；必要时，还可采用冬季施工法、冻结施工法，使砖墙的砌筑免受季节影响。建国后尽力开发使用新材料，大大扩大了块材的品种，已从单一的烧结普通砖发展到使用承重粘土多孔砖和空心砖、非烧结硅酸盐砖、硅酸盐砖和泡沫硅酸盐砌块、粉煤灰砌块、混凝土砌块、灰砂砖等品种；新材料新品种的产量和应用逐年增长。与此同时，又制订了各种块体和砂浆的强度等级，使之系列化，以便采用。在结构方面，从简单的墙砌体发展到内框架结构、大型板材结构、挂板、外砖内模结构等，也以砖砌体建造屋面、楼面结构，如双曲砖拱屋面结构、双曲扁球形砖壳屋盖、双曲砖扁壳楼盖、以及砖拱屋盖和楼盖结构等。就新技术而言，则采用了振动砖墙板技术、预应力空心砖楼板技术以及配筋砌体等等。综合以上所述，我国砌体结构正处于一个蓬勃发展的新时期，这决非旧时代所能比拟的。例如大型板材结构，其部件是预制场生产的，可以确保质量，经载重汽车运输至工地现场，以塔吊等设备吊起就位，实现了工场化、机械化，大大加快了安装速度，减轻甚至免除了繁重的体力劳动和砌筑作业，从而也就对传统的墙体进行了改革。

经过多年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设计理论和计算方法，并制定了具有我国特色的设计和施工规范。如1973年颁布的我国第一部《砖石结构设计规范》（GBJ3-73）、1988年颁布的也就是现行的《砌体结构设计规范》（GBJ3-88）（以下将现行的规范简称为规范），都显示了我国各个阶段综合的水平。我国现行规范中所采用的以概率理论为基础的极限状态设计方法、将房屋空间工作的计算从单层房屋推广到多层房屋上面，以及考虑墙和梁共同工作的墙梁设计等都是进入了世界先进技术行列的。

在经受海城、特别是1976年的唐山地震之后，我国的工程技术界、设计科研单位和高等院校大力开展了砌体结构抗震的理论与试验研究，并取得了很大成绩。对地震作用、抗震设计、变形验算、建筑结构的抗震鉴定与加固等都取得了硕果，制订出《多层砖房设置钢筋混凝土构造柱抗震设计与施工规程》（JGJ13-82）等设计与施工的规定，并于1989年颁布了新的《建筑抗震设计规范》（GBJ11-89），从而使砌体结构的抗震设计达到较完善的地步。

多年来，我国与国际标准化组织(International Organization for Standardization, 简称ISO)已建立起工作关系。由于我国在砌体结构很多领域所取得的成就，1981年在国际标准化组织砌体结构技术委员会(ISO/TC179)的第一次会议上，该技术委员会中的配筋砌体分技术委员会(ISO/TC 179/SC2)的秘书处被挂靠在我国，并任命我国一位代表担任秘书。其后，在1990年，我国一位教授被推选并任命为该分技术委员会的常任主席，负责该委员会的所有技术和管理工作，特别是主持编制国际砌体结构设计规范等事宜。

当前，我国正处于实现国民经济和社会发展十年规划以及第八个五年计划的时期，宏伟的建设蓝图需要砌体结构工作者为之尽一份心力，相应地也将必然促进砌体结构得到快速的发展。

1-2 砌体结构的应用范围

砌体结构是应用范围最广的一种结构形式,根据我国国情,在相当长的时期内砌体结构还将得到继续应用和发展。

就工业与民用房屋建筑而言,我国目前约有80%的房屋采用砌体结构建造,其中民用居住房屋则有90%以上采用了这种结构。像办公楼、学校、商店、医院、食堂、仓库、影剧院等房屋建筑中的基础,内外墙身、门窗过梁、地沟、甚至楼盖和屋盖等都可用砌体结构建造。

建国后不久,北京就建成了一批批砖墙承重的大型砌体结构房屋,个别的高达9层。目前国内一般5、6层的房屋,采用以砖砌体承重的砖混结构非常普遍。6层高的住宅,往往可以用1砖厚的墙壁砌到屋顶,将墙身局部加厚后可砌到8层。70年以后,重庆建造了高达12层的以砌体墙承重的住宅。在我国盛产石材的地区,如泉州、厦门和其他一些山区,常用毛石或料石作承重墙建造房屋,连云港市就用毛石砌筑了5层高的住宅。宏伟的人民英雄纪念碑就是一座石结构;此外,像人民大会堂和毛主席纪念堂的台基和阶梯,也都是用石结构铺砌成的。

我国通常用砌体来砌筑工业厂房的围护墙;对中、小型厂房,也用砌体墙身或立柱作承重结构。在钢材、水泥供应困难的情况下,甚至也可考虑用砖砌体作吊车梁,例如:当起重量 $\leq 30\text{kN}$ 的中、轻级吊车,可采用砖拱结构的吊车梁;当起重量稍大时,可采用整个墙身(吊车墙)承受吊车荷载。工业企业中的烟囱、烟道、贮仓、支架、地下沟道、对渗漏要求不严的贮液池等也都可以用砌体结构建造。

在农村建筑中,除通常的房舍之外,如粮仓、拖拉机库、暖房、沼气池、牲畜圈棚等也多用砌体结构砌筑。

在交通运输工程中,桥梁、墩台、隧道、涵洞等均可以砌体结构建造。例如,1971年建造的四川丰都九溪沟公路桥,该桥和我国古代的赵州桥类似,为一单孔敞肩式变截面石拱桥,跨度达到了116m,是世界上跨度最大的石拱桥。又如天安门前正面用于检阅的一段路面,是用花岗岩石料铺砌的。

在水利工程方面,堤岸、坝身、水闸、围堰、引水渠等在我国采用砌体砌筑,相当普遍。

经震害调查和抗震研究表明,在地震区建造砌体结构房屋,除必须尽量保证施工质量外,设置钢筋混凝土构造柱,并采取有关的构造措施,即可有效地提高砌体结构房屋的抗震性能。

1-3 砌体结构的优缺点

砌体结构具有许多优点,也存在不少缺点。采用砌体结构方案时,应尽量利用它的优点,克服它的缺点。

一、砌体结构的优点

1.取材方便。我国各种天然石材分布很广,易于开采和加工;适合烧制砖材的粘土,可供蒸养灰砂砖的砂,制造粉煤灰砖的工业废料粉煤灰等,或是到处都有,或是易于取得;且这些砌体块材的烧结和备制工艺简单,易于生产;至于砂浆,所用的石灰、水泥、

黄砂、粘土均可就地就近取得。可谓材源广、费用低。

2.易于砌筑。砌体的砌筑易于培训,工艺也易于掌握,熟练的砌筑力量大量存在。砌筑时,施工工具又很简单,一般无需模板或技术设备。况且,新砌筑的砌体即有一定的承载能力,因而可以连续砌筑,加快施工速度。另外,在寒冷地区,可以用冻结法施工;在炎热地区或在雨季,只要注意养护和防护即可作业,因而砌筑进程受季节性影响较小。

3.性能良好。砌体结构不能燃烧,具有耐火性,其在保温、隔热、隔音、抗腐蚀等方面的性能较好,受大气的影 响也较小。同时,砌体结构往往能集承重与围护两方面的功能于一身,起多功能的作用。

4.节约材料。对于供应情况比较紧张的木材、钢材和水泥等材料,在砌体结构中一般可以不用或用量相对甚少。

二、砌体结构的缺点

1.强度低。常用的砌块一般强度都不太高,加以砂浆强度低、块材与砂浆间的粘结力也较弱等,使砌体结构的抗拉、抗弯、抗剪等强度都较低。由于这个缘故,承受地震作用时,无筋砌体的抗震性能差,需采用抗震柱或在砌体内配筋予以加强。

2.自重大。由于强度低,砌体结构构件的截面尺寸势必选用得较大,从而自重也大。以普通民用砖混居住房屋而言,其墙体的重量约占结构总重的50%。自重大意味着材料用量多,这就增加了生产费用和运输工作量,并且对抗震也不利。由于地震作用下,自重大引起的惯性力也大,因而必须采用轻质高强的材料,以减小构件的截面和自重。

3.费工多。砌体结构的构件由一块一块的块材抹上砂浆用手工砌筑而成,砌筑工作非常繁重。通常民用砖混结构居住房屋的砌筑工作量,要占整个施工工作量的25%以上。所以要尽量采用施工机具以减轻搬运和砌筑的劳动量,也要采用先进的砌筑技术以加快施工进度。但从根本上讲,则必须发展大型砌块、振动砖墙板、混凝土空心墙板以及预制大型板材等新型块材和板材,并采取工业化生产和机械化施工的方式,以克服这一缺点。

4.用地多。在砌体结构中粘土砖的用量很大。取土制砖,不免要占用大量农田。我国人口多、田地少^①,矛盾突出。要大力开发工业废料和一切可以代替粘土的地方性材料的应用,以缓和并进一步解决这个大问题。

1-4 近代砌体结构的发展

前已述及,砌体结构是有悠久历史的结构,具备很多优点,应用范围非常广泛。但是,砌体结构也存在妨碍其发展的不少缺点,近代砌体结构正是在克复传统砌体结构的缺点后才继续发展,使这一古老的结构重获新生,并具有旺盛的生命力。

一、改革小块粘土砖墙体^②的必要性

我国约自二千年前的秦汉时代,就开始以砖砌墙,但是时至今日,我国砌体结构仍是

① 我国虽然领土辽阔,但可耕地只有国土的11%。我国有11亿人口,占世界人口的22%,而耕地只占7%。据统计,1952年我国有耕地16亿亩,因各种原因,至1991年下降为14亿亩,人均耕地不到1.3亩,比世界人均耕地约少3.7亩。为此,必须根据我国的《土地管理法》,坚定不移地贯彻“十分珍惜和合理利用每寸土地,切实保护耕地”这一基本国策。我国决定每年6月25日为全国土地日,以加强土地保护工作,目的也在这里。

② 参见:张春荣,《“秦砖汉瓦”非改不可了》,经济日报,1990.2.17,以及团结报,1991.4.3.和解放日报,1991.5.25日有关文章。

小块砖砌体的天下，以小块粘土砖所砌筑墙体的房屋，仍占90%以上，只有为数不多的大型公共建筑或工业厂房使用了新型结构。

现再以一些数据补充普通小块砖的弊端：

1. 耗能多。多年以来，我国实心粘土砖的产品，以每年300亿块的增长速度猛增。但粘土砖是要热量烧结的，以1988年全国生产实心粘土砖4365亿块的数量统计，其耗煤量达5千多万吨，这就占用了建材工业总用煤量的半数。

2. 毁田多。砖是粘土制成的，实际等于以土换砖。我国砖、瓦窑占地已达百万亩，每年毁田烧砖达7至10万亩，数量惊人。

3. 运输量大。我国粘土砖的年运输量达200亿吨公里，大约为全国短途运输量的1/6，使繁忙的交通更加拥挤。

因此，我国小块粘土砖墙体的传统首先势必改革，以迈向近代砌体结构发展的道路。

二、块材轻质、高强度

将块体材料空心化^①，使之轻质、高强，是墙体改革的一项有效措施，许多国家都已致力于此。空心的粘土砖比实心粘土砖自重大大减轻，强度增高，抗震性能也得到改善，前述的弊端当然也消除不少。另外，由于空心砖，体型大、自重轻、灰缝相对减少，施工时还可提高工效20%，从而也降低了工程造价。我国目前承重空心砖产量还很少，只占实心粘土砖总产量的3%左右，而且使用较多的也只限于南宁、上海等城市。我国目前生产的粘土空心砖，孔洞率一般在30%以内，抗压强度一般约10MPa，少数可达30MPa，尚待大力发展。我国生产的混凝土空心砌块，能耗仅为生产粘土砖的42%。

空心砖在国外应用已久。国外承重空心砖的孔洞率一般高于40%，非承重空心砖则到达60至70%。承重空心砖的抗压强度已普遍达到30至60MPa。例如捷克斯洛伐克生产的空心砖，其抗压强度为50至160MPa，高者可达200MPa。美国商品砖的抗压强度一般在17.2至140MPa，高者可达230MPa。瑞士在50年代末期，就用抗压强度达60MPa、孔洞率为28%的空心砖建成高19层的塔楼住宅，墙壁厚度为380mm；随后又以同一种空心砖建造了高24层的塔楼住宅。瑞士空心砖的产量已达到砖总产量的97%；加拿大、美国和法国等国家，其砌块的产量已大大超过粘土砖的产量。使用孔洞率高、壁厚薄、体型大的承重空心砖（如西德的490×300×200mm、西班牙的700×200×250mm、法国的500×150×300mm空心砖，其壁厚仅6.7mm），具有很多优越性。采用这些制作严格的大型块材砌筑时无需支模板、无需作粉刷或贴面，也无需另加保温材料（因热阻大），其耐火性能好，又很经济。其所具有的这些特点是钢筋混凝土比不上的。

三、发展高强度砂浆

一般的块材强度不高，砂浆强度更低，两相配合使用，自然也就得不出高强度的砌体。但若采用有高粘结力、高咬合力的砂浆（如掺用有机化合物的砂浆），则砌体的各种强度可以大幅度或成倍地增长，从而有效地提高砌筑结构的整体性和抗震性。例如，国外在使用轻质高强砖和高强树脂砂浆时，成功地减薄了砖的厚度，在保证一般性的隔音隔热要求下，墙板甚至可以薄到2英寸（50.8mm）。

① 我国战国时期虽然就出现了大型精制的空心砖，但其造型和现代的空心砖不同，而且制造技术复杂，后来也没有得到流传。

四、尽量利用工业废料和地方性材料

例如,我国能源以烧煤为主,各地都有大量的粉煤灰和煤渣;又如矿渣、炉渣,作为垃圾或废料很难处理,经常长年堆积如山,污染环境,急待整治;这些都可以大力开发利用,以制造块材和板材。这样不但可以变废为宝,而且能取得廉价的材源、节约能耗,又缓解用地面积的紧张情况。再例如我国不少地区湖泥、河泥或海泥丰富,若用以制砖,既可疏浚淤积的水道,又有利于生态。

五、发展配筋砌体

在砌体中配置钢筋,可以大大提高砌体的强度、延性和抗震性能。水平钢筋可以配置在水平灰缝中。在块体之间配置竖向钢筋,再以混凝土封护即成为配筋砌体。在空心块材的孔洞或适当部位配置竖向钢筋并灌注混凝土,即成为组合砌体。我国已开始试生产有孔洞插置竖向钢筋的配筋砖,并用以建成试验性房屋。我国今后将大力发展配筋砌体和组合砌体。

由于应用了高强砌体,再加以配筋,国外早已建成许多配筋高层房屋。而且,象美国和新西兰,不少13至20层的配筋砌体房屋都建在震区。例如,在美国,70年代即在匹兹堡建造了一座20层的配筋房屋;在科罗拉多州建造的一座20层塔楼,采用50MPa空心粘土砖砌筑,墙厚280mm,墙的内、外皮厚82.5mm,空心部分配置水平和竖向钢筋并灌注混凝土;在美国加州建造的希尔顿饭店,为高强混凝土砌块结构,高13层。后者两座房屋都曾经受过地震的考验而未遭损害。

六、采用新工艺、新技术,发展新结构

前已述及,采用可以工业化生产、机械化施工的板材、挂板、振动砖墙板、大型砌块等都能减轻繁重的体力劳动、加快工程建设速度,这也是进行承重墙墙体结构改革的一个方面。目前我国有在研究抗震砖形式的;有的国家则在研究对墙体施加预应力,或在研究如何使承受水平力弱的墙体只承受竖向荷载,而将水平力由内筒(如钢筋混凝土楼梯间、电梯间)来承受,使砌体结构受力更加合理,并能砌筑更高的高层结构。

七、完善砌体结构的设计理论和计算方法

对于这些方面需要进一步开展砌体结构的结构布置、受力性能和破坏机理的研究,加强房屋整体受力的探讨,深入研究配筋砌体并扩大其应用范围,以及解决在震区建造多层砌体结构房屋的问题等等。

综上所述,近代砌体结构的发展特点是轻质、高强、空心、大型、配筋等,并注意结构总体的合理布置。现在,有关国际组织所编的砌体结构设计规范,也都是以近代砌体结构为基础的。我国砌体结构也将随着我国建筑工程技术的发展而迅速发展,迈向近代砌体结构发展的道路。

复 习 思 考 题

- 1.您知道有哪些著名的建筑是用砌体结构建造的,它们有什么特点。
- 2.您常见到的房屋或结构物有哪些是用砌体结构建造的,它们具体用的是什块材和砂浆。
- 3.既知砌体结构的优缺点,您在应用时将如何扬长避短。
- 4.在我国,砌体结构的发展有着广阔的天地,您有哪些好的设想和意见,使我国砌体结构快速迈向近代砌体结构发展的道路。

第二章 砌体材料及其力学性能

学 习 要 点

1.我国民用房屋大量的是混合结构房屋，其主要组成材料之一是砌体材料。而且全国用于建筑结构中的墙体材料也主要是粘土砖及硅酸盐砌块，最普通的则为粘土砖。

2.学习重点在于掌握砖砌体材料及其力学性能。

2-1 砌体的块材

块材是砌体的主要部分，目前我国常用的块材可以分为以下几类。

一、砖

1.实心砖

1) 烧结普通砖

将粘土调水塑压成实心粘土砖坯，干燥后送入焙烧窑经过高温烧结而成。这是一种保温、隔热、耐久性能良好的建筑材料，可用于各种房屋的地上及地下结构。目前我国生产的标准实心烧结粘土砖规格为 $240 \times 115 \times 53\text{mm}$ 。

2) 实心硅酸盐砖

将硅酸盐材料压制成型并经高压釜蒸养而成的实心砖均属此类。常用的有：以电厂粉煤灰、石灰及石膏为原料的粉煤灰砖；以石英砂及石灰为原料的灰砂砖；以矿渣、石英砂为原料的矿渣硅酸盐砖；以产煤地区煤矸石为原料的煤矸石砖等。其尺寸与标准砖相同。可用于房屋的外墙及潮湿环境下的砌体，但不宜用于处于高温环境下的砌体。

2.空心砖

在砖中竖向设置较多小孔或若干个大孔，孔洞率大于15%以上的砖，称为空心砖。空心砖分为多孔空心砖与大孔空心砖两类。空心砖具有许多优点，可减轻结构自重。由于砖厚度较大，可节约砌筑砂浆或减少工时。此外，粘土用量和电力及燃料亦可相应减少。

1) 多孔空心砖

1975年国家建委颁布的标准《承重粘土空心砖》(JC196—75)中，推荐三种主要规格：KM1、KP1及KP2。该标准中只规定三种砖的规格而未规定孔洞型式。KM1的规格为 $190 \times 190 \times 90\text{mm}$ ，KP1的规格为 $240 \times 115 \times 90\text{mm}$ ，KP2的规格为 $240 \times 180 \times 115\text{mm}$ 。编号中的字母K表示空心，M表示模数，P表示普通。亦即前者为模数空心砖，后者为普通空心砖。以上三种主要规格空心砖的主要生产量占全国空心砖的总产量90%以上，这些砖各有优缺点，如KM1型，符合建筑模数，砌筑外墙时，有四个面可供选择，但不能与普通砖配合使用。KP1的平面尺寸和标准砖一样，与普通砖能配合使用，规格单一，重量也合适，但不能砌180mm墙。KP2能与普通砖配合使用，能砌180mm墙，但需

有辅助规格的砖，重量较大。

图2-1a、b为南京生产的KM1型空心砖及其配砖，孔心率分别为26%及18%，图中所示大洞尺寸40×80mm，是作为砌筑时抓握用的。图2-1c为上海、西安、辽宁及黑龙江等地生产的KP1型空心砖，孔心率为25%。图2-1d、e及f为西安等地生产的KP2型空心砖及其配砖。

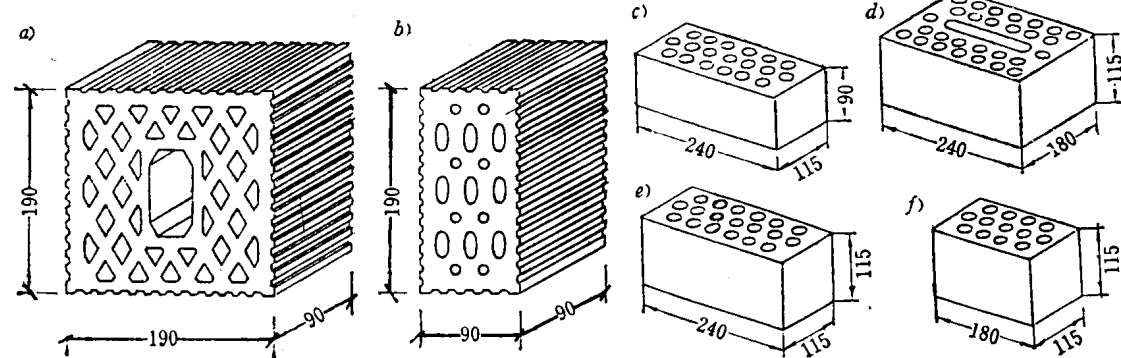


图 2-1 空心砖规格

a)、b) KM1型空心砖；c) KP1型空心砖；d)、e)、f) KP2型空心砖

2) 大孔空心砖 (图2-2)

大孔空心砖的孔心率可达40~60%，为了避免砖承载力降低过多，一般用作填充墙、分隔墙的非承重大孔空心砖的孔心率可达40~60%，用作承重墙体的空心砖，其孔心率不应超过40%

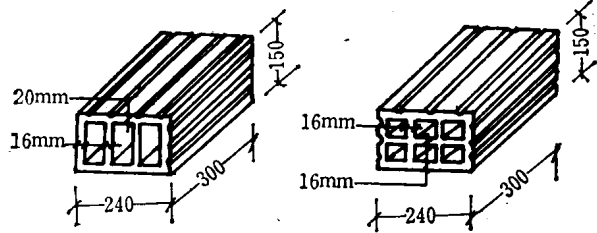


图 2-2 大孔空心砖

块体的强度等级符号以“MU”表示，单位为MPa (N/mm²)。烧结普通砖、非烧结硅酸盐和承重粘土空心砖的强度等级划分为：MU30(300)、MU25(250)、MU20(200)、MU15(150)、MU10(100)和MU7.5(75)。括号内数值为相应材料原标准规定的标号。

二、砌块

块材尺寸较大时，称为砌块。砌块外形尺寸可达标准砖的6~60倍。高度在180~350mm的块体，一般称为小型砌块；高度在360~900mm的块体，一般称为中型砌块；大于900mm的块体，称为大型砌块。砌块可用粉煤灰、煤矸石作为主要原料或混凝土来制作。各地生产的砌块有煤渣及粉煤灰加生石灰和少量石膏振动成型经蒸气养生制成的粉煤灰硅酸盐砌块，其容重一般为14~15kN/m³；有煤矸石空心砌块；有以磨细的煅烧煤矸石、生石灰和石膏为胶结材料，以破碎的煤矸石为骨料，配制成混凝土，经振捣成型并加热养护而制成的煤矸石混凝土空心砌块；有普通混凝土空心砌块以及加气混凝土砌块或加气硅

酸盐砌块。

混凝土空心砌块一般做成椭圆形孔洞，常用的混凝土砌块如图2-3所示。砌块一般用C15混凝土制作。其厚度可为240、200mm、190mm。

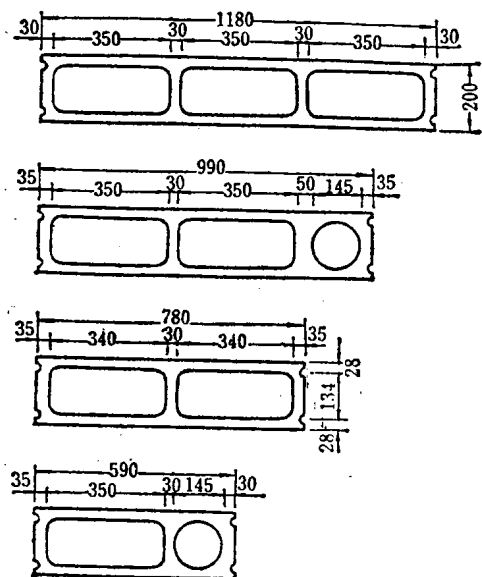


图 2-3 混凝土空心砌块

砌块的长度应满足建筑模数的要求，在竖向尺寸上结合层高与门窗来考虑，力求型号少，组装灵活，便于生产、运输和安装。砌块的厚度及空心率应根据结构的承载力、稳定性、构造与热工要求决定。

混凝土小型空心砌块、中型空心砌块以及粉煤灰中型实心砌块的强度等级划分为：MU15、MU10、MU7.5、MU5和MU3.5。

三、石材

在建筑中，常用的有重质天然石（花岗石、石灰石、砂岩）及轻质天然石。重质天然石强度高，耐久，但导热系数大，开采困难，一般用于基础砌体和重要建筑物的贴面，不宜作采暖房屋的墙壁，因其厚度大。

石材按其加工后的外形规则程度，可分为料石和毛石。

1. 料石

- 1) 细料石：通过细加工，外形规则，叠砌面凹入深度不应大于10mm，截面的宽度、高度不应小于200mm，且不应小于长度的1/4。
- 2) 半细料石：规格尺寸同上，但叠砌面凹入深度不应大于15mm。
- 3) 粗料石：规格尺寸同上，但叠砌面凹入深度不应大于20mm。
- 4) 毛料石：外形大致方正，一般不加工或仅稍加修整，高度不应小于200mm，叠砌面凹入深度不应大于25mm。

2. 毛石

形状不规则，中部厚度不应小于200mm。

石材的强度等级，可用边长为70mm的立方体试块的抗压强度表示。抗压强度取三个试件破坏强度的平均值。石材的强度等级划分为MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15和MU10。

试件也可采用表2-1所列边长尺寸的立方体，但应对其试验结果乘以相应的换算系数后方可作为石材的强度等级。

石料强度等级的换算系数

表 2-1

立方体边长(mm)	200	150	100	70	50
换算系数	1.43	1.28	1.14	1	0.86

石砌体中的石材应选用无明显风化的天然石材。