



21 世纪高等学校规划教材

21Shiji Gaodeng Xuexiao Guihua Jiaocai

砌体结构

Qiti Jiegou

● 裴强 主 编



中国质检出版社
中国标准出版社



21 世纪高等学校规划教材

QITI JIEGOU

砌体结构

裴 强 主编

中国质检出版社
中国标准出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/裴强主编. —北京:中国质检出版社,2014.2
ISBN 978-7-5026-3912-9

I. ①砌… II. ①裴… III. ①砌体结构 IV. ①TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 250410 号

内 容 提 要

本书根据国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)编写。内容包括七章:绪论、砌体材料及其力学性能、砌体结构设计原则、无筋砌体构件的承载力计算、配筋砌体构件的承载力计算、混合结构房屋中墙和柱的设计和过梁、圈梁、墙梁及挑梁的设计。同时,各章编写了学习要求、本章小结和思考题。

本书可作为高等院校土木工程专业教材,也可供有关的工程设计、施工等技术人员参考。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)

北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.5 字数 240 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

*

定价:24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

— 编 审 委 员 会 —

- 顾 问 赵惠新 (黑龙江大学)
- 主 任 邓寿昌 (中南林业科技大学)
- 副主任 薛志成 (黑龙江科技大学)
- 刘殿忠 (吉林建筑工程学院)
- 姜连馥 (深圳大学)
- 高 潮 (大连海洋大学)
- 邴 伟 (惠州学院)
- 委 员 (按姓氏笔画排序)
- 丁 琳 (黑龙江大学)
- 叶 青 (浙江工业大学)
- 刘 东 (东北农业大学)
- 关 萍 (大连大学)
- 张兆强 (黑龙江八一农垦大学)
- 张季超 (广州大学)
- 张燕坤 (北方工业大学)
- 杨 璐 (沈阳工业大学)
- 侯 威 (内蒙古工业大学)
- 赵文军 (黑龙江大学)
- 郭宗河 (青岛理工大学)
- 原 方 (河南工业大学)
- 徐建国 (郑州大学)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 裴 强 （大连大学）

副主编 崔 迪 （大连大学）
马 杰 （哈尔滨理工大学）

编 委 辛大波 （哈尔滨工业大学）
孙晓宇 （哈尔滨工程大学）
薛志成 （黑龙江科技大学）
李长风 （黑龙江科技大学）

序 言

伴随着近年来经济的空前发展和社会各项改革的不断深化,建筑业已成为国民经济的支柱产业和重要的经济增长点。该行业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用,尤其是房地产业和公路桥梁等各项基础设施建设的深入开展和逐步完善,也进一步促使整个国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时,建筑行业自身的结构性调整也在不断进行,这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求,因此,近年来教育部对高校土木工程类各专业的发展日益重视,并连年加大投入以提高教育质量,以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此,教育部对高等院校土木工程类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整,使高等教育逐步从偏重于理论的教育模式中脱离出来,真正成为为国家培养生产一线的高级技术应用型人才的教育,“十二五”期间,这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点,编写高等院校土木工程类各专业所需教材势在必行。

针对以上变化与调整,由中国质检出版社(原中国计量出版社)牵头组织了21世纪高等学校规划教材的编写与出版工作,该套教材主要适用于高等院校的土木工程、工程管理以及道路与桥梁等相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快,因此,我们有针对性地组织了中南林业科技

大学、黑龙江大学、深圳大学、大连海洋大学以及北方工业大学等多所相关高校、科研院所以及企业中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足土木工程类各专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高土木工程类各专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校土木工程类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将建筑领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习可以深入把握建筑行业发展的全貌，而且也将建筑行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国土木工程类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编审委员会
2013年8月

前 言

本书是依照《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)和相关的最新规范及标准编写的土木工程专业教材。内容包括七章:绪论、砌体材料及其力学性能、砌体结构设计原则、无筋砌体构件的承载力计算、配筋砌体构件的承载力计算、混合结构房屋中墙、柱的设计和过梁、圈梁、墙梁及挑梁的设计。同时,为了便于学生自学和自测,各章均编写了本章学习要求、例题、本章小结和思考题。

本书在编写时力求紧密结合最新标准和规范,语言力求通俗易懂,内容尽量做到条理清晰、深入浅出、循序渐进、理论联系实际。

本书既可作为高等学校土木工程专业本科和专科的专业课教材,又可作为工程技术人员和结构工程师注册考试人员的参考书。

参加本书编写的人员有:大连大学裴强、崔迪,哈尔滨理工大学马杰,哈尔滨工业大学辛大波,哈尔滨工程大学孙晓宇,黑龙江科技大学薛志成、李长风。

本书由大连大学裴强任主编,大连大学崔德迪和哈尔滨理工大学马杰任副主编。第1章由李长风编写,第2章由崔迪编写,第3章由马杰和孙晓宇编写,第4章由辛大波和马杰编写,第5章、第6章、第7章由裴强和薛志成编写。

本书的编写参考了已出版的相关文献。同时,本书的出版

得到了中国质检出版社李保忠主任的大力支持和帮助，在此深表谢意。

由于编者编写水平有限，书中错误和不足之处在所难免，敬请读者批评和指正。

编 者
2013 年 9 月

目 录 CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 砌体结构的特点及应用范围	1
1.2 砌体结构的发展和应用简况	2
1.2.1 国外砌体结构的发展和应用	3
1.2.2 我国砌体结构的发展和应用	4
1.2.3 我国《砌体结构设计规范》的发展	5
1.2.4 砌体结构的发展展望	6
1.3 本门课程的课程体系和内容	6
本章小结	7
思考题	7
第2章 砌体材料及其力学性能	8
2.1 砌体材料	8
2.1.1 块材	8
2.1.2 砂浆	10
2.2 砌体的种类	11
2.2.1 无筋砌体	11
2.2.2 配筋砌体	12
2.2.3 墙板	13
2.3 砌体抗压性能	14
2.3.1 砖砌体受压破坏特征	14
2.3.2 砖砌体受压应力状态的分析	15
2.3.3 影响砖砌体抗压强度的因素	15
2.3.4 轴心抗压强度平均值计算	16
2.4 砌体抗拉性能	17
2.4.1 砖砌体轴心受拉破坏特征	17
2.4.2 轴心抗拉强度平均值计算	17
2.5 砌体抗弯性能	17
2.5.1 砌体弯曲受拉破坏特征	17
2.5.2 弯曲抗拉强度平均值计算	18
2.6 砌体抗剪性能	18

2.6.1 砖砌体受剪破坏特征	18
2.6.2 抗剪强度平均值计算	18
2.6.3 影响砌体抗剪强度的因素	19
2.7 砌体的弹性模量、摩擦系数和线膨胀系数	20
2.7.1 砌体弹性模量	20
2.7.2 砌体剪变模量	22
2.7.3 砌体的摩擦系数、线膨胀系数和收缩率	22
本章小结	23
思考题	23
第3章 砌体结构设计原则	25
3.1 概率极限状态设计法	25
3.1.1 结构安全等级	25
3.1.2 结构设计使用年限和结构设计基准期	26
3.1.3 功能函数和极限状态方程	26
3.1.4 失效概率和可靠指标	27
3.1.5 实用设计表达式	29
3.2 砌体的强度设计值	30
3.3 砌体的耐久性设计	34
3.3.1 砌体结构的环境类别	34
3.3.2 砌体结构中钢筋耐久性选择	34
3.3.3 钢筋的保护层厚度	35
3.3.4 砌体材料的耐久性	35
本章小结	36
思考题	37
第4章 无筋砌体构件的承载力计算	38
4.1 受压构件计算	38
4.1.1 受压短柱的受力分析	38
4.1.2 受压长柱的受力分析	40
4.1.3 受压构件承载力计算	43
4.2 局压构件计算	47
4.2.1 局部均匀受压	48
4.2.2 梁端支承处砌体的局部受压	49
4.2.3 梁端设有刚性垫块时,砌体的局部受压	51
4.2.4 梁端下设有长度大于 πh_0 的钢筋混凝土垫梁时,垫梁下砌体局部受压	52
4.3 受剪构件计算	55
4.4 受拉构件和受弯构件计算	55
4.4.1 受拉构件计算	55

4.4.2 受弯构件计算	56
本章小结	56
思考题	57
第5章 配筋砌体构件的承载力计算	58
5.1 网状配筋砖砌体受压构件	58
5.1.1 应用条件及配筋方式	58
5.1.2 受力特点与破坏特征	58
5.1.3 受压承载力计算	59
5.1.4 构造要求	61
5.2 组合砖砌体受压构件	63
5.2.1 组合砖砌体的形式和应用	63
5.2.2 受力特点	63
5.2.3 受压承载力计算	63
5.2.4 构造要求	66
5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	67
5.3.1 受力特点和破坏特征	67
5.3.2 轴心受压承载力计算	68
5.3.3 构造要求	68
5.4 配筋混凝土砌块砌体剪力墙	70
5.4.1 基本假定	70
5.4.2 正截面承载力计算	70
5.4.3 斜截面承载力计算	73
5.4.4 连梁承载力计算	73
5.4.5 构造要求	74
本章小结	77
思考题	77
第6章 混合结构房屋中墙和柱的设计	79
6.1 概述	79
6.2 房屋的结构布置方案	79
6.3 房屋的静力计算方案	81
6.3.1 混合结构房屋的空间性能	81
6.3.2 房屋静力计算方案分类	84
6.4 刚性方案房屋墙、柱的设计计算	85
6.4.1 单层房屋承重纵墙、柱的设计计算	85
6.4.2 多层房屋承重纵墙的设计计算	87
6.4.3 多层房屋承重横墙的设计计算	90
6.5 单层弹性方案房屋墙、柱的设计计算	97

6.6 刚弹性方案房屋墙、柱的设计计算	99
6.6.1 单层房屋承重纵墙、柱的设计计算	99
6.6.2 多层房屋承重纵墙的设计计算	101
6.7 上柔下刚和上刚下柔多层房屋的内力计算	101
6.7.1 上柔下刚多层房屋的内力计算	101
6.7.2 上刚下柔多层房屋的内力计算	102
6.8 地下室墙设计	102
6.9 房屋的构造措施	106
6.9.1 墙和柱的高厚比验算	106
6.9.2 一般构造要求	110
6.9.3 框架填充墙	112
6.9.4 夹心墙	113
6.9.5 防止或减轻墙体开裂的主要措施	114
本章小结	115
思考题	116
第7章 过梁、圈梁、墙梁及挑梁的设计	117
7.1 过梁	117
7.1.1 过梁的分类	117
7.1.2 过梁上的荷载	118
7.1.3 过梁的承载力计算	118
7.2 圈梁	121
7.2.1 圈梁的作用和设置	121
7.2.2 圈梁的构造要求	122
7.3 墙梁	122
7.3.1 墙梁分类	122
7.3.2 墙梁的受力特点与破坏形态	124
7.3.3 墙梁的计算	128
7.3.4 墙梁的构造要求	131
7.4 挑梁	134
7.4.1 挑梁的受力特征及破坏形态	134
7.4.2 挑梁的计算及构造要求	135
7.4.3 构造要求	138
本章小结	139
思考题	139
参考文献	140

第1章 绪 论

本章学习要求

1. 掌握砌体、砌体结构的概念,了解砌体结构的特点和适应范围;
2. 了解国内外砌体结构的发展和应用,材料、理论和规范发展以及砌体结构的发展趋势。

1.1 砌体结构的特点及应用范围

由砖、石材或砌块等块材用砂浆粘结而成的材料称为砌体。采用以砌体为主要材料建造而成的结构称为砌体结构。砌体结构的抗压强度高,抗拉强度低。因此,砌体结构主要用作受压构件(如墙、柱、基础等),而很少用作受拉或受弯构件。

砌体结构目前已成为应用范围较广泛的结构形式之一,这与其特点密不可分。其主要优点如下。

- (1) 便于就地取材。砖、石、砌块材料,来源方便。
- (2) 施工简单,造价低。砌体与钢筋混凝土结构相比,砌体结构的施工时不需要模板和特殊的施工设备,方法较简单,可节约大量木材、钢材及水泥,工程造价低。
- (3) 耐久性和耐火性好。砖石材料或砌块材料具有很好的耐火性、耐久性、化学稳定性和大气稳定性。
- (4) 保温、隔热和隔声性好。砌体特别是砖砌体和砌块砌体,具有良好的保温、隔热和隔声性能,节能效果明显,所以既是较好的承重结构,也是较好的围护结构。

但是砌体结构也有它的缺点,因此在一些工程结构中限制了它的应用,制约了其发展。其主要缺点如下。

- (1) 自重大,强度低。墙、柱截面尺寸大,材料用量多,增大了自重,致使运输量加大,且在地震作用下引起的惯性力也增大,不利于抗震。
- (2) 抗拉、抗弯、抗剪等强度都较低;延性差,抗震能力差,使砌体结构的应用受到限制。
- (3) 采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低。
- (4) 砌体结构中常用的粘土砖的生产浪费大量土地,不但影响农业生产、对保持生态环境平衡也很不利。

砌体结构应用的主要领域为建筑、交通、水利工程等。目前,国内住宅、办公楼等民用建筑中的基础、内外墙、柱、地沟等大都采用砌体结构建造。在工业厂房建筑及钢筋混凝土框架结构的建筑中,砌体往往用来砌筑围护墙。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的承重结构。砌体结构还用于建造其他各种构筑物,如烟囪、小型水池、料仓等。

在交通运输方面,砌体结构除可用于桥梁、隧道外,涵洞、挡土墙也常用石材砌筑。
在水利工程方面,可以用砌体结构砌筑坝、水闸、渡槽等。

1.2 砌体结构的发展和应用简况

砌体结构几乎与人类的文明同时诞生。石头是很容易得到的。最初是人们利用石料进行简单的堆砌,这种砌体把不同大小的石块用随机的方式堆砌成墙体。后来,人们又采用石料和粘土砌筑房屋。最早的砌体结构始于公元前 4000 年在中东的乌尔建造的拱结构。在世界上许多文明古国里,人们应用砌体建造了大量具有代表性的砖石结构筑物和建筑物。著名的有我国的万里长城(建于公元前五世纪的春秋战国时期,秦统一中国后进行大规模的扩建,后又经汉、北宋、隋、明各代的增建和修缮,到明代中期已由原来的乱石和泥土构造改为砖砌,图 1—1 所示)、大雁塔(图 1—2 所示)、北魏时期河南嵩岳寺塔(南北朝时代所建造,共 15 层,高约 40m,是我国最古老的用砖砌筑成的佛塔,图 1—3 所示)、隋朝河北赵州桥(公元 581—618 年由著名工匠李春建造,是世界上最早建造的空腹式单孔圆弧石拱桥,图 1—4 所示)、明代南京的灵谷寺(图 1—5 所示)等。国外的有古埃及的胡夫金字塔(图 1—6)和古希腊的巴特农神庙(图 1—7 和图 1—8);巴比伦的空中花园;希腊的雅典卫城以及运动场、竞技场、露天音乐场、纪念馆等公共建筑;罗马的大引水渠、桥梁、斗兽场、浴室、神庙和教堂;君士坦丁堡的圣索菲亚大教堂(图 1—9);南美的金字塔等都是世界建筑历史上的辉煌成就,至今仍是备受推崇和瞻仰的宝贵遗产。



图 1—1 万里长城



图 1—2 西安大雁塔

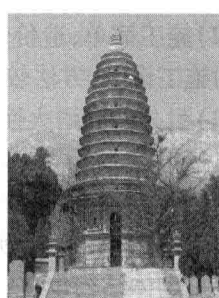


图 1—3 河南嵩岳寺塔

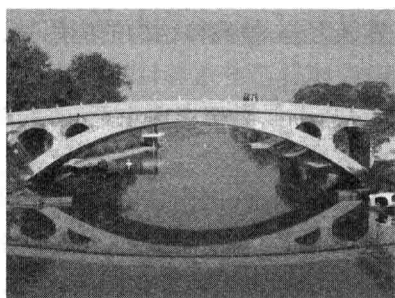


图 1—4 河北赵州桥

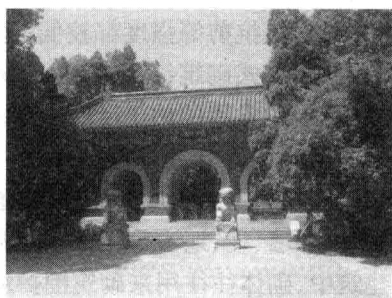


图 1—5 南京的灵谷寺

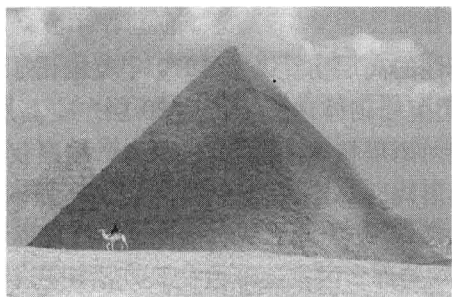


图 1—6 埃及金字塔



图 1—7 巴特农神庙

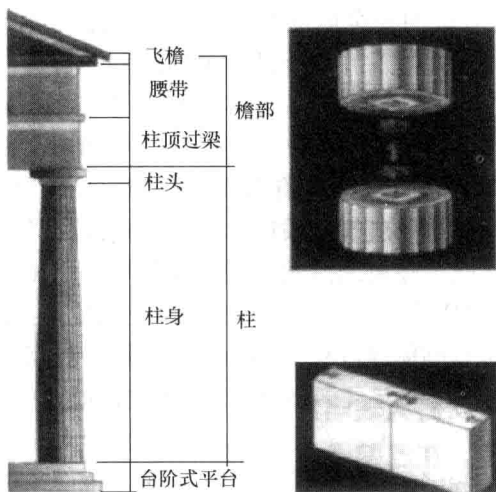


图 1—8 巴特农神庙构造示意图

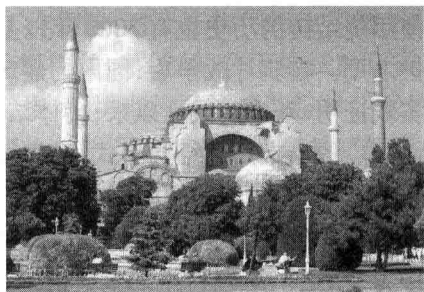


图 1—9 圣索菲亚大教堂

1.2.1 国外砌体结构的发展和应用

在国外,砌体结构和钢结构、钢筋混凝土结构一样,从材料、计算理论、设计方法到工程应用都得到了一定的进展。材料性能方面,粘土砖的强度等级高达 100MPa,砂浆的强度等级用到 20 MPa。为得到更高抗压强度的砖砌体,也可在砂浆中掺入有机化合物以形成高粘合砂浆,砌体的抗压强度可达 35 MPa 以上。因此,利用砖石结构承重修建十几层或更高的高层楼房已经不很困难,在一些国家已经有所应用。1891 年美国芝加哥建造了一幢 17 层楼房,由于当时的技术条件限制,底层承重墙厚 1.8m。而于 1957 年瑞士苏黎世采用强度为 58.8 MPa,空心率为 28% 的空心砖建成了一幢 19 层塔式住宅,墙厚才 380mm,这一现象引起了各国的工程师的重视。欧美各国加强了对砌体结构材料的研究和生产。

从材料生产方面看,20 世纪 70 年代,世界上 50 多个国家粘土砖总产量为 1000 亿块(不包括中国)。砖的强度一般达到 30 ~ 60 MPa,有的高达 100 MPa;砂浆的强度也提高很多。美国 ASTM 标准规定的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,德国的砂浆为 13.7 ~ 14.1 MPa。与此同时,砌块强度也已达到 20 MPa,接近或超

过普通混凝土强度。砌块应用也比较广泛,产量也较大,在一些发达国家的产量甚至接近砖的产量。

国外采用砌块作为承重墙建筑了许多代表性的高层房屋。如1970年英国诺丁汉市建成的一幢14层砌块房屋;美国、新西兰等国采用配筋砌体建造了可达20层左右高层,如美国丹佛市17层“五月市场”公寓和20层的派克兰姆塔楼等。前者高度50m,墙厚仅280mm(50MPa,实心粘土砖厚82.5mm,内填钢筋混凝土)。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,自20世纪60年代以来,欧美许多国家逐渐改变长期沿用基于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年编制的《承重砖砌体结构设计计算的建议》等均采用极限状态设计法;国际建筑研究与文献委员会承重墙委员会(CIB W23)于1980年颁发了《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/TC1790编制的国际砌体结构设计规范也采用了上述相关的原则。

1.2.2 我国砌体结构的发展和应用

砌体结构在我国有着悠久的历史。早在5000年前就建造有石砌祭坛和石砌围墙。生产和使用烧结砖的历史也有3000年以上。中国的早期建筑多采用木构架承重,墙壁仅作填充防护之用。自鸦片战争后,国内的建筑受到了欧洲建筑的巨大影响,逐渐开始采用砖墙承重。实践证明,新中国成立以来,砌体结构得到迅速发展。目前砌体结构是我国建筑工程中量大而面广的最常用的结构形式,砌体结构中砖石砌体约占95%以上。据了解,目前我国实心粘土砖的年产量已达6000亿块,破坏土地资源数十万亩,十分惊人。砌体材料方面的发展必然应考虑“节土”“节能”“利废”的基本国策。

作为“节土”、减轻自重的重要措施,20世纪80年代以来,砖已从过去单一的烧结普通砖发展到采用多孔砖和空心砖、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或煤矿石等制成的无熟料水泥煤渣混凝土砌块等。同时,制定了适应各种块体的砂浆的强度等级,高强度砂浆也得到了较快的发展。实际上早在20世纪60~70年代,我国南方广大城乡已经开展了混凝土小型空心砌块的推广应用,取得了显著的社会经济效益。根据中国建筑砌块协会统计,我国混凝土小砌块年产量1992年为600万 m^2 ,1993年达2000万 m^2 (约140亿块),1998年统计年产量达3500万 m^2 ,各类砌块建筑的总面积达到8000万 m^2 ,以后产量稳中有升。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。1995年颁布实行《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。

为适应城市建设的需要,结构形式也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、内浇外砌、挂板等不同类型。砌体结构的应用范围也在不断的扩大,出现了以砖砌体建造屋面、楼面结构的情况。各地也在积极研究论证砌体用于高层建筑结构中的可行性。

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。配筋砌体结构的试验与研究在我国虽然起步较晚,但进步显著。20世纪60年代起在一