

全国高等院校**土木工程类**应用型系列规划教材

砌体结构

王显利 李长凤 主编



科学出版社
www.sciencep.com



TU36/39

2010

全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材



砌体结构

王显利 李长凤 主 编
冀晓东 尹维新 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书依据《砌体结构设计规范》(GB50003-2001)以及高等学校土木工程专业指导委员会推荐的“砌体结构”课程的基本要求编写。内容包括砌体材料及砌体的力学性能,砌体结构构件承载力的计算,混合结构房屋墙体设计,过梁、圈梁、墙梁、悬挑构件的设计等。

本书可作为高等院校应用型本、专科土木工程专业或成人教育土建类的教学用书,也可供从事土木工程的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/王显利,李长凤主编. —北京:科学出版社,2010
(全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材)
ISBN 978-7-03-026396-4

I. ①砌… II. ①王…②李… III. ①砌体结构-高等学校-教材
IV. ①TU36

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第007461号

责任编辑:陈 迅/责任校对:耿 耘
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2010年1月第一次印刷 印张:9
印数:1—3 000 字数:202 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新蕾〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8020

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

前 言

本书为全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材之一。为贯彻土木工程专业实践性强、应用范围广的特点，本书严格按照我国现行《砌体结构设计规范》(GB50003-2001)编写，重点阐述了砌体结构的基本原理和设计方法。

在编写过程中作者力求文字简练，重点突出，易读易懂，注重理论与实践相结合，确保其实践性与应用性。内容既有基本理论讲解又有实践训练环节，便于读者理解和掌握砌体结构的基本原理和设计方法；同时完全依据现行规范，注重相关知识的理解和运用，对学习和理解相关规范具有很好的指导意义。全书共分五章，分别为绪论，砌体材料及砌体的力学性能，砌体结构构件承载力的计算，混合结构房屋墙体设计，过梁、圈梁、墙梁、悬挑构件的设计等。每章章前有学习要点，部分章节附有复习思考题与习题。

本书可作为高等院校土木工程专业本科生“砌体结构”课程的教材，也可作为成人教育土建类以及土木工程专业人员的自学教材和参考书。

参加本书编写工作的有：黑龙江科技学院李长凤（第一章）、北华大学王显利（第二章、第四章和第五章）、山西大学尹维新（第三章）、北京林业大学冀晓东（第四章）、江苏工业学院谢静静（第五章）。全书由王显利统稿。

限于编者水平，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
1.1 砌体结构的发展简史	1
1.2 国内外砌体结构发展现状	2
1.2.1 国外砌体结构的发展和应用	2
1.2.2 我国砌体结构的发展和应用	3
1.2.3 我国砌体结构设计规范的发展	4
1.3 砌体结构的特点及应用范围	5
1.3.1 砌体结构的特点	5
1.3.2 砌体结构的应用范围	5
1.4 砌体结构的发展展望	6
小结	7
第二章 砌体材料及砌体的力学性能	8
2.1 砌体材料	8
2.1.1 块体	8
2.1.2 砂浆	10
2.1.3 混凝土小型空心砌块灌孔混凝土	11
2.2 砌体的分类	11
2.2.1 无筋砌体	11
2.2.2 配筋砌体	13
2.3 砌体的受压性能	14
2.3.1 砌体受压破坏特征	14
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 砌体的受拉、受弯和受剪性能	18
2.4.1 砂浆和块体的粘结强度	18
2.4.2 砌体拉、弯、剪的破坏形式	19
2.4.3 砌体抗拉、抗弯和抗剪强度计算公式	20
2.5 砌体的变形性能及有关性能	21
2.5.1 砌体受压应力-应变关系	21
2.5.2 砌体的弹性模量	22
2.5.3 砌体的线膨胀系数和收缩率	24
2.5.4 砌体摩擦系数	25
小结	25

复习思考题与习题	25
第三章 砌体结构构件承载力的计算	27
3.1 以概率理论为基础的极限状态设计方法	27
3.1.1 极限状态设计方法的基本概念	27
3.1.2 砌体的强度标准值及设计值	28
3.2 受压构件	31
3.2.1 受压短柱的承载力分析	31
3.2.2 轴向受压长柱的受力分析	32
3.2.3 偏心受压长柱的受力分析	33
3.2.4 受压构件承载力的计算	36
3.2.5 计算例题	37
3.3 局部受压	39
3.3.1 砌体局部受压的特点	39
3.3.2 砌体局部均匀受压	40
3.3.3 梁端砌体局部受压	41
3.3.4 梁端垫块下砌体局部受压	43
3.3.5 梁端垫梁下砌体局部受压	44
3.3.6 计算例题	45
3.4 轴心受拉和受弯及受剪构件	47
3.4.1 轴心受拉构件	47
3.4.2 受弯构件	48
3.4.3 受剪构件	48
3.4.4 计算例题	49
3.5 配筋砖砌体构件	50
3.5.1 网状配筋砖砌体受压构件	50
3.5.2 组合砖砌体构件	53
3.5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	57
3.5.4 计算例题	58
3.6 配筋砌块砌体构件	60
3.6.1 正截面受压承载力计算	61
3.6.2 斜截面受剪承载力计算	63
3.6.3 配筋砌块砌体构造要求	64
小结	64
复习思考题与习题	65
第四章 混合结构房屋墙体设计	68
4.1 混合结构房屋的组成及结构布置方案	68
4.1.1 混合结构房屋的组成	68
4.1.2 混合结构房屋的结构布置方案	68

4.2	房屋的静力计算方案	71
4.2.1	混合结构房屋的空间工作	71
4.2.2	房屋静力计算方案的分类	74
4.2.3	刚性和刚弹性方案房屋的横墙	75
4.3	墙柱高厚比验算	77
4.3.1	允许高厚比及影响高厚比的因素	77
4.3.2	高厚比验算	78
4.4	单层房屋墙体计算	81
4.4.1	单层刚性方案房屋承重纵墙的计算	81
4.4.2	单层弹性方案房屋承重纵墙的计算	82
4.4.3	单层刚弹性方案房屋承重纵墙的计算	84
4.4.4	计算例题	85
4.5	多层房屋墙体计算	87
4.5.1	计算单元	87
4.5.2	计算简图	87
4.5.3	刚性方案房屋承重纵墙的计算	87
4.5.4	刚性方案房屋承重横墙的计算	90
4.5.5	多层刚性方案房屋计算例题	91
4.5.6	多层刚弹性方案房屋的计算	97
4.6	地下室墙	100
4.6.1	概述	100
4.6.2	地下室墙体的荷载	100
4.6.3	地下室墙体的计算简图和截面验算	102
4.7	墙体的构造措施	104
4.7.1	墙柱的一般构造要求	104
4.7.2	防止或减轻墙体开裂的主要措施	106
	小结	109
	复习思考题与习题	109
第五章	过梁、圈梁、墙梁、悬挑构件	112
5.1	过梁	112
5.1.1	过梁的分类及应用范围	112
5.1.2	过梁上的荷载	112
5.1.3	过梁的计算	113
5.2	圈梁	115
5.2.1	圈梁的设置	115
5.2.2	圈梁的构造要求	116
5.3	墙梁	116
5.3.1	概述	116

5.3.2 墙梁的受力特点和破坏形态	117
5.3.3 墙梁的计算	121
5.3.4 墙梁的构造要求	124
5.3.5 计算例题	127
5.4 悬挑构件	130
5.4.1 悬挑构件的受力性能	130
5.4.2 挑梁的计算	131
5.4.3 挑梁的构造要求	133
小结	134
复习思考题与习题	134
主要参考文献	135

第一章 绪 论

学习要点 本章介绍砌体结构的概念，砌体结构的发展简史、国内外的发展现状，砌体结构的特点及应用范围，以及砌体结构的发展前景。

1.1 砌体结构的发展简史

由砖、石材或砌块组成，并用砂浆黏结而成的材料称为砌体。采用砌体材料的结构称为砌体结构。

砌体结构几乎与人类的文明同时诞生。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，用小石头来填大石头之间的空隙。这种随机碎石干砌体至今在一些国家中仍有使用。后来，人们又采用石料和黏土砌筑房屋。最早的砌体结构是公元前 4000 年在中东的乌尔建造的拱结构。在当时只能利用天然建筑材料的时代，由于缺乏运载和修建的工具设备，又没有科学合理的结构分析方法，砌筑的艰难和用料的浪费是显而易见的，这极大限制了砌体结构的理论和实践的发展。

19 世纪 20 年代发明了水泥后，有了高强度的水泥砂浆，大大提高了砌体结构的质量，使得砌体结构获得了长足的发展。19 世纪欧洲建造了各式各样的砖石建筑物，特别是多层房屋。

在世界上许多文明古国，人们应用砌体建造了大量具有代表性的砖石结构建筑物。著名的有我国的万里长城、大雁塔、北魏时期河南嵩岳寺塔（南北朝时期所建造，共 15 层，高约 40m，是我国最古老的用砖砌筑成的佛塔）、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），明代南京的灵谷寺等；国外的有埃及的金字塔和神庙，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，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。

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，这种结构体系能够充分地发挥砌体材料的作用，因此得到了广泛的应用。

随着砌体结构的广泛应用，设计理论也取得了一定的发展。20 世纪三四十年代前，人们广泛采用经验法设计砌体结构，或采用容许应力法作粗略的估算。这样设计出的砌体结构受到很大的人为因素的影响，且其承重构件也粗大笨重。前苏联从 20 世纪 40 年

代起、欧美国家从 50 年代开始,相继对砌体结构的力学性能进行了系列的研究,提出了以试验结果和理论分析为依据的设计方法。20 世纪 50 年代初,我国直接采用了前苏联的砌体结构设计理论。从 60 年代开始,我国开始对砌体结构进行了系统的试验和理论研究,并结合相应的工程实践,建立了较完整的设计理论。

在相当长的一段时期内,无钢筋参与受力的砌体结构(以下称无筋砌体)得到了广泛的应用。但是在经历了 1931 年的新西兰那匹尔大地震和 1933 年美国 Long Beach 大地震后,无筋砌体结构破坏严重。人们开始逐渐认识到这种传统的砌体结构的抗震性能很差,故在地震区内无筋砌体结构一度被禁止采用。直至 1923 年,印度学者 A. Brebner 发表了其为期两年的对配筋砌体的试验研究结果,促使了世界各国对砌体结构重新进行了系统的研究与改进。块体向高强、多孔、薄壁、大块等方向发展,最重要的是进一步发展了配筋砌体,使得砌体结构得以在地震区获得重新的应用。较为著名的工程有美国于 20 世纪 70 年代在匹兹堡建造了一座 20 层的配筋房屋;英国于 1981 年提出了配筋砌体和预应力砌体设计规范。这些成果均使得砌体结构得到了进一步的发展。建于美国科罗拉多州的一座 20 层配筋砌体塔楼和建于加州的采用高强混凝土砌块并配筋的希尔顿饭店,都经受住了地震的考验。1971 年美国西部圣弗尔南多大地震时,一幢位于洛杉矶的 10 层的钢筋混凝土框架遭到了严重破坏,而邻近该建筑的 13 层配筋砌体结构却完整无损,这一现实表明了配筋砌体结构具有了新的竞争能力。我国在经受海城和唐山地震后,大力开展了砌体结构抗震设计的研究,取得了颇有中国特色的研究成果。结果表明,在多层砌体房屋中设置钢筋混凝土构造柱及采用配筋砌体是提高砌体结构房屋抗震能力的有效措施。这些措施均使得砌体结构房屋仍可在地震区应用。

1.2 国内外砌体结构发展现状

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,黏土砖的强度等级高达 100MPa,砂浆的强度等级用到 20MPa。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黏合砂浆,砌体的抗压强度可达 35MPa 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 年美国人在芝加哥建造了一幢 17 层砖房,由于当时的技术条件限制,底层承重墙厚 1.8m。而于 1957 年瑞士人在苏黎世采用强度为 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;同理,在砌体结构的理论研究和设计方法上也取得了许多成果,推动了砌体结构的快速发展。

从材料生产方面看,20 世纪 70 年代,世界上 50 多个国家黏土砖总产量为 1000 亿块(不包括中国)。砖的强度一般达到 30~60MPa,有的高达 100MPa;砂浆的强度也提高很多。美国 ASTM C 标准规定的三类水泥石灰混合砂浆,抗压强度分别为 25.5MPa、20MPa、13.9MPa,德国的砂浆为 13.7~14.1MPa。与此同时,砌块强度

也已达到 20MPa, 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造了许多代表性的高层房屋, 如 1970 年在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 20 层左右的高层, 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。前者高度为 50m, 墙厚仅 280mm (50MPa, 实心黏土砖厚 82.5mm, 内填钢筋混凝土)。国外采用高黏度黏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。英国标准协会于 1978 年编制的《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《砌体结构设计与施工的国际建议》(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。

与此同时, 世界各国在砌体结构学科方面的交流与合作也逐渐加强, 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黏土制品协会发起, 在美国奥斯汀得克萨斯大学举行的第一届 (国际) 砌体结构会议以来, 每 3 年举行一次国际会议。1997 年在中国上海召开第 11 届国际砌体结构会议。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。由我国负责主编的国际标准《配筋砌体设计规范》(ISO9652—3) 已经完成, 并于 2000 年通过各成员国的审查。

1.2.2 我国砌体结构的发展和應用

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, 目前我国实心黏土砖的年产量已达 6000 亿块, 破坏土地资源数 10 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, 国家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。实际上早在六七十年代, 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 1992 年产量为 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/T14—95) 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地扩大,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年代起在一些房屋的部分砖砌体承重墙、柱中尝试采用网状配筋,结果墙、柱的承载力得到了很大的提高且材料利用率也提高了很多,取得了显著的经济效果。70年代以来,尤其是经历了1975年海城地震及1976年唐山大地震之后,我国加强了对配筋砌体结构的试验和研究,且于1983年和1986年,在广西南宁修建了10层配筋砌体的住宅楼和11层办公楼试点房屋。当时采用MU20高强砌块是两次人工投料振捣而成。于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6.6m大开间12层配筋砌块剪力墙板式住宅楼。这些实践说明,在倡导节约式社会的今天,砌体结构仍有很大的发展空间和应用前景。

1.2.3 我国砌体结构设计规范的发展

我国最早应用于砌体结构的设计规范是1956年前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,我国在全国范围内对砖石结构进行了较大规模的调查和试验研究,总结出了一套砖石结构理论、计算方法和系列经验,并于1973年成功颁布了第一部《砖石结构设计规范》(GBJ3—73)。该规范首次提出了刚弹性静力计算方案,考虑了房屋整体空间工作性能,对受压构件提出了统一的计算公式。70年代中期,我国继续对砌体结构进行了大规模的、系统的、全面的试验研究,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、圈梁和房屋的抗震性能等方面取得了很大的进展,1988年颁布并实施了《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)。该规范摒弃了73版采用的单一安全系数的极限状态设计法,而是以概率理论为基础,以分项系数的设计表达式进行计算的极限状态设计法。随着我国在砌体结构新材料、新技术及结构理论的不推广用,人们对砌体房屋结构的可靠性、耐久性提出了进一步的要求,原有的《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)已显得不适应工程建设的需要。1998年起,在总结新的科研成果和工程经验的基础上,国家组织国内有关高校、科研和设计单位对砌体结构设计规范进行了全面修订,编制出新的《砌体结构设计规范》(GB50003—2001)(以下简称《规范》)。在新的规范中增加了组合砖墙、配筋砌块砌体剪力墙结构,以及地震区的无筋和配筋砌体结构构件设计等内容;引入了近年来新型砌体材料,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块及混凝土小型空心砌块灌孔砌体的计算指标;提高了材料强度等级;调整了材料设计强度的取值;补充了以承受永久荷载为主的

内力组合；增加了施工质量控制等级的内容，以提高结构的可靠度；补充了砖砌体和混凝土构造柱组合墙、配筋砌块砌体剪力墙的设计方法；对结构和构件承载力计算方法（如局部受压、墙梁计算等）做了进一步改进，并补充和完善了防止墙体开裂的构造措施。此外，新的砌体结构设计规范还明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文。新规范的颁布实施促进了我国砌体结构设计和应用水平的进一步提高。一系列计算理论和计算方法的建立及设计与施工规范的制定，显示了我国当前的综合水平，使我国的砌体结构理论和设计方法更趋完善。

1.3 砌体结构的特点及应用范围

1.3.1 砌体结构的特点

1. 砌体结构优点

砌体结构目前已成为世界上应用最广泛的结构形式之一，其具有以下优点。

- 1) 砖、石、砌块材料，来源方便，可以“因地制宜，就地取材”。
- 2) 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) 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) 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。

2. 砌体结构缺点

砌体结构也存在制约其发展的缺点：

- 1) 砌体结构自重大，强度低，因而墙、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，对抗震不利。
- 2) 砌体结构抗拉、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) 砌体结构基本上采用手工方式砌筑，劳动量大，生产效率低。
- 4) 砌体结构的黏土砖的生产占用大片良田，不但影响农业生产，对保持生态环境平衡也很不利。

1.3.2 砌体结构的应用范围

目前国内住宅、办公楼等民用建筑中的基础、内外墙、柱、过梁、屋盖和地沟等都可采用砌体结构建造。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、地沟等。由于砖质量的提高和计算理论的进一步发展，5~6层高的房屋采用以砖砌体承重的混合结构非常普遍，不少城市建至7~8层。在某些产石材的

地区，也可用毛石承重墙建造房屋。

在交通运输方面，砌体结构除可用于桥梁、隧道外，地下渠道、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、堰、水闸、渡槽等。

由于无筋砌体的抗压性能突出，决定了其结构构件的尺寸很大，从经济性上限制了其房屋的高度。而砌体配筋的出现解决了这个难题，使得砌体结构从根本上由泥瓦匠的经验创造转变为工程化的结构型式。采用配筋砌体后，砌体结构又重新成为了具有竞争能力的结构类型。

尚应注意，砌体结构是用单块块体和砂浆砌筑的，目前大都用手工操作，质量较难保证，加之砌体抗拉强度低、抗震性能差等缺点，在应用时应注意规范的有关规定。

1.4 砌体结构的发展展望

随着科学技术的进步，古老的砌体结构将逐步被现代砌体结构所替代。21世纪我国砌体结构已进入了成熟的发展阶段，但仍具有诸多不足之处，其今后的主要发展方向有如下几个方面。

(1) 研究和生产节能、环保、轻质、高强、高性能、可持续发展的块体材料

轻质、高强空心块体，能使墙体自重减轻，生产效率提高，且保温隔热性能良好，受力更加合理，抗震性能也得到了提高。在努力研究和生产轻质、高强的砌块和砖的同时，还应注重对高黏结强度砂浆的研制和开发，发展高强、高黏结力的砂浆可有效地提高砌体结构的强度和抗震性能。

传统的黏土砖因其耗能大、毁田多、运输量大的缺点越来越不适应可持续发展和环境保护的要求。砌体结构今后首先要积极发展新材料。严格按照国家的相关要求，坚持“节能”、“节地”、“利废”、保护环境和改善建筑功能为发展方针，以提高生产技术水平、加强产品配套和应用为重点，积极发展功能好、效益佳的各种新型墙体材料。例如，用粉煤灰、煤渣、矿渣、炉渣等工业废料制砖或板材，可变废为宝。用湖泥、河泥或海泥制砖，则可疏通淤积的水道。

由此可见，积极推进墙体材料改革，加强采用工业废料和地方性材料代替黏土砖的研究，对于节约能源和调整建筑材料产品结构，有着极其重要的意义。

(2) 研究和发展的设计理论和新的结构体系

相对其他结构形式而言，砌体结构的设计理论发展较慢，还有不少问题有待进一步研究，应加强对砌体结构基本理论的研究。同时，需要更加深入地研究砌体结构的结构布置，整体受力性能和破坏机理，通过物理和数学模式，建立精确而完整的砌体结构理论，研究有优良抗震性能的砌体结构，使砌体结构这种古老而有生命力的结构形式更好地造福人民，是世界各国所关注的课题。配筋砌体有良好的抗震性能，深化对配筋砌体结构的研究，扩大其应用范围已成为国内外研究的热点问题。配筋砌体在国外已获得较广泛的应用，建造起高达20层的房屋，成为很有竞争力的结构形式。我国近年来已注意配筋砌体的应用，并已建造了配筋砌体的高层建筑试点工程。尤其是要进一步研究配

筋混凝土砌块砌体剪力墙结构的抗震性能, 使该结构体系在我国抗震设防地区有更大的适用高度; 并对框支配筋混凝土砌块砌体剪力墙结构进行系统研究, 将我国配筋砌体结构的研究和应用提高到一个新的水平。

(3) 研究和推广先进、高效新技术

采用工业化生产, 提高砌体施工技术的机械化水平, 可减轻劳动强度、加快工程建设速度。国外在砌体结构的预制、装配化方面做了许多工作, 积累了不少经验, 我国在这方面有较大差距。我国对预应力砌体结构的研究相当薄弱, 为此, 有必要在我国较大范围内改变传统的砌体结构建造方式。先进、高效的建造技术, 将为创造舒适的居住和使用环境提供良好的条件。

正如资深的砌体结构学者 E. A. James 所指出“砌体结构经历了一次中古欧洲的艺术复兴, 其有吸引力的功能特性和经济性, 是它获得新生的关键。我们不能停留在这里。我们正在进一步赋予砌体结构的新的概念和用途”。我们应该对砌体结构的未来充满信心, 坚持科学态度, 敢于创新, 为我国及世界的砌体结构的发展做出更大的贡献。

小 结

本章简述了砌体结构的历史发展概况, 对砌体结构有了大致的了解; 详细地阐述了国内外砌体结构的发展和应用的现状以及我国砌体规范的发展沿革, 并且简要介绍了砌体结构的特点及应用范围, 认清了砌体结构在工程结构体系的选择中所具备的优势; 使读者对砌体结构有了进一步的认识, 同时, 对砌体材料及砌体结构的发展、应用和推广进行了展望。砌体结构尚有巨大的发展潜力和市场竞争能力, 是值得土木工程师们关注的。

第二章 砌体材料及砌体的力学性能

学习要点 本章着重介绍砌体的材料，砌体的分类，砌体的受压、受拉、受弯和受剪性能和破坏形式，砌体的抗压、抗拉、抗弯和抗剪强度平均值计算公式，砌体的变形及有关性能结构。

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，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”指的是 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 180mm 者称为砖；大于等于 180mm 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。

烧结普通砖以黏土、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 240mm×115mm×53mm。实心黏土砖的重力密度为 16~18kN/m³；实心硅酸盐砖的重力密度为 14~15kN/m³。

实心黏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。但由于黏土砖毁坏土地资源、浪费能源，我国政府已在许多地区禁用黏土砖。

为了减轻墙体自重，改善砖砌体的技术经济指标，近期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，保温隔热性能相比黏土砖来说有了进一步改善，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（L）

可为 290mm、240mm、190mm，宽度（ B ）为 240mm、190mm、180mm、175mm、140mm、115mm，高度（ H ）为 90mm。产品还可以有 1/2 长度或 1/2 宽度的配砖，配套使用。有的多孔砖可与烧结普通砖搭配使用。

以硅质材料和石灰为主要原料压制成型并经高压釜蒸汽养生而成的实心砖统称硅酸盐砖。常用的有蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、炉渣砖、矿渣砖等。其规格尺寸与实心黏土砖相同。

蒸压灰砂砖是以石英砂和石灰为主要原料，也可加入着色剂或掺和料，经坯料制备、压制成型、蒸压养护而成的。用料中石英砂约占 80%~90%，石灰约占 10%~20%。色泽一般为灰白色。这种砖不能用于温度长期超过 200℃，受急冷急热或有酸性介质侵蚀的部位。

蒸压粉煤灰砖又称烟灰砖，是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，经加水搅拌、消化、轮碾、压制成型、高压蒸汽养护而成的砖。这种砖的抗冻性、长期强度稳定性以及防水性能等均不及黏土砖，可用于一般建筑。

炉渣砖又称煤渣砖，是以炉渣为主要原料，掺配适量的石灰、石膏或其他碱性激发剂，经加水搅拌、消化、轮碾和蒸压养护而成。这种砖的耐热温度可达 300℃，能基本满足一般建筑的使用要求。

矿渣砖是以未经水淬处理的高炉矿渣为主要原料，掺配一定比例的石灰、粉煤灰或煤渣，经过原料制备、搅拌、消化、轮碾、半干压成型以及蒸汽养护等工序制成的。

以上各种硅酸盐砖均不需焙烧，这类砖不宜用于砌筑炉壁、烟囱之类承受高温的砌体。

根据抗压强度，烧结普通砖和烧结多孔砖分为 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10 五个强度等级。烧结多孔砖的强度等级是由试件破坏荷载值除以受压毛面积确定的，这样在设计计算时不需要考虑孔洞率的影响。蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖分为 MU25、MU20、MU15 和 MU10 四个强度等级。

2. 混凝土砌块

砌块是比标准砖尺寸大的块体，用其砌筑砌体可以减轻劳动量和加快施工进度。制作砌块的材料有许多品种：南方地区多用普通混凝土做成空心砌块以解决黏土砖与农田争地的矛盾；北方寒冷地区则多利用浮石、火山渣、陶粒等轻集料做成轻集料混凝土空心砌块，既能保温又能承重，是比较理想的节能墙体材料。此外，利用工业废料加工生产的各种砌块，如粉煤灰砌块、煤研石砌块、炉渣混凝土砌块、加气混凝土砌块等也因因地制宜地得到应用，既能代替黏土砖，又能减少环境污染。

砌块按尺寸大小和重量分成用手工砌筑的小型砌块和采用机械施工的中型和大型砌块。高度为 180~350mm 的块体一般称为小型砌块；高度为 360~900mm 的块体一般称为中型砌块；大型砌块尺寸更大，由于起重设备限制，中型和大型砌块已很少应用。

我国从 20 世纪 70 年代以来，各地已经用混凝土小型空心砌块修建了数千万平方米的房屋，获得了丰富的经验。小型砌块的主规格尺寸为 390mm×190mm×190mm，与