

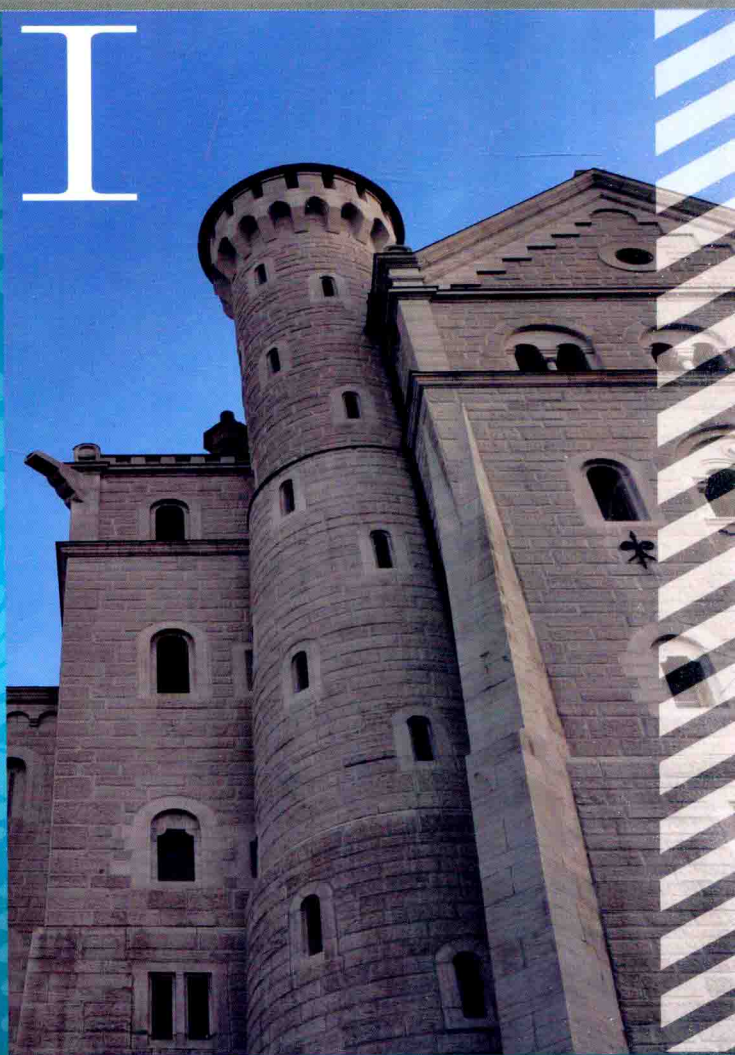


高等学校土建类专业“十二五”规划教材

砌体结构

周乐 主编 张晓范 毕重 副主编

QITI
JIEGOU



化学工业出版社

883820110

本书为高等学校土建类专业“十二五”规划教材,根据全国高等学校土木工程专业本科的培养目标和“砌体结构”教学大纲编写。全书共7章,主要内容包括绪论,砌体材料及其基本力学性能,砌体结构的设计方法,无筋砌体结构构件的承载力计算,配筋砌体构件的承载力计算,混合结构房屋结构设计,过梁、圈梁、墙梁及悬挑构件。书中重点介绍了砌体结构的基础理论和设计方法,注重理论与实践相结合,内容精练,重点突出,适用性强,并配有典型例题、小结、思考题和习题,便于学生巩固所学内容。

本书可以作为高等学校本科、高职高专土木工程、工程管理等相关专业教学用书,也可供土建工程相关技术人员阅读思考。

主 编 周 乐
主 编 周 乐

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/周乐主编. —北京:化学工业出版社, 2014.7

高等学校土建类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-20642-8

I. ①砌… II. ①周… 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 (2014) 第 096956 号

责任编辑:陶艳玲

装帧设计:杨 北

责任校对:蒋 宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张7¼ 字数178千字 2014年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书为普通高等学校土建类专业“十二五”规划教材之一，是根据普通高等学校土木工程专业本科教育的培养目标和教学大纲，并依据 GB 50003—2011《砌体结构设计规范》等有关规范、规程编写而成。可以作为普通高等学校土木工程专业的教材，也可作为土木工程技术人员参考书。

全书共 7 章，主要内容包括绪论，砌体材料及其基本力学性能，砌体结构的设计方法，无筋砌体结构构件的承载力计算，配筋砌体构件的承载力计算，混合结构房屋结构设计，过梁、圈梁、墙梁及悬挑构件。编写时力求内容充实精练、重点突出、讲清难点，在阐述基本原理和概念的基础上，结合规范和工程实际，体现很强的实用性。为方便学习，每章均编有思考题和习题。

本书由沈阳大学周乐担任主编，沈阳大学张晓范、辽宁工业大学毕重任副主编。本教材编写分工如下：第 1、2、3 章由周乐编写；第 4、5 章由张晓范编写；第 6、7 章由毕重编写；另外，沈阳大学王柳燕、张莉莉、梁振宇等人参与了部分章节的编写工作。全书由周乐统稿。

本书在编写过程中，除了反映本学科的现状外，力求反映国内外砌体结构设计理论和实践的发展水平，参考了国内外近年来正式出版的有关建筑结构的规范、教材等内容，在此向有关作者谨表谢意。限于编者水平，书中难免存在不妥之处，敬请读者不吝指正。

编 者
2014 年 4 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 中国砌体结构的发展	1
1.2 国外砌体结构的发展	3
1.3 砌体结构优缺点	4
1.4 砌体结构发展方向	4
思考题与习题	6
第2章 砌体材料及其基本力学性能	7
2.1 砌体材料	7
2.1.1 块体	7
2.1.2 砂浆	9
2.2 砌体种类	10
2.2.1 无筋砌体	10
2.2.2 配筋砌体	11
2.3 砌体的基本力学性能	13
2.3.1 砌体的受压性能	13
2.3.2 砌体的受拉、受弯、受剪性能	14
思考题与习题	18
第3章 砌体结构的设计方法	19
3.1 砌体结构计算方法的发展过程	19
3.1.1 砌体结构计算方法的发展阶段	19
3.1.2 中国砌体结构设计方法的发展	20
3.2 极限状态设计方法	20
3.2.1 结构设计的目标	20
3.2.2 承载能力极限状态设计表达式	21
3.2.3 正常使用极限状态	23
3.3 砌体的强度设计值	23
3.3.1 砌体的抗压强度设计值	23
3.3.2 砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪强度设计值	25
3.3.3 灌孔砌块砌体的抗压强度和抗剪强度设计值	26
3.3.4 特殊情况下各类砌体强度设计值的调整系数 γ_a	27
思考题与习题	28
第4章 无筋砌体结构构件的承载力计算	29
4.1 无筋砌体受压构件	29
4.1.1 受压构件的分类	29
4.1.2 无筋受压构件的承载力计算	30

4.2 砌体局部受压计算	35
4.2.1 砌体局部均匀受压	35
4.2.2 梁端砌体局部受压	37
4.2.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压	38
4.2.4 梁端柔性垫梁下砌体局部受压	40
4.3 砌体轴心受拉、受弯和受剪构件	42
4.3.1 轴心受拉构件	42
4.3.2 受弯构件	42
4.3.3 受剪构件	43
思考题与习题	45
第5章 配筋砌体构件的承载力计算	46
5.1 配筋砖砌体构件	46
5.1.1 网状配筋砖砌体构件	46
5.1.2 钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层和砖砌体组合的砌体构件	48
5.1.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	51
5.2 配筋砌块砌体构件	55
5.2.1 配筋砌块砌体剪力墙的构造要求	55
5.2.2 正截面受压承载力计算	58
5.2.3 斜截面受剪承载力计算	60
思考题与习题	61
第6章 混合结构房屋结构设计	63
6.1 结构布置和静力计算方案	63
6.1.1 混合结构房屋的结构布置	63
6.1.2 混合结构房屋的空间工作性能	65
6.1.3 静力计算方案	68
6.1.4 刚性方案和刚弹性方案的横墙	69
6.2 墙柱的计算高度及高厚的验算	69
6.2.1 墙柱的计算高度	69
6.2.2 墙、柱的高厚比验算	70
6.2.3 墙、柱的一般构造要求	73
6.3 刚性方案房屋墙、柱的计算	77
6.3.1 刚性方案房屋承重墙的计算	77
6.3.2 多层刚性方案房屋承重墙的计算	79
6.3.3 地下室墙的计算	80
6.3.4 刚性基础计算	81
6.4 弹性与刚弹性方案房屋墙、柱的计算	85
6.4.1 弹性方案房屋墙、柱的计算	85
6.4.2 单层刚弹性方案房屋墙、柱的计算	86
6.4.3 上柔下刚多层房屋墙、柱的计算	87
思考题与习题	92

第7章 过梁、圈梁、墙梁及悬挑构件	93
7.1 过梁	93
7.1.1 过梁的分类及应用范围	93
7.1.2 过梁上的荷载	93
7.1.3 过梁的计算	94
7.2 圈梁	95
7.2.1 概述	95
7.2.2 圈梁的布置	96
7.2.3 圈梁的构造要求	96
7.3 墙梁	97
7.3.1 墙梁的概念及分类	97
7.3.2 墙梁的受力特点和破坏形态	97
7.3.3 墙梁的计算简图及一般规定	101
7.3.4 墙梁的计算	103
7.3.5 墙梁的构造要求	105
7.4 悬挑构件	105
7.4.1 挑梁的受力阶段和破坏形态	106
7.4.2 挑梁的抗倾覆验算	106
7.4.3 挑梁下砌体局部受压承载力验算	107
7.4.4 钢筋混凝土梁的承载力计算	108
7.4.5 挑梁的构造要求	108
思考题与习题	108
参考文献	109

第1章 绪 论

1.1 中国砌体结构的发展

砌体结构在我国具有悠久的历史。石砌结构最早出现在原始社会末期；在 3000 多年前的西周时期已开始生产和使用烧结砖；在秦、汉时期，砖瓦已广泛应用于房屋建筑；在古代，还用砖来砌筑宫殿、穹拱、佛塔等。历史上的万里长城，是我国较早的砌体结构，也是世界上最伟大的砌体结构工程。建于隋唐年间的河北赵县的赵州桥，又称安济桥，是世界上最早的空腹式石拱桥。1400 年前用石料修建的赵县赵州桥，是世界上现存的敞肩石拱桥，已被选入世界第十二个土木工程里程碑。这些都是前人给我们留下的文化遗产，同时对中国传统文化的弘扬也起着积极的作用。

新中国成立以来，砌体结构得到了快速的发展，尤其是最近几年，砖的产量也在大量的增长，85% 以上的墙体均采用的是砌体材料。我国的砌体结构已经从过去的民用建筑，发展到今天的办公建筑以及大中型厂房、电影院、食堂等。20 世纪 60 年代以来，我国黏土空心砖（多孔砖）的生产和应用有较大的发展，并在南京建造了 6~8 层空心砖承重的建筑。当时空心砖孔洞率为 22% 与实心砖强度等效，但可减轻自重 7%，减小墙厚 20%，节省砂浆 20%~30%，砌筑工时少 20%~25%，墙体造价降低 19%~23%。根据进一步节能要求，近年来我国在消化吸收国外先进技术的基础上，制造出规格为 $380\text{mm} \times 240\text{mm} \times 190\text{mm}$ 、孔洞率为 40% 的烧结保温空心砖（块），这种保温砖的密度为 1012kg/m^3 ，抗压强度 10.5MPa ，热绝缘系数 $1.649\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ ，主要力学和热工性能的指标接近或达到国际同类产品的水平。

近 10 余年来，采用硅、轻骨料硅或加气硅，以及利用河砂、各种工业废料、粉煤灰、煤矸石等制成无热料水泥煤渣，硅砌块或蒸压灰砂砖、粉煤灰硅酸盐砖、砌块等在我国有较大的发展。经过 40 多年的实践，砌块墙体已成为我国墙体革新的有效途径之一。砌块种类、规格较多，其中以中、小型砌块较为普遍。在小型砌块中又开发出多种强度等级的承重砌块和装饰砌块。据不完全统计，1996 年全国砌块总产量约为 2500 万立方米，各类砌块建筑约 5000 万立方米，近十年硅砌块与砌块建筑的年递增都在 20% 左右，尤其以大中城市推广迅速。以上海推广砌块建筑为例，1994 年约 50 万立方米，1995 年约 100 万立方米，1996 年约 150 万立方米，到 1999 年一季度累计完成的砌块建筑 450 万立方米。这些砌块建筑大多是多层的，至于中高层、高层砌块建筑我国于 20 世纪 80 年代就着手进行试点工作，为我国中高层砌块建筑的发展奠定了基础。

20 世纪 90 年代初期，在总结国内外配筋硅砌块试验研究经验的基础上，我国在配筋砌块结构的配套材料、配套应用技术的研究上获得了突破，在此基础上开展了更具代表性和针对性的试点工程。试点工程实践表明，中高层配筋砌块建筑具有明显的社会效益，可节省钢材 45%，土建建造价可降低 18%；18 层试点工程节约钢材 25%，土建造价降低 7.4%。因此，将中高层配筋砌块结构体系纳入到我国砌体结构设计规范中是理所当然的。砌块作为黏土砖的主要替代材料，在某些功能上强于黏土砖，有极好的发展

前景。**过梁、圈梁、墙梁及悬挑梁**

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和研究在我国虽然起步较晚,但进展还是显著的。20世纪60年代,我国开始在一些房屋的部分砖砌体承重墙、柱中采用网状配筋以提高墙、柱的承载力,同时节约了材料。我国配筋砌体应用研究则起步较晚,20世纪60年代衡阳和株洲一些房屋的部分墙、柱采用网状配筋砌体承重,节省了钢材和水泥。1958~1972年在徐州采用配筋砖柱建造了12~24m、吊车起重量50~200t的单层厂房36万立方米,使用情况良好。20世纪70年代以来,尤其是1975年海城一营口地震和1976年唐山大地震之后,对设置构造柱和圈梁的约束砌体进行了一系列的试验研究,其成果列入我国抗震设计规范。在此基础之上,通过在砖墙中加大加密构造柱形成强约束砌体的中高层结构的研究取得了可喜的成果,如沈阳、长沙、兰州等地先后建造了8~9层上百万平方米的这类建筑,获得了较好的经济效益。这是我国科研工作者在研究粘土砖砌体低强材料情况下,为中高层建筑作出的贡献。20世纪70年代以来我国加强了对配筋砌体结构的试验和研究。对采用竖向配筋的墙、柱以及带有钢筋混凝土构造柱的砖混结构的研究和实践上均取得了相当丰富的成果。

随着砌体材料的更新和建筑空间形式的变化,近20年来北京一些单位研究了大开间预应力板墙体系,在北京、天津等地建造了一批内浇外砌体系建筑。上述两种体系的抗侧力构件主要是钢筋混凝土剪力墙。这两种结构的施工周期长,工程造价高,在低烈度设防区推广不够理想。近10多年来,清华大学开展了多层大开间混凝土核心筒、砌体外墙的混合结构的试验研究和小规模试点工程研究,在改进和扩展砌体结构的性能和应用范围方面做了有益的探索。开发的混凝土小型空心砌块支撑体结构,充分利用了混凝土小型空心砌块砌体强度高,延性性能好,与预应力混凝土空心板配套应用好的优点,与内浇外砌大开间体系的技术经济指标相比性能有了明显改善。

配筋砌体(也称均匀配筋砌体)在结构体系和受力模式上类同于混凝土剪力墙结构,可用于大开间和高层建筑结构,且有良好的经济效益。1998年建造的上海园南小区的18层配筋混凝土砌块住宅是我国首幢配筋砌体高层住宅,采用的是剪力墙结构体系。在此基础上,上海市又建造了12层小高层混凝土小砌块配筋砌体住宅,在结构体系上有了新的突破,采用了短肢剪力墙结构体系,部分填充墙用混凝土小砌块填充。它们是我国中高层、高层砌块建筑试点工程的一部分。试点工程实践表明,中高层配筋砌块建筑具有明显的社会效益。

针对配筋砌体结构,除了采取防、放、抗等原则外,还可结合采用新结构。以上海为例,采用封底多排孔混凝土砌块构造柱建筑体系。该体系最大的特点是采用封底多排孔混凝土砌块做承重内外墙,抗震构造柱替代芯柱,封底砌块便于铺灰砌筑,提高砌体抗剪强度和抗裂性能。经工程实践证明墙体基本无裂缝。此外,上海市还采用模卡混凝土砌块进行试点工程,并制定了地方规程。该砌块形成的墙面垂直平整,而且解决了渗漏水的问题,更是提高了墙体整体刚度,有利于抗裂,有利于抗震。

随着十一五建设节约型社会目标的提出,建筑节能成为建筑行业的发展热点。我国砌体结构节能墙体模式主要有:外墙外保温,但传统的外墙外保温保温层耐久性较差,易开裂和脱落;内浇外砌节能墙体,它是一种较为成熟的节能墙体类型;装饰砌块和主体承重砌块组合成的双层复合墙(夹层部位可填充保温材料或做空气夹层)。

砌体结构理论方面,在1950年以前,中国基本上没有比较系统的砌体结构设计理论。

现有的《砌体结构规范》对砌体结构的计算方法和实际的应用经验进行了进一步的总结。这是我国目前较为完整的砌体结构设计的理论体系和应用体系。它的显著特点是:与国际标准接轨,可靠度方面有所提高;增加了混凝土小型空心砌块灌实砌体的计算指标,并且引入了蒸压灰砂砖、蒸压粉灰砂砖和轻骨料混凝土小砌块砌体的抗压强度指标;根据国外经验和 GB 50203—99 砌体结构施工及验收规范,补充了反映施工控制等级的材料分项系数;增加了无筋砌体双向偏心受压构件的承载力计算方法;增加了砌体局部受压刚性垫块上表面梁端有效支承长度计算公式;修改了沿通缝受剪构件的承载力计算公式;补充了连续墙梁、框支墙梁的设计方法;补充了砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙的设计方法;增加了配筋混凝土小型空心砌块砌体构件的设计方法;增加了砌体结构构件的抗震设计。通过新规范的改进,极大地拓宽了砌体结构的应用范围。

此外,中国已经开始主持国际标准 ISO 9652—3 配筋砌体结构设计规范的制定工作,先后召开过七次国际会议进行修订与讨论。它着重讨论了配筋砌体的定义,配筋砌体的材料、适用范围、设计基本原则、设计计算方法、构造要求、配筋砌体的抗震计算和施工等方面的情况。该标准已于 2001 年 3 月报批,成为国际标准出版物。这是我国在该领域为国际标准化做出的贡献。

1.2 国外砌体结构的发展

苏联是世界上最先建立砌体结构理论和设计方法的国家。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 1.8m。1957 年瑞士人在苏黎世采用强度为 58.8MPa,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;同时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。

在国外,砌体结构在材料、计算理论、设计方法到工程应用上都得到了一定的进展。材料生产方面,国外砌块生产发展也很快。世界上 50 多个国家 20 世纪 70 年代时,砌块总产量为 1000 亿块(不包括中国)已接近砖的产量。材料性能方面,黏土砖的强度等级一般达到 30~60MPa,有的高达 100MPa,砂浆的强度等级也可达到 20MPa。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。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,这样砌体的抗压强度便可达 35MPa 以上。砌块应用也比较广泛,产量也比较大,在一些发达国家的产量甚至接近砖的产量。

在国外,采用砌块作为承重墙建造了许多代表性的高层房屋,如 1970 年英国在诺丁汉市建成的一幢 14 层砌块房屋,与钢筋混凝土框架相比上部结构造价降低了 7.7%;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。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后完好无损,而毗邻的一幢 10 层钢筋混凝土结构却遭受严重破坏,说明砌体结构抗震性能上优于混凝土结构。

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 1987 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 IOS/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和合作也逐渐加强，推动了砌体结构的发展。

1.3 砌体结构优缺点

砌体结构的主要优点是：①容易就地取材。砖主要用黏土烧制；石材的原料是天然石；砌块可以用工业废料——矿渣制作，来源方便，价格低廉。②砖、石或砌块砌体具有良好的耐火性和较好的耐久性。③砌体砌筑时不需要模板和特殊的施工设备，可以节省木材。新砌筑的砌体上即可承受一定荷载，因而可以连续施工。在寒冷地区，冬季可用冻结法砌筑，不需特殊的保温措施。④砖墙和砌块墙体能够隔热和保温，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。⑤当采用砌块或大型板材作墙体时，可以减轻结构自重，加快施工进度，进行工业化生产和施工。砌体材料由于具有原材料来源广泛，便于就地取材，造价低廉；良好的耐火性，使用限期长；保温，隔热性良好，可连续施工，节约材料便于操作等优点目前已经在我国得到了广泛的应用。

但对于一般砌体：①与钢和混凝土相比，砌体的强度较低，因而构件的截面尺寸较大，材料用量多，结构自重较大。②砌体的砌筑基本上是手工方式，施工劳动量大。③砌体的抗拉、抗剪强度都很低，因而抗震较差，在砌体结构的应用受到了限制；砖、石的抗压强度也不能充分发挥；抗弯能力低。④砌体中的黏土砖需用黏土制造，由于在我国绝大部分是造砖毁田，严重影响农业生产，对生态环境平衡产生了不良影响。

1.4 砌体结构发展方向

随着砌体结构材料以及形式的不断变化，对于结构的设计理念以及方法也应该不断的向前发展。根据砌体结构在实际工程施工中的需要，发展现代砌体已经成为了我们迫切需要解决的重要任务。砌体材料普遍存在着自重大、强度低、生产能耗高、毁田严重、施工机械化水平较低、耐久性和抗震性能较差等弊病。因此有必要针对这些问题开展下列方面的工作。

① 广泛应用砌体新材料 1988 年第一次国际材料研究会议上首次提出“绿色建材”的概念，1992 年 6 月联大巴西里约热内卢环境和发展世界各国首脑会议通过了“21 世纪议程宣言，确认了可持续发展”的战略方针，其目标是：依据环境再生、协调共生、持续自然的原则，尽量减少自然资源的消耗，尽可能对废弃物再利用和净化，保护生态环境，以确保人类社会的可持续发展。近年来发达国家在实施绿色建材计划上取得了较大的进展。我国以 1992 年联合国环境与发展首脑会议为契机，遵循经济的发展，必须与人口、环境、资源统筹考虑，决不能走浪费资源和先污染后治理的老路，更不能吃祖宗饭、断子孙路的指示精神，迅速行动起来，广泛研制绿色建材产品，取得了初步成果。为了促进我国能源可持续发展战略的实施，达到节能环保的效果。在砌体结构的施工中，应限制粘土砖的应用，而应大量使用新型环保砌体材料，充分的利用工业的废料，并对高耗能、高污染的材料进行限制。复合砌块墙体材料也是今后的发展方向，如采用矿渣空心砖、灰砂砌块、硅空心

砌块中的任一种与绝缘材料相复合都可满足外墙的要求,目前已有少量生产。我国在复合墙体材料的应用方面已有一定基础,宜进一步改善和完善配套技术,大力推广,这是“墙体材料绿色化”的主要出路。

② 发展高强砌体材料 我国的砌体材料和发达国家相比,强度低、耐久性差。如黏土砖的抗压强度一般为 7.515MPa , 承重空心砖的孔隙率为 25% 。而发达国家的抗压强度一般均达到 $30\sim 60\text{MPa}$, 且能达到 100MPa , 承重空心砖的孔洞率可达到 40% , 体积质量一般为 1.3t/m^3 ; 最轻 0.6kN/m^3 。根据国外经验和我国的条件,只要在配料、成型、烧结工艺上进行改进,是可以显著提高烧结砖的强度和质量的。在发展高强块材的同时,研制高强度等级的砌块专用砂浆和专用芯混凝土。此外,还要加强砌块养护方式与技术、砌块包装及运输技术等的研究。

③ 发展多功能的砌块 进一步研究轻质、低耗能的砌块,使砌块向着更薄、面积更大、强度更高的方向发展,能够有效地节省运输过程中产生的费用,减少人工抹缝的施工程序,并提高结构的承载力。

如在普通的空心砖基础上,提高孔洞率,改变孔型和孔结构排列,采用孔径为 $8\sim 10\text{mm}$ 的多孔密集排列,以适应砌体结构的外墙保温和轻质要求。对于生产承重多孔砖,孔型要向丁字形或人字形方向发展,以提高抗剪能力;开发集保温与装饰功能为一体的烧结空心砖砌块;尽快开展高质量和高档次空心砖的应用技术研究。尤其是带饰面的高档砖的外墙保温复合结构体系,发达国家证明采用外饰面砖+保温材料+内砖墙的复合墙体结构,采用拉结筋连接,构成夹心保温的外墙体,是较为广泛采用的外墙保温结构体系;改变习惯砌筑方式,缩小砌缝砂浆宽度为 $1\sim 2\text{mm}$, 可以提高墙体的保温性能和抗剪强度。

④ 采用新型结构体系 我国虽已初步建立了配筋砌体结构体系,但需研制和定型生产砌块建筑施工用的机具,如铺砂浆器、小直径振捣棒、小型灌孔硅浇注泵、小型钢筋焊机、灌孔硅检测仪等。这些机具对保证配筋砌块结构的质量至关重要。预应力砌体的原理同预应力混凝土,能明显地改善砌体的受力性能和抗震能力。国外特别是英国,在配筋砌体和预应力砌体方面的水平很高。中国 20 世纪 80 代初期开始,也有专家在研究。配筋砌体和预应力砌体都是今后砌体结构发展的主要方向。

将混凝土注入到砌块孔洞内,使之成为钢筋混凝土与砌块的组合砌体。可应用于高层房屋的建筑,能够有效地减轻结构的自重,提高砌体的稳定性以及抗震性。根据我国对黏土砖的限制政策,可以因地制宜地进行发展,在黏土较多的地区发展高强黏土制品,比如西北的高原地区,就可以利用当地的黏土资源,发展高空隙率的保温砖和外墙砖等。在发展高强块材的同时,还要加强对高强等级的砌筑砂浆的研究。

⑤ 新设计方法 建筑施工设计人员应该加强对砌体机构的设计研究,全面的掌握结构的受力机理和性能,并研究砌体结构整体的工作性能,通过相关的计算方法以及模型的建立,建立准确的砌体结构理论,使砌体结构的施工更趋于完善,是砌体结构研究中一个永恒的主题。虽然我国在这方面已经有了一定的研究,但是与发达国家相比,还有着较大的差距,所以还是要继续加强对这方面的研究,加强对砌体结构的实验与数据的处理,使测试自动化。比如某大学建造的学生公寓,外墙采用的是 240 厚页岩煤多孔砖,内墙采用的是 150 厚陶粒空心砌砖,主体结构采用的是钢筋混凝土现浇板,条形基础的标高为 -1.000m 。内墙、厨房、卫生间以及阳台的隔墙为 200 厚,其余墙体厚度均为 240。

思考题与习题

1-1. 简述中国砌体结构的发展。

1-2. 砌体结构设计理论的发展?

1-3. 砌体结构有哪些优缺点?

1-4. 试述中国砌体结构今后的发展方向。

第2章 砌体材料及其基本力学性能

2.1 砌体材料

构成砌体的材料包括块体材料和胶结材料,主要有块体(砖、石材、砌块)、砂浆以及钢筋,灌注用浆或混凝土。

块体材料和胶结材料(砂浆)的强度等级主要是根据其抗压强度划分的,亦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,其后数字表示块体的抗压强度值,单位为MPa。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,其中符号b意指block。

2.1.1 块体

2.1.1.1 砖

我国使用的砖主要有烧结普通砖,承重黏土空心砖和非烧结硅酸盐砖。烧结普通砖是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经焙烧而成。分为烧结普通砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖和烧结粉煤灰砖等。它的保温隔热及耐久性能良好,生产工艺简单,共分为MU30、MU25、MU20、MU15和MU10五个强度等级;承重黏土空心砖孔洞率大于15%,分为竖孔和水平孔两种空心站。其中竖孔用于砌筑承重墙一般用于六层以下建筑物。水平空心砖多用于非承重墙,如内隔墙、填充墙。非烧结硅酸盐砖是以硅质材料和石灰为主要材料,压制成型经高压釜蒸汽而成,主要有蒸压灰砂砖、蒸压粉、矿渣粉等,其耐久性、耐热性、防水性较差。

(1) 烧结砖

烧结普通砖是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经焙烧而成。通常标准砖的尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 如图2-1(a)所示。烧结普通砖的重力密度在 $16 \sim 18\text{kN/m}^3$ 之间,这种烧结黏土砖的优点是具有良好的耐久性、保温性、隔热性,取材方便,工艺简单,砌筑方便。缺点是不节地,不节能。适用于房屋上部墙体及地下基础等部位。烧结多孔砖如图2-1(b)所示。

a. 承重烧结多孔砖原料同烧结砖,孔洞率在15%~40%之间,孔的尺寸小而数量多,主要用于承重部位的砖,简称多孔砖。目前主要采用P型砖尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$ 如图2-1(b)所示,M型砖 $190\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$,M型砖的规格尺寸为 $190\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$,如图2-1(c)所示,以及相应的配砖。这种承重烧结多孔砖具有节约黏土,减少砂浆用量,提高工效,节省墙体造价,并可减轻块体自重,增强墙体抗震性能等优点。适用于房屋上部结构但不宜用于冻胀地区地下部位。

b. 非承重黏土空心砖 又称烧结空心砖。如图2-1(d)所示,多用于砌筑围护结构。孔洞率在40%~60%之间,重力密度则在 $9 \sim 11\text{kN/m}^3$ 之间。因此又称大孔空心砖。这种空心砖具有良好的隔热和隔声性能好。适用于框架填充墙和非承重隔墙。

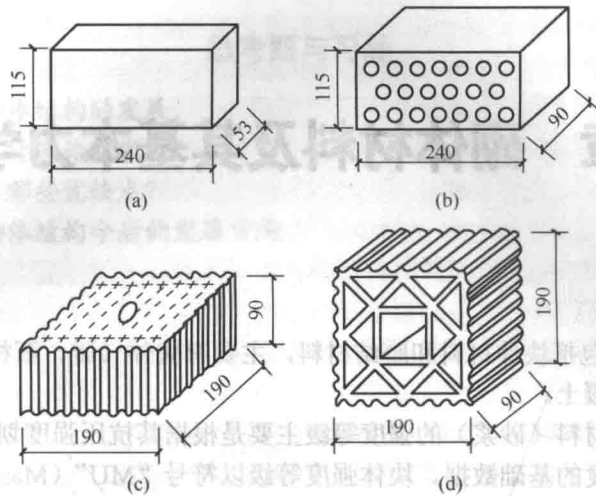


图 2-1 砖的规格

(2) 非烧结硅酸盐砖

非烧结硅酸盐砖是指经压力釜蒸汽养护而制成的实心砖，主要是用硅酸盐材料压制而成的。包括蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖。

蒸压灰砂砖适用于各类民用建筑、公用建筑和工业厂房的内、外墙，以及房屋的基础。是替代烧结黏土砖的产品。蒸压灰砂砖以适当比例的石灰和石英砂、砂或细砂岩，经磨细、加水拌和、半干法压制成型并经蒸压养护而成。

粉煤灰砖是指以粉煤灰、石灰或水泥为主要原料，掺加适量石膏和集料经混合料制备、压制成型、高压或常压养护或自然养护而成的粉煤灰砖。蒸压粉煤灰砖的尺寸与普通实心黏土砖完全一致，为 240mm × 115mm × 53mm，所以用蒸压砖可以直接代替实心黏土砖。

蒸压粉煤灰砖是在保和蒸气压（蒸汽温度在 174.5℃ 以上，工作压力在 0.8MPa 以上）中养护，使砖中的活性组成部分充分进行水热反应，因此砖的强度高，性能趋于稳定。

2.1.1.2 砌块

砌块是利用混凝土，工业废料（炉渣，粉煤灰等）或地方材料制成的人造块材。一般指混凝土空心砌块、加气混凝土砌块及硅酸盐实心砌块。此外还有用黏土、煤矸石等为原料，经焙烧而制成的烧结空心砌块，如图 2-2 所示。

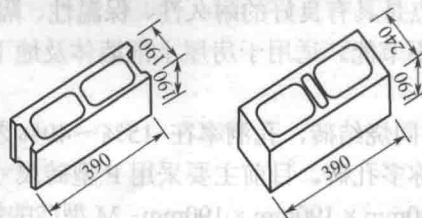


图 2-2 砌块材料

砌块外形尺寸比砖大，具有设备简单，砌筑速度快的优点，符合了建筑工业化发展中墙体改革的要求。

砌块按外观形状可以分为实心砌块和空心砌块。空心砌块有单排方孔、单排圆孔和多排扁孔三种形式，其中多排扁孔对保温较有利。按砌块在组砌中的位置与作用可以分为主砌块

和各种辅助砌块。

按主规格尺寸大小可分为小型（高度 180~350mm）中型（高度 360~900mm）和大型（高度 900mm 以上）三类。其中小型砌块尺寸小，自重轻，型号多使用灵活，便于手工操作，因此被广泛应用。和普通混凝土相比，砌块采用非常干，水泥用量低，骨料粒径小的拌合物。微孔砌块通常采用加气混凝土和泡沫混凝土制成，由于密度小，可制成大尺寸板材，进一步减轻结构自重。

根据材料不同，常用的砌块有普通混凝土与装饰混凝土小型空心砌块、轻集料混凝土小型空心砌块、粉煤灰小型空心砌块、蒸汽加气混凝土砌块、免蒸加气混凝土砌块（又称环保轻质混凝土砌块）和石膏砌块。吸水率较大的砌块不能用于长期浸水，以及经常受干湿交替或冻融循环的建筑部位。目前应用较多的砌块见表 2-1。

表 2-1 常用砌块

类别	原料	特点
普通混凝土小型空心砌块	普通砂石	强度高，耐久性好，质量轻，原料丰富成本低
轻骨料混凝土小型空心砌块	浮石，火山渣陶粒等轻骨料	质量轻，高强度，保温隔热性能好
粉煤灰小型空心砌块	水泥粉煤灰各种轻骨料	质量轻，高强度，保温隔热性能好

2.1.1.3 石材

石材作为一种高档建筑装饰材料，目前市场上常见的石材主要有大理石、花岗岩、水磨石、合成石四种，其中，大理石中又以汉白玉为上品；花岗岩比大理石坚硬；水磨石是以水泥、混凝土等原料锻压而成；合成石是以天然石的碎石为原料，加上黏合剂等经加压、抛光而成。后两者因为是人工制成，所以强度没有天然石材高。

在建筑中用作承重砌体的石材主要来源于重质岩石和轻质岩石。其中重质石材，如花岗岩，石灰石等具有很高的抗压强度，抗冻性，抗渗性，导热系数大可用于基础砌体和重要房屋的贴面层。而轻质岩石容易加工，导热系数小，抗压强度较低，主要用于装饰功能。重质岩石的强度高，石砌体中的石材，应选用无明显风化的石材。

因石材的大小和规格不一，通常由边长为 70mm 的立方体试块进行抗压试验，取 3 个试块破坏强度的平均值作为确定石材强度等级的依据。石材的强度等级划分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20。考虑到尺寸效应的影响，通常应将破坏强度的平均值乘以表内相应的换算系数，以此确定石材的强度等级如表 2-2 所示。

表 2-2 石材强度等级的换算系数

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

2.1.2 砂浆

砌筑砂浆（以下简称砂浆）是由砖、石、砌块等块体材料黏结成砌体的砂浆。在砌体中主要起着黏结，衬垫和传递应力的作用。将砌体中的单个块体连成整体，并抹平块体表面，从而促使其表面均匀受力，同时填满块体间的缝隙，减少砌体的透气性，提高砌体的保温性能、防水性能和抗冻性能。

根据组成材料，普通砂浆可分为：①石灰砂浆。由石灰膏、砂和水按一定配比制成，一

般用于强度要求不高、不受潮湿的砌体和抹灰层；②水泥砂浆。由水泥、砂和水按一定配比制成，一般用于潮湿环境或水中的砌体、墙面或地面等；③混合砂浆。在水泥或石灰砂浆中掺加适当掺合料如粉煤灰、硅藻土等制成，以节约水泥或石灰用量，并改善砂浆的和易性。常用的混合砂浆有水泥石灰砂浆、水泥黏土砂浆和石灰黏土砂浆等。

按用途不同可分为：砌筑砂浆、抹面砂浆（包括装饰砂浆、防水砂浆）、黏结砂浆等。工程上常用的砂浆为水泥砂浆和水泥混合砂浆，临时性砌体结构砌筑时多采用石灰砂浆。

砌筑砂浆的强度等级分为 M15、M10、M7.5、M5 和 M2.5 五个强度等级。砌体结构施工中很容易产生砂浆强度等级低于设计强度等级的现象，其中砂浆材料配合比不准确，使用过期水泥等是主要原因，此外还应注意，禁止脱水硬化的石灰膏，消石灰在砂浆中使用。

新拌普通砂浆应具有良好的和易性，硬化后的砂浆则应具有所需的强度和黏结力。砂浆的和易性与其流动性和保水性有关，一般根据施工经验掌握或通过试验确定。砂浆的抗压强度用砂浆标号表示，常用的普通砂浆标号有 4、10、25、50、100 等。对强度要求高及重要的砌体，才需要用 100 号以上的砂浆。砂浆的黏结力随其标号的提高而增强，也与砌体等的表面状态、清洁与否、潮湿程度以及施工养护条件有关。因此，砌砖之前一般要先将砖浇湿，以增强砖与砂浆之间的黏结力，确保砌筑质量。

建筑砂浆和混凝土的区别在于不含粗骨料，它是由胶凝材料、细骨料和水按一定的比例配制而成。按其用途分为砌筑砂浆和抹面砂浆；按所用材料不同，分为水泥砂浆、石灰砂浆、石膏砂浆和水泥石灰混合砂浆等。合理使用砂浆对节约胶凝材料、方便施工、提高工程质量有着重要的作用。

2.2 砌体种类

砌体是由不同尺寸和形状的起骨架作用的块体材料和起胶结作用的砂浆按一定的砌筑方式砌筑而成的整体，常用做一般工业与民用建筑物受力构件中的墙、柱、基础，多高层建筑物的外围护墙体和内部分隔填充墙体，以及挡土墙、水池、烟囱等。按照砌体中的配置钢筋的砌体是否作为建筑物主要受力构件可分为无筋砌体和配筋砌体。

2.2.1 无筋砌体

在砌体中不配置或仅配置少量构造钢筋的砌体作为建筑物主要受力构件的结构成为无筋砌体结构。包括砖砌体、砌块砌体和石砌体。

(1) 砖砌体结构

是由砖砌体制成的结构，分为烧结普通砖，烧结多孔砖混凝土砖，混凝土多孔砖等砌体结构。我国烧结普通砖的规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ ，所以标准砌筑的实心墙体厚度常为 240mm （一砖）、 370mm （一砖半）、 490mm （两砖）、 620mm （两砖半）、 740mm （三砖）等。实心砖砌体墙常用的砌筑方法有一顺一丁（砖长边与墙长度方向平行的则为顺砖，砖短边与墙长度方向平行的则为丁砖）、三顺一丁或梅花丁，如图 2-3 所示。

砖砌体结构使用面积广，但由于国家实行限时限地禁止使用黏土实心砖，生产和使用受到限制。

(2) 砌块砌体

是由砌块砌体制成的结构，是替代砖砌体结构的承重材料。砌块按尺寸大小的不同分为小型、中型和大型三种。工程上常采用小型砌块砌体，尺寸较小，型号多，尺寸灵活，施工