

21世纪职业院校土木建筑工程专业系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材  
北京市教委立项“职业院校土建专业实践教学研究”成果

# 砌体结构

周 坚 编著

清华大学出版社

21世纪职业院校土木建筑工程专业系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材  
北京市教委立项“职业院校土建专业实践教学研究”成果

# 砌体结构

周 坚 编著

清华大学出版社  
北京

## 内容简介

本书是 21 世纪职业院校土木建筑工程专业系列教材之一,是为了适应国家大力发展建筑行业职业教育的要求,根据职业院校土木建筑工程专业的培养目标和教学大纲编写而成的,力求讲清基本概念,既注重课程的系统性、完整性,又增加了实际工程中遇到的问题作为例题和实训内容。

全书共 9 章,内容包括砌体结构的设计规定,静力计算方案,耐久性设计要求,砌体材料的抗压、拉、弯、剪的力学性能和强度指标,无筋与配筋砌体的计算,高厚比验算,圈梁设置、过梁计算和挑梁的整体抗倾覆计算,抗震计算以及相应的构造措施等。每章思考题或习题,帮助学生学习和巩固与提高。

本书适合职业院校土木建筑工程专业教师教学使用,建筑行业初、中级专业技术人员学习使用,也可供相关专业人员参考使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/周坚编著.--北京:清华大学出版社,2012.11

(21 世纪职业院校土木建筑工程专业系列教材)

ISBN 978-7-302-29971-4

I. ①砌… II. ①周… III. ①砌体结构—高等职业教育—教材 IV. ①TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 210706 号

责任编辑:秦娜  
封面设计:常雪影  
责任校对:赵丽敏  
责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:10.75 字 数:258 千字

版 次:2012 年 11 月第 1 版 印 次:2012 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

产品编号:046391-01

21 世纪职业院校土木建筑工程专业系列教材

## 编 委 会

名誉主编：袁 驹

主 编：崔京浩

副 主 编：陈培荣

编 委(按姓名拼音排序)：

傅裕寿 韩林海 金荣耀 李崇智 李 锐

刘全义 刘琼昕 刘世奎 石永久 宋二祥

苏 乾 王嵩明 吴宝瀛 张正威 周 坚

## 总序

我国中长期教育和发展规划纲要中明确提出加强职业教育、扩大院校自主权、办出专业特色,本套教材遵循规划纲要的精神编写,为土木建筑类专业的领导和任课老师提供更为准确和宽泛的自主选择空间。本套教材是北京市教委立项“职业院校土建专业实践教学研究”的成果之一,由于具有突出的针对性、实用性、实践性、应对性和兼容性,受到中国土木工程学会教育工作委员会的好评,被列为“中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材”。

当前我国面临严峻的就业形势,主要表现为人才结构失衡:一方面职业技术人才严重不足,另一方面普通本科毕业生又出现过剩的局面,因此,职业院校得到迅猛发展。

现代职业院校既不同于师傅带徒弟的个体技艺传授,也不同于企业招工所进行的单一技能操作性短期培训,而是知识和技能的综合教育,它遵循一般教育的授业方式,以课堂教学为主,所不同的是在教学内容上必须具有鲜明的职业和专业特色,这里首当其冲的是教材的编写和选取。

土木建筑业属于劳动密集型行业,我国农村 2.6 亿富余劳动力约有一半在建筑业打工,这部分劳动者技术素质偏低,迫切需要充实第一线技术指导人员,即通常简称为“施工技术员”,这就是职业院校土木建筑工程专业的培养目标。鉴于我国传统的中专和近年来兴办的高职高专培养目标大体上是一致的,本套教材兼顾了这两个层次的需要。

本套教材的编写人员是一批具有高级职称又在职业院校任教多年且具有丰富教学经验的教师。整套教材贯彻了如下的原则和要求:

(1) 突出针对性——职业院校的培养目标是生产第一线的技术人才,即“施工技术员”。因此,在编写时有针对性地删减了烦琐的理论推导和冗长的分析计算,增加生产第一线的专业知识和技能;做到既要充分体现职业院校的培养目的,又要兼顾本门课程理论上和专业上的系统性和完整性。

(2) 突出实用性——大幅度地增加“施工技术员”需要的专业知识和职业技能,特别是“照图施工”的知识和技能,解决过去那种到工地上看不懂图的问题。为此,所有专业课均增加了识图的培训。

(3) 突出实践性——大力改进实践环节,加强职业技能的培训。第一,除《土木工程概论》和《毕业综合实训指导》外,每本专业书均增加一章“课程实训”,授课时可配合必要的参观和现场讲解。第二,强化“毕业综合实训”,围绕学生毕业后到生产第一线需要的知识和技能进行综合性的实训,为此本套教材专门编写了一本《毕业综合实训指导》,供教师在最后的实训环节参考。

(4) 突出应对性——现代求职一个重要的环节是面试,面试效果对求职的成败有重要影响,因此,本套教材的每本专业书都专门讨论应对面试的内容、能力和职业素质,归纳为

“本门课程求职面试可能遇到的典型问题应对”，作为最后一章。

(5) 突出兼容性——鉴于我国当前土木建筑专业的高、中职教育在培养目标上没有明确的界定，本套教材考虑了高、中职教育两个层次的需要，在图书品种和授课内容上为学院和任课教师提供了较宽泛的选择空间。

虽然经过反复讨论和修改并经过数轮教学实践，本套教材仍不可避免地存在不足乃至错误，请广大读者和同行不吝赐教。

主编：肖浩 于清华园

砌体结构是土木工程专业的主要专业课程。本书根据《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)和职业学校教学大纲编写,系统地介绍了砌体结构的基本理论、设计方法和最新科研成果的应用,力图将原理、设计和计算紧密结合,吸收工程实践经验,注重理论联系实际,附以较多实例,培养学生设计、计算等实际应用能力。

当学生从基础课、技术基础课的学习转到专业课学习时,普遍的反应是不适应,感到“内容多、头绪多、概念多、公式多、构造规定多”,在复习时抓不住要领,不知如何深入。为了能让在学习本课程时更好地熟悉砌体结构的特点,抓住要点,掌握各章节的基本知识和重点内容,学会分析问题、解决问题的方法和思路。本书每一种构件的计算和验算都设计了解题过程计算框图,便于学生解题,也可作为编制计算机程序的向导;每章前都有学习重点,章后有概念、计算和构造要求方面的主要知识点。另外章后还有适量的思考题和练习题,帮助学生巩固与提高。

本书对教学大纲有所取舍,是为了适应我国多地震的国情。我国广大地震区砌体结构房屋众多,本书对砌体结构抗震设计做了介绍。无筋砌体部分构件有时会抗震承载力不足,因此在主要介绍无筋砌体的同时,也介绍部分配筋砌体的计算与构造。超出职业教育范畴的墙梁、抗震墙的内容一律不涉及。

本书共分9章,前4章是绪论、设计原则、砌体的分类和材料及力学性能,第4、5章是无筋砌体与配筋砌体构件的设计与计算,第6章是砌体结构房屋的设计、计算和构造以及配套构件的设计与计算,第7章是砌体结构的抗震设计与构造,第8章是课程实训,第9章是求职面试可能遇到的典型问题应对。

由于本人水平有限,新规范还没有正式实施,加上时间仓促,书中难免存在不妥之处,万望读者不吝赐教,不胜感激。

周 坚

2012年5月于北京

<b>第 0 章 绪论</b> .....	1
0.1 砌体结构的优缺点 .....	1
0.2 砌体结构发展状况 .....	1
0.3 我国近年来在开发新型砌体材料方面取得的成就 .....	2
0.4 砌体结构未来发展和展望 .....	4
<b>第 1 章 砌体结构设计的基本原则</b> .....	5
1.1 概述 .....	5
1.2 砌体结构的设计原则 .....	6
1.3 砌体结构的安全等级 .....	7
1.4 本章知识点 .....	8
思考题.....	8
<b>第 2 章 砌体结构的种类与材料</b> .....	9
2.1 无筋砌体 .....	9
2.1.1 砌体的块材.....	9
2.1.2 砂浆 .....	11
2.1.3 无筋砌体的分类 .....	12
2.2 配筋砌体.....	13
2.2.1 网状配筋砌体 .....	14
2.2.2 组合配筋砌体 .....	14
2.2.3 配筋砌块砌体 .....	14
2.3 本章知识点.....	15
思考题 .....	15
<b>第 3 章 砌体的抗压、抗拉、抗弯和抗剪性能</b> .....	16
3.1 砌体的抗压性能.....	16
3.2 砌体的抗拉、抗弯与抗剪性能 .....	22
3.3 砌体的弹性模量、摩擦系数和线膨胀系数 .....	24
3.4 本章知识点.....	27



思考题 .....	27
<b>第 4 章 无筋砌体结构构件的计算 .....</b>	<b>28</b>
4.1 受压构件的计算 .....	28
4.2 局部受压计算 .....	35
4.3 受拉、受弯和受剪构件的承载力计算 .....	43
4.4 本章知识点 .....	46
思考题 .....	46
习题 .....	47
<b>第 5 章 配筋砖砌体承载力计算 .....</b>	<b>48</b>
5.1 网状配筋砖砌体 .....	48
5.1.1 受压性能 .....	48
5.1.2 适用范围 .....	48
5.1.3 网状配筋砖砌体构造 .....	49
5.1.4 承载力计算 .....	49
5.2 组合砖砌体受压构件 .....	51
5.2.1 适用范围 .....	51
5.2.2 受压性能 .....	51
5.2.3 构造要求 .....	51
5.2.4 组合砖砌体构件承载力计算 .....	52
5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙 .....	54
5.4 本章知识点 .....	55
思考题 .....	55
<b>第 6 章 砌体结构房屋的墙体体系及其承载力验算 .....</b>	<b>56</b>
6.1 承重墙体的布置 .....	56
6.2 房屋的静力计算方案 .....	58
6.3 墙、柱高厚比验算 .....	61
6.4 刚性方案房屋 .....	66
6.5 弹性方案房屋 .....	75
6.6 刚弹性方案房屋 .....	76
6.7 过梁、圈梁及挑梁 .....	77
6.7.1 过梁 .....	77
6.7.2 圈梁 .....	81
6.7.3 挑梁 .....	82
6.8 墙体的构造措施 .....	86
6.8.1 一般构造要求 .....	86
6.8.2 防止或减轻墙体开裂的主要措施 .....	88

6.8.3	夹心墙 .....	90
6.8.4	框架填充墙 .....	91
6.8.5	砌体结构耐久性规定 .....	92
	思考题 .....	94
	习题 .....	95
<b>第7章</b>	<b>多层砌体结构房屋的抗震设计 .....</b>	<b>96</b>
7.1	抗震基本知识 .....	96
7.1.1	地震 .....	96
7.1.2	震级与地震烈度 .....	97
7.1.3	抗震设防目标 .....	98
7.1.4	建筑抗震设计的基本要求 .....	99
7.2	砌体结构震害及其分析 .....	99
7.3	结构布置的基本原则 .....	101
7.4	多层砌体结构房屋的抗震验算 .....	104
7.4.1	水平地震作用的计算 .....	104
7.4.2	楼层地震剪力在墙体间的分配 .....	106
7.4.3	墙体抗震承载力验算 .....	111
7.4.4	计算实例 .....	114
7.5	多层砌体结构房屋的抗震构造措施 .....	124
7.5.1	多层砖房抗震构造措施 .....	124
7.5.2	多层砌块房屋构造措施 .....	129
7.6	底层框架-抗震墙砖房抗震构造措施 .....	131
7.6.1	概述 .....	131
7.6.2	抗震构造措施 .....	132
7.7	本章知识点 .....	135
	思考题 .....	135
	习题 .....	136
<b>第8章</b>	<b>砌体结构课程实训 .....</b>	<b>137</b>
8.1	识读砌体结构施工图 .....	137
8.2	砌体结构设计 .....	145
8.3	砌体结构施工 .....	148
8.4	砖墙砌筑 .....	155
<b>第9章</b>	<b>本课程求职面试可能遇到的典型问题应对 .....</b>	<b>159</b>
	参考文献 .....	161

# 绪 论

砌体结构(masonry structure)是由块材和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构,它包括砖结构、石结构和其他块体材料与胶结材料构成的结构。

我国 80% 以上的建筑都属于砌体结构,学习研究砌体结构具有十分重要的意义。

## 0.1 砌体结构的优缺点

### 1. 砌体结构的主要优点

① 容易就地取材。砖主要用黏土或其他无机材料烧制或蒸压而成,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 具有良好的耐火性和较好的耐久性。

③ 不需要模板和特殊的施工设备。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,既是较好的承重结构,也是较好的围护结构。

⑤ 价格相对比较低廉。

### 2. 砌体结构的缺点

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,自重重大。

② 砌体的砌筑基本上是手工方式,施工劳动量大。

③ 由于砖、石、砌块和砂浆间粘结力较弱,因此无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度都很低。

④ 由于其组成的基本材料和连接方式决定了它的脆性性质,从而使其遭受地震时破坏较重,抗震性能很差。

⑤ 黏土砖需用黏土制造,在某些地区过多占用农田,影响农业生产。

## 0.2 砌体结构发展状况

砌体结构的历史悠久,天然石是最原始的建筑材料之一。古代大量具有纪念性的建筑物都是用砖、石建造。如古埃及用巨大石块建成的金字塔一直保存到现在。举世闻名的万

里长城,是两千多年前我国劳动人民的杰作。保存至今的用砖木建造的寺院、庙宇、宫殿和宝塔等,体现了中国古代砌体结构的成就。其中砖塔是一种高层建筑,如河南登封嵩岳寺塔为砖砌单筒体结构;西安大雁塔也为砖砌单筒体结构,高 60 多米,1 200 多年来,历经数次地震,仍巍然屹立。中世纪在欧洲用天然石材和砖砌筑的拱、券、穹隆和圆顶等结构型式得到很大发展。如公元 532—537 年在君士坦丁堡建造的圣索菲亚教堂,东西长 77m,南北长 71.7m,正中是直径 32.6m,高 15m 的穹顶,墙和穹顶都是砖砌。

在桥梁建筑方面,中国隋朝李春建造的赵州桥是中国最古和当时跨径最大的单孔空腹式石拱桥。又如北宋时期建造的福建漳州虎渡桥,石梁最大跨径达 23m,梁宽 1.9m、厚约 1.7m,重达 200t,三根石梁并列为桥面,是中国古代最重的简支石梁桥。

1949 年新中国成立后,砌体结构得到很大的发展和广泛应用,住宅建筑、多层民用建筑大量采用砖墙承重,中小型单层工业建筑和多层轻工业建筑也常采用砖墙承重。中国传统的空斗砖墙,经过改进已经用作 2~4 层建筑的承重墙。20 世纪 50 年代末开始,采用振动砖墙板建造五层住宅,承重墙厚度仅为 12cm。在地震区,采取在承重砖墙转角和内外纵横墙交接处设置钢筋混凝土抗震柱也称构造柱,及在空心砖或空心砌块孔内配置纵向钢筋和浇灌混凝土等措施,提高砌体结构的抗震性能。

20 世纪 80 年代以来,我国开始学习国外先进经验,配筋混凝土砌块得到很大发展。利用配筋砌块,我国各地建造了不少的砌体高层建筑:1983 年、1986 年在南宁修建了配筋砌块 10 层住宅楼和 11 层办公楼试点房屋。1988 年本溪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、辽宁建科院等单位的研究结果,在辽宁盘锦市建成一栋 15 层配筋砌块剪力墙点式住宅楼;1998 年,上海建成了一栋配筋砌块剪力墙 18 层塔楼,这是我国最高的 18 层砌块高层房屋,而且是建在 7 度抗震设防的地区;2000 年抚顺建成一栋 6.6m 大开间 12 层配筋砌块剪力墙板式住宅楼;2001 年哈尔滨阿继科技园修建了 12 层配筋砌块房屋,其后一幢 18 层砌块高层也建成。

## 0.3 我国近年来在开发新型砌体材料方面取得的成就

### 1. 积极开发节能环保形的新型砌块与胶结建材

从 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,到 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,尽可能对废弃物的再利用和净化,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,广泛研制“绿色建材”产品,取得了初步成果。

#### (1) 加大限制高能耗、高资源消耗、高污染低效益的产品的生产力度

如国家早就对黏土砖(按 1996 年生产 6 000 亿块的代价是毁田 10 万多亩、能耗 6 000 万吨标煤)出台了减少和限制的政策。近年的限制力度越来越大,如北京、上海等城市在建筑上不准采用黏土实心砖,这间接地促进了其他新材的发展。

## (2) 大力发展蒸压灰砂废渣制品

蒸压灰砂废渣制品包括钢渣砖、粉煤灰砖、炉渣砖及其空心砌块、粉煤灰加气混凝土墙板等。这些制品我国 20 世纪 80 年代以前生产量曾达 2.5 亿块,吃掉工业废渣几百万吨,但由于种种原因大多数厂家已停产,致使黏土砖生产回潮。今后应加大科研投入、改进工艺、提高产品性能和强度等级、降低成本,向多功能化发展。

## (3) 利用页岩生产多孔砖

我国页岩资源丰富,分布地域较广。烧结页岩砖具有能耗低、强度高、外观规则,其强度等级可达 MU15~MU30,可砌清水墙和中高层建筑。页岩砖在四川、湖北和大连等地已初步应用,如成都的“绵城苑”小区 16 万  $m^2$  的建筑均采用这种砖。

## (4) 大力发展废渣轻型混凝土墙板

这种墙板利用粉煤灰代替部分水泥,骨料为陶粒、矿渣或炉渣等轻骨料,加入玻璃纤维或其他纤维以及其他轻材料墙板,提高砌体施工技术的工业化水平。

## (5) 玻璃纤维增强水泥(GRC)板的改进与提高

这种板自重轻、防火、防水、施工安装方便。GRC 空心条板是大力发展的一种墙体制品,需用先进的生产工艺和装配,以提高板的产量和质量。

## (6) 蒸压纤维水泥板

我国是世界上第三大粉煤灰生产国,仅电力工业年排灰量达上亿吨,目前的利用率仅为 38%。其实粉煤灰经处理后可生产价值更高的墙体材料,如高性能混凝土砌块、蒸压纤维增强粉煤灰墙板等。它具有容重低、导热系数小、可加工性强、颜色白净的特点,目前全国的产量已达 700 万  $m^2$ 。

## (7) 大力推广复合墙板和复合砌块

目前国内外没有单一材料,既能满足建筑节能保温隔热,又能满足外墙的防水、强度的技术要求,因此只能用复合技术来满足墙体的多功能要求,如钢丝网水泥夹芯板。目前看来,现场湿作业,抹灰后难以克服龟裂现象,有待改进。

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、混凝土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

我国中美合资大连太平洋砖厂可生产出 20~100MPa 的页岩砖。由于强度高、耐久性、耐磨性和独特的色彩,可作清水墙和装饰材料,已出口和广泛用于高档建筑。高强块材具有比低强材料高得多的价格优势。

根据我国对黏土砖的限制政策,可就地取材、因地制宜,在黏土较多的地区,如西北高原,发展高强黏土制品、高空隙率的保温砖和外墙装饰砖、块材等;在少黏土的地区发展高强混凝土砌块、承重装饰砌块和利废材料制成的砌块等。

在发展高强块材的同时,还应研制高强度等级的砌筑砂浆。目前的砂浆强度等级最高为 M15。当与高强块材匹配时需开发大于 M15 以上的高性能砂浆。我国新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)已给出 Mb20 混凝土专用砂浆与 MU20 单排孔混凝土砌块的对孔砌筑砌体的抗压强度设计值。未来专用砂浆的强度等级可能达到 Mb30,灌孔混

土的强度达到 Cb40~Cb50。这是混凝土砌块配套材料方面的重要进展,对推动高强砌体材料结构的发展有重要作用。

根据发展趋势,为确保质量,发展干拌砂浆和商品砂浆具有很好的前景。前者是把所有配料在干燥状态下混合装包供应现场按要求加水搅拌。天津舒布洛克水泥砌块公司已供应这种干拌砂浆,价格约高 20%。商品砂浆的优点同商品混凝土。这类砂浆的发展一旦取代传统砂浆,将是一个巨大的变化。

## 0.4 砌体结构未来发展和展望

### 1. 进一步提高块材质量

我国的砌体材料和发达国家相比,强度低、耐久性差。如普通砖的抗压强度一般为 10~30MPa,承重空心砖的孔隙率小于等于 25%;而发达国家的抗压强度一般均达到 30~60MPa,甚至能达到 100MPa,承重空心砖的孔洞率可达到 40%,容重一般为 13kN/m<sup>3</sup>,最轻可达 0.6kN/m<sup>3</sup>。根据国外经验和我国的条件,只要在配料、成型、烧制工艺上进行改进,是可以显著提高烧制砖的强度和质量的。

### 2. 继续加强配筋砌体和预应力砌体的研究

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( $\phi \leq 25$ )、小型灌孔混凝土浇注泵、小型钢筋焊机、灌孔混凝土检测仪等。这些机具对配筋砌块结构的质量至关重要。

预应力砌体其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。我国这方面还刚刚起步。

### 3. 进一步加强砌体结构理论研究

进一步研究砌体结构的破坏机理和受力性能,通过数学和力学模式,建立完善而精确的砌体结构理论,是全世界各国都关心的课题。我国在这方面有较好的基础,但目前跟发达国家相比还有较大的差距,因此应继续加强这方面的工作,加强对砌体结构的试验技术和数据处理的研究,对促进砌体结构发展有着深远的意义。

## 砌体结构设计的基本原则

重点:

- (1) 承载能力极限状态效应表达式及各种系数取值;
- (2) 砌体构件作为刚体保持稳定性的验算公式。

### 1.1 概述

截至1950年,我国谈不上有任何结构设计理论。国家建委于1956年批准在我国推广应用苏联《砖石及钢筋砖石结构设计标准和技术规范》(NUTY 120—55),直到20世纪60年代。70年代初,在我国有关部门的领导和组织下,在全国范围内对砖石结构进行了比较大规模的试验研究和调查,总结出一套符合我国实际、比较先进的砖石结构理论、计算方法和经验。在砌体强度计算公式、无筋砌体受压构件的承载力计算、按刚弹性方案考虑房屋的空间工作,以及有关构造措施方面具有我国特色。在此基础上于1973年颁布了国家标准《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973)。这是我国第一部砖石结构设计规范。从此我国的砌体结构设计进入了一个崭新的阶段。70年代中期至80年代末期,为修订《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973),我国对砌体结构进行了第二次较大规模的试验研究,其中收集我国历年来各地试验的砌体强度数据4 023个,补充长柱受压试件近200个,局压试件100多个,墙梁试件200多根及2 000多个有限元分析数据和进行了11栋多层的砖房空间性能实测和大量的理论分析工作等。这样在砌体结构的设计方法、多层房屋的空间工作性能、墙梁的共同工作,以及砌块的力学性能和砌块房屋的设计方面取得了新的成绩。此外对配筋砌体、构造柱和砌体房屋的抗震性能方面也进行了许多试验研究。相继出版了《中型砌块建筑设计与施工规程》(JGJ 5—1980)、《混凝土小型空心砌块建筑设计与施工规程》(JGJ/T 114—2011)、《冶金工业厂房钢筋混凝土墙梁设计规程》(YS 07—1979)、《多层砖房设置钢筋混凝土构造柱抗震设计与施工规程》(JGJ 13—1982)等,特别是《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)(以下简称《砌体规范》),使我国砌体结构设计理论和方法趋于完善。

20世纪80年代以后,国际上在应用概率理论来研究和解决结构可靠度问题,并在统一各种结构基本设计原则方面取得了显著的进展。在学习国外科研成果和总结我国工程实践经验的基础上,我国于1984年颁布试行《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—1984),2001年

又颁布了《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001),将我国建筑结构可靠度设计提高到一个新的水平。根据《建筑结构可靠度设计统一标准》,我国颁布了《砌体结构设计规范》(GB 50003—2002),使我国砌体结构的设计水平提高了一大步。最新颁布的《砌体规范》对 2002 规范进行了修订,根据“增补、简化、完善”的原则,在考虑我国经济条件和砌体结构发展现状,总结了近年来砌体结构应用的新经验,调查了汶川、玉树地震中砌体结构的震害,进行了必要的试验研究,吸收砌体结构领域的成熟成果的基础上,增补了在节能减排、墙材改革的环境下涌现出来的部分新型砌体条款,完善了有关砌体结构耐久性、构造要求、配筋砌块砌体构件和砌体结构构件抗震设计等有关内容,同时还对砌体强度的调整系数等进行了必要的简化。新规范的颁布施行(2012 年 8 月 1 日实施)将对我国砌体结构的设计施工产生重大影响。

## 1.2 砌体结构的设计原则

砌体结构设计原则与混凝土结构设计原则是相同的,均以《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)为依据,采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,以可靠指标度量结构的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行计算。

(1) 砌体结构按承载力极限状态设计时,应按下列公式中最不利组合进行计算

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-1)$$

即可变荷载控制

$$\gamma_0 \left( 1.2 S_{Gk} + 1.4 \gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \right) \leq R(f, a_k, \dots) \quad (1-2a)$$

永久荷载控制

$$\gamma_0 \left( 1.35 S_{Gk} + 1.4 \gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qik} \right) \leq R(f, a_k, \dots) \quad (1-2b)$$

式中:  $\gamma_0$ ——结构的重要性系数,对安全等级为一级或设计使用年限为 100 年以上的结构构件,不应小于 1.1;对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件,不应小于 1.0;对安全等级为三级或设计使用年限为 1~5 年的结构构件,不应小于 0.9;

$\gamma_L$ ——结构构件的抗力模型不定性系数;对静力设计,考虑结构设计使用年限的荷载调整系数,设计使用年限为 50 年,取 1.0;设计使用年限为 100 年,取 1.1;

$S_{Gk}$ ——永久荷载标准值的效应;

$S_{Q1k}$ ——在基本组合中起控制作用的一个可变荷载标准值的效应;

$S_{Qik}$ ——第  $i$  个可变荷载标准值的效应;

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数;

$\gamma_{Qi}$ ——第  $i$  个可变荷载的分项系数;

$\psi_{ci}$ ——第  $i$  个可变荷载的组合值系数,一般情况下应取 0.7,对书库、档案库、储藏室



或通风机房、电梯机房应取 0.9；

$f$ ——砌体的强度设计值， $f = f_k / \gamma_f$ ；

$a_k$ ——几何参数。

其中： $f_k$ ——砌体的强度标准值， $f_k = f_m - 1.645\sigma_f$ ；

$\gamma_f$ ——砌体结构的材料性能分项系数，一般情况下，宜按施工控制等级为 B 级考虑， $\gamma_f = 1.6$ ，当为 C 级时，取  $\gamma_f = 1.8$ ；

$f_m$ ——砌体的强度平均值；

$\sigma_f$ ——砌体强度的标准差。

(2) 当砌体结构作为一个刚体，需验算整体稳定性时，如倾覆、滑动、漂浮等，应按下式验算

$$\gamma_0 \left( 1.2S_{G2k} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n S_{Qi k} \right) \leq 0.8S_{G1k} \quad (1-3a)$$

$$\gamma_0 \left( 1.35S_{G2k} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qi k} \right) \leq 0.8S_{G1k} \quad (1-3b)$$

式中： $S_{G1k}$ ——起有利作用的永久荷载标准值的效应；

$S_{G2k}$ ——起不利作用的永久荷载标准值的效应。

设计应明确建筑结构的用途，在设计使用年限内未经技术鉴定或设计许可，不得改变结构用途、构件布置和使用环境。

砌体结构除应按承载能力极限状态设计外，还应满足正常使用极限状态的要求。由于砌体结构自重大的特点，其正常使用极限状态的要求，在一般情况下可由相应的构造措施加以保证。

### 1.3 砌体结构的安全等级

《砌体规范》规定：根据建筑结构破坏可能产生的后果（危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等）的严重性，建筑结构应按表 1-1 划分为三个安全等级，设计时应根据具体情况适当选用。

表 1-1 建筑结构的的安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的房屋
二级	严重	一般的房屋
三级	不严重	次要的房屋

注：1. 对于特殊的建筑物，其安全等级可根据具体情况另行确定；

2. 对抗震设防区的砌体结构设计，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2008) 根据建筑物重要性区分建筑物类别。