

村镇建筑结构抗震技术手册丛书

陈忠范 主编

CUNZHEN SHIJIEGOU JIANZHU
KANGZHEN JISHU SHOUC

村镇石结构建筑 抗震技术手册



编著◎徐 明 陈忠范 高晓鹏
 时 丹 赵 娜 董尔翔
校审◎郑 怡 黄际洸



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

村镇建筑结构抗震技术手册丛书

陈忠范 主编

村镇石结构建筑抗震技术手册

编 著	徐 明	陈忠范	高晓鹏
	时 丹	赵 娜	董尔翔
校 审	郑 怡	黄际洸	

东南大学出版社

· 南 京 ·

内容提要

本书较系统地阐述了国内外石结构的发展历史、结构特点及分布情况,总结归纳了以往地震中村镇石结构的震害特点,调研了国内村镇石结构的抗震能力现状和隐患,介绍了国内外石结构的研究现状。依据国家现行规范,对村镇石结构的材料及其力学性能进行了讲述,详细介绍了村镇石结构的建筑场地、基础设计、上部结构设计计算方法、抗震构造措施,以及村镇石结构的施工方法与质量验收要求,给出了村镇石结构的设计计算实例。

本书语言朴实、易懂,图文并茂,是一本具有鲜明特色的村镇建筑结构技术人员用书,用于指导村镇石结构的材料选择、结构设计、施工与验收,也可供石结构研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

村镇石结构建筑抗震技术手册/ 徐明等编著.
—南京: 东南大学出版社, 2012. 12
ISBN 978-7-5641-3974-2

I. ①村… II. ①徐… III. ①农业建筑—砖石结构—防震设计—技术手册 IV. ①TU26-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 297573 号

村镇石结构建筑抗震技术手册

出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
网 址 <http://www.seupress.com>
电子邮箱 press@seupress.com
社 址 南京市四牌楼 2 号 210096
电 话 025-83793191(发行) 025-57711295(传真)
经 销 全国各地新华书店
印 刷 南京玉河印刷厂
开 本 850 mm×1168 mm 1/32
印 张 6
字 数 150 千字
版 次 2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-3974-2
定 价 29.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830。

主编的话

我在主持国家“十一五”、“十二五”科技支撑计划课题时,我们课题组人员总结了村镇建筑的设计、施工与验收方面的研究成果,并进行研究,这套丛书正是在以上研究成果的基础上整理出来的。本丛书共5册,分别关于村镇建筑“砌体结构”、“石结构”、“生土结构”、“木结构”和“轻钢结构”,2012年出版前3册,2013年出版后2册,石结构属于砌体结构的一种,在这套丛书中的《村镇砌体结构建筑抗震技术手册》中未详写关于石结构的内容,而是写在《村镇石结构建筑抗震技术手册》中。地震的基本知识和抗震设防烈度、设计基本地震加速度、设计地层分组适用于本套丛书的各册,仅写在《村镇砌体结构建筑抗震技术手册》中。

在支撑计划执行和丛书的编写过程中,得到同济大学、中国建筑科学研究院、沈阳建筑大学、苏州科技学院、江苏黄埔再生资源利用有限公司、南京工业大学、南京林业大学等的大力支持,在此深表感谢!

丛书编著者之一的黄际洸教授级高工虽已过八十高龄,仍才思敏捷,不仅自己写作,还多次来南京商讨写作事宜,对我们这些晚辈的教育和鼓舞巨大,特此表示敬意!

由于编者在这一领域内研究的深度、广度有限,丛中谬误难免,恳请读者批评指正,谢谢!

陈忠范于东南大学
二〇一二年十二月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 国内石结构的发展历史	2
1.2 国内石结构的分布和特点	6
1.2.1 国内石结构的分布	6
1.2.2 主要建筑构件.....	10
1.2.3 墙体砌筑方式.....	13
1.3 国外石结构的发展历史.....	14
1.4 国外石结构的分布和特点.....	18
1.4.1 国外石结构的分布.....	18
1.4.2 主要建筑构件.....	19
1.4.3 墙体砌筑方式.....	24
1.5 国内外石结构的区别.....	26
第二章 村镇石结构震害调研和抗震隐患	27
2.1 国内外村镇石结构震害调研.....	27
2.2 村镇石结构抗震能力现状及隐患.....	35
第三章 国内外石结构研究现状	39
3.1 石材的力学性能.....	39
3.2 石砌体的基本力学性能.....	40

3.2.1 石砌体的抗压、抗拉性能	40
3.2.2 石砌体水平灰缝的抗剪性能	41
3.3 石砌体墙抗震性能	44
3.4 石结构房屋抗震性能	48
第四章 村镇石结构材料的基本性能	52
4.1 石材	52
4.1.1 岩石的类别及建筑石材	52
4.1.2 石材的技术性质	56
4.1.3 村镇石结构房屋所用石材	59
4.2 砌筑砂浆	60
4.2.1 砌筑砂浆的组成材料	60
4.2.2 砌筑砂浆的技术性质	61
4.2.3 砌筑砂浆的选用	63
4.2.4 水泥砂浆配合比设计	63
4.3 石砌体	65
4.3.1 石砌体的受压性能	65
4.3.2 石砌体轴心受拉、弯曲抗拉和抗剪性能	71
4.3.3 石砌体的弹性模量、剪切模量和线胀系数	77
第五章 村镇石结构设计	79
5.1 建筑场地	79
5.1.1 建筑场地的划分	79
5.1.2 建筑场地的选择	80
5.2 基础	80
5.2.1 地基与基础的基本要求	80
5.2.2 基础埋置深度及防潮层的一般要求	82

5.2.3 石砌基础的要求·····	83
5.3 结构设计原则·····	85
5.3.1 结构的功能要求、设计使用年限和安全等级 ·····	85
5.3.2 石结构的设计表达式·····	86
5.3.3 石砌体房屋抗震设计三要素·····	88
5.4 建筑布置与结构选型·····	88
5.4.1 房屋总高度及层数限制·····	88
5.4.2 房屋的抗震横墙间距限制·····	90
5.4.3 房屋的局部尺寸限制·····	91
5.5 抗震强度验算·····	93
5.5.1 水平地震作用计算·····	93
5.5.2 结构构件的荷载组合·····	95
5.5.3 抗震不利墙段的选择·····	96
5.5.4 材料强度值的计算·····	97
5.5.5 墙体截面抗震受剪承载力计算·····	98
5.6 抗震构造措施·····	99
5.6.1 墙厚的基本要求 ·····	100
5.6.2 墙体的拉结 ·····	100
5.6.3 配筋砂浆带的设置和构造 ·····	103
5.6.4 钢筋石过梁 ·····	103
5.6.5 纵向水平系杆设置 ·····	105
5.6.6 木屋架的构造要求 ·····	106
5.6.7 楼梯间 ·····	108
5.6.8 构造柱的设置 ·····	109
5.6.9 钢筋混凝土圈梁的构造措施 ·····	110
5.6.10 楼屋盖的抗震构造措施·····	112
5.6.11 阳台、过梁、烟道、石板 ·····	112

第六章 村镇石结构房屋设计实例·····	114
第七章 村镇石结构房屋施工·····	124
7.1 石砌体材料要求 ·····	124
7.1.1 料石 ·····	124
7.1.2 毛石 ·····	126
7.1.3 砌筑砂浆 ·····	126
7.1.4 其他材料 ·····	127
7.2 石砌体施工技术要求 ·····	128
7.2.1 砌石工程工艺分类 ·····	128
7.2.2 砌石工程操作要求 ·····	128
7.2.3 砌石工程砌筑要领 ·····	130
7.3 毛石砌体 ·····	130
7.3.1 毛石基础砌筑工艺流程 ·····	130
7.3.2 毛石基础施工工艺 ·····	131
7.3.3 毛石墙体砌筑工艺流程 ·····	133
7.3.4 毛石墙体施工工艺 ·····	134
7.3.5 毛石墙面勾缝施工工艺 ·····	137
7.3.6 季节性施工措施 ·····	138
7.4 料石砌体 ·····	139
7.4.1 料石基础砌筑工艺流程 ·····	139
7.4.2 料石基础施工工艺 ·····	139
7.4.3 料石墙体施工工艺流程 ·····	142
7.4.4 料石墙体施工工艺 ·····	142
7.4.5 料石过梁施工工艺 ·····	144
7.4.6 料石砌拱施工工艺 ·····	146
7.4.7 料石墙面勾缝施工工艺 ·····	147

7.4.8 季节性施工措施	148
7.5 石结构质量验收要求	148
7.5.1 质量验收文件	148
7.5.2 一般规定	149
7.5.3 主控项目	149
7.5.4 一般项目	150
7.5.5 观感检查项目	151
7.5.6 质量验收记录	152
 附录 1	 154
附录 2	171
附录 3	172
 参考文献	 174

第一章

绪 论

石材是最早被人类认识和利用的天然材料之一,应用于建筑领域已有相当长的一段时间。相对于其他砌体结构建筑,石砌体房屋具有以下优点:

就地取材、经济实惠。石砌体的主要块体材料——料石,主要为天然花岗岩石材经稍微加工即可取得,取材方便、价格低廉。它比起一般的钢筋混凝土结构可大量节省水泥、木材和钢材等材料,并不受地区、气候和特殊的技术设备的限制。

材质坚硬、色泽美观而又丰富。石头作为建筑材料,具有质地坚硬厚重,色泽纹理丰富美观的特点,这是其他建筑材料所不可比拟的。其美学的效果也不会随着时间的推移而消失,反而会在保留原有特色的基础上增添历史的韵味,表现得更加良好而又成熟。

极佳的耐久性。很多历史建筑和工程结构对此特性提供了实际证明。必须强调的是,无论如何这些重要的功能上和环境上的利益只适用于正确设计的石砌体结构。倘若石砌体结构的设计和建造都是尽职的,它们将比设计寿命大为延长。

很好的耐火性。石材本身就是不燃物质,既不会着火也不能传播火,事实也证明石墙极少因受火灾而严重破坏。

极高的抗压强度。这是其用来建造建筑的根特性,也是它为广大民众长期青睐的亮点,尤其在拱、桥、塔的建筑中更显身手。

绝好的抗冻性。这是一般建筑材料所不可相提并论的特性。

正因如此,石砌体结构不因气候冷暖交替而改变材料特性,更不因寒冷而丧失其优良品质。

较好的化学稳定性、大气稳定性和耐磨性,而且吸水率低。

因此,石砌体结构建筑遍布世界各地,大量古老的人类文明和建筑文化通过耐久性优越的石结构建筑加以传承。

1.1 国内石结构的发展历史

石材是人类发展历史上最早的建筑材料。石材作为建筑材料使用的最初原因是提供遮风避雨的场所,人类把大小不一的石头收集起来,一个挨一个地摆放,中间的空隙用小石头填充形成石墙,然后用木头支撑屋顶形成完整的房屋。随着社会的发展和人类需求的提高,除了解决遮风避雨的基本需求外,石材在各个领域得到广泛的应用。

早在 5 000 年前,我国就已用石材建造石砌祭坛和石砌围墙。秦代用乱毛石和黏土将已有城墙连成一体并增筑新的城墙从而建成闻名于世的万里长城(图 1.1),这是用石材做建筑材料的建筑物典型。这一时期以中国为主的东方建筑中,石材主要是产石地区木构建筑及砖砌建筑的补充或衬托,木构建筑的木柱置于地下,基础一般用粗糙的大块卵石砌成。

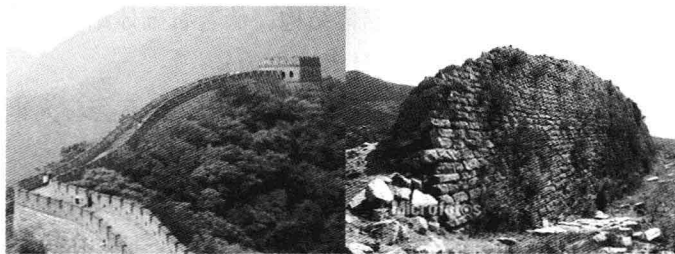


图 1.1 中国万里长城

自汉代以后,建筑木构架上升到地面以上,础石(图 1.2)亦随之浮出水面成为室内装饰的重要部分。此外这一时期出现了全部石造的建筑物,如石祠(图 1.3)、石阙和完全用石构造的石墓。这些建筑上多镂刻人物故事和各种花纹,刻石的技术和艺术也逐步提高。

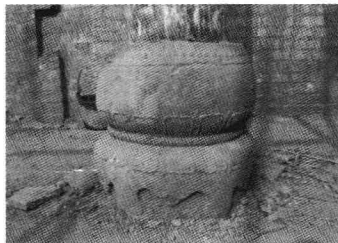


图 1.2 础石

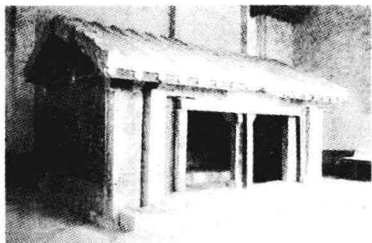


图 1.3 汉代孝山堂石祠

到了南北朝时期,石工的技术无论在大规模的石窟开凿上或在精雕细琢的手法上,都达到了很高的水平。在麦积山、南北响堂山和天龙山的石窟外廊上,石工们以极其准确而细致的手法雕造了模仿木结构的建筑形式(图 1.4);同样,神通寺四门塔(图 1.5)也显示了当时砌石结构的水平。正是这种丰富经验的积累,给七世纪初隋朝的安济桥那样伟大的桥梁工程打下了技术基础。



图 1.4 北朝石窟寺



图 1.5 神通寺四门塔

隋唐的覆莲柱础是体现当时建筑风格的标志之一；建筑台基也是应用石材的重要部位；初期夯基台多用砖包砌，重要建筑物的阶沿及台角加用石条，以后发展成全用石材包砌。这一时期，在石材的使用方面有了突出的成就，石拱桥的建造也达到很高的技术水平。如位于我国河北赵县的安济桥(图 1.6)，是在隋代由石工李春设计建造，桥长 64.4 m，桥面宽约 10 m，跨径 37.02 m，净矢高 7.23 m，桥坡度约为 6.5%；桥由 28 圈拱石平行砌筑，每圈由 43 块拱石砌成。拱石的厚度均为 1.03 m，长 0.7~1.09 m，宽约 0.25~0.4 m 不等，以便砌成变宽度的拱圈。安济桥是当今世界上现存最早、保存最完善的古代敞肩石拱桥。1991 年，美国土木工程师学会将安济桥选定为第 12 个“国际历史土木工程的里程碑”，这对弘扬我国历史文化具有重要意义。



图 1.6 河北赵县安济桥

辽、宋、金时期，可以从一些桥和塔看到这个时期石结构的发展情况。除了金朝继承过去传统，在河北赵县、栾城和山西晋城等地修建了若干座敞肩石拱桥以外，这时期南北各地还修建了很多石拱桥。福建省沿海地区，在宋朝曾建造若干巨大的石桥梁。如公元 1078 年建造的泉州万安桥(图 1.7)长达 540 m，41 孔；石梁长 11 m，一般宽 0.6 m，厚 0.5 m。这时期南北各地出现了大量模仿木结构形式的石塔，如福建地区留下的几座楼阁式石塔，其中南

宋淳祐年间建造的泉州开元寺双塔(图 1.8),八角、五层,各层柱、枋、斗拱和檐部结构,全部模仿木结构的形式。从石材的性能上来看是不恰当的,但是它已经受了七百余年的考验,依然完整地保留至今。

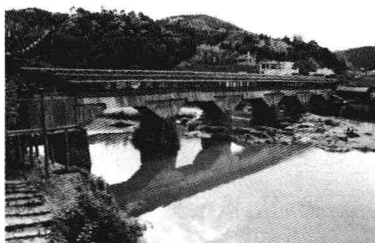


图 1.7 泉州万安桥



图 1.8 泉州开元寺双塔

明清时期,宫廷建筑中广泛采用了石材,其中包括开采于房山的汉白玉、青白石,马鞍山的青砂石、紫石,白虎涧的豆渣石,牛栏山和石景山的青砂石,江苏徐淮地区的花斑石。汉白玉石洁白如玉,专供宫廷、陵寝、坛庙阶砌栏楯之用,柔和而易琢,具有极高的装饰效果,如北京故宫三大殿、天坛祈年殿的汉白玉须弥座(图 1.9),其栏干就是很珍贵的范例,花斑石由于石纹斑斓美丽,多用于宫殿和苑囿作铺地材料。此外,还有虎皮石,苑囿中多用以垒砌围墙和房屋的台基,既经济又美观,所有这些都充分体现了古代匠师在因材施教方面的卓越成就。

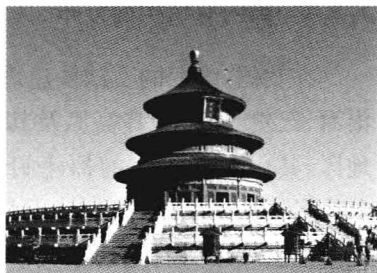


图 1.9 天坛祈年殿的汉白玉须弥座

在清朝末年、19 世纪中叶以前,我国的石建筑主要为城墙、佛

塔、石雕佛像以及石砌台阶、石桥和石砌堤坝等。19 世纪中叶以后,在盛产石材而开采和加工石料又有丰富经验的地区,如福建泉州等地(图 1.10),人们充分利用石材强度,开始采用石砌筑建筑物,因地制宜地扩大石结构的应用范围。

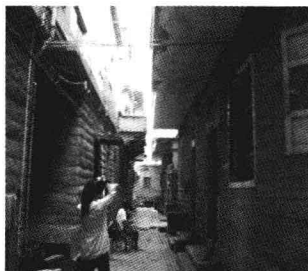


图 1.10 福建崇武古城民居

我国历史上著名的、甚至现在还保存下来的石建筑物很多,从这些建筑物可清楚看出我国文化历史的悠久和古代劳动人民的智慧,我们应该继承祖先的优良传统,努力学习以发扬光大。

1.2 国内石结构的分布和特点

1.2.1 国内石结构的分布

在我国,现存的石结构建筑主要分布在东北地区、东部及东南沿海、云贵高原、青藏高原及其他山地地区,其中东南沿海的福建闽南地区分布最为广泛(图 1.11)。在福建,古代人们就利用石材建造了大量桥梁建筑。在民居建筑中,尤其在泉州、惠安一带,石材也得到了充分利用,石结构建筑遍及东南沿海各地,具有浓厚的建筑特色和悠久的历史。据统计,福建沿海不同地区农村住宅石结构所占比例分布约 40%~70%,整个闽南地



图 1.11 福建莆田纯石结构民居

区现今共有约 2 000 多万 m^2 的石结构房屋。很多石结构建筑,例如泉州的宋代安平桥、万安桥、开元寺塔和崇武古城墙等已列为国家乃至世界宝贵的历史遗产。福建省盛产优质花岗岩石材,作为当地传统的建筑材料之一,石材本身材质均匀、抗压强度高、耐久性好。该地区大部分石结构房屋是料石砌筑的全石结构。虽然现在钢筋混凝土和钢结构房屋受到越来越多的关注,但是在经济条件和地理位置受限的福建沿海地区,石结构房屋以其良好的耐久性和抗风性能,以及美观大方、取材方便的特点,仍是东南沿海地区村镇住宅主要的结构形式之一。

在云、贵、川等省境内的彝、羌、哈尼、藏、布依等少数民族,依据山区和半山区的自然地理条件,就地取材,以自己的方式创造出丰富多彩的建筑文化,建造了各具特色的石结构传统民居。例如贵州布依族居民利用当地盛产的优质石料,因地制宜,修造出依山傍水的干栏式楼房或半边楼式的石板房(图 1.12),此类石板房以石条或石块随意地堆叠起来,石板与石板之间,没有泥土的胶着,钢材的固定,墙可垒至 5~6 m 高,以石板盖顶,风雨不透,除檩条、椽子是木料外,其余全是石料。贵州省安顺市本寨村屯堡的石头屋(图 1.13),是以青石为主体结构,石板铺顶当瓦的一种民居;



图 1.12 布依族依山傍水的石板房



图 1.13 屯堡石头屋

这种石头房的承重构件是木头,墙体并不承重,楼板和屋顶是由木

头架构支撑的。广西京族抗风耐湿的石条房(图 1.14),以长方形(每块石条约长 0.75 m,宽 0.25 m,高 0.20 m)的淡褐色石条砌筑而成,屋顶盖瓦片,并以砖石相压,异常牢固,经得起台风的侵袭。广西毛南族依山而建的石砌干栏楼(图 1.15),采用加工成各种规格的料石砌筑房基、墙体、柱脚、阶梯和阳台等,用木料做屋架、楼板与楼房内壁;底层的干栏柱下半截采用石柱,由院子进入楼内的台阶采用石条,干栏楼的房基和山墙采用整齐的石块。四川羌族的丹巴碉房(图 1.16),用当地大量的片石做主材,在大石之间嵌小石并填充黏土铺筑,局部用小石片填缝找平,每砌 1 m 左右在墙内水平布放干木板,称为“墙筋”,墙体交角处选用厚重、条状的石块;石墙自下而上逐渐变薄,逐层收小。因取材方便和传统民族文化的传承,石结构房屋仍将是这些民族主要的结构形式。



图 1.14 广西京族抗风耐湿石条房

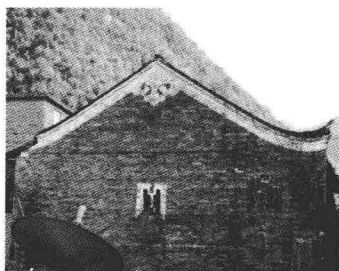


图 1.15 毛南族依山而建的石砌干栏楼

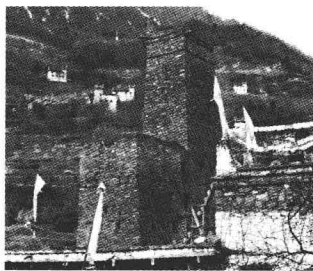


图 1.16 四川羌族的丹巴碉房