

村镇建筑结构抗震技术手册丛书

CUNZHEN MUJIEGOU JIANZHU
KANGZHEN JISHU SHOUC

村镇木结构建筑 抗震技术手册

编著◎陆伟东 刘杏杏 岳 孔
程小武 孙小鸾 杨会峰
校审◎刘伟庆



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

村镇建筑结构抗震技术手册丛书

村镇木结构建筑抗震技术手册

编 著 陆伟东 刘杏杏 岳 孔
程小武 孙小鸾 杨会峰
校 审 刘伟庆



东南大学出版社

· 南 京 ·

内容提要

本书在介绍地震基本知识和我国木结构建筑的发展历史的基础上,通过实地调研和资料整理等工作,对我国村镇木结构建筑的地域分布及类型样式进行了梳理和归纳,对地震作用下村镇木结构建筑的震害特征及部位进行了总结;依据国家现行规范及相关文献,对村镇木结构建筑常用木材的树种特性及其力学性能进行了梳理;总结了木结构民居常用的结构形式,对各结构形式的受力特点及抗震性能进行分析和对比;根据国家现行规范,对村镇木结构的抗震计算方法进行了阐述,并详细介绍了木结构梁柱节点、墙体、屋架等抗震构造措施;结合最新研究成果,提出了村镇木结构建筑新型的抗震加固和增强措施,并对加固增强后的结构性能加以论述;结合施工质量验收规范,介绍了村镇木结构建筑从基础到上部结构的详细施工过程,并对建筑的防虫、防腐、防火等耐久性处理措施进行了简要阐述,总结并提出了各分项工程的施工质量控制指标。

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,可用于指导村镇建筑的材料试验、结构设计、施工与验收,部分内容也可用于城镇相关建筑。

图书在版编目(CIP)数据

村镇木结构建筑抗震技术手册/ 陆伟东等编著.
—南京: 东南大学出版社, 2014. 12
(村镇建筑结构抗震技术手册丛书)
ISBN 978-7-5641-5413-4

I. ①村… II. ①陆… III. ①农业建筑—木结构—防震
设计—技术手册 IV. ①TU352.104-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 303015 号

村镇木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	5.75
字 数	147 千字
版 次	2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5641-5413-4
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。

前 言

我国是一个地震多发国家,全国除少数省外,都发生过 6 级以上破坏性地震。由于地震的不确定性,我国多年来已有数次特大地震发生在低设防烈度区,房屋结构的损坏或倒塌造成了大量的人员和财产损失。我国的村镇建筑量大面广,其中村镇木结构建筑所占比例最大,木结构建筑由于施工技术简便、材料获取方便,在广大的农村地区被大量地采用,而建造者普遍缺乏抗震设防概念,故村镇木结构建筑存在着严重的地震安全隐患,容易造成大量的人员伤亡和财产损失,汶川大地震中木结构建筑的大量倒塌已经充分体现了这一问题的严重性。

本书的出版基于国家“十二五”科技支撑计划相关研究,笔者及所在课题组对“西南地区木结构适宜性抗震技术研究”课题开展了系列研究。通过对西南地区木结构建筑的调研,结合理论与试验的研究成果,根据我国村镇建筑的特点,开展了本书的编著。本书从村镇木结构建筑的材料性能、结构形式、抗震设计、抗震构造、加固措施和施工工艺等方面详细介绍了村镇木结构建筑的抗震技术,为广大农村地区的新建木结构建筑建设和既有木结构建筑加

固提供了较好的技术依据和支撑。

本书在编写工作中得到了众多支持,东南大学陈忠范教授作为本系列丛书的主编,对本书的编写目标及内容定位给予了建议。课题组博士生郑维,硕士生刘开封、叶国成、姜海峰、张甜、徐伟、罗伟、宋佳程、毛荣俊、马俭、张峰、周鹏、杨成等参与了资料整理等工作,在此一并表示感谢。

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

陆伟东 刘伟庆

南京工业大学

二〇一四年十一月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 我国木结构建筑的发展	1
1.2 传统木结构民居分布	5
1.2.1 传统木结构民居结构形式及特点	5
1.2.2 传统木结构民居分布情况	6
1.3 地震的基本概念	11
1.3.1 地震的类型及分布	11
1.3.2 地震的基本术语	13
1.4 传统木结构民居主要震害及原因	19
1.4.1 木构架整体发生破坏	19
1.4.2 木构架节点连接破坏	20
1.4.3 木结构屋面破坏	20
1.4.4 木结构维护墙体破坏	21
1.4.5 木构架柱脚破坏	22
1.4.6 木结构承重构件破坏	22
1.5 我国现行木结构建筑抗震规定	23
第 2 章 村镇木结构建筑材料及其力学性能	26
2.1 村镇木结构建筑常用树种	26

2.1.1	概述	26
2.1.2	常用树种	26
2.1.3	建筑木材的主要特性	27
2.2	木材的构造	28
2.2.1	木材的正交三向切面	29
2.2.2	边材和心材	30
2.2.3	年轮、早材和晚材	30
2.2.4	木射线	31
2.2.5	导管	32
2.2.6	树脂道	33
2.2.7	轴向薄壁组织	33
2.2.8	侵填体	34
2.2.9	髓斑	34
2.2.10	髓心	35
2.3	木材材料物理力学性能	35
2.3.1	木材含水率	35
2.3.2	木材的干缩性	37
2.3.3	木材密度	39
2.3.4	木材的变形和开裂	40
2.3.5	木材顺纹受压、受拉、受剪和静力弯曲强度	41
2.3.6	木材受拉、受压、受剪及弯曲弹性模量	42
2.3.7	木材顺纹受剪性质	44
2.3.8	木材横纹承压的性质	46
2.4	木材强度等级	47
2.5	木材材料性能的影响因素	49
2.5.1	含水率对木材强度的影响	49
2.5.2	温度对木材强度的影响	51

2.5.3	长期荷载对木材强度的影响	53
2.5.4	密度与木材强度的关系	54
2.5.5	纹理方向及超微构造的影响	54
2.5.6	缺陷的影响	55
2.5.7	构件尺寸对木材性能的影响	55
2.5.8	系统效应对木材性能的影响	55
第3章	村镇木结构建筑结构形式及特点	57
3.1	木结构建筑	57
3.1.1	穿斗木构架	57
3.1.2	木柱木屋架	60
3.1.3	木柱木梁	61
3.1.4	抬梁式木构架	62
3.1.5	密梁平顶式	64
3.1.6	井干式	66
3.1.7	干阑式	68
3.2	砖木结构建筑	70
3.2.1	木构架承重的砖墙围护结构	71
3.2.2	木、砖墙共同承重结构	74
第4章	村镇木结构建筑抗震设计及构造措施	77
4.1	抗震一般规定	77
4.2	抗震计算方法	78
4.2.1	地震作用的计算	79
4.2.2	结构层间位移角限值	79
4.3	抗震构造措施	80
4.3.1	节点部位抗震加固	80

4.3.2	围护墙体抗震加固	83
4.3.3	屋面抗震加固	89
4.3.4	木构件抗震加固	92
第5章	村镇木结构建筑抗震性能增强	98
5.1	榫卯节点抗震性能增强	98
5.1.1	榫卯节点抗震性能增强方式	100
5.1.2	榫卯节点抗震性能增强机理	103
5.2	木构架整体抗震性能增强	105
5.2.1	木结构抗震薄弱部位	105
5.2.2	穿斗木构架整体性能增强研究	107
5.2.3	穿斗木构架抗震性能增强分析结果	112
5.3	砖木结构抗震性能增强	125
5.3.1	砖木结构房屋抗震薄弱部位	125
5.3.2	砖木结构建筑抗震性能增强措施	126
第6章	村镇木结构建筑施工工艺	130
6.1	基础工程	130
6.1.1	概述	130
6.1.2	施工工艺	130
6.1.3	质量控制	134
6.2	主体工程	135
6.2.1	概述	135
6.2.2	施工工艺	137
6.2.3	质量控制	146
6.3	楼盖工程	150
6.4	屋盖工程	153

6.5 防火工程	156
6.5.1 概述	156
6.5.2 木结构建筑的分类和耐火等级	156
6.5.3 木材防火剂及防火处理方法	159
6.5.4 布局布置与建筑构造	160
6.6 防腐工程	167
6.6.1 概述	167
6.6.2 木材防腐处理前的准备	168
6.6.3 木材防腐防虫药剂	168
6.6.4 木结构防腐防虫措施	170
6.6.5 质量验收要点	172

第1章

绪论

1.1 我国木结构建筑的发展

在上古时期,中国人类的祖先有巢氏构木为巢;燧人氏钻木取火;神农氏斫木为耜,揉木为耒;黄帝轩辕拔山通道,做宫室,判弓矢,造舟车。随着生产工具的发展,人类由因崖成室、镂木为巢、挖土为穴,发展到搭棚为舍、垒石为屋、烧砖砌房,构筑较为完整的居住空间。上古时期中国人类的祖先们从艰难的建造穴居和巢居开始,逐步掌握了搭建地面房屋的技术,创造了原始的木架建筑,满足了最基本的居住要求。中国的古代建筑是以木结构为主发展起来的。

由于丰富的森林是随手可取的资源,木材就逐渐成为中国建筑自古以来所采用的主要材料。木结构建筑结构的长期流行是因地制宜、因材适用的结果。中国古代建筑的发展是由天然岩洞到穴居、半穴居,然后上升到地面,由简单的木结构建筑逐渐发展为抬梁式(又称梁柱式或叠梁木式)结构建筑。

约在距今六七千年前,中国古代人已经开始使用榫卯结构来构筑木结构房屋。在浙江余姚河姆渡遗址(图1.1)、黄河流域的西安半坡遗址以及临潼姜寨等遗址,木构架形式的建筑已经出现。

这些部落中的房屋平面形式也因制作与功用不同而有圆形、方形、吕字形等,这是中国古建筑的雏形,为其后的中国木结构建筑奠定了最初的基础,并提供了宝贵的经验。



图 1.1 我国最早的木构件

中国古建筑发展的第一时期是公元前 2070 年到公元前 476 年的夏、商、周及春秋战国时期,灿烂的青铜文化为木构技术及板筑技术提供了很大的便利。

至春秋战国时期,在中国的大地上先后营建了许多都邑,木结构建造技术较原始社会有了很大的提高,已有斧、刀、锯、凿、钻、铲等加工木构件的专用工具,促使木架建筑施工质量和结构技术大为提高,这一时期木构架体系已基本形成。

从夏起,经商、西周到春秋战国时期,在这不到 2 000 年的岁月里,能工巧匠建造了许多大型宫殿建筑,不仅发明了打夯技术(早期),还发明了土坯和瓦件,在建筑总体布局上创造了类似四合院的形式(中期),晚期又在结构上创造了斗拱,对后世木结构的发展产生了深远的影响。

秦、汉五百年间,由于国家统一,国力富强,中国古建筑在历史上出现了第一次发展高潮。其结构主体的木构架已趋于成熟,重

要建筑物上普遍使用斗拱。至汉代就形成了以抬梁式和穿斗式为代表的两种主要形式的木结构体系。直棂窗、人字拱等已广泛使用,建筑形制上出现了庑殿、悬山、折线式歇山、攒尖、囤顶等五种基本形式。中国木结构已进入体系的形成期。

从三国经两晋、南北朝到隋王朝建立的 360 多年时间里,社会生产的发展比较缓慢,在建筑上也不如两汉时期有那么多生动的创造和革新,可以说主要是继承和运用汉代的成就。但佛教的传入促进了佛教建筑的发展。建造高层佛塔并带来印度中亚一带的雕刻、绘画艺术,不仅使我国的石窟、佛教、壁画等有了巨大的发展,而且也影响到建筑艺术,使汉代比较朴实的建筑风格变得更为成熟、圆淳。

公元 589 年隋统一南北朝到明初约 800 年时间,木建筑在形制艺术上更趋成熟,在施工技术和组织管理上也日益严密完善。隋、唐至宋时期是中国建筑的又一个高潮,形成一个独立而完整的建筑体系,是我国古代建筑的成熟时期,并远播影响于朝鲜、日本。正是此时期形成了以木构架为骨干,墙体维护的传统木结构形式(图 1.2)。

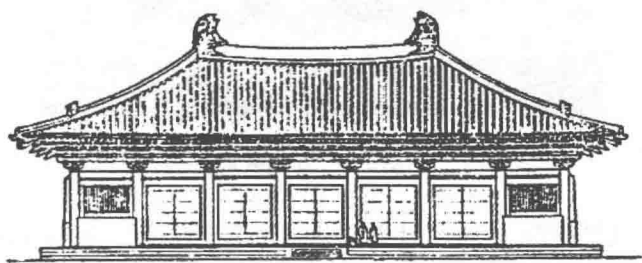


图 1.2 山西五台山佛光寺大殿

宋代时中国古代建筑在工程技术与施工管理方面已达到了一个新的历史水平。尤其是《营造法式》的颁布更是推进了木结构的

发展。该书加强对宫殿、寺庙、官署、府第等官式建筑的管理,总结历代以来建筑技术的经验,对木结构建筑的各方面均作了严密的限定,以作为编制预算和施工组织的准绳。

自公元 1368 年明朝建立至 1840 年鸦片战争近 500 年的时间,木构架技术进一步发展,装修陈设上也留下许多砖石、琉璃、硬木等不朽作品。明、清时期木结构建筑又达到了一个新的高度,帝王苑囿与私家园林大事兴建,佛教建筑与喇嘛教建筑的营造,都极大地推动了木结构建筑的发展。明清两代距今最近,许多建筑佳作得以保留至今,如京城的宫殿、坛庙,京郊的园林,两朝的帝陵,江南的园林,遍及全国的佛教寺塔、道教宫观,以及民间住居、城垣建筑等,构成了中国古代建筑史的光辉华章(图 1.3)。

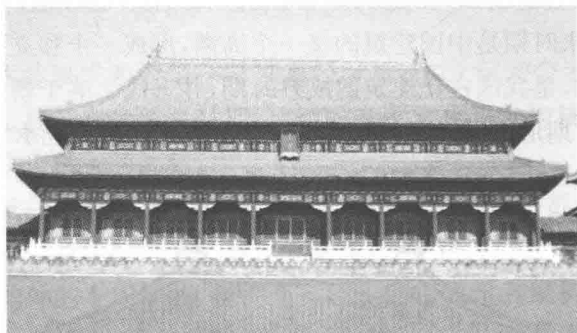


图 1.3 沈阳故宫

在我国前两个“五年计划”期间,由于建设速度较快,木结构能就地取材又易于加工,砖木结构占相当比重,特别是“大跃进”时期竟达到 46%。到 20 世纪 80 年代,我国的建筑结构用材采伐殆尽,当时国家又无足够的外汇储备从国际市场购进木材,以致停止使用木结构。随后大专院校停开木结构课程,并停止培养研究生,

原来从事木结构的教学和科技人员不得不改弦易辙,木结构学科无形中在中国消亡长达 20 多年。

但近年来随着人们观念的改变和工程木结构的应用,木结构再次受到重视,应用前景广泛。

1.2 传统木结构民居分布

1.2.1 传统木结构民居结构形式及特点

中国古代木结构建筑以木构架为房屋骨架,墙体仅为围护结构。就其结构形式而言,古代木结构建筑的主要形式有以下三种:

(1) 抬梁式或梁柱式:抬梁式建筑以垂直木柱为房屋的基本支撑,木柱顶端沿着房屋进深方向架起数层叠架的木梁。木梁由下至上,逐层缩短,层间垫短柱或木块,最上层梁中间立小柱或三角撑,形成三角形梁架,在相邻的屋架之间架上檩,檩上架椽,形成屋面下凹的两坡屋顶骨架。梁柱式是使用最广的古代木结构建筑形式,古代宫廷建筑基本都使用抬梁式,华中、华北、西北、东北等地区均有采用该建筑形式。典型的抬梁式建筑如图 1.4(a)所示。

(2) 穿斗式:穿斗式建筑将每间进深方向上的各柱随屋顶坡度升高,直接承檩,另用一组穿枋联系,构成两坡屋顶的骨架。其他构件与抬梁式相同。主要流行于华东、华南和西南等地区。典型的穿斗式建筑如图 1.4(b)所示。

(3) 密梁平顶式:密梁平顶式建筑用纵向柱列承檩,檩间架水平的椽,构成平屋顶。主要流行于新疆、西藏、内蒙古等地区,以西藏拉萨的布达拉宫为代表。典型的密梁平顶式建筑如图 1.4(c)所示。



(a) 山西南禅寺·抬梁式



(b) 福建民居·穿斗式



(c) 布达拉宫·密梁平顶式

图 1.4 典型木结构民居形式

1.2.2 传统木结构民居分布情况

中国传统木结构民居因地域不同,结构形式也大不相同。南方民居主要以穿斗木结构为代表,北方民居中以抬梁式结构居多。

1.2.2.1 西北地区民居

新疆是我国的一个多震地区,地震活动不仅频度高、强度大,而且分布很广。当地居民根据地域特点,建造富有特色的木结构建筑。碉房作为新疆等地区广泛采用的建筑形式(图 1.5),主要分为木框架承重式碉房、墙承重式碉房、墙柱混合承重式碉房等类型,其中木框架承重式碉房是数量较多,最具代表性的结构形式。近年来在新疆地区开展的抗震安居工程中,木结构因其良好的抗震性能被广泛采用。安居工程中的木结构形式主要分为砖木结构、石木结构及木构架土坯墙结构等。

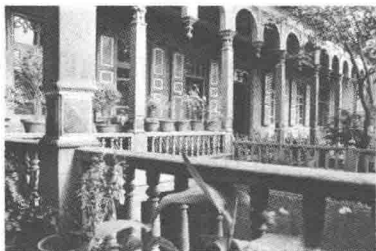


图 1.5 新疆民居

甘肃省有 4/5 的面积处于 7 度以上的高烈度区,且地震活动频繁。木构架承重房屋是甘肃南部地区的主要民居类型,具有较为成熟的施工工艺。正规木构架承重房屋俗称“四梁八柱”,由梁柱檩构成了主体承重木构架,墙体仅起到围护作用。汶川地震后甘肃地区的灾害调查表明木框架承重结构占到农村房屋的60%~86%,其震害严重。

陕西、甘肃、宁夏等黄土地区存在大量土木结构建筑(图 1.6, 图 1.7),其中分布较广的是木架承重、土墙维护房屋,其中围护墙体的破坏和倒塌是造成经济损失和人员伤亡的主要原因。另外有部分土木混合承重房屋,其抗震性能欠佳。



图 1.6 甘肃木结构民居



图 1.7 陕西关中民居

1.2.2.2 西南地区民居

汶川地震后,大量研究人员对四川地区的各种结构震害进行了调研,归纳出四川村镇地区木结构建筑结构形式主要包括土木结构、木构架承重结构和砖木结构三类(图 1.8)。其中以木构架结构形式居多,土木结构和砖木结构数量相对较少。而分布较多的穿斗木构架房屋普遍存在围护墙体破坏、倒塌现象。

云南省传统民居的特点是建筑结构简单、造价低廉、因地制宜、就地取材、经济实用(图 1.9)。其中可分为以下几种主要结构类型:木构架承重结构体系、砌体承重结构体系以及生土墙承重结