

西南传统民居性能研究进展与发展建议

郭婷¹, 杨娜¹, 周海宾², 王双永²

(1. 北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044; 2. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 西南传统民居是适应自然的产物, 具有独特的建筑结构性能, 也存在诸多待改进之处。作者从结构性能、保温隔热性能、隔声性能、防火性能等层面, 分析了西南传统民居的问题, 总结归纳了改善民居性能的研究进展及改进措施, 提出了今后的研究重点, 以促进西南传统民居能够适应现代化生活的需求。

关键词: 西南民居; 结构性能; 保温隔热; 隔声; 防火

中图分类号: S781; TU241.5; TU366.2 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2020) 03-0048-04

Research Progress on Performance of Traditional Dwellings in Southwest China

GUO Ting¹, YANG Na¹, ZHOU Hai-bin², WANG Shuang-yong²

(1. School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Traditional dwellings in southwest China were built and adapted to nature with unique structural performance. But further improvements are needed in many aspects. The authors analyzed problems of the traditional dwelling buildings in Southwest China from the aspects of structural performance, thermal insulation performance, sound insulation performance as well as fire resistance performance. They summarized research progress and improvement measures on performance of the traditional dwellings. Suggestions were also provided for reference to further research to promote the traditional dwellings adapting to the needs of modern life.

Key words: traditional dwelling; structural performance; thermal insulation; sound insulation; fire protecting

西南民居是适应自然的产物, 在长期发展过程中, 社会文化对其建筑形态产生很大影响。西南地区气候温暖、潮湿、雨量充沛, 干栏式建筑正是为适应此气候条件形成的独特建筑形式。

西南传统民居所用的建筑材料也是因地制宜,

多运用全木结构, 或木材与竹制品相结合, 或木材与土石相结合的形式, 也不乏砖木混合结构, 其中以竹木居多, 保留竹木框架主体结构; 建筑用木材主要有杉木、松木和柏木; 墙体结构方面, 除传统木墙外, 逐渐引入砖、混凝土等砌体墙结构。西南传统民居特殊的建筑形式及因地制宜的建筑材料, 使其具有独特的建筑结构性能。笔者从西南传统民居的结构性能、保温隔热性能、隔声性能、防火性能入手, 总结归纳了西南传统民居性能的研究现状, 以期今后西南乃至中国传统民居的研究和发展提供参考。

收稿日期: 2019-04-09; 修改日期: 2019-04-28

基金项目: “十三五”国家重点研发计划“结构用木质材料制造及其在传统民居中的应用示范”(2018YFD0600303); 北京市自然科学基金重点项目(8151003)。

作者简介: 郭婷 (1984—), 女, 博士研究生。Email: 16115319@bjtu.edu.cn

责任作者: 杨娜, 女, 教授。Email: nyang@bjtu.edu.cn

1 西南传统民居的结构性能

1.1 基本受力性能

穿斗式木结构,是西南传统民居木构最主要的形式之一,此类结构在柱子之间,采用穿透柱身的穿枋(梁)连接,柱顶放檩,檩上直接承受屋面的荷载。穿枋和柱子连接处的梁柱节点,是结构传递荷载的关键部位,节点形式以直榫、燕尾榫为主。

梁柱节点在弯矩作用下,构件之间发生相对转动,卯口处梁发生三角形横纹嵌压,节点主要通过嵌压变形和摩擦抵抗弯矩,具有典型的半刚性特征。一些学者通过试验研究了节点的抗弯性能^[1-4],但试验仅针对特定木材和规定尺寸的节点展开,结果之间难以对比。重庆大学的研究提出了穿斗式直榫节点弯矩-转角理论模型^[5],可得到不同木材和几何参数梁柱节点的抗弯性能,解决了普适性问题。

在穿斗式木结构整体受力性能的初期研究阶段,有学者将梁柱节点简化为铰接,忽略墙体对木构架抗侧刚度的影响,将木构架简化为单自由度系统进行分析^[6]。后续研究发现,梁柱节点作为半刚性节点,对整体结构的受力性能影响较大;无论木板墙还是砌体墙,均能提升木构架的抗侧刚度。

因此,需针对梁柱节点和墙体对整体受力性能的影响,进行合理简化,才能更真实地反应结构的实际受力状态,这也是目前穿斗式木结构受力性能研究的重点。

1.2 抗震性能

穿斗式木结构具有较好的抗震性能,柱与础石之间的滑移、榫卯节点的较大变形,均可耗散大量地震能量,使结构具有明显的减震效果^[7]。节点耗能,是穿斗式木构架耗能的主要形式^[8],通过木材的挤压塑性变形和摩擦实现耗能,且节点刚度对木构架最大位移响应,有较大影响。尽管具有上述优势,穿斗式木结构历经大震或多次地震后,亦会发生破坏。柱脚滑移、榫头脱出、木构架整体歪斜、填充墙倒塌,均是穿斗式木结构的典型震害表现^[9-11]。

针对西南民居的震害特征,一些学者提出了抗震加固措施。针对云南西南部地区的新兴砖柱干栏式房屋,北方工业大学的研究提出,外包角钢和碳纤维布的加固方案,这两种方案可有效提高框架的承载力和耗能能力^[12];湖南大学的学者提出,将木

结构房屋原有的竖板墙改装成斜板墙,以有效控制柱底和柱顶的位移差^[13]。但目前西南民居的抗震加固实用成果较少,有待进一步深入研究。

2 西南传统民居的保温隔热性能

西南少数民族居住的大部分地区是夏热冬冷,且常年潮湿。气候适应性是当地民居建造过程中必须考虑的重要问题。

干栏式民居底层架空,顶部开敞的山墙形成上下层通风,即是其发挥隔热作用的重要构造措施^[14],很大程度地改善了二层的热环境。

湿热地区传统民居建筑的墙面和楼板都留有空隙,前者为了室内外通风,后者为了隔热^[15]。这些结构措施都保证了传统民居具有一定的保温隔热性能。对广西桂林地区少数民族干栏式建筑的研究显示^[16-17],采用CFD仿真技术模拟建筑物内部热环境及全年室内温度,对比得出夏季夜间干栏式建筑内部热环境和热舒适度指标,明显优于普通居住建筑。

尽管具有上述优势,西南民居在保温隔热性能方面仍存在很大不足。如湘西民居围护结构大多采用厚约20 mm的单层实心杉木板简单平缝拼接,隔热保温性能很差^[18]。围护结构的厚度薄、热容量较小,是围护结构隔热性能差的主要原因^[19]。

墙体材料亦影响围护结构的保温隔热性能。夯土民居夏季热舒适度较好、冬季稍差;石砌民居热舒适度在夏、冬季均较低;编竹夹泥墙和木夹壁围护结构的民居,在夏季一层的空间热舒适性较好,二层空间较差,而在冬季,这两种轻薄型墙体的民居室内热环境均较差。此外,大部分民居门窗的气密性差,冷风渗透严重,导致冬季保温性能差。

针对西南民居的保温隔热性能现状,学者们提出了以下几方面的改善建议和措施:

1) 建筑布局方面:综合通风和防热两方面的需求设计房屋朝向^[20],增强风压通风的间距控制。

2) 形体设计方面:平面形式上,炎热地区应尽量避免选用正方形平面;设计合理的坡度,可保证屋顶通风、优化立面洞口^[20]。

3) 建筑构造方面:墙体作为建筑的主要维护结构,可采用复合墙体的构造形式,利用空气间层,竖向通风槽等被动式技术,提升保温隔热性能^[20-22];

或者对不同部位的外墙木墙板,采用企口和改进构造的形式,有效阻挡冬季渗风,以提高保温性能^[14]。

屋面也是围护结构的重要组成部分,可采用复合屋面的做法,将保温层设计在屋面板中;亦可附加屋面隔热层或架空层,增强屋面隔热性能^[20]。

窗框可进行断热处理,用高效保温材料镶嵌于金属窗框之间,加大窗框的热绝缘系数^[23]。

4) 建筑材料方面:选择保温隔热性能更高的墙体材料,如目前在重庆推广的复合型烧结页岩空心砖;或采用结构保温板替代传统民居墙体,均可提高结构的保温性能^[24]。

3 西南传统民居的隔声性能

随着城镇化、现代化进程的发展,民居所在地的声环境也发生了很大变化,噪声已成为影响居民生活质量的重要因素之一。但现有的木和砖木结构建筑一般都难以满足《民用建筑隔声设计规范》的要求,急需科学合理的方式解决民居的声环境问题。

隔声测试是定量研究现有民居隔声性能的重要方法。对典型傣族民居的现场隔声测试发现,傣族建筑的隔声量平均低于标准建筑隔声量一倍^[15, 25]。昆明理工大学^[15, 25]、西安建筑科技大学^[19]、贵州大学^[26]从民居结构构造和材料方面,分析了民居隔声性能差的原因:构造方面,瓦屋面、墙面、楼板、传统门窗都有空隙,建筑内部没有墙体分割等,导致结构密封性不足,为声音的传播提供了有利条件;材料方面,民居主要采用木材等轻质材料,亦是导致结构隔声效果不好的原因。

针对此现状,学者们提出了相应的改造措施,主要从改善墙体和楼板构造、使用隔声性能较好的材料两方面入手。

构造方面:增加墙体厚度、采用双层或多层薄板叠合的方法,以改善结构的隔声性能;在承重地面上铺木地板,或在地板龙骨下铺设弹性垫块等,以改善楼板隔绝撞击声性能。

材料方面:在墙体夹层填充空气层或用多孔材料;在原楼板的表面铺设隔声良好的材料,如纤维材料、颗粒材料、泡沫材料等^[23]。目前,在传统干栏民居的室内声环境改造中,对敲打声和打击声的阻隔,尚未达到理想值。

4 西南传统民居的防火性能

木材具有较强的燃烧性,作为西南民居的主要建筑材料,可燃构件基本没有防火处理,使得此类建筑的耐火等级很低。且很多地区的民居连片修建,甚至廊檐相接,防火间距严重不足,一旦发生火灾,极易形成火势蔓延^[27-28]。

一些地区的民居还存在疏散通道不畅、电气线路不规范、无防雷设施、消防设施严重不足等问题,给民居带来很大的火灾隐患。近些年来,民居火灾时有发生,造成严重的生命危害和财产损失。

针对现有问题,一些学者提出了相应建议及改进措施。如基于桂北地区典型吊脚楼的物理模型,提出设置有效防火间隔^[29],以有效地防止火灾蔓延至周边区域,对区域大火的形成起到很好的抑制作用;也有学者从概念上提出应保证单体建筑之间的防火间距,以防止火灾大面积蔓延;对木材进行阻燃处理,可提高建筑材料的耐火等级^[30];另外,设置自动水喷淋系统和灭火器材等^[31],均可提高民居建筑的灭火能力。

5 发展建议

西南民居体现了其在自然适应性方面的独特优势,但是随着生产生活方式的进步,人们对居住环境的要求不断提高,传统民居保温隔热性能不足、隔声性能差、火灾危险大等缺点,已不能满足当地居民的现代化生活要求。且西南大部分地区处于高地震烈度的区域,民居结构安全一直被关注。

因此,在保护和继承西南传统民居建筑形态和结构形式特色的前提下,提升民居结构的安全性能、同时引入现代技术对民居进行改造,以适用居民现代化生活要求,是今后的研究重点。

1) 结构安全方面:针对民居木构的薄弱环节,采取必要的加固措施,改进既有民居的基本受力性能和抗震性能。如采用金属连接件等加固件,提高梁柱节点的抗弯和抗震性能;在木板墙或砌体墙内设置交叉杆件,提高整体结构的抗侧刚度。

2) 建筑性能方面:保留原建筑中利于热舒适性的设计,结合平面功能,加强改善采光、通风性。采用木构主体和新型材料墙体相结合,改善结构的保温隔热、隔声性能。如研制具有较好隔声性能和

保温性能的新型材料,制成具备多功能的隔声保温板,替代民居木构中的传统墙体,以改善居住性能。

对既有民居的构件进行阻燃处理,如研制适用于传统民居的新型防火涂料并涂覆于木构件表面,在保持民居外观原貌的基础上,控制火灾蔓延速度,有效保护传统民居建筑;对于未来的新建民居,除了采用前述化学方法进行阻燃处理外,必须考虑民居间的合理防火间距,避免廊檐相接的传统做法,以提高民居聚落的整体防火性能。

综上,还需从多方面深入、系统研究和改善西南民居结构性能和居住性能,以确保西南民居的可持续发展。

参考文献:

- [1] 秦良彬. 基于几何特征的穿斗式木结构节点试验研究[J]. 河南科学, 2014, 32(3): 410-412.
QIN L B. Experimental research on beam-column joint of Chuan-Dou timber structure based on geometric characteristics[J]. Henan Science, 2014, 32(3): 410-412.
- [2] 秦良彬. 基于木材嵌压理论的典型穿斗木构架节点静力特性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2012.
- [3] 隋葵, 赵鸿铁, 薛建阳, 等. 古建筑木结构直榫和燕尾榫节点试验研究[J]. 世界地震工程, 2010, 26(2): 88-92.
SUI Y, ZHAO H T, XUE J Y, et al. Experimental study on characteristics of mortise-tenon joints in historic timber buildings [J]. World Earthquake Engineering, 2010, 26(2): 88-92.
- [4] 郑培君. 古建筑木结构直榫节点抗震性能研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2014.
- [5] 李佩. 穿斗式木结构榫卯连接抗震性能试验研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [6] 李成煜. 穿斗式木构架动力特性的简化分析[J]. 工程抗震, 1987(2): 38-40.
- [7] 王海东, 尚守平, 何放龙, 等. 穿斗式木构架结构与轻型木结构抗震性能振动台试验研究[J]. 建筑结构学报, 2012, 33(6): 138-143.
WANG H D, SHANG S P, HE F L, et al. Shake table tests of Chinese traditional wood building and light wood framed building [J]. Journal of Building Structures, 2012, 33(6): 138-143.
- [8] 黄舜, 傅宇光. 穿斗式木构架抗震特性分析[J]. 结构工程师, 2014, 30(1): 107-110.
HUANG S, FU Y G. Study of seismic characteristic of a Chuan-dou style (or column and tie joint) wood frame house [J]. Structural Engineers, 2014, 30(1): 107-110.
- [9] 曲哲, 钟江荣, 孙景江. 四川芦山 7.0 级地震中非抗震设防民居的震害特征[J]. 建筑结构学报, 2014, 34(5): 157-164.
QU Z, ZHONG J R, SUN J J. Seismic damages of non-seismic design residential houses in the M7.0 Lusan earthquake [J]. Journal of Building Structures, 2014, 34(5): 157-164.
- [10] 潘毅. 汶川地震中木结构古建筑的震害调查与分析[J]. 建筑科学, 2012, 28(7): 103-106.
PAN Y. Investigation and analysis of seismic damage for Chinese ancient timber buildings in Wenchuan earthquake [J]. Building Science, 2012, 28(7): 103-106.
- [11] 王晓刚, 田甜, 马成. 我国西南地区乡村自建民居抗震性能分析与建议[J]. 甘肃科技纵横, 2016, 45(4): 66-69.
- [12] 姚晨辰. 云南少数民族干栏式房屋抗震加固试验研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2017.
- [13] 黄曙. 农村典型木结构房屋的抗震性能及加固措施研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
- [14] 毛国辉. 侗族传统干栏式民居气候适应与功能整合研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [15] 丁允. 传统木构干栏民居室内声环境的改造研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2014.
- [16] 薛兴, 葛敏, 翁宗祥, 等. 干栏式建筑的研究与空调能耗分析[J]. 装备制造技术, 2014(12): 213-215.
XUE X, GE M, WENG Z X, et al. The application of Gan-Lan style structure in Southwest district and analysis of air conditioning energy consumption[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2014(12): 213-215.
- [17] 薛兴, 王冕, 吉林波. 广西桂林龙胜地区干栏式建筑热舒适度的研究[J]. 土木建筑与环境工程, 2013, 35(S2): 140-142.
XUE X, WANG M, JI L B. Research on comfort index of Gan-Lan dwellings in LongSheng area of Guangxi province, Guilin city [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2013, 35(S2): 140-142.
- [18] 刘盛, 刘益明, 姜彬. 湘西传统民居节能改造研究[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 50-55.
LIU S, LIU Y M, JIANG B. Analysis of energy efficiency retrofitting in traditional dwellings in west Hunan [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 50-55.
- [19] 林涛. 桂北民居的生态技术经验及室内物理环境控制技术研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2004.
- [20] 刘江乔. 基于巴渝传统民居被动式降温模式的村镇住区设计研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [21] 梁君可. 论傣族民居的气候适应性设计[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2014.
- [22] 王建国, 朱文月. 贵州既有民居建筑节能改造措施研究[J]. 建筑学报, 2012(S1): 118-122.
- [23] 刘卉. 传统村落民居室内环境质量综合改造新技术应用研究[D]. 重庆大学, 2017.
- [24] 刘晓娜, 周海宾. 结构用木质保温板(SIPs)的产业现状及发展前景[J]. 木材工业, 2017, 31(2): 14-18.
LIU X N, ZHOU H B. Current Status and Future Development of Wood-based Structural Insulated Panels (SIPs) [J]. China Wood Industry, 2017, 31(2): 14-18.
- [25] 丁允, 柏文峰. 傣族干栏民居声环境现状分析[J]. 低温建筑技术, 2104(3): 35-37.
- [26] 卢云. 黔东南苗族传统民居地域适应性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.
- [27] 叶雁冰, 张余萍, 翟滢莹. 广西侗族传统木构民居的防火改造对策思考[J]. 遗产与保护研究, 2018, 3(11): 1-3.
YE Y B, ZHANG Y P, ZHAI Y Y. On fire protection reform of traditional wooden structure of the Dong minority in Guangxi [J]. Research on Heritages and Preservation, 2018, 3(11): 1-3.
- [28] 童华伟. 贵州吊脚楼防火对策研究[J]. 贵阳学院学报(自然科学版), 2011, 6(3): 39-41.
TONG H W. Study on the countermeasures of Diaojiaolou fire protection in Guizhou [J]. Journal of Guizhou College (Natural sciences), 2011, 6(3): 39-41.
- [29] 郭福良. 木结构吊脚楼建筑群火灾蔓延特性研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2012.
- [30] 赵立玖. 木结构民居功能拓展与安全性提升一体化研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [31] 李智, 刘文德. 丽江传统木构建筑榫卯节点防火性能调查[J]. 科技视界, 2015 (27): 68-69.

(本文编校 姜 征、向 琴)