

# 建筑节能

BUILDING ENERGY EFFICIENCY

月刊

ISSN 1673-7237

CN 21-1540/TU

CODEN JJIIDR

2020

12

中国建筑科学类核心期刊

**命运共同体**  
直流建筑 健康建筑  
保护国家知识产权 相变材料  
防疫常态化 中国科技力量  
AI 学术、技术交流平台 中国行业态度 三维导热  
绿色建筑创建行动方案 碳足迹因子  
智能建筑 2030 数据挖掘 5G

**战“疫”期 清洁能源**  
风电  
城市碳收支 一次能源消费比重  
非化石能源 省域低碳规划  
光储直柔 智慧建筑  
技术 交流 BIM→CIM 蓄能墙体  
建筑碳中和  
太阳能发电 气候风洞  
清洁供热 森林蓄积量  
行动方案 蓄能墙体  
弃风利用  
健康建筑 南方建筑供暖  
常态化 强化学习算法 BIM→CIM 2060 建筑表皮 清洁供热  
近零能耗建筑 建环产学研 产能建筑  
减排 相变材料 建筑工业化 二维稳态传热 碳达峰  
产学研 动态建筑表皮 5G 建筑节能 碳中和  
运行管理与调适 建筑工业化  
智能建筑 数据挖掘 蒸压加气混凝土 直流建筑  
碳达峰 空气源热泵供暖

**共同愿景**  
碳达峰

年度聚焦



- 建筑科学领域高质量科技期刊分级目录期刊
- 中国科技核心期刊/中国科技论文统计源期刊
- RCCSE中国核心学术期刊
- 全国建筑行业精品期刊
- 中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊
- 中国学术期刊综合评价数据库收录期刊
- 中文科技期刊数据库收录期刊
- 中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊
- 美国《乌利希期刊指南(网络版)》(Ulrichsweb)注册期刊
- 美国总务集团ProQuest数据库来源期刊
- 美国《科学文摘》(网络版, INSPEC)来源期刊
- 美国《化学文摘》(网络版) (CAI)来源期刊

# 《建筑节能》理事会名单

(排名不分先后)

## 理事长单位



中国建筑工程总公司  
地址：北京市中建大厦A座18层



中国建筑东北设计研究院有限公司  
地址：沈阳市和平区南堤西路905号中海国际中心B座



中国建筑节能协会  
地址：北京市海淀区三里河路11号建材南配楼1533室



清华大学  
地址：北京市海淀区清华大学建筑学院建筑技术系

## 副理事长单位



中国建筑科学研究院  
地址：北京市海淀区北三环东路30号



中国建筑材料联合会  
地址：北京市海淀区三里河路11号建材南配楼

## 理事单位

住房和城乡建设部建筑节能中心  
地址：北京市海淀区三里河路9号



清华大学建筑节能研究中心  
地址：北京市海淀区双清路30号清华园清华大学



中国建筑学会建筑材料分会  
地址：北京市海淀区三里河路9号建设部内



中国节能协会群智能建筑节能专业委员会  
地址：北京市海淀区双清路30号清华园清华大学



中国建筑学会建筑改造和城市更新专业委员会  
地址：北京市朝阳区北三环东路30号



哈尔滨工业大学  
地址：哈尔滨市南岗区黄河路73号哈尔滨工业大学二学区环境学院



天津大学  
地址：天津市南开区卫津路92号



同济大学  
地址：上海市四平路1239号



东南大学  
地址：江苏省南京市玄武区四牌楼2号



西安建筑科技大学  
地址：西安市碑林区雁塔路中段13号



重庆大学  
地址：重庆市沙坪坝区沙正街174号重庆大学B区城市建设与环境工程学院



华南理工大学  
地址：广州市番禺区广州大学城



山东建筑大学  
地址：山东省济南市高新开发区临港南区



北京建筑大学  
地址：北京市西城区展览馆路1号科技处



上海市建筑科学研究院(集团)有限公司  
地址：上海市徐汇区宛平南路75号1号楼3楼



中国建设科技集团股份有限公司  
地址：北京市西城区德胜门外大街36号凯旋大厦A座1709室



贵州中建建筑科研设计院有限公司  
地址：贵州省贵阳市甘荫塘甘平路4号



深圳市建筑科学研究院股份有限公司  
地址：深圳市福田区上梅林梅坳三路29号建科大楼

## 秘书处

《建筑节能》杂志社

地址：沈阳市和平区南堤西路905号  
中海国际中心B座0310室(110000)

联系人：侯恩哲 魏巍 陶袁庆  
联系电话：024-81978463

# 建筑节能

JIANZHU JIENENG

2020年第12期



第 353 页  
封面  
目录

建筑科学领域高质量科技期刊分级目录期刊  
中国科技核心期刊/中国科技论文统计源期刊  
RCCSE 中国核心学术期刊  
全国建筑行业精品期刊

中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊  
中国学术期刊综合评价数据库收录期刊  
中文科技期刊数据库收录期刊  
中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊  
英国《科学文摘·网络版》(INSPEC)来源期刊  
美国《乌利希期刊指南·网络版》注册期刊  
美国信息集团 ProQuest 数据库(前《剑桥科学文摘》)来源期刊  
美国《化学文摘·网络版》来源期刊

## 本刊声明

(1)本刊已加入中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊综合评价数据库、中文科技期刊数据库、中国科学引文数据库、万方数据·数字化期刊群、《超星期刊域出版平台》全文收录期刊、美国《化学文摘》(CA)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)等。凡本刊刊登的论文,将统一编入上述数据库。如作者不同意,请在来稿首页的显著位置作出书面声明,本刊将视情况作相应处理,否则视为同意编入。

(2)根据《著作权法》,来稿一经录用,编辑部对来稿享有作者著作权中的复制权、发行权、网络传播权、汇编权,以及对作品做文字性修改、删节的权力等。著作权使用费与本刊稿酬一并支付。如投稿作者未作特别声明,则视为同意此项授权。

《建筑节能》编辑部

## 目次

### 绿色建筑设计与评价

- 1 既有建筑可持续改造设计策略与节能技术研究  
董轶欣,李 绥, Martin Wollensak
- 10 既有工业建筑适应性再生及节能后评价研究  
杜书波,杨 丽,赵庆双,张 鹏
- 15 基于 LCA 性能的高层住宅建筑设计参数敏感度研究  
杨 崑,羊思静
- 24 遮阳设计与用户行为对夏冬暖地区住宅能耗的探究分析  
张 楠,刘 刚,满孝新
- 30 未来气候变化下不同屋顶类型的建筑能耗评估  
闫春辉,任 婧,刘吉营

### 保温隔热与材料

- 36 西藏传统民居改造中的墙体蓄热性能建议  
李峥嵘,斯 阳,赵 群,谢一建,陆世康
- 41 常见外窗型材填充保温材料对热工性能的影响研究  
梅国永,李 琪,杨娇娇,李海滨,李 迪
- 46 农村建筑外墙局部保温及性能测试  
王冬计,刘联胜,高 英,王爱新,祁广钰,王恩宇,胡玉洁
- 51 再生聚丙烯颗粒对水泥砂浆性能的影响研究  
叶邦土,吕润平

### 暖通空调

- 55 空气源热泵热风机组及毛细管网辐射供暖的节能热舒适性研究  
胡俊涛,王赞社,尹芳汀,吴 越
- 62“红飘带”显示屏背后腔体的通风散热方案分析  
周 浩,张菁华,刘建华,刘加根,洪迎迎
- 69 办公建筑空调冷负荷预测模型  
贺延壮,曾贺湛,赵晓宇,潘立君
- 73 基于 Airpak 的冬季办公室机械通风研究  
宫克勤,杨子昱,张 楠

### 可再生能源及其应用

- 77 公共机构综合能源系统模拟计算平台开发  
乔 鏢,倪 晶,冯晓梅,李 骥,薛汇宇
- 83 严寒地区供暖用空气源热泵机组群热环境模拟  
田晓焱,马广兴,梁春阳

- 89 太阳能百叶窗应用于主被动结合式太阳房的室内热环境研究  
白梦梦,王洋浩,王志华,康彦青,郑爱平

### 节能改造与技术

- 96 广州市公共建筑室内照明情况现状调研与分析  
罗运有,刘畅,余鹏
- 99 基于实际热需求的单一建筑类型区域供热系统节能调控方法研究  
姜永增,刘涛,潘军刚
- 105 医院业务增加引起的能源浪费及节能措施分析  
李智慧,赵琨浩,李树勋
- 111 集中淋浴废水余热回收利用研究  
蔡辉旺,陈亦文,曾清

### 节能经济与行业研究

- 115 能源定价机制对行为节能的驱动作用研究  
邓慧妍,丁研,潘毅群
- 123 基于 ANP-TOPSIS 的低碳供应链下建筑供应商的选择研究  
李辉山,石晓勤

### 标准规范与检测

- 129 建筑节能率的计算和转换关系研究  
殷健,瞿海霞

### 生态城市与环境

- 132 西北校园雨水收集利用的可行性研究  
董潇君,赵廷红
- 137 高温环境下居住区景观气候适应性设计  
陶贵俏,齐怀智
- 144 冬奥冰壶场馆室内  $PM_{2.5}$  浓度实测及影响因素分析  
杜晓辉

### 国际文摘

- 150 Energy and Buildings, 2020-228

### 佳音

- 9 《建筑节能》期刊入选“建筑科学领域高质量科技期刊分级目录(2020年)”
- 23 刘加平院士荣获“全国先进工作者”荣誉称号
- 40 《建筑节能》杂志编委林波荣教授获颁2020年“科学探索奖”
- 110 《建筑节能》杂志编委范欣荣获“全国劳动模范”荣誉称号

### 通知

- 150 《建筑节能》期刊2021年出版文种调整为“中英文”

### 彩色广告:

封一:《建筑节能》杂志社

封二:专业媒体合作平台

封三:《建筑节能》广告招商

封四:《建筑节能》征稿简则

# CONTENTS

## Editorial Committee of "Building Energy Efficiency"

### Directors

JIANG Yi  
MAO Zhi-bing

### Deputy-Directors

LONG Wei-ding      FENG Ya  
ZHU Ying-xin      LI De-ying  
JIN Li-na            XU Wei

### Consultants of "Building Energy Efficiency"

WANG You-wei      WU De-sheng  
WU Yong            LANG Si-wei  
LI De-xiang

### Commissary

WANG Li-xiong      WANG Zhi-feng  
WANG Yi            WANG Zhao-jun  
WANG Sheng-wei      WANG Chong-jie  
WANG Qing-qin      MA You-cai  
NIU Jian-lei          TIAN Wei  
FENG Guo-hui        SHI Wen-xing  
FU Xiang-zhao        REN Jun  
RAN Mao-yu          LIU Xiao-hua      LIU  
Gang                  XU Jin-feng          XU  
Peng                  LI Bai-zhan          LI  
Xian-ting              LI Gui-wen  
LI Zheng-rong        LI Bing-hua  
JI Wei                  WU Hui-jun  
CHEN Zhi-xin        SONG Bo  
YANG Liu              YANG Shi-chao  
YANG Jian-rong      YANG Wei-ju  
YU Zhuang            ZHANG Xu  
ZHANG Ren-yu        ZHANG Ji-li  
ZHANG Yin-ping      ZHANG Yin  
HE Zi-nian            LIN Bo-rong  
JIN Hong              JIN Peng  
MENG Qing-lin        MENG Chong  
FAN Xin                ZHOU Hui  
ZHAO Li-hua          ZHAO Li  
ZHAO Wen-hai        HAO Bin  
GAO Lian-yu          GAO Yan  
GAO Qing-long        GUO Xiao-yan  
QIN Zhao-kui        XU Qiang  
XU Wen-long          XIA Zhuo-ping  
CAO Yang              HUANG Chen  
GONG Yan-feng        GE Jian  
ZENG Jie              DONG Hong  
HAN Zong-wei        DUANMU Lin  
PAN Yi-qun            YAN Da

- 1 Design Strategies and Energy-saving Technologies for Sustainable Retrofitting of Existing Buildings *DONG Yi-xin, LI Sai, Martin Wollensak*
- 10 Ecological-adaptive Reuse and Post-evaluation on Energy-efficiency of Industrial Heritage *DU Shu-bo, YANG Li, ZHAO Qing-shuang, ZHANG Peng*
- 15 Sensitivity Study of the Design Parameters for High-rise Residential Buildings Based on the LCA Performances *YANG Wei, YANG Si-jing*
- 24 Research and Analysis on Energy Consumption of Residential Buildings in Hot Summer and Warm Winter Zone by Shading Design and User Behavior *ZHANG Nan, LIU Gang, MAN Xiao-xin*
- 30 Building Energy Consumption Assessment of Different Roof Types under Future Climate Change *YAN Chun-hai, REN Jing, LIU Ji-ying*
- 36 Suggestion on Retrofitting the Wall Thermal Inertia Index for Non-Heated Traditional House in Tibet *LI Zheng-rong, SI Yang, ZHAO Qun, XIE Yi-jian, LU Shi-kang*
- 41 Influence of Insulation Materials Filled in Common Exterior Window Profile on Thermal Performance *MEI Guo-yong, LI Qi, YANG Jiao-jiao, LI Hai-bin, LI Di*
- 46 Partial Peach-Shape Insulation and Performance Test for Rural Building *WANG Dong-ji, LIU Lian-sheng, GAO Ying, WANG Ai-xin, QI Guang-yu, WANG En-yu, HU Yu-jie*
- 51 Impact of Recycled Polypropylene Particles on the Properties of Cement Mortar *YE Bang-tu, LYU Run-ping*
- 55 Energy Saving Thermal Comfort of Hot Air Unit of Air Source Heat Pump and Capillary Network Radiant Heating *HU Jun-tao, WANG Zan-she, YIN Fang-ting, WU Yue*
- 62 Design of the Ventilation and Heat Dissipation Scheme for the Back Cavity of the "Red Ribbon" Display Screen *ZHOU Hao, ZHANG Jing-hua, LIU Jian-hua, LIU Jia-gen, HONG Ying-ying*
- 69 Cooling Load Prediction Model for Office Buildings *HE Yan-zhuang, ZENG He-zhan, ZHAO Xiao-yu, PAN Li-jun*
- 73 Mechanical Ventilation of Office Based on Airpak in Winter *GONG Ke-qin, YANG Zi-yu, ZHANG Nan*
- 77 Development of Simulation and Computing Platform for Integrated Energy System of Public Institutions *QIAO Biao, NI Jing, FENG Xiao-mei, LI Ji, XUE Hui-yu*
- 83 Simulation on Thermal Environment of Air Source Heat Pump Units for Heating in Severe Cold Regions *TIAN Xiao-yan, MA Guang-xing, LIANG Chun-yang*
- 89 Indoor Thermal Environment of Active and Passive Combined Solar House with Solar Venetian Blinds *BAI Meng-meng, WANG Feng-hao, WANG Zhi-hua, KONG Yan-qing, ZHENG Ai-ping*
- 96 Investigation and Analysis of the Status Quo of Indoor Lighting Condition of Public Buildings in Guangzhou *LUO Yun-yu, LIU Chang, YU Peng*
- 99 Energy-saving Regulation Method of District Heating System of Single Building Type Based on Actual Heat Demand *JIANG Yong-zeng, LIU Tao, PAN Jun-gang*
- 105 Energy Waste Due to the Increase of Hospital Business and the Analysis of Energy Saving Measures *LI Zhi-hui, ZHAO Kan-hao, LI Shu-xun*
- 111 Recovery and Utilization of Waste Heat from Shower Wastewater *CAI Hui-wang, CHEN Yi-wen, ZENG Qing*
- 115 Driving Effect of Energy Pricing Mechanism on Behavioral Energy Conservation *DENG Hui-yan, DING Yan, PAN Yi-qun*
- 123 Selection of Construction Suppliers under the Low Carbon Supply Chain Based on ANP-TOPSIS *LI Hui-shan, SHI Xiao-qin*
- 129 On Calculation and Conversion of Building Energy Saving Rate *YIN Jian, QU Hai-xia*
- 132 Feasibility of Rainwater Collection and Utilization on Campus in Northwest China *DONG Xiao-jun, ZHAO Ting-hong*
- 137 Adaptable Design of Landscape Climate in Residential Area under High Temperature Environment *TAO Gui-qiao, QI Hui-zhi*
- 144 Measurement and Analysis of PM<sub>2.5</sub> Particle Concentration in Olympic Curling Stadium in Winter *DU Xiao-hui*

# 建筑节能

JIANZHU JIENENG

建筑节能 BUILDING ENERGY EFFICIENCY

月刊 Monthly

1973年创刊 First Issued in 1973

国内统一连续出版物号 CN 21-1540/TU

国际标准连续出版物号 ISSN 1673-7237

Publication Date 出版日期 2020.12.25 December 25, 2020

2020年第12期(总第358期) No.12 in 2020(Total No.358)

Management 主管 中国建筑东北设计研究院有限公司

China Northeast Architectural Design & Research Institute Co.Ltd.

Sponsor 主办 中国建筑东北设计研究院有限公司

China Northeast Architectural Design & Research Institute Co.Ltd.

中国建筑节能协会

China Association of Building Energy Efficiency(CABEE)

Editor/Publisher 编辑/出版 《建筑节能》编辑部

Editorial Department of Building Energy Efficiency

President 社长 崔景山 CUI Jing-shan

Editor-in-Chief 总编 张彤 ZHANG Tong

Chief Editor 主编 侯恩哲 HOU En-zhe

Deputy Chief Editor 副主编 吴景山 WU Jing-shan

Director of Editorial Department 编辑部主任 侯恩哲 HOU En-zhe 13555795369

Responsible Editor 责任编辑 魏巍 WEI Wei 13897919032

Assistant Editor 助理编辑 陶袁庆 TAO Yuan-qing

Editorial Department Tel 编辑部电话 (024)81978463

E-mail 工作信箱 bee@vip.126.com

Contribution on-line 在线投稿采编平台 <http://fcyy.cbpt.cnki.net>

Address 地址 110000/ 沈阳市和平区南塔西路905号中海国际中心B座3F

Director of AD Department 广告部主任 魏巍 WEI Wei

Tel 电话 (024)81978463

E-mail 信箱 bee@vip.126.com

AD License 广告许可证号 2101001500076

Bank Account 开户行 招商银行股份有限公司沈阳分行营业部

Account Name 户名 中国建筑东北设计研究院有限公司建筑节能杂志社

Account No. 账号 124908133110101

Distribution Range 发行范围 国内外发行 P.R. China & Overseas

General Distribution in China by 国内总发行 辽宁省邮政公司报刊发行公司

Magazine Distribution Company, C. P. G. L. P. B.

Postal Distribution Code 邮发代号 8-107

Ordering 订购 全国各地邮局 The Post Office in all Parts of the Country

Pricing 定价 RMB 35.00 元(国内) US \$ 25(境外)

General Distribution Abroad by 海外总发行 中国国际图书贸易集团有限公司

China International Book Trading Corporation

International Postal Distribution Code 国外发行代号 M8079

Printing 印刷 沈阳中科印刷有限责任公司

Shenyang Zhongke Printing Co., Ltd.

## 编委会

主任委员

江亿 毛志兵

副主任委员

龙惟定 冯雅 朱颖心

李德英 金丽娜 徐伟

顾问

王有为 吴德绳 武涌

郎四维 栗德祥

委员(以姓氏笔画为序)

王立雄 王志峰 王怡

王昭俊 王盛卫 王崇杰

王清勤 马友才 牛建磊

田炜 冯国会 石文星

付祥钊 任俊 冉茂宇

刘晓华 刘刚 许锦峰

许鹏 李百战 李先庭

李桂文 李峥嵘 李炳华

季伟 吴会军 陈志新

宋波 杨柳 杨仕超

杨建荣 杨维菊 余庄

张旭 张仁瑜 张吉礼

张寅平 张崑 何梓年

林波荣 金虹 金鹏

孟庆林 孟冲 范欣

周辉 赵立华 赵锜

赵文海 郝斌 高连玉

高岩 高庆龙 郭晓岩

秦朝葵 徐强 徐稳龙

夏卓平 曹阳 黄晨

龚延凤 葛坚 曾捷

董宏 韩宗伟 端木琳

潘毅群 燕达

郑重声明:本刊从不与任何线上线下稿件代理机构合作!所征集稿件均由作者本人通过本刊唯一在线投稿平台(<http://fcyy.cbpt.cnki.net>)进行实名注册、上传投稿、审稿定稿,望广大读者、作者朋友们周知,不要轻信网络代理机构假冒投稿平台,明辨搜索引擎“推广”链接,避免个人稿件著作权受损!

《建筑节能》编辑部

# 西藏传统民居改造中的墙体蓄热性能建议\*

李峥嵘<sup>a</sup>, 斯阳<sup>a</sup>, 赵群<sup>b</sup>, 谢一建<sup>a</sup>, 陆世康<sup>a</sup>

(同济大学 a. 机械与能源工程学院; b. 建筑与城市规划学院, 上海 200092)

**摘要:** 随着藏区经济的发展和居住的改善,拉萨周边住宅逐渐由传统民居转变或改造为具有良好保温性能及气密性的现代建筑,但新建民居对太阳能利用有限,在冬季无集中供暖时室内热环境较差。因此在实地调研的基础上,通过 EnergyPlus 软件对不同墙体蓄热能力和蓄热方位下的建筑室内空气温度进行模拟。结果表明:对于无供暖的农村建筑,大窗墙比南向房间蓄热性能增强,无法明显提升北向房间室内气温的稳定性;北向房间蓄热性能的增强可同时提高房间的室温和房间对室外温度波动的衰减能力;在有限的经济或资源条件下,可适当削减南向房间外墙蓄热性能而优先考虑满足北向房间墙体蓄热性能需求。

**关键词:** 热惰性指标; 民居改造; 保温; 气密性; 拉萨

**中图分类号:** TU111; TU241.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2020)12-0036-05

## Suggestion on Retrofitting the Wall Thermal Inertia Index for Non-Heated Traditional House in Tibet

LI Zheng-rong<sup>a</sup>, SI Yang<sup>a</sup>, ZHAO Qun<sup>b</sup>, XIE Yi-jian<sup>a</sup>, LU Shi-kang<sup>a</sup>

(a. School of Mechanical Engineering; b. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** With the improvement of Tibetan economic conditions and the living comfort ability, residences around Lhasa gradually move from traditional dwelling to modern house with higher thermal resistance and lower infiltration. But for non-central-heated buildings, this kind of envelope could not make full use of solar energy to improve indoor environment in different orientated rooms in winter. Thus, the thermal capacity difference of wall materials between the non-heated traditional dwellings and new-built houses are analyzed, as well as its influence on the indoor thermal environment. Based on field survey and measurement, the software EnergyPlus is used for indoor air temperature simulation in different wall conditions. The results show that for non-heated house in Tibet, improving north-faced room's wall heat storage performance can improve indoor thermal environment and the need for wall thermal capacity should be given priority in limited economic or resource conditions.

**Keywords:** thermal inertia index; dwelling retrofit; insulation; air tightness; Lhasa

## 0 引言

传统民居是居民在社会和建筑不断发展过程中为适应当地气候、资源、经济等条件而逐渐形成的地域性建筑<sup>[1-2]</sup>。西藏地区因海拔高、地形复杂及太阳辐射强等因素形成了当地独特的气候条件<sup>[3-5]</sup>和建筑风格,对于无集中供暖的传统民居,采用具有良好

保温和蓄热性能的重质墙体来改善室内热环境<sup>[6-9]</sup>;而改造新建或者异地搬迁的新建民居则选择绝热性能好的轻质保温材料与混凝土材料复合的墙体构造<sup>[10]</sup>。

众所周知,轻质保温材料可以降低围护结构热损失,但是对于太阳能的蓄存利用能力较差,尤其是对无集中供暖建筑,保温与蓄热都非常重要。而现有研究主要集中于传统民居和新建建筑围护结构的保温隔热性能差异及其对室内热环境的影响<sup>[11-14]</sup>,对于墙体蓄热性能的影响研究较少且不全面<sup>[9,15-17]</sup>。本

收稿日期: 2019-02-19; 修回日期: 2020-12-18

\* 基金项目: 国家重点研发计划资助项目“基于多元文化的西部地域绿色建筑模式与技术体系”(2017YFC0702400)

文尝试通过软件模拟分析,探索这类建筑改造中围护结构的不同蓄热能力和蓄热方位对建筑热环境的影响,为改善该类建筑的室内热环境提供参考。

### 1 拉萨村镇民居实地调研

堆龙德庆区是西藏自治区拉萨市辖区,位于西藏自治区中南部,拉萨市西部。随着藏区农村经济的不断发展,堆龙德庆区发展迅速并于2018年10月被批

准脱离贫困县(区),当地住宅建筑的改造和搬迁进展也在快速推进。作者于2018年7月选取了那曲荣玛乡搬迁点和贾热村进行民居调研与实地测试。

如图1所示,该地区民居在改造与更新过程中对传统民居的平面形式与功能布局进行了延续和继承。同时,因受到现代生活方式与理念的影响,新建民居在围护结构选材与构造上也有了较大的改变。



图1 当地民居  
Fig. 1 Local dwelling

根据实地调研结果的统计,拉萨地区传统民居围护结构选材主要为黏土(500~800 mm)、花岗石(350~550 mm)、碎石混凝土(250~350 mm),屋顶为黏土屋顶;新建民居围护结构为碎石混凝土与高效保温材料(40 mm EPS保温板)结合的复合墙体(250~350 mm),屋顶为混凝土屋顶。新建民居多为南向大窗墙比、北向小窗墙比设计<sup>[7]</sup>。基于此,本文模拟研究中涉及的相关墙体及参数选择见表1。

### 2 拉萨周边民居热环境实测

针对当地典型的新建民居以及石材墙体和土坯砖墙体的传统民居,作者各选取一栋具有代表性的民居进行了2~3 d的测试,3栋民居围护结构的构造形

式及相关参数见表2,其布局及测点布置见图2。图3~5所示为7月29日13:00~7月30日13:00相邻南北向房间室内外空气温度的变化情况。

表1 拉萨村镇墙体主要材料

Table 1 Main materials for walls in villages and towns in Lhasa

| 材料名称  | 导热系数<br>[W/(m·K)] | 蓄热系数<br>[W/(m <sup>2</sup> ·K)] | 比热容<br>[kJ/(kg·K)] | 密度<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------|-------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------|
| 花岗石   | 2.45              | 19.26                           | 0.82               | 2 640                      |
| 粗砂泥浆  | 0.47              | 6.36                            | 1.01               | 1 200                      |
| 碎石混凝土 | 1.90              | 16.58                           | 0.84               | 2 372                      |
| 粘土    | 0.70              | 9.24                            | 1.05               | 1 600                      |
| EPS材料 | 0.028             | 0.46                            | 2.1                | 50                         |

表2 不同材料墙体构造及热工参数<sup>[9]</sup>

Table 2 Wall structure and thermal parameters of different materials

| 墙体类型 | 构造形式(由外至内) | 传热系数/[W/(m <sup>2</sup> ·K)] | 热惰性指标 |
|------|------------|------------------------------|-------|
| 混凝土  | 外墙         | 40 mm EPS保温板+300 mm混凝土       | 0.57  |
|      | 内墙         | 300 mm混凝土                    | 3.06  |
| 土坯砖  | 外墙         | 25 mm泥浆+500 mm黏土+25 mm泥浆     | 1.01  |
|      | 内墙         | 25 mm泥浆+500 mm黏土+25 mm泥浆     | 1.01  |
| 石材   | 外墙         | 550 mm花岗石                    | 2.54  |
|      | 内墙         | 550 mm花岗石                    | 2.54  |

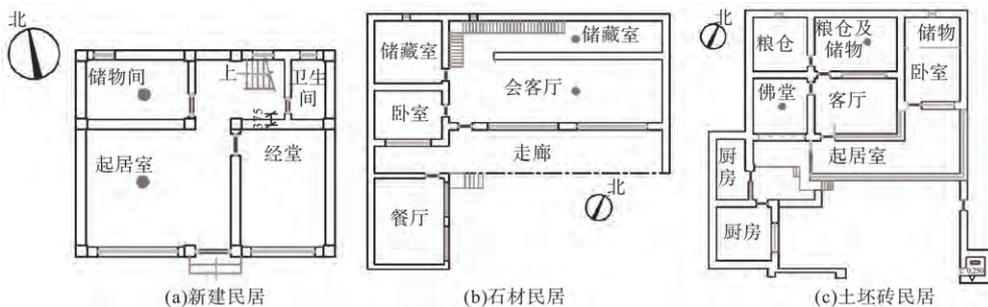


图2 民居布局及测点布置

Fig. 2 Dwellings layout and test points

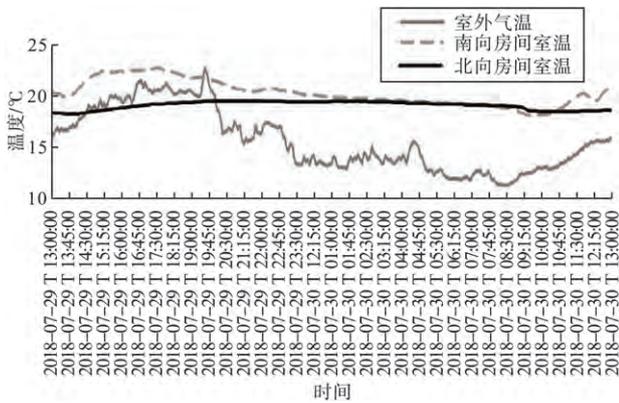


图3 混凝土墙体房间室内外空气温度

Fig. 3 Indoor and outdoor temperature of building with concrete wall

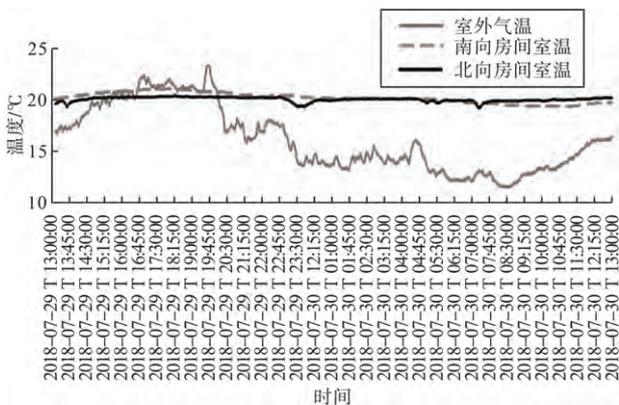


图4 石材墙体房间室内外空气温度

Fig. 4 Indoor and outdoor temperature of building with stone wall

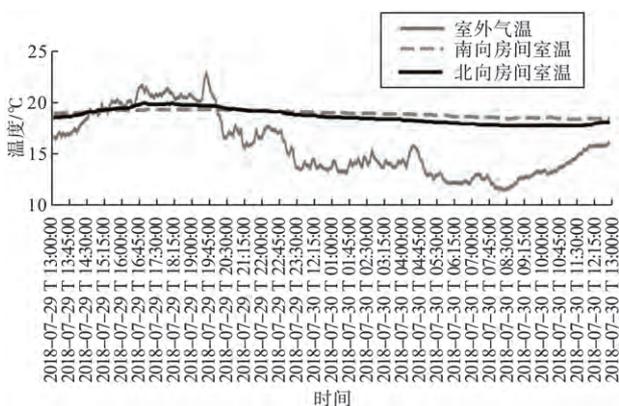


图5 土坯砖墙体房间室内外空气温度

Fig. 5 Indoor and outdoor temperature of building with adobe wall

实测结果显示,夏季室内温度均低于24℃,无过热现象。在相同的室外气象条件下,新建民居南向房间室内日均气温较高,室温波动大,同时,南北向房间存在明显温差。传统民居南北向房间温差小且室温相对稳定,但室内气温日均值低于新建民居的室内气温日均值。

根据调研结果,拉萨周边民居围护结构由侧重蓄热性能的重质墙体向侧重保温的轻质墙体转变。结合实测结果不难发现:传统民居室内温度稳定,但室内温度低;新建民居室内温度高,但日较差大。因此

对于藏区太阳能资源丰富,在保证一定热阻的基础上,增大围护结构太阳能利用对于改善非采暖建筑尤其是北向房间冬季室内热环境是可行且有效的,同时在夏季也无过热风险。基于此,本文在实地调研所获信息基础上,采用模拟分析方法对此进行探讨。研究主要以新建建筑围护结构为对象,在维持墙体恒定的传热系数的前提下,分析墙体热惰性变化带来的影响。对于非采暖建筑,冬季室内热环境是调控重点,下文仅分析冬季工况。

### 3 墙体热惰性对室内空气温度的影响分析

#### 3.1 建筑热工模型概况

为了简化工作,本文利用 EnergyPlus 软件建立了简化的建筑模型。模拟中选取拉萨市典型年气象数据为输入气象参数,选取冬至日作为模拟时间段。根据调研结果,模型建筑规模选择为:长4.35 m、宽4 m、高2.7 m,南北向窗墙比分别为0.49和0.05。围护结构热工参数参考《西藏自治区民用建筑节能设计标准》和实地调研情况进行设置,外墙传热系数均为0.50 W/(m<sup>2</sup>·K),内墙均为300 mm混凝土,具体参数见表3。考虑到所调研村镇无集中供暖,模拟中忽略室内人员、照明和供暖设备(如火炉)等,为自然运行情况。

表3 模型外墙热工性能参数

Table 3 Thermal performance of model exterior wall

| 类型 | 构造形式                     | 热惰性指标 |
|----|--------------------------|-------|
| 1  | 48.3 mm EPS + 200 mm 混凝土 | 2.54  |
| 2  | 46.9 mm EPS + 300 mm 混凝土 | 3.39  |
| 3  | 45.4 mm EPS + 400 mm 混凝土 | 4.24  |
| 4  | 43.9 mm EPS + 500 mm 混凝土 | 5.08  |

对南、北向房间均选择4类外墙进行模拟,共16种组合方式,见表4。

表4 不同工况设置

Table 4 Different conditions

| 南向房间外墙 \ 北向房间外墙 | 北向房间外墙 |     |     |     |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|
|                 | 类型1    | 类型2 | 类型3 | 类型4 |
| 类型1             | 1-1    | 1-2 | 1-3 | 1-4 |
| 类型2             | 2-1    | 2-2 | 2-3 | 2-4 |
| 类型3             | 3-1    | 3-2 | 3-3 | 3-4 |
| 类型4             | 4-1    | 4-2 | 4-3 | 4-4 |

#### 3.2 墙体蓄热对不同朝向房间室内气温的影响

根据调研结果,当地民居空间使用可分为两种类型:①南北向房间连通较好的民居;②南北向房间连通较差的民居。模拟中也分别考虑了这两种条件。

##### 3.2.1 南北房间使用中不连通工况

图6所示为16种外墙组合方式下不同房间的室内空气温度日平均温度和日较差模拟结果。

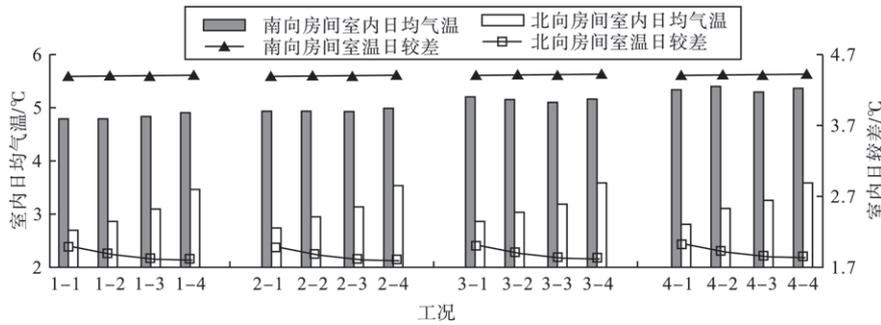


图6 不连通条件下不同工况室内日平均气温与日较差

Fig. 6 Variation of the daily average indoor temperature and the daily range of different working conditions under disconnected conditions

由图6可知,保持南向房间外墙类型不变时,分析北向邻室外墙改变的影响:增大北向房间外墙蓄热性能(由墙体类型1至类型4)平均可使北向房间室内日均气温升高26.8%,同时使室内气温波动减小9.9%;但对南向房间室内气温提高和日较差减小的影响较小。这是由于小窗墙比的北向房间墙体蓄热性能提高所增加的蓄热量,在房间连通不良时,对受到充分太阳直射的南向房间所起的作用十分有限。

保持北向房间外墙类型不变时,分析南向邻室外墙改变的影响:增大南向房间外墙蓄热性能,在大窗墙比条件下,无法明显减小南向房间室外气温波动,但能提高室内气温日均值;对于北向房间,南向房间蓄热性能的增强对提高北向房间室内平均气温有一定的效果。

### 3.2.2 南北房间使用中连通工况

综合图6与图7可得,在连通条件下,不同外墙

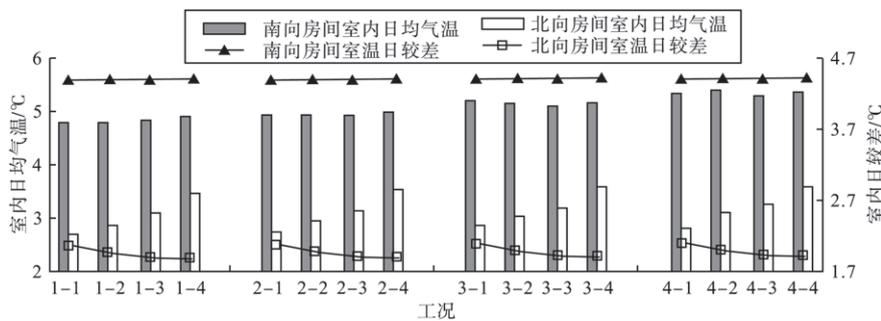


图7 自然通风条件下不同工况室内日平均气温与日较差

Fig. 7 Variation of indoor daily mean air temperature and daily range of different working conditions under natural ventilation

## 4 结论

(1) 南向房间外墙蓄热性能的提升可提高南向房间的室内空气温度值,同时对北向邻室气温也有一定的改善,但对大窗墙比南向房间室内气温稳定性提升较小;北向房间外墙蓄热性能的提升可明显提高北向房间日均气温和衰减室外温度波动的能力,外墙由类型1改为类型4可使北向房间日均气温提高26.8%,同时减小室温波动9.9%,但对南向邻室的改善作用不大。

组合对南北向房间室内气温的影响与无连通是类似的:南向房间外墙蓄热性能的增强可以同时提高南、北向房间日均气温,但无法明显减小南向房间的室温波动;北向房间外墙蓄热性能的提升可以显著提高北向房间日均气温,减小室内气温波动,但对南向房间的改善效果不大。

另一方面,由图6、7可得,在南向房间外墙蓄热性能较差的条件下(选用1型或2型外墙),增强北向房间外墙蓄热性能即可明显改善北向房间室内空气温度水平且南向房间室内空气温度水平仍保持良好。如1-4组合方式,南向房间外墙热惰性指标仅为2.54,小于当地新建民居实际水平,北向房间外墙蓄热性能良好,热惰性指标为5.08。此时可在保证南向房间室内气温无明显降低的同时,显著提高北向房间的室内空气温度及其稳定性。

(2) 当南北向房间的外墙均具有良好的蓄热性能时,均能改善南北向房间的室内气温;另一方面,在南向房间外墙蓄热性能较差(选用1、2型外墙)、北向房间外墙蓄热性能较好(选用3、4型外墙)的条件下,可在保证南向房间室内气温不过度降低的同时,提高北向房间的室内气温。

(3) 对于西藏拉萨周边传统民居改造,可优先考虑提高北向房间外墙的蓄热性能以改善冬季室内热环境较差的北向房间;对于西藏拉萨周边新建民居,

考虑到当地多为南向大窗墙比、北向小窗墙比设计,在有限的经济和资源条件下可考虑保证南向房间外墙保温性能的同时,优先满足北向房间蓄热性能需求。这样可以更好地实现对北向房间室内热环境的改善与南向房间室内热环境的维持。

## 参考文献:

- [1]李峥嵘,曾诗琴,赵群,等.贵州地洞寨传统民居围护结构改造对室内热湿环境影响[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2016,48(6):908-911.
- [2]杨柳,朱新荣,刘艳峰,等.西藏自治区《居住建筑节能设计标准》编制说明[J].暖通空调,2010,40(9):51-54.
- [3]张樱子.藏族传统居住建筑气候适宜性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2008.
- [4]刘祥,李军环,杜高潮,等.川西嘉绒藏族传统民居建筑生态性研究[J].建筑节能,2015,43(9):74-77.
- [5]高欢.传统民居的气候适应性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2013.
- [6]师奶宁.不同区域传统民居围护结构热工性能研究[D].西安:西安建筑科技大学,2006.
- [7]孙贺江,冷木吉.甘南农区藏式传统民居热环境[J].土木建筑与环境工程,2014,36(5):29-36.
- [8]何泉,高汉卿,刘大龙,等.拉萨地区传统民居节能优化研究[J].建筑与文化,2019,(3):241-243.
- [9]王秋明.拉萨农村民居围护结构保温和蓄热优化研究[D].西安:西

安建筑科技大学,2017.

- [10]黄凌江,邓传力,兰兵.拉萨乡村传统民居与新式民居冬季室内热环境对比分析[J].建筑科学,2012,28(12):61-66.
- [11]李恩,杨柳,刘加平.拉萨市附加阳光间式住宅建筑被动式优化设计研究[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2016,48(2):258-264.
- [12]王登甲,刘艳峰,王怡,等.拉萨市住宅建筑冬季室内热环境测试评价[J].建筑科学,2011,27(12):20-24.
- [13]聂倩,张群,桑国臣,等.拉萨乡村碉房民居冬季室内热环境测试研究[J].建筑科学,2017,33(10):21-25.
- [14]许月.西藏林芝传统民居气候适应性研究[D].武汉:华中科技大学,2013.
- [15]惠荷.热惰性指标对建筑围护结构动态传热的影响[D].西安:长安大学,2012.
- [16]朱丽,熊伟丞,王一平,等.热质墙体在我国的热适应性研究[J].建筑科学,2010,26(2):88-93.
- [17]王艺霏.四川西北部藏族传统民居室内热环境研究[D].西安:西安建筑科技大学,2015.

作者简介:李峥嵘(1969),女,江苏人,毕业于同济大学,供热供燃气通风及空调工程专业,博士,教授,研究方向为建筑节能技术(lizhengrong@tongji.edu.cn)。

通讯作者:赵群(1975),女,安徽人,毕业于西安建筑科技大学,建筑技术专业,博士,研究方向为建筑环境(zhaoqun@tongji.edu.cn)。

(上接第35页) [11]汤小敏.冷屋顶对重庆办公建筑能耗及碳排放的影响研究[D].重庆:重庆大学,2013.

- [12]罗志强,刘刚,康侍民.夏热冬暖地区轻型绿化屋面隔热性能研究[J].建筑节能,2009,37(9):50-53.
- [13]吴金顺.屋顶绿化对建筑节能及城市生态环境影响的研究[D].邯郸:河北工程大学,2007.
- [14]Chan A L S. Developing future hourly weather files for studying the impact of climate change on building energy performance in Hong Kong[J].Energy and Buildings,2011,43(10):2860-2868.
- [15]许馨尹,李红莲,杨柳,等.气候变化下的建筑能耗预测[J].太阳能学报,2018,39(5):1359-1366.
- [16]Sailor D J. A green roof model for building energy simulation programs[J].Energy and Buildings,2008,40(8):1466-1478.

[17]Mirata Hosseini, Bruno Lee, Shahin Vakili. Energy performance of cool roofs under the impact of actual weather data[J].Energy and Buildings,2017,145:284-292.

[18]中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB50189—2015,公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.

作者简介:闫春辉(1996),男,山东临沂人,建筑与土木工程专业,硕士研究生,主要从事室外微气候与建筑节能的研究(17865160959@163.com)。

指导教师:刘吉营(1983),男,博士,副教授,主要从事室外微气候与建筑节能的研究(jxl83@sdjzu.edu.cn)。



## 《建筑节能》杂志编委林波荣教授获颁2020年“科学探索奖”

11月14日,2020年“科学探索奖”颁奖典礼在北京钓鱼台国宾馆举行。清华大学建筑学院建筑技术科学系林波荣教授获此殊荣,评委会肯定他在绿色建筑环境营造与节能方面的成绩,支持他通过医工结合,在健康环境的科学营造、智能化设计及运维领域开展研究。据大会组委会,获奖者每人将在未来5年内获得腾讯基金会总计300万元人民币的奖金。(2020-11-26 侯恩哲)