

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.202311005



夏热冬冷地区带防雨天井的农宅 夏季室内环境实测分析

林姝颖, 赖婉玲, 吴正旺

(华侨大学 建筑学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 为了厘清防雨天井对农宅夏季室内舒适度的影响,选取具有较高可比性的典型案例,开展室内外温湿度、风速、照度等指标的实测分析。结果表明:防雨天井能稳定且有效地组织室内的自然通风,但风速较小;防雨天井能有效改善农宅的室内天然采光,但午间偶有轻微眩光;防雨天井特别适宜于东西向布局的农宅,可有效缓解夏季东西晒的不利影响;设置该天井的农宅室内热环境较未设者更舒适;在夏热冬冷地区的农宅建设中,恰当地设置防雨天井可有效改善居住环境。

关键词: 夏热冬冷地区; 防雨天井; 农宅; 室内舒适度

中图分类号: TU 119.22

文献标志码: A

文章编号: 1000-5013(2024)01-0029-06

Measurement and Analysis of Summer Indoor Environment of Farmhouse With Rainproof Patio in Hot Summer and Cold Winter Regions

LIN Shuying, LAI Wanling, WU Zhengwang

(College of Architecture, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In order to clarify the impact of rainproof patio on the summer indoor comfort of farmhouses, typical cases with high comparability are selected to conduct measurement and analysis of indoor and outdoor temperature and humidity, wind speed, illumination and other indexes. The results show that rainproof patio can stably and effectively organize indoor natural ventilation, but the wind speed is small. Rainproof patio can effectively improve the indoor natural lighting of farmhouses, but there is occasional slight glare during the noon. Rainproof patio is particularly suitable for farmhouses with east-west layout, which can effectively alleviate the adverse effects of east-west sun exposure in summer. The indoor thermal environment of farmhouses with this patio is more comfortable than those without it. In the construction of farmhouses in hot summer and cold winter regions, the appropriate rainproof patio can effectively improve the living environment.

Keywords: hot summer and cold winter regions; rainproof patio; farmhouse; indoor comfort

农宅建设是乡村振兴的重要内容之一。作为传统民居的典型要素,天井具有改善天然采光、组织自然通风等功能,并一直广受夏热冬冷地区居民的喜爱。同时,天井也具有改善民居内部热环境^[1-5],加强民居室内的自然通风^[6-8],改善民居通风、降温等生态功能^[9-13]。

收稿日期: 2023-11-06

通信作者: 吴正旺(1972-),男,教授,博士,博士生导师,主要从事建筑设计及其理论的研究。E-mail: wuzhengwang@126.com。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51378018)

当前乡村振兴中,农宅普遍基地面积较小,层数较多。近年来,在闽北夏热冬冷地区的农宅建设中,出现了一种带防雨功能的新型天井,其长、宽约 2~3 m,高约 3~5 层,顶部设玻璃等采光防雨构造,并留有空隙通风,相关案例逐年增加。然而,增加顶部必然会影响天井的通风、采光及散热等功能。当楼层较多、用地局促时,这种建筑要素的适宜性仍有待研究。为厘清防雨天井对农宅夏季室内舒适度的影响,本文选取 3 个典型案例,在夏季对农宅开展温湿度、风环境、光环境等实测分析。

1 研究对象

以福建省南平市顺昌县仁寿镇的 3 幢农宅为研究对象。农宅鸟瞰图,如图 1 所示。图 1 中:农宅 A(东西朝向)和农宅 B(南北朝向)均设防雨天井,农宅 A、B 的天井平面尺寸分别约为 2.2 m×4.2 m,1.0 m×6.0 m;农宅 C 未设防雨天井。防雨天井剖面示意图,如图 2 所示。

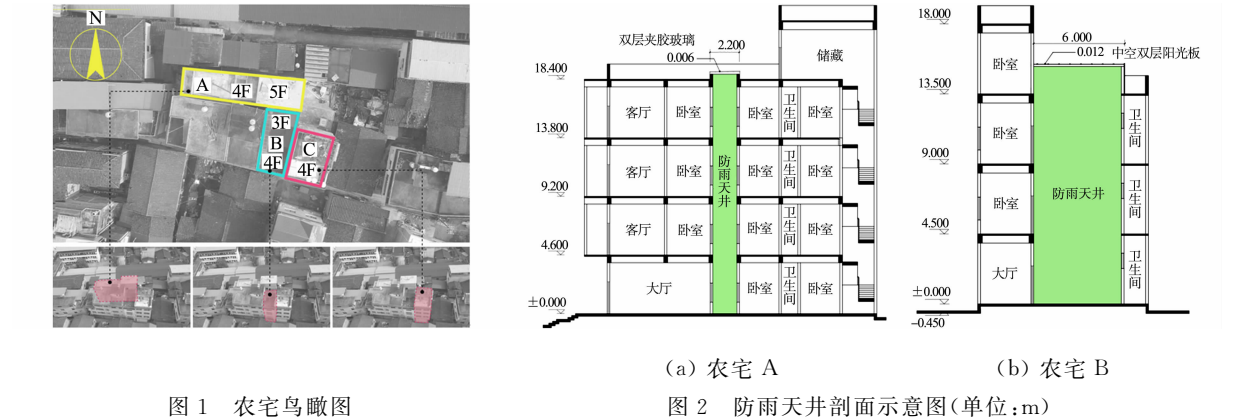


图 1 农宅鸟瞰图

Fig. 1 Bird view of farmhouse

图 2 防雨天井剖面示意图(单位:m)

Fig. 2 Section schematic diagrams of rainproof patio (unit: m)



图 3 农宅平面图

Fig. 3 Plane diagrams of farmhouse

农宅的基本信息,如表 1 所示。

表 1 农宅的基本信息			
Tab. 1 Basic information of farmhouse			
基本信息	农宅 A	农宅 B	农宅 C
建筑朝向	坐西朝东	坐北朝南	坐北朝南
建筑层数	局部 5 层	局部 4 层	4 层
建筑结构	框架结构	砖混结构	框架结构
围护结构	200 mm 实心黏土砖墙	200 mm 实心黏土砖墙	200 mm 实心黏土砖墙
屋顶形式及材料	钢筋混凝土平屋顶	钢筋混凝土平屋顶	钢筋混凝土平屋顶
通风方式	风扇、自然通风	风扇、自然通风	风扇、自然通风

当地夏季最高平均气温为 34.4℃。实测期间,室外平均气温为 31.6℃,最高气温为 38.7℃,最低气温为 25.0℃,全天最大波动幅度为 12.4℃。相对湿度为 39.6%~89.0%,平均相对湿度为 67.4%。

2 研究概况

2.1 实测时间

2023 年 6 月 28 日—7 月 5 日, 共计 8 日, 选取晴天、多云、阴天等当地夏季的典型天气进行测量, 时段为每日 0:00—24:00, 包括气温、相对湿度、风速和照度等 4 项指标。

2.2 测量仪器

TESTO 405i 型热敏风速测速仪(量程 $0\sim30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 测量精度 $\pm 5\%$)、AZ88162 型温湿度仪((温度量程 $-30\sim70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 测量精度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$; 湿度量程 $0\%\sim99\%$, 测量精度 $\pm 3\%$)、GM1030 型照度仪(量程 $0\sim200\,000\text{ lx}$, 测量精度 $\pm 4\%$)各 9 台, 均具有自动记录功能。热敏风速测速仪间隔 5 min 进行自动记录; 温湿度仪和照度仪间隔 30 min 进行自动记录。

2.3 测点布置

在各农宅 1 层室内、室外及防雨天井顶部等处放置温湿度仪、热敏风速测速仪和照度仪, 在农宅 A 的 2 层和天井顶部放置热敏风速测速仪。测点距地面均为 1.5 m , 设有防雨天井的农宅测点均布置于 1 层地面天井的正下方, 未设天井的农宅测点布置于 1 层室内的对角线上^[14]。按照居民既有的开窗、开门及闭户等日常习惯进行实测。

3 实测分析

3.1 设置防雨天井对农宅室内舒适度的影响

3.1.1 热环境分析 农宅 B、C 的气温(θ)和相对湿度(F)实测数据对比, 如图 4、5 所示。由图 4、5 可知: 农宅 B 的日间平均气温为 $29.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 日间平均相对湿度为 73.7% , 夜间平均气温为 $28.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 夜间平均相对湿度为 79.5% , 每日最低气温出现在 6:20—7:20, 最高气温出现在正午时段; 农宅 C 主要依赖入户门及东侧门窗进行采光通风, 日间平均气温为 $29.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 日间平均相对湿度为 74.0% , 夜间平均气温为 $29.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 夜间平均相对湿度为 80.8% , 农宅 C 日间多数时间只开启局部门窗, 昼夜平均气温较接近。

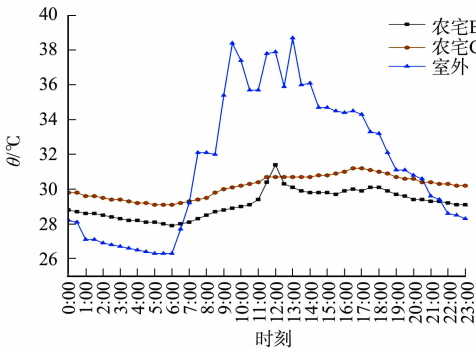


图 4 农宅 B、C 的气温实测数据对比
Fig. 4 Comparison of temperature data of farmhouse B and C

总体上看, 在全天约 95% 的时段, 农宅 B 的室内气温均低于无防雨天井的农宅 C, 仅在正午短时段内略高于农宅 C; 农宅 B、C 的室内气温波动较小, 但农宅 B 的热环境更为舒适。

3.1.2 风环境分析 农宅 B、C 的风速(v)实测数据对比, 如图 6 所示。由图 6 可知: 农宅 B、C 的室内风速变化趋势与室外较接近, 农宅 C 的风速波动幅度较大, 农宅 B 的风速虽小但更稳定; 农宅 C 上午的风速明显大于下午, 农宅 B 则相反, 故两幢农宅的风速峰值出现的时间也不相同; 在保持南侧入户门开启的状态下, 农宅 C 的风速大部分时段大于农宅 B。农宅 C 的居民习惯在

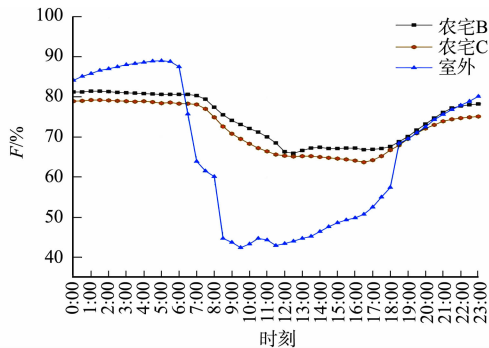


图 5 农宅 B、C 的相对湿度实测数据对比
Fig. 5 Comparison of relative humidity data of farmhouse B and C

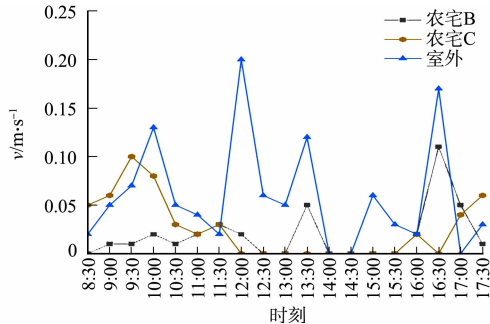


图 6 农宅 B、C 的风速实测数据对比
Fig. 6 Comparison of wind speed data of farmhouse B and C

午休时段将入户门关闭,导致某些时段内无风,由此可推断保持无防雨天井的农宅入户门窗的开启是组织通风流线的重要因素。

3.1.3 光环境分析 农宅 B,C 的室内照度(E)实测数据对比,如图 7 所示。由图 7 可知:农宅 B 的室内采光优于农宅 C,农宅 B 的室内最大照度值为 1 745 lx,农宅 C 的室内最大照度仅有 48.4 lx。在朝向与周边环境相同的情况下,若不完全开启入户大门,农宅 C 的室内在绝大多数时段内须借助人工照明来满足日常生活的需求。农宅 B 的室内采光得益于防雨天井的设置,即使在午后入户门关闭的情况下,室内依旧能够满足采光的需求。由此可知,防雨天井可以很好地改善室内的光环境,减少人工照明。

3.2 防雨天井对不同朝向农宅室内舒适度的影响

3.2.1 热环境分析 农宅 A,B 的气温和相对湿度实测数据对比,如图 8,9 所示。由图 8,9 可知:农宅 A 的最高气温为 31.4 ℃,平均气温为 28.9 ℃,气温波幅为 3.4 ℃,最高气温出现在 12:00—13:00,最低气温出现在 6:30—7:00;两座农宅的室内平均气温约低于室外平均气温 2.7 ℃,农宅 A 的室内最高气温低于室外最高气温 7.3 ℃,农宅 B 的室内最高气温低于室外最高气温 6.1 ℃,农宅 A 的隔热效果略优于农宅 B;在 22:00—8:00 时段内,农宅 B 的室内平均气温高于农宅 A 约 0.4 ℃,在 8:00—22:00 时段内,农宅 A 的平均气温高于农宅 B 约 0.3 ℃;在 7:00—15:00 时段内,农宅 A,B 室内气温均上升快,波动大,相对湿度则显著下降。

由此可知,两座农宅的相对湿度与气温的变化规律都存在时段上的差异,夜间及上午时段,农宅 B 的相对湿度(65.2%~84.8%)低于农宅 A(65.2%~86.1%),而午后农宅 B 的相对湿度则高于农宅 A。

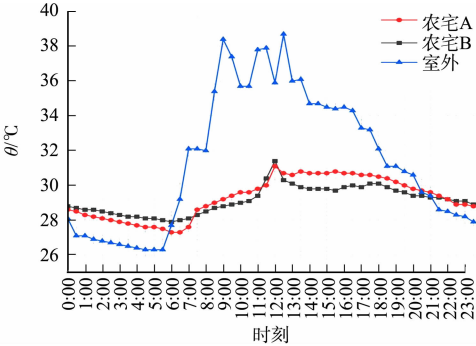


图 8 农宅 A,B 的气温实测数据对比
Fig. 8 Comparison of temperature data of farmhouse A and B

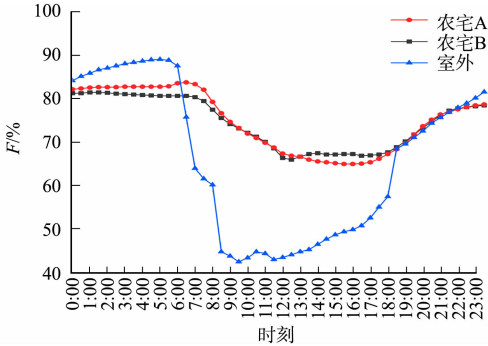


图 9 农宅 A,B 的相对湿度实测数据对比
Fig. 9 Comparison of relative humidity data of farmhouse A and B

3.2.2 风环境分析 农宅 A,B 的室内风速实测数据对比,如图 10 所示。由图 10 可知:农宅 A 与农宅 B 的室内风速都不大,全天大部分时段有风,但也有部分时段的风速为 0;农宅 A 的室内风速峰值出现在 11:00—11:30,最低风速出现在 14:30—15:30;农宅 B 的室内最高风速出现在 17:00—17:30,农宅 A,B 最低风速出现的时段相同,主要原因是室外此时也处于风速的最低值。无论是东西朝向的农宅 A 还是南北朝向的农宅 B,设置天井都能较有效地组织室内通风。

热压通风能够用于辅助风压通风,改善农宅室内的通风情况^[15]。为了验证天井的热压通风潜力,在农宅 A 的天井底部、天井 5.5 m 处(农宅 2 层)及天井顶部布置了热敏风速测速仪,对天井不同高度的风速进行比较。

防雨天井不同高度的风速实测数据对比,如图 11 所示。由图 11 可知:在实测的大部分时段内,天井顶部风速>天井 5.5 m 处风速>天井底部风速;由于热压通风的大小与进出风口高差成正比关系^[16],在 14:00—16:30 时段内,天井底部由于入户门关闭风速为 0,而天井 5.5 m 处和天井顶部仍保持有风状态。

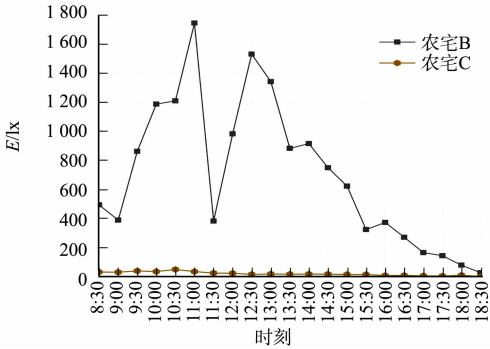


图 7 农宅 B,C 的室内照度实测数据对比
Fig. 7 Comparison of indoor illumination data of farmhouse B and C

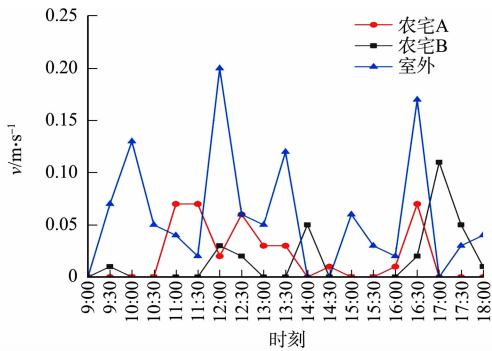


图 10 农宅 A,B 的室内风速实测数据对比
Fig. 10 Comparison of wind speed data of farmhouse A and B

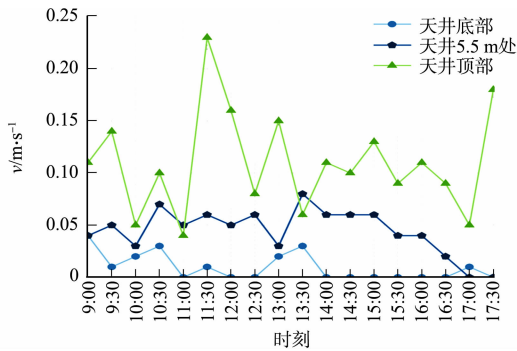


图 11 防雨天井不同高度的风速实测数据对比
Fig. 11 Comparison of wind speed data at different heights of rainproof patio

3.2.3 光环境分析 农宅 A,B 的室内照度实测数据对比,如图 12 所示。由图 7,12 可知:农宅 A,B 室内采光比农宅 C 有较大的改善,室内照度能较好地满足居民的日常生活需求,在日间无需人工照明辅助;在 11:30—12:00 时段内,农宅 A,B 的照度比 11:00—11:30 时段有明显下降,这是由于云层的遮挡导致太阳直射光减弱(当日多云),室内照度下降;农宅 B 的照度整体上变化幅度较小,农宅 A 的总体室内采光优于农宅 B,但局部时段照度过高,需采取一定的遮阳措施以减少眩光。

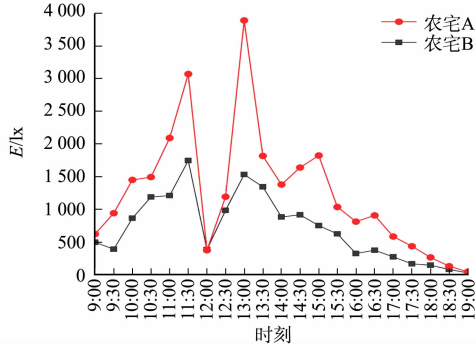


图 12 农宅 A,B 的室内照度实测数据对比
Fig. 12 Comparison of indoor illumination data of farmhouse A and B

4 讨论及结论

1) 防雨天井可稳定地组织自然通风,但风速较小。

与传统天井不同,防雨天井平面尺寸小,高度大,因此,有利于形成热压通风,但风压通风则不稳定,且加设了采光顶部后,通风量减少。在实测中,室外风速一直很小,但除居民关闭入户门的时段外,设有防雨天井的农宅在大部分时段内均有微风,特别是农宅 A,其进出风口高差约 12 m,即便在入户门关闭的情况下,仍能产生明显的热压通风。

2) 恰当地设置防雨天井的形态及界面能进一步改善天然采光。农宅 A 为东西朝向,用地极其狭长,但内部设置的天井南北长、东西短,且天井内壁 3 面均为白墙,有利于阳光漫射,很好地改善了天然采光。农宅 B 也设置了防雨天井,其平面尺度、高度与农宅 A 近似,且两个天井的长边均为南北朝向,但农宅 B 的天井内壁白墙面积较少,且顶部采用阳光板,其透光率低于农宅 A 的玻璃,因此室内照度低于农宅 A。需要注意的是,由于夏季午间太阳高度角大,阳光几乎垂直入射,导致防雨天井的底部四壁的照度远远高于室内平均值,可能会产生眩光。

3) 防雨天井可缓解由于建筑朝向不良导致的天然采光及自然通风缺陷。密集的建筑群能有效减少太阳辐射得热,也会导致通风采光不良,而防雨天井可加以改善。坐北朝南的农宅 B 的夜间气温高于农宅 A,这是由于农宅 B 的东、西、北侧均被建筑紧贴,夜间散热能力减弱,而农宅 A 与周边建筑之间设有狭长的巷道,其作用与冷巷相似,可在夜间较好地辅助建筑散热。午后,由于农宅 A 西晒,故气温高于农宅 B。由实测结果可知,防雨天井较好地改善了农宅内部的通风,两座农宅虽然朝向不同,但室内热环境差异不大,较为舒适。综上,天井的置入有效地改善了农宅的室内舒适度,但对东西朝向农宅的效果更加明显一些。

4) 设置防雨天井的农宅热环境较为舒适,但在午间时段(12:00—13:00)气温略高于同类农宅。农宅 B 在全天大部分时间的气温都低于农宅 C。在 12:00—12:30 时段内,由于太阳直射导致农宅 B 的室内气温急速上升,但持续时间很短。防雨天井在改善采光的同时仍可通过组织自然通风将室内热量排出,提高了舒适度。

参考文献:

- [1] 曾志辉,陆琦.天井对岭南现代低层住宅的热环境意义[J].建筑学报,2010(3):27-29. DOI:10.3969/j.issn.0529-1399.2010.03.007.
- [2] 黄志甲,张恒,龚城,等.徽州传统民居夏季热环境分析[J].建筑科学,2017,33(10):26-31. DOI:10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2017.10.05.
- [3] 高云飞,莫健斌,刘琳,等.广府传统三间两廊天井空间风热参数特性现场研究[J].广东工业大学学报,2022,39(3):105-115,124. DOI:10.12052/gdutxb.210119.
- [4] MICALLEF D, BUHAGIAR V, BORG S P. Cross-ventilation of a room in a courtyard building[J]. Energy and Buildings, 2016, 133: 658-669. DOI:10.1016/j.enbuild.2016.09.053.
- [5] 宣晨晨,祝健.基于 Airpak 3.0 的建筑内天井热环境模拟[J].建筑节能,2018,46(11):11-14. DOI:10.3969/j.issn.1673-7237.2018.11.003.
- [6] 陈晓扬,薛家薇,郑彬.泉州手巾寮民居夏季热环境实测分析[J].建筑学报,2010(增刊1):84-87.
- [7] 吴志刚,肖毅强.闽东传统民居夏季热环境实测分析:以长乐“九头马”古民居群为例[J].建筑节能,2017,45(7):16-20,103. DOI:10.3969/j.issn.1673-7237.2017.07.003
- [8] 周孝清,徐敏,庞玥,等.竹筒屋天井的热压通风的潜力分析[J].华中建筑,2021,39(11):49-53. DOI:10.13942/j.cnki.hzjz.2021.11.011.
- [9] KINDAH M, GIOVANNI S. Thermal performances of traditional houses in dry hot arid climate and the effect of natural ventilation on thermal comfort: A case study in Damascus[J]. Energy Procedia, 2015, 78: 2893-2898. DOI:10.1016/j.egypro.2015.11.661.
- [10] KUBOTA T, ZAKARIA M A, ABE S, *et al*. Thermal functions of internal courtyards in traditional Chinese shop-houses in the hot-humid climate of Malaysia[J]. Building and Environment, 2017, 112: 115-131. DOI:10.1016/j.buildenv.2016.11.005.
- [11] SOFLAEI F, SHOKOUHIAN M, SOFLAEI A. Traditional courtyard houses as a model for sustainable design: A case study on BWs mesoclimate of Iran[J]. Frontiers of Architectural Research, 2017, 6(3): 329-345. DOI:10.1016/j.foar.2017.04.004.
- [12] 杨阳,方廷勇,王礼飞,等.徽州民居中天井对夏季室内热环境的影响[J].建筑节能,2015,43(7):59-62. DOI:10.3969/j.issn.1673-7237.2015.07.016.
- [13] 尹君君.浙江传统民居天井通风研究[D].杭州:浙江理工大学,2018.
- [14] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑热环境测试方法标准:JGJ/T 347-2014[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [15] 陈晓扬,仲德崑.被动节能自然通风策略[J].建筑学报,2011(9):34-37. DOI:10.3969/j.issn.0529-1399.2011.09.009.
- [16] 张芳芳,张群,王江丽.洛阳乡村民居建筑通风优化策略及效能[J].工业建筑,2020,50(7):34-40.

(责任编辑:钱筠 英文审校:方德平)