

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2016.03.018



重庆地区农村住宅地面的热湿状态

唐鸣放¹, 方巾中¹, 李竞涛², 王东¹, 宋平¹

(1. 重庆大学 建筑城规学院; 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400045;

2. 中机中联工程有限公司, 重庆 400041)

摘要:为全面改善农村住宅热湿环境, 调查研究了重庆农村住宅常用地面在春夏季节的热湿状态。对农村住宅的调查和典型住宅地面的现场实测显示, 农村住宅室内地面潮湿现象普遍, 水泥地面的潮湿比例最高, 6月份室内空气和地面的湿度最大, 室内地面温度比空气温度低2℃左右, 在潮湿天气, 修建较早的住宅室内地面凝结时数比例接近60%。结果表明, 农村住宅地面的热湿状态亟待改善。

关键词:农村住宅; 地面温度; 凝结; 热环境

中图分类号: TU111.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-4764(2016)03-0123-06

Investigation of condensation on ground of rural residence in Chongqing

Tang Mingfang¹, Fang Jinzhong¹, Li Jingtao², Wang Dong¹, Song Ping¹

(1. Key Laboratory of New Technology for Construction of cities in Mountain Area, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. China CMCU Engineering Corporation, Chongqing 400041, P. R. China)

Abstract: The thermal and wet state on the ground of rural residence in Chongqing were investigated. Investigation of the rural residential and the field survey of typical residential floor were made in the season of spring and summer in Chongqing. The results showed that wet phenomenon appeared on the ground of rural residential mostly, and cement ground had the highest proportion. In June, the indoor air and ground humidity were the highest, and ground temperature was about 2℃ lower than the air temperature indoor. In wet weather, hours ratio of condensation on the ground was close to 60% in old residential buildings. Thermal performance of ground for the rural residential building should be improved.

Keywords: rural residence; ground temperature; condensation; thermal environment

在中国大多数湿热地区, 每年春夏之交时节都有一段潮湿季节, 常导致建筑内表面泛潮、室内物品发霉、空气异味等问题, 其中, 底层房间的地面由于温度偏低, 更容易出现凝结, 严重影响健康和室内环

境的舒适性。因此, 在有关室内热环境的设计和评价标准中, 都明确规定了建筑围护结构内表面凝结控制的要求^[1-2], 并作为建筑环境达标的必要条件。但在广大农村地区, 普遍实行住宅自建, 建筑成本

收稿日期: 2015-10-17

基金项目: 国家自然科学基金(51478059)

作者简介: 唐鸣放(1957-), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事建筑节能与热环境研究, (E-mail) tmf@cqu.edu.cn.

Received: 2015-10-17

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 51478059)

Author brief: Tang Mingfang (1957-), professor, doctoral supervisor, main research interest: Building energy saving and thermal environment, (E-mail) tmf@cqu.edu.cn.

低、质量差。因此,在近年来开展的新农村建设中,把改善农村居住环境作为主要任务,开展了农村住宅环境调查、适用技术研究及其工程应用等方面的研究工作。目前,农村住宅热环境的研究主要针对冬季和夏季室内温度的改善^[3-11],未关注农村住宅的潮湿问题,说明目前的研究还不够全面。为此,文献[12]针对重庆地区农村住宅常用地面,模拟了全年地面温度和结露情况,结果显示,地面结露时间从3月底开始到7月初结束,结露时间长,但没有进行实际调查和测量研究。针对重庆地区农村住宅,笔者通过现场调查和实测,分析和评价农村住宅地面在春夏季节的热湿状态,为农村住宅热湿环境的全面改善提供依据。

1 研究方法

重庆地区农村范围广大,以山地为主,距离重庆主城区最近的江津区为丘陵地形,气候与主城区接近,农村经济发展较好,建成了多个新农村住宅示范基地。因此,选择重庆市江津区的农村住宅为研究对象,在2015年的春夏季节,采用问卷调查、现场观察与实测相结合的方法进行研究。

1.1 问卷调查

在当地农村住宅中,选择农村统建房、农村自建房、传统生土房等代表性住宅共60户进行调查,室内地面包括了水泥地面、地砖地面、三合土地面和生土地面等4种类型,其中,水泥地面最为普遍,经济较好的农户在地面上铺设了地砖,三合土地面和生土地面出现在传统建筑中。调查内容包括建筑修建

年代、地面的潮湿现象、室内最潮湿的月份、应对潮湿采取的措施等。

1.2 热湿参数测量

在农村住宅地面材料中,三合土地面和生土地面都具有吸湿性,而水泥地面和地砖地面基本上不吸湿。因此,以水泥地面和三合土地面作为典型地面进行实测研究。

在60户农村住宅中,选择具有典型地面的3户住宅,如图1所示,A户和B户都是水泥地面的砖混房,C户为三合土地面的生土房,表1为住宅建筑及地面情况。为了防止雨水渗透,当地传统住宅一般采用筑高台的方法,让住宅地面高出周围地面0.5 m左右,如图1中C户生土房所示;而大量的砖混房住宅则是在外墙修散水,周围挖排水沟疏导雨水,此外,还在地面构造中设置塑料薄膜防潮层,用于阻止地下水向上渗透。A户建筑的修建时间较早,地面构造中没有做防潮层,B户建筑为近年建成的住宅,地面构造中设置了塑料薄膜防潮层。

测量主要针对住宅中的居住空间,在各户住宅的卧室进行热湿参数采集。测量内容为室内空气温度和湿度、地面温度和湿度、室外空气温度和湿度。室内空气温湿度测点布置在房间中距地面高度为1.0 m左右的位置,地面温度和湿度测点布置在靠近床沿下空气流通的位置,这样不影响居住者的正常生活,室外空气温湿度测点布置在室外空气流畅、没有直射阳光的位置,3户住宅的室内测点布置见图1。

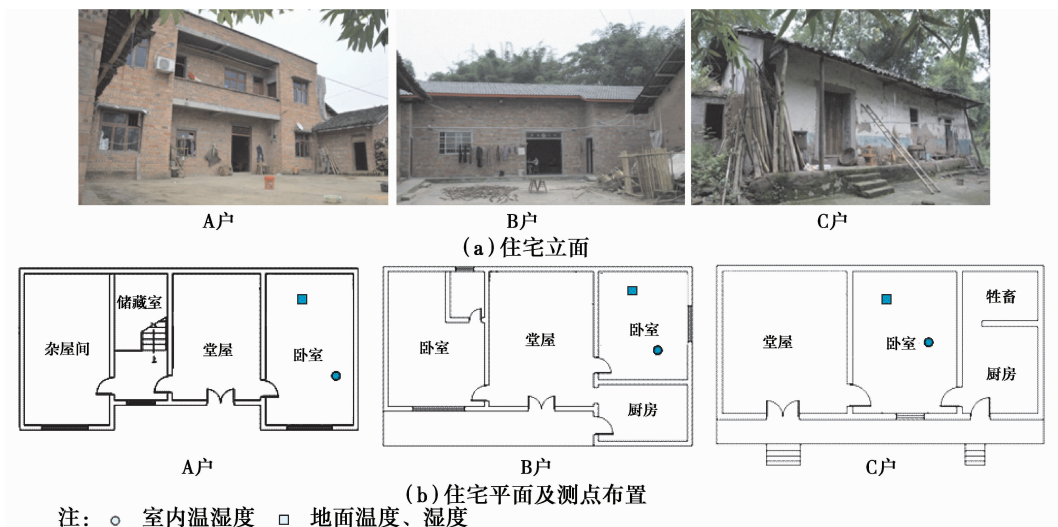


图1 测量住宅

Fig. 1 Tested house

表1 住宅建筑及地面构造情况

Table 1 Building and ground construction

住宅情况	室内地面	地面构造
A户,砖混房,2001年建成	水泥	混凝土垫层+水泥砂浆面层
B户,砖混房,2014年建成	水泥	混凝土垫层+塑料薄膜层+水泥砂浆面层
C户,生土房,1981年建成	三合土	夯土垫层+三合土面层

地面温度测量采用自记温度计 TR-52,空气温湿度测量采用温湿度记录仪 TR-72,仪器精度为温度 0.3℃、湿度 3%,仪器设置后自动采集数据。测量时间为 2015 年 6 月,数据采集间隔为 30 min。

地面湿度测量采用地面贴吸湿滤纸的方法,让滤纸与地面接触足够长的时间达到湿平衡后,取出滤纸用红外水分仪 FD6210 测量其含湿量。仪器测量范围为 0~200 g,精度为 0.001 g。从 4 月到 7 月期间,对地面固定位置进行间断性的测量和观察,通过测量地面滤纸含湿量,分析地面湿度状态及其变化。

2 调查结果分析

在调查的 60 户农村住宅中,生土结构、砖混结构和钢筋混凝土结构的建筑分别占 23%、62% 和 15%,图 2 所示为住宅的修建年代,其中大部分是在近 20 年内修建的住宅,因此,调查结果能反映大部分农村住宅的现状。

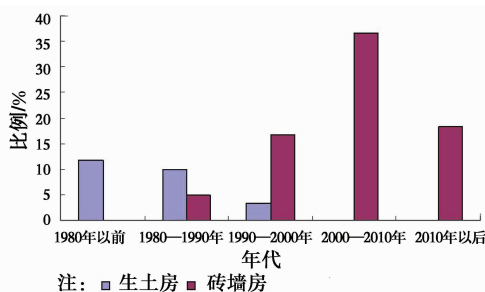


图2 调查住宅的修建年代比例

Fig. 2 Ratio of housing construction time

问卷调查中,93%的住户反映室内地面存在不同程度的潮湿现象。三合土地面、生土地面、水泥地面的潮湿现象主要表现为潮和湿润,包括出现湿斑块、湿斑点等,一些水泥地面和地砖地面还会出现明水现象。图 3 显示,各类地面的潮湿比例都在 75% 以上,水泥地面和地砖地面的潮湿比例达到了 85%

以上。对于调查数量最多的水泥地面,呈现出建筑修建年代越早、潮湿比例越高的现象。潮湿月份调查结果如图 4 所示,80%的住户认为室内最潮湿的月份为 6 月和 7 月。为应对地面潮湿,住户通常采取用砖石垫高家具、开窗通风和用风扇吹地面、用拖布除去地面水分等措施。

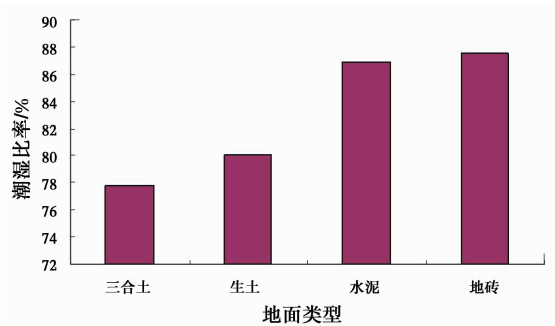


图3 各类地面潮湿比例

Fig. 3 Ratio of ground humidity

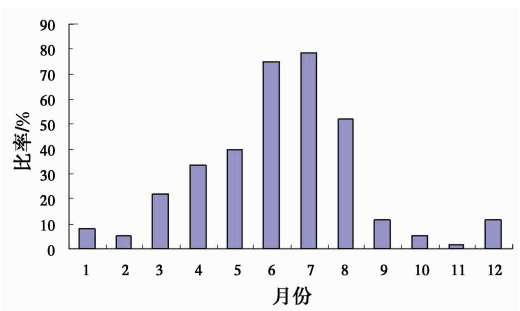


图4 室内最潮湿的月份

Fig. 4 The most humid month in the room

3 测量结果分析

3.1 地面湿度状况

从 4 月到 7 月,对 3 户住宅的地面潮湿状态进行了 5 次实地观察,并对放置于室内地面和室内空气中的滤纸含湿量进行了测量,用滤纸含湿量来比较室内空气和地面的湿度。

图 5 为 A 户住宅各次测量的湿度比较。从图 5 可以看出,从 4 月到 7 月期间室内空气湿度和地面湿度都经历了从上升到下降的过程,其中 4 月的室内湿度最小,6 月的室内湿度最大,说明室内潮湿状况是一个季节性的过程,当年 6 月份室内最为潮湿。与 4 月相比,6 月份室内空气湿度增加了 67%,地面湿度增加更大,最大增加了 143%。各月地面湿度都高于空气湿度,其中 4 月地面湿度比空气湿度高 34%,而在 6 月 23 日地面湿度达到了最大值,比空

气湿度大一倍。观察显示,此时地面出现了大片湿斑块,至到7月底才逐渐消失,见图 6(a)、(b),说明 6 月份室内地面出现了较多的水分。

与 A 户住宅相比较,6 月份 B 户住宅空气湿度与 A 户住宅接近,地面湿度最大增加了 78%,比 A 户住宅小,观察显示 B 户住宅室内大面积地面没有明显的潮湿现象,但靠近外墙边角部位有局部湿斑(见图 6(c))。C 户住宅为生土房,6 月份室内空气湿度比两户砖房住宅大 12%,地面最大湿度比 B 户住宅大 19%,比 A 户住宅小 18%,C 户住宅的三合土地面感觉比较潮(见图 6(d))。

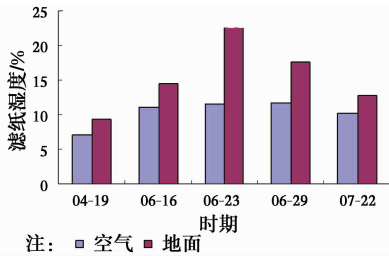


图 5 A 户室内空气和地面湿度
Fig. 5 Humidity of air and ground in house A

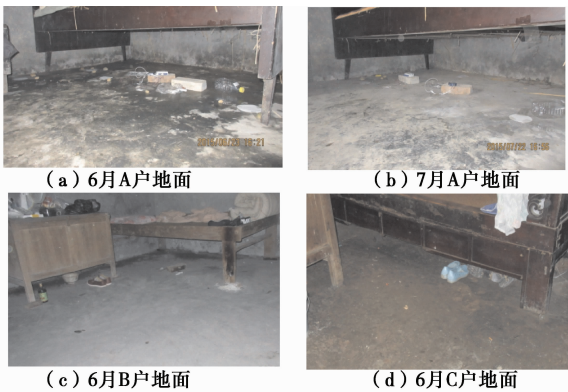


图 6 地面湿状态

Fig. 6 State of ground humidity

3.2 室内温湿度和地面温度分析

选取 6 月份室内最潮湿的连续 4 天(6 月 17 日至 20 日)数据进行分析。室外平均温度为 25.4℃,平均湿度为 88.5%,属于气候温和而湿度大的天气。此时,3 户住宅的室内温度和湿度变化曲线见图 7,其中 A 户住宅的室内平均温度和湿度与室外接近,B 户住宅的室内温度最高、湿度最低,平均为 26℃和 86.6%;C 户住宅的室内温度最低、湿度最高,平均为 24.9℃和 92%,可见生土房比砖混房的室内温度更低、空气更潮湿。虽然室内、外温度和湿度都比较接近,但地面热惰性大,地面温度的变化滞

后于空气温度,使得地面成为室内温度最低的表面,如图 8 所示,A 户住宅的地面平均温度比空气温度低 2.2℃。在这样的高湿空气和地面温度较低的情况下,水泥地面容易发生凝结现象。

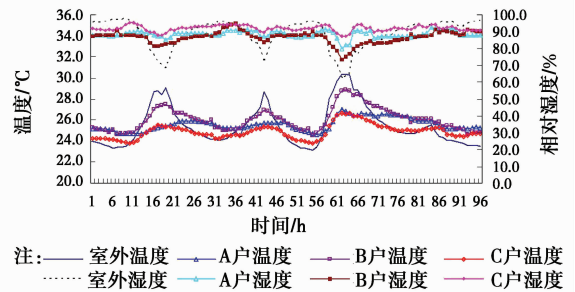


图 7 空气温度和湿度

Fig. 7 Air temperature and humidity

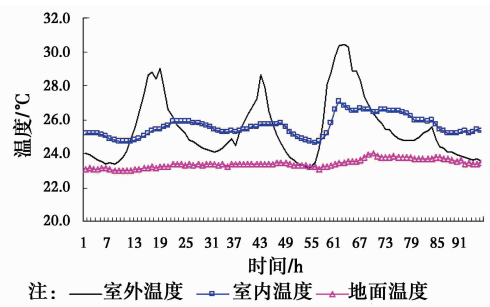


图 8 A 户室内温度和地面温度

Fig. 8 Indoor temperature and ground temperature in house A

3.3 地面凝结分析

利用室内空气温度和湿度测量数据,可以计算出室内空气的露点温度。根据空气温度、湿度与水蒸气分压力的关系,按式(1)计算出空气中的水蒸气分压力^[13],将其看成饱和水蒸气分压力,再由公式计算出的空气温度,即为空气露点温度。

$$P = \varphi \cdot \exp\left(23.5612 - \frac{4030}{t + 235}\right) \quad (1)$$

式中: P 为水蒸气分压力, Pa; φ 为空气相对湿度, %; t 为空气温度, °C。

将室内空气的露点温度与地面温度相比较,可以进行地面凝结判断。图 9 为最潮湿的连续 4 d 中 3 户住宅的室内露点温度和地面温度的变化曲线比较。A 户和 B 户住宅都是水泥地面,由图可见, A 户地面温度有较长时间低于空气露点温度,凝结时数比例高达 58%,而 B 户地面温度仅有少数时间低于空气露点温度,凝结时数仅占 7%,这与两户住宅地面测量部位湿状态的实际观察结果相一致。C 户住

宅是三合土地面,具有吸湿性,由图9(c)看出,地面温度仍有较长时间低于空气露点温度,若按水泥地

面来判断,凝结时数比例为59%,比较潮湿。

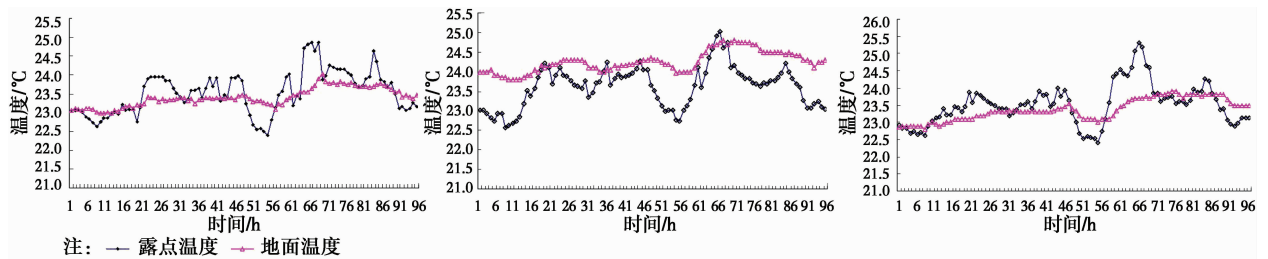


图9 室内露点温度和地面温度

Fig. 9 Dew point temperature and ground temperature

4 地面防潮讨论

农村住宅室内地面潮湿有两方面的因素:一方面是住宅地下水位比较高,地下毛细水的现象明显,地下水会渗透到表面,使地面潮湿;另一方面是室内地面温度低,空气湿度大,当湿空气遇到温度低于其露点温度的地面时,就会发生凝结。目前,农村住宅地面所采取的防潮措施只能隔断地下水渗透,不能解决地面凝结问题。

春夏季节农村住宅地面结露是建筑中的一种大强度的差迟凝结现象^[14],其发生有3个必要条件:室外空气高温高湿、室内地面温度低、室外空气接触室内地面,只要其中一个条件不满足,就不会产生地面凝结现象。

在传统民居中,通常采用三合土和灰土等具有调湿功能材料的地面,减少出现周期性凝结,并进行间歇性通风,根据室外温湿度的变化来决定是否开窗以及开启程度,控制室外高湿空气接触室内低温地面^[15]。但对于长时间持续的潮湿天气,按照目前农村居民的生活习惯和住宅的自然通风状况,传统地面吸湿材料在持续高湿的环境下反而会增加湿积累。因此,在梅雨天气,应适当控制通风,减少高湿空气进入室内。

在城市住宅中,针对首层地面凝结的问题,可以采用提高地面温度的保温措施和架空通风措施,其中最常用的是架空通风地面。但这些措施在夏季高温天气也阻隔了地下低温对室内热环境的有利影响,降低了夏季被动式房间的热舒适性。

5 结论

1)对60户农村住宅调查表明,室内普遍存在不同程度的潮湿问题,水泥地面的潮湿比例高达85%

以上,室内地面都未采取防结露措施。

2)对典型住宅地面实测结果表明,室内空气和地面的湿度在6月份达到最大,在潮湿天气室内地面温度比空气温度低2℃左右,修建较早的住宅室内地面湿度大、凝结时数比例接近60%。

参考文献:

- [1] 民用建筑热工设计规范:GB 50176—93 [S]. 北京:中国计划出版社,1993:7-10.
Thermal design code for civil building: GB 50176—93 [S]. Beijing: China Planning Press, 1993: 7-10. (in Chinese)
- [2] 民用建筑室内热湿环境评价标准:GB/T 50785—2012 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012:5-9.
Evaluation standard for indoor thermal environment in civil building: GB/T 50785-2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012: 5-9. (in Chinese)
- [3] LIU J P, WANG L J, YOSHINO Y, et al. The thermal mechanism of warm in winter and cool in summer in China traditional vernacular dwellings [J]. Building and Environment, 2011, 46: 1709-1715.
- [4] DU X Y, BOKEL R, VAN DEN DOBBELSTEEN A. Building microclimate and summer thermal comfort in free-running buildings with diverse spaces: A Chinese vernacular house case [J]. Building and Environment, 2014, 82: 215-227.
- [5] 雷亚平,林忠平. 四川盆地地区农村住宅冬季热环境实测与评价[J]. 建筑科学,2009,25(12):39-43.
LEI Y P, LIN Z P. Measurement and evaluation on thermal environment in rural residences in Sichuan basin in winter [J]. Building Science, 2009, 25(12): 39-43. (in Chinese)
- [6] 杨真静,田瀚元. 巴渝地区夯土民居室内热环境[J]. 土

- 木建筑与环境工程,2015,37(6):141-146.
- YANG Z J, TIAN H Y. Analysis of indoor thermal environment of traditional earth dwellings in Bayu region [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2015,37(6):141-146. (in Chinese)
- [7] 刘猛,张会福,栗珩,等. 重庆新农村典型民居的节能性能[J]. 土木建筑与环境工程,2014,36(2):75-83.
- LIU M, ZHANG H F, SU H, et al. Energy performance of new rural residential buildings in Chongqing [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2014, 36(2):75-83. (in Chinese)
- [8] 谢冬明,周晋,滕明邑,等. 湖南农村住宅冬季热环境及能耗的调查与分析[J]. 中国科技论文在线,2007,2(9):698-702.
- XIE D M, ZHOU J, TENG M Y, et al. The investigation and analysis of thermal environment and energy consumption in rural residence of Hunan in winter [J]. Science Paper Online, 2007, 2(9): 698-702. (in Chinese)
- [9] 冯雅,南艳丽,钟辉智,等. 夏热冬冷地区村镇建筑节能与室内热环境设计[J]. 建筑科学,2012,28(12):21-24.
- FENG Y, NAN Y L, ZHONG H Z, et al. Energy efficiency and indoor thermal environment design of rural buildings in hot summer and cold winter zone [J]. Building Science, 2012, 28(12): 21-24. (in Chinese)
- [10] 刘建龙,夏小倩,张海平,等. 湘东地区村镇住宅室内热环境调查分析[J]. 湖南工业大学学报,2013,27(4):34-40.
- LIU J L, XIA X Q, ZHANG H P, et al. Investigation and analysis on indoor thermal environment of rural residential in eastern Hunan [J]. Journal of Hunan University of Technology, 2013, 27(4): 34-40. (in Chinese)
- [11] 任鑫佳,张华玲. 重庆地区村镇住宅现状调研与分析[J]. 制冷与空调,2011,25(1):96-101.
- REN X J, ZHANG H L. Chongqing rural housing current status and analysis [J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2011, 25(1): 96-101. (in Chinese)
- [12] 李克骅,唐鸣放. 重庆地区农村住宅地面温度及防结露模拟研究,建筑科学,2014,30(8):100-105.
- LI K H, TANG M F. Simulation study on ground temperature and anti-condensation in rural residence in Chongqing [J]. Building Science, 2014, 30(8): 100-105. (in Chinese)
- [13] 城市居住区热环境设计标准:JGJ268—2013[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2013:68-69.
- Design standard for thermal environment of urban residential areas: JGJ 268—2013 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013: 68-69. (in Chinese)
- [14] 刘加平. 建筑物理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009:97-101.
- LIU J P. Building Physics [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009: 97-101. (in Chinese)
- [15] 谢浩,杨楚屏. 优化防潮设计改善建筑环境[J]. 哈尔滨工业大学学报,2003,35(10):1264-1266.
- XIE H, YANG C P. Optimization of structural designs for improvement of moisture resistance[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2003, 35(10): 1264-1266. (in Chinese)

(编辑 胡英奎)