

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2018.01.013



湿热地区农村住宅地面的防潮和热工性能

唐鸣放, 钱慧博, 方巾中

(重庆大学 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400044)

摘要: 湿热地区农村住宅存在室内潮湿问题, 地面发生凝结泛潮现象, 影响室内居住品质和居民的健康。控制地面凝结的基本途径是提高地面温度, 这就需要确定农村住宅地面防潮的热工性能。以重庆农村住宅为例, 对室内热湿参数和地面温度进行了实测分析, 通过建立农村住宅模型, 对普遍使用的架空地面和保温地面的防潮功能进行了模拟分析。结果显示: 架空地面防潮效果显著, 可减少地面凝结时数 90% 以上, 基于架空地面的防潮效果被广泛接受。提出农村住宅保温地面防潮的低限热阻为 $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

关键词: 农村住宅; 地面; 凝结; 热阻; 防潮

中图分类号: TU119.22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-4764(2018)01-0090-07

Thermal performance of ground anti-condensation in rural residence in hot and humid areas

Tang Mingfang, Qian Huibo, Fang Jinzhong

(Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: There are humidity problems in rural residence in hot and humid areas and condensation occurred on the ground, which affects indoor living quality and health of residents. The basic way to control the ground condensation is to improve the ground temperature, and to determine the thermal performance of the ground. In this paper, thermal and moisture parameters as well as ground temperature of rural residence in Chongqing were measured and the rural residence model was established for simulating damp proof function of overhead ground and insulation ground. The results show that the effect of overhead ground on the damp proof is significant. It could reduce the time of condensation on the ground by more than 90%. Based on the fact that the effect of overhead ground on damp proof is widely accepted, it is proposed that the low thermal resistance of insulation ground for damp proof is $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Keywords: rural residence; ground; condensation; thermal resistance; anti-condensation

目前开展的农村住宅热环境研究中, 多数是针对冬冷夏热的室内热环境问题^[1-6], 而对于湿热地

区, 还存在室内潮湿问题。湿热气候容易引起建筑围护结构内表面凝结泛潮、室内物品发霉、空气质量

收稿日期: 2017-04-17

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: 2017-04-17

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

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

变差等问题,直接影响住宅居住品质和人体健康,因此,建筑防潮是营造良好室内热湿环境的基本要求。在中国相关建筑标准规范中,对建筑防潮提出了明确要求,规定建筑围护结构内表面无结露、发霉等现象^[7],居室地面下部宜采用保温或架空做法^[8],地面宜采用蓄热系数小的材料或带有微孔的面层材料^[9]。针对南方湿热地区室内地面的潮湿问题,人们总结出吸湿面层、地面架空、设置防潮层和间歇通风等防潮措施^[10]。目前,普遍采用的防潮措施是地面架空和地面保温,通过提高地面温度防止地面发生凝结。但在广大农村地区,普遍实行住房自建方式,建筑成本低、质量差,地面结露等围护结构的潮湿问题比较突出。在重庆部分农村的调查显示,室内潮湿问题主要表现为季节性的地面泛潮,出现在4月—6月^[11],而在夏季高温天气,较低的地面温度营造了底层房间较为舒适的热环境^[12]。这说明农村住宅地面温度既是造成室内潮湿的不利因素,也是夏季室内被动降温的有利因素。因此,应对农村住宅地面采用的防潮措施进行研究,确定合理的地面热工性能。

采用地面保温来控制凝结,并不是保温越大越好。保温过大,不仅增加成本,而且也阻隔了夏季地面低温的利用。在建筑节能工程中,地面保温通常要求热阻大于 $1.2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ^[13],这是针对室内使用采暖空调的建筑。而大量的农村住宅是依靠被动式方法营造室内热环境,控制地面凝结是保持室内环境健康的要求,这就需要确定合理的地面热工性能。采用架空地面是最常用的地面防潮措施,但在实际应用中架空层有通风和不通风的情况^[14],对地面温度和防潮效果的影响有多大的差别,尚未见报道。因此,有必要对农村住宅地面防潮措施的热工性能进行研究。

笔者以湿热地区的重庆农村住宅为研究对象,对室内热湿环境进行测量分析,利用测量数据和 DesignBuilder 软件建立农村住宅模型,模拟水泥地面、保温地面、架空地面 3 种工况下的室内热湿环境参数和地面温度,比较不同情况下的室内地面结露时数,分析不同措施的改善效果。

1 实测分析

1.1 实测建筑基本情况

重庆地处西南山地,农村地域广大,地形以山地丘陵为主,坡地面积较大,距离重庆主城区最近的江津区,多为丘陵地形,气候与主城区接近。在江津区

选取当地典型农村住宅进行调查和测量。当地农村住宅多为砖混建筑,普遍采取的防潮措施是在外墙根部修散水,建筑周围挖排水沟疏导雨水。此外,还在地面构造中铺设塑料薄膜防潮层,用于阻止地下水向上渗透,但都未采取地面防凝结措施。

实测的典型住宅为农民自建房,砖混结构,建于2000年,坐北朝南,建筑面积约 160 m^2 ,居住者为祖孙3人。住宅的主体建筑为2层楼房,屋顶为预制空心楼板平屋顶,外墙为实心粘土砖墙,窗户为木框单玻窗,室内为水泥地面。主体建筑立面和平面如图1所示。

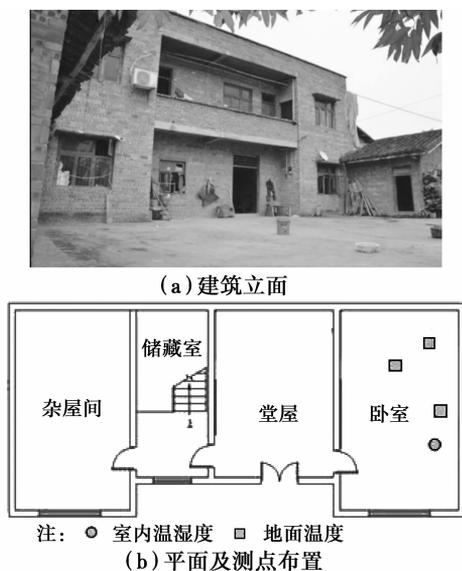


图 1 建筑现状图

Fig. 1 Tested building outline

1.2 测量方法及数据处理

针对重庆的气候特点和研究重点,在2016年选择6月—7月进行测量,分析气候潮湿期间地面结露情况和夏季高温期间室内温度情况。测量主要针对住宅中的居住空间,对卧室进行热湿参数采集,测量内容为室内空气干球温度、相对湿度,地面温度,室外空气干球温度、相对湿度。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。地面温度布置了3个测点,分别在靠近床沿下空气流通的位置以及沙发和柜子旁的地面,以便不影响居住者的正常生活,地面温度为各测点数据的平均值。室外空气温湿度测点布置在室外屋檐下空气流畅、没有直射阳光的位置。室内测点位置见图1(b)。地面温度测量采用自记温度计 TR52,空气温湿度测量采用温湿度记录仪 TR72U,仪器的温度测量精度为 $\pm 0.3 \text{ }^\circ\text{C}$ 、湿度测量精度为 $\pm 5\%$,数据采集间隔设置为 30 min 。

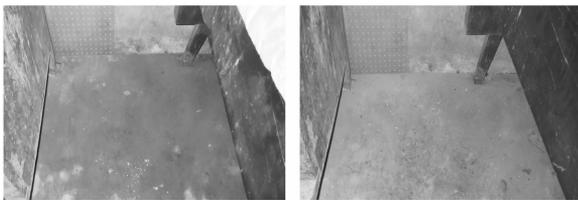
利用室内空气干球温度和相对湿度测量数据,计算室内空气的露点温度。根据空气干球温度、相对湿度与水蒸气分压力的关系,按式(1)计算出空气中的水蒸气分压力^[15],将其看成饱和水蒸气分压力,再计算出空气干球温度,即为空气露点温度。

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

式中: P 为水蒸气分压力, Pa; φ 为空气相对湿度, %; t 为空气干球温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

1.3 实测结果分析

结合测量期间的气候条件和室内地面的观察,可以看出:6月份气温舒适、湿度大,室内地面出现潮湿斑块(见图2(a));7月份气温大幅升高,7月中旬和7月底出现连续高温天气,地面潮湿斑块消失(见图2(b))。选择两种典型天气,即6月份的潮湿天气和7月份的高温天气,将室内空气露点温度与地面温度相比较,进行地面凝结判断,分析室内地面的热湿状况。

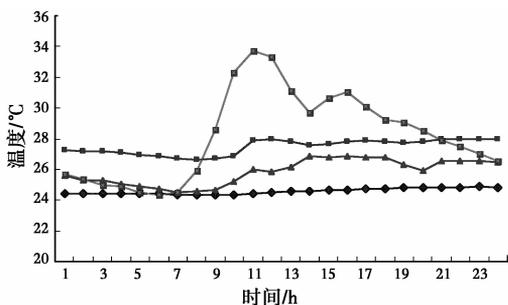


(a) 6月地面潮湿 (b) 7月底地面干燥

图2 地面湿状态

Fig. 2 Condition of ground humidity

图3为6月份潮湿天气的室内温度比较,可以看出,空气干球温度>露点温度>地面温度,平均值分别为27.4、25.8、24.5 $^{\circ}\text{C}$,地面温度达到了凝结条件,出现了潮湿现象。



注: ●—地面温度 ○—室内温度 ▲—露点温度 ■—室外温度

图3 潮湿天气室内温度(6月21)

Fig. 3 Indoor temperature on 21th, June

图4为7月份高温天气的室内温度比较,此时地面温度高于空气露点温度,地面显示干燥状态。在室外平均温度为31.8 $^{\circ}\text{C}$ 的情况下,室内空气干

球温度和地面温度的平均值分别为30.7、27.7 $^{\circ}\text{C}$,即地面温度比空气干球温度低3 $^{\circ}\text{C}$,室内温度比室外温度低1.1 $^{\circ}\text{C}$,说明地面温度对室内有降温作用。

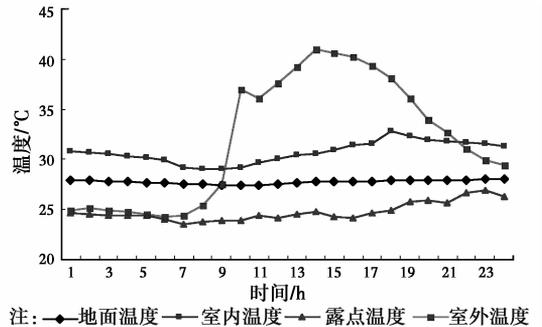


图4 高温天气室内温度(7月24)

Fig. 4 Indoor temperature on 24th, July

2 地面防潮模拟分析

2.1 地面热湿分析及模拟方法

农村住宅室内地面潮湿的水分来源主要有两方面:地下水在土层材料毛细管作用下渗透到地表面、室内空气中水蒸气在地面凝结。目前,农村中的砖混结构住宅普遍采取了防地下水渗透的措施,因此,地面潮湿的根本原因是地面温度低于空气露点温度,从而使空气中的水蒸气在地面凝结。由于地层的蓄热性大,室外温度对地层温度影响的延迟时间长,导致春夏季节地层温度低于室内温度,在温差作用下,产生了从室内→地面→地层的传递。另一方面,地面材料为多孔介质,在室内热湿环境作用下,不仅发生传热,还会发生吸湿、放湿和传湿现象,是热湿耦合传递过程。在室内相对湿度比较高时,空气中的水蒸气向地面材料渗透、扩散,水蒸气在材料毛细管壁表面吸附、凝结,并随着含湿量的增加,毛细管内形成液态水,释放出相变热,提高了材料温度,而材料含湿量的增加使其导热系数增大,提高了材料层的热传导。在室内相对湿度比较低的时候,地面多孔材料处于放湿过程,材料毛细管中的液态水蒸发,水蒸气向压力低的方向扩散进入室内。因此,地面温度是室内热湿环境作用下材料热湿耦合传递的结果,与单纯的传热过程比较,地面温度在吸湿阶段偏高,在放湿阶段偏低,多孔材料的调湿作用有利于减少地面凝结。

文献[16]采用WUFI软件模拟了农村住宅地面在重庆气候条件下的热湿状况,对几种地面在考虑热湿耦合传递与单纯热传递情况下地面温度的差

别进行了比较,其中,吸湿性地面的温度差别较大,而水泥地面的温度差别很小,可以忽略,这是因为水泥地面的密实性材料对水蒸气的渗透系数很小。因此,模拟农村住宅普遍使用的水泥地面温度时,可以忽略材料传湿作用。

农村住宅地面温度及地面凝结状况由地层温度、室内干球温度和相对湿度确定,而室内热湿环境受到室外气候影响,与建筑围护结构热工性能和室内通风状况有关,因此,模拟室内地面潮湿状况需要建立农村住宅建筑模型,采用全年气象数据模拟室内地面温度和室内热湿环境参数。在忽略材料传湿的情况下,可以选用建筑热环境和能耗分析软件 DesignBuilder 进行模拟,采用重庆典型气象年数据,包括室外干球温度、湿球温度、太阳辐射照度等气候参数,通过模拟可以获得建筑室内全年逐时干球温度和相对湿度以及建筑内表面温度,包括地面温度,进行地面凝结分析。

在实测数据的基础上,利用 DB 软件建立农村住宅模型,并利用测量数据对模型进行验证,采用模拟研究的方法,进一步研究农村住宅全年的室内热湿环境和地面结露状况,分析架空地面、保温地面对改善地面凝结的效果以及相关参数的影响。

2.2 建筑模型

以实测的农村住宅为研究对象,按照其实际尺寸,利用 DB 软件建立简化模型(图 5)。建筑地面、墙体、门窗以及屋顶各部位构造做法参照实际建筑设置,其中,屋顶、外墙、窗户的传热系数分别为 3.6 、 2.4 、 $4.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

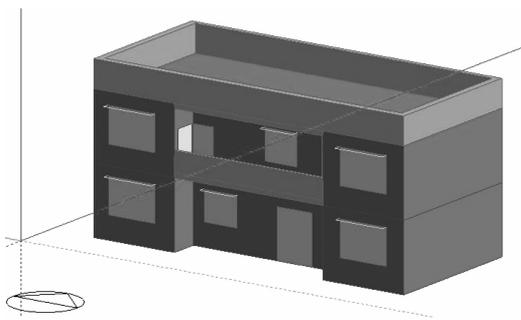


图 5 建筑模型

Fig. 5 Building simulation model

采用重庆标准气象年数据,并采用文献[17]给出的重庆地区地下 0.5 m 处的各月平均温度数据作为 DB 软件模拟室内地面温度的依据。根据农村住宅自然通风的特点,设置房间窗户和大门全天开启面积为 50% 。室内人员、电器等内热源强度设置为 4.3 W/m^2 。结合居民的实际使用情况,人员作息时

间设置为: $6:00-12:00$ 在室外劳动等活动, $12:00-15:00$ 在房间午休, $15:00-20:00$ 在室外劳动等活动, $20:00-6:00$ 在房间休息睡觉。

2.3 模型验证

为了反映农村住宅室内热环境的实际状况,利用测量数据对建筑模型进行验证。考虑到建筑和地面的热惰性影响,选取 7 月份连续一周稳定天气条件下的测量数据,将其求逐时平均值,得到平均日室内外测量数据。然后用平均日室外干球温度和相对湿度测量数据替换重庆标准气象年中 7 月份相似天气的气温和相对湿度,以平均日为周期,进行周期性室内热环境模拟。用卧室空气干球温度、相对湿度、地面温度的模拟值与实测值相比较进行验证。对比结果如图 6 所示,室内空气干球温度、地面温度的模拟值与实际测量值的平均误差为 3% ,室内空气相对湿度模拟值与实际测量值的平均误差为 5% ,所有参数模拟值与实测值的平均误差都在 5% 的范围内,认为该模型比较可靠,可用作进一步模拟研究。

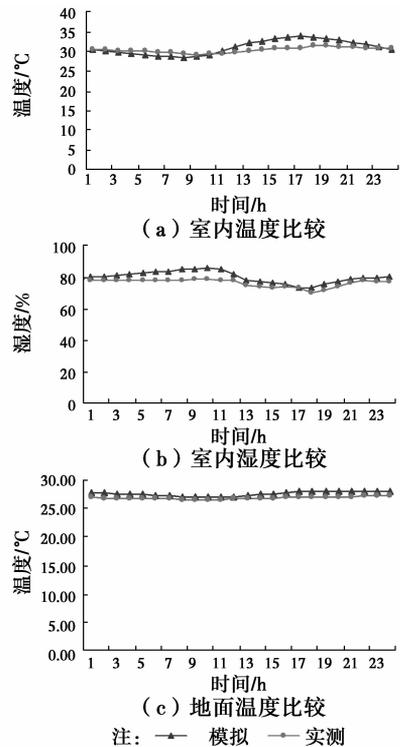


图 6 实测值与模拟值对比

Fig. 6 Comparison of simulated and measured data

2.4 模拟工况

基于验证的建筑模型和重庆标准气象年数据,针对水泥地面、架空地面、保温地面 3 种工况,模拟分析从春季到夏季的室内热湿参数和地面温度。3 种工况中,架空地面和保温地面是在原建筑模型设

置的水泥地面构造层中增加相应的材料层,其中,架空地面选取地面防潮普遍使用的架空层高度 300 mm,设置了架空层的几种通风情况,保温地面选择了全轻混凝土作为保温层,设置了不同的保温层厚度。3 种工况的地面构造材料见表 1,其中,地面热阻指夯土层以上的地面构造层热阻。

表 1 地面构造

Table 1 Construction of ground

地面类型	构造层次	地面热阻/ ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)
水泥地面	水泥砂浆 20 mm	0.06
	素混凝土 50 mm	
	夯土	
架空地面	水泥砂浆 20 mm	0.14~0.52
	钢筋混凝土板 200 mm	
	空气层 300 mm	
	夯土	
保温地面	水泥砂浆 20 mm	0.14~0.52
	全轻混凝土 20~120 mm	
	素混凝土 50 mm	
	夯土	

2.5 模拟结果分析

各种地面工况的模拟分析中,室内空气干球温度、相对湿度和地面温度取各房间模拟数据的平均值,代表建筑整体的室内热湿环境平均状况进行分析。水泥地面的模拟结果代表在重庆标准气象年条件下现有农村住宅地面的热湿状态及潮湿程度,架空地面和保温地面的模拟结果用于评价 2 种防潮措施对地面潮湿程度的改善。

2.5.1 水泥地面潮湿分析 模拟得到 3 月—8 月水泥地面的室内热湿参数逐时变化值,各参数的日平均值变化如图 7 所示。农村住宅是自然通风建筑,室内空气干球温度和相对湿度随室外气候变化,并与室外参数接近。受地面热惰性的影响,室内地面温度低于空气干球温度,在升温天气表现更明显。在 4 月—6 月期间,出现了室内露点温度高于地面温度的结露情况,而在 7 月—8 月,随着气温的持续升高,地面温度高于露点温度,地面为干燥状态。图 8 是室内地面结露时数的分布,可以看出 4 月—6 月出现持续的地面结露天气,有些天气还出现了全天 24 h 结露的情况,室内地面潮湿状况比较严重。

2.5.2 架空地面防潮分析 在架空地面的架空层中,设置了通风和不通风 2 种情况。架空层通风情况是在建筑正立面和背立面的架空层外墙上设置了

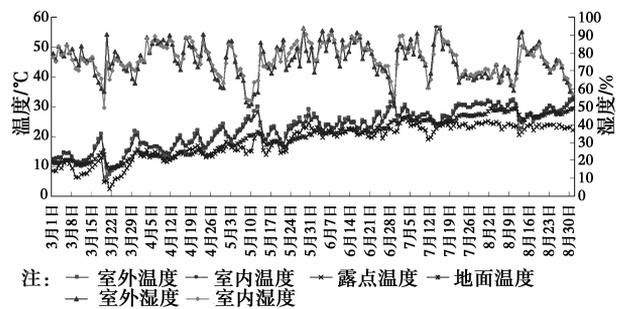


图 7 室内热湿参数

Fig. 7 Indoor heat and humidity parameter

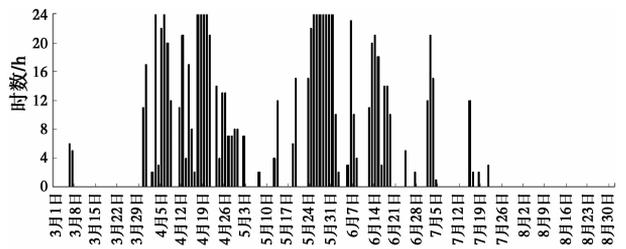


图 8 地面结露时数分布

Fig. 8 Condensation hours distribution of ground

通风口,通风口面积占立面架空层外墙面积的比例设置为 20%、50%、100% 共 3 种,带有通风口的架空层设置自然通风模式,在自然通风状态下影响室内地面温度,不通风的架空层则为密闭空气层。

模拟结果显示,架空地面对减少地面结露的效果很显著。图 9 为架空地面相对于水泥地面结露时数的减少率,各种架空地面对地面结露的减少率都在 90% 以上,架空层通风对地面结露的减少率增加很小,约为 3%。这是因为架空层高度低,在自然通风状态下从室外进入架空层的空气流量比较少,架空层通风对地面温度的影响也比较小。

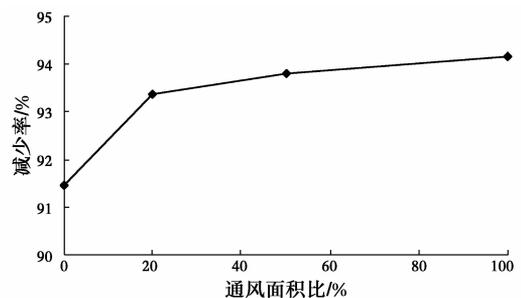


图 9 架空地面结露减少率

Fig. 9 Condensation reduction rate of ventilation ground

在实际中,常用架空地面的通风口面积比一般都小于 20%,其防潮效果已被广泛接受。根据模拟结果,这种常用的架空地面对地面结露的减少率为 93%,也会出现少量零星分散的结露,这是因为模拟软件未考虑材料的吸湿性。实际的农村住宅地面材

料具有一定的吸湿性,少量的结露容易被材料吸收,并在室内温度升高、湿度降低的时候释放,不会出现潮湿问题。

2.5.3 保温地面防潮分析 保温地面是在水泥地面构造层中增加保温材料,提高地面构造层的热阻,阻隔构造层以下夯土层低温对室内地面温度的影响。设置保温材料的厚度为 20、40、60、80、100、120 mm 等 6 种情况,对应的地面热阻为 $0.14 \sim 0.52 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,模拟得到不同保温层厚度的地面结露时数相对于水泥地面的减少率,如图 10 所示。可以看到,保温地面结露的减少率随保温层厚度的增大而提高,当保温层的厚度为 80 mm、地面热阻为 $0.37 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 以上时,地面结露的减少率增加缓慢。在保温层的厚度为 120 mm、地面热阻为 $0.52 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 时,地面结露的减少率为 94%,达到了架空通风地面的防潮效果。

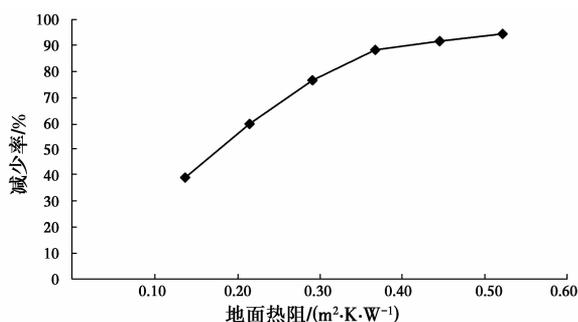


图 10 保温地面结露减少率

Fig. 10 Condensation reduction rate of thermal insulation ground

2.5.4 地面防潮热工性能 保温地面和架空地面的防潮原理都是提高地面温度,其中架空地面的防潮效果已经广为接受,但架空地面通风情况下的热工性能难以确定,因此,不能由架空地面给出地面防潮的热工性能要求。可以采用保温地面与架空地面防潮效果相等的方法,确定地面防潮的热工性能。

以前面模拟计算的架空层高度为 300 mm、通风口面积比为 20% 的架空地面的防潮效果作为农村住宅的地面防潮要求,计算出与其等效的保温地面的地面热阻为 $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,由此提出地面防潮的低限热阻为 $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 。

3 结论

1) 现有农村住宅地面未采取防凝结措施,在春夏过渡季节地面发生泛潮现象,在夏季高温天气地面产生降温效果,因此,采用防潮措施的地面热阻不宜过大。

2) 架空地面的防潮效果随架空层通风面积的增大而增大,高度为 300 mm 的架空层在通风与不通风的情况下,地面凝结时数减少率相差在 5% 以内。

3) 采用保温防潮措施的地面热阻应大于 $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,可作为农村住宅地面防潮设计的低限热阻。

参考文献:

- [1] DU X Y, BOKEL R, DEN VAN 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.
- [2] 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)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] 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)
- [6] 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)
- [7] 民用建筑室内热湿评价标准: 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 buildings: GB/T 50785-2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012: 5-9. (in Chinese)
- [8] 民用建筑热工设计规范:GB 50176—93 [S]. 北京:中国计划出版社,1993:3-6.
Thermal design code for civil building: GB 50176-93 [S]. Beijing: China Planning Press, 1993: 3-6. (in Chinese)
- [9] 农村居住建筑节能设计标准:GB/T 50824—2013 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012:13-16.
Design standard for energy efficiency of rural residential buildings: GB/T 50824-2013 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012: 13-16. (in Chinese)
- [10] 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)
- [11] 唐鸣放,方巾中,李竞涛,等. 重庆地区农村住宅地面的热湿状态[J]. 土木建筑与环境工程,2016,38(3):123-128.
TANG M F, FANG J Z, LI J T, et al. Investigation of condensation on ground of rural residence in Chongqing [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2016, 38(3): 123-128. (in Chinese)
- [12] 宋平,唐鸣放,郑开丽. 重庆农村住宅热环境实测与评价[J]. 建筑科学,2015,31(6):118-123.
SONG P, TANG M F, ZHENG K L. Actual measurement and evaluation of rural residential thermal environment in Chongqing [J]. Building Science, 2015, 31(6): 118-123. (in Chinese)
- [13] 公共建筑节能设计标准:GB/T 50189—2005 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005:5-11.
Design standard for energy efficiency of public buildings: GB 50189-2005 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005: 5-11. (in Chinese)
- [14] 南艳丽,冯雅,钟辉智,等. 川渝地区夯土民居架空地面防潮设计[J]. 建筑科学,2015,31(6):90-94.
NAN Y L, FENG Y, ZHONG H Z, et al. Damp proof design for raised floors of rammed earth folk house in Sichuan and Chongqing [J]. Building Science, 2015, 31(6): 90-94. (in Chinese)
- [15] 城市居住区热环境设计标准:JGJ 268—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)
- [16] 方巾中. 多孔材料对改善农村住宅地面潮湿研究[D]. 重庆:重庆大学,2017.
FANG J Z. Study on improving the wet condition of rural residence floor by porous materials [D]. Chongqing: Chongqing University, 2017. (in Chinese)
- [17] 中国气象局气象信息中心气象资料室. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[DS]. 北京:中国建筑工业出版社,2005:42-43.
Meteorological Data Room in Meteorological Information Center of China Meteorological Administration. China meteorological data for thermal environment analysis [DS]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005: 42-43. (in Chinese)

(编辑 胡英奎)