

沈阳地区复合保温墙体构造湿状况模拟研究

张九红,吕坤洁,李 枫,崔 硕

(沈阳建筑大学建筑环境与节能研究院,辽宁 沈阳 110168)

摘 要 目的 分析达到湿稳定状态的过程,确定沈阳地区不同类型保温墙体在若干温湿度条件下的保温材料重量湿度的变化规律. 方法 通过 CHAMPS—BES 软件对不同构造类型(外保温、内保温和夹芯保温)的复合保温墙体的湿状况进行模拟实验,确定温度场和湿度场在墙体内构造分布. 结果 在室内温湿度条件不变的情况下,外保温墙体保温层重量湿度最低,内保温墙体的保温层重量湿度最高. 结论 在湿传递方面,外保温墙体比内保温和夹芯保温墙体具有更多优势,更适用于严寒地区节能建筑外墙采用. 若采用内保温或夹芯保温工艺,必须对围护结构热桥部位进行保温防潮处理.

关键词 墙体构造;内保温;外保温;夹芯保温

中图分类号 TU111.4 文献标志码 A

Study on Simulation of Composite Heat Insulation Walls in Shenyang District

ZHANG Jiuhong, Lü Kunjie, LI Feng, CUI Shuo

(Institute of Building Environment and Energy Efficiency, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

Abstract: To analyze the process of wet reached a stable state, determine the weight and humidity of different types of insulation walls materials in several conditions of temperature and humidity in Shenyang district. Through the CHAMPS-BES software on different structure types (external thermal insulation, inner insulation, sandwich insulation) simulation experiment of composite insulated wall wet condition, to determine the temperature field and humidity field in wall structure distribution. Under the condition of constant temperature and humidity conditions indoors, external thermal insulation wall insulation minimum weight humidity, insulation wall thermal insulation layer of the humidity, the highest weight humidity. In terms of moisture transfer, the external thermal insulation wall has more advantages than the internal thermal insulation wall, and is more suitable for the use of the external wall of energy-saving buildings in cold regions. If internal insulation or sandwich insulation process is adopted, the thermal bridge part of the enclosure structure must be insulated and moisture-proof.

Key words: wall structure; internal insulation; external insulation; sandwich insulation

收稿日期:2018-06-14

基金项目:国家自然科学基金项目(51678370);辽宁省高校创新团队支持计划项目(LT2017002)

作者简介:张九红(1968—),女,教授,博士,主要从事绿色建筑和建筑物理声、光、热等方面研究.

目前在建筑围护结构设计中,湿状况的判断通常以稳定条件下的水蒸气渗透过程作为单一判据,不能反映出受到其他因素影响时的湿传递状况^[1-6].同时,围护结构实验测试时间较长,已有的实验设备只能测量部分点的相对湿度及温度,无法得到全部的湿度场和温度场分布^[7-10].所以对于室外气候环境的这种近似于周期性动态传热环境条件,一般采用实验模拟的方法对围护结构热湿传递进行研究^[11-15].

围护结构的湿状况对其热阻有着直接的影响.一般来说,重量湿度是说明材料中含游离水分多少的一个指标,可用重量含水率表示,即材料试样中所含水分重量与试样在干燥状态下的重量之比^[16].围护结构内的含湿量在建筑建成验收时,墙体远远没有达到湿稳定状态,此时实测得到的围护结构传热系数可以反映瞬时围护结构的传热特性,却不能反映出围护结构达到湿稳定状态的传热特性.针对这一情况,笔者对不同构造类型的复合保温墙体的湿状况进行模拟实验.通过对不同类型保温墙体结构达到湿稳定状态过程的分析,确定沈阳地区不同类型保温墙体在不同温湿度环境条件下的保温材料重量湿度的变化规律,为复合保温墙体构造设计提供依据.

1 实验设计

1.1 参数设计

1.1.1 模拟实验工具

CHAMPS—BES 软件可以用来模拟热湿空气和污染物等多场耦合模拟计算.主要针对建筑的整体能耗,具有模拟热、空气、水分、污染物在建筑外围护结构系统内耦合传递的功能.可以在多维条件下模拟计算围护结构内部热量和水蒸气耦合传递状况^[17].

作为多系统耦合模拟软件,它考虑了围护结构内部空气以及污染物的扩散,也考虑了空气流动和外部气象条件的影响,能准确地模拟墙体内部的温度和湿度分布以及变化情况.

1.1.2 墙体构造类型

选取外保温、夹芯保温和内保温三种最基本的墙体构造类型^[18].在材料种类和厚度不变的前提下,比较不同构造形式对其重量湿度的影响.墙体构造如图1所示,材料物理参数见表1^[19].

1.2 环境参数设定

1.2.1 室外气象参数

气候的周期变化影响着建筑物墙体内部的热湿传递,因此首先需要加入实验地区的气象参数.本次模拟以沈阳地区为研究对象,全年温度和湿度变化如图2、图3所示.

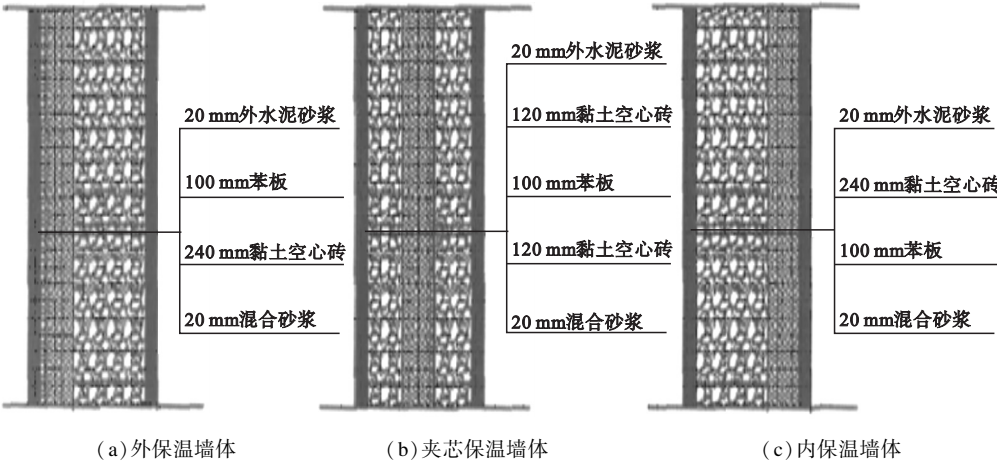


图1 不同类型墙体构造

Fig. 1 Structures of different types of walls

表 1 墙体构造材料物理参数

Table 1 Physical parameters of wall structural materials

构造材料	干密度/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	比热容/($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	导热系数/($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
EPS 板	20	1 380	0.041
石灰水泥砂浆	1 700	1 050	0.87
水泥砂浆	1 800	1 050	0.87
黏土空心砖	1 400	1 050	0.58

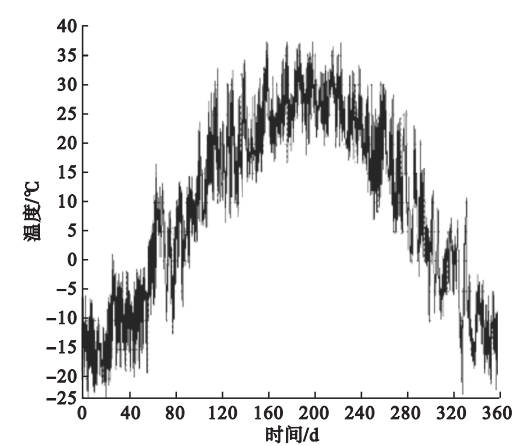


图 2 沈阳地区全年温度变化

Fig. 2 Temperature changes throughout the year in Shenyang

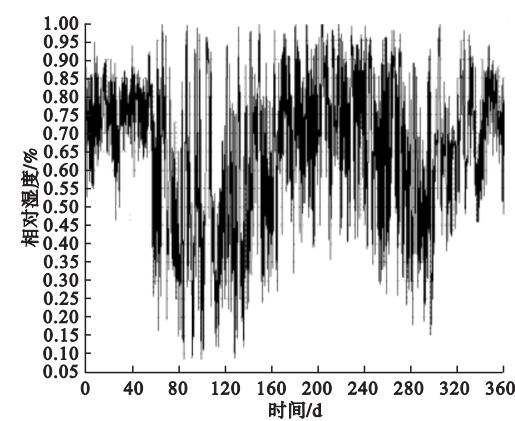


图 3 沈阳地区全年相对湿度变化

Fig. 3 Annual relative humidity situation in Shenyang

1.2.2 边界条件和初始条件

边界条件和初始条件用于确定墙体达到湿稳态的时间. 其中边界条件主要包括雨水的影响、水蒸气扩散、VOC 的扩散、压差引起的空气对流、太阳长波和短波的辐射、导热等气候条件参数,其取值根据《民用建筑热工设计规范》(GB50176—2016)确定.

初始条件一般包括:初始含水率、温度、

相对湿度、空气压力、毛细压力和 VOC 总质量;设定初始相对湿度为 95%,含水率为 7.5%. 实验模拟时间从 2013 年 12 月 31 日起,历经 5 年.

1.2.3 室内热湿参数

室内参数用于模拟实际使用过程中墙体的温、湿度场状况,主要包括室内温度、相对湿度,对建筑物内部热湿传递有很大影响. 因为重量湿度不仅和保温层位置有关,还和温度、相对湿度有关. 根据《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736—2012)要求选取室内温度 22℃,相对湿度 50% 和 60%. 实验模拟最终目的是比较三种不同构造对保温层重量湿度的影响.

2 实验结果与分析

2.1 墙体湿稳态时间确定

模拟在相同的边界条件和初始条件下,不同墙体构造热湿传递的过程,确定达到湿稳态的时间. 当某一时间点与上年同期相比含湿量变化小于 5% 左右,则判定墙体从正常使用到这时候作为这类墙体构造达到湿稳态的时间.

外保温墙体湿稳态历程如图 4 所示. 从实验模拟中发现,外保温墙体在使用初期含湿量变化较大,之后墙体含湿量变化趋于平缓. 在接近 480 天时,含湿量与上年同期相比相差小于 5%,满足湿稳定状态. 在湿稳定之后,外保温墙体含湿量稳定在较低水平且随着时间增长成周期性变化.

内保温墙体湿稳态过程如图 5 所示. 在实验模拟过程中,内保温墙体含湿量随着时

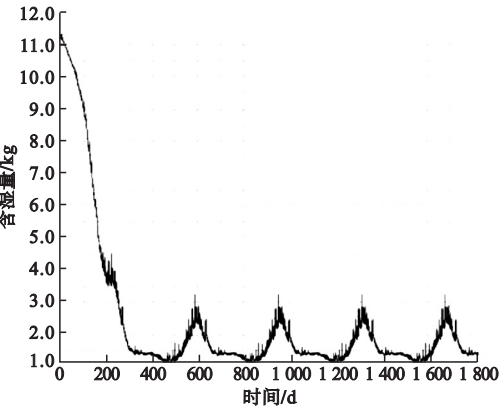


图4 外保温墙体湿稳态过程

Fig. 4 Wet steady state process of external insulation wall

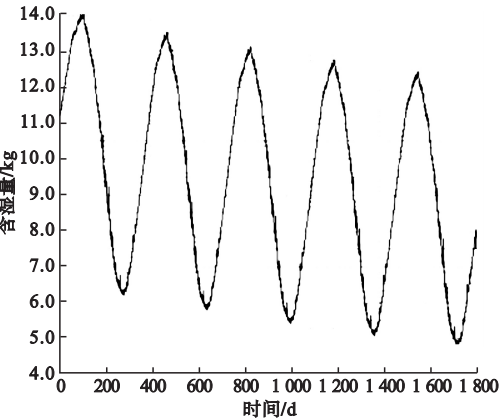


图5 内保温墙体湿稳态过程

Fig. 5 Wet steady state process of internal insulation wall

间变化的波动较大。在接近第1 750天左右时,含湿量趋于稳定。主要原因:一方面墙体保温层内侧蒸汽渗透阻较小,保温材料受室内湿度变化影响较大;另一方面,由于黏土砖的多孔特性,室外的潮气也会对保温材料造成影响,导致保温材料内部水分积累。这种做法也不符合“难进易出”的墙体材料布置原则。

夹芯保温墙体湿稳态过程如图6所示,夹芯保温构造的重量湿度的波动趋势介于上述两者之间。在使用初期,含湿量稳定下降,接近第1 350天时,逐渐达到湿稳态。与内、外保温不同的是,在含湿量最高和最低的时刻,夹芯保温有一短暂的平衡期。这主要由于

保温层处在墙体内侧,对外环境反应敏感度较低。

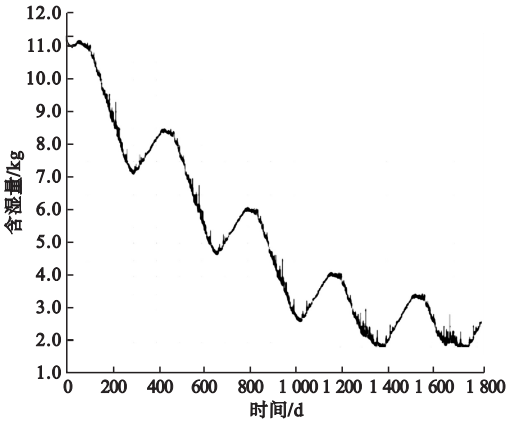


图6 夹芯保温墙体湿稳态过程

Fig. 6 Wet steady state process of the sandwich insulation wall

2.2 湿稳态下的墙体构造分析

2.2.1 外保温墙体湿状态

建立外保温墙体构造模型如图1(a)所示。不同相对湿度下外保温墙体重量湿度变化曲线如图7、图8所示。在同一温度下,相对湿度取值为50%和60%时,由墙体内重量湿度的变化可以得出,在达到湿稳定状态后,位于保温层外侧和外墙抹灰交界处,重量湿度最大,出现冷凝界面。此时,室内为相对湿度60%时的保温材料重量湿度要大于室内相对湿度为50%时的保温材料重量湿度,但都保持在较低的水平上。

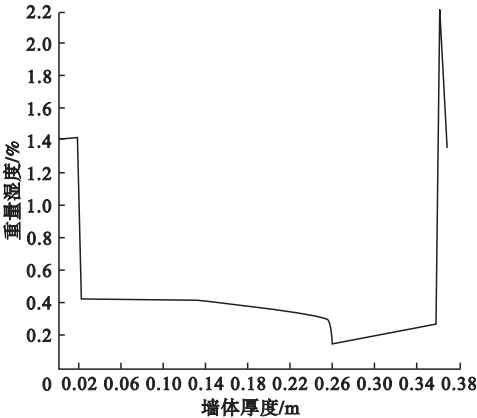


图7 相对湿度50%外保温在湿稳态时的重量湿度
Fig. 7 Relative humidity of 50%, weight humidity of external insulation in wet steady state

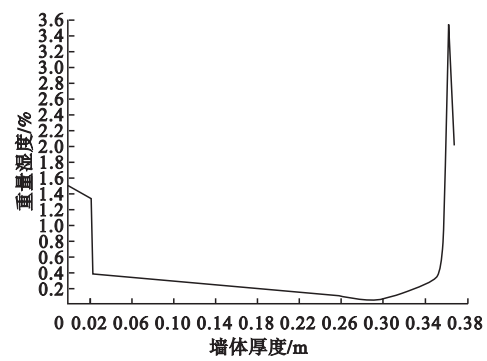


图8 相对湿度60%外保温在湿稳态时的重量湿度
Fig. 8 Relative humidity of 60% ,weight humidity of external insulation in wet steady state

2.2.2 夹芯保温墙体湿状态

建立夹芯保温墙体构造模型如图1(b)所示. 夹芯保温墙体选用与外保温墙体相同保温层厚度和相同材质,且在同一温度下进行模拟实验. 不同相对湿度下外夹芯保温墙体重量湿度变化曲线如图9、图10所示.

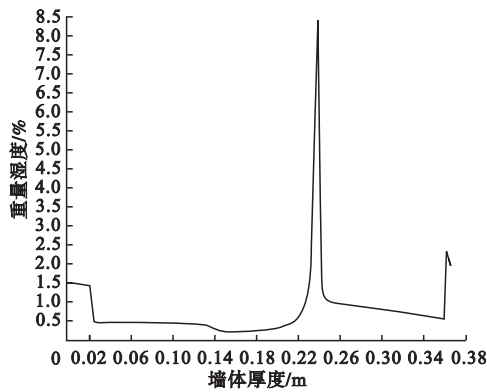


图9 相对湿度50%夹芯保温在湿稳态时重量湿度
Fig. 9 Relative humidity 50% of the core insulation in wet steady state weight humidity

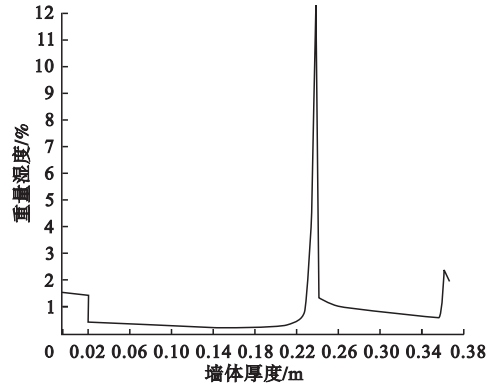


图10 相对湿度60%夹芯保温在湿稳态时重量湿度
Fig. 10 Relative humidity 60% of the core insulation in wet steady state weight humidity

从图中可以看出,稳态时在保温板与外侧砖砌体交界处出现保温重量湿度最大值,且重量湿度与相对湿度成正比变化. 在同一相对湿度下,保温层和外侧砖砌体交界处,重量湿度向内侧迅速降低. 可以得到当室内相对湿度为60%时,重量湿度为12%,已经接近《民用建筑热工设计规范》(GB50176—2016)中规定的采暖期重量湿度增量的允许值15%.

2.2.3 内保温墙体湿状态

建立内保温墙体构造模型如图1(c)所示. 不同相对湿度下内保温墙体重量湿度变化曲线如图11、图12所示. 对于内保温重量湿度的实验模拟,可以看到重量湿度最大处同样出现在保温层和黏土空心砖砌体接触处,含湿量向保温层内侧的浮动也较其他两种构造缓慢.

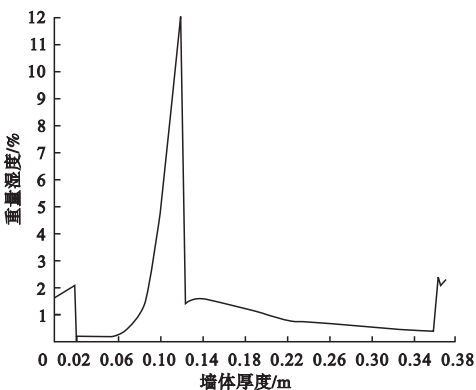


图11 相对湿度50%内保温在湿稳态时重量湿度
Fig. 11 Relative humidity 50% internal insulation at steady state weight humidity

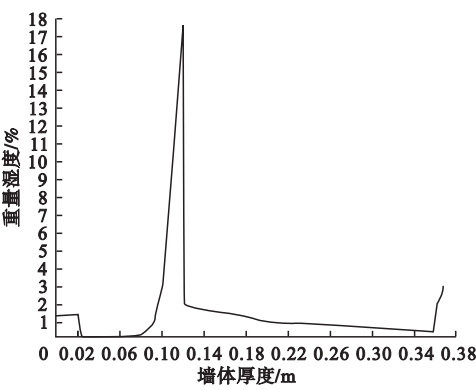


图12 相对湿度60%内保温在湿稳态时重量湿度
Fig. 12 Relative humidity 60% internal insulation at steady state weight humidity

2.2.4 保温墙体构造湿状态分析

根据以上模拟,分别完成同等条件、不同温度下的类比实验.最后根据所有实验结果,

得出温度、相对湿度不同的条件下,重量湿度变化趋势如图13所示.

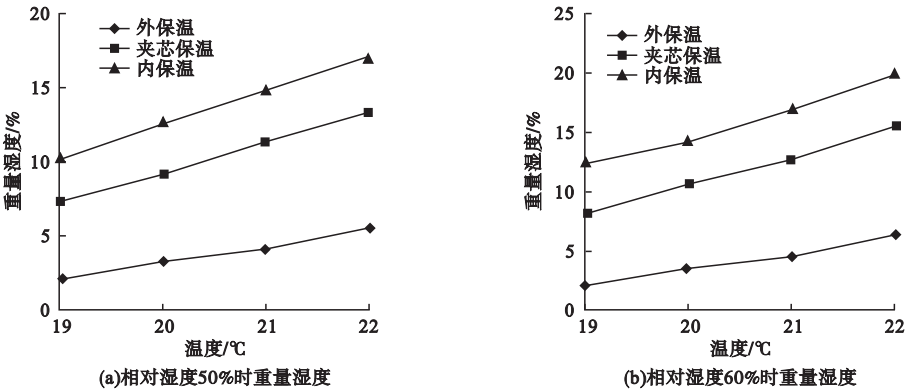


图13 不同保温层设置时重量湿度

Fig. 13 Weight and humidity in different insulation layers

以温度20℃、含湿量60%为例,外保温墙体保温材料重量湿度为3.9%,夹芯保温墙体保温材料重量湿度为10.1%,内保温墙体保温材料重量湿度为13.3%.可以看出,内保温墙体的保温层最易受潮,引起材料保温性能的降低;而外保温墙体不会影响保温材料性能,主要是因为把保温层设置在密实结构材料层的外侧,外墙内部则不会存在过多的冷凝水.

的作用.

对于外保温墙体,其保温层的重量湿度在计算的温湿度范围内均低于规范所规定的允许值.而对于内保温墙体,当相对湿度50%、室内温度达到21.5℃以上,或相对湿度60%、室内温度达到20.5℃以上时,保温层苯板的重量湿度增量已经高于《民用建筑热工设计规范》(GB50176—2016)所规定最大的重量湿度允许值15%.

(2)在室内温湿度条件不变的情况下,外保温墙体保温层重量湿度最低;内保温墙体的保温层重量湿度最高,保温层最易受潮;夹芯保温墙体居中.

(3)在湿传递方面,外保温墙体比内保温和夹芯保温墙体具有更多优势,更适用于严寒地区节能建筑外墙采用.若采用内保温或夹心保温工艺,必须对围护结构热桥部位进行保温防潮处理.

3 结 论

(1)从模拟实验的结果可以看出,相同气候条件下,不同墙体保温构造的湿稳态时间是有区别的.外保温达到湿稳态的时间最短,内保温达到湿稳态的时间最长,夹芯保温达到湿稳态时间居中.达到湿稳态的时间短,有利于延长结构的寿命、充分发挥保温材料

参考文献

[1] 班广生. 建筑围护结构节能设计与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
(BAN Guangsheng. Design and practice of energy conservation of building containment structure[M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2010.)

[2] 崔硕. 严寒地区建筑墙体适宜性保温墙体构造湿热传递研究[D]. 沈阳:沈阳建筑大学,2014.
(CUI Shuo. A study on the construction of thermal insulation wall of buildings in the cold region[D]. Shenyang: Shenyang Jianzhu University,2014.)

[3] 富强. 严寒地区复合保温墙体湿热状态研究[D]. 沈阳:沈阳建筑大学,2013.
(FU Qiang. Research on the heat and humidity of composite insulation wall in cold regions[D]. Shenyang: Shenyang Jianzhu University, 2013.)

[4] 龙激波. 基于多孔介质热质传输理论的竹材

- 结构建筑热湿应力研究[D].长沙:湖南大学,2013.
(LONG Jibo. Research on thermal and wet stress of bamboo structure based on the theory of porous medium heat transfer theory [D]. Changsha: Huhan university, 2013.)
- [5] 张九红,富强. 严寒地区外保温墙体边界类型热湿分析[J]. 建筑科学, 2016, 10: 73-79.
(ZHANG Jiuhong, FU Qiang. Thermal and wet analysis of the boundary type of thermal insulation wall outside freezing area [J]. Architecture science, 2016, 10: 73-79.)
- [6] 张九红,李晋,房美序. 严寒地区复合保温墙体热湿实验[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2016, 5: 838-845.
(ZHANG Jiuhong, LI Jin, FANG Meixu. Thermal and wet experiments of complex thermal insulation wall in cold regions [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (natural science), 2016, 5: 838-845.)
- [7] 张九红,富强. 沈阳地区住宅楼外保温墙体湿破坏研究[J]. 建设科技, 2014, 21: 64-67.
(ZHANG Jiuhong, FU Qiang. Research on the wet destruction of residential buildings in shenyangarea [J]. Construction technology, 2014, 21: 64-67.)
- [8] 管文,赵立群. 装配式住宅预制夹芯保温复合外墙内部冷凝问题研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2012(8): 50-52.
(GUAN Wen, ZHAO Liqun. Research on the internal condensation problem of prefabricated sandwich core insulation composite external wall [J]. Concrete and cement products, 2012 (8): 50-52.)
- [9] 张甜甜,谭羽非,李玉洲. 加气混凝土墙体的热桥效应及局部保温措施[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2015(7): 114-120.
(ZHANG Tiantian, TAN Yufei, LI Yuzhou. Thermal bridge effect and local thermal insulation measures of reinforced concrete walls [J]. Journal of Huhan university (natural science), 2015(7): 114-120.)
- [10] CHEN Tuanjie, WANG Shuangjie. Study on heat insulation of diatomite asphalt concrete in permafrost regions [J]. Journal of highway and transportation research and development, 2012, 6(4): 42-48.
- [11] 于鑫垚. 新型保温砌体夹芯墙墙体构造与热湿性能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2013.
(YU Xinyao. Research on the structure and thermal humidity of the wall wall of a new type of thermal insulation masonry [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.)
- [12] 刘正强,李雪. 大连某芯片工厂墙体结露与冷凝分析[J]. 建筑节能, 2009(1): 21-24.
(LIU Zhengqiang, LI Xue. The analysis of the wall condensation and condensation of a chip factory in dalian [J]. Energy conservation, 2009(1): 21-24.)
- [13] 黄建恩,吕恒林,冯伟,等. 蒸压加气混凝土砌块墙体热湿耦合传递特性[J]. 建筑材料学报, 2015(1): 88-94.
(HUANG Jianen, Lü Henglin, FENG Wei, et al. Thermal and wet coupling transmission characteristics of steam pressure reinforced concrete block wall [J]. Journal of architectural materials, 2015(1): 88-94.)
- [14] 周辉,钱美丽,冯金秋,等. 建筑材料热物理性能与数据手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2010.
(ZHOU Hui, QIAN Meili, FENG Jinqiu, et al. Thermal physical properties and data of building materials [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.)
- [15] 贾子乐. 建筑外围护结构热湿状态分析研究[D]. 北京:北京交通大学, 2010.
(JIA Ziyue. Analysis on thermal and humidity of exterior structure of buildings [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010.)
- [16] 柳孝图. 建筑物理[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2010.
(LIU Xiaotu. Architectural physics [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.)
- [17] 刘加平. 建筑物理[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2011.
(LIU Jiaping. Architectural physics [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011.)
- [18] 中国建筑标准设计研究院. 墙体节能建筑构造: GB 06J123 [S]. 北京:中国计划出版社, 2006.
(Chinese Architecture Standard Design and Research Institute. Construction of wall energy conservation building: GB 06J123 [S]. Beijing: China Planning Press, 2006.)
- [19] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准: JGJ 26—2010 [S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2010.
(The Housing and Urban-Rural Development Department of the People's Republic of China. The design criteria for energy conservation in the cold and cold areas: JGJ 26—2010 [S]. Beijing: Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.)