

DOI: 10.11973/wsje201909004

红外技术在轻型木结构建筑节能检测中的应用

尹 琴, 张颖璐, 沈 卉, 郭颖恺, 陆红燕, 朱一辛

(南京林业大学 材料科学与工程学院, 南京 210037)

摘 要:以一栋 2 层轻型木结构建筑为例, 使用红外热像仪对该建筑进行检测, 分析了轻型木结构建筑中存在的热工缺陷。结果表明: 轻型木结构建筑中主要存在墙体墙骨柱处保温层分布不均、墙体转角部位的热桥、百叶窗漏气等缺陷; 红外热成像检测技术是轻型木结构节能检测的一种有效手段。

关键词: 红外热成像技术; 轻型木结构建筑; 热工缺陷

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2019)09-0016-04

Application of IR Technology on Energy Efficiency Test of Lightweight Wooden Structures

YIN Qin, ZHANG Yinglu, SHEN Hui, GUO Yingkai, LU Hongyan, ZHU Yixin

(School of Materials Science and Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In this paper, a two-story lightweight wood structure building is taken as an example, and the infrared thermal imager is used to inspect the building to analyze the thermal defects existing in the wooden structure. The results show that there are some defects in the light-weight wooden structure, such as uneven distribution of insulation at the wood stud, thermal bridge in the corner and air leakage in the louver. It shows that infrared technology is an effective means of energy saving detection of lightweight wooden structure.

Key words: infrared thermal imaging technology; lightweight wooden structure; thermal defect

红外热成像检测技术主要利用红外辐射的原理对设备及其他物体的表面进行检测。建筑围护结构由于受到各类因素及结构自身的差异, 其内外表面的传热速度会有所不同, 进而造成围护结构表面温度场的不均匀, 而红外热像仪则能通过红外辐射原理将被测物体表面对应的辐射温度显示出来^[1-2]。通过红外热像仪对被测物体表面温度场的确定, 人们能够清楚地知道是否存在缺陷以及缺陷的形状^[3-4], 并能针对热工性能薄弱的地方进行改造, 提高建筑的节能性。

ISO 6781:1983(E)《绝热 建筑围护结构热缺陷的定性探测 红外线法》是关于红外技术应用于建筑

测试上的一份标准, 其后也发布了其修改版本, 在该版本中定义了热工缺陷。国内在 2001 年也发布了相关标准 JGJ 132-2009《采暖居住建筑节能检验标准》, 明确规定了可以使用红外热成像仪对建筑的热工缺陷进行定性判断。2005 年哈尔滨工业大学开展了量化研究建筑围护结构热工缺陷的工作, 并提出了相应的量化指标^[5]。2009 年的《居住建筑节能检测标准》则要求在节能检测中必须使用红外热像技术对建筑进行缺陷检测。在木结构建筑领域, MARTIN 等^[6]用红外技术研究了木结构外墙角以及天花板连接处的热桥问题, 西安交通大学在测试寒冷地区轻型木结构的节能表现中也使用了红外技术^[7]。轻型木结构建筑构造上的特点, 如围护结构、屋面结构、楼地层等多个部位均以规格材为框架, 空腔内置保温材料, 而保温材料的敷设、墙骨柱、墙体转角处、门窗等构造形式, 将直接影响到整栋建筑的节能性能。笔者通过拍摄轻型木结构建筑的红外热成像图, 分析了轻型木结构建筑中存在的热工

收稿日期: 2019-03-06

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划资助项目 (20158BAL03B03-03)

作者简介: 尹 琴 (1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事木结构建筑技术研究

通信作者: 朱一辛, zhuyixin@njfu.edu.cn

缺陷,以期为轻型木结构建筑的节能改造提供依据。

1 检测方法

1.1 检测对象

南京某职业技术学院内的一栋轻型木结构建筑共有两层结构,总建筑面积为 422.42 m²,一层面积为 270.88 m²,主要用于办公,二层面积为 151.54 m²,主要用于起居生活(包括卧室、书房、客厅等)。

1.2 检测仪器

使用 TESTO 882 手持式热像仪,其温度测量范围为-20~350 ℃,精度为±2 ℃,工作相对湿度为 20%~80%,配套分析软件为 IRSOFT,德国公司制造。

HOBO 温湿度记录仪的型号为 U10-003,温度范围为-20~70 ℃,相对湿度范围为 25%~95%,精度为±0.4 ℃,±3.5%,美国公司制造。

1.3 检测方法

参照 JGJ/T 132-2009,测试时间为 2018 年 1 月 19 日 20 时至 21 时,设置室内温度为 22 ℃,使用 HOBO 温湿度记录仪记录室内外温度,待室内外温度稳定并满足室内外温差大于 10 ℃时开始检测。检测期间,室内空气温度每小时变化不超过 2 ℃,室外空气温度每小时变化不超过 5 ℃。测试部位为二楼卧室墙体、二楼墙体连接处、一楼大厅的窗户(包括百叶窗、普通窗、老虎窗),并通过热成像仪配套分析软件 IRSOFT 对检测部位的红外热成像图的温度分布进行分析。

2 检测结果与分析

2.1 墙体部位的检测结果与分析

红外热成像仪将物体发出的不可见红外能量转变为可见的热图像,热成像图上的不同颜色代表被测物体的不同温度,通过查看热成像图,研究者可以直观地看到被测目标的整体温度分布状况,研究目标的发热情况,从而进行下一步工作的判断^[8]。红外拍摄会受到太阳辐射、风速等的影响,测试开始前被测围护结构表面至少 12 h 不受太阳的直接辐射^[9]。图 1 为卧室一侧墙体的测试图像,图 1(a)为红外热成像图,其中墙体平均温度(AV)为 13.6 ℃,冷点温度(CS)为 10.6 ℃,热点温度(HS)为 16.8 ℃。图 1(a)中 a, b 与 c, d 所在垂直线为墙骨柱所在位置, a, c 与 b, d 所在直线为 P_1, P_2 水平温度剖面线,其数据在图 1(b)中显示。 P_1 与 P_2 温度剖面线呈相同趋势,在 c 点左侧温度没有明显差别; P_1, P_2

同时在 a, b, c, d 两处有明显的温度下降,且呈现一定范围的低温; P_2 剖面线上 d 点周围温度明显低于 P_1 剖面线上 c 点周围的温度。

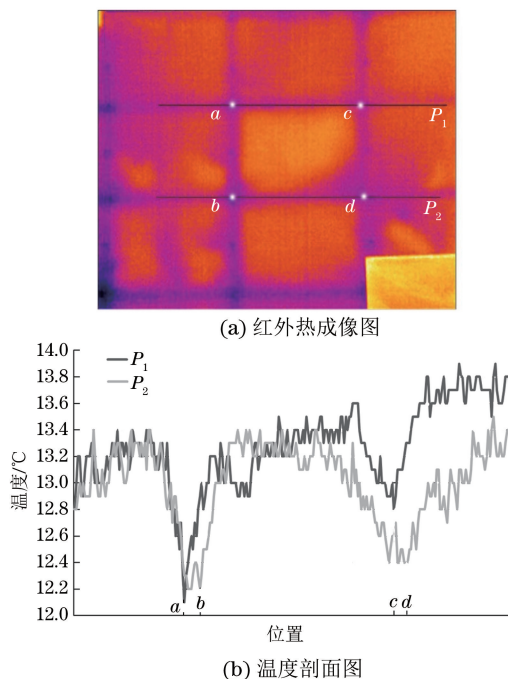


图 1 卧室一侧墙体的测试图像

轻型木结构的墙体结构为多根竖向墙骨柱,以 406 mm 或 610 mm 为间隔通过顶梁板与底梁板固定组成木框架形式,在间隔空腔内填充保温材料,并在外铺设覆面板形成保温层。由于木结构的这种墙体结构,整面墙体的保温性能几乎依靠保温材料的铺设,所以通过对墙体进行红外测试,可以大致对整栋建筑的保温情况进行判断。测试墙体的墙骨柱规格(长×宽)为 38 mm×140 mm,墙骨柱间距为 406 mm。通过墙体测试结果的分析可以看出,墙骨柱处温度低于周围保温材料的温度,且 d 点周围存在扩散状的低温区域,得出 d 点处存在保温层分布不均的问题,说明墙骨柱是影响墙体保温性能的因素之一。

2.2 墙体连接部位的检测结果与分析

图 2 为墙体转角处的红外热成像图,图中 CS 冷点为全图温度最低的地方,为 4.4℃。测试处存在明显低于周围墙体温度的区域,所占比例约为 1%。图 3 为两面墙体相交转角处的测试图像,图 3(a)中的 P_1 为随机拉取的一条水平温度剖面线, a 为 P_1 与白色虚线区域的相交点;图 3(b)为 P_1 剖面线的温度曲线,可以看到在 a 点处温度骤降,且图 3(a)中的白色虚线区域均与 a 点相似,存在热桥缺陷。热桥是指围护结构的某些部位的传热系数大于其他部位的,这些部位的温度较低,特别在冬天容易

结露,进而引起霉菌等,严重者甚至会滴水,对生活与健康影响极大。

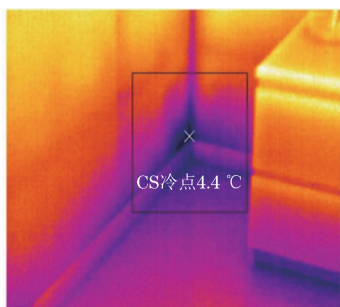
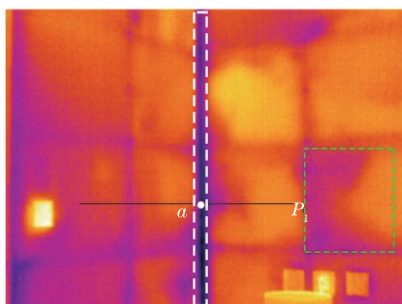
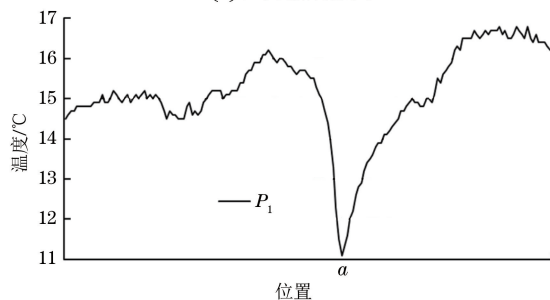


图2 墙体转角处的红外热成像图



(a) 红外热成像图



(b) 温度剖面图

图3 两面墙体相交转角处红外热成像图

两处热桥缺陷均存在于墙体连接部位,T型转角如图4(a)所示,L型转角如图4(b)所示,墙体通过3块规格材连接,在此处不便填充保温棉,容易形成热桥缺陷。

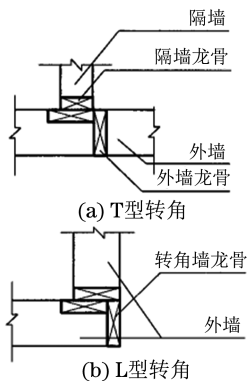
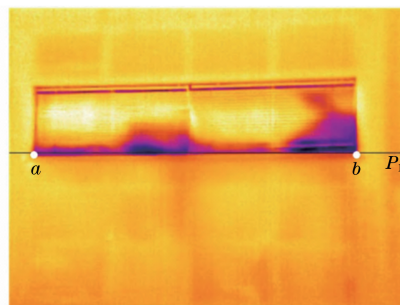


图4 轻型木结构转角构造示意

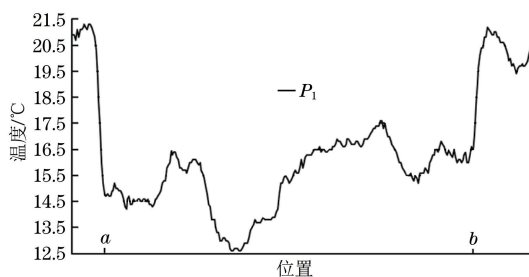
2.3 窗户部位的检测结果与分析

门窗处的施工质量往往会直接影响到室内的温湿度,如果处理不好,则会降低室内的热环境质量,并且造成能量的损失。

图5为百叶窗处的测试图像,图5(a)的红外热成像图中的 P_1 为沿百叶窗下端拉取的水平线, a,b 两点分别是百叶窗两个底角端点。红外图像可以明显看到有部分区域温度低于其他区域的,从图5(b)的温度剖面图也能看出,在 a,b 两点处出现曲线的骤降与骤升,且 a,b 之间呈现持续低温波动。百叶窗存在较为严重的漏气现象,使用红外热成像仪可以直观便捷地观察到门窗的漏气现象,但是由于红外拍摄的图像为瞬时图像,因此不能对气密性进行定量分析^[10]。



(a) 红外热成像图



(b) 温度剖面图

图5 百叶窗处的测试图像

图6是普通窗的红外热成像图。由图6可以看出,窗户四周的热成像图显示温度变化均匀,并没有缺陷,说明此处窗户的气密性较好。图7为老虎窗的红外热成像图。在轻型木结构建筑中,对老虎窗

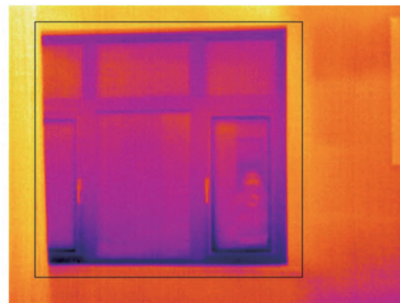


图6 普通窗的红外热成像图

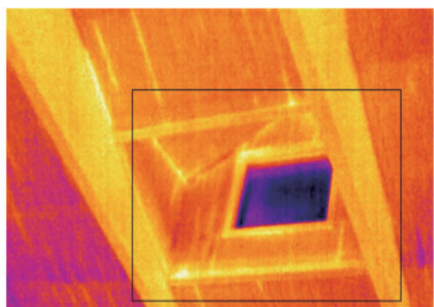


图7 老虎窗的红外热成像图

的构造要求非常细致,一旦施工中稍有不慎,就会出现漏气、渗水等问题。通过红外结果可以看到老虎窗洞口周围并没有明显的高低温差异,因此该处没有热工缺陷,老虎窗气密性较好。

3 结语

(1) 轻型木结构墙体部位的测试显示,墙体龙骨间的保温材料分布不均,有热工缺陷,因此龙骨处保温材料的铺设需要施工人员加强处理。

(2) 轻型木结构墙体连接部位的测试显示,墙体转角连接处、墙角踢脚线部位由于构造的原因易形成较为严重的热桥现象。

(3) 轻型木结构窗户部位的测试显示,老虎窗及普通窗的气密性较好,未发现缺陷,但百叶窗的漏气情况较为严重,存在明显的低温,需要对其进行改造。

使用红外热像技术可以准确直观地显示拍摄物体的温度分布情况,能让研究人员快速确定建筑的缺陷部位,有利于为轻型木结构建筑的质量问题提供解决方案,提升建筑的节能效果。红外热像技术

是轻型木结构节能检测的一种有效手段。

参考文献:

- [1] 杨红,何建宏,喻娅君. 红外热像仪及其在建筑节能检测中的应用[J]. 新型建筑材料, 2003, 30(4): 50-51.
- [2] FOX M, GOODHEW S, DE W P. Building defect detection: external versus internal thermography[J]. Building and Environment, 2016, 105: 317-331.
- [3] 鲍凯,王俊涛,吴东流,等. 新兴的无损检测技术: 红外热波成像检测[J]. 无损检测, 2006, 28(8): 393-398, 408.
- [4] 杨丽萍,闫增峰,孙立新,等. 红外热成像技术在建筑外墙热工缺陷检测中的应用[J]. 新型建筑材料, 2010, 37(6): 53-57.
- [5] 王杨洋. 红外技术在建筑热工性能检测中的应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2005.
- [6] MARTIN S, KAREL K, JAN T. Defining of thermal bridges of wood building and their elimination[J]. Wood Research, 2016, 61(4): 607-614.
- [7] ZHEN M, ZHANG B. Energy performance of a light wood-timber structured house in the severely cold region of China[J]. Sustainability, 2018, 10: 1501.
- [8] 王凯,严伯刚,张泓源,等. 红外热像无损评估技术在建筑工程中的应用[J]. 混凝土, 2015(5): 154-157, 160.
- [9] 曹平华. 红外热成像技术在建筑外墙检测中的应用[J]. 无损检测, 2017, 39(2): 26-29, 33.
- [10] 杨玉忠,李丽梅,陈刚,等. 利用红外热像仪测试窗洞口热工缺陷的研究[J]. 建筑科学, 2016, 32(8): 111-114, 132.

摘要撰写

摘要应该开门见山,直接给出研究目的。摘要不应简单地重复题名中已出现过的信息,不要把引言和结论中叙述性的内容写入摘要,在学科领域内专家和学者共知的内容不要写入摘要。对于科学实验类论文,具体研究(实验)方法要包括实验用的主要设备和材料,具体研究结果要包括关键的实验数据;对于研究方法类论文,可将研究方法的主要过程作为具体结果,然后再加一个结

论;对于研究观点类论文,要把文章最主要的观点作为具体结果,并给出结论;对于综述类论文,作者要表明自己的观点,还应当给出对该学科领域发展具有指导性或前瞻性的意见。摘要的内容应在正文中出现,不能有作者未来的研究计划,不能出现图、表、参考文献序号和缩写词,尽量不要出现数学公式。为保证摘要的客观真实性,摘要应采取第三人称写法。