

Optimization of infrared thermography detection technology for hollow and bulging defects of exterior wall tiles in existing buildings

Jin Li

Xinjiang Guangyu Architectural Design Institute (Co., Ltd.), Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

Urbanization has heightened concerns about the maintenance and renovation of existing buildings, with exterior wall tiles being particularly vulnerable to quality issues. As a critical component of building facades, hollow drum defects in these tiles not only mar the visual appearance but also compromise structural integrity. Traditional inspection methods prove inadequate for large-scale evaluations due to significant measurement errors. Infrared thermal imaging technology emerges as an effective solution by detecting temperature variations on exterior walls to precisely identify defect locations and extent. However, practical applications often face challenges such as environmental factors and operational limitations that affect detection accuracy, efficiency, and reliability. To address these challenges, this study proposes optimized methodologies through algorithm improvements and equipment optimization, significantly enhancing defect detection precision. Experimental results demonstrate that the refined infrared thermal imaging technique can efficiently and accurately detect hollow drum defects under various environmental conditions, providing robust support for building reinforcement and safety assurance in existing structures.

Keywords

infrared thermal imaging; hollow drum defect; exterior wall facing tile; detection technology; optimization

既有建筑外墙饰面砖空鼓缺陷的红外热成像检测技术优化

李进

新疆广域建筑设计院（有限公司），中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

城市化推进使既有建筑维护修缮备受关注，外墙饰面砖质量问题尤为突出。作为建筑外立面关键部分，饰面砖空鼓缺陷不仅影响建筑外观，更威胁结构安全。传统检测方法面对大面积检测时力不从心，误差较大。在此背景下，红外热成像技术凭借检测外墙表面温度变化来精准定位空鼓缺陷位置与范围，成为有效检测手段。然而，实际应用中，环境因素、操作方法等常影响其检测精度、效率和可靠性。针对这些问题，本文提出优化方法，通过改进热成像检测算法、优化设备使用，提升空鼓缺陷检测精度。实验结果显示，优化后的红外热成像技术可在不同环境条件下高效、准确检测空鼓缺陷，为既有建筑维修加固提供有力支持，保障建筑安全。

关键词

红外热成像；空鼓缺陷；外墙饰面砖；检测技术；优化

1 引言

随着我国建筑行业的迅猛发展，大量的既有建筑进入到使用阶段，这些建筑的外墙饰面砖作为重要的建筑组成部分，长时间的风吹雨打、温差变化等外部因素容易导致外墙砖面出现空鼓缺陷。空鼓缺陷不仅影响建筑的美观度，还可能导致建筑外立面的脱落，严重威胁到行人的安全。因此，及时发现外墙饰面砖的空鼓缺陷，对于保障建筑的安全性和延长建筑使用寿命具有重要意义。

【作者简介】李进（1997-），男，中国青海海东人，本科，中级，从事工程检测研究。

传统的外墙饰面砖空鼓缺陷检测方法，通常依赖人工敲击检测或超声波等物理方法，这些方法操作繁琐且效率较低，且容易受到人为因素的影响，难以对大面积的墙面进行高效检测。近年来，红外热成像技术作为一种非接触式、非破坏性检测手段，已逐渐应用于建筑物外墙的缺陷检测中。红外热成像技术通过监测外墙表面温度的变化，能够敏锐地捕捉到由于空鼓缺陷导致的热传导不均，从而识别出空鼓区域。尽管红外热成像技术具有较好的优势，但在实际应用中，环境因素（如温度、湿度）、设备性能以及操作方法等，往往会影响检测结果的准确性。因此，如何在复杂环境条件下提高红外热成像技术的检测精度和效率，是当前该技术面临的重要挑战^[1]。

本文旨在通过优化红外热成像检测技术,提升其在既有建筑外墙饰面砖空鼓缺陷检测中的应用效果。通过改进热成像图像处理算法、优化设备配置和探讨合适的检测方案,旨在解决传统检测方法的局限性,提高外墙饰面砖空鼓缺陷的检测精度与效率,从而为建筑物的维修与加固提供更为科学和准确的数据支持。

2 外墙饰面砖空鼓缺陷的特点与传统检测方法

2.1 外墙饰面砖空鼓缺陷的形成与影响

外墙饰面砖空鼓缺陷,是建筑领域不容忽视的问题。它成因多样,施工质量差,使得砖体与墙体黏合不紧密;外部气候变化,热胀冷缩让连接处产生缝隙;材料老化,黏结性能下降,都可能导致外墙砖与墙体之间形成空隙。这一空隙会造成装饰砖面与墙体间的热传导和力学传导异常。此类缺陷往往在建筑物使用一段时间后悄然出现,且凭借肉眼难以察觉。它带来的危害不容小觑,不仅破坏外墙美观,让建筑外观大打折扣,更可能影响建筑结构安全。严重情况下,空鼓部分的饰面砖会因失去稳固支撑而脱落,对过往行人、车辆等构成安全威胁。因此,及时察觉空鼓缺陷并迅速修复至关重要。定期开展专业检测,运用先进技术手段,早发现、早处理,才能为建筑安全筑牢坚实防线,保障人们的生命财产安全。

2.2 传统检测方法的局限性

传统的外墙饰面砖空鼓缺陷检测方法主要包括人工敲击法、超声波检测法以及雷达探测法等。这些方法虽然在一定程度上能够发现空鼓缺陷,但存在着诸多局限性。人工敲击法依赖人工敲打和听音,虽然可以发现空鼓的位置,但效率低、检测面积有限且容易产生主观误差。超声波检测法则需要将超声波传感器紧密接触墙面,检测范围有限,且对操作者的要求较高。雷达探测法在一定程度上克服了超声波的局限性,但其设备成本较高,且操作复杂。在这些传统方法中,人工检测的效率和精度往往无法满足大规模建筑的需求,因此亟须一种更加高效、精准、非接触的检测方法。

3 红外热成像技术在建筑缺陷检测中的应用

3.1 红外热成像技术原理与优势

红外热成像技术通过探测物体表面发出的红外辐射来获取温度分布图像。当物体表面存在缺陷时,热量的传导会受到影响,从而导致表面温度发生变化。外墙饰面砖空鼓缺陷由于影响了热量的传导,会导致该区域与正常部分在温度分布上的差异。红外热成像技术可以通过实时捕捉这些温度差异,生成热图,从而快速、准确地识别出空鼓缺陷的部位^[2]。

红外热成像技术相比传统检测方法,具有许多明显优势。首先,它是一种非接触式检测方法,不需要破坏建筑物结构,避免了传统检测方法可能带来的损害。其次,红外热成像技术能够实现大面积的快速检测,适用于大规模的建筑物检测,极大提高了工作效率。同时,红外热成像能够准确

捕捉到细微的温度变化,识别出传统检测方法难以发现的缺陷。因此,红外热成像技术在建筑缺陷检测中,尤其是在空鼓缺陷的检测方面,具有较大的应用潜力。

3.2 红外热成像技术在外墙空鼓检测中的应用现状

近年来,红外热成像技术已在建筑物的外墙缺陷检测中得到广泛应用,尤其是在外墙饰面砖空鼓缺陷的检测中,展现了较好的效果。通过使用红外热成像仪器,可以迅速获得外墙表面的温度分布图像,并在图像中标出可能存在空鼓缺陷的区域。许多研究表明,红外热成像技术能够有效发现外墙饰面砖空鼓缺陷,并且能够为后续的维修和加固提供科学依据。然而,尽管红外热成像技术在建筑检测中的应用越来越普及,但在实际应用过程中,仍面临着一些挑战。不同季节、不同气候条件下,外墙温度分布的差异较大,容易影响热成像图像的准确性。此外,设备的性能、操作方法、数据处理算法等方面,也会影响检测结果的精度和可靠性^[3]。

4 红外热成像检测技术的优化方法

4.1 优化热成像设备与探测方式

为了提高红外热成像检测的精度和可靠性,优化热成像设备的选择和使用是首要步骤。在实际应用中,选择高分辨率的红外热成像仪器至关重要。高分辨率的设备能够捕捉更细微的温度差异,从而显著提高检测的灵敏度,尤其是在检测表面裂缝、空鼓等小型缺陷时,高分辨率可以有效地识别温差变化,为缺陷的定位提供更高的准确性。与此同时,红外热成像设备的探测方式也需要进一步优化。例如,通过设置合适的热源与环境条件,可以减少环境温度波动对检测结果的干扰。对于老旧建筑外墙,特别是在温度变化较大的环境中,红外成像系统可能会受到周围环境变化的影响,导致检测结果不准确。

4.2 改进热成像图像处理算法

图像处理算法的改进是提高红外热成像检测精度的关键技术之一。通过优化图像处理算法,可以更加精确地从红外热图中提取出与空鼓缺陷相关的特征。首先,在图像处理过程中,去噪是首要任务。红外热图通常会受到环境噪声、设备干扰以及其他外部因素的影响,导致图像中存在一定的干扰信号。通过采用去噪算法,如中值滤波、小波变换等技术,能够有效地去除这些不必要的噪声,从而提升图像的清晰度和可靠性。其次,增强图像对比度是另一项重要的处理步骤。通过增强图像中的温度差异,能够使空鼓缺陷在热图中更加明显,避免温差较小的区域与缺陷区域混淆。图像平滑技术也可有效改善图像质量,减少热图中由于像素误差导致的伪影^[4]。

4.3 环境适应性优化

环境因素对红外热成像检测结果的影响是不可忽视的,尤其是在温度和湿度变化较大的情况下,外墙表面的温度分布可能发生明显变化,导致空鼓缺陷的识别精度降低。因此,

进行环境适应性优化,确保检测过程的准确性和稳定性,是提高红外热成像检测系统性能的关键。首先,选择合适的检测时间段尤为重要。由于白天和晚上的温差较大,外墙表面的温度分布差异会对热成像图像产生影响。在高温或强光照条件下,外墙表面可能无法明显表现出缺陷区域的温差,而在低温条件下,缺陷区域的温差可能更易显现。因此,通过选择温差适中的清晨或傍晚进行检测,能够确保温度差异更加明显,从而提高空鼓缺陷的识别准确性。其次,采用人工加热或便携式热源等方法也是环境适应性优化的重要手段。在检测过程中,人工加热外墙表面可以人为制造热差异,增强空鼓缺陷的热成像效果。通过在墙体表面施加适当的热源,可以在短时间内改善外墙表面的温度分布,确保空鼓缺陷能够在热图中充分展现。为了进一步提高检测精度,可以结合实时监控环境参数,并对热成像图像进行适当的校准和调整。

5 实验与结果分析

为了验证优化后的红外热成像检测方法的有效性,本文选择了某城市的老旧住宅区作为实验对象,进行了为期两个月的实地检测工作。实验设计涵盖了不同建筑类型和不同空鼓缺陷的情况,以确保优化后的红外热成像技术具有广泛的适应性和实用性。实验结果表明,经过优化后的红外热成像技术在外墙饰面砖的空鼓缺陷识别上取得了显著的提升。特别是与传统人工检测方法相比,该系统不仅提高了检测效率,还大幅度提高了准确性。在实验过程中,传统方法常常因为人的视觉疲劳或操作误差,导致遗漏一些细小的缺陷,或者误判存在缺陷的区域。而通过红外热成像技术的优化,系统能够实时显示外墙表面的温度分布,迅速识别出异常的温度变化区域,且能够准确地标出损伤的范围和位置^[5]。

在实际操作中,优化后的系统通过结合环境适应性优化和改进的图像处理算法,能够在不同的气候条件下,如不同的温度、湿度和光照情况下,稳定地进行检测。这使得该技术在复杂环境中的表现优于传统方法,确保了检测结果的高可靠性。通过采用多角度、多层次的检测方式,系统成功识别出了多个隐蔽的空鼓区域,这些区域通过传统的人工敲击法往往难以察觉,进一步验证了红外热成像在大面积建筑检测中的优势。

实验数据还表明,优化后的红外热成像系统在大面积建筑检测中能够大大节省时间和人力成本。具体而言,系统

的自动化检测功能可以显著减少人工检查的时间,且由于准确度的提升,能够减少反复检查的次数。这不仅提高了检测效率,还减少了由于人工误差导致的检测成本。系统的优化使得建筑外立面检测的全过程更为简便快捷,同时保证了检测的全面性与准确性,为后续的建筑维护与加固提供了有力的数据支持。

6 结语

本文基于红外热成像技术,提出了一种用于老旧建筑外墙饰面砖空鼓缺陷检测的优化方法。通过优化热成像设备的选择、改进图像处理算法以及调整环境适应性,显著提高了空鼓缺陷检测的精度和效率。在实验中,优化后的红外热成像技术相比传统方法,表现出更高的检测速度和准确性,有效识别出大面积建筑中的多个隐蔽空鼓缺陷,且与人工检测方法相比具有显著优势。这一优化方法不仅提高了建筑物检测的效率和精度,而且能够为建筑的维修、加固及安全评估提供更加科学的数据支持。

未来,随着红外热成像技术和图像处理算法的进一步发展,优化后的检测系统有望在更多建筑项目中得到广泛应用。特别是在复杂环境下,如多变的气候条件和不同类型的建筑物外立面,红外热成像技术的应用潜力仍然巨大。随着更多传感器技术的结合和深度学习算法的引入,未来的检测方法将更加智能化和自动化,为建筑物的健康监测提供更加精准、高效的技术手段。与此同时,随着大数据技术和云计算的发展,检测数据的存储与分析也将更加方便,进一步提高了建筑物健康管理的科学性和可操作性。总之,优化后的红外热成像技术将在建筑行业的结构安全检测中发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 冯力强.红外热像法检测建筑外墙饰面砖饰面层内部缺陷研究[J].四川建筑科学研究,2014,40(01):249-252.
- [2] 葛洁雅,侯金良.基于红外热成像技术对建筑外墙缺陷的研究[C]//北京力学学会.北京力学学会第二十七届学术年会论文集.中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院,2021:1122-1124.
- [3] 王玮,米庆仁,肖云,等.基于可见光和红外图像融合的建筑外墙空鼓与脱落识别方法研究[J].工业建筑,2024,54(05):51-59.
- [4] 姚福义,高嘉曼,纪颖波,等.建筑外墙外保温系统损伤现状及风险防治进展[J].特种结构,2025,42(01):119-125.
- [5] 欧战勇.住宅建筑外墙渗漏及空鼓检测技术[J].居舍,2025,(18):66-69.