

建筑外墙保温层施工常见缺陷图像识别与修复技术探索

安立全

建研凯勃建设工程咨询有限公司, 河北 保定 073000

[摘要]采用人工智能图像识别技术,对建筑外墙保温层施工过程中常见的开裂、脱落、空鼓等缺陷做精准探测定位,给出一套智能修复技术方案,借助构建缺陷图像的数据库,采用卷积神经网络(CNN)、YOLO算法对缺陷开展特征提取与实时监测,把自动喷涂跟自适应修补材料结合起来,实现缺陷自动化的修复成果,应用结果证实,该方法于缺陷识别准确性及修复效率方面优势突出,切实提高外墙保温层施工质量及耐久性。

[关键词]建筑外墙保温层;图像识别;缺陷检测;智能修复;自动化施工

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16608

中图分类号: TU746.2

文献标识码: A

Exploration on Image Recognition and Repair Technology for Common Defects in Construction of Exterior Wall Insulation Layer

AN Liqun

Jiayan Kaibo Construction Engineering Consulting Co., Ltd., Baoding, Hebei, 073000, China

Abstract: Using artificial intelligence image recognition technology, common defects such as cracking, peeling, and hollowing in the construction process of building exterior wall insulation layers are accurately detected and located. A set of intelligent repair technology solutions is proposed. With the help of building a database of defect images, convolutional neural networks (CNN) and YOLO algorithms are used to extract features and monitor defects in real time. Automatic spraying and adaptive repair materials are combined to achieve automated defect repair results. The application results confirm that this method has outstanding advantages in defect recognition accuracy and repair efficiency, effectively improving the construction quality and durability of exterior wall insulation layers.

Keywords: building exterior wall insulation layer; image recognition; defect detection; intelligent repair; automated construction

引言

身为建筑节能关键部分的建筑外墙保温层,其施工质量直接关乎建筑物的保温效果与结构安全,鉴于施工工艺的复杂性、环境影响的多样性,实际应用对外墙保温层而言,易出现开裂、脱落、空鼓之类缺陷,造成节能效果变差,甚至埋下安全隐患,伴着人工智能技术的成长,依靠图像识别的缺陷检测与修复渐渐成为研究热门点,依靠精准判别外墙的缺陷做智能修复,可以明显提高施工效率以及工程质量,助力建筑节能技术迈向新的发展阶段。

1 外墙保温层施工缺陷类型与成因分析

处于建筑外墙保温层施工的阶段,鉴于材料特性、施工工艺与环境因素的协同作用,极易催生各种缺陷,这些缺失不但影响建筑的节能效果,还会给结构安全埋下隐患,深入且全面地分析外墙保温层施工中常见缺陷类型及背后成因,对提升施工质量有着重大意义。

1.1 常见缺陷类型

开裂、空鼓、脱落、渗水、变形这五种类型构成了外墙保温层施工的主要缺陷。

开裂是极为普遍的缺陷之一,大多是由材料收缩、温差变形等要素引起,因为保温层材料在硬化与受热膨胀过程中引起体积变化,引起表面出现开裂迹象,尤其在昼夜

温差大的区域,情况更为明显。

空鼓主要是在基底处理不当或是材料黏结力不足时出现,处于施工操作的阶段,设若基层表面未完全清理妥当或未充分湿润,保温层材料跟基层之间会形成间隙,引起空鼓的现象,砂浆配比不合理以及操作不规范也会引发空鼓方面的问题。

脱落往往是黏结强度不足加上风荷载作用引发的现象,当保温层跟墙体之间的粘结材料没了黏结力,或者遭遇较大外力,保温层表面易出现脱落现象,尤其在高层建筑的具体情境里,诸如风压的外力会让脱落风险进一步加剧态势。

因防水性能不足,保温层常有渗水这样的缺陷,施工期间若防水层出现破损或节点密封欠佳,雨水或地下水极易顺着缝隙渗入,造成保温层内部为潮气所侵,造成保温效果变差且引发霉变情况。

变形往往因结构沉降或是外力作用而引发,若建筑物基础沉降不均匀且受到外部荷载作用之际,保温层与墙体的变形步调未协同,让表面出现鼓包、扭曲,继而产生开裂现象。

1.2 成因分析

造成外墙保温层施工方面缺陷的成因复杂不一,主要涉及设计要素、施工工艺、环境效应和人为作业四个范畴。设计方面的因素是引发缺陷的一个根本缘由,在设计

工作阶段,若保温层厚度欠缺以及材料选取不当,极易在施工后期出现质量隐患,设计阶段未考量保温材料的抗裂特性,引发后期开裂问题频频出现。

施工工艺对缺陷的形成起到了关键的决定性作用,基层处理未达到合格水平,若清洁未达彻底、未进行界面剂处置,皆会对保温层的黏结效果形成干扰,砂浆配比未达标准、施工时温度把控不当等,或许会导致黏结欠佳或材料收缩幅度过大,引发开裂、空鼓与脱落等现象。

重要外部因素——环境影响,是施工缺陷形成的原因,要是温差处于较大的数值,因热胀冷缩,保温层材料容易开裂;湿度改变以及长期的风化效应,会引起材料强度的降低趋势,黏结效果变弱,加大脱落几率。

施工缺陷的直接诱因乃是人为操作,施工人员技术水平欠缺或监管落实不到位,容易在材料配置、涂抹厚度、施工工序等事宜上出现偏差,直接引起保温层表面平整度不佳、黏结牢固性不足等现象,施工队伍在技术培训跟质量控制上的缺失,为施工缺陷频频发生的主要根源之一。

2 基于图像识别的缺陷检测技术研究

伴随人工智能技术的进步,在建筑工程质量管理方面,基于图像识别的缺陷检测被广泛采用,针对外墙保温层施工中频繁出现的缺陷,像产生开裂、空鼓、脱离现象,采用合理的数据采集并优化算法,能大幅提高检测的精准程度与效率。

2.1 图像数据采集与预处理

外墙保温层缺陷图像的采集是检测首步,选择恰当的设备举足轻重,一般采用高清相机和无人机开展图像采集,高清相机可近距离记录细节画面,可开展小范围的缺陷检测;无人机可对高层建筑进行大面积的巡视排查,快速抓取裂缝、空鼓等缺陷所呈现的特征,无人机装上了高分辨率相机,可于复杂环境里灵活自如地进行图像采集。

采集的原始图像受光照、噪声和角度方面问题干扰,往往呈现出模糊、亮度不均一的现象,为增进图像的质量,要对图像实施预处理操作,涵盖滤波去噪、亮度平衡以及对比度强化,中值滤波、高斯滤波方法的采用可有效去除噪声,借助自适应直方图均衡化算法能增强图像的亮度及对比度。

为开展深度学习模型训练事宜,需针对图像中的缺陷区域做标注,人工标注在现今是最有效的途径之一,标注进程有缺陷区域的多边形框选、缺陷类型的标识以及像素级掩膜的生成,采用专业的标注程序,如 LabelImg 和 COCO Annotator,制成高质量的训练样本集合。

2.2 缺陷图像识别算法

图像识别核心算法里有 CNN 这一算法,通过卷积层实现特征提取,借助池化层达成降维与特征聚合,针对外墙保温层现有的缺陷, CNN 能切实识别裂缝纹理特征及形态上的差异,适宜进行分类与初步鉴定。

YOLO (You Only Look Once) 属于实时目标检测算法范畴,拥有快速精准方面的优势,把图像分割成多个网

格,每个网格对缺陷框及类别做预判,可实现对缺陷的实时定位与类别判定,YOLOv5 版本在速度及精度上实现了再优化,尤其适合在大面积巡查场景下快速识别缺陷。

语义分割网络可开展像素级的缺陷分割操作,像 U-Net、DeepLab 这两种,跟 CNN 还有 YOLO 相比,语义分割网络能精准勾勒缺陷区域的边界轮廓,尤其利于对裂缝、剥落等细微缺陷进行精确提取,在外墙保温层检测相关工作里,可借助语义分割生成缺陷掩膜图,达成自动标识与修复区域的核定。

在针对外墙保温层缺陷的检测里,主要借助 CNN 开展缺陷分类,YOLO 可实现实时的检测与定位工作,语义分割网络可实现细节的提取与精准轮廓描绘,凭借实验实施对比,YOLO 算法于实时性上展现出优势,而语义分割网络在对缺陷轮廓进行提取时表现更佳, CNN 在特征分类这件事上稳定性较高,但数据集的规模和质量对精度的影响十分明显。如表 1 所示。

表 1 精度对比分析

算法类型	精度 (%)	检测速度 (FPS)	适用性
CNN	85	15	适合缺陷分类和特征提取
YOLO	92	50	适合实时检测和快速定位
语义分割网络	95	10	适合细节分割和轮廓识别

3 外墙保温层施工缺陷修复策略

3.1 智能修复方法研究

依托图像识别的缺陷修复技术,先借助高清相机或者无人机采集缺陷图像,以深度学习算法对缺陷实施精准识别与分类,把识别出来的结果输入修复设备后,智能系统会自动判定修复区域及边界,当进行修复的阶段里,基于图像反馈,设备实施材料填补与表面平整,实现缺陷的精准整复,此方法避开了人工判断形成的误差,改善了修复的精准度与一致性。如图 1 所示。



图 1 外墙保温层施工现场

在外墙保温层修复工作中,常用手段里有喷涂技术,结合图像识别达成的结果,自动喷涂设备能精准识别缺陷区域位置,依据设定参数完成材料的喷涂事宜,自动喷涂技术可迅速对大面积的缺陷予以覆盖,还能根据缺陷类型对喷涂量及材料配比进行调控,保证修复后的保温层拥有均匀性及出色的黏结性能。

面对各异类型的缺陷,采用自适应修补材料可促进修复效果提升,基于缺陷甄别的智能修复体系,可凭借图像分析得到的结果,自动对不同物理性能的材料加以调配,针对开裂相关的缺陷,不妨采用高弹性抗裂砂浆;针对出现空鼓与脱落的区域,采用增强型的黏结砂浆,材料于喷涂或者涂抹期间,可依据温度与湿度实时对流动性和黏附性作出调整,保证于各类气候条件中皆可达成理想修复效果。

智能修复方法借助图像引导、自动喷涂和自适应材料技术实现有机整合,可实现修复进程的自动、高效化,杜绝人为操作造成的差错,着实提升施工的质量效率。

3.2 传统修复方法对比分析

在以往施工阶段里,修复缺陷多借助人工操作,施工人员借由目测来判别缺陷类型及范围,然后靠手动进行材料的配制与修补工作,该方法呈现出较高的灵活性,不过是因为依赖经验积累,大多存在判断差错,造成修复效果的稳定性缺失,人工操作耗时明显偏长,尤其在处理高层建筑外墙修复事宜时,作业所涉风险较大。如图2所示。



图2 施工人员操作

跟人工修复作对比,机械化设备在修复效率上有了进步,一定范围内,机械喷涂和涂抹设备能迅速完成材料填补与表面处理,这类设备一般需人工开展操作,缺少自动定位这一功能,实施大面积修复时,效率呈现出提升态势,但在精准修复环节依旧有欠缺,机械设备适用的范畴相对有限,面对复杂的缺陷形态,往往难以实现细致处理。

跟人工修复还有机械修复对比,智能修复呈现出显著的长处,凭借图像识别与自动化修复设备达成联动,能达成缺陷精准定位而后快速修补,采用自动喷涂及自适应材料,有力增进修复的均匀状况和稳定水平,在高层及复杂建筑的外墙处,智能修复系统可实现远程操控,切实削减高空作业的安全隐患。

4 缺陷图像识别与修复技术的应用效果分析

4.1 实验设计与方法

从多个建筑施工工地挑选具备代表性的外墙保温层缺陷进行实验验证,此类缺陷包含开裂、空鼓、脱落等不

同种类,其中有普通住宅外墙,也涉及到高层建筑立面,涉及到不同的气候条件和施工工艺背景范畴,依靠多样化场景进行实验,可更全方位地评测智能修复技术的适用性与实用性。

在各个施工现场,利用高清相机及无人机装置完成图像收集,着重记载缺陷区域的轮廓、规模与分布特性,为达成数据的全面性及准确性,以多角度与多光照条件开展拍摄,采集到的所有图像均开展预处理,包含去噪、强化图像及裁剪,保证图像清晰,令缺陷特征突出呈现。

凭借卷积神经网络(CNN)、YOLO算法和语义分割网络来对样本图像做缺陷识别,经过模型的训练及优化,制得缺陷检测模型,在实际应用进程里,对模型输出的缺陷检测结果与人工检查结果进行对照,算出检测准确率、误检率及漏检率数值,探究智能识别算法在多种缺陷类型下的表现区分,凭借混淆矩阵做分析,不同算法在识别精度与速度上的高下立见。

4.2 修复效果评价

在实验实施的场地,把智能修复与传统人工修复的施工时间作对比,衡量智能修复效率方面的领先优势,和人工操作相比,自动喷涂与图像引导修复在快速定位和精准填补上更胜一筹,尤其是处于高层建筑环境里,智能修复让脚手架搭设与人工攀爬的时间得以缩减,从效率对比来看,约40%的平均工时缩短体现在智能修复上,大面积修复的效率近乎提升了一倍。如图3所示。

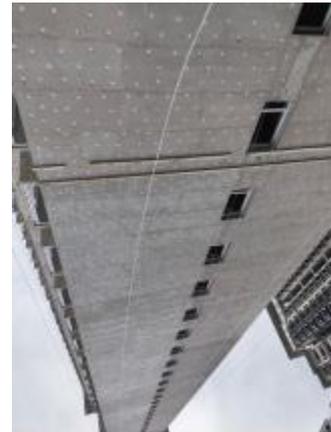


图3 修复后的效果

作为施工单位关注的重要指标,修复成本在列,全面计算人工费用、设备使用成本以及材料的消耗,实施智能修复与人工修复成本对比,即使智能修复设备的采购成本偏高,可在开展批量化施工之际,由于人工成本得以节约且返工次数降低,从长期情况看,投入产出比优势更可观,尤其是在复杂缺陷扎堆的区域,智能修复成本仅占到人工修复成本的70%左右。

外墙保温层修复事宜结束后,评价修复技术时,使用寿命与后期维护频率同样是关键指标,开展对修复后墙体

保温效果及物理性能的测试,评估智能修复在保温层寿命延长上起到的作用,在实验跟踪的时间阶段中,智能修复区域开裂与脱落的复发率大幅下降,耐久性上扬约30%,进入后期维护这个阶段,因修复质量稳定可靠,降低了保温层的老化速率,降低了二次修复的频次与成本开支。

5 结束语

建筑物的节能效果与结构安全,受外墙保温层施工缺陷的影响显著,借助基于图像识别的缺陷检测及智能修复手段,可达成外墙保温层缺陷精准无误识别和高效修复,凭借高清相机与无人机采集缺陷图像,把卷积神经网络(CNN)、YOLO算法与语义分割网络搭配起来,达成了缺陷自动分类及定位。在实施修复操作之际,借助图像引导修复与自动喷涂工艺,大幅增强施工效率及修复质量,实验结果说明,和传统方法相比,智能修复技术在效率、成本与耐久性方面皆更胜一筹,具备广阔的工程应用潜力,

为外墙保温层施工质量的管控给予科学支持。

[参考文献]

- [1]王嘉怡.建筑外墙外保温层缺陷的红外热成像检测研究[D].西安:西安建筑科技大学,2022.
 - [2]鲁友存.基于红外图像特征的建筑热工缺陷检测方法[D].大连:大连理工大学,2022.
 - [3]焦晨琳.基于红外图像的建筑外墙外保温层缺陷检测与识别研究[D].西安:西安建筑科技大学,2022.
 - [4]崔译丹,孙永.建筑外墙外保温层缺陷检测与识别研究[J].哈尔滨:黑龙江科学,2024,15(24):57-60.
 - [5]梁轶循.基于红外热像的外墙外保温系统缺陷识别判定与评价方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2021.
- 作者简介:安立全(1982.10—),男,河北省定州市,汉族,本科,一级建造师、监理工程师,就职于建研凯勃建设工程咨询有限公司,从事建筑领域方向的工作。