

基于无人机搭载平台的检查方法 在既有玻璃幕墙检查中的应用分析

刘军¹ 杨强²

1. 广东省奥林匹克体育中心, 2. 广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

摘要: 随着科技的不断发展, 无人机已经被广泛应用于各个领域。其中, 在玻璃幕墙检查中的应用也越来越受到关注。无人机通过搭载不同的设备可实现多种功能的检测, 常见的机载设备包括: 可见光相机、热红外成像仪、激光雷达等。本文通过对不同机载设备在实际工程中的应用情况进行了对比分析, 结果表明, 无人机不受地形和环境限制, 能够快速到达目标区域进行检查, 大大提高了检查效率。

关键词: 无人机; 既有玻璃幕墙; 安全检查

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.14.113

一、前言

我国建筑幕墙工业起步于20世纪80年代, 在90年代取得了高速发展, 至21世纪初我国就成为幕墙生产大国和建设大国, 幕墙的生产量和保有量位居世界第一。其中, 玻璃幕墙因质量轻、采光好、外型美观、科技感强等特点, 在我国许多城市的办公、商业、酒店等大型和高层建筑上得到了大规模应用, 如上海中心大厦、深圳平安国际金融中心、北京中信大厦、广州塔等地标建筑都采用了玻璃幕墙^[1]。然而, 近年来既有玻璃幕墙因自爆、脱落等引发的安全事故在我国频频发生, 明显多于国外发达国家同类事故。因此, 玻璃幕墙的安全问题愈发起引起社会各方关注, 有效避免玻璃幕墙事故的发生应该成为提升城市精细化管理水平, 保障城市公共安全的一项重要课题。广东省各地政府部门也相继出台相关管理规定, 如: 粤建管字(2007)122号《广东省建设厅既有建筑幕墙安全维护管理实施细则》、广州市人民政府令第148号《广州市建筑玻璃幕墙管理办法》以及深圳市人民政府令第319号《深圳市房屋安全管理办法》均规定, 幕墙工程竣工验收一年后, 建筑幕墙的安全维护责任人应对幕墙进行一次全面的检查, 此后每五年应检查一次; 超过设计使用年限的幕墙应每年检查一次。长期以来, 幕墙的全面检查主要依赖吊篮以及蜘蛛人检查, 效率低, 成本高, 且幕墙建筑高层环境复杂, 对人

工检查的结果干扰较大, 检查人员的安全也难以保证。而近年来随着无人机技术不断发展, 逐步应用到玻璃幕墙的安全检查已经成为可能。利用无人机进行幕墙安全检查的优势在于可以克服传统人工检测方法效率低下和难以覆盖高层建筑所有幕墙的问题, 同时大大提高安全检测的精度和可靠性^[2]。

二、传统检查方法存在的问题

通过收集相关新闻报道, 统计了近年来我国发生的既有建筑玻璃幕墙坠落安全事故, 如表1所示。由表可知, 深圳、上海、广州、武汉、杭州等超、特大城市的玻璃幕墙坠落安全事故发生的可能性更大, 会造成不同程度的财产损失、人身伤害和社会影响。根据GB 50068—2001《建筑结构可靠度设计统一标准》规定, 玻璃幕墙设计使用年限为25年, 可以预见, 由于我国建筑幕墙的早期技术、材料工艺不成熟, 随着幕墙材料老化和机械性能退化, 既有玻璃幕墙安全风险呈持续上升趋势^[3]。

传统的幕墙缺陷检查方法主要通过直接观测法, 利用吊篮及蜘蛛人上到建筑外立面, 逐一检查其缺陷。该方法安全风险高、效率较低, 可靠性差, 难以完成大面积的检查任务, 且成本花费巨大^[4]。具体如下: 1) 主要依赖人工作业, 信息化、智能化程度低。传统的幕墙损伤检测方法以人工检测为主, 如玻璃厚度采用游标卡尺和超声测厚仪检测, 应力(钢化情况)采用钢化玻璃检测仪和表面应力检测仪检测等。人工检测效率低下, 且在机械化的重复检测过程中, 检测人员易出现疲劳而导致检测精度降低, 影响结果的可靠性。2) 建筑幕墙体量大, 检测成本高, 难以实现全部检测。由于幕墙检测市场未形成行业价格标准, 检测收费参差不齐, 高层建筑的全部玻璃幕墙定期安全检测的成本过高。目前, 各地一般采用抽样检测的方式进行玻璃幕墙面板的安全检测, 而片面的检测内容和方法难以保证结果的全面性和可靠性。3) 玻璃自爆难以检测。受限于生产工艺, 钢化玻璃中存在极微量的杂质、气泡, 而玻璃幕墙位于建

表1 近年我国玻璃幕墙坠落安全事故

| 序号 | 发生时间 | 所在城市 | 房屋建成时间 | 事故类型 | 事故后果 |
|----|----------|------|--------|--------|--------------------------------------|
| 1 | 2009年4月 | 广州 | 不详 | 玻璃面板脱落 | 从18层坠落，造成一名路人受伤 |
| 2 | 2009年8月 | 深圳 | 不详 | 玻璃面板脱落 | 造成2人受伤 |
| 3 | 2010年3月 | 广州 | 不详 | 玻璃面板自爆 | 1块面积为6m ² 的玻璃面包自爆，造成一人受伤 |
| 4 | 2010年7月 | 广州 | 不详 | 玻璃面板脱落 | 1块约4m ² 的玻璃面板从5楼坠落，造成1人受伤 |
| 5 | 2011年4月 | 广州 | 2004年 | 玻璃面板自爆 | 无人员受伤，引起业主恐慌 |
| 6 | 2013年12月 | 广州 | 不详 | 玻璃面板自爆 | 造成1人受伤 |
| 7 | 2014年8月 | 佛山 | 不详 | 玻璃面板自爆 | 造成1人受伤，4辆汽车受损 |
| 8 | 2014年11月 | 广州 | 2011年 | 玻璃面板自爆 | 造成17辆汽车不同程度受损 |
| 9 | 2016年6月 | 深圳 | 2009年 | 玻璃面板自爆 | 造成4人受伤 |
| 10 | 2016年8月 | 深圳 | 2012年 | 玻璃面板脱落 | 无人员受伤 |
| 11 | 2018年9月 | 深圳 | 2000年 | 玻璃面板脱落 | 造成1辆汽车受损 |
| 12 | 2019年7月 | 深圳 | 2006年 | 玻璃面板脱落 | 无人员受伤 |
| 13 | 2019年7月 | 深圳 | 2000年 | 玻璃面板脱落 | 无人员受伤 |
| 14 | 2019年 | 珠海 | 2019年 | 玻璃面板脱落 | 造成3人受伤，4辆汽车受损 |
| 15 | 2021年7月 | 广州 | 2001年 | 开启窗坠落 | 造成1人受伤 |

筑外侧，室外较大温差将导致玻璃中的硫化镍杂质出现体积膨胀，破坏应力平衡状态，在没有任何征兆的情况下突然发生自爆。目前还没有良好的解决方法克服玻璃自爆，也缺失有效的检测防控手段。

三、无人机可搭载设备分析

(一) 无人机搭载高清摄像头

以无人机搭载高清摄像头是以无人驾驶飞机作为空中平台，以机载高分辨率CCD数码相机、轻型光学相机仪等便捷、准确还原出高层建筑外立面的数字图像信息，以无人机航拍代替人眼进行全面检查，该种检查方法可对检查对象的外立面进行100%的覆盖。

目前采用的检查方法主要分为两种：(1) 采用倾斜摄影，构建高精度的实景三维模型，根据幕墙外立面的结构设计，规划检查航线。检查航线覆盖整个幕墙外立面，并考虑到它的高度，确保了检查的全面性和准确性。(2) 采用超清矩阵摄影：依托特定传感器，在划定某一区域后，飞行平台自动使用相机拍摄一张全局相片与一组局部相片，不仅可以更加快捷的发现问题，还可以更直观的展示出问题的所在位置，大大降低操作人员的压力，缩短项目周期，降低作业成本，极大的提高了作业效率。其缺点主要是高空中的幕墙图像受光照、风速、温度、天气等环境的影响较大，加之玻璃材料透光和反光特性，对幕墙缺陷的识别有严重干扰，且对摄像头的参数（分辨率、快门速度）要求较高，一般适用于精度要求较高的检查，例如隐框玻璃幕墙的结构胶检查，其精度可达到毫米级别，另外对石材幕墙的崩边、

缺角、裂纹等检查效果较好。（如图1）



(a) 玻璃碎裂

(b) 石材裂纹

图1 高清摄像头拍摄照片

(二) 无人机搭载热成像仪

使用无人机搭载热成像仪进行玻璃幕墙的安全检查是一种高效且便捷的方法。热成像技术利用红外辐射来检测物体的热量分布，可以帮助检测潜在的问题，如漏水、断裂、破损等较大隐患的缺陷（如图2）。



(a) 玻璃碎裂

(b) 密封胶开裂

图2 热成像仪拍摄照片

（三）无人机搭载激光雷达

使用无人机搭载激光雷达进行检查的原理为激光雷达利用激光束扫描物体并测量返回信号的时间，可以生成高精度的三维点云模型，帮助检测幕墙的形状、缺陷和变形等问题（见图3）。

使用无人机搭载激光雷达进行玻璃幕墙安全检查的优点包括高精度、全面性和非接触性。激光雷达可以捕捉幕墙的细微变形、裂缝和其他缺陷，提供精确的测量数据，帮助及早发现问题并采取适当的措施。然而，操作无人机和激光雷达需要专业的技能和许可，以确保飞行的安全性和合规性。且其对数据处理要求较高，完成飞行后，将点云数据传输到计算机进行处理和分析。此外，激光雷达在户外环境下可能受到光线和其他因素的干扰，因此在实际操作中需综合考虑并采取适当的措施。

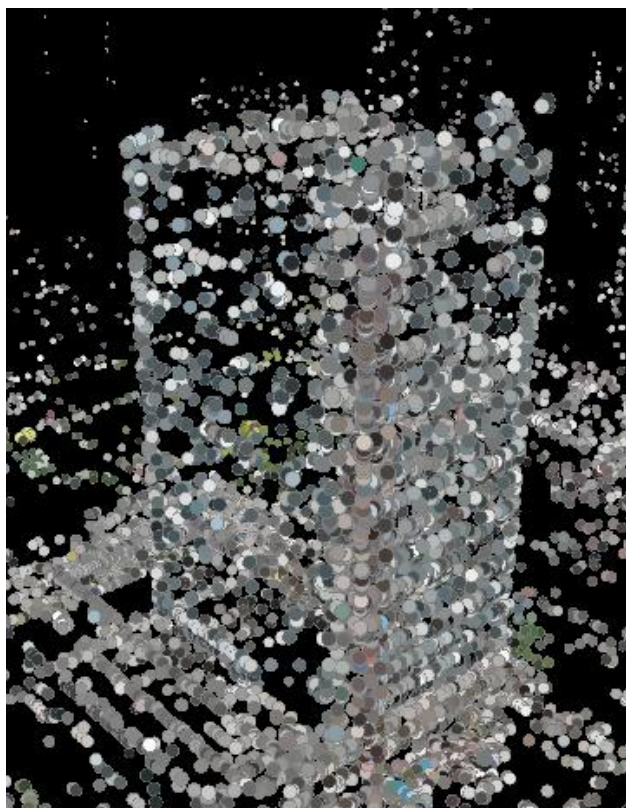


图3 点云数据

结论

无人机在幕墙检查中的应用使得检查过程突破了地形的限制，可以快速排查既有幕墙外露缺陷，在相当程

度上取代了高空作业，避免了高空作业带来的安全风险，为业主、检测鉴定单位提供了安全、快速、低成本的既有幕墙检测技术，其低成本的特点也有利于推动幕墙检测工作的推广、落实。具体优缺点如下：1) 高效性：使用无人机进行玻璃幕墙安全检查，可以快速地完成检查任务，提高工作效率。避免了传统方式下人工巡视过程中的时间和人力资源浪费。2) 安全性：与人工巡视相比，使用无人机在高空进行检查更为安全，避免了人员受到高处坠落等风险的威胁。3) 全面性：使用无人机进行检查时可以覆盖整个幕墙表面，可以发现幕墙表面的所有问题和缺陷，确保检查结果具有全面性。4) 精度性：无人机搭载的热成像仪可以对幕墙表面进行高精度的图像采集和分析，检测出幕墙表面的细节问题，并提供详细的报告和解决方案。缺点：1) 依赖天气：使用无人机进行检查，受到天气和环境影响较大，如果遇到恶劣的天气条件（如雨、雪、强风等），可能会影响检查效果和安全。2) 设备成本高：无人机以及相关的检测设备和软件成本较高，需要进行重要的资金投入。针对中小型企业而言，可能会存在较大的经济压力。3) 技术人员需要专业知识：使用无人机进行幕墙表面安全检查，需要具有相关的技术知识和操作经验，需要培训和专业人员支持。

总体而言，在确保安全的前提下，使用无人机技术进行玻璃幕墙安全检查是一种可靠、高效、精度高的方法，可以提高幕墙表面安全检查的效率和质量，减少检查风险。

参考文献

- [1] 张运晨, 朱斌, 刘天兵. 无人机观测技术在高层建筑外墙饰面层完损检测中的应用[J]. 绿色建筑, 2019, 11(04): 55-56+59.
- [2] 王俊伟, 周云, 赵鸿等. 既有建筑外墙无人机检测技术应用[J]. 住宅科技, 2020, 40(01): 39-42.
- [3] 韩豫, 孙昊, 李雷等. 基于无人机的建筑外墙裂缝快速检查系统设计与实现[J]. 土木工程与管理学报, 2019, 36(03): 60-65.
- [4] 曹闻. 遥感图像配准与融合技术研究[D]. 解放军信息工程大学, 2004.