

基于无人机测绘技术监测大型建筑工程变形的可行性探讨

段金增¹ 段伟男² 段鹏高¹

1. 河北省测绘产品质量监督检验站, 河北 石家庄 050031

2. 石家庄奥晰工程勘测设计有限公司, 河北 石家庄 050031

[摘要]随着现代建筑工程规模的不断扩大和结构复杂性的不断增加,使得建筑工程变形监测工作面临诸多挑战。日益增长的建筑物高度、复杂多变的建筑结构以及对于变形监测精度、时效性和安全性的高标准要求,使得人工测量和地面监测等传统变形监测方法逐渐暴露出诸多局限性。基于此,本篇文章以无人机测绘技术为研究对象,对其在大型建筑工程变形监测领域中的应用进行探讨,希望能够对测量同仁有所帮助和启发,共同推进测绘技术应用,减轻测量人员劳动强度。

[关键词]无人机测绘技术;变形监测;建筑工程

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15444

中图分类号: TU741.3

文献标识码: A

Feasibility Study on Monitoring Deformation of Large-scale Construction Projects Based on Unmanned Aerial Vehicle Surveying Technology

DUAN Jinzeng¹, DUAN Weinan², DUAN Penggao¹

1. Hebei Surveying and Mapping Product Quality Supervision and Inspection Station, Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

2. Shijiazhuang Aoxi Engineering Survey and Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract: With the continuous expansion of modern construction projects and the increasing complexity of structures, deformation monitoring in construction projects is facing many challenges. The increasing height of buildings, complex and varied building structures, and high standards for deformation monitoring accuracy, timeliness, and safety have gradually exposed many limitations of traditional deformation monitoring methods such as manual measurement and ground monitoring. Based on this, this article takes unmanned aerial vehicle surveying technology as the research object and explores its application in the field of deformation monitoring of large-scale construction projects. It is hoped that it can be helpful and inspiring for surveying colleagues to jointly promote the application of surveying technology and reduce the labor intensity of surveying personnel.

Keywords: unmanned aerial vehicle surveying technology; deformation monitoring; construction work

传统的变形监测技术在面对大型、高难度建筑的监测任务时往往难以保证数据的准确性和及时性,并且会伴随较高的安全风险。而无人机测绘技术结合高精度定位技术、高分辨率影像采集技术以及先进的数据处理算法,合理的多次重复取其中数,能够在短时间内对大型建筑进行高效、准确的监测。同时,无人机作业无需人员直接涉足高风险区域,从根本上降低了监测过程中的安全风险。

1 无人机测绘技术在大型建筑工程变形监测中的重要性

1.1 提升监测效率与准确性

无人机测绘技术凭借其独特的优势在大型建筑工程变形监测中展现出极高的效率与准确性,无人机不会受到地形与交通限制,能够在短时间内迅速抵达指定监测地点并覆盖大面积区域来完成高效拍摄与数据采集。相较于传统的人工监测方法,这种测绘方式不仅能够大幅缩短作业周期,还能够提高整体监测效率。此外,无人机所搭载的高分辨率相机、激光雷达等尖端设备能够实时捕获建筑物的详细影像数据,这种高精度、高时效性的数据获取方式不仅提升了变形监测的可靠性,也为后续的工程管理与决

策提供了坚实的数据支撑。

1.2 降低安全风险

传统的建筑物监测方法往往需要人工上下爬行测量,这一过程不仅耗时费力且存在较高的安全风险,相比之下无人机设备的引入为建筑变形监测领域带来了革命性转变。基于无人机设备的测绘技术无需工作人员亲自涉足高风险区域,通过无人机航拍的方式就可以完成测绘任务,从根本上降低了安全事故的发生概率。同时,无人机凭借其卓越的机动性和稳定性,即便在复杂多变的环境中也能够保持稳定的飞行状态与拍摄效果,这种非接触式的监测手段也使得各项监测工作变得更加安全与高效。

1.3 节约成本支出

无人机测绘技术相较于传统人工监测方法,在成本控制方面展现出巨大优势,具体来说,无人机凭借其出色的续航能力和广阔的控制范围,能够在短时间内多次完成大面积区域的监测任务,这一特点使其在降低人力需求的同时也相应地减少了人工成本。另外,虽然无人机的购置成本相对较高,但与传统监测设备相比维护更加简便,故障率也不高,这在一定程度上也降低了维护成本。

2 无人机测绘技术在建筑工程变形监测中的原理

2.1 变形监测原理

无人机测绘技术在建筑变形监测领域展现出了广泛的应用价值。这一技术的实施步骤严谨而精细，从监测指标的初步制定到逆向工程建模的确立，再到通过高精度拍摄图像建立起详尽的点云模型，每一步都至关重要。专业人员会对点云数据进行细化处理，剔除冗余信息，保留关键特征，在此基础上，进一步分割并精确提取需要识别的建筑部分，最终通过先进算法计算出每个标记点的位移情况，合理次数重复上述过程，取其中数作为最终成果，这一系列流程能够确保所获取的位移数据具备较高的准确性，从而为建筑物的变形监测与深入分析提供强有力的支持。

具体而言，技术团队要明确监测指标并根据建筑的特点与监测目标科学选定一系列关键参数进行追踪，而逆向工程建模技术的引入让建筑物的三维形态得以精准重构。同时，通过无人机的高空拍摄与图像处理技术相结合生成点云模型并以此丰富监测数据，在细化点云、剔除杂质的环节聚焦于建筑物的核心特征，以提升数据的纯净度。此外，通过精准分割与提取目标区域来更深入地洞察建筑变形情况，并对每个标记点的位移进行细致计算与分析，以此来保证数据的真实性和准确性^[1]。

2.2 点云模型建立原理

2.2.1 数字图像转换

数字化技术是将模拟图像转化为数字图像的关键步骤，转换过程如图1所示，清晰地揭示数字图像是由无数个精细的像素点紧密排列组合而成，每一个像素都拥有着自己独特的行高与列宽坐标，这些坐标均为整数，能够精准地定位像素在图像中的位置。进一步地，每个像素都承载着特定的颜色信息，对于简单的二进制图像表现为单一的灰度值，而对于复杂的彩色图像则是由红、绿、蓝三种基本色的强度值共同决定。空间分辨率是衡量数字图像精确度的重要标准，其高低直接决定图像的清晰度和细节丰富程度。在数字图像处理的领域中，像素、颜色值以及空间分辨率构成不可或缺的核心概念，深入把握这些概念，有利于更精准地操控数字图像，并且能显著提升图像处理的品质与效率，为图像应用的多样化拓展奠定坚实基础。本文探讨的无人机所拍摄的图像为高质量的彩色数字图像，其中，精确的像素位置信息与丰富的颜色数据是后续进行点云模型转换工作的核心基础^[2-3]。

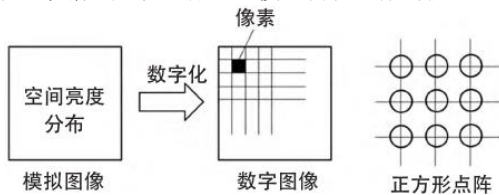


图1 图像转换数字过程

2.2.2 点云数据传输

逆向工程的核心在于对目标物体进行深入细致的逆

向研究和解析，旨在从最终产品中提取出关键的制造知识和信息。在测量技术的范畴里，逆向工程借助先进的扫描设备能够实现目标物体全面且高精度的扫描作业，从而精准地收集目标表面的点云数据。所获取的数据可以以激光点云、相机点云等多种形式进行传输，包含精确的三维坐标值以及由激光反射强度或图像像素所表达的颜色信息。利用这些信息构建的三维模型，能够以一种更为直观且清晰的方式呈现目标信息，全面展示三维空间中的布局以及目标的精确几何特征^[4]。

2.2.3 像与点云的转换

空间三角法作为一种高效的测量方法，广泛应用于远距离物体或地点的精确定位。该方法建立在三角形几何学的坚实基础上，通过对三角形角度和边长进行精确度量来实现对目标物体位置的准确科学计算。随着科技的进步，数字空间三角测量法应运而生成为该领域的前沿技术，这一方法通过融合模式识别和多种图像匹配技术能够实现自动选点的功能，促进测量的效率与精准性显著提升。在采用光束法时，解算的核心转移到无人机所拍摄的图像上，而观测的重点则变为图像上各个点的精确坐标^[5]。

2.3 无人机测绘数据处理使用

Pix4Dmapper 软件在无人机拍摄图片建立点云模型的流程中极为关键，如图2所示，在无人机测绘这一快速发展的领域中，运用专业的软件和工具可以显著提高数据处理的速度和准确性。Pix4Dmapper 在该领域内表现突出，凭借其强大的功能赢得广泛的认可与应用，可以将无人机或手持设备拍摄的图像，通过精密的计算与处理转化为高精度的二维及三维地图，为测绘工作带来前所未有的便捷与精准。

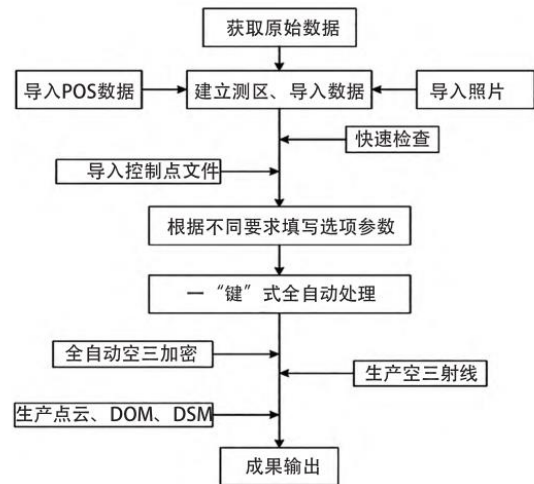


图2 点云模型建立流程

除了测绘领域，Pix4Dmapper 在建筑、农业、执法、采矿和采石等多个行业也具有关键性应用，其所具备的完全自动化工作流程和详尽的质量报告特性对于提升项目成果的质量与数量均有着显著的促进作用。用户在 Pix4Dmapper 的助力下能够轻松获取更为精确的地图与

三维模型,不仅有助于加深他们对数据的理解和分析能力,同时也能够为决策制定与规划工作提供强有力的数据支撑,从而使得各项决策和规划都更加科学、合理且可行。

Pix4Dmapper 所产出的核心结果主要包括以下五种:

①点云模型。Pix4Dmapper 所拥有的强大处理能力能够根据所采集的影像数据生成密度极高的三维点云,这些点云中的每一个点都精准地对应着地面上的一个实际位置,能够为后续的测量、深入分析以及三维建模等操作提供坚实的数据基础。②数字表面模型(DSM)。Pix4Dmapper 凭借所收集的数据能够构建出精确的数字表面模型,其作为地面表面的数字化再现在地形分析、地貌研究等工作中发挥着重要作用,使得研究人员能够更为深入地理解地表形态及其变化。③数字高程模型(DEM)。Pix4Dmapper 能够创建出精确的数字高程模型,该模型对于地形特征的详细分析及地貌的深入研究具有极高的应用价值。④三维模型。Pix4Dmapper 凭借其卓越的性能,可以基于采集的影像数据打造出高度仿真的三维模型,该模型模拟的为真实世界中的场景,能够为可视化表达、建筑设计以及城市规划等领域的各项工作提供直观且立体的视觉参考。⑤正射影像。Pix4Dmapper 具备生成正射影像的强大能力,这种影像经过精密的校正处理后能显著减少地形扭曲和影像倾斜等问题,确保输出的影像高度还原真实环境且具备优异的精度。

3 无人机测绘技术在大型建筑工程变形监测中的探讨分析

3.1 变形量计算分析

分析与处理无人机所采集到的建筑变形监测数据直接关系到后续变形评估的可靠性与准确性,为更加科学与有效地评估建筑物变形情况,技术团队基于图像处理与测量技术所采取的变形量计算方法能够从不同维度捕捉和分析建筑物变形特征。其中,基于图像处理的位移法通过对建筑物在不同时间点所航拍到的图像进行详细对比与分析,从而实现对建筑物上关键点位移变化的精准测量,从而进一步推算出整体变形量。这种方法具有测量精度高、操作简便等优势,尤其适用于对大型建筑物的变形监测。

此外,三维模型匹配法能够利用无人机采集的图像或点云数据建立建筑物的初始三维模型,并通过与后续时间点采集的数据进行匹配和对比,从而对建筑物的变形情况进行分析,这种能够直观展示建筑物变形趋势的方式能够为工程师提供更为全面的变形信息。而点云对比法基于自身强大的变形分析手段,能够在不同时间节点下对建筑物点云数据进行精细化对比,从而准确计算出建筑物的变形量和变形速率,这种方法因其能够捕捉到建筑物表面较为微小的变形细节,尤其适用于对大型复杂结构建筑物的变形监测。

3.2 趋势分析策略

在建筑工程变形监测领域中,基于无人机测绘技术的

趋势分析环节不单单是对数据的简单解读,更是对未来建筑物变形状况的预测与判断。技术人员对无人机测绘数据进行系统性地趋势分析后方能精准识别出建筑物的变形趋势,并判断其是否处于稳定状态;对于工程管理团队而言,这种对变形趋势的准确把握是制定维护策略与应急响应计划的重要依据。

在无人机测绘技术数据处理和结果展示的维度上,数据可视化和模型建立无疑是最为常用且有效的两种方法,具体而言,数据可视化技术通过将抽象的无人机测绘数据转化为直观的三维模型或二维图像,使得工程管理人员和决策者能够一目了然地掌握建筑物的变形情况。这种直观化的表达方式极大地降低了理解门槛,即便非专业人士也能够轻松理解变形监测的结果,从而增强决策的广泛性和准确性。而模型建立则是一种更为深入、系统的数据处理方法,其通过对无人机测绘数据进行建模处理,并结合CAD、GIS等专业软件生产能够反映建筑物变形状况的三维模型。这种模型在保持高度准确性的基础上还能够进行动态更新,并随新测绘数据的加入而不断对模型进行修正与完善,以此来保证变形监测结果的可靠性与实时性。基于这些先进的技术手段,无人机测绘技术在建筑变形监测领域不但可以为项目团队提供直观、准确的变形信息,还能够为建筑物维护、加固与改造等决策提供技术支持,从而为建筑工程的安全运行与持续发展注入更多活力。

4 结语

综上所述,本文探讨了基于无人机测绘技术检测大型建筑工程变形及分析策略,从无人机测绘技术的基本原理、应用优势、实施步骤到数据分析方法等方面进行全面剖析,旨在推动建筑工程变形监测技术的进一步发展,为现代建筑工程的安全运营保驾护航。

[参考文献]

- [1]李邈,姚广庆,许志利,等.基于无人机影像技术的不动产测绘技术研究[J].住宅与房地产,2025(3):104-106.
 - [2]李凯.无人机三维测绘关键技术及其应用研究[J].科技资讯,2025,23(1):49-51.
 - [3]黄东锋,杜艳忠.基于无人机测绘技术的建筑工程变形监测及分析策略[J].有色金属设计,2024,51(3):81-84.
 - [4]葛晓晓.基于无人机测绘技术的建筑工程变形监测及分析方法[J].工程机械与维修,2023(5):80-82.
 - [5]王挺.无人机遥感测绘在基坑监测中的应用探究[J].内蒙古煤炭经济,2020(19):193-194.
 - [6]朱钧.无人机航测技术要点及其在建筑测绘工程测量施工中的实践[J].陶瓷,2025(1):179-181.
- 作者简介:段金增(1968.1—),男,本科,副高,河北省测绘产品质量监督检验站,质量监督员,负责测绘项目验收检验工作。