

无人机航测技术在自然灾害评估中的应用

秦宏军

中国水利水电第七工程局有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2442

[摘要] 由于全球气候变暖加剧,近年来各种自然灾害频发,对人民生命财产安全及生态环境都构成了直接而巨大的威胁,因此高效、精准的自然灾害评估已成为防灾减灾工作的核心环节。无人机航测技术以灵活高效、高精度、低成本、受环境限制小等优点为基本前提,又自然地集成了可见光相机、激光雷达、多光谱传感器诸种设备,故能快速、可靠地获取灾害区域高分辨率影像及三维点云数据,由此为自然灾害的灾前隐患预警、灾中动态监测、灾后损失评估各环节都提供更加有力的技术支撑。因此本文系统、有层次地介绍了无人机航测技术的基本原理及技术构成,厘清其在自然灾害评估中的应用路径,客观分析现存问题,再据此合理展望未来发展趋势,最终为无人机航测技术在自然灾害评估领域的规范化、智能化应用给出明确的理论参考。

[关键词] 无人机航测; 自然灾害评估; SfM方法; 路径规划; 灾情监测

中图分类号: U457+.5 **文献标识码:** A

The Application of Unmanned Aerial Vehicle Aerial Survey Technology in Natural Disaster Assessment

Hongjun Qin

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd.

[Abstract] Due to the intensification of global warming, various natural disasters have occurred frequently in recent years, posing a direct and significant threat to people's lives and property safety as well as the ecological environment. Therefore, efficient and precise natural disaster assessment has become a core aspect of disaster prevention and mitigation efforts. Based on the advantages of flexibility, efficiency, high precision, low cost, and minimal environmental constraints, drone aerial survey technology naturally integrates various devices such as visible light cameras, lidar, and multispectral sensors. This enables the rapid and reliable acquisition of high-resolution images and three-dimensional point cloud data of disaster areas, providing extremely powerful technical support for various aspects of natural disasters, including pre-disaster hidden danger warning, in-disaster dynamic monitoring, and post-disaster loss assessment. Therefore, this paper systematically and hierarchically introduces the basic principles and technical composition of drone aerial survey technology, clarifies its application path in natural disaster assessment, objectively analyzes existing issues, and based on this, reasonably predicts future development trends. Ultimately, it provides a clear theoretical reference for the standardized and intelligent application of drone aerial survey technology in the field of natural disaster assessment.

[Key words] drone aerial survey; natural disaster assessment; SfM method; path planning; disaster monitoring

1 引言

自然灾害具有突发性等特点,传统灾害评估方法如人工实地勘察、卫星及有人机遥感,存在效率低、安全隐患大、受气候限制、数据精度不高等缺陷,难以满足防灾减灾快速响应、精准评估的需求。人工实地勘察耗时费力,受地形天气干扰;卫星遥感分辨率有限,受气候限制难捕捉细节;有人机遥感操作复杂、

成本高且受起降场地限制。幸运的是,计算机视觉、人工智能及无人机技术进步,推动无人机航测技术跨越式发展。其起飞限制低、响应快、分辨率高,能安全进入危险区域,已取代传统技术成为主流。更重要的是,无人机航测可实现灾前到灾后全流程动态监测,为灾害预警、应急决策、灾后重建提供科学数据,推动防灾减灾工作迈向智能化、精准化新高度。

2 无人机航测技术相关理论与技术构成

2.1 核心原理

无人机航测技术是以摄影测量学、地理学、计算机科学为理论基础,以无人机搭载各类传感器按预设航线飞行的方式采集地面目标的影像及距离数据,再经过合理的后处理流程获得三维模型、数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)等成果,最终提取目标区域的空间特征信息。其中,基于运动恢复结构(SfM)的摄影测量方法是目前无人机航测最成熟、最核心的技术之一:它从多视光学影像中自动、可靠地提取同名特征点并进行匹配,由此直接解算拍摄相机的位置姿态及物方点的三维空间坐标,因此无需传统地面控制点即可实现高精度地形地貌重建,其测量精度完全符合自然灾害评估的根本需求,故十分适合于中小范围灾害隐患的监测。更难得的是,无人机航测已经很好地融合了定位定向系统(POS)技术,将GPS差分定位与惯性导航系统(INS)有机地结合起来,实时获取航摄仪精确的空间位置及姿态角,真正弥补了单一定位方式的种种不足,也因而极大提高了数据采集的精度,减少了由于定位偏差带来的评估误差,最终为灾害分析、应急决策提供真正可靠的数据支撑^[1]。

2.2 技术构成

无人机航测系统是一个层次分明、各部分有机衔接、彼此配合十分紧密的技术系统,可以很自然、合理地划分为飞行平台、传感器设备、飞行控制系统、数据处理系统四个部分,由此很好地保证了航测任务的顺利执行。具体而言,飞行平台作为整个系统的载体,有典型的多旋翼、固定翼诸种形式,可根据灾害评估的不同场景灵活选用:便携式无人机操作灵活、成本低廉,在中小范围灾害评估中应用极广,多旋翼无人机垂直起降性能优异,故无需专用起降场地,特别适合于地形复杂的山区、峡谷等灾害隐患区域作业,而固定翼无人机续航时间长、覆盖范围大,因此是大范围灾害隐患排查,尤其是大面积滑坡隐患区域常态化监测的理想选择。传感器设备是航测数据采集的核心部件,常用的有可见光相机、激光雷达(LiDAR)、多光谱传感器等,其中激光雷达对地表植被有很好的穿透性,因而能可靠、直接地获取复杂地形的三维点云数据,自然地规避植被遮挡带来的测量误差,多光谱传感器则能快速、准确地识别地表覆盖变化,对植被枯萎、土壤含水量异常等隐患信号响应灵敏,是灾害隐患监测最有力的工具。飞行控制系统承担无人机自主飞行、航线规划、任务管理诸种功能,支持手动、辅助、全自动三种飞行模式,又结合智能任务规划算法,故能根据地形复杂度、隐患点分布自动优化飞行路径,最大限度地覆盖目标区域,同时尽量减少无效飞行。数据处理系统以专业软件为载体,对所获影像、点云数据做系统的预处理、拼接、建模及分析,最终输出符合灾害评估需要的成果数据。更难得的是,近年来多节点集群处理技术已在该系统中得到成熟应用,极大提高了数据处理效率,彻底解决了传统单机处理海量航测数据时耗时费力、效率低下的老大难问题,因此航测数据的快速转化与应用成为现实^[2]。

3 无人机航测技术在自然灾害评估中的应用

无人机航测技术在自然灾害评估中的应用贯穿灾前、灾中、灾后全流程,不同阶段的应用重点不同,但核心都是通过精准获取空间信息,为防灾减灾工作提供决策依据,打破了传统评估模式的局限。

3.1 灾前隐患监测与预警

灾前隐患监测是减少自然灾害损失最有力、最直接的手段,而无人机航测技术又因高精度、大范围的特点,特别适合于滑坡、崩塌、泥石流等灾害隐患区域的常态化监测,因而很好地弥补了传统人工监测在范围、精度两方面的重大不足:监测时可预设航线,无人机按计划对隐患区域定期采集高分辨率影像及三维地形数据,采集周期可根据隐患点危险等级科学合理地调整,高危区域每周1-2次高频监测,一般隐患区域每月1次常态化监测,再以多期数据的差分处理方法,客观、可靠地提取地形地貌的微小变化,由此自然、及时地识别隐患点变形趋势,提前捕捉滑坡位移、崩塌裂缝扩张等异常信号。更难得的是,针对不同等级的隐患点,可利用路径规划算法优化飞行路线,在无人机续航能力允许的范围内,优先、充分地覆盖学校、居民区周边等重要隐患点,真正做到监测的针对性和效率的统一。与此形成完美补充的是,无人机航测无需人员进入危险区域,因此彻底消除了人工监测中不可避免的安全风险,同时其数据获取效率大大高于传统实地勘察:人工勘察1平方公里的隐患区域需要1-2天,而无人机航测只需1-2小时即可完成数据采集。故此无人机航测技术能真正实现隐患监测的常态化、智能化,也由此为灾害预警提供及时、准确的技术支撑,让有关部门能据此提前、有力地采取防控措施,切实降低灾害发生风险^[3]。

3.2 灾中动态监测与应急响应

自然灾害发生以后,快速、可靠地掌握灾害发展态势是应急响应的根本需求,因此无人机航测技术在灾害发生后可以极快起飞,直接进入灾害现场,实时、高效地采集灾情数据。与受气候条件严格限制的卫星遥感不同,无人机航测受场地、气候影响极小,甚至在复杂天气条件下也能正常完成数据采集,故能及时、准确地获取灾害范围、破坏程度、人员被困位置诸种关键信息。更重要的是,无人机可搭载实时传输模块,所采集的影像及数据可直接、连续地传输到应急指挥中心,真正实现灾情信息的实时共享,避免因数据滞后而造成决策延误。在此基础上,再自然、妥贴地引入AI智能识别技术,从航摄影像中自动、快速地识别被困人员、损毁建筑、道路阻断点,极大提高应急排查效率。因此应急指挥部门能据此快速判断灾害等级,制定科学合理的救援方案,合理调配救援资源。更难得的是,在灾中监测阶段,可通过多行程路径规划,结合充换电补给机制,做到灾害区域的全域覆盖监测,实时跟踪灾害演变,为应急救援决策的动态调整提供最及时、最有力的数据支撑,也由此最大限度地降低人员伤亡及财产损失。

3.3 灾后损失评估与重建规划

灾后损失评估是灾后重建的基础,而无人机航测技术十分有利于快速、准确地获取灾后区域的三维实景模型及高分辨率

影像,因此可以用灾前、灾后两期数据直接、客观地量化灾害造成的人员伤亡、房屋损毁、基础设施破坏、生态环境损害诸种指标,所生成的三维模型又自然、直观地展示了灾害区域地形变化及各类损毁细节,故成为损失评估最可靠、最有力的技术依据,也彻底解决了传统人工评估中主观性强、易出误差的根本问题。更难得的是,无人机载多光谱传感器可获取灾后生态环境的精细化数据,由此科学、准确地分析植被破坏程度、土壤侵蚀范围,为生态修复方案的制定提供明确的科学参考。与此形成极好衔接的是,无人机航测数据本身即可直接服务于灾后重建规划:以精准的地形测绘结果为基础做空间分析,合理安排重建区域的布局,主动避开地质灾害隐患点,系统、审慎地规划居民安置区、交通道路及各类公共设施的位置,既保证重建工程的科学性,又切实保障其安全性,最终缩短重建规划周期,让灾后重建真正高效、有序地展开^[4]。

4 无人机航测技术在自然灾害评估应用中的现存问题

无人机航测技术在自然灾害评估中优势明确、应用渐广,但尚处于发展初期,存在亟待解决的问题。一是路径规划适应性差,复杂灾害场景中多约束条件冲突,多目标优化难平衡,如山区监测时地形起伏大,航线易受遮挡,影响航测效率和结果质量。二是数据处理专业化程度高,基层部门缺乏高性能计算系统和专业人才,数据成果转化效率低,难以充分提取灾害隐患信息。三是缺乏成熟完备的规范体系,不同场景、单位要求与设备有差异,评估结果可比性、规范性不足,不利于协同防控。四是续航能力受限,普通无人机续航短,长距离任务难以一次性完成,且高端传感器成本高,制约了该技术在基层部门的大范围推广。

5 发展前景

由于人工智能、大数据、物联网诸种技术都处在长足发展的阶段,故而无人机航测技术在自然灾害评估领域的应用必然迎来新的重大机遇:今后无人机航测将朝着智能化、自主化方向有计划、有层次地发展,把AI目标检测、智能路径规划诸种技术有机、流畅地结合起来,因此能自动识别灾害隐患,自主优化飞行路径,智能处理航测数据,切实提高灾害评估的效率和精度。更难得的是,高性能传感器的研发应用正在大幅度提高数据采集的精度及数据种类的丰富性,激光雷达、多光谱传感器的成

本正在持续下降,故而相关技术更有利于在基层防灾减灾工作中推广应用。与此形成极佳补充的是无人机集群技术的发展,多机协同作业能直接、合理地解决单一无人机覆盖范围小、续航时间短的根本问题,因而极大提高了大范围灾害评估的效率。更为重要的是,目前有关无人机航测技术在自然灾害评估中应用的技术规范和标准正在日趋成熟完备,规范化应用已指日可待。最终,各领域技术深度融合将自然而然地把灾害评估推向全流程、一体化的方向,也为防灾减灾工作提供真正扎实、有力的技术支撑^[5]。

6 结论

无人机航测技术灵活高效、精度高、成本低且受环境限制小,在自然灾害灾前隐患预警、灾中动态监测、灾后损失评估中作用不可替代,补充甚至弥补了传统灾害评估方法的不足,是防灾减灾智能化、精准化发展的有力工具。本文先系统严谨介绍其基本原理与技术组成,厘清在自然灾害评估各环节的应用路径;接着客观讨论当前应用中存在路径规划适应性不足、数据处理效率低、规范体系不完善等问题;最后提出其智能化、规范化、普及化的发展前景。无人机航测技术持续完善与合理应用,结合大数据、物联网技术,能提高自然灾害评估水平,实现灾害信息实时共享与智能分析,为防灾减灾提供可靠支撑,降低灾害损失,维护生态环境,构筑现代防灾减灾体系。

[参考文献]

- [1]陈洁,牛然.无人机航测技术在智慧矿山建设中的应用[J].能源与环保,2025,47(07):67-72.
- [2]李婧.面向自然灾害监测的无人机扫描覆盖路径规划方法研究[D].中国地质大学,2024.
- [3]陈巧.无人机摄影测量技术在滑坡应急调查中的应用研究[D].成都理工大学,2022.
- [4]熊保颂.基于便携式无人机SfM方法的活动构造地貌位错测量应用研究[D].中国地震局地震研究所,2020.
- [5]王晓刚,高飞云,杨磊,等.无人机遥感技术在自然灾害应急中的应用及前景[J].四川地质学报,2019,39(01):158-163.

作者简介:

秦宏军(1987--),男,重庆忠县人,工程师,本科,研究方向或从事工作:施工测量,施工监测,试验检测。