

测绘工程中无人机遥感技术在地质灾害监测中的应用研究

余永春

萍乡市中环测绘有限公司 江西萍乡 337000

摘要:随着无人机技术的快速发展,无人机遥感技术在测绘工程中的应用越来越广泛,特别是在地质灾害监测方面显示出其独特的优势。本文首先介绍了无人机遥感技术的基本原理和特点,然后详细探讨了无人机遥感技术在地质灾害监测中的具体应用,包括灾害前的预警、灾害发生时的实时监测以及灾后评估等方面。通过分析无人机遥感技术在地质灾害监测中的实际案例,本文展示了无人机遥感技术在提高地质灾害监测效率和精度方面的巨大潜力,并对无人机遥感技术在地质灾害监测中的未来发展趋势进行了展望。

关键词:无人机遥感技术;地质灾害监测;实时监测;灾后评估

引言

地质灾害是指由于自然因素或人为活动导致的山体滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等自然现象,这些灾害往往具有突发性、破坏性强等特点,对人类生命财产安全构成严重威胁。因此,及时准确地监测和预警地质灾害,对于减少灾害损失、保障人民生命财产安全具有重要意义。近年来,随着遥感技术的不断进步,无人机遥感技术因其灵活性、高分辨率和快速响应能力,在地质灾害监测领域得到了广泛应用。

一、无人机遥感技术应用于地质灾害监测的技术基础与优势

(一) 无人机遥感系统的构成与技术特点

无人机遥感系统主要由无人机平台和搭载的遥感传感器两大部分构成。无人机平台根据构型不同,主要有固定翼和多旋翼等形式。固定翼无人机通常具有较长的续航时间,适合进行大范围、长距离的持续监测任务,但其起降需要一定的场地条件。多旋翼无人机则以其垂直起降的便利性和悬停能力见长,能够适应更复杂的起降环境,便于在狭窄或难以到达的区域作业,但续航时间相对较短。这些平台特性使得它们能够适应不同的监测任务需求,例如,对于需要长时间覆盖大面积区域的地质灾害早期预警,固定翼平台可能更优;而对于需要精确悬停拍摄局部细节或进行多次重复观测的任务,多旋翼平台则更为灵活。在遥感传感器方面,常用的类型包括可见光相机、多光谱/高光谱相机、红外热像仪以及激光雷达(LiDAR)等。可见光相机能够获取高分辨率

的地面影像,清晰展示地表的纹理、颜色和细节,对于识别滑坡、崩塌等灾害的形态特征至关重要。多光谱和高光谱传感器则能获取地物在不同波段的光谱信息,有助于分析植被健康状况、土壤含水量、岩石风化程度等,为灾害的成因和演化分析提供依据。红外热像仪可以探测地表温度分布,有助于发现地裂缝、潜在不稳定区域的异常热信号,或监测堰塞湖的水温变化。激光雷达则通过发射激光束并接收反射信号,能够精确获取地表的三维点云数据,生成高精度的数字高程模型(DEM)和数字表面模型(DSM),这对于分析坡度、坡向、地表变形等地质灾害关键参数具有不可替代的作用。

(二) 无人机遥感技术相对于传统监测方法的优势

相较于传统的地质灾害监测方法,如人工巡查、地面固定监测站或传统航空遥感,无人机遥感技术展现出多方面的突出优势。在空间分辨率方面,无人机能够根据任务需求,在较低的高度飞行,搭载高分辨率传感器获取厘米级甚至毫米级精度的影像或点云数据,能够捕捉到地表极其细微的变化,这是许多传统方法难以达到的。在时间分辨率方面,无人机具有高度的机动性,能够根据需要快速响应,在短时间内对同一区域进行重复观测,实现高频次的监测,及时捕捉地质灾害发生前的动态变化过程。在灵活性和机动性上,无人机不依赖复杂的机场设施,可以方便地在山区、峡谷等复杂地形条件下起降和作业,能够到达人工难以进入或存在安全风险的区域进行近距离观测。这些优势使得无人机在复杂地形、危险区域开展监测作业时,不仅大大提高了作业的安全性,避免了人员进入危险地带的风险,同时也显

著提升了工作效率,缩短了数据获取周期,并且在很多情况下,其单次作业的成本低于动用大型载人飞机或派遣大量地面人员^[1]。

(三) 测绘工程对无人机遥感应用的支撑

测绘工程领域的技术为无人机遥感在地质灾害监测中的应用提供了坚实的基础支撑。摄影测量技术,特别是基于多视角影像的数字摄影测量方法,能够将无人机拍摄的二维影像处理生成高精度的三维地理信息产品,如数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)以及三维实景模型。激光扫描技术则通过无人机搭载的LiDAR系统,直接获取高密度的三维点云数据。这些测绘技术在无人机平台上的集成应用,使得快速、高效地获取高精度的空间地理数据成为可能,这是实现地质灾害精确监测和评估的基础。此外,地理信息系统(GIS)等测绘软件在数据处理、信息提取、成果展示和空间分析中扮演着关键角色。获取的原始遥感数据需要通过专业的软件进行几何校正、辐射校正、镶嵌、裁剪等预处理。在信息提取环节,可以利用GIS软件进行特征识别、变化检测、坡度坡向计算、缓冲区分析等,自动或半自动地提取出与地质灾害相关的信息,如潜在滑坡体边界、地表裂缝分布、植被异常区域等。处理分析后的成果需要通过GIS进行可视化展示,生成专题地图、三维模型动画等,直观呈现监测结果。更重要的是,GIS提供了强大的空间分析功能,能够将无人机监测数据与已有的地质、水文、气象等背景数据进行叠加分析,深入探究地质灾害的成因机制、影响因素及其空间分布规律,为风险评估和防治决策提供科学依据。

二、无人机遥感技术在地质灾害监测各环节的应用

(一) 灾害隐患点的识别与排查

利用无人机搭载的高分辨率可见光影像,能够清晰捕捉到地表的细微形貌特征,如微小的裂缝、不规则的陡坎、松散的堆积体等,这些往往是潜在地质灾害的早期迹象。多光谱与高光谱数据则提供了更深层次的信息,通过分析不同地物在特定波段的光谱反射特性,可以评估植被的生长状况和健康状况,异常的植被指数可能指示下方存在缓慢的地面变形或土壤含水量异常,这些都是滑坡、地面沉降等灾害的潜在前兆。热红外数据能够探测地表的细微温度差异,例如,滑坡体内部可能因压实或含水量变化而与周围正常区域产生温差,这种温度异常有助于识别隐蔽的变形区域。综合运用这些数据,结合对区域地质构造、地形地貌、水文条件等背景知识

的分析,可以更全面地评估地表的稳定性,识别出潜在的地质灾害易发区域。在此过程中,基于测绘技术的三维建模起到了关键作用。通过无人机摄影测量生成的高精度三维实景模型,能够以立体可视化的方式展示复杂的地形地貌和微地貌特征,使监测人员能够从不同角度、更直观地审视地表形态的细微变化和不稳定迹象,从而提高隐患点识别的准确性和效率^[2]。

(二) 灾害体变形的动态监测

对于已经识别出的潜在或正在活动的灾害体,利用无人机进行重复航拍是获取其变形动态信息的重要手段。通过在不同时间点对同一区域进行多次、同条件的航拍,获取一系列的影像数据。随后,采用摄影测量技术,如结构光场测量(SfM)或多影像匹配(MM),或者在某些条件下应用差分干涉测量(InSAR,若传感器支持),对这些重复影像进行处理。这些技术能够精确地提取出地表上大量同名点的空间位置变化,从而计算出灾害体在不同时间段内的位移量、位移方向和变形速率。这种周期性的监测能够实现灾害体变形过程的连续跟踪,及时发现变形加速等危险信号。测绘工程在其中扮演着至关重要的角色。建立稳定、统一的坐标基准是进行精确变形量测的前提,这需要通过在监测区域布设并精确测量地面控制点来实现。同时,精确的影像处理算法、高精度的传感器标定、合理的航线规划和重叠度设置等,都直接关系到变形量测的最终精度。只有确保了坐标基准的稳定性和量测精度,监测结果才能真实可靠地反映灾害体的实际变形状况,为预警和防治提供有效的数据支持。

(三) 灾害发生后的快速评估与应急响应

当地质灾害突然发生时,无人机能够迅速抵达灾害现场,克服地面交通中断、道路损毁等障碍,快速获取第一手的灾情信息。通过高分辨率可见光影像,可以清晰地看到灾害的实际影响范围、地表破坏的具体形态和程度,例如滑坡体的边界、崩塌物的堆积范围、地表裂缝的分布等。对于可能存在的阻碍交通或泄洪的阻塞点,如河道被泥石流淤堵形成的堰塞湖,无人机可以从空中快速定位并评估其规模和危险性。这些实时获取的影像和数据,能够为应急指挥部门迅速了解灾情、评估风险、制定救援方案和疏散计划提供关键依据。同时,利用测绘技术,可以快速处理无人机获取的数据,生成灾后区域的数字正射影像图(DOM)和数字高程模型(DEM),甚至是三维实景模型^[3]。

三、应用中的挑战与测绘工程的融合优化

(一) 技术与作业挑战

在将无人机遥感技术应用于地质灾害监测的实践中,存在若干技术与作业层面的挑战。无人机的飞行环境适应性是一个现实问题,例如在强风、浓雾、暴雨等恶劣天气条件下,无人机的飞行安全和数据获取质量都会受到显著影响,限制了其全天候作业能力。同时,在实际操作中,常常需要在数据获取的精度和效率之间进行权衡。为了获得高精度的成果,可能需要更低的飞行高度、更高的重叠度拍摄,这会降低单次任务的数据获取效率;反之,追求高效率则可能牺牲部分精度。此外,对于需要进行长期、连续监测的灾害体,积累的海量时序数据给存储、管理、检索和分析带来了巨大压力,如何有效组织和管理这些数据,从中提取有价值的变化信息,是一个亟待解决的难题。数据处理环节也面临挑战,无人机获取的原始数据量巨大,需要复杂的处理流程才能生成可供分析的信息产品,目前许多信息提取过程仍需较多的人工干预,自动化程度有待提高,这在一定程度上限制了监测的时效性和规模化应用。

(二) 测绘工程在应对挑战中的作用

测绘工程为应对上述挑战提供了关键的技术支撑。精密的控制测量和合理的像控点布设,是提升无人机遥感数据精度的核心环节。通过在测区布设足够数量且位置精确的地面控制点,并利用高精度的测量仪器(如GNSS接收机、全站仪)测定其坐标,可以为无人机影像的几何校正提供基准,显著减少影像处理中的定位误差,从而提高最终生成的正射影像图、数字高程模型等成果的平面和高程精度。利用先进的摄影测量软件和不断发展的算法,可以有效提高数据处理的效率和自动化水平。这些软件能够更快速地完成影像匹配、空三解算、密集点云生成等复杂计算,部分软件还具备半自动或全自动的特征提取功能,减少了人工操作的工作量,加快了信息产品的生成速度。此外,将无人机获取的数据与现有的地理信息数据库(如基础地形图、地质图、土地利用图)以及地面布设的监测设备(如位移计、雨量计、水位计)获取的数据进行融合,是构建综合监测体系的重要途径^[4]。

(三) 实践中的关键要素

要在实践中充分发挥无人机遥感技术在地质灾害监测中的作用,并有效应对挑战,需要关注若干关键要

素。首先,必须针对具体的监测目标和区域特点,制定科学合理、详尽的无人机监测方案。这包括确定合适的无人机平台和传感器、规划详细的飞行航线参数(如高度、速度、重叠度)、明确数据获取的时间频率等,确保方案既能满足监测需求,又具备可操作性。其次,建立标准化的数据处理流程至关重要。从数据预处理、空三解算、生成DEM/DOM,到信息提取和分析,都应遵循统一的标准和规范,这有助于保证成果质量的一致性,便于不同时期、不同区域数据的对比分析,也便于技术的推广和应用。最后,培养既懂无人机操作、又掌握遥感数据处理和地质灾害知识的复合型测绘人才是根本保障^[5]。

结语

综上所述,无人机遥感技术在地质灾害监测领域优势独特,应用潜力与价值巨大。它在灾害各环节发挥重要作用,与测绘工程技术融合实现更精确高效监测。不过,其应用中面临飞行环境适应性、数据处理复杂度等挑战。随着科技和测绘工程技术发展,这些挑战将逐步解决。未来,该技术有望取得更大突破。一方面,传感器技术革新让无人机获取更高分辨率、更丰富维度数据,提供更精准信息;另一方面,新兴技术融入提高数据处理自动化和智能化水平,实现更及时准确预警评估。同时,加强测绘与无人机技术融合,培养复合型人才,建立标准规范流程,是推动工作发展的关键。相信各方共同努力下,无人机遥感技术将为地质灾害监测防治提供强大支持,保障人民生命财产安全和社会稳定。

参考文献

- [1] 杨雪茹. 无人机遥感监测技术在地质灾害调查的研究与应用[J]. 世界有色金属, 2021(000-023).
- [2] 姚鑫, 吴付英. 无人机遥感技术在地质灾害监测中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2022(007): 000.
- [3] 毛嵩, 郑学文. 遥感技术在地质灾害应用中的方法技术[J]. 名城绘, 2020, 000(011): P.1-1.
- [4] 白志栋. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 科学与信息化, 2021(17): 2.
- [5] 江超, 张维, 徐小伟, 等. 消费级无人机低空遥感技术在水电工程建设中的应用[J]. 人民黄河, 2022, 44(S01): 3.