

无人机测量技术在矿山地质灾害监测与预警中的应用价值研究

张秀雯 钱迎东 和杰 范承蒙 李珂

云南省地质矿产勘查院

DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2219

[摘要] 矿山的地质地貌复杂,长期无节制、无规划开采对地形地貌的影响显著,导致地质灾害发生风险增加,亟需采取有效的技术方法,实现对地质灾害的全面监测和预警。无人机技术在地质测量领域中应用广泛,与传统人工测量方法相比优势明显。为了进一步分析无人机测量技术的应用价值,以某废弃矿区为例,从前期准备、测量过程及结果分析三个方面出发,分析无人机测量技术于地质灾害监测预警中的关键应用要点与显著优势,旨在为矿山地质灾害预防工作提供切实有效的参考依据。

[关键词] 无人机测量技术; 矿山; 地质灾害监测; 预警

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

Research on the application value of unmanned aerial vehicle (UAV) measurement technology in mine geological disaster monitoring and early warning

Xiuwen Zhang Yingdong Qian Jie He Chengmeng Fan Ke Li

Yunnan Provincial Institute of Geological and Mineral Exploration

[Abstract] The geological and geomorphic conditions of mines are complex, and long-term unrestrained and unplanned mining has a significant impact on the topography and geomorphology, leading to an increased risk of geological disasters. It is urgent to adopt effective technical methods to achieve comprehensive monitoring and early warning of geological disasters. Unmanned aerial vehicle (UAV) technology is widely used in the field of geological surveying and has obvious advantages compared to traditional manual surveying methods. In order to further analyze the application value of UAV surveying technology, taking an abandoned mining area as an example, this paper analyzes the key application points and significant advantages of UAV surveying technology in geological disaster monitoring and early warning from three aspects: preliminary preparation, surveying process, and result analysis. The purpose is to provide practical and effective reference for mine geological monitoring work.

[Key words] unmanned aerial vehicle (UAV) survey technology; mine; geological disaster monitoring; early warning

在传统测量作业中,需要进入矿山内部或地下隧道进行测量,环境条件复杂、恶劣,在照明及通讯等方面存在较多困难,且地下空间的结构、方向复杂,伴随诸多安全隐患,测量难度系数高,效率低下,难以保证测量结果的全面性与准确性。并且矿山所处环境的地势较为复杂,容易发生自然灾害,如滑坡等。在灾害的预测预警方面,需要重视测量技术手段的合理选择。例如,在滑坡灾害的监测方面,需要重点分析地表和地下水变化特征;在泥石流预警方面,需要重视地声监测^[1]。但是传统测量技术在具体应用中存在较多不足,测量效率和质量不高,难以确保获取数据信息的全面性与准确性,所以引入前沿技术方法尤为重要。无人机测量是目前常用的测量技术手段,具有高效灵敏、操作方便及图像质量高等优势,基于无人机收集地质地形信息,采用专

业软件构建多维模型,能够实现对图像数据的高精度处理,为矿山地质灾害监测与预警提供可靠依据。鉴于此,深入探究无人机测量技术的应用要点及价值具有重要现实意义。

1 前期准备工作

1.1 矿山测量区域选择

矿山长期过度开采对地质地貌影响显著,地质灾害发生风险上升,对矿区周边地质状况与生态环境造成严重破坏。本文选取某地区灰岩矿区作为研究案例,运用无人机测量技术,针对废弃矿山的地质结构展开全面且系统的分析,着重对滑坡、泥石流等潜在地质灾害进行监测与预警。在实际测量过程中,依据该矿山的地理特点以及实际开采范围来划分测量区域,共划分4个区域,具体见表1。另外,区域划分后进行详细标记,记录无人机的

航拍面积与海拔,结合获取数据参数,优化测量区域无人机的配备及拍摄路线。

表1 矿山勘查区域统计数据

拍摄区域	航拍面积 (km ²)	最低海拔 (m)	最高海拔 (m)
Z1分区	750	2800	1700
Z2分区	1500	3500	2000
Z3分区	2000	2600	800
Z3分区	1800	3800	1700

1.2 无人机测量软硬件配置

完成测量区域划分后,还应当对无人机测量的硬件与软件配置做进一步优化完善。在硬件设备选型上,选定大白II型无人机作为空中拍摄平台,并为其配备智能环境传感器;在软件配置层面,选用具备数字摄影能力的专业软件,该软件能够对无人机采集的测量数据进行加密处理,还能依据参数信息与正射影像构建多维模型。依据已划分好的测量区域,在保证最高程面航向和旁向重叠度科学合理的基础上,合理规划基线长度与航线间距。由结果可知,拍摄航高与无人机飞行时间高度相关,航高的增加会使飞行时间延长。为确保航摄图像完整统一,需要优化重叠度、基线长度等参数的设计,保证不同线路具有较好的一致性,在此基础上进行航拍线路的设计^[2]。

2 测量过程

2.1 明确影像测量质量要求

在矿山地质灾害监测与预警中应用无人机测量技术,无人机作为关键设备,完成高清数码相机配置后,需要设定倾斜角度实施拍摄,从而减少地物等外界因素的干扰,防止因数据收集不全引发的误差问题^[3]。同时,无人机具备全球定位功能,可以实现对测量区间范围内的模型构建,得到位置坐标等基本参数。

通过数据结果可以发现,高程误差作为航拍的关键参数,需要按照其精确度进行等级划分,严格控制不同等级的误差。因为无人机在矿山灾害监测和预警中,受其小体积、轻质量特性的影响,航摄过程中容易出现失稳情况,导致飞行航线重叠,一致性不佳。为了解决这一问题,需要合理设定重叠度^[4]。

2.2 合理设定拍摄关键点

在监测与预警实践中,无人机技术的应用通常需要辅以倾斜摄影技术,可以高效采集任意测点的坐标参数,确保无人机航拍信息的全面性,本次测量将航线交点部位作为重要测点,对测点设置进行优化。通过合理的测点布设,确保像控点分布均衡,针对1:1000的比例尺,在复合翼和多旋翼下分别布设5个控制点^[5]。

2.3 图像坐标信息分析

在无人机航拍图像坐标信息的分析方面,分别选择不同测区中4组测点,统计其空间坐标数据。

无人机测量实践中,可借助倾斜摄影技术搭建多维地质模型,并运用专业分析软件,达成对坐标参数的精准解析。在加载文件格式的过程中,能同步获取倾斜摄影模型所对应的坐标系,进而明确模型的初始坐标位置。若经检测发现该坐标与既定数据要求存在偏差,便需进一步将其换算为空间直角坐标和大地坐标。在坐标系数据参数的转换环节,利用专业软件采集相关数据,对图像进行扫描处理,以获取任意位置的坐标信息,实现全方位的精准测量^[6]。

3 结果分析

3.1 误差校验

基于无人机测量的矿山地质灾害监测和预警,应用倾斜摄影的模型构建功能,严格控制模型的精度误差,确保与设计要求相符,提高测量质量。此次测量以解析后的空间坐标参数为参考标准,将航拍后建模结果实施对比。数据比较结果显示,各测点航摄建模误差均在合理范围内,满足1:5比例尺还原高度误差控制要求^[7]。

3.2 图像分析

将收集到的不同地质类型的无人机航摄图像进一步整合,将图像信息中山体、边坡和高度大于2000m的边坡结果作为参考,以此判断矿山所处地的地形特征。图像信息中,山脊为平坡角度分布,相对狭窄,无人机测量结果显示最大深度为84m,厚度均值24m。航线的前后缘高程分别为1600m和200m,矿山地形地貌的显示效果理想,图像清晰^[8]。通过观察图像信息可知,矿山地表土层结构复杂,以碎石层为主,岩体以砂石板岩为主,植被覆盖范围较小,山体前缘陡峭,形成顺向结构坡型,具有一定的崩塌发生隐患。边坡的左岸区域较为陡峭,对中坡上部开采作业后,可见纵沟,具体表现为小山、纵沟交错的地形特征,不具有良好的稳定性。边坡分布大量砂板岩,表现为断裂式发展,结构面顺坡可见裂缝,局部伴随岩石露出现象,植被覆盖程度不高,提示具有潜在的塌陷风险^[9]。除此之外,图像显示边坡部位伴有大量的堆积碎石,基岩裸露,受风化荷载作用,表面容易出现裂隙张开结构,导致碎裂,同时受强降雨影响,碎裂区域可崩落碎石,引发泥石流地质灾害。因此,无人机测量能够为矿山地质灾害监测与预警提供重要的信息支持。

4 结语

在矿山地质灾害防控实践中,无人机测量技术的应用价值显著,不但可以弥补传统测量手段的不足,还能够确保测量精度、范围等满足测量要求,为灾害监测和预警提供重要的支持。在实际应用过程中,无人机搭载先进的遥感设备与传感器,其运行模式能够在飞行过程中进行数据的采集,便于工作人员系统分析矿山地质灾害状况。同时,充分利用无人机的航行特性,其能够实现矿山区域的全面覆盖,高效采集质量可靠的图像信息,并通过红外影像、激光雷达等监测设备获取相关数据信息。传统地质灾害监测和预防主要采用地质图绘制方法,需要耗费大量的时间和精力,且部分矿区的地形条件复杂,受限于监测技术方法,难以保证精度。而无人机测量过程中搭载高清摄像机等

高性能设备,可以高效获取矿区的地质信息,如地形地貌、岩层分布特征、地质构造情况等,在此基础上进行高精度图纸的绘制。另外,无人机在矿区地质变化方面的监测也具有明显优势。通过制定合理的监测与预警计划,运用无人机测量技术定期采集相关数据信息,能够精准识别滑坡、崩塌等地质灾害的变化情况,为灾害的预警提供全面、精准的信息。因为其具备实时监测的功能,便于工作人员及时发现潜在隐患并有效处理,提高地质灾害预防效果或者减少灾害的影响。所以这一技术的合理运用,不但能够提高灾害预防精度和效率,还能够为矿区的合理规划、科学开采及环境保护提供可靠的信息保障。例如,在开采过程中,无人机能实时监测开采对地质环境的影响,如地表下沉、岩层移位等情况,为矿山管理部门及时反馈信息,助其调整开采方案,减少环境破坏,降低灾害风险。同时,它还能评估开采后地质稳定性,为复垦和生态恢复提供依据,有利于可持续发展^[10]。

此次案例工程中应用无人机测量技术,合理设计地质灾害监测与预警方法,能够实现对矿区的正射影像拍摄,收集详细的地质地貌数据,有效提高测量效率和精度,应用效果显著。

[参考文献]

[1]廉旭刚,韩雨,刘晓宇,等.无人机低空遥感矿山地质灾害监测研究进展及发展趋势[J].金属矿山,2023(1):17-29.

[2]朱骏灵.无人机倾斜摄影测量在废弃矿山生态修复勘查中的应用——以广西隆安县点灯山生态修复综合治理项目为例

[J].南方自然资源,2022(2):72-76,80.

[3]朱正华.无人机倾斜摄影测量在矿山监测中的应用——以龙山建筑石料用灰岩矿为例[J].安徽建筑,2021,28(3):170-171.

[4]黄乐峰.无人机贴近摄影测量技术在地质灾害监测评估中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2025,48(8):214-216.

[5]朱伟.无人机倾斜摄影测量技术在地质灾害应急调查中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):3.

[6]陆召春.无人机遥感测绘在基坑监测中的应用分析[J].世界家苑,2022(15):103-105.

[7]侯炳吉,张雷.现代无人机测绘技术在金属矿山地质灾害中的地位与应用研究[J].中国金属通报,2024(10):192-194.

[8]闫俊,张云卫,袁晓路,等.无人机摄影测量技术在高位危岩地质灾害精细化调查中的应用[J].工程建设与设计,2024(3):133-135.

[9]陆双飞,张文照.无人机航测技术在矿山地质灾害应急测绘中的应用探究[J].世界有色金属,2023(11):127-129.

[10]赵洋,王俊峰,史真.地质灾害航空遥感技术应用现状及展望[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2023(4):3.

作者简介:

张秀雯(1993--),女,汉族,云南保山人,本科,工程师,研究方向:矿山测量。