

# 测绘工程中无人机航测矿山测绘中应用分析

李维鹏 张夏青 李志阔  
天津市地球物理勘探中心 天津 300110

**摘要:** 无人机航测技术凭借其高效、精准等优势,在测绘工程领域得到广泛应用,尤其在矿山测绘中发挥着重要作用。本文先阐述其技术原理,即依托航空摄影测量,借助传感器获取影像数据,经处理提取信息生成测绘产品,融合GPS和INS技术保障精度。接着介绍具体应用,涵盖矿山地形测绘、地质灾害监测、资源勘探、规划与建设等方面。还探讨了关键技术,包括飞行控制技术确保飞行稳定安全与数据质量,传感器技术影响测绘精度,数据处理技术转化海量数据为可用成果,精度控制技术保障测绘成果契合需求,为矿山测绘提供全面参考。

**关键词:** 测绘工程;无人机航测;矿山;应用

## 引言

在矿山开发与管理的复杂进程中,精准、高效的测绘工作至关重要,传统测绘方式在面对矿山复杂地形与大规模测绘需求时,逐渐显现出局限性。而无人机航测技术凭借其独特优势,为矿山测绘带来了全新变革。它依托航空摄影测量原理,融合多种先进技术,在矿山地形测绘、地质灾害监测、资源勘探以及规划建设等多个领域发挥着关键作用。本文将深入剖析无人机航测在矿山测绘中的应用,探讨其关键技术,旨在为矿山测绘工作提供全面且实用的参考。

### 1 无人机航测技术原理

在测绘工程里,无人机航测技术借助无人机搭载的传感器对地面进行拍摄,从而获取地面影像数据。得到数据后,运用摄影测量方法对影像数据展开处理与分析,进而提取出地面的几何信息与纹理信息。基于所提取的信息,能够生成数字高程模型(DEM)和数字正射影像图(DOM)等测绘产品。其中,数字高程模型可直观呈现矿山区域的地形起伏状况,为矿山规划、开采设计等工作提供地形基础数据;数字正射影像图以正射投影方式展现矿山地物,能清晰呈现地表物体的空间分布与形态特征,有助于准确识别矿山内的各类设施以及植被覆盖等情况。在测绘过程中,为提升精度与可靠性,需融合全球定位系统(GPS)和惯性导航系统(INS)等技术。全球定位系统能为无人机提供精确位置信息,确定其在空间中的坐标;惯性导航系统通过测量无人机的加速度和角速度,计算其运动状态与姿态变化。二者协同运作,实现无人机的高精度定位和导航,保障其在飞行时能按预定航线准确飞行,稳定获取地面影像数据。如此一来,无人机航测技术可高效、精准地获取矿山区域的地形地貌等信息,为矿山测绘提供全面且可靠的数

据支撑,满足矿山开发、管理等多方面需求。

## 2 无人机航测在矿山测绘中的具体应用

### 2.1 矿山地形测绘

在地形数据获取方面,无人机航测具备快速获取矿山区域高分辨率影像数据与数字高程模型(DEM)的能力。对获取的影像数据进行处理分析后,可从中提取出山峰、山谷、河流等地面地形特征信息,这些信息为矿山地形分析以及后续地形图绘制提供了不可或缺的基础数据支撑<sup>[1]</sup>。数字高程模型能够以直观的方式呈现矿山区域的地形起伏变化状况,在矿山开采设计中,可依据其展示的地形情况确定合理的开采范围与开采方式;在排水系统规划时,能根据地形起伏准确规划排水路线与设施布局,为开采设计和排水系统规划等相关工作提供重要的参考依据。在地形图绘制环节,利用无人机航测获取的地形数据,结合专业绘图软件,能够绘制出高精度的矿山地形图。该地形图可详细标注地形地貌、地物信息以及高程点等内容,通过查看地形图,能清晰地掌握矿山的地形状况、各类地物的分布情况以及不同位置的高程信息。与传统地形图绘制方法相比,无人机航测绘制地形图优势显著,更新速度更快,可及时反映矿山地形变化;精度更高,能提供更准确的地形信息而且信息更为丰富,除基本地形信息外还包含更多细节内容,这些优点使其能为矿山的规划、建设和生产管理提供直观且可靠的地理信息支持。

### 2.2 矿山地质灾害监测

矿山开采活动往往会引发多种地质灾害,涵盖山体滑坡、泥石流以及地面塌陷等。在灾害隐患识别环节,无人机航测定期对矿山区域实施航空摄影测量,以此获取不同时期的地形影像数据。对这些各时期的影像数据进行细致对比分析,能够及时察觉潜在的地质灾害隐

患点。具体而言,通过观察影像中地面的裂缝、变形状况,可以判断是否存在山体滑坡的风险;对矿坑周边地面沉降情况进行监测,能预测地面塌陷的可能性。一旦影像显示某区域地面出现新裂缝且宽度不断增大,或者矿坑周边地面沉降速率加快,就表明可能存在相应的灾害隐患。在灾害动态监测方面,针对已发生的地质灾害,无人机航测可实时监测其发展动态。通过持续获取灾害区域的影像数据,深入分析灾害体的变形、位移等变化情况,能为灾害的应急救援和治理提供科学依据。若发生山体滑坡,借助无人机航测能迅速获取滑坡体的范围、体积等信息,掌握滑坡体的移动方向和速度。基于这些信息,可评估滑坡对周边环境和设施的影响程度,如是否会掩埋道路、破坏建筑物等,进而为制定救援方案和治理措施提供有力支撑,助力相关部门及时采取有效行动,降低灾害损失。

### 2.3 矿山资源勘探

在地质构造分析上,其获取的高分辨率影像数据和三维地形模型,为地质人员剖析矿山区域地质构造特征提供了坚实支撑。地质人员借助对影像中地层露头、断层、褶皱等地质现象的观察与分析,并结合地质勘探数据,能够更精准地确定矿床的赋存条件与分布规律。这一分析过程为矿山资源的勘探和开发提供了关键地质依据,能清晰明确资源所在位置以及开采的难易程度,进而助力制定出合理且可行的勘探与开发计划。在矿产资源估算环节,于矿产资源勘探阶段,无人机航测可获取矿区的地形地貌、植被覆盖等信息。将这些信息与地质勘探数据、矿产资源模型相融合,能够对矿产资源的储量进行估算。通过构建三维地质模型,能直观呈现矿产资源的分布状况。矿山企业可依据这些信息,全面了解资源的数量、质量及空间分布,从而为投资决策和开发规划提供科学参考<sup>[2]</sup>。依据估算结果,企业可以判断资源开发的经济效益与可行性,合理规划开采规模、开采方式以及开采时间,有效提高资源开发的效率与效益。

### 2.4 矿山规划与建设

在矿山总体规划阶段,于矿山开发前期,无人机航测所获取的全面地形数据和地质信息,为矿山总体规划筑牢了基础。通过对矿山区域地形、地质以及资源分布等情况展开综合分析,能够合理规划开采范围、开采顺序和开采方式,进而实现矿山资源的科学开发与合理利用。同时,结合矿山周边的环境条件,可对配套设施建设进行规划,包括道路、排水系统、尾矿库等,以此确保矿山生产具备安全性与环保性。合理的规划不仅能避免资源的浪费,还能降低对周边环境的不利影响,促使

矿山开发与周边环境实现协调发展。而在矿山建设施工监测方面,于矿山建设施工过程中,无人机航测可实时监测施工进度和施工质量。通过定期获取施工现场的影像数据,并与施工计划和设计图纸进行对比,能够及时发现施工过程中的偏差和问题,为施工管理和质量控制提供有利依据。一旦影像显示道路线形、坡度不符合设计要求,或者建筑物位置、尺寸出现偏差,都能及时察觉并采取措施加以调整,从而确保施工按计划顺利推进,保障矿山建设的质量和安

## 3 无人机航测在矿山测绘应用中的关键技术

### 3.1 飞行控制技术

飞行控制技术作为无人机航测的核心技术之一,对无人机飞行稳定性、安全性以及测绘数据质量起着决定性作用。先进的飞行控制系统可实现对无人机的精准操控,能让无人机依照预设航线自动飞行。在飞行过程中,该系统能依据环境变化和任务需求,实时调整飞行参数,涵盖飞行高度、速度、姿态等方面。飞行高度需根据测绘区域的地形起伏和测绘精度要求灵活设定,确保获取清晰准确的影像数据;飞行速度要合理控制,过快可能影响数据采集质量,过慢则降低作业效率;姿态调整能保证无人机在复杂气流等环境下稳定飞行,减少因抖动等造成的影像模糊<sup>[3]</sup>。此外,飞行控制系统还应具备故障诊断和应急处理能力。当出现传感器故障、动力系统异常等异常情况时,系统能迅速诊断问题所在,并及时采取应对措施,如自动切换备用设备、调整飞行模式以保障安全着陆等,从而确保无人机在各种状况下都能安全飞行,为获取高质量的矿山测绘数据提供可靠保障。

### 3.2 传感器技术

传感器作为无人机获取测绘数据的关键设备,其性能对测绘成果的精度与质量有着直接影响。当下,无人机搭载的传感器类型多样,主要有数码相机、激光雷达、多光谱传感器等。数码相机可获取高分辨率影像数据,在处理地形测绘和地物识别任务时,能清晰呈现地面的地形地貌以及各类地物的细节特征,为后续的分析 and 处理提供丰富且准确的信息。激光雷达具备快速获取目标区域三维点云数据的能力,能够精准测量地面的高程信息,即便面对复杂地形和植被覆盖区域,也能有效穿透植被获取地面真实数据,在构建高精度数字高程模型等方面发挥着重要作用。多光谱传感器可获取地物的多光谱信息,不同地物在不同光谱波段具有独特的反射特性,通过分析这些信息,能在地质勘探中识别不同的岩石类型,在环境监测中监测植被健康状况、水体污染

等情况。依据不同的测绘任务需求,合理选择合适的传感器组合,可充分发挥各传感器的优势,实现数据互补,进而提高无人机航测的效率和精度,满足多样化的矿山测绘需求。

### 3.3 数据处理技术

无人机航测会获取海量影像数据与三维空间信息,这些数据需经专业处理方可转化为可用测绘成果。数据处理技术涵盖影像匹配、空中三角测量、三维建模、数据融合等多个环节。影像匹配技术可把不同影像里的相同地物进行匹配,为后续空中三角测量和三维建模筑牢基础,若匹配不准确,后续处理会出现偏差,影响最终成果质量<sup>[4]</sup>。空中三角测量技术通过计算影像的外方位元素,精确定影中每个像点的三维坐标,此坐标是构建三维模型和进行空间分析的关键依据。三维建模技术依据影像数据和点云数据构建目标区域的三维地形模型,能直观呈现地形地貌特征,为矿山规划、开采设计等提供可视化参考。数据融合技术可将不同传感器获取的数据进行融合处理,整合各类数据优势,提高数据的完整性和准确性。先进的数据处理软件和算法在数据处理中至关重要,它们能优化处理流程,提升处理速度,减少误差,从而提高数据处理的效率和精度,确保为矿山测绘提供高质量、可靠的成果,满足矿山生产、管理等多方面的需求。

### 3.4 精度控制技术

精度控制作为矿山测绘的核心要求之一,无人机航测在应用时务必采取一系列精度控制举措,以保障测绘成果精度契合矿山测绘需求。精度控制技术涵盖飞行精度控制、传感器精度控制、数据处理精度控制等多个层面。飞行精度控制方面,依靠精确的飞行控制系统与全球定位系统,能让无人机严格依照预设航线飞行,有效减少飞行误差,确保飞行轨迹的精准性,避免因飞行偏差导致数据采集不准确。传感器精度控制上,在传感器

安装和校准环节,严格遵循规范操作流程,保证传感器的精度与稳定性,使传感器能精准获取各类测绘数据,为后续处理提供可靠基础。数据处理精度控制中,采用合理的处理方法并设定恰当技术参数,可减少数据处理误差,保证数据处理的准确性和可靠性<sup>[5]</sup>。并且通过布设地面控制点的方式,能够进一步提升测绘成果的绝对精度,为矿山的地形分析、资源勘探、规划建设等提供高精度、可信赖的测绘成果,助力矿山实现科学开发、高效管理和可持续发展。

### 结语

综上所述,无人机航测在测绘工程中的矿山测绘领域发挥着极为关键的作用。其凭借独特的技术原理,广泛应用于矿山地形测绘、地质灾害监测、资源勘探以及规划建设等多个方面,为矿山相关工作的开展提供了全面且精准的数据支撑。同时,飞行控制、传感器、数据处理及精度控制等关键技术的不断发展与完善,进一步提升了无人机航测的质量与效率。未来,随着技术的持续创新,无人机航测有望在矿山测绘中实现更高水平的应用,推动矿山行业朝着更加科学、高效、安全的方向发展。

### 参考文献

- [1]张伟强,杨浩.无人机航测在矿山测绘中的运用策略思考[J].世界有色金属,2025(3):166-168.
- [2]李荣.无人机航测在矿山测绘中的运用分析[J].世界有色金属,2023(21):19-21.
- [3]李海棠.无人机测绘在矿山测绘中的应用对策分析[J].世界有色金属,2023(3):16-18.
- [4]孟放放.无人机航测在矿山地形数据集中的应用[J].世界有色金属,2023(8):32-34.
- [5]孟玲玲.基于无人机航测的矿山地形测绘技术研究[J].世界有色金属,2024(19):151-153.