

# 无人机倾斜摄影与遥感技术对矿山测绘工程测量的应用

肖磊

武汉天恒信息技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i9.1956

**[摘要]** 本文研究了无人机倾斜摄影测量联合遥感技术在矿山测绘工程测量中的应用。随着矿山开采对环境的影响日益显著,快速、准确地获取和更新矿山大比例尺地形图的需求日益迫切。本文通过具体案例分析,详细介绍了无人机倾斜摄影测量联合遥感技术在矿山测绘工程测量中的工作流程、技术细节以及最终成果。研究表明,该方法能够显著提高矿山测绘的精度和效率,满足矿山治理和管理的需求,为数字矿山建设提供基础数据支持。

**[关键词]** 无人机倾斜摄影测量; 遥感技术; 矿山测绘; 大比例尺地形图

中图分类号: TD17 文献标识码: A

## Application of UAV tilt photography and remote sensing technology to mine mapping engineering survey

Lei Xiao

Wuhan Tianheng Information Technology Co., LTD.

**[Abstract]** This paper studies the application of UAV tilt photogrammetry combined remote sensing technology in mine surveying engineering survey. With the increasingly significant impact of mining on the environment, the need to quickly and accurately obtain and update the mine large-scale topographic maps is increasingly urgent. Through specific case analysis, this paper introduces in detail the working flow, technical details and final results of UAV tilt photogrammetry combined remote sensing technology in mine mapping engineering survey. The research shows that this method can significantly improve the accuracy and efficiency of mine mapping, meet the needs of mine management and management, and provide basic data support for digital mine construction.

**[Key words]** UAV tilt photogrammetry; remote sensing technology; mine mapping; large scale topographic map

随着无人机技术的快速发展和遥感技术的不断进步,无人机倾斜摄影测量联合遥感技术逐渐成为矿山测绘领域的一种新兴技术手段。该技术通过无人机搭载倾斜摄影测量系统,获取矿山地表物体多视角影像,为三维建模提供丰富纹理信息,并通过遥感技术实现大范围、高精度的地表监测。

## 1 无人机倾斜摄影测量技术的概述

### 1.1 无人机倾斜摄影系统的工作原理

无人机倾斜摄影测量技术是一项高新技术,通过在同一飞行平台上搭载多台传感器,同时从一个垂直、四个倾斜等五个不同的角度采集影像,从而获取地表物体多视角影像,为三维建模提供丰富纹理信息。倾斜摄影装置通常被安装在旋翼机等小型无人机设备上,包括多台(一般为5台)高空间分辨率面阵数码相机。这些相机以一定角度安装在航空摄影稳定平台上,包括下视相机、前视相机、后视相机、左视相机和右视相机<sup>[1]</sup>。其中,

下视相机进行垂直摄影,而其他相机则进行倾斜摄影,倾斜角度通常在15°到45°之间。无人机倾斜摄影技术是一种结合无人机与倾斜摄影测量技术的高效三维建模方法,能够真实地反映地物情况,并高精度地获取物方纹理信息。

### 1.2 工作流程

基于无人机倾斜摄影的矿山测绘工程测量工作流程主要分为8个步骤:技术方案设计-像片控制测量-无人机倾斜摄影-影像预处理-影像配准-三维模型生成-精细化处理-矿山地形要素采集。

技术方案设计包括航摄设计,确定任务区域范围、地面分辨率、相对航高、基线、航线间隔等信息,完成航线设计。在测区选择特征点进行像片控制测量,无特征点区域先布设地面标识,确保影像数据的地理坐标精度。使用搭载倾斜摄影系统的无人机进行多角度、多方向、多视角的拍摄,获取大量高清晰度、高

精度的影像数据。对采集到的影像进行预处理,包括去除边框、畸变校正、图像分块等操作,提高后续处理的效率和准确性。将不同视角的影像进行配准,确保它们能够精确对齐,以实现更高的建模精度。根据影像数据生成三维模型,通常采用三维重建算法,如三角剖分法、基于体素的方法或基于深度学习的方法等。对生成的三维模型进行精细化处理,包括纹理映射、表面光滑处理、贴图处理等,提升模型的质量和视觉效果<sup>[2]</sup>。基于实景三维模型进行矿山大比例尺地形图要素采集生产,生成矿山地形图成果。

### 1.3 技术优势

无人机可以快速、高效地采集大量影像数据,大大缩短了数据处理和建模的时间。倾斜摄影技术可以从多个角度获取地物的纹理信息,提高了建模的精度和真实性。相比传统的三维建模方法,无人机倾斜摄影技术具有更低的成本,因为它不需要大量的人力、物力和时间资源。

## 2 遥感技术在矿山测绘中的应用

### 2.1 遥感技术概述

遥感技术是一种基于电磁波理论,通过传感器对远距离目标进行探测和识别的技术。在矿山测绘中,遥感技术可以通过卫星、飞机等平台搭载的传感器,获取矿山地表物体的电磁波信息,经过图像处理和分析,得到矿山地表的图像、数据和信息。

### 2.2 遥感技术在矿山测绘中的应用

遥感技术在矿山测绘中的应用主要包括这几个方面。一是通过遥感技术可以获取矿山地表和地下的矿产资源信息,为矿山资源勘探提供重要依据。二是遥感技术可以实时监测矿山环境的变化,如地表沉降、植被破坏等,为矿山环境治理提供数据支持<sup>[3]</sup>。三是利用遥感技术可以监测矿山地质灾害的发生和发展趋势,为灾害预警和应急救援提供科学依据。四是遥感技术可以获取矿山地表的高程、坡度、坡向等地形信息,为矿山地形图测绘提供基础数据。

### 2.3 遥感技术的优势

遥感技术可实时监测矿山环境的变化,提供及时的数据支持。现代遥感技术可以提供高分辨率的影像数据,满足矿山测绘对精度的要求。遥感技术可以在不接触地表的情况下获取地表信息,减少了对矿山环境的干扰和破坏。

## 3 无人机倾斜摄影测量联合遥感技术在矿山测绘工程测量中的应用

### 3.1 应用背景

随着矿山开采对环境的破坏日益严重,对矿山环境进行及时修复和治理的需求日益迫切。传统的大比例尺地形图生产方法存在作业效率低、出图时间长、成本高、安全保障差等缺点,难以满足现代矿山测绘的需求。无人机倾斜摄影测量联合遥感技术通过无人机搭载倾斜摄影测量系统,结合遥感技术,实现了对矿山地表物体多视角影像的获取和处理,为矿山测绘提供了一种高效、准确、低成本的解决方案。

### 3.2 技术实现

根据矿山测绘的具体需求,设计合理的航线规划、拍摄参数和数据处理流程。在测区选择特征点进行像片控制测量,确保影像数据的地理坐标精度。使用搭载倾斜摄影系统的无人机进行多角度、多方向、多视角的拍摄,获取大量高清晰度、高精度的影像数据。通过卫星或飞机等平台搭载的传感器,获取矿山地表物体的电磁波信息,经过图像处理和分析,得到矿山地表的图像、数据和信息。对采集到的影像进行预处理和配准,确保影像数据的准确性和一致性。根据影像数据生成三维模型,并进行精细化处理,提升模型的质量和视觉效果。基于实景三维模型进行矿山大比例尺地形图要素采集生产,生成矿山地形图成果。将无人机倾斜摄影测量数据和遥感数据进行融合和分析,提取矿山地表的关键信息,为矿山治理和管理提供数据支持。

### 3.3 案例分析

#### 3.3.1 案例背景

本案例研究的是位于我国南方某省份的某丘陵矿区,该矿区地形复杂多变,植被覆盖茂密,且矿体分布广泛,传统的大比例尺地形图生产方法因受地形限制和测绘周期长等因素的影响,难以满足矿山日常测绘和管理的需求。为了快速、准确地获取和更新矿山的大比例尺地形图,矿区管理层决定采用无人机倾斜摄影测量技术联合遥感技术进行矿山测绘工程测量,以期提高测绘效率和精度,为矿山的资源开发、环境保护和安全管理提供有力支持<sup>[4]</sup>。

#### 3.3.2 技术实现

针对此矿区的地形特点和测绘需求,技术团队设计了详细的航线规划和拍摄参数。具体参数如表1所示:

表1 此矿区航线规划与拍摄参数

参数项目	设定值
相对航高	368米
航向重叠度	80%
旁向重叠度	60%
航线间距	198米
航向拍照间距	74米
像片地面分辨率	8厘米

在测区内,技术团队选择了14个具有代表性的像控点进行布设,其中10个用于平差计算,4个作为空三检查点。像控点施测采用基于网络CORS站的网络RTK测量方法,确保测量精度。每个控制点独立观测2次,平面坐标系统采用“2000国家大地坐标系”,高程基准为“1985国家高程基准”。经过检查及计算,像控点平面中误差为0.023米,高程中误差为0.034米,均满足相关规范要求。

使用搭载倾斜摄影系统的无人机,按照规划的航线进行拍摄,共获取了1200张高清晰度、高精度的影像数据。通过卫星遥

感技术,获取了矿区范围内的多光谱影像数据,为后续的数据融合和分析提供了丰富的基础资料。对采集到的影像数据,技术团队进行了去畸变、裁剪、增强等预处理操作,以确保影像质量。随后,使用专业的配准软件进行影像配准,确保各张影像之间的准确性和一致性,为后续的三维重建和地形图绘制奠定坚实基础。

利用先进的三维重建软件,技术团队根据预处理后的影像数据生成了矿区的三维模型。在模型生成过程中,进行了纹理映射、表面光滑处理等精细化处理,使模型更加逼真、细腻。基于实景三维模型,使用GIS软件进行矿山大比例尺地形图要素采集,包括地形、地貌、植被、建筑物等关键信息。最终,生成了1:1000比例的矿山地形图成果,为矿山的规划、设计和管理提供了直观、准确的参考依据。

将无人机倾斜摄影测量数据和遥感数据进行融合,技术团队提取了矿区的关键信息,如矿体分布、植被覆盖度、地表沉降等。这些信息对于矿山的治理和管理具有重要意义。例如,通过矿体分布图,可以了解矿体的空间位置和分布情况,为矿产资源的开发和利用提供科学依据;通过植被覆盖度图,可以评估矿区的生态环境状况,为环境保护和生态修复提供决策支持;通过地表沉降图,可以监测矿区的地表变形情况,及时发现并处理潜在的安全隐患。

### 3.3.3 成果展示

通过无人机倾斜摄影测量联合遥感技术的应用,该矿区成功获取了高精度、高时效性的矿山大比例尺地形图,为矿山的资源勘探、环境监测、灾害预警等提供了重要数据支持。同时,该技术还实现了对矿区关键信息的快速提取和分析,为矿山的治理和管理提供了科学依据。

具体成果生成了1:1000比例的矿山地形图,图面清晰、要素齐全、精度满足要求,为矿山的规划和设计提供了基础数据。通过数据融合和分析,提取了矿区的矿体分布、植被覆盖度、地表沉降等关键信息,为矿山的治理和管理提供了科学依据。生成了矿区的三维模型,模型真实感强、细节丰富,为矿山的可视化展示和决策支持提供了有力工具。

### 3.3.4 效益分析

无人机倾斜摄影测量联合遥感技术在矿山测绘工程测量中的应用,取得了显著的效益。相比传统的大比例尺地形图生产方法,无人机倾斜摄影测量联合遥感技术大大提高了作业效率,缩短了出图时间。该技术减少了人力、物力和时间资源的投入,降低了矿山测绘的成本。通过多视角影像的获取和处理,提高了矿山测绘的精度和真实性。无人机倾斜摄影测量技术避免了人员进入复杂或危险区域进行测绘工作,增强了测绘工作的安全性。

## 4 无人机倾斜摄影测量联合遥感技术的挑战与解决方案

### 4.1 技术挑战

尽管无人机倾斜摄影测量联合遥感技术在矿山测绘工程测量中取得了显著成果,但仍受天气、光照、无人机飞行稳定性等因素影响,影像数据的质量可能受到影响,导致后续处理的难度和精度降低。大量的影像数据需要高效的算法和计算资源进行处理,否则会影响整个测绘工作的效率。三维建模的精度受多种因素影响,如影像质量、配准精度、重建算法等,需要不断优化和提高。

### 4.2 解决方案

针对技术挑战,第一,从源头抓起,精心调整无人机的飞行参数和拍摄参数,确保在最佳的天气和光照条件下进行拍摄,从而获取高质量、高清晰度的影像数据。第二,采用先进的影像处理算法对采集到的影像数据进行深度加工。通过去噪、增强等预处理操作,有效提升影像数据的整体质量,为后续的数据处理奠定坚实基础。第三,在三维重建方面,不断探索更加先进的重建算法和模型优化技术。通过深度学习、点云处理等前沿技术,能够构建出更加精确、逼真的三维模型。在此过程中,加强配准精度的控制,采用多种配准方法进行交叉验证和校正,确保三维模型的准确性和一致性。

## 5 结语

综上所述,无人机倾斜摄影测量联合遥感技术在矿山测绘工程测量中具有显著的优势和应用价值。通过具体的案例分析,验证了该技术的可行性和有效性。未来,随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展,无人机倾斜摄影测量联合遥感技术将在矿山测绘工程测量中发挥更加重要的作用。同时,也应关注技术挑战和解决方案的研究,不断优化和提高技术的应用效果,为矿山的治理和管理提供更加科学、高效、准确的数据支持。

## 参考文献

- [1] 李阳.无人机倾斜摄影测量在矿山测绘中运用分析[J].世界有色金属,2023(13):19-21.
- [2] 杨磊.探讨无人机倾斜摄影测量技术在矿山测绘中的应用[J].世界有色金属,2024(1):130-132.
- [3] 郭文庆.无人机倾斜摄影测量在露天矿山监测中的应用[J].地矿测绘,2022,5(4):19-21.
- [4] 刘三跃.无人机倾斜摄影测量在矿山测绘中的应用研究[J].中国厨卫,2024,23(5):344-346.

## 作者简介:

肖磊(1993--),男,汉族,湖北省荆州人,本科,初级,研究方向:测绘摄影测量、遥感。