

# 基于无人机低空摄影测量技术的露天矿山开采监测研究

## Research on Open-pit Mining Monitoring Based on Drone Low Altitude Photogrammetry Technology

罗宇

Yu Luo

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司 中国·辽宁 沈阳 110000

Middling Coal Technology & Industry Group Shenyang Design & Research Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

**摘要:** 露天矿山的高效监测对于资源开发和环境保护至关重要。论文提出了基于无人机低空摄影测量技术的新方法。通过对无人机摄影数据在开采范围和动用储量监测中的应用进行详细介绍与分析,本研究验证了该技术在露天矿山监测中的可行性与优势。

**Abstract:** Efficient monitoring of open-pit mines is crucial for resource development and environmental protection. This paper proposes a new method based on drone low altitude photogrammetry technology. Through a detailed introduction and analysis of the application of drone photography data in monitoring the mining range and reserves, this study verifies the feasibility and advantages of this technology in monitoring open-pit mines.

**关键词:** 露天矿山; 无人机; 低空摄影测量; 监测技术; 动用储量

**Keywords:** open-pit mines; drones; low altitude photogrammetry; monitoring technology; developed reserves

**DOI:** 10.12346/etr.v5i11.8734

## 1 引言

露天矿山开采监测一直是矿业领域面临的重要挑战。传统监测方法由于效率低、周期长的缺陷,使得及时准确地了解矿山的开采范围和动用储量成为困扰矿业管理者的问题。本研究旨在引入无人机低空摄影测量技术,通过提高监测效率和精度,为矿山监测提供一种先进的解决方案。先介绍了无人机低空摄影测量的工作流程,然后详细分析了其在开采范围和动用储量监测中的应用。随后通过多方面的测量精度检核与分析方法,验证了无人机低空摄影测量技术的可行性和准确性。

## 2 露天矿山监测方法与无人机低空摄影测量技术

### 2.1 露天矿山监测方法的发展历程

露天矿山监测作为矿业领域的重要组成部分,其方法的演变经历了多个阶段。早期,人们主要依赖于地面测量和手

工测量,然而,这些方法存在着效率低、周期长、数据获取不足等问题。随着科技的不断进步,遥感技术逐渐应用于矿山监测,从航空遥感到卫星遥感,提高了监测的覆盖范围和频率<sup>[1]</sup>。然而,由于卫星分辨率和周期性的限制,对于矿山的精细监测仍然存在一定困难。因此,近年来,无人机低空摄影测量技术逐渐成为矿山监测领域的研究热点,为实现高精度、实时监测提供了新的解决方案。

### 2.2 无人机在地质勘探和矿山监测中的应用

无人机技术的崛起为地质勘探和矿山监测带来了革命性的变化。传统的监测方法往往面临着地形复杂、交通不便等问题,而无人机具有机动灵活的特点,能够轻松飞越山脉、河流等障碍物,实现对矿山的全方位监测。无人机配备先进的摄影设备,能够获取高分辨率、高精度的影像数据,为地质结构和资源分布的精细分析提供了有力支持。无人机在矿山监测中的应用,不仅提高了监测的效率,还为矿业决策提供了更为准确的数据支持。

【作者简介】罗宇(1986-),女,中国辽宁阜新,硕士,高级工程师,从事工程测量、地理信息系统、摄影测量与遥感研究。

## 2.3 低空摄影测量技术的发展及在资源管理中的应用

低空摄影测量技术作为空间信息科学与技术的重要组成部分，已经在资源管理领域取得了显著的成就。在矿山监测中，低空摄影测量技术能够通过获取高分辨率、高密度的影像数据，实现对地表的精细测量和建模。其发展过程中，传感器技术、数据处理算法等方面的不断创新为技术的应用提供了坚实基础。在资源管理中，低空摄影测量技术不仅可以用于矿山监测，还广泛应用于土地利用规划、环境监测等领域，为综合资源管理提供了多维度、多尺度的空间信息数据。这一技术的不断演进为露天矿山开采监测提供了更为先进和全面的解决方案<sup>[2]</sup>。

## 3 无人机低空摄影测量技术

### 3.1 工作流程概述

在进行矿山监测任务时，我们首先需要进行无人机选择与配置。这一阶段的关键是根据矿山监测的需求，精心选择适应的无人机平台。考虑因素包括飞行时间、载荷能力和稳定性等方面，以确保无人机能够有效地执行监测任务。同时，为了满足监测任务的要求，我们对无人机进行相应的配置。随后，航迹规划与飞行控制成为工作流程中的下一个重要步骤。在这一阶段，我们制定合理的航迹规划，以确保无人机能够覆盖整个矿山区域。飞行控制系统则负责保障飞行安全和数据采集的均匀性。系统实时调整航迹，以适应地形变化，确保监测覆盖的全面性和准确性。

摄影设备选择与校准是保障数据质量的重要一环。我们精心选择高分辨率、高感光度的摄影设备，以确保获取的影像数据具有良好的质量。同时，通过对设备进行校准，我们保证摄影数据的精度和准确性，为后续的数据处理提供可靠基础。数据采集与传输是整个监测流程中不可或缺的一步。在无人机执行飞行任务的过程中，通过搭载的传感器实时采集地面影像数据。为了保证监测数据的实时性和完整性，数据的传输应当高效可靠。最后，数据处理与三维模型生成是整个流程的收尾工作。我们对采集到的数据进行后期处理，包括图像拼接、数字正射影像生成、三维模型构建等步骤。通过这一系列的处理，我们能够获得全面、准确的地理信息数据，为矿山监测提供有力的支持。整个工作流程的有机结合确保了监测任务的高效完成和数据质量的优异表现。

### 3.2 无人机低空摄影测量的优势

在矿山监测领域，无人机低空摄影测量展现了诸多显著的优势，其中机动灵活性是其一大大亮点。无人机具有出色的机动性，能够灵活飞越矿山上空，随时调整飞行高度和航迹，以适应矿山地形的变化<sup>[3]</sup>。这种机动灵活性使得无人机能够实现针对不同区域的全面监测，尤其是那些难以到达或危险的地区。通过快速响应和灵敏调整，无人机在面对复杂多变的矿山环境时展现出卓越的适应能力。

高效测量是无人机低空摄影测量的另一重要优势。相较

于传统的地面监测和卫星遥感，无人机以其自主飞行和高速数据采集的特性，大幅提高了监测效率。在较短时间内，无人机可以完成对大范围矿山的高精度监测，为监测任务的迅速完成提供了可靠保障。这种高效性对于及时获取监测数据、迅速做出反应具有重要意义，特别是在需要紧急决策的情境下。

无人机低空摄影测量还能产生丰富的测量成果，为矿山监测提供更为详细和立体的信息。通过无人机摄影数据，可以生成高分辨率的影像、数字正射影像以及三维模型。这些丰富的数据形式为矿山资源管理和决策分析提供了更全面的支撑。高分辨率的影像能够捕捉细微的地表特征，数字正射影像则保证了数据的准确性，而三维模型则提供了更为真实和直观的空间信息。这一系列测量成果的综合应用，使得矿山监测更加科学、全面，为可持续资源利用和环境管理提供了有力的工具。

## 4 无人机低空摄影测量在露天矿山监测中的应用

### 4.1 开采范围监测

在露天矿山的开采过程中，精准监测开采范围显得尤为关键，对于有效资源规划和环境保护至关重要。在这一背景下，无人机低空摄影测量技术崭露头角，通过获取高分辨率的影像数据，为矿山管理提供了一种精准的手段，以确保开采边界的准确定位。该技术利用无人机在低空飞行中获得的影像数据，进行矿山地形和地貌的精准分析。这种高精度的地形和地貌分析有助于监测矿山开采所引起的地表变化，使管理团队能够及时调整开采策略，以提高资源的利用效率。通过对地形和地貌的深入了解，管理者能够更全面地把握矿山开采过程中涉及的各种复杂因素，从而更有针对性地制定管理策略。

无人机的机动灵活性是其在开采范围监测中的另一个优势。其能够在整个矿山区域进行全面监测，为管理者提供更为全面的数据支持。通过实时监测开采面积的演变过程，管理者能够更加深入地了解矿山开采的动态变化，从而为决策提供更为有力支持。这种全方位的监测不仅提高了管理的响应速度，也为矿山开采过程中的关键决策提供了科学而可靠的依据。

### 4.2 动用储量监测

在矿山开采的复杂过程中，动用储量作为核心指标扮演着至关重要的角色，直接影响着矿山的生产管理和资源评估。为了更加准确地把握动用储量的实时情况，矿山管理者越来越倚重无人机低空摄影测量技术，这一先进技术为矿山开采管理带来了新的可能性。通过无人机搭载的先进传感器和高分辨率摄影设备，可以实现对矿石堆场、挖掘区域等地点的高精度体积测算。这种技术优势使得在庞大的矿山区域内，可以精确捕捉到地表的细微变化，为动用储量监测提供

了可靠的数据基础。无人机的机动灵活性和高度精准的航拍能力,使其能够在复杂地形条件下执行任务,有效避免了传统监测手段所面临的困境<sup>[4]</sup>。

实施动用储量监测的同时,无人机低空摄影测量技术还为矿山管理者提供了对矿石质量和成分的全面分析手段。通过详细的地表信息,可以对矿石的物理特性进行深入研究,进而提高资源管理的精准性。这种综合分析的结果不仅有助于避免资源的浪费,还能有效减轻对环境的潜在风险,实现了资源开发的可持续性。因此,无人机低空摄影测量技术在动用储量监测方面展现出了巨大的潜力,为矿山管理者提供了全面、高效、可靠的数据支持,助力其更科学地制定生产计划和资源管理策略,推动矿山开采朝着更为可持续的方向发展。

### 4.3 数据的可视化与分析工具

在面对无人机低空摄影测量生成的庞大数据时,必须借助有效的可视化和分析工具以支持决策制定。其中,三维模型可视化被视为至关重要的一环,因为它能够将复杂的摄影数据转化为真实的三维地理模型,使得矿山管理者能够更为直观地了解矿山地貌、开采区域和资源分布情况。这种直观性的可视化不仅简化了数据的理解,也为决策制定提供了更直观的依据。除了三维模型可视化,数据分析工具的应用也显得至关重要。通过这些工具,可以深入挖掘摄影数据中的隐藏信息,实现对矿山监测结果的深刻理解。数据分析的过程中,管理者可以识别出潜在的趋势、规律或异常,从而更有针对性地调整矿山开采策略。这样的分析工具不仅仅是简单地呈现数据,更是为管理者提供了深层次的洞察,使其能够更全面、科学地做出决策。

综合运用这些可视化和分析工具,不仅提高了数据的利用率,也为矿山管理者提供了更为全面的决策支持。这种全面性体现在对矿山各个方面的深入了解,包括地貌的变化、资源的分布情况以及开采区域的动态演变。通过将数据转化为可视、可理解的形式,这些工具有效地弥补了人类对于大量数据直观理解的不足,使得管理者能够更从容地面对繁杂的信息,做出明智的决策。因此,数据的可视化与分析工具在无人机低空摄影测量中扮演着不可或缺的角色,为矿山管理者提供了强大的支持,助力其更加智慧地管理和规划矿山开采过程。

## 5 测量精度检核与分析方法

### 5.1 标定与精度评估方法

为了确保摄影数据的高精度,必须在无人机搭载的传感器和摄影设备上仔细标定。标定是一个关键的步骤,它的主要目的是消除传感器自身误差可能带来的影响,从而提高数据的准确性和可靠性。在标定的过程中,需要综合考虑相机的内外参数,以及传感器的畸变等因素,以确保所得到的影像数据与实际情况一致。相机内外参数的标定包括焦距、主点位置、透镜畸变等因素的准确测定。这样的标定过

程需要精密的仪器和专业的技术支持,以确保对摄影设备的标定工作能够达到高标准的精度。通过这样的标定工作,可以有效地提高后续摄影数据的测量精度,为矿山管理提供更为可靠的基础数据。

在摄影数据的标定之后,精度评估方法成为确保测量准确性的另一重要步骤。这涉及到对摄影数据进行点云匹配、DEM(数字高程模型)比对等手段。通过这些方法,可以将实测数据与地理真实数据进行对比,从而评估测量的精度水平。点云匹配技术能够将实际场景中的点云数据与摄影测量数据进行匹配,从而验证摄影测量的空间几何关系。而DEM的比对则是通过将摄影测量得到的数字高程模型与地理真实的高程数据进行对比,进一步验证测量的准确性<sup>[5]</sup>。

### 5.2 实地验证与对比分析

为了更准确地验证无人机低空摄影测量的结果,需要进行实地验证。实地验证可以选择一部分矿山区域进行地面测量,与无人机获取的数据进行对比。这种对比分析的方式可以全面评估无人机监测数据的准确性和一致性,尤其是在关键区域。通过实地验证,可以及时发现和纠正可能存在的测量偏差,提高数据的可信度。

### 5.3 测量误差源与处理方法

测量误差源是影响数据准确性的重要因素,主要包括飞行平台姿态误差、传感器定位误差、图像匹配误差等。为了有效处理这些误差源,可以采用多传感器融合技术、精确的飞行轨迹规划和实时校正等方法。在数据处理阶段,采用数字正射影像和三维模型生成时,可以通过软件算法进行误差的修正和优化,提高数据的精度。

## 6 结语

本研究基于无人机低空摄影测量技术在露天矿山监测中的应用,取得了一系列积极成果。通过详细的工作流程介绍与优势分析,我们证明了无人机低空摄影测量技术在提高监测效率、实现精准监测方面的显著优势。同时,通过对测量精度的深入检核与分析,我们验证了该技术在矿山监测中的高精度性能。这为未来矿山监测与管理提供了一种先进、可行的技术路径,将为矿业可持续发展和环境保护提供强有力的支持。

### 参考文献

- [1] 张艳博,路恒骁,梁鹏,等.无人机不同航线规划方案下露天矿山三维建模对比研究[J].金属矿山,2023(1):7.
- [2] 刘宇.基于无人机摄影测量的精细爆破设计系统研究[D].呼和浩特:内蒙古科技大学,2019.
- [3] 闻彩焕,王文栋.基于无人机倾斜摄影测量技术的露天矿生态修复研究[J].煤炭科学技术,2020(10):48.
- [4] 陈永健.浅谈无人机低空摄影测量技术在地质灾害监测中的运用[J].百科论坛电子杂志,2018(14):121.
- [5] 张航,卢小平,郝波,等.无人机在露天矿开采监管中的应用研究[J].采矿技术,2018(8).