

露天矿山三维建模与无人机智能测绘技术结合的创新实践

刘金霖

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2330

[摘要] 无人机智能测绘技术以其高效、灵活、低成本的优势,与露天矿山三维建模技术的融合成为行业创新方向。本文阐述了无人机智能测绘技术的核心特性及露天矿山三维建模的需求,分析了两者的技术逻辑与应用价值,从数据采集、模型构建到成果应用的全流程探讨了创新实践路径,总结了技术融合带来的管理变革与发展前景,为露天矿山智能化建设提供技术参考。

[关键词] 露天矿山; 三维建模; 无人机; 智能测绘; 技术融合

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Innovative Practice Combining 3D Modeling of Open-Pit Mines with UAV Intelligent Surveying Technology

Jinlin Liu

CCTEG Shenyang Engineering company

[Abstract] The integration of unmanned aerial vehicle intelligent surveying technology with open-pit mine 3D modeling technology has become an innovative direction in the industry due to its advantages of high efficiency, flexibility, and low cost. This article elaborates on the core characteristics of unmanned aerial vehicle intelligent surveying technology and the demand for 3D modeling of open-pit mines. It analyzes the technical logic and application value of the combination of the two, explores the innovative practice path from data collection, model construction to achievement application, summarizes the management changes and development prospects brought by technological integration, and provides technical reference for the intelligent construction of open-pit mines.

[Key words] open-pit mines; 3D modeling; UAV; Intelligent surveying and mapping; technology convergence

引言

露天矿山开采具有作业范围广、地形复杂、生产环节多等特点,传统测绘技术依赖人工操作,存在效率低、精度不均、安全风险高等问题,难以满足现代化矿山对实时、精准数据的需求。三维建模技术虽能实现矿山地形、矿体的可视化呈现,但数据来源的局限性制约了其应用深度。无人机智能测绘技术集成了无人机自动机库、无人机及其载荷等硬件设备,依托智能化平台,能够快速获取并分析矿山高分辨率地理信息。

1 露天矿山三维建模与无人机智能测绘技术概述

1.1 无人机智能测绘技术核心特性

无人机智能测绘技术集成航空摄影、遥感探测、自动控制 and 数据处理等多项技术,其显著优势在于高自动化和高效作业能力。它能迅速覆盖广阔的矿山区域,实现从自动化作业到数据自动传输及处理的无人工干预全流程。此技术显著降低矿山的人工成本,大幅提升作业效率,数倍缩减传统测绘所需时间。操作灵活,适应复杂矿山地形,即使在陡峭边坡或深坑等高风险区

域也能安全作业,从而减少人员安全风险。结合高精度的GNSS定位和IMU惯性测量技术,无人机能提供厘米级分辨率的数据,为高质量的三维建模打下坚实基础。

1.2 露天矿山三维建模核心需求

露天矿山三维建模以数字形式直观呈现矿山地形地貌、矿体分布、开采区域等信息,是矿山数字化管理的核心基础。其核心需求包括动态更新能力,需及时反映矿山开采进度、地形变化,为生产调度提供实时依据;多维度数据整合,需融合地形、地质、开采设备等多类数据,实现矿山全要素可视化;精准分析功能,能够基于模型进行工程量计算、边坡稳定性分析、开采方案优化等,支撑矿山科学决策。

1.3 两者结合的技术适配性

三维建模技术是无人机测绘数据的有效承载与应用载体,它将原本零散、难以直观理解的测绘数据转化为三维模型,这不仅增强了数据的可视性,而且实现了数据价值的最大化。这种技术的应用,使得无人机采集的大量测绘数据得以高效利用,为矿

山管理提供了强有力的支持。无人机测绘与三维建模技术的结合,形成了一个“数据采集—模型构建—应用服务”的闭环体系。在这个体系中,无人机以其高效的数据采集能力,为模型的动态更新提供了坚实的基础。同时,三维模型强大的分析能力,进一步拓展了无人机测绘数据的应用场景,包括地形分析、资源评估、安全监测等。这种技术融合不仅提升了矿山管理的效率和精度,而且推动了矿山管理从传统的经验型向现代智能型转变。通过这一转变,矿山管理者能够更加科学地规划和决策,有效降低风险,提高资源利用率,从而实现矿山管理的可持续发展。总之,无人机测绘与三维建模技术的融合,是推动矿山管理现代化的重要技术手段。

表1 无人机智能测绘与传统测绘技术适配性对比

| 技术指标 | 无人机智能测绘 | 传统人工测绘 |
|------|----------------|---------------|
| 作业效率 | 高,单日覆盖数十平方公里 | 低,单日覆盖不足1平方公里 |
| 数据精度 | 厘米级,数据均匀 | 米级至分米级,易受环境影响 |
| 安全风险 | 低,无人化作业 | 高,需进入危险区域 |
| 数据格式 | 智能化平台处理,自动生产模型 | 格式零散,需二次转换 |

2 露天矿山三维建模与无人机智能测绘结合的创新实践路径

2.1 无人机测绘数据采集优化

数据采集作为技术融合的基础环节,必须紧密结合矿山的具体特点,以优化无人机作业方案。首先,依据矿山的地形范围和建模精度要求,精确确定无人机的飞行高度、航线密度和拍摄重叠度。这一系列参数的设置旨在确保整个矿区的覆盖无死角,同时保证数据采集的冗余度合理,既不过度浪费资源,又能确保数据的充足性。其次,针对不同的采集需求,精心选择适配的传感器设备。对于地形测绘,选用高分辨率光学相机是理想选择,它能够提供更清晰的地表影像,有助于精确构建地形模型。而当需要进行矿体成分探测时,可以搭配多光谱传感器,这类传感器能够捕捉到不同波段的光谱信息,有助于识别和分析矿体的化学成分,从而实现地形与地质数据的同步采集。这样的技术组合,使得无人机能够在单一任务中完成多样化的数据采集任务,为矿山管理提供了全面的信息支持。

2.2 三维模型构建的技术融合要点

在模型构建阶段,关键在于实现无人机测绘数据与三维建模技术的深度融合。这一过程首先需要对采集到的影像和点云数据进行预处理。这一步骤涉及通过一体化平台对数据进行自动化处理,包括剔除模糊不清的影像,修正点云中的误差,以确保数据的准确性和一致性。此外,还包括对数据格式进行标准化转换,使其适应后续建模分析的需求。通过这一系列的预处理工作,可以确保后续建模过程的顺利进行,为生成高质量的三维模型打下坚实的基础^[1]。

2.3 模型与测绘数据的动态更新机制

表2 三维模型构建各环节技术要求

| 构建环节 | 核心技术 | 数据来源 | 质量控制要点 |
|--------|-------------|-------------|----------------|
| 数据预处理 | 数据清洗、格式转换 | 无人机影像、点云数据 | 剔除无效数据,保证数据完整性 |
| 地形基础构建 | 空三加密、DEM生成 | 预处理后影像数据 | 高程误差控制在厘米级范围 |
| 地质信息融合 | 地理信息标注、模型叠加 | 地质勘察资料、点云数据 | 矿体边界与实际一致 |
| 模型优化 | 智能特征识别、细节修复 | 整合后各类数据 | 关键设施轮廓清晰,无明显漏洞 |

露天矿山开采活动伴随着地形和矿体形态的持续变化,这对矿山管理提出了动态更新的需求。因此,建立一套模型与测绘数据的动态更新机制至关重要。这种机制通常结合定期测绘与实时监测两种方式,以适应矿山开采的不同阶段和需求。在规划设计阶段,根据矿山开采进度,确定固定的测绘周期,通常情况下,每月进行一次全面的测绘,以确保数据的全面性和准确性。而对于开采作业区域,则采取更高频次的监测,以便及时发现和记录变化。利用无人机的高效作业能力,每次开采工序完成后,可以迅速采集并更新相关区域的数据。这些数据通过比对分析,能够准确识别地形变化的具体区域。随后,这些更新数据将被自动应用于三维模型,相应部分的模型也会得到及时的自动更新,从而确保矿山管理人员能够实时掌握矿山地形和矿体形态的最新变化,为决策提供准确的数据支持。这种动态更新机制的实施,不仅提高了矿山管理的效率和精度,也为确保矿山安全、环保和可持续发展提供了坚实的技术保障^[2]。

表3 无人机测绘与模型更新周期规划

| 矿山区域 | 开采活动强度 | 无人机测绘周期 | 模型更新方式 |
|----------|---------|---------|---------|
| 核心开采区 | 高,每日有作业 | 3-5天/次 | 局部增量更新 |
| 排土场、尾矿库 | 中,每周有变动 | 1周/次 | 区域整体更新 |
| 矿山道路、办公区 | 低,长期稳定 | 1月/次 | 按需选择性更新 |
| 整个矿山范围 | 综合 | 1月/次 | 全模型校验更新 |

3 技术融合的应用价值与发展方向

3.1 提升矿山管理的精准化水平

三维模型的融合形成了为矿山管理量身打造的精准数字化工具。在规划设计阶段,借助三维模型,可以直观地进行开采境界的优化设计以及开拓运输系统的布局规划,从而避免了传统二维图纸中可能出现的空间布局误解。这种可视化手段大大提高了规划的科学性和准确性。在生产调度过程中,三维模型能够实时反映开采进度和矿石储量的动态变化,使得调配采掘设备更加精准,显著提升了生产效率。在工程量计算方面,三维模型能够自动计算采剥量和矿石产量,相较于传统的人工计量方法,不仅计算结果更加精确,也大幅度减少了因计量误差可能导致

的资源浪费和经济损失。这一系列的应用,显著提升了矿山管理的现代化水平,促进了矿山的可持续发展。

3.2 强化矿山安全与生态保护能力

技术融合在提升矿山安全与生态保护方面扮演着关键角色。通过无人机定期进行空中监测,并结合矿山的三维模型进行分析,能够有效地发现边坡位移、裂缝等潜在的安全隐患。这种监测方法可以提前预警滑坡、坍塌等地质灾害,为采取安全防护措施提供宝贵的时间窗口。在爆破作业管理中,三维模型的应用使得规划爆破参数变得更加精准,能够优化爆破范围与强度,显著减少爆破震动对周边环境的负面影响。在生态修复领域,利用三维模型记录矿山的土地复垦和植被恢复过程,可以精确计算复垦面积和植被覆盖率,为评估生态保护效果提供了客观、科学的依据。这些技术的融合应用,不仅有助于推动矿山实现绿色开采,也为可持续发展的矿山生态建设提供了强有力的技术支持^[3]。

3.3 未来发展方向展望

表4 技术融合发展方向与应用潜力

| 发展方向 | 核心技术支撑 | 应用场景 | 预期价值 |
|-------|-----------|-----------|----------------|
| 智能化升级 | 人工智能、机器学习 | 自主测绘、隐患识别 | 减少人工干预,提升响应速度 |
| 实时化传输 | 5G、边缘计算 | 远程调度、应急指挥 | 实现跨区域协同管理 |
| 多源化融合 | 物联网、大数据 | 智慧矿山平台构建 | 实现矿山全流程智能化管控 |
| 规范化发展 | 行业标准、技术规范 | 技术推广、成果验收 | 保障技术应用的统一性与可靠性 |

随着科技的飞速发展,露天矿山三维建模与无人机智能测绘的结合正朝着更深入的层次演进。未来,有望引入先进的人工智能算法,使无人机具备自主识别矿山异常情况的能力,并能智能规划最优测绘航线,极大地提升测绘技术的智能化水平。此

外,5G技术的融入将实现无人机测绘数据的实时传输,以及模型的远程协同编辑,为矿山的远程管理和智慧决策提供了强大的技术支持。同时,推动多源数据融合,将无人机测绘数据与物联网、大数据等现代信息技术相结合,将有助于构建一个更加全面、智能的矿山智慧管理平台,为露天矿山的可持续发展奠定坚实基础。

4 结语

露天矿山三维建模与无人机智能测绘技术的结合,是矿业数字化转型的重要创新实践。该融合技术突破了传统测绘与建模的技术瓶颈,实现了矿山数据采集的高效化、模型构建的精准化与管理应用的智能化,在提升矿山生产效率、强化安全防护、推动生态保护等方面展现出显著价值。随着相关技术的不断成熟与完善,两者的融合将更加深入,为露天矿山构建智慧管理体系提供核心支撑。

[基金项目]

中国煤炭科工集团有限公司科技创新创业资金专项资助项目(2025-QZ008)。

[参考文献]

- [1]杨文武,戴丽雯.无人机倾斜摄影测量三维建模技术在露天矿山中的应用[J].世界有色金属,2023,(16):126-128.
- [2]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,(01):95-101.
- [3]张君,周锐,唐宛唐.无人机倾斜摄影技术在某露天矿山三维建模中的应用[J].现代矿业,2022,38(11):35-38.

作者简介:

刘金霖(1999--),男,满族,辽宁抚顺人,研究生,工学硕士学位,助理工程师,主要从事无人机智能测绘、InSAR与开采沉降规律等方面的研究工作。