

无人机低空遥感在矿山生态治理中的应用

赵 男, 唐文泰*, 王 末, 刘创创, 许 波

中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北 廊坊

收稿日期: 2023年5月4日; 录用日期: 2023年6月30日; 发布日期: 2023年7月11日

摘 要

通过传统的地面实地监测, 我们可以对采矿后的地形进行评估和恢复。然而, 这些劳动密集型和耗时的测量方法通常不适用于对采矿地点的大规模土地修复工作。利用无人机低空遥感技术, 我们能够收集到大量关于矿山生态修复的实时信息, 可以为矿山生态修复后续的研究和评估提供有力的依据, 从而使得矿山生态修复成为一个具有多方面深度和广度的学科。随着技术的不断发展, 矿山生态修复技术也在不断演进, 可以从多种技术的应用和后期效果的比较中提炼出最佳的边坡复绿方案, 推动边坡复绿技术的进步和完善。文章以哨鹿沟东山矿山生态治理项目为例, 研究了无人机低空遥感在矿山生态治理中的实际应用成果, 利用无人机低空遥感技术构建矿山三维实景模型, 通过解译分析, 获取地形地貌、植被发育程度、岩体结构情况等信息。经过实验证明, 与传统的调查方式相比, 无人机低空遥感技术更加简单易行, 而且可以获得更高的数据精度; 通过采用三维建模技术, 可以大大减少矿山生态治理的复杂性和成本。

关键词

无人机遥感, 倾斜摄影, 生态治理, 特征分析

Application of UAV Low-Altitude Remote Sensing in Mine Ecological Management

Nan Zhao, Wentai Tang*, Mo Wang, Chuangchuang Liu, Bo Xu

Langfang Center for General Survey of Natural Resources, CGS, Langfang Hebei

Received: May 4th, 2023; accepted: Jun. 30th, 2023; published: Jul. 11th, 2023

Abstract

In order to assess and restore the post-mining terrain of a mine, traditional ground-based field monitoring is generally undertaken. However, these labour-intensive and time-consuming surveying me-

*通讯作者。

文章引用: 赵男, 唐文泰, 王末, 刘创创, 许波. 无人机低空遥感在矿山生态治理中的应用[J]. 自然科学, 2023, 11(4): 564-569. DOI: 10.12677/ojns.2023.114067

thods are often not suitable for large-scale land restoration work on mining sites. Using low-altitude remote sensing technology, we are able to gather a wealth of real-time information on mine ecological restoration, which can provide a strong basis for subsequent research and assessment of mine ecological restoration, making it a discipline with a multi-faceted depth and breadth. With the continuous development of technology, mine ecological restoration techniques are also evolving, and the best slope rehabilitation solutions can be extracted from the application of various techniques and the comparison of later effects, so as to promote the progress and improvement of slope rehabilitation technology. The article takes the East Mountain of Shaolugou Mine Ecological Management Project as an example, and studies the practical application results of UAV low-altitude remote sensing in mine ecological management, using UAV low-altitude remote sensing technology to construct a three-dimensional realistic model of the mine, and through interpretation and analysis to obtain information such as topography and geomorphology, the degree of vegetation development and rock structure. The experiment proves that compared with traditional survey methods, UAV low-altitude remote sensing technology is simpler and easier to use, and can obtain higher data accuracy; by using 3D modelling technology, the complexity and cost of mine ecological management can be greatly reduced.

Keywords

UAV Remote Sensing, Tilt Photography, Ecological Management, Feature Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

矿山生态修复涉及地质灾害防治、地形地貌景观治理、土地复垦、矿山复绿、水土污染防治, 需要调查的要素主要有地质矿产、矿山开采、地质灾害、水土保持、土地分类、土地损毁、土壤类型、土壤污染、植被类型、“三废”排放等[1]。长期以来, 矿山测量工作大多采取传统的数字化的现场测量模式, 因此存在着工作强度高、工作过程繁琐, 同时劳动力耗费较高、生产成本高等特点[2]。随着技术的发展, 传统的制图方法已经不能满足露天矿山调查的需求, 因此, 小型旋翼无人机应运而生, 它具有良好的续航能力、机动性、灵活性和稳定性, 同时还具备低成本、自然环境约束较小等优势, 通过无人机低空遥感技术, 可以更直观、更便捷地观察到矿区内的生态环境现状, 并且利用专业软件对采集到的数据进行自动处理, 从而大大提高模型精度, 为露天矿山地质监测提供更多的可靠依据[3]。为了更有效地推动矿山修复, 本文通过无人机低空遥感技术, 来进行矿山灰岩区的地质调查工作。

2. 数据采集与处理

2.1. 矿山概况

本文以峭鹿沟东山典型灰岩矿区为例, 工作区地处承德市东部, 燕山山脉末端, 冀蒙辽三省交界, 为京冀门楣, 通衢辽蒙的区位优势。东与辽宁省的凌海市接壤, 北与内蒙古自治区赤峰市相连, 西邻旅游胜地承德, 南通京、津、唐, 交通四通八达。

2.2. 无人机平台选择

本文使用大疆 M300 RTK 无人机, 搭载 D2-PSDK 五镜头三维倾斜相机进行数据采集工作。结合大

疆 M300 RTK 无人机的简单便捷、自动化程度高等技术特点, 以实现高效采集数据、降低外业成本, 提供满足矿山环境地质调查工作要求的高精度影像数据资料[4]。

2.3. 航线设计

根据前期踏勘及资料收集情况, 在 DJI Pilot 2 中导入测区 KML 文件, 使用“建图航拍”功能规划任务航线。根据技术要求, 峭鹿沟东山测区航测成图比例尺为 1:1000, 无人机飞行相对航高设为 400 m; 测区对应的地面分辨率为 9.40 cm; 旁向重叠度: 70%; 航向重叠度: 80%; 单架次无人机飞行时间不超过 30 分钟, 共布设 3 架次。本次飞行任务时间全部选择在 12:00~15:00 之间, 阴影对航摄影响较小时进行。

2.4. 像控点布设

根据《低空数字航空摄影测量外业规范》的要求, 结合大疆 M300 RTK 无人机的技术特点, 在航摄前实地布设像控点标志, 像控点布设在视野开阔、高程起伏较小的地方, 标志清晰、对比度高, 单架次飞行区域的四角和中心, 易于判断和立体测量。测区共计布设像控点 7 个, 测区采用在地面喷涂红色 L 型, 像控点应用直角模具涂刷, 涂刷大小 > 50 cm, 并且棱角不虚边; 编号涂刷, 字体清晰, 字体高度 > 30 cm。像控点采用 RTK 实测, 使用 RTK 固定解计算, 使用 CGCS2000 坐标系, 平面误差 < 0.01 m, 高程误差 < 0.025 m。无人机每次起飞前均按规程认真检查飞机和相机的电池电量, 以及其它机载设备的工作状态无异常。无人机采用垂直起飞, 起飞风力不大于 3 级。

2.5. 无人机数据处理流程

数据处理主要利用航拍的有效照片来生产测区数字高程模型、数字正射影像[5]。本测区使用 DJI 智图软件来进行空三解算和三维建模等影像的处理, 生成测区高精度数字高程模型, 并通过地面测量点对模型进行校准, 以确保模型的准确性。同时, 我们还使用了 GIS 软件对图像进行了后期处理, 如去除噪声、增强对比度等。具体来说, 无人机拍摄的照片经过预处理后, 包括降噪、去噪、平滑等操作。三维模型产品色彩真实、纹理清晰, 能直观、形象地反映出地貌特征, 可用于航测区内业解译工作。数据处理流程如图 1 所示。

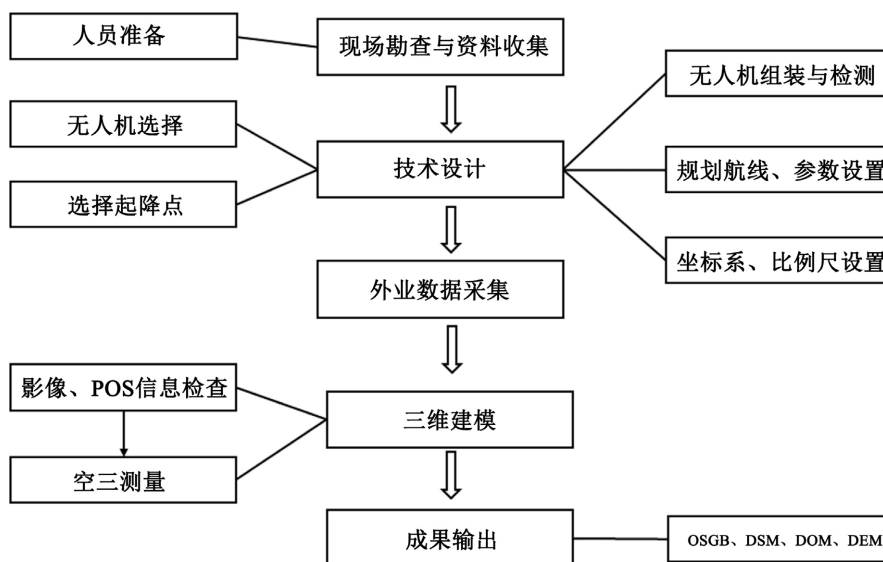


Figure 1. UAV aerial survey processing flow chart
图 1. 无人机航测处理流程图

3. 模型建立及遥感数据分析

3.1. 测区遥感影像

哨鹿沟东山典型灰岩矿区监测面积 4.2557 km²，共获取正射及倾斜摄影照片 5075 张，经过上述数据流程，最终得到了研究区的正射影像(空间分辨率 0.45 m)及三维模型(图 2)。

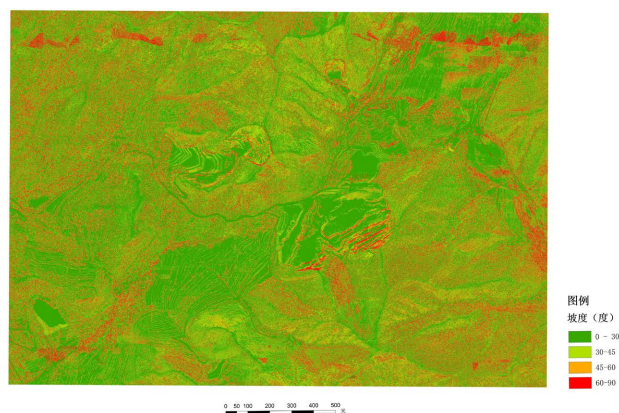


Figure 2. DOM image of the East Mountain of Shaolugou
图 2. 哨鹿沟东山 DOM 影像图

3.2. 测区遥感影像数据分析

利用无人机低空遥感影像进行解译分析，我们可以清晰地识别出该矿山的地质灾害类型，包括工作面、开采平台、渣坡、台阶等，以及周围的道路、废弃房屋等地形地物信息[6]。使用 DOM 图像，我们能够清晰地了解矿山的恢复情况，辨认出矿山的边界，并监控修复项目和土地使用的实际情况；通过影像，我们能够准确地测量出每个地区的面积，从而确定其生态恢复的范围、矿山的毁灭程度以及新修建道路的长度。通过野外实地校验，无人机正射图像的解译效果显著优于人工目视识别，特别是在发现小范围地质灾害时，其准确性更加可靠[7]。

通过使用 ArcMap 和其他 GIS 软件，我们可以对测区矿山的 DEM 数据进行坡度分析，并生成坡度栅格数据。这些数据可以用来测量山体的标高、坡脚的标高、高差、原始山体的坡度以及当前的坡度(图 3)。坡度起伏明显，平均坡度在 44.5°，与灰岩开采区坡度异常特征吻合。通过无人机采集和处理的数据，我们可以对矿山坡度进行分析，从而有效地选择最适合的整治方案，例如削坡、砌墙和续坡等。



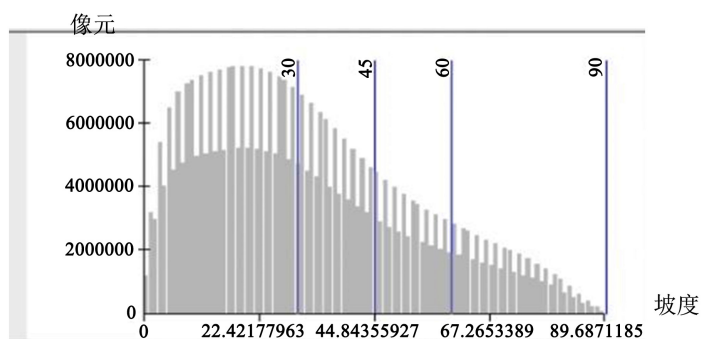


Figure 3. Distribution map of slope degree in the East Mountain of Shaolugou
图 3. 哨鹿沟东山坡度分布图

经过对测区坡向的分析，我们得出了如图 4 所示的栅格数据，其中坡向主要为南东向，而山体走向则是北东向，与实测结果相符。通过坡向分析，我们可以准确地判断日照强度，并选择合适的复绿植物，这大大提高了调查工作的效率和精度，为矿山生态修复工作的进一步推进提供了有力支持。

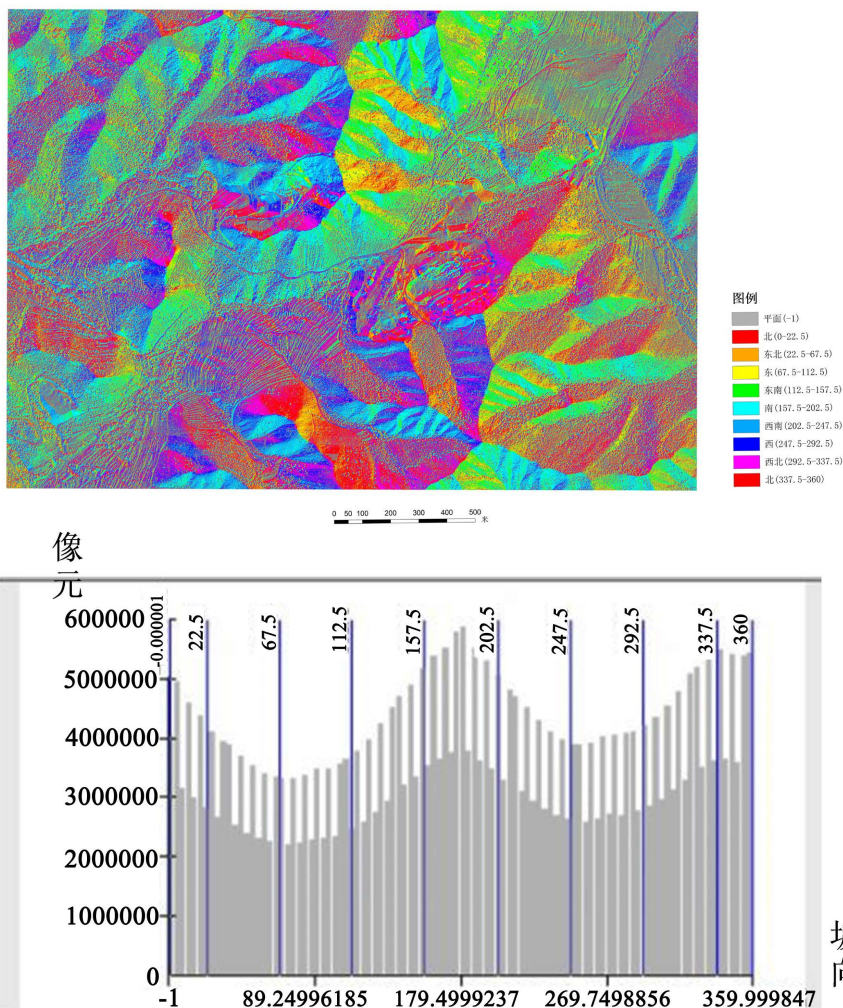


Figure 4. Distribution map of slope direction in the East Mountain of Shaolugou
图 4. 哨鹿沟东山坡向分布图

4. 结语

1) 鉴于以往技术人员到矿山实地调查遇到的山体地势险峻、植被发育茂盛、调查人员不易到达、作业效率低等问题, 利用无人机低空遥感技术, 我们可以从全新的视角来收集有关矿山生态恢复的数据。利用高精度的倾斜摄影三维模型和正射影像图, 我们可以更加准确地探测到矿山地质灾害、地形地貌、景观破坏及土地损毁等问题, 从而克服复杂的地形条件, 极大地提高了生态修复调查的效率, 使其具有更强的实时性和准确性。通过使用遥感技术获取的正射影像, 我们可以进行精准的野外补充调查, 这样不仅能够显著降低野外工作的负担, 而且还能够极大地提升工作的安全性。

2) 保留了矿山的历史文件。通过利用先进的无人机低空遥感技术, 我们可以建立出精确的矿山二维、三维模型, 这些数据将成为矿山历史档案的重要组成部分, 它们能够帮助管理者更加准确地了解施工进度, 并且能够有效地监督施工与设计的一致性, 使得管理者能够更加全面地掌握信息, 对宣传开展矿山生态修复和发挥带动作用具有重要意义。

3) 利用无人机遥感技术, 我们可以实现多种生态修复任务, 从土壤污染的调查、日照的分析、施工的管理到修复后的环境监测, 甚至是地质灾害的预警等。它们可以通过挂载不同的荷载设备来实现这些目标, 能够为室内论证专家论证分析提供多样性的视角参考。

参考文献

- [1] 王明丽. 基于无人机摄影技术的矿山环境修复治理研究[J]. 能源与环保, 2022, 44(2): 91-96.
- [2] 邢亚东, 陈杭, 韩亚洲. 无人机倾斜摄影测量在矿山生态修复测绘中的应用[J]. 科学技术创新, 2022(2): 137-140.
- [3] 吴挺. 无人机倾斜摄影在矿山生态修复中的应用研究——以长兴县李家巷鑫茂矿为例[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2020.
- [4] 刘壮. 无人机在矿山生态修复工程中的应用——以会昌县背坑矿山为例[J]. 中国高新科技, 2022(14): 153-156.
- [5] 张启慧, 李忠涵, 杜莹. 消费级无人机在复杂矿山地形生态修复中的应用分析[J]. 煤炭加工与综合利用, 2022(4): 90-94.
- [6] 杨文佳, 郭昊原, 李纯刚, 朱玮琪. 无人机技术在矿山生态修复调查中的应用[J]. 地质学刊, 2020, 44(4): 429-433.
- [7] 黄宣东. 无人机倾斜摄影技术在矿山生态修复的应用[J]. 现代矿业, 2021, 37(4): 219-222.