

无人机测绘在矿山复垦监测中的应用

顾俊杰

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要：随着无人机技术的日益成熟，无人机测绘已成为现代测绘领域的重要分支。本文详细探讨了无人机测绘在矿山复垦监测中的具体应用，从地形地貌测绘、植被覆盖监测到土壤侵蚀监测等多个方面进行了深入分析。文章还着重阐述了无人机测绘在矿山复垦监测中的高效率、高精度、灵活性、安全性以及低成本等优势，展望了其在未来矿山生态环境恢复与治理中的重要作用。

关键词：无人机测绘；矿山复垦；地形地貌测绘；植被覆盖监测；土壤侵蚀监测

引言

矿山开采在为社会提供丰富资源的同时，也对自然环境造成了不同程度的破坏。为了恢复矿山生态环境，矿山复垦工作成为了不可或缺的环节。然而，传统的矿山复垦监测方法往往受限于复杂地形和人力因素，难以做到全面、高效的监测。无人机测绘技术的出现，为矿山复垦监测带来了革命性的变革。

1 无人机测绘技术概述

无人机测绘技术结合了无人机、遥感和地理信息系统三大技术，形成了一种高效、灵活的测绘方式。无人机可搭载多种传感器，如高分辨率相机、激光雷达等，通过预设航线进行自主飞行，快速获取地面信息。这些数据经过处理和分析后，能够为矿山复垦监测提供详实、准确的数据支持。

2 无人机测绘在矿山复垦监测中的详细应用

2.1 地形地貌测绘

2.1.1 数据获取

在矿山复垦监测中，地形地貌数据的获取是至关重要的第一步。这一步骤对于后续的地形分析、复垦规划和设计具有决定性的影响。为了精确获取这些数据，现代无人机测绘技术被广泛应用。无人机在数据获取方面展现出了显著的优势。在执行地形地貌测绘任务时，无人机搭载高分辨率相机，这些相机通常具备极高的像素和优异的成像质量，能够捕捉到地表的细微特征。按照预设的航线，无人机在矿山区域上空进行精确的航拍作业。这一过程中，无人机的飞行高度、速度以及相机的拍摄参数都经过精心调整，以确保获取的影像数据既清晰又详尽。航拍完成后，得到的高分辨率影像数据不仅包含了丰富的地形信息，如山脉、沟壑、平原等自然地貌，还能反映出矿山开采后形成的人工地貌特征，如矿坑、废石堆等^[1]。这些数据的高分辨率特性使得后续的地

形分析能够更为精确，为矿山复垦工作提供了坚实的基础数据支撑。

2.1.2 数据处理

数据处理是无人机测绘中的关键环节，它涉及到对获取的影像数据进行精细化的加工，以提取有用的地理信息。首先，由于无人机在航拍过程中可能会受到风向、光线等多种因素的影响，导致获取的影像存在畸变或偏移。因此，需要通过图像处理软件进行精确的拼接和校正，确保每一张影像都能准确无误地反映地表的真实情况。拼接过程中，软件会识别影像间的重叠区域，通过算法自动调整影像的位置和角度，实现无缝对接。接下来是校正环节，这一步主要是消除因镜头畸变、大气折射等因素造成的图像失真。通过选取地面控制点，软件能够计算出影像的几何变换参数，进而对整幅影像进行精确的校正，使其更符合地理坐标系统。此外，为了突出地表的某些特征或提高影像的视觉效果，还需要进行影像增强处理。这包括调整影像的对比度、亮度、色彩平衡等，使得地形地貌的细节更加清晰可见。最终，经过这一系列的处理流程，原始的航拍影像被转化为数字高程模型（DEM）和数字正射影像图（DOM）。DEM通过高程数据的插值算法，构建出一个三维的地表模型，能够直观地展示地形的起伏变化。而DOM则是经过正射校正的影像图，它消除了地形起伏和拍摄角度对影像的影响，能够真实反映地表的平面分布特征。这两种数据产品为后续的地形分析、复垦规划和设计提供了有力的数据支持。

2.1.3 地形分析

在完成数据获取与处理后，地形分析成为了接下来的关键步骤。这一阶段主要依赖于之前生成的数字高程模型（DEM）和数字正射影像图（DOM），进行深入的地形因子提取与分析。基于DEM数据，可以精确地计算

出地表的坡度。坡度是描述地表倾斜程度的重要参数,对于复垦规划中的水土保持、排水系统设计等方面具有至关重要的指导意义。通过坡度分析,可以识别出哪些区域坡度较陡,可能存在土壤侵蚀的风险,从而在复垦设计中采取相应的防护措施。坡向分析则是根据DEM数据确定地表各点的朝向。坡向不仅影响地表的水热条件,还直接关系到植被的分布和生长状况。在复垦规划中,了解不同坡向的光照、温度和湿度条件,有助于合理选择植被种类和复垦方式,以提高复垦效果。高程分析则是利用DEM数据提取地表的海拔高度信息。通过高程分析,可以全面了解矿山区域的地势起伏情况,为复垦规划中的土方平衡、道路设计等环节提供重要依据。同时,高程数据还可以用于评估复垦后的地形是否满足特定的生态和景观要求。

2.2 植被覆盖监测

2.2.1 植被指数提取

在矿山复垦监测中,对植被覆盖的准确监测至关重要,它直接关系到复垦效果的评估和生态环境的恢复状况。为了定量评估植被的生长状况和覆盖度,通常会利用无人机获取的遥感影像来计算各种植被指数,其中归一化植被指数(NDVI)是最为常用的一种。归一化植被指数(NDVI)是通过测量近红外波段和红色波段的反射率差异来计算的,它能够有效地反映出植被的叶绿素含量和生长活力。无人机搭载的遥感传感器能够捕捉到这些波段的反射信息,为NDVI的计算提供数据基础。在计算NDVI时,首先会从无人机获取的遥感影像中提取出近红外波段和红色波段的反射率值。接着,根据NDVI的计算公式,即 $(\text{近红外波段反射率}-\text{红色波段反射率})/(\text{近红外波段反射率}+\text{红色波段反射率})$,得出每个像素点的NDVI值。这个值介于-1和1之间,值越大表示植被覆盖越好,生长越旺盛。通过提取和分析NDVI,可以定量地了解矿山复垦区域的植被覆盖情况和生长状况。这种指数不仅有助于评估当前的复垦效果,还可以用于监测植被的季节性变化和长期恢复趋势。此外,NDVI还可以作为其他生态环境评价指标的参考,如生物多样性、土壤保持和水源涵养等,从而为矿山复垦的综合评估提供科学依据。

2.2.2 植被分类与识别

在矿山复垦监测过程中,对植被进行精确的分类与识别是评估生态环境恢复状况的关键环节。通过先进的图像分类技术,可以准确地从无人机获取的遥感影像中识别出不同的植被类型,这一步骤对于了解复垦区域的植被组成、结构和功能具有重要意义。在进行植被分

类时,通常会采用监督分类或非监督分类的方法。监督分类需要事先选择具有代表性的训练样本,通过机器学习算法训练分类器,然后对整个影像进行分类。这种方法能够准确地识别出已知的植被类型,如针叶林、阔叶林、草地等。而非监督分类则是根据影像中像素之间的相似性进行自动聚类,从而划分出不同的植被类别。在分类完成后,还需要进行精度验证,以确保分类结果的准确性。通过与实际地面调查数据或其他可靠数据源进行对比,可以计算出分类的总体精度、用户精度和生产者精度等指标,从而评估分类结果的可靠性^[2]。此外,利用分类结果,可以进一步统计各类植被的面积和分布。这些信息对于评估矿山复垦效果、制定后续的生态恢复计划以及进行生态环境影响评价都具有重要意义。例如,通过比较不同时间点的植被分类结果,可以分析出植被群落的演替趋势和恢复速度,为生态恢复工作提供科学依据。

2.2.3 变化监测

为了确保矿山复垦工作的有效性,定期对矿山复垦区域进行变化监测是不可或缺的环节。这一环节主要通过无人机航拍技术来实现,其高效、灵活且能够覆盖广阔区域的特点使其成为理想的监测工具。在变化监测过程中,首先会规划定期的无人机航拍任务,以确保能够捕捉到复垦区域的最新情况。通过无人机搭载的高分辨率相机,可以获取到高精度、高清晰度的影像数据。这些数据不仅记录了地表的详细情况,还为后续的数据分析提供了坚实基础。获取航拍数据后,关键的一步是通过对比分析不同时间点的植被指数和植被类型数据来监测植被覆盖的变化情况。例如,通过比较不同时间点的归一化植被指数(NDVI),可以直观地观察到植被的生长状况和覆盖度的变化。同时,结合植被类型数据,可以进一步分析不同植被群落的演替趋势和恢复速度。此外,这种定期的变化监测还能及时发现异常情况,如植被退化、土地侵蚀等,从而及时采取措施进行干预,确保复垦工作的顺利进行。这种精准、高效的变化监测方法,不仅有助于评估复垦效果,还能为生态恢复计划的调整和优化提供重要依据。

2.3 土壤侵蚀监测

2.3.1 土壤侵蚀识别

在矿山复垦监测中,为了精确识别土壤侵蚀的区域和类型,通常会利用无人机获取的遥感影像和数字高程模型(DEM)数据。无人机遥感影像能够提供高分辨率的地表信息,而DEM数据则可以揭示地形的起伏和坡度等关键地形因子,这两者结合为土壤侵蚀的识别提

供了有力的数据支撑。在识别过程中,首先会利用遥感影像进行初步的视觉判读,根据影像上的色调、纹理等特征,初步判断可能存在土壤侵蚀的区域。接着,结合DEM数据,对这些区域的坡度、坡向等地形因子进行详细分析。一般来说,坡度较陡、缺乏植被覆盖的区域更容易发生土壤侵蚀。通过综合遥感影像和DEM数据的分析结果,可以准确识别出土壤侵蚀的区域和类型^[3]。例如,水土流失通常发生在坡度较缓、植被覆盖度低的区域,而沟蚀则多见于坡度较陡、水流冲刷强烈的山谷地带。这些识别结果不仅有助于了解当前的土壤侵蚀状况,还能为后续的土壤保护和复垦工作提供重要的决策依据。

2.3.2 侵蚀程度评估

在识别了土壤侵蚀区域和类型之后,对侵蚀程度的深入评估就显得尤为重要。通常会运用定量分析和建模方法。定量分析主要依赖于从无人机遥感影像中提取的详细数据,如侵蚀区域的面积、形状、深度等,这些数据能够直接反映侵蚀的物理特征。此外,还会收集土壤质地、降雨量、植被覆盖度等相关环境因素数据,以更全面地理解侵蚀过程。建模方法则更为复杂,它通常涉及使用地理信息系统(GIS)和其他专业软件来构建土壤侵蚀模型。这些模型能够模拟不同环境条件下的土壤侵蚀过程,帮助研究人员预测侵蚀的未来趋势。例如,通过输入土壤类型、地形特征、气候条件等参数,模型可以估算出一定时间段内的土壤流失量,从而判断侵蚀的严重程度。综合定量分析和建模结果,可以全面评估土壤侵蚀的严重程度和影响范围。这种评估不仅有助于了解当前的土壤健康状况,还能预测未来的侵蚀趋势,为制定有效的土壤保护和复垦策略提供关键信息。

2.3.3 治理建议

基于土壤侵蚀的详细监测结果,可以提出一系列针对性的治理建议和措施。对于水土流失严重的区域,建议采取植被恢复措施,如种植耐旱、耐瘠薄的植物,以提高地表覆盖度,减少雨水对土壤的冲刷。同时,合理配置排水系统,防止水流过度集中导致土壤流失。对于沟蚀等严重侵蚀类型,可考虑建设挡土墙、护坡等工程措施,稳定坡面,防止进一步侵蚀。此外,定期监测和评估治理效果至关重要,以便及时调整治理策略^[4]。这些

建议旨在为矿山复垦工作提供科学依据,确保复垦工作的高效与针对性,最终实现土壤的保护与生态的恢复。

3 无人机测绘在矿山复垦监测中的优势分析

3.1 高效率与高精度:无人机测绘能够快速获取大量高精度数据,大大提高了矿山复垦监测的效率。同时,由于无人机飞行高度低、拍摄角度灵活,能够获取更加精细的地面信息,保证了数据的精度和细节表现力。

3.2 灵活性与安全性:无人机具有灵活的飞行能力和高度选择,能够适应矿山区域的复杂地形和恶劣环境。此外,无人机测绘无需人员直接进入危险或难以到达的区域进行实地测量和观察,降低了人员的安全风险和工作强度。

3.3 低成本与可持续性:相比传统的有人机测绘和地面监测方法,无人机测绘技术具有更低的成本投入。无人机设备价格相对较低且易于维护;同时由于其高效性可以减少人力和时间成本。此外无人机测绘技术对环境影响较小且符合可持续发展的要求;通过定期监测和评估可以及时发现问题并采取相应措施进行修复和保护;从而实现矿山生态环境的可持续发展和利用。

结语

本研究详细探讨了无人机测绘在矿山复垦监测中的应用及其优势;通过实际应用案例验证了其可行性和有效性;为矿山生态环境的恢复与治理提供了新的技术手段和思路;展望未来随着无人机技术和遥感技术的不断进步与创新;以及大数据、人工智能等先进技术的应用与发展;无人机测绘在矿山复垦监测及其他领域的应用将更加广泛和深入;为推动经济社会可持续发展和生态环境保护做出更大贡献。

参考文献

- [1]李琦.无人机技术在矿山测绘中的应用研究[J].工程建设与设计,2022(11):158-160.
- [2]张亮.无人机航测在矿山地形图测绘中的应用探讨[J].江苏建材,2022(01):66-67.
- [3]李闽.无人机遥感测绘技术在矿山工程中的应用[J].自动化应用,2022(01):128-130.
- [4]黄鑫.无人机倾斜摄影测绘在矿山测绘中的应用探讨[J].智能建筑与智慧城市,2021(10):25-26.