

遥感技术在矿产地质调查中的应用研究

姜河

湖南省地质勘探院有限公司, 湖南 长沙 410000

DOI:10.61369/ERA.2026060031

摘 要 : 伴随着遥感技术的发展和高分辨率卫星图像的应用, 矿产地质考察中遥感技术已经成为提升勘探速度与准确度的有效手段。借助遥感影像采集以及解析可以清楚辨别出矿藏位置、土地使用的变迁情况及其污染程度和危险性等等。对于采矿区矿产资源探测, 环境监控和危险源判定等方面都有了很大的进步, 遥感技术的应用对矿山的开采与管理起到了很好的促进作用。高分辨率影像、多种数据综合应用以及智能化处理方法的应用, 都可以给矿山带来持续发展的保障, 进而达到资源勘探与保护的双赢目的。

关 键 词 : 遥感技术; 矿产地质; 勘查; 环境监测; 高分辨率影像

Research on the Application of Remote Sensing Technology in Mineral Geological Survey

Jiang He

Hunan Geological Exploration Institute Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000

Abstract : With the advancement of remote sensing technology and the application of high-resolution satellite imagery, remote sensing has become an effective tool for enhancing exploration efficiency and accuracy in mineral geological surveys. Through remote sensing image acquisition and analysis, it enables clear identification of mineral deposit locations, land use changes, pollution levels, and potential hazards. Significant progress has been made in mineral resource detection, environmental monitoring, and hazard source assessment in mining areas, with remote sensing technology playing a pivotal role in advancing mining operations and management practices. The integration of high-resolution imagery, multi-source data analysis, and intelligent processing methods provides sustainable development support for mining operations, ultimately achieving a win-win outcome in resource exploration and conservation.

Keywords : Remote sensing technology; Mineral geology; Exploration; Environmental monitoring; High-resolution imagery

引言

矿产资源普查是地质科学的一项重要工作, 传统的地质考察方法存在耗时、耗力及费用高的问题。但是遥感技术凭借着全面的大范围覆盖、多样化的数据采集手段以及良好的图象解析性能已经成为当代矿产地质勘探的有效手段, 在矿产资源普查、矿山环境污染监测以及土地开发情况统计等方面都有很大的发展空间。本文主要围绕遥感技术应用于矿产地质勘探的研究展开, 总结了遥感技术用于矿产地质研究的优势以及未来的发展方向并讨论该领域的创新点及其实际意义。

一、遥感技术在矿产地质调查中的应用现状

(一) 遥感技术的发展历程

遥感技术诞生于上世纪六十年代初期, 早期的遥感图象分辨率比较低, 一般都在几十米乃至上百米之间, 主要用于对地表大面积的勘探以及监视; 后来由于科学技术的发展特别是卫星技术的更新换代, 遥感影像的空间分辨率不断提高, 在二十一世纪初已经可以做到亚米级精度了, 目前最新的高分辨遥感图象的空间分辨率可达0.3m, 如GeoEye-1卫星拍摄的图片。高清晰度、准确性使地球物理勘探更为便捷准确。尤其在矿产资源勘探方面,

高分辨率遥感影像可以迅速的大范围地了解地貌条件, 矿产的类型与分布, 矿床类型等基本地质情况, 在很大程度上减少了工作量, 加快了勘探的速度, 增加了找矿成功率^[1]。

(二) 遥感影像的处理与分析技术

遥感影像的数据处理与分析主要包括了遥感影像的数据预处理、增强处理、分类、解译等环节。对于矿业地质勘察而言遥感影像预处理通过对影像的辐射校正以及几何校正等方法使遥感影像质量得到提升, 保证了影像较好的空间及光谱分辨率; 遥感影像增强通过对遥感影像进行增强可以突出地物尤其是矿物、地质构造的特征, 使遥感影像对比度增强、清晰度提高, 从而让采

矿资源的相关地质特征更加分明。遥感影像分类遥感影像分类可以通过使用支持向量机（SVM）、决策树等方法来对不同地质体进行分类，有助于研究者辨别出矿山资源的分布情况。随着近年来深度学习技术的发展以及应用越来越多地用于遥感影像解析上，在遥感影像上使用卷积神经网络（CNN）等方法自动化的识别，大大提高了遥感影像解析速度和准确性^[2]。

（三）国内外遥感技术在矿产调查中的应用案例

遥感技术在矿产地质调查的应用已有大量实验证明过，很多国内外的例子都显示出遥感技术是有效的，例如我国的“高分一号”卫星，其分辨率高达2m，遥感成像分析中发现了很多金矿、铜矿以及铁矿的矿化带。还有就是美国的 Landsat 卫星系列表现出它是最先一批上天运行的遥感卫星，它提供的多光谱图也已经被运用到矿产勘察当中去了，尤其是 Landsat8 卫星的30米分辨率的影像，结合实地勘查资料能够精确地找到阿根廷安第斯山铜矿带。另外，澳大利亚的 TERRA 卫星也利用遥感技术在它广阔的矿产带发现了很多的金矿资源点，给之后的地质探测提供了重要的参考依据。这些都证明了运用高分辨率遥感影像可以实现对矿产地质调查的大范围快速初筛以及潜力评价的作用。

二、遥感技术在矿产资源勘查中的创新应用

（一）基于遥感数据的矿产资源分布预测

遥感技术高分辨的图像以及光谱数据蕴含着矿产资源的空间分布情况。在矿产资源调查工作中，遥感影像能很好的辨别出不同矿物的光谱特性，对地表样品数据做比较分析，从而确定矿产资源的空间分布格局。以 QuickBird 卫星所采集的分辨率为0.6米级别的高分辨率图片为例，在此高分辨率之下，可以利用不同矿物的光谱特性来进行矿产资源推断，用机器学习方法，比如支持向量机（SVM）、随机森林（RF）等来训练其光谱数据，进而形成矿产资源预报模型。不同的光谱波段结合尤其在短波红外（SWIR）、中红外（MIR）波段的优势可以很好的识别出不同种类的矿物从而推测出可能的矿产资源富集区，在近些年里通过这种方法来建立的预测模型也越来越准确，可以给出详细的矿产分布范围，提高了矿产勘测的精准程度与速率^[3]。

（二）多源遥感数据融合在矿产调查中的应用

多源遥感数据融合技术整合由不同的传感器和平台收集到的数据，包括光学遥感、雷达遥感以及激光雷达（LiDAR）等等，能给予矿山资源勘探更完整的地质资料。光学遥感卫星影像具有较高的空间分辨率及丰富的光谱信息可以获得详细的矿物和岩石结构的信息，合成孔径雷达（SAR）具有穿透云层和大气的能力、全天候工作能力，通过融合多种遥感数据可以克服单一遥感源不足的问题。比如说运用 Landsat 8（30m 分辨率）、Sentinel-1（10m 分辨率）卫星数据以及 SAR 图像与光学影像相结合，在雨季或其他不良气候条件下亦可对矿产资源进行有效探测。大数据整合技术用多维度、立体化的方法对数据进行综合性的解析，提高了对矿产资源勘探的精确性和覆盖面，是新时期矿产勘探的必要方式。

（三）高分辨率遥感影像在矿产资源评估中的优势

高精尖遥感图像给矿产资源勘查提供准确的地质基础资料，在矿山勘探尤其细致的方面起了很大作用。比如 WorldView-3 卫星就拥有着0.31m 的空间分辨力，能清楚看到矿区的地质结构、矿脉、断裂带以及岩石的变化等各种重要的地质因素，通过对遥感图像进行图像分类以及解译，并结合实地勘测的结果，可以大概估计出矿山资源量，这样就加快了资源评估的速度与精准度，使矿产资源的勘探更加高效。在矿产资源评价中，遥感图象可以很好的分开各种不同的矿藏所处位置，特别是对一些比较复杂的矿山地质地貌，有高分辨率的数据支持可以很好的对矿产储量进行精准评定，而且现在遥感数据分析技术越来越先进，从遥感图象里进行矿产资源评价，现在已经可以做到自动化的分析，加快了速度^[4]。

三、遥感技术在矿区环境监测中的应用研究

（一）矿区土地利用变化分析

遥感技术以多时相高分辨率影像进行定量化分析矿区土地利用 / 覆盖变化（Land Use/Cover Change, LUCC）可以反映采矿活动带来的生态环境变化状况。比如从2013—2020年的高分遥感影像中对平朔露天煤矿区进行面向对象分类得到的结果表明，矿区面积缩减了7.84 km²，其中农田减少了36.08 km²，林地草地增加了64.77 km²，水体和排土场变化不大，小于10 km²，体现了绿矿理念下生态修复演变过程。遥感数据分析中常用的 NDVI、EVI 等植被指标来计算地表植物的覆盖率，采用的是基于对象的分类与机器学习模型进行土地用途的识别，从而做到量化观测；高空间分辨率图像（诸如 Sentinel-2 10 m、WorldView 0.5 m 级）之间跨年度的数据比较可以得到矿区内裸露区域、植被区、湿地、水域等地块的变化情况，供环境保护、规划使用^[5]。如表1所示。

表1 矿区土地利用类型变化表（示例）

时间节点	裸地面积 (km ²)	林地草地面积 (km ²)	水体面积 (km ²)	农田面积 (km ²)
2013	120.5	64.8	8.2	40.7
2017	134.2	72.4	7.9	28.1
2020	130.9	75.1	8.0	25.4

（二）矿区污染源识别与监控

遥感技术可以用来寻找煤矿区污染源，对污染物进行空间分布及变化监测。利用多时相遥感图像的时间序列分析，可以计算出煤矿周围土壤，植被，河流等地表环境的变化情况。光学遥感加热红外遥感能提取出矿区高发热区，进而找到潜在污染源。从青南木里煤田聚乎更矿来看，使用无人机挂载热红外相机采集到热红外图像，经过分析得出，五号井北部高温异常区域面积达2.6万平方米，实地测量结果达到222摄氏度；八号井西面出现的异常区面积有0.45万平方米，实测温度达到120摄氏度左右等高温异常情况一般都跟煤层自燃和残余煤堆有关，会对周围环境产生长期性的影响。而通过 SAR（合成孔径雷达）与光学遥感影像的结合可以继续跟踪观测该区域地面塌陷及滑坡等相关情况的发展变化状况。把污染监测同地面变形结合起来，对矿场生态环境危害

程度进行综合评判提供了更多的依据^[6]。

（三）矿区生态环境恢复效果评估

矿场生态修复成效评价需长期、多层次遥感观测信息，运用生态指数定量检测矿山植被恢复程度及土壤等各项生态要素的变化情况；遥感生态指数能够全面地表征湿地、植被与水体、土地的健康状态，适合用来分析矿山生态系统修复时空演变特征，通过利用 Landsat 序列遥感影像时间序列可以得到矿山在经过生态修复措施以来的生态变化历史进程，比如有矿区在 1994—2024 年间用 Landsat 影像以及 RSEI 对矿山生态进行监控，展示了开矿和修复活动带给该区域的生态环境变化格局。而且基于定量遥感监测架构融合机器学习、大数据等相关技术，能够对植被覆盖率、土壤有机碳含量以及湿地修复水平等主要生态环境指标实现精准量化测算，从而为相关部门及企业提供制定生态环境保护政策措施时的参考指标与决策辅助平台。

四、遥感技术在矿区风险评估中的作用

（一）矿区灾害风险识别

矿山通常遭受着滑坡、泥石流及塌陷等地质灾害侵扰的风险，这些灾害会对矿山生产安全带来隐患的同时也会给周边环境带来较大的影响，在此情况下就需要通过使用遥感技术，以 SAR 以及高分辨率光学图像为主的遥感成像技术可以帮助矿山灾害风险监测。SAR 技术可以透过云层提供地表变形数据从而监测矿山区域沉降、滑坡以及裂隙等矿山地质灾害的发生征兆；比如基于 Sentinel-1 卫星 SAR 数据配合 DInSAR 方法进行矿山滑坡的精准度监测。定期监测可以随时掌握可能出现滑坡地段的信息，预判发生灾害的可能性并且给警报系统提供即时信息参考，在某铜矿矿区利用 2016—2021 年 SAR 数据，对比分析之后得出附近矿区处的滑坡体积逐年上升的趋势，从而提早发现了隐患地区，减少了威胁^[7]。

（二）矿区安全评估与风险管理

遥感技术对矿区安全生产的风险评价及管理工作做出了

贡献，在矿区利用遥感图像以及地质模型、环境模型等都可以对矿区安全风险作出全面性的分析。比如：基于遥感图像（WorldView-2 分辨率为 0.46m）、GIS 系统结合矿区矿层结构、地表地质、地下水系等情况建立矿区风险评价模型，该模型能对不同种类的风险作出具体量化的评价，包括水患风险、泥石流隐患风险以及土壤污染水平等，进而为矿山安全治理及规划管理提供参考依据。另外，在对采区周围进行观测的过程中，遥感图像可以直观地反映出采区所面临的风险变化情况，为有关单位提供预警信息，及时采取防范手段、改进矿区内风险防控方案。

（三）矿区规划与风险防控措施优化

遥感应用在矿山规划、危险源管理方面也起到很大的作用，遥感图像多尺度分析提供了矿山及其周围环境的整体视角，为矿区建设规划设计提供参考数据，在矿山勘查阶段，使用遥感图像能够了解矿山附近的土地类型、植被覆盖率以及水源位置等信息以利于对矿山开采区、环境保护区、绿化带等地进行科学设计。同时遥感图像的时间序列分析还可以找出矿山发展的潜在风险隐患，通过对矿山开采之后的植被情况以及地面塌陷等进行观察，能够尽早发现问题如发生水土流失、污染排放等情况进而提升矿山的安全管理水平与可持续发展水平。对于某一金矿矿山规划，在对 2015—2020 年之间的卫星遥感监测的基础上提出了水源防护、生态环境修复以及滑坡预警等一系列的风险防范手段，使该矿山区域的环境更加的安全稳定^[8]。

五、结语

利用遥感技术对矿山地质勘探、矿物勘探、生态环境监测以及风险预警等方面的应用使矿山管理更加精确高效。借助高精度遥感照片、多种信息源集成与高级处理手段可以完成矿山灾害预警、生态系统修复监控、安全保障评价等多种任务。随着科技的发展，未来遥感技术会更广泛的应用于采矿业以及环境治理当中去，给矿山企业带来持续发展动力。

参考文献

- [1] 叶永春. 矿山资源勘查与生态环境地质调查技术分析 [J]. 中国金属通报, 2025, (11): 216-218.
- [2] 孙湛淇. 地质勘测技术在复杂山区矿产资源勘探中的应用研究 [J]. 世界有色金属, 2025, (19): 160-162.
- [3] 方红超. 遥感测绘技术在自然资源调查与监测工作中的应用探索 [J]. 中国房地产业, 2025, (25): 146-149.
- [4] 赵英俊, 孙雨, 秦凯, 等. 航空高光谱遥感工程化地质应用技术体系与找矿示范 [J]. 铀矿地质, 2025, 41(04): 666-676.
- [5] 王国鹏, 董兴军. 水工环地质勘察和遥感技术在地质中的实践应用 [J]. 中华建设, 2025, (06): 186-188.
- [6] 李凯. 遥感测绘技术在自然资源调查与监测工作中的应用 [J]. 科技创新与应用, 2025, 15(15): 193-196.
- [7] 赵佳鑫. 高光谱遥感在自然资源调查监测中的应用研究 [J]. 科技资讯, 2025, 23(08): 76-78.
- [8] 何亦成. 金属矿产资源勘查中地质找矿技术要点及优化 [J]. 中国金属通报, 2025, (04): 82-84.