

遥感技术在地质矿产勘查中的应用

田生安

内蒙古第二地质矿产勘查开发有限责任公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要：遥感技术依托电磁辐射理论，通过传感器获取目标地物电磁波信号，经处理后以图像呈现信息。在地质矿产勘查中，其具有覆盖范围广、时效性强、多波段探测等优势，可用于区域地质填图、岩石类型识别、矿化信息提取及勘查成果验证与动态监测。遥感技术在地质矿产勘查中高效精准，但存在探测浅、环境敏感、处理复杂等局限，需与他技术协同以发挥更大价值。

关键词：遥感技术；地质矿产勘查；优势与局限

引言

地质矿产勘查对于资源开发与利用意义重大，传统勘查方式受时空限制，效率较低。遥感技术作为新兴探测技术，以电磁辐射理论为基础，通过传感器获取远距离目标物信息，具有非接触式探测、覆盖范围广、时效性强等特点。遥感技术凭借独特优势，在地质矿产勘查中可突破传统局限，高效精准获取信息。但实际应用仍存挑战，本文将围绕其原理、应用、优劣势展开深入探讨。

1 遥感技术概述

1.1 遥感技术原理与概念

遥感技术是依托电磁辐射理论构建的综合性探测技术体系，通过搭载于航空或航天平台的各类传感器，对远距离目标物发射、反射或散射的电磁波信号进行持续采集与量化处理。该技术以目标地物的波谱特性差异为核心依据，利用传感器的分光系统将连续的电磁波谱划分为多个特定波段，实现对地表物质的光谱特征识别。获取的原始信号经辐射校正、几何纠正等预处理流程后，转化为高分辨率的数字影像数据，最终以图像形式直观呈现地表空间分布特征与地物属性信息。这种非接触式的探测方式，突破了传统实地勘查的时空限制，为地质矿产勘查提供了全新的数据获取途径，使研究人员能够在宏观尺度上快速掌握地质体的空间展布规律。

1.2 遥感技术核心优势与地质信息获取能力

遥感技术在地质矿产勘查中的应用效能，源于其独特的技术优势与强大的信息获取能力。（1）广域高效观测：凭借航天遥感平台，单次数据采集可覆盖数千至上万平方公里区域，相较传统地面调查，能快速构建宏观地质背景数据库，尤其适用于地形复杂区域。卫星遥感的周期性重访特性，可实现同一区域高频次观测，为地质环境动态演变监测提供时间序列数据支持。（2）高光谱精准解译：多光谱与高光谱成像技术赋予遥感精

细识别能力，高光谱数据的数百个连续波段可捕捉矿物细微光谱差异，通过光谱匹配技术实现岩石矿物成分定量分析，结合影像特征构建解译标志，能精准识别地层岩性、圈定矿化蚀变带。（3）多源数据融合分析：光学、热红外、雷达等多类型遥感数据，与地球物理、地球化学数据协同分析，可整合地形地貌、地质构造、岩性分布等多维度信息。通过多光谱影像融合与增强处理技术，提取隐伏构造特征，结合光谱分析圈定潜在矿化区域，为矿产资源潜力评价与找矿靶区优选提供科学依据，提升勘查精准度与效率。

2 遥感技术原理及特点

2.1 遥感技术原理

遥感技术以地物与电磁波的交互作用为核心机制，构建起远距离探测地物属性的技术体系。自然界中的物质在不同能量激发下，会呈现出独特的电磁波反射、发射特性，这种特性差异构成了遥感识别地物的物理基础。不同地质体因矿物成分、晶体结构及表面形态的多样性，在0.3-14 μm 的可见光、近红外、短波红外及热红外波段，展现出明显的光谱响应差异。硅酸盐矿物在短波红外波段存在特征吸收峰，而碳酸盐矿物则在中红外波段具有独特的光谱指纹。传感器作为遥感系统的核心组件，通过航空、航天平台搭载实现对地观测。光学传感器利用分光系统将地物反射的复合光分解为多波段信号，经光电转换器件转化为电信号，最终形成数字影像；热红外传感器则直接捕获地物自身发射的热辐射，经辐射定标转换为温度数据。在数据处理环节，光谱信息可用于识别矿物成分与蚀变类型，空间信息有助于解析地质体的几何形态与分布格局，时间序列数据则可动态监测地质过程演变。以矿化蚀变信息提取为例，羟基化、硅化等蚀变作用会改变岩石的光谱吸收特性，通过光谱特征分析可有效圈定潜在矿化区域。

2.2 遥感技术特点

(1) 高效数据获取与动态监测。遥感技术凭借广域同步观测能力, 单次航天遥感即可覆盖数千至万余平方千米区域, 快速获取区域地质背景信息, 极大提升地质矿产勘查工作效率。其周期性重访特性支持多时相影像采集, 通过对比不同时期影像, 可实时监测矿区地表形变、植被覆盖变化等动态过程, 为矿山环境监测与灾害预警提供及时的数据支撑, 增强勘查工作时效性。(2) 精准地物识别与信息提取。多光谱及高光谱成像技术赋予遥感强大的地物识别能力。多光谱数据能满足基础地质解译需求, 而高光谱数据凭借数百个连续波段, 可精准捕捉矿物细微光谱差异, 实现岩石矿物成分的高精度定量分析。结合光谱匹配与影像处理技术, 可有效识别矿化蚀变信息, 精准圈定潜在矿化区域, 大幅提高地质矿产勘查的准确性与可靠性。(3) 广泛适用与多源融合优势。非接触式探测模式使遥感技术不受复杂地形与偏远地域限制, 减少野外作业强度与环境扰动, 适用于各类地质勘查场景。标准化的遥感数据采集与存储方式, 便于与地球物理、地球化学数据进行多源融合分析, 为构建综合地质模型、研究成矿规律提供丰富数据维度, 拓展了地质矿产勘查的应用广度与深度^[1]。

3 遥感技术在地质矿产勘查中的应用

3.1 区域地质填图

沉积岩因矿物成分、孔隙度等差异, 在影像上呈现出不同的灰度变化。如砂岩地层因颗粒较粗、孔隙较大, 在影像上表现为相对较亮的灰度区域; 而页岩地层因颗粒细小、孔隙度低, 灰度相对较暗。岩浆岩与变质岩则以独特的纹理形态展现, 如花岗岩常呈现出斑状或块状纹理。遥感影像对地层色调和纹理的分析, 可初步划分不同岩性地层的分布范围。褶皱构造在遥感影像上可直观反映其枢纽与两翼的产状变化。分析影像上地层的对称分布与弯曲形态, 推断褶皱的类型(如背斜、向斜)、规模及演化过程。如对称的弯曲形态可能指示背斜构造, 而相反的弯曲则可能为向斜。断层在影像中常以线性或线性构造带的形式呈现, 其线性特征源于断层活动导致的岩石破碎、植被变化或水系改道。在山区, 断层线常控制着山脊、山谷的走向, 形成断层崖、断层谷等地貌; 在平原地区, 断层两侧的土壤湿度、植被覆盖差异也会在影像上形成明显的色调界线。结合地貌特征与地层错动关系, 可确定断层的性质(正断层、逆断层或平移断层)与活动强度。

3.2 岩石类型识别

因矿物组成和结构构造的差异, 不同岩石在遥感影

像上呈现出独特的光谱响应和视觉特征。富含铁镁矿物的基性岩类, 在可见光波段对蓝绿光吸收强烈, 影像色调较暗, 且其细密结晶与致密结构使得纹理粗糙, 如常见的玄武岩; 富含石英、长石等浅色矿物的酸性岩类, 在近红外波段反射率较高, 呈现浅色调, 斑状结构则形成环状、放射状等纹理图案, 典型代表如花岗岩。

高光谱遥感数据凭借连续光谱曲线, 与标准矿物光谱数据库比对后, 可实现岩石矿物成分的精准鉴定。如短波红外波段下, 不同黏土矿物吸收峰的位置和强度差异, 能反映岩石蚀变类型与程度。结合影像空间特征与光谱信息构建解译标志, 可对岩石单元进行细致划分。实际应用中, 多光谱遥感数据如Sentinel-2的13个波段适用于岩石类型初分, 而EO-1Hyperion的220个波段高光谱数据则更适合矿物成分定量分析。

3.3 矿化信息提取

矿化蚀变作用会导致岩石的矿物成分、结构构造发生变化, 引起其光谱特征的异常响应, 这为遥感技术提取矿化信息提供了理论基础。矿化蚀变带内, 岩石中的原生矿物在热液作用下发生分解与重组, 形成新的蚀变矿物(如羟基化矿物、铁氧化物、硅化矿物等), 这些矿物在特定光谱波段具有独特的吸收或反射特征。如羟基化矿物(如高岭石、绢云母)在短波红外波段(2.0-2.5 μm)存在多个特征吸收峰; 铁氧化物(如赤铁矿、褐铁矿)在可见光波段(0.4-0.7 μm)对红光具有强烈吸收, 导致反射率降低。某地区矿化蚀变信息遥感提取图如图(所示)。



某地区矿化蚀变信息遥感提取图

遥感数据处理技术的发展为矿化信息提取提供了多样化的方法。在地质矿产勘查的矿化信息提取中, 多种遥感数据处理技术发挥关键作用。主成分分析(PCA)对多波段数据线性变换, 聚焦方差信息, 突出矿化蚀变、抑制噪声; 光谱角填图(SAM)计算光谱夹角,

精准量化相似性以识别蚀变矿物；波段比值法经波段运算，增强特定矿物光谱特征。实际工作中，常融合这些技术，先借PCA降维增强，再用SAM识别，最后经密度分割圈定异常，助力高效找矿^[2]。

3.4 勘查成果验证与动态监测

在地质矿产勘查后段，遥感技术于勘查成果核验及动态监测层面发挥关键效能。凭借不同时段遥感影像的对比分析，可精准评估勘查工程进度与成效，实时监测资源开采对地质环境的影响。矿山开采进程中，地表变化明显，露天矿坑开挖重塑地形地貌，地下开采引发地表沉降塌陷，衍生塌陷坑、地裂缝等地质灾害风险；开采活动破坏植被、扰动水系，对生态环境造成负面影响。某矿山动态变化遥感监测图如图5（所示）。

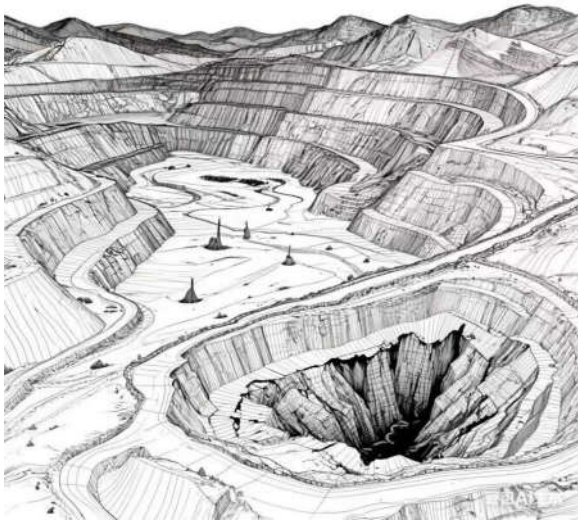


图5 某矿山动态变化遥感监测图

多时相遥感影像分析可有效捕捉上述变化信息。高分辨率光学影像（如WorldView、QuickBird）能精确测定矿坑边界演变、道路建筑施工情况；InSAR技术基于雷达信号相位变化，实现毫米级地表形变监测，为地质灾害预警提供依据。植被指数（NDVI、EVI）计算可量化植被覆盖变化，评估矿山开采对生态系统的破坏程度；水系提取分析则可揭示河流改道、水体污染等问题。构建遥感监测指标体系，可对矿山开采环境影响进行综合评估，为矿产资源合理开发与生态修复提供科学支撑。遥感动态监测结果可反馈至勘查设计环节，优化后续勘查开采方案，达成矿产资源开发与环境保护的协同发展。

4 遥感技术应用的优势与局限

4.1 应用优势

遥感技术在地质矿产勘查领域的革新性应用，多维度技术特性突破传统勘查瓶颈。其广域覆盖能力实现地

质信息的高效采集，单次航天遥感可覆盖数千平方公里区域，相比传统地面测绘，区域地质调查效率提升数十倍。多光谱与高光谱遥感数据显著提升地质信息解译精度。高光谱遥感凭借数百个连续光谱波段，可捕捉矿物细微光谱差异，实现岩石矿物成分的定量分析。遥感数据多源融合整合光学、热红外等多类型数据与地球物理、化学数据，助力构建成矿模型，提升内蒙古矿区找矿成功率^[3]。

4.2 应用局限

（1）遥感技术受物理探测原理制约，在地质矿产勘查中存在探测深度局限。其基于电磁波反射与发射信息的探测机制，有效探测范围通常限于地表至地下数米，难以直接获取深部矿体信息。对于埋藏较深的金属矿床，仅依赖遥感数据无法准确判断矿体空间位置与规模，需与钻探、大地电磁测深等深部探测技术结合验证，增加勘查成本与周期。（2）环境因素影响遥感数据质量与应用效能。恶劣天气削弱光学信号，致影像缺失降质；植被覆盖遮挡地质信息，降低识别精度。气候与植被变化还影响时效性、增加数据处理难度。（3）遥感数据处理分析面临技术与专业性挑战。高光谱数据量庞大，需高性能计算平台与专业软件处理，数据解译融合地质学、光谱学、图像处理等多学科知识。当前缺乏统一的数据处理标准与参数设定规范，处理方法选择与阈值确定依赖技术人员经验，易导致解译结果出现主观偏差。复杂地质条件下，不同岩性、地形背景干扰矿化信息提取，降低遥感技术应用的稳定性与可靠性。

结束语

遥感技术在地质矿产勘查中展现出独特优势，其广域覆盖、多光谱探测及多源融合能力，为区域地质填图、岩石类型识别、矿化信息提取等提供了有力支持，极大提升了勘查效率与精准度。但同时，受探测深度、环境因素及数据处理分析技术等限制，遥感技术在应用中仍存在不足。未来应深化遥感与多技术融合，优化算法，提升解译精度，释放其在地质矿产勘查中的潜能。

参考文献

- [1]李超.试论遥感技术在地质矿产勘查中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(3):076-079.
- [2]覃江龙.遥感蚀变异常在地质矿产勘查中的应用研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(6):117-121.
- [3]余华杰.数字化与信息化技术在地质矿产勘查中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(4):139-142.