

遥感技术在金矿化蚀变信息提取中的应用与进展

孙晓旭 冯坚

辽宁省地质矿产研究院有限责任公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1791

[摘要] 遥感技术作为地质勘查的重要工具,近年来在金矿化蚀变信息提取中取得了显著进展。利用星载高光谱信息在基岩出露理想地区快速识别围岩蚀变类型、推测找矿靶区是近年来研究热点之一。本文综述了遥感技术在金矿化蚀变信息提取中的应用现状、技术方法、研究进展,通过分析不同遥感数据源、数据处理方法,探讨了遥感技术在金矿勘查中的优势与局限性,并提出了进一步的研究方向。

[关键词] 遥感技术; 金矿化蚀变信息提取; 应用与进展

中图分类号: P237 文献标识码: A

The application and progress of remote sensing technology in extracting information on gold mineralization and alteration

Xiaoxu Sun Jian Feng

Liaoning Geological and Mineral Research Institute Co., Ltd

[Abstract] Remote sensing technology, as an important tool for geological exploration, has made significant progress in extracting information on gold mineralization and alteration in recent years. One of the research hotspots in recent years is to quickly identify the type of rock alteration and speculate on the prospecting target area in ideal areas with exposed bedrock using satellite borne hyperspectral information. This article reviews the current application status, technical methods, and research progress of remote sensing technology in extracting information on gold mineralization and alteration. By analyzing different remote sensing data sources and data processing methods, the advantages and limitations of remote sensing technology in gold exploration are discussed, and further research directions are proposed.

[Key words] Remote sensing technology; Extracting information on gold mineralization and alteration; Application and Progress

引言

金矿作为重要的战略资源其勘查与开发一直备受关注,传统的金矿勘查方法主要依赖于地质填图、物化探等手段,但这些方法存在效率低、成本高、受地形限制等缺点,随着遥感技术的快速发展其在金矿勘查中的应用日益广泛,特别是在金矿化蚀变信息提取方面展现出巨大潜力,遥感技术通过探测地表物质的光谱信息,能够识别出与金矿化相关的蚀变矿物,为金矿勘查提供重要依据^[1]。

1 遥感数据源

1.1 卫星遥感数据

在金矿化蚀变信息的提取与解析中,卫星遥感数据扮演着至关重要的角色,其全面覆盖地球表面的能力确保了数据的广泛性和时效性,具体而言Landsat系列卫星以其长期稳定运行和广泛的数据可用性,成为了地质调查领域的常青树。Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) 更是其中的佼佼者,它不仅继承

了前代卫星的优点,还通过提升空间分辨率至15米以及增加多个光谱波段,极大地增强了对地物光谱细微变化的捕捉能力,这使得研究人员能够更精准地识别金矿化过程中形成的蚀变矿物,如绢云母、绿泥石、羟基异常、铁染异常等,提取矿化蚀变如黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、多硅白云母化等,从而锁定潜在的矿化区域。此外SPOT系列、ASTER以及Sentinel系列、高分系列等卫星也以其各自独特的技术优势,在金矿勘查中发挥着不可或缺的作用,共同构建了一个多层次、多维度的卫星遥感数据网络。

1.2 无人机遥感数据

随着无人机技术的飞速进步其在金矿勘查领域的应用日益广泛且深入,无人机遥感以其高度的灵活性和定制化能力,成为了传统卫星遥感的有力补充,无人机平台能够轻松穿越复杂地形,如山谷、森林等难以到达的区域,搭载多光谱、高光谱等高精度传感器,在短时间内获取大量高分辨率的遥感影像。这些影

像数据不仅具有极高的空间分辨率,能够清晰展现地表细微的纹理和结构特征,还通过多光谱或高光谱分析深入揭示金矿化蚀变过程中矿物的光谱特征,无人机遥感数据的这种精细化、快速化特点,极大地提升了金矿勘查的效率和准确性,为金矿资源的精准定位和开发提供了重要支持^[2]。

2 技术方法

2.1 光谱特征分析

在金矿勘查的遥感技术应用中光谱特征分析是提取金矿化蚀变信息的核心手段之一,金矿化过程往往伴随着一系列特定矿物的生成,这些矿物在光谱特征上展现出独特的“指纹”信息,尤其是在某些特定波段的反射或发射特性上尤为显著,通过深入解析这些光谱特征科研人员能够精准地识别出与金矿化密切相关的蚀变矿物,进而为金矿勘查提供关键线索。

2.1.1 波段比值法

波段比值法是一种直观且有效的光谱特征提取方法,该方法基于不同矿物在不同波段下反射率的差异,通过计算两个或多个特定波段之间的反射率比值,来放大并突出某些特定矿物的光谱特征。例如在金矿化蚀变研究中,科研人员常利用短波红外波段(SWIR)与可见光波段(VIS)之间的比值,因为这一比值能够显著增强羟基矿物(如绢云母、高岭石等)和铁染矿物(如褐铁矿、黄钾铁矾等)的光谱响应,这些矿物往往与金矿化蚀变过程紧密相关,通过波段比值法,能够提高找矿的准确性和效率。

2.1.2 主成分分析法(PCA)

主成分分析法(PCA)是一种强大的数据降维和特征提取技术广泛应用于遥感数据处理中,在金矿化蚀变信息提取方面PCA通过线性变换的方式,将原始的多波段遥感数据转换为一系列互不相关的新变量即主成分,这些主成分按照其方差贡献率从大到小排列,第一主成分通常包含了原始数据中的大部分信息,在金矿化蚀变研究中PCA被用来增强蚀变矿物的光谱特征,同时减少其他非目标地物信息的干扰^[3]。通过选择包含金矿化蚀变信息的主成分进行进一步分析,科研人员能够更加准确地识别出金矿化蚀变区域,并绘制出详细的蚀变矿物分布图,此外PCA还能够帮助科研人员理解不同蚀变矿物之间的光谱关系,为金矿成因机制的研究提供重要线索。

2.1.3 光谱角法(SAM)

光谱角法把每一个多维空间点以其空间特征向量来表征并以空间向量角的相似性作为判据。它是一种监督分类要求每一类别有一个已知参考谱。此参考谱可以是地面实测入库光谱也可以是已知条件的图面单元的统计入库结果(又称图像采样)。当存在已知矿点或矿床时可以利用光谱角法圈定与其有相似谱特征的靶区以减少主分量分析所获异常中的非矿异常;当存在两种以上已知矿点时可以用光谱角法对主分量分析异常进行类别区分,对主分量分析的异常信息提取可以起到辅助作用^[4]。

2.2 数据融合

数据融合技术在金矿化蚀变信息提取中扮演着至关重要的

角色,这一方法旨在将来自不同时间节点、不同传感器平台收集到的数据进行综合处理,以弥补单一数据源在覆盖范围、时间分辨率或空间分辨率等方面的不足。在实际操作中数据融合技术可以灵活应用于多时相数据的整合,比如将不同季节或年份的Landsat系列卫星影像进行融合,以捕捉金矿化蚀变随时间变化的特征;同时也可以实现多源数据的融合,比如将Landsat系列的高空间分辨率影像与Sentinel系列的高时间分辨率数据相结合,既保证了空间细节的准确性,又能够获取到更频繁的地表变化信息,这样的融合策略为金矿勘查工作提供了更为丰富和全面的数据支持。

2.3 植被覆盖区的信息提取

植被作为自然界的“生物指示器”,其对金及其伴生元素的吸收、富集作用为我们提供了另一条间接识别金矿化蚀变的途径,植被毒化信息提取技术正是基于这一原理而发展起来的。当植被生长在金矿化蚀变区域时,其根系会吸收土壤中的金元素及其伴生有毒物质,导致植被体内这些元素的富集,这种富集现象会在植被的反射光谱上留下独特的印记,表现为某些特定波段的反射率发生异常变化,例如某些重金属元素会影响叶绿素的合成或破坏植物细胞结构,导致植被在近红外波段的反射率下降,而在可见光红外或短波红外波段的反射率上升^[5]。

为了有效提取植被覆盖区的金矿化蚀变信息,研究人员需要综合运用遥感图像处理技术、光谱分析方法和植被生理生态学知识,通过精细的光谱解译和植被毒化模型构建,可以实现对植被覆盖区金矿化蚀变信息的准确识别和量化评估,为金矿勘查工作提供有力的技术支持。

3 研究进展

3.1 高光谱遥感技术的深度应用与革新

高光谱遥感技术以其卓越的光谱分辨率和丰富的光谱信息(包括可见光、近红外、短波红外等多个波段),该技术通过测量地表物质在连续且狭窄的光谱波段内的反射或发射特性,能够捕捉到传统多光谱传感器所无法识别的细微光谱差异,进而实现对矿物种类的精确区分,建立地质信息和蚀变信息模型。近年来高光谱数据处理技术的不断创新,推动了该技术在金矿化蚀变信息提取中的应用深度,光谱解混技术作为其中的佼佼者,通过分解混合像元的光谱信息有效解决了地表覆盖复杂、矿物混合导致的识别难题,使得单一矿物的识别精度大幅提升^[6]。同时,通过建立区域专属的高光谱矿物光谱库,并结合先进的匹配算法,研究人员能够实现海量遥感数据的自动化处理与解析,极大地提高了蚀变矿物识别的速度与准确性。此外,随着无人机平台与高光谱传感器的集成应用,高光谱遥感技术还实现了从地面到空中的全方位覆盖,为复杂地形和难以到达区域的金矿勘查提供了可能,无人机搭载的高光谱相机能够灵活、高效地获取高分辨率、多时相的高光谱数据,同时,对高光谱遥感数据的先期分析有助于在野外调查前合理圈定地表目标进行工作布置。

同时,野外便携式光谱仪也广泛应用于热液蚀变填图工作中,用于采集矿区地表和钻孔内岩矿样品的光谱信息。一方面可以准确识别蚀变矿物;另一方面能探测关键蚀变矿物化学成分的细微变化,为研究矿床蚀变矿物组合、分析热液流体、建立矿产勘查模型提供重要依据。通过野外手持光谱仪进行地面典型金矿床蚀变矿物研究,结合航空高光谱遥感蚀变矿物信息,可以建立有针对性的高光谱遥感找矿预测模型。

3.2 深度学习在遥感图像处理中的革新性应用

近年来在遥感图像处理领域展现出了巨大的潜力与优势,通过构建复杂的神经网络模型,深度学习能够自动学习图像中的深层次特征表示,并实现对图像内容的准确分类与识别,在金矿化蚀变信息提取中深度学习技术的应用极大地提升了信息提取的自动化程度和准确性^[7]。卷积神经网络(CNN)作为深度学习在图像处理领域的代表性模型,已被广泛应用于金矿化蚀变信息的提取中,通过训练CNN模型研究人员能够使其自动学习并识别遥感图像中与金矿化相关的光谱特征、纹理特征以及空间分布特征等,这种端到端的学习方式不仅减少了人工干预和主观判断的影响,还显著提高了信息提取的效率和精度,此外生成对抗网络(GAN)等先进模型的应用,则进一步增强了深度学习模型在复杂场景下的泛化能力和鲁棒性。值得一提的是深度学习模型还具备与其他遥感数据处理方法相结合的能力,例如将CNN与PCA、ICA等降维方法结合使用,可以在保留重要信息的同时减少数据冗余和计算量。

3.3 多源数据融合技术的创新与发展

多源数据融合技术通过整合来自不同传感器、不同时间、不同空间分辨率的遥感数据资源,实现了对地球表面信息的多维度、全方位感知与解析,在金矿勘查中多源数据融合技术能够综合利用各种遥感数据源的优势,提高信息提取的精度和可靠性。此外,随着大数据和云计算技术的不断发展,多源数据融合技术的应用也面临着新的挑战与机遇,如何高效地处理和分析海量遥感数据、如何构建智能化的数据融合平台以实现多源数据的实时处理与共享等问题已成为当前研究的热点和难点,未来随着技术的不断进步和应用的深入拓展,多源数据融合技术

将在金矿勘查中发挥越来越重要的作用^[8]。

4 结论

综上所述,遥感技术在金矿化蚀变信息提取中展现了强大的潜力和广泛的应用前景,通过利用不同遥感数据源,如卫星遥感、无人机遥感以及高光谱遥感等,结合先进的数据处理方法和分析技术,如光谱特征分析、数据融合以及深度学习等,能够有效地识别出与金矿化密切相关的蚀变矿物信息,结合地表光谱曲线特征、目标金矿区矿化蚀变分带特征,结合成矿地质背景,分析金矿床形成过程,可以为造山型金矿远距离找矿提供找矿预测信息。

[参考文献]

- [1]邓素贞,贺佳惠,王永军.ETM数据在金矿化蚀变信息提取中的应用研究——以张家口下双台地区为例[J].国土资源遥感,2010,(004):56-59.
- [2]张玉君,曾朝铭,陈薇.ETM~+(TM)蚀变遥感异常提取方法研究与应用——方法选择和技术流程[J].国土资源遥感,2003,(02):44-49+78.
- [3]朱骏,张登荣.遥感技术在浙江诸暨地区金矿蚀变信息提取中的应用[C]//第十八届中国遥感大会论文集,2012:902-910.
- [4]郁凡.ETM数据在金矿化蚀变信息提取中的应用研究——以张家口下双台地区为例[J].国土资源遥感,2024,(07):05.
- [5]郭奇奇,李志军,高一鸣,基于ASTER数据的铜金矿化遥感蚀变信息提取与分析[C]//第八届全国成矿理论与找矿方法学术讨论会论文摘要文集.2017.
- [6]吴浩,徐元进,范高晶,等.奇异值分解在ETM~+遥感蚀变信息提取中的应用——以青海省五龙沟金矿勘查区为例[J].地理与地理信息科学,2016,32(2):7.
- [7]谭宏婕,邱昆峰,刘洪成,等.西秦岭李坝造山型金矿床围岩蚀变特征:基于高分五号02星(GF-5B)星载高光谱数据信息提取[J].岩石学报,2024,40(06):1784-1800.
- [8]赵佳琪.基于高光谱数据的甘肃花西山金矿蚀变特征分析与找矿预测应用[J].地质与勘探,2023,59(01):122-133.