

文章编号: 1007-3701(2011)01-0064-05

遥感蚀变异常在地质矿产勘查工作中的应用

王宝林¹, 朱 锁², 丛丽娟³, 高秀花⁴

(1. 内蒙古第四地质矿产勘查开发院, 内蒙 集宁 012000; 2. 内蒙古国土资源勘查开发院, 呼和浩特 010020; 3. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 4. 中国石油安全环保技术研究院, 北京 100083)

摘要: 阐述利用遥感数据提取蚀变异常的机理、方法、数据源及在不同找矿阶段的应用。以内蒙古西部阿拉善左旗沙拉西别地区为例, 讨论了遥感找矿的预测应用; 以内蒙古西部朱拉扎嘎金矿为例, 讨论了遥感找矿在详查工作阶段的应用。通过研究认为, 遥感蚀变异常可以为野外勘探前期的预测阶段提供重要的找矿信息, 为详查阶段提供精确的定位信息。遥感技术是贯穿整个矿产勘查工作的有益手段。

关键词: 遥感; 蚀变异常; 找矿应用; 朱拉扎嘎; 沙拉西别

中图分类号: P627

文献标识码: A

利用遥感数据进行矿化蚀变异常提取, 国内外学者进行了大量卓有成效的研究。20世纪60年代末70年代初, 以 Hunt 和 Salisbury 为代表进行了大量岩石光谱测试; 80年代后期, 以 Clark 为代表开发出大量岩石矿物信息识别和提取技术^[1-4]。我国利用遥感技术进行蚀变异常提取始于20世纪80年代, 刘燕君的比值法、马建文的图像掩膜+主成分分析+分类识别法、张玉君介绍并推荐的 Crosta 法则等, 在国内得到广泛应用^[5-7]; 而王润生、甘甫平在高光谱矿物填图工作中也取得了卓有成效的研究^[8]。由于数据源的限制, 目前我国地质找矿主要使用多光谱数据。地质找矿是个由未知到已知循序渐进的过程, 在地质找矿工作的不同阶段如何利用矿化蚀变信息提取技术服务于找矿有重要意义。本文从应用角度出发, 针对找矿的不同阶段, 对该项技术的应用做深入阐述。

1 原理及数据源

遥感蚀变异常提取起源于对岩石矿物波谱特

征的研究, 据 Hunt 和 Salisbury 所做的大量岩石矿物光谱测试发现, 在可见光和近红外区, 岩石矿物的光谱特征取决于在岩石矿物中占有比例很少的杂质成分的光谱特征。因为岩石矿物的主要成分硅质、铝质、镁、氧等特征谱带分布在中红外或远红外区, 而岩石中的次要成分, 如铁质和蚀变矿物的特征谱带在可见光和近红外区出现^[9], 蚀变异常的提取主要是参考这些蚀变矿物的特征光谱, 特别是特征吸收谱带的利用。美国地调局(USGS)的矿物光谱数据库和美国喷气推进实验室 JPL 的光谱数据库搜集了大量蚀变矿物的光谱曲线, 免费提供使用。

目前应用于地质找矿的数据源主要有美国陆地卫星的系列数据 MSS、TM、ETM⁺ 和美国 NASA (宇航局) 与日本 METI (经贸及工业部) 合作的 ASTER 数据, 数据特征参数见表 1。这两种数据在蚀变矿物的特征谱带 2.2 μm 附近都设立了不同的通道, ASTER 数据的波谱分辨率较 ETM⁺ 数据高, 对应于 ETM⁺ 的 Band 7 波段, ASTER 数据设立了 Band 7、Band 8、Band 9 三个波段, 因此 ASTER 数据对蚀变矿物的鉴别精度要高于 ETM⁺ 的数据。但 ETM⁺ 的数据在覆盖面积方面较 ASTER 数据有优势, 每景 ETM⁺ 数据覆盖面积约 31 110 km^2 (183 $\text{km} \times 170 \text{ km}$), 而 ASTER 数据是 360 km^2 (60 $\text{km} \times 60 \text{ km}$), 再加上 ETM⁺ 数据有多年的存档资源, ASTER

收稿日期: 2010-08-30

基金项目: 内蒙古自治区地质矿产勘查项目 (编号: 08-1-HK01 和 08-1-KC552)。

作者简介: 王宝林 (1967—), 男, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查与 GIS 研究、应用工作。

通信作者: 朱 锁, 高级工程师, E-mail: zhusuo@126.com.

数据主要以科研为主,商业应用有限,因此,生产上 还是以ETM+数据应用较多。

表1 ETM+、ASTER数据特征参数表
Table 1 List of characteristic parameters of ETM+ and ASTER data

子系统	ETM ⁺			ASTER		
	波段	范围/μm	空间分辨率/m	波段	范围/μm	空间分辨率/m
VNIR	Band 1	0.45 ~ 0.52	30	Band 1	0.52 ~ 0.60	15
	Band 2	0.52 ~ 0.60		Band 2	0.63 ~ 0.69	
	Band 3	0.63 ~ 0.69		Band 3N	0.76 ~ 0.86	
	Band 4	0.76 ~ 0.90	15	Band 3B	0.76 ~ 0.86	30
	pan	0.50 ~ 0.90		Band 4	1.600 ~ 1.700	
SWIR	Band 5	1.55 ~ 1.75	30	Band 5	2.145 ~ 2.185	90
	Band 7	2.08 ~ 2.35		Band 6	2.185 ~ 2.225	
				Band 7	2.235 ~ 2.285	
				Band 8	2.295 ~ 2.365	
				Band 9	2.360 ~ 2.430	
TIR	Band 6	10.4 ~ 12.5	60	Band 10	8.125 ~ 8.475	90
				Band 11	8.475 ~ 8.825	
				Band 12	8.925 ~ 9.275	
				Band 13	10.25 ~ 10.95	
				Band 14	10.95 ~ 11.65	

2 数据处理

蚀变异常作为一种弱信息存在于遥感图像的背景中,从图像中提取这种信息是很困难的,目前提取的方法可以分为两种趋势,一是基于特征谱带的增强手段,如比值增强、主成分分析等;二是基于波谱形态识别的方法,如光谱角填图。以下简述这些技术的特点。

比值增强:是最为常见的一种运算增强方法,它是通过不同波段的同名像元亮度值之间的除法运算,生成新的比值图像来实现的。例如含羟基和碳酸盐化的蚀变矿物在2.2 μm 附近存在有强吸收,故在TM7上为低亮度,因此TM5/TM7常被用来提取与含羟基、碳酸盐化有关的矿化蚀变信息;0.48 μm 是铁离子电荷转移强烈吸收的位置,故用TM5/TM1提取与铁有关的信息^[10]。

主成分分析:在数学含义上,它是一种基于图像统计特征的多维正交线性变换。经变化后生成一组新的组分图像,新的组分图像之间互不相关。文献中报道的Crosta技术就是一种主成分分析方法,即有TM1、TM3、TM4、TM5作为输入波段组

合,变换后新的组分可能集中了铁染蚀变信息,对代表铁染信息主分量的判断准则是:TM4的系数与TM3、TM5的系数相反;由TM1、TM4、TM5、TM7作为输入波段组合进行主成分分析,提取含羟基、碳酸盐化蚀变信息,对代表含羟基、碳酸盐化蚀变的主分量的判断准则是TM5与TM4、TM7的系数相反^[7]。

光谱角填图:是图像处理技术中,对岩石矿物进行波谱形态识别的主要方法之一,它将光谱数据视为多维空间的矢量,利用解析方法计算像元光谱与参考光谱(光谱库、训练光谱)之间的矢量夹角,根据夹角的大小来确定光谱间的相似程度。可以检测已知端元组分,不考虑未知成分,该技术适合于波段较多的高光谱数据^[8]。

3 找矿应用

热液型金属矿床中,某种有用元素的逐步富集是形成矿床的必要条件,而这种成矿物质通常由成矿热液来迁移搬运和卸载沉淀,围岩蚀变是成矿物质逐步富集过程中留下的印记,是热液型金属矿床找矿的重要标志^[11-12]。最常见的蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、云英岩化、矽卡岩化、白云岩化、重

晶石化及铁锰碳酸岩化等。遥感找矿是通过探测这些蚀变矿物来间接实现的。遥感探测的是地表物质的光谱信息,因此只要有一定面积的蚀变岩石出露,遥感都有可能测出,也就是说,即或矿体隐伏,只要有蚀变岩出露,就有可能被发现^[9]。

3.1 在找矿预测工作中的应用

以内蒙古西部阿拉善左旗沙拉西别地区遥感地质找矿应用为例。

工作区位于内蒙古西部阿拉善左旗境内,地理坐标为东经105°00'00"~105°45'00";北纬40°20'00"~40°40'00"。工作区属于狼山西段尾端,山体NE-SW向斜贯全区,主要出露太古界、早-中元古界地层

的各类变质岩、混合岩,区内岩浆活动强烈,矿床、矿点、矿化点分布较多,以铁、铜为主,构成有名的红格爾玉林多金属成矿带^①。

遥感测量选择Landsat-7的ETM⁺数据,时间为2002年8月27日,轨道号为130-32。由于工作区属于沙漠戈壁景观,夏季数据质量较好,它能避免冬季积雪、春秋风沙的影响。蚀变异常提取工作是在影像几何校正和大气校正以及掩模等数据处理的基础上利用Crosta法则完成的,分别提取了含羟基、碳酸盐化蚀变异常和铁染蚀变异常,异常提取后分别进行了阈值分割处理,划分为强异常区和弱异常区两个级别(图1)。

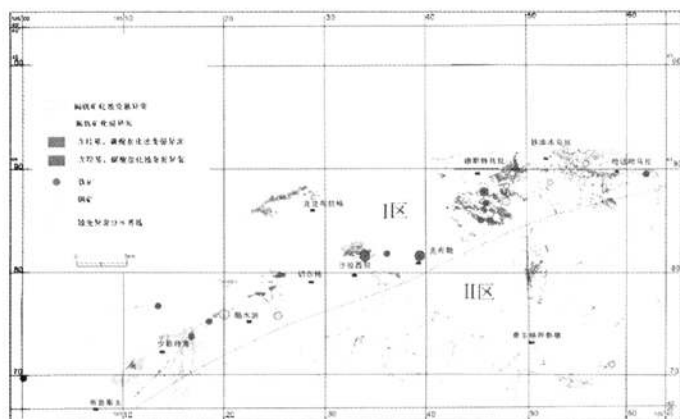


图1 沙拉西别地区蚀变异常分布图

Fig. 1 Images showing alteration abnormalities extracted from ETM⁺ data in the Shalaxibie regions

强异常区(I区):分布在沿布鲁斯太-脑木洪-沙拉西别-德斯特乌拉-哈达乌拉一带,呈NE向展布,遥感提取的褐铁矿化蚀变异常和含羟基、碳酸盐化蚀变异常强度高,重叠性好,区内含多处已知铁、铜多金属矿产。弱异常区(II区):分布在I区的东南部,区内普遍发育褐铁矿化蚀变异常,异常呈面状均匀分布,以弱异常为主,强异常地区很少,区内矿产分布少。综合分析异常分布规律,I区为红格爾玉林成矿带的重要组成部分,区内蚀变异常与多金属矿产的分布规律具有较好的相关性,这说明遥感提取的蚀变异常信息具有指示找矿的可能,即可以利用这个指标来圈定找矿靶区进行成矿预测。II区可能为干扰异常,由于在干旱地区普遍存在“荒漠漆”现象造成假象褐铁矿

化蚀变异常所致,即由于气候干燥,岩石常年裸露,风化作用使岩石内部的 Fe^{2+} 转变成为 Fe^{3+} 积聚在表面而形成。这种铁染异常假象在实际找矿工作中应该谨慎应用。

3.2 在详查阶段的应用

遥感技术不但具有宏观监测能力,借助其较高的空间分辨率数据也能在大比例尺详查阶段发挥作用。

以内蒙古西部朱拉扎嘎金矿为例。朱拉扎嘎金矿区位于内蒙古西部阿拉善左旗巴彦诺尔公地区,工作区内植被稀少,基岩出露好。矿区主要出露中元古界长城系阿古鲁沟组(Jxa)地层,矿区范围内岩体出露较少,中酸性脉岩较多。金矿体主要赋存于阿古鲁沟组一岩段中部含钙质的浅变质碎屑岩中,并且与地层产状基本一致,矿体集中分布在2条矿带中,总体走向35°,矿带长570 m。矿区透辉石

①宁夏地质局地质调查队,庆格勒图幅区域地质调查报告,1976。

化、阳起石化、绿帘石化、绿泥石化、冰长石化、碳酸盐化等热液蚀变强烈,地表褐铁矿化和高岭土化普遍^①。

应用时间为2000年7月11日,轨道号131-32的Landsat-7 ETM⁺数据,进行矿化蚀变异常提取,提取的结果显示(图2),矿区蚀变异常与矿体分布趋势一致,矿体包含于蚀变异常范围内,蚀变异常控制面积约0.5 km²,1:5万化探测量结果显示,与朱拉扎嘎金矿相关的金元素异常控制面积约4 km²(图2);另外针对采样精度而言,ETM⁺数据提取的

异常定位精度为30m/像元,1:5万化探采样按照规范要求每平方公里采样6~8个点,这样采样精度就控制在0.166~0.125 km²/点。因此说在空间定位能力上,ETM⁺的遥感数据高于1:5万的化探测量,蚀变异常也比化探金异常与矿体的关系更密切。

当然,由于遥感数据具有很多不确定性^[14],如同物异谱和异物同谱现象会造成许多假异常的干扰,所以不能断言遥感异常找矿优于化探工作,但可以作为辅助手段提高找矿效率。

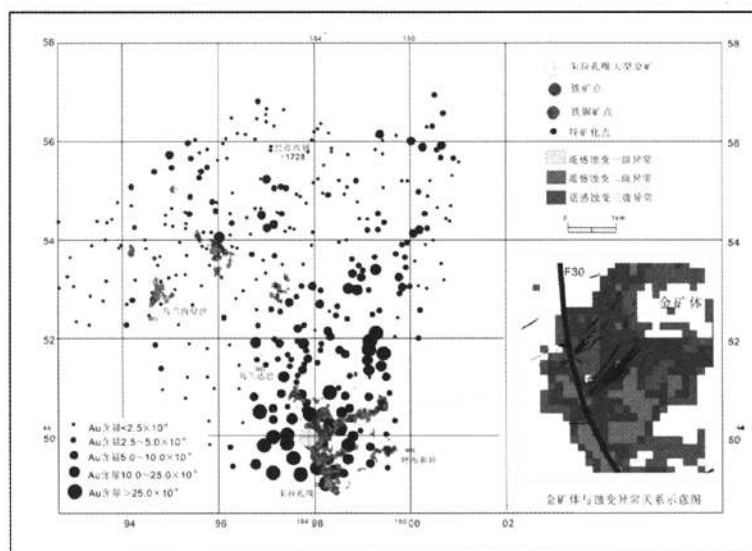


图2 朱拉扎嘎金矿体、遥感蚀变异常、1:5万化探Au元素异常分布对比图

Fig. 2 Relationships of alteration abnormalities from ETM⁺ data, 1:50 000 Au geochemical abnormalities and the Zhulazhaga gold deposit

4 结论

矿化蚀变异常是寻找热液型金属矿产的重要标志,利用遥感技术提取矿化蚀变异常有较成熟的理论和技术方法,在矿产勘查过程中可以根据不同阶段有针对性的进行找矿服务。在野外勘探前期的预测阶段,可以根据其宏观覆盖优势,进行成矿区带的预测工作;而在野外勘探前期的预测阶段,可以根据其宏观覆盖优势,进行成矿区带的预测工作;而在进一步详查阶段,可以借助其较高的空间分辨率(如,ETM⁺和ASTER数据空间分辨率可达15m/像元)直接进行寻找矿体的工作。随着遥感技术的发展,遥感数据空间分辨率和波谱分辨率的提高,遥感技术在地质找矿工作中将发挥更重要的作用。

参考文献:

- [1] Hunt G R, Salisbury J W. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: I. Silicate minerals [J]. Modern Geology, 1970, 1:283-300.
- [2] Hunt G R, Salisbury J W. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: II. Carbonates [J]. Modern Geology, 1971, 2:23-30.
- [3] Hunt G R. spectral signstures of particulate minerals in the visible and near infrared [J]. Geophysics 1977, 42:501-513.
- [4] Clark R N, Roush T L. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing applications [J]. Journal of Geophysical Research, 1984, 89(B7): 6329-6340.
- [5] 刘燕君.遥感找矿的原理和方法[M].北京:冶金工业出版社

- 社,1991.
- [6] 马建文,张齐到.利用TM数据在多种环境因素干扰条件下填制蚀变岩方法[J].地质找矿论丛,1994,9(2):84-86.
- [7] 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,2003,56(2):44-50.
- [8] 甘甫平,王润生.遥感岩矿信息提取基础与技术方法研究[M].北京:地质出版社,2004.
- [9] 张玉君,杨建民,陈薇,等.ETM⁺(TM)蚀变遥感异常提取方法研究与应用——地质依据和波谱前提[J].国土资源遥感,2002,54(4):30-36.
- [10] 朱亮璞.遥感地质学[M].北京:地质出版社,1994.
- [11] 岑况.幔-壳地球化学演化和岩浆期后金属富集成矿的历程[J].地学前缘,1999,6(2):375-383.
- [12] 岑况,於崇文.成矿流体的流动反应输运耦合与金属成矿[J].地学前缘,2001,8(4):323-328.
- [13] 丛丽娟.荒漠戈壁景观区金属矿床遥感、化探综合找矿方法研究——以内蒙古西部朱拉扎嘎金矿为例[D].北京:中国地质大学(北京),2008.
- [14] 承继成,郭华东,史文中,等.遥感数据的不确定性问题[M].北京:科学出版社,2004.

The Application of Alteration Abnormities Extracting from Remote Sensing Data for Geological Exploration

WANG Bao-lin¹, ZHU Suo², CONG Li-juan³, GAO Xiu-hua⁴

(1. The Fourth Institute of geology and mineral Exploration and Development, Jining 012000, Inner Mongolia, China; 2. Inner Mongolia Institute for Land and resources Exploration and development, Huhhot 010020, Inner Mongolia, China; 3. China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, china; 4. CNPC Research Institute of Safety & Environment Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: The theory, method and data source of extracting alteration abnormities from remote sensing data is discussed in this paper, which can also used for ore exploration. Shalaxibie area, Inner Mongolia, is taking as example for discussing the use of remote sensing data in regional prospection. The detailed exploration stage use of remote sensing data in Zhulazhaga gold deposit is introduced. Alteration abnormities extracting from remote sensing data is useful in the whole geological exploration stage, and can provide lots of valuable information in prospecting process.

Key words: remote sensing; alteration abnormities; application for ore-exploration; Zhulazhaga gold deposit; Shalaxibie area