文章编号:1007 - 3701(2008)01 - 0029 - 07

内蒙古西部朱拉扎嘎金矿遥感蚀变异常与化探异常对比研究

丛丽娟[1,2],岑 况[1],黄增芳[2],冷福荣[3],刘金宝[2],王 忠[2]

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083;2. 内蒙古自治区地质调查院 呼和浩特 010020;
3. 内蒙古国土资源勘查开发院,呼和浩特 010020)

摘要:本文以朱拉扎嘎金矿为例,应用遥感技术,对比分析朱拉扎嘎金矿遥感蚀变异常、化探异常的提取过程和分布特征,认为:1. 遥感蚀变异常位于化探异常中心与矿体吻合关系好,可作为找矿标志,应用于化探异常筛选可增加其成矿有力度的判别;2. 遥感蚀变异常定位精度高,异常范围小,更接近矿体,应用于化探异常查证可以提高查证效率。该方法技术适合于寻找与热液活动有关的金属矿产,在基岩出露好,植被稀少的干旱地区效果好,建议在我国西北部荒漠景观区开展应用遥感技术评价化探异常的找矿工作。

关 键 词:遥感;化探;遥感蚀变岩异常;化探异常;朱拉扎嘎金矿;内蒙古

中图分类号:P618.51 文献标识码:A

区域化探异常评价是勘查地球化学长期以来面临的主要问题,截止 2000 年底统计资料表明,1∶20 万全国区域化探扫面完成 600×10^4 km^2,有色地质部门完成 1∶10 万和 1∶5 万区域化探扫面 72×10^4 km^2,发现各类元素的异常 4.3×10^4 处,但异常检查评价率仅为 5.3 %,见矿率只有 3% ±,大批异常处于搁置状态[1]。新一轮国土资源大调查,继续将区域化探扫面资料作为重要找矿依据,并且在各地都取得了可观的成绩,如内蒙古的拜仁达坝银矿[2],西藏的朱诺斑岩铜矿[3],都是区域化探资料二次开发过程中发现的大型矿床,区域化探异常中蕴藏着巨大的找矿潜力。现今,我国矿产资源短缺,急需一批重要的矿产地,特别是我国西北地区,矿产勘查程度低,找矿潜力大,在该区对现有区域化探异常进行快速筛选和评价,优选出一批有找矿潜力的异常做为后备普查基地,是实现找矿突破的重要措施之一[4]。

金属矿产在成矿过程中往往伴随着热液活动,近矿围岩蚀变现象作为找矿标志已有数百年历史。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,遥感都有可能探测到,也就是说,隐伏矿体只要有蚀变岩出露,也有可能用遥感手段发现[5]。借助遥感技术提取蚀变岩异常在国内外成功的实例较多,特别是在干旱地区,此方法技术基本成熟。我国西北大部分地区属于荒漠区,四季干旱,植被稀少,基岩裸露程度高,适合遥感地面监测,本文以朱拉扎嘎金矿为例,研究遥感蚀变岩异常、化探异常与矿体之间的关系,探究遥感技术评价化探异常的可行性。

1 地质概况

朱拉扎嘎金矿[6]位于华北陆块北缘渣尔泰山群成矿带上,矿区产于红格尔玉林 - 巴音诺尔公 -

收稿日期:2007 - 08 - 16
基金项目:内蒙古自治区政府科研基金《内蒙古自治区区域成矿规律及重要矿产成矿预测地球化学综合研究》项目(编号:05 - 6 - YS2)资助.
作者简介:丛丽娟(1966—),女,在读博士,高级工程师,从事遥感、地球化学勘查及 GIS 应用等工作.

万方数据

克布尔海NE向大断裂与哈里敖包－巴因诺尔公近NW向隐伏大断裂交汇部位,地质构造比较复杂①。

矿区位于朱拉扎嘎近NNW向褶皱与近SN向断裂交汇处(图1)。矿区主要出露中元古界渣尔泰山群增隆昌组(Chz)和阿古鲁沟组(Jxa)地层(表1);金矿层主要赋存于阿古鲁沟组一岩性段中部含钙质的浅变质碎屑岩中。矿区内出露岩体较少,中酸性脉岩较多。

表1 朱拉扎嘎矿区地层简表

Table 1 Generalized strata the Zhulazhaga gold deposit

年代地层单位			岩石地层单位			代号	厚度(m)	主要岩性
界	系	统	群	组	段			
新生界	第四系					Q_h^{al}		风成砂、残坡积、冲洪积
中元古界	蓟县系		渣尔泰山群	阿古鲁沟组	二岩性段	Jxa^2	>559	上部为灰色中细粒灰岩、砂质灰岩、细晶大理岩。中部为灰绿色条带状石英岩、绿帘阳起石岩与结晶灰岩互层,局部含金矿化变质砾岩透镜体。下部为灰色微晶白云岩,局部夹条带状石英岩。
					一岩性段	Jxa^1	>589	上部为灰色纹层状变质粉砂岩、阳起石岩。中部为灰色粉砂质绢云母板岩、纹层状阳起石变质钙质粉砂岩、变质钙质粉砂岩、变质粉砂岩夹阳起石微晶大理岩透镜体,为主要含矿地层。下部灰色绢云母板岩、变质石英粉砂岩夹含叠层石微晶白云岩、底部见铁矿层及含金底砾岩。
	长城系			增隆昌组	二岩性段	Chz^2	>1097	上部为灰黄色白云岩夹粉砂质板岩;中下部为灰色厚层状白云岩、白云质结晶灰岩。顶部有一层喀斯特角砾灰岩,有3-5米厚的褐铁矿化灰岩层。
					一岩性段	Chz^1	>2003	具交错层理的变质细粒长石砂岩、绢云母斑点板岩、炭质绢云石英岩、砂质板岩、千枚状板岩、变质钙质粉砂岩夹砂质结晶灰岩。

朱拉扎嘎金矿体(图2)总体走向与矿区地层产状基本一致,矿体集中分布在2条矿带中,Ⅰ号矿带分布于矿床东南部,总体走向35°,长400 m,西南宽,向东北逐渐尖灭。Ⅱ号矿带分布于矿床西北部,走向基本是35°,受NNW向多次断裂活动影响,靠近断裂的矿体呈近EW走向,矿体破碎,矿带长570 m,向西撒开。矿体的规模大小不一,长约10~300 m,宽达几十米,延深170 m,矿体沿走向有分支、复合、尖灭、再现等现象。

矿带由矿化蚀变岩和金矿体组成,蚀变范围是矿体的1~3倍,矿体多处于矿化蚀变岩带的中心部位,矿化蚀变带和矿体均为蚀变变质砂岩,蚀变越强,含矿性越好。

矿区内与矿化有关的蚀变矿物主要是磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿和黄铜矿等,其它蚀变还有透辉石化、阳起石化、绿帘石化、绿泥石化、冰长石化、碳酸盐化等。原生矿石有喷流沉积型,蚀变火山岩型、蚀变变质砂岩型、交代岩型和石英脉型等多种类型

① 内蒙古自治区地质调查院,内蒙古阿拉善朱拉扎嘎及外围金矿评价报告,2001.

万方数据

矿石。在表生作用中,原生矿石发生褐铁矿化、黄钾铁矾化及高岭土化,受褐铁矿化、高岭土化影响,地表矿石普遍氧化成松散的土状、土块状,岩石呈黄褐、红褐色。

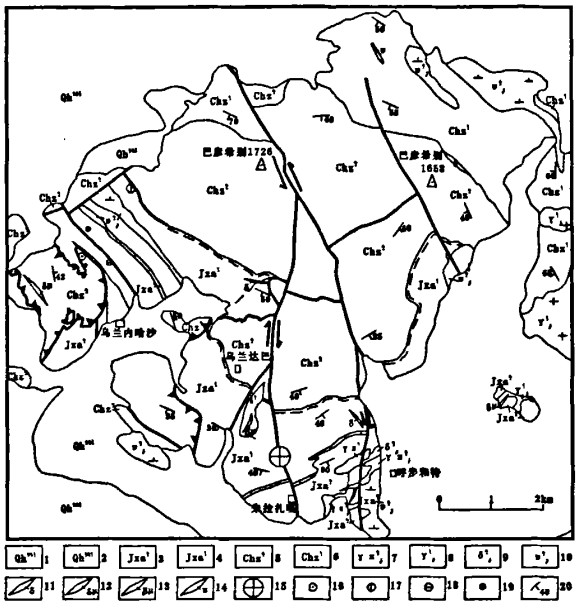


图 1　朱拉扎嘎地区地质矿产图

Fig. 1　Geological sketch of the Zhulazhaga Area

(引自:朱拉扎嘎地区 1: 5 万地质矿产图,内蒙古自治区地质调查院编图)

1. 第四系全新统风成砂; 2. 第四系全新统冲洪积层; 3. 渣尔泰山群阿古鲁沟组二段;4. 渣尔泰山群阿古鲁沟组一段; 5. 渣尔泰山群增隆昌组二段;6. 渣尔泰山群增隆昌组一段;7. 燕山期花岗斑岩;8. 印支期花岗岩;9. 华力西期闪长岩;10. 加里东期辉长岩;11. 闪长岩脉;12. 闪长玢岩脉;13. 辉绿岩脉;14. 辉长岩脉;15. 大型金矿;16. 铁矿点;17. 铁铜矿点;18. 铁锌矿化点;19. 铅矿化点; 20. 地层产状

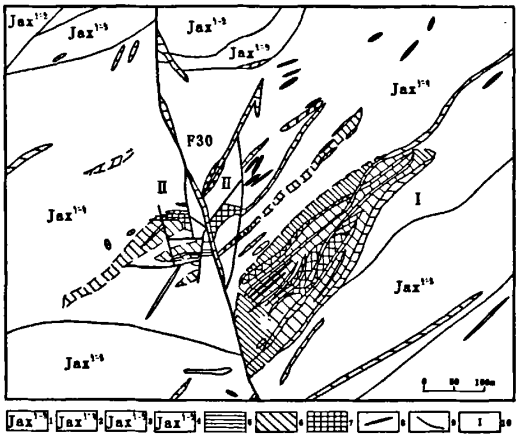


图 2　朱拉扎嘎金矿区地质图

Fig. 2　Sketch of the Zhulazhaga Goldfield mining district

(资料来源:杨岳清"朱拉扎嘎金矿地质特征及成因研究"(《地质与资源》·2001.3))

1. 阿古鲁沟组Ⅰ段5亚段;2. 阿古鲁沟组Ⅰ段4亚段;3. 阿古鲁沟组Ⅰ段3亚段;4. 阿古鲁沟组Ⅰ段2亚段;5. 成矿后脉岩;6. 蚀变带;7. 蚀变岩金矿体;8. 石英脉型金矿;9. 断层;10. 矿体编号

2　地球化学特征

1995 年,内蒙古第一物化探队在内蒙古西部开展 1: 20 万区域化探扫面,在 K - 48 - (33)和 K - 48 - (34)幅内圈出了长 8 km,宽 5 km 以 Au 为主,伴生 Ag,Cu,Pb,Zn,As,Hg,Sb,Bi,W,Sn,Mo,Fe_2O_3,Co,Ni,Mn,B,F 等近 20 个元素的综合异常(AS28),异常规模强大,浓集中心明显,各元素吻合好。Au 峰值 17×10^{-9},面积 36 km^2(图 3,A),单点样品分析,Au 峰值最高达 170×10^{-9},在其两侧水系中分别出现了 51.2×10^{-9}和 40×10^{-9}的高值点,进一步缩小了靶区[7-8]。

为了追索异常源,1997 年进行了 1: 5 万水系加密测量,圈出了以 Au 为主伴有 Ag,Cu,Pb,Zn,Sb,Bi,As,Mo 等元素组成的综合异常,在朱拉扎嘎

万方数据

一带 Au 异常强度最高，规模最大(图3,B)，出现了多个浓集中心，其中三处峰值分别达到 380×10^{-9}、270×10^{-9}和 150×10^{-9}；在峰值 380×10^{-9}点附近发现了朱拉扎嘎金矿，在其它几处发现了金矿化脉[7-8]。

2000年，该矿经内蒙古自治区国土资源勘查开发院(原内蒙古第一物探化探队)进行普查工作，已控制 D+E 级地质储量(含 C 级)矿石 1195.73 × 10^4t；Au 金属量 34587 Kg，地表平均品位 4.2 × 10^{-6}，最高 11.3×10^{-6}，为大型金矿①。

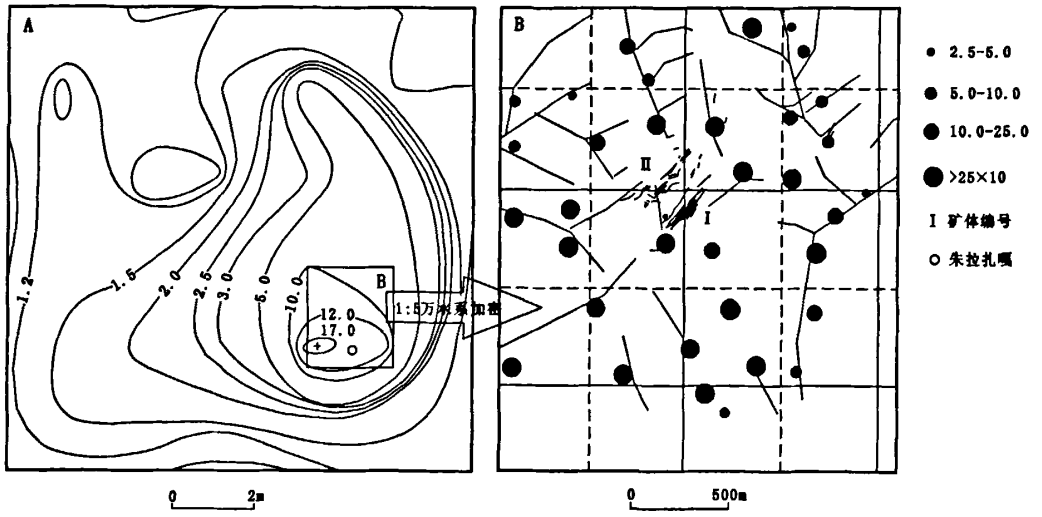


图3 朱拉扎嘎地区区域化探异常图

Fig. 3 Regional geochemical anomalies of the Zhulazhaga Area

A - 1: 20万区域化探异常图(等值线图，含量单位：10^{-9})；B - 1: 5万化探异常图(含量分级符号图，含量单位：10^{-9})

3 遥感蚀变岩异常特征

本次研究采用 ETM⁺ 遥感数据(接收时间：2000年7月11日，轨道：131 - 32)。ETM⁺ 数据包含可见光，近红外，短波红外共8个波段，适合铁化、泥化、碳酸盐化蚀变岩异常提取。每景 ETM⁺ 数据覆盖面积为 31 110 km^2(183 km × 170 km)各波段空间分辨率 30 m，是目前地质监测中广泛应用的数据源。

朱拉扎嘎金矿位于我国西部干旱荒漠景观区，地表蚀变以褐铁矿化为主，少量的高岭土化和碳酸盐化。这些蚀变矿物在可见光和近红外光谱区间产生有诊断性的吸收谷特征，ETM⁺ 数据在部分吸收谷处设置有接收波段，如 Fe^{3+} 的吸收谷 0.5 μm 和 0.9 μm，对应 ETM⁺ 波段为 Band1、Band4，碳酸盐和粘土类矿物的吸收谷在 2.2 μm 附近，对应的 ETM⁺ 波段为 Band7，这些波段的设置成为 ETM⁺ 数据提取蚀变岩信息的基础。

由于传感器分辨率的限制，各波段范围较宽，直接从单波段图像上截取蚀变岩异常非常困难，因此产生了大量的数据处理方法，如比值分析、主成份分析、光谱角等方法[5,9-11]。本次工作总结前人经验，经过多次试验，首先以掩膜技术剔除沙漠覆盖区的干扰，然后以波段比值主成份分析方法完成了蚀变岩异常的提取工作，具体为：

Band2，Band3，Band4，Band5/Band1 主成份分析提取铁化(铁氧化物)蚀变岩异常(图4,A)；

Band2，Band4，Band5，Band7 主成份分析提取泥化(粘土化)和碳酸化蚀变岩异常(图4,B)。

矿区遥感蚀变岩异常以褐铁矿化为主，同时含粘土和碳酸盐化的蚀变岩异常，这与地面调查结果

① 内蒙古自治区地质调查院，内蒙古阿拉善朱拉扎嘎及外围金矿评价报告，2001.

万方数据

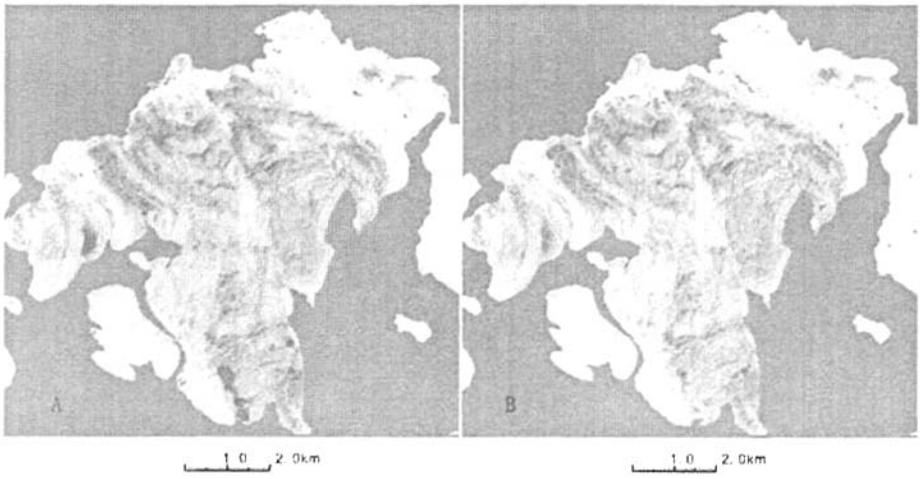


图 4　朱拉扎嘎金矿铁化、泥化、碳酸盐化蚀变岩异常图

Fig. 4　Map showing the anomaly of the alteration rocks including Fe^{3+} - bearing ,oh^- - bearing and co_3^{2-} - bearing of Zhulazhaga gold deposit extracted from ETM^+

A - 铁化蚀变岩异常(底图为 Band7);B - 泥化、碳酸盐化蚀变岩异常(底图为 Band7)

一致。为了便于研究,将二者进行二次主成份分析　取其第一主因子完成综合异常的提取工作 (图 5)。

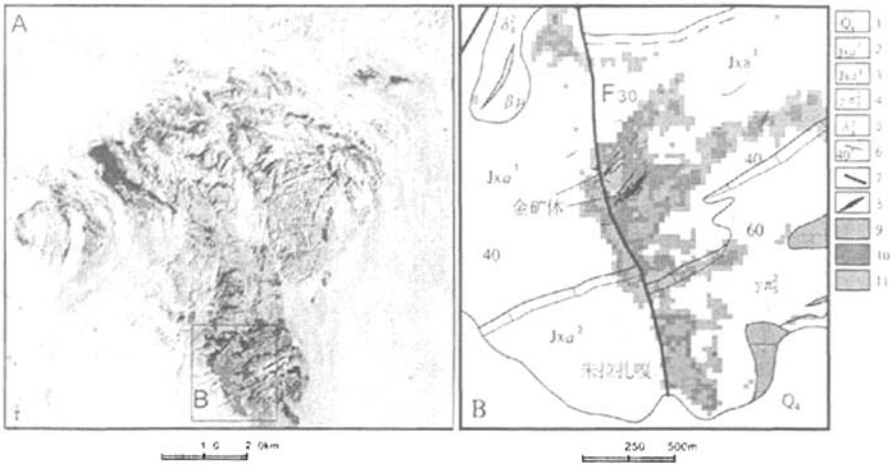


图 5　朱拉扎嘎金矿遥感蚀变岩综合异常图

Fig. 5　Composite anomaly map of the alteration rocks extracted from ETM^+ in Zhulazhanga

A - 研究区蚀变岩异常(底图为假彩色合成图像 R:Band5,G:Band3,B:Band1);B - 综合蚀变岩异常和矿体分布图

1. 第四系;2. 渣尔泰山群阿古鲁沟组二段;3. 渣尔泰山群阿古鲁沟组一段;4. 燕山期花岗斑岩;5. 华力西期闪长岩;6. 岩层产状;,7. 断裂;8. 矿体;9. 遥感蚀变三级异常;10. 遥感蚀变二级异常;11. 遥感蚀变一级异常

由弱到强将综合异常分为三级:遥感蚀变岩一级异常(图 5 浅粉色区),遥感蚀变岩二级异常(图 5 深红色区),遥感蚀变岩三级异常(图 5 绿色区)①。异常高值区沿近 NNW 向断裂和近 EW 向阿古鲁沟组地层层理方向呈带状分布,矿体位于异常带交汇部位,异常区总面积 0.3 km^2(图 5B)。

利用遥感 ETM^+ 数据提取的蚀变岩异常分布

① 丛丽娟,内蒙古阿拉善盟朱拉扎嘎金矿遥感蚀变岩异常提取方法研究与应用,2005.

万方数据

特征从宏观上佐证了朱拉扎嘎金矿的形成与构造、地层和热液活动之间的关系,即近 EW 向的逆冲断层活动造成阿古鲁沟组一岩段地层中产生大量的层间破碎带,为后期金矿的形成提供赋矿空间,NNW 向断层可能成为导矿构造,并切穿了近 EW 向构造[6]。地表遥感蚀变岩异常沿 NNW 向和近 EW 向构造分布,吻合了热液沿 NNW 向构造运移、向阿古鲁沟组近 EW 向层间裂隙渗透,并在有利部位沉淀成矿的认识。

前人研究结果认为,矿体位于蚀变带中部,蚀变带大于矿体 1 ~3 倍[6]。本次研究利用遥感技术从更宏观的角度监测到以矿体为中心的蚀变带位于更大规模的蚀变带交汇部位,且处于蚀变由强向弱的过渡带上,这将为遥感、化探异常查证过程中的定位提供了参考价值。

4 讨论

朱拉扎嘎金矿区的遥感蚀变岩异常与矿体之间吻合关系好,如果遥感蚀变岩异常作为一种找矿参数应用到化探异常评价工作中,可以增加化探异常成矿有力度的判别。从空间分布范围分析,地球化学异常范围大,容易发现,但异常源追索困难,传统的方法是通过逐渐加大工作比例尺缩小异常范围,最后锁定目标,但这个过程周期长,费用高,经历的环节多,失误的可能性也大,如朱拉扎嘎金矿异常查证历时 3 年,数次样品分析、外业查证和资料整理,其中任何环节的失误都有可能导致结果的失败。利用 ETM^+ 遥感数据提取的蚀变岩异常定位精度 30 m,直接用于 1: 20 万化探异常查证,可以将查证范围直接缩小到可能与热液矿床有关的蚀变岩附近,提高查证效率。

本次研究揭示了热液成因的朱拉扎嘎金矿遥感蚀变岩异常、化探异常与矿体之间的相关性,为利用遥感技术评价化探异常提供参考。研究工作的顺利完成与矿床本身的特殊性有关,朱拉扎嘎金矿热液活动强烈,矿体埋藏浅,地表氧化带褐铁矿化和粘土化蚀变强烈,矿区无植被覆盖,具备遥感蚀变岩异常提取的地质条件。因此利用遥感技术评价化探异常首先针对热液型金属矿产,以 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi, Hg, W, Sn, Mo 等化探异常为重点,选择基岩裸露程度高的地区,开展快速扫面工作。

5 结论和建议

随着遥感技术的迅猛发展,遥感对地监测能力逐渐增强,特别是高光谱技术的发展,波谱分辨率提高到几个纳米,可以鉴别到矿物,这项技术的普及和应用必将翻开地质工作新的一页。本次研究只是多光谱遥感 ETM^+ 数据应用于地质找矿工作的一个方面,是推广遥感地质找矿事业的一次探索,通过这次研究可以得出以下认识:

(1)朱拉扎嘎金矿区遥感蚀变岩异常、化探异常与矿体之间表现了良好的相关性,说明二者都有指示矿床存在的能力,将遥感蚀变岩异常参数应用到 1: 20 万化探异常筛选工作中,可以增加化探异常成矿有力度的判别。

(2)ETM^+ 数据提取的遥感蚀变岩异常定位精度 30 m,直接应用于 1: 20 万化探异常查证,有利于异常源追索,提高工作效率。

(3)与热液活动有关的金属矿床在矿体埋藏浅的情况下,蚀变岩会出露地表,同时也会形成以热液元素组合为特征的地球化学异常。建议利用遥感提取蚀变岩技术评价化探异常首先选择与热液型金属矿产有关的 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi, Hg, W, Sn, Mo 等异常。

(4)我国西北部大部分地区属于荒漠景观区,工作程度低,大量的 1: 20 万化探异常蕴藏着丰富的找矿信息,良好的基岩露头,适合遥感地面监测。建议在该地区开展利用遥感提取蚀变岩技术评价化探异常,快速筛选和评价一批化探异常,为西部矿产资源勘查提供找矿基地。

在本次研究过程中,得到了中国地质大学(北京)刘文灿教授的大力支持,同时也得到内蒙古自治区地质调查院胡凤翔,苏新旭,孟二根等同志的协助,在此表示感谢。

参考文献

万方数据

[1]王瑞廷,毛景文,任小华,等. 区域地球化学异常评价的现状及其存在的问题[J]. 中国地质,2005,32(1):168—175.

[2]郑翻身,蔡红军,张振法. 内蒙古拜仁达坝、维拉斯托超大型银铅锌矿勘查过程及远景规模评述[J]. 西部资源,2005,8(5):7—10.

[3]郑有业,高顺宝,张大全,等. 西藏朱诺斑岩铜矿床发现的重大意义及启示[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京),北京大学),2006,13(4):233—239.

[4]王全明,叶天竺,王报良,等. 中国主要金属矿产勘查程度对比[J]. 地质通报,2005,24(5):442—447.

[5]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.

[6]杨岳清,江思宏,聂凤军,等. 朱拉扎嘎金矿地质特征及成因研究[J]. 地质与资源,2001,10(3):146—152.

[7]张振法,牛颖智,杨万金,等. 内蒙古朱拉扎嘎金矿物探化探新近展和超大型远景规划评述[J]. 物探与化探,2002,26(5):357—363.

[8]赵　云,张振法,牛颖智,等. 物化探方法在内蒙古朱拉扎嘎金矿的发现和扩大过程中的作用[J]. 中国地质,2001,28(2):25—-35.

[9]Ranjbar H, Honarmand M, Moezifar Z, et al. Application of the Crosta technique f or porphyry copperalteration mapping, using ETM + data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt [J]. Journal of Asian Earth sciences, 2004, 24(2): 237—243.

[10]Sabins F F. Remote sensing for mineral exploration[J]. Ore Geology Reviews, 1999, 14(3-4): 157—183.

[11]张玉君,杨建民,等. 基岩裸露区蚀变遥感信息的提取方法[J]. 国土资源遥感,1998,36(2):46—53.

Comparative Analysis between the Altered Rock Anomaly Extracted from ETM$^+$ and the Geochemical Anomaly in the Zhulazhaga Gold Deposit of Western Inner Mongolia

CONG Li-juan[1,2], CEN Kuang[1], HUANG Zeng-fang[2], LENG Fu-rong[3], LIU Jin-bao[2], WANG Zhong[2]

(1. *School of Earth sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing*, 100083, *China*; 2. *Geological Survey Institute of Inner Mongolia, Huhhot, Inner Mongolia*, 010020, *China*; 3. *Institute of Land Resources Exploration and Development of Inner Mongolia, Huhhot, Inner Mongolia*, 010020, *China*)

Abstract: The purpose of this study is to present a method to evaluate regional geochemical anomalies at low cost and with high accuracy. Regional geochemical anomalies contain abundant information for ore-exploration. Evaluating regional geochemical anomalies by conventional methods needs much money and longer time, so that this study is important for ore-exploration. Taking Zhulazhaga gold deposit as an example, the comparative analysis of extraction processes and distribution features between remote sensing anomalies and geochemical anomalies in the Zhulazhaga gold deposit shows: firstly, the altered rock anomaly extracted from ETM$^+$ is in perfect conformity with ore-body, so it can be employed as a ore-exploration parameter; secondly, the detected extension of altered rock anomaly is smaller than that of 1∶50 000 regional geochemical anomaly, so the altered rock anomaly is more close to ore-body, and can lead fieldwork to the areas of altered rocks which may associate with ore-body. We conclude here that evaluation geochemical anomalies using remote sensing altered rock parameters are helpful for geochemical anomaly selection and locating of the fieldwork. The method is available for hunting hydrothermal metal deposits. The authors suggest that evaluation geochemical anomalies using altered rock parameter from ETM$^+$ for ore-exploration should be carried out in the northwestern China, where the climate is arid. It is because that the poor vegetation covers and abundant outcrops make it is easier for exploring in the arid area when using remote sensing study.

Key words: remote sensing; geochemical exploration; altered rock anomaly; geochemical anomaly; Zhulazhaga gold deposit; Inner Mongolia

万方数据