

ASTER 数据在浅覆盖区蚀变遥感异常 信息提取中的应用

——以新疆西准噶尔包古图斑岩铜矿岩体为例

耿新霞¹⁾, 杨建民¹⁾, 张玉君²⁾, 姚佛军¹⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所,北京,100037;2) 中国国土资源航空物探遥感中心,北京,100083

内容提要: 遥感卫星的多光谱数据应用于找矿已取得显著成效,2004年7月中国卫星地面站开始提供 ASTER (Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer,高级星载热发射反射辐射计)数据,因涵盖波长范围宽[VNIR(Visible and Near Infra-red)、SWIR(Short wave-length Infra-red)、TIR(Thermal Infra-red)]、波段多(14个波段)、性价比合理等因素,ASTER 数据的研究迅速发展。长久以来,对覆盖区进行蚀变遥感异常信息提取一直是遥感找矿的关注点之一。笔者等利用 ASTER 数据对浅覆盖区——包古图斑岩铜矿的Ⅱ号、V号斑岩体进行蚀变遥感异常提取,提取的蚀变异常与野外地质情况吻合性好。分别提取了光谱特征谱带差异明显的2组蚀变矿物的异常信息:第一组是蒙脱石、埃洛石、伊利石与绢云母;第二组是方解石、黑云母与绿泥石。提出了需要进一步工作的异常靶区。

关键词: ASTER(Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer)数据;浅覆盖区;蚀变遥感异常;蚀变矿物分类;包古图铜矿;新疆

遥感经过十几年的应用与发展,在基岩裸露区利用多光谱数据提取蚀变遥感异常信息已取得显著的效果,并已成为找矿的一种重要手段(张玉君等,1998,2003;刘刚,2002;杨建民等,2003,2006;张旺生等,2003),但是,很多地区的地表并非基岩裸露,例如地势较低、物理化学风化强烈的地区,一般会上覆一层冲积物或风化残留体,致使基岩的地表露头很小甚至不明显,那么,在这样的浅覆盖区是否能利用合适的多光谱数据将蚀变遥感信息提取出来,是一项值得探讨的工作。按照传统的想法,遥感(波段仅限于在可见光、短波红外、热红外的遥感数据,即微波遥感除外)适用于基岩广泛出露的地表找矿,对基岩裸露程度低的地区遥感难以发挥其找矿优势,实际上,实现覆盖区的蚀变遥感异常信息提取一直是遥感找矿的关注点之一。那么在浅覆盖区选择合适的遥感数据是否同裸露区一样能发挥它的作用是值得进行深入研究的一项工作,为了迎合研究探讨这一问题,本文以浅覆盖地貌的包古图斑岩铜矿岩体为研究对象,以 ASTER 数据作为数据源,通过不同方法来提取蚀变信息,结果表明有无基岩出

露并不是决定能否提取蚀变遥感异常的关键所在,只要浅覆盖区的地表含有一定的蚀变矿物,利用遥感作为找矿的一种手段就是可行适用的。

1 研究区地质概况

包古图斑岩型铜矿位于新疆维吾尔自治区西部,行政区划属塔城地区托里县。区内气候干燥,属大陆干旱气候。工作区地势较平坦,属低山丘陵地带,海拔高度750 m左右,相对高差一般在5~10 m。从包古图地区岩体分布图(图1)上可以看出,区域出露地层主要为石炭统的火山碎屑岩,自下而上为希贝库拉斯组(C_1x)凝灰砾岩、凝灰质砂岩——包古图组(C_1b)凝灰质粉砂岩——太勒古拉组(C_1t)凝灰岩、玄武岩。岩浆岩主要是华力西中晚期的中酸性—酸性花岗质侵入体。中酸性岩呈岩株状产出,酸性岩以岩基产出,其中,中酸性小岩体与区内金矿成矿关系密切。区域构造以断裂和褶皱为主,断裂主要是北东向的达尔布特深大断裂,褶皱为近南北向的希贝库拉斯背斜。达尔布特断裂为区内主要控矿、控岩构造。

注:本文为地质调查项目(编号科(2005)017-02-02)、国家科技支撑计划重点项目(编号:2006BAB07B07-02)及国家重点基础研究发展计划项目(编号2007CB411406-06)的成果。

收稿日期:2007-06-12;改回日期:2007-12-04;责任编辑:章雨旭。

作者简介:耿新霞,女,1979年生。在读硕士研究生。矿产普查与勘探专业,遥感找矿方向。Email:gengxinxia0536@sina.com。

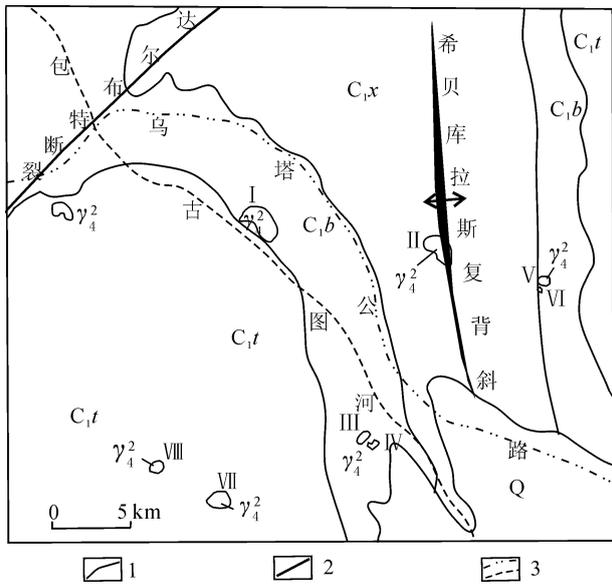


图 1 西准噶尔包古图地区岩体分布图
(据新疆有色地质勘查局资料修改)

Fig. 1 The distribution of intrusions in the Baogutu area, western Junggar basin (compiled from the data of the Xinjiang Geological survey for Non-ferrous Metals)

Q—第四系冲积层、砾岩、砂、泥；下石炭统： C_{1t} —太勒古拉组凝灰岩、玄武岩， C_{1b} —包古图组凝灰质粉砂岩， C_{1x} —希贝库拉斯组火山角砾岩、凝灰质砂岩； γ_4^2 —海西期花岗岩；I ~ VIII—岩体及编号；1—地质界线；2—断层；3—公路、河流

Q—Quaternary alluvium, conglomerate, sand, mud；Lower Carboniferous： C_{1t} —Tailegula Fm., tuff, basalt, C_{1b} —Baogutu Fm., tuffaceous siltstone, C_{1x} —Xibeikulasi Fm., volcanic breccia, tuffaceous sandstone； γ_4^2 —Variscan granite；I ~ VIII—No. of intrusives；1—geological boundary line；2—fault；3—road and river

近年来随着找矿勘查工作的深入，在区域内相继发现了许多铜(金)矿化点，如包古图 II 号岩体西南侧的铜金矿点和 V 号岩体西侧的铜(金)矿化点。2002 ~ 2004 年新疆有色金属工业(集团)有限责任公司、甘肃建新实业集团有限公司和新疆乌鲁木齐聚隆矿业开发有限公司联合对包古图地区铜矿产进行了风险勘探，在包古图地区的 V 号岩体的内外接触带首次发现斑岩型铜金矿化体，经深部钻探工程验证，发现了厚大斑岩型铜矿(化)体^①。

本次工作主要是提取包古图 II 号与 V 号岩体的蚀变遥感信息。野外勘查发现，包古图 II 号与 V 号岩体的地形地貌为负地形，斑岩体为碎石浮土等浅覆盖。在干旱少雨强风等气候影响下，形成碎石遍布地表的景观，岩体露头范围很小，上覆有 20 ~ 30 cm 的风化残余物及从四周高处搬运来的碎石等，地

表植被较不发育，大多数是扎根于碎岩中的矮小针状簇草，地表岩体露头范围不大，工作区的地形地貌可参照图所示照片(图版 I-1, 2)，探槽显示覆盖层之下的岩石蚀变较强烈，并揭露覆盖层的厚度(图版 I-3, 4)。

对收集的资料整理分析，得知 II 号斑岩体围岩蚀变广泛，主要有绢云母化、伊利石化及高岭石化，次为黝帘石化、黑云母化及绿泥石化。V 号斑岩体围岩蚀变有伊利石化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、钾长石化、黑云母化及水白云母化等，钾化带和石英绢云母化带主要在花岗闪长斑岩体中内接触带，而青磐岩化则在岩体与围岩中都有，矿化在花岗闪长斑岩和凝灰质粉砂岩中都有不同程度的发育，由于岩体西部覆盖较厚，所以蚀变带的划分十分粗浅(许发军, 2003)。

利用 ASD (Analytical Spectral Devices, 光谱分析测试仪) 及 PIMA (Portable Infrared Mineral Analyser, 便携式短波红外分析仪) 光谱测试仪对样品进行蚀变矿物测试，有很多文献已对光谱测试的方法及结果分析处理作了介绍(章革等, 2004；毛晓长等, 2005；姚佛军等, 2006)。本次共测 II 号斑岩体中的岩石样品 12 块，V 号斑岩体的岩石样品 46 块(包括地表的 13 块样品和 4 个钻孔(ZK101、ZK102、ZK107、ZK202)中的 35 件粉末状样品)，汇总出几种主要蚀变矿物出现的次数，结果如下表(表 1)。因为并非等间距采样，而是人为采集蚀变程度强的岩石，所以测量结果只能判定出该区蚀变矿物的类型，并不能从整体上描述工作区发生蚀变的程度。

表 1 西准噶尔包古图 II 号、V 号斑岩体样品中测得主要蚀变矿物出现次数

Table 1 The frequency of occurrence of main alteration minerals in intrusions (No. 2 and No. 5) of porphyry copper deposit, Baogutu area, western Junggar basin

	伊利石	蒙脱石	绿泥石	绢云母	埃洛石	方解石	黑云母	绿脱石
II 号斑岩铜矿岩体	9	2	11	6	2	5		
V 号斑岩铜矿岩体	31	11	30	5	2	8	4	5

综合分析前人资料及样品测试结果，得出工作区的主要蚀变矿物种类，根据主要蚀变矿物的标准反射光谱曲线，得到反射光谱的特征谱带，从而判断出反射光谱吸收谷与遥感数据通道的对应关系。确定蚀变矿物在遥感数据各通道中的吸收性是提取蚀变遥感信息的基础。

2 ASTER 数据的基本特征

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, 高级星载热发射反照辐射计) 是安装在 Terra 卫星上的多光谱成像仪, 由 NASA 于 1999 年 12 月 18 日发射, Terra 卫星上装载着 5 个对地观测传感器, 其中包括空间热辐射反射测量仪 ASTER。2004 年 7 月中国卫星地面站开始提供 ASTER 数据, ASTER 数据接收到的信息包括: VNIR (Visible and Near Infra-red, 可见光与近红外) 与 SWIR (Short wave-length Infra-red, 短波红外) 波段范围内产生的是地物光谱反射率, TIR (Thermal Infra-red, 热红外) 波段范围内的地物热辐射值。ASTER 测量仪涵盖的波长范围及空间分辨率等参数如下表(表 2)。综合 ASTER 数据涵盖的波长范围宽、波段多、性价比合理等因素, ASTER 数据的研究迅速发展。在进行蚀变遥感异常信息提取时, 利用的基础物理数据是地物在 VNIR 与 SWIR 波段范围内的反射光谱值。

表 2 ASTER 系统的基本物理参数

Table 2 The basic physics parameters of ASTER

子系统	波段序号	波长范围 (nm)	空间分辨率 (m)	每景范围 (km * km)
VNIR	1	520 ~ 600	15	60 * 60
	2	630 ~ 690		
	3N	780 ~ 860		
	3B	780 ~ 860		
SWIR	4	1600 ~ 1700	30	
	5	2145 ~ 2185		
	6	2185 ~ 2225		
	7	2235 ~ 2285		
	8	2295 ~ 2365		
	9	2360 ~ 2430		
TIR	10	8125 ~ 8475	90	
	11	8475 ~ 8825		
	12	8925 ~ 9275		
	13	10250 ~ 10950		
	14	10950 ~ 11650		

3 ASTER 数据图像处理

3.1 提取信息的方法

本次工作采用的 ASTER 数据景号是 ASTLI B0209280533110409270691, 采集日期是 2002 年 09 月 12 日。ASTER 数据在国外已广泛应用, 国内对 ASTER 数据各个波段的应用研究处于起步阶段(朱黎江等, 2003)。张玉君等从中国卫星地面站提供 ASTER 数据以来就一直致力于该数据的研究,

在蚀变遥感信息的提取上取得了很好的成效(张玉君等, 2006), 本文数据的处理方法借鉴了张玉君等(2006)的方法思路。本景数据的产品等级是 L1B, 灰度值 DN 代表辐射亮度数据, 理论上需要对数据进行大气校正, 但为避免涉及到气溶胶的密度及水蒸气的密度的大气精校正, 故对本景图像仅进行大气粗略校正, 包括传感器的增益、径辐射、太阳高度角、太阳辐照度及日地距离校正, 称之为"准归一化", 所获得的结果称为"视反射率值"。数据处理大致步骤如下: 首先将购买的原始 ASTER 进行入库, 考虑到充分利用 VNIR 的 15m 分辨率, 因此将 SWIR 重采样到象素大小为 15m * 15m, 再将 VNIR 与 SWIR 范围内的通道一并入库到一个文件中; 其次利用数据本身自带的 GPS 点数据库, 对 ASTER 数据进行几何校正, 使该数据可显示经纬坐标; 再次进行干扰去除, 虽然在研究区内无植被、阴影等干扰存在, 但在整景图像内局部地区植被覆盖严重, 且有其他一些干扰存在, 因此需进行白泥地、阴影、植被等干扰的去除, 生成去干扰窗; 最后对遥感数据进行"准归一化"处理, 对图像作拉伸处理, 使每一通道的灰度值落于 [0, 255] 内, 增强地物间的对比性, 利用比值法、主成分分析法 (PCA)、光谱角法 (SAM) 及中值滤波等方法提取蚀变信息。

利用 ETM⁺ (TM) 数据的 1、4、5、7 的波段组合进行主成分分析来提取羟基蚀变矿物的技术已趋于成熟并取得了很好的找矿效果(李国昌等, 1997; 张玉君等, 2003; 毛晓长等, 2005), ASTER 数据相对于 ETM⁺ (TM) 数据来说, 波段多、通道范围窄、地面分辨率高等特点更利于提取羟基蚀变矿物, ASTER 数据进行找矿已取得很好的效果(张玉君等, 2006), 另外张玉君等成功地利用 ASTER 数据提取了新疆黄山东铜镍矿、蒙古国南部戈壁滩地区的欧玉陶勒盖斑岩铜矿、哈萨克斯坦的科翁腊德斑岩铜矿的蚀变信息(张玉君等, 2007)。利用 ASTER 数据提取羟基蚀变矿物主要采用对 ASTER 1、ASTER 3、ASTER 4、ASTER (N) 的波段组合进行主成分分析的方法, N 的选择由研究区的蚀变矿物的波谱特征决定。

3.2 信息提取的结果

工作区的蚀变岩中, 含羟基的蚀变矿物主要有伊利石、绢云母、绿泥石、黑云母等, 根据蚀变矿物反射光谱曲线的特征吸收谱带, 可将其分为 2 组, 分析这 2 组蚀变矿物的波谱曲线与 ASTER 数据通道波段的对应关系(图 2, 其标准谱线来源于

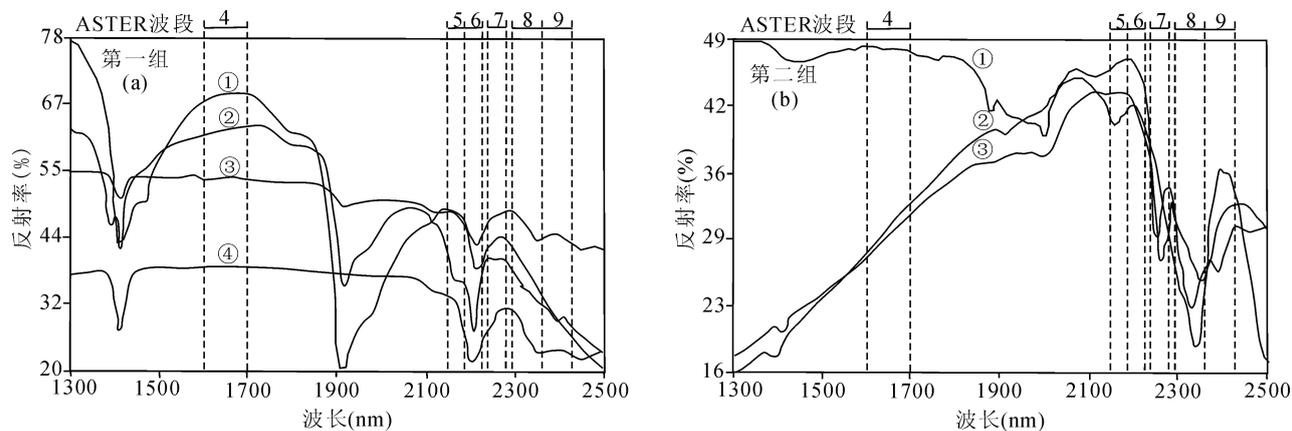


图 2 第一组(a)与第二组(b)蚀变矿物的波谱与 ASTER 数据通道波段的对应关系

Fig. 2 The correspondence relation between spectra of two groups [(a) and (b)] alteration minerals and the bands of ASTER data

(a) 第一组: ①—蒙脱石; ②—埃洛石; ③—伊利石; ④—绢云母。

(b) 第二组: ①—方解石; ②—黑云母; ③—绿泥石

(a) The first group: ①—montmorillonite; ②—halloysite; ③—illite; ④—muscovite.

(b) The second group: ①—calcite; ②—biotite; ③—chlorite

Pimaview3.1 软件中的波谱库)可以看出:第一组在 ASTER 5、ASTER6 波段有中强—强吸收,包括蒙脱石、埃洛石、伊利石与绢云母;第二组在 ASTER 8 波段有强吸收,包括方解石、黑云母与绿泥石。根据图 3 所示的曲线特征,可以归纳蚀变矿物的吸收特征谱带与 ASTER 通道的对应关系(表 3),进而可以选择 ASTER 的波段组合进行相关的信息提取工作,本次蚀变信息提取分别提取了这 2 组蚀变矿物的遥感异常信息,也就是利用在 ASTER(5+6)波段的吸收性来提取蒙脱石、埃洛石、伊利石与绢云母等矿物的蚀变异常信息;利用在 ASTER8 波段的吸收性提取方解石、黑云母、绿泥石等矿物的蚀变异常信息。

表 3 蚀变矿物的吸收特征谱带与 ASTER 通道的对应关系

Table 3 The correspondence relation between absorption characteristic spectrum belt of alteration minerals and the bands of ASTER

蚀变矿物	ASTER 波段					
	4	5	6	7	8	9
埃洛石、伊利石	平高	中强吸收	强吸收		弱吸收	弱吸收
蒙脱石	平高	弱吸收	强吸收			弱吸收
绢云母	平高	中强吸收	强吸收		弱吸收	
黑云母	平高		弱吸收		强吸收	强吸收
绿泥石	平高		弱吸收	强吸收	强吸收	弱吸收
方解石	平高	弱吸收		弱吸收	强吸收	弱吸收

3.2.1 提取第一组蚀变矿物的蚀变遥感异常信息

提取该组蚀变矿物的遥感异常信息主要利用主

成分分析法(PCA),为使得主成分分析中向量维数尽量少,而且蚀变矿物的信息集中于某一向量内,采用由 4 个波段参与的主成分分析,即利用 ASTER 1、ASTER 3、ASTER 4、ASTER (N)的波段组合进行主成分分析(张玉君等,2006),由此所得的 4 个主分量(PC)的含义分别是:PC1 为各个波段反射率的加权和,为正值,反映了光谱总体反射率的大小,称为反照率因子;PC2 是近红外与短波红外波段反射率的差,反映光谱曲线的斜率变化,称为形状因子;PC3 与 PC4 反映岩石矿物的信息。代表羟基化物主分量的判断标准:构成该主分量的特征向量,ASTER4 的系数应与 ASTER3、ASTER(N)的系数符号相反,ASTER1 与 ASTER4 的系数符号一般相同。为实现提取本组蚀变矿物(蒙脱石、埃洛石、伊利石与绢云母),综合考虑 ASTER5、ASTER6 的共同吸收性,故选择参与主成分分析的波段有 ASTER1、ASTER3、ASTER4、ASTER(5+6)/2。下表(表 4)列出了该类蚀变矿物信息提取主成分的物理参数,根据代表羟基化物主分量的判断标准及表 4 中的 EC 值可知,PC4 为含有蚀变矿物信息的分向量,聚集了蚀变遥感异常信息。表中 V 是变异系数,表征对应主成分所含有的信息量占总信息的份额,从表中看出,PC4 含有的信息量仅占总信息的 0.88%,信息虽然微弱,但仍能成功地分离提取出

表4 两组蚀变矿物信息提取主成分变换的特征向量矩阵及变异系数
Table 4 The eigenvectors of covariance and variance of principal component analysis of the two groups alteration minerals

	主成分	通道参数 EC				V(%)
		ASTER1	ASTER3	ASTER4	ASTER(5+6)/2	
第一组	PC1	0.23899	0.33303	0.84167	0.35151	85.37
	PC2	0.18975	0.85781	-0.2152	-0.42643	9.65
	PC3	-0.77666	0.03542	0.40682	-0.47963	4.10
	PC4	0.55107	-0.38987	0.28244	-0.68158	0.88
	主成分	通道参数 EC				V(%)
		ASTER1	ASTER3	ASTER4	ASTER8	
第二组	PC1	0.24488	0.34428	0.84984	0.31507	84.80
	PC2	-0.19030	-0.88104	0.29380	0.31817	8.84
	PC3	-0.64147	0.04077	0.40857	-0.64802	5.17
	PC4	-0.70167	0.32182	-0.15660	0.61609	1.20

注: EC: eigenvectors of covariance; V: variance.

来。另外, V 仅表示该主分量向量所含有的信息百分比,并非全是合理的异常信息,有相当一部分是假异常信息,因此,得到的异常信息还需要跟地质资料相结合,经过后处理工作对异常结果加以修善。

3.2.2 提取第二组蚀变矿物的蚀变遥感异常信息

提取该组蚀变矿物的遥感异常信息同样采用由4个波段参与的主成分分析。考虑 ASTER 8 在该组蚀变矿物中的强吸收,所以参与主成分分析的波段组合是 ASTER1、ASTER3、ASTER4、ASTER8。根据上述的代表羟基化物主分量的判断标准及信息提取主成分的物理参数(表4)可知,PC4 为羟基异常主分量,聚集了蚀变矿物信息。在进行主成分分析时,旋转后的坐标轴与数据具有最大的分布的方向相符合,主成分特征向量中的符号表示的是本向量对这一主成分的贡献性,其符号的正负受坐标轴的正方向的选择有关,而算法中并没有规定哪个方向代表坐标轴的正方向,但根据地物的光谱特征可以处理得到符合实际的结果,因为羟基矿物的波谱特征是在 ASTER4 具有强反射,羟基矿物信息的提取就是靠 R ASTER4 与 R ASTER(N) 的差值表示出来,并且这个差值为正值,因此 ASTER4 的特征向量一定为正值,而表4所示的 PC4 中 ASTER4 特征向量的符号为负,故需作 $PC4 * (-1)$ 的处理,使得 ASTER4 的特征向量符号为正。在这组蚀变矿物的提取中,包含有用信息的 PC4 主分量占有的信息量占总信息量的 1.20%。

3.2.3 蚀变遥感信息图

多波段遥感影像合成时,图像显示中 RGB 通道的选择方案十分重要(赵英时等,2003),它决定了彩色影像能否显示丰富的地物信息,通过对比发现,

分别采用 ASTER6、ASTER3、ASTER1 自适应增强拉伸后作为 RGB 三原色通道,符合视觉的需要,颜色组合更接近自然界本色,因此提取出的蚀变遥感异常图的背景均采用此组合方法。

从野外照片(图版 I-1,图版 I-2,图版 I-3,图版 I-4)可看出工作区的地形地貌属具有浅覆盖的负地形,从 II 号与 V 号斑岩体的地质简图(图3)上可以得出,II 号斑岩体的地表出露面积约 2 km^2 ,V 号斑岩体的地表出露面积约 0.84 km^2 ,二者均呈不规则状。比较蚀变遥感信息图(图版 I-5,图版 I-6,图版 I-7)与地质简图,可以发现

在遥感图上能清晰地看出岩体的出露,岩体与围岩的界限清晰,在遥感影像图上圈定2个岩体的形状及分布范围,并对地质图的岩体作比较,发现在影像图上与在地质图上圈定的岩体的形状与分布范围比较一致,表明即使有浅覆盖,也不能抑制遥感对岩体与围岩反射光谱差异的显示,遥感对圈定宏观岩体有很强的优势。

为了保证2种波段组合提取的矿物蚀变异常信息的标准一致,因此对2组处理方式得到的 PC4 进行同一水平切割。本次试验均采用 1.4σ (标准离差)对 PC4 进行切割,即切割水平为(172,173),然后对切割后的二值图像进行滤波窗为 $3 * 3$ 的中值滤波,最终得到与地质背景相符合的蚀变异常。

3.2.3.1 第一组蚀变矿物的提取

第一组蚀变矿物的遥感异常信息提取结果如图示(图版 I-5)。提取该组蚀变矿物主要采用主成分分析法,根据前面分析的该组矿物的特征吸收谱带,选择 ASTER1、ASTER3、ASTER4、ASTER(5+6)/2 波段进行组合提取异常信息。图中标注的 a 点与 b 点的位置分别对应图2中照片 II 号与 V 号斑岩体的位置,表明 a 与 b 点的蚀变异常提取与现场勘察的实际情况十分吻合,充分验证了本次蚀变遥感异常信息提取结果的准确度及可信性。另外,在 V 号斑岩体的南侧外围提取了2个异常点,标注为 c 点与 d 点,从影像图上看,该2点的异常信息并非由植被、阴影、白泥地等干扰引起的,可以不将其认为是假异常,结合所处的地质环境进行综合分析考虑,这2点的异常与矿物蚀变异常的相关性很大,因此可将该2处圈定为找矿靶区,作为下一步开展深入工作的研究区。

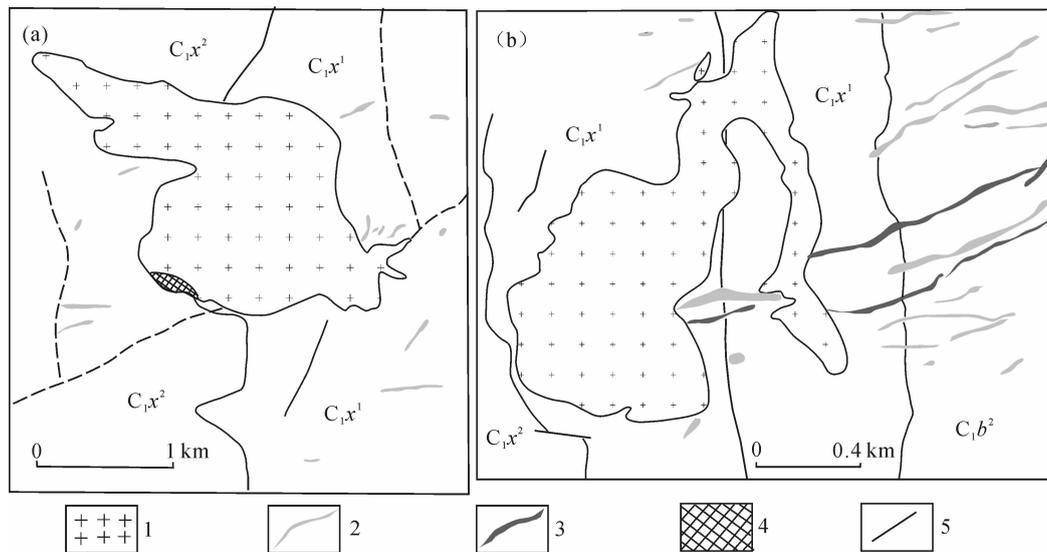


图 3 II 号与 V 号斑岩体的地质简图(据新疆有色地质勘查局资料修改)

Fig. 3 Sketch geological map of the intrusions (No. 2 and No. 5)

of the porphyry copper deposit

(compiled from the data of the Xinjiang Geological Survey for Nonferrous Metals)

(a)—II 号岩体; (b)—V 号岩体; C_1b^2 —包古图上亚组; C_1x^1 —希贝库拉斯下亚组; C_1x^2 —希贝库拉斯上亚组;

1—闪长斑岩岩体; 2—闪长玢岩脉; 3—花岗斑岩脉; 4—铜矿化范围; 5—断层

(a)—intrusion of No. 2; (b)—intrusion of No. 5; C_1b^2 —the Lower sub-Formation of the Baogutu Formation; C_1x^1 —the Lower sub-Formation of the Xibeikulasi Formation; C_1x^2 —the Upper sub-Formation of the Xibeikulasi Formation; 1—diorite porphyry intrusion body; 2—dioritic porphyrite; 3—granite porphyry; 4—copper mineralization; 5—fault

3.2.3.2 第二组蚀变矿物的提取

第二组蚀变矿物的遥感异常信息提取结果如图示(图版 I-6)。提取该组蚀变矿物同第一组蚀变矿物的提取一样主要采用主成分分析法,根据前面分析的该组矿物的特征吸收谱带,选择 ASTER1、ASTER3、ASTER4、ASTER8 波段组合进行蚀变异常信息的提取。

3.2.3.3 两组蚀变矿物信息的叠加

为了更加直观地描述提取的两类信息的空间关系,将范围较广的第一组蚀变矿物信息用矢量线(黄色)表示并存为一个图层,范围较小的第二组蚀变矿物异常信息用色块(绿色)表示也存为一个图层,然后分别将上述 2 个图层叠加于背景图像之上(图版 I-7)。研究本图可看出虽然黄色表示的蚀变范围大,但并未包括所有绿色表示的蚀变范围,二者并不属于包含关系,因此仅用其中的任何一种波段方式都不能完整地提取遥感蚀变异常。

观察每处同时出现 2 类蚀变矿物异常信息的位置,不难发现第一类蚀变矿物大多数分布于第二类蚀变矿物的外围,形状不规则,搜集的地质资料有对

岩体蚀变分带如下描述:岩体的蚀变围岩分带性不是很好,钾化和石英绢云母化带主要在花岗闪长斑岩体内接触带,而青磐岩化则在岩体与围岩中都有,第一组蚀变矿物基本上是青磐岩化蚀变矿物组合,第二组蚀变矿物基本是石英绢云母化蚀变矿物组合。综上所述,本次蚀变信息的提取结果还展现了工作区的围岩蚀变分带性,符合地质情况的描述。

4 结论

利用 ASTER 数据提取浅覆盖区——包古图 II 号、V 号斑岩体的蚀变遥感异常,取得令人满意的结果,通过本项工作研究,主要得到以下几点结论:

(1) 利用多光谱遥感影像(ASTER 数据)可能会圈定出岩体,本研究区属于植被出露较不发育、岩体露头出露小的浅覆盖区,岩体的显示效果也较显著,岩体与围岩的界限清晰,在遥感影像上圈定的岩体形状与范围与地质图上的岩体形状范围基本一致。

(2) 在地表露头出露很小的浅覆盖区也提取到了较好的蚀变遥感异常信息,提取的蚀变异常位置

与前人的地质资料及野外勘查的情况一致,这否定了遥感仅能提取基岩裸露区的异常信息,只要覆盖层中含有微弱的蚀变信息,使用特定传感器数据采用特定的波段就可提取出异常信息。作者认为,因受当地气候环境的影响,研究区覆盖层之下的蚀变矿物因蒸发淋滤作用迁移到地表,所以蚀变遥感异常信息可以被提取出来,因此覆盖层的厚度不是划分能否提取异常信息的基本物理量,关键是地表是否含有蚀变矿物。

(3)本文在原有的区分岩性基础上识别了2组含羟基的蚀变矿物(第一组包括蒙脱石、埃洛石、伊利石与绢云母;第二组包括方解石、黑云母与绿泥石),这是遥感数据从区分岩性到区分蚀变矿物的一个进步。

(4)提取的2组蚀变矿物信息还在空间上展示了一定的围岩蚀变分带性,符合对实地的野外勘察情况,正确地描述了当地的地质情况。

Terra 卫星的 ASTER 数据与 Landsat 卫星的 ETM⁺(TM)数据相比,其空间分辨率与光谱分辨率都有了很大的提高,ASTER 数据除了有可见光与近红外通道外,还增加了专门为地质矿产勘查设置的6个短波红外和5个热红外波段,可以对高岭土、绢云母、蒙脱石、绿泥石等蚀变矿物进行有效的区分。从2004年7月中国卫星地面站提供 ASTER 数据以来,ASTER 数据在国内应用于多个领域并得到发展,在引进 ASTER 数据之前,利用 ETM 数据提取羟基异常的工作较为成熟,但碍于波段数目少而未能细分不同类型的蚀变矿物,ASTER 数据的处理过程借鉴 ETM 数据的处理方法以及国外的蚀变找矿的方法,并在其之上又有所发展,有了新的突破,这归因于通道较多,能反映出更多更细的地物信息,通过实例证实,ASTER 数据在羟基信息的提取方面具有更大的优势。

注释 / Note

- ① 新疆有色地质勘查局. 2005. 托里县包古图地区斑岩铜矿铜金矿预查.

参考文献 / references

- 张玉君, 杨建民. 1998. 基岩裸露区蚀变岩遥感信息的提取方法. 国土资源遥感, 36(2): 46~53.
- 张玉君, 曾朝明, 陈薇. 2003. 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. 国土资源遥感, 56(2): 44~50.
- 杨建民, 张玉君, 陈薇. 2003. ETM⁺(TM)蚀变遥感异常技术方法在东天山戈壁区的应用. 矿床地质, 22(3): 278~286.
- 杨建民, 张玉君, 姚佛军, 吴华, 邓刚, 傅旭杰. 2006. 在荒漠戈壁浅覆盖区进行多光谱蚀变遥感异常提取的思考. 第八届全国矿床会议论文集. 北京:地质出版社, 784~786.
- 刘刚. 2002. 东昆仑五龙沟金矿围岩蚀变的遥感识别. 国土资源遥感, (4): 60~62.
- 张旺生, 黄加贵, 木合塔尔扎日, 高怀忠. 2003. 新疆东准噶尔内生金矿的遥感找矿信息. 地质科技情报, 22(2): 77~81.
- 许发军, 夏芳. 2003. 托里县包古图斑岩型铜金矿地质特征. 新疆有色金属, (增刊): 11~14.
- 章革, 连长云, 元春华. 2004. PIMA 在云南普朗斑岩铜矿矿物识别中的应用. 地学前缘, 11(4): 460.
- 毛晓长, 刘文灿, 杜建国, 许卫. 2005. ETM⁺和 ASTER 数据在遥感矿化蚀变信息提取应用中的比较——以安徽铜陵凤凰山矿田为例. 2005. 现代地质, 11(2): 309~314.
- 姚佛军, 杨建民, 张玉君, 傅旭杰, 耿新霞. 2006. 新疆土屋斑岩铜矿与沙泉子矽卡岩铅锌矿矿区岩矿波谱特征的研究及其应用前景. 第八届全国矿床会议论文集. 北京:地质出版社, 790~793.
- 朱黎江, 秦其明, 陈思锦. 2003. 提取蚀变矿物异常 ASTER 遥感数据解读与应用. 国土资源遥感, (2): 59~63.
- 张玉君, 杨建民, 姚佛军. 2006. 用 ASTER 数据进行不同类型矿床蚀变异常提取研究. 矿床地质, 25(增刊), 507~510.
- 李国昌, 张玉君. 1997. 试用主分量分析方法提取澜沧江兰坪地区铜矿化蚀变遥感信息. 国土资源遥感, 31(1): 20~30.
- 张玉君, 杨建民, 姚佛军. 2007. 多光谱遥感技术预测矿产资源的潜能——以蒙古国欧玉陶勒盖铜金矿床为例. 地学前缘, 14(5): 63~70.
- 赵英时. 2003. 遥感应用分析原理与方法. 北京:科学出版社.

The Application of ASTER Remote Sensing Data for Extraction of Alteration Anomalies Information in Shallow Overburden Area

——a Case Study of the Baoguto Porphyry Copper Deposit Intrusion in Western Junggar, Xinjiang

GENG Xinxia¹⁾, YANG Jianmin¹⁾, ZHANG Yujun²⁾, YAO Fojun¹⁾

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;*

2) *China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land & Resources, Beijing, 100083*

Abstract: Remarkable effect was achieved in exploration mineral resources using the multi-spectral remote sensing alteration anomalies. ASTER (Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) data, one of multi-spectral data, offered by China Remote Sensing Satellite Ground Station in July, 2004. Being wider wavelength (VNIR (Visible and Near Infra-red), SWIR (Short wave-length Infra-red) and TIR (Thermal Infra-red)), more wave bands (14 bands) and reasonable ratio of capability with price, ASTER data have been developed rapidly. For a long time, remote sensing information extraction of alteration anomalies in thin overburden areas is a techno-difficulty. This paper has described the alteration anomalies information in thin overburden areas, Baoguto porphyry copper deposits intrusions (No. 2 and No. 5) in western Junggar, Xinjiang, by ASTER data. The alteration anomaly information shows well consistence with the filed geological survey. Two groups alteration, with distinct different in characteristic spectrum band, have been extracted. The first group includes montmorillonite, halloysite, illite and sericite and the second includes calcite, biotite and chlorite. Anomaly targets have been put forward for advance study at last.

Key words: ASTER (Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) data; thin overburden areas; alteration anomalies information of remote sensing; classification of alteration minerals; Baogutu copper deposit; Xinjiang

中国地质学会第十一届青年地质科技奖评选揭晓

第十一届青年地质科技奖评选于 2007 年 6 月 20 日启动,各省(自治区、直辖市)地质学会,各专业委员会、各理事单位高度重视、积极组织,经初审,共推荐有效候选人 80 名。

2007 年 12 月 14 日—15 日,中国地质学会在北京组织了由 22 位专家担任评委的第十一届青年地质科技奖评审会,对各单位的上报材料进行了认真审核,进行了公正的评选。随后,初评结果在中国地质学会网站(www.geosociety.org.cn)进行了公示。2008 年 1 月 11 日,中国地质学会第三十八届理事会第八次常务理事会议决定批准于翔等 10 名同志为“第十一届青年地质科技奖金锤奖”获得者,万玲等 40 名同志为“第十一届青年地质科技奖银锤奖”获得者。

本届青年地质科技奖获得者中,女性和高职称、高学历者所占比例明显增高;基础地质类减少,能源及矿产资源类增多。

中国地质学会设立的青年地质科技奖,旨在表彰在地质科技领域取得突出成绩、思想和科学道德好、在青年同行中树为榜样的优秀青年地质科技工作者。自 1988 年设立以来,已经连续评选十一届,共评出金锤奖得主 86 人,银锤奖得主 340 人。其中有 20 名地质科技奖获得者经中国科学技术协会上报,获得了“中国青年科技奖”。“青年地质科技奖”在地质界已经具有很高的知名度,许多获奖者已成为各行业地质科技工作的学术带头人或中、高层领导。

