

哈密黑山口地区遥感蚀变信息提取特征波段优选研究

段宗恩^{1,2}, 朱谷昌^{1,2}, 张思颖¹, 姬祥永¹, 隗含涛¹, 朱莉莉¹

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 长沙 410083; 2. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

[摘 要]在遥感蚀变信息提取研究中,特征波段的选取是主要的技术关键。本文以新疆哈密市黑山口地区为研究区,利用 ETM 卫星遥感数据,在光谱数据空间几何结构特征分析的基础上,通过对七个多光谱波段的回归偏度分析,评价蚀变信息的客观存在性,从而选取针对不同类型蚀变的特征波段,然后采用主成分分析、最优密度分割等方法,提取出矿化蚀变信息,并对结果信息进行了评价。通过野外地质调查和光谱测量的实地验证,提取的蚀变信息与实地情况吻合性好,取得了较理想的效果。结论认为,次级断裂构造带上含矿化蚀变的铁镁质岩体找矿前景较好。

[关键词]遥感蚀变信息 二维散点图 回归偏度 特征波段 黑山口

[中图分类号]P627 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2012)04-0823-6

Duan Zong-en, Zhu Gu-chang, Zhang Si-ying, Ji Xiang-yang, Wei Han-tao, Zhu Li-li. Selection of characteristic bands in alteration information extraction from remote sensing images for the Heshankou area, Hami, Xinjiang[J]. *Geology and Exploration*, 2012, 48(4): 0823-0828.

引言

遥感蚀变信息提取需要两个条件:第一,研究区客观上应该存在着矿化蚀变的成矿地质背景;第二,矿化蚀变信息在遥感图像上至少应该有弱的反应(张远飞,2008)。遥感弱蚀变信息提取主要依赖于合适的算法模型,常用的方法有比值法和主成分分析方法。赵元洪等提出了波段比值的主成分复合法(赵元洪,1991),刘庆生等采用“主成分分析+比值法+分类+混合像元分解”成功地提取了内蒙哈达门沟金矿区山前钾化带遥感信息(刘庆生,1999)。目前国内外学者主要集中于蚀变信息提取算法研究(荆凤等,2005),缺乏对遥感信息结构等内在信息机理研究,本文从回归偏度和二维散点图等方面入手对蚀变信息进行分析。

针对多光谱遥感蚀变信息提取技术,主要是以岩石矿物的电磁波特征反射谱带作为理论基础,运用数学方法,从遥感图像数据中提取出矿化蚀变信息(李红,2010)。本文以新疆哈密市黑山口地区为研究区,利用 ETM 多光谱遥感数据,首先通过波段

序偶的二维散点图分析,对背景、干扰和蚀变信息三个主要对象的光谱空间结构特征进行研究,检测蚀变信息的客观存在性;再应用回归偏度理论,计算各波段的回归偏度值,从而优选出存在蚀变信息的特征波段;然后采用主成分分析、最优密度分割等方法,提取出反映客观实际的蚀变信息。

1 研究区概况

哈密黑山口地区位于哈密市东南约 150 km,地理坐标为东经 94°45'~95°;北纬 41°10'~41°20'。区内地形较缓,低山丘陵居多,无常年流水,干沟发育。

该区大地构造位置处于塔里木板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块活动大陆边缘胶结带,中亚造山带东天山东段。近东西向的黄山断裂是控制成矿岩体的主要断裂构造,侵入岩为华力西晚期的橄榄岩、苏长岩、辉石岩、闪长岩等,含镁铁-超镁铁质岩体位于下石炭统干洞组,干洞组主要为细碧岩、砂砾岩、砂砾灰岩和生物碎屑灰岩。该区的岩体铁染和矿床围岩碳酸岩化、绿泥石化强烈。本区赋矿岩体

[收稿日期]2011-12-30;[修订日期]2012-03-20;[责任编辑]郝情情。

[基金项目]国家高科技研究发展计划(863)项目(编号:2006AA06Z112)资助。

[第一作者]段宗恩(1988年—),男,黄冈市人,中南大学,在读硕士研究生,主要从事GIS和RS的应用研究。E-mail: dze2008@163.com。

包含四套岩体组合,主要为含矿橄榄岩-辉长岩组合(傅飘儿,2009)(见图1)。

铜镍硫化物矿床赋存于橄榄岩辉长岩和闪长岩组成的镁铁-超镁铁质杂岩体中,含矿岩体岩相发育完全,橄榄岩相发育,是铁镁-超铁镁质成矿岩浆作用的典型区域。

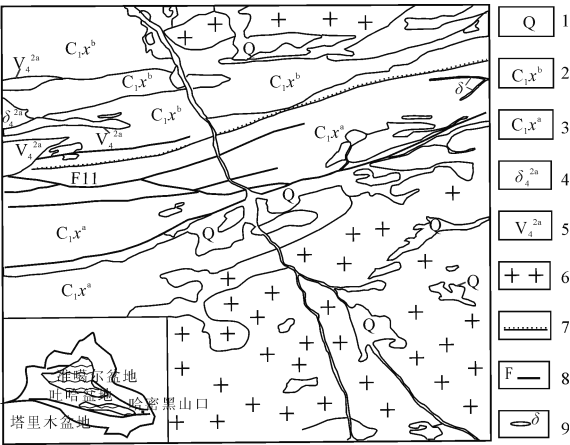


图1 哈密黑山口地区区域地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Heishankou area in Hami, Xinjiang

- 1-第四系洪积冲积物;2-下石炭统梧桐窝子亚组细碧岩;3-下石炭统干洞亚组硅质凝灰岩;4-华力西期灰色闪长岩;5-华力西期辉长岩;6-华力西期中粒花岗岩;7-不整合界线;
- 8-断层线;9-中基性岩脉

- 1-Quaternary alluvium;2-lower Cretaceous Wutongwozi Fm. spilite;3-lower Cretaceous Gandong Fm. siliceous tuff;4-Varisian grey diorite;5-Varisian gabbro;6-Varisian medium-grained granite;7-unconformity boundary;8-fault line;9-intermediate-mafic dike

2 遥感波段数据分析

2.1 遥感数据特征

本文选用 ETM 数据。以 ETM 为代表的 Landsat 类多光谱遥感数据,由于其地面覆盖范围宽,空间分辨率、光谱分辨率能满足 1 : 50000 区域地质调查及地质信息提取的要求,数据形式易于处理,多波段优化组合的图像信息丰富。ETM 的各个波段各自针对着不同的探测对象和探测目的。对于地质应用而言各个波段都能提供地质构造、地形地貌信息。波段 1~4 能够区分岩石中铁、锰矿物和含铁、锰矿物的相对含量,尤其是第 4 波段对于含三价铁的矿物比较敏感,往往借此区分岩性;第 5 波段对绿帘石族矿物的特征谱带敏感;第 6 波段识别地热异常、岩石和构造的含水性,鉴别地质构造有一定的用途;第 7 波段对于羟基矿物等具明显的光谱吸收性。

2.2 光谱空间结构特征分析

光谱数据的二维散点图所包含着丰富的信息:

- (1) 二维散点图是两个波段的联合概率密度分布的几何表达,表达了二维变量数据空间的聚类结构;
- (2) 二维散点图可以作为主成分分析的几何解释,其中 Pc1 为第一主成分轴,Pc2 为第二主成分轴。
- (3) 横坐标表示具有吸收峰的波段,纵坐标表示具有反射峰的波段。每个散点位置坐标(b_x, b_y)。坐标点位于对角线上方,必定有 $b_y > b_x$, 即 $\frac{b_y}{b_x} > 1$,反之,对角线下方的点,必定有 $b_y < b_x$, 即 $\frac{b_y}{b_x} < 1.0$ 。位于对角线上方的点才表示存在蚀变信息。

基于波段序偶的二维散点图,下面对研究区的遥感数据进行光谱空间结构几何特征分析(图2、图3)。

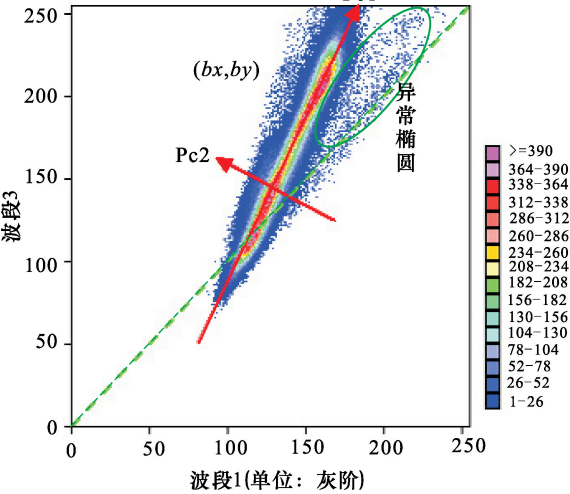


图2 ETM1、ETM3 二维散点图

Fig. 2 Planar scatter plot using bands ETM1 and ETM3

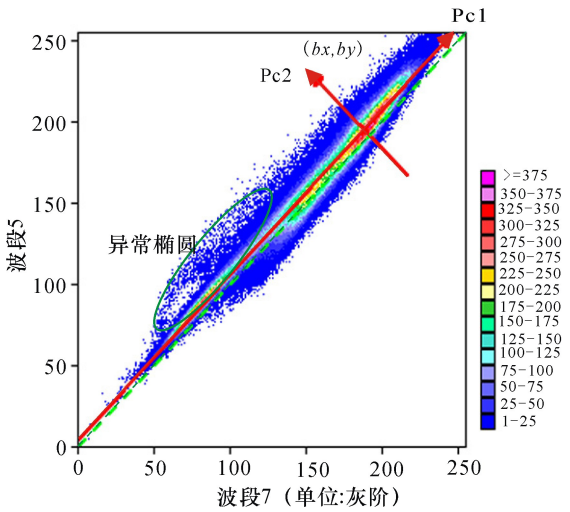


图3 ETM5、ETM7 二维散点图

Fig. 3 Planar scatter plot using bands ETM5 and ETM7

图中箭头直线表示背景主轴,虚线表示对角线。大气散射影响地物光谱反射曲线(主要为 ETM1、ETM4 波段),由此导致(ETM1、ETM3 波段)光谱空间结构发生改变(背景主轴不经过原点),大气散射影响了地物在光谱特征空间中的分布位置,但并不影响典型地物间的空间分布关系。由于铁化岩石在 ETM1、ETM2 或 ETM4 波段具有吸收带,而在 ETM3 波段具有反射峰,那么它在 ETM3 波段的反射率必定大于其它具有吸收带的波段(ETM1 或 ETM2 或 ETM4 波段),因此,在 ETM3、ETM1 二维光谱空间中,具有铁化的岩石散点位于对角线的上方,则可以从图像数据统计意义上判别该研究区有铁化信息存在。由于泥化岩石在 ETM5 为强反射,在 ETM7 为强吸收,那么它在 ETM5、7 组合中必然会位于对角线的上方,从统计意义上可以判断存在泥化蚀变信息。

黑山口地区地表主要为裸岩,图 2 大的椭圆表示该区域的岩石背景。图 2 中大部分散点位于对角线上方,该区存在铁化异常信息的可信度较高。游离于背景椭圆之外的绿线椭圆位于对角线上方,为干扰或蚀变信息,满足信息提取的基本条件。图 3 中对角线与背景主轴几乎重合,图像左下角有散点分布在背景大椭圆周边,远离背景椭圆中心,并且存在于对角线上方,可以推断 ETM5、ETM7 波段含有泥化蚀变信息。

2.3 回归偏度分析

对于遥感影像的参数与图形分析,本文主要采用序结构分析技术(张远飞,2009,2010),序结构分析是对序列数据的结构形态特征与变化规律的研究。ETM 七个波段数据可以构成波段序列,波段之间的相似性大小主要取决于两个波段的相近程度和对地物光谱响应的差异程度。波长越相近,则越相似,对地物光谱响应差异程度越小则越相似,这种相似性在波段之间是渐变的。回归偏度分析是序结构分析技术的方法之一。回归偏度计算是基于两波段,两波段回归散点图的回归轴两侧图形是不对称的,回归偏度值也是对这种不对称性的数学描述。从理论上讲,这种两侧的不对称性是由于异常信息的存在引起的。由于异常信息存在而得到的回归偏度值在理论上有正常范围,且不同地域的回归偏度值正常范围不一,不同蚀变类型的回归偏度值正常范围也有所不同。若两个波段(比如 ETM6 和 ETM7)不相关,计算出来的回归偏度太大,这种大的回归偏度值就不是因为异常信息的存在而导致的。

回归偏度值太高可能是不相关的体现。

设有线性回归方程:

$$\hat{y} = \hat{a}x + \hat{b}$$

则实测数据中 $\hat{y}_i$ 的与回归值 $\hat{y}_i$ 之间的偏差 $(y_i - \hat{y}_i)$ 的平方和为

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (\hat{a}x + \hat{b}))^2$$

n 为观测点数, Q 值改写成如下形式

$$Q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - (\hat{a}x + \hat{b}))^2}$$

Q 值称之为回归偏度,回归偏度较大预示着蚀变信息存在。

2.4 蚀变信息客观存在性评

对研究区波段数据作回归偏度分析来选择信息提取的特征波段,表 1 为六个波段的回归偏度矩阵。ETM6 波段属于热红外(10.4 ~ 12.5 μ m),与其他波段呈负相关,所以不对其进行回归偏度分析。回归偏度矩阵中,0 值表示某波段和自身的回归偏度。

表 1 TM123457 波段回归偏度矩阵

Table 1 Bands (TM123457) partial regression matrix

通道	1	2	3	4	5	8
1	0					
2	6.841	0				
3	13.861	7.091	0			
4	11.966	6.814	4.497	0		
5	20.761	16.520	15.169	14.305	0	
8	23.077	19.616	18.676	17.997	7.016	0

ETM3、ETM5、ETM7 三波段的回归偏度较大,此三波段集中了主要光谱信息。由地物波谱的物理机制可知,ETM1 和 ETM3 是两个重要的铁化蚀变特征波谱带。ETM3 的偏度较大,表明该地区的三价铁离子在该波段存的反射特征很明显,信息丰富,预示铁化信息的存在。ETM3 和 ETM7 的回归偏度最高。ETM5 和 ETM7 是羟基矿物蚀变特征波谱带,从图中可知,ETM5、ETM7 这两个波段偏度较大,说明它们载荷了较多的泥化信息。本区的特征波段选择方案如下:

- (1) 铁化蚀变异常信息主要在 ETM1、ETM3 波段;
- (2) 泥化蚀变异常信息主要在 ETM5、ETM7 波段。

3 遥感蚀变信息提取

3.1 主成分分析

多光谱各波段是高度相关的,相邻波段相关系

数更高。因此,要去除一些相关信息。主成分分析(K-L 变换)就是在一定程度上保证数据质量,消除数据冗余,将相关的波段转化成不相关的几个主成份。将研究区数据作主成分分析得到:

对 ETM1、ETM3、ETM4、ETM5 做主成分分析(见表 2)。一般而言,含铁矿物在第 1 波段波谱具有吸收特性,在第 3 波段具有反射特性(张建国, 2005)。表 1 中 PC1 和 PC2 载荷较多的背景信息。PC3、PC4 主分量中 ETM1 和 ETM3 中符号相反。PC4 中 ETM3 的绝对值大于 PC3,因此可认为 PC4 中载有较高的铁的反射率,可以看出铁化异常信息位于第四主分量,最后选择 PC4 做最优密度分割,提取铁化信息。同样选取 ETM1、ETM4、ETM5、ETM7 做主成分分析(见表 3),PC1 和 PC2 载荷较多的背景信息。PC4 中 ETM5、ETM7 波段符号相反,反射大于吸收,对 PC4 做最优密度分割提取泥化蚀变信息。

表 2 1、3、4、5 波段主成分分析表

Table 2 Principal component analysis for bands 1, 3, 4, and 5

波段	1	3	4	5	方差百分比
PC1	0.2841	0.6060	0.3287	0.6663	96.331
PC2	0.4156	0.5008	0.2014	-0.7320	3.120
PC3	0.8503	-0.3562	-0.3613	-0.1397	0.456
PC4	0.1533	-0.5050	0.8490	0.0248	0.092

表 3 1、4、5、7 波段主成分分析表

Table 3 Principal component analysis for bands 1, 4, 5, and 7

波段	1	3	4	5	方差百分比
PC1	0.2617	0.3079	0.6574	0.6361	96.629
PC2	0.7156	0.5184	-0.0817	-0.4609	2.678
PC3	0.5675	-0.4244	-0.5045	0.4933	0.471
PC4	-0.3119	0.6755	-0.5538	0.3737	0.222

3.2 最优密度分割

最优密度分割方法是将数学地质中有序地质量的最优分割法引入到遥感图像的彩色密度分割中,并加以变化改进(吴德文,2002)。密度分割是遥感信息分级的主要方法之一,该方法类似于多级阈值法,即根据图像的灰度值及其概率分布(直方图)特征选择几个分割点,将灰度值分成几个级别,分别代表不同的地物覆盖类型(张远飞,2010)。

对主成分分析的 PC4 做最优密度分割。当分

割段数达到 12 后,曲线趋于平衡,因此选 12 为合理分割段数,最优 12 段分割区间。分析对比认为第 1、2、3 分割段为铁化蚀变信息异常区,分别赋予红绿蓝三种颜色,该灰度段以外的灰度级作为背景处理,为消除噪声影响对其进行平滑滤波,而后将提取的铁化信息与 ETM1、ETM2、ETM3 波段图像进行叠加,得到图 4、图 5 铁化、泥化蚀变结果。

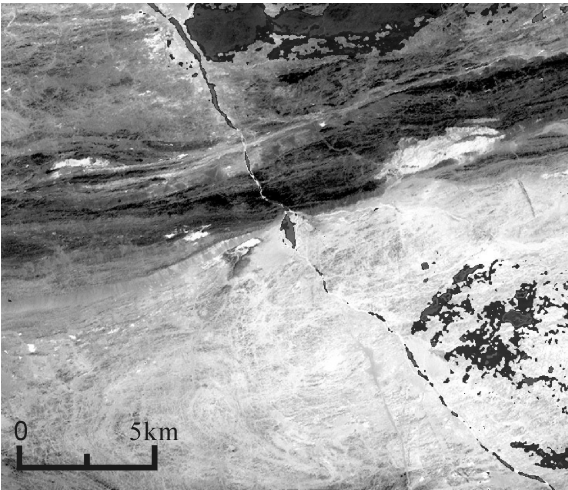


图 4 铁化蚀变图
Fig. 4 Iron-alteration image



图 5 泥化蚀变图
Fig. 5 Argillic-alteration image

4 野外实测光谱验证

设计 13 条穿越工作区地层的主干剖面线,采集野外岩石标本,利用美国 ASD(350~2500nm)光谱仪对标本岩石进行光谱测试。根据常见矿物的近红外吸收特征,400 ~ 1100nm 为 Fe 吸收谱带,2300 ~ 2500nm 为含羟基和碳酸盐矿物的特征谱带(重庆禧

等,1999;甘甫平,2003)。

在图 4 和图 5 铁化、泥化蚀变区里实测的光谱曲线中绝大部分都存在光谱特征吸收,样品也有相应的矿化蚀变。本区的铁化蚀变主要在北部钾质花岗岩和东南方向的侵入岩体中心部位(肉红色黑云母花岗岩),岩体风化强烈;干沟里也存在铁化蚀变。结合野外光谱测试,提取的铁化蚀变区主要发生铁染,地表未见黄铁矿化,干沟中的洪积物含有铁离子。该区铁化对成矿作用意义不大。该区泥化蚀变主要有绿泥石化、蛇纹石化、绿帘石化、碳酸岩化,偶见滑石化,并沿黄山断裂带分布,提取的泥化蚀变信息与实际情况相符。在南部的大岩体周边,靠近断裂带处有绿泥石化蚀变分布,热液活动强烈;东部的花岗岩见有泥化,酸性岩体的泥化蚀变对铜镍硫化物矿床成矿意义不大;北部的硅质凝灰岩泥化蚀变也比较强烈,成片状分布;矿床附近的灰色闪长岩和辉长岩见有蛇纹石化、绿泥石化,对成矿有利。本次所提取的蚀变信息与实测蚀变区吻合性好。

5 结论

本文基于回归偏度理论对蚀变信息客观存在性进行评估,准确地锁定含蚀变信息的波段,对含蚀变信息波段做主成分分析,最终利用最优密度分割法提取出蚀变信息。

(1) 在波段序结构理论指导下,通过回归偏度分析来理解光谱特征信息,这对遥感蚀变信息提取具有重要意义。通过回归偏度分析确定蚀变信息潜在波段,对蚀变信息提取工作具有较高的实用价值。

(2) 光谱曲线显示的波谱反射吸收特征与主成分分析中的特征向量矩阵表示的蚀变信息机理存在一致性,将实测光谱数据与蚀变信息提取结果对比,吻合性好。

(3) 超铁镁质岩体的矿化蚀变与铜镍硫化物矿床成矿关系密切,次级断裂带为热液上升提供通道,位于次级断裂构造带上的辉长岩泥化蚀变对成矿有利。在以后工作中应该注意次级断裂构造带上铁镁质岩体的蛇纹石化、绿泥石化、碳酸岩化信息。

[References]

Chen Song-ling, Lu Fu-hong, Gao Guang-ming. 2001. Inner Mongolia section gold wall-rock alteration of remote sensing recognition [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 48(02): 13-18 (in Chinese)

Fu bi-hong, Chou Xiao-we. 1995. Hydrocarbons of spectral reflectance characteristics and its significance in oil and gas exploration [J]. Remote Sensing Technology and Application, 10(2): 20-22 (in Chinese)

nese)

Fu Piao-cr. 2009. Metallogenic magmatism of Huangshan Cu-Ni sulfide deposit in Xinjiang [J]. GeoChimica, 9: 432-448 (in Chinese)

Gan Fu-ping, Wang Run-sheng, Ma Ai-nai. 2003. Spectral identification tree (SIT) for mineral extraction based on spectral characteristics of minerals [J]. Earth Science Frontier, 10(2): 445-454 (in Chinese with English abstract)

Hu Pei-qing. 2010. Petrogenetic and ore-forming processes of Huangshandong Cu-Ni sulfide deposit in Hami, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 2: 0258-7106 (in Chinese with English abstract)

Jing Feng, Chen Jian-ping. 2005. Mineralized alteration of remote sensing information extraction method and reviewed in this paper [J]. remote sensing information, 45(2): 62-65 (in Chinese with English abstract)

Li Hong, Zhu Gu-chang. 2010. Pilot study on reflectance spectral features of objects in mineralization areas [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 83(1): 89-95 (in Chinese with English abstract)

Liu Qing-sheng, Yan Shou-xun, Ma Chao-fei. 1999. Potassium remote sensing information extraction of Inner Mongolia Ha damen gold mining area [J]. Remote Sensing Technology and Application, 14(3): 7-11 (in Chinese with English abstract)

Liu Yan-jun. 1991. Remote sensing the principle and method of prospecting [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 3-7 (in Chinese)

Meng Guang-lu. 2008. Studies of Cu-Ni Sulfide Mineralization in the Huangshandong mafic-ultramafic intrusion, Hami, Xinjiang [D]. Lanzhou: Lanzhou University: 1-150 (in Chinese)

Shen Li-xia, Liu Li-ping, Su Xin-xu. 2008. Different vegetation coverage areas remote sensing mineralized alteration extraction research [J]. Geoscience, 22(2): 293-298 (in Chinese with English abstract)

Tong Qing-xi, Tian Guo-liang. 1990. China typical features and the spectrum analysis [M]. Beijing: Science Press: 1-50 (in Chinese)

Wu De-wen, Zhang Yuan-fei, Zhu Gu-chang. 2002. Remote sensing rock information extraction basing on optimal density segmentation [J]. Remote Sensing For Land & Resources, (4): 51-54 (in Chinese)

Zhang Jian-guo. 2005. Remote sensing spectrum information extraction and metallogenic prediction [D]. Changsha: Central South University: 1-50 (in Chinese)

Zhang Yuan-fei, Wu De-wen, Zhu Gu-chang. 2008. Remote-sensing detection of alteration information background and interference studies [J]. Remote Sensing For Land & Resources, (2): 22-26 (in Chinese)

Zhang Yuan-fei, Wu Jian-sheng. 1999. Based on remote sensing image extraction Alteration Information [J]. Non-ferrous metals mining and exploration, 8(6): 604-606 (in Chinese)

Zhang Yuan-fei, Yang Zi-an, Zhu Gu-chang. 2009. Remote-sensing image information on detection of altered spatial structure of spectral data analysis [J]. Remote Sensing Information, (1): 3-9 (in Chinese)

Zhang Yuan-fei, Zhu Gu-chang, Wu De-wen. 2007. Geological survey of remote sensing alteration mineral multi-level separation and extraction

of information technology and application [J]. China Association of Remote Sensing Applications, Annual Meeting: (in Chinese)

Zhang Yuan-fei, Wu De-wen, Zhang Yin-in, Zhu Gu-chang, Li Hong. 2010. High-band spectral data analysis and application of coherent structures [J]. Remote Sensing For Land & Resources, 21 (1):30-38 (in Chinese with English abstract)

Zhang Zong-gui, Wang Yun-sheng, Guo Xiao-fang. 2003. Based on the spectral characteristics of spectral imaging remote sensing mineral recognition [J]. Earth Science Frontiers, 10(2):437-443 (in Chinese with English abstract)

Zhao Peng-da, Cheng Yong-qin. 1999. Theory and practice of geonomy in mineral exploration [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press:1-150 (in Chinese)

Zhao Yuan-hong. 1991. The application of principal component intergration of band ration to extracting hydrothermal alteration information [J]. Remote Sensing for Land&Resources, (3):83-87 (in Chinese)

[附中文参考文献]

陈松岭,卢福宏,高光明. 2001. 华北地台北缘内蒙古段金矿围岩蚀变的遥感识别[J],国土资源遥感,48(02):13-18

傅碧宏,丑晓伟. 1995. 烃类物质的反射光谱特征研究及其油气勘探意义[J]. 遥感技术与应用, 10(2):20-22

傅飘儿. 2009. 新疆黄山铜镍硫化物矿床成矿岩浆作用过程[J]. 地球化学,9:432-448

甘甫平,王润生,马蔼乃. 2003. 基于特征谱带的高光谱遥感矿物谱系识别[J]. 地学前缘,10(2):445-454

胡沛青. 2010. 新疆哈密黄山东铜镍硫化物矿床成岩成矿作用[J]. 矿床地质, 2:0258-7106

荆凤,陈建平. 2005. 矿化蚀变信息的遥感提取方法综述[J]. 遥感信息,45(2):62-65

李红,朱谷昌,张远飞. 2010. 矿化蚀变区典型地物光谱特征分析—以内蒙古突泉县扎鲁特旗成矿带为例[J]. 国土资源遥感, 83

(1):89-95

刘庆生,燕守勋,马超飞. 1999. 内蒙哈达门沟金矿区山前钾化带遥感信息提取[J]. 遥感技术与应用,14(3):7-11

刘燕君. 1991. 遥感找矿的原理和方法[M]. 北京:冶金工业出版社:3-7

孟广路. 2008. 新疆哈密黄山东铜镍硫化物矿床成岩成矿作用研究[D]. 兰州:兰州大学:1-50

沈利霞,刘丽萍,苏新旭. 2008. 不同植被覆盖率地区遥感矿化蚀变提取研究[J]. 现代地质, 22(2):293-298

童庆禧,田国良. 1990. 中国典型地物波谱及其特征分析[M]. 北京:科学出版社:1-50

吴德文,张远飞,朱谷昌. 2002. 遥感图像岩石信息提取的最优密度分割方法[J]. 国土资源遥感, (4):51-54

张建国. 2005. 遥感多光谱成矿信息提取与成矿预测[D]. 长沙:中南大学:1-50

张远飞,吴德文,张良中,朱谷昌,李红. 2010. 高光谱数据的波段序结构分析与应用研究[J]. 国土资源遥感,21(1):30-38

张远飞,吴德文,朱谷昌. 2008. 遥感蚀变信息检测中背景与干扰问题研究[J]. 国土资源遥感, (2):22-26

张远飞,吴健生. 1999. 基于遥感图像提取矿化蚀变信息[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6):604-606

张远飞,杨自安,朱谷昌. 2009. 遥感图像蚀变信息检测中的光谱数据空间结构分析[J]. 遥感信息, (1):3-9

张远飞,朱谷昌,吴德文. 2007. 地质矿产调查的遥感蚀变信息多层次分离提取技术与应用[J]. 中国遥感应用协会 2007 年学术年会

张宗贵,王润生,郭小方. 2003. 基于地物光谱特征的成像光谱遥感矿物识别方法[J]. 地学前缘, 10(2):437-443

赵鹏大,陈永清. 1999. 地质异常成矿预测理论与实践[M]. 北京:地质大学出版社:1-150

赵元洪. 1991. 波段比值的主成分复合在热液蚀变信息提取中的应用[J]. 国土资源遥感, (3):83-87

Selection of Characteristic Bands in Alteration Information Extraction from Remote Sensing Images for the Heishankouyong Area, Hami, Xinjiang

DUAN Zong-en^{1,2}, ZHU Gu-chang^{1,2}, ZHANG Si-ying¹,JI Xiang-yong¹,WEI Han-tao¹,ZHU Li-li¹
(1. Centre South University, Changsha, Hunan 410083;
2. China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012)

Abstract:Selection of characteristic bands is a critical process for extracting mineral alteration information from remote sensing images. Taking the Heishankou area in Hami of Xinjiang as an example, we make geometric structural analysis of spectral data space and use ETM data to study the partial regression of the 7 ETM bands, and to evaluate mineral alteration information from these data. Then we select the characteristic bands for varied alteration types to extract alteration information, and use the principal component analysis method and the optimal density separation method to extract mineral alteration information. Field geological survey and spectral measurements prove that the extracted alteration information is consistent with the real situation, indicating the ideal result of this method. And this work suggests that the mineralized alteration — bearing ferruginous rock bodies on the secondary fault zone shows a good prospecting potential.

Key words:remote sensing alteration information, planar scatter plot, partial regression, characteristic band, Heishankou