doi:10.3969/j.issn.1674-3636.2010.01.28

乌拉山地区遥感蚀变信息提取研究

向美琳[1,2],陈建国[1,2],刘祥旭[1,2]

(1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,湖北 武汉 430074;2. 中国地质大学资源学院,湖北 武汉 430074)

摘要:根据研究区蚀变岩在ETM图像上的光谱特征,利用比值增强、主成分分析及比值增强后主成分分析等方法,对内蒙古乌拉山地区蚀变岩信息进行增强,进而采用均值加标准差与最优密度分割相结合的方法对蚀变信息进行提取和分析。通过多层次的筛选和评估,划出真异常区,制作遥感异常图。

关键词:遥感;蚀变信息;比值;主成分分析;信息筛选;内蒙古

中图分类号:P715.7　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1674-3636(2010)01-0028-05

0 引 言

围岩蚀变是由于含矿热液与围岩化学成分不同及物化条件的不平衡而引起的热液对围岩的交代作用,是找矿的重要标志之一。岩石蚀变信息反映在遥感信息中,表现为一种较弱的色调异常,可通过一系列的图像处理过程,将异常信息分离出来。国外从20世纪80年代中期开展这方面工作,并取得长足的进展。国内则始于20世纪90年代,1995年,何国金等提出的"微量信息处理技术"为基于多波段遥感数据提取矿化蚀变信息提供了原理支撑。1997年,马建文提出"ETM掩膜+主成分变换+分类识别"提取矿化弱信息方法(MPH)。1999年,张远飞等利用"多元数据分析+比值+主成分变换+掩膜+分类(分割)"的方法在新疆、内蒙古、江西、云南成功提取了金矿化蚀变信息。张玉君等用与矿化相关的蚀变岩在ETM图像上亮度值曲线的双峰特性(ETM3和ETM5高值)提取蚀变岩信息。

以内蒙古乌拉山地区为例,笔者从研究区蚀变特征及多波段图像矿化信息的光谱特征出发,通过比值增强、主成分分析以及二者相结合的方法对遥感蚀变信息进行提取研究,并通过多层次筛选评估,提取矿化异常区,在找矿中取得了较好的效果。

1 区域地质背景

研究区位于内蒙地轴阴山台拱中西端南缘乌拉山—大青山复式背斜轴部的中段(图1)。

区内出露的主要地层为晚太古界乌拉山群老变质岩系,其岩性主要是含金背景值较高的黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩、黑云二长片麻岩、蛇纹石化大理岩夹含铁石英岩及部分混合岩类。构造复杂,断裂、褶皱十分发育,控矿构造以东西向断裂为主。金矿体主要分布于乌拉山—大青山南麓山前大断裂北侧近东西向的次级剪切断裂带中。区内岩浆活动频繁,不同方向的断裂均被不同期次的中酸性侵入体及伟晶岩脉、石英脉、钾长石脉、含金石英钾长石脉和一些中基性岩脉所充填。脉体比较发育,以华力西、印支、燕山期中酸性侵入体为主。出露于乌拉山中部,大桦背黑云母花岗岩岩体是本区最大的岩体,与矿化关系密切,金矿体主要产在该岩体以东一定距离内的老变质岩系中。

本区围岩蚀变强烈,主要有钾长石化、硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、绢云母化、绿泥石化及碳酸盐化。局部发育镜铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化、绿帘石化和萤石化。其中与矿化关系比较密切的蚀变是钾化、硅化、黄铁矿化、褐铁矿化和绿泥石化。围岩蚀

收稿日期:2009-10-14;编辑:陆李萍

基金项目:国家自然科学基金项目(40772197);国家高技术研究发展计划863项目(2006AA06Z113);"十一五"国家支撑计划课题(2006BAB01A01203);教育部创新团队基金(IRT0755)

作者简介:向美琳(1983—),女,湖南怀化人,硕士研究生,地球探测与信息技术专业.

万方数据

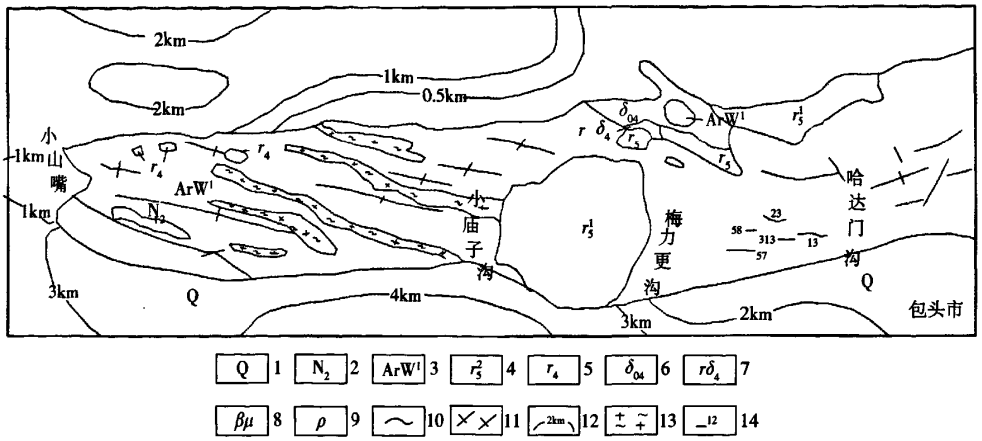


图1　乌拉山矿区地质略图

1-第四系;2-上第三系上新统;3-太古界乌拉山群;4-燕山期黑云母花岗岩;5-华力西期花岗岩;6-华力西期石英闪长岩;7-华力西期花岗闪长岩;8-辉绿岩;9-伟晶岩脉;10-断裂构造;11-褶皱构造;12-航磁推测基岩埋藏等深线;13-乌拉山群花岗质混合岩;14-含金石英钾长石脉及编号

变严格受断裂构造控制,其空间分布表现为明显的线性分布特征,一般呈带状分布于矿脉两侧,多期次热液活动的结果使各种蚀变在构造裂隙两侧重复叠加。

2　研究区蚀变特征

2.1　钾化

本区哈达门沟金矿是与"钾化"密切相关的金矿床,钾化在哈达门沟金矿区非常发育,蚀变岩石呈红色、褐红色,沿断裂呈带状分布,其延长及宽度都较大,含金钾长石矿化脉,含金石英矿化脉是主要的赋金岩石。但是钾化不像粘土化、碳酸岩盐化等与金矿有关的蚀变那样在400nm～2 500nm有其特征的吸收峰,而且地表钾化中钾长石易风化蚀变为高岭石等粘土矿物,不易区分。因此,本次数据处理中将地表钾化信息基本包含在羟基信息里。

2.2　黄铁矿化与褐铁矿化

黄铁矿是主要载金矿物,与金矿化关系十分密切,黄铁矿化一般伴随硅化出现,多呈浸染状、团块状、不规则粒状集合体的形式出现。黄铁矿化的发生往往伴随着金的硫络合物分解,是金矿化的主要标志。本区黄铁矿多风化成褐铁矿,但仍保留黄铁矿假象。特别是在蜂窝状硅化强烈时,常伴随强烈的褐铁矿化,而且金含量高,往往形成石英-褐铁矿矿石。

3　数据处理

本次研究以植被、云等干扰因素较少的内蒙古包头地区2000年6月份美国Landsat 7卫星ETM图像为信息源。

3.1　数据预处理

根据研究区不同地物之间的光谱剖面特征和亮度值域变化特征,在ENVI软件支持下,首先采用特定阈值对ETM4/ETM3、(ETM2－ETM5)/(ETM2＋ETM5)等图像进行密度分割,分别提取植被、阴影与水体等干扰因素,然后对原始图像进行掩模处理,达到消除这些干扰因素影响的目的。

3.2　构造解译

通过对研究区遥感影像进行处理,边缘增强、灰度拉伸、方向滤波、比值分析、卷积运算等,结合ETM7、4、1与Pan8融合为底图进行目视解译,获取构造信息。可以看出,区内除山前大断裂呈东西走向外,还有大桦背岩体西侧以北东向为主的构造及以东侧北西向控制东西向等构造信息。

3.3　蚀变信息增强

由于铁染蚀变(褐铁矿化等)、羟基蚀变存在于

万方数据

绝大多数成矿岩体中，提取这两种蚀变信息基本可以确定研究区成矿岩石的分布情况。所以常见的蚀变作用如褐铁矿化、粘土化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硫酸盐化等，其蚀变范围的确定也可大致从上述两种蚀变信息得出（图 2）。

铁染蚀变岩类（铁帽和褐铁矿化岩石）在可见光 - 近红外波段有明显的吸收谷，它们分别在 500nm 和 900nm 附近，从波长 900nm 处开始，反射率随波长增加急剧上升，至1 400nm附近达最高值，在1 600nm ~ 1 750nm区间内呈高值平稳状态。反映在 ETM1 与 ETM4 波段上具有明显的吸收谷，在 ETM3 波段具相对较高反射率。

羟基蚀变（绿泥石化、碳酸盐、高岭石）矿物的吸收谷出现在2 000nm ~ 2 500nm，在 ETM7 波段上有一个较强的光谱吸收带，在 ETM5 波段存在较高的反射率（图 3）。

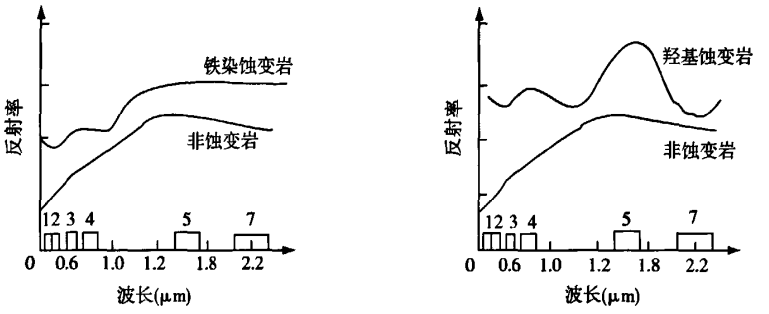


图 2 蚀变与非蚀变岩石光谱特征曲线对比

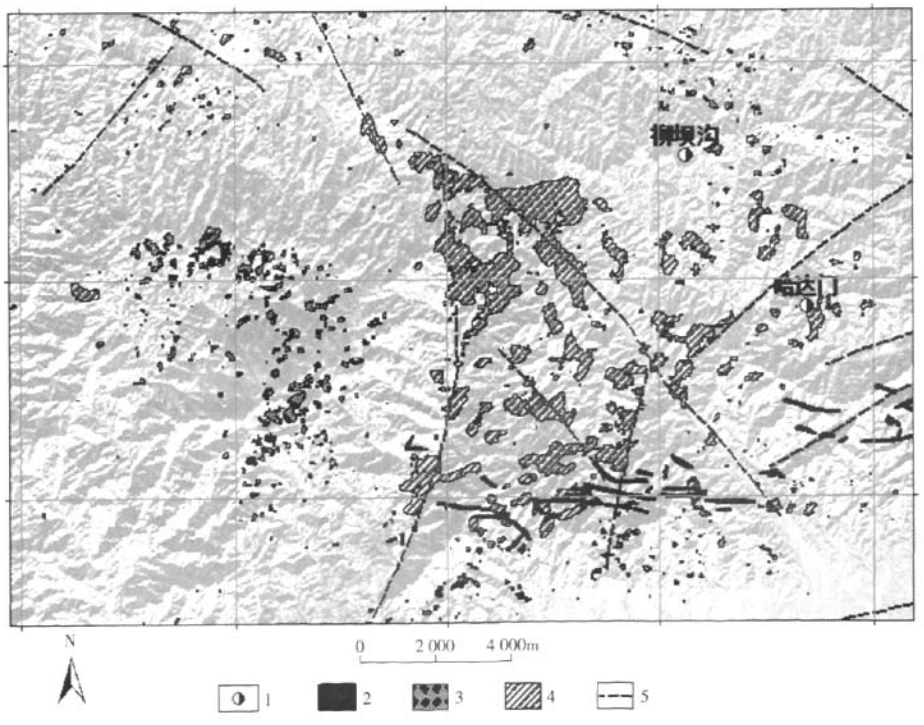


图 3 综合遥感蚀变异常图（局部）

1-矿点；2-矿脉；3-羟基异常；4-铁染异常；5-线性构造

万方数据

3.3.1　波段比值　通过两个波段对应像元的亮度值之比、波段比值的运算组合以及几个波段组合的对应像元亮度值之比,可在增强矿化信息的同时,压抑其他干扰信息。

① 铁染信息提取:根据褐铁矿化蚀变信息的光谱特征,采用具反射峰的 ETM3、ETM5、ETM7 波段与存在吸收谷的 ETM1、ETM4 波段分别进行比值试验,发现 ETM7/ETM1,ETM5/ETM4 及 ETM3/ETM1 能显著增强氧化铁矿物波谱吸收特征,是进行褐铁矿化蚀变信息识别较为理想的方案。

② 羟基信息提取:羟基蚀变矿物在 ETM5 波段上有较强的反射率,而在 ETM7 波段上反射率处于极低值。因此,ETM5/ETM7 对于发现和提取此类矿物引起的波谱异常较为有效。另外,ETM5/ETM7 - ETM4/ETM3 组合还可以增强羟基矿物信息并压抑植被信息。

3.3.2　主成分分析法　根据蚀变岩石光谱信息理论,采用主成分析法,能够对 ETM1、3、4、5 和 ETM1、4、5、7 两组主成分进行分析,分别提取铁染和羟基信息。

对 ETM1、3、4、5 进行主成分分析结果如表 1 所示。据表 1 分析,PCA4 的 ETM3 系数与 ETM1 的系数符号相反,与 ETM5 的系数符号相同,符合代表铁染主分量的判断准则。因此,铁染信息包含于 PC4 这一主分量内,将该主分量作为铁染异常主分量。

表 1　ETM1、3、4、5 波段主成分分析各分量载荷系数

主分量	ETM1	ETM3	ETM4	ETM5
PCA1	0.421 352	0.522 934	0.441 326	0.595 176
PCA2	0.815 025	0.058 487	-0.076 976	-0.571 304
PCA3	0.395 961	-0.621 812	-0.387 633	0.553 449
PCA4	0.037 574	-0.580 060	0.805 635	-0.114 329

对 ETM1、4、5、7 进行主成分分析结果如表 2 所示。据表 2 分析,PCA4 分量主要包含 ETM5、ETM7 波段信息,且 ETM5 系数与 ETM7 及 ETM4 的系数符号相反,与 ETM1 系数符号相同。依有关地物的波谱特征,羟基信息包含于这一主分量内,把此主分量作为羟基异常主分量。

表 2　ETM1、4、5、7 波段主成分分析各分量载荷系数

主分量	ETM1	ETM4	ETM5	ETM7
PCA1	0.187 807	0.411 823	0.655 450	0.604 579
PCA2	0.751 147	0.524 238	-0.276 340	-0.290 842
PCA3	0.606 611	-0.70 2956	-0.068 723	0.364 902
PCA4	-0.180 360	0.247 850	-0.699 499	0.645 556

3.3.3　比值增强后主成分分析　由于 ETM5/ETM1、ETM7/ETM1、ETM5/ETM4 以及 ETM3/ETM1 可以增强铁染蚀变矿物特征,而(ETM5/TM7 - ETM4/ETM3)可以增强羟基矿物信息并压抑植被信息。故对 ETM3/ETM1、ETM5/ETM1、ETM5/ETM4 及 ETM5/ETM7 - ETM4/ETM3 进行主成分分析,得到的各分量载荷系数如表 3 所示。从表 3 可以看出,PCA2 在增强铁染蚀变信息的 ETM3/ETM1、ETM5/ETM1 及 ETM5/ETM4 各个分量上均为正值。因此,它包含铁染蚀变信息,可作为铁染异常主分量。而羟基蚀变信息主要包含在 PCA1 中,可作为羟基异常主分量。

表 3　比值增强后主成分分析各分量载荷系数

主分量	ETM3/ETM1	ETM5/ETM1	ETM5/ETM4	ETM5/ETM7 - ETM4/ETM3
PCA1	0.002 464	0.004 333	-0.001 288	0.999 987
PCA2	0.451 721	0.850 973	0.267 905	-0.004 455
PCA3	-0.109 767	-0.244 984	0.963 290	0.002 573
PCA4	-0.885 378	0.464 552	0.017 255	0.000 191

3.4　异常信息提取及筛选

常用的遥感异常信息提取方法是利用确定异常和背景的划分标准以及阈值的大小,然后再从蚀变异常信息增强后的图像上提取矿化蚀变异常。本次研究根据对已有矿床、矿点资料的对比,利用平均值加减 2.5 倍标准差的值作为背景与异常分割的最佳阈值,从而提取比值图像中的异常;对于主成分分析图像进行最优密度分割来划分异常。即使通过上述方法提取的异常信息仍然存在大量假异常,因此对所提取的异常进行以下筛选。

3.4.1　遥感数据叠加筛选　虽然异常提取方式,增强方法不同,但处理对象与目的一样,因此可以采用多个比值异常间的组合、比值异常与主成分异常组

万方数据

合来对蚀变异常进行筛选。

本次研究的铁染蚀变异常图选用了比值异常图(ETM7/ETM1、ETM5/ETM4、ETM3/ETM1)、主成分分析异常图(ETM1、3、4、5 取 PCA4 取反)以及比值增强后主成分分析异常图(PCA2)叠合。羟基蚀变异常图选用了比值异常图(ETM5/ETM7 - ETM4/ETM3)、主成分分析异常图(ETM1、4、5、7 取 PCA4)以及比值增强后主成分分析异常图(PCA1)叠合。

3.4.2 *地质矿产资料筛选* 通过与研究区的地质、综合化探和矿产等资料相结合分析,进一步筛选和评估遥感蚀变异常。把数据处理分析得到的异常分别与已知矿床(点)、构造资料和蚀变带、层控地层(岩层、岩体)进行综合分析,剔除伪异常,得到遥感异常图(图 3)。

4 结 语

代表铁染蚀变异常的含铁蚀变矿物主要分布于大桦背岩体东部,另外西部及北部有少量分布。其分布走向主受断裂构造和岩浆岩控制。羟基异常区代表了高含水性蚀变矿物集中分布区,如绿泥石化、绢云母化及绿帘石化等,其分布零星且范围较广,但仍能看出受到断裂构造及岩浆岩控制的痕迹。

大桦背岩体东侧现有的哈达门、柳坝沟矿田,这与笔者提取出的大桦背岩体东侧大面积遥感蚀变异常相吻合,说明本次提出的异常具有一定的可信度,可为该区进一步找矿提供参考。

参考文献:

[1] CROSTA A, MOORE J MCM. Enhancement of landsat thematic mapper imagery for residuals oil mapping in sw Minais Gerais State, Brazil: a prospecting case history in Greens tone beltter-rain[C]//Proceedings of the 7th ERIM Thematic Conference: Remote Sensing for Exploration Geology, 1989, 1173 - 1187.

[2] LOUGHLIN W P. Principal component analysis for alteration mapping [J]. Photo Grammetric Engineering and Remote Sensing, 1991 (57): 1163 - 1169.

[3] 何国金,胡德永,陈志军,等. 从 ETM 图像中直接提取金矿化信息[J]. 遥感技术与应用,1995,10(3):51 - 54.

[4] 马建文. 利用 ETM 数据快速提取含矿蚀变带方法研究[J]. 遥感学报,1997, 1(3):208 - 213.

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

[6] 张玉君,杨建民. 基于裸露区蚀变岩遥感信息的提取方法[J]. 国土资源遥感,1998(2):46 - 53.

[7] 张玉君,杨建民,陈薇. 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(4): 30 - 36.

[8] 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(2):44 - 49.

Study on extraction of remote sensing alteration information in Wulashan

XIANG Mei-ling[1,2], CHEN Jian-guo[1,2], LIU Xiang-xu[1,2]

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. School of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: According to the spectral characteristics of the altered rocks in the ETM image of the study area, the authors enhanced the altered rock information along Wulashan region in Inner Mongolia through using the value enhancement, principal component analysis and principal component analysis after enhanced, and made extractions and analyses on the alteration information by using the methods of mean plus standard deviation and in combination with the optimistic density separation. Through multi-level selection and assessment, the authors extracted the real anomaly areas and made remote sensing anomaly maps.

Keywords: Remote sensing; Alteration information; Value; Principal component analysis; Information filtration; Inner Mongolia

万方数据