

内蒙古西乌珠穆沁旗地区围岩蚀变的 遥感信息提取

马文征, 王铁军

(中钢集团 天津地质研究院有限公司, 天津 300181)

摘要: 根据研究区岩石光谱特征位置选择 ETM 波段; 通过图像掩膜去除集中分布的地表干扰信息, 再用主成分变换方法增强蚀变信息; 用假彩色合成和非监督分类提取蚀变信息。

关键词: ETM, 蚀变遥感异常; 西乌珠穆沁旗; 内蒙古自治区

中图分类号: TP751.1; P614 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)03-0265-06

0 引言

利用遥感技术进行大区域地质调查现已成为人们普遍采用的技术手段, 各种比例尺的区域地质调查中的遥感技术应用方法已经成熟, 逐步被列入地质调查工作规范中^[1]。为配合内蒙古西乌珠穆沁旗地区内矿产资源调查与评价工作, 运用遥感技术, 开展地质构造解译和围岩蚀变信息提取研究。

在研究中, 我们收集了研究区(117°26′~118°04′; 44°06′~44°34′)的 Landsat 7 ETM+ 遥感数据, 图幅编号: e12929, 时相: 2000-05-16, 面积约 3 361 km²。图像的质量良好, 数据完整, 云的覆盖极少。

对 ETM+ 遥感数据进行构造解译和围岩蚀变信息提取的数据处理软件平台为 ENVI 4.2 和 MAPGIS 6.7。

1 区域地质概况

内蒙古西乌珠穆沁旗地区位于西伯利亚板块与华北板块大陆边缘增生和碰撞过渡区^[2], 地处内蒙古锡林郭勒草原, 地表覆盖严重。

(1) 地层。①下古生界锡林郭勒片麻岩(图 1): 以片麻岩、片岩、变粒岩为主, 分布于研究区的西南部; ②上古生界石炭系: 碎屑岩夹火山岩, 硅质岩及

结晶灰岩, 出露于本区中部; ③上古生界二叠系: 出露广泛, 有以流纹岩、安山岩为主要岩性的海相火山岩, 还有灰岩、砂岩和砾岩等; ④中生界侏罗系: 岩性为泥岩、粉砂岩、黏土岩, 火山碎屑岩、安山岩、凝灰岩、砂砾岩、玄武岩和流纹岩, 仅分布在研究区南部; ⑤白垩系: 岩性为砾岩、砂砾岩、砂砾岩夹粉砂岩及层凝灰岩; ⑥第四系: 广布于区内沟谷洼地中。

(2) 岩浆岩。区内岩浆岩分布广泛, 侵入岩分布于研究区东南部, 火山岩遍及全区。

(3) 构造。以 NE 向构造为主, 次为与 NE 向构造垂直或近于垂直的 NW 向构造, 少量 EW 向构造。区内现已查明的内生矿床大部分与燕山期花岗岩有关^[3]。

2 岩石、矿物的波谱特征

在目前的 3 个大气窗口, 即可见光-近红外(0.4~1.1 μm)、短波红外(1.1~2.5 μm)和热红外(8~14 μm)中, 不同的波长范围可以识别特定的岩石矿物^[4](组合)(表 1)。常见的蚀变矿物组合在陆地卫星多光谱波段中有不同的表现。以 ETM 图像为例:

(1) 铁氧化物(包括含铁矿物): 如褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、黄铁钾矾等矿物, 含有大量的 Fe³⁺ 及少量的 Fe²⁺, 在可见光波段 0.045~0.052 μm (相当于 ETM 1) 和 0.76~0.90 μm (相当于 ETM 4) 波段有

收稿日期: 2010-04-01; 修回日期: 2010-08-03

作者简介: 马文征(1982), 男, 甘肃漳县人, 助理工程师, 2006年毕业于中南大学, 从事遥感技术与 GIS 技术在矿产勘查中的应用研究。

通信地址: 天津市河东区友爱东道平房 4 号, 中钢地质院矿产地质研究所; 邮政编码: 300181; E-mail: ma_wenzheng@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

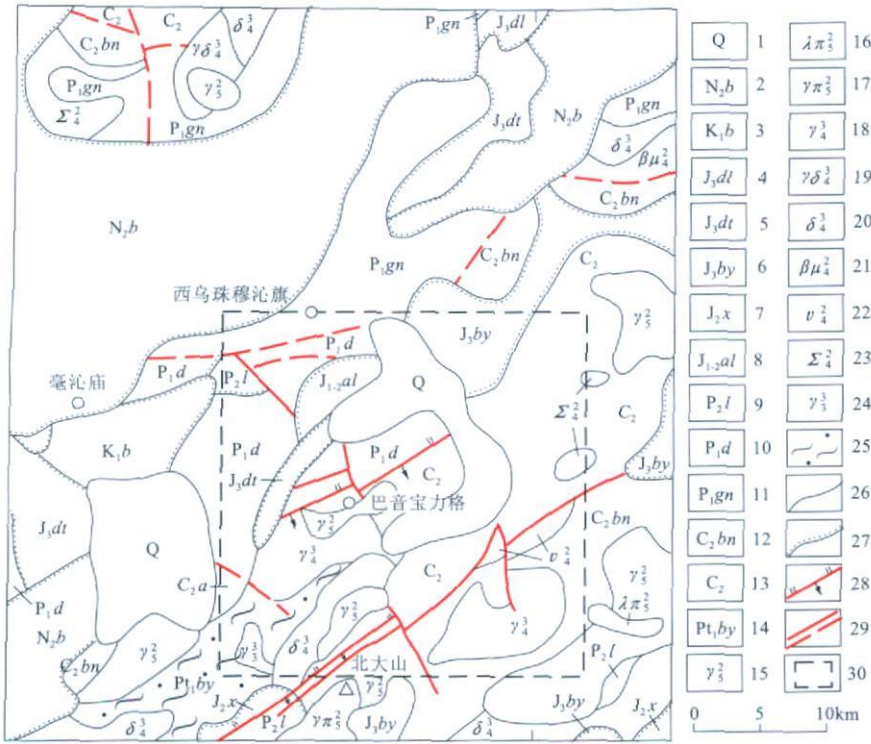


图1 西乌珠穆沁旗地区区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of Xi Ujimqin Banner

1. 第四系 2. 上新统宝格达乌拉组 3. 下白垩统巴彦花组 4. 上侏罗统布拉根哈达组 5. 上侏罗统特诺尔图组 6. 上侏罗统白音高老组 7. 中侏罗统新民组 8. 下侏罗统阿拉坦合力组 9. 上二叠统林西组 10. 下二叠统大石寨组 11. 下二叠统格根敖包组 12. 上石炭统本巴图组 13. 阿木山组和本巴图组并层 14. 下古生界宝音图组 15. 燕山早期花岗岩 16. 燕山早期石英斑岩 17. 燕山早期花岗岩斑岩 18. 华力西晚期花岗岩 19. 华力西晚期花岗岩闪长岩 20. 华力西晚期闪长岩 21. 华力西中期辉绿岩 22. 华力西中期辉绿岩 23. 华力西中期超基性岩 24. 加里东晚期花岗岩 25. 混合岩化变质岩 26. 地质界线 27. 不整合地质界线 28. 逆断层 29. 断裂 30. 研究区范围

表1 波段范围与可识别矿物表(据 J. V. Tarank, 1988)

Table 1 Band range and the discernible minerals

| 波段 | 波段范围(μm) | 可识别矿物 |
|---------|------------|-----------------------------------|
| 可见光-近红外 | 0.40~ 1.20 | Fe, Mn 和 Ni 的氧化物: 赤铁矿、镜铁矿 |
| | 1.30~ 2.50 | 氢氧化物、碳酸盐和硫酸盐 |
| | 1.47~ 1.82 | 硝酸盐类: 明矾石 |
| | 2.16~ 2.24 | 含 Al-OH 基团矿物: 白云母、高岭石、叶腊石、蒙脱石、伊利石 |
| 短波红外 | 2.24~ 2.30 | 含 Fe-OH 基团矿物: 黄钾铁矾、锂皂石 |
| | 2.26~ 2.32 | 碳酸盐类: 方解石、白云石、菱铁矿 |
| | 2.30~ 2.40 | 含 Mg-OH 基团矿物: 绿泥石、滑石、绿帘石 |
| | 8.0~ 14.0 | 硅酸盐类: 石英、长石、辉石、橄榄石 |

强吸收带(图2)。

(2) 典型的热液蚀变矿物: 含羟基(OH⁻)和含水(H₂O)类矿物, 如高岭石、绿泥石、绿帘石、蒙脱石、明矾石和云母类矿物, 在 2.2~ 2.3μm(相当于 ETM 7)附近有较强烈的吸收谱带, 即在 ETM 7 波段产生低值, 而在 ETM 5 波段有相对的高值(图3)。

(3) 碳酸盐岩蚀变矿物: 含碳酸根(CO₃²⁻)类矿物, 如方解石、白云石、菱铁矿、石膏等, 在 1.8~ 2.5μm 和 2.55 μm 附近有较强的吸收谱带(图3)。

(4) 硅酸盐岩类蚀变: 如硅化、长石化和低温热异常, 在 10.4~ 12.5 μm 及 ETM 6 波段有相对的高值。

这些矿物的特征谱带是提取岩石蚀变, 尤其是矿化蚀变带遥感信息的理论基础。

3 构造解译

通过对 ETM+ 各波段数据相关性分析(表2), 表明 ETM7, ETM2 和 ETM1 波段组合, ETM5, ETM2 和 ETM1 波段组合, ETM7, ETM4 和 ETM3 波段组合的相关性相对较低。将3个组合分

别进行 RGB(即 RGB721, RGB521, RGB743)假彩色合成, 按照纹理清晰、利于目视解译的要求对3幅图像进行比较, 最终选定 ETM7, ETM4 和 ETM3 波段组合。进行 HIS 变换融合图像 RGB743 和 ETM8 不同分辨率多光谱遥感数据^[6], 最后生成分辨率为 15 m 的高分辨率彩色图像。

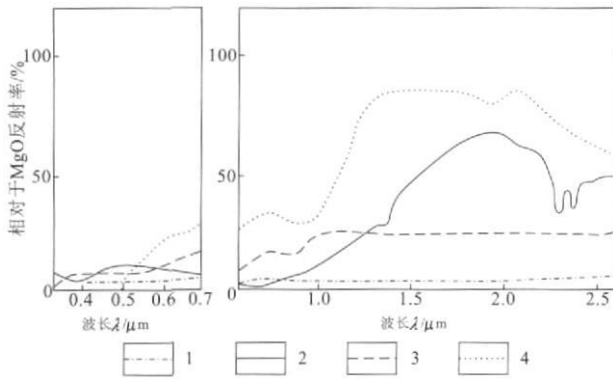


图 2 含铁矿物的波谱曲线(据文献[5])

Fig. 2 Spectral curves for ferruginous minerals

1. 磁性矿 2. 角闪石 3. 赤铁矿 4. 褐铁矿

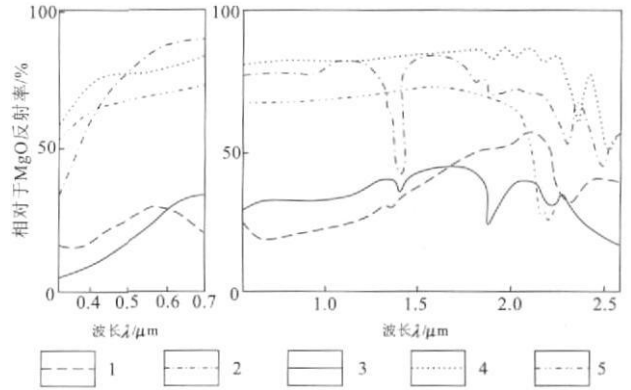


图 3 含羟基(OH⁻)与碳酸根矿物的波谱曲线(据文献[5])

Table 3 Spectral cures for minerals with OH⁻ and CO₃⁻

1. 绿泥石 2. 高岭石 3. 蒙脱石 4. 方解石 5. 白云石

表 2 西乌珠穆沁旗 ETM+ 遥感数据波段相关性分析

Table 2 Correlation analysis of ETM+ data and bands from Xi Ujimqin Banner

| Band | ETM 1 | ETM 2 | ETM 3 | ETM 4 | ETM 5 | ETM 7 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ETM 1 | 1 | 0.921816 | 0.843729 | 0.750002 | 0.578799 | 0.597199 |
| ETM 2 | 0.921816 | 1 | 0.935621 | 0.839458 | 0.679671 | 0.691352 |
| ETM 3 | 0.843729 | 0.935621 | 1 | 0.840514 | 0.764465 | 0.757108 |
| ETM 4 | 0.750002 | 0.839458 | 0.840514 | 1 | 0.783987 | 0.684408 |
| ETM 5 | 0.578799 | 0.679671 | 0.764465 | 0.783987 | 1 | 0.919999 |
| ETM 7 | 0.597199 | 0.691352 | 0.757108 | 0.684408 | 0.919999 | 1 |

通过对高分辨率彩色图像的解译表明, 区内遥感影像特征以近 NE 向的线性影像为主(图 4), 另有少量 NW 向和近 EW 向线性构造。NE 向线性构造主要分布在呼仁布敦北面及其西北部的沙日哈达矿区、达青牧场和道伦达坝矿区。另外, NE 向线性构造断续出现, 但走向稳定。NW 向线性构造主要分布 NE 向线性构造边缘, 短小、零星。NE 向构造切割了 NW 向构造。

EW 向线性构造主要发育在研究区的中部和西北部; 小的环形构造零星散布在 NE 向线性构造和 NW 向线性构造的交汇部位附近; 区内未见大型环形构造, 弧形构造亦不发育。

4 围岩蚀变信息提取

围岩蚀变是热液作用的产物。蚀变的围岩多呈现分带性, 且其蚀变围岩的范围一般要大于矿体, 所以围岩蚀变是找矿最重要的标志之一。不同蚀变矿物组合具有独特的光谱响应, 但是光谱的反射和吸收特征较弱称为遥感找矿弱信息标志。应用遥感技

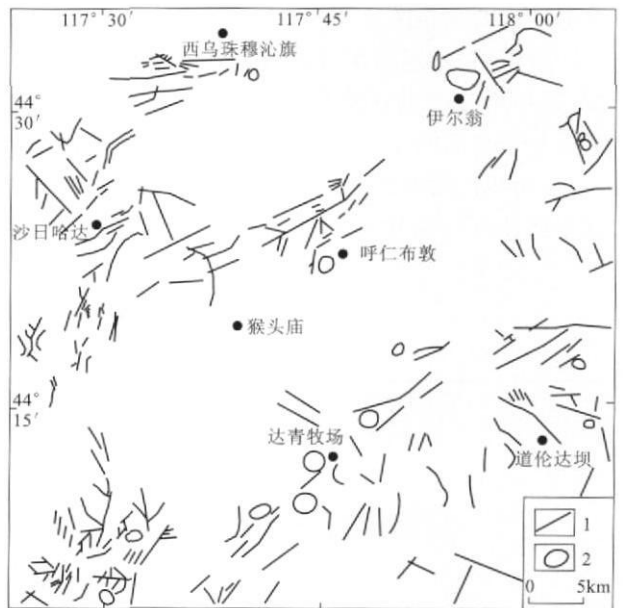


图 4 ETM+ 遥感影像构造解译图

Fig. 4 Interpretation map of structures from ETM+ image
1. 线性构造 2. 环形构造

术手段和计算机图像处理方法探测、识别和提取这

种弱信息标志指导找矿是遥感地质工作的重要任务之一。前人^[7,8]利用ETM+数据提取矿床围岩蚀变信息指导找矿进行了大量的研究,为我们提供了可行的遥感技术方法。

研究区地处内蒙古干旱、高寒地区,水系不发育,地表以草原为主,部分地区有树林。研究区内的蚀变类型主要为夕卡岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化和绿帘石化;褐铁矿的含量在岩石中普遍较高。由于ETM图像采用象元DN值表达地物的光谱反射强度,研究区一些相对集中分布的环境因素(如水体、草甸、残积物、白云)的DN值一般都大于蚀变岩的DN值,分布面积也大于蚀变岩的分布面积,结果造成区内的蚀变岩信息被压抑或掩盖而难以识别。所以本次工作采用图像掩模处理去除干扰信息。干扰信息地物膜的制作如下:根据区内实际情况,将地物干扰信息可分为3类:水系(包括河漫滩)、洪冲积和少量云。从ETM 7波段和ETM 4/3比值图像分别读出3类地物最大和最小DN值域范围,然后对整幅图像做分段线性拉伸处理,将3类地物的DN值取为0,剩余部分赋值为1,这样就得到只有0和1的二值合膜;然后用这个合膜与ETM各波段原始数据相乘,使得干扰信息象元DN值为0(剔除干扰信息),其余象元DN值不变。最后得到去除干扰因素DN值的剩余图像^[7]。

众所周知,遥感图像各波段间存有一定的相关性,这种相关性对分类有很大的影响。主成分分析基于变量之间的相互关系,在信息总量守恒的前提下,采用线性变换的方法可以实现去相关性^[8],根据这个特性进行蚀变异常信息的提取。研究中,对去

除干扰的剩余图像分3组进行主成分分析(表3):

①用ETM 1-3-4-5波段的PCA提取铁富集带;②用ETM 1-4-5-7提取蚀变信息;③用ETM 1-4/3-5-7波段组合的比值提取蚀变信息。由表3可见,用ETM 1-3-4-5波段的PCA提取铁富集带,ETM 1信息主要集中于PC4,ETM 4信息主要集中于PC3;用ETM 1-4/3-5-7波段组合的比值提取蚀变信息,ETM 4/3信息主要集中于PC4(通过比值去除植被干扰),PC1和PC2主要集中了ETM 5和ETM 7的信息,且3组PCA中ETM 1-4/3-5-7波段组合ETM 5波段信息集中于该组PC1和PC2最多。ETM 6含较多的硅化蚀变信息。在实现增强、识别蚀变信息后,用假彩色合成方法和非监督分类提取蚀变信息。

蚀变信息提取结果表明,研究区的硅化异常和铁的富集异常主要受NE向构造和侵入岩体边界控制。铁的富集异常主要分布于研究区的西部和南部,中部则沿NE向断裂带的边缘展布,研究区东北角沿着岩体边缘有所分布(图5a,图5b);黏土矿物异常受NE向和NW向构造的控制,夹杂于铁矿物异常中,异常均呈零星的小面积分布(图5c,图5d)。

5 结论

研究区遥感蚀变异常的分布与断裂构造及侵入岩体关系密切,明显受区域构造控制。区内断裂构造伴生的围岩蚀变发育,蚀变类型广泛,在遥感影像上表现突出。

表3 西乌珠穆沁旗ETM+波段主成分分析特征向量

Table 3 Vector of principal component analysis of ETM+ bands of Xijimqin Banner

| | | ETM1 | ETM3 | ETM4 | ETM5 |
|---------------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ETM 1-3-4-5 | PC1 | 0.160391 | 0.360704 | 0.23397 | 0.537983 |
| | PC2 | 0.267883 | 0.47378 | 0.098762 | -0.440474 |
| | PC3 | -0.064682 | 0.274595 | -0.638496 | 0.112858 |
| | PC4 | -0.631133 | 0.264619 | 0.166815 | -0.061806 |
| ETM 1-4/3-5-7 | | ETM1 | ETM4/3 | ETM5 | ETM7 |
| | PC1 | 0.108678 | 0.000006 | 0.479829 | 0.507891 |
| | PC2 | -0.116559 | 0.002191 | 0.519244 | -0.465613 |
| | PC3 | -0.688913 | 0.000931 | -0.012161 | 0.158901 |
| | PC4 | -0.001267 | -0.707103 | 0.001597 | -0.001229 |
| ETM 1-4-5-7 | | ETM1 | ETM4 | ETM5 | ETM7 |
| | PC1 | 0.110883 | 0.159035 | 0.472072 | 0.48945 |
| | PC2 | 0.143454 | 0.429942 | 0.294285 | -0.456034 |
| | PC3 | 0.549318 | 0.219545 | -0.357535 | 0.14906 |
| | PC4 | 0.406664 | -0.491587 | 0.250426 | -0.173934 |

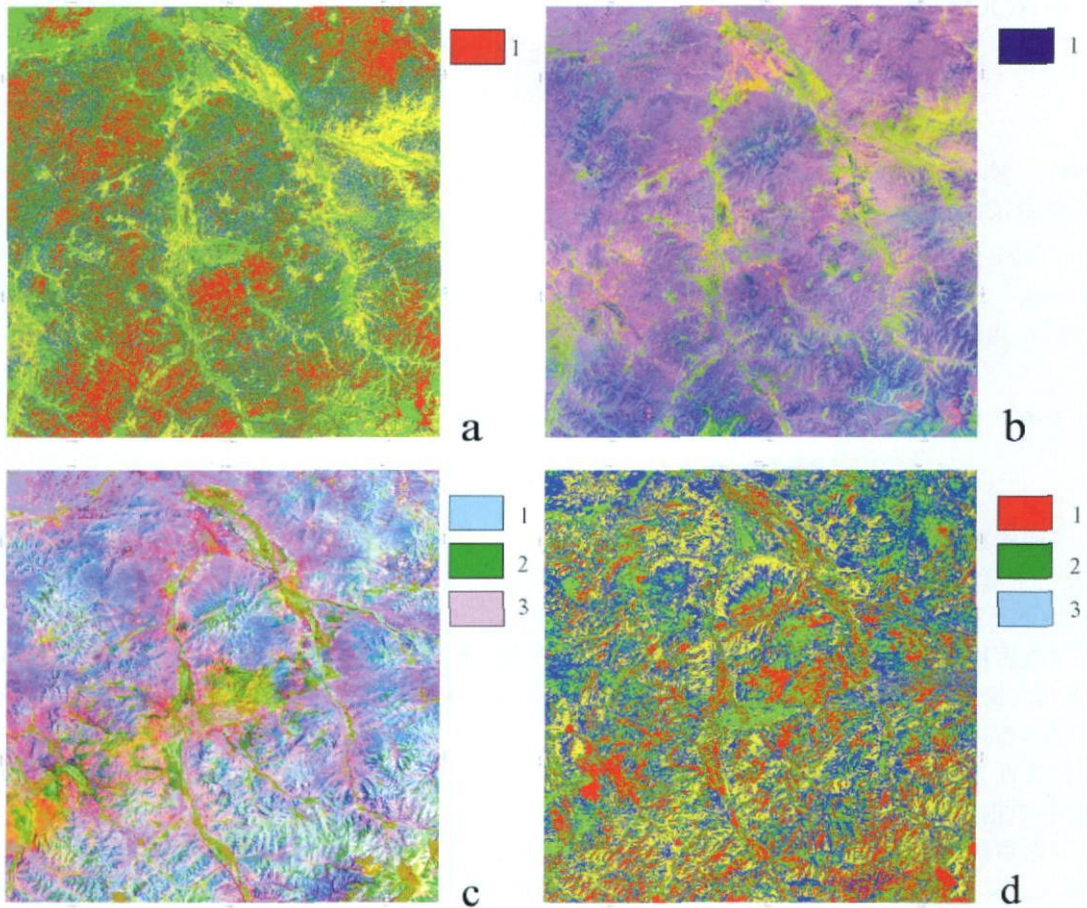


图 5 主成分分析假彩色合成及非监督分类提取异常图

Fig. 5 Anomaly map of principal component analysis false composite and unsupervised classification

1. 铁矿物异常 2. 黏土矿物异常 3. 硅化异常

- a. ETM 1- 4/3 5/7 PCA PC4 非监督分类 b. ETM 1-3+4 5PCA PC4, ETM 1-4/3-5 7PCA PC4, ETM 1-3+4 5PCA PC3 RGB 合成
c. ETM 1-4/3-5 7PCA PC1, PC2, ETM 6 RGB 合成 d. ETM 1-4/3-5 7PCA PC1, PC2, ETM 6 非监督分类

研究区的 NE 向、NW 向和 EW 向构造交汇部位是异常集中出现的区段,通过野外地质查证,围岩蚀变的遥感异常信息与实际地质情况吻合,从而表明围岩蚀变异常组合信息能够直观地指示与矿化有关地质体的部位,对矿产的勘查具有实际参考价值,尤其在区域性矿产预测工作中具有重要的意义。

参考文献:

[1] 钱乐祥. 遥感数字影像处理与地理特征提取[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
[2] 沈阳地质矿产研究所. 1 : 25 万区域地质调查报告(西乌珠穆沁旗幅)[R]. 沈阳: 沈阳地质矿产研究所, 2006.

[3] 内蒙古自治区地质局. 1 : 20 万区域地质调查报告(西乌珠穆沁旗幅)[R]. 呼和浩特: 内蒙古自治区地质矿产局, 1978.
[4] 朱谷昌, 徐勇, 朱德文, 等. 遥感地质找矿预测新方法及其应用[C]. 见: 中国地质学会. “九五”全国地质科技重要成果论文集. 北京: 地质出版社, 2000: 694-698.
[5] 闫积惠, 康慧, 陈怀亮. TM 图像地质应用原理与方法[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995.
[6] 贾永红. 数字图像处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 92-93.
[7] 马建文. 利用 TM 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.
[8] 张玉君, 曾朝铭, 孙薇. 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): 44-50.

REMOTE SENSING INFORMATION EXTRACTION OF WALL ROCK ALTERATION IN XI UJIMQIN BANNER, INNER MONGOLIA

MA Wen-zheng, WANG Tie-jun

(Sinosteel Tianjin Geological Academy Co. Ltd, Tianjin 300181, China)

Abstract: Mask technique is applied to eliminate interfere factors at surface and principal component transfer technique is used to enhance the alteration information and the alteration information is extracted by using false color composite and unsupervised classification techniques.

Key Words: mineral resources assessment; EMT; remote sensing alteration anomaly; Xi U jimqin Banner; Inner Mongolia

欢迎订阅 2011 年《地质找矿论丛》

《地质找矿论丛》(《地质找矿论丛》)为国家新闻出版总署批准出版,由中钢集团天津地质研究院有限公司主管、主办的地学科技期刊,于 1986 年创刊,公开发行。中国标准连续出版物号:ISSN 1001-1412, CN 12-1131/P。

《地质找矿论丛》作为中国科技核心期刊,被美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》、《中国学术期刊文摘(中文版)》等国内外著名文摘刊物收录,是《中国科技论文统计》、《中国学术期刊综合评价数据库》和《中国科学引文数据库》的来源期刊,期刊同时全文入编《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》、《万方数据系统科技期刊群》、《中文科技期刊数据库》和《华艺 CEPS 中文电子期刊》等电子出版物和数据库,以多种媒体方式向读者提供服务。

《地质找矿论丛》主要报道矿产成矿理论与成矿预测、物质成分及综合利用、矿产地质勘查新技术新方法及其应用、地学信息技术、水文地质与工程地质、环境地质调查与治理、资源勘查工程、矿产品深加工技术、地质矿产技术经济等方面的科研成果、进展评介、研究简报,并不断开拓报道领域与深度。

《地质找矿论丛》面向从事地质科研、矿产勘查、矿山企业、矿产品开发的科技人员和地学院校师生。热忱欢迎地矿行业、地学院校、文献信息部门的单位和个人踊跃订阅并投稿。

《地质找矿论丛》为季刊;每期 120 页, A4(297 mm × 210 mm)开本,每季度末月 25 日出版;每期定价 10.00 元,全年共计 40.00 元。

订阅办法:

(1) 通过“全国非邮发报刊联合发行部”订阅

地址:天津市大寺泉集北里别墅 17 号 全国非邮发报刊联合发行部

邮政编码:300385

电话:022-23973378; 23962479 传真:022-23973378

E-mail: LHZD@public.tpt.tj.cn 网址: www.LHZD.com

(2) 向《地质找矿论丛》编辑部函索订单订阅。

编辑部地址:天津市河东区友爱东道平房 4 号,中钢地质院《地质找矿论丛》编辑部

邮政编码:300181 电话:022-84283083

E-mail: luncong@163.com; luncong@yeah.net