

doi:10.3799/dqkx.2015.123

基于不同岩性背景的遥感影像蚀变矿物信息提取

于 岩¹, 李建国², 陈圣波¹, 高学生², 路 鹏^{1*}, 黄 爽¹, 张晨曦¹

1. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林长春 130026

2. 天津地质调查中心, 天津 300170

摘要: 为了减少由于不同岩性的反射率值差异而造成提取到错误的蚀变信息, 采用先进星载热发射和反射辐射仪(advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer, ASTER)数据, 以内蒙古昌特敖包地区为研究区, 先开展岩性分区, 再利用主成分分析和阈值分割的方法提取矿化蚀变信息, 并进行了方法对比与野外验证工作。褐铁矿化蚀变信息验证点共12个, 不分区直接提取的信息有6个与验证点吻合, 分区后提取的信息有8个点与验证点吻合; 绿泥石化蚀变信息验证点共5个, 不分区直接提取的信息有2个与验证点吻合, 分区后提取的信息有4个点与验证点吻合。研究结果表明, 针对不同岩性存在的反射率差异, 造成高背景值地区提取出较多的非矿致异常信息, 而低背景值地区弱信息被噪声淹没的现象, 该方法能够减少不同岩性产生的反射率差异。

关键词: 矿化蚀变信息; 遥感; 背景值; 岩性分区; 主成分分析; 阈值分割。

中图分类号: P627

文章编号: 1000-2383(2015)08-1391-05

收稿日期: 2015-03-13

ASTER Image Alteration Minerals Information Extraction Based on Different Lithology Backgrounds

Yu Yan¹, Li Jianguo², Chen Shengbo^{1*}, Gao Xuesheng², Lu Peng^{1*}, Huang Shuang¹, Zhang Chenxi¹

1. College of Geoexploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China

2. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China

Abstract: In order to reduce the incorrect alteration information extraction caused by the different reflectance values in the different lithologies, this paper explores alteration minerals information extraction by using ASTER (advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer) data, and taking Mongolia Changte'aobao region of Inner Mongolia as the study area. The alteration information has been extracted by segmenting the different lithologies firstly, and conducting the principal component analysis and threshold segmentation methods. It is found that there are 12 limonitization information verification points, of which 6 points match the information extracted directly without segmenting and 8 points match after segmenting; In addition, there are 5 Chloritization information verification points, of which 2 match directly and 4 after segmenting respectively. The results show that the reflectivity of different lithologies is different, resulting in extracting extra information in the high value background region and weak information submerged by noise in the area of low background values, and this method can effectively reduce the reflectance differences in different lithologies.

Key words: alteration minerals information; remote sensing; background value; lithology segment; principal component analysis; threshold segmentation.

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)项目(Nos.2012AA12A308, 2008AA121100); 中国地质调查局项目(No.1212011220469); 国家自然科学基金项目(No.41402293)。

作者简介: 于岩(1989—), 男, 博士研究生, 从事遥感地质与定量遥感研究. E-mail: yuyan14@mails.jlu.edu.cn

* 通讯作者: 路鹏, E-mail: lupeng@jlu.edu.cn

引用格式: 于岩, 李建国, 陈圣波, 等, 2015. 基于不同岩性背景的遥感影像蚀变矿物信息提取. 地球科学——中国地质大学学报, 40(8): 1391—1395.

0 引言

围岩矿化蚀变信息是金属矿床成矿的主要标志之一,褐铁矿化和绿泥石化是常见的热液蚀变现象,与铜、铅、锌、金、银、铁、锡、黄铁矿等金属矿藏密切相关。利用遥感技术提取蚀变信息可以快速、有效的提供找矿线索(张远飞和吴健生,1999; Ranjbar *et al.*, 2004; 陈建平等,2009)。

目前利用多光谱遥感数据提取蚀变信息的方法,主要原理是根据不同矿物具有不同的光谱特征,利用主成分分析法、阈值分割法、光谱角法、比值法等方法提取不同蚀变矿物信息(Loughlin, 1991; 吕凤军等,2009; 刘婷婷等,2012)。前人在利用多光谱数据提取遥感蚀变信息方面做了大量研究,其中先进星载热发射和反射辐射仪(advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer, ASTER)数据可以用于提取矿化蚀变信息,尤其在短波红外波段具有提取粘土矿物的优势(Galvão *et al.*, 2005; 毛晓长等,2005; 丛丽娟等,2007)。但是传统的主成分分析和阈值分割结合的方法,并没有

考虑不同岩性在反射率上存在的较大差异,利用阈值分割时可能在产生高背景值地区产生较多的信息,而在低背景值地区有益信息被噪声淹没,而这些信息往往是主要矿致异常信息。

笔者采用 ASTER 数据,选取植被覆盖率低、岩石出露好的内蒙古二连浩特苏尼特左旗查干敖包苏木地区为研究区,尝试改进传统的主成分分析法和阈值分割法存在非矿致异常信息提取过多和弱信息被掩盖这两个常见问题,以提取的褐铁矿化和绿泥石化蚀变信息为例说明,具体工作流程如图 1。

1 研究区地质概况

研究区位于内蒙古自治区二连浩特苏尼特左旗查干敖包苏木,研究区经纬度范围为 $111^{\circ}45' \sim 112^{\circ}00'E$, $44^{\circ}10' \sim 44^{\circ}25'N$ 。该区地质结构复杂,主要岩性为砂岩、凝灰岩、花岗岩类、玄武岩等(图 2),区域内褶皱与断裂均很发育。该区内主要有钼、铜、萤石等各类矿产,该区内主要蚀变类型有褐铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化、高岭土化、硅化等,两者关系密切。植物覆盖率低,有利用矿化蚀变信息提取的方法研究。

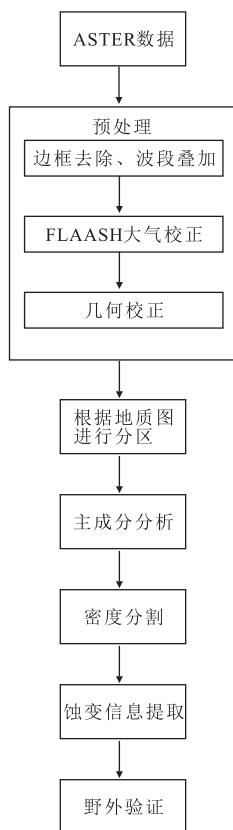


图 1 工作流程

Fig.1 Workflow chart

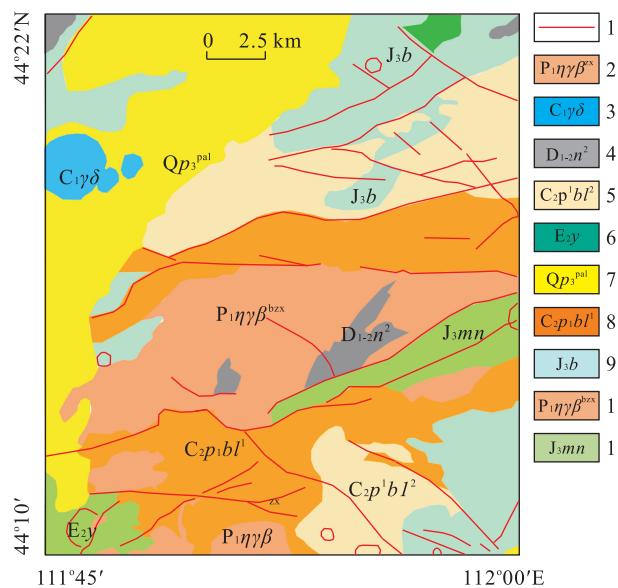


图 2 研究区地质简图

Fig.2 Geological sketch of the study area

1. 断裂;2. 肉红色中细粒黑云母二长花岗岩;3. 灰白色花岗闪长岩;4. 泥鳅河组二段: 浅海相碎屑岩夹灰岩组合;5. 宝力高庙组二段: 灰—灰褐色安山岩、熔结凝灰岩、晶屑凝灰岩等;6. 红色粘土和黄色砂砾岩;7. 洪冲积层: 粗砂和砾石层组成;8. 长石砂岩、板岩、砾岩和硬砂岩;9. 白音高老组: 流纹质岩层晶屑凝灰岩、流纹岩、流纹斑岩、流纹质熔结凝灰岩等酸性火山岩;10. 肉红色斑状中细粒黑云母二长花岗岩;11. 玛尼图组: 安山岩、石英粗安岩、鞍山玢岩和安山质角砾岩

2 数据预处理

笔者选取研究区的2005年9月15日ASTER L1B级数据。ASTER数据具有14个波段,其中可见光—近红外和短波红外数据波段范围为0.56~2.43 μm,红外波段为8.125~11.65 μm。可见光—近红外波段的分辨率为15 m,短波红外数据分辨率为30 m,红外波段数据分辨为90 m。ASTER数据可提取褐铁矿等含金属元素矿物和高岭土、绿泥石等含羟基的矿物信息。

对ASTER影像进行大气校正、几何校正、去边框处理等预处理;然后对经过预处理的ASTER影像与高级陆地观测卫星(advance land observe satellite, ALOS)正射校正后的遥感影像进行精确配准,便于野外验证提取的蚀变信息。

3 蚀变信息提取方法

为了去除不同岩性的背景值影响,要根据遥感影像和地质简图进行岩性分割,笔者以不同地质岩性单元制作掩膜,将影像划分为11个子区,分别提取褐铁矿化和绿泥石化蚀变信息。

3.1 主成分分析

以图3中A区域举例说明,其他区域按照同样方法分析。

(1)提取褐铁矿化信息的主成分选择。褐铁矿的光谱曲线在0.5 μm和0.9 μm处有吸收谷,对应ASTER数据波段Band1和Band3。Band1、Band2、Band3和Band4波段主成分分析模型为褐铁矿化蚀变信息提取模型。做主成分分析后特征向量矩阵表明第PC4主要贡献来源于Band1(-0.765 65)和Band2(0.640 559),根据含铁矿物的光谱反射率曲线特征,Band2对应强反射峰,Band1和Band3对应高吸收谷,如表1中PC4的特征向量符合该类矿物波谱特征。

(2)提取绿泥石化信息的主成分选择。绿泥石在ASTER的Band1和Band3有弱反射峰,ASTER的Band2和Band4有弱吸收,在Band8有强吸收,可采用PCA(1、2、3、4、8和9)进行提取。通过1、2、3、4、8和9这6个主成分分析相结合提取绿泥石化信息,因为对应的8波段是吸收谷,Band8取负,同理Band9波段为正,表2所示PC5中的特征向量的符合该类矿物波谱特征。

表1 ASTER1、2、3和4主成分分析特征向量

Table 1 The feature vectors table of principal component analysis of ASTER1,2,3 and 4

主成分	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4
PC1	-0.374 86	-0.508 64	-0.559 00	-0.536 92
PC2	0.041 90	0.091 78	-0.744 98	0.659 41
PC3	0.521 06	0.567 93	-0.363 74	-0.523 11
PC4	-0.765 65	0.640 56	-0.014 63	-0.057 04

表2 ASTER1、2、3、4、8和9主成分分析特征向量

Table 2 The feature vectors table of principal component analysis of ASTER1,2,3,4,8 and 9

主成分	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 8	Band 9
PC1	0.28	0.47	0.54	0.63	-0.44	-0.46
PC2	0.39	0.61	0.04	-0.68	0.38	0.46
PC3	0.49	0.12	-0.79	0.35	-0.32	-0.36
PC4	0.72	-0.61	0.30	-0.13	0.30	-0.35
PC5	-0.16	-0.29	0.51	-0.04	-0.62	0.50
PC6	0.42	-0.74	0.34	-0.03	0.30	-0.27

3.2 阈值分割

利用阈值分割提取矿化蚀变信息的过程是对图像中所有像元信息统计归类分析的过程,根据概率密度分布曲线的数学含意可以把统计均值理解为主成分分析结果的区域背景值,利用公式(1)划分背景信息与异常信息。

$$Y = X + K\delta, \quad (1)$$

公式(1)中Y为异常值,X为背景值,δ为标准离差,K为经验值,本文取3。

最后基于每种岩性符合要求的PC,统计出象元灰度值平均值Y和标准离差δ。

4 结果分析

通过先分区再提取蚀变信息的方法(图3b和3d),与不分区直接提取的褐铁矿化和绿泥石化两种蚀变信息提取结果进行对比分析。根据不同岩性分区前后提取的蚀变矿化信息,褐铁矿化蚀变信息验证点共12个,不分区直接提取的信息有6个与验证点吻合,分区后提取的信息有8个点与验证点吻合;绿泥石化蚀变信息验证点共5个,不分区直接提取的信息有2个与验证点吻合,分区后提取的信息有4个点与验证点吻合。

以A区域和B区域(图3)举例说明,得到以下结果:

(1)在反射率较大、背景值较高的A区域(肉红

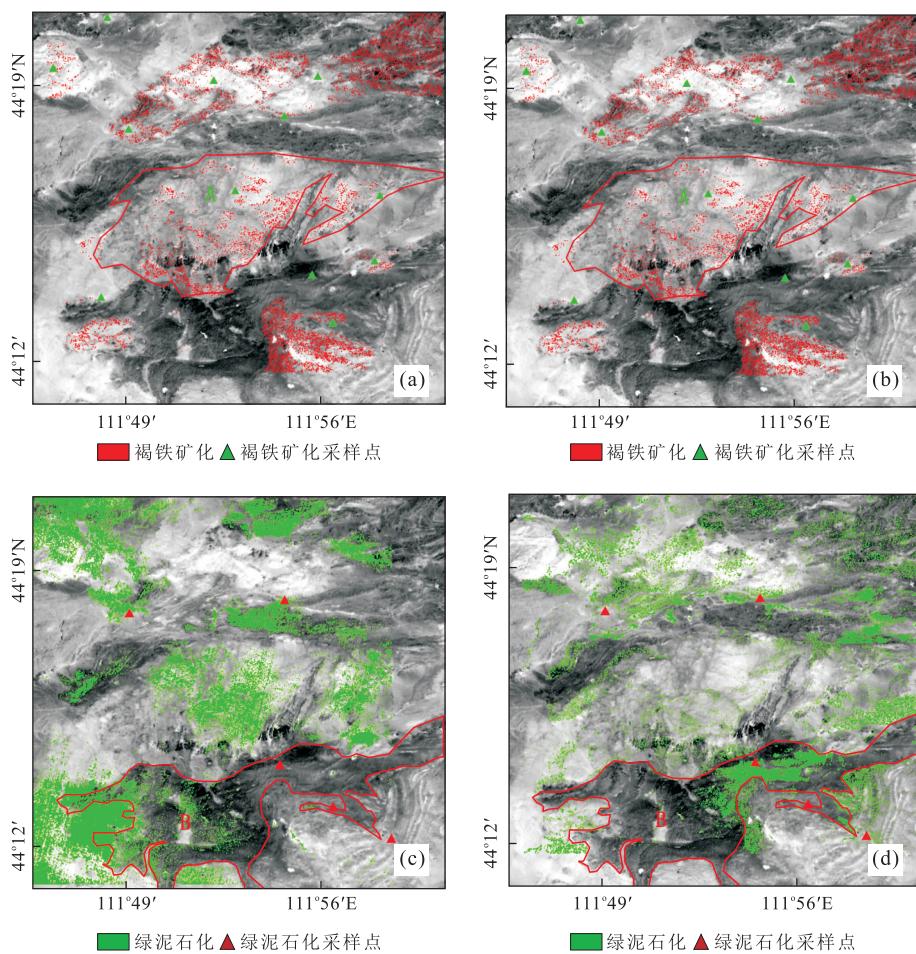


图 3 岩性分区前后提取蚀变信息对比

Fig.3 The alteration information distribution before and after region segmented and verification points

a.岩性分区前; b.岩性分区后; c.岩性分区前; d.岩性分区后

色中细粒黑云母二长花岗岩), 分区前后提取的褐铁矿化蚀变信息分布较一致, 但是分区前的蚀变信息较多, 可能存在错误信息(如图 3 a 和 3b)。

(2)在反射率较小、背景值较低的 B 区域(长石砂岩、板岩、砾石和硬砂岩), 分区前后提取的绿泥石化蚀变信息分布不一致, 分区后提取的信息与验证点吻合, 分布更准确(图 3c 和 3d)。

5 结论

本文根据不同岩性进行分区, 利用 ASTER 数据 1、2、3 和 4 组合波段以及 1、2、3、4、8 和 9 组合波段建立主成分分析模型, 然后根据符合波谱特征的主成分统计主成分的标准离差, 按照 3 倍的标准离差分别提取了褐铁矿化和绿泥石化蚀变信息。根据野外验证, 褐铁矿化的野外验证点共 12 个, 不分区直接提取的信息有 6 个与验证点吻合, 分区后提取

的信息有 8 个点与验证点吻合; 绿泥石化蚀变信息验证点共 5 个, 不分区直接提取的信息有 2 个与验证点吻合, 分区后提取的信息有 4 个点与验证点吻合。通过对不同岩性分区前后提取的蚀变矿物信息的结果对比分析, 得到以下结论:

(1) 在反射率较大、背景值较高地区(如肉红色中细粒二长花岗岩等), 分区前后提取的褐铁矿化蚀变信息分布较一致, 但是分区前的蚀变信息较多, 可能存在错误信息。

(2) 在反射率较小、背景值较低的 B 区域(长石砂岩、板岩、砾石、硬砂岩等), 分区前后提取的绿泥石化蚀变信息分布不一致, 分区后提取的信息与验证点吻合, 分布更准确(图 3c 和 3d)。

References

- Chen, J.P., Wang, Q., Dong, Q.J., et al., 2009. Extraction of Remote Sensing Alteration Information in Tuotuohe,

- Qinghai Province. *Earth Scinece—Journal of China University of Geosciences*, 2(34):314—318 (in Chinese with English abstract).
- Cong, L.J., Cen, K., Zhu, S., et al., 2007. Study on the Method of Alteration Information Extraction by Using ASTER Data—Taking Zhulazhaga Gold Deposit of Inner Mongolia as an Example. *Journal of Henan Polytechnic University (Natural Science)*, 26(6): 652—658, 663 (in Chinese with English abstract).
- Galvão, L.S., Almeida-Filho, R., Vitorello, I., 2005. Spectral Discrimination of Hydrothermally Altered Materials Using ASTER Short-Wave Infrared Bands: Evaluation in a Tropical Savannah Environment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(2):107—114.
- Liu, T.T., He, Z.W., Cui, X.L., et al., 2012. The Srrucuture of The Model for Skarn-Type Lead-Zinc Deposit Based on ASTER Data. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 48(1):100—10 (in Chinese with English abstract).
- Lü, F.J., He, Y.S., Shi, J., 2009. Alteration Remote Sensing Anomaly Extraction Based on Aster Remote Sensing Data. *Acta Geoscientica Sinica*, 30(2):271—276.
- Loughlin, W.P., 1991. Principal Component Analysis for Alteration Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1(57):1163—1169.
- Mao, X.C., Liu, W.C., Du, J.G., et al., 2005. Comparison Between ETM+ and ASTER Data for Extraction of Alteration Information a Case Study of Fenghuangshan Orefield, Tongling Anhui Province. *GEO Science*, 19(2):309—314 (in Chinese with English abstract).
- Ranjbar, H., Honarmand, M., Moezifar, Z., 2004. Application of the Crosta Technique for Porphyry Copper Alteration Mapping, Using ETM Data in the Southern Part of the Iranian Volcanic Sedimentary Belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24(2):237—243.
- Zhang, Y.F., Wu, J.S., 1999. Extraction of Mineralization and Alteration Information from Remote Sensing Images. *Geological Exploration for Non-Ferrous Metals*, 8(6): 604—606 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈建平,王倩,董庆吉,等,2009.青海沱沱河地区遥感蚀变信息提取.地球科学——中国地质大学学报,34(2): 314—318.
- 丛丽娟,岑况,朱所,等,2007.利用 ASTER 数据提取蚀变异常方法研究——以内蒙古朱拉扎嘎金矿为例.河南理工大学学报(自然科学版),26(6):652—658,663.
- 刘婷婷,何政伟,崔晓亮,等,2012.基于 ASTER 的矽卡岩型铅锌矿异常提取模型构建.西北师范大学学报(自然科学版),48(1):100—10.
- 吕凤军,郝跃生,石静,等,2009.ASTER 遥感数据蚀变遥感异常提取研究.地球学报,30(2):271—276.
- 毛晓长,刘文灿,杜建国,等,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.现代地质,19(2):309—314.
- 张远飞,吴健生,1999.基于遥感图像提取矿化蚀变信息.有色金属矿产与勘查,8(6):604—606.