doi:10.3799/dqkx.2015.127

# 基于光谱指数的遥感影像岩性分类

于亚凤<sup>1,2</sup>,杨金中<sup>2</sup>,陈圣波<sup>1\*</sup>,王 楠<sup>1</sup>

1.吉林大学地球探测科学与技术学院,吉林长春 130026
2.中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083

摘要:由于传统的岩性分类方法受岩石辐射干扰因素大,存在"同物异谱"以及"同谱异物"现象,岩性分类精度低,所以在深入分析岩石矿物光谱特征基础上,以西昆仑成矿带地区的二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩为研究对象,基于这3种岩性的实测光谱数据以及先进星载热发射和反射辐射仪(advanced spaceborne theemal emission and reflection radiometer,ASTER)影像数据的波段设置特征,建立了 RI 和 SI 两种光谱指数.利用所建立的 RI 以及 SI 光谱指数对 ASTER 遥感数据进行岩性分类.结果显示,RI 和 SI 两种光谱指数法在提取二长花岗岩时精度达到 70%以上,石英正长岩精度为 80%左右,与最大似然法得到的分类结果相比,这两种岩性的分类精度明显提高了.

**关键词:**光谱指数法;先进星载热发射和反射辐射仪;西昆仑成矿带;最大似然法;遥感. **中图分类号:** P588.19 **文章编号:** 1000-2383(2015)08-1415-05 **收稿日期:** 2015-00-00

## Lithologic Classification from Remote Sensing Images Based on Spectral Index

Yu Yafeng<sup>1,2</sup>, Yang Jinzhong<sup>2</sup>, Chen Shengbo<sup>1\*</sup>, Wang Nan<sup>1</sup>

1.College of Geoexploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China2.China Aero Geophsical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China

Abstract: In order to solve the problem of interference factors of the rock radiated in traditional lithologic classification with the phenomenon of the different spectra for the same substance and the same spectrum for different substances, and the low lithologic classification accuracy, A study based on the in-depth analysis of spectrum characteristics of mineral rock, taking monzonitic granite, quartz-syenite and syenite of West Kunlun metallogentic belt as the research object is presented in the paper. We set up two spectral index RI and SI on the basis of measured spectral data of three kinds of lithology and the characteristics of ASTER imaging data. Two spectral index methods are used to classify ASTER remote sensing data, and the results show that the accuracy in monzonitic granite extraction with RI and SI spectral index method is above 70%, about 80% in quartz-syenite extraction. The precision of the two kinds of lithology has been significantly increased compared with the classification results of maximum likelihood method.

Key words: spectral index method; ASTER; West Kunlun metallogenic belt; maximum likelihood method; remote sensing.

近年来,遥感岩性分类技术已被广泛应用于地 质工作中,它是通过判别岩石在遥感影像上表现出 的空间结构以及光谱等信息来建立分类原则,进而 提取出岩性信息.传统的岩性分类方法都是以数学 统计模型为基础,利用各个岩性的均值以及方差等 统计量来判别岩性类别的相似程度(骆建承和周成 虎,2001;赵建华等,2004;刘超群等,2007).如 Rowan and Mars(2003)利用匹配滤波技术,在先进星载 热发射和反射辐射仪(advanced spaceborne theemal emission and reflection radiometer, ASTER)影像

**基金项目:**中国地质调查局项目(No.12120113100100);国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(Nos.2012AA12A308,2008AA121100);国家 自然科学基金项目(No.41402293).

作者简介:于亚凤(1989-),女,硕士研究生,从事遥感岩性分类研究.E-mail:1152618450@qq.com

<sup>\*</sup> 通讯作者:陈圣波, E-mail: chensb0408@126.com

引用格式:于亚凤,杨金中,陈圣波,等,2015.基于光谱指数的遥感影像岩性分类.地球科学——中国地质大学学报,40(8):1415-1419.

数据上提取出白云岩和灰岩信息;李培军(2004)通 过提取图像纹理,并与 ASTER 原始光谱数据结合, 进而达到提高分类精度的目的;王翠珍和郭华东 (2000)利用极化雷达目标分解法在新疆北部山区进 行了岩性信息提取;余健等(2012)通过对 ASTER 数据可见光和短波红外波段进行匹配滤波,成功提 取9种岩性;高慧等(2013)总结出一套基于最小噪 声分量变换的 ASTER 遥感数据岩性分类技术.这 些方法虽然简单易行,但因光谱信息存在"同物异 谱"以及"同谱异物"现象,岩石分类精度均受限制.

为弥补传统分类方法的不足,提高岩性分类精度,笔者将从二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩在2200 nm 处的波段设置特征出发,在分析探测岩石 光谱特征基础上,整理并分析大量岩石实测光谱数据,建立 RI 以及 SI 两种光谱指数法,并将这两种 光谱指数应用于研究区遥感数据岩性分类中,进而 提高二长花岗岩和石英正长岩的分类精度,为该区 遥感岩石学研究提供一定的参考价值.

### 1 研究区概况

研究区位于西昆仑成矿带西部,地处 74°58′~ 75°15′E,37°36′~37°49′N.该地区三面环山,地貌轮 廓由稳定的天山、昆仑山等地槽褶皱带为主的构造



图 1 研究区地质简图 Fig.1 Simplified geological sketch of the study area 1.正长岩;2.英云闪长岩;3.二长花岗岩;4.二长花岗岩;5.石英正 长岩;6.全新统冰碛层;7.中二叠统未分

单元组成,平均海拔在4000m以上.由于海拔较高, 气候严寒,天气变化无常,该区山顶终年积雪.因受 地理环境制约,研究区内植被稀少,出露岩石居多, 整个研究区被断裂构造贯穿.研究区内主要出露地 层有喜马拉雅期、燕山早期、燕山晚期、二叠系以及 第四系.其中,喜马拉雅期由正长岩、石英正长岩和 二长花岗岩建造;燕山早期由英云闪长岩建造;燕山 晚期由二长花岗岩建造,二叠系岩性未分,第四系由 上更新统冰碛层和上更新统冲洪积层建造(图1).

### 2 数据采集与处理

#### 2.1 岩石实测光谱数据处理

研究中利用的二长花岗岩、石英正长岩以及正 长岩实测光谱数据是由青海地调院在 2010—2012 年利用 SVC HR~1024 便携式地物光谱仪所采集, 光谱范围为 350~2 500 nm,3 种岩石样品的实测光 谱曲线如图 2 所示.

为了增强光谱吸收特征,在提取光谱指数过程 中,实测光谱数据经格式转换后需进行包络线去除 处理并提取光谱吸收位置以及吸收谷左右两个吸收 肩部的值.

### 2.2 ASTER 数据处理

本文所用的遥感影像是由 ASTER 传感器在 2004年9月13日所采集的等级为L1B的数据,选择 其中1~9波段进行处理分析.ASTER 数据在可见 光一近红外波段(visible and near infrared region, VNIR)空间分辨率为15m,短波红外波段(short-wave infrared region,SWIR)为30m,将短波红外波段数据 重采样到15m.然后,利用ENVI软件实现ASTER数 据的几何校正和大气校正.



Fig.2 The measured spectral curves of the rock

二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩在 2 200 nm处会体现出-OH 基团的强吸收特征,由于 这 3 种岩性所含的矿物种类以及含量不同,-OH 基 团的吸收特征具有明显的差异,3 种岩性在 2 200 nm附近的吸收深度存在石英正长岩 > 正长岩>二长花岗岩的特性.从这 3 种岩性的实测 岩石光谱数据出发,基于-OH 在 2 200 nm 处的波段 设置特征,通过统计分析不同岩性在不同状态下的 光谱差异,将二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩实 测光谱在不同波段的反射率值进行组合分析,提取 出二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩的指示性光 谱指数.

#### 3.1 比值指数法(RI)

实测光谱数据经过包络线去除处理,可以放大反射光谱吸收强烈部分的波段特征.在比值指数建立过程中,首先将反射率光谱曲线进行包络线去除处理,然后根据3种岩性在2200 nm 处的吸收位置和左右两个肩部值的不同,建立比值指数算法如公式(1)所示,指数建立示意图如图3所示.

RI = (R - M)/(R + M), (1) 其中,R 为吸收谷右肩部的值,M 为吸收谷位置处的值.

#### 3.2 和指数法(SI)

岩石的原始光谱反射率在 2 200 nm 处同样存 在着强吸收特征,在建立和指数时,从原始反射率光 谱曲线吸收特征出发建立和指数算法如公式(2)所 示,和指数建立示意图如图 4 所示.

SI = L1 + R1 - 2 × M1, (2) 其中,L1 为左肩部反射率值,M1 为吸收谷处反射 率值,R1 为右肩部反射率值.





### 4 岩性分类

### 4.1 岩性分类与对比分析

根据 ASTER 数据的波段设置特征,两个基于 高光谱数据建立的指数算法中 L(L1)、M(M1)以 及 R(R1)分别对应 ASTER 数据的 B5、B6 以及 B7. 研究中,首先对大量的二长花岗岩、石英正长岩以及 正长岩的实测光谱数据求取 RI 和 SI 指数值范围如 表 1 和表 2 所示.然后利用 RI 和 SI 算法(式(1)和 式(2))对 ASTER 数据进行波段运算,从而得到代 表 RI 和 SI 的单波段影像.最后利用二长花岗岩、 石英正长岩以及正长岩的 RI 和 SI 光谱指数值范 围分别对生成的 RI 和 SI 单波段影像进行密度分 割,从而实现这 3 种岩性的遥感分类提取,结果分别 由图 5 和图 6 依次给出.

参照研究区1:25万地质图资料可以对RI以及 SI光谱指数的分类结果进行定性评价,在RI指数法 和SI指数法的分类结果中(图5和图6),左下方的

表1 比值指数 RI 范围

Table 1 Range of index RI

岩石类型	比值指数 RI 值范围
二长花岗岩	0.060~0.100
石英正长岩	0.035~0.050
正长岩	0.010~0.030

### 表 2 和指数 SI 范围

Table 2 Range of index SI

岩石类型	和指数 SI 值范围	
二长花岗岩	350~930	
石英正长岩	150~300	
正长岩	1.0~149.0	



Fig.5 Lithologic classification result of index RI





二长花岗岩以蓝色显示,右上方的石英正长岩以红色 显示,两种岩性的分类结果与地质界线基本吻合,岩 性的漏分信息较少,通过对两种岩性分类结果对比分 析可以得出,RI 指数法的分类效果要更好一些.另 外,在正长岩的提取结果中,正长岩以青色显示,虽然 两种分类方法的误分、漏分情况比较严重,但 SI 指数 法的分类效果较好,弥补了 RI 指数法的不足.

表 3 不同分类结果精度

Table 3 Accuracy of the different classification results

岩性	RI 指数(%)	SI 指数(%)	最大似然法(%)
二长花岗岩	75.27	71.00	15.57
正长岩	29.39	49.21	58.24
石英正长岩	82.69	79.75	60.20
总体精度	46.27	54.37	45.18
Kappa 系数	0.368 1	0.395 7	0.097 1

#### 4.2 精度评价

笔者为验证本文提出的 RI 和 SI 光谱指数法 的可靠性,参照地质图,在ASTER 遥感影像上分别 均匀选取二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩的训 练样本,然后利用最大似然法对研究区内岩性信息 进行提取.为评价 RI 和 SI 光谱指数法以及最大似 然法的岩性分类精度,参照研究区1:25万地质图, 分别在二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩的分类 区域内平均取点进行精度评价,混淆矩阵结果如表 3 所示.从表 3 中可以看出, RI 和 SI 光谱指数法分 类结果中,二长花岗岩的精度达到70%以上,石英 正长岩精度为80%左右.与最大似然法分类结果相 比,这两种岩性的分类精度明显提高了,且RI和SI 光谱指数法的总体分类精度和 Kappa 系数也高于 最大似然法的分类结果.但正长岩的分类结果中,最 大似然法的分类精度明显高于 RI 以及 SI 光谱指 数法,造成这种现象的主要原因是,研究中正长岩的 实测光谱数量较少,所以在选择正长岩的指数阈值 时存在一定的误差.从精度评价结果中可以看出,光 谱指数法不仅可以实现遥感数据岩性分类,而且在 避免岩性信息漏分与提高分类精度上存在着一定的 优势.

### 5 结论

笔者以西昆仑成矿带为例,根据二长花岗岩、石 英正长岩以及正长岩在 2 200 nm 处存在的吸收特 征,建立 RI 和 SI 两种指示性光谱指数.通过处理 分析大量的二长花岗岩、石英正长岩以及正长岩实 测光谱数据,得到这 3 种岩性的 RI 和 SI 光谱指数 范围,然后基于这两个光谱指数的范围在 ASTER 影像数据上提取出二长花岗岩、石英正长岩以及正 长岩信息,且 RI 和 SI 两种指数提取出的二长花岗 岩分类精度达到 70%以上,石英正长岩精度为 80% 左右.经分析得到以下结论,光谱指数法可以实现岩 性信息的分类提取.

#### References

- Gao, H., Zhang, J.L., Ou, Y.Y., et al., 2013. Lithological Classification Based on ASTER Data by Minimum Noise Fraction Transform. Journal of Guilin University of Technology, 33(2):259-265(in Chinese with English abstract).
- Li, P. J., 2004. Lithological Discrimination Using ASTER Image and Geostatistical Texture. J. Mineral. Petrol., 24(3):116-120(in Chinese with English abstract).
- Liu, C.Q., Ma, Z.L., Mo, Y.F., 2007. Progress and Prospect of Study on Remote Sensing Lithologic Identification. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 23 (2): 120-124, 128 (in Chinese with English abstract).
- Luo, J. C., Zhou, C. H., 2001. Physiological Cognition Model and Methodological System for Remote Sensing Image. *Remote Sensing Technology and Application*, 16(2): 103-109(in Chinese with English abstract).
- Rowan, L. C., Mars, J. C., 2003. Lithologic Mapping in the Mountain Pass. Remote Sensing of Environment, 84 (3):350-366.doi:10.1016/S0034-4257(02)00127-X
- Wang, C. Z., Guo, H. D., 2000. Lithological Classification of Polarimetric SAR Data with Target Decomposition Method. Journal of Remote Sensing, 4(3):219-224(in Chinese with English abstract).
- Yu, J., Zhang, Z., Li, M. J., et al., 2012. The Methodology of

Lithologic Information Extraction by Using ASTER Data in West Kunlun Mountains. *Remote Sensing for Land & Resources*, (1):22-27 (in Chinese with English abstract).

Zhao, J. H., Yang, S. F., Chen, H. L., 2004. Recognition of Lithology with Remote Sensing Image Based on Fractal Texture. *Remote Sensing Information*, (2): 2-4 (in Chinese with English abstract).

### 附中文参考文献

- 高慧,张建龙,欧阳渊,等,2013.基于最小噪声分量变换的 ASTER 遥感数据岩性分类.桂林理工大学学报,33 (2):259-265.
- 李培军,2004.用 ASTER 图像和地统计学纹理进行岩性分 类.矿物岩石,24(3):116-120.
- 刘超群,马祖陆,莫源富,2007.遥感岩性识别研究进展与展望.广西科学院学报,23(2):120-124.
- 骆剑承,周成虎,2001.遥感影像生理认知概念模型和方法体 系.遥感技术与应用,16(2):103-109.
- 王翠珍,郭华东,2000.极化雷达目标分解方法用于岩性分类. 遥感学报,4(3):219-224.
- 余健,张志,李闵佳,等,2012.基于 ASTER 遥感影像的西昆 仑岩性信息提取方法研究.国土资源遥感,(1):22-27.
- 赵建华,杨树锋,陈汉林,2004.基于分形纹理的遥感图像岩 性识别方法.遥感信息,(2):2-4.