

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2016.04.013

柴达木盆地南缘玛兴大湾地区典型岩浆岩 岩性识别研究

魏本赞,汪冰,石海岗,付丽华,张策,揭文辉

(核工业航测遥感中心,石家庄 050002)

摘要: 本文运用 ASTER 多光谱遥感数据识别柴达木南缘玛兴大湾地区典型岩浆岩的岩性信息,分别采用光谱分析法和最小噪声变换法进行试验,可有效地识别与提取出研究区内的典型岩浆岩岩性信息;经已知地质资料和野外查证资料分析证明,用上述方法提取岩性信息的结果可靠,能为岩性填图及矿床勘查工作提供参考。

关键词: ASTER;岩石光谱特征;最小噪声变换;岩性识别;玛兴大湾;青海省

中图分类号: P627,P623 **文献标识码:** A

0 引言

遥感数据已被广泛用于岩性识别与矿物学方面研究,利用多光谱遥感图像提取岩石矿化信息一直是遥感研究热点^[1-2]。ASTER 数据覆盖波长范围宽、波段多,为识别矿物和岩石成分提供了可能,ASTER 与应用广泛的 Landsat、TM 相比具明显优势,可提取更精细矿物信息。傅碧宏^[3-4]、丑晓伟等^[5-6]、二芳宫树等^[7]研究了沉积岩的岩石光谱曲线特征;甘甫平等^[8-9]、闫柏琨等^[9-10]研究认为岩石光谱反射率的大小会受到视场角和观测几何的影响,但是光谱曲线的整体形态和吸收特征基本保持不变;吴德文等^[11]、王钦军等^[12]、耿新霞等^[13]基于不同的遥感数据利用岩石的光谱曲线特征提取了蚀变信息与岩性信息,效果均比较理想。由此可见,遥感技术在岩性信息提取与地质填图方面正发挥着越来越重要的作用。

本文以柴达木南缘地区几种典型岩浆岩作为研究对象,在分析该区岩石光谱特征基础上,基于 ASTER 遥感影像数据进行岩性识别研究,以解决该地

区岩浆岩地质填图较粗的问题。另外,夕卡岩型矿床是该地区最为重要的矿床类型,通过本次岩浆岩岩性识别研究工作,企望对该地区的找矿工作有所帮助。

1 研究区地质背景和 ASTER 数据特征

研究区位于东昆仑西段、柴达木盆地南缘,其大地构造位置属于东昆仑微陆块^[14]。区内出露的地层主要为上泥盆统牦牛山组和古元古界金水口岩群(图1)。区内岩浆侵入岩活动频繁,侵入岩石类型众多,以中酸性为主;早泥盆世斑状二长花岗岩和斑状花岗闪长岩在本区呈岩基状分布,中晚三叠世中性花岗岩呈岩株状侵入。在区域晚华力西—印支期造山过程中,上述地层、中酸性侵入岩成为本区夕卡岩型矿床的良好成矿条件。

ASTER 传感器是一个中分辨率多光谱成像仪,提供了14个波段的数据,ASTER 数据涵盖的波长范围宽、波段多,是第一个集可见光、近红外和热红外三个子系统的星载遥感传感器,ASTER 数据在短波红外和热红外波段较高的光谱分辨率,为

收稿日期: 2016-01-08; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 青海省柴达木北缘地质矿产调查项目(编号:12120113032200)联合资助。

作者简介: 魏本赞(1986—),男,工程师,2009年毕业于东华理工大学,现从事遥感地质与应用研究工作。通信地址:河北省石家庄市学府路11号,核工业航测遥感中心;邮政编码:050002;E-mail:524473847@qq.com

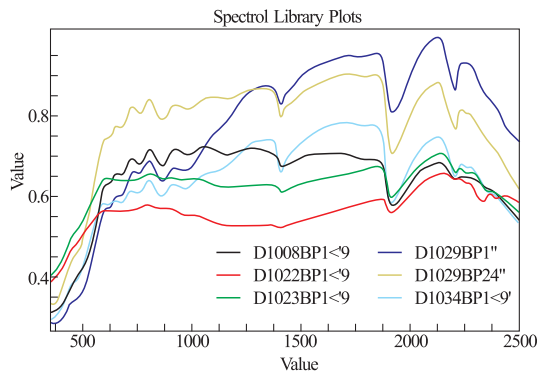


图2 斑状二长花岗岩光谱曲线

Fig. 2 The spectral curve of prophyritic monzonite granite

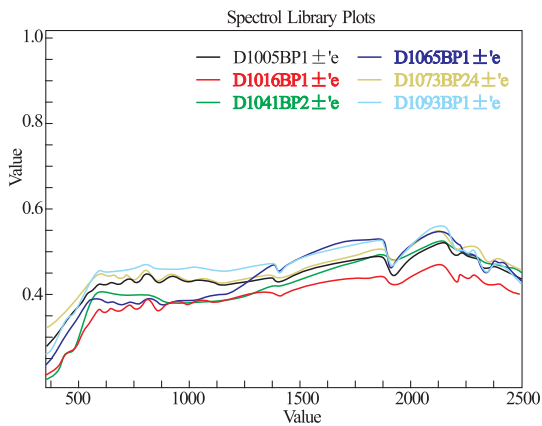


图3 花岗闪长岩光谱曲线

Fig. 3 The spectral curve of granodiorite

铁的含量相对较少,推测岩石表面可能存在较弱的褐铁矿化;在波长1 400 nm、1 850 nm—1 900 nm、2 150 nm—2 250 nm 之间存在明显的吸收光谱,1 400 nm的水吸收谱带较浅而宽缓,表明岩石中结构水含量较少且处在高度无序的状态,1 850 nm—1 900 nm水分吸收谱带也相对较浅而宽,表明岩石中水分子含量同样较少,2 200 nm 的吸收谱带是Al—OH 基团振动所引起的。

2.1.3 闪长岩

闪长岩总体反射率都不高,在0.10~0.30 之间(图4),特别是角闪石的含量越高其岩石的反射率越低。在700 nm、870 nm 处见三价铁 Fe^{3+} 吸收峰,在1 000 nm 处见宽缓二价铁 Fe^{2+} 吸收峰,波长间存在低缓的吸收特征;1 400 nm 羟基吸收特征较弱,说明岩石中几乎不含结构水;1 930 nm 处水分吸收峰低凹且宽缓,说明岩石中结晶水分子含量极少;2 260 nm 和 2 343 nm 存在 Al—OH、Mg—OH 羟基

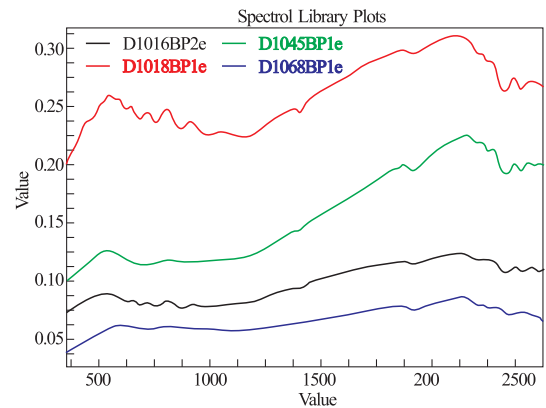


图4 闪长岩光谱曲线

Fig. 4 The spectral curve of diorite

吸收,光谱曲线显示 Al—OH 羟基吸收稍强于 Mg—OH 羟基吸收,依据岩石矿物组成及表面特征,Al—OH 羟基吸收一般系粘土矿物蚀变引起,Mg—OH 羟基吸收系绿泥石引起。

2.1.4 光谱识别分析

岩石的光谱曲线特征受多种因素影响:岩石的物质成分、结构、构造以及岩石遭受风化、蚀变作用的强弱等。岩石所含暗色矿物含量的多少对光谱反射率影响很大,研究区闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩的暗色矿物依次减少,其反射率依次增大;同时,在不同花岗岩之间随着反射率的增大, Fe^{3+} (850 nm) 和 Fe^{2+} (950 nm)、水(1 400 nm、1 900 nm)、粘土化(2 200 nm—2 300 nm)和 CO_3^{2-} (2 345 nm) 吸收谱带的特征更为突出。因此,不同岩石反射率高低及特殊吸收谱带特征为花岗岩类岩性识别提供了直接快捷的参考依据(图5)。

将基于光谱特征分析岩性识别结果与样品薄片

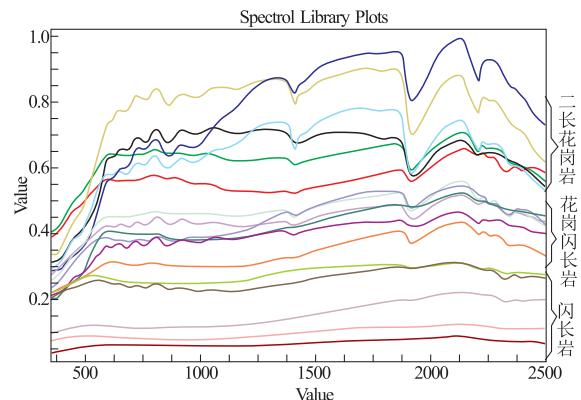


图5 二长花岗岩、花岗闪长岩与闪长岩光谱曲线对比图

Fig. 5 Comparison of spectral curve of prophyritic monzonite granite granodiorite rock and diorite

表 1 ASTER 波段相关系数矩阵
Table 1 Correlation coefficient matrix of ASTER bands

相关系数	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7	Band8	Band9
Band1	1.000	0.995	0.979	0.900	0.901	0.908	0.892	0.897	0.893
Band2	0.995	1.000	0.985	0.909	0.906	0.916	0.902	0.907	0.903
Band3	0.979	0.985	1.000	0.926	0.905	0.921	0.900	0.905	0.901
Band4	0.900	0.909	0.926	1.000	0.978	0.982	0.972	0.969	0.966
Band5	0.901	0.908	0.905	0.978	1.000	0.991	0.985	0.982	0.977
Band6	0.908	0.916	0.921	0.982	0.991	1.000	0.990	0.990	0.988
Band7	0.892	0.902	0.900	0.972	0.985	0.990	1.000	0.992	0.989
Band8	0.897	0.907	0.905	0.969	0.982	0.990	0.992	1.000	0.991
Band9	0.893	0.903	0.901	0.966	0.977	0.988	0.989	0.991	1.000

鉴定结果进行比较验证,结果显示,岩性光谱特征分析基本符合对室样品薄片鉴定观察的判断,同时证明了岩石光谱特征作为遥感岩性识别依据的可靠性。

2.2 最小噪声变换法

最小噪声变换(MNF)是一种光谱数据减维技术,用以确定图像数据内在的维数,分离数据中的噪声,减小进一步处理所需的运算量^[15]。本次通过最佳指数法计算出最佳波段组合,观察最终特征值和 MNF 图像(特征图像)来确定数据的固有维数,最后达到岩性识别的目的。

2.2.1 最佳指数分析

对于不同卫星的多波段数据,其 RGB 组合能达到数百种或数千种,波段组合法指出了如何选择一种最佳 RGB 组合来充分体现影像地物之间的差异。目前,关于波段组合最优化的选择,已有诸多学者已作了系列研究工作^[16-18]。最佳指数法综合考虑单波段图像的信息量及各波段间的相关性,更接近于波段选择的原则,且计算简单,易于实现,已得到广泛的应用。

$$OIF = \frac{\sum_{i=3}^3 Si}{\sum_{i=3}^3 Rij} \tag{1}$$

公式(1)中,OIF 为波段组合指数,Si 为第 i 个波段的标准差,Rij 为 i、j 两波段的相关系数。OIF 值愈大,表示影像数据蕴含的信息量愈多,即认为是最佳的组合方式。

表 1 中,除第 2 波段以外,第 1 波段与其他 7 个波段相关系数都很小。VNIR 谱域内,第 3 波段与其他 3 个波段相关性都很低。同时,第 3 波段与 SWIR 的 5 个波段相关性也较低。因此,可以首选出第 1 与 3 波段。其次,统计 1-3-N(N 为 SWIR 波段)三波段组合的标准差之和与相关系数之和,计算 OIF 指数,最终选出最优波段组合。

表 2 ASTER 波段组合 OIF 指数

Table 2 OIF index of ASTER band combinations

波段组合	ΣS	ΣR	OIF	指数排序
531	1482.145	2.785	532.189	5
631	1540.147	2.808	548.485	3
731	1557.637	2.771	562.121	1
831	1554.210	2.781	558.867	2
931	1514.832	2.773	546.279	4

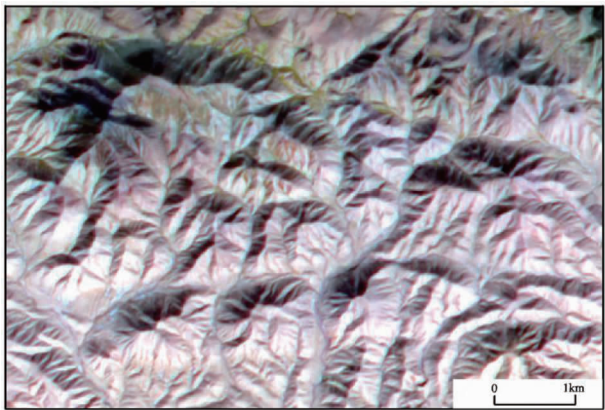


图 6 研究区 ASTER 影像图
(731 波段组合)

Fig. 6 ASTER remote sensing image (combination of band 7,3,1) Of the study area

表 2 显示了该景影像 OIF 波段组合相关统计值,最优组合为 731 波段。如图 6 所示,基于 OIF 指数的最优彩色合成影像色彩丰富,绿色植被、灰褐色岩体形态特征明显。

2.2.2 最小噪声变换岩性识别

对研究区 ASTER 数据进行 MNF 变换,得到的特征值与相应 MNF 波段数图(图 7),显示特征值在 1 到 8 波段之间迅速减小,由于通常较大的特征值代表较高的信息含量,表明图像信息主要包含在前 8 个 MNF 波段中。

基于 ENVI 软件平台,利用最小噪声法得出研

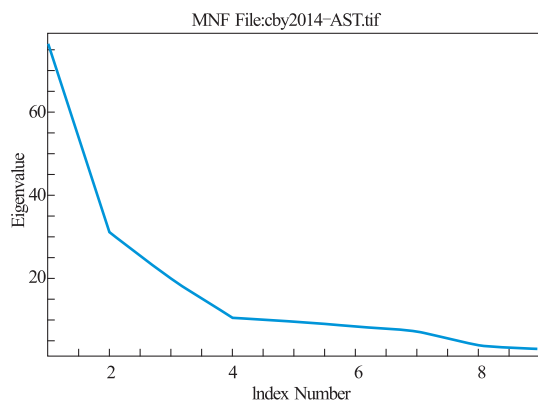


图7 MNF 波段及相应的特征值

Fig. 7 MNF bands and their eigenvalues

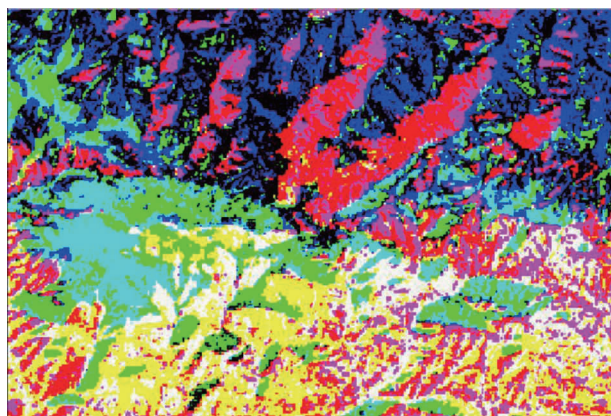


图8 最小噪声法效果图

Fig. 8 Lithological interpretation map of Minimum Noise Fraction Transformation

究区的花岗岩类岩性分类图(图8)。将遥感影像岩性识别、分类结果与已取得的大比例尺地质图及野外调查结果进行比较验证;结果表明,本文提取出花岗岩体的岩性分类结果与地质图吻合性较好,且岩性信息更加丰富与精细(图9)。

3 结语

本文基于光谱特征反射率值不同的特点(特别是反射率的高低)为野外实地调查工作中花岗岩类的岩性信息识别提供了直接快捷的参考依据。在此基础上,通过最佳指数法计算出该景 ASTER 数据最优组合为 731 波段,再利用最小噪声变换(MNF)法可以有效地协助目视解译对玛兴大湾地区似斑状二长花岗岩、二长花岗岩、二长花岗岩、闪长岩等岩体信息进行识别。

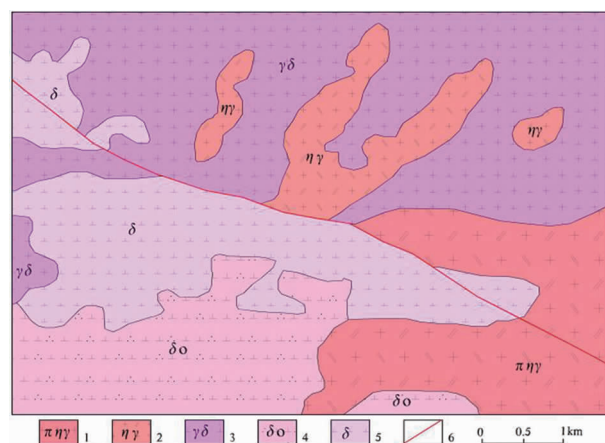


图9 研究区岩性分类图

Fig. 9 Lithological classification map in the study area

1. 似斑状二长花岗岩; 2. 二长花岗岩; 3. 二长花岗岩;
4. 石英闪长岩; 5. 闪长岩; 6. 断层

通过对研究区岩性识别与信息提取方法的研究,可提高地质填图效率、丰富地质填图效果,能为岩性填图及矿床勘查工作提供参考。

参考文献:

- [1] 黄照强, 张显峰. 基于 ASTER 的雅鲁藏布江缝合带泽当-罗布莎蛇绿岩套分析和组合识[J]. 岩石学报, 2010, 26(12): 3589-3596.
- [2] 傅碧宏. 遥感岩石学的研究及进展[J]. 地球科学进展, 1996, 11(3): 252-258.
- [3] 傅碧宏. 碳酸盐岩的反射光谱特征的研究与应用[J]. 岩矿测试, 1996, 15(3): 135-137.
- [4] 丑晓伟, 傅碧宏, 郑建京. 干旱区热红外多光谱遥感岩石地层信息提取与分析方法研究[J]. 科学通报, 1994, 39(18): 1693-1695.
- [5] 丑晓伟, 傅碧宏. 干旱区 TM 图像岩石地层信息提取与分析方法研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(增刊): 164-170.
- [6] Yoshiki Nithomiya, Fu Bihong. Extracting Lithologic Information from ASTER Multispectral Thermal Infrared Data in the North-eastern Pamirs [J]. Xinjiang Geology, 2002, 2(1): 22-30.
- [7] 甘甫平, 王润生, 马嵩乃, 等. 光谱遥感岩矿识别基础与技术研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(3): 140-147.
- [8] 甘甫平, 王润生. 遥感岩矿信息提取基础与技术方法研究[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [9] 闫柏琨, 刘胜伟, 王润生, 等. 热红外遥感定量反演地表岩石的 SiO₂ 含量[J]. 地质通报, 2006, 25(5): 639-643.
- [10] 闫柏琨, 王润生, 甘甫平, 等. 热红外遥感岩矿信息提取研究进展[J]. 地球科学进展, 2005, 20(10): 1116-1126.
- [11] 吴德文, 朱谷昌, 吴健生, 等. 青海芒崖地区岩石光谱特征分析及应用[J]. 国土资源遥感, 2001(4): 28-34.
- [12] 王钦军, 蔺启忠. 包尔图地区 ASTER 遥感岩性提取[J]. 地理与地理信息科学, 2006, 22(2): 9-12.
- [13] 耿新霞, 杨建民, 张玉君, 等. ASTER 在浅覆盖区蚀变遥感

- 异常信息提取中应用:以新疆西准噶尔包古图斑岩铜矿岩体为例[J]. 地质论评, 2008, 54(2): 184-191.
- [14] 任二峰, 夏楚林. 青海青海喀雅克登塔格北坡矽卡岩铁多金属矿床地质特征及成矿预测[J]. 青海大学学报, 2010, 28(1): 13-18.
- [15] 刘圣伟, 甘甫平, 阎柏琨, 等. 成像光谱技术在典型蚀变矿物识别和填图中的应用[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 178-186.
- [16] 金剑, 田淑芳, 焦润成, 等. 基于地物光谱分析的 World-View-2 数据岩性识别:以新疆乌鲁克萨依地区为例[J]. 现代地质, 2013, 27(2): 489-496.
- [17] 陈玲, 张微, 周艳, 等. 高分辨率遥感影像在新疆塔什库尔干地区沉积变质型铁矿勘查中的应用[J]. 地质与勘探, 2012, 48(5): 1039-1048.
- [18] 杨金中, 孙延贵, 秦续文, 等. 高分辨率遥感地质调查[M]. 北京: 测绘出版社, 2013: 45-47.

Interpretation of typical magmatic lithologies in Maxingdawan area at the south margin of Qaidam basin

WEI Benzan, WANG Bing, SHI Haigang, FU Lihua, ZHANG Ce, JIE Wenhui

(Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China)

Abstract: ASTER multispectral remote sensing data are applied to interpretation of typical magmatic lithologies in Maxingdawan area at south margin of Qaidam basin. The spectral analysis method and minimum noise transformation method (MNF) were tested. With the methods typical magmatic lithologies can be successfully extracted. Referring to geological data available and field check the methods are feasible to lithological mapping and the extracted data can be applied to field lithological mapping and ore deposit prospecting.

Key Words: ASTER; spectral characteristics of rock; the optimal index method; minimum noise transformation; Maxingdawan; Qinghai province