

Doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2020.04.008

基于遥感指数的岩性信息提取研究

汪清川¹, 边宇², 孙昂², 周冲³, 吕大庆³, 李向英³, 奚砚涛^{1*}

WANG Qing-Chuan¹, BIAN Yu², SUN Ang², ZHOU Chong³, Lü Da-Qing³, LI Xiang-Ying³, XI Yan-Tao^{1*}

(1.中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州 221116; 2.中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心, 北京 100083;

3.珠海欧比特宇航科技股份有限公司, 广东珠海 519080)

(1. School of Resources and Earth Sciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu, China;

2. Airborne Geophysical and Remote Sensing Center for Natural Resources, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

3. Zhuhai obit Aerospace Technology Co., Ltd., Zhuhai 519080, Guangdong, China)

摘要: 昆仑山中段地区布喀达坂峰自然环境恶劣, 岩性分布比较复杂, 利用遥感影像准确划分该区岩性地质单元具有重要的意义。Aster影像具备独特的矿物岩石遥感解译的能力, 广泛应用于区分岩性地质单元。本文首先在对研究区Aster影像预处理的基础上, 分析了不同岩性的光谱特征曲线, 构建了不同的矿物遥感指数, 提取了该区岩性信息。再通过已有的地质资料和野外验证, 对布喀达坂峰进行岩性划分。研究表明, 不同遥感指数的组合有助于矿物岩石及岩性地质单元的划分, 提取结果准确可靠, 可以为地质填图及勘探提供一定的参考价值。

关键词: 遥感指数; 岩性提取; ASTER; 光谱特征

中图分类号: P407.8

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2020)04-0386-10

Wang Q C, Bian Y, Sun A, Zhou C, Lü D Q, Li X Y and Xi Y T. Lithology Information Extraction Based on Remote Sensing Index. *South China Geology*, 2020, 36(4): 386–395.

Abstract: The Bukadaban Peak in the middle section of the Kunlun Mountains has a harsh natural environment and complex lithology distribution. It is of great significance to use remote sensing images to accurately divide the lithology and geological units in this area. ASTER imagery has the unique ability of remote sensing interpretation for minerals and rocks, and is widely used to distinguish lithological geological units. Based on the preprocessing of the ASTER image in the study area, this paper analyzes the spectral characteristic curves of different lithologies, constructs different mineral remote sensing indexes, and extracts the lithology information for the area. Then, based on the existing geological data and field verification, the lithology of Bukadaban Peak is divided. The research results show that the combination of different remote sensing indices is helpful to the division of minerals, rocks and lithology-geological units, and the extraction results are accurate and reliable, which can provide certain reference value for geological mapping and exploration.

Key words: remote sensing index; lithology extraction; ASTER; spectral features

收稿日期: 2020-8-28; 修回日期: 2020-9-15; 责任编辑: 庞迎春

基金项目: 科技部高分辨率对地观测系统重大专项(编号: GFZX0404130302)

第一作者: 汪清川(1994—), 男, 硕士研究生, 主要从事生态及地质遥感应用等方面研究, E-mail: 1551994459@qq.com

通讯作者: 奚砚涛(1973—), 男, 副教授, 从事遥感与地理信息系统应用等研究, E-mail: xyt556@cumt.edu.cn

近年来利用多光谱遥感影像提取地表的一些岩性信息逐渐成为了遥感和地质研究的热点,国内外的学者利用遥感数据进行大量的有关岩性识别的研究^[1-7]。由于不同的岩矿物质在遥感影像上呈现出不同的波谱曲线,因此可以基于不同岩矿物的理化性质及其成分差异,提取它们的遥感波谱信息,有针对性构建相应的遥感指数,从而对相关岩矿物的岩性信息进行识别^[8-10]。早期的遥感数据由于其波段数量较少,且光谱分辨率较低,在岩性信息提取研究中有一定的局限性;但近年来遥感影像的分辨率逐步提高,在岩矿物质识别精度上有了很大的提高。本文中用到的 ASTER 传感器,有 3 个独立的子系统,分别处于近红外、短波红外、热红外波段,共计 14 个波段,其波段设置比其它多光谱数据具有更好的连续性,光谱分辨率也有很大的提高,且其传感器是专门为地质应用和火山监测而设计,在国内外岩性信息提取中有着广泛的应用,国内许多学者已通过 ASTER 数据进行相关的地质岩性填图工作^[11-14]。国外学者 Rowan 等人基于 ASTER 遥感数据对一些重要的岩石单元进行识别与提取,成功将方解石质岩石与白云石质岩石区分开,将侵入岩中常见的铁质白云母与花岗质片麻岩及中生代花岗岩中所含的铝质白云母分离出来^[15]。Ninomiya 等人针对 ASTER 的 TIR 谱域定义了 CI、QI 和 MI 矿物比值指数,分别用于识别碳酸盐类岩石、石英质沉积岩和硅酸盐类岩石^[16]。国内学者甘甫平等提

出了基于特征谱带的高光谱遥感矿物谱系识别方法,初步建立了“矿物大类-族-种-亚种”的矿物识别分层谱系^[17]。王润生等对岩石矿物的光谱变异特征和岩石矿物的混合光谱特征进行了较系统的研究^[18]。这些研究为进一步的地质矿产信息提取奠定了理论基础^[19-20]。

昆仑造山带为青藏高原北部的重要地质单元,经历了漫长的地质演化过程和多次造山运动,形成了典型的复合造山带。研究区域布喀达坂峰是昆仑山脉中段的最高峰,该区域地质条件复杂,气候恶劣,山势险峻,对该区域的地质调查与研究受制于恶劣的自然条件很难进行。本文以 ASTER 数据对该地区进行地表岩性信息的提取,取得了良好的效果。

1 研究区域和数据源

1.1 研究区域地质概况

研究区位于昆仑山中段阿尔格山东端与博卡雷克塔山西头交接处,在青海省玉树藏族自治州治多县境内,为新疆、青海的界山,地处东经 90.9°,北纬 36.0°,是昆仑山脉中段的最高峰,海拔达 6860 m,耸立于群峰之上,雪原绵延,气势磅礴(图 1)。布喀达坂峰气候干燥,峰区有巨大的冰帽冰川,全年最低温度达 -30℃,山势险峻,春秋冬季风大。区内出露的主要岩石地层有:早古生代纳赤台群哈拉巴依沟组,以浅变质岩屑长石(杂)砂岩、长石岩屑(杂)

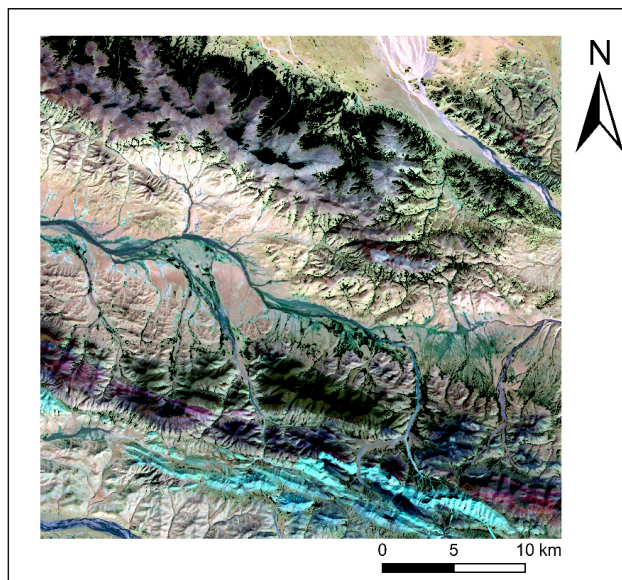


图 1 研究区域遥感影像图(R(b8)、G(b3)、B(b1))

Fig. 1 Remote sensing image of the study area(R(b8)、G(b3)、B(b1))

砂岩为主夹粉砂质板岩、千枚岩,局部夹玄武岩;泥盆纪布拉克巴什组主要为一套海陆交互相陆源碎屑岩及一套海相复理石夹海相中基性火山岩的岩石组合;二叠纪浩特洛哇组以碎屑岩为主夹少量安山岩及生物碎屑灰岩,树维门科组下段岩性以浅灰白色亮晶、微晶生物碎屑灰岩及亮晶核形石灰岩为主,上段岩性以生物微屑岩为主;二叠纪马尔争组下段为一套碎屑岩、碳酸盐岩夹火山岩的地层,中段由一套砂板岩复理石组成,岩石种类较单一,以灰色中细粒岩屑长石砂岩、岩屑长石粉砂岩为主;中新世地层沉积类型繁多,分布广泛,包括冲积、冲洪积、冰碛、风积、湖积、沼泽堆积等。

1.2 遥感数据

ASTER 传感器是一个高分辨率多光谱成像仪,共有三个子系统,包括了从可见光到热红外 3 个谱段,其中可见光-近红外共 3 个波段,其空间分辨率为 15 m;短波红外有 6 个波段,空间分辨率为 30 m;近红外有 6 个波段,空间分辨率为 90 m。其具体参数如表 1 所示。本文中利用的 ASTERL1T 遥感影像数据,获取时间为 2015 年 4 月份,来源于美国地质勘探局官网,该时间图像云量遮盖较小,适合做岩性信息提取分析。

表1 ASTER数据相关参数

Table 1 Related parameters of ASTER data

子系统	波段号	波长范围/ μm	空间分辨率/m
可见光-近红外	1	0.52-0.60	15
	2	0.63-0.69	
	3N	0.78-0.86	
	3B	0.78-0.86	
短波红外	4	1.60-1.70	30
	5	2.145-2.185	
	6	2.185-2.225	
	7	2.235-2.285	
	8	2.295-2.365	
	9	2.360-2.430	
热红外	10	8.125-8.475	90
	11	8.475-8.825	
	12	8.925-9.275	
	13	10.25-10.95	
	14	10.95-11.65	

2 岩性信息提取

2.1 ASTER 数据预处理

2.1.1 串扰校正

由于 ASTER 传感器的自身缺陷,导致其频段 4 的信号泄漏到相邻的频段 5 和频段 9,使得 B5 和 B9 波段反射率比实际反射率高,从而影响岩性信息提取的精度。因此,要对 ASTER 遥感影像数据进行串扰校正,提高解译精度。

2.1.2 辐射定标与大气校正

在进行大气校正之前,需要对原始数据进行辐射定标。由于 ASTER 遥感影像数据是以无量纲的数字量化值(DN 值)记录信息的,通过辐射定标可以把 DN 值与辐射亮度值,反射率值和温度值等物理量进行转化。ENVI 可以从元数据文件中获取每个波段的 Gain 和 Offset 参数,自动进行定标。辐射定标完成后,为了充分利用短波红外波段的高分辨率特性,将热红外与短波红外波段进行波段融合,将分辨率统一至 30 m。最后选择大气校正方式,本文选择 FALASH 模块对数据进行大气校正,来消除大气中水蒸气,氧气,二氧化碳等气体对地物反射的影响。

2.1.3 干扰信息掩膜

干扰信息掩膜主要是为了消除影像上雪、植被、云层等对岩性信息提取时的干扰,由于它们的灰度值较高,分布区域较大,直接参与运算时,容易出现异常值,创建目标掩膜可以有效扣除这些干扰信息。在创建目标掩膜时,先基于归一化 NDVI 指数提取植被信息,在 NDVI 灰度图中亮度值高的白色区域就是植被覆盖的区域,然后建立掩膜,确定阈值,判定 DN 值大于 0.25 为植被。如图 2 为植被掩膜结果,再根据比值 band3/band4 增强雪体信息,使用与植被同样的方法对积雪区进行掩膜处理,通过逐层掩膜的方法来剔除植被和积雪等信息,最终掩膜结果如图 3 所示。

使用掩膜处理一方面可以减少计算量,使有用信息得到增强,节省数据处理时间;另一方面可以有选择地去除原始影像中的干扰信息,提高岩性信息提取精度。

2.2 岩性信息识别方法及过程

岩石是由一种或多种矿物组成的固体聚集体,

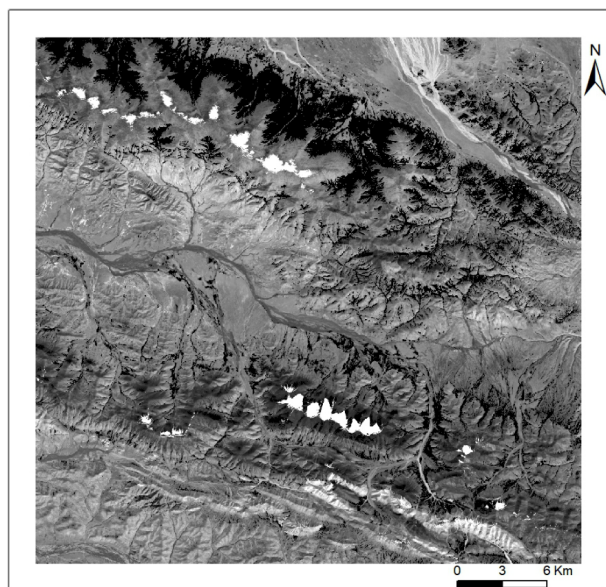


图2 植被掩膜结果

Fig. 2 Results of vegetation mask

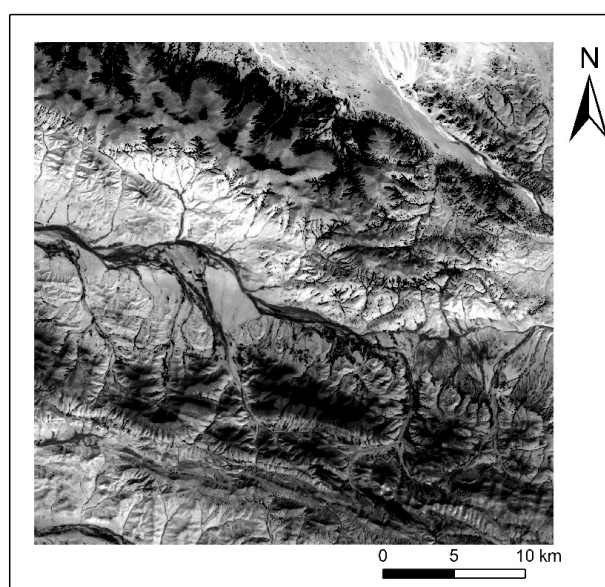


图3 植被和雪体掩膜结果

Fig. 3 Vegetation and snow mask results

因此岩石的光谱是多种矿物的混合光谱。ASTER 的 VNIR(波长范围 $0.52\ \mu\text{m}$ 至 $0.8\ \mu\text{m}$)3 个波段具有有关过渡金属吸收的重要信息来源,且其第二波段是叶绿素的主要吸收波段。SWIR ($1.60\ \mu\text{m}$ 至 $2.43\ \mu\text{m}$)的六个谱带能够显示许多硅酸盐、碳酸盐、水合物和氢氧化物矿物的分子吸收特征。此外,ASTER 的五个 TIR 光谱带还可用于计算表面温度和发射率,以识别提取重要的成岩矿物,例如石英和长石,并在 TIR 波长区域显示基本的分子吸收特征。

2.2.1 碳酸盐,碳酸盐矿物在 VNIR-SWIR 谱域矿物光谱特征

碳酸盐岩主要由碳酸盐矿物方解石、白云石、菱镁矿、菱铁矿等组成。碳酸盐矿物是由碳酸根离子与金属阳离子构成的化合物,其光谱特征的成因主要是金属阳离子的电子跃迁和 CO_3^{2-} 的振动。碳酸盐矿物在可见光-近红外波段和短波红外波段都表现出较为明显的 CO_3^{2-} 吸收特征。如图 4(a)所示,方解石的吸收集集中在 $2.33\ \mu\text{m}$ 和 $2.34\ \mu\text{m}$ 之间,白云石的吸收在 $2.31\ \mu\text{m}$ 和 $2.3\ \mu\text{m}$ 之间。但受到金属阳离子的影响,不同碳酸盐矿物的吸收中心波长位置存在差异。方解石的吸收中心为 $2.3465\ \mu\text{m}$,白云石的吸收中心为 $2.3039\ \mu\text{m}$,表明方解石和白云石可以通过在 $2.33\ \mu\text{m}$ 和 $2.45\ \mu\text{m}$ 之间的吸收变化来区分和识别。

硅酸盐根据硅氧四面体的联结方式可分为 5

种类型,分别是岛状硅酸盐、链状硅酸盐、层状硅酸盐、架状硅酸盐和环状硅酸盐。图 4(b)中列举出了 4 种硅酸盐代表矿物在 VNIR-SWIR 范围的光谱曲线,从图中光谱特征曲线上可以看出,角闪石 $2.3\ \mu\text{m}$ 和 $2.4\ \mu\text{m}$ 附近出现两个吸收峰,原因是 Mg-OH 的伸缩振动。粘土类矿物高岭石和白云母,高岭石有两个吸收峰,分别在 $2.16\text{--}2.17\ \mu\text{m}$ 和 $2.2\ \mu\text{m}$ 处,前者吸收强度较弱,后者较强,原因是 Al-OH 基团伸缩振动;白云母在 $2.20\ \mu\text{m}$ 、 $2.35\ \mu\text{m}$ 、 $2.45\ \mu\text{m}$ 处吸收特征明显,原因是 Al-OH 基团振动。橄榄岩在 VNIR 谱域的吸收特征是铁离子的电子跃迁引起的,橄榄石 $1.0\ \mu\text{m}$ 附近出现强吸收带,主要是 Fe^{2+} 跃迁作用产生的, Fe^{3+} 作用特征相对较弱。

2.2.2 碳酸盐,碳酸盐及长石矿物在 TIR 谱域矿物光谱特征

岩石在热红外光谱中的发射光谱特征主要与硅酸盐矿物和碳酸盐矿物的选择性发射有关,因此使用热红外波段数据对碳酸盐岩矿物和硅酸盐矿物的提取效果显著。如图 5(a),石英在 $8\text{--}10\ \mu\text{m}$ 波段表现典型的双低发射率谱带,分别对应 ASTER 第 10 波段和第 12 波段。如图 5(b)所示,长石矿物的低发射率特征谱带位置集中在 $8\ \mu\text{m}$ 至 $11\ \mu\text{m}$,例如正长石、条纹长石、微斜长石等碱性长石矿物,更长石和钠长石等斜长石矿物,该谱域低发射率是 Si-O 基团伸缩振动产生的,谱带中心具有随着

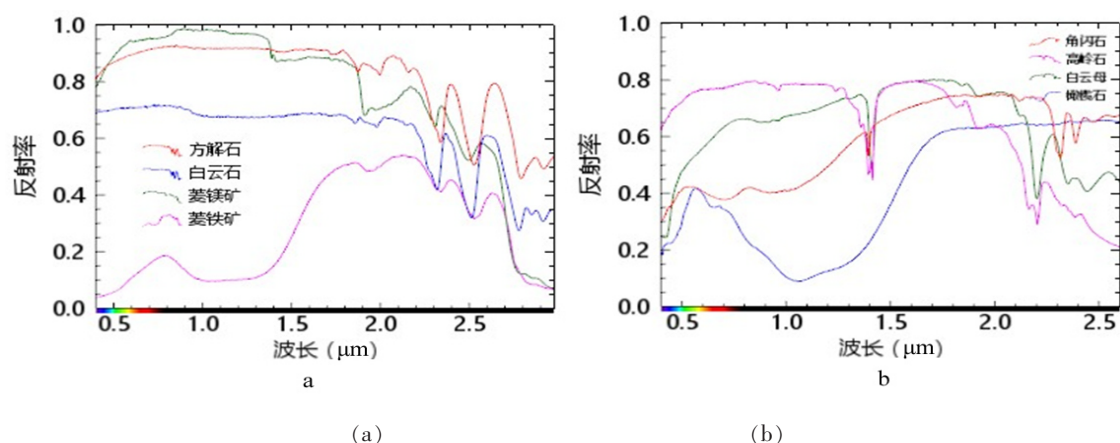


图4 碳酸盐矿物(a)和硅酸盐矿物(b)VNIR-SWIR谱域光谱特征曲线

Fig. 4 VNIR-SWIR spectral characteristic curve of carbonate minerals (a) and silicate minerals (b)

SiO₂ 含量的降低与铁镁质矿物含量的增加而向长波方向移动的特点。如图 5(c), 碳酸盐矿物方解石和白云石在 TIR 波长区域具有典型发射率特征, 分别为 11.40 μm 和 11.35 μm。主要原因是碳酸根离子基振动。

2.2.3 基于遥感指数的岩性提取

岩性信息识别的方法很多, 本文采用波段比值法进行岩性的识别提取。ASTER 波段比值又称为矿物指数, 是一种经常用来提取岩性信息的方法, 通常选择目标矿物光谱的最小反射波段或最大反射波段作为比值波段进行代数运算, 构建不同的遥感指数; 当波段间差值相近但斜率不同时, 增强不同岩性之间的微小差异, 来更好的识别某种岩性信息。

(1) 碳酸盐指数(SWIR 范围), 计算公式如下:

$$CLI = \frac{b6}{b8} \times \frac{b9}{b8} \quad (1)$$

分析碳酸盐矿物在 SWIR 波段范围内的反射

光谱特征曲线, 可以看出碳酸盐矿物(如方解石)在 SWIR 谱域因碳酸根离子振动, 在 2.3 μm 附近有显著的吸收特征, 出现吸收谷, 对应 ASTER 波段 8。波段 6 和波段 9 的反射率都高于波段 8, 所以选择它们建立方解石指数 $(b6/b8) \times (b9/b8)$ 来增大方解石与其它岩性的差异, 来突出该类岩石的信息。同时, 指数 $(b6+b9)/(b7+b8)$ 可用于识别含绿泥石、绿帘石或者角闪石类矿物, 也能指示含碳酸盐矿物的岩体的分布。比值指数 $(b7+b9)/b8$ 也能用于碳酸盐岩的提取。三个指数的提取效果接近, 得出指数图像十分相像。图 6 为 CLI 灰度图像, 可以看到二叠纪树维门科组上段像元亮度值较高, 该区域方解石含量高。

(2) 碳酸盐指数(CI), 计算公式如下:

$$CI = \frac{b13}{b14} \quad (2)$$

通过 TIR 发射光谱特征曲线确定了碳酸盐类

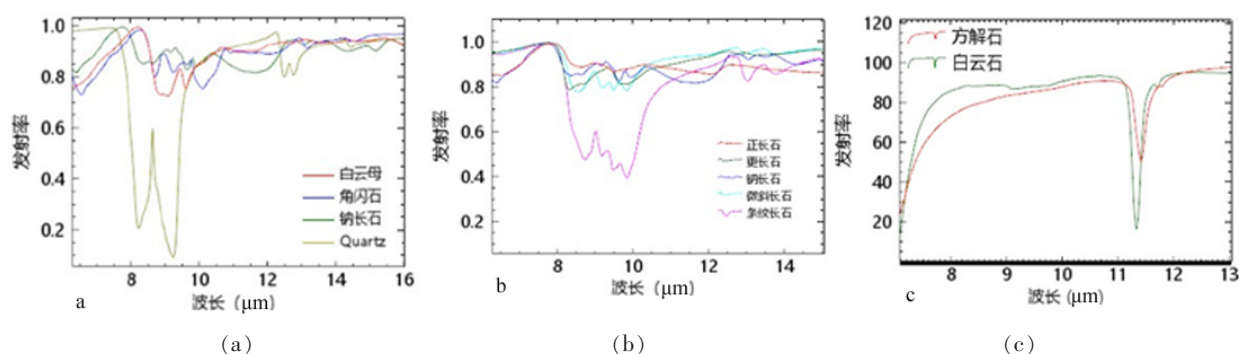


图5 硅酸盐矿物(a)、长石矿物(b)、碳酸盐矿物(c)TIR谱域光谱特征曲线

Fig. 5 TIR spectral characteristic curves of Silicate minerals (a), feldspar minerals (b) and carbonate minerals (c)

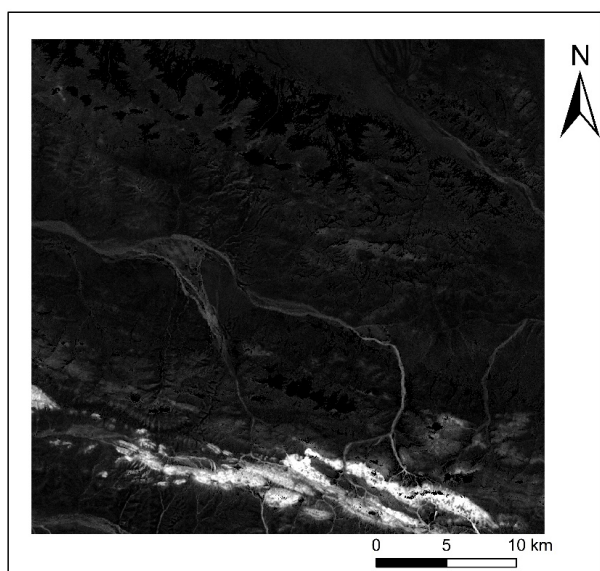


图6 CLI灰度图像

Fig. 6 Grayscale image of CLI

矿物方解石和白云石在 TIR 波长区域的吸收位置分别为 $11.40\ \mu\text{m}$ 和 $11.35\ \mu\text{m}$, 对应 ASTER 第 14 波段; 方解石和白云石在 TIR 波长区域 ASTER13 波段有最高发射率, 比值 b_{13}/b_{14} 能有效增强这些碳酸盐矿物的信息, 有效地突出含方解石、白云石等碳酸盐矿物的碳酸盐岩。图 7 为 CI 灰度图像。

(3) 改良镁铁质指数(MI), 计算公式如下:

$$MI = \frac{b_{12} \times b_{14}^3}{b_{13}^3} \quad (3)$$

镁铁质矿物即镁铁硅酸盐矿物, 是氧化镁与氧

化亚铁和二氧化硅结合形成的, 比如橄榄石、辉石等。由于氧化镁与氧化亚铁与硅酸岩中的二氧化硅含量呈负关系, 因此只有在二氧化硅含量低的情况下, 才会出现镁铁质矿物, 所以在 MI 指数灰度图 8 上, 高亮地区表示二氧化硅含量低, 从而反映研究区硅酸盐信息。

(4) 石英指数(QI), 计算公式如下:

$$QI = \frac{b_{11}}{b_{10}} \times \frac{b_{11}}{b_{12}} \quad (4)$$

分析石英的发射光谱特征曲线, 石英在 $8-10\ \mu\text{m}$ 波段表现典型的双低发射率谱带, 分别对应 ASTER 第 10 波段和第 12 波段, 分别与高发射率作比值处理建立石英指数能有效突出石英含量高的岩石信息; 且因为与长石矿物的低发射率相反, 所以石英指数能反映富含石英而缺乏长石的岩石。在 QI 指数灰度图 9 中, 像元亮度值高说明该区域富含石英。

(5) 碱性长石指数(AFI), 计算公式如下:

$$AFI = \frac{b_{13}}{b_{12}} \quad (5)$$

根据长石矿物光谱曲线特征分析得出, 正长石、条纹长石等碱性长石 band12 出现低发射率谱带, band13 的发射率要高于 band12, 将 band13 与 band12 做比值运算, 能增强碱性长石信息。因此, 构造碱性长石指数 AFI 的, 可以突出碱性长石信息。图 10 反映了研究区域内的 AFI 灰度图像。

(6) 斜长石指数(PLI), 计算公式如下:

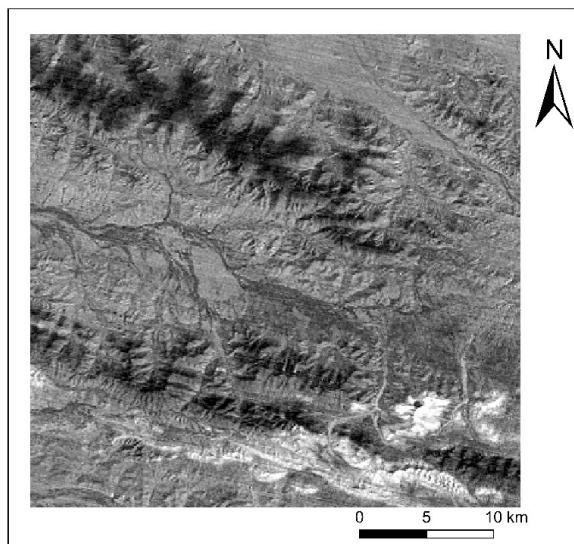


图7 CI灰度图像

Fig. 7 Grayscale image of CI

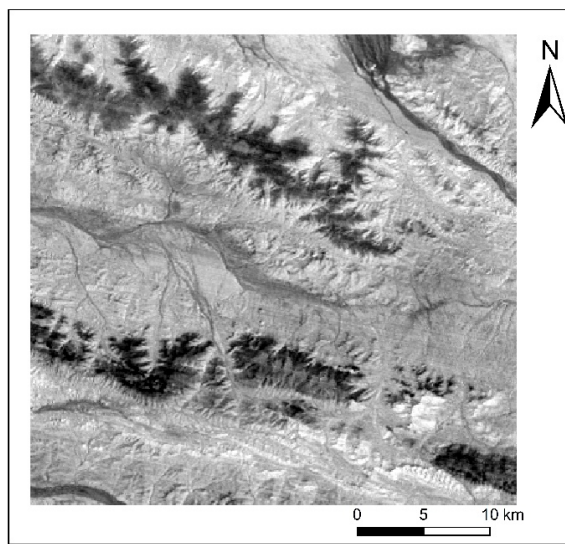


图8 MI灰度图像

Fig. 8 MI Grayscale image

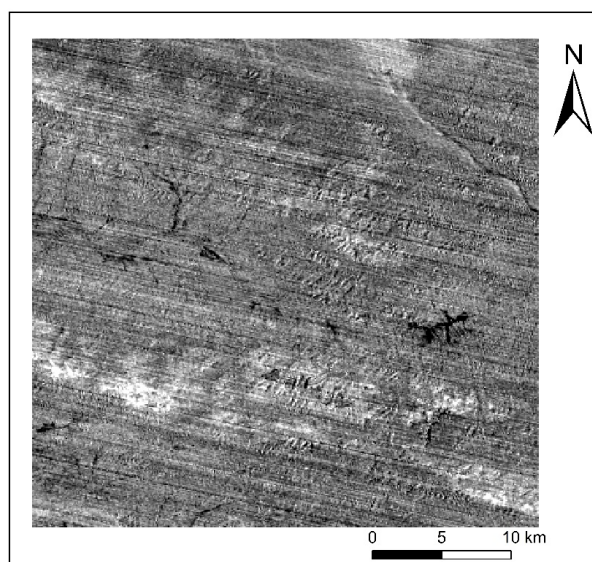


图9 QI灰度图像

Fig. 9 Grayscale image of QI

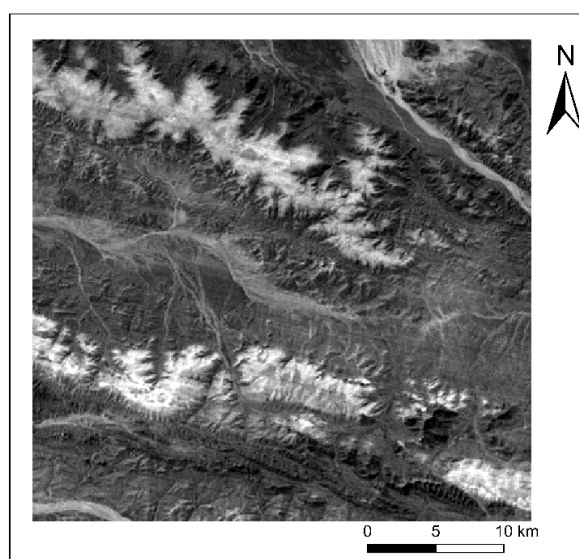


图10 AFI灰度图像

Fig. 10 Grayscale image of AFI

$$PLI = \frac{b_{12}}{b_{11}} \times \frac{b_{12}}{b_{13}} \quad (6)$$

根据长石矿物光谱曲线特征分析得出,斜长石矿物的低发射率波长位置与碱性长石相反,band11和band13处形成吸收谷,而band12的发射率值高于band11与band13,所以比值band12/band11和band12/band13都能一定程度增强斜长石的信息;因而,选择比值 $b_{12} \times b_{12} / (b_{11} \times b_{13})$ 构造PLI,很大程度地增强这些长石矿物信息。图11为研究区域内的PLI比值灰度图像。

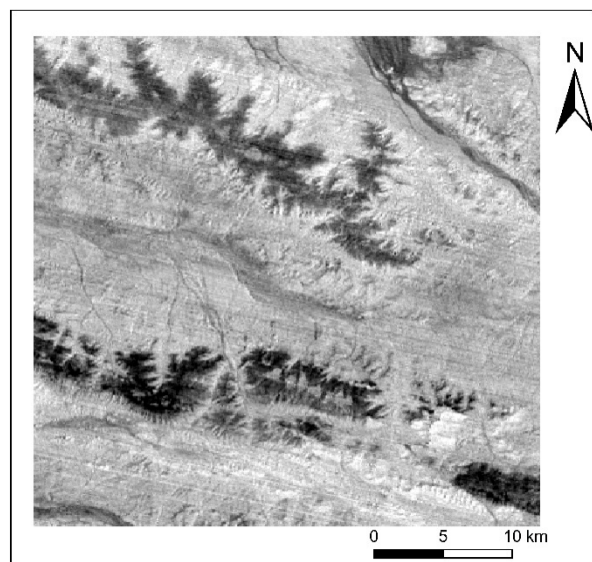


图11 PLI灰度图像

Fig. 11 Grayscale image of PLI

3 岩性信息提取结果分析

本文通过将三种矿物指数分别置于红(R)绿(G)蓝(B)分量上,进行RGB假彩色合成图像,然后通过合成图像色彩上的差别来识别造岩矿物,进而目视解译出岩性。图12是由R(方解石矿物指数CLI)、G(指数 $(b_7+b_9)/b_8$)、B(指数 $(b_6+b_9)/(b_7+b_8)$)假彩色合成的。从图中可以发现,指数图像颜色单调,整体呈暗色调,只有一个区域出现了明显

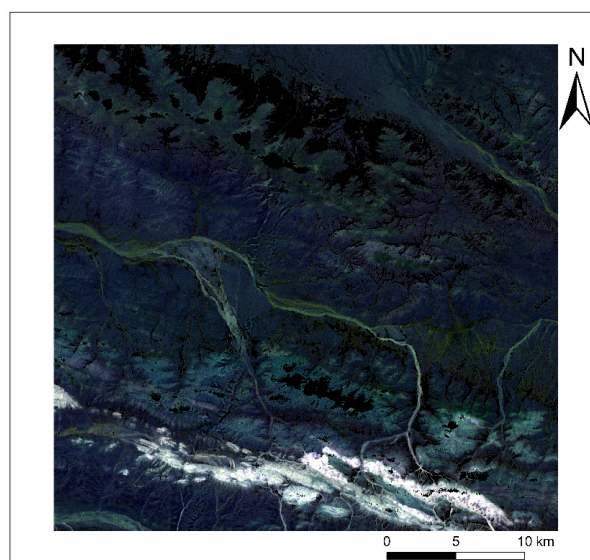


图12 光谱指数假彩色合成影像

Fig. 12 False color composite image of spectral index

的白色;按颜色组合进行解译,单调的白色区域碳酸盐特征明显,从矿物指数图像上可以看出比较清晰的界线。对比研究区地质图,该区发育有生物碎屑灰岩,界线与指数图像基本吻合。黑色区域是植被覆盖区域和雪地掩膜处理后表现,其余区域颜色单一,难以目视解译识别划分岩性。

图 13 是由 R (石英指数 QI)、G (碳酸盐指数 CI)和 B (铁镁质指数 MI)彩色合成的矿物指数图像。为了便于解译分析描述,将提取结果划分多个区域,标注上字母代表对应区域。图中可以发现,A 区东昆仑南活动陆缘带有条带状的蓝紫色区域,含石英矿物和镁铁矿物,应为硅酸盐矿物;该区域有雪和植被覆盖,岩性难以识别提取,根据地质关系推测覆盖区域与蓝紫色区域岩石类型相同。CI 碳酸盐指数对应绿色波段,所以 N、K、L、R 绿色区域指示的为含碳酸盐矿物,该处岩石的白云石和方解石矿物含量较丰富。矿物指数图像上能够看得出清晰的岩性界线,对比研究区地质图,该区域发育有生物碎屑灰岩,界线提取结果比较吻合。QI 石英指数对应红色波段,以红色为主色调的 F、J、M 区域应为高石英含量的岩石,应为石英质沉积岩;对比地质图,该处地层岩性主要为碎屑岩。H 区域下方的紫色区域与其同属一个地层,而指数图像上显示紫色,原因是该区岩石含有铁镁质矿物。C 区颜色

斑杂,为杂色碎屑岩。B、D 区界线分明,参照提取出的岩性,B 区为岩屑长石砂岩,D 区与 A 区同为花岗岩。

图 14 是由 R (碱性长石指数 AFI)、G (斜长石指数 PLI)和 B (石英指数 QI)彩色合成的矿物指数图像,从图中可以看出,图像主体主要呈现紫色和绿色,绿色区域岩性主要为沉积岩与第四纪的沉积物,紫色区域岩体主要矿物为碱性长石和石英,对比已有研究区的地质图,B 区为花岗岩,A 区为泥盆纪碎屑岩,两种岩石主要组成矿物都为长石和石英。

不同的矿物指数提取的侧重点不同,能突出不同矿物丰度信息,综合上述几个矿物指数图像,对比已有地质图绘制了研究区的岩性分布解译图 (图 15)。

4 结论

本文利用 ASTER 数据,研究分析不同矿物岩石的光谱特征曲线,通过构建不同矿物的遥感指数对布喀达坂峰地区的矿物岩石信息进行提取,再将不同矿物指数的灰度图像进行 RGB 假彩色合成,对研究区的岩性信息进行解译,划分岩石类型。该方法很好地提取了相关岩石的岩性信息,特别是对灰岩的识别提取效果较好。通过目视解译可以在遥

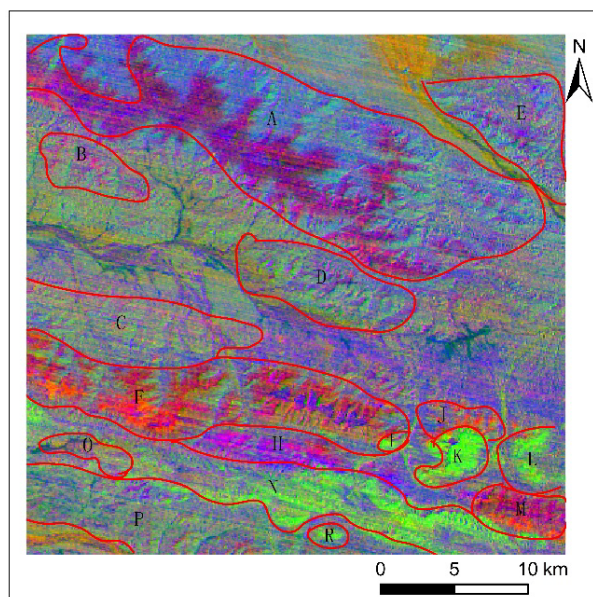


图 13 光谱指数假彩色合成影像(R(QI)、G(CI)、B(MI))

Fig. 13 False color composite image with spectral index (R (QI), G (CI), B (MI))

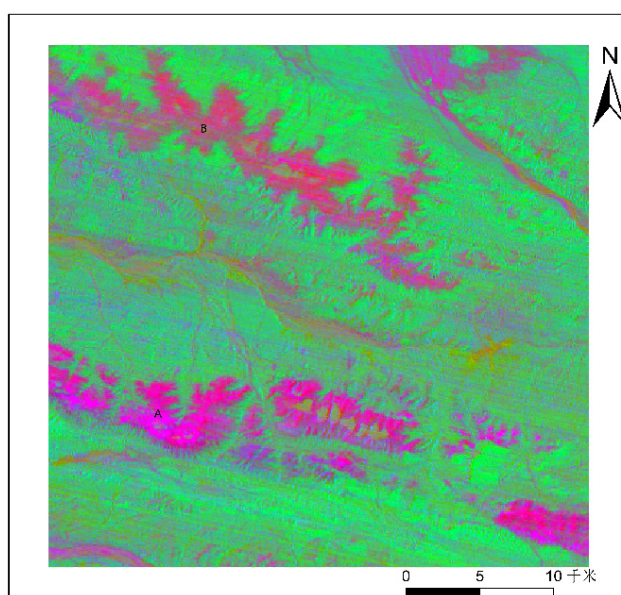


图 14 光谱指数假彩色合成影像((AFI)、G (PLI)、B (QI))

Fig. 14 False color composite image of spectral index ((AFI), G (PLI), B (QI))

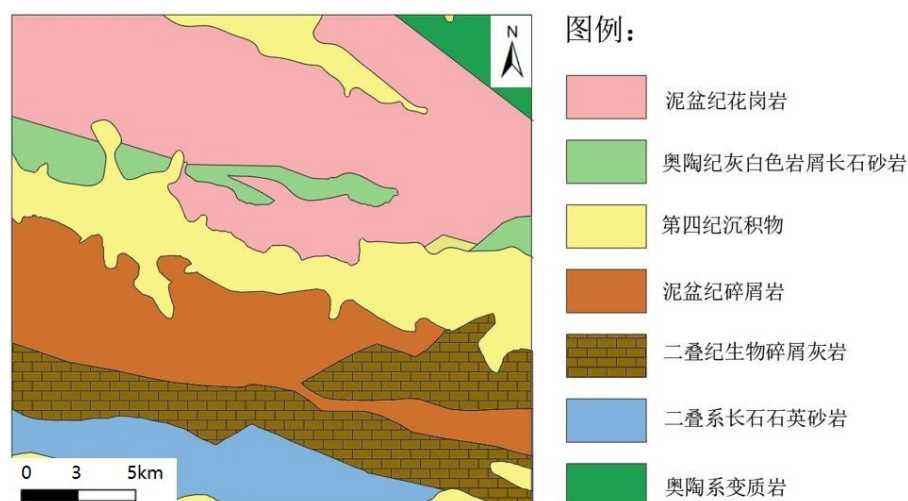


图15 研究区岩性解译图

Fig. 15 Lithologic interpretation map of the study area

感图像上勾勒出不同岩性地质单元,从已有的地质图和野外验证来看,可以发现该方法提取出的岩性界线与地质图上的地质界线较为吻合,所解译出来的岩石地层分布与组级岩石地层单位基本匹配。虽然采用矿物指数方法提取裸岩层区域的岩性信息会取得比较好的效果,但是受 ASTER 数据的空间分辨率和岩石露头宽度的影响,目前尚无法识别单位或者厚度小于 ASTER 空间分辨率的单一岩性信息。另外在信息提取的过程中对植被和雪做了掩膜处理,当使用遥感指数法提取岩性信息时,某些矿物的信息会发生混淆,对遥感岩性解译造成影响。所以该方法也存在一定的局限性,在应用的时候应根据具体情况进行相应的调整 and 选择。

参考文献:

- [1] Gomez C, Delacourt C, Allemand P, Ledru P, Wackerle R. Using ASTER remote sensing data set for geological mapping in Namibia [J]. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2005, 30(1-3): 97-108.
- [2] Alimohammadi M, Alirezaei S, Kontak D J. Application of ASTER data for exploration of porphyry copper deposits: A case study of Daraloo - Sarmeshk area, southern part of the Kerman copper belt, Iran [J]. *Ore Geology Reviews*, 2015, 70: 290-304.
- [3] Amer R, Elmezayen A, Hasanein M. ASTER spectral analysis for alteration minerals associated with gold mineralization [J]. *Ore Geology Reviews*, 2016, 75: 239-251.
- [4] Poura B, Hashim M. Identification of hydrothermal alteration minerals for exploring of porphyry copper deposit using ASTER data, SE Iran [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2011, 42(6): 1309-1323.
- [5] 高万里, 张绪教, 王志刚, 张紫程, 张耀玲. 基于 ASTER 遥感图像的东昆仑造山带岩性信息提取研究[J]. *地质力学学报*, 2010, 16(1): 59-69.
- [6] 卡德丽亚·卡合曼, 张彦平. 基于 Aster 遥感影像的断裂构造信息及岩性信息提取研究 [J]. *西部探矿工程*, 2014, 26(10): 111-114.
- [7] 余健, 张志, 李闵佳, 陈腾, 何文熹. 基于 ASTER 遥感影像的西昆仑岩性信息提取方法研究 [J]. *国土资源遥感*, 2012, (1): 22-27.
- [8] Guha A, Vinod Kumar K. New ASTER derived thermal indices to delineate mineralogy of different granitoids of an Archaean Craton and analysis of their potentials with reference to Ninomiya's indices for delineating quartz and mafic minerals of granitoids—An analysis in Dharwar Craton, India [J]. *Ore Geology Reviews*, 2016, 74: 76-87.
- [9] 杨佳佳, 姜琦刚, 林楠, 李根军, 王斌, 孟翔冲. 基于 ASTER 遥感数据的矿物快速识别——以内蒙古萨麦地区为例[J]. *遥感信息*, 2012, (3): 99-104.
- [10] 于亚凤, 杨金中, 陈圣波, 王楠. 基于光谱指数的遥感影像岩性分类[J]. *地球科学*, 2015, 40(8): 1415-1419.

- [11] Poura B, Hashim M. The application of ASTER remote sensing data to porphyry copper and epithermal gold deposits [J]. Ore Geology Reviews, 2012, 44: 1-9.
- [12] Yu L, Porwal A, Holden E J, Dentit M C. Towards automatic lithological classification from remote sensing data using support vector machines [J]. Computers & Geosciences, 2012, 45: 229-239.
- [13] 王成, 郭娜, 张廷斌, 唐楠, 伏媛. 基于矿物光谱指数的蚀变信息提取——以西藏多龙铜金矿集区 ASTER数据为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(3): 50-53.
- [14] 付光明, 严加永, 张昆, 胡浩, 罗凡. 岩性识别技术现状与进展[J]. 地球物理学进展, 2017, 32(1): 26-40.
- [15] Rowan L C, Mars J C. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data [J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84(3): 350-366.
- [16] Oliver S, Kalinowski A. ASTER Mineral Index Processing Manual [M]. Remote Sensing Applications Geoscience Australia, 2004.
- [17] 甘甫平, 董新丰, 闫柏琨, 梁树能. 光谱地质遥感研究进展 [J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2018, 10(1): 44-62.
- [18] 甘甫平, 王润生, 马蔼乃. 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.
- [19] 黄宇飞, 李智慧, 宁慧, 胡震岳, 曹海翊. 应用aster遥感图像的岩矿信息提取研究 [J]. 航天器工程, 2019, 28(6): 130-135.
- [20] 穆媛芮, 孔婕, 朱玉芳, 张建收. 新疆西昆仑皮山县赛图拉镇东aster影像岩性提取研究 [J]. 西部探矿工程, 2017, 29(6): 143-145.

《华南地质与矿产》更名为《华南地质》的启事

经国家新闻出版署批准(国新出审〔2020〕2462号),《华南地质与矿产》于2020年第3期正式更名为《华南地质》(CN42-1913/P)。

《华南地质》办刊宗旨为:立足华南地区,刊载地质科技新进展、新成果、新技术,促进学术交流,推动成果转化,服务生态文明建设和自然资源管理。

更名后的《华南地质》继续为中国知网、万方数据库、维普数据库、CA(化学文摘)及《JST 日本科学技术振兴机构数据库》等国内外数据库收录,《华南地质》将继续以提高刊物质量为抓手,进一步提高期刊的编校质量和学术水平,为广地质工作者提供学术交流平台,殷切希望广大专家学者继续支持期刊出版工作,不吝赐稿,推动期刊学术质量再上新台阶,争取早日进入中国核心期刊方阵。