

新疆哈密三种典型蚀变矿物的 HyMap 高光谱遥感信息提取

阚明哲¹, 田庆久¹, 张宗贵²

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093; 2. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 利用机载的可见光、近红外及短波红外成像光谱 (HyMap) 数据, 对新疆哈密地区岩矿信息识别方法进行研究。基于方解石、绿泥石和绢云母 3 种常见蚀变矿物的光谱特征, 在遥感数据定标和反射率图像转换的基础上, 应用光谱角度模型 (SAM) 分类法进行自动匹配识别和信息提取。通过掩膜技术进行方解石、绿泥石和绢云母矿物填图, 并结合实验室光谱数据库光谱进行了验证。

关键词: HyMap; 高光谱遥感; 蚀变矿物; 信息提取; 光谱

中图分类号: TP 722.5; P 614 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2005)01-0037-04

0 引言

遥感对地物识别研究, 主要是基于地物的空间、辐射、光谱等方面特征与地物组成属性之间的关联关系。不同岩石矿物和矿化蚀变具有不同的光谱特征, 这是利用高光谱遥感技术进行岩矿、蚀变信息识别的基础^[1]。区域地质制图和矿产勘探是高光谱遥感技术主要的应用领域之一, 各种岩石和矿物在电磁波谱上显示的诊断性光谱特征 (diagnostic spectral feature) 可以帮助人们识别不同的矿物成分^[2,3]。因此, 从高光谱遥感数据中提取地物的光谱信息, 然后直接根据其诊断性光谱特征区分地物或自动判别地物类型是一种有效的遥感技术方法。

本研究利用 2002 年 10 月 24 日在新疆东天山哈密地区土屋东一三岔口获取的 HyMap 成像光谱遥感数据, 结合同步野外地物光谱实测信息和 USGS 标准矿物波谱库光谱数据, 在反射率图像转换的基础上, 进行方解石、绿泥石和绢云母 3 种主要矿化蚀变岩矿信息提取与识别。

1 方解石、绿泥石和绢云母光谱特征分析

据 Hunt 研究^[4], 热液蚀变矿物在 2.0~2.5 μm

短波近红外波段 (SWIR2) 具有诊断性强吸收特征。在该波段, 方解石、绿泥石和绢云母都具有明显的蚀变矿物光谱特征 (图 1)。

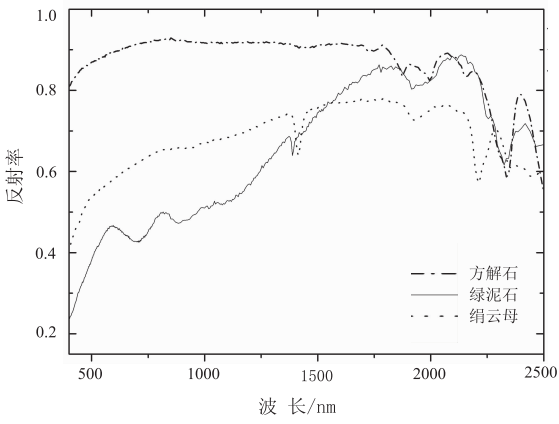


图 1 横板样品矿物光谱特征曲线

(1) 碳酸盐矿物 (地表多以次生方解石族为主) 波谱特征为碳酸根基团谐基振动所致。Gaffey^[5,6] (1986) 分析方解石、文石、白云石等无水碳酸盐矿物光谱特征, 认为碳酸根在 1.60~2.55 μm 至少存在 7 个吸收峰 (2.50 μm、2.30 μm、2.22 μm、2.13 μm、1.96 μm、1.84 μm、1.75 μm)。通过进一步研究指出, 利用 2.00~2.55 μm 区域的 4 个吸收特征仍可有效识别这 3 类碳酸盐矿物。

(2) 绿泥石在短波红外 (SWIR2) 上有 5 个光谱

特征吸收峰,分别是 $2.25\text{ }\mu\text{m}$ 、 $2.26\text{ }\mu\text{m}$ 、 $2.33\text{ }\mu\text{m}$ 、 $2.39\text{ }\mu\text{m}$ 和 $2.47\text{ }\mu\text{m}$,其中以 $2.33\text{ }\mu\text{m}$ 处(113 波段)的吸收峰最强且较宽,呈对称性, $2.25\text{ }\mu\text{m}$ 处强度为第二,非对称^[7]。

(3) 绢云母在短波红外(SWIR2)上有 3 个特征吸收峰,分别是 $2.20\text{ }\mu\text{m}$ 、 $2.35\text{ }\mu\text{m}$ 和 $2.44\text{ }\mu\text{m}$,其中 $2.20\text{ }\mu\text{m}$ 是白云母类矿物的吸收特征。 $2.35\text{ }\mu\text{m}$ 处的特征峰吸收强且具有对称性, $2.44\text{ }\mu\text{m}$ 处相对较弱,较宽非对称^[8~11]。

2 研究区概况

研究区位于新疆东天山哈密土屋东—三岔口地区,东经 $93^{\circ}10' \sim 95^{\circ}20'$,北纬 $42^{\circ}03' \sim 42^{\circ}26'$,海拔 $500 \sim 1\,100\text{ m}$,侵入岩广泛发育,且岩石类型齐全,从基性岩到酸性岩均有出露,是东天山一重要的成矿区带,具有寻找岩浆热液型、斑岩型铜矿的地质条件^[7]。区内矿点(床)多,有金、铜、镍等多金属矿种,近矿围岩蚀变主要为黄铁矿化、青盘岩化、褐铁矿化、绿泥石化、黄铜矿化、孔雀石化、角岩化及碳酸盐化等。

3 遥感数据获取

利用澳大利亚 HyVista 公司 HyMap 成像光谱仪,获取东天山土屋东—三岔口约 $3\,100\text{ km}^2$ 的航空高光谱遥感数据,时相为 2002 年 10 月 24 日。共获取 21 条航带数据,本研究利用第 20 条航带数据。

4 地面光谱定标与光谱重建

对成像光谱数据进行了图像像元滤波平滑去噪声处理,边缘辐射畸变恢复采用扫描行的归一化处理。辐射校正、光谱重建采用基于地面光谱观测的经验线性模型法^[8]。

在 HyMap 航空数据获取的同时进行地面定标光谱测量,对区内相对均质、大面积的地面定标点地物,包括偏亮的黄泥土和偏暗的凝灰岩、片岩风化后的坡积物和岩矿地质体,采用 ASD-FR 地物光谱仪进行了野外光谱测量。图 2 为偏亮的河滩和偏暗的黑色片岩定标光谱曲线。

在 HyMap 辐射校正基础上,利用 Envi 3.6 软件的经验线性回归模型,结合野外实测定标点地物,求出图像 DN 值与反射率之间的经验关系^[13],对 Hy-

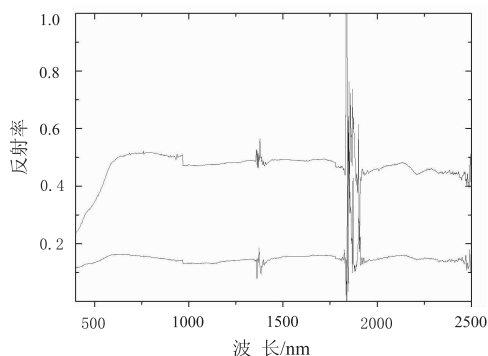


图 2 定标光谱曲线

(上曲线为河漫滩,下曲线为片岩)

Map 影像进行反射率图像转换和地面反射率重建。为了评价反射率转换的精度和效果,对反射率影像作 PPI(纯净像元指数)处理,依据其结果提取出反射率图像上可能是绿泥石的一个像元的光谱曲线,如图 3 所示,比较 USGS 标准矿物光谱库绿泥石光谱,采用 $2.0 \sim 2.5\text{ }\mu\text{m}$ 短波近红谱段的 SAM(光谱角度制图法),表征相似性概率的光谱矢量角度测度函数 θ 达到 0.035。

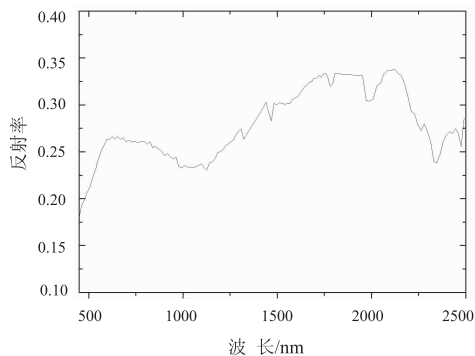


图 3 影像校正后的绿泥石光谱曲线

5 典型矿带的识别和制图

岩矿信息提取方法选择光谱角度制图法。光谱角度制图法(Spectral Angle Mapper,即夹角余弦方法),简称 SAM,即通过计算一个测试光谱(像元光谱)与一个参考光谱之间的“角度”来确定两者之间的相似性。参考光谱可以是实验室光谱或野外测定光谱或是从图像上提取的像元光谱^[2]。SAM 分类法本质上是比较地物光谱形态特征的相似性,通过选择具有不同诊断性光谱特征的光谱波段范围,从而获得更好的信息提取结果。

通过地面调查和现有资料,已知该区域存在混合岩化片岩、绢云母片岩、花岗岩、玄武岩、凝灰岩、花岗斑岩、橄榄岩和一些蚀变岩性特点。以提取方

解石、绿泥石和绢云母蚀变矿物为目标,参考光谱选自美国地质调查局(USGS)的标准矿物光谱库,并以具有显著诊断性强吸收特征的 $2.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 波段,利用 Envi 3.6 软件进行 SAM 匹配识别。进行 SAM 匹配识别,阈值的选择是保证信息提取精度的关键,试验中以不同矿物作反复试验最终确定。经过试验,3 种矿物的 SAM 匹配阈值分别确定在 0.04(方解石)、0.035(绿泥石)和 0.035(绢云母)。利用 Envi 3.6 图层掩膜技术,把 SAM 匹配结果分别迭加到

RGB(18,8,1 波段)合成图层上,并输出 24 位真彩色 TIF 图,即最终结果图(插页彩片 10~12)。

6 验证

为了验证试验精度,随机抽取 3 种矿物相应像元位置处的图像光谱曲线,与各自在 USGS 标准矿物光谱库中的光谱作对比分析($2.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$)(图 4)。3 幅光谱曲线对比图中,上面的曲线来自 USGS 光谱

图 4 3 种矿物的 USGS 库光谱和图像光谱曲线
(上曲线为 USGS 光谱库光谱,下曲线为图像光谱)

库光谱,下面的曲线来自结果影像像元。其中方解石 sample, line = 69,8 822 像元;绿泥石 sample, line = 239,9 056 像元;绢云母 sample, line = 273,8 782 像元。总之,从 Envi 3.6 经验线性模型中反演出来的影像视反射率,比实验室测得的 USGS 标准光谱库光谱的反射率明显偏低。从矿物波形看,尤其是 $2.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 处,二者具有明显的相似性。在图 4 中,方解石光谱特征呈现出明显的两峰两谷。HyMap 在 $2.330 \mu\text{m}$ (第 118 波段)和 $2.412 \mu\text{m}$ (第 123 波段)处,分别对应 USGS 库光谱的 $2.335 \mu\text{m}$ 和 $2.400 \mu\text{m}$ 波段处,最强的特征吸收峰(波形表现为谷)和反射峰表现出良好的一致性,波谱的 SAM 匹配阈值达到了 0.04 的精度;绿泥石也呈现出显著的两峰两谷特征。HyMap 光谱在 $2.103 \mu\text{m}$ (第 105 波段)、 $2.330 \mu\text{m}$ (第 118 波段)和 $2.412 \mu\text{m}$ (第 123 波段),分别对应 USGS 库光谱的 $2.095 \mu\text{m}$ 、 $2.335 \mu\text{m}$ 和 $2.418 \mu\text{m}$ 波段,两峰一谷表现出强烈的一致性,使得这一谱段的 SAM 匹配阈值精确度达到了 0.035 以上;绢云母光谱特征呈现出明显的两峰三谷。其中在 HyMap 光谱的 $2.210 \mu\text{m}$ (第 111 波段)、 $2.279 \mu\text{m}$ (第 115 波段),分别对应 USGS 库光谱 $2.215 \mu\text{m}$ 、 $2.335 \mu\text{m}$ 和 $2.275 \mu\text{m}$ 波段最强的特征吸收峰和反射峰表现出了强烈的一致性。甚至在两个弱吸收峰(HyMap 的 $2.347 \sim 2.363 \mu\text{m}$ 和 $2.460 \mu\text{m}$,对应 USGS 库光谱的 $2.355 \sim 2.365$ 和 $2.466 \mu\text{m}$)上也表现出了极

强的一致性。

任意抽取其它像元位置的图像光谱曲线验证,得到了同样的结果。

综上所述,虽然 Envi 3.6 经验线性模型反演影像获得的视反射率值普遍低于标准光谱库光谱反射率,但光谱角度制图法提取矿物信息仍然获得了较理想的结果。

7 结论和讨论

研究结果表明,利用 HyMap 成像光谱数据,采用基于矿物光谱特征的高光谱遥感光谱角度模型(SAM)分类法,能够较好地提取研究区的主要蚀变矿物信息。本研究中 SAM 自动匹配识别算法表现出了灵活、快速、直接、准确的特点。应用诊断性光谱特征的 SAM 矿物信息提取也在一定程度上解决了像元的混合光谱问题。

另外,本研究还只是针对较为熟知的局部地区,SAM 自动匹配算法也只是针对特定的几种矿物信息的提取,应用到更大的区域,还需进一步研究。

参考文献

- [1] 甘甫平,王润生,等. 利用光谱遥感技术识别和提取矿化蚀变信息——以河北赤城—崇礼地区为例[J]. 现代地质,2000,14(4):465-469.
- [2] 浦瑞良,宫鹏. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京:高等教育出版

社,2001.

[3] Crosta A P, Souza C R de F. Evaluating AVIRIS hyperspectral remote sensing data for geological mapping in Laterized Terranes, Central Brazil[A]. Proceedings of the Twelfth International Conference and Workshops on Applied Geologic Remote Sensing[C]. Denver, Colorado. 1997,430 – 437.

[4] 地矿部地质情报所编. 遥感专辑(I) [M]. 北京:中国地质出版社,1980.

[5] Gaffey S J. Spectral Reflectance of Carbonates Minerals in the Visible and Near Infrared; (0.35 ~ 2.55microns) : Calcite, Aragonite, and Dolomite[J]. American Mineralogist, 1986, (72) :151 – 162.

[6] 甘甫平,王润生,马蒿乃,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.

[7] 张宗贵,王润生,等. 基于地物光谱特征的成像光谱遥感矿物识别方法[J]. 地学前缘, 2003, 10(2) :437 – 443.

[8] Kondratyev K Y. Radiation in the Atmosphere[M]. New York : Academic Press, 1989.

[9] Veverka J, Roush T L, Rowanc, et al. NEAR at Eros: imaging and spectral results[J]. Science, 2000, 289 :2088 – 2097.

[10] Carlson R W, Anderson M S, Johnson R E, et al. Hydrogen peroxide on the surface of Europe[J]. Science, 1999, 283 :2062 – 2064.

[11] Clark R N. Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy[A]. Manual of Remote Sensing[C]. New York : John Wiley&Sons Inc, 1999, 10 – 25.

[12] 甘甫平,王润生,杨苏明. 西藏 Hyperion 数据蚀变矿物识别初步研究[J]. 国土资源遥感, 1998, (4) :44 – 50.

[13] 杨金中,方洪宾,张玉君,等. 中国西部重要成矿带遥感找矿异常提取的方法研究[J]. 国土资源遥感, 2003, (3) :50 – 53.

[14] 党福星. 多光谱定量分析技术在矿化蚀变信息提取中的应用研究[J]. 国土资源遥感, 1998, (4) :86 – 92.

THE EXTRACTION OF HYMAP HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING INFORMATION FROM THREE TYPICAL ALTERED MINERALS IN HAMI AREA, XINJIANG

KAN Ming – zhe¹, TIAN Qing – jiu¹, ZHANG Zong – gui²

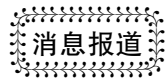
(1. International Institute for Earth System Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: The study of mineral information reorganization method was carried out by means of the airborne visible light and near infrared and short – wave infrared imaging spectrometry (HyMap) data from Hami area of Xinjiang. By analyzing spectral features of three kinds of familiar altered minerals (calcite, chlorite and muscovite) and using the calibration of the remote sensing data and spectral reflectance retrieval, the authors employed spectral angle mapper (SAM) to extract mineral information from the three kinds of altered minerals. With the mask technique, the mineral distribution maps of calcite, chlorite and muscovite were compiled. In combination with the spectra of spectral libraries, the authors also effectively carried out the verification.

Key words: Hymap; Hyperspectral remote sensing; Altered minerals; Information reorganization; Spectra

第一作者简介: 阚明哲 (1978 –), 男, 南京大学国际地球系统科学研究所, 硕士研究生, 主要研究方向为遥感图像处理与高光谱遥感。

(责任编辑: 周树英)



2020 年前我国将发射 100 多颗卫星

2020 年前,我国将发射 100 多颗卫星,它们将和其他国家卫星一起织成一张“天网”——全球对地观测系统,对地球进行监测。这是记者从在北京举行的国际卫星对地观测委员会第 18 届全会上获悉的消息。中方有关人士表示,我国在 2020 年前发射 100 多颗卫星,涉及国土资源、测绘、水利、森林、农业和城市建设等社会发展的各个领域,它们不仅将形成我国自己的对地观测网,还将和其他国家的对地观测平台一起,组成全球对地观测系统。

据介绍,对地球的系统观测,包括对大气圈和陆地圈的观测,以及对矿产资源、水资源、生态系统和各种灾害的观测。

在今年 4 月举行的国际对地观测第二次部长级高峰会议上,包括中国在内的 44 个国家和地区以及 26 个国际组织正式批准了“国际对地观测 10 年实施计划框架文件”,提出建立全球分布对地观测系统。全球对地观测系统通过整合各国的人造卫星、航天飞机、火箭、飞机、地面遥感车等多个观测地球的平台,实现资源和信息共享,编造一张“疏而不漏”的“天网”,实现对全球陆地、大气、海洋等多个角落的立体观测和动态监测,为政府和公众有关人类健康、环境保护和经济发展等方面的决策与认识提供完整的科学依据。

《摘自北京青年报》