

科学出版社
出版
中国地理学会环境遥感分会
中国科学院遥感与数字地球研究所
主办

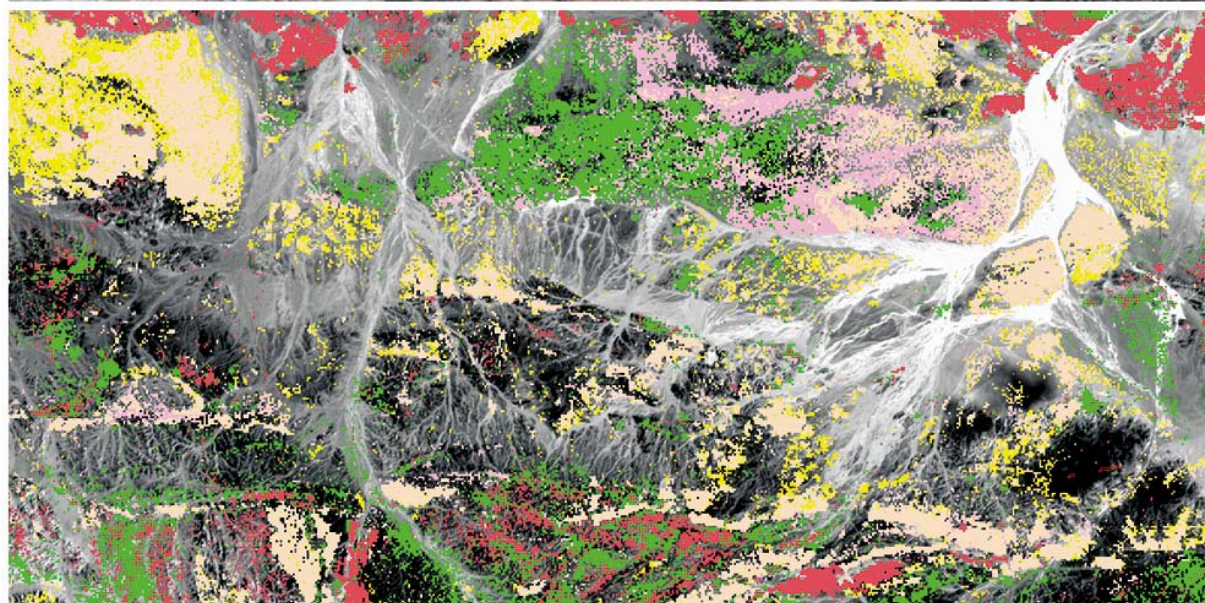
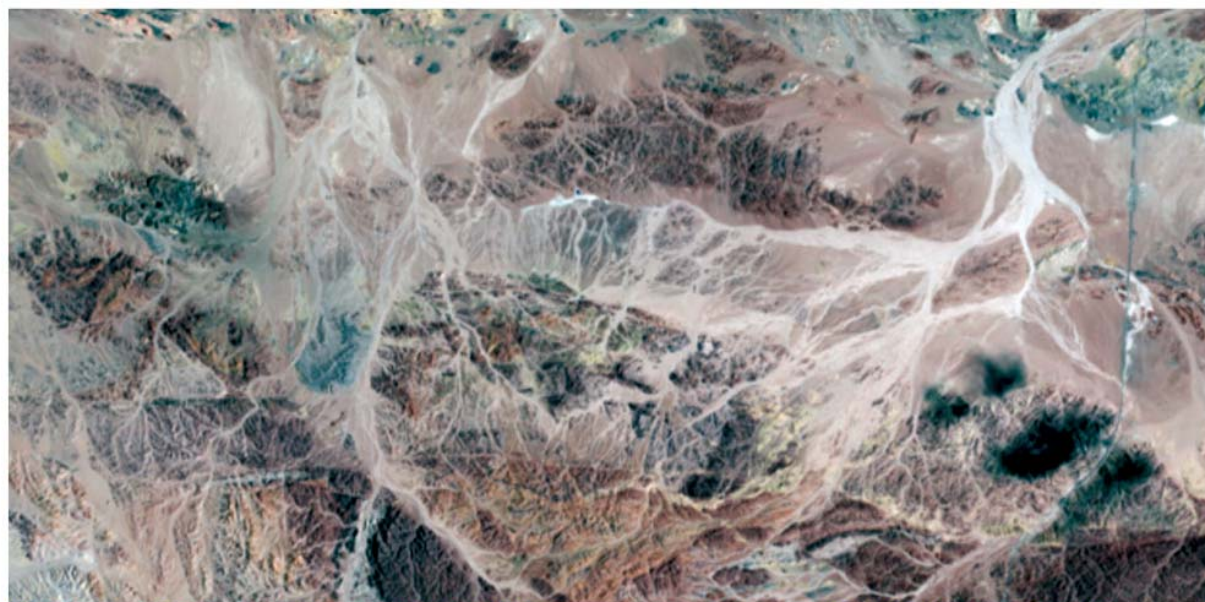
JOURNAL OF REMOTE SENSING

遥感学报

2014年 Vol.18 第18卷 增刊

ISSN 1007-4619 CN11-3841/TP CODEN YXAUAB

“天宫一号” 遥感应用专刊



中铝白云母 贫铝白云母 富铝白云母 白云石 绿泥石

遥感学报

Yaogan Xuebao

第 18 卷 增刊 2014 年

目 次

序言	(1)
综述	
天宫一号高光谱成像仪遥感应用	高铭, 张善从, 李盛阳 (2)
光谱成像技术	
高光谱成像仪发展简况	颜昌翔 (11)
可编程红外焦平面光谱成像技术研究	庄晓琼, 王晟玮, 王跃明 (20)
红外遥感自身引起的背景辐射研究	陈永和, 陈洪达, 傅雨田 (25)
红外焦平面探测器信息获取与预处理电路设计	范文龙, 董峰, 傅雨田 (30)
天宫一号超光谱仪红外谱段的实验室定标	黄小仙, 傅雨田 (35)
地面处理技术	
基于高性能计算平台的天宫一号遥感数据地面预处理系统	张万峰, 赵灵军, 刘志文 (42)
天宫一号高光谱数据辐射校正的 CUDA 并行优化	赵海娜, 吴远峰, 张兵 (49)
天宫一号高光谱成像仪系统光谱辐射校正	张文娟, 吴远峰, 刘良云, 张兵, 李绪志, 张九星 (56)
天宫一号高光谱成像仪严密成像几何模型研究	刘志文, 刘定生, 魏静波 (62)
高光谱红外谱段交叉定标与近海遥感应用试验	邢前国, 娄明静, 张九星, 李绪志, 宁吉才, 高志强 (68)
遥感应用	
面向地质应用的天宫一号成像光谱数据评价	林健, 闫柏琨, 董新丰, 杨苏明, 杨日红, 崔静, 郭鼎, 王润生 (74)
天宫一号高光谱数据相关检测法蚀变信息提取	张艮中, 吴太夏, 刘佳, 张立福, 童庆禧 (84)
天宫一号高光谱数据的船只检测实验	邹亚荣, 赵崑, 阎宇 (92)
利用天宫一号高光谱数据识别植被类型的评估研究	范应龙, 谭炳香, 东启亮 (98)
面向对象规则和支持向量机的天宫一号高光谱影像分类	李雪轲, 王晋年, 张立福, 吴太夏, 杨杭, 刘凯, 姜海玲 (107)
基于天宫一号高光谱数据与 Landsat TM 数据的湿地利用变化监测	胡勇, 刘良云 (116)
利用天宫一号和 Landsat 7 对地观测数据的森林变化检测	庞勇, 张连华, 李增元, 覃先林, 李绪志, 张九星, 刘志文 (121)
利用天宫一号高光谱红外谱段估算青藏高原地表通量与蒸散量	仲雷, 马耀明, 秦军, 傅云飞, 冯璐, 潘晓 (126)
天宫一号数据地表温度反演及其在城市热岛效应中的应用	历华, 杜永明, 柳钦火, 徐大琦, 曹彪, 蒋金雄, 王合顺 (133)
应用天宫一号高光谱红外谱段数据反演地表温度产品及验证	于文凭, 马明国 (144)
天宫一号空间应用推广服务平台介绍	(152)

JOURNAL OF REMOTE SENSING

(Vol.18 Sup 2014)

CONTENTS

Overview

Tiangong-1 hyperspectral remote sensing and application	
.....	GAO Ming, ZHANG Shancong, LI Shengyang (10)

Spectral Imaging Technology

A brief introduction to the development of hyperspectral imager	YAN Changxiang (19)
Study on programmable infrared hyperspectral imaging technology	
.....	ZHUANG Xiaoqiong, WANG Shengwei, WANG Yueming (24)
Study on background of space infrared optical system caused by self-emission	
.....	CHEN Yonghe, CHEN Hongda, FU Yutian (29)
Information acquisition and pre-processing circuit design of infrared focal plane detector	
.....	FAN Wenlong, DONG Feng, FU Yutian (34)
Calibration for the thermal band of hyperspectral imager in Tiangong-1	HUANG xiaoxian, FU Yutian (41)

Ground Processing Technology

Tiangong-1 ground-based remote sensing data preprocessing system for high-performance computing platform	
.....	ZHANG Wanfeng, ZHAO Lingjun, LIU Zhiwen (48)
Parallel computing for Tiangong-1 hyperspectral image radiometric normalization using CUDA	
.....	ZHAO Haina, WU Yuanfeng, ZHANG Bing (55)
Tiangong-1 hyperspectral imager radiometric and spectral correction	
.....	ZHANG Wenjuan, WU Yuanfeng, LIU Liangyun, ZHANG Bing, LI Xuzhi, ZHANG Jiuxing (61)
Rigorous geometric model of Tiangong-1 hyperspectral spectrometer	
.....	LIU Zhiwen, LIU Dingsheng, WEI Jingbo (67)
Radiometric cross-calibration of Tiangong-1 and MODIS infrared bands and applications in monitoring coastal sea surface temperature	
.....	XING Qianguo, LOU Mingjing, ZHANG Jiuxing, LI Xuzhi, NING Jicai, GAO Zhiqiang (73)

Application of Remote Sensing

Evaluating of Tiangong-1 imaging spectrometer data oriented to geological applications	LIN Jian,
.....	YAN Bokun, DONG Xinfeng, YANG Suming, YANG Rihong, CUI Jing, GUO Ding, WANG Runsheng (83)
Alteration information extraction of Tiangong-1 hyperspectral data based on band correlation detection	
.....	ZHANG Genzhong, WU Taixia, LIU Jia, ZHANG Lifu, TONG Qingxi (91)
Ships detection from the Tiangong-1 hyperspectral data	ZOU Yarong, ZHAO Wei, YAN Yu (97)

(to be continued to Inside Back Cover)

(continued from Contents page)

Assessing classification capacity of hyperspectral data of Tiangong-1 based on See5.0	
.....	<i>FAN Yinglong, TAN Bingxiang, DONG Qiliang</i> (106)
A combined object-based segmentation and support vector machines approach for classification of Tiangong-1 hyperspectral image	
.....	<i>LI Xueke, WANG Jinnian, ZHANG Lifu, WU Taixia, YANG Hang, LIU Kai, JIANG Hailing</i> (115)
Monitoring wetlands changes using Tiangong-1 hyperspectral data and landsat TM imagery	
.....	<i>HU Yong, LIU Liangyun</i> (120)
Forest change detection using Tiangong-1 and Landsat 7 earth observation data	
.....	<i>PANG Yong, ZHANG Lianhua, LI Zengyuan, QIN Xianlin, LI Xuzhi, ZHANG Jiuxing, LIU Zhiwen</i> (125)
Estimation of turbulent heat fluxes and evapotranspiration over the Tibetan Plateau from Thermal IR imaging based on Tiangong-1	
.....	<i>ZHONG Lei, MA Yaoming, QIN Jun, FU Yunfei, FENG Lu, PAN Xiao</i> (132)
Land surface temperature retrieval from Tiangong-1 data and its applications in urban heat island effect	
.....	<i>LI Hua, DU Yongming, LIU Qinhua, XU Daqi, CAO Biao, JIANG Jinxiong, WANG Heshun</i> (143)
Retrieving the high-spatial-resolution land surface temperature products from the thermal infrared domain of the Tiangong-1	
.....	<i>YU Wenping, MA Mingguo</i> (151)

天宫一号高光谱数据相关检测法蚀变信息提取

张艮中^{1,2}, 吴太夏¹, 刘佳¹, 张立福¹, 童庆禧¹

1.中国科学院 遥感与数字地球研究所, 北京 100101;

2.中国科学院大学, 北京 100049

摘要:天宫一号高光谱成像仪是目前中国空间分辨率和光谱综合指标最高的星载光谱成像仪。针对天宫一号高光谱数据,提出了一种基于波段相关检测的蚀变信息提取方法。该方法在对天宫一号高光谱数据进行波段相关检测提取蚀变异常特征波段的基础上,结合异常探测、端元提取和光谱匹配等方法的各自优势进行天宫一号高光谱数据的蚀变信息提取。利用该法成功提取了天宫一号高光谱数据中的Al-OH矿物蚀变异常及4种蚀变矿物,结果表明该方法可以有效提取天宫一号高光谱数据中的蚀变信息,有助于天宫一号高光谱数据在地质矿产资源调查中发挥巨大的应用潜力。

关键词:天宫一号,高光谱,相关系数,异常探测,蚀变信息

中图分类号:TP79

文献标志码:A

引用格式:张艮中,吴太夏,刘佳,张立福,童庆禧. 2014. 天宫一号高光谱数据相关检测法蚀变信息提取. 遥感学报, 18(增刊): 84-91

Zhang G Z, Wu T X, Liu J, Zhang L F and Tong Q X. 2014. Alteration information extraction of Tiangong-1 hyperspectral data based on band correlation detection. Journal of Remote Sensing, 18(Sup): 84-91 [DOI: 10.11834/jrs.2014z13]

1 引言

高光谱遥感在电磁波谱的可见光和红外波段内能获取许多非常窄的近似连续的光谱数据,它的这种独特性能在地表物质的分类、识别、信息提取等方面具有明显的优势(童庆禧等,2006)。目前,高光谱蚀变信息提取主要基于蚀变矿物的光谱整体形态和光谱吸收特征。许多学者根据蚀变矿物的光谱整体形态使用光谱匹配的方法进行高光谱蚀变信息的提取,取得了较好的效果(Baugh等,1998; Crosta等,1998;何中海和何彬彬,2011; Van Der Meer和Bakker,1997)。光谱匹配的方法需要先验的蚀变矿物光谱信息,针对这一问题出现了众多从图像中提取端元的算法如连续最大角凸锥法(SMACC),纯净像元指数法(PPI)等(Chaudhry等,2006;Gruninger等,2004)。王晋年等人(1996)基于矿物光谱吸收特征,利用光谱吸收指数(SAI)成功对

FIMS、MAIS和GERIS图像进行了矿物填图。甘甫平等人(2002,2003)根据矿物识别规则和识别谱系,成功提取了西藏驱龙Hyperion高光谱数据中的4种蚀变矿物。

异常探测是在对图像一无所知的情况下探测与背景环境存在光谱差异的目标。异常探测算法比如RX异常探测算法(Reed和Yu,1990)和PCA算法,存在并不需要目标先验光谱信息就能实现对异常目标探测的优势,但对蚀变异常的提取需选择蚀变异常特征波段并需对提取出的蚀变异常做进一步的识别处理。

目前对天宫一号高光谱数据的蚀变信息提取研究工作较少。天宫一号高光谱数据波段数量多,蚀变异常波段选择困难。针对这一问题,本文基于序列结构分析(张远飞等,1997,2010)提出了高光谱波段相关检测方法,利用该方法提取天宫一号高光谱数据的蚀变异常特征波段,并结合异常探测、端

收稿日期:2014-01-10;修订日期:2014-04-10

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAH23B01);中国地质调查(编号:1212011120222);载人航天工程天宫一号民用试用项目

第一作者简介:张艮中(1988—),男,硕士研究生,主要从事高(多)光谱遥感矿物蚀变信息提取的研究。E-mail:zhangzhanggenzhong@126.com

通信作者简介:刘佳(1985—),女,助理研究员,主要从事高(多)光谱遥感信息提取及水环境应用的研究。E-mail:liujia@radi.ac.cn

元提取和光谱匹配等方法的各自优势进行天宫一号高光谱数据的蚀变信息提取。

2 波段相关检测

相关系数能够反映高光谱数据两两波段之间的相关或相似程度,所有相邻波段之间的相关性是比较高的。高光谱数据两两波段之间的相关性在通常情况下是按序列方式渐变的,一旦出现突变就表明有“异常”光谱地物存在(张远飞等,2010)。

高光谱波段相关检测是一种根据波段间相关性进行异常特征波段选择的分析方法。高光谱波段相关检测通过计算一组光谱连续的波段与另一组段光谱连续波段的相关系数,并根据相关系数随波段序号的变化特征来选取用于提取异常的特征波段。设高光谱数据的波段数为 L ,图像像素数为 N ,图像均值向量 $\mathbf{M} = (m_1, m_2, \dots, m_L)$ 。则第 i, j 两个波段的相关系数 r_{ij} 定义(张远飞等,2010)为:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (x_{ik} - m_i)(x_{jk} - m_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (x_{ik} - m_i)^2 \sum_{k=1}^N (x_{jk} - m_j)^2}} \quad (1)$$

式中, i, j 为波段序号; x_{ik} 为第 i 个波段中第 k 个像素的像素值; x_{jk} 为第 j 个波段中第 k 个像素的像素值。设 $S1$ 为起始波段序号为 k 且连续的波段序列 $(b_k, b_{k+1}, \dots, b_{L1})$, $S2$ 为起始波段序号为 s 且连续的波段序列 $(b_s, b_{s+1}, \dots, b_{L2})$ 。波段序列 $S1$ 与波段序列 $S2$ 的相关关系构成了相关矩阵 $\mathbf{R}$:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{ks} & \dots & r_{kL2} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{L1s} & \dots & r_{L1L2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

矩阵 $\mathbf{R}$ 中的每一行在波段序号(X轴)—相关系数(Y轴)2维图上可连接形成一近似曲线的折线,本文将由这些折线组成的图形称为相关系数结构图。

3 数据与数据处理

3.1 数据

天宫一号高光谱成像仪数据包括高光谱成像仪全色影像、高光谱可见光近红外波段(VNI)、高光谱短波红外波段(SWI)。天宫一号高光谱可见光近红外数据光谱范围为约 $0.4-1 \mu\text{m}$,光谱分辨率约 10 nm 。天宫一号高光谱短波红外数据光谱范围为约 $1.0-2.5 \mu\text{m}$,光谱分辨率约 23 nm 。本文使用

2012年9月份的天宫一号高光谱短波红外数据。研究区域在青海祁连山地区,位于天峻木里煤矿西北大约 20 km 处,地理坐标为 $38^\circ 4' \text{N}-38^\circ 36' \text{N}$, $98^\circ 23' \text{E}-99^\circ 42' \text{E}$, (图1)。

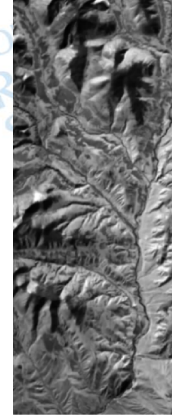


图1 天宫一号高光谱短波红外图像

Fig.1 Tiangong-1 hyperspectral SWIR image

3.2 数据处理

天宫一号高光谱数据蚀变信息提取流程如图2所示。首先,计算天宫一号高光谱短波红外数据所有波段之间的相关系数,根据相关系数的曲线变化特征选取 Al-OH 矿物吸收波长位置附近具有较好突变特征的波段 70 与波段序列 8—70 的相关系数结构图提取 Al-OH 矿物蚀变异常特征波段;然后,根据已提取的 Al-OH 矿物蚀变异常特征波段使用 SAI 和 PCA 方法进行 Al-OH 矿物蚀变异常图像输

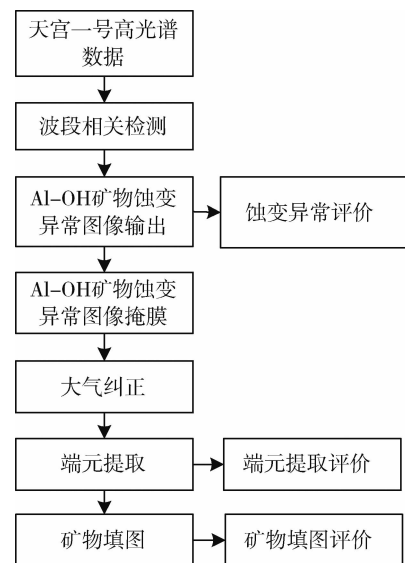


图2 天宫一号高光谱数据蚀变信息提取流程

Fig.2 Flow chart of Tiangong-1 hyperspectral data alteration information extraction

出,并对 Al-OH 矿物蚀变异常图像进行图像掩膜,掩膜阈值设定为平均值与两倍标准方差的和。再使用 ENVI 中的快速大气纠正模块(Quick Atmospheric Correction Algorithm,QUAC)(Bernstein 等,2005)对天宫一号高光谱数据进行大气纠正,并利用可以自动快速提取端元的 SMACC 方法提取蚀变异常图像掩膜区域内的矿物端元,并使用 ENVI 光谱分析功能对提取的端元进行分析;最后,基于 USGS 标准光谱库中与矿物端元对应的矿物标准光谱,采用光谱角度匹配(SAM)方法进行蚀变矿物填图。

4 结果与分析

4.1 波段相关检测结果与分析

图3为波段70与波段序列8—70的相关系数结构图,去除了波长1900 nm附近受水汽吸收影响的异常值。从图中可以清晰看出波段70与波段序列8—70的相关系数随着波段序号的变化特征。波段55(波长约2200 nm)附近的相关系数发生了突变,形成了凹陷特征,波段70与波段55的相关系数为凹陷特征的最低点。波段55的中心波长位置与Al-OH矿物的吸收波长2210 nm位置相对应,蚀变异常类型为Al-OH矿物蚀变异常。凹陷特征左肩波段为波段50(波长约2108 nm),最低点波段为波段55,右肩波段为波段58(波长约2269 nm)。根据凹陷特征和凹陷特征最低点提取3组蚀变异常特征波段:波段50、波段55和波段58作为第1组蚀变异常特征波段,波段序列50—58作为第2组蚀变异常特征波段,波段55和波段70作为第3组蚀变异常特征波段。

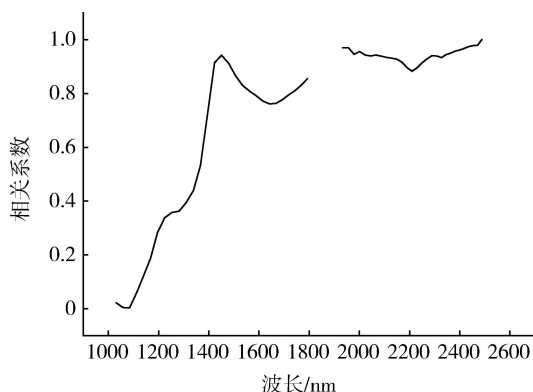


图3 波段70与波段序列8—70的相关系数结构图

Fig.3 Correlation coefficients chart of the band 70 with the band sequence 8—70

4.2 Al-OH 矿物蚀变异常结果与分析

图4为Al-OH矿物蚀变异常结果图像上某个异常位置的光谱曲线。从图4可以看出吸收波长位置位于波段55(波长约2210 nm)处,吸收的左肩和右肩分别位于波段50(波长约2108 nm)和波段58(波长约2269 nm)处,与图3中的凹陷特征一致。

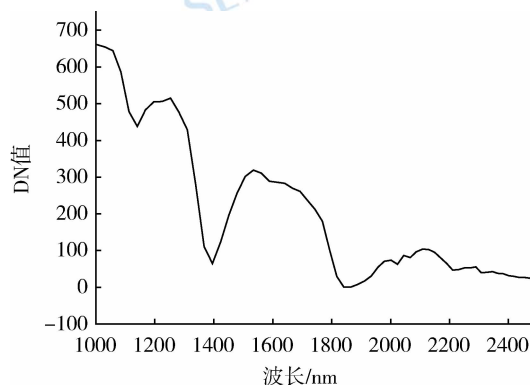


图4 Al-OH 矿物某蚀变异常位置光谱曲线

Fig.4 Spectral curve of the Al-OH mineral alteration anomaly position

图5为不同方法提取的Al-OH矿物蚀变异常结果图,红色表示Al-OH矿物蚀变异常。从中可以看出SAI、PCA波段50—58与PCA波段55、70的提取的Al-OH矿物蚀变异常位置基本一致。3种方法的提取方法的提取结果相互验证了该地区的确含有Al-OH矿物蚀变异常。表1为不同异常输出方法输出的Al-OH矿物蚀变异常图像质量比较。信息熵和标准方差都一定程度上反映了图像信息量的大小,一般情况下两者的值越大图像的信息量就越丰富。平均梯度用来衡量图像的清晰程度,由此来反映图像微小的细节反差,其计算公式(张素兰和王铮,2009)为:

$$\bar{G} = \frac{1}{(M-1) \times (N-1)} \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=1}^{N-1} \sqrt{\frac{(D(i,j) - D(i+1,j))^2 + (D(i,j) - D(i,j+1))^2}{2}} \quad (3)$$

式中, $D(i,j)$ 是图像第*i*行和第*j*列的灰度值; M,N 分别为图像的总行数和总列数。一般来说,平均梯度越大,表明图像越清晰,反差越好。从表1可以看出SAI方法提取的Al-OH矿物蚀变异常图像的几个图像质量指标优于PCA方法提取的Al-OH矿物蚀变异常图像。通过查看蚀变异常区域的图像光

谱曲线发现 PCA 方法提取的蚀变异常存在较多的伪异常,而 SAI 方法提取的蚀变异常区域在波段 55 附近基本都存在光谱吸收异常。3 种方法提取的结

果均可进行后续处理,SAI 方法提取的异常图像质量较优,异常分布较好,异常提取结果较为准确,此次用 SAI 方法提取结果进行后续端元提取的效果较好。

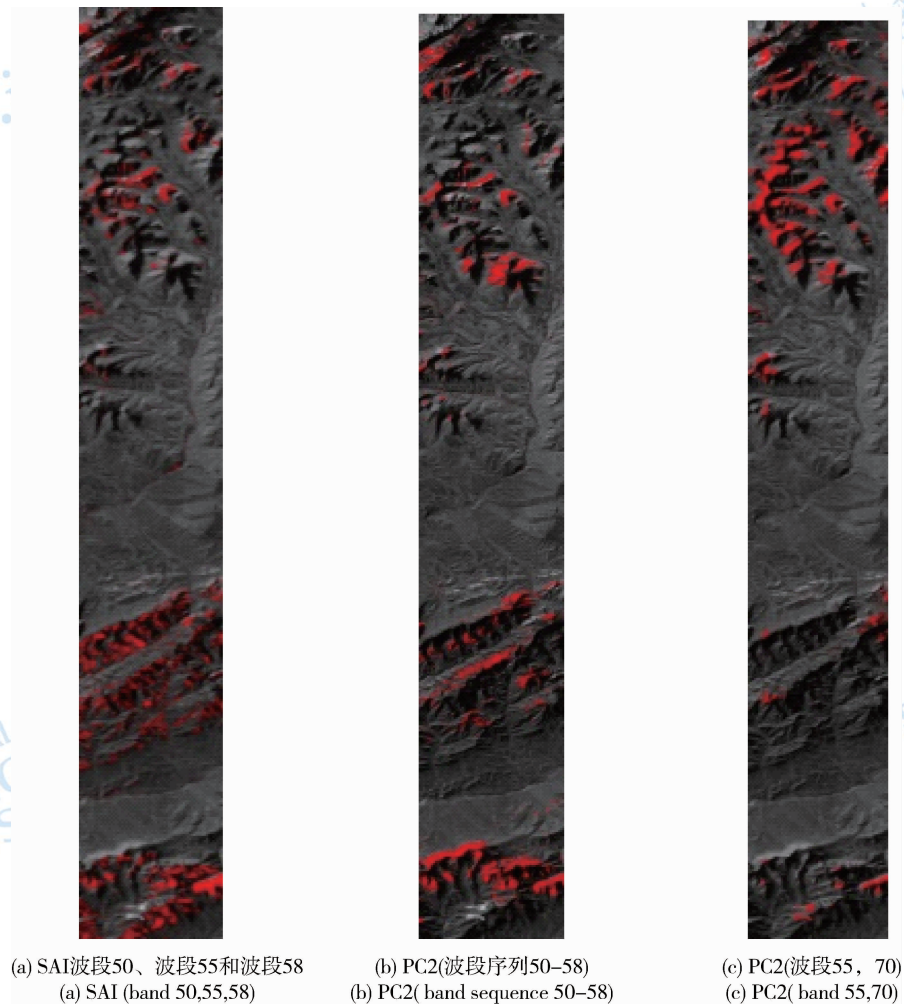


图 5 不同方法提取的 Al-OH 矿物蚀变异常结果图

Fig.5 The Al-OH mineral alteration anomaly maps extracted by different methods

表 1 不同异常输出方法提取的 Al-OH 矿物蚀变异常图像质量比较

Table 1 Quality comparison of Al-OH alteration images extracted by different methods

方法	SAI	PCA 波段序列 50—58	PCA 波段 55、70
标准差	28.386	10.627	7.215
平均梯度	0.0078	0.0020	0.0015
信息熵	3.617	3.002	2.690

4.3 端元提取结果与分析

图 6 为 SMACC 方法在 Al-OH 矿物蚀变异常区域内提取出来的 4 种端元光谱和与端元光谱对应的 4 种矿物标准光谱。高 Al 绢云母矿物、低 Al 绢

云母矿物、高岭土矿物均为 Al-OH 蚀变矿物。值得一提的是,在 Al-OH 矿物蚀变异常区域内提取出了类似绿泥石的端元光谱,应是由于其与 Al-OH 矿物混合的原因。表 2 为 ENVI 光谱分析功能分析出的端元光谱与标准光谱的光谱匹配度,取值范围为 (0,1),0 表示不匹配,1 表示完全匹配。其中,光谱特征拟合 SFF(Clark 和 Swayze,1995)是一种基于光谱吸收特征匹配的方法,在匹配前目标光谱与参考光谱要经过包络线去除处理,然后用最小二乘法拟合目标光谱和参考光谱经包络线去除后的曲线。从表 2 可以看出端元 1、端元 2、端元 3 与对应的蚀变矿物的匹配度良好,但端元 4 与对应蚀变矿物的匹配度较差。端元 1、端元 2 和端元 3 所对应的蚀变矿物都有较高的可靠度。

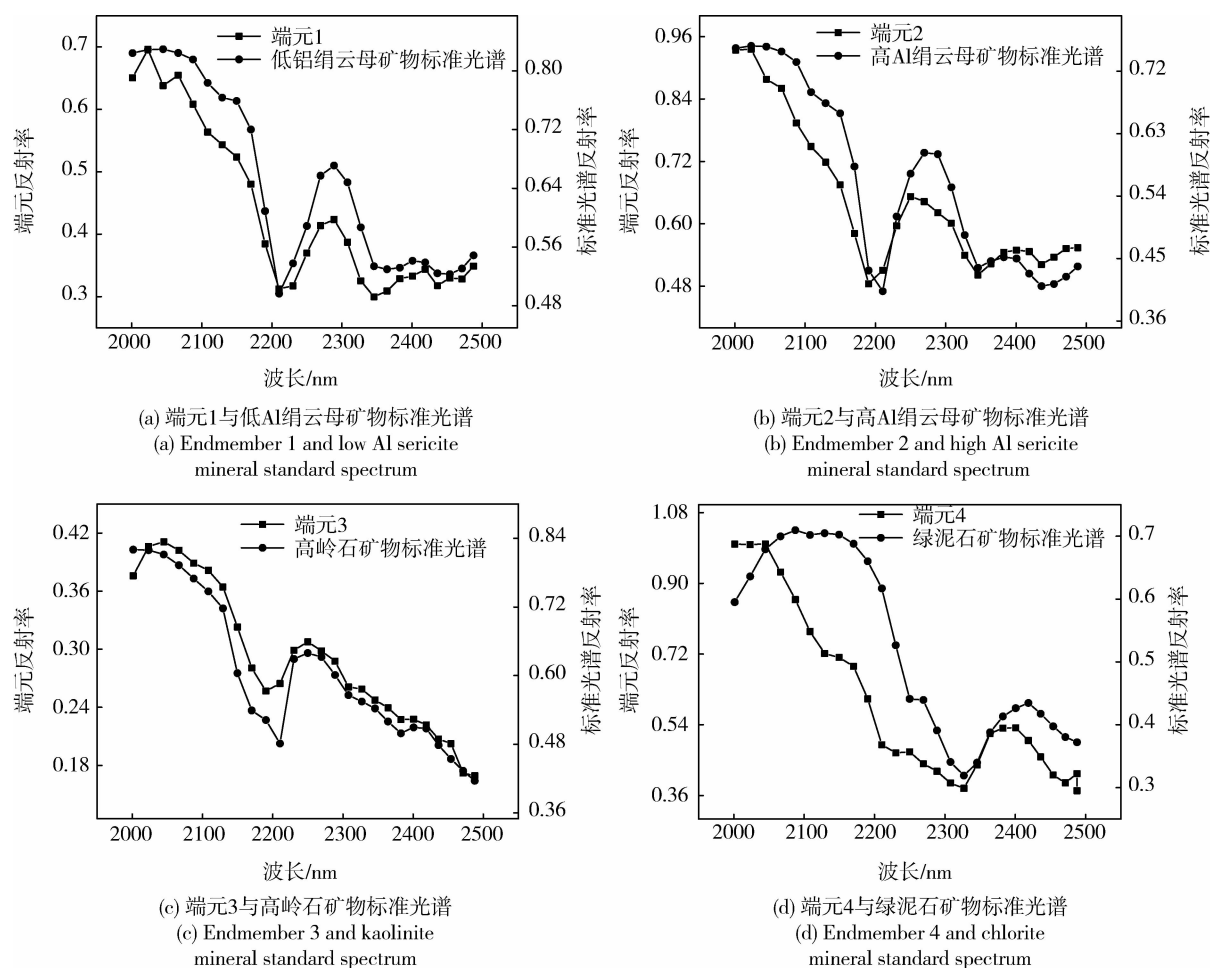


图6 4种端元与矿物标准光谱

Fig.6 Four endmembers and mineral standard spectra

表2 端元光谱与矿物标准光谱的光谱匹配度

Table 2 Spectral matching degree of the endmember spectra and the mineral standard spectra

光谱匹配度	端元1与低Al绢云母矿物标准光谱	端元2与高Al绢云母矿物标准光谱	端元3与高岭石矿物标准光谱	端元4与绿泥石矿物标准光谱
光谱特征拟合(SFF)	0.323	0.333	0.801	0
光谱角度匹配(SAM)	0.906	0.850	0.917	0.738

4.4 蚀变矿物填图结果与分析

图7为上述4种蚀变矿物的矿物填图,红色表示蚀变矿物。通过对比图7和图5,可以发现图7中的4种蚀变矿物位置与图5中提取的Al-OH矿物蚀变异常位置基本一致。图8分别给出了上述4种蚀变矿物的标准光谱与从天宫一号高光谱图像中提取的像元光谱。在2000—2500 nm光谱区间,4种蚀变矿物的吸收波长的位置、形状都能互相比对。低Al绢云母矿物的吸收波长位置位于2210 nm附近。从像元光谱中同样可以明显地看

出,相对于高Al绢云母矿物的吸收波长2200 nm的位置向长波方向发生了偏移,反映出晶体场结构中Al被其他金属离子所替代(甘甫平等,2003)。由于绢云母矿物的吸收波长位置随晶体中Al含量变化是逐渐过度的,因此高Al与低Al绢云母矿物之间并没有严格的界限。在高岭石矿物的像元光谱中,波长约2382 nm的吸收位置与高岭石矿物标准光谱一致,区别于绢云母矿物标准光谱2345 nm附近的吸收位置,波长约2160 nm附近的吸收位置由于噪声的影响而显示的不明显,而且分布范围内有绢云母矿物,混合光谱影响了其像元光谱。

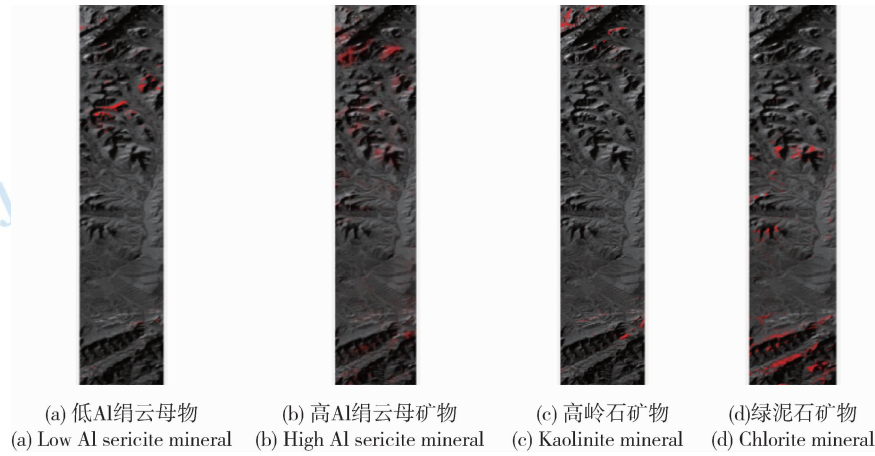


图7 蚀变矿物填图

Fig.7 Alteration mineral mapping

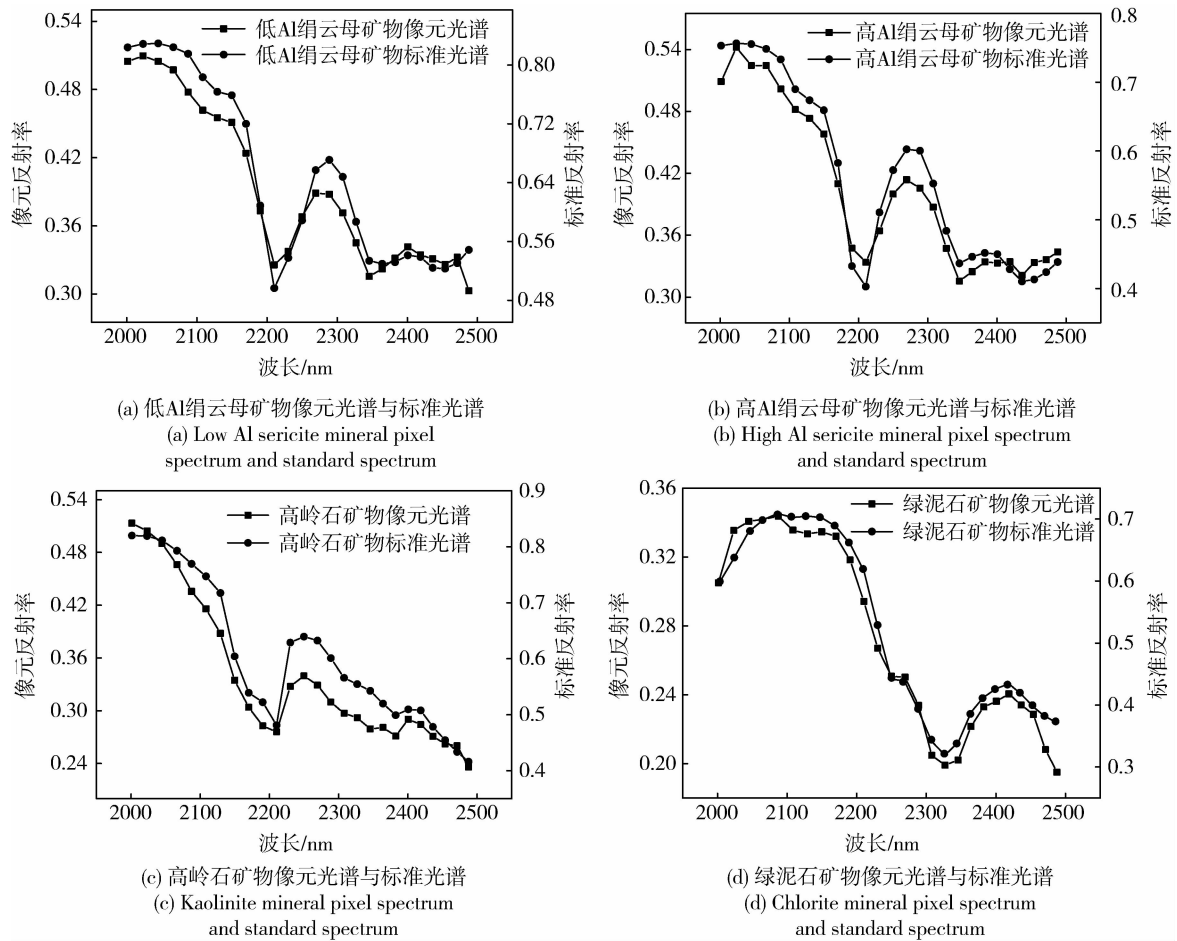


图8 4种矿物像元光谱与标准光谱

Fig.8 Four mineral pixel spectra and standard spectra

表3为上述4种蚀变矿物的标准光谱与从天宫一号图像中提取的像元光谱的光谱匹配度。从表3中可见,4种蚀变矿物的像元光谱与标准光谱具有

良好的光谱匹配度。4种蚀变矿物的像元光谱与标准光谱的光谱角小于0.05弧度。

表3 矿物像元光谱与标准光谱的光谱匹配度

Table 3 Spectral matching degree of the mineral pixel spectra and the mineral standard spectra

光谱匹配度	低 Al 绢云母矿物像元 光谱与标准光谱	高 Al 绢云母矿物像元 光谱与标准光谱	高岭石矿物像元 光谱与标准光谱	绿泥石矿物像元 光谱与标准光谱
光谱特征拟合 (SFF)	0.730	0.767	0.628	0.857
光谱角度匹配 (SAM)	0.937	0.959	0.941	0.956

5 结 论

本文针对天宫一号高光谱数据,综合运用异常探测、端元提取和光谱匹配算法,提出了一种基于高光谱数据波段相关检测的蚀变信息提取方法。实际提取的结果表明该方法可以有效进行天宫一号高光谱数据的蚀变信息提取。

(1)波段相关检测有效提取了天宫一号高光谱数据中的 Al-OH 矿物蚀变异常特征波段。

(2)利用天宫一号高光谱数据可以提取低 Al 绢云母矿物、高 Al 绢云母矿物、高岭石矿物和绿泥石矿物 4 种蚀变矿物。提取出的 4 种蚀变矿物的光谱与标准光谱在吸收波长的位置、形状都能互相比,并且有较高的光谱特征匹配和光谱角度匹配精度,与标准光谱的光谱角小于 0.05 弧度。

(3)天宫一号高光谱数据具有地质矿产资源调查的应用潜力。

本次天宫一号高光谱数据蚀变信息提取是在仅粗略了解研究区域的基础上进行的,因而本次蚀变信息提取工作基本是盲打。这一方面说明了天宫一号高光谱数据在蚀变信息提取方面的优势,另一方面也说明上述内容仅是初步的结果,涉及的矿物种类还比较少,提取的蚀变异常和 4 种蚀变矿物还未来得及野外实地验证。这些都期待在后续的项目和课题中通过更深入细致的研究得以解决。

志 谢 感谢中国科学院空间应用工程与技术中心为本研究提供天宫一号高光谱成像仪数据产品。

参考文献 (References)

Baugh W M, Kruse F A and Atkinson Jr W W. 1998. Quantitative geochemical mapping of ammonium minerals in the southern Cedar Mountains, Nevada, using the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS). *Remote Sensing of Environment*, 1998, 65 (3): 292-308

Bernstein L S, Adler-Golden S M, Sundberg R L, Levine R Y, Perkins T C, Berk A, Ratkowski A J, Felde G and Hoke M L. 2005. Validation of the QUick Atmospheric Correction (QUAC) algorithm for VNIR-SWIR multi-and hyperspectral imagery. *Defense and Security. Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery X*. Bellingham: SPIE Press: 668-678

Chaudhry F, Wu C C, Liu W, Chang C I and Plaza A. 2006. Pixel purity index-based algorithms for endmember extraction from hyperspectral imagery. *Recent Advances in Hyperspectral Signal and Image Processing*, (3): 31-61

Cloutis E. 1996. Review Article Hyperspectral geological remote sensing: evaluation of analytical techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 17(12): 2215-2242

Crosta A P, Sabine C and Taranik J V. 1998. Hydrothermal alteration mapping at Bodie, California, using AVIRIS hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment*, 65(3): 309-319

Clark R N and Swayze G A. 1995. Mapping minerals, amorphous materials, environmental materials, vegetation, water, ice and snow, and other materials: the USGS Tricorder algorithm. *Summaries of the Fifth Annual JPL Airborne Earth Science Workshop*. JPL Publication: 39-40

He Z H and He B B. 2011. Weight Spectral Angle Mapper (WSAM) Method for Hyperspectral Mineral Mapping, 31(8): 2200-2204. (何中海, 何彬彬. 2011. 基于权重光谱角制图的高光谱矿物填图方法. *光谱学与光谱分析*, 31(8): 2200-2204)

Gan F P, Wang R S and Ma A N. 2003. Spectral Identification Tree (Sit) For Mineral Extraction Based on Spectral Characteristics of Minerals. *Earth Science Frontiers*, 10(2): 445-454. (甘甫平, 王润生, 马嵩乃. 2003. 基于特征谱带的高光谱遥感矿物谱系识别. *地学前缘*, 10(2): 445-454)

Gan F P, Wang R S and Yang S M. 2002. Studying On The Alteration Minerals Identification Using Hyperion Data. *Remote Sensing For Land & Resources*, 4: 44-50. (甘甫平, 王润生, 杨苏明. 2002. 西藏 Hyperion 数据蚀变矿物识别初步研究. *国土资源遥感*, 4: 44-50)

Gruninger J H, Ratkowski A J and Hoke M L. 2004. The sequential maximum angle convex cone (SMACC) endmember model. *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery X*. Bellingham: SPIE Press: 1-14

Karhunen J, Cichocki A and Kasprzak W. 1997. On neural blind separation with noise suppression and redundancy reduction. *International journal of neural systems*, 8(02): 219-237

Reed I S and Yu X. 1990. Adaptive multiple-band CFAR detection of an optical pattern with unknown spectral distribution. *Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on*, 38(10): 1760

- 1770
- Tong Q X, Zhang B and Zheng L F. 2006. Hyperspectral Remote Sensing. Beijing: Higher Education Press. (童庆禧, 张兵, 郑兰芬. 2006. 高光谱遥感. 北京: 高等教育出版社)
- Van Der Meer F and Bakker W. 1997. CCSM: Cross correlogram spectral matching. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (5): 1197-1201
- Wang J N, Zheng L F and Tong Q X. 1996. The Spectral Absorption Identification Model and Mineral Mapping by Imaging Spectrometer Data. *Remote Sensing of Environment China*, 11(1): 20-31. (王晋年, 郑兰芬, 童庆禧. 1996. 成像光谱图象光谱吸收鉴别模型与矿物填图研究. *环境遥感*, 11(1): 20-31)
- Zhang S L and Wang Z. 2009. Multi-focus Image Fusion Based on Region Acutance. *Computer Engineering*, 35(4). (张素兰, 王铮. 2009. 基于区域锐度的多聚焦图像融合. *计算机工程*, 35(4))
- Zhang Y F, Wu D W, Zhang G Z, Zhu G C and Li H. 2010. Study on Band Sequence Structure Analysis of Hyperspectral Data. *Remote Sensing For Land & Resources*, 22(1): 30-38. (张远飞, 吴德文, 张艮中, 朱谷昌, 李红. 2010. 高光谱数据的波段序结构分析与应用研究. *国土资源遥感*, 22(1): 30-38)
- Zhang Y F, Yang Z A, Zhang P B, Shi F F and Zhang J G. 2009. Research on Background-Anomaly Sub-space Model of Hyper(Multi-) spectral Data. *Journal Of Geo-information Science*, 11(3): 282-290. (张远飞, 杨自安, 张普斌, 石菲菲, 张建国. 2009. 高(多)光谱数据的背景-异常子空间模型研究. *地球信息科学学报*, 11(3): 282-290)

Alteration information extraction of Tiangong-1 hyperspectral data based on band correlation detection

ZHANG Genzhong^{1,2}, WU Taixia¹, LIU Jia¹, ZHANG Lifu¹, TONG Qingxi¹

1. *Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*
2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*

Abstract: Tiangong-1 hyperspectral imager is currently the highest spatial resolution and spectra composite indicator spatial spectral imager of China. To extract alteration information from Tiangong-1 hyperspectral data, an alteration information extraction method based on band correlation detection is proposed. This method was based on band correlation detection to select anomaly bands and then conducted alteration information extraction with the advantages of anomaly detection, endmember extraction, spectral matching and other methods. This new method successfully extracted the Al-OH mineral alteration anomaly information and four alteration minerals information of Tiangong-1 hyperspectral data. Findings of this research prove that the proposed method can effectively detect and extract alteration information of Tiangong-1 hyperspectral data and put forward its potential applications for geological mineral resources survey.

Key words: Tiangong-1, hyperspectral, correlation coefficient, anomaly detection, alteration information



封面说明

About the Cover

"天宫一号" 卫星高光谱影像数据

The hyper spectral image acquired by "Tiangong-1" satellite

"天宫一号" 高光谱成像仪是中国自主研制的目前空间分辨率和光谱分辨率综合指标最高的高光谱成像仪。封面图片为"天宫一号"卫星获取的内蒙古额济纳旗西部地区的影像数据, 上图为高光谱短波红外谱段影像, 下图为矿物成分信息空间分布图。"天宫一号"高光谱数据可广泛应用于矿物分布调查、森林资源详查、水文生态监测、海岛海岸带环境监测、土地利用和城市环境监测等领域。

"Tiangong-1" hyper spectral imager is a new generation of aerospace remote sensing equipment, which is independently developed by China and has the highest comprehensive index of spatial and spectral resolution. The cover shows the data captured by "Tiangong-1" satellite in the western region of Ejinaqi, Inner Mongolia, northern China. The top image is high spectral shortwave infrared spectral image and the bottom image is the spatial distribution map of mineral composition. These data are also expected to play a significant role in mineral distribution investigation, detailed investigation of forest resources, hydrology ecological monitoring, environmental monitoring coastal islands, land use, urban environmental monitoring and other fields.

遥感学报

JOURNAL OF REMOTE SENSING

YAOGAN XUEBAO (双月刊 1997年创刊)

第18卷 增刊 2014年6月25日

(Bimonthly, Started in 1997)

Vol.18 Sup. June 25, 2014

主 管 中国科学院
主 办 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国地理学会环境遥感分会
主 编 顾行发
编 辑 《遥感学报》编委会
北京市安外大屯路中国科学院遥感与数字地球研究所
邮编: 100101 电话: 86-10-64806643
http://www.jors.cn
E-mail: jrs@irsa.ac.cn
出 版 科 学 出 版 社
印刷装订 北京科信印刷有限公司
总 发 行 科 学 出 版 社
北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717
电话: 86-10-64017032
E-mail: sales_journal@mail.sciencep.com
国外发行 中国国际图书贸易总公司
北京 399 信箱 邮政编码: 100044

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
The Associate on Environment Remote Sensing of China
Editor-in-Chief GU Xing-fa
Edited by Editorial Board of Journal of Remote Sensing
Add: P.O.Box 9718, Beijing 100101, China
Tel: 86-10-64806643
http://www.jors.cn
E-mail: jrs@irsa.ac.cn
Published by Science Press
Printed by Beijing Kexin Printing Co. Ltd.
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Tel: 86-10-64017032
E-mail: sales_journal@mail.sciencep.com
Overseas distributed by China International Book Trading Corporation
Add: P.O.Box 399, Beijing 100044, China

中国标准连续出版物号: ISSN 1007-4619
CN 11-3841/TP
CODEN YXAUAB

国内邮发代号: 82-324
国外发行代号: BM 1002

定价: 70.00元

ISSN 1007-4619

国内外公开发行

