

# 高光谱遥感岩矿专题信息提取模块开发及其在甘肃北山柳园地区金矿勘查中的应用

车永飞<sup>1,2)</sup>, 赵英俊<sup>1,2)</sup>, 伊丕源<sup>1,2)</sup>, 吴文欢<sup>1,2)</sup>, 杨国防<sup>1,2)</sup>

1) 核工业北京地质研究所, 北京, 100029;

2) 院遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室, 北京, 100029

目前, 高光谱遥感图谱合一的优势已应用到地质领域, 产生了一系列的数据处理和岩矿信息提取的方法, 并形成了一套常规处理流程(甘甫平等, 2002)。其中, 国内外专业的遥感图像处理系统, 在高光谱数据处理上已取得了一定的成功。然而, 这些专业软件传统的遥感数据处理及分析方法难以满足高光谱遥感海量数据和丰富光谱信息实际应用的需要, 给高光谱遥感数据处理分析和岩矿信息提取带来了不便。目前许多遥感图像处理软件平台, 都有针对高光谱遥感的模块, 但都只是利用高光谱图像直接提取岩石矿物信息且比较零散, 缺少专门针对岩石矿物光谱特征信息提取的专用模块(王茂芝等, 2012)。因此, 本文根据甘肃北山柳园地区金矿区典型矿物光谱特征, 基于 IDL 平台, 分析光谱波形和局部吸收特征的光谱稳定参数基础上, 研发了高光谱遥感岩矿专题信息提取模块, 初步实现了典型矿物信息的定量化获取与高精度识别, 为新时期资源勘查遥感地质评价技术研究提供技术支持。

## 1 高光谱遥感岩矿专题信息提取模块构成

在系统化析过程中, 基于 IDL 语言, 研发了高光谱岩矿信息提取模块, 并根据研究工作实际需求, 将模块分为光谱特征参量分析、矿物信息提取。该模块的组要技术流程如图 1, 成为 ENVI 软件平台中地质找矿特色处理模块。具体功能需求分析如下:

(1) 光谱特征参量分析。分析矿物的光谱吸

收谷位置, 光谱吸收宽度, 光谱吸收面积, 光谱吸收深度, 光谱对称性等特征参量, 结合化学分析参量, 构建物谱关系模型。

(2) 矿物信息提取。通过建立多级知识约束规则, 根据光谱参量的稳定性和在矿物识别中的相对权重, 以及矿物光谱不同级次特征光谱参量的数理逻辑关联, 通过特征确认概率分析得到高光谱图像的最终识别结果。

## 2 典型矿物提取技术

矿物提取技术作为高光谱遥感岩矿专题信息提取模块的核心内容之一, 为该模块的资源勘查遥感地质评价应用提供了重要的技术支持。本文主要从光谱知识库构建、光谱特征提取、光谱特征参数量化、多级约束规则构建, 以及基于特征确认概率的矿物识别技术等方面阐述其在甘肃北山柳园地区提取与金矿化有关的绢云母、绿泥石等蚀变矿物中的应用。

### 2.1 光谱知识库创建

光谱知识库的准确性和完备性决定了应用系统的性能, 合理建立知识库并保证知识库的准确和完备性是应用系统设计的重要前提(牛志宇等, 2012)。针对现有矿物识别方法中知识库建立不完善的问题, 本文从两方面构建光谱知识库, 即包含了光谱库和特征库。该光谱知识库中光谱主要为实验室光谱和野外测定光谱, 也有从其它标准光谱库中选取添加进来的光谱。其中, 光谱库包括常见矿物的整条光谱曲线特征, 特征库则包含光谱库中参考矿物光谱的诊断吸收特征个数以及各个吸收特

注: 本文为国家级重点实验室基金项目资助的成果。

收稿日期: 2015-2-28; 改回日期: 2015-3-14; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 车永飞, 女, 1982 年生。在读博士, 高光谱遥感方向。Email: cheyongfei@163.com。

征的起止点波长位置等信息。本文构建的光谱库覆盖波谱范围为  $0.4\sim 2.5\mu\text{m}$ ; 选取研究区 2 种常见矿物, 包括绢云母和绿泥石矿物开展分析研究。

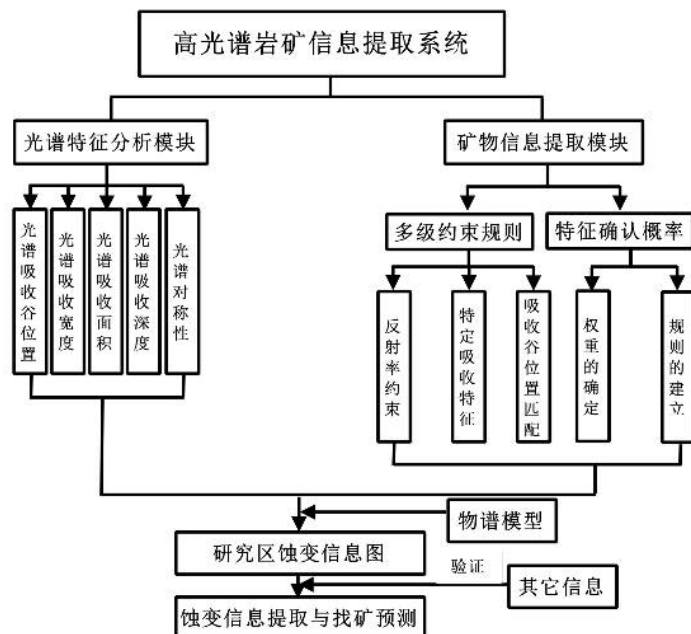


图 1 高光谱岩矿信息提取系统构建示意图

## 2.2 光谱特征提取

光谱特征提取技术是在分析光谱曲线的波形的基础上, 分析那些有特点的波段, 找到那些变化很有特点的位置和形状。考虑到高光谱遥感图像上像元对应的是地面一定范围的地物, 比地面近距离测试光谱复杂, 影响矿物波谱特征的因素多(代晶晶等, 2013), 对其光谱吸收参数作定量描述时具有很大不确定性。因此, 在对研究区岩矿光谱测量曲线对比分析的基础上, 本文选用的相对稳定特征参数是: 光谱曲线整体或部分形态和典型吸收谷位置(波长), 并对其它参数: 吸收宽度、吸收深度等进行探讨性研究。

## 2.3 光谱特征参数量化

为进一步精确识别地物光谱, 特别是整体形态极其相似的光谱, 除研究其整体形态外, 还必须研究其局部吸收特征。光谱吸收特征参数包括吸收谷位置、吸收深度、吸收宽度、吸收面积、吸收对称性等(童庆禧等, 2006)。光谱吸收特征的量化一般是建立在包络线去除和归一化的光谱曲线上(Van Der Meer F, 2004)。本文矿物光谱区间选在短波红外范围, 绢云母在短波红外上有 3 个光谱特征吸收峰, 分别是  $2.205\mu\text{m}$ ,  $2.355\mu\text{m}$  和  $2.440\mu\text{m}$ ,  $2.205\mu\text{m}$  是白云母类矿物的吸收特征,  $2.355\mu\text{m}$  处的特征峰吸收强且具有对称性,  $2.440\mu\text{m}$  处相对较

弱, 较宽非对称。因此, 绢云母的主次吸收特征分别为  $2.345\sim 2.365\mu\text{m}$  与  $2.40\sim 2.466\mu\text{m}$ ; 绿泥石在短波红外有 5 个光谱特征吸收峰, 分别是  $2.245\mu\text{m}$ 、 $2.260\mu\text{m}$ 、 $2.325\mu\text{m}$ 、 $2.339\mu\text{m}$  和  $2.470\mu\text{m}$ , 其中以  $2.325\mu\text{m}$  处的吸收峰最强且较宽, 呈对称;  $2.245\mu\text{m}$  处强度为第 2, 非对称性。因此绿泥石的主次吸收特征分别位于  $2.285\sim 2.355\mu\text{m}$  与  $2.225\sim 2.255\mu\text{m}$ 。这些特征都是在短波红外波段范围内计算出来的。

## 2.4 多级约束规则构建

由于存在不同种矿物连续统去除后特征区间波形相似的情况, 即出现“异物同谱”。因此需要对连续统去除前的图像像元光谱与参考光谱进行约束。现有识别方法中采用的约束规则可能导致识别误差, 数据本身的坏点、杂点噪声可能会干扰识别结果。基于以上问题, 本文方法中提出了新的约束准则并且对已有的规则进行了改进, 通过建立反射率约束规则、特定吸收特征规则、吸收谷位置匹配规则等多级知识约束规则避免了异物同谱情况造成的误识别, 为下文进一步分析提高了识别结果的准确度。

## 2.5 基于特征确认概率的矿物识别

高光谱图像矿物识别的实质上就是光谱识别, 光谱识别可以概括为确定某一未知矿物光谱属于

已知矿物光谱的确认概率(Certainty Probability), 本文将这种识别模式称为特征确认概率分(Certainty Probability of Feature, CPF)。在满足上文多特征约束规则条件范围内, 确认概率就是要量测两条光谱满足)。

本文研究过程中, 使用了甘肃北山柳园地区 CASI/SASI 航空高光谱数据。根据光谱参量的稳定性和在矿物识别中的相对权重, 以及矿物光谱不同级次特征光谱参量的数理逻辑关联, 基于特征确认概率分析完成了绢云母和绿泥石的识别(图 2)。本次实验还采用常规的 SAM 方法对研究区进行了相关矿物信息的提取, 从结果的对比看, 本次算法提高了矿物信息提取的精细度, 还压制了一些较小特征的干扰信息, 具有一定的实用性。

### 3 结论与讨论

本文基于光谱知识库创建体制和研究内岩矿光谱测量的对比分析, 选用了相对的光谱稳定特征参数: 光谱曲线整体或部分波形和局部吸收特征

之间若干特征(Features)或规则(Rules)的满足数量, 并进行计算, 从中得到最佳结果。根据每个特征的重要性和排他性, 每个特征可赋予不同的权重(Weight), 权重值的变化从 0(完全不满足)到 1(完全(典型吸收谷位置)进行研究, 并对其它参数: 吸收宽度、吸收深度等进行了探讨性研究。建立了多级知识约束规则排除异物同谱现象, 通过特征确认概率分析得到高光谱图像的最终识别结果, 并与 SAM 算法提取的结果进行对比分析, 发现本文算法在信息提取精细度上均得到了提高, 有较强的实用性。

基于 IDL 语言编程技术, 开发了高光谱遥感岩矿信息提取系统, 初步实现了定量化高光谱遥感信息提取及专题信息制图的有机集成, 为资源勘查高光谱遥感研究提供了专业性强的数据处理平台。同时, 在以后工作中, 要进一步加强高光谱遥感处理平台的开放性、可拓展性及关键技术的深化研究。

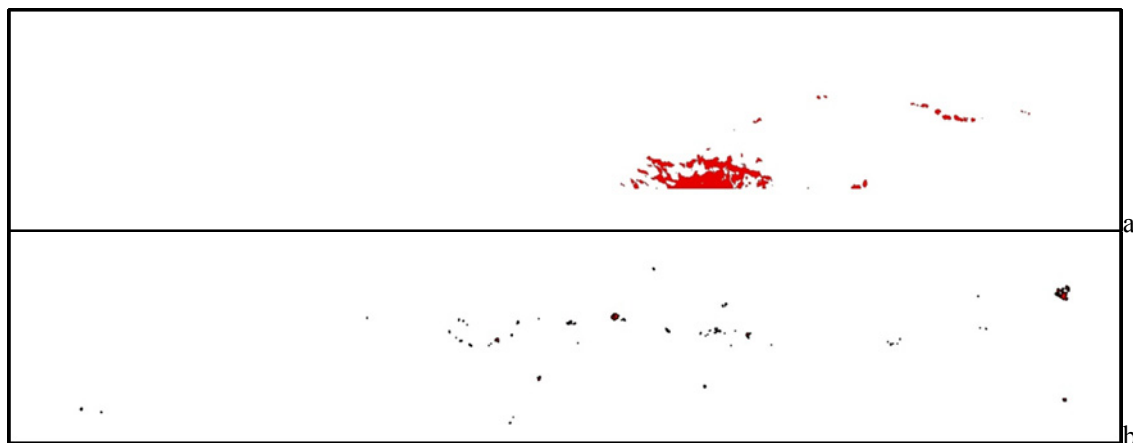


图 2 矿物分布图 (a-绢云母矿物分布图, b-绿泥石矿物分布图)

### 参 考 文 献/References

代晶晶, 王润生. 2013. 常见透明矿物类波谱特征研究综述. 地质科技情报, 32(2): 8~14.

甘甫平, 王润生, 等. 2002. 光谱遥感岩矿识别基础与技术研究进展. 遥感技术与应用, 17(3): 140~147.

牛志宇, 赵慧洁. 2012. 基于光谱知识的高光谱图像自动识别方法. 北京航空航天大学学报, (2): 280~284.

王茂芝, 徐文哲, 汪大明, 等. 2012. 高光谱遥感矿产资源探测软件研制与问题探讨. 国土资源科技管理, 29(6): 59~63.

童庆禧, 张兵, 郑兰芬. 2006. 高光谱遥感—原理、技术与应用. 北京: 高等教育出版社.

Van Der Meer F. 2004. Analysis of spectral absorption features in hyperspectral imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 5(1): 55~68.