

# 西昆仑塔什库尔干地区 遥感找矿异常提取方法研究

王晓鹏, 谢志清, 伍跃中

(中煤航测遥感局 遥感应用研究院, 陕西 西安 710054)

**摘 要:** 以 ETM 图像数据为信息源, 在西昆仑塔什库尔干地区进行了遥感找矿异常提取的方法研究, 根据矿化蚀变的遥感影像特征, 进行了基于光谱特征和纹理特征的矿化蚀变信息提取和分类方法的试验, 选定了区内的最佳遥感异常圈定方法。针对区内与铜矿有关的主要蚀变类型分类进行了提取, 分别赋色后叠加形成了遥感矿化蚀变异常图, 并结合区域成矿地质特征进行了成矿远景区的划分。总结了遥感找矿异常提取的工作程序。

**关键词:** 遥感找矿; 矿化蚀变异常; 信息提取; 西昆仑塔什库尔干; 新疆

**中图分类号:** TP751; P627 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4412(2002) 02-0136-04

随着空间遥感技术和信息处理技术的迅猛发展, 遥感与常规地质、地球物理、地球化学相结合的综合找矿方法成为现代找矿的技术主流。其中遥感找矿异常信息提取技术仍处于起步阶段, 但已显示出其在找矿领域的巨大应用潜力。20 世纪 80 年代, 智利利用航空摄影照片解译矿化蚀变带, 发现了玛尔泰和洛博金矿。美国地调局利用陆地卫星数据处理, 填绘了与矿化有关的褐铁矿化异常分布。1991 年, Crosta 和 Loughin 利用 Landsat TM 图像数据较成功地圈定了巴西等半干旱地区铁染和泥化现象。Robert W. M 等 (1996) 在新墨西哥南部 Blue Greek 盆地内热液蚀变填图使用 TM 图像数据成功地圈定了粘土、云母含羟基矿物的矿化蚀变区。国内这方面的工作主要是在 90 年代, 如胡德永等 (1994) 提出的“微量信息处理”; 马建文 (1997) 提出的 TM 掩模+ 主成分变换+ 分类识别提取矿化弱信息方法; 张远飞等 (1998) 利用混合像元分解法提取遥感数据中矿化蚀变信息的方法等, 都取得了一定的成果。

纵观国内外研究现状可知, 各种提取方法的应用大多是单一的, 显然其应用效果存在着局限性, 如何合理地将各种方法相结合并形成一套工作流程对指导某一特定地区找矿是很有必要的。基于此目的, 我们在西昆仑塔什库尔干地区进行了遥感找矿异常提取的方法研究。

## 1 概述

研究区位于西昆仑西段, 地理坐标为: 东经  $74^{\circ} 45' \sim 76^{\circ} 30'$ , 北纬  $36^{\circ} 40' \sim 38^{\circ} 40'$  (不含国界以外的地区), 面积约  $29\,000\text{ km}^2$ 。构造区划上横跨铁克里克陆缘隆起、昆盖山—库尔良晚古生代裂谷、公格尔—柳什塔格中间地块、阿克赛钦中间地块等 4 个构造单元。

区内地层发育较齐全, 以中下元古界的绿片岩系为主, 另外古生界陆源碎屑岩和碳酸盐岩发育于研究区东北部, 中生代红色岩系主要发育于塔什库尔干河谷及研究区西南部。

区内侵入岩发育, 晚华力西期侵入岩主要分布于研究区东北部, 以钙碱性系列的闪长岩、英云闪长岩为主; 印支期侵入岩分布于研究区东南角, 以花岗闪长岩为主; 燕山期—喜马拉雅期侵入岩分布于研究区中部及西南部, 以钾长花岗岩和花岗闪长岩为主。

从现有资料看研究区内发育两种成因的铜矿床, 在研究区中部和西北部发育与燕山期及喜马拉雅期花岗闪长斑岩体有关的斑岩铜矿, 如大同、砂子沟斑岩铜矿及恰克拉克含铜黄铁矿矿点; 西南部发育与晚古生代裂谷型火山岩系有关的块状硫化物矿

收稿日期: 2001-12-03; 修订日期: 2002-04-04

基金项目: 中国地调局技术方法类项目“西昆仑地区遥感找矿异常提取方法研究” (项目编号 200120140115) 部分成果。

作者简介: 王晓鹏 (1974-), 男, 陕西蓝田人, 硕士, 2000 年毕业于中国科学院地质与地球物理研究所, 目前主要从事遥感地质应用研究。

床,如阿然保泰块状硫化物铜矿及库鲁木勒克含铜黄铁矿。

## 2 遥感地质异常找矿的工作方法

当遥感图像中一指定区域在指定图像特征集下与其周围环境存在显著差异时,我们称之为遥感影像异常;而当遥感影像异常可以确定是由地质因素所引起或与地质体有确定关系时,我们称其为遥感影像地质异常,简称遥感地质异常。遥感影像是地质体电磁波谱属性的反映,地质体的异常可能会导致其电磁波谱反(辐)射的异常,也即遥感影像地质异常。这种联系是遥感找矿图像处理中运用地质异常分析方法的物理基础。从遥感图像研究遥感地质异常一般可有三条途径:其一,先研究遥感图像的图像特征与地质体的对应关系,也就是各类地质体在遥感中的成像机理,从而确定某类地质体的主要图像特征;其次提取该图像特征下的遥感影像异常;再次,分析所提取的遥感异常的地质意义,确定哪些是遥感地质异常。其二,先对遥感图像进行地质解译,得到各种解译结果,如地层岩性分布图、线性体分布图等;再对解译结果进行分析,设计各种能表征一定地质意义的参数并计算出参数值;然后提取该参数下的遥感地质异常。其三,先将遥感数据与其他源数据如地球物理或(及)地球化学数据进行融合处理,构成新的图像集;然后在新图像集中提取遥感影像异常;再结合地质分析确定遥感影像地质异常。

本次研究的目的主要是利用多波段遥感数据,量化圈定可能与成矿围岩蚀变矿物分布有关的遥感异常,结合成-控矿地层、岩石及构造信息提取和原有区域地质、矿产资料进行找矿远景区的划分。因此采用了以下的工作方法,即通过对各种蚀变类型遥感成像机理的研究,提取该图像特征下的遥感影像异常,再通过对研究区成-控矿地层、岩石及构造特征的地质解译,得到研究区遥感地质解译图和研究区线环构造解译图,结合区域成矿规律、成矿地质条件等确定遥感影像异常的地质成矿意义。最终进行研究区找矿远景区的划分。

## 3 最佳遥感矿化蚀变异常圈定方法的选取与异常圈定

在可见光和短波红外的范围里,物体所产生的光谱特征主要是分子和离子的振动以及自由电子激发造成的,与地物中所含水、羟基、硅、铝和氧分子和离子的状态及组合有关。因此,地物中具体成分的光谱特征主要是由组成物体的基本成分所决定的,同时也易受周围晶格结构、基质的分布以及杂质成分存在的影响。特征谱带是由岩(矿)石中典型金属元素离子的电子跃迁(可见及近红外波段)或分子振动而引起的,铁、锰、钛等金属离子及蚀变矿物中的“羟基”成分、水分子等能够在可见-红外波段产生较强的吸收谱带,构成多光谱图像的识别信息。依据这些特征谱带在多光谱遥感图像中所处的波段位置,便可设计和选择出有关岩石单元的最佳识别波段及其特征信息提取的波段比值变量。这项研究的应用意义在于它可以从岩(矿)石本征光谱信息识别特征中提取有效的波段变量及其组合,建立最佳光谱识别模式。

如前所述,区内主要发育两种成因的铜矿床,即与燕山期及喜马拉雅期花岗闪长斑岩体有关的斑岩铜矿和与晚古生代裂谷型火山岩系有关的块状硫化物矿床,发育的矿化围岩蚀变主要有褐铁矿化、碳酸盐化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、夕卡岩化等,这些蚀变矿物的特征谱带正是提取遥感矿化蚀变信息的理论基础。考虑到工作性质及研究精度,本次选取了 ETM 图像作为信息源。

在遥感影像处理分析过程中,可供利用的影像特征包括:光谱特征、空间特征、极化特征和时间特性。在这些影像要素中,除色调/彩色与物体的波谱特征有直接的关系外,其余大多与物体的空间特征有关。像元的色调/彩色或波谱特征是最基本的影像要素,如果物体之间或物体与背景之间没有色调/彩色上的差异的话,他们的鉴别就无从说起。其次的影像要素有大小、形状和纹理,它们是构成某种物体或现象的元色调/彩色在空间(即影像)上分布的产物。物体的大小与影像比例尺密切相关;物体影像的形状是物体固有的属性;而纹理则是一组影像中的色调/彩色变化重复出现的产物,一般会给人以影像粗糙或平滑的视觉印象,在区分不同物体和现象时起重要作用。第三级影像要素包括图形、高度和阴影三者,图形往往是一些人工和自然现象所特有的影像特征。而与成矿围岩蚀变有关的矿化异常信息,其大小、形状等众多特征皆为不确定因素,只能从其光谱特征和空间纹理特征方面着手进行提取。因此本文主要讨论了基于光谱特征和纹理特征的矿化蚀变信

息提取和分类方法。

目前利用各种遥感图像进行宏观地质背景分析,岩石、地层、构造解译及信息提取是比较成熟的,并开发了一系列专题图像处理软件和方法。这为本次遥感矿化异常信息提取方法研究奠定了基础,本次的矿化蚀变异常提取主要采用了 ENVI 3.4 和 ERDAS 8.4 软件进行。

(1) 基于光谱特征的矿化蚀变信息提取,本次主要进行了以下方法的试验:①针对不同蚀变类型先用特征波段比值、选择主成分分析、彩色空间变换增强,然后利用阈值分割、中值滤波、赋色、异常叠加形成蚀变异常图。②神经网络分类形成蚀变异常图,其工作流程如下:a.神经网络的建立;b.神经网络训练;c.神经网络分类,得到蚀变异常图像。③建立专家分类器针对不同蚀变类型分类,分别赋色并叠加形成蚀变异常图;④光谱角度填图(SAM)形成蚀变异常图,其工作流程为:a.从已知的蚀变区或矿床(矿化点)像元训练获取光谱,建立用户光谱数据库,或者从已有光谱库中选取不同的蚀变类型的典型蚀变矿物的波谱曲线;b.对波谱曲线重采样到 TM 除热红外的六个波段;c.利用解析方法计算像元光谱与从已知的蚀变区或矿床(矿化点)像元训练获取光谱或典型蚀变矿物重采样的光谱之间矢量的夹角,根据夹角的大小来确定光谱间的相似程度,达到识别蚀变矿物的目的,形成蚀变异常图。

(2) 基于纹理特征的矿化蚀变信息提取:用一个活动的窗口在图像上连续滑动,分别计算出窗口中的方差、均值、最大值、最小值及二者之差和信息熵等,形成相应的纹理图像,通过对研究区内已知矿床的纹理特征研究,确定某种变量的阈值,即可对矿化异常信息进行提取并形成蚀变异常图。

通过对上述各种异常圈定方法的试验,及对异常圈定效果的比较,选定了研究区最佳遥感异常圈定方法,即前述基于光谱特征的矿化蚀变信息提取系列方法中的第一类方法:针对区内发育的不同蚀变类型先用特征波段比值、主成分分析、彩色空间变换等方法进行增强处理,然后利用阈值分割,并将不同蚀变类型的分割图像进行中值滤波,对经过中值滤波后的图像进行赋色、叠加,得到综合遥感矿化蚀变异常。

前已述及,本次研究区内的主要蚀变类型为褐铁矿化、碳酸盐化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、夕卡岩化等。由于 TM 图像相对较宽的波段范围,详细地识别某一种蚀变类型是比较困难的。但如果把本区

近矿围岩蚀变分为褐铁矿化类、碳酸盐化及绿泥石化类、硅化类等三类,便可通过不同波段组合的比值和主成分分析等方法区分。

对于褐铁矿化类,利用波段比值 3 比 1, 5 比 4, 1-3-4-5 波段主成分分析 PC4 向量合成褐铁矿化增强图像;波段比值 5 比 7, 3 比 1, 1-4-5-7 波段主成分分析 PC4 向量负值合成碳酸盐化及绿泥石化类增强图像;再对其进行芒塞尔彩色空间变换,扩展色调分量的动态范围,然后选取一适当的阈值对增强图像进行分割,得到褐铁矿化类、碳酸盐化及绿泥石化类异常图像,由于  $\text{SiO}_2$  可引起 TM6 的高吸收,根据这一点,直接对 TM6 取阈值即可得到硅化类异常图像。阈值通过分割出的图像与已知矿化蚀变区的对比人工选定,条件是分割出的异常图像范围与已知蚀变区的范围基本一致。

据统计,研究区内约有 40% 的已知矿床、矿(化)点落在上述方法提取出的蚀变异常区内或边缘,而其他方法所圈定的异常其吻合率较低。圈定的矿化蚀变异常分布具有规律性,异常主要集中在如下几个地区:哈尔隆地区、明铁盖地区、塔什库尔干以西地区、赞坎—西若地区,与化探异常区吻合较好。

## 4 异常图的编制与成矿远景区划

将圈定的遥感矿化蚀变异常进行中值滤波,使其边界圆滑,再分别赋色,叠加在影像上编制成遥感矿化蚀变异常图,将其叠加在遥感解译构造地质图上常形成遥感构造与矿化蚀变异常图。

依据上述方法圈定出的遥感矿化蚀变异常,通过对区域成矿地质特征分析,根据研究区内不同地区地质条件、成矿条件的差异性,将整个研究区划分为 4 个成矿远景区:布伦口热液脉型铜矿远景区、明铁盖石英脉型铜矿远景区、塔什库尔干以西热液型铜矿化远景区、大同一哈尔隆乡多成因铜矿化远景区。

## 5 结论

通过对西昆仑塔什库尔干地区遥感找矿异常提取方法的研究,认为在交通不便、自然地理条件恶劣、研究程度低、利用常规方法找矿难度较大的地区,利用遥感的方法可以快速高效地圈定各种矿化

蚀变异常、圈定成矿远景区,为常规找矿方法指明找矿方向,缩小工作范围。通过研究,总结出西昆仑地区遥感找矿异常提取的工作程序:遥感矿化异常圈定的机理分析 数据类型选择 基础图像制作 区内典型蚀变类型的确定 最佳异常圈定方法的选择 遥感矿化蚀变异常圈定 影像解译 异常图的编制 成矿远景区的划分。

参考文献:

[ 1 ] 郑威、陈述彭. 资源遥感纲要[ M ]. 北京: 中国科学技术出版社,

1995.

[ 2 ] 周成虎, 骆剑承, 杨晓梅, 等. 遥感影像地学理解与分析[ M ]. 北京: 科学出版社, 1999.

[ 3 ] 赵鹏大, 陈永清, 刘吉平, 等. 地质异常成矿预测理论与实践[ M ]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999.

[ 4 ] 薛重生, 楼性满, 徐成彦, 等. 地矿部“七五”科技攻关项目研究成果报告: 1 5 万区调中遥感方法技术研究[ R ]. 武汉: 中国地质大学( 武汉), 1990.

[ 5 ] 张振飞, 卢登蓉, 姜常义, 等. 昆盖山北坡—布伦口地区矿产资源综合找矿评价( 研究报告)[ R ]. 南京: 南京地质矿产所, 2001.

[ 6 ] 肖克炎, 朱裕生, 张晓华, 等. 矿产资源评价中的成矿信息提取与综合技术[ J ]. 矿床地质 1999, 18( 4) : 379—384.

[ 7 ] 张佩民, 黄林日, 鲍巨才, 等. 辽西肖家营子地区金矿遥感信息提取及成矿预测[ J ]. 国土资源遥感 2000, 45( 3) : 31—37.

STUDY ON INFORMATION EXTRACTION OF REMOTE SENSING  
MINERALIZING ALTERATION ANOMALY IN TASHKUERGAN  
AREA OF WEST KUNLUN MOUNTAIN

WANG Xiao-peng, XIE Zhi-qing, WU Yue-zhong

(Remote sensing Application institute of Aerophotogrammetry & Remote Sensing of China Coal, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Using ETM space image data as the information source, we did some information extraction study on remote sensing mineralizing anomaly in Tashkuergan area of West Kunlun mountain. We tested some mineralizing abnormal information extraction and classification method based on spectral signature and texture characteristics, accessed the best remote sensing mineralizing anomaly Extraction program. We extract the three types of mineralizing alteration related with copper in studing aera, then different color given and superimposed tegather as a remote sensing map of mineralizing alteration. Based on the procession and the map and the regional mineralizing geological conditions, we recognize four prospecting area in this region. At last, we sum up a set of working process on extraction of remote sensing mineralizing alteration anornaly.

**Key words:** Mineral survey with remote sensing method; Mineralizing alteration anomaly; Information extraction; Tashkuergan; the west kunlun area; Xinjiang

(上接第 126 页)

salinity. It was probably derived from the deuteric hydrothermal fluid. The mineralisation was related to the strata of Taihua group, magma and structural activity of Yanshanian period. The primary anomalies of the deposit are of multi- element assembly. The zoning sequence of anomaly from up to down is Bi, Mo, Cu, Au Ag, Pb, Zn Hg, As, Sb.

**Key words:** Tieluping silver deposit; geochemical features; Henan province