

利用 TM 数据快速提取红土型金矿地表特征标志

朱谷昌 吴健生 吴德文 杨自安 周正武
(中国有色金属地质遥感中心, 北京东燕郊, 101601)

摘要 红土型金矿是一种新的金矿工业类型。本文以华南地区典型的红土型金矿为主要研究对象, 通过对陆地卫星 TM 数据成像原理和金矿床主要矿物波谱特征的研究, 设计了提取 TM 图像红土型金矿有关信息的方法, 获取了已知红土型金矿的遥感信息, 此类信息可作为红土型金矿找矿预测的主要信息之一。

关键词 红土型金矿 TM 数据 找矿预测

1 研究红土型金矿的遥感地质基础

TM 各波段图像在揭示地质构造、地形地貌、植被、土壤、水体及特定的岩石—地层组合等信息方面有各自特点。红土型金矿是产于红土风化壳剖面一定部位的表生金矿, 它是由含金量较高的地质体(矿源体), 在红土化作用下, 使所含的金元素发生活化、迁移、再沉淀富集所形成的。红土风化壳一般具有分带性, 自上而下划分为: 表层红土—硬(铁)壳壳带—斑点带(铝土矿带)—杂色粘土带—腐泥岩带—基岩。金矿化主要集中在风化红土层中的粘土带, 特别是杂色粘土带。

红土风化壳中铁、锰质和粘土含量高, 存在大量的 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{4+} 、 Mn^{2+} 、 H_2O (结晶水)、 $(OH)^-$ 、 CO_3^{2-} 等离子(团)。主要离子(团)及其组成的矿物的反射波谱特征如表 1。

表 1 有关的矿物反射波谱特征表

吸收带类型	矿物类型	常见矿物	吸收谱带中心波长(μm)		相对应的 TM 波段	
			中等吸收	强吸收	中等吸收	强吸收
Fe^{3+} 吸收带	铁氧化物	褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、赤钾铁矾		0.40~0.55 0.90		TM1、TM4
$(OH)^-$ 吸收带	粘土矿物	高岭石、地开石、埃洛石、白云母	1.4、1.9	2.20	TM5	TM7
CO_3^{2-} 吸收带	碳酸盐矿物	方解石、白云石、菱镁矿	2.16	2.35		TM7

从表中可见, 铁氧化物(褐铁矿、针铁矿、赤铁矿)在蓝光波段(0.45~0.52 μm)有一很强的吸收带, 在近红外波段(0.9~1.0 μm)又有一强吸收带; 粘土矿物、碳酸盐矿物的波谱特征在红外光部分反映最为明显。因此, 应用 TM 波段对这些矿物或矿物组合的探测能力, 就可能识别红土风化壳以及与红土型金矿有关的地物目标, 如 TM4 波段可以识别含 Fe^{3+} 矿物及

岩石; TM7 波段对识别含碳酸盐矿物、粘土矿物聚集带效果很好; TM1 波段对区分干燥土壤和茂密的植被较有效; 综合 TM2、TM5、TM7 的特征可以反映出具热液蚀变特征的含铁粘土矿物等。总之, 根据铁、锰、粘土和碳酸盐等矿物的波谱性状差异和红土风化壳的反射光谱特征, 就可以用相应的 TM 波段特征去研究反映红土型金矿的有关遥感标志。

2 信息提取方法

2.1 假彩色合成

TM 数据各波段的标准偏差显示了各自含信息的离散程度, 标准偏差越大, 信息量越丰富。在反映红土型金矿化的彩色合成图像中, 选择 TM4(R)、TM7(G)、TM1(B)假彩色合成, 并根据研究区的地质特征进行色调、反差的调整, 这样既可较好地反映土壤、岩层与构造景观, 又能分辨植被、土壤细节。

2.2 主成分分析

对 TM 各波段数据进行主成分分析(PCA)获得新的变量后, 进行 PC1(R)、PC2(G)、PC3(B); PC1(R)、PC2(G)、PC4(B)、以及主成分与波段比值合成, 如 PC2/PC1(R)、TM4/TM3(G)、TM2/TM3(B)等组合, 能够突出反映金矿化的特征。

2.3 特征定向主成分选择技术

该方法首先选择两种 TM 波段组, 即选择能识别含铁的氧化物和氢氧化物的 TM1、TM3、TM4、TM5 波段组(F 组分)和能识别含羟基矿物的 TM1、TM4、TM5、TM7 波段组(H 组分)并分别进行 PCA 处理, 然后将 F 波段组中包含有 TM1、TM3 中或强负载且具有相反标志的 PC 做为这一组的 F 成分(含铁成分)图像; 将 H 波段组中包含有 TM5、TM7 中或强负载且有相反特征的 PC 做为 H 成分(羟基)图像; 最后把 F 成分和 H 成分相加产生的图像(H+F)作为第三个 PC 图像进行合成, 形成 H(R)、F(G)、(H+F)(B)彩色合成图像, 在图像上, 羟基成分为红色, 铁染区显示为兰色调, 两者重叠部分为白色调(即混合矿物)。

2.4 TM 掩膜+主成分分析+分类

通过对 TM 图像的掩膜, 保留那些集中反映红土型金矿化特征的岩石、地层(土壤)像元, 并将该图称作剩余图像。然后对剩余图像进行主成分分析, 获取能反映铁氧化物和羟基矿物信息的 PC 图像; 最后进行监督分类提取红土型金矿化的信息。

3 红土型金矿区的遥感地质特征

3.1 地质特征简述

华南地区比较典型的红土型金矿—湖北蛇屋山金矿和湖南大坊金矿地质特征如表 2。

3.2 蛇屋山金矿遥感地质特征标志

3.2.1 假彩色合成

根据对研究区的 TM 图像各波段数值的统计特征分析, 选择了 TM4、TM7、TM1 进行假彩色合成。TM4 是含水铁氧化物的吸收带, TM7 是粘土矿物的吸收带, TM1 对水反射强。在 TM4、TM7、TM1 图像上, 金矿区呈现特征的斑杂状桔黄色, 反映出这片地区地表地物富含

表 2 华南典型红土型金矿地质特征

地质特征	蛇屋山红土型金矿	大坊红土型金矿
构造环境	扬子地台下扬子台坪大冶台褶带	湘南准地台, 末—临南北构造带上
地貌	准平原残丘地带, 海拔 30~80m	喀斯特低丘陵地带, 海拔 250~350m
所处纬度及当时气候条件	北半球北纬 30°, 低—中纬度区, 大陆性干湿交替的气候	北半球北纬 26°, 低—中纬度区, 大陆性干湿交替的气候
基底岩石建造	寒武—奥陶系碳酸盐岩建造, 基底破碎带发育, 剪含量高	石炭系碎屑岩和碳酸盐岩建造, 中酸性岩体发育且剪剪含量高
含矿红土层剖面	自上而下分四层: 硬壳层—含砾网纹粘土层—棕色粘土层—过渡层	自上而下分五层: 硬壳层—网纹状粘土层—黑色粘土层—杂色粘土层—过渡层
矿床规模及矿石品位	大型, $2(1.1-7.6) \times 10^{-6}$	中型, $2(0.75-10) \times 10^{-6}$
矿体产状	产状受古岩溶面控制, 呈似层状、透镜状产出。矿体埋深 0~20m	产状受岩体接触带控制, 呈透镜状产出。矿体埋深 0~30m
成矿作用特点	古层间构造带淋积型	岩体接触带淋积型
矿石类型	含铁质粘土质金矿石, 质地松软	含金褐铁矿和金银黑色铁锰土矿石, 铁锰矿物占 80% 左右

Fe^{3+} 、粘土矿物的特征; 同时还可能解译出多条反映断裂构造形迹的 NE 向 EW 向、NW 向线性影像构造及可能揭示基岩等轴凸起的环形影像。

3.2.2 主成分分析

因该区为准平原地貌, 风化红土极为发育, 故选取反映粘土矿物(羟基矿物)的波段组合 TM1、TM4、TM5、TM7 进行主成分分析, 即 KL 变换。变换后对 PC1(R)、PC2(G)、PC4(B)进行假彩色合成, 在该彩色合成图像上, 已知金矿区呈现浅黄色调间杂棕褐色, 反映富粘土矿物、氧化铁、富水的波谱特征的色彩组合, 在矿区近外围与这类特征色彩标志相类似的有 A、B、C 等三个地段。

3.2.3 遥感特征标志及找矿预测

蛇屋山金矿的遥感标志可归纳为: ①表现准平原上残丘的丘状地貌影像特征; ②环绕矿区周边的 EW 向、NW 向、NE 向的线性构造交切形式; ③揭示下伏基底凸起的环形构造; ④表现基岩露头的正突起块状影像色块; ⑤表现富水、富铁、粘土矿物的地表地物的特征色彩标志。这些遥感标志, 正是形成和保存蛇屋山红土型金矿的地形地貌、特定构造环境特征在 TM 图像上的反映。由此可以认为蛇屋山金矿区近外围有较大的找矿前景, 其外围与其标志色彩和遥感影像构造相类似的三个地段(A、B、C), 亦可视为寻找红土型金矿的有望地区。

3.3 大坊金矿区遥感特征标志

3.3.1 假彩色合成

在 TM4、TM7、TM1 合成图像上, TM4 的信息量最多, 它对于识别含 Fe^{3+} 矿物及岩石有利, TM7 则集中了粘土矿物、碳酸盐矿物的光谱吸收特征。蚀变矿物在 TM4、TM7 两个波段上均有吸收谱带, 色调呈暗色, TM1 对区分土壤、植被有效。因此, 已知矿区表现为淡黄褐色, 同时清晰地反映出遥感影像构造, 线性构造以 SN、NE 向为主, EW、NEE 向次之, 环形构造为揭示岩体侵入的中—小型环。

3.3.2 主成分分析

选择 TM1—TM5 和 TM7 六个波段进行主成分分析, PC1、PC2、PC3 三者占信息总量的

99.13%，其余的 PC4、PC5、PC6 信息甚少。

根据各主成分的特征向量矩阵及因子载荷相对大小，PC1 中 TM5 的负载最大，TM1、TM3、TM7 负载中等，PC1 所包含的的地质信息是十分丰富的。PC2 中以 TM4 信息量最大，TM5、TM1 次之，既包含了植被信息，又含有碳酸盐矿物和粘土矿物的地质信息。PC3 中包括 TM1、TM3、TM4、TM7 波段信息，是反映碳酸盐矿物和含铁(Fe^{3+})矿物的地物信息。在 PC1(R)，PC2(G)，PC3(B)假彩色合成图像上，大坊金矿区表现为“黄褐色+红色”这一特征标志色块，且在大坊金矿区的近外围也有类似的特征标志色块分布，反映与红土型金矿有关的含 Fe^{3+} 、 Mn^{4+} 和粘土矿物的风化红土信息。

3.3.3 TM 图像掩膜分类特征

在金矿区及其外围的 TM 图像掩膜分类图上，提取了三类明显反映红土型金矿化信息，这三类信息分别以红、黄、绿色调表示，大坊金矿区呈现非常醒目的较大面积的红色点群，在大坊的西北侧、东南侧均有红色点群出现。

3.3.4 遥感特征标志及找矿预测

大坊金矿的遥感特征标志鲜明：①在 PC1、PC2、PC3 假彩色合成图像上特征标志色块明显；②线性构造发育，以 SN、NE 向为主，EW 向、NEE 向次之；③出现揭示侵入岩存在的环形构造；④浑圆状、半浑圆状的丘岗地貌；⑤在掩膜分类图像上，金矿呈现红色点群。该区的影像特征表明，大坊矿区存在较大找金潜力，特别是南、北两端，在外围大坊—五一农场之间，是值得深入研究的区域之一。在进行湘南地区的图像处理中，从桂阳大坊—郴县柿竹园这条近 EW 向的有色、贵金属矿带，数百平方公里范围内，获得了数十个类似大坊金矿的遥感特征色调标志，可作为该区寻找红土型金矿的重要找矿信息之一。

4 结语

利用遥感技术进行红土型金矿地质特征研究和找矿预测是可以获得较理想的效果的，特别是那些有一定红土型金矿找矿线索且地质工作程度不高的区域，利用遥感技术，快速提取与红土型金矿有关的遥感信息，优选找矿远景区，往往能收到事半功倍的成效。

(1)工作中根据典型红土型金矿特征而选择的图像处理方法如各类主成分分析、图像掩膜分类方法，不仅对已知金矿区的找矿有重要的意义，而且可以用于华南地区其它红土型金矿的发育地段，从而推动华南地区寻找红土型金矿的进程。

(2)用于地质勘查中的遥感图像处理必须根据要提取地物的性质及遥感图像各波段的特征进行设计，这样设计出的方法针对性强，取得的效果佳。

(3)与金属矿化有关遥感信息的提取技术不断完善，使获得的遥感信息目标更为突出，以达到有效圈定找矿靶区的目的

本文为有色金属地质系统重点遥感专项“我国南方红土型金矿遥感特征研究及找矿预测(1995—1998)”报告的一部分。成文过程中，得到了植起汉教授级高工及专题组同仁的帮助，在此一并致谢。

参考文献(略)

(下转第 36 页)

(3)在化探异常指示的可能矿化区,遥感色调异常的存在对找矿具有良好的指示意义。

参考文献(略)

THE APPLICATION OF INTEGRATION OF REMOTE SENSING AND CHEMICAL EXPLORATION INFORMATION ANALYSIS TO STUDYING GEOLOGICAL MINERAL DEPOSIT PREDICTION

Fang Hongbing Li Zhizhong

(Center for Remote Sensing in Geology, Beijing 100083)

Abstract

In this paper, the suitable scale remote sensing images were processed to make a comprehensive interpretation and evaluation to gold chemical exploration anomaly in Xinjiang three region forestry field, many gold mineralizations were encircled. It is showed that the way which is combined the remote sensing interpretation and analysis with geochemic information is efficient for finding gold deposit.

Key words Remote sensing Chemical exploration Geological prospecting model Mineralization prediction

(上接第 32 页)

USING TM DATA TO GAIN QUICKLY THE SURFACE CHARACTERISTICS AND SYMBOLS OF LATERITIC GOLD DEPOSITS

Zhu Guchang Wu Jiansheng Wu Dewen Yang Zian Zhou Zhengwu

(Center for Remote Sensing in Geology, China Non-ferrous Metal Industry, Beijing 101601)

Abstract

The lateritic gold deposit is a new gold industrial type. In this paper, authors study principally the typical lateritic gold deposits in the south of China, design the methods of abstracting the information related with lateritic gold deposits from TM images by means of studying the image processing principle of TM data and the spectrum characteristics of main minerals, and gain a series of remote sensing characteristic information corresponded with the knew lateritic gold deposits, which can be used as one of main information of prospecting prognosis of lateritic gold deposits.

Key words Lateritic gold deposit TM data Prospecting prognosis

第一作者简介:朱谷昌 男 教授级高工,1962年生,1986年中南工业大学地质硕士毕业,主要从事遥感技术及GIS技术在国土资源遥感调查中的应用研究。