

义敦岛弧南段铜矿床地面波谱 的 TM 分析及其应用效果

王海平* 孙鲁仁

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 义敦岛弧南段铜矿床地面反射波谱的 ρ 值与 TM 图象亮度存有显著的线性相关关系。在对典型铜矿床的野外波谱实测基础上, 经与 TM 遥感数据进行相关分析, 建立了典型铜矿地面波谱反射率与 TM 图象最佳波段数据的相关模型和矿床的波谱识别模型, 将 TM 图象反演成与矿床地面波谱有关的地空相关图象, 并据其进行了计算机图象的铜矿床波谱识别。其应用效果表明, 铜矿床地面波谱的 TM 分析方法在义敦岛弧南段的成矿预测及靶区定位中有较理想的效果, 是区内铜矿化信息提取值得借鉴的方法。

关键词: TM 图象 地面波谱 雪鸡坪

雪鸡坪铜矿床位于云南省中甸县境内、义敦岛弧南段铺上一四村构造岩浆岩带中段。矿区内主要出露中、上三叠统, 为一套厚近万米的浅变质类复理石和海底火山岩建造。区内岩浆活动强烈, 具有同源多期特征, 岩浆活动在区内形成一套中性—中酸性的火山—次火山岩—侵入岩。区内主要构造线呈北西向, 主要由紧密的褶皱束和高角度断层组成。与成矿有关的岩体是以石英闪长玢岩为主的印支期复式侵入岩体, 其铷锶法年龄为 230×10^6 a。尽管该矿床现已开采、其基础地质和矿产地质工作亦较深入, 然其地面波谱及其 TM 分析研究仍无人涉足。鉴于该铜矿床不仅在义敦岛弧带南段, 而且在整个三江地区皆具诸多代表性, 本文便以区内主要铜矿为典型矿区进行了地面波谱的 TM 分析研究并获得了较理想的矿化信息增强效果。

1 铜矿床的波谱数据采集与研究

雪鸡坪地区 TM 数据包括铜矿床的地面波谱数据及其 TM 图象亮度数据。矿床的地面波谱数据系作者在野外实测, 测量中采用比值测量法。铜矿床的 TM 图象亮度值采集则在图象处理系统上完成。为减少计算误差, 图象亮度值采集的一般以实测象元为中心的 2×2 方阵象元的权平均值为该象元的亮度值 R 。

对区内颇具代表性的雪鸡坪、春都等斑岩铜矿床的地面波谱分析表明, 各矿床地面波谱特征主要系铜成矿作用所致, 其特征谱和矿化标识谱多集中在 NIR 区且数量多、对称性好、谱幅变异大。区内斑岩铜矿的这种地面波谱特征, 表明水不仅在斑岩成矿热流体中为主要介质成分, 导致蚀变带内的蚀变矿物出现吸附水、结构水和羟基, 还表现出与成矿蚀变作用、铜成矿作用呈明显的正相关关系。此外, 区内图姆沟组 (T_3t) 二、三段内的安山岩、英安

* 王海平, 1949 年生, 男, 研究员, 从事遥感地质研究。邮政编码: 100037

质凝灰岩与区内成矿岩体（石英闪长玢岩）的地面波谱特征几乎完全一致，表明二者为同源不同期的产物；斑岩铜矿体不仅有 $2.17 \mu\text{m}$ 吸收带，还有 $1.85 \mu\text{m}$ 的弱反射肩峰，暗示区内曾发生两次以上的碳酸盐化蚀变作用，并显示出主成矿期主要集中在石英绢云母化阶段晚碳酸盐蚀变时期的重要成矿信息。

据区内典型铜矿床地面波谱数据的计算、整理，铜矿床的地面波谱强度分布形成两类有代表性的地面波谱模式。即单峰式和双谷式，前者以雪鸡坪、春都铜矿床为代表，这类模式表现为两谷夹一峰形态、且出现在低反射背景上，该类模式代表了义敦岛弧带南段典型斑岩铜矿床的波谱特征；后者以浪都、红山铜矿床为代表，表现为谷状形态且往往发育在低反射背景上，谷底（ TM_7 分模式）有羟基、 CO_3^{2-} 的特征谱叠置，这类模式代表了义敦岛弧南段夕卡岩型铜矿的波谱分析特征。

2 铜矿床地面波谱的 TM 分析

从理论上不难证明，TM 图象在各波段所接收的总反射亮度与地物在地面的反射率呈线性相关关系^[1,3]。因此可以斑岩铜矿床的地面平均反射率为因变量，TM 图象亮度值为自变量作回归分析并建立回归方程。计算过程中，用铜矿床地面波谱的 ρ 值为纵坐标，TM 图象亮度值 R_{ij} 为横坐标，作 ρ 对 R_{ij} 的散布分析并分别计算回归系数（ a 、 b ）和相关系数（ γ ）。经 TM 的回归分析，用地面波谱叠合、OIF 系数和波谱向量 ζ - τ 图解法^[2]等共同确定的雪鸡坪地区最佳图象波段-共可建立 9 个 TM 数据的地空相关模型：

$$\begin{cases} \rho_{ix} = a_i + b_i DN_i & \text{①—③} \\ \rho_{ich} = a_i + b_i DN_i & \text{④—⑥} \\ \rho_{il} = a_i + b_i DN_i & \text{⑦—⑨} \end{cases}$$

上述相关模型共涉及 9 个回归方程。其中： ρ_x 、 ρ_{ch} 、 ρ_l 分别为雪鸡坪、春都、浪都铜矿床的地面波谱反射率， i 为雪鸡坪地区最佳图象波段组合（ $\text{TM}_{4,5,7}$ ）， DN_i 为各矿床的最佳波段图象亮度值。模型中的 a 、 b 和 γ 列入表 1 中。

表 1 义敦岛弧南段铜矿的回归系数和相关系数

矿床	波段 系数	TM_3			TM_4			TM_5			TM_7		
		a	b	γ									
雪鸡坪		-0.683	0.597	0.911	-2.574	0.610	0.912	-2.070	0.807	0.890	-0.819	0.675	0.900
春都		-1.315	0.936	0.817	-1.381	0.835	0.900	-1.117	0.915	0.894	-1.310	0.561	0.910
浪都		-0.920	0.511	0.874	-3.249	0.781	0.860	-0.618	0.519	0.905	-1.331	0.685	0.880

雪鸡坪地区的 9 个相关模型（即回归方程）经 γ 法检验后，其结果（表 2）证实 9 个回归方程的相关性是显著的，都具实用价值。

表2 铜矿床回归方程的显著性检验

矿床	回归方程	γ	$\gamma_{\alpha} (\alpha=0.05)$	显著性
雪鸡坪	①	0.912	0.811	显著
	②	0.830	0.811	显著
	③	0.900	0.873	显著
春都	④	0.900	0.873	显著
	⑤	0.894	0.873	显著
	⑥	0.910	0.873	显著
浪都	⑦	0.860	0.811	显著
	⑧	0.905	0.873	显著
	⑨	0.880	0.873	显著

3 应用效果探讨

据回归方程①—⑨,用图象处理系统将区内原 TM 图象反演成与铜矿地面波谱数据相关的地空相关图象。为提取信息量较弱的铜矿化信息,再将 $TM_{4,5,7}$ 相关图象分别用 R、G、B 合成彩色相关图象。经计算,该彩色相关图象亮度值 DN 与铜矿床地面波谱值 ρ 关系为:

雪鸡坪子区: $\rho = -3.810 + 0.711 DN$; $\gamma = 0.90$

春都子区: $\rho = -1.436 + 0.659 DN$; $\gamma = 0.91$

浪都子区: $\rho = -4.811 + 0.720 DN$; $\gamma = 0.89$

区内的彩色地空相关图象,不仅增强了与铜多金属矿化有关的图象信息,还可识别不同波段异常的波谱分布,并使研究者得以区分矿化异常的类型。如在雪鸡坪试验子区的彩色相关图象上共识别出 6 个与铜矿化信息有关的图象异常。对比分析表明,该六个图象异常与地面化探(土壤地球化学)异常吻合,其中 4 个图象异常(A-1、3、4、5)与化探异常核一致,另两个图象异常(A-2、6)则与化探异常核稍有偏离。经计算机采样识别,A-2 异常(中心位于铁皮丁南)为斑岩型铜矿波谱特征,显示为低反射背景上两谷夹一峰的波谱形态;A-3、4、6 三异常(中心分别位于纳华东、欠虽东和纳玻牧场西北)呈谷式波谱分布形态且出现在低反射背景上,是寻找夕卡岩型铜多金属的极好图象异常;A-5 异常(中心位于欠虽北 600 m)的波谱分布与铜矿床的明显不同,呈谷形镜像对称分布特征,当属石英脉型硫化物多金属矿床的地面波谱模型(如四川乡城青达矿床),推测为寻找石英脉型贵金属、多金属矿产的有利图象异常区。

参 考 文 献

- 1 王海平. 遥感数据(TM)的地空相关性研究及其在成矿预测中的应用. 国土资源遥感, 1997, 33(3): 19~28.
- 2 H 斯韦恩, S M 戴维主编. 遥感定量研究方法. 北京: 科学出版社, 1984.
- 3 Wang H P. The Space-Ground Correlation Research of TM Data and Its Application in Prognosis of Gold Deposits. Acta Geologica Sinica (English Edition), 1998, 72(2).