

夏塞多金属矿床矿化蚀变信息的主分量分析*

Principal Component Analysis for Mineralization Alteration Information of
Xiasai Polymetallic Deposit

王海平

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

Wang Haiping

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China)

摘 要 成矿作用过程中产生的围岩蚀变作用必然会以一定的波谱特征反映到 TM 图像上, 这种矿化蚀变在遥感图像上往往是一种非直接的弱相关信息。文章以川西夏塞多金属矿床为例, 对其外围矿化蚀变信息主分量分析研究表明, 主分量递进分析可增强 TM 图像矿化信息, 在多金属矿化信息识别方面有较理想的找矿预测效果。

关键词 矿化蚀变 主分量分析 夏塞

夏塞多金属矿床位于川西呈 NNW 向展布的含 Ag、Sn 花岗岩带。该带形成于义敦岛弧的弧—陆碰撞造山阶段, 与岛弧火山岩带平行分布, 由十几个大小岩体组成, 这些岩体常伴有 Ag、Sn 矿化, 目前已在该岩带内发现多个 Ag、Sn 多金属矿床。

1 矿床地质概况

矿区出露地层为上三叠统图姆沟组二、三段, 岩性为一套浅变质砂板岩, 局部夹有少量硅质板岩和碳酸盐岩条带。矿区往南约 2 km 出露绒依措花岗岩体, 岩体面积 122 km², 总体呈 NNW 向分布, 同位素年龄为 81.0~82.6 Ma (K-Ar 法, 四川区调队, 1980)。夏塞矿床产于图姆沟组砂板岩中, 矿体呈透镜状、囊状或脉状产于 NNW 向、SN 向和 NE 向断裂构造的交汇部位。矿石中已发现 30 余种金属矿物, 包括黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉银矿及黄铜矿等, 脉石矿物主要为石英、方解石和绢云母。近矿围岩蚀变多沿矿体两侧呈条带状分布, 矿床上盘蚀变较强、蚀变带较宽, 由矿体中心向外依次产生强蚀变砂板岩→弱蚀变砂板岩→正常砂板岩的蚀变现象。

2 矿床地面波谱特征

矿床地面波谱数据系作者用四通道便携式谱仪在野外条件下实测。研究表明, 矿区强蚀变砂板岩波谱反射率 ρ 最高, 弱蚀变岩次之, 矿体反射率 ρ 最低, 正常砂板岩反射率 ρ 高于矿体、略低于弱蚀变砂板岩。

强蚀变砂板岩紧邻矿体产出, 其原岩系长石石英砂岩夹绢云母板岩, 岩石蚀变作用主要为硅化、黄铁矿化和碳酸盐化。强蚀变砂板岩在 VNIR 区 ρ 值变化大, $\bar{\rho}$ 值为 26%, 二价铁在 0.46 μm 形成吸收谱, 极大值位于 0.75 μm 处。其 ρ 值在 NITR 区变化较大, $\bar{\rho}$ 值为 38%, 分别在 1.40 μm 、1.90 μm 、2.20 μm 和 2.30 μm 产生强特征谱。

* 本文受国家“九五”科技攻关项目 (96-914-03-05) 资助

第一作者简介 王海平, 1949 年生, 研究员, 从事遥感地质和矿床地质研究。

弱蚀变砂板离矿体距离较近并紧邻强蚀变砂板岩呈条带状分布。蚀变作用主要为硅化、黄铁矿和绿泥石—绢云母化，蚀变程度稍弱于强蚀变砂板岩。在 VNIR 区，该蚀变岩的 ρ 值波动小， $\bar{\rho}$ 为 19%，在 0.45 μm 和 0.76 μm 分别有二价铁和三价铁形成的吸收谱带。NIR 区的 $\bar{\rho}$ 值为 25%，分别在 1.10 μm 、1.90 μm 、2.20 μm 、2.30 μm 、2.35 μm 和 2.40 μm 有弱吸收谱带形成 (Humt, 1979)。

正常砂板岩紧邻弱蚀变砂板岩、离矿体距离最大。其波谱反射率低，在 VNIR 区 $\bar{\rho}$ 值为 16%，在 0.45 μm 和 0.76 μm 处有弱吸收谱带，极大值位于 0.78 μm 。NIR 区出现的 1.10 μm 、1.40 μm 、1.90 μm 弱吸收谱带对称性不好，主要系少量吸附水分子和羟基团的合频振动所至。

矿体波谱反射率最低，VNIR 区 $\bar{\rho}$ 仅为 12%， ρ 线平坦，NIR 区 $\bar{\rho}$ 为 11%，分别在 1.10 μm 、1.40 μm 、2.16 μm 和 2.30 μm 出现四个弱吸收带。

矿区地面波谱反射特征分析表明：成矿作用主要发生在硅化—碳酸盐化蚀变阶段，矿化蚀变信息主要集中在 TM5 波段内；高价铁谱带丢失是矿化蚀变信息的重要因素，岩石蚀变强度与波谱 ρ 值呈正相关；低 ρ 背景上叠置的谷式高反射台地是夏塞多金属矿床的地面波谱识别特征。

3 矿区 TM 数据主分量分析

主分量分析又称主成分分析 (Ekstrom, 1984)，在计算机处理中还可谓 KL 变换。TM 数据在图像处理系统中经 KL 变换将 TM 图像转变为一组互不相关的表征函数序列，目的在于压缩 TM 的波谱维数、突出地物类别、提取与矿化有关的蚀变信息。本次工作利用矿区的野外实测波谱识别特征，对夏塞多金属矿区有针对性的做了 TM 主分量分析研究。主分量分析之前，尚须对矿区的地面波谱和 TM 图像波段做优选研究。

将夏塞多金属矿区 TM 数据进行 KL 变换后获得表 1、2 的特征值。表中本征向量为分量与矿区 TM 波段象亮度值的线性相关系数，本征值为各主分量的相对变化，即其内所含的相对信息量。 P_1 和 P_2 主分量主要反映矿区的地层、岩性、构造和植被等宏观地表信息 (Zhang, 1989)， P_3 和 P_4 主分量则代表易于“淹没”的诸如规模不大的地下水、隐伏构造、隐伏岩体、基底构造和矿产资源等显示的弱势信息。表 1、2 内结果表明， P_1 和 P_2 主分量的本征值之和均超过 95%，而与成矿作用有关的 P_3 、 P_4 本征值之和仅为 3.4%~4.7%。

表 1 TM1、2、4、5 组合的 KL 变换特征值

主分量	本征值	本征向量			
		TM1	TM2	TM4	TM5
P_1	0.846	-0.372	-0.481	-0.495	-0.517
P_2	0.113	0.412	0.424	-0.703	-0.769
P_3	0.041	0.473	0.208	0.421	-0.771
P_4	0.006	0.604	-0.699	-0.039	0.182

表 2 TM2、4、5、7 组合的 KL 变换特征值

主分量	本征值	本征向量			
		TM2	TM4	TM5	TM7
P_1	0.877	-0.404	-0.498	-0.511	-0.573
P_2	0.089	0.327	-0.746	0.064	0.439
P_3	0.029	0.425	0.351	0.213	-0.317
P_4	0.005	-0.133	0.208	0.465	0.675

矿区的矿化蚀变信息主要集中在TM5 波段,而主要矿化信息则分散在大序号的主分量 (P_3 、 P_4) 中,这些主分量包含的TM图像信息量仅占 3.4%~4.7%。将表 1 中 P_3 、 P_4 主分量和TM5 波段分别用RGB编码合成后,经彩色合成图像分析,矿区的矿化和矿化蚀变信息的增强效果尚不尽人意。究其信息增强效果不理想的原因,理论上在于KL变换后的 P_3 、 P_4 主分量差异太小,经主分量的相关系数矩阵分析(表 3、4)亦证实, TM1、2、4、5 组合与TM2、4、5、7 组合的 P_3 、 P_4 主分量相关系数分别为 0.894 和 0.903,表明 P_3 和 P_4 的相关系数太大,不适宜提取矿化蚀变信息。

表 3 TM1、2、4、5 组合的主分量相关系数矩阵

	P_1	P_2	P_3	P_4
P_1	1			
P_2	0.613	1		
P_3	0.475	0.781	1	
P_4	0.459	0.421	0.894	1

表 4 TM、2、4、5、7 组合的主分量相关系数矩阵

	P_1	P_2	P_3	P_4
P_1	1			
P_2	0.754	1		
P_3	0.531	0.611	1	
P_4	0.472	0.783	0.903	1

欲达提取矿化蚀变信息目的,需进一步扩大KL变换的 P_3 、 P_4 的差异,藉以降低其相关性,以期获得增强矿化信息的较理想效果。因此,拟在第一次KL变换基础上进行第二次KL变换,并用TM2/TM5 比值图像求反后做第二次彩色合成。即对第一次KL变换的特征值中分别选出 P_3 、 P_4 主分量进行第二次KL变换(表 5、6),再从第二次KL变换特征值中选出两个主分量 PP_1 、 PP_2 与TM2/TM5 负值图像分别用R、G、B三色编码合成彩色图像。

表 5 TM1、2、4、5 二次 KL 变换特征值

主分量	本征值	本征向量	
		P_3	P_4
PP_1	0.697	0.765	0.121
PP_2	0.309	0.133	0.872

表 6 TM1、2、4、5 二次 KL 变换特征值

主分量	本征值	本征向量	
		P_3	P_4
PP_1	0.701	-0.296	0.904
PP_2	0.293	0.934	-0.156

这种 TM 数据的主分量递进分析流程示于图 1。

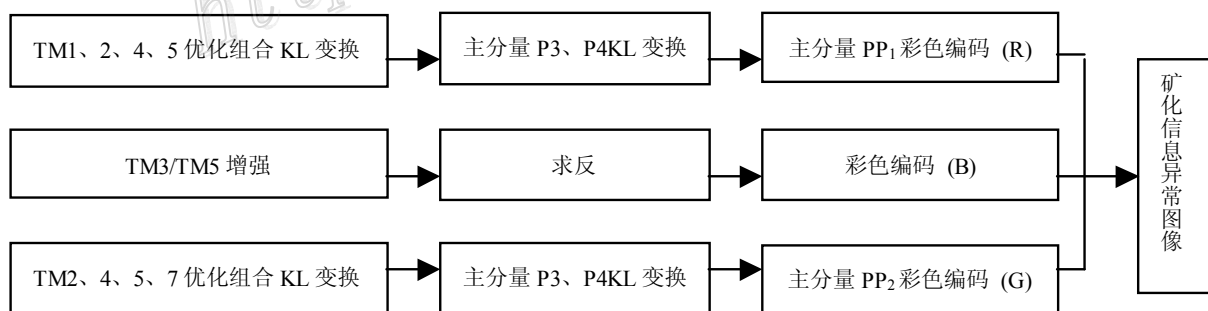


图 1 夏塞矿区 TM 数据主分量递进分析

经矿区 TM 数据主分量的递进分析,形成的改进异常图像具有较明显的图像增强效果。

4 应用效果讨论

据夏塞矿区地面波谱和KL变换研究,笔者对矿区外国的西支沟地区做了TM数据主分量递进分析,在

所获的矿化信息异常图中共识别出 7 个与矿化有关的图像异常 (XA-1、2、3、4、5、6、7), 这些矿化异常在新图像上呈浅紫红色调, 与 P_3 、 P_4 主分量本征向量和波段组合的 DN 值计算的色调计算值极为接近。7 个矿化异常的中心部位还与笔者用矿区地面波谱反演方法提取的 7 个矿化异常相当一致。其中 5 个矿化异常与地面地化异常核部完全吻合, 另外 2 个系本次研究识别出, 亦位于地化异常的高值区。

西支沟地区主分量递进分析图像和彩色地空相关图像的深入分析, 不仅证实该 7 个矿化异常的存在, 每个矿化异常还表现出与已知矿床的彩色合成图像色调和地面波谱分布的相似特征。位于白玉县亥隆纳东 400 m (XA-6) 和多嘎西南 4820 高地西北坡 (XA-7) 的两个图像异常在主分量递进合成图像上呈浅紫红色, 显示为中等偏低反射背景上叠置的台—谷相映式波谱分布特征, 系典型的夏塞式波谱模型; 白玉县独立柯两个图像异常 (XA-2、3) 和麻贡嘎山 5608 高地东南坡图像异常 (XA-4) 在主分量递进分析图像上的色调与连龙矿区几乎完全一样 (浅紫红色), 属明显的连龙式波谱识别模型, 在地空反演图像上呈单峰式波谱分布并出现在低反射率背景上; 麻贡嘎山 5608 高地地面北坡 (XA-1) 和阿冬牧点西北 3 km 处 (XA-5) 两图像异常在主分量递进分析图像上呈稍深的浅紫红色, 两者都产于岩浆作用型环形构造的边缘。其图像异常的波谱成分较复杂并在多种处理图像上皆有显示, 经图像采样识别, 其波谱即有双峰式分布 (体瓦促式波谱识别模型) 特征又叠置有峰—谷相映式分布 (红山波谱识别模型) 特点。因此, 笔者推测, 独立柯和麻贡嘎山 5608 高地东南坡的三个图像异常 (XA-2、3、4) 很可能是矿化蚀变信息异常, 应加强夕卡岩型锡多金属矿床的寻找; 亥隆纳东和多嘎西南两图像异常 (XA-6、7) 有可能找到夏塞式多金属矿产地; 麻贡嘎山 5608 高地西北和阿冬放牧点西北 (XA-1、5) 两图像异常类型目前尚难定论, 值得深入研究。

参 考 文 献

Ekstrom M P. 1984. Digital Image Processing Techniques. USA: Academic Press, Inc.

Hunt G R. 1979. Spectra of altered rocks in visible and near infrared. Econ. Geol., 74.

Zhang Y J. 1989. Digital image processing of airborne radiometric and magnetic data from central Chaidamu Basin. UAS: American Society of Exploration Geophysics, 517~535.