广西铜聋山铜铅锌矿床遥感地质信息研究

成永生1,2,3

(1. 中南大学 信息物理工程学院,长沙 410083;
2. 广西华锡集团股份有限公司,广西 柳州 545006;
3. 中南大学 资源与安全工程学院,长沙 410083)

摘 要: 针对铜聋山矿区的地质特征及成矿地质条件,应用卫星遥感技术方法对该区进行了综合研究。利用美国陆地卫星 Landsa⊢5 的 TM 多波段数据对研究区的构造信息进行了综合解译,结合主成分分析与波段比值法对矿化蚀变信息进行了提取。结果表明,该区的主要成矿构造为 NE 向断裂,线环构造的交汇部位是成矿的最佳环境;遥感矿化蚀变信息得到了有效的增强,与已知矿点具有很好的一致性,能够反映有利的找矿目标。

关键词: 铜聋山 Cur Pb-Zn 矿床;遥感矿化蚀变信息;波段比值;主成分分析;构造解译;广西 中图分类号: TP79;P618.4 文献标识码: A 文章编号: 100-1412(2010)04035+05

0 引言

卫星遥感技术的迅速发展使得其应用领域不断 拓宽,诸如地质、环境、气象、国土、规划、灾害 等^[1-4]. 高光谱遥感和定量遥感的迅猛发展极大地 提高了其应用效果。遥感技术作为地质调查的一种 新的方法和手段,具有视域宽广、经济高效等特点, 比常规地质方法投入资金少,而且见效快,大大缩短 了研究周期,特别是对于地形条件差,交通困难的地 区,遥感方法更显示出其优越性。地质异常作为在 物质成分、结构构造或形成序次上与周围环境有着 显著差异的地质体或地质体组合, 经常表现为地球 物理场、地球化学场及遥感影像的异常。因此、寻找 各种地质体的属性异常或蚀变遥感信息是指在有利 于成矿作用发生的空间实体中,蚀变围岩(带)在遥 感影像上反映出来的包含各种背景光谱信息在内的 综合光谱信息、其背景光谱信息是指土壤、植被等光 谱信息^[5]。遥感蚀变异常是有利于指导找矿的蚀变 遥感信息,根据蚀变信息可以有效地指导地质找矿 工作,为野外地质提供重要证据。目前,遥感数字图 像处理发展迅速,提出了许多遥感蚀变信息增强的 新方法,如小波分析法、光谱角法、主分量阈值分析 法、混合像元分解法等^[6-8]。

1 区域地质背景

铜聋山铜多金属矿区位于扬子准地台、华南加 里东褶皱带与桂西印支期褶皱带的过渡部位, 江南 台隆南缘的九万大山褶穹带, 夹于广西壮族自治区 北部的融水县、融安县和贵州省之间, 其南界大致在 罗城北 寿城一带, 东界为三江 融安断裂带。本 区经历了古-中元古宙地槽和新元古宙-早古生代 地槽发展阶段, 经广西运动后成为海西-印支构造 发展阶段的隆起。本区分布有古-中元古宇至上古 生界石炭系的地层。古-中元古宇四堡群为本区的 下部褶皱基底, 新元古宇-下古生界冒地槽型沉积 构成上部褶皱基底, 上古生界泥盆系、石炭系主要为 地台型沉积。其中, 四堡群是本区锡、铜、铅、锌多金

基金项目: 中央高校基本科研业务费资助中南大学自由探索计划,中国博士后科学基金(20090451105),广西华锡集团股份有限公司博 士后工作站科研项目(043010100)联合资助。

作者简介: 成永生(1979),男,江西九江人,讲师,博士,主要从事矿床地质、找矿勘探与成矿预测方面的教学与研究工作。通讯地址:湖 南省长沙市中南大学校本部信息物理工程学院;邮政编码: 410083; 电子邮箱: cys968@163. com

收稿日期: 2010-10-11

属矿床的主要容矿围岩,对本区成矿起着决定性作 用。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地层

矿区内出露的地层为古-中元古宇四堡群鱼西 组变质岩。上部为变质粉砂岩、砂岩;中部为砂质板 岩、绢云母板岩;下部为灰绿色变质砂岩、中粗粒长 石砂岩和钙质砂岩。

2.2 矿区构造

本区位于天河 四堡大断裂的东侧,受摩天岭 和元宝山复式背斜的控制。区内发育一宽缓的铜 厂 铜聋山背斜,为轴向 NNW 的不对称背斜,其东 翼产状 170~150 30~57,西翼产状 240~260 25~50;超镁铁-镁铁质岩顺层贯入,沿背斜两

翼不对称出露。

NE 向天河 四堡大断裂通过矿区西部, 其派 生的次级断裂为近 EW 向断裂带, 其西侧与四堡大 断裂相连, 东至 19 号探槽逐步尖灭; 长2.2 km, 宽1 ~ 31 m, 产状 170 ~ 220 50 ~ 76, 断裂带中有石 英辉长辉绿岩、花岗闪长岩、变质岩的角砾发育, 并 发育石英硫化物及萤石细脉或团块。该断裂带无论 在走向上还是倾向上膨胀收缩现象均相当普遍, 断 裂是以张性为主的张剪性复合断裂, 是本区的成矿 断裂, 其常常被 NNE 向或 NNW 向断裂切割。

2.3 岩浆岩

本区位于蒙洞口岩体的南部,清明山黑云母花 岗岩体的北东侧。蒙洞口岩体为四堡晚期的花岗闪 长岩体,与本区成矿的关系不密切;清明山黑云母花 岗岩体为雪峰期岩体,出露面积不大;铜厂杀狗洞处 有花岗斑岩侵入。对本区的锡铜多金属成矿起着决 定作用的是雪峰期黑云母花岗岩体和花岗斑岩体, 已有研究表明雪峰期岩体均己演化成标准的含锡花 岗岩。

2.4 矿体特征

铜聋山铜铅锌矿产于清明山黑云母花岗岩体的 外接触带,矿体围岩为四堡群鱼西组变质岩和镁铁 质岩。根据对民采坑道的调查可知,矿体厚为0.80 ~1.00 m,产于镁铁质岩与四堡群变质岩的接触带 中,矿体产状 332 42,呈似层状产出。该矿在上 世纪 90 年时代民采时,以开采锌矿石为主,锌矿体 中有厚度为0.30~0.40 m的中粗粒铁闪锌矿层,目 前该矿层矿已采尽,采余矿体内的金属矿物主要有 黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等,另外,在矿坑外 见到散落的块状黄铁矿–赤铁矿矿石。

2.5 围岩蚀变

矿床的围岩蚀变主要有绿泥石化、硅化等,蚀变 岩石中常见黄铁矿化和黄铜矿化。本区的矿化蚀变 特点与区域雪峰期黑云母花岗岩体周围的矿床(点) 地质特征较为吻合,即在离岩体较远的四堡群围岩 中发育铅锌矿化。

3 遥感图像信息提取方法

3.1 K-L 变换

K-L 变换(Karhunen-Loeve)也称为主成分分析 法(Principal Component Analysis),适用于多光谱 通道的多元统计图像处理,一直都是用来提取围岩 蚀变信息的有效方法^[9]。

以矩阵的形式表示多波段图像的原始数据如 下:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & X_{2n} \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{ik} \end{bmatrix}_{m=n} (1)$$

首先,根据原始图像数据矩阵 X,求出它的协方 差 *S*, *X* 的协方差矩阵为:

$$S = \frac{1}{n} \left[X - \overline{X} l \right] \left[X - \overline{X} l \right]^{T} = \left[S_{\vec{y}} \right]_{m n}$$
(2)

式中, l= [1, 1, ,1]1 n;

 $\overline{X} = \begin{bmatrix} \overline{x}_1, \overline{x}_2, & \overline{x}_m \end{bmatrix}^T;$ $\overline{x}_i = \frac{1}{n^{k_{\pm 1}}} x_k (\mathbf{D} \mathbf{D} \mathbf{B} \mathbf{i} \mathbf{A} \mathbf{k} \mathbf{B} \mathbf{O} \mathbf{D} \mathbf{G} \mathbf{I});$

$$\overline{S}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} (x_{ik} - \overline{x}_i) (x_{jk} - \overline{x}_j); S 是一个实对数$$

矩阵。

然后, 求 *S* 矩阵的特征值 和特征向量, 并组成 变换矩阵 *T*。由方程:

$$(I-S)U=0$$
 (3)

式中, I 为单位矩阵; U 为特征向量。

由上述特征方程即可求出协方差矩阵 *S* 的各 个特征值 *j*(*j* = 1, 2, *,m*)将其按 1 2 *m* 排列,求得各特征值对应的单位特征向量(经归一 化) *U_j*: *U_j* = [*u*1*j*, *u*2*j*, *,umj*]^{*T*}

若以各特征向量为列构成矩阵,即*U*=[*U*₁, *U*₂, ,*U*_m]=[*u*_{ij}]_{m n}; *U*矩阵满足:

$$U^{T}U = UU^{T} = I(\hat{\mathbf{\mu}} \hat{\mathbf{\mu}} \hat{\mathbf{\mu}} \hat{\mathbf{\mu}})$$
(4)

则U矩阵是正交矩阵。

*U*矩阵的转置矩阵即为所求的 K-L 变换的变换矩阵 *T*,将其代入 *Y*= *TX*,即得到 K-L 变换的表达式:

	u_{11}	u_{12}	u_{m1}		
U=	U 21	U 22	u_{m2}	$X = U^T X$	(5)
	u^{1m}	u^{2m}	u^{mm}		

3.2 比值运算

比值增强是最为常用的一种运算增强方法,通 过计算不同波段像元亮度值的比值来达到信息增强 的目的^[10]。通过比值处理可以扩大微小亮度差异, 消除地形、光照等环境影响,提取专题信息,增强岩 性及蚀变岩信息,是研究地物类型及分布的最简便、 最常用的方法。比值处理简便易行,而且对地质信 息尤为敏感,因而现今基本上已成为遥感地质研究 中广为应用的例行处理方法之一,其大多用于扩大 不同地物之间的微小亮度差异,有利于岩石、土壤等 波谱差异不太明显的地物区分,也可用于植被类型 和分布的研究,消除或减弱地形等环境因素的影响, 提取与找矿有关的专题信息。如,TM5/7常被用来 提取与铁矿物有关的矿化蚀变信息;TM 3/1 有利于



图 1 铜聋山矿区卫星遥感假彩色合成图像

Fig. 1 False color composite satellite image of Tonglong shan mine area 示富铁岩类为浅色,对铁帽反应比较敏感。 遥感图像的比值运算处理可表示为^[9]:

 $g(x, y) = f_1(x, y) / f_2(x, y)$ (6) 式中, $f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 为输入图像; g(x, y)为输 出图像: / 为比值运算符。

4 遥感综合信息解译

将该矿区卫星遥感图像 TM7(R) + TM5(G)+ T M 2(B) 进行彩色合成, 同时对图像进行线性增 强处理(图1)。从图1可以看出,在图像的西部有 一条近 SN 向的河流通过, 在图像上其呈现蓝色色 调,在河流两旁均有白色的条带状区域以及蓝色-浅蓝色区域,可能由于河流两旁区域湿度较大所致。 从整个图像来看,以浅绿色-深绿色色调为主,有部 分蓝色、粉红色、浅黄色区域。图中绿色区域为山 区,图像反映的主要为植被信息,信息比较单一,地 层、岩体及构造信息揭露很少;图中的粉红色图斑为 居民生活区,大多分布在离河流不远的区域范围内; 另外,在图像中部偏南西方位有一椭圆形-半环形 构造, 其直径为 2~3 km, 从该环形构造的影像特点 来看,其主要通过微地貌表现出来,在TM752彩色 合成图像中呈正地形。在该环形构造里面还有2个 大小近似的小环形构造,从空间关系来看,2个小环 形构造近似切交,呈近 EW 向排列,其直径为 0.8~



图 2 铜聋山矿区地质构造综合解译图 Fig. 2 Interpretation map showing structures in Tonglong shan mine area 1. 线性构造 2. 环形构造

1.5 km, 位于大环形构造的近中心部位。该区线性 构造以 NE 向和 NW 向为主, 尤其在大环形构造周 边的线性构造比较发育, 有一 NW 向线性构造通过 环形构造中心部位, 穿过该环形构造, 因此, 该环形 构造范围为有利的成矿部位, 具备了导矿和容矿的 诸多线性构造(图 2)。铜聋山矿区位于大型环形构 造的近中心部位,并且是大型环形构造与小型环形构造的重叠部位,这些环形构造可能系岩体周围热液蚀变影响所形成^[11-12]。

对矿区遥感图像 TM 2, 3, 4, 5, 7 波段作主成分 分析, 可得其特征向量矩阵(表 1, 图 3)。

表1 铜聋山矿区遥感图像 TM2,3,4,5,7 波段主成分分析特征向量矩阵

i ubio i onuluciono de lo control di unu pono di unu buna al control di unu di control di unu di control di unu di control di unu di control di	Table 1	Characteristic vector	matrix of	principal	component analys	sis of TM	band 2, 3, 4, 5, 7 imag	ge
--	---------	-----------------------	-----------	-----------	------------------	-----------	-------------------------	----

主成公	特征向量矩阵					性 尔仿(10)
王成力	T M 2	Т М З	TM 4	T M 5	ТМ 7	1寸1止1旦/ %0
PC1	0.13682	0.17672	0. 39750	0.80703	0.37517	87.72
PC2	- 0.14456	- 0.30331	0. 82871	- 0.11632	- 0.43221	10.73
PC3	- 0. 52542	- 0.63529	- 0.32587	0.44603	- 0.12332	1.09
PC4	0.27463	0. 29819	- 0.21297	0.36902	- 0.80878	0.37
PC5	- 0.78032	0.61989	0.06064	- 0.00740	- 0.05575	0.09



图 3 铜聋山矿区 TM2, 3, 4, 5, 7 波段 PC 变换特征向量矩阵曲线图

Fig. 1 Characteristic vector matrix curve of PC transfer of TM band 2, 3, 4, 5, 7 image

从表1和图3可以很直观地看出,在PC1中, 各特征向量载荷因子均为正值,其中TM5为最大 的正载荷因子;在PC2中,对主成分贡献率最大的 为TM4波段,且为正的载荷,其次为负载荷TM7 及TM3,其他特征向量载荷因子值相对都较小;在 PC3中,主要为负载荷因子对主成分贡献率较大,绝 对值最大的负载荷因子TM3,其次为负载荷因子 TM2,因此,主成分PC3反映的主要为TM3和 TM2波段的信息;在PC4中,TM5波段表现为反射 峰,TM7波段表现为吸收谷,因此,主成分PC4增 强了含氢氧根或碳酸根的矿物信息;同理,在PC5 中,TM2波段特征向量载荷因子为负值,但绝对值 最大,其次为TM3波段的特征向量载荷因子,其他 3个波段的特征向量载荷因子值均相对较小,故 PC5反映的主要为TM2和TM3波段的信息。 本区发育的围岩蚀变主要有绿泥石化、硅化等, 且黄铜矿化和黄铁矿化发育,因此,将 PC2/1(R)+ TM2/3(G)+TM4/3(B)进行彩色合成,并对图像 进行根增强处理,可得该矿区的遥感信息提取图像 (图4)。图4的图像基本色调为黄色、蓝色、橘红 色、紫红色及紫黑色。图中小溪或河流非常明显,呈 橘红色调;另外,在图中有较多的紫黑色斑点,主要 分布在图像西部的河流以东区域内,经对比研究,铜 聋山矿区位置分布有较多的紫黑色斑点异常,因此。





此色调异常与该矿区具有密切的空间相关关系,可 能系矿区矿化蚀变所引起的色调异常。铜聋山矿区 的南部和北部约 1.5 km 的范围内均出现较为密集 的紫黑色调异常,其中矿区南部的色调异常区大致 位于环形构造的南部轮廓线上,具有较好的成矿远 景,矿区北部的色调异常也可能系矿化蚀变影响所 致,有较大的成矿可能。

5 结论

(1)通过对研究区遥感影像的构造解译,认为该 区的成矿主要受 NE 向断裂构造控制,其次为 NW 向断裂构造,尤其在 NE 向断裂构造与环形构造的 交汇部位成矿条件更佳;次级环形构造的交汇、重叠 部位亦是成矿的有利部位。

(2)主成分分析与波段比值所提取的遥感蚀变信息能够体现该区的有利找矿方向,与已知的矿(化)点具有很好的吻合度。

(3) 遥感蚀变信息的提取具有很大的难度与不确定性,将主成分分析与波段比值两者有效结合,常常可以取得很好的解译效果,使矿化蚀变信息得到有效的突出与增强。

变遥感信息提取及成矿预测[J]. 地球学报,2007,28(3):29+298.

- [2] 唐兰兰,张晓帆,刘云华.遥感岩性信息提取的基础和技术研究进展[J].矿业研究与开发,2006,26(3):68-70.
- [3] 张楠楠,周可法,孙莉,等. 遥感蚀变地质特征提取研究 以 新疆康古尔地区为例[J]. 新疆地质,2008,26(1):39-42.
- [4] Lix in Wu, Chengyu Cui, Naigu ang Geng, et al. Remote sensing rock mechanics (RSRM) and associated experimental studies
 [J]. Rock Mechanics and Mining Sciences, 2000, 37: 879-888.
- [5] 郭娜,陈建平,唐菊兴.藏东东达山地区遥感找矿地质异常提 取方法研究[J].地质与勘探,2008,44(4):69-72.
- [6] 朱亮璞. 遥感地质学[M].北京:地质出版社, 2001.
- [7] 施炜,刘建民,王润生.内蒙古东部喀喇沁旗地区金矿围岩蚀 变遥感信息提取及成矿预测[J].地球学报,2007,28(3):291-298.
- [8] 冯雨林,时建民,杨利军. ETM + 遥感影像矿化蚀变信息的提取与找矿实践[J]. 地质与资源,2008,17(1):69-72.
- [9] 章孝灿,黄智才,赵元洪.遥感数字图像处理[M].浙江:浙江 大学出版社,1997.
- [10] 朱述龙,张占睦. 遥感图象获取与分析[M]. 北京:科学出版 社,2000.
- [11] 楼性满, 葛榜军. 遥感找矿预测方法[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [12] 黄洁,刘智,尹显科.西南三江地区矿产资源遥感综合预测方法[J].国土资源遥感,2003(3):5457.

参考文献:

[1] 施炜,刘建民,王润生.内蒙古东部喀喇沁旗地区金矿围岩蚀

RESEARCH ON REMOTE SENSING GEOLOGY OF TONGLONGSHAN C+Pb-Zn DEPOSIT, IN GUANGXI CHENG Yong-sheng

(1. School of Info-physics and Geomatics Engineering, Central South University,

Changsha 410083, China; 2. Guang xi Huaxi Co., Ltd., Liuz hou 545006, Guang xi, China;

3. School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: In view of geological characteristics and ore forming geological conditions of Tonglongshan mining area, the comprehensive research was done by remote sensing techniques. TM multi-band data of Landsat-5 is applied to interpret the structure. By means of principal component analysis and band ratio techniques the alteration mineralization information was extracted. It is suggested that the NE-trending structure is the ore-controlling structure, the intersection of lineaments and circulars the most favorable area. The enhanced remote sensing alteration information is consistent with the known ore occurrences and reflects the prospecting direction.

Key Words: Tonglongshan Cu-Pb-Zn deposit; the remote sensing alteration-mineralization information; band ratio; principal component analysis; structure interpretation; Guangxi