

# 遥感和地球化学信息在广西黄胆冲金多金属矿成矿预测中的应用

李宗仁, 吴虹, 熊生云, 马艳丽, 李新程

(桂林理工大学地球科学学院 广西空间信息与测绘重点实验室, 广西 桂林 541004)

**摘要:**黄胆冲金多金属矿区位于广西昭平县境内,是一个以金为主,伴生有铜、铅、锌、钼、铀和银等多种元素的金多金属矿远景成矿区。区内地质条件复杂,构造活动强烈,以昭平县的地质资料为基础,综合分析遥感和地球化学信息,开展一系列找矿研究工作,最终基于地学软件 MapGIS 6.7 和 Surfer 8.0 圈定出 3 个成矿预测区。

**关键词:**遥感;地球化学;成矿预测;黄胆冲金多金属矿;广西

**中图分类号:**TP79;P61

**文献标识码:**B

## 1 研究区地质概况

广西黄胆冲金多金属矿区位于马江-木格线形褶皱轴向东南北变化部位,其轴向  $330^\circ$ ,向斜分布于矿区,翼及核部地层均为寒武系小内冲组砂岩、页岩,岩层倾角一般为  $50^\circ\sim 70^\circ$ 。平行向斜轴向发育一系列的近 SN 向雁列断裂小构造(即为控矿构造),局部发育近 EW 向构造。构造带宽多为  $60\sim 80\text{ m}$ ,局部走向 NE,倾向 NW,倾角  $30^\circ\sim 40^\circ$ ,岩性为硅质砂岩、页岩及角砾岩、糜棱岩,岩石破碎,围岩产状凌乱,石英脉发育。蚀变有硅化、褐铁矿化等,矿化有金、银、铅、锌、铜、铀等。

矿区内及外围主要断裂为一系 NE-SW 向和 NW-SE 向的压扭性断裂组,长度基本大于  $1\text{ km}$ ,断裂破碎带宽  $60\sim 80\text{ m}$ ,带内岩石破碎,产状混乱,发育有角砾岩,局部有硅化、褐铁矿化及石英脉现象,倾角  $30^\circ\sim 40^\circ$ 。

该区金矿(化)体主要赋存于平行向斜核部发育的近 SN 向的雁列小构造的石英脉、硅化带中。目前区内在家业-黄胆冲-茶冲口一带已发现一些大小不等的不规则状石英脉型金矿化体。矿石自形一半自形、压碎结构,块状、微脉-网脉状构造。主要矿物为方铅矿、闪锌矿,伴生矿物有黄铁矿、黄铜矿,脉石矿物主要为石英。围岩为硅化砂岩、页岩。经对矿体

踏勘取样,其结果为:  $\text{Au } 1(10^{-6})$ ,  $\text{Pb}+\text{Zn}(3\%)$ 。

工作区成矿物质来源丰富,区内基岩地层为寒武系碎屑岩,地层金、银、铅、锌、铀元素丰度值比较高。而类比桂东南一带石英脉型金银铅锌多金属矿床,均与寒武系密不可分,可推测该区地层成矿物质丰富。

## 2 遥感数据处理及应用

该研究以美国陆地资源卫星 Landsat-7 ETM+(2000年10月30日,轨道行列号 124-43)数据为遥感数据源。以研究区 1:20 万地形图为实际坐标依据,进行几何精校正。同时还利用了辐射校正、图像融合、图像增强处理等手段使遥感数据达到研究需求。

### 2.1 遥感构造信息提取

研究区内成矿特点以构造控矿为主,而从遥感图像中解译出的线性构造和环形构造基本都是构造要素的反映,线性构造又与断裂构造(包括节理、断层、断裂带等)有关,其优势方位反映了区域构造的基本轮廓,而其方位偏差则反映了局部构造异常,规模较大且延续性强的线性影像异常是深层构造在地表的直接表现。因此,通过对线性影像的统计分析,有助于分析研究各类构造的形成和空间展布规律,为区域构造及其成矿研究提供重要依据。该文以 ETM+ 影像为遥感数据源,从宏观角度,结合该区

\* 收稿日期:2011-12-29;修订日期:2012-02-27;编辑:王秀元

作者简介:李宗仁(1987-),男,青海西宁人,硕士研究生,研究方向为地质遥感;E-mail:lizongren38@126.com。

地质信息和遥感纹理信息等相关信息,解译出区内一定数量的线性构造,为找矿预测提供重要的指导。

## 2.2 影像线性构造等密度图分析

首先对 ETM+ 遥感影像进行网格设置,根据影像大小综合分析以单元网格为  $2\text{ km} \times 2\text{ km}$  较为合适,然后对每个单元网格内的线性构造进行长度和方位统计分析,找出构造密集区。通过实地距离  $2\text{ km}$  为采样间隔,对研究区 ETM+ 遥感影像线性体解译图进行网格划分,将研究实验区划分为 256 个网格单元,统计每个网格中线性构造的条数、方位及总长度,并将其作为线性构造频度的基础数据。

图 1 主要反映了线性构造体在空间上密度分布的数字特征和结构特征<sup>[1]</sup>。等密度图上两向延长的高密度区或具有一定延伸方向的梯度带多为区域构造带的反映,综合分析结果表明:构造的密度分层等级级差与遥感解译图基本一致,说明统计的数据精度较好。在图幅中间部分存在一个线性体近似环形密集区,而且密集区中心的连线基本成 EW 向和 NE 向,与目视解译的结果基本重合。将线性体解译结果与地质图进行对比发现:解译出的规模以上的线性体大多与断裂构造有关,其次为节理、岩脉和河流,少数线性体是山脉走向和岩层层理的表现。因此,从地质研究角度来看,同样可以把线性体场的特征看成是地质作用场和地质异常的反映。同时发现,在线性构造密集区多发育环形构造,虽然目前对该区的环形构造尚无统一准确的说法,但环形构造在控制该区成矿方面作用重要。

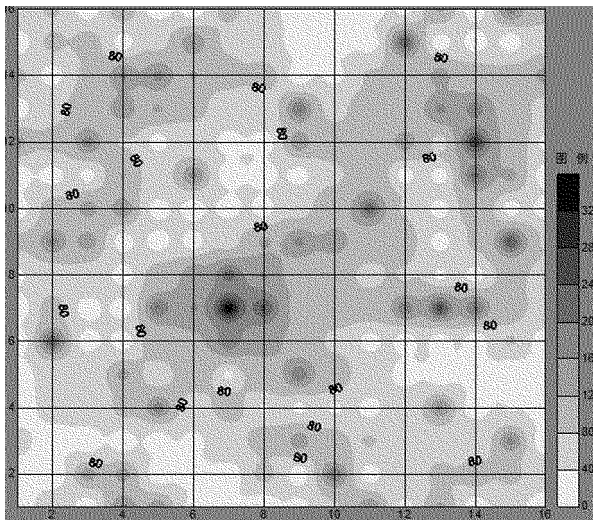


图 1 ETM+ 线性构造等密度示意图

## 3 地球化学数据处理及应用

由于研究区地形条件和技术方面的原因,此次工作在研究区内仅采集了 2 种地球化学信息,即小流域汇水盆地分散流信息和土壤元素地球化学信息。

### 3.1 地球化学异常下限的确定

地球化学异常下限的确定是勘查地球化学的一个基本问题,也是勘查地球化学应用于矿产预测时一个重要的环节,它的准确与否直接影响到元素地球化学异常的范围和区域,从而影响成矿元素的指标。

根据黄胆冲地区地球化学的光谱定量分析结果,应用聚类分析法剔除了 6 种分散流数据的部分高值和低值异常后,将数据按对数间隔分组,得到数据的对数分布直方图<sup>[2]</sup>,直到研究区 6 种元素分散流异常的对数基本符合对数正态分布。然后利用公式:

$$\text{均值: } C = \frac{1}{n} \sum |x - \bar{x}|$$

$$\text{标准离差: } \sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

式中:  $n$  为样品个数,  $x$  为元素异常数据,  $\bar{x}$  为所有异常数据平均值。计算得到各异常信息的平均值( $C$ )和标准离差( $\sigma$ ),并以平均值与 1.5 倍标准离差之和作为 6 种元素异常的下限( $C+1.5\sigma$ ),圈定异常区域。

### 3.2 分散流异常场提取

该区地球化学分散流数据主要从四周被山体包围的山谷岩石样品中采集,由于山谷多有小型河流发育,因此提取后的分散流信息可简称为小流域汇水盆地分散流信息。由此可知,文中分散流异常信息显示的只是对应的小流域汇水盆地的元素异常,由于工作地区为南方山区,地形起伏不定,不规则发育着大量的小型汇水盆地,因此利用分散流异常信息对每一个汇水小盆地进行相关元素含量的统计分析,可以大大减少地质找矿的盲目性,从而可以进一步缩小找矿预测的范围,节省工作时间和成本,提高工作效率<sup>[3]</sup>。确立远景成矿的方向,缩小找矿的范围,这也是此次分散流信息提取工作的目的。

由于黄胆冲金多金属矿区中金的赋存形态为明金,因此提取金的分散流异常信息是行不通的<sup>[4]</sup>,必

须提取它的常见伴生元素如 Cu, Pb, Zn 等的含量信息, 此次工作共分析了 11 种元素的分散流信息, 最终选择了 Cu, Pb, Zn, Mo, As 和 Ag 6 种吻合性较好的分散流异常进行综合分析。

根据不同元素的地球化学下限对 6 种元素的含量定级, 提取这 6 种亲金元素的分散流异常信息<sup>[5]</sup>。可以发现, 在研究区的右侧大部有高值异常区, 这些异常区多有重叠现象, 基本交汇于右侧一小片区域, 因此这些高异常值代表的小流域汇水盆地也给下一步的土壤元素地球化学工作指明了布点方位和工作范围。

### 3.3 土壤元素地球化学异常信息提取

土壤元素的地球化学异常信息是典型的次生晕异常信息。提取土壤元素的地球化学异常信息可以比较准确的确定对应的金属元素含量高的地理位置。而经过分散流异常场的提取之后, 基本确立了提取土壤元素异常的区域, 因此土壤元素异常信息的提取基本都是在分散流异常场范围内进行<sup>[6]</sup>。

此次提取 Cu, Pb, Zn, Mo, As 和 Ag 6 种亲金类元素的含量异常, 对土壤样品的选择主要是在研究区的右侧和左下角的分散流异常场周围布点, 基本做到沿着地图横坐标方向 40 m 间隔采样, 沿纵坐标方向 200 m 间隔为 1 个采样带, 最终采集的有效土样数量 1 340 件, 最终采集的土壤元素地球化学数据统计值见表 1。

表 1 黄胆冲普查区土壤元素地球化学数据统计 ( $10^{-6}$ )

元素	最小值	最大值	平均值	标准偏差
Cu	10	187	44.64	23.64
Pb	10	261	37.85	23.56
Zn	11	192	67.75	25.56
Mo	0.5	75.5	8.44	10.31
As	20	359	40.57	38.79
Ag	1.6	73.5	8.22	5.80

## 4 成矿预测靶区圈定

经过综合分析, 确定该区成矿预测的要素为地质成矿背景、地球化学元素异常信息和遥感成矿信息。首先把每种要素的数据单独统计分析, 然后进行综合信息叠置分析, 对 3 种要素重叠的区域进行重点分析。因为越是重叠的信息要素多, 成矿的可能性就越大, 这也是选定预测靶区的主要因素, 最后把预测的成矿靶区在综合信息成矿预测图中表现出来<sup>[7]</sup>。

找矿预测区圈定的条件和原则主要为<sup>[8]</sup>:

(1) 同时拥有位于遥感解译构造交汇处、土壤元素异常和地层接触带的位置特点区域, 定义为 I 级找矿预测区;

(2) 找矿预测区没有同时具备第一点所述的特点, 定义为 II 级找矿预测区。

最终圈定 I 级预测靶区 1 个, II 级预测靶区 2 个。

I 级预测区为石人岭靶区, 因在石人岭附近而命名, 面积大约 0.884 km<sup>2</sup>, 它处于线性构造体 F36, F37, F38 和环形构造的交汇处, 同时也是寒武系培地组与小内冲组的地层接触带。

II A 预测区位是黄腾冲预测靶区, 面积大约 0.38 km<sup>2</sup>, 处于 3 条线性构造体的交汇处, 分别是 NE 向的 F37, NW 向的 F43 和 F44。

II B 预测区位于松柄附近, 因此可称为松柄靶区, 面积大约 0.68 km<sup>2</sup>, 它处于两条近 EW 向线性构造体 F12, F49 和 NE 向构造 F6 的交汇处, 其中 F12 规模相对较大, F49 和 F6 构造体属于次一级构造。

## 5 结论

(1) 该研究以地质资料为基础, 结合高分辨率遥感数据 ETM+ 解译的线性构造, 揭示了控制该区成矿或者容矿的构造格局体系, 同时海量的地球化学数据高度集中和有效组织使之实现可视化分析, 并把区内成矿元素汇集的有利地段直观的表达出来, 为该区综合信息成矿预测奠定了良好的基础, 也是最终确立的 3 个预测靶区的直接信息源。

(2) 小流域汇水盆地分散流和土壤元素异常综合分析, 逐步缩小找矿研究的范围。由于分散流数据的采样点展布稀松, 范围较广, 利用分散流数据首先分析出含有分散流异常场的汇水盆地, 然后在这些分散流异常场范围内进行加密布点, 提取土壤元素地球化学异常信息, 进行成矿元素汇集地段的信息提取, 这两种地球化学信息的结合, 大大缩短了地表找矿的周期, 提高了找矿效率。

(3) 研究没有涉及到地球化学数据和遥感波谱特性之间的相关性研究, 也没有从本质上确立地球化学元素异常和遥感波谱特性之间的真正联系, 因此论文的研究仍然没有能够很好的把遥感和地球化学这两种信息结合成为遥感地球化学一种信息, 综合性和连续性不够深入, 这应是今后要拓展的一个研究领域。

**参考文献:**

- [1] 陈建平, 胡明铭, 李巨初. 康滇地轴中南段区域构造格架的遥感地质统计分析[J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(1): 78-81.
- [2] 王娟, 钟汉. 用多元统计分析方法研究三家子金矿的地球化学特征[J]. 黄金科学技术, 1995, 3(5): 40-44.
- [3] Slatt, R. M, Thomasson. Visualizatiortechonlogy for the oil and gas industry. Today and tomorrow. AAPGR, bulletin. 1996, 41-45.
- [4] 幸世军. 化探分散流异常查证方法探讨[J]. 矿产与地质, 2001 (S1): 109-111.
- [5] 李宝科, 刘娟, 赵艳秋, 等. 辽东植被覆盖区分散流异常查证方法探讨[J]. 地质找矿论丛, 2003, 12(18): 211-213.
- [6] 庞绪贵, 陶建玉, 李建华, 等. 山东省小清河中下游地区土壤地球化学特征[J]. 山东地质, 2002, 18(5): 47-50.
- [7] 陈永清, 刘红光. 初论地质异常数字找矿模型[J]. 地球科学, 2001, 26(2): 129-134.
- [8] 李钟山. 中国大型、超大型铜矿床密集区综合信息定量预测[D]. 长春: 吉林大学, 2005.

## **Application of Remote Sensing and Geochemical Information in Predicating Gold Polymetallic Deposit Mineralization in Huangdanchong of Guangxi Province**

LI Zongren, WU Hong, XIONG Shengyun, MA Yanli, LI Xincheng

(Guangxi Key Laboratory for Spatial Information and Geomatics, Earth Sciences College of Guilin University of Technology Guangxi Guilin 541004, China)

**Abstract:** The Huangdanchong metal mining area is a gold - based metal - forming area associated with the mineralization of copper, lead, zinc, molybdenum, arsenic, silver and some other elements. The study area with complex geological condition has a strong geological activity. On the basis of geological datas and ETM+ image interpretation in Zhaoping county, combining with comprehensive analysis on remote sensing and geochemical information, a series of ore prospecting work have been carried out in this area. Based on MapGIS 6.7 and Surfer 8.0 softwards, three prospecting prediction areas have been finally circled.

**Key words:** Remote sensing; geochemical information; prospecting prediction; Huangdanchong Gold polymetallic deposit ; Guangxi province