doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2015.01.008

基于遥感与分散流异常综合找矿预测研究

于建华¹,彭中勤² YU Jian-Hua¹, PENG Zhong-Qin²

(1.天津华北地质勘查局,天津 300170,2.武汉地质调查中心,武汉 430205)

(1. Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300170; 2. Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205, China)

摘要:龙胜里市地区位于华南板块二级构造单元扬子陆块南缘与华南褶皱带的交接部位。加里东造山运动期,该区处于华 南褶皱带变形的前锋,地质条件复杂,构造变形强烈,形成以紧密的线性褶皱和推覆构造为主要背景的构造环境,具有良好 的成矿地质条件,是目前广西找矿的热点地区之一。但是,由于该区处于广西北部与湖南省交接的高山区,深山密林,山势 陡峻,植被茂盛且覆盖面积广,以往地质工作程度较低,采用传统地质勘查方法在该区找矿难度很大,且成本高和效果不明 显。为此,在该区投入了遥感技术和化探分散流结合的找矿预测研究。利用遥感空间信息量和波谱信息量大,且地物信息获 取不受地形条件限制,以及化探分散流可以快速定位、定量获取成矿信息的优点,开展了以寻找钨锡多金属矿为目标的研 究工作。

关键词:遥感;分散流;找矿预测;回归分析;龙胜 中图分类法:P627;TP79

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2015)01-067-10

Yu J H, Peng Z Q. Prospecting prediction research based on the RS and Dispersion train. *Geology* and Mineral Resources of South China, 2015, 31(1):67–76.

Abstract: Lishi area of Longsheng, Guanxi province is located at the junction belt between the sub-tectonic units in Yangtze Plate and folded South China plate. In the orogenic phase of Middle–Caledonian, the area is located at in the front deformed of folded zone in South China plate, complicated geologic conditions, tectonic deform is strong, it is formed that adsorb linear folded and nappe structure, have good metallogenic geologic conditions, it is a most potential prospecting area in Guangxi Province. But the area is located at the north of Guangxi Province, connects with Hunan Province, belongs mountain and dense forest region, the mountain is high and precipitous, dense forest and broad covered, research degree is relatively low, so the method used in exploration of traditional is difficulty, high cost and the effect are not obvious. But RS' Spatial and spectrum information is rich, the terrain conditions is unlimited to obtain information and geochemical dispersion train can fast localization quantitative extraction of ore–forming information, and this thesis focuses on remote sensing technology and dispersion train for prospecting prediction W–Sn polymetallic deposits.

Key words: remote sensing; dispersion train; prospecting prediction; Longsheng, Guangxi Province

收稿日期:2014-05-26;修回日期:2014-11-25

第一作者:于建华(1982—)男,工程师,从事地质矿产勘查,Email:huayj429@163.com.

1引言

随着遥感技术应用面不断扩大,利用遥感信息 和地球化学异常找矿综合分析,进而圈定出找矿靶 区,发展成为一种找矿预测新技术方法^[1-5]。该方法 基于成矿元素的地球化学异常场与遥感影像特征 之间存在某种确定的专属联系的遥感地球化学理 论。对于以构造控矿为主的成矿区域,遥感影像资 料最能从宏观上揭示构造控制的成矿有利部位,如 作为热液通道的各级断裂构造及其交汇部位、构造 容矿机构及伴随的矿化、蚀变带地物波谱异常区 等。研究证明,正是这些遥感找矿异常区通常与地 球化学异常存在着某种相关性。因此,在找矿预测 中,应用遥感信息和地球化学异常相互配合,互为 补充,就可以提高找矿预测的效果与效率。

目前,遥感技术与应用已从地球资源的现状调 查实验阶段进入参与规划、决策和评价的实用阶 段,它正在转向实用化和商业化。空间遥感技术是 21世纪科学技术发展中最激动人心、最有希望的 高科技之一。由此可见,遥感技术与地球化学信息 综合找矿研究,是将最新技术与传统找矿模式的结 合,这将为传统的地质找矿工作带来深远的影响。

2 地质背景

研究区位于广西壮族自治区北部的龙胜县与 湖南省城步县之间,交通极为不便,利用传统方法 在该区开展找矿工作,不仅投入人力物力十分巨 大,周期相当长,而且效果也不明显。利用遥感和分 散流技术在该区开展找矿工作,刚好能弥补传统方 法的不足,更能发挥其巨大的优势,取得良好的效 果。研究区南北长约7.7 km,东西宽约6.6 km。

龙胜地区大地构造位置隶属于扬子准地台南 部边缘,位于华南板块二级构造单元扬子陆块南缘 与华南褶皱带的交接部位。加里东造山运动期,该 区处于华南褶皱带变形的前锋,构造变形强烈,表 现为紧密的线性褶皱和推覆构造^[6]。一条 NNE 向区 域深断裂(泗水 - 五团深断裂)贯穿本区。本区区域 深断裂具有发生时间早(晚元古代)、切割深度大(硅 铝 - 硅镁层)、活动时间长(雪峰期 - 印支燕山期)、 普遍发生脆 - 韧性剪切变形 (如基性 - 超基性、长 英质糜棱岩带、劈(片)理化带普遍)等特征。区域深 断裂及其次级 NNE 向、近 NS 向区域断裂及更次级 NE、NW、NEE 向剪切断裂构成统一的"面状"透入 性构造带。褶皱构造主要为 NNE 向紧闭背斜,如平 等背斜、龙胜背斜、马海背斜,背斜核部为丹洲群, 两翼为震旦系、寒武系。

桂北龙胜里市地区出露地层¹⁷主要有四堡群、 丹洲群、震旦系、寒武系。其中,下 - 中元古宇四堡 群为该区出露的最老地层,构成下部褶皱基底,上元 古宇 - 下古生界地槽型沉积,构成上部褶皱基底¹⁸, 其中主要以丹洲群、震旦系为主,约占全区的 80% 左右¹⁹。

3遥感数据的选择与信息提取

3.1 遥感数据的选择

根据工作区遥感图像资源状况、地区自然气候和植被自然生长情况,卫星遥感图像月份应尽量选择为晚秋(9~11月上旬)。为了保证图像解像力和 解译效果,购买图像时,要尽量选择无云或云量较 少的图像。因此,在本次研究中选取了美国陆地资 源卫星 Landsat-7 ETM+(20001106)数据和法国 SPOT-5(20051002)卫星数据。

本文主要利用 Landsat-7 ETM+ 数据的 B7、 B4、B3 的假彩色合成影像来解译出研究区内一定 数量的区域性构造信息,宏观的角度为 SPOT-5 高 分辨率的构造信息提取提供有益参考,并利用多光 谱波段,采集出一定数量与我们采集的分散流数据 点对应的灰度值,制成波谱曲线图,找出不同波段 灰度值与分散流异常之间的联系。基于 Landsat-7 ETM+ 遥感数据,利用采样点的最佳示矿波段确定 法,开展了基于分散流采样点的最佳示矿波段选择 研究,利用遥感影像数据对已知分散流采样点进行 Z 剖面波谱分析,确定出最佳示矿波段。

由于研究区缺少中、大比例尺的基础地质资料 的情况下,利用 SPOT-5 的高分辨率的特征,解译 出研究区内一定数量的构造信息,为研究区找矿预 测提供一定的依据;并在原有1:50万地质图的基 础上,运用遥感图像处理方法,圈定出本研究区各 地层之间的界线。最后通过分散流数据分析结果、 Landsat-7 ETM+ 解译信息、SPOT-5 图像处理结果 等进行综合叠加、对比分析,为找矿预测研究提供 有力的证据和直观、精确的定位。

3.2 遥感线性构造提取

线性体是指遥感影像上任何天然的线或线性 排列,遥感图像中解译出的线性构造多数是构造要 素的反映,并主要与断裂构造(包括节理、断层、断 层带)有关^[10-12]。在一般情况下,线性体的方位多具 近于正交的特点,并多具优势方位,其优势方位反 映了区域构造基本轮廓,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,通过遥感影 像所提取的线性构造大多数与构造要素存在密切 联系,通过对线性影像的统计分析,有助于分析研 究各类构造的成生和空间展布规律,为区域构造及 其找矿研究提供重要依据。

项目在综合了对 Landsat-7-ETM+和 SPOT-5 影像数据的解译基础上,解译了 141 条线性构造和 6 个弧形构造,其中有几条较大的北东向的线性构 造:L1、L4、L5 穿过整个研究区,伴随着这几条大的 线性构造周围,发育一系列的次一级的北西和北东 向线性构造。从线性构造分布的特征来看,在全区范 围内均有展布,主要方向为北北东向,次一级为北西 向。线性构造密度分布在不同部位差别明显,密度最 大的区域主要分布在研究区 SW 方向的东升地区 及其周围,以及大白山山系带上,这在很大程度上 反映了这两个地区断裂构造的实际分布状况。

通过对位于大白山山系以东的已知 Pb 和 Sn 矿矿点的查证,这个已知矿点的矿脉展布方向为 NEE,产于区域性的大白山山系断裂构造带的次一 级 NEE 断裂构造带中,其形成与大白山山系发育 的构造带有关。因此,解译出本研究区内的次一级、 二级断裂构造有着相当重要的意义。在研究区约 50 km²的范围内,解译出了 141 线性构造和采集了 287个分散流点,经实地查证结果显示,遥感解译的这些线性构造大部分都是断裂构造。

4 分散流信息

分散流实质上是次生晕在水系沉积物中的一种 特殊表现形式,是在表生作用下形成的一种产物^[13]。 它可以在次生晕形成的同时或其后,形成的方式主 要是通过流水作用将遭受风化的矿体及其原生晕 机械破碎物和盐类状态的成矿元素及伴生元素进 行迁移^[14]。

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 时的一个关键性环节。根据龙胜里市地区钨锡等多 金属勘查区分散流数据分析结果,通过地球化学异 常下限的确定方法,即通过统计勘查地球化学数 据,检验其是否符合正态分布或对数正态分布,如 果不符合,则筛除部分异常数据,通常是元素的高 含量数据,直到数据符合正态分布或对数正态分布 为止。本文剔除了六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 数直方图,直到研究区六种元素分散流异常的对数 符合对数正态分布,并利用公式^[15]:

均值:
$$c = \frac{1}{n} \sum |x - \overline{x}|$$

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

计算得到各元素异常信息的平均值(*c*)和标准 离差(σ),并以平均值与 1.5 倍标准离差之和(表 1) 作为六种元素异常的下限(*c*+1.5σ)(我国目前使 用的地球化学勘查标准中规定的异常下限是 (*c*+σ)),圈定异常区域,并将圈得的异常区域在地

表1地球化学分散流元素的均值、标准离差和异常下限	
Cable 1 The elements of the mean, standard deviation and anomaly three	shold

	W	Sn	Мо	Ag	Cu	Pb	Zn
平均值 c	4.38	3.28	0.78	0.85	32.90	26.45	100.99
标准离差 o	6.54	2.79	0.94	0.07	34.54	9.38	28.79
x+1σ	10.92	6.07	1.72	0.93	67.44	35.83	129.79
x+1.50	14.19	7.47	2.19	0.96	84.71	40.52	144.18
x+2σ	17.46	8.85	2.66	0.99	101.98	45.21	158.59
x+2.5σ	20.73	10.26	3.13	1.03	119.25	49.90	172.97

理信息系统软件 sufer 8.0 中分层保存,经投影变换 和坐标配准后,进行层与层之间的空间叠加,从而 得到七种分散流元素的异常区域空间叠加图,W 和 Sn 元素之间,Mo、Ag、Pb、Cu 和 Zn 元素异常区 域之间都有很大面积的重叠,显示了很好的空间相 关性。

研究区分散流测量显示,W分散流值为:1.3~ 69.2 μg/g。W异常高值出现在研究区的西北角上, 地理位置上主要位于东升地区的西北部,在东升的 南部和东部也有一小片面积的W异常出现。

Pb 的分散流值为:0.17~9.98 μg/g,Mo 异常 也出现在大白山山系南部;

Zn 的分散流值为:20~245 μg/g,Zn 异常出露 的位置大致与 Mo 相同。

综合分析 W、Sn、Zn、Ag、Pb、Cu 和 Mo 七个元 素,显示出这些元素之间的高度相关性。W 元素的 异常高值区流值为 8.8~56 μg/g,分散流测量 Pb 异常在研究区出露面积广,在东升的西部和东部, 大白山山系的南部都有大面积的出露,是所有分散 流数据分析样品中出露面积最广的;

Cu的分散流值为:12.1~566.2 μg/g,Cu的异常出露面积也很广,但高值区面积较小,主要的高值点位于大白山山系南部;

Ag 的分散流值为:0.034~0.67 μg/g, Ag 异常 主要出现在大白山山系南部;

Sn 的分散流值为:1.2~27.1 μg/g,Sn 异常与 W 异常出露的位置大致相同。二者表现为很好的相

关性;

Mo的分散,Sn元素也同样出现几乎重合的异 常高值现象。显示出了W和Sn高度相关性,而在 这两个元素的高值区,其他几种元素除Pb以外几 乎无高于异常下限值出现。同样的情况也出现在 Mo、Ag、Zn、Cu元素的异常区。只有Pb在同时出现 在两种异常区中,说明在研究区内,元素伴生和组 合存在规律性。

5 找矿预测研究

5.1 波谱信息提取与最佳示矿波段的确定

本次研究的波谱信息提取是在 Landsat-7 ETM+遥感数据上进行的。由于 Landsat-7 ETM+遥 感数据的分辨率为 30 m,而由 MapGIS 中采集的数 据点坐标数据是精确到小数点后两位。所以,在我 们利用分散流数据点的坐标值在遥感图像上运用 象索定位找取对应点时,只能找取与坐标值最临近 的点作为波谱信息采集点,但是,从测量的结果表 明,采取的最临近点的波谱值基本能够反应出分散 流数据点的波谱特性。在采集的 287 个分散流数据 点中,随机抽取了 10 个点作为本次波谱信息测定 的点,波谱测定结果如表 2 所示。根据 ETM+的不 同波段的特征和用途,本文选择 Band-1、Band-2、 Band-3、Band-4、Band-5 和 Band-7 的波谱反射率 进行对比。

由表2波谱测定结果、表3的分散流值和图1

点号	波段号	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
1 (416806.00, 2880)	353.60)	36	62	50	142	93	47
2 (417052.30, 2880)	638.90)	18	15	5	79	33	26
3 (416243.40, 2879)	743.40)	18	23	22	0	13	13
4 (416039.80, 28794	434.00)	82	116	72	213	154	91
5 (415496.80, 28794	428.90)	73	85	83	116	140	108
6 (415329.20, 2879	529.40)	45	69	50	110	79	52
7 (415200.30, 2879)	521.70)	45	46	38	122	77	56
8 (415067.10, 28794	427.20)	27	23	16	36	24	13
9 (415193.50, 28794	441.80)	0	38	27	36	11	17
10(415079.20, 2878	354.90)	191	186	178	238	176	169

表2 Landsat-7 ETM+波谱信息测定结果 Table 2 The results of the spectrum information of Landsat-7 ETM+

表3龙胜里市地区部分分散流值

Table 3 Some results of the spectral analysis in the point of dispersion flow data

	元素名称	M_{0} (ug/g)	Λ_{α} (ug/a)	$C_{\rm H}$ (ug/g)	$\mathbf{D}\mathbf{b}$ (ug/g)	$7n \left(\frac{uq}{q} \right)$
数据号及坐标		MO (µg/g)	Ag (µg/g)	Cu (µg/g)	ru (µg/g)	Zli (µg/g)
1 (416806.00	, 2880353.60)	0.57	0.090	31.100	31.3	94
2 (417052.30	, 2880638.90)	0.65	0.091	35.700	33.6	99
3 (416243.40	, 2879743.40)	0.36	0.065	20.400	29.1	76
4 (416039.80	, 2879434.00)	0.69	0.122	30.800	43.2	114
5 (415496.80	, 2879428.90)	0.40	0.102	35.600	36.0	113
6 (415329.20)	, 2879529.40)	0.39	0.114	26.300	39.1	98
7 (415200.30	, 2879521.70)	0.22	0.176	20.100	39.2	81
8 (415067.10	, 2879427.20)	0.34	0.098	22.800	29.1	80
9 (415193.50	, 2879441.80)	0.38	0.058	28.300	26.1	89
10 (415079.20), 2878354.90)	0.37	0.137	33.300	39.2	115



图1部分分散流数据点的波谱曲线特征图 Fig. 1 The spectral curve in the point of dispersion flow data

的分散流数据点的波谱曲线特征图可以看出,分散 流点3、点8和点9的Mo、Ag、Cu、Pb、Zn的光谱分 析值较低,对于光谱曲线图中,这几个点的光谱曲 线都表现为相对起伏不大,点2的分散流光谱分析 结果中Cu的值相对较高,点4、点6、点7和点10 的分散流光谱分析结果中表现出Pb的值较高,而 恰好在这几个点的位置的 Band-4 的灰度值也较高,相对于 Band-3 与 Band-5 出现了异常的高值现象。在点 5 的分散流光谱分析结果中表现出了Cu和Pb的值均较高的现象,该点处的 Band-4 的灰度值较 Band-3 和 Band-5 有一定的提高,但相对与点 4、点 6、点 7 和点 10 的提高效果反而并没

有那么大,正是由于该点 Cu 含量的增加反而降低 了该点的灰度值。点 1 的光谱分析值比较特殊,虽 然在该点的光谱分析值较低,却在 Band-4 中的灰 度值同其他数据点一样出现了异常的高值现象。

总的来说,分散流异常与遥感灰度值之间有着 一定的联系,根据不同波段波谱反射率对比结果来 看,主要表现为在 Band-4 波段处,分散流异常高值 点的遥感影像灰度值也相应出现异常高值,Band-5 和 Band-2 波段次之,在其他波段表现却并不明显。 所以,在本特定的研究区,可认为 Landsat-7 ETM+ 数据的 Band-4 波段为最佳示矿波段,Band-5 和 Band-2 次之。

5.2 遥感波谱信息与分散流数据回归分析

地球化学分散流异常和遥感信息虽然在其信息 专业属性上不同,但都是根据地表层的地质体或地 质现象所获得的,都是以不同形式的化学量和物理 量表现出来的与找矿有关的信息,两者之间必然存 在某种相关性,很多研究结果也证实了这一点^[16-21]。

为了找出研究中遥感采集的波谱信息与分散 流数据之间的相关性,本研究引入了回归分析和相 关分析^[22]。对任何两个变量 X 和 Y 的一组实验数据 (Xi,Yi),i=1,2,…,n,都可以按上述步骤配出一条 直线。但是,在实际中,只有当 Y 和 X 之间存在某 种线性关系时配出的直线才有意义。

检验回归线有无意义,在数学上给出了一种辅助办法,引进了相关系数的量,用r表示。

相关系数由下式定义:

 $r = \frac{l_{XX}}{\sqrt{l_{XX}l_{YY}}}$

式中,r为相关系数,其绝对值越接近于1,X 和Y的线性关系挺好。如果它近于0,就可以认为 X和Y之间没有线性关系,这时有两种情况,或者 两者没有关系,或者两者有非线性关系。算出的相 关系数,可以查阅相应相关系数表来检验两种数据 相关与否(表4)。结合本次研究中的分散流波谱测 量值(B_i)与遥感采集的波谱值(W_a),得出:

$$r_{Bi-W} = \frac{\sum_{n=-1}^{10} (B_i - \overline{B})(W_n - \overline{W})}{\sqrt{\sum_{n=-1}^{10} (B_i - \overline{B})^2 \sum_{n=-1}^{10} (W_n - \overline{W})^2}}$$

式中,B_i为不同波段遥感采集的波谱值;W_n为不同元素分散流波谱测量值;r_{B-W}为两者的相关系数。

表4 相关系数检验表 Table 4 Checklists of Correlation coefficient

n-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5%	1	0.95	0.88	0.81	0.75	0.71	0.67	0.63	0.6	0.58

1% 1 0.99 0.96 0.92 0.87 0.83 0.8 0.77 0.74 0.71

表4为相关系数的起码值,求出的相关系数要 大于表上的数,才能考虑用直线来描述 X 和 Y 之 间的关系,本研究中,采集了 10个相对应的点,查 对应 n-2=8 的一行,相应的数为 0.632 (5%)和 0.765(1%)。并求出了 W、Sn、Mo、Ag、Cu、Pb、Zn 对 应于 Landsat-7 ETM 的 B1、B2、B3、B4、B5、B7 波段 的相关系数(表 5)。

表5 遥感波谱采集值与分散流数据的相关系数表 Table 5 The correlation coefficients for the spectrum value and the spectral analysis data

	W	Sn	Mo	Ag	Cu	Pb	Zn
ETM+1	-0.36	-0.88	-0.03	0.53	0.38	0.63	0.7
ETM+2	-0.31	-0.08	0.08	0.45	0.44	0.64	0.78
ETM+3	-0.42	-0.14	-0.07	0.42	0.42	0.54	0.72
ETM+4	-0.21	0.18	0.31	0.64	0.49	0.81	0.79
ETM+5	-0.27	0.03	0.21	0.57	0.52	0.79	0.85
ETM+7	-0.43	-0.04	0.02	0.54	0.51	0.57	0.82

由表 5 可以看出,分散流 Zn 的光谱测量值与 Band-2、Band-4、Band-5、Band-7 呈高水平正相关, 与 Band-1、Band-3 呈低水平正相关;Pb 的光谱测 量值与 Band-4、Band-5 呈高水平正相关;,与 Band-2 呈低水平正相关;Ag 的光谱测量值与 Band-4 呈低水平正相关;Sn 的光谱测量值与 Band-1 呈高水平负相关,其余各个元素与波谱值 之间均未相关。

研究中,综合相关性分析系数统计和回归方程,求出了具有相关性的分散流波谱测量值(B_i)与遥感采集的波谱值(W_n)的回归方程。

其中,呈高水平相关元素的回归方程:

Zn=-90.77+2.82(ETM+2) Zn=-356.17+4.14(ETM+4) Zn=-186.09+3.52(ETM+5) Zn=-70.68+2.81(ETM+7) Pb=-1162.79+10.97(ETM+4) Pb=-646.60+8.51(ETM+5) 低水平相关的回归方程: Zn=-43.48+2.61(ETM+1)

Zn=-36.56+2.45(ETM+3)

Pb=-364.76+6.02(ETM+2)

Sn=47.67+2.08(ETM+1)

由所求出了分散流光谱测量值(B_i)与遥感采 集的波谱值(W_n)的回归方程,得到两者之间的相关 关系,可以看出两者的线性关系。因此,在不考虑其 他因素的影响下,可以通过采集研究区遥感影像上 的每个象元点上的的波谱值(B_i),求出全区的分散 流光谱测量值(W_n)。但是,由于分散流是通过流水 作用将遭受风化的矿体及其原生晕机械破碎物和 盐类状态的成矿元素及伴生元素进行迁移的产物, 在应用回归方程求出分散流的光谱值时,必须考虑 分散流的成因、来源范围以及地形条件等方面的影 响。但是,回归方程为遥感找矿提供了一种定量化 的手段,具有十分重要的意义。

5.3 找矿预测区优选

根据遥感所解译的线性构造分布和分散流地 球化学测量的异常等值线图,进行数据综合分析, 在研究区内圈定了两个一级找矿预测区和两个二 级找矿预测区,获得研究区线性构造、分散流异常 综合找矿图(图版Ⅱ)。找矿预测区圈定的条件和原 则主要有以下几个点:

第一、同时拥有遥感解译的线性构造高密度区 和分散流异常的高值区的位置,定义为一级找矿预 测区;

第二、根据本研究区内构造控矿的特点,找矿 预测区位于遥感等密度分析结果的线性构造高密 度区,而没有出现分散流异常的高值,定义为二级 找矿预测区;

第三、找矿预测区内具有分散流光谱测定出的 高值点,而没有出现线性构造的高密度区,也定义 为二级找矿预测区。

一级预测区 I 面积为 2760 m², 位于里市的西侧,主要受北北东向区域断裂影响较大,该断裂位于研究区北西角上,具体位置在 Landsat-7 ETM+影像中能很清楚地看到,该区的 W 和 Sn 异常主要产于区域断裂构造旁侧的次一级断裂构造带中。区内主要发育北北东向断裂构造,是遥感解译的线性构造的高密度区。在该预测区内,也是分散流异常

的高值区,主要为 W、Sn 和 Pb 的异常,而其他金属 元素在此区中的异常表现不明显。在该区所采集的 土壤样品分析结果与预测效果相吻合,也验证了本 次研究中找矿预测的准确性。

一级预测区 II 的面积为 6320 m²,该区位于田 边东侧。地形条件复杂,是本次研究区内地势最高 的地带。主要受北北东向构造控矿,区内发育北北 东向、北西向线性构造,也是遥感解译的线性构造 高密度区。该区同时也是分散流异常的高值区,主 要为 Pb、Mo、Ag、Zn、Cu 的异常,而 W 和 Sn 在此区 的异常并不明显。

此外,还圈出了两个二级预测区,分别位于东 升和大白山以东,这两个预测区的面积较小,二级 预测区 I内,主要发育北北东向、北西向线性构造, 分散流测量结果高于异常下限;二级预测区 II内 主要发育北北东向线性构造,少量南北向线性构 造。在该区内我们尚未布置分散流采样点,只是根 据其南部的已知矿点的特征进行推测的结果,有待 下一步工作进行查证。

6 结论

从遥感技术与地球化学分散流的结合来看,地 球化学分散流为矿产勘查提供了直接信息,但其对 具体目标的指示性不明确。而记录地物光谱特征的 遥感图像具有视域广、直观性强、综合信息丰富的 特点,其对地面地质条件(地层、岩性、构造等)、地形 地貌条件等信息均可直接提取,是查明地球化学分 散流异常形成因素的有利手段。因此,结合成矿地 质背景,对这两种异常信息加以综合分析并利用, 将会使地表找矿信息更加专业化,从而提高地质找 矿水平和找矿效率。

通过对分散流异常和遥感信息的综合找矿预 测研究,可以得出以下几点认识:

(1)遥感构造信息和地球化学分散流异常带的 分布同构造体系的展布特征有很强的一致性,分散 流异常高值较多的聚集在遥感所解译的线性/环形 构造交切部位,证明了本研究区构造控矿的特点;

(2)利用遥感影像数据对已知分散流采样点进 行波谱分析,确定出最佳示矿波段为 Band-4,从而 揭示出 Band-4 最佳示矿功能,因而其可以作为本 区遥感找矿基本波段资源; (3)通过对区内遥感高光谱与分散流数据之间 的回归分析,确定出高水平相关波段 – 元素对是: Zn-ETM+5、Zn-ETM+7、Zn-ETM+4、Zn-ETM+2, Pb-ETM+4、Pb-ETM+5、Sn-ETM+1。

参考文献:

- [1] 吴昀昭,田庆久,季峻峰,陈骏.遥感地球化学研究[J].地球 科学进展,2003,18(2):228-235.
- [2] 吴德文,袁继明,张远飞,朱谷昌.遥感与化探数据融合处 理技术方法及应用研究 [J]. 国土资源遥感,2005,3(65): 44-47.
- [3] 蒋立军,邢立新,梁一鸿,潘军,梁立恒,黄竞铖.融合化探信息的遥感异常提取[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011,41(3):932-935.
- [4] 杨自安,彭省临,刘悟辉,石菲菲,和志军,邹林.高寒山区 遥感与化探综合找矿信息的提取[J].中南大学学报(自然 科学版),2009,40(4):1121-1126.
- [5]吴虹,彭中勤,贾志强.ETM%2b多光谱遥感-化探分散流 数据回归反演模型——以桂北龙胜里市地区为例[C]//第 七届成像光谱技术与应用研讨会论文集,2010:92-99.
- [6] 郭令智,施央申,马瑞士.华南大地构造格架与地壳演化 [A]//第26届国际地质大会国际交流学术论文集(一)[C]. 北京:地质出版社,1980;109-116.
- [7] 广西壮族自治区地质矿产局.广西区域地质志[M].1985:6.
- [8] 郭进义,杨忠芳.浅议地球化学的外延[J].地球科学进展, 1998,13(1):78-80.
- [9] 陈毓串,毛景文.桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化 轨迹[M].南宁:广西科学技术出版社. 1995.
- [10] 孙家炳.遥感原理与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2003.
- [11] 成建勋, 叶松青, 丁枫, 唐菊兴. 藏东马牧普地区斑岩型 铜金银多金属矿化带地球化学异常评价[J]. 世界地质,

2005, 24(4): 334-337.

- [12] Turner A K. Three-Deimension Modeling with Geoscientific Information Systems [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, NATO ASI No. 354, 1992.
- [13] 幸世军. 化探分散流异常查证方法探讨[J].矿产与地质, 2001,15(Z1):480-482.
- [14] Raper J F.Three dimensional GIS for the 1990's[J].ITC Journal,1994,(1):64–65.
- [15] S1att R M, Thomasson M R, Romig Jr P R, Pastemack E S, Boulanger A, Anderson R N, Nelson Jr H R.Visualization technology for the oil and gas industry: Today and tomorrow [J]. AAPG Bulletin. 1996, 80(4):453–458.
- [16]何延波,杨琨,候英雨.浅谈遥感地球化学[J].地质地球化 学,1997,4:98-103.
- [17] 吴昀昭,田庆久,季峻峰,陈骏.遥感地球化学研究[J].地球 科学进展,2003,18(2):228-235.
- [18] 陈三明,吴虹,谭泛,张振.基于ASTER的遥感地球化学统计预测模型及应用-以金川铜镍矿床外围找矿为例 [J].桂林理工大学学报,2010,30(4):480-488.
- [19]陈勇敢,刘桂阁,路彦明,王美娟,韩先菊,张慧玉,常春郊. 遥感地球化学异常信息提取研究-以青海省白日其利 沟地区为例[J].矿床地质,2010,29:35-40.
- [20]张华平,刘丽,王增辉,赵西强.遥感在多目标地球化学调查中的应用研究[J]. 国土资源遥感,2012,95(4): 132-136.
- [21]朱莉莉,洪金益,张金良,张昌俊,张思颖,段宗恩.遥感信 息与化探在湘南地区找矿预测中的应用[J].物探化探计 算技术,2014,36(2):241-246.
- [22] 中国科学院数学研究所统计组. 常用数理统计方法[M]. 北京:科学出版社,1974:11,82-88.



图版 I

