

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2021.02.004

## 湘西南苗儿山地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向

田磊, 杜云, 邹源, 刘邦定, 张小强, 樊晖

TIAN Lei, DU Yun, ZOU Yuan, LIU Bang-Ding, ZHANG Xiao-Qiang, FAN Hui

(湖南省地质调查院, 长沙 410116)

(Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410116, Hunan, China)

**摘要:**湘西南苗儿山地区地层发育较齐全,地质构造复杂,岩浆活动频繁,成矿地质条件良好。依据 1/5 万水系沉积物测量成果,分析研究了苗儿山地区水系沉积物地球化学特征,包括元素分布、元素相关性、异常元素组合及异常成因等,认为 W、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn 元素为区内主要成矿元素,异常按地质成因可分为与花岗岩有关的异常、与北东—北北东向断裂构造有关异常、与地层局部富集有关异常三类,共圈定 31 处地球化学综合异常。综合区内成矿地质背景,优选了猫儿界 - 平滩钨锡多金属找矿远景区、杨荷岭 - 安堂坪金找矿远景区及周塘 - 茅坪铜铅锌金多金属找矿远景区。

**关键词:**水系沉积物测量;地球化学特征;找矿远景区;苗儿山地区;湘西南

中图分类号:P632

文献标识码:A

文章编号:2097-0013(2021)02-0164-13

**Tian L, Du Y, Zou Y, Liu B D, Zhang X Q and FAN H. Geochemical Characteristics of Stream Sediments and Metallogenic Orognosis in the Miaoershan area, Southwestern Hunan Province. *South China Geology*, 2021, 37(2): 164-176.**

**Abstract:** The Miaoershan area in Western Hunan has relatively complete stratum exposure, complex geological structure, frequent magmatic activity, and good metallogenic geological conditions. Based on the 1:50,000 geochemical survey, the geochemical anomaly characteristics of river sediments in the Miaoershan area in southwestern Hunan have been analyzed and studied, including about element distribution, element correlation, abnormal element combination and abnormal cause. W, Mo, Bi, Cu, Pb, and Zn are the main metallogenic elements in the area. There are 31 comprehensive geochemical anomalies which can be subdivided into three types of anomalies, including granite-related, NE-NNE trending fault-related and local strata-related anomalies. Combined with geological background of mineralization in the area, the Maoerjie-Pingtang tungsten-tin polymetallic prospecting area, the Yangheling-Antangping gold prospecting area and Zhoutang-Maoping copper-lead-zinc-gold polymetallic prospecting area are selected as the favorable prospect areas.

**Key words:** stream sediments survey; geochemical characteristics; prospecting area; the Miaoershan area; southwestern Hunan Province

收稿日期:2021-4-28;修回日期:2021-5-21

基金项目:中国地质调查局地质调查子项目“湖南苗儿山地区矿产地质调查(编号:12120114024201)”

第一作者:田磊(1988—),男,工程师,资源勘查工程专业,主要从事区域地质调查与矿产勘查工作,E-mail:758951895@qq.com

控制成矿的基本要素有区域构造与区域地球化学,矿化的形成与地质背景的明显变化关系密切,而这种变化则主要表现在介质物质成分、结构构造、地球物理、地球化学信息等方面<sup>[1-3]</sup>;水系沉积物地球化学测量作为地球化学勘察中十分重要的方法<sup>[4-5]</sup>,在寻找有色金属矿产方面发挥着越来越重要的作用<sup>[6-10]</sup>。

苗儿山地区位于湘西南雪峰山脉与南岭山脉过渡地带,因交通困难、植被覆盖严重,以往地质工作相对较薄弱,化探工作仅于上世纪 70 年代开展过 1:20 万城步幅化探扫面工作。区内目前发现了多个钨、铜、铅锌矿(化)点,并有 1:20 万 W、Sn、Bi、Pb 等异常分布于苗儿山岩体及接触带,Cu、Zn 异常分布于寒武系出露区域,Au、Sb 异常分布于青白口纪地层区。区内地层出露较齐全、地质构造复杂、岩浆活动频繁,矿产较丰富,各类异常套合较好,表明该区域有着良好的找矿前景。通过开展西岩、城步、麻林、安心观 4 个图幅 1:5 万矿产地质调查工作,获取了该区域内各种地质、地球化学勘查数据,笔者从水系沉积物测量数据入手,研究了区内 W 等 18 个元素地球化学特征及异常与地层、构造、岩浆岩之间的关系,阐明了地球化学异常的控制因素,圈定了找矿靶区,为区内的下一步地质找矿工作指明了方向。

## 1 地质概况

苗儿山地区位于南岭纬向构造—岩浆岩带西段北缘,大地构造位置(图 1a)处于扬子地块东南缘江南造山带与华夏地块的结合部位<sup>[11-13]</sup>,是湘西南地区重要的成矿远景区之一<sup>[14]</sup>,区内地形以山地丘陵为主,地势总体呈中南高、北东低,水系较发育,多呈树枝状展布,适宜开展 1:5 万水系沉积物地球化学普查工作。

区内地层出露较齐全,由老到新分布有青白口系、南华系、震旦系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系及第四系(图 1b)。青白口系是区内出露的最古老地层,为一套浅变质碎屑岩夹碳酸盐岩;南华系—震旦系为一套含砂质板岩夹细—中粒石英杂砂岩、长石石英杂砂岩与灰黑色板岩、碳质板

岩、硅质板岩沉积;寒武系由一套黑色炭泥质岩系和含炭泥质碳酸盐岩夹较粗碎屑岩组成;奥陶系为一套活动型复理石—类复理石陆源碎屑沉积夹少量碳、硅质沉积;泥盆系是区内分布最为广泛的地层,各类岩相发育齐全,沉积类型多样,以台地相碳酸盐岩沉积为主,其次为滨浅海—三角洲相碎屑沉积,潮坪碳酸盐—碎屑混合沉积;石炭系主要出露于文坪一带,为一套浅海碳酸盐岩夹滨浅海碎屑及滨后沼泽含煤沉积;二叠系为一套浅海碳酸盐夹硅质沉积及三角洲相碎屑夹含煤沉积;第四系主要沿水系两侧分布,为现代河床、漫滩及低阶地的组成部分。

区内构造运动活跃,经历了晚志留世造山事件、晚三叠世造山事件、中侏罗世造山事件等重要构造事件,形成中生代以来一系列的北东—北北东向断裂和褶皱。区内褶皱主要有峡褶皱群、城步褶皱群、苗儿山复背斜、文坪复向斜;NNE-NE 向断层规模大,数量多,构造形迹醒目,断层性质以逆断层为主,断层间存在复杂的分支、复合、切割、继承等关系。

区内岩浆岩较发育,以中—深成相为主。岩浆活动具有多期性<sup>[15]</sup>,从青白口纪、志留纪、晚三叠世直至中侏罗世<sup>[16]</sup>,多为酸性岩浆岩。青白口纪花岗岩大体沿苗儿山岩体西部边缘分布<sup>[17]</sup>,空间上构成三个岩体群,自北往南分别为猫儿界岩体群、谭家坳岩体群及报木坪岩体群;苗儿山复式岩体由志留纪花岗岩构成主体,三叠纪和侏罗纪花岗岩呈小岩株状分布其中,构成补体<sup>[18]</sup>。

区内矿产资源丰富,以钨铜多金属矿床为主<sup>[19-20]</sup>,代表性矿床有平滩钨矿床<sup>[21-22]</sup>、威溪钨铜多金属矿床<sup>[23]</sup>、金水铜矿<sup>[24]</sup>等。

## 2 样品采集与分析

湖南省苗儿山地区矿产地质调查完成 1:5 万水系沉积物测量面积 1809.5 km<sup>2</sup>,采集样品 8687 件(含重复样 239 件),采样密度为 4.67 件/km<sup>2</sup>。样点主要分布于一级水系的末端,采样点控制的汇水面积大致在 0.125 ~ 0.25 km<sup>2</sup> 之间,采样物质主要为粉砂、细砂等颗粒物,采样粒度为 -10 目 ~ + 80 目,

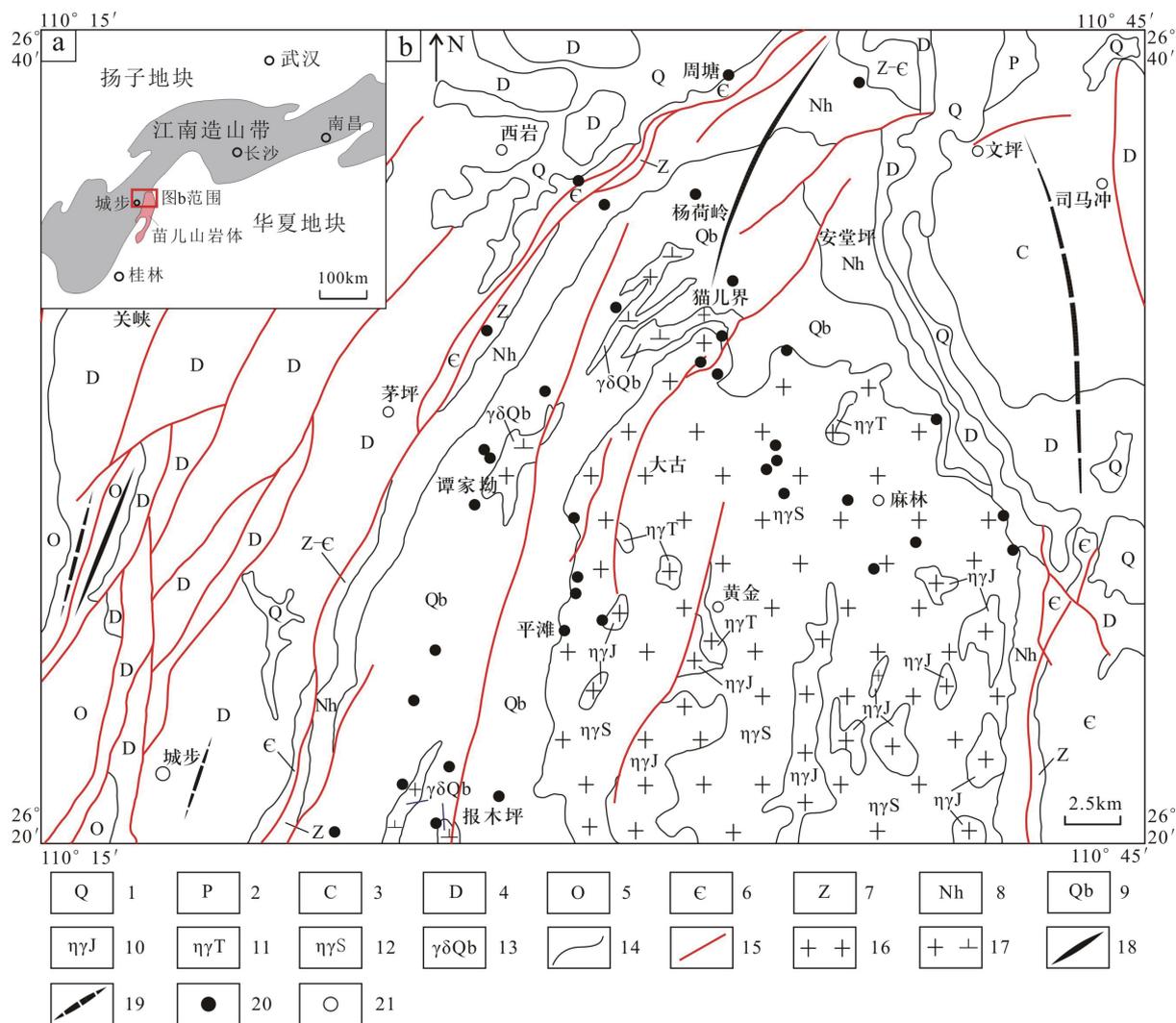


图1 大地构造位置(a)与苗儿山地区地质简图(b)

Fig. 1 Tectonic location (a) and Simplified geological map (b) of the Miaoershan area

1- 第四系;2- 二叠系;3- 石炭系;4- 泥盆系;5- 奥陶系;6- 寒武系;7- 震旦系;8- 南华系;9- 青白口系;10- 侏罗纪二长花岗岩;11- 三叠纪二长花岗岩;12- 志留纪二长花岗岩;13- 青白口纪花岗岩闪长岩;14- 地质界线;15- 断层;16- 花岗岩;17 花岗闪长岩;18- 背斜轴线;19- 向斜轴线;20- 矿(床)点;21- 地名.

样品重量为过筛后不少于 300 g。

样品分析由鄂东南地质大队实验室承担。采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)、原子荧光光谱法(AFS)、粉末发射光谱法(ES)、离子选择性电极法的多元素分析配套方案,联合测定了W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、Ag、Au、Sb、As、Hg、Cd、Cr、Ni、Co、F、La共18种元素。样品测试工作严格按照《地质矿产实验室测试质量管理规范》<sup>[25]</sup>、《地球化学普查规范(1:50000)》<sup>[26]</sup>执行,各元素合格率均为100%。

### 3 地球化学特征

#### 3.1 地球化学参数统计

数据处理应用地学数据处理专家辅助系统(GEEMS),统计了测区原始数据的最大值、最小值、平均值、标准离差、变异系数、富集系数等地球化学参数(表1),用以说明和讨论区内1:5万水系沉积物地球化学特征及规律<sup>[27]</sup>;浓集系数(K)为研究区平均值与南岭成矿带水系沉积物平均值比值,反映各元素的富集程度;变异系数( $C_v$ )可以衡量各元素的分布均匀程度。

表 1 苗儿山地区水系沉积物地球化学参数统计

Table 1 Geochemical parameters of stream sediments of the Miaoershan area

元素	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数	浓集系数	背景值
Ag	7.13	0.007	0.09	0.18	2.04	1.13	0.08
As	3057.00	0.001	23.49	52.54	2.24	1.74	13.50
Au	6878.00	0.032	3.02	77.80	25.79	2.38	1.27
Bi	91.40	0.100	0.90	1.63	1.81	1.76	0.51
Cd	35.00	0.049	0.49	0.76	1.56	4.08	0.12
Co	140.00	0.001	14.93	10.32	0.69	1.31	11.40
Cr	450.00	3.650	62.09	32.93	0.53	1.28	48.60
Cu	996.00	5.830	35.91	23.20	0.65	1.68	21.40
F	3550.00	4.000	593.18	271.41	0.46	1.25	475.00
Hg	10.33	0.003	0.14	0.22	1.58	1.49	0.09
La	658.00	2.790	31.59	15.87	0.5	0.78	40.70
Mo	242.00	0.010	1.93	5.98	3.11	1.91	1.01
Ni	291.00	0.210	24.54	16.39	0.67	1.16	21.16
Pb	1981.00	6.410	47.24	39.41	0.83	1.47	32.12
Sb	168.36	0.210	3.08	4.34	1.41	2.20	1.40
Sn	73.60	0.720	5.60	3.30	0.59	1.39	4.03
W	401.10	0.430	6.39	12.27	1.92	2.00	3.20
Zn	4136.00	13.000	99.10	72.15	0.73	1.44	69.01

注: Au 含量单位为  $10^{-9}$ , 其余元素含量单位均为  $10^{-6}$ , 背景值为南岭成矿带水系沉积物背景值<sup>[28]</sup>。

研究区内除 La 外其余元素浓集系数均大于 1, 表明区内水系沉积物中这些元素含量与南岭成矿带水系沉积物背景值相比, 均发生了不同程度的富集; 其中 As、Bi、Cu、Mo、Hg、Pb、Zn 等元素发生明显富集 ( $1.4 \leq K \leq 2$ ), W、Au、Sb、Cd 等元素为强富集 ( $K > 2$ )。

从变异系数来看, W、Mo、Hg、Au、Ag、As、Cd 等 7 种元素变异系数均大于 1.5, 分布极不均匀; 主要成矿元素 W 高值点多分布于苗儿山岩体内接触带, Mo、Ag、Hg、As、Cd 等元素高值点主要分布于寒武系出露区域, Au 高值点主要分布于青白口系出露区域。

综合以上统计分析, 研究区内元素 (除 La 外) 明显高于南岭成矿带水系沉积物平均值, 说明研究区内大部分元素呈高背景值分布; 结合浓集系数与变异系数分析, 认为元素的富集程度较高、变异系数较大, 有发生成矿富集的可能, 对研究区内的找

矿工作有一定的指示作用。因此, 可以确定 W、Mo、Bi、Au、Cu、Pb、Zn 元素为研究区内主要成矿元素。

### 3.2 元素的分布特征

将区内地层划分为第四系、二叠 - 石炭系、泥盆系、奥陶系、寒武系、震旦 - 南华系, 青白口系共 7 个地质子区, 岩浆岩按侵入时代划分为侏罗纪 - 三叠纪花岗岩、志留纪花岗岩及青白口纪花岗岩 3 个地质子区。苗儿山地区各地质子区水系沉积物元素丰度见表 2。

各地质子区的元素浓集比率 (CR) 是各地质子区元素的含量平均值与全区原始含量数据平均值之比 (图 2), 元素浓集比率越大, 其在地质子区含量越富集, 成矿的可能性也越大。

由表 2 和图 2 归纳出各地质子区水系沉积物地球化学特征如下: 元素在不同时代的地层分布区具有较明显的丰度区别, 寒武系、二叠系 - 石炭系和泥盆系中富集的元素最多, 奥陶系、震旦系 - 南

华系、青白口系相对较为贫化;W、Sn、Bi等高温成矿元素在花岗岩岩体中富集,在志留纪花岗岩中最高;寒武系中多种元素呈现高背景分布,尤其是Ag、As、Sb、Mo、Cu、Zn、Cd等7个元素含量最高,与寒武系黑色岩系关系密切;Au主要在青白口系中富集,其丰度在该地层中远高于其它时代地层。

表2 各地质子区水系沉积物元素平均值表

Table 2 Average element abundances of stream sediments in different geological subareas

元素	Q	P-C	D	O	€	Z-Nh	Qb	γ T-J	γ S	γ Qb	全区
Ag	0.13	0.07	0.09	0.07	0.30	0.14	0.08	0.04	0.05	0.08	0.09
As	19.93	15.36	20.08	15.27	37.80	23.67	45.58	5.40	13.90	82.48	23.49
Sb	4.33	2.76	3.47	4.04	7.78	4.66	2.92	0.74	1.11	2.44	3.08
Hg	0.25	0.16	0.17	0.13	0.25	0.15	0.14	0.05	0.06	0.11	0.14
W	5.58	4.43	4.01	2.90	4.56	3.40	6.34	7.97	12.82	8.37	6.39
Mo	2.03	2.06	1.90	1.80	10.83	2.65	1.26	0.67	0.78	0.82	1.93
Cu	37.59	24.00	41.29	38.23	60.96	34.88	38.05	23.01	26.88	35.63	35.91
Pb	44.80	43.58	40.45	38.62	53.20	41.36	45.31	63.86	61.23	47.58	47.24
Zn	128.57	109.33	122.55	90.92	141.09	100.14	109.31	39.14	52.26	90.78	99.10
Co	12.66	16.79	20.81	24.35	17.47	12.42	16.16	3.41	5.28	12.62	14.93
Ni	26.61	30.98	34.01	33.30	31.92	18.95	24.76	6.28	9.89	19.73	24.54
Cd	0.67	0.73	0.59	0.38	1.12	0.54	0.42	0.18	0.22	0.33	0.49
Bi	0.62	0.45	0.65	0.61	0.73	0.64	0.72	1.50	1.69	1.18	0.90
La	34.63	37.31	37.65	34.69	34.75	28.33	32.26	16.37	22.30	30.80	31.59
Sn	4.47	3.32	4.43	4.31	4.42	3.85	4.85	9.69	9.28	7.66	5.60
Cr	70.29	90.37	85.58	77.31	76.61	51.37	61.34	16.52	24.09	45.15	62.09
F	610.48	902.85	731.54	579.25	616.93	454.69	575.22	306.21	405.69	690.95	593.18
Au	2.61	1.25	2.47	1.98	4.66	2.71	9.13	0.40	0.48	1.38	3.02
样品数	376	515	2568	493	321	710	1316	293	1744	112	8448

注: Au含量单位为  $10^{-9}$ , 其余元素含量单位均为  $10^{-6}$ 。

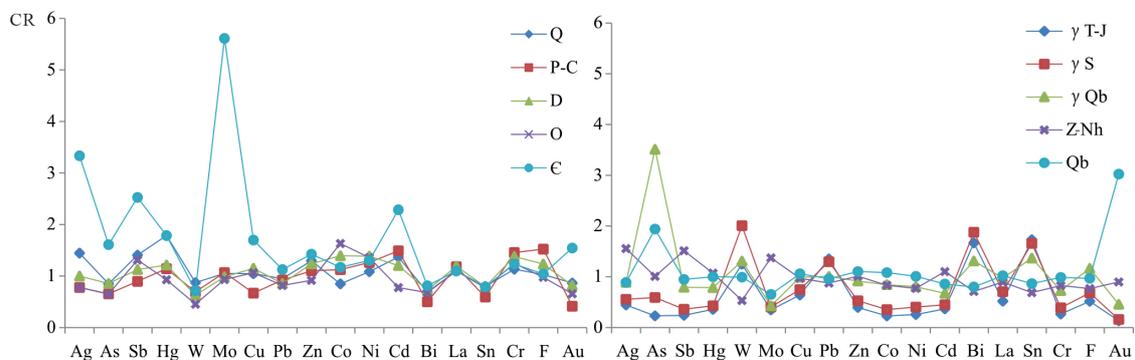


图2 各地质子区水系沉积物中各元素浓集比率图

Fig. 2 Relative element abundances of stream sediments in the collection areas of various geological units

Q:第四系;P-C:二叠系-石炭系;D:泥盆系;O:奥陶系;€:寒武系;Z-Nh:震旦系-南华系;Qb:青白口系;γ T-J:三叠纪-侏罗纪花岗岩;γ S:志留纪花岗岩;γ Qb:青白口纪花岗岩。

### 3.3 元素的相关性特征

聚类分析以变量之间的相似程度为基础,将变量分成不同级别的类或点群,直观地对变量进行分类处理,R 聚类分析可以了解个别变量之间以及各变量组合之间的亲疏程度<sup>[28]</sup>。通过 R 型聚类分析,得到 18 种元素之间的相关关系(图 3),在相关系数  $\gamma=0.5$  的相似水平上,除了 Au、As 为离群元素外,可将元素分为四个簇群。

I 簇群为 W、Sn、Bi 元素组合,该组合各元素相关性较好,与志留纪花岗岩关系密切,是区内重要成矿及伴生元素,主要与岩浆高温热液成矿作用有关,该组合异常的出现是寻找钨锡多金属矿床的重要地球化学找矿标志。

II 簇群为 La、F、Cr、Ni、Co 元素组合,各元素相关系数高,反映了本区内石炭系、泥盆系地层中富集的元素,与碳酸盐岩关系密切。

III 簇群为 Pb、Cd、Zn、Hg、Sb 元素组合,与区内北东向构造及中低温热液蚀变成矿作用有关,是区内的主要成矿及伴生元素,反映了本区以铅锌为主的中低温成矿元素组合。

IV 簇群为 Cu、Mo、Ag 元素组合,相关系数较高,其形成的综合异常反映了区内特定的地质构造特征及控矿因素。

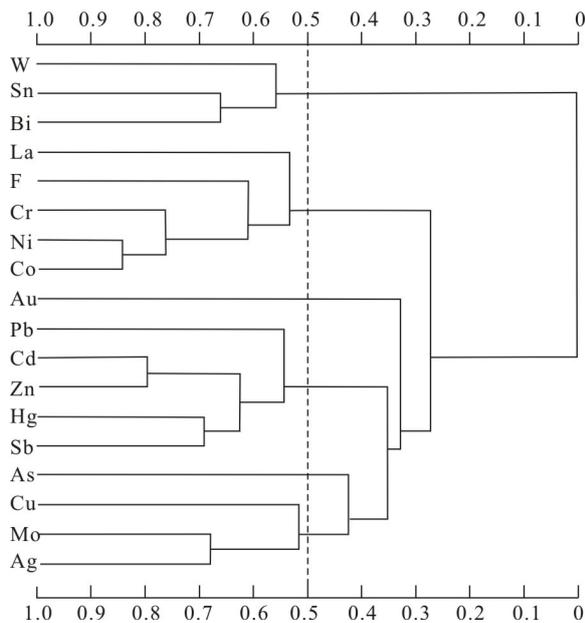


图 3 苗儿山地区水系沉积物测量元素聚类分析谱系图

Fig. 3 Dendrogram of geochemical data of stream sediments in the Miaoershan area

### 3.4 地球化学异常特征

#### 3.4.1 异常的分布特征

异常下限的确定采用传统方法。首先对原始数据的离群点(最高值、最低值)进行迭代剔除处理,采用  $> \bar{X}+3S$  与  $< \bar{X}-3S$  迭代剔除,直至无离群点数值可剔除为止,即所有数据均分布于  $\bar{X}-3S \sim \bar{X}+3S$  区间,形成背景数据,采用公式  $T=\bar{X}+2*S$  计算出理论异常下限值,再综合研究区内地质背景、成矿地质条件、各地质子区背景值等因素进行调整,确定研究区内异常下限采用值(表 3)。

根据各元素的空间分布规律及单元素异常特征,结合区内地质矿产特征,圈定了 31 处综合异常(表 4),综合异常分布受已知矿床(点)、北东向断裂构造带、寒武纪牛蹄塘组( $C_{1-2}n$ )、岩体接触带的联合制约,异常整体上呈带状分布,其形态展布严格受构造带、寒武系或岩体接触带(主要为内接触带)控制,岩体内少数综合异常呈串珠状分布;在已知矿床(点)上主要成矿元素浓集中心明显,与已知矿床(点)吻合。

#### 3.4.2 异常地质成因解释

区内异常分布点多面广,元素组合复杂,异常的形成与矿产、岩体、构造、地层岩性等因素有着密切的关系。按地质成因可分为与花岗岩有关的异常、与北东—北北东向断裂构造有关异常、与地层局部富集有关异常三类。

与花岗岩有关的异常主成矿元素为 W、Sn、Cu,次要元素有 Pb、Ag、As、Au、Sb 等,元素组合主要为高温热液矿床成矿元素,该类代表性异常有 AS8、AS14、AS17、AS29 等,主要分布于苗儿山岩体内部及其内外接触带,是区内寻找钨锡多金属矿床的重要异常。

与北东或北北东向断裂构造有关异常主成矿元素有 Au、Mo、Ag 等,次要元素有 Sb、As、Zn、Cu、Pb 等,主要分布于猫儿界背斜倾伏端两侧、关峡褶皱群及文坪向斜北端,该类异常是区内寻找金铜多金属矿床的重要异常。

与地层局部富集有关异常元素组合比较复杂,与区内寒武纪牛蹄塘组的高背景值密切相关,该类型综合异常有 AS1、AS2、AS12、AS13、AS18、

表3 苗儿山地区单元素地球化学异常特征表

Table 3 Threshold of element geochemical anomaly values in the Miaoershan area

元素	剔除后样本数	平均值	标准离差	计算值	采用值	异常面积	浓度分带	异常特征
Ag	1023	0.06	0.03	0.19	0.19	93.11	内、中、外	分带明显,强度较高
As	1188	15.12	9.48	75.86	60	83.33	内、中、外	内带面积较大,强度高
Au	915	1.4	0.98	7.53	5	76.27	内、中、外	以中外带为主
Bi	1415	0.61	0.24	1.81	1.9	120.7	内、中、外	分带明显,强度较高
Cd	1032	0.37	0.2	1.22	1.2	77.13	内、中、外	外带为主,强度弱
Co	517	14.38	8.98	56.89	30	12.38	外	面积小,强度弱
Cr	444	61.36	31.05	199.53	120	40.68	外	面积小,强度弱
Cu	648	33.71	13.72	78.52	66	62.97	内、中、外	外带为主,强度较弱
F	699	561.21	210.02	1264.74	1160	58.23	外	面积较小,强度弱
Hg	896	0.11	0.07	0.48	0.4	55.02	内、中、外	以外带、内带为主
La	533	30.62	11.76	68.39	58	37.71	内、中、外	外带为主,面积小,强度弱
Mo	1373	0.99	0.56	4.24	4.2	110.32	内、中、外	内带面积较大,强度高
Ni	576	23.25	12.94	79.98	56	37.43	中、外	外带为主,面积小,强度弱
Pb	696	43.8	15.62	90.99	86	58.32	内、中、外	外带为主,面积较小
Sb	1134	2.22	1.53	11.78	10	53.02	内、中、外	外带为主,面积较小
Sn	1166	4.79	1.64	11.19	12	70.9	中、外	以外带为主
W	1468	3.87	2.11	15.96	16	100.2	内、中、外	分带明显,强度较高
Zn	587	93.85	41.05	243.22	200	42.06	内、中、外	外带为主,面积较小

注: Au 含量单位为  $10^{-9}$ , 其他 17 个元素含量单位均为  $10^{-6}$ .

表4 苗儿山地区水系沉积物综合异常

Table 4 Comprehensive geochemical anomalies of stream sediments in the Miaoershan area

编号	异常名称	异常分类	异常特征组合		主元素	
			主元素	其他元素	峰值/ $10^{-6}$	规模/ $\text{km}^2$
AS1	花桥村异常	甲 1	Ag、Au	Mo、Hg、Cd、Sb、Zn、As、Pb	7.13	69.57
AS2	南天庙冲异常	甲 1	Ag、Mo	Sb、Pb、Au、Cd、As、Cu	3.52	49.88
AS3	斗山村异常	乙 2	Cd	Mo、Co	6.2	19.95
AS4	司马冲异常	乙 3	Pb	Ag	439	3.31
AS5	杨荷岭异常	甲 1	Au	Hg、Ag、Pb	6878	806.21
AS6	双江口异常	乙 2	Au	As	35.2	7.18
AS7	楠竹山异常	甲 1	W	Ag、Au	401.1	23.13
AS8	雪花村异常	甲 1	W、Bi	As、Cu、Sn、Pb、Ag、Mo	317.4	104.39
AS9	火星村异常	乙 3	W	Pb	148.8	8.44
AS10	大塘异常	丙 1	Au	Hg	8.85	6.58
AS11	铺头村异常	甲 2	Mo	Cd、Hg、As、Ni、Cu	45	33.98
AS12	夏家山异常	乙 2	Mo、Ag	Cd、Au、Sb、Cu、Hg、Zn	106	66.77
AS13	黄泥界异常	乙 1	Ag	Cd、Mo、Sb、Au	0.85	22.94
AS14	平滩异常	甲 1	W	Bi、As	164	27.43
AS15	唐家村异常	乙 3	W	Bi、Pb	71.1	7.6
AS16	大圳村异常	乙 2	Bi	Sn、W、Pb	18.7	22.59

续表 4

编号	异常名称	异常分类	异常特征组合		主元素	
			主元素	其他元素	峰值 /10 <sup>-6</sup>	规模 /km <sup>2</sup>
AS17	官指田异常	乙 1	Bi	W、Sn	91.4	50.34
AS18	童子坪异常	乙 1	Mo	Ag、Cu、Cd、Au、As	147	61.97
AS19	小清溪村异常	乙 2	Ag、Mo	Au、Cd、Hg、As	2.18	29
AS20	黑托里异常	甲 2	Au	Cu、As	176.6	16.22
AS21	油菜田异常	乙 3	As	Bi	448	22.75
AS22	白石界异常	甲 2	Au	Hg	204.7	16.52
AS23	黔峰村异常	甲 1	W	As	172	7.18
AS24	漆树田异常	乙 3	As	Ag	445	7.72
AS25	威溪乡异常	乙 3	Au	/	42.6	7.76
AS26	灯草塘异常	乙 3	Au	/	49.6	6.9
AS27	安堂坪异常	乙 2	Au	As	178	15.84
AS28	关田村异常	乙 2	Sn	Bi	24.9	13.99
AS29	石狮岭异常	乙 1	Bi、Sn	Pb、W	50.3	32.15
AS30	周家异常	丙 1	Ag	Mo	0.77	3.34
AS31	姚家湾异常	乙 1	Mo	Ag、Au、Cu、Cd	242	47.56

AS19、AS30、AS31, 主成矿元素有 Au、Sb、Ag、Cu、Zn, 次要元素有 As、Hg、Pb、W、Ni、Co 等, 主要分布于苗儿山隆起周围寒武纪牛蹄塘组出露区域, 该类异常是寻找以铅锌硫化物为主的中低温热液多金属矿床的重要异常。

#### 4 找矿远景区划分

根据研究区内地球化学特征, 异常元素组合、异常强度、异常面积以及异常的评序与解释推断, 结合区域地质物化探等找矿标志, 分析地质背景是否有利于成矿, 优选圈定了 3 处找矿远景区(图 4)。

##### 4.1 猫儿界 - 平滩钨锡多金属矿远景区

该远景区位于狗子田 - 猫儿界复式背斜的倾伏端及西翼, 苗儿山岩体北西部接触带上, 大体呈北东向展布, 面积约 85.15 km<sup>2</sup>, 主要由 AS8(图 5)、AS14(图 6)两个综合异常组成。

远景区内出露地层有青白口纪架枳田组(Qb<sub>j</sub>)、砖墙湾组(Qb<sub>1z</sub>)、黄狮洞组(Qb<sub>1hs</sub>); 狗子田 - 苗儿山复式背斜为北东 - 北北东向宽缓褶皱, 核部地层产状变化较小, 发育大量的同层褶皱和挤压拖拉的小褶皱; 区内苗儿山复式岩体由志留纪中

细粒黑云母二长花岗岩构成主体, 晚三叠世中粒黑云母二长花岗岩及中侏罗世细粒二长花岗岩构成补体。受岩浆热液及构造应力的影响, 区内岩石蚀变十分普遍, 蚀变类型多、程度强, 主要有硅化、角岩化、绢云母化、绿泥石化及黄铁矿化, 花岗岩岩体内发育伟晶岩化、云英岩化, 各种蚀变常互相重叠。

远景区内异常以 W、As、Bi、Ag、Cu、Pb、Sn 等元素为主, 伴有 Mo、Au、Zn、Cd 等元素。主要元素 W、Bi、As 异常呈异常群分布, 主要呈北东向带状展布, 区内 W 异常面积共 49.68 km<sup>2</sup>, Bi 异常面积共 44.19 km<sup>2</sup>, As 异常面积共 32.16 km<sup>2</sup>, 区内 W、Bi、As 异常均值分别为 39.99 × 10<sup>-6</sup>、4.2 × 10<sup>-6</sup>、198.13 × 10<sup>-6</sup>, 反映主要元素异常强度很高, 浓度中心明显。这些主要元素相互吻合好, 在空间上总体的分布明显受到苗儿山岩体与青白口纪地层内接触带的控制, 此外, 还受区域性北东向、北北东向断裂带及次一级断裂、背斜等构造的控制。

区内已知矿床有威溪中型铜钨矿床、平滩中型钨矿床共 2 处, 已知矿(化)点有莫家团钨锡矿点、易家山锡矿点、徐家山铜矿点、箭杆坪锡矿点、吴家坪钨矿、箭杆坪砷矿点、对门冲砷矿点、江口砷矿化点、长佃铜矿化点、猫儿界锰矿化点共 10 处, 已知

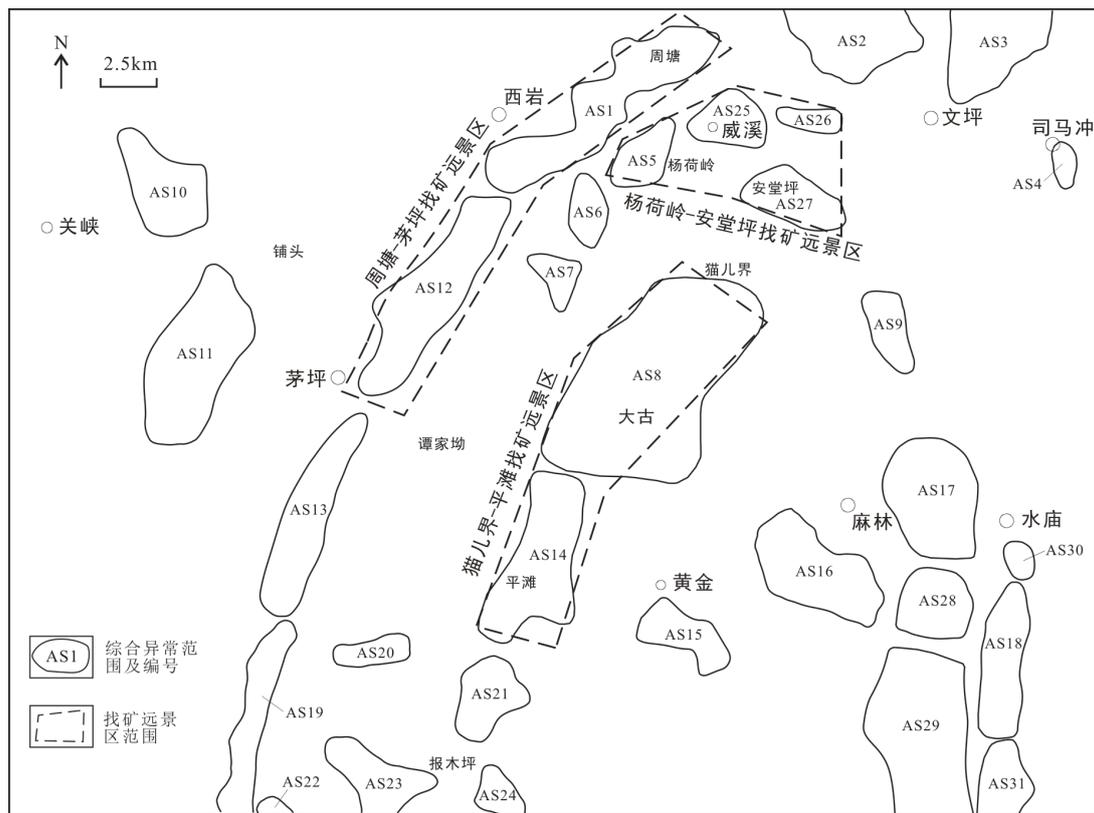


图4 找矿远景区分布图

Fig. 4 Prospecting area map in the Miaoershan area

矿床(点)与异常套合较好;通过异常查证及矿产检查工作新发现了沙坪钨矿点、界福山钨铜矿点、落家冲钨矿点、大突界钨矿化点共4处矿(化)点。

该远景区内主要元素异常面积大、强度高,浓度分带特征明显,成矿地质条件良好,具有良好的寻找钨锡多金属矿的前景。

#### 4.2 杨荷岭-安堂坪金矿远景区

该远景区分布于研究区北部杨荷岭-安堂坪一带,面积46.43 km<sup>2</sup>,由AS5(图7)、AS25、AS26、AS27综合异常组成。

远景区内出露的地层有全新统(Qh)、跳马涧组(D<sub>2</sub>t)、富禄组(Nh<sub>1</sub>f)、长安组(Nh<sub>1</sub>c)、青白口纪岩门寨组(Qb<sub>2</sub>y)。远景区位于苗儿山岩体北侧,苗儿山复式背斜的倾伏端,区内褶皱及断层构造迹象明显,地层产状总体倾向北西,局部可见层间小褶皱发育;区内断裂构造较发育,主要为北东向、近东西向和北西向三组断裂构造。

区内异常以Au、Ag、Pb元素为主,伴有Hg、Sb、

Cd、Zn、As等元素。主要元素Au、Ag、Pb异常呈现异常群分布;Au异常面积共11.4 km<sup>2</sup>,Ag异常面积共1.47 km<sup>2</sup>,Pb异常面积共1.26 km<sup>2</sup>,区内Au、Ag、Pb元素异常均值分别为 $250.24 \times 10^{-9}$ 、 $0.95 \times 10^{-6}$ 、 $615.4 \times 10^{-6}$ ,反映主要元素异常强度很高,浓度中心明显,其中Au元素含量最高值为 $6878 \times 10^{-9}$ ,为全测区最高;这些主要元素高浓度带相互吻合较好,在空间上总体的分布除明显受到北东向断裂、背斜轴部或翼部及转折部位或向斜的扬起部位等构造控制外,还受到南华纪长安组、青白口纪岩门寨组的制约。

区内有找矿前景的金矿点(杨荷岭金矿点)一处,与Au水系沉积物异常吻合;通过异常查证工作,新发现了安堂坪金矿化点。

鉴于区内Au、Pb、Ag、Hg等元素异常规模大,强度高,套合好,区内金矿成矿地质条件优越,有扩大已知矿床点规模及新发现矿产地的找矿前景。

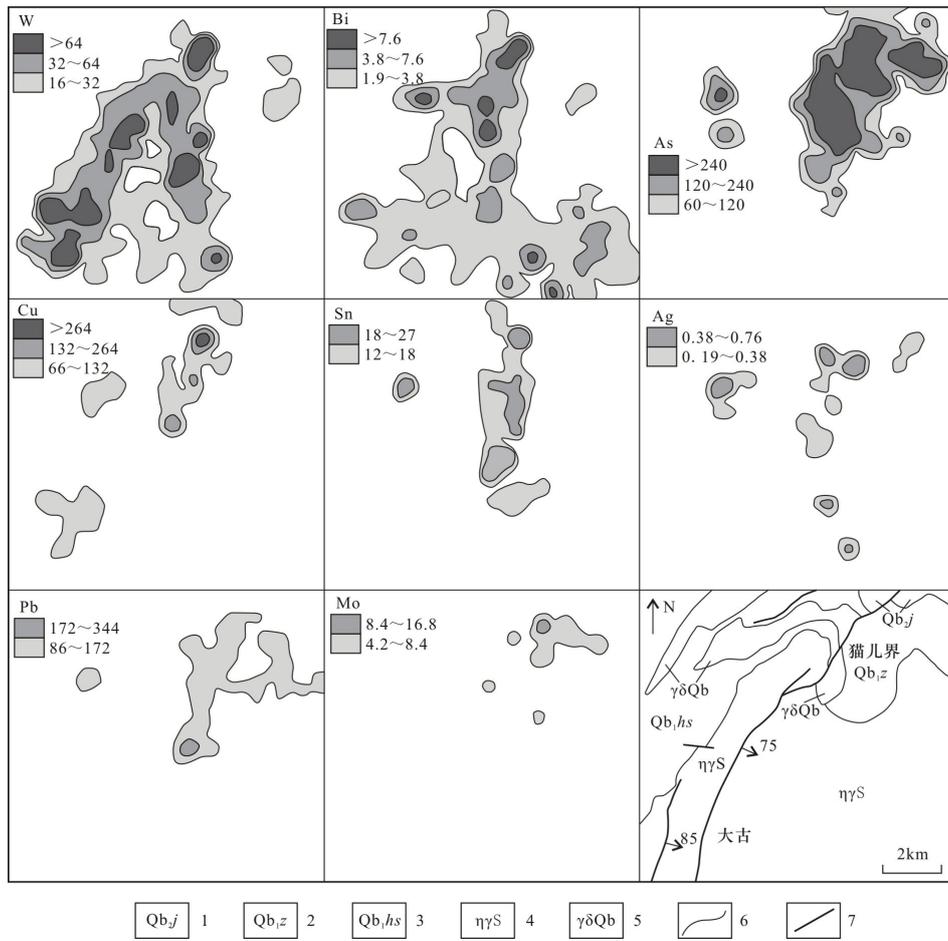


图 5 猫儿界-平滩钨锡多金属矿远景区 AS8 综合异常剖析图

Fig. 5 No. AS8 comprehensive geochemical anomaly of the Maoerjie-Pintan W-Sn prospecting area

1- 晚青白口世架枳田组; 2- 早青白口世砖墙湾组; 3- 早青白口世黄狮洞组; 4- 志留纪二长花岗岩; 5- 青白口纪花岗闪长岩; 6- 地质界线; 7- 断层.

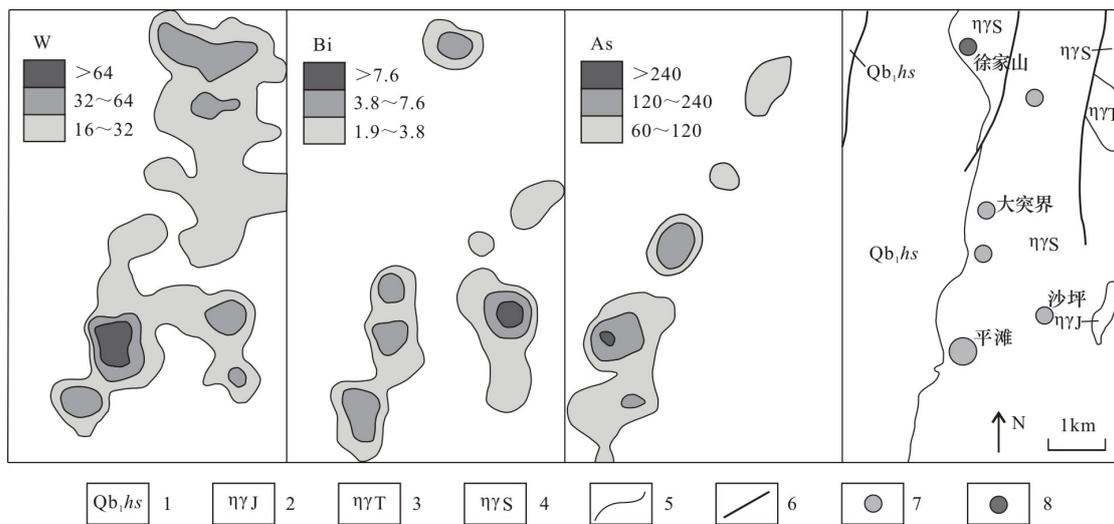


图 6 猫儿界-平滩钨锡多金属矿远景区 AS14 综合异常剖析图

Fig. 6 No. AS14 comprehensive geochemical anomaly of the Maoerjie-Pintan W-Sn prospecting area

1- 早青白口世黄狮洞组; 2- 侏罗纪二长花岗岩; 3- 三叠纪二长花岗岩; 4- 志留纪二长花岗岩; 5- 地质界线; 6- 断层; 7- 钨矿(床)点; 8- 铜矿点.

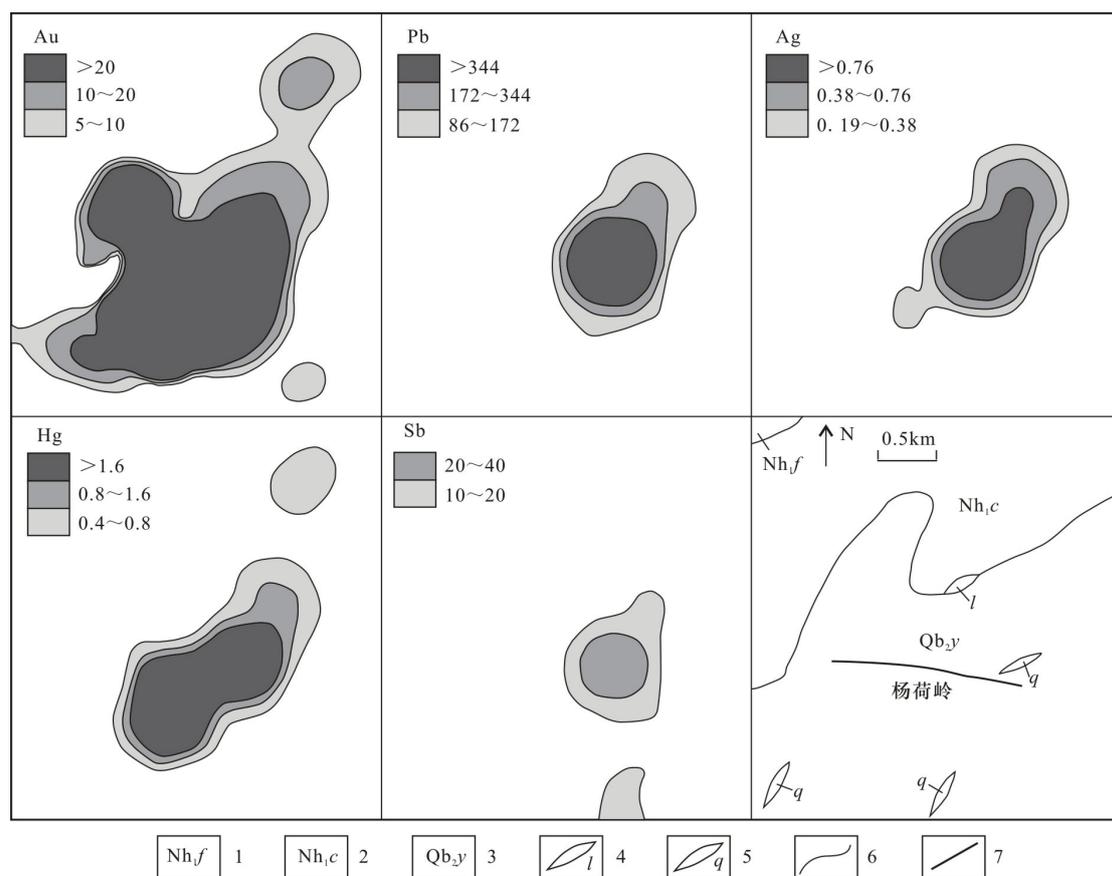


图7 杨荷岭-安堂坪金矿远景区 AS5 综合异常剖析图

Fig. 7 No. AS5 comprehensive geochemical anomaly of the Yangheling-Antangping Au prospecting area

1- 早南华世富禄组; 2- 早南华世长安组; 3- 晚青白口世岩门寨组; 4- 细晶岩脉; 5- 石英脉; 6- 地质界线; 7- 断层.

#### 4.3 周塘 - 茅坪铅锌金多金属矿远景区

该远景区位于研究区北部的周塘 - 雅儒田 - 茅坪一带, 分布面积 49.22 km<sup>2</sup>, 主要由综合异常 AS1、AS12 组成。

远景区内出露地层较多, 有全新统、余田桥组 (D<sub>3s</sub>)、棋子桥组 (D<sub>2q</sub>)、跳马涧组、污泥塘组 (E<sub>2,w</sub>)、牛蹄塘组 (E<sub>1,2,n</sub>)、留茶坡组 (Z<sub>2,l</sub>)、金家洞组 (Z<sub>1,j</sub>)、洪江组 (Nh<sub>1,n</sub>)、富禄组 (Nh<sub>1,f</sub>)、长安组 (Nh<sub>1,c</sub>), 地层主要呈北东向展布。区域性断裂周塘断裂带呈北东方向从远景区穿过, 主要由北东走向的三条大致平行的断层构成, 断层中挤压直立带及断层角砾岩、碎裂岩发育, 断层岩具分带特征, 中部碎裂程度高, 向边部变低。断裂旁侧岩层常因挤压强烈变形, 揉皱现象普遍, 劈理发育, 方解石脉纵横交错。

该远景区内异常元素较多、组合较复杂, 以 Mo、Ag、Sb、Au、Hg 为主, 伴有 Cd、As、Zn、W、Pb、Cu、Ni 等元素。主要元素 Mo、Ag、Sb、Au、Hg 呈

异常群分布, 各元素异常呈北东向条带状展布; 远景区内 Mo、Ag、Sb、Au、Hg 元素异常面积分别为 29.67、28.16、21.59、19.58、16.22 km<sup>2</sup>, Mo、Ag、Sb、Au、Hg 元素异常均值分别为  $17.76 \times 10^{-6}$ 、 $0.72 \times 10^{-6}$ 、 $21.8 \times 10^{-6}$ 、 $12.88 \times 10^{-9}$ 、 $0.91 \times 10^{-6}$ , 反映主要元素异常强度高, 浓度中心明显。主要元素高浓度带相互吻合好, 在空间上总体的分布除明显受到区域性北东向断裂带及次一级断裂构造、背斜轴部或翼部及转折部位或向斜的扬起部位等构造的控制外, 还受到寒武纪牛蹄塘组等重要矿源层及赋矿层位的制约。

该远景区内已有矿床(点)众多, 已有已知矿床(点) 9 处, 其中小型铅锌矿床 1 处, 即周山铅锌矿; 小型钨矿床 1 处, 即周塘钨矿; 小型铁矿床 2 处, 分别为周山铁矿与周塘铁矿; 铁矿化点 1 处, 为花桥铁矿化点; 砂金矿点 1 处, 即花桥砂金矿; 铜矿点 1 处, 为水东铜矿点; 此外还有 2 处煤矿, 分别为陈家

煤矿点及土地堂煤矿(化)点。区内已知矿床(点)多位于各元素异常的浓集中心,与异常套合较好,反映远景区内的异常成因为矿致异常。

该远景区内主要元素异常规模大、强度高,各元素异常套合较好,成矿地质条件良好,在寒武系出露的断裂带内寻找金锑矿前景良好;此外,虽然区内 W、Pb、Zn 元素异常强度中等,规模一般,但矿产资料显示远景区内的周山铅锌矿、周塘钨矿床均为隐伏矿床,推断该远景区内深部具有寻找隐伏铅锌矿、钨矿的前景。

## 5 结论

(1)通过水系沉积物测量方法可以快速确定研究区内主要成矿元素。

(2)苗儿山地区成矿元素在不同地质分区含量特征表明:W、Sn、Bi 元素在花岗岩岩体中富集;Ag、As、Sb、Mo、Cu、Zn、Cd 元素在寒武系中呈现高背景分布;Au 元素主要在青白口系中富集。

(3)研究区内元素异常按地质成因可分为与花岗岩有关的异常、与北东—北北东向断裂构造有关的异常、与地层局部富集有关的异常三类。

(4)优选出猫儿界-平滩钨锡多金属矿远景区、杨荷岭-安堂坪金矿远景区、周塘-茅坪铅锌多金属矿远景区 3 处地球化学找矿远景区。通过对远景区内综合异常查证,新发现了落家冲钨矿点、界福山铜钨矿点、杨荷岭金矿点等矿(化)点,表明水系沉积物测量在该区具有较好的找矿效果。

### 参考文献:

- [1] 翟裕生. 区域构造、地球化学与成矿 [J]. 地质调查与研究, 2003,26(1):1-7.
- [2] 戴慧敏,代雅键,马振东,杨忠芳,宫传东,孙中任. 大兴安岭查巴奇地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向 [J]. 现代地质, 2012,26(5):1043-1050.
- [3] 宋贺民,张辉,顾松松,王占彬,李洪杰,许鲁宁. 新疆哈拉奇地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向 [J]. 地质通报, 2014,33(1):71-78.
- [4] 朱华平,张德全. 区域化探异常的地球化学勘查评价方法技术进展综述 [J]. 地质与勘探, 2003,39(3):35-38.

- [5] 季文兵,陈希清,杨忠芳,路远发,夏金龙,定立. 湖南通道-五团地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测 [J]. 华南地质与矿产, 2017,33(3):293-303.
- [6] 夏祥标,郑来林. 普迟亚地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向 [J]. 物探与化探, 2009, 33(6):626-629.
- [7] 李玉芹,沈恒丽,王学贞. 都兰地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿预测 [J]. 矿物学报, 2011,31(3):615-620.
- [8] 刘邦定,陈新跃,罗小亚,谭仕敏,马小双. 湘南坪宝地区水系沉积物地球化学特征及找矿靶区预测 [J]. 地质与勘探, 2015,51(4):722-730.
- [9] 王磊,杨建国,王小红,齐琦,李文明,姜安定,张洲远. 甘肃北山拾金坡—南金滩地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景 [J]. 中国地质, 2016, 43(2):585-593.
- [10] 郝玉军,肖昱,段建良,管友飞,吴碧娟. 湘西茶庵铺地区地球化学特征及找矿方向 [J]. 地质与勘探, 2017,53(6):1105-1114.
- [11] 饶家荣,肖海云,刘耀荣,柏道远,邓延林. 扬子、华夏古板块会聚带在湖南的位置 [J]. 地球物理学报, 2012,55(2):484-502.
- [12] 柏道远,贾宝华,钟响,贾朋远,刘耀荣. 湘中南晋宁期和加里东期构造线走向变化成因 [J]. 地质力学学报, 2012,18(2):165-177.
- [13] 杜云,罗小亚,黄革非,田磊,王敬元,周立同. 湘西南苗儿山岩体北段印支期花岗岩成因:来自地球化学、U-Pb 年代学证据 [J]. 华南地质与矿产, 2017,33(3):229-242.
- [14] 杜云,罗小亚,黄革非,田磊,王敬元,樊晖,周立同. 湖南省城步县落家冲钨矿床地质特征及找矿前景分析 [J]. 地质科技情报, 2017, 36(5):187-194.
- [15] 程顺波,付建明,马丽艳,陈希清,张利国,卢友月. 南岭地区加里东期花岗岩地球化学特征、岩石成因及含矿性评价 [J]. 华南地质与矿产, 2013,29(1):1-11.
- [16] 柏道远,钟响,贾朋远,熊雄. 湘西南苗儿山地区早燕山期花岗岩地球化学特征及形成环境 [J]. 资源调查与环境, 2015,36(4):235-243.
- [17] 柏道远,贾宝华,刘伟,陈必河,刘耀荣,张晓阳. 湖南城步火成岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其对江南造山带新元古代构造演化的约束 [J]. 地质学报, 2010,84(12):1715-1726.
- [18] 杜云,郭爱民,卢友月,田磊,王敬元,周立同,樊晖,

- 罗小亚. 湘西南苗儿山岩体加里东期花岗岩成因: 来自岩石学、地球化学和锆石 U-Pb 年代学证据 [J/OL]. 中国地质: 2019, 1-28[2020-04-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20191223.1713.006.html>
- [19] 刘伟, 刘耀荣, 张晓阳, 陈必河, 倪艳军, 钟响, 贺春平. 湖南城步地区 1 : 5 万区调主要成果与进展 [J]. 华南地质与矿产, 2011, 27(4): 307-313.
- [20] 伍静, 梁华英, 黄文婷, 王春龙, 孙卫东, 孙亚莉, 李晶, 莫济海, 王秀璋. 桂东苗儿山—越城岭西部岩体和矿床同位素年龄及华南印支期成矿分析 [J]. 科学通报, 2012, 57(13): 1126-1136.
- [21] 倪艳军, 陈必河, 陈文斌, 贺春平. 湖南苗儿山白钨矿床的发现及其找矿意义 [J]. 华南地质与矿产, 2009, (3): 37-42.
- [22] 陆文, 石金江. 湖南平滩钨矿区白钨矿床地质特征及找矿意义 [J]. 华南地质与矿产, 2015, 31(4): 377-383.
- [23] 梁玉明, 赵辉, 彭思才, 周林, 杨朝. 湖南威溪钨铜多金属矿床地质特征和成因分析 [J]. 矿产与地质, 2017, 31(4): 744-749.
- [24] 宋维国, 谢朝晖, 唐卫国. 苗儿山金水铜矿地质特征与找矿远景浅析 [J]. 铜业工程, 2008, (3): 23-27.
- [25] 国土资源部. DZ/T 0130.4-2006 地质矿产实验室测试质量管理规范 [S]. 2006.
- [26] 国土资源部. DZ/T 0011-2015 地球化学普查规范(1: 50000) [S]. 2015.
- [27] 赵武强, 崔森, 邹先武, 汤朝阳, 夏杰, 金世超. 湖南禾库地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测 [J]. 中国地质, 2014, 41(2): 638-647.
- [28] 史长义, 梁萌, 冯斌. 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值 [J]. 地球科学, 2016, 41(2): 234-251.