

文章编号:1004-4116(2021)02-0035-08

# 肃北县二段井地区铅多金属矿土壤地球化学特征及找矿前景

高正海, 史 梁

(甘肃省有色金属地质勘查局白银矿产勘查院, 甘肃 白银 730900)

**摘要:**通过对北山南带二段井铅多金属矿开展1:1万土壤地球化学测量,结合成矿地质条件进行了土壤地球化学找矿研究。得出以下几点认识:1)矿区土壤中Au、Pb富集系数和变异系数大,成矿潜力好;2)相关分析、因子分析表明Ag、Zn、As、W、Mo,分别代表了中低温成矿作用,可作为Au、Pb的间接找矿标志;3)圈定了7个综合异常,在HT4号异常区中圈定1条金铅矿体,认为该异常区找矿前景很好,是寻找热液型矿床的有利地区,为下一步找矿工作重点靶区。

**关键词:**二段井; 铅矿; 土壤地球化学; 找矿前景; 甘肃肃北

中图分类号:P622+.3

文献标志码:A

利用土壤地球化学特征可以快速地缩小找矿靶区,是一种快速、有效且经济的找矿方法,而且可以根据异常形态、规模大致推断其成矿潜力<sup>[1]</sup>。二段井铅多金属矿位于北山南带柳园—大奇山深大断裂带北侧,属于拾金坡—金场沟金、铜、铁和铅锌、银、稀有金属成矿带,受多期构造活动的影响,是著名的金多金属成矿带(图1),与岩浆热液有关金多金属矿床有较好的找矿潜力<sup>[2-4]</sup>。

2018—2019年,甘肃省有色金属地质勘查局白银矿产勘查院通过在二段井开展以土壤地球化学测量为主的地质勘查工作,首次在该地区发现了热液型铅矿体。针对铅矿开展了土壤地球化学研究,有效地指导了铅的找矿工作<sup>[5-7]</sup>。文章意在通过成矿地质条件、土壤地球化学异常特征进行研究,以指导找矿工作的开展。

## 1 区域地质

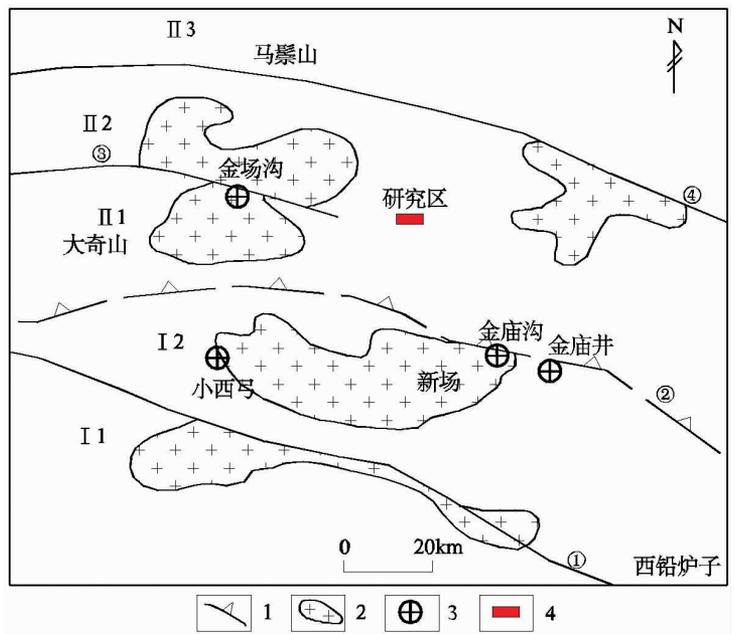


图1 二段井区域构造略图(据聂凤军等<sup>[3]</sup>)

Fig. 1 The regional tectonic map of Erduanjing

- I—塔里木板块; I1—敦煌地块, I2—安北—旧寺墩构造带, II—哈萨克斯坦板块;  
II1—柳园—大奇山地块, II2—花牛山地块, II3—马鬃山中间地块;  
①—玉门关—安北—旧寺墩深大断裂; ②—柳园—大奇山深大断裂;  
③—东大泉—金场沟大断裂, ④—黑山—碱泉子深大断裂  
1—板块边界; 2—岩体; 3—金矿; 4—研究区

收稿日期:2020-04-10

基金项目:甘肃省肃北县二段井铅多金属矿普查项目(201903-Y01)

作者简介:高正海(1985~),男,甘肃白银人,地矿工程师,从事区域地质调查与固体矿产勘查。E-mail:hai01zi@163.com

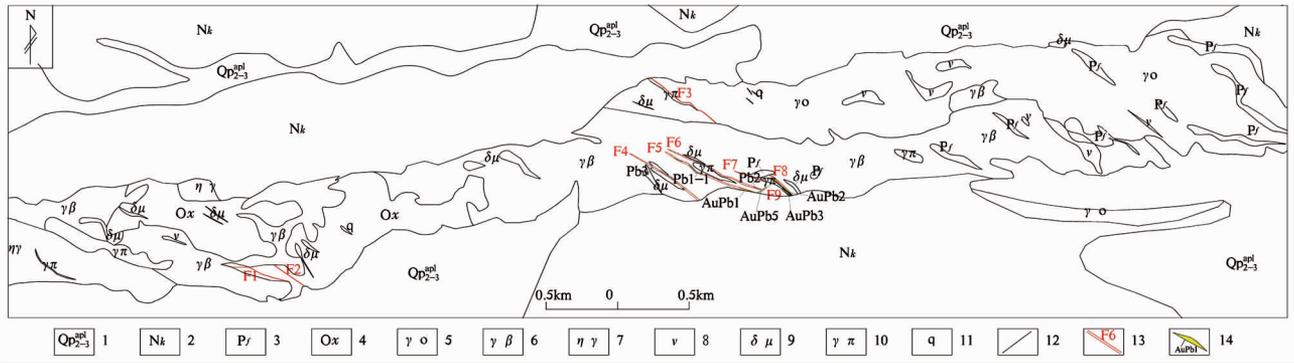


图2 二段井地区地质简图

Fig. 2 Geological map of Erduanjing area

1—第四系;2—新近系苦泉组;3—二叠系方山口组;4—奥陶系锡林柯搏组;5—英云闪长岩;6—黑云花岗岩;7—二长花岗岩;  
8—辉长岩;9—闪长玢岩;10—花岗斑岩;11—石英脉;12—地质界线;13—断层破碎带及编号;14—矿体及编号

研究区位于北山造山带南带,柳园—大奇山深大断裂带北侧。区内近东西向的断裂构造尤其发育,伴有北西向的次级构造;岩浆活动强烈,从加里东、海西到印支期均有不同程度产出;由于受强烈的构造活动、岩浆活动的影响,地层出露较少;具造山带典型的地层、构造、岩浆岩特征<sup>[2-4]</sup>。

研究区位于北山—龙首山干旱荒漠、半荒漠区,通过在二段井地区开展的1:5万水系沉积物测量工作,圈定了1处综合异常,以Au、Pb为主要异常元素,Au、Pb元素异常范围套合较好,具有较好的成矿前景。

## 2 矿区特征

研究区出露地层单一,主要出露奥陶系锡林柯搏组,二叠系方山口组,新近系苦泉组红色粉砂质泥岩夹杂色泥岩及砂砾岩和第四系残坡积、冲洪积。奥陶系锡林柯搏组为矿区出露面积最大地层之一,分布于矿区西南部,二叠系方山口组主要分布于矿区中东部,出露面积较小(图2)。

研究区以断裂构造为主,由区域性断裂派生的次级构造组成勘查区主要构造格架,本区所有矿(化)体的富集与断裂构造的关系十分密切,断裂构造按其走向可分为两组,即NE向、NW向两组,倾向分别为NW、NE,倾角 $55^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。NW向断裂分布于矿区西部(F1、F2)和中部(F3、F4、F5、F6、F7、F8),为该矿区主要断裂构造。延伸200~700m,宽1~5m,整体呈NW向延伸,倾向N,倾角 $55^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。NE向断裂分布于勘查区中部(F9),延伸约80m,宽约3m,呈NE向展布,倾向向N,倾角 $80^{\circ}$ ,带内岩石破

碎成大小不等的碎块状,石英脉在破碎带断续出露,带内褐铁矿化、高岭土化、绢云母化、绿泥石化较强。断裂控制着铅矿体和金铅矿体。

研究区内出露岩体主要为加里东晚期的英云闪长岩和华力西期的黑云花岗岩,次为印支晚期的二长花岗岩。

研究区内圈定各类矿体10条,全部位于勘查区中部,矿体形态多呈透镜状。其中:金铅矿体5条,铅矿体4条,金矿体1条,含矿岩性为石英脉及碎裂状黑云花岗岩,围岩为黑云花岗岩,花岗斑岩及闪长玢岩等。矿体总体走向为 $300^{\circ} \sim 350^{\circ}$ ,倾向N,倾角 $55^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ,矿体走向长34~235m,形态呈似层状,透镜状。其中F5控制AuPb1、Pb1-1、Pb1-2号矿体,F8控制AuPb2、AuPb3号矿体,F9控制AuPb5号矿体,AuPb3。AuPb2、AuPb5号矿体为主要矿体,AuPb2号矿体地表出露长度为235m,矿体Pb最高品位15.86%,最低品位1.29%,平均品位6.62%,Au最高品位 $4.59 \times 10^{-6}$ ,最低品位 $1.90 \times 10^{-6}$ ,平均品位 $3.39 \times 10^{-6}$ ,矿体平均厚度1.21m。AuPb5号矿体,Au最高品位 $12.34 \times 10^{-6}$ ,最低品位 $0.95 \times 10^{-6}$ ,平均品位 $4.06 \times 10^{-6}$ ,Pb最高品位2.99%,最低品位1.40%,平均品位2.16%。矿体平均厚度1.87m。铅矿体4条,由构造破碎带F4、F5、F6控制,Pb1-1、Pb1-2由同一条构造破碎带F5控制,矿体形态透镜状。金矿体1条,矿体长约20m,真厚0.96m,品位1.41%(表1)。

矿石类型有金矿矿石、方铅矿石,矿石结构主要为自形半自形粒状结晶结构、粉末状—胶状结构,矿石构造有:块状构造,浸染状构造,脉状构造、细脉—网脉状构造、稀疏浸染状构造。

表 1 二段井矿体特征表

Table 1 Characteristic of ore bodies in Erduanjing

矿体号	矿体规模				矿体产状(°)				
	矿体长(m)	平均真厚(m)	控制斜深(m)	Au 平均品位(%)	Pb 平均品位(%)	倾向	倾角	矿体形态	控矿构造
AuPb1	73	1.12		1.02	2.77	7~31	75~82	透镜状	F5
AuPb2	235	1.21		4.4	12.64	31~55	75~80	似层状	F8
AuPb3	80	1.00		1.07	0.55	55	75	透镜状	F8
AuPb4	50	0.96		2.23	1.43	25	75	透镜状	
AuPb5	82	1.87	64	4.55	2.74	340	80	透镜状	F9
Pb1-1	120	0.95			0.85	55~67	60~72	透镜状	F5
Pb1-2	66	1.09			0.73	40	85	透镜状	F5
Pb2	78	1.89			0.89	355	78	透镜状	F6
Pb3	96	1.01			0.65	219	67	透镜状	F4

Hg 氢化物—原子荧光光谱法。

### 3 土壤地球化学

#### 3.1 样品采集和测试方法

野外土壤地球化学采样网度为  $100 \times 40$  m, 共采样土壤样品 1 687 件, 利用便携式 GPS 卫星定位仪, 辅以罗盘进行定位, 实地定点精度在图上不超过 1 mm。根据 1:1 万土壤地球化学测量进行的方法试验, 确定本区采样层位为 B 层, 深度在 30~40 cm, 样品采集时, 以采样点位中心, 在两侧 10 m 范围内按照一点多坑的原则进行采样, 反应原生地质环境和找矿信息的残坡积物。采样时避开运积物(特别是风成砂)、黏土质、有机物和盐积物等干扰物。样品处理按照干燥—碎样—过筛(-4~+20 目)—拌匀—称重—装袋—封箱的工序, 严格防止样品互相污染, 后送交化验室分析。土壤样品测试由甘肃省有色金属地质勘查局天水矿产勘查院测试中心完成, Au: 电感耦合等离子体质谱法, Ag 电弧发射光谱法, Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、W 等离子体质谱法测定, As、Sb、

#### 3.2 元素含量特征

按照不同的元素, 分别计算平均值、标准离差、浓集系数、变异系数(表 2)。Au、W、Pb、Bi、As 变异系数大于 1, 表明这 5 种元素在研究区内的分布具有不均匀性, 元素参与了次生富集成晕的过程, 极易形成地球化学异常, 也表明这 5 种元素在研究区内的地质及地球化学作用较强烈, 元素的迁移、富集特征明显<sup>[8]</sup>。其他 6 种元素的变异系数均小于 1, 表明该类元素在研究区内分布较均匀, 不利于在局部地段富集。尤其是 Au 元素变异系数 3.68, Pb 元素变异系数 1.70, 表明 Au、Pb 元素其在空间上含量变化大, 具有一定的找矿潜力。

运用化探一体化软件对土壤样品中的 11 种元素进行相关性分析(表 3)和因子分析。相关性分析显示 Ag-Cu-Pb-Zn, As-Sb-Hg-Bi 分别呈正相关关系, 表明矿区内可能经历了低温、中温两个成矿阶段。R 型聚类分析显示当相关系数  $r = 0.45$  时, 11

表 2 土壤地球化学异常下限统计表

Table 2 Geochemical threshold of various elements in soil survey

元素	Au	Ag	Cu	Zn	Mo	W	Pb	Bi	As	Sb	Hg
北山平均值	0.74	44.93	11.34	30.79	0.51	0.78	15.01	0.22	3.62	0.29	8.28
最大值	191	1 245.5	162.5	968.5	10.21	45.22	1512.7	11.09	462.3	16.06	92
最小值	0.3	18.59	0.7	5	0.18	0.48	2.6	0.03	1.7	0.05	3
平均值	1.4	133.33	11.7	41	1.11	3.03	25.3	0.46	21.8	0.77	6
标准离差	5.3	117.821	11.4	36.1	0.88	3.15	43	0.67	24.7	0.72	5
变异系数	3.68	0.88	0.97	0.88	0.79	1.04	1.7	1.45	1.13	0.94	0.82
背景值	0.89	104.15	8.87	33.45	0.89	2.25	19.37	0.30	15.55	0.63	4.81
异常下限	3	284	30	90	2.8	6.5	50	1	50	2	15

注: 测试单位: 甘肃省有色金属地质勘查局天水矿产勘查院测试中心; 北山平均值数据引自《甘肃省白区域成矿及找矿》, 2012

表3 土壤地球化学数据相关系数矩阵

Table 3 The correlation coefficient matrix of soil geochemical data

元素	Au	Ag	Cu	Zn	Mo	W	Pb	Bi	As	Sb	Hg
Au	1										
Ag	0.112 7	1									
Cu	0.133	0.317 1	1								
Zn	0.088 2	0.476 5	0.464 8	1							
Mo	0.251 5	0.345 2	0.378 5	0.310 1	1						
W	0.072 7	0.320 7	0.249 5	0.306 8	0.360 9	1					
Pb	0.303 3	0.327 4	0.249 3	0.637 7	0.145 2	0.068 9	1				
Bi	0.008 9	0.150 7	0.035	0.068 9	0.072 2	0.111 3	0.086 2	1			
As	0.175	0.343	0.323 5	0.313 4	0.452 7	0.385 4	0.109 8	0.157 2	1		
Sb	0.115 9	0.168 1	0.268 8	0.204 7	0.259 9	0.209 8	0.084 9	0.289 7	0.475 4	1	
Hg	0.116 1	0.36	0.124 9	0.308 4	0.199 3	0.200 7	0.225	0.107 6	0.195 6	0.140 8	1

种成矿元素可聚为2类 Ag-Cu-Pb-Zn; W-Mo-Sb-As; 和 Hg; Bi; Au 3个单元素。

为进一步了解研究区内不同元素间内在联系,对原始数据进行因子分析。因子分析是一种降维分析,是研究元素共生组合的有效方法<sup>[9]</sup>,也是将多种变量根据某种内在联系生成几个综合因子的统计方法,不同的元素组合常反映出不同的地质-地球化学信息<sup>[10]</sup>。应用化探一体化软件对研究区内的1 687件样品数据进行因子分析。本文数据满足因子分析的要求。由于正交旋转因子载荷矩阵比初始因子载荷矩阵更能有效地反映元素组合的合理性,故采用正交旋转因子载荷矩阵来确定元素组合类型

(表4)。按照特征值 > 1 和累计方差贡献率 > 60% 为阈值,得出4个因子,其结果与相关分析结果基本一致。

其中因子 F1 代表 Ag、Pb、Zn,因子方差贡献率为 31.66%,是一个典型的中温成矿元素组合,黑云花岗岩岩体内,异常强度高、规模大,可能与岩体内部沿构造断裂充填的中温含矿热液有关,是区内重要的成矿元素组合;因子 F2 代表 As、W、Mo,因子方差贡献率为 12.58%,在低温热液矿床中与金伴生,为中低温元素组合,主要沿矿区的断裂呈带状分布,另在矿区东部也有多处单点异常,具有规模高、异常强度大的特点,可能与断裂内热液活动有关;因子 F3 代表 Bi、Sb,因子方差贡献率为 9.70%,为矿区低级别的因子,其异常相对较弱,规模较小,多为单点异常,成矿作用较前者弱,不是研究区的主要成矿元素。因子 F4 代表 Au,因子方差贡献率为 9.36%,主要沿矿区的断裂呈带状分布,另在矿区东部也有多处单点异常,具有规模高、异常强度大的特点,可能与岩体内部沿构造断裂充填的中低温含矿热液有关。

表4 研究区R型因子分析正交旋转因子载荷矩阵

Table 4 Orthogonal rotation factor loading matrix of R-factor analysis in the study area

	F1	F2	F3	F4
Au	0.069 2	0.146 1	0.044 5	0.879 6
Ag	0.651 6	0.349 4	0.115 4	-0.114 5
Cu	0.367	0.569 4	-0.155	0.128 5
Zn	0.822 1	0.272 2	-0.025 4	0.074 9
Mo	0.171 3	0.738 6	-0.023 1	0.173 9
W	0.224	0.621 9	0.088 2	-0.232 1
Pb	0.772 2	-0.096 2	0.012 4	0.444 2
Bi	0.106 4	-0.030 5	0.845 2	-0.035 4
As	0.100 6	0.750 1	0.281 3	0.101 7
Sb	-0.009 2	0.479 7	0.608	0.186 6
Hg	0.554 5	0.088 6	0.279 2	-0.089 7
特征值	3.483 1	1.384	1.067 1	1.029 7
方差的%	31.66	12.58	9.70	9.36
累积的%	31.66	44.24	53.94	63.30

### 3.3 单元素异常特征

各元素异常下限与异常浓度分带的确定:首先计算数据的平均值  $X$  与标准离差  $S$ ,对大于  $X + 3S$  与小于  $X - 3S$  的特高值、特低值进行反复剔除,直到无特高值、特低值。然后计算剔除后的平均值  $C_0$  与标准离差  $S_0$ ,按照  $T = C_0 + KS_0$  计算异常下限初始值。最后结合成矿地质条件进行调整,确定异常下限;分别采用异常下限的 1、2、4 倍作为异常的外、中、内浓度分带值。

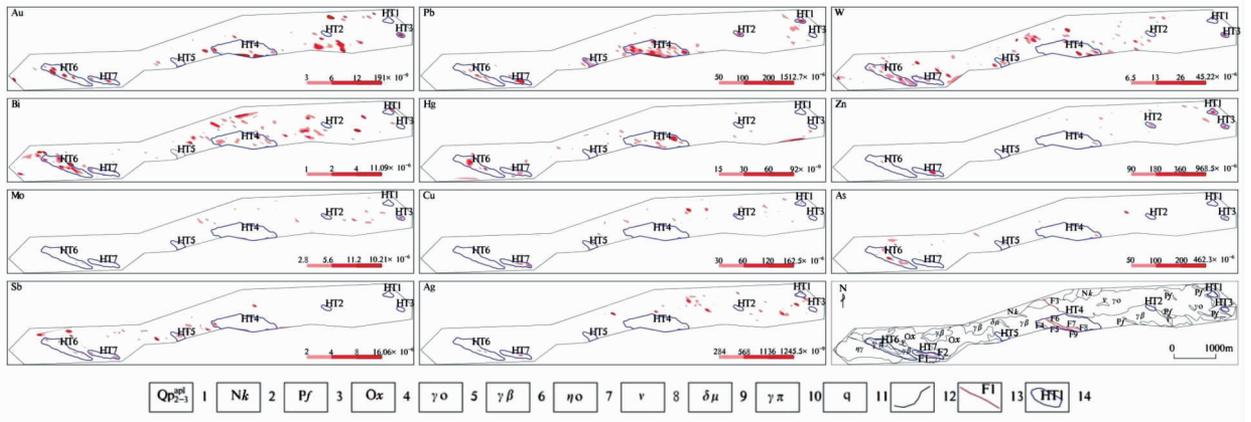


图 3 研究区土壤地球化学异常图

Fig. 3 Anomaly of various elements based on soil geochemical survey

1—第四系;2—新近系苦泉组;3—二叠系方山口组;4—奥陶系锡林柯搏组;5—英云闪长岩;6—黑云花岗岩二长花岗岩;  
8—辉长岩;9—闪长玢岩;10—花岗斑岩;11—石英脉;12—地质界线;13—断层及编号;14—综合异常编号及范围

在各个元素单元素异常图中(图 3),Au、Pb、W、Bi、Hg,异常明显面积大,且都具有内、中、外带;; Zn、Mo、Cu、As、Sb、Ag 异常较弱面积小,个别具内、中、外带,Au、Pb 异常主要产于断裂破碎带附近,少数产于岩脉与黑云花岗岩接触带中,异常规模大,浓集程度高;尤其是 Pb 元素,最高值达  $1\ 512.69 \times 10^{-6}$ ,异常连续性好,分布面积广,成矿潜力大。Au、Zn 异常强度高,最高值分别为  $191 \times 10^{-9}$ 、 $968.5 \times 10^{-6}$ ,具有一定的成矿潜力。

### 3.4 综合异常特征及推断

在土壤地球化学特征的基础上,综合单元素异常、成矿地质条件圈定了 7 处综合异常。

HT1 综合异常位于工作区的东部,整体呈不规则带状北西向展布。异常面积约  $0.023\ 7\ \text{km}^2$ ,异常元素组合 Pb-Zn-Ag-Cu,异常元素组合以 Pb、Zn 元素异常为主,具浓集中心明显特征,伴生 Cu、Mo、Ag 等元素。其中,Pb 元素最大值  $259.9 \times 10^{-6}$ ;Zn 元素大值  $283.4 \times 10^{-6}$ 。Cu、Mo、Ag 异常规模较小,强度较弱,但套合性较好,Pb 为三级浓度分带,Zn 为二级浓度分带,呈现出中温热液特征,异常位于英云闪长岩与英安岩接触带附近,具有寻找热液型铅多金属矿的潜力。

HT2 综合异常位于工作区东。整体呈椭圆状北西向展布,综合异常面积  $0.019\ 8\ \text{km}^2$ ,异常元素组合 Pb-Zn-Cu-Mo-Ag,异常元素组合以 Pb 为主,伴生 Zn、Mo、Cu、Ag 等元素,呈现出中低温热液特征。其中,Pb 元素最大值  $149.1 \times 10^{-6}$ ,Pb 为二级浓度分带;Zn、Mo、Cu、Ag 异常规模较小,强度较弱,套合

性好,最大值分别为:Zn: $177.4 \times 10^{-6}$ 、Mo: $3.15 \times 10^{-9}$ 、Cu: $44.7 \times 10^{-6}$ 、Ag: $326.77 \times 10^{-6}$ ,呈现出中低温热液特征。异常位于黑云花岗岩岩体内,具有寻找热液型铅多金属矿的潜力。

HT3 综合异常位于勘查区东部。整体呈椭圆状近北西向展布。异常面积约  $0.0160\ \text{km}^2$ ,异常元素组合 Au-W-Zn-Mo-As,异常元素组合以 Au 元素异常为主,Au 具三级浓度分度,Zn、Mo、W 具二级浓度分带,其中,Au 元素最大值  $16.0 \times 10^{-9}$ ;Zn 元素最大值  $223.9 \times 10^{-6}$ 。Mo 元素最大值  $7.14 \times 10^{-6}$ 。W 元素最大值  $19.35 \times 10^{-6}$ 。As 异常规模较小,强度较弱,异常位于辉长岩脉与英云闪长岩接触带附近。

HT4 综合异常位于勘查区的中南部,整体呈条带状 NW 向展布。异常面积约  $0.420\ 2\ \text{km}^2$ ,长轴长约  $1.5\ \text{km}$ 。异常元素组合 Pb-W-Hg-Bi-Au-Sb-Mo-Zn-As-Ag-Cu,该异常主要为 Pb、W、Hg、Bi、Au 元素组合异常,少量 Mo、Ag、Cu、Zn、As、Sb 异常,组合元素 Pb、W、Hg、Bi、Au 元素都具明显的浓度分带和异常浓集中心,Pb、Au 均具三级浓度分带,浓度分带呈短轴状,总体分布呈带状,Pb 与 Au 元素套合程度高,浓集中心明显,异常强度高。Pb 元素异常最大值为  $494.6 \times 10^{-6}$ ,Au 元素最大值  $191 \times 10^{-9}$ ,异常带内已圈出北西向金铅矿体和铅矿体,矿体受断裂构造控制,构造带内石英脉多发育,具有赤褐铁矿化、方铅矿化等蚀变,蚀变较强,地质成矿条件好,具有寻找热液型铅多金属矿的潜力(图 4)。

HT5 综合异常位于勘查区东部。整体呈椭圆状

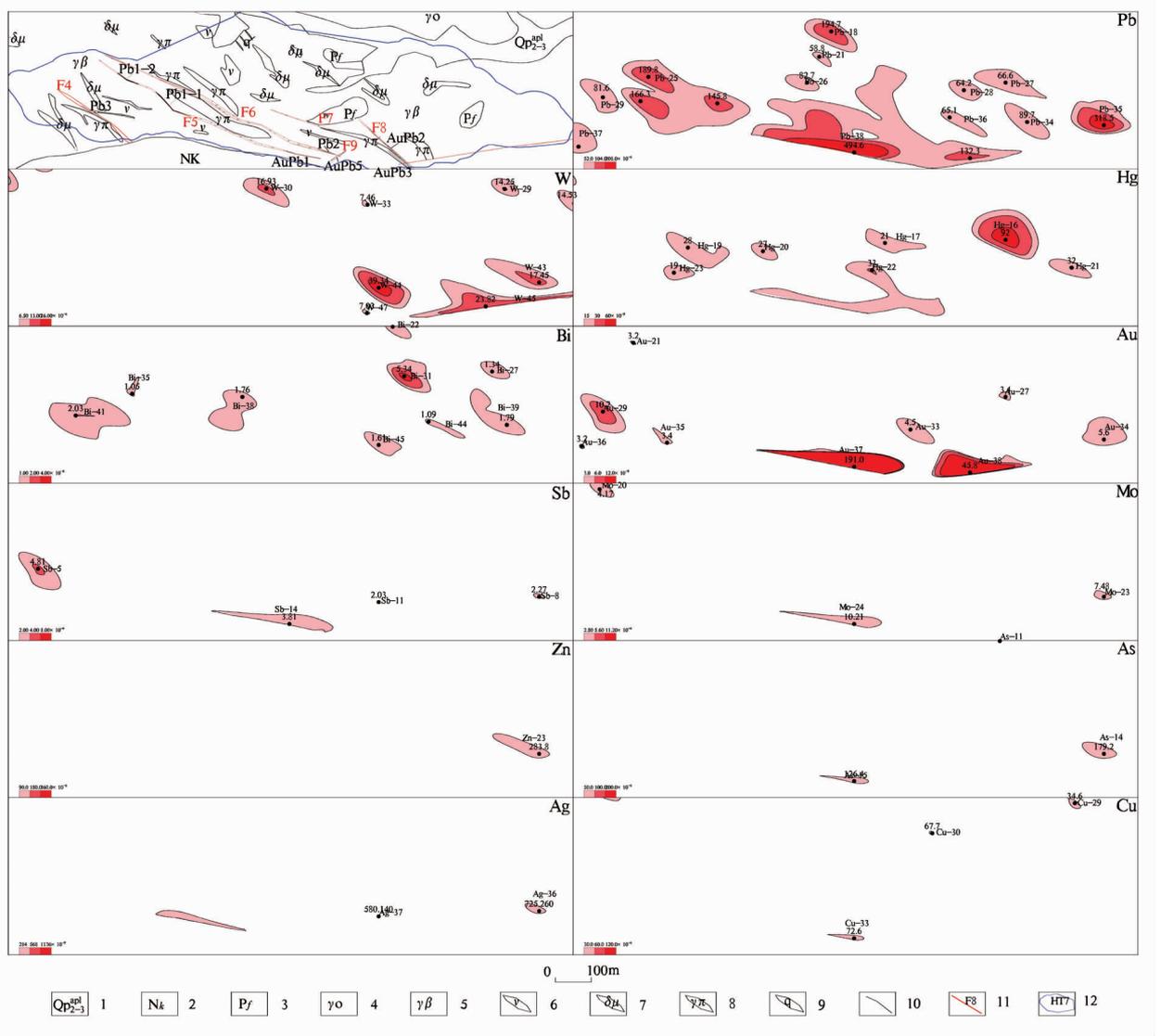


图 4 HT4号综合异常异常剖析图

Fig. 4 Comprehensive profile for HT4 anomaly

1—第四系;2—新近系苦泉组;3—二叠系方山口组;4—英云闪长岩;5—黑云花岗岩;6—辉长岩;7—闪长玢岩;  
 8—花岗斑岩;9—石英脉;10—地质界线;11—断层及编号;12—综合异常编号及范围

近北西向展布。异常面积约 0. 043 1 km<sup>2</sup>,异常元素组合为 Pb-W-Sb-As-Cu-Au-Bi,异常元素组合以 Pb 元素异常为主,伴生 W、Mo、Cu、Sb、Au、As、Bi 等元素,套合较好,Pb 具二级浓度分带,其中,Pb 元素最大值 116. 6 × 10<sup>-6</sup>; W 元素最大值 12. 95 × 10<sup>-6</sup>。Cu 元素最大值 89. 7 × 10<sup>-6</sup>,异常位于黑云花岗岩岩体内,具有寻找热液型铅多金属矿的潜力。

HT6 综合异常位于勘查区西部。整体呈带状北西向展布。异常面积约 0. 2 179 km<sup>2</sup>,异常元素组合为 Pb-Bi-Au-Hg-As-Sb-Ag-Zn-Mo,异常元素组合以 Pb、Bi、Au、W 元素异常为主,各异常元素套和情况较好,浓集中心较一致异常形态呈带状,主要异常

长轴走向北西。Au、Bi 具三级浓度分度,Mo、Zn、W、Pb 具二级浓度分带,其中,Au 元素最大值 39. 0 × 10<sup>-9</sup>;Bi 元素最大值 8. 94 × 10<sup>-6</sup>。Pb 元素最大值 129. 6 × 10<sup>-6</sup>,Mo 元素最大值 6. 82 × 10<sup>-6</sup>。W 元素最大值 18. 82 × 10<sup>-6</sup>。As、Sb、Ag、Zn、Mo 异常规模较小,强度较弱,峰值分别为:As:95. 3 × 10<sup>-6</sup>,Sb: × 10<sup>-6</sup>,异常带内地表岩性主要为二长花岗岩、英云闪长岩、花岗斑岩,石英脉、闪长玢岩、辉长岩脉多发育,该异常可能与岩脉有关,具有寻找热液型金多金属矿的潜力。

HT7 综合异常位于勘查区的南东部,整体呈条带状北西向展布。异常面积约 0. 079 4 km<sup>2</sup>,长轴长约 1. 00 km。异常元素组合为 Pb-Cu-Au-Zn-Hg-

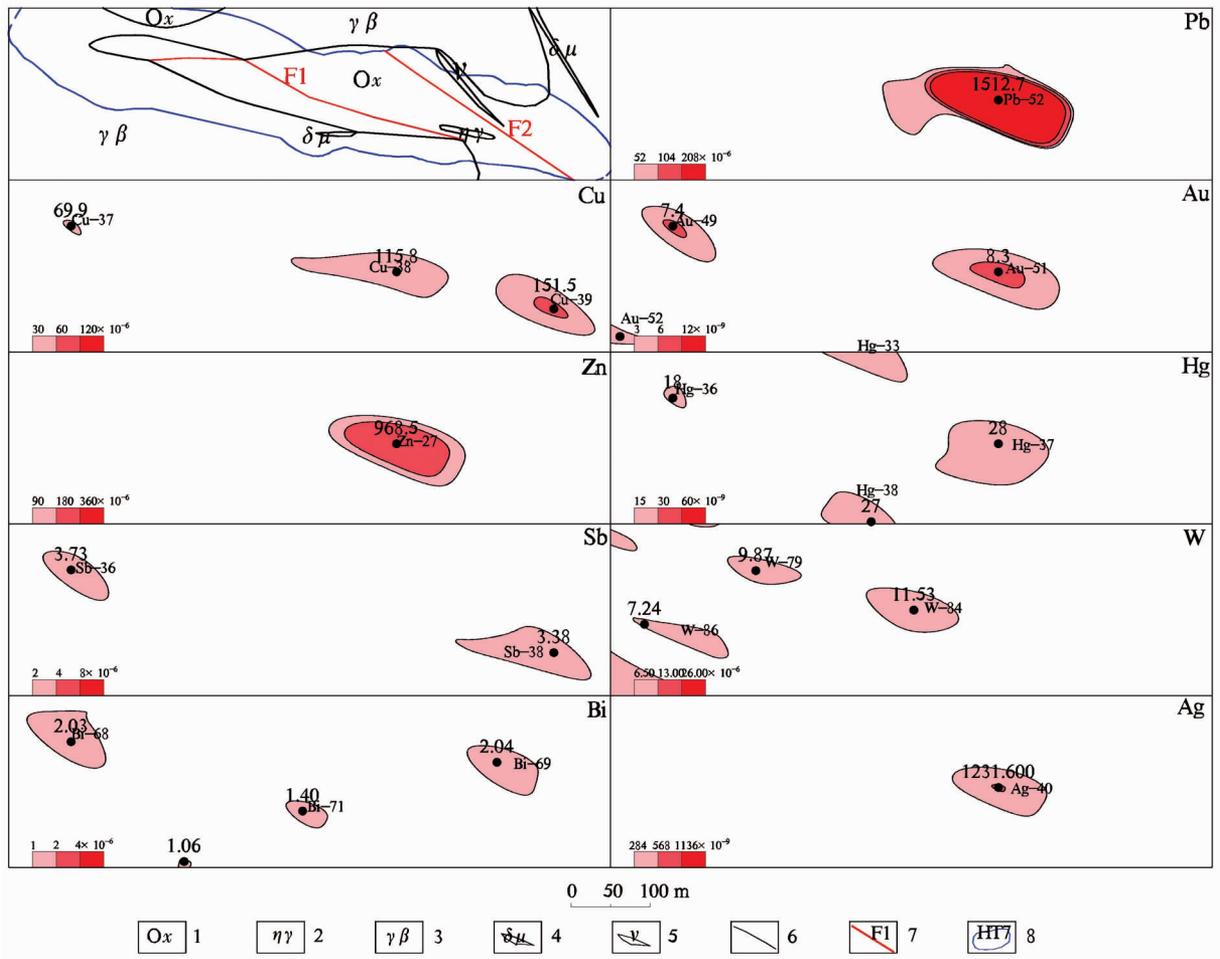


图 5 HT7号综合异常异常剖析图

Fig. 5 Comprehensive profile for HT7 anomaly

1—奥陶系锡林柯博组; 2—二长花岗岩; 3—黑云花岗岩; 4—闪长玢岩; 5—辉长岩; 6—地质界线; 7—断层及编号; 8—综合异常编号及范围

Sb-W-Bi-Ag, 异常元素组合以 Pb、Cu、Au、Zn 元素异常为主, 具一个浓集中心, 套合较好, Pb 具三级浓度分带, 伴生 Zn、Cu、W、Au 等元素。Zn、Cu、W、Au 具二级浓度分带, 其中, Pb 元素最大值  $1\ 512.7 \times 10^{-6}$ ; Zn 元素最大值  $968.5 \times 10^{-6}$ , Cu 元素最大值  $151.5 \times 10^{-6}$ , Au 元素最大值  $8.3 \times 10^{-9}$ , Ag 元素最大值  $1\ 231.6 \times 10^{-9}$ , 异常带内已圈出 NW 向断裂构造, 裂隙发育, 构造带内可见石英脉, 蚀变碎裂岩, 高岭土化、赤褐铁矿化等蚀变较强, 异常由构造破碎带矿化蚀变引起, 地质成矿条件好, 具有寻找热液型铅多金属矿的潜力(图 5)。

### 3.5 异常查证

根据化探异常特征, 结合区内地层、构造、岩浆岩等条件, 选择 HT4 号、HT6 号异常进行了异常查证, 在 HT4 号异常浓集中心发现了多条破碎蚀变

带, 依据金铅元素异常的形态针对 F8 破碎蚀变带进行探槽揭露, 该蚀变带宽 2 ~ 5 m, 蚀变主要为硅化, 褐铁矿化, 高岭土化等, 经少量探槽揭露在该蚀变带内圈出 1 条金铅矿体 (AuPb<sub>2</sub>), 长约 200 m, 宽 1.3 ~ 2.5 m 不等, Au 品位  $1.90 \times 10^{-6} \sim 21.74 \times 10^{-6}$ , 平均品位为  $13.08 \times 10^{-6}$ ; Pb 品位 1.29% ~ 8.82%, 平均品位为 5.62%。

对 HT6 异常区内分布的异常高值点进行了取样检查。取样分析结果显示元素含量较高, 其中 Au 品位为  $3.11 \times 10^{-6}$ , Pb 品位为 0.52%。

## 4 结论

1) 土壤中微量元素含量分布特征表明, 矿区土壤中 Au、Pb 浓集比例及变异系数大, 成矿潜力好, 尤其是 Au、Pb 元素, 表明工作区具有找金铅的潜

力。

2)根据相关分析,因子分析,区内主成矿元素可分为3类,一类为Ag、Pb、Zn,为典型的中低温成矿元素组合,二类是As、W、Mo,多为伴生元素组合,三类为Au单元素异常,主要沿研究区中部西部的断裂呈带状分布。并在此基础上圈定了7处综合异常。

3)以Pb、Au为主圈定了7处综合异常,其中HT1号、HT2号、HT3号综合异常具有中低温成矿元素组合,HT4、HT5、HT6、HT7具有低温及中温成矿元素组合,综合异常与岩体内部沿构造断裂充填的中低温含矿热液有关。

4)通过对HT4号综合异常进行异常查证,发现了1条破碎蚀变带,经少量探槽揭露在该蚀变带内圈出1条金铅矿体,且异常与矿体产出位置相吻合,说明化探异常在二段井找铅矿工作中具有较好的指示意义。已发现的金铅矿体延伸、延深均未得到控制,对HT7号综合异常进行异常查证,发现金铅矿化点,尚未进行槽探工程揭露,找矿潜力大。

## 参 考 文 献

- [1] 邓世林,白云,沈位元. 青海省东昆仑拉浪麦钨多金属矿土壤地球化学特征及找矿前景[J]. 有色金属(矿山部分),2017,69(3):42-46
- [2] 张新虎,刘建宏,赵彦庆. 甘肃省成矿区(带)研究[J]. 甘肃地质,2008,17(2):1-8
- [3] 聂凤军,江思宏,白大明,等. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京:地质出版社,2002:1-400
- [4] 苗来成,朱明帅,张福勤. 北山地区中生代岩浆活动与成矿构造背景分析[J]. 中国地质,2014,8. 41(4):1190-1204
- [5] 窦小雨,田向盛,胡晓隆. 甘肃天水市喂儿沟土壤地球化学异常含矿性评价[J]. 甘肃地质,2016,25(01):45-51
- [6] 白永波,蒙轸,高军平. 甘肃东洞沟金矿地质地球化学特征[J]. 甘肃地质,2014,23(03):21-25
- [7] 李鸿睿,胡积球,马涛. 甘肃迭部县尖尼—桑坝一带金地球化学特征及找矿意义[J]. 甘肃地质,2011,20(01):24-27
- [8] 王小高,陈鹏,杨永等. 云南坝口矿区沟系土壤地球化学异常特征及铅多金属矿找矿前景 [J]. 矿产与地质,2018,12. 32(6):1098-1103
- [9] 张彬,张斌辉,陈敏华. 长田钨多金属矿土壤地球化学异常特征及找矿[J]. 四川地质学报,2016,12. 36(4):667-671
- [10] 袁和,罗先熔,李武毅,等. 西藏邦卓玛地区土壤地球化学特征及找矿预测[J]. 地质与勘探,2017,53(3):472-481

# SOIL GEOCHEMICAL SURVEY AND PROSPECTING OF LEAD POLYMETALLIC DEPOSIT IN ERDUANJING AREA OF SUBEI COUNTY

GAO Zheng-hai, SHI Liang

(Baiyin Nonferrous Geological Exploration Institute, Gansu Provincial Bureau of Nonferrous Geological Survey, Baiyin 730900, China)

**Abstract:** On the basis of 1 : 10000 soil through geochemical survey and its metallogenic geochemical lead polymetallic deposit in the Erduanjing of Subei County, the study on soil geochemical prospecting is carried out. The concentrations of elements such as Au and Pb in the rocks from the ore field are high with the variable coefficients of variation, showing the polymetallic ore prospect in the area. Based on the cluster analysis and factor analysis, Ag, Zn, As, W and Mo individually represented medium and low temperature ture mineralization and can be regarded as indicator elements for ore prospecting. In addition, seven comprehensive anomalies and one Pb bodies have been circled in HT4 anomaly zones, which show good prospecting potential and point out favorable hydrothermal ore-forming region. These work have laid a foundation for the prospecting targets.

**Key words:** Erduanjing; lead ore; soil geochemistry; prospecting prospect