

# 河北柳江盆地东部地球化学特征及找矿远景评估

熊超<sup>1</sup>, 程立群<sup>1,2</sup>, 王金朵<sup>1</sup>, 王凯<sup>1</sup>

(1. 河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队, 秦皇岛 066000;

2. 河北宝地建设工程有限公司, 秦皇岛 066000)

**摘要:** 柳江盆地地处中朝准地台中部, 区内构造复杂, 岩浆活动强烈, 区域成矿条件优越。为实现区内找矿突破, 采用 1:50 000 水系沉积物测量、1:10 000 土壤地球化学详查和矿点检查等方法手段对区内 AS38 区域化探异常进行了综合研究。结果表明, 区内水系沉积物测量 Cu 元素异常浓集中心明显、变异系数较高, 并与 Au、Ag、Cr、Mo 等元素异常套合良好。土壤地球化学成果表明, 区内 Cu 元素异常分布广、强度大、分带明显, 与高温元素 Mo、W 异常关系密切, 同时还与 Au、Ag 元素异常套合较好。经异常查证, 发现矿化点两处, 以铜矿化为主, 局部伴生金、银矿化。据此判断, 研究区具有较大铜多金属矿找矿前景, 岩体附近的断裂构造发育带是下一步找矿重点方向。

**关键词:** 地球化学特征; 成矿远景; 铜多金属矿; 柳江盆地

**中图分类号:** P618.2; P632 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.03.13

## 0 引言

地球化学找矿简称化探, 因其具有找矿准确率高、速度快、成本低的特点, 而被世界各国地勘单位广泛采用。该方法自 1951 年由谢学锦院士<sup>[1]</sup>引进我国后, 经几十年的应用, 取得了丰硕成果, 特别在寻找铜、金、镍、铅、锌等多金属矿产方面效果显著<sup>[2-4]</sup>, 为我国地质找矿及调查研究工作提供了大量的基础地球化学资料。

柳江盆地地处河北省秦皇岛市东南部, 因其完整地出露和保存了从前寒武纪到中生界的华北地台盖层沉积地层, 被誉为地质学的“天然博物馆”, 是中国北方重要的野外地质实习教学基地<sup>[5]</sup>。

先后有众多地质工作者在此从事地质方面的调查、研究和教学工作<sup>[6-8]</sup>, 取得了较为详实的基础地质资料, 但是矿产地质方面的研究工作却鲜有报道, 仅史殿胜<sup>[9]</sup>、任学义<sup>[10]</sup>等学者先后在区内开展过少量研究。

二十世纪八十年代, 原河北省地矿局物探队对山海关幅进行了 1:200 000 水系沉积物测量工作, 在柳江盆地东部发现了一个甲 2 类见矿异常, 编号为 AS38, 主要异常元素组合为 Cu、Pb、Zn、Ag、Cd。本次研究针对该异常开展了 1:50 000 水系沉积物测量及 1:10 000 土壤地球化学测量等工作, 分析了与成矿有关的各元素含量、组合等地球化学异常特征及控制因素, 圈定了找矿远景区, 对区内的下一步地质找矿及教学工作具有重要的指导意义。

收稿日期: 2023-02-27

基金项目: 河北省国土资源厅 2012 年度地勘专项预算项目(冀国土资勘便字[2012]001 号)。

第一作者: 熊超(1986-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事矿产地质、地球化学以及水土污染防治方面的勘查与研究工作, E-mail: 13933609112@126.com。

通信作者: 程立群(1981-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事地热地质、矿产地质研究等工作, E-mail: qhdchengliqun@163.com。

## 1 地质概况

### 1.1 区域地质特征

柳江盆地位于中朝准地台中部,燕山台褶带东段之三级构造单元—山海关台拱之内,整体呈南北长、东西窄的不规则状展布,叠加于新太古代变质基底之上。是以古生界为主构成的不对称向斜为基础并受中—新生代构造运动改造的复合盆地,其构造演化基本与中朝准地台一致,盆地中出露了从新元古界到中生界的稳定型盖层沉积序列,完整记录了从新元古代以来燕山台褶带的构造演化活动。

柳江盆地的地层出露较为齐全、地层界限清晰、生

物化石丰富多样<sup>[11]</sup>,且多具有代表性。发育的地层从上至下主要有:新生界第四系;中生界侏罗系和三叠系;古生界二叠系、石炭系、奥陶系和寒武系;新元古界青白口系和新太古界山海关变质花岗岩(图 1)。

自古生代以来,本区经历了吕梁运动、蓟县运动、加里东运动、海西运动、印支运动和燕山运动的改造,形成了一系列褶皱构造与断裂构造。盆地自燕山运动以来,岩浆活动剧烈,岩浆岩十分发育,从基性到酸性,从侵入到喷出,均有出露<sup>[12]</sup>。

盆地内矿产资源丰富。目前,已发现的非金属矿产有玻璃用石英砂岩、水泥配料用石英砂岩、水泥用石灰岩、耐火黏土、瓷石和煤;金属矿产主要有矽卡岩型铁矿及金、银、铜、铅、锌等<sup>[13]</sup>。

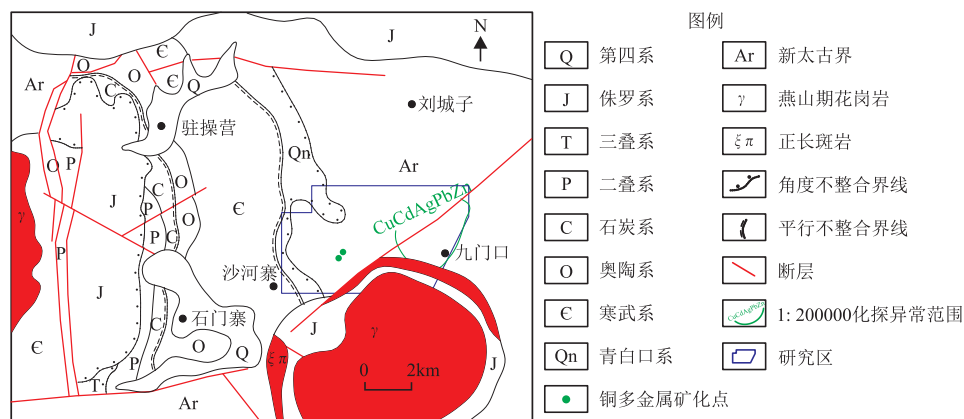


图 1 柳江盆地地质简图

Fig. 1 Geological sketch of Liujiang Basin

### 1.2 区域化探异常特征

据 1:200 000 区域化探成果显示,AS38 异常主要呈椭圆状分布于柳江盆地东部九门口一带(图 1),异常区出露岩性主要为晚太古代山海关变质花岗岩,长轴方向与北东向断层走向较吻合。异常由 Cu、Pb、Zn、Ag、Cd 等元素组成,各元素异常套合良好。主要元素异常浓度为:Cu $2.0 \times 10^{-6} \sim 153.0 \times 10^{-6}$ , Pb $4.9 \times 10^{-6} \sim 44.0 \times 10^{-6}$ , Zn $70 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$ , Ag $0.06 \times 10^{-6} \sim 0.42 \times 10^{-6}$ , Cd $0.1 \times 10^{-6} \sim 0.26 \times 10^{-6}$ ,异常面积 16.7 km<sup>2</sup>。

## 2 样品采集与测试

研究区海拔一般为 69 m~800 m,比高 731 m,地貌形态复杂多样,水系较为发育,多为季节性河流。地貌类型以丘陵、中低山为主。面积为 39 km<sup>2</sup>。

整个研究区共采集水系沉积物样品 353 件(其中重复采样 30 件),平均采样密度为 8.28 点/km<sup>2</sup>,精度完全达到 1:50 000 水系沉积物测量要求;采样粒度为-10 目~+60 目。完成土壤地球化学测量 8.27 km<sup>2</sup>,线距 100 m,点距 20 m,采集土壤样品 4 145 件(其中重复样 143 件),精度完全达到 1:10 000 土壤地球化学测量要求;采样层位为 B 层,采样粒度为-10 目~+60 目。

地球化学样品分析由河北省地矿局秦皇岛实验室承担。样品分析方法包括 X 荧光光谱法、原子荧光法、极谱法、发射光谱法、化学光谱法等。分析了 Cu、Pb、Zn、Cr、As、Sb、Hg、Mo、W、Cd、Ag、Sn、Au 等共 13 种元素。Au、Ag、Pb、Hg、Cr、Cd 六种元素的报出率分别在 97% 以上,其余元素报出率均为 100%。分析方法准确度与精密度的合格率均为 100%,Cu、Zn、As、Mo、Cr 五种元素内检合格率

95%以上,其余元素内检合格率均在 90%以上。

### 3 地球化学特征

#### 3.1 元素含量特征

根据研究区内 1:50 000 水系沉积物测量工作所取 323 件样品 Au、Ag、Pb、Zn、Cu、Hg、As、Mo、W、Sb、Sn、Cr、Cd 等元素的分析结果,采用迭代剔除法逐步剔除  $\bar{x} \pm 3S$  的离散数据后,统计了各元素的平均值、标准离差、变异系数、富集系数等地球化学参数。

以公式  $T = C_0 + kS_0$  计算求得异常下限参考值,结合其所指示地质与矿化意义做进一步修正后确定其实用异常下限。

按照前人分类标准<sup>[14-15]</sup>,研究区内各元素分布均匀( $Cv \leq 0.25$ )的有 Hg、Sn;分布基本均匀( $0.25 < Cv \leq 0.45$ )的只有 W;分布不均匀( $0.45 < Cv \leq 0.75$ )的有 Pb、Zn、As、Mo、Sb、Cd;分异( $0.75 < Cv \leq 1.00$ )的有 Au、Cr;强分异( $1.00 < Cv \leq 1.50$ )的有

Ag、Cu(表 1)。

研究区元素含量与区域水系沉积物元素含量平均值和全国水系沉积物元素含量平均值相比<sup>[14-15]</sup>,贫乏( $K \leq 0.5$ )的元素有 As、W、Sb、Sn、Cr;低背景( $0.5 < K \leq 0.8$ )的元素有 Ag、Zn;背景( $0.8 < K \leq 1.2$ )的元素有 Pb、Cu、Hg、Cd;高背景( $1.2 < K \leq 1.5$ )的元素只有 Mo;富集( $1.5 < K \leq 2.0$ )的元素只有 Au。

综合来看,元素 Cu 和 Ag 的富集系数虽然并不是太高但是变异系数却极高,达到了强分异级,这说明 Cu 和 Ag 元素在后期经历了多期次的地质地球化学叠加作用,易于局部富集成矿。Au 元素富集系数最大,变异系数也达到了分异级,说明该元素在区内各地层岩性中丰度高,成矿可能性较大。Mo 元素富集系数高、分布不均匀,Cr 元素富集系数不高但变异系数高,说明这两种元素具有一定的成矿可能。其余元素富集系数和变异系数均不高,说明这些元素成矿性相对较小。

表 1 水系沉积物测量地球化学特征值(样品数=323)

Tab. 1 Measured geochemical characteristic values of stream sediments

元素	最大值 $X_{Max}$	最小值 $X_{Min}$	平均值 $C_0$	标准离差 $S_0$	变异系数 $Cv$	信度系数 $k$	异常下限 $T$	全国水系沉积物元素含量平均值 $X_1$	富集系数 $K$
Au	19.95	0.67	3.909	2.927	0.80	1.5	8	2.03	1.97
Ag	0.720	0.033	0.047	0.011	1.25	3	0.1	0.094	0.76
Pb	126.9	8.60	21.573	7.206	0.55	3	40	29	0.86
Zn	298.6	16.50	47.252	18.7	0.61	2	85	77	0.67
Cu	490.3	4.0	17.376	8.289	1.36	3	40	26	1.03
Hg	0.07	0.04	0.057	0.007	0.13	1.5	0.067	0.069	0.83
As	20.97	1.02	5.257	2.22	0.56	2	10	13.3	0.42
Mo	10.02	0.73	1.194	0.35	0.69	2	2	1.13	1.31
W	4.97	0.73	1.181	0.248	0.33	2	1.6	2.7	0.46
Sb	1.68	0.24	0.345	0.106	0.48	2	0.6	1.42	0.27
Sn	8.66	1.48	1.969	0.318	0.25	2	2.6	4.1	0.48
Cr	271.8	13.0	20.257	6.294	0.83	2	35	68	0.37
Cd	1.46	0.19	0.277	0.074	0.46	2	0.4	0.26	1.15

注: Au 含量单位  $10^{-9}$ ,其他元素为  $10^{-6}$ ;  $X_1$  为全国水系沉积物元素含量平均值<sup>[16]</sup>;  $K$  为  $C_0/X_1$ 。

#### 3.2 异常分布特征

根据异常元素组合、面积、强度、地质环境等因素对单元素异常进行了筛选,剔除一小部分弱小单点或假异常后,将在某一地质环境、空间、成因上有明显联系的一组元素异常迭加部分及个别高强度单

元素异常进行综合圈定。

本次 1:50 000 水系沉积物测量工作将区内原有的 1:200 000 AS38 异常进一步分解成了 AS38-1、AS38-2、AS38-3、AS38-4、AS38-5、AS38-6、AS38-7 等 7 个综合异常(图 2)。其中 AS38-3、AS38-5 两个

综合异常在异常面积、强度、规模,元素套合关系方面是7个异常中最好的。其次为AS38-6和AS38-7两个综合异常。

AS38-3综合异常:该异常位于研究区中部朱清峪村北一带,呈近椭圆形,近东西向展布,面积1.93 km<sup>2</sup>,元素组合为Cu、Ag、Zn、Pb、Mo、Au、Cr。各元素异常间套合较好,Cu、Cr、Mo、Zn元素浓集中

心明显,且Cu、Cr、Mo元素浓集中部分重合。其中Cr、Mo元素具内、中、外三个浓度分带;Cu、Zn具中、外两个浓度分带。Cu、Cr、Zn元素异常面积、强度、规模均较大,其余元素异常面积、规模、异常强度均相对较小。异常区地表出露岩性主要为太古界变质花岗岩以及闪长玢岩脉,区域上北西向断裂经过异常区。

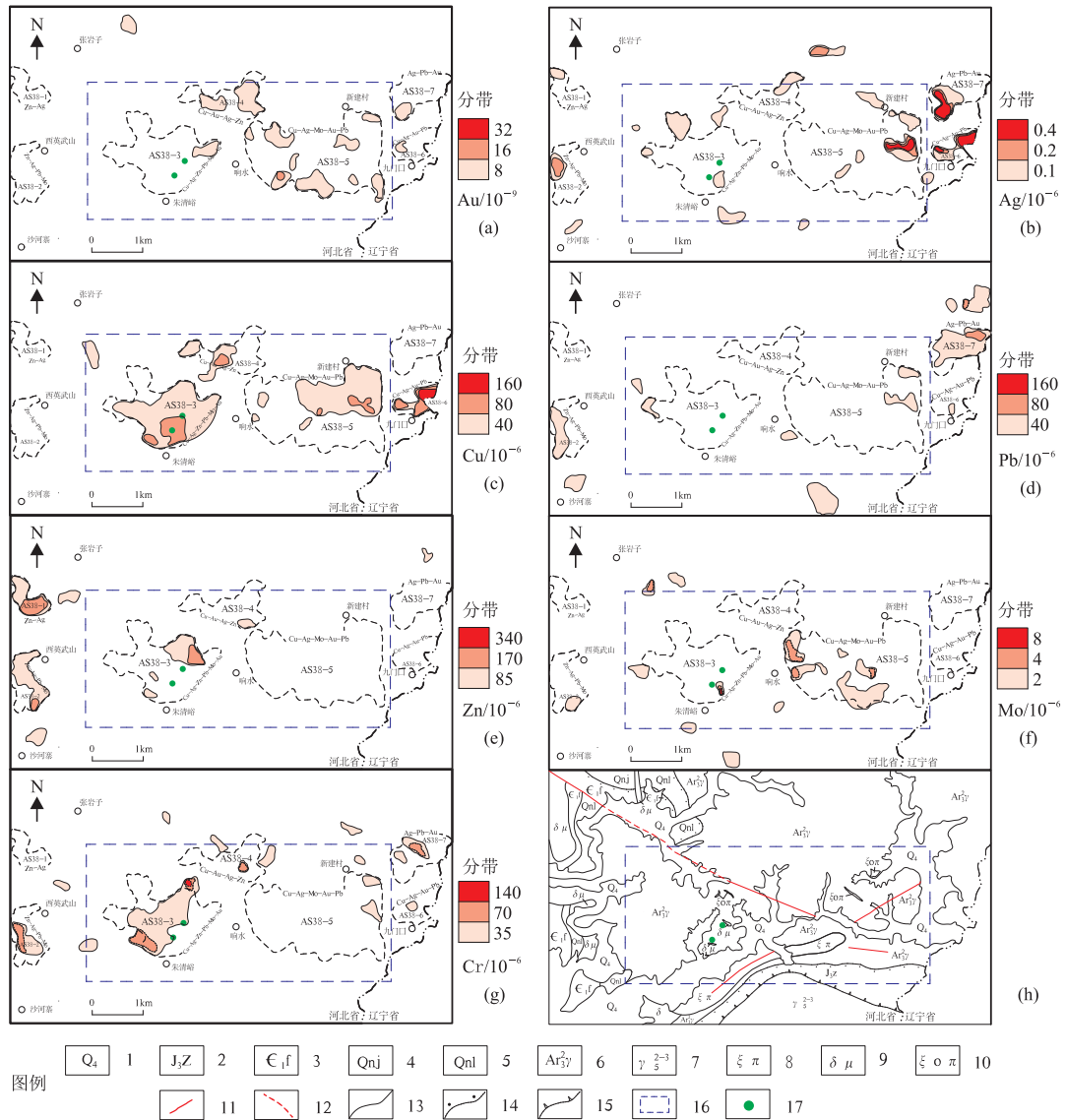


图2 柳江盆地东部1:50000水系沉积物异常剖析图

Fig. 2 Integrated anomaly map of 1:50000 stream sediment in the east of Liujiang Basin  
 a—Au. 地球化学异常图;b—Ag. 地球化学异常图;c—Cu. 地球化学异常图;d—Pb. 地球化学异常图;  
 e—Zn. 地球化学异常图;f—Mo. 地球化学异常图;g—Cr. 地球化学异常图;h—地质图  
 1—第四系;2—张家口组;3—府君山组;4—景儿峪组;5—下马岭组;6—晚太古代山海关变质花岗岩;  
 7—燕山期碱性花岗岩;8—正长斑岩;9—闪长玢岩;10—石英正长斑岩;11—断层;12—推测断层;  
 13—地质界线;14—不整合地质界线;15—侵入接触界限;16—1:10000土壤详查范围;17—铜多金属矿  
 化点

AS38-5 综合异常:该异常位于研究区中东部新建村南一带,呈近矩形,东西向展布,面积 3.42 km<sup>2</sup>,元素组合为 Cu、Ag、Mo、Au、Pb、Cr。Cu、Ag、Pb、Cr 元素异常之间套合较好,且 Cu、Ag 浓集中心重合。其中 Ag 元素具内、中、外三个浓度分带;Cu、Mo、Au 具中、外两个浓度分带。该异常处于北西向断裂与北东向断裂交汇部位,出露岩性为变质花岗岩以及众多以闪长玢岩和石英正长斑岩为主的中酸性岩脉。

AS38-6、AS38-7 综合异常区虽面积相对较小,但 Cu、Ag、Pb、Cr 等元素异常的强度、规模较大,异常之间套合较好,且 Cu、Ag 浓集中心重合。具有较好的找矿前景。但经实地踏查,异常区位于长城旅游保护区内,属于限制勘查的区域。因此,本次研究未对这两个异常区进行进一步查证工作。

## 4 异常查证及成矿远景评价

### 4.1 1:10 000 土壤地球化学特征

在 1:50 000 水系沉积物测量成果的基础上,为了进一步缩小找矿范围确定找矿有利地段,对 1:50 000 水系沉积物 AS38-3、AS38-5 异常区开展了 1:10 000 土壤地球化学详查测量工作。

#### 4.1.1 土壤地球化学参数特征

利用新疆金维软件对所取 4 002 件土壤样品分析结果进行了地球化学参数统计,分别计算出各元素算术背景平均值、标准离差、变异系数(C<sub>v</sub>)、富集系数(K)等地球化学参数,并以公式  $T=C_0+kS_0$ 。

计算求得的理论异常下限为参考<sup>[17]</sup>,结合其所指示地质和矿化意义做进一步修正确定其实用异常下限(表 2)。

由表 2 可知,相对于全国土壤平均值来说,研究区内 Au、Cu、Cd 等元素相对富集,Pb、Hg、Zn、Mo 等元素基本持平,其他元素相对贫化。从元素的分异程度看,Au、Ag、Cu、Hg、Mo 等元素变异系数均大于 1.20,显示出极强分异的特征。

#### 4.1.2 元素共生组合关系

对 13 种元素土壤地球化学分析成果进行了 R 型聚类分析,谱系图见图 3。从中可见,在相关系数  $\gamma=0.5$  的相似水平上,只出现两个簇群,多数元素均为单元素组,未出现元素组合。

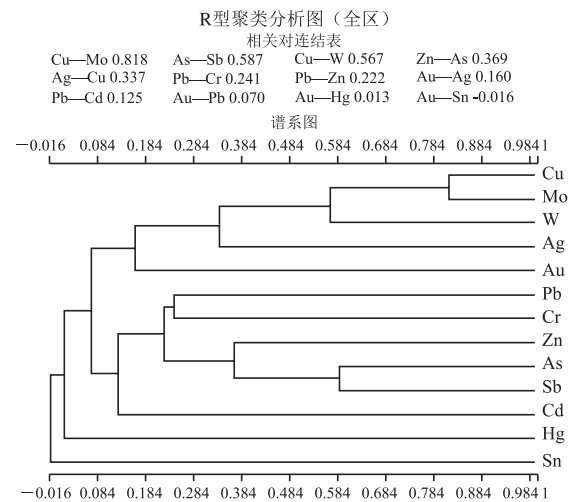


图 3 土壤测量 R 型聚类分析谱系图

Fig. 3 R-type cluster analysis pedigree of soil measurement

表 2 土壤测量地球化学特征值(样品数=4 002)

Tab. 2 Geochemical characteristic values of soil survey

元素	平均值 C <sub>0</sub>	标准离差 S <sub>0</sub>	信度系数 k	计算异常下限	实用异常下限	变异系数 C <sub>v</sub>	全国土壤平均值 C <sub>1</sub>	富集系数 K
Au	4.57	1.14	3	7.99	8.0	1.252	1.4	3.26
Ag	0.054	0.02	2	0.094	0.1	1.688	0.077	0.70
Pb	23.975	8.88	3	50.615	50	0.547	23	1.04
Zn	63.243	15.465	3	109.638	110	0.335	68	0.93
Cu	45.76	27.04	3	126.88	120	3.472	23.9	1.91
Hg	0.048	0.01	3	0.078	0.08	1.799	0.041	1.17
As	5.94	2.186	2.5	11.405	11	0.388	10	0.59
Mo	0.879	0.082	3	1.125	2	1.763	0.80	1.10
W	1.361	0.3	3	2.261	2.4	0.713	1.8	0.76
Sb	0.359	0.087	2	0.533	0.5	0.281	0.8	0.45
Sn	1.744	0.164	2	2.072	2	0.117	2.5	0.70
Cr	38.385	16.578	2.5	79.83	80	0.51	65	0.59
Cd	0.259	0.063	2	0.385	0.35	0.26	0.09	2.88

注:Au 含量单位 10<sup>-9</sup>,其他元素为 10<sup>-6</sup>;C<sub>1</sub> 为全国土壤元素含量平均值<sup>[18]</sup>;K 为 C<sub>0</sub>/C<sub>1</sub>

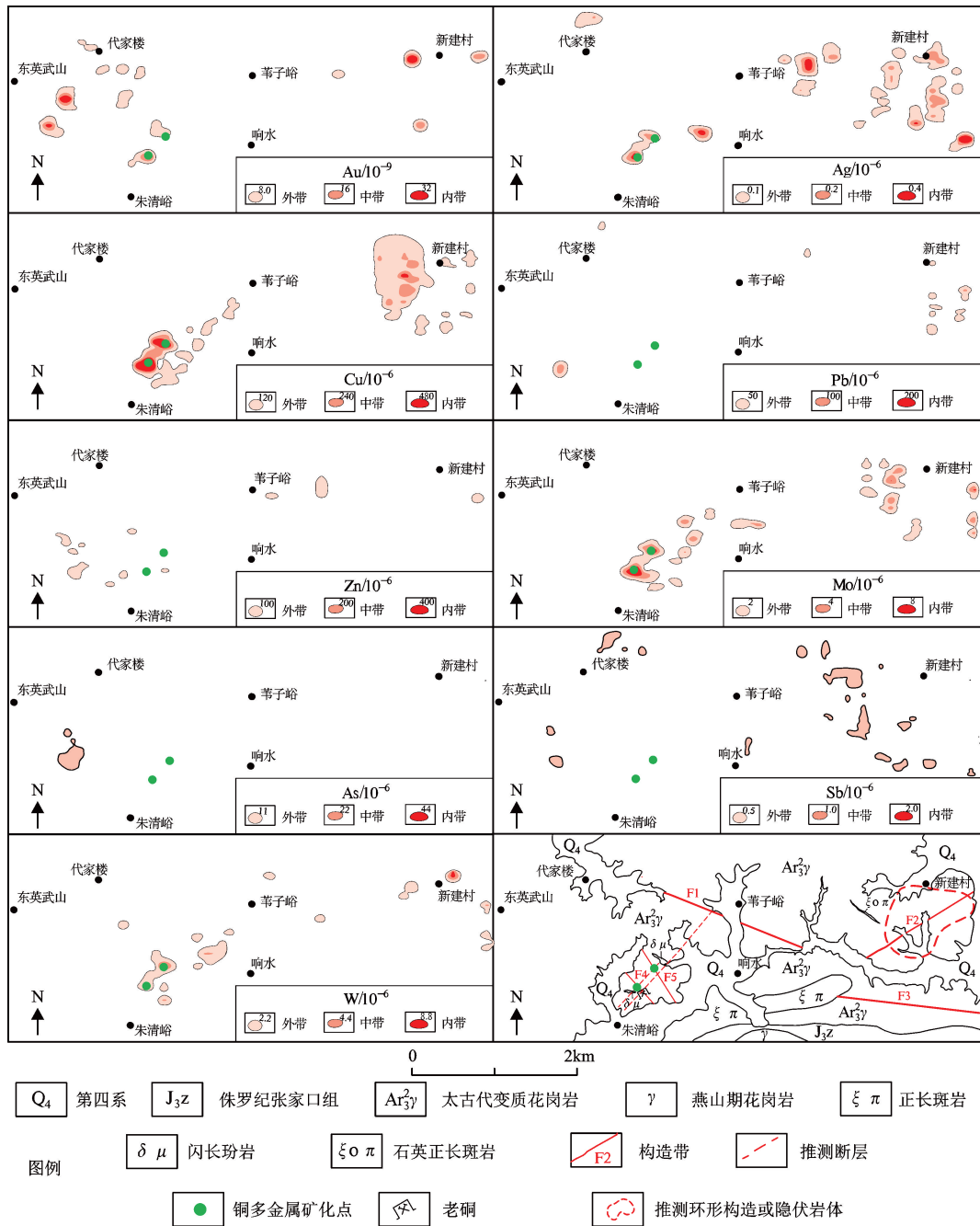


图 4 土壤地球化学异常剖析图

Fig. 4 Analysis of soil geochemical anomalies

I 簇群为 Cu、Mo、W 元素组合,该组合各元素相关性较好,异常主要分布于研究区中部朱清峪村北一带,三种元素异常分布范围基本吻合(图 4)。其中 Mo、W 元素为高温元素,说明 Cu 矿化的形成与中高温热液有关。同时,与该元素组合相对密切的元素为 Ag、Au,二者异常分布范围与该元素组合套合较好(图 4),反映了铜矿化过程中还伴生银、金矿化。

II 簇群为 As、Sb 元素组合,该组合为典型的低温元素组合,其异常分布范围较为零散(图 4),与区内铜及多金属矿化关系不大。

#### 4.1.3 土壤异常特征

从研究区土壤地球化学异常图上来看(图 4),研究区各元素以 Cu、Ag、Mo 元素异常分布最广,Au、W 元素次之。其中 Cu 元素分布呈两个片区,一片位于朱清峪以北一带,地表出露地层为太古界

变质花岗岩,构造发育,岩脉密集分布,分带明显,具内、中、外三个浓度分带,两个浓集中心,分别与北西向断裂构造 F4、F5 展布吻合;另一片分布于新建村西南一带,其异常外带分布范围较大,具内、中、外三个浓度分带,F2 断裂构造从异常中间穿过。Ag、Au、Mo、W 元素较高值分布范围广,分带明显,均具内、中、外三个浓度分带,但相对零散,无大规模集中区出现。有部分异常浓集中心与 Cu 异常浓集中心吻合,但面积略小。其他 Pb、Zn、As、Cr、Sb、Cd、Hg、Sn 等元素较高背景值在全区范围内零散分布,基本无分带。

通过将地球化学特征与地质内容结合起来看,与成矿有关的元素仍然以 Cu 元素为主。推测在朱清峪村北存在两条近平行的北东向断裂构造;在新建村西南存在一个环形构造或隐伏岩体(图 4)。这两个构造对区内元素的富集具有重要控制作用。

#### 4.2 成矿远景分析

经对 Cu、Au、Ag、Mo 等元素土壤地球化学异常中心实地踏勘检查,研究区内共发现 2 处多金属矿化点和 1 处老硐,分布于朱清峪村北一带(图 4)。矿化点位置与 Cu、Au、Ag、Mo、W 元素土壤地球化学异常浓集中心基本吻合。

经取样分析,矿化以铜矿化为主,局部有金、银伴生。地表中铜最高品位 0.510%,金最高品位 0.41 g/t,银最高品位 33.27 g/t;老硐中铜最高品位 3.211%,金元素最高品位为 0.84 g/t,银最高品位为 32.65 g/t,金、银局部与铜伴生。

矿化体呈舒缓波状、扁豆状,矿化主要出现于构造带内裂隙和挤压片理化带中,矿化体连续性较差,厚度变化大,小于一米至数米不等,产状较乱。

铜矿化在构造带内岩石裂隙面上呈薄膜状,在挤压片理发育部位呈混染状,局部蜂窝状。以孔雀石化显现,偶见黄铜矿。

蚀变较强,主要见有:绿帘石化、褐铁矿化、高岭土化,局部可见绿泥石化、硅化、钾化等。

根据异常检查结果,结合地球化学特征分析,区内铜多金属矿产的成因为含铜、金、银等元素的中温或中—高温热液沿断裂构造向上迁移,并在有利地质条件部位赋存成矿。

区内出露地层主要为太古代变质花岗岩。目前冀东已发现的金、钼、铜等多金属矿床大多与太古界地层有关<sup>[19]</sup>。北西向和北东向发育的断裂构造为多金属矿化热液的运移和赋存提供了良好的通道和

空间,特别是研究区又处于二者交汇部位。强烈并多期次的岩浆活动可将地壳深部的含矿热液源源不断地输送到地壳浅部,研究区南部的燕山期花岗岩就起到了这一作用<sup>[20]</sup>。

总之,不论从区域性地质背景及成矿规律分析,还是从区内地球化学特征和成矿条件分析,研究区均有较大铜多金属找矿前景,岩体附近的断裂构造发育带是下一步找矿重点方向。

## 5 结 论

1)通过 1:50 000 水系沉积物测量工作,证明了区内 1:200 000 水系沉积物 AS38 异常的存在,并将其进一步细分为 7 个综合异常。区内 Cu、Ag、Cr、Au 等元素具有较大的变异系数,Au、Cu、Mo、Cd 等元素富集系数大于 1。各元素异常间套合较好,异常分带清晰;其中 AS38-3、AS38-5、AS38-6 和 AS38-7 综合异常显示出矿致异常的特征。

2)对 1:50 000 水系沉积物 AS38-3、AS38-5 异常区开展的 1:10 000 土壤地球化学详查测量成果显示,区内 Au、Cu、Cd 等元素相对富集,Au、Ag、Cu、Hg、Mo 等元素显示出极强分异的特征。特别是区内 Cu 异常分布广、强度大、分带明显,与 Mo、W 异常关系密切,同时还与 Au、Ag、Mo、W 异常套合较好,具有较好的找矿前景。

3)本次研究在朱清峪村北一带发现矿化点 2 处;矿化体呈舒缓波状、扁豆状,赋存于构造带内,蚀变较强。经取样分析,铜达到工业品位要求,局部还有金、银伴生。

4)研究成果表明,区内地层有利成矿、构造发育、后期岩浆活动剧烈;具有较好的铜多金属找矿潜力,岩体附近的断裂构造发育带构成了找矿有利地段。

#### 参考文献:

- [1] 吴迪,刘晓东,田立. 黄沟铀矿床原生晕垂向分带模型[J]. 铀矿地质, 2015, 31(5):502—509.  
WU D, LIU X D, TIAN L. Vertical zonation model of original halo in Huanggou uranium deposit[J]. Uranium Geology, 2015, 31(5):502—509. (In Chinese)
- [2] 吴锡生,纪宏金,陈明. 化探数据处理的发展、现状与趋势[J]. 物探化探计算技术, 1994, 16(1):84—88.  
WU X S, JI H J, CHEN M. Development, current situation and trend of geochemical data processing [J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemi-

- cal Exploration, 1994, 16(1):84-88. (In Chinese)
- [3] 潘彤, 李善平, 赵呈祥, 等. 东昆仑地区夏日哈木铜镍矿床成矿模式及找矿方向[J]. 地质通报, 2017, 36(7): 1276-1287.  
PAN T, LI S P, ZHAO C X, et al. Metallogenic model and prospecting direction of the Xiarihamu Ni-Cu sulfide deposit in East Kunlun Area[J]. Geological Bulletin of China, 2017, 36(7): 1276-1287. (In Chinese)
- [4] 贡二辰, 王巧玲. 大别山钼多金属成矿带矿床地质特征及找矿方向浅析[J]. 矿产勘查, 2013, 4(5): 503-507.  
GONG E C, WANG Q L. Geological characteristics of the Dabie Mountain molybdenum polymetallic metallogenic belt and prospecting targets[J]. Mineral Exploration, 2013, 4(5): 503-507. (In Chinese)
- [5] 李越, 季建清, 涂继耀, 等. 燕山东部柳江地区构造属性新解与郯庐断裂系活动[J]. 岩石学报, 2009, 25(3): 675-681.  
LI Y, JI J Q, TU J Y, et al. Structure of Liujiang terrain and implications for displacement of Tanlu fault system[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(3): 675-681. (In Chinese)
- [6] 周聘渭, 安光义. 论河北柳江盆地寒武系与奥陶系的分界[J]. 河北地质学院学报, 1993, 16(2): 124-131.  
ZHOU P W, AN G Y. Discussion on the cambrian-ordovician boundary in lijiang basin, Hebei[J]. Journal of Hebei GEO University, 1993, 16(2): 124-131. (In Chinese)
- [7] 杨小荟, 牛平山, 温学友, 等. 国家地质公园教学资源的开发利用: 以秦皇岛柳江国家地质公园为例[J]. 地质与资源, 2005, 14(2): 157-160.  
YANG X H, NIU P S, WEN X Y, et al. Development and utilization of the educational resources on national geopark: A case study of the Liujiang national geopark in Qinhuangdao[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2005, 14(2): 157-160. (In Chinese)
- [8] 鄢继华, 常嘉, 陈世悦, 等. 秦皇岛地区上古生界沉积特征与沉积演化[J]. 古地理学报, 2019, 21(5): 743-756.  
YAN J H, CHANG J, CHEN S Y, et al. Sedimentary characteristics and evolution of the Upper Paleozoic strata in Qinhuangdao Area[J]. Journal of Palaeogeography (Chinese Edition), 2019, 21(5): 743-756. (In Chinese)
- [9] 史殿胜, 王亚清, 程立群, 等. 河北马家峪地球物理及地球化学异常特征及找矿前景[J]. 地质与资源, 2013, 22(3): 212-217.  
SHI D S, WANG Y Q, CHENG L Q, et al. Geophysical and geochemical anomalies and prospect forecast of Majiayu Area in Hebei Province[J]. Geology and Resources, 2013, 22(3): 212-217. (In Chinese)
- [10] 任学义, 程立群, 王凯, 等. 河北水门寺瓷石矿床地质特征及成因初探[J]. 资源信息与工程, 2016, 31(5): 62-64.  
REN X Y, CHENG L Q, WANG K, et al. Geological characteristics and genesis of the Shuimensi porcelain stone deposit in Hebei Province[J]. Resource Information and Engineering, 2016, 31(5): 62-64. (In Chinese)
- [11] 范炳恒, 李壮福. 柳江盆地本溪组底部海相动物群[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(1): 29-32.  
FAN B H, LI Z F. Research on marine fauna from the bottom bed of Benxi Formation in Liujiang Basin[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1999, 28(1): 29-32. (In Chinese)
- [12] 刘锡文. 从秦皇岛柳江盆地岩浆活动论其大地构造性质及成矿特征[J]. 唐山工程技术学院学报(自然科学版), 1995, 17(1): 76-79.  
LIU X W. Discussion of geotectonic properties and mineralization characteristics based on magma in Qinhuangdao Liujiang Basin[J]. Journal of North China University of Science and Technology (Natural Science Edition), 1995, 17(1): 76-79. (In Chinese)
- [13] 刘锡文, 李连合. 秦皇岛柳江盆地地壳演化过程与成矿特征[J]. 唐山工程技术学院学报(自然科学版), 1994, 16(1): 52-58.  
LIU X W, LI L H. Crustal evolution and metallogenic characters of the Liujiang diwa basin, Qinhuangdao [J]. Journal of North China University of Science and Technology (Natural Science Edition), 1994, 16(1): 52-58. (In Chinese)
- [14] 王巧玲, 李山坡, 陈春景, 等. 河南省新县南地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 矿产勘查, 2021, 12(8): 1820-1828.  
WANG Q L, LI S P, CHEN C J, et al. Geochemical characteristics and ore prospecting of water sediments in the Southern Area of Xinxian County, Henan Province[J]. Mineral Exploration, 2021, 12(8): 1820-1828. (In Chinese)
- [15] 张朋, 张志强, 张龙升, 等. 河北北部棋盘山一朝阳地一带水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 新疆有色金属, 2022, 45(1): 40-46.  
ZHANG P, ZHANG Z Q, ZHANG L S, et al. Geochemical characteristics and prospecting direction of stream sediments in the Qipanshan-Chaoyang land-

- belt, northern Hebei[J]. Xinjiang Nonferrous Metals, 2022, 45(1): 40—45. (In Chinese)
- [16] 迟清华, 鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007.  
CHI Q H, YAN M C. Handbook of elemental abundance for applied geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007. (In Chinese)
- [17] 李新, 贺晓天, 何鹏, 等. 内蒙古三七林场地区土壤地球化学特征及找矿靶区研究[J]. 矿产勘查, 2022, 13(4): 481—489.  
LI X, HE X T, HE P, et al. Soil geochemical characteristics and prospecting target area in Sanqi forest farm Area, Inner Mongolia[J]. Mineral Exploration, 2022, 13(4): 481—489. (In Chinese)
- [18] 郭海全, 马忠社, 郝俊杰, 等. 冀东土壤地球化学基准值特征及研究意义[J]. 岩矿测试, 2007, 26(4): 281—286.  
GUO H Q, MA Z S, HAO J J, et al. Characteristics and significance of reference values of the geochemical elements in soil samples from eastern Hebei Province [J]. Rock and Mineral Analysis, 2007, 26(4): 281—286. (In Chinese)
- [19] 江为为, 管志宁, 郝天珧, 等. 华北地台北缘地球物理场特征与金属矿床预测[J]. 地球物理学报, 2002, 45(2): 233—245.  
JIANG W W, GUAN Z N, HAO T Y, et al. Characters of geophysical fields and forecasting of metal mine at the north edge of Huabei platform [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2002, 45(2): 233—245. (In Chinese)
- [20] 徐锡华, 卢铁贵, 魏富有, 等. 冀东地区金属矿产成矿规律初探[J]. 地质找矿论丛, 1993, 8(4): 23—30.  
XU X H, LU T G, WEI F Y, et al. Discussion on metallogenic pattern in the East Hebei[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1993, 8(4): 23—30. (In Chinese)

## Geochemical characteristics and prospecting prospect assessment of eastern Liujiang Basin, Hebei Province

XIONG Chao<sup>1</sup>, CHENG Liquan<sup>1,2</sup>, WANG Jinduo<sup>1</sup>, WANG Kai<sup>1</sup>

(1. The Eighth Geological Brigade of Hebei bureau of geology and mineral resources exploration, Qinhuangdao 066000, China;  
2. Hebei Baodi Construction Engineering Corporation, Ltd, Qinhuangdao 066000, China)

**Abstract:** Liujiang Basin is located in the middle of the Sino-Korean quasi-platform. It has a complex structure, strong magmatic activity, and superior regional metallogenic conditions. In order to achieve a breakthrough in prospecting, the geochemical anomaly characteristics of the AS38 region in this area were comprehensively studied using 1:50 000 stream sediment survey, 1:10000 soil geochemical detailed survey and mineral spot inspection. The results show that the anomaly enrichment center of Cu element is prominent, the coefficient of variation is high, and the Cu element is well integrated with Au, Ag, Cr, Mo, etc. The soil geochemistry results show that the Cu anomalies are widely distributed, with high intensity and pronounced zonation, are closely related to the high-temperature elements Mo and W, and are well integrated with Au and Ag. In the abnormal zone, the mineralization is mainly copper mineralization, with local gold and silver mineralization points. Therefore, the study area has a significant prospecting prospect for copper polymetallic ore, and the fracture structure development zone near the rock mass is the fundamental direction of the subsequent prospecting.

**Keywords:** characteristics of geochemistry; metallogenic prospective; copper polymetallic ore; Liujiang basin