

doi: 10.11720/wtyht.2020.1385

陆伟彦,杜明龙,纪山青,等.河北省卢龙县亮甲峪测区地球化学异常及找矿意义[J].物探与化探,2020,44(4):719-726.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1385

Lu W Y, Du M L, Ji S Q, et al. Geological anomaly characteristics of Liangjiayu area in Hebei Province and their prospecting significance[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(4): 719-726. http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1385

河北省卢龙县亮甲峪测区地球化学异常 及找矿意义

陆伟彦,杜明龙,纪山青,刘川,孟祥元,邢仕,刘子江
(河北省地矿局第五地质大队,河北 唐山 063000)

摘要:冀东地区矿产资源非常丰富,但以往只把铁矿和金矿作为重点找矿目标,对钨矿等勘查重视程度不够。在亮甲峪地区进行1:2.5万土壤地球化学测量工作,通过元素分布特征、单元素异常特征、元素相关性分析以及综合异常圈定,确定了找矿靶区;通过对Z1靶区进行土壤剖面测量,圈定了3条异常带,对异常带实施钻孔深部验证,发现金钨矿体,证明异常为矿致异常

关键词:亮甲峪;土壤地球化学测量;地球化学特征;金钨矿

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2020)04-0719-08

0 引言

亮甲峪测区位于河北省卢龙县境内,属我国重要的铁矿成矿区,前人在该区主要从事铁矿勘查工作,目前尚未发现有色金属找矿突破^[1]。笔者利用1:5万水系沉积物测量工作成果,在区内第四系覆盖较严重的情况下,依据土壤地球化学测量技术方法,圈定异常,并对异常进行找矿信息的评价^[2-5],在亮甲峪地区发现金钨矿体,在冀东地区尚属首次。

1 地质背景

1.1 区域地质背景

亮甲峪测区地处华北板块燕山褶皱带北缘,以青龙河—滦县大断裂为界,西与马兰峪复式背斜为邻。区域上划分潘庄—卢龙断裂(为青龙河—滦县大断裂的一部分)呈NNE向展布,断裂西部为迁安片麻岩穹窿区,东部为卢龙褶皱区,测区位于卢龙褶皱区内^[6](图1)。

1.2 测区地质

1.2.1 地层

测区内地层主要由太古宙变质地体和第四系组成。区内出露的太古宙变质地体^[7]主要为卢龙岩群的湾杖子岩组和三门店岩组,以及卢龙片麻岩套的潘庄变质二长花岗岩。湾杖子岩组岩性主要为斜长角闪岩,局部夹有极少量的角闪斜长变粒岩、角闪斜长片麻岩,岩石主要由角闪石、斜长石、少量黑云母和不透明矿物组成,其中角闪石58%、斜长石40%+、黑云母2%-;三门店岩组主要岩石类型为黑云斜长变粒岩,局部夹有极少量的斜长角闪岩,岩石主要由斜长石、石英、钾长石、黑云母、少量白云母和不透明矿物组成,其中斜长石52%、石英18%、钾长石17%、黑云母10%、白云母2%、不透明矿物1%;潘庄变质二长花岗岩岩性主要为变质二长花岗岩,内部含有少量的斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩包体,主要矿物成分包括钾长石、斜长石和石英,局部含有少量黑云母、角闪石。区内第四系出露全新统冲洪积物,主要分布于河道沟谷处,由砂土、砂、砾石组成。

收稿日期:2019-07-26;修回日期:2019-11-25

基金项目:河北省地质勘查资金项目(冀国土资勘字[2018]050)

作者简介:陆伟彦(1968-),男,高级工程师,本科,长期从事地质矿产勘查工作。

通讯作者:杜明龙(1983-),男,高级工程师,硕士研究生,长期从事地质矿产勘查及化探工作。

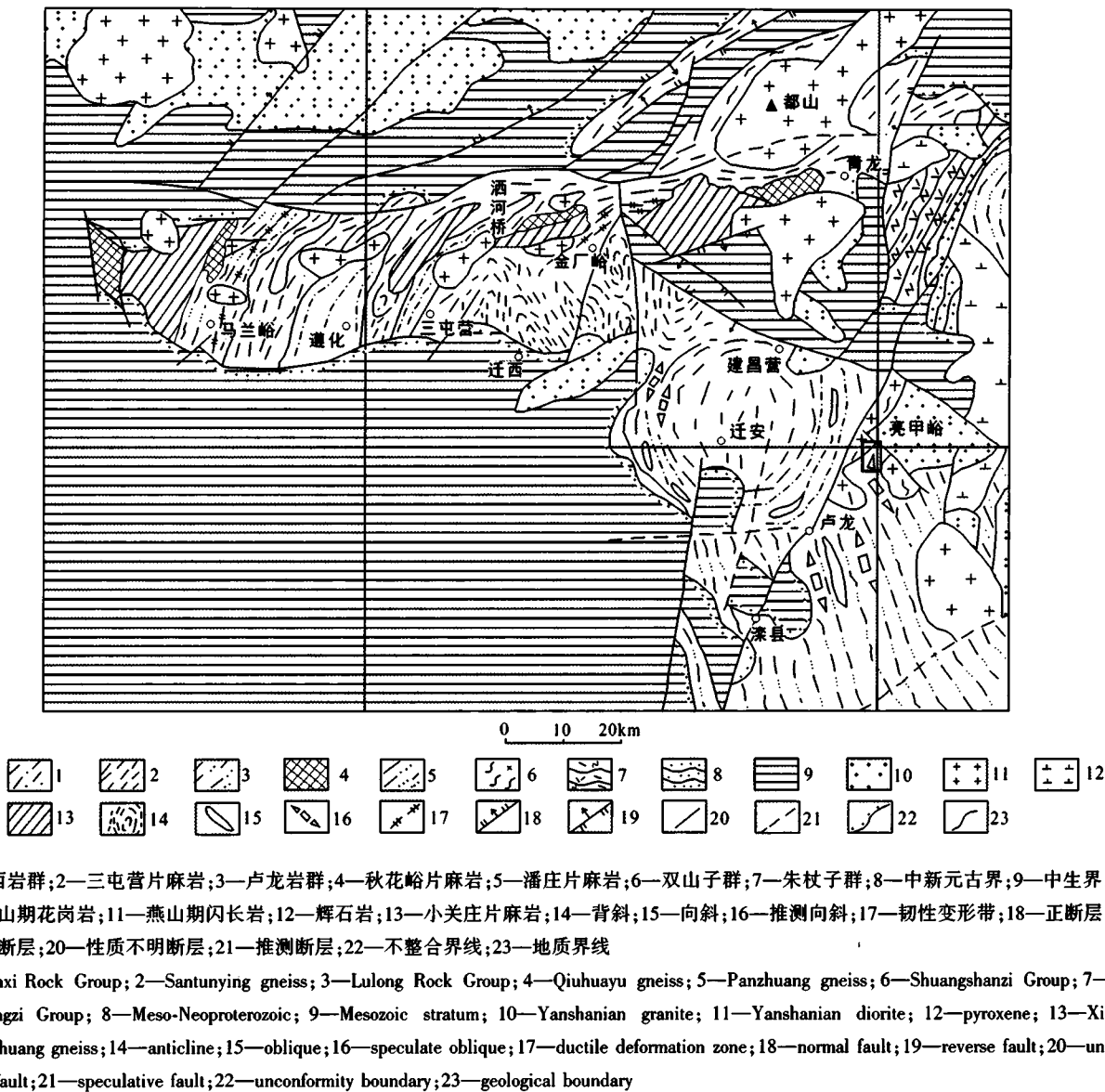


图 1 冀东太古宙杂岩地质构造略图^[4]

Fig.1 Geological structure of the Archean complex in eastern Hebei^[4]

1.2.2 构造

区内构造主要为榆林甸向斜褶皱构造^[7]。该褶皱主期为一向斜构造,后期受 SN 向挤压应力作用,使主期向斜的轴面形成向西凸出的弧形开阔褶皱。主期向斜轴面由北向南依次为 N35° E、NW ∠75°, N20° E、NW ∠65°, SN、W ∠57°, N20° W、SW ∠80°, N50° W、SW ∠78°;弧形开阔褶皱枢纽产状 W ∠57°,轴向近 EW。主期向斜核部由三门店岩组构成,翼部为湾杖子岩组,内翼向外倾,倾角一般 60°~80°;外翼向内倾,倾角相对较陡,一般 80°~85°。弧形开阔褶皱北翼被滤马庄—冯家沟断裂所截,其核心为潘庄变质二长花岗岩所占据,潘庄组明显晚于向斜侵入。

2 亮甲峪地区地球化学异常特征

2.1 地球化学异常信息提取

对亮甲峪地区进行 1:2.5 万土壤地球化学测量,采样基本网度为 250 m×100 m。样品采自 B 层的黏土、含岩屑黏土、粉土及岩矿屑,深度在 50~70 cm, B 层基本缺失处取 B+C 层或 C 层上部岩屑。测区面积 40.17 km²,共采集生产样 2 218 件,重复样 62 件。土壤样品分析测试 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、As、Sb、Bi、Sn、Hg、W 共 12 种元素,测试单位为河北省地球物理勘查院实验室,各元素分析方法和分析质量良好,其中 Au 的分析方法为 P-GF-AAS,内检合格率 100%;其他元素分析方法分别为 OES、HG-AFS、CV-AFS、ICP-OES、ICP-MS,内检合格率大于 96.32%。

2.2 地球化学参数及背景值统计

对亮甲峪地区 1:2.5 万土壤地球化学测量分析结果进行全区元素地球化学参数统计,统计的参数主要有背景值(X)、标准离差(S)、变异系数(C_v),结果见表 1。

亮甲峪地区 Au、Cu、W、Hg、Ag 平均值高于冀东丰度值,背景值偏高;Zn、Mo、Sb、Pb、Bi、As、Sn 平均值低于冀东丰度值,背景值偏低。

变异系数较大的元素有 Au($C_v=1.83$)、Bi($C_v=2.48$)、W($C_v=2.44$)、Hg($C_v=1.69$),表明这 4 种元素具有高富集的地球化学特征,具备富集成矿的地球化学条件。

利用亮甲峪地区土壤地球化学测量中各元素的变异系数,探讨数据集的相对离散程度^[9]。由图 2 可看出,Au、Hg、W 变化程度较大,反映其高含量数据较多,富集成矿性较大^[10],而 C_{v1}/C_{v2} 值大于 2 的元素有 Au、Hg、Bi、W,说明这些元素被剔除的高值

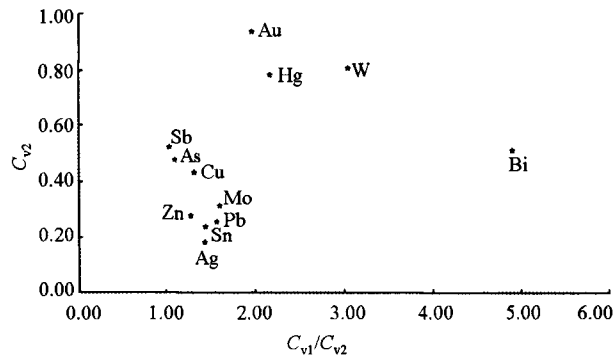


图 2 亮甲峪地区地球化学土壤测量变异系数点位离散

Fig.2 The explanation variation coefficients of the Liangjiayu district

点比较多,局部富集的可能性较大。

对算术数据进行剔除离散值的计算,即剔除大于 $\bar{x}+3S$ 和小于 $\bar{x}-3S$ ($\bar{x}$ 为平均值, S 为标准离差)的数值。对数据进行剔除畸变量的计算,即剔除大于 $\lg\bar{x}_g+3\sigma$ 和小于 $\lg\bar{x}_g-3\sigma$ ($\bar{x}_g$ 为几何平均值, σ 为对数标准离差)的含量^[11-12]。各元素的异常下限值(C_a)根据元素含量的分布形式采用上述不同的计算方式统计得出。异常下限值统计结果见表 2。

2.3 单元素异常特征

共圈定 1:2.5 万土壤地球化学测量单元素异常 110 个,其中 Au 异常 11 个,Ag 异常 8 个,Cu 异常 9 个,Pb 异常 10 个,Zn 异常 18 个;Mo 异常 6 个,W 异常 9 个,Bi 异常 5 个,Hg 异常 12 个,Sb 异常 16 个,Sn 异常 6 个。

通过对本区地球化学土壤测量数据的数理统计,综合地质成果,确定本区内主成矿元素为金和钨(表 3)。因此将 Au、W 作为主要元素,其他元素根据相关分析作为指示元素(Hg 和 Bi)或另一组合元素,以单元素异常规模作为评序参数,来确定单元素异常的排列序次。

测区内金异常共由 11 个小异常组成,异常分布较为集中,高浓集中心多位于矿区中北部,整体异常大致走向为 NNE 向,从测区南部一直断续延伸至北部边界。南部异常强度较低,大部分只有一级浓度分带,总体背景较高,呈不规则状,发育有 Au10 和 Au11 两个异常;中部异常面积较大,发育有 Au6~Au9 共 4 个异常,异常一般为二级浓度分带,异常强度一般,其中 Au7 面积最大,呈不规则状,北侧具有三级浓度分带,异常 NAP 值达到 7.99;北部异常强

表 1 亮甲峪地区土壤地球化学参数

Table 1 The parameters of soil geochemistry of the Liangjiayu district

参 数	Au	Cu	Zn	Mo	Sb	W	Pb	Bi	As	Hg	Sn	Ag
X	2.50	34.95	73.27	0.66	0.41	1.41	21.80	0.16	5.78	26.78	2.05	0.08
S_1	5.36	20.41	27.27	0.35	0.22	3.98	9.05	0.46	3.04	47.02	0.72	0.02
C_{v1}	1.83	0.56	0.36	0.50	0.53	2.44	0.40	2.48	0.52	1.69	0.35	0.27
S_2	2.34	15.07	20.87	0.21	0.22	1.13	5.61	0.08	2.75	20.91	0.49	0.01
C_{v2}	0.94	0.43	0.28	0.31	0.52	0.80	0.26	0.51	0.48	0.78	0.24	0.19
冀东丰度值 ^[8]	0.83	12.9	68	0.74	0.46	1.3	22	0.19	6	21.5	2.4	0.071

注: Au、Hg 含量单位为 10^{-9} , 其他元素为 10^{-6} ; S_1 、 C_{v1} 为原始数据计算, S_2 、 C_{v2} 为剔除 $>X+3S$ 和 $<X-3S$ 后的计算值

表 2 亮甲峪测区地球化学土壤测量各元素异常下限计算结果

Table 2 Calculation results of abnormal lower limit of each element in geochemical soil measurement in Liangjiayu survey area

参数	Au	Cu	Zn	Mo	Sb	W	Pb	Bi	As	Hg	Sn	Ag
$\lg\bar{x}_g$	0.40	1.54	1.86	-0.18	-0.38	0.15	1.34	-0.79	0.76	1.43	0.31	-1.11
δ	0.37	1.18	1.32	-0.68	-0.67	0.05	0.75	-1.09	0.44	1.32	-0.31	-1.84
C_a	4	50	100	1.2	0.6	2	30	0.3	10	40	3	0.1

度较高,三级浓度分带明显,发育有 Au1~Au5 号异常,极大值点达到 100×10^{-9} 含量(表 4)。异常整体分布于三门店组黑云斜长变粒岩中。

测区钨异常共由 11 个异常组成,异常多发育在工区中部和北部,异常整体呈 NNE 向展布,成带性较好,多具二到三级浓度分带,异常规模、面积亦较好。其中 W3 号异常面积达到 1.56 km^2 ,元素异常峰值为 109×10^{-6} ,均值 22.3×10^{-6} ,为该区规模最大的单元素异常(表 5)。从整体异常分布来看,W 与 Au 异常分布形态相似,地理位置大致略向西偏于 Au 异常,主要分布在湾杖子组黑云斜长角闪岩中。

2.4 元素组合异常特征及评价

通过亮甲峪地区土壤地球化学测量数据的相关分析(表 6)可知,W、Mo、Bi 相关系数较高,相关性

较为密切;Au、Pb、Zn、Cu、Ag 表现出明显的相关性;As、Sb、Hg、Sn 相关性较密切。

通过对 12 种元素的 R 型聚类分析,在 $r=0.2$ 相关水平上,亮甲峪测区土壤地球化学元素可分为四类簇族元素组合(图 3),且这四类簇族元素温度分带性表现较好:

第一簇 Au、Ag、Cu、Zn、Pb,与相关系数表对应较好,这一簇族元素属于典型多金属成矿元素组合,推断为 Au 主成矿元素与伴生元素。

第二簇 Mo、Bi、W,为高温成矿元素,这一簇族元素属典型的钨钼成矿元素组合,根据数据显示以 W 为主成矿元素,Mo、Bi 作为伴生或指示元素出现。

第三簇 Sn、As、Sb,为一套低温元素组合,但其中又夹有 Sn 这一高温元素组合,推测可能与多期热

表 3 亮甲峪地区主成矿单元素地球化学异常筛选
Table 3 Screening of the main ore-forming elemental geochemical anomalies in the Liangjiayu area

参数	Au1	Au4	Au7	Au3	W3	W2	W5	W8	W11	W1
规模	17.60	11.40	4.45	2.23	17.39	5.50	4.06	3.15	2.40	2.28
浓度分带	内	内	内	内	内	内	内	内	内	内

表 4 亮甲峪测区 Au 异常特征
Table 4 Au anomaly characteristics in the Liangjiayu area

异常编号	面积/ km^2	平均值/ 10^{-9}	峰值/ 10^{-9}	衬度	规模	NAP	浓度分带
Au1	2.86	12.37	100	6.19	17.69	29.66	3
Au2	0.07	6	6	3	0.21	0.28	2
Au3	0.58	7.71	20	3.86	2.24	3.31	3
Au4	2.14	10.67	100	5.34	11.42	18.52	3
Au5	0.15	5	5	2.5	0.38	0.45	2
Au6	0.11	7.09	12.1	1.77	0.19	0.34	2
Au7	2.46	7.25	63.3	1.81	4.46	7.99	3
Au8	0.23	7.9	29.3	1.98	0.45	0.89	3
Au9	0.36	9.3	22.5	2.33	0.84	1.91	3
Au10	0.61	5.5	8.33	1.38	0.84	0.91	2
Au11	0.23	5.4	7.43	1.35	0.31	0.32	1

注:异常规模=面积×衬度;NAP=面积×平均值。下表同

表 5 亮甲峪测区 W 异常特征
Table 5 W anomaly characteristics in the Liangjiayu area

异常编号	面积/ km^2	平均值/ 10^{-9}	峰值/ 10^{-9}	衬度	规模	NAP	浓度分带
W1	0.86	5.3	23	2.65	2.28	2.84	3
W2	1.59	6.92	21.7	3.46	5.50	7.82	3
W3	1.56	22.3	109	11.15	17.39	31.67	3
W4	0.29	4.25	6.2	2.13	0.62	0.65	2
W5	1.29	6.3	23.2	3.15	4.06	5.55	3
W6	0.82	4.02	10.54	2.01	1.65	1.66	3
W7	0.29	3.01	3.94	1.51	0.44	0.29	1
W8	0.52	12.11	20.52	6.06	3.15	5.26	3
W9	0.26	2.42	2.66	1.21	0.31	0.11	1
W10	0.35	3.78	6.05	1.89	0.66	0.62	2
W11	0.7	6.87	18.7	3.43	2.40	3.41	3

表 6 亮甲峪测区土壤地球化学测量各元素相关系数

Table 6 The elemets correlation coefficients on soil geochemical in the Liangjiayu district

元素	Au	Cu	Zn	Mo	Sb	W	Pb	Bi	As	Hg	Sn	Ag
Au	1											
Cu	0.182	1										
Zn	0.147	0.499	1									
Mo	-0.033	0.093	0.025	1								
Sb	-0.053	-0.134	0.016	0.199	1							
W	0.078	0.202	0.137	0.474	-0.018	1						
Pb	0.117	-0.028	0.354	0.205	0.110	0.075	1					
Bi	0.023	0.149	0.090	0.199	0.083	0.520	0.024	1				
As	0.136	0.035	0.044	0.258	0.710	0.188	0.201	0.247	1			
Hg	-0.028	-0.069	-0.022	0.050	0.173	-0.017	0.029	0.017	0.150	1		
Sn	-0.053	-0.087	0.008	0.068	0.387	-0.025	-0.004	0.028	0.288	0.092	1	
Ag	0.273	0.179	0.325	0.023	0.030	0.117	0.197	0.113	0.211	0.034	0.035	1

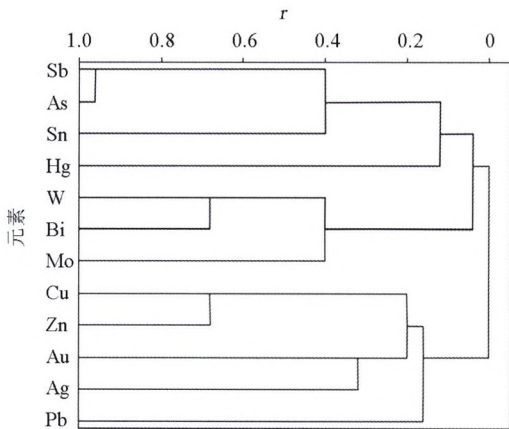


图 3 亮甲峪测区土壤地球化学 R 型聚类谱系

Fig.3 The R-type clustering of soil geochemistry of the Liangjiayu district

液活动有关。

第四簇 Hg,形成异常较弱,推断可能为早期构造的探途元素,经多期构造变形后零散分布于测区内。

通过对全区数据进行数理统计,并结合地质情况^[13],在本区共圈定综合异常 4 个(图 4),由北至南编号为 Z1~Z4,异常总体呈 NNE 向带状分布,其特征分述如下:

Z1 号综合异常位于测区中北部,异常面积 8.47 km²,呈不规则状,主要为大规模高强度 Au、W 异常,叠加 Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Ag、As 等形成。该综合异常元素组分齐全,异常强度高,浓集明显,套合较好,其中异常区内 Au 异常由 Au1~Au5 组成,Au 异常最高值 100×10⁻⁹,平均值 8.32×10⁻⁹,异常规模 31.81;W 主要由 W1~W5 组成,最高值为 109×10⁻⁶,平均值 9.01×10⁻⁶,异常规模 29.76;Cu 异常为 Cu1、Cu3、Cu4、Cu5、Cu7、Cu8 组成,Cu 异常最高值为 408×10⁻⁶,平均值 161.98×10⁻⁶,异常规模 8.52;三者异常规模大,强度高,多具三级浓度分带,浓集

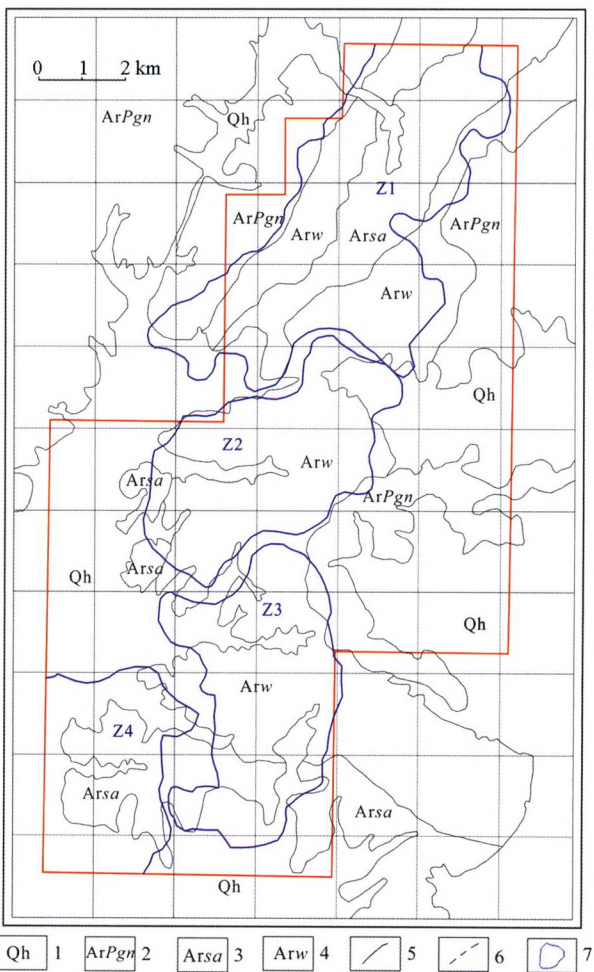


图 4 亮甲峪测区综合异常分布

Fig.4 The comprehensive anomaly distribution of the Liangjiayu area

1—第四系冲洪积亚黏土、亚砂土;2—潘庄组变质二长花岗岩;3—三门店组黑云斜长变粒岩夹斜长角闪岩;4—湾杖子组斜长角闪岩夹角闪斜长变粒岩;5—实测地质界线;6—推测地质界线;7—综合异常范围

1—alluvial clay, sub-sand of Quaternary;2—metamorphic adamellite of Panzhuang formation;3—biotite plagioclase granulite of Sanmendian formation;4—amphibolite and granulite of Wanzhangzi formation;5—measured geological boundary;6—inference geologic boundary;7—synthetic anomaly range

中心明显,套合性好。此外综合异常内还发育 Pb、Zn、Bi、Mo、Ag、As 等异常,但异常强度较弱,和主成矿 Au、W 套合较好。异常所处地质条件为亮甲峪—榆林甸主期向斜,向斜轴部为三门店岩组,两翼为湾杖子岩组,向斜外部为潘庄组二长花岗岩,前人认为该向斜为潘庄组二长花岗岩捕虏体。

Z2 号综合异常位于测区中部,常各庄至水家沟一带,异常呈近似椭圆状,异常面积 4.07 km^2 ,呈 NNE 走向。其中 Au7 异常面积大,强度较高,三级分带明显,异常峰值达到 63.3×10^{-9} ,平均值 7.57×10^{-9} ,异常规模 4.91;Cu 异常面积较大,但浓集中心不明显,仅达到中带强度,异常最高值为 105.64×10^{-6} ,平均值 69.43×10^{-6} ,异常规模 4.39,Cu 异常的西南部高值区与 Ag、W 异常套合较好;Ag 规模较小,峰值 0.21×10^{-6} ,平均值 0.13×10^{-6} ,异常规模 0.56;W 异常峰值 10.54×10^{-6} ,平均值 4.02×10^{-6} ,异常规模 1.64;Zn 位于异常中心部位,异常面积较大,异常峰值 357.65×10^{-6} ,平均值 128.48×10^{-6} ,异常规模 2.01;其他元素异常较弱。Z2 号综合异常地表岩性以湾杖子组细粒斜长角闪岩夹角闪斜长变粒岩为主,异常东部可见少量潘庄片麻岩组的黑云二长片麻岩,变质二长花岗岩等,异常西部局部可见三门店组的黑云斜长变粒岩、石榴黑云斜长变粒岩。

Z3 号综合异常位于测区南部水家沟至刘家沟一带,异常面积 5.40 km^2 ,呈不规则状。异常由中等强度、规模的 Au、Cu、Zn 异常,高强度中等规模的 W 异常以及小规模、强度的 Ag、Pb、Bi、Sb、Hg 异常套合形成。W 为异常区内规模最大的单元素异常,主要由 W8、W9、W10、W11 四个单元素异常组成,其异常最大值为 20.52×10^{-6} ,平均值 6.29×10^{-6} ,异常规模 6.52;异常区内的 Au 异常强度较低,规模一般,其异常峰值为 22.5×10^{-9} ,平均值 6.73×10^{-9} ,异常规模 1.99;Cu 异常面积较大,但浓集中心不明显,强度较低,异常最高值为 103.93×10^{-6} ,平均值 61.25×10^{-6} ,异常规模 2.72;Zn 峰值 307.81×10^{-6} ,平均值 136.60×10^{-6} ,异常规模 1.32;Mo 峰值 4.12×10^{-6} ,异常规模 1.25;其余元素的异常规模小、强度低,多为一级浓度分带规模较小。Z3 号综合异常北部主要出露湾杖子岩组细粒斜长角闪岩夹角闪斜长变粒岩,异常南部主要出露三门店岩组的黑云斜长变粒岩。

Z4 号综合异常位于测区西南部,张各庄村北的架炮山一带,异常面积 3.65 km^2 ,呈不规则状,异常西部、南部未闭合。异常主要由大规模 Hg 异常套合 Sb、As、Pb、Bi、Sn 等构成。其中 Hg 包含 Hg9、

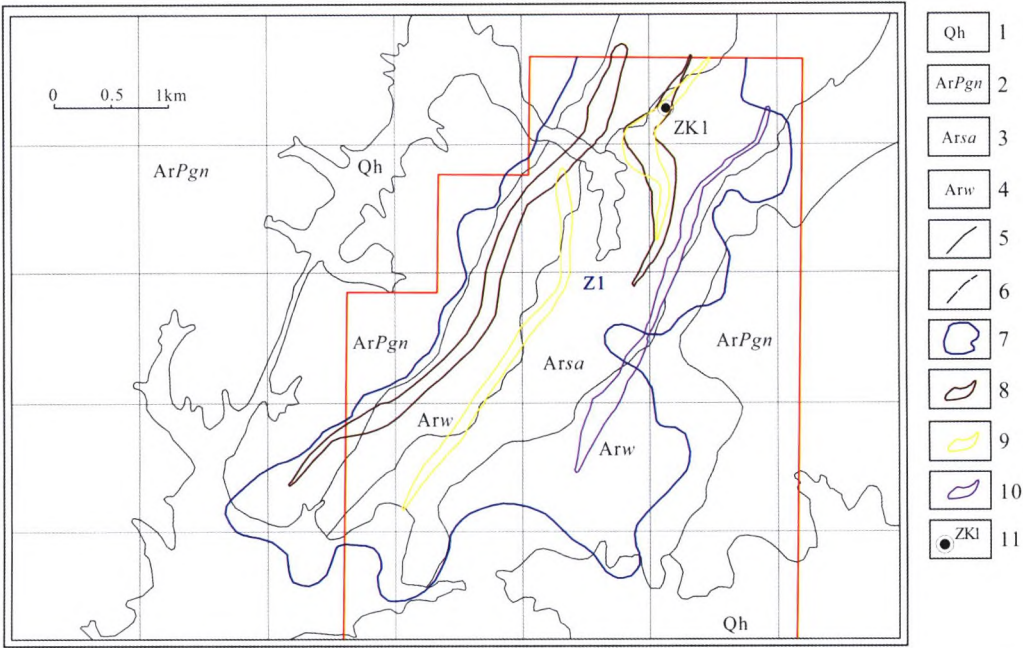
Hg10、Hg11、Hg13、Hg14、Hg17 等 6 个单元素异常,异常规模大,但强度较低,异常峰值为 153.83×10^{-9} ,平均值 56.88×10^{-6} ,异常规模 2.91;Pb 异常面积较大,但浓集中心不明显,强度较低,其异常最高值为 126.81×10^{-6} ,平均值 50.03×10^{-6} ,异常规模 1.54;Sb 异常最大值为 1.30×10^{-6} ,平均值 0.82×10^{-6} ,异常规模 1.28;Bi 为一个特高值单点异常,最大值为 11.41×10^{-6} 。Z4 号综合异常地表岩石露头主要为新太古代三门店组黑云斜长变粒岩夹斜长角闪岩,局部可见磁铁矿石岩,岩层多呈 NW 走向。

3 查证成果

根据异常特征和成矿地质条件,选择在 Z1 综合异常进行土壤剖面测量、钻探等工作手段。根据多条土壤剖面测量成果,在 Z1 综合异常范围内圈定出 3 条近平行的 NNE 向异常带,自西向东分别为 W、Mo、Bi 高温异常带,Au、Cu、Pb、As、W 中高温异常带和 As、Sb、Hg、Cu、Pb 中低温异常带,这 3 条异常带自西向东形成高温—中高温—中低温的水平分带(图 5)。其中 W、Mo、Bi 高温元素异常带大致呈 NNE 走向,沿走向延伸 4.4 km,宽约 150 m,该异常带异常规模大,强度高,多元素套合性好,异常延伸性好,局部套合小规模 Cu、Zn、Ag 等其他元素;Au、Cu、Pb、As、W 中高温元素异常带走向 NNE,延伸 4 km,宽约 80 m,以 Au 异常为主,各元素的异常规模强度一般,较高温元素异常带变弱。As、Sb、Hg、Cu、Pb 为中低温元素为主的异常带,该带走向 NNE,延伸 3 km,宽约 50 余 m,主要异常元素为 As,整体异常规模较前两个异常带变小。

根据前期成果,在 Au、Cu、Pb、As、W 中高温元素异常带上施工了钻孔 ZK1,发现了 1 条金矿化带和 2 条钨矿化带。金矿化带位于 28.45~41.45 m,其中金矿体厚 2 m,平均品位为 1.99×10^{-6} 。I 号钨矿化带位于 157~179.5 m,厚 22.5 m,其中达到钨边界品位以上的样品累计厚度为 6 m,最高品位为 0.11%,含有 1 条钨金矿化体、1 条钨矿化体、2 条钨矿体。II 号钨矿化带位于 193.55~198.55 m,厚 5 m,最高品位为 0.06%,为 1 条钨矿化体。

区内蚀变发育,在围岩地层中普遍发育高岭石化、绢云母化、绿帘石化等蚀变矿物。由光薄片鉴定可知,含钨蚀变矿物为绢云母、黝帘石、绿泥石、绿帘石等,金属矿物为黄铁矿、黄铜矿及磁黄铁矿,这些蚀变矿物与金属矿物、白钨矿沿着由斜长石、钾长石、石英、角闪石、黑云母构成的浅色脉体呈定向分布。



1—第四系冲洪积亚黏土、亚砂土;2—潘庄组变质二长花岗岩;3—三门店组黑云斜长变粒岩夹斜长角闪岩;4—湾杖子组斜长角闪岩夹角闪斜长变粒岩;5—实测地质界线;6—推测地质界线;7—综合异常范围;8—W、Mo、Bi 异常带;9—Au、Cu、Pb、As、W 异常带;10—As、Sb、Hg、Cu、Pb 异常带;11—钻孔位置及编号

1—alluvial clay, sub-sand of Quaternary;2—metamorphic adamellite of Panzhuang formation;3—biotite plagioclase granulite of Sanmendian formation;4—amphibolite and granulite of Wanzhangzi formation;5—measured geological boundary;6—inference geologic boundary;7—synthetic anomaly belt;8—W, Mo, Bi anomaly belt;9—Au, Cu, Pb, As, W anomaly belt;10—As,Sb,Hg,Cu,Pb anomaly belt;11—the location and number of borehole

图5 Z1 综合异常元素分水平分带

Fig.5 The map Z1 of comprehensive anomaly element horizontal zoning

4 结论

- 1) 亮甲峪测区土壤地球化学测量分析结果显示,Au、Hg、Bi、W 变异系数较大,表明这4种元素具有高富集的地球化学特征,具备富集成矿的地球化学条件。
- 2) W、Mo、Bi 和 Au、Pb、Zn、Cu、Ag 相关性较差,两组元素在同一地区分别独立成矿,表明金矿与钨矿的成矿时代和成矿序列不同。
- 3) 通过对 Z1 综合异常进行土壤剖面测量成果显示,Z1 综合异常范围内存在有3条异常带,且这3条异常带自西向东温度变化为:高温—中高温—中低温,显示出了异常的水平分带现象。
- 4) 在对 Au、Cu、Pb、As、W 中高温元素异常带上施工了钻孔 ZK1,见到厚大的金钨矿化带,表明异常为矿致异常。下一步应重点采用磁法剖面测量、激电中梯剖面测量、激电测深测量、槽探和钻探等工作手段,对 W、Mo、Bi 高温异常带进行较系统、全面的综合地质工作,以达到更大的找矿突破。
- 5) 发现的钨矿体在冀东地区勘查史上尚属首

次,同时也打破了冀东地区单一的铁矿、金矿成矿条件,特别是钨矿的发现充分表明冀东地区具有形成钨矿的地质条件^[14-16],为进一步在冀东地区找矿工作起到了很好的借鉴作用。

参考文献 (References) :

[1] 宋立军,贾正海,马奎羽,等.河北省重要矿产资源预测研究[M].武汉:中国地质大学出版社,2015:183-216.

Song L J, Jia Z H, Ma K Y, et al. Prediction of important mineral resources in Hebei Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2015: 183-216.

[2] 陈力子,刘满年,杨拴海,等.秦昆结合部塔秀—曲什安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,2015,39(5):897-903.

Chen L Z, Liu M N, Yang S H, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Taxiu-Qushi an area at the junction of Qinling and Kunlun[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(5): 897-903.

[3] 杜明龙,刘川,闫永福,等.赞比亚西北省兴安地区地球化学异常及找矿意义[J].物探与化探,2015,39(5):923-929.

Du M L, Liu C, Yan Y F, et al. Zambia soil geochemical survey geochemical anomaly characteristics prospecting significance[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(5): 923-929.

- [4] 陈国光,张华,叶家瑜,等.地球化学普查规范(1:50000)(报批稿)[R].中国地质调查局,2009.
Chen G G, Zhang H, Ye J Y, et al. Geochemical census specification(1:50000)[R]. China Geological Survey, 2009.
- [5] 罗先熔,文美兰,欧阳菲,等.勘查地球化学[M].北京:冶金工业出版社,2007.
Luo X R, Wen M L, Ouyang F, et al. Exploration geochemistry[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2007.
- [6] 河北省区域地质矿产调查研究所三分队.K50E024019(迁安县)等4幅区域地质调查报告[R].河北省地质矿产勘查开发局,1996.
The Third Division of the Hebei Institute of Regional Geology and Mineral Resources Research. K50E024019 (Qian'an County) and other four regional geological survey report[R]. Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, 1996.
- [7] 张殿领,张金达,邢仕,等.河北省卢龙县亮甲峪一带1:5万化探异常查证报告[R].河北省地矿局第五地质大队,2019.
Zhang D L, Zhang J D, Xing S, et al. 1:5 million geochemical anomaly verification report in Liangjiayu area, Lulong County, Hebei Province[R]. The Fifth Geological Institute of the Hebei Provincial Bureau of Geology and Minerals, 2019.
- [8] 代永刚,陈军威,师淑娟.河北省宽城铀尖—青龙冷口1:50 000水系沉积物测量成果报告[R].河北省地球物理勘查院,2014:36-37.
Dai Y G, Chen J W, Shi S J, et al. The report on the measurement results of sediments of 1:50 000 water system in Huajian of Kuancheng and Lengkou of Qinglong, Hebei Province[R]. Hebei Provincial Geophysical Exploration Institute, 2014:36-37.
- [9] 杜明龙.赞比亚西北省卡瓦纳金矿区地球化学异常特征与评价研究[D].长春:吉林大学,2012.
Du M L. Characteristics and assessment of the geochemical anomalies of Kawana gold deposit in Northwest Province, Zambia[D]. Changchun: Jilin University, 2012.
- [10] 崔晓亮,刘婷婷,等.东昆仑布青山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,2011,35(5):574-578.
Cui X L, Liu T T, Wang W H, et al. Geochemical characteristics and ore search prospects of Buqingshan area in Qinghai province based on stream sediment survey[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2011, 35(5):574-578.
- [11] 吴锡生.化探数据处理方法[M].北京:地质出版社,1993:61-65.
Wu X S. Geochemical data processing method[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993:61-65.
- [12] 中国科学院地球化学研究所.高等地球化学[M].北京:科学出版社,2000.
Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences. Advanced geochemistry[M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [13] 向运川,任天祥,牟绪赞,等.化探资料应用技术要求[R].中国地质调查局发展研究中心,2009.
Xiang Y C, Ren T X, Mou X Z, et al. Application technical requirements of geochemical exploration data[R]. Development Center of China Geological Survey, 2009.
- [14] 祝新友,王京彬,王艳丽,等.浆液过渡态流体在矽卡岩型钨矿成矿过程中的作用——以湖南柿竹园钨锡多金属矿为例[J].岩石学报,2015(3):891-903.
Zhu X Y, Wang J B, Wang Y L, et al. The role of magma-hydrothermal transition fluid in the skarn-type tungsten mineralization process: A case study from the Shizhuyuan tungsten and tin polymetallic ore deposit[J]. Acta Petrologica Sinica, 2015(3):891-903.
- [15] 杨富全,李永,陈贵民,等.新疆阿尔泰巴斯铁列克钨多金属矿成矿时代——来自锆石 U-Pb 年龄和辉钼矿 Re-Os 年龄约束[J].大地构造与成矿学,2019(43):1144-1154.
Yang F Q, Li Y, Chen G M. Ore-forming age of the bastitieleke tungsten polymetallic deposit in the Altay, Xinjiang: Constraints of zircon U-Pb and molybdenite Re-Os Geochronology[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2019(43):1144-1154.
- [16] 李建平,张德会.江西大金山钨因子特征及邻区成矿预测[J].地质找矿论丛,2010,25(4):303-309.
Li J P, Zhang D H. The factor characteristics of Dajishan tungsten deposit and mineralization prognosis of adjacent area[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2010, 25(4):303-309.

Geological anomaly characteristics of Liangjiayu area in Hebei Province and their prospecting significance

LU Wei-Yan, DU Ming-Long, JI Shan-Qing, LIU Chuan, MENG Xiang-Yuan,
XING Shi, LIU Zi-Jiang

(Bureau of Geological Exploration and Mineral Development of Hebei Province, Tangshan 063000, China)

Abstract: Eastern Hebei Province has very rich mineral resources; nevertheless, the past prospecting work was focused only on iron and gold deposits, whereas the attention to tungsten deposits was very insufficient. Based on 1:25 000 soil geochemical survey, the authors conducted detailed soil geochemical survey in the Liangjiayu area of Hebei Province. Through studying element distribution characteristics, individual element anomaly features, element correlation, and comprehensive anomaly setting combinational anomalies of related elements, the authors determined Au and W as the target ore species elements in the study area and delineated further prospecting areas.

Key words: Liangjiayu; soil geochemical survey; geochemical anomaly characteristics; Au and W deposits

(本文编辑:蒋实)