

doi: 10.11720/wtyht.2017.1.13

杨元江, 庄倩, 邓昌州, 等. 黑龙江省呼中—塔河地区地球化学特征及找矿成果[J]. 物探与化探, 2017, 41(1): 86–91. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.1.13>

Yang Y J, Zhuang Q, Deng C Z, et al. Geochemical characteristics and prospecting achievements in Huzhong-Tahe area of Heilongjiang Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(1): 86–91. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.1.13>

黑龙江省呼中—塔河地区地球化学特征及找矿成果

杨元江, 庄倩, 邓昌州, 李金明, 隋成禹, 乌日根

(黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要: 在呼中—塔河地区 1 450 km² 区域开展 1 : 50 000 水系沉积物测量, 共采取水系沉积物样品 9 576 件, 对样品的分析结果进行统计, 结合该地区地质背景, 对 13 种元素地球化学参数特征、元素含量概率分布特征、元素的相关性进行总结发现: Sb、Pb、Ag、As、Zn、Cu、W、Mo、Bi、Cr、Ni 不同程度的发生了富集, 可能形成矿床; Mo、Pb 组合异常可作为寻找 Mo 的地球化学标志。以水系沉积物工作圈定的组合异常为基础, 进行 1 : 10 000 土壤地球化学测量和地表工程揭露, 在 Mo 异常浓集中心发现宽度为 1.4 m, 品味为 0.014% 的钼矿化体, 说明该方法在呼中—塔河森林覆盖区具有良好的找矿应用价值。

关键词: 呼中地区; 地球化学特征; 水系沉积物测量; 土壤测量; 找矿成果

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000–8918(2017)01–0086–06

义^[5–7]。

0 引言

依托中国地质调查局地质大调查项目“黑龙江新林—碧水矿产远景调查评价”近 3 年的野外及室内工作, 对该区 13 种元素的地球化学参数及分布特征进行分析, 总结了呼中—塔河地区各元素在地质上的分布规律。通过异常查证, 在元素浓集中心发现了钼矿化体, 说明在该地区用地球化学测量方法找矿是可行的。

1 区域地质、地球化学背景

黑龙江省地处中亚造山带东端, 位于西伯利亚板块、华北板块和太平洋板块所围限的区域内, 前中生代主要受古亚洲洋构造体系控制, 中生代以来又受到太平洋板块活动的强烈影响, 为环太平洋构造带重要组成部分^[1–3]。省内不同地区表现出的地球化学场明显不同, 呼中—塔河恰处有色金属强烈富集地区^[4]。目前已发现铜、铅、锌、钼、银、金等多金属矿床, 因此对该区域的研究具有十分重要的意

2 研究区地质特征

研究区除第四系及极小面积出露古生界石炭系下统红水泉组外, 中生界火山岩地层遍布全区(图 1)。区内侵入岩较发育, 岩石类型复杂。早石炭世侵入岩分布于中东部, 面积很小; 晚侏罗世侵入岩元主要分布在研究区东北部, 以单一岩株状侵入体产出; 早白垩世侵入岩主要在东部大面积出露; 其他地区零星分布。该区脉岩不发育, 岩石类型相对简单, 主要有花岗闪长斑岩、正长斑岩和石英脉。该区处于不同构造单元的接合部位, 各时代穿插的花岗岩和中生界火山岩大片覆盖, 各期次构造运动强烈破坏和改造使构造显示出复杂而活动强烈的特点。

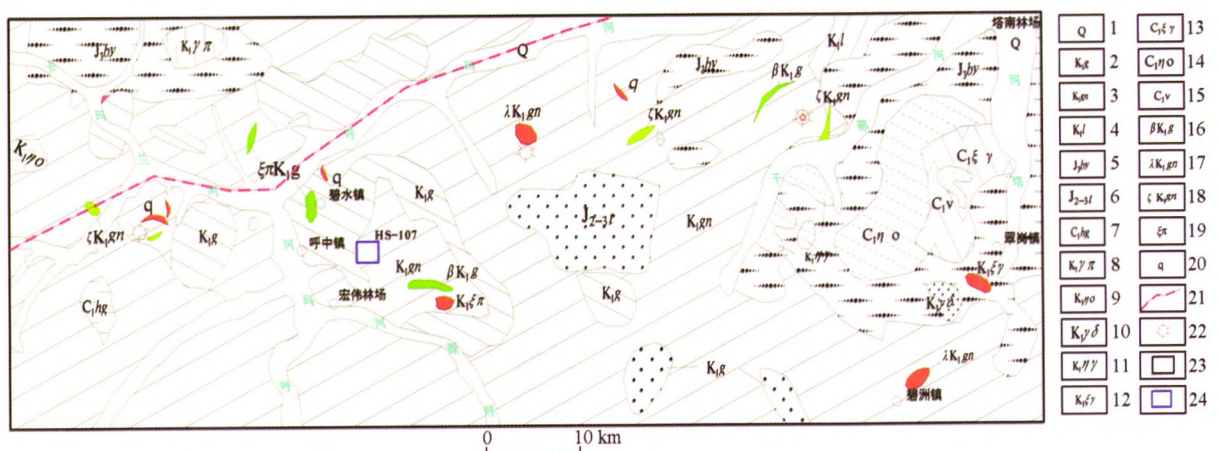
3 1:5万水系沉积物地球化学特征

研究区属大兴安岭山地, 海拔在 600~1 100 m, 相对高差 200~500 m, 为中高山区。气候属大陆性寒温带, 年平均气温 -5℃, 冬季漫长, 最低气温 40

收稿日期: 2016–01–12

基金项目: 中国地质调查局“黑龙江新林—碧水矿产远景调查评价”项目(1212011085233)

作者简介: 杨元江(1982–), 男, 高级工程师, 现从事地质矿产和区域地质调查工作。Email: gecident@foxmail.com



1—第四系;2—甘河组;3—光华组;4—龙江组;5—白音高老组;6—塔木兰沟组;7—红水泉组;8—下白垩统花岗斑岩;9—下白垩统石英二长岩;10—下白垩统花岗闪长岩;11—下白垩统似斑状二长花岗岩;12—下白垩统正长花岗岩;13—下石炭统正长花岗岩;14—下石炭统石英二长岩;15—下石炭统中性杂岩;16—甘河期次玄武岩;17—光华期次流纹岩;18—光华期次英安岩;19—正长斑岩;20—石英脉;21—断裂构造;22—环状火山构造;23—研究区范围;24—HS-107 组合异常位置

图 1 呼中—塔河地区地层、侵入岩及构造

℃,夏季温暖多雨,年均降雨量 400~600 mm^[8]。区内水系纵横,植被发育,森林茂盛,基岩露头很少,地形坡度 10°~15°^[9],适合开展水系沉积物测量工作。

3.1 元素地球化学参数特征

通过地质测量工作,将各地质体按照时代+岩性的原则大致划分成 7 个地质子区。在 1 450 km² 范围内进行 1:50 000 水系沉积物测量,采取样品 9 576 件,统计 Au、Ag、As、Sb、Bi、Hg、Cu、Pb、Zn、W、Mo、Cr、Ni 等 13 种元素的地球化学参数,包括各元素在全域及各地质子区的背景平均值($\bar{X}$)、标准离差(S)、变异系数(C_v)等。用背景平均值($\bar{X}$)、富集

系数(q)研究元素的富集情况,用变异系数(C_v)研究元素的分异情况。变异系数(C_v)=标准离差(S)/背景平均值($\bar{X}$),富集系数(q)=本区水系沉积物元素背景含量/森林沼泽区元素含量。

3.1.1 元素富集特征

参考吕长录等^[10-11]2014 年的方案,把富集程度按表 1 进行分类,确定当 $q>1.2$ 时为富集,当 $0.6<q<1.2$ 时表明富集贫化不明显,当 $q<0.6$ 时为贫化。相对于森林沼泽区的含量,全区有 Sb、Pb 两种元素发生了富集,Ag、As、Zn、Cu、W、Mo、Bi、Cr、Ni 等 9 种元素的含量基本相当,而 Au、Hg 发生了贫化。

表 1 呼中—塔河地区元素富集系数

元素	本区水系沉积物元素含量	森林沼泽区元素含量	水系沉积物富集系数
Au	0.57	1.02	0.56
Ag	0.102	0.094	1.08
As	10.64	9.14	1.16
Sb	0.63	0.44	1.43
Hg	0.021	0.036	0.59
Pb	33.06	23.46	1.41
Zn	77.48	77.06	1.01
Cu	12.65	17.18	0.74
W	1.65	1.88	0.88
Mo	1.47	1.41	1.04
Bi	0.26	0.28	0.93
Cr	32.90	52	0.63
Ni	12.44	19.34	0.64

注:Au 含量单位为 10⁻⁹,其他元素为 10⁻⁶。表 2、表 4、表 5 同

3.1.2 元素变异系数特征

Au、As、Sb、Hg 在各子区中变异系数变化较大,其中 Au 变异系数为 0.57~2.35,As 为 0.56~1.92,

Sb 为 0.31~1.39,Hg 为 0.351~2.51(表 2),说明上述元素在各地质体中分布不均匀,极有可能局部富集。在白音高老组(K_1by)和塔木兰沟组(J_3t)基

性—中基性火山岩子区中,各元素变异系数相差不大,趋于平稳;而在甘河组(K_{1g})基性火山岩子区和下白垩统花岗岩($K_{1\gamma}$)子区中,各元素的变异系数相差较大;说明各元素的分布不均匀,变异系数大

的元素可能受矿化作用的影响而发生了局部富集。因此在甘河组(K_{1g})基性火山岩子区和上白垩统花岗岩($K_{1\gamma}$)子区中应注意寻找 Au、As、Sb、Hg 等金属矿产。

表 2 呼中—塔河地区不同地质体中元素地球化学参数统计

元素	参数	K_{1g}	K_{1gn}	K_{1l}	K_{1by}	J_3t	$K_{1\gamma}$	$C_{1\gamma}$	全区
Au	$\bar{X}$	0.61	0.58	0.53	0.55	0.56	0.58	0.55	0.57
	S	1.42	0.66	0.30	0.40	0.44	1.37	0.34	0.82
	C_v	2.33	1.14	0.57	0.73	0.78	2.35	0.61	1.43
Ag	$\bar{X}$	0.088	0.102	0.086	0.107	0.107	0.117	0.095	0.102
	S	0.083	0.096	0.064	0.112	0.081	0.091	0.051	0.093
	C_v	0.94	0.94	0.74	1.05	0.76	0.78	0.54	0.91
As	$\bar{X}$	12.69	10.96	16.74	9.15	9.53	7.02	7.46	10.64
	S	11.55	19.33	32.07	8.91	8.18	10.74	4.16	16.97
	C_v	0.91	1.76	1.92	0.97	0.86	1.53	0.56	1.59
Sb	$\bar{X}$	0.78	0.64	0.85	0.54	0.66	0.46	0.42	0.63
	S	0.91	0.57	1.19	0.34	0.34	0.14	0.13	0.61
	C_v	1.17	0.90	1.39	0.63	0.51	0.31	0.31	0.96
Hg	$\bar{X}$	0.018	0.023	0.020	0.018	0.024	0.021	0.016	0.021
	S	0.012	0.057	0.018	0.011	0.014	0.012	0.008	0.041
	C_v	0.68	2.51	0.90	0.60	0.57	0.54	0.51	1.92
Pb	$\bar{X}$	31.84	33.27	32.73	34.55	30.93	33.93	32.42	33.06
	S	18.85	19.59	16.76	18.31	15.33	16.54	19.00	18.55
	C_v	0.59	0.59	0.51	0.53	0.50	0.49	0.59	0.56
Zn	$\bar{X}$	85.36	76.46	89.56	76.11	79.78	70.58	61.25	77.48
	S	36.19	32.35	36.35	31.46	22.01	26.64	26.07	31.83
	C_v	0.42	0.42	0.41	0.41	0.28	0.38	0.43	0.41
Cu	$\bar{X}$	14.40	11.43	16.47	11.86	14.26	13.35	15.20	12.65
	S	7.55	5.80	7.52	5.61	7.35	6.50	7.59	6.56
	C_v	0.52	0.51	0.46	0.47	0.52	0.49	0.50	0.52
W	$\bar{X}$	1.60	1.60	1.64	1.68	1.68	1.86	1.66	1.65
	S	0.62	0.51	0.94	0.54	0.44	0.51	0.55	0.56
	C_v	0.39	0.32	0.57	0.32	0.26	0.28	0.33	0.34
Mo	$\bar{X}$	1.18	1.39	1.79	2.01	1.07	1.84	1.11	1.47
	S	1.24	1.94	2.54	3.88	0.75	2.01	0.62	2.19
	C_v	1.05	1.40	1.42	1.93	0.70	1.09	0.56	1.49
Bi	$\bar{X}$	0.23	0.26	0.27	0.30	0.23	0.26	0.22	0.26
	S	0.20	0.40	0.19	0.34	0.11	0.14	0.11	0.32
	C_v	0.86	1.53	0.72	1.13	0.47	0.54	0.51	1.24
Cr	$\bar{X}$	34.00	28.96	43.08	29.91	42.13	38.19	42.08	32.90
	S	17.15	15.13	21.27	15.97	18.52	15.80	20.27	17.22
	C_v	0.50	0.52	0.49	0.53	0.44	0.41	0.48	0.52
Ni	$\bar{X}$	14.94	10.99	18.38	11.11	14.97	12.52	12.94	12.44
	S	8.52	6.43	10.54	6.62	7.75	5.81	7.17	7.41
	C_v	0.57	0.59	0.57	0.60	0.52	0.46	0.55	0.60

3.2 元素含量概率分布特征

为检验元素含量的分布型式,将元素含量进行对数转换后,进行了偏度、峰度检验,计算元素的偏度 γ_1 、峰度 γ_2 ,发现除 Cu、Zn、Ni 近似服从对数正态分布外,其他元素均不符合对数正态分布。W、Zn、Cr、Ni、Bi、Hg 的偏度为负数,其余元素均为正数并远大于临界值,说明后者的高值处比低值处有较大的偏离中心趋势。各元素的峰度都为负,且峰度均

大于临界值,说明各元素的含量值更多集中在平均值附近和两侧极端处。

3.3 元素的相关性分析

经过显著性检验,各元素含量在显著性水平 0.05 时自由度为 9561,相关系数临界值是 0.02。由各元素相关系数统计(表 3)可以看出,Cr 与 Ni 的相关系数最大,为 0.78;Cu 与 Zn 的相关系数最小,为 -0.51;As 与 Sb 的相关性较好,相关系数为 0.62;

Mo 与 Pb 的相关性较好,相关系数为 0.32;Ag 与 Zn、Bi、Hg 的相关性较好;Pb、Mo 与 Cr、Ni、Hg 的相关系数为负数,说明富 Pb、Mo 的地质体中 Cr、Ni、Hg 相对贫瘠;Au 与其他元素的相关系数相差不多,趋于独立分布。

根据 R 型聚类分析谱系图可以看出(图 2),在 0.18 的相似水平上,13 种元素可以分为 3 种组合关系: Au、Ag、Hg、Bi、W、Zn 组合; Pb、Mo、As、Sb 组合; Cu、Cr、Ni 组合。

表 3 呼中—塔河地区各元素相关性统计

元素	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	As	Sb	Bi	W	Mo	Cr	Ni	Hg
Au	1.00	0.21	0.06	0.06	0.11	0.09	0.10	0.11	0.18	0.12	0.09	0.09	0.11
Ag		1.00	-0.07	0.30	0.20	-0.05	0.03	0.35	0.41	0.24	0.23	0.08	0.44
Cu			1.00	-0.51	0.01	0.19	0.09	0.07	0.01	-0.02	0.41	0.49	0.02
Zn				1.00	0.23	0.05	0.13	0.09	0.18	-0.01	0.07	0.16	0.12
Pb					1.00	0.22	0.11	0.19	0.10	0.32	-0.10	-0.01	-0.13
As						1.00	0.62	0.07	0.08	0.27	0.14	0.32	0.00
Sb							1.00	-0.03	0.20	0.02	0.16	0.27	0.08
Bi								1.00	0.32	0.25	0.27	0.07	0.46
W									1.00	0.26	0.40	0.26	0.31
Mo										1.00	-0.06	-0.10	0.01
Cr											1.00	0.78	0.43
Ni												1.00	0.19
Hg													1.00

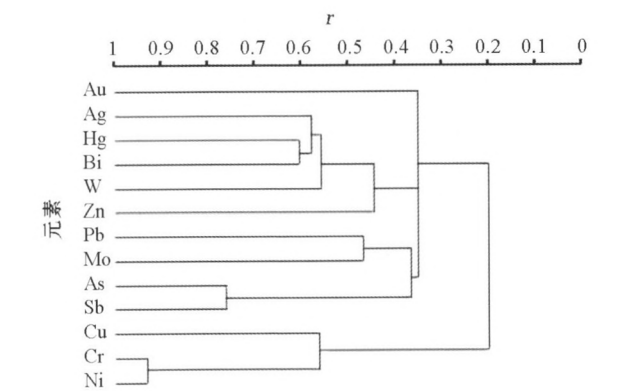


图 2 呼中—塔河地区各元素 R 型聚类分析谱系

4 异常查证

依据 1:5 万水系沉积物测量成果,圈定组合异

常 140 处,单元素异常 737 处,其中 HS-107 为一处重点异常,对此进行 1:10 000 土壤查证和地表工程揭露工作。

HS-107 号异常查证区位于呼中林业局呼中林场境内,面积 13.5 km²,位于火山机构的边缘,出露岩性主要为下白垩统白音高老组 (K₁by) 酸性火山岩、下白垩统光华组 (K₁gn) 酸性火山岩、甘河组 (K₁g) 安山玄武岩等。有一条近 NE 向断裂通过异常区。异常由 Au、Ag、Pb、Zn、Mo、Bi 组成,Ag、Zn 具中带,Pb、Bi 具内带,Au、Mo 具外带,各元素套合较好,Pb、Zn、Mo 含量最高值分别为 432.0×10⁻⁶、432.2×10⁻⁶、4.73×10⁻⁶(剖析图见图 3,异常地球化学特征见表 4),是寻找 Bi、Pb、Ag、Zn、Mo 多金属矿产的有利地段。

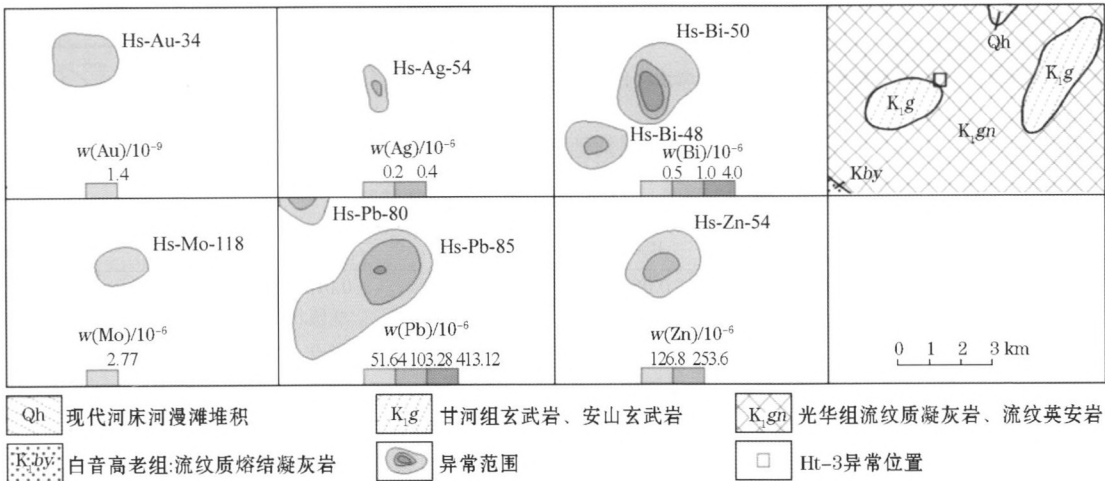


图 3 呼中—塔河地区 HS-107 异常剖析

表 4 呼中—塔河地区 HS-107 异常地球化学特征

参数	Au-34	Ag-54	Zn-54	Pb-85	Mo-118	Bi-48	Bi-50
面积/km ²	0.615	0.174	0.989	2.510	0.33	0.605	1.1
形状	扁豆状	椭圆状	椭圆状	肾状	椭圆状	椭圆状	椭圆状
最高值	4.0	0.491	432.2	432.0	4.73	1.31	14.36
平均值	4.0	0.491	219.0	172.7	3.51	1.31	4.18
衬度	2.857	2.455	1.727	3.345	1.267	2.620	8.36
规模	1.757	0.427	1.708	8.395	0.418	1.585	9.196
浓度分带	中带	中带	中带	内带	外带	中带	内带
异常下限	1.4	0.200	126.8	51.64	2.77	0.50	0.5

4.1 土壤地球化学测量特征

对 HS-107 异常进行 1:10 000 土壤地球化学测量工作,基线方向 N-E,平行于区域构造线方向和水系沉积物测量圈定的主成矿元素异常的长轴方向。样品均在设计采样线上逐点采取,大部分采自 B 层下部,采样深度一般在 30~50 cm,采样介质为砂质黏土、含碎石黏土、碎石黏土,采集样品原始质量为 500~600 g,过-10 目筛后的样品质量约为 150 g。用异常下限的 1、2、8 倍确定元素异常的外、中、内带,共圈定组合异常 28 处,单元素异常 153 处。

综合考虑地质成矿背景和交通等条件后,优选了 Ht-3 异常开展进一步的槽探验证工作。Ht-3 异常面积 0.08 km²,总体呈北东向展布。异常主要位于白垩系光华组(K₁gn)中,岩性主要为流纹岩、流纹质凝灰熔岩及安山岩等(图 4)。异常面积较小,但套合较好,强度较高。浓集中心由 Ag、Cu、Pb、Zn、W、Mo 组成,其中 Mo、Pb、Cu 强度较高,对寻找有色金属矿产较为有利。异常大部分具中带,极个别元素具外带,Mo、Pb、Cu 含量最高值分别为 57.3×10⁻⁶、91.4×10⁻⁶、35.9×10⁻⁶(表 5)。

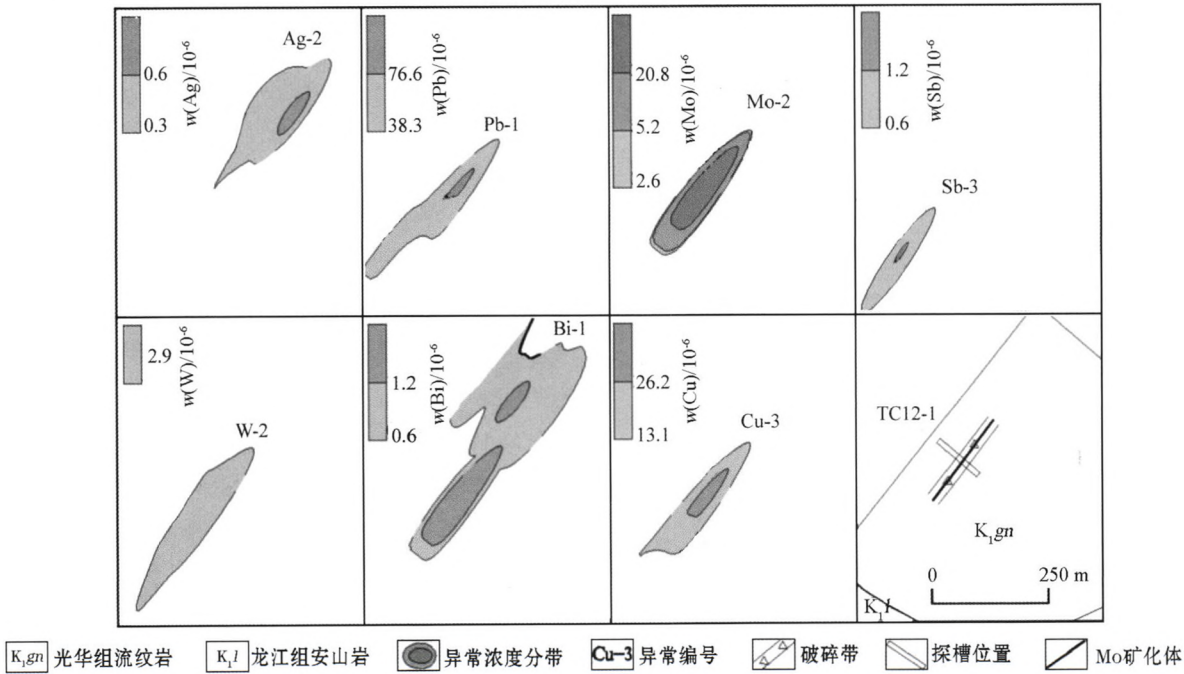


图 4 呼中—塔河地区 Ht-3 组合异常剖析

表 5 呼中—塔河地区 Ht-3 号异常特征

参数	Ag-2	Sb-3	Bi-1	Pb-1	Cu-3	W-2	Mo-2
面积/km ²	0.025	0.009	0.060	0.020	0.016	0.023	0.020
形状	纺锤状	椭圆状	未封闭	似椭圆状	似椭圆状	椭圆状	椭圆状
最高值	0.856	1.35	3.48	91.4	35.9	5.78	57.30
平均值	0.529	1.35	1.49	73.6	24.8	4.03	57.30
衬度	1.763	2.250	2.483	1.922	1.893	1.390	22.038
规模	0.044	0.021	0.149	0.038	0.031	0.032	0.430
浓度分带	中带	中带	中带	中带	中带	外带	内带
异常下限	0.300	0.60	0.60	38.3	13.1	2.90	2.60

4.2 地表工程揭露成果

对 Ht-3 进行了槽探揭露。在 TC12-1(宽度1.4 m)中见钼矿化,Mo 含量 0.016%,地表推测矿化体长度 200 m,位于一段破碎带之中;角砾成分可见流纹岩和花岗岩,有绿泥石化;见有褐铁矿化,呈斑点状分布,硅化较强,石英细脉在角砾中穿插出现,有的呈团块状分布;与破碎带接触的围岩裂隙里见有褐色铁质氧化物和黄铁矿充填,黄铁矿粒度<0.5 mm。

5 结论和建议

- 1)呼中—塔河地区水系沉积物中 Sb、Pb、Ag、As、Zn、Cu、W、Mo、Bi、Cr、Ni 不同程度的发生了富集,可能形成矿床;Mo、Pb 组合异常可作为寻找 Mo 的地球化学标志。
- 2)通过逐级实施地球化学测量,圈定了成矿有利部位,进而发现了 Mo 矿化体,说明该方法在呼中—塔河森林覆盖区的找矿勘查中具有良好的应用价值。
- 3)Mo 主要受白垩系地层和构造控矿,成矿时代与大兴安岭成矿带已发现的 Mo 矿床形成时代相近。光华组破碎带中虽然只发现了 Mo 矿化体,但在该组

地层和同期花岗岩中还应注重对 Pb 的寻找。

参考文献:

[1] 葛文春,林强,孙德有.大兴安岭中生代玄武岩的地球化学特征:壳幔相互作用的证据[J].岩石学报,1999,15(3):396-496.

[2] 黑龙江省地质矿产局.黑龙江岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,2008:1-45.

[3] 李中会,于祥权,苏航,等.1:25 万漠河幅区调报告[R].黑龙江省地质调查研究总院,2009.

[4] 马晓阳,崔玉军,李祥佑.大兴安岭北部森林沼泽区 1:5 万水系沉积物测量方法研究[J].物探与化探,2002,26(6):433-435.

[5] 杨元江,沈龙.土壤化探在漠河盆地南缘找矿实践中的应用[J].金属矿山,2014,461(11):96-99.

[6] 赵丕忠,谢学锦,程志中.大兴安岭成矿带北段区域地球化学背景与成矿带划分[J].地质学报,2014,88(1):99-108.

[7] 张丽,刘永江,李伟民,等.关于额尔古纳地块基底性质和东界的讨论[J].地质科学,2013,48(1):227-244.

[8] 黑龙江省地质矿产局.黑龙江省区域地质志[M].北京:地质出版社,1993:1-21.

[9] 耿卫华,杨乃峰,马晓阳.黑龙江森林沼泽区地球化学亚景观类型划分[J].物探与化探,2006,30(4):293-297.

[10] 吕长录,鲍希波,乌日根.黑龙江省新林—塔源矿产远景调查评价[R].黑龙江省地质调查研究总院,2014.

[11] 杨元江.黑龙江省呼中区呼中地区地球化学特征及找矿远景评价[D].武汉:中国地质大学,2015.

Geochemical characteristics and prospecting achievements in Huzhong-Tahe area of Heilongjiang Province

YANG Yuan-Jiang, ZHUANG Qian, DENG Chang-Zhou, LI Jin-Ming, SUI Cheng-Yu, WU Ri-Gen
(Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin 150036, China)

Abstract: Based on the 1:50 000 stream sediment survey of an area of 1 450 km² in Huzhong-Tahe area, the authors collected 9 576 samples. Through the analysis of the samples in combination with the regional geological setting, the authors summarized geochemical parameters of 13 kinds of elements, the probability distribution of element values and the correlation of the elements. Sb, Pb, Ag, As, Zn, Cu, W, Mo, Bi, Cr and Ni are enriched in various degrees, so it is possible for them to form ore deposits. Combined Mo and Pb anomalies can be used as geochemical indicator for Mo. Based on the anomaly combination of stream sediment survey, the authors carried out 1:10 000 soil geochemical exploration and conducted surface uncovering, which led to the discovery of a molybdenum ore-body, which is 1.4 m in width, with Mo grade of 0.014% in the concentration center. This proves that the method has good application value for ore prospecting in Huzhong-Tahe forest coverage area.

Key words: Huzhong-Tahe area; characteristics of geochemical parameters; stream sediment survey; soil survey; prospecting achievement

(本文编辑:蒋实)