

doi: 10.11720/wtyht.2017.3.03

尹国良, 梁科伟, 杨福深, 等. 黑龙江省卫星—安全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, 2017, 41(3): 402–409. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.3.03>

Yin G L, Liang K W, Yang F S, et al. A discussion on the geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Weixing-Anquan area of Heilongjiang Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(3): 402–409. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.3.03>

# 黑龙江省卫星—安全地区水系沉积物测量 地球化学特征及找矿方向

尹国良<sup>1</sup>, 梁科伟<sup>1</sup>, 杨福深<sup>1</sup>, 温丹<sup>1</sup>, 汪岩<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036; 2. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110034)

**摘要:** 鹿鸣钼矿床位于黑龙江省卫星—安全地区, 该地区水系沉积物发育。引入了常用的统计学方法, 对鹿鸣钼矿床所在的卫星—安全地区水系沉积物地球化学特征与成矿关系进行了研究, 得出结论: ① Mo 形成大型矿床的可能性最大; Au 也有成矿的可能, 但规模不会太大。② Mo 与 Sb、Cu、Pb、Zn、W 属于同一因子, Mo 经历了多期次成矿; Au 与 Ag 及 As 属于同一因子。③ 通过对水系沉积物异常的研究, 划分了 4 个成矿远景区, 并新发现了钼矿体, 印证了本区 Mo 的找矿前景良好。

**关键词:** 水系沉积物测量; 找矿方向; 钼矿床; 卫星—安全地区

**中图分类号:** P632      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2017)03-0402-08

## 0 引言

鹿鸣钼矿床位于小兴安岭—张广才岭多金属成矿带西北部之翠宏山—二股铁、有色金属成矿亚带内, 钼及多金属成矿潜力巨大<sup>[1]</sup>, 前人对该区的水系沉积物异常与成矿关系研究程度较低。笔者从鹿鸣钼矿床所在卫星—安全地区水系沉积物异常入手, 结合地质背景, 引入了浓幅分位方法, 判断该区的主成矿元素; 采用 SPSS 软件对主成矿元素进行了因子分析, 确定主成矿元素之间的相互关系, 并阐述各主成矿元素的空间分布特征, 对找矿方向作出了初步探讨, 以期对本区找矿工作有所借鉴。

## 1 地质概况

研究区位于Ⅲ级构造单元小兴安岭—松嫩地块

内, 属伊春—延寿地槽褶皱系<sup>[2]</sup>。区内地层主要为中生界侏罗系二浪河组( $J_1er$ ), 岩性为中—中酸性火山岩及其碎屑岩; 帽儿山组( $J_3mr$ ), 岩性为中酸性火山岩及其碎屑岩。白垩系淘洪河组( $K_1t$ ), 岩性为河湖相砾岩、砂砾岩及砂岩。第四系全新统, 为低河漫滩现代河流冲积物。区内侵入岩主要为中奥陶世侵入岩、晚三叠世—早侏罗世侵入岩和早白垩世侵入岩。构造以脆性断裂构造为特征, 构造线方向总体呈 NE 向展布, 其次为 NW 向和近 SN 向<sup>[3-4]</sup>。

研究区位于小兴安岭—张广才岭多金属成矿带西北部之翠宏山—二股铁、有色金属成矿亚带的中南段, 区域成矿作用主要有三期, 为加里东中期、印支晚期和燕山期, 区内已发现鹿鸣大型钼矿床, 另见金及银铅矿点。NE 和 NNE 向构造属控矿构造, 基本控制了本区矿(化)体的展布方向。钼矿主要存在于中细粒似斑状黑云母二长花岗岩中<sup>[1]</sup>(图 1)。

收稿日期: 2016-06-24

基金项目: 黑龙江省 2005 年矿产资源补偿费项目“黑龙江省伊春市卫星林场、安全幅 1:5 万区域地质矿产调查”(HLJKD2005-11)

作者简介: 尹国良(1965-), 男, 黑龙江省肇东人, 地质高级工程师, 1988 年毕业于成都地质学院, 长期从事区域地质调查、矿产勘查及地球化

学数据。Email: in365@sina.com

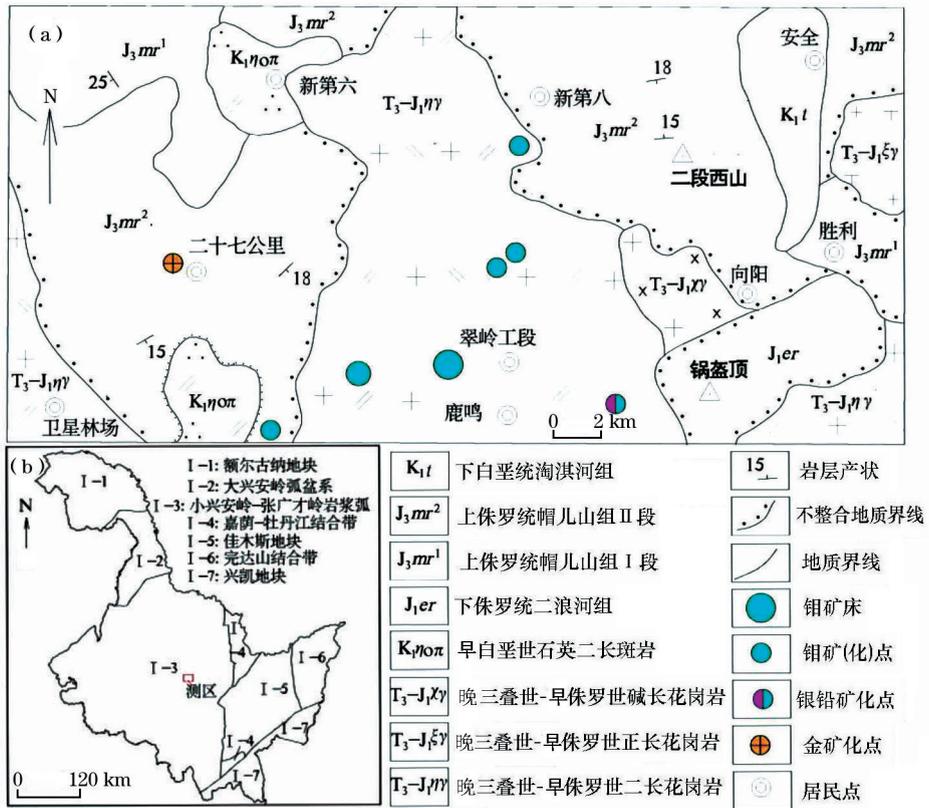


图 1 卫星—安全地区地质概况 (a) 及区域地质 (b)

## 2 水系沉积物样品采集及分析方法

在全国 I 级景观区分布图上,研究区位于小兴安岭南段,地势北高南低,平均海拔 700 m,相对高差 200~500 m,属黑龙江森林沼泽区小兴安岭—张广才岭中—低山亚景观类型<sup>[5]</sup>,覆盖严重,一级水系较发育,适合开展水系沉积物测量工作。

根据地球化学普查规范<sup>[6]</sup>要求和测区的地貌景观特征,在剔除三级水系和不可采区后,样品采样点设计在一级、二级水系和适量的三级水系,平均采样密度确定为 4~5 个样/km<sup>2</sup>。全部采用 GPS 定位,野外定点与设计点误差不超过 50 m。采样部位选择在碎屑物质易于沉积处,如河床底部或河道岸边与水面接触处,水流变缓处、停滞处。本次采样的成分确定为粗砂、中砂及少量细砂。由于本区为森林沼泽区,水系沉积物中含有大量的有机质成分,采样时采用“漂洗法”剔除有机质及铁锰类氢氧化物的影响。在采样点附近水系上下 20~30 m 范围内多点采集,组合成一个样品。样品原始质量大于 1 000 g,晒干后过筛,截取 -10~+60 目的自然粒度过筛<sup>[7-9]</sup>,用天平称取 150 g 样品,装入带有编号的纸袋。每 50 万个数据批分析号中随机插入 4 个二级标

准样、1 个重复样。

依据项目任务书要求,分析项目为主成矿元素 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Mo 及 Au 的指示元素 As、Sb。样品分析工作由黑龙江省地质矿产测试所承担,其中 Au 测试方法为化学光谱法,内检合格率为 100%;Ag 测试方法为发射光谱法;As 测试方法为原子荧光法;Cu、Pb、Zn 测试方法为原子吸收法;W 钼测试方法为极谱法;分析质量满足规范要求。

在上述实验数据合格的情况下,对分析数据进行正态分布检验,制作直方图,进而制作地球化学图<sup>[6]</sup>。

根据测区地质背景,划分子区,采用对数法计算背景平均值及异常下限。连续剔除平均值加(减)3 倍标准离差以外的数据点,取背景数据的平均值与 2 倍标准离差之和为异常下限。根据元素的伴生规律,对各元素的异常进行组合,两种以上异常套合在一起为一个组合异常。

## 3 地球化学特征

### 3.1 元素背景及分异特征

笔者收集了铁力—逊克地区 48 个图幅的 1:5 万水系沉积物测量数据,选择适当的方法调平数据,

调平的原则是:在尽量保留数据原貌的基础上消除数据系统误差,调平后的数据成果图应能客观真实地反映区域地质情况和区域成矿规律。以修编后的1:5万区域地质图为基础划分地质子区,以对数方法计算地球化学参数,包括背景平均值、标准离差、变异系数、异常下限等。经计算,各元素的偏度和峰度在各子区均小于1,均服从对数正态分布<sup>[10-11]</sup>。

为了说明元素在区内的背景分布特征,现将研究区内各元素的背景平均值与铁力—逊克地区水系沉积物背景平均值作对比(表1)。

表1 卫星—安全地区与铁力—逊克地区元素丰度值对比

元素	铁力—逊克地区	卫星—安全地区	元素	铁力—逊克地区	卫星—安全地区
Au	0.8	0.923	Pb	24.8	30.169
Ag	0.060	0.068	Zn	56.0	51.526
As	7.0	9.668	W	1.15	1.857
Sb	0.36	0.433	Mo	0.96	1.691
Cu	10.57	8.619			

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

相对铁力—逊克地区平均值来说,研究区 Mo、W、Pb、As 等较富集, Au、Ag、Sb 略高或接近平均值,而 Cu、Zn 等则在研究区中较贫化。区内已知矿床有鹿鸣大型钼矿床,这与表1的结论一致。

用元素数据的变异系数来了解成矿的可能性,用研究区内各元素的变异系数( $C_{v1}$ )和铁力—逊克地区背景数据的变异系数( $C_{v2}$ )来反映两类数据的离散程度,以  $C_{v1}/C_{v2}$  反映背景拟合处理时离散值的削平程度,利用  $C_{v1}$  和  $C_{v1}/C_{v2}$  制作变异系数图解<sup>[12]</sup>(图2)。从图解中可以看出, Au 变异系数为 2.243, 变异系数比达到了 70 以上,但其高值极少,说明形成大型矿床的可能性不大。

Mo 高强数据极多, 变异系数为 1.569, 变异系数比为 4.61, 预示在本区 Mo 的成矿十分有利, 且除了

鹿鸣大型钼矿床等已有钼矿外, 还很有可能发现新的钼矿点、矿化点。

W、As、Sb、Cu、Ag、Pb、Zn 高强数据不多, 变异系数均小于 1.5, 变异系数比在 3 以下, 说明成矿可能性不大。

### 3.2 成矿元素的确定

研究区位于小兴安岭—张广才岭多金属成矿带上, 区内地质背景主要为上三叠世—下侏罗世二长花岗岩, 为钼成矿提供了物质基础。

区内主要矿产有鹿鸣大型钼矿床、翠岭小型钼矿床及多个钼矿点、矿化点, 另外还见有银铅、金矿化点。2003 年, 对鹿鸣地区开展了 1:2 万土壤测量工作, 共分析了 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Mo、Bi 8 种元素, 其中惟独 Mo 表现出明显的双峰结构, 甚至出现了的 3~4 峰结构, 表明矿区内 Mo 在一次背景场上叠加了第二次或第三、四次的热液活动, 是成矿作用的直接显示。土壤异常中鹿 03HT-1 组合异常找矿前景较好, 由 Mo-1、Cu-1、W-8、W-3、Au-1、W-1、W-27 个异常组成, 其中 Mo、Cu、W 异常套合好, 具有明显的浓集中心。Mo-1 面积  $0.630 \text{ km}^2$ , 极大值  $175.8 \times 10^{-6}$ , 平均值  $36.2 \times 10^{-6}$ , 衬度值 2.598, 规模 1.636, 具内带; Cu-1 面积  $0.3436 \text{ km}^2$ , 极大值  $265.1 \times 10^{-6}$ , 平均值  $55.0 \times 10^{-6}$ , 衬度值 1.815, 规模 0.624, 具中带; W-8 面积  $0.0627 \text{ km}^2$ , 极大值  $61.7 \times 10^{-6}$ , 平均值  $17.7 \times 10^{-6}$ , 衬度值 3.26, 规模 0.205, 具内带。经查证, 发现了厚大的工业钼矿体<sup>[13-14]</sup>。从前期找矿成果看, Mo 为本区主要成矿元素。

利用浓幅分位值对研究区 9 种元素分别计算其峰值、高端剔除数量、高端剔除限及大于 1/2 浓幅的个数、大于 1/4 浓幅的个数、大于 1/8 浓幅的个数(表 2), 其中某元素的高端剔除数量是指确定该元素的背景值时, 大于背景值加 3 倍标准离差而被剔除的数量, 剔除数量的多少反映了高含量元素的富集情况, 所以该元素高端剔除数量越多, 越利于成矿<sup>[15]</sup>。表 1 中元素高端剔除数大于 30 的有 Mo、Ag、As、Pb、Zn、W, 说明上述元素成矿可能性较大。这一点与鹿鸣钼矿床地球化学异常特征一致。

大于 1/2 浓幅分位值的元素含量数越多, 表示达到矿石级元素含量数越多; 而元素高端剔除数则反映后期成矿地质作用的叠加。从表 1 可以看出, Mo 高端剔除数为 35 个, 大于 1/2 浓幅分位值样数有 52 个, 位于 1/2~1/4 浓幅分位值样数有 89 个, 位于 1/4~1/8 浓幅分位值样数有 103 个; 而其他元素大于 1/2 浓幅分位值样数不超过 5 个, Au、Ag、As、Sb、Zn 大于 1/2 浓幅分位值样数甚至为 0, 位于 1/2~1/4 浓幅

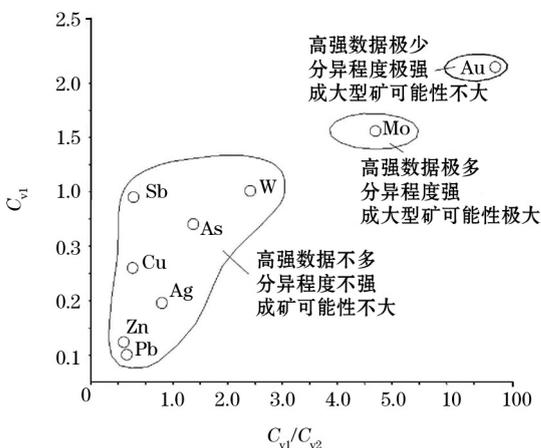


图2 卫星—安全地区水系沉积物元素变异系数解释

分位值样数不超过 63 个;说明本区主要成矿元素应为 Mo,这与之前的找矿成果是一致的。

综上,确定得出该区 Mo 为本区主要成矿元素,成矿潜力较大。

表 2 卫星—安全地区水系沉积物元素浓幅分位值

元素	浓幅分位值			高端剔除限	高端剔除数	元素含量最大值	各浓幅分位段样品个数		
	1/2	1/4	1/8				>1/2	1/2~1/4	1/4~1/8
Au	30.6	5.4	2.2	1.6	15	8.2	0	1	4
Ag	1.800	0.382	0.176	0.291	50	1.253	0	24	126
As	666.4	99.3	38.3	77.28	49	423.00	0	27	145
Sb	63.54	6.05	1.87	2.67	0	0.35	0	0	0
Cu	144.2	38.7	20.0	39.1	27	154.7	2	25	130
Pb	314.4	101.8	57.9	99.1	40	390.6	4	35	93
Zn	538.0	176.5	101.1	150.5	36	455.8	0	21	147
W	44.43	10.47	5.08	12.64	49	55.00	2	63	130
Mo	26.71	7.97	4.35	37.76	35	207.06	52	89	103

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

### 3.3 元素在不同地质单元中的特征

根据地质特征,将研究区划分为 6 个不同的地质单元,即第四系地质单元( $K_1t$ )、下白垩统沉积岩地质单元( $K_1t$ )、上侏罗统 II 段火山岩地质单元( $J_3mr^2$ )、上侏罗统 I 段火山岩地质单元( $J_3mr^1$ )、下侏罗统火山岩地质单元( $J_1er$ )及花岗岩地质单元( $T_3-J_1\eta\gamma$ )。对各地质单元中水系沉积物数据进行统计,采用对数法计算背景平均值及异常下限,连续剔除平均值加(减)3 倍标准离差以外的数据点,取背景数据的平均值与 2 倍标准离差之和为异常下限,了解元素分布特征,并作了偏度、峰度检验。

在下白垩统沉积岩地质单元中, Ag、Zn 服从对数正态分布;上侏罗统 II 段火山岩地质单元中, Zn 服从对数正态分布;花岗岩地质单元中, As 服从对数正态分布。同时, Mo 在花岗岩地质单元中出现多峰分布,说明在这一地质单元中可能存在多期地质作用,使 Mo 发生重新分配,分布型式发生了改变,造成多峰现象,这对矿床的形成是极为有利的。

元素在不同地质单元中的特征见表 3。从表 3 中可以看出,下白垩统淘洪河组( $K_1t$ )找矿潜力较大的元素是 Au、Mo、Cu、Pb、Zn;上侏罗统帽儿山组 II 段( $J_3mr^2$ )找矿潜力较大的元素是 Au、Cu、Pb、Zn、Sb;上侏罗统帽儿山组 I 段( $J_3mr^1$ )找矿潜力较大的元素是 Au、Cu、Pb、Zn、Sb;下侏罗统二浪河组( $J_1er$ )找矿潜力较大的元素是 W、Cu、Pb、Zn、As;上三叠统一下侏罗统二长花岗岩( $T_3-J_1\eta\gamma$ )找矿潜力较大并已发现成矿证据的元素是 Mo。

### 3.4 元素组合特征

#### 3.4.1 相关性分析

由 R 型聚类分析谱系(图 3)可以看出,在  $r = 0.88$  的水平上,数据个研究区的元素可分为 2 簇。元

素的相关性表明: Au、Ag、As 的相关性最为密切,区内的主要成矿元素 Mo 与 W、Cu、Pb、Sb、Zn 关系密切。

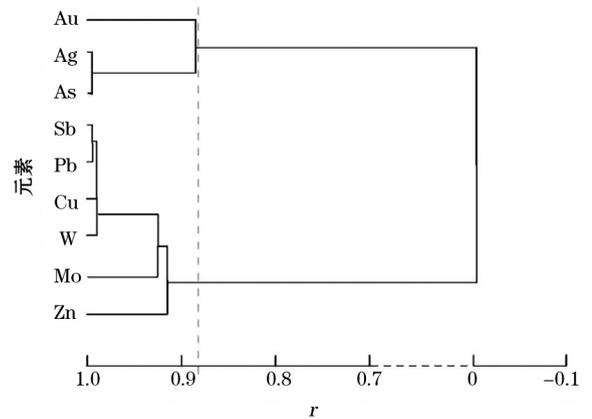


图 3 卫星—安全地区元素 R 型聚类分析谱系

#### 3.4.2 因子分析

对研究区内所有样品的原始测量数据进行标准化处理后<sup>[16]</sup>,利用 SPSS 统计软件进行了因子分析<sup>[17]</sup>。首先得到 Bartlett 球度检验和 KMO 检验分析结果,见表 4。可以看出, KMO 检验值为 0.742, Bartlett 球度检验统计量为 69 178.150,在自由度为 36 的条件下,概率 P 值为 0,因此,通过 Bartlett 球度检验和 KMO 检验表明,本区数据适合作因子分析<sup>[18-19]</sup>。

通过因子分析求出相关系数矩阵的特征值,根据特征值大于 1 和方差累计贡献率大于 63%合理提取公共因子,共提取 2 个公共因子(表 5、表 6)。这 2 个公共因子解释了原 9 种变量总方差的 94.547%的信息,且旋转前后总的累计贡献率没有发生变化,这表明总有信息量没有发生变化,因子分析的效果好。

表 3 卫星—安全地区不同地质单元元素特征值

元素	参数	Qh	K <sub>1t</sub>	J <sub>3mr</sub> <sup>2</sup>	J <sub>3mr</sub> <sup>1</sup>	J <sub>1er</sub>	T <sub>3-J1mγ</sub>	全区
Au	x	0.922	0.966	0.938	0.934	0.898	0.907	0.923
	S	1.184	1.161	1.220	1.148	1.139	1.303	1.197
	C <sub>v</sub>	2.081	4.290	3.082	2.022	1.207	2.607	2.243
Ag	x	0.077	0.061	0.065	0.065	0.070	0.069	0.068
	S	1.675	1.408	1.623	1.627	1.672	1.746	1.682
	C <sub>v</sub>	0.202	0.122	0.177	0.178	0.194	0.208	0.194
W	x	1.692	1.650	1.783	1.832	2.118	2.004	1.857
	S	1.639	1.339	1.613	1.394	1.698	2.247	1.857
	C <sub>v</sub>	0.939	0.583	0.827	0.549	0.706	1.165	1.000
Mo	x	1.660	1.818	1.649	1.498	1.616	1.805	1.692
	S	1.962	1.435	1.901	1.618	2.079	2.912	2.283
	C <sub>v</sub>	1.331	0.605	1.305	1.190	1.525	1.810	1.570
Cu	x	7.317	11.428	9.022	10.838	11.952	8.004	8.620
	S	1.676	1.545	1.608	1.599	1.436	1.919	1.759
	C <sub>v</sub>	0.260	0.179	0.216	0.197	0.146	0.315	0.262
Pb	x	30.266	34.644	32.532	34.993	35.460	26.661	30.17
	S	1.362	1.268	1.411	1.507	1.447	1.412	1.434
	C <sub>v</sub>	0.091	0.067	0.099	0.115	0.105	0.105	0.106
Zn	x	46.355	56.665	56.834	68.177	75.918	44.315	51.526
	S	1.587	1.333	1.476	1.465	1.548	1.704	1.623
	C <sub>v</sub>	0.120	0.071	0.096	0.091	0.101	0.141	0.123
As	x	11.507	20.077	14.078	12.881	9.913	5.818	9.668
	S	2.242	1.668	2.300	1.906	1.849	2.178	2.413
	C <sub>v</sub>	0.331	0.171	0.315	0.253	0.268	0.442	0.388
Sb	x	0.429	0.723	0.640	0.516	0.422	0.287	0.433
	S	1.973	1.370	1.903	1.587	1.485	1.849	2.023
	C <sub>v</sub>	0.802	0.971	1.442	0.697	0.458	0.493	0.842
岩性	砾石、砂、黏土	砂砾岩、砂岩、泥质岩	酸性火山岩及其火山碎屑岩	中酸性火山岩及其火山碎屑岩	中、中酸性火山岩及其火山碎屑岩	似斑状黑云母二长花岗岩		
样品数	420	56	976	296	72	1114	2944	

注: x 为均值, S 为标准离差, C<sub>v</sub> 为变异系数, Au 含量单位为 10<sup>-9</sup>, 其余元素含量单位为 10<sup>-6</sup>

表 4 Bartlett 球度检验和 KMO 检验分析

项目	数值
KMO 检验值	0.742
Bartlett 球度检验统计量	69178.150
自由度	36
概率 P 值	0.000

表 6 卫星—安全地区正交旋转后的因子载荷矩阵

元素	因子载荷	
	F1	F2
Au	-0.027	0.940
Ag	-0.014	0.985
As	-0.009	0.986
Sb	0.992	-0.020
Cu	0.989	-0.021
Pb	0.998	-0.014
Zn	0.925	-0.050
W	0.986	-0.007
Mo	0.945	0.009

表 5 卫星—安全地区 R 型因子分析特征值和累计方差贡献率

因子	旋转前		
	总特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
F1	5.688	63.200	63.200
F2	2.821	31.347	94.547
因子	旋转后		
	总特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
F1	5.680	63.116	63.116
F2	2.829	31.432	94.547

因子 F1 的元素组合为 Sb、Cu、Pb、Zn、W 和 Mo, 其中 Cu、Pb、Zn 反映了中温热液矿化, W 和 Mo 反映了高温热液矿化, 而 Mo 是本区最主要的成矿元素, 说明本区经历了多期次成矿。

因子 F2 的元素组合为 Au、Ag 及 As, 其中 As 是 Au 的伴生元素, Au、Ag、As 反映了低温热液矿化。

### 3.5 元素地球化学场的空间展布特征

区内发现的矿床、矿点均分布于甲类异常或部分乙类异常中,矿产产出与异常密切相关(图4)。

W、Mo 组合异常主要位于测区中部,南起鹿鸣林场,北至新第八林场,出露地质体为上三叠世—下侏罗世二长花岗岩、白垩统淘淇河组;异常面积大,分带明显,Mo 异常可分出内带;异常规模巨大,现已发现鹿鸣大型钼矿床,找矿前景极好。

Cu、Pb、Zn 组合异常分布较分散,较大的异常位

于测区中部,翠岭工段至锅盔顶子一线,出露地质体为上三叠世—下侏罗世二长花岗岩、正长花岗岩;异常面积不大,连续性差,分带不明显,找矿前景一般。

Au、Ag、As、Sb 组合异常分布较分散,Au 异常零星分布,面积小,连续性差,主要发育于上侏罗统帽儿山组火山岩中;Ag 异常呈带状分布,异常多出露于上二叠统五道岭组及上侏罗统帽儿山组火山岩中;As、Sb 在区内呈带状分布。组合异常面积较小,连续性差,分带性不好,找矿前景一般。

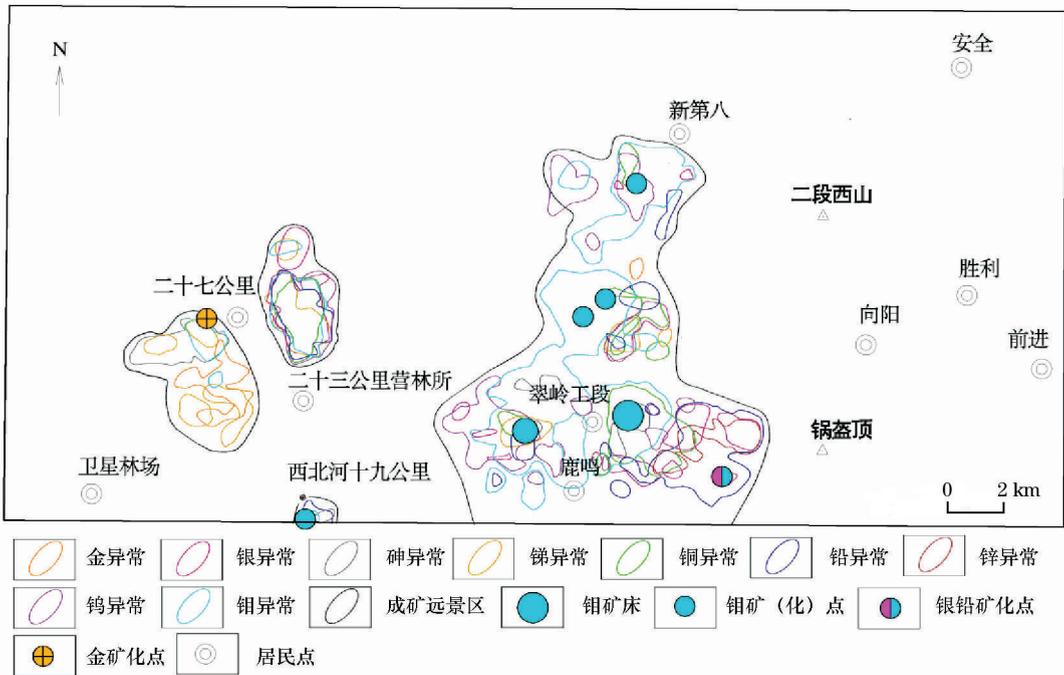


图4 卫星—安全地区远景区预测

## 4 查证成果

根据地质背景及1:5万水系沉积物异常特征,在研究区内共划分了4个成矿远景区<sup>[20]</sup>,分别为鹿鸣钼I级成矿远景区、西北河十九公里钼I级成矿远景区、二十三公里营林所北钼铜金银II级成矿远景区、二十七公里西金砷锑III级成矿远景区,其中鹿鸣钼I级成矿远景区内出露地层有上侏罗统帽儿山组II段( $J_3mr^2$ )酸性火山岩及其碎屑岩,大面积出露的是上三叠世—下侏罗世二长花岗岩( $T_3-J_1\gamma\gamma$ ),NE向及NW向断裂为主要控矿构造,区内分布以Mo为主的综合异常,伴生元素主要为W、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Au、Ag等,各元素异常套合好,Mo、Pb异常具内带,W、Cu、As、Sb、Ag异常具内带,区内发现有鹿鸣钼矿床、翠岭铜钼多金属矿床2处、钼矿点2万方数据

处,找矿前景巨大;西北河十九公里钼I级成矿远景区内出露地层有上侏罗统帽儿山组II段( $J_3mr^2$ )酸性火山岩及其碎屑岩,出露上三叠世—下侏罗世二长花岗岩( $T_3-J_1\gamma\gamma$ ),NE向断裂为主要控矿构造,区内分布以Mo为主的综合异常,伴生元素主要为W、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Au、Ag等,各元素异常套合较好,区内发现钼矿点1处,本区找矿前景较好。

由于鹿鸣钼I级成矿远景区有多处他人矿权,故对西北河十九公里钼I级成矿远景区内的卫06Hs-28Ht-2组合异常进行了查证。现将发现鹿鸣钼矿床的鹿-03-Ht-1组合异常主成矿元素与卫06Hs-28Ht-2组合异常主成矿元素进行了对比(表7、表8)。

从表7、表8中可以看出,鹿-03-Ht-1组合异常各项指标均明显优于卫06Hs-28Ht-2组合异常,其原因如下:一是鹿-03-Ht-1组合异常位于已知大型

表7 卫星—安全地区鹿-03-Ht-1 组合异常特征

异常编号	面积/km <sup>2</sup>	形状	极大值	平均值	衬度值	规模	浓度分带	异常下限
Mo-1	0.630	未封闭	175.8	36.2	2.598	1.636	内带	13.95
Cu-1	0.3436	未封闭	265.1	55.0	1.815	0.624	中带	30.3
W-8	0.0627	不规则状	61.7	17.7	3.26	0.205	内带	5.42
W-3	0.1253	未封闭	17.4	6.4	1.17	0.147	中带	5.42
W-1	0.0270	未封闭	9.9	8.0	1.47	0.040	外带	5.42
W-2	0.0107	未封闭	6.4	6.0	1.11	0.012	外带	5.42

注:元素含量单位为 10<sup>-6</sup>

表8 卫星—安全地区卫 06Hs-28Ht-2 组合异常特征

异常编号	面积/km <sup>2</sup>	形状	极大值	平均值	衬度值	规模	浓度分带	异常下限
W-4	0.065	未封闭	11.1	5.1	2.07	0.170	中带	2.45
Mo-5	0.076	未封闭	74.6	28.63	1.363	1.958	中带	2.87
Cu-6	0.007	未封闭	27.1	27.1	1.29	0.043	外带	21.0
Cu-7	0.024	未封闭	52.4	39.4	1.88	0.442	中带	21.0
Pb-4	0.037	未封闭	102.0	80.1	1.621	1.040	外带	52.0

注:元素含量单位为 10<sup>-6</sup>

钼矿上,其主成矿元素各项指标必然十分优秀;二是由于工作图幅所限,卫 06HS-28Ht-2 组合异常南部未封闭,致使其面积、衬度均小于鹿-03-Ht-1 组合异常。从主成矿元素看,卫 06HS-28Ht-2 组合异常中 Mo-5 异常呈不规则状近 SN 向展布,南侧向图外延伸,未封闭,异常面积约 0.076 km<sup>2</sup>,极大值为 74.6×10<sup>-6</sup>,是全区内最高值,异常具 2 处浓集内带,异常点数为 8 个,平均值为 28.63×10<sup>-6</sup>,标准离差 25.57,衬度值为 1.363,与 W 异常套合较好,与 Cu、Pb 等伴生,具有分带性。从地质背景看,卫 06HS-28Ht-2 组合异常出露岩性为上三叠世—下侏罗世中细粒—似斑状黑云母二长花岗岩,异常区受 NNE 向断裂构造控制,普遍发育硅化、黄铁矿化和辉钼矿化蚀变,这和鹿-03-Ht-1 的地质背景、矿化蚀变是完全一致的。通过槽探验证,在卫 06HS-28Ht-2 组合异常区发现了钼矿体,矿体总体呈 NE 向展布,长约 300 m,最宽 6 m,岩性为似斑状中细粒黑云母二长花岗岩,见辉钼矿化、硅化及烟灰色黄铁矿化。在所采集的 80 个化学样品中,有 25 个样品达到了边界品位(最高为 0.045%),3 个样品结果超过了最低工业品位(最高为 0.08%)。矿石品位地表较贫,品位变化无规律,这可能是由于下部矿体的含矿热液沿早期形成的裂隙上侵导致的,所以辉钼矿多分布于裂隙中,仅在个别岩枝出露地表处达到边界品位。本区的钼矿点和鹿鸣钼矿具有一定的可比性。通过上述分析,本区找钼矿的前景较好。

## 5 结论

1) 通过对本区水系沉积物异常的研究,认为

Mo 为本区的主成矿元素,成矿可能性最大;Au 也有成矿的可能,但规模不会太大;这与前期找矿成果是一致的。

2) Mo 与 W、Cu、Pb、Sb、Zn 关系密切,本区仍可能存在中小型钨、铜、铅锌矿床。

3) 结合地质背景,在研究区共划分了 4 个成矿远景区,择优对卫 06Hs-28Ht-2 组合异常进行了查证,发现了钼矿体,也印证了本区 Mo 的找矿前景良好。

## 参考文献:

- [1] 张东财,唐臣.黑龙江省矿产资源潜力评价[R].黑龙江省地质调查研究总院,2013.
- [2] 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.
- [3] 汪岩,金哲岩,李国臣,等.黑龙江省区域地质矿产调查报告 L52E004010 卫星林场幅 L52E004011 安全幅[R].黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院,2008.
- [4] 曲关生.黑龙江省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [5] 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.
- [6] 陈国光,张华,叶家瑜,等.地球化学普查规范(1:50000)(报批稿)[S].北京:中国地质调查局,2009.
- [7] 马晓阳.我国东北森林沼泽区化探异常查证方法技术研究[D].北京:中国地质大学,2002.
- [8] 刘驰,张华,汤正江,等.我国森林沼泽景观区地球化学系列参数统计[J].物探与化探,2013,37(4):585-590.
- [9] 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):433-449.
- [10] 梁科伟,郑卫政,赵山,等.黑龙江省 1:5 万矿调成果综合研究报告[R].黑龙江省地质调查研究总院,2016.
- [11] 迟清华,鄯明才.应用地球化学元素丰度数据手册[M].北京:

地质出版社, 2007, 1-38.

- [12] 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及找矿方向[J]. 物探与化探, 2015, 39(5): 897-903.
- [13] 贾维林, 孙景山, 石兴友, 等. 黑龙江省铁力市鹿鸣钨矿预查报告[R]. 黑龙江省第五地质勘察院, 2005.
- [14] 时永明, 崔彬, 贾维林. 黑龙江省铁力市鹿鸣钨矿床地质特征[J]. 地质与勘探, 2007, 43(2): 19-22.
- [15] 刘文辉. 应用浓幅分位值对确定区域成矿元素的探讨[J]. 甘肃科技, 2009, 25(1): 41-44.
- [16] 阳正熙, 吴玺虹, 彭直兴, 等. 地学数据分析教程[M]. 北京: 科学出版社, 2008, 127-142.
- [17] 李玉光, 杜宏巍, 黄永生. SPSS19.0 统计分析入门与提高[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014: 307-327.
- [18] 赵少卿, 魏俊浩, 高翔, 等. 因子分析在地球化学分区中的应用[J]. 地质科技情报, 2012, 31(2): 29-30.
- [19] 戴慧敏, 鲍庆中, 宫传东, 等. 因子分析法对内蒙古查巴奇地区水系沉积物地球化学分区的应用研究[J]. 现代地质, 2010, 24(2): 245-251.
- [20] 魏浩, 徐九华, 刘振刚, 等. 内蒙古两成县草几坝一带土壤化探的数学地质分析[J]. 地质与勘探, 2011, 47(3): 473-482.

## A discussion on the geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Weixing-Anquan area of Heilongjiang Province

YIN Guo-Liang<sup>1</sup>, LIANG Ke-Wei<sup>1</sup>, YANG Fu-Shen<sup>1</sup>, WEN Dan<sup>1</sup>, Wang Yan<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Geological Survey of Heilongjiang Province, Harbin 150036, China; 2. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110034, China)

**Abstract:** The Luming molybdenum deposit is located in Weixing-Anquan area of Heilongjiang Province, where stream sediments are well-developed. This paper introduces the popular statistical method which investigates the relationship between geochemical characteristics of stream sediments and mineralization. Some conclusions have been reached: ① Mo is most likely to form large deposits; Au may form ore deposits, but the size will not be large. ② Mo and Sb, Cu, Pb, Zn W belong to the same factor, and Mo has experienced multi-period mineralization; Au, Ag and As belong to the same factor. ③ The authors chose 4 mineralization prospective areas to study stream sediment anomaly and found a new Mo orebody, which suggests that this area has good ore-search prospects of Mo deposits.

**Key words:** stream sediment survey; ore-prospecting orientation; Weixing-Anquan

(本文编辑: 蒋实)