

内蒙古库伦旗秦家沟土壤地球化学特征及找矿方向

刘新运, 黄再心, 郝适合, 曹振帅, 于永安, 刘 君, 谢艳芳

(武警黄金第四支队, 辽宁辽阳 111000)

[摘 要] 本文通过统计秦家沟土壤样品多元素地球化学参数, 推测可能的矿源层和富集成矿作用, 分析 Grd 数据对比图, 分析各元素高值区的分布特征, 根据相关系数(λ) 矩阵的因子分析结果, 得到了 2 个元素组合, 推测出本区的主成矿元素和伴生元素, 根据 R 型聚类分析谱系图的统计结果, 推测出了本区可能存在的中高温元素组合类型和中低温元素组合类型, 确定了本区有利的成矿元素组合类型, 圈定了组合异常, 通过归一化 Grd 数据图和组合异常对比, 验证异常的合理性和有效性。通过施工地表工程, 对所圈定的异常进行了查证, 取得了良好的找矿效果, 揭示了本区所蕴藏的成矿信息, 指明了本区今后的找矿方向, 为更好地指导本区下一步勘查工作提供了依据。

[关键词] 土壤 多元素 组合异常 秦家沟 库伦旗

[中图分类号] P617 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2014) 增刊-1338-06

Liu Xin-yun, Huang Zai-xin, Hao Shi-he, Cao Zhen-shuai, Yu Yong-an, Liu Jun, Xie Yan-fang.
Soil geochemical characteristics and prospecting direction in Qinjiagou, Hure Banner, Inner Mongolia
[J]. *Geology and Exploration*, 2014, 50(Supp.): 1338-1343.

本文旨在通过对秦家沟 1:10000 土壤样品多元素统计分析, 揭示本区地球化学特征, 圈定组合异常, 结合矿化体、围岩蚀变特征和矿区外围矿(化)点分布情况, 经过异常查证, 探讨其中蕴藏的成矿信息, 更好地指导本区下一步勘查工作。

1 地质概况

本区大地构造位置位于华北板块(IV) 华北北部陆缘增生带(IV₁) 的镶黄旗—赤峰火山型被动陆缘(IV₂)。区内主要出露的地层有太古界建平群变质岩系、志留系、石炭系、侏罗系及第四系。该区在太古宇发生了角闪岩相和麻粒岩相区域变质作用; 受赤峰—开原深大断裂带的影响, 经历了多次构造岩浆活动。矿区外围多金属矿点较多, 在秦家沟矿区附近有莱草洼钨矿点、布克金铜矿和卧力吐铅锌矿。

秦家沟矿区地层较单一, 为石炭系家道沟组, 岩性为黄绿色板岩夹硬砂岩及灰岩, 呈北东向展布, 两侧为印支期花岗岩。

目前共发现 5 条多金属矿(化)体。矿(化)体

为破碎蚀变岩型, 围岩蚀变有硅化、高岭土化、绿泥石化, 褐铁矿很发育, 局部具有铁帽的特征, 大多赋存于板岩的层间裂隙中。

2 地球化学特征

用 GeoIPAS 软件对多元素样品分析结果进行了统计分析。通过分析秦家沟化探异常参数统计表(表 1), 发现 4 个特点:

(1) 在石炭系家道沟组(C_{2j}) 地层中, Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Mo 8 种元素的平均值、标准离差、变化系数、浓集克拉克值和致矿系数均为最高值, 表现出了惊人的相似性。因此, 可以认为, 石炭系家道沟组(C_{2j}) 地层为区内这八种元素的可能矿源层。

(2) Au 元素在各地质体中的上述各参数没有太大的差异。这种与上述 8 元素明显不同的特征, 可以推测 Au 的成矿物质来源可能来自于另外的含矿热液。

(3) Ag、Pb、Cu 致矿系数最高。说明在该区 Ag、Pb、Cu 三种元素具有潜在的成矿可能。

表 1 秦家沟化探异常参数统计表

Table 1 Parameters of chemical exploration anomalies in Qinjiagou

单元素	地质单元	样品数	平均值	中位数	标准离差	变化系数	最大值	最小值	浓集克拉克值	致矿系数
Au	算术全区	2455	2.111	1.6	2.972	1.408	100	0.1	514.9	530.38
	Qh	201	2.242	1.7	2.123	0.947	23	0.7	546.9	557.31
	C _{2j}	935	2.036	1.6	2.362	1.16	52.1	0.1	496.7	509.46
	γ_4^{2-3}	1319	2.144	1.6	3.435	1.602	100	0.1	522.92	540.54
Cu	算术全区	2455	25.283	20	60.517	2.394	2000	5	0.665	26.994
	Qh	201	21.343	20	13.59	0.637	100	5	0.562	7.566
	C _{2j}	935	34.866	20	96.155	2.758	2000	5	0.918	31.253
	γ_4^{2-3}	1319	19.09	20	11.528	0.604	200	5	0.502	7.145
Pb	算术全区	2455	38.635	30	74.008	1.916	3000	10	2.576	23.647
	Qh	201	35.871	30	38.28	1.067	500	10	2.391	14.13
	C _{2j}	935	41.85	30	113.41	2.71	3000	10	2.79	32.599
	γ_4^{2-3}	1319	36.778	30	29.143	0.792	500	10	2.452	11.168
Mo	算术全区	2455	1.417	1	1.887	1.332	50	0.5	0.709	15.356
	Qh	201	1.236	1	1.285	1.039	10	0.5	0.618	12.047
	C _{3j}	935	1.458	1	2.567	1.761	50	0.5	0.729	20.102
	γ_4^{2-3}	1319	1.416	1	1.305	0.921	10	0.5	0.708	10.844
Ag	算术全区	2455	0.136	0.1	0.332	2.443	10	0.05	2.719	29.589
	Qhal	201	0.113	0.1	0.111	0.987	1	0.05	2.254	13.113
	C _{2j}	935	0.155	0.1	0.49	3.167	10	0.05	3.095	37.929
	γ_4^{2-3}	1319	0.126	0.1	0.181	1.436	5	0.05	2.523	18.32
Zn	算术全区	2455	137.21	100	155.63	1.134	5000	10	1.596	14.072
	Qh	201	118.91	100	60.834	0.512	300	50	1.383	7.01
	C _{2j}	935	141.02	100	220.34	1.563	5000	10	1.64	18.828
	γ_4^{2-3}	1319	137.31	100	100.36	0.731	2000	50	1.597	9.636
As	算术全区	2455	9.381	7.44	6.843	0.729	67.7	0.5	4.937	12.961
	Qh	201	9.565	6.52	7.82	0.818	55.9	3.04	5.034	14.027
	C _{2j}	935	12.389	9.67	8.961	0.723	67.7	0.5	6.521	14.476
	γ_4^{2-3}	1319	7.22	6.7	3.147	0.436	38.3	0.5	3.8	8.594
Sb	算术全区	2455	0.824	0.65	0.829	1.006	16.2	0.05	5.494	16.555
	Qh	201	0.768	0.58	0.656	0.854	6.47	0.22	5.122	14.512
	C _{2j}	935	1.071	0.77	1.245	1.162	16.2	0.05	7.14	19.925
	γ_4^{2-3}	1319	0.658	0.61	0.209	0.318	2.7	0.21	4.384	7.883
Bi	算术全区	2455	0.471	0.32	0.715	1.52	18.2	0.02	0.004	16.722
	Qh	201	0.404	0.38	0.17	0.422	1.71	0.14	0.003	4.649
	C _{2j}	935	0.596	0.36	1.035	1.736	18.2	0.02	0.005	19.096
	γ_4^{2-3}	1319	0.392	0.28	0.413	1.054	7.59	0.06	0.003	11.599

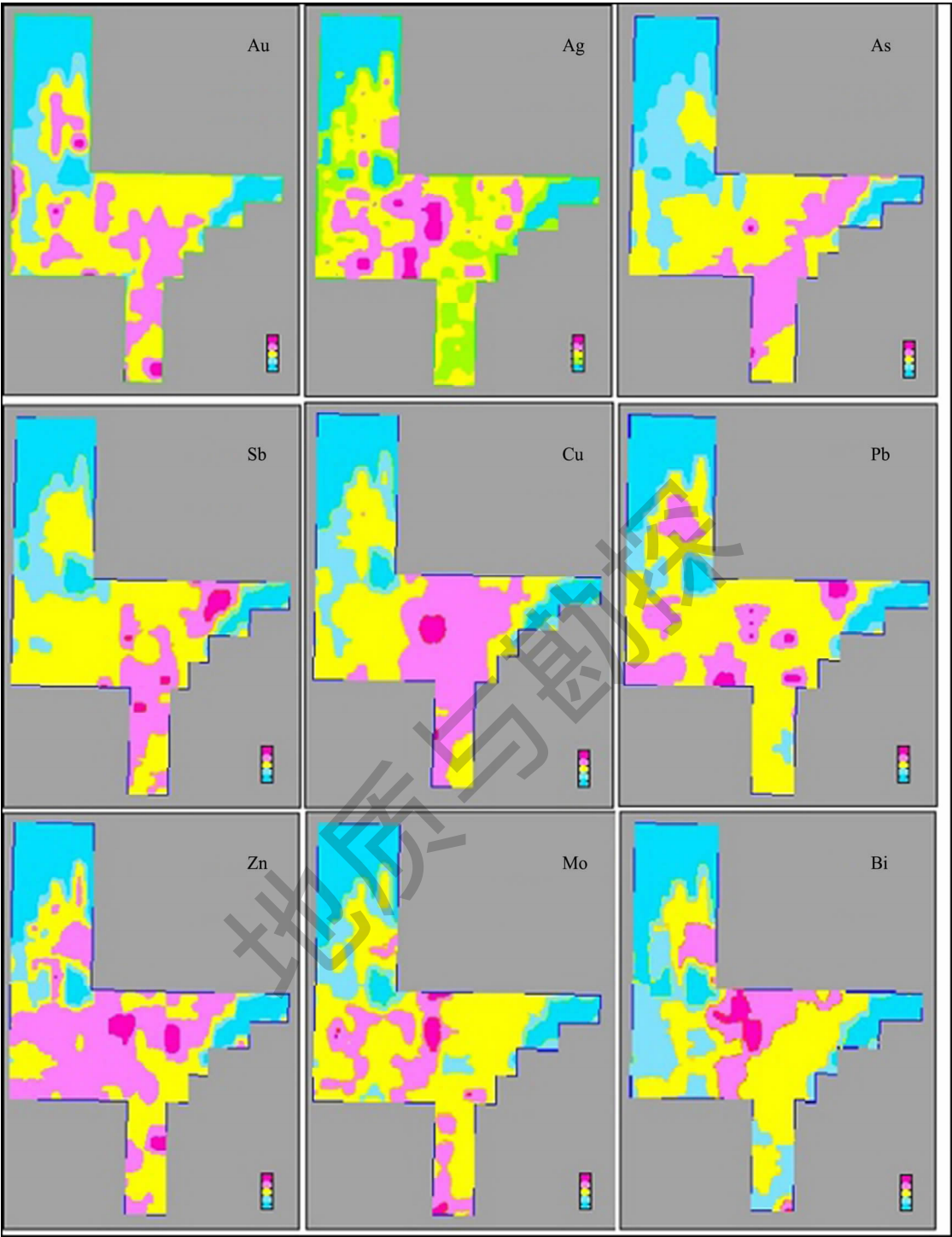


图1 9元素 Grd 数据图对比图
Fig.1 Comparison of Grd data graphs for 9 elements

(4) 除 As 和 Sb 外,变化系数均大于 1.5,说明元素含量的分布属于极不均匀型,在成矿作用过程中发生了强烈的富集成矿作用。

用离散数据网格化的方法对多元素样品分析结果进行了处理,得到 Grd 数据图(图 1)。

通过 Grd 数据图(图 1)分析对比,得到 4 点认识:

(1) As、Sb、Cu、Ag、Bi 五种元素呈北东向带状展布。

(2) Au 在工作区分布比较均衡。

(3) Pb 有两处高值区,但总体趋势为北东向。

(4) 与中低温热液相关的 As 和 Sb 具北东向一致性,与中高温热液相关的 Mo 和 Bi 具南北向一致性。这可能代表着不同期次热液活动的轨迹。

以上特征说明,异常的展布方向与区内主体构造方向基本上是一致的,同时隐含着多期次成矿作用。

用 SPSS 统计软件,进行了相关性分析、R 型聚类分析和因子分析,试图找出与成矿作用密切相关的主成矿因子。

首先得出 9 种元素的相关系数矩阵(表 2)。

对于相关系数(λ)矩阵来说,采用不同的相关系数(λ),就能得到不同的组合分类。

选择相关系数 λ 为 0.5,利用编网法,将单元格中小于 0.5 的忽略掉,把含有数值的单元格视为行和列的“结点”。通过结点可以相互连接起来的元素为同一组合类型。

表 2 相关系数(λ)矩阵

Table 2 Matrix of correlation coefficients (λ)

	Au	Cu	Pb	Mo	Ag	Zn	As	Sb	Bi
Au	1								
Cu	0.48	1							
Pb	0.59	0.47	1						
Mo	0.19	0.34	0.55	1					
Ag	0.14	0.38	0.61	0.46	1				
Zn	0.32	0.47	0.56	0.45	0.68	1			
As	0.56	0.32	0.39	0.18	0.10	0.34	1		
Sb	0.57	0.41	0.44	0.21	0.11	0.45	0.62	1	
Bi	-0.08	0.12	0.25	0.49	0.47	0.31	-0.01	-0.06	1

通过相关性分析得到 2 个组合: Au - Pb - As - Sb 和 Zn - Pb - Ag - Mo。推测该区主成矿元素为 Zn - Ag - Au - Pb - Mo,伴生元素 As - Sb,这在一定程度上指明了该区主要的找矿方向。

从 R 型聚类分析树形图(图 2)中可以看出,在 16 左右可分成两大类:(Ag - Zn - Mo - Bi)与 (As - Sb - Au - Pb - Cu)。前者可能与高温热液活动相关;后者元素组合可能与中低温热液活动相关。

从第一因子 F1 到第四因子 F4 的累计方差贡献为 79.9%。表明前 4 个因子可以解释变量间及变量与地质作用之间的相互关系。4 个因子分别代表了不同的元素组合,结合矿区的实际情况,可将元素组合解释为:

F1 主因子主要由 Ag - Zn - Pb 组成。在主因子

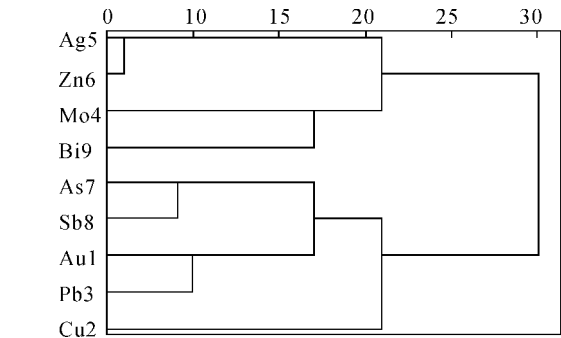


图 2 R 型聚类分析谱系图

Fig. 2 Spectral systems of R - type clustering analysis

上的载荷为 0.932、0.83 和 0.758,显示这三种元素与 F1 具有较强的相关性。在 F1 上,除 Ag - Zn - Pb 外,Bi 和 Mo 也有部分因子载荷。其成矿因子的方差贡献为 44.2%,Ag - Zn - Pb (Bi、Mo)代表着主成矿期。是为中高温热液成矿作用的元素组合类型。

F2 主因子是 As - Sb 组合,两元素与 F2 相关系数分别为 0.888 和 0.850,显示较强的相关性。另外,Pb - Au - Cu 在 F2 上也部分负荷。As - Sb - Pb - Au - Cu 是一组典型的中低温热液成矿作用的元素组合类型。F2 所代表的成矿期,应该晚于 F1。

Au 在 F3 的载荷为 0.941,As、Sb 和 Bi 在 F3 因子上载荷分别为 0.392、0.607 和 -0.41。Au - As - Sb - Bi 组合也是一组与中低温热液成矿作用有关的元素组合类型。在热液中,As、Sb 活动性大,搬运距离远,常与成矿元素伴生,是矿体前缘元素,和 Au 与 F3 成正相关;Bi 为尾部元素,与 F3 成负相关。

F4 与 Cu 相关性最好,As、Bi、Ag 和 Zn 在 F4 上也较高的载荷,反映了一次中低温热液金属硫化物的迁移、富集、沉淀过程。

Sb 在 F2、F3 上有较重负荷,Bi 在 F1、F3 和 F4 上也有较重的载荷,Au、Zn、Pb 等元素也有这一现象。因子分析中,因子间彼此是独立的。这说明本区存在多期次叠加成矿作用。

表 3 旋转主成分矩阵

Table 3 Rotated matrix of main components

元素	因子载荷			
	F1	F2	F3	F4
Au	0.113	0.496	0.941	0.084
Sb	0.233	0.850	0.607	0.108
Bi	0.541	-0.100	-0.410	0.648
Mo	0.413	0.186	-0.055	0.237

续表 3

Continued Table 3

元素	因子载荷			
	F1	F2	F3	F4
Ag	0.932	0.120	-0.026	0.375
As	0.120	0.888	0.392	0.408
Zn	0.830	0.197	0.274	0.466
Cu	0.385	0.383	0.197	0.886
Pb	0.758	0.653	0.106	0.132
方差贡献	3.98	1.86	0.72	0.63
方差贡献率%	44.20	20.61	8.04	7.04
累计贡献率%	44.20	64.81	72.86	79.90

3 组合异常及评价

根据对以上地球化学特征的分析,结合各单元元素异常的分布情况及成矿地质条件,在区内圈定了 5 个组合异常(表 4)。

其异常编号为:秦家沟 I 组合异常、秦家沟 II 组合异常、秦家沟 III 组合异常、秦家沟 IV 组合异常、秦家沟 V 组合异常(见图 3)。

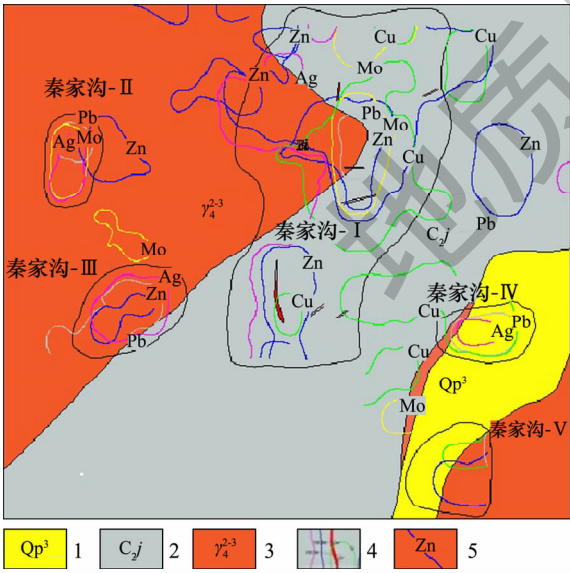


图 3 秦家沟 9 元素组合异常图

Fig.3 Map showing combined anomalies of 9 elements in Qinjiagou

1 - 上更新统亚砂土;2 - 家道沟组砂岩、板岩和灰岩;3 - 花岗岩;
4 - 矿化体;5 - 单元元素异常

1 - upper Pleistocene clayey silt; 2 - Jiadougou sandstone, slate and limestone; 3 - granite; 4 - mineralization body; 5 - single element anomaly

为了检验组合异常圈定的合理性,用均值标准

差的方法对 9 种元素进行了归一化数据变换处理。通过对比,组合异常图和归一化 Grd 数据图所显示出来的高值区吻合得很好,说明圈定的组合异常是非常合理的。显示了很好的成矿前景。

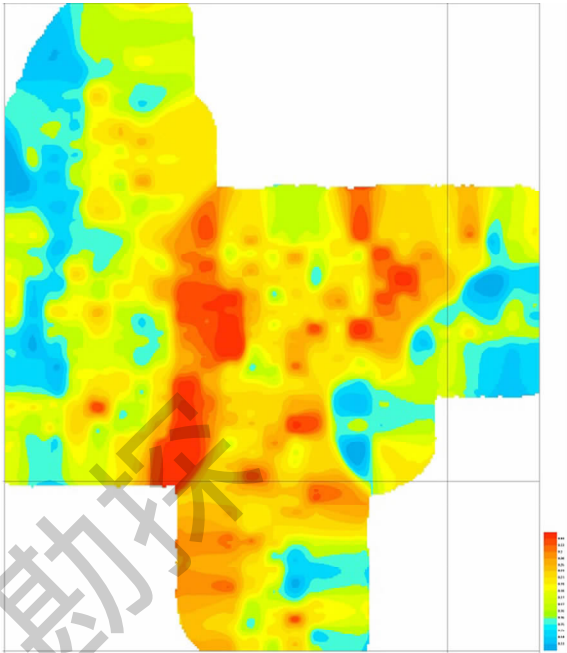


图 4 归一化 Grd 数据图

Fig.4 Normalized Grd data

组合异常圈定出来以后,我们对异常进行了全面的踏勘,并进行了 1:10000 地质简测,由于本区属于中厚覆盖区,因此没有取得什么进展,用槽探工程对异常进行了初步查证,获得很好的效果。在这里,重点对 I 号组合异常进行评价。

该组合异常分布于石炭系家道沟组 (C_j) 和华力西期岩体 (γ^{2·3}) 的接触带附近。形状为北东向展布的带状。

地表工程在异常中圈定了 2 条多金属矿化体。

在 16 号矿化体的 16TC00 褐铁矿碎裂板岩中,硅化发育,褐铁矿很普遍。Ag: 9.74×10^{-6} , Pb: 0.52%, Zn: 0.21%。

3 号矿化体控制长约 200 m,宽约 3m,走向近南北,倾向近直立,蜂窝状构造发育,并且具有铁帽的特征。由 3 条探槽控制。其中 3TC00, 揭露宽 2.10m, Pb: 0.6% ~ 0.88%, Zn: 0.44% ~ 0.50%; 3TC10 揭露宽 2.5m, Ag: 4.27×10^{-6} ~ 22.4×10^{-6} , Zn: 0.46% ~ 0.82%; 3TC09 揭露到宽 3m, Ag: 1.15×10^{-6} ~ 3.19×10^{-6} , Pb: 0.01% ~ 0.06%, Zn: 0.10% ~ 0.49%。

表 4 秦家沟组合异常统计表

Table 4 Combined element anomalies of Qinjiagou

组合异常编号	面积(km ²)	元素组合	单元素异常数	异常分类
秦家沟 I	2.25	Ag - Pb - Zn - Cu - Mo - Bi	银 3 处,铅 1 处。锌 3 处,铜 5 处,钼 2 处,铋 2 处	甲 2
秦家沟 II	0.13	Pb - Ag - Zn - Mo	银 1 处,铅 1 处,锌 1 处,钼 1 处	乙 1
秦家沟 III	0.23	Ag - Pb - Zn - Mo	银 1 处,铅 1 处,锌 1 处,钼 1 处	乙 1
秦家沟 IV	0.14	Pb - Ag - Mo - Cu	银 1 处,铅 1 处,铜 1 处,钼 1 处	乙 1
秦家沟 V	0.54	Pb - Zn - Cu	锌 1 处,铜 1 处,铅 1 处	乙 2

异常评价的结果说明了异常的真实性、可靠性和有效性。

4 结论及找矿方向

- (1) 异常的展布方向受近南北向和北东向构造影响很大。
- (2) 石炭系家道沟组(C_{2j})可能为区内多金属成矿的矿源层。
- (3) 本区含矿热液隐含着多期次的活动轨迹,这对成矿作用是非常有利的。
- 4) 异常评价的结果说明,虽然区内的多金属矿化体在地表还没有构成规模,但是已经具备寻找

Au—Pb—Ag—Zn—Cu 等多金属矿产的潜力。

5) 区内的钼异常很突出,下一步要增加对钼的常量分析测试。

[References]

Gao Rong, Liu Xin-yun, Sun Yan. 2012. Pre investigation report of gold and polymetallic ore of North of Hebei Chengde-South Mongolian. The Inner Mongolia Autonomous Region Bureau of Geology and mineral resources. [R] . 1991. Regional geology of Inner Mongolia Autonomous Region.

[参考文献]

高荣,刘新运,孙岩等. 2012. 冀北承德—蒙南地区金及多金属矿预查报告.

内蒙古自治区地质矿产局. 1991. 内蒙古自治区区域地质志 [R] .

Soil Geochemical Characteristics and Prospecting Direction in Qinjiagou, Hure Banner, Inner Mongolia

LIU Xin-yun, HUANG Zai-xin, HAO Shi-he, CAO Zhen-shuai, YU Yong-an, LIU Jun, XIE Yan-fang
(No. 4 Gold Geology Party of CAPF, Liaoyang 111000)

Abstract:Through statistics of multiple-element geochemical parameters in soil samples from Qinjiagou, this work attempts to infer the potential ore source beds and enrichment of mineralization in this area. It is also based on comparison of Grd data and distribution features of high values of all elements. According to the correlation coefficient (λ) of the matrix of factor analysis, it obtains combination of 2 elements and speculates the main mineralization and associated elements in this area. From R-type clustering analysis, the element combination types at moderate-high and low-moderate temperatures are estimated, and the type of combination of ore-forming elements is determined. Then combined anomalies in the study area are delineated. Using normalized Grd data graphs and comparison of the combined anomalies, this work verifies the rationality and validity of these anomalies, which are further confirmed by field surveys. The information from these results would shed a light on the direction of ore-searching efforts in this region.

Key words:soil, geochemical characteristics, prospecting direction, qinjiagou, hure banner