

# 金蟾山金矿地球化学原生晕异常特征及找矿意义

朱 斌<sup>1</sup>,何海坡<sup>2</sup>,杨秀峰<sup>1</sup>,林锐华<sup>1</sup>

(1. 中钢集团 天津地质研究院,天津 300181;

2. 灵宝黄金股份有限公司,河南 灵宝 472500)

**摘 要:** 文章通过对金蟾山金矿矿区地球化学原生晕的统计分析、微量元素异常等值线图分析、不同类型岩石统计及微量元素特征分析,认为矿区各微量元素均满足正态分布,最佳微量元素指示元素为 Au,Cu,Hg,Bi;重要微量元素指示元素为 Pb,Ag,As;Zn,W,Mo,Mn 也可起到一定的指示作用;金矿脉的综合轴向分带序列为:Mo-Cu-Au-As-Mn-Bi-Ag-W-Hg-Zn-Pb-Sb,因而矿区深部头晕元素位于尾部,而尾晕元素位于头晕, Hg 与 Pb,Zn 等成矿元素产出靠近尾晕,所以深部多个平行盲矿体存在可能性较大,向下具延深趋势,且深度较大。

**关键词:** 金蟾山金矿;原生晕;特征指示元素;多元统计学分析;轴向分带序列;内蒙古自治区

**中图分类号:** P632.2;P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)04-0458-08

## 0 引言

金蟾山金矿位于内蒙古赤峰市喀喇沁旗牛家营子乡大水清村。矿山始建于 1992 年,2007 年 3 月被灵宝黄金股份公司收购并成立金蟾矿业公司,目前矿山采选能力 500 t/d。近年来由于资源消耗与新探明储量之间的比例严重失衡,矿山保有储量连年下降,后备资源严重不足。

经调查,目前的矿山生产以井下采掘为主,共有 9 个采区,总体的采掘深度不大;因此,矿区深部还存在较大的找矿空间。本文通过原生晕地球化学研究,总结矿脉的原生晕地球化学特征,预测金蟾山金矿深部成矿的可能性。

## 1 矿床地质特征

金蟾山金矿地处华北陆块北缘的赤峰—朝阳金矿化集中区内,是安家营子金矿田中的主要金矿床之一;区域性的喀喇沁旗花岗岩呈 NE 向的大型复式岩基产于赤峰—开源深大断裂以南,岩基周边有

太古宇和新元古界出露,岩基两侧为中生代断陷盆地,沉积有侏罗—白垩系陆相火山岩系。

NW 向的安家营子花岗岩是喀喇沁旗花岗岩基的组成部分,侵位于燕山晚期(132~138 Ma)<sup>[1]</sup>;岩体具有岩相分带,中心相为似斑状二长花岗岩,边缘相粒度变细,为石英二长岩,金矿床产于中心相似斑状二长花岗岩中。金蟾山金矿的矿脉(体)多产于似斑状二长花岗岩的破碎带及碎裂岩化花岗岩中(图 1),矿区内的脉岩、构造岩中均有不同程度的矿化现象。

金矿化主要集中在 2 个地段:东部南大洼—漏风矿化带,西部拐棒沟—头道沟—阳坡矿化带。

东部矿化带为主矿带,发育有多条矿脉。控矿断裂带总体走向 10°~30°,平面上呈舒缓波状,倾向 SE,倾角 55°~75°,断裂带宽 4~45 m 不等,在主断裂带两侧发育有数十条次级断裂,大多数断裂中均具蚀变矿化现象;主矿化带内见有糜棱岩化,表明主要控矿构造经历过韧性变形过程。在南大洼矿段主要出露 I, II, III, IV, V, VI, VII 号共 7 个矿脉,漏风矿段主要是 I, II 号 2 个矿脉。矿脉走向 30°,倾向 SE,倾角 55°~75°。矿体形态特征受断裂带及次生构造的共同控制;断裂控制着矿脉的产状和规模,而微细矿脉受次级网络状微裂隙的制约。平面上,矿

收稿日期: 2011-08-03

作者简介: 朱斌(1984-),男,浙江天台人,硕士,矿床学与矿床地球化学专业,从事矿床地质找矿研究工作。通信地址:天津市河东区广宁路友爱东道平房 4 号,中钢集团天津地质研究院;邮政编码:300181;E-mail:redice198@163.com



表1 金蟾山金矿各元素地球化学特征参数值

Table 1 Geochemical parameters for each elements in Jinchanshan Au deposit

项目	$\ln x$											
	Au	Cu	Pb	Zn	Ag	W	Mo	Mn	As	Sb	Bi	Hg
平均值	-4.27	2.95	3.13	3.79	-1.39	1.76	0.34	6.19	-0.61	-1.61	-0.15	-3.04
均值标准误差	0.08	0.07	0.07	0.04	0.09	0.04	0.06	0.03	0.06	0.03	0.07	0.03
中位数	-5.30	2.60	2.68	3.66	-2.21	1.22	-0.07	6.13	-1.39	-1.90	-0.92	-3.10
众数	-5.81	1.61	1.61	2.87	-3.00	1.06	-0.25	5.86	-1.39	-1.90	-1.20	-3.04
标准偏差	1.78	1.38	1.50	0.80	1.98	0.77	1.16	0.53	1.25	0.55	1.46	0.61
方差	3.19	1.90	2.24	0.65	3.94	0.60	1.36	0.28	1.57	0.31	2.14	0.37
偏度	1.43	0.76	1.22	1.10	1.25	0.95	2.01	0.83	1.54	2.23	1.79	1.87
峰度	1.50	0.46	1.05	1.47	0.68	0.70	4.62	1.49	1.72	6.20	2.81	8.29
最小值	-6.91	-0.92	0.47	2.30	-3.91	0.96	-1.11	4.67	-1.39	-1.90	-1.20	-4.61
最大值	2.48	7.60	8.52	6.72	3.91	5.26	6.21	8.27	4.42	1.69	5.30	0.61
25%分位数	-5.65	1.87	1.99	3.25	-3.00	1.13	-0.37	5.83	-1.39	-1.90	-1.20	-3.27
50%分位数	-5.30	2.60	2.68	3.66	-2.21	1.22	-0.07	6.13	-1.39	-1.90	-0.92	-3.10
75%分位数	-3.51	3.80	3.76	4.13	-0.45	2.43	0.68	6.48	0.26	-1.20	0.47	-2.98

注:原始分析数据引自“中钢地质院《内蒙古赤峰金蟾山金矿床成矿规律研究及找矿预测》2008.12”;样品数:442件。

## 2 原生晕地球化学特征

本次工作地表多元素分析取样共442件,采用不规则网格拣块法采集样品。选择与金成矿作用有关的12种元素进行分析,包括Au,As,Cu,Sb,Zn,Pb,Ag,Hg,Bi,W,Mn和Mo。分析检测工作由中国冶金地质总局地球物理勘查院测试中心完成,使用仪器有AFS-2202E原子荧光分光光度计,日立508原子吸收分光光度计,801-W一米平面光栅摄谱仪;各元素检测主要方法为:DZ/T0130.1~13-2006甲基异丁基甲酮(MIBK)萃取原子吸收法测定Au;原子荧光光谱法测定As,Sb,Bi,Hg;水平电极撒样法测定Ag,Cu,Pb,Zn,W,Mo和Mn等7个元素。

### 2.1 微量元素特征

原始元素的分布在确定区域地球化学背景值和异常下限时具有极其重要的作用<sup>[2]</sup>。据此,本文对地表化探样原始数据取对数,再应用SPSS软件进行概率分布分析,结果见表1。

用SPSS软件做各元素质量分数对数直方图,各元素对数均满足正态分布。说明各元素对数均只存在1个对数正态总体或者多个相似、相近的正态总体叠加。因此可先用迭代法<sup>[3]</sup>剔除高值,确定各元素平均值( $X$ )及标准离差( $S$ ),再根据参数性方法确定本区内的背景值(其值= $X^{[4]}$ )及异常下限 $N$ ( $N=X+1.65S$ )等参数表<sup>[5]</sup>(表2)。浓集强度排列

为:Bi,W,Au,Pb,Sb,Ag,Mo,Mn,Hg,Zn,As,Cu。其中,Bi为高分异富集元素,W,Au和Pb为强分异浓集元素,Sb,Ag,Mo,Mn,Hg,Zn,As和Cu为贫化元素。

### 2.2 统计学分析

相关性分析结果(表3)表明,Au与Ag(0.412),Bi(0.294),Hg(0.25),Cu(0.219),As(0.219),Pb(0.188)相关性好,与Sb,Mo无相关性。

聚类分析结果(图2)表明,Bi,Hg先聚类组合,在经历Zn,Mn聚类组合作用后,Pb,Ag,Cu聚类组合作用可能与成矿的硫化物阶段有关,之后又经历As和Sb的聚类组合作用,Bi,Hg与Mo聚类组合并与Pb,Ag,Cu聚类组合,再整体与Au发生聚类组合。

因子分析表明(表4),主成分因子F1为Ag,Bi,Pb,Hg,Cu,Au,该组合可能为矿化有关元素组合,反映矿化元素组合特征;F2为Zn,Mn,与矿化无关的元素组合;F3为As,Sb;F4为Mo。

从上述统计学分析可知,本区微量元素地球化学演化大致经历5个阶段,其中与Au矿化有关的3个阶段为Bi-Hg组合沉淀作用阶段,Pb-Ag-Cu-Au多金属硫化物及金银矿物与Bi-Hg-Mo组合沉淀作用阶段,As-Sb组合沉淀作用阶段。其中As与Au关系密切,而Sb与Au无关。与Au矿化无关的2个阶段为Zn-Mn组合沉淀作用阶段及W沉淀作用阶段。

表 2 金蟾山金矿区内元素背景值及异常下限参数值

Table 2 Element background value and lower limit value of anomaly in Jinchanshan Au deposit

项目	Au	Cu	Pb	Zn	Ag	W	Mo	Mn	As	Sb	Bi	Hg
平均值 $X$	0.007	16.055	15.528	37.827	0.070	6.934	0.819	473.632	0.256	0.179	0.395	0.043
标准离差 $S$	0.005	14.142	12.122	17.387	0.034	5.062	0.258	187.747	0.041	0.065	0.136	0.011
背景值	0.007	16.055	15.528	37.827	0.070	6.934	0.819	473.632	0.256	0.179	0.395	0.043
异常下限 $N$	0.016	39.390	35.529	66.515	0.125	15.287	1.245	783.414	0.323	0.286	0.619	0.061
迭代次数	12	15	9	9	22	5	16	6	12	7	14	7
地壳克拉克值	0.003	75.000	8.000	80.000	0.080	1.000	1.000	690.000	1.000	0.200	0.006	0.080
浓度克拉克值	2.305	0.214	1.941	0.473	0.870	6.934	0.819	0.686	0.256	0.893	65.833	0.536

注:样品数:442件;地壳克拉克值中 Mn 和 Hg 以魏德波尔(1967)为准,其他元素以泰勒(1985)为准。

表 3 金蟾山金矿地表多元素相关性分析矩阵

Table 3 Correlative matrix analysis for multi-element at surface of Jinchanshan Au deposit

	Au	Cu	Pb	Zn	Ag	W	Mo	Mn	As	Sb	Bi	Hg
Au	1											
Cu	0.219	1										
Pb	0.188	0.39	1									
Zn	0.013	0.16	0.475	1								
Ag	0.412	0.465	0.528	0.259	1							
W	0.071	0.19	0.122	0.073	0.128	1						
Mo	0	0.039	0.292	0.034	0.262	0.095	1					
Mn	0.045	0.128	0.14	0.578	0.141	0.165	0.023	1				
As	0.219	0.101	0.181	0.098	0.3	0.021	0.109	0.07	1			
Sb	-0.027	0.038	0.029	0.027	0.035	0.024	0.092	0.042	0.387	1		
Bi	0.294	0.309	0.248	0.002	0.553	0.126	0.383	0.022	0.14	0.036	1	
Hg	0.25	0.229	0.204	-0.01	0.344	0.1	0.346	0.067	0.083	0.031	0.799	1

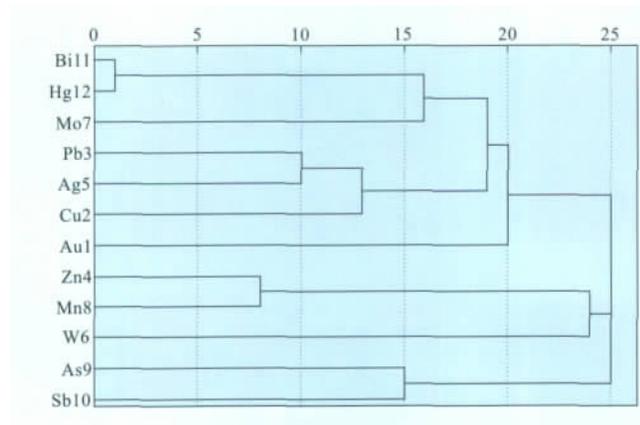


图 2 金蟾山金矿地表多元素聚类分析图谱

Fig. 2 Cluster analysis of multi-elements at surface of Jinchanshan Au deposit

### 2.3 平面等值线异常图

地球化学等值线图是地球化学采样和分析后的一种图示,是反映一个地区地球化学信息的重要图件<sup>[6]</sup>。根据异常下限  $N$  等参数剔除高值,异常浓度分带原则,结合剔除后元素数据最大值与最小值,即若异常值大于最小值,则从异常值开始到最大值插

值分带;若异常值小于或等于最小值,则用最小值替代异常值开始到最大值插值分带。应用 Surfer 软件采用克里格法绘制金蟾山金矿地表各元素原生晕等值线图(图 3),其中分带准则为: $<X-2S$  为低值区(蓝色), $X-2S \sim X-0.5S$  为低背景值区(淡蓝色), $X-0.5S \sim X+0.5S$  为背景区(黄色), $X+0.5S \sim N$  为异常区(淡红色), $N \sim 2N$  为异常外带(粉红色), $2N \sim 4N$  为异常中带(红色), $4N \sim 8N$  为异常内带(深红色)<sup>[7]</sup>, $8N \sim$  最大值为插值分带(最大值用绿色,从  $8N$  至最大值过程中颜色由深红色至绿色渐变)。

从整体上观察区内的原生晕等值线异常图,可以用“钨、锰星点布,锌、铜对半数,南钼、汞,北锑、砷,银、铋、铅、金占大部”来形象地描述。W 元素只在林家营子南及 2 采南有异常,其他区段均等于或低于背景值;Mn 元素的高异常区出现在 2 采破碎蚀变带附近、8 采南及孙家南沟东区的边缘。Zn 元素大部分在异常下限值以上,高异常值出现在金矿部东、孙家南沟东南及西侧、2 采西及北侧、林家营子西南附近;Cu 元素的高异常中心出现在 8 采、2 采西部区段、孙家南沟东南及林家营子南。Mo 元

表 4 金蟾山金矿地表多元素因子分析结果

Table 4 Factor analysis of multi-element at surfact of Jinchanshan Au deposit

	Au	Cu	Pb	Zn	Ag	W	Mo	Mn	As	Sb	Bi	Hg
F1	0.472	0.578	0.66	0.375	0.81	0.269	0.453	0.29	0.37	0.138	0.75	0.652
F2	-0.142	0.108	0.32	0.782	0.014	0.125	-0.243	0.667	0.083	0.066	-0.477	-0.476
F3	0.037	-0.131	-0.068	-0.114	0	-0.153	0.04	-0.124	0.751	0.807	-0.117	-0.149
F4	-0.595	-0.352	-0.018	0.162	-0.236	0.094	0.61	0.24	-0.13	0.204	0.149	0.25

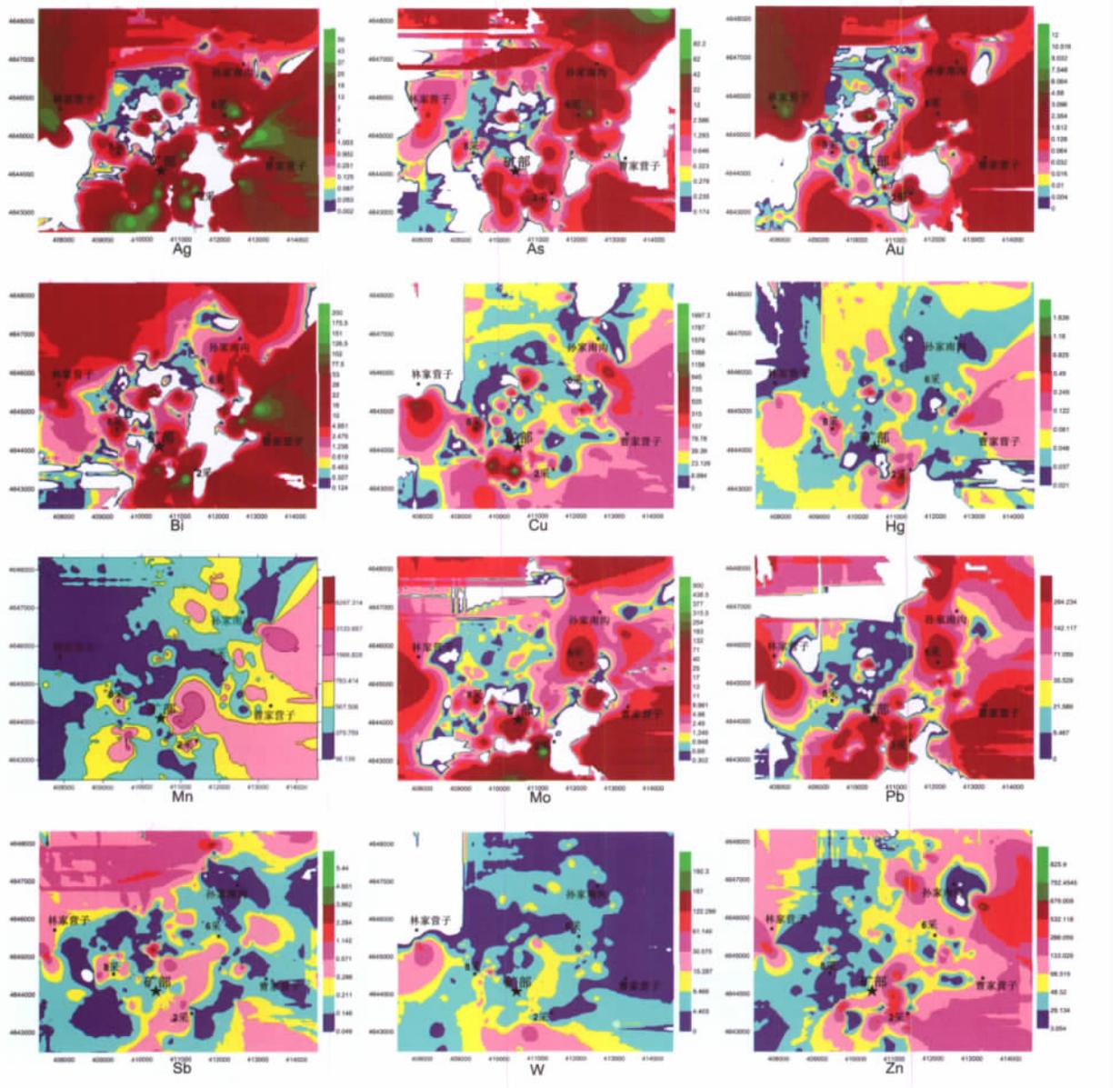


图 3 金蟾山金矿原生晕元素等值线异常图

Fig. 3 Contour of elements in primary halo at Jinchanshan Au deposit showing anomalies

素异常明显,异常中心(特别是异常的高值区)主要位于研究区南部,特别是 2 采以南及其西南的边缘区段;Hg 元素异常中心有 2 个:一个位于 2 采南,另外一个在 8 采北东方向。Sb 和 As 元素异常主要出现在测区北部,Sb 元素的异常中心位于孙家南沟北、矿部以北和林家营子西南等处,As 元素异常范围较广。Ag, Bi, As, Au, Pb 元素的异常范围广,其中 Ag 元素的高值异常中心位于林家营子西南、金蟾山金矿北东及南侧、2 采以南及西南侧、6 采以东、曹家营子以北、西南及东等处,另外 8 采也有异常;Bi 元素除了 6 采、曹家营子西南和 2 采北无高值异常外,其高值异常中心与 Ag 元素基本重合;As 元素的高值异常中心位于林家营子以东、2 采附近、6 采及测区的东北角;Au 元素在 2 采、林家营子附近、矿区北、6 采北东出现高值异常中心,在 8 采也有异常。

在统计分析中,结合与 Au 关系密切的元素和在成矿过程中有贡献的元素综合考虑,总结出研究区的多元素异常区为:①2 采附近及其南部、西南部区段,主要异常元素有 Ag, Bi, Mo, Cu, Au, Hg, As, Pb;②金蟾山金矿矿部北山子沟区段,主要异常元素有 Ag, Au, Hg, Bi, Sb, As;③6 采井口区段,主要异常元素有 Ag, As, Mo, Pb;④林家营子及以南区段,主要异常元素有 Au, Ag, Cu, Bi, Mo, Pb, As;⑤曹家营子以北的曹家营子北沟附近,主要异常元素有 Bi, Mo, Ag, Pb, Cu, Au。这些区段虽然有些没有 Au 元素异常,但是由于与 Au 相关性高的元素异常强烈,所以也可以作为指示异常的一种信息。异常元素越多,异常值越大的区域,成矿的可能性也就越大。

#### 2.4 岩石元素地球化学特征

按不同岩石类型进行微量元素特征的对比(表 5)可知,随着蚀变矿化作用的增强,岩石中与 Au 有关的成矿元素或者伴生元素的质量分数均明显增加,显示矿化富集的特点。从似斑状二长花岗岩→蚀变二长花岗岩→蚀变岩→矿化蚀变岩, Au, Cu, Hg 等元素的质量分数增高, Au 元素尤为明显,说明蚀变矿化作用中, Au 元素随热液大量进入蚀变岩石。Cu 元素的质量分数增量较为平稳;Hg 元素更趋于匀速增加。Pb, Ag, As, Bi 等元素在蚀变岩和蚀变花岗岩中出现富集,在矿化蚀变岩中这 4 种元素的质量分数达到最高,表现出随着蚀变矿化作用强度的逐渐增大,质量分数逐渐增加的趋势。Zn, W, Mo, Mn 等元素却有相反的情况,在蚀变岩和蚀变花岗岩中出现显著的富集,但到了矿化蚀变岩中这些元素的富集程度却有所降低,这 4 个元素表现出在蚀变外带(或矿化带外侧)富集的特点。Sb 元素在蚀变矿化的各个带中的质量分数基本不变,说明 Sb 基本不受蚀变矿化作用的影响。

矿化元素在蚀变矿化作用过程中的组合活动特征在不同类型岩石的统计学分析对比中也能更好地反映出信息(表 6)。从似斑状二长花岗岩→蚀变二长花岗岩→蚀变岩→矿化蚀变岩,相关元素分析、元素聚类组合类型及主成分因子 F1, F2 特征反映出金矿化富集主要受 3 个元素组合影响: Au 元素及 Au-Ag 元素组合; Cu-Pb-Zn 等多金属硫化物元素组合; Bi-Hg 等易挥发元素组合。其中,矿化蚀变岩中的 Cu-W-Pb-Zn-Mn-Ag-Mo-As 代表矿化蚀变成成分聚类组合。

表 5 金蟾山金矿不同类型岩石的微量元素特征

Table 5 Micro-element analysis of different rocks in Jinchanshan Au deposit

项目	似斑状二长花岗岩( $n=82$ )			蚀变二长花岗岩( $n=29$ )			蚀变岩( $n=51$ )			矿化蚀变岩( $n=22$ )		
	均值	标准离差	差异系数	均值	标准离差	差异系数	均值	标准离差	差异系数	均值	标准离差	差异系数
Au	6.99	7.32	1.05	0.71	2.01	2.84	90.02	177.53	1.97	3298.64	2827.23	0.86
Cu	15.73	25.97	1.65	93.41	196.17	2.10	117.08	201.90	1.72	350.87	563.65	1.61
Pb	10.29	8.85	0.86	276.66	547.77	1.98	171.10	708.48	4.14	626.51	859.29	1.37
Zn	45.13	17.60	0.39	97.99	82.97	0.85	84.97	134.51	1.58	86.10	69.52	0.81
Ag	0.06	0.06	0.91	9.75	18.48	1.89	3.90	11.22	2.87	27.21	22.03	0.81
W	3.92	3.07	0.78	7.56	6.11	0.81	18.15	28.58	1.57	16.19	19.12	1.18
Mo	0.90	0.24	0.26	24.72	93.38	3.78	16.85	54.41	3.23	6.93	12.08	1.74
Mn	383.39	176.59	0.46	696.76	276.14	0.40	750.96	555.05	0.74	677.13	371.71	0.55
As	0.62	0.63	1.01	4.60	11.26	2.45	1.41	5.39	3.81	8.97	13.47	1.50
Sb	0.39	0.50	1.27	0.34	0.15	0.43	0.35	0.11	0.32	0.31	0.10	0.33
Bi	0.58	1.17	2.00	20.23	49.60	2.45	8.70	25.34	2.91	29.59	43.95	1.49
Hg	0.04	0.01	0.31	0.09	0.20	2.31	0.09	0.11	1.28	0.15	0.19	1.29

量的单位:  $w(\text{Au})/10^{-9}$ , 其他元素  $w_B/10^{-6}$ 。

表6 金蟾山金矿不同类型岩石统计分析对比特征表

Table 6 Statistical analysis of correlative elements in Jinchashan Au deposit

	相关元素	元素聚类组合	主成分因子 F1(贡献/%)	主成分因子 F2(贡献/%)
似斑状二长花岗岩(n=82)	Au, Ag, Cu, W	Cu, Ag, W, Au-Pb, Mn, As, Zn, Mo-Bi, Hg, Sb	Pb, W, Mn, As, Cu, Zn(26.221)	Au, Cu, Ag, Bi, Hg, W(20.904)
蚀变二长花岗岩(n=29)	Au 无相关元素; Ag, Pb, Mo, As, Bi, Hg 相关	Ag, Pb, Mo, Sb, Bi, Hg-Cu, W, Mn, Zn-Sb-Au	Pb, Ag, Mo, Bi, Hg, W(34.703)	Cu, Zn, W, Mn(17.821)
蚀变岩(n=51)	Au, Cu, Pb, Zn, Ag 相关; As, Sb 相关; Bi, Hg 相关	Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mn-Bi, Hg, W-As, Sb, Mo	Au, Cu, Pb, Zn, Ag(28.529)	Sb, Bi, Hg(18.631)
矿化蚀变岩(n=22)	Au, Hg 相关; Ag, Pb, Zn, Mn, Hg 相关; Cu, Pb, Zn, W, Mn, Hg 相关	Cu, W, Pb, Zn, Mn, Ag, Mo, As-Bi, Hg, Au-Sb	Cu, Pb, Zn, Ag, W, Mn, Hg(38.427)	Au, Bi, Hg(18.65)

综上所述,金蟾山金矿地表原生晕最佳微量元素指示元素为 Au, Bi, Cu, Hg;重要微量元素指示元素为 Pb, Ag, As; Zn, W, Mo, Mn 也可起到一定的指示作用。

### 3 矿脉轴向元素分带

选择金蟾山金矿南大洼矿段 I 号矿脉进行垂向分带研究。采用多种方法综合类比,然后得出综合垂向分带序列。在得出综合垂向分带序列后,对比前、后晕元素,判断矿体的剥蚀程度及矿体向深部延伸的趋势。

分别采用格里戈良法、改良的格里戈良法<sup>[8]</sup>、比重指数法、重心法<sup>[9]</sup>、含量梯度法<sup>[10]</sup>等方法得出相应的轴向分带序列(表 7)。金蟾山金矿 9 个中段(标高 942—582 m)从上到下的综合轴向分带序列表现为: Mo 在头部, Sb 在尾部, As, Bi, Hg 均匀分布头中部、中部、中尾部, Cu 与 Au 分布在中部靠近头部, Pb 和 Zn 分布在尾部, Ag, Mn 和 W 分布在中部。

与张魁武<sup>[11]</sup>所得安家营子金矿床分带序列差别较大,与同一构造区域内李惠等<sup>[12]</sup>得出的内蒙古柴

胡栏子轴向分带序列大部分相似,而对比李惠<sup>[12]</sup>所得的中国金矿床综合轴向分带序列,表现为类似“逆向分带”现象,说明该区域原生晕为叠加原生晕,并且叠加期次较复杂。这也与本区平行矿脉较发育的矿体分布特征相对应,反映深部可能存在多个平行盲矿体。对照我国一些典型矿床指示分带序列研究成果总结的挥发性强、化学性质活泼的元素总处在金矿体轴向分带序列上部及李惠等构造叠加晕预测准则,可知研究区域深部头晕元素位于尾部,而尾晕元素位于头晕,并且结合上述最佳成矿指示元素 Hg 与对金矿化有富集作用的 Pb, Zn 等成矿元素产出靠近尾晕,所以深部盲矿体存在的可能性较大,向下具延深趋势,且深度较大。

### 4 结论

(1)金蟾山金矿各微量元素均满足正态分布。多数元素为贫化元素, Bi 为高分异富集元素, W, Au, Pb 为强分异浓集元素。

(2)结合地表元素统计学分析、原生晕元素等值线异常图分析、不同类型岩石的统计学对比分析及

表7 金蟾山金矿轴向分带序列综合对比表(以南大洼矿区主矿脉为例)

Table 7 Comparison of element zonation along axis of ore bodies

方法	轴向分带序列(942—582 m, 从上到下)	备注
格里戈良法	(Mo-As)-(Cu-Au)-Bi-(Zn-Pb-Ag-Sb-Mn-W-Hg)	
改良的格里戈良法	(Mo-Mn-As)-(Cu-Au-Ag)-Bi-W-Hg-(Sb-Zn-Pb)	
比重指数法	Mo-(Cu-Au-Mn-Ag)-(Bi-As)-W-Hg-(Zn-Pb-Sb)	
重心法	Cu-Au-As-Bi-Mn-Mo-Ag-Sb-Hg-W-Pb-Zn	计算距离 360m
含量梯度法	Mo-(Ag-Cu-Mn-Au)-(As-Bi)-W-Hg-(Pb-Zn-Sb)	
综合序列	Mo-Cu-Au-As-Mn-Bi-Ag-W-Hg-Zn-Pb-Sb	
安家营子 <sup>[11]</sup>	Hg-(Au-Ag-Pb-Zn-As-Mn)-(Bi-Mo-W-Ni-Co-Cu)	
内蒙柴胡栏子 <sup>[12]</sup>	Au-Mo-Zn-Co-B-Cr-Mn-Pb-Ag-Bi-Cu-Ni-As-Hg-Sb	
中国金矿床原生晕综合轴向(垂直)分带序列 <sup>[12]</sup>	(B-As-Hg-F-Sb-Ba)-(Pb-Ag-Au-Zn-Cu)-(W-B-Mo-Mn-Ni-Cd-Co-V-Ti)	计算距离 180m

微量元素特征分析等可以看出:本区金矿原生晕最佳微量元素指示元素为 Au, Cu, Hg, Bi;重要微量元素指示元素为 Pb, Ag, As; Zn, W, Mo, Mn 也可起到一定的指示作用。

(3)金蟾山金矿脉从上到下(942 → 582 m)的综合轴向分带序列为: Mo-Cu-Au-As-Mn-Bi-Ag-W-Hg-Zn-Pb-Sb。对比区域同类金矿床轴向分带序列,得出本矿区深部头晕元素位于尾部,而尾晕元素位于头晕,并且结合上述最佳成矿指示元素 Hg 与对金矿化有富集作用的 Pb, Zn 等成矿元素产出靠近尾晕,所以深部多个平行盲矿体存在可能性较大,向下具延深趋势,且深度较大。

#### 参考文献:

- [1] 李永刚,翟明国,杨进辉,等. 内蒙古赤峰安家营子金矿成矿时代以及对华北中生代爆发成矿的意义[J]. 中国科学: D 辑, 2003, 33(10): 960-966.
- [2] 黄志全,章永梅,李峰. 柳坝沟矿区原生晕地球化学特征[J]. 内蒙古煤炭经济, 2010(6): 107-110.
- [3] 李文昌,李丽辉,尹光候. 西南三江南段地球化学数据不同方法处理及应用效果[J]. 矿床地质, 2006, 25(4): 501-510.
- [4] 春乃芽. 如何利用 Excel 处理化探数据[J]. 物探化探计算技术, 2006, 28(3): 272-276.
- [5] 李宗敏,申维. 基于奇异值分解法的含量-面积法对化探异常的确定[J]. 地质通报, 2008, 27(5): 662-667.
- [6] 韩小明,张晓梅,王瑞,等. 地球化学等值线图生成方法研究及相关软件使用对比[J]. 新疆地质, 2007, 25(3): 327-330.
- [7] 袁义生,刘应忠,罗明学,等. 应用 MAPGIS 制作地球化学图单元元素异常图及综合异常图[J]. 贵州地质, 2007, 24(2): 156-159.
- [8] 王建新,臧兴运,郭秀峰,等. 格里戈良分带指数法的改良[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2007, 37(5): 884-888.
- [9] 朴寿成,连长云. 一种确定原生晕分带序列的新方法——重心法[J]. 地质与勘探, 1994, 31(1): 63-65.
- [10] 张定源. 银岩锡矿原生晕元素分带序列计算方法研究[J]. 地质与勘探, 1989, 25(6): 45-49.
- [11] 张魁武,郑学正. 内蒙古安家营子金矿床地球化学异常特征[J]. 华北地质矿产杂志, 1998, 13(2): 144-154.
- [12] 李惠,张文华,刘宝林,等. 中国主要类型金矿床的原生晕轴向分带序列研究及其应用准则[J]. 地质与勘探, 1999, 35(1): 32-35.

## Characteristics of primary geochemical halo anomaly and the significance to the ore-seaching in Jinchanshan gold mine

ZHU Bin<sup>1</sup>, HE Hai-po<sup>2</sup>, YANG Xiu-feng<sup>1</sup>, LIN Rui-hua<sup>1</sup>

(1 *Sinosteel Tianjin Geological Academy, Tianjin 300181 China;*

*2 Lingbao Gold LTD., Lingbao 472500, Henan, China)*

**Abstract:** Statistic analysis of primary geochemical halo anomaly of Jizhanshan gold mining area, analysis of anomaly contour of micro-element, statistic analysis of different rocks and analysis of micro-element characteristics show that each micro-element in the mining area are in normal distribution, Au, Cu, Hg, Bi the optimum indicators, Pb, Ag, As; Zn, W, Mo, key indicators, Mn the indicator sometimes; element zonation along axis of gold vein in order of Mo-Cu-Au-As-Mn-Bi-Ag-W-Hg-Zn-Pb-Sb. Accordingly, the authors conclude that elements of the front halo occur at the rear halo and vice versa. Hg and Pb, Zn, the ore element occur near the rear halo. Therefore, it is possible that blind ore bodies occur parallel at depth and tend to extend to further depth.

**Key Words:** Jizhanshan gold mine; primary geochemical halo; characteristic indicator element; multivariate analysis; zonztion order of element along axis of gold vein; Inner Mongolia