第19卷第4期	地质与资源	Vol. 19 No.
2010年12月	GEOLOGY AND RESOURCES	Dec. 20

文章编号:1671-1947(2010)04-0287-05

中图分类号 :P618.51

文献标识码:A

黑龙汀省逊克县高松山金矿床微量元素地球化学

连永牢¹ 胡天星² 邵长来³ 杨吉波³ 梁春雷³

(1.中国人民武装警察部队黄金第一支队 黑龙江 牡丹江 157021;2.中国人民武装警察部队黄金第十支队, 云南 昆明 650111 ;3. 中国人民武装警察部队黄金第三支队 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要:利用相关分析、聚类分析、因子分析等多元统计方法,对高松山金矿床岩(矿)石微量元素地球化学特征的.研究表 明,Au与Ag、As、Sb、Pb等中低温元素具有较强的相关性.依据元素的共生组合及相关性特征 将微量元素分为5个组合类 型:Au、Ag、As、Sb、Pb、Mo;Co、Ni、Mn、-Sn;Cu、W;Hg、Bi;Zn、Sn.对矿体轴向上微量元素分布特征研究表明,在不同标高上 矿体微量元素出现前缘晕与尾晕指示元素、近矿晕与尾晕指示元素、前缘晕与近矿晕指示元素相互叠加的现象 显示出矿区 内成矿作用复杂、具有多次矿化叠加的特征.

关键词 微量元素 地球化学 念矿床 高松山 黑龙江省

高松山金矿床位于黑龙江省东北部 行政区划属 黑龙江省逊克县,该金矿是近年由武警黄金第一支队 发现,目前矿床规模已达到 20 t 以上⁹. 2003 年以来, 对高松山金矿床的矿床地质地球化学、成矿流体性 质、成矿物理化学条件、矿床成因等方面作过一些研 究[1]. 本文基于矿区内探槽、钻孔中原生晕化验数据, 对岩矿石的微量元素组成特征进行阐述 从地球化学 角度深化对金的成矿活动的认识.

1 矿区地质特征

高松山金矿床位于伊春--延寿地槽褶皱系北段[2] 小 兴安岭--张广才岭金及多金属成矿带中.矿区内出露地层 较为简单,主要有下白垩统板子房组、宁远村组,板子房 组主要分布于矿区的东南部 岩性主要为玄武安山岩、安 山岩、粗安岩、安山质火山角砾岩及凝灰熔岩等. 宁远村 组分布于矿区的西北部 岩性主要由酸性流纹岩、流纹质 熔结凝灰岩、角砾熔结凝灰岩、火山角砾岩和集块岩 组成. 矿区构造发育, 主要有雪水温-沾河压扭性断 裂、永青五七干校-高松山压扭性断裂、美丰河张性断 裂、沙阿其河张性断裂及伴生断裂和富强向斜.其中 沙阿其河断裂的伴生构造主要为北东东向扭性断裂 和北西西向张性断裂,矿区内岩浆活动不明显,燕山 期次英安岩及次安山岩呈脉状侵入在火山碎屑岩、凝 灰岩及流纹岩中.

●武警黄金一支队. 黑龙江省逊克县高松山矿区金矿普查报告. 2009.

2 矿体地质特征

目前区内共发现金矿体 11 条 多呈脉状赋存在构 造破碎带中、矿体围岩主要为英安岩、安山岩、火山角 砾岩. 其中 1- 、2- 、2- 号矿体走向为北西西-北 西向,1- 、1- 、2- -1、2- 、2- 号矿体走向为近 东西向,1-、3-、3-矿体走向为北东东向(图1). 其中 1- 号矿体呈薄脉状,矿脉长 2046 m,总体产状 (176~205)°∠ (55~72)°, 平均倾角 64°, 平均品位 5.60×10⁻⁶, 平均厚度 1.41 m. 矿石类型主要为含金石





收稿日期 2010-04-26 修回日期 2010-07-08. 张哲编辑.

英脉、构造角砾岩蚀变岩型.矿石结构主要为粒状结构,其次为填隙结构,矿石构造主要有块状构造、角砾状构造、细脉和网脉状构造.矿石中的矿物组成中金属矿物主要为自然金、银金矿、黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、铜蓝、方铅矿、闪锌矿等;非金属矿物主要为石英、长石、云母、高岭土、方解石等.矿石中金主要以裂隙金、粒间金形式产出,粒度特征以中细粒金为主(占67%).自然形态以针状为主,其次为粒状、板片状、长角砾状、尖角砾状、浑圆状等.

高松山矿床属于浅成低温热液型金矿床,矿区内 围岩蚀变主要以低温热液蚀变为特征,主要蚀变类型 有硅化、黄铁矿化、绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化、绢 云母化等.其中硅化、黄铁矿化、绿泥石化、高岭土化与 矿化关系密切.

根据矿石矿物的组合、相互关系及形态特点,可将 矿床成矿期次划分为3个成矿阶段(1)黄铁矿-石英 阶段(2)金-石英-多金属硫化物阶段(3)石英-碳酸 盐阶段.

3 矿床微量元素地球化学特征

本次研究在探槽和钻孔中采集了不同标高深度的 各类岩(矿)石样品 157 件,送国土资源部哈尔滨矿产 资源监督检测中心进行了 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Mn、 Hg、Sb、Bi、Co、Ni、W、Mo、Sn 等 15 种元素的分析测试 工作.文中相关的数据主要应用 SPSS13 统计软件进 行处理.

3.1 微量元素统计特征

微量元素的统计特征是元素和元素间数据结构的 客观反映,能揭示元素在成矿过程中地球化学行为特 点,如消长关系和行为的相似差异等.研究中使用了相 关分析 R型聚类分析和因子分析等多元统计方法^[3]. 3.1.1 相关性分析

根据高松山金矿床岩(矿)石微量元素的分析结果 做出的岩矿石中微量元素的相关矩阵(表 1)显示 Au 与 Ag 为强显著相关,相关系数为 0.886,这与矿石中 Au 与含 Ag 矿物密切共生的实际情况相一致. Au 与 As、Sb、Pb等中低温元素呈显著相关,相关系数分别为 0.414、0.453、0.441, 与 W、Co、Sn、Mn、Ni、Zn等中高温 元素之间相关性较差,而且存在着反消长关系.

3.1.2 R 型聚类分析

R 型聚类分析是从数字分类角度研究元素在成矿 活动中地球化学行为相似程度的一种有效方法. 通过 聚类分析研究,可以得出元素组合特征,判定元素之间 的亲疏关系,有助于矿化阶段的划分、成矿元素迁移和 富集的判断以及矿床成因等问题的研究^[4-5]. 据高松山 矿区内岩矿石微量元素分析结果,对 15 个元素进行 R 型聚类分析. 结果显示(图 2),在 γ(相关系数)=15 的 相似水平上,微量元素明显分为 7 个群组,即:①W、 Cu;②Sn;③Au、Ag、As、Sb、Pb、Mo;④Bi;⑤Hg;⑥ Co、Ni、Mn(⑦Zn. 各群组之间相关性较低,反映了矿床 成矿的多期次性和复杂性. Au 元素与 Ag 关系密切, 在 γ=2.5 时,即聚为一类,表现出较强的相关性,和

表1 高松山金矿区岩矿石微量元素相关系数

Table 1 Correlation coefficient matrix of trace elements in ore or rock from the Gaosongshan gold deposit

元素	Au	Ag	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo	Sn	Со	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Au	1.000	0.886	0.414	0.453	0.022	0.044	- 0.005	0.226	- 0.071	- 0.044	0.034	- 0.091	- 0.060	0.441	- 0.088
Ag		1.000	0.663	0.662	0.064	0.071	- 0.001	0.364	- 0.067	- 0.041	0.087	- 0.211	- 0.052	0.633	- 0.093
As			1.000	0.797	0.173	0.236	0.174	0.362	0.115	- 0.168	0.205	- 0.367	- 0.201	0.763	- 0.082
Sb				1.000	0.132	0.327	0.092	0.656	0.058	- 0.188	0.096	- 0.394	- 0.213	0.677	- 0.162
Bi					1.000	0.164	0.134	0.106	- 0.039	- 0.071	0.060	- 0.177	- 0.060	0.232	0.016
Hg						1.000	0.082	0.165	0.048	- 0.222	- 0.002	- 0.118	- 0.227	0.101	- 0.059
W							1.000	0.038	0.164	0.183	0.916	0.026	- 0.131	0.162	- 0.020
Мо								1.000	0.037	- 0.064	0.004	- 0.186	- 0.078	0.488	- 0.023
Sn									1.000	- 0.336	0.074	- 0.097	- 0.335	0.206	0.117
Co										1.000	0.433	0.602	0.844	- 0.188	0.208
Cu											1.000	0.094	0.127	0.142	0.012
Mn												1.000	0.429	- 0.226	0.331
Ni													1.000	- 0.193	0.210
Pb														1.000	0.053
Zn															1.000







As、Sb、Pb 也具有一定的相关性,这不仅显示出 Au、 Ag、As、Sb、Pb、Mo 之间的亲缘关系,而且也反映出 Au 的成矿是伴随着多金属硫化物的形成而富集. Au 与 As、Sb、Pb 相关,与 Ag 强相关,故 Ag、As、Sb、Pb 可 作为矿区找金的近程指示元素.

3.1.3 因子分析

因子分析是一种在尽量少损失地质信息的前提 下 將众多的变量组合成少量的新变量 从而对地质对 象进行简明的分析的一种统计方法. 通过归纳和提炼 元素组合,依据元素组合特征对成矿过程和成矿元素 的迁移、富集变化进行推断、解释 ,判定成矿阶段 ,进而 为矿床成矿预测提供依据^[6-7]. 按特征值大于 1 为标准 选取主因子,对矿区内的化探测试数据进行斜交因子 计算 (表 2). 从计算的斜交因子载荷矩阵中选择 5 个 公因子,这 5 个公因子所代表的元素组合分别为 F_1 : $Au_Ag_As_Sb_Pb_Mo; F_2:Co_Ni_Mn_Sn; F_3:Cu_W;$ $F_4:Hg_Bi; F_5:Zn_Sn.$

区内第一主因子 F₁ 是金的主要成矿元素因子,代 表了中低温热液元素组合.由于区内金与黄铁矿化关 系密切,且 Ag、As、Sb、Pb、Mo等也多呈金属硫化物形 式存在,故该主因子应为多金属硫化物组合因子,这也 显示了金矿化与多金属硫化物的同期、同源特征.F₂ 为中高温元素,代表了热液活动中较惰性组合.Co、Ni 为亲铁元素,两者相关系数为0.84,具有较强的相关 性,其与 Mn 具有一定的相关性,与 Sn 为负相关,相关 系数为-0.34,总体表现为 Co、Ni、Mn 富集, Sn 亏损.在

Gaosongshan gold deposit							
Table 2 F	Factor matrix of R-mode factor analysis for						
表 2 局税	公山矿区 R 型因子分析斜交因子模型矩阵						

因子	\mathbf{F}_1	\mathbf{F}_2	F_3	F_4	F_5
Ag	0.908	-0.037	0.016	0.015	-0.197
Sb	0.868	-0.285	0.095	0.491	-0.112
As	0.836	-0.294	0.230	0.383	-0.027
Pb	0.823	-0.282	0.195	0.330	0.201
Au	0.751	0.006	-0.028	-0.153	-0.221
Mo	0.588	-0.112	-0.010	0.471	0.087
Co	-0.142	0.919	0.288	-0.221	0.133
Ni	-0.156	0.886	-0.031	-0.197	0.087
Mn	-0.324	0.629	0.073	-0.351	0.425
Sn	0.045	-0.580	0.255	-0.056	0.565
W	0.086	-0.047	0.967	0.128	0.110
Cu	0.120	0.189	0.963	0.023	0.093
Bi	0.134	-0.061	0.103	0.682	-0.014
Hg	0.176	-0.257	0.034	0.649	-0.036
Zn	-0.091	0.223	0.003	-0.038	0.815

硫化物成矿阶段 ,Co、Ni 主要以类质同象形式存在于 黄铁矿等硫化物中,故 F_2 主因子可认为是黄铁矿化因 子 ,主要是与成矿极为密切的黄铁矿化的客观反映. F_4 主因子由 H_g 、Bi 两个元素组成 ,元素之间的相关系数 为 0.16(表 1) ,其相关性较差 ,两者皆为典型的亲硫元 素 ,以不同的形式存在于硫化物相中. H_g 在成矿热液 中具有较强的迁移能力 ,是成矿地球化学晕的前缘晕 指示元素. Bi 主要以络阴离子形式与阳离子结合形成 硫盐 ,在成矿作用中起矿化剂作用.故 F_4 主因子反映 了热液活动过程中活动性较强的元素组合. F_3 与 F_5 为 中高温元素组合. Sn、W 为亲石元素,主要以类质同象 的形式进入造岩矿物和副矿物的晶格中. Cu、Zn 则为 亲硫元素 ,都以硫化物形式沉淀富集 ,是硫化物成矿阶 段的产物. F_3 与 F_5 主因子中都出现亲硫和亲石元素叠 加 ,显示出区内矿床成矿具有多期多阶段的特征.

因子分析结果显示区内元素组合具有中、高温元 素与中、低温元素处在不同的主因子中,亲氧、亲硫与 亲铁元素同时出现于同一主因子(F_2)中的特征,表明 区内金属硫化物具有多源、多期的特点,而第一主因子 F_1 显示金的成矿与金属硫化物的成因过程是密切相 关的 结合相关分析、聚类分析的结果可以认为本区金 具有多个物质来源、多个成矿期次或成矿阶段多期的 特征.综合区内的地质特征分析,这可能反映了区内曾 经历过长期、多次的地质改造作用过程. Sn 同时出现 于 F_2 与 F_3 主因子中,在 F_2 因子中贫化, F_5 因子中则表 现为富集,显示Sn从亲氧、亲铁元素组合向亲硫元素 组合迁移的演化过程,这也反映出矿区经历了复杂的 地质作用过程^[8-9].

3.2 微量元素地球化学沿轴向变化特征

微量元素地球化学参数在不同标高的变化情况也 反映出矿体成矿的多期多阶段性和复杂性(图3).前 缘晕指示元素 Sb、As 平均含量最高值分别出现在 245~270 m、356 m 处,但两者总体具有从上至下逐渐 降低的变化趋势,最低值均出现在105~125 m 处.Hg 的变化趋势较为复杂,表现为增加→减少→增加的变 化特征,在105~125 m 处最高.近矿指示元素主要出现 于矿体的中上部,Au、Ag、Cu、Zn 最高值均出现在195 m 标高处,Pb 在356 m 最高.尾晕指示元素变化范围 较大,Mo、W、Ni、Co在245~270 m 最高,Sn 最高值出 现在105~125 m 处.Mn 最高值出现在195 m 处. 从不同标高出现最高值的微量元素看,各个标高 (标高段)均表现出不同元素组合的叠加.在356m标 高出现前缘晕指示元素As与近矿指示元素Pb的叠 合245~270m标高为前缘晕Sb与尾晕指示元素W、 Ni、Co、Mo重合;195m标高为近矿晕Au、Ag、Cu、Zn 与尾晕Mn指示元素共存;105~125m标高处尾晕Sn 与前缘晕指示元素Hg叠加.单阶段形成的单个矿体 可以形成独立的前缘晕、近矿晕、尾晕,当有后期成矿 流体改造时,成矿元素和伴生元素会活化迁移,使原有 的原生晕结构会产生变化,但这种变化不会破坏已有 的原生晕结构,新原生晕反映多期多阶段成矿热液的 叠加特征^[10],也暗示105m标高以下可能有隐伏矿体.

4 结语

(1) 多元统计分析结果清楚地显示了高松山金矿



图 3 高松山金矿床微量元素沿轴向变化曲线图

Fig. 3 Curves showing the vertical variation of microelements of the Gaosongshan gold deposit

床岩矿石微量元素的数据结构特点. 相关分析的成果 显示 Au 与 Ag、As、Sb、Pb 等中低温元素呈显著相关, 与 W、Co、Sn、Mn、Ni、Zn 等中高温元素之间相关性较 差. 通过聚类分析和因子分析可将 15 种元素分成 5 个 元素组合,即:Au、Ag、As、Sb、Pb、Mo;Co、Ni、Mn、-Sn; Cu、W;Hg、Bi;Zn、Sn. 各元素组合具有叠加出现的特 征,表明矿床成矿具有多期多阶段或成矿物质多来源 的特征.

(2) 微量元素在矿体轴向方向上具有一定的分布 特征,表现为在不同标高上矿石的微量元素出现前缘 晕与尾晕指示元素、近矿晕与尾晕指示元素、前缘晕与 近矿晕指示元素相互叠加的现象,表现出高松山矿床 多期成矿热液叠加成矿的特点,同时反映 号矿体深 部有隐伏矿体存在的可能性.

- [1]刘桂阁,王恩德,常春郊,等.黑龙江省逊克县高松山金矿成因探讨
 [J].有色矿冶,2006,22(4):1—4.
- [2]黑龙江省地质局.黑龙江省区域地质志[M].北京 地质出版社,1994.
- [3]刘亚剑,范继璋,李钟山,等.吉林省小石人金矿区微量元素地球化 学特征[J].吉林大学学报,地球科学版 2008 38(2):202-210.
- [4]邓军,孙忠实,杨立强,等.吉林夹皮沟金矿带构造地球化学特征分析[J].高校地质学报 2000 6(3):405—411.
- [5]赵鹏大 胡旺亮 李紫金. 矿床统计预测[M]. 北京:地质出版社,1994: 161-178.
- [6]张科,曹新志,孙华山.粤西北庞西垌银矿床化探元素多元统计分析 [J].黄金 2004 25(6):16—19.
- [7]曹新志,高秋斌,徐伯骏.山东招远界河金矿床地球化学元素统计分 析特征研究[J]地质找矿论丛,1999,14(2):30—35.
- [8]邓勇. 因子分析在熊崤地区金矿预测中的应用[J]. 河南有色金属地 质,1990(2): 39—43.
- [9]代军治 李绪俊 殷茜 ,等. 山东平度旧店金矿床 1 号脉深部成矿远 景评价[J]. 黄金 2004 25(12): 10—13.
- [10]李波 韩润生 ,顾晓春 ,等. 云南巧家松梁铅锌矿床 号矿体构造原 生晕轴向分带序列[J]. 矿产与地质 2009 23(2):97—103.

参考文献:

TRACE ELEMENT GEOCHEMISTRY OF THE GAOSONGSHAN GOLD DEPOSIT IN XUNKE COUNTY, HEILONGJIANG PROVINCE

LIAN Yong-lao¹, HU Tian-xing², SHAO Chang-lai³, YANG Ji-bo³, LIANG Chun-lei³

(1. No. 1 Gold Geologic Branch, CAPF, Mudanjiang 157021, Heilongjiang Province, China;

2. No. 10 Gold Geologic Branch, CAPF, Kunming 650111, China; 3. No. 3 Gold Geologic Branch, CAPF, Harbin 150086, China)

Abstract: With multivariate statistical analysis, the trace element geochemistry of the Gaosongshan gold deposit in Xunke County, Heilongjiang Province is studied. The result shows that the element of Au is closely related to Ag, As, Sb and Pb in the gold deposit. Based on the association and correlative character of elements, the trace elements can be divided into five assemblages, i.e. 1) Au, Ag, As, Sb, Pb and Mo; 2) Co, Ni, Mn, and –Sn; 3) Cu and W; 4) Hg and Bi; and 5) Zn and Sn. The variation of trace elements in vertical direction indicates that, in different elevations of gold orebody, there exits superimposition of the indicator element between head-halo and tail-halo, orebody and tail-halo, head-halo and orebody, respectively. All the characteristics suggest that the metallogenic process in the orefield very complex, with superposition of mineralization.

Key words : trace element; geochemistry; Gaosongshan gold deposit; Heilongjiang Province

作者简介: 连永牢(1978—), 男,山西原平人,硕士,主要从事矿产普查与勘探工作,通信地址黑龙江省牡丹江市下也河武警黄 金第一支队一中队,邮政编码157021 E-mail// zgdzdx@yahoo.com.cn