

辽宁白云金矿床某些基本问题探讨

刘国平

艾永富

(中国有色金属总公司北京矿产地质研究所, 北京)

(北京大学地质系, 北京)

提 要: 白云金矿产于辽宁省东部辽东裂谷增生地体内的辽河群古元古代变质岩系中, 矿体主要赋存在呈东西向展布的滑脱构造带, 蚀变分带明显, 与金矿化密切相关的蚀变作用为钾长石化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化等, 为构造蚀变岩型金矿床。均一法测温结果的主要范围为 200~250℃, 氢、氧、硫同位素表明成矿溶液以岩浆水为主。矿物流体包裹体、硫同位素等地球化学特征研究表明沸腾作用是矿液沉淀的主导因素。

关键词: 金矿、滑脱构造、沸腾作用、辽东

1 成矿地质背景

白云金矿的大地构造位置隶属于华北陆块辽东古元古代裂谷增生地体, 该裂谷带是在太古宙基底上古元古代期间地壳拉张裂解—快速沉降—回返挤压收缩形成的陆间裂谷, 岩石建造为辽河群一套绿片岩相与角闪岩相的变质岩系, 具有大于 18 ± 0.5 亿年的变质年龄。原岩恢复表明其下部为火山-沉积碎屑岩建造(浪子山组、里尔峪组、高家峪组)、中部碳酸盐岩建造(大石桥组)、上部粘土岩-半粘土岩建造(盖县组)^[1,2]。

古元古代裂谷火山-沉积建造形成之后, 该区又经历了多次区域性构造热事件的作用, 这些热事件主要有: 古元古代区域变质作用与钾质花岗岩侵入、中元古代钠质花岗岩侵入活动、印支期岩浆侵入和燕山期岩浆活动等。区域各类型金矿床的最终定位主要是在中生代^[3~7]。

2 矿床地质特征

2.1 基本地质特征

白云金矿赋存于滑脱构造蚀变带中, 为典型的构造蚀变岩型金矿床(图 1、图 2)。该构造带地表已知延长 8500 m, 倾斜延深大于 1000 m, 宽 1~40 m。金矿体在构造蚀变带中呈扁豆状、脉状, 形态复杂, 具分支复合、尖灭再现等特点, 矿体产状与蚀变带一致, 走向近东西, 倾向南, 倾角 $30^\circ \sim 50^\circ$ 。矿体规模一般 100~150 m, 倾斜延深 100~250 m, 矿体厚 1~7 m。在断裂通过黑云片岩与黑云变粒岩互层部位, 金矿体相对较厚。

矿石主要由含金的星散状黄铁矿硅钾蚀变岩组成。硫化物含量不高, 矿石中硫化物的含量一般为 5% 左右, 金属矿物以黄铁矿为主, 可见黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿、自然铋、方铅矿等。脉石矿物有石英、正长石、碳酸盐、高岭土、白云母、绢云母、绿泥石、石墨等。以

第一作者简介: 刘国平, 男, 1964 年生, 博士, 高级工程师, 从事矿床和勘查找矿研究。邮政编码: 100012

1998-12-02 收稿, 1999-05-04 修改回

石英、正长石、碳酸盐 3 种矿物为主, 石英、正长石含量高可达 40% 以上。黄铁矿颗粒较粗, 呈团块状、细脉状、浸染状分布于脉石矿物中, 黄铁矿是主要的载金矿物, 矿体中金品位的高低与黄铁矿含量成正消长关系。矿石金品位一般为 $4 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6}$ 。在硅钾蚀变带的旁侧为退色化带, 其蚀变为绢云母化、绿泥化和弱黄铁矿化。自然金呈不规则粒状、细脉状产于黄铁矿中, 或黄铁矿边部及其脉石中。根据赋存状态可分为包裹金、间隙金和裂隙金 3 种, 其中包裹金占 44.81%, 间隙金和裂隙金占 55.19%。发现的自然金最大粒度 (mm) 为 1.42×0.005 , 一般为 0.05×0.007 。该矿床金矿物以显微可见金为主。

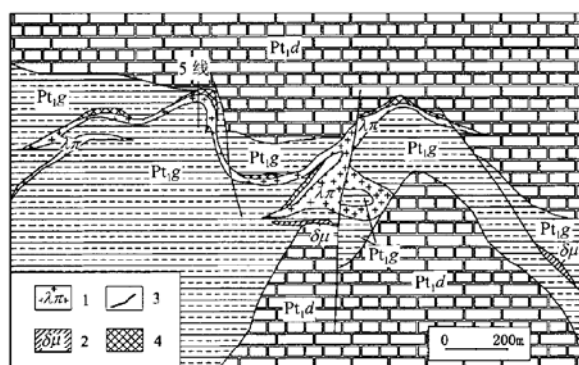


图 1 白云金矿地质简图

(据辽宁有色 103 地质队资料改编)

Pt_{1g}—辽河群盖县组片岩; Pt_{1d}—辽河群大石桥组大理岩; 1—石英斑岩; 2—闪长玢岩; 3—断裂; 4—金矿体

Fig. 1. Diagrammatic geological map of the Baiyun gold deposit.

Pt_{1g}—Schist of Gaixian Formation of Liaohe Group; Pt_{1d}—Marble of Dashiqiao Formation of Liaohe Group; 1—Quartz porphyry; 2—Diorite porphyrite; 3—Fault; 4—Gold orebody.

2.2 围岩蚀变

白云金矿近矿围岩蚀变明显, 蚀变的种类有: 钾长石化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化。蚀变具有分带性, 在水平方向上由中心向边部其蚀变分带为: 硅钾蚀变岩带→钾长石化带→退色化带。

(1) 硅钾蚀变岩带: 在白云滑脱构造带中呈透镜状断续产出, 是黑云片岩和黑云变粒岩强烈热液蚀变的产物, 通常为金矿体的主要组成部分。正长石呈充填-交代产出, 共生有石英和少量黄铁矿, 黄铁矿以中粗粒为主。正长石+石英是成矿热液的早期阶段产物, 晚期叠加了硅化、绢云母化、含铁白云石化、黄铁矿化等, 以细粒黄铁矿为特征, 正长石颗粒被晚期的石英、含铁白云石、黄铁矿细脉切穿。含铁白云石化呈团斑状、细脉状, 共生有石英和少量黄铁矿, 电子探针分析含铁白云石的 FeO 含量

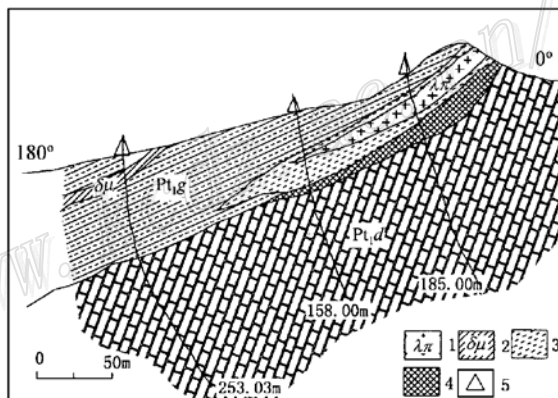


图 2 白云金矿 5 线地质剖面图

(据辽宁有色 103 地质队资料改编)

Pt_{1g}—辽河群盖县组片岩; Pt_{1d}—辽河群大石桥组大理岩; 1—石英斑岩; 2—闪长玢岩; 3—硅钾蚀变岩; 4—金矿体; 5—钻孔

Fig. 2. Geological section along No. 5 line of the Baiyun gold deposit.

Pt_{1g}—Schist of Guixian Formation of Liaohe Group; Pt_{1d}—Marble of Dashiqiao Formation of Liaohe Group; 1—Quartz porphyry; 2—Diorite porphyrite; 3—Siliceous-potash altered rock; 4—Gold orebody; 5—Drill hole.

为1.85%~14.68%。从深部至浅部,该蚀变带中正长石与石英的含量比例有较明显的变化,深部正长石含量高,石英低,而浅部正长石含量下降,石英含量明显增加。

(2) 钾长石化带:该带为硅钾蚀变岩带与退色化带的过渡带,一般不太发育,处于矿体的边部。以正长石细脉为特征,正长石或伴随石英、或单独呈细脉产出。

(3) 退色化带:其蚀变包括绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等,产有稀疏浸染状的中粒黄铁矿,仅有较弱的金矿,通常不构成矿体。原岩中的黑云母、白云母均发生较强烈的绢云母化,少量黑云母为绿泥石化,碳酸盐化呈团斑状和细脉状,以方解石为主,少量白云石。

2.3 蚀变矿化过程化学组分变化特征

根据赵玉福等采用剖面对区域不同岩石的分别取样^[8],同时将硅钾蚀变岩带上、下盘正常围岩和蚀变岩石成矿元素、常量元素对比分析,矿化过程的化学组分具有如下的变化特征:

(1) K_2O 强烈带入, Na_2O 明显带出, SiO_2 、 CaO 、 MgO 等有一定程度带入, Al_2O_3 被带出。 FeO 含量降低,而 Fe_2O_3 有显著增加,显然在蚀变矿化过程中部分 FeO 被氧化形成了 Fe_2O_3 。总之,变质岩蚀变成为含金硅钾蚀变岩的过程,主要元素有明显的带入、带出。

(2) 微量元素: Ba 、 Mn 变化大,含金硅钾蚀变岩石中 Ba 、 Mn 含量有显著增加; Cu 、 Zn 、 Pb 含量降低,表明变质岩蚀变过程可能造成 Cu 、 Pb 、 Zn 的活动化迁移; B 在不同蚀变岩石,甚至在同一种蚀变岩石中,其含量跳动大,表明它在矿化蚀变过程中是活动的化学元素。

2.4 控矿构造

白云金矿床产于呈近东西向展布的白云滑脱断裂带的东部,该断裂带规模较大,已知延长达8500 m,倾向南,倾角 $20^\circ\sim 50^\circ$ 。断裂上盘为盖县组黑云片岩、黑云变粒岩,其地层倾角平缓为 $20^\circ\sim 30^\circ$,下盘为大石桥组,以碳酸盐岩为主,夹变粒岩和片岩,地层倾角较陡,为 $50^\circ\sim 80^\circ$ 之间。滑脱构造带在横剖面上呈不对称分布,构造滑移、片理化等构造变形主要发生在主滑移面上盘的片岩之中,局部可见层内小型褶皱,主滑移面上盘的片岩类岩石中发育一组与主滑移面平行的脆性断裂,平行主滑移面断续出现;在显微镜下,构造带中片岩构造置换作用明显,黑云母、白云母、石英、长石等均具有定向排列,石英、长石普遍具有波状消光,并且,脆性显微滑移带发育。主滑移面下盘大石桥组由于碳酸盐矿物抗变形能力强,其重结晶作用又极易将构造变形的形迹掩盖,因此下盘大石桥组的构造变形不明显,仅在具有变粒岩条带的不纯大理岩岩层中可见小规模次级叠加褶皱。根据下盘岩石中的次级叠加褶皱形态、断裂带中层内小褶皱形态与主滑移面的关系可以判断滑脱构造带的滑移方向。该滑脱构造带中印支期侵入了石英斑岩和蚀变闪长玢岩岩脉。白云金矿的蚀变矿化体、矿体产状与滑脱构造带的产状相一致,矿体主要产于断裂带中平行于主滑移面的脆性断裂中。白云滑脱断裂带构成了金矿矿化有利的容矿空间。

3 成矿地球化学特征

3.1 成矿流体包裹体特征

白云金矿矿石中石英包裹体发育,包裹体类型以气液包裹体为主,少量气相包裹体,其形态为椭圆状及不规则状,一般大小 $4.5\sim 9\ \mu m$,少数大于 $10\ \mu m$,气液相比一般为10%~20%,包裹体有的向液相均一,有的向气相均一,表明成矿溶液发生过沸腾。其均一温度分

布的范围较宽,为 150~360℃,大致可以分为 3 个主要区间(图 3),即 200~250℃、270~310℃、330~360℃。主要的温度区间为 200~250℃。具有中高温成矿溶液的特征。

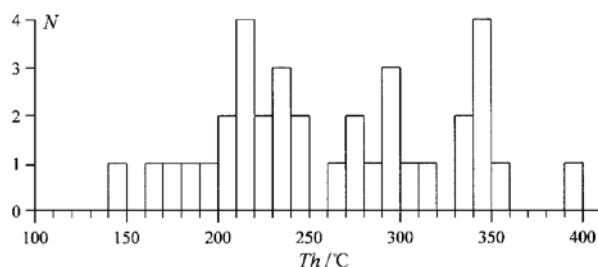


图 3 白云金矿均一温度分布图

Fig. 3. Histogram showing distribution of homogenization temperatures in the Baiyun gold deposit.

3.2 硫同位素特征

本文主要收集了区内硫同位素分析资料,并补充分析了少量样品(图 4,表 1)。

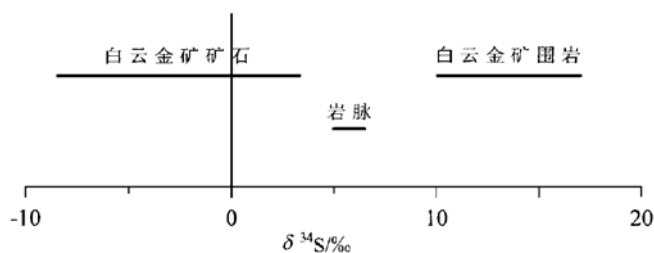


图 4 白云金矿床硫同位素组成分布

Fig. 4. Sulfur isotopic composition of the Baiyun gold deposit.

区内主要地质体和金矿床的硫同位素特征如下。

(1) 白云金矿矿石中硫化物的硫同位素:据 14 个样品分析 $\delta^{34}\text{S}$ 为 3.3‰~-8.5‰,是区内硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 值最低的地质体,即贫 ^{34}S ,富 ^{32}S 。

(2) 围岩硫同位素组成:白云金矿

围岩中硫化物同位素组成据 11 个样品分析结果,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 +10.0‰~+17.0‰。根据区域地层剖面和矿床围岩的野外、镜下观察,对比发现区域地层中极少能发现硫化物,而矿床围岩中硫化物普遍较为发育,其分布范围与岩性、构造发育程度、矿床类型有关。因此,矿床围岩中硫化物硫同位素组成不能代表地层沉积硫的同位素组成,它们经历了成矿溶液的改造。作者认为古元古代裂谷增生地体内火山沉积岩中层状层控的块状黄铁矿矿床的硫化物硫同位素最能代表该套火山沉积岩系硫化物的硫同位素组成;据张秋生等对辽东古元古代裂谷增生地体 3 个层状层控块状黄铁矿矿床硫化物硫同位素研究,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 +0.2‰~+12.7‰^[2]。

表 1 硫同位素组成 (‰)

Table 1. Sulfur isotopic composition

	样品数	$\delta^{34}\text{S}$	平均值
矿区岩脉	2	+5.0~+6.5	+5.75
矿石	14	+3.3~-8.5	-2.50
围岩	11	+17.0~+10.0	+14.30

R L Stanton 对新西兰火山喷气孔中黄铁矿和磁黄铁矿的硫同位素组成研究表明, 其 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+3.0\text{‰} \sim +7.2\text{‰}$ ^[9], 间接证明辽东地区层状层控黄铁矿床硫化物硫同位素组成可代表该区古元古代火山-沉积岩系中原始的硫同位素组成。

(3) 区内岩体中硫化物硫同位素组成变化不大, 较为稳定: 据 2 个样品分析, 其 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+5.0\text{‰} \sim +6.5\text{‰}$ 。

R O Rye (1993) 研究浅成热液环境中岩浆热液的演化时, 提出了从典型 I 型岩浆中分离出来的热水溶液可能沿 3 种路径冷却演化^[10]。第一种是热水溶液从岩浆分异出来后, 在冷却过程中不与围岩发生反应, 它在热液内部达到平衡, 沿通常热液的 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$ 路径冷却; 第二种为还原路径, 如果岩浆分异出来的热液与地壳脆-韧过渡带以下的结晶岩石反应, 那么它沿以岩石作为氧化还原缓冲剂的路径冷却; 第三种为氧化冷却, 是热液系统突然减压, 由于高温下流体平衡突然转为低压, 使岩浆热液富含 SO_2 。R O Rye 还对比了热液脉中含硫矿物与同源火成岩中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值 (图 5), 热液体系总硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值处于所形成的硫酸盐和硫化物之间。

结合研究区内矿体及其它地质体硫同位素特征, 可以推测白云金矿矿石的硫同位素和围岩中硫化物同位素组成分别代表在突然减压环境, 即沸腾环境下沿氧化路径演化的两个端员。矿石的硫化物是在深部成矿溶液突然减压, 被氧化的过程中形成的, 具有贫重硫, 富轻硫特征。而围岩中硫化物是被氧化的, 富 SO_2 的热水溶液在封闭或半封闭的环境下由氧化态的硫 (如 SO_2 、 SO_3 、 H_2SO_4) 还原形成的, 具有富重硫、贫轻硫的特征。这种演化与蚀变过程中含矿蚀变岩总铁量变化不大, 但与 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 明显增加的特征相符, 反映矿化蚀变的氧化性特点, 也支持这种推测。石英包裹体特征也证明了成矿溶液发生了沸腾现象。

3.3 氢氧同位素特征

本文对矿床氢氧同位素进行了工作, 分析测试结果见表 2。氧同位素的测定采用 BrF_5 法, 氢同位素为

石英中流体包裹体的分析结果, 其爆裂取水温度的范围为: $100 \sim 500\text{℃}$, 分析结果均已转换为 SMOW 标准。白云金矿成矿流体的氢、氧同位素组成与典型的初始岩浆水比较接近, 并且白云金矿矿体与岩脉在空间分布上紧密相伴, 主矿体均位于岩脉下盘, 其形成温度又较高, 因

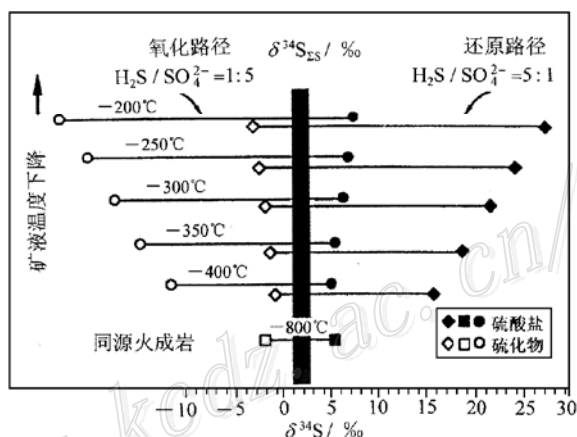


图 5 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$ 初始比=1 的岩浆流体在 $400 \sim 200\text{℃}$ 范围所形成的平衡共生硫酸盐和硫化物矿物理想的硫同位素组成

菱形图例表示热液沿还原路径演化, 圆形图例表示热液沿氧化路径演化 (据 Rye, R O, 1993)

Fig. 5. Ideal sulfur isotopic composition of equilibrium paragenetic sulfate and sulfide minerals formed by magmatic fluids with initial $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$ ratio of 1 at $400 \sim 200\text{℃}$.

Rhombuses and circles represent evolution of reduction routes and that of oxidation routes respectively.

此,白云金矿的成矿溶液来源是以岩浆热液为主,混有部分大气降水。

表 2 白云金矿床氢、氧同位素组成 (‰)

Table 2. Hydrogen and oxygen isotopic composition of the Baiyun gold deposit

序号	样品号	矿物	$\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$		$\delta\text{D}_{\text{水}}$
				250 C	300 C	
1	97-73-1	石英	13.9	4.9	7.0	-74
2	97-73	石英	15.5	6.5	8.6	-86
3	97-72	石英	13.5	4.5	6.6	-92

注:氢同位素为石英流体包裹体的测定值,分析测试由中科院地质所谢奕汉等完成;石英氧同位素的测定由国家地震局地质所上官志冠完成,成矿流体的氧同位素据 Clayton^[11], R O'neil, J R (1972) 石英-水分馏公式计算

4 矿质沉淀机理讨论

矿床的成因通常包括成矿物质来源、成矿元素的迁移、沉淀富集以及时空分布规律等内容。大量的矿质在有限的空间范围内集中沉淀,才能形成具有经济意义的矿床。成矿溶液在地质演化过程中的沉淀机理可以分为 3 种:①成矿流体沸腾作用,成矿流体进入快速减压的构造环境,分异形成两种密度不同的溶液,导致矿质快速沉淀;②温度下降,成矿流体内部平衡调整;③流体/岩石反应引起矿质沉淀。在矿床沉淀富集过程中,通常是 3 类沉淀机理共同作用的结果,但某一具体矿床可能是某一类沉淀机理起主导作用。

白云金矿矿石硫化物的硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 值的范围为+3.3‰~-8.5‰,而区内成矿热液硫的可能来源,无论是地层、还是岩浆岩,其硫同位素组成均较之富 ^{34}S ,其围岩地层硫化物硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+10.0‰~+17.0‰,岩脉中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+5.6‰~+7.6‰,区域辽河群中层控块状黄铁矿床硫化物的硫同位素为 0.2‰~+12.7‰,因此,白云金矿矿石硫化物的硫同位素组成是成矿热液体系硫同位素分馏演化的结果。R O Rye^[10]研究浅成热液环境中岩浆热液演化时,认为热液体系突然减压,流体平衡突然较为低压时,体系中低价态硫 H_2S 大量转变为 SO_2 、 SO_4^{2-} 等高价态硫,在此过程中低价态硫的同位素组成向富 ^{32}S 转变,所形成硫化物为贫 ^{34}S ,富 ^{32}S 。白云金矿矿石石英流体包裹体在均一法测温中,部分向液相均一(占测温包裹体总数的 80%)部分向气相均一(占测温包裹体总数的 20%),表明存在沸腾现象,此外,我们知道,流体气化过程,会吸收大量的热量,使体系温度迅速降低,从而使所测温度分布范围较宽,所测均一温度具有较宽的分布范围为成矿热液体系有过沸腾现象提供了佐证。成矿热液沸腾作用所导致的流体 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$ (SO_2) 平衡转换,使体系 H_2S 的逸度降低,使中低温环境下金的主要可溶络合物 (AuHS^-) 不稳定,从而使金沉淀富集。显然,沸腾作用是白云金矿沉淀富集的主导因素。

5 结 论

白云金矿产于古元古代辽河群变质岩系中,矿体主要赋存在呈东西向展布的滑脱构造带。蚀变分带明显,在水平方向上由中心向边部其蚀变分带为:硅钾蚀变岩带→钾长石化带→退

色化带，在垂向上硅钾蚀变岩带深部以钾长石为主、浅部钾长石变少石英增加，与金矿化密切相关的蚀变作用为钾长石化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化等，为构造蚀变岩型金矿床。均一法测温结果的主要范围为 200~250℃。氢、氧、硫同位素表明成矿溶液以岩浆水为主。矿床与金矿形成有关的岩脉中硫化物硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 为 +5.0‰~+6.5‰，而矿石和围岩中的硫化物的硫同位素组成分别处于其两侧，分别为 +3.3‰~-8.5‰、+10.0‰~+17.0‰，矿物流体包裹体、硫同位素等地球化学特征研究表明沸腾作用是矿液沉淀的主导因素。

参 考 文 献

- 1 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志. (中华人民共和国地质矿产部地质专报——区域地质第 14 号). 北京: 地质出版社, 1989.
- 2 张秋生等. 辽东半岛早期地壳与矿床. 北京: 地质出版社, 1988.
- 3 刘国平, 艾永富. 辽东小佟家堡子金矿岩石地球化学及成矿条件研究. 矿床地质, 1998, 17(4): 289~295.
- 4 刘国平, 艾永富. 变质岩容矿的微细粒浸染型金矿床——以辽东小佟家堡子金矿床为例. 矿床地质, 1998, 17 (增刊): 299~302.
- 5 王孔海. 辽南地区变质岩和花岗岩含金性及与金矿成矿关系. 见: 沈阳地质矿产研究所编. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集 (辽南地区). 北京: 地质出版社, 1988.
- 6 倪培, 徐克勤. 辽东半岛地质演化及金矿床成因. 矿床地质, 1993, 12 (4): 231~244.
- 7 李力, 周乃武, 孙卫上. 辽东半岛南部脉金矿床. 沈阳: 东北大学出版社, 1996.
- 8 赵玉福, 杨宗恩. 辽宁省白云金矿床地质特征. 辽宁冶金地质, 1982, (2): 44~62.
- 9 Stanton R L. Ore Petrology. 1972.
- 10 Rye R O. The evolution of magmatic fluids in the epithermal environment: the stable isotope perspective. Economic Geology, 1993, 88: 733~753.
- 11 Clayton R N, O, Neil J R, Mayeda, T. K. Oxygen isotope exchange between quartz and water. Jour. Geophys. Res., 1972, 77: 3057~3067.

A DISCUSSION ON SOME MAJOR PROBLEMS OF THE BAIYUN GOLD DEPOSIT, EASTERN LIAONING

Liu Guoping

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012)

Ai Yongfu

(Department of Geology, Peking University, Beijing 100871)

Key words: gold deposit, detachment structure, boiling, eastern Liaoning

Abstract

The Baiyun fractured alteration type gold deposit occurs in metamorphic rocks of Proterozoic Liaohe Group within Liaodong rifted accreting terrane, eastern Liaoning. The ore-bodies are hosted by the EW - striking detachment structure zone. There exists alteration

(下转第 290 页 to be continued on p. 290)

temperature and pressure to form HAuCl_4 solution. When pyrite was put into the solution, HAuCl_4 would be absorbed. After filtering and stoving, the gold-bearing pyrite was obtained. Second, the gold-bearing pyrite was decomposed by hydrogen peroxide. Hydrogen peroxide was put into the solution with gold-bearing pyrite every day, and the gold-bearing pyrite was decomposed slowly. A few days later, some grained, schistose and pyrite-shaped nuggets were formed in the solution. At the same time, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ decomposed from pyrite was converted into $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and then hyposiderite was formed. Therefore, this experiment simulated the forming process of the "gossan" gold deposits in the nature. The determination of the Fe and Au content in the solution shows that the Fe and Au content increases with the decomposition of the gold-bearing pyrite. The gold concentration decreases drastically when the nuggets grow and then keep stable.



(上接第 225 页 continued from p. 225)

zoning in this deposit, which consists of quartz-K-feldspar altered rock zone, K-feldspathized zone and decolorized zone (sericitization + carbonation + chloritization) in the cross section. In the vertical direction quartz-K-feldspar altered rocks mainly consist of K-feldspar in the depth and quartz as well as subordinate K-feldspar in the shallow part. The alterations related to gold mineralization are K-feldspathization, sericitization, carbonation and chloritization. The homogenization temperatures of fluid inclusions vary mainly in the range of $200\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Studies on hydrogen, oxygen and sulfur isotopic composition suggest that the ore-forming solution was mainly derived from magma. The $\delta^{34}\text{S}$ values of sulfide are $+5\text{‰} \sim +6.5\text{‰}$ in dikes associated with gold mineralization. The $\delta^{34}\text{S}$ values of sulfides in gold ores and altered wall rocks are respectively $+3.3\text{‰} \sim -8.5\text{‰}$ and $+10\text{‰} \sim +17\text{‰}$. Based on studies of mineral fluid inclusions and sulfur isotopic composition, it is concluded that boiling played an important role in gold deposition.