

江西虎家尖银金矿床地质及成因探讨

徐磊明 白 鸽

何全泊

(地矿部矿床地质研究所, 北京)

(江西局赣东北地质大队, 上饶)

摘要: 该矿矿体受北东向断裂构造控制, 容矿岩石为中元古界双桥山群的一套浅变质的火山-沉积岩。矿区内岩浆活动较弱。矿体呈单一脉状, 矿石成分复杂, 银矿物种类多(30余种), 分属S-Sb-Cu-Ag及S-Sb-Pb-Ag两大系列。矿床的Sr、Pb、S、C、O、H同位素组成及矿石和容矿岩石的稀土配分表明成矿物质及成矿水溶液均主要源于基底构造层——中元古界双桥山群。该矿属中低温变质热液型银矿床。

关键词: 虎家尖银金矿床 稳定同位素 稀土配分

1 区域地质背景

虎家尖银金矿床位于扬子地台江南台隆的萍乡—乐平凹陷与官帽山台拱的接壤部位。区内广泛出露的中元古界双桥山群为地台的基底构造层, 呈北东向展布; 上古生界石炭系、二叠系及中生界三叠系、侏罗系、白垩系均呈北东向狭长条带零星分布。为地台盖层; 第四系分布在北部安乐河河谷及山间谷地中(参见图1)。区内主要发育有北东及北西向两组断裂, 以北东向断裂较为发育, 其规模较大, 控制着整个区域的构造格局, 并对区内晚古生代以来的沉积作用、岩浆活动和成矿作用起重要控制作用; 北西向断裂规模较小, 晚于北东向断裂、并错断之。区内岩浆岩出露极少, 仅在矿区西南侧4 km处见有燕山晚期第二阶段的花岗斑岩、石英斑岩岩株。在矿区范围内地表及深部工程中见有零星分布的中基性岩脉。

2 矿床地质特征

虎家尖银金矿床的容矿主岩为中元古界双桥山群的一套浅变质的火山-沉积岩, 年龄在 $1371 \times 10^6 \sim 1401 \times 10^6$ a(叶庆同, 1987)^[1]间(系凝灰质千枚岩的Rb-Sr同位素年龄), 主要岩性为绢云母千枚岩、凝灰质千枚岩等, 主要矿物为石英、绢云母、斜长石及一定量的长英质晶屑、岩屑等火山碎屑物质, 岩石化学成分及含矿性见表1, Ag 0.22~12.0 g/t、Au 0.029~0.067 g/t, 分别高出地壳丰度(泰勒, 1964的克拉克值Ag 0.07 g/t, Au 0.004 g/t) 几倍~数十倍。岩石普遍保留原生层理构造(由不同颜色的薄—微层条带互层、夹层构成), 岩层走向 $330^\circ \sim 320^\circ$ 、倾向 $50^\circ \sim 60^\circ$ 、倾角 $30^\circ \sim 80^\circ$; 区域片理与岩层层理近于正交, 总体走向北

徐磊明, 男, 1964年7月生, 硕士, 助理研究员, 矿床地球化学专业, 邮政编码: 100037
1991-08-31收稿, 1992-08-13修改回

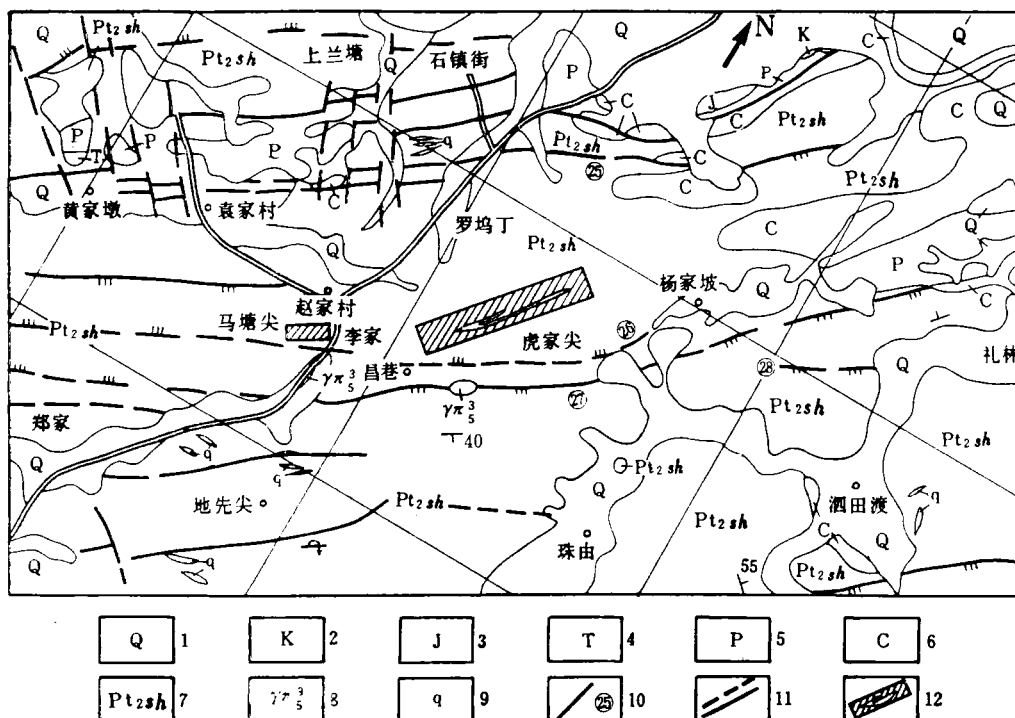


图1 虎家尖银金矿床区域地质略图

(据何全泊资料, 1990)

1—第四系; 2—白垩系; 3—侏罗系; 4—三叠系; 5—二叠系; 6—石炭系; 7—中元古界双桥山群; 8—燕山晚期花岗岩斑岩; 9—石英脉; 10—压性断裂及编号; 11—实测性质不明断层及推测断层; 12—矿区位置

Fig. 1. Regional geological sketch map of the Hujiadian silver-gold deposit.

1—Quaternary; 2—Cretaceous; 3—Jurassic; 4—Triassic; 5—Permian; 6—Carboniferous; 7—Middle Proterozoic Shuangqiaoshan Group; 8—Late Yanshanian granite porphyry; 9—Quartz vein; 10—Compression fault and its serial number; 11—Measured undetermined fault and inferred fault; 12—Location of the ore district.

东 $30^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 、倾向 $300^{\circ}\sim 345^{\circ}$ 、倾角 $38^{\circ}\sim 83^{\circ}$ (一般 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$)。

矿区内断裂构造发育, 北东向压扭性断裂 (走向北东 60° 、倾向南东、倾角 $72^{\circ}\sim 89^{\circ}$) 活动控制了整个矿化过程, 它既是原始成矿溶液聚积的场所、又是矿液运移的通道, 在其浅部的开放环境处及次级构造部位同时还是矿质沉淀的场所, 它们起着“导矿、配矿、容矿”“一体三控”的作用, 构成成矿断裂带。成矿后的北北西向、北北东向张扭性断裂错断了成矿断裂, 北东向断裂在成矿以后仍有活动。

矿区内岩浆活动较弱, 仅见呈小型脉 (宽 $0.11\sim 3.42\text{m}$) 产出的石英闪长玢岩、石英安山玢岩及闪斜煌斑岩岩脉 (前二者已强烈碳酸盐化), 这些脉体除碳酸盐化外, 局部还有硅化、矿化叠加, 它们为成矿前脉。其化学成分参考表1。银金含量: $\text{Ag } 0.23 \times 10^{-6} \sim 0.78 \times 10^{-6}$, $\text{Au } 0.003 \times 10^{-6} \sim 0.004 \times 10^{-6}$ 。

矿体围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化, 它们与矿化关系密切。区域构造应力作用及断裂活动形成了一套构造碎裂岩, 在其被硅化、碳酸盐化叠加的部位, 是矿化极有利的场所。

表 1 容矿岩石、矿区内脉岩及各类矿石的化学分析、含矿性分析结果(%)

Table 1. Chemical composition of host rocks, dike rocks and various ores(in percentage)

样品号	H90-1	H90-13	H90-57	①	①	①	H90-58	H90-59	H90-60	H90-3	H90-20	H90-23	H90-28
样品名称	绢云母千枚岩	绢云母千枚岩	凝灰质千枚岩	千枚岩	板岩	变质沉凝灰岩	蚀变石英闪长玢岩②	蚀变石英安山玢岩②	闪斜煌斑岩	角砾状矿石	石英脉矿石	条带状矿石	微晶石英矿石
SiO ₂	61.68	62.33	65.34	64.16	63.92	65.40	42.43	38.11	49.83	73.32	91.96	55.51	92.88
TiO ₂	0.83	0.79	0.75	0.72	0.70	0.69	0.84	0.77	0.76	0.04	0.05	0.02	0.07
Al ₂ O ₃	14.70	15.05	14.35	16.28	16.27	14.46	13.42	13.89	13.31	1.33	1.73	0.60	1.70
Fe ₂ O ₃	1.33	2.94	1.20	1.95	1.20	1.61	2.31	1.11	1.65	6.26	1.18	8.51	0.91
FeO	4.79	2.86	4.12	4.30	5.26	4.86	6.25	6.96	6.50	1.40	0.00	1.45	0.94
MnO	0.17	0.39	0.13	0.14	0.10	0.14	0.19	0.22	0.22	1.80	0.06	6.82	0.22
MgO	2.20	1.94	2.12	2.10	2.25	2.05	10.14	7.07	7.65	0.57	0.22	0.73	0.32
CaO	1.57	1.80	1.36	1.04	0.84	1.51	7.44	9.10	5.51	0.49	0.17	1.61	0.57
Na ₂ O	1.28	0.10	2.47	2.20	2.53	2.45	2.14	0.67	0.44	0.04	0.07	0.03	0.04
K ₂ O	4.10	5.09	3.40	3.32	3.44	2.64	2.81	2.76	2.59	0.21	0.20	0.08	0.38
H ₂ O ⁺	1.92	1.88	2.42	3.00	3.22	3.02	3.02	3.64	3.46	0.51	0.82	0.34	0.94
P ₂ O ₅	0.23	0.25	0.20	0.17	0.18	0.20	0.33	0.34	0.00	0.09	0.06	0.09	0.11
CO ₂	5.48	3.71	2.90				7.88	15.67	7.03	2.95	0.19	5.86	0.95
其余烧失量	—	1.07	—				0.56	—	0.37	2.68	0.37	2.30	—
Cu				0.0059		0.0044				0.1800	0.07	0.21	0.03
Pb				0.0016		0.0019				1.53	0.01	5.82	0.02
Zn				0.0120		0.0109				0.86	<0.01	2.43	0.04
Sb										0.12	1.88	0.09	0.10
As										5.67	0.29	7.12	0.97
Au(10 ⁻⁶)	0.0290	0.0670	0.0033				0.0032	0.0036	0.0040	0.9100	0.0490	1.7500	1.4900
Ag(10 ⁻⁶)	1.50	12.00	0.22				0.23	0.27	0.78	1255.00	425.00	885.00	147.00
Σ	100.28	100.20	100.76	99.38	99.91	99.03	99.76	100.31	99.32	100.18	99.37	99.71	101.20

① 据袁忠信等, 1988^[2];系矿区邻区双桥山群九都组地层化分数据

② 已硅化、绢云母化及强碳酸盐化

表中数据除①外由地矿部岩矿测试研究所史世云测

3 矿体特征及矿化阶段

虎家尖银金矿床系以银为主，伴生金、铅、锌、镉等有益元素；矿体（化）受双桥山群中发育的北东向压扭性断裂直接控制。

3.1 矿体形态、规模

矿体呈单一脉状，沿走向及倾向有膨缩。本矿床主要由Ⅶ号、Ⅵ号及Ⅴ号三个矿体组成。Ⅶ号主矿体总体走向北东（平均 49° ），倾向南东，倾角 $81^\circ\sim 88^\circ$ ，其延长：延深：厚度比为1460:296:1。Ⅵ号、Ⅴ号矿体位于Ⅶ号矿体的北西侧，规模较小，Ⅵ号矿体南西端与Ⅶ号矿体交会。

3.2 矿石物质成分

矿石多元素化学分析（见表1）查明：矿石银品位 $\geq 147\text{ g/t}$ ，最高达 1255 g/t ，伴生的有益组分还有Au、Pb、Zn等。矿石物质组成。经各种研究手段（光片、光薄片鉴定，电子探针分析，扫描电镜分析等）的系统研究，查明本矿区矿物共有130余种，其中金属矿物100余种，非金属（脉石）矿物近30余种。

主要银矿物：银黝铜矿-黝锑银矿、深红银矿、辉银矿-螺状硫银矿、辉锑银矿、硫锑铅银矿、辉锑铅银矿、脆银矿、捷辉锑银铅矿、硫银锡矿，以及①六方锑银矿、银黄锡矿、淡红银矿、硫银铋矿、自然银、自然金、银金矿等（共计30余种）。

其它金属矿物：毒砂、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄锡矿、黄铜矿、辉锑矿等。

非金属矿物主要有：石英、碳酸盐矿物（菱锰矿、方解石、铁白云石、菱铁矿）及绢云母等。

3.3 矿石结构构造及矿石类型

矿石结构主要有自形一半自形粒状、他形粒状、溶蚀交代状、碎裂状、固溶体分离状、包含结构等。矿石构造有条带状、浸染状、细脉-浸染状、角砾状、块状构造等。

矿石类型：按产状划分的自然类型，以原生硫化物矿石为主，近地表见表生氧化矿；按主要及伴生的有益组分划分出的工业类型为银金铅锌矿石、银金矿石；按含矿脉体性质划分为硅质脉型（系脉石以石英为主者，66.12%）、糜棱岩型（包括碎裂岩、碎裂状千枚岩在内，共计33.88%）；按矿石结构构造及成因类型划分为条带状矿石、（微）细脉-浸染状矿石、脉状矿石、角砾状矿石及块状矿石。

3.4 矿物共生组合与成矿期、成矿阶段

根据本矿区的矿化特点，本文将其矿化作用过程划分为：热液充填期及表生氧化期。依据矿石结构构造、矿物共生组合、矿物生成的先后顺序，热液充填成矿期可进一步划分为四个成矿阶段：

（1）石英-碳酸盐阶段：为热液矿化最早阶段，以大量中粗粒石英晶出为主，伴有少量的碳酸盐（铁白云石、方解石、菱锰矿），分布在对称脉体的最外侧。可见到早期晶出的石英破碎后被后期的硫化物胶结。本阶段伴随有少量毒砂、黄铁矿和黑钨矿矿化。

① 江西地矿局实验测试中心，1989，江西省万年县虎家尖银金矿床物质组分及银砷赋存状态研究

(2) 石英-硫化物阶段: 以中细粒石英及大量硫化物晶出为特点, 局部伴有少量碳酸盐。分布于对称脉体中心的两侧。早期为自形晶毒砂、自形一半自形黄铁矿沉淀, 呈块状、条带状、稠密浸染状、晶簇状发育。随后有他形粒状的闪锌矿、黄锡矿、方铅矿等晶出, 黄铜矿在闪锌矿中以乳滴状出现, 局部见与银黝铜矿连生, 它们大多充填交代于早期毒砂、黄铁矿及脉石间, 或溶蚀包裹之。本阶段末期形成本矿区的一次银矿化, 以深红银矿-方铅矿-银黝铜矿(黝锑银矿)、辉锑铅银矿-方铅矿(-深红银矿)-银黝铜矿(黝锑银矿)、辉银矿(螺状硫银矿)-方铅矿-深红银矿、硫银锡矿-辉锑铅银矿-方铅矿等银矿物组合为特征。深红银矿以滴状或脉状产于方铅矿中(与共生的银矿物空间上不直接相连接), 或以固溶体分离物形式产于银黝铜矿(黝锑银矿)中; 辉锑铅银矿交代生长在方铅矿边部, 有时与硫银锡矿一起交代方铅矿或彼此无空间联系地交代生长在方铅矿边部; 辉银矿(螺状硫银矿)以滴状产于方铅矿中; 银黝铜矿(黝锑银矿)一般晚于辉锑铅银矿(生长交代在其边缘)及其他银矿物交代生长在方铅矿中, 有时见与黄铜矿连生, 它是本矿区最常见、最普遍的银矿物, Ag含量变化范围12.14%~31.47%或更大^①, Ag 10.19%~41.51%。

(3) 碳酸盐阶段: 以大量碳酸盐(菱锰矿、铁白云石、菱铁矿、方解石)晶出为特征, 分布在多次热液活动的对称复脉中心或胶结早期硫化物、硅化角砾, 伴有少量硫化物矿化及硅化(表现为微晶石英、微晶石英与碳酸盐、硫化物构成微细脉穿切前两阶段产物)。

(4) 含银硫盐阶段: 紧接着碳酸盐阶段, 以S-Sb(-Pb)-Ag体系为特征, 发育有辉锑银矿-硫锑铅银矿-银黝铜矿(黝锑银矿)(-捷辉锑银矿)、硫锑铅银矿-闪锌矿、深红银矿-脆银矿-银黝铜矿(黝锑银矿)-方铅矿等银矿物组合, 它们大多以裂隙(粒间、粒内)充填方式充填交代于早期的石英-碳酸盐脉中及硫化物中, 构成本矿区又一阶段重要银矿化。伴有硅化(晶洞石英、石英晶簇)、碳酸盐化及硫化物矿化, 在石英晶洞中有单一组分的辉锑矿产出。

4 稳定同位素组成、稀土配分型式及其地质意义

4.1 铅同位素

矿石中单矿物方铅矿及黄铁矿的铅同位素组成: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.937、17.920; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.594、15.582; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.314、38.271。其单阶段铅模式年龄(指示矿化年龄上限——可能的最新年龄, Gunter Faure, 1977)⁽⁴⁾为 $499.7953 \times 10^6 \text{ a}$ 及 $497.9940 \times 10^6 \text{ a}$ (地矿部宜昌地质矿产研究所测)。在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 及 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图中(图2)投影点均落在造山带与地壳之间(近造山带一侧), 据此可认为: 本矿区成矿物质铅可能主要由基底构造层(中元古界双桥山群)中铅在早加里东造山运动时($497.9940 \times 10^6 \sim 499.7953 \times 10^6 \text{ a}$)的活化转移而来。

4.2 锶同位素

矿石中菱锰矿的锶同位素组成为: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.71483 ± 0.00013 , 0.71403 ± 0.00009 (地矿部地质研究所测定), 它表明本矿床成矿物质银、金等的非深源性, 即Ag、Au等成矿物

① 江西地矿局实验测试中心, 1989, 江西省万年县虎家尖银、金矿床物质组分及银赋存状态研究

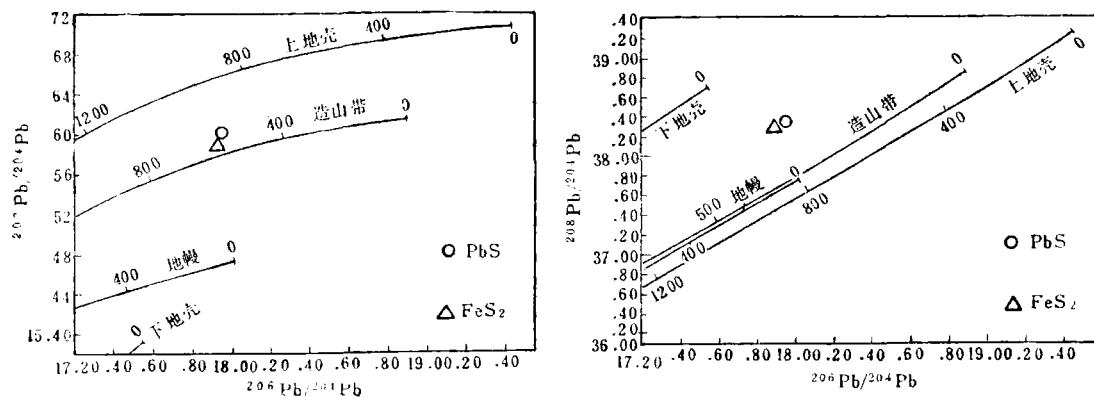


图 2 虎家尖银金矿床硫化物中铅同位素比值关系图

Fig. 2. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (left) and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (right) diagram of sulfides from the Hujiajian silver-gold deposit.

表 2 硫、碳、氧 同位素分析结果

Table 2. Sulfur, carbon and oxygen isotopic compositions of the Hujiajian silver-gold deposit

样品编号	样品名称	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) ^①
H90-16 (Ⅶ号矿体)	毒砂	3.3	注：由地矿部矿床地质研究所白瑞梅测。		
H90-35 (Ⅵ号矿体)	方铅矿	-0.6			
H90-38 (Ⅵ号矿体)	闪锌矿	1.6			
H90-39A (Ⅵ号矿体)	黄铁矿	1.8			
H90-39B (Ⅵ号矿体)	毒砂	2.4			
H90-48A (Ⅶ号矿体)	方铅矿	1.6			
H90-48B (Ⅶ号矿体)	闪锌矿	2.3			
H90-52 (Ⅶ号矿体)	黄铁矿	2.7			
虎 STZ ₁	方铅矿	1.60	注：由地矿部宜昌地质矿产研究所韩友升、安娜测。		
虎 STZ ₂	闪锌矿	2.18			
虎 STZ ₃	毒砂	1.34			
虎 STZ ₄	黄铁矿	1.76			
H90-33	菱锰矿	矿床所白瑞梅测	-6.1	-11.8	18.7 ^①
H90-43A	菱锰矿		-7.1	-14.6	15.8 ^①
H90-43B	菱铁矿		-8.0	-13.3	17.1 ^①
虎 CTZ 1	白云石	宜昌所测	-7.06	-13.96	16.47 ^①

① 据 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1.03086 \delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} + 30.86$ (Friedman & O'Neil, 1977)⁽⁵⁾

质可能主要来自地壳（基底构造层双桥山群）。

4.3 硫、碳、氧、氢同位素

矿石中单矿物样(硫化物)的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ (CDT) 分析结果见表 2, $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 变化范围 $-0.6 \sim +3.3$, 绝大多数集中在 $1.34 \sim 2.4$ 间, 具有火山成因硫特点, 说明成矿物质中 S 可能主要来源于基底的一套火山-沉积岩系。

矿石中碳酸盐矿物的 $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ (PDB) 变化于 $-6.1 \sim -8.0$ 间 (参见表 2), 落在沉积有机物质的范围内, 表明成矿体系中碳极有可能源于双桥山群中的碳质板岩夹层 (袁忠信等, 1988)^[2], 其原岩为生物碳质泥岩。矿石中碳酸盐矿物的 $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (SMOW) 变化于 $15.8 \sim 18.7$ 之间 (表 2), 落在沉积岩—变质岩区域内, 与碳同位素组成一样指示成矿体系中氧 (即水) 可能主要源于基底构造层的变质分泌。

矿区内白云石及石英的 δD (SMOW) 分别为 -74.4‰ 及 -58.7‰ (地矿部宜昌所测); 参考表 2 中白云石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值 16.47‰ , 据白云石—水: $10^3 \ln \alpha = 3.2 (10^6 T^{-2}) - 2.0$ (诺斯罗普和克莱顿, 1966)^① 得与白云石处于氧同位素交换平衡时水的 $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (SMOW) 值变化于 $4.17 (200^\circ\text{C}) \sim 6.77 (250^\circ\text{C})$, 温度取本文包体均一法测温结果; 据此在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 关系图中投影, 投点落在变质分泌水范围内, 远离大气降水线 ($\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$), 从而可推断成矿体系中水应主要源于基底构造层的变质分泌水。

以上 S、C、O、H 同位素的特点与前面的 Pb、Sr 同位素特点所表明的地质意义十分一致, 都说明成矿溶液 (包括成矿物质、成矿水溶液) 可能主要来源于基底构造层。

4.4 矿石及容矿岩石的稀土配分特点

为辅助说明成矿溶液的来源, 本文试图从矿石及容矿岩石 (基底构造层) 的稀土元素配分特点来验证前述同位素资料, 看其吻合程度如何。本文欲作此尝试, 其出发点是依据“稀土元素在变质作用中基本保持原来特点, 能指示岩石变质前的成岩环境及成因”这一论断 (陈德潜等, 1990)^[3], 用容矿岩石的稀土配分代替基底构造层的稀土配分。

矿石及容矿岩石 (基底构造层) 的稀土含量见表 3, 矿石的稀土含量较低, 介于 $9.61 \times$

表 3 虎家尖银金矿床矿石及容矿岩石的稀土含量 (10^{-6})
Table 3. REE content of ores and host rocks of the
Hujiajian silver-gold deposit.

样品名称	样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ
角砾状矿石	H 90-3	4.04	6.42	0.74	2.09	0.49	0.29	0.49	<0.30	0.41	<0.10	0.19	<0.10	0.18	<0.10	2.06	18.00
石英脉矿石	H 90-20	2.04	5.04	0.51	1.65	0.39	0.10	0.54	0.05	0.22	0.05	0.09	0.02	0.09	0.01	0.92	11.72
条带状矿石	H 90-23	1.56	4.34	0.35	1.03	0.21	0.45	0.31	0.03	0.16	0.04	0.07	0.01	0.07	0.01	0.94	9.61
微晶石英 英矿石	H 90-28	3.74	9.17	0.90	2.46	0.55	0.21	0.82	0.09	0.39	0.09	0.16	0.02	0.15	0.03	1.78	20.56
千枚岩	H 90-1	32.11	68.12	7.98	30.40	6.24	1.29	6.28	0.80	5.29	1.12	2.92	0.43	2.91	0.51	28.35	194.75
千枚岩	H 90-13	34.64	69.68	7.95	30.13	6.14	1.22	5.88	0.84	4.84	0.99	2.71	0.40	2.56	0.38	25.25	193.61
千枚岩	H 90-57	27.41	56.21	6.73	24.35	4.72	0.98	4.31	0.66	3.70	0.79	2.15	0.32	2.00	0.36	19.58	154.27

注: 由地矿部岩矿测试研究所测

$10^{-6} \sim 20.56 \times 10^{-6}$ 间, 容矿岩石的稀土含量介于 $154.27 \times 10^{-6} \sim 194.76 \times 10^{-6}$ 间。矿石及容矿岩石的稀土配分图型见图 3, 从图中我们发现: 矿石与容矿岩石总体上都是富轻稀土右倾型配分曲线, 曲线总体上近于“平行”, 说明它们的稀土来源有同源性, 从而可以推断成矿

① 地矿部矿床地质研究所, 1986, 现代矿物学、地球化学实验技术与地学应用 (《国外矿床地质》增刊), P.256

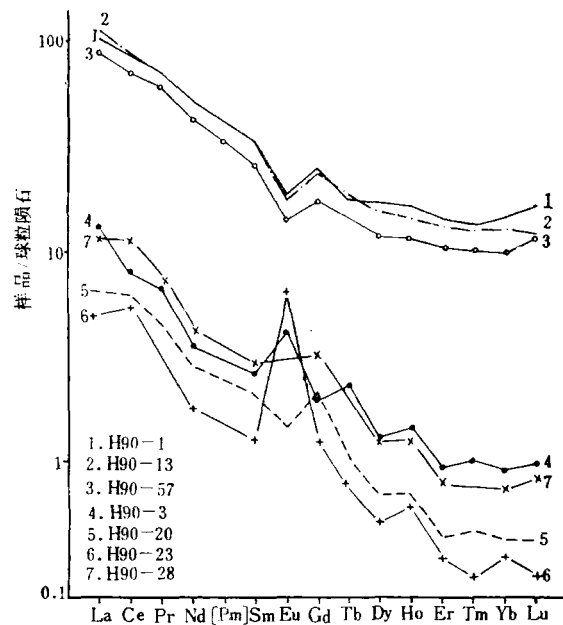


图3 虎家尖银金矿床矿石及容矿岩石的稀土元素球粒陨石标准化曲线

Fig. 3. Chondrite-normalized REE patterns of ores and host rocks of the Hujiajian silver-gold deposit.

物质与容矿岩石（亦即基底构造层）具有一定的亲缘关系，这与前述同位素数据所表达的地质意义是一致的。此外矿石中由于主要矿物成分为硫化物、石英等，它们本身的稀土含量很低，从而矿石的稀土总量比容矿岩石要低得多，所以在图中曲线位置也低。

5 成矿作用过程及矿床成因

本文已讨论了基底构造层中Ag、Au含量（分别高于地壳克拉克值几倍—数十倍），参考相邻地区同层位地层中的Pb、Zn等微量元素含量（见表1），经与地壳克拉克值对比（地壳中Pb 0.0013%，Zn 0.0070%，泰勒，1964），略高于地壳克拉克值。因此基底构造层提供原始成矿物质是可能的。再考虑上文讨论的本矿区成矿溶液与基底构造层的密切关系，本文作如下推测：虎家尖银金矿床的成矿作用过程可能是，基底构造层中元古界双桥山群的一套浅变质的火山-沉积岩——凝灰质板岩、凝灰质千枚岩、夹千枚岩和变质沉凝灰岩（局部夹碳质板岩），受加里东造山运动及构造热的作用，其中部分原生水（矿物结构水、层间水、吸附水等）经变质分泌聚集成原始成矿水溶液，它在运移过程中不断淋滤、萃取基底构造层中的部分Ag、Au、Pb、Zn、S、C等成矿物质，形成含丰富成矿物质的成矿溶液，该成矿溶液沿一定的构造通道运移，当环境（体系）的物理化学条件（如温度、压力、 f_{S_2} 等）发生改变或有某些外来组分（如天水、地下水、不同性质的含矿溶液等）加入时，成矿物质即以硫化物及硫酸盐方式沉淀下来，形成脉状矿体。

由此，本矿床的成因可概述为（中低温）变质热液-充填交代型银金矿床。

6 小 结

前面分别讨论了矿床地质特征、矿化特点、同位素组成特点、稀土配分特点及矿床成因等,综合起来有以下几点:

(1) 矿体严格受断裂构造控制,容矿岩石为中元古界双桥山群的浅变质火山-沉积岩(该岩石同时为本区的构造基底的组成部分)。矿体呈单一脉状(有膨缩);矿石成分复杂,银矿物种类繁多;近矿围岩蚀变简单(硅化、硅酸盐化)。矿区岩浆活动弱,仅见成矿前中基性小岩脉。

(2) 成矿年龄上限 $497.9940 \times 10^6 \sim 499.7953 \times 10^6$ a (早加里东运动期末),容矿主岩年龄 $1371 \times 10^6 \sim 1401 \times 10^6$ a。

(3) 矿床同位素组成。单矿物方铅矿、黄铁矿的铅同位素组成: $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.937、17.920, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.594、15.582, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.314、38.271。硫化物单矿物的 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 变化于 $-0.6 \sim +3.3$ 间,集中在 $1.34 \sim 2.40$ 间。碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$: $-6.1 \sim -8.0$, $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (SMOW): $15.8 \sim 18.7$;成矿体系中水的 $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (SMOW): $7.43(200^\circ\text{C}) \sim 9.70(250^\circ\text{C})$ 。脉石白云石及石英的 $\delta\text{D}(\text{‰})$ (SMOW): -74.4 及 -58.7 。

(4) 矿石稀土含量介于 $9.61 \sim 20.56$ 间,容矿岩石的稀土含量变化于 $154.27 \times 10^{-6} \sim 194.76 \times 10^{-6}$ 间。两者的稀土配分图型十分相似。

(5) 矿床成因:中低温变质热液-充填交代型银金矿床。

参 考 文 献

- 1 叶庆同,赣东北铅锌矿床成矿系列和成矿机理,北京:北京科学技术出版社,1987,1~3
- 2 袁忠信等,江西灵山花岗岩地质特征及其成岩成矿作用,北京:北京科学技术出版社,1989,1~4
- 3 陈德满等,实用稀土元素地球化学,北京:冶金工业出版社,1990,144~151
- 4 Faure G. Principle of isotope geology, 1977, 232
- 5 Horfs J. Stable isotope geochemistry. Berlin: Springer-Verlag, 1980, 33

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE HUJIAJIAN SILVER-GOLD DEPOSIT IN WANNIAN COUNTY, JIANGXI PROVINCE

Xu Leiming and Bai Ge

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

He Quanbo

(Northeast Jiangxi Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources,
Shangrao, Jiangxi Province)

Abstract

The Hujiajian silver-gold deposit is situated at the connection between the Pingxiang-Leping depression and the Guangmaoshan antecline. Its orebo-

dies are controlled by NE-trending faulted structures, and its host rocks are volcano-sedimentary rocks of the Middle Proterozoic Shuangqiaoshan Group. Intrusive activity is weak, with merely small intermediate-basic pre-ore dikes observed in the ore district. The orebodies take the veinlike form, and the ore composition is complex. There are many (more than 30 kinds) of silver minerals, belonging to S-Sb-Cu-Ag and S-Sb-Pb-Ag series. The ore-forming process could be divided into two phases: hydrothermal filling phase and supergene oxidation phase. The former phase includes four mineralization stages, namely quartz-carbonate stage, quartz-sulfide stage with silver minerals deposited at the end, carbonate stage and silver sulfosalt stage. Wall rock alterations are silicification and carbonatization.

The upper limit of the mineralization age (the single stage Pb model age) of the deposit is 497.9940 Ma (pyrite) and 499.7953 Ma (galena). Isotope compositions are as follows: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.71483\pm0.00013$ and 0.71403 ± 0.00009 (rhodochrosite); $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.937$ and 17.920 , $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.594$ and 15.582 , $^{203}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.314$ and 38.271 (galena and pyrite respectively); $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}(\text{CTD})=-0.6\sim+3.3$ (sulfides); $\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}(\text{PDB})=-6.1\sim-8.0$ (carbonate); $\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}(\text{SMOW})=+15.8\sim+18.7$ (carbonate); $\delta\text{D}_{\text{‰}}(\text{SMOW})=-74.4$ (dolomite) and -58.7 (quartz). The REE content of the ore varies from 9.61 to 20.56×10^{-6} , and the REE content of the host rock is between 154.27 and 194.75×10^{-6} . The strontium, lead, sulfur, carbon, oxygen, hydrogen isotope compositions and the chondrite-normalized REE patterns of the ore and host rocks suggest that both the ore-forming substance and the mineralizing solution came from the basal Middle Proterozoic Shuangqiaoshan Group.

The Hujiajian silver-gold deposit seems to be a metamorphogenic mesothermal-epithermal filling-metasomatic type ore deposit.

(Continued from p. 192)

granite, Mianning County, Sichuan Province, shows that the age of upper concordia intercept (T_1) is 249 ± 43 Ma and the age of lower concordia intercept (T) is 12 ± 2 Ma. The former is the crystallization age of residual zircon in the granite, probably representing the formation age of the mother rock of the alkali granite, whereas the latter should be considered as the formation age of the alkali granite and the neocrystic zircon. 12 ± 2 Ma is the youngest age for granitoids in the Panxi rift zone and even in the whole Yangtze Paraplatform. This age is of great significance in the understanding of regional tectonomagmatic activities and time-space distribution of the REE ore deposits in the region.