

文章编号: 0258-7106 (2000) 04-0322-08

东天山西滩浅成低温热液金矿床地球化学

丰成友¹ 薛春纪¹ 姬金生² 张连昌² 李华芹³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 西安工程学院, 西安 710054

3 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

提 要: 对东天山西滩金矿床稀土元素地球化学、流体包裹体和 H、O、S、Pb、Sr、C、Si 等稳定同位素组成的研究表明, 该金矿床成矿元素来自赋矿围岩; 成矿流体主要为大气降水, 显示出低温、低压、低—中等盐度、弱酸—中性等特征; 成矿作用发生在碰撞造山期, 多期次热液叠加和幕式特征显著; 矿床成因应属冰长石-绢云母型浅成低温热液金矿床。

关键词: 浅成低温热液 地球化学 金矿床 新疆西滩

中图法分类号: P618.51

文献标识码: A

浅成低温热液 (epithermal) 金矿床因其形成时代新、规模大、埋藏浅、经济价值高而倍受广大经济地质学家关注。众多研究结果表明^[1-4, 10-14], 该类金矿床最主要的形成时代为喜马拉雅期 (特别是第三纪), 最重要的分布区为环太平洋成矿域, 而产于其它成矿域形成时代较早的此类金矿床鲜见报道。西滩 (亦叫石英滩) 金矿是新近由西安工程学院在东天山地区发现的一个产于晚古生代火山岩区的浅成低温热液金矿床^[5], 新疆地勘局地质一大队勘探证实为中型规模。本文拟探讨该金矿床地球化学独特性, 以期为在该区寻找同类矿床提供思路。

1 矿床地质概况

西滩金矿床地处新疆鄯善县境内, 大地构造位置处于塔里木板块北缘阿齐山—雅满苏石炭纪火山弧的西端。该火山弧带北邻康古尔塔格超壳断裂 (塔里木与准噶尔板块缝合带), 南与中天山地块相接, 出露地层主要为下石炭统阿齐山组中酸性火山岩-火山碎屑岩、下石炭系苦水组杂砂岩及干墩组深水硅泥质沉积岩。由流纹斑岩杂岩构成的似环状体, 基本上勾绘出了一个古破火山口的外貌, 该金矿床即产在其西北缘的安山-英安质熔岩及火山碎屑岩中 (图 1)。区内侵入岩主要为海西期花岗岩类及次火山岩类, 包括花岗闪长岩、黑云母花岗岩、石英二长斑岩、流纹斑岩、闪长玢岩等, 其中出露于古破火山口中心的流纹斑岩与成矿的时空关系最为密切。

矿区出露地层为下石炭统阿齐山组 (C_{1a}) 上段, 以安山质熔岩为主, 包括安山岩、英安

基金项目: 本文系国家科技攻关 305 项目 (85-902-05) 部分研究成果

第一作者简介: 丰成友 (1972-), 男, 河南固始人, 在职博士研究生, 助理研究员, 从事矿床地质和地球化学研究

收稿日期: 1999-12-21; 修订日期: 2000-06-12

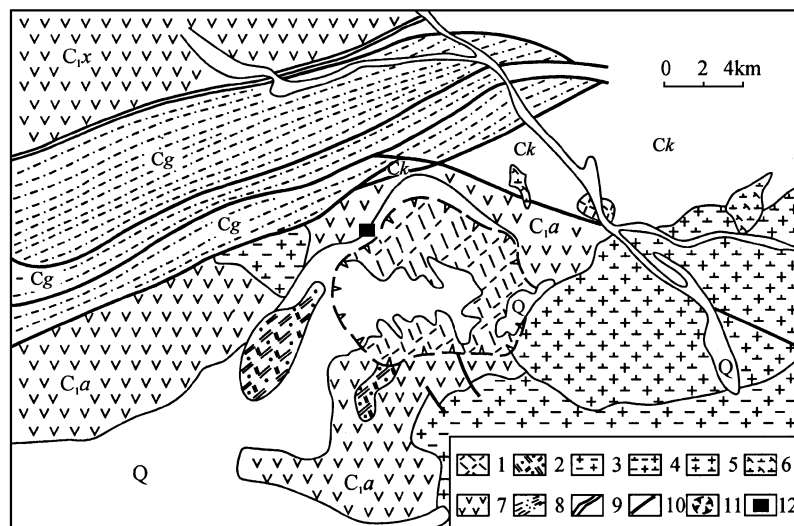


图1 西滩金矿床区域地质略图

Q—第四系; Cg—石炭系干墩组; Ck—石炭系苦水组; C_{1a}—下石炭统阿齐山组; C_{1x}—下石炭统小热泉子组; 1—流纹斑岩; 2—石英二长斑岩; 3—黑云母花岗岩; 4—黑云母花岗闪长岩; 5—花岗闪长岩; 6—闪长玢岩; 7—安山岩; 8—强变形带; 9—缝合线; 10—大断裂; 11—古破火山口; 12—矿区位置

Fig. 1. Diagrammatic regional geological map of the Xitan gold deposit.

Q—Quaternary; Cg—Carboniferous Gandun Formation; Ck—Carboniferous Kushui Formation; C_{1a}—Lower Carboniferous Aqishan Formation; C_{1x}—Lower Carboniferous Xiaorequanzi Formation; 1—Rhyolite porphyry; 2—Biotite granite; 3—Biotite granite; 4—Biotite granodiorite; 5—Granodiorite; 6—Diorite porphyry; 7—Andesite; 8—Intense deformation zone; 9—Suture; 10—Major fault; 11—Paleocaldera; 12—Location of mining area.

岩、杏仁状安山岩、角闪安山岩、火山角砾岩等。控矿构造为破火山口环形断裂, 由近于平行的3条断裂组成, 属于张裂性质, 一般下缓上陡, 分枝复合明显, 羽状分枝裂隙发育, 它们常被玉髓质石英脉充填。晚期NEE和NNW向断裂在矿区广泛发育, 但规模较小, 属剪切性质。该金矿床共有大小石英脉18条, 其中L₁和L₃为工业矿体, L₂为贫矿体。L₁分布在矿区北部, 呈“人”字型不规则脉状, 总体走向73°~108°, 北倾, 倾角32°~59°, 一般近地表陡, 向深部变缓, 矿化不均匀; L₂位于L₁的西南部, 且紧靠L₁矿体呈脉状平行产出, 脉体小, 品位低, 为表外矿; L₃分布在矿区中部, 呈不规则囊状, 中部膨胀, 两端根絮状尖灭, 总体走向112°~292°, 倾向北, 倾角56°, 品位及厚度均较大。

矿石为贫硫化物型金矿石(硫化物含量<1%), 按照矿物共生组合、矿石组构及产出特征可分为两种自然类型, 即含金玉髓质石英脉型和黄铁绢英蚀变岩型, 以前者为主, 蚀变岩型矿石常产在石英脉型矿石的旁侧。矿石成分复杂, 主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、毒砂等, 非金属矿物主要有玉髓、石英、方解石、文石、绢云母、绿泥石、冰长石、浊沸石、高岭石及伊利石等。金主要以银金矿和自然金形式产出, 银金矿呈他形显微粒状、显微细粒状分布于石英晶粒间, 自然金呈片状、薄膜状分布于脉石矿物裂隙和褐铁矿孔隙中, 赋存状态以粒间金为主, 次为裂隙金和包体金。矿石具有一组独特的结构构造, 包括显微-微粒、骨架-板条状(格子状)、叶片状结构, 胶状-变胶状、条带状、鸡冠状、角砾状构造等。金矿

化大致经历了金-黄铁矿-玉髓-方解石阶段、金-硫化物-玉髓(石英)阶段、金-玉髓(石英)阶段和石英-碳酸盐阶段。围岩蚀变表现为面型青磐岩化及近矿脉带状热液蚀变,后者与金矿化关系密切,主要类型有黄铁绢英岩化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化、冰长石化、高岭石化和中等泥化等,总体表现出低温的矿化蚀变特征。

2 稀土元素地球化学

表1列出了西滩金矿床岩、矿石稀土元素分析数据。球粒陨石标准化稀土元素分布型式见图2。

表1 西滩金矿床岩、矿石稀土元素含量 (10^{-6})

Table 1. REE contents (10^{-6}) of wall rocks and ores from the Xitan gold deposit

岩性	序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Σ REE	δ Eu	δ Ce
围岩 安山岩	1	39.5	57.1	6.5	27.5	5.0	1.2	5.5	0.77	4.3	0.84	2.1	0.32	2.3	0.41	153.34	0.70	0.78
	2	27.4	44.9	6.0	29.9	5.6	1.8	8.8	0.81	5.4	1.10	2.7	0.40	2.9	0.53	138.24	0.78	0.81
	3	31.7	56.6	7.2	33.0	6.4	1.7	7.3	0.85	5.5	0.98	2.4	0.36	2.6	0.46	157.05	0.76	0.87
	4	26.6	48.7	5.6	25.7	5.0	1.1	6.0	0.79	4.7	0.95	2.4	0.36	2.6	0.46	130.96	0.62	0.92
	5	25.1	29.8	5.1	26.7	4.7	1.5	5.3	0.64	5.1	1.00	2.7	0.39	2.9	0.53	111.46	0.92	0.60
	6	26.5	29.7	5.8	28.0	5.2	1.7	5.1	0.73	4.7	0.94	2.5	0.37	2.8	0.50	114.54	1.01	0.55
蚀变岩型 矿石	7	10.7	21.2	2.7	12.9	2.1	0.72	2.3	0.24	2.3	0.42	1.1	0.13	1.6	0.29	58.70	0.80	0.93
	8	12.5	22.7	2.8	14.2	2.6	0.93	2.5	0.34	3.0	0.55	1.4	0.16	1.5	0.27	65.42	1.12	0.89
	9	10.8	19.5	2.2	10.8	2.0	0.69	2.5	0.27	2.6	0.52	1.4	0.18	1.7	0.32	55.48	0.94	0.91
石英脉型 矿石	10	0.770	1.705	0.263	1.040	0.178	0.042	0.111	0.014	0.058	0.012	0.026	0.004	0.028	0.005	4.256	0.852	0.91
	11	1.520	1.550	0.142	0.520	0.108	0.042	0.109	0.015	0.077	0.014	0.038	0.005	0.036	0.006	4.182	1.173	0.63
	12	1.326	1.460	0.210	0.720	0.107	0.036	0.089	0.013	0.061	0.012	0.027	0.004	0.024	0.004	4.093	1.098	0.60
	13	0.440	1.160	0.104	0.239	0.082	0.025	0.068	0.012	0.060	0.012	0.024	0.003	0.020	0.003	2.252	0.996	1.26
	14	1.100	2.390	0.213	0.546	0.112	0.047	0.102	0.014	0.068	0.014	0.031	0.004	0.027	0.003	4.671	1.321	1.12

注: 序号1~9据新疆地矿局地质一大队资料, 1996; 序号10~14由国家地质实验测试中心分析

由表1和图2可见, REE总量从围岩($78.22 \times 10^{-6} \sim 218.47 \times 10^{-6}$) (图2a)、蚀变岩型矿石($55.48 \times 10^{-6} \sim 65.42 \times 10^{-6}$) (图2b)到石英脉型矿石($2.252 \times 10^{-6} \sim 4.671 \times 10^{-6}$) (图2c)依次降低, 相差可达一个数量级; 围岩具有较明显的铈负异常和铈负异常, δ Eu为0.62~1.01, δ Ce为0.55~0.92。蚀变岩型矿石和石英脉型矿石的铈负异常和铈负异常不明显或无异常, δ Eu分别为0.80~1.12和0.852~1.321, δ Ce分别为0.89~0.93和0.60~1.26, 此与该金矿床近地表成矿、形成于氧化环境的地质事实相一致。在这种条件下, Eu与其他稀土元素一样主要以+3价形式存在, 而不出现负异常。蚀变岩型矿石、石英脉型矿石与围岩均表现出轻稀土富集、重稀土亏损、曲线右倾的特征, 且曲线斜率轻稀土部分较陡, 重稀土部分较缓。蚀变岩型矿石的稀土分布型式与围岩稀土分布型式相比, 有明显的相似性, 反映矿石对围岩的继承性特征。此外, 石英脉型矿石稀土分布曲线向右相对陡倾, $(La/Yb)_N$ 为14.83~37.25, 可能主要反映了成矿流体的性质。

3 稳定同位素地球化学

3.1 硫、铅同位素

西滩金矿床硫同位素组成列于表2。9件黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $0.1\text{‰} \sim 1.3\text{‰}$, 平均 0.77‰ , 3件全岩样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $1.4\text{‰} \sim 2.3\text{‰}$, 平均 1.96‰ , 由此可见, 无论是单矿物还是全岩样品, 其硫同位素分布比较集中, 为正向偏离陨硫的不大正值, 方差小, 极差低, 塔式效应明显, 反映硫源较为稳定, 尤其是不同成矿阶段矿石中黄铁矿平均值(0.81‰)与围岩火山岩中黄铁矿平均值(0.64‰)很相近, 表明矿石中的硫很可能来自赋矿围岩。西滩金矿床硫同位素组成与我国吉林五凤金矿($\delta^{34}\text{S}$ 为 $1.0\text{‰} \sim 2.6\text{‰}$)^[3]等火山岩区浅成热液金矿床硫同位素组成极相似。因此, 可以认为参与成矿的硫来自安山质岩浆岩。

分别对1件金矿石和1件安山岩中的黄铁矿进行了铅同位素测定。矿石铅同位素组成 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为18.112, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.486, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.824, μ 值为9.27, 模式年龄(Doe, 1974)为 243×10^6 , 与金矿床矿化年龄很相近。围岩安山岩的铅同位素组成 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为18.049, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.459, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.699, μ 值为9.23, 与矿石铅同位素组成相当接近, 说明铅有相同的源区特征, 进一步证明了成矿物质来源于围岩安山岩。另外, 在Zartman等的铅同位素演化图上^[15], 西滩金矿矿石铅投点位置处于造山带演化线与地幔演化线之间, 说明初始铅来自地幔, 在热液活化成矿作用过程中又受到壳源物质的混染。

3.2 锶同位素

对容矿围岩安山岩和金矿石分别进行了Rb-Sr全岩等时线测定。9个安山岩的Rb/Sr比值为 $0.09 \sim 0.40$, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 $0.2582 \sim 1.1654$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 $0.70540 \sim 0.70925$, 初始锶同位素组成($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i为0.7046。3组21个不同成矿阶段矿石的($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i变化于 $0.7049 \sim 0.7059$ 之间, 均低于0.710, 可见围岩和矿石的初始锶比值十分接近, 亦暗示金矿床的成矿物质直接来源于围岩火山岩。

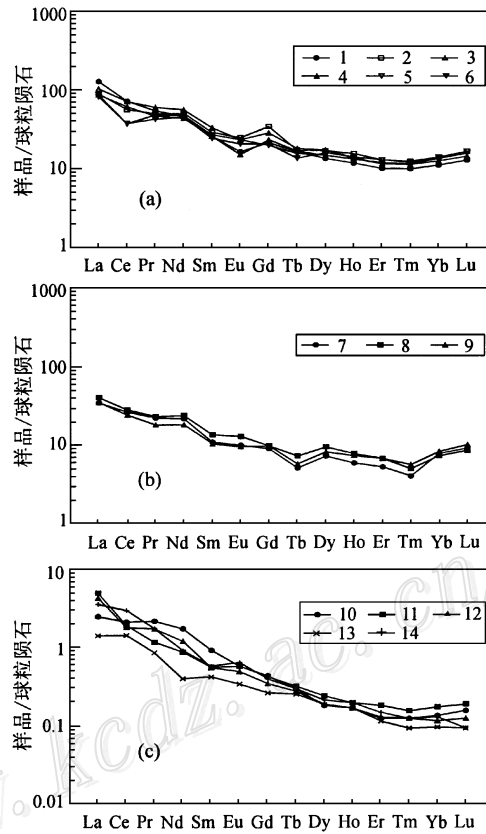


图2 西滩金矿床岩、矿石稀土元素分布型式
(a) — 围岩; (b) — 蚀变岩型矿石; (c) — 石英脉型矿石
Fig. 2. Chondrite-normalized REE patterns of wall rocks and ores from the Xitan gold deposit.
(A) — Wall-rock; (b) — Altered rock type ore;
(c) — Quartz vein ore.

表 2 西滩金矿床硫同位素组成 (‰)

Table 2. Sulfur isotopic composition of the Xitan gold deposit (‰)

样号	岩性	测试对象	$\delta^{34}\text{S}$	样号	岩性	测试对象	$\delta^{34}\text{S}$
92-008	黄铁绢英岩化安山岩	黄铁矿	0.3	92-201	角砾状石英脉矿石	黄铁矿	0.1
92-046	青磐岩化安山岩	黄铁矿	0.6	92-203	碎裂矿化石英脉	黄铁矿	0.6
92-107	玉髓质石英脉矿石	黄铁矿	1.3	92-219	网格状矿化石英脉	黄铁矿	1.1
92-159	黄铁绢英岩化安山岩	黄铁矿	1.0	93-022	硫化物石英脉矿石	全岩	2.3
92-160	玉髓质石英脉矿石	黄铁矿	1.2	93-124	硫化物石英脉矿石	全岩	2.2
92-185	绿泥石化火山角砾岩	黄铁矿	0.7	93-132	硫化物石英脉矿石	全岩	1.4

注: 由中国地质科学院宜昌地质矿产研究所五室分析

3.3 碳、硅同位素

据新疆地矿局地质一大队 (1996) 资料, 该金矿床矿石中方解石的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为 -5.5‰ , 介于海相碳酸盐岩 ($\delta^{13}\text{C} \approx 0\text{‰}$) 和深成岩浆源碳 ($\delta^{13}\text{C} = -7.0\text{‰}$) 之间, 并接近于后者。矿石中石英和围岩安山岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值分别为 $-0.1\text{‰} \sim -0.3\text{‰}$ 和 -0.2‰ (中国地质科学院矿产资源研究所万德芳测试, 1997), 二者均为负值且非常接近, 表明矿石与围岩地层中的硅具有亲缘关系。该金矿床近矿围岩蚀变 (硅化、黄铁绢英岩化、绿泥石化) 也证实成矿热液与围岩发生蚀变作用过程中可使围岩中的硅质进入热液系统中去。

4 成矿流体地球化学

4.1 成矿流体的性质及来源

镜下观察表明, 西滩金矿床矿石中石英含有大量的流体包裹体, 个体一般小于 $10\text{ }\mu\text{m}$, 以气液包裹体为主, 成因类型主要为原生和假次生包裹体。不同矿体的流体包裹体气、液相成分分析结果表明: 液相成分中, 阳离子以 K^+ 、 Na^+ 为主, 且 $\text{K}^+/\text{Na}^+ > 1$, 介于 $1.51 \sim 7.49$ 之间, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Li^+ 少量; 阴离子以 Cl^- 为主, F^- 少量, 不含 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- ; 气相成分中, 除 H_2O 外, 主要为 CO_2 , 少量 H_2 , 不含 CO 、 CH_4 , $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 为 $0.010 \sim 0.098$, 总体反映为富含 Cl^- 、 F^- 、 CO_2 等挥发分的 $\text{K}^+ - \text{Na}^+ - \text{Cl}^- (\text{F}^-)$ 型热水溶液。

该金矿床成矿流体氢、氧同位素组成见表 3。 δD 为直接测定值, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 是据张理刚 (1985)^[6] 石英-水体系中氧同位素平衡方程: $1000\ln\alpha_{\text{石英-水}} = 3.42 \times 10^6 T^{-2} - 2.86$ 计算而来。从不同成矿阶段成矿流体的氢、氧同位素组成及其在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 相关图解 (图 3) 中的投点位置来看, I、II 阶段包裹体水氢、氧同位素组成点分布集中, δD 为 $-104\text{‰} \sim -119\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $-1.6\text{‰} \sim -9.6\text{‰}$, III 矿化阶段的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值较小, 为 $-12.7\text{‰} \sim -11.4\text{‰}$, δD 值较大 (-90‰)。尽管投点偏离大气降水线, 氧同位素发生了“漂移”, 但总体来看, 3 个主成矿阶段样品投点均落在雨水热液范围之内, 而远离岩浆水和变质水区域, 主要为大气降水成因, 与我国环太平洋成矿域形成时代新的五凤 (δD 为 $-66\text{‰} \sim -98\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $-3.2\text{‰} \sim -7.2\text{‰}$)^[3]、团结沟 (δD 为 $-98\text{‰} \sim -85\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $-1.3\text{‰} \sim +2.5\text{‰}$)^[8] 及美国科罗拉多州的克里德 (Creede) (δD 为 -58‰ , $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $0\text{‰} \sim -6\text{‰}$)^[16] 等浅成热液金矿床有所区别, 从而反映了该金矿床的独特性。

4.2 成矿物理化学条件

矿床中石英内流体包裹体的均一温度为 137~ 250℃, 以 150~ 200℃ 为主 (表 3), 代表主成矿期温度; 成矿压力较低, 介于 $2.68 \times 10^7 \sim 3.26 \times 10^7$ Pa 之间, 显示浅成热液成矿特征; 流体包裹体水的 Eh 值为 - 0.79~ - 0.70 eV, 变化范围极窄, 反映出稳定的还原环境; 盐度为 0.8%~ 6.7% NaCl^[9], 与安山岩地带的地热流体及大多数脉状浅成低温热液贵金属矿床的含盐度一致, 后者盐度多在 6% NaCl 以下, 极少超过 11% NaCl^[17]; pH 值为 6.6~ 6.8, 平均 6.7, 成矿流体显示出低温、低压、低—中等盐度、弱酸—中性的特征, 此与该金矿床的矿物共生组合、围岩蚀变特征相吻合。

表 3 西滩金矿床氢、氧同位素组成

Table 3. Hydrogen and oxygen isotopic composition of the Xitan gold deposit

序号	样 号	成矿阶段	$\delta^{18}\text{O}/\text{‰}$		$\delta\text{D}/\text{‰}$		$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$	均一温度/℃
			样品	结果	样品	结果		
1	TC11	I	石英	5.4	全岩	- 119	- 7.0	200
2	93-107	I	玉髓	6.6	石英	- 114	- 9.6	150
3	93-117	I	玉髓	7.2	全岩	- 104	- 8.1	160
4	93-128	I	石英	8.0	全岩	- 112	- 1.6	250
5	93-124	II	玉髓	8.2	全岩	- 116	- 6.2~ - 3.9	171~ 205
6	93-132	II	玉髓	8.5	全岩	- 109	- 3.9	200
7	93-106	III	玉髓	4.7	全岩	- 90	- 12.7~ - 11.4	137~ 151

注: 由中国地质科学院宜昌地质矿产研究所测试

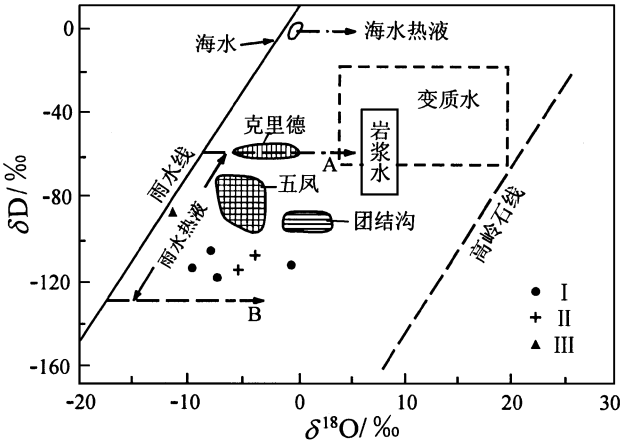


图 3 西滩金矿床成矿流体 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 关系图解^[6]

A、B—原始大气降水的同位素组成; I、II、III—矿化阶段

Fig. 3. δD versus $\delta^{18}\text{O}$ diagram of ore-forming fluids in the Xitan gold deposit.

A, B—Isotopic composition of initial meteoric water;

I, II, III—Mineralization stages.

5 成矿时代

西滩金矿床 L_1 、 L_2 和 L_3 矿脉的石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄分别为 $(288 \pm 7) \times 10^6$ a、 $(276 \pm 7) \times 10^6$ a 和 $(244 \pm 9) \times 10^6$ a (图 4), 表明该矿床成矿热液具有明显的多期活动与叠加特点, 成矿作用过程持续了大约 44×10^6 a。所测矿区英云闪长岩、二长花岗斑岩和流纹斑岩的 Rb-Sr 等时线年龄分别为 293×10^6 a、 281×10^6 a 和 256×10^6 a, 可见每期与成矿有关的热液活动都发生在一次强烈的岩浆活动之后, 幕式特征显著。与矿区地层下石炭统阿齐山组(C_1a)安山岩相比, 成矿年龄要明显偏晚, 从而, 与一般形成于喜马拉雅期(特别

是第三系)环太平洋带上的浅成低温热液金矿床成矿作用发生在活动大陆边缘或岛弧火山活动期不同,西滩金矿床成矿作用发生于火山期后碰撞造山阶段,显示出其特色。

6 主要结论

(1) 矿床中的 REE 和 S、Pb、Sr、C、Si 同位素组成特征反映成矿物质来源于赋矿围岩;矿床成因类型为晚古生代火山岩区冰长石-绢云母型浅成低温热液金矿床。

(2) 成矿流体的组成和 H、O 同位素特征指示其主要为大气降水成因;成矿流体显示为低温、低压、低—中等盐度 $K^+ - Na^+ - Cl^- (F^-)$ 型弱酸—中性热水溶液。

(3) 成矿发生在碰撞造山期,成矿作用多期次叠加和幕式特征显著。

在研究工作过程中,得到了新疆地勘局地质一大队的大力帮助。此外,参加野外工作的还有西安工程学院曾章仁教授、杨兴科副教授及西安地质矿产研究所的杨建国副研究员,在此一并深表谢意。

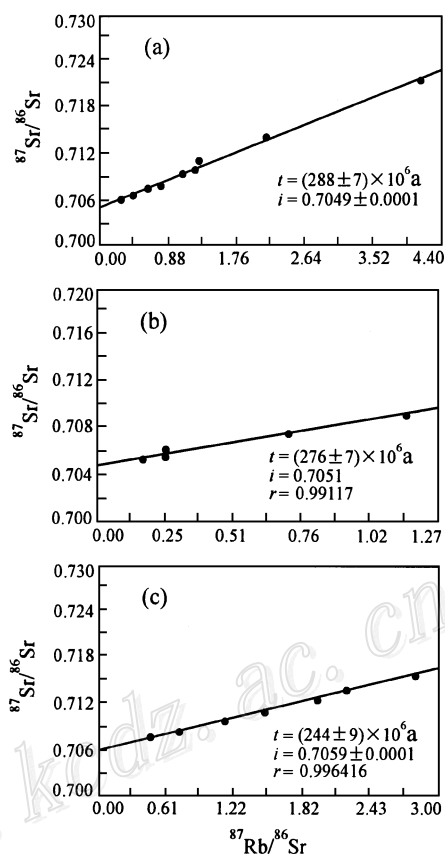


图4 西滩金矿床矿石中石英的 Rb-Sr 等时线
(a) — L_1 矿脉石英流体包裹体; (b) — L_2 贫矿脉石英流体包裹体; (c) — L_3 矿脉石英流体包裹体

Fig. 4. Rb-Sr isochron line of quartz in ores from the Xitan gold deposit.

(a) — Fluid inclusions in quartz from L_1 ore vein; (b) — Fluid inclusions in quartz from L_2 lean ore vein; (c) — Fluid inclusions in quartz from L_3 ore vein.

参 考 文 献

- 毋瑞身. 低温浅成热液金矿若干问题讨论 [J]. 贵金属地质, 1993, 2 (1): 47~ 53.
- 张德全, 李大新, 赵一鸣等. 福建紫金山矿床——我国大陆首例石英-明矾石型浅成低温热液铜-金矿床 [J]. 地质论评, 1991, 37 (6): 481~ 491.
- 陈仁义, 芮宗瑶. 五凤浅成热液金矿床地质特征及成矿机理研究 [J]. 矿床地质, 1993, 12 (1): 20~ 28.
- 芮宗瑶, 张洪涛, 王龙生等. 吉林延边地区斑岩型-浅成热液型金铜矿床 [J]. 矿床地质, 1995, 14 (2): 99~ 126.
- 丰成友, 姬金生, 薛春纪等. 东天山西滩浅成低温热液金矿床地质特征及成因分析 [J]. 新疆地质, 1999, 17 (1): 1~ 7.
- 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985, 23~ 38.
- 沈渭洲主编. 稳定同位素地质 [M]. 北京: 原子能出版社, 1987, 1~ 425.
- 王义文. 中国金矿床稳定同位素地球化学 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1990, (3): 269~ 282.
- 李华芹, 谢才富, 常海亮等. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学 [M]. 北京: 地质出版社, 1998: 63~ 97.
- Heald P, Foley N K, Hayba D O. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid-sulfate and adularia-sericite types [J]. Econ. Geol., 1987, 82: 1~ 26.
- O'Neil J R, Silberman M L. Stable isotope relations in epithermal Au-Ag deposits [J]. Econ. Geol., 1974, 69: 902

- ~ 909.
- 12 White N C, Hedenquist J W. Epithermal environments and styles of mineralization: Variations and their causes, and guidelines for exploration [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1990, 36: 445~ 474.
 - 13 Izawa E, Urashima Y, Ibaraki K et al. The Hishikari gold deposit: High-grade epithermal veins in Quaternary volcanics of southern Kyushu, Japan [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1990, 36: 1~ 56.
 - 14 Toru Shimizu, Hiroharu Matsueda, Daizo Ishiyama et al. Genesis of epithermal Au-Ag mineralization of the Koryu mine, Hokkaido, Japan [J]. *Econ. Geol.*, 1998, 93: 303~ 325.
 - 15 Zartman R E, Doe B R. Plumb tectonics—the model [J]. *Tectonophysics*, 1981, 75: 135~ 162.
 - 16 Bethke P M, Rye R O, Barton P B. Hydrogen, oxygen, and sulfur isotopic composition of ore fluids in the Creede district, Mineral County, Colorado [J]. *Geol. Soc. America Abstracts with program*, 1973, 5: 549.
 - 17 Spooner E T C. Fluid inclusion studies of hydrothermal ore deposits. In: Hollister L S, Crawford M L, eds. *Fluid inclusions* [J]. *Applications to petrology*, 1981. 209~ 240.

GEOCHEMISTRY OF THE XITAN EPITHERMAL GOLD-SILVER DEPOSIT, EAST TIANSHAN MOUNTAINS

Feng Chengyou, Xue Chunji

(Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037)

Jin Jinsheng, Zhang Lianchang

(Xi'an Engineering University, Xi'an 710054)

Li Huaqin

(Yichang Institute of Geology and mineral Resources, CAGS, Yichang 443003)

Key words: epithermal solution, geochemistry, gold deposit, Xitan, Xinjiang

Abstract

Hosted by Lower Carboniferous Aqishan Group, the Xitan gold deposit is controlled by arcuate faults related to paleo-caldera. Σ REE values in this deposit decrease from wall rocks through altered rock type ores to quartz vein ores. The REE pattern of the altered rock type ores is similar to that of the wall rocks, while the partition curves of the quartz vein ores are relatively steep. Fluid inclusion studies of quartz yield homogenization temperature of 137°C to 250°C, mainly from 150°C to 200°C and fluid pressure of (268~ 326) $\times 10^5$ Pa. Salinities of primary fluid inclusions range from 0.8% to 6.7% NaCl equivalent. Isotopic geochemical studies show that δD and $\delta^{18}O_{H_2O}$ values of the ore-forming fluids are - 119 to - 90 per mil and - 12.7 to - 1.6 per mil, respectively. $\delta^{34}S$ values of pyrite and whole rock vary from 0.1 to 1.3 per mil and from 1.4 to 2.3 per mil, respectively. ($^{87}Sr/^{86}Sr$)_i values of ores and wall rock determined by Rb-Sr isochron technique are very close to each other, being 0.7049 to 0.7059 and 0.7046 respectively. $\delta^{13}C$ value of calcite from the ore is - 5.47 per mil, and $\delta^{30}Si$ values of wall rock and ores are from 0.1 to 0.3 per mil. In addition, the main gold mineralization took place at $(244 \pm 9) \times 10^6$ a based on the Rb-Sr isochron dating.

All the REE and isotopic geochemical characteristics indicate that the ore-forming substance of this gold deposit was directly derived from wall rock, the ore-forming fluids were dominantly meteoric water and were characterized by low-temperature, low-pressure and low to medium salinity, and the ore-forming process took place in collision and orogenic period, with very obvious multistage superimposition and episodic mineralization.

It is concluded that the Xitan gold deposit is a kind of adularia-sericite type epithermal gold-silver deposit according to P Heald's classification.