

新疆东天山石英滩金矿流体包裹体地球化学

王志良^{1,2}, 毛景文^{1,2}, 吴淦国¹, 杨建民², 马天林³, 韩春明⁴

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 4. 中国科学院高能物理研究所, 北京 100039)

[摘要] 石英滩金矿地处塔里木板块北缘阿奇山—雅满苏火山弧, 容矿围岩为下二叠统阿其克布拉克组陆相火山岩, 控矿构造为破火山口环形断裂。流体包裹体特征和温度等参数研究表明石英滩金矿以低温(129℃~236℃)、低盐度(1.91 wt% NaCl~2.74 wt% NaCl)和浅成(成矿时压力为 $3 \times 10^6 \sim 32 \times 10^6$ Pa, 深度小于1 km)为特征; 流体包裹体稀土元素研究初步得出成矿流体来自中酸性岩浆和火山岩。

[关键词] 地球化学 流体包裹体 石英滩金矿 东天山

[中图分类号] P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2003)02-0006-05

石英滩金矿地处新疆鄯善县西南部, 系长安大学和新疆地勘局第一地质大队在承担“七五”国家“305”项目时发现, 经工程评价为一中型金矿, 目前正在开采。蔡仲举^[1]、李华芹等^[2]、姬金生等^[3]、丰成友等^[4,5]和韩春明等^[6]对该金矿床的成矿地质背景、矿床地质、地球化学等进行了研究, 一致认为石英滩金矿为浅成低温热液型。但是, 对流体包裹体的温度和盐度等参数有不同的测试结果^[1,2,4], 鉴于此, 作者再次对流体包裹体进行了温度和盐度等测试, 以进一步查明该金矿床流体包裹体的温度和盐度等参数。另外, 本文首次对流体包裹体中的成矿流体进行了稀土元素分析和研究, 尝试探讨成矿流体的来源。

1 矿床地质概况

石英滩金矿位于塔里木板块北缘阿奇山—雅满苏火山弧西端, 与北侧的康古尔缝合—剪切带^[7]相距2~3 km。矿田内出露地层主要为第四系(Q)沉积物、下二叠统阿其克布拉克组(P_1a)陆相火山岩、下石炭统干墩组(C_1g)浊积岩和下石炭统小热泉子组(C_1x)火山岩—碎屑岩。侵入岩主要为花岗闪长岩、黑云母花岗岩、流纹斑岩和闪长玢岩等, 其中由流纹斑岩构成的环形构造大致勾画出一个破火山口的轮廓(图1)。

该金矿床产于破火山口的西北缘, 容矿围岩为下二叠统阿其克布拉克组(P_1a)陆相安山岩、英安岩、玄武岩和火山角砾岩等, 这些火山岩的含金丰度为 $11.80 \times 10^{-9} \sim 30.60 \times 10^{-9}$ ^①, 为正常火山岩含金丰度平均值(4×10^{-9})^[8]的3~8倍, 显示为金矿床的矿源层。控矿构造为破火山口环形断裂和放射状断裂(与西天山著名的阿希浅成低温热液型金矿相同^[9]), 属于张裂性质, 一般下缓上陡, 常常充填着玉髓质石英脉, 为主要的容矿构造。金矿床由3个矿体(L1、L2和L3)组成, L1和L3为工业矿体, L2为贫矿体。L1矿体位于矿区西北部, 长约300 m, 为一波状弯曲向北凸出的弧形脉体, 沿走向具膨大收缩的波状起伏, 沿倾向具明显的分枝复合现象, 矿体由地表往深部逐渐变薄尖灭, 矿体总体走向275°, 倾向5°, 倾角35°~55°; L3矿体位于矿区东南部, 矿体平面形态为一不规则的向北凸出的月牙形, 东端呈鱼尾状分叉, 西端呈指状分叉, 剖面上呈不规则的囊状体, 产状变化较大, 由东往西, 矿体产状为40°~20°∠55°~80°→340°~300°∠45°~65°。

矿石为典型的少硫化物矿石, 金属矿物含量很少, 但矿物种类较多, 主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、褐铁矿和金银系列矿物, 其次为毒砂、白铁矿、黝铜矿、辉铜矿、赤铁矿、硬锰矿、孔雀石、铜蓝及蓝铜矿等, 主要脉石矿物为玉髓、石英、方解石, 其次为绿泥

[收稿日期] 2002-12-24; **[修订日期]** 2003-01-05; **[责任编辑]** 余大良。

[基金项目] 国家重点基础研究项目(编号: 2001CB409807和G1999043216)及中国地质科学院地质调查项目(编号: DKD9902001)资助。

①姬金生, 曾章仁, 杨兴科, 等. 康古尔塔格金矿带控矿规律及靶区优选评价研究. 305项目“八五”报告, 1995.

[第一作者简介] 王志良(1964年-), 男, 1985年毕业于南京大学, 获学士学位, 副研究员, 在读博士生, 主要从事构造与矿床研究工作。

石、文石、绢云母、冰长石、浊沸石、高岭石等。矿石的结构为自形—半自形微细粒结构、他形微粒结构和交代溶蚀结构,构造为致密状构造、条带状构造、角砾状构造、胶状—变胶状构造和脉状—网脉状构造。成矿作用可分为3个阶段:微晶石英脉阶段(第一阶段),含少量硫化物,矿石贫;玉髓—方解石阶段(第二阶

段),为主成矿阶段,沿微晶石英脉中的裂隙充填,在强破碎处形成富矿体;纯方解石阶段(第三阶段),叠加在前两个成矿阶段形成的脉体之上。围岩蚀变表现为面型青磐岩化及矿脉旁侧的带状热液蚀变,后者与金矿化关系密切,主要类型为黄铁绢英岩化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化、冰长石化和泥化等。

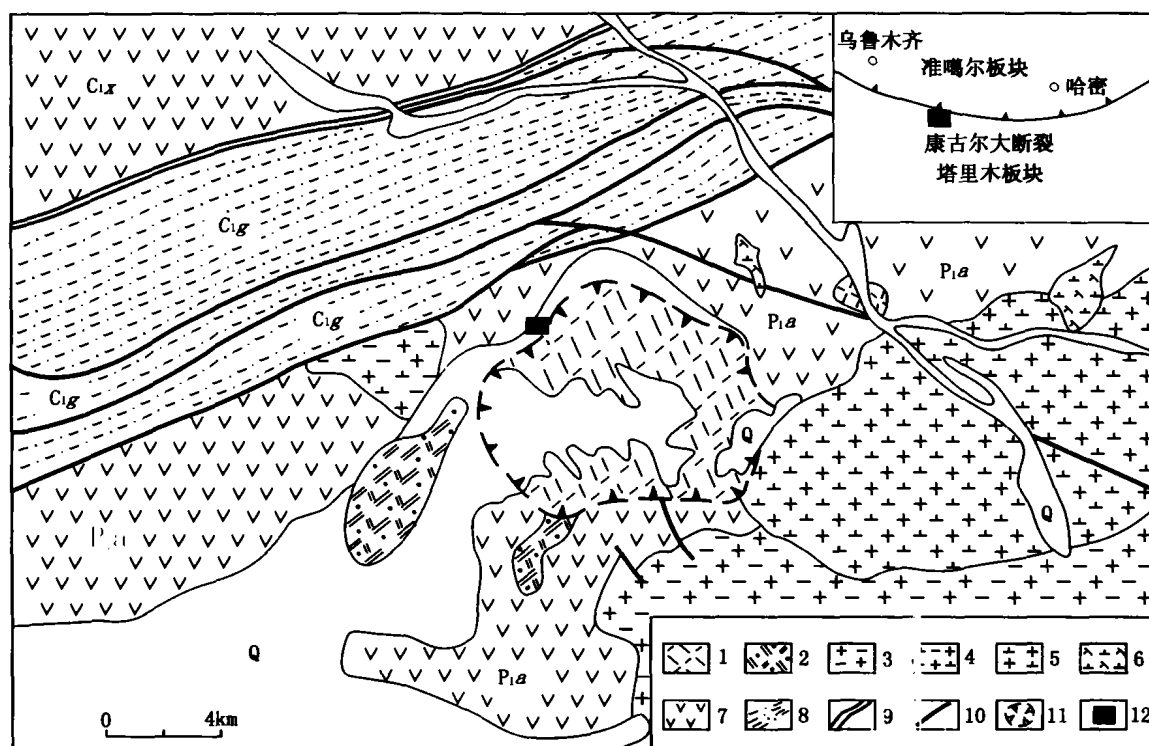


图1 石英滩金矿床区域地质略图(据丰成友等^[5]资料改绘)

Q—第四系沉积物;P_{1a}—下二叠统阿克布拉克组陆相火山岩;C_{1g}—下石炭统干墩组浊积岩;C_{1x}—下石炭统小热泉子组火山岩—碎屑岩;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—断裂;11—古破火山口;12—矿区位置

2 流体包裹体地球化学

2.1 流体包裹体的特征

本次工作对石英滩金矿不同成矿阶段石英和方解石的15个测温片进行了镜下观察和研究。镜下发现石英颗粒十分细小且结晶程度极低,主要表现为微晶石英和隐晶质玉髓,发育其中的包裹体十分细小,一般<1 μ,偶见3~4 μ的包裹体,包裹体的形状主要为负晶形、椭圆形和不规则形,所能见到的包裹体绝大多数为原生气液两相包裹体,气液比为5%左右(表1)。方解石结晶程度相对较高,发育其中的包裹体数量较多,个体相对较大,5 μ左右的包裹体常见,它们的形状主要为负晶形、椭圆形和不规则形,大多数包裹体为原生气液两相包裹体,气液比为5%~20%,偶见纯液相包裹体,另外还发育一定

数量的假次生和次生包裹体。

2.2 流体包裹体的显微测温及有关参数

15个测温片中,由于包裹体较小(5 μ左右),所以只对5个测温片进行了冷冻和均一温度测试,流体包裹体的测温工作是在中国科学院地质与地球物理研究所进行,所用仪器为英国产的LINKAM THMSG600冷冻台,其测温范围为-198℃~600℃。石英和方解石中的流体包裹体冷冻温度、均一温度、盐度、密度和压力等数据列于表1中。

2.2.1 石英中的包裹体

由于石英(玉髓)颗粒细小,结晶程度低,可供测温的包裹体极少,本次工作只测得了第二成矿阶段石英中两个流体包裹体的均一温度,其值为206℃和173℃。

表 1 石英滩金矿流体包裹体特征及参数

样号	成矿阶段	主矿物	大小/ μ	气液比/%	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	冷冻温度/ $^{\circ}\text{C}$	盐度/wt% NaCl	密度	压力/ 10^6Pa
SY4-7	2	方解石	8	10	236	-1.4	2.41	0.85	32
		方解石	3	5	201	-1.6	2.74	0.90	15
SY4-30	2	方解石	5	5	225				
SY4-29	2	石英	3.5	5	206				
		方解石	3.5	<5	129				
		方解石	5	<5	133				
		方解石	3.5	<5	152				
		方解石	4	<5	169				
		方解石	4	<5	161				
		石英	4	<5	173				
		方解石	6	10	176	-1.4	2.41	0.90	10
SY4-34	2	方解石	2	<5	165				
		方解石	2	<5	149				
		方解石	7	5	132	-1.3	2.24	0.95	3
		方解石	3	5	134				
		方解石	3	<5	142				
		方解石	5	5	151				
		方解石	6	15~20	185				
		方解石	3	<5	143				
		方解石	3	<5	184				
		方解石	4.5	5	188	-1.1	1.91	0.90	11
SY4-46	3	方解石	4	<5	125				
		方解石	3	<5	146				
		方解石	3	<5	131				
		方解石	4	<5	128				

2.2.2 方解石中的包裹体

1) 第二成矿阶段: 均一温度 $129^{\circ}\text{C} \sim 236^{\circ}\text{C}$, 平均为 166°C , 冷冻温度为 $-1.1^{\circ}\text{C} \sim -1.6^{\circ}\text{C}$, 换算成的盐度为 $1.91\text{ wt\% NaCl} \sim 2.74\text{ wt\% NaCl}$, 密度为 $0.85 \sim 0.95$, 形成时的压力为 $3 \times 10^6 \sim 32 \times 10^6\text{Pa}$, 按张文淮等^[10]的公式, 形成深度均小于 1 km 。

2) 第三成矿阶段: 只测得了 4 个均一温度, 其值为 $125^{\circ}\text{C} \sim 146^{\circ}\text{C}$, 平均值为 133°C 。

2.3 流体包裹体的稀土元素组成

为了查明石英滩金矿床成矿流体的来源, 我们对矿石中成矿流体作了稀土元素分析, 其结果见表 2, 为了便于对比, 还列出了矿区火山岩和侵入岩的稀土元素分析结果及其特征值。样品 SY3-8 与 SY1-4 是矿石中挑出的石英单矿物 (纯度 $> 99\%$), 采用高温爆裂—淋滤法提取成矿流体, 然后用高精度的 ICP-MS (电感耦合等离子质谱) 方法测定流体中的 REE 含量, 具体分析方法见苏文超等^[11]所述, 测试工作是在中国科学院地质与地球物理研究所进行。SY3-8 与 SY1-4 的 ΣREE 值分别

为 3974×10^{-12} 和 2842×10^{-12} , 这两个值为每克石英单矿物中所有包裹体中流体的 ΣREE 值, 所以相对很低, LREE/HREE 分别为 8.21 和 4.73, δEu 分别为 0.67 和 1.06, 轻重稀土之间分馏强, LREE 富集, HREE 亏损, 在它们的稀土配分曲线图 (图 2) 中, 两条曲线均向右倾斜。

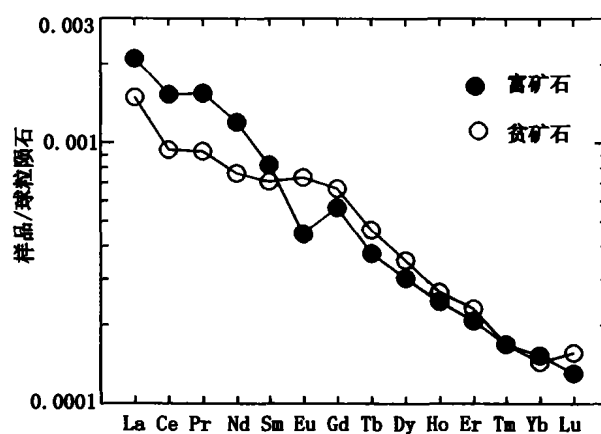


图 2 石英滩金矿成矿流体稀土配分曲线

3 讨论

通过对石英滩金矿流体包裹体温度等参数的测试和研究,获得成矿流体的温度为 $129^{\circ}\text{C} \sim 236^{\circ}\text{C}$ 、盐度为 $1.91 \text{ wt}\% \text{ NaCl} \sim 2.74 \text{ wt}\% \text{ NaCl}$ 、成矿时压力为 $3 \times 10^6 \sim 32 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、深度小于 1 km 。流体包裹体均一温度比蔡仲举^[1]获得的温度 ($108.5^{\circ}\text{C} \sim 190.5^{\circ}\text{C}$)略高,与丰成友等^[4]获得的温度 ($137^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$)一致;流体包裹体盐度比蔡仲举^[1]获得的盐度 ($9.18 \text{ wt}\% \text{ NaCl} \sim 19.24 \text{ wt}\% \text{ NaCl}$)低得多,与李华芹等^[2]获得的盐度 ($0.8 \text{ wt}\% \text{ NaCl} \sim 6.7 \text{ wt}\% \text{ NaCl}$)相符;而成矿时的压力与蔡仲举^[1]和丰成友等^[4]获得的数据一致,均小于 $35 \times 10^6 \text{ Pa}$,换算成深度小于 1 km 。通过以上流体包裹体温度等参数的研究,表明石英滩金矿成矿流体以浅成(深度小于 1 km)和低温(200°C 左右)为特征,金矿床为一浅成低温热液型金矿。

从表2可以看出,富矿石中成矿流体、贫矿石中成矿流体、安山岩、流纹斑岩和花岗闪长岩的 LREE/HREE 值分别为 8.21、4.73、7.48(平均)、8.06和 10.05,轻重稀土之间分馏强, LREE 富集,

HREE 亏损;除贫矿石中成矿流体(SY1-4)外,其它的 δEu 值均小于 1,显示负 Eu 异常特征,贫矿石中成矿流体(SY1-4)的 δEu 值略大于 1,显示轻微的正 Eu 异常特征,这可能是由于成矿晚期发生强烈的碳酸盐化,所形成的方解石是活化转移稀土元素的主要载体^[12]。在图2和图3中,成矿流体、安山岩、流纹斑岩和花岗闪长岩的稀土配分曲线基本相似,均向右倾斜,推测它们的成岩成矿物质先来自深部相同的源岩。阿其克布拉克组火山岩含金丰度高,显示为金矿床的矿源层(前述),而由浅色矿物长石和石英等组成的花岗岩类含金量往往较低,但花岗质岩浆在结晶过程中会有大量的水释放出来^[13],花岗岩类的成岩作用能使金从背景含量低的地层和岩石中发生活化而转移^[14]。由此初步认为石英滩金矿的成矿作用过程为:晚期花岗质岩浆侵入到早期下二叠统阿其克布拉克组火山岩中,在结晶过程中释放出的流体逐渐与浅部的大气降水^[3]混合,由于花岗质岩浆的“热机”效应,会产生对流循环系统,并不断从火山岩中萃取成矿金属元素,在合适的物化条件下,在有利构造部位卸载成矿。

表2 石英滩金矿床成矿流体、火山岩和侵入岩的稀土元素含量及其特征值

	$\omega_{\text{B}}/10^{-6}$					
样品号	SY3-8	SY1-4	XT1	XT3	93-103	93-147
样品名称	富矿石	贫矿石	安山岩	安山岩	流纹斑岩	花岗闪长岩
La	0.000772	0.000547	39.50	31.70	48.26	18.07
Ce	0.001475	0.000902	57.10	56.60	89.71	32.80
Pr	0.000213	0.000127	6.50	7.20	10.18	3.72
Nd	0.000852	0.000543	27.50	33.00	36.33	12.61
Sm	0.000190	0.000164	5.00	6.40	8.78	3.11
Eu	0.000039	0.000064	1.20	1.70	1.06	0.82
Gd	0.000172	0.000206	5.50	7.30	7.52	2.73
Tb	0.000022	0.000027	0.77	0.85	1.10	0.36
Dy	0.000115	0.000135	4.30	5.50	6.33	1.72
Ho	0.000021	0.000023	0.84	0.98	1.33	0.28
Er	0.000052	0.000058	2.10	2.40	3.47	0.81
Tm	0.000006	0.000009	0.32	0.36	0.50	0.13
Yb	0.000038	0.000071	2.30	2.60	3.31	0.88
Lu	0.000005	0.000011	0.41	0.46	0.54	0.16
LREE	0.003543	0.002346	136.80	136.60	194.32	71.13
HREE	0.000431	0.000496	16.54	20.45	24.10	7.07
ΣREE	0.003974	0.002842	153.34	157.05	218.42	78.20
LREE/HREE	8.21	4.73	8.27	6.68	8.06	10.05
δEu	0.67	1.06	0.70	0.76	0.40	0.87

注:XT1和XT3据丰成友等^[5];93-103和93-147据姬金生等^①

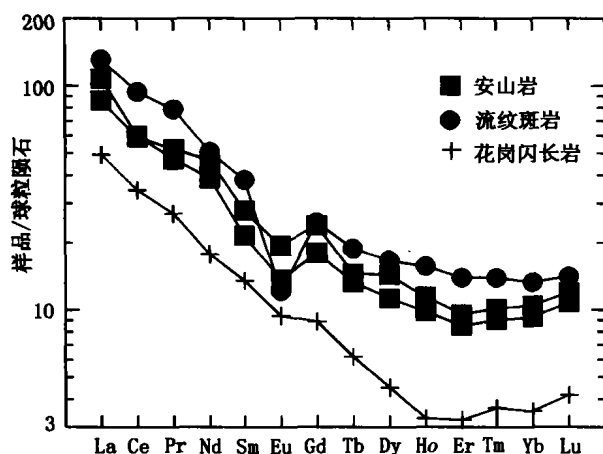


图3 石英滩金矿火山岩和侵入岩稀土配分曲线

4 结论

1) 石英滩金矿成矿流体为低温 ($129^{\circ}\text{C} \sim 236^{\circ}\text{C}$)、低盐度 ($1.91 \text{ wt}\% \text{ NaCl} \sim 2.74 \text{ wt}\% \text{ NaCl}$) 和浅成 (成矿时压力为 $3 \times 10^6 \sim 32 \times 10^6 \text{ Pa}$, 深度小于 1 km), 矿床类型为浅成低温热液型;

2) 成矿流体来自中酸性岩浆和火山岩, 但成矿金属元素主要来自下二叠统阿其克布拉克组火山岩。

致谢: 笔者在野外工作期间得到了新疆地勘局第一地质大队王磊总工、石英滩金矿韦树万和郭林矿长的热心帮助。在样品测试过程中, 得到了中国科学院地质与地球物理研究所 JICA 中心王莉娟研究员和朱

和平高级工程师的大力帮助, 在此深表谢意。

[参考文献]

- [1] 蔡仲举. 新疆鄯善县石英滩金矿床地质特征及控矿因素[J]. 新疆地质, 1997, 15(4): 306 ~ 320.
- [2] 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, 1 ~ 264.
- [3] 姬金生, 薛春纪, 丰成友, 等. 新疆西滩低温浅成热液金矿床[J]. 西安工程学院学报, 1999, 21(4): 1 ~ 5.
- [4] 丰成友, 薛春纪, 姬金生, 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.
- [5] 丰成友, 薛春纪, 姬金生, 等. 东天山西滩浅成低温热液金矿床地球化学[J]. 矿床地质, 2000, 19(4): 322 ~ 329.
- [6] 韩春明, 毛景文, 杨建民, 等. 东天山晚古生代内生金属矿床成矿系列和成矿规律[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5): 5 ~ 10.
- [7] 张良臣, 吴乃元. 天山地质构造及演化史[J]. 新疆地质, 1985, 3(3): 1 ~ 14.
- [8] 南京大学地质系. 地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1972, 1 ~ 514.
- [9] 张桂林, 梁金城, Hayward N, 等. 新疆西天山吐拉苏火山盆地金矿的构造控矿规律[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5): 24 ~ 29.
- [10] 张文淮, 陈紫英. 流体包裹体地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993, 1 ~ 246.
- [11] 苏文超, 漆亮, 胡瑞忠, 等. 流体包裹体中稀土元素的 ICP-MS 分析研究[J]. 科学通报, 1998, 43(10): 1094 ~ 1098.
- [12] 黄典豪, 丁孝石, 吴澄宇, 等. 蔡家营铅—锌—银矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1992, 1 ~ 169.
- [13] 戚长谋, 邹祖荣, 李鹤年. 地球化学通论[M]. 北京: 地质出版社, 1987, 1 ~ 210.
- [14] 胡受奚, 王鹤年, 王德滋, 等. 中国东部金矿地质学及地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998, 1 ~ 343.

GEOCHEMISTRY OF FLUID INCLUSIONS FROM THE SHIYINGTAN GOLD DEPOSIT IN EASTERN TIANSHAN, XINJIANG

WANG Zhi-liang^{1,2}, MAO Jing-wen^{1,2}, WU Gan-guo¹, YANG Jian-min², MA Tian-lin³, HAN Chun-ming⁴

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

4. Institute of High-energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract: The Shiyingtang gold deposit, located in the Aqishan-Yamansu volcanic arc, northern Tarim plate, is hosted in Lower Permian Aqikebulake Group continental volcanic rocks. Ore-controlling structures are circular faults along a caldera. The measured temperature data of fluid inclusions show that the Shiyingtang gold deposit is featured with low temperature ($129^{\circ}\text{C} \sim 236^{\circ}\text{C}$), low salinity ($1.91 \text{ wt}\% \text{ NaCl} \sim 2.74 \text{ wt}\% \text{ NaCl}$) and shallow ore-forming depth (ore-forming pressure about $3 \times 10^6 \sim 32 \times 10^6 \text{ Pa}$, ore-forming depth $< 1 \text{ km}$). The analytical REE data of fluid inclusions indicate that the ore-forming fluids were derived from nearby intermediate-acid magmas and volcanoes.

Key words: geochemistry, fluid inclusions, Shiyingtang gold deposit, eastern Tianshan