

东天山康古尔塔格金矿带两类成矿流体地球化学特征及流体来源*

张连昌¹ 姬金生² 李华芹³ 沈远超¹

1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 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.

1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;*

2. *Xi'an Engineering University, Xi'an 710054, China;*

3. *Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Yichang 443003, China.*

2000-04-05 收稿, 2000-06-15 改回.

Zhang Lianchang, Ji Jinsheng, Li Huaqin and Shen Yuanchao. 2000. Geochemical characteristics and source of two-type ore-forming fluids in Kanggultage gold ore belt, east Tianshan. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4):535~541

Abstract The Kanggultage gold ore belt is located in the northern Late Paleozoic Aqishan-Yamansu island arc belt in the northeast of Tarim plate. This gold ore belt includes the gold deposits of altered-rock type related to brittle-ductile shear zone, magmatic hydrothermal quartz vein type and epithermal quartz vein type. According to the data from fluid inclusion types, homogenization temperature, fluid salinity, fluid pressure, gas and liquid phase composition, the ore-forming fluid in Kanggultage gold ore belt can be classified into epithermal solution type and mid-katathermal solution type. The former shows characteristics of simple inclusion type with lower salinity (0.8~6.7wt%NaCl) and pressure ($3.5 \times 10^5 \sim 50 \times 10^5$ Pa), lower CO₂/H₂O ratio (0.00~0.005) and Na⁺/K⁺ ratio ($0.20 \times 10^{-6} \sim 0.29 \times 10^{-6}$); the later shows characteristics of complex inclusion type with high salinity (8.5~32.7 wt%NaCl) and pressure (100~1000×10⁵Pa), high CO₂/H₂O ratio (0.023~0.166) and Na⁺/K⁺ ratio ($2.70 \times 10^{-6} \sim 6.68 \times 10^{-6}$). The data from hydrogen, oxygen and strontium isotopic composition in fluid inclusions show that mineralizing fluid of Xiaojianshan and Xifengshan gold deposits located in eastern ore belt was magmatic water, that of Xitan gold deposit located in western ore belt was meteoric water and that of Kanggul gold deposit located in middle ore belt was a kind of mixed hydrothermal solution which was composed of metamorphic water, meteoric water and magmatic water.

Key words Fluid inclusion, Ore-forming fluid, Fluid geochemistry, East Tianshan, Kanggultage

摘要 东天山康古尔塔格金矿带位于塔里木地块东北部晚古生代阿齐山-雅满苏岛弧带的北缘。金矿床主要类型有与脆韧性剪切带有关的蚀变岩型金矿、岩浆热液石英脉型金矿和浅成热液石英脉型金矿。从矿物流体包裹体的类型、均一温度、流体盐度、压力及气液相成分等资料, 可将该金矿带成矿流体类型划归为浅成热液和中深成热液两类。浅成热液类表现为流体包裹体类型简单、低盐度、低压力、低 CO₂/H₂O 和 Na⁺/K⁺ 比值; 中深成热液类表现为包裹体类型复杂、中等盐度、较大的压力、较高的 CO₂/H₂O 及 Na⁺/K⁺ 比值。石英流体包裹体 H、O、Sr 同位素组成反映, 位于康古尔塔格金矿带东段的小尖山、西凤山等金矿床成矿流体主要来源于岩浆水, 位于矿带西段的西滩等金矿成矿流体主要来自大气降水, 而位于矿带中段的康古尔等金矿成矿流体来自变质水, 大气降水和岩浆水的混合。

关键词 流体包裹体; 成矿流体; 流体地球化学; 东天山; 康古尔塔格

中图法分类号 P618.51

* 国家“三〇五”攻关项目和中国科学院黄金创新工程重大项目(KZCX1-Y-03-01)资助。

第一作者简介: 张连昌, 男, 1959年生, 博士后, 副教授, 地球化学专业。

1 康古尔塔格金矿带地质背景及矿床特征

康古尔塔格金矿带位于格里木地块东北部晚古生代阿齐山-雅满苏火山岛孤带的北缘。该地带构造-岩浆-热液活化

强烈, 区域大型秋格明塔什-黄山韧性剪切带通过该矿带呈东西向展布, 主要金矿床沿韧性剪切带南侧的脆韧性剪切过渡带分布, 同时华力西晚期的中酸性岩体广泛发育, 并对成矿产生一定影响(图 1)。

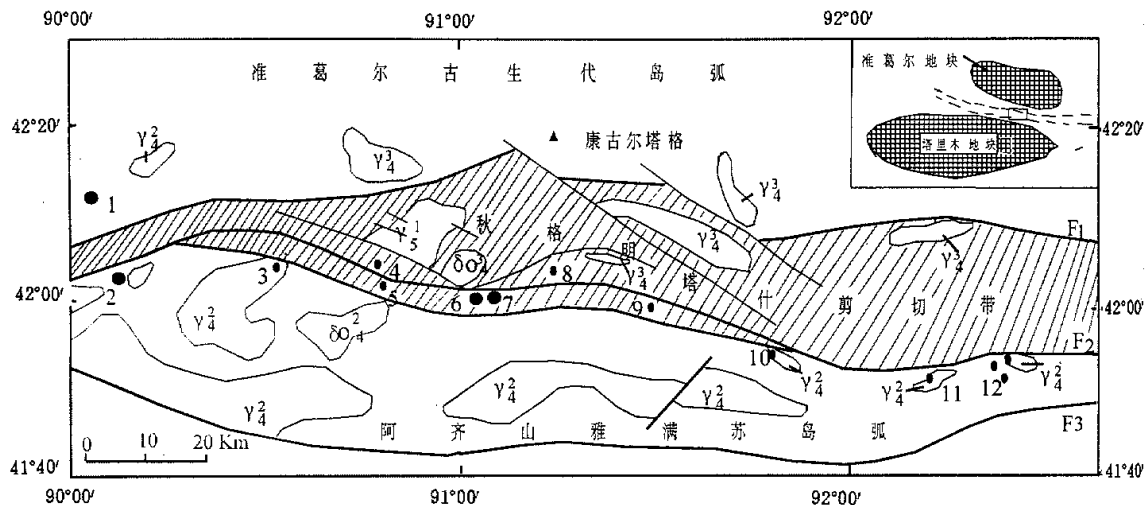


图 1 康古尔塔格金矿带地质略图

γ_5 -印支期花岗岩; γ_4 -海西期花岗岩; δO_4 -海西期英云闪长岩; F_1 -康古尔塔格断裂; F_2 -苦水断裂; F_3 -阿克库都克断裂; 1-哈拉金矿; 2-西滩金矿; 3-麻黄沟金矿点; 4-环耳山金矿; 5-康西金矿点; 6-康古尔金矿; 7-马头滩金矿; 8-齐石滩金矿; 9-大东沟金矿点; 10-小尖山金矿; 11-西凤山金矿; 12-长城山-红石岗金矿区

Fig. 1 Geological sketch map of Kanggultage gold ore belt

金矿带矿床主要类型有与脆韧性剪切带有关的蚀变岩型金矿、岩浆热液石英脉型金矿及浅成热液石英脉型金矿。剪切带蚀变岩型金矿以康古尔、马头滩、康西-环耳山、齐石滩等金矿为代表, 矿床规模较大、分布范围较广, 大中型矿床集中分布于金矿带的中段。其中康古尔金矿床赋存于下石炭统阿齐山组火山岩中, 容矿岩性主要为安山岩、英安岩及凝灰岩, 工业矿体主要由含金石英绿泥石蚀变岩(第 I 矿化阶段)组成, 叠加有少量的含金黄铁矿石英细脉(第 II 矿化阶段)及多金属硫化物石英脉(第 III 矿化阶段), 矿体分布受脆韧性-脆性剪切带控制。岩浆热液石英脉型金矿床以西凤山、红石岗、小尖山等金矿为代表, 矿床规模多为小型, 集中分布于金矿带的东段, 金矿体主要由含金黄铁矿石英脉组成, 矿脉多沿华力西晚期中酸性岩体边部分布。浅成热液石英脉型金矿以西滩、哈拉金矿为代表, 矿床规模达大中型, 集中分布于金矿带的西段, 构造环境为区域韧性剪切带旁侧的引张区, 矿脉产状受古火山机构控制(姬金生等, 1996; 张连昌, 1999)。其中西滩金矿容矿围岩为下石炭统阿

齐山组火山岩和火山角砾岩, 工业矿体主要由含金微细粒石英脉组成。

2 康古尔塔格金矿带两类成矿流体地球化学

通过对康古尔塔格金矿带西滩浅成热液石英脉型金矿、康古尔剪切带蚀变岩型金矿、小尖山和西凤山岩浆热液石英脉型金矿等典型矿床的矿物流体包裹体特征进行对比研究, 发现区域成矿流体大体可归纳为浅成热液(如西滩金矿)和中深成热液(如康古尔、西凤山、小尖山金矿)两类。这两类热液在流体包裹体特征上有明显的不同。

2.1 流体包裹体一般特征

从康古尔塔格金矿带典型金矿床流体包裹体特征对比(表 1), 可以看出, 中深成热液型金矿床(以康古尔金矿为代表)流体包裹体特征表现为:

表 1 康古尔塔格金矿带金矿床流体包裹体一般特征

Table 1 Fluid inclusion characteristics of gold deposits in Kanggultage gold ore belt

流体类型	矿区	包裹体类型及均一温度(°C)			P ($\times 10^5$ Pa)	S (wt%)	ρ (g/cm ³)	pH	Eh
		含 CO ₂ 包裹体	两相气液包裹体	含 NaCl 子晶多相包裹体					
中深	康古尔	230~320	130~310	无	800~1000	8.5~22.5	0.88~1.10	4.6~5.4	0.8~-0.4
成热	西凤山	180~350	200~250	偶见	~1000	15.5~20.5	0.85~1.05	5.4~6.1	
液	小尖山		<350		100~200	14.12~32.7		6.36~7.04	-0.75
浅成热液	西滩	无	109~202	无	3.5~50	0.8~6.7	0.85~0.97	6.6~6.8	0.78~0.70

注：康古尔金矿和西凤山金矿数据为地质科学院矿床所测试；西滩金矿数据为宜昌地质矿产研究所测试；小尖山金矿资料引自周济元(1994)

(1) 流体包裹体类型多、期次多。除富 H₂O 包裹体外，一般还有较多的富 CO₂ 包裹体和含液相 CO₂ 的多相包裹体，成矿早期含 CO₂ 包裹体较多。成矿中晚期以富 H₂O 包裹体为主，偶见含 NaCl 子晶的多相包裹体。

(2) 石英中原生包裹体大小一般 1~5 μ m，少数 5~15 μ m。早期石英常被强烈挤压出现明显的波状消光、粒化、碎裂变形或糜棱岩化，原生的流体包裹体同时遭受破坏。

(3) 流体包裹体均一温度变化范围较大，在 130~320°C 之间。一般含 CO₂ 包裹体的均一温度较高，在 200°C 以上，由成矿阶段 I 到 IV 均一温度逐步降低(图 2)。包裹体盐度变化范围较大，为 8.5~22.5wt%NaCl，有时出现过饱和，相应地溶液密度变化范围也较宽。形成压力较高，一般(800~1000) $\times 10^5$ Pa，将该压力值转换成深度(按 270 $\times 10^5$ Pa/km 计算，据徐九华，何知礼等，1996)，大致在 2.9~3.8km 之间。

浅成热液型以西滩金矿为例，流体包裹体特征如下：

(a) 流体包裹体类型简单，基本上只有富 H₂O 包裹体(包括富 H₂O 的两相气液包裹体和单相水溶液包裹体)，不出现含液相 CO₂ 的多相包裹体、富 CO₂ 包裹体和含 NaCl 子晶多相包裹体。

(b) 具有溶液快速冷却结晶的特征。组成矿脉的石英一般十分细小，大多在几微米至上百微米之间，结晶度极差(CI=6.09~7.36，张连昌 1999)，主要为隐晶—微晶石英或纤维状玉髓，故石英中流体包裹体也十分细小，一般 1~3 μ m，个别 10 μ m 左右。包裹体稀少，但主要是原生包裹体，常见明显的沸腾现象。

(c) 流体包裹体均一温度一般较低，在 109~202°C 之间，个别样品 250°C(图 2 示)。成矿溶液盐度较低，一般 <6.7wt%NaCl，相应地溶液的密度变化范围也小。形成压力低，在 3.5 $\times 10^5$ ~50 $\times 10^5$ Pa 之间，将此压力值转换成成矿深度，大致在 1000m 以内。

(d) 具有低温热液在开放空间条件下充填的皮壳状、变余胶状、梳状及晶洞状构造；有由水热爆破所产生的角砾状构造。在矿脉中的石英均无任何构造挤压痕迹，显示矿脉是在十分平静的构造环境中形成。

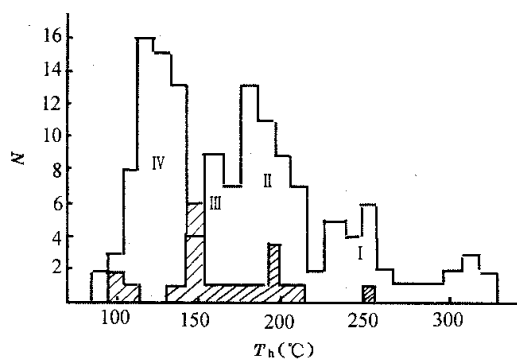


图 2 矿物流体包裹体均一温度直方图

I, II, III, IV 分别代表康古尔金矿的 4 个成矿阶段；阴影直方代表西滩金矿

Fig. 2 Histogram for homogenization temperatures of mineral fluid inclusions

上述两类流体包裹体的特征主要是由形成环境，即形成深度(压力)所决定。浅成热液矿床产于地热异常区，成矿作用在浅部开放条件下进行，成矿时由于沸腾，大量水蒸汽、CO₂、H₂S 等散逸，使溶液迅速冷却并出现过饱和。这种成矿作用发生的时间相对于中深成热液金矿来说是极短暂的，从而形成一些特殊的矿石组构。另外由于流体对流深度浅，压力低，CO₂ 很难溶解到水溶液中，所以浅成热液矿床中很难见到含 CO₂ 多相包裹体。与剪切带有关的一些中深成热液矿床往往与地壳深部反复构造活动有关，形成时间一般较长，成矿流体对流深度大，水溶液中能够溶解较多的 CO₂，成矿作用又是在相对封闭条件下进行的，所以包裹体特征及一些矿石组构与浅成热液成矿的特征有显著的不同。

2.2 流体包裹体的成分

从流体包裹体的气相成分(表 2)来看，西滩浅成低温热液型金矿气相成分以 H₂O 为主，CO₂、H₂、CO、CH₄ 等含量甚微。而康古尔、西凤山、小尖山等中深成热液型金矿气相成分

中 CO₂ 含量明显偏高, 且其它一些还原性气体如 CH₄、CO、N₂ 的含量也明显高于浅成低温热液型。

从包裹体中 CO₂ 的多少与成矿作用的关系看, 似乎溶液中 CO₂ 的多少对金的富集并无直接关系, 但以往的一些文献中往往强调 CO₂/H₂O 比值高低在成矿和评价中的意义(王碧香, 1991; 陈衍景等, 1998)。结合本矿带情况, 作者认为对这个问题的认识应从金的成矿机理入手。CO₂ 含量高, 说明流体的对流深度大, 压力高, 从这点看深成热液金矿确实是富矿的一个间接标志, 而且 CO₂ 对调节溶液的酸碱度和促进溶液对流循环也有重要意义。但是 CO₂ 的来源除地幔

射气外, 陆壳有机质和碳酸盐物质的分解可形成 CO₂, 大气降水混入亦可带入 CO₂。CO₂/H₂O 的高低还与矿床后期叠加改造作用及成矿时的具体环境有关。如康古尔金矿主成矿阶段的后期叠加改造十分强烈, CO₂ 含量并不多, 可能是康古尔金矿 CO₂ 包裹体经受后期构造挤压破坏了许多。西凤山金矿也属中深成热液型, CO₂ 含量较高, 其原因是该金矿脉未受挤压改造作用, 原生包裹体保存完好。对于浅成热液金矿, CO₂ 的含量均很低。所以, 在利用 CO₂/H₂O 比值评价金矿床时应谨慎一些。

表 2 康古尔塔格金矿带典型金矿石英流体包裹体气相成分(μg/g)

Table 2 Gaseous compositions of fluid inclusion in quartz from Kanggultage gold ore belt

矿区	样品产状	样品数	CO ₂	H ₂ O	H ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂ /H ₂ O	R**
康古尔	第 I 成矿阶段	3	12.78	354.51	0.10	0.77	2.51	0.37	0.036	0.89
	第 II 成矿阶段	3	6.02	191.56	0.07	1.05	1.40	0.10	0.031	1.21
	第 III 成矿阶段	3	39.17	423.27	0.01	2.07	0.78	0.43	0.093	0.14
	平均值		19.32	323.11	0.06	1.30	1.56	0.30	0.060	0.75
西凤山	石英脉	1	102.74	618.19	0.18	3.35			0.166	0.76
小尖山*	石英脉	3	10.18	437.83			3.57	8.49	0.023	2.26
西滩	1 号矿脉	2	0.00	1100.0	0.00				0.00	
	3 号矿脉	2	8.36	1681.5	0.23				0.005	0.56
	2 号矿脉	1	0.00	366.7	0.00				0.00	
	平均值		1.67	1185.9	0.05				0.001	

注: 样品由中国地质科学院矿床研究所测试, * 据周济元(1994)资料; ** R 代表成矿溶液还原参数, 是 CO, CH₄, H₂, N₂, H₂S 等还原气体克分子数之和与 CO₂ 氧化气体克分子数之比

表 3 康古尔塔格金矿带典型金矿石英流体包裹体液相成分(×10⁻⁶)

Table 3 Liquid compositions of fluid inclusions in quartz from Kanggultage gold ore belt

矿区	样品产状	样品数	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺ /K ⁺	F ⁻ /Cl ⁻
康古尔	第 I 成矿阶段	3	12.11	3.91	0.00	0.53		1.85	12.60	3.36		3.10	0.15
	第 II 成矿阶段	3	39.62	14.64	0.00	0.22		0.41	61.03	14.07	5.79	2.70	0.01
	第 III 成矿阶段	3	35.65	5.34	0.00	0.41		0.36	51.57	8.55	9.72	6.68	0.01
	平均值		29.13	7.96	0.00	0.39		0.87	41.73	8.66	5.17	4.16	0.06
西凤山	石英脉	1	13.7	3.0	0.00	0.0		0.03	22.93	0.0	0.0	4.57	0.001
小尖山*	石英脉	3	52.0	1.08	1.16	0.55		6.15	7.99	17.20		4.81	0.77
西滩	1 号矿脉	3	1.47	7.15	0.04	0.41	0.00	0.38	1.55			0.21	0.25
	3 号矿脉	3	1.30	6.39	0.00	0.11	0.003	0.22	0.57			0.20	0.39
	2 号矿脉	1	1.29	4.48	0.00	1.04	0.00	0.00	1.75			0.29	0.00
	平均值		1.37	6.44	0.006	0.37	0.00	0.26	1.16			0.21	0.22

注: 样品由中国地质科学院矿床研究所测试; * 据周济元(1994)资料

从流体包裹体液相成分(表 3)来看,中深成热液表现为 Na^+ 和 Cl^- 离子含量较高, K^+ 、 F^- 离子含量较低, Na^+/K^+ 比值 >2 , F^-/Cl^- 比值 <0.8 。浅成低温热液表现为 Na^+/K^+ 比值 <0.3 , F^-/Cl^- 比值 <0.4 。即深成热液为 Na-K-Cl 型盐卤水,浅成低温为 K-Na-Cl 型热卤水。

3 流体包裹体氢氧(锶)同位素组成及成矿流体的来源

康古尔塔格金矿带金矿床成矿流体氢氧同位素分析结果见表 4。表中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值是根据贝克尔矿物-水平衡温度公式: $1000\ln\alpha_{\text{石英-水}} = 3.26 \times 10^6 \times T^{-2} - 2.98$, 将矿石中石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}$ 换算成与之平衡的流体包裹体水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值, $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 则是直接测定石英流体包裹体水而得。表中的成矿温度为石英包裹体均一温度的平均值。

从表 4 易见,康古尔金矿成矿溶液的 δD 值变化范围很

窄,从 -45% ~ -66% 之间变化,和温度相关性不明显,这表明整个成矿过程成矿流体氢同位素组成基本稳定。成矿流体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化范围较宽,在 -8.34% ~ 2.98% 之间变化,且随着温度的降低成矿流体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值相应减少。这种氧同位素组成的变化主要是由于成矿流体和另一种氢同位素组成相似而氧同位素组成有一定差异的流体混合而成的。从不同阶段成矿流体的氢、氧同位素组成, $\delta\text{D} \sim \delta^{18}\text{O}$ 相关图解(图 3)中的位置来看,第 I 成矿阶段流体 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 2.96% ~ 2.98% , δD 为 -45% ~ -66% ,紧靠变质水和岩浆水组成区的左侧;第 II、III 成矿阶段流体的 δO^{18} 值为 -2.51% ~ -3.79% , δD 为 -63% ~ -57% ,位于大气降水线与变质水(或岩浆水)区之间;第 IV 成矿阶段流体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 -8.34% , δD 为 -61% ,紧靠大气降水线,接近当地雨水的同位素组成。从成矿早中期到晚期,成矿流体显示由变质水向大气降水演化。与碰撞造山带脉型金矿成矿流体演化规律一致(陈衍景,1996)。

表 4 康古尔塔格金矿带矿物流体包裹体氢氧同位素组成(SMOW 标准)

Table 4 Oxygen and hydrogen isotopic compositions of fluid inclusion from Kanggultage glod ore belt

编号	矿区	样号	成矿阶段	$\delta\text{D}_{\text{水}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}(\text{‰})$	计算所用温度(C)
1		K2-3	I	-54	11.9	2.96	250
2	康	3404-2	I	-45	12.8	2.98	250
3	古	2608-2	I	-66	12.8	2.98	250
4	尔	2622-7	II	-63	11.7	-2.51	187
5	金	K3-2	III	-57	13.2	-3.79	153
6	矿	K4-1	IV	-61	11.5	-8.34	125
7		TC-11	I	-119.4	5.37	-7.04	200
8		93-107	I	-113.6	6.62	-9.60	150
9	西	93-117	I	-104.3	7.25	-8.11	160
10		93-128	I	-111.9	8.02	-1.65	250
11	滩	93-124	II	-116.0	8.24	-6.25	171
12		93-132	II	-108.9	8.53	-3.92	200
13	金	93-106	III	-90.2	4.66	-12.74	137
14		W2-01 *	III	-95	6.83	-9.43	138
15	矿	W2-02 *	III	-86.5	13.73	-2.53	138
16		W2-03 *	III	-81.7	5.86	-10.40	138
17	小尖山金矿	G0-1 * *		-66.52	14.74	7.50	320

注:样品由中国地质科学院矿床研究所测试; * 引自李自泉等(1997)新疆吐哈盆地南缘觉罗塔格一带金银铜铁成矿区划研究报告;

* * 据周济元(1994)资料

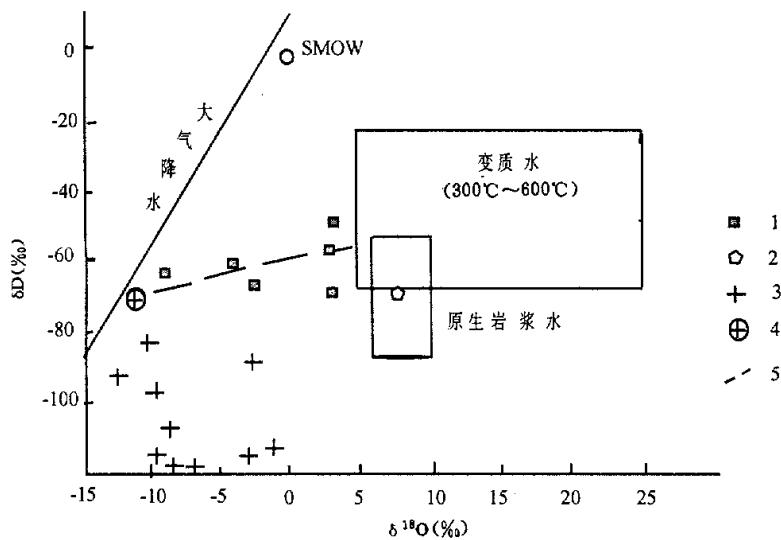


图3 康古尔塔格金矿带成矿流体 $\delta D-\delta^{18}O$ 组成图

1. 康古尔金矿; 2. 小尖山金矿; 3. 西滩金矿; 4. 当地雨水; 5. 康古尔金矿成矿流体演化线

Fig. 3 $\delta D-\delta^{18}O$ correlation map of the mineralizing fluid from Kanggultge gold ore belt

西滩金矿包裹体水 δD 水为 $-119.4 \sim -81.7\%$ ，集中于 $-104 \sim -119\%$ 之间，这一氢同位素组成与我国中生代该区的大气降水组成 ($\delta D < -110\%$ ，张理刚，1985) 相近。从不同成矿阶段成矿流体氢、氧同位素组成及在 $\delta D-\delta^{18}O$ 相关图解(图3)中的位置来看，I、II 阶段包裹体水氢、氧同位素组成点分布集中， δD 为 $-104.3 \sim -119.5\%$ ， $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为 $-1.65 \sim -9.60\%$ ，暗示着它们为同一来源，而 III 矿化阶段氢、氧同位素组成不同于 I、II 矿化阶段，其 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值较小，为 $-12.74 \sim -11.4\%$ ， δD_{H_2O} 值较大，为 -90.20% ，投点落于大气降水线附近。但总体来看，三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，为典型的大气降水成因。

小尖山金矿包裹体水 δD 为 -66.52% ， $\delta^{18}O$ 为 7.50% ，属岩浆水组成范围。

作者在对康古尔塔格金矿带主要金矿区的不同阶段的矿石进行石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线测年时，获得了各矿区成矿流体的初始 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值(表5)。这种矿脉中矿物流体包裹体的初始锶比值，既能提供成矿物质来源的信息，也能反映原始成矿气液介质的性质(李华芹，1993; Norman *et al.*, 1983)。表5所示西滩金矿石英初始锶比值为 $0.7049 \sim 0.7059$ ，与火山岩围岩初始锶比值 ($0.7046 \sim 0.7052$) 一致，反映成矿物质来自围岩火山岩，成矿流体为单一来源；西凤山金矿石英流体包裹体初始锶比值为 0.7070 ，与花岗岩围岩的初始比值 (0.7061) 相近，表明矿质来自岩体，成矿流体为岩浆期后热液；康古尔金矿石英流体包裹体初始锶比值为 $0.7077 \sim 0.7111$ ，该比值偏大，且与围岩糜棱岩化火山岩的组成 (0.7099) 差异较大，反映了成矿物质的多源性和成矿流体组成的复杂性。

表5 康古尔塔格金矿带成矿流体初始 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值

Table 5 $^{87}Sr/^{86}Sr$ initial ratio of ore-forming fluid from Kanggultage gold ore belt

样号	样品	Rb-Sr 等时线年龄(Ma)	$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$	矿区
SY5	脉石英	288 ± 7	0.7049 ± 0.0001	西滩金矿
SY6		276 ± 7	0.7051 ± 0.0001	
SY4		244 ± 9	0.7059 ± 0.0001	
KG5	石英流体包裹体	282.34 ± 5	0.7077 ± 0.0002	康古尔金矿
KG10		258 ± 21	0.7106 ± 0.0003	
KG6		254 ± 7	0.7101 ± 0.0001	
XF1	石英流体包裹体	272 ± 3	0.7070 ± 0.0001	西凤山金矿

注: 样品由中国地质科学院宜昌地矿所测试(康古尔金矿资料转引自张连昌, 姬金生, 1999); ($^{87}Sr/^{86}Sr$)_i 为初始锶比值

4 总结

新疆东天山康古尔塔格金矿带位于塔里木地块东北部晚古生代阿齐山—雅满苏岛弧带的北缘。区内构造—岩浆作用—热流体活动强烈,是形成金矿床的有利条件,已发现三类金矿床中,与脆韧性剪切带有关的蚀变岩型金矿主要位于金矿带中段,以康古尔、马头滩、环耳山等金矿为代表,与华力西晚期中酸性岩体有关的石英脉型金矿位于矿带东段,以西凤山、小尖山金矿为代表,以西滩、哈尔滨等为代表的浅成热液石英脉型金矿,则主要位于矿带的西段。前两类金矿床的矿流体包裹体特征相似,可划归为中深成热液类,而后一类金矿床的矿流体包裹体特征明显不同于前者,可划归为浅成热液类,其中浅成热液类具有矿物包裹体类型简单,低盐度、低流体压力,低 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 和 Na^+/K^+ 比值等特点,而中深成热液类具有矿物包裹体类型复杂,中高盐度和流体压力,较高的 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 和 Na^+/K^+ 比值等特点。矿物包裹体水的 H_2O 、 Sr 同位素组成反映,浅成热液类矿床成矿流体主要来自大气降水,中深成热液类矿床中与中酸性侵入体有关的石英脉型矿床成矿流体主要来自岩浆水,而与剪切带有关的金矿床成阶流体来自变质水,大气降水和岩浆水组成的混合热液。

康古尔塔格金矿带之所以存在中深成和浅成两类不同性质的成阶流体,主要受金矿床所处的构造—岩浆环境不同所控制。康古尔等中深成热液类金矿床位于碰撞造山—剪切偶合地带,或与碰撞造山期岩浆活动有关;而西滩浅成热液类金矿床位于碰撞造山—剪切带的旁侧引张地带(张连昌, 1999)。

致谢 成文过程得到赵伦山、李英和陈衍景教授及周新华研究员的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

References

Chen Yanjing. 1996. Fluidization model for intracontinental collision and its metallogenic significance: theoretical inference and evidences from gold deposits, the eastern Qinling mountains. *Earth Science Frontiers*, 3 (4): 282~289(in Chinese with English abstract)

Chen Yanjing, Li Xin, Jing Jun. 1998. Study of ore-forming fluid of the Wangfeng gold deposit of Xinjiang and its genetic implication. *Acta Geoscientia Sinica*, 19 (2): 195~203(in Chinese with English abstract)

Haynes DW, Cross KC, Bills RT *et al.* 1995. Olympic Dam ore genesis: a fluid-mixing model. *Econ. Geol.*, 90: 2123~2142

Hoefs J. 1987. Stable isotope geochemistry. 3rd-edition. Springer Berlin, 1~25

Ji Jinsheng, Zhang Lianchang. 1996. Chronology study of Kanggultage gold metallogenic belt in East Tianshan, China. *Scientia Geologica Sinica*, 31:20~26(in Chinese with English abstract)

Ji Jinsheng, Li Huaqin, Zhang Lianchang *et al.* 1999. Sm-Nd and Rb-Sr isotopical ages of magnetite-chlorite formation gold deposit in the volcanic rock area of Late Paleozoic Era, East Tianshan. *Chinese Science Bulletin*, 44(19):1801~1804

Li Huaqin. 1993. The study of fluid inclusion chronology of hydrothermal solution deposit and the geological application. Beijing: Geological Publishing House, 1~128(in Chinese)

Norman DL, Landis GP. 1983. Source of mineralization components in hydrothermal ore fluids as evidenced by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and stable isotope data from Pasto Buamo deposit, Peru. *Econ. Geol.*, 78:451

Wang Bixiang, Zhang Yuanqi, Yang Chongjun. 1991. Study of fluid inclusion of gold deposits in the volcanic rocks area, Middle Zhejiang. *Acta Mineralogica Sinica*, 11(4): 424

Xu Jiuhua, He Zhili, Xie Yuling. 1996. Geochemistry of ore-forming fluid of gold deposits in greenstone belt. Beijing: Geological Publishing House, 44~45(in Chinese)

Zhang Lianchang, Ji Jinsheng, Zeng Zhangren. 1999. Geochemical characteristics and source of mineralizing fluid of Kanggur gold deposit, East Tianshan. *Geochimica*, 28(1): 18~25(in Chinese with English abstract)

Zhang Lianchang. 1999. Study and prognosis on geological-geochemical dynamics of mineralization in Kanggultage gold-copper ore belt, East Tianshan. (Doctoral dissertation). China University of Geosciences, 1~70(in Chinese with English abstract)

Zhang Ligang. 1984. Application of Stable isotope in geosciences. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House. 50~100(in Chinese)

Zhou Jiyuan. 1994. Volcanic geology of old land margin in East Tianshan. Chengdou: Chengdou Science and Technology Publishing House. 80~102(in Chinese)

附中文参考文献

陈衍景. 1996. 陆内碰撞造山体制的流体演化模式:理论推导和东秦岭金矿氧同位素证据. *地质前缘*, 3(4):282~289

陈衍景. 1998. 新疆望峰金矿成矿流体研究及其成因意义. *地球学报*, 19(2):195~203

姬金生, 张连昌, 曾章仁等. 1996. 东天山康古尔塔格金矿带年代学研究. *地质科学*, 31(1): 55~62

姬金生, 李华芹, 张连昌等. 1999. 康古尔金矿磁铁矿绿泥石建造年代学. *科学通报*, (5):439~442

李华芹. 1993. 热液金矿床流体包裹体年代学研究和地质应用. 北京:地质出版社, 1~128

王碧香, 张元奇, 杨崇军. 1991. 浙江中部火山岩地区金矿床流体包裹体研究. *矿物学报*, 11(4):424

徐九华, 何知礼, 谢玉玲. 1996. 绿岩型金矿床成矿流体的地球化学. 北京:地质出版社, 44~45

张连昌. 1999. 东天山康古尔塔格金矿带成矿地质地球化学动力学研究及预测. [博士学位论文]. 中国地质大学(北京). 1~70

张连昌, 姬金生, 曾章仁. 1999. 东天山康古尔金矿成矿流体地球化学特征. *地球化学*, 28(1):18~25

张理刚. 1984. 同位素在地质科学中的应用. 西安:陕西科学技术出版社, 60~100

周济元. 1994. 东天山古大陆边缘火山地质. 成都:成都科学技术出版社, 84~102