文章编号:0258-7106 (2003) 02-0208-09

新疆东天山垅西金矿床地质和地球化学特征*

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]
张作衡[2] 王义天[2]

(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 垅西金矿是东天山地区较为典型的石英脉型金矿床,文章对该矿床进行了流体包裹体的温度测定、气液相成分分析、稀土元素分析和氢氧同位素分析。研究结果表明,垅西金矿的成矿温度为 222～313 ℃,成矿深度为 2～3.2 km,属中成中温热液矿床;流体包裹体中 H_2O 和 CO_2 为主要气相成分,Na^+、K^+ 和 Cl^- 为主要液相成分;成矿流体主要来自岩浆水,晚期混入少量大气降水;成矿金属物质主要来自下石炭统企鹅山群中基性火山岩。

关键词 地质学 地球化学 石英脉型 垅西金矿 东天山

中图分类号: P618.51 **文献标识码**:A

在东天山地区,具一定规模的金矿主要有石英滩金矿(中型)和康古尔金矿(大型),其它均为小型金矿床或矿点(如康西、西凤山、企鹅山、垅西、小红山和白干湖等)。金矿床主要有 3 种类型,即浅成低温热液型、韧性剪切带型和石英脉型(毛景文等,2002b),前两种类型分别以石英滩金矿床和康古尔金矿床为代表,人们已对其作了大量的研究工作(姬金生等,1994; 蔡仲举,1997;1998;李华芹等,1998; 丰成友等,1999; 2000; 张连昌等,1999a; 1999b; 2000;毛景文等,2002b;韩春明等,2002;王志良等,2002),第三种类型以西凤山金矿床和垅西金矿床为代表,此类型金矿床数量多,分布广,但规模较小。姬金生等❶对西凤山金矿床进行了研究,由于矿石品位低,尚不能开采利用,而垅西金矿床的矿石品位较高,正在开采之中。本文首次介绍了垅西金矿床的地质和地球化学特征,并尝试探讨其成矿过程。

1 成矿地质背景

垅西金矿床位于哈密市西南约 80 km 处,其西侧 25 km 为土屋斑岩铜矿(图 1)。垅西金矿床系 1999 年新疆地勘局第一地质大队在土屋铜矿外围开展普查找矿时发现的。矿床所处的大地构造位置为塔里木板块与准噶尔板块碰撞对接缝合带(张良臣等,1985)北侧的大南湖-头苏泉岛弧带(大草滩大断裂与康古尔大断裂之间)中次级构造单元企鹅山石炭纪岛弧❷。该岛弧为一大型复式褶皱,近东西向展布,因遭受后期较大规模断裂推覆抬升及区域韧性剪切作用的改造,原有的构造形态已难以完整恢复,偶见残存的次级背、向斜。区域内大断裂主要有康古尔大断裂,该断裂是准噶尔板块和塔里木板块的分界断裂,断裂总体走向 EW 向,倾向南,倾角 70°左右,宏观标志为串珠状分布的洋壳残片和强应变构造带❸。大草滩大断裂为泥盆纪岛弧与石炭纪岛弧分界断裂,地表产状南倾,倾角 65°左右,宏观标志为线性糜棱岩带及中基性岩脉。

区域上出露地层有第四系沉积物、中侏罗统西山窑组砂砾岩、中石炭统梧桐窝子组粉砂岩-砂砾岩、下石炭统干墩组砂质糜棱岩、下石炭统企鹅山群玄武岩-安山岩和下泥盆统大南湖组火山岩-碎屑岩

* 本文由国土资源大调查项目(200310200001-3)及国家重点基础研究项目(2001CB409807 和 G1999043216)资助
第一作者简介 王志良,男,1964 年生,副研究员,在职博士生,从事构造与矿床学研究。
收稿日期 2002-11-20; 改回日期 2003-02-27。张绮玲编辑。

❶ 姬金生,曾章仁,杨兴科,等. 1995. 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.
❷ 姜立丰,等. 1997. 哈密县 885 至 846 高地八幅 1∶5 万区调填图及遥感图象资料在 1∶5 万区调填图中的应用. 新疆地调院内部报告.
❸ 李锦铁,王克卓,李文铅,等. 2002. 东天山地区构造格架. 国土资源大调查项目"DKD9902002"研究报告.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(图 1)。矿区内出露的地层主要为下石炭统企鹅山群中基性火山岩,具体岩性为玄武岩、玄武安山岩、安山岩、安山质角砾熔岩和火山角砾岩等。岩石化学成分点落入钙碱性岩区,属于岛弧火山岩❶。

区域内侵入岩从基性岩到酸性岩均有出露,以偏酸性侵入岩为主。与垄西金矿床有关的侵入岩主要为海西期斜长花岗斑岩,斑状结构,斑晶为斜长石、石英和黑云母,基质为花岗变晶结构,由斜长石、石英和黑云母组成,其岩浆来自地幔(芮宗瑶等,2002a),成岩时代为(292.1 ±3.5) Ma 和 283 Ma❷。

2　矿床地质特征

2.1　矿体规模、形态及产状

矿区内含金石英脉较发育,成群成带分布。矿脉走向以 NEE 向为主,其次为近 EW 向。矿脉规模大小不一,长几米至百米,宽几十厘米至 2 m。地表发育金矿脉 20 多条,其中有 2 条矿脉规模较大,长 100 m 左右,宽 2 m 左右。富矿脉体宽 1 m 左右,工程控制厚度3 m左右,从地表至深部,矿脉有变宽

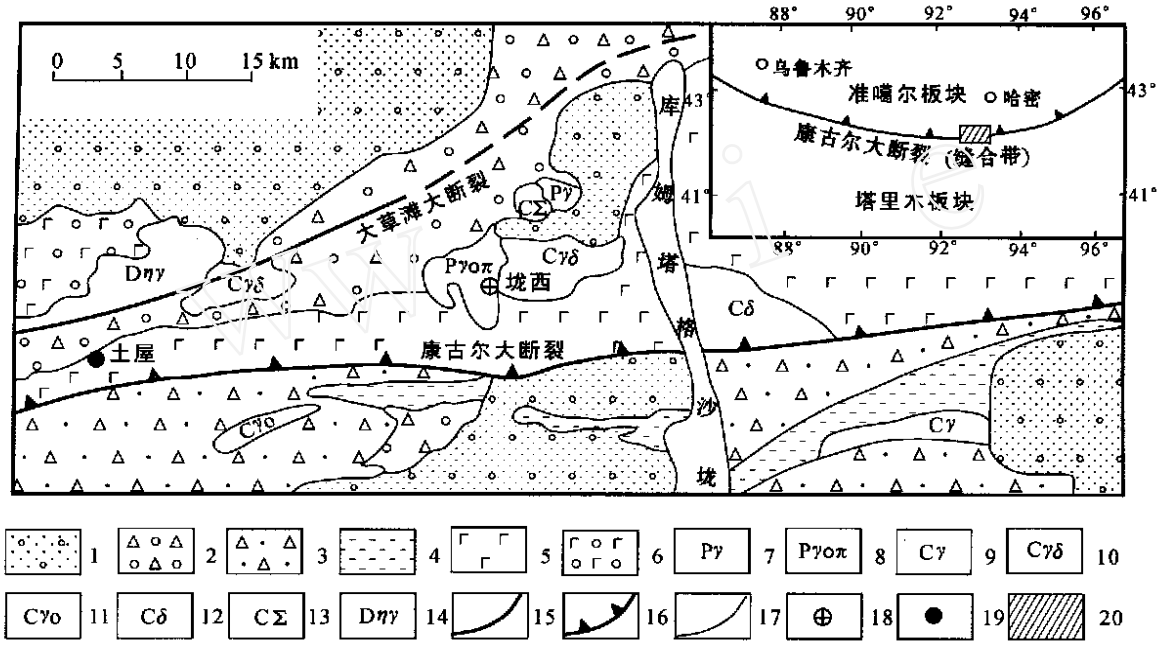

图 1　垄西金矿床区域地质略图(据新疆地调院,2001❸资料改编)

1 —第四系沉积物; 2 —中侏罗统西山窑组砂砾岩; 3 —中石炭统梧桐窝子组粉砂岩-砂砾岩; 4 —下石炭统干墩组砂质糜棱岩; 5 —下石炭统企鹅山群玄武岩-安山岩; 6 —下泥盆统大南湖组火山岩-碎屑岩; 7 —二叠纪花岗岩; 8 —二叠纪斜长花岗斑岩; 9 —石炭纪花岗岩; 10 —石炭纪花岗闪长岩; 11 —石炭纪斜长花岗岩; 12 —石炭纪闪长岩; 13 —石炭纪超基性岩; 14 —泥盆纪二长花岗岩; 15 —断层; 16 —板块缝合带; 17 —地质界线; 18 —垄西金矿; 19 —土屋斑岩铜矿; 20 —垄西金矿区域地质图范围

Fig. 1　Diagrammatic regional geological map of the Longxi gold deposit (modified from the Institute of Xinjiang Geological Survey, 2001)

1 —Quaternary sediments; 2 —Middle Jurassic Xishanyao Formation: sandstone and gravel; 3 —Middle Carboniferous Wutongwozi Formation: siltstone, sandstone and gravel; 4 —Lower Carboniferous Gandun Formation: sandy mylonite; 5 —Lower Carboniferous Qi'eshan Group: basalt and andesite; 6 —Lower Devonian Dananhu Formation: volcanic rock and detrital rock; 7 —Permian granite; 8 —Permian plagiogranite porphyry; 9 —Carboniferous granite; 10 —Carboniferous granodiorite; 11 —Carboniferous plagiogranite; 12 —Carboniferous diorite; 13 —Carboniferous ultrabasic rock; 14 —Devonian adamellite; 15 —Fault; 16 —Suture zone of the plate; 17 —Geological boundary; 18 —Longxi gold deposit; 19 —Tuwu porphyry copper deposit; 20 —Area covered by the regional geological map of the Longxi gold deposit

❶ 姜立丰等. 1997. 哈密县 885 至 846 高地八幅 1∶5 万区调填图及遥感图象资料在 1∶5 万区调填图中的应用. 新疆地调院内部报告.

❷ 任秉琛, 杨兴科, 李文明, 等. 2001. 土屋超大型斑岩铜矿成矿地质特征与矿床对比. 东天山铜多金属矿床成矿过程和成矿动力学及找矿预测新技术新方法会议. 99～102.

❸ 新疆地调院. 2001. 新疆哈密市赤湖铜金富集区评价项目设计书.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的趋势,沿走向有分支、复合、膨大、收缩和尖灭等现象,部分富矿脉正在小规模开采。

2.2 矿石矿物组合及特征

矿石中矿物成分简单,金属矿物主要有金、黄铁矿、黄铜矿、褐铁矿和孔雀石等,脉石矿物主要为石英和碳酸盐矿物。矿石品位变化较大,一般 w_{Au}为 5 g/t 左右,个别样品超过 100 g/t,2 条规模较大矿脉的 w_{Au}平均为 10 g/t 左右,高者可达 100 g/t 左右。

矿石结构属半自形-他形粒状结构,矿石构造有块状、细脉状、角砾状和浸染状构造等。

矿石类型主要为石英脉型,其次为发育在石英脉两侧的蚀变岩型。

成矿作用可分为两个阶段:石英-金属硫化物阶段(主成矿阶段)和石英-碳酸盐阶段。

2.3 含矿围岩蚀变特征

赋矿围岩主要为斜长花岗斑岩,次为花岗闪长岩。

含矿石英脉围岩蚀变矿物较简单,蚀变带宽 2 m 左右,有绢云母化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化和黄铁矿化等。

3 地球化学特征

3.1 流体包裹体特征及显微测温

本次工作对垅西金矿床石英脉型矿石磨制了 5 个测温片,在镜下对石英中的流体包裹体进行了仔细观察和研究,然后进行了冷冻温度与均一温度的测定。在镜下,石英脉型矿石中石英所含流体包裹体密度较高,但个体较小,一般 ≤5 μm,个别达 10 μm 左右。包裹体的形状主要为负晶形、椭圆形和不规则形,所见包裹体绝大多数为原生气液两相包裹体,气相百分数为 20 %左右。偶见纯液相包裹体、含 CO_2 包裹体和含子矿物包裹体。此外还发育一定数量的次生包裹体。

5 个流体包裹体测温片中,由于流体包裹体较小(5 μm 左右),所以只对其中的 2 个测温片进行了冷冻和均一温度测试,而且仅测了原生气液两相包裹体,对于含 CO_2 和子晶包裹体,由于数量少,个体小,没有测得数据。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完成的,所用仪器为英国产 LINKAM THMSG600 冷冻台,其测温范围为 -180 ℃～600 ℃,误差为 ±0.1 ℃。石英中包裹体的冷冻温度、均一温度、盐度、密度和压力数据列于表 1,主成矿阶段形成的富矿石 CHH2 的均一温度为 225～313 ℃,平均为 263 ℃,冰点为 -3.90～-7.5 ℃,相应的流体盐度 $w(NaCl_{eq})$ 范围为6.30 %～11.10 %,密度为0.80 g/cm^3～0.90 g/cm^3,根据以上数据求得成矿时的压力为 8×10^7 Pa 左右,按张文淮等(1993)的公式,换算成深度约 3.2 km;成矿晚期贫矿石 CHH2-1 的流体包裹体均一温度为 222～246 ℃,平均为 234 ℃,冰点为 -3.9～-6.3 ℃,相应的流体盐度 $w(NaCl_{eq})$ 为6.30 %～9.60 %,密度为 0.90 g/cm^3 左右,求得成矿时的压力为 5×10^7 Pa 左右,换算成深度约 2 km。

表 1 垅西金矿床流体包裹体特征及参数

Table 1 Characteristics and parameters of fluid inclusions in the Longxi gold deposit

样品号	大小/μm	气相百分比/ %	t_h/ ℃	t_m/ ℃	盐度 $w(NaCl_{eq})$/ %	ρ/ (g·cm^{-3})	p/ 10^7Pa
CHH2							
	5	25～30	248	-4.7	7.45	0.90	10
	4.5	25～30	252				
	6	30～35	313	-4.9	7.73	0.80	12
	6.5	10～15	228	-3.9	6.30	0.90	5
	4.5	5	225				
	7.5	15～20	288	-7.5	11.10	0.90	8
	5	10～20	288	-4.8	7.59	0.80	9
CHH2-1							
	5	10	246				
	5	5～10	233				
	6	5～10	234	-6.3	9.60	0.90	4
	5	20	222	-3.9	6.30	0.90	5

测温使用的冷冻台为英国产 LINKAM THMSG600,测温范围为 -180 ℃～600 ℃,误差为 ±0.1 ℃

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　垅西金矿床流体包裹体气相成分〔w(B)/ %〕

Table 2　Gas components of fluid inclusions in the Longxi gold deposit〔w(B)/ %〕

样品编号	H_2O	CO_2	CO	CH_4	C_2H_6	H_2S	N_2	Ar
CHH2	95.084	3.177	0.458	0.115	0.291	0.023	0.805	0.047
CHH2-1	94.712	3.506	0.468	0.097	0.461	0.023	0.710	0.024

分析单位:中国科学院地质与地球物理研究所;分析仪器:四极质谱仪;分析误差 < 3 %。

3.2　流体包裹体气液相成分

首先将 CHH2 与 CHH2-1 矿石样品破碎至 60～80 目,在双目镜下精选出纯度大于 99 %的石英单矿物,然后用盐酸溶液清洗,每天(共 7 天)用离子交换水清洗 3～4 次,以去除石英矿物表面的吸附物和其他矿物(如方解石等),在 60 ℃温度下把石英单矿物烘干,以备流体包裹体气液成分测试使用(也用于流体包裹体 REE 和氢氧同位素测试)。

流体包裹体的气相成分测试,把 20 mg 处理好的石英单矿物放入石英试管中,120 ℃预热并抽真空,当真空度优于 5×10^{-6} Pa 后,逐渐升温至 500 ℃并保持 1 h,释放出流体包裹体中的气相成分,把这些气体导入四极质谱仪进行分析测试,测试结果见表 2,分析误差 < 3 %。从表 2 中可以看出,H_2O 和 CO_2 为主要的气相成分。

流体包裹体的液相成分测试程序为,把 1 g 处理好的石英单矿物放入石英烧杯中,盖上盖,把石英烧杯放入恒温 500 ℃的容器内,热爆 15 min,离心 5 min,然后把样品放入 LC-10AD 离子色谱仪上进行液相成分测试。测试结果见表 3,分析误差 < 5 %,从表 3 可以看出,Na^+、K^+和 Cl^- 为主要的液相成分。

3.3　稀土元素

3.3.1　成矿流体的稀土元素组成

为了查明垅西金矿床成矿物质的来源,对矿石中成矿流体作了稀土元素分析。取 1 g 处理好的石英单矿物,采用高温爆裂-淋滤法提取溶液,然后用 ICP-MS(电感耦合等离子质谱)方法测定溶液中的 REE含量,具体分析方法见苏文超等(1998)所述。

表 3　垅西金矿床流体包裹体液相成分($w_B/10^{-6}$)

Table 3　Liquid components of fluid inclusions in the Longxi gold deposit ($w_B/10^{-6}$)

样品编号	F^-	Cl^-	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
CHH2	0.04	1.64	2.30	0.52	0.06	0.27
CHH2-1		1.23	4.72	2.03	0.24	0.99

分析单位:中国科学院地质与地球物理研究所;分析仪器:LC-10AD 离子色谱仪;分析误差 < 5 %。

测试结果见表 4,检测限为 10^{-12}。范建国等(2000)认为由于石英晶体本身并不含 REE,所以用 ICP-MS 方法分析获得的石英中 REE 组成就代表了石英中流体包裹体的 REE 组成。表 4 中显示出 CHH2 与 CHH2-1 的稀土总量分别为 0.002782 $\times10^{-6}$ 和 0.013905 $\times10^{-6}$,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 5.04 和 5.25(平均为 5.15),δEu 分别为 1.33 和 1.62(平均为 1.48),以富集 LREE 和 Eu 正异常为特征(图 2)。

3.3.2　火山岩、花岗闪长岩和斜长花岗斑岩的稀土元素组成

表 4 也列出了企鹅山群玄武岩、海西期花岗闪长岩和海西期斜长花岗斑岩的稀土元素分析结果,2 件玄武岩的 ΣREE 为 71.62 $\times10^{-6}$ 和 64.34 $\times10^{-6}$,LREE/ HREE 为 4.02 和 4.04(平均为 4.03),δEu 为 1.21 和 1.09(平均为 1.15),以富集 LREE 和 Eu 正异常为特征(图 3);2 件花岗闪长岩 ΣREE 为91.99 $\times10^{-6}$ 和 98.94 $\times10^{-6}$,LREE/ HREE 为 6.78 和 5.32(平均为 6.05),δEu 为 0.91 和0.78(平均为 0.85),以富集 LREE 和 Eu 负异常为特征;斜长花岗斑岩的ΣREE为94.81 $\times10^{-6}$,LREE/ HREE为

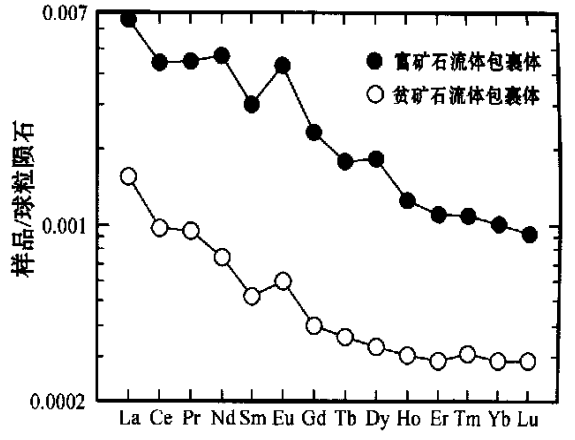

图 2　垅西金矿成矿流体稀土配分曲线

Fig. 2　Chondrite-normalized REE patterns of ore-forming fluids from the Longxi gold deposit

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 4 垅西金矿床中岩、矿石稀土元素分析结果

Table 4 REE composition of rocks and ores from the Longxi gold deposit

	CHH2	CHH2-1	L72❶	L73❶	XT3❶	XT10❶	XT67❶
	富矿石流体包裹体	贫矿石流体包裹体	玄武岩	玄武岩	花岗闪长岩	花岗闪长岩	斜长花岗斑岩
$w_B/10^{-6}$							
La	0.000568	0.002414	11.2	10.5	16.5	17.6	17.9
Ce	0.000925	0.004240	23.1	20.2	36.7	37.0	42.1
Pr	0.000130	0.000613	2.87	2.98	4.15	4.62	4.58
Nd	0.000526	0.003345	15.3	13.4	18.2	19.2	16.6
Sm	0.000120	0.000697	3.50	3.30	3.61	3.91	3.12
Eu	0.000052	0.000374	1.38	1.20	1.01	0.96	0.72
Gd	0.000122	0.000712	3.43	3.42	3.03	3.47.	2.49
Tb	0.000021	0.000104	0.61	0.59	0.51	0.62	0.37
Dy	0.000126	0.000702	4.32	3.54	3.34	4.40	2.85
Ho	0.000026	0.000107	0.85	0.72	0.68	0.97	0.57
Er	0.000072	0.000274	2.42	2.06	1.98	2.86	1.66
Tm	0.000011	0.000039	0.33	0.31	0.28	0.42	0.21
Yb	0.000072	0.000250	2.06	1.86	1.74	2.50	1.44
Lu	0.000011	0.000035	0.25	0.26	0.26	0.41	0.20
LREE	0.002321	0.011683	57.35	51.58	80.17	83.29	85.02
HREE	0.000461	0.002222	14.27	12.76	11.82	15.65	9.79
ΣREE	0.002782	0.013905	71.62	64.34	91.99	98.94	94.81
LREE/ HREE	5.04	5.25	4.02	4.04	6.78	5.32	8.68
δEu	1.33	1.62	1.21	1.09	0.91	0.78	0.76

分析单位:中国科学院地质与地球物理研究所;分析方法:ICP-MS;检测限为 10^{-12}。

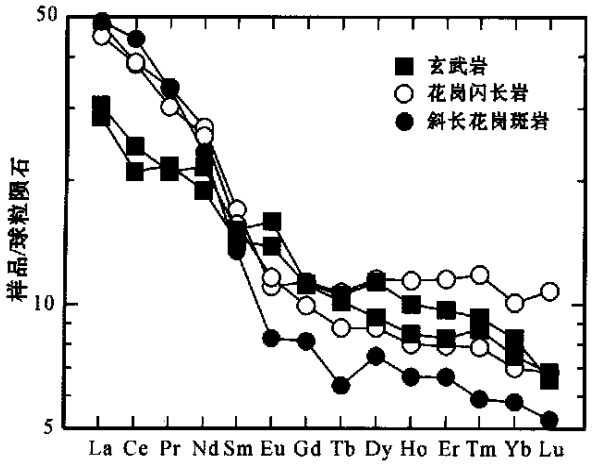

图 3 垅西金矿玄武岩、花岗闪长岩和斜长花岗斑岩稀土配分曲线

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of basalt, granodiorite and plagiogranite porphyry from the Longxi gold deposit

8.68,δEu 为 0.76,以富集 LREE 和 Eu 负异常为特征(图 3)。从玄武岩→花岗闪长岩→斜长花岗斑岩,δEu 值逐渐变小,这可能是由于斜长石不断地从岩浆熔体中结晶析出成为斑晶而造成,稀土元素的 LREE/ HREE 值逐渐变大,即轻重稀土元素之间的分异越来越强,符合同源岩浆分异结晶后岩石的 REE 变化特点,这说明玄武岩、花岗闪长岩和斜长花岗斑岩可能是同源岩浆分异的产物。

3.4 氢氧同位素

本次工作对垅西金矿床主成矿阶段富矿石 CHH2 和成矿晚期贫矿石 CHH2-1 中的石英进行了氢氧同位素测试,结果见表5。$\delta^{18}O_{石英}$是直接测试

表 5 垅西金矿床氢氧同位素组成

Table 5 Hydrogen and oxygen isotope data of the Longxi gold deposit

样号	δD/ ‰	$\delta^{18}O_{石英}$/ ‰	$\delta^{18}O_{水}$/ ‰	成矿温度/ ℃
CHH2	- 76.77	13.5	5.13	263
CHH2-1	- 66.98	12.3	2.51	234

分析单位:中国科学院地质与地球物理研究所;分析仪器:Finnigan-MAT252 质谱仪;δD 和 $\delta^{18}O_{SMOW}$的分析误差分别为 ±1‰和 ±0.2‰。

❶ 姜立丰等. 1997. 哈密县 885 至 846 高地八幅 1∶5 万区调填图及遥感图象资料在 1∶5 万区调填图中的应用. 新疆地调院内部报告.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

石英单矿物获得,CHH2 和 CHH2-1 的 $\delta^{18}O_{石英}$ 分别为 13.5‰和 12.3‰;$\delta^{18}O_{水}$ 是根据矿物-水平衡温度公式:$1000\ln\alpha_{石英-水} = 3.26\times10^6\times T^{-2} - 2.86$(张理刚,1985),将矿石中石英的 $\delta^{18}O_{石英}$ 换算成与之平衡的流体包裹水的 $\delta^{18}O_{水}$ 值。成矿温度为石英中流体包裹体均一温度的平均值。通过计算所获得的 $\delta^{18}O_{水}$ 分别为 5.13‰和 2.51‰;δD 是直接测石英中包裹体水而获得,CHH2 和 CHH2-1 的 δD 分别为 -76.77‰和 -66.98‰。从表 5 中可以看出,主成矿阶段富矿石 CHH2 和成矿晚期贫矿石 CHH2-1 的 $\delta^{18}O_{石英}$ 值很接近,而 $\delta^{18}O_{水}$ 和 δD 的值略有差别。

4　矿床成因探讨

4.1　成矿物质来源

垅西金矿的成矿温度为 222～313 ℃,属于中温,成矿深度为 2～3.2 km,属于中等深度;流体包裹体气相成分分析显示,H_2O 和 CO_2 为主要的气相成分,CO_2 的高含量被认为可能与地幔脱气作用有关(Groves et al.,1998;张连昌等,2000;毛景文等,2002a);流体包裹体液相成分以 Na^+、K^+ 和 Cl^- 为主,Na^+/K^+ 和 F^-/Cl^- 的比值介于卢焕章等(1990)总结的岩浆热液与沉积水之间,这暗示成矿流体是岩浆热液与地表水的混合。

从表 4、图 2 和图 3 可以看出,成矿流体、玄武岩、花岗闪长岩和斜长花岗斑岩的 REE 配分曲线基本相似,均为向右倾斜,LREE 富集,HREE 亏损,推测它们的成岩成矿物质可能来自深部相同的源岩。但成矿流体的 LREE/HREE 值(平均 5.15)介于玄武岩(4.03)与花岗闪长岩(平均 6.05)和斜长花岗斑岩(8.68)之间,成矿流体的 δEu 值(平均为 1.48)均大于玄武岩(平均为 1.15)、花岗闪长岩(平均为 0.85)和斜长花岗斑岩(0.76)。相对来说,成矿流体的 LREE/HREE 和 δEu 值与玄武岩较接近(均为较低 LREE/HREE 值和 δEu 值大于 1),反映在图 2 和图 3 中,成矿流体的 REE 配分曲线与玄武岩较接近(均为较缓的右倾斜和 Eu 正异常),这说明成矿流体的性质与企鹅山群火山岩较接近。张贻侠等(1996)在研究华北地台周缘岩浆热液金矿时指出,由地幔派生出的火山岩金丰度较高,而中酸性花岗岩类丰度较低。由于金的亲铁性,由铁镁等矿物组成的火山岩含金量往往较高,成为金的载体,而由浅色矿物长石和石英等组成的花岗岩类含金量较低,但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被转移出来(胡受奚等,1998)。

在 δD-$\delta^{18}O$ 图(图 4)中,可以看到主成矿阶段成矿流体 CHH2 的投点落入原生岩浆水的范围,而成矿晚期成矿流体 CHH2-1 的投点落入大气降水范围,但比较靠近原生岩浆水,说明垅西金矿床的成矿流体主成矿期为原生岩浆水,成矿晚期混入少量大气降水,但仍然以原生岩浆水为主。大量实验证明,中酸性岩浆中含有一定量的水,而固结成岩的中酸性岩中几乎不含水,说明在中酸性岩浆的结晶成岩过程中会有大量的水释放出来(戚长谋等,1987)。由此笔者认为原生岩浆水可能是由海西晚期侵入到玄武安山质火山岩中的花岗质岩浆在结晶成岩过程中释放出来的水所组成。从图 4 还可以看出,康古尔金矿成矿流体主成矿期以原生岩浆水为主,并有少量大气降水参与,成矿晚期逐渐演化为大气降水,石英滩金矿成矿流体成矿主晚期均为大气降水(张连昌等,2000),经对比可以发现,垅西金矿床的成矿流体与康古尔金矿(韧性剪切带型)和石英滩金矿床的(浅成低温热液型)明显不同,反映出它们的成矿过程不同,从垅西金矿到石英滩金矿,越来越多的大气降水参与了成矿过程。

4.2　成矿作用模式

早石炭世,由于准噶尔板块与塔里木板块的聚合作用(张良臣等,1985;姬金生等,1994;毛景文等,

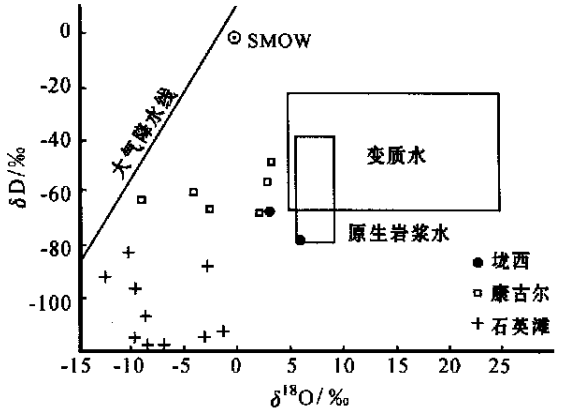

图 4　垅西金矿、康古尔金矿和石英滩金矿成矿流体 δD - $\delta^{18}O$ 图解(康古尔金矿和石英滩金矿的投点据张连昌等,2000)

Fig. 4　δD-$\delta^{18}O$ diagram of ore-forming fluids from the Longxi, Kanggur and Shiyingtan gold deposits (data of the Longxi and Kanggur gold deposits from Zhang et al.,2000)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2002b;韩春明等,2002),在准噶尔板块南缘发生了强烈的火山活动,大量玄武安山质火山岩浆喷发,形成大规模的石炭纪企鹅山群中基性火山岩,其具备了安第斯式岛弧的性质,普遍伴有斑岩型 Cu、Au 等矿化(芮宗瑶等,2002a;2002b),成为金的矿源层。晚石炭世,随着准噶尔板块与塔里木板块聚合作用的加强,花岗质岩浆从深部向上运移,侵入到石炭纪企鹅山群玄武安山质火山岩中,同时花岗质岩浆结晶成岩过程中释放出的流体逐渐与浅部少量的大气降水相遇形成混合流体,由于花岗质岩浆的热效应作用,使混合流体产生对流循环系统,不断从石炭纪企鹅山群中基性火山岩中萃取成矿金属元素而形成成矿流体。另外,在两大板块碰撞的同时,由于受力面非相互垂直而出现大型走滑和剪切作用,形成了众多近 EW 向的韧-脆性和脆性断裂,成矿流体在合适的物化条件下,就在这些近 EW 向的韧-脆性和脆性断裂部位卸载成矿。垅西金矿床中的 20 多条矿脉均赋存在花岗岩类岩体中,严格受 EW 向的韧-脆性和脆性断裂控制。远离花岗岩类岩体,不仅没有含矿石英脉,而且连无矿热液石英脉也少见,这种现象进一步说明花岗质岩浆热液在金矿成矿过程中起着关键性的作用,垅西金矿床的成因类型为岩浆热液期后石英脉型。

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的热心帮助。在流体包裹体测温和成矿流体稀土元素分析过程中,得到了中国科学院地质与地球物理研究所 JICA 中心王莉娟高级工程师和朱和平高级工程师的大力支持,在此深表谢意。

References

Cai Z J. 1997. Shiyingtan gold deposit geological characteristics and its ore-controlling factors in Shanshan, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 15(4): 305～320(in Chinese with English abstract).

Cai Z J. 1998. Metallogenic characteristics and origin of Kanggur gold deposit of ductile shear zone type[J]. Xinjiang Geology, 16(2): 163～178(in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Ji J S, Xue C J, et al. 1999. Geological characteristics and genetic analysis of Xitan epithermal gold deposit, eastern Tianshan [J]. Xinjiang Geology, 17(1): 1～7(in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Xue C J, Ji J S, et al. 2000. Geochemistry of the Xitan epithermal gold-silver deposit, East Tianshan Mountains[J]. Mineral Deposits, 19(4):322～329(in Chinese with English abstract).

Fan J G, Ni P, Su W C, et al. 2000. Characteristics and significance of rare earth elements in quartz of Sidaogou hydrothermal gold deposit, Liaoning[J]. Acta Petrologica Sinica, 16(4):587～590(in Chinese with English abstract).

Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mriam M, et al. 1998. Orogenic gold deposits: proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to the other gold deposit types[J]. Ore Geology Reviews, 13:7～27.

Han C M, Mao J W, Yang J M, et al. 2002. Types of late Palaeozoic endogenetic metal deposits and related geodynamical evolution in the East Tianshan[J]. Acta Geologica Sinica, 76(2):222～234(in Chinese with English abstract).

Hu S X, Wang H N, Wang D Z, et al. 1998. Geology and geochemistry of gold deposits in East China [M]. Beijing: Science Press. 1～343 (in Chinese with English abstract).

Ji J S, Tao H X, Zeng Z R, et al. 1994. Geology and metallogeny of Kanggurtag gold mineralization belt, eastern Tianshan Mountains [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1～204(in Chinese with English abstract).

Li H Q, Xie C F, Chang H L, et al. 1998. Study on metallogenetic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in North Xinjiang, China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1～264(in Chinese with English abstract).

Lu H Z, Li B L, Shen K, et al. 1990. Geochemistry of fluid inclusions [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1～242(in Chinese with English abstract).

Mao J W, He Y and Ding T P. 2002a. Mantle fluids involved in metallogenesis of Jiaodong (East Shandong) gold district: evidences of C, O and H isotopes[J]. Mineral Deposits, 21(2):121～128(in Chinese with English abstract).

Mao J W, Yang J M, Han C M, et al. 2002b. Metallogenic systems of polymetallic copper and gold deposits and related metallogenic geodynamic model in eastern Tianshan, Xinjiang[J]. Earth Science, 27 (4):413～424(in Chinese with English abstract).

Qi C M, Zou Z R and Li H N. 1987. General geochemistry[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1～210(in Chinese).

Rui Z Y, Liu Y L, Wang L S, et al. 2002a. The eastern Tianshan Porphyry copper belt in Xinjiang and its tectonic framework[J]. Acta Geologica Sinica, 76(1):83～94 (in Chinese with English abstract).

Rui Z Y, Wang L S, Wang Y T, et al. 2002b. Discussion on metallogenic epoch of Tuwu and Yandong porphyry copper deposits in eastern Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 21(1):16～22(in Chinese with English abstract).

Su W C, Qi L, Hu R Z, et al. 1998. Determination of rare earth elements in fluid inclusions by ICP-MS[J]. Chinese Science Bulletin, 43(10):1094～1098(in Chinese).

Wang Z L, Mao J W, Yang J M, et al. 2002. Characteristics of rare earth elements in ore-forming fluid from the Matoutan gold deposit in eastern Tianshan [J]. Xinjiang Geology, 20 (4): 367～370 (in Chinese with English abstract).

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Zhang L C and Wu N Y. 1985. The geotectonics and its evolution of Tianshan[J]. Xinjiang Geology, 3(3):1～14(in Chinese with English abstract).

Zhang L G. 1985. The application of the stable isotope to geology[M]. Xi'an: Shaanxi Sci. & Tech. Pub. House. 1～267(in Chinese).

Zhang L C, Ji J S, Zhao L S, et al. 1999a. Geological and geochemical dynamics of Xitan epithermal gold deposit in eastern Tianshan[J]. J. Xi'an Engineering University, 21(2):13～18(in Chinese with English abstract).

Zhang L C, Ji J S and Zeng Z R. 1999b. Geochemical characteristics and source of mineralizing fluid of Kanggur gold deposit, eastern Tianshan[J]. Geochimica, 28(1):18～25.

Zhang, L C, Ji J S, Li H J, et al. 2002. Geochemical characteristics and source of two-type ore-forming fluids in Kanggurtag gold ore belt, eastern Tianshan[J]. Acta Petrologica Sinica, 16(4):535～541(in Chinese with English abstract).

Zhang W H and Chen Z Y. 1993. Geology of fluid inclusions[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press. 1～246 (in Chinese).

Zhang Y X, Cun G, Liu L D, et al. 1996. Gold deposits in China: Advances and considerations[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1～205 (in Chinese).

附中文参考文献

蔡仲举. 1997. 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, 15(4):305～320.

蔡仲举. 1998. 康古尔韧性剪切带金矿床成矿特征及成因[J]. 新疆地质, 16(23):163～178.

丰成友, 姬金生, 薛春纪, 等. 1999. 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, 17(1): 1～7.

丰成友, 薛春纪, 姬金生, 等. 2000. 东天山西滩浅成低温热液金矿床地球化学[J]. 矿床地质, 19(4): 322～329.

范建国, 倪 培, 苏文超, 等. 2000, 辽宁四道沟热液金矿床中石英的稀土元素特征及意义[J]. 岩石学报, 16(4): 587～590.

韩春明, 毛景文, 杨建民, 等. 2002. 东天山晚古生代内生金属矿床类型和成矿作用的动力学演化规律[J]. 地质学报, 76(2):222～234.

胡受奚, 王鹤年, 王德滋, 等. 1998. 中国东部金矿地质学及地球化学[M]. 北京: 科学出版社. 1～343.

姬金生, 陶洪祥, 曾章仁, 等. 1994. 东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿[M] 北京:地质出版社. 1～204.

李华芹, 谢才富, 常海亮, 等. 1998. 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. 1～264.

卢焕章, 李秉伦, 沈 昆, 等. 1990. 包裹体地球化学[M]. 北京:地质出版社. 1～242.

毛景文, 赫 英, 丁悌平. 2002a. 胶东金矿形成期间地幔流体参与成矿过程的碳氧氢同位素证据[J]. 矿床地质, 21(2):121～128.

毛景文, 杨建民, 韩春明, 等. 2002b. 东天山铜多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型[J]. 地球科学, 27(4):413～424.

戚长谋, 邹祖荣, 李鹤年. 1987. 地球化学通论[M]. 北京: 地质出版社. 1～210.

芮宗瑶, 刘玉琳, 王龙生, 等. 2002a. 新疆东天山斑岩铜矿带及其大地构造格局[J]. 地质学报, 76(1):83～94.

芮宗瑶, 王龙生, 王义天, 等. 2002b. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论[J]. 矿床地质, 21(1): 16～22.

苏文超, 漆 亮, 胡瑞忠, 等. 1998. 流体包裹体中稀土元素的 ICP-MS 分析研究[J]. 科学通报, 43 (10):1094～1098.

王志良, 毛景文, 杨建民, 等. 2002. 东天山马头滩金矿成矿流体稀土元素特征[J]. 新疆地质, 20(4):367～370.

张良臣, 吴乃元. 1985. 天山地质构造及演化史[J]. 新疆地质, 3(3):1～14.

张理刚. 1985. 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. 1～267.

张连昌, 姬金生, 赵伦山. 1999a. 东天山西滩浅成低温热液型金矿成矿地质地球化学动力学[J]. 西安工程学院学报, 21(2):13～18.

张连昌, 姬金生, 曾章仁. 1999b. 东天山康古尔金矿床成矿流体地球化学特征及其来源[J]. 地球化学, 28(1): 18～25.

张连昌, 姬金生, 李华芹, 等. 2000. 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[J]. 岩石学报, 16(4): 535～541.

张文淮, 陈紫英. 1993. 流体包裹体地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社. 1～246.

张贻侠, 寸 圭, 刘连登, 等. 1996. 中国金矿床:进展与思考[M]. 北京: 地质出版社. 1～205.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Geology and Geochemistry of Longxi Gold Deposit in East Tianshan Mountain, Xinjiang

Wang Zhiliang[1,2], Mao Jingwen[1,2], Wu Ganguo[1], Yang Jianmin[2], Ma Tianlin[3], Han Chunming[4], Zhang Zuoheng[2] and Wang Yitian[2]

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China; 4 Institute of High-Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract

The Longxi gold deposit, located in the Dananhu-Tousuquan Island Arc Belt north of Kanggur ductile shear zone, is a typical quartz vein gold deposit. It is hosted in the Hercynian plagiogranite porphyry which intruded into basalt and andesite of the Lower Carboniferous Qi'eshan Group. Its orebodies are completely controlled by approximately EW-trending ductile-brittle or brittle fractures. In this paper, temperatures, components, rare earth elements and H-O isotopes of fluid inclusions from the Longxi gold deposit were determined. According to the temperature and gas-liquid component data of fluid inclusions, the ore-forming temperatures range from 222 ℃ to 313 ℃, the ore-forming depths vary from 3.2 km to 2 km, the gas components of fluid inclusions are mainly H_2O and CO_2, and the liquid components of fluid inclusions are mainly Na^+, K^+ and Cl^-. The H-O isotopic data and REE composition of fluid inclusions indicate that the ore-forming fluids were mainly magmatic water mixed at the late ore-forming stage with small amounts of meteoric water, and the ore-forming metallic materials were derived from basalt and andesite of the Lower Carboniferous Qi'eshan Group.

Key words: geology, geochemistry, quartz vein type, Longxi gold deposit, East Tianshan Mountain

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net