

# 北祁连山西段剪切带型金矿床成矿流体特征\*

毛景文 张作衡 杨建民 王志良

张招崇

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

(中国地质科学院地质研究所, 北京)

提 要: 北祁连山西段金矿床以剪切带型为主, 控矿的主导因素是剪切构造和成矿流体。对寒山、鹰嘴山和珠龙等代表性矿床的流体包裹体的研究表明, 产于剪切带中金矿床的成矿流体具有中低温、低密度和低盐度等特点, 包裹体中气体和液体  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  比值较高。稳定同位素研究结果表明, 不同矿床的成矿流体来源不尽相同, 鹰嘴山矿床和寒山矿床成矿流体来源以深部流体为主, 珠龙矿床的成矿流体主要为大气降水。

关键词: 金矿床 成矿流体 成矿机制 北祁连山

中图法分类号: P618.5

北祁连山造山带是一个具有良好找矿前景的铁铜金成矿带。近年来甘肃地勘局酒泉地质调查队在西段地区先后发现了寒山和鹰嘴山等大、中型金矿床及一些矿化点, 毛景文等 于 1997 年 6 月在研究区东南部的托勒山南坡发现了珠龙金矿化区, 具有成为大型矿床之远景。这些矿床(矿化区)均产于剪切带中, 本文通过对其流体包裹体和稳定同位素地球化学研究, 探讨成矿流体来源及其成矿作用。

## 1 北祁连山西段金矿床基本特点

区内金矿床在成因上属剪切带型, 但不像北美、西澳和北欧地盾中的绿岩剪切带型金矿床, 也不似华北地块周缘中的准绿岩剪切带型金矿床, 而是一种典型的造山带中的剪切带型金矿床。矿床的赋矿地层有新元古代北大河群(珠龙)、寒武系(鹰嘴山)、奥陶系(寒山、昌马和车路沟)和太古宙基底变质岩系(红口子)。矿化的直接围岩有安山质玄武岩、超镁铁质岩、千枚岩、碎屑岩、角闪岩和黑云母片岩等。所有金矿化都受一组  $\text{NW}$  向剪切带控制。在剪切带内, 岩石糜棱岩化强烈, 矿体大多平行剪切带产出。矿体主要由含金石英脉或富硫化物石英细网脉组成。矿化带内围岩蚀变为石英绢云母化、碳酸盐化和硅化。区内金矿床的成矿作用可能发生于印支期<sup>1,2</sup>, 对寒山矿区含金石英绢云母岩  $\text{K-Ar}$  法测年, 获得  $(213.9 \pm 3.1) \times 10^6 \text{ a}$  和  $(224.4 \pm 3.3) \times 10^6 \text{ a}$  数据。

## 2 流体包裹体研究

本次工作在寒山、鹰嘴山、昌马和珠龙等矿床和矿化评价基地共采集了近百件样品, 但

\* 国家杰出青年基金(编号: 49825103)和国家计委科技找矿项目(编号: JG9471902)  
毛景文, 男, 1956年生, 研究员, 长期从事矿床地质和地球化学研究工作。邮政编号: 100037  
毛景文等, 1998, 北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿规律和成矿预测

由于包裹体不很发育,而且又比较细小,所以仅挑了17件标本,对其开展了以石英(鹰嘴山、寒山、昌马)和方解石(珠龙)为观察和测试对象的流体包裹体研究。

### 2.1 流体包裹体特征

北祁连山主要金矿床中流体包裹体以气液两相为主,还有部分单相包裹体和含 $L_{CO_2}$ 多相包裹体。其形态普遍比较复杂,规则的有圆形、椭圆形和菱形等,不规则的有三角形、水滴状、弯曲管状和长条状等。在珠龙金矿中,方解石中的包裹体比石英中发育。形态各异的包裹体共存现象比较普遍,说明了矿床在形成过程中可能遭受了热动力作用。

原生包裹体直径为 $1\sim 15\ \mu\text{m}$ ,但大多数集中于 $2\sim 10\ \mu\text{m}$ 。气液相包裹体的直径较大,而直径较小的则主要为一些单相包裹体和少数气液包裹体,尤其以次生包裹体更为明显。气液包裹体的气液比( $V/L+V$ )一般为 $5\%\sim 10\%$ ,少数气液比非常低的包裹体中气泡呈小圆点在做布朗运动,另有少部分两相包裹体和含 $L_{CO_2}$ 多相包裹体的气液比可达 $25\%$ 以上。包裹体以无色透明状为主,气液相界限清晰,少数包裹体呈现暗色色调。出现包裹体颜色差异的主要原因是其所含成分不同,透明包裹体以含 $CO_2$ 和 $H_2O$ 为主,而发暗的包裹体含有相当量的 $CH_4$ 等有机成分。

### 2.2 流体包裹体地球化学

不同类型的包裹体所含流体的成分和性质有所不同,依据不同特点可以将北祁连山剪切带型金矿床的成矿流体分为两种类型: $NaCl-H_2O$ 低盐度体系和 $CO_2-NaCl-H_2O$ 体系,以前者为主。由于含 $L_{CO_2}$ 多相包裹体不很发育,难以测定,因而只选了气液两相包裹体作为测试对象。利用法国产Chaixmeca( $-180\sim +600\ ^\circ\text{C}$ )冷热台对所采样品中气液包裹体进行了均一法测温和冷冻法测盐度,共获得了136对数据。利用温度和密度和盐度之间的关系<sup>[6]</sup>可以求得成矿流体的密度,再利用Roedder等的不同密度的 $NaCl-H_2O$ 溶液等容线图<sup>[7]</sup>,估测出成矿的压力。兹将均一温度、盐度和密度的范围已列于表1。由表1和4个矿床的成矿均一温度直方图(图1)可知,寒山、鹰嘴山、珠龙和昌马金矿床的成矿主要温度范围分别为 $170\sim 310\ ^\circ\text{C}$ , $175\sim 355\ ^\circ\text{C}$ , $115\sim 157\ ^\circ\text{C}$ 和 $85\sim 215\ ^\circ\text{C}$ ;成矿流体盐度范围分别为 $5.4\%\sim 10.5\%$ , $3.8\%\sim 9.3\%$ , $1.4\%\sim 7.7\%$ 和 $4.0\%\sim 9.4\%$ ,流体的密度范围分别为 $0.69\sim 0.98\ \text{g}/\text{cm}^3$ , $0.65\sim 0.93\ \text{g}/\text{cm}^3$ , $0.93\sim 0.98\ \text{g}/\text{cm}^3$ 和 $0.92\sim 1.02\ \text{g}/\text{cm}^3$ ;估测出的成矿压力范围分别为 $6\sim 20\ \text{MPa}$ , $12\sim 60\ \text{MPa}$ , $5\sim 25\ \text{MPa}$ 和 $2\sim 10\ \text{MPa}$ 。鹰嘴山矿床除了均一温度较高外,成矿压力也比其它矿床大,但其它金矿床成矿流体具中低温、低密度和低盐度的特点。

表1 北祁连山主要剪切带型金矿床流体包裹体均一温度、盐度、密度表

Table 1. Homogenization temperatures, salinities and densities of fluid inclusions of the major shearing zone gold deposits in North Qilian Mountain

矿床	主矿物	样品数(件)	$t_{均一}/^\circ\text{C}$	$S_{NaCl}/\%$	$\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$
寒山	石英	35	170~310	5.4~10.5	0.69~0.98
鹰嘴山	石英	54	175~355	3.8~9.3	0.65~0.93
珠龙	方解石	29	115~155	1.4~7.7	0.93~0.98
昌马	石英	18	85~215	4.0~9.4	0.92~1.02

利用激光拉曼光谱分析方法对鹰嘴山和珠龙两矿床的流体包裹体进行了气液相成分分析

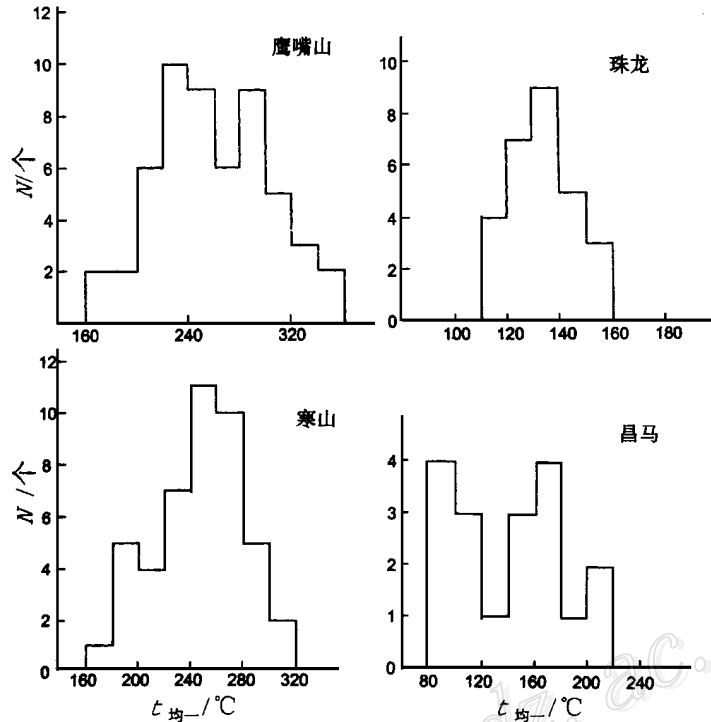


图1 北祁连山西段主要剪切带型金矿床成矿均一温度直方图

Fig. 1. Histograms showing homogenization temperatures of the major shearing zone gold deposits in the western part of North Qilian Mountain.

(表2)。从表2可知, 两矿床流体包裹体中无论是气相还是液相都含有较高量的CO<sub>2</sub>, 其次是H<sub>2</sub>O。这说明CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O是成矿流体中的主要成分, 还有一些CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S等成分。

表2 鹰嘴山和珠龙金矿床流体包裹体气相、液相成分分析结果

Table 2. Gas and liquid compositions of fluid inclusions in the Yingzuishan and the Zhulong gold deposits

矿床	样号	气相/% <sup>①</sup>						液相/% <sup>①</sup>			
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>
鹰嘴山	YZS2-1	71.2	8.8	7.0	10.8	-	2.2	29.6	45.4	15.1	9.9
	YZS2-2	63.7	-	-	-	22.9	13.4	50.1	42.9	-	7.0
珠龙	Z-19	56.8	9.6	-	6.1	27.5	-	46.7	47.0	6.3	-
	Z-7-3	59.9	16.8	13.1	10.2	-	-	25.6	48.6	11.4	14.4

注: ①摩尔数的百分含量; “-” 低于检测分析限; 测试者: 中国地质科学院西安地质矿产研究所王志海

### 3 稳定同位素

稳定同位素被用于有效示踪成矿流体的来源。由于区内金矿床均发现于1995年以后, 地质勘探程度尚较低, 大多数矿床仍处于地表槽探和氧化带开发阶段, 因而除了利用石英进行氧同位素研究外, 硫同位素和碳氧同位素多限于寒山矿区。

### 3.1 硫同位素地球化学

此次研究仅在寒山矿区取样进行了硫同位素研究,其中测试原生成矿期黄铁矿 12 件,表生成矿期石膏 5 件。固体矿物硫同位素的分析误差为 0.2%,分析结果列于表 3。

表 3 寒山金矿床硫同位素组成

Table 3. Sulfur isotope data of the Hanshan gold deposit

样品编号	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	成矿期
HS-6	石膏	3.5	表生成矿期
HS-4	石膏	2.8	
HS-5	石膏	2.5	
HS12-3	石膏	4.2	
HS8-1	石膏	3.9	
H1-4-1	黄铁矿 <sup>+</sup>	0.4	原生成矿期
H1-5-4	黄铁矿 <sup>+</sup>	1.4	
HS8-5	黄铁矿 <sup>+</sup>	0.4	
H1-5-5	黄铁矿 <sup>+</sup>	0.4	
H1-4-2	黄铁矿 <sup>+</sup>	- 0.3	
HS8-6	黄铁矿 <sup>+</sup>	- 1.9	
HSK-8-1-1	黄铁矿 <sup>+</sup>	- 0.3	
HSK-8-1-2	黄铁矿 <sup>+</sup>	1.7	
HSK8-2	黄铁矿 <sup>+</sup>	1.0	
HSK8-3	黄铁矿 <sup>+</sup>	0.5	
HSK8-5	黄铁矿 <sup>+</sup>	1.7	
HSK86	黄铁矿 <sup>+</sup>	0.3	

注: 中国地质科学院矿床地质研究所白瑞梅等测试

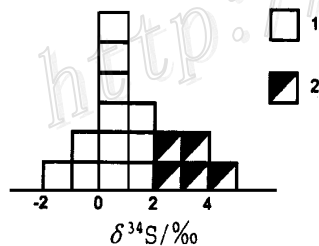


图 2 寒山矿区硫同位素分布直方图

1—黄铁矿; 2—石膏

Fig. 2. Histogram of sulfur isotopes in the Hanshan gold deposit.

1—Pyrite; 2—Gypsum.

表 3 反映出原生成矿期黄铁矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值变化在  $-1.9\text{‰} \sim 1.7\text{‰}$  之间, 11 件样品平均  $0.48\text{‰}$ 。由测试数据绘成的直方图(图 2)显示出硫同位素塔式效应清楚, 以  $0\text{‰} \sim 0.5\text{‰}$  为塔峰。5 件石膏的  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $2.5\text{‰} \sim 4.2\text{‰}$ , 平均  $3.4\text{‰}$  (表 3); 在直方图(图 2)中位于原生矿化硫同位素  $\delta$  值的右侧。这种现象与 Crofoot-Lewis 金银矿 (Ebert et al., 1998) 十分相似。在 Crofoot-Lewis 矿床, 原生矿中黄铁矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $-11\text{‰} \sim -7\text{‰}$ , 而氧化带中的石膏  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $-3\text{‰} \sim -1\text{‰}$ 。根据这两个例子, 我们可以总结出在氧化期间部分  $^{32}\text{S}$  变成  $^{34}\text{S}$ 。

### 3.2 氧同位素地球化学

在研究区内, 石英是原生金矿化中最发育的脉石矿物, 此次研究共测得氧同位素数据 35 件, 其中寒山矿区 14 件, 鹰嘴山矿区 12 件, 珠龙矿区 8 件, 红口子矿区 1 件。测试结果示于表 4。

寒山金矿石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值变化范围为  $13.7\text{‰} \sim 16.7\text{‰}$ , 平均  $15.3\text{‰}$ 。前文已述及, 该矿区流体包裹体是如此细微以致于很难得到比较多的测温资料。因此, 用已获得的矿区流体包裹

体的平均均一温度的值, 利用  $1000 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.4$  分馏公式进行计算, 结果也一并列入表4。从表中可以看出, 流体的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值域为  $4.7\% \sim 7.7\%$ , 平均  $6.4\%$ 。按照 Sheppard (1977)<sup>[9]</sup> 的测试和计算结果 (即岩浆水的同位素组成为:  $\delta^{18}\text{O}$  为  $5.5\% \sim 9.5\%$ ,  $\delta\text{D} = -40\% \sim -80\%$ ), 寒山金矿区的成矿流体主要为岩浆水, 换言之, 流体来自于深部, 即深源岩浆或上地幔。

鹰嘴山矿区石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值变化范围为  $10.7\% \sim 15.0\%$ , 平均值为  $13.1\%$ , 比寒山矿区石英  $\delta^{18}\text{O}$  均值低  $2.1\%$ 。由于鹰嘴山金矿区成矿温度比较高, 在计算成矿流体的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值时, 尽量使用了同一样品测定的  $\delta^{18}\text{O}$  值与实际测温数据。对于缺少测温数据的样品, 使用了取样位置相近的一组测温数据与之相配合。由此计算得到的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值为  $3.6\% \sim 7.4\%$ , 平均  $5.2\%$ 。鹰嘴山矿区石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值虽然比较低, 但成矿温度数据在研究区金矿床中相对最高, 所以计算出的成矿流体的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值也不很低。通过计算可知鹰嘴山金矿床的成矿流体也基本上是岩浆流体或深部流体, 混合了一些大气降水。

珠龙矿区石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值为  $13.7\% \sim 20.3\%$ , 平均  $16.4\%$ 。这些数据显然也高于鹰嘴山和寒山, 但珠龙金矿形成的温度比较低。通过对与石英相平衡的流体  $\delta^{18}\text{O}$  值的计算, 结果为  $-3.8\% \sim 3.4\%$ 。说明成矿流体主要与大气降水有关, 而不是岩浆水或深部流体。

红口子矿化点的1件石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值为  $11.0\%$ , 这是研究区内所测的  $\delta^{18}\text{O}$  值最低的一个。考虑到该矿化点也受韧性剪切带的控制, 空间上位于阿尔金山断裂内, 而且距寒山矿区比较近, 因而采用  $250\text{ }^\circ\text{C}$  进行石英-水平衡计算, 结果得到  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值为  $2.04\%$ , 这一结果表明形成红口子金矿化点的成矿流体仍然以大气降水为主。

### 3.3 碳氧同位素地球化学

表4 北祁连山西段主要剪切带型金矿床氧同位素组成

Table 4. Oxygen isotope data of the major shearing zone gold deposits in the western part of the North Qilian Mountain

样品编号	测试矿物	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\%$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\%$	矿区名称
HS-2	石英	14.9	5.9	寒山
HS-3	石英	15.2	6.2	
HS8-5	石英	15.9	6.9	
HS-9	石英	13.7	4.7	
H1-5-3	石英	16.6	7.6	
H1-5-4	石英	16.0	7.0	
H2-2	石英	14.8	5.8	
H2-3	石英	14.8	5.3	
H1-5-5	石英	16.7	7.7	
HS8-6	石英	15.9	6.9	
HS-10	石英	13.7	4.7	鹰嘴山
HS-3-1	石英	15.0	6.0	
HS-2-1	石英	15.0	6.0	
H1-5-2	石英	16.6	7.7	
YZ7-1	石英	13.0	5.1	
YZ9-2	石英	12.7	4.8	
YZ11-3	石英	12.7	4.2	
YZ11-4	石英	14.2	5.7	
YZ13-3	石英	13.4	6.3	
YZ13-4	石英	10.7	3.6	
YZ13-5	石英	12.9	5.8	
YZS2-1	石英	13.2	4.2	
YZS2-2	石英	12.9	3.9	
YZS2-3	石英	13.3	5.7	
YZS3-8	石英	15.0	7.4	
YZS-11	石英	13.6	6.0	
ZL-5	石英	15.3	-0.6	珠龙
ZL8-1	石英	13.7	-3.8	
ZL-8	石英	15.6	-1.9	
ZL-4	石英	16.9	1.0	
ZL7-3	石英	20.3	3.4	
ZL-7	石英	15.9	0.0	
ZL3-1	石英	16.3	0.4	
ZL-11	石英	17.5	1.6	
HK-8	石英	11.0	2.0	红口子

注: 中国地质科学院矿床地质研究所万德芳等测试

北祁连山西段金矿区的矿体中, 碳酸盐矿物比较少, 仅在成矿晚期或期后出现。本次研究仅对寒山、珠龙和红口子3个矿床(点)中方解石的碳、氧同位素进行了分析测试, 结果列于表5。

表5 北祁连山西段主要剪切带型金矿床的碳氧同位素组成  
Table 5. Carbon-oxygen data of the major shearing zone gold deposits  
in the western part of the North Qilian Mountain

样品编号	测试矿物	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$t/\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$	矿区名称
HS12-5	白云石	- 1.4	12.4	210	3.4	寒山
HS-11	方解石	1.0	3.1	150	- 9.5	寒山
HS-10	方解石	1.2	3.1	150	- 9.5	寒山
HS12-4	白云石	- 1.0	12.7	210	3.7	寒山
HS-9	方解石	- 2.3	10.5	210	1.5	寒山
HS-9-1	方解石	- 2.3	10.4	210	1.4	寒山
HK-1	方解石	5.1	4.9	150	- 7.7	红口子
ZL-1	方解石	2.5	16.7	125	- 2.0	珠龙
ZL-1	方解石	6.1	15.8	150	- 1.1	珠龙
ZL5-2	方解石	7.1	30.6	125	- 15.9	珠龙

注: 中国地质科学院矿床地质研究所白瑞梅等测试

寒山金矿床有3个成矿阶段, 石英碳酸盐为最后一个成矿阶段, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-2.3\text{‰} \sim -1.0\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $10.4\text{‰} \sim 12.7\text{‰}$ 。通过对平衡方解石-水系统的计算(计算公式为: $1000\ln\alpha_{\text{方解石-水}} = 2.78 \times 10^6 T^{-2} - 2.89$ ), 得到成矿流体氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $1.4\text{‰} \sim 3.7\text{‰}$ , 表明为岩浆水或深源水与大气降水混合的结果, 考虑到成矿主岩为中基性火山岩类, 甲烷含量极低, 但周围有大量的碳酸盐地层存在, 所测试的碳同位素表明深源碳与地层碳可能发生了混合作用。另外, 在矿区边部所采的以玄武岩-安山质熔岩为主岩的无矿含锰粉色方解石脉, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $1.0\text{‰}$ 和 $1.2\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $3.1\text{‰}$ 。经对比可知, 从成矿晚期到期后,  $^{13}\text{C}$ 增加,  $^{18}\text{O}$ 值降低, 可能与地层碳和大气降水大量加入热液系统有关。

相比之下, 珠龙金矿区的碳酸盐矿物含量比较多。此次研究测试的3件样品均表现出异常值, 即 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $2.5\text{‰} \sim 7.1\text{‰}$ 。这样高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值比较少见, 即使海相碳酸盐的 $\delta$ 值也仅在 $0\text{‰}$ 左右, 迄今所知的大水沟矿区内三叠系大理岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值比较高, 为 $-0.3\text{‰} \sim 2.5\text{‰}$ <sup>[3]</sup>。Veizer(1980)<sup>[10]</sup>研究海相碳酸盐岩石随时代变化规律发现, 二叠纪 $\delta^{13}\text{C}$ 值最高, 约 $2.0\text{‰}$ , 奥陶纪最低, 接近 $-1\text{‰}$ 。在珠龙矿区成矿围岩为古元古代片岩和角闪岩, 成矿流体富含 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CH}_4$ 。高 $^{13}\text{C}$ 可能与 $\text{CO}_2$ 和 $\text{CH}_4$ 之间的碳同位素分馏有关。

红口子的一件样品的碳氧同位素与珠龙相似, 可能两者的水和碳有着类似的来源和同位素分配形式。

## 4 北祁连山金矿床成矿机制和成因模式

### 4.1 成矿物源探讨

北祁连山西段金矿床的最大特点是: ①石英绢云母化、碳酸盐化和硅化发育, 即使围岩

为安山质玄武岩或蛇纹岩,这在一定程度上反映出成矿物质多为异源,而不是取于附近围岩。②流体包裹体封存时为中低温环境,但气液组分却以 $\text{CO}_2$ 为主,其次为 $\text{H}_2\text{O}$ 。这种富 $\text{CO}_2$ 流体在金矿床中已屡有发现,Groves et al (1998)<sup>[11]</sup>认为是地幔脱气的结果,Schmidt et al (1997)<sup>[12]</sup>把加纳Ashanti金矿带中大量存在的高 $\text{CO}_2$ 流体称之为来源不明的新类型成矿流体。③珠龙和红口子两个矿化点的成矿流体之 $\delta^{18}\text{O}$ 显示以大气降水为主,这在一定程度上是由于流体包裹体测温数据比较低所致。对于寒山和鹰嘴山两个规模大的矿床而言,其 $\delta^{18}\text{O}$ 值显示出成矿流体来自深部,这与寒山矿区黄铁矿的硫同位素组成给出的信息基本吻合。④这些金矿床形成于印支期以来<sup>[1]</sup>,但区内未见相应时代的岩浆侵入和喷发活动。因此,把金矿成矿作用与岩浆联系在一起显然证据不足。由此以来,这些众多的深源成矿信息可能反映了地幔排气作用<sup>[14]</sup>。

#### 4.2 成矿过程简析

通过对区内代表性金矿床的赋矿地层、矿化围岩和围岩蚀变等矿化特征和成矿流体系统研究和综合分析,明显地可以看出控矿的主导因素不是地层层位和侵入岩体,而是剪切构造和成矿流体。位于北东边缘的北祁连地带在泥盆纪时已被夷平,之后,时升时降,幅度较小,直到 $20 \times 10^6$  a 开始内陆造山作用,迅速隆升成山链。尽管前寒武纪和古生代在北祁连山地区曾先后两次经历过开裂、俯冲和碰撞造山过程,但自印支期以来的陆内造山作用似乎在规模上更加宏大<sup>[4,5]</sup>。由于北祁连造山带位于华北地块与柴达木地台之间,在受挤压隆升的同时,发生大规模的NW及NW向的推覆走滑,韧性及脆性剪切带广泛发育。这些脆性剪切带形成过程中出现了高热流的集中区,沿剪切带可能发生二种成矿作用:①大气降水受热循环,并混合部分来自深部的富 $\text{CO}_2$ 气流从剪切带及周围岩石汲取金、不相容元素和一些挥发组分,在脆性转变处或局部扩容地带沉淀成矿,形成了珠龙和红口子矿床;②深部流体沿大断裂上升,在运移过程中不断演化为高浓度的成矿流体,这些成矿流体显示出以地幔流体(或正岩浆流体)为主,混合有少量大气降水,通常以多阶段形式在剪切带内交代-沉淀成矿,早期以交代作用为主导,晚期沿张性小裂隙以沉淀为主,形成了鹰嘴山和寒山矿床。

#### 参 考 文 献

- 1 毛景文, 杨建民, 张招崇等. 甘肃寒山剪切带型金矿床地质、地球化学和成因. 矿床地质, 1998, 17 (1): 1~ 13.
- 2 毛景文, 张作衡, 杨建民等. 甘肃鹰嘴山金矿床地质和成矿地球化学. 矿床地质, 1998, 17 (4): 297~ 306.
- 3 陈毓川, 毛景文, 骆耀南等. 四川大水沟碛(金)矿床地质和地球化学. 北京: 原子能出版社, 1996.
- 4 毛景文, 张招崇, 任丰寿等. 北祁连西段金属矿床时空分布和生成演化. 地质学报, 1999, 73 (1): 73~ 82.
- 5 左国朝, 吴汉泉. 北祁连中段早古生代双向俯冲-碰撞造山模式剖析. 地球科学进展, 1997, 12 (4): 315~ 331.
- 6 Aham od S N., Rose A W. Fluid inclusions in porphyry and skarn ore at Santa Rita, New Mexico. Econ. Geol., 1980, 75 (2): 229~ 250.
- 7 Roedder E. Fluid inclusions. Rev. Mineral., 1984, 12: 25~ 35.
- 8 Clayton R N, O'Neil J R, Mayeda T K. Oxygen isotope exchange between quartz and water. Jour. Geophys. Res., 1972, 77: 3057~ 3067.
- 9 Sheppard S M F. Characterization and isotopic variations in natural water. Rev. Mineral., 1986, 16: 165~ 183.
- 10 Veizer J, Holser W T, Wilgus C K. Correlation of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  secular variations. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1980, 44: 579~ 589.
- 11 Groves D I, Golding S D, Rock N M S, Barley M E, McNaughton N J. Archaean carbon reservoirs and their signifi-

cance to the fluid source for gold deposits. *Nature*, 1988, 331: 254~ 257.

- 12 Schmidt M A, Oberthur T, Vetter U, Blenkinsop T G. High CO<sub>2</sub> content of fluid inclusions in gold mineralizations in the Ashanti Belt, Ghana: a new category of ore forming fluid? *Mineral Deposita*, 1997, 32: 107~ 118.

## FLUID INCLUSIONS OF SHEAR ZONE TYPE GOLD DEPOSITS IN THE WESTERN PART OF NORTH QILIAN MOUNTAIN

Mao Jingwen, Zhang Zuoheng, Yang Jianmin, Wang Zhiliang

(*Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037*)

**Key words:** gold deposit, shear zone type, fluid inclusion, North Qilian Mountain

### Abstract

In the past several years, more than a dozen of gold deposits and gold occurrences, such as Hanshan, Yingzuishan, Changma, Hongkouzi and Zhulong, have been discovered in the western part of North Qilian Mountain. All the deposits are of shear zone type and are developed along a group of WNW-striking shear zones. Microthermometric measurements were made on quartz- and calcite-hosted inclusions. All of the fluid inclusions in two phases (vapor + liquid with V/L ratios of 5% ~ 10%) and minor amounts of liquid phase hosted in both quartz and calcite are very small, ranging from 1 to 15  $\mu\text{m}$ . Their homogenization and salinity are 170~ 310  $^{\circ}\text{C}$  and 5.4% ~ 10.5% NaCl for Hanshan, 175~ 355  $^{\circ}\text{C}$  and 3.8% ~ 9.3% NaCl for Yingzuishan, 115~ 155  $^{\circ}\text{C}$  and 1.4% ~ 7.7% NaCl for Zhulong, and 85~ 215  $^{\circ}\text{C}$  and 4.0% ~ 9.4% NaCl for Changma. In general, the hydrothermal fluids, which are genetically responsible for the gold deposits in the western part of the Qilian Mountain, are characterized by low to middle temperatures and low salinity. A few measurements for the composition of the single fluid inclusions indicate that both liquid and vapor are of high CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O ratio.

Sulfur isotope data of the Hanshan gold deposit range from - 1.9‰ to 1.7‰ with high peak at 0‰ ~ 0.5‰ in histogram. Oxygen isotope data of the hydrothermal fluids ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) change greatly in different deposits or gold occurrences. They are 7.7‰ ~ 4.7‰, 7.4‰ ~ 3.6‰, 2.0‰ and - 3.8‰ ~ 3.4‰ in Hanshan, Yingzuishan, Hongkouzi and Zhulong, respectively, which perhaps suggest that the magmatic fluids or the mantle fluids mixed increasingly with meteoric water from Hanshan, Yingzuishan, Hongkouzi to Zhulong during mineralization. In view of the absence of magmatic activities during the gold mineralization together with the sulfur isotopic evidence and strong enrichment of CO<sub>2</sub>, it is concluded that the hydrothermal fluids responsible for the gold mineralization in the western part of the Qilian Mountain are possibly derived from the mantle along the deep faults.