

祁雨沟地区金矿床稳定同位素研究*

高永丰 栾文楼 魏瑞华

(河北地质学院, 石家庄市)

提 要: 对河南嵩县祁雨沟地区角砾岩型金矿床和蚀变岩型金矿床稳定同位素研究表明, 两类矿床具有同一成矿流体来源——岩浆水; 在早期—主期成矿阶段成矿流体以岩浆水为主, 晚期矿化流体加入了相当数量的大气水。铅同位素组成表明金矿床的成矿物质与区内钙碱性花岗岩成岩物质皆主要来自上地幔, 混合铅的存在指示了上地幔成矿物质加入岩浆热液中, 参与了金矿床的成矿作用。

主题词: 稳定同位素 金矿床 河南祁雨沟

河南祁雨沟地区除分布着较大规模的隐蔽爆破角砾岩型金矿床外, 在各级断裂构造中发育了一系列、一定规模构造破碎带蚀变岩型金矿床(在同一断裂带内局部常伴有规模不大的石英脉型金矿, 矿化特征在空间上具有连续性)。研究表明(栾文楼等, 1990), 两类型金矿床系同期、同源、不同(赋矿)空间的金矿成矿统一体。本文研究了祁雨沟地区爆破角砾岩型金矿床和构造破碎带蚀变岩型金矿床的稳定同位素组成特征, 探讨了成矿物质和成矿流体的来源、性质及其演化。

1 矿床地质概况

两类型金矿或产于太古界太华群深变质片麻岩系或产于元古界熊耳群浅变质火山岩系中, 均明显受构造控制。据研究(邵克忠等, 1992), 祁雨沟矿区及其外围区域主要经历了NE-SW向挤压和晚期NW-SE向挤压两次影响最深远的构造运动, 分别形成了NW和NE走向的褶皱和纵断层。中晚期地壳处于上升阶段, 伴随大规模岩浆侵入沿背形轴延伸的NW和NE向断裂复活而呈张性断开, 成为主干控岩控矿构造。矿区内含矿角砾岩体的定位明显受NW向与NE向断裂的交汇部位控制。含矿断裂(构造破碎带蚀变岩型)以NE向为最佳, NW向其次。这些含矿构造破碎带与含矿角砾岩体具有同时性和较好的连通性。越靠近含矿角砾岩体, 构造破碎带矿化越好, 可见二者也具有同源性。

金矿床与区内中晚燕山期亚旋回钙碱性岩浆岩相伴生。全区分布的角砾岩体既与花山花岗岩岩基分异的浅成斑岩侵入体相伴, 或呈“卫星”状分布在浅成斑岩体的周围, 或覆于浅成斑岩体的上部。

不同类型金矿床均经历了前锋蚀变成矿期。主体蚀变成矿期和晚期蚀变矿化作用。两类

* 中国科学院矿床地球化学开放研究实验室资助项目

高永丰, 男, 38岁, 讲师, 硕士, 岩石学专业。邮政编码: 050031

1993-6-19收稿, 1993-9-20修改回

型金矿床前锋蚀变成矿期均以钾、硅质交代作用为特征, 伴有少量的黄铁矿化和极微量的金矿化。据矿脉间穿切关系, 两类型金矿床的主体蚀变成矿期均可以进一步划分为: 早期石英多金属硫化物阶段, 石英-正(冰)长石多金属硫化物阶段和晚期石英多金属硫化物阶段。晚期矿化则以大量的方解石化为特征。两类型金矿床均具典型的蚀变分带: 青磐岩化带、石英黑云母化带、石英钾长石化带和方解石化带。两类型金矿床中金矿化均富集于石英钾长石化带中。

由不同类型金矿床中不同阶段石英、方解石的均一温度测定成矿温度在 470~170℃之间, 早期为470~400℃; 主期为380~330℃; 晚期为250~170℃。

2 稳定同位素

2.1 氢、氧同位素

水是成矿热液的主要成分, 也是溶解和搬运各种成矿元素的主要介质。因此, 研究热液的性质对于探讨成矿热液来源及其演化具有重要的意义, 而成矿热液的氢、氧同位素组成是判断成矿流体性质的重要依据。

(1) 氧同位素

对两类型矿床不同矿化期的石英、方解石、绿泥石和角闪石进行了氧同位素分析, 结果见表1。利用公式:

表1 祁雨沟地区金矿氧同位素
Table 1. Oxygen isotopes of gold deposits in Qiyugou area

矿床类型	矿化期次	样 号	测定矿物	$\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}(\text{‰})$	均一温度(°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$
角砾岩型	早 期	ZK6-31	角闪石	6.20	470	8.86
		Q91-20	绿泥石	2.50	470	6.90
	主 期	6J ₂	石 英	10.70	350	5.40
		J ₂ LQ ₄	石 英	10.50	360	5.03
		JLO ₄	石 英	10.50	330	4.60
		J ₂ Q ₂	石 英	9.20	365	4.30
		QJ ₂ W ₁	石 英	9.10	330	3.20
	晚 期	SRV-7	石 英	11.90	250	3.00
		J ₂ L ₂₀	石 英	10.40	250	1.51
		J ₂ LQ ₆	石 英	10.10	250	1.21
		C ₃	方解石	9.10	170	-2.17
		C ₄	方解石	7.90	170	-3.37
		C ₅	方解石	6.80	170	-4.47
蚀变岩型	主 期	QF21	石 英	12.50	310	6.00
		VCA ₃	方解石	9.50	170	-1.77
		VCA ₂	方解石	8.80	170	-2.47
		VCA ₁	方解石	6.20	170	-5.07

由地科院矿床地质研究所测定, 精度为±0.2‰。

$$1000\ln\alpha_{\text{石英-水}} = 3.34 \times 10^6 T^{-2} - 3.31 \text{ (Matsuhisa, 1979);}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{绿泥石-水}} = -1.34 \times 10^6 T^{-2} - 2.07 \text{ (博廷加, 1975);}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{石英-角闪石}} = 3.15 \times 10^6 T^{-2} - 0.30 \text{ (贾维, 1977);}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{方解石-水}} = 2.78 \times 10^6 T^{-2} - 2.89 \text{ (奥尼尔, 1969);}$$

分别计算了与矿物相平衡的成矿流体的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值。其中角砾岩型金矿床为 $-4.47\% \sim +8.86\%$, 蚀变岩型金矿床为 $-5.07\% \sim +6\%$, 二者的变化范围相近, 说明二者具有统一的来源。角砾岩型金矿床早矿化期成矿流体的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $8.86\% \sim 6.9\%$, 位于岩浆水值范围(正常岩浆水一般为 $6\% \sim 9\%$, H P Taylor, 1974), 说明该矿床的成矿流体来自岩浆水。结合到角砾岩体下部可见花岗闪长斑岩质岩浆胶结物和较高的均一温度(470°C), 说明金矿床前锋蚀变(钾、硅化)属于岩浆晚期的蚀变成矿作用。主成矿期石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+12.50\% \sim +9.1\%$, 热液的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $+6\% \sim +3.2\%$, 说明了该矿床成矿主期的热液仍以岩浆水为主。晚成矿期石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+11.9\% \sim +10.10\%$, 热液的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $3.0\% \sim +1.2\%$; 方解石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+9.5\% \sim +6.0\%$, 热液的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $-5.07\% \sim -1.77\%$ 。由此可见, 成矿晚期尤其是方解石化阶段热液中有相当数量的大气水加入。

(2) 氢同位素

测定了角砾岩型金矿床石英样品的流体包裹体水的 δD 值和角闪石、绿泥石的 δD 值及绿泥石化学成分。据公式:

$$1000\ln\alpha_{\text{角闪石-水}} = -23.9 \times 10^6 T^{-2} + 2.9 \text{ (置铃等, 1976);}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{绿泥石-水}} = -22.4 \times 10^6 T^{-2} + 28.12 + (IX_{\text{AL}} - 4X_{\text{mg}} - 68X_{\text{Fe}}) \text{ (置铃等, 1976)}$$

分别计算了与矿物相平衡的成矿流体的 δD 值, 结果列于表2。祁雨沟地区角砾岩型金矿床成矿流体的 δD 值在 $-58\% \sim -74\%$ 之间, 处于由H P Taylor (1974)提出的与硅酸盐

表2 祁雨沟地区金矿氢同位素

Table 2. Hydrogen isotopes of gold deposits in Qiyugou area

矿床类型	矿化期次	样号	测定矿物	均一温度($^\circ\text{C}$)	$\delta\text{D}(\%)$	
					矿物的	矿化流体的
角砾岩型	早期	ZK6-31	角闪石	470	-100	-64.6
		Q 91-20	绿泥石	470	-80	-57.6
	主期	6J ₂	石英	350		-74
		J ₂ QZ	石英	365		-66
		QJ ₂ W1	石英	330		-65
	晚期	J ₂ L ₂₀	石英	250		-74

绿泥石电子探针分析结果(%): MgO 20.06; Al₂O₃ 19.71; SiO₂ 28.33; K₂O 0.13; CaO 0.00;

TiO₂ 0.03; MnO 0.64; Cr₂O₃ 0.04; NiO 0.11; FeO 18.98;

Ag₂O 0.04; AuO 0.15

由地科院矿床地质研究所测定, 精度为 $\pm 2\%$

熔体处于同位素平衡的岩浆水 δD 值($-40\text{‰} \sim -80\text{‰}$)范围内。虽然矿床的 δD 值分布范围窄,但早成矿阶段流体的 δD 值较高,而成矿晚期成矿流体趋于偏向 δD 负值方向。

对成矿流体的 δD - $\delta^{18}O$ 值作图(图1),可以看出明显的变化趋势。早成矿阶段成矿流体位于H P Taylor (1974)提出的“正常岩浆水”范围内;主成矿期流体位于“正常岩浆水”范围近旁,向大气水线偏离;而晚成矿期流体的 $\delta^{18}O$ 值发生了明显的向大气水线方向变化。这表明了成矿流体起源于岩浆水,在早成矿期成矿流体具有岩浆水性质,在主成矿期,只有少量的大气水加入到成矿热液中,而在晚成矿阶段,相当数量的大气水与岩浆水相混合。

2.2 硫同位素

测定了两类型金矿床中黄铁矿、黄铜矿和方铅矿的硫同位素组成(表3)。角砾岩型金矿的17个硫同位素 $\delta^{34}S$ 值变化于 $-3.5\text{‰} \sim +0.9\text{‰}$ 之间,算术平均值 $\bar{X} = -0.81\text{‰}$,标准差 $\delta = 1.063\text{‰}$,极差 $R = 1.096$;蚀变岩型金矿13个硫化物的 $\delta^{34}S$ 值变化于 $-0.5\text{‰} \sim +2.5\text{‰}$ 之间,其算术平均值 $\bar{X} = 1.092\text{‰}$,标准差 $\delta = 0.806\text{‰}$,极差 $R = 0.839$ 。在硫同位素组成直方图上(图2),角砾岩型金矿硫同位素组成峰值偏负,在 $-0.8\text{‰} \sim 0.4\text{‰}$;蚀变岩型金矿出现双峰值,

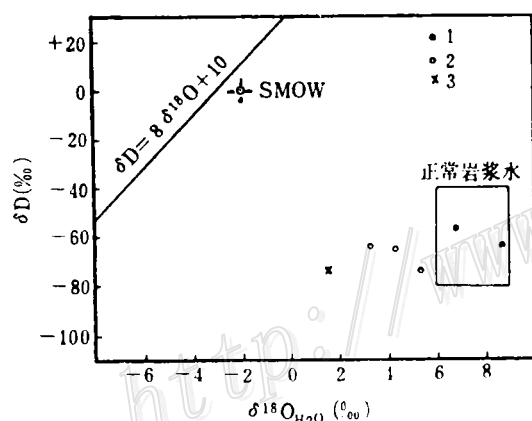


图1. 祁雨沟地区金矿成矿流体 $\delta^{18}O_{H_2O}$ - δD 图解
1—早期 2—主期 3—晚期

Fig. 1. $\delta^{18}O_{H_2O}$ versus δD diagram of ore-forming fluids in gold deposits of Qiyugou area.
1—Early stage; 2—Principal stage; 3—Late stage.

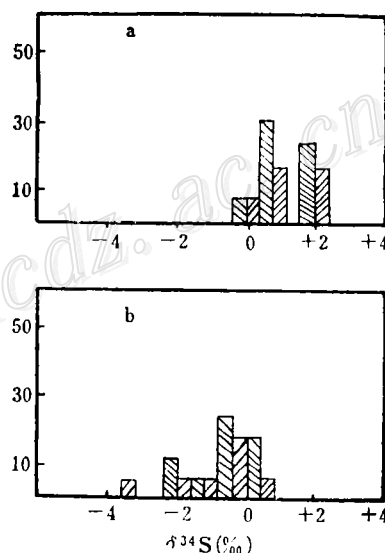


图2. b) 角砾岩型金矿硫同位素分布
a) 蚀变岩型金矿硫同位素分布

Fig. 2. Distribution of sulfur isotopes in breccia type gold deposits (b) and in alteration type gold deposits (a).

分别是 $+0.4\text{‰} \sim 0.8\text{‰}$ 和 $1.6\text{‰} \sim 2.0\text{‰}$,对两类矿床中硫化物矿物对计算了同位素温度(表4),它们的值在 $349 \sim 257^\circ\text{C}$ 之间,与石英中流体包裹体均一温度一致,表明了热液和共生矿物中建立了同位素平衡。利用高温外推法(D M Pinckney 等, 1972)对黄铁矿-方铅矿、黄铜矿-方铅矿共生矿物对作 $1000 \ln \alpha_{A-B} - \delta^{34}S$ 图解,估计热液中总硫组成:角砾岩型金矿热液体系总硫组成 $\delta^{34}S_{\Sigma}$ 为 $-0.5\text{‰} \sim -0.8\text{‰}$;蚀变岩型金矿热液体系总硫组成 $\delta^{34}S_{\Sigma}$ 为 $+1\text{‰}$ 。

表 3 祁雨沟地区金矿硫同位素

Table 3. Sulfur isotopes of gold deposits in Qiyugou area

角砾岩型			蚀变岩型		
样号	矿物名称	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$	样号	矿物名称	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$
J ₂ L119	黄铜矿	-0.70	QP3	黄铜矿	0.90
J ₂ S3-1	黄铜矿	-1.10	VCV-23	方铅矿	0.60
J ₂ -2	黄铜矿	-2.03	1 P 3D	方铅矿	0.10
J ₂ L119	方铅矿	-1.50	QP3	方铅矿	0.80
J ₂ Pb	方铅矿	-2.10	VCV-26	黄铁矿	1.70
J ₂ S2-2	方铅矿	-3.50	1P 4	黄铁矿	1.70
BJ ₂	辉铅铋矿	-1.70	1P3B	黄铁矿	0.70
QJ ₂ W1	黄铁矿	-0.20	1P3D	黄铁矿	2.50
2J ₂ -1	黄铁矿	-0.20	QP3	黄铁矿	2.20
J ₂ Q2	黄铁矿	0.30	1P3E	黄铁矿	0.80
BJ ₂	黄铁矿	0.20	Q 91-1	黄铁矿	1.00
J ₂ L119	黄铁矿	0.90	QP-4Z4	黄铁矿	1.70
J ₂ L129	黄铁矿	-0.20	Q91-2	黄铁矿	-0.50
J ₂ S2-1	黄铁矿	-0.70			
J ₂ S3-2	黄铁矿	-0.80			
QJ ₂ -5	黄铁矿	0.22			
J ₂ L20	黄铁矿	-0.50			

由地科院矿床地质研究所测定, $\delta = \pm 0.2\text{‰}$

表 4 共生硫化物的硫同位素平衡温度

Table 4. Sulfur isotope equilibrium temperature of coexisting sulfides

类型	样号	硫同位素分馏			平衡温度 ($^{\circ}\text{C}$)
		Py-Cp	Py-Gn	Cp-Gn	
角砾岩型	J ₂ L119	+0.9 -0.7 $\Delta = 1.6$			257
	J ₂ L119			-0.7 -1.5 $\Delta = 0.8$	270
蚀变岩型	1 P 3 D		+2.5 +0.1 $\Delta = 2.4$		349
	QP3	+2.2 +0.9 $\Delta = 1.3$			294

利用公式 $\Delta\delta^{34}\text{S} = AT^{-2}$, 其中:

Py-Cp $A = 4.5 \times 10^5$ (梶原等, 1971);
 Cp-Gn $A = 6.5 \times 10^5$ (梶原等, 1971);
 Py-Gn $A = 9.3 \times 10^5$ (拉伊, 1974)

两种类型金矿床硫化物硫同位素分布范围窄, 热液体系总硫同位素组成相近, 均一化程度高, 说明了两种类型金矿床具有单一的热液来源。祁雨沟地区两类型金矿30个硫化物硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值和其热液体系总硫的 $\delta^{34}\text{S}_\text{E}$ 值在0.00‰附近的紧密范围之内, 与陨石硫值接近, 表明了主要为深源岩浆硫特征。

虽然两类金矿床硫同位素组成相近, 但它们存在着微小却清楚的差异。角砾岩型金矿同位素组成和热液体系总硫同位素组成显示微小的负偏。与蚀变岩型金矿硫同位素组成相比, 角砾岩型金矿硫同位素组成更接近于陨石硫。蚀变岩型金矿硫同位素组成和其热液体系总硫同位素组成显示正偏, 且在硫化物同位素组成直方图上出现双峰值。造成这种差异的原因可能是富 ^{34}S 的围岩和大气水硫加入到热液体系中有关。两种矿床的围岩蚀变类型和蚀变程度基本相同, 但成矿热液是以角砾岩体为主通道(栾文楼等, 1990), 远离岩体的破碎带围岩和大气水的硫会较多地加入到成矿热液中, 使成矿热液的总硫组成更富 $\delta^{34}\text{S}$ 。

热液的物理化学状态也影响着形成矿物的硫同位素组成。H Sakai (1968) 指出, 热液中高 f_{O_2} 下形成的硫化物比在低 f_{O_2} 形成的相同矿物富 ^{32}S , 而热液中低pH条件形成的矿物比在高pH条件形成的相同矿物更富 ^{32}S , 在低 f_{O_2} 和低pH的溶液中沉淀出黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 接近于体系的 $\delta^{34}\text{S}$ 。祁雨沟地区金矿床中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值接近于体系总硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值, 说明了成矿热液是一种低pH、低 f_{O_2} 条件。这与矿物共生组合(硫化物以黄铁矿为主, 伴有磁黄铁矿, 缺乏硫酸盐矿物相)和包裹体资料相符合。

2.3 碳同位素

两类金矿床矿化晚期的碳同位素组成(表5) $\delta^{13}\text{C}$ 值变化范围均很小。蚀变岩型金矿

表5 祁雨沟地区金矿碳同位素
Table 5. Carbon isotopes of gold deposits in Qiyugou area

矿床类型	样号	测定矿物	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	取样标高(m)
蚀变岩型	VCA1	方解石	-1.8	660
	VCA2	方解石	-1.6	625
	VCA3	方解石	-2.1	600
角砾岩型	C5	方解石	-5.2	700
	C4	方解石	-5.8	640
	C3	方解石	-4.2	580

由地质科学院矿床地质研究所测定, 精度为 $\pm 0.2\text{‰}$ 。

$\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -1.833‰ , 角砾岩型金矿床 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -5.07‰ 。两类矿床均不含石墨, 其均值可近似作为矿床的 $\delta^{13}\text{C}_\text{E}$ 值, 该值即不同于岩浆岩碳值($-5\text{‰} \sim -8\text{‰}$, Taylor, 1967), 也不同于沉积碳酸盐碳值($\delta^{13}\text{C}$ 值近于0), 由H L Barnes (1979) 列出的许多热液矿床的碳同位素资料表明, 成矿晚期形成的碳酸盐矿物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值都具有增大的趋势。因此, 虽然研究区晚期方解石的碳同位素均值比岩浆岩碳值稍富 $\delta^{13}\text{C}$ 值, 但早主成矿期的流体碳同位素组成会更接近于岩浆岩的碳同位素组成。结合到早主成矿期的石英具丰富的 CO_2 流体包裹体, 说明了成矿流体具岩浆源的碳, 在晚期加入了一定数量的大气水淋取的碳。从两类金矿床碳

同位素组成可以看出,角砾岩型金矿碳同位素值更接近于岩浆岩碳值,而蚀变岩型金矿则有较多的大气水淋取的碳。这反映了成矿热液是以角砾岩体为主要通道,成矿至晚期在远离岩体的破碎带中则有较多的大气水加入,因而就有较多的非岩浆碳加入,这与硫同位素资料是吻合的。在大量的方解石出现的矿化晚期,角砾岩型金矿仍伴有少量的黄铁矿、碲化物和碲铋化物,而蚀变岩型金矿几乎不伴有黄铁矿和碲铋化物,石英也较少出现,这一阶段的差异也反映出成矿热液是以角砾岩体为中心的,向外流体的性质发生了变化。这一事实与同位素资料相辅证。

2.4 铅同位素

研究区两类金矿床和区内花岗岩的铅同位素组成(表6),变化范围较大。用正常铅单阶段演化模式(H-H法,取 $t_0=4500 \times 10^6$ a, $a_0=9.56$ $b_0=10.42$)计算 ϕ 值年龄,矿石模式年龄均值与围岩太古代年龄(2841×10^6 a,张国维等,1988)相比该值小得多,比岩浆岩年龄(120×10^6 a,邵克忠等,1992)大,属正常铅混合型。研究区铅同位素组成在Zartman等(1974)铅演化图上(图3),花岗岩和部分矿石铅分布在幔源铅演化线附近,二者具明显

表6 祁雨沟地区矿石和花岗岩铅同位素
Table 6. Lead isotopes of ores and granites in Qiyugou area

	样号	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	ϕ	T	μ
花岗岩	R5A	花岗岩	17.440	15.570	39.970	0.647	564	8.51
	R5B		17.199	15.391	37.477	0.651	602	8.31
	R5C	中钾长石	17.473	15.455	37.886	0.636	456	8.39
角砾岩型金矿	J ₂ PB ₁	方铅矿	17.443	15.620	38.100	0.660	890	8.72
	N ₆		17.730	15.820	38.980	0.661	694	9.04
	J ₄ PB ₁		17.280	15.480	37.780	0.665	640	8.46
	J ₄ PB ₂		18.530	16.620	40.760			
蚀变岩型金矿	HP ₁	方铅矿	17.290	15.478	37.823	0.645	630	8.45
	HP ₂		17.252	15.425	37.653	0.651	610	8.47

由地科院矿床地质研究所测定,精度为 $\pm 0.09\%$

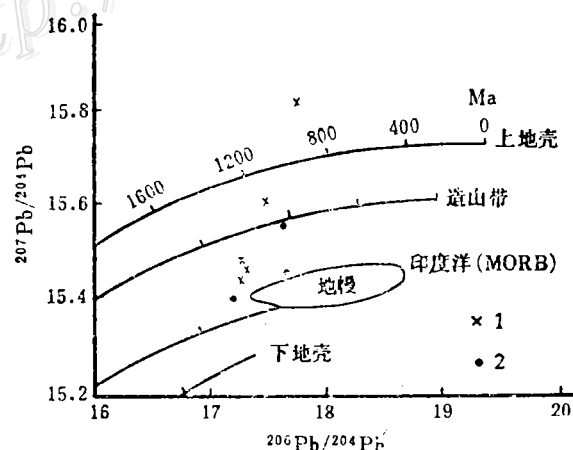


图3 铅同位素 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 构造环境分布图 (Zartman, 1981)

Fig. 3. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ geotectonic environment diagram.

的亲缘关系,说明本区金矿床之铅源主要与区内燕山期花岗岩铅源一致,以幔源铅为主。少量矿石铅分布造山带和上地壳铅范围,结合本区地质构造及氢、氧、硫、碳同位素特征,可以认为在成矿过程中有造山带和上地壳物质的加入。

3 结 论

祁雨沟地区两类型金矿床的稳定同位素组成特征相近,具窄的变化范围,说明二者具有一致的成矿热液来源。前锋蚀变成矿期矿化流体的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $+8.86\text{‰} \sim +6.9\text{‰}$,氢同位素 δD 值为 $-58\text{‰} \sim -65\text{‰}$,位于岩浆水值范围。祁雨沟地区两类金矿床30个硫同位素的 $\delta^{34}\text{S}$ 值和热液体系总硫($\delta^{34}\text{S}$)值接近。角砾岩型金矿床同位素均值(-5.07‰)接近于岩浆岩值($-5\text{‰} \sim -8\text{‰}$, Taylor, 1967)。以上两类矿床的同位素特征表明两类金矿床的矿化热液具有岩浆水的特征。区内各类型金矿床无不与燕山中晚期钙碱性花岗岩在空间上紧密依随,角砾岩体下部可见花岗闪长斑岩质岩浆胶结物和较高的均一温度(470°C),说明成矿流体是由区内钙碱性花岗岩浆演化形成的。两类金矿床的方铅矿和区内钙碱性花岗岩中钾长石的铅同位素特征表明金矿床成矿物质与中晚燕山期钙碱性花岗岩的成岩物质来源一致,皆源于上地幔。混合铅的存在指示了在岩浆侵位、分异演化和热液集聚、迁移成矿过程中上地壳成矿物质加入到岩浆热液中,参与了金矿的成矿作用。

两类型金矿床各阶段氢、氧、碳同位素特征表明,在早成矿阶段,成矿流体具典型的岩浆水性质;在主成矿阶段,成矿流体仍以岩浆水为主,混有少量大气水;而在晚成矿阶段,大气水显著增加。由两类金矿床硫、碳同位素差异表明,与构造破碎带蚀变岩型金矿床相比,同期角砾岩型金矿床成矿流体性质更接近于岩浆水性质。这反映出成矿热液是以角砾岩体为中心的,向外成矿流体的性质发生了变化。

结合到矿物共生组合(硫化物以黄铁矿为主,伴有磁黄铁矿和缺乏硫酸盐矿物)和包裹体资料,祁雨沟地区两种类型金矿床中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值接近于体系总硫($\delta^{34}\text{S}_\Sigma$)值,说明成矿热液是一种低pH、 f_{O_2} 的物化条件。

参 考 文 献

- 1 栾文楼等. 初论祁雨沟地区不同类型金矿床的同期同源性. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室1990年报. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1990.
- 2 邵克忠等. 祁雨沟地区爆发角砾岩型金矿成矿地质条件及找矿方向研究. 河北地质学院学报. 1992, 15(2): 105~183
- 3 张国维等. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社, 1988.
- 4 Gunter Faure. 同位素地质学原理. 潘曙兰等译. 北京: 科学出版社, 1983.
- 5 Barnes H L. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. Second edition. John Wiley & sons, 1979
- 6 Princkney D M et al. Fractionation of sulfur isotopes during ore-deposition in the Upper Mississippi Valley Zinc-Lead District. Econ. Geol., 1972, 67: 315
- 7 Sakai H. Isotopic properties of sulfur compounds in hydrothermal processes. Geochem. J., 1968, 2: 29~49
- 8 Taylor H P. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. Econ. Geol., 1974, 69: 843~883
- 9 Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics—the model. Tectonophysics, 1981, 75: 135~162

STABLE ISOTOPE STUDIES OF GOLD DEPOSITS IN QIYUGOU AREA, HENAN PROVINCE

Gao Yongfeng, Luan Wenlou and Wei Ruihua

(*Hebei College of Geology, Shijiazhuang 050031*)

Key words: stable isotope, gold deposit, Qiyugou of Henan

Abstract

In Qiyugou area of Henan Province there are cryptoexplosive breccia type and structurally shattered altered rock type gold deposits, which are closely related to the distribution of the Middle-Late Yanshanian calc-alkaline granitoids. Recent studies show that the two types of gold deposits were formed at the same time and have similar hydrothermal alteration-mineralization characteristics, and that their whole mineralization process might be divided temporally into "fore", "main" and "late" alteration-mineralization phases.

The two types of gold deposits are extremely similar to each other in stable isotope features, suggesting the cognate nature of these deposits. Hydrogen, oxygen, carbon and sulfur isotopic studies imply the magmatic water nature of the ore-forming fluid at the main metallogenic phase and the addition of considerable amounts of meteoric water to the ore-forming fluid at the late metallogenic phase. The high degree of sulfur isotope homogenization and the similar lead isotope composition between the granite complexes and the gold deposits demonstrate that ore materials of the gold deposits and rock-forming materials of the calc-alkaline granitoids were all derived from the upper mantle, with the entry of small amounts of upper crust lead into the ore-forming fluid. The breccia type gold deposits are somewhat different from the altered rock type gold deposits in sulfur and carbon isotopic composition, which accounts for the fact that the breccia body served as the center of the ore-forming fluid activity, and outwards, the composition of the ore-forming fluid varied to some extent.