

文章编号:0258-7106 (2004) 01-0061-06

豫西公峪金矿床地质地球化学特征及成因探讨^{*}

李永峰¹ 毛景文¹ 郭保健¹ 胡华斌¹ 白凤军²

(1 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2 河南有色地质矿产局平顶山地质勘察院, 河南 平顶山 467021)

摘 要 文章较为详细地总结了公峪蚀变岩型金矿的地质特征, 将成矿作用分为 3 个阶段, 即石英-黄铁矿阶段, 石英-硫化物阶段和石英-碳酸盐阶段, 并测定了矿石样品的稳定同位素组成。结果表明: 硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 $-1.7\text{‰} \sim 2.2\text{‰}$ 之间, 与陨硫石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值接近, 反映为深源; 成矿 I 阶段流体的 δD 值为 $-68\text{‰} \sim -86\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $-0.6\text{‰} \sim +4.9\text{‰}$, 成矿 II 阶段流体的 δD 值为 $-67\text{‰} \sim -84\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $-0.6\text{‰} \sim -8.9\text{‰}$, 反映成矿流体主要有两个来源, I 阶段以深源水为主, II 阶段有大量大气降水混入。公峪金矿与祁雨沟金矿应属于同一成矿系统的产物, 均与燕山晚期岩浆热液活动有关, 可能为同源、同期、不同构造空间的演化产物。

关键词 地质学 地质特征 成矿流体 硫氢氧同位素 金矿床 公峪 河南

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

公峪金矿区位于河南省嵩县祁雨沟金矿田内, 南邻祁雨沟金矿床(图 1), 地理坐标为: 东经 $111^{\circ}56'11'' \sim 111^{\circ}57'52''$, 北纬 $34^{\circ}12'29'' \sim 34^{\circ}14'44''$ 。20 世纪 80 年代中后期, 河南有色地质矿产局二大队和四大队对区内的构造蚀变岩型金矿开展了普查工作, 发现含金矿脉 20 余条(李永峰, 1999), 其中 9 条矿脉获得金资源量 10.3 t, 金平均品位 10.07×10^{-6} , 预测矿区远景资源量 50 t 以上, 与祁雨沟隐爆角砾岩型金矿一起构成了大型金矿田。

已有众多学者对祁雨沟隐爆角砾岩型金矿进行了详细研究(邵克忠等, 1989; 1992; 陈衍景等, 1992; 任富根等, 1996; 王志光等, 1997; 范宏瑞等, 2000; 王义天等, 2001; Mao et al., 2002; 卢欣祥等, 2003), 但对新发现的公峪构造蚀变岩型金矿尚未开展详细研究。本文在全面总结公峪金矿床地质特征的基础上, 结合稳定同位素地球化学研究, 探讨蚀变岩型金矿的成矿机理及其与祁雨沟隐爆角砾岩型金矿的成因联系。

1 成矿地质背景

公峪金矿区位于熊耳山变质核杂岩的东南边缘, 受熊耳山变质核杂岩东部近南北向拆离断裂和花山花岗岩体东南部北西向构造岩浆活动带的联合控制。区域内出露地层可分为上中下 3 层: 下层为太古界太华群中深变质岩系, 构成本区的早前寒武纪结晶基底; 中层为中元古代早期喷发沉积的熊耳群基性-酸性火山岩系, 构成区域内结晶基底之上的第一套盖层, 以拆离断层和太华群接触; 其上为新生界洪积-冲积相

与河湖相碎屑沉积物, 不整合于太华群和熊耳群之上。

区内岩浆活动具有长期性、多次性, 主要有太古宙晚期的双峰式火山喷发和中元古代早期的溢流与喷发, 以及燕山期大规模酸性岩浆活动, 其中燕山期岩浆活动最强烈, 并与金矿化密切相关, 先以基性、中基性小型脉体活动开始, 随后从中侏罗世起, 开始大规模的酸性岩浆侵入, 最早的酸性岩为燕山早中期呈北西向展布的五丈山正长花岗岩体, 之后, 又有嵩坪、花山、合峪等花岗岩基(株)形成。此外, 伴随着上述大型花岗岩体侵入, 尚有一系列小型花岗岩类岩株、岩墙等, 以及与其有成因联系的隐爆角砾岩体, 在矿区内主要呈北西向的构造岩带产出。

区内断裂构造十分发育, 主要呈 NE 向和 NNE 向, 为区内主要含矿断裂。公峪构造蚀变岩型金矿赋存于拆离断层附近的 NE 向断裂带内; 远离拆离断裂带, 金矿化明显变弱。目前已发现具有一定规模和矿化强度的 NE 向断裂破碎带 20 余条, 基本上呈等间距出现, 间距 100 m 左右。断裂带走向一般 $40^{\circ} \sim 55^{\circ}$, 倾向 NW, 常平行排列, 但向下多有分支复合、尖灭再现现象。单脉长度一般大于 1 000 m, 最长 3 600 m, 宽度一般大于 1 m, 最厚可达 5 m 以上(图 2、表 1)。虽然不同断裂破碎带的地质特征有一定差异, 但总体上仍为一比较协调的整体, 应是在同一剪切应力作用下形成的。

蚀变破碎带具有多期活动的特点, 早期表现为糜棱岩化和挤压片理化, 成矿期表现为碎裂岩化和角砾岩化。带内常发育石英细脉和细脉浸染状黄铁矿及方解石脉。破碎带断面一般有滑动特征和牵引现象, 顶板一般平直规则, 呈板状, 具

* 本文为国家重点基础研究发展规划项目(G1999043211)的部分研究成果

第一作者简介 李永峰, 男, 1964 年生, 高级工程师, 在读博士, 矿床学专业。

收稿日期 2003-09-12; 改回日期 2003-11-03。李 岩编辑。

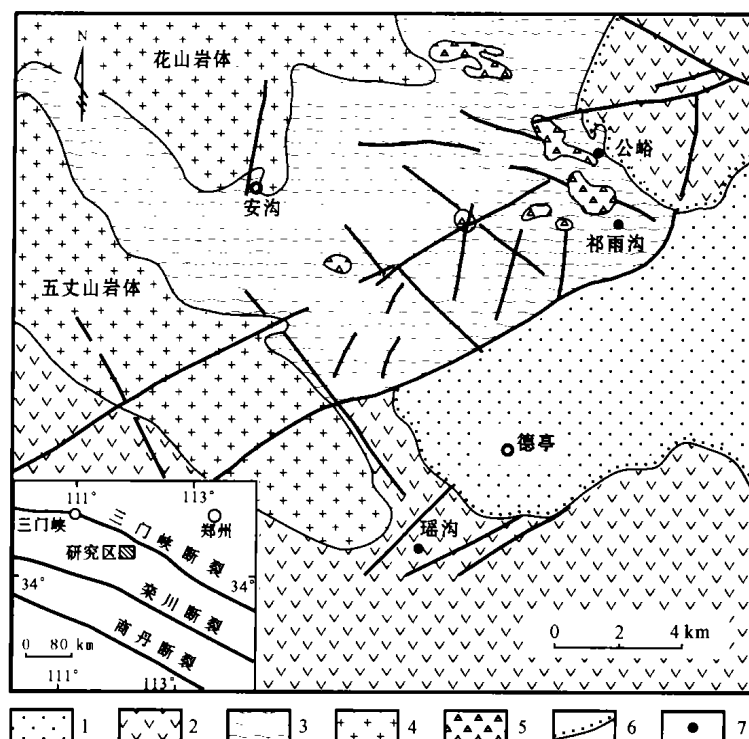


图 1 熊耳山东南部地质略图

1—第三系砂岩、砾岩;2—中元古界熊耳群安山岩;3—太古界太华群片麻岩;4—花岗岩;5—角砾岩;6—不整合面;7—金矿床

Fig.1 Geological sketch map of southeastern Xiong'er Mountain

1—Tertiary sandstone and conglomerate; 2—Andesite of Mesoproterozoic Xiong'er Group; 3—Gneiss of Archean Taihua Group; 4—Granite; 5—Breccia; 6—Unconformity; 7—Gold deposit

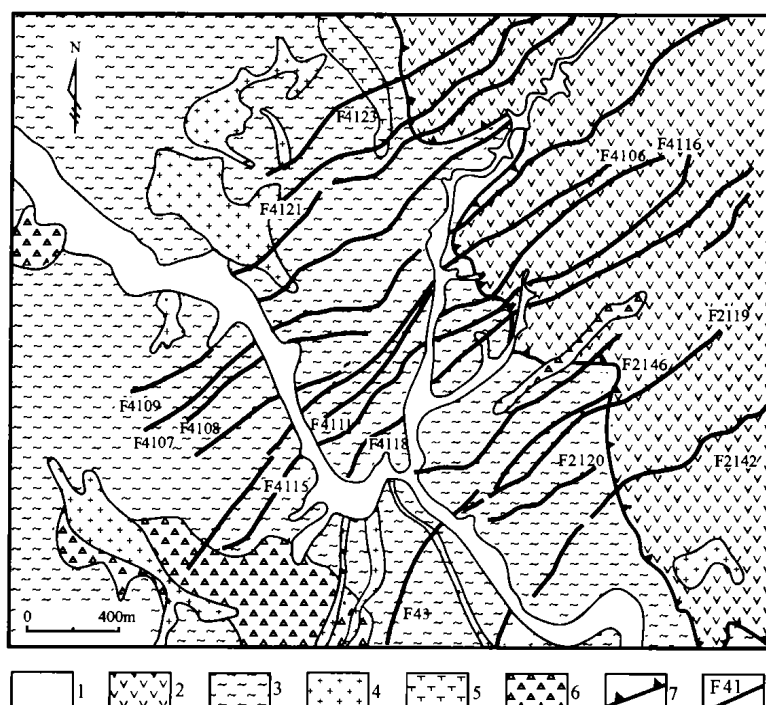


图 2 公峪矿区地质简图

1—第四系沉积物;2—熊耳群安山岩;3—太华群片麻岩;4—花岗岩;5—正长斑岩;6—角砾岩体;7—拆离断层带;8—构造蚀变破碎带(矿脉)

Fig.2 Geological sketch map of the Gongyu ore district

1—Quaternary; 2—Andesite of Mesoproterozoic Xiong'er Group; 3—Gneiss of Archean Taihua Group; 4—Granite; 5—Syenite porphyry; 6—Breccia; 7—Detachment fault; 8—Ore vein and related alteration

表 1 控矿断裂及矿体规模

Table 1 Ore-controlling faults and related orebodies

控矿断裂编号	矿脉规模/m		矿体规模/m		$w_{Au}/(g \cdot t^{-1})$
	长度	宽度	长度	宽度	
F2110	1060	0.5~2.50	357	0.74	9.24
F2119	1074	1.10	166	1.22	8.44
F2120	1936	0.87~1.20	480	1.28	12.42
F2146	600	0.8~2.20	155	0.90	7.36
F4115	1800	0.50~1.00	697	0.59	9.44
F4116	1500	0.9~2.80	298	1.35	6.16
F4118	2520	1.00~2.00	544	1.14	7.45
F4121	3100	1.00~3.00	860	0.84	6.15
F4107	3200	1.00~3.00	1645	1.03	7.16
F4109	3100	0.50~2.00	917	0.86	4.33

摩擦镜面和擦痕;底板起伏多变,产状变化较大,由此形成矿体的膨大和缩小,垂向上具有上窄下宽的特点,甚至呈倒楔形至近地表尖灭(白凤军,1999)。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征和矿石特征

公峪矿区金矿体的形态、产状严格受构造破碎带的控制,矿体产状与赋矿构造破碎带一致,走向 $35 \sim 78^\circ$,一般 $40 \sim 55^\circ$,倾向 NW,倾角 $55 \sim 87^\circ$,一般 $60 \sim 70^\circ$ 。矿体大多呈透镜状或脉状。单个矿体长度一般 $200 \sim 300$ m(表 1),最长 1 645 m;厚度变化较小,水平厚度一般 $0.74 \sim 1.60$ m,最大可达 3.54 m。

矿石中发现各类矿物 22 种(白凤军,1999),其中金属矿物 14 种,主要为黄铁矿,少量至微量黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、金银矿、自然银、黝铜矿、孔雀石、磁铁矿、含钛磁铁矿、镜铁矿、褐铁矿、赤铁矿。黄铁矿含量通常为 $10\% \sim 20\%$,最高可达 60% 。脉石矿物以石英为主,含量为 $40\% \sim 60\%$,其次为绿泥石、方解石、绢云母,微量绿帘石、钾长石、斜长石、绢云母、黑云母和副矿物榍石、磷灰石。矿石结构主要有半自形-他形粒状结构、碎裂结构、充填交代结构等。矿石构造主要有致密块状、浸染状、条带状、角砾状构造等。

金主要以自然金的形式存在,金银矿少见,大多赋存于黄铁矿裂隙或孔隙中,少量赋存于黄铁矿与石英或黄铁矿与黄铜矿颗粒之间,亦可见自然金包裹于黄铁矿中。自然金呈他形粒状、不规则状,个别呈长条状和枝状,粒径多为 $0.01 \sim 0.06$ mm,少量 $0.1 \sim 0.24$ mm。

2.2 围岩蚀变与成矿阶段

公峪金矿围岩蚀变发育,并严格受破碎带控制,一般发育在带内,向两侧蚀变急剧减弱,在围岩裂隙发育处,形成较宽的强蚀变岩带。蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化为主,其次为钾长石化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化等,局部发育高岭

石化。

公峪金矿成矿作用大致可分为 3 个阶段。第 I 阶段为石英-黄铁矿阶段,以硅化为主,形成乳白色致密状石英,与石英一同沉淀的黄铁矿呈粗大团块状,含金量较低,由于受后期构造及热液影响,该阶段石英与黄铁矿常出现碎裂特征并被晚期矿物所充填。第 II 阶段为石英-硫化物阶段,是金矿化形成的主要阶段,以发育黄铁绢英岩化为特征,黄铁矿多呈他形,与黄铜矿、方铅矿等硫化物及灰色微晶石英、绢云母等共生,以团块状出现或呈网脉状穿插第 I 阶段形成的石英和黄铁矿。第 III 阶段为石英-碳酸盐阶段,蚀变矿化普遍较弱,方解石大量出现,为成矿作用晚期的产物,金属硫化物少见。

3 稳定同位素分析流程及测试结果

本研究测试的矿石样品,主要采于矿区大公峪矿段 F4118 矿脉 535 中段和小公峪矿段 F2120 矿脉 430 中段。样品新鲜,经显微镜下手工挑选,单矿物纯度大于 99% 。

本次研究共分析了 13 件成矿期的石英流体包裹体的氢、氧同位素组成。样品经清洗、去吸附水和次生包裹体后,再采用加热爆破法提取原生流体包裹体中的 H_2O 和 CO_2 。将提取的包裹体 H_2O 与 Zn 在 $400^\circ C$ 条件下反应 30 min 制取 H_2 ,测定 H_2O 中的 δD 值;石英的氧同位素测定采用 BrF_5 分析法。使用的质谱计型号为 MAT251EM,以 SMOW 为标准,分析精度为 0.2% 。测试结果见表 2。

本研究硫同位素组成的测定流程为:以 Cu_2O 和 V_2O_5 作

表 2 公峪金矿区石英流体包裹体氢氧同位素组成

Table 2 Oxygen and hydrogen isotopic composition of vein type ores in the Gongyu gold deposit

样号	$t_h/^\circ C$	$\delta^{18}O_{V-SMOW}/\%$	$\delta D_{V-SMOW}/\%$	$\delta^{18}O_{H_2O}/\%$
GY-F ₁₁₈ -1(II)	121	9.5	-84	-8.9
GY-F ₁₁₈ -2(II)	147	10.8	-79	-5.0
GY-F ₁₁₈ -3(II)	162	11.5	-77	-3.0
GY-F ₁₁₈ -4(II)	176	12.2	-67	-1.2
GY-F ₁₁₈ -5(II)	195	11.4	-69	-0.6
GY-F ₁₁₈ -6(II)	212	11.6	-71	0.6
GY-F ₁₂₀ -1(I)	238	10.9	-68	1.4
GY-F ₁₂₀ -2(I)	247	11.0	-86	1.9
GY-F ₁₂₀ -3(I)	264	10.8	-78	2.5
GY-F ₁₂₀ -4(I)	292	8.5	-71	1.3
GY-F ₁₂₀ -5(I)	318	9.2	-70	2.9
GY-F ₁₂₀ -6(I)	332	10.7	-68	4.9
GY-F ₁₃₀ -1(I)	364	8.8	-80	3.9

注:①测试仪器型号:MAT251;测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所;测试人:万德芳;精度: 0.2% 。②表中的 t_h 为实测平均值,采用的分馏方程为: $1000 \ln a_{石英-水} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.40$ (Clayton et al., 1972)。③括号中 II 为第 II 成矿阶段, I 为第 I 成矿阶段。

为混合氧化剂,在高温、真空条件下,与测试矿物反应制取 SO_2 。所用仪器为 MAT251EM,以 CDT 为标准,测试精度为 0.2‰。分析结果(表 3)表明:矿体中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-1.1\text{‰} \sim -2.2\text{‰}$,极差 3.3‰,平均为 0.72‰;而 3 个方铅矿样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-1.7\text{‰} \sim -0.9\text{‰}$,平均 -1.27‰ ;黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值大于方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,说明矿石中的硫同位素分馏基本上达到了平衡。

表 3 公峪金矿床硫同位素组成

Table 3 Sulfur isotope composition of the Gongyu gold deposit

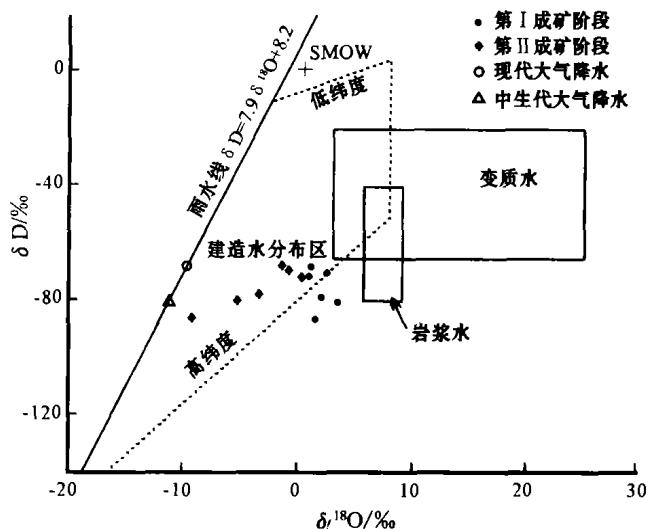
样号	测定矿物	成矿阶段	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V.CDT}}/\text{‰}$
GY-F ₁₁₈ -1	黄铁矿	Ⅱ	1.6
GY-F ₁₁₈ -2	黄铁矿	Ⅱ	1.1
GY-F ₁₁₈ -3	黄铁矿	Ⅱ	1.3
GY-F ₁₁₈ -4	黄铁矿	Ⅱ	2.2
GY-F ₁₁₈ -5	黄铁矿	Ⅱ	1.9
GY-F ₁₁₈ -6	黄铁矿	Ⅱ	1.6
GY-F ₁₁₈ -1	方铅矿	Ⅱ	-0.9
GY-F ₁₁₈ -2	方铅矿	Ⅱ	-1.7
GY-F ₁₁₈ -6	方铅矿	Ⅱ	-1.2
GY-F ₁₃₀ -1	黄铁矿	I	0.7
GY-F ₁₂₀ -1	黄铁矿	I	-0.7
GY-F ₁₂₀ -2	黄铁矿	I	0.5
GY-F ₁₂₀ -3	黄铁矿	I	-1.1
GY-F ₁₂₀ -4	黄铁矿	I	-0.5
GY-F ₁₂₀ -5	黄铁矿	I	-0.1
GY-F ₁₂₀ -6	黄铁矿	I	0.8

注:测试仪器型号:MAT251;测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所;测试人:万德芳;精度:0.2‰。

4 讨论

4.1 成矿流体的来源

如表 2 所示,13 件石英矿物的 $\delta^{18}\text{O}$ 值介于 $8.5\text{‰} \sim 12.2\text{‰}$ 之间,与石英平衡的热液水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $-8.9\text{‰} \sim +4.9\text{‰}$,其中成矿 I 阶段(石英中流体包裹体的均一温度为 $364 \sim 238^\circ\text{C}$)的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $1.3\text{‰} \sim +4.9\text{‰}$,平均为 2.69‰ ,成矿 II 阶段(石英中流体包裹体的均一温度为 $212 \sim 121^\circ\text{C}$)的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $-8.9\text{‰} \sim +0.6\text{‰}$,平均为 -3.02‰ ,13 件样品中有 12 个样品的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} < 4\text{‰}$ 。所有样品的 δD 值均低于 -67‰ ,集中于 $-70\text{‰} \sim -80\text{‰}$,与本区中生代雨水(张理刚,1985)和现代雨水(罗铭玖等,1992)的组成相近,反映成矿流体明显受大气降水的影响。在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 关系图(图 3)上,投影点大多落在变质水、岩浆水左下侧和大气降水之间的范围内,这可能是由于岩浆水或变质水与大气水的混合造成了氢、氧同位素组成向大气水线的“漂移”,而且混入的大气水愈多,“漂移”愈强烈(张理刚,1985)。从 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 关系图上还可以看出,随着成矿作用的进行,从早阶段到晚阶段,成矿温度逐渐降低,氢、氧

图 3 公峪金矿床成矿流体 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 图解

底图引自 Rollinson(1993),岩浆水的范围引自 Taylor(1974),雨水线引自郑淑惠(1983),现代大气降水数据引自罗铭玖等(1992),中生代大气降水数据引自张理刚(1985)

Fig. 3 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ diagram of ore-forming fluids in the Gongyu gold deposit

The base diagram from Rollinson (1993), the field of magmatic water from Taylor (1974), the meteoric water line from Zheng (1983), the modern meteoric water data from Luo et al. (1992), and the Mesozoic meteoric water from Zhang (1985). 1—First ore-forming stage; 2—Second ore-forming stage; 3—Modern meteoric water; 4—Mesozoic meteoric water

同位素也逐渐向大气雨水线靠近,表明成矿 II 阶段比成矿 I 阶段有更多大气水的加入,导致流体不断稀释,温度不断降低,流体中的金大量沉淀。

公峪金矿床的硫化物以黄铁矿为主,伴有磁黄铁矿等,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值可近似代表成矿流体中全硫(ΣS)的 $\delta^{34}\text{S}$ 。如表 3 所示,16 个样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 $-1.7\text{‰} \sim 2.2\text{‰}$ 之间,平均为 0.34‰ ;变化范围不大,与陨硫接近,反映主要以深源岩浆硫为特征。但从表 3 可以看出,成矿 I、II 阶段的硫同位素组成略有差异,II 阶段的 $\delta^{34}\text{S}$ 值略大于 I 阶段。

综上所述,公峪金矿的成矿流体主要有两个来源,I 阶段以深源水为主,II 阶段有大量大气降水混入。大气水的混合、稀释产生的冷却效应和流体上升后压力的降低,导致了流体中成矿物质在断裂的有利部位沉淀。

4.2 公峪金矿床与祁雨沟金矿床的成因联系

公峪蚀变破碎带型金矿床和祁雨沟隐爆角砾岩型金矿床产于同一金矿田内,两者的成矿物质和成矿过程有较多的相似性。在矿石物质组成上,蚀变破碎带型金矿的金属矿物主要为黄铁矿,次有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、斑铜矿等,表明其与隐爆角砾岩型金矿的矿物成分(邵克忠等,1989;1992)大致相同;蚀变破碎带型金矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 $-1.7\text{‰} \sim 2.2\text{‰}$ 之间,平均为 0.34‰ ;而隐爆角砾岩型金矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于

-2.74‰~3.35‰(邵克忠等,1989;王志光等,1997;范宏瑞等,2000;),均显示出深源硫的特征;两类矿床都具有3个成矿阶段,I阶段成矿流体以深源为主,II阶段则为混合流体。在空间展布上,蚀变破碎带型金矿产于隐爆角砾岩体附近0.1~1 km的北东向蚀变破碎带中,两者均在拆离断层带附近,同时均位于花山花岗岩基南东5~7 km的范围内;在形成时间上,隐爆角砾岩型金矿的形成时间为 (125.11 ± 1.59) Ma(王义天等,2001),蚀变破碎带型金矿的形成时间为 (122.87 ± 0.95) Ma(李莉等,2002),花山花岗岩体的形成时间为127 Ma(K-Ar法)(王志光等,1997),两种类型的金矿与花山岩体大致同时形成。因此,尽管公峪金矿与祁雨沟金矿产出形式不同,但它们均与燕山晚期花山花岗岩浆热液活动有关,可能为同源、同期、不同构造空间构成的同一成矿系统的演化产物,它们均形成于中国东部中生代大规模成矿作用的鼎盛时期(130 Ma,毛景文等,2000),其地球动力学背景对应于毛景文等(2003)所总结的岩石圈大规模拆沉。

5 结 论

公峪金矿床矿体赋存于构造蚀变破碎带中,属构造蚀变岩型金矿床。氢氧同位素组成表明,成矿流体来自岩浆水与大气降水的混合,硫同位素组成表明成矿物质主要来自深部。金矿化主要发育于两个阶段,从成矿I阶段到成矿II阶段,成矿温度逐渐降低,成矿流体中大气降水的比例逐渐增大。成矿过程中大气水的混合、成矿流体温度的降低和流体上升后压力的降低,导致了流体中成矿物质在断裂的有利部位沉淀。

公峪蚀变岩型金矿床与祁雨沟隐爆角砾岩型金矿床虽然矿化类型不同,但两者具有明显的时间、空间和成因联系,它们可能是同一成矿系统的产物,由于形成的构造部位不同,从而导致了矿化类型的差异。

致 谢 笔者在野外工作期间,得到了河南金源矿业公司赵英豪副总经理和韩军主任的大力支持和帮助;在室内工作和论文撰写期间曾与李厚民博士进行了认真讨论,受益匪浅;在此谨向他们表示衷心的感谢!

References

- Bai F J. 1999. Geological characteristics of the Xiaogongyu gold deposit in Songxian and its criteria for prospecting[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 8(6): 493~497(in Chinese with English abstract).
- Chen Y J and Fu S G. 1992. Mineralization of gold deposits in west Henan, China [M]. Beijing: Seismological Press. 1~85 (in Chinese).
- Clayton R N, O'Neil J R and Mayeda T K. 1972. Oxygen isotope exchange between quartz and water[J]. J. Geophys. Res., (B77): 3057~3067.
- Fan H R, Xie Y H, Zheng X Z, et al. 2000. Ore-forming fluids in hydrothermal breccia-related gold mineralization in Qiyugou, Henan Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 16(4): 559~563(in Chinese with English abstract).
- Li L and Qi J Z. 2002. Geological characteristics and genesis of Gongyu lode gold deposit, Henan Province [J]. Mineral Deposits, 21 (Supp.): 625~628(in Chinese).
- Li Y F. 1999. The control of faults on metallization in the Gongyu gold mine, Henan Province[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 8(6): 517~521(in Chinese with English abstract).
- Lu X X, Wei X D, Yu Z P, et al. 2003. Characteristics of ore-forming fluids in gold deposits of Xiaoqinling-Xiong'er shan area[J]. Mineral Deposits, 22(4): 377~385(in Chinese with English abstract).
- Luo M J, Wang H Z and Pang C A. 1992. Gold deposit in Henan[M]. Beijing: Seismological Press. 137~156, 283~291(in Chinese).
- Mao J W and Wang Z L. 2000. A preliminary study on time limits and geodynamic setting of large-scale metallogeny in East China [J]. Mineral Deposits, 19(4): 289~296 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Goldfarb R J, Zhang Z W, et al. 2002. Gold deposits in the Xiaoqinling-Xiong'er shan region, Qinling mountains, central China [J]. Mineralium Deposita, 37: 306~325.
- Mao J W, Zhang Z H, Yu J J, et al. 2003. The geodynamics setting of Mesozoic large-scale mineralization in North China: the revelation from accurate timing of metal deposits[J]. Science in China (Series D), 33(4): 289~299(in Chinese with English abstract).
- Ren F G, Li W M, Li Z H, et al. 1996. Ore-forming geological conditions and models for ore searching and ore evaluation of gold deposit in Xiong'er shan-Xiaoshan area[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 29~95(in Chinese).
- Rollinson H R. 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation[M]. Singapore: Longman Singapore Publishers. 266~315.
- Shao K Z and Luan W L. 1989. B-sulfid—the genesis and prospecting criteria of explode-collapsed breccia type gold deposits in Qiyugou[J]. J. Hebei College of Geology, 12(3): 27~31 (in Chinese with English abstract).
- Shao K Z, Wang B D, Wu X G, et al. 1992. Mineralogenetic condition of volcanic breccia type gold deposits and their prospecting directions in Qiyugou[J]. J. Hebei College of Geology, 15(2): 105~194 (in Chinese with English abstract).
- Taylor H P. 1974. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition[J]. Econ. Geol., 843~883.
- Wang Y T, Mao J W and Lu X X. 2001. ^{40}Ar - ^{39}Ar dating and geochronological constrains on the ore-forming epoch of the Qiyugou gold deposit in Songxian County, Henan Province[J]. Geol. Rev., 47(5): 551~555 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z G, Cui B, Xu M L, et al. 1997. The tectonic evolution and mineralization in the south margin of North China block[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 1~296 (in Chinese with English abstract).

abstract).

- Zhang L G. 1985. The application of the stable isotope to Geology[M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House. 54~250 (in Chinese).
- Zheng S H. 1983. Study on the H-O isotope of meteorolite in China[J]. Scientific Bulletin of China, 28(13): 801~806(in Chinese).

附中文参考文献

- 白凤军. 1999. 嵩县小公峪金矿区构造蚀变岩型金矿的基本特征与找矿标志[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6): 493~497.
- 陈衍景, 富士谷. 1992. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京: 地震出版社. 1~85.
- 范宏瑞, 谢奕汉, 郑学正, 等. 2000. 河南祁雨沟热液角砾岩体型金矿床成矿流体研究[J]. 岩石学报, 16(4): 559~563.
- 李莉, 齐金中. 2002. 河南公峪石英脉型金矿地质特征及其成因探讨[J]. 矿床地质, 21(增刊): 625~628.
- 李永峰. 1999. 河南公峪金矿区断裂控矿作用分析[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6): 517~521.
- 卢欣祥, 尉向东, 于在平, 等. 2003. 小秦岭-熊耳山地区金矿的成矿流体特征[J]. 矿床地质, 22(4): 377~385.
- 罗铭玖, 王亨治, 庞传安. 1992. 河南金矿概论[M]. 北京: 地震出版社. 137~156, 283~291.
- 毛景文, 王志良. 2000. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨[J]. 矿床地质, 19(4): 289~296.
- 毛景文, 张作衡, 余金杰, 等. 2003. 华北及邻区中生代大规模成矿的地球动力学背景: 从金属矿床年龄精确得到启示[J]. 中国科学(D辑), 33(4): 289~299.
- 任富根, 李维明, 李增慧, 等. 1996. 熊耳山-崤山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型[M]. 北京: 地质出版社. 29~95.
- 邵克忠, 栾文楼. 1989. B-硫酸盐、B-硫化物——祁雨沟爆发-坍塌角砾岩型金矿床成因及找矿标志[J]. 河北地质学院学报, 12(3): 27~31.
- 邵克忠, 王宝德, 吴新国, 等. 1992. 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[J]. 河北地质学院学报, 15(2): 105~194.
- 王义天, 毛景文, 卢欣祥. 2001. 嵩县祁雨沟金矿成矿时代的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学证据[J]. 地质论评, 47(5): 551~555.
- 王志光, 崔毫, 徐孟罗, 等. 1997. 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M]. 北京: 冶金工业出版社. 1~296.
- 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. 54~250.
- 郑淑惠. 1983. 我国大气降水的氢氧稳定同位素研究[J]. 科学通报, 28(13): 801~806.

Geology, Geochemistry and Genesis of Gongyu Altered Tectonite Type Gold Deposit in Western Henan Province

Li Yongfeng¹, Mao Jingwen¹, Guo Baojian¹, Hu Huabin¹ and Bai Fengjun²

(1 Faculty of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Pingdingshan Institute of Geological Exploration, Henan Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Pingdingshan 467021, Henan, China)

Abstract

There are two types of gold deposits in the Qiyugou gold orefield of western Henan Province, i. e., cryptoexplosive breccia type (Qiyugou gold deposit) and altered tectonite type (Gongyu gold deposit). In this paper, geological characteristics of the Gongyu gold deposit are discussed. The S-H-O stable isotope analytical results of the Gongyu deposit bring us some evidence about its genesis. The $\delta^{34}\text{S}$ values of the sulfides range from -1.7‰ to -2.2‰ , close to the values of meteorolite, indicating that the ore-forming substance was probably derived from the upper mantle or some deep place. The δD and the $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ values of the first ore-forming stage are $-68\text{‰} \sim -86\text{‰}$ and $-0.6\text{‰} \sim +4.9\text{‰}$ respectively, implying that the ore-forming fluids were derived mainly from the deep place. The δD and the $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ values of the second ore-forming stage are $-67\text{‰} \sim -84\text{‰}$ and $-0.6\text{‰} \sim -8.9\text{‰}$ respectively, suggesting that the ore-forming fluids probably came from the deep fluid and the meteoric water. It is believed that the mixing of fluids resulted in the deposition of minerals in the Gongyu gold deposit. The above two types of gold deposits in the Qiyugou orefield might have been formed in the same metallogenic system related to the Yanshanian hydrothermal fluids.

Key words: geology, geological characteristics, ore-forming fluid, stable isotope, Gongyu gold deposit, Henan Province