

河南栗子沟金矿成矿流体演化

许令兵^{1,2} 刘国华² 王 忠² 向世红³

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 河南省有色金属地质矿产局第二地质大队, 河南 郑州 450016; 3. 河南省有色金属地质矿产局, 河南 郑州 450016)

摘要:栗子沟金矿位于河南省熊耳山变质核杂岩中, 矿区内已有矿化类型有 Au、Ag、Pb(Ag), 显示出矿区内有较大的找矿潜力。笔者以金矿床为研究对象, 通过对流体包裹体的分析研究认为, 在不同的矿化阶段包裹体类型及包裹体类型组合不同, 成矿早期(Ⅰ), 流体以高温、高盐度为特征, 反映出其来源可能来自深部; 在主成矿期(Ⅱ), 流体裹包体则表现为均一温度的降低, 盐度总体呈现为降低, 但变化范围较大 18.14‰~0.59‰, 到了成矿晚期(Ⅲ), 成矿流体进一步演化, 温度降低, 盐度减少。氢、氧同位素研究表明, 早期阶段成矿流体的 δD 为 -77.85‰~-70.43‰, 应来源于岩浆热液或变质热液; 第Ⅱ阶段和第Ⅲ阶段明显偏离岩浆水, 向大气水方向飘移。

关 键 词:金矿; 成矿流体; 河南

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2009)02-0450-06

河南省嵩县栗子沟金矿是河南省有色金属地质矿产局第二地质大队近年来在熊耳山地区找矿过程中新发现的、具较大找矿潜力的地区之一。目前, 在矿区内已发现含矿构造蚀变带数十条, 矿种有金、银及铅锌矿。含矿构造蚀变带按走向可分为 NE 向及 NW 向两组, 从目前找矿成果看, 矿区内含矿构造带无论从数量上还是在矿化强度上, 均以 NW 向含矿构造带为主, 反映出 NW 向断裂控矿的特点。自 2000 年以来, 该区地质找矿工作投入不断增加, 先后两次被确定为国家级资源补偿费项目。为了对该区金矿的成矿规律有更深入的了解, 以便指导探矿工程的施工, 提高工程见矿率, 2007 年该队与中南大学联合开展了该区的成矿规律和成矿预测研究工作。

1 区域成矿背景

栗子沟金矿位于河南省嵩县县城西南约 35 km 处, 大地构造位置处在华北地台南缘熊耳山变质核杂岩中, 熊耳山变质核杂岩是河南省较著名的金银矿集区, 矿床类型有构造蚀变岩型矿床(如上宫金矿、前河

金矿、公峪金矿、崔香洼金矿、铁炉坪银铅矿等)、爆破角砾岩型金矿床(如祁雨沟金矿、店房金矿)。

熊耳山变质核杂岩构造是在中、新生代伸展构造运动背景中形成的, 其南北两侧以东北向展布的卢氏—洛宁断陷盆地和潭头—嵩县断陷盆地分别与崤山变质核杂岩和外方山隆断区相隔(图 1)。核心出露早前寒武纪结晶基底太华群。太华群是一套以片麻岩为主的深变质岩系, 其变质程度普遍达角闪岩相, 局部达麻粒岩相, 组成岩石主要为混合岩、斜长角闪岩、斜长片麻岩、变粒岩等各类片麻岩, 局部夹有大理岩、白云质大理岩、石墨片麻岩、磁铁石英岩、磁铁变粒岩小夹层和透镜体。根据地层的构造形态、岩石组合等特点将太华群划分为 3 组, 自下而上依次为: 草沟组、石板沟组、段沟组。

在熊耳山地体南部和北部广泛分布熊耳群火山—沉积岩系, 角度不整合覆盖在太华群之上, 该群由大古石组、许山组、鸡蛋坪组和马家河组构成, 大古石组为砾岩—砂岩—泥质岩等沉积岩系, 其余 3 组为陆相玄武安山岩、安山岩、英安岩和流纹岩等组成的火山岩系, 其形成构造环境有陆弧和裂谷两种观点^[1]。

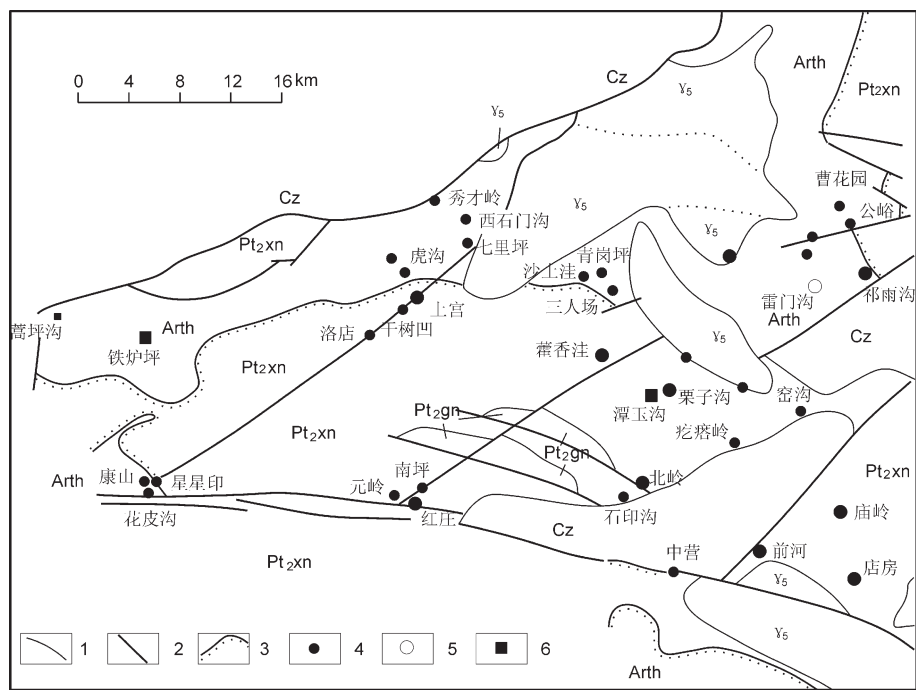


图 1 熊耳山地区金(银)矿分布图(据卢欣祥等,2004)

Cz—新生界;Pt₂gn—官道口群;Pt₂xn—熊耳群;Arth—太华群;γ₅—花岗岩;
1—地质界线;2—断层;3—不整合面;4—金矿床;5—钼矿床;6—银矿床(铅、锌)

Fig.1 Geological sketch map showing the distribution of gold (silver) deposits in Xiongershan
(after Lu Xinxiang et al., 2004)

Cz—Cenozoic;Pt₂gn—Guandaokou Group;Pt₂xn—Xionger Group;Arth—Taihua Group;
γ₅—granite; 1—geological boundary;2—fault;3—unconformity;4—Au deposit;5—Mo deposit;6—Ag (Pb, Zn)deposit

区内断裂构造较发育,以 NE 向压扭性断层最发育,且控矿明显,经历了压扭—张扭—压扭的演变过程,与近 NS、NW、EW 向断层配套发育,属马超营断裂的次级构造。马超营断裂作为熊耳山地体的南边界,宽 1~3 km,断裂带构造变形和劈理化强烈,普遍遭受硅化等蚀变,已被公认为中生代的陆内俯冲混杂带^[3]。

熊耳山区中生代碰撞型花岗岩类较为发育^[3],尤其以花山、五丈山、金山庙等花岗岩基和祁雨沟、雷门沟等斑岩—爆破角砾岩群最为醒目。

熊耳山及其周边岩浆活动比较频繁,从 260 Ma 到 80 Ma 本区岩浆侵入活动都有发生,以 100~140 Ma 为主^[4]。在空间上与成矿作用关系最大的主要为一些小的中酸性岩脉、岩株等,含硅高($\text{SiO}_2 \geq 70\%$),以富碱富钾($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7.6\% \sim 8.82\%$)和低钠($\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O} = 0.2 \sim 1.64$,平均 0.66)为特征^[5],具有斑状结构,通常分布在大的岩基周围。在花山岩体、五丈山岩体东部有祁雨沟金矿、雷门沟斑岩钼金矿,南部和西部

分布有上宫等金矿及铅银矿床(点),这些矿床通常分布于岩体的边部,或岩体外围 1~5 km 范围内^[6],或与石英斑岩、二长斑岩、正长斑岩相伴产出。这些足以说明本区岩浆作用和矿床之间存在成因联系。

2 矿床地质特征

现阶段勘查结果表明,有价值的金矿化都直接受控于、赋存在蚀变构造破碎带内。这些破碎带主要由蚀变构造角砾岩组成,构造角砾岩带水平宽度从不足 0.5 m 至 2 m,最宽可达 15 m。角砾岩呈深灰色、灰绿色,氧化程度高者呈褐红色。角砾轮廓清晰,呈尖棱状、次棱角状,少量呈圆状。岩石碎屑成分与断裂通过的围岩岩类有关,一般为安山岩。角砾粒径多在 1~5 cm,个别达 10~30 cm,偶见有 80 cm 者。胶结物几乎遭受不同程度的热液蚀变,致使角砾胶结坚固,有细脉浸染状黄铁矿化,局部出现石英团块、石英脉、黄铁矿脉和方解石脉。矿区内含矿构造带大致以北西(顺层产出)、北东向(切层产出)展布(图 2)。

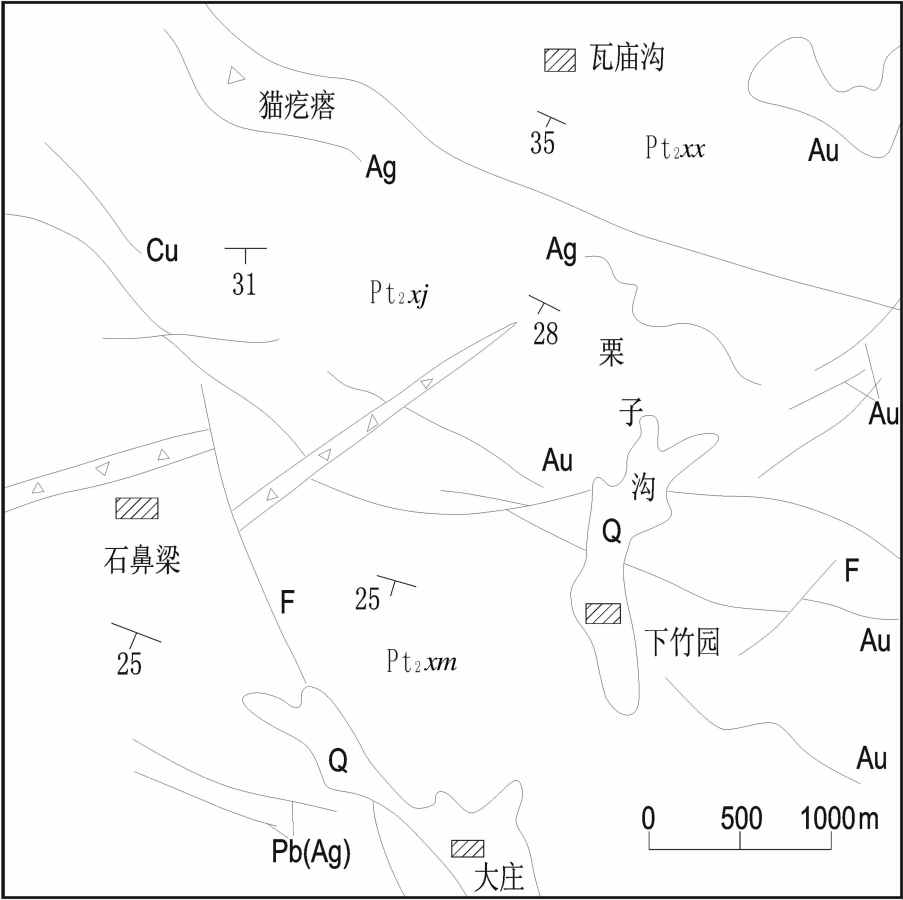


图 2 栗子沟金矿区地质简图
Q—第四系;Pt_{2xm}—熊耳群马家河组;Pt_{2xj}—熊耳群鸡蛋坪组;Pt_{2xx}—熊耳群许山组;F—断层;Au—金矿脉;
Ag—银矿脉;Pb(Ag)—铅(银)矿脉

Fig.2 Geological sketch map of the Lizigou gold ore district
Q—Quaternary;Pt_{2xm}—Majiahe Formation of Xionger Group;Pt_{2xj}—Jidanping Formation of Xionger Group;
Pt_{2xx}—Xushan Formation of Xionger Group;F—fault;Au—Au deposit;Ag—Ag deposit;Pb(Ag)—Pb(Ag) deposit

北西向构造带产状 205~250°∠40~60°，宽 0.2~1.2 m,长 200~3200 m,沿走向和倾向均呈舒缓波状。破碎带内构造岩类型有蚀变碎裂岩、石英脉等,矿化蚀变主要有硅化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、褐铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化等,金矿化与黄铁矿化、硅化关系密切。

根据脉体穿插关系，本区的金矿化可分为 3 个阶段：Ⅰ 黄铁矿—石英阶段：主要形成粗粒的、自形程度较高的黄铁矿和白色的石英,矿化较弱,是矿化的先锋期；Ⅱ 石英—多金属硫化物阶段：该区金矿化的主要阶段，形成了细粒的他形黄铁矿、烟灰色石英,并伴有少量黄铜矿和方铅矿；Ⅲ 碳酸盐—石英阶段：该阶段是矿化的晚期,形成了方解石和石英及少量黄铁矿,矿化较弱。

3 成矿流体特征

3.1 流体包裹体类型及特征

本次工作共采集 22 件样品进行包裹体测定和研究。研究发现,包裹体形态多呈椭圆形,直径一般在 6~10 μm,个别达到 20 μm。根据常温下相态包裹体可分为：气体包裹体(V)、气液包裹体(V-L 型)、液体包裹体(L 型)和 CO₂ 包裹体(C 型)3 种类型,即只有气液液两相,并且液相所占体积百分比大于 50%者为 L 型，气相所占体积百分比大于 50%者为 V 型,含有液相 CO₂ 者为 C 型。在不同的矿化阶段包裹体类型及包裹体类型组合不同。

第Ⅰ阶段，仅见 V 型包裹体，其均一温度为 358~256℃，其冰点为 -9.2~-5.4℃，对应的盐度为

表 1 氢、氧同位素组成 (‰)
Table 1 Oxygen and hydrogen isotopic composition

样号	测试矿物	成矿期	均一温度℃①	δ D 包裹体水	δ ¹⁸ O 石英	δ ¹⁸ O 水②
D19	石英	II	168	-76.1	7.2	-6.74
D17	石英	II	134	-76.3	10.3	-6.73
D15	石英	II	215	-80.9	4.1	-6.65
D14	石英	III	194	-87.6	5.4	-8.24
D13	石英	III	214	-90.7	3.1	-7.74
D4	石英	I	320	-70.43	11.3	5.07
D12	石英	I	340	-77.85	11.6	6.01

注：由宜昌地质所同位素室邹标平在 Finnigan-MAT252 质谱仪测定，其 δ D 和 δ ¹⁸O 值(‰SMOW)，精确度分别为±1‰和±0.2‰。①表中的均一温度为实测的平均温度；②利用 Clayton et al (1972)的平衡方程式计算获得。

17.9%~10.5%，包裹体大小为 2~18 μ m。反映出成矿流体早期具有高温、高盐度的特点。

第 II 阶段，包裹体类型较复杂，见有 V、L 及 C，以 L 型为主，与第 I 阶段相比，L 型增多，V 有减少，并见有混杂分布的现象。L 型包裹体的均一温度为 215~132℃，其冰点为 -9.3~-0.3℃，对应的盐度为 18.14%~0.59%，包裹体大小为 6~8 μ m。盐度变化范围大，说明成矿作用的多期性。

第 III 阶段，包裹体仅见有 L 型为主，包裹体的均一温度为 123~157℃，其冰点为 -3.9~-2.3℃，对应的盐度为 7.61%~4.49%，包裹体大小一般为 4~7 μ m。

总之，从成矿早期到成矿晚期，流体包裹体逐渐变小，气相所占比例降低，均一温度及盐度也有降低的趋势。反映了成矿流体的演化的连续性特征。成矿早期（I），流体以高温高盐度为特征，反映出其来源可能来自深部；在主成矿期（II），由于发生强烈的水—岩交换作用，以及流体的混合作用（深部流体与大气降水的混合），造成流体的物理化学性质改变，流体裹包体则表现为均一温度的降低，盐度总体呈现为降低，但变化范围较大，从 18.14%~0.59%；到了成矿晚期（III），虽然成矿作用较主成矿期弱，但并不等于没有成矿作用，仍有一些较弱的成矿作用和围岩蚀变，成矿流体进一步演化，温度降低，盐度减少。

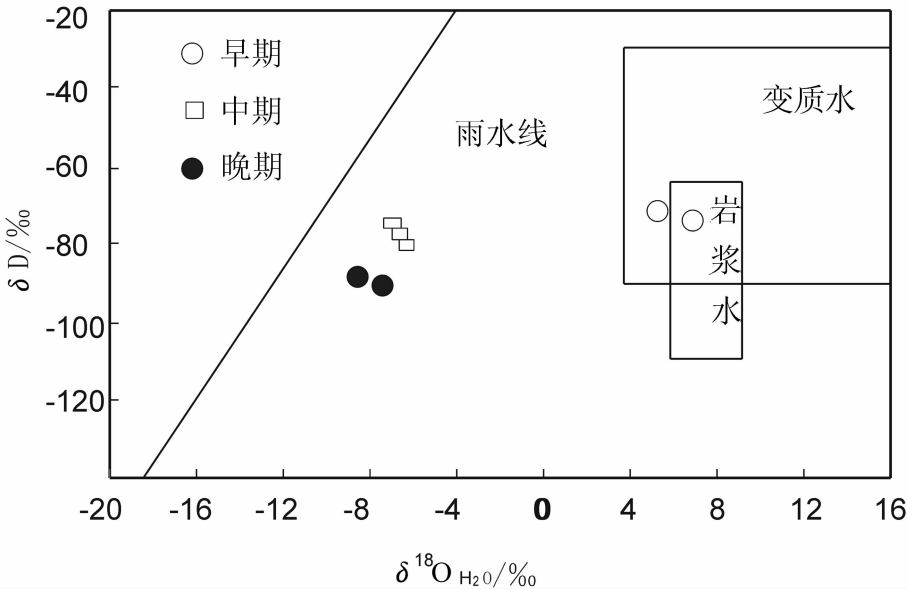


图 3 栗子沟金矿床成矿流体 δ ¹⁸O-δ D 图解
Fig.3 δ ¹⁸O-δ D diagram of ore-forming fluids in the Lizigou gold deposit

这一点与齐金忠等^[7]在研究祁雨沟金矿床成矿流体的演化特征的结果较为相似,反映出区域成矿作用的相似性。

3.2 含矿流体的氢氧同位素组成及演化

本次氢氧同位素测定是由宜昌地质所同位素室测试。所用仪器为 Finnigan-MAT252 质谱仪,精确度分别为 $\pm 1\%$ 和 $\pm 0.2\%$ (表 1)。将结果投影到 $\delta D-\delta^{18}O$ 关系图上,可以看出,第 I 阶段投影点落在岩浆水或变质水区域及其附近,显示出流体来自变质作用或岩浆作用,相对而言,流体的 δD 和 $\delta^{18}O$ 与岩浆水范围更接近,早期阶段成矿流体的 δD 为 -77.85% ~ -70.43% ,均大于熊耳群变质脱水形成的流体的 δD 的值(-83%)^[1],由此可以看出,成矿流体早期,应来源于岩浆热液和变质热液,至于流体的 δD 和 $\delta^{18}O$ 与岩浆水范围更接近,其原因可能为两种热液在成矿过程中,对成矿的作用的贡献大小不同而已;第 II 阶段和第 III 阶段明显偏离岩浆水,向大气水方向飘移,而且随着成矿作用的深入,投影点向大气降水线飘移的程度越大,说明栗子沟金矿的成矿流体初始来源与区域内岩浆作用的关系密切,可能与岩浆热液具有相同的来源^[8]。另外,从包裹体研究结果看,成矿流体早期的包裹体具有高温、高盐度的特点,也反映出成矿流体可能来源于深部成矿热液系统;随着构造运动的发展,成矿系统由封闭逐渐向开放系统演变,同时大气降水沿构造薄弱带下渗,与深部流体混合,表现为成矿流体的氢、氧同位素值的减小和包裹体的均一温度和盐度的降低。在成矿晚期,成矿系统更加开放,大量的大气降水沿构造薄弱带下渗,大气降水的组分逐渐增加。

4 结 论

1) 栗子沟金矿成矿流体活动可分为 3 个阶段,其中第 I 阶段成矿流体以高温高盐为特征,反应了流体来源较深,来自于深部流体系统;第 II 阶段成矿流体的盐度及温度较第 I 阶段明显降低,但其值变化范围大,反应了成矿的多期性;随着成矿作用的深入及构造体系的开放度增加,到了第 III 阶段成矿流体中的天然水成分逐渐增加。

2) 栗子沟金矿的成矿流体特征及演化规律,与祁雨沟及邻区金矿的成矿流体特征较为相似,据此推测,它们可能形成于同一深部流体成矿系统,但由于各矿床产出的构造位置的差异,从而形成了不同的矿床类型。

参考文献(References):

- [1] 陈衍景, 隋颖慧, Franco PRIRAJNO. CMF 模式的排他性依据和造山型银矿实例: 东秦岭铁炉坪银矿同位素地球化学[J]. 岩石学报, 2003, 19(3): 551-568.
Chen Yanjing, Sui Yinghui, Franco PRIRAJNO. Exclusive evidences for CMF mode and a case of orogenic silver deposit: Isotope geochemistry of the Tieluping silver deposit, east Qingling orogen[J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19(3): 551-568(in Chinese with English abstract).
- [2] 王志光, 崔毫, 徐孟罗. 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, 1997: 1-290.
Wang Zhiguang, Cui Bo, Xu Monglu. Geological Tectonic Evolution and Mineralization in the Southern Margin of North China[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press(in Chinese).
- [3] 王海华, 陈衍景, 高秀丽. 河南康山金矿同位素地球化学及对成矿及流体作用模式的印证[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 190-198.
Wang Haihua, Chen Yanjing, Gao Xiuli. Isotope geochemistry of the Kangshan gold deposit in Henan and its illustration of the CPMF model[J]. Mineral Deposit, 2001, 20(2): 190-198(in Chinese with English abstract).
- [4] 李永峰, 毛景文, 郭保健, 等. 豫西公峪金矿床地质地球化学特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 2004, 23(1): 61-66.
Li Yongfeng, Mao Jingwen, Guo Baojian, et al. Geology, geochemistry and genesis of Gongyu tectonite type gold deposit in West Henan Province [J]. Mineral Deposits, 2004, 23 (1): 61-66(in Chinese with English abstract).
- [5] 卢欣祥, 尉向东, 于在平, 等. 小秦岭—熊耳山地区金矿的成矿流体特征[J]. 矿床地质, 2003, 22(4): 377-385.
Lu Xinxang, Wei Xiangdong, Yu Zaiping, et al. Characteristics of ore-forming fluids in gold deposits of Xiaoqinling-Xiongershan Area [J]. Mineral Deposits, 2003, 22 (4): 377-385 (in Chinese with English abstract).
- [6] 王长明, 邓军, 张寿庭. 河南熊耳山地区花岗岩与金矿化的关系[J]. 现代地质, 2006, 20(2): 315-321.
Wang Changming, Deng Jun, Zhang Shouting. Relationship between Huashan granite and gold mineralization in Xiongershan area, Henan[J]. Geoscience, 2006, 20(2): 315-321(in Chinese with English abstract).
- [7] 齐金忠, 马占荣, 李莉. 河南祁雨沟金矿床成矿流体演化特征[J]. 黄金地质, 2004, 10(4): 1-10.
Qi Jinzhong, Ma Zhanrong, Li Li. Fluid evolution of Qiyugou cryptoexplosive breccia type gold deposit, henna[J]. Gold Geology, 2004, 10(4): 1-10(in Chinese with English abstract).
- [8] 范宏瑞, 谢奕汉, 郑学正, 等. 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, 2000, 16(4): 559-563.
Fan Hongrui, Xie Yihan, Zheng Xuezhen, et al. 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).

The evolution of ore-forming fluids in the Lizigou gold deposit, Henan Province

XU Ling-bing^{1,2}, LIU Guo-hua², WANG Zhong², XIANG Shi-hong³

(1. School of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. No. 2 Geological Party, Henan Bureau of Geology for Nonferrous Resources, Zhengzhou 450016, Henan China;

3. Henan Bureau of Geology for Nonferrous Resources, Zhengzhou 450016, Henan China)

Abstract: Located in Xiongershan metamorphic core complex of Henan Province, the Lizigou gold deposit has such mineralization types as Au, Ag and Pb (Ag) and shows considerable exploration potential. An analysis of fluid inclusions has revealed that there exist different types and combinations of inclusions at different ore-forming stages. At the early ore-forming stage (I), the fluids were characterized by high temperature and high salinity, suggesting that they might have come from the depth; at the main ore-forming stage (II), the temperature of the fluids dropped, and the salinity was relatively low but varied in a wide range (from 18.14 to 0.59 wt%); at the late ore-forming stage (III), the ore-forming fluids further evolved, and the temperature and salinity decreased. Hydrogen and oxygen isotope data show that δD values of the ore-forming fluids at the early ore-forming stage varied in the range of -77.85‰ – -70.43‰ , implying that they were derived from hydrothermal and magmatic hydrothermal solutions; at Stage II and Stage III, the fluids obviously deviated from magma water and drifted towards atmospheric water in composition.

Key words: gold deposit; ore-forming fluid, Henan Province

About the first author: XU Ling-bing, male, born in 1968, senior engineer and doctor candidate, mainly engages in the study of mineral resources and geology; E-mail: xlb800@163.com.