

# 河南嵩县栗子沟金矿地质地球特征及成因讨论

戴雪灵<sup>1</sup>, 邓湘伟<sup>1</sup>, 李建岭<sup>2</sup>, 秦臻<sup>2</sup>

(1. 中南大学 地质与环境工程学院, 长沙 410083; 2. 河南省有色金属地勘局第二地质大队, 郑州 450016)

**摘要:** 栗子沟金矿的成矿物质来源为混合源, NE 向及 NW 向断裂构造为成矿提供了矿质运移通道, 破碎蚀变带则为矿质的沉淀、富集提供了储矿空间。栗子沟金矿的成因类型属于中- 低温热液充填型金矿。

**关键词:** 构造蚀变岩型; 栗子沟金矿; 成矿模式; 河南省

**doi:** 10.3969/j.issn.1004-1412.2009.02.007

**中图分类号:** P611; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1412(2009)02-0131-04

## 1 成矿地质背景

河南嵩县栗子沟金矿产于华北地台南缘的熊耳群变质核杂岩中。在熊耳山地区先后发现了 20 多处金、银矿床, 成为我国重要的金、银产地之一, 其中较为著名的金银矿产地有上宫金矿、铁炉坪银矿、青岗坪金矿、公峪金矿, 栗子沟金矿区就位于公峪金矿与青岗坪金矿之间<sup>[1]</sup> (图 1)。

区域构造主要为中生代伸展构造背景中形成的变质核杂岩构造, 区内金银矿化在空间分布上受到变质核杂岩的控制。成矿作用与变质核杂岩形成的主期一致。马超营断裂和洛宁山前断裂是区域性导矿断裂, 对下地壳物质重熔形成含矿岩浆具有控制作用。

本区岩浆活动频繁而强烈, 从晋宁期到燕山期均有岩浆活动, 岩性从中酸性—超基性均有出露, 尤以燕山期岩浆活动最为强烈, 以花岗岩最为发育, 且燕山期花岗岩与成矿关系最为密切。

## 2 矿区地质特征

### 2.1 地层

区内地层简单, 主要为中元古界熊耳群及第四

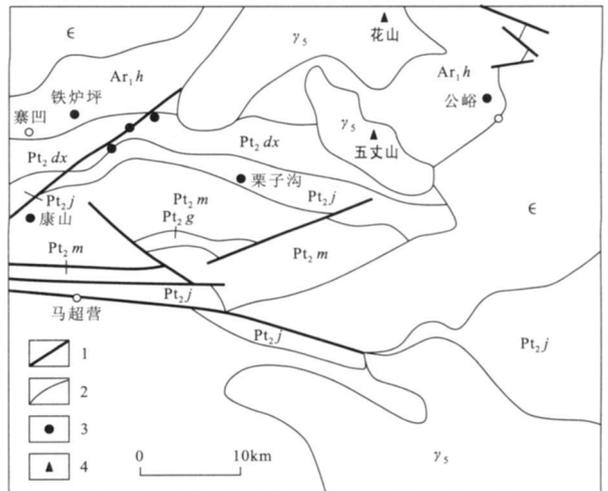


图 1 栗子沟区域地质略图(据许令兵<sup>[2]</sup>)

Fig. 1 Regional geological map of Lizigou Au deposit

1. 断层 2. 地质界线 3. 金矿床 4. 岩体

系。地层呈 NW-SE 向延伸, 倾向 SW, 倾角 30°~75°不等。熊耳群以中基性火山岩为主, 主要有橄榄玄武岩、玄武岩、安山岩、安山玢岩、英安岩及火山凝灰岩。区内主要的金(银)矿床都赋存于熊耳群的构造蚀变岩中。

### 2.2 构造

矿区内断裂构造较发育, 断裂构造控制了区内金银矿化。NE 向和 NW 向两组断裂是区内最重要的含矿断裂。NE 向断裂走向 40°~60°, 倾向 NW, 倾角 55°~70°; NW 向断裂走向 320°~340°, 倾向

NE, 倾角  $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

### 2.3 岩浆岩

矿区内未见岩浆岩露头, 但矿区北东 11 km 处出露有五丈山岩体。岩体的顶面可能向 NW 侧伏岩体南西外接触带(包括本区)为重要的金、银成矿带。另据物探资料, 花山岩体深部可能南延至矿区深部。岩浆活动为本区矿床的形成提供了主要的热液和部分成矿物质<sup>[3]</sup>。

### 2.4 矿体特征

矿区的金矿化均赋存在于构造蚀变带内, 严格受构造蚀变带的控制, 金矿体主要赋存在 NW 向与 NE 向含矿构造带内。目前已发现 9 条含金、银构造带, 每条含金构造带又可分成若干个矿体。金矿体呈透镜状、脉状。金矿体长约 200~1 000 m, 厚 0.30~5 m, 平均厚 2.79 m, 金品位  $w(\text{Au}) = 2.26 \times 10^{-6} \sim 30.53 \times 10^{-6}$ 。

矿石中的矿物成分较为简单, 属于贫硫化物石英脉型矿石。主要的矿石矿物有黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金等, 黄铁矿是区内最主要的载金矿物; 主要的脉石矿物有石英、长石、方解石、绢云母、高岭土、绿泥石等。矿石结构主要为自形粒状结构、半自形粒状结构、交代结构、交代残余结构、交代溶蚀结构及碎裂结构; 矿石构造主要为浸染状构造、细脉状构造、角砾状构造、蜂窝状构造及条带状构造。矿石分为 3 种工业类型: 石英-黄铁矿型、石英-褐铁矿型、石英-多金属硫化物型。

矿床围岩蚀变主要有硅化、钾化、萤石化、碳酸盐化。据野外观察, 当石英颜色变杂、油脂光泽不明显、多含黄铁矿或褐铁矿时, 往往是矿化出现的一种标志。

## 3 气液包裹体特征

为了研究本区的流体包裹体特征, 从不同钻孔

高度采取了 14 个石英样品。样品加工至 60~80 目, 在显微镜下手工挑选, 单矿物纯度在 99% 以上。石英样品大多呈烟灰色和乳白色, 呈他形粒状, 透明度差。

(1) 本区的石英包裹体主要呈气相和液相包裹体类型, 气液比变化较大, 一般在 35% 左右。包裹体直径一般在 2~5  $\mu\text{m}$  左右, 个别达 20  $\mu\text{m}$ 。

(2) 从表 1 可以看出, 包裹体气相成分主要由  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  组成, 还可见还原性气体  $\text{CH}_4$  和  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  质量分数较高, 占 50% 以上。结合野外观察认为, 本区的成矿是以热液充填为主, 而不是气液充填交代为主<sup>[4]</sup>; 在成矿的 3 个阶段从早到晚  $\text{H}_2\text{O}$  逐渐增多, 这与地层水的逐渐参与有关, 表明在此热液系统中与地壳岩石之间有广泛的相互作用<sup>[5]</sup>。富含  $\text{CO}_2$  和  $\text{CH}_4$ , 而无  $\text{O}_2$  表明, 成矿环境为还原环境。

(3) 液相成分的测试结果见表 2, 液相成分中阴离子以  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  为主,  $\text{F}^-$  离子极少或无, 阳离子以  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  为主, 少量  $\text{Mg}^{2+}$ , 成矿流体为  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4^{2-} - \text{NO}_3^- - \text{Cl}^-$  体系。成矿流体的  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  和  $\text{Cl}^- / \text{F}^-$  可以作为区别流体来源的一个标志<sup>[6]</sup>。表中数据反映, 成矿第 I 阶段  $\text{Na}^+ / \text{K}^+ = 0.6 \sim 0.9$ , 平均为 0.75 (小于 1), 具岩浆热液特点; 而第 II, III 阶段流体的  $\text{Na}^+ / \text{K}^+ = 1.2 \sim 1.5$ , 平均 1.35, 具地层流体(或天然水)的特点。成矿的整个阶段  $\text{Cl}^- / \text{F}^- > 1$  (第 I 阶段不含  $\text{F}^-$ ), 反映有地层流体的参与。

(4)  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的比值是反映成矿构造环境的重要参数<sup>[7]</sup>,  $\text{CO}_2$  在水中的溶解度随着压力的增加而增加。经统计, 本区  $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{O}$  比值变化不大 (0.7~0.9), 均值 0.8 左右, 表明本区成矿的构造环境差异较小, 这与本区矿体均受构造带(破碎蚀变带)控制相一致。

表 1 石英流体包裹体的气相成分

Table 1 Chemical composition of gas of quartz fluid inclusion

样号	采样位置	主矿物	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$	CO	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$	$\text{O}_2$
D6	上部	石英	468.2	315.801	无	14.453	无	5.293	无	1.15	无
D16	上部	石英	469.8	306.768	无	12.323	痕	7.321	痕	3.208	无
D7	上部	石英	417.8	380.236	无	12.864	痕	8.328	痕	1.456	无
D8	上部	石英	336.2	290.324	无	11.134	无	10.89	无	1.446	无
D9	中部	石英	372	331.423	无	12.809	无	9.027	无	1.935	无
MD6	中部	石英	236	210.615	无	14.134	无	10.821	无	1.448	无
MD4-1	中部	石英	372.1	331.421	无	5.809	无	12.072	痕	2.935	无

测试者: 中南大学地质研究所万芳; 气相成分用美国 Varian-3400 型气相色谱仪分析。量的单位:  $w_B / 10^{-6}$ 。

(5) 第 II 阶段为成矿的主要阶段, 从表 2 可以看出,  $SO_4^{2-} > Cl^-$ , 由于  $SO_4^{2-}$  的质量分数反映其介质中与金迁移有密切关系的  $HS^-$  的数量<sup>[8]</sup>, 因此可以推测: 金的运移以硫氢络合物形式为主。

(6) 从表 3 可以看出, 本矿床的成矿温度范围为

130~ 215 °C, 平均 187 °C, 属于低温热液矿床<sup>[9, 10]</sup>。同时, 根据 Burruss  $H_2O-C_2O$  体系相图<sup>[6]</sup> 计算出本矿床成矿压力平均为  $2.0 \times 10^8 Pa$ , 相当于中- 低压范围。这个结论与野外对于围岩蚀变类型及矿物组合类型的观察是一致的。

表 2 石英流体包裹体的液相成分

Table 2 Chemical composition of fluid of quartz fluid inclusion

样号	采样位置	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> / K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> / F <sup>-</sup>
D6	上部	51.102	36.573	2.542	10.27	2.64	18.533	123.345	31.971	1.397	7.02
D16	上部	32.927	26.803	1.093	15.73	3.72	13.062	121.406	24.835	1.228	3.511
D7	上部	40.335	30.152	3.205	20.642	2.78	14.782	107.678	27.986	1.338	5.317
D8	上部	45.105	30.62	5.127	25.592	3.08	16.688	184.362	20.914	1.473	5.418
D9	中部	36.687	28.74	2.716	32.154	3.13	15.376	131.225	30.645	1.277	4.912
MD6	中部	30.366	33.887	2.718	15.592	无	5.831	110.225	32.648	0.896	—
MD4-1	中部	26.627	45.125	5.117	13.764	无	4.503	104.703	21.94	0.59	—

测试者: 中南大学地质研究所万芳; 液相成分由美国 DX-120lon Chromatograph 仪器分析。量的单位:  $w_B / 10^{-6}$ 。

表 3 氢、氧同位素组成

Table 3 H, O isotope composition of quartz

样号	主矿物	均一温度/ °C <sup>①</sup>	$\delta(D_{包裹体水})$	$\delta(^{18}O_{石英})$	$\delta(^{18}O_{水})$ <sup>②</sup>
D19	石英	168	- 76.1	7.2	- 6.74
D17	石英	134	- 76.3	10.3	- 6.73
D15	石英	215	- 80.9	4.1	- 6.65
D14	石英	194	- 87.6	5.4	- 8.24
D13	石英	214	- 90.7	3.1	- 7.74
D4	石英	320	- 70.43	11.3	5.07
D12	石英	340	- 77.85	11.6	6.01

测试者: 宜昌地质所同位素室 邹标平。由 Finnigan-M AT252 质谱仪测定其  $\delta(D)$  和  $\delta(^{18}O)$  值, SMOW 值精确度分别为  $\pm 1 \times 10^{-3}$  和  $\pm 0.2 \times 10^{-3}$ 。量的单位:  $w_B / 10^{-3}$ 。①利用  $(1000a_{quartz-H_2O} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.40)$  计算获得<sup>[11-13]</sup>; ②表中的均一温度为实测的平均值。

## 4 讨论

### 4.1 成矿地质特征

本矿床工业矿体均赋存在构造破碎带中, 远离破碎带基本无工业矿体存在; 赋存工业矿体的断裂破碎带均产于熊耳群中; 矿区围岩蚀变呈线性分布, 以硅化、钾化、萤石化的中低温蚀变为主; 破碎带附近无岩浆岩分布; 破碎带和矿石中常见石英- 硫化物角砾和围岩角砾, 反映构造破碎带的多次活动性和成矿过程的多阶段性; 区域分布有花岗岩, 据区域资料分析<sup>[2]</sup>, 可能提供了部分成矿物质, 更重要的是提供了成矿所不可缺少的流体和热动力。

### 4.2 成矿物质来源

根据对本区成矿地质条件及流体包裹体研究, 以及氢、氧同位素组成的  $\delta(D) - \delta(^{18}O)$  关系图, 得

出矿床的成矿物质来源, 早期为岩浆源, 而晚期则明显有地层水的参与。本矿区的成矿物质来源与公峪构造蚀变岩型金矿具有一致性<sup>[14]</sup>。即成矿早期阶段以深源为主, 其中含有大量地幔流体, 成矿阶段有大气水的混合、稀释<sup>[15]</sup>, 加之本区熊耳群火山熔岩中金的背景值较高<sup>[16]</sup>, 因此本区成矿物质来源为混合源。

### 4.3 矿液运移通道及成矿空间

马超营断裂和洛宁山前断裂是控制本区金、银矿化的重要区域性断裂, 其切割深、规模大, 由于它们的长期多次活动, 驱使岩层中的成矿元素不断溶解活化, 并进入流体一起迁移, 夹在两条断裂之中的本区断裂成为成矿的最有利场所。断裂构造形成了低压区, 矿液通过不同的通道, 向低压区(构造带)聚集, 矿液本身所具有的能量在构造应力驱使下, 具矢量特征, 当这种具矢量的流体沿一定方向运移时, 便对运移通道产生压裂作用, 使岩石进一步破裂, 为成

矿提供了空间<sup>[17]</sup>。

#### 4.4 金的迁移与沉淀

根据对流体包裹体的分析,表明本区金主要以  $\text{Cl}^-$  及  $\text{SO}_4^{2-}$  络合物的形式进行迁移。断裂带内岩石、矿物的破碎导致其矿物表面积的增加和杂质元素的增多,这样就使含矿流体的浓度、压力及流速下降,同时流体与矿物的反应几率增加,也加速了金的沉淀;另外,构造蚀变带中岩石的破碎也为金的富集提供了一个良好的沉积空间。

## 5 结论

栗子沟金矿的成矿物质来源为混合源,NE向及NW向断裂构造为成矿提供了矿质运移通道,破碎蚀变带则为矿质的沉淀、富集提供了储矿空间。栗子沟金矿的成因类型属于中-低温热液充填型金矿。

#### 参考文献:

- [1] 王长明,邓军,张寿庭. 河南西灶沟构造蚀变岩型矿床金和铅锌的关系[J]. 黄金, 2005, 26(4): 34.
- [2] 许令兵,高金民,李建岭,等. 河南祁雨沟热液角砾岩体型金矿床成矿流体研究[J]. 矿产与地质, 2003, 17(增刊): 414-416.
- [3] Hedenquist J W, Lowenstern J B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits [J]. Nature, 1994, 370(18): 519-527.
- [4] Cathles L M. Scales and effects of fluid flow in the upper crust [J]. Science, 1990, 248: 323-329.
- [5] 刘伟. 岩浆流体在热液矿床形成中的作用[J]. 地学前缘, 2001, 09(08): 203-215.

- [6] 卢焕章,李秉伦. 包裹体地球化学[M]. 北京:地质出版社, 1990: 153-154.
- [7] 刘伟,刘建军,王光明,等. 湖南桥口铅锌矿床成矿流体特征[J]. 湖北地矿, 2004, 18(2).
- [8] 杨金中,沈远超,刘铁兵,等. 山东蓬家乔金矿成矿流体地球化学特征[J]. 矿床地质, 2000, 19(3): 235-244.
- [9] Valley J W, Taylor H P, Neil J R O. Stable isotope in high temperature geological processes[M]. Washington D C: Mineral Soc Am, 1986: 491-555.
- [10] Taylor H P. Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits [C]. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. New York: Wiley, 1997: 236-277.
- [11] Parry W T. Estimation of  $\text{XCO}_2$ , P and fluid inclusion volume from fluid inclusion temperature measurements in the system  $\text{NaCl-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  [J]. Econ. Geol., 1986, 81: 1009-1013.
- [12] Diamond L W. Stability of  $\text{CO}_2$  clathrate hydrate +  $\text{CO}_2$  liquid +  $\text{CO}_2$  vapor + aqueous  $\text{KCl-NaCl}$  solutions: experiment a determination and application to salinity estimates of fluid inclusions [J]. Geochemistry Cosmochim Acta, 1992, 56: 273-280.
- [13] Clayton R N, O'Neil J R, Mayeda T K. Oxygen isotope exchange between quartz and water [J]. Geophys. Res., B77, 1972: 1053-1067.
- [14] 李永峰,毛景文,胡华斌,等. 豫西公峪金矿流体包裹体及其 He, Ar, S, H, O 同位素组成对成矿流体来源的示踪[J]. 岩石学报, 2005, 21(5): 1347-1358.
- [15] Taylor H P. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition [J]. Economic Geology, 1974: 843-883.
- [16] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989: 412-419.
- [17] 张湘炳. 构造与金矿[M]. 北京:地质出版社, 1993: 201-210.

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC PATTERN OF LIZIGOU GOLD DEPOSIT, HENNA PROVINCE

DAI Xue-ling, DENG Xiang-wei, LI Jian-ling, QIN Zhen

(1. Institute of Geology of Geoscience and Environment Engineering School of Center South University, Changsha 410083, China; 2. NO. 2 Geological Team, Bureau of Nonferrous Metals Geology and Mineral Resources of Henan Province, Zhenzhou, 450016, China.)

**Abstract:** Lizigou gold deposit is characterized by mixture of multiple ore materials. Fractures trending in NE, NW serve as passage way and the cataclastic alteration zone the ore accumulation room. Genetically, Lizigou gold deposit is a medium-low hydrothermal Au deposit.

**Key Words:** the altered cataclastic rock type gold deposit; Lizigou gold deposit; metallogenic model; Henan province