

# 乳山金矿煌斑岩及流体和氢、氧、锶同位素研究\*

翟建平 胡凯 陆建军

(南京大学地球科学系,南京)

**提 要:** 乳山金矿床是胶东近年来探明的一个赋存在花岗岩中的石英脉型金矿床。矿区出露的煌斑岩金含量较低,不可能是金矿化的重要物源者;成矿流体的成分与大气降水热液成分相类似,其氢、氧同位素值也很好地反映了大气降水经不同温度和 W/R 比值条件下水-岩交换后的分布特征;锶同位素研究则表明,成矿物质主要来自昆嵛山花岗岩体。

**主题词:** 煌斑岩 流体包裹体 氢、氧、锶同位素 成矿机制 山东乳山

山东乳山金矿床位于牟平-乳山金矿带中部昆嵛山复式花岗岩体的黑云母二长花岗岩中。该复式岩体出露面积达 1230 km<sup>2</sup>,徐金芳等将其进一步划分为 5 个岩体,并测得其中两个岩体的 Rb-Sr 等时线年龄分别为  $661.9 \times 10^6$  a 和  $521.1 \times 10^6$  a<sup>[1]</sup>。于津海通过多种同位素定年方法,确认昆嵛山复式岩体主要是由  $610.8 \times 10^6$  a 和  $134.3 \times 10^6$  a 两期成岩作用形成的,其中第二期所形成的花岗岩类往往构成了金矿化的直接围岩<sup>[2]</sup>。根据矿区坑道内的详细观察,可将乳山金矿床的成矿作用大致划分为三个阶段:第 I 阶段为矿前期梳状乳白色石英大脉;第 II 阶段为成矿期多金属硫化物和菱铁矿石英脉;第 III 阶段为矿后期杂色隐晶质石英脉。

李治平认为乳山金矿床是由中生代壳源深熔花岗岩岩浆期后中温热液作用形成的<sup>[3]</sup>;陈光远等也认为这类金矿床主成矿阶段溶液水主要是岩浆水<sup>[4]</sup>;裘有守等(1988)则认为这类矿床的成矿热液主要是岩浆水和大气降水的混合热液组成<sup>[5]</sup>。本文的研究则表明该矿床属大气降水成因,成矿物质来自已固结的昆嵛山花岗岩体。

## 1 煌斑岩的含金性

在乳山金矿区可见较多与金矿脉在时、空上密切伴生的各种煌斑岩脉,一些金矿脉产于煌斑岩内部、边部、尖灭处或产于与煌斑岩交叉的破碎带中。在国内外其它一些金矿区也常可见到这些现象,因而引起了许多金矿地质工作者的关注,有些学者并特别强调了煌斑岩在金成矿过程中所起矿源的作用<sup>[12]</sup>。

对采自胶东金矿区(包括乳山金矿)的煌斑岩,在野外系统观察的基础上进行了详细的显微镜岩石学工作,挑选那些尽量新鲜且未受矿化影响的样品经去离子水反复冲洗,并严格控制每道样品加工程序以防交叉污染。采用原子吸收光谱法对样品进行了金含量分析(检出限大于

\* 国家自然科学基金资助项目,编号:49000020

翟建平,男,40岁,博士,副教授,从事矿物岩石矿床地球化学等方面的研究。邮政编码:210093

1995-12-25 收稿,1996-04-16 修改回

$10^{-11}$ ), 结果表明(表 1), 煌斑岩的金含量与一般火成岩相比并不高, 而且不同矿区和不同岩性的煌斑岩的金含量也没有显著差别, 皆在  $2.5 \times 10^{-9}$  左右波动。若这些新鲜的煌斑岩的金含量能代表其原始值, 那么, 煌斑岩的原始金含量远没有一些学者所认为的那么高( $n \times 10^{-6}$  数量级)<sup>[13]</sup>。因此在胶东, 煌斑岩不大可能是一种具有普遍意义的形成金矿化的重要物源者。

表 1 胶东地区煌斑岩的 Au 含量( $10^{-9}$ )Table 1. Gold content of lamprophyres in Jiaodong area (in  $10^{-9}$ )

采样地点	岩性	样品数	金含量(平均值)	采样地点	岩性	样品数	金含量(平均值)
胶东 玲珑	闪斜煌岩	7	2.65	胶东 栖霞	闪斜煌岩	4	2.18
	云斜煌岩	4	2.62		拉辉煌岩	2	2.60
	黑云闪斜煌岩	5	2.45		煌斑岩	1	2.53
胶东 焦家	闪斜煌岩	3	2.52	胶东 乳山	闪斜煌岩	3	2.71
	云斜煌岩	2	2.48		云斜煌岩	2	2.60
	橄榄拉辉煌岩	3	1.72		拉辉煌岩	2	2.48

在金矿区, 一般总是未遭受蚀变的煌斑岩金含量比较低, 而蚀变的煌斑岩金含量普遍较高; 煌斑岩按其化学成分和矿物组合, 可分为钙碱性、碱性和超基性三大类。其中, 以钙碱性煌斑岩的金含量相对较高, 与金矿化的关系亦最为密切, 而钙碱性这类煌斑岩恰恰受到地壳物质的混染最为强烈。这些事实也从反面间接证实, 煌斑岩的原始金含量可能并不高, 部分煌斑岩遭受了后来蚀变或与地壳物质发生混染过程中产生金的叠加后才使其含量大为增加。

有必要提及的是, 昆崙山复式花岗岩体的金含量分布很不均匀, 大多与煌斑岩的金含量相近, 但金矿床的主要赋矿围岩黑云母花岗岩体的金含量要比赋存其中的煌斑岩的金含量高得多, 达  $5.8 \times 10^{-9}$  (11 个样品平均值)。

## 2 矿床流体包裹体地球化学

采集了乳山金矿 20 余件含金石英脉样品, 开展了以石英为主的流体包裹体研究。流体包裹体的气相色谱检出限大于  $10^{-5}$ ; 液相成分分析采用去离子水研磨萃取法, 检出限大于  $10^{-9}$ 。

表 2 乳山金矿床流体包裹体气、液相成分

Table 2. Gas and liquid components of fluid inclusions in the Rushan gold deposit

矿化阶段	样品数	气相成分( $10^{-6}$ )					液相成分( $10^{-6}$ )							
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
I	3	5.38	0.15	0.02	1.03	7.7	0.21	0.62	0.73	0.68	0.23	0.81	0.75	1.78
II	3	6.25	0.17	0.03	0.95	6.8	0.25	0.98	0.94	0.45	0.18	0.72	0.39	1.62
III	3	4.30	0.12	0.01	0.68	9.2	0.18	0.54	0.34	0.08	0.14	0.45	0.28	1.10

乳山金矿床的流体包裹体多为气液两相包裹体, 均一温度绝大部分在 130~320 °C 区间内

变化,极个别盐度较大的临界包裹体均一温度可达 410 ℃。爆裂温度变化于 200~350 ℃之间。矿前期至矿后期成矿温度逐渐降低:矿前期均一温度在 240~320 ℃之间变化,众数为 280 ℃;成矿期在 220~280 ℃之间,众数为 250 ℃;矿后期在 130~210 ℃之间,众数为 165 ℃。

流体包裹体的气相成分(表 2)以 H<sub>2</sub>O 和 CO<sub>2</sub> 占绝对优势,同时含有少量的 CO、CH<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub> 等还原性气体;液相成分中 Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 的含量较高,相对贫 K<sup>+</sup> 和 F<sup>-</sup>,且以 Ca<sup>2+</sup> > Na<sup>+</sup> > K<sup>+</sup> (3 个样品)或 Na<sup>+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> (6 个样品)为特征,这与典型的岩浆热液有较大的差异,而与大气降水热液的成分相类似<sup>[6]</sup>。

乳山金矿成矿溶液的冰点集中在 -3~-6 ℃ 区间内变化,由此确定的成矿流体盐度约为 5 wt%~9 wt% NaCl,反映成矿流体盐度中等偏低,这与在流体包裹体中未发现 NaCl 子晶相一致。由流体包裹体的均一温度和盐度求得成矿流体的总密度范围为 0.85~0.94 g/cm<sup>3</sup><sup>[7]</sup>。

### 3 矿床氢、氧同位素组成和热液来源

乳山金矿床不同成矿阶段的氢、氧同位素分析结果列于表 3,氢、氧同位素分析精度分别为 0.003 和 0.0002。利用昆崙山岩体全岩岩石化学分析资料和黑云母的 δ<sup>18</sup>O 和 δD 值及岩体的二长温度计测温数据,计算了与昆崙山岩体结晶时相平衡的岩浆水氢、氧同位素组成(表 3 中的 1~5 号样品)<sup>[14]</sup>,其中 δ<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 为 6.7‰~9.5‰,δD<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 为 -80‰~-89‰。一般认为,成矿晚阶段具有低<sup>18</sup>O 石英的包裹体水 δD 值,可代表成矿时期大气降水的 δD 值,用这种方法求得 δD = -120‰~-110‰、δ<sup>18</sup>O = -16‰~-15‰ 可作为胶东地区中生代大气降水的氢、氧同位素组成<sup>[8]</sup>。与金矿化有关的花岗岩氢、氧同位素则取 δ<sup>18</sup>O = 10.0‰,δD = -95‰ 为其代表值<sup>[1]</sup>。

表 3 乳山金矿床的氢、氧同位素组成

Table 3. Oxygen and hydrogen isotopic compositions of the Rushan gold deposit

序号	矿物	产状	δ <sup>18</sup> O <sub>矿物</sub> (‰)	δ <sup>18</sup> O <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (‰)	δD <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (‰)	温度 (℃)	序号	矿物	产状	δ <sup>18</sup> O <sub>矿物</sub> (‰)	δ <sup>18</sup> O <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (‰)	δD <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (‰)	温度 (℃)
1	全岩	昆崙山黑 云母二长 花岗岩	9.6	9.5	—	679	11	石英	成矿期多 金属硫化 物石英脉 (Ⅱ)	10.7	1.7	-116	250
2			8.5	8.7	—		12			11.0	2.1	-100	
3			8.2	8.7	—		13			9.9	0.9	-110	
4			黑云 母	4.1	6.7	-80	14			9.8	0.8	-105	
5				4.9	7.5	-89	15			11.0	2.0	-92	
6	石英	矿前期梳 状乳白色 石英脉 (Ⅰ)	12.1	4.4	-78	280	16	石英	矿后期灰 色隐晶质 石英脉 (Ⅲ)	9.0	0.1	-100	165
7			11.2	3.6	-75		17			7.1	-7.1	-120	
8			12.8	5.2	-96		18			6.5	-7.7	-128	
9			13.6	6.0	-85		19			8.4	-5.9	-115	
10			11.2	3.5	-71		20			7.5	-6.8	-105	

注:除 1~5 号样品为二长温度计测量外,其余均为包裹体均一温度,分馏方程据文献[9]和[14]

乳山金矿床成矿热液的氢、氧同位素组成变化较大,δ<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = -7.7‰~6.0‰,δD<sub>H<sub>2</sub>O</sub> =

-128‰~-71‰,这些值介于岩浆水(变质水)和大气降水的氢、氧同位素组成之间,这或许暗示成矿流体曾发生过岩浆水(变质水)与大气降水的混合作用,但事实并非如此。

图 1 是依据水/岩反应过程中质量平衡方程<sup>[15,16]</sup>,经计算得到的不同温度和不同水/岩比值条件下岩浆水和大气降水与花岗岩交换过程中所形成热液的氢、氧同位素组成演化曲线,其中初始参数参照乳山金矿的具体情况设置,花岗岩、岩浆水和大气水的  $\delta^{18}\text{O}$  值分别取 10.0‰、8.5‰和 -16.0‰, $\delta\text{D}$  值分别为 -95‰、-85‰和 -120‰。图 1 中的曲线 A、B、C、D 分别为大气降水在 200℃、250℃、300℃和 350℃时在水/岩交换过程中的演化曲线,E 为岩浆水在 350℃时的演化曲线,曲线上的数字代表有效(W/R)<sub>重量</sub>值。

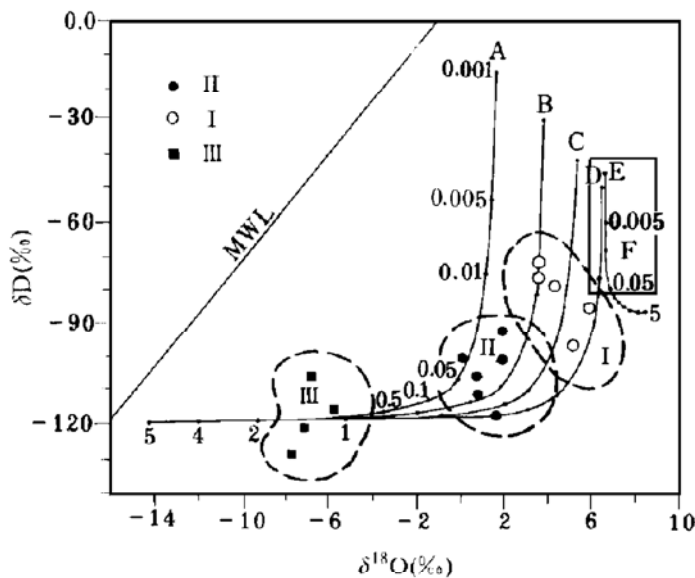


图 1 大气降水和岩浆水与花岗岩交换过程中的氢、氧同位素演化

MWL—大气降水线;F—正常岩浆水同位素组成<sup>[15]</sup>;I、II、III—分别为乳山金矿床矿前期、成矿期和矿后期热液的投影点,详见文中说明

Fig. 1. Hydrogen and oxygen isotopic evolution of meteoric and magmatic water during water-granite interaction of the hydrothermal system.

MWL—Meteoric water line; F—Isotopic composition of normal magmatic water. I, II, III stand for projections of hydrothermal solutions in the Rushan gold deposit at pre-ore stage, ore-forming stage and post-ore stage respectively.

乳山金矿床不同矿化阶段成矿溶液氢、氧同位素值在图 1 中的投影点,与岩浆水演化曲线相差较大,而与相应成矿温度的大气降水演化曲线比较吻合,如成矿早期的投影点位于 250~350℃曲线附近,流体包裹体均一温度平均为 280℃;成矿期的投影点位于 200~300℃曲线之间,流体包裹体均一温度平均为 250℃;矿后期的投影点位于 200℃曲线附近,流体包裹体均一温度平均为 165℃;即单独由大气降水在 200~350℃温度区间内通过与花岗岩的交换反应,就可以形成乳山金矿床所观察到的氢、氧同位素组成。从成矿早期至晚期,有效 W/R 比值逐渐增大,矿前期的 W/R 比值约为 0.005~0.01,成矿期 W/R 比值约为 0.01~0.10,矿后期 W/R 比值约为 0.50~1.50。换言之,乳山金矿成矿热液的氢、氧同位素值很好地反映了大气降水经不同温度和 W/R 比值条件下水/岩交换后的分布特征。因此,可以认为乳山金矿床的成矿热液属大气降水成因,该矿床的成矿流体盐度低及其它一些成分特征也与此

相一致。张理刚等发现,该矿床石英包裹体的氩同位素组成中大气氩的百分含量高达 75%~95%左右,也说明成矿热液中的水主要是大气降水<sup>[10]</sup>。

#### 4 成矿时代和成矿物质来源的 Rb-Sr 同位素示踪

乳山金矿区围岩蚀变分带较为明显,以矿体为中心,向两侧依次对称出现黄铁绢英岩带→绢云母化和钾化混合花岗岩带→钾化混合花岗岩带→黑云母混合花岗岩,各蚀变带之间均为

渐变关系,沿走向和倾向有互相交替现象。在Ⅱ号矿体的黄铁绢英岩蚀变带,采集适当样品进行了 Rb-Sr 同位素等时线年龄测定(表 4),所测 6 个样品构成的等时线相关性较好(图 2)。黄铁绢英岩化带紧挨矿体位于蚀变带中心,其主要矿物组成为黄铁矿、绢云母、石英等,这些矿物基本上都是伴随着金矿化同时形成,因此等时线年龄  $(104.8 \pm 1.5) \times 10^6$  a 可代表金矿化年龄,等时线  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  为 0.71307 代表了成矿物质源区的属性。

表 4 乳山金矿Ⅱ矿体黄铁绢英岩的铷、锶同位素组成

Table 4. Rb-Sr isotopic composition of pyrite phyllic rock from No. 2 orebody of the Rushan gold deposit

序号	样品名称	Rb( $10^{-6}$ )	Sr( $10^{-6}$ )	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	绢云母	245.672	27.92	25.4253	$0.75063 \pm 5$
2	绢云母	216.749	35.14	17.8269	$0.74006 \pm 3$
3	绢云母	198.459	94.95	6.0726	$0.72241 \pm 2$
4	矿化绢英岩	168.726	101.11	4.7881	$0.71999 \pm 4$
5	矿化绢英岩	65.873	73.60	2.5864	$0.71683 \pm 3$
6	矿化绢英岩	88.924	336.73	0.7632	$0.71412 \pm 1$

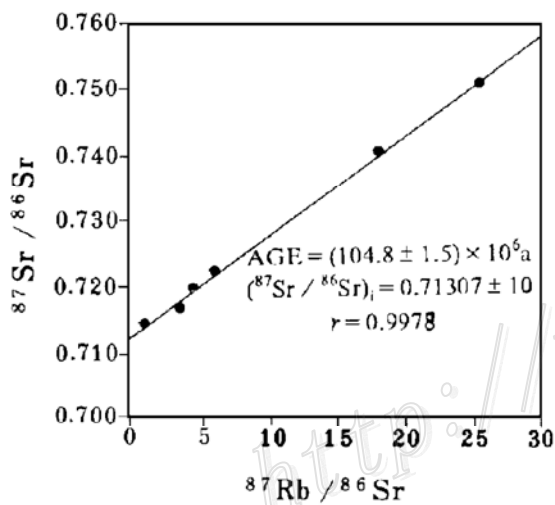


图 2 乳山金矿床黄铁绢英岩铷锶等时线  
Fig. 2 Rb-Sr isochron of pyrite phyllic rock in the Rushan gold deposit.

乳山金矿围岩昆崙山黑云母花岗岩的 Rb-Sr 全岩矿物等时线年龄为  $134.3 \times 10^6$  a,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  为 0.7096<sup>[1]</sup>。与其相对照,乳山金矿化的矿岩时差较大( $\geq 30 \times 10^6$  a),矿化物质的 Sr 初始比却又与昆崙山岩体的较相近,由于矿化作用迟于成岩作用,因此前者的 Sr 初始比要比后者的略高, Sr 初始比表明成矿与成岩有亲缘关系。结合考虑到乳山金矿床赋存于昆崙山花岗岩内,该岩体所含的各种岩脉包括煌斑岩的原始金含量又都较低,成矿热液中的水主要是大气降水,矿岩时差又较大,因此可以认为,该金矿床的成矿物质主要应该直接来自自己固结的昆崙山花岗岩体。一些研究者从矿源层的角度认为该区金矿物质来源于胶东群,但许多研究结果表明,古老的胶东群是该区许多地壳重熔型花岗岩体的

源岩,因此胶东群仅是金成矿物质来源的间接提供者。

## 5 成矿机理初探

综上所述,乳山金矿床具有这些特点:矿区出露的煌斑岩原始金含量不高,不可能是金矿化的主要物源者;矿前期至矿后期成矿温度逐渐降低,属中低温热液矿床;成矿流体盐度较低,流体成分与典型的岩浆热液有较大的差异;成矿热液中的水主要为大气降水;矿岩时差大,成岩与成矿有亲缘关系,成矿物质主要来自昆崙山花岗岩体等等。

原岩恢复证明,胶东群地层是在原来为大洋构造背景发育起来的一套富含 Au 等成矿元

素的中基性火山岩夹沉积岩,在晚太古代发生了大规模区域变质,形成变质程度不同的各种变质岩<sup>[2]</sup>。元古代以后,胶东地区长期整体上升,遭受剥蚀,缺失了整个古生代地层的沉积,到了中生代,由于受太平洋板块向亚洲东部大陆俯冲和碰撞作用,胶东地区褶皱基底上发育了一系列的 NNE—NE 向深断裂带,这些深断裂带普遍具有挤压的活动特点,导致了变质作用、混合岩化作用和花岗岩化作用的产生,形成了“三位一体”的昆嵛山变质、混合花岗岩杂岩体<sup>[11]</sup>。这一系列地质作用,在胶东地区形成了 Au 等成矿元素的预富集。乳山金矿床的形成,直接与该区自白垩纪以来,由以大规模花岗岩浆活动为特征的挤压、剪切环境逐步变成以红盆地标志的拉张环境有关。构造活动使得已固结呈刚性的混合花岗岩产生许多较大的破裂构造,大气降水广泛渗入,下渗最大深度可达 12 km<sup>[17]</sup>,以煌斑岩为代表的深部中基性岩浆在拉张环境下侵位,为维持大气降水长时间的对流深循环提供了足够的热源和较多的挥发分。这种深循环地下水与流经的岩石相互作用,可从中萃取大量的 Au 等成矿物质,由于煌斑岩本身的金含量并不高,成矿物质主要来自已固结的昆嵛山花岗岩体,因此成岩与成矿的时差较大,两者的 Sr 初始比却又较相近。成矿早期,由大气降水演化而来的成矿热液温度较高,在较深的部位与花岗岩(变质岩)在低 W/R 比值条件下呈面型相互作用;成矿期和矿后期,成矿热液沿着各种断裂破碎带集中向上扩散,水/岩作用范围缩小,呈线型分布,而且破碎岩石渗透性大,因而 W/R 比值增加,随着水/岩作用的进行,成矿热液温度降低,W/R 比值持续增加,若成矿热液在运移过程中遇到物理化学条件剧变,如煌斑岩与花岗岩的界面处,则可导致 Au 及各种伴生元素沉淀富集,形成类似于乳山金矿的脉状石英金矿床。

### 参 考 文 献

- 1 徐金芳,沈步云,牛良柱等. 胶北地块与金矿有关的花岗岩类的研究. 山东地质,1989,5(2):1~125
- 2 于津海. 胶东东部昆嵛山混合杂岩体的形成时代及成因. 地质论评,1989,35(4):285~296
- 3 李治平. 胶东乳山金矿床成因. 矿床地质,1992,11(2):165~178
- 4 陈光远,邵伟,孙岱生等. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆:重庆出版社,1989,125~234
- 5 裘有守,王孔海,杨广华等. 山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1988,222~250
- 6 季克俭,王立本. 热液源研究的重要进展和“三源”交代热液成矿学说. 地学前沿,1994,1(4):126~132
- 7 卢焕章,李秉伦,沈昆等. 包裹体地球化学. 北京:地质出版社,1990,102~154
- 8 张理刚,陈振胜,刘敬秀等. 焦家式水/岩交换作用-成矿流体氢氧同位素组成研究. 矿床地质,1994,13(3):193~200
- 9 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安:陕西科学技术出版社,1985,23~38
- 10 张理刚,刘敬秀,白云彬等. 流体包裹体大气氩示踪探讨. 矿物岩石地球化学通讯,1993,(4):181~184
- 11 王德滋,马瑞士,王锡银等. 断裂区域变质作用与混合岩化、花岗岩化作用的研究. 南京大学学报(自然科学版),1985,21(3):537~544
- 12 Rock N M S, Groves D I. Do lamprophyres carry gold as well as diamonds? Nature,1988, 332(6161):253~255
- 13 Rock N M S, Groves D I. Can lamprophyres resolve the genetic controversy over mesothermal gold deposits? Geology, 1988,16(6):538~541
- 14 O'Neil J R, Taylor H P. The oxygen isotope and cation exchange chemistry of feldspars. Am. Mineral.,1967, 52(9-10):1414~1437
- 15 Taylor H P. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problem of hydrothermal alteration and ore deposition. Econ. Geol., 1974,69(6):843~883
- 16 Taylor H P. Water/rock interactions and the origin of H<sub>2</sub>O in granitic batholith. Jour. Geol. Soc., 1977, 133:509~558

- 17 Nesbitt B E. Gold deposit continuum: A genetic model for lode Au mineralization in the continental crust. *Geology*, 1988, 16(11): 1044~1048

## LAMPROPHYRES ORE-FORMING FLUIDS AND H,O,Sr ISOTOPE STUDIES OF THE RUSHAN GOLD DEPOSIT

Zhai Jianping, Hu Kai and Lu Jianjun

(*Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093*)

**Key words:** lamprophyre, fluid inclusion, H,O,Sr isotopes, metallogenic mechanism, Rushan in Shandong

### Abstract

The Rushan gold deposit, one of the quartz-vein type deposits, is located in biotite monzonitic granite of Kunyushan complex pluton in Jiaodong region of China. Analyses show that gold content of lamprophyres from the gold deposit is not higher than that of common igneous rocks, the average gold abundances of all types of lamprophyres do not show obvious differences and vary around  $2.5 \times 10^{-9}$ , suggesting that in Jiaodong region it was quite impossible for lamprophyres to provide gold mineralization with material. The main metallogenic stage of the Rushan gold deposit has a temperature of  $220 \sim 280^\circ\text{C}$ , and the wt. % NaCl equiv. values of ore-forming fluids are between 5% and 9%, the gaseous phase in the fluid inclusions are dominated by  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$ , and the liquid phase are rich in  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ , poor in  $\text{K}^+$ ,  $\text{F}^-$ , and characterized by  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$  (three samples) or  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$  (six samples), quite similar to the composition of the ore-forming fluid derived from meteoric water. Initial data on the hydrogen and oxygen isotopic compositions of ore-forming fluid fall within a wide range:  $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}} = -128\text{‰} \sim -71\text{‰}$  per mil and  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = 7.7\text{‰} \sim 6.0\text{‰}$  per mil, relative to SMOW; nevertheless, meteoric water alone can evolve into the observed isotopic compositions of the gold deposit through isotopic exchange reaction with granitic rocks at temperature between  $200^\circ\text{C}$  and  $350^\circ\text{C}$ . The Rb-Sr isochron age of the Rushan gold deposit and its country rock Kunyushan biotite granite is  $(104.8 \pm 1.5) \times 10^6\text{a}$  and  $134.3 \times 10^6\text{a}$ , respectively, with  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})$  being 0.71307 and 0.7096 respectively. The time interval between the crystallization of the granite and the formation of the deposit is very long ( $\geq 30 \times 10^6\text{a}$ ), but the  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  ratio of the gold mineralization is close to that of the granite. A genetic model in which the meteoric water react with granitic rocks at different temperatures and W/R ratios can be used to explain the metallogenic mechanism of the Rushan gold deposit.