

# 安徽五河大巩山金矿床 地质地球化学特征及矿床成因\*

刘建民 陈柏林 孟宪刚 董法先

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京)

**提 要:** 安徽五河大巩山金矿是受 NNE—NS 向压扭-张扭性断裂 (郟庐断裂带的次级构造) 控制的脉状金矿床。赋矿围岩为新太古界西固堆组变质岩。矿化类型以石英脉型金矿化为主, 其次为破碎蚀变岩型金矿化。矿床地质特征、硫、铅、氢、氧同位素地球化学特征、REE 元素及成矿流体包裹体地球化学特征表明: 成矿物质主要来源于西固堆组变质岩; 而成矿流体则以岩浆源为主, 并混有部分大气降水的组成。该矿床成因上应属与燕山期花岗质岩浆活动有关的中-高温热液金矿床。

**关键词:** 地质、地球化学特征 矿床成因 金矿床 安徽大巩山

## 1 矿区地质

安徽五河大巩山金矿, 地处郟庐断裂带中段与阜阳-蚌埠断裂带交汇部位, 并夹持于郟庐断裂带中的 NE 向朱顶-石门山断裂和五河-红心铺断裂之间。迄今已在该区发现了 20 多个小型矿体或矿点。同时, 该区北部第四系覆盖区发现了一中小型隐伏金矿床。

矿区出露地层主要为新太古界西固堆组 ( $A_{r_2}x$ ) 高绿片岩相-高角闪岩相变质岩, 呈 EW 向分布于蚌埠复背斜核部。其岩性组合为角闪 (辉石) 斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩和斜长片麻岩。成岩年龄为  $2650 \times 10^6$  a (锆石 U-Pb 法)<sup>[1]</sup> 和  $1149.7 \times 10^6$  a (Rb-Sr 等时线)<sup>[2]</sup>。另一套地层为少量白垩系下统新庄组 ( $K_1x$ ) 砂岩和砾岩, 呈 NEE—NE 向分布于东侧火山断陷盆地之内。与西固堆组变质岩呈断层接触, 该接触带为 NE 向朱顶-石门山断裂的一部分。

区内岩浆活动以印支-燕山期表现强烈, 地表发育一系列以花岗闪长斑岩为主的中酸性岩脉, 矿区南部发育混合花岗岩体。

矿区内断裂构造发育, 主要呈 NNE-NS 向展布, 均为郟庐断裂带的次级压扭性断裂, 局部为张扭性质; 其次为 NWW 及 NE 向伴生构造。这些断裂构造的形成及演化, 不仅控制了中酸性岩脉的分布, 而且也是区内重要的成矿控矿构造 (图 1)。

西固堆组变质岩是矿区唯一的赋矿围岩, 其主要成矿元素及微量元素 Au、Ag、Pb、Zn、S 等较为富集, 分别达到  $6.4 \times 10^{-9}$ ,  $0.645 \times 10^{-6}$ ,  $596 \times 10^{-6}$ ,  $141 \times 10^{-6}$  和  $2340 \times 10^{-6}$ 。

\* 地矿部“八五”定向科研基金 (编号 96-10)

刘建民, 男, 1964 年生, 助理研究员, 长期从事矿床地球化学研究。邮政编码: 100081

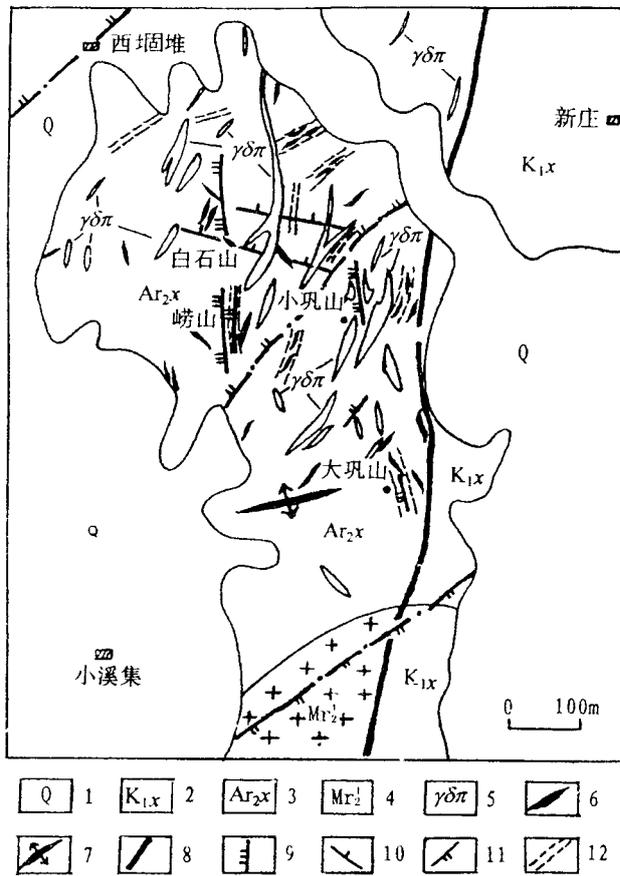


图1 安徽五河大巩山金矿床地质略图

1—第四系；2—白垩系下统新庄组；3—新太古宇五河群西固堆组；  
4—混合花岗岩；5—花岗闪长斑岩；6—含金石英脉；7—背斜轴线；  
8—朱顶-石门山断裂；9—近NS向断裂；10—NW向断裂；11—NE  
向断裂；12—糜棱岩带

对与金矿化密切共生的蚀变矿物（绢云母、绿泥石）所作的Rb-Sr等时线年龄显示：金矿床形成于 $153.7 \times 10^6 \sim 109.03 \times 10^6$  a，与区内发育的燕山期中酸性脉岩及矿区南部混合花岗岩中钾长石化年龄 $137 \times 10^6$  a相近。

### 3 矿床地球化学特征

#### 3.1 硫同位素地球化学

矿石样品中黄铁矿的硫同位素测定结果为 $0.9\text{‰} \sim 7.8\text{‰}$ ，其中5个样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值小于 $5.0\text{‰}$  ( $0.9\text{‰} \sim 4.1\text{‰}$ )，接近于陨硫。矿石中 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值 ( $4.12\text{‰}$ ) 与围岩 $\delta^{34}\text{S}$ 值 ( $1.2\text{‰}$ ) 相差不大，故推断矿石硫大都来源于新太古宇西固堆组 ( $\text{Ar}_2\text{x}$ ) 变质岩。

#### 3.2 铅同位素地球化学

金矿石与围岩铅同位素组成具有相似性，且两者铅同位素组成范围都较窄。源区特征值

## 2 矿床地质特征

大巩山金矿属脉状热液型金矿床，矿化类型主要为含金硫化物石英脉型，其次为构造蚀变岩型。二者往往相互联系，紧密共存，形成所谓复合型脉状金矿床。金矿脉的分布、产状及形态严格受区内NS向展布的断裂构造所控制，从而形成大巩山—小巩山和崂山—白石山两个重要的金矿集中带。同时，断裂性质的不同直接制约着矿化类型的差异，即石英脉型金矿化主要受张扭性断裂控制，而构造蚀变岩型金矿化则主要由压扭性断裂所决定。

矿石中金属矿物主要为黄铁矿，其次为黄铜矿及少量闪锌矿、方铅矿、斑铜矿、自然金和辉铋矿等。脉石矿物为石英、方解石、绿泥石、白云母等，其中，黄铁矿、黄铜矿、石英等是最主要的载金矿物。

金以独立金矿物为主要存在形式，自然金中含金量大于80%，最高可达88.5%；银含量普遍大于11%而小于20%，总体属于金-银系列矿物亚类。

计算结果  $\mu$  为 8.70~9.00；而围岩铅同位素组成更为集中， $\mu$  值为 8.84~8.98，这表明矿石与围岩铅同位素组成绝大部分属于正常普通铅，且铅源比较单一；同时表明成矿物质与围岩关系密切。

### 3.3 稀土元素配分特征

对围岩、矿化蚀变岩及矿石中 REE 分析显示：从围岩→矿化蚀变岩→矿石，稀土元素总量 ( $\Sigma$ REE) 具有系统变化，分别为  $147.3 \times 10^{-6} \sim 111.9 \times 10^{-6} \sim 70.4 \times 10^{-6} \sim 1.85 \times 10^{-6}$ ；配分曲线从较为平缓过渡为强烈的向右倾斜，显示出 LREE 的渐亏损；而  $\delta$ Eu 异常则从 0.82~1.06~1.22~1.40 变化，即从 Eu 亏损缓和为正高异常。这种 REE 表现行为及演化特征与大多数热液金矿床成矿过程中，REE 在成矿热液中的演化模式相一致<sup>[3]</sup>。

### 3.4 流体包裹体地球化学

(1) 流体包裹体特征及成矿物理化学条件：脉石英中的流体包裹体以数量少、个体小、分布不均、形态不规则等为特征。以气液两相居多，气液比一般为 10%~30%，个别达 40%~60%；少数含 CO<sub>2</sub> 包裹体。

流体包裹体均一温度显示，矿床形成过程中温度变化经历过 3 个阶段。① 高温阶段：320~440℃，平均为 345℃；② 中温阶段：220~300℃，平均 255℃。经压力校正，该阶段成矿温度为 300℃；③ 低温阶段：170~186℃，平均 175℃。主要矿化温度为第二阶段。

根据流体包裹体所测盐度及流体密度结果也显示了从早到晚的系统变化，即早期成矿阶段盐度为 14.5%~42.0% NaCl，平均为 28.8% NaCl；中期成矿阶段盐度为 2.0%~34.9% NaCl，平均为 14.9% NaCl，相应流体密度平均为 0.93 g/cm<sup>3</sup>；晚期成矿阶段盐度为 6.6%~15.3% NaCl，平均为 11.1% NaCl，相应流体密度平均为 0.99 g/cm<sup>3</sup>。所测流体密度均小于 1.0 g/cm<sup>3</sup>，与大多数岩浆热液矿床相一致 (Rodder, 1976)。所以，该矿床的成矿流体与岩浆热液有关。

流体包裹体成分测试结果表明：成矿热液成分以 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 为主；气相成分以 H<sub>2</sub>O 为主，CO<sub>2</sub> 次之，少量 H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>。

根据测得的流体包裹体气液成分，应用计算公式<sup>[4]</sup>，计算出本区成矿流体的物理化学参数：pH 值为 6.60~8.56，平均为 8.00，表明本区金矿化是在强碱性条件下发生的。Eh 值为 -0.13~-0.78 eV，平均为 -0.95 eV，表明成矿流体氧化性较低，还原性较强，有利于金矿化的发生。成矿流体包裹体矿化度为 9.82~36.45，变化范围较大，反映出金矿化不均匀的特点，这与矿床实际特征相吻合。成矿溶液气相组分的逸度分别为  $f_{H_2} = 10^{-1.45} \sim 10^{1.06}$  MPa， $f_{CH_4} = 10^{-2.32} \sim 10^{-0.46}$  MPa， $f_{CO_2} = 10^{-0.34} \sim 10^{-0.54}$  MPa， $f_{O_2} = 10^{-26.9} \sim 10^{-25.3}$  MPa。

根据均一温度 ( $T_h$ ) 计算出成矿压力大致为 66.5 MPa，依据每 0.101 MPa 为深度 3 m 的统计规律，推算出本区金矿床形成深度大约为 1975 m 左右。

(2) 氢氧同位素组成及成矿流体来源：矿床中含石英脉的氧同位素测定结果  $\delta^{18}O$  值为 9.0‰~14.6‰，成矿流体包裹体中水的氢同位素组成  $\delta D$  值为 -65‰~-90‰。采用张理刚<sup>[5]</sup>的石英-水同位素分馏方程  $1000 \ln \alpha_{SiO_2-H_2O} = 3.306 \times 10^6 T^{-2} - 2.71$ ，得到与石英平衡的成矿流体中水的氧同位素组成为 1.7‰~7.3‰。在  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  关系图上投影，3 个点集中

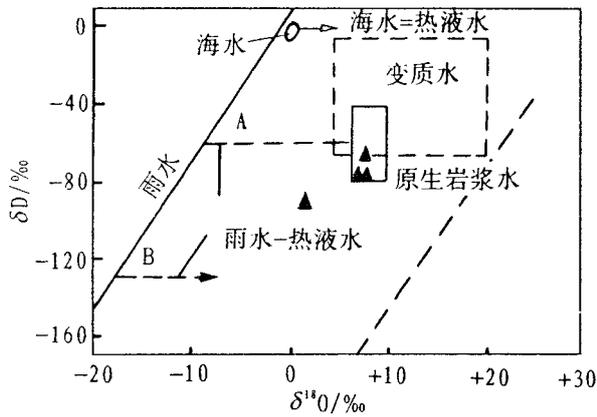


图2 成矿溶液水的  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  关系图  
黑三角为样品投影点

落在岩浆水范围之内, 1 个点落在大气降水范围之内 (图 2)。总之, 该金矿床氢氧同位素组成与典型的金-铜系列花岗岩浆初始混合岩浆水经再平衡岩浆水形成的中高温热液金矿床氢氧同位素组成相似, 但可能有大气降水或围岩物质的加入。

#### 4 金矿床成因及演化历史

根据上述金矿床地质地球化学特征, 作者认为, 该金矿床的成矿物质主要来源于新太古界西固堆组变质岩, 而成矿热

流体则主要来源于由花岗质岩浆活动改造形成的岩浆水, 部分来源于大气降水。从而作者提出以下金矿床形成模式。

在地壳演化过程中, 地壳物质经深部熔融, 形成高温混合花岗岩浆并侵入上覆地层或岩石, 同时激发地下热液循环系统的启动。这种循环体系在循环过程中, 改造了部分地下水及地层中变质残留晶间水, 并萃取地层中的主要成矿元素及微量元素, 使之成为含矿热流体。这种含矿热流体在运移过程中, 趋于以构造薄弱部位为路径, 而矿区内存在的近 NS 向糜棱岩带为含矿热流体提供了良好的运移通道及矿质沉淀的场所。故而产生了该金矿床中存在的矿脉、地层、构造及岩浆岩同时存在的“三位一体”的关系。

#### 参 考 文 献

- 1 安徽省地矿局. 安徽省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1987.
- 2 董法先, 李中坚, 陈柏林等. 安徽省五河县大巩山-荣渡地区金矿控矿构造和找矿方向. 北京: 地质出版社, 1995.
- 3 包志伟, 赵振华. 东坪金矿床成矿过程中稀土元素活动性. 地球化学, 1998, 27 (1): 81~89.
- 4 王真光. 矿物包体成分物理化学参数的计算机程序. 矿产地质动态, 1998 (1): 28~35.
- 5 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, 1~267.