

# 福建尤溪肖板金矿床成因探讨

陈柏林<sup>1\*</sup> 吴淦国<sup>2</sup> 黄仁生<sup>3</sup> 谢艳霞<sup>1</sup> 赵荣文<sup>4</sup>

(1 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 2 中国地质大学, 北京 3 福建闽西地质队, 三明市  
4 福建省尤溪县黄金公司, 尤溪县)

**提 要:** 肖板金矿床赋存于闽中前寒武系变质岩中, 属于构造蚀变岩型金矿。从硫、铅、氢、氧同位素、初始铍比值、稀土元素特征等资料反映出肖板金矿成矿物质主要来源于麻源群变质岩, 成矿时代为燕山早期, 成矿流体主要来源于岩浆水, 成矿温度 190~249℃, 是受低角度正断层(剥离断层)控制的中低温岩浆热液矿床。

**关键词:** 肖板金矿床 成因 燕山早期 中低温岩浆热液矿床 福建

福建尤溪肖板金矿床位于闽中前寒武纪“天窗”地区, 次级构造单元属于东华一大铭山火山基底隆起带和永泰—德化火山喷发带的交接部位。矿区出露中元古界麻源群变质岩, 主要岩性为黑云石英片岩、二云变粒岩、片麻岩等。零星出露加里东-印支期片麻状中酸性岩体和燕山晚期中酸性脉岩。金矿体赋存于麻源群中, 受发育于麻源群中的低角度正断层(剥离断层)的控制, 矿体产状平缓, 一般倾角 5°~25°, 呈波状起伏。矿化类型为构造蚀变岩型, 其中夹有交代石英脉型金矿化。

## 1 成矿物质来源分析

(1) 地层含金性: 肖板金矿床处于有利的区域成矿地球化学场中。矿区麻源群含金  $6.49 \times 10^{-9} \sim 17.03 \times 10^{-9}$ , 最高  $100 \times 10^{-9}$ , 浓度克拉克值大于 2 的元素为 Au、Ag、S、Sn, 与金矿石中元素组合特点相似<sup>[1]</sup>。加里东-印支期变形石英二长岩含金较高, 为  $15.35 \times 10^{-9} \sim 21.9 \times 10^{-9}$ ; 燕山早期仙公伦二长花岗岩含金也较高, 达  $20 \times 10^{-9}$ , 但燕山晚期脉岩含金普遍较低。因此, 从成矿元素含量来看, 麻源群变质岩具有提供成矿物源的能力, 部分岩浆岩也具备提供成矿物质的条件。

(2) 稀土元素特征: 肖板金矿床各类矿石及变质岩、加里东—印支期变形岩体稀土特征(图 1)显示, 除矿石稀土总量较低外, 配分曲线、LREE/HREE、La/Sm、Sm/Nd 等均很相似, 反映出它们的成因联系<sup>[2]</sup>, 且蚀变岩型金矿石的稀土元素特征与泰宁金矿<sup>[3]</sup>极为相似。

(3) 同位素示踪效应: 15 个矿石样品的  $\delta^{34}\text{S}$  为  $-2.7\text{‰} \sim -5.1\text{‰}$ , 变化范围小, 且不同矿段、不同矿石类型间的差异很小, 总的变化幅度  $\leq 2.4\text{‰}$ , 说明成矿作用和矿床成因的一致性。矿石中的硫很可能主要来源于麻源群变质岩(由大洋壳  $-9.2\text{‰}$  和深海浊流沉积  $-5.6\text{‰}$  组成), 但明显受到重熔型花岗质岩浆岩源硫( $+4\text{‰} \sim +10\text{‰}$ )的影响和混入<sup>[4]</sup>。因此, 肖板金矿硫同位素组成比火山热液成因的浙江冶岭头金矿<sup>[5]</sup>、新西兰戈尔登罗斯金矿<sup>[6]</sup>更富集轻硫, 与岩浆热液成因的江西大背坞金矿<sup>[7]</sup>相似, 但比沉积改造型吉林海沟金

\* 陈柏林, 男, 36 岁, 副研究员, 从事矿田构造、成矿规律与成矿预测研究。邮政编码: 100081

矿<sup>[8]</sup>稍富重硫。

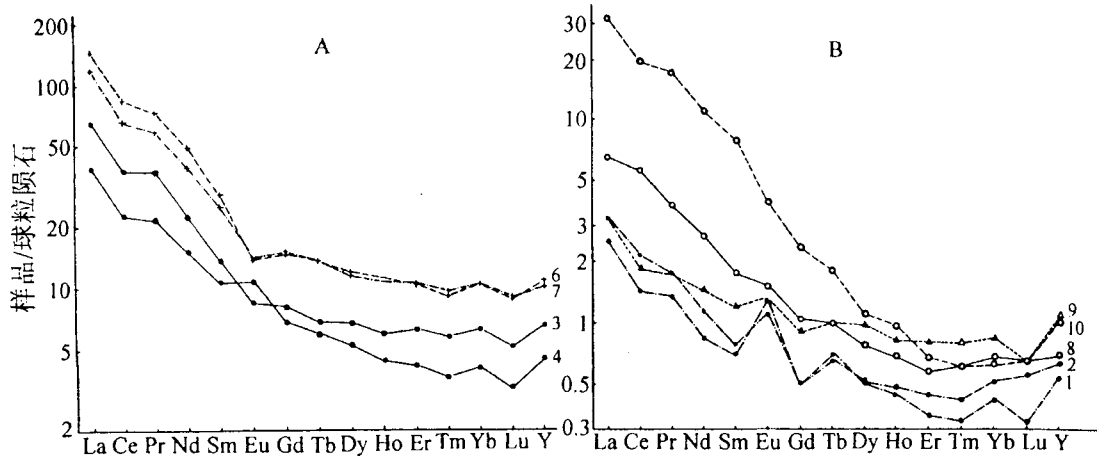


图1 肖板金矿床岩矿石稀土元素配分模式图

A—麻源群变质岩(6、7)和蚀变岩金矿石; B—石英脉型金矿石

肖板金矿床矿石铅同位素8个样品平均值为 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.029$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.567$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.745$ , 反映出本区铅来源具造山带特色, 即燕山期重熔型花岗岩来源为主。

由蚀变矿物绿泥石和绢云母的 Rb-Sr 等时线求得铯初始比值  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7151$ , 说明成矿热液来源以重熔型岩浆岩来源为主<sup>[4,9]</sup>。与大背坞金矿床相似(0.7113)<sup>[7]</sup>。总之, 肖板金矿床成矿物质主要来源于麻源群变质岩, 部分来源于重熔型岩浆岩。

## 2 矿床成矿时代的确定

(1) 矿石中蚀变矿物的铷-铯等时线测定: 在没有适宜的金属矿物可作成矿年龄测定对象的条件下, 热液矿床中与矿化密切相关的共生蚀变矿物成生时期能够非常贴近矿化时代<sup>[7,10-12]</sup>。

研究表明, 与金矿化密切相关的蚀变矿物有黄铁矿、绿泥石、石英、绢云母、黄铜矿等, 特别在含硫化物石英脉型矿石中, 可见团块状绿泥石与黄铁矿、石英等载金矿物密切共生。结合矿物可选性和拟测同位素含量的考虑, 选取5件绿泥石样品进行 Rb-Sr 同位素测定, 由测定结果拟合成的等时线年龄为  $(182.51 \pm 8.36) \times 10^6 \text{ a}$ , 样品间拟合系数为 0.9964,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.715112$ 。

(2) 地质分析及成矿时代: 肖板金矿区多处可见燕山晚期脉岩穿切矿体, 但含矿构造及矿脉均穿切了加里东-海西(印支)期的各类片麻状岩体, 或形成蚀变花岗岩型矿石, 同时, 矿石中碲含量较高, 甚至形成含碲自然金(Te最高达13.17%); 结合硫、铅、铯同位素、成矿流体特征、区域岩浆活动的时代和规律、中国东部金矿成矿时代的普遍规律<sup>[3,7,11,12]</sup>可以认为肖板金矿成生于燕山早期( $170 \times 10^6 \sim 140 \times 10^6 \text{ a}$ 左右)。与浙江冶岭头金矿主矿化期  $140 \times 10^6 \sim 165 \times 10^6 \text{ a}$ <sup>[13]</sup>相似。

### 3 流体包裹体特征及其反映的矿床成因意义

肖板金矿床石英脉型金矿石中的石英矿物包裹体普遍较小，一般4~20 μm，个别30~40 μm；室温下大多为气液两相，其气相比为5%~20%，部分为CO<sub>2</sub>包裹体及含液相CO<sub>2</sub>的气液包裹体，CO<sub>2</sub>可达30%~90%，石英均一温度值介于106~295℃之间，多数在180~249℃，平均值位于215℃左右，表明主要为一期成矿作用。包裹体的盐度多数小于5% NaCl，流体密度为0.923 g/cm<sup>3</sup>，反映出以岩浆热液为主，经换算可求得成矿流体包裹体形成时的压力为38.5~47.0 MPa，成矿深度为1.48~1.81 km。流体包裹体液相成分以Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>和Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>为主，其次为Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、F<sup>-</sup>，并有少量NO<sub>3</sub><sup>-</sup>。K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>为0.567，Na<sup>+</sup>/(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>)为1.30，F<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>=0.676；气相成分H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>为主，并有少量CH<sub>4</sub>和H<sub>2</sub>，M<sub>CO<sub>2</sub></sub>/M<sub>H<sub>2</sub>O</sub>=0.01，具有岩浆来源的显著特征。

流体包裹体物化参数计算表明<sup>[14]</sup>，成矿流体pH=4.9~7.08，为弱酸性至中性，矿化度11.53~79.15 g/L，比较高，对变质岩中金的带出和迁移有利，氧逸度为-40.57~-40.84。肖板金矿δ<sup>18</sup>O<sub>Q</sub>=11.0‰~11.7‰，与花岗岩相当(+7‰~+13‰福尔，1986)。δD=-43‰~-63‰。用Clayton等(1972)关系式：换算求得成矿流体中水的δ<sup>18</sup>O<sub>水</sub>为2.59‰~3.31‰，在δD-δ<sup>18</sup>O图(图2)上位于岩浆岩与变质水的混合流体之左侧，表明以岩浆水为主，变质水次之，并有一定的大气降水混入。

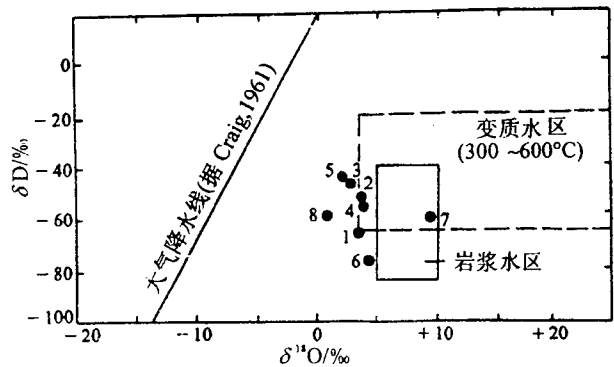


图2 肖板金矿床氢氧同位素投影图

比治岭头金矿<sup>[5]</sup>雨水影响小；比大背坞金矿<sup>[7]</sup>雨水影响大些，后者δ<sup>18</sup>O更高。总之，肖板金矿是以岩浆水为主，受变质水和大气降水混合改造的中低温热液矿床。

### 4 矿床成因和成矿模式

本区经历了扬子-加里东期和海西-印支期构造演化后，印支末—燕山早期，构造-岩浆活动——成矿作用进入了新的阶段<sup>[15]</sup>。

首先在中上地壳出现伸展体制的变形，以蒲洋岩体为核心，形成变质核杂岩构造，肖板地区处在该核杂岩构造的北西侧，在中元古界麻源群变质岩中发育了一系列韧性低角度正断层——剥离断层，燕山早期，在大面积的火山喷发的同时，广泛发育深成的中酸性侵入岩，它们拥有极大的热源和流体源，为地层和变质岩中金元素的活化和参与成矿提供了必要的热动力条件，由于地层岩石含金较高，重熔岩浆分异结晶后的残留热液中也含有较高的金元素，随着岩浆热液向地壳浅部的运移，不断萃取地层岩石中的金等成矿元素，形成富含金元素的含金热液；同时在岩浆热作用下，部分地下水升温，萃取地层中的金元素，也加入到成矿热液中。当这些含矿热液上升接近韧性低角度正断层时，使断层下盘的还原环境的含

金热液系统与断层上盘氧化环境的地下水循环系统在断层面附近构成氧化还原界面,导致含金热液顺该断层迁移并交代构造岩,形成蚀变岩型金矿石,当局部交代彻底时,形成交代硅质岩(石英脉)型金矿体,这就是肖板金矿床典型的矿化形式和矿体;当含金热液进入陡角度构造破碎带时,则形成具充填型特征的石英脉矿体(图3)。燕山晚期以来,以小规模脉岩侵入为主,大多穿切矿体和含金构造带,或者破坏矿体。

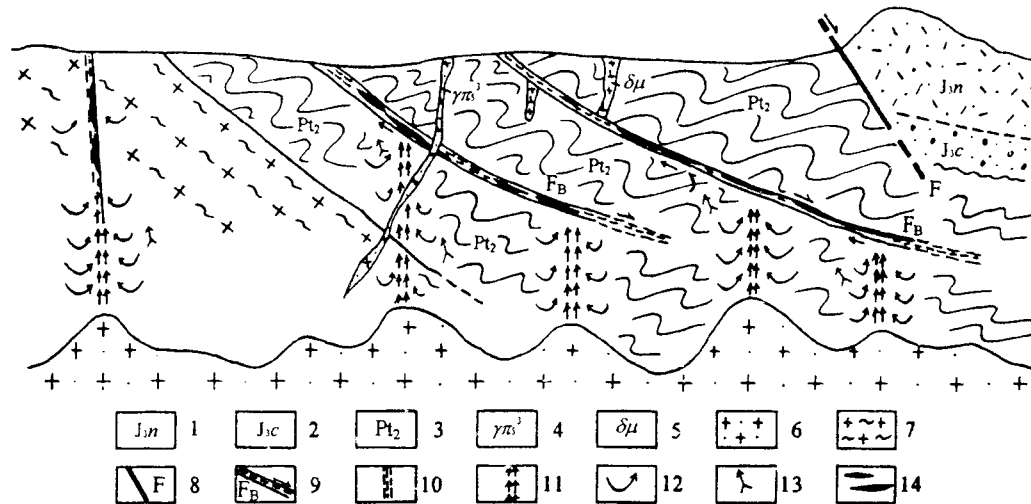


图3 肖板金矿床成矿模式图

1—南园组; 2—长林组; 3—麻源组; 4—燕山晚期花岗斑岩; 5—闪长玢岩; 6—黄山早期中酸性侵入岩; 7—加里东-印支期片麻状岩体; 8—晚期断层; 9—切脆性低角度正断层(剥离断层); 10—断层破碎带; 11—岩浆热液及携带的部分金元素运移方向; 12—地层(变质岩)中成矿流体及其携带的成矿元素运移方向; 13—热源方向; 14—金矿体

### 参 考 文 献

- 1 张家元. 福建省双旗山金矿床地质特征及成因研究. 福建地质, 1992, 11 (1): 17~32.
- 2 陈德潜, 陈刚. 实用稀土元素地球化学. 北京: 冶金工业出版社, 1990, 1~267.
- 3 蔡本俊, 陈柏林, 陈红新. 崇安-石城构造带中段金矿成矿规律. 北京: 地震出版社, 1994, 37~75.
- 4 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.
- 5 郑明华, 刘建明. 论浙江冶岭头金银矿床的成矿物质来源. 矿床地质, 1986, 5 (1): 39~52.
- 6 德龙德, C E J. 新西兰怀西地区戈尔登罗斯浅成低温热液金-银矿床的热液蚀变、稳定同位素、流体包裹体. 见吴美德主编. 国外火山岩型金矿床. 地矿部情报研究所出版, 1991, 155~178.
- 7 陈柏林, 董法先, 王平安等. 江西大背坞金矿床成因探讨. 江西地质, 1997, 11 (3): 7~15.
- 8 刘裕庆. 吉林海沟金矿床同位素地球化学和成矿规律研究. 矿床地质, 1991, 10 (2): 131~142.
- 9 韦永福, 吕英杰, 江雄新等. 中国金矿床. 北京: 地震出版社, 1996, 215~254.
- 10 李红艳, 毛景文, 王登红等. 柿竹园钨多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄研究. 地质论评, 1996, 42 (3): 261~267.
- 11 张振海, 张景鑫, 叶素芝. 胶东金矿同位素年龄的厘定. 北京: 地震出版社, 1994, 4~51.
- 12 董法先, 李中坚, 陈柏林等. 安徽五河大巩山-荣渡地区金矿控矿构造与找矿方向. 北京: 地质出版社, 1995, 136~162.
- 13 周俊发, 钱建民. 冶岭头金银矿床的成矿时代. 浙江地质, 1996, 12 (1): 60~66.
- 14 李荫清, 马秀娟, 魏家秀. 流体包裹体在矿床学和岩石学中的应用. 北京: 北京科学技术出版社, 1988, 1~50.
- 15 赵越, 杨振宇, 马醒华. 东亚大地构造的重要转折. 地质科学, 1994, 29 (2): 105~119.