

# 肖坂金矿床成矿物源特点及其找矿意义

陈柏林

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081)

赵荣文

(中国地质大学, 北京, 100083)

吴淦国

(福建省尤溪县黄金公司, 尤溪, 365100)

黄仁生 吴建设

(福建省闽西地质大队, 三明, 365000)

**摘 要** 肖坂金矿床是产于中元古界麻源群变质岩中, 受发育于麻源群中的低角度正断层(剥离断层)的控制, 形成于燕山早期, 属中低温岩浆热液矿床。矿化类型以构造蚀变岩型为主, 部分石英脉型。麻源群卓地组( $A_{nZ_z}$ )和葛坑组( $A_{nZ_g}$ )含金性可达  $5.8 \times 10^{-9} \sim 11.9 \times 10^{-9}$ ; 不同类型矿石与变质岩, 加里东期—印支期变形中酸性岩体的稀土元素配分模式, 轻重稀土比值,  $La/Sm$ 、 $Sm/Nd$  比值均具有非常相似的特征; 矿石的硫同位素  $\delta^{34}S$  介于  $-2.7\text{‰} \sim -5.1\text{‰}$ , 矿石铅同位素组成投影点位于造山带偏向地幔一侧, 反映出本区铅来源具造山带特色; 初始铈比值  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$  为  $0.7146 \sim 0.7151$ ; 本区存在为金矿成矿提供主要矿源的细碧角斑岩的可能性很小, 区域上金矿床(点)的分布主要局限于麻源群变质岩隆起区及其周边地区或麻源群之上侏罗纪火山岩比较薄的地区。上述特征反映出肖坂地区金矿床成矿物质(成矿元素), 主要来源于麻源群变质岩, 但受到燕山早期重熔型岩浆岩的影响。因此, 在区域上金矿找矿的战略方向应该是在麻源群变质岩分布地区及其周围, 特别是有燕山早期中酸性侵入岩的附近; 在侏罗纪火山岩分布地区, 则应该在火山岩比较薄的部位寻找金矿床。

**关键词** 金矿床 成矿物质来源 找矿方向 福建肖坂

## 1 引言

福建尤溪肖坂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—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、二长变粒岩、片麻岩等, 零星出露加里东期—印支期片麻状中酸性岩体和燕山晚期中酸性岩脉<sup>[1]</sup>。肖坂矿区金矿体赋存于麻源群中, 受发育于麻源群中的低角

陈柏林, 男, 1962年生, 研究员, 主要从事构造地质、矿田构造、成矿预测及显微构造研究工作。

1999年10月9日收稿

国家计委科技找矿项目(JG9471909)部分研究成果。

福建省区域地质调查大队1:5万街面幅、中仙幅区调报告, 1991。

度正断层(剥离断层)的控制,矿体产状平缓,一般倾角 $5\sim 25^\circ$ ;呈波状起伏<sup>[2,3]</sup>。流体包裹体特征显示成矿流体主要为岩浆水,并有大气降水的混入,成矿温度 $190\sim 244^\circ\text{C}$ ;与矿化密切的蚀变矿物绿泥石的铷-锶等时线年龄为 $182\text{Ma}$ 。结合地质分析,确定成矿时代为燕山早期,属中低温岩浆热液矿床。矿化类型以构造蚀变岩型为主,部分为石英脉型<sup>[4]</sup>。

矿床形成的实质是地壳中有用元素从分散到聚集的地球化学过程,要形成矿床必须有足够的成矿物质基础,所以,成矿物质来源是矿床成因研究的重要内容之一。对于肖坂金矿的成矿物质来源,前人主要有两种认识:张家元<sup>[5]</sup>根据岩石含金性、硫同位素、氢氧同位素及微量元素特征等认为属后生变质热液经燕山晚期次火山热液改造的复成因矿床,其成矿物质来源于变质岩和中生代火山岩;福建省闽西地质大队则认为属中元古代海底中基性火山岩-细碧角斑岩层控改造型金矿床,成矿物质主要来源于中元古代海底火山岩。但两种认识都缺乏矿床形成的时间、空间、地质地球化学三者统一的角度进行分析,也缺少直接的有说服力的地球化学依据。本文在前人工作基础上重新认识成矿地质背景,特别是从成矿的地球化学(稀土元素、稳定同位素)特征,并结合同位素年代学、成矿流体特征及其变化等综合因素,分析了肖坂金矿床的成矿物质来源。

## 2 地层岩石含金性的讨论

对肖坂及外围地区岩石含金性及区域地球化学场的分析结果显示肖坂金矿正是处于有利的成矿地球化学异常区之内。据 $1/5$ 万街面幅和中仙幅区调成果和有关科研资料,区内各组地层金元素平均丰度一般较低,大于 $5\times 10^{-9}$ 的仅有二叠系童子岩组( $Pt$ )和麻源群卓地组( $AnZz$ )和葛坑组( $AnZg$ ),分别为 $5.8\times 10^{-9}$ 、 $11.9\times 10^{-9}$ 和 $6.2\times 10^{-9}$ 。如果仅从金元素丰度来看,麻源群变质岩具有提供金元素的能力。

区内岩浆岩金元素丰度变化较大,变化于 $1\times 10^{-9}\sim 21.9\times 10^{-9}$ (表1),但有趣的是加里东期—印支期变形岩体(石英闪长岩、石英二长闪长岩及二长闪长岩、二长花岗岩、花岗闪长岩),普遍金含量比较高,少数燕山早期二长花岗岩(仙公仑岩体)含金丰度也很高,而燕山晚期多数岩浆岩含金较低。结合有关岩体的蚀变特征和变形特征分析,变形蚀变的加里东期岩体及仙公仑岩体很可能提供一定量的金元素。

据张家元<sup>[5]</sup>资料,本区容矿围岩——斜长变粒岩含金 $6.49\times 10^{-9}\sim 17.03\times 10^{-9}$ ,平均 $9.5\times 10^{-9}$ ,浓度克拉克值大于2的元素为Au、Ag、S、Sn,而小于1的贫乏元素为Ni、V、Hg、F、Cl,与金矿石中元素组合特点非常相似,说明成矿与围岩间的密切关系;同时从元素含量演化特点来看,不论是成矿元素Au、Ag、Cu、Pb、Mo、Sn、Bi,还是铁族元素Mo、Cr、Co、Ni及矿化剂元素S、F、Cl、H<sub>2</sub>O,从围岩到矿体,均由低到显著增高,表明是相关元素整体的活化、迁移、富集成矿过程。因此,从麻源群变质岩含金性及相关元素组合特征看,是本区金矿床重要矿源层。

## 3 稀土元素特征

对肖坂金矿床及邻区不同类型矿石及变质岩的稀土元素分析结果,经球粒陨石标准化<sup>[6]</sup>

表 1 肖坂及外围地区主要侵入岩金丰度 (×10<sup>-9</sup>)

Table 1 Gold content of main intrusive rocks in the Xiaoban area and its vicinity

期次	岩 性	1/5 万区调成果	样品数 (个)	有关科研成果	样品数 (个)	代表性岩体
燕山晚期	花岗斑岩	7.58	6	6.3	10	
	钾长花岗岩	—	—	0.2	1	
	二长花岗岩	—	—	0.4	7	
	石英二长斑岩	1.6	2	—	—	
	花岗闪长岩	3.7	1	1.8	9	
	石英闪长岩	1	4	1.1	8	
燕山早期	二长花岗岩	20	1	20	1	仙公仑岩体
印支期	石英二长岩	4.6	1	4.6	1	安村岩体
	石英二长闪长岩	3.7	2	3.6	3	祭坑岩体
	石英闪长岩	1.7	1	—	—	浸坪岩体
	二长花岗岩	—	—	0.5	4	桂洋岩体
加里东期	花岗闪长岩	21.9	1	—	—	岭边岩体
	石英二长岩	15.35	2	—	—	蒲洋岩体
	石英二长闪长岩	2.4	2	8.9	4	仙亭洋岩体
	闪 长 岩	3.2	1	—	—	大蛇岩体
	黑云母角闪岩	1.55	2	—	—	吉安岩体

注: 据文献 [2] 和福建省闽西地质大队等资料统计。

后作配分模式图 (图 1)。从图中可看出, 除了稀土元素总量从变质岩 (图 1A 中 6, 7) 最高为 (179.35 × 10<sup>-6</sup>)、蚀变岩型金矿石 (图 1A 中 3, 4) 次高为 (76.24 × 10<sup>-6</sup>) 到石英脉矿石 (图 1B 中 1, 2, 8, 9) 降到最低 (7.61 × 10<sup>-6</sup>) 外, 稀土元素配分模式、轻重稀土比值、La/Sm、和 Sm/Nd 比值均具有非常相似的特征, 反映出金矿石中的物质来源与麻源群变质岩有较密切的关系, 其中蚀变岩型金矿石的稀土元素特征与泰宁何宝山金矿床<sup>[7]</sup>极为相似, 与安徽五河荣渡金矿床<sup>[8]</sup>也比较相似, 均反映出它们在成矿特征上具有的相似性。

4 硫同位素组成

肖坂地区金矿床矿石的硫同位素 δ<sup>34</sup>S 介于- 2.7‰~ - 5.1‰, 变化范围小, 比较集中, 在频数图上呈峰值突出的单峰式。在矿床内不同矿段上具有双旗山矿段 δ<sup>34</sup>S 负值略偏大 (- 3.7‰~ - 4.7‰), 肖坂矿段略小 (- 3.5‰~ - 4.2‰), 在不同矿石类型上具有石英脉型矿石负值最大 (- 3.5‰~ - 4.7‰), 蚀变岩负值较小 (- 3.5‰~ - 3.8‰), 而未蚀变矿化的变粒岩更低 (- 2.6‰)。硫同位素 δ<sup>34</sup>S 变化较小, 甚至包括上村金矿点在内, 总的变化幅度 2.4‰, 说明它们在成矿作用和矿床成因方面的一致性, 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‰和深海浊流沉积- 5.6‰组成), 但明显受到重熔型花岗质岩浆岩源硫 (+ 4‰~ + 10‰) 的影响和混入<sup>[9]</sup>。因此, 肖坂金矿床硫同位素组成比直接火山热

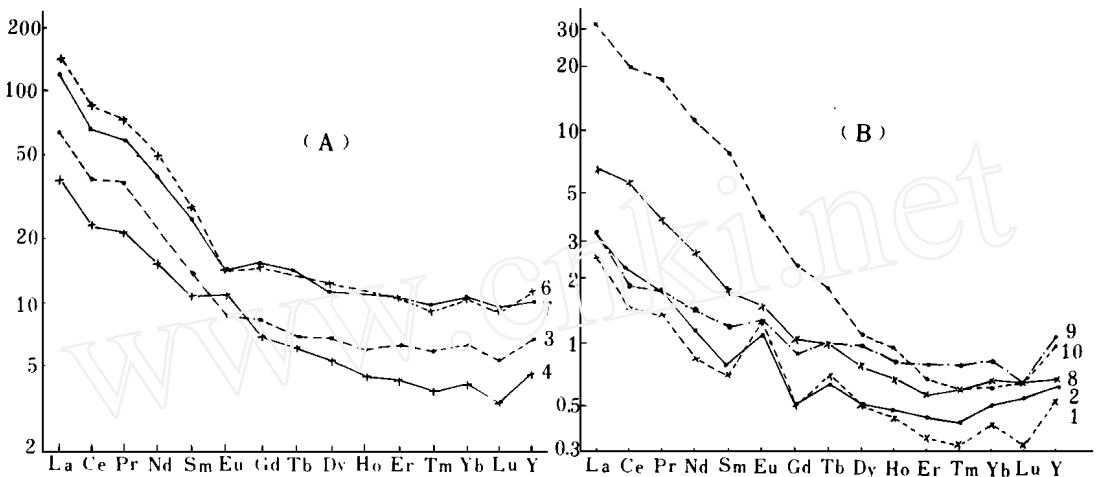


图 1 肖坂金矿床不同岩石及矿石稀土元素配分模式图

Fig. 1 REE distribution patterns of the rocks and ores from the Xiaoban gold deposit, Fujian Province

A—麻源群变质岩 (6, 7) 和蚀变岩金矿石 (3, 4); B—石英脉型金矿石 (1, 2, 8, 9, 10)

液成因的金矿床 (如浙江冶岭头<sup>[10]</sup>、新西兰戈尔登罗斯金矿<sup>[11]</sup>) 富集轻硫, 与江西大背坞金矿<sup>[12]</sup> 比较相似, 但比沉积改造型金矿 (吉林海沟金矿<sup>[13]</sup>) 稍富重硫。

## 5 铅同位素特征

肖坂金矿床矿石铅同位素组成见表 2。

在  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \sim ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  图 (图 2) 上, 多数投影点位于造山带偏向地幔一侧, 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), 但有明显地幔来源 (即具海底中基性火山岩的麻源群变质岩), 少数具上地壳特征。同时, 从表中可以看出, 矿石铅同位素组成变化较大, 反映它们不是单阶段演化铅, 因而, 用单阶段演化模式计算的模式年龄值变化也较大 (多数为 654~810 Ma, 9501 号样为 235~260 Ma), 这组年龄值不代表成矿年龄, 也不直接反映铅源区年龄, 而是指示源岩年龄大于 654 Ma<sup>[11, 14]</sup>, 对肖坂金矿床来说, 意味着麻源群变质岩的主要变质年龄是 650~800 Ma, 这与区域变质史研究成果相吻合<sup>[1]</sup>。

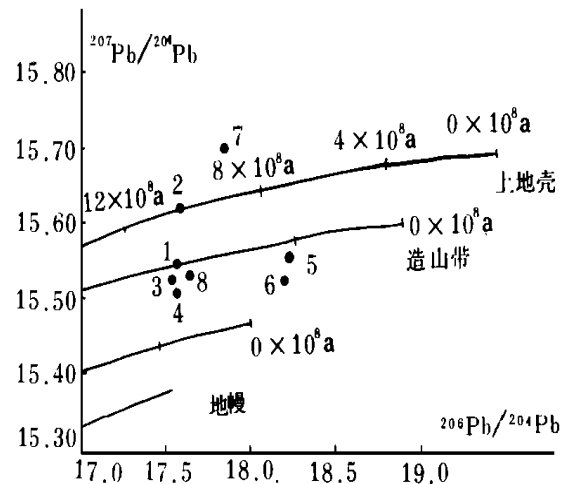


图 2 肖坂矿区铅同位素投影图 (序号同表 2)

Fig. 2 Pb isotopic plots of pyrites from the Xiaoban gold deposit

表 2 肖坂地区金矿石中黄铁矿铅同位素组成

Table 2 Pb isotopic composition of some pyrites from the Xiaoban gold deposit

序号	样 号	采样位置	矿石类型	测试矿物	铅同位素组成			单阶段模式 年龄 (M a)
					<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	
1	SJ0-1	双旗山	含金石英脉	黄铁矿	17.531	15.566	37.912	741
2	SJ0-1	双旗山	含金石英脉	黄铁矿	17.564	15.611	38.076	810
3	SJ0-1	双旗山	含金石英脉	黄铜矿	17.518	15.531	37.840	716
4	B01	肖 坂	含金石英脉	黄铁矿	17.528	15.509	38.064	710
5	9501	肖 坂	含金石英脉	黄铁矿	18.210	15.558	38.112	260
6	9501	肖 坂	含金石英脉	黄铁矿	18.167	15.519	38.006	235
7	Y12	上 村	含金石英脉	黄铁矿	17.826	15.706	34.408	710
8	Y012	上 村	含金石英脉	黄铁矿	17.620	15.536	37.812	654
9	Y18-2	邱 村	矿化砂岩	黄铁矿	18.105	15.930	38.917	741

注: 测试单位为中国科学院地质研究所。计算参数: A<sub>0</sub> = 9.307, B<sub>0</sub> = 10.294, λ = (1.551 25, 9.848 50, 0.494 74) × 10<sup>-10</sup>a<sup>-1</sup>, T<sub>0</sub> = 4 430M a。

6 蚀变矿物锶同位素特征

由蚀变矿物绿泥石和绢云母测定的 Rb-Sr 同位素组成拟合的等时线, 表明本区初始锶比值 (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub> = 0.714 6~ 0.715 1, 该结果大于 0.707 1, 说明与蚀变相关的热液来源不是以具海底火山岩的麻源群变质岩为主, 而是以重熔型岩浆岩来源为主<sup>[9, 14]</sup>。与大背坞金矿床 (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub> = 0.711 3) 非常相似。

7 成矿时代依据

首先, 选择在含硫化物石英脉型矿石中与金矿化关系密切呈团块状的蚀变矿物绿泥石进行 Rb-Sr 同位素测定, 由测定结果拟合成的等时线年龄为 182.51 ± 8.36M a, 样品间拟合系数为 0.996 4, (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub> = 0.715 112; 其次, 肖坂金矿区多处可见燕山晚期花岗斑岩脉穿插矿体, 但含矿构造及矿脉均穿切了加里东期—海西 (印支) 期的各类片麻状岩体, 或形成蚀变花岗岩型矿石; 第三, 矿石中碲含量较高, 甚至形成含碲自然金 (Te 最高达 13.17%), 反映出成矿与岩浆活动的关系; 第四, 肖坂外围安村金矿点与金矿化密切相关的安村蚀变石英闪长岩年龄 187.3 ± 21M a, 说明成矿晚于 187M a。所以, 结合稳定同位素、成矿流体以岩浆来源为主的特点、区域岩浆活动时代及其与金矿化关系、中国东部金矿成矿时代的普遍规律等, 可以认为肖坂金矿生成于燕山早期 (170~ 140M a)<sup>[14]</sup>。

8 关于麻源群中基性火山岩的讨论

《福建省区域地质志》和 1/5 万区调认为, 麻源群变质岩的原岩含有中基性火山岩, 属于海相海底喷发的中基性和中酸性火山岩组合。福建省闽西地质大队研究认为, 麻源群中的一套细碧-角斑岩建造是金的主要矿源层。因此, 是否存在细碧-角斑岩系列的碱性海相火山岩尚

有争议, 本文对此进行了分析。

细碧岩为碱性玄武岩的一种, 以富含钠长石为特征 (或相当于钠长石玄武岩)<sup>[15]</sup>, 岩石化学最突出的特征是  $\text{Na}_2\text{O} > 4\%$ 。

肖坂矿区目前所见及的含矿断裂带大多发育于一套深色岩系之中 (即所谓的细碧岩或变质岩中基性火山岩), 然而一些地质现象却令人费解。首先, 从产状来看, 虽然深色岩系与浅色岩系 (二长变粒岩), 呈整合关系, 但并不总是这样, 在某些部位, 含矿构造斜切变质岩片理时, 这套深色岩系仅顺构造带发育, 特别是在肖坂矿段 PD 525 南东沿脉 40~50 m 一带, 表现非常清楚, 并且在构造带边部尚残留有未变形的深色岩系 (暂定为煌斑岩) 穿插至二长变粒岩之中, 这可能预示着有一部分是沿构造带贯入的脉岩, 后来又经历了构造变形, 形成目前所见的构造片岩。其次, 变质程度上有差异, 如果这些变形的深色岩系属于麻源群同沉积的中基性火山岩或细碧角斑岩, 那么当岩石整体经历绿片岩相至低角闪岩相的变质作用时, 这些偏基性的岩石也应有相应的变质结晶作用, 但是, 目前见到的这些偏基性深色岩系似乎变质程度明显低于二长变粒岩, 至多达到低绿片岩相变质, 形成的是绿泥石千枚岩、绿泥石绢云母片岩等。第三, 岩石化学分析显示,  $\text{SiO}_2$  为 52%~54%,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  为 1.06~2.34, 其中  $\text{Na}_2\text{O}$  为 0.27~0.83。如果按火山岩投影, 介于安山岩与玄武岩之间, 且属于正常钙碱系列的安山玄武岩, 达不到碱性玄武岩系列 (图 3、表 3)。第四, 从成矿作用或矿质来源来看, 矿石中绿泥石初始锶比值为 0.714, 大于海底幔源中基性火山岩及细碧角斑岩的初始锶比值 (一般  $< 0.7071$ , 如甘肃祁连山石灰沟细碧岩初始锶比值为 0.70616<sup>[15]</sup>)。第五, 分布上有局限性, 如果作为麻源群变质原岩的海相中基性火山岩, 那么在分布上是有一定的区域性, 然而, 在肖坂等地却是非常局限, 即主要与控矿断裂带相伴生, 例如: 在 500 余米的 PD 525 穿脉坑道中, 变质岩几乎都是条带状 (含黑云) 二 (斜) 长变粒岩, 仅仅在接近穿脉与沿脉坑道叉口处 (也即控矿断裂附近), 才见到这套深色变质岩系, 如果解释为构造带沿这套深色岩系发育的话, 那么, 又如何解释控矿构造在许多地段的穿片理特征呢? 因此, 据目前的资料分析, 笔者认为, 肖坂矿区这套深色岩系不属于细碧岩, 只是属于正常系列的中基性岩; 其中的一部分很可能是沿构造带贯入的中基性脉岩, 侵位之后该构造带又发生过变形, 因而才出现上述岩石化学、产状、变质程度及分布诸方面的特殊性, 并且成矿物质也不是主要来源于细碧角斑岩, 而是整个麻源群变质岩系。当然, 我们并不否认在区域上, 麻源群中存在绿片岩。

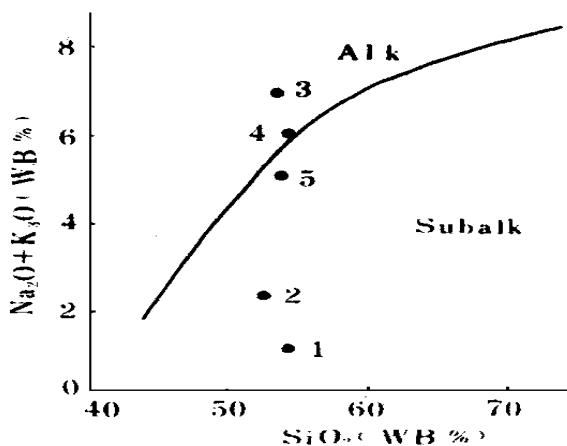


图 3 肖坂矿区变质中基性岩及国内典型细碧岩岩石化学  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  投影 (序号同表 2)

Fig. 3 Projected profile of  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  of medium-basic vein rocks from the Xiaoban mining and some typical spilites  
ALK—碱性系列; Subalk—亚碱性系列

表 3 肖坂矿区变质中基性岩及国内典型细碧岩岩石化学全分析结果 (%)

Table 3 Petrochemical composition of medium-basic vein rocks from the Xiaoban mining and some typical spilites

序号	样号	采样位置	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	总量	备注
1	YJ28	PD525 叉口处	0.27	54.08	11.98	0.89	11.48	10.39	9.38	0.79	0.30	—	99.56	本文
2	Z32	ZK25901 221m	0.83	52.60	12.39	0.88	11.27	10.59	9.19	1.51	0.31	—	99.67	
3		甘肃石灰沟	6.68	53.87	16.34	0.30	4.54	12.02	2.29	0.21	0.09	3.04	99.65	[15]
4		青海西碱沟	5.53	54.90	16.47	0.70	7.42	7.96	2.07	0.49	0.09	3.40	99.20	
5		甘肃南泥沟 (S <sub>1</sub> )	3.69	54.31	17.08	0.71	5.13	8.94	5.24	1.33	0.15	3.30	100.08	

9 区域成矿规律分析

从区内 26 个内生金矿(床)点统计所赋存的层位可发现,麻源群占 23.1%,震旦系和二叠系各占 7.7%,侏罗系占 50%,岩体占 11.5%,似乎具有明显的选择性,即以麻源群和侏罗系为主,然而,如果考虑一下本区这几套地层的分布面积,就很容易发现,单位面积内各地层中金矿床分布的几率是基本相近的,甚至包括岩浆岩也如此。因此,层位控制(一老一新)的特征不明显。另一方面,金矿床(点)主要分布于由麻源群变质岩组成的基底隆起区内及其周边地区。据杨梅等地勘察资料及有关地球物理资料分析,火山拗陷区边缘的侏罗系厚度都不是很大(如安村 400m 钻孔就见古生代地层),在金矿床分布区之下存在较广泛的麻源群基底,而这个基底是提供金矿成矿物源的,不论其上有少量侏罗系盖层或无盖层,只要构造条件和岩浆热动力条件合适就可以形成矿床。相反,在巨厚的侏罗系火山岩区很少有金矿床。这与东南沿海地区其它金矿床如浙江冶岭头<sup>[10]</sup>等非常相似。从这一点上看,闽中“天窗”区的麻源群整体是“有根有基”的,而郴是“飞来峰”,作为“飞来峰”<sup>[16]</sup>的麻源群只是局部的。

10 结论及其找矿意义

总之,通过地层岩石含金性、稀土元素、硫同位素、铅同位素、初始锆比值、相关岩石的岩石化学以及区域成矿规律等分析,可以认为肖坂地区金矿床成矿物质(成矿元素)主要来源于麻源群变质岩,但受到重熔型岩浆岩的影响。

从肖坂金矿床成矿物质主要来源于麻源群变质岩但受到重熔型岩浆岩影响的认识出发,在区域上金矿找矿的战略方向是麻源群变质岩分布地区及其周围,特别是有燕山早期中酸性侵入岩的附近;在侏罗纪火山岩分布地区,则应该在火山岩比较薄的部位寻找金矿床。

## 参 考 文 献

- 1 福建省地质矿产局 福建省区域地质志 北京: 地质出版社, 1985
- 2 陈柏林等 福建蒲洋变质核杂岩构造及其控矿作用初探 福建地质, 1998, 17 (3)
- 3 陈柏林, 吴淦国, 黄仁生等 福建尤溪肖坂金矿控矿构造特征及其对矿化的控制 火山地质与矿产, 1998, 19 (4)
- 4 陈柏林等 福建尤溪肖坂金矿床成因探讨 矿床地质, 1998, 17 (增刊)
- 5 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)
- 6 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
- 7 蔡本俊等 崇安—石城构造带中段金矿成矿规律 北京: 地震出版社, 1994
- 8 董法先等 安徽五河大别山—荣渡地区金矿控矿构造与找矿方向 北京: 地质出版社, 1995
- 9 张理刚等 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
- 10 郑明华等 论浙江治岭头银矿床的成矿物质来源 矿床地质, 1986, 5 (1)
- 11 德龙德, C. E. J. 等 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 北京: 地矿部情报研究所出版, 1991
- 12 王平安, 董法先, 刘建民, 陈柏林等 江西大背坞金矿床地质地球化学特征 矿床地质, 1998, 17 (1)
- 13 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)
- 14 陈柏林 江西大背坞金矿床成因探讨 江西地质, 1997, 11 (3)
- 15 夏林晰等, 祁连. 秦岭山系海相火山岩 北京: 中国地质大学出版社, 1991
- 16 林亨才, 陈斯盾 尤溪东华地区逆冲推覆构造特征 福建地质, 1992, 11 (3)

## Features of Ore-forming Source and Its Ore-hunting Significance of the Xiaoban Gold Deposit, Fujian Province

Chen Bailin

(Institute of Geomechanics, CAS, Beijing, 100081)

Zhao Rongwen

(Youxi Gold Exploration Corporation of Fujian Province, Youxi, 365100)

Wu Ganguo

(China University of Geoscience, Beijing, 100083)

Huang Rensheng Wu Jianshe

(Western Fujian Geological Party, Samning, 365000)

### Abstract

The Xiaoban gold deposit, developed in Mayuanqun Group metamorphic rocks of Middle Proterozoic Era and controlled by the lower-angle detachment fault northwest of the Puyang metamorphic core complex, is a medium-low-temperature magmatic hydrothermal deposit. It occurred in the early Yanshanian with a type of mineralization mainly as an altered and



structural rock type and partly as a quartz-vein type. The research works show that the source features of ore-forming materials of the gold deposit are mainly from Mayuanqun Group metamorphic rocks and partly from Mesozoic medium-acid intrusive rocks. Main evidences are as follows. Firstly, the contents of Au in Zhuodi Formation and Gekeng Formation are about  $(5.8 \sim 11.9) \times 10^{-9}$ . Secondly, the REE pattern, LREE/HREE, La/Sm and Sm/Nd of the gold ore are similar to these of metamorphic rocks. Thirdly, the  $\delta^{34}\text{S}$  is  $-2.7\text{‰} \sim -5.1\text{‰}$ , and the Pb isotopic plots belong to the orogenic belt with  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.518 \sim 18.210$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.509 \sim 19.930$  and  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.812 \sim 38.917$ . Fourthly, the  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$  of the altered minerals closely related to gold mineralization (chlorite) is  $0.7146 \sim 0.7151$ . Moreover, it is impossible that there is a layer of spilite-keratophyre in Mayuanqun Group metamorphic rocks that supplied most ore-forming materials. And all gold deposits or mineralized spots occur in the upwelling areas where there developed Mayuanqun Group metamorphic rocks and (or) around their areas where there developed a slight Jurassic volcanic rocks overburied upon Mayuanqun Group. Therefore, further exploration of gold deposits should be in the area where outcropped Mayuanqun Group metamorphic rocks and (or) the area where outcropped a slight Jurassic volcanic rocks overburied upon Mayuanqun Group.

**Key words** ore-forming source gold deposit further exploration, Xiaoban area, Fujian Province