

# 粤桂边境庞西垌—金山银金矿床 成矿条件与形成机理<sup>\*</sup>

王祖伟<sup>1</sup>, 周永章<sup>2</sup>, 张 恩<sup>2</sup>

(1. 天津师范大学城市与环境科学学院, 天津 300074;

2. 中山大学地球科学系, 广东 广州 510275)

**摘 要:** 庞西垌—金山银金矿床位于广东廉江县与广西博白县的交界, 是一个以银为主, 含有金、铅、锌等伴生有益组分的银多金属矿床。研究表明, 前寒武系—寒武系变质岩系是银金矿床的主要矿源层, 其具有的高 Ag 和高 Ag/Au 比值特征, 为本区形成以 Ag 为特色矿床的提供了重要的物质基础; 燕山期英桥花岗岩为成矿热液的形成和活动提供了热源, 驱使以大气降水含有岩浆热液的混合水循环并对围岩混合岩和花岗岩进行淋滤, 形成成矿溶液; 多期次活动的庞西垌—金山断裂带不仅为花岗岩浆活动提供通道, 而且使两侧岩石产生节理和裂隙, 有利于热液的循环、淋滤和定位, 并直接成为矿质沉淀的场所; 含矿断裂的热液围岩蚀变作用是矿床最后定位的决定性因素, 矿化与硅化、绢云母化、黄铁矿化关系密切。

**关键词:** 银金矿床; 地球化学; 矿床地质; 成矿机理; 庞西垌—金山; 广东; 广西

**中图分类号:** P611 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 03-0081-05

庞西垌—金山银金矿床位于广东廉江县与广西博白县的交界, 云开隆起的西南端, 岑溪—博白大断裂之东, 金山—庞西垌断裂带的中段, 是一个以银为主, 含有金、铅、锌等伴生有益组分的银多金属矿床 (图 1)。

区内出露的地层主要为一套早加里东期形成的夹有少量云母石英片岩、大理岩、斜长角闪岩的条带—眼球状混合岩和片麻岩等, 原岩为夹有少量中基性火山岩、硅质岩、灰岩的类复理石沉积, 形成时代可能为中新元古代—寒武纪<sup>[1,2]</sup>, 是银金矿床的矿源层和主要围岩之一。

区内岩浆岩主要为塘蓬花岗岩体和英桥花岗岩体。塘蓬岩体呈岩基产出, 主体部分为中粗粒斑状黑云母二长花岗岩, 边缘相为中细粒花岗岩。塘蓬花岗岩属于壳源重熔型钙碱型花岗岩, 形成于海西—印支期<sup>[3]</sup>。英桥花岗岩岩体沿庞西垌—金山断裂带侵入, 是两次活动的产物 (主期英桥岩体, 补充期六环岩体), 与混合岩呈侵入接触或呈断层接触。英桥花岗岩为晚燕山期的产物<sup>[1]</sup>, 是混合源同熔型花岗岩<sup>[4]</sup>。英桥花岗岩是银金矿床的主要围岩之一, 矿床主要产在英桥花岗岩与混合岩的接

触带庞西垌—金山断裂带内。

区内主要构造庞西垌—金山断裂带走向 35°~55°, 倾向北西, 倾角 55°~65°。断裂带宽 20~200 m, 长大于 100 km, 由碎裂岩、压碎岩、构造角砾岩和断层泥砾岩组成, 沿走向尖灭侧现和膨胀收缩现象。该断裂带是银金矿床的控矿断裂和含矿断裂, 庞西垌—金山、樟木塘、中苏、大沙等矿床 (点) 赋存在断裂带内。

银金矿体主要产在断裂带中心部位的绢英岩化压碎岩中, 部分分布于绢英岩化花岗质碎裂岩中。矿化与围岩蚀变作用非常密切, 矿体本身就是富含 Ag、Au 的蚀变岩和石英硫化物脉。根据相互穿插关系, 成矿作用可划分为硅化—石英阶段、石英—矿阶段、多金属硫化物—石英阶段、石英—碳酸盐阶段四个矿化阶段<sup>[5]</sup>。

## 1 成矿地质条件

### 1.1 地层条件

作为云开贵金属成矿区的一部分, 研究区域内银金元素的分布特征总体上与整个地体一致, 但也存在自身特点。矿床所在的广东廉江和广西博白地

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2001-09-20

基金项目: 国家科技部 973 资助项目 (G1999043200, 95-预-39-V2); 国家自然科学基金资助项目 (40073010); 教育部骨干教师资助项目 (2000-024-415103); 优秀青年教师资助项目 (教人司 2001-39); 教育部博士点资助项目 (2000099815)

作者简介: 王祖伟 (1963-), 男, 博士; 通讯联系人: 周永章; E-mail: zuweiwang@sohu.com; eeszhou@

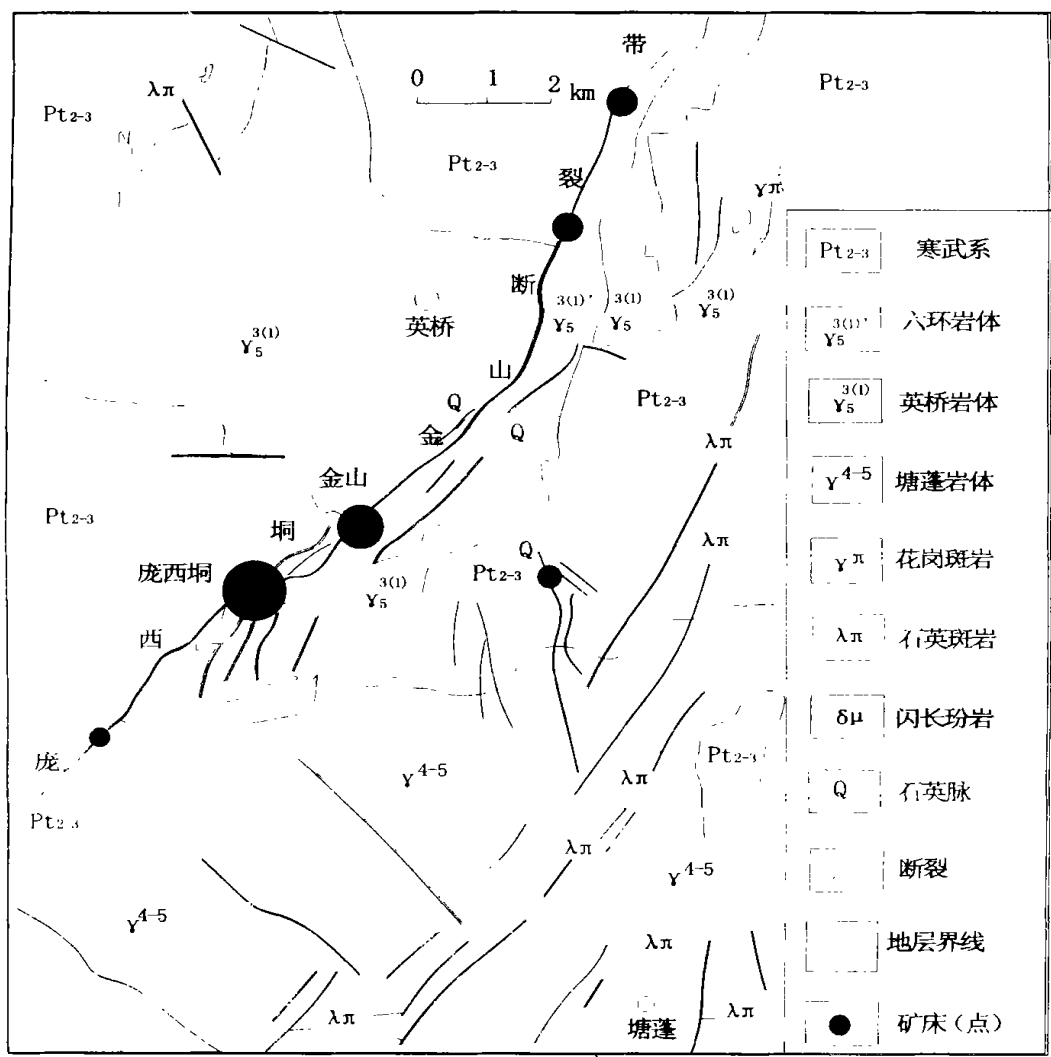


图 1 庞西洞—金山银金矿床矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Pangxidong jinshan Ag—Au mines

区的前寒武系—寒武系岩石中具有相对较高的  $w(\text{Ag})$  和  $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$  比值, 与云开地体东部具有较高  $w(\text{Au})$  和低  $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$  比的特征形成反差<sup>[3, 5-7]</sup>。研究区域总体具有较高  $w(\text{Ag})$  和较高  $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$  的地球化学背景, 与该区域贵金属矿床以银为特色相对应。与之相比, 云开地体东部高要—清远地区, 总体具有较高  $w(\text{Au})$ 、较低  $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$  背景, 主要发育金矿床。

尽管研究区域内基底岩石总体具有较高的 Ag、Au 含量, 但不同变质岩石类型的银金含量有所差异。总体上看, 从浅变质岩、片岩、混合岩到混合花岗岩, Au、Ag 元素的含量趋向变低, 在混合岩和混合花岗岩中含量最低, 即变质程度越高, Ag、Au 的含量越低<sup>[5]</sup>。研究区域不同变质强度岩石中成矿元素的规律性变化表明, 基底岩石在区域变质过程中, 元素发生过重新分配。

1. 2 岩浆条件

英桥花岗岩体岩石具有较高质量分数的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  的值大、相对富钾贫钠的特点, 属于钙碱性 I 型花岗岩<sup>[4]</sup>。对英桥花岗岩的含矿性分析表明, 英桥和六环花岗岩中 Au 的质量分数较低,  $w(\text{Au}) < 0.27 \times 10^{-9}$ ,  $w(\text{Ag})$  为  $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.3 \times 10^{-6}$ , 远高于地壳的含量, 成为 Ag 矿床的衍生矿源层<sup>[4]</sup>。

英桥花岗岩与庞西洞—金山银金矿床在时间和空间上有密切的关系。在空间上, 庞西洞—金山和中苏等有工业价值的矿床均赋存在英桥岩体与混合岩围岩接触的断裂带中。在时间上, 银金矿床的形成与岩体大致同期, 但稍晚于岩体<sup>[3]</sup>, 暗示岩体与成矿作用之间的关系。

1. 3 断裂构造条件

矿床的产出严格受庞西洞—金山断裂带的控制。该断裂带是一延深近 10 km 的大断裂带, 开

始形成于印支期，并曾多期次活动，形成初碎裂岩、碎裂岩、压碎岩、断层泥砾岩等各种构造岩。在晚燕山期，断裂带重新复活，为花岗岩浆活动提供通道，而且使两侧的岩石产生节理和裂隙，有利于热液的循环、淋滤和定位，并直接作为矿质沉淀的场所，成为含矿断裂。

1.4 围岩热液蚀变

含矿断裂带内广泛发育的热液围岩蚀变作用是矿床最后定位的决定性因素，热液蚀变和构造变形扭结在一起。主要蚀变类型有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绢英岩化、碳酸盐化等。矿体本身就是蚀变带的一部分，矿石是富含 Ag、Au 的蚀变岩。矿化与蚀变强度具有密切关系，矿体集中产在蚀变带的中心位置或近中心位置，与硅化、绢云母化、黄铁矿化关系极其密切。

采取数学不变量并以此为基础进行质量平衡定量估计的结果表明<sup>[8]</sup>，在蚀变过程中，SiO<sub>2</sub>、TFeO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、CaO 等主要组分以及贵金属元素和矿化指示元素等从溶液中被带入围岩，多数亲石元素等在岩石的带入带出量很低。热液与围岩的相互作用，改变了成矿溶液的成分和物理化学条件，是矿质沉淀的主要影响因素。

2 成矿物质来源

2.1 成矿物质来源分析

2.1.1 微量元素示踪 银金矿床的组成部分矿化蚀变岩和石英脉的微量元素与围岩混合岩、花岗岩的微量元素相比，具有明显的相似性，Ag、Au、Hg、Pb、Zb 的含量均高于地壳的克拉克值，其他元素则低于地壳的克拉克值，指示混合岩和花岗岩均可能与矿化有关系（图 2）<sup>[5]</sup>。

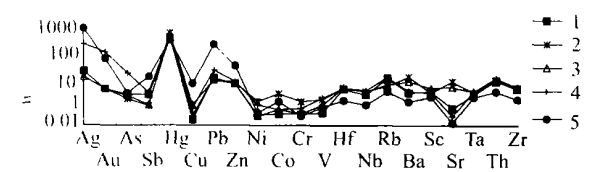


图 2 石英脉、矿化蚀变岩和围岩的微量元素比较  
Fig. 2 The trace element characteristics of quartz veins, altered rocks and country rocks  
1 混合岩；2 英桥花岗岩；3 六环花岗岩；4 矿化蚀变岩；5 矿化石英脉

从  $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ ,  $w(\text{Hf})/w(\text{Ta})$ ,  $w(\text{Th})/w(\text{Hf})$  比值来看，混合岩的  $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ ,  $w(\text{Hf})/w(\text{Ta})$ ,  $w(\text{Th})/w(\text{Hf})$  值分别为 9.11, 5.77 和 4.50，英桥花岗岩的比值分别为 0.07, 4.76 和 4.16，六环花岗岩的比值为 0.28, 4.10 和 3.69，

矿化蚀变岩的值为 21.6, 3.03 和 5.56，石英脉的比值为 10.36, 1.76 和 4.62。它们之间相互比较，成矿溶液的直接产物石英脉更接近于混合岩。

庞西垌银金矿床黄铁矿  $w(\text{Co})/w(\text{Ni})$  比值为 0.05，金山银金矿床黄铁矿的  $w(\text{Co})/w(\text{Ni})$  比值为 0.79，均小于 1，指示成矿物质可能更主要来源于变质地层（混合岩）。方铅矿和闪锌矿微量元素显示一致的结果<sup>[9]</sup>。

2.1.2 稀土元素证据 稀土元素具有独特的地球化学性质，使其在成矿成矿作用机理研究中具有重要的意义。与围岩混合岩和花岗岩相比，矿化蚀变岩和石英脉的稀土元素地球化学参数总体介于混合岩和花岗岩之间，矿化蚀变岩和石英脉的地球化学参数更接近于混合岩<sup>[5]</sup>。

矿化蚀变岩的稀土元素组成继承了相关原盐的特征，而做为成矿热液的直接产物矿化石英脉的稀土含量低，其配分模式与混合岩相似，而与花岗岩的差别明显（图 3）。这些特征暗示混合岩和它的原岩地层可能是成矿物质的主要来源。

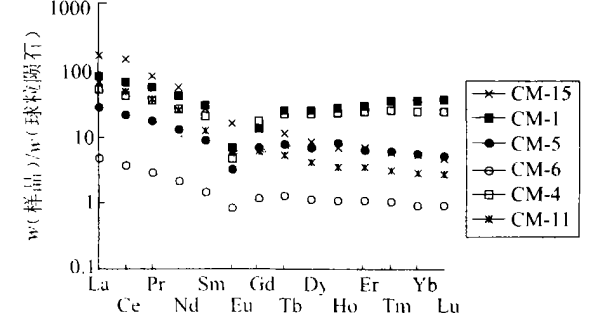


图 3 石英脉、矿化蚀变岩和围岩的稀土配分模式对比  
Fig. 3 Comparison of REE models between quartz veins, altered rocks and country rocks  
CM-1 混合岩；CM-4 蚀变混合质碎裂岩；CM-5 暗色石英脉；CM-6 浅色石英脉；CM-11 蚀变花岗质碎裂岩；CM-15 花岗岩

2.1.3 硫同位素 对硫同位素数据的统计和归纳结果显示<sup>[1,10]</sup>，庞西垌—金山银金矿床硫化物  $\delta^{34}\text{S}$  值主要为负值，偏离 0。其中，庞西垌矿区硫化物的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 -4.81‰，金山矿区硫化物的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 -4.96‰，黄铁矿、闪锌矿、方铅矿矿物的  $\delta^{34}\text{S}$  值大致从大到小排列，基本符合硫同位素的分馏效应。与银金矿床相比，混合岩的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 -3.61‰~-2.1‰，花岗岩的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 -0.96‰（图 4）。

庞西垌—金山银金矿床硫同位素的特征，与粤西河台金矿床相似<sup>[11]</sup>。河台金矿床物质来源于围岩震旦纪地层，矿床的硫同位素组成和震旦系的一

致。庞西垌—金山银金矿床与围岩混合岩和花岗岩相比, 硫同位素组成更接近于围岩混合岩。硫同位素特征, 支持了矿床成矿物质主要来源于围岩混合岩的观点。

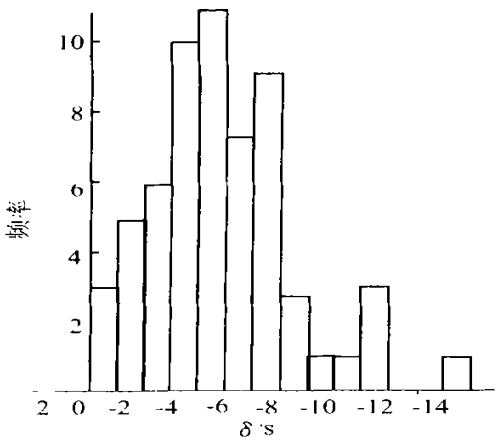


图 4 银金矿床的硫同位素组成特征

Fig. 4 Composition of S isotopes of the Ag—Au deposit

2.1.4 铅同位素 虽然许多资料证明矿石铅同位素年龄存在许多问题, 但矿石铅同位素组成仍不失为成矿物质来源示踪的重要依据。

庞西垌—金山矿区不同地质体的铅同位素组成的特点显示, 矿石铅同位素组成除  $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$  稍高于花岗岩外,  $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 、 $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$  均位于混合岩和花岗岩之间, 但三者总体相差不大<sup>4</sup>。矿石、花岗岩和混合岩均位于造山带附近, 表明它们具有共同的源区。银金矿床的围岩花岗岩的铅同位素组成最高, 混合岩的铅同位素组成最低。矿石铅同位素的单阶段 H—H 模式年龄分散, 在 736~28 Ma 之间, 与根据地质事实推断的成矿年龄不符, 也表明矿石铅不是单阶段演化的产物。

上述结果显示, 庞西垌—金山矿床铅的来源比较复杂。花岗岩和混合岩均可能提供铅。但从铅的演化情况看, 混合岩提供铅的可能性更大。

前面对微量元素、稀土元素、稳定同位素的讨论表明, 研究区银金矿床的成矿物质具有多来源特征, 主要来自于地层及其衍生混合岩。

2.2 成矿流体来源

构成矿床矿物中流体包裹体的氢氧同位素组成能够反应成矿时成矿溶液的来源。对庞西垌—金山矿床石英矿物流体包裹体的氢氧同位素组成分析表明, 庞西垌和金山银金矿床流体包裹体  $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值为  $-5.8\text{‰} \sim -2.2\text{‰}$ ,  $\text{D}$  值为  $-40\text{‰} \sim -52\text{‰}$ 。在  $\text{D}-\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  图解中矿床位于变质水—岩浆水和大气降水的过渡区, 沿着与  $\delta^8\text{O}$  轴近于平行的直线

分布。

庞西垌和金山银金矿床石英流体包裹体的氢氧同位素组成与斑岩锡矿的相似, 但稍低于河台金矿床; 氧同位素组成则比河台金矿床和银岩斑岩锡矿床的低。已有研究结果显示, 河台金矿床的成矿流体来源为变质水和大气水的混合水<sup>[11, 12]</sup>, 与晚燕山期同熔型花岗岩有关银岩斑岩锡矿床的流体来源为再平衡岩浆水和大气水的混合水。因此, 作者认为大气降水是庞西垌—金山矿床成矿流体的主体, 但根据矿床与岩浆活动的密切关系, 花岗岩浆活动亦可能提供了一定数量的初生流体。

庞西垌—金山矿床成矿流体的具体过程可能是, 被岩浆活动加热的下渗天水, 吸收了岩浆结晶冷凝过程中产生的  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$  及  $\text{HCl}$  等酸性气体, 形成了对围岩具有很强淋滤能力的初始热水溶液。热水溶液在循环过程中对围岩地层及花岗岩本身进行淋滤, 形成富含金属的成矿溶液体系。

3 矿床形成机理

在综合分析区域地质地球化学特征、控矿地质条件、成矿物质来源的基础上, 对庞西垌—金山银金矿床的形成提出如下模式:

(1) 前寒武—寒武纪, 矿源层形成, 伴随元素的初步富集。

前寒武纪—寒武纪形成于裂陷海槽的火山—沉积岩系, 以富 Ag 和较高  $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$  比值为特征, 成为本区以银为主的银金矿床的矿源层。在矿源层形成过程中, 变质作用使成矿元素初步富集。

(2) 加里东期, 区域变质作用和混合岩化作用使成矿元素发生重新分配。

在基底形成过程中, 矿源层经受了广泛的、多期次的区域变质作用和区域混合岩化作用。在区域变质作用和区域混合岩化作用中, 岩石中的 Ag、Au 及相关成矿元素发生活化、迁移和重新分配。伴随区域变质作用和混合岩化作用, 研究区内有博白飞鹅岭和廉江禾寮变质交代型铅锌银矿床的形成。

(3) 海西—印支期断裂变质作用引起成矿元素的局部再富集。

海西—印支期基底断裂变质作用和混合岩化作用, 使成矿物质在局部范围内进一步重新分布。庞西垌—金山断裂带在此期开始形成。

(4) 晚燕山期构造变形作用和岩浆活动使矿床最后形成。

晚燕山期庞西垌—金山断裂带复活, 沿断裂构造出现岩浆侵入活动, 形成英桥花岗岩体和六环花

花岗岩体。岩浆侵位冷凝过程中了释放大量的热能，并加热了的大气降水。

大气降水吸收了岩浆分异的挥发组分，受岩浆热能的驱使，沿构造活动产生的裂隙淋滤变质岩层和花岗岩，形成成矿热液。成矿热液沿庞西垌—金山断裂带迁移并引起大范围围岩的热液蚀变作用。热液围岩蚀变作用主要包括钾化、硅化、绢云母化、绢英岩化、黄铁矿化、铅锌矿化和碳酸盐化等。银金矿床最后定位与黄铁绢英岩化、硅化有关。

参考文献：

[ 1 ] 陈辉琪. 广东庞西洞银金矿床地质特征[ J ]. 广东地质, 1987, 2(2): 93—108.

[ 2 ] 简平. 云开隆起西南端混合岩、花岗岩同位素地质年代研究[ J ]. 广东地质, 1991, 6( 1 ): 58—68.

[ 3 ] 王鹤年, 张景荣, 陆建军, 等. 粤西金矿床地球化学[ M ]. 南京: 南京大学出版社, 1991.

[ 4 ] 王祖伟, 周永章, 张海华, 等. 粤西庞西垌—桂东南金山银金成矿带晚燕山期花岗岩的性质与成矿作用[ J ]. 岩石矿物学杂志, 1998, 17(2): 97—103.

[ 5 ] 王祖伟. 蚀变构造岩型银金矿床地质地球化学及资源潜力——对粤西垌—桂东南金山银金矿带的解剖[ D ]. 中国科学院广州地球化学研究所, 1998.

[ 6 ] 凌井生, 裘有守, 陈础廷, 等. 云开大山极其外围金矿远景区找矿条件 // 矿床与矿产( 中华人民共和国地质矿产部地质专报( 四), 第 22 号)[ M ]. 北京: 地质出版社, 1992.

[ 7 ] 王秀璋, 程景平, 张宝贵, 等. 粤西海南金矿区的成矿规律 // 中国金矿研究新进展( 下篇)[ M ]. 北京: 地震出版社, 1994: 91—154.

[ 8 ] 王祖伟, 周永章, 张海华, 等. 粤西廉江银金矿床热液围岩蚀变特征及元素迁移的定量估算[ J ]. 地球化学, 1998, 27(3): 250—257.

[ 9 ] 张乾, 潘家永, 张宝贵, 等. 广东庞西洞银金多金属矿床成因探讨[ J ]. 广东地质, 1994, 9(1): 12—20.

[ 10 ] 王正云, 汪劲草, 尹意求, 等. 桂东南金银矿床成矿规律与成矿模式[ J ]. 矿产与地质, 1995, 9(4): 257—266.

[ 11 ] 周永章. 广东河台金矿田的地球化学和成矿机理[ J ]. 广东地质, 1993(2): 61—66.

[ 12 ] ZHOU Y Z. Geology and geochemistry of Hetai gold field, Southern China[ M ]. Guangzhou: South China University of Technology, 1993.

The Forming Process of Pangxidong Jinshan Ag—Au Mines

WANG Zu wei<sup>1</sup>, ZHOU Yong zhang<sup>2</sup>, ZHANG En<sup>2</sup>

(1. City & Environmental Sciences School, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China;  
2. Department of Geoscience, Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** Pangxidong Jinshan Ag—Au mineralization belt is located along the boundary zone of Guangdong and Guangxi, southern China. It is part of the famous Yunkai metamorphic block in term of tectonics. The latter has a Au—Ag rich basement, and the studied Lianjiang Bobai region is specially high in the ratio of  $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$  in contrast with other areas of the Yunkai block. The Ag—Au deposits are distributed along the Pangxidong Jinshan fault system, and composed mainly of hydrothermally altered deformed rocks and quartz veins. The deposits were formed in multiple phases of geological and geochemical evolution. A source formation rich in noble metals was formed during the Precambrian Cambrian period, and the mineralization elements were redistributed with the source rocks during the Jinning and Caledonia regional metamorphic period. Magmatism and deformation were developed during the Yanshan stage, followed by hydrothermal alteration, of which final mineralization is an integral part.

**Key words:** Ag—Au deposits; geochemistry; mineralization; forming process; Pangxidong Jinshan; South China