

闽中地区次火山—热液金(银)矿床 成矿系列及资源潜力

黄树峰 陈玉水 林美龙 李秋平

(中国冶金地质勘查工程总局第二地质院, 福建 莆田 351111)

摘要: 闽中地区是福建省金银成矿集中区, 其上规模成矿主要集中于晚侏罗世次火山活动阶段。次火山—热液金(银)矿床的形成, 矿、热、水“三源”是基本必要条件, 北西、北东向两组构造带的复合是成矿定位的关键。在断隆带、坳中隆、坳中凹不同构造环境中, 相应地递次形成(次)辉绿岩—闪长玢岩、(次)英安斑岩、(次)流纹斑岩等区域次火山—热液金(银)矿床成矿系列的 3 个亚系列; 在垂向空间分布上, 自上而下构成(微)细粒浸染型、石英脉型、破碎带蚀变岩型、隐爆角砾岩型、次火山岩型等工业矿床类型分带序列。金矿资源潜力在 50 t 以上。

关键词: 金(银)矿床; “三源”热液; 成矿系列; 资源潜力; 闽中

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)01-0115-07

闽中地区次火山—热液金银矿集中分布在闽中山地的尤溪德化、永泰三县交接地带, 号称福建“金三角”。所在区位不仅是福建省三大构造单元(闽西北隆起带、闽西南坳陷带、闽东火山断陷带)的结合带, 而且是在“尤溪古陆、闽中裂谷”^[1]基底古构造背景上经受北东向、北西向两组构造带相互复合的复杂构造岩浆活动带, 其金银矿床点和“富金包”之众多、20 世纪 90 年代初期以来民采热情之高涨为省内所罕见, 是研究福建晚侏罗世陆相火山岩成矿作用、成矿系列模式的理想选区, 其次火山—热液金银矿的找矿潜力也引起了省内外地质工作者的极大关注。笔者主要以“三源”热液成矿预测理论方法^[2]和类比求同资源量估算评价方法^[3]为指导, 在总结闽中地区次火山—热液型金银矿床类型特征和成矿系列模式的同时, 初步评价了金银矿产资源潜力, 这对该区今后勘查工作部署和邻区找矿预测具有实际意义。

1 成矿地质背景及矿、热、水“三源”条件

闽中地处闽东火山断陷带西部边缘, 紧靠闽西北隆起和闽西南坳陷的结合带(图 1), 成矿地质背景较为特殊; 区域地层中变质岩、沉积岩、火山岩三大岩系均有出现。变质岩系自下而上有中上元古界马面山群($P_{t-3}M$)和震旦系稻香组(Zdx); 沉积岩系为二叠系, 主要包括栖霞组(P_1q)、文笔山组

(P_{1w})、童子岩组(P_{1t}), 两者均以“火山基底天窗”形式出现在安村、太华山和龙门场等地。火山岩系主体为上侏罗统南园组(J_3n)陆相火山岩建造, 次为长林组(J_3c)陆相(裂陷盆地)火山碎屑沉积建造。区域火山岩岩石类型不仅有熔岩类(安山岩、英安岩、++流纹岩)、碎屑熔岩类(英安—流纹质角砾晶屑凝灰熔岩)、火山碎屑岩类(熔岩凝灰岩、凝灰岩、火山角砾岩); 而且有次火山岩类(包括辉绿玢岩、英安斑岩、闪长玢岩、流纹斑岩、花岗斑岩等), 还有凝灰质砂砾岩、复成分角砾岩等过渡岩类, 其中次火山岩是常见的近矿围岩。区域侵入岩一般规模较小, 主要为燕山晚期、燕山早期、华力西晚期、加里东早期侵入岩, 华力西晚期侵入岩与成矿物质来源关系较为密切。区域构造以北东向断裂(F_I 、 F_{II})和北西向断裂(F_{III} 、 F_{IV})较为显著。北东向断裂形成较早, 结构面力学性质为压—压扭性, 在变质岩区继承了早期 NE 向层间脆韧性剪切带伴有同斜、紧密褶皱发生; 在火山岩区受后期北西向构造应力场张性改造作用, 常表现出压性正断层形式并具控矿赋矿作用(如安村)。北西向断裂控矿结构面力学性质多为张—张扭性, 在太华山浅变质岩系所见多为压—压扭性, 伴有共生褶皱(背斜), 总体显示“先压后张”的活动历史。北东向和北西向两组构造带的截接复合, 形成了龙门场、太华山、安村、双旗山等 4 个矿化集中区(图 1)。

收稿日期: 2004-10-03; 改回日期: 2004-12-28

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200110200034)资助。

作者简介: 黄树峰, 男, 1960 年生, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查、成矿预测及管理工作; E-mail: dikang@public.ptptt.fj.cn。

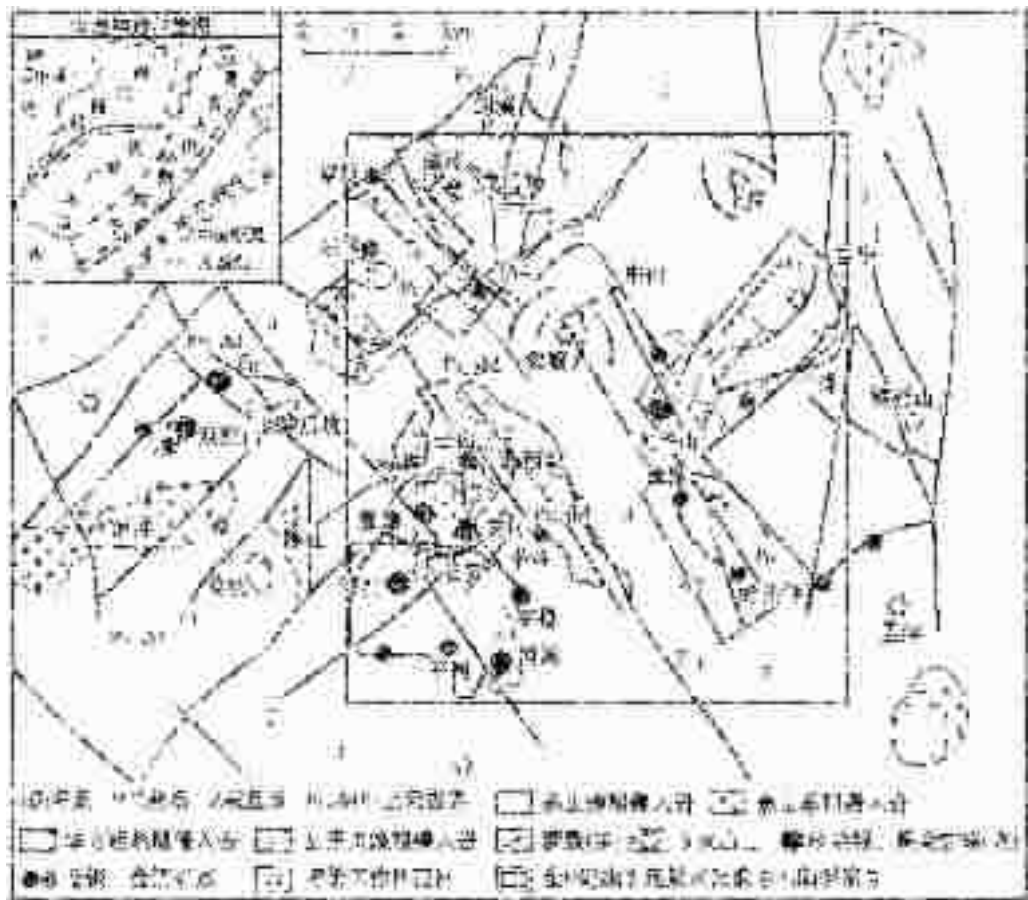


图 1 闽中次火山-热液金银矿区域地质简图

Fig.1 Regional geological sketch map of subvolcanic-hydrothermal Au (Ag) deposits in central Fujian

交代热液矿床“三源”成矿论者^[4]认为:矿、热、水 3 种源体的共存是交代热液成矿理论的基础和预测的主要准则;3 种源的数量越多,热液源的规模越大,3 种源的距离越小,越有利于含矿热液的生成。通常将大气降水、建造水(或同生水)和沉积盆地碳酸盐岩层或其他含水、透水层等地层或地质体作为水源标志;将一定量易活化金属(Au、Ag)的地质体作为矿源标志;将有利成矿的次火山侵入岩体作为热源标志。基于此,将闽中地区矿、热、水三源条件总结分析如下:

矿源体:①中上元古界马面山群:为一套片岩-变粒岩组合,局部(如西乾)夹薄层石墨(云母)片岩,闽中双旗山层间破碎带蚀变岩型金矿,就是赋存在这套变质岩系“绿色片岩”(东岩组)之上的一套变质含硅铁—碳质火山碎屑岩沉积建造(大致相当于大岭组)中。金在富含有机碳的变质岩系中富集,可能是在双模式裂谷火山活动期后,从火山深部或古陆边缘带来的金等微量元素,经微古生物—有机碳的吸附作用的结果(形成金矿源层或初始矿层)^[1,4]。②震旦系稻香组:主要分布在尤溪太华山矿区,岩石组合为片理化安山质凝灰岩、凝灰质砂岩、变质砂岩、泥岩及千枚岩,下部夹硅质岩、大理岩,岩石中

含金 17.5×10^{-9} (6 件)、可能属太华山金银矿的矿源层。③华力西晚期侵入岩(安村、祭坑、溪坪):主要岩石类型为石英闪长岩、石英二长岩。岩石中普遍见有微粒金(粒径 $0.005 \sim 0.05 \text{ mm}$),金背景值也较高($7.0 \times 10^{-9} \sim 18.5 \times 10^{-9}$),属部分石英脉型、破碎带蚀变岩型金矿的“矿源岩”(如雷潭、安村)。

水源体:①长林组:出露于龙门场、安村、雷潭、西乾等地,岩性有砾岩、含砾粗砂岩、石英砂岩、粉砂岩、泥岩、硅质岩、凝灰质砂岩、凝灰质砾岩、凝灰岩等。福建省区测队 1975 年采集砂砾岩人工重砂样 170 件(单样重 10 kg)有 80 件见自然金,含量 $2 \sim 100$ 颗,其中 3 件经化学分析 Au $1.18 \times 10^{-6} \sim 2.08 \times 10^{-6}$,据此估测金平均含量应不低于 $30 \times 10^{-9} \sim 50 \times 10^{-9}$,表明该地层可能是一个与变质岩系金矿源层或闪长岩类金矿源岩有关的再生式矿源层,由于砂砾岩类的高渗透性和裂陷式沉积盆地建造水(同生水)的存在,地表风化岩层往往具有一定的富水性,因此该岩层既是矿源层,又是水源体。②南园组第一段:底部有一层复成分角砾岩,角砾由片岩、变粒岩、砂砾岩、凝灰质砂砾岩、脉石英等复杂成分组成,磨蚀程度低,多呈次棱角状,胶结物既有砂泥质,又有凝灰质,常常成为有利成矿

表 1 闽中地区次火山-热液型金银矿床(化)类型特征
Table 1 Characteristics of subvolcanic-hydrothermal Au (Ag) deposits in central Fujian

矿床(化)类型		矿床(化)基本特征	典型实例(分布标高/m)	
成因类型	工业类型		断隆带	断拗带
热泉 ↑ 大气降水 次火山热液 “三源”热液	(微)细粒浸染型(0)	(1) 金矿物颗粒极细, 超显微($d<0.0002\text{mm}$)占 90×10^{-2} 以上, 与细粒黄铁矿、隐晶 SiO_2 共生或具泉华结构, 胶状层理; (2) 矿石 Au 品位低($3\times 10^{-6}\sim 6\times 10^{-6}$), Hg、As、Sb 元素含量特高; (3) 矿体呈缓倾斜似层状或上宽下窄的漏斗状; (4) 有一套高渗透性的角砾凝灰岩类(在硅质岩类隔水层之上)或周边有凝灰质砾岩夹透(含)水层、变质基底矿源层; (5) 与次石英斑岩、流纹斑岩关系密切	龙门场 (650~750)	太华山(1020~1065) 金坂(560~825)
	石英脉型(1)	(1) 容矿岩石有黄铁矿化石英脉岩, 浅部为石英大脉, 中部为石英细脉, 下部过渡为破碎带蚀变岩, 矿石具脉状、梳状、块状结构; (2) 控矿构造以张扭性断裂为主, 矿体金品位较高($6\times 10^{-6}\sim 11\times 10^{-6}$); (3) 近矿围岩蚀变主要为硅化、黄铁矿化, 次为绢云母化、绿泥石化、方解石化; (4) 周边有复成分砾岩或凝灰质砂砾岩类(含)透水层, 变质基底矿源层; (5) 近矿次火山岩常出现辉绿(玢)岩、闪长玢岩、英安斑岩、花岗斑岩、流纹斑岩中的前 1~2 种	官田 (≥ 933)	雷潭 (700~875)
	破碎带蚀变岩型(2)	(1) 容矿岩石为各类构造蚀变岩, 浅部可过渡为石英脉型, 矿石具交代结构; (2) 控矿构造以压扭性断裂为主, 矿体呈似层状, 大脉状, 品位中等($\text{Au } 5\times 10^{-6}\sim 10\times 10^{-6}$); (3) 近矿围岩蚀变以硅化、黄铁矿化、绢云母化或黄铁绢英岩化为主, 次为绿泥石化、碳酸盐化、绿帘石化或团块状多金属矿化; (4) 周边有凝灰质砂砾岩类透(含)水层、变质基底矿源层; (5) 近矿次火山岩常见英安斑岩或辉绿玢岩、花岗斑岩	双旗山 (978~768)	雷潭(东) (600~715)
	隐爆角砾岩型(3)	(1) 容矿岩石为隐爆角砾岩、复成分角砾岩, 矿点周边常见环形构造, 矿石具蚀变角砾状构造; (2) 常处在多组构造复合交汇部位, 呈不规则脉状环绕隐爆角砾岩筒体分布, Au 品位中等($4\times 10^{-6}\sim 10\times 10^{-6}$); (3) 近矿围岩蚀变主要为硅化、绢云母化、黄铁矿化或绢英岩化、碳酸盐化; (4) 周边有凝灰质砂砾岩类透(含)水层, 变质基底矿源层; (5) 近矿次火山岩以英安斑岩、流纹斑岩为主	不发育	安村(南) (610~685)
	次火山岩型(4)	(1) 容矿岩石以流纹(石英)斑岩为主, 次为隐爆角砾岩、黑色角砾岩, 矿石具微细粒-浸染状交代结构; (2) 矿体主要赋存于流纹斑岩内外接触带“条带相”及黑色角砾岩中, 矿体形态与斑岩接触带基本相吻合, 品位较低(Au 为 $2\times 10^{-6}\sim 6\times 10^{-6}$); (3) 近矿围岩蚀变主要为硅化、绢云母化、黄铁矿化, 次为碳酸盐化、绿泥石化; (4) 周边有复成分砾岩、凝灰质砂砾岩类透(含)水层, 矿田内有变质基底矿源层。(5) 近矿次火山岩主要为流纹斑岩, 次为花岗斑岩、流纹岩	不发育	涌溪下坂 (510~670)

的近矿围岩(包括南园组凝灰质泥质灰岩夹层),可能是与长林组类似的水源体(包括易为汽水溶液提供 CO_2 成分的二叠系栖霞组碳酸盐岩夹层)。

热源体: 由于闽中地区次火山-热液金银矿已知矿体的空间分布,常常与英安斑岩、流纹斑岩、石英斑岩、辉绿玢岩、闪长玢岩等次火山岩脉息息相关,因此,可推断这些次火山岩脉是成矿的直接热源体。这些热源体进入矿源区和水源区,使表生水通过加热与岩石反应(包括溶解、化学成分和同位素的交换等),逐步形成富含大气降水的成矿热液。

2 矿床类型特征及成矿系列模式

2.1 矿床类型特征

根据本区金银矿床(化)的地质特征,区内金银矿可以划分为(微)细粒浸染型、石英脉型、破碎带蚀变岩型、隐爆角砾岩型、次火山岩型等 5 个工业类型(表 1)。通过安村、雷潭、半岭、龙门场等地火山岩型金银矿床中蚀变矿物石英、方解石作矿物包裹体测定(22 件),其包体类型主要为液体包体,次为含液体 CO_2 包体,气液比 $12\times 10^{-2}\sim 25\times 10^{-2}$,个别(龙门场)达

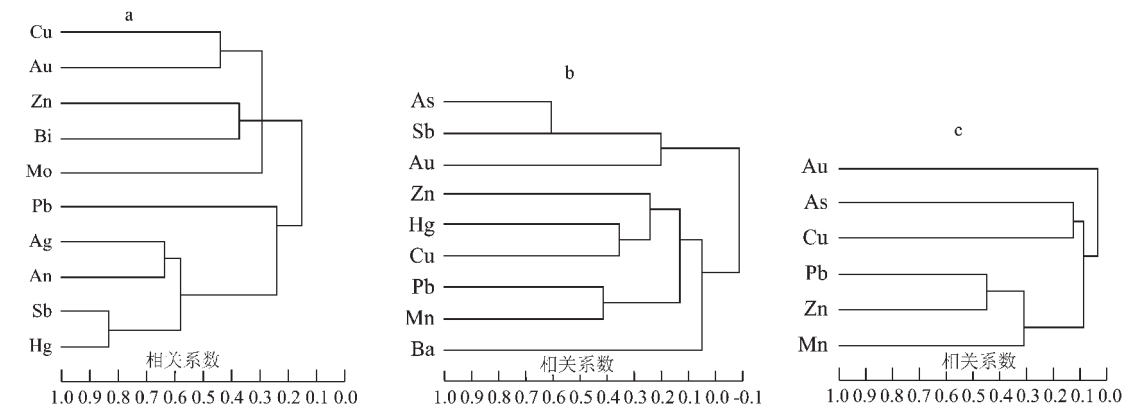


图2 金矿指示元素R型聚类分析谱系图

a—微细粒浸染型金银矿(太华山—次生晕);b—石英脉型—破碎带蚀变岩型金(银)矿(雷潭—次生晕);
c—隐爆角砾岩型金矿(安村南—原生晕)

Fig.2 R-type cluster analysis graphs of indicator elements of Au deposits

a—Fine- and very fine-grained disseminated type Au (Ag) deposit (Taihuashan—secondary halo);b—Quartz vein- fractured zone alteration type Au (Ag) deposit (Leitan—secondary halo);c—Cryptexplosive breccia-subvolcanic type Au deposit (south Ancun—primary halo)

$25\times10^{-2}\sim40\times10^{-2}$, 均一温度以 $140\sim245^{\circ}\text{C}$ 为多, 个别达 $255\sim340^{\circ}\text{C}$ 。与之相应的蚀变矿物石英包裹体成分测定(6件)^①结果表明:成矿溶液的主要成分是 H_2O , 其含量占包裹体总成分 $71.1\times10^{-2}\sim97.8\times10^{-2}$, 雷潭、安村石英脉型—破碎带蚀变岩型金矿包裹体成分 $\text{Na/K}=0.76\sim0.41$, $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})=1.09\sim15.49$, $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^{-}>0.01$, 气体组分富 CO_2 贫 CH_4 , 成矿溶液盐度 $<15\%$ NaCl , 可以推定成矿溶液是大气降水岩浆热液。考虑到银金、金银矿体与晚侏罗次火山岩的时空关系密切, 初步认为本区火山岩型金银矿为大气降水次火山热液成因。

(微)细粒浸染型金(银)矿:受大气降水大量参与下次火山热液长期多次或周期性脉动而形成的氧化—半氧化矿, 其形成的关键条件是周边地区凝灰质砂砾岩类透水(含水)层较为发育, 汇集了足够的大气降水, 并形成循环热水(如龙门场)或由寄生火山口形成脉动式喷发热源(如太华山)而后成矿。

石英脉型金(银)矿:系大气降水次火山热液沿着断裂构造(特别是张扭性断裂)带上部充填成矿并以黄铁矿化石英脉岩为主要容矿岩石的金(银)矿。

破碎带蚀变岩型金矿:系受大气降水次火山热液沿断裂特别是压扭性断裂或老变质岩层间破碎带充填交代而成的脉状—似层状金(银)矿。

隐爆角砾岩型、次火山岩型金(银)矿:往往是英安质、流纹质次火山岩浆沿相对封闭的断裂构造环境发生隐爆作用所成气液在大气降水参与下形成的金(银)矿。

上述5种工业类型的金银矿床, 同属大气降水次火山热液成因, 空间分布上互为上下, 构成了一个较为完整的矿床

类型垂向分带序列(表1)。

2.2 成矿系列模式

闽中地区次火山—热液型金银矿的形成, 在时间、空间、成因上都与晚侏罗世次火山岩(体)有关^②。断隆带的矿体通常产于辉绿(玢)岩、闪长玢岩的外接触带和上下盘围岩构造裂隙中(如雷潭金矿);断拗带的拗中隆矿体通常产于英安斑岩(包括隐爆角砾岩)的内外接触带和岩体上下盘构造裂隙中(如安村南、西乾), 断拗带的拗中凹矿体通常产于花岗斑岩、石英斑岩特别是流纹斑岩(包括隐爆角砾岩、热液角砾岩)的内外接触带和上下盘围岩构造裂隙中, 自上而下矿质元素(指示元素)呈现 $\text{Ag-Au}(\text{Au}-n\times10^{-6}, \text{Ag}->3\times10^{-6}, \text{Sb}-10\times10^{-6}$ 左右, $\text{Hg}-n\times0.01\times10^{-6}, \text{As}-n\times100\times10^{-6}, \text{CuPbZn}(n\times1000\times10^{-6}), \text{Mo}-n\times10\times10^{-6}, \text{Cr}->n\times1000\times10^{-6}, \text{Ni}->100\times10^{-6}, \text{Mn}-n\times1000\times10^{-6})$ 的垂向分带序列。上部微细粒浸染型金银矿中 Au-Ag 与 Sb、Hg 等元素密切相关, 中部石英脉型—破碎带蚀变岩型金(银)矿 Au 与 As、Sb 等元素密切相关, 下部隐爆角砾岩—次火山岩型金矿中 Au 与 As、Cu 等元素密切相关(图2)。闽中地区晚侏罗世次火山活动期间, 在一定构造环境中形成的一系列具有成因联系和垂向分带序列的矿床组合模式图(图3)。

3 资源潜力定量评价

3.1 资源潜力定量评价方法

资源潜力定量评价是在总结区域成矿系列模式的基础上, 通过圈定成矿远景区, 建立资源定量预测模型, 进而定量

① 原冶金第二勘查局地质研究所, 福建省尤溪—德化地区金银矿研究报告, 1993.

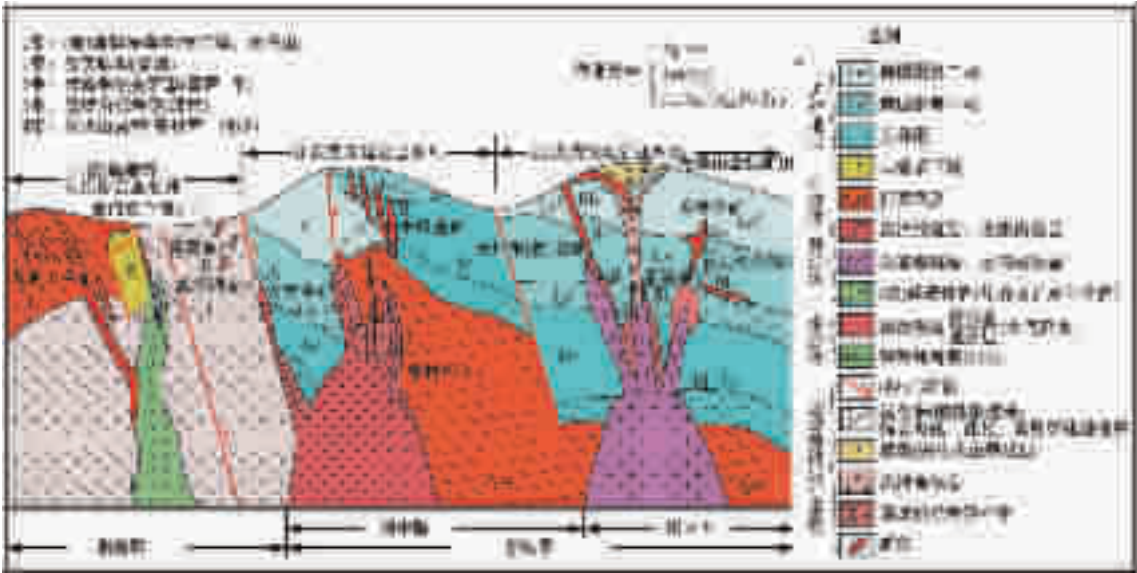


图 3 闽中地区次火山-热液金(银)矿床成矿系列模式图

Fig.3 Mineralogenetic series model of subvolcanic-hydrothermal Au (Ag) deposits in central Fujian

评价预测成矿远景区的资源潜力,代表全区资源潜力。由于银矿体的产出在区内不具普遍性,相似类比条件不具备,因此这里着重进行金矿资源量定量预测评价,主要是通过预测区(即圈定的成矿远景区)与所确定的已知模型区成矿条件的类比,确定预测区成矿的有利程度和资源潜力。具体要求:(1)模型区须具备一定的代表性和典型性,并具备较高的资源勘查程度(详查-勘探)和相对较大的规模(即工业矿床所在地);(2)预测区与模型区在资料上能够取同一水平的金化探异常(如 1:1 万土壤化探异常或 1:5 万水系沉积物化探异常),作为评价资源潜力的主要标志。通过建立已知模型区资源量与金化探异常强度的关系模型,确定异常与资源量之间的关系参数,反推至预测区所显示的异常上进行金资源量(包括工业类型矿床)的预测评价。

3.2 资源定量预测模型的建立及模型区资源特征

根据区域成矿系列模式,本区不同工业类型矿床在空间上垂向分带序列如下:0—微细粒浸染型金(银)矿;1—石英脉型金(银)矿;2—破碎带蚀变岩型金银矿;3~4—隐爆角砾岩-次火山岩型金(银)矿。考虑到:0 带出露于地表,且工作程度较低(均在详查以下),其工作程度不足于建立模型,其

资源前景也不太明朗(预测区未见新的矿床分布区,可能与剥蚀作用有关),因此不作为本次类比预测的对象。1~2 带两种类型空间上互为上下、密切共生,界限上往往比较模糊或互为过渡、交叉,3~4 带两类矿床也有类似情况。因此本次仅建立石英脉型—破碎带蚀变岩型金(银)矿和隐爆角砾岩型—次火山岩型两个金矿资源定量预测模型。

①石英脉型、破碎带蚀变岩型模型区:金成矿类型主要包括雷潭石英脉型金矿和雷潭(东)破碎带蚀变岩型金矿。该区工作程度已达勘探,已控制资源量(332+333 金属量)金 2157 kg,平均品位 8.11×10^{-6} 。区内所见矿体主要为赋存在断裂破碎带的破碎带蚀变岩型金矿(即内带),外带及上部局部出现石英脉型金矿。矿石类型以黄铁矿化硅化蚀变岩和黄铁绢英岩型为主,次为方解石—硅化石英型及细网脉石英型,前者处在内带、后者处在外带。矿石中含较高的银($2 \times 10^{-6} \sim 42 \times 10^{-6}$),主要赋存于银金矿、碲金矿及少量的银黝铜矿和辉银矿中,方铅矿也含银,由于品位变化极不均匀,Ag 的回收率低,未进行资源量计算。模型区已完成 1:1 万土壤化探,出现 Au—As—Cu—Pb—Zn—Mn—Ag 组合异常,金异常面积 0.508 km²,最高值 954×10^{-9} ,平均值 77.11×10^{-9} ,与预测区可以

表 2 模型区金异常与资源量关系

Table 2 Relation between Au anomaly and resources in the model area

模型区 名称	异常面积 (km ²)	异常平均值 (10 ⁻⁹)	异常面 金属量(t)	已控制金资源量 [332+333 (t)]	异常成矿 系数 (10 ⁻³)	代表成矿类型	备 注
雷潭 矿段	0.4589	77.11	35.386	2.157	61.0	石英脉型+破碎蚀变岩型	1:1 万土壤化探异常值 Au 20
	0.1771	132.5	23.466	2.157	91.9	石英脉型+破碎蚀变岩型	1:1 万土壤化探异常值 Au 50
下坂 矿段	0.4247	198.5	84.30	0.901	10.7	隐爆角砾岩筒型+次火山岩型	1:5 万水系沉积物化探异常值 Au 20
	0.3344	198.5	66.38	0.901	13.57	隐爆角砾岩筒型+次火山岩型	1:5 万水系沉积物化探异常值 Au 50

表 3 金成矿远景区资源量预测结果
Table 3 Results of resources forecasting of the Au prospect area

编号	远景区名称	异常面积/km ²	异常平均值/10 ⁻⁹	异常面金属量/t	类比系数	预测资源总量/t	已控资源量/t (332+333+334 ₁)	潜在资源量/t (334 ₂)	类比对象
A ₁	涌溪	0.0629 ~ 0.1956	110.0 ~ 180.0	42.127	91.9	3.871	0.183	3.688	I ①-②
		2.8172	138.1	389.06	10.7	4.163	0.393	3.770	Ⅱ ③-④
		4.7267 ~ 3.2368	86.59 ~ 340.8	1512.39	13.57	20.523	0.189	20.334	Ⅱ ③-④
A ₂	安村	0.1946 ~ 0.0443 ~ 0.0758 ~ 0.6403	65.76 ~ 44.00 ~ 30.56 ~ 78.18	67.122	61.0	4.094	3.474	0.620	I ①-②
		0.2841 ~ 0.0789 ~ 0.1313	104.71 ~ 40.73 ~ 28.57	36.713	61.0	2.240	1.185	1.055	I ①-②
		0.5135 ~ 0.2682 ~ 0.5149 ~ 0.3544 ~	59.32 ~ 74.44 ~ 60.11 ~ 49.45 ~	112.494	61.0	6.862	0.381	6.481	I ①-②
		0.0832 ~ 0.1447 ~ 0.0535	65.09 ~ 40.43 ~ 43.50						
		0.6360 ~ 0.1247	59.11 ~ 32.59	41.658	61.0	2.541	0.333	2.208	I ①-②
		0.8057 ~ 0.0913 ~ 0.0350 ~ 0.0286 --0.0550 ~ 0.0282	46.89 ~ 57.00 ~ 58.10 ~ 93.57 --31.73 ~ 71.00	51.440	61.0	3.138	1.464	1.674	I ①-②
A ₃	太华山	0.59	35.9	21.181	61.0	2.52	1.279	1.236	I ①-②
		2.3801	31.61	75.23	10.7	1.592	0.787	0.805	Ⅱ ③-④
		0.050	29.6	1.48	61.0	0.09		0.09	I ①-②
A ₄	龙门场					>1.012	1.012	3.0☆	
		0.4161 ~ 0.2948	61.39 ~ 47.15	39.440	61.0	2.406 >0.315	0.024 0.315	2.382 3.0☆	I ①-②
合 计							>55.36	11.019	50.343

注：①—石英脉型，②—破碎带蚀变岩型，③—隐爆角砾岩型，④—一次火山岩型；I ①-②：雷潭金矿模型区（1：1 万土壤化探异常区）；II ③-④：下坂金矿模型区（1：5 万水系沉积物测量异常区）；☆推测资源量。

在同等条件下类比。类比的原理是：金异常的规模、强度在一定程度上反映了金的矿化规模和资源的大小，一般两者呈正比关系，即金异常规模越大、强度越高，反映这一地区的金成矿潜力就越大^③，虽然也有少数例外情况，但大多数的矿床资料表明^③，矿量与异常之间的关系仍具有普遍性。因此在本次资源量(334₂)预测工作中，1:1 万土壤化探异常作为金资源量(334₂)预测中选定的主要标志；在缺少 1:1 万土壤化探成果的地段，采用 1:5 万水系沉积物异常作为预测的标志。

据前人研究^③，资源量(334₂)预测模型就是要揭示模型区中已探明金总资源量与该区带内显示的金化探异常强度之间的关系，建立单位异常强度范围内所反映金矿资源量的关系式——异常成矿系数。由此，笔者计算了雷潭矿段模型区内 1:1 万土壤金化探异常显示的面积、异常平均值、异常面金属量。采用模型区已控制金资源量(332+333)与金异常面金属量之比，求出 Au 20×10⁻⁹ 和 50×10⁻⁹ 异常成矿系数分别为 61.0×10⁻⁹ 和 91.9×10⁻⁹ (表 2)。

②隐爆角砾岩型、次火山岩型金矿资源预测模型区：金成矿类型主要包括涌溪矿区下坂矿段隐爆角砾岩型、次流纹斑岩型金矿。该区段工作程度已达到详查程度。已控制资源量(332+333+334₁ 金属量)金 901.1kg，品位 5.52×10⁻⁶，其中 332 级金属量 137.1 kg，品位 6.05×10⁻⁶；333 级金属量 405.3 kg，品位 5.21×10⁻⁶。矿石类型有次流纹斑岩型金矿石、隐爆角砾岩型金矿石和黑色角砾岩型金矿石，其中以次流纹斑岩型金矿石为主。金属矿物主要有自然金、自然银、黄铁矿，还有少

量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、硬锰矿，脉石矿物主要有长石、石英，其次为绢云母、绿泥石、绿帘石、方解石、高岭土等，黄铁矿为主要的载金矿物。模型区未进行 1:1 万土壤化探，故采用 1:5 万水系沉积物金异常(Au≥100×10⁻⁹，峰值达 381.7×10⁻⁶)成果资料作为预测的标志，通过采用模型区 I 相同的预测原理方法，求出 Au 50×10⁻⁶ 异常成矿系数为 10×10⁻³。

根据“三源”热液成矿预测理论，首先圈定了与已知矿区相应的涌溪、安村、太华山、龙门场等 4 个成矿远景区。然后，对上述 4 个远景区的金资源量(334₂)，采用类比求同资源量估算法进行预测评价。所谓类比求同是要求在远景区的成矿地质条件与建立的模型区进行类比过程中，寻求与之最为相似的模型区作为类比的对象，进行资源量预测(表 3)。

4 结 语

综上所述，(1) 本区次火山—热液型金银矿的形成，矿、热、水“三源”是基本必要条件。矿源体主要为中上元古界马面山群、震旦系稻香组和二叠纪侵入岩；水源体为长林组和南园组第一段砂砾岩复成分角砾岩等高渗透性岩类；热源体为晚侏罗世次火山岩侵入体；(2) 区内次火山热液金(银)矿自上而下可以划分为(微)细粒浸染型、石英脉型、破碎带蚀变岩型、隐爆角砾岩型、次火山岩型等 5 种工业类型，构成了矿床类型的垂向分带序列；(3) 在同样一大气降水次火山热液作用下形成了与断隆带、坳中隆、坳中凹构造环境相对应的辉绿玢岩—闪长玢岩、英安斑岩、流纹斑岩 3 个相互独立又有联系

的成矿亚系列; (4) 定量预测评价闽中地区资源量金 55.36 t, 银 337.0 t, 潜在资源量金在 50 t 以上, 银在 100 t 以上。

参考文献:(References):

[1] 黄树峰. 福建中西部地区金矿带古构造环境新认识[J]. 福建地质, 1991, (1): 41~47.
Huang Shufeng. New understanding of structural setting of Au deposits belt at the central and western area of Fujian province[J]. Fujian Geology, 1991, (1): 41~47(in Chinese with English abstract).
[2] 裴荣富, 季克俭, 熊群尧, 等. 难识别及隐伏大矿、富矿资源潜力的地质评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2001.
Pei Rongfu, Ji Kejian, Xiong Qunyao, et al. Geological Evaluation on Resource Potential of Indiscernible and Buried Large-scale or High-grade ore [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001 (in Chinese).

[3] 陈毓川, 李兆鼎, 母瑞身, 等. 中国金矿床及其成矿规律 [M]. 北京: 地质出版社, 2001.
Chen Yuchuan, Li Zhaoding, Mu Ruishen, et al. Gold Deposits and Mineralization Series in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001 (in Chinese with English abstract).
[4] 张克尧. 福建省金矿控矿地质条件研究[J]. 福建地质, 2003, (1): 29~30.
Zhang Keyao. Study on geological conditions of Au ore control in Fujian Province [J]. Fujian Geology, 2003, (1): 29~30 (in Chinese with English abstract).
[5] 吴建设, 黄仁生. 福建省尤溪峰岩铅锌银资源潜力及找矿方向探讨[J]. 中国地质, 2001, 28(12): 13~18.
Wu Jianshe, Huang Rensheng. Potential of lead, zinc and silver resources and their prospecting direction at Fengyan, Youxi, Fujian [J]. Geology in China, 2001, 28(12): 13~18 (in Chinese).

Mineralization series and resource potential of subvolcanic-hydrothermal Au (Ag) deposits in central Fujian

HUANG Shu-feng, CHEN Yu-shui, LIN Mei-long, LI Qiu-ping

(Second Institute of Geology and Mineral Exploration, State Administration of Exploration and Engineering for Metallurgy, Putian 351111, Fujian, China)

Abstract: Central Fujian is an Au-Ag ore deposit concentration area in Fujian Province, and mineralization mainly occurred during Late Jurassic subvolcanic activity. Three sources (mineral, heat and water) were prerequisites for the formation of subvolcanic-hydrothermal Au (Ag) deposits and compounding of the NW and NE sets of structure was the key to the localization of ore deposits. Three sub-series (namely, diabase-dioritic porphyrite, dacite porphyry and rhyolite sub-series) of the subvolcanic-hydrothermal Au (Ag) mineralogenetic series formed in their respective related tectonic environments—the fault uplift zone, uplift in a depression and subbasins in a depression. From above to downward, there occur vertical zoning of industrial ore deposit types, i.e. the fine- and very fine-grained disseminated type deposit, quartz vein type deposit, fractured zone alteration type deposit, cryptoexplosive breccia type deposit and subvolcanic type deposit. The Au resource potential is estimated at more than 50 tons in the study area.

Key words: Au (Ag) deposit; “three sources” hydrothermal fluid; mineralogenetic series; resource potential; central Fujian

About the first author: HUANG Shu-feng, male, born in 1960, senior engineer, mainly engages in regional geological survey, mineral exploration, ore deposit prediction and management; E-mail: dikang@public.ptptt.fj.cn.