

广东雷架金矿床地质及成因^{*}

姚德贤 曹建劲

(中山大学地质系, 广州 510275)

摘 要 雷架金矿产于震旦系区域变质岩系中, 有 6 个矿体, 第 1 和第 2 成矿阶段为主要金矿化阶段. 围岩蚀变有矽化、绢云母化、黄铁矿化和碳酸盐化. 自然金呈裂隙金、包裹金、晶隙金, 自然金平均成色 950‰. 成矿流体平均温度 195℃, 压力 210 MPa, 成矿深度 703 m. $W(^{34}\text{S})$ 为 -1.74‰~3.56‰, $W(^{18}\text{O})$ 14.3‰~14.4‰. 研究表明成矿金属和硫主要来自深部岩浆, 成矿流体是岩浆水和天水的混合水. 矿床属浅成中低温岩浆热液矿床, 充填—交代作用是主要成矿方式.

关键词 地质特征, 同位素, 矿床成因, 雷架金矿

分类号 P 618.51

1 矿区地质概况

矿区位于粤西地区北东东向宋桂断裂带与北东向三家店断裂带交汇处.

1.1 矿区地层

1.1.1 地层岩石 矿区出露地层有震旦系、泥盆系中统及第四系.

震旦系地层厚度达 300 m 以上, 为一套浅海相类复理石砂页岩夹碳酸盐岩建造. 该层相当于震旦系云开群 b 组 (Z_k^b), 可分为四个岩性段. 其中 Z_k^b ¹ 层分布在矿区南部, 由矽线石云母石英片岩、细粒黑云斜长片麻岩、变玄武安山岩组成. Z_k^b ² 层出露矿区北部和南部, 主要岩性为石英云母片岩、矽线石石英云母片岩, 局部含堇青石. 矿区中部为 Z_k^b ³ 层, 产出含金矿带, 其下部为矽线石堇青石黑云母石英片岩夹片麻岩、黑云母变粒岩; 中部为斜长角闪片岩、变玄武岩、变玄武安山岩、石英岩、变粒岩; 上部为堇青石矽线石石英片岩, 夹斜长角闪片岩透镜体, 有弱混合岩化, Z_k^b ⁴ 层分布在矿区中南部, 构成泗纶倒转向斜的核部, 岩性为黑云斜长片麻岩、变粒岩、云母石英片岩、矽线石片岩.

泥盆系中统地层主要分布在矿区北部, 与下伏震旦系地层为断层接触. 岩性为石英岩、千枚岩、白云岩、石灰岩等, 属地台型浅海相砂页岩、碳酸盐岩建造. 第四系为分布在河流两岸冲积层及地表残积层.

1.1.2 震旦系岩石的变质相 震旦系变质岩系属低角闪岩相, 主要共生矿物有: 蓝晶石、矽线石、铁铝榴石、普通角闪石、斜长石和石英. 本区混合岩、变粒岩及云母石英片岩均

* 收稿日期: 1996-11-25

出现矽线石. 矽线石存在有两种状态: 一是矽线石定向排列, 与片理方向一致, 矿物共生组合为矽线石、黑云母、白云母、石英. 因白云母的存在, 故此矽线石仍属蓝晶石带; 二是产于混合岩和二云母花岗岩体附近, 呈毛发状集合体不定向分布, 此种矽线石常与白云母伴生, 且残余黑云母, 普遍交代石英, 系由动热力变质及混合岩化作用形成. 由角闪石、斜长石单矿物电子探针全分析 (表 1) 结果, 计算出 $(Ca/Ca+Na+K)^{mm} = 0.84$, $(Ca/Ca+Na+K)^{pl} = 0.42$, 查共存的角闪石和斜长石之间 Ca 分配等温图 (Перици, 1966) $t = 500^{\circ}C$, 样品出现铁铝榴石、蓝晶石, 故矿区变质相可达低角闪岩相.

表 1 单矿物电子探针全分析

项目	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + FeO	MnO	MgO	CaO	N ₂ O	K ₂ O
角闪石	42.735	0.366	13.594	20.552	0.184	9.302	9.302	1.645	0.527
斜长石	62.836	/	24.081	0.024	/	/	4.988	7.762	0.058

南海海洋研究所电子探针室测试

变玄武安山岩单矿物探针资料计算, A_n 值为 42, 但变玄武岩消光角测出 $N_p^{\wedge} (010)$ 为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$, A_n 值为 30~37, 即原始基性斜长石经变质去钙长石化变为中性斜长石.

变质火山岩的稀土元素测定, 变玄武岩的总稀土元素含量 $w(REE)$ 为 21.4~77.44 mg/kg, $w(LREE/HREE) = 3.41 \sim 3.52$, $W(Eu)$ 为 0.80~1.00; 变玄武安山岩的 $w(REE)$ 为 64.97 mg/kg, $w(LREE/HREE) = 4.39$, $W(Eu)$ 为 0.71. 两种岩石的稀土分布模式 (图 1) 看出各岩石曲线具对称的平缓模式, 铕异常不明显, 显示出原始岩浆没有经过显著的分离结晶作用, 变质过程稀土元素没有发生富集和迁移.

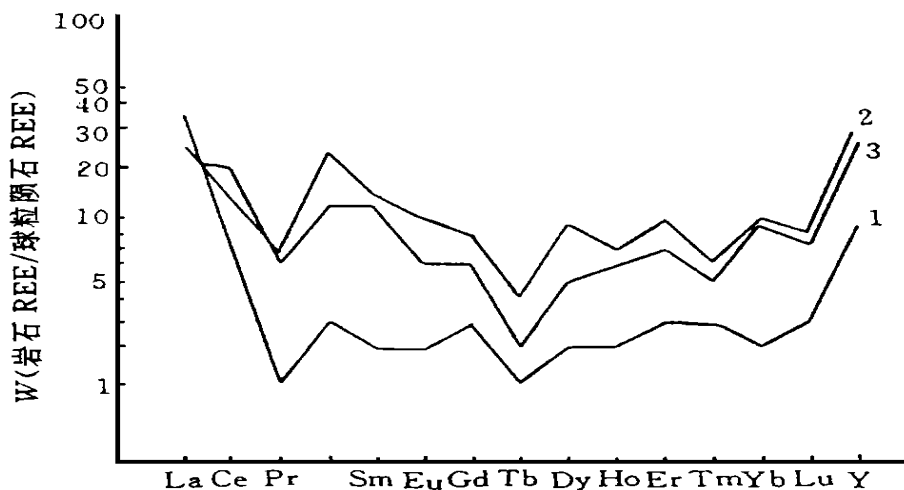


图 1 变质火山岩稀土元素分布模式

1.1.3 震旦系岩石含金性 对矿区内震旦系地层各种岩石作微金测定 (表 2), 除受热液蚀变的硅化变粒岩平均含金 $5.5 \mu g/mg$ 外, 各种岩石的含金量均较低, 多在克拉克值以下, 且各岩层含金量大致相当, 未发现含金量高的矿源层. 混合岩化、花岗岩化作用前和作用后的岩石含金量没有明显增多或减少, 说明这些作用没有促使金的活化、迁移和富集.

表 2 各类岩石含金量

/mg \cdot g $^{-1}$

岩性	均质混合花岗岩 (3)	条痕混合岩 (3)	千枚岩 (3)	变玄武安山岩 (4)	黑云母石英片岩 (3)	硅化变粒岩 (5)
范围	0~ 2	0~ 3	1~ 4.5	1~ 7.5	1~ 4	4~ 7
平均	1.3	1.5	3	3	3	5.5

() 括号内为样品数 广东地质矿产局 719 队化验室测定

1.2 矿区构造

矿区处于那蓬岩体与北东向三家店断裂之间, 受区域北东东向宋桂构造带影响, 产生的泗纶倒转向斜和庙洞倒转背斜呈北东向展布贯通全区. 断裂构造有 2 组: ① 北东向压扭性断裂及其配套的北西向张性断裂; 北东东向断裂, 它是由一系列冲断层组成, 控制了鹊架及附近的径口、高架等金矿床 (点) 的分布.

构造岩、矿区变质岩普遍叠加多期动力变质作用, 每期开始为塑性形变, 晚期为脆性变带. 在压性断裂两侧呈线性展布出现塑性形变带, 且以主断裂两侧形变强度逐渐减弱, 出现糜棱岩 \rightarrow 糜棱岩化岩石. 在张性断裂两侧出现碎裂岩 \rightarrow 碎裂岩化岩石.

1.3 矿区花岗岩质岩石

矿区北部出露那蓬岩体 (M_{R3}), 由边缘混合岩和内部混合花岗岩组成. 从变粒岩和混合岩中采取 6 个黑云母变粒岩和 2 个条痕状混合岩组成的 Rb-Sr 全岩等时线, 其年龄为 264×10^6 a, 属海西期花岗岩体^[1].

矿区南部有燕山期中粒二云花岗岩 (m_5^1) 小岩体侵入. 该岩体的岩石化学成分 (%): SiO₂ 73.24, Al₂O₃ 14.92, Fe₂O₃ 0.46, FeO 0.74, MnO 0.03, CaO 0.34, MgO 0.04, Na₂O 2.09, K₂O 5.69. 岩石高硅富铝过碱, 里特曼指数 0.26, 碱铝指数 0.52, 分异指数 84.28, 碱度率 3.08. 岩体微金测定, 含金量 $8 \sim 74 \mu\text{g}/\text{kg}$, 岩体与金矿化关系密切.

2 矿床地质

2.1 矿体特征

鹊架金矿产于震旦系云开群 b 组第三岩性段层位中, 受层间断裂带控制. 共有 6 个矿体, 其中 4 个原生矿体, 2 个次生矿体, 其产状、规模、品位见表 3. 矿体沿北东东向顺层 (局部有小角度斜交) 呈层脉产出. 矿脉主体为含金硅化碎裂岩, 其中有含金石英块体和含金石英细脉. 矿体受后期构造影响发生局部位移.

表 3 鹊架金矿矿体特征

编号	矿体类型	倾向 / (°)	倾角 / (°)	长度 /m	厚度 /m	平均品位 / (g \cdot t $^{-1}$)
I	硅化变粒岩	170	50	160	1.95	5.93
II	硅化变粒岩	180	60	240	2.96	5.39
III	矿化破碎带	190	40~ 50	160	1.55	1.54
IV	矿化变质岩风化矿体	155	60	420	0.80	5.02
V	矿化破碎带风化矿体	80~ 280	70~ 30	20	0.95	34.81
VI	硅化变粒岩	125	50	100	0.75	5.25

2.2 成矿阶段

根据野外观察不同矿化体之间的切割关系、矿物组合、矿石组构特征和测温资料划分为表生期和热液期,热液期可分3个成矿阶段。

(1) 早期石英—自然金矿化阶段。是矿区主要成矿阶段,强烈硅化、黄铁矿化,形成硅化含金变粒岩,以及沿变粒岩片理分布的含金硅化细脉,伴生少量毒砂。在构造活动强烈处,可形成石英胶结的构造角砾岩及含金硅化碎裂岩。此阶段形成的矿体厚度、品位均较稳定,矿石最高含金达 13.52 g/T。

(2) 晚期石英—硫化物—自然金矿阶段。该阶段为热液沿片岩的层间裂隙充填交代形成的硫化物自然金石英脉。硫化物有晚期黄铁矿、磁黄铁矿、少量黄铜矿。矿脉中有早期含金硅化变粒岩角砾并切割变玄武安山岩。

(3) 碳酸盐矿化阶段。为沿晚期构造裂隙充填的方解石细脉,含少量黄铁矿和自然金。

2.3 矿石类型

根据金矿石成因划分氧化矿石的原生矿石。原生矿石据其产状、组分又分为3种类型:

(1) 硅化变粒岩型金矿石。为本区主要矿石类型。在强烈硅化带中产有石英体、黄铁矿、毒砂等硫化物。自然金呈分散状、片状、细脉状浸染在硅化岩中。金矿化比较均匀,自然金粒度在 0.01 mm 左右。

(2) 自然金—石英矿石。该类矿石为含金石英脉和断续分布的含金石英块体。石英脉、石英块体的规模、厚度变化很大,金矿化很不均匀,局部出现富集段。品位可达 27~106.9 g/T。自然金粒度稍大,常出现明金。矿石伴生强烈的绢云母化和黄铁矿化。

(3) 硅化角砾岩型金矿石。该类矿石受破碎带控制,因强烈硅化而出现众多大小不一的硅化透镜体或石英团块。矿石由构造角砾及含量较多的黄铁矿、磁黄铁矿、少量黄铜矿、自然金组成。金矿化较弱,目前品位多在 1.25~4.33 g/T 之间。

(4) 氧化矿石。分布在IV、V号矿体和其它矿体的浅部。矿石孔隙发育,自然金以各种形态分布在裂隙和孔隙中,金矿化不均匀,局部出现“金矿包”。自然金次生富集和加大,品位从 3.42~35.10 g/T。

2.4 矿石的矿物组合

组成矿石的金属矿物和脉石矿物比较简单,主要有自然金、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铜矿、褐铁矿、石英和长石。与自然金关系密切的矿物是石英、黄铁矿和褐铁矿。

自然金,分表生自然金和原生自然金,原生自然金分早晚二期。早期自然金主要形成于第一成矿阶段。深黄至金黄色,粒径 0.01 mm 左右,个别 0.1 mm,呈粒状,不规则脉状浸染在硅化变粒岩孔、裂隙中,或充填在石英、黄铁矿晶体内。晚期自然金黄色至深黄色,部分浅黄色,呈裂隙金、包裹金、晶隙金存在于石英及硫化物中。晚期自然金粒度稍大,在 0.05~0.08 mm 之间,个别达 0.15 mm。表生自然金呈片状、树枝状、薄膜状产于蜂窝状石英、褐铁矿的孔洞中,粒度 0.05~0.15 mm。据光片统计,自然金在石英、黄铁矿、褐铁矿的分配率分别 64.25%,23.32%,12.33%。裂隙金占 65.10%,包裹金占 20.82%,晶隙金占 14.08%。自然金平均含金 94.11%,银 5.02%,平均成色 950%。

3 成矿温度与压力

对含金石英脉样品 100 余个气液包裹体作均一温度测定结果:第一成矿阶段为 260~

220°C, 第二矿阶段为 210~ 150°C, 平均 195°C, 可作为本区自然金形成温度的下限. 第三阶段平均 130°C, 矿床属中—低温热液范畴.

成矿压力数据是根据栾世伟 (1983) 的成矿热力学平衡计算方法获得, 即成矿热系统中任一化学反应达到平衡时, 反应自由能最小 (等于零) 的基本原理, 进行数学推导和一系列计算获得压力的计算方程:

$$P = 737 - 0.88(T - 298) + 3.04T(\ln T - 5.697)$$

式中, $T = (273 + t)$ (K). 当 $t = 195^\circ\text{C}$ 时, 计算得 $P = 21 \times 10^6$ Pa, 据经验公式: $H_{(\text{成矿深度})} = P_{\text{巴}(\text{成矿压力})}$ (km), 得 $H = 703$ m. 这个深度代表成矿深度的下限, 因此, 该矿床属浅成热液矿床.

4 成矿物质来源

4.1 成矿流体来源

对矿区二个不同产状、不同地点的含金石英样品作氧同位素测定, $W(^{18}\text{O}_{\text{SMOW}})$ 组成非常接近, 分别为 14.3‰ 和 14.4‰. 在给定温度下按石英与 H_2O 的氧同位素交换方程^[2]求得苗架金矿床与石英处于平衡的水在 195°C 时的 $W(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$ 值为 4.3‰ 和 4.4‰. 含矿石英非常一致的 $W(^{18}\text{O})$ 值, 表明含矿石英的形成受岩浆作用控制, 而低的 $W(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$ 值表明成矿热液混入了大气水.

4.2 硫的来源

对矿石 5 个黄铁矿作硫同位素测定, $W(^{34}\text{S})$ 值为 -1.74‰~ 3.56‰, 极差 5.3‰, 平均 2.74‰, $W(^{34}\text{S})$ 值呈塔式分布, 属岩浆热液硫型, 表明成矿的硫质主要来自深源均一化程度较高的岩浆.

4.3 成矿金属来源

对金矿石、上盘的变玄武安山岩和二云花岗岩作全岩铅同位素测定 (见表 4), 三者全岩铅同位素组成基本一致, 但变玄武安山岩与矿石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的离差 (分别为 0.355 4、0.092 8、0.595 9) 分别是二云花岗岩与矿石离差 (分别为 0.065 7、0.047 0、0.098 9) 的 5.4 倍、2 倍和 6 倍. 反映成矿金属来源与燕山期二云花岗岩的关系更加密切.

表 4 铅同位素组成

项 目	$w(^{206}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb}) / (w^{204}\text{Pb})$	$(w^{208}\text{Pb}) / (w^{204}\text{Pb})$
变玄武安山岩 (1)	18.613 9	15.790 1	39.279 3
矿石 (3)	18.258 5	15.697 3	38.683 4
二云花岗岩 (2)	18.324 2	15.744 3	38.783 2

地质科学院矿床研究所测试, 括号内为样品数

5 成矿过程

燕山早期, 区域地壳运动强烈, 构造岩浆活动显著. 由于地壳内层热量分布不平衡, 局部地段出现热流上升扩散部位, 可使部分变质岩地壳发生重溶岩浆作用. 本区震旦系地层虽没有出现高含量金的矿源层, 但重溶岩浆作用使地壳中金等成矿组分转入到岩浆中, 重

溶岩浆进行分异演化, 使富含挥发组分和成矿物质的含矿岩浆侵入到浅部定位, 形成矿区南部的二云花岗岩小岩体 (岩体高硅、高碱、高分异指数 $D1=84.28$)。重溶岩浆进行分异演化, 在冷凝过程使含矿气液得到高度富集。燕山期强烈的断块运动利用和改造了较老的断裂构造, 形成了纵横交错的断裂带, 尤其在层片理发育的震旦系片岩、片状变粒岩发育层间断裂带。由于岩浆侵入、冷却、凝固使体积收缩并在区域应力配合下形成的构造正是在时空上适应含矿热液的成矿构造, 系统的压力差便导出含矿热液沿构造外侵、迁移在震旦系片岩、变粒岩的层间断裂裂隙中, 通过充填—交代作用的成矿方式形成沿层矿体。矿床成因属浅成中—低温岩浆热液金矿床。

参 考 文 献

- 1 邓璟, 冯国荣. 粤西南金成矿规律. 广州: 中山大学出版社, 1991. 26
- 2 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. 24

Geology and Origin of the Tanjia Gold Deposit in Guangdong Province

Yao Dexian Cao Jianjin*

Abstract The Tanjia gold deposit occurred in the Sinian regional metamorphic facies series. The ore deposit has 6 orebodies. The first and second mineralization stage are the main stage for gold. The wall rock alteration includes silicification, sericitize, pyritization and carbonatization. The nature gold appears as wrapping gold, lattice crack gold, crevice gold, whose average relative purity of gold is 950‰. The average temperature of mineralization is 195°C, pressure 210 MPa, ore-forming depth 703 m. The $W^{18}O$ whose content between - 1.74‰ ~ + 3.56‰ is plentiful, the $W^{18}O$ is 14.3‰ ~ 14.4‰. The study shows that metallogenic metal and sulfur came mainly from magma at depth. Fluids are mixtures of magmatic water and meteoric water. The ore deposit is a shallow-seated medium-low temperature magmatic-hydrothermal one, with fill-metasomatism as the major mineralization form.

Keywords geological features, isotope, origin of ore deposit, Tanjia gold deposit

* Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275