

257-262

# 桂东南金银矿床成矿规律与成矿模式

王正云 汪劲草 尹意求 耿文辉 杨明寿

p618.510  
p618.520.5

**摘要** 根据桂东南金银矿床成矿地质条件,典型金银矿床的硫、氢、氧、铅同位素、稀土元素、矿物包裹体流体组份和成矿物理化学条件,提出了桂东南金银矿床的混合岩化—岩浆热液型和变质—岩浆热液型的成因类型,并建立了桂东南金银矿床的成矿模式。即地槽发展时期形成矿源层,变质—混合岩化作用促进金银组份活化迁移与初始富集;剥离作用使金银组份再次迁移富集,燕山期构造—岩浆作用成矿。

**关键词** 金银矿床,矿源层,地质构造,成矿规律,成矿模式,桂东南

## 1、区域地质背景

桂东南金银成矿区大地构造上处于华南加里东褶皱带西南部。该区以云开隆起为主体,其西部为博白凹陷带,两者以三滩—岑溪断裂带为界。区内已发现金银矿床中型者3处、小型者8处,矿点40余处(图1)。

本区地层发育较齐全,前寒武系和寒武系是一套浅海相类复理石细碎屑岩夹少量碳酸盐岩和中、基性火山岩。岩石普遍变为变质岩、混合岩和混合花岗岩,分布于云开隆起区。奥陶系变质碎屑岩夹碳酸盐岩和含锰菱铁矿层,志留系富含笔石的变质砂页岩,均分布于隆起区边部。上古生界为浅变质碎屑岩夹灰岩,出露于博白凹陷。中、新生界为陆相碎屑岩夹中酸性火山岩,分布于断陷盆地内。

区内构造发育,NE向褶皱和断裂组成了本区基本构造格架。在云开隆起西缘发育了区域性NE向三滩—岑溪和凤山—灵山两条剥离断层。其下盘各自发育宽数百米至近千米的下滑型顺层韧性剪切带。此外,区内还发育NE和NW向脆性断裂。

云开变质—混合岩区继加里东运动后发生了区域性拉张作用,形成了海西期云开变质核杂岩体结构。该结构从上至下由石炭系、泥盆系和志留系未变质或弱变质岩的盖层、奥陶系褶皱层、奥陶系与寒武系之间的主剥离断层以及前奥陶系变质核组成。

区内变质岩、混合岩和混合花岗岩广泛出露。变质岩分为中压型变质相系和低压型变质相系。前者的特征矿物是蓝晶石和矽线石,变质矿物组合类型与苏格兰高地的巴罗式中压型变质相系相似,是加里东期区域变质作用的产物,主要分布于云开隆起腹地—天堂山和隆盛一带。

后者的特征矿物是红柱石和堇青石,是后加里东期断裂变质作用的产物,主要分布于云开隆起边部断裂带。混合岩和混合花岗岩分为加里东期形成的区域混合岩、混合花岗岩和中生代形成的断裂混合岩、混合花岗岩。前者分布于云开隆起区,后者分布于边部断裂带。

加里东期重熔型二云母花岗岩,分布于云开隆起混合岩区,燕山早期为同熔型石英二长岩和正长岩,燕山晚期则主要为黑云母花岗岩,分布于隆起区边部断裂带附近。

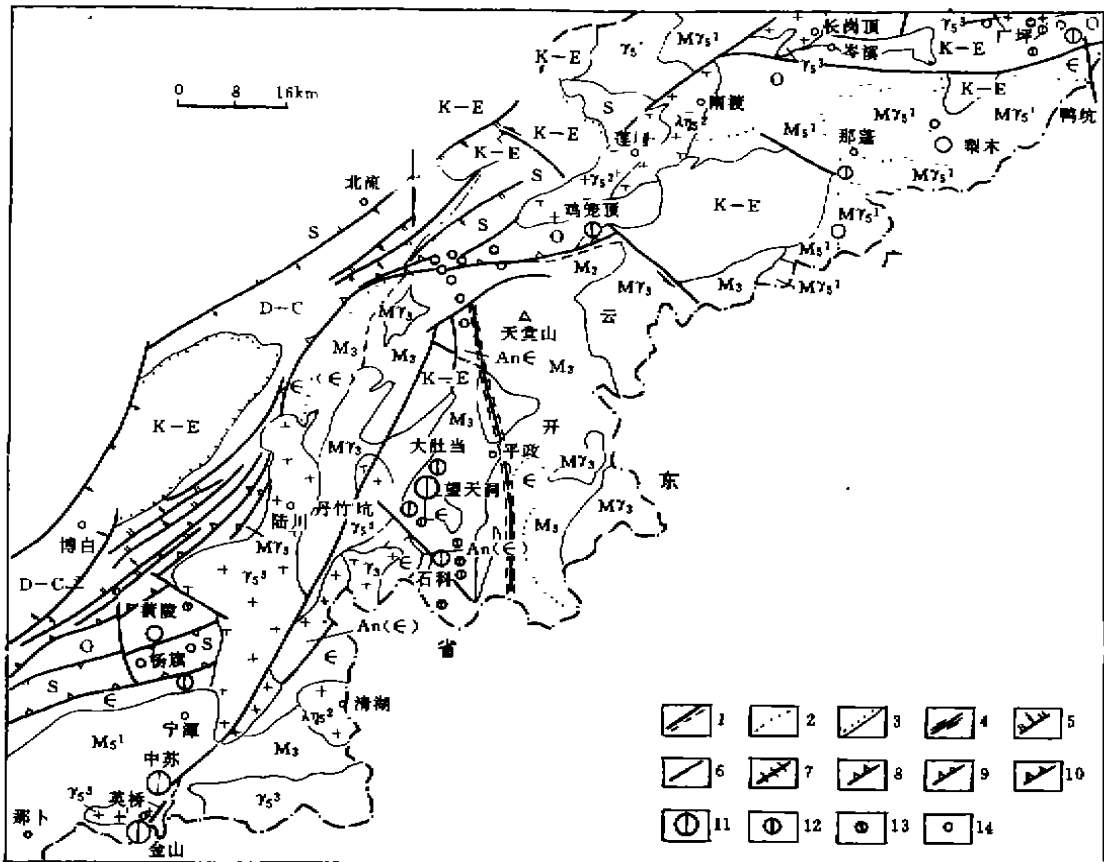


图1 桂东南地区地质—金银矿(点)分布图

K-E—白垩系至第三系 D-C—泥盆系至石炭系 S—志留系 O—奥陶系 ε—寒武系  
 Anε—前寒武系 M1—印支期混合岩 M2—印支期混合花岗岩 M3—加里东期混合岩  
 M7s—加里东期混合花岗岩 γs—燕山晚期花岗岩 λπs—燕山晚期石英斑岩 γs—加里东  
 斯花岗岩 1—地质界线、推测地质界线 2—混合岩相变界线 3—不整合界线 4—脆性平  
 移断层 5—脆性正断层 6—性质不明断层 7—性质不明韧性剪切带 8—上剥离地层  
 9—下剥离断层 10—联合剥离断层 11—中型金银矿床 12—小型金银矿床 13—金银矿  
 点 14—金矿点

## 2 控矿条件

金银矿床的工业类型分破碎带蚀变岩型和石英脉型两类,以前者为主。金银成矿与矿源层、岩浆活动、变质作用及断裂构造有密切成因联系。

### (1) 矿源层

金银矿床和矿点主要分布于前寒武系和寒武系,部分产于奥陶系中,显示地层控矿特征。前寒武系和寒武系 Au、Ag 含量分别为  $0.008 \times 10^{-6}$  和  $0.24 \times 10^{-6}$ ,为本区金银矿的主要矿源层。奥陶系 Au、Ag 含量分别为  $0.43 \times 10^{-6}$  和  $0.255 \times 10^{-6}$ ,为次要矿源层(见表)。在前寒武系及寒武系中夹有一套由海相基性火山岩变质形成的斜长角闪岩,其 Au 含量为  $13.3 \times 10^{-6}$ ,表明主要矿源层的形成与海相基性火山喷发作用密切相关。这些矿源层为本区金银矿的形成提供了丰富的物质基础。

桂东南各地层及变质岩混合岩金银含量平均量表 ( $W_B/10^{-6}$ )

地质岩石	地壳克拉克值 (维氏值)	前寒武系 寒武系				奥陶系 志留系 泥盆系			
		前寒武系 寒武系	奥陶系	志留系	泥盆系	片岩	片麻岩	混合岩	混合花岗岩
样品数	1962年	10	30	14	11	4	2	6	5
Au	0.004	0.0082	0.0043	0.0025	0.0025	12.09	2.38	1.55	1.35
Ag	0.07	0.24	0.255	0.12	0.065	300	140	110	104

### (2) 花岗岩控矿作用

金银矿床和矿点主要分布于燕山晚期英桥、谢仙嶂、莲塘和广平等花岗岩体附近,少数产于岩体内。金银矿的成矿年龄为  $117.2 \times 10^6 a \sim 128.4 \times 10^6 a$ ,表明上述两者具有明显的时空关系。成矿黑云母花岗岩 Au、Ag 含量较高,分别为  $0.003 \times 10^{-6} - 0.014 \times 10^{-6}$  和  $0.15 \times 10^{-6} - 0.6 \times 10^{-6}$ ,而不成矿的黑云母花岗岩(如长岗顶岩体) Au、Ag 含量低,分别为  $0.002 \times 10^{-6}$  和  $< 0.1 \times 10^{-6}$ 。前者显示含矿母岩的特征。金银矿床和其有成因联系的花岗岩体,它们的 Sb、As 和 Cr、V 等微量元素含量相接近,稀土配分模式也十分相似(图 2、3),表明两者有密切的亲缘关系。成矿黑云母花岗岩,岩石化学成分是高碱( $K_2O + Na_2O$  为 7.87%)、富 K( $K_2O$  为 4.4%) 和富 Si( $SiO_2$  72.41%) 特征,反映了成矿岩体的岩浆演化程度较高。

### (3) 断裂构造控矿作用

金银矿受断裂构造分级控矿特征明显。区域性 NE 向三滩—岑溪和凤山—灵山断裂(剥离断层)控制着金银矿化带的展布,构成了与断裂带同向的矿化带。金银矿床或矿体受控于 NE 向主干断裂及其旁侧的次级断裂为主, NW 向断裂次之。

(4) 区域变质和混合岩化作用与金银矿的关系:区域变质作用和混合岩化作用过程中,矿源层由于地热和深部热液上升及围压增大,岩石结构构造和化学成分发生改变,从而导致了元素重新分配,矿源层中 Au、Ag 组分发生强烈活化与迁移。其迁移的总趋势是,从变质温度较高、压力较大的强混合岩化带和高中级变质带,向相对温度较低、压力较小的弱混合岩化带和中低级变质带迁移。表现在前寒武系、寒武系变质和混合岩化程度愈深,其 Au、Ag 含量则愈低,从片岩→片麻岩→混合岩→混合花岗岩,其(Au)Ag 含量( $WB \times 10^{-6}$ )依次为 12.09(300)→2.38(140)→1.55(110)→1.35(104),表明 Au、Ag 组份从变质和混合岩化作用强的部位向弱的部位适移与富集。

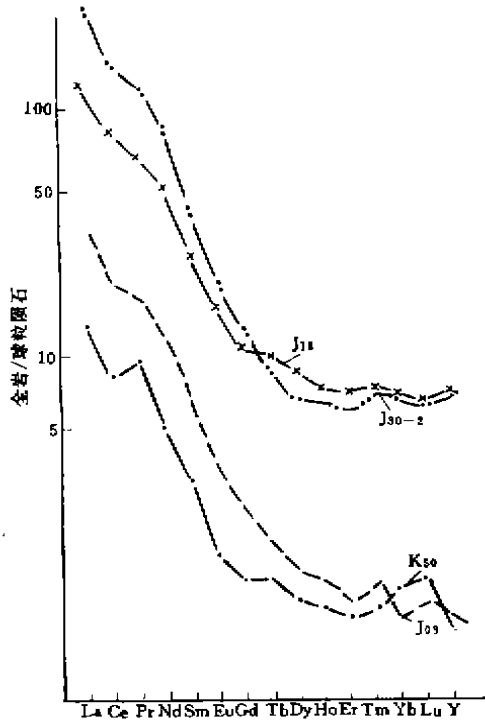


图2 金山矿床稀土元素模式图

J<sub>03</sub>—含金石英脉 K<sub>50</sub>—含金银闪锌石 J<sub>30-2</sub>—花岗岩 J<sub>11</sub>—蚀变岩

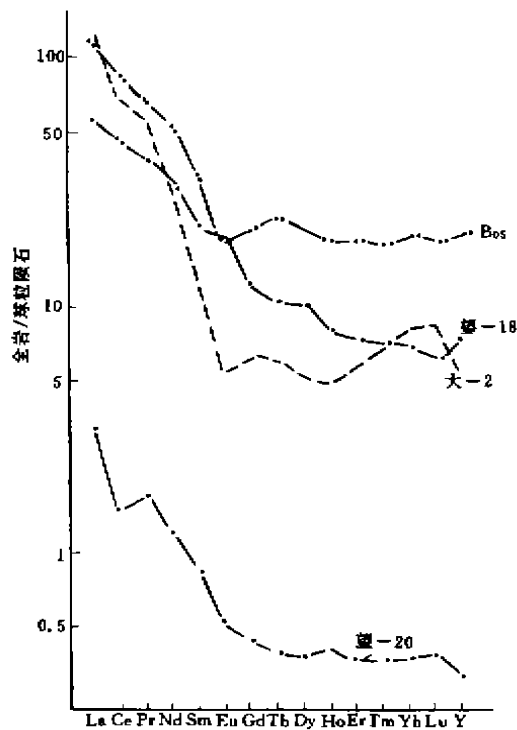


图3 望天洞矿床稀土配分模式图

望-20—闪锌矿 大-2—花岗岩 望-18—蚀变围岩 B05—片岩

### 3 成矿规律

桂东南金银成矿区位于奥西—桂东金银成矿带西南段，成矿规律性明显，找矿前景可观。

(1)金银矿床具有明显的分带性。沿NE向矿化带南西段的望天洞、丹竹坑、中苏和金山矿床及北东段的三块和鸭坑等矿床(点)，赋存以银为主的金银矿，而中间地段的三板、北客、石圭和大隆等矿点，则以金为主的银金矿。

(2)金银矿床主要分布于变质作用和混合岩化作用强的中心部位(云开隆起复地—天堂山隆起区)边部，组成了金山—中苏和石科—望天洞等五个矿化集中区，构成了本区北东向矿化带。而其中心部位天堂山隆起区则矿化弱，至今仅发现少数矿化点。这种区域矿化规律，是与区域变质作用和混合岩化作用导致矿源层中Au、Ag组分活化、迁移密切相关。

(3)断裂控矿表现：①金银矿床(点)主要分布于区域性断裂旁侧次级断裂中，以NE向断裂为主，NW向断裂次之。前者如金山、中苏、望天洞、鸡笼顶和鸭坑等矿床。后者如石科、丹竹坑、梨木等矿床和蕾市、三块等矿点。在控矿断裂拐弯处、两组断裂交汇处和断裂倾角由陡变缓地段，是富矿赋存的佳部位。如金山和望天洞矿床的2号矿体。②压扭性的主干断裂赋存破碎带蚀变岩型金银矿，而其派生的张扭性断裂则分布石英脉型金矿，如金山、望天洞和庞西洞

矿床是属此类典型矿床实例。掌握破碎带蚀变岩型和石英脉型金银矿组成的“二位一体”矿床模式,对指导本区找矿勘探具有重要现实意义。③控矿断裂方向不同,对金银矿的控制作用有明显的差异。NE向断裂一般赋存以银为主的金银矿,如金山、中苏、望天洞和鸭坑等矿床,而NW向断裂则赋存以金为主的银金矿,如黄凌、石科、梨木、蓄市和牛辣等金矿床(点)。虽然有少数NW向断裂也赋存银矿,但其中最具有工业价值的仍然是金矿,组成了以金为主的银金矿,如丹竹坑银金矿床。

(4)金银矿床主要展布于燕山期花岗岩体附近的矿源层中。在岩体弯突地段,断裂发育,常常产出金银矿床和矿点,如广平岩体南缘分布有鸭坑、牛辣、蓄市和三块等一系列矿(点)床,尤其在岩体与条带状、条纹状混合岩或者与中低级变质岩接触带附近,往往形成规模较大、品位较高的金银矿床,如金山、中苏和望天洞矿床。

(5)金银矿床主要分布于前寒武系和寒武系矿源层中。矿源层普遍遭受变质作用成为变质岩和混合岩。金银矿床主要赋存于混合岩与变质岩过渡带上,如望天洞、大肚堂和丹竹坑矿床;或者赋存于强混合岩(如混合花岗岩、均质混合岩)与弱混合岩过渡带中,如梨木、大隆、中苏和金山矿床。

#### 4 成矿模式

从金山、望天洞和鸡笼顶金银矿床的S、H、O同位素、稀土元素、矿物包裹体的温度、盐度和成份等特征,获得了有关金银床成因的重要信息。①桂东南金银矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为+4.3~-8.6‰,多数集中在+2~-1‰,表明成矿物质来源于岩浆和地层;其 $\delta^{18}\text{O}$ 为5.2~13.71‰, $\delta\text{D}$ 为-41.1~61.1‰,显示成矿溶液具岩浆水和变质水特征;其Sm/Nd值均小于0.3,显示成矿物质来源于上地壳。成矿期形成的含金银的硫化物和脉石均具有与近矿围岩及矿区成矿花岗岩相近的稀土配分特征,表明成矿物质既来源于地层,又来源于岩浆。②桂东南金银矿床的成矿流体包裹体的阳离子主要有 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{K}^{+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ;阴离子以 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^{-}$ 和 $\text{F}^{-}$ 为主。气相组分有 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 和 $\text{H}_2$ 。成矿流体组分为富含 $\text{CO}_2$ 的 $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Na}^{+}$ ( $\text{K}^{+}$ )- $\text{Cl}^{-}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ 型。③桂东南金银矿床的成矿温度220~300℃,成矿压力为 $600 \times 10^4 \text{Pa} \sim 800 \times 10^4 \text{Pa}$ 、氧逸度( $f_{\text{O}_2}$ ) $10^{-21.0} \times 101.325 \text{kPa} \sim 10^{-22.70} \times 101.325 \text{kPa}$ ,硫逸度( $F_{\text{S}_2}$ ) $10^{-9} \times 101.325 \text{kPa} \sim 10^{-15} \times 101.325 \text{kPa}$ ,酸碱度(pH)3.37~5.181,氧化还原电位(Eh)0.153~0.377伏,表明桂东南金银矿是在较低氧逸度和弱酸性及弱还原的成矿介质中形成的。

根据成矿物质来源、成矿溶液性质和成矿作用特点等方面,认为桂东南金银矿床有混合岩化—岩浆热液型和变质—岩浆热液型成因。其成矿时代为燕山中晚期(金山和望天洞矿床的成矿年龄为 $117.20 \times 10^6 \text{a} \sim 128.40 \times 10^6 \text{a}$ )。

在综合研究桂东南金银矿床的成因、控矿条件和成矿特征等基础上,建立了桂东南金银矿床的成矿模式(图4):

(1)地槽发展时期形成的矿源层:前寒武纪和早加里东期,本区处于地槽发展阶段,地壳活动性强,在沉积含金银组份的碎屑岩的同时,来自上地幔含金银组份的基性岩浆涌出地表,发

育了海相基性火山岩,形成了一套含金银组份的火山—沉积岩系,即前寒武系和寒武系矿源层。地槽继续演化发展,相继沉积含金银组份的奥陶系碎屑岩夹碳酸盐岩矿源层(次要矿源层)。

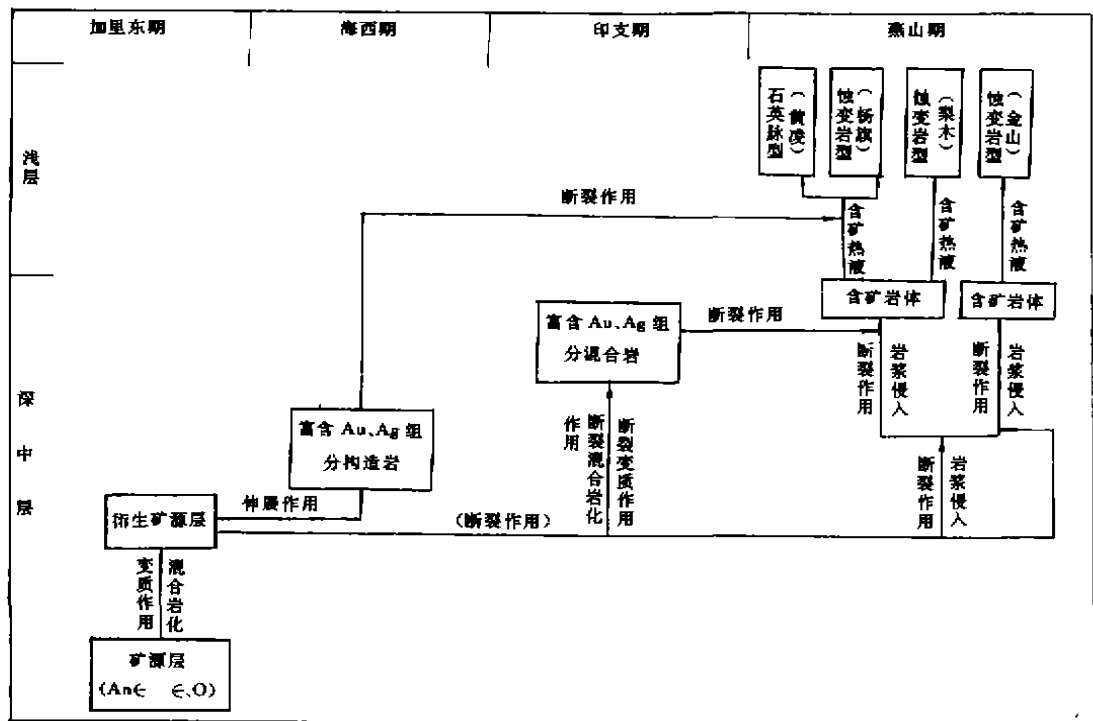


图 4 桂东南地区金(银)矿成矿模式示意图

(2)变质—混合岩化作用金银组份活化、迁移与初始富集:加里东运动,云开地区褶皱隆起,发生了区域变质作用和混合岩化作用,矿源层中的金银组份发生强烈的活化迁移,其迁移总的趋势是,由混合岩化和变质作用强的中心部位向弱的边缘地段迁移,形成了金银组份初始富集(即衍生矿源层)。其次,印支期隆起区边部发生断裂变质作用和混合岩化作用,断裂带及其两侧的金银组份,沿断裂带向浅部迁移,造成部分金银组份初始富集。

(3)剥离作用金银组份迁移富集:海西末期,由于伸展运动,奥陶系顶、底界面发生了剥离作用,形成了绿片岩相的剥离断层。在剥离作用过程中,经变质作用和混合岩化作用活化迁移到相对弱混合岩和变质岩部位的金银组份,沿着剥离断层面由深部向减温减压的浅部迁移,造成部分金银组份再次富集。

(4)燕山期构造——岩浆作用成矿:燕山期区内发生了强烈的构造作用和岩浆活动,继承和发育了 NE 向为主的断裂。含金银组份和具萃取能力的  $CO_2$ 、S、HS、Cl 等挥发份的花岗岩浆,从深部沿断裂上侵、定位和冷却过程中,萃取矿源层中经过初始富集的金银组份,随着岩浆演化,形成了岩浆期后的成矿热液。成矿热液沿张性断裂充填,形成了石英脉金银矿(如黄陵、金山矿床大岭矿段的石英脉型金矿);成矿热液沿断裂破碎带运移并发生交代作用,则形成了蚀变岩型金银矿床,如金山、中苏、石科和鸭坑等金银矿床。