

# 桂北地区金属矿床成矿历史演化程式

陈毓川 毛景文 王平安  
(中国地质科学院, 北京)



桂北地区是中国重要的稀有、稀土及多金属成矿区。区内存在着五个矿床成矿系列和两个矿床成矿亚系列, 其成矿作用在地质历史中具有多旋回螺旋式上升的演化规律。对于各旋回而言, 从早到晚成矿物质从以慢源为主到壳源。从整个地质历史演化来看, 也有慢源组成趋向减少, 壳源组成逐渐增高; 成矿元素组合由少到多, 成矿组分趋于复杂。成矿作用在空间上显示出从古老基底向外迁移, 即前寒武纪从西向东递变, 显生宙以来从北向南过渡, 燕山期内又自东向西演化的规律。

**关键词** 成矿系列 成矿历史演化 成矿模式 稀有-有色金属矿床

## 1 引言

桂北地区位于南岭西部, 包括广西境内北纬  $24^{\circ}20'$  以北和东经  $107^{\circ}$  以东的范围, 面积达  $74500\text{km}^2$  (图1)。该区为我国一个重要的稀土、锡、钨、铅、锌和铋矿产地之一, 尤以大厂锡、铅、锌、银、铋超大型矿床而闻名于世界。

不少学者曾从不同角度探讨了该区锡多金属矿床的成矿作用和成矿规律<sup>[4-7]</sup>。本文拟从地质历史角度论述区内矿床成矿系列特点和生成演化的规律性。

## 2 矿床成矿系列的基本特点

桂北地区从空间上可划分为五个成矿区(带)(图1), 在时间上成矿作用遍及四堡期、雪峰期、加里东期、海西末期—印支期、印支末期—燕山期。笔者通过对金属矿床的成矿特点、矿床组合和成因及成矿时空演化规律的研究, 提出了本研究区存在有三大成矿系列类型、五个矿床成矿系列和两个成矿亚系列(表1)。

## 3 金属矿床成矿作用在地质历史中的演化

在地质历史中, 桂北地区经历了多期构造-岩浆活动, 并相应地形成了各自的矿化与

注: 本文系地质行业基金和自然科学基金资助项目(项目编号分别为 88022 和 49273162)。  
本文 1993 年 2 月收到, 1994 年 2 月改回, 季国容编辑。

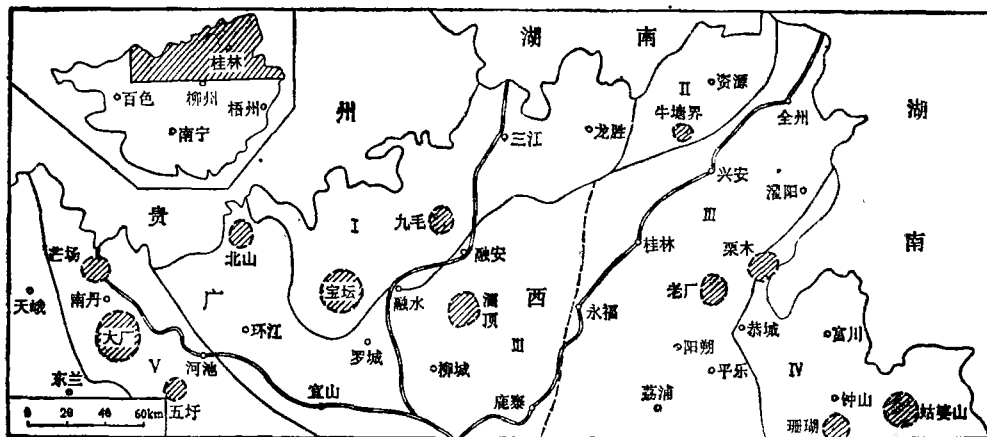


图 1 桂北地区地理位置与主要成矿区(带)和矿田分布略图

Fig. 1 Sketch map showing the major metallogenic regions (belts) and important ore fields in the northern Guangxi region

I. 九万大山-元宝山铜、镍、钴、锡(铅、铋、锑)成矿区; II. 桂东北钨、锡、铜、铀成矿区; III. 扬子古陆边缘拗陷中的铅、锌、银、汞、铋、锑成矿带; IV. 富贺钟稀土、钨、锡、铋成矿区; V. 丹池锡、铅、铋、银、汞、砷、锑、钼成矿带

I. Jiuzhawan-Yuanbaoshan Cu, Ni, Co, and Sn (Pb, Zn, and Sb) metallogenic region; II. Northeastern Guangxi W, Sn, Cu, and U metallogenic region; III. Pb, Zn, S (Ag, Hg, and Sb) metallogenic belt in the marginal depression of the Yangtze Platform; IV. Fuzhuzhong RREE, W, Sn, and Sb metallogenic region; V. Dachi Sn, Pb, Zn, Sb, Bi, Ag, Hg, As, and Mo metallogenic belt

矿床成矿系列。在同一区域, 内生金属成矿作用及在四维空间的演化必然受到区域地球化学场和构造-岩浆活动的制约。

### 3.1 地球化学场与成矿

桂北地区是一个以锡为主的成矿区。自 70 年代末以来, 该区被认为是富锡的地球化学区, 四堡群被认为是一个古老的矿源层, 其锡含量大于  $10 \times 10^{-6}$ 。80 年代末期, 胡云中等<sup>[1]</sup>的区域地球化学工作证明, 桂北地区四堡群中锡的含量高于地壳克拉克值 1.3—2 倍。该资料说明四堡群为一个锡的地球化学异常地质单元。近年来的工作进一步说明, 四堡群中的岩层、镁铁质-超镁铁质岩乃至花岗闪长岩的含锡量都高于同类岩石的克拉克值, 在四堡群拗陷槽中还形成了同生层状锡矿化。这都说明该区地幔和地壳均富含锡, 区域地球化学场是受地幔的地球化学场影响的。也有力地支持了陈毓川等<sup>[2]</sup>的锡来自深部的推测和郭文魁<sup>[3]</sup>的锡矿床中的成矿物质也可以直接来源于地幔的论断。

近几年来, 不少学者对桂北地区不同时代花岗质岩体的钐-铕同位素研究表明, 其模式年龄集中分布于 2085—3289Ma 之间。其中本洞花岗闪长岩体为 1990—3289Ma (毛景文等, 1988), 蒙洞口和龙有花岗闪长岩分别为 2277Ma 和 2085Ma (毛景文等, 1988), 花山黑云母花岗岩体、牛庙石英二长岩体和同安石英闪长岩体分别为 2135—2858Ma, 2372Ma 和 2277Ma (朱金初等, 1989)。康自立(1987)测得三防黑云母花岗岩体中残留锆石年龄为 2860Ma, 徐文忻和伍勤生(1986)在研究广西大厂锡多金属矿田的

表 1 桂北地区矿床成因系列类型、成矿系列和矿床分类  
Table 1 Types of metallogenic series, metallogenic series and genetic types of deposits in the northern Guangxi

成矿系列 类型	成矿系列 和亚系列	矿床成因 类型	矿体 形态	矿石建造	主要金属 矿物组合	主要脉石 矿物组合	矿化元 素组合	与成矿 有关的 岩体	围岩 (主岩) 类型	赋矿地层	代表 性 蚀变类型	矿床实例
与幔源镁铁 质-超镁铁质 岩有关的Cu, Ni,Co,Sn矿 床成因系列类型	四堡期与幔 铁质-超镁铁 质岩有关的 Cu,Ni(Sn) 矿床成因系列 列	火山岩型 Cu-Ni-Co 矿床	层状、 似层状	磁黄铁矿-镍 黄铁矿建造	磁黄铁矿 镍黄铁矿 黄铁矿 黄铜矿 辉砷矿	角闪石 黑云母	Cu Ni Co	超镁铁质 火山岩	超镁铁质 火山岩	四堡 群		大坡岭、小 坡岭、清明 山、池洞、 文得、一家 坪
		火山喷气型 Sn矿化	层状、似 层状、透 镜状	电气石-石英 建造	锡石 黄铁矿	电气石 石英	Sn		镁铁质岩 或粉砂岩			五地
		云英岩型 Sn(W)矿床	脉状、 似层状	石英-白云母- 锡石建造	锡石 黑铜矿 黄铜矿	石英 白云母 黄玉	Sn (W)	黑云母 花岗岩	黑云母 花岗岩		云英岩化 电气石化 白云母化	乌勇岭、老 山、陶家、 板寮
与壳源黑云母 花岗岩有关的 稀有, 稀土, W, Sn, Cu, Pb, Zn(Mo, Ag, Sb, U, Hg)矿床成 矿系列类型	雪峰期与黑 云母花岗岩 有关的Sn, Cu多金属 矿床成因系列 列	热液型电英 岩Sn,Cu 矿床	脉状	电气石-石英 建造	锡石 黄铜矿	电气石、 石英及长 石、绿泥石	Sn Cu	黑云母 花岗岩	粉砂岩、镁 铁质-超镁铁 质岩	四堡 群	电英岩化、 青磐岩化、 石英绢云母 化、黑云母 化	一洞 五地 红岗 田蓬
		热液型锡石 硫化物Sn, Cu,Pb,Zn 矿床	脉状、 似层状	锡石-硫化物 建造	锡石、黄铁矿、 黄铜矿、 磁黄铁矿、 方铅矿、 闪锌矿	石英、长 石、黑云 母、透闪 石、阳起 石、白云母	Sn Cu Pb Zn	黑云母 花岗岩	准斜马提 岩、变质 粉砂岩、 镁铁质熔 岩		夕卡岩化 电气石化 青磐岩化 石英绢云母 化	九毛 六秀 加龙屯 沙坪
		热液型多金 属硫化物 Cu,Pb,Zn, Sb矿床	脉状	多金属硫化 物建造	黄铜矿、黄 铁矿、磁黄 铁矿、方铅 矿、闪锌矿、 辉砷矿	石英、黑 云母、黄 石、斜闪石	Cu Pb Zn Sb	黑云母 花岗岩	变质岩、 镁铁质岩、 花岗岩	四堡群为 主, 少量 丹洲群	萤石化 青磐岩化 硅化	铜厂、白石、 杆洞、红岭、 芒东

与壳源黑云母花岗岩有关的稀有，稀土， $N, Sn, Cu, Pb, Zn, Mo, Ag, Sb, U, Hg$ 矿床成矿系列类型	加里东期与黑云母花岗岩有关的W, $Sn, Cu, Pb$ 矿床成矿系列	夕卡岩型 W矿床	似层状、透状、镜状	石英-白钨矿建造	白钨矿 (锡石)	石英 钙榴石 符山石	W(Sn)	黑云母花岗岩	变质砂岩	寒武系	角闪岩、夕卡岩化、硅化	牛塘界六牌长岗岭	
		热液型 W-Sn矿床	脉状	石英-黑钨矿建造	黑钨矿 白钨矿 锡石 黄铜矿	石英 白云母	W Sn Cu	黑云母花岗岩	花岗岩和砂岩		云英岩化 硅化	孟公界 荷叶界 横江源	
		热液型 Zn(Ag, Cu)矿床		石英-碳酸盐建造	方铅矿 闪锌矿 黄铜矿	石英 白云石 方解石	Pb, Zn (Ag, Cu, Ba)	花岗岩闪长岩	砂页岩及少量碳酸盐岩		以寒武系为主，少量泥盆系	硅化、绢云母化、黄铁矿化、重晶石化	老厂 宝塔碓 大源
		热液型 Zn矿床		碳酸盐建造	闪锌矿 方铅矿 黄铁矿	白云石 方解石 (石英)	Zn, Pb (S, Sb, Hg)	花岗岩闪长岩(?)	碳酸盐岩及少量砂岩		以泥盆系为主，寒武系为辅	白云石化 黄铁矿化 硅化	酒顶 古丹、 多姜弄
与壳幔混源型花岗岩类有关的Pb, Zn, S, $(Sb, Ag)$ 矿床成矿系列类型		热液型 Pb, Zn, S矿床	似层状、透状、脉状	碳酸盐建造	闪锌矿 方铅矿 黄铁矿	白云石 方解石	Zn Pb S	花岗岩闪长岩(?)	碳酸盐岩	泥盆系	白云石化 黄铁矿化 方解石化	北山 都小文洞 建旺	
		钠质矿浆型 Nb, Ta, W(Sn)矿床	冠状、囊状	钠长石-石英建造	铌铁矿 钽铁矿 黑钨矿 锡石	钠长石 石英 钾长石 钼云母	Nb, Ta, W(Sn)	钠长花岗岩	钠长花岗岩		泥盆系及寒武系		金竹源 老虎头

续表 1

成矿系列 类型	成矿系列 和亚系列	矿床成因 类型	矿体 形态	矿石建造	主要金属 矿物组合	主要脉石 矿物组合	矿化元 素组合	与成矿 有关的 岩体	岩 类 (主岩)	矿 床 地 层	代 表 性 蚀 变 类 型	矿床实例
与壳源黑云母 花岗岩有关的 稀有、稀土、 W, Sn, Cu, Pb, Zn(Mo), Ag, Sb, U, Hg) 矿床成 矿系列类型	南岭地 区与燕山 期黑云母 花岗岩有 关的稀有、 稀土、W, Sn, Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Hg 成矿系列	岩浆-热液 型 W, Sn 矿床	脉状	石英-锡石- 黑钨矿建造	黑钨矿、锡石	钠长石、 石英、辉 长石	W, Sn (Nb, Ta Cu)	黑云母花 岗岩、钠 长花岗岩	碳酸盐岩	泥 盆 系	钠长石化 云英岩化 硅化	珊瑚、水溪庙
		夕卡岩型 Sn, Cu, Pb, Zn 矿床	似层状 透镜状 脉状 囊状	锡石-硫化物 建造	锡石、磁黄铁 矿、黄铁矿、方 铅矿、铁闪锌矿	石英、石 榴石、辉 石	Sn, Pb, Zn, Cu	黑云母 花岗岩	碳酸盐岩		夕卡岩化、 硅化、方解 石化	白面山 新 路 可 达
		夕卡岩型 Cu, Zn (Sn) 矿床	似层状、 透镜状	多金属硫化 物建造	黄铜矿、铁闪 锌矿、磁黄铁 矿、锡石	石英、石 榴石、辉 石、透辉 石	Zn, Cu (Sn)	黑云母 花岗岩	碳酸盐岩		夕卡岩化	拉么
		热液型锡石- 硫化物-硫酸 盐矿床	似层状、 透镜状、 脉状	锡石-硫化 物-硫酸盐建造	锡石、铁闪锌矿、 毒砂、黄铁矿、 磁黄铁矿、磷 硫铋矿	钾长石、石 英、电气 石、绢云母	Sn, Zn, Pb, Sb, Ag(Bi)	黑云母 花岗岩	碳酸盐岩		钾长石-石 英-电气石- 化、电气石- 石英-白云母 化、绢云母化	长坑、铜坑、 巴力、龙头 山、亢马
		热液型 Pb, Zn, Ag, Sn 多金属矿床	似层状 脉状	多金属硫化 物建造	方铅矿、闪锌 矿、辉银矿、锡 石、毒砂	石英、方解 石、萤石、 菱铁矿	Pb, Zn, Ag, Sn, Sb, As, Hg	黑云母 花岗岩	碳酸盐岩 砂岩		硅化、石英 绢云母化	芒场 五圩 北香
		热液型 Sb, Hg 矿床	似层状 透镜状	多金属硫化 物建造	辉铋矿、辰 砂、黄铁矿	石英、方解 石、菱铁矿	Sb, Hg	黑云母 花岗岩	碳酸盐岩 砂岩		硅化 碳酸盐化	兰 益 美 九 瓦

成矿物质时, 获得 2400Ma 的铅-铅模式年龄。这些资料表明了桂北地区的花岗质岩石及有关锡多金属的成矿物质, 基本上来自早元古代及更老的地层, 也表明了有一种矿源层的存在。最近, 梁祥济等(1993)利用四堡群岩石作为原料, 在富水、硼或氟的条件下经熔融和冷凝, 获得了含锡花岗质岩石。这又进一步说明了四堡群可能是成岩成矿的源区之一。

### 3.2 火成岩演化与成矿

研究区内各矿床成矿系列的最显著特点是它们同岩浆活动有着明显的时空关系。表1所列三种成矿系列类型相应的岩浆岩分别为镁铁质-超镁铁质岩、花岗闪长岩和黑云母花岗岩。对于成矿而言, 岩浆本身含成矿元素是成矿的一个基本条件, 但能否成矿还取决于岩浆的演化过程和程度。

关于九万大山-元宝山一带四堡期的镁铁质-超镁铁质岩的成因, 尚存在着较大争议。在宝坛地区, 这套岩石无论是熔岩还是超浅成岩体, 在其顶部或边缘普遍显示出鬃刺结构和/或辉石的中空结构; 在部分熔岩下部发育有堆积辉石岩; 尽管岩石化学成分整体并不富  $MgO$ , 但局部也见超镁铁质岩的  $MgO$  含量  $> 20\%$ , 镁铁质岩的  $> 10\%$ , 而且  $CaO/Al_2O_3$  值一般  $> 0.7$ 。这些显然为科马提岩的基本特点。另一方面, 该套岩石相对富钾、硅、铝组分,  $K_2O$  含量达  $1\%—4\%$ ; 轻稀土含量较高, 具有少许的铈亏损, 显示出大陆玄武岩的稀土元素分布型式; 亲地壳元素锂、铍、铌、钽和铅含量普遍较高; 硫、铅、氧同位素反映出壳幔混源性质; 在钐-铈对钕-铈同位素图解上显示出地壳来源。上述特点基本上反映出地壳物质的大量加入。通过详细研究, 初步认为宝坛地区镁铁质-超镁铁质岩浆起源于地幔, 并具科马提质岩浆的性质, 本身富含铜、镍、钴和锡元素。科马提质岩浆在喷发之前, 曾于岩浆房内经过结晶分异作用, 导致铜镍硫化物从岩浆中熔离出。同时, 岩浆通过同化混染地壳物质, 在一定程度上改变了其原始组分和性质。在元宝山地区, 超镁铁质岩的各种组分和特征均显示为直接源于地幔, 但与之有关的矿化程度很差。这可能是因缺少经历下部岩浆房的结晶分异作用所致。

海西末期-印支期花岗岩类在地表出露较少, 仅新寨岩体的一部分属于该期。新寨岩体以加里东期岩体为主, 在海西末期-印支期又有小岩体和岩脉叠加其上或产于周围。海西末期-印支期的岩体及岩脉基本上继承了加里东期花岗岩体的岩石学和岩石化学特点, 但所含成矿元素却截然不同。后者以含锡、钨、铜为主, 前者则含铅、锌等。这在某种程度上反映出加里东期花岗质岩石主要来源于地壳, 海西末期-印支期岩体(脉)则为壳幔混熔的产物。

在桂北地区, 黑云母花岗岩是最重要的成矿岩类。它与雪峰期、加里东期、印支晚期-燕山早中期及燕山晚期的锡多金属矿化有着密切的成因联系。这些不同期次的岩体主要为地壳重熔的产物, 其生成作用表现为多阶段演化的特点。从成岩成矿演化角度来看, 区内黑云母花岗岩的成矿作用有多期成岩成矿和某一期的多阶段成岩成矿两种形式。

#### 3.2.1 多阶段成岩成矿

当花岗岩浆生成之后, 可能于深部首先形成一个大岩浆房。少部分岩浆侵位到比较浅的位置, 大部分岩浆仍在深部进行结晶分异, 导致硅质、碱质和挥发组分的初步富集, 然

后以脉冲方式上侵定位和成矿。在这种多阶段成岩系列中,往往有几个阶段的成矿作用。例如,雪峰成矿期的花岗岩体从早到晚可分为花岗斑岩、片麻似斑状中粗粒黑云母花岗岩、中细粒黑云母花岗岩和细粒黑云母花岗岩。在这一成岩系列中,花岗斑岩、片麻似斑状中粗粒黑云母花岗岩分异程度较差,分异指数分别为 76.47 和 85.73。因而,尽管部分岩体可以作为锡-铜矿化的围岩,但对成矿没有直接的贡献。中细粒黑云母花岗岩与雪峰成矿期主成矿阶段的锡多金属成矿之间表现出清楚的时空演化关系;最晚侵入的细粒黑云母花岗岩也与规模较小的晚阶段锡、铜矿化有成生联系。据陈毓川等<sup>[3]</sup>研究,在大厂矿田燕山成矿期内的花岗岩系列可以先后分为七个成岩阶段,即辉绿玢岩和闪长玢岩、含斑黑云母花岗岩、中细粒黑云母花岗岩、斑状黑云母花岗岩、花岗斑岩、白岗岩及煌斑岩。这是一个典型的与锡多金属矿床有关的成岩系列,可与个旧矿田(陆文杰, 1989)、柿竹园矿田(王昌烈等, 1988)和腾冲地区(毛景文, 1988)同类火成岩系列进行对比。在大厂矿田,第三期黑云母花岗岩(表 1) 主要与夕卡岩型锡石硫化物多金属矿床成矿有关,主要的热液型锡石-硫化物多金属矿化在花岗斑岩形成之后,白岗岩则与晚阶段的钨-铋矿化相关。在栗木矿田,花岗岩系列亦可分为三个成岩成矿阶段,它们分别形成细粒斑状锂云母钠长石花岗岩、中粒锂云母钠长石花岗岩和细中粒黑鳞云母钠长石花岗岩。前两阶段岩体与脉状锂、铍、钨、锡及铌、钽矿化具有成因联系,后者本身就是一种含铌、钽的钠长矿浆型矿体。

### 3.2.2 多期成岩成矿

桂东北地区的越城岭和苗儿山岩体为一复式岩体,但两套岩体并非同一时期生成的。主岩体形成于加里东期(490—364Ma),岩性为典型的黑云母花岗岩,分异程度差,分异指数小于 77。一般来讲,加里东期岩体较少伴随矿床或矿化,在局部有钨和萤石矿床生成,典型实例为牛塘界白钨矿矿床。牛塘界钨矿床产于越城岭黑云母花岗岩体的外接触带,在其外围有一系列脉状萤石矿床分布。在燕山期,构造运动又导致中、下地壳重熔形成岩浆。新生成的岩浆体系内硅质、碱质、挥发组分和原呈分散状态的矿化元素得到了一个飞跃式的富集。随即,这些岩浆上侵定位和分馏富集,生成了一系列时空分布有序的铌、钽、铀、钨、锡等矿床和矿点。

### 3.3 挥发组分示踪成矿演化历史

按主要挥发组分的特点,桂北地区矿床成矿系列及有关的花岗质岩石可分为富氟型、富硼型、氟和硼均富型及富  $\text{CO}_2$  和氯型。部分新寨岩体是与海西末期—印支期铅、锌、硫矿床成矿系列有关的唯一出露岩体,其性质为壳幔混源型,基本上可与徐克勤等(1982)定义的同熔型花岗岩进行对比。正如徐克勤等所述,该类岩体的挥发组分以氯、硫和  $\text{CO}_2$  为主。因而在新寨岩体很少见到电气石、黄玉和萤石等含氟和硼的典型矿物;相反,碳酸盐矿物如白云石、方解石则广泛发育,本次测试分析表明,新寨角闪石黑云母花岗岩的  $\text{CO}_2$  含量明显高于其它花岗质岩体,与之相呼应的是矿体中碳酸盐矿物也是一种主要的或最主要的脉石矿物。在泗顶矿田和北山矿田,大面积出露的白云石化蚀变岩本身就是铅-锌矿体的直接围岩(称之为“矿化白云岩”)。

区内的雪峰期、加里东期和燕山期黑云母花岗岩属于壳源花岗岩,就挥发组分的含量

而言各自有明显的不同。九万大山-元宝山地区的雪峰期黑云母花岗岩是典型的富硼岩体,其中广泛出现电气石巢,尤其是在岩体的隆起部位。电气石占岩体总体积的2%, $B_2O_3$ 含量平均可达2%左右。从花岗岩体、云英岩矿脉到电英岩脉,电气石含量逐渐增高,电英岩脉中的 $B_2O_3$ 含量可达10%—20%。虽然在该区也发育有微量的黄玉云英岩及少量的黄玉、萤石和斧石等,但氟与硼含量相比则微乎其微。在富贺钟成矿区,燕山期花岗质岩石以富氟(0.3%—0.7%)为特征。氟的产出形式不仅表现为成岩晚期的黄玉和萤石的发育,而且在铁锂云母、锂云母中含4.6%的氟(卢建春等,1987),这与九万大山-元宝山地区黑云母花岗岩的黑云母中富 $H_2O$ 形成了鲜明的对比。在富贺钟成矿区,仅在个别岩体和在珊瑚矿田的一些石英-黑钨矿脉边侧蚀变岩中有少量的电气石。在各矿床中,氟的存在形式基本上为萤石和云母类矿物。栗木矿田内花岗质岩石系列最晚阶段的含铌钽钠长岩也正是由于岩浆体系内高度富氟,以致于氟和钠以络合物形式搬运铌和钽并在岩浆体系的晚期阶段大量富集。阿列克桑德洛夫(1988)实验结果表明,高温有利于铌、钽的迁移,并且在富氟条件下以氟的络合物形式迁移;随着 $Na^+$ 浓度和pH值的升高,铌、钽的浓度降低。因此,当富氟的花岗岩结晶时,铌、钽呈氟的络合物迁移,并随着岩浆的不断结晶,富氟的岩浆导致形成了富钠的残余熔体。另外,随着温度的降低和pH值的升高,铌、钽络合物变得不稳定而发生分解,并沉淀生成钽-铌酸盐。由此可以认为,铌、钽与钠长石存在于同一空间是富氟岩浆演化的必然产物。栗木矿田中各类脉状矿体也均富氟,伟晶岩脉、钨锡长石石英脉和萤石锂云母脉分别含氟为1.64%,3.30%和2.5%(徐启东等,1988)。

丹池成矿带内的燕山期花岗岩类既富硼亦富氟,这也许是在大厂形成超大型锡多金属矿床的重要因素之一。在拉么-龙箱盖花岗岩体和芒场深部的隐伏花岗岩体中,都可以发现电气石的普遍存在。电气石既有分散状,也有呈包体或串珠状的包体形式。全岩的岩石化学分析表明, $B_2O_3$ 含量可达 $119 \times 10^{-6}$ — $331 \times 10^{-6}$ (徐珏,1988;李大德等,1987;陈毓川等,1989<sup>[4]</sup>),个别样品可达2%(刘锦珍,1987),如果考虑电气石包体,那么 $B_2O_3$ 含量整体可达1%左右。大厂黑云母花岗岩含氟0.29%—0.58%,芒场花岗岩含氟平均为0.49%(王思源等,1990)。而两个岩体中的黑云母分别含氟1.51%—3.12%(傅金宝等,1987)和1.67%—2.18%(王思源等,1990)。在夕卡岩中,斧石、硅硼钙石及电气石均有存在。由因果关系所决定,丹池地区的锡多金属矿体也普遍含有电气石。在沿层交代的似层状矿体中,电气石晶体细小,相对富镁;在脉状矿体中,电气石结晶粒度稍粗,且相对富铁。丹池矿带中的含氟矿物在夕卡岩阶段有黄玉和金云母,在热液成矿阶段表现为萤石。萤石是大厂矿田钨-铋、钨-钼矿体的重要脉石矿物之一。

从成矿作用中氟和硼的分布来看,也可以发现晚期成矿物质对早期成矿物质的继承关系。如由于四堡期、雪峰期的成矿作用先后发生于九万大山-元宝山地区,因而尽管两者的成矿方式截然不同,但矿化体和矿体中均以富硼为特点。这显示出成矿物质的继承关系。此外,在雪峰期锡多金属矿体中的含氟矿物和含氟量均有增加,这说明了多旋回成矿作用的演化方向。在印支末期-燕山期,壳源花岗岩浆活动频繁,成矿作用亦然。花岗岩及有关矿床中参与成岩成矿的氟的含量相对于雪峰期呈增高趋势。在空间上,从西部到东部F/B值升高。这一分布特点在一定程度上反映出对古老地质体的继承作用。在



老地块之上, F/B 值变化恰好也有此分布规律。在西部的宝坛矿田, 成矿类型以电英岩型为主, 到东部的九毛矿田则以锡石硫化物矿化为主, 后者含氟矿物如萤石、金云母及黄玉等大幅度增加。再向东到加里东期的牛塘界白钨矿矿床及有关花岗岩, 氟的含量进一步增高, 并在钨矿床周围形成一系列萤石矿床。

由以上讨论可知, 氟、硼元素性质活跃, 易于活化和再循环, 并与成矿关系密切。其演化方向在一定程度上反映了桂北地区成矿作用的演化规律。

### 3.4 主要成矿元素的时空演化特点

#### 3.4.1 锡、钨、铌、钽、钼、铍元素组

桂北地区从雪峰期到燕山期, 各成矿时期都显示出西部富锡、东部富钨的规律。雪峰成矿期在古陆西部的九万大山-元宝山地区, 锡多金属矿床均以锡为主, 钨矿化少量出现于黑云母花岗岩体的内接触带。就同一地区而言, 东侧的九毛矿田比西侧的宝坛矿田钨储量高出数倍。加里东成矿期在本区的东部亦显示以钨为主, 产有牛塘界白钨矿矿床以及加里东期花岗岩体周围的一系列规模较小的钨、锡、铜矿床。燕山成矿期在褶皱带西部的丹池成矿带中锡的储量占有绝对优势, 而钨矿化仅出现于早期云英岩化带内及最晚阶段的钨-铌成矿期内。在东部的富贺钟成矿区, 仅在姑婆山矿田中, 钨与锡之比近乎 1:1,

	第一构造成矿旋回		第二构造成矿旋回		第三构造成矿旋回		
成矿元素	四堡期	雪峰期	雪峰期	加里东期	海西末期 —印支期	印支期— 燕山早中期	燕山晚期
Sn							
W							
Mo							
Bi							
Nb							
Ta							
Cu							
Pb							
Zn							
Co							
Ni							
Sb							
Hg							
Ag							
F							
B							
Cl							
岩浆岩	镁铁质— 超镁铁质岩 (幔源)	黑云母 花岗岩 (壳源)	镁铁质— 超镁铁质岩 (幔源)	黑云母 花岗岩 (壳源)	花岗闪长岩 (壳—幔源)	黑云母 花岗岩 (壳源)	黑云母 花岗岩 (壳源)

图2 桂北地区主要成矿元素在地质历史中演化示意图

Fig. 2 Diagram showing the evolution of the major mineralizing elements through geological history in the northern Guangxi

其它如珊瑚矿田和栗木矿田,钨则是主导的成矿元素。

铌、钽(锂、铍)矿化主要出现于富贺钟地区,尤以栗木矿田最为集中。在越城岭和苗儿山地区也有少量的铌和钽矿化。而钼矿化仅见于芒场矿田隐伏花岗岩的隆起部位。铋矿化主要在大厂矿田,形成于锡石-硫化物-硫盐阶段中。

在地质历史演化过程中,越到晚期,锡、钨、铌、钽的矿化作用强度和范围不断地增强和扩大(图2)。

### 3.4.2 铜、钴、镍和锌元素组

在桂北地区,钴和镍成矿仅出现于前寒武纪。在四堡期和雪峰期拗陷槽内,发育有铜-镍-钴硫化物矿床;以四堡群为围岩的雪峰期锡多金属矿床不仅含有数万吨铜储量,而且钴、镍和锌也相当富。辉钴矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿和闪锌矿在该成矿系列的锡石硫化物期经常可以见到。铜元素自四堡期到燕山期,总体成矿作用逐渐减弱(图2)。虽然在丹池成矿带燕山晚期铜仍具有一定的储量,但其规模与锡是无法比拟的。锌的成矿作用尽管也出现于各个地质时期,但演化特点与铜有些不同。在前寒武纪,锌可以作为伴生组分回收,含量从万分之几到千分之几,但终未构成独立矿床。而在海西末期一印支期则与铅一起形成了泗顶、北山、老厂等一系列矿田。这种突变的元素地球化学演化现象可以称之为地球化学演化的结点。在之后的成矿时期中锌一直保持着高成矿几率,到燕山末期,在丹池成矿带,锌的储量达到各时代之冠。

### 3.4.3 铅、铋、汞和银元素组

在桂北地区的各个与花岗岩类有关的矿田中,铅、铋、汞矿床或矿化均位于成矿空间分带的最外带或成矿的晚期。这显然说明了矿石矿物辉铋矿、辰砂、方铅矿和脆硫铋铅矿等硫盐矿物在比较低的温度条件下生成。就铅、铋、汞和银成矿历史而论,仅铋开始于雪峰期,其它元素则始于海西末期一印支期。实际上,铋在雪峰期和加里东期乃至印支期一燕山早中期均未形成较大储量的矿床,铋和汞只有在燕山晚期才生成像益兰汞矿床和大厂矿田的铋矿床、芙蓉厂铋矿床等这样一批大中型矿床。铅、银与锌虽属不同的物质来源组,但在桂北地区它们的演化具有同步性,即最初开始在海西末期一印支期成矿,到燕山晚期得到最大富集。

## 4 区域构造-成岩成矿演化规律

桂北地区地壳活动频繁,曾经历过多次构造运动。其结果不仅使地壳沉降或隆起,而且也导致不同源岩浆的形成、侵位或喷发,相应形成五个有关的矿床成矿系列,其中一个含有二个亚系列(表1)。其生成时代与基本特点示于图3。

在早元古代,湘桂黔原始古陆中曾经历过一个走向东西的大陆裂陷槽演化阶段。沿裂陷槽内的深断裂有大量的镁铁质-超镁铁质岩浆喷溢至海底并伴生有一系列同生层状铜-镍-钴硫化物矿床和锡-钨矿化体。岩石、矿床、地球化学及同位素等特征均表明,宝坛地区的镁铁质-超镁铁质熔浆及科马提质岩浆在喷溢至海底前曾于下地壳(太古界?)经历了强烈的同化混染作用,致使岩石的性质和特点得到较大的改变。此外,在四堡运动末期,同生的铜-镍-钴硫化物矿体中的成矿元素在变质作用过程中经活化、转移和沉淀,形成了一些规模较小的铜-镍硫化物矿脉,并叠加于原生矿体的附近。这些由不同成矿机制

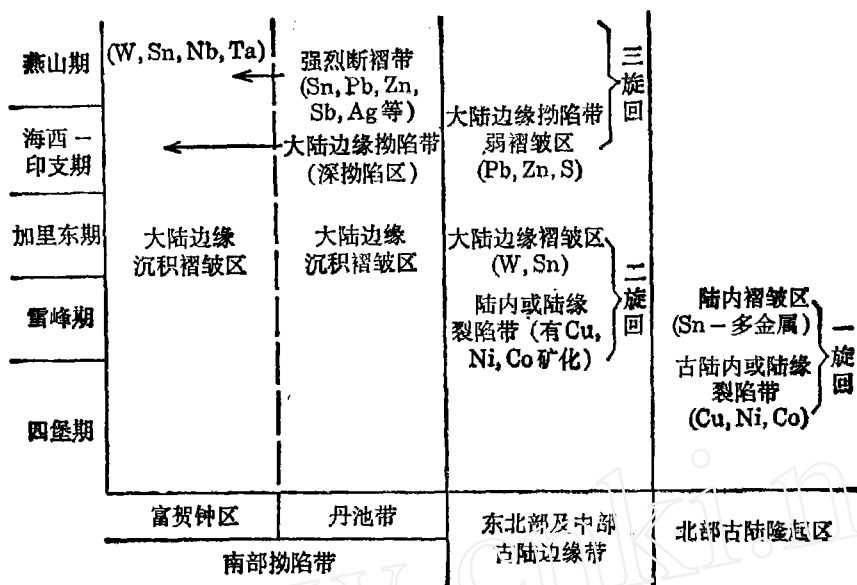


图3 桂北地区构造演化与成矿关系示意图

Fig. 3 Diagram showing the relationship of tectonic evolution to metallogenesis in the northern Guangxi region

形成的不同形态的矿床及矿化体在时空上的有序分布和有机联系, 构成了桂北地区最早的矿床成矿系列。在元古代晚期, 扬子泛古陆已基本形成, 在湘桂黔一带表现为地壳北北东向的开裂和闭合式运动。当时, 古陆边缘的龙胜-马海地区是一个北北东向的裂陷槽, 其内有厚达几百米的镁铁质-超镁铁质喷出岩和超浅成岩, 与之共生的是一套铜-镍硫化物矿化。正是由于龙胜一带的张裂, 导致其东西两侧地壳受挤压形成近南北向隆起, 并在西部的九万大山-元宝山地区有大量的壳源黑云母花岗岩岩浆形成并分四个阶段向上侵位。随着分异作用的持续进行, 两次晚阶段上侵的岩浆形成典型的含锡黑云母花岗岩。一系列锡、铜、铅、锌(钨、铋)矿床则围绕黑云母花岗岩呈有序分布。在加里东期, 桂东北-富贺钟地区曾是古大陆边缘区, 当受到北东向压应力作用时, 龙胜裂陷槽首先闭合, 然后在其东部的桂东北-富贺钟一带由下元古界及更老地层的重熔而生成壳源黑云母花岗岩。该期黑云母花岗岩的代表性岩体有越城岭、苗儿山、都庞岭及新寨岩体, 它们的最大特点是岩性较单一, 分异演化较差。尽管在这些岩体的周围也有钨、锡、铜矿化, 但仅有牛塘界一处构成矿床。当地壳演化到海西早期, 古陆南部边缘大幅度拗陷下沉, 沉积了厚度巨大的碳酸盐岩; 至海西晚期-印支期, 受印支运动的影响, 该拗陷槽回返成陆, 伴随一些深源花岗闪长质岩浆的生成和侵位。该期岩浆来源深, 侵位深度大, 与之有关的矿产为铅、锌及硫、铋等。从东向西, 岩体侵位愈深, 矿石含银丰度愈低, 硫同位素均显示为比较典型的岩浆来源。从印支末期以后, 受环太平洋构造运动的影响, 在富贺钟和丹池两地区发生强烈的构造-岩浆活动。下元古界及更老地层重熔生成黑云母花岗岩岩浆。这些岩浆经过多阶段分异演化和上侵定位, 形成了一系列稀土、钨、锡多金属矿床。由于上述两个地区

岩浆组分有一定的差异性,成矿组合也有所不同。前者与湘赣粤地区相似,岩浆以富钠和氟为特点,其成矿元素组合为稀土、铌、钽、钨、锡及铜、铅、锌和铋;以岩体为中心,成矿分带为:铌、钽、稀土、钨、锡→钨、锡、铜、铅、锌→钨、铋矿化。后者与个旧地区类同,岩浆富钾、硼和氟,成矿元素组合为锡、铅、铋、银及钼、钨、铜、砷、汞等;以岩体为中心的矿化分带为:钨、锡、钼、铜、铋→锡、铅、铋、银→铅、铋、银→铋、砷、汞(钨)。

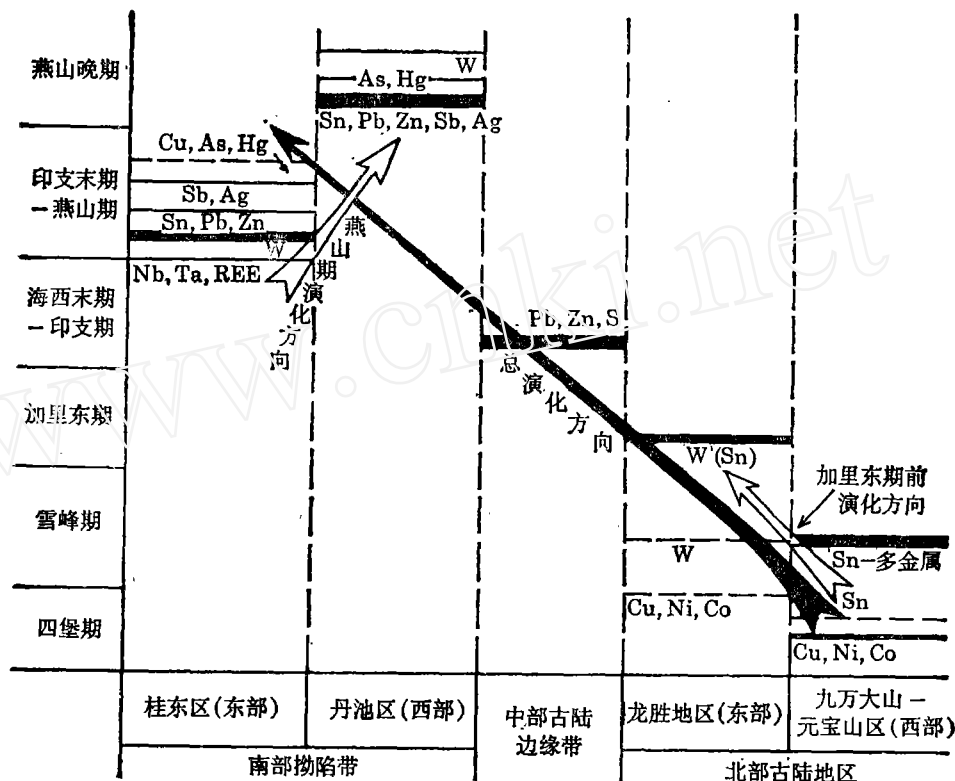


图4 桂北地区成矿的时空演化示意图

Fig. 4 Spatial-temporal evolution of the metallogenesis of the northern Guangxi region

在桂北地区,成矿作用可以分为三个大旋回(图3)。第一旋回表现在北部古陆隆起的九万大山-元宝山地区,四堡期为一个开张的裂陷槽环境,形成与超镁铁质火山岩有关的铜、镍及钴、锡矿床成矿系列;雪峰期为一受挤压环境,形成与壳源黑云母花岗岩有关的锡、铜及铅、铋、银、钨、铜、砷、汞、钼矿床成矿系列随之形成。总的来看,桂北地区的成矿作用在时间上具有多旋回螺旋式上升的演化规律。对于各旋回而言,从早到晚,成矿物质从慢

源或以幔源为主到壳源,成矿元素组合和由其所生成的矿物组合由少到多;从整个地质历史演化方面着眼,幔源组成也是趋向减少,壳源组成逐渐增多,成矿组分趋于复杂。成矿作用在空间上显示出从古老基底向外迁移,即前寒武纪从西向东递变,显生宙从北向南过渡,燕山期又由东向西演化。由于桂北地区是一个富锡的地球化学场区及古老基底对成矿的制约作用,因而锡元素以不同形式多次成矿,表明了成矿的继承性。桂北地区成矿的时、空演化规律示于图 4。

桂北地区位于扬子地块与华南褶皱系的衔接部位,其成岩成矿的时空演化特征无疑是华南地区成岩成矿规律的一个缩影。

在本项研究过程中,广西地质矿产局及有关地质队给予了有益的配合和支持,笔者值此一并致谢。由于版面限制,不少引文在参考文献中未能一一列出,特致歉意。

### 参 考 文 献

- 1 陈毓川,华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列. 矿床地质, 1983, 2(2): 15—24.
- 2 陈毓川,黄民智,徐珏,艾永德,李祥明,唐绍华,孟令库. 大厂锡石-硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列. 地质学报, 1985, 59(3): 228—240.
- 3 陈毓川,黄民智等. 大厂锡矿地质. 北京: 地质出版社, 1993.
- 4 陈毓川,裴荣富,张宏良等. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 1989.
- 5 赵子杰,袁忠信,郑基登,高秉璋. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用. 北京: 地质出版社, 1989.
- 6 涂光炽. 广西大厂矿床成因兼论锡石硫化物矿床形成条件. 锡矿地质讨论会文集. 北京: 地质出版社, 1987. 105—109 页.
- 7 曾元孚,郑荣才,徐新煌. 广西泗顶-古丹铅锌矿田的地质特征和矿床成因及成矿预测. 智力开发丛刊, 1986, (1): 1—116.
- 8 胡云中等. 桂北地区地层及锡矿带地球化学. 北京: 北京科学技术出版社, 1990.
- 9 郭文魁. 论锡的成矿问题. 锡矿地质讨论会文集. 北京: 地质出版社, 1987. 1—4 页.

## THE EVOLUTIONARY HISTORY OF METALLIC DEPOSITS IN NORTHERN GUANGXI, CHINA

Chen Yuchuan, Mao Jingwen and Wang Ping'an

(Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

### Abstract

Northern Guangxi is located in the transitional belt between the Yangtze platform and the South China fold system. The ore-forming process in the region developed throughout the geological history from the Precambrian to Yanshanian in different degrees. During the Early Proterozoic, a group of Cu-Ni (Co) sulfide deposits and some Pt-Pd mineralization occurrences associated with mafic-ultramafic magmatism as well as tin mineralization related to submarine exhalation (about 2219 Ma B. P.) occurred in/near the intrusive-volcanic complex in the Jiuwandashan-Yuanbaoshan area of the north part of the studied region. Then the Xuefengian (Late Proterozoic) tin polymetallic mineralization (900 to 700 Ma B. P.) associated with biotite granite of crustal anatexis-type extensively developed in the same area as above. The mineralization exhibits a zoning of metallic elements, i. e. the Sn-W zone, Su-Cu zone, Cu-Pb-Zn zone and Sb zone from the granite intrusion outwards. In the same period, Cu-Ni sulfide mineralization related to mafic-ultramafic magmatism occurred in the Longsheng-Mahai area of the northeast part of the studied region, which strikes in a NNE direction. But deposits of economic value have, up to today, not been found there. After then, a series of W, Sn and Cu deposits associated with Caedonian granitic magmatism originated by remelting of the crust around the Yuechengling and Miao'ershan intrusions east of the Longsheng-Mahai area. Pre-Caledonian mineralizations occurred in the Yangtze platform. Henceforth, all the metallic mineralization developed in the South China fold system. First of all, a lot of Pb, Zn, Ag, Sb, (Hg), and pyrite deposits represented by the Laochang, Siding and Beishan deposits are distributed in a depression zone on the south margin of the Yangtze platform. Geophysical studies indicate that several blind granite intrusions exist beneath the major base-metal ore deposits. The orebodies therein occur in the stratified form or as veins. After then, the strongest mineralization occurred in the area outside the depression zone mentioned above. The mineralization of this period ore characterized by Sn, W polymetallic deposits and are mainly distributed in the Fuhezong area and Danchi area. Several crust-derived granite intrusions range in age from 240 to 88 Ma, which are considered to be emplaced in the Guidong depression area in the southeast of the studied region. W, Sn, Nb, Ta, REE, Zn and Sb deposits of porphyry type, skarn type, and hydrothermal vein type are distributed in endo-or exocontact zones of the granite intrusions. These groups of deposit also show mineralization zoning, i. e. Nb-Ta-REE, W-Sn and Zn-Sb zones centered around the granite intrusions outward. Late Yanshanian tin polymetallic deposits are distributed in the Danchi depression zone striking NNW in the

southwest of the studied region. The orebodies are either stratoid or vein-like. In terms of time, the mineralizations can be divided into those of skarn-greisen stage, cassiterite-sulfide stage and tungsten-antimony stage. Mineralization zoning around the late Yanshanian crustal granite intrusions (ranging in age from 149 to 80 Ma) shows consequent zoning, i. e. the Cu-Zn-Mo-W, Sn-Pb-Zn-Ag-Bi, Zn-Pb-Sb-Ag and Hg zones and reversed zoning of W and Sb. As there occurred multistage structural activities, carbonate rocks acted as host rocks and the granite intrusions experienced strong differentiation and less disintegration. Several giant deposits, such as the Dachang and Mangchang deposits, were formed and are preserved there.

On the whole, the metallogenesis in the northern Guangxi region shows a polycyclic spiral development regularity throughout the geological history. As far as each circle is concerned, mantle-derived substances were reduced while crust-derived substances increased and ore elements became more and more varied from early to late. As for the whole geological evolutionary history, the mantle-derived substances gradually got less, while crust-derived ones became more plentiful. In terms of space, the metallogenesis exhibits migration from west to east in the Yangtze platform during the Precambrian and from north to south away from the platform during the Phanerozoic. Because the northern Guangxi region is one enriched in tin polymetallic elements, these elements form deposits again and again in different ways throughout the geological history, which, to some extent, explains metallogenic inheritance.

**Key words:** metallogenic series, evolutionary of metallogenic history, metallogenic model, rare-nonferrous metal deposits

#### 作 者 简 介

陈毓川, 生于 1934 年 12 月, 浙江省人。1959 年毕业于前苏联顿茨聂克工学院。现任中国地质科学院院长、研究员。多年从事矿床学研究。通讯处: 北京市百万庄 26 号, 中国地质科学院, 邮政编码: 100037。