# 广西珊瑚钨锡矿田 成矿地球化学机理及成矿模式

## 宋慈安

(桂林冶金地质学院地质矿产勘查系)

摘 要 珊瑚钨锡矿田产出有钨锡石英脉、钨锑萤石石英脉和含钨石英角砾 脉 3 种类型。以长营岭隐伏花岗岩为中心,自东往西、自深部到浅部形成单 侧水平分带和垂向分带,它们属同一成矿系列。成矿时,成矿流体由富含 W, Sn 等成矿元素及 F, B 等运矿元素的高中温、酸性、高  $\kappa_2$ 、低  $\kappa_2$ 、类 硫酸盐型的岩浆水,逐渐转化为有地下水掺和的富含 C!、中低温、弱酸-中 性、高  $f_{02}$ 、低  $f_{02}$ 、类氯化物型的混合流体。成矿物质由岩浆提供逐新转化 为主要由地层提供。该成矿系列的形成是成矿流体不断演化的结果,属多源 多因复成矿床。

主题词 钨矿床;锡矿床;成矿系列;成矿机理;成矿模式;广西;珊瑚 分类号 P 594.1; P 611

0 引 言

在广西珊瑚钨锡矿田长营岭钨锡石英脉矿床的成矿物理化学条件、矿床和原生晕分带 形成的动力学机制研究<sup>(1,2)</sup>的基础上,根据近几年来的研究成果,从矿田成矿系列的角 度出发,讨论本区成矿流体的成分、化学类型、成因类型和物理化学性质的演化、成矿物 质的来源等地球化学机理,并初步建立地球化学成矿系列模式。

1 矿田地质概况

珊瑚钨锡矿田大地构造位置属东南地洼区赣桂地洼系湘桂地穹列。矿田出露地层主要为: 泥盆系上统桂林组灰岩 (D<sub>3</sub>k)、中统东岗岭组灰岩 (D<sub>2</sub>d)、下统郁江组砂、页岩 (D<sub>2</sub>y)、那高岭组页岩 (D<sub>1</sub>n)、和莲花山组砂岩 (D<sub>1</sub>l)。矿田内唯一出露的岩体为盐田岭 花岗岩株,形成于燕山晚期,属 S·型,具有区域上成矿花岗岩的"四高三低"特征,即高 酸度、碱度、挥发分和 W, Sn 等成矿元素;低基性元素,氧化系数和 Cu, Mo 元素。据 在浅部揭露的长石脉,高地磁、低重力,热变质带的研究,推测在长营岭深部-900 m 标 高存在着隐伏花岗岩体 <sup>(3)</sup>.<sup>(2,2),2)</sup>。矿田控矿构造主要为 NE 向断裂。

<sup>1992</sup>年10月9日收稿, 1993年2月22日改回。

作者简介:宋慈安,男,1948 年出生,副教授,地球化学专业。

①王玉梅,珊瑚钨锡矿出重磁异常特征及成矿顶测。1990; 2.姜德厚,珊瑚锡矿热接触变质、热液蚀变和 矿化作用研究。1988; 3772雄,珊瑚长营岭一八步岭地段成矿模式的研究报告,1988

矿田内矿床(点)主要有 3 种类型 (表 1),即钨锡石英脉型、钨锑萤石石英脉型和含钨 石英角砾脉型 (以下简称钨锡型、钨锑型和含钨角砾型)。从 3 类矿床的空间分布 (图 1)和地质特征可知,它们基本上被控制在 NE 向的 F<sub>1</sub>和 F<sub>3</sub>组成的断裂带之间,以长营 岭隐伏花岗岩为中心,自东往西,自深部到浅部形成了由钨锡型→钨锑型→含钨角砾型的 单侧水平分带和垂直分带。其矿石的矿物共生组合、元素组合、围岩蚀变由复杂到简单, 呈现有规律的变化。





Fig.1 Geological sketch map of the Shanhu W-Sn ore field 1一东岗岭组~桂林组灰岩; 2一那高岭组~郁江组砂页岩; 3一莲花山组砂岩; 4一背斜; 5一断裂; 6一出露的花岗岩体; 7一隐伏的花岗岩体; 8一钨锡石英脉 型矿床; 9一钨锑黄石石英脉型矿床; 10--含钨石英角砾脉型矿床

2 成矿流体成分和成因

#### 2.1 流体的化学成分和比值

表2可知,从钨锡型→钨 锑型→含钨角砾型, Na<sup>+</sup>,  $Mg^{2+}$ , F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及F<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>,  $SO_4^{2-} / Cl^-$ ,  $SO_4^{2-} / F^- + Cl^-$ 逐 渐降低, 而 K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, CO<sub>2</sub> 及  $K^+$ / Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>/ Mg<sup>2+</sup>,  $K^{+}+Na^{+}/Ca^{2+}+Mg^{2+},$  $CO_2$  /  $CO_3$  /  $CO_2$  /  $CH_4$ , CO<sub>2</sub>/CO+CH<sub>4</sub>逐渐增高。F 和 Cl 是 W, Sn 的主要"运矿 元素",可同W,Sn形成络 合物进行搬运,如  $(WO_{2}F_{4})^{2-}$ ,  $(WO_{3}F_{2})^{2-}$ , WO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>和WOCl<sub>4</sub>; (Sn(F<sub>6-x</sub>) OH,)<sup>2-</sup>和 (SnCl<sub>6</sub>)<sup>2-</sup> 等<sup>〔4〕</sup>。流体中 F 和 Cl 相对 比例有可能导致 W, Sn 搬运 形式的改变。从钨锡型→钨锑 型→含钨角砾型, 流体中的 F 锐减, 而 Cl<sup>-</sup>的比例相对增 大, 说明前者的 W, Sn 主要 以氟的络合物搬运,而后者则

主要以氯的络合物搬运。同时,以上比值的变化也反映了流体本身性质的变化。如 $CO_2/CO, CO_2/CH_4, CO_2/CO+CH_4$ 的增大,说明流体由相对还原向相对氧化演变; K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>的增大,说明流体由相对酸性向碱性质变。

### 2.2 流体水的化学类型

美国黄石公园等火山活动区热泉水及火山湖水的化学成分代表了岩浆流体成分,其阴 离子成分以富含 SO<sup>2-</sup>,F<sup>-</sup>为特征,属于硫酸盐型水。美国萨尔科湖热水以及在红海海槽 中谷凹地发现的 3 个海下热水池被认为是和地下水有关的卤水,其阴离子成分富 CI<sup>-</sup>,属

377

桂林冶金地质学院学报

类型	地点	赋矿地层	与隐伏岩 体 距 离 (km)	矿体的产状和形状	矿物共生组合	元素组合	围岩蚀变
钨 锅 英 型	长营岭	D <sub>2</sub> d 灰岩 D <sub>1</sub> y 砂 页 岩 D <sub>1</sub> n 页岩 D <sub>1</sub> l 砂岩	0~0.5	产于 F <sub>1</sub> 下盘次级张扭性裂隙 中。走向 NE, 陡 SE 倾为 主。700 余条矿脉构成长 2.5 km, 宽 0.6~1 km 的矿化 带,组成4 个密集的脉组,其 中工业矿脉 200 余条。矿化区 标高 275~~700 m。	<ul> <li>黒钨矿、锡石、白钨</li> <li>矿、黄铁矿、毒砂、闪</li> <li>锌矿、磁黄铁矿、黄铜</li> <li>矿、方铅矿、绿柱石、</li> <li>白云母、萤石、黄玉、</li> <li>电气石、石英、菱铁</li> <li>矿、菱锰矿、白云石、</li> <li>方解石等</li> </ul>	W,Sn,F, As,B,Be, Cu, Pb, Zn, Ag Bi, Mo, Cd,Ga 等	<b>萤气化化矿石盐毋</b> 石石、、化化矿石盐 一、、、、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、
钨萤 石 英 型	杉 冲 至 门 冲	D <sub>I</sub> n 页岩	1~2	产于层间剥离和破碎岩石中。 主要呈似层状、透镜状,少量 脉状。走向 NE,缓 SE 倾为 主,20 余条矿脉组成长 2 km,宽0.5 km 的矿化带。矿 化区标高 300~450 m。	辉锑矿、 黑钨矿、 毒 砂、白钨矿、黄鉄矿、 萤石、白云母、石英、 方解石、白云石、重晶 石、天青石	Sb,W,F, As,B,Zn, Sr, Ba	硅 化 、 黄 铁 矿 化 绢 云 毋 化
<b>含石</b> 石 所 取 型	八步 岭至 九华	D <sub>i</sub> l 砂岩	2~4	产于 F <sub>3</sub> 上盘次级张性裂隙 中。矿脉形状极不规则。单脉 在走向倾向上延伸均小,走向 NW,陡 NE或陡 SW 倾。但 矿带在总体上呈 NE 向展布。 矿化区标高 450~790 m。	钨铁矿、 黄铁矿、 石 英、赤铁矿、褐铁矿、 方解石、白云石、石膏	W, Cu, Sr, Ba	硅化

表1 珊瑚矿田主要矿床类型的地质特征

Table 1 The geological characteristics of the principal deposit types in Shanhu W-Sn ore field

表 2 不同矿床类型石英包裹体成分含量<sup>①</sup>及其比值

Table 2	Contents and	ratio of the fluid	l inclusions of	f quartz in different	deposit types
---------	--------------	--------------------	-----------------	-----------------------	---------------

序号	<b>K</b> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	C1 <sup>-</sup>	SO4 <sup>2-</sup>	CO2	со	СН₄	H <sub>2</sub> O
1	3.00	3.90	16.31	10.70	6.00	13.30	12.23	23.37	15.80	060	1967
2	3.22	3.18	27.66	0.35	0.28	5.30	1.95	42.32	1.57	0.56	976
3	5.69	1.39	37.91	0.16	0.24	7.74	1.64	37.70	1.88	0.30	807
4' <sup>2</sup>	61.00	243	6.53	0.00	806	408	454.00				
5	17500	50400	28000	54.00	15	155000	5.40				
6	978	11615	862	0.00	-	21093	0.00				
7	735	11201	1611	0.00	-	20057	0.00				
8	1260	92900	4700	824.00	0.05	155420	> 46				
	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	К <sup>+</sup> +	Na <sup>+</sup>	F <sup>-</sup>	SO4	SO4	co,	со	2 0	20,
序号	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +	Mg <sup>2+</sup>	<u>cı</u>	$F^{+} + Cl^{-}$	CI	co	СН	, co	+ CH <sub>4</sub>
1	0.77	1.52	2.5	6	0.45	0.64	0.93	1.48	38.9	95	1.43
2	1.01	79.03	3.3	13	0.05	0.34	0.34	27.74	74.6	57	20.10
3	2.94	236.94	5.7	14	0.03	0.21	0.21	20.05	125.	67	17.3
4	0.25	> 6.50	46.	77	1.98	0.37	1.11				
5	0.38	518.52	2.4	2	0.001	0.001	0.001				
6	0.08	> 862	15.	25	0.00	0.00	0.00				
7	0.07	> 1611	7.4	4	0.00	0.00	0.00				
8	0.01	5.70	17.	03 <	0.0001	0.0003	0.0003				

表中序号: 1--钨锡石英脉型; 2--钨锑萤石石英脉型; 3--含钨石英角砾脉型; 4--美国黄石公园火山水 (据 D. E. White, 1963); 5--萨尔冬地下热水; 6--太平洋 E. P. R21°N; 7--Calapagos; 8--"发现" (5, 6, 7, 8 据 A. H. 布朗洛, 1981). ①桂林矿产地质研究院分析室分析(1~3 号样),单位×10<sup>-4</sup>; ②4, 5, 6, 7, 8 号样的单位为×10<sup>-6</sup>.

378

氯化物型水<sup>(5)</sup>。姜齐节(1980)提出"高纯氯化物卤水"的概念,认为这种流体 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup>,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>均<0.01,且F<sup>-</sup>的含量低<sup>(6)</sup>。在流体的阴离子成分三角图解中 (图 2),岩浆流体位于SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Cl<sup>-</sup>线靠近SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的部位,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup>>1。而地下热每水位于

CГ的端点上, SO<sup>2-</sup>/CГ<0.0003。本 区不同矿床类型石英包裹体阴离子成分 范围均落在岩浆流体与地下热卤水之 间,说明它们具有混合过渡的性质。从 钨锡型→钨锑型→含钨角砾型,岩浆水 的成分逐渐减少,而地下热卤水的成分 逐渐增多,从流体水的化学类型来说, 则是由类硫酸盐型水向类氯化物型水演 化。

#### 2.3 流体的成因类型

张理刚(1985)根据水溶液的氢氧同 位素组成将成矿流体划分为5种成因类 型(图3),并指出和钨锡成矿有关的中酸 性岩浆中的挥发分直接在岩浆结晶过和 中富集形成的流体──"钨锡系列初始 岩浆水",并不形成具有重要工业价值 的矿床,而只有当这些流体与已固化的 或亚凝固的花岗质岩石发生再交换(碱 质交代),才能形成富集W,Sn的"再 平衡岩浆水",从而形成具有工业意义



图 2 不同矿床类型石英包裹体中 阴离子成分图解

Fig.2 The negative ion triangular diagram for the fluid inclusions of quartz in different deposit types
图中: 1-钨锡型; 2--钨锑型; 3-角砾型;
1-岩浆流体成分(据美国黄石公园等几处火山活动区 热泉水); I一地下热卤水

(据萨尔冬地下热水,大西洋11号,"发现"等海下热水池)

的矿床<sup>(7)</sup>。由表 3 与图 3 可知,钨锡型流体的 δ<sup>18</sup>O 和 δD 大部分落在"再平衡岩浆水"范 围之中,说明流体主要来自岩浆。钨锑型流体和大气降水的深循环水(δ<sup>18</sup>O-16~ +25‰; δD-25~-125‰<sup>(5)</sup>)具有某种相似性,但又有部分落在"初始岩浆水中",表明 其属于一种混合水。含钨角砾型流体部分与"初始岩浆水"和"再平衡岩浆水"相重合,又大 部分超出它们之外,分布于变质(分泌)水中,表明其属于一种更复杂的混合水。

表 3 不同矿床类型石英包裹体液相氢氧同位素组成

Table 3	The compositions of H a	nd O isotopes of the fluid inclu	usions of quartz in different deposit types
---------	-------------------------	----------------------------------	---

	δ <sup>18</sup> O(‰	)	δD(‰)	
矿床类型	变化范围	平均值	变化范围	平均值
	9.56~12.94	11.24	-44.3~-58.1	-51.2
钨锑萤石石英脉型	11.44~11.67	11.56	-44.1~-147.1	-95.6
含钨石英角砾脉型	7.21~17.54	12.21	-47.1~-62.7	-54.9

有色矿产地质研究院同位素室分析。



图 3 成矿流体的氢氧同位素组成<sup>(7)</sup> Fig.3 The compositions of H and O isotopes of the ore-forming fluid 1-钨锡型; 2-钨锑型; 3-角砾型

## 3 成矿流体的物理化学性质

3.1 温度

钨锡型石英均一法和爆裂法温度分别为 294~209℃ (平均 245℃)和 317~280℃ (平均 296℃)<sup>(1)</sup>。本文测得钨锑型和角砾型石英爆裂法温度分别为 250~210℃和 230~ 185℃ (该二类型石英包裹体仅 0.2~5µ,无法测得均一温度)。若以钨锡型爆裂法和均一 法温度之差 50.5℃作为参考,则可大致估计出钨锑型和含钨角砾型流体的温度分别为 200 ~180℃和 180~135℃。

3.2 压力

用闪锌矿压力计求得钨锡型流体成矿的总压力为 89MPa<sup>(1)</sup>。假定压力完全是由上覆 岩层压力所致,并按 0.025MPa/m 的增压率反推,则可根据各类型矿化区间的平均标高 估算它们的流体压力。据表 1 取钨锡型、钨锑型和含钨角砾型矿化平均标高分别为-212 m、375 m 和 620 m,并认定钨锡型-212 m 标高的压力为 89MPa,可估计出钨锑型和角 砾型流体压力分别为 74 MPa 和 68 MPa。

3.3 氧逸度 (fo<sub>2</sub>) 和硫逸度 (fs<sub>2</sub>)

从钨锡型→钨锑型→含钨角砾型, 矿化深度变浅; 矿石的矿物组合中硫化物减少, 硫酸盐矿物和铁的氧化物出现, 石英包裹体的 CO<sub>2</sub> / CO 和 CO<sub>2</sub> / CH<sub>4</sub> 增大, 均表明成矿 环境由相对还原向相对氧化转化。表现为  $fo_2$  增高,  $fs_2$  降低。用石英包裹体中  $C_{CO_2} / C_{CH_4}$ 的 log $fo_2$ -T图解法和闪锌矿硫逸度计求得钨锡型流体的  $fo_2$  和  $fs_2$ 分别为 10<sup>-33</sup> ~ 10<sup>-41</sup>Pa 和 10<sup>-11</sup>~10<sup>-15</sup>Pa<sup>(1)</sup>。利用石英包裹体中 $C_{CO_2} / C_{CH_4}$  (表 2)的 log $fo_2$ -T图

380

解法和闪锌矿硫逸度计求得钨锡型流体的  $fo_2$ 和  $fs_2$ 分别为  $10^{-23} \sim 10^{-40}$ Pa 和  $10^{-30} \sim 10^{-37}$ Pa.在钨锑型和角砾型矿石中无闪锌矿出现,无法用闪锌矿硫逸度计求取其  $fs_2$ ,故只能作出钨锑型,尤其是含钨角砾型小于  $10^{-11} \sim 10^{-15}$ Pa 的定性估计。

#### 3.4 酸碱度 (pH)

据图 4、黄铁矿在 Eh-pH 很宽广的范 围内稳定,而磁铁矿、磁黄铁矿和赤铁矿的 稳定场则较狭小。随着流体氧化电位的增高 或碱性的增强,将发生黄铁矿+磁黄铁矿→ 黄铁矿+磁铁矿→黄铁矿+赤铁矿的有规律 的更替。检查本区各类型矿床中铁的矿物相 (表 1)可知,从钨锡型→钨锑型→含钨角 砾型,流体是由相对还原(酸性)向相对氧 化(碱性)演化的。用硅化-绢云母化平衡 反应求得钨锡型 pH 值为 4.8~6.1<sup>(1)</sup>。本 次亦用此法求得钨锑型 pH 值为 5.3~6.9。 含钨角砾型的 pH 值应更高(推测>7)。

4 成矿物质来源分析

#### 4.1 区域钨锡"矿源层"

珊瑚矿田区域地壳演化经历了地槽、地 台和地洼 3 个阶段。区域地槽构造层(震旦 系、寒武系) 富 W (9.16×10<sup>-6</sup>) Sn (2.63× 10<sup>-6</sup>),具有"深源矿源层"的特征地台构造



 图 4 铁的硫化物和氧化物 Eh-pH 图解
 Fig.4 Eh-pH diagram for sulfide and oxide of iron I -磁黄铁矿 (Po) +黄铁矿 (Py)
 Ⅲ -磁铁矿 (Mt) +黄铁矿 (Py)
 Ⅲ -赤铁矿 (Hem) +黄铁矿 (Py)

层的泥盆系中,下统为区域钨锡矿床的赋矿层位、富W(6.4×10<sup>-6</sup>),而贫Sn(1.78×10<sup>-6</sup>),具有W的"浅源矿源层"特征<sup>(8)</sup>。区域上众多类型的钨锡矿床在时间上形成于燕山运动构造--岩浆活化期,空间上则产于燕山期花岗岩内外接触带及其附近泥盆系下统碳酸盐岩和砂页岩中。因此,燕山运动导致的构造--岩浆活化及热液叠加改造是本区钨锡迁移集中成矿的动力来源。"深源矿源层"主要为构造--岩浆活化形成富含W,Sn的岩浆奠定了物质基础,而"浅源矿源层"为热液叠加改造,使W从中活化转移富集提供了来源。

#### 4.2 稀土元素特征与矿质来源

稀土元素的特征值列于表 4,其球粒陨石标准化稀土分配模式曲线见图 5、6。 4.2.1 花岗岩和地层稀土元素特征 (1)地层的∑ REE (337.18×10<sup>-6</sup>)远高于花岗岩 (106.18×10<sup>-6</sup>)。和地壳的∑ REE (165.3×10<sup>-6</sup>,黎彤,1976)相比,地层是其 2 倍。 (2)地层的∑ Ce / ∑ Y (3.43)远大于花岗岩 (1.15),表明地层中稀土元素分馏极不明 显,而花岗岩则相反。(3)地层中 δEu 特高 (35.03)是花岗岩 (0.23)的125倍。表明 地层 Eu<sup>2+</sup>相对其他稀土元素 (+3 价)出现过剩,即出现 Eu 的正异常,这与花岗岩的 Eu 强烈亏损形成鲜明的对照。(4)在配分模式图上,地层和花岗岩都呈右倾,但花岗岩轻稀 土变化趋势相对平缓,Eu 呈明显负异常,重稀土则按原子序数的递增而递减。而地层轻 稀土变化强烈、曲线较陡,重稀土变化则较为平缓、曲线的"V"型谷浅而缓,且谷底不在 Eu, 而在 Gd.

表4 珊瑚矿田稀土元素特征值①

Table 4 REE ratio values of rocks and ores in Shanhu ore field

类型	岩矿石	5名称	ΣREE	ΣCe	ΣY	$\frac{\sum Ce}{\sum Y}$	Eu Sm	Sm Nd	$\left(\frac{La}{Yb}\right)_{N}$	$\left(\frac{\mathbf{Gd}}{\mathbf{Yb}}\right)_{\mathbf{N}}$	$\left(\frac{\dot{La}}{Sm}\right)_{N}$	δΕυ	δCe
岩体	盐田岭	花岗岩	106.18	56.89	49.29	1.15	0.08	0.33	3.58	2.11	1.52	0.23	0.80
++h	郁江组	砂页岩	470.67	280.89	89.78	4.24	0.29	0.24	15.39	1.64	5.20	52.73	0.56
뽀	那高岭	组页岩	314.62	235.66	78.96	2.98	0.23	0.21	9.64	1.10	5.40	31.18	0.60
P	莲花山	组砂岩	226.26	170.63	55.53	3.07	0.16	0.19	8.96	0.89	4.99	21.84	0.32
层	地层	平均	337.18	262.39	74 <u>.</u> 67	3.43	0.23	0.21	11.33	1.21	5.20	35.03	0.49
		锡 石	4.14	2.19	1.23	2.36	0.24	0.34	5.54	4.96	0.99	0.70	0.79
	钨锡	白云母	4.38	3.37	5.39	3.34	0.27	0.34	5.77	4.73	1.15	0.76	1.04
句.	石英	黑钨矿	27.62	7.19	20.43	0.35	0.39	0.42	0.15	0.16	1.14	0.94	0.78
	脉型®	白钨矿	203.05	73.84	129.21	0.57	0.51	0.40	0.71	0.98	0.69	1.43	0.88
石		平 均	59.80	21.83	39.07	1.65	0.35	0.38	3.04	2.70	0.99	0.95	0.87
	钨锑萤	石石英脉	70.02	48.61	21.41	2.30	0.16	0.23	19.58	2.07	5.78	8.45	0.25
	含钨石	英角砾脉	65.85	48.68	17.25	2.92	0.21	0.21	10.44	1.47	4.21	7.70	0.52

①有色矿产地质研究院分析室分析,  $\sum REE$ ,  $\sum Ce$ ,  $\sum Y 单位 \times 10^{-6}$ ; ②钨锡石英脉型单矿物稀土据刘康怀 (1990)

4.2.2 不同矿床类型稀土元素特征 把不同矿床类型稀土元素的特征值和配分曲线与花 岗岩、地层对比后发现;(1)总体上,钨锡型与花岗岩的各种特征值相似,而钨锑型和含钨角砾型与地层相似。如钨锡型的∑Ce/∑Y、Sm/Nd、(La/Yb)<sub>N</sub>,(Gd/Yb)<sub>N</sub>,δEu、δCe都靠近花岗岩;钨锑型和含钨角砾型的上述特征值都靠近地层。(2)就钨锡型 来说,从锡石/白云母→黑钨矿→白钨矿,∑REE、∑Ce、∑Y 增高,δEu 增大(从 Eu 亏损→Eu 过剩),分配曲线也由类似花岗岩逐渐变为具花岗岩和地层的双重特征。这一变 化同上述矿物从早到晚自流体中晶出的顺序有关。如前所述,本区花岗岩稀土元素具有 ∑REE 较低,分馏明显、强烈 Eu 亏损等特征。这些特征明显为早期沉淀的锡石和白云 母继承下来,表明其形成主要同深部隐伏岩体有关。白云母和锡石的∑REE 很低,这除 同花岗岩本身含∑REE 较低有关外,还可能同早期流体作用时间不长,地层中高浓度的稀土元素来不及活化进入流体有关。到了中晚期,由于流体作用时间长,有可能使地层中的稀土元素活化大量转移进入流体,而使得黑钨矿和白钨矿的∑REE 增加。(3)从钨锑型→含钨角砾型,稀土元素的大部分特征值的变化同从那高岭组→莲花山组是完全相同 的,说明这两类矿床依附于特定的层位。

综上所述,可以认为钨锡型成矿和隐伏花岗岩关系最为密切,Sn 主要来自岩浆源。 而钨锑型和角砾型成矿确实与地层有关,部分钨来自地层的活化转移,即使与花岗岩关系 密切的钨锡型,到了成矿的中晚期也有部分矿质来源于地层。





#### 4.3 硫同位素特征与矿质来源



表 5	不同矿	床类型	的硫同	位素组成
-----	-----	-----	-----	------

			δ <sup>34</sup> S (%	o)	nor +- / n / \
矿床类型	测试矿物	性品数	变化范围	平均	离
钨锡型	毒砂,闪锌矿,黄铁矿,黄铜矿	34	+1.3~-1.8	+0.23	2.9
钨锑型	辉锑矿,黄铁矿	10	+4.3~-3.1	+2.8	6.5
含钨角砾型	黄铁矿	7	+6.4~-24.1	-10.5	32.0

Table 5 The isotopic composition of ores in defferent deposit types

①样品中有 42 个据陈渤(1982), 广西 204 队(1983), 9 个样品为本文分析, 分析单位:有色矿产地质研究院。





一般花岗岩尤其是 S 型花岗岩硫同位素组成变化较大,但多数表现富 S<sup>34</sup>,并分布在 0 值附近一个较小的区间内。一般与岩浆流体有关的矿床偏离 0 值较小,变化范围较窄; 而非岩浆流体成因的矿床偏离 0 值较大,变化范围较广。热液成矿时,影响 δ<sup>34</sup>S 在时空 上变化的因素主要有 fo<sub>2</sub>、 fs<sub>2</sub>、T和 δ<sup>34</sup>S∑S 等。如随着 fo<sub>2</sub> 的增高, fs<sub>2</sub> 的降低,铁的矿 物相由黄铁矿+磁黄铁矿→黄铁矿+磁铁矿→黄铁矿+赤铁矿,其硫同位素组成由单一向变 化大而演化<sup>(5)</sup>。因此,本区硫同位组成空间变异特征即和硫源由岩浆提供逐渐变为地层 硫的加入有关,又和流体物理化学性质不断演变有关。

5 地球化学成矿系列模式

通过对矿田地质和地球化学特征的综合分析,结合区域地壳演化的规律,初步总结了 本区地球化学成矿系列模式(图7)。燕山运动导致的构造-岩浆活化,使地槽构造层(深





Fig.7 The geochemical model of minerogenetic series for Shanhu ore field 1一桂林组灰岩; 2一东岗岭组灰岩; 3一郁江组砂岩; 4一那高岭组页岩夹灰岩; 5一莲花山组 砂岩; 6一断裂; 7一钨锡石英脉型矿脉; 8一钨锑萤石石英脉型矿脉; 9一含钨石英角砾脉型矿脉; 10一隐伏岩体; 11一地下水运移方向; 12一岩浆水运移方向; 13一地下水和岩浆水混合区

源矿源层) 重熔型成含 W, Sn 较高的岩浆,当其侵位于地台构造层(浅源矿源层)时或 之后,岩浆期后热液与亚凝固或已凝固的花岗质岩石发生再交换(碱质交代),形成富含 W, Sn 等成矿元素及 F, B 等运矿元素的高中温、酸性,高 fo<sub>2</sub>,低 fo<sub>2</sub>类硫酸盐型的"再 平衡岩浆水",流体向上运移到浅部与地下水混合并萃取赋矿地层的 W 等成矿元素,矿液 向混合流体转化,逐渐形成富含 Cl 的中低温,弱酸一中性,高 fo<sub>2</sub>,低 fs<sub>2</sub>、类氯化物型 的流体。化学成分,成因类型和物理化学性质不断演化着的流体与构造脉动相耦合,在逐 渐远离隐伏岩体的不同容矿空间就位,形成了钨锡成矿系列的空间分带。综上所述,本区 成矿系列的形成是成矿流体不断演化的结果。成矿物质为多来源,Sn 主要来自岩浆,W 既来自岩浆,又来自地层。故该成矿系列属于多因复成成因。

#### 参考文献

1 宋慈安,广西长营岭钨锡矿床的成矿物理化学条件,桂林冶金地质学院学报,1990,10(1):58~69

2 宋慈安, 广西长营岭钨锡矿床原生晕分带形成的动力学机制, 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(4): 404~415

3 夏宏远、广西珊瑚锡矿床的原生分带、矿物岩石, 1986, 6(1): 67~116

4 刘英俊等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984, 234~248, 259~262

5 赵伦山等. 地球化学. 北京: 地质出版社, 1988, 254~256, 197

6 姜齐节等:论渗流热卤水成矿作用的意义与成因标志:地质与勘探, 1980, (1):1~10

7 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, 160~166

8 罗年华. 广西平桂地区地层地球化学特征与成矿的关系. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9(2): 209~217

# THE MINEROGENETIC MECHANISM AND GEOCHEMICAL MODEL OF SHANHU W-Sn ORE FIELD, GUANGXI

#### Song Cian

(Department of Exploration Geology, Guilin College of Geology)

#### Abstract

There are three types of ore deposits in Shanhu W-Sn ore field. They are the wolframitecassiterite-quartz vein, the wolframite- stibnite- fluorite- quartz vein and the ferberite- quartz breccia vein types. Taking Changyingling hidden granite as a centre they form unilateral- horizontal zoning from the east to the west and vertical zoning from the depth to the upper part. They are considered as the same minerogenetic series. During early mintralizatim period, the ore-forming fluid is characterized by similar sulfate- type magmatic water which is rich in W, Sn, F, B ect. and hypo- mesothermal, acid, higher  $f_{5_2}$  and lower  $f_{5_2}$ . By the later period, the ore-forming fluid gradually transforms into a similar chloride- type mixed- fluid which is contaminated with groundwater, is rich in Cl and meso- epithermal, weak acidneutral, higher  $f_{5_2}$  and lower  $f_{5_2}$ . Supply of the ore-forming materials is provided from magmatic to stratigraphic source. The formation of the minerogenetic series may be considered to be a result of evolution for the ore-forming fluid, and their ore-forming materials come from many-sided sources. Three types of ore deposits in the minerogenetic series are regarded as polygenetic compound ore deposits.

Key words tungsten deposit; tin deposit; minerogenetic series; minerogenetic mechanism; minerogenetic model; Guangxi; Shanhu