

文章编号: 1007-3701(2011)02-0118-007

湘南花岗岩-热液型锡多金属矿成矿系统浅析

张怡军, 肖颖斌

(湖南省湘南地质勘察院, 湖南 郴州 423000)

摘要:通过湘南地区锡矿床成矿地质特征、成矿系统、同位素地球化学体系的研究, 分析湘南地区特殊大地构造背景下的特殊成矿物质来源和特殊的成矿作用; 探索湘南地区燕山期花岗岩型锡多金属矿床的形成机理。

关键词:锡矿; 矿源; 成矿系统; 湘南地区

中图分类号: P 618.4

文献标识码: A

湘南地区位于南岭成矿带中段, 区内与燕山期花岗岩有关的矿床(点)分布广泛, 许多大型-超大型矿床都集中分布在这一地区, 形成了十多个著名锡矿田, 有柿竹园、芙蓉、香花岭等, 尤其是已发现的柿竹园和新发现的白腊水, 为世界瞩目。因此湘南地区锡矿床的地质特征已倍受地质学界关注, 对其成因及其成矿系统进行研究具有特别重要的理论和现实意义。

1 矿源系统

1.1 地层的含矿性

区内原生锡多金属矿床, 主要产于泥盆系和震旦系出露区, 二者是区内的主要含矿地层。对本区地层的微量元素特征研究表明, 在不同时代地层中, Sn、W、Pb、Zn等成矿金属元素和B、F等矿化剂元素的分布具有明显的继承性和同期性富集规律, 泥盆纪及其以后的陆源沉积物大多来自基底岩系的震旦-寒武地层。

震旦-寒武系由一套巨厚的浅变质杂砂岩、长石杂砂岩、板岩、硅质岩、凝灰质灰砂岩组成。锡、钨、铅、锌等裂隙充填型矿床, 主要产于震旦系泗洲

山组^①。据岩石分析数据, 震旦-寒武系中大于地壳元素平均丰度的有Sn、W、Pb、As、B、F, 接近地壳元素平均丰度的有Zn、Cu、Mo、Be、Cr等元素。这些元素在不同层位、岩性及不同的岩相区, 其丰度有明显的变化。由粘土和粉砂组成的板岩和粉砂岩中, 成矿元素含量普遍较高。构造、岩浆长期多次活动的区段, Sn、W等成矿元素含量大幅度升高, W为区域平均值的6.58倍, Sn为2.05倍(表1), 它们在构造活动、地下水、岩浆热力作用下, 部分被活化转移并在有利的容矿空间中富集成矿。

泥盆系是区内主要含矿、赋矿地层, 平均含量高于地壳丰度的元素有Sn、W、Bi、Pb、Sb、Ag、Mn、As、B、F等, 其中Sn、W、B在跳马涧组石英砂岩和锡矿山组粉砂岩中的含量较高, 跳马涧组上段和棋梓桥组下段是泥盆系中Sn、Pb、Zn、Fe、Mn的主要含矿层位, 成矿元素主要富集于跳马涧组上段顶部砂质、钙质页岩、粉砂岩和棋梓桥组下段底部砂质粉晶、泥晶白云岩、页岩、含锰白云岩等岩相、岩性递变层位(表2)。Sn、Pb、Zn及其它成矿元素, 在各组岩层中的平均含量相差不大, Sn为 $(5.79 \sim 6.34) \times 10^{-6}$, Pb $(15.8 \sim 27.2) \times 10^{-6}$, Zn $(37.7 \sim 43.6) \times 10^{-6}$ 。由于沉积环境的变化, 同一时代不同地段, 或同一地段不同时代的岩层中, 成矿元素的富集系数可相差数倍至百余倍。Sn主要富集于跳马涧组, 其次是

收稿日期: 2010-12-16

基金项目: 湖南省地质勘察局局管项目“湘南锡矿地质”。

作者简介: 张怡军(1955—), 男, 高级工程师, 长期从事矿产地质调查研究工作。Email: zyj2401@163.com

①湖南省湘南地质队, 1:5万郴县幅区域地质调查报告, 1983。

余田桥组下段和锡矿山组上段砂泥质含量高的层位中。在空间分布上,Sn在泥盆系中的含量由骑田岭-千里山一带向两侧逐渐降低。Pb、Zn的富集层位及空间分布变化规律和Sn大体相似,Zn、Pb比值在不同地段有不同的变化,东坡以南及其周围,随层位升高Zn、Pb比值由大到小,从跳马涧组到锡矿山组由2→1.12→0.37→0.26。在东坡矿田范围内,以碳酸盐岩为主的棋梓桥组和余田桥组中,Zn含量大于Pb含量,Zn、Pb比值分别为3.47和4.66。

表1 湘南地区不同区段震旦系中部分元素含量对比
Table 1 Ore-forming element abundance in different granite in southern Hunan province

取样地段	元素平均含量(×10 ⁻⁶)					资料来源
	W	Sn	Pb	Zn	Cu	
红旗岭	20	29	21	47	39	李国森等 ^① 1:50000 郴县幅区调报告 ^②
狮子口	3.7	3.9	11	30	27	
区域平均	3.04	14.12	57.64	77.93	31.77	

表2 湘南地区泥盆纪地层剖面部分元素含量
Table 2 Ore-forming element abundance of Devonian strata in southern Hunan province

地层	岩石名称	样品 个数	元素平均含量(×10 ⁻⁶)								
			W	Sn	Bi	Pb	Sb	Ag	Mn	As	B
D ₃ X ²	粉砂岩	6	4	8	8.6	24	25	0.04	63	68	309
D ₃ X ¹	灰岩	16	4	1.8	4.7	24	4	0.10	332	4.6	13
D ₃ S ²	含泥灰岩	45	4	1.3	4	16.3	4	0.10	199	4.6	13
D ₃ S ¹	泥质条带灰岩	31	6	2.6	5.6	6.9	7.5	0.11	259	3.1	11.1
D ₂ Q ³	灰岩、白云岩	99	4.6	1.77	4.6	5.6	4	0.11	715	10	18
D ₂ Q ²	云灰岩、灰岩	38	4.7	1.36	4.7	5.5	4	0.12	536	4.6	14
D ₂ Q ¹	白云岩	37	5.2	1.54	4.3	24	10.6	0.21	1600	4.3	22
D ₂ T ²	石英砂岩	5	9	6.3	5.5	30	25	0.07	137	25	99
D ₂ T ¹	砂岩、砾岩	8	7.3	7.7	5	7	25	0.1	86	38	47
地壳平均含量			1.3	2.5	0.009	16	0.5	0.07	1000	1.7	12

注:资料来源于1:50000 郴县幅区调报告^②

稳定同位素研究表明,矿床中的硫,既有岩浆硫,也有地层硫的加入,硫在本地区地层中有较高的丰度值,往往是维氏值的0.28~8.9倍,有地层硫参与了成矿作用。氧同位素研究也是如此,表明本区在成矿过程中,既有岩浆水的参与,又有大气水的加入,随着岩浆水的流出和成矿作用的发展,大气水的加入量逐渐增多。也就是说,区内金属矿床是以岩浆热液作用为主。矿床经历了沉积、成岩过程的局部富集、重熔演化及各种热液叠加改造等多期多阶段和热液活动有关的内生成矿作用为主,成矿物质主要来源于地壳硅铝层重熔岩浆和含矿地

多种成矿作用。
1.2 岩浆岩的含矿性
区内以印支-燕山期岩浆活动为主,从岩浆活动强度、岩体分布范围、岩性的含矿性及同位素特征分析,与成矿有关的主要是燕山早期花岗岩。
成矿元素在岩体中的分布:在印支期至燕山期岩体中^{①,③},成矿元素的含量与碳酸性岩中平均含量(维氏)相比,Sn高12~320倍,Pb高2~5.9倍,从印支至燕山期呈有规律递增,在燕山早期晚阶段达到富集高峰。在空间上,含矿岩体与矿床紧密伴生,尤其是锡矿床,成矿物质主要来自富集锡的硅铝层重熔岩浆。

成矿元素在岩体中的赋存状态:成矿元素在花岗岩中,除呈分散状态分布于造岩矿物中外,也有

①李国森,等红旗岭锡矿初勘报告,1987。
②湖南省地质局408队,1:50000 郴县幅区调报告,1983。
③邓诗铸,花岗岩类及成矿作用研究,湖南省地质学会会讯,1980,第1期。

一部分独立矿物存在。在王仙岭花岗岩的重砂样品中,白钨矿的出现率为78.5%、锡石出现率25.5%、方铅矿出现率21.4%、铁闪锌矿出现率28.5%;千里山岩体中,锡石的出现率上升到60.3%。在强烈蚀变的花岗岩中,出现云英岩型钨锡矿床。

成矿元素在造岩矿物中的分配:Sn、Pb、Zn在岩体中主要呈分散状态赋存于石英、长石和云母类矿物中,Sn、Zn的载体矿物以黑云母为主,Pb的载体矿物以钾长石、斜长石为主,其次是黑云母。印支期岩体黑云母中含Sn 100×10^{-6} ,白云母中含Sn 200×10^{-6} ;而燕山期岩体的黑云母中含Sn $(310 \sim 470) \times 10^{-6}$,表明岩浆在深部演化过程中,从早期到晚期,Sn含量不断增高。

2 流体系统

2.1 硫同位素特征

经对湘南地区矿床中的研究,发现 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化较大^①,其范围从-10.93‰~+17.30‰,极差高达28.23‰。其中有88%的 $\delta^{34}\text{S}$ 值是在 $\pm 5\text{‰} \sim \leq 10\text{‰}$ 区间,有7%的 $\delta^{34}\text{S}$ 值 $< -5\text{‰}$,有5%的 $\delta^{34}\text{S}$ 值 $> +10\text{‰}$ (表3)。在 $\delta^{34}\text{S}$ 值频数直方图上,其分布塔式效应不甚典型,塔基较宽,大致是在+6‰~+7‰处为一突起高峰值,主峰值两侧均见有较低峰值突起。上述特征表明区内硫源较为复杂,其主要来源

是岩浆硫,同时混入了一定数量的地层硫。

2.2 铅同位素特征

区内铅同位素组成特征各矿集区不一,如千里山地区铅同位素比值变化范围较大,尤其是 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化更大; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的变化范围是17.45~19.24,极差为1.79; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.24~16.22,极差为0.98; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.35~42.03极差达4.68;而骑田岭地区的铅同位素组成均一,变化范围小, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为18.608~18.718(表4)。从铅同位素组成来看,成矿铅源多样,绝大部分铅来自岩浆,也有部分铅来自围岩。在铅同位素频数直方图上, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 有90%以上的数据是分布在18.00~19.00区间,其中有61个数据,只分布在18.50~18.60的狭窄区间内; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的分布更为集中,有91%以上的数据是分布在15.50~16.00区间,有71个数据只分布在15.50~15.60的狭窄区间内;而 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的分布较为分散,只有86%±的数据较为集中地分布在38.50~39.20区间,余者分布得较为零散。

2.3 氧、氢同位素特征

区内矿石氧同位素组成大致可分为两种类型,I类 $\delta^{18}\text{O}$ 值较高,其平均值为+9.4‰~+12.68‰,多形成于高温气成-高中温热液阶段;II类 $\delta^{18}\text{O}$ 值较低,其平均值为+1.61‰~+8.7‰,多形成于中低温热液阶段。从成矿早期到晚期,不同的矿石或矿脉的 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显呈现降低的趋势,这可能与成矿温度的下降及大气水的加入有关。根据矿物-水平衡

表3 湘南地区典型矿床硫同位素组成

Table 3 Sulfur isotopic compositions of typical deposits in southern Hunan province

顺序	典型矿床	样品个数	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 变化范围	极差(‰)	平均值(‰)	测试矿物
1	柿竹园	41	+1.20~+7.85	6.65	+5.48	Mo、Py、Bi、Pyr、Cp
2	野鸡尾	69	+10.93~+12.50	23.43	-0.68	Gn、Sph、Pyr、Py、Ars
3	东坡山	18	+7.20~+4.89	12.09	+1.15	Py、Gn、Sph
4	柴山	46	+1.80~+11.62	9.82	+5.69	Py、Gn、Sph
5	横山岭	43	+0.30~+11.62	11.32	+6.21	Gn、Sph、Py、Pyr、Apy
6	蛇形坪	44	-1.60~+17.30	18.90	+5.75	Gn、Sph、Py
7	金狮岭	8	+8.06~+11.98	3.92	+10.43	Py
8	红旗岭	5	-5.19~+1.04	6.23	-2.72	Gn、Sph、Apy
9	枞树板	4	-8.7~+0.18	8.58	-3.25	Gn、Sph、Cp
10	白腊水	10	+1.74~+8.48	6.74	4.269	Gn、Sph、Py、Ars

注:资源来源,1~9据胥有志等,1998^②,10来源于许以明,2007^③。

①湖南省地质矿产局湘南地质队,东坡矿田钨矿成矿规律及找矿方向,1987。

②胥有志等,湖南柿竹园钨锡钼多金属矿床地质与地球化学,1998。

③许以明,湖南省郴州市白腊水矿区锡矿普查报告,湖南省湘南地质勘察院,2007。

方程计算的成矿热液 $\delta^{18}\text{O}$ 值列于表5。成矿热液 $\delta^{18}\text{O}$ 值随成矿时间,从早到晚可由+9.81‰~-10.15‰,呈降低趋势。产生这种现象的原因,可能与大气水的加入有关。

成矿流体可能主要来自大气降水(如:梳状硫化物石英脉)。

3 热动力系统

区内氢同位素组成复杂,由于数据不全,不可能准确地推论成矿流体的性质,但从柿竹园矿区资料来看(表6),大致可以分出成矿流体至少有两种,一种是温度较高阶段的成矿流体可能主要来自于钨锡系列花岗岩有关的再平衡岩浆水(如:黑钨矿石英脉);另一种是温度较低阶段的

据区内矿物流体包裹体研究,成矿温度变化在730~110℃之间。其中千里山矿集区的均一温度变化范围自730~110℃,分三个温度区间。730~400℃温度区间大致代表燕山早期第一、二次岩体早阶段矽卡岩和云英岩形成的温度范围,成矿流体

表4 湘南地区典型矿床中矿石铅同位素组成
Table 4 Lead isotopic compositions in typical deposits of southern Hunan province

顺序号	典型矿床	样品数量	同位素比值		
			$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	柿竹园	1	18.18	15.54	38.73
2	野鸡尾	14	18.47~18.98	15.54~15.90	38.38~39.87
3	东坡山	7	18.52~18.70	15.61~15.87	38.63~42.03
4	柴山	11	18.34~19.24	15.53~16.01	38.27~40.61
5	横山岭	24	18.24~19.32	15.24~16.22	37.35~40.41
6	蛇形坪	14	18.36~18.90	15.55~16.16	38.44~40.28
7	金狮岭	3	17.45~18.54	15.50~15.65	37.53~38.63
8	红旗岭	3	18.52~18.59	15.62~15.72	38.52~38.83
9	枞树板	3	18.605~18.629	15.741~15.753	38.911~38.976
10	金船塘	1	18.50	15.64	38.62
11	天鹅塘	1	18.54	15.68	38.77
12	水湖里	1	18.72	15.68	38.73
13	白腊水	3	18.608~18.718	15.681~15.703	38.772~38.859

注:资料来源,1~12据胥有志等¹;13来源于许以明,2007²。

表5 湘南地区成矿热液氧同位素特征
Table 5 Oxygen isotopic compositions of different ore-forming fluids in southern Hunan province

顺号	岩性	样数	温度(℃)	样品 $\delta^{18}\text{O}$ (‰)	矿液 $\delta^{18}\text{O}$ (‰)
1	云英岩化石英斑岩	8	700~288	+7.48~+11.37	+2.76~+8.91
2	条带状云英岩	6	556~385	+3.28~+14.00	+6.50~+8.99
3	黑钨矿石英脉	5	347~280	+3.28~+12.80	+4.20~+7.20
4	毒砂矿脉	2	327	+2.70~+10.00	+3.10~+3.90
5	块状云英岩	1	358~285	+7.71	-0.16~+2.03
6	锡石石英脉	5	298~225	+3.02~+8.48	-0.48~+1.60
7	含辉铋矿黑钨矿石英脉	1	250~223	+11.6	+1.30~+2.64
8	绿泥石化石英脉	1	262	+5.01	-3.39
9	黄铜矿方铅矿脉	1	358~247	+1.61	-4.07~-7.77
10	梳状石英脉	1	200	+4.20	-10.15

注:资料来源于胥有志、徐文光等,1989。³

①胥有志等,湖南柿竹园钨锡钼铋多金属矿床地质与地球化学,1998。
②许以明,湖南省郴州市白蜡水矿区锡矿普查报告,湖南省湘南地质勘察院,2007。
③胥有志、徐文光等,东坡矿田锡矿成矿规律及找矿方向,湖南省地质局408队,1989。

表6 湘南地区不同含矿脉体氢同位素组成特征
Table 6 Hydrogen isotopic compositions of typical ore-forming veins in southern Hunan province

顺 号	样品号	岩性	测试 对象	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	温度 (℃)	$\delta^{\text{H}}\text{OH}_2\text{O}$ (‰)	$\delta^{\text{H}}\text{DH}_2\text{O}$ (‰)	备 注
1	C385-1	黑云母花岗岩	石 英	+12.00	700	+11.28	-56	假定温度
2	514-1	伟 晶 岩	钾长石	+8.79	276	+2.55	-73.1	均一温度
3	柿	490中段矽卡岩中	萤 石				-72	
4	400-128	490中段云英岩	石 英	+9.90	380	+4.80	-70.8	均一温度
5	558-33	黑鳞云母石英脉	石 英	+8.70	380	+3.60	-70.2	均一温度
6	490-P ₄ -16	萤石石英脉	石 英	+1.85	255	-7.14	-69.7	均一温度
7	490-P ₄ -17	萤石石英脉	石 英	+1.48	250	-7.48	-65.3	均一温度
8	柿15	块状黑钨石英脉	石 英	+12.20	280~330	+4.20~+5.70	-61	平衡温度
9	490-131	萤石钾长石英脉	石 英	+11.70	380	+6.60	-56.6	均一温度
10	490-P ₄ -15	萤石石英脉	石 英	+2.75	245	-6.45	-54.4	均一温度
11	514-4	黑鳞云母石英脉	石 英	+11.60	385	+6.50	-52.9	均一温度
12	柿14	梳状石英脉	石 英	+4.20	200	-10.15	-52	平衡温度

表中数据来源于1:50000郴县幅区调报告^①。

呈气态和高盐度流体状态。400~250℃温度区间相当于后阶段云英岩化、复杂矽卡岩形成的温度范围,成矿流体以高-中温度盐度热液为主。250~110℃温度区间,相当于锡石硫化物阶段及石英、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐阶段。骑田岭矿集区成矿爆裂温度在200~600℃。

石英流体包裹体液相成分测定结果显示,成岩阶段离子浓度总的情况是 $\text{Si}^{4+} > \text{Na}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$;阴离子 $\text{Cl}^{-} > \text{HCO}_3^{-} > \text{F}^{-}$ 。随着岩浆演化,晚期 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Na^{+} 等阳离子和 F^{-} 阴离子浓度增加; Cl^{-} 离子浓度减小。在骑田岭地区 $\text{Na}^{+}/\text{K}^{+}$ 比值较高,为2.93~9.98,成矿溶液特别富钠,这与矿田内各类型锡矿石均具有较强的钠长石化蚀变以及矿石化学分析结果中 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值明显高于围岩相吻合。

不同成矿阶段的矿液,化学组分有明显差异,从早期矽卡岩阶段至碳酸盐阶段, Cl^{-} 浓度和 $\text{Cl}^{-}/\text{F}^{-}$ 比值降低; SO_4^{2-} 浓度从早期到晚期逐渐升高,硫化物期达到高峰; HCO_3^{-} 从早期至晚期递减,硫化物期降至最低,在碳酸盐阶段又迅速上升。

锡的成矿作用从岩浆期开始,延续至岩浆期后中温阶段,矿床形成以高-中温阶段为主。铅锌矿主要形成于中、低温热液阶段,以方铅矿、闪锌矿形式出现,二者紧密共生。

4 运矿、储矿系统

地壳重熔型花岗岩岩浆是富含成矿元素W、Sn、Mo、Bi、Be、Cu等的母岩浆,并含有大量的挥发份 H_2O 、 F^{-} 、 Cl^{-} 、 CO_2 、 S^{2-} 、 O^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 BO_3^{2-} 等,这些组分与主要造岩元素Si、Al、K、Na、Ca、Fe等共同构成了区内成矿重要物质来源^[2]。

第一次花岗岩浆侵入以后,由高达700℃以上熔融岩浆开始冷却,从而形成一个以岩体为中心向四周温度逐渐降低的热晕,同时加热了地层及地层层间水、岩石粒间水。随着岩浆的冷却结晶和结晶分异作用的进行,含有大量的成矿元素的挥发份,被岩浆主要成岩元素所饱和的高盐度成矿流体从岩浆中析出。

由于岩浆的侵入、构造活动,地层中形成了错综复杂的断裂系统,在不同的部位形成压力差。岩浆水、岩浆期后热液和被加热的地层水、粒间水在温度梯度和压力差的驱动下,沿着接触带和断裂带以及一切可以流通的通道流动。

岩浆冷却结晶析出的热液,开始是呈碱性,温度为400~500℃。在接触带上与围岩发生渗滤交代和双交代作用,形成矽卡岩。随着热液由碱性-弱碱性-酸性过渡,由早期矽卡岩向晚期矽卡岩转变,同时W、Sn、Bi、Mo、Cu在适合的环境下沉淀成矿。

①湖南省地质局408队,1:50000郴县幅区调报告.1983.

下部未固结的岩浆再次活动,从而产生第二次、第三次的岩浆侵入,在碳酸盐岩的接触带有利部位又形成矽卡岩。随着岩浆的冷却,不断地分离出气-液热质成矿流体,它是处于超临界状态下饱含成矿元素和各种矿化剂的成矿流体。这种流体对早先固结的花岗岩进行酸性淋滤,形成云英岩型的W、Sn、Bi、Mo、Be矿;随着温度的降低,pH值的增高,进入中温阶段,继而形成黑钨矿石英脉;在云英岩化后期开始形成石英硫化物型的矿床;随着热液的降温,到最后中低温阶段形成铅锌银矿。

当岩浆侵入的围岩不是碳酸盐岩,而是碎屑岩时,常形成脉状钨锡矿或铅锌银矿。当成矿岩浆侵入的围岩是裂隙发育的早期斑状花岗岩、细粒花岗岩脉、花岗斑岩脉等,成矿作用可在裂隙带附近很宽的范围进行,成矿方式以交代为主,充填作用次之,形成蚀变岩体型锡矿床。

5 成矿系列

本区成矿系列的分析研究,其基本内容着重于同一地质构造单元内具有相似的成矿物质来源和

地质作用,在不同的地质背景和控矿条件下,形成一系列不同矿种和类型的矿床,各矿床具有密切的成因联系,在生成时间上有一定的顺序性,在空间分布上有一定的分带性。

据本区的基本构造格局和深部构造,岩浆岩的分布及其成因分类,地层岩性组合,矿化组合及分带特征和有成因联系的若干矿床在空间分布上的规律性等^[9],将本区内生金属矿床划分两个成矿系列,即与酸性中浅成花岗岩类有关的钨锡多金属矿成矿系列和与中酸性深源浅成花岗闪长岩类有关的铅锌多金属矿床成矿系列,其基本特征见表7。

5.1 与酸性、中浅成花岗岩类有关的钨锡多金属矿成矿系列

本系列矿床主要出现于一相对隆起带上,经受了加里东至燕山期的构造运动,褶皱断裂发育,岩浆活动频繁且规模较大,深部推断有多个隐伏岩浆岩带,地表出露的岩基、岩株多为壳源型(I类)花岗岩,侵入时代为加里东至燕山期,其中以燕山早期最为发育。区域地球物理、地球化学特征为一区域性航磁正值高磁区和区域性重力低值区、以W、Sn、Pb、Zn、Nb、Ta、Be等地球化学高背景区。已知有千里山、骑田岭等钨锡多金属矿集区。

表7 湘南地区两类不同矿床成矿系列特征
Table 7 Comparative between two metallogenic series in southern Hunan province

系列名称 基本特征	与酸性中浅成花岗岩类有关的 钨锡多金属矿床成矿系列	与中酸性深源浅成花岗闪长岩类有关的 铜铅锌多金属矿床成矿系列
代表性矿集区	千里山、骑田岭	宝山
构造环境	隆起区、拗陷区	相对拗陷区
容矿地层	Z-P	C
岩浆岩组合	花岗岩、黑云母花岗岩、二长花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩	花岗斑岩、石英斑岩、花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩
岩石化学特征	酸度指数(S)36.77、碱度指数(AR)2.76 分异指数(DI)86.84—98.71、氧化指数(fo)0.40、固结指数(SI)3.49—4.91、镁硅比(M/S)0.040	酸度指数(S)10.18、碱度指数(AR)1.61 分异指数(DI)63.27、氧化指数(fo)0.44 固结指数(SI)17.50、镁硅比(M/S)0.168
稀土酸分模式	明显铈亏损型	左倾斜型
岩体成因类型	陆源改造重熔型	同熔型
年龄(Ma)	138~172	162
主要矿种元素	W、Sn、Mo、Bi、Be、Pb、Zn、Ag、Cu	Cu、Pb、Zn、Mo、Bi、W、Sn、Au、Ag
主矿种	W、Sn	Cu、Pb、Zn
矿床矿化系列	WSnMoBi-SnBi-SnBe-SnPbZn(Cu)-PbZnAg-PbZnSb	WMoBi-CuMo-CuPbZn-PbZn-AgAu
主要矿床类型	伟晶岩、云英岩型钨锡矿、矽卡岩型钨锡钼铋矿(局部为矽卡岩型磁铁锡铋(矿)硫化物型锡多金属矿、充填交代型铅锌矿	矽卡岩型铜铅多金属矿、产于碳酸盐岩中交代充填型铅锌黄铁矿、铅锌银矿

对成矿起主导作用的为燕山早期多期次、多阶段的花岗岩浆活动,地表出露的岩体是深部大岩基有关的高侵位岩体,是岩浆不断演化的产物,具有丰富的物质基础,并且随着岩浆的分异演化使成矿金属元素组分得以聚集,从岩浆中分异出的挥发组分和含矿溶液具有较高的压力梯度,并向岩浆侵入前缘汇集,在构造断裂的诱导下向所开拓的空间运移,于适当的有利空间和岩性条件下,含矿气水热液经过充填、交代、改造又叠加等方式,在内、外接触带及其附近地区形成成因上具有同源演化的一系列不同矿种和类型的矿床,形成与酸性中浅成花岗岩类有关的岩浆演化成矿系列。

5.2 与中酸性、深源浅成花岗闪长岩类有关的铜铅锌多金属矿成矿系列

本系列矿床主要出现于本区西部,郴州-桂阳断裂的北西侧,为一相对拗陷带,岩浆活动规模较小,地表出露多属同熔型(Ⅱ类)的花岗闪长斑岩、花岗斑岩等小侵入体,时代为燕山早、晚期。地球

物理、地球化学特征为一区域性重力高和负值平稳磁场区,区域化探异常以Pb、Zn、Ag、As异常为主,已知有宝山、大坊等铜铅锌金银多金属矿床。

矿床的形成主要是与基底断裂有成因联系的同熔型花岗岩浆为成矿提供了丰富的物质来源,盖层的紧闭线型褶皱及其伴生的逆冲断裂为成矿热液的运移提供了通道,为矿化富集提供了有利的储矿空间,在有利的岩性组合和构造部份,含矿气水热液经过交代、充填等成矿作用,形成不同的矿化组合和矿床类型,并且有明显的分带性。

参考文献:

- [1] 庄锦良,刘钟伟,谭必祥,等.湘南地区小岩体与成矿关系及隐伏矿床预测[J]. 湖南地质,(增刊4):1-198.
- [2] 张怡军.湘南锡矿找矿方向探讨[J]. 中国地质,2007,34(6):1073-1081.
- [3] 伍光英,潘仲芳,李金冬,等.湘南大义山花岗岩地质地球化学特征及其与成矿的关系[J]. 中国地质:2005,32(3):434-442.

Metallogenic System of Granite-Hydrothermal Tin Polymetallic Deposits in Southern Hunan Province

ZHANG Yi-jun, XIAO Ying-bin

(Xiangnan Geological Prospecting Courtyard, Chenzhou 423000, Hunan, China)

Abstract: The geological features, ore-forming system, isotopic geochemical data of tin deposits in southern Hunan province are summarized combine with special tectonic environment, ore-forming material source and mineralization analysis to reveal the formation mechanism of those Yanshanian granite-type tin polymetallic deposits.

Key words: tin deposits; source of ore; ore-forming system; southern Hunan province