

南岭某些与锡多金属矿床有关的花岗岩体的稀土元素地球化学及其成因

刘娟群 杨世仪

(中国地质科学院宜昌地质矿产研究所)

内容提要:南岭地区锡多金属矿床是由锡、铜、铅、锌、金、银(有时伴有铁、钨、钼)等成矿元素组合而成的,它分布比较广泛,是区内最重要的锡矿矿床类型。该类型矿床,与由钨、锡、铌、钽、铍(稀土)等成矿元素组合的矿床一样,常与酸性花岗岩体伴生在一起,因而长期以来中外许多矿床学家一直认为硅铝壳富锡带深熔作用形成的含锡花岗岩浆是原生锡矿(包括锡多金属矿床)的唯一来源。即其成因上与陆壳改造型(系列I、S型)花岗岩有关。

本文根据区内与锡多金属矿床有关的花岗岩体的地质-地球化学特征的研究,并运用岩石中稀土元素定量模式的计算,首次提出区内与锡多金属矿床有关的花岗岩体是下部地壳玄武-安山质岩石和少量硅铝质岩石部分熔融,再经一定程度分离结晶作用演化后派生的酸性岩浆的产物。

关键词:锡多金属矿床 含矿花岗岩 稀土元素 岩石部分熔融 岩浆分离结晶作用

运用岩石稀土元素的含量和配分特征,是70年代以来岩石学家和矿床学家探讨岩石或矿床成因常采用的重要手段之一。特别是国内外一些学者(D. W. Shaw, 1970; J. G. Arth, 1975; G. N. Hanson, 1978, 1980, 1981; 马大铨, 1982; 赵振华, 1985; 袁忠信, 1985; 等等)在用稀土元素定量计算模式来认识岩石的形成过程或成因方面做了不少工作。这种定量计算的方法,尽管目前处于探索、需要完善的阶段,但仍为目前认识岩石的成因提供了某些有益的信息和依据。

南岭锡多金属矿床是一类由锡、铜、铅、锌、金、银(有时伴有铁、钨、钼)等元素组合的矿床(俗称锡石-硫化物型矿床),分布比较广泛,是区内最重要的锡矿矿床类型。由于该类型矿床,与另一类由钨、锡、铌、钽、铍(稀土)等元素组合的矿床(简称钨锡型矿床,下同)一样,常与酸性花岗岩体伴生在一起,因而长期以来中外许多矿床学家一直认为硅铝壳富锡带深熔作用形成的含锡花岗岩浆是原生锡矿(包括锡多金属矿床)的唯一来源,即其成因上与陆壳改造型(或系列I、S型)花岗岩有关^[1,2,9,10]①已成为一种流行的概念。然而,近年来中外某些学者已注意到原生锡矿床矿质的多来源性及其与铁镁质或超铁镁质岩石的关系,并且越来越多的资料,对上述观点提出了异议^[3,11-13]②。本文根据区内广西大厂、粤东西岭等6处与锡多金属矿床有关的花岗岩体的地质-地球化学特征及其与区内铜(钼、钨)多金属矿床、钨锡型矿床岩体的对比研究,并运用岩石稀土元素定量模式计算,提出区内与锡多金属矿床有关的花岗岩体是下部地壳玄武-安山质岩石和少量硅铝质岩石部分熔融,再

① 1984年国际锡矿讨论会论文集,正在印刷中

经一定程度分离结晶作用后派生的酸性岩浆的产物。

一、含矿岩体的地质-岩石学特征

大量综合资料表明,区内锡多金属矿床及与其有成因联系的花岗岩体主要分布于大陆东南边缘火山岩带、大陆内部若干隆起带(区)与坳陷带(区)结合部位的深大断裂带(主要是北东或北北东向、次为北西向)内及其附近,特别是靠近断裂带的坳陷区一侧。在该类型含矿花岗岩体出露或发育的地带(区),例如阳春盆地、粤北、湘南宝坪地区以及广西南丹一大明山一带,岩石类型比较复杂,除与锡多金属矿床有关的花岗岩外,常出现一些时代稍早或相近,规模不等的中酸性岩体或(和)与其有成因联系的铜(钼、钨)多金属矿床。综合对比(表1)表明,上述两类含矿岩体在成岩时代上,铜(钼、钨)多金属矿床含矿岩体形成较早,多属燕山早期,部分属燕山晚期早白垩世;锡多金属矿床含矿岩体形成较晚,均为燕山晚期。在同一成矿区(带)内,也常表现铜(钼、钨)多金属矿床含矿岩体在先,锡多金属矿床含矿岩体在后的时间关系。这两类含矿岩体的时间关系可能同它们的成因是有联系的。在岩石类型上,铜(钼、钨)多金属矿床的含矿岩体为中酸性岩类(如石英闪长(玢)岩、花岗闪长斑岩、次英安斑岩等);锡多金属矿床含矿岩体多是花岗岩。两类岩石的主要矿物成分、主要元素的氧化物及微量元素含量的差异和变化,显示了一般正常钙碱性岩浆由中酸性向酸性演化的固有特征。如以广东阳春盆地两类含矿花岗质岩石中铜和锡成矿元素的含量(据赵子杰等1982年资料)来看,早白垩世中酸性岩体含铜105—909ppm,平均322ppm;含锡9.8—36.1ppm,平均值为21.2ppm。晚白垩世酸性岩体,含铜68.5—148ppm,平均95.9ppm;含锡22—39.5ppm,平均27.8ppm。这两类岩石中铜、锡的含量不仅高于同类

表1 南岭地区锡多金属矿床与铜(钼、钨)多金属矿床地质特征对比简表

Table 1. Comparison of geological characteristics between tin-polymetallic deposits and copper (molybdenum, tungsten)-polymetallic deposits in Nanling region

矿床类型	矿床名称	含矿岩体的岩石类型	成岩时代 (Ma)	金 属 矿 物	
				主 要 矿 物	次 要 及 微 量 矿 物
铜(钼、钨)多金属矿床	两 江	花岗闪长斑岩	136 ^①	黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、闪锌矿、方铅矿及白(黑)钨矿等	磁铁矿、砷黝铜矿、黝铜矿、斑铜矿、辉铋矿、磁黄铁矿、毒砂、菱铁矿、锡石、针硫铋铅矿、自然金、银金矿等
	石 葵	石英闪长(玢)岩	122—126 ^②		
	天 堂	花岗闪长斑岩	111 ^①		
	大 宝 山	次英安斑岩	163		
	宝 山	花岗闪长斑岩	182±5		
锡多金属矿床	大 厂	黑云母花岗岩	99—115 ^③	锡石、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、(白钨矿)、(黑钨矿)、(辉钼矿)	磁黄铁矿、磁铁矿、辉铋矿、黝铜矿、黝锡矿、黄锡矿、赤铁矿、菱铁矿、白铁矿、胶状黄铁矿、脆硫铋铅矿、硫铋铅矿、金红石、辰砂、辉铋矿等
	锡 山	黑云母钾长花岗岩	81 ^②		
	英 武 岭	同 上	67 ^②		
	崩坑一十二排	同 上	71—81 ^②		
	大 麦 山	黑云母花岗岩	87—121 ^④		
	黄 沙 坪	花 岗 斑 岩	134±3		
野 鸡 尾	花 岗 斑 岩	129 ^⑤			

①《全国同位素地质年龄数据汇编》第三辑(1980); ②赵子杰等1982年资料; ③徐文斯等1984年资料; ④汤其方等1983年资料; ⑤杨超群1981年资料

型岩石维氏值的4.7—9.2倍,而且锡、铜含量的互为消长的关系明显受岩石酸度的制约。同时,与两类含矿岩体伴生的矿床中主要金属矿物(或成矿元素组合)既表现了差异性,又显示一定继承性的演化特征(表1)。

有比较,才有鉴别。将区内锡多金属矿床的含矿岩体与钨锡型矿床含矿岩体(西华山、柿竹园、大吉山、栗木等)进行比较,它们的岩石类型虽均为酸性岩,但它们的某些氧化物(TiO_2 、 MgO 等)的含量、微量元素含量和组合方面仍表现一定的差异,只是过去对它们进行对比和总结不够。从目前资料看,前者 $\text{TiO}_2 + \text{MgO}$ 的含量(平均0.86%)较后者(0.4%左右)高得多;岩石中微量元素,前者亲铁元素(Cu 、 V 、 Cr 、 Co 等)的含量普遍较高,而亲石元素(F 、 Be 、 Nb 、 Ta 等)的含量较低,后者则相反;岩石中黑云母,锡多金属矿床含矿花岗岩体以富含 MgO (5—8%)和贫 Li_2O (0.2—0.4%)为其特征,钨锡型矿床含矿花岗岩体则相反,含 MgO 较低($<5\%$)而 Li_2O (0.5—2%)、 Al_2O_3 较高。上述两类含矿花岗岩在苏联东外贝加尔地区也表现了类似的差异^[18]。

二、稀土元素丰度与分布模式

稀土元素的分析是由本所化验室用感耦高频等离子矩发射光谱法完成的。在一般情况下,以取样0.25g(或0.5g)计,当样品中稀土总量为100ppm左右时,除个别含量特别低的元素外,可以给出全部分量的结果,各分量的测定灵敏度一般为0.1—1ppm;当样品中稀土总量在10ppm左右时,则取样2.5g,各分量的测定灵敏度可达0.01—0.1ppm。根据同一样品多次摄谱对比和同种方法的外检结果,在一般情况下方法的相对误差小于4%,在含量低于检出限2倍时相对误差可达10%^[4]。

作者在整理数据时注意到一些以轻稀土为主的样品,因对Zr分离不彻底,Tb(35.0917pm)受Zr(35.0932pm)的干扰,测得的Tb含量往往偏高。在这种情况下,模式图中Tb的位置是按相邻元素的位置确定的。

稀土元素分析结果和前人提供的数据一起综合于表2。该表还列出了区内一些与铜(钼、钨)多金属矿床有关岩体岩石的稀土元素含量,以供对比和讨论。

首先,让我们一起看一看区内与铜(钼、钨)多金属矿床有关的岩体。岩石 ΣREE 变化于95.17—233.59ppm,平均为153.10ppm,较Yu. A. Balashov等(巴拉索夫,1976)提供的岛弧安山岩稀土丰度(93ppm)^[14]增高65%,又远小于世界酸性岩稀土丰度(292ppm)^[5], $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值为2.67—6.42,平均3.69,即表现轻稀土明显相对富集的特征。Eu为弱亏损, δEu 值为0.57—0.93,平均为0.76,明显小于球粒陨石(代表地幔岩)和地幔分熔岩浆成因的玄武—安山质岩石(近似等于1)。其稀土元素球粒陨石^①标准化分布模式为一组向右陡倾斜曲线(图1),与分布于西藏冈底斯山的、被认为是下部地壳物质分熔而形成的燕山晚期花岗闪长岩类的图式类似^[6]。上述特征,反映了区内铜(钼、钨)多金属矿床不象是地幔岩浆直接分异的岩类。马大铨等(1985)根据对广东阳春石篆岩体中暗色包体的研究和稀土元素分馏定量模式的计算,提出该中酸性岩体是由地壳下部低酸度的闪长质的基性或中基性火成岩

① 球粒陨石稀土丰度采用赫尔曼(1971)22个球粒陨石的平均值

表 2 南岭某些锡多金属矿床和铜(钼、钨)多金属矿床含矿岩体的稀土元素含量 (ppm)
Table 2. REE contents of ore-bearing intrusive bodies from tin-polymetallic deposits and copper (molybdenum-tungsten) polymetallic deposits in Nanling region (in ppm)

矿床类型	含矿岩体与其岩石类型	样品数	La	Ce	Pr	Na	Sm	Eu	Gd	Tb	DY	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	ΣCe/ΣY δEu	Eu/Sm	DI	资料来源
铜(钼、钨)多金属矿床	两江花岗岩闪长斑岩	1	40.8	84.2	11.6	35.3	8.0	1.2	5.6	1.1	5.1	1.2	4.7	0.46	3.9	0.43	30.0	233.59	3.45	0.57	0.15	65
	石英闪长(玢)岩	3	18.2	34.7	5.1	17.4	3.3	0.82	2.4	0.7	2.4	0.6	1.6	0.28	2.0	0.21	16	105.71	3.04	0.93	0.25	61 (1)
	天堂花岗岩闪长斑岩	4	15.3	31.3	4.4	16	3.0	0.64	2.6	0.2	3.0	0.61	2.0	0.23	2.4	0.29	13.2	95.17	2.88	0.75	0.21	72
	大宝山次英安斑岩	8	27.8	55.5	7.5	28.6	4.9	1.10	4.9	1.1	5.2	1.0	3.40	0.4	3.5	0.38	27.0	172.28	2.67	0.75	0.22	63
锡多金属矿床	宝山花岗岩闪长斑岩	1	33	65	7.5	27	4.1	0.88	2.8	1.0	2.1	0.44	1.2	0.17	2.0	0.19	11.5	158.88	6.42	0.82	0.22	67
	大厂黑云母花岗岩	1	12.8	29.2	5.5	12.0	3.5	0.3	3.1	0.9	2.9	0.6	1.6	0.22	1.2	0.13	15.8	89.75	2.39	0.30	0.09	88
	锡山黑云母钾长花岗岩	3	19.6	37.4	8.0	27.7	7.3	<0.2	10.1	2.5	14.5	3.33	12.8	1.75	12.0	1.93	126.0	284.91	0.54	0.07	0.02	93
锡多金属矿床	英武岭黑云母钾长花岗岩	2	23.1	50.9	8.1	22.7	6.8	0.13	6.20	1.70	11.8	2.7	11.0	1.46	13.7	1.95	59.4	221.64	1.02	0.06	0.02	90 (1)
	崩坑一小南山黑云母钾长花岗岩	3	16.6	35.3	6.2	21.2	6.6	<0.2	9.6	2.3	14.8	3.47	11.7	1.69	11.7	1.7	131.2	273.96	0.46	0.07	0.03	93
	大麦山中粗粒黑云母花岗岩	2	40.1	93.4	9.5	50.0	5.7	0.81	4.9	1.4	4.6	1.18	4.5	0.7	7.2	0.52	33.9	268.41	3.56	0.51	0.14	86 (2)
锡多金属矿床	黄沙坪花岗岩	2	16	36.5	5.7	23	8.1	<0.1	9.6	2.5	10.5	2.23	8.8	1.47	10.5	1.41	95.2	231.58	0.63	0.03	0.01	87
	野鸡尾花岗岩		48.9	96.9	11.8	39.9	9.1	0.97	8.5	1.4	8.7	1.69	5.2	0.82	5.6	0.84	50.1	290.42	6.33	0.34	0.11	85 (3)

注: (1) 赵子杰等1982年资料; (2) 汤其方等1983年资料; (3) 翟裕生等1985年资料

部分熔融的产物^[7]。通过岩石化学和地球化学等资料的对比,区内绝大多数与铜(钼、钨)多金属矿床有关岩体的形成机理可能与石筭岩体相近,目前已有锶、氧稳定同位素数据支持这一认识。

与锡多金属矿床有关的岩体,岩石 Σ REE,除大厂龙箱盖岩体一个数据偏低(原因待查)外,其余变化于221.64—290.42ppm,平均261.82ppm,明显高于与铜(钼、钨)多金属矿床有关的中酸性岩体,大体相当于Yu. A. Balashov等(1976)给出的花岗岩稀土丰度(238—288ppm)^[14]。 Σ Ce/ Σ Y比值变化于6.33—0.46,即具有由轻稀土相对富集到重稀土相对富集的特征。这同含矿岩体的酸度有密切的关系:当岩石为正常酸性岩时,表现为轻稀土相对富集的特征,但重稀土含量较上述与铜(钼、钨)多金属矿床有关的岩体有所增加,反映在它们的稀土元素球粒陨石标准化模式上虽同属一组向右倾斜的曲线(图2),但曲线的斜度变缓,曲线在Gd—Lu部分的位置相对抬高,Eu为中等亏损, δ Eu值为0.3—0.51,平均为

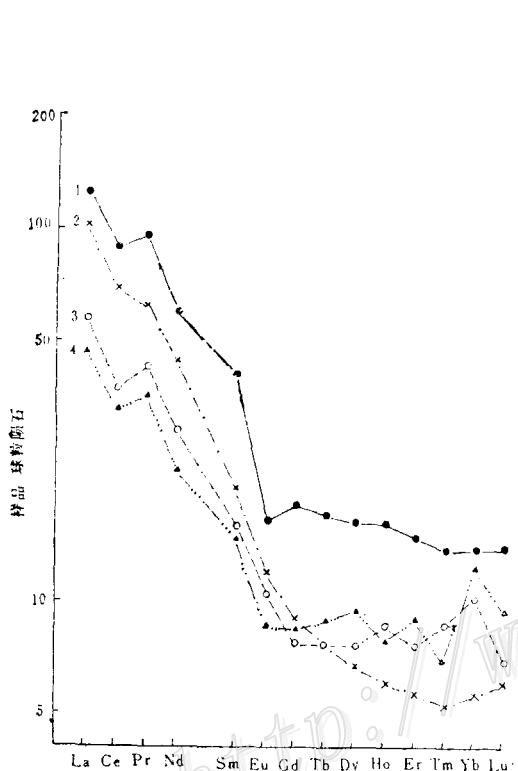


图1 铜(钼、钨)多金属矿床含矿中酸性岩体岩石的稀土元素球粒陨石标准化图

1-两江花岗闪长斑岩; 2-宝山花岗闪长斑岩; 3-石筭石英闪长(玢)岩; 4-天堂花岗闪长斑岩

Fig. 1. Chondrite-normalized REE patterns of the ore-bearing intermediate-acidic intrusive bodies from the copper (molybdenum, tungsten) polymetallic deposits.

1—Liangjiang granodiorite porphyry; 2—Baoshan granodiorite porphyry; 3—Shilu quartz diorite (porphyrite); 4—Tiantang granodiorite porphyry,

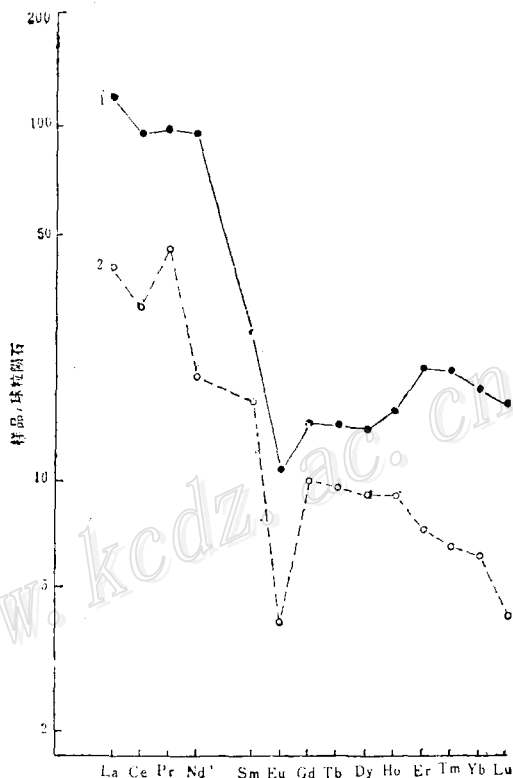


图2 锡多金属矿床含矿岩体岩石稀土元素球粒陨石标准化图

1-黄牛山中粗粒斑状黑云母花岗岩; 2-龙箱盖细粒黑云母花岗岩

Fig. 2. Chondrite-normalized REE patterns of the ore-bearing acidic intrusive bodies from the tin-polymetallic deposits

1—Huangniushan medium-coarse-grained porphyritic biotite granite; 2—Longxianggai fine-grained biotite granite.

0.38。当岩石为富碱超酸性岩时,则表现重稀土相对富集的特征,其稀土元素球粒陨石标准化分布模式是一组对称的微向左倾的“V”字形曲线(图3),Eu强烈亏损,δEu值为0.03—0.07。

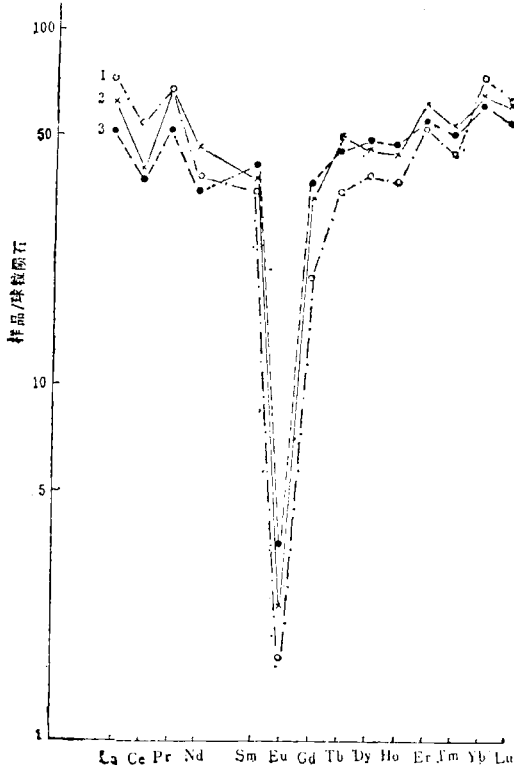


图3 锡多金属矿床含矿岩体岩石稀土元素球粒陨石标准化图

1-英武岭黑云母钾长花岗岩; 2-锡山黑云母钾长花岗岩;
3-小南山黑云母钾长花岗岩

Fig. 3. Chondrite-normalized REE patterns of the ore-bearing acidic intrusive bodies from the tin-polymetallic deposits.

1—Yingwuling biotite K-feldspar granite; 2—Xishan biotite K-feldspar granite; 3—Xiaonanshan biotite K-feldspar granite.

三、花岗岩体成因讨论

从上面介绍的区内两类含矿岩体岩石稀土总量、配分特征以及它们的岩石化学成分来看,岩石偏基性时(铜、钼、钨多金属矿床有关的岩体),Eu/Sm比值较大;岩石偏酸性(锡

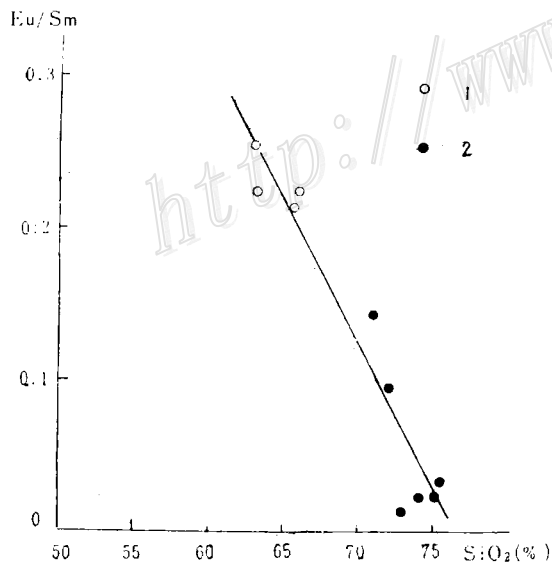


图4 含矿岩体岩石的酸度—Eu/Sm关系图

1—铜(钼、钨)多金属矿床; 2—锡多金属矿床

Fig. 4. Plot of acidity against Eu/Sm for ore-bearing intrusive bodies.

1—Copper(molybdenum, tungsten) polymetallic deposits; 2—Tin-polymetallic deposits.

多金属矿床有关的岩体)时,则Eu/Sm比值较小(图4)。因此,岩石Eu/Sm比值的大小反映了岩浆演化的分异程度。通常,正常的钙碱性岩石的酸度又同岩浆分离结晶作用程度有关,即随着岩浆分离结晶作用程度的增高,相应岩石的酸度增大。从表2所列的资料和图5可以看出,岩石的Eu值与岩石的分异指数(DI)呈明显负相关关系。岩石 δEu 值的大小十分灵敏地反映了岩浆岩的分异程度。这与福布斯(1965)曾指出的Eu值随着分异程度的增高而减少的规律是相符的。对于这一现象,不少中外学者从其他侧面(如岩石中钾长石与斜长石的比值,或者CaO的含量等)来讨论影响 δEu 值大小的因素。结果表明,Eu从岩浆熔体析出与其对斜长石的选择性聚集(Eu与Ca具强的亲和力)有关。当岩石偏基性(分异程度低、CaO含量高、钾长石/斜长石的比值小)时,则富集相对多的Eu;岩石为酸性或超酸性(分异指数高、CaO含量低、钾长石/斜长石比值大)时,则多出现Eu亏损。随着岩浆由基性向酸性演化,稀土分馏不仅 δEu 值发生上述规律性递变,同时还发生 ΣREE 由低到高, $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值由大到小的变化。这一规律可能制约着源岩不同的重熔岩浆的演化。如普遍认为

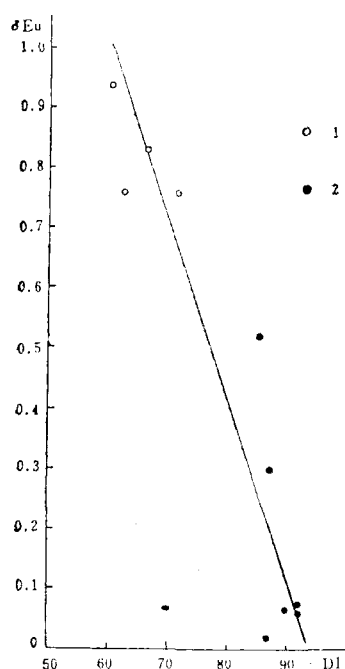


图5 含矿岩体岩石的 δEu —DI关系图(图例同图4)

Fig. 5. Plot of Eu against DI for ore-bearing intrusive bodies (Symbols as for Fig. 4).

是壳幔质混熔型(或称同熔型)的鄂东南鄂城复式岩体,由早期黑云辉石闪长岩,经过石英二长岩至晚期花岗岩,其 δEu 值由0.96→0.71→0.36^①,福建钟腾石英闪长杂岩体也具有类似的情况^②。普遍认为属陆壳改造型的湘南千里山岩体,由主体期至补充期岩石的 δEu 值也表现由大到小的变化^[3]。

综上所述可认为,稀土的总量和配分特征,特别是 δEu 值的大小,除了受岩浆源岩差异影响外,更重要的还受岩浆分离结晶作用程度的制约。Yu. A.巴拉索夫等(1976)对比研究了稀土元素在地壳和花岗岩中的丰度和 δEu 值后指出,地壳重熔型花岗岩的稀土丰度和 δEu 值不能与地壳稀土元素的初始丰度和 δEu 值相当。其原因在于大多数花岗岩是地壳经重熔作用形成的花岗质岩浆经过一定程度分离结晶作用后的产物,以致造成其稀土丰度和 δEu 值同地壳的稀土初始丰度和 δEu 值的差异。只是在熔体分离结晶作用不发育的情况下,花岗岩中Eu的含量才接近于地壳的初始含量^[14]。因此,目前国内一些学者以岩石的稀土丰度配分特征,特别是 δEu 值的大小,作为划分花岗岩成因类型的重要标志之一,这是值得研究和讨论的问题。

关于锡多金属矿床有关岩体的成因,通过与铜(钼、钨)多金属矿床含矿岩体的对比,发现它们之间在稀土总量、 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值和Eu值上存在着变化,在B. A. Минеев(1974)提出的 $\Sigma\text{La-Nd}-\Sigma\text{Sm-Ho}-\Sigma\text{Er-Lu}$ 三角图解上(图6),稀土配分投影点的位置由左角顶

① 裴荣富等,1984,再论大冶式铁矿

② 据高善继等1984年资料

向右上方中线的方向移动。这反映了区内锡多金属矿床含矿花岗岩体，可能是形成铜（钼、钨）多金属矿床的类中酸性岩浆经过一定程度分离结晶作用演化后派生的酸性岩浆结晶的产物。为此，作者对粤北大宝山丘坝次英安斑岩和黄牛山（大麦山矿区）中粗粒斑状黑云母花岗岩按照瑞利（1954）所推导的分离结晶作用公式进行了稀土元素分馏定量模式计算。作者对丘坝次英安斑岩 8 个样品进行了稀土元素分析。本文计算时取其稀土元素含量最低者近似代表初始岩浆熔体成分。

$$C_i^1/C_i^0 = F^{(D_i-1)}$$

式中 F 代表剩余熔体重量的分数； C_i^0 和 C_i^1 分别代表稀土元素 i 在初始熔体中和分离后产生的熔体中的浓度； D_i 代表 i 元素在堆积相中的总体分配系数^[15]。

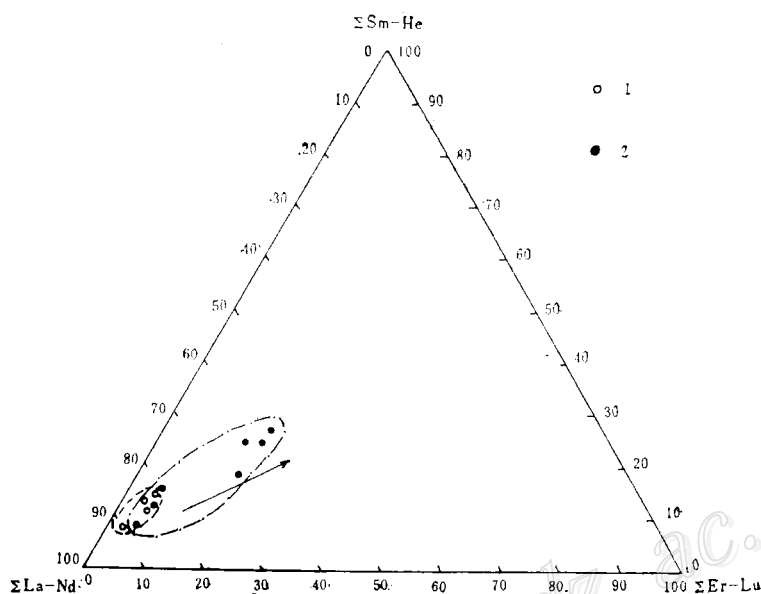


图 6 岩石稀土元素配分三角图解 (图例同图 4)

Fig. 6. Triangular diagram showing REE proportions of the rocks (Symbols as for Fig. 4).

根据丘坝次英安斑岩的化学成分按 CIPW 法计算的标准矿物成分 (百分含量: 斜长石 47, 钾长石 16, 石英 24, 磷灰石 0.4, 紫苏辉石 10.3) 和 Arth 等 (1975) 所综合的稀土元素在流纹质岩石矿物中的分配系数^[16]以及石英的稀土元素分配系数接近于零^[15] (本文计算时假定该值为 0.001), 分别算出各稀土元素的总体分配系数, 再代入上述公式计算。计算结果 (表 3) 表明, 以含 REE 最低的次英安斑岩近似作为初始岩浆成分, 经过 40—50% ($F=0.6$ —

表 3 稀土元素分离结晶作用的计算结果 (ppm)

Table 3. Calculations of REE fractional crystallization (in ppm)

	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Lu	说 明
C_0	53	25.3	4.1	1.0	3.8	3.5	2.8	4.0	0.55	丘坝次英安斑岩
Cl_1	90.67	44.67	7.73	0.875	7.9	8.54	5.48	6.04	0.66	$F_1 = 0.5$
Cl_2	79.56	39.67	6.85	0.93	6.96	7.49	4.83	5.22	0.57	$F_2 = 0.6$

0.5)的分离结晶作用后所派生的熔体,其稀土元素分布模式与黄牛山中粗粒斑状黑云母花岗岩基本一致,二者拟合程度良好(图7)。

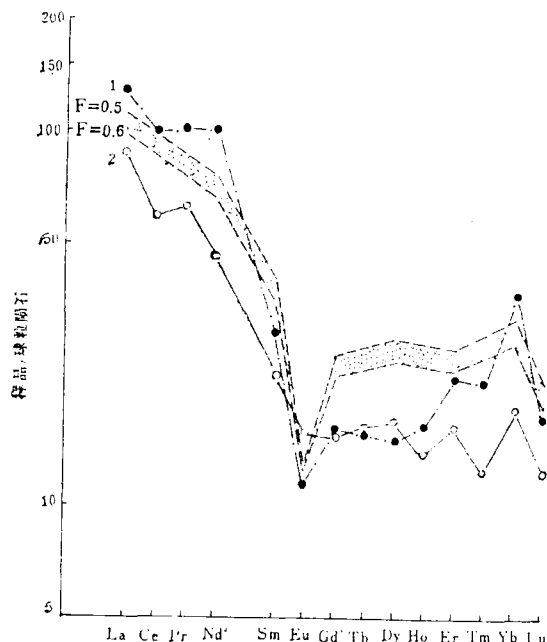


图7 以丘坝次英安斑岩近似代表初始熔体,经过40% ($F=0.6$)到50% ($F=0.5$)的分离结晶作用后产生的熔体的REE组成型式与黄牛山中粗粒斑状黑云母花岗岩的REE组成型式对比

1-黄牛山中粗粒斑状黑云母花岗岩; 2-丘坝次英安斑岩

Fig. 7. Diagram contrasting chondrite-normalized REE pattern of the melt resulting from 40--50% fractional crystallization of the initial melt represented approximately by Qiuba subdacite porphyry with that of Huangniushan medium-coarse-grained porphyritic biotite granite.

1-Huangniushan medium-coarse grained porphyritic biotite granite; 2-Qiuba subdacite porphyry.

综上所述,可以推测区内与锡多金属矿床有关的花岗岩体,并非是硅铝质岩石重熔岩浆的产物,而可能是下部地壳(或地壳深部)幔质岩石(中-基性火山岩)和少量硅铝质岩石部分熔融产生的类中酸性岩浆,经过一定程度分离结晶作用演化派生的酸性岩浆结晶的产物。由于深部岩浆发生的分离结晶作用程度的不同,以致造成同锡多金属矿床和铜(钼、钨)多金属矿床有关的两类含矿岩体在空间上出现三种情况:①同一构造岩浆旋回中,当深部岩浆分离结晶作用较完善(其早、晚两期产物俱全)时,则两类含矿岩体可以在一个地区,甚至一个较小的范围内发育(如广东阳春盆地、湘南宝坪地区等);②当岩浆分离结晶作用不完善,以早期产物为主时,则主要发育与铜(钼、钨)多金属矿床有关的岩体(如湘东浏阳地区);③当主要为晚期产物时,则主要发育锡多金属矿床的含矿花岗岩体(如广西丹池地区等)。因此,对地壳发育演化期间同一构造岩浆旋回中岩浆分离结晶作用演化特征及其产物的研究,对于普查和评价不同矿化类型的矿床有十分重要的意义。

作者完成本文过程中曾得到本所马大铨工程师的指导和帮助,在此表示谢意。文中论点不妥之处,欢迎批评、指正。

参 考 文 献

- (1) 徐克勤、胡受奚、孙明志、叶俊 1982 华南两个成因系列花岗岩及其成矿特征 矿床地质 第2期
- (2) 王联魁、朱为方、张绍文 1982 华南花岗岩两个成岩成矿系列的演化 地球化学 第4期
- (3) 郭文魁 1982 谈类花岗岩与金属成矿作用 中国区域地质 第2期
- (4) 张通锐、黄金鯤、黄金炯 1983 感耦高频等离子矩发射光谱法测定花岗岩中微量稀土元素 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊 第7号

- [5] 中国科学院地球化学研究所 1981 简明地球化学手册 科学出版社
- [6] 赵振华 1981 西藏南部花岗岩类稀土元素分布模式 地球化学 第1期
- [7] 马大铨、赵子杰、涂绍雄等 1985 广东阳春盆地花岗岩类的稀土元素地球化学 南岭地质矿产文集 第1辑 地质出版社
- [8] 杨超群 1981 湘南东坡柿竹园网脉状云英岩-矽卡岩型钨(白钨矿和黑钨矿)-铋-钼矿床的成矿作用 钨矿地质国际讨论会论文集 地质出版社
- [9] Chappell, B. W., White, A. J. R., 1974, Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, No. 8, pp. 173—174.
- [10] Hutcheon, C. S., Chakraborty, K. R., 1979, Tin: A mantle or crustal source? *Geology Science Malaysia Bulletin*, No. 11, pp. 71—79.
- [11] Radkeyich, E. A., 1978, Relationship of tin deposits with granites in the Soviet East and other regions of the Pacific ore belt. *Metallization associated with Acid Magmatism*, Vol. 3.
- [12] Sillitoe, R. H., et al., 1976, Porphyry tin deposits in Bolivia. *Eco. Geol.*, Vol. 71, No. 6.
- [13] Mulligan, R., 1978, Tin in stratabound massive sulphide deposits. *Metallization Associated with Acid Magmatism*, Vol. 3.
- [14] Balashov, Yu. A., Tugarinov, A. I., 1976, *Geochemical Journal*, Vol. 10, No. 2.
- [15] Hanson, G. N., 1978, The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. *Earth and Plant. Sci. Lett.*, 38, 26—43.
- [16] Arth, J. G., Hanson, G. N., 1975, Geochemistry and origin of the early Precambrian crust of Northeastern Minnesota. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 325—362.
- [17] Sun, S. S., Hanson, G. N., 1976, Rare earth element evidence for differentiation of McMurdo volcanics, Ross Island, Antarctica. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 54, 139—155.
- [18] Иванов В. В., Спомюр Ю. И., 1980, Петрографо-геохимические критерия оценки масштабов оловорудной минерализация при прогнозно-металлогенических исследованиях. *Геохимия*, Ио. 4

REE GEOCHEMISTRY AND ORIGIN OF SOME GRANITE BODIES RELATED TO TIN POLYMETALLIC DEPOSITS IN NANLING REGION

Liu Houqun and Yang Shiyi

(*Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Yichang, Hubei*)

Abstract

The tin-polymetallic deposits under discussion constitute the most important type of tin deposits in Nanling region. Many researchers both at home and abroad consider this type of tin deposits to be products of differentiation and evolution of the granitic magma formed by remelting of substances of continental crust and to be genetically related to the transformation type (series I, S-type) of granitoids. In this paper, the geological setting, petrology and REE geochemistry of tin polymetal-bearing granitic intrisive bodies have been dealt with in comparison with those of the granitoids associated with the copper

(molybdenum, tungsten) polymetallic deposits and the tungsten-tin (niobium, tantalum) deposits in Nanling region.

1. The tin polymetallic deposits and their related granitic intrusive bodies are mainly distributed in some deep fault belts and in the coastal volcanic belt of southeast China. In the areas (or zones) where these deposits and their related granitic rocks are distributed, the granitic bodies are accompanied frequently by intermediate-acid intrusive bodies and/or their related copper (molybdenum, tungsten) polymetallic deposits. They show obvious evolutionary features in time and in geochemistry of such trace elements as tin and copper.

2. The intrusive bodies related to tin polymetallic deposits and tungsten, tin, niobium and tantalum deposits are unexceptionally granites; nevertheless, different kinds of ore-bearing intrusive bodies have different contents of some main rock-forming elements and trace elements. For example, the content of $\text{TiO}_2 + \text{MgO}$ in the tin polymetallic granitic body is much higher than that in W, Sn, Nb, Ta-bearing granitic body, with the average value being 0.86% and 0.4% respectively. The biotite in the former body is rich in MgO (5—8%) and poor in Li_2O (0.2—0.4%) while that in the latter is rich in Li_2O (0.5—2%), Al_2O_3 and poor in MgO (<5%).

3. The chondrite-normalized REE patterns of the intermediate-acid rocks related to the copper (molybdenum, tungsten) polymetallic deposits all show rightward sharply declining curves, suggesting an obvious enrichment of LREE and weak Eu anomalies ($\delta\text{Eu}=0.57-0.93$). Genetically, granitoids of this type may be connected with partial melting of pre-existing intermediate-basic volcanic rocks in the lower crust.

4. The REE patterns of granitic rocks related to tin polymetallic mineralization are rightward declining curves with remarkable negative Eu anomalies ($\delta\text{Eu}=0.3-0.5$) or slightly leftward declining V-shaped curves with extremely distinct negative Eu anomalies ($\delta\text{Eu}<0.1$). The REE patterns of these kinds of ore-bearing granitoid indicate that with the advance of the differentiation, the REE concentration increases while δEu and LREE/HREE values decrease.

5. From the calculation of quantitative model for REE, it is obvious that the chondrite-normalized REE pattern of the melt resulting from 40—50% fractional crystallization of the initial melt represented approximately by Qiuba subdacite porphyry (with the lowest value of REE) related to the copper (molybdenum, tungsten) polymetallic deposit is similar to that of Huangniu-shan medium-coarse-grained porphyritic biotite granite related to tin polymetallic mineralization.

In view of the foregoing points, we may suggest that the tin polymetallic deposits and their related granitoids in Nanling region are probably the products of differentiation and evolution of acidic magma resulting from the partial-melting and fractional crystallization of pre-existing intermediate-basic volcanic rocks in lower crust.

研究简讯

广西南丹—大厂地区泥盆系中发现放射虫

Radiolaria Discovered in Devonian Strata of Nandan-Dachang Area, Guangxi

徐珏 (Xu Jue)

王龙生 (Wang Longsheng)

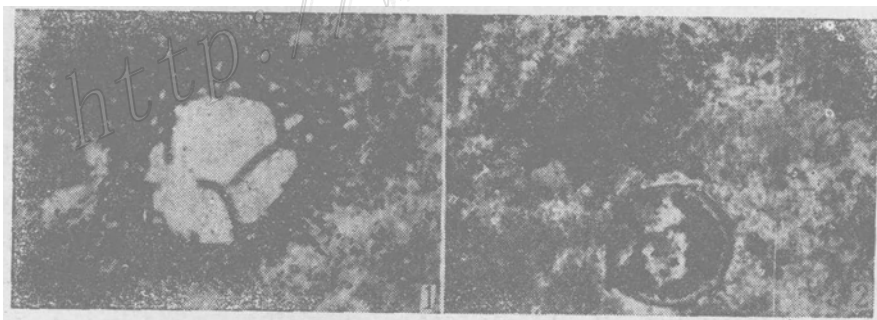
(中国地质科学院矿床地质研究所)

我们在对广西南丹—大厂地区进行矿田构造及含矿地层研究时,在泥盆系硅质岩中发现大量放射虫化石,初步鉴定为泡沫虫亚目。放射虫个体具薄壳、孔小、构造纤细、放射刺较长、侧刺发育等特征(照片1、2)。在近矿体处,由于热流体影响,有的放射虫侧刺已被铁质交代,壳内个体重结晶。化石薄片经中国地质科学院地质研究所地层古生物专家宋天锐和王乃文鉴定,确认为放射虫岩。

我们在对丹池地区泥盆纪地层进行系统鉴定的过程中,发现放射虫除在大厂矿田的上泥盆统大量存在外,且在国际罗富系标准剖面的上泥盆统亦有大量出现。

放射虫主要富集于上泥盆统榴江组的蜡烛台段上部及五指山段下部,并形成放射虫岩。在大厂矿田矿化地段,出现较稳定的条纹状碳质钾硅质放射虫岩与白云质硅质岩互层。矿化富集地段放射虫个体保留较差,侧刺多已损坏。在罗富地区榴江组中出现的大量含铁、锰、镍较多的结核体亦为放射虫岩;有的放射虫还产出于富含磷灰石的白云质泥灰岩中。

据目前查阅的有关资料,在本区及华南地区尚未有泥盆系中发现大量放射虫化石的报导。大量放射虫的发现无疑对推断该区当时的古地理古气候环境提供了佐证,同时为泥盆系层控矿床的研究也提供了有价值的资料。



照片1 D_3 黑色碳质硅质岩中的放射虫,为泡沫虫亚目
 $\times 400(+)$ 大厂铜坑355水平

照片2 D_3^a 和 D_3^b 之间层间破碎带硅质岩中之放射虫 $\times 100(+)$ 大厂铜坑405水平