

与华南某些钨矿床有关的花岗岩类的 稀土模式特征及其成因问题

满 发 胜

(中国科技大学地球和空间科学系)

近年来,人们利用岩石中稀土元素(REE)分布模式,在区分岩石类型、探讨岩石的成因、物质来源及演化历史等问题上积累了许多资料^[1,4,5]。作者对我国华南地区几个与钨矿有成因联系的花岗岩类岩体进行了系统的稀土元素分析;并根据所获得的稀土模式特征,结合野外地质观察和同位素地质研究成果,对其岩石类型、成因及物质来源等问题进行了讨论。其目的在于为该类型钨矿的找矿和成因理论研究提供佐证。

一、研 究 对 象

本文研究的对象是与广东莲花山钨矿、江西阳储岭钨(钼)矿和福建行洛坑钨(钼)矿在成因上有关的花岗岩类岩体。其简要地质特征如下:

广东莲花山钨矿区 矿区内出露的一套酸性花岗岩类包括黑云母花岗岩、石英斑岩和流纹岩。流纹岩以不整合接触覆盖于下侏罗纪小坪煤系之上。石英斑岩是其次火山岩相,具隐爆特征,呈岩墙状,与小坪煤系呈侵入接触。矿体即赋存于其内外接触带蚀变岩石中。花岗岩呈岩株状穿入小坪煤系,而与石英斑岩的接触关系不清楚^[2]。火山岩的全岩Rb-Sr法等时线年龄为 135 ± 7 百万年, $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 = 0.70613 \pm 0.00035$ 。花岗岩的全岩-单矿物Rb-Sr法等时线年龄为 137 ± 2 百万年, $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 = 0.70696 \pm 0.00056^{[36]}$ 均相当于燕山中晚期产物。

江西阳储岭钨(钼)矿区 矿区出露的是一中酸性花岗岩类杂岩体,它与围岩呈突变侵入接触,呈岩株状穿切于震旦亚界双桥山群变质岩系中。该杂岩体是由花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩组成。此外尚有石英闪长岩(花岗闪长岩中的捕虏体)和成矿后的脉岩——花岗斑岩。矿体主要赋存在具有隐爆特征的二长花岗岩中。花岗闪长岩的黑云母K-Ar年龄为150百万年,二长花岗斑岩的黑云母K-Ar年龄为81百万年^①。属于燕山中晚期产物。

福建行洛坑钨(钼)矿区 矿区出露的是一花岗岩类复式岩体,呈岩瘤状与前泥盆纪罗峰溪群浅变质砂岩和变质凝灰岩为突变侵入接触,围岩有明显的热变质带。复式岩体可分为南体、北体和深部隐伏岩体。南体从结构上分为多斑和少斑的中细粒似斑状黑云母花岗岩;北体为钾长石化细中粒花岗岩;深部隐伏岩体为细粒似斑状花岗岩。南体全岩Rb-Sr法等时线年龄为145百万年, $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 = 0.714$;北体全岩Rb-Sr法等时线年龄为147百万年,

① 据张玉学1982年资料。

$(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 = 0.722$; 隐伏岩体全岩Rb-Sr法等时线年龄为143百万年, $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 = 0.716$ ①。同位素地质年龄相当于侏罗—白垩纪, 属燕山中晚期的产物。

二、分析方法及结果

对广东莲花山钨矿区和江西阳储岭钨(钼)矿区出露的花岗岩类各岩体系统采集了八个岩石样品(82001—82008), 进行了稀土元素总含量和单一稀土元素含量的测定。

样品稀土总量的测定, 采用碱熔样, 离子交换树脂分离杂质, 偶氮胂Ⅲ比色法测定。相对误差为10—20%。单一稀土元素含量的测定, 采用 H_2SO_4 —HF混合熔样, 离子交换树脂分离, PMBP萃取, 离子交换薄膜定量提取后经X荧光光谱测定。高含量元素相对标准偏差在2—5%, 低含量元素相对标准偏差在20%。

福建行洛坑钨(钼)矿区花岗岩类各岩体样品的稀土元素含量的测定数据是引用福建闽西地质大队1982年的资料。

分析结果列于表1。

三、稀土模式特征

我们用Herman(1971)22个球粒陨石稀土元素平均值为标准, 将所分析的岩石样品稀土元素含量标准化, 所取得的各矿区花岗岩类岩石的稀土模式特征如下:

1. 广东莲花山钨矿区(图1) 稀土元素分布模式是一右倾斜曲线。且三种不同类型岩石的稀土模式曲线基本一致。其稀土总量(ΣREE)也相近(石英斑岩为197.86ppm, 花岗岩为188.97ppm, 流纹岩为225.25ppm), 它们的平均值为204.02ppm。石英斑岩与流纹岩的稀土模式曲线不显铈负异常, 铈异常强度系数分别为 $\delta\text{Eu} = 0.89$ 和 $\delta\text{Eu} = 0.75$, 而花岗岩的稀土模式曲线略显铈负异常, $\delta\text{Eu} = 0.48$ 。轻稀土较为富集。铈族稀土与钇族稀土比($\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$)差异不大, 石英斑岩为4.68, 流纹岩为3.87, 花岗岩为2.36。

2. 江西阳储岭钨(钼)矿区(图2) 稀土模式为一右倾斜曲线, 五种不同类型岩石的稀土模式曲线一致。五种不同类型岩石的稀土总量也大致相近, 但其中二长花岗斑岩(含矿岩体)总稀土含量较低, 为149.63ppm。稀土模式曲线不显铈负异常, δEu 值为0.85—0.98, 平均值为0.92。轻稀土富集。铈族稀土与钇族稀土比为4.02—5.05, 平均值为4.29, 其中石英闪长岩的 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 2.84$ 。

表1中Ho、Lu值异常高, 造成图1、图2稀土分布模式中Ho、Lu高峰。这是由于Ho、Lu含量低, 分布误差大所致。

3. 福建行洛坑钨(钼)矿区(图3) 稀土模式是一V型曲线, 具有极明显的铈负异常。其中南体与北体的模式曲线相似, 是一右倾斜的V形曲线。而深部隐伏岩体的稀土模式曲线却是一条左倾斜的V形曲线。稀土总含量, 南岩体及隐伏岩体基本相同, 介于181.11—207.77ppm之间, 而北岩体却非常的低, 为71.47ppm。模式曲线的铈负异常极明显, 南体

① 据闽西地质大队1983年资料。

表1 稀土元素组成特征 (ppm)

矿区	样品号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu	$\frac{\Sigma Ce}{\Sigma Y}$
莲花山	82001	石英斑岩	34.56	83.97	10.13	26.81	6.16	1.58	5.55	0.85	3.69	3.16	1.64	0.10	2.57	0.87	16.62	197.86	0.89	4.68
	82002	花岗岩	31.86	66.99	7.98	20.27	4.90	0.73	5.28	0.91	4.73	2.69	3.17	0.62	4.89	1.42	32.53	188.97	0.48	2.36
	82003	流纹岩	37.99	87.01	13.75	31.97	6.73	1.47	5.23	1.01	4.37	3.03	2.20	0.38	3.67	1.17	24.24	25.25	0.75	3.87
阳储岭	82004	石英闪长岩	37.83	76.43	9.87	27.28	7.02	2.12	7.17	1.15	6.05	2.78	2.99	0.59	3.92	1.54	29.96	217.00	0.98	2.84
	82005	花岗闪长岩	34.26	72.48	9.30	24.46	5.96	1.66	5.75	0.83	3.51	0.79	1.49	0.19	1.56	0.87	16.50	179.64	0.94	4.70
	82006	花岗闪长斑岩	35.91	75.40	9.11	23.39	6.99	1.58	5.59	0.77	3.09	1.31	1.40	0.21	1.49	0.85	16.49	182.88	0.91	4.86
	82007	二长花岗岩	28.21	56.87	7.99	20.23	5.17	1.31	5.09	0.78	3.07	0.88	1.40	0.19	1.25	0.65	16.48	149.63	0.85	4.02
行洛坑	82008	花岗岩	46.15	60.78	10.20	19.63	4.37	1.19	4.16	0.63	2.98	1.06	1.47	0.27	1.45	0.87	15.29	170.5	0.92	5.05
	R 211	中细粒黑云母花岗岩 (南体)	24.73	52.10	5.96	20.58	5.69	0.68	6.94	1.11	8.19	1.48	4.37	0.73	5.36	0.67	42.52	181.11	0.37	1.54
	R 212	细粒似斑状黑云母花岗岩 (南体)	28.14	63.50	6.04	24.86	5.86	0.64	6.76	1.19	8.19	1.57	4.55	0.84	5.27	0.75	49.61	207.77	0.34	1.64
	R 213	细粒似斑状黑云母花岗岩 (隐伏岩体)	9.38	21.88	3.06	12.00	5.86	0.22	9.54	1.87	15.25	2.88	8.57	1.66	10.54	1.67	92.92	197.40	0.10	0.36
	R 206	钾长石化细中粒花岗岩 (北体)	8.44	18.72	2.23	7.29	2.76	0.12	2.86	0.63	3.49	0.66	1.66	0.32	2.28	0.32	19.69	71.47	0.14	1.24
坑	R 214	变质粉砂岩 (南体上盘)	34.11	77.34	7.53	30.01	6.38	1.21	6.07	0.94	5.49	1.05	2.62	0.45	2.99	0.40	26.77	203.36	0.64	3.35
	R 215	变质层凝灰岩 (北体西盘)	39.22	85.48	9.10	32.58	7.33	1.38	5.55	1.02	5.40	1.13	3.06	0.55	2.99	0.45	27.56	222.80	0.69	3.67

行洛坑样品由中国科学院地球所十一室测试。

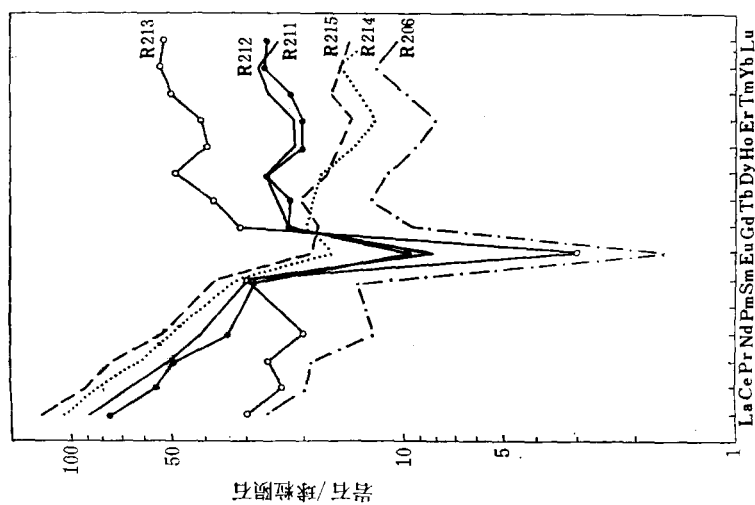


图 3 行洛坑钨(钼)矿花岗岩类稀土模式
(据湘西地质大队)

Fig. 3. Chondrite-normalized REE patterns of the granitoids in the Xingluokeng tungsten (molybdenum) deposit.

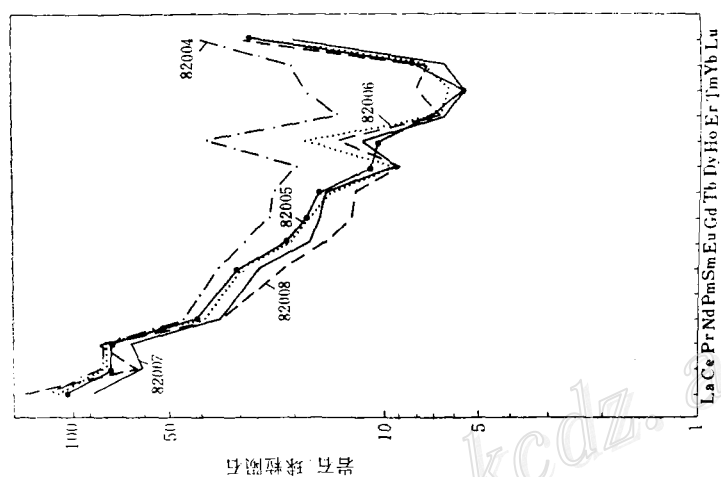


图 2 阳储岭钨(钼)矿花岗岩类稀土模式

Fig. 2. Chondrite-normalized REE patterns of the granitoids in the Yangchuling tungsten (molybdenum) deposit.

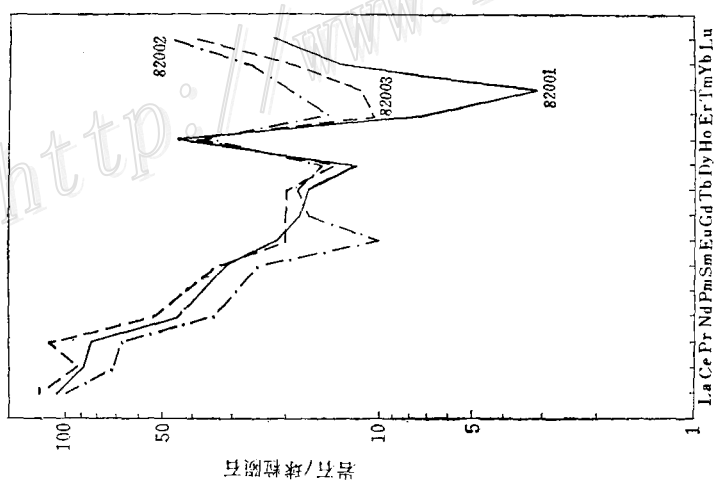


图 1 莲华山钨矿花岗岩类稀土模式

Fig. 1. Chondrite-normalized REE patterns of the granitoids in the Lianhuashan tungsten deposit.

的 δEu 值为0.34和0.37,北体的 δEu 值为0.14,深部隐伏岩体的 δEu 值最低,为0.10。铈族稀土与钇族稀土比变化较大,南体为1.54和1.64,北体为1.24,而深部隐伏岩体只有0.36。

四、岩石成因讨论

为了叙述上的方便,还是逐矿区讨论。

1. 从图1可清楚地看出,莲花山钨矿区的三种不同类型岩石的稀土模式特征是相似的。这种相似的稀土模式,暗示了相似的成因。该区花岗岩类的稀土总量(ΣREE)的平均值为204ppm,稀土模式的铈负异常不明显,其 δEu 的平均值为0.707。与杨超群的研究成果对比,它应属所谓同熔型花岗岩系列。作者等(1981)曾根据该区花岗岩类具有相同的同位素地质年龄(135—137百万年),相同且较低的铈同位素初始比值(0.7065),并结合大地构造位置等指出:该区花岗岩类是同源、深源岩浆在大致相同的时间里,不同侵位的产物。原始岩浆物质是洋壳及其海洋沉积物于俯冲带深部经重熔作用产生的^[3]。据上所述,莲花山钨矿区的花岗岩类是同源岩浆不同侵位的产物,成岩物质来自深源并混有壳源物质。

2. 图2显示阳储岭杂岩体的各类型岩石的稀土模式也很相似。并且较莲花山岩体具有更低的稀土总量和较高的铈族与钇族稀土比,稀土模式曲线不显铈负异常, δEu 的平均值为0.92。上述特征表明阳储岭杂岩体也应属同熔型花岗岩系列。

3. 行洛坑花岗岩类复式岩体的稀土模式特征比较复杂(图3)。V形曲线极为明显的铈负异常模式表明该花岗岩类复式岩体是壳源岩浆分异的产物。这从铈同位素初始比值高(南体为0.714,北体为0.722,隐伏岩体为0.716)和岩石化学特征($\text{K} > \text{Na}$, 贫Fe、Mg、Ca)也可得到证实。两种不同V形曲线稀土模式反映了岩石中轻、重稀土元素配分上发生了变化。造成这种变化的原因可能有两种解释:其一,花岗岩类是同源岩浆不同分异阶段的产物。不同阶段形成的岩石含重稀土矿物的种类和数量是有差异的。深部隐伏岩体中出现了硅铍钇矿和石榴石,这些矿物都是优先摄取重稀土元素,从而造成重稀土富集,形成显然与北体、南体不同的左倾斜模式曲线。其二,花岗岩类是不同岩浆源的产物。这种不同源本身轻、重稀土含量就不同,由各源形成的岩石的稀土模式自然不同。如果是这种情况,那么对至今一直被认为是成矿母岩的南体就要重新认识,它可能不是母岩,而是围岩。真正的成矿母岩可能是深部隐伏岩体。北体与南体模式曲线特征基本相似,但北体稀土总量非常低(只有71.47 ppm),其原因可能与北体花岗岩受后期钾化作用有关。D. H. M. 奥尔德顿(Alderton, 1980)等^[5]在对花岗岩蚀变过程中稀土元素活动性的研究中指出:花岗岩中的稀土元素在热液和表生蚀变中能够活动,从原体系中析出,造成岩石中稀土元素亏损。因此,用蚀变作用来解释北体稀土元素总量低是合适的。

五、结 论

通过研究华南地区三个与钨矿有成因联系的花岗岩类的稀土模式,对岩石成因和成矿物质来源等问题提出如下初步认识:

1. 莲花山和阳储岭花岗岩类中, 不同岩石的稀土模式一致。这反映了不同岩石是同源岩浆的产物。行洛坑花岗岩类出现了两种稀土模式, 意味着岩浆演化历史的复杂性, 可能是同源岩浆不同演化阶段的产物, 也可能是两个岩浆源的产物。

2. 莲花山花岗岩类似I型特点为主, 在岩浆演化中受地壳物质污染。阳储岭成岩系列也呈I型特征, 但岩体(花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩)中出现了钛铁矿、金红石、石榴石和独居石等S型标型副矿物, 同时 $Al/(Na+K+\frac{Ca}{2})$ 比值高, 大于1.1(花岗闪长斑岩为1.25, 二长花岗斑岩为1.19), 这些都说明阳储岭成岩系列具有地壳物质混染的特征。行洛坑成岩系列以鲜明的V形曲线显示了典型的S型特征, 即成岩物质来源于陆壳。成岩物质来源不同, 暗示这三个钨矿床具有不同的形成机理、岩浆演化和成矿特点。

本文得到黎彤教授的指导。倪守斌同志参加了莲花山钨矿的野外采样工作。李峰同志参加了莲花山和阳储岭钨矿的稀土元素分析。在野外工作期间得到了李正宏、徐岱玉、朱坤林、莫名滨、彭万发、王世聪等工程师的热情帮助与合作。文中引用了广东莲花山钨矿、江西916地质大队、闽西地质大队的资料。在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 王中刚 赵振华 赵惠兰 1980 华南花岗岩的稀土元素分布模式 地球化学 第1期
- [2] 黎彤 张盛奇 刘国光 庄培元 1961 硫化物型黑钨矿-白钨矿矿床 科学出版社
- [3] 满发胜 白玉珍 倪守斌 黎彤 1983 莲花山钨矿床同位素地质学初步研究 矿床地质 第4期
- [4] Emmerman, R. et al., 1975, Petrologic significance of rare earth distribution in granites. Contrib. Mineral. Petrol., p. 52.
- [5] Alderton, D. H. M. et al., 1980, Rare earth element mobility during granite alteration: evidence from southwest England. Earth Planet. Sci. Lett. 49, pp. 149-165.

THE REE PATTERNS AND ORIGIN OF TUNGSTEN-RELATED GRANITIC ROCKS IN SOUTH CHINA

Man Fasheng

(Department of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China)

Abstract

On the basis of a systematic analysis, the patterns of rare earth element (REE) of granitic rocks associated with three tungsten ore deposits in South China are reported in this paper, which furnish some special information for the origin and the evolution of granitic rocks in these areas.

1. The REE pattern of the Lianhuashan granitic rocks exhibits a rightward declined curve with a faint negative Eu anomaly. The δEu values are in the

range of 0.89—0.48.

2. The REE pattern of the Yangchuling granitic rocks also shows a rightward declined curve with the δEu values varying from 0.98—0.856.

3. The REE pattern of the Xingluokeng granitic rocks has a V-shaped curve with a strong negative Eu anomaly. The δEu values are in the range of 0.37—0.10.

With these patterns, one can deal with the origin of granitic rocks related to tungsten mineralization. The granitic rocks in South China often have multiple origins. In Lianhuashan as well as in Yangchuling, all the granitic rocks, having a rightward declined curve, are products of the same magma which mainly came from the mantle and later mixed to some extent with the crustal materials. They are I-type granitic rocks. However, the granitic rocks in Xingluokeng, having a V-shaped REE pattern with strong negative Eu anomaly, belongs to S-type rock system derived mainly from the Earth's crust.

These interpretations agree well with the results acquired from the studies on geology and geochronology.

(上接第21页)

面,都是十分有意义的。

4. 通过中外学者各种形式的接触,相互都交了很多新朋友,也进一步增进了老朋友之间的友谊,这十分有利于促进有关国家、地区,以及同行之间的科技合作和交流。

5. 经过交流,外国同行们对我国近年来在锡矿地质研究方面所取得的成就,以及以桂北为主体的广西锡矿带留下了深刻的印象;我国专家、学者也了解到不少外国锡矿地质研究方面的新成就、新动向。这对我们今后各方面工作的改进和提高,无疑是有益的。

总之,这次国际锡矿地质讨论,达到了预期的目的,会议是很成功的。

今后,按照与联合国亚太经社会区域矿产资源开发中心的协议,将分别编辑出版英文版和中文版的会议论文选集,以便进一步推动国内外同行学者的学术交流。

国际锡矿地质讨论会组委会学术组