

# 广西清湖二长岩稀土元素地球化学\*

徐磊明 袁忠信

(地质矿产部矿床地质研究所, 北京 100037)

**主题词** 清湖二长岩 稀土元素 稀土含量

**提要** 清湖二长岩是燕山早期源于下部地壳的岩浆在中深成条件下冷凝结晶形成的, 属碱性系列的中性岩类, 其  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (磷灰石) =  $0.70472 \pm 0.0004$ , 锆石 U-Pb 同位素年龄为 158.4 Ma (不一致线下交点年龄), 稀土含量 284.69(ppm),  $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 6.44$ ,  $\delta\text{Eu} = 0.88$ 。

岩石中稀土元素除小部分在岩浆上侵同化围岩时来源于围岩外, 主要来自深部(下部地壳, 与岩浆同源), 稀土元素在岩浆的结晶分异过程中主要以独立稀土矿物及类质同象替代的含稀土矿物两种形式沉淀下来, 其中稀土矿物褐帘石及含稀土矿物角闪石、斜长石和磷灰石是岩石中稀土元素的主要载体, 它们决定了岩石在以后的风化分解过程中稀土元素的进一步迁移富集。

关于花岗岩等酸性岩类岩石的稀土元素地球化学问题, 前人已作过详尽讨论, 但涉及二长岩等中性岩类岩石的极少, 本文将(以清湖二长岩为主要对象)讨论中性岩类中的二长岩的稀土元素地球化学特征。

## 1 岩体地质

广西清湖二长岩(以下简称清湖岩体)出露在广西陆川清湖乡及广东化州平定乡一带。岩体位于云开隆起六靖背斜的西南端, 受北东—南西区域性构造控制; 岩体呈北西—南东向的椭圆形, 长轴 16.3 km, 短轴 5—8.5 km, 地表出露面积约 105 km<sup>2</sup>。

清湖岩体侵入于寒武系及加里东期花岗岩中(见图 1), 与围岩呈清晰的侵入接触关系。在内接触带见有围岩捕虏体, 外接触带有明显的热变质迹象。岩体西北侧及南侧一部分围岩为寒武纪石英片岩、变粒岩及大理岩, 其余部分的围岩为加里东期压碎眼球状、片麻状花岗岩。

## 2 岩体的矿物学、岩石学特征及相带划分

岩体的造岩矿物主要有斜长石、钾长石、角闪石、石英和黑云母, 副矿物有磁铁矿、钛铁矿、磷灰石、榍石、锆石、褐帘石及少量的石榴石、黄铁矿、锐钛矿、黄铜矿、辉钼矿、钼石等。

\* 国家自然科学基金资助项目(4880148)。  
本文於 1991 年 7 月收到, 1991 年 10 月改回。

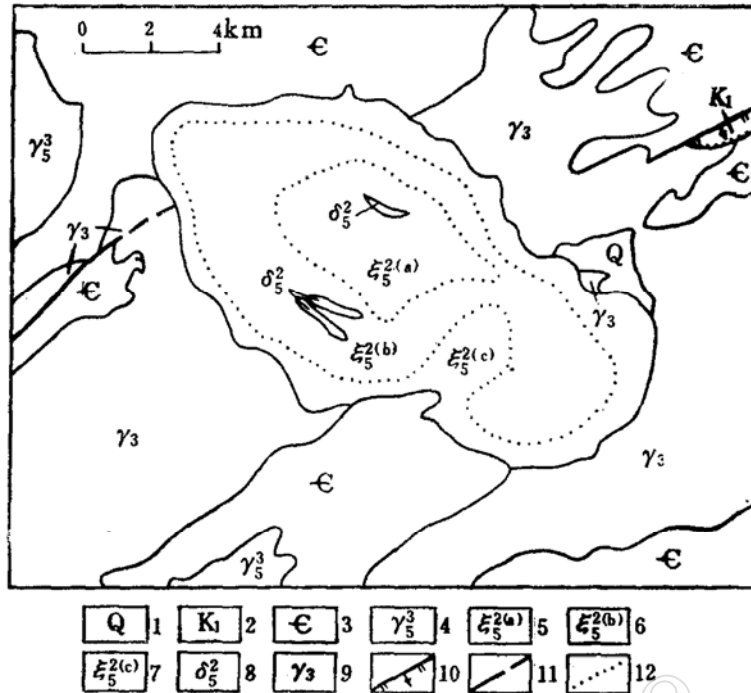


图 1 清湖二长岩岩体示意地质图

Fig. 1 Sketch geological map of Qinghu monzonite

(据广西、广东 1:20 万区域地质图、广西第六地质队资料编绘)

1—第四系; 2—白垩系; 3—寒武系; 4—燕山晚期黑云母花岗岩; 5—燕山早期粗粒角闪二长岩; 6—燕山早期中粒含石英角闪二长岩; 7—燕山早期细粒石英二长岩; 8—燕山早期闪长岩脉; 9—加里东期花岗岩; 10—断层; 11—推测断层; 12—岩体分相界线

表 1 清湖岩体主要矿物电子探针分析结果

Table 1 Electron microprobe analyses of several main minerals of Qinghu monzonite

矿物	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	ThO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IrO <sub>2</sub>	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	HfO <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
斜长石	5.09	0.54	20.11	63.13	0.99	8.19				0.23							
钾长石	0.50	0.18	19.30	63.91	15.5	0.06											
角闪石	1.51	6.56	7.71	42.13	0.99	11.4	1.51		0.37	27.3							
黑云母	1.24	15.8	16.34	35.97	8.15	0.08	3.06	0.19		13.4							
钛铁矿		0.02	0.01	0.21			46.27		2.51	50.8							
磷灰石			0.06			55.8						11.63					
锆石			0.45	32.16										66.37		0.03	
榍石			0.92	29.09	0.19	28.7	40.58			0.27							
褐帘石	0.01		13.48	34.20		9.78	0.41			16.0	0.27		10.28		10.67		0.81
绿泥石	0.49	7.03	1.35	49.06	0.19	23.9			0.32	17.2							

表中数据由地质产矿部矿床地质研究所电子探针室测定。

主要矿物的化学成分如表 1 所示。

从岩体边缘相—过渡相—内部相, 矿物颗粒由细变粗。岩石为二长结构(斜长石的自形程度高于钾长石), 以致密块状构造为主; 在岩体内部见有以暗色矿物为主的椭球形包体(成分为闪长岩, 系岩浆分形形成的析离体), 在岩体南部见有流动构造, 偶见条带状构造;

在岩体边部常见有围岩捕掳体。

岩石化学成分及几个重要的岩石化学参数列于表 2，从表 2 中可以看出以下特征：

表 2 清湖二长岩岩石化学成分及岩石化学参数

Table 2 Petrochemical compositions and parameters of Qinghu monzonite

岩石名称	细粒石英二长岩	中粒角闪二长岩	中粒角闪二长岩	粗粒角闪二长岩	黑云角闪二长岩	粗粒角闪二长岩 <sup>(1)</sup>	石英二长岩 <sup>(2)</sup>	南岭二长花岗岩 <sup>(3)</sup>	中国花岗岩平均值(黎形) <sup>(3)</sup>
样品号	11200	清 4	11204	清化 15	105—清 1	QS-1			
SiO <sub>2</sub>	62.36	58.73	59.94	61.73	58.65	60.34	61.15	71.24	71.28
TiO <sub>2</sub>	0.82	1.20	0.89	0.83	0.92	1.02	0.86	0.38	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.26	17.02	17.27	17.65	17.12	17.48	16.77	13.45	14.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.60	2.32	1.62	1.44	2.59	1.90	1.60	1.01	1.24
FeO	3.71	3.97	3.86	3.47	3.52	3.45	3.79	2.48	1.62
MnO	0.194	0.150	0.194	0.099	0.13	0.12	0.19	0.063	0.08
MgO	1.48	1.63	1.21	1.09	2.48	1.26	1.35	1.07	0.80
CaO	3.33	5.18	3.18	2.73	3.83	4.01	3.26	1.76	1.62
Na <sub>2</sub> O	4.84	4.68	4.84	5.28	4.60	4.59	4.84	2.87	3.79
K <sub>2</sub> O	4.43	3.94	5.26	5.58	4.20	4.33	3.13	4.61	4.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.264	0.354	0.264	0.220	0.29	0.28	0.27	0.171	0.16
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.016		0.015					
CO <sub>2</sub>		0.12		0.07	0.37	0.21		0.24	0.33
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.63	0.72	0.64	0.38	0.72	0.66	0.64	1.064	0.56
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>		0.23		0.15		0.10			
烧失	0.17	0.37	0.22	0.21					
总和	100.139	99.57	99.408	100.304	99.42	99.75	97.85	100.462	100.00
标准矿物成分 岩石化学参数	Q	7.75	4.462	2.58	1.98	4.38	6.98	1. $\sigma = \frac{(K_2O + Na_2O)^2}{SiO_2 - 43}$ (里特受岩系指数) 2. 碱度率 (A·R) = $= \frac{Al_2O_3 + CaO + (Na_2O + K_2O)}{Al_2O_3 + CaO - (Na_2O + K_2O)}$ 3. S·I $= \frac{100 \times MgO}{MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O}$ 4. D·I = Q + Or + Ab + (Ne + Lc + K <sub>v</sub> ) 5. Ox = $\frac{Fe_2O_3}{Fe_2O_3 + FeO}$	
	Or	26.18	23.28	31.08	32.97	24.82	25.59		
	Ab	40.95	39.60	40.95	44.68	38.55	38.84		
	An	9.56	13.80	9.86	7.98	13.86	14.30		
	Hly	6.01	4.14	5.89	5.16	8.06	5.44		
	Mt	2.32	3.36	2.35	2.08	3.76	2.75		
	Ilun	1.56	2.23	1.69	1.58	1.75	1.94		
	Ap	0.63	0.84	0.63	0.52	0.61	0.65		
	σ	4.44	4.72	6.02	6.30	4.95			
	A·R	2.80	2.27	2.95	3.28	2.45			
	S·I	9.22	9.85	7.21	6.47	14.26			
D·I	74.88	67.34	74.61	79.63	67.75				
Ox	0.30	0.37	0.30	0.29	0.42				

(1) 本文资料，由地质矿产部岩矿测试所分析。(2) 据广西区域地质志。

(3) 地质矿产部南岭项目花岗岩专题组，1985，南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用。其余资料引自广西第三地质队。

① 清湖二长岩与广西全区的石英二长岩<sup>(1)</sup>的平均化学成分基本一致，而与南岭地区二长花岗岩的平均化学成分及黎形的中国花岗岩平均值<sup>(2)</sup>有很大差别。清湖二长岩的 SiO<sub>2</sub> 含量在 53%—65% 之间，属于中性岩浆岩系列，其 CaO、MgO 及全铁含量较高，这对稀土元素

与  $\text{Ca}^{2+}$  间的类质同象替代并进入各矿物相中有重要意义；清湖二长岩的碱质含量较酸性岩类要高，而  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比值偏低；其  $\text{TiO}_2$  含量较高，在 0.83%—1.20% 之间，利于钛铁矿形成（当地居民已在岩体风化壳中开采钛铁矿砂矿）。

② 从标准矿物组合<sup>[3]</sup>可知，清湖二长岩属正常类型，据里特曼的岩系指数划分， $a > 4$ ，属于碱性岩系列，在赖特的岩石碱度率  $A \cdot R - \text{SiO}_2$  关系图中，投点也落在碱性岩区域内；据岩浆（硬化）固结指数（即久野指数） $S \cdot I$  来分析，清湖二长岩的  $S \cdot I$  在 6—15 间，比较低，推知母岩浆的分异程度较低； $D \cdot I$  在 65—80 间，与英安岩类一致，分异程度比酸性岩类低；氧化指数  $Ox$  在 0.29—0.42 间，比较低，说明岩浆来源及冷凝结晶都较深，清湖岩体归属于深源中深成岩类。

从岩体边缘→中心，矿物成分变化具有一定规律性，总趋势表现为暗色矿物（角闪石、黑云母及副矿物磁铁矿、钛铁矿等）含量逐渐增加，石英的含量降低，斜长石由酸性向中性过渡（ $An = 27 - 33$ ）；在岩体边缘没有发现椭球形闪长岩质包裹体，而在岩体内部及中心部位常见。此外在岩体内部还见有闪长岩脉。

依据矿物成分和前述的矿物粒度的规律性变化，本文将清湖岩体划分为三个相带（图 1）：

边缘相：指岩体边部较均匀出露的一圈细粒石英二长岩，矿物颗粒小，石英含量较高。

过渡相：为中粒含石英角闪二长岩，矿物粒度 2—4 mm，其石英含量较边缘相略低，暗色矿物含量略高，其中见有闪长岩质包裹体和闪长岩岩脉。

内部相：指岩体内部及中心部位的粗粒角闪二长岩，矿物粒度 5 mm 以上，局部长石斑晶达 20 mm，它以石英含量低，暗色矿物含量高为特点。此岩相带内常见椭球形闪长岩质包裹体，个体（截面  $20 \times 57 \text{ cm}^2$ ， $20 \times 40 \text{ cm}^2$ ）较过渡相的大，包裹体颜色较深，其主要矿物组分为细粒中长石及角闪石，与寄主岩有明显差别，其边部见有浅色石英长石的细微富集带，宽约几毫米，不见冷凝及烘烤边。此外还见到闪长岩脉。

以上三个岩相带间为渐变过渡关系。

岩体的磷灰石锶同位素组成为  $0.70472 \pm 0.0004$ ，表明岩体母岩浆具深源性质；锆石的 U-Pb 同位素不一致线下交点年龄为 158.4 Ma，与前人资料基本一致<sup>①</sup>，据此，清湖岩体应形成于燕山早期。

### 3 清湖岩体的稀土元素地球化学

#### 3.1 岩石和矿物的稀土含量及配分型式

作者采集了不同岩相带的若干岩石样品，作了稀土元素等离子光谱分析，对内部相的粗粒角闪二长岩的单矿物也用同样方法分析了其稀土含量（表 3），它们的稀土配分型式见图 2—5。

从表 3 可看出：

① 三个岩相带中，以粗粒角闪二长岩的稀土含量为最高，中粒含石英角闪二长岩及细粒石英二长岩的稀土含量次之，岩体中较晚形成的闪长岩脉的稀土含量较高。总的来看，

① 广西区域地质调查大队，1985，广西花岗岩类岩石的微量元素地球化学统计分析研究。

表 3 清湖二长岩及其单矿物稀土含量  
Table 3 REE content of Qinghu monzonite and its single minerals

样品名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣCe	ΣY	ΣREE	δEu
粗粒角闪二长岩	63.71	120.57	10.96	41.61	7.66	1.95	6.91	0.75	4.81	1.08	2.22	0.31	2.00	0.18	19.97	246.46	38.21	284.69	0.88
中粒含石英角闪二长岩	40.93	79.60	7.45	28.30	5.32	1.16	5.32	0.96	4.45	0.91	2.39	0.35	2.17	0.33	26.97	162.76	43.85	206.61	0.73
细粒石英二长岩	48.41	68.97	8.88	34.58	6.44	1.49	5.72	1.00	4.40	0.90	2.23	0.32	1.97	0.17	21.87	168.77	38.58	207.35	0.81
闪长岩	73.10	176.14	19.82	85.60	18.77	3.48	18.83	2.45	14.55	3.04	7.02	1.09	5.97	0.54	67.97	376.91	121.47	498.38	0.61
寒武纪变粒岩	51.30	70.97	10.46	40.01	7.36	1.47	6.12	1.01	4.68	0.94	2.28	0.31	2.05	0.27	18.39	185.57	36.05	217.82	0.71
加里东期花岗岩 <sup>(1)</sup>	40.57	82.58	9.96	33.80	6.53	0.95	5.73	1.03	5.32	1.11	2.98	0.45	2.71	0.42	26.84			221.18	0.49
燕山早期花岗岩 <sup>(1)</sup>	37.96	73.54	9.18	32.86	6.66	0.90	5.87	1.43	6.09	1.23	3.57	0.55	3.53	0.51	31.93			215.61	0.47
四堡群 <sup>(2)</sup>	30.33	60.38	7.17	27.92	5.72	0.94	5.74	0.86	5.14	1.12	2.99	0.50	2.96	0.49	26.48			178.00	0.55
板溪群 <sup>(2)</sup>	38.21	76.01	8.82	33.63	6.70	1.17	6.19	0.97	5.56	1.23	3.28	0.55	3.33	0.55	28.67			215.00	0.60
震旦系 <sup>(2)</sup>	40.25	84.08	9.70	37.86	8.05	1.68	7.54	1.15	6.40	1.37	3.61	0.59	3.41	0.57	31.07			237.00	0.71
寒武系 <sup>(2)</sup>	50.30	92.70	10.38	38.37	7.37	1.24	7.05	0.99	5.68	1.23	3.26	0.52	2.96	0.49	30.04			253.00	0.54
角闪石	339.55	582.25	52.85	182.99	32.24	1.59	26.54	3.95	22.04	4.61	11.10	1.59	10.11	11.2	101.05	1201.47	182.11	1383.58	0.18
黑云母	0.240	0.455	0.077	0.350	0.066	0.024	0.098	0.011	0.068	0.014	0.032	0.005	0.039	0.008	0.89	1.212	1.164	2.38	1.02
斜长石	41.16	64.66	5.50	18.26	2.77	1.80	2.86	0.30	1.47	0.27	0.68	0.10	0.44	0.10	5.79	134.15	11.51	145.66	2.30
钾长石	11.98	14.80	1.24	3.49	0.49	1.33	0.59	<0.3	0.45	0.10	0.18	<0.1	0.12	<0.10	1.05	33.33	2.99	36.12	8.37
钛铁矿	150.06	262.14	22.13	65.67	9.01	0.40	8.07	0.92	4.11	0.75	2.24	0.34	2.63	0.35	18.45	519.41	37.86	557.27	0.15
锆石	187.36	422.81	36.08	146.73	26.17	2.80	35.95	7.77	58.64	21.40	86.38	19.53	167.86	33.44	575.80	821.95	1006.77	1828.72	0.31
榍石	611.52	1779.20	180.96	665.96	118.96	88.28	99.60	15.64	84.19	180.09	46.58	8.00	54.68	7.51	413.50	3444.88	747.49	4192.67	2.64
磷灰石	2544.25	6176.44	589.42	2136.64	333.94	17.22	302.63	35.58	121.52	20.09	53.58	6.70	32.53	3.83	445.89	11797.91	1021.91	12819.82	0.18

(1) 地质矿产部南岭项目花岗岩专题组, 1985, 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用。

(2) 地质矿产部矿床地质研究所, 1985, 南岭及邻区地层地球化学研究——桂北地区地层及锡矿带地球化学。其余由地质矿产部岩矿测试技术研究所分析测试。

从岩体内部到边缘, 稀土含量有逐渐降低的趋势, 岩体的平均稀土含量较南岭地区同期花岗岩要高些, 也高出围岩。由于未采到围岩加里东期花岗岩的新鲜岩石, 在表3中只列出南岭地区加里东期花岗岩的稀土含量, 清湖岩体的平均稀土含量比它高。

② 单矿物中稀土含量较高者为磷灰石, 最低者为黑云母。造岩矿物中角闪石的稀土含量最高, 斜长石次之, 钾长石较小, 黑云母最小; 副矿物中磷灰石的稀土含量最高, 榍石、锆石、钛铁矿的稀土含量依次减少。

③ 岩体各相带岩石的 $\delta\text{Eu}$ 值均大于0.61, 主要岩相的 $\delta\text{Eu}>0.73$ , 铕负异常比南岭地区同期花岗岩( $\delta\text{Eu}=0.49$ )要弱得多。总的来说, 清湖岩体的铕亏损较弱, 这是二长岩稀土元素地球化学性质不同于花岗岩的一个很突出的方面, 在清湖岩体风化壳中相对富铕即由此引起。

单矿物的 $\delta\text{Eu}$ 差别很大。

### 3.2 岩石和单矿物的稀土配分

图2为清湖二长岩岩体各主要岩相带的稀土元素球粒陨石标准化曲线, 它们均为富轻稀土型, 岩体中闪长岩岩脉的铕亏损较强, 粗粒角闪二长岩最弱。

图3为清湖岩体与围岩及基底地层的稀土配分曲线。

从图中我们发现: 清湖岩体的轻重稀土分异较完全, 曲线右倾陡度较大, 而铕亏损远比其它岩类弱, 它与围岩及基底地层的稀土配分类型有较大差别, 这不仅说明清湖岩体与围岩及基底地层无明显亲缘关系, 而且还证实清湖岩体的稀土元素与母岩浆一样来源于更深部的下部地壳<sup>[4]</sup>(前已述及), 它继承了下部地壳的一些特点, 虽然母岩浆在上侵过程中同化了部分围岩和基底地层, 稀土配分发生了一些变化, 但仍保持了其原始岩浆形成时的配分型式。

从图4可见: 角闪石表现为强烈的铕亏损, 黑云母具有弱的铕亏损, 斜长石及钾长石均为正铕异常。这说明岩石中铕应主要集中在长石中; 四种造岩矿物均表现为富轻稀土, 说明它们对轻稀土地球化学亲和能力比重稀土要强。

副矿物的稀土配分见图5, 钛铁矿、榍石、磷灰石总体表现为富轻稀土型, 锆石的配分曲线呈“V”字型(轻重稀土的选择性富集不明显); 榍石表现较特别的正铕异常, 其余的均为负铕异常。

### 3.3 二长岩中稀土元素的矿物/全岩分配特点

这里将用岩石中各矿物相的稀土含量/岩石中的稀土总量, 即各矿物相稀土元素的矿物/全岩比值衡量稀土在各矿物相中的分配情况。

由表4可看到:

(1) 造岩矿物中角闪石的稀土元素矿物/全岩值最大, 除Eu为0.82外, 其余各稀土元素的矿物/全岩均大于1, 说明造岩矿物中角闪石相对于其余各矿物更富集稀土; 斜长石、钾长石的稀土元素的矿物/全岩值比角闪石的小, 黑云母的更小。

(2) 副矿物的稀土元素的矿物/全岩值一般都大于1, 有的达185.78, 说明副矿物对稀土元素具有更大的富集能力, 稀土元素是这些矿物的相容元素。常常见到岩石中相当量的稀土赋存在副矿物中, 其根本原因就在于此。

(3) 由于角闪石的稀土元素的矿物/全岩值除Eu外都大于1, 稀土元素是它的相容元素, 角闪石本身又是造岩矿物, 在岩石中含量达10%, 这表明角闪石是清湖岩体稀土元素

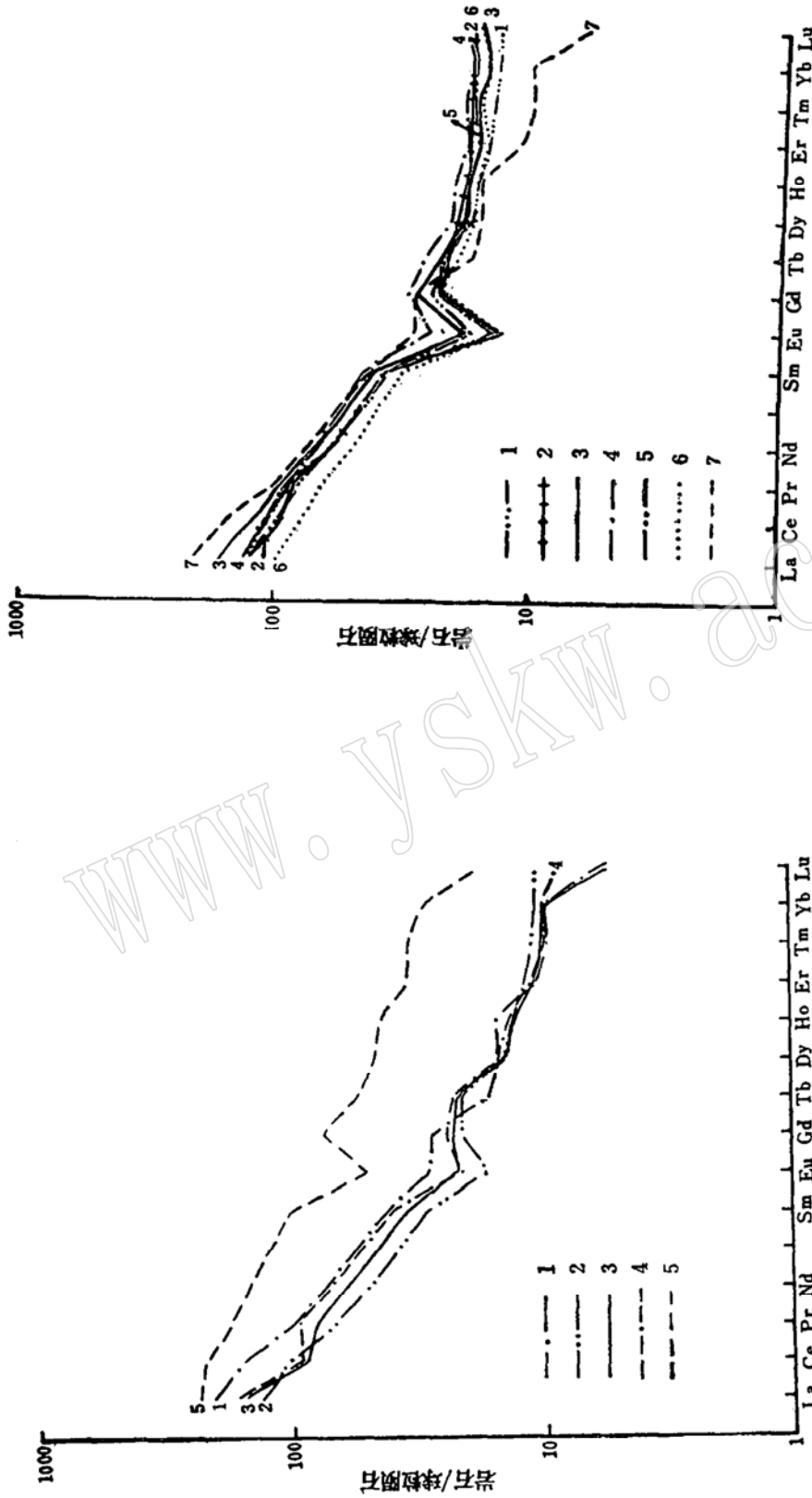


图 2 清湖二长岩主要岩相的稀土元素球粒陨石标准化曲线

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of the main petrofacies of Qinghu monzonite  
 1—粗粒角闪二长岩; 2—中粒含石英二长岩; 3—细粒石英二长岩; 4—寒武纪变质岩; 5—闪长岩脉

图 3 清湖岩体与围岩及基底地层的稀土元素球粒陨石标准化曲线

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of Qinghu monzonite, adjacent rock and underlyings  
 1—南岭地区加里东期花岗岩; 2—南岭地区燕山早期花岗岩; 3—寒武系(南岭地区); 4—震旦系(南岭地区); 5—板溪群; 6—四堡群; 7—清湖岩体粗粒角闪石二长岩

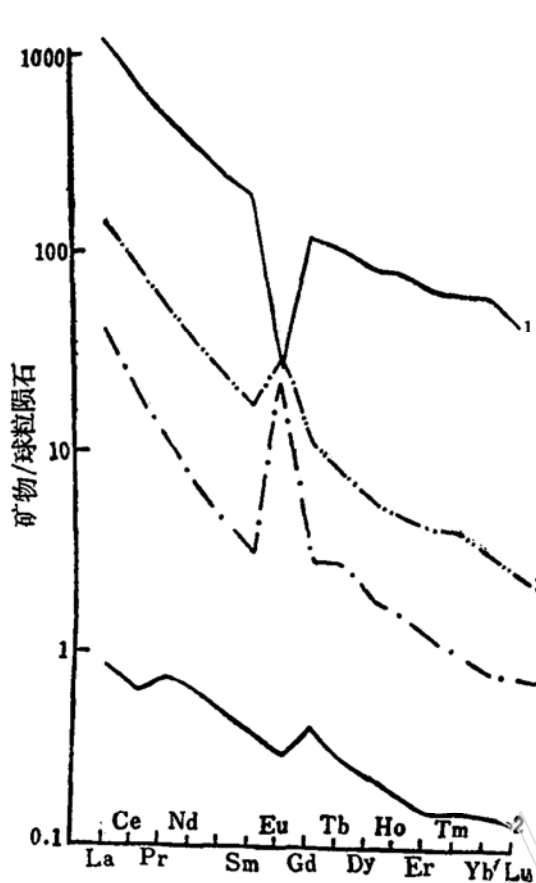


图 4 造岩矿物的稀土元素球粒陨石标准化曲线  
Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of the rock-forming minerals

1—角闪石；2—黑云母；3—斜长石；4—钾长石

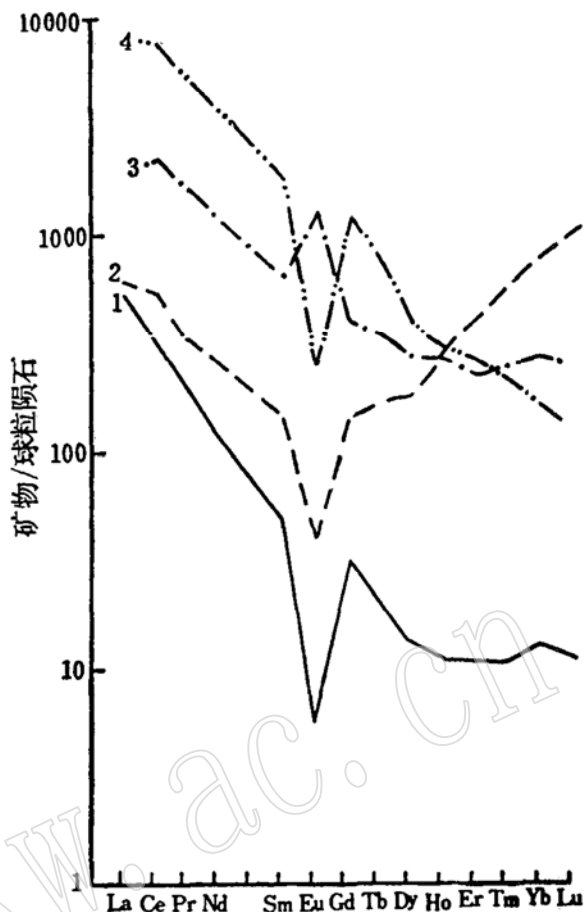


图 5 副矿物的稀土元素球粒陨石标准化曲线  
Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of the accessory minerals

1—钛铁矿；2—锆石；2—榍石；4—磷灰石

表 4 清湖二长岩各矿物相稀土元素的矿物/全岩比值

Table 4 REE's mineral/whole-rock of some minerals of Qinghu monzonite

元素	造岩矿物				副矿物			
	角闪石	黑云母	斜长石	钾长石	钛铁矿	锆石	榍石	磷灰石
La	5.33	0.004	0.65	0.188	2.51	2.94	9.60	29.23
Ce	4.91	0.004	0.54	0.123	2.17	3.51	14.76	52.23
Pr	4.82	0.007	0.54	0.113	2.01	3.29	16.51	53.78
Nd	4.39	0.008	0.44	0.084	1.58	3.53	16.00	51.35
Sm	4.21	0.009	0.36	0.064	1.18	3.42	15.53	43.60
Eu	0.82	0.012	0.92	0.682	0.21	1.44	11.52	8.83
Gd	3.84	0.014	0.34	0.085	1.17	5.20	14.41	43.75
Tb	5.27	0.015	0.40	<0.40	1.23	10.36	20.81	47.20
Dy	4.58	0.014	0.31	0.094	0.85	12.19	17.50	25.26
Ho	4.27	0.013	0.25	0.094	0.69	19.81	16.75	18.61
Er	5.00	0.014	0.31	0.081	1.01	38.91	20.98	24.2
Tm	5.13	0.016	0.32	<0.322	1.10	63.00	25.81	21.61
Yb	5.06	0.020	0.22	0.06	1.32	83.93	27.34	16.27
Lu	6.22	0.044	0.56	<0.556	1.94	185.78	41.72	21.26
Y	5.06	0.045	0.29	0.053	0.92	28.83	20.71	22.33



的主要载体。这也是二长岩不同于花岗岩的一个明显标志。

由上述有关清湖岩体的矿物、岩石、个别元素同位素地球化学特征及岩石和矿物的稀土元素地球化学讨论,得到以下几点体会:

1. 清湖二长岩岩体是燕山早期源于下部地壳的岩浆在中深成条件下冷凝结晶形成的,属碱性系列的中性岩类,岩体空间上分带(相)明显。

2. 岩体的稀土元素与母岩浆一样同源于下部地壳,小部分可能来自围岩。

3. 稀土元素在岩石中的主要存在形式有单矿物(褐帘石)、类质同象替代(主要是含  $\text{Ca}^{2+}$  的斜长石、角闪石、磷灰石、榍石及含  $\text{Zr}^{4+}$  的锆石中的稀土元素)以及机械混入物或吸附态(如钾长石、黑云母中的稀土元素)三种,角闪石中有部分稀土元素存在于显微包体矿物中(主要是含稀土元素副矿物及褐帘石中)。

4. 岩石中稀土元素主要集中分布在角闪石、斜长石、褐帘石及磷灰石中(考虑矿物的稀土元素含量及该矿物在岩石中的含量后得出此结论),这对稀土元素在风化分解过程中从原岩中释出、并在风化壳中富集有决定性意义。

#### 参 考 文 献

- 1 广西地质矿产局,广西区域地质志,北京:地质出版社,1986.
- 2 地矿部南岭项目花岗岩专题组,南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用,北京:地质出版社,1989,171—197.
- 3 武汉地质学院岩石教研室,岩浆岩岩石学(下册),北京:地质出版社,1980,97—131.
- 4 徐磊明,袁忠信,广西清湖二长岩锆石铀铅同位素年龄及其地质意义,广西地质,1992,5(3).

## The REE Geochemistry of Qinghu Monzonite, Guangxi

Xu Leiming Yuan Zhongxin

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Science,  
Beijing, 100037)

**Key words:** Qinghu monzonite; REE(rare earth element); REE content

#### Abstract

The Qinghu monzonite was formed by the cooling and crystallization of the magma derived from the lower crust layer. It belongs to the intermediate rocks of the alkaline series, having  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (apatite) of  $0.70472 \pm 0.0004$ , and U-Pb (Zircon) isotope age of  $158.4 \text{ Ma}$ . Its REE abundance is  $284.69 \text{ ppm}$ ,  $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}=6.40$ ,  $\delta\text{Eu}=0.88$ .

The majority of the REE of the rock body come from the deep-seated source, i. e. the lower crust layer, although a small proportion from surrounding rocks. As magma was crystallized and differentiated, REE in it were mainly deposited as REE mineral orthite, and REE-bearing amphibole, plagioclase and

apatite, which are main REE carrier in the rocks, and play an important role in REE immigrating and gathering in the weathering crust during the weathering and decomposition of the rocks.

www.yskw.ac.cn