

南岭花岗岩类岩石 Sm、Nd 同位素 特征及岩石成因探讨

袁 忠 信

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

张 宗 清

(中国地质科学院地质研究所, 北京)



根据南岭地区 50 个岩体 79 个样品, 以及基底构造层岩石 26 个样品的 Sm-Nd 同位素特征值讨论了本区陆壳的形成时间及花岗岩类岩石的成因。本区陆壳形成于 2 101 Ma 以前, 此后大约有 2 次大规模的地块增生。按照花岗岩类的 t_{DM} 、Sm/Nd、 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值, 以及区域大地构造特征, 区内可划分出 5 个花岗岩分布区。不同地区的花岗岩类具有不同的 Sm-Nd 同位素特征值, 同一地区的花岗岩类岩石及其基底构造层岩石具有相近的 Sm-Nd 同位素特征值, 结合地质构造特征研究可以认为, 不同地区花岗岩类的源岩主要就是该区的基底构造层岩石。后者对前者的分布、成因类型, 甚至有关的成矿作用具有重要的控制作用。

关键词 南岭花岗岩 基底构造层 Sm-Nd 同位素 岩石成因

南岭地区花岗岩类岩石分布十分广泛, 花岗岩的分布面积约占全区总面积的 1/5。本区又是世界闻名的有色稀有金属成矿区, 许多内生矿产与花岗岩类岩石具有密切的空间上和成因上的联系。对本区花岗岩类岩石的研究历来受到人们重视, 80 年代以来国内出版了一系列有关本区花岗岩类岩石成因类型和成因系列的专著^[1-4], 大大深化了对本区花岗岩类岩石及有关矿床的成因认识。

众所周知, Sm、Nd 同位素地球化学已广泛用于岩石成因研究, 成功地解释了成岩物质来源、岩石形成时代, 以及成岩物质在地壳中的演化等问题。为了补充前人的认识, 作者系统采样进行本区花岗岩类岩石的 Sm、Nd 同位素研究。样品采集自 10 个岩体, 共 27 个样品, 此外, 还采集了与岩石成因问题有关的桂北四堡群、闽北麻源群地层岩石共 13 个样品。由这些样品得出的数据只是本文用以讨论的一小部份, 大部份数据是收集前人工作成果^[5-11]。加上这次作者的工作, 本文用于讨论的岩体共 50 个, 样品共 79 个, 地层岩石样品共 26 个。对于南岭这样广大地区和这样众多的花岗岩体, 上述几十个样品是嫌于少了。正如下述, 有的地区或岩体只有一个样品作代表。但就是从这些少数样品已可看出一些端倪, 从它们可了解到有关花岗岩类岩石成因方面的重要信息。

1 样品分析及数据整理

样品分析是在中国地质科学院地质研究所 Sm-Nd 同位素年代学实验室完成。方法已由张宗

注 国家自然科学基金资助项目, 项目编号: 4880148
本文 1990 年 12 月收到, 1991 年 6 月改回, 郝粹国编辑。

清和叶笑江报导^[12,13]。M A T-261 固体同位素质谱计测定, 双 (Re) 带, M^+ 离子形式, 可调多法拉第筒接收器接收。J.M.Nd₂O₃(NO.JMC321) 标准测定结果: $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511125 \pm 8(2\sigma)$, $\text{BCR}-1^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.512643 \pm 12(2\sigma)$ 。

年龄计算采用 York 的回归分析法。衰变常数: $\lambda(^{147}\text{Sm})=6.54 \times 10^{-12} \text{年}^{-1}$ 。模式年龄采用: $t_{\text{DM}} = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - 0.51315}{(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_s - 0.2137} + 1 \right]$ 计算。对于收集的样品数据, 均以 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 为标准, 对其 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值作了相应的校正, 并统一计算其 t_{DM} 、 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 、 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 。

$$\epsilon_{\text{Nd}}(0) = \frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s^{(0)} - 512638}{512638} \times 10^4$$

$$\epsilon_{\text{Nd}}(t) = \frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s^{(t)} - (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^{(t)}}{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^{(t)}} \times 10^4$$

2 结果和讨论

花岗岩类岩石样品的 Sm、Nd 同位素分析结果及经计算得出的 Sm、Nd 同位素特征值列于表 1, 样品点位置示于图 1, 根据表 1 资料作出的 $\epsilon_{\text{Nd}}-T$ 图解见图 2。

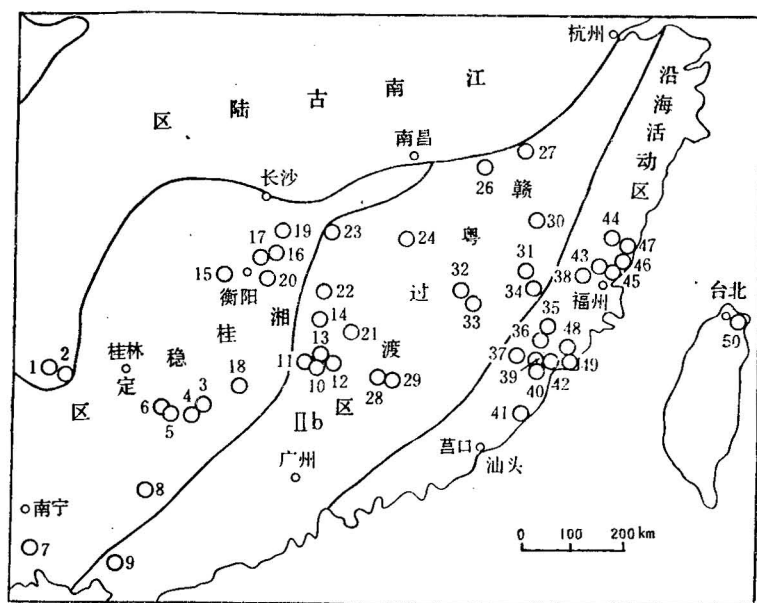


图 1 南岭地区花岗岩样品位置图

Fig 1 Schematic map showing location of samples of the granitoids in Nanling area

(样品点编号代表采集样品的岩体号, 与表 1 岩体顺序号相同, 构造分区根据[4])

从花岗岩类岩石的 Sm、Nd 同位素特征值看, 南岭地区花岗岩类岩石具有区域分布特征, 可分出如下 5 个花岗岩分布区。第一区是桂北、桂中区, 包括的岩体有本洞、三防、花山、牛庙、同安等。这一地区的美华岩体以其具有独特的 t_{DM} 值而不归入, 将在后面说明。这些岩体的 t_{DM} 除一个样品外, 其它样品年龄在 3307—1990 Ma, 平均 2383 Ma。这些岩体的 Sm/Nd 0.17—0.26, 平均 0.21, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 介于 -2.9—-18.7, 平均 -10.26。这些岩体的 t_{DM} 和 Sm/Nd 值相互之间甚为接近。桂北和桂中地区的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值相差较大, 因而按 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值第一区又可分出两

表 1 南岭地区花岗岩类岩石 Sm-Nd 同位素特征值
Table 1 Sm-Nd isotopic characteristic values of the granitoids in Nanling area

岩体 序号	岩体名称	岩 石 名 称	样 号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/$ ^{144}Nd	$^{143}\text{Nd}/$ ^{144}Nd	$\epsilon_{\text{Nd}}(o)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	t_{DM} (Ma)	岩石形成 年龄(Ma)	资料来源
1	广西三防	黑云母花岗岩	B21	2.695	10.159	0.155 052	0.511 707	-18.2	-13.5	3 720	888	李志昌等1988
		黑云母花岗岩	B23	3.645	15.334	0.143 783	0.512 056	-11.4	-5.4	2 374	888	李志昌等1988
		黑云母花岗岩	B26	4.152	15.816	0.158 743	0.512 069	-11.1	-6.8	2 976	888	李志昌等1988
2	广西本洞	花岗岩闪长岩	B13	5.697	27.786	0.123 870	0.511 961	-13.2	-3.3	2 011	1 063	李志昌等1988
		花岗岩闪长岩	B14	4.124	19.829	0.125 340	0.511 992	-12.6	-2.9	1 990	1 063	李志昌等1988
		花岗岩闪长岩	B15	4.424	20.537	0.130 275	0.511 834	-15.7	-6.7	2 394	1 063	李志昌等1988
	广西本洞	花岗岩闪长岩	B18	5.476	25.327	0.130 763	0.511 950	-13.4	-4.5	2 197	1 063	李志昌等1988
		花岗岩闪长岩	III G-2	5.556	27.052	0.124 208	0.511 915	-14.1	-4.3	2 095	1 063	李志昌等1988
		花岗岩闪长岩	III G-3	4.131	19.787	0.126 240	0.511 964	-13.2	-3.6	2 059	1 063	李志昌等1988
	广西本洞	花岗岩闪长岩	III G-15	3.348	15.875	0.127 526	0.511 764	-17.1	-7.7	2 439	1 033	李志昌等1988
		花岗岩闪长岩	B 2	3.321	13.061	0.153 748	0.511 838	-15.6	-9.8	3 307	1 063	李志昌等1988
		黑云母花岗岩	I-3	6.0	33.7	0.111 0	0.511 609	-20.1	-18.3	2 277	165	朱金初等1989
	广西花山	黑云母花岗岩	I-5	8.3	43.6	0.115 5	0.511 610	-20.1	-18.4	2 379	165	朱金初等1989
		黑云母花岗岩	II-2	8.5	49.2	0.104 3	0.511 612	-20.1	-18.1	2 135	165	朱金初等1989
		黑云母花岗岩	II-4	7.5	34.5	0.132 3	0.511 614	-20.0	-18.7	2 858	165	朱金初等1989
4	广西美华	细粒花岗岩	II-5	5.2	17.6	0.178 4	0.511 606	-20.2	-19.9	6 546	129	朱金初等1989
		细粒花岗岩	II-7	6.1	24.1	0.153 7	0.511 553	-21.2	-20.5	4 017	129	朱金初等1989
		细粒花岗岩	II 6-2	4.7	16.2	0.177 5	0.511 586	-20.6	-20.2	6 467	129	朱金初等1989
5	广西牛庙	石英二长闪长岩	II-1	9.5	49.8	0.115 2	0.511 610	-20.1	-17.9	2 372	211	朱金初等1989
		石英二长岩	I-6	9.1	49.3	0.111 2	0.511 612	-20.1	-17.8	2 277	211	朱金初等1989
7	广西台马	黑云母紫苏辉石花岗岩斑岩	GTM-1			0.125 46	0.511 172	-28.6	-26.5	3 391	235	黄壹等1989

续表 1

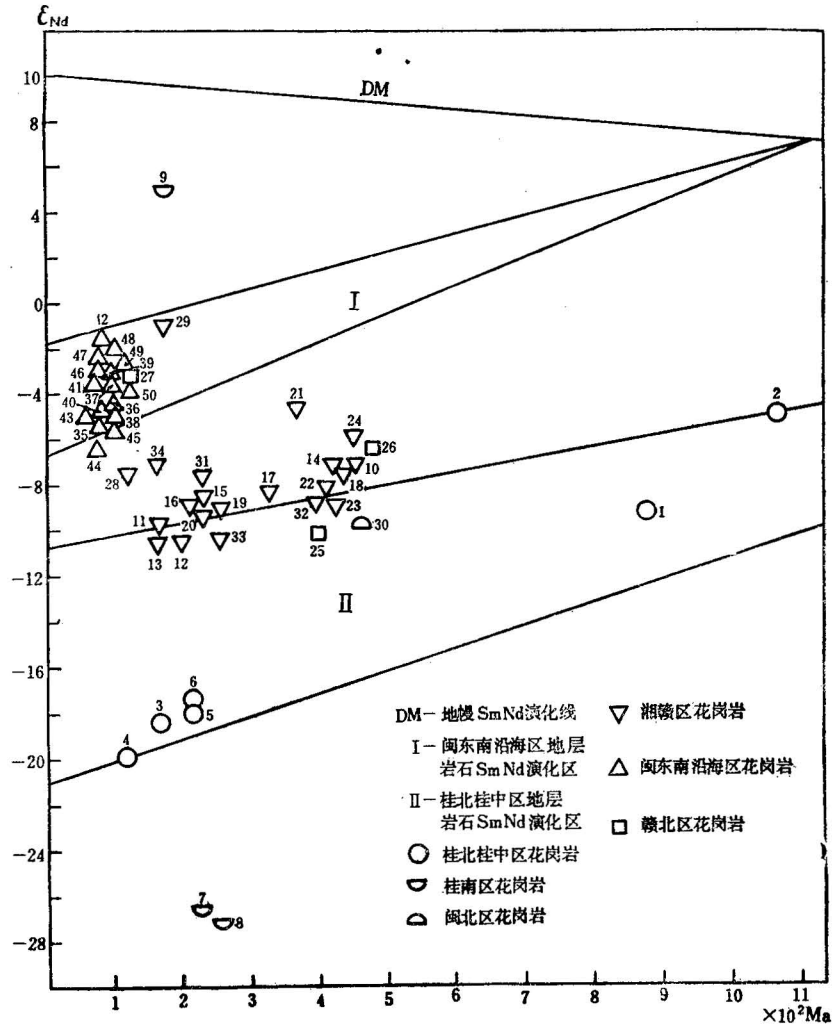
岩体顺序号	岩体名称	岩石名称	样号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{137}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	t_{DM} (Ma)	岩石形成年龄 (Ma)	资料来源
8	广西旧州	黑云母堇青石花岗岩	GZ-3921			0.117 08	0.511 122	-29.6	-27.1	3 177	250	黄璜等1989
9	广西清湖	石英二长岩	Qs-1	7.410	42.566	0.105 300	0.512 792	+3.0	+4.8	504	158	本文作者
10	广西扶溪	花岗闪长岩	F88-1	5.942	34.373	0.104 600	0.512 005	-12.4	-6.9	1 596	464	本文作者
	广西扶溪	花岗闪长岩	F88-4	5.657	32.059	0.106 700	0.512 017	-12.2	-6.8	1 611	464	本文作者
	广西扶溪	花岗闪长岩	F88-6	5.910	31.915	0.112 000	0.512 036	-11.8	-6.8	1 666	464	本文作者
	广西扶溪	角闪石	F ₃ -Hb	27.392	114.79	0.144 300	0.512 132	-9.9	-6.8	2 227	464	本文作者
	广西扶溪	斜长石	F ₃ -Pl	0.304	1.821	0.100 800	0.512 005	-12.4	-6.7	1 543	464	本文作者
11	湖南九峰	黑云母二长花岗岩	J88-3	5.953	30.319	0.118 800	0.512 020	-12.1	-10.5	1 810	159	本文作者
	湖南九峰	黑云母二长花岗岩	J88-6	5.613	23.938	0.141 800	0.512 046	-11.6	-10.5	2 330	159	本文作者
	湖南九峰	黑云母二长花岗岩	J88-8	7.723	41.212	0.113 400	0.512 017	-12.2	-10.5	1 718	159	本文作者
	湖南九峰	黑云母二长花岗岩	J88-10	6.940	34.124	0.123 000	0.512 034	-11.8	-10.3	1 870	159	本文作者
	湖南九峰	黑云母二长花岗岩	J88-14	6.803	35.529	0.115 800	0.512 019	-12.1	-10.5	1 756	159	本文作者
	湖南九峰	黑云母	J ₁ -Bi	5.160	19.535	0.159 800	0.512 084	-10.8	-10.1	2 995	159	本文作者
12	湖南白云圩	黑云母二长花岗岩	B88-1	9.932 4	60.668	0.099 000	0.511 950	-13.5	-10.9	1 591	208	本文作者
	湖南白云圩	黑云母二长花岗岩	B88-3	9.760 0	54.993	0.107 400	0.511 936	-13.7	-11.4	1 736	208	本文作者
	湖南白云圩	黑云母	B ₂ -Bi	3.681 8	22.071	0.100 900	0.511 941	-13.6	-11.1	1 630	208	本文作者
	湖南白云圩	斜长石	B ₂ -Pl	0.427 1	2.376	0.108 700	0.511 929	-13.9	-11.5	1 768	208	本文作者
13	湖南企岭	二云母二长花岗岩	Q88-1	4.146	21.301	0.117 700	0.511 962	-13.2	-11.6	1 881	159	本文作者
	湖南企岭	二云母二长花岗岩	Q88-5	4.984	19.987	0.150 800	0.512 058	-11.4	-10.39	2 632	159	本文作者
	湖南企岭	斜长石	Q ₁ -Pl	0.262	1.787	0.088 600	0.511 883	-14.8	-12.6	1 541	159	本文作者
14	湖南汤湖	花岗闪长岩	84YG80	8.488	41.39	0.124 3	0.512 008	-12.3	-8.4	1 941	427	李献华等1989

续表 1

岩体顺序号	岩体名称	岩石名称	样号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(\text{o})$	$\epsilon_{\text{Nd}}(\text{t})$	t_{DM} (Ma)	岩石形成年龄 (Ma)	资料来源
	湖南汤湖	花岗岩闪长岩	86ZG61	6.239	28.71	0.131 2	0.512 090	-10.7	-7.2	1 952	427	李献华等1989
	湖南汤湖	花岗岩闪长岩	86ZG63	7.635	32.06	0.143 8	0.512 232	-8.0	-5.1	1 995	427	李献华等1989
15	湖南关帝庙	二长花岗岩	HG-4			0.106 02	0.512 068	-11.2	-8.5	1 528	230	黄萱等1989
16	湖南丫江桥	黑云母花岗岩	HY-4			0.136 35	0.512 118	-10.2	-8.6	2 028	200	黄萱等1989
17	湖南吴集	花岗岩闪长岩	HWJ-18			0.093 28	0.511 070	-13.1	-8.5	1 491	346	黄萱等1989
18	湖南雪花顶	花岗岩闪长岩	HX-65011			0.134 82	0.512 063	-11.2	-7.7	2 092	446	黄萱等1989
19	湖南宏夏桥	花岗岩闪长岩	HH-4			0.093 87	0.511 976	-13.0	-9.1	1 491	294	黄萱等1989
20	湖南将军庙	黑云母花岗岩	HJ-3			0.120 43	0.512 054	-11.4	-9.4	1 786	210	黄萱等1989
21	江西上犹	黑云母花岗岩	JSJU-57			0.129 56	0.512 554	-7.5	-4.3	1 620	377	黄萱等1989
22	江西宁岗	黑云母花岗岩	JNG-001			0.126 04	0.512 005	-12.4	-8.5	1 983	426	黄萱等1989
23	江西武功山	混合岩	JW-33150			0.119 44	0.511 955	-13.4	-9.2	1 925	422	黄萱等1989
24	江西乐安	黑云母花岗岩	JLA-1			0.112 08	0.512 086	-10.8	-5.9	1 593	450	黄萱等1989
25	江西严屋	黑云母花岗岩	JYW-75			0.118 79	0.511 905	-14.3	-10.4	1 993	400	黄萱等1989
26	江西慈竹	片麻状斜长花岗岩	JCZ-1			0.110 11	0.512 043	-11.5	-6.3	1 618	477	黄萱等1989
27	江西灵山	黑云母二长花岗岩	HR ₂ -1	9.107	51.159	0.107 700	0.512 393	-4.8	-3.4	1 088	127	本文作者
	江西灵山	黑云母二长花岗岩	HR ₂	10.578	58.576	0.109 200	0.512 423	-4.2	-2.8	1 060	127	本文作者
28	江西足洞	黑云母钾长花岗岩	RZ-1	11.453	18.931	0.366 000	0.512 372	-5.2	-7.9	-783	124	本文作者
	江西足洞	黑云母钾长花岗岩	RZ-11	6.933	10.127	0.414 100	0.512 454	-3.6	-7.1	-532	124	本文作者
29	江西关西	黑云母碱长花岗岩	RZ-15	17.629	83.146	0.128 200	0.512 508	-2.6	-1.1	1 144	170	本文作者
30	福建竹洲	二云母混合花岗岩	FZ-2	3.640	15.938	0.138 100	0.512 016	-12.2	-8.7	2 277	460	本文作者
	福建竹洲	二云母混合花岗岩	FZ-6	2.593	12.398	0.126 500	0.511 900	-14.4	-10.3	2 176	460	本文作者

续表 1

岩体顺序号	岩体名称	岩石名称	样号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(o)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	t_{DM} (Ma)	岩石形成年龄 (Ma)	资料来源
31	福建夏茂	片麻状石英闪长岩	F-3047	3.594 9	23.566 3	0.092 40	0.512 120	-10.1	-7.1	1 293	230	黄萱等1986
32	福建宁化	黑云母花岗岩	F-3403	8.222 2	41.391 0	0.120 26	0.515 955	-13.4	-9.4	1 942	401	黄萱等1986
33	福建韩埔	黑云母花岗岩	F-3036	6.108 1	31.146 8	0.118 63	0.511 991	-12.6	-10.2	1 852	248	黄萱等1986
34	福建中村	黑云母二长花岗岩	F-3015	7.608	34.534	0.133 27	0.512 195	-8.7	-7.4	1 805	159	黄萱等1986
35	福建长坑	黑云母花岗岩	F-Ch-H	12.535	39.420	0.192 35	0.512 344	-5.8	-5.7	5 679	120	黄萱等1986
36	福建达摩	晶洞花岗岩	F-Ch-D	7.445 3	22.765	0.193 34	0.512 394	-4.8	-4.8	5 751	120	黄萱等1986
37	福建金山	黑云母花岗岩	F-3107	2.254 1	13.069	0.104 329	0.512 374	-5.2	-3.8	1 081	120	黄萱等1986
38	福建祥黑	石英闪长岩	F-Y-H	4.755 4	23.013	0.124 5	0.512 325	-6.1	-5.0	1 408	120	黄萱等1986
39	福建古衣	二长花岗岩	F-3156	6.737 7	39.797	0.102 41	0.512 378	-5.1	-3.7	1 057	120	黄萱等1986
40	福建长泰	花岗岩闪长岩	FZHS	5.898 8	36.401	0.098 024	0.512 325	-6.1	-4.7	1 086	116	黄萱等1986
41	福建南山	黑云母花岗岩	FNSH	3.381 5	21.908	0.093 576	0.512 374	-5.1	-3.7	985	116	黄萱等1986
42	福建牛尾山	晶洞碱长花岗岩	F-3153	0.692 5	6.385 4	0.065 602	0.512 448	-3.7	-1.8	723	116	黄萱等1986
43	福建洞田	花岗岩闪长岩	F-3068	4.5674	22.716	0.121 63	0.512 314	-6.4	-5.4	1 382	98	黄萱等1986
44	福建丹阳	黑云母二长花岗岩	F-3367	7.111	42.228	0.109 02	0.512 243	-7.7	-6.6	1 319	98	黄萱等1986
45	福建鼓山	黑云母二长花岗岩	F-3067	3.136 8	18.491	0.102 61	0.512 280	-7.0	-5.8	1 193	99	黄萱等1986
46	福建魁岐	晶洞碱长花岗岩	Qu-1	3.482	15.408	0.136 700	0.512 458	-3.6	-2.8	1 368	91	本文作者
	福建魁岐	晶洞碱长花岗岩	F-K-Q	5.957	22.717	0.138 63	0.512 460	-3.5	-3.1	1 903	91	黄萱等1986
47	福建笔架山	晶洞碱性花岗岩斑岩	F-3371	8.171	30.647	0.161 92	0.512 474	-3.2	-2.8	1 982	91	黄萱等1986
48	福建葵山	黑云母花岗岩	F-K-H	3.376 2	20.115	0.101 53	0.512 482	-3.1	-2.0	908	91	黄萱等1986
49	福建大牛山	混合花岗岩	F-J-D	5.126 5	35.270	0.087 75	0.512 433	-4.0	-2.8	868	91	黄萱等1986
50	台湾大南澳	黑云母花岗岩	BJ-123-82	5.90	28.96	0.124 1	0.512 390	-4.88	-3.8	1 292	116	江博明等1984
	台湾大南澳	黑云母花岗岩	BJ-132-82	6.41	31.32	0.124 9	0.512 402	-4.64	-3.6	1 282	116	江博明等1984

图 2 南岭地区花岗岩类岩石的 ϵ_{Nd} -T 图Fig 2 ϵ_{Nd} -T diagram of the granitoids in Nanling area

个亚区。第一亚区包括本洞和三防岩体，其 $\epsilon_{Nd}(t)$ 介于 -2.9 — -13.5 ，除一个样品为 -13.5 外，其余样品都大于 -9.8 ，平均 -5.5 。第二亚区包括花山、牛庙、同安等岩体，它们的 $\epsilon_{Nd}(t) = -17.8$ — -18.7 ，平均 -18.2 。第二区是赣北区，现有灵山、慈竹两个岩体，它们的 t_{DM} 是 1618 — 1060 Ma，平均 1255 Ma， Sm/Nd 0.18 ， $\epsilon_{Nd}(t) = -2.8$ — -6.3 ，平均 -4.2 。第三区是闽北区，只有一个竹洲岩体，其平均的 t_{DM} 2226 Ma， Sm/Nd 0.22 ， $\epsilon_{Nd}(t) = -9.5$ 。第四区是闽东南沿海区，包括的岩体有长坑、达摩、金山、洋黑、占农、长泰、南山、牛尾山、润田、丹阳、鼓山、魁歧、笔架山、葵山、大牛山，以及台湾的大南澳等。它们的 t_{DM} 介于 5701 — 723 Ma，除 4 个样品外，其余 14 个样品的 t_{DM} 都小于 1408 Ma，平均 1139 Ma。这一地区岩体的 $Sm/Nd = 0.11$ — 0.27 ，平均 0.18 ， $\epsilon_{Nd}(t) = -1.8$ — -6.6 ，平均 -3.8 。第五区是本区中部的广大地区，包括湘西、湘南、赣南，直到闽西，主要因大地构造条件不同，又可分出两个亚区。第一亚区是湘西亚区，包括的岩体有湖南的关帝庙、丫江桥、吴集、雪花顶、宏夏桥、将军庙等。这些岩体的 t_{DM} 2092 — 1491 Ma，平均 1736 Ma， $\epsilon_{Nd}(t) = -7.7$ — -9.4 ，平均 -8.6 。第二亚区包括的岩体有广东的扶溪、湖南的九峰、白云圩、企岭、汤湖、江西的武功山、宁岗、乐安、上犹，

以及福建的夏茂、宁化、玮埔、中村等。这些岩体的 t_{DM} 2 632—1 293Ma, 平均 1 837 Ma, 岩石的 Sm/Nd 0.15—0.24, 平均 0.19, $\epsilon_{Nd}(t) = -4.3$ — -11.6 , 平均 -8.7 。

在上述第五区中, 赣南的足洞、关西, 以及西华山岩体, 具有特殊的 Sm、Nd 同位素值, 将在后面单独说明。广东省的广大地区缺乏资料。广西南部的旧州、台马岩体, 以及清湖岩体, 或离上述 5 个地区较远, 或具有特殊的 t_{DM} 和 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值, 也单独看待, 分区时暂不考虑。

上述几个地区的分出, 除根据花岗岩类岩石具有不同的 Sm、Nd 同位素特征值外, 也考虑地区的大地构造特征。如图 1 所见, 第一区的第一亚区地处江南古陆南缘及其邻近, 区内元古宙构造层发育。下元古宙构造层在桂北为四堡群, 地层岩石形成年龄 2 219 Ma^[15], 岩性以绿色片岩为主, 夹变粒岩和千枚岩, 总厚度近 10 000m。其中普遍产出基性火山岩, 局部地段基性火山岩可占地段岩石面积的 40%^[4]。中上元古宙构造层一般称为板溪群, 时代下限大于 1 000 Ma, 地层岩性以板岩、千枚岩为主, 缺乏火山岩, 尤其是基性火山岩, 厚度大于 10 000m。第二区——赣北区同属江南古陆南缘及其邻近, 该区地层岩性以变质中基性熔岩、变质凝灰岩及凝灰质千枚岩、板岩等为主。徐备等采取沿赣东北深断裂产出的蛇绿岩样品作 Sm—Nd 同位素年龄测定, 得出蛇绿岩形成年龄为 930 Ma^[11]。第三区为闽北区, 经本文作者采样测定, 该地麻源群的形成年龄为 2 116 Ma^[4], 地层岩石有原岩可能为基性火山岩的斜长角闪岩、变粒岩及云母片岩等。位于该区内的竹洲岩体为混合花岗岩, 正是由该地麻源群岩石经混合岩化而成。第四区是闽东南沿海区, 该区区内中生代火山岩大片出露, 地区基底构造层多被掩盖。在燕山期, 在西太平洋大陆边缘构造活动影响下, 本区形成沿长乐—南澳一线的一条中生代变质带, 岩性以各种变粒岩、浅粒岩及云母片岩为主, 经黄辉等人研究, 岩石形成于早古生代^[8], 是为本区出露的震旦—志留系构造层。第五区在大地构造上相当于华南褶皱系的湘西北稳定区及赣粤过渡区, 区内发育震旦—志留系构造层, 局部见有板溪群出露, 地层厚度在 10 000m 以上, 岩性主要为砂页岩、板岩及千枚岩, 火山岩较少见。由于加里东期强烈变质作用, 上述地层在局部地段形成一套包括片岩、片麻岩, 以及混合花岗岩的变质岩系。在燕山期, 本区沿北北东或北东方向断裂, 有一系列花岗岩浆侵入活动。

上述 5 个地区的花岗岩类岩石, 或由该区基底构造层岩石经变质作用由混合岩化花岗岩化作用形成, 或是后来在断裂活动的导引下由岩浆侵入活动形成。从各个地区基底构造层的时代、岩性、厚度, 尤其是作为花岗岩类岩石的直接产地来看, 它们具有最充分的条件被看作是该区花岗岩类岩石的源岩。可惜的是目前缺乏有关这些地层岩石较系统的 Sm、Nd 同位素资料。现将桂北四堡群、赣北双桥山群、闽北麻源群, 以及闽东南沿海一带震旦—志留系等基底构造层岩石的 Sm、Nd 同位素特征值列于表 2。各区基底构造层及花岗岩类岩石的 t_{DM} 、Sm/Nd、 $\epsilon_{Nd}(t)$ 的平均值列于表 3。由表 3 资料可以看出, 同一地区花岗岩类岩石与该区基底构造层岩石的 t_{DM} 和 Sm/Nd 比值相近。闽北麻源群与该区花岗岩的 Sm/Nd 比值相近, 但 t_{DM} 相差较远。表 3 列出的麻源群数据由 7 个样品组成, 其中 3 个基性成分岩石样品, 4 个中酸性成分岩石样品, 整个麻源群以中酸性成分岩石为主, 如以 4 个样品的 t_{DM} 平均计算, 得出的模式年龄为 1 953 Ma, 与花岗岩的 t_{DM} 也较接近。该区花岗岩——竹洲岩体系由麻源群经混合岩化形成的混合花岗岩, 花岗岩与地层岩石间具有紧密的成因联系是肯定的。

地壳岩石的 Nd 模式年龄 t_{DM} 可代表 Sm、Nd 或稀土元素从地幔分出的时间, 在较大面积内出现相同或相近的年龄值时, 该模式年龄可以代表该地陆壳的形成时间。南岭地区已知最老的较确切的岩石形成年龄, 在西边有四堡群的 Sm—Nd 全岩等时线年龄 2 219 Ma^[15], 在东边有本文作者得出的麻源群 Sm—Nd 全岩等时线年龄 2 116 Ma。它们分别与各自地区的地层岩石和花岗岩类岩石的 Nd 模式年龄值相近。可以把 2 100 Ma 看作是南岭地区陆壳形成的上限年龄。另外, 根

表 2 南岭地区基底构造层岩石 Sm-Nd 同位素特征值
Table 2 Sm-Nd isotopic characteristic values of the basement rocks in Nanling area

地层顺序号	地层名称	岩石名称	样号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	t_{DM} (Ma)	岩石形成年龄 (Ma)	资料来源
1	广西四堡群	堆积橄榄岩	JY-15	2.991 1	10.618 0	0.170 4	0.512 530	+5.4	-2.1	2 174	2 219	毛景文、张宗清1990
			JY-17	1.079 0	3.705 6	0.176 1	0.512 657	+6.2	+0.3	1 992	2 219	毛景文、张宗清1990
			JY-18	1.672 0	5.112 9	0.197 8	0.512 926	+5.3	+5.6	2 139	2 219	毛景文、张宗清1990
			Xh-13	0.728 3	2.658 0	0.165 8	0.512 508	+6.3	-2.6	2 036	2 219	毛景文、张宗清1990
			W-11	3.207 6	14.302 0	0.135 7	0.512 052	+6.0	-11.5	2 137	2 219	毛景文、张宗清1990
2	江西双桥山群	玄武质科马提岩	W-12	2.926 3	12.495 0	0.141 7	0.512 118	+5.5	-10.2	2 176	2 219	毛景文、张宗清1990
			72919	7.211	26.490	0.164 640	0.512 721	+5.4	+1.6	1 330	930	徐备等1989
			Kr-3	1.019	5.407	0.114 038	0.512 398	+5.1	-4.7	1 149	930	徐备等1989
3	福建麻源群	黑云钾长变粒岩	Fm-2	8.972	44.625	0.121 600	0.511 970	+7.4	-13.1	1 947	2 116	本文作者
			Fm-5	10.033	49.774	0.121 900	0.511 971	+7.3	-13.1	1 951	2 116	本文作者
			Fm-6	14.205	71.600	0.120 000	0.511 946	+7.4	-13.5	1 952	2 116	本文作者
	福建麻源群	斜长角闪岩	Fm-9	4.317	15.093	0.173 000	0.512 674	+7.1	+0.7	1 778	2 116	本文作者
			Fm-11	4.470	16.032	0.168 700	0.512 623	+7.3	-0.3	1 780	2 116	本文作者
			Fm-13	3.318	11.808	0.170 000	0.512 649	+7.5	+0.2	1 743	2 116	本文作者

续表 2

地层顺序号	地层名称	岩石名称	样号	Sm (ppm)	[Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(o)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(1)$	t_{DM} (Ma)	岩石形成年龄 (Ma)	资料来源
	福建麻源群	石英云母片岩	Fm-18	7.740	39.123	0.119 700	0.511 936	-13.7	+7.2	1 962	2 116	本文作者
4	福建震旦志留系 (莆田)	斜长角闪岩	F10-2	4.403	18.956	0.129 0	0.512 474	-3.24	+0.8	1 216	463	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (莆田)	斜长角闪岩	F12-2	4.642	23.250	0.120 7	0.512 446	-3.78	+0.7	1 153	463	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (莆田)	白云石英片岩	F13-1	4.835	31.072	0.098 7	0.512 381	-5.05	+0.7	1 019	463	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (莆田)	砂线石英片岩	F13-6	5.037	24.549	0.124 1	0.512 455	-3.61	+0.7	1 181	463	黄辉等1989
5	福建震旦志留系 (晋江)	石榴角闪斜长变粒岩	J18-1	3.491	21.942	0.096 2	0.512 275	-7.1	-0.6	1 134	509	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (晋江)	黑云角闪斜长变粒岩	J19-1	4.510	20.336	0.134 1	0.512 403	-4.6	-0.6	1 428	509	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (晋江)	黑云角闪斜长变粒岩	J21-5	5.181	25.423	0.123 2	0.512 365	-5.4	-0.6	1 320	509	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (晋江)	角闪斜长变粒岩	J30-1	6.322	31.070	0.123 0	0.512 360	-5.5	-0.7	1 326	509	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (晋江)	斜长角闪岩	J23-1	3.761	16.511	0.137 2	0.512 470	-3.3	+0.6	1 353	509	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (晋江)	黑云角闪斜长变粒岩	J25-1	6.003	36.219	0.100 0	0.512 413	-4.4	+1.9	988	509	黄辉等1989
	福建震旦志留系 (晋江)	黑云斜长变粒岩	J30-4	6.162	30.475	0.122 2	0.512 469	-3.3	+1.5	1 134	509	黄辉等1989

表 3 各区基底构造层与花岗岩类岩石的 t_{DM} 、Sm/Nd、 $\epsilon_{Nd}(t)$ 平均值
Table 3 Average value of t_{DM} , Sm/Nd, $\epsilon_{Nd}(t)$ of the granitoids and basement rocks in various regions

	桂北四堡群 (6)*	第一区花岗岩		赣北双桥山群 (2)	第二区花岗岩 (3)	闽北麻源群 (7)	第三区花岗岩 (2)	闽东南沿海震旦—志留系 (11)	第四区花岗岩 (14)	第五区花岗岩	
		第一亚区	第二亚区							第一亚区 (6)	第二亚区 (24)
		(10)	(6)								
t_{DM} (Ma)	2 109	2 384	2 383	1 239	1 255	1 873	2 226	1 204	1 139	1 736	1 837
Sm/Nd	0.27	0.22	0.19	0.23	0.18	0.23	0.22	0.20	0.18		0.19
$\epsilon_{Nd}(t)$	+5.8	-5.5	-18.2	+5.3	-4.2	+7.3	-9.5	+0.4	-3.8	-8.6	-8.7

* 括号内数字为参与平均计算的样品数

据李献华等人资料^[16], 湖南汤湖花岗岩中残留锆石的 U-Pb 不一致线上交点年龄为 2 516 Ma, 本文作者在广西清湖岩体石英二长岩中得到锆石 U-Pb 不一致线上交点年龄 2 642 Ma。如果这些岩石中的锆石或其中的 U、Pb 是来自本区太古宙地层, 本区陆壳形成时间要更早。表 1 中见到的某些较老的模式年龄值也不排除它们反映的是太古宙陆壳的形成。南岭地区的花岗岩类岩石既是本区陆壳的重要组成部分, 归根到底又是陆壳变质或部分熔融作用的产物。正是这些元古宙甚至太古宙陆壳为后来花岗岩的形成提供了物质来源。

上述地区花岗岩类岩石与基底构造层岩石的 Nd 模式年龄相近, 意味着它们的稀土元素大致是在该区陆壳形成时由地幔分出, 一部分储留在地层中保存到今天, 另一部分随后来地层的部分熔融被带到花岗岩中。Nd 模式年龄可作为花岗岩成岩物质来源于地质的一个佐证。

桂北的本洞花岗闪长岩, 有的学者认为属幔源型花岗岩。本洞岩体的 Nd 模式年龄约 2 300 Ma, 成岩年龄 1063 Ma, 即 Sm、Nd 等稀土元素自地幔分出后在陆壳内储留了 10 多亿年, 到晚元古代随着地层的部分熔融而转入花岗闪长岩中。也就是说花岗闪长岩的稀土元素主要来自陆壳。

上述第四区——闽东南沿海区中的变质岩带明显沿断裂带分布。该区花岗岩及震旦—志留系地层岩石的 Nd 模式年龄平均值为 1 204—1 139 Ma, 说明该区在该时有一次大的壳幔分异和陆壳增生的构造热事件。这一地区的晶洞花岗岩也有的学者认为在其形成时有大量地幔物质加入。晶洞花岗岩的 Nd 模式年龄约在 1 200 Ma 左右, 岩石的成岩年龄多在燕山晚期, 也就是说稀土自地幔分出后在陆壳内储留了 10 多亿年, 岩石中的稀土主要来自该区陆壳而不可能在成岩时大量来自地幔。既然稀土元素来自地幔的可能性不大, 那么对硅铝等造岩主元素就更难用它们来自地幔来解释其成因。

岩石的 Sm/Nd 比值对岩石的 Nd 模式年龄有明显的影 响, 由图 3 可见, 二者具正消长关系。这一关系与随着地壳演化轻稀土元素含量增加, Sm/Nd 比值降低的总趋势一致。上述各区的花岗岩类岩石与该区基底构造层岩石的 Sm/Nd 值十分相近, 而且前者略小于后者, 这与晚期岩石轻稀土含量增加的趋势一致。

南岭地区花岗岩类岩石的 Sm/Nd 比值有如下三类数据。第一类为常见的, 包括绝大多数岩体, 参加统计的有 29 个岩体 59 个样品, 它们的 Sm/Nd 介于 0.11—0.24 之间, 这与整个地壳岩石的 Sm/Nd 值 (0.21)^[17]接近。具这一类 Sm/Nd 比值的岩体多可能由本区富硅铝的陆壳岩石发育而来。第二类数值较高, 包括 6 个岩体 9 个样品, 它们的 Sm/Nd 值介于 0.23—0.32 之间, 多半大于一般地壳花岗岩的 Sm/Nd 值 (0.11—0.24)^[18]而小于地幔值 (0.32)^[17]。这些岩体多为富碱质的碱性花岗岩或碱长花岗岩。桂北三防岩体黑云母花岗岩的 Sm/Nd 比值也较高

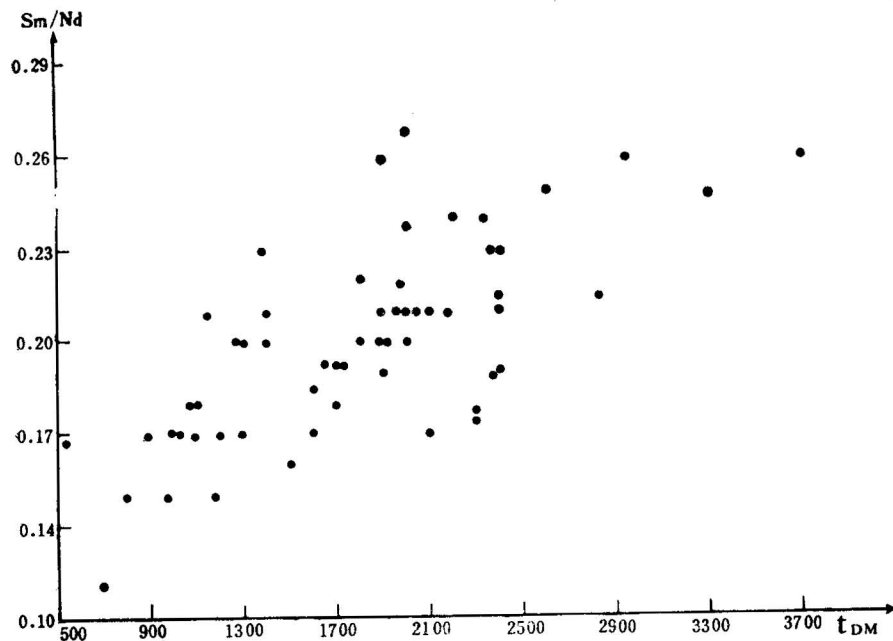


图 3 南岭地区花岗岩类岩石的 Sm/Nd-T 图
Fig 3 Sm/Nd-T diagram of the granitoids in Nanling area

(0.24—0.26)。这些岩体的 Sm/Nd 比值与相应地层岩石的 Sm/Nd 值接近。另外，本区基底构造层岩石中既有基性火山岩，也有中酸性成分的火山岩或沉积变质岩，基性岩地层岩石的 Sm/Nd 比值 0.19—0.42，平均 0.27，中酸性岩地层岩石的 Sm/Nd 比值 0.16—0.22，平均 0.19。本区 Sm/Nd 比值较高的岩体可与基底构造层富基性岩端员的岩石的 Sm/Nd 比值作对比。三防岩体与富含基性火山岩的四堡群岩石接触，彼此具逐渐过渡关系，闽东南沿海区的大牛山岩体与地层岩石具有类似的产状，它们的 Sm/Nd 比值都较高。闽东南沿海区的碱性花岗岩位于大陆边缘断裂带上，地幔物质沿断裂上升也能促使岩体的 Sm/Nd 比值升高。

第三类为 Sm/Nd 比值特别高的，包括江西的足洞岩体 (0.61—0.68)、西华山岩体 (0.61)，等，它们的 Sm/Nd 比值超过了地幔值 (0.32)，对它们的形成明显不能用一般陆壳部分熔融或地幔物质加入来解释。这类岩体多为受到强烈交代蚀变作用的富碱性元素和挥发分，以及钨、锡、重稀土元素的含矿岩体，岩体一般不大。它们都具有较小的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值 (大的负值)，这类岩体形成时除一般陆壳部分熔融因素外，分离结晶作用很可能是导致熔体或溶液中重稀土元素含量相对增高的原因。也不排除地层中先前富稀土层位的存在。桂中的美华岩体具有类似的岩石地球化学特征，其 Sm/Nd 的比值也较高。这类岩体具有难于解释的 t_{DM} 值，如足洞岩体 t_{DM} 为 -783 Ma，美华岩 t_{DM} 为 +6 546 Ma，对它们显然不能用一般 Nd 同位素演化的两阶段模式来解释。究竟是样品本身特殊，还是数据计算中有问题？值得进一步研究。

岩石的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 代表岩石形成时岩石的 Nd 同位素比值偏离当时球粒陨石均一库 Nd 同位素比值的程度。 $\epsilon_{Nd}(t)$ 为正值被理解为成岩物质来自地幔， $\epsilon_{Nd}(t)$ 为负值成岩物质来自地壳，偏离零值的程度愈大，岩石中地幔或地壳物质组分相对愈多。南岭地区基底构造层岩石的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 为正值或接近于正值 (表 3)，而且麻源群、四堡群和双桥山群明显大于闽东南沿海震旦—志留系地层 (表 2、3)。前三处基底构造层中由地幔分出的火山岩物质大量存在，地幔组分的参与使地层岩石的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 具大的正值。南岭地区的花岗岩类岩石毫无例外地具负的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值，说明它们的成岩物质主要来自陆壳。

花岗岩 $\epsilon_{Nd}(t)$ 负值的大小与地幔物质的参与程度、源岩物质性质, 以及成岩物质在地壳内滞留的时间有关。第一区的桂北亚区和桂中亚区的花岗岩类岩石具有几乎相同的 t_{DM} 值, 岩石中的稀土元素大致在同一时期的地质热事件中从地幔分出, 由于两个亚区所处大地构造条件不同, 花岗岩类岩石形成时代相差很远, 第一亚区花岗岩形成时地层中基性火山岩组分可能参与较多, 以致它们具有明显不同的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值。第一亚区花岗岩类岩石 $\epsilon_{Nd}(t)$ 为-5.5, 第二亚区的为-18.2。

闽北的竹洲混合花岗岩具有较大的负 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值 (-8.7)。南岭地区的混合花岗岩, 明显由地层岩石变质而成, 它们的负 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值一般都大。闽东南沿海地区的花岗岩具较小的负 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值, 平均-3.8。正如前述, 它们的 t_{DM} 值排除了燕山晚期岩体形成时大量 Sm、Nd 从地幔加入的可能性。相反, 与该区震旦-志留系变质岩的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 相比较 (表 3), 花岗岩是由该地区的震旦-志留系或更老地层岩石演变而来, 更为可信。另一方面, 闽东南沿海花岗岩类岩石地处大陆边缘深断裂带上, 也不能完全排除花岗岩形成时地幔物质加入的可能性, 问题还需进一步研究。

上述第五区的花岗岩类岩石, 除上犹岩体外, 绝大多数具有较大的负 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值, 该区地层岩石以沉积岩或沉积变质岩为主, 厚度大, 花岗岩类岩石的成岩物质主要来自该区沉积岩地层。

广西南部的清湖岩体具有唯一的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 正值。该岩体地处南海边缘的深断裂带上, 岩性为二长岩, 应进一步研究其成岩物质来源及岩石成因。

3 结 语

鉴于讨论的问题很大, 能用于说明问题的资料或数据较少, 而且资料来源不一, 参与计算的参数可能也不一样, 因此下面几点认识只是初步的一些看法:

1. 从已有 Sm、Nd 模式年龄及 Sm、Nd 等时线年龄看, 南岭地区岩石中的 Sm、Nd 从地幔分出进入陆壳主要集中在 3 个时期。第一个在 2 100 Ma 以前, 上述第一区花岗岩类和基底构造层岩石具有此种模式年龄值。第二个介于 1 900—1 600 Ma, 第五区岩石大多具有此值。第三个在 1 300—1 100 Ma 左右, 第二区和第四区岩石大多具有此值。考虑到本区已有 26—25 亿年的锆石 U-Pb 测年资料^[14-16], 可以设想本区最早的壳幔分异或陆壳形成作用发生 2 100 Ma 以前的晚太古和早元古。其后在中元古时期, 约 1 900—1 600 Ma, 有一次 Sm、Nd 从地幔大量分出, 从而导致大陆地壳显著增生和加厚。最后, 约相当于 1 300—1 100 Ma 的晚元古时期, 本区又有一次明显的壳幔分异和陆壳增生, 它们见于本区大陆的边缘;

2. 从本区花岗岩类岩石所在地区的大地构造条件和 Sm、Nd 同位素特征看, 不同地区花岗岩类岩石的成岩物质主要来源于该区的基底构造层。桂北、赣北及闽北地区的花岗岩类可能来自该区的四堡群、双桥山群和麻源群。本区中部的广大地区, 除早元古宙地层外, 花岗岩类物质的一个重要来源地就是板溪群。闽东南沿海区花岗岩类的成岩物质, 除少部分沿深断裂上升的地幔物质外, 多半也是来自该区的古老地层。不同地区基底构造层的时代、岩性和空间分布不同, 有关地区花岗岩类岩石的分布、成因类型, 甚至有关的成矿作用性质也不同。

既然一个地区花岗岩类的源岩可能为该区的基底构造层岩石, 后者的含金属性与该区花岗岩类矿化作用有密切关系。桂北桂中地区与花岗岩类有关的锡矿化强烈发育, 该区基底层岩石的锡含量也较高^[4]。赣北地区与花岗岩类有关的矿产除钨外, 铜、铅、锌矿化也发育, 这与元古界双桥山群这些元素的富集不无关系。湘粤赣广大地区与花岗岩类有关的钨及稀有稀土等矿床广为发育, 这与该区前寒武系岩石这些元素的含量较高而且可能存在相应的矿源层有关。在闽东南沿海地区, 钨、锡、铅、锌、稀有稀土等矿化的发育相对较弱, 这与该区陆壳成型较晚, 成矿元素在

陆壳中未经过多次的和充分的分异富集作用不无关系;

3. 南岭地区花岗岩类岩石有大量岩石学、矿物学、地球化学及同位素地球化学研究工作, Sm、Nd 同位素及痕量元素地球化学研究相对较弱。在研究花岗岩类及有关矿床的成因和成岩成矿物质来源方面, t_{DM} 、Sm/Nd、 $\epsilon_{Nd}(t)$ 等可提供重要信息, 希望能看到更多的研究和讨论。

参 考 文 献

- 1 中国科学院贵阳地球化学研究所. 华南花岗岩类的地球化学. 科学出版社, 1979.
- 2 莫柱孙, 叶伯丹等. 南岭花岗岩地质学. 北京: 地质出版社, 1980.
- 3 南京大学地质系. 华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系. 北京: 科学出版社, 1981.
- 4 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.
- 5 黄董, 孙世华, D J Depaolo, 吴克隆. 福建省白垩纪岩浆岩 Nb、Sr 同位素研究. 岩石学报, 1986 (2): 50—63.
- 6 黄董, D J Depaolo. 华南古生代花岗岩类 Nd、Sr 同位素研究及华南基底. 岩石学报, 1989 (1): 28—36.
- 7 江博明, F 玛丁纽, J J 卡特, J 科尼彻特. 台湾大南澳杂片岩的地质年代学. 福建地质, 1984 (4): 25—36.
- 8 黄辉, 李荣安, 杨传夏. 平潭—南澳变质岩带的 Sm—Nd 年代学研究及其大地构造意义. 福建地质, 1989, 8(3): 169—180.
- 9 李志昌, 万建华, 杜国民, 钐—铽法实验条件研究和地质应用. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所刊, 1988 (13): 1—23.
- 10 朱金初, 李向东, 沈渭洲, 王银喜, 杨杰东. 广西花山复式花岗岩体成因的铷、钐和氧同位素研究. 地质学报, 1989, 63 (3): 225—235.
- 11 徐备, 乔广生. 赣东北晚元古代蛇绿岩套的 Sm—Nd 同位素年龄及原始构造环境. 南京大学学报, 1989 (3): 108—118.
- 12 张宗清, 叶笑江. 稀土元素的质谱同位素稀释分析和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值的精确测定方法. 中国地质科学院地质研究所刊, 1987 (17): 108—128.
- 13 叶笑江, 张宗清. Nd 比值测定中的 Sm、Nd 分离——HDEHP 分离法. 分析测试通报, 1990 (3): 6—9.
- 14 袁忠信, 吴良士, 张宗清, 叶笑江. 闽北麻源群 Sm—Nd、Rb—Sr 同位素年龄研究. 岩石矿物学杂志, 1991, 10 (2): 127—132.
- 15 毛景文, 张宗清, 董宝林. 江南古陆南缘四堡群钐钐同位素年龄研究. 地质论评, 1990, 36 (3): 264—268.
- 16 李献华, tatsumoto, M. 桂训唐. 华南汤湖花岗岩中 25 亿年太古代残留锆石的发现及其意义初探. 科学通报, 1989 (2): 165—168.
- 17 Henderson P. General Geochemical properties and Abundances of the Rare Earth Elements. In: P. Henderson; Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, 1984, 1—29.
- 18 Hawkesworth C. J. Radiogenic Isotopes—Some Geological Applications. In: P. Henderson; Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, 1984, 375—416.

Sm-Nd ISOTOPIC CHARACTERISTICS OF GRANITOIDS IN THE NANLING REGION AND THEIR PETRO-GENETIC ANALYSIS

Yuan Zhongxin

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Zhang Zhongqing

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

Granitoids are widely distributed in the Nanling region. Their petrogenetic research has aroused much interest among many foreign and domestic scholars. Sm-Nd isotopic data of 79 samples from 50 granitoid bodies and 26 samples from rocks of the basement structural layer in the region were used to study the time of formation of continental crust and genesis of the granitoids. The results suggest that the continental crust of the area was formed 21 00 Ma ago and that afterwards there occurred about 2 large block accretions (1900 Ma—1600 Ma and 1300—1100 Ma). According to the data of t_{DM} , Sm/Nd and $\epsilon Nd(t)$, the region can be divided into 5 areas of granitoids corresponding to 5 regional tectonic units. The Sm/Nd isotopic values of the granitoids are different for the 5 areas, but the values within a specific area are close, and moreover the granitoids and basement rocks in a specific area have similar Sm-Nd isotopic values. From a study of Sm-Nd isotopes and regional tectonics the following conclusion may be drawn, the source rocks of the granitoids in a region are mainly the basement rocks of that region. The distribution and mineralization of the granitoids and their petrogenesis are closely related to the age, characteristics and types of the basement rocks.

Key Words: Nanling granite, the basement structural layer, Sm-Nd isotope, petrogenesis

作者简介

袁忠信，1931年生。1952年毕业于重庆大学地质系。1962年中国科学院地质研究所稀有元素地球化学研究生毕业。1962—1963年中国科技大学讲授《地球化学》课程。一直从事稀有稀土元素矿床学和地球化学研究，现任中国地质科学院矿床地质研究所研究员。