

文章编号 1007-3701(2006)02-0001-05

琼中麻粒岩的成因 稀土元素地球化学制约

徐德明,马大铨,张业明,付太安,谢才富

(宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌 443003)

摘要 稀土元素地球化学分析表明,琼中麻粒岩可以分为‘高 Ti’麻粒岩(TiO_2 含量大于 1.0%)和‘低 Ti’麻粒岩(TiO_2 含量低于 1.0%)两种化学类型。“高 Ti”麻粒岩以稀土总量高,轻稀土高度富集,轻、重稀土强烈分馏为特征,稀土配分曲线呈右倾单斜型,与本区变基性火山岩的稀土分布特征相似;‘低 Ti’麻粒岩以稀土总量较低,轻稀土分馏强烈,但重稀土分馏不明显为特征,稀土配分曲线呈重稀土平坦的左高右低型,与许多浅成基性岩的稀土分布特征相似;认为琼中麻粒岩形成于晋宁期的可能性最大。两类麻粒岩的识别,有利于深化对琼中杂岩形成和演化过程的认识。

关键词 麻粒岩 稀土元素地球化学 岩石成因 琼中

中图分类号 P588.34

文献标识码 A

琼中麻粒岩最早发现于 20 世纪 90 年代初^①,马大铨等^[1]已对麻粒岩的岩石和矿物学特征进行了简要介绍,张业明等^[2]则对其形成时代进行了初步研究,但都很少论及麻粒岩的成因。琼中前寒武纪高级变质杂岩是海南岛迄今发现的唯一达麻粒岩相的变质地体,麻粒岩的成因问题对了解海南岛乃至整个华南大陆地壳深部物质组成和结构及陆壳的形成和演化构成了严重制约。麻粒岩的形成,主要受原岩性质、地热条件和构造环境等因素控制。本文主要讨论麻粒岩的原岩性质,热、构造演化问题将另文讨论。

1 地质概况和岩石特征

海南岛前寒武纪基底岩石断续分布于琼西抱板-感城一线及琼中黄竹岭-冲卒岭一带,大体上

分别沿戈枕断裂带和白沙断裂带两侧展布(图 1)。由三部分组成:变质表壳岩、长城纪末(1 400 Ma 左右)侵入的花岗岩、蓟县纪末(1 000 Ma 左右)形成的酸性和基性小侵入体,统称为抱板杂岩,其主体为变质表壳岩,称为抱板群,时代归属古中元古代(长城纪)^[1]。琼中地区的抱板杂岩也以变质表壳岩为主,主要岩石类型为(角闪)黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩,大多遭受了不同程度的混合岩化,其原岩为中酸性和基性火山岩;已识别出的深、浅成侵入体包括混合花岗闪长岩、紫苏花岗岩、斜长花岗岩和基性脉岩等,它们呈带状或脉状、透镜状分布于片麻岩中。麻粒岩呈孤岛状残留体产于角闪黑云斜长片麻岩中,或以包体形式存在于紫苏花岗岩中,主要岩石类型为黑云二辉麻粒岩和黑云紫苏麻粒岩。

麻粒岩具花岗变晶结构、块状或弱片麻状构造。主要矿物成分为斜长石(中、拉长石)45%~60%,紫苏辉石 20~35%,透辉石 0~10%,黑云母 5~15%,角闪石 0~5%,石英 2~5%。副矿物有磁铁矿、磷灰石和锆石等。斜长石一般为它形粒状,少数为半自形板状,粒径 0.2~1.2 mm。紫苏辉石和透辉石多为

收稿日期 2005-12-16

基金项目 国土资源大调查项目(200013000127)。

作者简介 徐德明(1964—),男,高级工程师,主要从事岩石学及地球化学研究。

①马大铨,董香定,肖志发,等.海南省东方县二甲-不磨金矿带抱板群时代、岩性、构造及含金性研究报告,1993。

它形 - 半自形粒柱状, 粒径 0.3 ~ 1.1 mm 黑云母呈棕红色, 多为半自形叶片状, 片长 0.5 ~ 0.8 mm, 具弱定向, 其含量与紫苏辉石含量互为消长 角闪石和石英多为填隙状, 粒径较小, 一般为 0.4 mm 左右。岩石常发生退变, 此时黑云母和角闪石明显增多, 有时透辉石也显著增加。

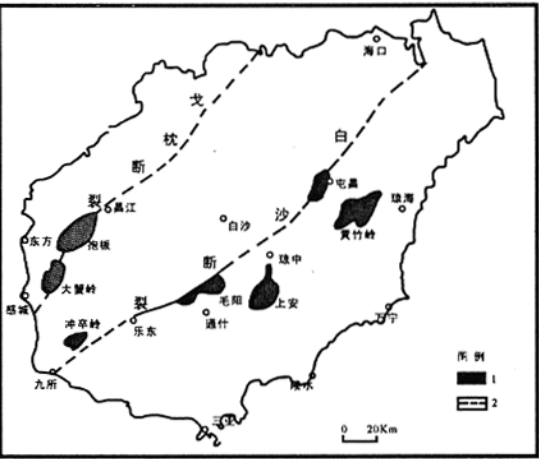


图 1 海南岛抱板杂岩分布简图

Fig. 1 Simplified map Showing the distributions of Baoban complexes
1. 抱板杂岩 2. 实测、推测断裂

2 稀土元素地球化学特征

琼中麻粒岩的主量元素和稀土元素成分分析结果分别列于表 1, 表 2。其中 SiO₂ 含量较稳定, 介于 49.83 ~ 51.34%, 属碱性麻粒岩。从稀土分布特征来看 (表 2, 图 2, 图 3), 琼中麻粒岩可以分为两种化学类型:

- (1) TiO₂ 含量大于 1.0% 的样品 (“高 Ti” 麻粒岩), 以稀土总量高, 轻稀土高度富集, 轻、重稀土强烈分馏为特征; 其 $\sum REE$ 为 132.08 ~ 322.94 $\times 10^{-6}$, La 为球粒陨石的 125 ~ 250 倍, Yb 为球粒陨石的 10 ~ 20 倍, (La/Yb)_N 值介于 10.31 ~ 14.39, 稀土配分曲线呈右倾单斜型。
- (2) TiO₂ 含量低于 1.0% 的样品 (低 “Ti” 麻粒岩), 以稀土总量较低, 轻稀土分馏强烈, 但重稀土分馏不明显为特征; 其 $\sum REE$ 为 70.02 ~ 86.19 $\times 10^{-6}$, La 为球粒陨石的 50 ~ 60 倍, 都明显低于 “高 Ti” 麻粒岩; (La/Yb)_N 值介于 3.68 ~ 4.50, Yb 为球粒陨石的 15 倍左右, 稀土配分曲线呈轻稀土右倾、重稀土相对平坦的左高右低型。

表 1 琼中麻粒岩化学成分分析结果
Table 1 Analyses of major of Qiongzong granulites

样号	“高 Ti”麻粒岩			“低 Ti”麻粒岩		$w_B/10^{-2}$ 变基性火山岩
	B317	B323	B326	Qz-2	1650-2	
SiO ₂	49.83	51.34	50.43	48.70	49.94	53.73
TiO ₂	1.45	1.87	1.17	0.58	0.79	1.16
Al ₂ O ₃	12.57	17.58	15.17	17.52	14.98	16.58
Fe ₂ O ₃	0.64	0.48	0.69	1.76	1.12	1.09
FeO	8.73	9.39	8.81	6.61	8.43	7.15
MnO	0.17	0.16	0.154	0.12	0.18	0.15
MgO	9.21	6.20	7.20	11.90	8.62	5.04
CaO	9.93	7.81	9.26	7.24	9.88	7.89
Na ₂ O	2.06	3.06	2.33	1.90	2.16	2.87
K ₂ O	2.33	0.68	2.01	2.45	1.88	2.22
P ₂ O ₅	0.83	0.69	0.68	0.04	0.18	0.31
H ₂ O ⁺	1.06	0.64	0.75	0.54	0.67	0.55
CO ₂	0.62	0.49	0.54	0.36	0.55	0.32
总量	99.43	100.39	99.19	99.72	99.38	99.05

注 样品由宜昌地质矿产研究所测试, 2001, 2002 年 变基性火山岩为 6 个样品平均值。

表 2 琼中麻粒岩稀土元素分析结果

Table 2 Analyses of rare – earth elements of Qiongzong granulites

$w_B/10^{-2}$

样号	“高 Ti”麻粒岩			“低 Ti”麻粒岩		变基性火山岩		上地壳
	B317	B323	B326	Qz-2	1650-2			
La	59.00	33.80	29.70	11.80	14.28	27.	02	30
Ce	125.00	65.70	49.50	25.70	31.66	61.	36	64
Pr	15.60	7.48	6.48	3.18	4.13	7.	13	7.1
Nd	76.00	36.50	25.30	11.60	16.78	29.	37	26
Sm	14.80	8.00	4.79	2.77	3.92	6.	16	4.5
Eu	2.69	1.85	1.29	0.82	1.06	1.	64	0.88
Gd	10.40	6.69	4.15	3.42	4.02	5.	28	3.8
Tb	1.53	1.04	0.71	0.59	0.70	0.	79	0.64
Dy	8.80	6.10	4.56	4.00	3.88	4.	44	3.5
Ho	1.54	1.08	0.84	0.91	0.80	0.	85	0.8
Er	3.78	2.85	2.52	2.45	2.27	2.	25	2.3
Tm	0.49	0.35	0.30	0.35	0.32	0.	31	0.33
Yb	2.92	2.16	1.70	2.11	2.09	2.	03	2.2
Lu	0.39	0.32	0.24	0.32	0.30	0.	29	0.32
Σ REE	322.94	173.92	132.08	70.02	86.19	148.	92	146.37
LREE/HREE	9.82	7.45	7.79	3.95	5.00	8.	17	9.54
δEu	0.63	0.75	0.86	0.81	0.81	0.	86	0.63
(La/Yb) N	13.31	10.31	11.51	3.68	4.50	8.	76	8.98

注 样品由贵阳地球化学研究所测试 2002 年 变基性火山岩为 6 个样品平均值。

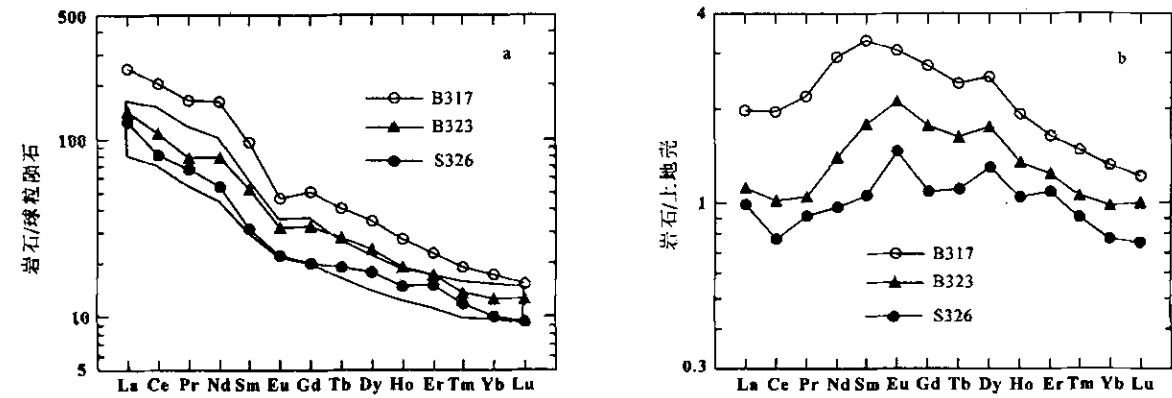


图 2 琼中“高 Ti”麻粒岩球粒陨石标准化(a)和上地壳标准化(b)稀土元素配分图
(图中阴影部分为本区变基性火山岩的稀土分布范围)

Fig. 2 Chondrite-normalized (a) and upper-crust-normalized (b) REE patterns for Qiongzong "high Ti" granulites

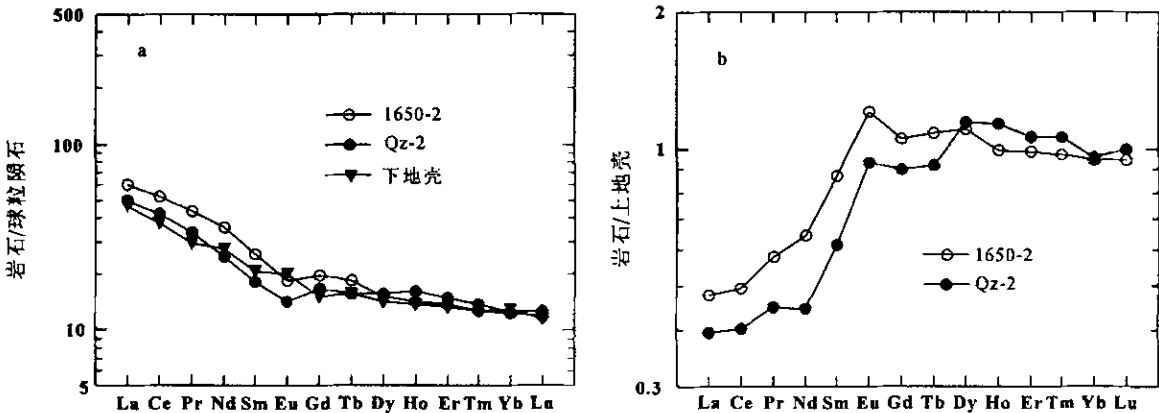


图 3 琼中“低 Ti”麻粒岩球粒陨石标准化(a)和上地壳标准化(b)稀土元素配分图

Fig. 3 Chondrite-normalized (a) and upper-crust-normalized (b) REE patterns for Qiongzong "low Ti" granulites

3 “高 Ti”麻粒岩和“低 Ti”麻粒岩的原岩性质

琼中杂岩中另一类具有基性成分的岩石是斜长角闪岩。本区斜长角闪岩被公认为正变质岩,但其原岩究竟是基性火山岩,还是后期基性岩床或岩墙,存在有不同看法^[1-4]。从岩石结构、岩石组合特征及野外产状关系来看,我们认为与斜长片麻岩共生的层状、似层状斜长角闪岩的原岩应为基性火山岩,少数呈脉状并切割片麻理的斜长角闪岩则可能为基性岩床或岩墙。已报道的有关抱板杂岩中斜长角闪岩的年龄数据有两组,一组年龄为 $1\ 700\text{ Ma} \pm [5,6]$,一般认为代表抱板群的形成时代;另一组年龄为 $955 \sim 975\text{ Ma} [1,8]$,这表明确有部分斜长角闪岩为后期基性岩脉。大量研究表明,区域变质岩的稀土分布型式能反映其原岩特征,即使是高级变质作用对稀土元素的影响也很小^[9]。从图 2 可以看出,“高 Ti”麻粒岩与变基性火山岩有极为相似的稀土配分型式,表明它们具有相同的原岩,亦即麻粒岩可能是变基性火山岩进变质或再变质的产物。

琼中“低 Ti”麻粒岩的稀土配分型式与变基性火山岩有明显不同,而具下地壳的性质(图 3a),它们相对于上地壳亏损了轻稀土元素(图 3b),其原岩可能是具有低稀土含量、弱分异特点的浅成基性岩,或是先成基性岩石(如基性火山岩亦或斜长角闪岩)的改造体。Prided 和 Muecke(1976)^[10] 在研究苏格兰西北部的刘易斯杂岩时指出,杂岩中最古老的部分(斯科尔组合)是太古代地壳岩石经部分熔融析出等价于花岗闪长岩的熔体后的残余物。混合岩化作用尤其混合花岗闪长岩的出现,似乎暗示琼中“低 Ti”麻粒岩也可能具有与斯科尔组合类似的成因。但是,琼中变基性火山岩的 TiO_2 含量都较高^[3],花岗闪长质熔体的析出也不会导致其含量降低。因此,我们趋向于“低 Ti”麻粒岩的原岩为浅成基性岩类。

4 讨论

合理判定或直接测定麻粒岩的形成时代,有利

于正确推断麻粒岩形成和演化过程。多数学者认为抱板混合岩是(高角闪岩相-麻粒岩相)高温变质作用导致地壳发生部分熔融的结果^[1,2],因此,以往对琼中麻粒岩形成时代的判定主要基于对混合岩的定年^[1],或是依据共生斜长片麻岩的早期变质年龄($1\ 483 \pm 13\text{ Ma} [2]$)。已报道的混合岩年龄值有两个,一是 Rb-Sr 等时线年龄 $1\ 637 \pm 31\text{ Ma} [1]$,另一个是锆石 U-Pb 年龄 $1\ 364 \pm 25\text{ Ma} [7]$,后一年龄值与区内中元古代同构造花岗岩的形成年龄^[1,5]相近,看来更接近混合岩化作用的实际发生年龄。也曾直接对麻粒岩进行 Pb-Pb 定年,得到 $499 \pm 24\text{ Ma}$ 的年龄值^[2],属加里东期,但正如马大铨等(1991)^[1] 指出的那样,由于海南岛自青白口纪以来的地层变质程度都较低(绿片岩相或更低),也没有发生混合岩化,该年龄不大可能是麻粒岩和混合岩的形成年龄,应是一次后期热事件的记录。由于区内没有早于 $1\ 000\text{ Ma} \pm$ 的深、浅成基性岩类存在的年龄证据,受麻粒岩稀土元素地球化学特征的制约,上述混合岩化作用的年龄也不能代表麻粒岩的形成时代。周汉文等曾获得云开地区低压麻粒岩相变质作用的时代为晋宁期($950\text{ Ma} \pm [11]$),与本区浅成基性岩的侵入时代相当。因此,我们认为,琼中低压麻粒岩形成于晋宁期的可能性最大。从低压麻粒岩的岩相学特征看,岩石变形作用不强,不发育挤压片理,可以用大陆拉张模式^[12] 来解释麻粒岩相变质作用的环境,这与新元古代早期华南地区(包括海南岛)曾发生强烈的地壳裂解作用相吻合。

李志宏,符策锐,陈沐龙,谢盛智,范 渊,谢盛周等同志参加了野外调查工作,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 马大铨,黄香定,陈哲培,等. 海南岛结晶基底—抱板群层序与时代[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1998, 15—45.
- [2] 张业明,张仁杰,胡宁,等. 琼中高级变质杂岩中单颗粒锆石 Pb-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地球学报,1999,20 (3) 284—288.
- [3] 徐德明,谢才富,付太安,等. 琼中古中元古代变基性火山岩地球化学特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学

版),2005,32(5) 453—459.

[4] 王锡银. 海南岛东方县抱板混合岩的岩石学特征及成因、时代的探讨[A]. 南京大学学报地质专刊(一) [C]. 1979,23—41.

[5] 侯威,陈惠芳,梁新权,等. 海南岛前寒武纪的确定及其大地构造演化[J]. 长春地质学院学报,1992,22(2): 136—143.

[6] 梁新权. 海南岛前寒武纪花岗岩—绿岩系 Sm—Nd 同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报,1995,11(1): 72—76.

[7] 涂绍雄. 海南抱板群变质岩系的原岩建造和地质演化初探[J]. 广东地质,1993,8(3) 71—77.

[8] 谭忠福,蒋大海,马国干,等. 海南抱板群的同位素年龄及其地质意义[J]. 中国区域地质,1991,(3) 240—245.

[9] Grauch R I. Rare earth elements in metamorphic rocks: Geochemistry and Mineralogy of the Rare Earth Elements [A]. In: Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy [C]. 1989,21 47—168.

[10] Pride C R, and Muecke G K. Trace element geochemistry of granulite—facies granites and their host from the Lewisian of north-west Scotland [A]. In: Geol. Ass. Canada Program with abstract [C]. 1976,21—25.

[11] 周汉文,游振东,钟增球,等. 云开隆起低压麻粒岩相变质作用时代的重要发现[J]. 地质科技情报,1994,13(3) 23—26.

[12] Sandiford M A and Powell R. Deep crustal metamorphism during continental extension: modern and ancient examples [J]. Earth and Planetary Science Letters,1986, 79 151—158.

Genesis of Qiongzong Granulite :Constraints of
Rare Earth Element Geochemistry

XU De-ming, MA Da-qiang, ZHANG Ye-ming, FU Tai-an, XIE Cai-fu
(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, China)

Abstract :REE data for granulites in Qiongzong complex reflect the two different chemical subtypes : (1) Samples with TiO₂ contents greater than 1.0% ("high Ti" granulites) show rightward incline REE patterns, similar to the patterns of meta-basic volcanics in the complex, with high REE contents, and markedly LREE enrichments and HREE depletions. (2) Samples with TiO₂ contents less than 1.0% ("low Ti" granulites) show HREE flat patterns, comparable to many shallow basic rocks, with lower REE contents and modest LREE enrichments. Owing to rare-earth element geochemistry constrains on genesis, Qiongzong granulites likely were formed in Jinning period. Identification of two granulites subtypes can contribute to re-know the process of formation and evolution of Qiongzong complex.

Key words : granulites ; rare-earth element geochemistry ; petrogenesis ; Qiongzong