

文章编号: 1000- 6524 (2003) 01- 0041- 06

# 湖南香花岭 430 花岗岩体 Nd 同位素特征 及岩石成因

邱瑞照<sup>1,2</sup>, 邓晋福<sup>1</sup>, 蔡志勇<sup>3</sup>, 周 肃<sup>1</sup>, 常海亮<sup>2</sup>, 杜绍华<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003;

3. 湖北地质勘察局 第五地质大队, 湖北 襄樊 441003)

**摘 要:** 研究了香花岭地区 430 花岗岩体由深部到浅部以及线状云英岩、面状云英岩的  $\epsilon_{Nd}(t)$ 、 $t_{2DM}$  值、 $f_{Nd}^A$  值变化特征。Nd 同位素特征说明该花岗岩为壳-幔组分混合的花岗岩, 同时反映了源自深部的幔源物质加入及其在岩体中分布的不均一性, 认为地幔物质可能主要是以地幔流体的形式加入, 在华南中生代岩石圈减薄的背景下, 幔源流体底侵诱导中元古代地层重熔。

**关键词:** 花岗岩; Nd 同位素特征; 岩石成因; 湖南香花岭

中图分类号: P588.12<sup>+</sup>.1; P597

文献标识码: A

## Nd isotopic characteristics and genesis of Xianghualing 430 granitic body, Hunan Province

QIU Rui\_zhao<sup>1,2</sup>, DENG Jin\_fu<sup>1</sup>, CAI Zhi\_yong<sup>3</sup>, ZHOU Su<sup>1</sup>, CHANG Hai\_liang<sup>2</sup> and DU Shao\_hua<sup>2</sup>

(1. Beijing University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, China; 3. No. 5 Geological Party, Hubei Ge exploration Bureau, Xiangfan 441003, China)

**Abstract:** This paper has studied characteristic values and upward changing tendency of  $\epsilon_{Nd}(t)$ ,  $t_{2DM}$  and  $f_{Nd}^A$  in granitic rocks of 430 granite body as well as the variation of these values in linear\_ and planar\_greisens of Xianghualing. Nd isotopic characteristics of rocks suggest that the granite resulted from the mixing of the crust material with the mantle material, and that the mantle material derived from the deep source got into and was distributed unevenly in the granite body. The mantle material might have mainly taken the form of mantle fluid to join the process of granitic evolution. Under the Mesozoic background of lithosphere thinning in East China, the mantle fluid underplating induced the remelting of Mesoproterozoic strata, forming granitic magma.

**Key words:** granite; Nd isotopic characteristics; petrogenesis; Xianghualing, Hunan

已有研究表明, 起源于地壳深部的花岗岩岩浆一般都能继承其源岩的同位素组成, 并且在岩浆形成后封闭体系内发生分异作用过程中保持不变, 因此大陆火成岩可以记录深部地壳同位素组成的精确

信息(Farmer *et al.*, 1983), 反言之, 同位素资料可以对花岗岩的来源、成因和演化等提供重要的依据。由于在现有的各种同位素衰变对中, 惟有 Nd 同位素对包括高级变质作用在内的各种后期叠加过程表现

收稿日期: 2002- 03- 29; 修订日期: 2002- 05- 20

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(NSFC 40234048); 科技部基础研究资助项目(IGCP 2001CB 711002); 中国地质调查局重大基础研究资助项目(200113900018)

作者简介: 邱瑞照(1963-), 男, 博士, 副研究员, 岩石矿物矿床专业, E\_mail: ycquizhao@cgs.gov.cn。

得最为稳定,因而可以通过岩浆岩的 Nd 同位素研究来推测岩浆成因过程中幔源和壳源的相对贡献 (Farmer, 1992), 可以根据 Nd 同位素两阶段演化模式所提出的地壳物质 (尤其是花岗岩) 的 Nd 同位素模式年龄  $t_{DM}$   $t_{2DM}$  估计它们的源岩在大陆地壳中的存留时间等 (McCulloch *et al.*, 1982)。

香花岭地区是南岭中段著名的有色稀有金属矿产地之一, 位于南岭东西向构造带和莱阳- 临武南北向构造带的复合部位, 为一构造- 岩浆穹隆, 核部为寒武系, 翼部为泥盆系和石炭系碳酸岩类为主的浅海相碎屑岩。近年研究表明, 该区存在“香花岭环”, 深部是隐伏岩基 (徐永奎, 1992)。癞子岭、尖峰岭岩体 (即 430 岩体) 是该地区出露地表的代表性岩体, 两岩体在地质、地球化学、成矿、蚀变等特征上都极为相似 (Du Shaohua *et al.*, 1991), 围绕各自岩体形成铌钽、钨锡、铅锌、铍等独立矿田。其中尖峰岭花岗岩体及其外围矿床被莫柱荪先生 (1981) 誉为南岭地区最完整的花岗岩矿床, 岩体钾长石化、钠长石化、云英岩化强烈, 发育有良好的岩相分带。笔者对该花岗岩体不同空间位置进行了 Nd 同位素测定, 试图探讨其 Nd 同位素空间变化特征、物质来源及岩石成因信息。

## 1 岩体地质地球化学特征

香花岭 430 花岗岩体位于通天庙穹隆构造东南部, 面积约 4.4 km<sup>2</sup>, 岩体钾长石化、钠长石化和云英岩化强烈, 在空间上可划出 7 个近水平的岩相带 (图 1), 各岩相带之间既有各自特征又相关联, 呈渐变过渡关系。花岗岩型铌钽矿床位于岩体上部 (I ~ III 带), 岩体内发育有两种产状的云英岩, 一是位于岩体顶部与有似伟晶岩壳相伴产出的面状云英岩; 另一种是产于岩体内部沿节理充填、产状陡立的线状云英岩。

岩体岩石化学成分自下而上, SiO<sub>2</sub>、CaO、FeO、MgO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 含量降低, 而 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Li<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、F、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> 等含量明显增加, 但作为酸性氧化物的 SiO<sub>2</sub> 含量降低幅度大于碱性氧化物 (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 含量降低的幅度, 笔者曾从矿物学相图和流体演化方面论证花岗岩体系向酸性降低而碱性增强方向演化 (Du Shaohua *et al.*, 1991; 邱瑞照等, 2002)。岩石分异指数  $DI = 90.96 \sim 95.59$ , 铝饱和度显示岩体下部为准铝- 弱过铝- 过铝花岗岩

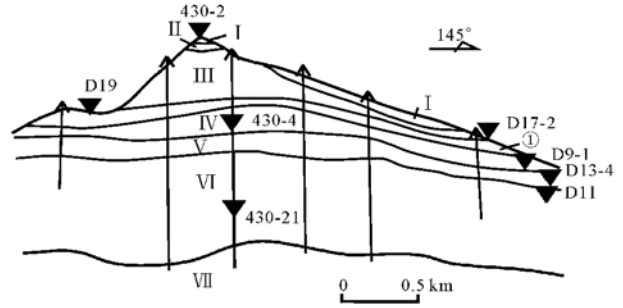


图 1 香花岭 430 花岗岩体岩相分带示意图

Fig. 1 Sketch map showing petrofacies zoning of 430 granitic body in Xianghualing area

I—石英黄玉云英岩和石英-铁锂云母云英岩; II—云英岩化钠长石化花岗岩; III—强云英岩化钠长石化花岗岩; IV—铁锂云母钠长石化花岗岩; V—铁锂云母花岗岩; VI—黑鳞云母花岗岩; VII—黑云母花岗岩; ①—铌钽工业矿体界线; ▼—同位素采样位置  
I—quartz topaz greisen and quartz-zinnwaldite greisen; II—greisenized albitized granite; III—competent greisenized albitized granite; IV—zinnwaldite albitized granite; V—zinnwaldite granite; VI—black lepidolite granite; VII—biotite granite; ①—boundary line of niobium and tantalum industrial deposits; ▼—location of isotopic sample

( $A/CNK = 0.96 \sim 1.25$ ), 岩体上部为强过铝花岗岩 ( $A/CNK = 1.21 \sim 1.33$ ), 富铝矿物为铁锂云母、锂白云母和黄玉, 所以本区花岗岩主体为高度演化的强过铝花岗岩 (邱瑞照等, 2002)。

微量元素 Nb、Ta、W、Sn、Pb、Zn、Be、Li 等含量随岩浆演化不断增加, 稀土元素含量减低, 稀土元素配分模式呈向右倾斜的“V”字型, 负钨异常明显, 呈逆向演化 (邱瑞照等, 2002)。笔者曾论证自岩体下部到上部铌钽矿体为在超临界流体作用下的连续演化产物 (邱瑞照等, 1998 a), 尽管已有资料证明花岗岩主要为壳源, 但在岩体顶部似伟晶岩壳石英流体包裹体释放出来的 CO<sub>2</sub> 的碳同位素数据 ( $\delta^{13}C_{\text{‰}} = -3.80 \sim -8.02$ ) (刘家齐等, 1987) 却显示在花岗岩演化过程中有幔源碳加入, 且矿床 (田) 内多处发现富含幔源流体的煌斑岩脉等, 因此, 笔者认为地幔对该区花岗岩的成岩成矿具有重要贡献 (邱瑞照等, 1998 b)。

## 2 样品采集与测试

### 2.1 样品采集

在坑道、钻孔岩芯和地表采集香花岭 430 岩体不同岩相带样品 8 件 (图 1) 进行了 Nd 同位素测试, 其中岩体顶部面状云英岩 1 件, 岩体东南部和西北

部线状云英岩化脉各一件, 480<sup>#</sup>、430<sup>#</sup> 和 340<sup>#</sup> 中段中粒黑云母碱长花岗岩 3 件, 岩芯黑云母碱长花岗岩和强云英岩化钠长石化花岗岩 2 件。

2.2 分析测试

分别称取 2 份全岩粉末, 一份用于测定 Nd 浓度, 一份用于测定 <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd 值。在 PFA 密闭溶样器中用 HF-HClO<sub>4</sub> 将样品溶解, 溶解前在测定浓度的那份样品中加入 <sup>145</sup>Nd、<sup>149</sup>Sm 混合稀释剂, 总稀土元素分离采用 Φ6×100 mm Dowex 50×8 阳离子树脂交换柱, HCl 作淋洗液。采用 HDEHP 交换柱进一步分离 Nd, 收集含 Nd 部分的解析液进行质谱测定。全部化学分离流程均在超净化实验室中进行, 全流程本底 Nd 为 80×10<sup>-12</sup> g。质谱分析在装有可调接收器的 MAT261 质谱计上完成, 用 <sup>146</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.721 9 作质量分馏校正, 用 La jolla Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 以及本实验室工作标准 JMCNd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 控制仪器工作状态。<sup>147</sup>Sm/<sup>144</sup>Nd 精度好于 0.5%, <sup>143</sup>Nd/<sup>145</sup>Nd 精度好于 0.005%, 衰变常数采用 6.54×10<sup>-12</sup> a<sup>-1</sup>。本批样品实际测定标准样品数据为: La jolla <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.511 863 ± 7, GBW04419 <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.512 734 ± 17。

2.3 数据处理

模式年龄采用:

$$t_{DM} = \frac{1}{\lambda} \ln \left[ \frac{0.513 15 - (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_M}{0.213 7 - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_M} + 1 \right]$$

计算, 两阶段模式年龄采用:

$$t_{2DM} = \frac{8.5 - \epsilon_{Nd}(t) + 9.19t}{11.3}$$

计算, 参数采用平均球粒陨石 (Jacobsen and Wasserburg, 1980) <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.512 638, <sup>147</sup>Sm/<sup>144</sup>Nd = 0.196 7。根据前人 (庄锦良等, 1988; 陈德潜等, 1985<sup>①</sup>; 湖南区调队, 1990<sup>②</sup>; 莫柱荪, 1981) 测定的花岗岩 K-Ar、Rb-Sr 数据, 同位素年龄在 102~186 Ma 之间, 峰值为 160 Ma, 计算  $\epsilon_{Nd}(t)$ 、 $t_{2DM}$  时取  $t = 160$  Ma。

$$\epsilon_{Nd}(0) = \left[ \frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_M}{I_{CHUR}^{Nd}(0)} - 1 \right] \times 10^4$$

$$\epsilon_{Nd}(t) = \left[ \frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i}{I_{CHUR}^{Nd}(t)} - 1 \right] \times 10^4$$

$f_{Nd}^A$  为参照文献 (朱金初等, 1990) 中公式计算的上地壳端员 Nd 同位素所占的质量分数; 采用的上地壳端员组分值 <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.511 847, Nd = 28×10<sup>-6</sup> (刘昌实等, 1990), 亏损地幔端员值 <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.513 151, Nd = 14×10<sup>-6</sup> (McCulloch *et al.*, 1982)。测试及计算结果见表 1。

表 1 香花岭 430 花岗岩 Nd 同位素特征值

Table 1 Nd isotopic characteristic values of 430 granite body in Xianghualing

样号	部位	w(Sm)/10 <sup>-6</sup>	w(Nd)/10 <sup>-6</sup>	<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	2σ	Sm/Nd	$\epsilon_{Nd}(t)$	$\epsilon_{Nd}(0)$	$t_{DM}$	$t_{2DM}$	$f_{Nd}^A$
430-2	岩体顶部云英岩	0.267 5	1.361	0.118 9	0.512 316	26	0.20	-4.7	-6.3	1 339	1 298	0.471
D17-2	岩体南东云英岩化脉	0.454 9	2.011	0.136 9	0.512 333	22	0.23	-4.7	-5.9	1 618	1 301	0.457
D19	岩体西北云英岩化脉	0.561 7	1.786	0.190 3	0.512 332	16	0.31	-5.8	-6.0	5 254	1 399	0.458
430-4	强云英岩化花岗岩	0.557 8	2.248	0.150 1	0.512 22	23	0.25	-7.2	-8.2	2 220	1 520	0.555
430-2T	中粒黑云母花岗岩	14.21	44.82	0.191 9	0.512 292	8	0.32	-6.7	-6.7	5 903	1 471	0.491
D9-1	480 <sup>#</sup> 中段花岗岩	12.27	38.12	0.194 7	0.512 279	11	0.32	-7.0	-7.0	6 854	1 499	0.502
D13-4	430 <sup>#</sup> 中段花岗岩	13.97	46.52	0.181 7	0.512 32	14	0.30	-5.9	-6.2	3 915	1 404	0.468
D11-5	340 <sup>#</sup> 中段花岗岩	18.1	58.95	0.185 8	0.512 396	11	0.31	-4.5	-4.7	4 077	1 281	0.407

测试单位: 宜昌地质矿产研究所同位素实验室, 测试误差: 2σ。

3 结果与讨论

南岭地区绝大多数花岗岩体的 Sm/Nd 值介于 0.11~0.24 之间 (袁忠信等, 1992), 主要起源于富硅

铝的陆壳岩石, 而香花岭 430 花岗岩体的 Sm/Nd 值介于 0.23~0.32 之间, 高于一般地壳花岗岩 (Hawkesworth, 1984) 而小于地幔值 (0.32) (Henderson, 1984), 与华南地区碱性花岗岩或碱长花岗岩的 Sm/Nd 值一致。<sup>147</sup>Sm/<sup>144</sup>Nd 值 0.118 9~0.194 7,

① 陈德潜等. 1985. 湖南香花岭地区花岗岩与成矿关系 (科研报告).

② 湖南区调队. 1990. 香花岭-临武幅 1:5 万区域地质调查报告 (地质部分).

表1中8个样品的平均值为0.169,高于我国花岗岩的平均值(0.09~0.15,峰值0.120),与广西燕山晚期细粒花岗岩(0.17)和法国中央地块过铝花岗岩(0.16)相近。 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 与 $\text{Sm}/\text{Nd}$ 值呈正相关关系(图2),总的变化趋势是由岩体深部往浅部 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 和 $\text{Sm}/\text{Nd}$ 值由高到低,这与本区稀土元素随岩浆演化轻稀土元素富集、呈逆向演化所反映的趋势一致(Du Shaohua *et al.*, 1991)。 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 与 $\text{Sm}/\text{Nd}$ 值随岩浆演化减低,可能与岩浆演化过程中有相对富含轻稀土元素的幔源流体加入及在超临界流体作用下的结晶分异有关。

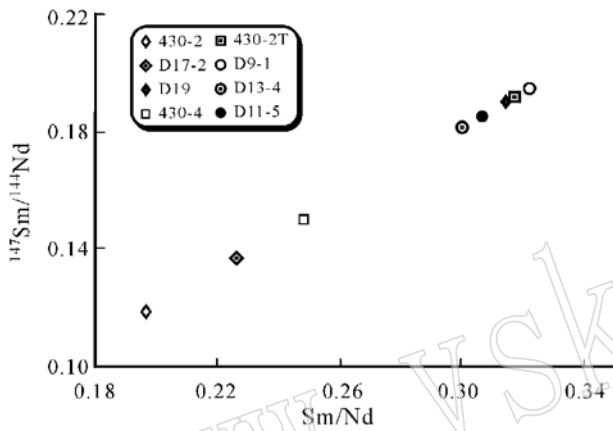


图2  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ - $\text{Sm}/\text{Nd}$ 关系图解

Fig. 2  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ - $\text{Sm}/\text{Nd}$  diagram

$\text{Sm}/\text{Nd}$ 值对岩石的模式年龄有明显的影 响,计算结果(表1)表明,香花岭430花岗岩的单阶段模式年龄变化很大, $t_{\text{DM}}$ 为1339~6854 Ma,同一岩体内模式年龄这样明显变化甚至出现老于地球形成年龄的不合理值,一方面反映花岗岩源岩组成的复杂性,另一方面反映不适合用单阶段模式年龄方法计算。考虑到本区花岗岩的高度演化,必须采用两阶段模式计算,才能在较大程度上减少地壳演化阶段 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值变化对 $t_{\text{DM}}$ 计算的影响(李献华等, 1991; Chen *et al.*, 1998)。两阶段模式计算结果 $t_{2\text{DM}}$ 为1281~1520 Ma,给出的模式年龄显然合理得多,反映本区花岗岩来自中元古代地层的重熔,与千里山花岗岩体的研究结果一致(毛景文等, 1995)。在空间上由340<sup>#</sup>→430<sup>#</sup>→480<sup>#</sup>中段和由深部(430-2T)往浅部(430-4),模式年龄由小到大相差10~12 Ma,这种变化显然不可能是岩浆演化过程中的实际时差,说明源自深部的具有高 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值的幔源物质添加,才导致计算的模式年龄降低(McCul-

loch *et al.*, 1978);这一变化还说明岩浆演化过程中岩体深部添加的幔源物质多,浅部添加的幔源物质少,而位于岩体东南(D17-2)和西北(D19)的线状云英岩(云英岩化脉)以及位于岩体顶部的面状云英岩(430-2)具有最低的 $t_{2\text{DM}}$ 值,则可说明幔源物质的加入很可能是以透岩浆流体的形式加入,这与岩体顶部似伟晶岩壳石英流体包裹体释放出来的 $\text{CO}_2$ 的碳同位素为地幔碳所反映的结论是一致的(邱瑞照等, 1998 b)。

岩石的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 代表其形成时Nd同位素比值偏离当时球粒陨石均一Nd同位素比值的程度, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 负值被理解为成岩物质来自地壳,偏离零值的程度愈大,岩石中地壳物质组分愈多, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 负值的大小还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。由表1知,本区花岗岩 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 均为负值,说明成岩物质主要来自地壳,而由岩体深部到浅部以及线状云英岩(云英岩化脉)、面状云英岩(430-2)的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 负值所反映的幔源物质加入变化,与 $t_{2\text{DM}}$ 值所反映的结论吻合。为了更直观地反映本区花岗岩类岩石的壳幔物质混合,本文采用Faure的二元混合模型(Faure, 1986)计算壳幔物质的比例。 $f_{\text{Nd}}^{\text{d}}$ 代表源区物质中上地壳端员组分的质量分数,由表1知, $f_{\text{Nd}}^{\text{d}}$ 值为0.407~0.555,说明香花岭地区430花岗岩体的物质来源确实为壳-幔组分混合的花岗岩。其中,在空间上由340<sup>#</sup>→430<sup>#</sup>→480<sup>#</sup>中段和由深部(430-2T)往浅部(430-4)以及位于岩体东南(D17-2)和西北侧(D19)的中粗粒云英岩化脉、位于岩体顶部的面状云英岩(430-2),不仅模式年龄,而且 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 、 $f_{\text{Nd}}^{\text{d}}$ 都呈协调的规律性变化,较好地反映了源自深部的幔源物质加入及其在岩体内分布的不均一性。

香花岭地区430花岗岩体的Nd同位素特征与华南地区中生代同熔型花岗岩Nd同位素特征一致(沈渭洲等, 1989)(图3),明显地具有一定数量的地幔物质加入。从Nd同位素组成空间变化特征来看,地幔物质可能主要是以地幔流体的形式加入。由模式年龄反映出本区的源岩为中元古代地层重熔,由于香花岭地区整体上表现为一构造-岩浆穹隆,所反映的是伸展构造环境,所以花岗岩很可能是在华南中生代岩石圈减薄的背景下形成的,幔源流体底侵诱导中元古代地层重熔,地幔流体贯穿花岗岩重熔成岩、侵位和演化的全过程。

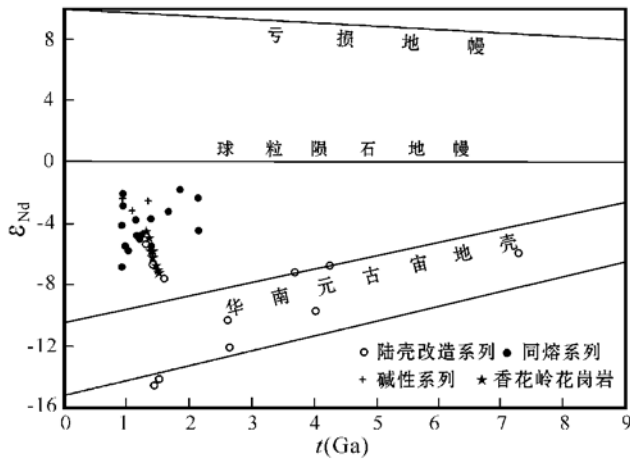


图3 香花岭 430 花岗岩  $\epsilon_{Nd}-t$  图解(底图引自沈渭洲等, 1989)

Fig. 3  $\epsilon_{Nd}-t$  diagram of 430 granite in Xianghualing area

## 4 结论

(1) 由岩体深部往浅部, 以及线状云英岩和面状云英岩的  $\epsilon_{Nd}(t)$ 、 $t_{2DM}$ 、 $f_{Nd}$  特征值在空间上的规律性变化, 反映有源自深部的幔源物质加入且其在岩体内分布具不均一性, 模式年龄反映花岗岩源岩为中元古代地层。

(2) Nd 同位素组成空间变化特征反映的地幔物质的加入与岩体顶部似伟晶岩壳中存在地幔碳同位素的结论吻合, 地幔物质的加入很可能是以地幔流体的形式, 并贯穿花岗岩重熔、侵位和演化的全过程。

承蒙宜昌地质矿产研究所李志昌研究员、刘后群研究员、刘观亮研究员审阅全文, 并提出许多宝贵意见, 特此致谢!

## References

Chen J F, Jahn B M. 1998. Crustal evolution of southeastern China: Evidence from Nd and Sr isotopic compositions of rocks [J]. *Tectonophysics*, 284: 101~ 133.

Du Shaohua and Qiu Ruizhao. 1991. A Preliminary study on the evolutionary characteristics of REE in granitoid rocks and their formation mechanisms in Xianghualing region, Hunan Province, China [J]. *Chinese Journal of Geochemistry*, 10(1): 68~ 79.

Farmer G L. 1992. Magmas as tracers of lower crustal composition: an isotopic approach [A]. *Fountain D M, et al. Continental Lower*

*Crust* [C]. Elsevier, 363~ 390.

Farmer G L and DePaolo D J. 1983. Origin of Mesozoic and Tertiary granite in the western United States and implication for pre-Mesozoic crustal structure, Nd and Sr isotopic studies in the geoline of the northern Great Basin [J]. *J. Geophys. Res.*, 88: 3 379~ 3 401.

Faure G. 1986. *Principles of Isotope Geology* [M]. John Wiley and Sons, 200~ 249.

Hawkesworth C J. 1984. Radiogenic isotopes— Some geological applications [A]. *Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry* [C]. Elsevier, 375~ 416.

Henderson P. 1984. General geochemical properties and abundances of the rare earth elements [A]. *Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry* [C]. Elsevier, 1~ 29.

Jacobsen S B, Wasserburg G J. 1980. Nd isotopic evolution of chondrites [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 50: 139~ 155.

Li Xianhua, Gui Xuntang. 1991. On the material sources of the Caledonian granites in Wangyangshan— Zhuguangshan Mountain [J]. *Science in China (Series B)*, 5: 533~ 540 (in Chinese with English abstract).

Liu Changshi, Zhu Jinchu, Shen Weizhou, et al. 1990. Granitic type classifying and material sources of crust reconstruct series granite in south China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 64(1): 43~ 52 (in Chinese with English abstract).

Liu Jiaqi and Chang Hailiang. 1987. Temperature— pressure geochemistry study of some Yanshan period granites and nervation tungsten deposits in Nanling area [A]. *Yichang Institute of Geology and Mineral Resources. Scientific Research Reports of Geology and Mineral Resources in Nanling Area* [C]. Wuhan: Wuhan CollGeg of geology Press, 145~ 196 (in Chinese with English abstract).

Mao Jingwen, Li Hongyan and Pei Rongfu. 1995. Nd— Sr isotopic and petrogenetic studies of the Qianlishan granite stock, Hunan Province [J]. *Mineral Deposit*, 14(3): 235~ 242 (in Chinese with English abstract).

McCulloch M T and Chappell B W. 1982. Nd isotopic characteristics of S<sub>1</sub> and L<sub>1</sub> type granites [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 58: 51~ 64.

McCulloch M T, Wasserburg G J. 1978. Nd and Rb— Sr chronology of continental crust formation [J]. *Science*, 200: 1 003~ 1 011.

Mo Zhushun. 1981. Granite and granitoid deposits. *Guangdong geoscience and technology* [J]. 1 (in Chinese).

Qiu Ruizhao, Zhou Su, Du Shaohua, et al. 1998a. The role of the supercritical fluid in the process of granitic rock forming and mineralization: take the granitic Nb— Ta deposit in Xianghualing area as an example [J]. *Geological Science and Technology Information*, 17 (Supp.): 40~ 44 (in Chinese with English abstract).

Qiu Ruizhao, Liu Guanliang, Peng Songbai. 1998b. Some making headway of the relationship between granitoid protolith and depth geology [J]. *Hunan Geology*, 18(4): 276~ 279 (in Chinese with English abstract).

Qiu Ruizhao, Zhou Su, Chang Hailiang, et al. 2002. Evolution of rare earth elements of granitoid from Xianghualing Area, Hunan [J].

- Geoscience, 16(1): 53~ 58 (in Chinese with English abstract).
- Shen Weizhou, Zhu Jinchu, Liu Changshi, *et al.* 1989. Age of formation of southeast China continental crust: the Nd isotopic model age evidence [J]. *Journal of Nanjing University (Earth science edition)*, 3: 82~ 91 (in Chinese with English abstract).
- Xu Yongkui. 1992. Acquire new headway on magma study in Xiranghualing and near area [J]. *Hunan Geology*, 11(2): 294~ 298 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Zhongxin and Zhang Zhongqin. 1992. Genesis discuss and the characteristics of Sm, Nd isotopes of granitoids rocks in South China [J]. *Geological Review*, 38(1): 1~ 14 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Jinchu, Shen Weizhou, Liu Changshi, *et al.* 1990. Sr-Nd isotopic characteristics and genesis discussing of homo\_melting series granitoids in Mesozoic in South China [J]. *Acta Petrologica et Mineralogical*, 9(2): 97~ 105 (in Chinese with English abstract).
- Zhuang Jinliang. 1998. The relationship of small plutons and mineralization and prospect of lie concealed deposits in south Hunan area [J]. *Hunan Geology (Sup: 4)*: 1~ 84 (in Chinese with English abstract).
- 划分和成岩物质来源[J]. *地质学报*, 64(1): 43~ 52.
- 刘家齐, 常海亮. 1987. 南岭地区某些燕山期花岗岩及其脉钨矿床的温压地球化学研究[A]. 宜昌地质矿产研究所. 南岭地质矿产科研报告集[C]. 武汉地质学院出版社, 145~ 196.
- 毛景文, 李红艳, 裴荣富. 1995. 湖南千里山花岗岩体的 Nd- Sr 同位素及岩石成因研究[J]. *矿床地质*, 14(3): 235~ 242.
- 莫柱荪. 1981. 南岭地区花岗岩和花岗岩类矿床[J]. *广东地质科技*, 1.
- 邱瑞照, 周肃, 杜绍华, 等. 1998 a. 超临界流体在花岗岩成岩成矿过程中的作用——以香花岭花岗岩型铌钽矿床(430)为例[J]. *地质科技情报*, 17(增刊): 40~ 44.
- 邱瑞照, 刘观亮, 彭松柏. 1998 b. 花岗类源岩与深部地质作用关系研究的若干进展[J]. *湖南地质*, 18(4): 276~ 279.
- 邱瑞照, 周肃, 常海亮, 等. 2002. 香花岭花岗岩稀土元素演化[J]. *现代地质*, 16(1): 53~ 58.
- 沈渭洲, 朱金初, 刘昌实, 等. 1989. 从 Nd 模式年龄谈华南地壳的形成时间[J]. *南京大学学报*, 3: 82~ 91.
- 徐永奎. 1992. 香花岭及其邻区的岩浆岩研究取得新进展[J]. *湖南地质*, 20(2): 294~ 298.
- 袁忠信, 张宗清. 1992. 华南花岗岩类岩石 Sm, Nd 同位素特征及成因探讨[J]. *地质论评*, 38(1): 1~ 14.
- 朱金初, 沈渭洲, 刘昌实, 等. 1990. 华南中生代同熔系列花岗岩类的 Sr- Nd 同位素特征及成因讨论[J]. *岩石矿物学杂志*, 9(2): 97~ 105.
- 庄锦良. 1988. 湖南地区小岩体与成矿关系及隐伏矿床预测[J]. *湖南地质*, 4(增刊): 1~ 84.

## 附中文参考文献

- 李献华, 赵振华, 唐桂训, 等. 1991. 华南前寒武纪地壳形成时代的 Nd 和锆石 U- Pb 同位素制约[J]. *地球化学*, 3: 255~ 264.
- 刘昌实, 朱金初, 沈渭洲, 等. 1990. 华南陆壳改造系列花岗岩类型

## “第二届全国环境矿物学学术研讨会”第一轮通知

自首届全国环境矿物学学术研讨会召开以来,我国环境矿物学研究热潮空前高涨。为了顺应国际环境矿物学研究潮流,交流我国环境矿物学研究成果,探讨我国环境矿物学研究新的发展,拟定于2003年7月中旬在昆明理工大学召开第二届全国环境矿物学学术研讨会,欢迎大家与会。现将有关事项通知如下:

**一 会议议题:** 1) 矿物标识环境变化研究; 2) 矿物与人类健康研究; 3) 矿物与生物交互作用研究; 4) 环境矿物材料开发应用研究; 5) 大气颗粒物污染中矿物学问题; 6) 湖泊富营养化污染中矿物学问题; 7) 地下水污染中矿物学问题; 8) 矿山酸性废水污染中矿物学问题; 9) 固体废弃物填埋处置中矿物学问题; 10) 土壤重金属污染中矿物学问题; 11) 环境矿物学中分析测试方法技术。

**二 主办单位:** 中国地质学会矿物学专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会矿物岩石材料委员会

**三 承办单位:** 昆明理工大学国土资源学院

**四 会议论文:** 与会代表报到时提交论文全文,会后将在《岩石矿物学杂志》2003年第4期上刊出。投稿要求请参见《岩石矿物学杂志》稿约。

**五 联系方式:** 请与云南昆明理工大学国资学院朱杰勇、李俊联系,邮编: 650093,电话: (0871) 5177163,传真: (0871) 5177163, E-mail: jiejongzhu61@hotmail.com。

(会议筹备组 2003 年 1 月供稿)