

文章编号: 1001-1412(2000) 03-0282-06

赣南陂头花岗岩体 Nd-Sr 同位素特征及其意义

范春方, 陈培荣

(南京大学 成矿作用国家重点实验室, 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093)

摘 要: 对赣南陂头花岗岩岩体进行 Rb-Sr 同位素定年研究, 确定了其 Rb-Sr 等时线年龄为 $(178.2 \pm 0.84) \text{ Ma}$, 表明其形成于中侏罗世早期。并研究了陂头花岗岩 Sm-Nd 组成, 计算出其 ϵ_{Nd} (t) 值 $(-5.4 \sim -6.4)$ 和 $T_{2\text{DM}}$ 值 $(1406 \sim 1482 \text{ Ma})$, 确定其物质来源为较年轻的地壳。

关键词: A 型花岗岩; 陂头岩体; Nd, Sr 同位素; Nd 模式年龄; 赣南

中图分类号: P588.12; P597

文献标识码: A

1 岩体地质特征

陂头岩体位于江西省龙南县城北部陂头镇一带, 受南岭 EW 向构造带控制, 是南岭花岗岩带北带东段的组成部分。

岩体呈岩基产出, 出露面积 400 km^2 以上(图 1), 岩体东部和西部侵入震旦—寒武系之中, 围岩多属砂泥质岩石。岩体南侧大多与泥盆—二叠系呈侵入接触, 围岩主要为碎屑岩类及碳酸盐岩, 接触变质作用强烈, 接触交代作用强。北部被上白垩统红层覆盖。陂头岩体附近的隘高岩体、柯树北岩体已确定为 S 型花岗岩体, 安西岩体为 I 型花岗岩体(陈培荣等, 1989)^[1], 寨背岩体为 A 型花岗岩(陈培荣等, 1989 年)^[2]。陂头岩体中出露富钾花岗岩相和碱性花岗岩相, 其中含碱性铁镁矿物钠闪石(或钠铁闪石)和霓石。

根据野外地质观察以及岩石学、岩石化学、微量元素、稀土元素等资料的研究(表 1), 陂头岩体与本区内的寨背 A 型花岗岩体的主量元素和微量元素具相似的特征, 同样具有典型 A 型花岗岩的高硅、高碱、低铝、低钙镁等特征, 并且在其碱性花岗岩矿物相中可见钠闪石(或钠铁闪石)和霓石, 所以可以定为 A 型花岗岩。

收稿日期: 2000-03-29; 修订日期: 2000-07-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(4972110)、国家重点基础研究项目(G199043200)及核工业总公司地质局项目联合资助。

第一作者简介: 范春方(1975-), 男, 江苏苏州人, 硕士研究生, 从事同位素地球化学研究。

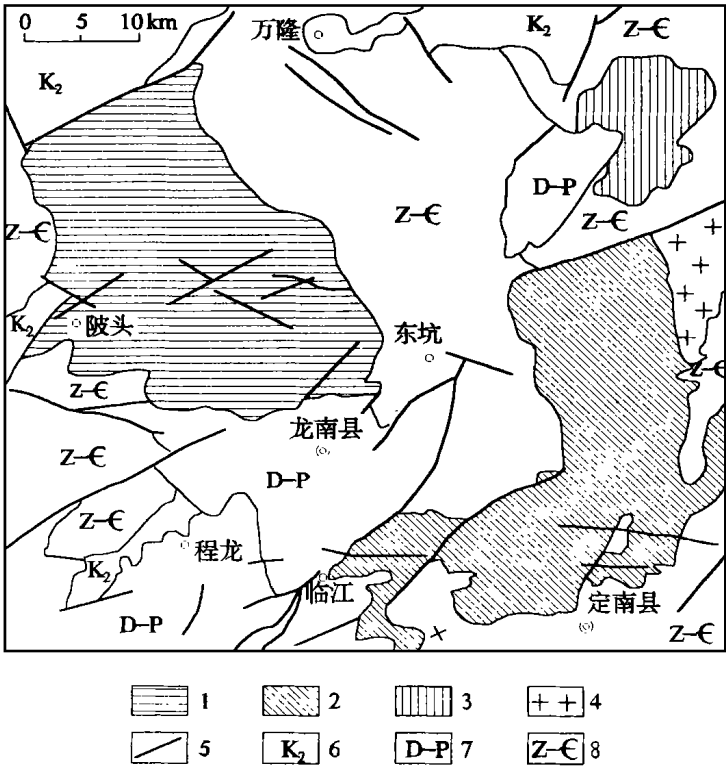


图 1 陂头岩体地质略图

Fig.1 Simplified geologic map of Pitou intrusive

1. 陂头岩体 2. 寨背岩体 3. 安西岩体 4. 隘高岩体 5. 断层 6. 白垩系上统 7. 泥盆—二叠系 8. 震旦—寒武系

表 1 陂头岩体花岗岩的化学组成($w_B/\%$)

Table 1 Analysis of Pitou intrusive

岩体	岩石类型	样品编号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失	总量
陂头	钾长花岗岩	9704-1	71.1	0.17	13.6	1.55	0.96	0.03	0.16	0.80	4.42	5.38	0.11	1.44	99.72
		9705	74.9	0.18	12.0	0.82	1.41	0.04	0.25	1.16	3.20	4.90	0.09	0.69	99.57
		9704-2	76.3	0.15	11.5	0.61	0.99	0.04	0.07	0.68	2.79	5.4	0.1	0.75	99.36
		99-10-1	74.2	0.17	12.8	0.78	1.45	0.08	0.15	0.81	3.3	5.63	0.05	0.66	100.0
		99-11-1	73.1	0.24	13.0	1.35	1.29	0.09	0.15	0.58	3.07	5.55	0.07	0.85	99.3

注: 1 主量元素由南京大学地球科学系中心实验室分析, 分析方法为: Si 和烧失量采用重量法; Al 和 Fe²⁺, 容量法; Fe³⁺, Ti 和 P, 比色法; K, Na, Ca, Mg 和 Mn, 原子吸收分光光度计。

2 样品及分析方法

样品是在野外采集的各种新鲜样品经过严格的室内鉴定后选取的。铷、锶、钐、钕同位素分析采用了 Teflon 高压密闭熔样法和阳离子交换技术。用第一根交换柱使样品中铷、锶稀土与主元素相分离。用第二根交换柱使钐、钕进一步分离。第二根交换柱是在 Eugster 等^[3]和 Bor-Ming Jahn 等^[4]提出的方法基础上作了某些改进。钐、钕淋洗剂采用 0.2 mol 的 γ -羟基异丁酸 ($\text{pH} = 4.43$)。样品的铷、锶、钐、钕同位素组成是在 VG-354 质谱仪上完成的。化学分离与质谱测定均在南京大学现代分析中心质谱实验室完成。实验测定 NBS987 Sr 标样中 $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr}) = 0.71022 \pm 4(2)$, 标准化值采用 $w(^{86}\text{Sr})/w(^{88}\text{Sr}) = 0.1194$; BCR-1 岩石标样中 $w(^{143}\text{Nd})/w(^{144}\text{Nd}) = 0.512662 \pm 8(2)$, 标准化值采用 $w(^{146}\text{Nd})/w(^{144}\text{Nd}) = 0.7219$ 。Nd 和 Sr 的全流程本底分别为 $5 \times 10^{-11} \sim 7 \times 10^{-11} \text{ g}$ 和 $1 \times 10^{-9} \sim 2 \times 10^{-9} \text{ g}$ 。其他详细的 Sm-Nd, Rb-Sr 化学制备、质谱测定方法以及各类标样数据测定结果见本文参考文献[5]。

Nd, Sr 同位素组成 $\text{Nd}(t)$, $\text{Sr}(t)$ 和 T_{DM} 值采用下式计算 (McCulloch, et al. 1982; Faure, 1986; Liew and Hofmann, 1988)^[6, 7, 8]

$$\begin{aligned} \text{Nd}(t) &= [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s^t / ((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^t - 1) \times 10^4 \\ (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s^t &= ((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_s (e^{\text{Sm}^t} - 1) \\ (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^t &= ((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} (e^{\text{Sm}^t} - 1) \\ \text{Sr}(t) &= [(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_s^t / (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}}^t - 1] \times 10^4 \\ (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_s^t &= (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_s - (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_s (e^{\text{Rb}^t} - 1) \\ (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}}^t &= (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}} - (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}} (e^{\text{Rb}^t} - 1) \\ T_{\text{DM}} &= 1 / \text{sm} \ln \{ 1 + [((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - ((^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_s - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}) (e^{\text{Sm}^t} - 1) - \\ & \quad ((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}) / [(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}] \} \end{aligned}$$

式中: t 代表岩石结晶年龄; s 为样品的同位素组成现今测定值; $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.512638$; $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.1967$; $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}} = 0.7045$; $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}} = 0.0816$; $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}} = 0.2136$; $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}} = 0.513151$, $\text{sm} = 6.54 \times 10^{-12} \text{ a}^{-1}$; $\text{Rb} = 1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$; 以上各式中量名称为 B 的质量分数 (w_B)。

3 分析结果

陂头岩体全岩及单矿物钾长石的 Rb, Sr 同位素组成见表 2, 计算得到 Rb-Sr 等时线年龄为 $(178.2 \pm 0.84) \text{ Ma}$ (图 2), 表明其形成于中侏罗世早期。其 MSWD 值较小, 故其年龄是可信的。

表 2 陂头岩体全岩及单矿物样品的铷、锶同位素测定结果

Table 2 Rubidium and strontium isotopic compositions of selected minerals and whole-rock from Pitou intrusive.

样品号	样品种类	$\frac{w_{\text{B}}/10^{-6}}{\text{Rb}} \quad \text{Sr}$		$w(^{87}\text{Rb})/w(^{86}\text{Sr})$	$w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr})$	误差	$t_{\text{Sr}}(t)$
9704-1	全岩	136.3	63.51	5.784	0.724 415	±18	77.6
9705	全岩	241.5	46.42	15.34	0.748 624	±20	77.59
9708-1	全岩	508.9	61.86	24.26	0.771 180	±19	77
9704-2	全岩	270.1	48.37	16.45	0.751 443	±9	77.7
9705	钾长石	145.3	58.59	7.301	0.728 212	±14	76.97

注: 由南京大学现代分析中心王银喜测定, 在 VG-354 质谱计上完成, 实验测定 NBS987Sr 标样中 $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr}) = 0.710\,22 \pm 4(2)$, 标准化值采用 $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr}) = 0.119\,4$ 。

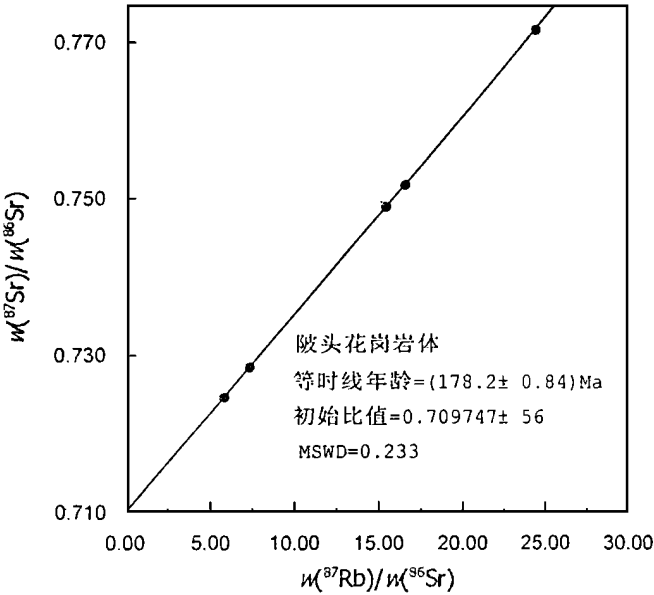


图 2 陂头岩体全岩-单矿物 Rb-Sr 等时线年龄

Fig. 2 Diagram of Rb-Sr isochron of separated mineral and whole-rock samples from Pitou intrusive.

陂头岩体的 Sm, Nd 同位素组成及据此所计算出的 Nd 和两阶段模式年龄 T_{2DM} 列于表 3 中。

表 3 陂头岩体全岩样品的钐、钕同位素测定结果

Table 3 Samarium and neodymium isotopic compositions of whole-rock samples from Pitou intrusive.

样品号	样品种类	$\frac{w_{\text{B}}/10^{-6}}{\text{Sm}} \quad \text{Nd}$		$w(^{147}\text{Sm})/w(^{144}\text{Nd})$	$w(^{143}\text{Nd})/w(^{144}\text{Nd})$	误差	$t_{\text{Nd}}(t)$	$T_{2\text{DM}}(\text{Ma})$
9704-1	全岩	8.691	41.86	0.125 6	0.512 229	±18	- 6.4	1 482
9705	全岩	10.98	58.49	0.113 8	0.512 263	±26	- 5.4	1 406

注: 由南京大学现代分析中心王银喜测定, 在 VG-354 质谱计上完成, BCR-1 岩石标样中 $w(^{143}\text{Nd})/w(^{144}\text{Nd}) = 0.512\,662 \pm 8(2)$, 标准化值采用 $w(^{146}\text{Nd})/w(^{144}\text{Nd}) = 0.721\,9$ 。

4 讨论与结论

花岗岩类的 Nd-Sr 相关特性是当前研究物质来源最有效的手段之一。由图 3 可以看出陂头岩体具有较高的 $\text{Sr}(t)$ 值 (76.97~77.7) 和较低的 $\text{Nd}(t)$ 值 (-5.4~-6.4), 它的源区物质应该以地壳组分为主, 故可以认为陂头岩体是地壳来源的。陂头岩体的 $w(\text{Sm})/w(\text{Nd}) = 0.18 \sim 0.20$, 与地壳岩石的 $w(\text{Sm})/w(\text{Nd})$ 值 0.21 (Henderson, et al. 1984)^[9] 以及地壳花岗岩的 $w(\text{Sm})/w(\text{Nd})$ 值 0.11~0.24 (Hawkesworth, 1984)^[10] 相似。

沈渭洲等 (1989)^[11] 认为, 花岗岩的 $w(\text{Sm})/w(\text{Nd})$ 值位于 0.14~0.24 范围的 Nd 模式年龄能较为可靠地指示大陆地壳的形成时间。陂头岩体两阶段 Nd 模式年龄变化在 1406~1482 Ma 间, 相当于中元古代。已测得南岭地区四堡群的 (Sm)-(Nd) 全岩等时线年龄 2219 Ma (毛景文等, 1990)^[12], 麻源群 (Sm)-(Nd) 全岩等时线年龄 2116 Ma (袁忠信等, 1991; 1992)^[13, 14], 邻区汤湖花岗岩中残留锆石的 U-Pb 不一致线上交点年龄 2516 Ma (李献华等, 1989)^[15] 以及广西清湖岩体石英二长岩中锆石 U-Pb 不一致线上交点年龄 2642 Ma (袁忠信等, 1992)^[14]。这些资料表明南岭地区地壳最早可能形成于晚太古代。陂头岩体的模式年龄和 $\text{Nd}(t)$ 值反映了其成岩物质来源于较年轻的地壳。

本研究是在王银喜副教授指导下完成的, 在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 陈培荣, 吴燕玉, 黄耀生, 等. 赣南隘高花岗岩体锶和氧同位素研究 [J]. 南京大学学报 (地球科学版), 1989 (1~2): 118-124.
- [2] 陈培荣, 章邦桐, 孔兴功, 等. 赣南寨背 A 型花岗岩的地球化学证据及其地质意义 [J]. 岩石学报, 1998, 14 (3): 289-298.

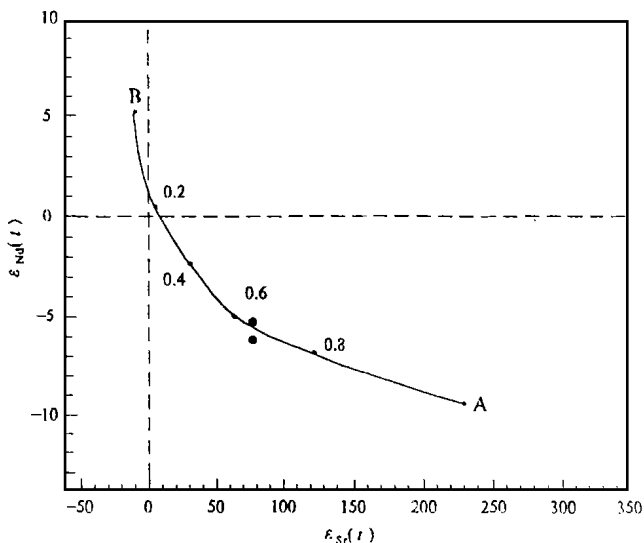


图 3 赣南陂头花岗岩 $\text{Sr}(t) - \text{Nd}(t)$ 相关图
 Fig. 3 $\text{Sr}(t)$ vs. $\text{Nd}(t)$ diagram of granitoid in Pitou granite
 实心圆为陂头岩体; A: 地壳成分点, $\text{Nd} = -9.0$, $\text{Nd} = 28.0 \times 10^{-6}$, $\text{Sr} = 227.2$, $\text{Sr} = 140 \times 10^{-6}$;
 B: 地幔成分点, $\text{Nd} = +6.0$, $\text{Nd} = 14.0 \times 10^{-6}$, $\text{Sr} = -14.20$, $\text{Sr} = 470 \times 10^{-6}$
 (据 McCulloch and Chappell, 1982)^[6]。

- [3] Eugster O, Tera F, Burnett D S, *et al.* Isotopic composition of gadolinium and neutroncapture effects in some meteorites. [J] J. Geophys. Res., 1970, 75: 2753-2765.
- [4] Bor-ming Jahn, Bernard-Griffiths, Garlot J, *et al.* Nd and Sr isotopic compositions and REE abundances of Cretaceous MORB (holes 417D and 418A, legs 51, 52, and 53) [J], Earth Planet. Sci. Lett., 1980, 48: 171-184.
- [5] 王银喜, 杨杰东, 陶先聪, 等. 化石、矿物和岩石样品的 Sm-Nd 同位素实验方法研究及应用[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1988(2): 297-308.
- [6] McCulloch M T, Chappell B W. Nd isotopic characteristics of S-and I-granites[J]. Earth Planet. Sci. Letters, 1982, 58: 51-64.
- [7] Faure G. Principles of isotope geology[M]. John Wiley and Sons, New York, 1986.
- [8] Liew T C, Hofmann A W. Precambrian crustal components, plutonic assimilations, plate environment of the Hercynian fold belt of central Europe: Indications from a Nd and Sr isotopic study[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 98: 129-138.
- [9] Henderson P. General geochemical properties and abundance of the rare earth elements [A]. In: Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry [C]. Elsevier, 1984. 1-29.
- [10] Hawkesworth C J. Radiogenic isotopes—some geological applications [A]. In: Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry [C]. Elsevier, 1984.
- [11] 沈渭洲, 朱金初, 刘昌实, 等. 从 Nd 模式年龄谈华南地壳的形成时间[J]. 南京大学学报(地球科学版), 1989(3): 82-91.
- [12] 毛景文, 张宗清, 董宝林. 江南古陆南缘四堡群钕钐同位素年龄研究[J]. 地质论评, 1992, 36(3): 264-268.
- [13] 袁忠信, 张宗清, 等. 南岭花岗岩类岩石 Sm, Nd 同位素特征及岩石成因探讨[J]. 地质论评, 1992, 38(1): 1-14.
- [14] 袁忠信, 吴良士, 张宗清, 等. 闽北麻源群 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素年龄研究[J]. 岩石矿物学杂志, 1991, 10(2): 127-132.
- [15] 李献华, Tasumoto 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[J]. 科学通报, 1989(2): 165-168.

Nd AND Sr ISOTOPIC COMPOSITIONS OF PITOU GRANITIOD IN SOUTH JIANGXI PROVINCE

FAN Chun-fang, CHEN Pei-rong

(State Key Laboratory of Mineral Deposits, Nanjing University;
Dept. of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The Rb-Sr isochron ages of the Pitou granitiod in south Jiangxi province is 178.2 ± 0.84 Ma. It is suggested that the Pitou granitiod be formed in the Early Jurassic. The $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ value of Pitou granitiod is $76.97 \sim 77.7$, the $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ value ranges from -5.4 to -6.4 and the $T_{2\text{DM}}$ age ranges from 1 406 Ma to 1 482 Ma, which show that the Pitou granitiod was derived from the younger crust.

Key words: A-type granite; Pitou granitiod; Nd and Sr isotope; Nd model age; Gannan