

闽北麻源群Sm-Nd、Rb-Sr 同位素年龄研究^{*}

袁忠信

吴良士

张宗清

叶笑江

(中国地质科学院矿床地质研究所)

(中国地质科学院地质研究所)

主题词: 麻源群; Sm-Nd同位素年龄; Rb-Sr同位素年龄

提 要: 福建北部元古代麻源群地层发育, 对其中7个变质岩和2个白云母花岗岩样品进行了Sm-Nd及Rb-Sr同位素年龄研究。7个样品的Sm-Nd同位素全岩等时线年龄为 2116 ± 22 (2 σ) Ma, $I_{Nd} = 0.51027 \pm 2$ (2 σ), $\epsilon_{Nd}(t) = 7.29 \pm 0.17$ 。6个样品的Rb-Sr同位素全岩等时线年龄为 375 ± 28 (2 σ) Ma, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i = 0.707 \pm 34$ (2 σ)。2116 Ma的年龄值代表麻源群原岩的成岩年龄, 375 Ma年龄值代表麻源群的变质年龄。

麻源群一词, 按1985年出版的“福建省区域地质志”^[1]一书中记载, 是由原建瓯群中的麻源组演绎而得出。在福建, 麻源群地层集中分布于闽西北浦城、建阳、将乐、宁化一带。它主要包括福建下震旦统迪口组以下的一套厚度近万米的中浅变质岩系, 大致相当于福建省闽北地质大队“闽北变质岩专题组研究报告”(1988)中的大金山组和南山组。

这一套岩石, 按地层层序被列入前震旦系, 但由于区域普遍受到加里东期变质作用, 原岩性质有了较大变化, 已有的许多K-Ar、U-Pb等同位素年龄值都小于500 Ma。直到最近, 根据李根坤报导在将乐县黄坛北西500 m处浅粒岩中取得一组锆石一致线下交点年龄为536.5 Ma, 上交点年龄为1960.5 Ma^[2], 给出一个本区存在中下元古界地层的信息。华南, 尤其是南岭地区震旦纪以来的岩浆活动和成矿作用十分强烈, 作为基底层的前震旦系无疑对后来的成岩成矿作用及其发育程度起着控制作用。这里主要借助于Sm-Nd、Rb-Sr同位素研究了解这一基底层的形成时代及变质时代, 有关这一研究的地质意义将在另文中作详细讨论。

一、采样及样品描述

福建省自政和大浦深断裂以西, 在大地构造上可分为三区: 1. 邵武-建宁拗陷; 2. 浦城-洋源隆起; 3. 松溪-建西拗陷。本次采样工作集中在上述第二区的中部(图1)长坪-莒口一线。采样地区麻源群地层颇为发育, 能见到多种该群的岩石, 计采集的岩石有斜长角闪岩、变粒岩、云母(石英)片岩, 以及白(二)云母花岗岩等(图1)。除花岗岩外, 斜长角闪岩、变粒岩、云母片岩等呈清楚的互层产出。

斜长角闪岩: 斜长角闪岩(Fm-9、Fm-11、Fm-13)呈麻灰色、灰黑色, 产于云母

^{*} 国家自然科学基金资助项目(4880148)的阶段性成果。

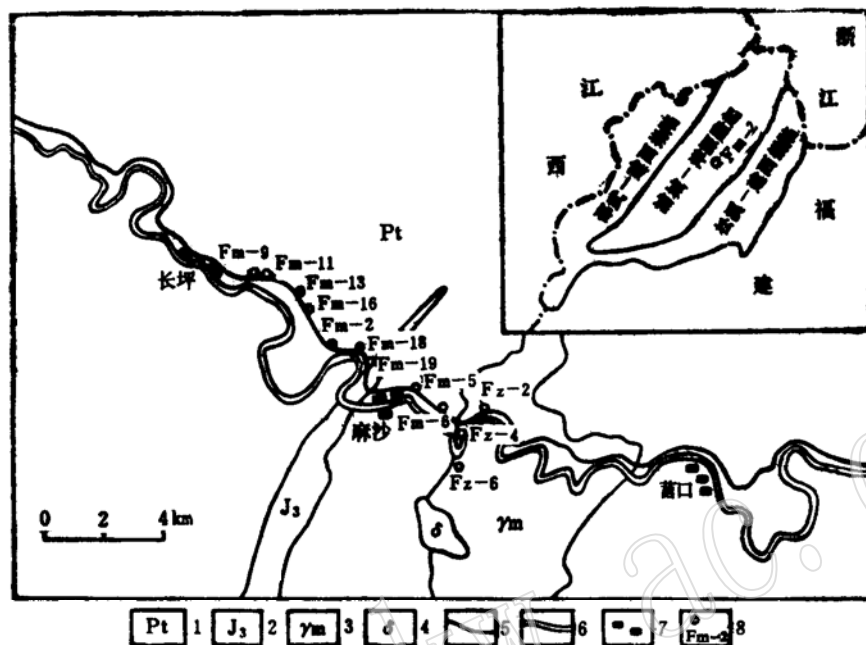


图 1 采样位置及地质略图

Fig. 1 Schematic map showing geology and sampling locations

1—元古界麻源群; 2—侏罗系; 3—混合花岗岩; 4—闪长岩;
5—道路; 6—河流; 7—市镇; 8—取样点

石英片岩及变粒岩中, 呈夹层形式产出, 一般厚度数十厘米, 见到的最大厚度达 15m。岩石具片状构造或块状构造, 主要由普通角闪石和斜长石组成。斜长石多已绢云母化。此外, 见有少量石英、黑云母及普通辉石。副矿物有磁铁矿、赤铁矿、钛铁矿、榍石、磷灰石, 以及锆石。

变粒岩: 变粒岩的岩石成分变化较大。采集的样品有黑云钾长变粒岩(Fm-2)、二云钾长变粒岩(Fm-5)及受到混合岩化作用的变粒岩(Fm-6)。变粒岩中的石英颗粒以及石英长石颗粒紧密镶嵌, 呈显微—细粒花岗结构。有的标本上, 石英颗粒粗大, 显示斑状结构。有的标本上可见由长石和(或)石英组成的眼球体, 眼球体周围有一圈黑云母边。造岩矿物主要有微斜长石、斜长石、石英、白云母、黑云母等。白云母明显交代黑云母。副矿物中见有磷灰石、锆石、磁铁矿, 以及绿帘石等。

云母(石英)片岩: 云母(石英)片岩(Fm-18), 主要为黑云母石英片岩。岩层中的花岗岩呈岩席状穿入, 也见有伟晶岩呈囊状产出。岩石具鳞片变晶结构或鳞片花岗变晶结构, 片状构造。黑云母明显地定向排列。石英也作拉长状, 大致显示定向排列。造岩矿物主要有石英、黑云母、斜长石及少量白云母。斜长石多已绢云母化。副矿物见有磷灰石、锆石、金红石及磁铁矿等。

白云母花岗岩: 白云母花岗岩(Fz-2、Ez-6)中常有厚度不大的伟晶岩脉。岩石的结构构造及岩性变化较大。采样处岩石为灰白色中细粒花岗变晶结构, 块状构造。造岩矿物有微斜长石、微斜条纹长石、更长石、石英、白云母及黑云母, 此外见有方解石、绿泥石及绢云母。黑云母强烈被白云母交代。岩体由内向外, 黑云母逐渐增多, 可见二云母花岗岩。更

长石被绢云母交代,以及斜长石和钾长石之间的蠕英石交代现象普遍。岩石中的副矿物有磷灰石、独居石、锆石、石榴石、磁铁矿及金红石等。

根据“福建省区域地质志”记载,取样地所在的长坪一带斜长角闪岩中,斜长石具环带构造,片理间有细小石英条带,锆石晶形完整,岩石化学成分相当于中基性火山岩,斜长角闪岩的原岩应为基性火山岩^[1]。采样地区的变粒岩及云母片岩与斜长角闪岩呈互层产出,变粒岩中见有斑状结构,推测它们的原岩可能为中性火山-沉积岩。花岗岩为加里东时期混合岩化或花岗岩化作用的产物,为了比较,本文仅列出其Sm-Nd、Rb-Sr同位素数据,不参与地层年龄计算。

二、Sm-Nd同位素分析方法

有关Sm、Nd含量和Nd同位素比值的测定和实验方法张宗清和叶笑江已有专文报导^[3,4]。Sm、Nd用同位素稀释法分析。样品用HF+HNO₃混合酸溶解,AG50W×8(H⁺)阳离子交换柱和HDEHP离子交换分离。MAT-261固体同位素质谱计测定,双束, M⁺离子型式,可调多法拉第筒接收器接收。质量分馏用¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd=0.7219改正。J.M.Nd₂O₃(NO.JMC 321)标准测量结果:¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.511125±8(2σ),BCR-1¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.512643±12(2σ)。Sm、Nd流程空白~4×10⁻¹¹g。

年龄计算采用York(1969)回归分析法。 $\lambda(^{147}\text{Sm})=0.00654\times 10^{-9}\text{Ga}^{-1}$ 。

三、结果和讨论

9个样品的Sm-Nd及Rb-Sr同位素分析结果分别列于表1和表2。除去2个花岗岩样品外,表1中由7个样品得出的Sm-Nd同位素等时线如图2所示。由7个样品得出的年龄值 $t=2116\text{Ma}\pm 22(2\sigma)$; $I_{\text{Nd}}=0.51027\pm 2(2\sigma)$; $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)=7.29\pm 0.17$ 。这个年龄值与桂北四堡群的Sm-Nd同位素年龄2219Ma^[5]相近,也与李根坤报导的本区变粒岩中锆石U-Pb年龄(1960.5Ma)相近,但比其更老。麻源群地层与四堡群一样可能均属早元古代产物。

表1 麻源群岩石的Sm-Nd同位素成分
Table 1 Sm-Nd isotopic compositions of the Mayuan group

样品号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	±2σ
Fz-2*	3.640	15.938	0.1381	0.512016	9
Fz-6*	2.593	12.398	0.1265	0.511900	14
Fm-2	8.972	44.625	0.1216	0.511970	10
Fm-5	10.033	49.774	0.1219	0.511971	7
Fm-6	14.205	71.600	0.1200	0.511946	7
Fm-9	4.317	15.093	0.1730	0.512674	19
Fm-11	4.470	16.032	0.1687	0.512623	6
Fm-13	3.318	11.808	0.1700	0.512649	12
Fm-18	7.740	39.123	0.1197	0.511936	13

* 白云母花岗岩不参与年龄计算。

表 2 麻源群岩石的 Rb-Sr 同位素成分

Table 2 Rb-Sr isotopic compositions of the Mayuan group

样品号	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
Fz-2*	193.19	96.57	5.792	0.74447	7
Ez-6*	194.15	108.92	5.161	0.74296	3
Fm-2	204.79	38.99	15.21	0.79318	6
Fm-5	216.22	38.03	16.46	0.79194	9
Fm-6	184.04	68.68	7.76	0.77965	4
Fm-9	19.40	108.41	0.52	0.71099	6
Fm-11	53.72	95.46	1.63	0.71636	22
Fm-13	21.28	133.74	0.46	0.70845	8
Fm-18	163.58	47.28	10.02	0.75748	6

* 白云母花岗岩不参与年龄计算。

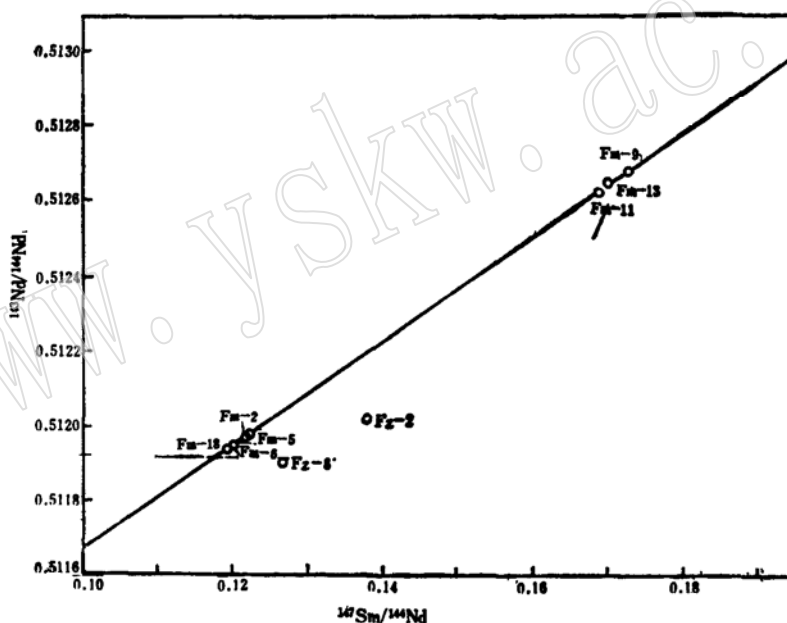


图 2 麻源群Sm-Nd同位素全岩等时线图

Fig. 2 Sm-Nd isotopic isochron diagram of whole rock of the Mayuan group

图2中有两组数据点, 一组是基性火山岩, 另一组是中酸性火山-沉积岩。这两组数据点共同构成一条等时线, 具有一般双峰式火山岩的图形特征。这两组数据点分别计算的年龄值 (1959Ma和2197Ma), 与整体等时线年龄值 (2116Ma) 相差不多, 在误差范围以内。原岩可能为基性火山岩的斜长角闪岩和原岩可能为中酸性火山岩的变粒岩呈互层产出, 它们的年龄值应该是相近的。

除两个白云母花岗岩数据外, 表2中的7个样品数据在Rb-Sr 年龄等时图上的分布如图3所示。除Fm-6外, 其余6个样品基本都位于一条等时线上, 其等时年龄 $t = 375 \pm 28(2\sigma)$ Ma, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.707 \pm 34(2\sigma)$ 。Fm-6受到强烈变质作用, 在前面已经提到, 其岩石Rb-Sr 同位素系统已遭受破坏。由图 3 可以看出, Fm-2的Rb-Sr 同位素系统受到某些扰动。如果

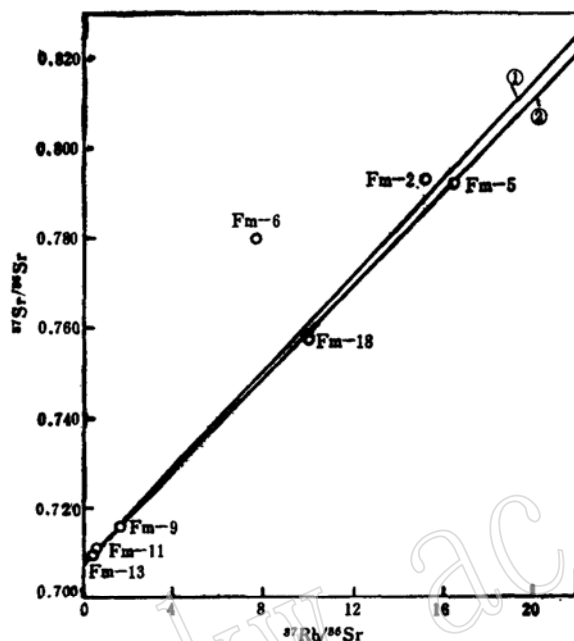


图3 麻源群Rb-Sr同位素全岩等时线图

Fig. 3 Rb-Sr isotopic isochron diagram of whole rock of the Mayuan group

也不考虑Fm-2的话, 5个样品得出的年龄是 $t = 356 \pm 14(2\sigma)$ Ma, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7075 \pm 15(2\sigma)$ 。很显然, Rb-Sr年龄是岩石遭受变质作用的时间。这与本区在加里东时期发生强烈而且广泛的变质作用相一致。

Sm-Nd同位素分析得出的初始同位素值 $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +7.29$, 说明岩石的成岩物质多半不是来自地壳陆源碎屑, 而可能是来自亏损地幔。这点也为岩石的锶初始值所证明。0.707的初始值是岩石遭受变质作用时具有的锶同位素值。在早元古代麻源群成岩时这一数值当更低。

古老地层变质岩的等时线年龄测定涉及对原岩性质的了解, 本文对这一问题未作过多讨论, 只是根据岩石产状及前人的工作进行了初步研究。此外, 测定的样品的数量及其代表性也还不够, 有待进一步补充。

参 考 文 献

- 〔1〕 福建省地质矿产局, 1985, 福建省区域地质志, 地质出版社。
- 〔2〕 李根坤, 1989, 福建基底时代的探讨, 福建地质, 第八卷, 第三期。
- 〔3〕 叶笑江、张宗清, 1990, Nd比值测定中的Sm、Nd分离——HDEHP分离法, 分析测试通报, 第三期。
- 〔4〕 张宗清、叶笑江, 1987, 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, 中国地质科学院地质研究所所刊, 总第17号。
- 〔5〕 毛景文、张宗清、董宝林, 1990, 江南古陆南缘四堡群钆同位素年龄研究, 地质论评, 第三十六卷, 第三期。

The Sm-Nd, Rb-Sr Isotopic Age-Dating of Mayuan Group in Northern Fujian

Yuan Zhongxin Wu Liangshi

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

Zhang Zongqing Ye Xiaojiang

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences)

Key Words: Mayuan group; Sm-Nd isotopic age; Rb-Sr isotopic age; volcanogenic rocks

Abstract

The Proterozoic Mayuan group is well developed in Northern Fujian province. 7 samples of epi-meso metamorphic rocks from the Mayuan group and 2 samples of muscovite granites were taken to be measured by Sm-Nd and Rb-Sr radioactive isotopic method. The Sm-Nd isotopic isochron age of whole rock for 7 samples is $2116 \pm 22(2\sigma)$ Ma, $I_{Nd} = 0.51027 + 2(2\sigma)$, $\epsilon_{Nd}(t) = 7.29 + 0.17$. Rb-Sr isotopic isochron age of whole rock for 6 samples is $375 + 28(2\sigma)$ Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i) = 0.707 + 3(2\sigma)$. The age of 2116 Ma, the earliest age of strata in Fujian and Jiangxi provinces, represents a formation age of the Mayuan group and the age of 375 Ma — metamorphic age of the Mayuan group. From the data of $\epsilon_{Nd}(t)$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$, it may be postulated that original rocks of the Mayuan group in Northern Fujian province had been mostly formed through volcanism.

(上接第 153 页)

Ca- and Mg-poor ($\text{CaO} < 0.4\%$, $\text{MgO} < 0.20\%$) and concentrations of Rb, Th(U), Nb (Ta), Zr, Zn, Ga, etc. The chondrite-normalized REE patterns exhibit a gently right-dipping V-type curve with a severe depletion in Eu. The characters are essentially identical with those of alkaline granite in Kuiqi, Fujian and similar to those of the A-type granite in the achlan folded zone of southeast Australia. The above studies indicate that the alkali-rich granite zone was formed as a result of the magmatic evolution at the late stage of the Yanshanian movement, controlled by a regional deep fracture, that is to say, its formation may be attributed to the upward intrusion of deep-source alkali-rich magma during the tension of the deep fracture on active continental margin.