

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

研究简讯

福建晋江地区混合花岗岩及浅粒岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄测定

富云莲 任纪舜 陈廷愚 刘志刚

(中国地质科学院地质研究所, 北京)



中生代以来, 闽粤沿海变质带经历了十分复杂的构造岩浆演化过程。强烈的区域变质作用及大规模韧性剪切作用成为这一地区最引人注目的地质事件。通过对该变质带代表性岩石进行系统 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测定, 结果表明晋江地区混合岩和浅粒岩形成于距今99—98Ma以前, 后期的北西向韧性剪切则是发生在75Ma以前。

晋江地区的混合花岗岩及浅粒岩分布于我国闽粤沿海变质带中^[1,2]。该变质带东临台湾海峡, 北起福建平潭, 南至广东南澳, 呈NE-SW向延伸, 长达400km, 宽40—50km。

该变质带无论原岩岩性及时代, 还是变质作用, 岩浆作用及构造变形等均很复杂, 因而引起了国内外不少地质学者的密切关注。经过工作, 我们将这一变质带分为三个亚带: 东南濒临太平洋边上为混合岩带, 中间为浅粒岩及混合花岗岩带, 西北为变质火山岩带。

一、样品产地地质及岩石矿物特征

1. JJ-27样品

JJ-27样品采自晋江之南约30km的石圳唐公山(图1)海边, 属混合岩带。该区混合岩十分发育, 计有条带状、条痕状及阴影状混合岩等。在混合岩中有混合花岗岩穿插。JJ-27岩石样品即为此混合花岗岩。岩石具片麻状构造, 细粒他形一半自形结构。除石英、斜长石及钾长石等主要造岩矿物外, 暗色矿物黑云母约占8%, 副矿物以榍石为主, 其含量约1—2%。供 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 分析的样品是混合花岗岩中选出的黑云母单矿物。

2. JJ-10样品

JJ-10样品采自晋江之南约10km左右的灵秀山(图1)。该区主要发育各种浅粒岩, 岩石中走向NE40°的拉伸线理清楚地反映了强烈的韧性剪切作用。但岩石中北西向的韧性剪切带亦十分发育, 剪切方向主要为NW320°, 这种粒度变细的浅粒岩又被粒度较粗的、具片麻状构造的混合花岗岩所侵入。JJ-10样品为二长浅粒岩, 具片麻状构造, 粒状结构。主要造岩矿物为石英、斜长石及微斜长石, 片状矿物以白云母为主, 黑云母次之。供 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄分析用的样品为浅粒岩中选出的白云母单矿物。

注: 郑宝英、张思红参加了实验工作。

本文1988年3月收到, 1989年1月改回, 周健编辑。

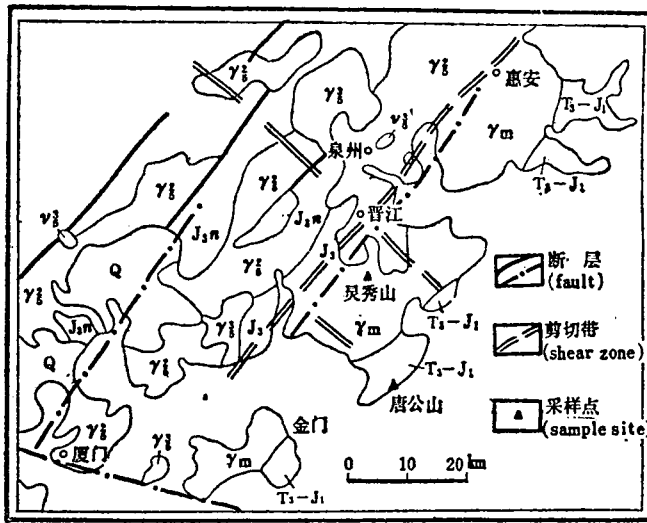


图 1 福建晋江地区地质示意图

Fig. 1 Simplified geological map of the Jingjiang area, Fujian.

Q—第四系 (Quaternary); J_{3n} —上侏罗统南园组火山岩 (volcanics of Upper Jurassic Nanyuan Fm); J_3 —上侏罗统变质岩 (Upper Jurassic metamorphics); T_3-J_1 —上三叠统-下侏罗统变质岩 (Upper Triassic-Lower Jurassic metamorphics); γ_2^3 —晚燕山期花岗岩 (Late Yanshanian granites); ψ_2^3 —晚燕山期辉长岩 (Late Yanshanian gabbros); γ_1^2 —早燕山期花岗岩 (Early Yanshanian granites); γ_m —混合花岗岩 (migmatitic granites)

二、实验方法

用铝箔将样品包装成圆柱形的样品包, 并将样品包依次装入细筒状的铝箔筒中, 详细记录铝箔包的纵向位置。数支铝箔筒密封于玻璃瓶中, 瓶外包一层 0.5mm 厚的锡皮, 以屏蔽热中子。装有样品瓶的铝罐, 在中国原子能科学研究院 49-2 反应堆 H₁ 孔边的中部照射 60 小时零 1 分钟。铝罐每分钟旋转 2 次, 以减少中子通量横向不均匀性。快中子的瞬时通量为 $5.8 \times 10^{17} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 。快中子的累积通量为 $1.25 \times 10^{18} \text{n/cm}^2$ 。用优级纯 K_2SO_4 与光谱纯 CaF_2 同样品一起在反应堆中照射。干扰元素校正因子的测定值为:

$$C_2 = (^{40}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 2.40 \times 10^{-4};$$

$$C_4 = (^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 7.57 \times 10^{-4};$$

$$C_3 = (^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 4.78 \times 10^{-3}。$$

用国内标样房山黑云母 ZBH-25 来监测中子通量。实验事实说明在纵向 30mm 限度内, 照射参数与样品包的纵向位置近似呈直线关系。对不同纵向位置的标样测定其 J 值, 并作最小二乘法拟合分析, 得到:

$$\text{斜率 } B = 0.000\ 025\ 6 \pm 0.000\ 004\ 1$$

$$\text{截距 } A = 0.014\ 46 \pm 0.000\ 08$$

$$\text{相关系数 } r = 0.963\ 1$$

对于已知纵向位置的样品, 可由该直线推算出其照射参数 J 值。

全部实验在英制 MM-1200 质谱计系统进行。全金属结构的析氦系统真空度约 10^{-7}Pa , 热本底 ^{40}Ar 约 10^{-13}mol , ^{36}Ar 约 10^{-15}mol 。在电子轰击炉中熔样, 自动控制炉温, 每个阶段温度保持 45 分钟—1 小时左右。质谱仪与析氦系统相连, 经净化的样品气体由计算机控制自动静态测量。

由计算机处理数据并给出年龄谱、等时线等结果^[3]。大约 1×10^{-10} mol的 ^{38}Ar 量,可获得2v左右的离子流强度。年龄计算中采用常数: $\lambda_{40\text{K}} = 5.543 \times 10^{-10}$ 年。年龄误差按 1σ 计算。

三、实验结果与地质解释

1. JJ-27黑云母

JJ-27黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测定获得了十分满意的结果。表1列出了阶段升温的数据。角码m代表同位素比值的测定值, $^{40}\text{Ar}^*$ 代表放射性成因的 ^{40}Ar 。图2为JJ-27黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱,图3为其等时线。

表 1 JJ-27黑云母阶段升温数据表
(重量 = 180mg J = 0.014 818)

Table 1 Data of incremental heating for sample JJ-27 biotite
(weight = 180mg J = 0.014 818)

温 度 ℃	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}(\text{mol})$ $\times 10^{-14}$	表面年龄 (Ma)	^{39}Ar 析出累 积百分数(%)
460	24.703 8	0.071 6	2.631 8	3.725 0	162.77	96.93 ± 43.64	2.45
570	4.179 2	0.001 3	0.034 8	3.796 0	2 425.39	98.71 ± 1.16	38.92
670	4.066 8	0.001 2	0.138 1	3.731 0	726.86	97.07 ± 1.23	49.85
750	4.060 0	0.000 8	0.071 9	3.818 0	949.74	99.20 ± 1.07	64.13
830	4.220 3	0.001 3	0.079 5	3.829 0	534.05	99.54 ± 1.49	72.16
930	4.039 3	0.000 5	0.055 2	3.901 0	836.64	101.35 ± 1.22	84.74
1 000	4.007 4	0.000 3	0.014 4	3.909 0	783.84	101.59 ± 1.19	96.52
1 350	4.190 0	0.001 2	0.140 1	3.838 0	231.30	99.79 ± 2.15	100.00

总年龄 = 99.33Ma

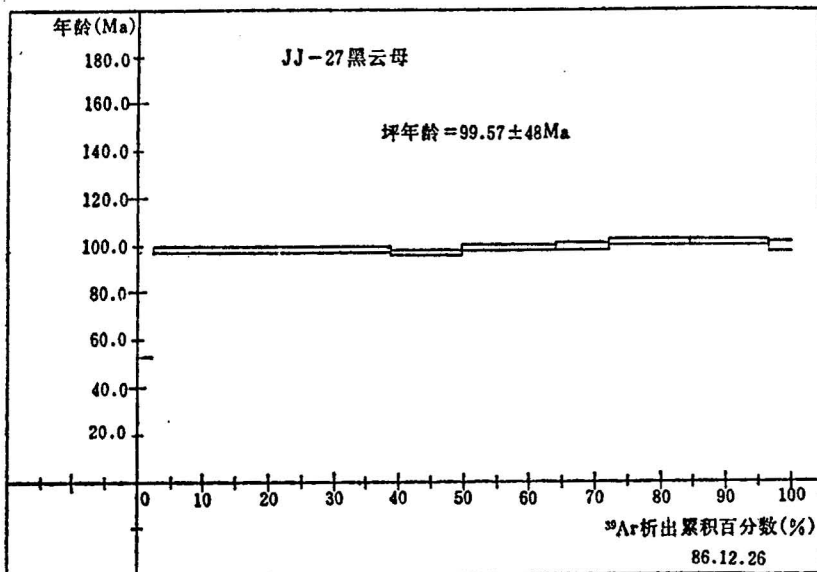
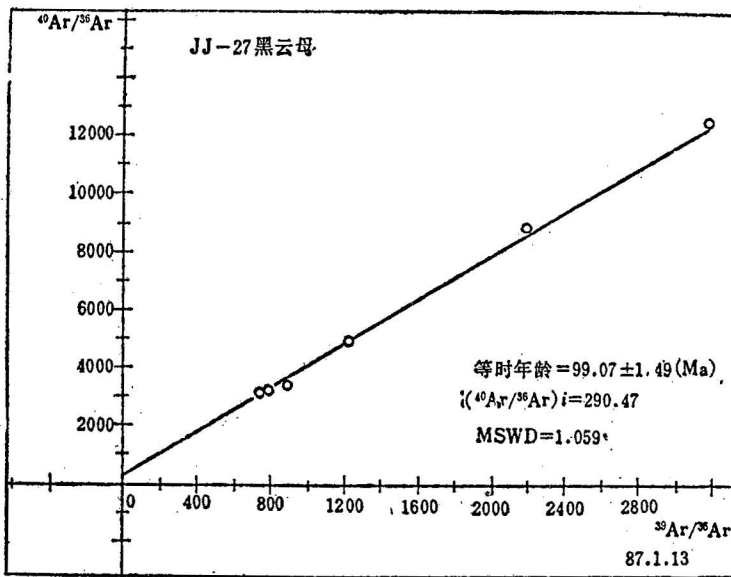


图 2 JJ-27黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱

Fig. 2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ spectrogram for sample JJ-27 biotite

图 3 JJ-27黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线Fig. 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isochron for sample JJ-27 biotite

JJ-27黑云母年龄谱近似呈一直线, 为一未受热扰动样品的年龄谱。其坪年龄为 $99.57 \pm 0.48\text{Ma}$, 等时年龄为 $99.07 \pm 1.49\text{Ma}$, 两者在误差范围内十分一致, 排除了过剩氩存在的可能性。由阶段升温数据计算的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 总年龄为 99.33Ma 。上述数据表明, JJ-27 混合花岗岩是在距今 99Ma 前形成的, 且未受明显的后期热事件的影响。

2. JJ-10白云母

JJ-10白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温结果列在表2中。图4为其年龄谱, 图5为其等时线。

JJ-10白云母在 $930-1400^\circ\text{C}$ 的高温阶段得到坪年龄 $97.85 \pm 0.01\text{Ma}$, 等时年龄为 $97.28 \pm 0.87\text{Ma}$, 等时年龄与坪年龄是一致的; 排除了高温阶段过剩氩存在的可能性。上述数据表明,

表 2 JJ-10白云母阶段升温数据表

(重量 = 167.85mg; $J = 0.014736$)

Table 2 Data of incremental heating for sample JJ-10 muscovite

(Weight = 167.85mm $J = 0.014736$)

阶段温度 ℃	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}(\text{mol})$ $\times 10^{-14}$	表面年龄 (Ma)	^{39}Ar 累积 百分数(%)
460	10.6849	0.0295	4.9675	2.3183	100.61	60.00 ± 10.63	1.25
570	4.4957	0.0058	2.4731	3.0994	283.66	80.57 ± 4.18	4.76
650	3.9613	0.0029	1.9353	2.9741	370.18	77.38 ± 2.14	9.35
780	3.7492	0.0031	2.0168	2.9766	2530.37	77.44 ± 0.85	40.71
880	3.9789	0.0015	0.3204	3.5566	1795.36	92.15 ± 1.07	62.96
930	4.1347	0.0012	0.0565	3.7769	1464.20	97.71 ± 1.07	81.10
1000	4.0098	0.0007	0.0226	3.7901	1022.95	98.04 ± 1.18	93.78
1075	4.3992	0.0021	0.1433	3.7843	171.38	97.90 ± 3.26	95.90
1200	4.4739	0.0024	0.1255	3.7783	240.57	97.75 ± 2.78	98.88
1400	9.5966	0.0198	0.1208	3.7634	90.11	97.37 ± 5.95	100.00

总年龄 = 88.15Ma

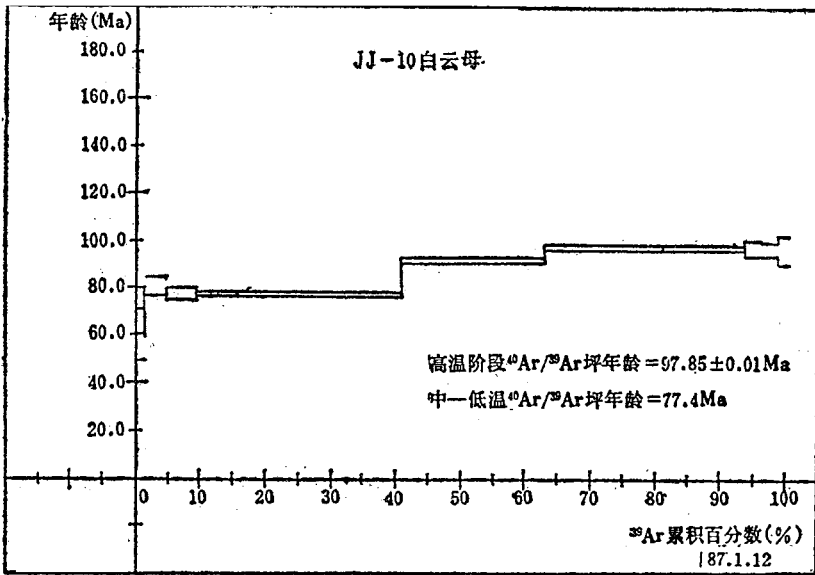


图 4 JJ-10白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄谱

Fig. 4 ⁴⁰Ar/³⁹Ar spectrogram for sample JJ-10 muscovite

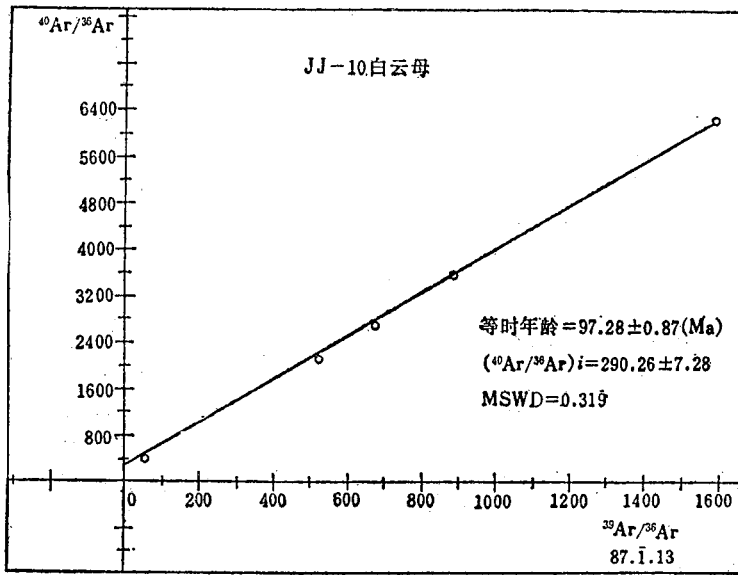


图 5 JJ-10白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar等时线

Fig. 5 ⁴⁰Ar/³⁹Ar isochron for sample JJ-10 muscovite

JJ-10白云母所反映的浅粒岩形成的时代距今大约98Ma。

由460—780℃阶段求出低中温坪年龄约为77.4Ma，它代表该样品的热力事件的年代。由阶段升温数据得到的总年龄为88.15Ma，用 D. D. Bogard 等人 (1976) 的公式计算^[4]，由于后期热事件导致JJ-10白云母早期积累的⁴⁰Ar*丢失了47%。

综合地质情况来看，98Ma代表了二长浅粒岩中的白云母的形成时代，亦即二长浅粒岩的形成时代，77Ma则可能与后期北西向剪切有关。

四、结 论

JJ-27混合花岗岩及JJ-10浅粒岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄测定表明, 闽东南沿海变质带上晋江地区的混合花岗岩及二长浅粒岩是形成在距今99—98Ma前, 是该区主要的热事件及变质事件。岩石中后期的北西向韧性剪切则是发生在大约75Ma前。

参 考 文 献

- [1] 任纪舜、陈廷愚、刘志刚, 1984, 中国东部构造单元划分的几个问题。地质评论, 第30卷, 第4期, 第382—385页。
 [2] 福建省地质矿产局, 1986, 福建省区域地质志。地质出版社, 北京。
 [3] 富云莲, 1987, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化年龄测定法的数据处理程序。质谱学报, 第8卷, 第2期, 第57—67页。
 [4] Bogard, D. D., 1976, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of collisional events in Chondrite Parent Bodies. Jour. Geophys. Res., Vol. 81, No. 32, pp.5664—5678.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ISOTOPIC DATING OF MIGMATIC GRANITE AND GRANULITE FROM THE JINGJIANG AREA, FUJIAN

Fu Yunlian, Ren Jishun, Chen Tingyu and Liu Zhigang

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

Abstract

The Fujian-Guangdong coastal metamorphic belt may be divided into three zones: the migmatite zone in the southeast, the granulite zone in the middle, and the metavolcanic rocks zone in the northeast.

Biotite of sample JJ-27 was sampled from the migmatite granite of the migmatite zone, while muscovite of sample JJ-10 from the leucogranulite of the granulite zone.

The authors measured the samples with the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ incremental heating technique on the mass spectrometer MM-1200, and obtained a plateau age of $99.57 \pm 0.48\text{Ma}$, and an isochron age of $99.07 \pm 1.49\text{Ma}$ for biotite of sample JJ-27 and a plateau age of $97.85 \pm 0.01\text{Ma}$ and an isochron age of $97.28 \pm 0.87\text{Ma}$ for muscovite of sample JJ-10.

The results indicate that migmatite and leucogranulite in the Jingjiang area should be formed 99-98Ma ago, representing the main thermal and metamorphic events in the area, and the later NW ductile shearing took place about 75Ma ago.

作 者 简 介

富云莲, 女, 1936年生。1959年毕业于北京大学原子能系核子物理专业。从事同位素地质质谱同位素分析研究, 现任中国地质科学院地质研究所副研究员。