

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

# 广西六陈花岗岩的同位素地球化学特征

闵茂中

(南京大学地球科学系)

孔令福

(核工业总公司北京地质研究院)

张国文

(核工业总公司华东 271 大队, 芜湖)



六陈花岗岩体是中国唯一产有铀矿床的海西期花岗岩体。笔者首次测得该岩石的 Rb-Sr 同位素等时线年龄为  $283.32 \pm 14.2 \text{ Ma}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始值为 0.716;  $\delta^{18}\text{O} = 9.9\text{‰} - 11.2\text{‰}$  (平均值 10.6‰),  $\delta^{34}\text{S} = 8.7\text{‰} - 13.1\text{‰}$  (平均值 11.2‰);  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.58 - 22.33$  (平均值 19.74),  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.22 - 16.14$  (平均值 15.66),  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.93 - 38.94$  (平均值 38.49)。根据所获得的数据对同位素的地质意义进行了探讨。

**关键词** 花岗岩 海西期 同位素地球化学

六陈花岗岩体位于广西大容山花岗岩体北西缘, 其犹似包裹在长椭圆卵状大容山复式岩基边缘的薄壳残片。该岩体长 64km, 宽 2—8km, 面积为  $238 \text{ km}^2$ , 呈弯钩状沿 NE60° 方向延伸, 其与大容山岩体同属大容山—十万大山花岗岩带的一部分。六陈岩体与周围的上寒武统细砂岩、下奥陶统砂页岩、下一中泥盆统砂岩等围岩呈明显的侵入接触关系。

六陈岩体的岩石种类较单一, 为中粗粒黑云母花岗岩, 属单阶段侵入岩基; 岩相分带不甚明显, 由岩体中心向边缘, 岩性由粗粒、中粗粒黑云母花岗岩 (含个别长石小斑晶) 逐渐过渡为中粒黑云母花岗岩; 在该岩体边缘局部出现 3—5m 宽的中细粒黑云母花岗岩 (冷凝边)。此外, 该岩体内、外还出现石英斑岩、花岗斑岩、煌斑岩、细粒花岗岩、伟晶岩、细晶岩和闪长玢岩等岩脉。按国际地质学会火成岩小组推荐的分类, 六陈花岗岩属钾长花岗岩 (个别为碱长花岗岩)。

## 1 岩体的同位素年龄

六陈花岗岩侵入于寒武纪、奥陶纪、泥盆纪等古生代地层中, 后期侏罗纪、白垩纪红色沉积地层叠置于该岩体之上, 因此, 该岩体的形成时代应晚于泥盆纪, 早于侏罗纪。前人测得的该岩体的 K-Ar 法年龄为 201—318Ma (表 1)。

笔者根据 11 个全岩样品的 Rb-Sr 同位素分析结果 (表 2), 采用公式:

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{样}} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{初}} + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})(e^{\lambda t} - 1)$$

求得实验点最佳等时线 (图 1), 其  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始比为 0.7160, 表明六陈岩体成岩物质主要源于上

部大陆地壳(改造型花岗岩之 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}>0.710$ )<sup>[1]</sup>。

表 1 广西六陈花岗岩及脉岩的同位素年龄测定结果

Table 1 Isotope ages of Liuchen granite and vein rocks

| 产 状              | 岩 性                   | 测 定 对 象     | 测 定 方 法    | 测得年龄(Ma)    | 测定者(测定时间)        |
|------------------|-----------------------|-------------|------------|-------------|------------------|
| 花<br>岗<br>岩<br>体 | 中粗粒黑云母花岗岩             | 黑<br>云<br>母 | K—Ar 法     | 201.8±8.2   | 北京三所(1979)       |
|                  | 中粗粒黑云母花岗岩             |             |            | 250         | 北京三所(1977)       |
|                  | 粗粒黑云母花岗岩              |             |            | 236         | 长沙 230 所(1977)   |
|                  | 黑云母花岗岩                |             |            | 318         | 桂林冶金地质研究所(1975)  |
|                  | (中粗粒、中粒、细粒)黑<br>云母花岗岩 | 全<br>岩      | Rb—Sr 等时线法 | 283.32±14.2 | 本<br>文<br>作<br>者 |
| 岩<br>脉           | 花岗斑岩                  |             | K—Ar 法     | 245.8       |                  |
|                  | 闪长玢岩                  |             |            | 278.8       |                  |
|                  | 石英斑岩                  |             |            | 209.4       |                  |
|                  | 煌斑岩                   |             |            | 158.4       |                  |

表 2 广西六陈花岗岩全岩 Rb-Sr 同位素分析值

Table 2 Rb-Sr isotopes data for whole—rock of Liuchen granite

| 序号 | 样号             | 岩 性          | Rb<br>(×10 <sup>-6</sup> ) | Sr<br>(×10 <sup>-6</sup> ) | <sup>87</sup> Rb<br>(×10 <sup>-6</sup> ) | <sup>86</sup> Sr<br>(×10 <sup>-6</sup> ) | $\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$ | $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ |
|----|----------------|--------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | A <sub>1</sub> | 粗粒黑云花岗岩      | 265.2                      | 62.8                       | 75.14                                    | 6.03                                     | 12.3184                                 | 0.782 26                                |
| 2  | A <sub>2</sub> | 中粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 244.5                      | 73.1                       | 69.28                                    | 7.04                                     | 9.7230                                  | 0.750 12                                |
| 3  | A <sub>3</sub> | 中粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 194.1                      | 54.3                       | 55.00                                    | 5.22                                     | 10.4071                                 | 0.761 11                                |
| 4  | A <sub>4</sub> | 中粗粒黑云母花岗岩    | 261.1                      | 47.6                       | 73.98                                    | 4.57                                     | 16.0089                                 | 0.777 84                                |
| 5  | A <sub>5</sub> | 中粗粒黑云母花岗岩    | 264.2                      | 51.5                       | 74.86                                    | 4.94                                     | 14.9723                                 | 0.778 22                                |
| 6  | 1020           | 中细粒黑云母花岗岩    | 301.2                      | 181.4                      | 85.37                                    | 17.51                                    | 4.8192                                  | 0.724 82                                |
| 7  | A <sub>7</sub> | 细粒黑云母花岗岩     | 451.9                      | 7.4                        | 128.04                                   | 0.68                                     | 187.3382                                | 1.344 81                                |
| 8  | S <sub>8</sub> | 中粗粒黑云母花岗岩    | 259.4                      | 51.2                       | 73.50                                    | 4.92                                     | 14.7703                                 | 0.767 69                                |
| 9  | 575            | 中粗粒黑云母花岗岩    | 267.4                      | 52.5                       | 75.76                                    | 5.04                                     | 14.8460                                 | 0.777 43                                |
| 10 | 3015           | 中粒黑云母花岗岩     | 268.8                      | 50.8                       | 74.39                                    | 9.62                                     | 7.7340                                  | 0.746 05                                |
| 11 | 4018           | 细粒黑云母花岗岩     | 295.3                      | 53.9                       | 76.48                                    | 19.93                                    | 3.8380                                  | 0.731 98                                |

分析者:南京大学现代分析中心。

2 氧、硫、铅同位素

3 个全岩样品(中粗粒—中粒花岗岩)的  $\delta^{18}\text{O}$  值分别为 9.9‰、10.6‰、11.2‰,平均值为 10.6‰,与华南改造型花岗岩的全岩  $\delta^{18}\text{O}$  值相当<sup>[1]</sup>。4 个花岗岩中黄铁矿(副矿物)的  $\delta^{34}\text{S}=8.7\text{‰}—13.1\text{‰}$ ,平均值为 11.2‰,与大容山花岗岩(典型的改造型花岗岩<sup>[2]</sup>)的  $\delta^{34}\text{S}$  平均值(12.8‰)十分接近,表明形成六陈花岗岩的原岩富含海相硫酸盐硫。

表 3 列出了六陈花岗岩 7 个全岩样品和 3 个钾长石样品的铅同位素组成,其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=$

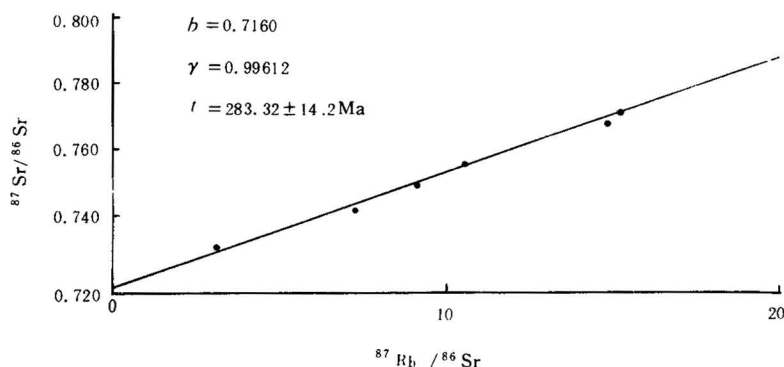


图1 六陈花岗岩全岩 Rb-Sr 同位素等时线

Fig.1 Rb-Sr isochron of whole-rock of Liuchen granite

上部地壳物质重熔而成。将该铅同位素组成投影 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解上,投影点落在上部地壳演化线和造山带演化线附近。

表3 六陈花岗岩的铅同位素组成

Table 3 Lead isotope compositions of Liuchen granite

| 样号              | 性质        | 铅同位素组成(%)         |                   |                   |                   | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | 模式年龄,<br>$\varphi(\text{Ma})$ |
|-----------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
|                 |           | $^{204}\text{Pb}$ | $^{206}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}$ |                                           |                                           |                                           |                               |
| 1115            | 中粗粒黑云母花岗岩 | 1.35              | 26.11             | 20.60             | 51.94             | 19.34                                     | 15.73                                     | 38.47                                     |                               |
| 1025            |           | 1.33              | 26.76             | 21.46             | 50.45             | 20.12                                     | 16.14                                     | 37.93                                     |                               |
| 1114            |           | 1.34              | 26.29             | 21.04             | 50.93             | 19.92                                     | 15.70                                     | 38.00                                     |                               |
| 1051            |           | 1.34              | 26.20             | 21.04             | 51.42             | 19.55                                     | 15.70                                     | 38.37                                     |                               |
| A <sub>7</sub>  |           | 1.29              | 28.80             | 20.18             | 49.73             | 22.33                                     | 15.64                                     | 38.55                                     |                               |
| A <sub>20</sub> |           | 1.34              | 26.91             | 20.39             | 51.36             | 20.08                                     | 15.22                                     | 38.33                                     |                               |
| A <sub>26</sub> |           | 1.33              | 26.83             | 20.39             | 51.45             | 20.17                                     | 15.33                                     | 38.68                                     |                               |
| 大 <sub>2</sub>  | 钾长石       | 1.35              | 25.08             | 21.20             | 52.38             | 18.58                                     | 15.70                                     | 38.80                                     | -93.15                        |
| 大 <sub>3</sub>  |           | 1.35              | 25.08             | 21.17             | 52.40             | 18.61                                     | 15.71                                     | 38.87                                     | -107.11                       |
| 大 <sub>4</sub>  |           | 1.34              | 25.15             | 21.18             | 52.33             | 18.71                                     | 15.76                                     | 38.94                                     | -120.28                       |

分析者:核工业总公司北京地质研究院;发射光谱测定结果,均方差 $<\pm 5\%$ 。

### 3 结语

根据六陈花岗岩的上述同位素地球化学特征以及结合该岩体野外地质特征、岩石化学特征、矿物学特征和微量元素特征等<sup>[3]</sup>,推断六陈花岗岩系由上部地壳物质经重熔、再生而成的岩浆花岗岩,其成因及某些特征与邻近的大容山花岗岩十分相似。

大容山花岗岩的 K-Ar 法、U-Pb 法地质年龄为 230—280Ma, Rb-Sr 法地质年龄为 226(补体)—260Ma(主体)<sup>[2]</sup>。同位素地质年龄资料表明,六陈花岗岩体的形成时间略早于大容山花岗岩体。两岩体的接触关系在大多数情况下为断层接触,笔者仅在广西平南县六陈镇附近追溯到大容山岩体(主体)侵入至六陈岩体中。在侵入接触带附近,大容山岩体一侧的岩石粒度变细(冷凝边),而在六陈岩体一侧岩石则无粒度变化。六陈花岗岩体的出露形态也似为被大容山岩体侵入、

18.58—22.33,平均值为 19.74; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.22$ —16.14,平均值为 15.66。该两组比值较大,表明岩石中的铅具有异常铅的特征,其模式年龄( $\varphi$ 值年龄)为负值。根据异常铅同位素演化的连续增长模式,该花岗岩中异常初始铅中的放射成因铅含量增高,与其原岩为相对富铀的陆壳先存岩石有关,由此指示该花岗岩是由

重熔后的残留体,根据岩相变化特征判断,其中心部位已被后期侵入的大容山岩体吞食。

### 参 考 文 献

- 1 徐克勤,孙乃,王德滋,胡受奚,刘英俊,季寿元. 华南花岗岩成因与成矿. 见:徐克勤,涂光炽主编. 花岗岩地质和成矿关系(国际学术会议论文集). 南京:江苏科学技术出版社,1984. 1—20 页.
- 2 汪绍年. 广西大容山—十万大山岩带中花岗岩类特征及成因. 岩石学报,1991,2:73—80.
- 3 闵茂中,孔令福,张国文,江仪. 广西六陈海西期钾长花岗岩的形成条件. 桂林冶金地质学院学报,1992,12(3):282—288.

## ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF THE LIUCHEN GRANITE, GUANGXI PROVINCE

Min Maozhong

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu)

Kong Lingfu

(Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing)

Zhang Guowen

(No. 271 Geological Party, Bureau of Geology and Exploration of East China, Wuhu, Anhui)

### Abstract

The Liuchen granite is the only Hercynian granitic body bearing uranium ore deposit in China. The Rb-Sr isochron age of the Liuchen granite determined for the first time by the authors is  $283.32 \pm 14.2$  Ma (synchronous with Hercynian age), with an initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio of 0.716,  $\delta^{18}\text{O} = 9.9\text{‰}$  to  $11.2\text{‰}$  (mean  $10.6\text{‰}$ ),  $\delta^{34}\text{S} = 8.7\text{‰}$  to  $13.1\text{‰}$  (mean  $11.2\text{‰}$ ),  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.58\text{--}22.33$  (mean 19.74),  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.22\text{--}16.14$  (mean 15.66) and  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.93\text{--}38.94$  (mean 38.49). The geological implications of the isotopes are discussed according to the above-mentioned data.

**Key words:** granite, Hercynian age, isotope geochemistry

### 作 者 简 介

闵茂中,1941年11月出生。1967年研究生毕业于南京大学地质系铀矿地质专业。现为南京大学地球科学系副教授,从事铀矿地质、核废物地质处置研究。通讯地址:南京大学地球科学系。邮码:210008。