

# 粤北长江地区细粒花岗岩脉锆石年代学及其地球化学特征研究

罗春梧<sup>1</sup> 黄国龙<sup>2</sup> 许丽丽<sup>2</sup>

1. 中核韶关锦原铀业公司 广东 韶关 512328

2. 核工业290研究所 广东 韶关 512026

**摘要:** 粤北长江地区的细粒花岗岩脉的LA-ICP-MS 锆石U-Pb年龄为138.6±1.3 Ma (MSWD = 0.81), 表明产于燕山晚期。该岩脉在主量元素方面, Si含量高, Mg、Fe、Ca和Ti含量低, ACNK值均大于1.1, CaO/Na<sub>2</sub>O比值都低于0.3, 刚玉分子数C > 1.8%; 微量元素方面, 富含K、Rb、Th而缺乏Ba、Sr、Ti和P; 稀土元素方面, 稀土含量较低, 体现出“四分组效应”, Eu含量较低。上述地球化学特征清楚表明, 细粒花岗岩脉属于典型的S-型花岗岩, 原始岩浆是在受到稍早侵入地壳的基性岩浆加热作用的影响下, 由中-上地壳的泥质组分发生部分熔融的方式形成。

**关键词:** 锆石U-Pb定年; 元素地球化学; 强过铝; 细粒花岗岩脉

## 前言

### 1 岩相学特征

粤北长江地区的细粒花岗岩呈脉状出现于印支期和燕山早期花岗岩中, 在棉花坑矿床、书楼丘矿床和长排地区分布较多。岩性主要呈浅灰白色, 部分在蚀变带或矿化带附近呈浅红色。主要矿物为长石、石英、黑云母, 少量白云母, 副矿物含量少, 主要有辉钨矿、磁铁矿、黄铁矿、钛铁矿、独居石、锆石。

### 2 样品和分析方法

样品采于长江地区棉花坑矿床的钻探岩心, 岩石蚀变弱。由河北省廊坊区域地质调查队实验室完成锆石样品分离, 由南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点

实验室完成LA-ICP-MS 锆石U-Pb定年工作。

### 3 锆石 U-Pb 定年

锆石样品HM906采自棉花坑矿床9号碎裂带南部钻孔。采用LA-ICP-MS方法进行锆石U-Pb定年, 同位素分析结果列于表1。根据CL图像观察, 大部分锆石颜色较深, 显示其U、Th含量较高, Th/U比值除测点1和2稍低外, 其余测点均大于0.1, 同时具有震荡环带, 显示其岩浆成因特征。

如表1所示, 绝大部分测点的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄比较集中。采用谐和图进行观察, 这些测点数据明显分布在谐和线右侧, 并且呈线性排列。表明细粒花岗岩脉是燕山晚期岩浆活动产物。

表1 细粒花岗岩脉LA-ICPMS锆石U-Pb同位素分析结果

| 测点号 | U(10 <sup>-6</sup> ) | Th(10 <sup>-6</sup> ) | Th/U | <sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb<br>(±1σ) | <sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U<br>(±1σ) | <sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U<br>(±1σ) | <sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U<br>(±1σ)Ma |
|-----|----------------------|-----------------------|------|---|--|--|--|
| 1   | 9145                 | 492                   | 0.05 | 0.02146(24)                                   | 0.14699(257)                                 | 0.04969(104)                                 | 137(2)   |
| 2   | 8204                 | 622                   | 0.08 | 0.02170(24)                                   | 0.15117(223)                                 | 0.05051(94)                                  | 138(2)   |
| 3   | 3277                 | 689                   | 0.21 | 0.02162(25)                                   | 0.14774(307)                                 | 0.04957(118)                                 | 138(3)   |
| 4   | 3178                 | 1270                  | 0.40 | 0.02194(25)                                   | 0.16011(199)                                 | 0.05293(61)                                  | 140(2)   |
| 5   | 674                  | 825                   | 1.22 | 0.02209(27)                                   | 0.17410(310)                                 | 0.05717(101)                                 | 141(3)   |
| 6   | 3751                 | 4535                  | 1.21 | 0.02215(25)                                   | 0.17438(218)                                 | 0.05710(66)                                  | 141(2)   |
| 7   | 1969                 | 530                   | 0.27 | 0.02274(27)                                   | 0.15384(586)                                 | 0.04906(196)                                 | 145(5)   |
| 8   | 294                  | 235                   | 0.80 | 0.02158(30)                                   | 0.14509(854)                                 | 0.04877(295)                                 | 138(8)   |
| 9   | 5244                 | 3264                  | 0.62 | 0.02227(26)                                   | 0.17571(221)                                 | 0.05724(67)                                  | 142(2)   |
| 10  | 5953                 | 7841                  | 1.32 | 0.02214(25)                                   | 0.17205(205)                                 | 0.05637(61)                                  | 141(2)   |
| 11  | 2284                 | 2054                  | 0.90 | 0.02203(26)                                   | 0.17463(232)                                 | 0.05751(72)                                  | 140(2)   |
| 12  | 1156                 | 769                   | 0.66 | 0.03259(38)                                   | 0.26986(353)                                 | 0.06006(74)                                  | 207(3)   |
| 13  | 2150                 | 520                   | 0.24 | 0.03267(37)                                   | 0.25561(316)                                 | 0.05675(64)                                  | 207(3)   |
| 14  | 788                  | 1204                  | 1.53 | 0.02231(27)                                   | 0.20922(343)                                 | 0.06803(110)                                 | 142(3)   |

续表:

| 测点号 | U( $10^{-6}$ ) | Th( $10^{-6}$ ) | Th/U | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$<br>( $\pm 1\sigma$ ) | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$<br>( $\pm 1\sigma$ ) | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$<br>( $\pm 1\sigma$ ) | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$<br>( $\pm 1\sigma$ )Ma |
|-----|----------------|-----------------|------|--|---|---|---|
| 15  | 4874           | 1153            | 0.24 | 0.02210(25)  | 0.16797(207)  | 0.05513(63)   | 141(2)  |
| 16  | 2242           | 696             | 0.31 | 0.02203(25)  | 0.15428(342)  | 0.05080(126)  | 140(3)  |
| 17  | 431            | 343             | 0.80 | 0.02207(27)  | 0.15908(281)  | 0.05228(91)   | 141(2)  |
| 18  | 5902           | 934             | 0.16 | 0.02211(25)  | 0.14990(261)  | 0.04918(102)  | 141(2)  |
| 19  | 207            | 183             | 0.88 | 0.02130(32)  | 0.14778(1093)   | 0.05032(380)  | 136(10)   |
| 20  | 1768           | 730             | 0.41 | 0.02320(28)  | 0.16476(568)  | 0.05150(188)  | 148(5)  |

注: 括号内的数字代表 $1\sigma$ 误差, 0.02146(24)代表 $0.02146\pm 0.00024$ , 余此类推。

#### 4 地球化学特征

##### 4.1 主量元素特征

如表2所示, 细粒花岗岩脉的主要元素组成有以下方面的特征: ①  $\text{SiO}_2$  含量高, 而  $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO}$  和  $\text{TFeO}$  含量低。② 碱含量中等, 钾大于钠,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1.3 \sim 1.7$ 。③  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量较高, 属于强过铝花岗岩范畴。④  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量较低。⑤通过对CIPW 标准矿物成分的计算, 反映出所有样品都有刚玉分子。⑥分异指数高, 表明原始岩浆经历了较强的结晶分异作用。上述主量元素特征清楚表明, 此细粒花岗岩脉属于S型花岗岩。

##### 4.2 微量元素

细粒花岗岩脉中Rb、Th含量较高, Ba、Sr、Ti、P等含量较低, 属于典型的低Ba-Sr的花岗岩, 反映成岩过程中斜长石、钛铁矿和磷灰石出现分离结晶。细粒花岗岩脉的Nb/Ta比值都低于正常花岗岩值, 它们的Zr/Hf比值明显低于正常花岗岩中的比值, 而且其比值在流体作用的指示值范围之内, 表明在此岩浆演化过程当中, 熔体与富含挥发组分的流体之间存在明显的相互作用。高场强元素(Zr+Nb+Ce+Y)含量比A型花岗岩含量的下限值还低较多。

表2 细粒花岗岩脉的主量元素(wt%)、微量元素( $10^{-6}$ )和稀土元素( $10^{-6}$ )组成

| 样品号                                      | HM901 | HM902 | HM903 | HM904 | HM905 | HM906 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\text{SiO}_2$                           | 75.28 | 74.70 | 76.20 | 75.62 | 76.26 | 75.60 |
| $\text{TiO}_2$                           | 0.044 | 0.049 | 0.067 | 0.066 | 0.059 | 0.027 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                  | 13.1  | 13.62 | 13.09 | 13.3  | 12.98 | 13.24 |
| FeOt                                     | 0.90  | 0.91  | 1.02  | 1.12  | 0.92  | 0.88  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$                  | 0.13  | 0.13  | 0.31  | 0.19  | 0.15  | 0.12  |
| FeO                                      | 0.77  | 0.78  | 0.71  | 0.93  | 0.77  | 0.76  |
| MnO                                      | 0.082 | 0.078 | 0.058 | 0.079 | 0.068 | 0.082 |
| MgO                                      | 0.35  | 0.28  | 0.11  | 0.18  | 0.19  | 0.22  |
| CaO                                      | 0.52  | 0.82  | 0.65  | 0.76  | 0.73  | 0.69  |
| $\text{Na}_2\text{O}$                    | 3.17  | 3.53  | 3.04  | 3.28  | 3.37  | 3.39  |
| $\text{K}_2\text{O}$                     | 4.54  | 4.5   | 5.05  | 4.91  | 4.6   | 4.49  |
| $\text{P}_2\text{O}_5$                   | 0.059 | 0.054 | 0.056 | 0.057 | 0.051 | 0.061 |
| LOI                                      | 1.11  | 0.66  | 0.72  | 0.59  | 0.48  | 0.79  |
| Total                                    | 99.24 | 99.29 | 100.1 | 100.1 | 99.79 | 99.55 |
| A/CNK                                    | 1.18  | 1.12  | 1.12  | 1.10  | 1.10  | 1.13  |
| D.I.                                     | 95.02 | 95.84 | 96.12 | 95.95 | 96.46 | 95.93 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$     | 297.7 | 278.0 | 194.0 | 201.5 | 220.0 | 490.4 |
| CaO/ $\text{Na}_2\text{O}$               | 0.16  | 0.23  | 0.21  | 0.23  | 0.22  | 0.20  |
| FeOt+MgO+ $\text{TiO}_2$                 | 1.29  | 1.24  | 1.20  | 1.37  | 1.17  | 1.13  |
| $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ | 7.71  | 8.03  | 8.09  | 8.19  | 7.97  | 7.88  |
| $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ | 1.4   | 1.3   | 1.7   | 1.5   | 1.4   | 1.3   |
| Th                                       | 9.19  | 7.7   | 14.5  | 13.4  | 10.0  | 11.0  |

续表:

| 样品号                  | HM901 | HM902 | HM903 | HM904 | HM905 | HM906 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U                    | 24.2  | 36.0  | 26.3  | 27.3  | 27.7  | 39.1  |
| Rb/Sr                | 40.49 | 43.93 | 61.38 | 54.71 | 55.50 | 59.03 |
| Nb/Ta                | 2.95  | 11.81 | 3.64  | 2.62  | 7.23  | 2.43  |
| Rb/Ba                | 56.21 | 65.95 | 43.11 | 60.34 | 46.54 | 88.34 |
| Rb/Nb                | 22.23 | 6.55  | 18.72 | 14.30 | 7.31  | 22.03 |
| Zr/Hf                | 16.91 | 16.88 | 15.24 | 17.48 | 17.29 | 15.69 |
| ∑REE                 | 30.26 | 21.30 | 55.88 | 49.92 | 37.64 | 32.05 |
| ∑L/H                 | 2.50  | 1.80  | 3.68  | 3.63  | 3.14  | 2.14  |
| (La/Yb) <sub>N</sub> | 1.43  | 1.08  | 2.28  | 2.33  | 1.94  | 1.04  |
| (La/Sm) <sub>N</sub> | 2.33  | 2.65  | 2.19  | 2.37  | 2.39  | 1.79  |
| (Gd/Yb) <sub>N</sub> | 0.48  | 0.38  | 0.70  | 0.68  | 0.52  | 0.43  |
| δEu                  | 0.13  | 0.18  | 0.09  | 0.09  | 0.12  | 0.08  |
| TE <sub>1,3</sub>    | 1.18  | 1.19  | 1.19  | 1.18  | 1.22  | 1.22  |

细粒花岗岩脉具有高的Rb/Sr、Rb/Nb比值和铀含量,表明细粒花岗岩脉源自成熟度高的地壳物质。

#### 4.3 稀土元素

细粒花岗岩脉的稀土元素较低(如表2所示),比全球花岗岩稀土元素的平均含量低较多。LREE/HREE比值和(La/Yb)<sub>N</sub>值都较低。细粒花岗岩脉的(La/Sm)<sub>N</sub>值稍高,(Gd/Yb)<sub>N</sub>值稍低,表明轻稀土元素的分馏较明显而重稀土元素的分馏相对较弱。Eu元素含量较低,而且,稀土总量也低,配分模式反映出“四分组效应”,上述这些表明原始岩浆出现了较强的分异演化。

### 5 讨论和结论

#### 5.1 物质来源

按照Sylvester(1998)提出利用CaO/Na<sub>2</sub>O比值和FeOt+MgO+TiO<sub>2</sub>含量的花岗岩源区判断依据进行判断:细粒花岗岩脉的CaO/Na<sub>2</sub>O比值明显低于0.3;而FeOt+MgO+TiO<sub>2</sub>含量也明显低于4%。可以得出细粒花岗岩脉是泥质岩部分熔融而形成。

细粒花岗岩脉的Rb/Sr和Rb/Ba比值很高,也可得出的细粒花岗岩脉是泥质岩部分熔融而形成。

根据Sylvester(1998)提出,若Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> > 100,部分熔融温度低于875℃,源区物质可能由泥质岩组成,再次证实细粒花岗岩脉的源区为泥质岩。

#### 5.2 形成环境

根据多年的研究表明,本区的花岗岩属于后造山花

岗岩,而细粒花岗岩脉侵入于此花岗岩内,并且,细粒花岗岩脉的高钾钙碱性特征也是后碰撞岩浆活动的一个重要特征。由此推测,细粒花岗岩脉也是后碰撞花岗岩类。

长江岩体内的细粒花岗岩脉位于诸广南部地区,区内有多期次构造岩浆活动和蚀变叠加、多期次地幔流体和成矿流体的活动,在区形成了连阳—佛冈断裂带、大东山—贵东断裂带和骑田岭—诸广山断裂带等近EW走向、相互平行的左行走滑断裂,以及其夹持期间的次级NE走向的众多断裂。这些构造活动对细粒花岗岩脉的形成提供了物源形成和空间位置。

综上可推测,形成燕山晚期细粒花岗岩脉的原始岩浆正是在受到侵入地壳的基性岩浆加热作用的影响下,使地壳的泥质组分发生熔融而后结晶形成。

#### 参考文献

- [1]陈道公,李彬贤,夏群科,等. 2001. 变质岩中锆石U-Pb计时问题评述——兼论大别造山带锆石定年. 岩石学报, 17(1): 129-138
- [2]陈小明,王汝成,刘昌实,等. 2002.. 广东从化佛冈(主体)黑云母花岗岩定年和成因. 高校地质学报, 8(3): 293-307
- [3]高山,骆庭川,张本仁,等. 1999. 中国东部地壳的结构和组成. 中国科学(D辑), 29(3): 204-213
- [4]李献华,胡瑞忠,饶冰. 1997. 粤北白垩纪基性岩脉的年代学和地球化学. 地球化学, 26(2): 14-31