

江西九岭花岗岩类复式岩基锆石 SHRIMP U-Pb 年代学

钟玉芳^{1,2}, 马昌前^{1,2}, 余振兵¹, 林广春³, 续海金¹, 王人镜¹, 杨坤光¹, 刘 强¹

1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北武汉 430074

3. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640

摘要: 江西九岭花岗岩体产于扬子地块东南缘, 是我国华南的一个规模巨大的复式花岗岩基。该岩体一直被认为是在晋宁期、海西期和燕山期多期次岩浆侵入活动的产物。在对该复式岩基进行详细野外调查的基础上, 开展了锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定, 过去认为是晋宁期形成的花岗岩样品, 测出的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为(9828±8)Ma; 而原来认为是海西期形成的甘坊岩体测出的年龄为(820±10)Ma, 说明该区不存在海西期的花岗岩, 结合其他新的年代学资料推测扬子板块内可能不存在加里东—海西期的岩体; 原认为是燕山中期的样品测出的年龄为(151.4±2.4)Ma, 研究结果与原来的一致。此外, 还获得了1.4~1.9 Ga 的继承锆石的年龄, 可能代表九岭新元古代花岗岩源岩的年龄。

关键词: 九岭花岗岩; SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄; 继承锆石。

中图分类号: P581

文章编号: 1000-2383(2005)06-0685-07

收稿日期: 2005-05-15

SHRIMP U-Pb Zircon Geochronology of the Jiuling Granitic Complex Batholith in Jiangxi Province

ZHONG Yu-fang^{1,2}, MA Chang-qian^{1,2}, SHE Zhen-bing¹, LIN Guang-chun³,
XU Hai-jin¹, WANG Ren-jing¹, YANG Kun-guang¹, LIU Qiang¹

1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

Abstract: The Jiuling granitic batholith in Jiangxi Province crops out at the southern margin of the Yangtze block, and it is the largest Neoproterozoic granitoid intrusion in South China. The granitic complex has long been considered to consist of Jinningian granites, Hercynian granites and Yanshanian granites. In this paper, a SHRIMP U-Pb zircon geochronological study on this complex has been performed on the basis of detailed field research. The ²⁰⁶Pb/²³⁸U age of granite thought to be formed in the Neoproterozoic is (828±8)Ma, while the age of one sample from Ganfang granite thought to be formed in the Hercynian is (820±10)Ma, which suggests there is no Hercynian granite in this area. Combined with other new geochronological data, it seems that there is no proof of Caledonian-Hercynian magmatic activity within the Yangtze block, which may infer that there is no Caledonian-Hercynian intrusion in the interior of the Yangtze block. The age of a sample thought to be formed in the Yanshanian is (151.4±2.4)Ma, which confirms previous results. A few inherited zircons record Mesoproterozoic age information, which may represent the ages of the granite source rocks.

Key words: Jiuling granitic complex; SHRIMP U-Pb zircon age; inherited zircon.

江南隆起区处于扬子板块和华夏板块的结合部位(图 1),是研究华南区域构造演化的关键地区. 对区内的花岗岩体进行精确的年代学研究,是建立华南构造—岩浆事件的年代学框架的关键. 九岭位于江南隆起的中段(图 1),九岭花岗岩体是我国华南的一个规模巨大的复式岩基,对该岩体的系统研究将提供华南区域构造演化重要的信息. 前人曾对该岩体进行了一些地质学、地质年代学的初步研究(江西省地质矿产局,1984;胡世玲等,1985;地矿部南岭项目花岗岩专题组,1989; Li *et al.*, 2003),认为由晋宁、海西、燕山 3 个不同时代的花岗岩组成于新元古代形成的花岗岩统称九岭岩体. 但不同人在不同地点取样、采用不同方法测年龄,得出了不同的结果. 对该复式岩基几乎没有做过系统的年龄测定,因而未能建立起九岭地区花岗岩类形成的构造岩浆年代学骨架. 此外,华南新元古代花岗岩的成因是近几年研究的热点问题之一(徐夕生和周新民,1992; Li, 1999; Li *et al.*, 1999; Zhou *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2004). 过去认为加里东—海西花岗岩主要分布在华夏板块,在扬子板块一侧也有少量产出(地矿部南岭项目花岗岩专题组,1989),然而扬子板块内部是否存在加里东—海西期的岩体尚须精确的年代学资料来证实. 锆石 SHRIMP 年代学研究除了能精确测定花岗岩的成岩年龄外,还可获得有关岩石成因方面的信息. 本研究旨在厘定九岭复式花岗岩基的年龄框架,为解决扬子地块东南缘花岗岩

浆作用时代、花岗岩的物源等提供新信息.

1 岩体地质概况

1.1 九岭岩体

九岭新元古代形成的花岗岩分布于江西省北部、九岭隆起带复式背斜的轴部,呈近东西向至北东东向展布,与区域构造线方向基本一致. 出露面积达 2 500 km²,为多次侵入的复式杂岩体,过去统称为九岭岩体. 九岭岩体是九岭复式花岗岩体的主体. 该复式杂岩体已知有 3 次侵入:第 1 次侵入的有九岭主体及黄岗口、仙源、白沙等岩体(江西省地质矿产局,1984),岩性主要为花岗闪长岩,岩石呈灰—深灰色,中—中粗粒结构、似斑状结构,石英往往呈集合斑晶产出,形成聚晶结构,矿物成分为:石英 25%~30%,钾长石 5%~10%,斜长石 20%~40% (An10—42),黑云母 6%~13%,堇青石 1%~5%,白云母 2%~5%,副矿物主要有锆石、磷灰石、石榴子石、钛铁矿等;第 2 次侵入的有石花尖岩体,岩石类型与第 1 次侵入的九岭岩体一致;第 3 次侵入的有金钟湖、黄茅、南江、北坑等岩体,主要由中细粒—细粒黑云母花岗岩、二云母花岗岩组成,岩石呈浅灰色—微带肉红色,花岗变晶结构,少数具似斑状结构,块状、片麻状构造,与第 1 次、第 2 次花岗岩侵入体的区别是矿物颗粒较细,钾长石含量较高.

九岭岩体与围岩接触关系基本上有 2 种:侵入接触和混染交代接触,局部地方见混合交代接触. 岩

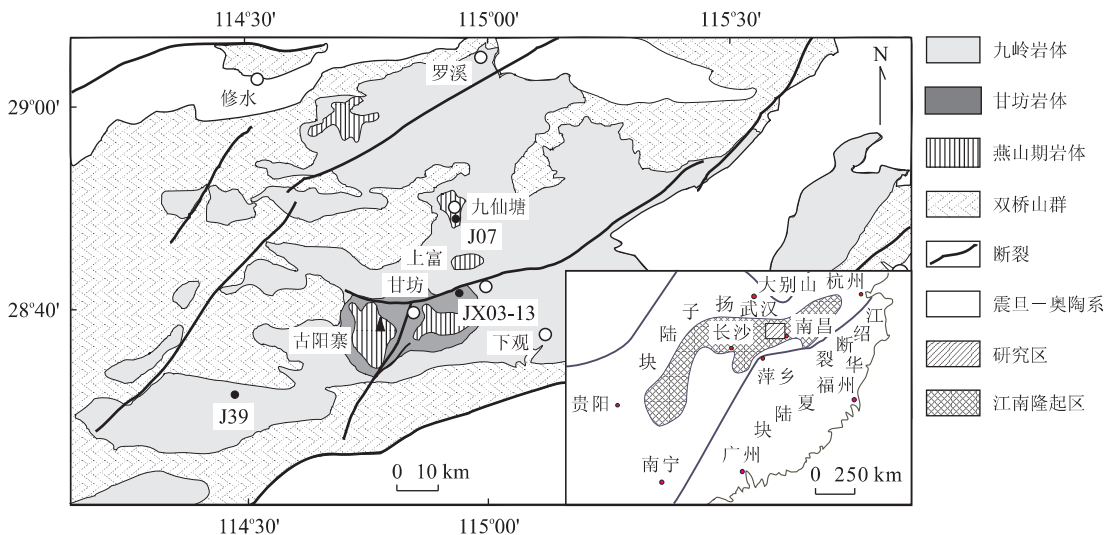


图 1 九岭花岗岩地质简图及采样点位置

Fig. 1 Sketch geological map of the Jiuling granitic complex and sampling sites

体的北部、南东的一部分及东西两侧,均明显侵入于中元古界双桥山群。在岩体北部罗溪镇一带,下震旦统碛门组沉积于岩体之上(江西省地质矿产局,1984)。混染交代接触及混合交代接触主要出现在岩体南部,岩体与围岩呈渐变关系,形成类似混合片麻岩的接触带,宽度一般为 100~250 m。

胡世玲等(1985)用黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法测得 937 Ma,在高安县下观乡一带测得九岭岩体的黑云母 K-Ar 年龄为 805 Ma(江西省地质矿产局,1984)、838 Ma。Li *et al.* (2003)用锆石 SHRIMP 测得九岭岩体的 U-Pb 年龄为(819±9)Ma。

1.2 甘坊岩体

甘坊(上富)岩体出露于上富—甘坊—潭山镇一带,面积 153 km²,产于九岭隆起南侧,呈北东向椭圆形(江西省地质矿产局,1984)。其主要岩性为灰白色粗粒黑云母或二云母花岗岩、花岗闪长岩,部分岩石具似斑状结构,斑晶为钾长石。与九岭岩体的岩性相比,岩石色浅,黑云母含量较低,白云母含量较前者高,矿物颗粒粗大,含钾长石大斑晶,在潭山镇一带,岩石的风化物中有大量自形的高温石英的副像。在甘坊镇东北约 14 km 处,可见灰白色粗粒二云母花岗岩与九岭岩体的中粒灰色—深灰色黑云母花岗闪长岩接触带,二者呈截然接触,但未见相互穿插关系。在奉新县上富镇西南面用白云母 K-Ar 法测得年龄值为 257 Ma,204 Ma(江西省地质矿产局,1984)。

1.3 燕山期岩体

在古阳寨、甘坊镇东南面、九仙塘镇和修水县以南,燕山期的岩体侵入于前期形成的岩体中。其中古阳寨岩体出露于宜丰、奉新两县交界处,侵入于甘坊岩体中,出露面积 66 km²(江西省地质矿产局,1984)。岩性主要为中细粒黑云母花岗岩,此外还有中细粒二云母花岗闪长岩和少量的淡色花岗岩。九仙塘岩体侵入于晋宁期九岭岩体中,岩性为中细粒黑云母花岗岩。在古阳寨北侧用黑云母 K-Ar 法测得岩体年龄值为 177 Ma,划分为燕山早期,九仙塘岩体被认为是燕山中期的产物(江西省地质矿产局,1984)。

2 锆石阴极发光(CL)、背散射(BSE)图像观察及 U-Pb SHRIMP 分析

2.1 样品描述及分析方法

在详细的野外工作、显微镜观察的基础上,选择

了代表晋宁期、海西期和燕山期的新鲜岩石样品来挑选锆石,采样位置见图 1 及表 1。每个样品破碎后过 60 目的筛,经淘洗及电磁选分选出锆石,并在双目显微镜下挑选出晶形较完好、纯净透明的颗粒用于测试。各期锆石的形态特征描述见表 1。

表 1 采样位置及锆石形态特征

Table 1 Sampling positions and morphology of zircons

样号	采样位置	岩性	锆石形态
J39	28°29.455, 114°32.389	中粗粒黑 云母花岗 闪长岩	自形柱状,长 140 ~ 170 μm,宽 35 ~ 60 μm,长 宽比约 1:3
JX03 -13	28°40.267, 114°53.250	粗粒含二 云母花岗 闪长岩	半自形至自形柱状,长 110 ~ 160 μm,宽 30 ~ 50 μm,长宽比 1:2 ~ 1:3
J07	28°47.666, 114°56.746	中细粒黑 云母花岗 岩	透明度较差,半自形—自形 柱状,长 200 ~ 400 μm,宽 60 ~ 130 μm,长宽比 1:2 ~ 1:7

将待测的锆石与标样(TEM,用于校正年龄,其年龄为 417 Ma)一起用环氧树脂包埋制成圆形的靶,然后把锆石抛光至一半。样品靶制好后先进行透射与反射光下的显微照相,然后在北京地质矿床所先进行阴极发光(CL)和背散射(BSE)照相,以确定锆石颗粒的内部结构及适合分析的锆石颗粒与位置供 SHRIMP 测定。靶完成镀金后,锆石的 U、Th 和 Pb 同位素组成分析在北京离子探针中心 SHRIMP II 离子探针上进行。详细的分析流程和原理参考文献 Williams(1998)和万渝生等(2004)。

应用 SL13(年龄 572 Ma, ^{238}U 含量 238 μg/g)标定样品的 U、Th 含量。每分析一次标样 TEM,然后分析 2~4 个待测锆石点,对锆石标样 TEM 的 U/Pb 比值分析偏差为 0.5%~1.9%(1σ)。采用年龄为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(老锆石采用 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 年龄进行讨论),其加权平均值为 95%的置信度。年龄计算中,普通铅校正采用 ^{204}Pb 直接测定法,年龄置信度为 1δ(95%置信水平)。

2.2 分析结果

2.2.1 锆石阴极发光(CL)、背散射(BSE)图像 在阴极发光和背散射图像中,各时期形成的锆石均具有清晰的振荡环带,部分锆石中间具有核,核部较圆,透明度差,边部具有环带的部分应为岩浆结晶形成的锆石,中间的核为继承锆石。3 个样品中,九仙塘 J07 中的锆石不如九岭、甘坊岩体中锆石纯净,含较多的包裹体,并且也有继承核(图 2)。

2.2.2 锆石 SHRIMP 测定结果 (1)J39 测试结果。

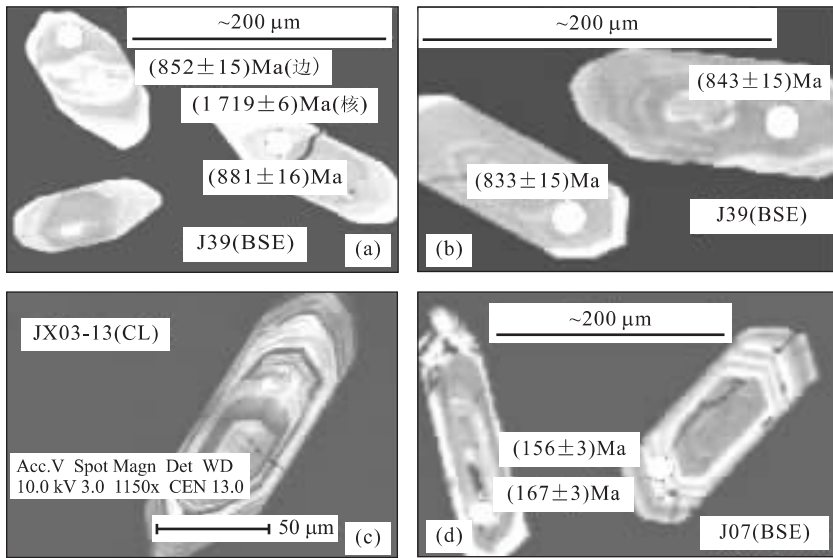


图 2 锆石阴极发光(CL)和背散射(BSE)图像

Fig. 2 BSE and CL imagings of zircons

圈和数字分别表示 U-Pb 分析点中心和²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄

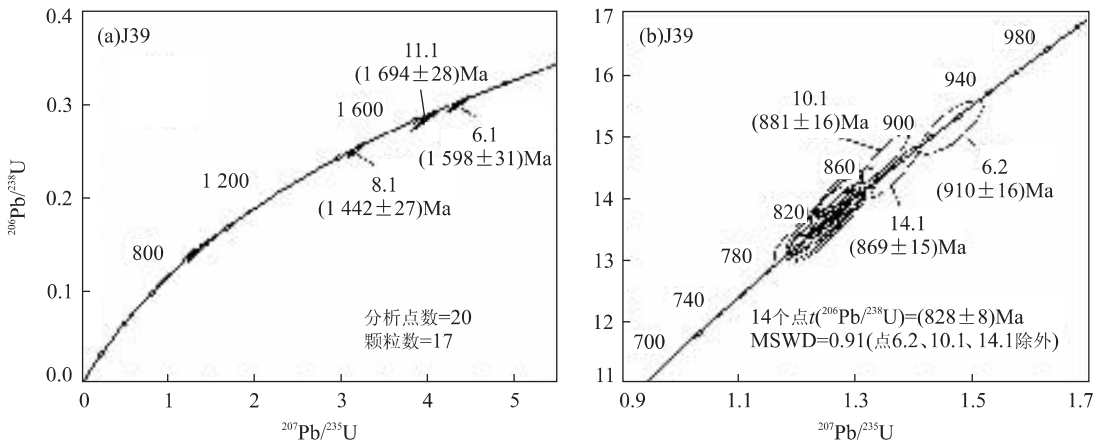


图 3 J39 锆石 SHRIMP U-Pb 一致线图解

Fig. 3 Zircon SHRIMP U-Pb concordia diagram of sample J39

对该样中 17 颗锆石进行了 20 次分析,结果见表 2. 其中的 14 次分析均在环带状岩浆锆石上进行,U 的含量为 $(167 \sim 693) \times 10^{-6}$, Th 的含量为 $(30 \sim 183) \times 10^{-6}$, Th/U 比为 0.09~0.68, U、Th 含量变化较大,它们在谐和线上构成一致的年龄组(图 3b),其²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 (828 ± 8) Ma (95%置信水平),该年龄应代表岩体主体的形成年龄.这与 Li *et al.* (2003) 发表的年龄数据 (819 ± 9) Ma 是非常接近的.

6.2、10.1 和 14.1 分析点在形态自形的锆石的环带部位进行,给出近一致的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄分别为 (910 ± 16) Ma、 (881 ± 16) Ma、 (869 ± 15) Ma. 这 3

颗锆石可能是俘虏晶,也可能是先形成的岩浆锆石.

6.1、8.1、11.1 在锆石的核部上进行分析,分别给出了 $(1 655 \pm 6)$ Ma、 $(1 459 \pm 11)$ Ma 和 $(1 720 \pm 6)$ Ma 近一致的 Pb-Pb 谐和年龄值(表 2). 这些继承核毫无疑问是花岗岩形成过程中的熔融残余,它们的 Th/U 比较高,其年龄值为继承锆核形成的年龄.

2 JX03—13 分析结果

对该样品中的 13 颗锆石进行了 13 个点的 U-Pb 同位素年龄分析,结果见表 3. 所分析的锆石颗粒为透明的自形晶体,阴极发光和背散射图像均显

表 2 九岭花岗岩 J39 号样的锆石 SHRIMP U-Pb 分析结果
Table 2 SHRIMP U-Pb data of sample J39 of Jiuling granite

测定点	²⁰⁶ Pb _c	U	Th	Th/U	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb* / ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb* / ²³⁸ U
1.1	0.13	463	88	0.19	53.7	815±15	803±23	812±24	0.067 06±0.04	1.225±2.3	0.134 8±2.0
2.1	0.69	269	183	0.68	31.2	815±15	803±30	848±19	0.067 82±0.96	1.224±2.4	0.134 7±1.9
3.1	0.23	196	73	0.37	22.5	809±15	783±30	802±21	0.067 53±1.10	1.204±2.4	0.133 8±2.0
3.2	0.08	472	93	0.20	56.2	837±15	817±18	851±21	0.066 61±0.75	1.268±2.1	0.138 6±1.6
4.1	0.15	305	88	0.29	36.7	843±15	799±26	826±23	0.067 74±0.95	1.267±2.3	0.139 7±1.9
6.1	0.92	1064	355	0.33	257	1 598±31	1 655±6.1	1 884±70	0.101 97±0.31	3.944±2.2	0.281 4±2.2
6.2	0.07	571	44	0.08	74.4	910±16	927±31	809±64	0.071 57±1.20	1.462±2.4	0.151 6±1.9
7.1	0.03	391	53	0.14	46.4	833±15	788±22	805±28	0.066 27±0.89	1.245±2.2	0.138 0±1.9
8.1	1.85	425	246	0.58	91.6	1 442±27	1 459±11	1 729±37	0.092 03±0.53	3.166±2.2	0.250 7±2.1
9.1	0.38	167	108	0.65	20.2	848±16	815±36	858±21	0.068 37±1.30	1.285±2.6	0.140 6±2.0
10.1	0.69	417	496	1.19	52.6	881±16	827±18	906±18	0.067 52±0.77	1.346±2.1	0.146 5±1.9
11.1	0.07	830	199	0.24	214	1 694±28	1 720±6.1	1 706±58	0.105 65±0.32	4.363±1.9	0.300 5±1.9
11.2	0.08	467	40	0.09	55.3	832±15	837±18	877±27	0.067 02±0.80	1.273±2.1	0.137 8±1.9
12.1	0.06	455	64	0.14	55.3	852±15	784±21	788±30	0.067 07±0.76	1.272±2.2	0.141 3±1.9
13.1	—	255	30	0.12	29.4	810±15	820±29	724±43	0.067 85±0.97	1.226±2.4	0.133 9±1.9
14.1	—	988	285	0.29	123	869±15	889±15	821±13	0.071 14±0.49	1.366±2.0	0.144 3±1.9
15.1	—	328	37	0.12	37.7	809±15	840±22	774±29	0.067 56±0.93	1.237±2.2	0.133 7±1.9
16.1	0.11	324	31	0.10	38.3	829±15	851±20	847±34	0.068 03±0.85	1.275±2.2	0.137 2±1.9
17.1	—	693	60	0.09	81.9	831±15	814±15	791±27	0.066 74±0.60	1.256±2.1	0.137 5±2.0
17.2	0.13	436	117	0.27	51.5	831±15	847±15	857±20	0.067 25±0.74	1.277±2.1	0.137 7±1.9

U、Th、²⁰⁶Pb* 单位为 10⁻⁶; ²⁰⁶Pb_c 单位%; Pb_c 和 Pb* 分别表示普通铅和放射性成因铅; 应用实测的²⁰⁴Pb 校正普通铅。

示岩浆结晶成分环带(图 2b)。大多数分析点的 U 含量为(258~476)×10⁻⁶, Th 的含量为(40~387)×10⁻³, Th/U 大于 0.1。除 3 个分析点的数据明显偏离变化范围外, 10 个分析点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 一致年龄加权平均值为(820±10)Ma(图 4a)。说明甘坊岩体形成于新元古代。这一结果与原来的研究结果有很大的差别。前人用白云母 K-Ar 法测出岩性为浅灰色粗粒二云母或含黑云母花岗岩的年龄为 257 Ma, 从而单独划分出海西期的甘坊花岗岩体(江西省地质矿产局, 1984)。由于这一测年方法不适于测定年龄较老的岩石, 因此所得年龄并不能代表花岗岩的形成年龄。

1.1 的年龄值比其他锆石颗粒略大, 其可能的成因解释同 J39 中的分析点 6.2、10.1 和 14.1; 2.1、3.1 的年龄值明显低于其他颗粒, 可能代表较晚结晶的锆石; 4.1 的 Th/U 低(0.09), 体现出明显的 Pb 丢失, 年龄值明显老于其他锆石, 应为捕虏晶。

3 J07 分析结果

对 J07 号样做了 15 颗锆石 15 个点的分析, 分析点全都打在锆石的环带部分, U 的含量为(657~6 404)×10⁻⁶, Th 的含量为(393~1 832)×10⁻⁶,

U、Th 含量都比较高, Th/U 比为 0.22~0.80, 给出了(140~167)Ma 的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄值(表 3)。由图 4b 可看出, 绝大部分的锆石形成于 150 Ma 左右, 因此取数据分布集中区域的 11 个点加权平均得(151.4±2.4)Ma, 该年龄代表岩体的形成年龄。

本次测定结果与原来把九仙塘岩体划分为燕山中期的研究结果是一致的。

4 讨论

九岭花岗岩基主要由~830 Ma 的花岗岩组成, 也存在~150 Ma 的花岗岩, 但不存在海西期花岗岩。过去认为华南扬子、华夏板块均存在加里东—海西期的岩体, 这一时期的岩体主要分布在华夏板块一侧, 扬子板块一侧有零星出露(如过去认为的湖南桃江、板杉铺、吴集、白马山、甘坊等); 而印支期的花岗岩在扬子陆块和华夏陆块内均有出露(地矿部南岭项目花岗岩专题组, 1989)。本课题组对过去被认为是加里东期的湖南桃江岩体进行的锆石 SHRIMP 定年结果(续海金等, 2004)表明该岩体形成于印支期, 本文研究的甘坊岩体也并非海西期产物, 由此推测扬子板块内可能不存在加里东期的岩体, 只是到了印支期, 扬子板块和华夏板块才具有统

表 3 甘坊花岗岩 JX03-13 号和九仙塘花岗岩 J07 的 SHRIMP-U-Pb 锆石年龄分析结果
Table 3 SHRIMP U-Pb data of samples JX03-13 and J07 of Ganfang and Jiuxiantang granites

测定点	甘坊花岗岩 JX03-13										
	²⁰⁶ Pb _c	U	Th	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U
1.1	0.29	625	587	0.97	77.3	865±17	920±24	892±21	0.072 11±0.93	1.380±2.4	0.143 6±2.1
2.1	0.90	238	83	0.36	25.0	739±18	751±92	822±53	0.071 68±1.3	1.077±5.1	0.121 5±2.6
3.1	0.96	159	27	0.17	18.0	794±16	804±68	816±77	0.073 9±1.8	1.191±3.9	0.131 1±2.2
4.1	0.52	452	40	0.09	62.3	955±20	1 428±31	876±74	0.094 4±1.4	1.984±2.8	0.159 6±2.2
5.1	0.71	389	35	0.09	44.8	805±19	780±38	833±97	0.071 08±0.91	1.195±3.1	0.132 9±2.5
6.1	0.77	313	46	0.15	37.4	834±17	840±65	837±83	0.073 4±1.9	1.277±3.8	0.139 2±2.1
7.1	0.73	304	41	0.14	35.9	824±18	865±79	866±120	0.073 9±1.9	1.276±4.4	0.136 4±2.3
8.1	0.98	281	146	0.54	33.1	821±16	775±49	821±31	0.073 16±1.0	1.217±3.1	0.135 8±2.1
9.1	0.67	381	52	0.14	45.3	830±16	828±47	920±61	0.072 2±1.7	1.263±3.1	0.137 3±2.1
10.1	0.71	260	82	0.33	30.4	815±16	834±46	942±38	0.072 76±1.2	1.243±3.1	0.134 8±2.1
11.1	0.09	2 492	1 139	0.47	298	840±17	834±12	867±20	0.067 59±0.37	1.284±2.2	0.139 2±2.1
12.1	0.23	258	40	0.16	30.2	823±16	889±39	913±43	0.070 6±1.5	1.289±2.9	0.136 1±2.1
13.1	0.73	476	387	0.84	55.5	814±17	779±41	817±21	0.071 19±1.1	1.208±3.0	0.134 5±2.3

测定点	九仙塘花岗岩 J07										
	²⁰⁶ Pb _c	U	Th	Th/U	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U
1.1	0.13	902	307	0.34	18.0	147.2±2.8	91±37	141.0±3.5	0.050 78±1.4	0.152 3±2.5	0.023 10±1.9
2.1	—	3 339	743	0.22	68.6	152.3±2.8	145±27	143.6±3.8	0.049 57±0.93	0.161 3±2.2	0.023 90±1.9
3.1	0.09	1 424	431	0.30	29.6	153.9±2.9	155±35	153.6±3.8	0.050 00±1.2	0.163 8±2.4	0.024 17±1.9
4.1	0.04	1 588	436	0.27	33.4	155.7±2.9	217±30	154.2±3.8	0.051 12±1.1	0.170 1±2.3	0.024 44±1.9
5.1	—	1 800	393	0.22	38.1	156.7±3.1	145±32	135.2±3.8	0.049 54±1.2	0.166 0±2.4	0.024 61±2.0
6.1	—	6 404	1 832	0.29	14.1	163.5±3.0	177±15	142.5±2.9	0.050 08±0.56	0.175 7±2.0	0.025 69±1.9
7.1	—	1 330	434	0.33	25.3	140.6±2.7	173±52	121.4±4.1	0.052 53±1.4	0.150 6±2.9	0.022 05±1.9
8.1	0.88	728	581	0.80	14.1	143.6±2.8	-15±72	148.6±3.7	0.048 82±1.8	0.142 1±3.5	0.022 53±2.0
9.1	0.09	1 330	482	0.36	27.5	153.3±2.9	133±46	149.5±4.1	0.050 61±1.2	0.161 6±2.7	0.024 06±1.9
10.1	0.19	1 060	407	0.38	21.8	152.2±3.0	146±49	151.3±4.3	0.050 76±1.3	0.161 3±2.9	0.023 89±2.0
11.1	0.25	657	205	0.31	13.6	152.8±3.1	152±74	149.6±6.4	0.051 94±1.7	0.162 4±3.8	0.023 99±2.0
12.1	—	1 480	1 045	0.71	29.0	144.8±2.7	94±33	139.5±3.0	0.051 11±1.2	0.150 0±2.4	0.022 71±1.9
13.1	0.23	771	253	0.33	15.7	150.2±2.9	105±62	149.5±5.4	0.050 16±1.6	0.156 4±3.3	0.023 57±2.0
14.1	—	2 845	816	0.29	64.4	167.2±3.1	121±26	156.7±4.7	0.049 94±0.76	0.175 5±2.2	0.026 28±1.9
15.1	0.43	723	252	0.35	14.6	149.0±2.9	68±51	152.1±4.3	0.049 84±1.7	0.152 7±2.9	0.023 38±1.9

U、Th、²⁰⁶Pb_c、Pb* 单位同表 2。

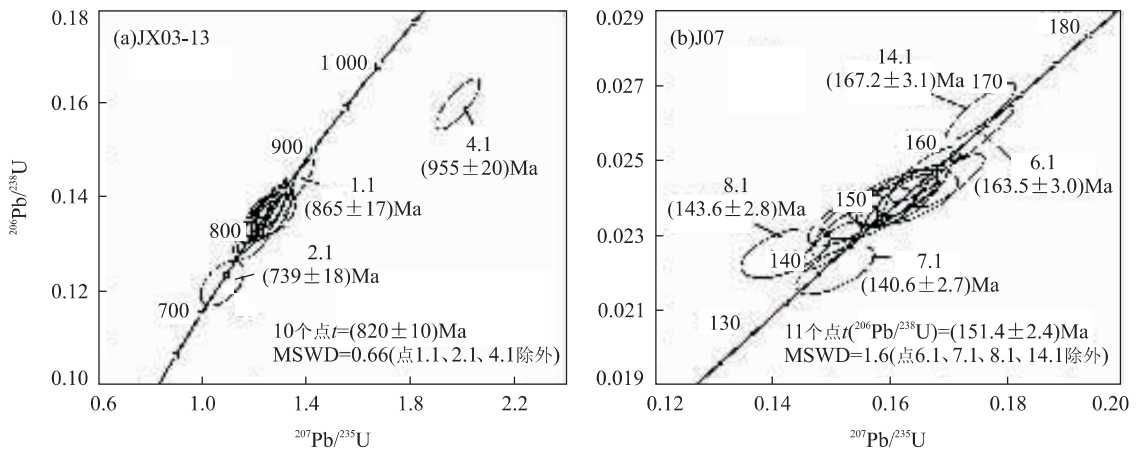


图 4 JX03-13 和 J07 锆石 SHRIMP U-Pb 一致线图解

Fig. 4 Zircon SHRIMP U-Pb concordia diagram of samples JX03-13 and J07

一的岩浆活动特征. 晚元古代花岗岩中的残余锆石 年龄集中在 1.4~1.9 Ga, 这些继承锆石的 Th/U 比

较高,其年龄代表锆石结晶的年龄,也可能代表九岭新元古代花岗岩源岩的年龄。

锆石的阴极发光照相、SHRIMP 测试得到了北京地质矿床所和北京离子探针中心的帮助和支持,SHRIMP 分析是在万渝生老师的精心指导下进行的,在此一并表示衷心感谢!

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Jiangxi Province, 1984. Regional geology of Jiangxi Province. Geological Publishing House, Beijing, 399—408 (in Chinese).
- Group Specially Studying on Granitoids in Nanling Region of the Ministry of Geology and Mineral Resources, 1989. Geology, genesis and mineralization of the granitoids in Nanling region. Geological publishing House, Beijing, 44—248 (in Chinese).
- Hu, S. L., Wang, S. S., Sang, H. Q., et al., 1985. An application of the fast-neutron activation dating technique to approach the age of early emplacement of Jiuling granodiorite of Jiangxi Province. *Acta Petrol. Sinica*, 1(3): 29—34 (in Chinese with English abstract).
- Li, X. H., 1999. U-Pb Zircon ages of granites from the southern margin of the Yangtze craton: Timing of the Neoproterozoic Jinning orogeny in SE China and implications for Rodinia assembly. *Precambrian Res.*, 97: 43—57.
- Li, X. H., Li, Z. X., Ge, W. C., et al., 2003. Neoproterozoic granitoids in South China: Crustal melting above a mantle plume at Ca. 825 Ma. *Precambrian Res.*, 122: 45—83.
- Li, X. H., Li, Z. X., Ge, W. C., et al., 2004. Reply to the comment: Mantle plume—but not arc-related Neoproterozoic magmatism in South China. *Precambrian Res.*, 132: 405—407.
- Li, Z. X., Li, X. H., Kinny, P. D., et al., 1999. The breakup of Rodinia: Did it start with a mantle plume beneath South China. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 173: 171—181.
- Wan, Y. S., Liu, D. Y., Jian, P., 2004. Comparison between monazite dating and zircon dating. *Chinese Science Bulletin*, 49(12): 1185—1190 (in Chinese).
- Wang, X. L., Zhou, J. C., Qiu, J. S., et al., 2004. Geochemistry of the Meso- to Neoproterozoic basic-acid rocks from Hunan Province, South China: Implications for the evolution of the western Jiangnan orogen. *Precambrian*

Res., 135: 79—103.

- Williams, I. S., 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: McKibben, M. A., Shanks, W. C., Ridley, W. I., eds., Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. *Reviews in Economic Geology*, 7: 1—35.
- Xu, H. J., Ma, C. Q., Zhong, Y. F., et al., 2004. Zircon SHRIMP U-Pb dating of Taojiang and Dashenshan granites in Hunan Province: The lower time limit of collision between Yangtze block and Cathaysia block. In: Abstracts of the national proseminar on petrology and geodynamics in 2004. 312—314 (in Chinese).
- Xu, X. S., Zhou, X. M., 1992. Precambrian S-type granitoids in South China and their geological significance. *J. Nanjing Univ. (Nat. Sci. Ed.)*, 28(3): 424—430 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, J. C., Wang, X. L., Qiu, J. S., et al., 2004. Geochemistry of Meso- and Neoproterozoic mafic-ultramafic rocks from northern Guangxi, China: Arc or magmatism. *Geochem. J.*, 38(2): 139—152.
- Zhou, M. F., Yan, D. P., Kennedy, A. K., et al., 2002. SHRIMP U-Pb zircon geochronological and geochemical evidence for Neoproterozoic arc-magmatism along the western margin of the Yangtze block, South China. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 196: 51—67.

附中文参考文献

- 地矿部南岭项目花岗岩专题组, 1989. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用. 北京: 地质出版社, 44—248.
- 胡世玲, 王松山, 桑海清, 等, 1985. 应用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化定年技术探讨江西九岭花岗岩早期侵位时代. *岩石学报*, 1(3): 29—34.
- 江西省地质矿产局, 1984. 江西省区域地质志. 北京: 地质出版社, 399—408.
- 万渝生, 刘敦一, 简平, 2004. 独居石和锆石 SHRIMP U-Pb 定年对比. *科学通报*, 49(12): 1185—1190.
- 徐夕生, 周新民, 1992. 华南前寒武 S 型花岗岩类及其地质意义. *南京大学学报(自然科学版)*, 28(3): 424—430.
- 续海金, 马昌前, 钟玉芳, 等, 2004. 湖南桃江、大神山花岗岩的锆石 SHRIMP 定年: 扬子与华夏拼合的时间下限. 见: 2004 年全国岩石学与地球动力学研讨会论文摘要. 312—314.