

湖南骑田岭岩体东缘菜岭岩体的 锆石 SHRIMP 定年及其意义

付建明^{1,2} 马昌前¹ 谢才富² 张业明² 彭松柏²

(1. 中国地质大学地球科学院, 湖北 武汉 430074; 2. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003)

摘要:应用锆石 SHRIMP 方法对湖南骑田岭岩体东缘的“印支期”菜岭岩体进行了精确的 SHRIMP 定年研究。结果表明菜岭花岗岩的形成年龄为 $(160 \pm 2)\text{Ma}$, 从而确证它是燕山期花岗岩, 且属于骑田岭岩体主侵入阶段的范畴。少量继承锆石核记录了中元古代的年龄信息, 表明前寒武纪岩石可能是区内花岗岩浆熔融源区的重要组成部分之一。

关键词:菜岭花岗岩; SHRIMP; 锆石; 燕山期; 湖南

中图分类号: P597 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)01-0096-05

近年来, 湖南骑田岭岩体因在其内部和接触带发现了具有寻找超大型锡多金属矿床的巨大潜力而引起了地质学家的广泛关注, 并在花岗岩及其与成矿的关系方面作了大量的深入细致的研究工作。目前, 人们普遍接受骑田岭岩体为“印支期”花岗岩和燕山期花岗岩组成的“复式”岩体的认识^[1-3]。相对而言, 该岩体的主体燕山期花岗岩的研究程度较高, 对它的认识也比较统一; 而对“印支期”菜岭花岗岩由于它与成矿的关系“不密切”, 因此研究程度较低。为了系统地研究和总结骑田岭岩体的成矿规律和演化历史, 指导华南地区的地质找矿工作, 建立整个岩体形成时代的年代学格架就显得尤其重要。因此有必要对研究较薄弱的“印支期”菜岭花岗岩进行精确的年代学研究。

1 岩体地质及样品特征

在大地构造上, 本区地处华夏陆块与扬子陆块的接合地带, 其西部为扬子陆块, 东部为华夏陆块。区内出露地层有石炭系、二叠系及白垩系, 岩性以灰岩、白云质灰岩和白云岩为主。断裂构造十分发育, 特别是以北东向为最重要, 其中茶陵—郴州—临武大断裂直接穿过骑田岭岩体。菜岭岩体位于骑田岭岩体的东缘(图 1), 其范围相当于湘南地质队^①划分的“三叠纪印支期菜岭超单元”花岗岩的范围, 面积 91km^2 , 占整个骑田岭“复式”岩体的 17%。岩体侵入二叠系和石炭系中, 又被晚期的岩体侵入。岩性以中粒斑状角闪石黑云母正长花岗岩为

主, 其次为中粒斑状角闪石黑云母二长花岗岩和中细粒斑状黑云母二长花岗岩, 其中微细粒闪长质包体常见。这次 SHRIMP U-Pb 年龄测定的样品为公认的菜岭岩体的中粒斑状角闪石黑云母二长花岗岩 (D220-1), 采样位置标于图 1 中, 样品重约 8kg。岩石具斑状结构, 块状构造。斑晶主要为微斜长石和少量斜长石组成。微斜长石斑晶可达 5~7 cm, 呈自形板状, 具卡式双晶。基质由斜长石、石英、黑云母、角闪石等矿物组成。副矿物有磁铁矿、榍石、钛铁矿、钽石、锆石和磷灰石。

样品(D220-1)的主量元素含量(10^{-3} , 宜昌地质矿产研究所分析)为: SiO_2 67.28, TiO_2 0.72, Al_2O_3 14.17, Fe_2O_3 0.60, FeO 4.36, MgO 1.02, CaO 2.55, Na_2O 3.09, K_2O 4.95; 稀土元素含量(10^{-6} , 中国科学院广州地球化学研究所 ICP-MS 实验室分析)为: La 96.59, Ce 159.86, Pr 16.50, Nd 54.66, Sm 8.97, Eu 1.57, Gd 7.45, Tb 1.09, Dy 5.78, Ho 1.10, Er 3.14, Tm 0.45, Yb 3.11, Lu 0.42, REE = 360.69×10^{-6} , LREE/HREE = 15.00, $\delta\text{Eu} = 0.57$ 。该样品以 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (8.04%) 和 REE (360.69×10^{-6}) 含量高, 富 K_2O (4.95%), $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (1.60) 和 LREE/HREE (15.00) 比值大为特征, 属于高钾钙碱性系列的岩石, 并具有较明显的 Eu 负异常。花岗岩的铝饱和指数 A/NKC 值为 0.94, 为偏铝质花岗岩。

D220-1 样品的铷、钐同位素组成(宜昌地质矿产研究所同位素实验室分析)的主要参数如下: Sm 含量为 9.448×10^{-6} , Nd 为 59.84×10^{-6} , Rb 含 25×10^{-6} , Sr 为 214.2×10^{-6} ; 同位素原子比为: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.0955$, $^{143}\text{Nd}/$

收稿日期: 2003-06-16; 改回日期: 2003-08-02

基金项目: 中国地质调查局基础地质综合研究项目(200113900018)和宜昌地质矿产研究所科技发展基金(K200302)资助。

作者简介: 付建明, 男, 1964 年生, 博士生, 副研究员, 从事岩石地球化学研究; E-Mail: ycfjianmin@cgs.gov.cn。

① 湘南地质队. 1:50000 区域地质调查报告(永春幅和宜章幅), 1991。

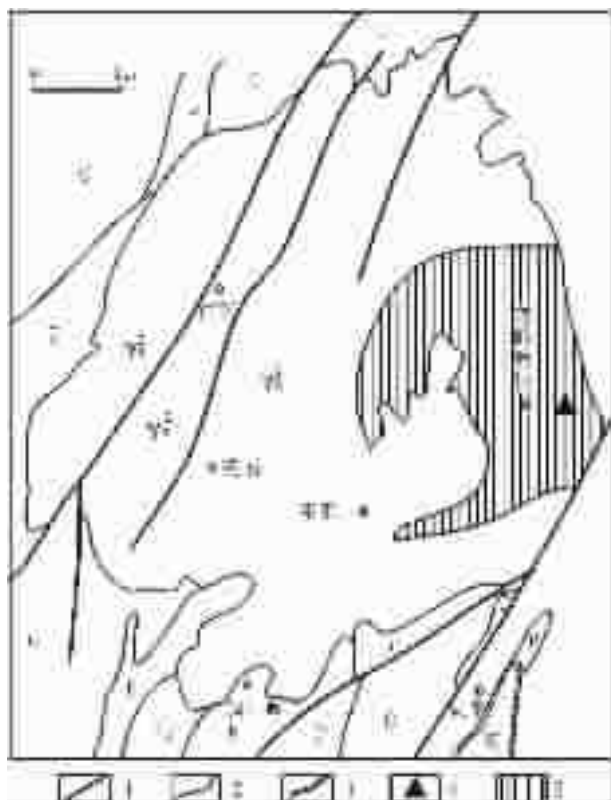


图 1 骑田岭岩体的地质略图(据湘南地质队^①修改)

K—白垩系;T₁—三叠系;P—二叠系;C—石炭系;γ₂—燕山期花岗岩;
1—断层;2—地质界线;3—不整合地质界线;
4—取样位置;5—菜岭花岗岩

Fig. 1 Geological sketch map showing the distribution of the Qitianling granitic mass

(modified after the Hunan Geological Team, 1991)

K—Cretaceous; T₁—Triassic; P—Permian; C—Carboniferous;

γ₂—Yanshanian granite; 1—Fault; 2—Geological boundary;

3—Unconformity; 4—Sampling locality; 5—Cailing granite

$^{144}\text{Nd}=0.512\ 091$, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}=3.396$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.721\ 41$ 。根据其形成年龄 $160\times 10^{-6}\text{Ma}$ 计算的 Sr 初始值 ($0.713\ 32\times 10^{-6}$) 较大, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ (-8.6) 较低, 这些特征显示源岩物质主要来自地壳; 而其副矿物组合、含角闪石和微细粒闪长质包体等特征又表现出一些幔源物质的性质。因此菜岭花岗岩按物质来源可以划分为壳、幔源同熔型。

2 分析方法

将锆石与数粒标准锆石 TEM 置于环氧树脂中, 然后磨

至约一半, 使锆石内部暴露, 用于背散射电子相研究及随后的 SHRIMP U-Pb 分析。

锆石 SHRIMP U-Pb 分析在北京离子探针中心 SHRIMP II 上完成, 背散射电子相研究在中国地质科学院矿床地质研究所电子探针研究室完成。应用 SHRIMP 进行 U-Th-Pb 分析的详细流程和原理参考 Compston 等^[4]、Williams 等^[5]和简平等^[6]资料。应用标准锆石 TEM (417 Ma) 进行元素间的分馏校正 (interelement fractionation), Pb/U 校正公式采用 $\text{Pb}/\text{U}=\text{A}(\text{UO}/\text{U})^{2.71}$ 。应用置于调试 (Test) 靶上的另一标准锆石 SL13 (年龄 572 Ma, U 含量 238×10^{-6}) 标定锆石的 U、Th 和 Pb 含量。数据处理采用 Ludwig SQUID1.0 及 ISOPLOT 程序^[8,9]。普通铅根据实测 ^{204}Pb 进行校正。采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄, 其加权平均值具 95% 的置信度。

3 分析结果

菜岭花岗岩 (D220-1) 的 15 个 U-Pb 分析见于表 1, 并投入图 2 中。部分代表性的年龄值标于背散射图像中 (图 3)。

在菜岭花岗岩的锆石 U-Pb 分析中, 9 个分析的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄基本一致, 为 147~161 Ma, 加权平均年龄为 $(157\pm 3)\text{Ma}$, 但 MSWD 为 61, 指示一些分析为离群值。5 个锆石分析 (表 1 中 5、6、8、11) 在一致曲线图中, 成群分布于一致曲线之上, 给出的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $(160\pm 2)\text{Ma}$ (MSWD=2) (图 2)。这些锆石呈自形、韵律环带结构较发育 (图 3-(a) 5、6、13 颗粒), 指示其为岩浆成因, 因此, $(160\pm 2)\text{Ma}$ 解释为菜岭花岗岩的形成年龄。菜岭花岗岩中存在继承锆石核, 如图 3-(a) 中的 1 号颗粒, 图 3-(b) 及图 3-(c)。U-Pb 分析表明, 这些含核的锆石年龄为 192~1596 Ma (表 1), 指示这一地区可能存在古老的地壳源区。

4 讨论

4.1 菜岭岩体形成时代

骑田岭花岗岩岩体是南岭花岗岩的代表性岩体之一。20 世纪 90 年代以前, 大多数文献资料把骑田岭岩体作为一个整体看作印支期的产物^[10-13], 少数人认为属于早侏罗世^[14]。上世纪 90 年代初, 湘南地质队^①根据 3 条全岩 Rb-Sr 等时线年龄 (133~161 Ma) 和 4 个锆石常规法年龄 (142~161 Ma) 等数据, 结合野外地质资料, 应用单元—超单元填图法将骑田岭岩体划分为菜岭和芙蓉两个超单元, 并分别归属于印支期和燕山期。这一划分方案被后来的研究者普遍接受^[1-3]。有关菜岭花岗岩的同位素年龄资料到目前为止只有 3 个, 一个是由宜昌地质矿产研究所在 1975 年用常规 U-Pb 法测定的独居石年龄为 265Ma ^②; 另两个是朱金初等^[15]获得的全岩 Rb-Sr

① 湘南地质队. 1:50000 区域地质调查报告 (永春幅和宜章幅), 1991.

② 全国同位素地质年龄数据汇编小组. 全国同位素地质年龄数据汇编 (第三集), 1983.

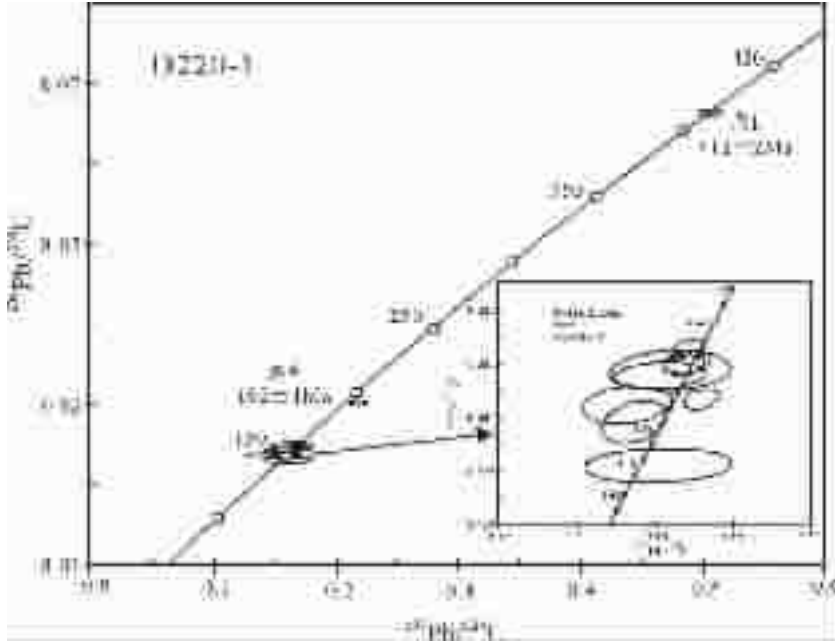


图2 莱岭花岗岩(D220-1)的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄谐和图

Fig. 2 Zircon SHRIMP U-Pb concordia diagram of the Cailing granite(D220-1)

表1 莱岭岩体锆石 SHRIMP U-Pb 同位素分析结果

Table 1 SHRIMP U-Pb data of zircons from the Cailing granite

点号	10^{-2} $^{206}\text{Pb}/\text{Pb}_c$	10^2 U	10^2 Th	Th/U	10^{-2} $^{206}\text{Pb}/\text{Pb}^*$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}^*$ $\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ $\pm\%$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ $\pm\%$					
D220-1															
1*	0.04	673	146	0.22	38.40	414	± 2	421	± 27	0.0552	1	0.5054	1	0.0664	0
2*	0.53	506	176	0.36	10.40	152	± 2	46	± 80	0.0469	3	0.1548	3	0.0239	1
3	0.32	705	268	0.39	15.20	159	± 1	133	± 54	0.0487	2	0.1680	2	0.0250	1
4**	0.35	832	102	0.13	21.70	192	± 1	307	± 48	0.0525	2	0.2185	2	0.0302	1
5	0.52	505	199	0.41	10.80	158	± 1	59	± 110	0.0472	5	0.1612	5	0.0248	1
6	0.19	807	268	0.34	17.40	159	± 1	129	± 47	0.0486	2	0.1674	2	0.0249	1
7**	0.10	296	84	0.29	71.60	1596	± 7	2621	± 70	0.1765	4	6.8400	4	0.2809	1
8	0.15	2234	777	0.36	48.60	161	± 1	118	± 32	0.0484	1	0.1687	1	0.0253	0
10**	0.05	423	163	0.40	56.30	927	± 15	1634	± 25	0.1006	1	2.1430	2	0.1546	2
11	0.93	224	121	0.56	4.83	158	± 2	91	± 150	0.0478	6	0.1640	6	0.0249	1
12**	—	792	229	0.30	16.60	155	± 1	251	± 38	0.0512	2	0.1720	2	0.0244	1
13*	0.67	543	242	0.46	11.40	154	± 1	-15	± 120	0.0458	5	0.1529	5	0.0242	1
14**	0.13	594	288	0.50	50.60	609	± 2	2036	± 12	0.1255	1	1.7130	1	0.0999	0
15*	0.90	317	128	0.42	6.36	147	± 1	216	± 180	0.0505	8	0.1610	8	0.0231	1
16**	0.40	1084	348	0.33	30.20	205	± 1	2825	± 14	0.1999	1	0.8897	1	0.0323	0

(1)误差为 1σ ; Pb_c and Pb^* 分别为普通铅和放射性成因铅的比率;(2)标准校正误差为 0.19%;(3)普通铅根据实测 ^{204}Pb 进行校正;(4)* 离群值,** 继承锆石。

等时线年龄和单颗粒锆石熔融法 U-Pb 年龄分别为 $(159 \pm 1.2)\text{Ma}$ 和 $(161 \pm 2)\text{Ma}$, 后两个年龄数据与前一个年龄数据相差较大。

本次研究表明莱岭花岗岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 同

位素体系主要显示燕山期的年龄信息, 而印支期年龄信息几乎没有表现。笔者获得的岩浆锆石 SHRIMP 年龄为 $(160 \pm 2)\text{Ma}$, 与朱金初等^[19]的测定结果完全吻合, 从而确证莱岭花岗岩岩体是燕山早期侵位的, 并属于骑田岭岩体主



图 3 部分锆石的背散射照片

图中所标数值分别为分析点号及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄 (Ma)

Fig. 3 Backscattering photos of part of zircons

The figures in circles denote analytic spot numbers and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages (Ma), respectively

侵入阶段的范畴^[15]。

4.2 成因指示

骑田岭花岗岩中存在继承性锆石, 年龄达 1596Ma, 与其 Nd 模式年龄 $T_{238\text{M}}$ (1508~1695 Ma) 接近, 也与邻区道县火山岩中的片麻岩包体变质年龄 (1964±164 Ma)^[16] 和湘东南地区花岗闪长岩岩浆源区地壳端元组分的年龄 (1753±26 Ma)^[17] 近似, 暗示骑田岭花岗岩 (包括菜岭花岗岩) 侵入体的形成可能与前寒武纪基底岩石 (年龄在 1596Ma 左右) 有关^①。

5 结论

1) 菜岭花岗岩的岩浆锆石 SHRIMP 年龄为 (160±2)Ma, 确证菜岭岩体是燕山期而不是印支期侵位的。

2) 继承锆石 1596 Ma 左右的年龄 (中元古代) 可能近似地代表了骑田岭花岗岩岩浆源区地壳端元组分的年龄。

致谢: 本文在写作过程中, 康先济研究员, 赵子杰研究员提出了许多宝贵意见。中国地质科学院地质研究所简平研究员指导了 SHRIMP 分析并审阅了初稿, 在此一并感谢。

参考文献 (References):

- [1] 郑基俭, 贾宝华. 骑田岭岩体的基本特征及其与锡多金属成矿作用关系[J]. 华南地质与矿产, 2001, (4): 50~57.
Zheng Jijian, Jia Baohua. Geological characteristics and related tin-polymetallic mineralization of the Qitianling granite complex in southern Hunan Province [J]. Geology and Mineral Resources of South China. 2001, (4): 50~57 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王登红, 陈毓川, 李华芹, 等. 湖南芙蓉锡矿的地质地球化学特征及找矿意义[J]. 地质通报, 2003, 22(1): 50~56.
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Li Huaqin, et al. Geological and geochemical features of the Furong tin deposit in Hunan and their significance for mineral prospecting[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(1): 50~56 (in Chinese with English abstract).
- [3] 魏少六, 曾钦旺, 许以明, 等. 湖南骑田岭地区锡矿床特征及找矿前景[J]. 中国地质, 2002, 29(1): 67~75.

Wei Shaoliu, Zeng Qinwang, Xu Yiming, et al. Characteristics and ore prospects of deposits in the Qitianling area, Hunan [J]. Geology in China, 2002, 29(1): 67~75 (in Chinese with English abstract).

- [4] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages of early Cambrian time-scale [J]. J. Geol. Soc., 1992, 149: 171~184.
- [5] Williams I S, Claesson S. Isotope evidence for the Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade paragneiss from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides, II. Ion microprobe zircon U-Th-Pb [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1987, 97: 205~217.
- [6] 简平, 刘敦一, 孙晓猛. 滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRIMP 测年: 古特提斯洋盆演化的同位素年代学制约 [J]. 地质学报, 2003, 77(2): 217~228.
Jian Ping, Liu Dunyi, Sun Xiaoming. SHRIMP dating of carboniferous Jinshajiang ophiolite in western Yunnan and Sichuan: geochronological constraints on the evolution of the Palaeo-Tethys oceanic crust [J]. Acta geologica Sinica, 2003, 77(2): 217~228 (in Chinese with English abstract).
- [7] Claoue Long J C, Compston W, Roberts J, et al. Two Carboniferous ages: a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis [A]. In: Berggren W A, Kent D V, Aubry M P (eds.). Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation: SEPM Special Publication, 5(4): 3~31.
- [8] Ludwig K R. Using Isoplot/EX, version 2, a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley Geochronological Center Special Publication 1a, 1999 47.
- [9] Ludwig K R. Squid 1.02: A User Manual [M]. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 2001. 2~19.
- [10] 贵阳地球化学研究所. 华南花岗岩类的地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
Guiyang Institute of Geochemistry. Geochemistry of Granitoids in South China [M]. Beijing: Science Press, 1979 (in Chinese).
- [11] 南京大学地质系. 华南不同时代花岗岩类及其与成矿的关系 [M]. 北京: 科学出版社, 1981.
Geology Department of Nanjing University. Granitoids of Different Ages in South China and Their Metallogenic Relations [M].

- Beijing: Science Press, 1981 (in Chinese).
- [12] 湖南省地质矿产局. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988. Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Hunan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988 (in Chinese with English abstract).
- [13] 地质矿产部南岭项目花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿关系[M]. 北京: 地质出版社, 1989. Granitoid Research Group of Nanling Project. Geology of Granitoids of Nanling Range and Their Petrogenesis and Mineralization [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989 (in Chinese with English abstract).
- [14] 莫柱孙, 叶伯丹. 南岭花岗岩地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1980. Mo Zhusun, Ye Bodan. Geology of Granite in Nanling Range [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989 (in Chinese).
- [15] 朱金初, 黄革非, 张佩华, 等. 湖南骑田岭岩体菜岭超单元花岗岩就位年龄和物质来源研究[J]. 地质论评, 2003, 49(3), 245~252. Zhu Jinchu, Huang Gefei, Zhang Peihua, et al. On the emplacement age and material sources for the granites of Cailing superunit, Qitianling Pluton, south Hunan Province [J]. Geological Review, 2003, 49(3): 245~252 (in Chinese with English abstract).
- [16] 郭锋, 范蔚茗, 林舸等. 湖南省道县片麻岩包体的岩石学特征与年代学研究[J]. 长春地质学院学报, 1997, 27(1): 25~30. Guo Feng, Fan Weiming, Lin Ge, et al. Petrological characteristics and dating on gneiss xenoliths in Mesozoic basalts in Huziyuan, Daoxian, Hunan Province [J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 1997, 27(1): 25~30 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王岳军, 范蔚茗, 郭锋, 等. 湘东南中生代花岗闪长质小岩体的岩石地球化学特征[J]. 岩石学报, 2001, 17(1): 169~175. Wang Yuejun, Fan Weiming, Guo Feng, et al. Petrological and geochemical characteristics of Mesozoic granodioritic intrusions in Southeast Hunan Province [J]. China Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(1): 169~175 (in Chinese with English abstract).

Zircon SHRIMP dating of the Cailing granite on the eastern margin of the Qitianling granite, Hunan, South China, and its significance

FU Jian-ming^{1,2}, MA Chang-qian¹, XIE Cai-fu², ZHANG Ye-ming², PENG Song-bai²

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China)

Abstract: The Cailing granite on the eastern margin of the Qitianling granite was precisely dated at 160 ± 2 Ma using zircon SHRIMP, which suggests that the Cailing granite was intruded in the early Yanshanian, rather than in the Indosinian as is considered previously. A few inherited cores record Mesoproterozoic age information, which indicates that Precambrian rocks might be one of the important components in the granitic magma melting source region in the study area.

Key words: Cailing granite; SHRIMP; zircon; Yanshanian; Hunan