2005年 9月, 第 11卷, 第 3期, 335- 342页
September 2005, Vol 11, No. 3, p335- 342

高 校 地 质 学 报
Geological Journal of China Universities

湘南骑田岭竹枧水花岗岩的锆石 SHRMP U-Pb年代学和岩石学

朱金初[1], 张 辉[2], 谢才富[1,3], 张佩华[1], 杨 策[1]

(1. 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学 南京 210093; 2. 中国科学院 地球化学研究所, 贵阳 550002; 3. 中国地质科学院 宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘要: 骑田岭岩体的竹枧水花岗岩是我国南岭地区最早进行同位素年龄测定的花岗岩之一, 20世纪 60年代初期获得的黑云母 K-Ar年龄数据, 曾用来作为骑田岭花岗岩属于印支期的主要依据。最近对其进行了锆石 SHRMP U-Pb年龄测定及岩石学和地球化学研究, 测得其结晶年龄为 160 ±2 Ma, 属燕山早期。它富碱富钾, 富含 LILE和 HFSE, 具壳幔混合来源, 形成于华南大陆内部后造山阶段拉张减薄的构造环境。

关键词: 骑田岭花岗岩; 锆石 SHRMP U-Pb定年; 岩石学; 地球化学; 后造山拉张构造环境

中图分类号: P597; P588. 12+1　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1006- 7493(2005)03- 335- 08

骑田岭花岗岩体是南岭花岗岩的代表性岩体之一。它位于南岭中段, 湖南省南部, 郴县、宜章和桂阳 3县交界处。整个岩体呈等轴状, 总面积约 520 km^2, 其东北侧离郴州市区仅相距约 20 km。由于在骑田岭岩体内部和周围不远的范围内, 已发现了大量有色金属和稀有金属矿床, 其中不少达大型甚至超大型规模, 因而有关骑田岭花岗岩体的年龄、成因和成矿关系等问题, 早就引起广大地质工作人员的密切关注。

广东省地质局南岭区测队(1959)在"南岭侵入岩"专著中, 最早研究了骑田岭花岗岩体, 认为它侵位于晚侏罗世之后和早白垩世之前。1960年代初期, 李璞等(1963)发表了国内第一批用 K-Ar法测定的内蒙和南岭伟晶岩和花岗岩的年龄数据, 骑田岭岩体的竹枧水花岗岩亦在名单之中, 其年龄值为 186 Ma。在全国同位素地质年龄数据汇编小组(1975)发表的年龄数据汇编(第一集)中, 标明同一样号黑云母在 1961年测定的 K-Ar年龄值为 204 Ma。此后, 湖南省地质局区测队(1966)、贵阳地化所(1979)、南京大学地质系(1981)、湖南省地矿局(1988)、地矿部南岭项目花岗岩专题组(1989)等在发表的专著、论文和图件中, 都把骑田岭主体花岗岩的的形成时间看作是印支期。

1990年代初期, 湘南地质队在骑田岭花岗岩体地区进行了 1∶5万区域地质调查(黄革非, 1992); 2000年代初期, 湖南地质调查院又进行了 1∶25万郴州市幅区域地质调查(柏道远等, 2005), 他们都对骑田岭花岗岩体划分了单元和超单元。朱金初等(2003)、付建明等(2004)、刘义茂等(2002)、郑基俭等(2001)也对骑田岭花岗岩体的侵位年龄和岩系特征等问题进行了讨论。

近年来, 作者对骑田岭花岗岩体进行了较详细的野外地质学、同位素年代学、岩石学、地球化学和成矿关系等方面的研究工作。鉴于竹枧水花岗岩在南岭和骑田岭花岗岩地质年代学研究历史上的重要性, 本文主要报道有关竹枧水附近花岗岩的岩石学、地球化学和锆石 SHRMP U-Pb年代学方面的研究成果。

1　岩体地质简况

在大地构造上, 骑田岭花岗岩体位于两条深大断裂的交汇部位, 一条是 NE向的茶陵-郴州-临

收稿日期: 2005- 06- 15; **修回日期**: 2005- 07- 24

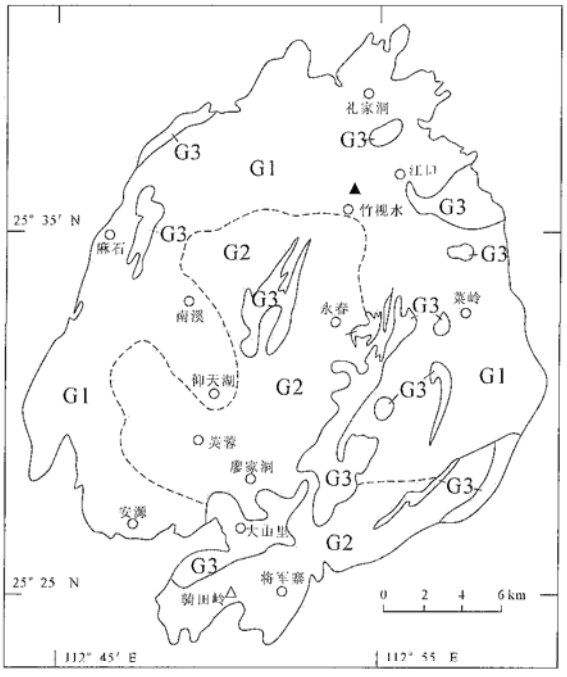
基金项目: 国家自然科学基金(40373014; 40132010; 40073008)

作者简介: 朱金初, 男, 1936年 10月生, 教授, 主要从事矿床学、岩石学和地球化学方面的研究工作。

武深大断裂,它是扬子地块和华夏地块的交接带;另一条是九嶷山—骑田岭—九峰山深大断裂带,它控制了南岭东西向北带花岗岩体的分布。附近出露的地层为以边缘海槽盆相砂泥质岩石为主的震旦系-志留系和以浅海台地相碳酸盐岩为主的泥盆系-中三叠统,在一些受深断裂控制的断陷盆地中,发育着晚三叠统-侏罗系和白垩系-上第三系的陆相沉积岩。

区域范围内燕山早期中基性岩浆活动广泛发育,玄武岩、辉绿岩、辉橄岩和闪长质小岩体等十分常见,反映了此时本区在板内构造背景的基础上,发生过岩石圈的强烈伸展减薄和深部幔源物质的上侵(郭锋等, 1995;赵振华等, 1998;王岳军等, 2001; Li X H et al, 2004)。

近年来,通过对骑田岭花岗岩体的综合研究,特别是已完成的近 10个锆石 U-Pb年龄分析,结合文献资料,可以认为,骑田岭花岗岩的形成时间,大致可分成 3个阶段 (图 1): 第一阶段,定位于 165~160 Ma,主要为角闪石黑云母二长花岗岩,有时为黑云母二长花岗岩,主要分布在岩体东部、北部和西部的边缘部位;第二阶段,定位于 157~152 Ma,主要为黑云母花岗岩,有时含少量角闪石,主要分布在岩体的中部和南部;第三阶段,定位于 147~143 Ma,为中细粒 (有时斑状)花岗岩小岩体,主要分布在岩基内部的不同部位 (见图 1)。有关骑田岭花岗岩的年龄格架和数据,将有专文发表。



G1: 第一阶段花岗岩 (granites of the 1st stage); G2: 第二阶段花岗岩 (granites of the 2nd stage); G3: 第三阶段花岗岩 (granites of the 3rd stage)

图 1 骑田岭花岗岩体地质简图

Fig. 1 Geological sketch of Qitianling granitic pluton

本文重点研究的竹枧水花岗岩,位于骑田岭花岗岩体的东北部,竹枧水村北约 800 m处的河床中。这里,新鲜的花岗岩大面积出露,几乎水平的减压节理特别发育,有时形成阶梯状瀑布。

2 锆石 SHRIMP U-Pb年代学

本文对样品 QT87进行了锆石 SHRIMP U-Pb年龄测定,样品点的坐标位置为 E 112° 53′59″, N 25° 36′37″。

在选取锆石前,先将新鲜的岩石样品破碎至 0.27 mm以下,用常规的人工淘洗和电磁选方法富集锆石,再在双目镜下用手工方法逐个精选锆石颗粒,未用任何化学试剂。选出的锆石为浅棕黄色至无色的自形柱状晶体,主要发育 {100} + {101}晶面, {110}次之,晶体较细小,宽度大多 0.05~0.1 mm,长宽比在 4左右,有时可达 5,具有明显的震荡生长环带等岩浆成因结构特征,含少量不透明矿物包体。

锆石的 SHRIMP U-Pb分析是在中国地质科学院北京离子探针中心 SHRIMP-II仪器上完成的。分析流程和原理可参考 Compston等 (1992)和简平等 (2003)。

样品中代表性锆石颗粒的阴极发光图像 (CL images)见图 2,他们的 SHRIMP U-Pb定年结果见表 1和图 3。样品的几乎所有数据点都投影在 $^{206}Pb/^{238}U-^{207}Pb/^{235}U$谐和曲线上或谐和曲线附近,表明这些锆石颗粒在形成后的 U-Pb同位素体系是基本封闭的,没有 U或 Pb同位素的明显丢失或加入。竹枧水花岗岩样品 QT87的 12个锆石颗粒的 $^{206}Pb/^{238}U$的加权平均年龄为 (160±2) Ma,年龄测定的可信度为 95%, MSWD值为 0.95。该数据与朱金初等 (2003)和付建明等 (2004)对骑田岭岩体菜岭地段角闪石黑云母二长花岗岩所测定的全岩 Rb-Sr等时线年龄和锆石 U-Pb年龄结果在误差范围内一致。

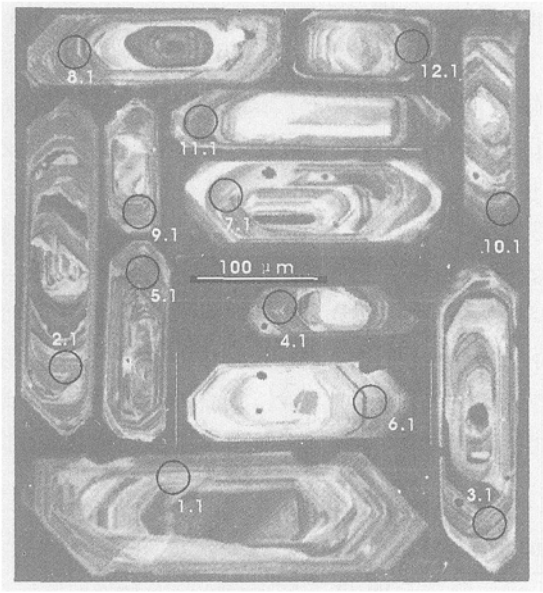


图 2　骑田岭竹枧水花岗岩样品中锆石颗粒的阴极发光图像

Fig2　CL images for zircons from Zhujianshui granite, Qitianling pluton

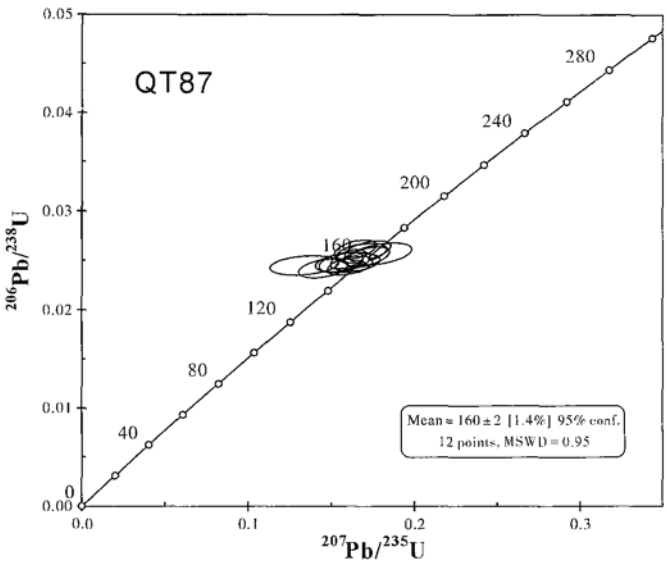


图 3　骑田岭竹枧水花岗岩样品中锆石的 $^{206}Pb/^{238}U-^{207}Pb/^{235}U$ 谐和图

Fig. 3　Concordia diagrams showing SHRMP U-Pb analytical points for zircons

表 1　骑田岭竹枧水花岗岩样品中锆石的 U-Pb定年结果

Table 1　Analytical results of SHRMP U-Pb dating for zircon samples in Zhujianshui granite, Qitianling pluton

样品点号	U/(μg/g)	Th/(μg/g)	$^{206}Pb^*$/(μg/g)	Th/U	$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	±σ(%)	$^{207}Pb^*/^{235}U$	±σ(%)	$^{206}Pb^*/^{238}U$	±σ(%)	年龄/(Ma) 1σ					
											$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{208}Pb/^{232}Th$	
QT87-1.1	625	279	13.2	0.46	0.0477	4.9	0.1611	5.6	0.02450	2.6	156.0	±4.0	84	±120	159.6	±7.6
QT87-2.1	545	216	11.7	0.41	0.0468	7.6	0.160	8.0	0.02479	2.6	157.8	±4.1	37	±180	152	±12
QT87-3.1	1126	246	25.4	0.23	0.0457	4.4	0.1644	5.1	0.02610	2.5	166.1	±4.1	−20	±110	154	±12
QT87-4.1	609	217	13.6	0.37	0.0473	5.4	0.168	6.0	0.02576	2.6	163.9	±4.2	65	±130	153.1	±9.6
QT87-5.1	678	291	14.6	0.44	0.0475	3.3	0.1630	4.2	0.02490	2.5	158.6	±4.0	73	±79	153.0	±5.7
QT87-6.1	242	114	5.39	0.49	0.0507	6.2	0.180	6.9	0.02570	2.8	163.6	±4.5	229	±140	167.5	±9.4
QT87-7.1	631	252	14.2	0.41	0.0479	4.6	0.1720	5.3	0.02602	2.6	165.6	±4.2	96	±110	165.1	±8.0
QT87-8.1	563	239	12.2	0.44	0.0462	3.6	0.1601	4.4	0.02513	2.6	160.0	±4.1	8	±87	149.6	±5.8
QT87-9.1	604	272	12.9	0.47	0.0395	9.9	0.134	10	0.02452	2.6	156.2	±4.0	−383	±260	139	±11
QT87-10.1	486	204	10.7	0.43	0.0490	4.5	0.1716	5.2	0.02540	2.6	161.7	±4.2	147	±100	172.9	±7.9
QT87-11.1	667	209	14.0	0.32	0.0435	6.3	0.1450	6.8	0.02420	2.5	154.2	±3.9	−141	±160	140	±11
QT87-12.1	649	256	14.0	0.41	0.0456	5.1	0.1561	5.7	0.02484	2.6	158.2	±4.1	−24	±120	145.0	±9.7

注: Pb^* 为放射性成因 Pb, 利用 ^{204}Pb 的实验值校正普通 Pb

另外, 作者 2002年在宜昌地质矿产研究所用锆石熔融 U-Pb法在 MAT260仪器上测定了 QT87号样品的年龄, 主要参数如下: 样品重量 = 10 μg U = 477.9 × 10^{-6}, Pb = 23.3 × 10^{-6}; 普通 Pb = 1.055 ng 同位素原子比为: $^{206}Pb/^{204}Pb$ = 87.9, $^{206}Pb/^{238}U$ = 0.02626 ±0.00026, $^{207}Pb/^{235}U$ = 0.17237 ± 0.0261; $^{207}Pb/^{206}Pb$ = 0.04947 ± 0.00761; 数据点落在以 $^{206}Pb/^{238}U$ 和 $^{207}Pb/^{235}U$ 为坐标的协和曲线上。根据 $^{206}Pb/^{238}U$, $^{207}Pb/^{235}U$ 和 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 算得的表面年龄数据分别为 160 ±1.5 Ma, 161 ±24.4 Ma和 170 ±25.8 Ma, 3个年龄值十分接近, 且用 $^{206}Pb/^{238}U$ 计算的值与上述用 SHRMP

法测定的结果一致。

3 岩石学

在竹枧水花岗岩 150 m 左右连续露头的范围内,共采集了 3个样品。岩性为浅灰带肉红色调的黑云母二长花岗岩,中粒斑状结构,块状构造。班晶主要由肉红色微斜长石组成,含量 5% ~ 30%,大小不等,0.5cm ×1.2cm ~ 2.0cm ×5.0cm,其次为灰白色斜长石,含量 0~ 10%,大的可达 0.5cm ×1.0cm,小的与基质难以区分,其余为基质。有一个样品含少量角闪石(约 2% ~ 3%),各主要矿物的含量分别为:钾长石,30% ~ 40%;斜长石,25% ~ 35%;石英,25% ~ 32%;黑云母,2% ~ 6%;角闪石,0~ 3%;另含钛铁氧化物(1% ~ 2%)、磷灰石、锆石等副矿物。根据国际地科联推荐的 QAP分类方案,定名为黑云母二长花岗岩。

3个竹枧水黑云母花岗岩样品的常量元素和微量元素分析结果列于表 2。常量元素的分析在南京大学现代分析中心用 ARL9800XP+型(瑞士制)X荧光仪由刘笛高级工程师完成。微量元素的分析在南京大学成矿作用国家重点实验室用高灵敏度等离子质谱仪 Finnigan Element Ⅱ (HR ICP-MS,德国制)

表 2 骑田岭竹枧水花岗岩的常量元素(%)和微量元素含量(μg/g)

Table 2 Contents of major (%) and trace (μg/g) elements in Zhujianshui granite, Qitianling pluton

常量元素	QT-87	QT-99	QT-100	微量元素	QT-87	QT-99	QT-100
SiO_2	68.49	70.08	68.01	Li	75.8	72.1	47.0
TiO_2	0.76	0.5	0.75	Be	5.2	4.6	9.4
Al_2O_3	13.47	14.14	13.68	Sc	6.7	5.7	7.0
Fe_2O_3	4.7	3.54	4.91	V	57.5	37.5	45.8
MnO	0.07	0.06	0.08	Ga	19.9	19.8	22.5
MgO	0.99	0.69	0.9	Rb	268	311	306
CaO	2.61	1.92	1.61	Sr	198	168	128
Na_2O	2.96	2.93	3.3	Y	37.3	32.3	43.6
K_2O	4.54	5.61	4.29	Nb	22.5	17.7	30.9
P_2O_5	0.19	0.15	0.23	Zr	269	269	357
SO_3	0.1	0.02	0.1	Sn	7.5	5.1	12.4
烧失	0.65	0.45	1.84	Cs	20.1	22.8	16.2
总和	99.53	100.09	99.7	Ba	504	748	419
Na_2O+K_2O	7.5	8.54	7.59	Hf	6.2	8.2	10.5
K_2O/Na_2O	1.53	1.91	1.30	Ta	2.1	1.9	3.7
NK/A	0.73	0.77	0.74	Pb	30.3	40.8	36.1
A/NK	1.38	1.30	1.36	Th	45.4	36.4	41.9
A/CNK	0.93	0.98	1.05	U	8.8	7.3	14.3
σ	2.21	2.69	2.30	La	61.3	67.4	66.9
A.R.	2.75	3.27	2.97	Ce	120.9	125.8	130.8
FeO^*/MgO	4.27	4.62	4.91	Pr	13.4	13.8	15.3
F/FM	0.81	0.82	0.83	Nd	48.6	49.4	55.9
$Mg^{\#}$	29.4	27.9	26.6	Sm	9.4	8.1	10.1
CaO/MgO	2.64	2.78	1.79	Eu	1.3	1.6	1.3
				Gd	8.4	7.3	9.1
$(La/Yb)_N$	10.1	14.8	10.5	Tb	1.1	1.1	1.4
Rb/Sr	1.35	1.85	2.40	Dy	7.1	6.0	8.2
K/Rb	141	150	116	Ho	1.6	1.1	1.5
Zr/Hf	43.1	32.9	34.0	Er	4.4	3.3	4.5
Nb/Ta	10.8	9.4	8.4	Tm	0.7	0.5	0.7
Nb/La	0.37	0.26	0.46	Yb	4.4	3.3	4.6
Y/Nb	1.66	1.82	1.41	Lu	0.6	0.5	0.7
10 000Ga/Al	2.79	2.64	3.11	ΣREE	283.1	289.2	311.1
Zr+Nb+Ce+Y	450	445	562	δEu	0.44	0.61	0.40

由高剑峰和林雨萍高级工程师完成。

由表 2可见, 竹枧水黑云母二长花岗岩属酸性, 其主要常量元素氧化物的变化范围为 (以% 为单位): SiO_2, 68.01~ 70.08; Al_2O_3, 13.47~ 14.14; K_2O, 4.29~ 5.61; Na_2O, 2.93~ 3.30; TiO_2, 0.50 ~ 0.76; $Fe_2O_3^*$, 3.54~ 4.91; MgO, 0.89~ 0.99; CaO, 1.61~ 2.61; MnO, 0.06~ 0.08; P_2O_5, 0.15 ~ 0.23。岩石明显富碱, 尤其是富钾, $K_2O + Na_2O$ = 7.50~ 8.54; K_2O/Na_2O = 1.30~ 1.91; 里特曼系列指数 σ = 2.21~ 2.69; 碱度率 (A. R.) = 2.75 ~ 3.27, 属弱亚碱质; 碱性系数 (agpaitic coefficient) 或碱铝比 NK/A 为 0.73~ 0.77; 铝饱和系数 A/CNK 值为 0.93~ 1.05, 属准铝至弱过铝范围; 岩石富铁贫镁, FeO^*/MgO = 4.27~ 4.91, $FeO^*/(MgO + FeO^*)$ = 0.81~ 0.83。

4　微量元素

在微量元素方面, 竹枧水花岗岩强烈富集大离子半径亲石元素 (LILE) 和高场强元素 (HFSE), 其分别为 (以 μg/g为单位): Rb, 268~ 311; Th, 36.4~ 45.4; U, 7.3~ 14.3; Ba, 419~ 748; Sr, 128~ 198; (REE, 283~ 311; Y, 32.3~ 37.3; Nb, 17.7~ 30.9; Ta, 1.88~ 3.65; Zr, 269~ 357; Hf, 6.24~ 10.51。

图 4a和 4b分别画出了竹枧水花岗岩的球粒陨石标准化稀土配分曲线和原始地幔标准化的不相容元素配分蛛网图 (标准化值据 Sun and McDonough, 1989)。

竹枧水花岗岩的稀土元素总含量高, 且轻重稀土比值大, $(La/Yb)_N$ = 10.1~ 14.8。球粒陨石标准化的稀土配分曲线 (图 4a)总体为右倾型, 其中轻中稀土元素分馏较明显, 曲线右倾, 而重稀土分馏不明显, 曲线形态基本水平。Eu亏损中等至较强烈, 其 δEu值为 0.40~ 0.61。

在原始地幔标准化的蛛网图上 (图 5b)清晰可见, 与原始地幔相比, 所有不相容元素均有不同程度的富集, 尤其是图中左列不相容程度较高的大部分元素。在不相容元素总体明显富集的背景上, 出现 Ba, Sr, P, Ti的槽谷, 它们的亏损可能与原始岩浆房中斜长石、磷灰石和钛铁氧化物的结晶分离有关, 而 Rb, Th, U, LREE, MREE, Zr, Hf则出现不同程度的峰。与相邻元素 Th, U 和 La, Ce相比, 所有花岗岩样品都出现较明显的 Ta, Nb亏损, Nb/La比值在

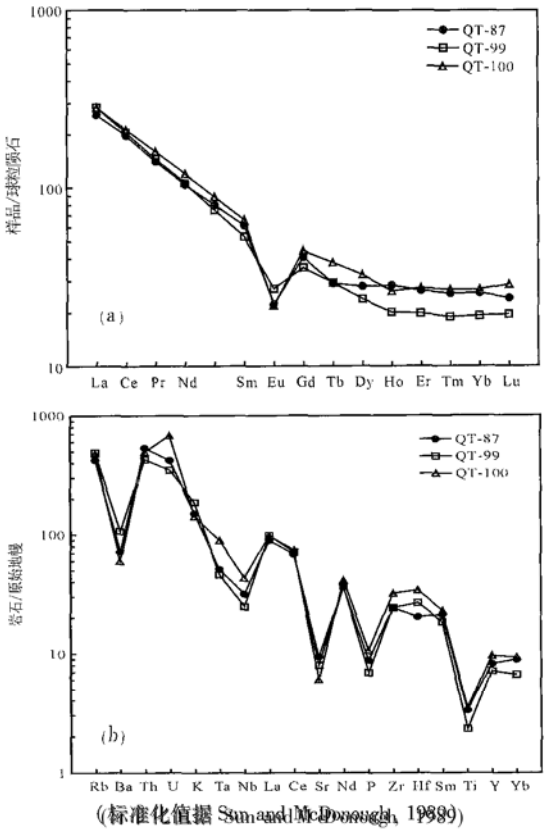


图 4　骑田岭竹枧水花岗岩的球粒陨石标准化稀土配分曲线 (a) 和不相容元素的原始地幔标准化蛛网图 (b)

Fig 4　Chondrite-normalized REE diagrams (a) and primitive-mantle-normalized incompatible element spidergrams (b) for rock samples from Zhujianshui granite, Qitianling pluton (Normalized values are after Sun and McDonough, 1989)

0.26~ 0.46之间变化。其它几个重要的元素对比值为: Nb/Ta, 8.4~ 10.8; Zr/Hf, 32.9~ 43.1; Rb/Sr, 1.4~ 2.4; 10 000(Ga/Al) = 2.64~ 3.11; (Zr + Nb+ Ce+ Y) = 445.2~ 562.4。

在花岗岩形成构造环境的微量元素 Nb-Y 和 Ta-Yb判别图解上 (图 5, 据 Pearce, 1984), 竹枧水花岗岩 3个样品均落入板内花岗岩区。如果将这 3个样品投影到 Whalen等 (1987)编制的 Zr- Ga/Al, Ce- Ga/Al, FeO/MgO - Zr+ Nb+ Ce+ Y, $(Na_2O + K_2O)/CaO$ - Zr+ Nb+ Ce+ Y 等判别 A型花岗岩的图解上, 则它们全部落在 A型花岗岩区。

5　主要认识

(1)骑田岭竹枧水花岗岩中锆石的 SHRMPU-

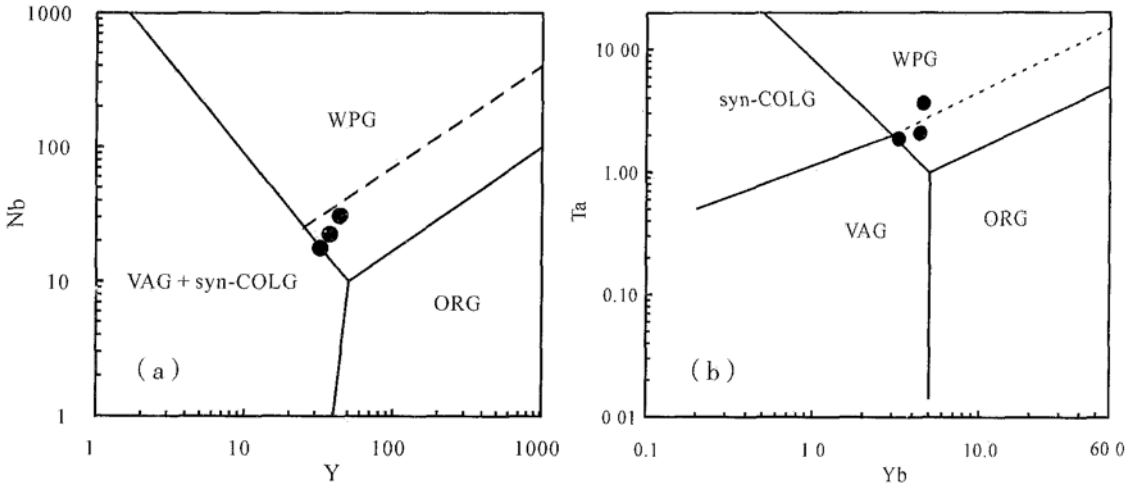


图 5 骑田岭竹枧水花岗岩形成构造背景的微量元素判别图解:
(a) Nb- Y图解; (b) Ta- Yb图解 (据 Pearce等, 1984)

Fig 5 Nb- Y (a) and Ta- Yb (b) discrimination diagrams for distinguishing geotectonic environments of Zhujianshui granite, Qitianling pluton (after Pearce et al, 1984)

Pb年龄为 160 ±2 Ma, 即中晚侏罗世之交。该年龄值与骑田岭岩体东部菜岭附近角闪石黑云母二长花岗岩测得的年龄值基本一致, 南岭中西部地区的花山、姑婆山、大东山、九峰山等花岗岩体也主要在这一时段侵位和结晶。这是南岭地区发生强烈的花岗质岩浆活动和相关的成矿作用的关键时期;

(2)骑田岭竹枧水花岗岩以富碱高钾、富含 Rb, Pb, Th, U 等大离子半径亲石元素 (LILE)及 REE, Ta, Nb, Zr, Hf等高场强元素 (HFSE) 为主要特征。在元素地球化学性质上, 介于富钾钙碱性花岗岩和 A型花岗岩两大系列之间, 其 Ga和 Zr+ Nb + Ce+ Y含量高, 显然达到了广义的 A型花岗岩的标准, 但其碱性程度与典型的 A型花岗岩相比, 还似乎偏低。如竹枧水花岗岩的碱性系数 (agpaitic coefficient, 即碱铝比 NK/A值)为 0.73~ 0.77, 里特曼系列指数 σ= 2.21 ~ 2.69, 碱度率 (A. R.) = 2.75~ 3.27。Liégeois等 (1998)和刘昌实等 (2003)都认为, 把 A型花岗岩的碱性系数下限定位 0.87 或 0.85比较合适。由于目前各家对华南花岗岩的岩系归属已出现较多争论, 很多问题尚需进一步研究和探讨, 以求获得合理的认识。由于本文主要报道竹枧水花岗岩的侵位年龄及主要的岩石学和地球化学特征, 有关它的岩系归属问题, 将在讨论整个骑田岭花岗岩的成因时进一步论述;

(3)骑田岭竹枧水花岗岩形成于后造山阶段华南大陆内部地壳拉张减薄的构造环境下。软流圈地幔沿超壳深断裂的上涌和底侵, 导致了强烈的壳幔相互作用, 它既可为壳下的岩石圈地幔和中下大陆地壳的熔融提供必要的热能, 也可为新形成的花岗质的硅酸盐熔浆加进新的来自深部的地幔物质来源。

参考文献 [References]:

柏道远, 陈建超, 马铁球, 等. 2005. 湘东南骑田岭岩体 A型花岗岩的地球化学特征及其构造环境. 地质论评, 待刊.

[Bai Daoyuan, Chen Jianchao, Ma Tieqiu, et al. **2005**. Geochemical characteristics and tectonic setting of Qitianling A-type granitic pluton, South Hunan. ***Geological Review***, in press (in Chinese with English abstract)]

Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. **1992**. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale. ***J. Geol. Soc. London***, 149: 171- 184.

付建明, 马昌前, 谢才富, 等. 2004. 湖南骑田岭岩体东缘菜岭岩体的锆石 SHRMP定年及其意义. 中国地质, 31(1): 96- 100.

[Fu Jianming, Ma Changqian, Xie Caifu, et al. **2004**. Zircon SHRMP dating of the Cailing granite on the eastern margin of the Qitianling granite, Hunan, South China, and its significance. ***Geology in China***. 31(1): 96- 100 (in Chinese with English abstract)]

湖南省地质局区测队. 1966. 区域地质报告 1: 200000 (桂阳幅).

[Geological Survey Team of Hunan Bureau of Geology. **1966**. Regional

Geological Survey Report, ***Guiyang Sheet*** 1∶200000 (in Chinese)]

南京大学地质系. 1981. 华南不同时代花岗岩类及其与成矿的关系. 北京: 科学出版社.

[Geology Department of Nanjing University. **1981**. Granitoids of Different Ages in South China and Their Metallogenetic Relations. Beijing: Science Press (in Chinese)]

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关系. 北京: 地质出版社.

[Granitoid Research Group of Nanling Project. **1989**. Geology of Granitoids of Nanling Range and Their Petrogenesis and Mineralization. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract)]

贵阳地球化学研究所. 1979. 华南花岗岩类的地球化学. 北京: 科学出版社.

[Guiyang Geochemical Institute. **1979**. Geochemistry of Granitoids in South China. Beijing: Science Press (in Chinese)]

郭锋, 范蔚茗, 林舸, 林源贤. 1997. 湘南道县辉长岩包体的年代学研究及成因讨论. 科学通报, 42(15): 1661－1663.

[Guo Feng, Fan Weiming, Lin Ge, et al. **1997**. A discussion on geochronology and genesis of the gabbro xenolith in Daoxian, Hunan Province. ***Chinese Science Bulletin***, 42(15): 1661－1663 (in chinese)]

黄革非. 1992. 骑田岭复式岩体侵位时代讨论. 地质与勘探, (11): 7－11.

[Huang Gefei. **1992**. A discussion on ages of emplacement of Qitianling granite complex. ***Geology and Exploration***, (11): 7－11 (in Chinese)]

湖南省地矿局. 1988. 湖南省区域地质志. 北京: 地质出版社.

[Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources, Hunan Province. **1988**. Regional Geology of Hunan Province. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese)]

全国同位素地质年龄数据汇编小组. 1975. 全国同位素地质年龄数据汇编 (第一集).

[Isotopic Geochronological Data Compilation Group of China. **1975**. Isotopic Geochronological Data of China (1) Compilation I (in Chinese)]

简平, 刘敦一, 孙晓猛. 2003. 滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRMP 测年: 古特地斯洋盆演化的同位素年代学制约. 地质学报, 2003: 77(2): 217－228.

[Jian P, Liu DY, Sun XM. **2003**. SHRMP dating of Carboniferous ophiolite in western Yunnan and Sichuan: Geochronological constraints on the evolution of the Paleo-Tethys oceanic crust. ***Acta Geologica Sinica***, 77(2): 217－228 (in Chinese with English abstract)]

Liégeois J P, Navez J, Hertogen J, Black R. **1998**. Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonitic versus alkaline and peralkaline granitoids: the use of sliding normalization. ***Lithos***, 45: 1－28.

李璞, 戴橦谟, 邱纯一, 等. 1963. 内蒙和南岭地区某些伟晶岩和花岗岩的 K-Ar绝对年龄测定. 地质科学, (1): 1－9.

[Li Pu, Dai Tongmo, Qiu Chunyi, et al. **1963**. K-Ar absolute age determination for pegmatites and granites in the Inner Mongolia and Nanling Region. ***Geological Science***, (1): 1－9 (in Chinese)]

Li Xianhua, Chung Sunlin, Zhou Hanwen, et al. **2004**. Jurassic intraplate magmatism in southern Hunan－eastern Guangxi: $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating, geochemistry, Sr-Nd isotopes and implications for the tectonic evolution of SE China. ***Geol. Soc. London Spec. Publ.***, 226: 193－215.

刘昌实, 陈小明, 陈培荣, 等. 2003. A型岩套的分类、判别标志和成因. 高校地质学报, 9(4): 573－591.

[Liu Changshi, Chen Xiaoming, Chen Peirong, et al. **2003**. Subdivision, discrimination criteria and genesis for A type rock suites. ***Geol. J. China Univ.***, 9(4): 573－591 (in Chinese with English abstract)]

刘义茂, 许继峰, 戴橦谟, 等. 2002. .骑田岭花岗岩 $^{40}Ar/^{39}Ar$同位素年龄及其地质意义. 中国科学 D辑, 32, 增刊: 41－49.

[Liu Yimao, Xu Jifeng, Dai Tongmo, et al. **2003**. $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic ages of Qitianling granite and their geologic implications. ***Science in China, Series D,*** 46(sup.): 51－59]

广东省地质局南岭区域地质测量普查大队. 1959. 南岭侵入岩初步综合研究报告. 北京: 地质出版社, 1－230.

[Nanling Geological Survey Team, Guangdong Bureau of Geology. **Preliminary Research Report on Nanling Intrusives**. **1959**. Beijing: Geological Publishing House, 1－230 (in Chinese)]

Sun S S and McDonough W F. **1989**. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and process. In: Saunders A D, Norry M J, eds. Magmatism in the Ocean Basins. ***Geol. Soc. Spec. Publ.***, 42: 313－354.

Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. **1884**. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. ***J. Petrology***, 25(4): 956－983.

Whalen J B, Currie K L, Chappell S W. **1987**. A type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. ***Contr. Mineral. Petrol.***, 95: 407－419.

王岳军, 范蔚茗, 郭锋, 等. 2001. 湘东南中生代花岗闪长质小岩体的岩石地球化学特征. 岩石学报, 17(1): 169－175.

[Wang Yuejun, Fan Weiming, Guo Feng, et al. **2001**. Petrological and geochemical characteristics of Mesozoic granodioritic intrusions in Southeast Hunan Province, China. ***Acta Petrologica Sinica***, 17(1): 169－175 (in Chinese with English abstract)]

赵振华, 包志伟, 张伯友. 1998. 湘南中生代玄武岩类地球化学特征. 中国科学 D辑, 28(增): 7－14.

[Zhao Zhenhua, Bao Zhiwei, Zhang Boyou. **1998**. Geochemistry of the Mesozoic basaltic rocks in southern Hunan Province. ***Science in China, Series D***, 41(supp.): 102－112]

郑基俭, 贾宝华. 2001. 骑田岭岩体的基本特征及其与锡多金属成矿作用关系. 华南地质与矿产, (4): 50－57.

[Zheng Jijian, Jia Bao-hua. **2001**. Major characteristics of Qitianling granite body and its relation to tin-polymetallic mineralization. ***South China Geology and Mineral Resources***. (4): 50－57 (in Chinese)]

朱金初, 黄革非, 张佩华, 等. 2003. 湘南骑田岭岩体菜岭超单元花岗岩侵位年龄和物质来源研究. 地质论评, 49(3): 245－252.

[Zhu Jinchu, Huang Gefei, Zhang Peihua, et al. **2003**. On the emplacement age and material sources for the granites of Cailing superunit, Qitianling pluton, South Hunan Province. ***Geological Review***, 49(3): 245－252 (in Chinese with English abstract)]

Zircon SHRIMP U-Pb Geochronology, Petrology and Geochemistry of the Zhujianshui Granite, Qitianling Pluton, Southern Hunan Province

ZHU Jin-chu[1], ZHANG Hui[2], XIE Cai-fu[1,3], ZHANG Pei-hua[1], YANG Ce[1]

(1. *State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Nanjing University, Nanjing 210093, China;*
2. *Geochemical Institute, Academia Sinica, Guiyang 550002, China;*
3. *Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, Yichang 443003, China*)

Abstract: The Zhujianshui granite of Qitianling pluton is one of the granites whose emplacement age was determined isotopically by biotite K-Ar method during the early 1960's. Since then the Qitianling granitic pluton was considered to be Indosinian (Triassic) for many years. This paper studies the zircon SHRIMP U-Pb geochronology, petrology and geochemistry of the Zhujianshui granite, Qitianling pluton. An emplacement age of 160 ±2 Ma was obtained which indicates an early Yanshanian (Jurassic) magmatic activity. The Zhujianshui granite is enriched in alkalies (especially in K), LILE's and HFSE's, and has a mantle-crustal mixed source. It was formed under a post-orogenic extensional environment within the South China continent.

Key words: Qitianling granite pluton; zircon SHRIMP U-Pb dating; petrology; geochemistry; post-orogenic extensional environment