地 质 科 学
2006年 7月 CHINESE JOURNAL OF GEOLOGY 41(3):511—517

广东罗定龙塘碱性花岗岩锆石 SHRIMP 定年及地质意义*

夏 斌 林清茶 张玉泉
(中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室 广州 510640)

摘 要 龙塘碱性花岗岩位于广东云开大山地区,属罗定泗纶混合岩田区,其中的锆石均为具有老核新壳的变质复合型锆石。SHRIMP定年结果,新壳6个测点加权平均年龄为265±1.8Ma,反映该岩体的成岩年龄,相当于中二叠世,属于海西晚期。老核获得最大的U-Pb年龄为1 098Ma,相当于中元古代;457Ma和414Ma可能是新壳和老核的混合年龄。根据锆石的成因类型,结合微观所见的岩石结构(反映沉积变质成因的粒状变晶结构和花岗变晶结构等),表明该碱性花岗岩的成因可能是砂泥质沉积物经变质而成。

关键词 锆石 SHRIMP U-Pb年龄 老核新壳 龙塘碱性花岗岩 广东罗定
中图分类号: P597 **文献标识码**: A **文章编号**: 0563-5020(2006)03-0511-07

碱性花岗岩以含碱性铁镁矿物(碱性闪石和碱性辉石)和(K_2O+Na_2O)/$AL_2O_3\geq1$(分子比)为特征,常产于特定的张性构造环境(Petro et al, 1979)。20世纪90年代初,将碱性花岗岩划分为A_1(非造山)型和A_2(后造山)型(Eby, 1990),在国内,相应地划分为AA(非造山)型和PA(后造山)型(洪大卫等, 1995)。近期研究结果表明,碱性花岗岩除含碱性铁镁矿物(霓石和钠闪石)的钠质碱性花岗岩外,还含有非碱性铁镁矿物(透辉石和浅闪石等)的钾质碱性花岗岩(谢应雯等, 1988;张玉泉等, 1994),最近还发现沉积变质成因的碱性花岗岩(张玉泉等, 2004;夏斌等, 2006)。目前在广东西部云开大山区也发现该类型的岩石,于津生等(1991)首先报道了广东罗定泗纶龙塘钠质碱性花岗岩,并认为该岩石虽富钠,但不是正常岩浆演化分异晚期的产物,而具有变质交代的特点。本文在前人的工作基础上,开展岩石显微结构、化学成份、锆石内部结构、锆石成因类型及SHRIMP定年等的研究,对该岩体的岩性特征、成因及区域构造背景进行探讨。

1 地质背景和岩石特征

研究区位于粤西云开大山东北段,区内出露的地层主要有震旦系—下古生界(包括寒武系、奥陶系和志留系),为一套浅海相砂泥质岩石;上古生界有上泥盆统天子岭组、帽子峰组和下石炭统测水组、石橙子组等,为滨海-浅海相砂泥质-钙质岩石等,经过区域和断裂变质作用而形成的由变质岩、混合岩、混合花岗岩和花岗岩等为主组成的变质—混

*中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-117)。
夏 斌,男,1959年4月生,研究员,构造地球化学专业。
2005-03-28收稿,2005-07-15改回。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

合岩田 (杨树锋, 1984;于津生等, 1991)。泗纶龙塘碱性花岗岩体就侵入在上泥盆统变质岩层中 (图 1)。

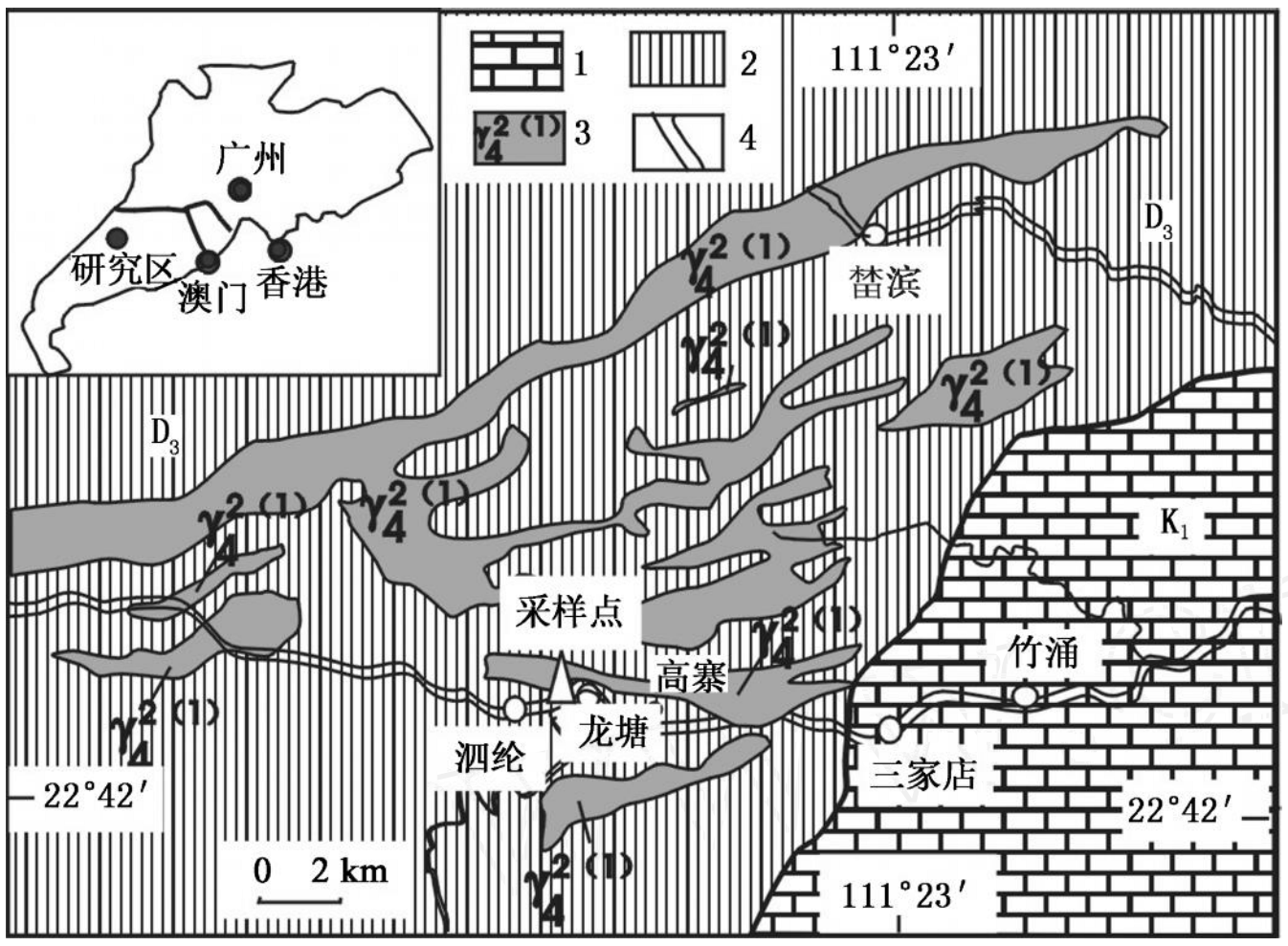


图 1　泗纶龙塘岩体地质简图 (引自罗定幅 1/20万区调报告)

1. 白垩系; 2. 泥盆系; 3. 海西期花岗岩; 4. 公路

Fig 1　A simplified geological map of Longtang, Silun area

本文锆石样品采自龙塘村北西侧采石场 (北纬 22°42′28″, 东经 111°23′13″)。岩石呈灰白色,具弱的片麻状构造,中细粒花岗变晶结构 (图版Ⅱ-a)和粒状变晶结构 (图版Ⅱ-b)。变晶斜长石常呈镰刀形和楔形等,聚片双晶多是垂直晶体的延长方向 (见图版Ⅱ-a)。造岩矿物钾长石、斜长石和石英均呈不规则的粒状,大小几乎相等。云母呈长板条状,分布不均匀,充填在长石与长石、长石与石英颗粒之间。岩石化学成份如表 1 (于津生等, 1991),其特征为:高铝 (Al_2O_3 = 13.85% ～14.31%),富碱 ($Na_2O + K_2O$ = 8.94% ～9.23%),高钠 ($Na_2O > K_2O$),富钙 (CaO =1.1% ～1.2%)。

对比福建魁岐晶洞花岗岩 (洪大卫等, 1987)和川西茨达碱性花岗岩 (周伯蕃等, 1985)的岩石化学成份,可以看出,龙塘岩体的 Al_2O_3 含量高于福建魁岐和川西茨达的碱性花岗岩的含量,而 CaO的含量却比两者要高许多,但这三者都同时富碱 ($Na_2O + K_2O$ = 8.38% ～9.23%),在 Cox et al. (1979)的化学分类和命名的全碱–硅图解 (TAS)中,其数据点均处在碱性花岗岩区 (图 2),说明龙塘岩体是碱性花岗岩。

表 1　龙塘碱性花岗岩主元素含量 /wt%

Table 1　Major element analyses of Longtang alkali-granite /wt%

样品	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	总量
84-YG-56	73.81	0.05	14.31	0.1	0.45	0.04	0.001	1.20	5.00	4.23	0.05	0.60	99.84
84-YG-56-1	74.15	0.04	13.85	0.18	0.44	0.05	0.001	1.10	5.01	3.93	0.04	0.42	99.21
平均值	73.98	0.045	14.08	0.14	0.445	0.045	0.001	1.15	5.005	4.08	0.045	0.51	99.53
魁岐	76.16	0.11	11.41	1.16	0.27	0.101	0.059	0.3	4.26	4.18	0.005	0.50	98.52
魁岐	75.49	0.08	12.03	1.53	0.18	0.239	0.056	0.13	4.18	4.26	0.015	0.62	98.81
茨达	73.82	0.43	11.66	2.08	2.33	0.11	0.10	0.26	4.25	4.92	0.02	0.28	100.26
茨达	75.90	0.15	11.57	1.36	1.81	0.06	0.10	0.15	3.89	4.49	0.02	0.30	99.80

84-YG-56、84-YG-56-1引自于津生等 (1991),魁岐引自洪大卫等 (1987),茨达引自周伯蕃等 (1985)。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2　锆石 U-Pb年龄

为尽量排除交叉混样,采用下列过程分选锆石:把 0.5 kg 左的样品破碎成约 1 cm^3的小块,放入直径为 20 cm的不锈钢钵中,在 XZW100型振动磨样机中(1.1/0.75KW)研磨 3～5 s后取出,此过程反复进行到样品全部通过 0.3 mm孔径筛,洗去粉尘,经铝制淘砂盘富集重矿物,通过磁选和电磁选,剩下非电磁部分,再淘洗获得锆石精矿,最后在双目镜下挑选出用于定年的锆石。

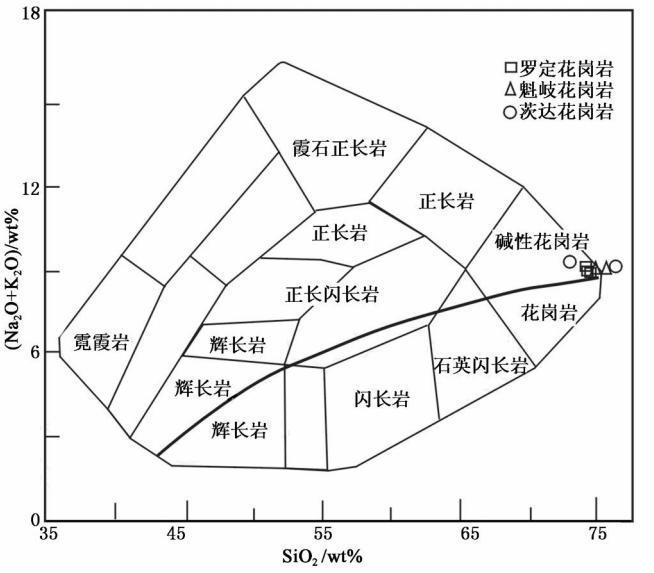


图 2　龙塘岩体全碱—硅图解 (TAS)

Fig 2　$(Na_2O + K_2O)$ vs SiO_2 diagram for the Longtang alkaline granite

锆石 SHRMP U-Pb年龄是在北京离子探针中心 SHRMP-Ⅱ型离子探针上测定的。将样品锆石和 RSES标样锆石 (TEM,417 Ma)一起在玻璃板上用环氧树脂固定,抛光到暴露出锆石的中心面,用反光、透光及阴极发光 (CL)照相,根据锆石内部结构,确定要打的点,避开裂纹和包裹体,然后进行分析。详细的实验流程和原理参考 Compston et al (1984)、Williams(1992)和宋彪等 (2002)。数据处理同 Williams(1998),应用实测 ^{204}Pb校正锆石中的普通铅。单个数据点的误差均为 1σ,采用年龄为 $^{206}Pb/^{238}U$年龄,其加权平均值为 95%的置信度。

锆石的阴极发光图像 (图版 Ⅰ)显示,泗纶龙塘碱性花岗岩中锆石绝大部分是具有老核新壳的变质复合型锆石,用 SHRMP测定 9个点,均为变质复合型锆石,分析结果见表 2,图 3为锆石 U-Pb年龄的谐和图,其中 6个测试点 (2.1、3.1、4.1、6.1、7.1和 8.1)均为复合锆石的新壳,Th的含量变化范围为 (58～950)μg/g,U的含量变化范围为 (162～1 215)μg/g,Th/U比值都 > 0.2～0.8,其 $^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为 265 ±1.8 Ma,MSWD = 26,反映出龙塘碱性花岗岩的变质时间。另外 3个测试点的 Th和 U含量变化范围分别为 (166～324)μg/g和 (411～ 838)μg/g,年龄为 414 Ma和 457 Ma,可能是变质复合锆石新壳和老核的混合年龄,而 1 098 Ma则是老核的年龄。

3　讨　论

基于上述分析结果讨论以下 5个问题。

(1)龙塘碱性花岗岩显微结构和造岩矿物特征　在岩浆作用和变质作用的过程中,由于结晶条件的差异,表现在岩石的显微结构和造岩矿物特征上也明显的不同,这可以为岩石的成因提供佐证。泗纶龙塘碱性花岗岩具粒状变晶结构和花岗变晶结构 (见图版

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 龙塘碱性花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb数据

Table 2 SHRIMP zircon U-Pb datings of the Longtang alkali-granite

测点	$^{206}Pb_c$ /%	U μg/g	Th μg/g	Th /U	$^{206}Pb^*$ μg/g	$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	±%	$^{207}Pb^*/^{235}U$	±%	$^{206}Pb^*/^{238}U$	±%	t($^{206}Pb^*/^{238}U$)Ma	±σ%
LD1.1	0.46	411	166	0.42	26.1	0.0641	2.2	0.6503	2.4	0.0735	0.8	457.4	3.5
LD1.2	0.09	838	324	0.40	134	0.0756	0.66	1.9359	0.9	0.1858	0.6	1098.4	5.8
LD2.1	3.14	277	58	0.22	9.49	0.062	8.2	0.3303	8.3	0.0387	1.1	244.5	2.5
LD3.1	3.48	162	78	0.50	5.83	0.0445	17	0.2484	17.1	0.0404	1.5	255.6	3.7
LD4.1	3.03	1215	950	0.81	46.5	0.0848	6.1	0.5052	6.2	0.0432	0.8	272.7	2.2
LD5.1	0.21	800	210	0.27	45.8	0.0668	1.3	0.6115	1.4	0.0664	0.6	414.6	2.5
LD6.1	1.00	194	93	0.49	7.7	0.0627	8	0.3949	8.1	0.0457	1.2	288.0	3.4
LD7.1	0.98	331	183	0.57	11.3	0.0499	5.5	0.2705	5.6	0.0393	0.9	248.8	2.2
LD8.1	0.92	502	223	0.46	19.2	0.0529	4.6	0.3219	4.6	0.0441	0.8	278.3	2.1

Pb_c和 Pb^*分别为普通铅和放射成因铅部分;年龄和同位素比值均为测定的^{204}Pb校正; *表示放射成因铅。

Ⅱ-a和 Ⅱ-b),造岩矿物钾长石、斜长石和石英均呈不规则的粒状,大小几乎相等。其中变晶斜长石聚片双晶多是垂直晶体的延长方向,均显示晶体生长是在定向的压应力和固相条件下生长的特点,而由岩浆结晶的斜长石,晶形多为半自形到自形。聚片双晶平行晶体的延长(C轴)方向。云母呈长板条状;定向分布不均匀和常充填在长石与长石、长石与石英颗粒之间等现象,均显示由沉积再变质的产物,其原岩可能是砂泥质的,这与莫柱孙(1989a)认定的粤西罗定—广宁断裂变质带海西期的原地-半原地的花岗岩是相吻合的。

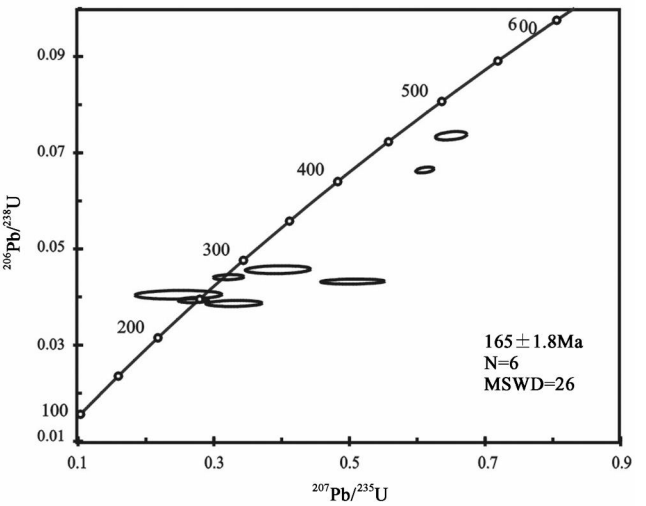


图 3 龙塘碱性花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb谐和图

Fig 3 U-Pb concordia diagrams summarizing the SHRIMP zircon data of the Longtang alkaline granite

(2)龙塘碱性花岗岩锆石成因类型及 SHRIMP U-Pb年龄

锆石阴极(CL)发光图像与 SHRIMP定年相结合,对其成因的多样性和复杂性的认识,获得了较大的进展。根据成因的不同又分为岩浆锆石和岩浆复合型锆石(刘红英等,2004),变质锆石和变质复合型锆石(张玉泉等,2004)。从阴极(CL)发光图像可看出泗纶龙塘碱性花岗岩中的锆石(图版 Ⅰ),均是具有老核新壳的变质复合型锆石,SHRIMP定年结果:变质复合型锆石新壳年龄为 265 ±1.8 Ma,反映变质作用的时间,老核获得最大的年龄为 1 098 Ma,反映其部分物质来源自中元古界。其中 414 Ma和 457 Ma的年龄

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

可能是新壳与老核的混合年龄,不具地质意义。

(3)龙塘碱性花岗岩的时代　云开地区变质混合岩田变质作用有 2期,一是加里东期,呈面型变质,属区域变质作用,二是海西-印支期,呈线型变质,与深断裂有关的变质带(杨树锋, 1984;叶伯丹, 1989)。泗纶龙塘碱性花岗岩处在罗定—信宜深断裂(陈泰平等, 1987)的线型变质带内,曾测到黑云母 K-Ar稀释法年龄为 230 Ma(于津生等, 1991)。为了获得可信度高的年龄值,本文做了锆石 SHRMP定年,对变质复合型锆石的新壳,共完成 6个测点,其加权平均年龄为 265 ±1.8 Ma,按现行的国际地质年表为中二叠世(瓜德鲁普世),属于海西晚期,反映该岩体的变质成岩时间。

(4)泗纶龙塘碱性花岗岩的成因　泗纶龙塘碱性花岗岩,在 1∶500 000罗定地区地质图中相当于混合岩化的范围(杨树锋, 1984),于津生等(1991)报道了该岩体的时代主量元素、微量元素、稀土元素和 Sr-Nd同位素组成等有关资料,同时又指出该岩石虽富钠,但不是正常岩浆演化分异晚期的产物,而具有变质交代的特点。这和本文的认识有类似之处。该岩石宏观上暗色矿物定向排列,微观上岩石具粒状变晶结构,造岩矿物钾长石、斜长石和石英均呈等大不规则的粒状,其中变晶斜长石聚片双晶多是垂直晶体的延长方向,云母呈长板条状,围绕长石等矿物周围分布,以及锆石均具有老核新壳变质复合型锆石等,表明该岩石是由砂泥质沉积物经变质而成的。

(5)罗定断裂变质带变质时间的厘定　在粤西云开地区有多期变质作用,早期的加里东期为绿片岩相区域变质作用,呈面型,晚期的海西-印支期为角闪岩相断裂变质作用,呈线型(杨树锋, 1984;莫柱孙, 1989b;叶伯丹, 1989)。泗纶龙塘碱性花岗岩不仅处在罗定—广宁断裂变质带内,而且也是该带断裂变质作用的直接产物。其中变质复合型锆石新壳 SHRMP U-Pb年龄为 265 Ma,表明罗定—广宁或罗定—信宜断裂变质带的变质时间是在晚二叠世。该结果还暗示在华南地区存在海西晚期构造—变质—成岩事件。

致谢　锆石的实验工作得到中国地质科学院北京离子探针中心刘敦一研究员、万渝生研究员的大力支持和帮助,在此一并致谢。

参　考　文　献

陈泰平,董宜宝. 1987. 粤西罗定—信宜地区花岗岩的同位素地质年龄. 矿物岩石, 7(4): 104—111.

Chen Taiping and Dong Yibao. 1987. Xinyi granite isotope age, the western Guangdong. *Jour. Mineral. Petrol.*, 7(4): 104—111.

洪大卫,郭文岐,李戈晶,康　炜,徐海明. 1987. 福建沿海晶洞花岗岩带的岩石学和成因演化. 北京:北京科学技术出版社. 59—69.

Hong Dawei, Guo Wenqi, Li Gejing, Kang Wei and Xu Haiming. 1987. The Petrology of the Belt of Miarolitic Granites in the Southeast Coast of Fujian Province and Their Generation. Beijing: Beijing Science and Technology Press. 59—69.

洪大卫,王式　,韩宝福,靳满元. 1995. 碱性花岗岩的构造环境分类及其鉴别标志. 中国科学 B辑, 25(4): 418—426.

Hong Dawei, Wang Shiguang, Han Baofu and Jin Manyuan. 1995. The tectonic environment types and the symbol in alkali-granite. *Science in China*, Series B, 25(4): 418—426.

刘红英,夏　斌,张玉泉. 2004. 攀西会理猫猫沟钠质碱性岩锆石 SHRMP定年及其地质意义. 科学通报, 49(14): 1431—1438.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Liu Hongying, Xia Bin and Zhang Yuquan. 2004. Zircon SHRIMP dating of natrium alkali-granite for Maomaogou in Panxi, Sichuan Province and its geological implications. *Chinese Sci Bull*, 49(14): 1431—1438.

莫柱孙. 1989a. **关于"云开大山变质杂岩"时代与成因的一些新认识**. **广东地质**, 4(1): 83—86.

Mo Zhusun. 1989a. Reappraisal of the age and genesis of "Yunkaidashan metamorphic complex". *Guangdong Geology*, 4(1): 83—86.

莫柱孙. 1989b. **钦廉运动与粤西桂东地区海西期花岗岩**. **广东地质**, 4(4): 59—67.

Mo Zhusun. 1989b. Qinlian movement and Hercynian granite in the area of east Guangxi and west Guangdong. *Guangdong Geology*, 4(4): 59—67.

宋 彪,张玉海,万渝生,简 平. 2002. **锆石 SHRIMP样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论**. **地质论评**, 48(**增刊**): 26—30.

Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng and Jian Ping. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating. *Geol Rev.*, 48(Suppl.): 26—30.

夏 斌,林清茶,张玉泉. 2006. **云南大平蹉棱岩化碱性花岗岩岩石地球化学特征及成因讨论**. **地质学报**, 80(2): 287—293.

Xia Bin, Lin Qingcha and Zhang Yuquan. 2006. Geochemical characteristics and genesis of the Daping mylonitized alkali granite in Yunan Province. *Acta Geologica Sinica*. 80(2): 287—293.

谢应雯,张玉泉. 1988. **云南十里村透辉石花岗岩特征及成因探讨**. **地球化学**, 4: 301—309.

Xie Yingwen and Zhang Yuquan. 1988. The characteristics and origin of diopside granite in Shilicun, Yunnan. *Geochimica*, 4: 301—309.

杨树锋. 1984. **广东罗定地区变质作用花岗岩岩体作用的特征及构造控制: 花岗岩地质和成矿关系**. **南京:江苏科学技术出版社**. 299—314.

Yuan Shufeng. 1984. Granite Characterstics and Tectonic Control in Luoding Region, Guangdong Province: Granite Geology and Mineral Relation. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. 299—314.

叶伯丹. 1989. **两广云开地区同位素地质年龄数据及其地质意义**. **广东地质**, 4(3): 39—55.

Ye Baidan. 1989. The isotopic geological data and its geological implication, Yukai region, Guangdong and Guangxi. *Guangdong Geology*, 4(3): 39—55.

于津生,桂训唐,黄 琳. 1991. **广东罗定泗纶混合岩田同位素组成特征**. **广东地质**, 6(3): 73—82.

Yu Jinsheng, Gui Xuntang and Huang Lin. 1991. The isotopic characterstics in Silunluoding rocks, Guangdong Province. *Guangdong Geology*, 6(3): 73—82.

张玉泉,谢应雯. 1994. **青藏高原及邻区富碱侵入岩**. **中国科学** B**辑**, 23(10): 1102—1108.

Zhang Yuquan and Xie Yingwen. 1994. Alkaline-rich intrusive rocks in Qinghai-Xizang plateau and its neighbouring district. *Science in China*, Series B, 23(10): 1102—1108.

张玉泉,夏 斌,梁华英,刘红英,林清茶. 2004. **云南大平蹉棱岩化碱性花岗岩的锆石特征及其地质意义**. **高校地质学报**, 10(3): 378—384.

Zhang Yuquan, Xia Bin, Liang Huaying, Liu Hongying and Lin Qingcha. 2004. Characterstics of zircons for dating from Daping mylonitized alkaline granite in Yunnan and their geologic implications. *Geological Journal of China Universities*, 10(3): 378—384.

周伯弗,施泽民,张元才,李 晓. 1985. **攀西裂谷带** A**型花岗岩**. **见:张云湘主编, 中国攀西裂谷带文集** 1. **北京:地质出版社**. 201—221.

Zhou Baifu, Shi Zemin, Zhang Yuancai and Li Xiao. 1985. A-type granites of the Panxi rift zone. in: Zhang Yunxiang ed. Panzhihua-Xichang Rift, China, Vol 1. Beijing: Geological Publ. House. 201—221.

Compston W, Williams I S and Meyer C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. *Jour. Geophys. Res.*, 89: 525—534.

Cox K G, Bell J D and Pankhurst R J. 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. London: George, Allen and Unwin. 112—115.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Eby G N. 1990. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on the petrogenesis. *Lithos*, 26: 115—134.

Petro W L, Vogel T A and Wilband W. 1979. Major-element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. *Chem. Geol*, 26: 217—235.

Williams I S. 1992. Some observations on the use of zircon U-Pb geochronology in the study of granitc rocks. *Trans. R. Soc. Edinburgh-Earth Sci*, 83: 447—458.

Williams I S. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. in: Mckibben M A, Shanks W C and Ridley W I eds. Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes. *Review of Economic Geology*, 7: 1—35.

图 版 Ⅰ～Ⅱ 说 明

Ⅰ　龙塘碱性花岗岩锆石阴极发光图像及所测点的位置(1. 1等示测点, 457 Ma等示年龄值)

Ⅱ-a和 Ⅱ-b　广东罗定沉积变质花岗岩的矿物显微镜下特征,均为正交偏光(×25); a. 花岗变晶结构; b. 粒状变晶结构; Or. 正长石; Pl. 斜长石; Q. 石英; Bi. 黑云母

ZIRCON SHRIMP DATING OF THE LONGTANG ALKALINE GRANITE AT LUODING, GUANGDONG, AND ITS GEOLOGICAL IMPLICATIONS

Xia Bin　Lin Qingcha　Zhang Yuquan

(Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

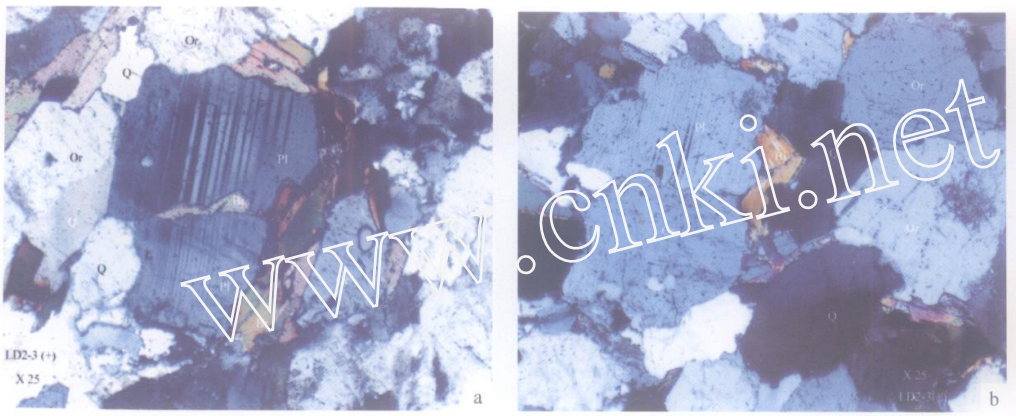
Abstract

The Longtang alkaline granite lies in the Luoding migmatites, Yunkaidashan area. All of the zircons from the granite were metamorphic compound ones which composed of old core and young shells. The SHRIMP technique was applied to determining U-Pb age of the Longtang alkaline granite. The results showed that the Longtang alkaline granite was intruded 265 ±1.8 Ma ago, which should be Guadalupian (Middle Permian) in time and a record of Late Hercynian orogeny. The old core zircon yielded an age of 1098 Ma, which should form in Middle Proterozoic. And the ages of 457 Ma and 414 Ma should be mixture ones by old core and new shells. According to the zircon genetic types, microcosmic structures (the prism-granular blastic texture and granoblastic texture), the Longtang alkaline granite should be metamorphic rock by argillo-arenaceous sediments.

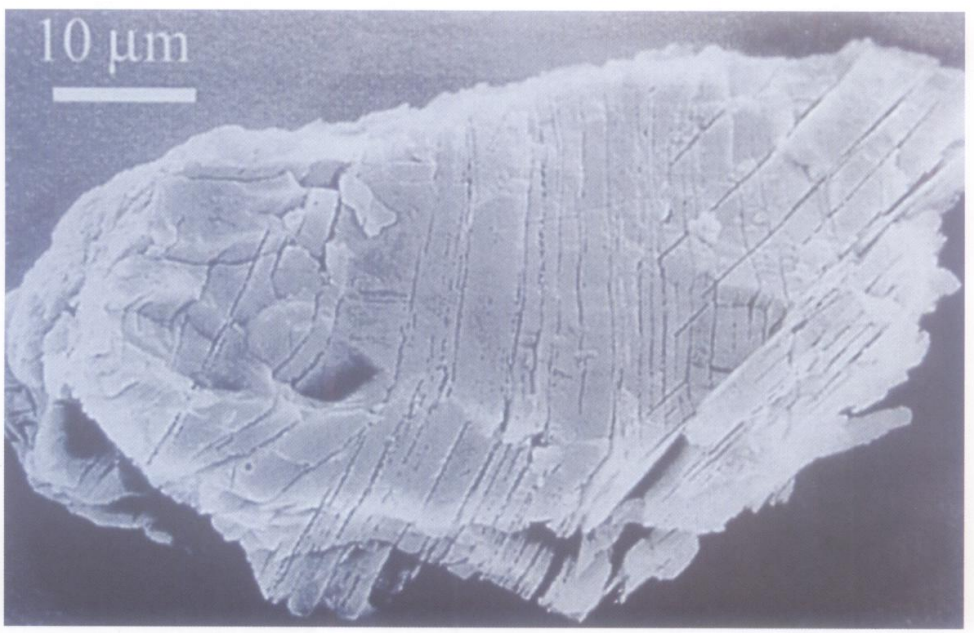
Key Words　Zircon SHRIMP U-Pb age, Old core and young shells, The Longtang alkaline granite, Luoding in Guangdong

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

夏　斌等：广东罗定龙塘碱性花岗岩锆石 SHRIMP 定年及地质意义　　图版Ⅱ



刘海龄等：滇西南发现石英面状变形构造　　图版Ⅰ



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net