

# LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of Hornblende Syenite from Shiling Alkaline Complex, Conghua City, Guangdong Province

Hongwei Li, Xiaoming Lin, Jianhua Huang

Guangdong Geological Survey, Guangzhou Guangdong  
Email: [lihongw1981@126.com](mailto:lihongw1981@126.com)

Received: Mar. 18<sup>th</sup>, 2015; accepted: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2015; published: Apr. 9<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

The Shiling alkaline complex in Conghua city, Guangdong province, extending from east to west, with about 9 km<sup>2</sup> exposed area, belongs to the Fogang magmatite belt, which is one of the three nearly EW trending Tectonic and Magmatite Belt in Nanling area. It is mainly composed of hornblende syenite and sodalite syenite, is the only found alkaline intrusive rock mass in Guangdong province, and this area is an important syenite non-metallic mineral deposits in Guangdong and even Southern China. The LA-ICP-MS zircon U-Pb age of hornblende syenite from Shiling alkaline complex is  $125.3 \pm 3.5$  Ma (MSWD = 2.6, n = 13), and it shows the emplacement age of Shiling alkaline complex belonged to the early Cretaceous. The diagenesis is closely related to the mantle upwelling in strong lithospheric extensional tectonic background in early Cretaceous. The isotopic age with high precision indicates that the time of lithospheric extension in Conghua area was early Cretaceous.

## Keywords

Conghua City, Alkaline Complex, Hornblende Syenite, LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating

---

# 广东从化石岭碱性杂岩体角闪石正长岩 LA-ICP-MS锆石U-Pb定年

李宏卫, 林小明, 黄建桦

广东省地质调查院, 广东 广州  
Email: [lihongw1981@126.com](mailto:lihongw1981@126.com)

收稿日期: 2015年3月18日; 录用日期: 2015年4月2日; 发布日期: 2015年4月9日

## 摘要

广东从化石岭碱性杂岩体呈东西向展布, 出露面积约9 km<sup>2</sup>, 属于南岭近东西向构造——岩浆岩带之佛冈岩浆岩带, 岩体主要由角闪石正长岩和方钠石正长岩组成, 是省内发现的唯一的碱性侵入岩体, 该区也是广东乃至华南地区重要的正长岩非金属矿产地。对石岭碱性杂岩体角闪石正长岩进行LA-ICP-MS锆石U-Pb定年, 获得其结晶年龄为125.3 ± 3.5 Ma (MSWD = 2.6, n = 13), 为早白垩世岩浆活动的产物。其成岩作用与早白垩世岩石圈强烈伸展构造背景下的地幔物质上涌密切相关。该年龄指示从化地区岩石圈发生伸展作用的时间为早白垩世。

## 关键词

从化市, 碱性杂岩体, 角闪石正长岩, LA-ICP-MS锆石U-Pb定年

## 1. 引言

广东从化石岭碱性杂岩体是迄今本省境内发现的唯一的碱性侵入岩体。岩体位于从化市良口镇, 距广州市北东方向 75 km。岩体主要由角闪石正长岩和方钠石正长岩组成, 岩石本身富含碱性长石, 故可作为高级陶瓷原料, 目前已成为广东乃至华南著名的正长岩非金属矿床。矿床储量巨大, 矿石总量达 10 亿吨以上。关于杂岩体的形成时代, 周玲棣等(1996)获得的角闪石正长岩 Ar-Ar 坪年龄为 127.5 ± 1.2 Ma [1], 刘昌实等(2003)获得的方钠石正长岩 Rb-Sr 同位龄为 144.9 ± 5.7 Ma [2], 前者表明成岩作用发生于早白垩世, 后者反映岩浆侵位时间为晚侏罗世 - 早白垩世, 而广东省地质矿产局(1988)将其归为晚白垩世[3]。研究表明碱性杂岩形成于岩石圈拉张构造背景, 蕴含着重要的壳 - 幔作用信息及动力学研究价值。因此, 有必要开展岩体高精度锆石 U-Pb 同位素年代学研究。

## 2. 地质概况

石岭碱性杂岩体(图 1)位于北东向广州 - 从化深大断裂西缘, 产于佛冈东西向岩浆带中。岩体呈东西向分布, 长约 7 km, 宽为 0.5~2 km, 面积约 9 km<sup>2</sup>, 空间上呈两头大、中间小的哑铃状。岩体侵入到燕山期佛冈岩体黑云母花岗岩( $\gamma_5^{2(3)}$ ), 主体岩性为角闪石正长岩和方钠石正长岩。方钠石正长岩出露于岩体西侧, 面积为 1~1.5 km<sup>2</sup>, 岩石呈灰白色, 具半自形粒状、自形粒状、似斑状结构, 块状、斑杂状构造。主要矿物组成: 方钠石 8%, 铁黑云母 5%, 钙-钠角闪石 8%, 霓石-普通辉石<1%, 条纹长石 75%, 不含独立相斜长石, 是一种超溶线正长岩。

角闪石正长岩出露面积约 4.5 km<sup>2</sup>, 呈灰白色, 具半自形粒状结构, 块状构造。矿物组成: 正长石 20%, 条纹长石 70%, 角闪石 7%, 黑云母 2%, 绿帘石少量。岩石主要由钾长石组成, 其次为角闪石、黑云母等, 多呈中细粒结晶, 多为半自形 - 它形粒状(图 2)。钾长石为正长石和微斜长石, 正长石呈半自形 - 它形板状、粒状, 粒径 1.0~3.0 mm, 发育简单双晶, 部分微弱粘土化。条纹长石半自形 - 它形板状, 粒径 1.0~5.0 mm, 主晶为正长石或微斜长石, 可见细小的钠长石, 部分微弱粘土化。

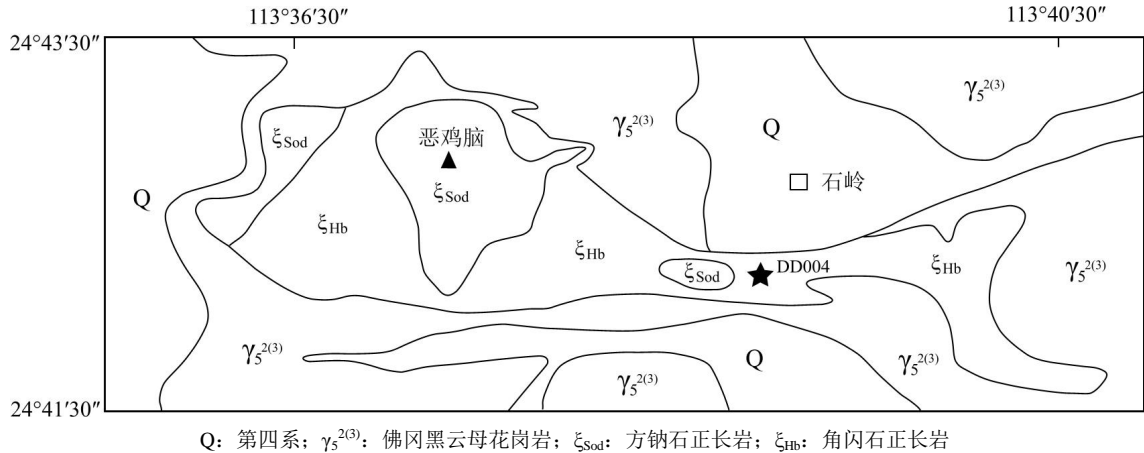


Figure 1. Sketch geological map of Shiling alkaline complex, Conghua city, Guangdong province (modified after reference [4])

图 1. 广东从化石岭碱性杂岩体地质略图(据文献[4]修改)

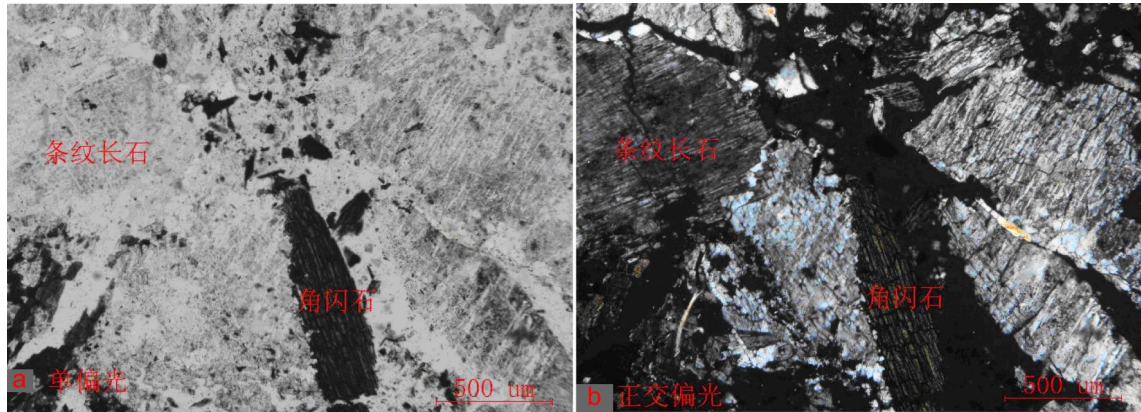


Figure 2. Electron micrographs of hornblende syenite from Shiling alkaline complex (a: single polarization and b: orthogonal polarization)

图 2. 石岭碱性杂岩体角闪石正长岩镜下照片(a: 单偏光; b: 正交偏光)

### 3. 样品采集及分析方法

采样位置位于采石场附近(GPS: E 113°34'11"; N 23°41'12.4"), 交通便利, 具体位置如图 1 所示。岩性为角闪石正长岩, 所采样品相对较新鲜, 呈灰白色, 样重约 10 kg, 样品编号为 DD004。分析方法采用高精度单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素定年。

锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素定年首先对所采集样品进行单颗粒锆石挑选, 然后进行锆石制靶和相应照片拍摄, 最后锆石激光溶蚀等离子体质谱分析(LA-ICP-MS)。锆石单矿物分选在河北省区域地质矿产调查研究所进行。锆石制靶、透反射和阴极发光(CL)照相在北京铅年领航科技有限公司完成。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年在合肥工业大学资源与环境工程学院开展, 由 ICP-MS 和激光剥蚀系统联机完成。ICP-MS 为美国 Agilent 公司生产的 Agilent 7500a, 激光剥蚀系统为美国生产的 GeoLasPro。样品激光熔样光斑 32  $\mu\text{m}$ 。数据处理采用 ICPMSDataCal 软件[5]。U-Pb 同位素定年采用标准锆石 91500 作外标进行同位素分馏校正。锆石标准 91500 的 U-Th-Pb 同位素比值推荐值据 Wiedenbeck et al (1995) [6]。采用标准锆石 Plesovice 作为监控样, 该锆石的 TIMS 测定  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $(337.13 \pm 0.37) \text{ Ma}$  ( $2\sigma$ ) [7]。样品 U-Pb 年龄谱和图绘制和年龄权重平均计算均采用 Isoplot/Ex\_ver3 [8]完成。使用 ComPbCorr#3.18 程序[9]进行普通 Pb 校正。

#### 4. 锆石 U-Pb 年龄

角闪石正长岩(DD004)单颗粒锆石除个别为浑圆状外,多为自形柱状或粒状,晶形较好,呈浅黄、浅玫瑰色或无色,聚形由柱面(110)(100)与锥面(111)(131)组成,锆石颗粒长轴方向大小为 100~300  $\mu\text{m}$ ,长宽比在 1~2.5 之间。阴极发光图像(CL)表现出典型的岩浆韵律环带和明暗相间的条带结构,属于岩浆结晶锆石,个别锆石核部见有继承型锆石。

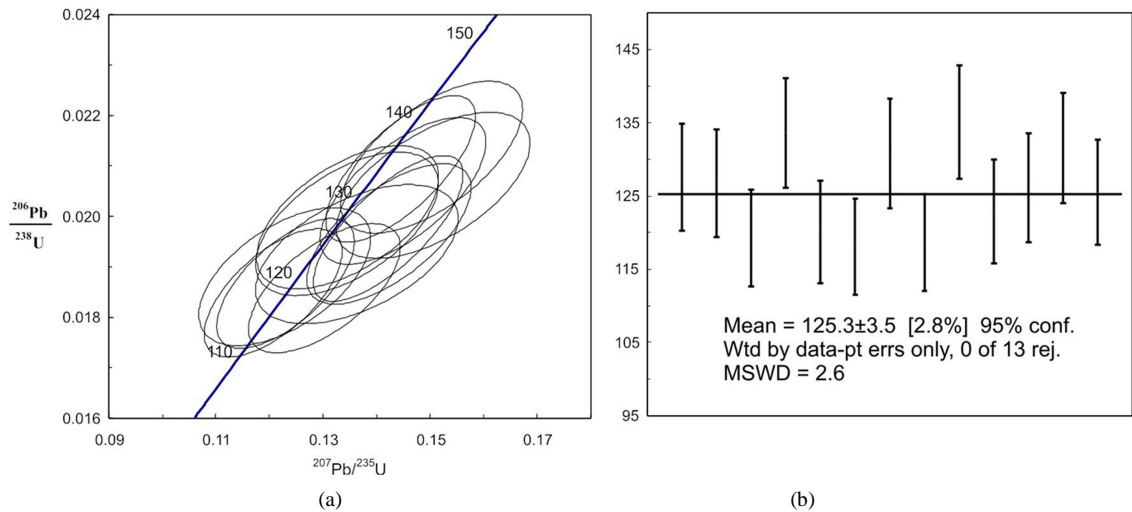
本次对角闪石正长岩 19 颗锆石进行了原位 U-Pb 同位素分析(表 1)。锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄为 143 Ma~118 Ma,年龄跨度相对较大。由透反射及阴极发光图像可知,分析点 01 和 05 打在继承锆石上面,其同位素  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄 143 Ma 和 139 Ma 表明可能有佛冈岩基岩浆锆石的残存。此外,谐和度小于 90% 的分析点(07, 09, 12, 18)应予以剔除。其余 13 个分析点锆石年龄为 135 Ma~118 Ma,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄的加权平均年龄为  $125.3 \pm 3.5$  Ma (MSWD = 2.6, n = 13) (图 3)。获得的锆石 LA-ICP-MS 年龄为  $125.3 \pm 3.5$  Ma, 较低的 MSWD 值表明谐和年龄是可信的。该年龄解释为杂岩体角闪石正长岩的岩浆结晶年龄,杂岩体精确的成岩时代应为早白垩世中期。

众多研究资料表明,石岭杂岩体方钠石正长岩  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值为 -0.15~-0.20,  $T_{2\text{DM}}$  值为 0.66~0.96 Ga [10], 角闪石正长岩  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值为 -0.66~-1.6,  $T_{2\text{DM}}$  值为 0.96~0.99 Ga [11]。较小的钆同位素  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值和低的钆模式年龄  $T_{2\text{DM}}$  值表明杂岩体成岩物质主要源自富集的上地幔。与 Zindler 等(1986) [12] 5 种地幔端元组分中的

Table 1. LA-ICP-MS zircon U-Pb results of hornblende syenite from Shiling alkaline complex

表 1. 石岭碱性杂岩体角闪石正长岩锆石 LA-ICP-MS 分析结果

序号	Th ppm	U ppm	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ Age (Ma)	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Age (Ma)	$1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ Age (Ma)	$1\sigma$	谐和度
DD004-01	210	1415	0.15	0.1531	0.0079	0.0224	0.0007	0.0072	0.0004	145	6.9	143	4.2	144	8.2	98%
DD004-02	5664	17241	0.33	0.1422	0.0057	0.0198	0.0006	0.0065	0.0002	135	5.1	126	3.7	132	4.9	93%
DD004-03	1126	10201	0.11	0.1445	0.0057	0.0209	0.0006	0.0083	0.0003	137	5.1	134	3.7	166	6.5	97%
DD004-04	219	3222	0.07	0.1450	0.0063	0.0205	0.0006	0.0067	0.0003	137	5.6	131	3.8	136	6.9	95%
DD004-05	457	793	0.58	0.1547	0.0087	0.0217	0.0006	0.0081	0.0004	146	7.7	139	4.1	163	7.2	94%
DD004-06	498	4371	0.11	0.1503	0.0069	0.0212	0.0006	0.0084	0.0004	142	6.1	135	3.9	169	7.3	94%
DD004-07	1398	3848	0.36	0.1633	0.0075	0.0193	0.0006	0.0071	0.0003	154	6.6	123	3.5	142	6.2	78%
DD004-08	609	1008	0.60	0.1506	0.0074	0.0206	0.0006	0.0057	0.0002	142	6.5	132	3.7	116	4.6	92%
DD004-09	613	2631	0.23	0.1380	0.0062	0.0185	0.0005	0.0064	0.0003	131	5.5	118	3.3	129	5.4	89%
DD004-10	969	4000	0.24	0.1423	0.0063	0.0197	0.0006	0.0065	0.0003	135	5.6	125	3.6	131	5.8	92%
DD004-11	1544	2829	0.55	0.1303	0.0058	0.0186	0.0005	0.0059	0.0003	124	5.2	119	3.3	118	5.0	95%
DD004-12	2522	1348	1.87	0.2258	0.0105	0.0217	0.0006	0.0071	0.0003	207	8.7	138	4.0	142	6.0	60%
DD004-13	1253	747	1.68	0.1346	0.0070	0.0200	0.0006	0.0061	0.0003	128	6.2	128	3.7	122	5.1	99%
DD004-14	186	555	0.34	0.1363	0.0077	0.0192	0.0006	0.0068	0.0003	130	6.9	123	3.6	136	6.4	94%
DD004-15	1836	1517	1.21	0.1229	0.0066	0.0188	0.0006	0.0058	0.0003	118	5.9	120	3.5	117	5.3	97%
DD004-16	4136	961	4.30	0.1345	0.0070	0.0199	0.0006	0.0057	0.0002	128	6.2	127	3.7	114	4.9	98%
DD004-17	1051	4465	0.24	0.1207	0.0053	0.0185	0.0005	0.0060	0.0002	116	4.8	118	3.3	121	5.0	97%
DD004-18	1456	3807	0.38	0.1556	0.0069	0.0205	0.0006	0.0069	0.0003	147	6.0	131	3.7	139	6.0	88%
DD004-19	778	5390	0.14	0.1230	0.0053	0.0187	0.0005	0.0058	0.0002	118	4.8	119	3.3	117	4.7	98%



**Figure 3.** Zircon U-Pb concordia age (a) and weighted average age of zircon (b) of hornblende syenite  
**图 3.** 角闪石正长岩锆石 U-Pb 谐和年龄(a)及加权平均年龄(b)

BSE 地幔端元(全硅酸盐地球)最接近[2]。据航测及深部布格重力异常资料,在佛冈-河源-丰顺一带宽约 30 km、长约 300 km 的东西带内有两处相互平行延伸的航磁异常带[13],推测存在一个隐伏的东西向深断裂,且在本区地幔有明显的上隆。Zhou 等[14]和 Li [15]提出华南白垩纪以后构造样式主要受岩石圈伸展作用应力制约,在拉伸最强烈地区常出现地幔衍生或壳-幔相互作用的岩浆活动。然而,不同地区岩石圈伸展响应时间亦有所不同,如南岭东段龙南地区伸展响应时间始于中侏罗世(186.3~188.6 Ma) [16],全南地区为晚侏罗世(164 ± 2 Ma) [17],广东南昆山地区为晚侏罗世-早白垩世(147 ± 0.8 Ma) [18],而本区则为早白垩世中期(125.3 ± 3.5 Ma)。

## 5. 结论

广东从化石岭碱性杂岩体属于佛冈花岗质杂岩体的一部分,后者属于南岭近 EW 向构造——岩浆岩带之佛冈岩浆岩带。石岭杂岩体主要由角闪石正长岩和方钠石正长岩组成,是省内发现的唯一的碱性侵入岩体,该区也是广东乃至华南地区重要的正长岩非金属矿产地。本文对石岭碱性杂岩体角闪石正长岩进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,获得其结晶年龄为 125.3 ± 3.5 Ma (MSWD = 2.6, n = 13),为早白垩世岩浆活动的产物。本区碱性杂岩即为早白垩世中期岩石圈伸展构造背景下的产物,因岩石圈伸展减薄作用十分强烈,所形成的方钠石正长岩-角闪石正长岩组合显著区别于其它地区碱性杂岩, A 型花岗岩或碱性岩组合。该年龄指示从化地区岩石圈发生伸展作用的精确时间为早白垩世,并非前人所谓的晚侏罗世或晚白垩世。

## 致 谢

合肥工业大学资源与环境工程学院李全忠老师、彭陆研究生在 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测试及数据处理等方面提供的支持和帮助。

## 基金项目

中国地质调查局、中国地质环境监测院“华南地区重要地质遗迹调查(广东)(项目编码:1212011220047)”项目成果。

## 参考文献 (References)

- [1] 周玲棣, 赵振华, 周国富 (1996) 我国一些碱性岩的同位素年代学研究. *地球化学*, **2**, 162-171.
- [2] 刘昌实, 陈小明, 王汝成 (2003) 广东从化石岭方钠石正长岩特征及其起源. *地质论评*, **1**, 29-39.
- [3] 广东省地质矿产局 (1988) 广东省区域地质志. 地质出版社, 北京.
- [4] 肖振宇, 汪礼明, 杨学明 (1998) 广东从化石岭碱性杂岩的岩石学特征及其地质意义. *高校地质学报*, **3**, 133-138.
- [5] Liu, Y.S., Hu, Z.C., Gao, S., Günther, D., Xu, J., Gao, C.G. and Chen, H.H. (2008) *In situ* analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*, **257**, 34-43.
- [6] Wiedenbeck, M., Alle, P., Corfu, F., Griffin, W.L., Meier, M., Oberli, F., Quadt, A.V., Roddick, J.C. and Spiegel, W. (1995) Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **19**, 1-23.
- [7] Sláma, J., Kosler, J., Condon, D.J., Crowley, J.L., Gerdes, A., Hanchar, J.M., Horstwood, M.S.A., Morris, G.A., Nasdala, L., Norberg, N., Schaltegger, U., Schoene, B., Tubrett, M.N. and Whitehouse, M.J. (2008) Plesovice zircon—A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, **249**, 1235.
- [8] Ludwig, K.R. (2003) ISOPLOT 3.00: A geochronological toolkit for microsoft excel. Berkeley Geochronology Center, Berkeley.
- [9] Andersen, T. (2002) Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$ . *Chemical Geology*, **192**, 59-79.
- [10] 刘昌实, 陈小明, 王汝成 (2002) 广东从化石岭方钠石正长岩矿物学特征及成因. *矿物学报*, **3**, 261-269.
- [11] 包志伟, 赵振华, 熊小林 (2000) 广东恶鸡脑碱性正长岩的地球化学及其地球动力学意义. *地球化学*, **5**, 462-468.
- [12] Zindler, A. and Hart, S. (1986) Chemical geodynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **14**, 493-571.
- [13] 赵子杰, 马大铨, 林惠坤 (1986) 广东龙窝、佛冈花岗岩体地球化学及其地质背景. 武汉地质学院出版社, 武汉.
- [14] Zhou, X.M. and Li, W.X. (2000) Origin of late Mesozoic igneous rocks in southeastern China: Implication for lithosphere subduction and underplating of mafic magma. *Tectonophysics*, **326**, 269-287.
- [15] Li, X. (2000) Cretaceous magmatism and lithospheric extension in southeast China. *Journal of Asian Earth Sciences*, **18**, 293-305.
- [16] 陈培荣, 周新民, 张文兰, 李惠民, 范春方, 孙涛, 等 (2004) 南岭东段燕山早期正长岩——花岗岩杂岩的成因和意义. *中国科学: D 辑: 地球科学*, **6**, 493-503.
- [17] 陈志刚, 李献华, 李武显 (2002) 全南正长岩的地球化学特征及成因. *地质论评*, **S1**, 77-83.
- [18] 刘昌实, 陈小明, 王汝成, 胡欢 (2003) 广东龙口南昆山铝质 A-型花岗岩的成因. *岩石矿物学杂志*, **1**, 1-10.