文章编号：1006-6616（2017）03-0411-11

粤西印支期那蓬岩体的岩石学、地球化学特征及其成因

李　坤，孙万财，邓　飞
（广东省佛山地质局，广东 佛山 528000）

摘　要：那蓬岩体为混合岩化-花岗岩化作用的产物，主体岩性为中细粒（斑状）黑云母二长混合花岗岩、弱片麻状细粒黑云母二长混合花岗岩，富含堇青石、矽线石、红柱石等富铝矿物，靠近岩体边部为混合片麻岩、花岗片麻岩，逐渐过渡至围岩。对中细粒黑云母二长混合花岗岩进行 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 同位素测年，锆石以变质锆石为主、岩浆锆石为辅，获得多期锆石 U-Pb 年龄，将最新的变质年龄 252 ±1.9Ma 作为成岩年龄，将那蓬岩体的成岩时代定为早三叠世。那蓬岩体形成于碰撞造山构造环境。

关键词：粤西；那蓬岩体；混合岩化；花岗岩化；锆石 U-Pb 年龄；早三叠世；碰撞造山
中图分类号：P58　P534.51　　**文献标识码：**A

0　引言

那蓬岩体位于粤西云开地块西北缘，总体沿罗定—广宁断裂带呈 NE—SW 向展布，其长宽比达 5～6∶1，出露面积达 788 km^2（见图 1）[1]。前人对它的成因及成岩时代做了不少研究工作，形成较多不同观点。彭少梅等[2]认为那蓬岩体为海西-印支期岩浆活动的产物，同位素年龄为 201～269 Ma，构造环境为同构造花岗岩；王江海等[3]认为该岩体为典型的由深成侵位形成的花岗岩，U-Pb 年龄显示该岩体为加里东岩浆活动的产物（锆石 U-Pb 同位素年龄 418 ±12 Ma）；1∶25 万阳春幅项目中针对那蓬岩体采样并进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄测试，获得那蓬岩体结晶年龄为 245.4 ±4.6 Ma[4]。本文依托于“广东1:5万筋竹圩、连滩镇、泗纶圩、罗定县幅强烈风化区填图试点项目”的支持，以野外路线调查及剖面测制为基础，结合室内岩石化学、地球化学、同位素年代学等测试手段，总结了那蓬岩体基本岩石学特征并确定了其成因及成岩时代。

1　地质背景

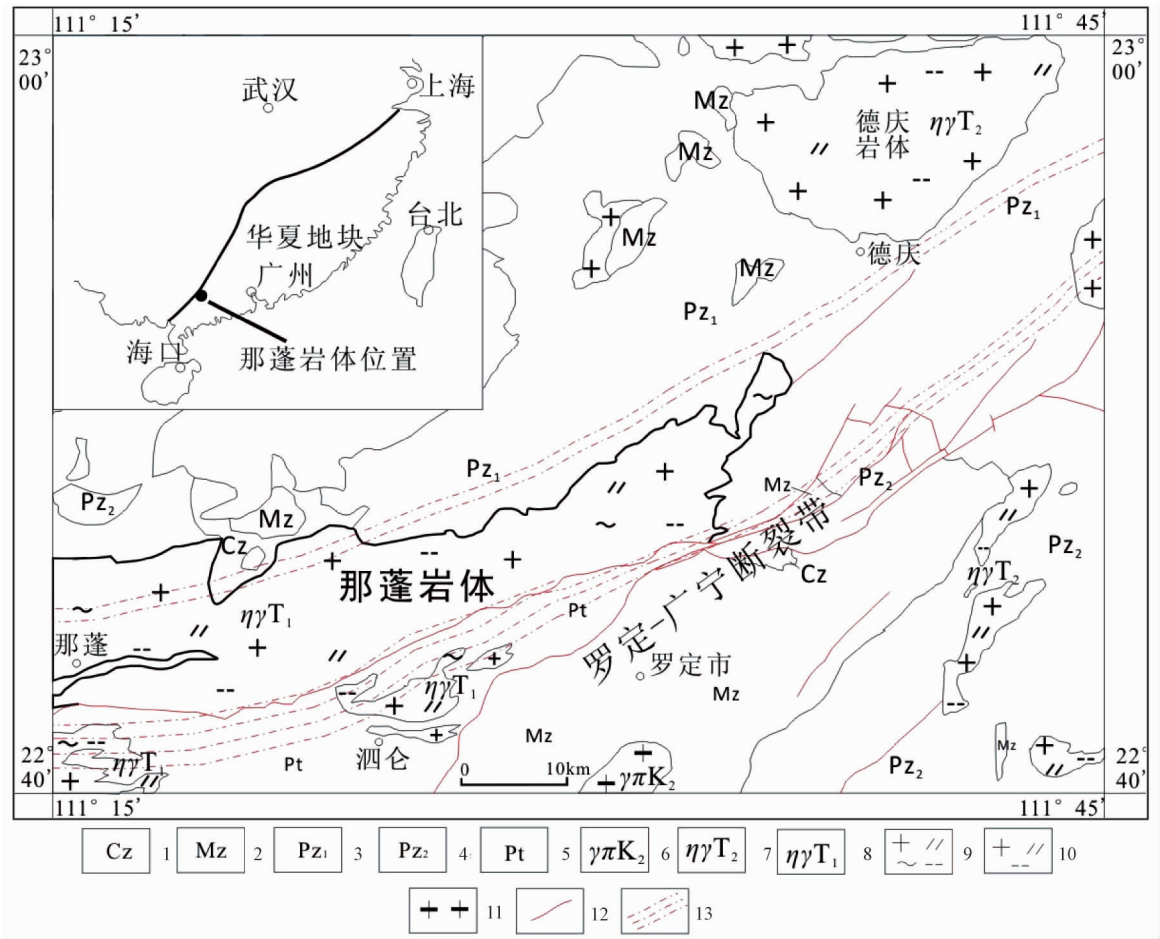
那蓬岩体位于粤西云开混合岩田北部，莫柱孙等人[5]认为云开混合岩田为区域变质岩、混合岩、混合花岗岩三位一体的混合杂岩。那蓬岩体围岩主要为新元古界、古生界，岩体出露整体受控于云开地块北西界——北东向罗定—广宁断裂带，该断裂在本区表现为一系列的北东向脆性断层及韧性剪切带[3]，地表出露的该系列断层和韧性剪切带均晚于那蓬岩体的形成时代。那蓬岩体与围岩呈混合交代界线，为渐变过渡关系。

2　岩体特征及变质相带划分

2.1　岩体特征

那蓬岩体呈 NE-SW 向展布，与围岩呈混合交代接触关系，接触带宽 0.2～3 km 不等，接触带内主要发育混合岩、混合片麻岩、花岗片麻岩等，显示出混合岩化作用，往北西或南东向逐渐过渡至正常围岩（堇青石片岩等）。那蓬岩体主体岩性为中细粒（斑状）黑云母二长混合花岗岩、片麻状细粒黑云母二长混合花岗岩，以前者为主，两种岩性为相变接触，空间分布上较杂乱，无明显规律。岩体各部位均可见大量片岩、变粒岩、片麻岩等残余体（见图 2a），局部残余体与混合花岗岩呈互层状或过渡相产出，为花岗岩化未彻底的证据（见图 2b），残余体中片理、片麻理与围岩

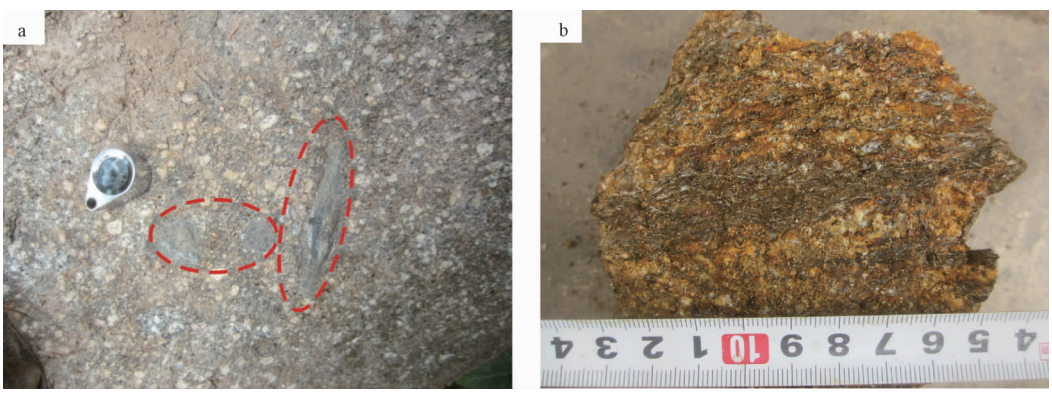
收稿日期：2016-11-14
基金项目：中国地质调查局二级项目“特殊地质地貌区填图试点”项目（编号：DD20160060）
作者简介：李坤（1986-），男，地质矿产勘查工程师，硕士，主要从事区域地质调查工作，E-mail：411218388@qq.com



1—新生界；2—中生界；3—早古生界；4—晚古生界；5—元古界；6—晚白垩世侵入岩；7—晚三叠世侵入岩；8—早三叠世侵入岩；9—中细粒黑云母二长混合花岗岩；10—中粒黑云母二长花岗岩；11—花岗斑岩；12—断裂；13—韧性剪切带

图 1 粤西那蓬岩体区域地质简图（引用 1∶20 万罗定幅、1∶25 万梧州幅及 1∶5 万筋竹圩等四幅资料）

Fig. 1 The geological sketch map of the Napeng granite mass in the west of Guangdong province



a—那蓬岩体中的片岩残余体；b—那蓬岩体中的片岩残余体与花岗岩呈互层状产出）

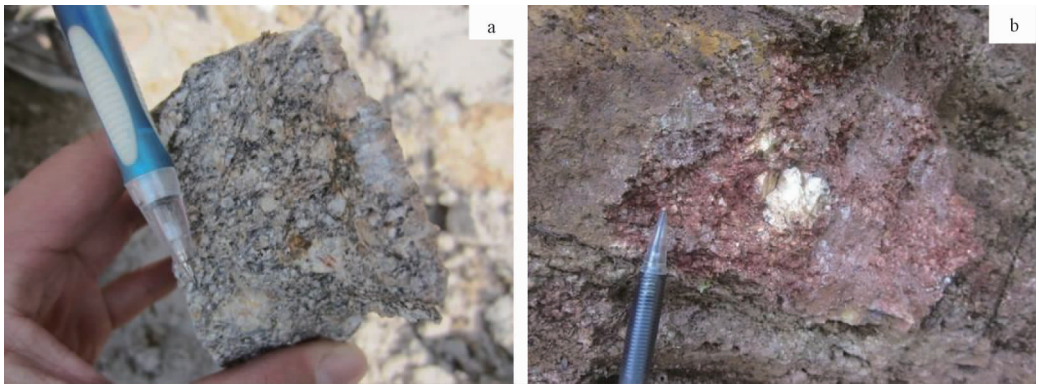
图 2 那蓬岩体中的片岩残余体特征

Fig. 2 The characteristics of schist restite in the Napeng granite mass

基本一致，多为 310 ~ 340°∠20 ~ 50°。混合花岗岩呈中细粒花岗结构、弱片麻状构造，矿物成分以钾长石、斜长石和石英为主，黑云母为辅，局部含少量钾长石斑晶，斑晶多呈半自形或他形，球柱状-粒状（见图 3a，3b），普遍含堇青石、矽线石等富铝变质矿物。

2.2 变质相带划分及围岩变质程度

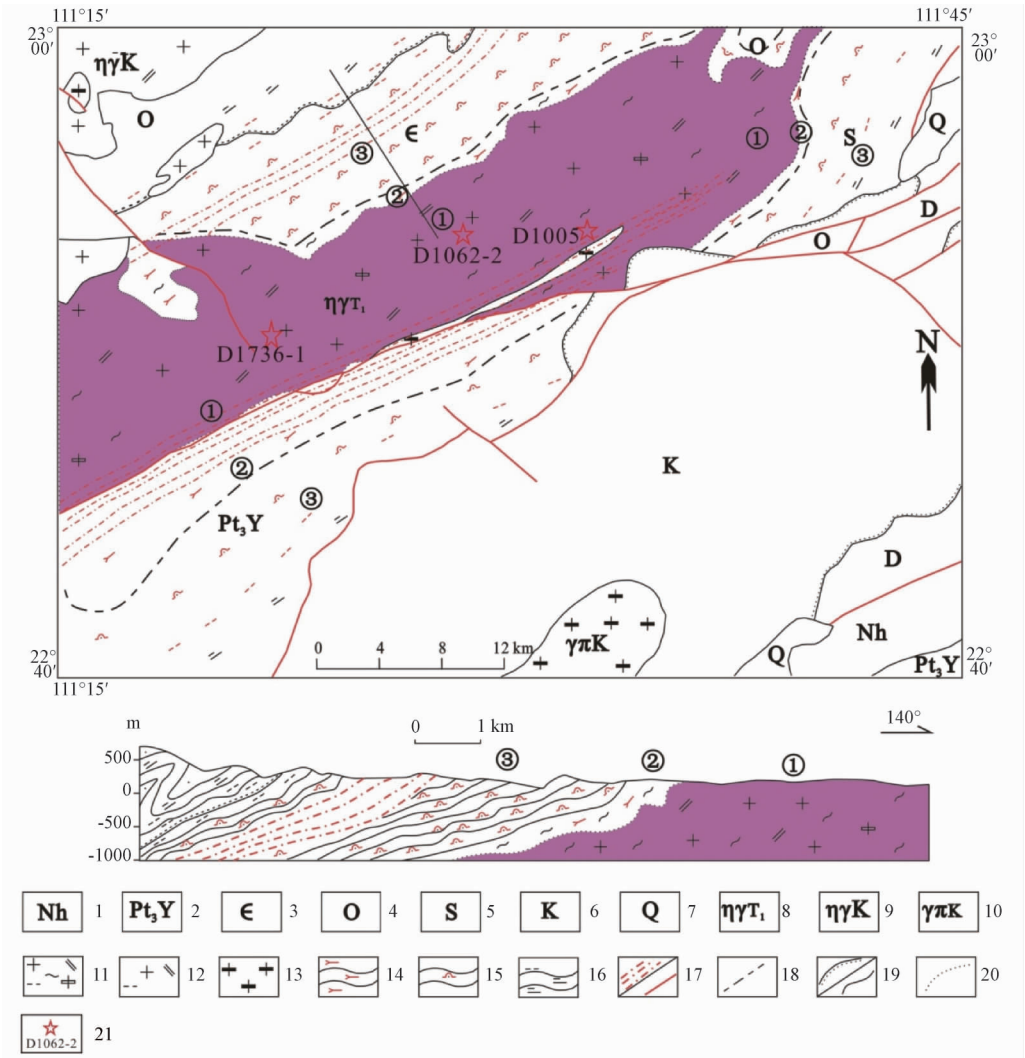
那蓬岩体及周边围岩岩性和变质程度具有明显的连续分带性（见图 4）。从岩体中心往围岩方向可大致划分为以下几个相带：（1）混合花岗岩带、



a—中细粒（斑状）黑云母二长混合花岗岩特征（那蓬岩体主体岩性，斑晶呈球柱状）；
b—细粒（斑状）黑云母二长混合花岗岩中的球粒状斑晶

图 3　混合花岗岩野外特征

Fig. 3　The field characteristics of migmatitic granite



1. 南华系 2. 云开岩群 3. 寒武系 4. 奥陶系 5. 志留系 6. 白垩系 7. 第四系 8. 早三叠世二长混合花岗岩 9. 白垩纪花岗岩 10. 白垩纪花岗斑岩 11.（中）细粒（斑状）黑云母二长混合花岗岩 12. 细粒黑云母二长花岗岩 13. 花岗斑岩 14. 含矽线石片岩 15. 堇青石片岩 16. 二云母片岩 17. 糜棱岩带/脆性断层 18. 变质带界线 19. 不整合界线/整合或侵入界线 20. 混合交代界线 ①混合花岗岩带 ②混合岩化带 ③正常围岩带 21. 采样位置

图 4　那蓬岩体主体及围岩地质简图（据广东 1∶5万筋竹、连滩、泗纶、罗定幅区域地质图修编）

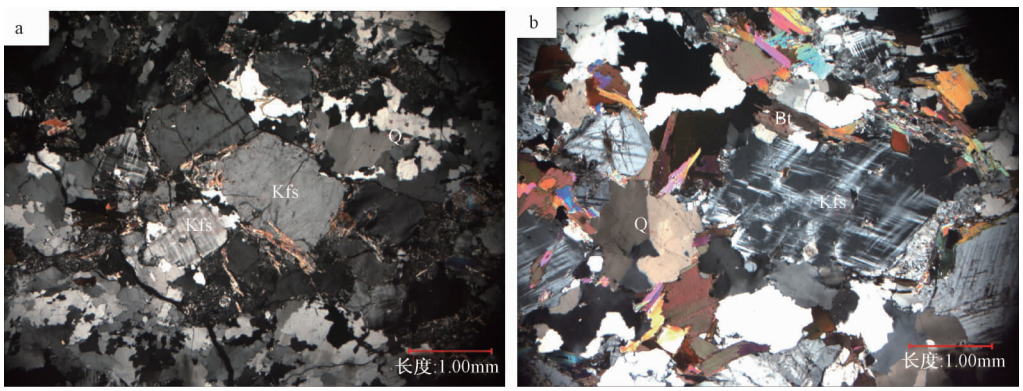
Fig. 4　The geological sketch map of the Napeng granite mass and its surrounding rocks

(2) 混合岩化带、(3) 围岩带，三个相带呈过渡关系。

(1) 混合花岗岩带，为那蓬岩体的主体，岩性不均，以（中）细粒（斑状）黑云母二长混合花岗岩、弱片麻状细粒黑云母二长混合花岗岩为主，两种岩性为渐变过渡关系（见图 5），空间上分布较杂乱。该带为花岗岩化作用的产物，具体岩性特征在岩石特征中已做描述，这里主要针对岩石的镜下特征矿物做出阐述：镜下长石多半自形-他形柱粒状，钾长石含量稍多于斜长石，常见格子双晶，斜长石成分以更长石为主，可见交代作用形成的他形钾长石（见图 6）；含大量富铝变质矿物，如堇青石、矽线石等，堇青石呈它形粒状，具明显的交代作用成因特征，局部可见交代残余矿物及毛刺状交代结构（见图 7），杂乱分布，粒度一般 0.2 ~ 2.0 mm，大多绢云母化，粒内可见锆石、云母等包裹体；矽线石呈毛发状、针柱状，为交代作用而成，大多蚀变成白云母（见图 8）。镜下矿物组合特征显示那蓬岩体具典型的混合交代作用特征。

图 5 混合花岗岩与片麻岩呈互层状产出（层面产状与片麻岩产状一致）

Fig. 5 Migmatitic Granite and Gneiss is in each layer (the attitude of lay and gneiss is the same)

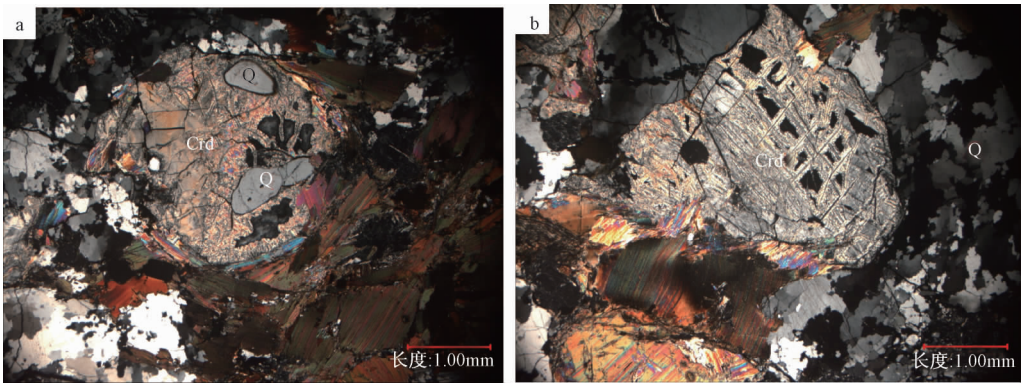


a—蚀变钾长石呈粒状，具格子双晶（正交镜下）；b—镜下钾长石呈半自形粒状结构（正交镜下）

图 6 钾长石镜下特征

Fig. 6 The characteristics of K-feldspar under the microscope

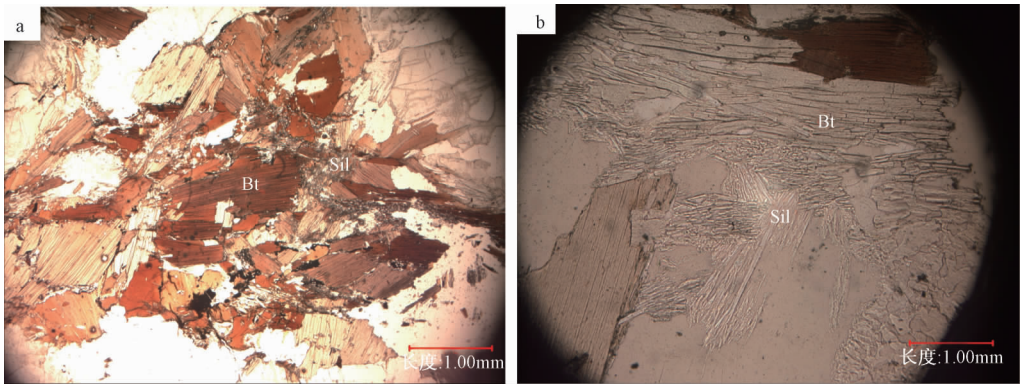
(2) 混合岩化带，分布于那蓬岩体边缘，宽约 200 m ~ 3000 m 不等，与那蓬岩体成混合交代接触。岩性主要为含红柱石矽线石长英质黑云长石石英混合岩、二云二长片麻岩、混合片麻岩、含蓝晶石矽线石长石黑云石英片岩、长英质细脉混合质含矽线石二长二云石英片岩，长英质细脉混合质石榴石更长石英变粒岩等。岩石中的具有高度渗透和交代能力的长英质脉体多呈不规则的条带状、团块状、眼球状、脉状等，部分细脉延伸较远，较平直，部分团块或眼球体是“无根的”（见图 9）。岩石中残留片理、片麻理产状一般为 310° ~ 340° ∠ 20° ~ 50°，局部地方为 130° ~ 160° ∠ 30 ~ 40°。镜下普遍可见结晶的新生矿物钾长石和斜长石，钾长石常见发育不明显的格子双晶，内部含较多残留包裹体。黑云母多为原变质岩残余的难熔物质，呈红褐色，具显著的多色性和吸收性，



a—交代作用形成的堇青石，其间可见残余石英（堇青石完全蚀变为绢云母，正交偏光）；
b—堇青石完全蚀变为绢云母和胶质体，内部可见特征毛刺状交代结构（正交偏光）

图 7　堇青石镜下特征

Fig. 7　The characteristics of cordierite under the microscope



a－黑云母呈残余片状，部分转变为针状矽线石（正交镜下）；b－镜下毛发状矽线石蚀变为白云母（单偏镜下）

图 8　蚀变矿物镜下特征

Fig. 8　The characteristic of altered minerals under the microscope

常见锆石包裹体，常转变为矽线石、钾长石、堇青石等矿物，或被白云母、金红石等蚀变矿物交代。石英则多呈粒状变晶结构，呈树叶状相互嵌合生长，颗粒较为均匀，多为原变质岩中的石英高温重结晶的产物，少数可能为深熔结晶而成。伴随变质程度加深，在一定的温压和流体作用下，混合岩基体逐渐从片麻状构造，趋于变为肠状、条带状构造，进一步熔融会形成清晰的浅色体和暗色体，新生钾长石、斜长石等矿物，由片状变晶结构向粒状变晶结构转变，最终转变为花岗结构（见图 10，图 11）。

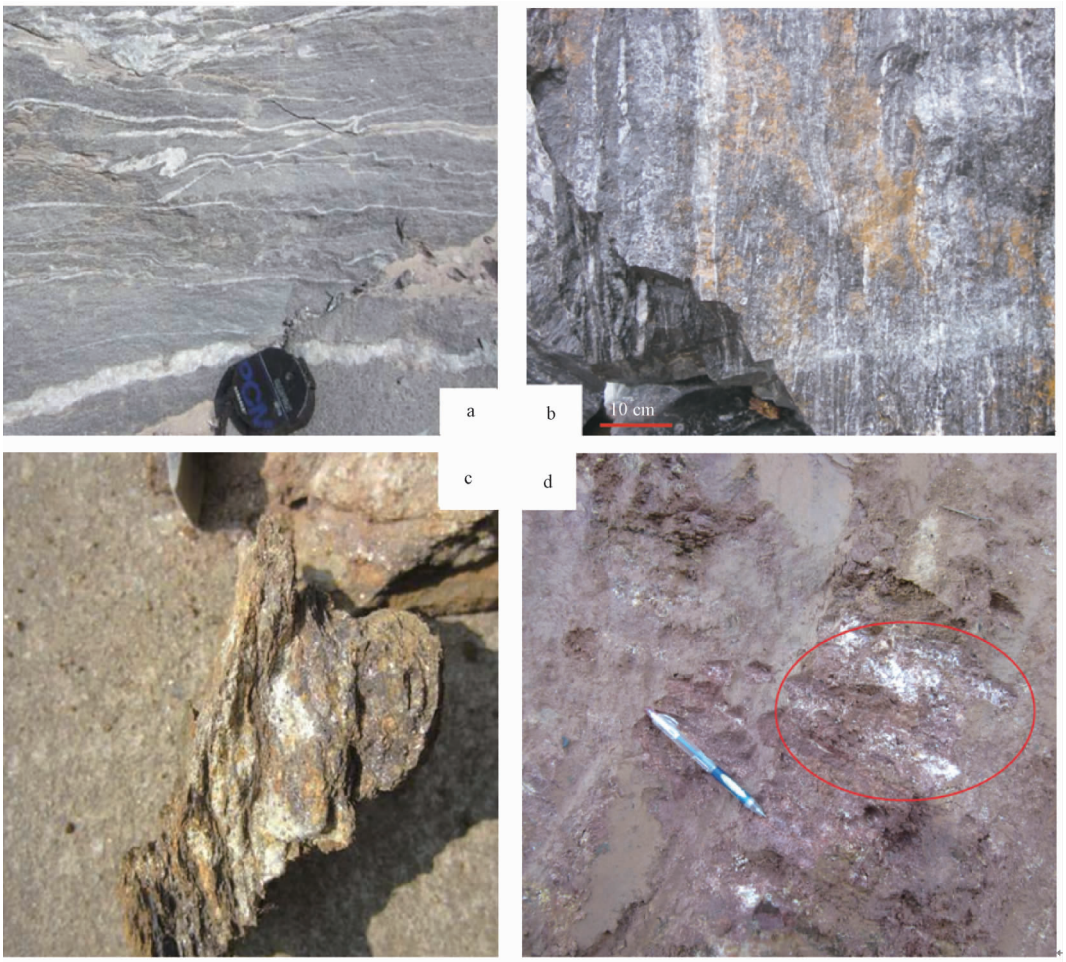
共生矿物组合一般为①Bi + Kf + Ky + Sl + Q ②Bi + Mu + Kf + Pl + Sl + Q ③Pl + Am + Bi + G + Q ④Bi + Mu + Q。变质程度为高角闪岩相。

（3）正常围岩带，分布于那蓬岩体外侧的元古代云开岩群、早古生代变质地层中，岩性主要为堇青石片岩、含石榴子石石英二云母片岩、绢云石英千枚岩，板岩等。

岩石中矿物共生组合为 Bi + Mu + Q + Cor + Pl、Bi + Mu + G + Q、Bi + Mu，变质相为绿片岩相-低角闪岩相。

3　岩石地球化学特征

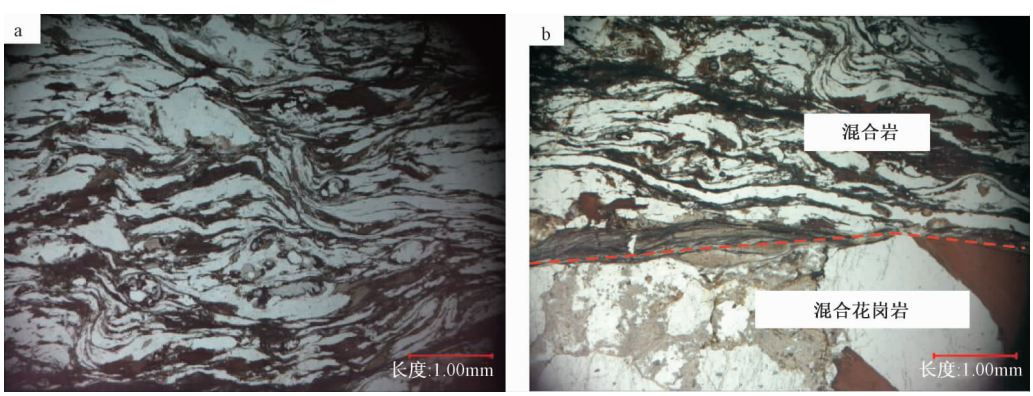
对那蓬岩体不同部位采取 3 个样品，采样位置见图 4，样品较新鲜无污染，岩性均为中细粒黑云母二长混合花岗岩，可代表那蓬岩体的主体岩性，对其进行主量元素、微量元素分析测试，以上测试在国土资源部广州/长沙矿产资源监督检测中心完成。样品粉碎至 200 目以下，主量元素分析采用原子吸收光度计法（HG 9602/B），分析误差小于 5%；微量元素分析采用原子荧光度计法（AFS-820），分析精度优于 5%，少数含量极少（$wB < 10^{-8}$）的元素分析精度优于 10%。得出结果见表 1，表 2。



a—支脉状混合岩；b—条带状混合岩；c—支脉状混合岩；d—云染状混合岩

图 9 混合岩野外特征

Fig. 9 The field characteristics of migmatites

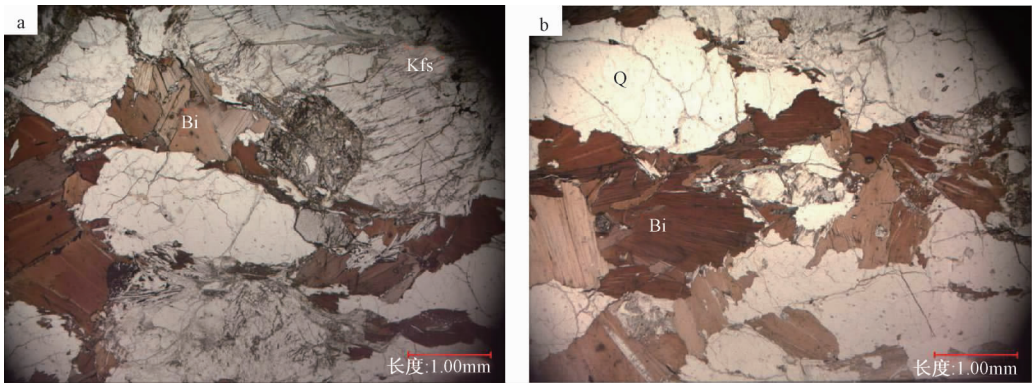


a—混合岩基体逐渐由片麻构造，趋于肠状、条带状构造（单偏镜下）；b—混合岩和混合花岗岩交代渐变状接触关系（单偏镜下）

图 10 混合岩镜下交代特征

Fig. 10 The metasomatic characteristics of migmatites under the microscope

表 1 主量元素可见，w（SiO_2）70.13 ~ 73.58%，与华南花岗岩类平均值相近；ALK 值 4.17 ~ 6.30，AKI 值 0.30 ~ 0.44，小于 0.9，里特曼指数 σ0.59 ~ 1.46，均小于 3.3，为钙碱性岩；w（Al_2O_3）12.63 ~ 14.31，标准矿物中出现刚玉，A/CNK 值 1.69 ~ 2.97，大于 1.1，显示出强过铝



a—重熔新生的钾长石 Kfs，黑云母 Bi 则多呈被挤压的残余条带状的过渡，并趋向片状粒状结构（单偏光）；
b—岩石更多的是片状粒状变晶结构－半自形粒状变晶结构（单偏光）

图 11　变质矿物的镜下特征

Fig. 11　The characteristics of metamorphic minerals under the microscope

表 1　那蓬岩体主量元素分析结果（w%）

Table 1　The analysis results of the major elements in the Napeng granite mass (w%)

	样号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	烧失量	总量
主量元素（w%）	D1005	70.13	0.55	14.31	1.01	2.52	0.042	1.37	2.17	2.59	3.71	0.20	0.72	1.02	100.34
	D1736-1	73.58	0.55	12.63	1.03	2.75	0.032	1.30	0.64	1.12	3.35	0.17	1.60	1.76	100.51
	D1062-1	72.42	0.55	13.92	1.10	2.73	0.022	1.51	0.52	0.79	3.38	0.14	1.70	1.96	100.74

C. I. P. W 标准矿物（w%）	样号	Or	Ab	An	C	En	Fs	Hy	Q	ap	il	Mt
	D1005	22.16	22.17	9.69	2.55	3.46	2.99	6.45	33.70	0.44	1.06	1.48
	D1736-1	20.33	9.73	2.27	6.53	3.34	3.44	6.78	51.21	0.37	1.08	1.54
	D1062-1	20.51	6.85	1.81	8.55	3.86	3.30	7.16	51.81	0.31	1.08	1.64

特征指数	样号	σ	A. R	DI	SI	FL	MF	OX	LI	Na_2O/K_2O	ALK	AKI	A/CNK
	D1005	1.46	1.92	78.27	12.23	74.38	72.04	0.60	20.08	0.70	6.30	0.44	1.69
	D1736-1	0.65	2.02	81.40	13.61	87.48	74.41	0.64	22.23	0.33	4.47	0.35	2.47
	D1062-1	0.59	1.81	79.40	15.88	88.91	71.72	0.65	21.75	0.23	4.17	0.30	2.97

表 2　那蓬岩体微量及稀土元素分析结果

Table 2　The analysis results of trace and rare elements in the Napeng granite mass

样号	Co	Ni	Cr	V	W	Au	Ag	Sb	Sr	Ba	Li	Be
D1005	9.81	11.7	10	80.4	138	6.61	0.16	3.75	34.5	815	41.7	3.95
D1736-1	6.85	9.11	10.7	72.9	173	0.9	0.1	1.7	98.9	654	23.3	3.09
D1062-1	10	15.3	14.4	72.8	97.7	1.83	0.18	5.01	126.8	731	45.9	4.97

样号	Zr	Rb	Nb	Ta	In	Cs	Th	Rb/Sr	Rb/Cs
D1005	220	285	9.02	0.75	0.029	16	31.3	8.26	17.81
D1736-1	209	219	8.53	0.62	0.027	11.3	30.7	2.21	19.38
D1062-1	260	243	11.1	1.09	0.041	13.1	37.8	1.92	18.55

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
D1005	40.74	75.74	8.47	31.12	5.35	1.1	5.06	0.78	3.98	0.61	1.22	0.12
D1736-1	16.2	30.6	3.56	13.6	2.78	0.50	2.89	0.44	2.36	0.45	1.32	0.17
D1062-1	17.4	33.9	3.86	14.4	2.85	0.56	2.89	0.41	2.12	0.39	1.05	0.13

样号	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	$(La/Yb)_N$	δEu
D1005	0.24	0.06	16.1	190.69	162.52	28.17	10.09	121.76	0.64
D1736-1	1.02	0.14	11.6	87.63	67.24	20.40	5.80	11.39	0.53
D1062-1	0.84	0.12	9.70	90.61	72.97	17.64	7.52	14.95	0.59

注：分析数据为质量分数，单位除了 w（Au）的单位是 10^{-9} 外，其余为 10^{-6}.

质特征，具“S”型花岗岩特征，显示那蓬岩体物质来源可能为围岩（副变质岩）。

微量元素及稀特征土元素显示（见表 2，图 12），Co、Ni、Cr、V 等地幔相容元素含量稍高于

花岗岩维氏值，Ba、Zr、Rb、Nb、Cs、Th 等地幔不相容元素含量与花岗岩维氏值相当，Rb/Sr、Rb/Cs 值均较高，显示出岩体形成时无强烈的分异作用，符合混合岩化作用特征。稀土总量（ΣREE）87.63 ~ 190.69，小于花岗岩维氏值（281.17），各稀土元素均低于花岗岩维氏值；轻稀土与重稀土比值（LREE/HREE）5.80 ~ 10.09，为轻稀土富集型；δEu 为 0.53 ~ 0.64，具有较明显的负铕异常，0.3 < δEu < 0.7，具上地壳不同程度部分熔融而成花岗岩特征，该特征显示那蓬岩体局部可能发生过熔融。

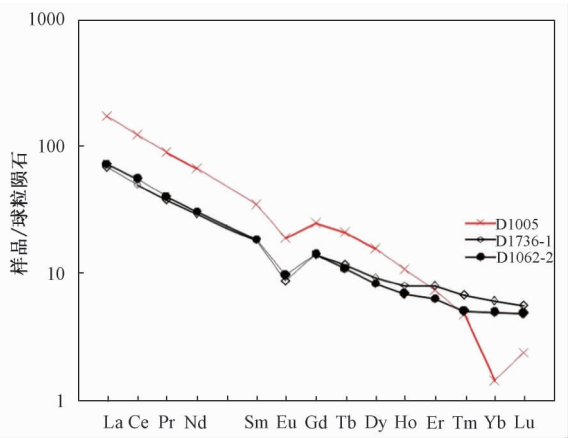


图 12 那蓬岩体稀土元素球粒陨石标准化图

Fig. 12 The chondrite standard drawing of rare earth elements in the Napeng granite mass

4 锆石 U-Pb 定年

对样品 D1005 进行锆石 U-Pb 同位素测异，在武汉上谱分析实验室进行分选，在双目镜下挑选各种锆石完成制靶，并进行了锆石阴极发光照相（图 13），以观察锆石的内部结构。锆石 U-Pb 年龄利用上谱分析实验室 LA-ICP-MS 激光原位分析法测定，该方法采用安捷伦公司四级杆质谱 Agilent7700 与 193nm 准分子激光剥蚀系统联用，采用锆石 GJ1 为外标校正，获得数据的处理采用 ICPMSDataCal 软件完成。年龄数据如表 3，并完成锆石 U-Pb 年龄协和图及数据统计图（见图 14、15）。

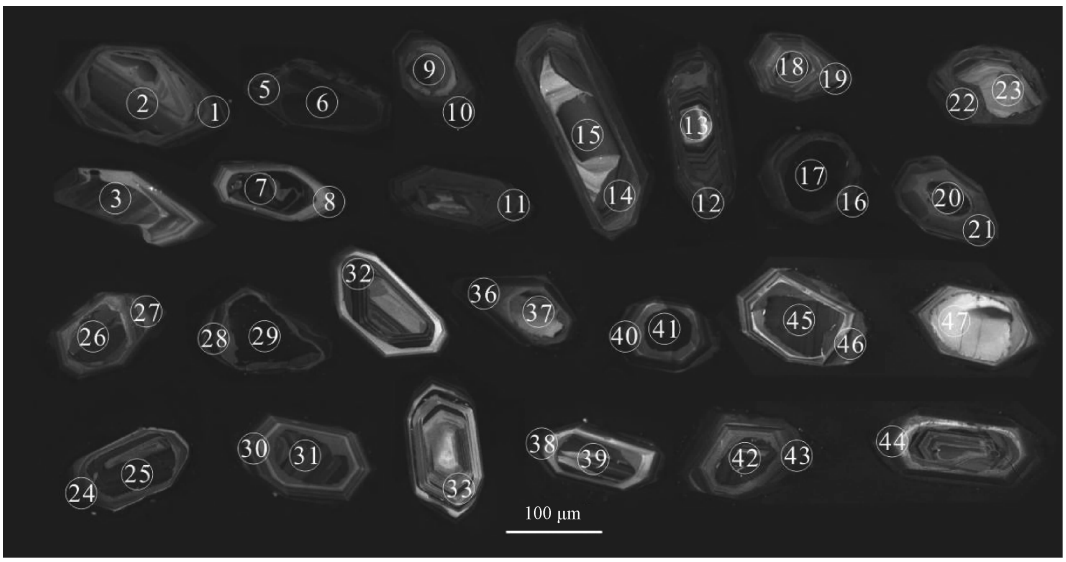


图 13 那蓬岩体中的锆石颗粒阴极发光照片

Fig. 13 The cathodoluminescence images of zircons in the Napeng granite mass

从表 1 可以看出，除了个别锆石 Th/U 比值（表 1 中 2、15 等点）较高外，大多数 Th/U 值小于 0.4。Th/U 比值较高的点所对应的锆石多为岩浆锆石，晶形较好，U-Pb 年龄跨度较大，说明锆石形成时的封闭温度较高，在后期变质作用中未受明显影响，原岩为岩浆岩；大多锆石点上 Th/U 值小于 0.4，显示出变质锆石的特征，晶形各异，可见明显的锆石增生边。

从锆石年龄数据结合图件（见图 14、15）可得，样品测试年龄数据跨度较大，最新年龄为 252 Ma，最老年龄为 2465 Ma，显示出锆石来源较复杂，主要分为三个 U-Pb 年龄峰值段：1）锆石中的老核 U-Pb 年龄大，大多在 600 ma 以上，锆石晶体形态各异，与变质增生边界线明显，少数还存在磨圆，显示出锆石部分来源为沉积岩或变质岩；2）锆石 U-Pb 年龄在 400 ~ 500 Ma 之间有个小峰

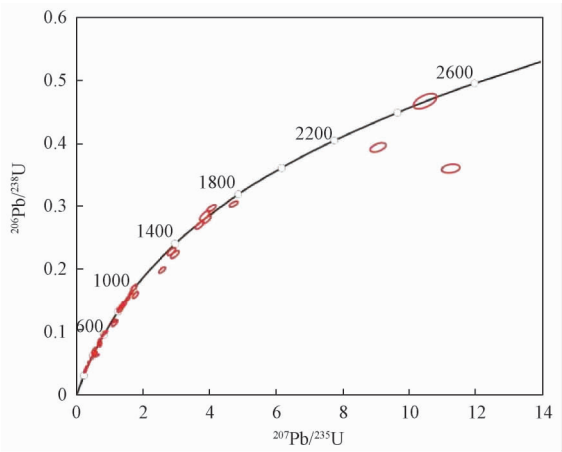


图 14　那蓬岩体锆石 U-Pb 协和年龄图

Fig. 14　U-Pb concordia diagram of zircons of the Napeng granite mass

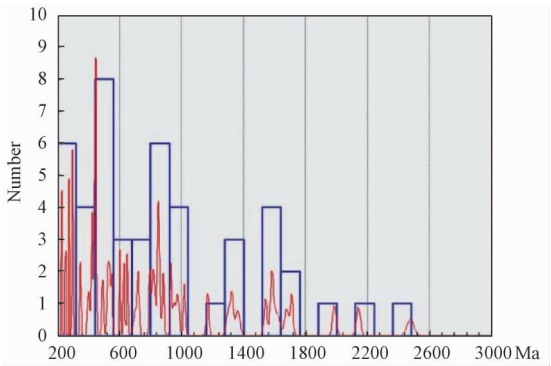


图 15　那蓬岩体锆石 U-Pb 年龄数据统计图

Fig. 15　U-Pb age statistical graph of zircons of the Napeng granite mass

值，这个年龄区间的锆石晶形较好，未出现明显的变质增生边，结合上面的 Th/U 数值（均 > 0.4），得出该批锆石来源于加里东期的岩浆岩；3）锆石 U-Pb 年龄在 200 ~ 300 Ma 出现一个峰值，该年龄段的锆石以变质锆石为主，这段时间是主要的变质时代，也是那蓬岩体主要成岩时代，这里将所测的最新的 U-Pb 年龄 252 ± 1.9 Ma 作为那蓬岩体的成岩年龄，定为早三叠世，为印支期原地花岗岩化作用的产物。

5　讨论与结论

5.1　成岩作用及时代

混合花岗岩化作用是向岩浆作用过渡的一种超变质作用，目前混合岩化-花岗岩化有两种成因模式：1）Wegmann. Read 等[6~7]认为混合花岗岩化作用过程中起主要作用的是“流体相”的产生，流体相主要是一种富含碱金属及二氧化硅等的溶液，在混合花岗岩化过程中，从外围通过注入、交代而进入变质岩层，在核心，它们渗透围岩，通过交代作用而形成各种类型的混合岩直至花岗质岩石；2）有人在上一种理论基础上，提出[5]花岗岩化过程分为两个阶段：即前期区域变质阶段和后期花岗岩化阶段，原地沉积岩在区域变质作用下变成变质岩，这一过程是在固态作用下进行；后期经混合岩化形成混合岩，变质作用进一步加强；混合岩继而演变成花岗岩，这一过程特别是混合岩向花岗岩演变的过程是在大部分熔融状态下进行的。

那蓬岩体的产出特征显示该岩体成因偏向于第一种成因模式，大部分花岗岩是通过混合交代作用而成，局部可能存在小范围重熔。在核部，“流体相”大量渗透围岩，发生超强的变质作用，使得岩石通过强烈混合交代作用形成混合花岗岩，在混合花岗岩中常见大量围岩残余体，为混合交代作用未彻底的证据；在边部，“流体相”相对较弱，形成混合片麻岩、花岗片麻岩。外部围岩受流体相作用最弱，形成堇青石带、黑云母带、绢云母带。

锆石 U-Pb 年龄较杂乱，年龄跨度 252 ~ 2465 Ma，显示出那蓬岩体的物源的复杂性，通过锆石晶形、Th/U 比、U-Pb 年龄分析锆石来源有沉积岩或变质岩、岩浆岩，其中尤以加里东期的岩浆岩锆石较发育，推测该区域发生混合岩化的原岩为早古生代地层、加里东岩浆岩。本文将最近的一次变质年龄峰值（200 ~ 300 Ma）作为那蓬岩体的主变质时代，将最新的年龄 252 ± 1.9 Ma 作为那蓬岩体的成岩年龄，定为早三叠世。

5.2　成岩构造背景

海西—印支期云开地块沿 NE 向博白—岑溪—罗定—广宁断裂带与湘桂地块发生强烈的陆内造山活动，伴随陆内强烈挤压，沿 NE 向罗定—广宁断裂带广泛发育花岗岩[8~10]。前人认为印支地块对华南地块的主碰撞时间为 254 ~ 242 Ma[11]，本次获得那蓬岩体形成年龄为 252 ± 1.9 Ma，与印支地块对华南地块的主碰撞时间一致，显示出那蓬岩体形成构造背景为板块间碰撞造山构造环境，沿造山带发生强烈的混合岩化-花岗岩化作用，形成了那蓬岩体。

表 3 那蓬岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年分析结果表

Table 3 The LA-ICP-MS Zircon U-Pb dating analysis results of the NaPeng granite mass

样号	^{232}Th	^{238}U	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄（Ma）	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ 年龄（Ma）	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄（Ma）	1σ
D1005-01	144.8847	244.7661	0.591931	0.0534	0.4122	0.0559	346	42.6	350	5.9	351	3.6
D1005-02	231.0150	109.3941	2.111769	0.0592	0.7044	0.0867	576	54.6	541	11.1	536	5.0
D1005-03	73.5636	212.2713	0.346555	0.0621	0.5923	0.0682	676	55.6	472	11.1	426	4.2
D1005-05	64.4562	589.9296	0.109261	0.0614	0.6097	0.0713	654	27.8	483	6.2	444	4.5
D1005-06	207.1800	850.3097	0.243652	0.0673	1.2748	0.1363	856	22.2	835	8.7	824	8.8
D1005-07	249.0018	1201.2750	0.207281	0.0897	2.8481	0.2284	1420	20.7	1368	9.1	1326	9.4
D1005-08	45.7413	960.9404	0.047601	0.0795	1.7781	0.1592	1183	21.3	1037	12.5	952	10.8
D1005-09	268.8464	671.6712	0.400265	0.0929	2.5705	0.1989	1487	23.3	1292	9.5	1169	7.9
D1005-10	18.6586	486.3612	0.038364	0.0510	0.3101	0.0440	243	34.3	274	4.1	277	2.2
D1005-11	119.9550	297.8930	0.402678	0.0690	1.3684	0.1420	902	26.9	875	12.6	856	12.0
D1005-12	167.6638	562.8250	0.297897	0.0544	0.5372	0.0712	387	31.5	437	5.0	443	3.2
D1005-13	70.6485	127.8097	0.552763	0.0571	0.5630	0.0716	494	46.3	453	7.4	446	3.7
D1005-14	83.3724	306.9606	0.271606	0.0546	0.6001	0.0795	394	40.7	477	7.4	493	5.3
D1005-15	156.8107	200.2909	0.782915	0.0711	1.6902	0.1713	961	29.63	1005	8.7	1019	6.7
D1005-16	293.6312	2016.8631	0.145588	0.0676	1.3254	0.1410	855	24.1	857	7.3	850	6.2
D1005-17	44.2500	1235.4359	0.035817	0.0679	1.3351	0.1414	865	30.6	861	7.1	853	5.2
D1005-18	292.9549	452.1747	0.64788	0.0698	1.5891	0.1637	924	25.9	966	9.2	977	8.9
D1005-19	17.1559	710.9974	0.024129	0.0491	0.2712	0.0399	150	34.3	244	3.5	252	1.9
D1005-20	182.2593	588.5203	0.309691	0.2243	11.2669	0.3607	3012	14.7	2545	9.8	1985	11.5
D1005-21	24.8185	554.8114	0.044733	0.0512	0.2857	0.0402	250	45.4	255	3.8	254	1.7
D1005-22	25.1176	409.3433	0.061361	0.0546	0.3559	0.0472	394	44.4	309	5.5	297	3.6
D1005-23	55.6929	176.4427	0.315643	0.0593	0.8415	0.1025	576	8.3	620	8.4	629	4.6
D1005-24	272.4864	562.0899	0.484774	0.1000	3.8874	0.2791	1625	-176.1	1611	11.2	1587	13.2
D1005-25	270.4372	341.2244	0.792549	0.1002	3.8810	0.2783	1628	23.8	1610	10.3	1583	9.3
D1005-26	162.7956	453.2374	0.359184	0.1117	4.7259	0.3040	1828	20.4	1772	9.2	1711	8.6
D1005-28	116.5688	655.1016	0.17794	0.0598	0.7064	0.0848	594	25.9	543	6.4	525	5.2
D1005-29	636.2001	1821.8654	0.349203	0.0593	0.8108	0.0983	576	22.2	603	4.4	605	3.1
D1005-30	901.7205	739.8623	1.218768	0.0701	1.3143	0.1347	931	22.2	852	9.3	815	10.0
D1005-31	328.9760	784.4476	0.419373	0.0704	1.5224	0.1555	940	21.9	939	6.4	932	4.6
D1005-32	88.4910	438.9295	0.201606	0.0511	0.3357	0.0474	256	48.1	294	6.0	299	3.5
D1005-33	84.8064	405.0169	0.20939	0.0544	0.5444	0.0722	387	41.7	441	6.0	450	3.8
D1005-36	113.9015	281.7185	0.404309	0.0551	0.4909	0.0643	417	46.3	406	9.3	402	7.5
D1005-37	120.5885	95.9502	1.256781	0.0581	0.7122	0.0893	600	53.7	546	10.1	551	5.4
D1005-38	127.5920	281.8625	0.452675	0.0948	2.9591	0.2241	1524	22.2	1397	12.3	1303	13.0
D1005-39	161.7950	274.3461	0.589748	0.0986	3.6945	0.2701	1598	22.2	1570	9.3	1541	9.4
D1005-40	235.1231	1606.6881	0.14634	0.0685	1.4007	0.1471	883	25.9	889	7.4	885	5.7
D1005-41	254.4262	1720.1636	0.147908	0.0690	1.2615	0.1316	898	24.8	829	7.3	797	5.5
D1005-42	275.4897	625.2869	0.440581	0.0975	4.0388	0.2974	1577	15.7	1642	11.1	1678	13.1
D1005-43	170.7003	418.1114	0.408265	0.0962	3.8217	0.2854	1551	22.2	1597	13.3	1619	17.2
D1005-44	778.8945	985.6139	0.790263	0.1607	10.4727	0.4680	2465	16.1	2478	12.9	2475	21.5
D1005-45	385.7968	1099.1755	0.350987	0.0613	0.9094	0.1066	650	22.2	657	5.5	653	4.0
D1005-46	62.8590	538.1486	0.116806	0.0567	0.5472	0.0686	480	26.9	443	9.3	428	8.2
D1005-47	107.8264	435.3079	0.247701	0.0886	2.9118	0.2353	1395	22.1	1385	12.3	1362	13.9

致谢：感谢广东省佛山地质局邓中林高级工程师在百忙之中对本文提出了宝贵意见和建议；感谢蔡莉工程师给予岩矿鉴定方面的帮助。

参 考 文 献

[1] 邵有元，唐昌韩，等. 罗定幅 1:20 万区域地质测量报告书[R]. 广东：广东省地质局 763 队，1962.

SHAO you-yuan, TANG chang-han, et al. 1:200000 regional geological survey report in Luoding, Guangdong [R]. Guangdong. Geological survey of 763 team In Guangdong province, 1962.

[2] 彭少梅，符力奋，周国强，等. 云开地块构造演化及片麻状花岗质岩石的剪切深熔成因[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1995.

PENG Shao-mei, FU Li-fen, ZHOU Guo-qiang, et al. Tectonic

evolution of Yunkai massif and its shearing anatectic origin of gneissic granitic rocks [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1995.

[3] 王江海，孙大中，常向阳，等. 云开地块西北缘那蓬岩体的锆石 U-Pb 年龄 [J]. 矿物学报，1998，18 (2)：130～133.
WANG Jiang-hai, SUN Da-zhong, CHANG Xiang-yang, et al. U-Pb dating of the Napeng granite at the NW margin of the Yunkai block Guangdong, south China [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1998, 18 (2): 130～133.

[4] 郭良田，洪裕荣，刘辉东，等. 1:25 万阳春幅区域地质调查报告 [R]. 广东：广东省佛山地质局，2004.
GUO Liang-tian, HONG Yu-rong, LIU Hui-dong, et al. 1:250000 regional geological survey report in Yangchun, Guangdong [R]. Guangdong. Foshan Geological survey In Guangdong province, 2004.

[5] 莫柱孙，叶伯丹. 南岭花岗岩地质学 [M]. 北京：地质出版社，1980.
MO Zhu-sun, YE Bo-dan. Nanling granite geology [M]. Beijing: Geosciences Press, 1980.

[6] 贺同兴. 混合岩化作用的地质成因分类 [J]. 中国地质科学院院报，1987，16 (2)：95～98.
HE Tong-xing. Geological classification of migmatization [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1987, 16 (2): 95～98.

[7] 刘家远，王容嵘，吴郭泉. 区域变质－混合岩化－花岗岩形成连续演化的模式-地壳花岗岩类形成的一种重要途径 [J]. 桂林冶金地质学院学报，1990，10 (2)：109～117.
LIU Jia-yuan, WANG Rong-rong, WU Guo-quan. The successive evolution pattern of metamorphism-migmatization-granite generation: An important road of the formation of crustal granites [J]. Journal of Guilin College of Geology, 1990, 10 (2): 109～117.

[8] 吉雄. 云开地体罗定信宜地区多期构造演化史初探 [J]. 中山大学学报 (自然科学版)，1993，32 (4)：87～94.
JI Xiong. Tectonic evolution of Yunkai terrane, Guangdong province [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 1993, 32 (4): 87～94.

[9] 蔡明海，战明国，彭松柏，等. 云开地区中生代成矿地质背景及成矿动力学机制研究 [J]. 矿床地质，2002，21 (3)：264～269.
CAI Ming-hai, ZHAN Ming-guo, PENG Song-bai, et al. Study of Mesozoic metallogenic geological setting and dynamic mechanism in Yunkai Area [J]. Mineral Deposits, 2002, 21 (3): 264～269.

[10] 严成文，张献河，李宏卫，等. 粤西罗定内瀚岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 矿物学报，2014，34 (4)：481～486.
YAN Cheng-wen, ZHANG Xian-he, LI Hong-wei, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating and the geological significance of the Neihan granite, Luoding County, Guangdong Province, China [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2014, 34 (4): 481～486.

[11] Chung S L, Lo C H, Lan C Y, et al. Collision between the Indochina and South China blocks in the Early Triassic: Implications for the Indosinian orogeny and closure of eastern Paleo-Tethys [J]. Eos, 1999, 80: 1043.

THE PETROLOGY, GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ORIGIN OF THE NAPENG GRANITE MASS FORMED IN INDO-CHINA PERIOD IN THE WEST OF GUANGDONG PROVINCE

LI Kun, SUN Wan-cai, DENG Fei

(*Foshan Geological Bureau of Guangdong Province, Foshan* 528000, *China*)

Abstract: The Napeng granite mass is the product of migmatization and granitization, in which major lithologies are medium-fine grained (porphyritic) biotite monzonitic migmatitic granite and weak gneissic fine grained biotite monzonitic migmatitic granite, rich in a number of Al-rich minerals such as cordierite, fibrolite, bucholzite, andalusite and so on. The lithologies closed to the edge of Napeng granite mass are migmatitic gneiss and granitic gneiss, migrating to the surrounding rocks. By means of LA-ICP-MS Zircon U-Pb isotope dating on the medium-fine grained biotite monzonitic migmatitic granite, it is found that metamorphic zircons are the main zircons and few are magmatic zircons, and it is determined that the diagenetic age of the Napeng granite mass is 252 ± 1.9Ma, the early Triassic age, in the tectonic environment of collision orogeny.

Key words: the west of Guangdong Province; the Napeng granite mass; migmatization; granitization; Zircon U-Pb age; Early Triassic; collision orogeny