

那邦地区花岗片麻岩的锆石 U-Pb 年代学 及 Hf 同位素组成特征

马莉燕^{1,2}, 范蔚茗¹, 王岳军¹, 蔡永丰^{1,2}, 刘汇川^{1,2}

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所 同位素地球化学国家重点实验室, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院 大学, 北京 100049)

摘要: 滇西那邦地区三个花岗片麻岩样品的锆石 U-Pb 定年分别给出了 55.0 ± 0.5 Ma、 50.4 ± 1.3 Ma 以及 51.6 ± 1.1 Ma 的结晶年龄, 其 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 $-6.7 \sim +7.8$ 之间, 具有壳幔双源特征, 对应的二阶段模式年龄为 $0.63 \sim 1.55$ Ga。上述年龄的获得表明滇西那邦地区原划为前寒武纪的混合岩和花岗片麻岩至少有相当一部分形成于新生代。经与邻近腾冲-梁河花岗岩带及西藏冈底斯岩浆带的年代学对比, 认为沿冈底斯-那邦地区存在广泛的始新世岩浆事件, 其成因可能与印度板块和欧亚板块的初始碰撞有关。

关键词: 那邦地区; 锆石 U-Pb 年代学; Hf 同位素组成; 始新世岩浆作用

中图分类号: P597 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4552(2013)02-0273-011

0 引言

滇西特提斯造山带是研究青藏高原形成和抬升过程及其机制的重要组成部分。近几十年来, 其大地构造格局及其对全球特提斯演化的意义是研究者长期关注的热点。位于滇西盈江西部的那邦地区是东缅密支那缝合带在中国境内的出露区, 是欧亚板块碰撞的接触带, 也是新特提斯演化过程中保存信息相对完整的部位, 对它的研究将能更好地约束新特提斯构造演化, 能为建立该地区演化格架提供重要依据。自 20 世纪 80 年代以来, 许多学者针对滇西地区的地层(谭雪春等, 1982; 郭福祥, 1985)、古生物(盛金章和何炎, 1983)及其构造演化(陈吉琛, 1989; 范蔚茗, 1989; Tapponnier et al., 1982; Wang et al., 2006)开展了重要研究。近年在岩石学方面的研究更取得了新的突破, 如腾冲西洋壳残片的发现(季建清, 1998)及对那邦基性麻粒岩(季建清等, 1998, 2000a)和腾冲始新世基性岩的岩石

学及地球化学研究(蓝江波等, 2007; Xu et al., 2008)为揭示密支那缝合带的演化历史提供了重要约束。然而对于区内变质岩, 尤其是广泛出露的花岗片麻岩缺乏足够的研究, 特别是它们的年代学和 Hf 同位素组成数据尤为缺乏, 从而限制了对滇西那邦地区新特提斯构造演化的完整理解。基于此, 本文选择那邦地区花岗片麻岩的典型样品开展了相关工作, 获得了新的年代学和 Hf 同位素组成数据, 这些数据为理解印度与欧亚板块的碰撞时序提供了新的限定。

1 研究区地质背景

滇西南那邦地区位于喜马拉雅东构造结的南侧大转弯构造岩浆弧的南端。它的东侧通过高黎贡花岗岩带与保山地块相接, 西侧与密支那地块毗邻, 是印度板块与欧亚板块碰撞的拼接地带。以往的研究根据古生物、地层和岩石组合将其划属腾冲地块,

收稿日期: 2012-09-21; 改回日期: 2013-01-05

项目资助: 国家自然科学基金项目(批准号: 40825009, 41190073 和 40830319) 联合资助。

第一作者简介: 马莉燕(1984-), 女, 博士研究生, 矿物学岩石学矿床学方向。Email: maliyan_99@163.com

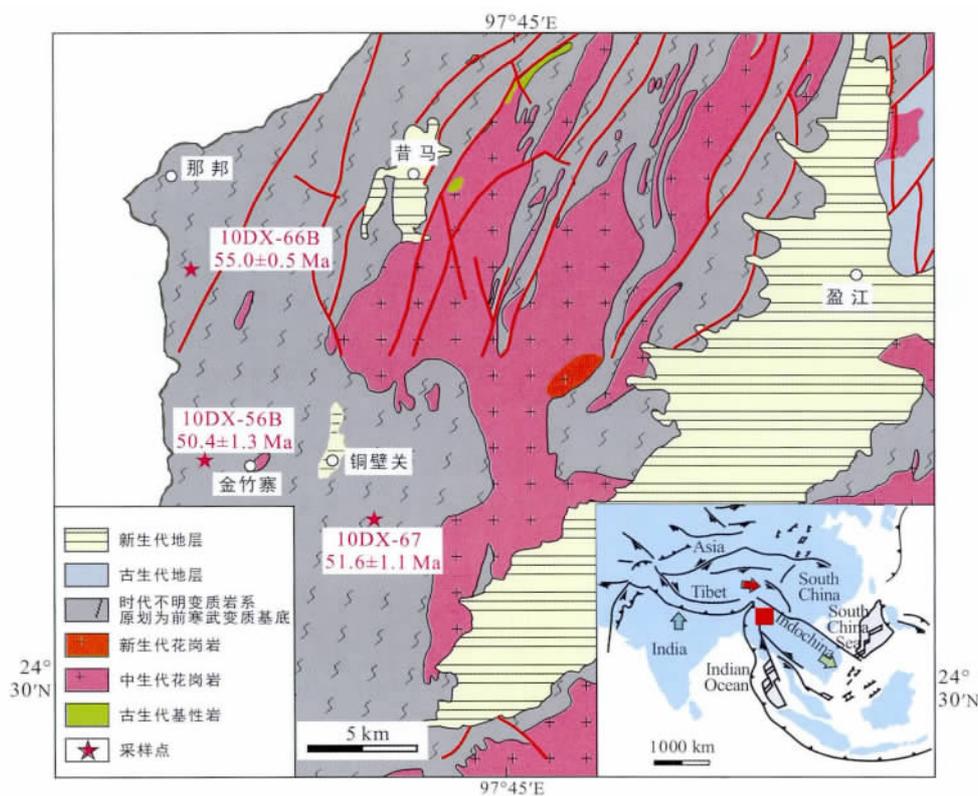


图 1 那邦地区地质简图 (据 1:20 万地质图盈江幅修编)

Fig. 1 Sketch geological map of the Nabang area of the western Yunnan province

其西界为缅甸境内的实皆断裂,东界为高黎贡剪切带(图 1)。针对该地块的构造属性有学者提出其在晚古生代仍然是冈瓦纳的一部分,直到晚中生代时才增生到欧亚板块 (Morley et al., 2001)。

腾冲地块主要由划属为元古代的变质岩系、晚古生代的碎屑岩-碳酸盐岩、中生代-新生代的花岗岩、花岗片麻岩和混合岩以及新生代火山-碎屑岩组成。其中,划为元古代的变质岩系最先被称为寒武系的“高良系”,在后来的 1:100 万下关幅中它以时代不明变质岩系来表示。在槟榔以西地区则被有疑问地划分至公养河群或上寒武统,在 1:20 万地质图路西幅及瑞丽幅中又将其不确定地划分至寒武系。在 1975 年编制的《云南省地层表》中称之为高黎贡山群,并将其划入前震旦系。在 1982 年出版的《云南省区域地质志》中仍将其划属高黎贡山群,认为其包含上下两个岩性段,其上段以黑云片麻岩、黑云变粒岩夹混合片麻岩及条带状片麻岩为主,下段为硅质岩、粉砂质板岩、变质砂岩、混合片麻岩及眼球状条纹片麻岩,其中混合片麻岩、眼球状条纹片麻岩和花岗片麻岩主要分布于铜壁关-那邦一线。

铜壁关-那邦一线混合岩、眼球状片麻岩和花岗片麻岩以云染状、条带状及片麻状构造为主。对于花岗片麻岩,区调报告常以条带状混合岩或是混合片麻岩来描述,其时代的划分由于缺乏可靠的年龄数据难以确定(张远志,1996)。上述岩石其矿物组成主要为石英和长石(约占总体含量 90%)。长石为自形-半自形的板状及柱状结构,而石英为它形粒状。暗色矿物以黑云母为主,偶见角闪石,它们呈近似定向分布,约占总体积 10%。这些岩石与周围划属前寒武纪的变质地层呈断层或者侵入接触关系,少量花岗片麻岩与基性岩共生,并被后期浅色长英质脉体所穿切。

2 分析方法

通过人工重砂法从新鲜的全岩样品分选出锆石,然后在双目显微镜下挑选出晶形好、无裂隙且透明干净的自形锆石颗粒,用环氧树脂固定并抛光。锆石 U-Pb 同位素测年以及 Hf 同位素分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成,所用的 ICPMS 为 Agilent 公司最新一代的带有 Shield Torch 的 Agilent 7500a。锆石原位 Lu-Hf 同位素测定采用

Nu Plasma HR (Wrexham , UK) 多接受电感耦合等离子体质谱仪 (MC-ICP-MS) 完成测试。采用的激光剥蚀系统为德国 MicroLas 公司生产的 Geo-Las200M, 该系统由德国 Lambda Physik 公司的 ComPex102 Excimer 激光器 (工作物质 ArF, 波长 193 nm) 与 MicroLas 公司的光学系统组成。锆石 U-Pb 定年及微量元素分析和锆石原位 Lu-Hf 同位素分析为同一台激光剥蚀系统, 对样品进行一次性剥蚀完成, 分别由 ICP-MS 与 MC-ICP-MS 两台仪器同时采集各自的信号, 可参见参考文献 (Yuan et al., 2008; 袁洪林等, 2003, 2007) 。激光剥蚀采用 He 作为剥蚀锆石的载气。剥蚀束斑直径为 44 μm , 频率为 10 Hz, 激光能量为 90 mJ, 每个分析点的气体背景采集时间为 30 s, 信号采集时间为 40 s。

年龄计算以标准锆石 91500 为外标进行同位素比值分馏校正, 同时以 ^{29}Si 作为内标, NIST610 为外

标来测定锆石中 U、Th 和 Pb 的含量。锆石 U-Pb 年龄计算统一使用软件 ICPMSDataCal (Liu et al., 2008) 计算处理, 加权平均年龄及谐和图的绘制使用 Isoplot3.0 完成, 分析及计算误差均为 2σ 。锆石原位 Lu-Hf 同位素测定使用 $^{176}\text{Lu}/^{175}\text{Lu} = 0.02669$ (Bièvre and Taylor, 1993) 和 $^{176}\text{Yb}/^{172}\text{Yb} = 0.5886$ (Chu et al., 2002) 进行同量异位干扰校正测定样品的 $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 和 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值。 ε_{Hf} 计算时 ^{176}Lu 衰变常数为 $1.867 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ (Scherer et al., 2001) 。计算 ε_{Hf} 和 Hf 模式年龄时, 球粒陨石和亏损地幔的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值分别为 0.282772 (Blichert-Toft and Albarède, 1997) 和 0.28325 (Vervoort et al., 1999) , 二阶段模式年龄计算中采用平均地壳的 $f_{\text{cc}} = -0.55$ 。样品的锆石 U-Pb 年代学和原位 Hf 同位素组成分析结果分别见表 1 和表 2。

表 1 滇西那邦地区花岗片麻岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测试分析数据表

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb analytical results of the granitic gneisses in the Nabang area in Western Yunnan

分析编号	Th/U	Isotope ratio						Age (Ma)			
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$
10DX-66B-01	0.39	0.0553	0.0036	0.0654	0.0050	0.0085	0.0002	64.3	4.7	54.7	1.2
10DX-66B-03	0.38	0.0504	0.0014	0.0594	0.0019	0.0086	0.0002	58.6	1.8	55.0	1.5
10DX-66B-04	0.46	0.0497	0.0017	0.0598	0.0021	0.0088	0.0002	59.0	2.0	56.3	1.3
10DX-66B-05	0.49	0.0619	0.0037	0.0737	0.0049	0.0086	0.0002	72.2	4.7	55.1	1.3
10DX-66B-06	0.51	0.0495	0.0015	0.0566	0.0017	0.0083	0.0002	55.9	1.7	53.6	1.3
10DX-66B-07	0.40	0.0529	0.0020	0.0626	0.0030	0.0085	0.0002	61.7	2.8	54.8	1.4
10DX-66B-08	0.63	0.0486	0.0036	0.0575	0.0058	0.0085	0.0002	56.8	5.6	54.5	1.3
10DX-66B-09	0.52	0.0508	0.0034	0.0608	0.0058	0.0086	0.0002	60.0	5.6	54.9	1.3
10DX-66B-10	0.45	0.0592	0.0024	0.0693	0.0039	0.0083	0.0003	68.0	3.7	53.5	1.7
10DX-66B-14	0.73	0.0471	0.0016	0.0571	0.0021	0.0088	0.0002	56.4	2.0	56.3	1.2
10DX-66B-15	0.35	0.0537	0.0045	0.0623	0.0061	0.0084	0.0002	61.4	5.9	54.0	1.5
10DX-66B-17	0.58	0.0472	0.0016	0.0556	0.0019	0.0086	0.0002	55.0	1.9	54.9	1.3
10DX-66B-18	0.38	0.0478	0.0013	0.0622	0.0022	0.0094	0.0003	61.3	2.1	60.5	1.9
10DX-66B-21	0.39	0.0498	0.0014	0.0595	0.0019	0.0087	0.0002	58.7	1.8	55.8	1.5
10DX-66B-22	0.28	0.0519	0.0028	0.0627	0.0058	0.0086	0.0003	61.7	5.5	55.3	1.7
10DX-66B-23	0.54	0.0487	0.0015	0.0563	0.0023	0.0084	0.0002	55.7	2.2	53.9	1.3
10DX-66B-24	0.50	0.0480	0.0020	0.0584	0.0024	0.0089	0.0002	57.7	2.3	57.0	1.4
10DX-66B-25	0.34	0.0488	0.0014	0.0562	0.0021	0.0084	0.0002	55.5	2.0	53.8	1.6
10DX-66B-26	0.41	0.0483	0.0015	0.0606	0.0022	0.0091	0.0002	59.8	2.1	58.6	1.4
10DX-66B-29	0.50	0.0485	0.0021	0.0585	0.0026	0.0088	0.0002	57.8	2.5	56.4	1.5
10DX-56B-01	0.04	0.0553	0.002	0.4598	0.0167	0.0601	0.0008	384.1	11.6	376.3	5.0
10DX-56B-02	0.74	0.0491	0.0038	0.0478	0.0036	0.0071	0.0001	47.4	3.5	45.4	0.9
10DX-56B-03	0.50	0.0492	0.0058	0.0497	0.0053	0.0075	0.0002	49.2	5.1	48.0	1.2
10DX-56B-04	0.43	0.0569	0.002	0.4534	0.0158	0.0575	0.0008	379.7	11.1	360.2	4.8
10DX-56B-05	0.67	0.0549	0.005	0.0556	0.0049	0.0075	0.0005	54.9	4.7	48.0	3.0
10DX-56B-06	0.34	0.0491	0.0084	0.0515	0.0086	0.0077	0.0002	51.0	8.3	49.7	1.4
10DX-56B-07	0.22	0.0556	0.0018	0.4631	0.0156	0.06	0.0009	386.4	10.8	375.6	5.3

(续表 1)

分析编号	Th/U	Isotope ratio						Age (Ma)			
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$
10DX-56B-08	0.32	0.0496	0.0031	0.0561	0.0032	0.0082	0.0002	55.4	3.1	52.9	1.4
10DX-56B-09	0.84	0.0572	0.0028	0.4661	0.0213	0.0591	0.0013	388.5	14.7	370.0	7.9
10DX-56B-10	0.59	0.0522	0.0065	0.0694	0.0086	0.0096	0.0003	68.1	8.2	61.9	1.8
10DX-56B-11	0.52	0.0492	0.0054	0.0521	0.0056	0.0077	0.0002	51.5	5.4	49.5	1.4
10DX-56B-12	0.08	0.0557	0.0018	0.5217	0.0169	0.0677	0.001	426.3	11.3	422.3	6.0
10DX-56B-13	0.07	0.0555	0.0019	0.548	0.0192	0.0714	0.0011	443.7	12.6	444.3	6.6
10DX-56B-14	0.23	0.0454	0.0051	0.0465	0.0051	0.0075	0.0002	46.1	5.0	48.0	1.3
10DX-56B-15	0.65	0.0495	0.0043	0.0519	0.0043	0.0076	0.0002	51.3	4.2	49.1	1.3
10DX-56B-16	0.44	0.0546	0.0039	0.3657	0.0279	0.0483	0.0015	316.4	20.8	304.2	9.5
10DX-56B-17	0.76	0.0463	0.0026	0.0529	0.003	0.0083	0.0002	52.4	2.9	53.1	1.0
10DX-56B-18	0.06	0.056	0.0018	0.5246	0.0164	0.0677	0.0009	428.2	10.9	422.3	5.5
10DX-56B-19	0.81	0.0494	0.0025	0.0547	0.0026	0.008	0.0001	54.1	2.5	51.5	1.0
10DX-56B-20	0.24	0.0567	0.0023	0.4342	0.0221	0.0553	0.002	366.1	15.6	346.8	12.5
10DX-56B-22	0.40	0.0564	0.0029	0.6419	0.0352	0.0821	0.0018	503.5	21.8	508.7	11.0
10DX-56B-23	0.90	0.0487	0.0031	0.0514	0.003	0.0077	0.0002	50.9	2.9	49.5	1.1
10DX-56B-24	0.13	0.0558	0.0019	0.5232	0.0176	0.0677	0.0008	427.3	11.7	422.4	5.0
10DX-56B-25	0.37	0.0473	0.005	0.0524	0.0055	0.008	0.0002	51.8	5.3	51.6	1.3
10DX-67-01	0.61	0.0495	0.0018	0.0523	0.002	0.0077	0.0002	51.8	1.9	49.6	1.1
10DX-67-02	0.69	0.0484	0.0036	0.0729	0.0069	0.0108	0.0003	71.4	6.5	69.0	1.8
10DX-67-03	0.12	0.0433	0.001	0.1171	0.0055	0.0197	0.0008	112.5	5.0	125.7	5.2
10DX-67-04	0.18	0.0458	0.001	0.1203	0.0064	0.0192	0.001	115.3	5.8	122.3	6.1
10DX-67-06	0.76	0.0469	0.0011	0.1215	0.0043	0.0189	0.0006	116.5	3.9	120.9	4.0
10DX-67-07	1.11	0.0465	0.0012	0.0506	0.0014	0.0079	0.0002	50.1	1.4	51.0	1.2
10DX-67-08	0.60	0.047	0.0014	0.0539	0.0017	0.0084	0.0002	53.3	1.6	53.6	1.3
10DX-67-09	0.84	0.0508	0.0015	0.0636	0.0019	0.0092	0.0002	62.7	1.9	58.7	1.3
10DX-67-10	0.70	0.0496	0.0013	0.0541	0.0016	0.0079	0.0002	53.5	1.5	51.0	1.2
10DX-67-11	0.51	0.0495	0.0014	0.0544	0.0015	0.008	0.0002	53.8	1.5	51.6	1.2
10DX-67-12	0.81	0.0463	0.0012	0.0538	0.0016	0.0085	0.0002	53.2	1.5	54.4	1.3
10DX-67-13	0.64	0.0661	0.0016	0.6487	0.0157	0.0718	0.0018	507.7	9.7	447.2	10.9
10DX-67-15	0.61	0.0528	0.0021	0.0575	0.0023	0.0079	0.0002	56.8	2.2	51.0	1.2
10DX-67-17	0.64	0.0514	0.0019	0.0568	0.0021	0.008	0.0002	56.1	2.0	51.6	1.3
10DX-67-19	0.21	0.054	0.0013	0.0621	0.0015	0.0084	0.0002	61.2	1.4	53.6	1.2
10DX-67-20	0.43	0.0561	0.0027	0.069	0.0039	0.0089	0.0002	67.7	3.7	56.9	1.4
10DX-67-21	0.92	0.0493	0.0013	0.0559	0.0017	0.0082	0.0002	55.2	1.7	52.8	1.3
10DX-67-22	0.46	0.0499	0.0011	0.0529	0.0012	0.0077	0.0002	52.3	1.1	49.4	1.1
10DX-67-25	0.74	0.0514	0.0015	0.0617	0.0033	0.0087	0.0004	60.7	3.1	55.7	2.6

注: 由于样品较为年轻, 它们的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值往往不易于测准, 所以这里不予以列出。

3 分析结果

用于分析的三个样品均为采集自沿铜壁关至那邦公路的花岗片麻岩。其中出露于盈江县那邦南部采石场的花岗片麻岩样品 10DX-66B ($\text{N}24^{\circ}42.501'$, $\text{E}97^{\circ}34.754'$) 被后期的浅色脉体穿切, 其暗色矿物定向分布。主要矿物为长石 (约 40%) 及它形粒状石英 (约 50%), 次要矿物为黑云母 (约 4%) 和角闪石 (5%), 副矿物为锆石及磷灰

石 (约占 1%) 等。长石在显微镜下见聚片双晶, 同时部分聚片双晶明显变形, 角闪石见被黑云母及石英交代形成溶蚀边 (图 2a)。

选自该样品的锆石为半透明 - 透明的自形晶体, 形态多为柱状。锆石颗粒沿长轴的粒径变化于 100 ~ 200 μm 。晶面以 $\{100\}$ 和 $\{111\}$ 发育, 偶尔可见 $\{321\}$ 。它们在阴极发光的图像上 (图 3a), 可见较为明显的震荡环带, 为岩浆锆石 (图 3a)。样品共分析了 20 颗锆石的 U-Pb 同位素组成, 其中 18

表 2 滇西那邦地区花岗片麻岩 LA-ICP-MS 锆石 Hf 同位素测试分析数据表

Table 2 LA-ICP-MS zircon Hf analytical results of the granitic gneisses at the Nabang area from Western Yunnan

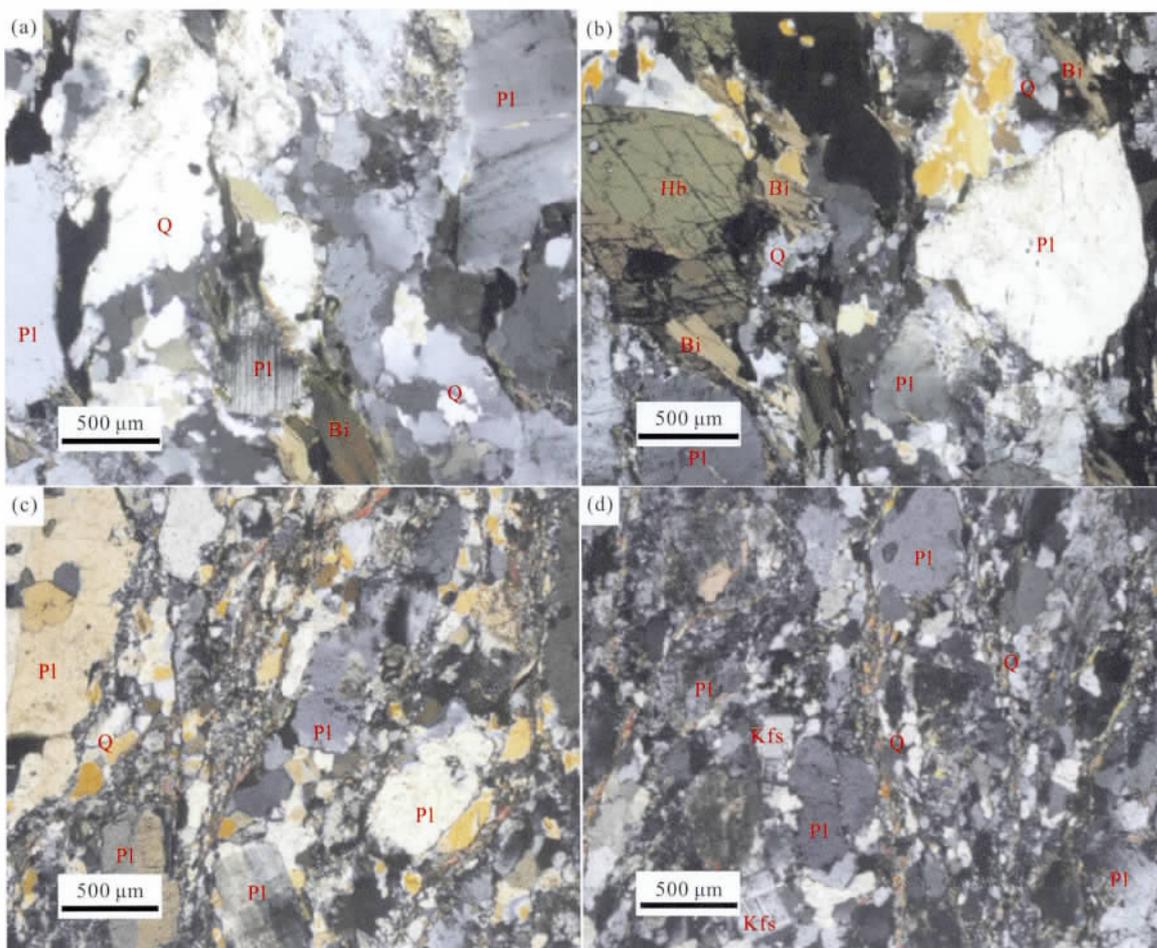
分析点	Age (Ma)	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$	1σ	$t_{\text{DM}}(\text{Ga})$	$t_{\text{DM2}}(\text{Ga})$
10DX-66B-01	55	0.010828	0.000467	0.282899	0.000023	5.66	0.79	0.49	0.77
10DX-66B-03	55	0.014360	0.000586	0.282793	0.000037	1.93	1.29	0.64	1.01
10DX-66B-04	56	0.013970	0.000601	0.282796	0.000038	2.06	1.32	0.64	1.00
10DX-66B-05	55	0.013024	0.000550	0.282778	0.000031	1.41	1.07	0.66	1.04
10DX-66B-06	54	0.010852	0.000472	0.282860	0.000034	4.26	1.18	0.55	0.86
10DX-66B-07	55	0.019291	0.000776	0.282873	0.000017	4.76	0.60	0.53	0.83
10DX-66B-08	55	0.011997	0.000511	0.282959	0.000018	7.80	0.62	0.41	0.63
10DX-66B-09	55	0.017462	0.000768	0.282839	0.000027	3.54	0.96	0.58	0.90
10DX-66B-11	49	0.012452	0.000509	0.282849	0.000024	3.79	0.84	0.56	0.88
10DX-66B-14	56	0.016043	0.000654	0.282937	0.000042	7.06	1.48	0.44	0.68
10DX-66B-15	54	0.007783	0.000366	0.282894	0.000019	5.47	0.65	0.50	0.78
10DX-66B-17	55	0.011404	0.000485	0.282912	0.000017	6.14	0.59	0.48	0.74
10DX-66B-20	59	0.017244	0.000732	0.282869	0.000053	4.70	1.86	0.54	0.83
10DX-66B-21	56	0.015322	0.000655	0.282952	0.000018	7.56	0.63	0.42	0.65
10DX-66B-23	54	0.015158	0.000638	0.282816	0.000018	2.72	0.62	0.61	0.96
10DX-66B-24	57	0.017410	0.000710	0.282937	0.000061	7.07	2.14	0.44	0.68
10DX-66B-26	59	0.018078	0.000764	0.282822	0.000020	3.01	0.71	0.61	0.94
10DX-66B-29	56	0.014388	0.000572	0.282958	0.000019	7.78	0.67	0.41	0.63
10DX-67-01	50	0.024157	0.000915	0.282659	0.000012	-2.94	0.42	0.84	1.31
10DX-67-02	69	0.034994	0.001292	0.282597	0.000015	-4.74	0.54	0.94	1.44
10DX-67-03	126	0.032489	0.001043	0.282447	0.000013	-8.83	0.46	1.14	1.74
10DX-67-04	122	0.041401	0.001727	0.282607	0.000013	-3.31	0.45	0.93	1.39
10DX-67-06	121	0.058280	0.002057	0.282682	0.000017	-0.69	0.59	0.83	1.22
10DX-67-07	51	0.023027	0.000848	0.282742	0.000011	0.05	0.37	0.72	1.12
10DX-67-08	54	0.024554	0.001000	0.282593	0.000012	-5.19	0.43	0.93	1.46
10DX-67-09	59	0.040138	0.001592	0.282684	0.000020	-1.88	0.71	0.82	1.25
10DX-67-10	51	0.031477	0.001201	0.282570	0.000014	-6.06	0.47	0.97	1.51
10DX-67-11	52	0.026363	0.001028	0.282660	0.000015	-2.88	0.52	0.84	1.31
10DX-67-12	54	0.029045	0.001136	0.282652	0.000014	-3.08	0.50	0.85	1.32
10DX-67-13	447	0.034336	0.001282	0.282426	0.000015	-2.78	0.52	1.18	1.61
10DX-67-15	51	0.077088	0.002981	0.282554	0.000019	-6.64	0.66	1.04	1.55
10DX-67-17	52	0.026487	0.000991	0.282685	0.000013	-2.05	0.45	0.80	1.25
10DX-67-19	54	0.039295	0.001495	0.282586	0.000011	-5.44	0.40	0.96	1.47
10DX-67-20	57	0.014546	0.000620	0.282687	0.000011	-1.77	0.38	0.79	1.24
10DX-67-21	53	0.032408	0.001193	0.282573	0.000014	-5.94	0.47	0.97	1.50
10DX-67-22	49	0.077088	0.002981	0.282554	0.000019	-6.72	0.66	1.04	1.55
10DX-67-25	56	0.034306	0.001268	0.282633	0.000014	-3.74	0.49	0.88	1.37

锆石进行了原位 Hf 同位素组成测定。所测定锆石的 Th/U 比值变化于 0.28 ~ 0.73 之间 (表 1)。锆石的年龄数据集中地落在 U-Pb 谐和线上,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄介于 53.5 ~ 60.5 Ma 之间,去掉两个年龄较大的点 (10DX-66B-18, -26) 所获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 55.0 ± 0.5 Ma ($n = 18$, MSWD = 2.2; 图 4a)。

样品 Hf 同位素组成结果如图 5 及表 2 所示,

其 $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 比值均小于 0.002, $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值 = $0.282778 \sim 0.282959$, 加权平均值为 0.282886 ± 0.000029 ($1\sigma, n = 18$), 对应的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +1.41 到 +7.80, 其二阶段模式年龄为 0.63 ~ 1.04 Ga。

10DX-56B 采集自盈江地区铜壁关西侧 (图 1, N24°36.812', E97°35.513')。该样品具片麻状构造, 中细粒花岗结构, 其主要矿物为长石 (含量约 40%)、石英 (含量约 55%)、黑云母 (约占 5%) 及



Pl. 长石; Q. 石英; Bi. 黑云母; Hb. 角闪石; Kfs. 钾长石。

图 2 花岗片麻岩显微镜照片 (+) (a-b: 10DX-66B; c-d: 10DX-67)

Fig. 2 Microscope photos of granitic gneisses in the Nabang area of Western Yunnan

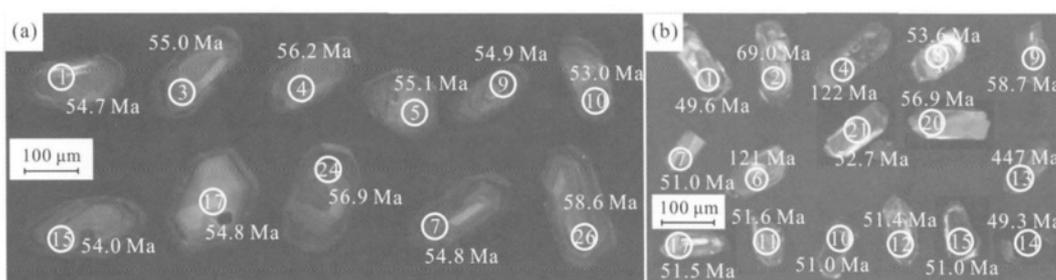


图 3 样品 10DX-66B (a) 及 10DX-67 (b) 代表性锆石颗粒阴极发光图像

Fig. 3 Cathodoluminescence images of representative zircons from the granitic gneisses in the Nabang area

少量副矿物(如磷灰石、锆石和榍石等)。共测试了 24 颗锆石(图 4b), 其中 14 个点给出了 46 ~ 55 Ma 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄, 其加权年龄平均值为 $50.4 \pm 1.3 \text{ Ma}$ (MSWD = 9.2, $n = 11$), 这些颗粒自形, 锆石长宽比大于等于 2, 其中 {111} 发育, {321} 面偶尔可见, 它们的 Th/U 比值变化于 0.23 ~ 0.90, 其 CL 图像显示出清晰的韵律环带结构, 在此将该年龄

解释为样品的结晶年龄。另外 11 个点给出了 366 ~ 503 Ma 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄, 这些锆石较自形, 锆石颗粒的长宽比接近 2, 呈板状, 它们的 {321} 晶面较为发育, Th/U 比值变化于 0.04 ~ 0.84, 在 CL 图像上, 部分锆石具有明显的震荡环带而部分锆石有着复杂的内部结构, 解释为继承锆石。这些分析点普遍偏离谐和线, 但构成一条不谐和线, 其上交点

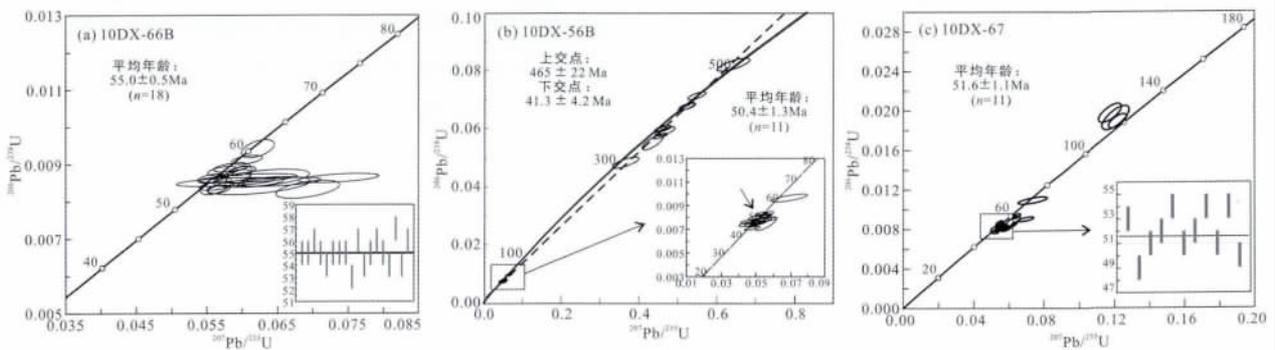


图 4 那邦花岗片麻岩 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 年龄谱和图

Fig. 4 Zircon U-Pb concordia diagrams for the granitic gneisses in the Nabang area of Western Yunnan

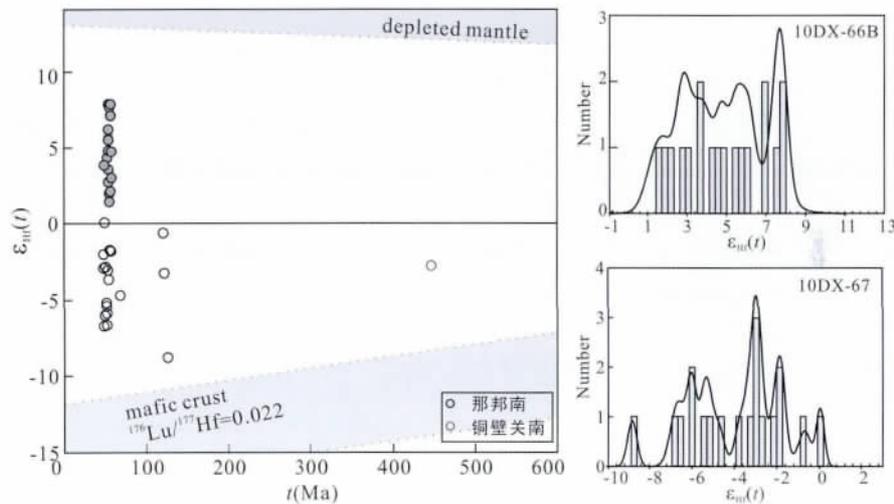


图 5 那邦地区花岗片麻岩的 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ - t 图解

Fig. 5 Zircon $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ - age (Ma) diagram for the granitic gneisses in the Nabang area of Western Yunnan

年龄为 465 ± 22 Ma, 解释为花岗片麻岩原岩的结晶年龄。

样品 10DX-67 样品采自铜壁关东南侧 (图 1) ($N24^{\circ}35.074'$, $E97^{\circ}41.139'$) 为花岗片麻岩, 中细粒半自形结构, 主要矿物为长石及石英。其中石英约 50%, 长石以微斜长石及碱性长石为主 (含量约 40%), 次要矿物为黑云母和角闪石 (含量约为 10%) (图 2c-d)。锆石为无色半透明, 大部分为较自形长柱状, 其大小相对均一, 长宽比约为 4, 粒径长 80 ~ 120 μm , 平均长度为 100 μm 。阴极发光图像上环带清晰, 以岩浆锆石为主, 少量锆石内部结构不清 结合年龄分析结果, 推测可能为继承锆石(图 3b)。所分析的 19 个点中有 4 个点给出了较老的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄, 其中点 10DX-67-3, -4, -6 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄为 121 ~ 126 Ma, 这些锆

石自形, 颗粒的长宽比大于 2, 锆石环带显示复杂的结构(与海绵环带结构类似), 大部分锆石的 Th/U 变化大于 0.12 ~ 0.76 之间, 它们的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值介于 0.282447 至 0.282682 之间, 对应的 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 范围是 -0.69 到 -8.83, 其二阶段 Hf 模式年龄为 1.22 ~ 1.74 Ga。点 10DX-67-13 给出了 447 Ma 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄, 这一年龄解释为继承锆石年龄。它的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值为 0.282426, 对应的 Hf 模式年龄为 1.61 Ga。其他的 15 个颗粒均落在锆石 U-Pb 年龄谱和线上(图 4c), 其 Th/U 为 0.21 ~ 1.11。集中给出了 51.6 ± 1.1 Ma 的加权平均年龄 (MSWD = 7.6, $n = 11$)。样品的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值变化于 0.282554 ~ 0.282742 之间, 平均值为 0.282638 ± 0.000037 。相应的 $\epsilon_{\text{Hf}}(t) = +0.1 \sim -6.7$, 二阶段模式年龄为 1.12 ~ 1.55 Ga(图 5, 表 2)。

4 讨论

4.1 花岗片麻岩中继承锆石年龄的思考

对滇西那邦地区的正片麻岩锆石 U-Pb 测定结果表明: 其中含有 450 ~ 500 Ma、120 Ma 和 70 Ma 左右的多组继承锆石年龄。10DX-56B 样品中包含早古生代约 450 ~ 500 Ma 的继承锆石年龄(表 1, 图 4) 并给出了 465 ± 22 Ma 的上交点年龄, 应代表了源区岩浆岩的结晶年龄, 这些继承锆石与岩浆成因的锆石形态特征相似, 自形的继承锆石表明原岩经历的搬运距离不远, 指示岩石可能是该地区对应时期岩浆作用重融的产物。这一时期在邻近的保山地块出露有形成年龄为 490 ~ 470 Ma 的早古生代花岗岩 (DeCelles et al., 2000; Liu et al., 2009)。该年龄与印度板块内部及喜马拉雅造山带中发育大量该时代的花岗质岩石年龄一致 (宋述光等, 2007; Yin, 2006; DeCelles et al., 2000)。这些岩体的物源主要来自基底物质的贡献, 被认为是泛非运动后期事件的岩浆记录, 同时也是该地块属于冈瓦纳微陆块的证据之一 (Chen et al., 2007; Liu et al., 2009)。结合其地理位置因素及对应的事件表明, 那邦地区可能受到了泛非-早古生代造山事件的影响。另外, 还获得了中生代白垩纪的继承锆石年龄(表 1, 图 4) 其中部分锆石环带复杂(图 3b) 且对应的 Th/U 比值 < 0.1 , 这些继承锆石较为自形, 可能是原地岩石发生重新结晶的结果, 其对应的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 $-0.7 \sim -8.3$, 显示明显的地壳物质组分的参与。区域上, 该年龄可以与拉萨地块的冈底斯花岗岩岩浆带及其向南延伸的贡山-高黎贡山花岗岩岩浆带进行对比 (陈福坤等, 2006; 杨启军等, 2006), 也与梁河东南的钾长花岗岩形成年龄 (115 Ma; 谢韬等, 2010) 相近, 表明那邦地区可能存在白垩纪岩浆记录。而少量约 70 Ma 具有岩浆锆石特征的继承锆石 ($\varepsilon_{\text{Hf}}(t) < 0$) 与季建清 (2000b) 那邦北部获得的石榴石以及辉石的 Ar-Ar 年龄 (~ 70 Ma) 一致, 表明研究区或者保存有与新特提斯的俯冲有关的地质记录。

4.2 始新世早期 (50 ~ 55 Ma) 花岗片麻岩的构造意义

前人根据那邦地区花岗片麻岩与腾冲高黎贡群具有相似的变质程度和岩性特征, 而将那邦地区广为发育的混合片麻岩、眼球状条纹片麻岩和花岗片麻岩划属为高黎贡群, 代表了一套前寒武纪的变质基底。有限的年代学数据也主要是根据全岩 Rb-Sr

等时线法和矿物 K-Ar 法等所获得的, 由于测年方法的局限导致对这些年龄的解译具有不确定性, 因而制约了对那邦地区花岗片麻岩形成时代的限定。

此次研究表明: 那邦-铜壁关地区花岗片麻岩的激光锆石 U-Pb 年龄分别为 55.0 ± 0.5 Ma、 50.4 ± 1.3 Ma 以及 51.6 ± 1.1 Ma, 表明盈江地区 1:20 万地质图上原划分为高黎贡群或者上寒武统变质岩系至少有部分是始新世岩浆作用产物。同期的花岗岩在西藏冈底斯花岗岩带有大量报道 (莫宣学等, 2005), 并且被认为代表了主碰撞产物 (莫宣学, 2009)。在研究区的西边缅甸著名的 Mogok 变质带中, 也获得过少量相似的花岗岩年龄 (Searle et al., 2007; Liang et al., 2008)。上述样品的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 $-6.7 \sim +0.05$ 和 $+1.41 \sim +7.80$ 之间, 显示了不同的物源组分的参与。两者地域上存在差别, 其中那邦地区东侧 (铜壁关) 以样品 10DX-67 为代表, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 $-6.7 \sim +0.05$, 表明物源以地壳组分参与为主, 而那邦地区西侧 (那邦) 以样品 10DX-66B 为代表, 明显大于零的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值表明其花岗质岩浆源区很可能与新近地幔派生岩浆的参与关系密切 (图 5)。

董方洵等 (2006) 根据云母 Ar-Ar 定年结果及相应的地球化学数据推断古新世的岩浆成因, 认为该时期腾冲的二长花岗岩和正长花岗岩属于地壳来源的富钾钙碱性花岗岩。而在西藏的冈底斯, 该时期的岩浆作用较为广泛, 岩石类型从基性岩-中性喷出岩-酸性岩均有分布。莫宣学 (2009) 提到展布于谢通门-南木林-尼木-曲水一带花岗岩, 含有丰富的暗色镁铁质微粒包体及其他岩浆混合作用标志, 它们的锆石 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 均为正值, 也表明具有新生地幔物质组分的参与。对腾冲和西藏冈底斯的这类花岗岩成因多解释为同碰撞阶段岩浆作用产物 (莫宣学, 2009, 2011)。但是新生地幔物质的输入通常应该与俯冲的背景有关而不在地壳加厚背景下发育。考虑到目前大部分观点认为印度与亚洲板块碰撞的时间开始在 50 ~ 55 Ma (Klootwijk et al., 1992; Hodges, 2000; Leech et al., 2005; Najman et al., 2005; Xu et al., 2008), 我们认为 50 ~ 55 Ma 的始新世那邦花岗质片麻岩形成于新特提斯板片向碰撞过渡的构造环境中。也就是说, 印度-亚洲板块的碰撞不应该早于 ~ 55 Ma。这个推论可以得到沿着东喜马拉雅的产出的峰期变质年龄为 40 ~ 47 Ma 的透镜状高温低压的麻粒岩及角闪岩的 ($T = 760 \sim 790$ °C, $P = 0.67 \sim 0.69$ GPa) 支持 (作者未发表数

据) ,它们与冈底斯岩浆弧有关 ,很有可能记录软流圈通过板片窗上涌的热变质事件(如那邦地区 ,抹谷变质带 ,南迦巴瓦; 夏斌等 ,2008 ,2009; 李峰等 ,2010; Hughes et al. ,2000; Ding et al. ,2001; Kohn and Parkinson ,2002; Barley et al. ,2003) 。在腾冲 - 梁河及高黎贡山地区 ,40 ~ 42 Ma 基性岩岩墙具有板内特征 ,分别来自于软流圈及富集的地幔岩石圈是新特提斯板片裂离的响应(Xu et al. ,2008) 。

5 结 论

(1) 那邦地区花岗片麻岩三个样品的锆石 U-Pb 年龄分别为 55.0 ± 0.5 Ma、 50.4 ± 1.3 Ma 以及 51.6 ± 1.1 Ma ,并非原先认为的寒武系或者前寒武系的变质岩系。

(2) 样品的锆石 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 $+1.41 \sim +7.80$ 和 $+0.1 \sim -6.7$ 间 ,Hf 二阶模式年龄分别介于 $0.63 \sim 1.04$ Ga 和 $1.12 \sim 1.55$ Ga 之间 ,其花岗质岩浆源区很可能与新近地幔派生岩浆的参与关系密切。

(3) 那邦地区的花岗片麻岩形成于俯冲 - 碰撞过渡的构造环境 ,指示印度板块与欧亚板块碰撞不早于 ~ 55 Ma。

致谢: 感谢审稿人对本文提出的宝贵意见 ,感谢西北大学大陆动力学国家重点实验室张红博士在测试过程中提供的辛勤劳动和无私帮助。

参考文献(References) :

陈吉琛. 1989. 滇西花岗岩类形成的构造环境及岩石特征. 云南地质, 8(3-4): 205-212.

陈福坤, 李秋立, 王秀丽, 李向辉. 2006. 滇西地区腾冲地块东侧混合岩锆石年龄和 Sr-Nd-Hf 同位素组成. 岩石学报, 22(2): 439-448.

董方浏, 侯增谦, 高永丰, 曾普胜, 蒋成兴. 2006. 滇西腾冲新生代花岗岩: 成因类型与构造意义. 岩石学报, 23(4): 928-937.

范蔚茗. 1989. 腾冲地洼区——一个复合型地洼区. 大地构造与成矿学, 13(1): 57-67.

郭福祥. 1985. 滇西上古生界分区和板块构造. 云南地质, (3): 217-233.

蓝江波, 徐义刚, 杨启军. 2007. 滇西高黎贡带 ~40Ma OIB 型基性岩浆活动: 消减带特提斯洋洋片与印度板块断离的产物? 岩石学报, 23(6): 1334-1346.

李峰, 陈琿, 鲁文举, 罗思亮. 2010. 云南澜沧老厂花岗斑岩形成年龄及地质意义. 大地构造与成矿学, 34(1):

84-91.

季建清. 1998. 腾冲地块西缘岛弧地体中发现洋壳残片. 地学前缘, 5(3): 50.

季建清, 钟大赉, 丁林, 韩秀伶. 1998. 中缅边界那邦变质基性岩的两期变质作用及其构造意义. 岩石学报, 14(2): 36-48.

季建清, 钟大赉, 陈昌勇. 2000a. 滇西南那邦变质基性岩地球化学与俯冲板片裂离. 岩石学报, 16(3): 433-442.

季建清, 钟大赉, 桑海清, 裘翼, 胡世玲. 2000b. 滇西南那邦变质基性岩两期变质作用的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究. 岩石学报, 16(2): 227-232.

莫宣学, 董国臣, 赵志丹, 周肃, 王亮亮, 邱瑞照, 张风琴. 2005. 西藏冈底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息. 高校地质学报, 11(3): 281-290.

莫宣学. 2009. 青藏高原岩体成因研究: 成果与展望. 地质通报, 28(12): 1693-1703.

莫宣学. 2011. 岩浆作用与青藏高原演化. 高校地质学报, 17(3): 351-367.

盛金章, 何炎. 1983. 滇西二叠纪 *Shanita-Hemigordius* (*Hemigordiopsis*) 有孔虫动物群. 古生物学报, (1): 55-60, 136.

宋述光, 季建清, 魏景春, 苏犁, 郑亚东, 宋彪, 张立飞. 2007. 滇西北怒江早古生代片麻状花岗岩的确定及其构造意义. 科学通报, 52(8): 927-930.

谭雪春, 董致中, 秦德厚. 1982. 滇西保山地区下泥盆统兼论志留-泥盆系的分界. 地层学杂志, (3): 199-208.

夏斌, 林清茶, 张玉泉, 梁华英, 徐力峰, 李建峰, 王彦斌. 2009. 印度与欧亚两大陆块碰撞时间的厘定: 来自锆石 SHRIMP U-Pb 年龄的证据. 地质学报, 83(3): 347-352.

夏斌, 徐力峰, 张玉泉, 邓雄业, 李建峰, 韦振权, 王彦斌. 2008. 西藏南部谢通门花岗闪长岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义. 大地构造与成矿学, 32(2): 238-242.

谢韬, 林仕良, 丛峰, 李再会, 邹光富, 李军敏, 梁婷. 2010. 滇西梁河地区钾长花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及其地质意义. 大地构造与成矿学, 34(3): 419-428.

杨启军, 徐义刚, 黄小龙, 罗震宇. 2006. 高黎贡构造带花岗岩的年代学和地球化学及其构造意义. 岩石学报, 22(4): 817-834.

袁洪林, 吴福元, 高山, 柳小明, 徐萍, 孙德友. 2003. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析. 科学通报, 48(14): 1511-1520.

袁洪林, 高山, 罗彦, 宗春蕾, 戴梦宁, 柳小明, 第五春荣. 2007. Lu-Hf 年代学研究——以大别榴辉岩为例. 岩石学报, 23(2): 233-239.

张远志. 1996. 云南省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社: 1-366.

- Barley M, Pickard A, Zaw K, Rak P and Doyle M. 2003. Jurassic to Miocene magmatism and metamorphism in the Mogok metamorphic belt and the India-Eurasia collision in Myanmar. *Tectonics*, 22: 1019.
- Bièvre D P and Taylor P D. 1993. Table of the isotopic compositions of the elements. *International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes*, 123(2): 149 - 166.
- Blichert-Toft J and Albarède F. 1997. The Lu-Hf isotope geochemistry of Chondrites and the evolution of the mantle-crust system. *Earth and Planetary Science Letters*, 148(1-2): 243 - 258.
- Chen F K, Li X H, Wang X L, Liu Q L and Siebei W. 2007. Zircon age and Nd-Hf isotopic composition of the Yunnan Tethyan belt, southwestern China. *International Journal of Earth Sciences*, 96(6): 1179 - 1194.
- Chu N C, Taylor R N, Chavagnac V, Nesbitt R W, Boella R M, Mitton J A, German C R, Bayon G and Burton K. 2002. Hf isotope ratio analysis using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry: An evaluation of isobaric interference corrections. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 17: 1567 - 1574.
- DeCelles P G, Gehrels G E, Quade J, LaReau B and Spurlin M. 2000. Tectonic implications of U-Pb zircon ages of the Himalayan Orogenic Belt in Nepal. *Science*, 288: 497 - 499.
- Ding L, Zhong D, Yin A, Kapp P and Harrison T M. 2001. Cenozoic structural and metamorphic evolution of the eastern Himalayan syntaxis (Namche Barwa). *Earth and Planetary Science Letters*, 192(3): 423 - 438.
- Hodges K V. 2000. Tectonics of the Himalaya and southern Tibet from two perspectives. *Geological Society of America Bulletin*, 112(3): 324 - 350.
- Hughes R W, Galibert O, Bosshart G, Ward F, Oo T, Smith M, Sun T T and Harlow G E. 2000. Burmese jade: The inscrutable gem. *Gems & Gemology*, 36: 2 - 25.
- Klootwijk C T, Gee J S, Peirce J W, Smith G M and McFadden P L. 1992. An early India-Asia contact: Paleomagnetic constraints from Ninetyeast Ridge, ODP Leg 121. *Geology*, 20: 395 - 398.
- Kohn M J and Parkinson C D. 2002. Petrologic case for Eocene slab breakoff during the Indo-Asian collision. *Geology*, 30: 591 - 594.
- Leech M L, Singh S, Jain A K, Klempner S L and Manickavasagam R M. 2005. The onset of India-Asia continental collision: Early, steep subduction required by the timing of UHP metamorphism in the western Himalaya. *Earth and Planetary Science Letters*, 234: 83 - 97.
- Liang Y H, Chung S L, Liu D, Xu Y, Wu F Y, Yang J H, Wang Y and Lo C H. 2008. Detrital zircon evidence from Burma for reorganization of the eastern Himalayan river system. *American Journal of Science*, 308(4): 618 - 638.
- Liu S, Hu R Z, Gao S, Feng C X, Huang Z, Lai S, Yuan H, Liu X, Coulson I M and Feng G. 2009. U-Pb Zircon, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints on the age and origin of Early Palaeozoic I-type granite from the Tengchong-Baoshan Block, Western Yunnan Province, SW China. *Journal of Asian Earth Science*, 36: 168 - 182.
- 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.
- Morley C K, Woganan N, Sankumarn N, Hoon T B, Alief A and Simmons M. 2001. Late Oligocene-Recent stress evolution in rift basins of Northern and Central Thailand: Implications for escape tectonics. *Tectonophysics*, 334: 115 - 150.
- Najman Y, Carter A, Oliver G and Garzanti E. 2005. Provenance of Eocene foreland basin sediments, Nepal: Constraints to the timing and diachroneity of early Himalayan orogenesis. *Geology*, 33: 309 - 312.
- Scherer E, Münker C and Mezger K. 2001. Calibration of the lutetium-hafnium clock. *Science*, 293: 683 - 687.
- Searle M P, Noble S R, Cottle J M, Waters D J, Mitchell A H G, Hlaing T and Horstwood M S A. 2007. Tectonic evolution of the Mogok metamorphic belt, Burma (Myanmar) constrained by U-Th-Pb dating of metamorphic and magmatic rocks. *Tectonics*, 26(3): TC3014.
- Tapponnier P, Peltzer G, Armij R O, Le D A Y and Cobbold P. 1982. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. *Geology*, 10: 611 - 616.
- Vervoort J D and Blichert-Toft J. 1999. Evolution of the depleted mantle: Hf isotope evidence from juvenile rocks through time. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63: 533 - 556.
- Wang Y J, Fan W M, Zhang Y H, Chen X Y and Xu Y G. 2006. Kinematics and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Gaoligong and Chongshan shear systems, western Yunnan, China: Implications for early Oligocene tectonic extrusion of SE Asia. *Tectonophysics*, 418: 236 - 354.
- Xu Y G, Lan J B, Yang Q J, Huang X L and Qiu H N. 2008. Eocene break-off of the Neo-Tethyan slab as inferred from intraplate-type mafic dykes in the Gaoligong orogenic belt, eastern Tibet. *Chemical Geology*, 255: 439 - 453.
- Yin A. 2006. Cenozoic tectonic evolution of the Himalayan orogen as constrained by along-strike variation of structural geometry, exhumation history, and foreland sedimentation.

Earth Science Reviews, 76: 1 – 131.

Yuan H L, Gao S, Dai M N, Zong C L, Gnther D, Fontaine G H, Liu X M and Diwu C R. 2008. Simultaneous determinations of U-Pb age, Hf isotopes and trace element compositions of zircon by excimer laser ablation quadrupole and multiple collector ICP-MS. *Chemical Geology*, 247: 100 – 118.

sitions of zircon by excimer laser ablation quadrupole and multiple collector ICP-MS. *Chemical Geology*, 247: 100 – 118.

Zircon U-Pb Geochronology and Hf Isotopes of the Granitic Gneisses in the Nabang Area, Western Yunnan Province

MA Liyan^{1,2}, FAN Weiming¹, WANG Yuejun¹, CAI Yongfeng^{1,2} and LIU Huichuan^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This paper presents the zircon LA-ICP-MS U-Pb geochronological and *in-situ* Hf isotopic data for the granitic gneisses in the Nabang-Tongbiguan area, Western Yunnan province. Three granitic gneisses from south nabang, west and southeast of Tongbiguan have the weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages of 55.0 ± 0.5 Ma (10DX-66B), 50.4 ± 1.3 Ma (10DX-56B) and 51.6 ± 1.1 Ma (10DX-67), respectively. 10DX-66B sample gave positive $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ values of 5.2 ± 1.0 with t_{DM2} modal ages of 0.63 ~ 1.04 Ga and 10DX-67 yielded negative $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ values (-3.8 ± 1.1) and high t_{DM2} ages (1.12 ~ 1.55 Ga). Our data indicate that the granitic gneisses at the Nabang-Tongbiguan area were crystallized at 50 ~ 55 Ma rather than Precambrian. In combination with the available data, it is proposed that the Pan-African orogenic and Cretaceous magmatic events probably spread to the Nabang area and the collision between Eurasia and India plates might have been initiated since 50 ~ 55 Ma.

Keywords: Nabang area; zircon U-Pb geochronology; *in-situ* Hf isotopic composition; collision of India and Eurasia