滇西北怒江早古生代片麻状花岗岩的确定及其构造意义

宋述光[①] 季建清[①] 魏春景[①] 苏 犁[②] 郑亚东[①] 宋 彪[③] 张立飞[①]

(① 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京大学地质系, 北京 100871; ② 中国地质大学(北京)地质实验中心, 北京 100083;
③ 中国地质科学院地质研究所, 北京 100029. E-mail: sgsong@pku.edu.cn)

摘要 云南西部中缅边界的怒江一带被认为是青藏高原向东南逃逸的通道, 但位于通道之中、红河-哀牢山走滑剪切带与高黎贡山剪切带之间的贡山地块应属于哪一个大地构造单元的组分, 目前尚不清楚. 通过对云南福贡县马吉一带古当河片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 年龄测定, 确定该花岗岩的岩浆结晶年龄为(487 ± 11) Ma, 并发现锆石具有 773~794 Ma 的残核, 该年龄可以与印度板块内部及喜马拉雅造山带中发育大量同时代的花岗质岩石相对比, 表明与印度大陆有非常密切的亲缘关系, 该研究对揭示滇西地区怒江流域的构造属性有重要意义.

关键词 滇西 怒江 青藏高原 麻状花岗岩 构造

云南西部的三江一带作为青藏高原的东延部分受到了广泛的重视 [1~4]. 云南西部中缅边界的怒江一带被认为是青藏高原向东南逃逸的通道 [5~7], 但位于通道之中、红河-哀牢山走滑剪切带与高黎贡山-实皆剪切带之间的贡山地块应当属于哪一个大地构造单元的组分, 目前尚不清楚. 一些国外学者认为该地块是桑达兰(Sundaland)地块的一部分 [8~10], 但其意义并不明确. 本文报道了滇西-怒江-马吉一带产出的古当河片麻状花岗岩的特征及形成时代, 对揭示滇西地区怒江流域的构造属性有重要意义.

1 地质背景和地质产状

研究区位于怒江峡谷地区, 西部为高黎贡山岩浆岩带和高黎贡山群高级变质岩系 [11], 局部变质程度可达麻粒岩相 [12,13]. 古当河片麻状花岗岩位于福贡县马吉镇以北约 10 km处的古当河一带, 岩体呈北西向-南北向长条状产出, 其两侧均以韧性剪切带为界, 产于石炭系变质钙质砂岩和大理岩中. 岩体在区内出露宽度为 2~5 km, 长 50 km. 岩体内部具有较多的透镜状暗色黑云角闪岩包体 (或残留体). 该片麻状花岗岩体被晚期的石榴石白云母花岗岩侵入.

2 岩石学特征

岩石在露头上为灰白色, 中粗粒结构, 片麻状构造为主, 局部见有斑状和似斑状构造, 韧性剪切变形使长石斑晶呈眼球状, 并具有右旋剪切的特征, 说明岩体受到区域性右旋韧性走滑剪切的改造. 岩石类型主要为片麻状黑云母二长花岗岩. 样品的地理位置为: 东经 98°50′17″, 北纬 27°27′34″(图 1).

岩石在显微镜下为不等粒斑状结构, 弱片麻状构造. 斑晶主要为钾长石(包括微斜长石和正条纹长石), 蠕英结构和长石穿孔等交代结构比较发育, 斜长石大部分呈半自形-自形的板状, 反映该片麻状花岗岩具有典型的岩浆岩结构.

古当河片麻状花岗岩的矿物成分主要为: 石英 25%~30%, 斜长石 30%~40%, 钾长石 25%~30%, 黑云母 5%~8%, 白云母 2%~3%、局部有石榴石和独居石等标志性矿物出现, 属 S-型花岗岩. 常量元素地球化学分析表明, 古当河片麻状花岗岩(NJ65)SiO_2 含量为 71.13 wt%[1)], TiO_2 含量 0.2~0.28 wt%, Al_2O_3 含量较高为 14.54~14.73 wt%, CaO 为 0.63~1.18 wt%, Na_2O + K_2O 7.82~8.04 wt%, K_2O > Na_2O. Al/(Na+K+Ca)为 1.12~1.27, 为过铝质花岗岩.

3 锆石特征及其 U-Pb SHRIMP 年代学

锆石的阴极荧光图像分析在北京大学物理学院电子显微镜室完成, 仪器型号和工作条件见文献 [14]. U, Th和Pb同位素组成分析在中国地质科学院地质研究所北京离子探针实验室SHRIMP Ⅱ上进行. 分

2006-12-04 收稿, 2007-07-23 接受
国家优秀博士论文作者基金(200503)和国家自然科学基金(批准号: 40372031, 40572045)资助项目

1) wt%为质量分数, 下同

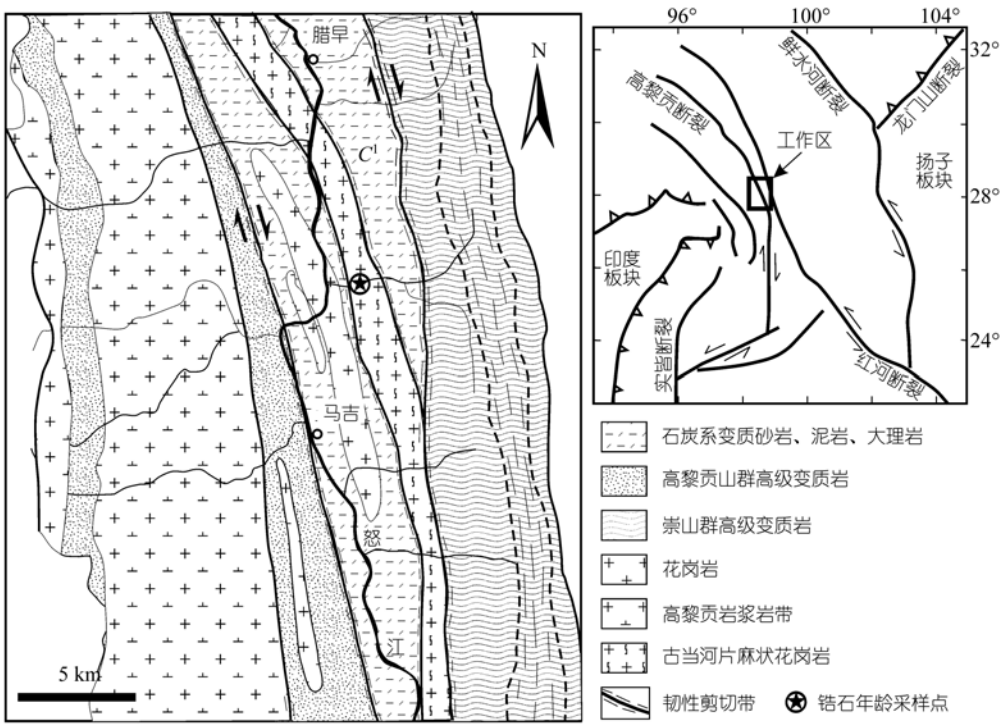

图 1 滇西-怒江-马吉一带地质图及锆石年龄采样点

析条件和过程的描述见文献 [15], 测定的 $^{206}Pb/^{238}U$比值用来自标准锆石SL13 (572 Ma)和来自澳大利亚的TEM (417 Ma)进行校正. 每测定一次标准样品, 测定3~4 个锆石待测点. 普通Pb校正采用 ^{204}Pb直接测定法, 加权平均年龄计算采用Isoplot软件 [16], 置信水平 95%.

薄片中和从岩石中分选出来的锆石具有两种形态不同, 一类锆石为短柱状, 长宽比一般小于 2, 粒度 100~200 μm; 另一类锆石为长柱状, 长宽比一般大于 2, 其长柱最长可达 350 μm. 两种锆石的晶面, 晶棱和双锥都发育, 是典型的岩浆结晶锆石. 阴极发光图像(图 2)显示所有锆石内部都具有清晰的振荡环带, 系岩浆结晶过程中形成的. 部分锆石出现暗色Th-U 含量较高的暗色荧光边缘, 是后期岩浆-热事件改造的结果(图 2(b), (c)). 在短柱状锆石中我们发现 2 个早期岩浆锆石的残核(图 2(a), (b)).

锆石 U-Th-Pb SHRIMP 测定的数据列入表 1. 锆石的 U 含量变化范围较大, 为 180~2836 μg/g. 其中锆石暗色荧光边缘的 U 含量最高(测点 NJ65-3.2), 而 Th/U 比值最低(0.003), 其 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为(71±1) Ma, 说明锆石的暗色边缘是白垩纪晚期变质作用过程中流体对原始锆石改造的结果. 2 个锆石的核部分别给出(773 ± 12)和(794 ± 12) Ma (Th/U 比值为 0.15~0.50), 反映岩浆捕获了早期与罗迪尼亚(Rodinia)超大陆裂解事件有关的锆石, 应该代表冈瓦那大陆的地壳成分.

11 颗锆石(包括短柱状锆石幔部和长柱状锆石)的 Th/U 比值为 0.1~0.83, $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄范围为 462~519 Ma, 加权平均年龄值(487±11) Ma (表 1, 图 3). 这一年龄代表古当河片麻状花岗岩的岩浆结晶年龄. 该年龄与冈瓦那大陆泛非运动晚期的年龄一致 [17], 是本区泛非造山晚期碰撞造山活动的记录.

4 构造意义

怒江构造带位于新生代红河-哀牢山左旋走滑剪切带和高黎贡山剪切带之间, 向南与保山、腾冲地块相连. 角闪岩相-麻粒岩相变质的高黎贡山群可能代表其变质基底 [2,11], 陈福坤等人 [18]认为该岩系类似于喜马拉雅结晶杂岩, 但季建清等人 [19]根据同位素年代学研究认为是一套年轻的由构造引起的变质岩系. 我们在该变质片麻岩中获得(2690 ± 35) Ma碎屑锆石 U-Pb SHRIMP年龄[1], 区内石炭系钙质砂岩-大理岩-变质泥质岩等代表稳定的盖层沉积, 反映贡山地块存在

1) Song S G, Wei C J, Niu Y, et al. Tectonic implications of zircon ages in Gongshan Block in the north termination of the Indochina Plate, Southwest China. Geology (in review)

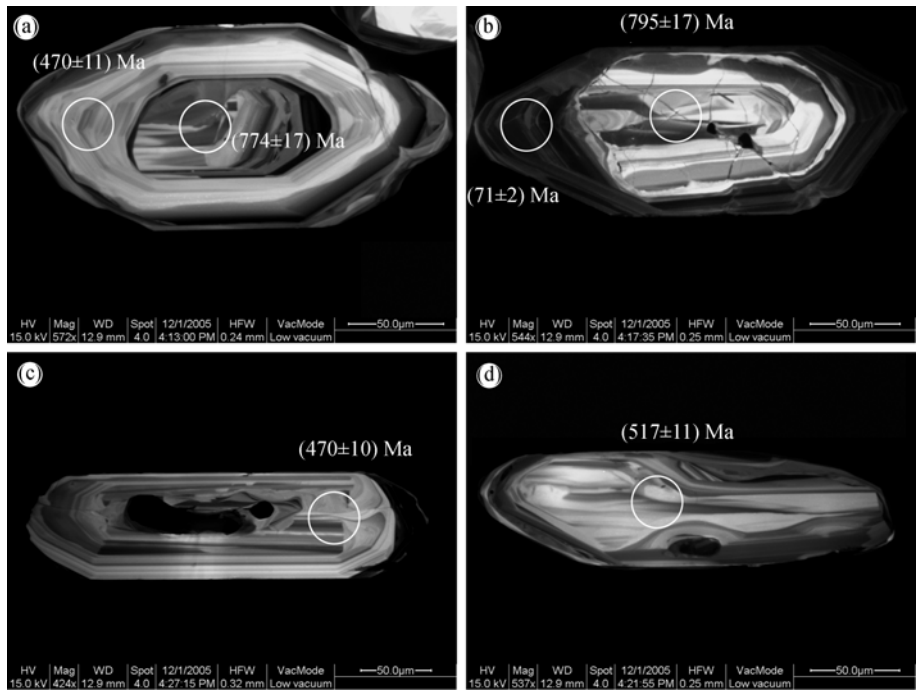

图 2 古当河花岗岩体锆石的阴极发光图像及其 ^{206}Pb-^{238}U 年龄

表 1 滇西-怒江-马吉一带古当河片麻状花岗岩 NJ65 锆石 U-Pb SHRIMP 年龄分析结果 a)

样品	U /μg·g^{-1}	Th /μg·g^{-1}	Th/U	普通 ^{206}Pb/%	$^{206}Pb^*$ /μg·g^{-1}	$^{206}Pb^*/^{238}U$	$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	$^{207}Pb^*/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄(1σ)/Ma
NJ65-1.1C	825	122	0.153	0.27	90.5	0.1274±0.0023	0.0654±0.0005	1.15±0.022	774±17
NJ65-1.2	257	57	0.228	1.24	16.6	0.0744±0.0013	0.0601±0.0025	0.62±0.028	470±11
NJ65-2.1	1033	260	0.260	0.31	71.6	0.0804±0.0016	0.0557±0.0005	0.62±0.013	497±11
NJ65-3.1C	737	357	0.501	0.32	83.3	0.1311±0.0022	0.0659±0.0006	1.19±0.021	795±12
NJ65-3.2	2836	7	0.003	0.48	27.0	0.0110±0.0002	0.0466±0.0008	0.07±0.002	71±2
NJ65-4.1	227	34	0.156	1.50	16.6	0.0838±0.0015	0.0566±0.0021	0.65±0.027	520±10
NJ65-5.1	861	85	0.102	0.27	62.0	0.0836±0.0013	0.0567±0.0006	0.65±0.012	517±11
NJ65-6.1	184	47	0.262	1.44	12.5	0.0783±0.0014	0.0583±0.0019	0.63±0.023	481±12
NJ65-7.1	1969	84	0.044	0.08	128.2	0.0758±0.0011	0.0565±0.0004	0.59±0.010	471±10
NJ65-7.2	988	83	0.087	0.78	50.1	0.0585±0.0010	0.0513±0.0009	0.41±0.010	363±8
NJ65-8.1	245	92	0.388	1.81	16.6	0.0773±0.0014	0.0538±0.0033	0.57±0.037	481±11
NJ65-9.1	498	60	0.124	0.70	32.5	0.0754±0.0012	0.0572±0.0016	0.59±0.019	470±10
NJ65-10.1	473	55	0.119	1.19	28.2	0.0786±0.0011	0.0537±0.0015	0.51±0.016	488±10
NJ65-11.1	1210	117	0.100	3.49	25.7	0.0239±0.0005	0.0267±0.0009	0.09±0.004	152±3
NJ65-12.1	180	144	0.826	1.48	12.4	0.0786±0.0016	0.0593±0.0034	0.64±0.039	486±12
NJ65-13.1	323	65	0.208	0.54	22.0	0.0787±0.0014	0.0588±0.0012	0.64±0.017	486±12
NJ65-14.1	595	284	0.493	0.83	38.4	0.0744±0.0028	0.0541±0.0008	0.56±0.021	469±20

a) Pb^*为放射性成因铅; 所有误差为 1σ. C-锆石核部. NJ65-7.2, NJ65-11.1 为混合年龄

具有稳定的前寒武纪结晶基底.

古当河片麻状花岗岩的岩浆结晶年龄为(487±11) Ma, 与保山地块(被认为是来自自冈瓦纳古大陆的微陆块[1,20,21])南部出露的 490~470 Ma早古生代花岗岩[17]的形成年龄一致, 代表冈瓦纳大陆泛非运动晚期岩浆活动的产物. 部分锆石具有 773~794 Ma的残核, 这些年龄可以与印度板块内部及喜马拉雅造山带中发育大量同时代的花岗质岩石[17,22,23]相对比. 虽然中国扬子板块具有大量新元古代(约 760~850 Ma)花岗岩[24~26], 但不发育 480~500 Ma的花岗岩, 没有

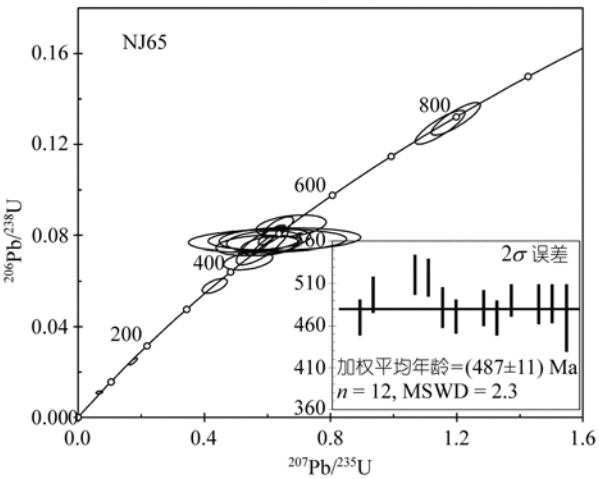

图 3 古当河片麻状花岗岩样品 NJ65 锆石 $^{206}Pb/^{238}U$-$^{207}Pb/^{235}U$ 谐和年龄图解

泛非运动的记录. 因此我们可以推断怒江一带贡山地块的基底不属于扬子板块, 而与印度板块(包括喜马拉雅造山带)之间有很好的亲缘性, 是从冈瓦纳超大陆分离出来的地块, 同时分离出来的大陆地块还有澳洲大陆、印度大陆、南极洲大陆和斯里兰卡等一系列陆块, 但分离的时间被认为是晚古生代晚期 [27].

致谢 在阴极荧光分析过程中得到北京大学电子显微镜室陈莉工程师的帮助, 在论文写作过程中与李献华研究员进行了有益的探讨, 两位匿名评审人提出了建设性修改意见, 在此一并表示感谢.

参 考 文 献

1 钟大赉. 滇川西部古特提斯造山带. 北京: 科学出版社, 1998
2 钟大赉, 丁林, 刘福田, 等. 造山带岩石层多向层架构造及其对新生代岩浆活动制约——以三江及邻区为例. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2000, 30(增刊 I): 168—177
3 Zhang L S, Schärer U. Age and origin of magmatism along the Cenozoic Red River shear belt, China. Contrib Mineral Petrol, 1999, 134: 67—85[DOI]
4 钟大赉, 丁林, 季建清, 等. 中国西部新生代岩石圈汇聚和东部岩石圈离散的耦合关系与古环境格局演变的探讨. 第四纪研究, 2001, 21: 303—312
5 Tapponnier R, Peltzer G, Le Dain A Y, et al. Propagating extrusion tectonics in Asia; new insights from simple experiments with plasticine. Geology, 1982, 10(12): 611—616[DOI]
6 Tapponnier P, Xu Z Q, Roger F, et al. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet plateau. Science, 2001, 294(5547): 1671—1677[DOI]
7 Sato K, Liu Y Y, Zhu Z C, et al. Tertiary paleomagnetic data from northwestern Yunnan, China; further evidence for large clockwise rotation of the Indochina block and its tectonic implications. Earth Planet Sci Lett, 2001, 185(1-2): 185—198
8 Simons W J F, Ambrosius B A C, Noomen R, et al. Observing plate motions in Southeast Asia; geodetic results of the GEODYSSEA Project. Geophys Res Lett, 1999, 26(14): 2081—2084[DOI]
9 Michel G W, Yu Y Q, Zhu S Y, et al. Crustal motion and block behaviour in SE-Asia from GPS measurements. Earth Planet Sci Lett, 2001, 187(3-4): 239—244[DOI]
10 Socquet A, Pubellier M. Cenozoic deformation in western Yunnan (China-Myanmar border). J Asian Earth Sci, 2005, 24: 495—515[DOI]
11 翟明国. 中国滇西造山带变质岩的 Sm-Nd 同位素年代学. 岩石学报, 1990, 6: 1—11
12 季建清, 钟大赉, 丁林, 等. 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, 1998, 14: 136—178
13 季建清, 钟大赉. 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, 2000, 16: 433—442
14 陈莉, 徐军, 苏犁. 场发射环境扫描电镜上阴极荧光谱仪的特点及其在锆石研究中的应用. 自然科学进展, 2005, 15: 1403—1408
15 Song S G, Zhang L F, Niu Y, et al. Geochronology of diamond-bearing zircons from garnet-peridotite in the North Qaidam UHPM belt, North Tibetan Plateau: A record of complex histories associated with continental collision. Earth Planet Sci Lett, 2005, 234: 99—118[DOI]
16 Ludwig K R. Isoplot: A plotting and regression program for radiogenic isotope data. US Geological Survey Open-File Report, 1991. 91—445
17 DeCelles P G, Gehrels G E, Quade J, et al. Tectonic implications of U-Pb zircon ages of the Himalayan Orogenic Belt in Nepal. Science, 2000, 288: 497—499[DOI]
18 陈福坤, 李秋立, 王秀丽, 等. 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, 2006, 22: 439—448
19 季建清, 钟大赉, 桑海青, 等. 滇西南那邦变质基性岩两期变质作用的 ^{40}Ar-^{39}Ar 年代学研究. 岩石学报, 2000, 16: 227—232
20 Wopfner H. Gondwana origin of the Baoshan and Tengchong terrenes of west Yunnan. In: Hall R, Blundel D, eds. Tectonic Evolution of Southeast Asia. Geol Soc Spec Public, 1996, l06: 539—547
21 陈福坤, 李秋立, 王秀丽, 等. 云南特提斯带保山-腾冲地块早古生代岩浆岩. 地球学报, 2005, 26(增刊): 93
22 Gehrels G E, DeCelles P G, Martin A, et al. Initiation of the Himalayan Orogen as an Early Paleozoic Thin-skinned Thrust Belt. GAS Today, 2003, 13(9): 4—9[DOI]
23 Yin A. Cenozoic tectonic evolution of the Himalayan orogen as constrained by along-strike variation of structural geometry, exhumation history, and foreland sedimentation. Earth Sci Rev, 2006, 76: 1—131[DOI]
24 Li X H, Li Z X, Ge W, et al. Neoproterozoic granitoids in South China: crustal melting above a mantle plume at ca. 825 Ma? Precambrian Res, 2003, 122: 45—83[DOI]
25 Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents: Evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia. Precambrian Res, 2003, 122: 85—109[DOI]
26 郑永飞. 华南新元古代岩浆活动记录. 科学通报, 2003, 48 (16): 1705—1720
27 Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen. Ann Rev Earth Planet Sci, 2000, 28: 211—280[DOI]