滇西南腾冲地块新构造运动阶段初步划分

王书兵, 傅建利, 李朝柱, 蒋复初, 田国强 WANG Shubing, FU Jianli, LI Chaozhu, JIANG Fuchu, TIAN Guogiang

中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081

Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China

摘要: 滇西南腾冲地块中部的梁河盆地地层出露较好, 阶梯状地貌发育, 并有多期火山活动, 是开展新构造研究的良好地点。综合地表调查与年代学研究结果发现, 该盆地主要发育新近纪南林组与芒棒组和第四纪地层, 各时代地层的沉积及变形特征都明显不同, 其中最早的盆地沉积南林组地层的固结及变形程度高; 芒棒组的固结及变形程度则稍差; 第四纪地层没有固结或弱固结, 且基本无变形。该区在地貌上共发育7级阶(台)地, 各级地貌面主要形成于早更新世以来。该区的火山活动至少包括3.5~5.0Ma、2.3~2.9Ma、1.0~1.5Ma及0.5~0.7Ma 四期。综合梁河盆地中地层、地貌、火山等方面的新构造运动标志, 将腾冲地块的新构造运动初步划分为3个阶段: ①5Ma之前, 盆地开始断陷, 南林组沉积及掀斜变形; ②5~2Ma, 盆地进一步扩张, 芒棒组沉积及掀斜变形, 并伴随火山活动; ③2Ma以来, 盆地萎缩抬升, 形成多级台地及阶地, 并伴随多期火山活动。

关键词:腾冲地块;第四纪地质;地貌;火山;新构造

中图分类号: P534.63; P542 文献标志码: A 文章编号: 1671-2552(2015)01-0146-09

Wang S B, Fu J L, Li C Z, Jiang F C, Tian G Q. Preliminary Division for Neotectonic Episode of Tengchong Block, Southwest Yunnan. *Geological Bulletin of China*, 2015, 34(1):146–154

Abstract: The well exposed strata, the terraced multi-platforms and multi-period volcanic activity in Lianghe Basin indicate neotectonics of central Tengchong block. The each era sediments and deformation show different characteristics, that is the Miocene Nanlin Formation has the highest degree of consolidation and deformation, the Pliocene Mangbang Formation higher and the Quaternary Strata a little or no. The seven levels terrace are found in which the 5th terrace is most well preserved. There are at least four period volcanic activity in Lianghe Basin, including 3.5~5.0Ma, 2.3~2.9Ma, 1.0~1.5Ma and 0.5~0.7Ma from old to young respectively. According to the new chronology study results, the neotectonic movement episodes can be divided into three period: ①before 5Ma, including basin formation, consolidation and deformation of Nanlin formation; ②5~2Ma, consolidation and deformation of Mangbang formation along with multi period volcano activity; ③after 2Ma, multi-stage platforms and terraces formation with multi period volcano activity.

Key words: Tengchong block; Quaternary geology; geomorphology; volcanic; neotectonics

青藏高原的隆升是新生代重大的地质事件之一,并以多阶段、不均匀和非等速为特征。青藏高原东南缘地区是青藏高原现今地壳形变和地震活动最强烈的地区之一,也是研究青藏高原现今地壳形变模式和构造演化规律的热点地区。现代 GPS 大地测量和活动断裂研究表明,高原东南缘以走滑断裂为主,水平挤压和缩短率远小于其他边界,与

该地区高地形和增厚的地壳形成强烈对比[1-3]。滇西南腾冲地块的新构造运动过程不仅是理解青藏高原东南缘现今变形特征的基础,也是探索青藏高原东南缘造山带晚新生代隆升和向外扩展的地球动力学机制的关键地区之一。以往研究主要集中于4个方面:①腾(冲)—梁(河)地区的火山岩[4-21],划分了火山活动期次并讨论了岩浆来源;②滇西南

盆地区的地层和沉积结构[22-32],建立了中新世南林组、上新世芒棒组及第四纪地层,主要讨论了南林组及芒棒组的地层结构和沉积特征;③高黎贡构造带变形及断层活动规律[33-42],主要集中在高黎贡构造带变形特征及边界断裂和地块内部活动断裂的活动阶段与规律方面;④盆地的旋转变形特征,主要集中在腾冲盆地和芒棒盆地[43-44]。关于腾冲地区的新构造,前人也进行了相关研究并建立了腾梁运

动^[45-52],但研究仅集中于第四纪以来^[50-52], 且年代测试数据较少。梁河盆地隶属 于腾冲地块(图1),位于东构造结东南 部,高黎贡构造带西侧,盆地内地层出 露完整、地貌发育良好,并有多期火山 活动,是研究腾冲地块新构造运动的天 然试验厂。本文从梁河盆地的地貌、地 层和岩浆岩3个方面综合研究腾冲地块 的新构造,划分新构造运动阶段,进一 步理解高原东南缘地壳形变模式和构 造演化过程,进而探讨青藏高原东南缘 造山带晚新生代的隆升和向外扩展的 地球动力学机制。

1 新构造标志

1.1 地 貌

梁河盆地位于云南西部的腾冲地块中部,地表调查发现该盆地内反映新构造活动的地貌特征明显,能清晰地识别出7级台地地貌(图2),尤以囊宋─关障一带发育最好,其中高台地中的第\□和第\V级发育较好,并伴有沉积和火山活动。

第\T\级台地是梁河盆地保存最老的一级构造地貌面,主要发育于盆地东侧中部的关障一大芒丙一带。台面宽度较大,受后期改造,台面起伏不平,呈缓丘状。残存台面的海拔高度为1300~1350m,拔河高度在300m左右。在关障一带,台地组成地层厚度达160m,主要由粗砂和砾石层组成,向南粒度有变细的特征,在大芒丙一带主要以粘土、砂及砾石层组成。台地面上普遍发育有残坡积红色砂土。在

马茂东南的冲沟底部(图2)和大芒丙东南的台地 冲沟底部均见有玄武岩(图3);在关障东南台地冲 沟底部及侧部均见有玄武岩(图2);在关障村西 侧,可见玄武岩覆盖于台地之上(图2)。

第 VI 级台地发育较差, 只见于盆地东北侧的 马茂村一带, 台地面较窄, 地层主要由粗砂和砾石组成。在马茂村北侧, 见其覆盖于玄武岩之上 (图 2)。

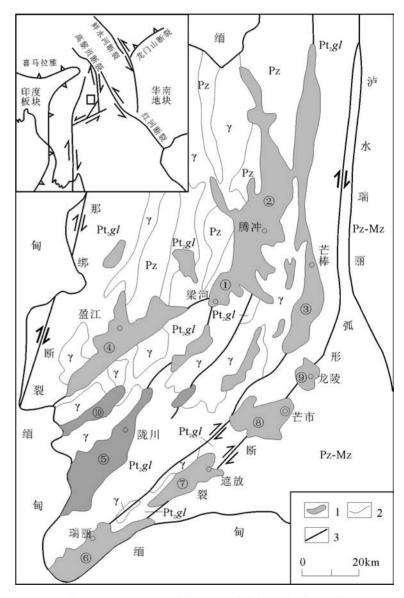


图1 腾冲地块的主要晚新生代断陷盆地分布简图(据参考文献[31,33]) Fig. 1 A diagram on the distribution of main late Cenozoic

fault basin in Tengchong block

Mz—中生界;Pz—古生界;Ptgl—中元古界高黎贡山群;γ—花岗岩; 1—晚新生代盆地;2—地质界线及不整合界线;3—断裂构造;

①—梁河盆地;②—腾冲盆地;③—龙川江盆地;④—盈江盆地;⑤—陇川盆地; ⑥—瑞丽盆地;⑦—遮放盆地;⑧—潞西盆地;⑨—龙陵盆地;⑩—户撒盆地

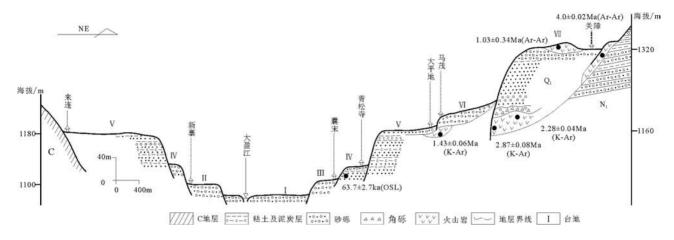


图 2 梁河盆地来连—关障实测剖面

Fig. 2 Practical measured profile of Lailian-Guanzhang in Lianghe Basin

第V级台地发育最好,沿大盈江两侧分布。台地面平整,海拔高度在1170~1200m之间,拔河高度在170~200m之间。地层由粘土、中细砂和砾石组成,见有3~5层炭质层,地表出露厚度约80m,未见底。王西川^[45]在马茂村(深度113.4m)和囊宋村(深度150.69m)一带的钻孔资料显示均尚未见底。在盆地北部郎(囊)烟一带(图4),在台地近顶部见有玄武岩夹于河湖相沉积地层之中,并呈舌状尖灭。在郎(囊)烟西南侧的下等马东侧一带,见玄武岩覆盖于台地面之上。

第Ⅱ—Ⅳ级台地发育较为局限,在大盈江两侧均有分布。第Ⅳ级台地海拔约1080m,往下,每2级台地面高差为15~30m,主要由砂砾石组成,具有明显的河流阶地特征。

第 I 级台地为大盈江一级阶地,沿大盈江两侧

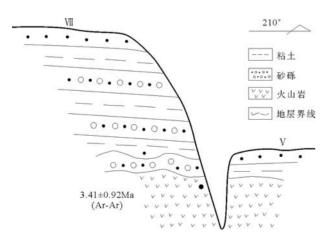


图3 梁河盆地大芒丙一带剖面示意图

Fig. 3 Schematic drawing of Damangbin in Lianghe Basin

连续分布。阶地面宽广平坦,平均宽度在1km以上,具有阶地二元结构,上部为细砂层,下部为砂质粗砾石层。

1.2 地层沉积与变形特征

梁河盆地发育中新世南林组、上新世芒棒组及 第四系。中新世南林组、上新世芒棒组主要见于盆 地东部,第四系分布于大盈江两岸。中新世南林组 由粘土、砂和砾石层组成,固结程度较深,含有可采 煤层(当地人称石煤)。南林组普遍发生掀斜,地层 倾向南西西,多在246~262°之间,顶部角度偏转到 320°方向, 地层倾角较大, 多在33~37°之间, 顶部稍 小也达到28°(图版 I -a~d)。上新世芒棒组由花岗 质粗砂砾石组成,固结程度较差,夹有薄层炭质层 及极薄层煤层。芒棒组也发生掀斜,但地层倾向南 东东,多在120~126°之间,地层倾角也变小,多在 13~15°之间(图版 I -e~f)。第四纪早期地层由粘 土、粗砂和砾石组成,基本无固结或弱固结,受新构 造掀斜作用较弱,地层倾向南西,具有较小的不大 于10°的倾角;中期地层由粘土、炭质层、粗砂及砾 石组成,无固结,地层水平;后期由粗砂和砾石组 成,无固结,地层水平(图版 I -g~h)。

1.3 火山活动

梁河盆地有多期火山活动,前人也有较多研究^[4-6]。除上述与第四系相接触的玄武岩外,还发育有与中新世南林组和芒棒组接触的玄武岩,如界端及其东侧、上弄别西侧、大坪山等地均有分布(图5)。梁河盆地的玄武岩与新近纪地层间的接触关系主要有4种:①覆盖于地层之上,如关障、上弄别、界端、大坪

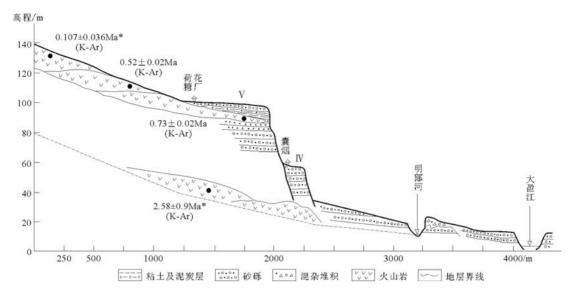


图 4 梁河盆地囊烟一带剖面示意图(据参考文献[46]修改) (*据参考文献[45],其中顶部数据测自太平街南,底部数据测自囊烟明郎河东岸)

Fig. 4 Schematic drawing of Nangyan in Lianghe Basin

山等,这种情况占大多数(图5);②伏于新地层之下,如马茂、大芒丙等(图3、图5);③穿插于地层之间,如荷花糖厂、囊烟等(图4);④与南林组呈断层接触,如弄丘、牛场地等(图版 I -i)。它们不仅是新构造活动的产物,而且能提供较好的年代学测试资料。

2 年代学研究

采用光释光方法对低阶地(IV级以下)进行了年代学测试,测试在中国地质科学院水文地质环境地质研究所进行,采用细颗粒简单多片再生法获得等效剂量值,用饱和指数方法进行拟合。从生长曲线图可以看出,简单多片法测得的细颗粒样品再生剂量点不太分散,生长曲线没有明显饱和,但样品放射性元素U、Th、K偏高,导致有的样品的年剂量率是正常值的2~3倍,所以样品年龄数据可能偏年轻。测试结果如表1所示。

采用 K-Ar 和 Ar-Ar 法对相关的玄武岩进行年龄测试。K-Ar 年龄测试在中国地震局地震动力学国家重点实验室进行,测试对象为基质;采用的常数为: λ =5.543×10⁻¹⁰/a, λ e=0.581×10⁻¹⁰/a, λ β=4.962×10⁻¹⁰/a, 40 K/K=1.167×10⁻⁴/克分子/克分子,年龄误差为1 σ 。Ar-Ar 年龄在中国地质科学院地质研究所 Ar-Ar 实验室进行,测试对象是斜长石。测试采用常规 40 Ar/ 30 Ar 阶段升温测年法,样品的阶

段升温加热使用石墨炉,每一个阶段加热 30min,净化 30min。质谱分析是在多接收稀有气体质谱仪 Helix MC上进行的,每个峰值均采集 20组数据。用 Isoplot 程序计算坪年龄,坪年龄误差为 2 σ。结果如表 2 所示。

根据测试结果及上述地层之间的接触关系,梁河 盆地火山活动至少可以划分为4期,第一期在3.5~ 5.0Ma之间,属上新世,覆盖于中新世南林组之上,如 南林、界端一带;同时被后期的第四纪地层所覆盖,如 大芒丙一带,但与同期芒棒组之间却未发现明显的叠 置关系:第二期在2.3~2.9Ma之间,属上新世末期或 第四纪早期,被后期第四纪地层所覆盖,如囊烟、马茂 等地;第三期在1.0~1.5Ma之间,这一期的火山活动 发生在第VII级台地形成之后,早期的玄武岩被第VI级 台地沉积物所覆盖,如马茂一带,后期的玄武岩披覆 于中新世南林组、上新世芒棒组及第VII级台地面之 上,如关障、上弄别、大坪山等地;第四期在0.5~0.7Ma 之间,属中更新世早期,主要见于盆地北缘的荷花糖 厂、上等马一带,早期的玄武岩夹干第V级台地沉积 之中,后期的玄武岩披覆于第V级台地面之上。另 外,太平村一带的火山活动发生于0.1Ma,但其分布 范围已不属于梁河盆地。

盆地初始沉积的中新世南林组,依据其上覆玄武岩的年代,至少早于4.37±0.56Ma(约5Ma);后期

图版 I Plate I



a~d.南林组;e~f.芒棒组;g.第四纪早期地层;h.第四纪中期地层;i.牛场地村东南林组与玄武岩呈断层接触

的芒棒组除与第四纪晚期玄武岩有接触关系外,与同期玄武岩的接触关系不明,但是根据沉积与变形特征,可与第四纪沉积地层相区分,其形成时代早于2.87±0.08Ma(约3Ma),介于5~3Ma之间。第四纪沉积物分别组成盆地的第Ⅰ—Ⅷ级台地沉积

物。第\II级台地沉积物下伏第二期玄武岩,又被第三期玄武岩所披覆,时代介于 2.3~1.0Ma 之间。考虑到第\II级台地下伏的玄武岩年龄,将第\II级台地的形成时间置于 2.3~1.5Ma 可能更合适。第\II级台地下伏第三期早期玄武岩,其时代晚于 1.5Ma,从台

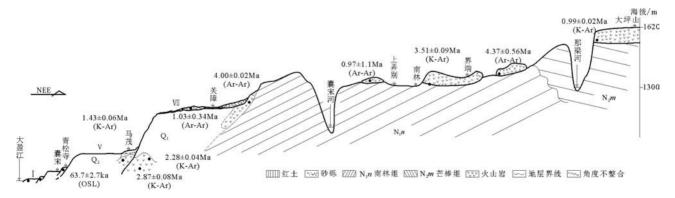


图 5 梁河盆地囊宋—大坪山—带地貌、地层及岩浆综合剖面示意图

Fig. 5 Schematic drawing of landform, strata and magma at Nangsong–Dapingshan in Lianghe Basin

野外	取样地点	位置	U	Th	K	等效剂量	年剂量Dy	含水量	年龄
编号		/m	/10-6	/10-6	/%	E.D /Gy	/Gy∙ ka	/%	/ka
12LH-8A	囊宋乡青松寺	2.6	2.95	10.7	4.40	414.18±6.57	6.50	7±2	63.7±2.7
TC378*	腾冲热水塘	$T_{2\bar{\mathrm{K}}}$	5.82	73.27	3.18	242.96	10.58		22.96±2.2
TC379*		$T_{^{2}\overline{}}$	10.54	52.24	2.80	242.96	12.91		18.82±1.62
TC380*		$T_{1\text{TM}}$	8.37	32.44	2.70	38.62	8.28		4.66 ± 0.4
TC381*		$T_{1 \overline{\vdash}}$	7.93	43.13	2.70	50.46	9.77		5.16±0.44

表1 梁河盆地释光年代测试结果
Table 1 OSL dating result of Lianghe Basin

注:*引自文献[51]为热释光年龄

地沉积物特征看,多与第\II级台地沉积特征相一致,属后期再搬运而来,但不应晚于第\II级台地上覆玄武岩的年代,据此推断第\II级台地形成于1.5~1.0Ma之间。第\V与第\II级台地沉积明显不同,含有3~4层泥炭层,同时台地面发育较为宽广平坦;在盆地北部囊烟、上等马一带,台地顶部夹有第四期早期玄武岩,台面上覆第四期后期玄武岩,故其形成时代应早于0.5Ma;在马茂一带,与第\II级台地一同覆盖于第三期早期玄武岩之上,因此第\V级台地形成也应晚于1.5Ma,时间在1.0~0.5Ma之间。第\IV级及以下台地没有与玄武岩直接接触,其时代依靠OSL年龄,但目前获得的测年资料较少。根据初步的测年结果可知,其形成时代较晚,其中第\IV、\II及\II的地的形成时代分别为60ka、10~20ka和4~5ka。

3 新构造运动阶段划分

综合梁河盆地地貌特征、地层结构与变形特征和 火山活动期次,可将腾冲地块的 新构造运动大致分为以下3个 阶段。

阶段 I:5Ma之前,主要标志为盆地形成、南林组沉积与 掀斜变形。梁河盆地的形成,指示了新构造活动的开始,代表了青藏高原东南缘的重力垮塌和伸展作用的开始。盆地形成之后,开始堆积中新世南林组。在盆地沉积之初,沉积物是一套固结较好的砾岩,砾岩及胶结物质来源于周缘的早期花岗岩,并直接覆盖于早期花

岗岩之上,砾石磨圆程度较低,大小混杂,反映了盆地初期的快速构造变动。之后的南林组沉积主要是砾石层与砂、粘土层的互层,砾石磨圆度较好,砂、粘土层中发育有煤层,在南林组的中上部有可采煤层。本阶段后期,固结程度相对较高的南林组发生掀斜,地层倾向南西西,多在246~262°之间,顶部角度偏转到320°方向;地层倾角较大,多在33~37°之间,顶部稍小也达到28°。根据南林组中的节理统计,其应力场方向为北东东一南西西。这一阶段新构造运动的结束时限,可依据其上覆最老的火山岩年龄进行限定,本文所测年龄为4.37±0.56Ma,取最大年龄值5Ma作为本阶段的结束年限。尽管本阶段没有发现相应的火山活动,但不排除有相应的火山活动记录。

阶段Ⅱ:5~2Ma,主要标志为南林组与芒棒组之间的角度不整合接触关系,芒棒组沉积及变形,并伴随多期的火山活动。在经历中新世南林组的掀

表 2 梁河盆地 K-Ar/Ar-Ar 年代测试结果 Table 2 K-Ar/Ar-Ar dating result of Lianghe Basin

样号	取样地点	取 样 位 置	坪年龄/Ma	方法	备注
12LH-2	梁河关障东南沟底	24°53.13'\98°24.48'	4.00 ± 0.02	Ar-Ar	
12LH-4	囊宋乡马茂村东南囊宋河沟底	24°52.33' \98°23.42'	2.87 ± 0.08	K-Ar	
12LH-6	梁河关障西北	24°53.35'\98°23.70'	1.03 ± 0.34	Ar-Ar	
12LH-9	梁河大芒丙东南侧沟底	24°50.55′、98°21.48′	3.41 ± 0.92	Ar-Ar	
12LH-10	梁河干滚塘东	24°50.17'\98°26.48'	4.37±0.56	Ar-Ar	
12LH-11	梁河上弄别西侧	24°51.78′、98°24.51′	0.97 ± 1.10	Ar-Ar	误差较大
12LH-15	狼烟街西南下等马村东北侧	24°56.13',98°22.82'	0.52 ± 0.02	K-Ar	
12LH-16	囊宋乡马茂村东北冲沟桥南侧	24°52.90′、98°23.14′	1.43 ± 0.06	K-Ar	
12LH-17	囊宋乡马茂村东南冲沟	24°52.41',98°23.52'	2.28 ± 0.04	K-Ar	
12LH-20	囊烟街东北侧国道公路东边	24°56.51′、98°23.57′	0.73 ± 0.02	K-Ar	
NLMK	梁河南林煤矿顶部	24°51.92'\98°25.73'	3.51±0.09	K-Ar	
S514-3	梁河大坪山南坡	24°50.47',98°27.83'	0.99±0.02	K-Ar	

斜变形之后,盆地开始堆积上新世芒棒组。上新世 芒棒组由花岗质粗砂砾石组成,固结程度较差,夹 有薄层炭质层及极薄层煤层,反映了一种相对快速 沉积的过程。在芒棒组堆积期间,可能发生了首期 火山活动,时间为3.5~5.0Ma。尽管目前在梁河盆 地没有发现芒棒组与同期火山岩接触关系的露头. 但在邻近的龙川江盆地钻孔中可见两者的叠置关 系。之后,芒棒组发生掀斜,地层倾向南东东,多在 120~126°之间, 地层倾角也变小, 多在13~15°之间, 不仅与之前的南林组在沉积特征和变形程度上都 有较大差别,而且两者之间还形成角度不整合的接 触关系。芒棒组变形程度比南林组要弱得多,而且 变形方式指示的应力场也与南林组不同,两者相比 发生了比较大的变化,可能与盆地的旋转变形有 关。本阶段末期,进入第二期火山活动发育阶段, 时间在2.3~2.9Ma之间。这期火山活动表明本阶段 新构造活动进入尾声。

阶段Ⅲ:2Ma以来,主要标志为多级台地及阶地 形成,并伴有多期火山活动。在持续的压应力场 下,形成了多达7级台地及阶地,并在早期台地及阶 地形成过程中,伴随有多期火山活动。这些台地及 阶地的形成,分别由3次构造事件所控制。第1次 构造事件,主要控制并形成了第\\级台地。该级台 地仅保留在盆地东部,以关障一带保存完好,台地 沉积物以粗砂和砾石为主,含有1~2层粉砂层,总体 反映出快速堆积的过程;沉积物下部弱固结,而上 部地层基本无固结,同时地层被轻微掀斜,地层倾 向南西,具有不大于10°的倾角。台地面已遭受剥 蚀而保留得不完整,并发育红土堆积。第Ⅷ级台地 下伏第二期火山活动形成的玄武岩,台地面上覆第 三期火山活动形成的玄武岩,之后台地遭受侵蚀切 割。这一时段的构造变动发生在1.0~1.5Ma期间; 台地下切时间发生于1.0Ma之后。第2次构造事 件,主要控制并形成了第V—VI级台地。这2级台 地间高差不大,在马茂一带台地沉积物共同覆盖于 同一岩体之上,表明其时代均晚于1.0~1.5Ma。第V 级台地与第\\\级相比,具有明显不同的特征,沉积物 以粗砂夹砾石层为主,但发育3~4层厚度不等的泥炭 层,反映了一种动荡的沉积环境。同时,沉积物基本 无固结,地层水平。第 V级台地面宽广平坦,沿大盈 江两岸分布。在台地沉积末期,发育第四期火山活 动。因此,这一阶段的构造变动发生于0.5~0.7Ma,台 地下切时间发生于0.5Ma之后。第3次构造事件,主要控制并形成了第 I —IV级台地。台地拔河高度也不大,沉积物组成以砂、砾石等河流冲积物为主,并具有二元结构,为现代大盈江形成的阶地沉积。根据初步的测年结果可知,其形成时代较新,其中第 IV、II 及 I 阶地时代分别为60ka、10~20ka和4~5ka,各级阶地之间高差不大,可能主要与末次间冰期之后的冷暖气候变化密切相关,并受构造变动的影响。

4 结论与讨论

滇西南梁河盆地内地层出露较好,发育有中新 世南林组、上新世芒棒组及第四纪各期地层,各时代 地层沉积及变形特征明显不同,盆地早期沉积南林 组固结及变形程度高;其后的芒棒组固结及变形程 度稍差;第四纪地层基本没有固结或弱固结,变形程 度很小或无变形。梁河盆地阶梯状地貌发育,实测 剖面表明梁河盆地共发育7级台(阶)地,其中以第V 级台(阶)面保存最为完好,台地地层由第四纪各期 地层组成;其中第\Ⅲ级台地形成于2.3~1.5Ma,第\Ⅱ 级台地形成于1.5~1.0Ma, 第 V 级台地形成于1.0~ 0.5Ma, 第Ⅳ、Ⅱ及Ⅰ阶地时代分别为60ka、10~20ka 和 4~5ka。盆地内的火山活动至少可以划分出 3.5~ 5.0Ma、2.3~2.9Ma、1.0~1.5Ma 及 0.5~0.7Ma 四期,披 覆于早期地层或被后期地层所覆盖。因此,综合梁 河盆地上述的地层沉积变形特征、地貌、火山活动等 一系列重要标志,并结合K-Ar、Ar-Ar、OSL等年代 学测试,笔者将腾冲地块的新构造运动划分出3个阶 段:①5Ma之前,主要特征为盆地形成、南林组沉积 及掀斜变形;②5~2Ma,主要特征为芒棒组沉积及变 形,并伴随火山活动;③2Ma以来,多级台地及阶地 形成阶段,也伴随多期火山活动。

区域上梁河盆地位于腾冲地块中部,因此该盆地的新构造活动实际上是对整个腾冲地块新构造运动的反映,因为与梁河盆地同期在腾冲地块形成了一系列类似的构造盆地,如图1所示。孙泽轩等[^{52]}对腾冲地块南部陇川盆地的研究结果表明,其形成了14Ma,依据是钻孔内沉积物的ESR年龄。前人对腾冲板块东边界高黎贡断裂带的研究结果指示,其具有19~24Ma和11~14Ma两期走滑活动高峰期^[53],在东喜马拉雅南迦巴瓦构造结存在大致同期的23Ma和13Ma两期变形变质峰期^[53],之后在距今约14Ma开始,高黎贡山脉南部发生构造一

重力垮塌变形^[56]。尽管目前还没有得到腾冲地块中晚新生代盆地初始发育的准确时代,但综合前人研究结果至少可以初步判断,梁河盆地的形成时间晚于24Ma,可能在8~14Ma之间。下一步利用盆地底部沉积物的裂变径迹年龄或者控盆断裂的初始发育年龄,则有望给出梁河盆地初始发育的时间。

依据目前的研究结果,引发南林组掀斜变形和第一期火山活动新构造运动的结束年龄大致为5Ma,可能代表了该区最强烈的一次构造运动。构造研究表明,高黎贡山脉中部在同期(距今5~8Ma)进入伸展构造的强烈活动期^[50],这也与红河断裂由左行走滑转变为右行正断的时代(约5Ma)相一致^[54],并伴随点苍山一哀牢山的隆起^[55]。同期,在青藏高原东缘及东北缘也存在强烈的构造变动^[56-57]。因此,梁河盆地或腾冲地区的火山活动初始发育的时间很可能在5Ma左右。尽管在梁河盆地及陇川江盆地也曾报道过可能存在6~8Ma的玄武岩活动^[32],但其年龄结果的可靠性需要进一步验证。

本文将 3.4~3.5Ma 期间的火山活动划为第一期的重要性值得特别强调,因为,这不仅与横断运动发生的时间相一致^[58],也正好(包括第二期火山活动时间)与青藏运动发生的时间相一致^[59]。发生于1.0~1.5Ma 和 0.5~0.7Ma 期间的新构造事件,则与东喜马拉雅构造结南迦巴瓦地区更新世2期抬升一剥露事件的时间(1.10±0.24Ma 和 0.65±0.08Ma)基本同步^[60],同时分别与元谋运动^[61]、昆黄运动^[62]发生的时间相一致,反映了腾冲地块与青藏高原周缘构造运动的同步性。另外,陈华慧等^[50]所建立的腾梁运动,其活动期限被确定为中更新世末期一晚更新世初期,经野外考察确定其建立标志与本文所述的1.0~1.5Ma 和 0.5~0.7Ma 期间的新构造运动标志一致,但当时并无明确的年代证据。

致谢:论文撰写过程中中国地质科学院地质力学研究所吴中海研究员提出了宝贵的建议,审稿专家为论文修改提出了建设性的修改意见,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

- [1]陈智梁,张选阳,沈凤,等. 中国西南地区地壳运动的 GPS 监测[J]. 科学通报,1999,44(8):851-854.
- [2]Zhang P Z, Shen Z K, Wang M, et al. Continuous deformation of the Tibetan Plateau from global positioning system data[J]. Geology, 2004, 32(9): 809–812.

- [3]刘静,曾令森,丁林,等.青藏高原东南缘构造地貌、活动构造和下地壳流动假说[J].地质科学,2009,44(4):1227-1255.
- [4]穆治国,佟伟. 腾冲火山活动的时代和岩浆来源问题[J]. 地球物理学报,1989,30(3):261-270.
- [5]从柏林,陈秋媛,张儒缓,等. 中国滇西腾冲新生代火山岩的成因 [7]. 中国科学(B辑),1994,24(4):441-448.
- [6]姜朝松. 腾冲地区新生代火山活动分期[J]. 地震研究,1998,21 (4):320-329.
- [7]周真恒,向才英,杨海林. 腾冲火山岩同位素地球化学研究[J]. 地震研究,2000,23(2):194-200.
- [8]李大明,李齐,陈文寄. 腾冲火山区上新世以来的火山活动[J]. 岩石学报,2000,16(3):362-370.
- [9]赵勇伟,樊祺诚. 腾冲马鞍山、打鹰山、黑空山火山岩浆来源与演化[J]. 岩石学报,2010,26(4):1133-1140.
- [10]杨启军,徐义刚,黄小龙,等. 滇西腾冲—梁河地区花岗岩的年代 学、地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报,2009,25(5):1092-1104
- [11] 黄静宁, 陈永清, Zhai Xiaoming, 等. 滇西保山地块双脉地晚始新世过铝质花岗岩: 锆石 SHRIMP U-Pb 定年、地球化学和成因[J]. 中国科学(D辑), 2011, 41(4): 452 467.
- [12]丛峰,林仕良,邹光富,等. 梁河花岗岩岩浆混合作用:锆石微量元素 U-Pb和Hf同位素示踪[J]. 中国科学(D辑),2011,41(4):468-481.
- [13]上官德树. 腾冲火山岩年龄问题评述[J]. 云南地质,2012,31(3): 301-394
- [14]石玉若,吴中海,范桃园,等. 滇西腾冲地区龙川江河谷上新世火山岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地球化学特征[J]. 地质通报, 2012,31(2/3):241-249.
- [15]罗改, 贾小川, 杨学俊, 等. 滇西腾冲地区勐连花岗岩体南段 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及其构造意义[J]. 地质通报, 2012, 31 (2/3); 287-296.
- [16]胥颐, 钟大赉, 刘建华, 等. 滇西地区壳幔解耦与腾冲火山区火山活动的深部构造研究[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(3): 0846-0855, doi: 10.6038/j. issn. 1004-2903. 2012. 03. 003.
- [17]高永娟,林仕良,丛峰. 滇西梁河—潞西地区新生代英安岩的源区及成因——来自地球化学的证据[J]. 地质通报,2012,31(5):726-731.
- [18]李再会,王立全,林仕良,等. 滇西高黎贡剪切带内花岗质糜棱岩的锆石U-Pb年龄及构造意义[J]. 地质通报,2012,31(8):1287-1295
- [19]高永娟,林仕良,丛峰.腾冲—梁河古近纪花岗岩锆石U-Pb定年、Hf同位素及地球化学[J].地质学报,2014,88(1):63-71.
- [20] Wang Yu, Zhang Xuemin, Jiang Chaosong, et al. Tectonic controls on the late Miocene– Holocene volcanic eruptions of the Tengchong volcanic Weld along the southeastern margin of the Tibetan plateau[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2007, (30): 375 389.
- [21] Tucker Ross T, Zou Haibo, Fan Qicheng, et al. Ion microprobe dating of zircons from active Dayingshan volcano, Tengchong, SE Tibetan Plateau: Time scales and nature of magma chamber storage

- [J]. Lithos, 2013, (172/173): 214-221.
- [22]云南省地质矿产局. 云南区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990
- [23]卓维荣,朱西养. 腾冲一梁河地区的上第三系[J]. 云南地质, 1990,9(4);321-331.
- [24]秦勇,金奎励,韩德馨. 滇西腾冲盆地晚更新世软褐煤的发现及 其意义[J]. 科学通报,1995,40(3);247-249.
- [25]张远志. 云南省岩石地层[M]. 北京:中国地质大学出版社, 996.
- [26]孙泽轩. 滇西新生代盆地砂岩铀矿区域预测判据[J]. 四川地质学报,2000,20(3):212-215.
- [27]蔡煜琦,李满根. 滇西龙川江盆地中南部砂岩型铀矿成矿特征及成因探讨[]]. 华东地质学院学报,2002,25(2):124-127.
- [28]赵宝光,陈友良,姚毅峰,等. 滇西新生代盆地沉积特征及砂岩型铀矿成矿条件[]]. 矿物岩石,2003,23(2):11-15.
- [29]李锡康,谭筱虹,高子英,等. 腾冲上新统芒棒组地质时代及沉积环境[]]. 云南地质,2004,23(2):241-251.
- [30]朱西养,孙泽轩,陈洪德,等. 滇西龙川江盆地沉积体系特征及与砂岩铀矿成矿[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2004,31 (3):267-272.
- [31]孙泽轩,陈洪德,朱西养,等. 滇西新生代盆地砂岩型铀矿勘查现 状与找矿前景[I]. 四川地质学报,2006,26(1);24-29.
- [32]孙泽轩,陈洪德,朱西养,等. 滇西新生代盆山耦合与砂岩型铀矿 找矿方向[J]. 铀矿地质,2007,23(5);289-297.
- [33]季建清,钟大赉,张连生. 滇西南新生代走滑断裂运动学、年代学及对青藏高原东南部块体运动的意义[J]. 地质科学,2000,35(3):336-349.
- [34]季建清,钟大赉,张连生.青藏高原东南部新生代挤出块体西边界[J]. 科学通报,2000,45(2):128-134.
- [35] 樊春,王二七. 滇西高黎贡山南段左行剪切构造形迹的发现及其大地构造意义[I]. 自然科学进展,2004,14(10):1189-1193.
- [36]王刚,万景林,王二七. 高黎贡山脉南部的晚新生代构造—重力垮塌及其成因[J]. 地质学报,2006,80(9):1262-1273.
- [37]吴中海,赵希涛,范桃园,等. 泛亚铁路滇西大理至瑞丽沿线主要活动断裂与地震地质特征[J]. 地质通报, 2012, 31(2/3): 191-217
- [38]李仕虎,黄宝春,朱日祥. 青藏高原东南缘构造旋转的古地磁学证据[J]. 地球物理学报,2012,55(1):76-94,doi:10.6038/j.issn.0001-5733.2012.01.008.
- [39]安晓文,常祖峰,石静芳. 大盈江断裂西南段晚第四纪活动研究 []]. 地震研究,2009,32(2):193-197.
- [40]常祖峰, 陈刚, 余建强. 大盈江断裂晚更新世以来活动的地质证据[]]. 地震地质, 2011, 33(4):877-888.
- [41]Deng Jun, Wang Qingfei, Li Gongjian, et al. Cenozoic tectonomagmatic and metallogenic processes in the Sanjiang region, southwestern China[J]. Earth-Science Reviews, 2014, (138): 268–299.
- [42]Socquet A, Pubellier M. Cenozoic deformation in western Yunnan (China- Myanmar border) [J], Journal of Asian Earth Sciences,

- 2005, (24): 495-515.
- [43]Kornfeld D, Sonntag B L, Gast S, et al. Apparent paleomagnetic rotations reveal Pliocene– Holocene internal deformation of the Tengchong Block, southeastern Tibetan Plateau[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2014, (96): 1–16.
- [44]Kornfeld D, Eckert S, Appel E, et al. Cenozoic clockwise rotation of the Tengchong block, southeastern Tibetan Plateau: A paleomagnetic and geochronologic study[J]. Tectonophysics, 2014, (628): 105–122.
- [45]王西川. 云南腾冲—梁河盆地新构造运动基本特征[D]. 中国地质大学硕士学位论文,1988.
- [46]张宏伟. 云南梁河盆地第四纪地层及其沉积环境研究[D]. 中国地质大学硕士学位论文,1988.
- [47]何浩生,何科昭. 滇西地区夷平面变形及其反映的第四纪构造运动[[]. 现代地质,1993,7(1):31-39.
- [48]何科昭,何浩生,蔡红飙. 滇西造山带的形成与演化[J]. 地质论 评,1996,42(2):97-106.
- [49]何科昭,赵崇贺,何浩生,等. 滇西陆内裂谷与造山作用[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [50]陈华慧,何科昭,何浩生,等. 腾冲—梁河地区砂锡矿形成条件及富集规律研究[[]. 云南地质,1991,10(4):337-361.
- [51]计风桔,郑荣章,李建平,等. 滇东、滇西地区主要河流低阶地地 貌面的年代学研究[J]. 地震地质,2000,22(3);265-276.
- [52]姜朝松,周瑞琦,赵慈平. 腾冲地区构造地貌特征与火山活动的 关系[J]. 地震研究,2003,26(4):361-366.
- [53]张进江,季建清,钟大赉,等. 东喜马拉雅南逛巴瓦构造结的构造格局及形成过程探讨[J]. 中国科学(D辑),2003,33(4):373-383.
- [54]李宝龙,季建清,罗清华,等. 滇西点苍山—哀牢山隆升构造样式和隆升时限[]]. 地震地质,2012,34(4): 696-712.
- [55]王二七, 樊春, 王刚, 等. 滇西哀牢山—点苍山形成的构造和地貌过程[J]. 第四纪研究, 2006, 26(2): 220-227.
- [56]袁道阳,张培震. 青藏高原新生代构造和第四纪研究的进展及问题讨论[J]. 西北地震学报,2001,23(2):199-205.
- [57]莫宣学. 青藏高原地质研究的回顾与展望[J]. 中国地质,2010,37 (4):841-853.
- [58]陈富斌. 再论横断运动[J]. 火山地质与矿产,1996,17(3/4):14-22.
- [59]李吉均,方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究[J]. 科学通报, 1998,37(4):841-853.
- [60] 雷永良, 钟大赉, 季建清, 等. 东喜马拉雅构造结更新世两期抬升一剥露事件的裂变径迹证据[J]. 第四纪研究, 2008, 28(4): 584-590.
- [61]钱方,周国兴,等. 元谋第四纪地质与古人类[M]. 北京:科学出版 社,1991.
- [62]崔之久,伍永秋,刘耕年. 昆仑—黄河运动的发现及其性质[J]. 科学通报,1997,42(18):723-725.