

文章编号 1001-8166(2004)增-0056-04

红河断裂带大型右旋走滑运动定量研究的若干问题

向宏发 韩竹军 魏顺民 陈立春 张晚霞

(中国地震局地质研究所 北京 100029)

摘要 通过卫航片解释、野外地质调查和相关年代学研究与综合前人已有资料分析,阐明了红河断裂带作为一个整体自中新世以来大规模右旋位错的地质依据,论述红河断裂带在几何学、运动学和年代学等方面的基本特征,探讨了红河断裂带后期大规模右旋走滑运动与青藏高原隆升间的某些相关性。研究表明,中新世以来,红河断裂带大规模右旋走滑运动在北段区主要表现为尾端拉张伸展——构成典型的滇西北裂陷盆地区,且自中新世经上新世至第四纪,伸展型盆地由西北向东南扩展;中段区为典型的右旋走滑变形区,燕山晚期花岗岩体、上新世煤盆及礼社江水系均显示为同步右旋位错。上新世以来右旋位错量达 30~32km,南段带内由山前水系右旋位错和断裂谷内右旋“撕裂”变形为主要特征。从中新世经上新世至第四纪,与山体快速隆起相伴的断陷盆地有从东南向西北扩展的趋势。根据地质研究结果,并结合区内 K-Ar, FT 和 SEM 测年资料分析,可以初步认为,红河断裂带大型右旋走滑运动开始于 8~7Ma,强烈活动于 5Ma 左右。

关键词 定量研究;右旋走滑运动;红河断裂
中图分类号 P54 文献标识码 A

0 前言

红河断裂带后期大型右旋走滑运动发生时代与位错量的定量研究是国内地球科学家十分关注的一个热点问题。过去有关这一问题的研究,主要局限在第四纪以来,地点上多限于红河断裂中南段,时代的研究仅在点苍山和哀牢山等有一些热年代学研究成果^[1-3]。

因此,也可以说,至今尚未找到红河断裂大规模右旋位错的地质证据。正鉴于此,本文将研究的时间域前推到中新世,将研究的范围扩展到涵盖整个红河断裂带及其旁侧相关地区,并主要根据近几年在区内的研究资料,尤其是在国家自然科学基金资助下,对红河断裂调查研究取得的新的初步工作结果,紧紧抓住红河断裂右旋位错的地质依据这一中心问题,定量地分析和探讨红河断裂带右旋走滑运动的发生时代与位移量。

1 红河断裂带大型右旋位移的地质依据

自 20 世纪 80 年代初以来,随着活动构造研究的扩展,人们较早地注意到红河断裂带中南段存在一系列同步右旋位错断错水系的现象^[4]。80 年代后期至 90 年代初,国内外一批学者从大区域和区域的角度研究了这一巨型断裂带的大型左旋剪切运动问题,并将之与印度洋—欧亚板块碰撞、青藏高原隆升、地块“挤出”联系起来^[5,6];与此同时,一些学者通过热年代学方法研究指出红河断裂经历过早期大型左旋剪切和后期右旋剪切运动的历史,并指出 15~5Ma 是红河断裂从左旋剪切到右旋剪切的转化时间^[1-3,6]。但上述研究均未找到甚至很少涉及红河断裂右旋走滑运动的直接地质证据这一关键问题。这正是本文下面将要重点研究和探讨的问题。

1.1 红河断裂带右旋走滑运动的总体特征

研究资料表明,红河断裂带作为一个整体,其右旋走滑运动不仅仅局限在简单的单体断裂带内部,

收稿日期:2004-04-09。

基金项目:国家自然科学基金项目“红河断裂带右旋走滑运动起始年代与位移量研究”(编号:40272087)资助。

作者简介:向宏发(1943-)男,湖南辰溪人,研究员,主要从事活动构造与地震地质研究。E-mail: xianghifa@yahoo.com.cn

而是影响涉及到它周边两侧的一个宽达 30 ~50 km 的空间域。总体上,可将这一右旋走滑断裂系分为北、中、南 3 个区段。中段是右旋走滑变形区段,北区段和南区段分别为由断裂右旋走滑运动引起的相互对应的尾端拉张区和前方压缩变形区,即藤条河上新世裂陷区(堆积厚 2 159m 的上新世碎屑岩类物质)和滇西北裂陷区分别为红河断裂两侧盘的尾端拉伸区。兰坪—云龙第三纪压缩盆地可能为断裂西南侧盘北向运动的推挤区。断裂东北盘的早期推挤区可能延伸到图幅外的越南境内,后期(N_2-Q_1)的压缩变形可能在滇东的玉溪、通海一带。

这里,我们将重点对断裂东北盘的滇西北裂陷区、中段走滑变形区和南段条形断陷盆地区的右旋位错特征加以论述。

1.2 北段的尾端拉张区——滇西北裂陷区

北部伸展变形区是滇西北断陷盆地区。这些断陷盆地长轴为北北西、北北东或近南北向,边控断裂为高角度正断裂。这些盆地有的形成于中新世(剑川、洱源三营等盆地),有的形成于第四纪(如大理、永胜、丽江等盆地),但均为第四纪以来张性裂陷型盆地。第四纪堆积物厚一般在 500 m 以上,不乏达到厚 1 000 m 或 >1 000 m 者(如大理盆地 2 000 m,程海盆地 1 800 m,丽江盆地 1 100 m,宾川盆地 1 000 m 等)。再从断陷盆地的时空分布上看,中新世期间盆地位于剑川以西,堆积有厚达 450m 的双河组砂、泥岩含煤地层;上新世盆地则向东南扩展到剑川东部及洱源三营一带。在剑川盆地周边堆积有上上新世末粗面岩和粗面质玄武岩,在三营盆地堆积有砂、泥岩含煤岩系;第四纪以后,盆地继续向东部和东南部扩展,形成滇西北现今星罗棋布的断陷盆地面貌。也即,中新世以来盆地的扩展方向,总体上由西北向东南,这与青藏高原物质南向流动方向以及红河断裂尾端拉张扩展方向是一致的。

由此看来,局限于红河主断裂东北一侧,生成于中新世上新世至第四纪且不断向东南扩展的滇西北裂陷型伸展变形区应该是红河断裂带右旋走滑运动的尾端拉张区或尾折变形区^[7]。资料表明第四纪以来的伸展量达 5.6 km。

1.3 中段的右旋剪切变形特征

红河断裂南段(者龙以南)有一系列断裂同步切错水系的右旋位错形迹,位错量大的达 7.4 km,但位错的水系均为红河的 I、II 级支流水系,即为红河主河道形成(约早更新世)以后发生的位错变动,

对早更新世及其以前的右旋位错设有研究。走滑型活动断裂的位错空间分布资料表明:断裂水平位移量有中间大、两头小的基本特点。因此,从理论上讲红河断裂右旋位移量最大处应在它的中段,即弥渡—者龙一段。最近的调查表明,从弥渡、金山至者龙以北,红河断裂右旋位错形迹多有表现,其中主要有燕山晚期花岗岩体(S_3)的右旋位错,上新世煤盆的右旋位错和穿经断裂带的红河上游(礼社江)的右旋扭动等,得到的右旋位移量有 30 ~32 km 和 18 km 两组数据,前者是花岗岩体和上新世煤盆位移量,后者是礼社江右旋位移量。根据花岗岩体右旋张破裂带中构造岩的 SEM 和 FT 测年,30 ~32 km 的位移量是上新世以来(约 5 Ma)的位移量,红河上游礼社江似是早更新世早期形成,即 18 km 的右旋位移应视为早第四纪(3 Ma)以来的位移量。

1.4 红河断裂南段的右旋位错变形

近来调查研究还表明,红河断裂南段(者龙—元阳段)存在着断裂右旋切错中新统(N_1)及上新统(N_2)的诸多地质形迹(另文发表),且于断裂谷地中发育有从早第三纪至第四纪的断陷盆地。这些断陷均属与哀牢山后期块速隆升相应的裂陷盆地。盆内堆积有碎屑类砂、泥质沉积物,且中新世(N_1)沉积物砾度大、磨圆、分选差,属山体块速抬升的山前磨拉石堆积。似乎表明早第三纪末区段内有一次较强烈的构造隆起事件。而最近围绕哀牢山的热年代研究结果得到 5 ~7 Ma 的山体快速冷却事件^[8]。特别引起我们注意的是:早第三纪(E)盆地主要发育在元阳的北部和东部,中新世(N_1)盆地主要分布在元阳—红河县间;上新世(N_2)盆地则主要分布在红河县西北至元江、漠沙一带,第四纪(Q)盆地位置则集中分布在其西北的漠沙一带。即从早第三纪经中、上新世至第四纪,红河断裂带南段的断陷盆地有从东南向西北迁移扩展的特点,有人形象地称之为从东南向西北的“撕裂”作用^[9]。非常有意思的是,热年代学的研究结果同样表明,从元阳向西北经元江至嘎洒的 FT 年龄,由 10.6 Ma 经 7.36 Ma、6.59 Ma 减至 5.61 Ma^[8]。即哀牢山抬升,磷灰石冷却年龄东南段早、西北段晚,或者说山体的块速抬升事件的时间顺序是从东南向西北逐渐发展迁移的,这与盆地裂陷自东南向西北扩展迁移在路径和时间上十分吻合。由此可见,红河断裂南段存在着中新世以来的右旋正断裂陷的地质形迹。

2 右旋位移发生时代的定量研究

如前所述 红河断裂带北、中、南段是作为一个大型右旋走滑运动的整体而展开 因而研究红河断裂右旋走滑运动的发生时代也应该在红河断裂的各个不同断裂部位去进行 并应采取地质方法和同位素测年研究相结合的研究方法。对北段—滇西北裂陷伸展区如前所述裂陷型盆地自中新世始 经上新世至第四纪 因而定量确定区内盆山耦合时代 研究确定盆地断裂从挤压剪切到伸展滑脱的转换时代也许是求解该问题的一个可能途径 在剑川盆地西部可见上新世三营组(N_{2s})不整合于遭受褶皱变形的中新世剑川组(N_{1j})之上 且三营组(N_{2s})产状平缓稳定 底部有底砾岩 预示中新世末有过强烈的轴向近南北向的挤压褶皱隆升运动。上新世以后则以差异升降为主 与之相伴 断裂活动性质从挤压逆推逐渐转为伸展滑脱。据 FT 测年研究 玉龙雪山背斜为一组近东西—北西西向高角度断层切割 上盘岩石在 5.3 Ma 前后发生向南南东的同挤压伸展构造变形^[10] 这从一个侧面反映出滇西北地区在 5.3 Ma 左右 从挤压褶皱返转为延伸滑脱 它大体上相当于滇西北裂陷型盆地伸展变形的开始时代。

在断裂中段的点苍山一带 据 Leloup 等^[1]、刘文寄等^[2,3]对 6 个钾长石样品的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄谱及冷却历史分析 其结果表明 在 22~17 Ma 期间存在着快速冷却事件 它可能对应于红河断裂早期大规模左旋剪切走滑运动 15~5 Ma 期间所有样品均存在一个“等温坪” 即在此期间 没有明显的构造去顶 地壳处在相对稳定的状态 4.7 Ma 又出现一个快速冷却事件 并认为它是红河断裂正断活动的开始。在中南段弥渡—金宝山一带 由 SEM 测年得到燕山晚期花岗岩体的右旋错动发生在新世以后。在断裂带南段的哀牢山地区 所测 4 个磷灰石样品的裂变径迹年龄介于 10.6~5.61 Ma 间 均值为 7.5 Ma 表明红河断裂南段与断裂右旋剪切运动相伴的山体快速隆升时间可能稍早一些(7 Ma 左右)。如前文所述 南段第三纪以来盆地从中新世经上新世至第四纪的扩展方向与山体隆升时空分布均有由东南向西北发展迁移之势 表明南段右旋走滑运动也是自东南开始向西北节节展开的。

综合分析上述资料 可以初步认为红河断裂带大型右旋走滑运动可能开始于 7~8 Ma 强烈活动于 5.3~4.7 Ma。至今仍处在这一右旋走滑活动状态之中。

3 主要结论与问题讨论

综合上述资料分析 可对红河断裂右旋走滑运动起始年代与位移量问题做如下初步结论和讨论:

(1) 断裂带大型走滑运动应视为一个大的断裂体系的运动 北、中、南三段区各有其几何结构与运动学特征。仅就主断裂东盘而言 北段以伸展裂陷为主 构成滇西北拉张型断陷盆地 中段以简单走滑运动为主 构成线性断层谷、断层陡崖和地质体的同步右旋位错 南段带内以右旋“撕裂”条形断陷盆地为特征 山前的水系右旋位移和断谷盆内的碎屑质堆积相伴发生。

(2) 现有的地质资料表明 红河断裂大型右旋走滑运动可能开始于中新世。与断裂右旋位错活动相伴的热年代学研究资料表明 北段(玉龙雪山)后期伸展滑脱年龄为 5.3 Ma;中段(点苍山)后期山体快速抬升发生在 4.7 ± 1 Ma;南段(者龙—元阳段)后期快速抬升时间为 7~5 Ma。联系到红河断裂带两侧山体隆升过程的整个热演化历史分析 6~7 Ma 可能是红河断裂大型右旋走滑运动的初始年代 而 5 Ma 左右可能是右旋走滑运动强烈活动期。

(3) 关于红河断裂带中新世以来的右旋位移还是一项尚待深入研究的问题。目前仅有的资料表明 红河断裂南段红河 I 级支流最大位错量约 7.4 km 中南段礼社江右旋位移量 18 km;中南段燕山晚期花岗岩体(3)后期右旋位错总量 30~32 km。前两个数据应分别代表更早更新世早期(约 1.5~2.0 Ma)和上新世末—早更新世初(3 Ma 左右)的位移量。后者据 SEM 研究应为上新世(5~6 Ma 左右)以来的位移量。应该说这些数据还不够翔实 有待进一步补充和完善 尤其是至今尚未找到中新世(15 Ma 左右)以来右旋位移的直接地质证据。

(4) 红河断裂后期大型右旋走滑运动的主体发生时代(5 Ma 左右)虽然与青藏高原后期快速隆升时代(5.3 Ma, 3.6 Ma)^[11,12]大体相当 即大体可将之与青藏高原隆升 地体南向“挤出”的动力机制相联系 但红河断裂右旋位移量和相应的位移速率(上新世以来约 6 mm/a, 第四纪以来约 4~5 mm/a)并不支持简单的地壳“挤出”和块间大平移走滑运动。此外 红河断裂带大规模右旋走滑运动可能早期开始于中南段(7~8 Ma 左右) 并有从东南向西北扩展之势(N_1-Q_1 期间);而仅仅在后期(Q_1)以来尤其是晚更新世(Q_3)才有从西北向东南大规模流展态势(这种南向流展可能还伴有区内深部背景)。因

此,也不好简单的地块滑移来解释红河断裂右旋位错的全部问题。看来,包括青藏高原隆升过程在内的区内地壳运动的样式是极其复杂的,即整个地壳运动的变形过程既有块间的滑移,也有块内的复杂地壳变形。

参考文献(References):

- [1] Leloup P H, et al. Structural Petrological and thermal evolution of a Tertiary ductile strike-slip shear zone, Diancang mountain, Yunnan [J]. Journal of Geophysical Research, 1993, 98(84): 6715-6743.
- [2] Chen Wenji(陈文奇), Harrison T M, Lovera D M. Thermochronology of the Alaoashan-Red river shear zone—a case study of multiple diffusion domain model [J]. Seismology and Geology(地震地质), 1992, 14(2): 121-128 (in Chinese).
- [3] Chen Wenji(陈文奇), Li Qi(李齐), Wang Yipeng(汪一鹏). Miocene diachronic uplift along the Alao Mountains-Red river left-lateral strike-slip shear zone [J]. Geological Review(地质论评), 1996, 42(5): 385-390 (in Chinese).
- [4] Zhu Chengnan(朱成男), Duan Jiale(段加乐), Kong Xianqiong(孔祥红). The development of the offset drainage system and seismic activities on the Red River fault zone [J]. Journal of Seismological Research(地震研究), 1982, 5(3): 315-323 (in Chinese).
- [5] Tapponnier P et al. The Alaoashan Red river metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indo-China and south China [J]. Nature, 1990, 343: 43-437.
- [6] Harrison T M, et al. An early Miocene transition in deformation

region with the Red river fault zone, Yunnan and its significance for Indo-Asian tectonics [J]. Journal of Geophysical Research View, 1992, 97(135): 559-7682.

- [7] Guo Shunmin(顾顺民), Xiang Hongfa(向宏发), Ji Fengju(计凤桔), et al. A study on the relation between Quaternary right-lateral slip and tip extension along the Honghe fault [J]. Seismology and Geology(地震地质), 1996, 18(4): 301-309 (in Chinese).
- [8] Wan Jinglin(万景林), Li Qi(李齐), Chen Wenji(陈文奇). Fission track evidence of diachronic uplift along the Shan-red river left-lateral strike-slip shear zone [J]. Seismology and Geology(地震地质), 1997, 19(1): 87-90 (in Chinese).
- [9] He Kezhao(何科昭), He Haosheng(何浩生), Cai Hongbiao(蔡红飙). Formation and evolution of the western Yunnan orogenic belt [J]. Geological Review(地质论评), 1996, 42(2): 97-106 (in Chinese).
- [10] Zhang Jasheng(张家声), Han Zhujun(韩竹军). Progressive deformation age data and regional tectonic relationship of the Yulong-Haba mountain range, northwest Yunnan [A]. In: Ma Zongjin, Wang Yipeng, et al., eds. Stay on the Recent Deformation and Dynamics of the Lithosphere of Qinghai-Xizang Plateau [C]. Beijing: Seismological Press, 2001. 136-147 (in Chinese).
- [11] Ma Zongjin(马宗晋), Zhang Jasheng(张家声), Wang Yipeng(汪一鹏). The third deformational movement episodes and Neotectonic domains in the Qinghai-Tibet plateau [J]. Acta Geologica Sinica(地质学报), 1998, 72(3): 211-227 (in Chinese).
- [12] Zhong Dalai(钟大赉), Ding Lin(丁林). Rising Process of the Qinghai-Tibet plateau and its mechanism [J]. Science in China (D)(中国科学 D 辑), 1996, 39(4): 369-379 (in Chinese).

PROCESSING ABOUT QUANTITATIVE STUDY OF LARGE - SCALE STRIKE-SLIP MOVEMENT ON RED RIVER FAULT ZONE

XIANG Hong-fa, HAN Zhu-jun, GUO Shun-min, CHENG Li-chun, ZHANG Wan-xia
(Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China)

Abstract Based on the interpretation of remote-sensing images, geological survey, related chronological study and the previous data analysis, the geological evidences on the large-scale dextral displacements along the Red River fault zone as a whole are illuminated. The basic features about geometry, dynamics and chronology of the Red River fault zone are involved. We also discuss the co-relation between the late large-scale dextral strike-slip movement and the lift-up of Tibetan plateau. Our work shows that, because of the large-scale dextral slip along the Red River fault zone, the northwest Yunnan rift-basin region, the extensive tectonics, are formed on the end since Miocene. The extensive basins have spread southeastwardly from the Miocene to the Quaternary. Typical strike-slip deformation appears at the center segment of fault zone. The granitic body in the late-Yanshan period, the coal-basins and the drainage of Lishe River are dextrally offset in-phase. The dextral displacements since the Pliocene can be 30~32 km. The dextral offset of piedmont drainage and the dextral "rift-into" deformation in the fault valley are the major features in the southern segment. The fault-depressed basins related with the rapid lift-up of ranges spread northwestwardly from the Miocene to the Quaternary. According to the geological study and the chronological analysis of K—Ar, FT and SEM in the region, it can be primarily concluded that the major dextral strike-slip movement along the Red River fault zone began in 8~7 Ma and arrived at the peak about 5 Ma.

Key words Quantitative study; The major dextral strike-slip movement; The Red River fault zone.