

常祖峰、常昊、李鉴林等,2015,楚雄-南华断裂晚第四纪活动与 1680 年楚雄 $6\frac{3}{4}$ 级地震,中国地震,31(3),492~500。

楚雄-南华断裂晚第四纪活动 与 1680 年楚雄 $6\frac{3}{4}$ 级地震

常祖峰¹⁾ 常昊¹⁾ 李鉴林¹⁾ 侯家学²⁾ 宋志峰²⁾ 毛德培²⁾

1) 云南省地震局,昆明市北市区北辰大道 650041

2) 云南省楚雄州地震局,云南楚雄 675000

摘要 根据卫星影像解译和野外调查结果,本文重点分析研究楚雄-南华断裂的活动特征、最新活动时代、第四纪盆地的成因以及与 1680 年楚雄 $6\frac{3}{4}$ 级地震的关系。吕合、南华等多处第四纪断层剖面揭示了断错龙川江 II、III 级阶地晚更新世晚期堆积,表明该断裂是一条晚第四纪活动断裂,其最新时代为晚更新世晚期乃至全新世,运动性质以右旋走滑运动为主,水平走滑速率 $1.6\sim 2.0\text{mm/a}$ 。沿断裂发育有楚雄、南华、子午等多个第四纪拉分盆地。历史上,断裂附近曾发生 1680 年楚雄 $6\frac{3}{4}$ 级地震和多次中强地震,楚雄-南华断裂为这些地震的发震构造。从更大区域范围看,它与东部的曲江断裂、石屏-建水断裂一起,构成一组斜列的右旋走滑为主的活动断裂带。这种运动学特征类似于川滇菱形块体西南边界的红河断裂带,与川滇菱形块体 SE 向逃逸(运动)有关。

关键词: 楚雄-南华断裂 晚第四纪 右旋走滑 地震

[文章编号] 1001-4683(2015)03-0492-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

楚雄-南华断裂处于川滇菱形块体内部的滇中地区,毗邻红河断裂,并与之平行延伸。川滇菱形块体边界主要由鲜水河断裂、安宁河断裂、则木河断裂、小江断裂、红河断裂和金沙江断裂等组成(图 1)。始新世以来,印度板块与欧亚板块间的碰撞导致青藏高原的形成和强烈隆升,随着印度板块北偏东移动和青藏高原隆升的持续,川滇菱形块体向 SE 逃逸。这是印度板块与欧亚板块碰撞、印度板块北移引起的板块边缘变形和差异运动的应变响应的结果(钟大赅等,1996、1989; Molnar et al, 1975; Peltzer et al, 1988; Tapponnier et al, 1977、1982)。随着川滇菱形块体向 SE 运动,东部边界的鲜水河断裂、则木河断裂、小江断裂等表现为左旋走滑运动,西部边界的红河断裂和金沙江断裂表现为显著的右旋走滑运动,许多学者对此有较深入的研究(任金卫,1994;宋方敏等,1998;虢顺民等,2001;向宏发等,2004; Leloup et al, 1993; Tapponnier et al, 1990)。这些断裂大多是全新世活动断裂。由于边界断裂的强烈活动,沿断裂多有强震发生,如 1854 年甘孜 $7\frac{1}{2}$ 级地震、1923 年炉霍 7.3 级地震、1725

[收稿日期] 2013-10-23; [修定日期] 2015-08-16

[项目类别] 2014 年度地震科技星火计划项目(XH14047)、国家自然科学基金项目(41472204)资助

[作者简介] 常祖峰,男,1966 年生,主要从事地震地质和活动构造等研究。E-mail: zufch@163.com

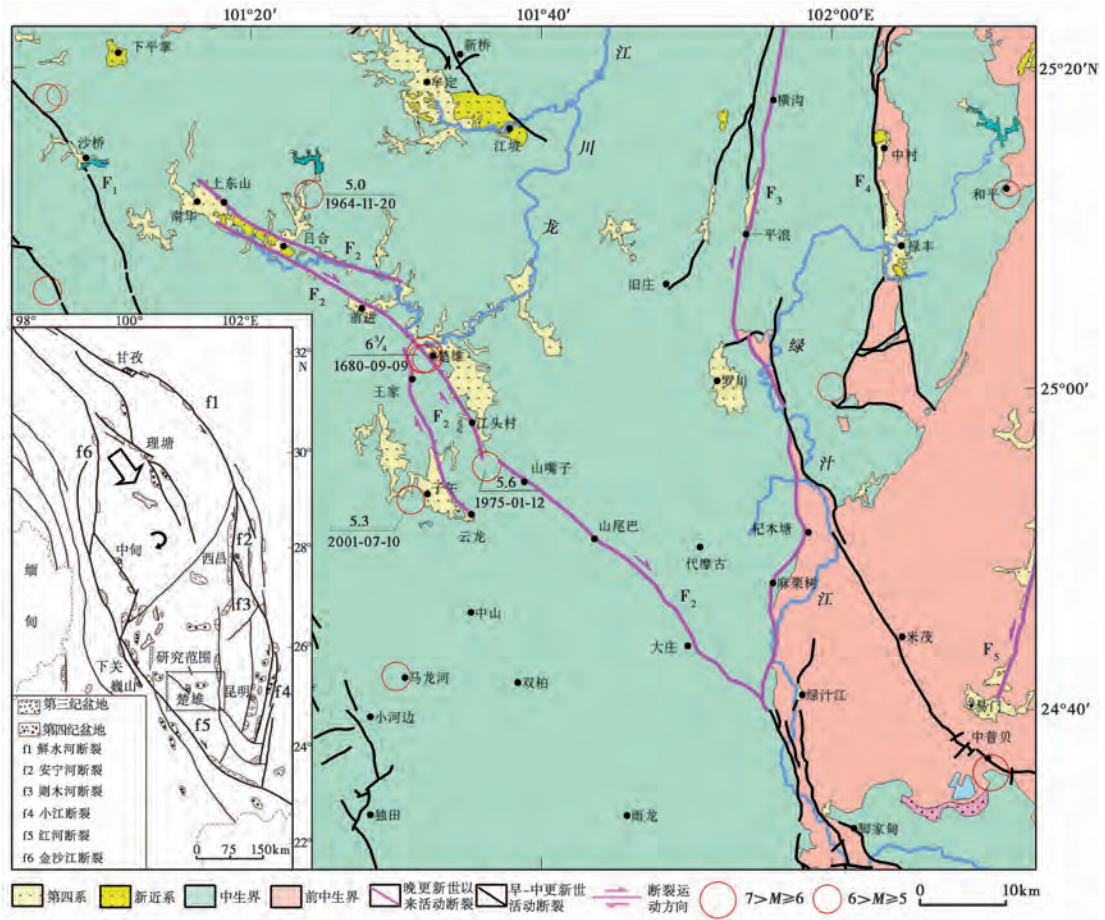


图 1 楚雄-南华断裂及邻区地震构造

断裂名称: F₁ 沙桥断裂, F₂ 楚雄-南华断裂, F₃ 元谋断裂, F₄ 禄丰断裂, F₅ 汤郎-易门断裂

年康定 7 级地震、1833 年嵩明 8 级地震、1925 年大理 7 级地震等。川滇菱形块体内部, 也常有强震发生, 如 1996 年丽江 7.0 级地震、1976 年盐源 6.7 级地震、1970 年通海 7.8 级地震等, 这些地震的发生与块体内部断裂的活动密切相关(韩竹军等, 2004; 张建国等, 1997; 向宏发等, 2002)。总而言之, 川滇菱形块体是随着青藏高原隆起发展、演化而成的一个活动块体, 块体边界及其内部地震活动强烈而频繁。

红河断裂做为川滇菱形块体的西部边界断裂, 长期以来为诸多地球科学家所关注。根据沉积建造、岩浆活动、构造变形、地球物理等方面的研究(阚荣举等, 1986; 钟大赉等, 1989), 红河断裂带是一条经历长期演化(陆-陆碰撞、陆核增生、挤压剪切)的块间构造变形带。新构造时期以来, 它又经历了早期(古近纪)的大型左旋剪切运动和后期(新近纪以来)的右旋走滑运动(向宏发等, 2004)。与红河断裂平行延伸的楚雄-南华断裂附近曾发生 1680 年楚雄 6¼级地震, 但对于该断裂的活动程度、活动时代以及此次地震的发震构造未见研究报道。此断裂是否具有与红河断裂基本一致的运动学特征? 是否具有类似的构造变形机制? 这些问题的研究, 对于深入理解和认识块体内部地震的形成机制和分布规律, 对于认识

青藏高原隆起周边地壳和块间变形的运动学与动力学特征,无疑具有重要的理论和实际意义。

1 区域地质构造背景

楚雄-南华断裂所在区域在大地构造上属于扬子准地台康滇地轴的中南段(图1)。基底为下元古界昆阳群,为一套浅海相复理石建造,晋宁运动使地层发生区域变质。晋宁运动后,区域隆升,至三叠世才开始下降接受沉积,由中生界组成的盖层,厚逾万米。盖层的下部为碳酸盐岩建造,中部为海陆交互相及陆相含煤建造,向上则变为巨厚的陆相红色建造。以上表明该区域为大型中生代拗陷盆地。

盖层构造线表现为:东部呈近SN向,如元谋断裂、禄丰断裂、汤郎-易门断裂等,西部呈NW向,如楚雄-南华断裂等。产生盖层构造变动的主要是燕山运动,印支运动形迹不明显。燕山运动末期的四川运动,使整个盖层全面发生褶皱、断裂,并伴随着碱性岩浆活动,从此,奠定了本区构造的雏形。喜山运动和新构造运动期,以大面积上升运动为主,古近系不发育,沿断裂带和山间盆地只有零星的新近系发育,并使得新近系产生褶皱、断裂。

2 断裂晚第四纪活动特征

2.1 断裂活动的地质地貌表现

楚雄-南华断裂,东起绿汁江右岸的大庄一带,向NW方向经由楚雄、吕合、罗家屯,止于南华盆地西缘,走向 $290^{\circ}\sim 330^{\circ}$,全长约100km。由彼此近于平行的2~3条断裂组成,所经地段中生界和新生界发生强烈变形,甚至出现倒转,上新统和第四系常见有断错现象。沿断裂发育有楚雄、南华、子午等多个第四纪拉分盆地。在地貌上,沿断裂表现为定向排列的断层三角面,单薄的线性山脊,平直的断层槽地(图2)。卫星影像上,沿断裂表现为清晰的线性特征。清晰的断层地貌和线性特征表明该断裂新构造活动特征明显。

2.1.1 吕合镇第四纪断层剖面

断层位于吕合镇龙川江支流紫甸河Ⅲ级阶地上。阶地下部为上新统半固结状浅灰色粘土质砂土,上部为上更新统松散状冲积相褐色含砾粘土,其热释光测年结果为 (25.0 ± 2) ka BP,为晚更新世晚期堆积。剖面上见有2条断层发育(图3),产状分别为 $335^{\circ}/\text{SW}\angle 82^{\circ}$ 和 $295^{\circ}/\text{SW}\angle 78^{\circ}$,2条断层均断错了下部上新统粘土质粉砂层和上部上更新统含砾粘土层,表明在晚更新世晚期有明显的活动。

2.1.2 南华盆地第四纪断层剖面

南华县城北南华盆地内Ⅱ级阶地上(图4、5),公路施工槽揭露出第四纪断层露头,断层产状 $90^{\circ}/\text{S}\angle 70^{\circ}$,断层断错上更新统黄色含砾石砂土和褐色粘土层,其中,灰黑色淤泥质亚粘土经 ^{14}C 测年,结果为 (14620 ± 90) a BP,为晚更新世末堆积。断层的存在充分说明,该断裂在南华盆地北部发育,且在晚更新世末期乃至全新世有活动迹象。

2.1.3 下三村第四纪断层剖面

在楚雄北西4km下三村的楚雄-大理公路旁(图6),断层发育在龙川江Ⅱ级阶地上,产状 $300^{\circ}/\text{SW}\angle 50^{\circ}$,断错上新统半固结粉砂层和上更新统冲积含砾粘土层,冲积含砾粘土呈松散状,据地貌部位和土层性状判断,属于晚更新世晚期堆积。沿断层线追踪,多处见有中



图 2 楚雄盆地西侧断层槽地和线性山脊(据 Google Earth 资料)

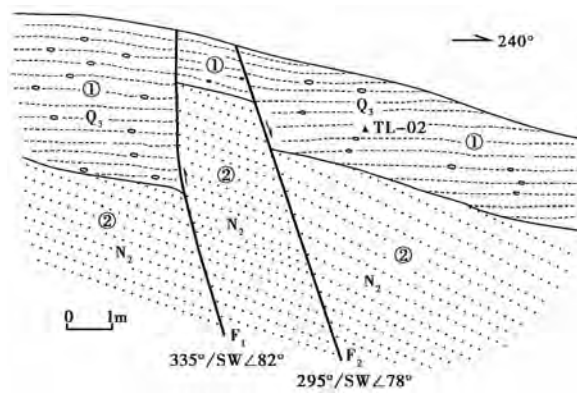


图 3 吕合镇断层剖面

①褐红色含砾粘土;②浅灰色粘土质砂土;▲TL-02 热释光采样点及编号

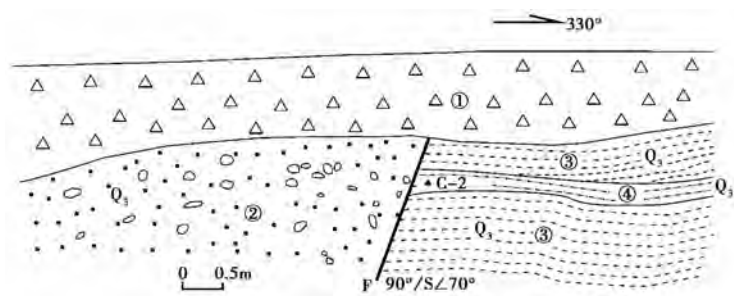


图 4 南华盆地断层剖面

①人工碎石;②黄色含砾石砂土;③褐色粘土;④灰黑色淤泥质亚粘土;▲C-2 C14 采样点及编号



图5 南华盆地第四纪断层

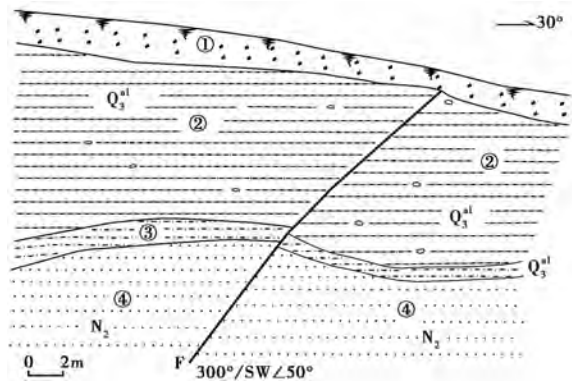


图6 三下村断层剖面

①现代耕植土;②褐红色含砾粘土;③褐黄色亚砂土;④灰色砂土层

生界的基岩陡立带。

以上表明,该断裂至少在晚更新世晚期有明显的活动迹象。

2.2 断裂运动学特征

第四纪以来,楚雄-南华断裂与红河断裂运动学特征类似,表现为明显的右旋走滑运动,沿断层线多处表现为河流右旋位错。尹家嘴水库小团山附近龙川江一级支流右旋位错约500m,楚雄北西2km三家塘一带龙川江一级支流右旋位错约600m,吕合镇一带龙川江支流紫甸河右旋位错约400m。南华盆地南东观音洞至凤山邑一带,多条小溪同步右旋位错,位错量分别为100m、250m和30m。南华盆地南东马军营至牛凤龙一带3条龙川江支流发生同步位错,位错量分别为100m、350m和170m(图7)。

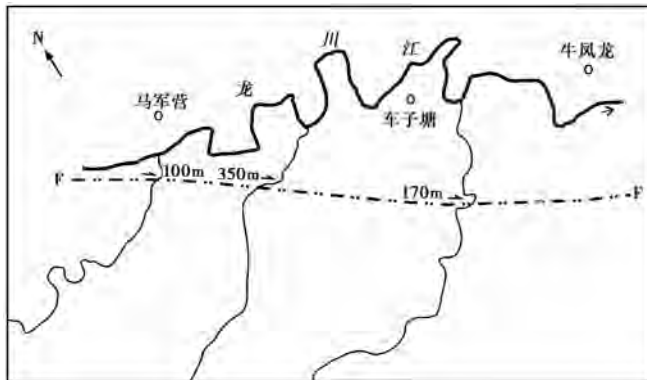


图7 马军营-牛凤龙一带水系同步位错示意图

在南华上东山村西北2km断层通过处,山脊表现为断层垭口等负地形地貌,同时见山脊和小溪同步右旋位错(图8),小溪阶地位错约为(10±1)m。阶地上采集到¹⁴C年龄样品,其测年结果为(5500±30)a BP,根据位错量估算断层右旋走滑速率为1.6~2.0mm/a。

2.3 楚雄、南华第四纪盆地形成机制

对于走滑断层而言,在走滑断层的阶区和断层线弯曲部位,常会形成局部的释压区,形

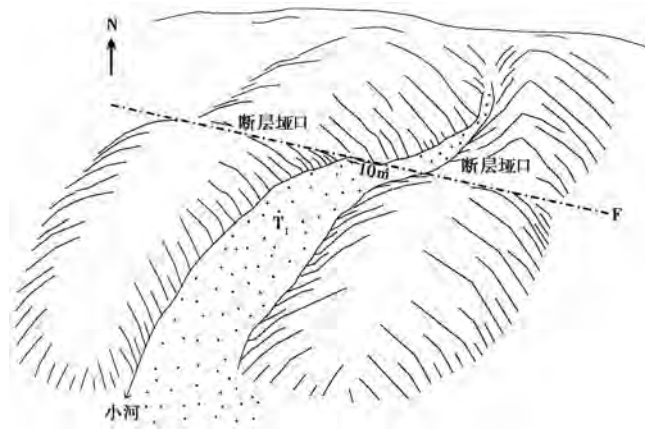


图 8 上东山北西 2km 山脊和河流阶地位错示意图

成拉分盆地。在右旋走滑断层向右弯曲部位,则因应力释压形成拉分盆地(图 9(a));在右旋走滑断层间构成的右阶区,由于断层向反方向的运动也会形成拉分盆地(图 9(b))(朱志澄, 1999)。在断裂端部弯曲的部位常形成拉分盆地,也与这 2 种机制类似。

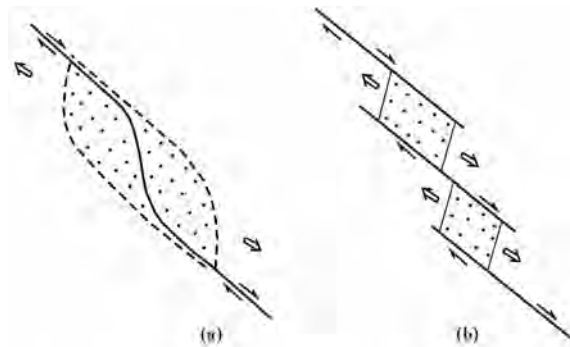


图 9 沿右旋走滑断层发育的拉分盆地的形成机制

(a) 右旋走滑断层向右弯曲部位引起的拉张作用和拉分盆地; (b) 右旋走滑断层右阶区部位的拉张作用和拉分盆地

位于断裂中部的楚雄第四纪盆地,长 16km,宽 3~4km,盆地内第四系砂砾石层的厚度约 120m,为一弯向南西的豆荚型盆地。盆地正处于楚雄-南华断裂向右弯曲部位,在断裂右旋走滑运动的作用下,在右弯部位的释压区形成楚雄拉分盆地(见图 1)。同样地,楚雄西侧的子午盆地,是楚雄-南华断裂分支断层右弯部位形成的拉分盆地。当然,它也是沿分支断层端部发育的拉张型盆地,但形成机制与楚雄盆地一致。而分布于断裂西端的南华盆地,正处于南、北两侧断层右阶区构造部位,是沿右阶区形成的拉分盆地,其形成机制正如图 9(b)所示。

从盆地形成机制分析,这些盆地都是由楚雄-南华断裂右旋走滑运动形成的。

3 断裂活动与 1680 年楚雄 6 $\frac{3}{4}$ 级地震

1680 年 9 月 9 日楚雄发生 6 $\frac{3}{4}$ 级地震。据《云南省志》(第三卷)(云南省地方志编纂委

员,1999):楚雄黑雾漫天,声若巨雷,城廓官署庙宇民舍尽倾,仁永桥、延寿桥、青龙桥倾圮。地裂涌黑水,水涸皆白砂碛,压死 2700 余人;南华城池崩塌,州署、庙学及魁星阁、大乘寺、楼仙寺倾圮;广通城垣崩坏,民房毁裂,官舍倾颓无数;南安(云龙镇)城垣、庙学倾圮,官署、民舍尽倾,压死数十人;牟定民居俱倾等。此次地震破坏严重,出现砂土液化和软土震陷等地质灾害,死亡人数近 3000。根据震后建筑和地面破坏的描述,估计此次地震震中烈度达 IX 度,Ⅷ度范围宽约 20km,长约 40km,等震线长轴为 SW 向(图 10),与楚雄-南华走向和展布位置基本一致,由此认为,此次地震的发震构造应该是楚雄-南华断裂。

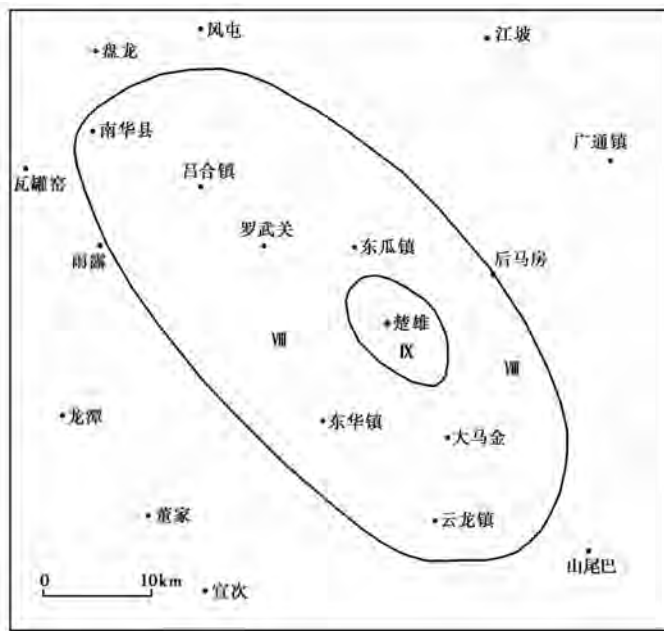


图 10 楚雄 6 $\frac{3}{4}$ 级地震等震线分布

除此以外,沿断裂历史上还发生多次中强地震,如 1975 年 1 月 12 日云南楚雄小白腊 5.6 级地震、1511 年 5 月 22 日楚雄 5 $\frac{1}{2}$ 级地震、1615 年 8 月 24 日楚雄 5 $\frac{1}{4}$ 级地震、2001 年 7 月 10 日楚雄桃园 5.3 级地震、1964 年 11 月 20 日南华 5.0 级地震等。这些地震的发生均与楚雄-南华断裂的活动密切相关。

4 结论与讨论

(1) 吕合镇等多处断层断错了晚更新世晚期地层和河流低阶地,表明楚雄-南华断裂是一条晚第四纪活动断裂。断层地貌清晰。沿断裂发育有楚雄、南华、子午等多个第四纪拉分盆地。断裂以右旋走滑运动为主,水平走滑速率 1.6~2.0mm/a。历史上,断裂附近曾发生 1680 年楚雄 6 $\frac{3}{4}$ 级地震和多次中强地震,研究认为,楚雄-南华断裂为这些地震的发震构造。根据被断错地层和阶地形成时代以及历史地震活动情况分析,其最新时代为晚更新世晚期乃至全新世。

(2) 楚雄-南华断裂是川滇菱形块体内部的一条重要的地震构造,毗邻红河断裂带,并具

有相同的右旋走滑特征。从更大区域范围看,它与东部的曲江断裂、石屏-建水断裂一起,共同构成一组相互斜列的 NW 向活动断裂带,运动性质均以右旋走滑运动为主。其运动学特征与红河断裂带运动学特征一致,与川滇菱形块体向 SE 逃逸(运动)有关,不同的是,红河断裂带作为活动块体的边界,其滑动速率更大些。但这些断裂都是晚第四纪强烈活动断裂,是块体内重要的发震构造。

(3) 楚雄-南华断裂所在的滇中地区,曾是中生代时期形成的大型拗陷盆地,自燕山运动末期四川运动以来一直处于隆升状态,新生界不甚发育,表明该地区是一个长期的新构造隆起区。楚雄-南华断裂北部的大姚、姚安一带曾有多次 6.0~6.5 级地震发生,震中附近未发现较大规模的活动构造,这些地震的成因或许与此新构造隆起有关,也可能与基底褶皱构造带有关。

参考文献

- 魏顺民、计凤洁、向宏发等,2001,红河活动断裂带,北京:海洋出版社。
- 韩竹军、魏顺民、向宏发等,2004,1996年2月3日云南丽江7.0级地震发生的构造环境,地震学报,26(4),410~418。
- 阎荣举、林忠洋,1986,云南地壳上地幔构造的初步研究,中国地震,2(4),50~61。
- 阎荣举、张四昌、晏凤桐等,1977,中国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨,地球物理学报,20(2),96~109。
- 任金卫,1994,则木河断裂晚第四纪位移及滑动速率,地震地质,16(2),146~146。
- 宋方敏、汪一鹏、俞维贤等,1998,小江活动断裂带,北京:地震出版社。
- 向宏发、徐锡伟、魏顺民等,2002,丽江-小金河断裂第四纪以来的左旋逆推运动及其构造地质意义-陆内活动地块横向构造的屏蔽作用,地震地质,24(2),188~197。
- 向宏发、韩竹军、魏顺民等,2004,红河断裂带大型右旋走滑运动与伴生构造地貌变形,地震地质,26(4),43~56。
- 云南省地方志编纂委员会,1999,云南省志(第三卷),昆明:云南人民出版社。
- 钟大赉、丁林,1996,青藏高原的隆起过程及其机制探讨,中国科学(D辑),26(4),289~295。
- 钟大赉、Tapponnier P、吴海威等,1989,大型走滑断层-碰撞后陆内变形的重要形式,科学通报,(7),526~529。
- 张建国、周瑞琦、吴伯黔等,1997,丽江7.0级地震地表破裂与形变特征,地震研究,20(1),58~65。
- 朱志澄,1999,构造地质学,北京:中国地质大学出版社。
- Leloup P H, Harrison T M, Ryerson F J, et al, 1993, Structural petrological and thermal evolution of a Tertiary ductile strike slip shear zone, Diancang Shan, Yunnan, J Geophys Res, 98(84), 6715~6743.
- Molnar P, Tapponnier P, 1975, Cenozoic tectonics of Asia: effects of continental collision, Science, 189, 419~426.
- Peltzer G, Tapponnier P, 1988, Formation and evolution of strike-slip faults, rifts, and basins during the India-Asia collision: An experimental approach, J Geophys Res, 93(B12), 15085~15117.
- Tapponnier P, Lacassin R, Leloup P H, et al, 1990, The Ailaoshan/Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and south China, Nature, 343, 431~437.
- Tapponnier P, Molnar P, 1977, Active faulting and tectonics of China, J Geophys Res, 82(20), 2905~2930.
- Tapponnier P, Peltzer G, Armijo R, et al, 1982, Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticine, Geology, 10(12), 611~616.

Late Quaternary activity of the Chuxiong-Nanhua fault and the 1680 Chuxiong $M 6\frac{3}{4}$ earthquake

*Chang Zufeng*¹⁾ *Chang Hao*¹⁾ *Li Jianlin*¹⁾ *Hou Jiaxue*²⁾ *Song Zhifeng*²⁾
*Mao Depei*²⁾

1) Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650041, China

2) Earthquake Administration of Chuxiong Yi Autonomous Prefecture, Yunnan Province, Chuxiong 675000, China

Abstract According to the results of the satellite imagery interpretation and field investigation, we study the active features and the latest active times of the Chuxiong-Nanhua fault, the Quaternary basins formation mechanism, and the relations of the fault and the 1680 Chuxiong $M6\frac{3}{4}$ earthquake. Several Quaternary profiles at Lvhe, Nanhua reveal that the fault has offset the late Pleistocene deposits of the T2 and T3 terraces of the Longchuan River, indicating that the fault was obviously active in late Quaternary. The Chuxiong-Nanhua fault has been dominated by dextral strike slip motion in late Quaternary, with an average rate of 1.6 ~ 2.0 mm/a. Several pull apart Quaternary basins of Chuxiong, Nanhua, and Ziwu etc. have been developed along the fault. The 1680 Chuxiong $M6\frac{3}{4}$ earthquake and several moderate earthquakes occurred nearby the fault historically. The Chuxiong-Nanhua fault are the seismogenic structure of those earthquakes, the latest fault movement is in late-Pleistocene, even Holocene. In a larger area, the Chuxiong-Nanhua fault and the eastern Qujiang fault and the Shiping fault composed a set of NW trending oblique orientation active faults, and the motion characters are mainly of dextral strike slip. The motion characters, like the Red River fault of the Sichuan-Yunnan Rhombic Block southwestern boundary, is concerned with the escaping movement of the Sichuan-Yunnan Rhombic Block.

Key words: The Chuxiong-Nanhua fault Late-Quaternary Dextral strike slip Earthquake