

老挝琅南塔断裂新构造活动特征与 2007 年班南坎 M_s 6.6 地震*

常祖峰, 张艳凤, 陈宇军

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 根据断裂的地质、地貌特征和卫星影像资料, 阐述了老挝琅南塔断裂的新构造运动表现和运动方式。结果表明: (1) 琅南塔断裂的新构造活动主要表现为正断层兼左旋走滑运动, 为晚更新世活动断裂; (2) 沿断裂历史上发生过一系列 6 级以上地震, 特别是 2007 年 5 月 16 日老挝班南坎 6.6 级地震与该断裂的活动密切相关。

关键词: 琅南塔断裂; 新构造活动; 地质与地貌特征; 老挝

中图分类号: P315.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0666(2008)02-0124-05

0 引言

琅南塔断裂位于老挝西北部, 紧邻中国云南。断裂由数条断层组成, 南西端起于老挝会晒盆地东缘, 经北东方向斑蒙、他发、班南坎、文布卡, 止于老挝南塔省首府琅南塔以北。如果沿其走向往北延伸, 其延长线正好与宁洱断裂(无量山断裂带)相连。值得关注的是, 在 2007 年 5 月 16 日在琅南塔断裂发生 M_s 6.6 地震后不久, 2007 年 6 月 3 日云南宁洱又发生了 M_s 6.4 地震, 两次地震在时间上仅仅相距半个月, 一次地震震中位于南端的琅南塔断裂上, 另一次位于北端的晚更新世以来活动强烈的宁洱断裂上。琅南塔断裂的活动性如何, 以及该断裂地震活动对中国的地震形势会有怎样的影响成为中外学者关心的问题。目前对琅南塔断裂以及所在区域新构造运动特征研究甚少, 笔者曾对该区域地质地貌特征和琅南塔断裂进行了较为详细的考察, 对该断裂第四纪以来的活动状态和特征进行了一定程度的研究, 并初步探讨了琅南塔断裂活动与地震活动之间的内在联系。

1 琅南塔断裂发育的区域构造背景

琅南塔断裂所在区域属于昌都—思茅—南邦褶皱系, 西以澜沧江—湄公河缝合带(断裂带)

为界与冈底斯—西印支褶皱系相邻, 东以奠边府—琅勃拉邦缝合带(断裂带)为界与东印支褶皱系相接。昌都—思茅—南邦褶皱系区内出露的最古老地层是志留系。早古生代该区处于冒地槽环境, 经加里东运动全面褶皱回返。晚古生代某些深大断裂强烈活动, 从而发展成为古特提斯地槽的重要组成部分, 琅南塔断裂就是石炭纪—二叠纪时期形成的断裂构造。印支运动使全区隆升为陆地, 基本结束了海相沉积历史。侏罗纪—白垩纪, 在一些大型山间盆地发育有红色陆源碎屑含盐沉积建造。上新世第四纪, 主要表现为一系列晚新生代盆地的发育, 如南塔、会晒、清莱等盆地。会晒盆地北部有第四纪碱性玄武岩溢出并伴生碧玄岩、玻基辉橄岩和橄榄岩, 说明喜马拉雅运动的第 II 幕对本区有着重要影响, 主要表现为断陷和岩浆活动(Bar 等, 1987; Bunopa 等, 1983)。

纵观研究区地壳发展历史, 该区域地球动力学发展演化历程主要分为 3 个阶段: ① 前碰撞阶段。晚古生代—早、中三叠纪, 是印支微大陆形成和次海洋岩石圈的转变时期, 形成主动大陆边缘的岛弧、大陆边缘火山建造和早期印支构造层; ② 强烈碰撞阶段。晚三叠纪—侏罗纪, 表现为强烈的大陆板块(主要是东印支板块、西印支板块和扬子板块)碰撞运动, 是东南亚大陆地壳的形成时期, 形成晚期印支构造层; ③ 陆内变形和裂陷作用阶段。晚白垩纪—古新世和渐新世—中新世, 由于陆内

* 收稿日期: 2007-08-15.

基金项目: 地震科学联合基金项目《地面电阻率成像理论和方法研究》(100146) 资助.

变形和裂隙作用，形成断陷盆地和褶皱变形。此时期内该地区属于被动大陆边缘，以伸展构造（裂隙运动）为主要构造形式（Kondratyev 1989; Morily 2002; Morily 2007）。区域构造运动奠定了琅南塔地区新构造运动的基础。

新构造运动时期断裂新活动频繁，早已存在的主要断裂构造均有明显的强烈活动表现，形成了一系列沿断裂带发育的新生代断陷或拉分盆地。沿一些大断裂带分布的一系列断陷盆地、湖泊、断错地貌等，均为这些断裂新活动的产物。琅南塔断裂就是在上述大的区域背景下构造活化的结果。

2 琅南塔断裂新构造活动特征

2.1 断裂地貌特征

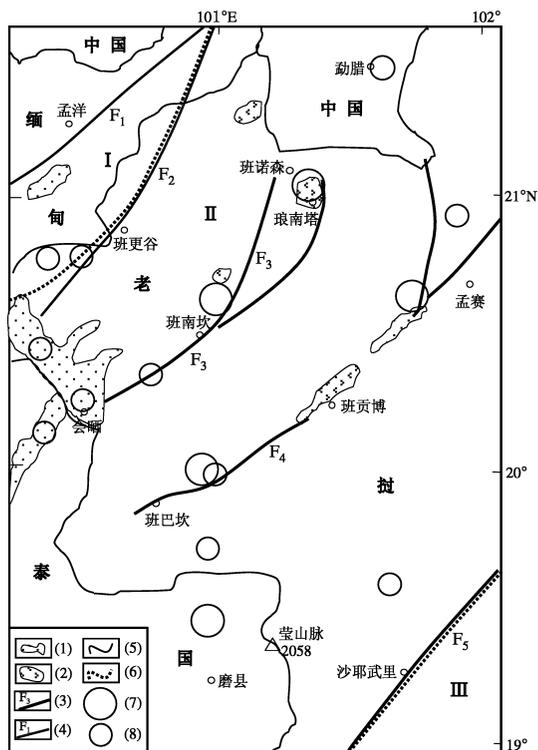
地貌特征是地质构造格局的基本反映，是新构造运动作用过程中必然的规律分布，是新构造断裂、块体运动和侵蚀风化作用的综合结果（李祥根，2003；卢海峰等，2006）。

琅南塔断裂南西端起于会晒盆地东缘，向北东经班南坎、文布卡等地，止于琅南塔以北。南段走向 45° 左右，在琅南塔附近走向北偏，转为 NNE 近 SN 向和 NNW 向，倾向 NW，局部倾向南东，倾角 $50^\circ \sim 75^\circ$ ，长约 130 km，破碎带宽 50 ~ 100 m 以上，角砾岩和糜棱岩发育（图 1）。琅南塔断裂形成于晚华里西期，早期以挤压特征为主。喜山运动和新构造运动时期，因受到被动大陆边缘的伸展构造作用的影响，断裂逐渐转变为正断层性质，特别是在第四纪其伸展性质更加明显。

沿琅南塔断裂发育有会晒、文布卡、琅南塔等多个新生代盆地，断裂对盆地有明显的控制作用。断裂地貌清晰，卫片上线性特征明显。在琅南塔盆地东部边缘发育有一系列断层三角面，三角面坡度 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。班否莱附近可见沿断层发育有断层三角面、断层崖和线性山脊，线性山脊单薄，坡度 60° 左右，呈平行状和斜列状排列，显然是断裂新活动的迹象。

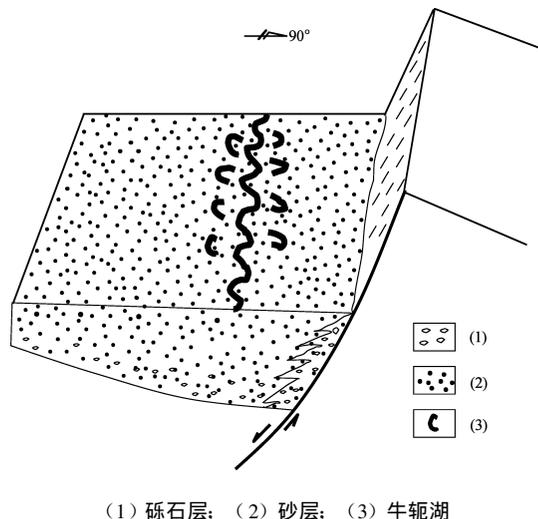
琅南塔断裂附近可见断层破碎带宽上百米，断层擦痕明显，侧伏角 $60^\circ \sim 65^\circ$ ，指示断层具有明显的正断层运动特征。由于断裂的正断层运动，使得位于断裂上盘的琅南塔盆地一直处于沉降过程中，盆地中的南塔河河曲非常发育，多处发育有废弃的牛轭湖，这是断裂活动在盆地河流地貌的典型表现

（图 2）。会晒盆地中河流也具有同样的特征。



(1) 第四系；(2) 上第三系；(3) 晚更新世以来活动断裂；(4) 早第四纪断裂；(5) 国界；(6) 一级大地构造单元分界线；(7) $M_s \geq 6.0$ 地震；(8) $6.0 > M_s \geq 5.0$ 地震； F_1 : 孟帕亚断裂； F_2 : 更谷断裂； F_3 : 琅南塔断裂； F_4 : 孟赛断裂； F_5 : 莫边府—琅勃拉邦断裂；I. 冈底斯—西印支褶皱系；II. 昌都—思茅—南邦褶皱系；III. 东印支褶皱系

图 1 区域地质构造图



(1) 砾石层；(2) 砂层；(3) 牛轭湖

图 2 琅南塔断裂控制下河曲发育地貌示意图

断裂还表现出水平左旋位错特征，在琅南塔南部的班那姆亨一带河流水系发生左旋同步位错，错距有两个级别，分别为 1 200 ~ 1 300 m 和

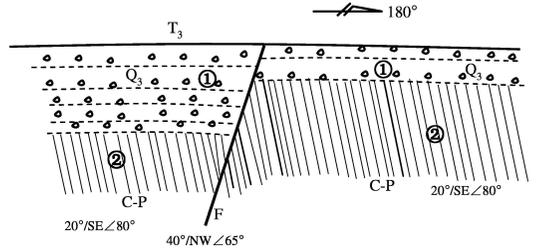
1 800~2 000 m, 说明第四纪以来断层还表现出了水平滑动特征。

2.2 断裂活动的最新地质特征

琅南塔断裂错断了石炭系—二叠系地层, 断层破碎带宽上百米, 早期显示出挤压性质, 第四纪以来表现为正断层性质兼左旋滑动。断层擦痕侧伏角 $60^{\circ}\sim 65^{\circ}$, 指示断层具有明显的倾滑特征。同时在他发等地可见断层错断了晚更新统地层。

班胆莱附近可见断层破碎带 150~200 m (图 3), 断面产状 $30^{\circ}/SE\angle 60^{\circ}$ 。破碎带岩石产状紊乱, 断层角砾岩、碎裂岩、构造透镜体和断层泥发育。断层附近的灰白色晚更新统河流 II 级阶地沉积发生构造变形。该级阶地沉积热释光测年结果为 $(39.51\pm 2.47) ka$, 说明晚更新世晚期该断裂曾有活动迹象。

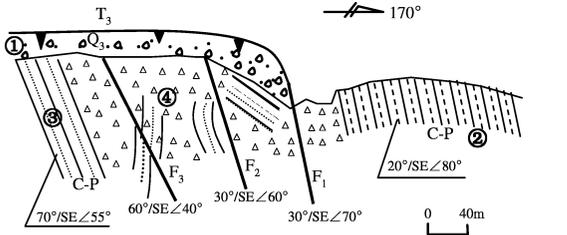
积, 断层产状 $40^{\circ}/NW\angle 65^{\circ}$, 断层泥灰呈白色、半胶结状态。



① 上更新统 T₃ 阶地沉积; ② 石炭系—二叠系红色页岩

图 5 班胆莱西公路旁断层剖面图

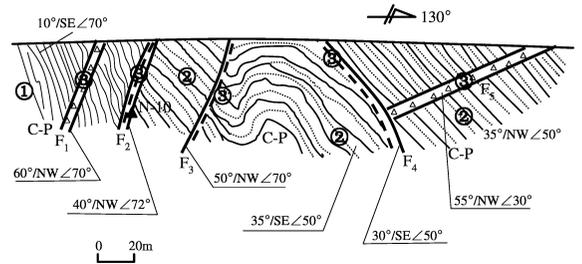
班那姆松西 2 km 公路旁可见断裂破碎带宽约 200 m (图 6), 断层发育于石炭系—二叠系砂页岩中, 露头剖面上见发育有多条断层, 岩石产状紊乱, 断层角砾岩和断层泥发育。断层泥灰呈白色、半胶结状态, 其热释光测年结果为 $(126.27\pm 13.93) ka$ 。



① 上更新统 T₃ 阶地沉积 ② 石炭系—二叠系红色泥页岩; ③ 石炭系—二叠系石英砂岩与砂岩; ④ 断层角砾岩带

图 3 班胆莱附近断层剖面图

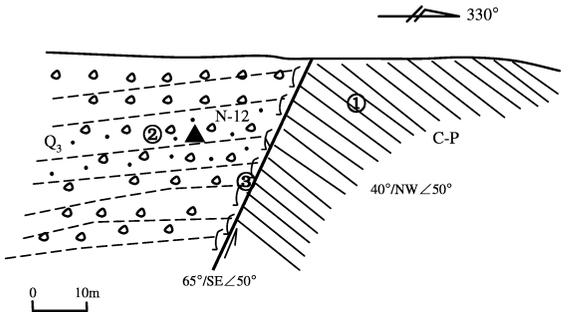
他发村附近断层发育于石炭系—二叠系页岩与晚更新统 II 级阶地沉积之间 (图 4), 断层产状 $65^{\circ}/SE\angle 50^{\circ}$ 。经热释光测年, 该级阶地沉积年龄为 $(31.06\pm 2.64) ka$ 。



① 石炭系—二叠系红色泥页岩; ② 灰白色砂岩; ③ 断层角砾带及断层泥; ▲ 热释光采样点及编号

图 6 班那姆松西 2 km 断层剖面图

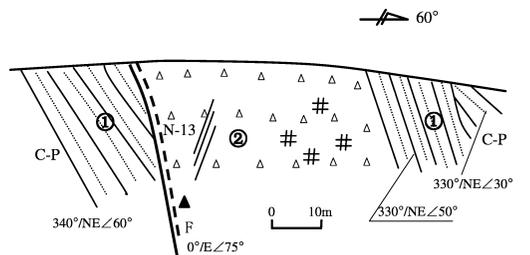
琅南塔盆地东缘断层破碎带宽约 150 m (图 7), 断层产状 $0^{\circ}/E\angle 75^{\circ}$, 断层角砾岩、碎裂岩和断层泥发育。断层泥呈灰色、半胶结状态, 其热释光测年结果为 $(127.12\pm 10.81) ka$ 。



① 石炭系—二叠系红色泥页岩; ② 上更新统灰色半棱角状冲洪积含砂砾石; ③ 断层及挤压片理带; ▲ 热释光采样点及编号

图 4 他发村附近断层剖面图

班胆莱西断层剖面上 (图 5), 断层同时错断了石炭系—二叠系页岩和和晚更新统 III 级阶地沉



① 石炭系—二叠系砂岩; ② 断层角砾岩及断层泥;

▲ 热释光采样点及编号

图 7 南塔盆地东缘公路旁断层剖面图

以上两断层剖面中断层泥测年结果均在 10 万年左右。根据断层活动程度推测, 其断层泥测年结果应小于 10 万年。之所以出现这样的结果, 笔者认为这主要是目前断层泥测年技术手段存在一定的局限性造成的, 因为根据多年的断层泥测年结果来看, 对于确有明显活动迹象的晚更新世活动断裂而言, 断层泥测年结果鲜有在数万年之内者, 这不是测试结果错误, 主要是技术手段的局限性所致。有鉴于此, 对于接近 10 万年的断层泥测年结果的断层, 通常视为 10 万年以内活动的断层。

3 琅南塔断裂与班南坎 $M_s 6.6$ 地震的关系

琅南塔断裂晚更新世以来具有明显的活动特征, 属于晚更新世活动断裂。根据云南地区的经验, 一般晚更新世活动断裂具有发生 6 级以上地震的构造条件, 如无量山断裂中南段 (宁洱断裂) 为晚更新世活动断裂, 历史上在普洱地区沿断裂曾发生 8 次 6 级以上的强震。同样地, 历史上在琅南塔和会晒附近, 沿断裂发生过多次强震, 如 1925 年 12 月 22 日琅南塔 $6\frac{3}{4}$ 级地震、1996 年 12 月 21 日会晒北 5.2 级地震和会晒南 5.6 级地震等, 这些地震的发生均与琅南塔断裂活动密切相关。2007 年 5 月 16 日老挝班南坎发生的 $M_s 6.6$ 地震 (中国地震台网中心数据), 其微观震中距琅南塔断裂带 10 km 左右, 宏观震中位于断裂线西侧的上盘, 震中与断裂空间位置密切相关, 表明此次地震显然是该断裂活动的结果。

4 结论与讨论

(1) 琅南塔断裂形成于晚古生代石炭纪—二叠纪时期, 新构造运动期有强烈活动, 主要表现

为沿断裂发育一系列新生代盆地, 对琅南塔、会晒、文布卡等盆地有明显的控制作用。

(2) 断裂早期具挤压性质, 第四纪以来表现为正断层性质兼左旋滑动。断层错断了晚更新统地层, 断裂地貌清晰, 卫片线性特征明显, 沿断裂发育有一系列断层三角面、断层崖和单薄的线性山脊。表明断裂新活动迹象明显, 为晚更新世活动断裂。

(3) 由于断裂的活动, 沿断裂发生过多次强震, 如 1925 年琅南塔 $6\frac{3}{4}$ 级地震, 1996 年会晒北 5.2 级地震、会晒南 5.6 级地震、2007 年班南坎 6.6 级地震等, 这些地震的发生均与琅南塔断裂活动密切相关。

(4) 在 2007 年 5 月 16 日老挝班南坎 $M_s 6.6$ 与 2007 年 6 月 3 日中国云南宁洱 $M_s 6.4$ 地震, 是否有着构造成因上的关联性, 是值得进一步深入研究的课题。

参考文献:

- 李祥根. 2003 中国新构造运动概论 [M]. 北京: 地震出版社.
- 卢海峰, 马保起, 刘光勋. 2006 甘肃文县北部北东东向断裂带新构造活动特征 [J]. 地震研究, 29 (2): 147—155.
- Barr S M, Macdonald A S. 1987. Nan River Suture Zone, Northern Thailand [J]. *Geology*, 15: 907—910.
- Bunopas S, Fontaine H, Saipapongse S et al. 1983. Pliocene Paleogeography in Southeast Thailand Evidenced by New Discovery [J]. *Geol Soc Thailand* 6 (1): 17—21.
- Morley C K. 2002. A Tectonic Model for the Tertiary Evolution of Strike Slip Faults and Rift Basins in SE Asia [J]. *Tectonophysics* 347 (4): 189—215.
- Morley C K. 2007. Variation in Late Cenozoic recent Strike slip and Oblique extensional Geometries Within Indochina: the Influence of Pre-existing Fabrics [J]. *Journal of Structural Geology* 29: 405—437.
- Ye d, sulidi, Kondratyev. 1989. Main Features of The Structure and Geodynamics of Laos [J]. *Geotectonics* 23 (6): 543—549.

Neotectonic Movement Characteristics of Louang Nam Tha Laos Fault and the 2007 Ban Namkhan $M_s 6.6$ Earthquake

CHANG Zu-feng ZHANG Yan-feng CHEN Yu-jun

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

According to the geological and geomorphic characteristics of the Louang Nam Tha fault in Laos and the satellite photograph explanation for it, we studied the neotectonic movement behaviors and patterns of the fault. The results show: (1) the neotectonic activity of the fault is mainly normal and left lateral dip-slip, the updated active time is in late Pleistocene; (2) there were a series of earthquakes with $M \geq 6.0$ occurring along the fault, especially the Ban Namkhan, Laos, $M_s 6.6$ earthquake on May 16, 2007, concerning the activity of the fault very nearly.

Key words: Louang Nam Tha fault; neotectonic movement; geological and geomorphic characteristics; Laos