参 考 文 献

1 Bader H. United States Polar ice and snow studies in the International Geophysical Year. Geophys Monong, 1958, 2: 177~ 181
2 Mulvaney R, Wolff E W. Evidence for winter/spring denitrification of stratosphere in the nitrate record of Antarctic firn cores. Journal of Geophysical Research, 1993, 98(D3): 5 213~ 5 220
3 Legrand M, Delmas R J. Relative contribution of tropospheric and stratospheric sources to nitrate in Antarctic snow. Tellus, 1986, 38B: 236~ 249
4 Mayewski P A, Legrand M. Recent increase in nitrate concentration of Antarctic snow. Nature, 1990, 346: 258~ 260
5 Legrand M, Leopold A, Domine F. Acidic gases (HCl, HF, HNO_3, HCOOH and CH_3COOH): a review of ice core data and some preliminary discussions on their air-snow relationships. In: Wolff E W, Bales R C, eds. Chemical Exchange between the Atmosphere and Polar Snow NATO ASI Series I, 1996, 43: 19~ 43
6 Wolff E W. Location, movement and reactions of impurities in solid ice. In: Wolff E W, Bales R C, eds. Chemical Exchange between the Atmosphere and Polar Snow NATO ASI Series I, 1996, 43: 541~ 560

(1998-11-24 收稿, 1999-03-29 收修改稿)

滇西南龙陵-澜沧断裂带
——大陆地壳上一条新生的破裂带

虢顺民 向宏发 周瑞琦④ 徐锡伟 董兴权④ 张晚霞
(中国地震局地质研究所, 北京 100029; ④云南省地震局, 昆明 650041)

摘要 龙陵-澜沧断裂带是一条新生的破裂带, 由多条斜列式或丛集式次级断层组成, 以活断层、地震断层、地震成带分布为特征. 运动性质为右旋-拉张. 形成时代为早、中更新世, 晚期继续活动. 未来破裂趋势首先将断开那些构造闭锁段、破裂不连续段, 然后使断裂带完全贯通, 同时伴随强震发生.

关键词 滇西南 断裂带 新生破裂带

云南西南部发育的龙陵-澜沧断裂带是一条新生的破裂带. 前人工作主要开始于1988年澜沧-耿马地震发生之后[1~3], 重点在于发震构造方面的研究. 本文对"新生破裂带"的提出还属首次. 地壳上许多活动断裂是沿袭老断裂重新活动的, 但有的断裂却是新生的, 文中研究的就是其中最典型的一例. 作者认为, 对新生断裂的研究, 不仅有构造学上的理论意义, 还有减灾防灾方面的实际意义.

1 新生破裂带形成前的老构造格局

滇西南地区从西北尖高山起, 向东南经腾冲、龙陵、耿马、澜沧, 到达勐海以南, 全长500余公里的范围内, 北北西向新生破裂带形成前的老构造几乎都是北东向的, 部分是南北向的. 老构造由断裂、褶皱、变质岩、岩浆岩组成. 它们形成于古生代, 强化于中生代, 新生代有的继续活动. 老构造的组成、走向、形成时代与新生断裂带完全不一致, 它们是两套不同时期的构造产物. 可见, 北北西向龙陵-澜沧断裂带早期并不存在, 而是后期切割老构造形成的一条新生破裂带.

2 新生破裂带的产生

新生的龙陵-澜沧断裂带与老构造走向成大角度相交, 两者呈切割关系. 新生破裂带的重要标志是: 发育新生断裂、地震断层以及成带分布的地震活动(图 1) .

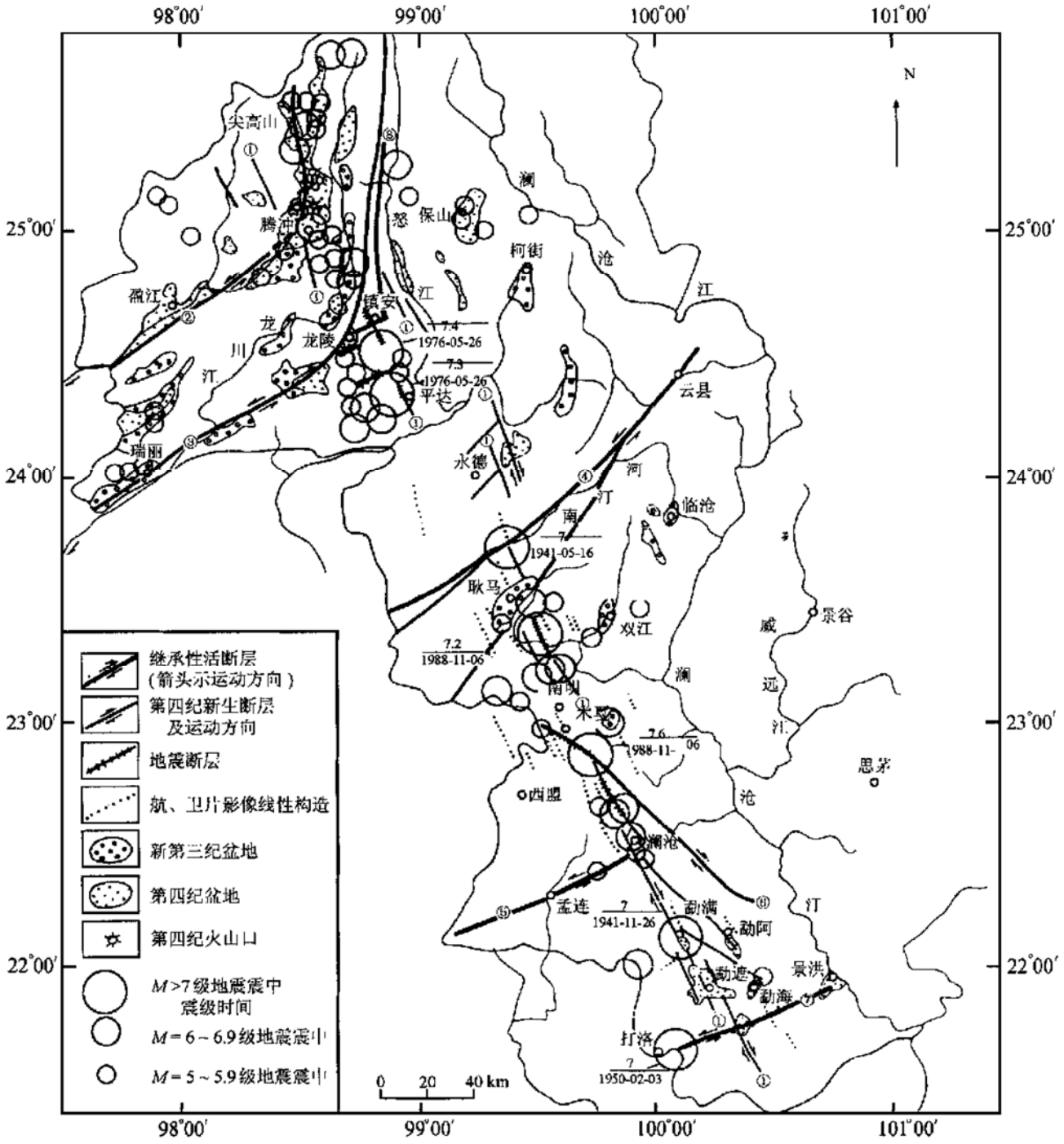


图 1 龙陵-澜沧断裂带及邻区第四纪断层、地震断层和震中分布图

龙陵-澜沧断裂带, ④大盈江断裂带, ㈣瑞丽-龙陵断裂带, 南汀河断裂带, 孟连-澜沧断裂带, 木戛断裂带, ⑧打洛-景洪断裂带, ㈦怒江断裂带

2.1 新生断裂带活动性和形成时代

(1) 新生断裂带几何展布

断裂带由多条不连续次级断层组成, 呈斜列或丛集状展布, 彼此互相平行, 走向十分稳定. 总体呈直线形延伸, 走向北西 25°. 北段由多条规模较小、不连续小断层组成, 以丛集式居多; 南段则以连续性较好的斜列式次级断层为主, 呈右阶羽列式展布, 羽列之间形成阶区, 有的已发育成拉分盆地, 如澜沧盆地. 有的伴生横向断层, 形成共轭构造, 如龙陵地震构造. 有的与斜向断裂相交形成盆地, 如勐满盆地.

(2) 新生断裂活动性

新生断裂在地貌上形成断裂谷、三角面、陡坎和断错水系. 在北部镇安盆地, 断裂成为盆地西部边界, 一系列近东西向水系被断裂右旋错开, 断距 10~ 25 m. 断面上擦痕侧伏向南南东, 伏角 32°. 向南在永德旧街坝, 断裂沿永康河西岸通过, 地貌上形成断层陡坎和断塞塘. 断层使永康河一系列支流发生右旋错动, 位错量 15~ 18 m. 在耿马南汗姆坝, 断层控制长条形盆地的形成. 断层切过灰岩时形成陡立的基岩陡坎. 断面清楚, 产状 335°/SW ∠75°. 汗姆坝北断裂使山脊右旋位移 15m. 在澜沧北部麻卡地, 断裂沿南郎河东岸通过, 使一系列南郎河支流及其间的山脊发生右旋错动, 错动量最大 550 m, 最小 15 m. 山脊被断错处形成断层陡坎、断塞塘. 澜沧南角河村附近, 勐大河 3 条支流发生同步右旋位错 400~ 500m. 种种迹象说明, 新生断裂带具有右旋-拉张运动性质.

(3) 新生断裂形成时代

新生断裂通过处, 发育多个断陷盆地, 长轴走向北北西. 盆地内堆积物为第四系, 多为中、上更新统和全新统, 说明与盆地相关的断层形成于第四纪早、中期.

被断错的河流长度最大者为澜沧勐大河, 长 6 km 左右, 多数则为数百米至 1~ 2 km. 根据虢顺民等人[4]研究, 与邻近地区同类水系长度形成时代对比, 推断前者形成时代为中更新世, 后者为晚更新世至全新世.

沿断裂带在第四系中多处可见断层露头, 如镇安盆地西边界断裂切错的地层为晚更新统-全新统; 永德东断裂切割的残积红土和砂粘土为中更新统-全新统; 澜沧麻卡地断错全新统黑色淤泥; 澜沧南角河断错中更新统网纹状红土等.

上述资料说明新生断裂带形成于第四纪早、中期, 晚期继续活动.

2.2 地震断层

沿新生断裂带, 历史上发生过 6 次 $M \geqslant 7$ 级地震. 龙陵地震为双主震型地震, 2 次 7 级以上地震都产生了两组地震断层(图 1), 一组为北东东, 一组为北北西[5]. 其中北北西一组与龙陵-澜沧断裂带走向和性质完全一致, 北东东向一组为伴生的共轭构造[6]. 1988 年澜沧 7.6 级和耿马 7.2 级地震产生的地震断层走向、活动性与龙陵-澜沧断裂带完全一致. 澜沧地震断层长 40 km, 宽 5 km, 由 10 条次级裂缝组成, 表现为地裂、滑坡、崩塌、喷砂冒水等. 地震断层右旋位移量达 1.3 m, 裂缝兼具拉张性质[2]. 耿马地震断层长 15 km, 由一系列右阶羽列次级裂缝组成, 总体走向北西 30°, 最大右旋量 0.96 m, 倾滑量 0.5 m[1,3], 可见, 这是一条走滑兼倾滑性质的地震断层. 地震断层走向均为北北西, 破裂性质为右旋-拉张, 这与龙陵-澜沧断裂带活动性质一致, 这些是断裂带最新破裂的直接证据.

2.3 历史地震的成带性

沿龙陵-澜沧断裂带及其邻近地区, 历史上发生的 70 多次 5 级以上地震呈北北西向带状分布, 且大部分震中在龙陵-澜沧断裂带上(图 1), 离开断裂带稍远的地区地震即很少发生, 显

示地震活动与断裂带活动相关, 即地震带的形成是断裂带最新破裂的结果.

3 断裂带新破裂趋势分析

龙陵-澜沧断裂带结构上还没有完全连通, 是一条正在发展中的新生破裂带. 根据新破裂的活动规律, 今后有如下的破裂发展趋势.

(1) 断开构造闭锁段. 从断裂和历史地震分布分析, 断裂带上有些地段既没有发现新断层, 也没有发生过大地震, 它们成为断裂带上的闭锁段. 如永德地区、南明地区等, 这些地区活断层不明显, 缺乏历史地震活动, 因而是断裂带上的构造闭锁区, 是将被首先断开的地段.

(2) 不连续破裂段的被连通. 在龙陵地震区出现的多条小型地震破裂, 它们在地表上没有完全连通, 北北西向的镇安破裂段和平达破裂段之间就有20多公里长的地段是一种典型的不连续破裂段. 这种地段在未来断裂活动过程中将以地震的方式发生破裂, 从而使不连续破裂段连通.

(3) 断裂带的最终形成. 当断裂带上全部闭锁段、破裂不连续段都破裂后, 断裂带即完全贯通, 形成单一、完整、"成熟"的断裂带. 这一过程需要的时间也许是几万年或十几万年, 其破裂方式是突发式和蠕滑渐变, 前者伴生大地震, 后者伴生中、小地震.

4 小结

(1) 北北西向的龙陵-澜沧断裂带是切割早期形成的北东向、南北向的老断裂、褶皱、地质体后产生的新生破裂带. 破裂带由多条次级断层组成, 呈平行、斜列或丛集式展布. 斜列断层多呈右阶羽列展布, 重叠部位形成阶区, 有的已发育成拉分盆地.

(2) 第四纪断层、地震断层和地震活动成带分布是新生破裂带形成的直接证据. 第四纪断层和地震断层具右旋-拉张运动性质. 新生破裂带形成于第四纪早、中期, 晚期继承性活动. 多次历史强震的发生, 说明近代活动有增强趋势.

(3) 新生破裂带还未进入"成熟"期, 今后的活动将继续断开那些闭锁段、破裂不连续段, 实现断裂带的完全贯通, 成为典型走滑断裂带. 闭锁段和破裂不连续段的连通将伴随大震的发生, 从防震减灾出发对它们要加强监测.

致谢 英文稿由韩竹君博士帮助完成, 在此表示致谢. 本工作为地震联合基金会(编号: 196073)和中国地震局"九五"重点资助项目(编号: 95-04-10).

参 考 文 献

1 周瑞琦, 俞维贤, 谷一山, 等. 云南耿马7.2级地震地表破裂带研究. 地震地质, 1990, 12(4): 291~ 301
2 俞维贤, 柴天俊, 侯学英. 澜沧7.6级地震形变带. 地震地质, 1991, 13(4): 343~ 352
3 姜葵主编. 1988年云南澜沧-耿马地震. 昆明: 云南大学出版社, 1993. 299~ 314
4 虢顺民, 计凤桔, 董兴权, 等. 云南红河断裂带大水塘-南沙段第四纪断错水系初步研究. 活动断裂研究(4). 北京: 地震出版社, 1995. 28~ 37
5 陈立德, 赵维城. 一九七六年龙陵地震. 北京: 地震出版社, 1979
6 周瑞琦, 虢顺民, 何 蔚. 龙陵-澜沧断裂带双震型强震活动破裂模型讨论, 地震地质, 1998, 20(3): 261~ 267

(1998_09_15收稿, 1999_03_28收修改稿)