

2011年盈江5.8级地震构造及地震活动特点分析*

张彦琪¹, 范柱国², 陈坤华¹, 冉 华¹, 华 钧¹, 张 吕¹

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093)

摘要: 在介绍盈江及邻近区域地震构造背景、新构造运动及区域构造应力场等的基础上, 从2011年盈江5.8级地震烈度等震线、地震序列、地表形变带和震源机制解等方面, 初步分析了本次地震的构造活动特征。结果显示, 盈江5.8级主震与北东向大盈江断裂左旋走滑活动密切相关, 前震和主震序列则反映出北东向大盈江断裂与近南北向苏典—盈江断裂共轭破裂活动的特征。通过区域历史地震概况和5.8级主震前后的地震活动情况, 初步探讨了盈江地区的地震活动特点, 认为群震是盈江地区地震活动的一大特点, 5.8级地震的发生则是2011年年初4级群震继续增强活动的结果。

关键词: 地震构造; 震群活动; 盈江5.8级地震; 大盈江断裂

中图分类号: P315.22

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)03-0390-09

0 引言

盈江地处腾冲—龙陵地震带和缅甸弧地震带之间的过渡地带, 2008~2011年间中强地震频发, 该区共计发生5级以上地震4次, 包括2008年3月21日和8月20日两次5.0级、8月21日5.9级及2011年3月10日5.8级地震。盈江的基本抗震设防烈度为Ⅶ度, 正是由于震区为弱震区, 房屋抗震方面疏于防范, 一旦发生破坏性地震, 势必造成较重灾害。盈江5.8级地震与该区其他几次5级地震相比, 人员伤亡和经济损失是最重的, 极震区烈度为Ⅷ度, 共造成25人死亡、134人重伤、180人轻伤。

因此, 为了能够更好地认识滇西地区中强地震震害构造条件和未来强震危险性, 以及重新认识该地区的抗震设防和防震减灾工作, 笔者以2011年盈江5.8级地震为基础, 分析了盈江地区的地震构造背景和地震活动特点及本次地震的构造活动特征等。

1 区域构造背景

1.1 概况

盈江地区处于滇缅弧形构造中, 夹于冈底斯

—念青唐古拉褶皱系(I级)伯舒拉岭—高黎贡山褶皱带(Ⅱ级)铜壁关褶皱束(Ⅲ级)与泸水—陇川褶皱束(Ⅲ级)及古永—盏西褶皱束(Ⅲ级)间。西侧缅甸境内有右旋走滑的近南北向实皆断裂, 北部有喜马拉雅东构造结, 东部有龙陵—澜沧新生断裂, 南部有一系列北东—北东东向断裂, 如大盈江断裂等(图1)。

1.2 区域构造应力场及动力源

(1) 活动块体位置

活动块体是被晚第四纪活动构造(活动断裂、活动盆地和活动褶皱带等)切割、围限且至今仍活动着的地质构造单元, 与现今地表破裂型地震的发生密切相关(徐锡伟等, 2003b; 骆佳骥等, 2012)。

向宏发等(2000)、徐锡伟等(2003b)以右旋走滑的北西向红河断裂、龙陵—澜沧新生断裂和近南北向实皆断裂为界, 将滇西地区划分成密支那—西盟(I)和保山—普洱(Ⅱ)两个一级活动块体。由于受北东向次级活动断裂的切割, 向宏发等(2000)以左旋走滑的北东向龙陵—瑞丽断裂、南汀河断裂和孟连断裂为界, 进一步将密支那—西盟(I)块体细分为密支那(I₁)、龙陵—镇康(I₂)、耿马—西盟(I₃)和勐龙(I₄)4个二级活动地块。盈江5.8级地震震区处于密支

* 收稿日期: 2013-07-29.

基金项目: 地震行业科研专项“宁洱6.4级地震现场综合考察和研究(200808061)”和国家地质调查专项“综合地球物理技术在深部地质调查中的应用研究(D1201)”联合资助。

那一西盟 (I) 一级活动块体至密支那 (I_1) 二级块体中部 (图1)。

(2) 区域构造应力场及动力源

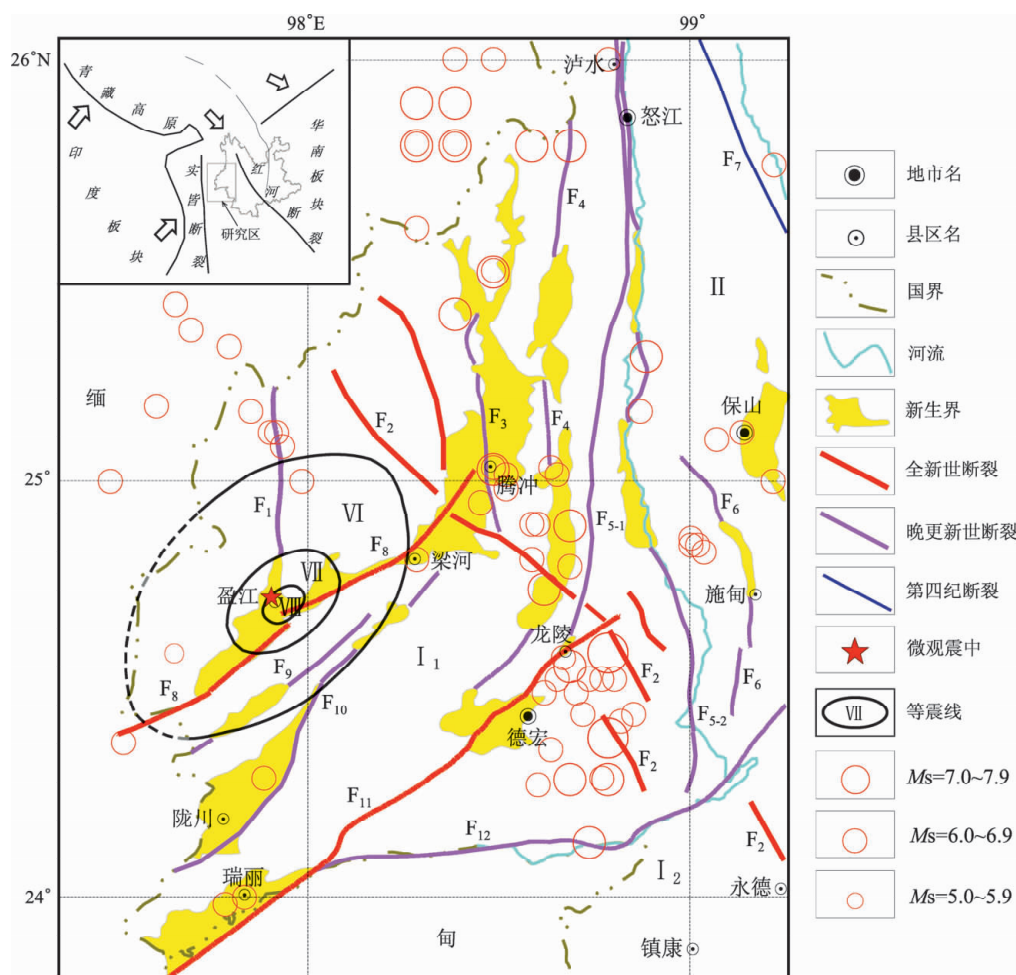
区域构造应力场有助于人们理解地震的动力来源。总体而言, 云南地区应力场接近水平。大量的研究表明, 区域内以龙陵—澜沧新生断裂为界, 西部地区构造应力场的主压应力优势方位为北北东—北东向, 以水平作用为主; 东部地区构造应力场的主压应力优势方位为南南东—南东向, 也以水平作用为主 (王绍晋等, 2005; 谢富仁等, 2001; 崔效锋等, 2006; 钱晓东等, 2011a)。

整个川滇地区处于印度板块北偏东向推挤和青藏高原南南东向挤出的叠加作用区 (向宏发等,

2000)。而滇西及其邻近地区北西向红河断裂、北西向龙陵—澜沧新生断裂和近北向实皆断裂3条大型右旋走滑断裂构成板块边缘宽阔的右旋剪切变形带。由于印度板块与欧亚板块之间北向运动速率西大东小递减形成的右旋剪切变形带的应变响应, 印度板块向北偏东的运移和对实皆断裂东侧块体施加的挤压作用分量, 使得红河断裂以西的密支那一西盟 (I) 块体和保山—普洱 (II) 块体及其次级块体存在着自西向东减弱的北向平移和顺时针转动 (徐锡伟等, 2003a)。

1.3 新构造运动特征

盈江地区的新构造运动强烈而复杂, 主要表现为^①:



F₁: 苏典—盈江断裂; F₂: 龙陵—澜沧新生断裂; F₃: 腾冲火山断裂; F₄: 龙川江断裂; F₅: 怒江断裂; F₆: 柯街断裂; F₇: 澜沧江断裂; F₈: 大盈江断裂; F₉: 殿厂—平山断裂; F₁₀: 瓦德龙断裂; F₁₁: 龙陵—瑞丽断裂; F₁₂: 晚町断裂

图1 盈江5.8级地震区域地震构造简图

Fig. 1 Regional seismotectonic map of Yingjiang M5.8 earthquake

① 云南省地震工程研究院. 2006. 盈江县平原大桥工程场地地震安全性评价报告.

(1) 间歇性掀斜隆升。随着喜马拉雅自上新世末以来的不断抬升, 该区总体上也处于不断抬升的运动过程中, 总体呈现出北高南低的掀斜式隆升运动特征。怒江、大盈江等主要河流的河谷内分布着多级河流阶地和剥夷面, 说明区内新构造抬升运动还具有间歇性特点。

(2) 新生代盆地发育。由于喜马拉雅运动使得块体总体不断抬升, 但其抬升幅各不相同, 因此造成块体间的差异性运动。这样区内主要断裂的活动方式则表现为断裂两侧相对的水平错动与垂直差异运动, 且活动强度不均一, 从而形成了一系列沿断裂发育的新生代拉分或断陷盆地, 如盈江盆地、陇川盆地等。盈江盆地是云南省的 8 大盆地之一, 沿大盈江断裂呈长条状展布, 主要发育第四纪、新近纪河流及湖相沉积, 地表以下 20 m 内主要为第四系冲积砂、粉质粘土和圆砾层等。

(3) 岩浆活动强烈。中国境内第四纪以来的火山活动主要分布于龙川江断裂及其以西的腾冲、梁河、盈江等地区, 早更新世至全新世均有火山喷发。在盈江的东北边, 有腾冲现代火山群与之紧邻 (皇甫岗, 姜朝松, 2000), 仅腾冲一带南北向约 90 km、宽约 50 km 的范围内共有较明显山体的第四纪火山 60 座, 其中全新世火山有 4 座 (毛玉平等, 2004)。

2 构造活动特征

2.1 构造分析

(1) 震区构造

如图 1 所示, 盈江震区主要有北东向和近南北向两组断裂, 盈江 5.8 级地震的微观震中处在北东向大盈江断裂、近南北向苏典—盈江断裂及盈江新生代盆地的交汇区, 构造位置十分特殊。

① 大盈江断裂

大盈江断裂位于滇西与缅甸交界两侧, 南西起于缅甸八莫盆地, 向北东延入云南, 顺盈江盆地南缘、梁河盆地北缘经腾冲马厂至江苴街以西, 全长约 140 km。断裂走向北东 $40^{\circ} \sim 75^{\circ}$, 主体倾向北西, 局部南东, 倾角较陡, 彼此呈左阶羽列式排列。该断裂新构造活动特征明显, 断层三角面、线性山脊、断层槽地等断层地貌发育, 冲沟同步左旋位错明显, 在航、卫片上线性影像清晰。该断裂对梁河、盈江、缅甸桑岗及西帕河等第四

纪盆地和水系具有明显的控制作用。梁河、盈江等地多处露头剖面揭示断层错断了晚更新世或全新世地层, 表明断裂自晚更新世以来具有明显的活动特征; 缅甸桑岗、西帕河等地断层揭示断裂曾在晚更新世晚期有过活动。总言之, 断裂以水平左旋走滑活动为主, 云南段最新活动时间为晚更新世至全新世, 滑动速率为 $1.5 \sim 2.5$ mm/a (常祖峰等, 2011), 与虢顺民等 (1999) 的研究结果 $2 \sim 3$ mm/a 比较接近; 缅甸段最新活动时间为晚更新世, 滑动速率为 $1.2 \sim 1.6$ mm/a (常祖峰等, 2011) 或 $1.2 \sim 2.2$ mm/a (安晓文等, 2009), 二者结果十分接近。21 世纪以来, 大盈江断裂附近发生过 3 次中强地震, 分别为 2000 年 10 月 6 日缅甸卡隆卡一带 5.8 级地震、2008 年 3 月 21 日盈江 5.0 级地震和 2011 年 3 月 10 日 5.8 级地震。

② 苏典—盈江断裂

苏典—盈江断裂南起盈江盆地的北缘, 向北经陇中、大寨、苏典、拉马河延至缅甸境内, 总体走向近南北, 倾向西, 倾角 $50^{\circ} \sim 85^{\circ}$, 长度大于 60 km。地貌上, 断裂显示出对盈江盆地北侧盖达河谷东岸的侵蚀中山具有一定的控制作用, 从拉马河至盈江县城, 表现为南北向“V”形冲沟和狭长形盆地。断裂新构造活动显示其最近一次强烈活动发生在早更新世, 中更新世活动比较微弱, 发生在该断裂距今最近的破坏性地震为 2008 年 8 月 20 日盈江 5.0 级和 21 日 4.9 级及 5.9 级地震。

(2) 地震与断裂的对应关系

根据盈江 5.8 级地震现场调查, 宏观震中位于微观震中的东面, 更加靠近大盈江断裂。同时, 通过震害调查发现: 从震害的衰减看, 在平行于大盈江断裂北东走向的方向上相对衰减较慢, 而在垂直于走向的方向上则衰减较快; 从震害的分布看, VI 度区及其以上灾区面积分布在大盈江断裂两侧且北西盘一侧明显多于南东盘一侧; 从震害的差异性看, 大盈江断裂两侧的震害存在明显差异, 北西盘 (上盘) 一侧破坏较重, 南东盘 (下盘) 一侧破坏相对较轻。比如, VIII 度区内的盈江县城、贺费农场、小莫空、上寨等均处在盈江断裂北西盘, 破坏非常严重; 地震地质灾害明显的大盈江江堤和贺哈村也处于大盈江断裂北西盘。综上, 从地震震害表现出的较为显著的上盘效应看, 大盈江断裂对盈江 5.8 级地震的空间位置有明显的控制作用。

2.2 烈度等震线

周光全等 (2011) 对云南的历史破坏性地震, 按照 3 个震级档次分别对其极震区烈度圈与发震断裂的对应关系进行分析, 发现绝大多数地震的极震区烈度圈展布在发震断裂上或其附近, 烈度圈长轴方向与发震断裂走向一致或平行。这有助于分析判断地震与地震构造之间的关系。

本次地震共有 VI、VII、VIII 度 3 级烈度等震线, 3 级等震线均呈椭圆形, 方向性明显, 长轴方向均为北东向 (图 1)。从本次地震极震区烈度圈与构造的对应关系看, 极震区烈度圈展布在大盈江断裂上, 等震线的长轴方向为北东向, 与大盈江断裂北东走向的方向一致。

2.3 地震序列

(1) 地震序列参数

据云南地震台网测定, 2011 年 3 月 10 日盈江发生 5.8 级地震, 该地震序列从 2011 年 1 月 1 日发生的 4.6 级地震开始, 截至 2011 年 5 月 31 日, 共发生 1.0 级以上地震 2 649 次, 其中 1.0~1.9 级 2 161 次, 2.0~2.9 级 402 次, 3.0~3.9 级 73 次, 4.0~4.9 级 12 次, 最大震级为 5.8 级, 序列中 4.0 级以上地震参数见表 1。

表 1 2011 年 1 月 1 日至 5 月 31 日
盈江地区 $M \geq 4.0$ 地震序列
Tab. 1 $M \geq 4.0$ earthquake sequence from Jan. 1
to May 31, 2011 in Yingjiang area

序号	发震时间 /年-月-日	发震时刻 /时:分:秒	震中 地名	震级	震源深度 /km
1	2011-01-01	15:31:58	盈江	4.6	10
2	2011-01-02	07:33:34	盈江	4.8	10
3	2011-01-02	07:44:30	盈江	4.0	10
4	2011-01-14	22:50:34	盈江	4.3	10
5	2011-02-01	15:11:20	盈江	4.8	10
6	2011-03-10	12:58:11	盈江	5.8	10
7	2011-03-10	13:03:56	盈江	4.7	10
8	2011-03-10	13:04:50	盈江	4.5	10
9	2011-03-10	13:05:23	盈江	4.1	9
10	2011-03-10	20:41:36	盈江	4.5	7
11	2011-03-10	20:42:02	盈江	4.3	6
12	2011-03-10	20:42:35	盈江	4.1	6
13	2011-04-01	06:54:27	盈江	4.0	10

(2) 地震序列特征

① 时间特征

前震序列: 时间段为 2011 年 1 月 1 日至 3 月 9 日, 共发生 5 次 $M \geq 4.0$ 地震 (表 1)。图 2b 显示, 在主震发生前, 蠕变曲线呈逐渐上升态势, 反映出盈江地区的应变能量处于不断积累的状态中。

主震序列: 时间段为 2011 年 3 月 10 日至 5 月 31 日, 在主震发生的当天, 接连发生了 6 次 4.0 级以上地震, 之后 4 月 1 日又发生了 4.0 级地震 (表 1)。图 2b 显示震区积累的应变能量以突发的形式释放, 第三日开始趋缓。反映该序列地震活动在整个序列中占有重要地位, 从而可进一步推测该序列的构造破裂活动主要发生在这一时段。

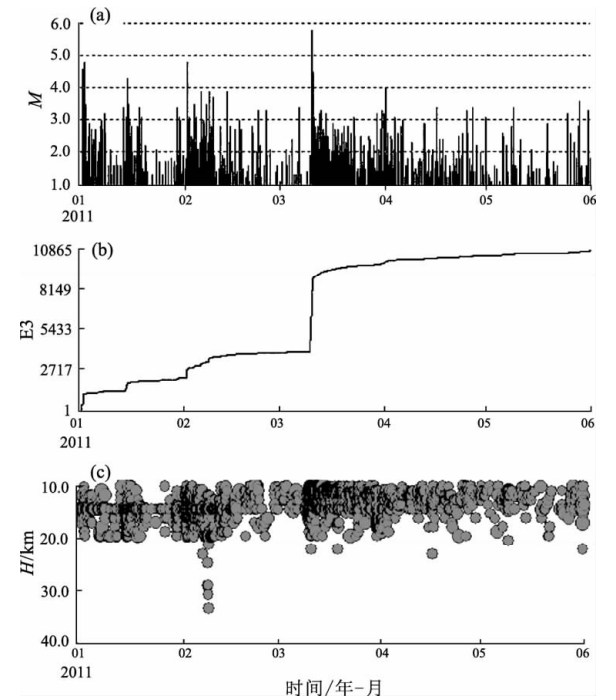


图 2 盈江 5.8 级地震序列图
(a) $M-T$ 图; (b) 蠕变图; (c) 深度分布图
Fig. 2 Earthquake sequence map of
Yingjiang $M5.8$ earthquake
(a) $M-T$ map; (b) creep map; (c) depth distribution map

② 空间特征

从盈江 5.8 级地震序列的空间分布看 (图 3), 本次地震序列主要分布在大盈江断裂、苏典—盈江断裂及盈江新生代盆地的交汇区: 4.0~4.9 级地震全部沿大盈江断裂分布在长 13 km、宽 9 km 的北东向条带内; 绝大部分 3.0~3.9 级地震和大部分 2.0~2.9 级地震沿大盈江断裂分别分布在长

12.5 km、宽 8 km 和长 26 km、宽 18 km 的北东向条带内, 前者的个别和后者的少数地震沿苏典—盈江断裂、大盈江断裂中至北东段的交界部位呈南北向条带状展布, 两个方向的地震在交界部位呈错断分布状态; 部分 1.0 ~ 1.9 级地震集中在长 57 km、宽 26 km 的北东向条带内, 少部分地震总体沿苏典—盈江断裂呈南北向分布。

③ 地震序列精确定位结果

付虹等 (2011) 对 2010 年 12 月 14 日至 2011

年 5 月 31 日盈江 5.8 级地震序列进行地震精确定位, 震中分布动态演化过程结果显示: 5.8 级主震前所有的小震活动主要沿北东向分布, 主震发生后的当天小震活动出现在了北西向。

房立华等 (2011) 对 2011 年 3 月 10 日 12 时至 13 日 7 时盈江 5.8 级地震的主震序列进行了重新定位。结果显示: 余震主要发生在大盈江断裂的两侧, 大部分余震分布在大盈江断裂中至北东段的交界部位; 余震分布呈现两个优势方向, 一

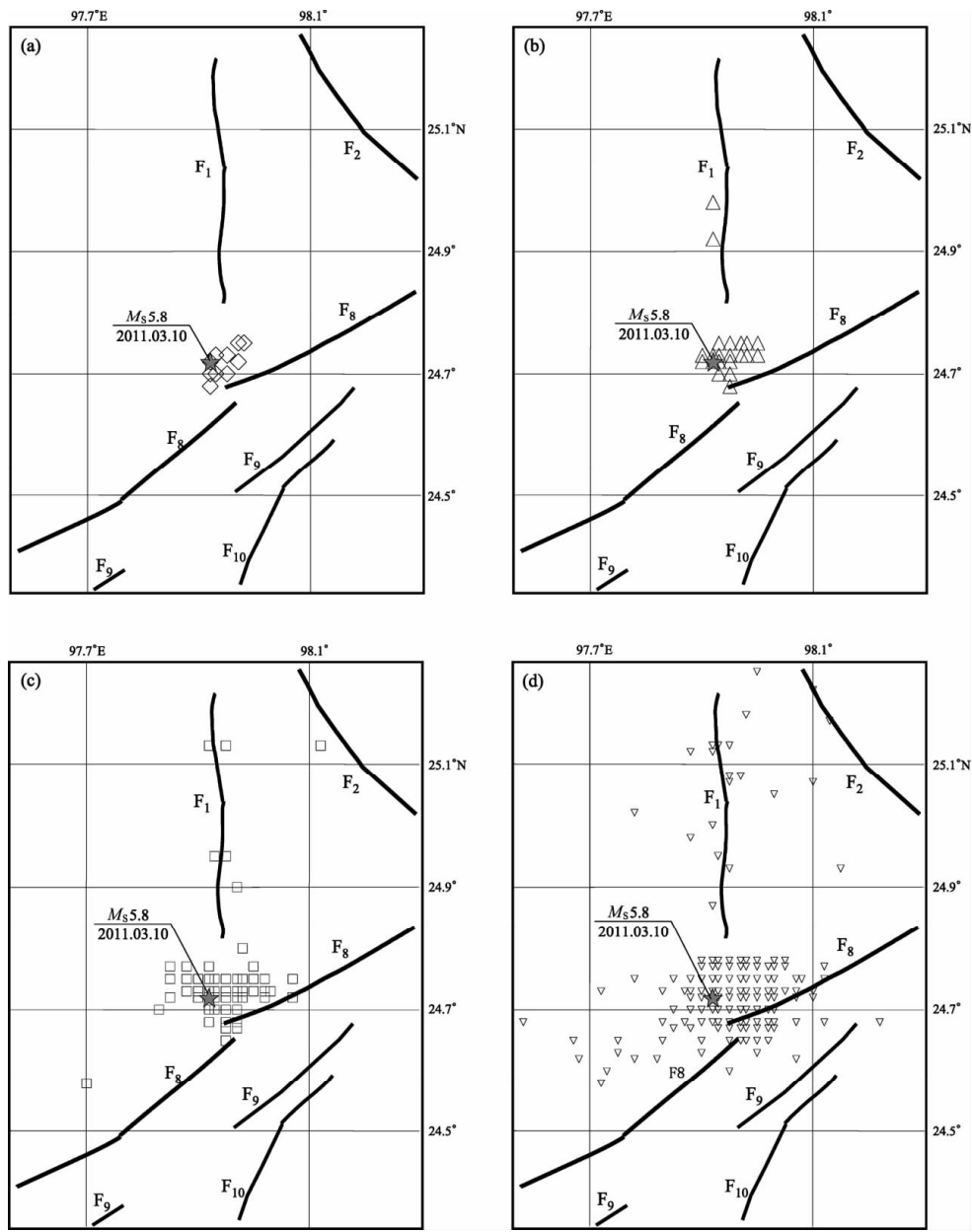


图 3 盈江 5.8 级地震序列空间分布图

(a) 4.0 ~ 4.9 级地震; (b) 3.0 ~ 3.9 级地震; (c) 2.0 ~ 2.9 级地震; (d) 1.0 ~ 1.9 级地震

Fig. 3 Spatial distribution of Yingjiang $M_{5.8}$ earthquake sequence

(a) $M_{4.0} \sim 4.9$ earthquakes; (b) $M_{3.0} \sim 3.9$ earthquakes; (c) $M_{2.0} \sim 2.9$ earthquakes; (d) $M_{1.0} \sim 1.9$ earthquakes

支沿大盈江断裂呈北东向展布，另一支在大盈江断裂中至北东段的交界部位呈北西向展布，两个方向相互交错。

(4) 构造意义

根据上述分析认为，盈江 5.8 级地震序列与震区特殊的地震构造部位依存关系明显，因为有利于地震扩散的部位一般是性质较为软弱的断裂构造的交界部位等地段；主震及 $M \geq 4.0$ 地震序列主要受大盈江断裂活动作用的控制，中小地震序列则是大盈江断裂与苏典—盈江断裂共轭破裂作用的结果。

2.4 地表形变带

盈江 5.8 级地震的地震地质灾害现象比较明显，主要是在极震区出现了地表开裂，砂土液化引起的喷沙冒水及地面沉陷等现象（图 4）。

喷沙冒水：砂土液化引起的喷沙冒水区主要分布在大盈江两侧的长 20 km 左右、宽 2~5 km 不等的北东向区域内，这些地带原为大盈江河流的古河道和古河滩。其中有两个地带较为严重：一个是丙印村北东的大盈江江堤两侧及弄兴、允冒和贺哈村等地一带（图 5a）；另一个是盈江大桥东北的大盈江江堤两侧长约 5.2 km 的范围。

地表裂缝：大盈江江堤路面、贺哈村等村寨在震后出现连续或断续分布的地表裂缝（图 5b），其中大盈江贺哈段及勐展段的地表裂缝规模及变

形强度最大。地表裂缝裂口参差不齐，总长度约 20 km，缝宽 10~40 cm，深度 1~3 m 不等，部分堤面路面下陷，最大落差约为 40 cm。

地面沉陷：砂土液化引起了局部地区的地面沉陷，沉陷范围 2~3 m 不等，下沉大致 10~20 cm。由于地面沉陷，致使建（构）筑物和生命线工程结构地基下沉、遭受破坏。贺哈村部分民

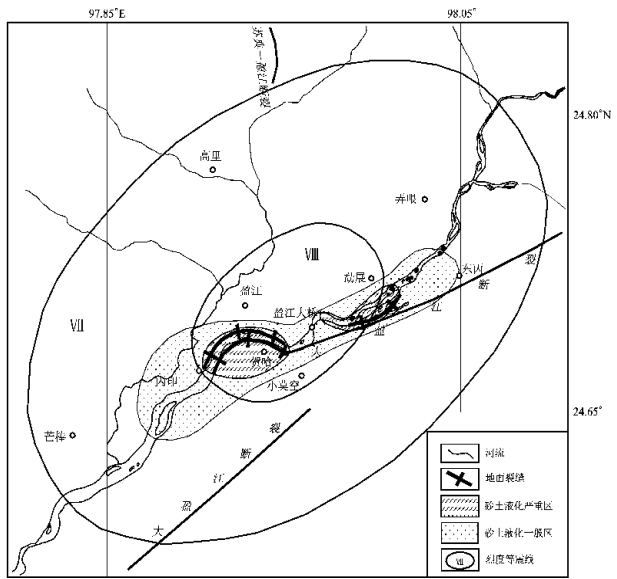


图 4 盈江 5.8 级地震地质灾害分布图
Fig. 4 Geological disaster map of Yingjiang M5.8 earthquake



图 5 盈江 5.8 级地震地质灾害震例
(a) 喷砂冒水（镜像北）；(b) 地表裂缝（镜像东北）

Fig. 5 Example of geological disaster of Yingjiang M5.8 earthquake
(a) water spraying and sand emitting (mirror at north);
(b) ground fissure (mirror at northeast)

房地基下沉、房屋倾斜，输电电杆沉陷 2 m 左右；平原镇的 110 kV 变电站 35 kV 南平线铁塔底座由于砂土液化，底座倾斜、铁塔折断。

综上，从盈江 5.8 级地震产生的地表裂缝、砂土液化区等地表破裂形变带总体呈北东向的分布特征看，大盈江断裂的活动有一定的控制作用。

2.5 震源机制解

震源机制解可以直接地反映地震破裂面的力学性质和运动状态。盈江 5.8 级地震后，中国地震局地球物理研究所、美国 USGS 等机构第一时间各自发布了相关信息和研究结果。钱晓东等

(2011b) 利用云南区域数字化地震台网记录，用 P 波初动符号图解断层面法求得该地震的震源机制解。付虹等 (2011) 运用 Snoke 方法，也求取了该地震的震源机制解。表 2 为各种机构计算得到的 5.8 级地震震源机制解，不同来源和方法得到的结果比较接近。

根据震源机制解的分析结果，盈江 5.8 级地震与节面 I 一致，节面 I 的走向和倾角与大盈江断裂的特征基本一致。因此，可以初步判断 5.8 级地震是大盈江断裂在北东向的主压应力作用下产生左旋走滑错动的结果。

表 2 2011 年盈江 5.8 级地震震源机制解对比表

Tab. 2 Comparison of focal mechanism solution of Yingjiang M5.8 earthquake

震级	节面 I/(°)			节面 II/(°)			P 轴/(°)		T 轴/(°)		结果来源
	走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	仰角	方位	仰角	
$M_s5.8$	250	82	11	158	79	172	24	2	114	13	中国地震局地球物理研究所
$M_s5.8$	249	76	16	155	74	165	22	1	112	22	钱晓东等 (2001b)
$M_s5.8$	246	83	13	154	77	172	199	0	110	15	付虹等 (2011)
$M_w5.5$	245	87	1	155	89	177	200	2	110	3	美国 USGS
$M_w5.5$	254	80	1	154	77	172	199	0	110	15	美国哈佛大学

3 盈江地区地震活动特点分析

盈江地区地处腾冲—龙陵地震带和缅甸弧地震带之间的过渡地带，截至 2011 年共发生过 8 次 5 级以上破坏性地震。其中最大地震为 2008 年 8 月 21 日盈江 5.9 级地震，本次 5.8 级地震为次大地震。从历史地震的活动情况看，该区域地震活动相对较弱，以 5 级地震为主。

3.1 群震现象比较明显

盈江地区自 2008 年发生 5.0 级地震以来，共发生了 17 次 4 级以上地震，包括 2008 年的 3 次 5 级（3 月 21 日 5.0 级、8 月 20 日 5.0 级及 8 月 21 日 5.9 级地震）和 1 次 4 级地震（8 月 21 日 4.9 级地震），以及 2011 年的 12 次 4 级地震和 1 次 5 级（本次 5.8 级地震）（表 1）。这些地震频繁发生在如此短的时间和如此密集的区域，充分说明了群震是盈江地区地震活动的一大特点，有些学者称这一地区为“地震窝”，又因这一地区地震活动后，云南其它地区及周边地区地震活动性历史上有上升或更强地震发生的现象，因此，也被一些

学者称为“地震窗”。

从构造的角度看，这种现象可能与该地区特殊的构造位置有一定关系，盈江 5.8 级地震震中是反映大构造活动的一个敏感点。当活动块体旋转时，在大盈江断裂中至北东段交叉点、与苏典—盈江断裂的交汇区产生构造闭锁，容易形成应力积累，从而造成地震频发。

3.2 地震活动的增强现象突出

盈江地区在发生 4、5 级地震震群后，一般会持续很长时间，而且有可能伴随更强的地震发生，也常常出现地震成双发生的现象。根据 1998 年以来盈江地区 3.0 级以上地震 $M-T$ 图反映，该地区从 1998 年至 2011 年 3 月经历了 3 次较强地震活动增强的时序进程，而第 3 次地震活动增强的结果便是发生了盈江 5.8 级地震（图 6），即本次地震是年初 5 次 4 级震群继续增强活动的结果。类似现象在 1929、1931、1966、1981 和 2008 年均发生过。如 1929 年 6 月 12 日盈江 5.8 级地震，半年前发生了 5.5 级地震，震前 2 天再次发生了 5.5 地震；2008 年 8 月 21 日盈江 5.9 级，在 3 月 21 日发生了 5.0 级地震，震前 1 天又发生了 5.0 级地震。

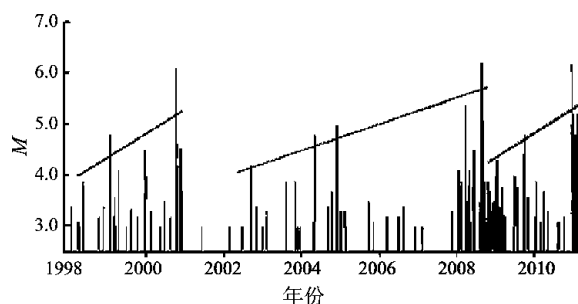


图6 1998年至2011年3月盈江地区
 $M \geq 3.0$ 地震序列 $M-T$ 图

Fig. 6 $M-T$ diagram of Yingjiang $M \geq 3.0$ earthquake sequence from 1998 to Mar. , 2011

3.3 地震活动具有顺时针旋转迁移的趋势

从盈江地区5级以上历史破坏性地震的分布情况看(图7), 2008~2011年4次5级以上破坏性地震的空间位置从西南迁移到东北再逐步向东南方向迁移, 似乎具有顺时针旋转迁移的趋势。从构造运动看, 这可能是密支那一西盟块体和保山—普洱块体及其次级块体自西向东减弱的北向平移和顺时针转动的结果。

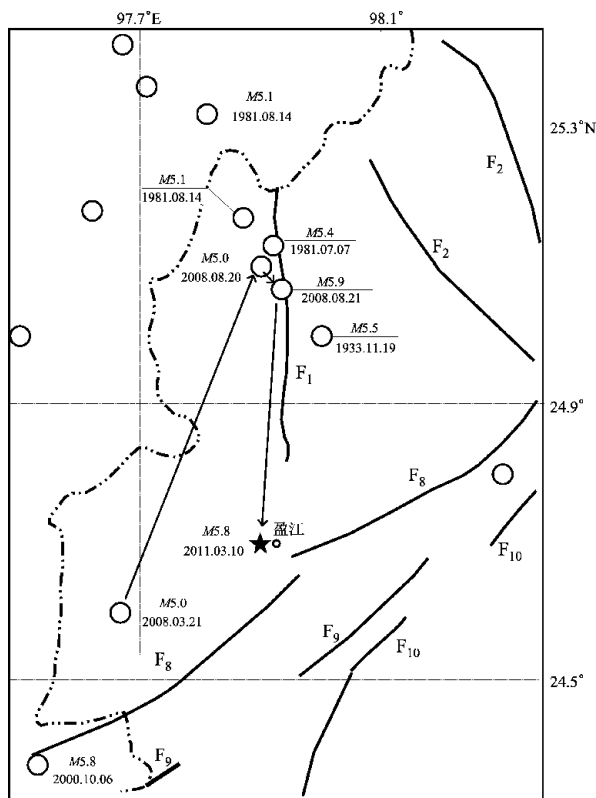


图7 盈江地区 $M \geq 5.0$ 地震分布图

Fig. 7 Epicenter distribution of $M \geq 5.0$ earthquakes in Yingjiang area

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 盈江地区断裂构造发育, 主要有北东向和近南北向两组断裂。综合分析推测认为, 盈江5.8级主震是北东向大盈江断裂左旋走滑活动的结果, 而前震和主震序列则反映出两条断裂共轭破裂活动的特征。

(2) 自有地震记录以来, 盈江地区地震活动相对较弱, 以5.0级地震为主。1998年至2011年3月经受了3次较强地震活动增强的时序进程, 每次发生4、5级地震震群后, 一般会持续很长时间, 而且伴随更强的地震发生, 也常常出现地震成双发生的现象。盈江5.8级地震的发生便是2011年年初5次4级地震震群增强活动的结果。

4.2 讨论

(1) 盈江5.8级地震震中位于大盈江断裂与苏典—盈江断裂的交汇区。当活动块体旋转时, 在交界部位产生构造闭锁, 容易形成应力积累, 从而造成地震频发。2008年以来的4、5级群震可能正好予以验证。

(2) 2008~2011年盈江地区4次5级以上破坏性地震的空间分布看, 该区的地震活动似乎具有按顺时针方向旋转并向东南迁移的趋势。这可能与密支那一西盟块体和保山—普洱块体及其次级块体自西向东减弱的北向平移和顺时针转动有某种关系。

参考文献:

- 安晓文, 常祖峰, 石静芳. 2009. 大盈江断裂西南段晚第四纪活动研究[J]. 地震研究, 32(2): 193-197.
- 常祖峰, 陈刚, 余建强. 2011. 大盈江断裂晚更新世以来活动的地质证据[J]. 地震地质, 33(4): 876-888.
- 崔效锋, 谢富仁, 张红艳. 2006. 川滇地区现代构造应力场分区及动力学意义[J]. 地震学报, 28(5): 451-461.
- 房立华, 吴建平, 张天中, 等. 2011. 2011年云南盈江 $M_s 5.8$ 地震及其余震序列重定位[J]. 地震学报, 33(2): 262-267.
- 付虹, 黄浩, 李丽, 等. 2011. 2011年3月10日云南盈江5.8级地震序列研究[J]. 地震研究, 34(4): 414-419.
- 魏顺民, 向宏发, 徐锡伟, 等. 1999. 滇西大盈江断裂带晚第四纪活动的初步研究[A]//中国地震局地质研究所. 活动断裂研究(7) [M]. 北京: 地震出版社.
- 皇甫岗, 姜朝松. 2000. 腾冲火山研究[M]. 昆明: 云南科技出版社.
- 骆佳骥, 崔效锋, 胡幸平, 等. 2012. 川滇地区活动块体划分与现代构造应力场分区研究综述[J]. 地震研究, 25(3): 309-317.

- 毛玉平,王洋龙,李朝才. 2004. 澜沧江中段水利枢纽工程水库诱发地震的地震地质环境分析[J]. 地震研究, 27(增刊): 64-69.
- 钱晓东,秦嘉政,刘丽芳. 2011a. 云南地区现代构造应力场研究[J]. 地震地质, 34(1): 91-106.
- 钱晓东,苏有锦,付虹,等. 2011b. 2011年云南盈江5.8级地震及震前短临跟踪预测[J]. 地震研究, 34(4): 403-413.
- 王绍晋,龙晓帆,余庆坤. 2005. 昆明地区现代构造应力场分析[J]. 地震研究, 28(2): 178-184.
- 向宏发,魏顺民,徐锡伟,等. 2000. 川滇南部地区活动地块划分与现今运动特征初析[J]. 地震地质, 22(3): 253-264.
- 谢富仁,苏刚,崔效锋,等. 2001. 滇西南地区现代构造应力场分析[J]. 地震学报, 23(1): 17-23.
- 徐锡伟,程国良,于贵华,等. 2003a. 川滇菱形块体顺时针转动的构造学与古地磁学证据[J]. 地震地质, 25(1): 61-70.
- 徐锡伟,闻学泽,郑荣章,等. 2003b. 川滇地区活动块体最新构造变动样式及其动力来源[J]. 中国科学(D辑), 33(增刊): 151-162.
- 周光全,非明伦,毛燕,等. 2011. 云南地震灾害特征及经济损失评估技术研究[M]. 昆明: 云南科技出版社.

Analysis on Seismogenic Structure and Seismic Activity Characteristics of Yingjiang $M_s5.8$ Earthquake

ZHANG Yan-qi¹, FAN Zhu-guo², CHEN Kun-hua¹, RAN Hua¹, HUA Jun¹, ZHANG Lu¹

(1. *Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China*)

(2. *Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China*)

Abstract

On the basis of the regional seismotectonic background, the neotectonic movement and the regional tectonic stress field of Yingjiang and its adjacent area, we preliminarily analyzed the tectonic activity characteristics of Yingjiang $M_s5.8$ earthquake with the aspects of the intensity isoseismal line, the earthquake sequence, the surface deformation belt and the focal mechanism solution. The results show that the sinistral strike-slip activities of Dayingjiang Fault in NE trend triggered the Yingjiang $M_s5.8$ main shock, and the main shock and foreshock sequences reflected the characteristic of the conjugate rupture activity of the Dayingjiang Fault in NE trend and Suidian-Yingjiang Fault in NS trend. Combined with the regional historical earthquake situation and seismic activity before and after Yingjiang $M_s5.8$ main shock, we preliminarily discussed the seismic activity characteristics in Yingjiang region and got the conclusion that the earthquake swarm was the main feature of the seismic activity in Yingjiang region, and the occurrence of Yingjiang $M_s5.8$ is the result of continued-enhanced activity of $M_s4.0$ earthquakes swarm in early 2011.

Key words: seismotectonic; earthquakes swarm activity; Yingjiang $M_s5.8$ earthquake; Dayingjiang Fault