

2018年云南通海 M_s 5.0 地震序列重定位 及发震构造讨论*

王光明, 刘自凤*, 赵小艳, 樊文杰, 李永莉, 彭关灵, 孙楠

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 利用云南数字地震台网的快报观测报告和地震事件波形数据, 采用双差定位方法对 2018 年云南通海 M_s 5.0 地震序列进行重定位, 使用 Seis_CAP 程序和改进的格点尝试法同时反演 2 次主震的震源机制解。重定位后, 2 次通海主震的震中位置分别为 (24.188°N, 102.726°E) 和 (24.191°N, 102.725°E), 震源深度分别为 11.08 km 和 9.24 km。重定位结果显示, 通海地震序列震中位置呈 NE-SW 向条带状分布, 震源深度优势分布范围为 3~12 km。震源机制解反演结果表明, 2 次主震均为走滑型地震, 最佳拟合深度分别为 8.1 km 和 6.4 km。综合分析重定位后地震序列空间分布、主震震源机制解和地质资料, 认为小江断裂带中南段西支的明星一二街断裂或与其平行的隐伏断裂可能是此次地震的发震断裂。

关键词: 通海地震; 双差定位; 发震构造; 明星一二街断裂

中图分类号: P315.53

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2018)04-0503-08

0 引言

2018 年 8 月 13 日 1 时 44 分, 云南省玉溪市通海县 (24.19°N, 102.71°E) 发生 M_s 5.0 地震, 震源深度 7 km。8 月 14 日 3 时 50 分, 该地再次发生 M_s 5.0 地震, 震源深度 6 km。

历史地震记录显示, 以通海 M_s 5.0 地震震中为圆心, 半径 50 km 范围内共发生过 13 组 (15 次) $M \geq 5.0$ 地震, 其中 $M5.0 \sim 5.9$ 地震 9 次, $M6.0 \sim 6.9$ 地震 4 次, $M7.0 \sim 7.9$ 地震 2 次, 最大地震为 1970 年 1 月 5 日的通海 $M7.8$ 地震, 本次地震位于 1970 年通海 $M7.8$ 地震震源区内。历史地震统计表明, 通海地区是一个较为活跃的强震区 (闻学泽等, 2011), 该地区位于川滇菱形块体东南端, 小江断裂带和曲江—石屏断裂带的多条分支断裂交叉分布, 复杂的地质构造可能是造成该地区中强震多发的原因。

2018 年通海 M_s 5.0 地震震源区内地质构造复

杂, 发育有 NW 向和 NE 向的 2 组断裂, 主要断裂为主震震中北部的玉江断裂、明星一二街断裂、九村一路居断裂和青龙街—西冲断裂, 复杂的地质构造增加了确定发震断裂的难度。而且云南数字地震台网的初始定位结果显示通海 M_s 5.0 地震序列震中分布在长约 6 km、宽约 5 km 的矩形区域, 无明显优势分布方向。仅从上述资料分析, NW 向的玉江断裂和 NE 向的明星一二街断裂均有可能是本次地震的发震断裂。

地震序列重定位能够提供高精度的相对位置信息, 是判断断层地下破裂情况、确定发震断层和分析地震的发震机理的重要参考 (徐甫坤等, 2014)。本文采用快报观测报告, 结合双差定位方法对 2018 年通海 M_s 5.0 地震序列进行重定位, 同时使用 Seis_CAP 软件和改进的格点尝试法计算 2 次主震的震源机制解, 综合重定位后的地震序列空间分布、主震震源机制解和地质资料分析此次地震的发震构造。

* 收稿日期: 2018-08-24.

基金项目: 2018 年中国地震局监测预报司地震大形势项目《南北地震带及新疆地震精确定位》、云南省地震局科技人员传帮带项目 (C3-201706) 和云南地区地震精确定位 (036022004050316) 共同资助。

通讯作者: 刘自凤 (1986-), 助理研究员, 主要从事地震活动性、数字地震学方面的研究. E-mail: annefine@126.com.

1 数据选取和研究方法

1.1 台站分布和数据提取

2018 年通海 $M_s 5.0$ 地震发生后, 云南省地震局在震源区架设了由 3 套流动测震仪组成的小孔径流动数字台网, 分别为右所营台、梅子铺台和大海台台。结合云南数字地震台网原有的固定台站, 在震区形成了密集且包围较好的观测台网 (共 23 个台站) (图 1), 为重定位和震源机制解计算提供了丰富的地震事件波形和观测报告数据。

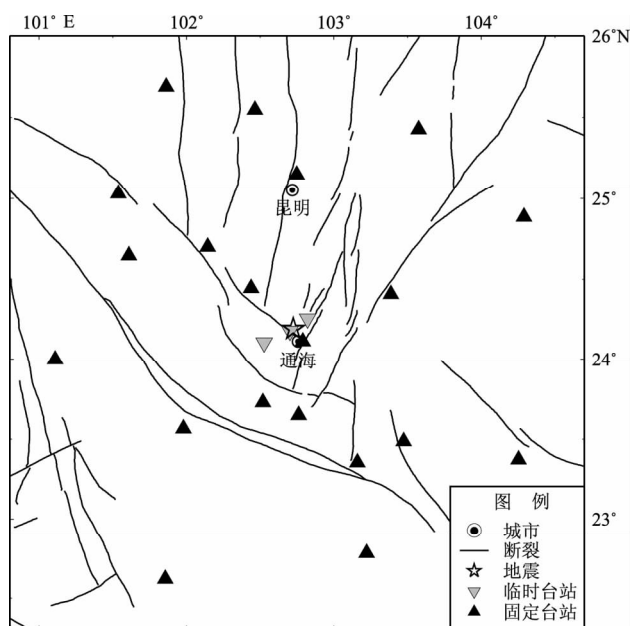


图 1 通海 $M_s 5.0$ 地震周边台站和断层分布

Fig. 1 The distribution of stations and faults near the epicenter of Tonghai $M_s 5.0$ earthquakes

本文所使用的观测报告数据来源于全国编目网, 属于快报观测报告。观测报告的时间为 2018 年 8 月 13—15 日, 空间范围为 ($24^\circ \sim 24.5^\circ \text{N}$, $102.5^\circ \sim 103^\circ \text{E}$), 震级范围 $-1 \sim 8$ 级, 深度范围为 $0 \sim 50 \text{ km}$ 。观测报告中存在由不同台网定位的相同的地震事件, 因此需要人工剔除重复定位的地震事件, 剔除后共获得 614 次地震事件。其中, $M < 1.0$ 地震 351 次, $M 1.0 \sim 1.9$ 地震 211 次, $M 2.0 \sim 2.9$ 地震 41 次, $M 3.0 \sim 3.9$ 地震 8 次, $M 4.0 \sim 4.9$ 地震 1 次, $M 5.0 \sim 5.9$ 地震 2 次。

通海地震序列原始定位结果如图 2 所示, 地震序列的震中分布在长约 6 km 和宽约 5 km 的矩形区域内, 2 次主震位于整个地震序列的两侧边缘位

置, 距离相对较远, 整个地震序列无明确的优势分布方向。由于震源区发育有 NW 和 NE 向 2 组断裂, 仅通过台网定位的震中分布图和地质资料无法判断此次地震的发震构造。地震序列深度剖面显示, 通海地震序列深度方向的优势分布范围为 $3 \sim 18 \text{ km}$ 。

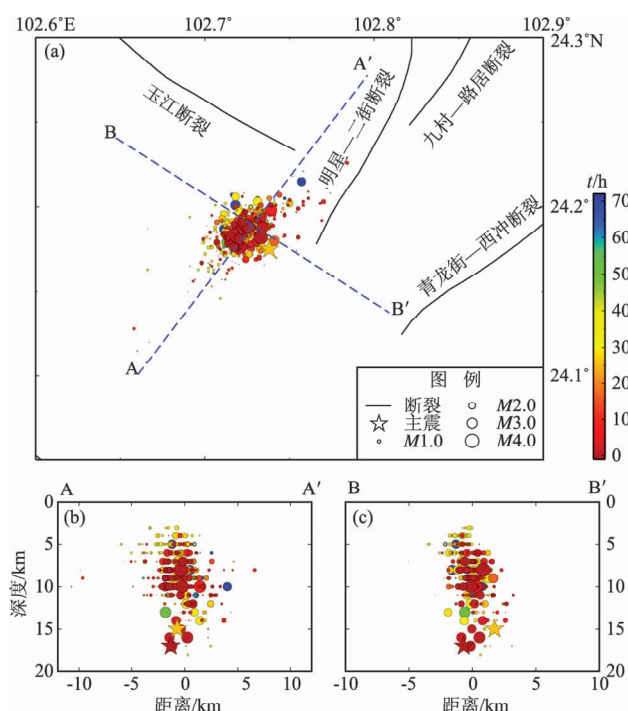


图 2 通海 $M_s 5.0$ 地震序列原始定位震中分布图

(a) 和沿 AA' (b) 和 BB' (c) 深度剖面

Fig. 2 Initial epicenter distribution (a) and depth profiles along AA' (b) and BB' (c) of the Tonghai $M_s 5.0$ earthquake sequence

1.2 研究方法和速度模型

本文采用双差定位方法 (Waldhauser, Ellsworth, 2000) 对通海地震序列进行重定位。双差定位方法是在主事件定位法的基础上发展起来的定位方法, 其主要思想为将一丛地震按照一定的规则两两成对, 使用相邻地震事件相对于同一台站的观测走时差与理论走时差之差 (双差) 来确定震源位置 (杨智娴等, 2003)。相比于其他定位方法, 双差定位方法具有以下优点: ①不需要主事件, 对于反演震群的空间跨度没有限制; ②可以消除震源与台站之间由于速度模型不确定所产生的误差, 有效地降低由于对地壳速度结构了解不够精确引起的误差; ③地震丛内的地震事件两两约束, 能够有效地提高地震定位的精度。双差

定位方法提出后在国内外获得了广泛的应用（杨智娴等，2003；Hauksson, Shearer, 2005；黄媛，2008；Waldhauser, Schaff, 2008；陈晨，胥颐，2013；王未来等，2014；叶庆东等，2017，李涛等，2018；李丹宁等，2017）。

双差定位方法虽然极大地减小了地壳速度模型不精确引起的重定位误差，但是并没有完全消除速度模型误差的影响（黄媛，2008）。Michellini 和 Lomax（2004）认为双差定位方法对研究区域速度模型变化比较敏感。因此，提供准确精细的研究区域的地壳速度模型对双差定位方法是必要的。本文参考天然地震（王椿镛等，2002；何正勤等，2004）和人工地震测深的研究结果（胡鸿翔等，1986；尹周勋等，1987；熊绍柏等，1993），构建了通海地区的一维速度结构模型（表 1），李永华等（2009）的接收函数反演结果表明该地区的波速比 v_P/v_S 为 1.72。

表 1 通海震源区速度模型
Tab. 1 Velocity model of Tonghai earthquake area

层顶深度/km	$v_P/$ ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)
0.00	4.30
2.13	5.98
18.16	6.27
31.00	6.83
39.50	7.75
52.10	8.30

为检查震相走时数据的可靠性，本文使用表 1 速度模型计算了理论震相走时，如图 3 所示。图中可以清晰地区分 P 波和 S 波震相的走时曲线，并且震相的离散度小，表明本文所使用的观测报告中震相数据的可靠性较高。观测走时曲线和理论走时曲线在 200 km 之后出现偏差，说明此速度模型不适用于震中距 200 km 以上的震相数据。另外，震相 - 震中距统计（图 4）表明本次地震震相记录主要集中在震中距 200 km 以内，因此本文选取 200 km 以内的震相数据对地震序列重新定位。

由于地震序列中记录的地震事件较少，为获得较多的重定位结果，本文将观测报告预处理程序（ph2dt）中的 MINLNK 和 MINOBS 均设为 6。最终共有 501 次地震事件成群，用于重定位的 P 波震相对共有 28 790 条，S 波震相对共有 26 229 条。

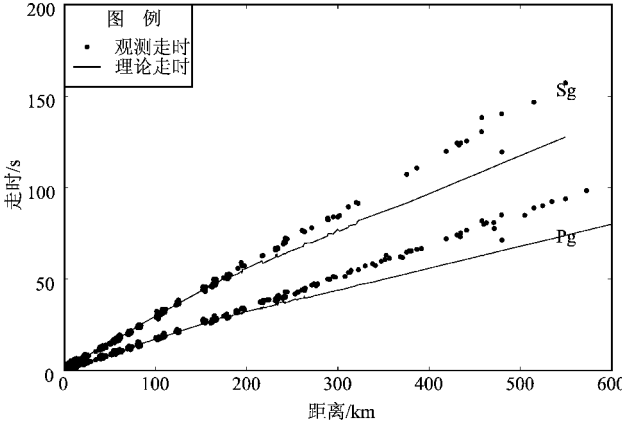


图 3 通海地震序列震相走时曲线
Fig. 3 Travel time curves of P and S phases of Tonghai $M_s5.0$ earthquake sequence

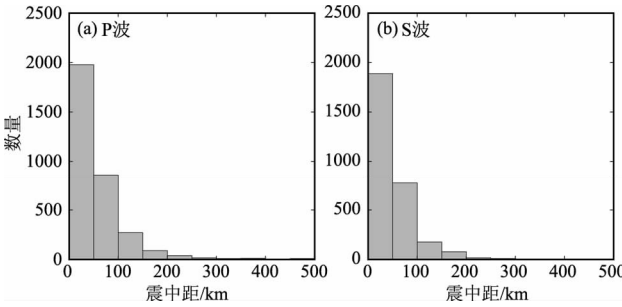


图 4 通海地震序列震相—震中距统计图
Fig. 4 Phase - distance histogram of Tonghai $M_s5.0$ earthquake sequence

2 通海地震序列重定位

选用 LSQR 算法对通海地震序列进行重定位，最终获得 481 次地震的震源位置信息。重定位后地震序列 NS 向平均误差为 40.2 m，EW 向平均误差为 43.8 m，深度误差为 66.5 m。重定位后通海地震序列空间分布如图 5 所示，图中 AA' 和 BB' 为辅助线，互相垂直。震中分布（图 5a）显示通海地震序列以 AA' 为中心向内紧缩，呈 NE - SW 向条带状分布；深度剖面（图 5b, c）显示地震序列优势分布范围为 3 ~ 12 km，与初始定位结果相比更加集中，余震序列在 AA' 剖面上约 5 km 的宽度内均匀分布，而在 BB' 剖面上集中分布在一条近垂直向的条带内。重定位后 2 次主震的震中位置分别为（24.188° N，102.726° E）和（24.191° N，102.725° E），分布在整个序列东北部中心，震源深度分别为 11.08 km 和 9.24 km，重定位后 2 次主

震震之间的距离有所拉近。根据上述现象,推测2次主震可能发生在同一条断层上,主震发生在地震序列的底部,余震序列逐渐向上扩展。

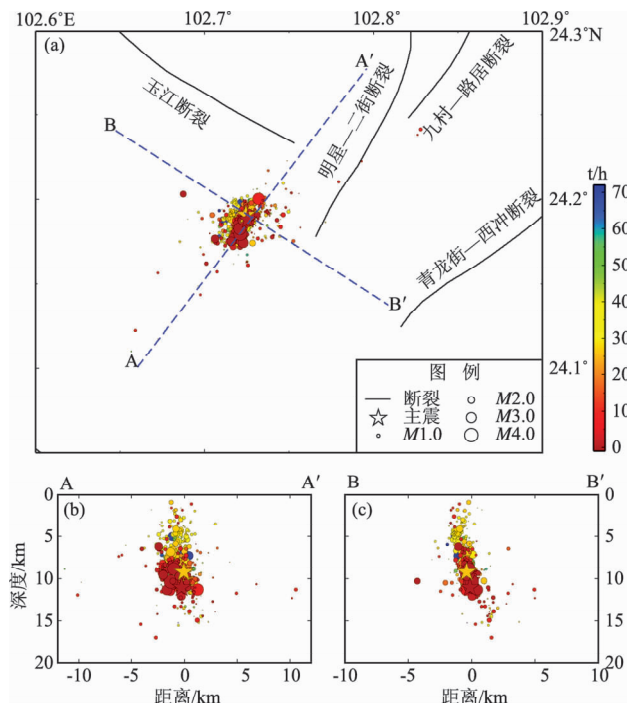


图5 重定位后通海 $M_{\text{s}}5.0$ 地震序列的震中分布图 (a) 和沿 AA' (b) 和 BB' (c) 深度剖面
Fig. 5 Epicenter distribution (a) and depth profiles along AA' (b) and BB' (c) of relocated Tonghai $M_{\text{s}}5.0$ earthquake sequence

为进一步分析通海2次主震的关系,分别绘制了8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生前后通海地震序列空间分布图(图6, 7)。8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生前,通海地震序列震中位置呈NE—SW向分布,并且以AA'为中心(图6a),优势深度分布范围为6~12 km(图6b, c);8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生后,通海地震序列震中位置的展布方向不变,但整体向NW方向移动约0.5 km(图7a),优势深度分布范围为3~11 km(图7b, c)。8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震前后BB'深度剖面地震序列分布方向无变化。8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生前后通海地震序列空间分布表明,8月13日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生后,余震发生在主震周围,断层在较深的位置破裂,8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生后,余震逐渐向地表迁移,断层破裂向浅层传播。余震序列震中位置整体向NW向移动,表明此次地震的发震断裂倾向为ES向。根据上述现象推测,8月13日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震

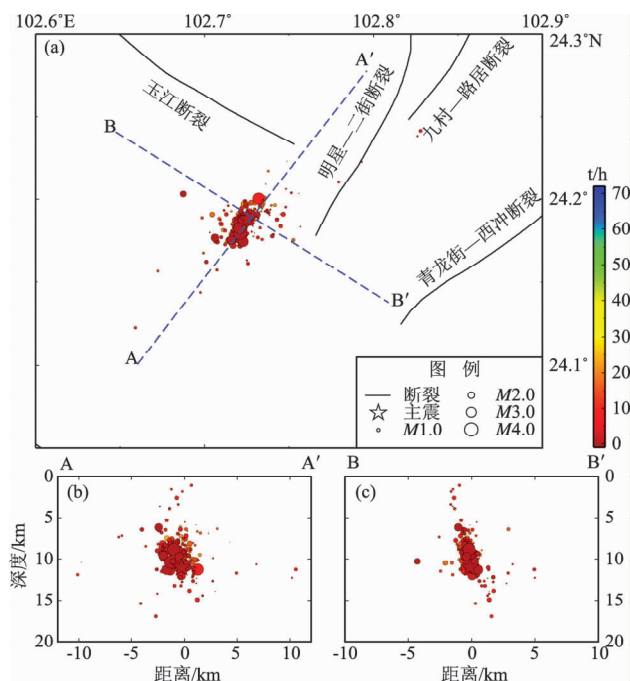


图6 8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生前通海地震序列震中分布图 (a) 和沿 AA' (b) 和 BB' (c) 深度剖面
Fig. 6 Epicenter distribution (a) and depth profiles along AA' (b) and BB' (c) of relocated Tonghai $M_{\text{s}}5.0$ earthquake sequence before the $M_{\text{s}}5.0$ earthquake on Aug. 14, 2018

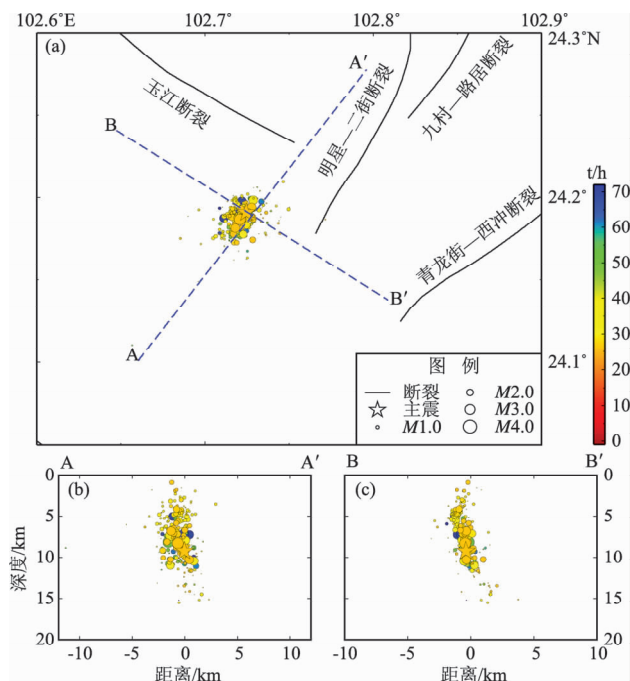


图7 8月14日 $M_{\text{s}}5.0$ 地震发生后通海地震序列震中分布图 (a) 和沿 AA' (b) 和 BB' (c) 深度剖面
Fig. 7 Epicenter distribution (a) and depth profiles along AA' (b) and BB' (c) of relocated Tonghai $M_{\text{s}}5.0$ earthquake sequence after the $M_{\text{s}}5.0$ earthquake on Aug. 14, 2018

发生后,震源区积累的能量并未完全释放,余震沿断层面上扩展时可能受到上方障碍体阻挡,导致在统一的区域应力场作用下于 25 h 之后再次发生 $M_s5.0$ 地震。

3 震源机制解

利用云南测震台网记录到的波形数据,采用赵翠萍等开发的 Seis_CAP 软件计算通海地震的震源机制解,该软件基于 Zhao 和 Helmberger (1994) 以及 Zhu 和 Helmberger (1996) 提出的 CAP 波形反演方法开发。CAP 方法将宽频带数字地震记录分为体波部分 (Pnl) 和面波部分,分别计算它们的合成波形与真实记录的误差函数,在相关参数空间中搜索最佳矩张量解。反演过程中,采用表 1 所示的通海地区速度模型。为保证震源机制解的可靠性,本文选用距离震中 200 km 以内、信噪比大于 10 dB 的台站,同时确保参与反演的台站方位角分布比较均匀,设定走向、倾角和滑动角的网格搜索步长为 5° 。为确保震源机制解反演结果的正确性,本文同时使用改进的格点尝试法求解 P 波初动震源机制解 (俞春泉等, 2009)。

Seis_CAP 程序计算的 2 次通海主震的波形拟

合图及反演误差随深度变化如图 8, 9 所示, 2 次主震的最佳拟合深度分别为 8.1 和 6.4 km, 相比于重定位结果分别浅了 2.98 和 2.74 km。分析认为造成上述差异的原因主要有 2 点: ①双差定位方法为相对定位方法, 反演的是 2 次主震相对于震群中心的位置, 震群绝对位置依赖于台网定位精度, 而震源机制解反演的是 2 次主震的绝对位置; ②双差定位方法使用 P, S 波震相到时信息反演地震的初始破裂位置, 而 CAP 方法使用波形的体波和面波信息反演地震的矩心位置 (张广伟等, 2014)。尽管重定位和震源机制解反演的主震震源深度存在差异, 但是 2 种方法所得到的震源深度均表明 8 月 13 日 $M_s5.0$ 地震震源深度较深, 而 8 月 14 日 $M_s5.0$ 地震震源深度较浅。

表 2 和表 3 分别给出了使用 Seis_CAP 程序和改进的格点尝试法求解得到的通海 2 次主震的震源机制解。从中可以看出, 2 次主震的震源机制解节面走向和倾角结果相似, 表明本文震源机制解的计算结果可靠性较高。震源机制解计算结果显示, 2 次主震均为走滑型地震, 重定位后地震序列的空间分布特征与 2 次主震震源机制解的 NE 向节面相吻合, 因此推测 NE 向节面为 2 次主震的主断层面。

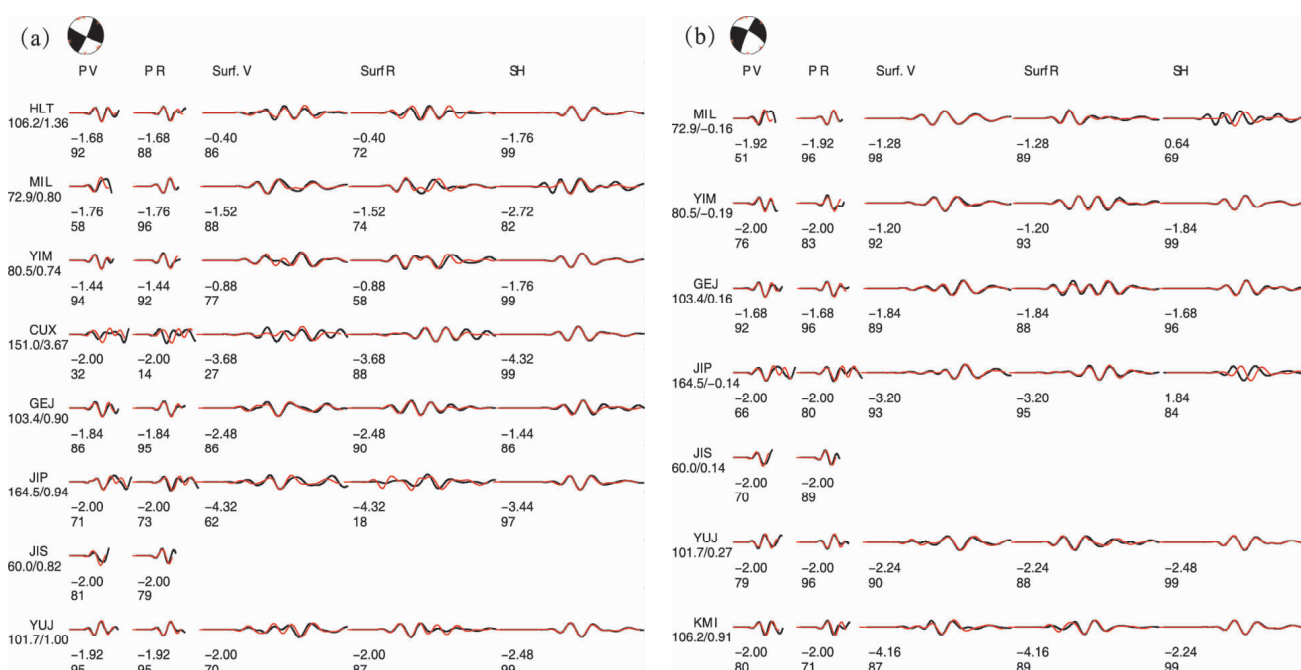


图 8 2018 年 8 月 13 (a), 14 日 (b) 2 次通海主震矩张量反演波形拟合图

Fig. 8 Seismograms of moment tensor inversion of Tonghai mainshocks occurred on Aug. 13 (a) and Aug. 14 (b), 2018

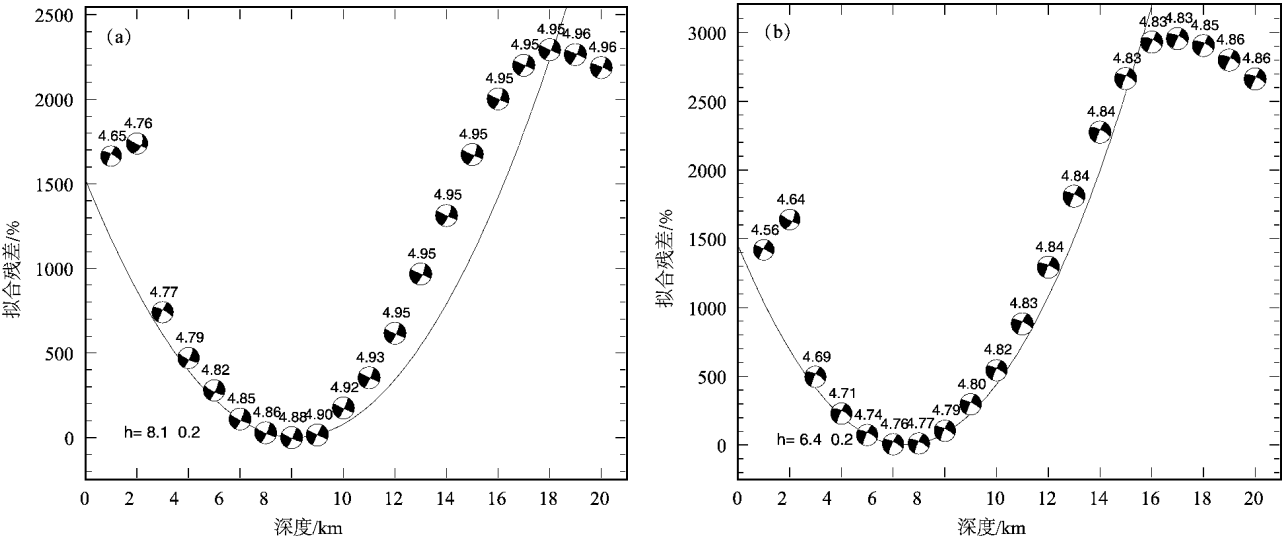


图 9 2018 年 8 月 13 (a), 14 日 (b) 2 次通海主震反演深度图

Fig. 9 Best focal depth of Tonghai mainshocks occurred on Aug. 13 (a) and Aug. 14 (b), 2018

表 2 Seis_CAP 程序反演得到的 2 次通海主震震源机制解

Tab. 2 Focal mechanisms of Tonghai $M_s5.0$ mainshocks inverted by Seis_CAP program

地震事件	最佳拟合深度/ km	节面 I/ (°)			节面 II/ (°)		
		走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角
2018-08-13 $M_s5.0$	8.1	25.0	83.0	-5.0	115.6	85.0	-173.0
2018-08-14 $M_s5.0$	6.4	297.0	73.0	-171.0	204.3	81.4	-17.2

表 3 改进的格点尝试法求解得到的 2 次通海主震震源机制解

Tab. 3 Focal mechanisms of Tonghai $M_s5.0$ mainshocks inverted by the improved grid point test method

地震事件	节面 I/ (°)			节面 II/ (°)		
	走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角
2018-08-13 $M_s5.0$	114	86	159	206	69	4
2018-08-14 $M_s5.0$	113	88	170	203	80	2

4 讨论

2018 年通海地震震中附近主要发育有 NW 向和 NE 向的 2 组断裂, 其中 NE 向的明星一二街断裂、九村一路居断裂、青龙街—西冲断裂均为小江断裂南段分支。玉江断裂为晚更新世活动断裂, 长约 55 km, 走向 310°, 倾向 NE 或 SW, 倾角 50°~70°。明星一二街断裂为全新世活动断裂, 长约 78 km, 总体走向 15°左右, 倾向 SE, 倾角较陡, 达 70°左右。九村一路居断裂为全新世活动断裂, 长约 65 km。总体走向 10°左右, 倾向 NW, 倾角

较陡, 达 70°以上。沿断裂发育宽 10~20 m 的断层破碎带。青龙街—西冲断裂为全新世活动断裂, 长约 50 km, 总体走向 20°左右, 倾向 NW 或 SE, 倾角较陡。上述断裂中, 距离通海地震震中最近的为玉江断裂和明星一二街断裂。

通海地震序列重定位后的空间分布显示, 地震序列震中优势分布方向为 NE 向; 地震序列在 AA'深度剖面 (AA'以主震为中心, 北偏东 35°) 分布较宽, 无明显趋势; 地震序列在 BB'深度剖面 (BB'以主震为中心, 与 AA'垂直) 集中分布在较窄的区域内, 形成约 80°的倾角, 倾向 ES。根据通海地震序列重定位后的空间分布推测, 此次地震

的发震构造为走向约为北偏东 35° 的断裂, 倾角约为 80° , 倾向 ES。

通海地震震源机制解计算结果表明 2 次主震均为走滑型, 结合地震序列的空间分布, 我们认为震源机制解 NE 向节面是 2 次地震的主断层。综合分析重定位后地震序列空间分布、主震震源机制解和地质资料, 认为小江断裂带中南段西支的明星一二街断裂或与其平行的隐伏断裂可能是此次地震的发震断裂。

5 结论

本文使用双差定位方法对 2018 年云南通海 $M_s5.0$ 地震序列进行重定位, 并使用 Seis_CAP 程序和改进的格点尝试法计算了 2 次通海主震的震源机制解, 结合地质资料分析本次地震的发震构造。主要结论如下:

(1) 重定位后, 2 次通海主震的震中位置分别为 (24.188°N , 102.726°E) 和 (24.191°N , 102.725°E), 震源深度分别为 11.08 km 和 9.24 km; 通海 $M_s5.0$ 地震序列震中位置呈 NE-SW 向条带状分布, 震源深度优势分布范围为 3~12 km。

(2) Seis_CAP 程序和改进的格点尝试法求解得到的 2 次通海主震的震源机制解相似, 结果显示 2 次主震均为走滑型地震, 最佳拟合深度分别为 8.1 km 和 6.4 km。

(3) 综合分析重定位后地震序列空间分布、主震震源机制解和地质资料, 认为小江断裂带中南段西支的明星一二街断裂或与其平行的隐伏断裂可能是此次地震的发震断裂。

(4) 根据 8 月 14 日 $M_s5.0$ 地震发生前后通海地震序列空间分布和 2 次主震的震源机制解推测, 8 月 13 日 $M_s5.0$ 地震发生后, 震源区积累的能量并未完全释放, 余震沿断层面上扩展时可能受到上方障碍物阻挡, 导致在统一的区域应力场作用下于 25 h 之后再次发生 $M_s5.0$ 地震。

付虹研究员和常祖峰研究员对本文提供了理论指导, 云南省测震台网为本文提供了地震事件波形数据, 审稿人对本文提出了宝贵的意见, 在此一并表示感谢。

参考文献:

- 陈晨, 胥颐. 2013. 芦山 $M_s7.0$ 级地震余震序列重新定位及构造意义[J]. 地球物理学报, 56(12): 4028-4036.
- 何正勤, 叶太兰, 苏伟. 2004. 云南地区地壳中上部横波速度结构研究[J]. 地球物理学报, 47(5): 839-845.
- 胡鸿翔, 陆涵行, 王椿镛, 等. 1986. 滇西地区地壳结构的爆破地震研究[J]. 地球物理学报, 29(2): 133-144.
- 黄媛. 2008. 结合波形互相关技术的双差算法在地震定位中的应用探讨[J]. 国际地震动态, (4): 29-34.
- 李丹宁, 高洋, 朱慧宇, 等. 2017. 2014 年云南景谷 $M_s6.6$ 地震序列双差定位及震源机制解特征研究[J]. 地震研究, 40(3): 465-473.
- 李涛, 付虹, 姜金钟, 等. 2018. 2013 年云南洱源 $M_s5.5$ 地震序列不同地震观测台网地震定们结果对比分析[J]. 地震研究, 41(1): 55-63.
- 李永华, 吴庆举, 田小波, 等. 2009. 用接收函数方法研究云南及其邻区地壳上地幔结构[J]. 地球物理学报, 52(1): 67-80.
- 王椿镛, Mooney W D, 溪莉等. 2002. 川滇地区地壳上地幔三维速度结构研究[J]. 地震学报, 24(1): 1-16.
- 王未来, 吴建平, 房立华, 等. 2014. 2014 年云南鲁甸 $M_s6.5$ 地震序列的双差定位[J]. 地球物理学报, 57(9): 3042-3051.
- 闻学泽, 杜芳, 龙峰, 等. 2011. 小江和曲江-石屏两断裂系统的构造动力学与强震序列的关联性[J]. 中国科学: 地球科学, 41(5): 713-724.
- 熊绍柏, 郑晔, 尹周勋, 等. 1993. 丽江-攀枝花-者海地带二维地壳结构及其构造意义[J]. 地球物理学报, 36(4): 434-443.
- 徐甫坤, 李静, 苏有锦. 2014. 2014 年云南鲁甸 6.5 级地震序列重定位研究[J]. 地震研究, 37(4): 515-522.
- 杨智娴, 陈运泰, 郑月军, 等. 2003. 双差地震定位法在我国中西部地区地震精确定位中的应用[J]. 中国科学: 地球科学, 33(S1): 129-134.
- 叶庆东, 丁志峰, 王生文, 等. 2017. 汶川地震科学钻探 3 号井孔附近微震震源参数确定及其意义[J]. 地球物理学报, 60(7): 2716-2732.
- 尹周勋, 滕吉文, 熊绍柏. 1987. 渡口及其邻近地区地壳浅层结构的研究[J]. 地球物理学报, 31(1): 22-30.
- 俞春泉, 陶开, 崔效锋, 等. 2009. 用格点尝试法求解 P 波初动震源机制解及解的质量评价[J]. 地球物理学报, 52(5): 1402-1411.
- 张广伟, 雷建设, 梁姗姗, 等. 2014. 2014 年 8 月 3 日云南鲁甸 $M_s6.5$ 级地震序列重定位与震源机制研究[J]. 地球物理学报, 57(9): 3018-3027.
- Hauksson E, Shearer P. 2005. Southern California Hypocenter Relocation with Waveform Cross-Correlation, Part 1: Results Using the Double-Difference Method[J]. Bull Seismol Soc Am, 95(3): 896-903.
- Micheline A, Lomax A. 2004. The effect of velocity structure errors on double-difference earthquake location[J]. Geophysical Research Letters, 31(9): 1-4.
- Waldhauser F, Ellsworth W L. 2000. A double-difference earthquake al-

- gorithm; method and application to northern Hayward fault, California [J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 99(6), 1353 – 1368.
- Waldhauser F, Schaff D P. 2008. Large – scale relocation of two decades of Northern California seismicity using cross – correlation and double – difference methods[J]. J Geophys Res, 113(B8): B08311.
- Zhao L S, Helmberger D V. 1994. Source estimation from broadband regional seismograms[J]. Bull Seismol Soc Amer, 84(1): 91 – 104.
- Zhu L P, Helmberger D V. 1996. Advancement in source estimation techniques using broadband regional seismograms[J]. Bull Seismol Soc Amer, 86(5): 1634 – 1641.

Relocation of Tonghai $M_s5.0$ Earthquake Sequence in 2018 and Discussion of it's Seismogenic Fault

WANG Guangming, LIU Zifeng, ZHAO Xiaoyan, FAN Wenjie, LI Yongli, PENG Guanling, SUN Nan
(Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Using catalog data and seismic waveform data recorded by the Yunnan Digital Seismic Network, we relocated Tonghai $M_s5.0$ earthquake sequence with double-difference location algorithm. In the meantime, we inversed focal mechanism of the mainshocks with Seis_CAP program and improved grid point test method. After relocation, the epicentral location of Tonghai $M_s5.0$ earthquake sequence exhibited in a narrow band along the NE – SW direction, and the predominant range of depth distribution was 3 ~ 12 km. The distance between two mainshocks was shorter after relocation, and the focal depth of two mainshocks were 11.08 km and 9.24 km respectively. The inversion results of focal mechanism show that the types of two $M_s5.0$ mainshocks were both strike – slip earthquakes and the best fitting focal depths of them are 8.1 km and 6.4 km respectively. Based on the comprehensive analysis of the spatial distribution of Tonghai earthquake sequence after relocation, focal mechanism solutions and the geological data, we deduced that the seismogenic fault of Tonghai earthquake sequence may be the Mingxing – Erjie Fault or a hidden fault which was parallel to it in the western branch of the Xiaojiang Fault.

Keywords: Tonghai $M_s5.0$ earthquake; double-difference location algorithm; seismogenic fault; Mingxing – Erjie Fault