

官悦、龙锋、梁明剑等,2019,2015 年四川乐山金口河  $M5.0$  地震孕震构造条件分析,中国地震,35(3),445~454.

# 2015 年四川乐山金口河 $M5.0$ 地震 孕震构造条件分析

官悦 龙锋 梁明剑 易桂喜 王宇玺 格桑扎西

四川省地震局,成都 610041

**摘要** 2015 年 1 月 14 日乐山金口河  $M5.0$  地震发生在历史地震强度较低的川南山区与四川盆地交界一带。基于四川区域地震台网的震相报告与波形资料,采用双差定位法对地震序列进行重新定位,同时,采用 CAP 波形反演方法及 HASH 方法反演了主震及序列中 8 次  $M_L \geq 2.0$  地震的震源机制解。另外,利用 Coulomb3 计算了主震发生后库仑应力改变量,得到的结果如下:①重新定位结果显示,金口河  $M5.0$  地震位于(103.18°E,29.32°N),震源深度 16.6km,略深于波形反演结果(12km)。序列分布在 NNW 向天全-荥经断裂和 NE 向西河-美姑断裂的交汇部位,余震序列在空间上呈 NE 向展布。② $M5.0$  主震的机制解为节面 I:走向 350°/倾角 46°/滑动角 107°,节面 II:走向 146°/倾角 47°/滑动角 73°,表现为走向 NW(NNW)、中等倾角的逆冲型运动方式。序列中其余 8 次  $M_L \geq 2.0$  余震大多以走向 NE 的逆冲型地震为主,个别为走滑或正断层类型。主震和大部分余震的节面方向不一致,主震节面方向与余震长轴方向也不一致。③主震后库仑应力改变量显示,余震主要发生在主震引起的库仑破裂应力增加的区域。综合分析推测,NNW 向天全-荥经断裂为本次地震主震的发震构造,倾向 NE 的机制解节面 I 指出了该断裂的几何产状; $M5.0$  主震发生后,立即触发了其旁侧的 NE 向西河-美姑断裂,并激发了多次余震。

**关键词:** 金口河  $M5.0$  地震 双差定位 震源机制解 发震构造 库仑应力

[文章编号] 1001-4683(2019)03-0445-10 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

青藏高原是中国大陆岩石圈变形最为强烈的区域(徐锡伟等,2005),尤其是东缘地区在 2008~2013 年仅仅 5 年的时间内相继发生了汶川  $M8.0$  和芦山  $M7.0$  两次大地震,使得该区域成为国内外学者关注的焦点。2015 年 1 月 14 日 13 时 21 分,四川省乐山市金口河区(103.2°E,29.3°N)发生  $M5.0$  地震,震源深度 14km。此次地震发生在青藏高原东缘龙门山构造带与川滇 SN 向构造带交接部位,历史和现今地震活动强度相对较弱,频度较低。金口河  $M5.0$  地震震区位于荥经-马边-盐津断裂带北段,该断裂带是一条结构复杂的晚第四纪活动断裂带(张世民等,2005;韩竹军等,2009),地震活动频繁,尤其是南段发生过多 6~6 $\frac{3}{4}$  级地震和 2 次 7 级左右的大地震。而断裂带北段介于地震活动强烈的南段与具有强震、大

[收稿日期] 2019-02-26; [修定日期] 2019-05-30

[项目类别] 国家重点研发计划(2018YFC150330501)、2019 年地震大形势项目(15230023)共同资助

[作者简介] 官悦,女,1986 年生,硕士研究生,工程师,主要研究方向为数字地震学。E-mail:7533580@qq.com

地震构造背景的龙门山构造带之间,虽然背景地震活动表现较弱,但金口河  $M5.0$  地震的发生也提醒我们该地区可能具有孕育和发生中、强地震的构造条件,同时也提供了进一步认识该地区孕震能力和潜在地震危险性的契机。

地震精定位、震源机制解是分析地震活动与活动构造之间关系的常用手段,高精度的地震定位结果不仅能够提供有效的地震活动信息,更有助于分析断裂深部的结构形态,尤其在构造复杂、构造不明或者隐伏构造地区更能发挥作用(田玥等,2002)。震源机制解能够直观地反映地震破裂几何特性和运行学特征,揭示地震破裂的力学机制,库仑应力触发能够从力学机制上探讨应力变化与后续地震的触发关系。

为了进一步认识该地区的孕震构造背景,本文基于四川区域地震台网记录的震相和波形资料,采用双差定位法(Waldhauser et al,2000)对所选地震进行重新定位;采用 CAP(Zhao et al,1994;Zhu et al,1996)和 HASH 方法(Hardebeck et al,2002)求解金口河  $M5.0$  地震的震源机制解与震源矩心深度以及序列中 8 次  $M_L \geq 2.0$  余震的震源机制解;并采用 Coulomb3(Toda et al,2011)研究主震对序列的触发作用;最后,综合地震定位和灾害调查结果,分析地震的发震构造。

## 1 震区概况

2015 年 1 月 14 日金口河  $M5.0$  地震发生在青藏高原东缘,位于龙门山构造带、川滇 SN 向构造带和四川盆地的交汇部位(刘树根,1993;李智武等,2009)。该区域地貌梯度变化大,西侧山地海拔为 3500m 左右,而东侧降为 500m 左右,在东西宽度不到 100km 范围内,形成约 3000m 的高差(马杏垣,1989)。金口河  $M5.0$  地震震区位于荥经-马边-盐津断裂带北段,该断裂带是凉山断块活动构造区的东边界,北起天全以南,向南经荥经、峨眉、峨边、马边、利店至云南盐津北,全长 250 余千米,由 9 条规模不等(自北向南包括天全-荥经断裂、峨边断裂、利店断裂、中都断裂、玛瑙断裂、楔子坝断裂、关村断裂、中村断裂、漩兰坝断裂)的纵向断裂和数条横向断裂组成了 1 个宽 30km 的 NW 向逆冲断裂带(唐荣昌等,1993),上述断裂走向自北向南由 NW 向转为 NNW 向,总体倾向 SW,构成了弧顶指向 NE 的弧形压性构造带。单条断裂的平面展布多呈舒缓波浪状或弧形,活动方式以逆冲为主,NW 向断裂兼有左旋走滑错动(张世民等,2005)。从震中位置(图 1)来看,该地震发生在断裂带北段的 NNW 向天全-荥经断裂和 NE 向西河-美姑断裂的交汇区附近,其中前者走向 NNW,倾向 NE,倾角  $40^\circ \sim 60^\circ$ ,具压性(唐荣昌等,1993);后者走向 NE,倾向 W,倾角  $30^\circ \sim 60^\circ$ ,同样具压性活动(四川省地质局第一区域地质测量队五分队,1971)。

有文字记载以来,此次地震震中 50km 范围内曾发生过 1935 年马边  $M6.0$  地震以及 1957 年汉源  $M5.0$  2 次 5 级以上地震。而 100km 范围内(芦山余震除外)的上一次 5 级地震为 1995 年 4 月 26 日沐川  $M5.0$  地震,该区域已经长达近 20 年未发生  $M \geq 5$  地震。因此,本次地震为该地区近年来的一次显著地震。

截至 2015 年 4 月 30 日,四川区域地震台网共记录到金口河地震余震 38 次,余震数量少。另外,现场调查结果显示,乐山金口河  $M5.0$  地震极震区烈度为 VI 度,等震线勾勒的优势破坏方向并不明显(四川省地震局地震现场工作队,2015)。

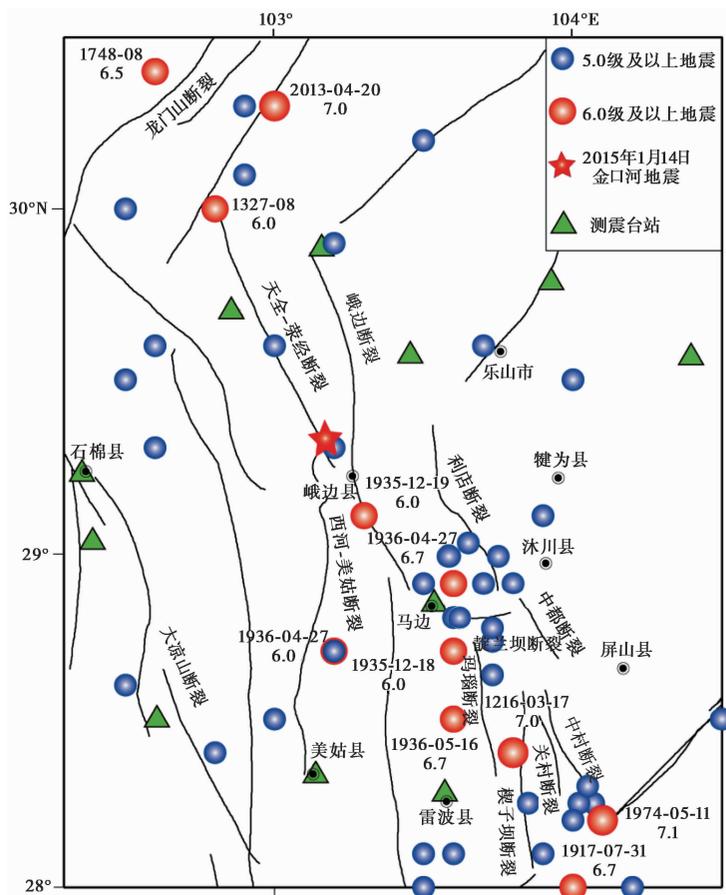


图 1 区域构造与历史地震分布

## 2 方法和发震构造判定

### 2.1 金口河 M5.0 地震序列精确定位

近年来,随着数字化地震观测技术的迅速发展,双差定位法(Waldhauser et al, 2000)受到人们的广泛重视,该方法降低或消除了地层速度结构横向不均匀性对地震定位的影响,被认为是提高地震、特别是小震震源位置精度的一种有效手段。该方法主要是将一定空间范围内的地震事件两两组对,经过数学迭代使事件对的震相到时差的残差最小,以此为原则来确定该事件对的相对位置。

金口河 M5.0 地震序列地震个数少,震级偏小,为了得到序列更加精确可靠的结果,我们选取了震区及其附近区域 2001 年以来的历史地震震相资料,与本次地震序列联合起来,利用震中距 150km 范围内的台站,采用双差定位法对所选地震进行重新定位。首先采用基于赵珠(1987)四川东部速度模型(图 2)的 HYPOINVERSE2000 绝对定位法(Klein, 1989)对研究区地震进行了初定,然后选择其中具有 4 个以上震相的事件参与相对定位,最终获得了本次地震序列中 23 次事件的精确定位结果。平均定位误差分别为水平向 0.8km、垂直向 1.2km,走时残差 0.14s。

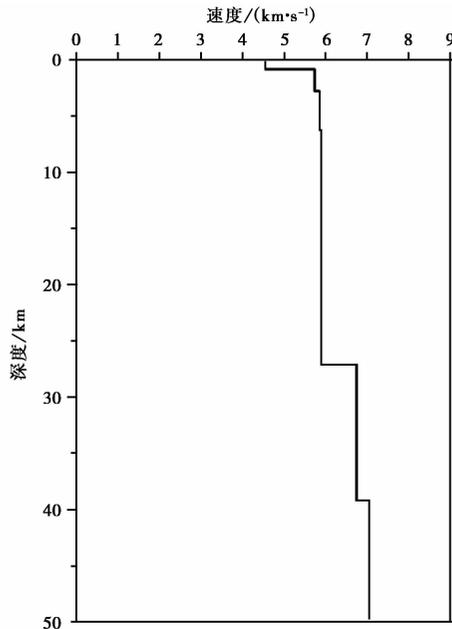


图 2 定位所使用的速度模型

重新定位后的震中分布图(图 3)显示,序列在空间上总体呈 NE 向展布,长度约 3km,分布在 NNW 向天全-荃经断裂和 NE 向西河-美姑断裂所挟持的狭小范围内,计算结果表明,金口河  $M_{5.0}$  地震位于(103.18°E, 29.32°N),深度 16.6km,序列的平均深度约 16km。

### 2.2 金口河 $M_{5.0}$ 地震序列震源机制解

地震序列空间展布、现场调查的等震线形态与震源机制是判定发震构造的常用手段(易桂喜等,2015)。由于本次地震的极震区长轴方向并不明显,本文将序列的震源机制解作为确定本次地震发震构造的依据。

基于四川数字化地震台网记录的地震波形资料,利用 CAP 方法(Zhao et al, 1994; Zhu et al, 1996)反演了主震震源机制解。该方法的基本步骤是将理论与观测地震记录波形分割为 Pnl 和面波,在全空间格点搜索理论与实际地震波形之间具有最小误差函数数值的解。本文所使用的 Pnl 与面波滤波频率范围分别设置为 0.05~0.2Hz 和 0.05~0.1Hz,网格搜索步长 5°。该方法具有所需台站少、反演结果对速度模型和地壳结构横向变化依赖性相对较小的优点(吕坚等, 2008; 龙锋等, 2010; 易桂喜等, 2012、2016; 祁玉萍等, 2018a、2018b),对  $M_L \geq 3.5$  地震可获得稳定可靠的结果,但对高频为主的  $M_L < 3$  小震效果不好。为此,我们同时采用了广泛应用于求解中小地震震源机制的 HASH 方法(Hardebeck et al, 2002),反演计算了主震以及 8 次  $M_L \geq 2.0$  余震的震源机制解,该方法主要是基于 P 波和 S 波在距离节面不同方位角处具有不同辐射强度的原理,采用一定窗口内的 P/SV 振幅比来确定节面位置,并同时通过垂直向初动极性来判定象限的力轴性质。

使用和地震定位时相同的速度模型,CAP 反演出此次  $M_{5.0}$  地震的矩中心深度为 12km,略浅于精确定位深度(图 4(a))。在此深度上的最佳双力偶解为:节面 I 走向 350°/倾角 46°/滑动角 107°,节面 II 走向 146°/倾角 47°/滑动角 73°,矩震级为  $M_w 4.6$ ,波形拟合质量高

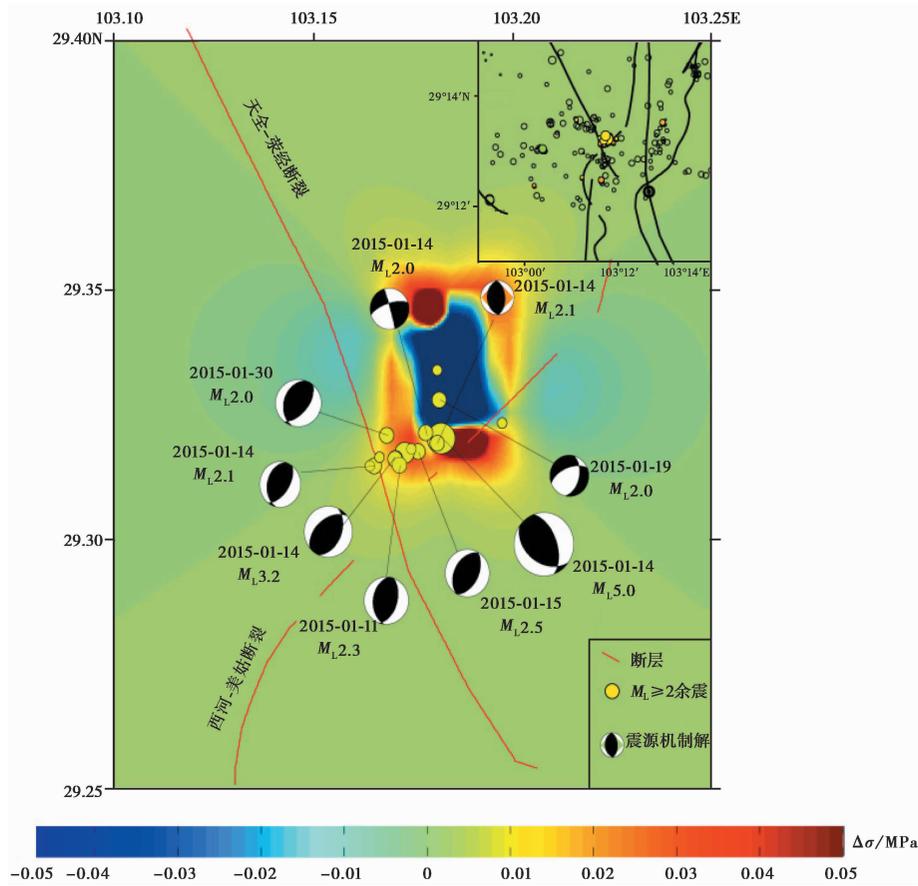


图 3 2015 年 1 月 15 日金口河  $M_{5.0}$  地震序列精定位、 $M_L \geq 2.0$  地震震源机制解及库仑破裂应力变化

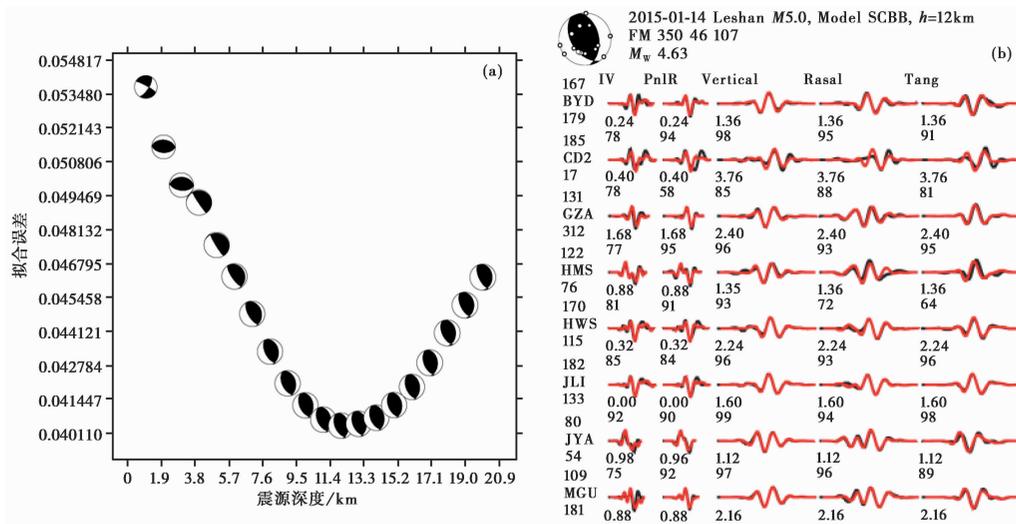


图 4 CAP 方法计算金口河  $M_{5.0}$  地震波形和震源深度拟合图

(a) 金口河  $M_{5.0}$  地震 CAP 反演残差随深度的变化; (b) 采用 SCBB 模型 CAP 反演部分台站波形拟合结果  
其中, 圆点: 台站; 红色曲线: 理论地震图; 黑色曲线: 观测地震图

(图 4(b)),表现为走向 NNW 的逆冲型断层作用结果。本文结果与 globalCMT 利用远震波形给出的震源机制结果一致(表 1),二者可相互印证。在使用 HASH 方法计算主震和  $M_L \geq 2.0$  余震震源机制解的过程中,我们仅使用震中距 200km 以内且信噪比在 3dB 以上的波形记录。结果显示,由 HASH 计算得到的主震机制解与 CAP 方法计算结果相差无几(表 2),进一步证明了本文计算的主震机制解结果是可靠的,同时也说明了 HASH 方法在计算具有高信噪比的地震机制解时的可靠性。另外,8 次  $M_L \geq 2.0$  余震的震源机制解基本与主震相同,具有大分量的逆冲比重,但节面走向有较大差异,以 NE 向为主,与精定位所显示的长轴方向较为吻合。

表 1 金河口 M5.0 地震震源机制解

发震时间 (年-月-日 时:分:秒)	北纬 /(°)	东经 /(°)	深度 /km	节面 I			节面 II			P 轴		T 轴		$M_w$	M	速度模型 或来源
				走向 /(°)	倾角 /(°)	滑动角 /(°)	走向 /(°)	倾角 /(°)	滑动角 /(°)	方位 /(°)	倾伏角 /(°)	方位 /(°)	倾伏角 /(°)			
2015-01-14 13:21:38.0	103.20	29.3	12.0	350	46	107	146	47	73	248	0	339	78	4.6	5.0	SCBB
2015-01-14 13:21:39.9	103.37	29.2	23.6	340	46	91	158	44	89	69	1	283	89	4.9	5.3	globalCMT

表 2 M5.0 主震及序列中 8 次  $M_L \geq 2.0$  余震震源机制解(使用 HASH 方法)

发震时间 (年-月-日 时:分)	北纬 /(°)	东经 /(°)	节面 I			节面 II			P 轴		T 轴		$M_L$	评价
			走向 /(°)	倾角 /(°)	滑动角 /(°)	走向 /(°)	倾角 /(°)	滑动角 /(°)	方位 /(°)	倾伏角 /(°)	方位 /(°)	倾伏角 /(°)		
2015-01-14 13:21	103.17	29.32	341	55	106	134	38	69	60	9	297	74	M5.0	A
2015-01-14 13:40	103.18	29.32	357	52	91	176	38	89	87	7	272	83	2.1	C
2015-01-14 13:45	103.18	29.32	253	68	-3	344	87	-158	211	18	116	13	2.0	D
2015-01-14 19:21	103.17	29.20	231	48	109	24	45	70	308	1	212	76	3.2	A
2015-01-15 04:19	103.17	29.20	211	41	93	27	49	87	119	4	273	86	2.5	A
2015-01-19 02:53	103.18	29.32	13	48	-134	248	58	-52	214	58	313	5	2.0	A
2015-01-30 03:55	103.17	29.32	197	36	72	39	56	103	120	10	347	7	2.0	A
2015-02-11 19:16	103.17	29.32	186	40	81	18	51	97	102	5	330	82	2.3	B
2015-02-16 07:09	103.17	29.2	36	56	103	194	36	72	117	10	344	75	2.9	A

### 2.3 金河口 M5.0 地震库仑应力触发

库仑破裂应力是指断层面上存在一定程度的应力积累,当积累应力大小超过断层面的滑动阻抗强度时,断层面将会滑动和破裂。释放应力的地震和破裂面称为“源地震”以及“源断层”,其他先存断层面称为“接收断层”(King et al, 1994; Stein, 1999)。

特定区域的地震成因可以由库仑应力变化来进行合理解释(解朝娣等,2014)。本文以金口河 M5.0 地震的发震震中位置为中心,取(103.1°~103.25°E,29.25°~29.40°N)的矩形范围作为研究区,对库仑应力触发图像进行分析。依照 King 等(1994)根据不同地区计算库仑应力变化得出的经验值,参数选取为:计算深度 16km,剪切模量  $3.3 \times 10^{10}$  Pa,泊松比 0.25,摩擦系数 0.4。

以金口河 M5.0 地震所在的 NNW 向天全-荣经断裂作为源断层,断层参数为 CAP 计算出的主震机制解(表 1),破裂长度和宽度均为 2.0km;以 NE 向西河-美姑断裂作为接收断层。采用应力场反演的方式获得该断层相对可靠的段层面解:首先去除 8 次余震中非逆冲的 2 次地震,对余下的 6 次余震采用 SSI 方法(Michael,1984、1991)计算得到 3 个应力主轴的位置,并最终得到最佳断层面解(图 5),考虑到西河-美姑断裂西倾的特征,我们选择节面 II(图 5)作为接受断层的参数。最终得到的库仑应力变化图像如图 3 所示,从结果可以看出:余震主要发生在主震引起的库仑破裂应力增加的区域,主震 SW 侧的余震密集区应力的  $\Delta\sigma$  约为 0.01~0.03MPa,大于 0.01MPa 的触发阈值(程佳等,2016)。由此可以推断,M5.0 主震对西河-美姑断裂施加了正的库仑应力,促使该断裂破裂,并激发了一系列余震。

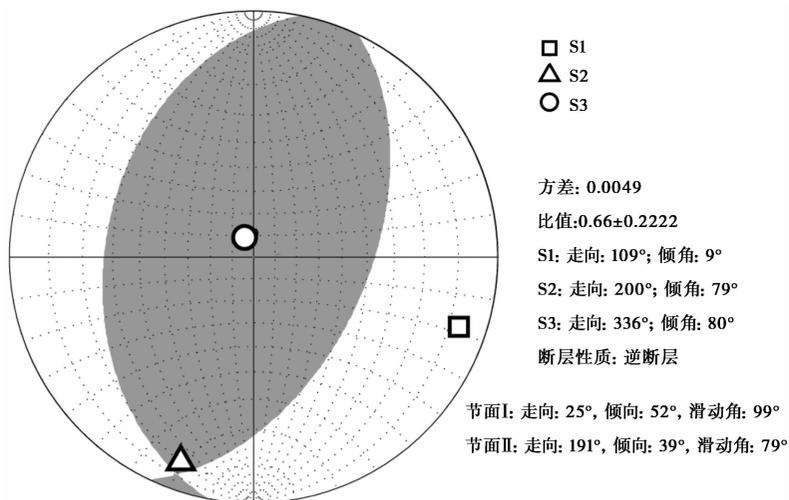


图 5 余震应力场反演结果的等面积投影

#### 2.4 金口河 M5.0 地震发震构造分析

尽管已有上述众多资料,但在分析金口河地震序列的发震构造时仍存在困扰。我们重新列举出这些依据并试图厘清它们之间的关系:①震源区附近存在 NNW 向天全-荣经断裂和 NE 向西河-美姑断裂,均有可能存在第四纪活性,且 2 条断裂的压性受力方式与整个序列的逆冲型机制解一致。②极震区长轴展布优势方向不明显。③序列的空间分布、大部分  $M_L \geq 2.0$  余震的机制解节面走向与 NE 向西河-美姑断裂一致。④主震机制解表现为走向 NNW、逆冲型运动方式,与其附近的 NNW 向天全-荣经断裂性质一致;余震机制解主要表现为走向 NE、逆冲型运动方式,与主震一样具有大分量的逆冲比重,但两者节面走向存在较大差异,余震的走向与精定位所显示的长轴方向及其附近的西河-美姑断裂性质一致(NE 向);另外,余震主要发生在主震引起的库仑破裂应力增加的区域。鉴于主震和余震在时间上的

继承性及2条断裂在空间上的关系,我们认为NNW向天全-荣经断裂为本次地震主震的发震构造,倾向NE的机制解节面I指出了该断裂的几何产状。 $M_{5.0}$ 主震发生后,立即触发了其旁侧的NE向西河-美姑断裂,并激发了多次余震,因此余震展布及它们的机制解节面多呈NE向分布。

### 3 结论

基于四川区域地震台网记录的地震资料,采用双差定位法对所选地震进行重新定位,同时,采用CAP波形反演方法及HASH方法,求取金口河 $M_{5.0}$ 地震以及 $M_L \geq 2.0$ 余震震源机制解,结合精定位结果,对本次地震的发震构造进行分析,另外,计算了区域库仑应力值,得到的结果如下:

(1)精定位结果显示金口河 $M_{5.0}$ 地震深度约16km,略深于波形反演结果。该地震序列主震发生在NNW向天全-荣经断裂附近;余震序列在空间上呈NE向展布,均匀分布在NE向西河-美姑断裂附近。

(2)CAP方法计算主震震源机制解显示为逆冲型,矩心深度12km;节面I:走向 $350^\circ$ /倾角 $46^\circ$ /滑动角 $107^\circ$ ,节面II:走向 $146^\circ$ /倾角 $47^\circ$ /滑动角 $73^\circ$ ;矩震级为 $M_w 4.6$ ,与其附近的NNW向天全-荣经断裂性质一致。8次 $M_L \geq 2.0$ 余震的震源机制解基本与主震一样具有大分量的逆冲比重,但节面走向有较大差异,以NE向为主,与精定位结果较为吻合,与其附近的西河-美姑断裂性质一致。

(3)库仑应力结果显示,余震主要发生在主震引起的库仑破裂应力增加的区域。

综合分析认为,NNW向天全-荣经断裂为本次地震主震的发震构造,倾向NE的机制解节面I指出了该断裂的几何产状。 $M_{5.0}$ 主震发生后,立即触发了其旁侧的NE向西河-美姑断裂,并激发了多次余震,因此,余震展布及它们的机制解节面多呈NE向分布。

### 参考文献

- 程佳、徐锡伟、刘杰,2016,2014年鲁甸6.5级地震成因、破裂特征和余震分布特征的库仑应力作用,地球物理学报,59(2),556~567.
- 韩竹军、何玉林、安艳芬等,2009,新地震构造带——马边地震构造带最新构造变形样式的初步研究,地质学报,83(2),218~229.
- 解朝娣、雷兴林、吴小平等,2014, $M_s 8.0$ 汶川地震对 $M_s 7.0$ 芦山地震成核失稳的影响,地球物理学报,57(6),1825~1835.
- 李智武、刘树根、林杰等,2009,川西拗陷构造格局及其成因机制,成都理工大学学报(自然科学版),36(6),645~653.
- 刘树根,1993,龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化,成都:成都科技大学出版社.
- 龙锋、张永久、闻学泽等,2010,2008年8月30日攀枝花-会理6.1级地震序列 $M_L \geq 4.0$ 事件的震源机制解,地球物理学报,53(12),2852~2860.
- 吕坚、郑勇、倪四道等,2008,2005年11月26日九江-瑞昌 $M_s 5.7$ 、 $M_s 4.8$ 地震的震源机制解与发震构造研究,地球物理学报,51(1),158~164.
- 马杏垣,1989,中国岩石圈动力学图集,北京:中国地图出版社.
- 祁玉萍、龙锋、肖本夫等,2018a,2017年九寨沟7.0级地震序列震源机制解和构造应力场特征,地球学报,39(5),622~634.
- 祁玉萍、张致伟、龙锋等,2018b,大凉山次级块体及邻区震源机制解与区域应力场特征分析,地震地质,40(2),377~395.
- 四川省地震局地震现场工作队,2015,2015年1月14日四川省乐山市金口河区5.0级地震灾害直接损失评估报告,成都:四川省地震局.
- 四川省地质局第一区域地质测量队五分队,1971,中华人民共和国区域地质测量报告:1:20万马边幅,河北:国营五四三

- 厂.
- 唐荣昌、韩渭宾, 1993, 四川活动断裂与地震, 北京: 地震出版社.
- 田玥、陈晓非, 2002, 地震定位研究综述, 地球物理学进展, **17**(1), 147~155.
- 徐锡伟、张培震、闻学泽等, 2005, 川西及其邻近地区活动构造基本特征与强震复发模型, 地震地质, **27**(3), 446~461.
- 易桂喜、龙锋、Vallage A 等, 2016, 2013 年芦山地震序列震源机制与震源区构造变形特征分析, 地球物理学报, **59**(10), 3711~3731.
- 易桂喜、龙锋、闻学泽等, 2015, 2014 年 11 月 22 日康定  $M_{6.3}$  地震序列发震构造分析, 地球物理学报, **58**(4), 1205~1219.
- 易桂喜、龙锋、张致伟, 2012, 汶川  $M_{8.0}$  地震余震震源机制时空分布特征, 地球物理学报, **55**(4), 1213~1227.
- 张世民、聂高众、刘旭东等, 2005, 荣经-马边-盐津逆冲构造带断裂运动组合及地震分段特征, 地震地质, **27**(2), 221~233.
- 赵珠、张润生, 1987, 四川地区地震波分区走时表的编制, 四川地震, (3), 29~35.
- Hardebeck J L, Shearer P M, 2002, A new method for determining first-motion focal mechanisms, Bull Seismol Soc Am, **92**(6), 2264~2276.
- King G C P, Stein R S, Lin J, 1994, Static stress changes and the triggering of earthquakes, Bull Seismol Soc Am, **84**(3), 935~953.
- Klein F W, 1989, HYPOINVERSE, a program for VAX computers to solve for earthquake locations and magnitudes, U.S. Geological Survey, 89~314, 59.
- Michael A J, 1984, Determination of stress from slip data: faults and folds, J Geophys Res, **89**(B13), 11517~11526.
- Michael A J, 1991, Spatial variations in stress within the 1987 Whittier Narrows, California, aftershock sequence: new techniques and results, J Geophys Res, **96**(B4), 6303~6319.
- Stein R S, 1999, The role of stress transfer in earthquake occurrence, Nature, **402**(6762), 605~609.
- Toda S, Stein R S, Sevilgen V, et al, 2011, Coulomb 3.3 graphic-rich deformation and stress-change software for earthquake, tectonic, and volcano research and teaching—user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2011~1060, 63 p., available at <https://pubs.usgs.gov/of/2011/1060/>.
- Waldhauser F, Ellsworth W L, 2000, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward Fault, California, Bull Seismol Soc Am, **90**(6), 1353~1368.
- Zhao L S, Helmberger D V, 1994, Source estimation from broadband regional seismograms, Bull Seismol Soc Am, **84**(1), 91~104.
- Zhu L P, Helmberger D V, 1996, Advancement in source estimation techniques using broadband regional seismograms, Bull Seismol Soc Am, **86**(5), 1634~1641.

## Seismogenic Structure of the Jinkouhe $M_s5.0$ Earthquake in 2015

Gong Yue Long Feng Liang Mingjian Yi Guixi Wang Yuxi Gesangzhaxi

Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China

**Abstract** On January 14, 2015, the Jinkouhe  $M_s5.0$  earthquake occurred at the juncture of northern Sichuan and Sichuan Basin, where only several earthquakes had been recorded. Based on the digital waveform data and seismic phase report of Sichuan Regional Digital Seismic Network, the Jinkouhe earthquake sequence was relocated by double-difference method, and focal mechanisms of the sequence of 9 earthquakes with  $M_L \geq 2.0$  were calculated by employing the CAP method and HASH method. The coulomb stress in the region was also calculated by coulomb3. The result indicates that: ① The Jinkouhe  $M_s5.0$  earthquake was located at ( $103.18^\circ\text{E}, 29.32^\circ\text{N}$ ). The focal depth was about 16.6km, which was slightly deeper than the depth obtained using waveform inversion (12km). The aftershock sequence was evenly distributed in the intersection of NNW trending Tianquan-Yingjing fault and NE trending Xihe-Meigu fault, which were aligned tending to the NE directions. ② Focal mechanism solution result indicated that the  $M_L \geq 2.0$  aftershocks were mainly dip-thrusting, the nodal plane parameters of the main event were as follows: nodal plane I is strike =  $350^\circ$ , dip =  $46^\circ$ , rake =  $107^\circ$ , and nodal plane II was strike =  $146^\circ$ , dip =  $47^\circ$ , and rake =  $73^\circ$ . ③ The result of coulomb stress indicated that the aftershocks mainly occurred in the area where the coulomb stress increased. According to comprehensive analysis, we inferred that the NNW-striking Tianquan-Yingjing fault was the seismogenic fault of the main shock, and the nodal plane I of NE dip point out the occurrence of the fault, the  $M5.0$  main shock immediately triggered the NE-directed Xihe-Meigu fault, and then triggered many aftershocks.

**Key words:** The Jinkouhe  $M_s5.0$  earthquake; Double-difference method; Focal mechanism; Seismogenic structure; Coulomb stress