

孟令媛、周龙泉、张小涛等, 2014, 2014年新疆于田  $M_s 7.3$  地震序列和震源特征初步分析, 中国地震, 30(2), 159~167。

## 2014年新疆于田 $M_s 7.3$ 地震序列 和震源特征初步分析

孟令媛 周龙泉 张小涛 杨文 姚琪 宋金

中国地震台网中心, 北京市西城三里河南横街5号 100045

**摘要** 2014年2月12日新疆于田发生  $M_s 7.3$  地震, 震中位置  $36.1^\circ\text{N}, 82.5^\circ\text{E}$ , 震源深度约17km, 于田地震发生在西昆仑断裂与阿尔金断裂交汇区内, 基于远震波形记录反演的震源机制为走滑型, 此次地震破裂比较集中, 滑动主要分布在深部, 破裂未出露地表。截至2014年2月23日12时00分, 于田  $M_s 7.3$  地震序列中2、3级地震较为丰富, 衰减较为正常,  $b$  值约为0.7,  $h$  值为1.29, 等待时间法显示4.5级以上余震遵从线性关系, 符合以往主-余型地震的特征。基于由断层面上滑动位移反演结果和震源参数计算得到的经验关系认为, 于田地震的动态破裂过程为应力下调模式, 即地震能量的释放可能并不十分完全, 这与该地震  $b$  值小于2008年于田  $M_s 7.3$ 、2012年于田  $M_s 6.2$  地震  $b$  值的特征相符。

**关键词:** 于田  $M_s 7.3$  地震 地震序列 震源参数

[文章编号] 1001-4683(2014)02-0159-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

### 0 引言

2014年2月12日17时19分, 新疆维吾尔自治区和田地区于田县发生  $M_s 7.3$  地震, 震中位置( $36.1^\circ\text{N}, 82.5^\circ\text{E}$ ), 震源深度约为17km ([http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj\\_news\\_display.jsp?GeneralID=13002](http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj_news_display.jsp?GeneralID=13002))。该地震距离于田县城约110km, 距离民丰县约100km, 距离和田市区约250km, 距离乌鲁木齐市超过900km, 最近的乡镇距离震中约50km, 震中周围地区人口稀少, 且周围30km范围内平均海拔超过5000m。该地震发生后于田、民丰县城均有明显震感, 但无人员伤亡。2014年于田地震发生在西昆仑断裂与阿尔金断裂交汇区内, 该区域内断裂带的地震活动水平较高, 1600年以来300km范围内发生过  $M_s 5.0$  以上地震32次,  $M_s 6.0$  以上地震6次,  $M_s 7.0$  以上地震4次。  $M_s 7.0$  以上地震分别为1924年民丰  $M_s 7.3$ 、 $M_s 7.2$  地震, 2008年于田  $M_s 7.3$  地震及本次于田  $M_s 7.3$  地震(图1, [http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj\\_news\\_display.jsp?GeneralID=13002](http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj_news_display.jsp?GeneralID=13002))。

[收稿日期] 2014-03-06; [修定日期] 2014-03-26

[项目类别] 中国地震局地震科技星火计划青年项目(XH14055Y)、国家科技支撑计划项目(2012BAK19B02-01)、中国地震局监测预报司震情跟踪合同制定向工作任务(2014020412)及中国地震台网中心青年科技基金(QNJJFZ-YBB-1307)联合资助

[作者简介] 孟令媛, 女, 1983年生, 助理研究员, 固体地球物理学博士, 主要从事震源物理与地震活动性方面的研究。E-mail: menglingyuan@seis.ac.cn

display.jsp? GeneralID = 13002)。

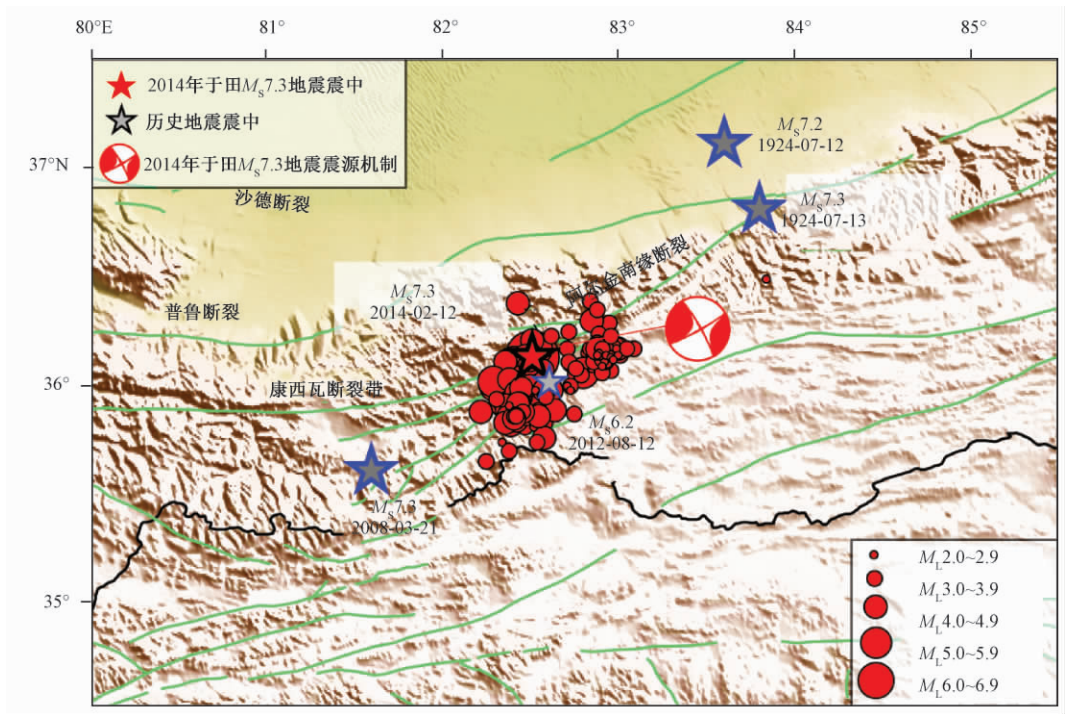


图1 2014年2月12日于田 $M_s7.3$ 地震的震中、震源机制、 $M_L \geq 2.0$ 余震分布  
(截至2014年2月23日12时)以及1924年 $M_s7.3$ 、 $M_s7.2$ 地震,2008年 $M_s7.3$ 地震  
和2012年 $M_s6.2$ 地震的震中

截至2014年2月23日12时00分,2014年于田 $M_s7.3$ 地震震后共记录到余震4937次,其中 $M_s3.0 \sim 3.9$ 地震41次, $M_s4.0 \sim 4.9$ 的16次, $M_s5.0 \sim 5.9$ 的1次,截至目前,最大余震为2月12日17时24分发生的 $M_s5.7$ 地震([http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj\\_news\\_display.jsp? GeneralID = 13005](http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj_news_display.jsp? GeneralID = 13005))。2014年于田 $M_s7.3$ 地震发生后,张勇等(2014)第一时间给出了该地震的相关震源机制和破裂过程,他们基于地震的远震波形记录,比较和分析了多种断层面倾角的破裂过程模型,确定本次地震的震源机制为走滑型,且破裂比较集中,滑动主要分布在深部,破裂未初露至地表。本次地震的发震位置为青藏高原北缘昆仑山脉的阿尔金断裂带附近,阿尔金断裂带位于巴彦喀拉块体和塔里木块体之间,为NNE向的左旋走滑断裂带(Xu et al,2012)。本文主要分析于田 $M_s7.3$ 地震的序列特征和相关参数,在已知震源机制解和破裂过程的基础上,结合相关经验公式,综合分析于田地震的相关震源特征。

# 1 于田 $M_s7.3$ 地震序列

2014年2月12日于田 $M_s7.3$ 地震发生前,11日10时14分同一地区发生 $M_s5.4$ 地震。该地震震中位于于田 $M_s7.3$ 地震震中西侧约10km处,为于田 $M_s7.3$ 地震序列的前震(程佳等,2014)。根据全国地震编目的数据,截至2014年2月23日最大余震为 $M_s5.7$ 地震。图2

给出了于田  $M_s7.3$  地震序列  $M-t$  图,由图 2 可见,2 月 11 日  $M_s5.4$  前震发生后约 31 小时即发生了  $M_s7.3$  主震,前震与主震之间的小震并不丰富,仅有一些 2、3 级地震发生。因此,主震前的地震相对平静现象较为明显。2 月 12 日  $M_s7.3$  主震后余震十分丰富,以 2、3 级地震为主整体呈现衰减特征,本文成文时最后一次 4 级地震活动为 15 日 20 时 32 分  $M_s4.6$  地震(表 1),从 16 日开始于田地震序列的衰减特征更为明显,且从 17 日开始间断出现 1 天左右的 3 级地震平静,表明于田  $M_s7.3$  地震序列在此阶段的发展程度相较于 12~16 日有所减弱。

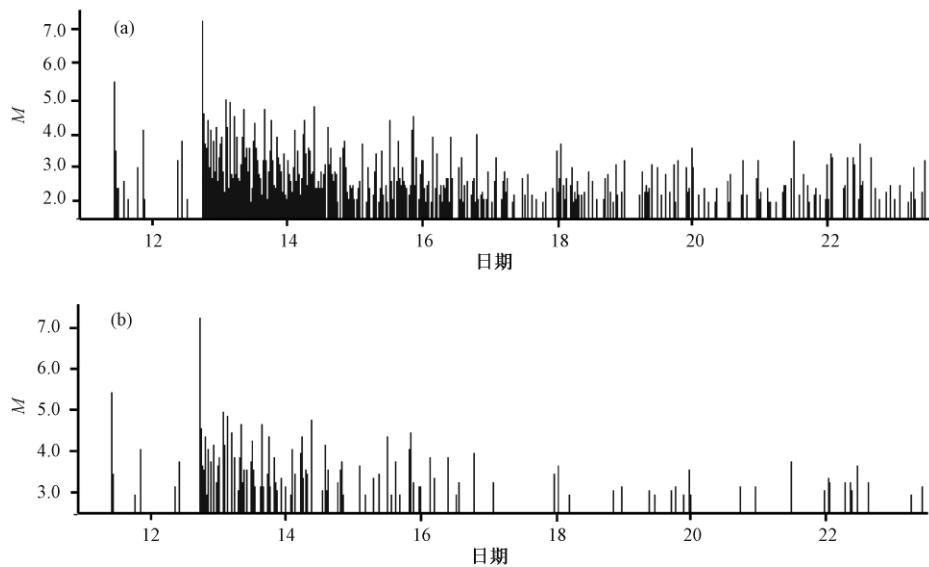


图 2 2014 年 2 月 11~22 日于田  $M_s7.3$  地震序列  $M-t$  图  
(a)  $M_L2.0$  以上地震; (b)  $M_L3.0$  以上地震

表 1 2014 年于田  $M_s7.3$  地震序列  $M_s \geq 4.0$  的余震目录

序号	发震日期 (年-月-日)	发震 时刻	纬度 (°N)	经度 (°E)	震源深度 (km)	震级 $M_s$	震中地点
1	2014-02-12	17:19	36.1	82.5	12	7.3	新疆维吾尔自治区于田县
2	2014-02-12	17:22	36.1	82.5	5	4.3	新疆维吾尔自治区于田县
3	2014-02-12	17:23	36.1	82.5	5	4.1	新疆维吾尔自治区于田县
4	2014-02-12	17:24	36.0	82.5	5	5.7	新疆维吾尔自治区于田县
5	2014-02-12	17:26	36.1	82.6	14	4.2	新疆维吾尔自治区于田县
6	2014-02-12	17:36	36.0	82.5	9	4.2	新疆维吾尔自治区于田县
7	2014-02-12	18:00	36.0	82.5	6	4.9	新疆维吾尔自治区于田县
8	2014-02-12	19:14	36.2	82.5	8	4.6	新疆维吾尔自治区于田县
9	2014-02-12	20:26	36.2	82.9	6	4.2	新疆维吾尔自治区于田县
10	2014-02-13	02:00	35.9	82.4	7	4.5	新疆维吾尔自治区于田县
11	2014-02-13	03:09	36.0	82.4	6	4.9	新疆维吾尔自治区于田县
12	2014-02-13	04:51	36.0	82.4	7	4.2	新疆维吾尔自治区于田县
13	2014-02-13	08:07	36.0	82.5	7	4.5	新疆维吾尔自治区于田县
14	2014-02-13	08:08	36.0	82.5	6	4.7	新疆维吾尔自治区于田县
15	2014-02-13	15:34	36.1	82.5	8	4.1	新疆维吾尔自治区于田县
16	2014-02-14	05:37	36.0	82.4	7	4.0	新疆维吾尔自治区于田县
17	2014-02-14	09:08	36.0	82.5	9	4.1	新疆维吾尔自治区于田县
18	2014-02-15	20:32	36.0	82.3	8	4.6	新疆维吾尔自治区于田县

图3和图4分别为于田 $M_s7.3$ 地震余震G-R关系图及衰减系数 $h$ 的示意图。截至2月23日12时,序列的 $b$ 、 $h$ 值分别为0.70、1.29,对比2008年于田 $M_s7.3$ 地震序列0.81的 $b$ 值和1.33的 $h$ 值以及2012年于田 $M_s6.2$ 地震序列0.90的 $b$ 值和1.39的 $h$ 值,本次地震序列的 $b$ 值稍小,但 $h$ 值相当。其中 $b$ 值为G-R关系中的直线斜率,线性关系下斜率取值的大小直接反映了大小地震的比例关系; $h$ 值则是在较短的时间内、在范围不大的地区内发生一群地震时判断这些地震是否为前震的物理量(张国民等,2001)。

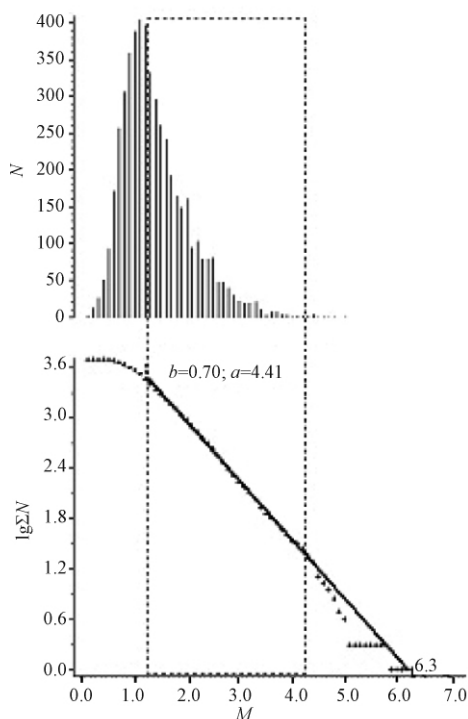


图3 于田 $M_s7.3$ 地震余震G-R关系图

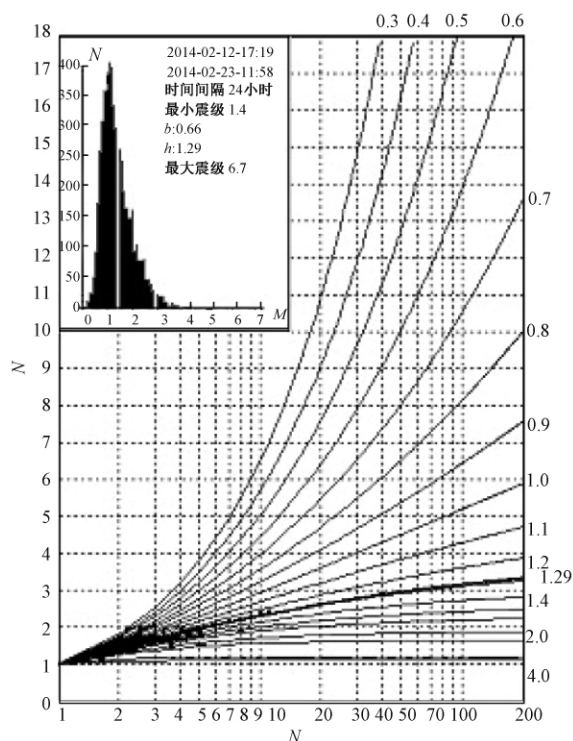


图4 于田 $M_s7.3$ 地震余震衰减关系 $h$ 值拟合图

对于主-余型地震序列,可以利用等待时间与其强余震发生时间(距离主震发生的时间)所遵从的对数-对数线性关系,来估算于田地震4.5级以上强余震的等待时间与它的发生时间之间的关系(图5)(谷继成等,1979)。由图5可见,于田 $M_s7.3$ 地震的强余震遵从对数-对数线性关系,符合主-余型地震序列特征,即本次地震为前-主-余型地震(程佳等,2014)。

## 2 震源参数特征

2014年于田 $M_s7.3$ 地震的总标量地震矩 $M_0$ 为 $3.04 \times 10^{19} \text{ N} \cdot \text{m}$ ,对应矩震级 $M_w$ 为6.92。断层节面Ⅰ走向 $242^\circ$ ,倾角 $78^\circ$ ,滑动角 $-10^\circ$ ;节面Ⅱ走向 $334^\circ$ ,倾角 $80^\circ$ ,滑动角 $-168^\circ$ ;其中节面Ⅰ为发震断层,最佳波形拟合深度为17km([http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj\\_news\\_display.jsp?GeneralID=13005](http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj_news_display.jsp?GeneralID=13005))。美国USGS([http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000mnvj#scientific\\_contributed-](http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000mnvj#scientific_contributed-)

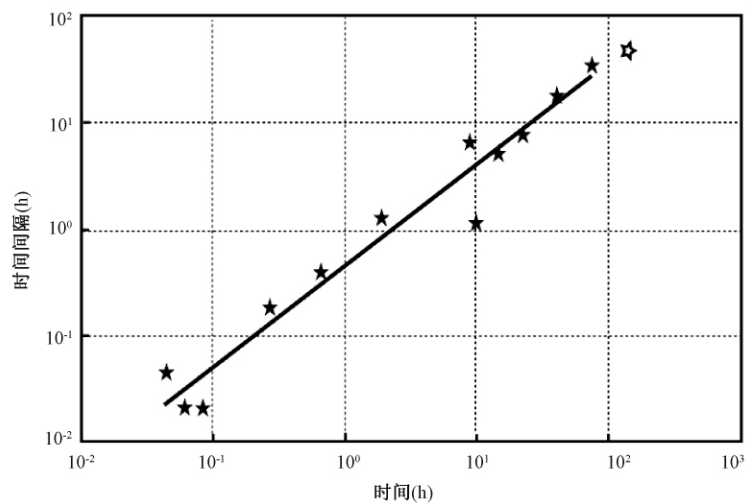


图5 于田  $M_s7.3$  地震的 4.5 级以上余震的等待时间法计算结果

solutions) 给出的相关震源机制解结果与中国地震台网中心的结果基本一致(表 2)。图 6 为 2014 年于田  $M_s7.3$  地震断层面上滑动位移分布情况的反演结果(张勇等,2014)。由图 6 可见,此次于田地震破裂的滑动量分布相对简单且集中,但不同于简单的以震源为中心的分 布,呈现了一定的方向性,破裂未出露地表。

表 2 2014 年于田  $M_s7.3$  地震主震震源参数

研究 机构	震中位置		深度 (km)	节面 I			节面 II			地震矩 ( $\times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ )	矩震级 $M_w$
	E°	N°		走向 (°)	倾向 (°)	滑动角 (°)	走向 (°)	倾向 (°)	滑动角 (°)		
CENC*	82.5	36.10	17	242	78	-10	334	80	-168	3.04	6.92
USGS#	82.59	35.91	13.5	332	86	-172	242	82	-4	2.87	6.9

注: \* 中国地震台网中心 ([http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj\\_news\\_display.jsp?GeneralID=13005](http://10.5.160.59/netoffice/module/info/portal/custom/dzj/dzj_news_display.jsp?GeneralID=13005)); # 美国地质调查局 ([http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000mnvj#scientific\\_contributed-solutions](http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000mnvj#scientific_contributed-solutions))

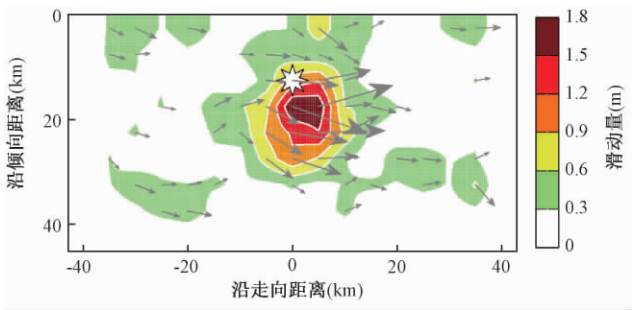


图6 于田  $M_s7.3$  地震断层面上滑动位移分布情况  
(据张勇等(2014)的反演结果)

地震时以地震波形式传播的能量叫做地震波辐射能量( $E_s$ )。地震波辐射能量为地震时释放的总能量的一部分, $E_s$ 与地震破裂过程中产生新的断层面所消耗的破裂能( $E_R$ )和断层从滑动到停止过程中系统克服摩擦所做的功( $W_f$ )共同构成了地震时产生的总能量( $E$ )。地震波辐射能量与震级有如下关系(Choy et al, 1995)

$$\lg E_s = 1.5M_s + 4.4 \quad (1)$$

式中  $M_s$  为震级,  $E_s$  的单位为 J。Wyss 等(1968)提出视应力  $\sigma_a$  的概念,认为视应力是与地震辐射能量直接相关的物理量,其物理意义在于发震断层单位面积辐射的地震波能量的大小。

$$\sigma_a = \mu E_s / M_0 \quad (2)$$

式中  $M_0$  为地震矩,单位  $N \cdot m$ ;  $\mu$  为介质的剪切模量,通常取值为  $3 \times 10^{11} \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。由式(1)、(2)及表2,可以求得于田  $M_s 7.3$  地震的视应力  $\sigma_a$  为  $2.21 \sim 2.57 \text{ MPa}$ 。

在不考虑破裂能( $E_R$ )的前提下,可以将震源动态模型过程分为3种主要的模型:完全应力降模型(Brune, 1970; Orowan, 1960)、应力上调模型(Savage et al, 1971)和应力下调模型(Brune, 1970, 1976; Smith et al, 1991; Zúñiga, 1993)。这3种模型分别对应于摩擦应力等于、大于和小于断层面的终止剪切应力的情况,结合断层破裂过程中静态应力降( $\Delta\sigma_s$ ),可以如下表示:当  $2\sigma_a = \Delta\sigma_s$  时,为完全应力降模型;当  $2\sigma_a < \Delta\sigma_s$  时,为应力上调模型;当  $2\sigma_a > \Delta\sigma_s$  时,为应力下调模型。

基于 Starr (1928) 的泊松体模型,静态应力降  $\Delta\sigma_s$  的计算公式为

$$\Delta\sigma_s = 8\mu D / 3\pi W \quad (3)$$

式中  $D$  为断面上的平均滑动位移;  $W$  为断层宽度。结合表2和图6,断层面上平均滑动位移取值  $D^{①} \approx 1.0 \text{ m}$ ,  $W^{①} = 40 \text{ km}$ , 则有  $\Delta\sigma_s^{①} \approx 0.64 \text{ MPa}$  (其中<sup>①</sup>为标注基于张勇等(2014)反演结果的震源参数计算结果)。

进一步,引入地震地表破裂长度  $L$ 、地表破裂的平均位错  $D$  及矩震级  $M_w$  的经验关系式(Donald et al, 1994)

$$M_w = 5.08 + 1.16 \lg L \quad (4)$$

$$\lg D = -1.43 + 0.88 \lg L \quad (5)$$

其中  $L$  的单位为 km, 式(4)、(5)是由大量包括走滑断层、逆冲断层和正断层类型的地震实测结果回归关系得到的,具有普遍的适用性。结合表2中给出的矩震级取值,由式(4)、(5)可以计算得到,  $L^{②} \approx 37 \sim 39 \text{ km}$  和  $D^{②} \approx 0.89 \sim 0.93 \text{ m}$ , 这里得到的  $L^{②}$  较张勇等(2014)给出的结果明显偏小(图6, 其中<sup>②</sup>为标注基于经验关系式计算得到的震源参数估算结果)。进而引入地震矩震级与断层破裂面积对数之间的双线性经验关系估算发震断层破裂面积(Thomas et al, 2002)

$$M_w = \lg A + 3.98 \pm 0.03, \quad A \leq 537 \text{ km}^2 \quad (6)$$

$$M_w = 4/3 \lg A + 3.07 \pm 0.04, \quad A > 537 \text{ km}^2$$

式中  $M_w$  为地震矩震级;  $A$  为断层的破裂面积, 式(6)在 Thomas 等(2002)文中原为分段函数,即以  $A$  取  $537 \text{ km}^2$  为分段点,当  $A = 537 \text{ km}^2$  时,  $M_w \approx 6.71$ , 由于本文涉及的于田地震矩震级大于  $6.71$  (表2), 由此可以得到  $A^{②} \approx 720 \sim 830 \text{ km}^2$ 。对比张勇等(2014)给出的破裂过程结果,  $A^{②}$  的取值与其滑动位移大于  $0.3 \text{ m}$  的有效破裂面积相对一致性较高,且  $L^{②}$  的取

值也与滑动集中区的有效破裂长度(约 40km)较为一致。因此,基于以上计算结果可以得到  $W^{(2)} = A^{(2)}/L^{(2)} \approx 19 \sim 22\text{km}$ 。将  $D^{(2)}$  和  $W^{(2)}$  的取值带入式(3)中可以得到,  $\Delta\sigma_s^{(2)} \approx 1.03 \sim 1.32\text{MPa}$ 。

参照前文中  $\sigma_a$ 、 $\Delta\sigma_s^{(1)}$  的计算结果,显然于田  $M_s7.3$  地震的  $2\sigma_a > \Delta\sigma_s$ , 其中  $\Delta\sigma_s^{(1)}$  为基于断层面上反演结果给出的计算值,而  $\Delta\sigma_s^{(2)}$  则为结合相关经验公式给出的计算结果,二者得到的结论是一致的,即于田  $M_s7.3$  地震的动态破裂过程为应力下调模式。Brune (1970) 认为,应力下调模式对应着地震时断层错动会突然受阻而可能发生的被突然锁住的情况,即地震能量的释放并不十分完全。

2014 年于田  $M_s7.3$  地震对应断层动态破裂过程中的应力下调模式,但由于  $\sigma_a$  取值为  $2.21 \sim 2.57\text{MPa}$ , 仍然能够反映该地震在震中附近单位断层面积辐射的地震波能量偏高;结合其应力下调的断层错动模式,验证了张勇等(2014)给出的结果,即该地震破裂比较集中,滑动主要分布在深部,破裂未初露至地表。参照前文基于式(4)~(6)计算得到的  $W^{(2)}$ 、 $A^{(2)}$  及  $L^{(2)}$  的取值,更加显现了 2014 年于田  $M_s7.3$  地震沿断层走向破裂并不发育,这一点与滑动位移集中区(图 6)是趋于一致的。

### 3 结论和讨论

截至 2014 年 2 月 23 日 12 时 00 分,于田  $M_s7.3$  地震序列 2、3 级地震较为丰富,衰减较为正常, $b$  值约为 0.7, $h$  值为 1.29,等待时间法显示 4.5 级以上余震遵从线性关系,符合以往主-余型地震的特征。震源参数计算显示,于田  $M_s7.3$  地震的动态破裂过程为应力下调模式,即地震能量释放可能并不十分完全,这与该地震的  $b$  值小于 2008 年于田  $M_s7.3$ 、2012 年于田  $M_s6.2$  地震的  $b$  值的特点相符。整体上,2014 年于田  $M_s7.3$  地震为前-主-余型地震序列,该序列主要缺少 5~6 级地震的活动。

由于 2014 年于田  $M_s7.3$  地震主发震断层未破裂至地表,且其余震空间展布较现有断层面反演结果相对偏小(张勇等,2014;图 1、6),且图 6 中给出的发震断层面的长度与基于前述式(4)、(5)给出的估算结果存在一定的差异,显示了仅应用矩震级单一参数来约束计算断层的长度存在一定的局限。尽管如此,前文中基于断层面上反演结果和结合相关经验公式分别给出的断层动态破裂模式却是一致的,均为应力下调模式,其对应的破裂过程突然锁住即破裂不发达与主发震断层未破裂至地表是相对一致的,也就从另一方面证明了本文中所采用的基于震源参数分析地震动态破裂过程方法的合理性。

2013 年 4 月 20 日芦山  $M_s7.0$  地震发生后,孟令媛等(2013)基于视应力  $\sigma_a$ 、断层错动模式对其开展了相关研究,指出芦山地震与汶川地震分别属于应力下调和应力上调两种模式,尽管二者均发生在龙门山断裂带上,且均为逆冲机制,但二者震源附近破裂方式有所不同,表现在地表上余震的分布形态也有所不同。因此,针对 2014 年于田  $M_s7.3$  地震周围强震的余震分布的差异性(程佳等,2014),也可以由视应力和断层错动模式相结合的方法进行深入研究。未来的研究工作中,可以针对 2014 年于田  $M_s7.3$  地震周围区域 4 次  $M_s7.0$  及以上强震的震源特征开展震源参数特征的比较研究,以总结该区域强震震源动态破裂过程的特征。

致谢: 本文在成稿过程中, 刘桂萍研究员、刘杰研究员、蒋海昆研究员和张永仙研究员给予了有益的指导与帮助, 作者谨表谢意。

## 参考文献

- 谷继成、谢小碧、赵莉, 1979, 强余震的时间分布特征及其理论解释, 地球物理学报, **22** (1), 32 ~ 46。
- 张国民、傅正祥、桂燮泰等, 2001, 地震预报引论, 26 ~ 31, 北京: 科学出版社。
- 张勇、许力生、陈运泰等, 2014, 2014 年 2 月 12 日于田  $M_w$  6.9 地震破裂过程初步反演: 兼论震源机制对地震破裂过程反演的影响, 地震学报, **36** (2), 159 ~ 164。
- 程佳、杨文、刘杰等, 2014, 2014 年 2 月 12 日新疆于田  $M_s$  7.3 级地震序列及其构造背景研究, 地震学报, **36** (3), 350 ~ 361。
- 孟令媛、周龙泉、刘杰, 2013, 2013 年芦山  $M_s$  7.0 地震震源参数特征及近断层强地面运动初步估计, 地震学报, **35** (5), 632 ~ 641。
- Brune J N, 1970, Tectonic stress and spectra of seismic shear waves from earthquakes, J Geophys Res, **75** (26), 4997 ~ 5009。
- Brune J N, 1976, The physics of earthquake strong motion. In: Lomnitz C, Rosenblueth E eds, Seismic risk and engineering decisions, New York: Elsevier Sci Publ Co, 141 ~ 177。
- Choy Y T, Boatwright J L, 1995, Global patterns of radiated seismic energy and apparent stress, J Geophys Res, **100** (B6), 18205 ~ 18228。
- Donald L Wells, Kevin J Coppersmith, 1994, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, Bull Seism Soc Am, **84** (4), 974 ~ 1002。
- Orowan E, 1960, Mechanism of seismic faulting in rock deformation: a symposium, Geol Soc Am Mem, **79**, 323 ~ 345。
- Savage J C, Wood, 1971, The relation between apparent stress and stress drop, Bull Seism Soc Am, **61** (5), 1381 ~ 1388。
- Smith K D, Brune J N, Priestly K F, 1991, The seismic spectrum, radiated energy, and the Savage and Wood inequality for complex earthquake, Tectonophysics, **188**, 303 ~ 320。
- Starr A T, 1928, Slip in a crystal and rupture in a solid due to shear, Proc Camb Phil Soc, **24** (4), 489 ~ 500。
- Thomas C H, William H Bakun, 2002, A bilinear source-scaling model for  $M$ -log  $A$  observations of continental earthquakes, Bull Seism Soc Am, **92** (5), 1841 ~ 1846。
- Wyss M, Brune J N, 1968, Seismic moment, stress, and source dimensions for earthquakes in the California-Nevada region, J Geophys Res, **73** (14), 4681 ~ 4694。
- Xu X W, Yu G H, Tan X B, et al, 2012, Normal-and oblique-slip of the 2008 Yutian earthquake: Evidence for eastward block motion, northern Tibetan Plateau, Tectonophysics, **584** (22), 152 ~ 165。
- Zúñiga F R, 1993, Fractional overshoot and partial stress drop. Which one? Bull Seism Soc Am, **83** (3), 939 ~ 944。



## Study the characteristics of the Yutian, Xinjiang $M_s7.3$ earthquake, February 12, 2014

*Meng Lingyuan   Zhou Longquan   Zhang Xiaotao   Yang Wen   Yao Qi   Song Jin*

China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

**Abstract** The Yutian  $M_s7.3$  earthquake, occurred on February 12, 2014 in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China, as a result of shallow strike-slip faulting in the tectonically complex region of the northern Qinghai-Tibetan Plateau, with depth of 17km. This earthquake occurred several hundred kilometers north of the convergent India-Eurasia plate boundary. The location of Yutian earthquake,  $36.1^\circ\text{N}$ ,  $82.5^\circ\text{E}$ , is 110km north of Yutian city, Hotan district. The number of rich  $M_L2.0 \sim 3.0$  aftershocks till February 23, 2014, 12:00, and the largest aftershock,  $M_s5.7$ , occurred at 17:24, February 12, 2014. The  $b$ - and  $h$ -value of Yutian sequence is 0.7 and 1.29, respectively. The method of waiting time shows that these strong aftershocks above  $M_L4.5$  is linear, which is consistent with the characteristics of mainshock-aftershock sequence. Furthermore, we calculate the source parameters and analyze the rupture process based on the empirical relationships for the Yutian earthquake. The results indicate that the frictional undershoot behavior in the dynamic source process of the Yutian earthquake, which is also in agreement with the lower and similar  $b$  values comparing with the 2008,  $M_s7.3$ , Yutian earthquake and the 2012,  $M_s6.2$ , Yutian earthquake.

**Key words:** Yutian  $M_s7.3$  earthquake   Earthquake sequence   Source parameters