

朱航、屈勇,2017,九寨沟 M_s 7.0 地震静态库仑应力触发及对附近断层影响分析,中国地震,33(4),471~479。

九寨沟 M_s 7.0 地震静态库仑应力触发 及对附近断层影响分析

朱航 屈勇

四川省地震局,成都市人民南路3段29号 610041

摘要 计算和研究了 1973~2013 年巴颜喀拉块体东边界发生的 6 次 $M_s \geq 6.5$ 地震引起的静态库仑应力变化图像,认为先前发生的 6 次地震对 2017 年 8 月 8 日九寨沟 M_s 7.0 地震具有触发作用。九寨沟 M_s 7.0 地震发生后,对震中附近主要断裂应力转移的计算结果显示,在巴颜喀拉块体东边界 7 次 $M_s \geq 6.5$ 地震的共同作用下,东昆仑断裂带东段及龙日坝断裂带库仑应力水平升高,具有触发作用;岷江断裂带处于库仑应力影区内,具有减震效应。

关键词: 巴颜喀拉块体东边界 九寨沟 M_s 7.0 地震 库仑应力变化 应力触发

[文章编号] 1001-4683(2017)04-0471-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

2017 年 8 月 8 日九寨沟 M_s 7.0 地震发生在巴颜喀拉块体东边界。根据先前的认识,巴颜喀拉块体位于青藏活动地块区中北部,其北、南边界分别被具有左旋走滑性质的东昆仑断裂带、甘孜-玉树断裂带和鲜水河断裂带所包围,东边界则由龙门山断裂带、岷江-虎牙断裂带等共同构成(张培震等,2003)。自 1997 年西藏玛尼 M_s 7.9 地震发生以来,巴颜喀拉块体边界共发生 8 次 7 级以上地震(含 2 次 8 级地震),其中,3 次发生在四川境内,即 2008 年汶川 M_s 8.0、2013 年芦山 M_s 7.0 和 2017 年九寨沟 M_s 7.0 等地震;这 3 次地震都发生在巴颜喀拉块体东边界。此外,巴颜喀拉块体东边界 1973~1976 年曾发生 4 次 $M_s \geq 6.5$ 地震,即 1973 年 8 月 11 日松潘黄龙 M_s 6.5 以及 1976 年 8 月 16~23 日松潘 M_s 7.2、 M_s 6.7、 M_s 7.2 地震。上述 7 次地震共同构成了 1973~2017 年巴颜喀拉块体东边界强震序列。

为了了解巴颜喀拉块体东边界强震序列的发生规律和相关物理机制,我们曾对其应力触发过程进行了系列跟踪研究。朱航等(2009)计算和研究了 1973~1976 年四川松潘 4 次强震组成的序列引起的静态库仑应力变化图像,分析了由该序列各次事件引起的近场应力变化及其与后续强震间的关系,同时分析了该序列引起的远场应力变化与随后 25 年区域中、强地震活动间的关系。结果显示,1973 年 8 月 11 日松潘黄龙 6.5 级地震导致虎牙断裂带中段库仑应力显著增加,并触发了 1976 年 8 月 16 日的 7.2 级地震;此后,又沿断层向南相

[收稿日期] 2017-10-27; [修定日期] 2017-12-08

[项目类别] 地震行业科研专项(20140823-N81)资助

[作者简介] 朱航,男,1966 年生,正研级高级工程师,主要从事地震预测研究。E-mail:zhuhang1234@163.com

继触发了1976年8月22日6.7级地震和8月23日7.2级地震。此外,在该强震序列发生后的25年间,在距该序列发震断层中部约200km范围内,6次5.0~6.6级地震均发生在由该序列引起的远场、微量的库仑应力变化增加区中。汶川8.0级地震发生后,Zhu等(2010)发现,2008年汶川8.0级地震的震中位于1973~1976年四川松潘强震序列引起的库仑应力触发区内,说明松潘强震序列的发生导致了龙门山断裂带中、南段应力水平的增强,从而可能在一定程度上使得汶川8.0级地震提前发生;计算松潘强震序列和汶川8.0级强震共同引起的库仑应力变化,结果显示,汶川8.0级地震触发了2008年5月25日龙门山断裂带北东段上的青川6.4级地震;龙门山断裂带南段也处于应力触发区内;与汶川地震发震断层平行的茂县-汶川断裂(龙门山断裂带后山断裂)则处于应力影区内,发生强震的危险性应相对减小。值得说明的是,2013年芦山7.0级地震发生在该研究提出的龙门山断裂带南段应力触发区内。屈勇等(2017)计算和研究了1973~2014年发生在巴颜喀拉块体东-南边界断裂带上的、由9次 $M_s \geq 6.3$ 地震组成的强震序列引起的库仑应力变化图像,分析序列中先发地震破裂对后发地震的应力触发作用,结果表明:①1973~1976年在巴颜喀拉块体东边界的虎牙断裂带上发生的4次强震存在显著的应力触发关系,同时改变了龙门山断裂带中南段及周围区域的应力状态,相继触发了汶川8.0级、芦山7.0级地震;②南边界鲜水河断裂带自1973年以来发生的3次强震同样存在应力触发关系,2014年康定6.3级地震是巴颜喀拉块体东、南边界强震活动导致的库仑应力变化共同触发的结果。

2017年九寨沟7.0级地震发生在1973年松潘黄龙6.5级地震震中以北的邻近区域,它与先前发生在巴颜喀拉块体东边界的各次强震间的应力触发关系,以及它向邻近断层的应力转移情况,是本文所关注的问题。本文将计算有关的静态库仑应力变化,探讨九寨沟7.0级地震的应力触发机制,并指出由九寨沟7.0级地震发生所引起的库仑应力增加而可能被触发强震的断层。

1 研究方法

库仑破裂应力是指断层面上存在着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。关于库仑破裂准则以及地震的应力触发理论已有大量论述(King et al, 1994; Stein, 1999; Pollitz et al, 2002; Deng et al, 1997; Harris, 1998; Okada, 1992),库仑破裂准则确定了岩体中先存断层重新发生摩擦滑动或者“破裂”的应力条件(Scholz, 1990; Jaeger et al, 1979)。断层上的库仑应力若发生改变,将影响该断层重新滑动或破裂的失稳条件;超过0.01MPa的微小库仑应力变化就会影响断层的应力分布状态,从而增加或缩短断层发生潜在破裂所需的时间(King et al, 1994; Stein, 1999)。研究断层趋于破裂的过程可使用库仑应力变化 $\Delta\sigma_f$ 进行数值描述

$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau_s + \mu' \Delta\sigma_n \quad (1)$$

式中, $\Delta\tau_s$ 为断层面的剪切应力变化(沿滑动方向为正); $\Delta\sigma_n$ 为正应力变化(张应力为正), μ' 为断层面的摩擦系数。

当一次强震发生时,发震断层的应力将在一定程度上得以释放,同时,地震时的同震位错会引起附近区域断层的静态应力变化,即应力转移。当所引起的相邻断层段上的库仑应力变化为正值时,该断层段重新发生粘滑的可能性增大,或者会很快发生另一次地震,这种

情况即地震的应力触发作用;当库仑应力变化为负值时,该断层段重新发生粘滑的可能性降低。一般称库仑应力变化的正值区域为应力触发区,负值区域为应力影区(King et al, 1994)。引起应力变化的地震和破裂面称为“源地震”和“源断层”,区域中的其它先存断层称为“接受断层”。根据 Okada(1992)提出的均匀各向同性弹性半空间模型,可由源断层的同震位错计算接受断层的库仑应力变化量。本文采用 King 等(1994)推导的库仑应力变化公式以及发展的相关算法,并使用 Coulomb3.3 软件分别计算 1973~2017 年间巴颜喀拉块体东边界强震序列引起的静态库仑应力变化,分析可能存在的触发作用,并进一步研究该强震序列对周边地区中、强地震活动的影响。

根据以上库仑应力原理可知,由 Coulomb3.3 软件计算的接受断层上的静态库仑应力变化量取决于源断层的几何特征(断层走向、倾角、滑动角)与源地震的同震位错,以及接受断层的几何特征及断层摩擦系数等(King et al, 1994)。

2 发震构造与位错模型

受印度洋板块北向推挤作用的影响,青藏活动地块区整体朝 S-SE 方向运动,位于其中的巴颜喀拉块体受华南地块阻挡,在东边界带上产生了强烈的构造运动和变形。巴颜喀拉块体北边界主要由东昆仑断裂带构成,南边界的南东段主要由鲜水河、甘孜-玉树断裂带构成,均表现为左旋走滑运动。本文以巴颜喀拉块体东边界及邻近地区为主体,取 $29.5^{\circ} \sim 35.0^{\circ}N$ 、 $101.5^{\circ} \sim 106.5^{\circ}E$ 的矩形范围作为研究区。区内 1973~2017 年强震序列分别发生在巴颜喀拉块体东边界的 NW 向树正断裂、NNW 向虎牙断裂带以及 NE 向龙门山断裂带上,其中,树正断裂表现为左旋走滑,而虎牙断裂带则表现为左旋走滑兼逆冲的运动方式,虎牙断裂带向南延伸逐渐过渡到由 3 条主干断裂组成的龙门山逆冲推覆断裂带(图 1)。

图 1 显示了 1973~2017 年巴颜喀拉块体东边界强震序列的震中位置及发震构造,并标注了各次地震的震源机制解。由图 1 可见,2008 年汶川 $M_s8.0$ 、2013 年芦山 $M_s7.0$ 等地震均发生在龙门山断裂带中、南段,震源机制为逆冲型;1976 年 8 月 16~23 日 2 次松潘 $M_s7.2$ 地震发生在 NNW 向的虎牙断裂带,震源机制为左旋走滑兼逆冲型;1976 年 8 月 22 日松潘 $M_s6.7$ 地震发生在 NE 向叶塘断裂,该断裂为逆冲型。2017 年九寨沟 $M_s7.0$ 地震发生在 NW 向树正断裂,震源机制为左旋走滑型。

关于 1973 年松潘黄龙 $M_s6.5$ 地震的发震构造尚存疑问。据《中国震例(1966-1975)》(程式等,1988)记载:“1973 年 8 月 11 日松潘黄龙 $M_s6.5$ 地震震中附近没有发现明显的断裂构造,因此,使用等震线走向、余震分布和震源机制解节面的走向判断,这次地震的构造位置位于 NNW 向虎牙断裂向北的延伸线上。”由图 1 可见,1973 年松潘黄龙 $M_s6.5$ 地震与 2017 年九寨沟 $M_s7.0$ 地震的震中都位于树正断裂的西侧,它们的震源机制非常相似,均为走滑型,其 NW 向节面走向与树正断裂的走向一致。据此,我们可以认定,这 2 次地震都发生在 NW 走向的树正断裂,均为左旋剪切破裂。

为了获取计算所需的各次地震事件的震中位置、发震断层产状及同震位错量,我们在综合多种资料的基础上,构建利用 Coulomb3.3 软件计算所需的断层模型。表 1 为巴颜喀拉块体东边界强震序列 7 次事件发震断层产状及同震位错参数,其数据来源见表注。表 1 中 1973 年松潘黄龙 $M_s6.5$ 、2017 年 8 月 8 日九寨沟 $M_s7.0$ 等地震的同震位错量由以下闻学洋

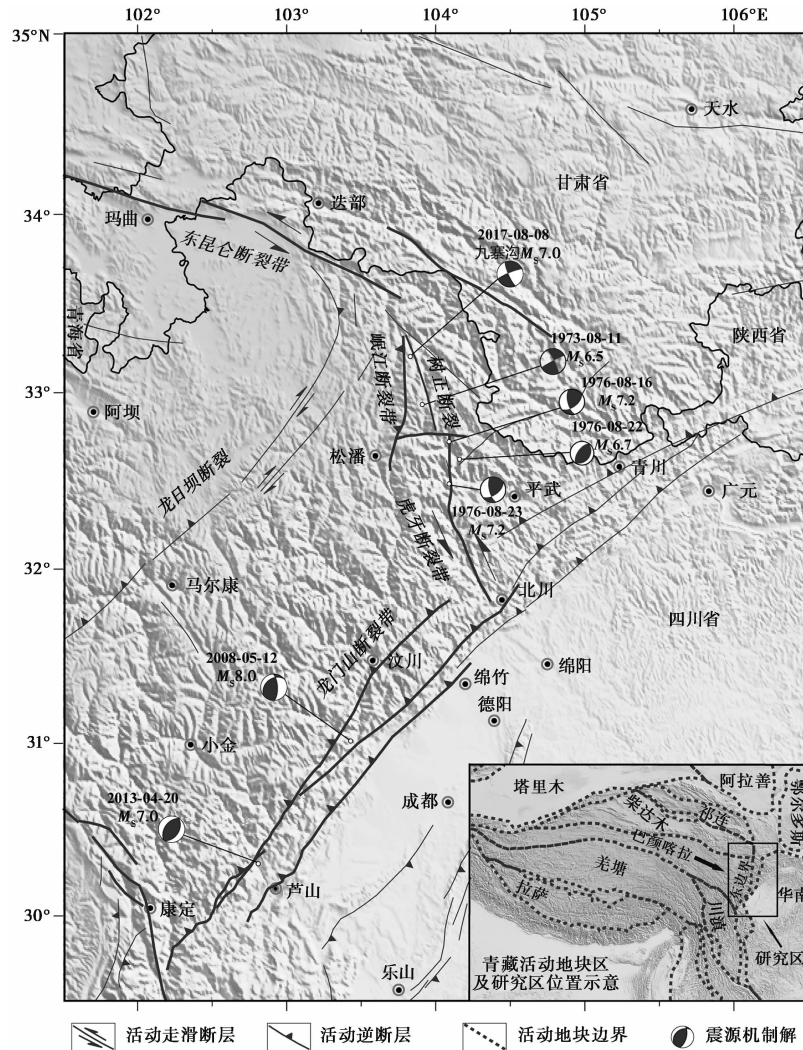


表 1 巴颜喀拉块体东边界强震序列 7 次事件发震断层产状及同震位错参数

地震事件		震中	发震断层产状		破裂长度 /km	走滑分量 /m	倾滑分量 /m
发震日期 (年-月-日)	震级 M_s		走向/倾角/滑动角/(°)				
1973-08-11	6.5	32°56'N, 103°54'E ^⑤	(153.5/ 81/5) ^⑤	15 ^⑦	1 ^⑦	0.1 ^⑦	
1976-08-16	7.2	32°43'N, 104°05'E ^①	(165/63/40) ^①	30 ^②	1.1 ^②	0.9 ^②	
1976-08-22	6.7	32°37'N, 104°09'E ^①	(215/ 60/90) ^①	12 ^②	0 ^②	1.2 ^②	
1976-08-23	7.2	32°29'N, 104°05'E ^①	(165/65/40) ^①	22 ^②	1.1 ^②	0.9 ^②	
2008-05-12	8.0	31°00'N, 103°24'E ^①	(229/33/120) ^①	318 ^③	2.5 ^③	5.5 ^③	
2013-04-20	7.0	30°24'N, 103°02'E ^①	(220/35/95) ^①	28 ^④	0 ^④	1.2 ^④	
2017-08-08	7.0	33°12'N, 103°49'E ^①	(156/79/-9) ^⑥	38 ^⑥	1.3 ^⑦	-0.1 ^⑦	

注:①中国地震台网中心, <http://www.cenc.ac.cn>;②Jones 等(1984);③王为民等(2008);④刘成利等(2013);⑤成尔林(1981);⑥易桂喜(2017);⑦由式(2)估计得出。

(1995)建立的走滑型地震断层的经验公式估计得出

$$\ln(u \times l) = 2.33M_s - 5.33 \quad (2)$$

式中, M_s 为面波震级; $u \times l$ 为同震平均位错 u 与破裂长度 l 的乘积。

3 库仑应力变化图像与分析

计算之前,将研究区内 1973 年以前的库仑应力变化量归零。计算中,地壳的剪切模量取 $3.3 \times 10^{10} \text{Pa}$,泊松比取 0.25,断层面摩擦系数 μ' 取 0.4;该取值是 King 等(1994)根据不同地区计算的库仑应力变化得出的经验值。计算深度为地下 10km。

3.1 巴颜喀拉块体东边界先发地震对九寨沟 $M_s 7.0$ 地震的触发作用

图 2 是巴颜喀拉块体东边界 1973~2013 年发生的 6 次 $M_s \geq 6.5$ 地震共同引起的以树正断裂为接受断层的库仑破裂应力变化图像。从表 1 给出的九寨沟地震发震断层产状可知,断层运动为左旋走滑,断层走向 NW,高倾角,断层面接近直立。由图 2 可见,在巴颜喀拉块

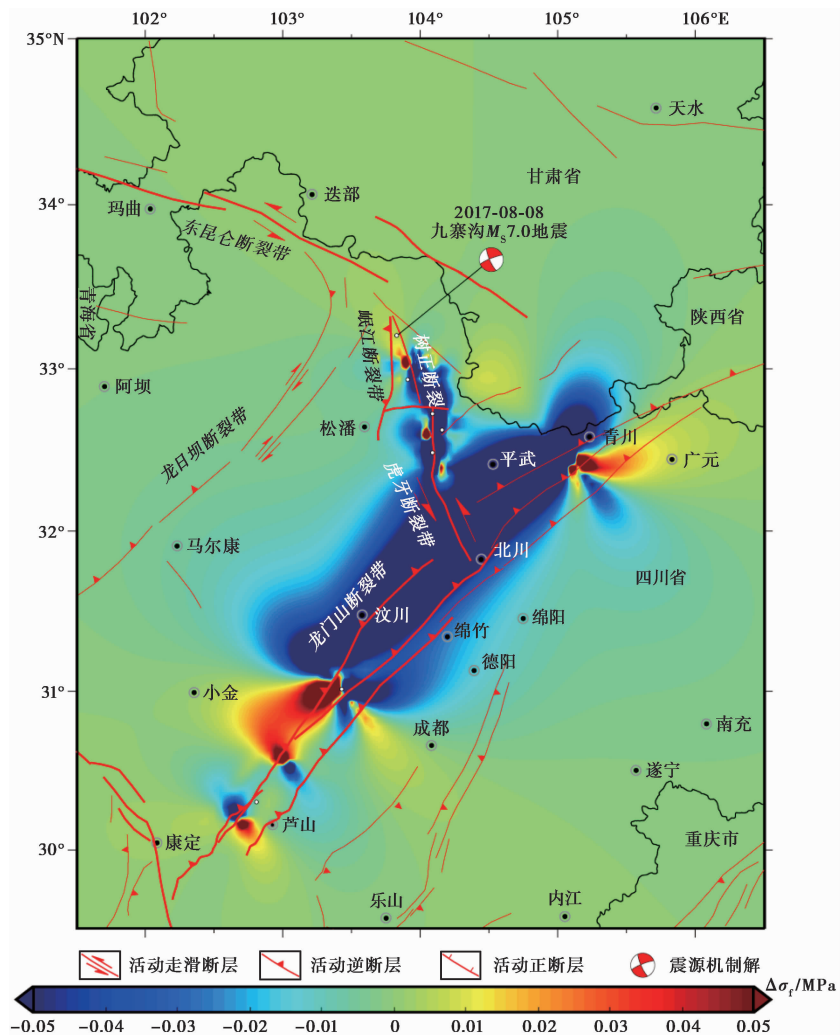


图 2 1973~2013 年发生的 6 次 $M_s \geq 6.5$ 地震共同引起的以树正断裂为接受断层的库仑应力变化图像

体东边界大部分段落已经破裂的情况下,树正断裂北段的库仑应力水平显著升高,而九寨沟 $M_s7.0$ 地震即发生在应力触发区内,因此认为,巴颜喀拉块体东边界先发地震对九寨沟地震具有明显的触发作用。

3.2 巴颜喀拉块体东边界强震序列对邻近断裂的应力转移

九寨沟 $M_s7.0$ 地震是巴颜喀拉块体边界断裂带自 1997 年以来发生的第 8 次 $M_s \geq 7.0$ 地震,至此,巴颜喀拉块体东、西边界大部分已经破裂。那么,巴颜喀拉块体东边界强震序列的发生对未来强震形势有何影响?

九寨沟 $M_s7.0$ 地震震中位于巴颜喀拉块体东北角的树正断裂北段,其南面的巴颜喀拉块体东边界断层段多已破裂,积累的应变能得以释放,因此,不具备未来 10 年乃至数十年内强震复发的条件。本文主要关注九寨沟地震震中的西、北面 3 条断裂带的近场库仑应力变化情况,具体如下。

3.2.1 巴颜喀拉块体东边界强震序列引起的岷江断裂带库仑应力变化

岷江断裂带南起松潘以南,向北与东昆仑断裂带东段相交,大致沿岷江河谷总体呈 SN 向延伸,长约 120km。岷江断裂带曾发生过 2 次较强地震,分别是 1748 年漳腊北面的 6.5 级、1938 年松潘 6.0 级地震。钱洪等(1995)认为,岷江断裂带活动强度不大,至少没有发生过造成断错地貌的强烈破坏性地震。

岷江断裂带以逆冲为主,兼有一定左旋运动分量,断层倾向 W,倾角约 80° (邓起东等,1994)。图 3(a)是九寨沟地震发生后,巴颜喀拉块体东边界 1973~2017 年发生的 7 次 $M_s \geq 6.5$ 地震共同引起的以岷江断裂带为接受断层的库仑破裂应力变化图像。由图 3(a)可见,岷江断裂带处于应力影区范围内,即邻近的树正断裂破裂错动,对岷江断裂带而言,具有减震效应。

3.2.2 巴颜喀拉块体东边界强震序列引起的东昆仑断裂带库仑应力变化

东昆仑断裂带是巴颜喀拉块体北边界断裂系统的一条巨型左旋走滑活动断裂,自有仪器记录的 1902 年以来,沿该断裂带先后发生了 7 次 $M_s6.9 \sim 8.1$ 的大震,震级最大的为 2001 年 11 月 14 日在西段发生的昆仑山口西 8.1 级地震;而在断裂带东段上存在一处地震空区——玛曲空区(付俊东等,2012),因此,该段具有发生强震的潜在危险。

东昆仑断裂带东段呈帚状散开的几何特征。总体来看,东昆仑断裂带东段以左旋走滑运动为主,兼有一定逆冲分量,断裂大体走向 300° ,高倾角,断层面倾向 SW(李陈侠等,2009)。图 3(b)是九寨沟地震发生后,巴颜喀拉块体东边界 1973~2017 年发生的 7 次 $M_s \geq 6.5$ 地震共同引起的以东昆仑断裂带东段为接受断层的库仑应力变化图像。由图 3(b)可见,该断裂处于应力触发区范围内,即东边界强震序列的发生,对东昆仑断裂带东段,特别是对玛曲空区具有强震触发作用。

3.2.3 巴颜喀拉块体东边界强震序列引起的龙日坝断裂带库仑应力变化

龙日坝断裂带位于龙门山断裂带 NW 侧约 200km 的巴颜喀拉块体东部,其北东段由走向 $54^\circ\text{N} \pm 5^\circ\text{E}$ 、相距约 30km 的龙日曲、毛尔盖 2 条分支断层组成,分别表现出向 SE 方向逆冲和右旋走滑的运动方式。以龙日坝断裂带为界,巴颜喀拉地块分为西部阿坝和东部龙门山 2 个次级块体;龙门山次级块体的整体缩短和隆升反映出从龙门山断裂带到龙日坝断裂带是巴颜喀拉地块 SE 向运移过程中由于受到华南地块的强烈阻挡而形成的后展式推覆构

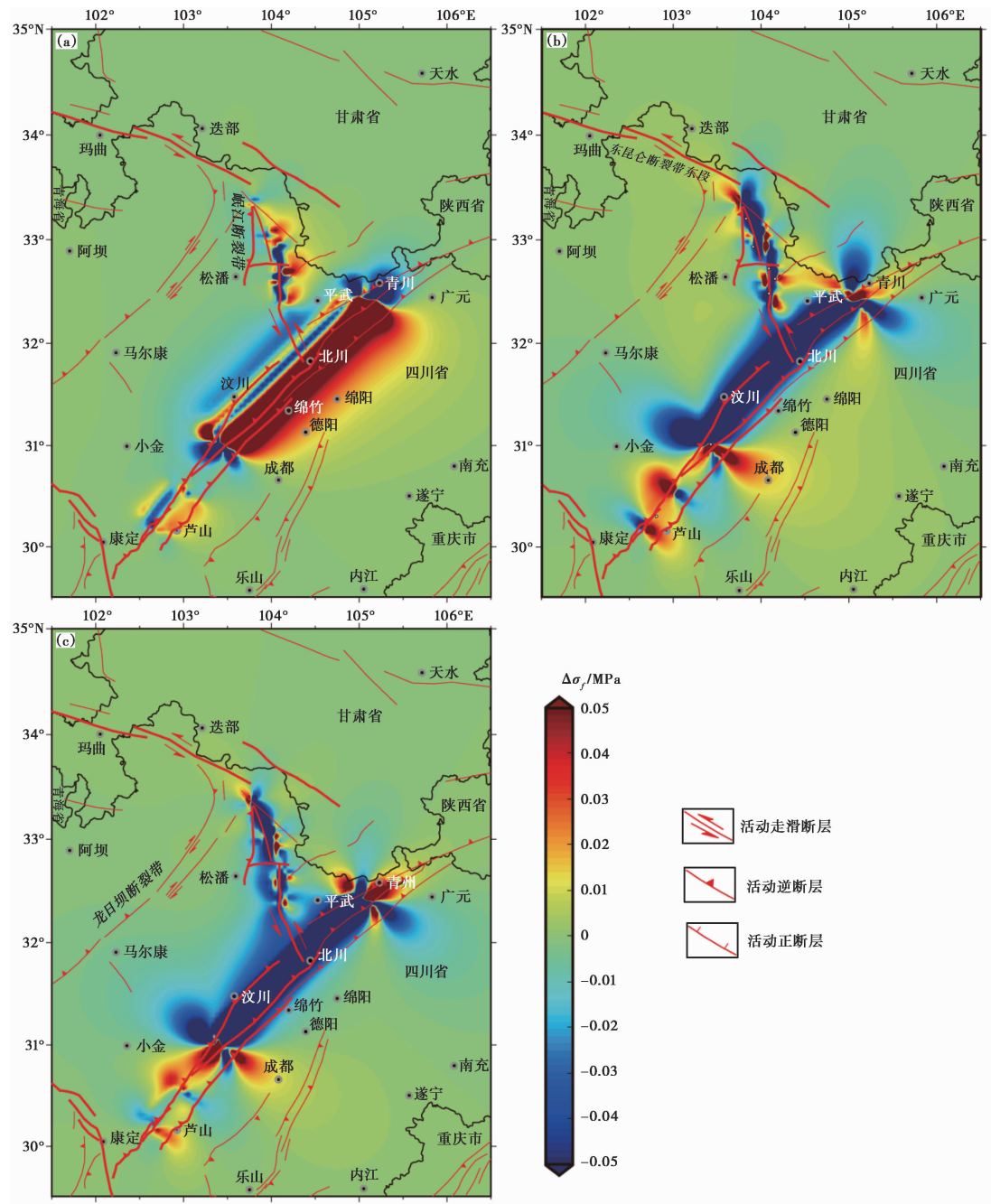


图 3 1973~2017 年发生的 7 次 $M_s \geq 6.5$ 地震共同引起的库仑应力变化图像

(a) 以岷江断裂带为接受断层；(b) 以东昆仑断裂带东段为接受断层；(c) 以龙日坝断裂带为接受断层

造系统,龙日坝断裂带正是这一系统中晚第四纪新生的活动断裂带(徐锡伟等,2008)。

图 3(c)是九寨沟地震发生后,巴颜喀拉块体东边界 1973~2017 年发生的 7 次 $M_s \geq 6.5$ 地震共同引起的以龙日坝断裂带为接受断层的库仑破裂应力变化图像。由图 3(c)可见,该

断裂带处于应力触发区范围内,即东边界强震序列的发生有可能触发龙日坝断裂破裂。

4 结论与讨论

(1) 2017年8月8日九寨沟7.0级地震是巴颜喀拉块体东边界自1973年以来发生的第7次 $M_s \geq 6.5$ 地震,利用库仑应力计算结果分析表明,先前发生的6次地震对九寨沟地震具有触发作用。

(2) 对九寨沟7.0级地震震中附近主要断裂应力转移的计算结果显示,在巴颜喀拉块体东边界7次 $M_s \geq 6.5$ 地震的共同作用下,东昆仑断裂带东段及龙日坝断裂带库仑应力水平升高,这可能导致这些断裂已积累的应变能提前释放,即具有触发作用;岷江断裂带处于库仑应力影区内,具有减震效应。

(3) 发生在巴颜喀拉块体东边界的强震是否会短期内触发北、南边界的地震,这是我们所关注的问题。2014年11月22日南边界的南端发生了康定6.3级地震,其与2013年4月20日芦山7.0级地震的时间间隔仅有1.6年,研究认为,这是由于巴颜喀拉块体东、南边界强震活动导致的库仑应力变化共同触发的结果(屈勇等,2017)。九寨沟7.0级地震发生在巴颜喀拉块体东边界的北端,其相邻的北边界东昆仑断裂带东段目前不仅位于应力增加区内,而且还存在玛曲地震空区,所以,应特别关注该段未来地震危险性。

参考文献

- 成尔林,1981,四川及其邻区现代构造应力场和现代构造运动特征,地震学报,3(3),231~241。
- 程式、任昭明、陈农,1988,1973年8月11日四川省松潘(黄龙)6.5级地震,见:张肇诚,中国震例(1966-1975),北京:地震出版社。
- 邓起东、陈社发、赵小麟,1994,龙门山及其邻区的构造和地震活动及动力学,地震地质,16(4),389~403。
- 付俊东、任金卫、张军龙等,2012,东昆仑断裂带东段塔藏断裂晚第四纪古地震研究,第四纪研究,32(3),473~483。
- 李陈侠、徐锡伟、闻学泽等,2009,东昆仑断裂带东段玛沁-玛曲段几何结构特征,地震地质,31(3),441~458。
- 刘成利、郑勇、葛粲等,2013,2013年芦山7.0级地震的动态破裂过程,中国科学:地球科学,43(6),1020~1026。
- 钱洪、马声浩、龚宇,1995,关于岷江断裂若干问题的讨论,中国地震,11(2),140~146。
- 屈勇、朱航,2017,巴颜喀拉块体东-南边界强震序列库仑应力触发过程,地震研究,40(2),216~225。
- 王卫民、赵连锋、李娟等,2008,四川汶川8.0级地震震源过程,地球物理学报,51(5),1403~1410。
- 闻学泽,1995,活动断裂地震潜势的定量评估,北京:地震出版社。
- 徐锡伟、闻学泽、陈桂华等,2008,巴颜喀拉地块东部龙日坝断裂带的发现及其大地构造意义,中国科学:D辑,38(5),529~542。
- 易桂喜、龙锋、梁明剑等,2017,2017年8月8日九寨沟M7.0地震及余震震源机制解与发震构造分析,地球物理学报,60(1),4083~4097。
- 张培震、邓起东、张国民等,2003,中国大陆的强震活动与活动地块,中国科学:D辑,33(增刊),12~20。
- 朱航、闻学泽,2009,1973~1976年四川松潘强震序列的应力触发过程,地球物理学报,52(4),994~1003。
- Deng J, Sykes L R, 1997, Evolution of the stress field in southern California and triggering of moderate-size earthquakes: A 200-year perspective, J Geophys Res, 102, 9859~9886。
- Harris R A, 1998, Introduction to special section: Stress triggers, stress shadows, and implications for seismic hazard, J Geophys Res, 103, 24347~24358。
- Jaeger J C, Cook N G W, 1979, Fundamentals of rock mechanics, New York: Chapman and Hall。
- Jones L M, Han W, Haoksson E, et al, 1984, Focal mechanisms and aftershock locations of the Songpan earthquakes of August 1976 in Sichuan, China, J Geophys Res, 89, 7697~7707。

- King G C P, Stein R S, Lin J, 1994, Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bull Seism Soc Am*, **84**, 935~953.
- Okada Y, 1992, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull Seism Soc Am*, **82**, 1018~1040.
- Pollitz F F, Sacks I S, 2002, Stress triggering of the 1999 Hector Mine earthquake by transient deformation following the 1992 Landers earthquake, *Bull Seism Soc Am*, **92**, 1487~1496.
- Scholz C, 1990, *The mechanics of earthquakes and faulting*, Cambridge: Cambridge University Press, 439.
- Stein R S, 1999, The role of stress transfer in earthquake occurrence, *Nature*, **402**, 605~609.
- Zhu H, Wen X Z, 2010, Static stress triggering effects related with $M_s8.0$ Wenchuan earthquake, *Journal of Earth Science*, **21**, 32~41.

Analysis on the triggering of the Jiuzhaigou $M_s7.0$ earthquake's static Coulomb stress and its influences on its adjacent faults

Zhu Hang Qu Yong

Earthquake Administration of Sichuan Province, Chengdu 610041, China

Abstract In this paper, patterns of static Coulomb stress change induced by a sequence of 6 earthquakes with $M_s \geq 6.5$ occurring in the east boundary of the Bayan Har block from 1973 to 2013 are calculated and studied, and the result suggests that the pre-earthquakes played a triggering role on the Jiuzhaigou $M_s7.0$ earthquake of August 8, 2017. Further, we calculated the stress transference focused on the major faults near the Jiuzhaigou $M_s7.0$ earthquake epicenter co-induced by a sequence of 7 earthquakes with $M_s \geq 6.5$ in the east boundary of the Bayan Har block and the results show that both the eastern section of the East Kunlun Fault and the Longriba fault are in the stress triggering zone, while the Minjiang fault is in the stress shadow zone. Finally, we should pay more attention to the possibility of strong earthquake risk in the eastern section of the East Kunlun Fault zone in the near future due to the existence of the Maqu seismic gap along this section.

Key words: East boundary of Bayan Har block; $M_s7.0$ Jiuzhaigou earthquake; Coulomb stress change; Stress triggering