

王琼, 聂晓红, 温和平. 2009. 2008年新疆于田  $M_s7.3$  地震前区域地震活动和应力状态特征初步研究. 地震学报, 31(3): 235-244.

Wang Qiong, Nie Xiaohong, Wen Heping. 2009. Preliminary research on the characteristics of regional seismic activity and stress state before the 2008  $M_s7.3$  earthquake in Yutian, Xinjiang of China. *Acta Seismologica Sinica*, 31(3): 235-244.

# 2008年新疆于田 $M_s7.3$ 地震前区域地震活动和应力状态特征初步研究<sup>\*</sup>

王 琼<sup>\*</sup> 聂晓红 温和平

(中国乌鲁木齐 830011 新疆维吾尔自治区地震局)

**摘要** 从区域地震活动和中等地震震源机制特征的角度, 初步研究了2008年新疆于田7.3级地震前区域地震活动和应力场的应力状态特征。结果表明, 于田7.3级地震前区域地震活动存在中短期异常特征。一方面, 该地震前1年其震区500 km范围内中强震以及西昆仑地震带和阿尔金地震带3.5级以上地震出现了增强活动; 另一方面, 该地震前出现了4级地震孕震空区和近乎共轭分布的3.5级地震密集条带异常图象。于田7.3级地震前新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场的应力状态发生了一定程度的改变, 拉张作用力相对挤压作用力有所加强。这可能是于田7.3级地震前新疆和于田震区及其附近具有正断层性质的中等地震增多的原因。

**关键词** 2008年新疆于田地震 区域地震活动 应力状态

文章编号: 0253-3782(2009)03-0235-10

中图分类号: P315.5 文献标识码: A

## Preliminary research on the characteristics of regional seismic activity and stress state before the 2008 $M_s7.3$ earthquake in Yutian, Xinjiang of China

Wang Qiong<sup>\*</sup> Nie Xiaohong Wen Heping

(Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Ürümqi 830011, China)

**Abstract:** By analyzing regional seismic activity and focal mechanism solutions of medium earthquakes, we did a preliminarily research on the characteristics of regional seismicity and stress state before the 2008 Yutian  $M_s7.3$  earthquake. It is noticed that the regional seismicity showed middle-short term abnormal before the  $M_s7.3$  earthquake, *i.e.*, mid-strong earthquakes within 500 km from the source and  $M_s \geq 3.5$  earthquakes in the western Kunlun and Aerchin seismic belt increased one year before the  $M_s7.3$  earthquake. There appeared abnormal pattern of seismic gap of  $M_s \geq 4.0$  earthquakes and nearly conjugate dense belt

\* 基金项目 国家科技支撑计划项目(2006BAC01B03-04-02)资助。

收稿日期 2008-05-06 收到初稿, 2008-11-04 决定采用修改稿。

† 通讯作者 e-mail: wang\_qiong00@yahoo.com.cn

of  $M_s \geq 3.5$  earthquakes before the  $M_s 7.3$  earthquake. Both Xinjiang regional stress field and local stress field around the source region were changed to some extent before the Yutian  $M_s 7.3$  earthquake, with tensional action being strengthened in comparison with the compressional one. This may explain why medium earthquakes of normal-faulting type in Xinjiang and around the Yutian source region increased before the  $M_s 7.3$  earthquake.

**Key words:** 2008 Yutian, Xinjiang, earthquake; regional seismic activity; stress state

## 引言

2008年3月21日新疆于田发生了7.3级地震。这次地震发生在新疆7级以上地震平静11年、6级地震平静37个月，同时，5级地震处于弱活动状态的背景下。于田7.3级地震震前1年震区南侧500 km范围内的新疆境外地区发生了3次5级以上地震，同时西昆仑地震带和阿尔金地震带震前1年3.5级以上地震也出现了增强活动。2007年以来新疆中等地震的震源断错类型发生了变化，尤其是2007年11月以来，具有拉张断错性质的地震明显增多。此外，于田7.3级地震前，即1996—2005年昆仑山地震带及其附近接连发生4次7级以上地震。

为了探讨于田7.3级地震的孕震特征，本文从于田7.3级地震前区域地震活动、中等地震震源机制特征的角度，探讨分析了这次地震前区域地震活动和应力场的应力状态特征，从而对这次地震的孕育和发生机制有了初步的认识。

## 1 地质构造背景

新疆于田7.3级地震位于西昆仑地震带康西瓦断裂、阿尔金地震带和东昆仑地震带可可西里断裂交汇区域，地质构造发育而复杂（图1）。康西瓦断裂是一条WNW向的左旋逆

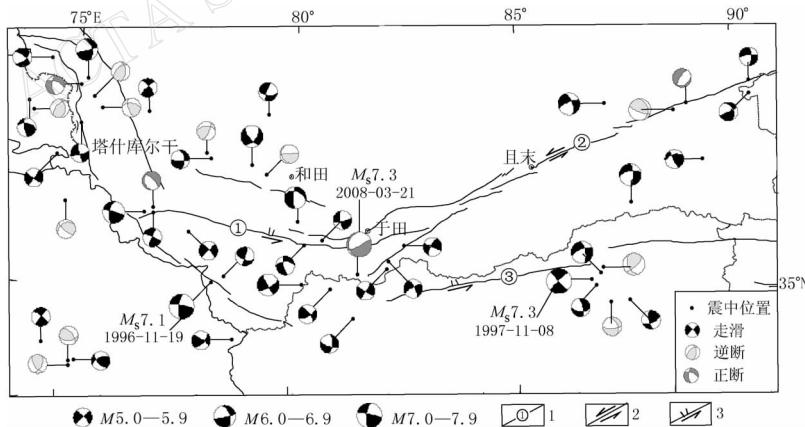


图1 于田7.3级地震震区周围1900年以来部分 $M_s \geq 5$ 地震震源机制

① 康西瓦断裂；② 阿尔金断裂；③ 可可西里断裂；1. 断裂编号；2. 走滑断层；3. 走滑逆断层

Fig. 1 Focal mechanism of  $M_s \geq 5$  earthquakes since 1900 around the source region of Yutian  $M_s 7.3$  earthquake

① Kangxiwa fault; ② Aerhchin fault; ③ Kekexili fault; 1. fault number;  
2. strike-slip fault; 3. strike-reverse fault

走滑断裂, 历史上该带中强地震的主压应力  $P$  轴方位以 NNE 向为主, 震源断错类型以走滑型为主; 阿尔金地震带是一条 NE 走向的规模巨大的左旋走滑断裂, 历史上该带中强地震的主压应力  $P$  轴方位以 NNW 向为主, 震源断错类型以走滑型为主; 可可西里断裂是一条近 EW 走向的规模巨大的左旋走滑逆冲断裂, 历史上该带中强地震的主压应力  $P$  轴方位以近 NS 向为主, 震源断错类型以走滑型为主(王盛泽, 高国英, 1992; 朱令人, 2002; 高国英等, 2005). 于田 7.3 级地震震源区及其附近历史中强震主压应力  $P$  轴方位以近 NS 向为主, 震源区断错性质以走滑为主. 昆仑山地震带和阿尔金地震带具备发生 7 级以上地震的构造条件, 1900 年以来先后发生了 1924 年民丰 7.3 级双震, 1973 年玛尼 7.3 级地震, 1996 年喀喇昆仑山 7.1 级地震, 1997 年玛尼 7.5 级地震, 以及 2001 年昆仑山口西 8.1 级地震等 5 组 7 级以上地震.

## 2 区域地震活动时空演化特征

大震前区域地震活动可能显示异常特征. 本文通过追踪分析于田 7.3 级地震前震区周围中小地震活动的时空演化过程, 初步探讨这次地震的中短期孕震特征.

### 2.1 地震前中小地震活动时间演化特征

于田 7.3 级地震发生在新疆地震活动水平偏低的背景下. 2005 年 2 月 15 日乌什 6.3 级地震后至 2008 年 3 月 21 日于田 7.3 级地震前, 新疆 6 级地震持续平静长达 37 个月, 5 级地震也处于弱活动状态.

2000 年以来西昆仑地震带和阿尔金地震带  $M_s \geq 3.0$  地震目录较为完备(朱令人, 2002), 故分析了这两个地震带 3 级以上地震的时间演化特征. 西昆仑地震带 2007 年 2 月以来出现了一组 3.5 级以上地震的增强活动(图 2a、图 3), 这组增强活动是 2000 年以来该带 3.5 级以上地震活动持续时间最长、频度最高的. 阿尔金地震带 2007 年以来也较为同步地出现了一组 3.5 级以上地震的增强活动(图 2b、图 3), 这组活动从频度上看与 2000 年、2002 年和 2003 年相当, 但强度上高于上述 3 年.

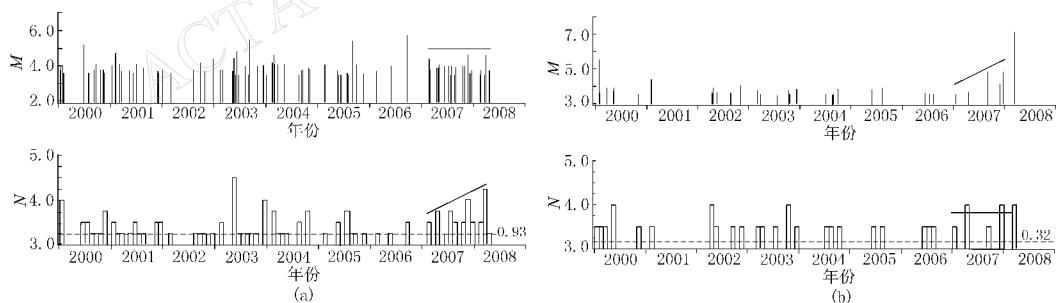


图 2 西昆仑地震带和阿尔金地震带 2000 年以来  $M_s \geq 3.5$  地震  $M-t$  图和月频度图

(a) 西昆仑地震带; (b) 阿尔金地震带

Fig. 2  $M-t$  diagram and monthly frequency map of  $M_s \geq 3.5$  earthquakes since 2000 in western Kunlun seismic belt and Aerchin seismic belt

(a) Western Kunlun seismic belt; (b) Aerchin seismic belt

### 2.2 地震前中小地震活动空间图象演化特征

于田 7.3 级地震前出现了具有中短期震兆指示意义的近乎共扼分布的 3.5 级地震密集条带和 4 级地震孕震空区异常图象.

7 级以上大震前常常会出现中小地震活动“条带”，而且表现为突出于周围区域的几乎共轭的条带状分布，主震通常发生在其交汇部位(梅世蓉等, 1993). 于田 7.3 级地震前 1 年, 即 2007 年以来, 西昆仑、阿尔金和东昆仑地震带交汇区附近 3.5 级以上地震形成了 NW 向和 ENE 向两条几乎共轭分布的中小地震密集条带(图 3), 近 3 个月后在其交汇部位发生了于田 7.3 级地震.

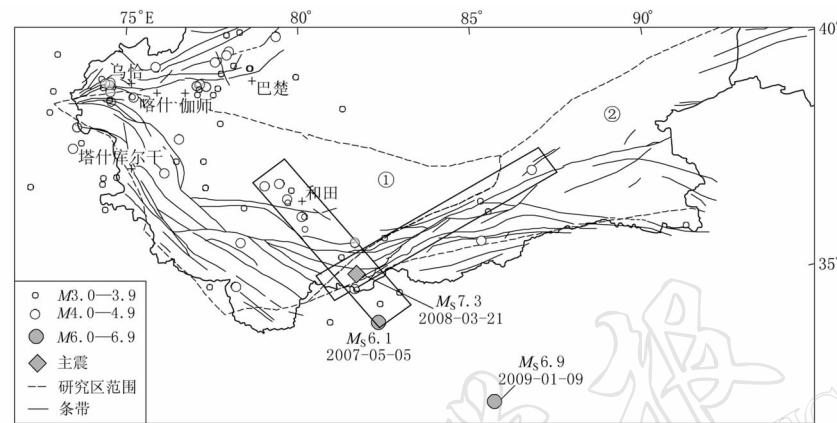


图 3 2007 年以来于田 7.3 级地震前  $M_s \geq 3.5$  地震密集条带

① 西昆仑地震带; ② 阿尔金地震带

Fig. 3 Dense belt of  $M_s \geq 3.5$  earthquakes before 7.3 mainshock

① Western Kunlun seismic belt; ② Aerchin seismic belt

此外, 于田 7.3 级地震前 1 年, 其震区 500 km 范围内发生了 3 次 5 级以上地震(不含余震), 包括 2007 年 5 月 5 日西藏日土—改则 6.1 级地震和 2008 年 1 月 9 日西藏改则 6.9 级地震, 以及 2007 年 11 月 11 日的克什米尔 5.3 级地震. 其中 5 月 5 日西藏日土—改则 6.1 级地震和 1 月 9 日改则 6.9 级地震分别距本次 7.3 级地震 140 km 和 480 km, 空间上成 NW 向带状分布(图 3).

孕震空区是应变能在局部地区高度集中的体现. 孕震空区形成的后期, 其边缘可能发生具有短期指示意义的逼近地震. 从逼近地震到主震的发生, 余震空区内部通常不再有显著地震发生(陆远忠等, 1982). 于田 7.3 级地震前 3 年至 4 个月, 震区周围形成了 1 个 4 级地震孕震空区(图 4), 即 2004 年以来西昆仑地震带形成了 1 个 4 级地震孕震空区, 2005—2006 年空区边缘先后发生墨玉 5.5 级地震及和田 5.8 级地震两次显著地震, 震前 1 年空区边缘出现了应变能加速现象接连发生 8 次 4 级以上地震(图 4 中, 中心有点的圈和实心圆), 震前半年空区周围发生了两次 4 级地震(图 4 中的实心圆). 其中 2007 年 11 月 13 日 4.7 级地震具有逼近地震特征, 主震发生在空区边缘, 时间上与逼近地震相隔 4 个月, 空间上距逼近地震约为空区半长轴的范围内.

2007 年以来, 西昆仑和阿尔金地震带 3.5 级以上地震出现了较为同步的增强活动. 这组增强活动在空间图象上, 表现为震源区及其附近在该时段形成了中小地震密集条带和 4 级地震孕震空区. 于田 7.3 级地震前震源区及其附近出现了中小地震密集条带和孕震空区异常图象, 是大地震在孕育过程中应力增强和应变能在局部区域高度集中的表现, 具有中短期孕震特征.

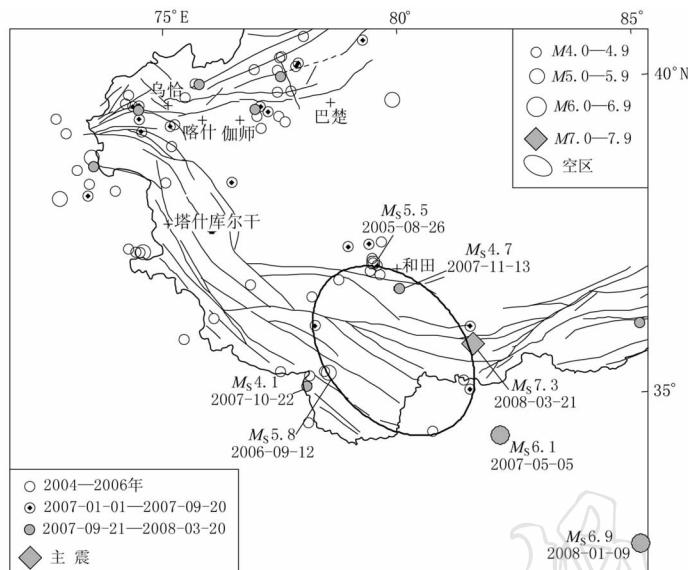


图 4 2004—2008 年于田 7.3 级地震前  $M_s \geq 4.0$  地震孕震空区

Fig. 4 Seismogenic gap of  $M_s \geq 4.0$  earthquakes from 2004 to 2008 before Yutian  $M_s 7.3$  mainshock

### 3 区域应力状态分析

康西瓦断裂、阿尔金地震带和可可西里断裂上的历史中强地震的震源断错类型以走滑型为主, 而于田 7.3 级地震震源断错类型则为倾滑正断层。本文通过分析于田 7.3 级地震前新疆中等地震震源机制结果, 探讨了于田 7.3 级地震前新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场的应力状态变化特征, 并初步分析了其可能成因。

#### 3.1 震源机制特征分析

新疆地区是挤压环境下的再生造山断块和盆地断块发育区, 以活动逆断裂—褶皱带和压陷盆地为主(邓起东等, 2003), 这样的构造特征控制了新疆的背景应力场状态和主要地震类型。新疆地区主压应力  $P$  轴的优势方位为近 NS 向, 倾角近水平(许忠淮等, 1989); 强震类型主要是逆断型和走滑型(崔效锋等, 2005)。

#### 3.2 于田 7.3 级地震前新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场特征

“十五”数字化改造后, 新疆测震台网监测能力逐步改善和提高。利用  $P$  波初动解算的 2005 年以来新疆中等地震震源机制解矛盾比明显减小(平均值为 0.1), 由此解算的震源机制解较为可靠, 故本研究选用了 2005 年以来的新疆中等地震震源机制解。大震或强震往往与大范围的构造活动有关, 受控于大范围构造应力场的空间分布状态(王曰风等, 2008)。考虑到于田 7.3 级地震震源区及其附近的监测能力有限, 中等地震的震源机制解数据不全, 故本文同时探讨了于田地震前新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场的应力状态变化特征, 进而综合分析了于田地震张性断错性质的可能成因。

##### 3.2.1 主压应力 $P$ 轴特征分析

2005 年 1 月—2008 月 6 月新疆 95 次 3 级以上地震震源机制的主压应力  $P$  轴方位基本与新疆主要构造走向垂直, 天山中东段应力  $P$  轴方位以近 NS 向为主, 南天山西段主压应

力  $P$  轴多数为 NNW 向, 西昆仑地震带南缘以近 NS 向为主。该时段新疆区域应力场的  $P$  轴方位未出现明显的转向变化(图 5a). 图 5b 是同时段新疆 3 级以上地震震源机制  $P$  轴倾角的时间进程图。2005—2006 年新疆 3 级以上地震的  $P$  轴倾角基本处于  $45^{\circ}$  范围内, 平均为  $20^{\circ}$ 。表明该时段新疆受以水平挤压应力作用为主的区域应力场控制; 2007 年以来  $P$  轴倾角大于  $45^{\circ}$  的地震逐渐增多(图 5b 中误差棒为  $10^{\circ}$ , 基于“十五”数字化改造后新疆测震台网监测能力和一些学者关于震源机制解可靠性分析(万永革等, 2001), 本文确定以  $10^{\circ}$  作为 2005 年以来新疆 3 级以上地震  $P$  轴倾角的误差). 图 5c 是 2005 年 1—10 月、2005 年 11 月—2006 年 10 月、2006 年 11 月—2007 年 10 月和 2007 年 11 月—2008 年 6 月不同时段新疆 3 级以上地震  $P$  轴倾角(误差  $10^{\circ}$  范围内)大于  $45^{\circ}$  的地震比例。由该图可知 2007 年 11 月以来 3 级以上地震的  $P$  轴倾角发生了显著变化, 即  $P$  轴倾角大于  $45^{\circ}$  的地震明显增多。以上分析表明, 该时段新疆区域应力场的应力作用方式发生了一定程度的变化, 即该时段拉

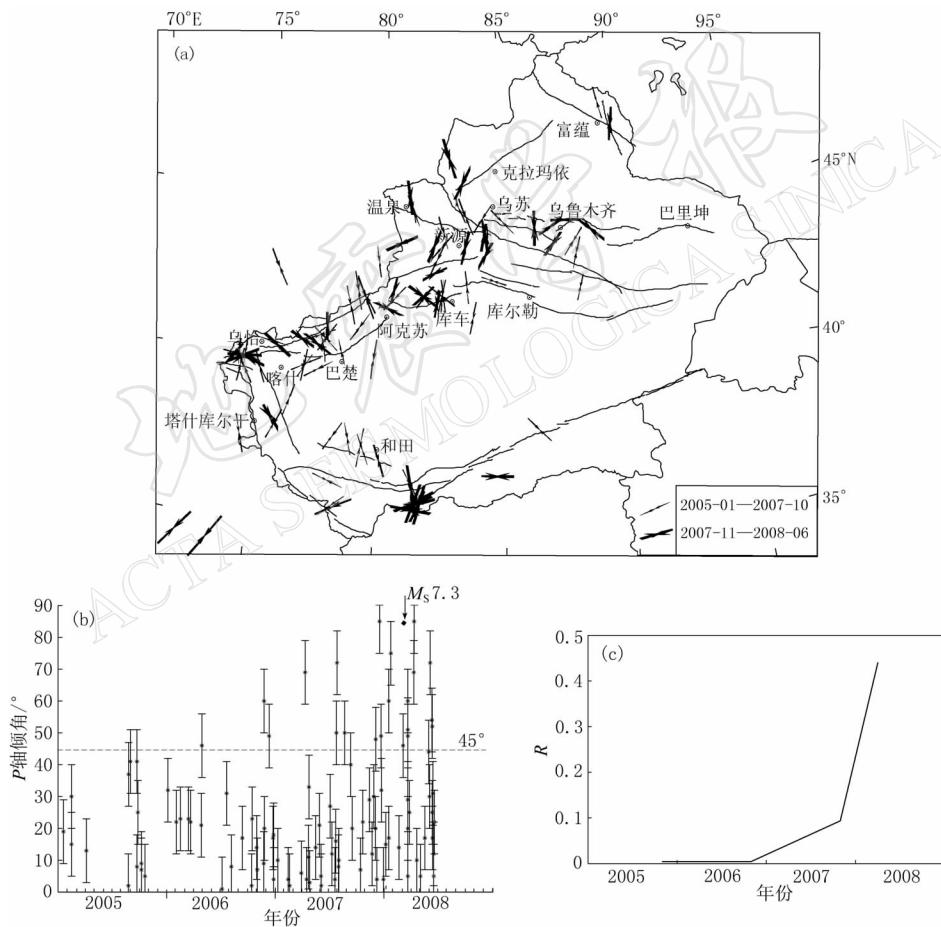


图 5 2005 年 1 月份以来新疆  $M_s \geq 3$  地震主应力力  $P$  轴方位水平投影图和  $P$  轴倾角时间进程图

(a)  $P$  轴方位; (b)  $P$  轴倾角(误差棒为  $10^{\circ}$ ); (c) 不同时段  $P$  轴倾角(误差  $10^{\circ}$  范围内)大于  $45^{\circ}$  地震的比例

Fig. 5 Horizontal project of  $P$ -axis of  $M_s \geq 3$  earthquakes since Jan. 2005

in Xinjiang and temporal variation of  $P$ -axis dips

(a) Azimuth of  $P$  axis; (b) plunge of  $P$  axis; (c) percentage of the  $P$ -axes with plunge greater than  $45^{\circ}$  (within  $10^{\circ}$  error)

张作用力相对挤压应力作用可能有所加强。

2005 年至于田 7.3 级地震前, 震源区及其附近发生的 3 级以上地震的  $P$  轴方位与该区局部应力场方向较为一致, 仅 2007 年 4 月 11 日和田 4.0 级地震和 2007 年 12 月 30 日且末 4.8 级地震的  $P$  轴方位与震源区及其附近的应力场不一致。同时段, 该区 3 级以上地震的  $P$  轴倾角变化特征表明, 2005—2006 年该区 3 次 3 级以上地震震源机制解的  $P$  轴倾角都处于  $45^{\circ}$  范围内, 平均为  $18^{\circ}$ ; 2007 年以后  $P$  轴倾角大于  $45^{\circ}$  的地震增多, 15 次 3 级以上地震中 3 次  $P$  轴倾角大于  $45^{\circ}$ 。由于震源区及其附近震源机制解有限, 于田 7.3 级地震前震源区及其附近的中等地震  $P$  轴变化特征的结果具有局限性。

总体来说,于田7.3级地震前震源区及其附近局部应力场和新疆区域应力场的P轴方位并未出现明显的方向变化,一定程度表明了强震受构造应力场的制约,应力方向一般比较稳定。但2007年以来新疆(包括于田震区及其附近)P轴倾角大于45°的中等地震逐渐增多,一定程度表明新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场的应力作用方式发生了变化,即该时段拉张作用力相对挤压应力作用可能有所加强。

### 3.2.2 震源断错类型特征分析

图 6a 为 2005 年 1 月—2007 年 10 月新疆地区 52 次 3 级以上地震震源机制解结果. 其中 24 次地震的震源断错性质为走滑断层(9 次具有拉张分量), 21 次地震为逆断层, 7 次地震为正断层(其中 3 次地震位于伽师地区, 该区历史中强震有正断层类型). 该时段中等地震断错性质以走滑和逆断为主, 这与新疆历史中强地震断错性质较为一致. 2007 年 11 月—2008 年 3 月 20 日于田 7.3 级地震前(图 6b), 新疆 23 次 3 级以上地震中走滑型地震占 13 次(8 次具有拉张分量); 逆断型地震 1 次; 正断型地震 9 次. 与 2005 年 1 月—2007 年 10 月新疆发生的中等地震断错类型相比, 2007 年 11 月于田 7.3 级地震前, 中等地震的震源断错性质发生了变化, 具有挤压断错性质的地震明显减少, 而拉张断错性质的地震明显增多. 于田 7.3 级地震后 3 个月, 新疆 16 次 3 级以上地震中走滑型地震占 7 次(4 次具有拉张分量); 逆断型地震 4 次; 正断型地震 5 次. 具有张性断错性质的地震比例仍较高, 同时, 逆断层地震比例明显增加.

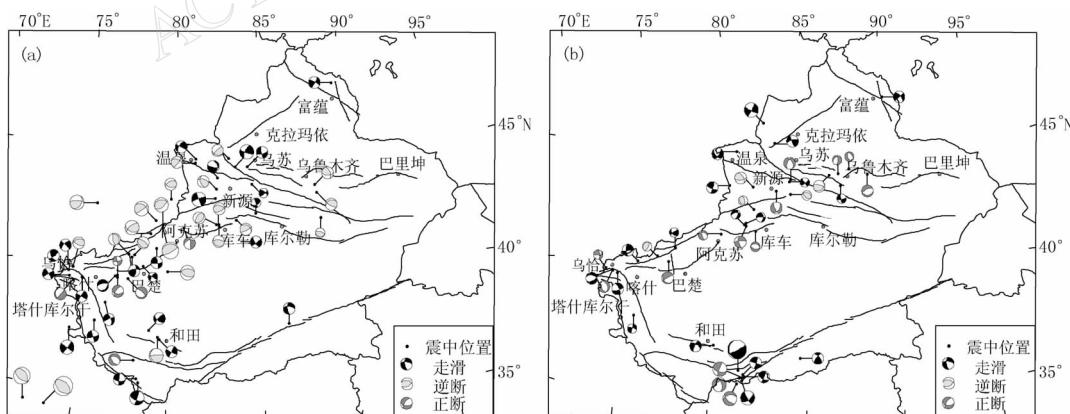


图 6 新疆  $M_s \geq 3.0$  地震震源机制解

(a) 2005年1月1日—2007年10月; (b) 2007年11月—2008年6月

Fig. 6 Focal mechanisms of  $M_s \geq 3.0$  earthquakes in Xinjiang

(a) 2005-01-01—2007-10; (b) 2007-11—2008-06

于田 7.3 级地震前, 其周围的西昆仑和阿尔金地震带中等地震出现了增强活动. 本文得到了 2006 年 9 月 12 日和田南 5.8 级地震后于田 7.3 级地震前, 震源区及其附近这组 3 级以上中等地震中 18 次地震的震源机制解(这 18 次地震包括在前面提到的 52 次和 23 次地震中). 其中 14 次为走滑型地震(6 次具有拉张分量); 3 次为正断层地震; 1 次为逆断层地震. 西昆仑和阿尔金地震带历史中强地震断错性质以走滑为主, 兼有部分逆断层性质地震. 而 2006 年和田南 5.8 级地震后, 于田震区及其附近具有张性断错性质的中等地震明显增多.

上述 18 次 3 级以上地震中, 7 次 3.5 级以上地震和 8 次 4 级地震分别是上述密集条带和孕震空区的组成部分. 组成密集条带的 7 次 3.5 级以上地震断错类型均为走滑型. 其中 3 次具有拉张分量; 围成孕震空区的组成密集条带 8 次 4 级地震中, 1 次具有正断层性质, 7 次走滑断层 3 次具有拉张分量. 组成密集条带和孕震空区的 3.5 级以上地震中近半数具有拉张分量, 一定程度表明了于田 7.3 级地震前震源区应力场受张应力作用有所加强.

2005 年以来新疆中等地震的震源断错性质的特征分析表明, 2007 年至于田 7.3 级地震前, 新疆区域应力场和于田震源区及其附近的局部应力场的方向未发生明显改变, 但应力作用方式发生了一定程度的改变, 拉张应力作用相对挤压应力作用有所加强.

### 3.2.3 分析与讨论

于田 7.3 级地震前新疆(包括震源区及其附近)中等地震的主压应力  $P$  轴方位未发生明显的变化, 但中等地震的震源断错类型发生了明显变化, 表明该时段新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场的应力作用方式发生了一定程度的变化. 下面结合 2007 年 GPS 观测结果, 从地壳形变的角度分析该时段应力作用方式的特征.

2007 年新疆 GPS 流动观测结果表明<sup>①</sup>, 与 2006 年相比天山中东部 EW 向张应变相对增大, 而 NS 向压应变相对减小, 且 EW 向张应变增大较为明显; 南天山西段 NS 向压应变相对减小. 据江在森 GPS 连续观测资料的研究结果<sup>②</sup>, 1999 年以来塔什库尔干站(TASH)至乌什站(WUSH)的基线变化一直呈缩短趋势, 而 2005 年巴基斯坦 7.8 级地震后转变为伸长趋势, 呈现张性特征. 2005 年 9 月—2006 年 9 月和 2006 年 9 月—2007 年底, 该基线分别出现两次快速伸长和缩短变化过程, 而且其缩短和伸长速率明显大于巴基斯坦 7.8 级地震前的多年趋势, 可能表明该时段地壳运动处于不稳定调整状态. 巴基斯坦 7.8 级地震后, 塔什库尔干站至乌什站的基线由 1999 年以来的趋势缩短变化转为趋势伸长变化, 而且基线年周期性变化幅度显著增大, 可能表明该时段新疆南部压应力作用相对张应力作用有所减弱.

上述 GPS 观测结果显示, 2007 年以来天山中东段和新疆南部局部应力场受挤压应力作用较拉张应力作用有所减弱, 这与中等地震震源机制解反映的该时段应力场的应力作用特征较为一致. 压应力减弱有利于剪切破裂的发展, 在应力发生拉张变化的区域将可能发生正断层地震(周仕勇等, 2001). 这可能是该时段新疆和于田震区及其附近正断层类型地震增多的原因之一.

于田 7.3 级地震孕育于新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场处于拉张作用力

<sup>①</sup> 新疆维吾尔自治区地震局. 2007. 新疆维吾尔自治区 2008 年度地震趋势研究报告.

<sup>②</sup> 中国地震局地震预测研究所. 2007. 中国大陆强震趋势预测研究报告.

相对增强的构造环境下, 这或许解释了于田 7.3 级地震为张性断错性质, 而与其周围历史中强震不同。

### 3.3 于田 7.3 级地震及其强余震震源机制解

表 1 列出了于田 7.3 级主震及其后 7 次 4.7 级以上地震由 P 波初动解算的震源机制解结果。其中 5 级地震的震中位置和震级采用中国地震台网目录, 其它采用新疆区域台网目录。由表 1 可知, 于田 7.3 级主震的主压应力  $P$  轴方位近 NS 向, 与该区历史中强震的主压应力  $P$  轴方位较为一致。序列中 7 次 4.7 级以上余震  $P$  轴方位不稳定, 优势分布方向为近 NNE 向和 EW 向。7.3 级地震的震源断错类型为正断层, 与震源区及其附近的以走滑型为主的历史中强震震源断错类型不一致; 序列中 7 次 4.7 级以上余震中两次断错类型为正断层, 1 次为逆断层, 4 次为走滑断层(两次具有拉张分量)。

于田 7.3 级主震的  $P$  轴方位与该区局部应力场的主压应力一致, 但主震和多数余震的震源断错具有拉张性质, 而其周围的历史中强地震断错性质则以走滑为主, 兼有部分逆断层性质, 显示了该时段震源区局部应力场呈现出与其它时段以水平挤压作用力为主的区域应力场的应力作用方式不同的变化过程。

表 1 于田 7.3 级地震及其 4.7 级以上强余震震源机制解

Table 1 Focal mechanism solutions of the Yutian  $M_s$  7.3 earthquake and  $M_s \geq 4.7$  strong aftershocks

日期 年-月-日	发震时刻(BT) 时:分:秒	震中位置 $\varphi_N$ /°	震 级 $\lambda_E$ /°	节面 I			节面 II			$P$ 轴		$T$ 轴		$N$ 轴		矛 盾 比
				走向	倾角	滑动	走向	倾角	滑动	方位	倾角	方位	倾角	方位	倾角	
2008-03-21 06:33:02.6	35.6 81.6	7.3	175 /°	17 /°	-157 角/°	63 /°	83 /°	-74 角/°	350 /°	49 /°	139 /°	37 /°	241 /°	15 /°	0.038	
2008-03-21 07:12:03.0	35.5 81.5	5.2	346 /°	59 /°	-138 角/°	231 /°	55 /°	-39 角/°	201 /°	51 /°	108 /°	2 /°	16 /°	39 /°	0.308	
2008-03-21 08:26:16.5	35.5 81.5	5.2	201 /°	83 /°	-145 角/°	106 /°	56 /°	-8 角/°	69 /°	29 /°	328 /°	18 /°	210 /°	55 /°	0.241	
2008-03-21 12:03:22.3	35.5 81.6	4.8	24 /°	88 /°	148 角/°	115 /°	58 /°	2 角/°	74 /°	20 /°	335 /°	23 /°	201 /°	58 /°	0.240	
2008-03-21 14:16:05.0	35.9 81.4	4.7	17 /°	78 /°	174 角/°	108 /°	85 /°	12 角/°	242 /°	5 /°	333 /°	13 /°	131 /°	76 /°	0.111	
2008-03-21 20:02:57.6	35.3 81.3	5.0	259 /°	48 /°	-132 角/°	133 /°	56 /°	-53 角/°	100 /°	60 /°	197 /°	4 /°	290 /°	30 /°	0.261	
2008-03-24 04:56:09.2	35.6 81.4	5.1	245 /°	41 /°	12 角/°	146 /°	82 /°	130 角/°	206 /°	26 /°	93 /°	39 /°	320 /°	40 /°	0.091	
2008-03-26 18:39:28.1	35.7 81.6	5.0	54 /°	63 /°	-9 角/°	149 /°	82 /°	-153 角/°	15 /°	25 /°	279 /°	13 /°	164 /°	61 /°	0.171	

## 4 结论

本文通过分析于田 7.3 级地震前区域地震活动和新疆及于田震区附近中等地震震源机制特征变化, 对于田 7.3 级地震的孕育和发生机制得到如下初步认识:

1) 于田 7.3 级地震前区域地震活动存在中短期异常特征, 震前 1 年其震区 500 km 范围内中强震以及西昆仑地震带和阿尔金地震带 3.5 级以上地震出现了增强活动。这组增强活动在空间上表现为 7.3 级地震前出现了具有中短期震兆指示意义的 4 级孕震空区和近乎共轭分布的 3.5 级地震密集条带。

2) 于田 7.3 级地震前, 新疆区域应力场和于田震区及其附近局部应力场的方向未发生明显改变, 反映了大震或强震往往受控于大范围构造应力场, 应力方向一般比较稳定。但新疆区域应力场和震源区及其附近局部应力场的应力作用方式发生了一定程度的改变, 不同于以往以水平挤压作用力为主的区域应力场的应力作用方式, 即于田 7.3 级地震震前 1 年  $P$  轴倾角显著增大, 具有张性断错性质的地震明显增多, 显示了该时段拉张作用力对区域构造活动的影响有所加强。GPS 观测结果显示, 2007 年以来天山中东段和新疆南部局部

应力场受挤压应力作用较拉张应力作用有所减弱,与上述中等地震震源机制解反映的该时段应力场的应力作用特征较为一致。这或许是于田 7.3 级地震表现为张性断错性质的原因。

审稿专家对本文提出了宝贵的意见和建议,作者在此表示衷心地感谢。

### 参 考 文 献

- 崔效锋, 谢富仁, 赵建涛. 2005. 中国及邻区震源机制解的分区特征[J]. 地震地质, 27(2): 298–307.
- 邓起东, 张培震, 冉勇康, 杨晓平, 闵伟, 陈立春. 2003. 中国活动构造与地震活动[J]. 地学前沿, 10(特刊): 66–73.
- 高国英, 温和平, 聂晓红. 2005. 1991—2002 年新疆中强震震源机制解分析[J]. 地震, 25(1): 81–87.
- 陆远忠, 沈建文, 宋俊高. 1982. 地震空区与逼近地震[J]. 地震学报, 4(4): 327–335.
- 梅世蓉, 冯德益, 张国民, 朱岳清, 高旭, 张肇诚. 1993. 中国地震预报概论[M]. 北京: 地震出版社: 49–65.
- 万永革, 周公威, 吴忠良, 黄静. 2001. 中国地震震源机制测定结果的比较[J]. 地震地磁观测与研究, 22(5): 1–15.
- 王盛泽, 高国英. 1992. 新疆及邻近地区现代构造应力场的区域特征[J]. 地震学报, 14(增刊): 612–620.
- 王曰风, 刁桂苓, 张秀萍, 张彦清, 朱振兴, 马利军. 2008. 2001 年云南永胜 6.0 级地震余震序列震源机制解与震源区应力场分析. 地震研究, 31(2): 119–123.
- 许忠淮, 汪素云, 黄雨蕊, 高阿甲. 1989. 由大量的地震资料推断的我国大陆构造应力场[J]. 地球物理学报, 32(6): 636–647.
- 周仕勇, 许忠淮, 陈晓非. 2001. 伽师强震群震源特征及震源机制力学成因分析[J]. 地球物理学报, 44(5): 654–662.
- 朱令人. 2002. 新疆通志(十一卷, 地震志)[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社: 309–310.