

倪红玉、刘泽民、洪德全等,2017,2016 年安徽无为  $M_s$ 3.0 震群序列发震构造与震后趋势研究,中国地震,33(3),365~373。

# 2016 年安徽无为 $M_s$ 3.0 震群序列 发震构造与震后趋势研究

倪红玉<sup>1,2)</sup> 刘泽民<sup>1)</sup> 洪德全<sup>1,2)</sup> 赵朋<sup>1)</sup> 汪小厉<sup>1)</sup>

1) 安徽省地震局,合肥市长江西路 558 号 230031

2) 蒙城国家野外观测研究站,安徽蒙城 230026

**摘要** 首先通过模板匹配方法检测无为震群活动期间目录遗漏的地震事件,共识别出 5 次遗漏地震事件,震级为  $M_L$ 0.5~1.2,得到了更为完整的地震目录;然后基于波形互相关震相检测技术标定震相到时,进而采用双差定位方法进行精定位,精定位后震群分布更加集中,未见明显的优势方位分布;采用 Snoko 方法计算震级较大地震的震源机制,结果表明,此次震群为 NEE 向的水平挤压与 NNE 向的水平拉张应力场作用下具逆冲分量的走滑型地震活动,严家桥-枫沙湖断裂可能为其发震构造;最后,计算了震群序列的视应力,结果显示,视应力和扣除震级影响后的差视应力随着震群序列的衰减逐渐恢复,因此,分析认为,随着无为震群序列的衰减,震源区发生更大地震的可能性不大。

**关键词:** 无为  $M_s$ 3.0 震群 遗漏地震检测 双差定位 震源机制解 视应力

[文章编号] 1001-4683(2017)03-0365-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

震群活动指发生在较小区域内没有明显主震的地震序列(Yamashita,1998)。相对于孤立地震事件,地震序列携带的震源体及构造信息更为丰富,其震源参数的时空变化图像能够反映震源破裂过程和发震构造特征。震群序列发生后,研究其发震构造、准确判断其究竟是中强以上地震的前震序列还是一般性小震群活动,具有重要的现实意义,且一直是地震研究所关注的重点之一(崔子健等,2012;曲均浩等,2015;赵小艳等,2014;谭毅培等,2016;倪红玉等,2015b)。

2016 年 4 月 15 日~5 月 29 日,安徽无为地区出现小震群活动,共发生 8 次地震,震级为  $M_L$ 1.9~3.6,其震中位置如图 1 所示。该震群在 1 级大地构造单元上属于下扬子陆块,其西北以郟庐断裂带为界与秦岭-大别造山带相接。在新构造分区上,巢湖-无为等地处于长江北差异隆起区。该区西北边界为郟庐断裂带,东南与长江河谷沉降区相邻。该区整体上呈较

[收稿日期] 2016-12-08; [修定日期] 2017-02-08

[项目类别] 中国地震局地震科技星火计划项目(XH16017Y)、中国地震局 2017 年震情跟踪定向工作任务(2017010107)共同资助

[作者简介] 倪红玉,女,1982 年生,工程师,主要从事震源机制和构造应力场等数字地震学研究。

E-mail: hyni@mail.ustc.edu.cn

弱的隆起状态,地貌上以丘陵为主,其间有一些侵蚀或断陷盆地。震区地质构造复杂,断裂较发育,规模较大的断裂有 2 条,分别为严家桥-枫沙湖断裂和乌江-罗昌河断裂。震中西南方向 13km 处曾发生 1585 年安徽巢县南 5 $\frac{3}{4}$  级地震。自有现代仪器记录以来,震区周边 50km 范围内的最大震级地震为 1984 年安徽巢湖  $M_s$ 3.5 地震,总体地震活动水平不高。

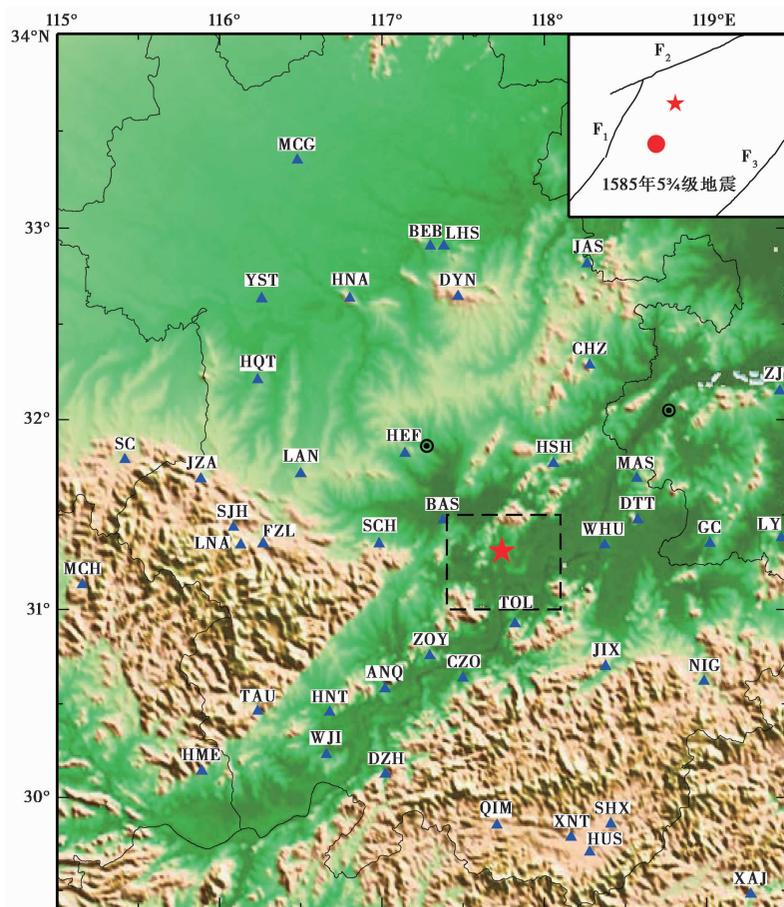


图 1 无为震群观测台站和震中

F<sub>1</sub> 严家桥-枫沙湖断裂;F<sub>2</sub> 乌江-罗昌河断裂;F<sub>3</sub> 宿松-枞阳断裂

三角形为台站;五角星为无为震群震中;右上角为矩形虚线框内的震中周边历史地震和主要断裂分布

本文通过模板匹配方法补充目录遗漏的地震事件,再利用波形互相关震相检测技术(谭毅培等,2014)标定 P 波、S 波到时,进一步采用双差定位方法对震群进行精定位;采用 Snoko 方法计算较大地震的震源机制,通过重新定位和震源机制分析震群序列的发震构造;最后计算了震群序列的视应力,以期通过视应力的动态变化研判该震群后的地震活动趋势。

## 1 遗漏地震检测与精定位

### 1.1 遗漏地震检测

采用模板匹配识别方法(Peng et al,2009)进行遗漏地震检测。据安徽测震台网地震观

测报告,无为震群共记录到 8 次地震。以这 8 次地震作为模板,截取距震中最近的 3 个台站,即白山台(BAS)、含山台(HSH)和铜陵台(TOL)的 3 分量直达 S 波到时前 2s~后 2s 的波形,经过零相移 4 阶 Butterworth 滤波器 2~8Hz 滤波后,在连续波形上进行互相关扫描。计算 3 个台站波形互相关系数的平均值,取 9 倍绝对离差中位数(median absolute deviation, MAD)。挑选阈值大于 0.7 且目录中未记录的地震事件,基于波形互相关震相检测技术对其进行检测,若在距震中最近的 3 个台站中至少检测出 1 个 P 波、S 波震相,则确认为遗漏地震。利用遗漏事件水平向波形 S 波段最大振幅与模板地震的振幅比估计遗漏事件的震级(谭毅培等,2014、2016)。

在2016年4月10日~6月10日时间段内共检测到目录遗漏的地震事件 5 个,震级为  $M_L 0.5 \sim 1.2$  (表 1),加上目录中的 8 次,安徽地震台网共记录到无为震群的 13 次地震,震级为  $M_L 0.5 \sim 3.6$ 。因得到了更加完整的地震目录,故有利于提高重新定位结果的可靠性。

**1.2 精定位**

本文采用 HypoDD 方法对无为震群进行精定位。表 2 给出了精定位和震源机制解计算时所采用的速度结构模型(刘泽民等,2015)。区域地震台网提供的震相到时是由人工量取得到的,存在一定的误差,影响了精定位结果的可靠性。本文采用波形互相关震相检测技术对震相到时进行校正,可有效降低到时拾取中人工误差的影响(黄媛等,2006)。

**表 2 采用的分层地壳速度模型**

序号	深度/km	层厚/km	P 波速度 / $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$
1	>0~ < 2	2	4.98
2	2~ < 5	3	5.22
3	5~ < 10	5	5.59
4	10~ < 15	5	6.12
5	15~ < 20	5	6.46
6	20~ < 25	5	6.45
7	25~ < 33	8	7.03
8	33~ < 40	7	8.0

**表 1 测震台网给出的地震事件和遗漏地震事件的发震时刻与震级**

类别	发震时刻 (年-月-日 T时:分:秒)	震级 $M_L$	序号
目录地震	2016-04-15T14:49:58	3.2	1
	2016-04-15T17:55:40	3.6	2
	2016-04-15T19:20:03	2.6	3
	2016-05-04T10:13:15	2.3	8
	2016-05-04T16:56:33	2.3	9
	2016-05-05T19:56:29	2.3	10
	2016-05-29T08:53:40	2.9	11
	2016-05-29T08:55:16	1.9	12
	2016-04-15T18:06:32.35	0.8	4
	2016-04-15T18:06:58.52	0.5	5
	2016-04-16T01:57:11.93	0.7	6
	2016-04-16T05:25:21.48	1.0	7
2016-05-29T11:15:48.66	1.2	13	

由于无为震群的波形相似程度较高,故首先人工校核震群中震级最大地震的震相到时,以该地震震相到时时为模板,使用波形互相关震相检测技术(谭毅培等,2014)标定其他地震事件的震相到时。为了避免 Pn 震相的干扰,只选择震中距为 120km 以内的 9 个台站记录。基于上述重新标定后的震相,挑选包含 4 个以上台站震相到时的地震事件进行精定位,无为震群 13 次地震中除了序号为 4、13 的 2 次地震以外,其余 11 次均能得到精定位结果(图 2)。由图 2 可见,重定位后震群分布更加集中,由于地震数目较少,未见明显的优势方位分布。

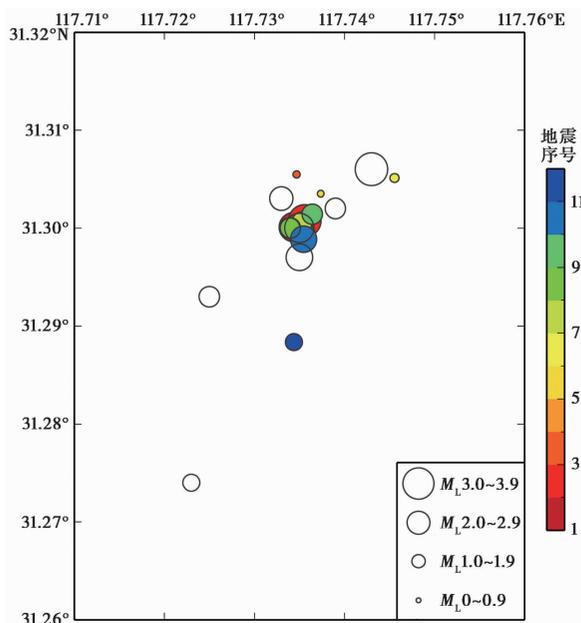


图 2 无为  $M_s$ 3.0 震群序列的震中分布

黑色圆圈为台网定位结果;彩色圆点为重定位后结果;色标为震群序列的地震序号

## 2 震源机制解与发震构造

应用 Snoke 等(1984)发展的利用 P 波、SV 波和 SH 波的初动和振幅比联合计算震源机制解的方法(简称 Snoke 方法),计算无为  $M_s$ 3.0 震群序列的震源机制解。与 P 波初动法相比,Snoke 方法的约束量由 1 个增至 5 个,降低了对台站分布的要求,反演结果更加可靠。具体计算过程详见倪红玉等(2011、2012)的文献,速度结构见表 2(倪红玉等,2015a)。利用安徽地震台网提供的数字地震波形(包括“十二·五”试运行台站数据)和周边的江苏、湖北、河南台网的数字化地震波形资料,以震级最大地震——4 月 15 日  $M_L$ 3.6 地震为例,选用震中附近 250km 以内 22 个信噪比较高的台站(图 1 中三角形所示),得到 22 个 P 波初动,16 个直达 SH 波、SV 波与直达 P 波的振幅比资料。初动采用相对权重,最小权重控制为 0.1,设置允许 P 波初动错误总数为 1.2,以振幅比取对数的观测值与计算值之差的绝对值大于 0.50 为阈值,设置振幅比的矛盾数为 5,得到 10 组解(图 3(a))。表 3 列出了所有震源机制解,由表 3 可见,10 组解中节面 I 的走向为  $111^\circ \sim 123^\circ$ ,倾角为  $64^\circ \sim 74^\circ$ ,滑动角为  $40^\circ \sim 57^\circ$ ,参数差别较小,表明震源机制的约束较好。选取初动矛盾数最小的第 4 组解为最佳解(图 3(b)),各参数分别为:节面 I 走向  $122^\circ$ ,倾角  $65^\circ$ ,滑动角  $51^\circ$ ;节面 II 走向  $5^\circ$ ,倾角  $45^\circ$ ,滑动角  $144^\circ$ ;P 轴的方位角、倾角分别为  $239^\circ$ 、 $12^\circ$ ;T 轴的方位角、倾角分别为  $345^\circ$ 、 $52^\circ$ ;B 轴的方位角、倾角分别为  $140^\circ$ 、 $35^\circ$ 。

以同样的方法计算了无为震群序列中 3 次震级较大地震的震源机制解(表 4),其中,4 月 15 日  $M_L$ 3.2 地震的震源机制解与  $M_L$ 3.6 主震完全一致,5 月 29 日  $M_L$ 2.9 地震的震源机制解与  $M_L$ 3.6 主震非常接近。表明此次震群可能为 NEE 向的水平挤压和 NNE 向的水平拉张应

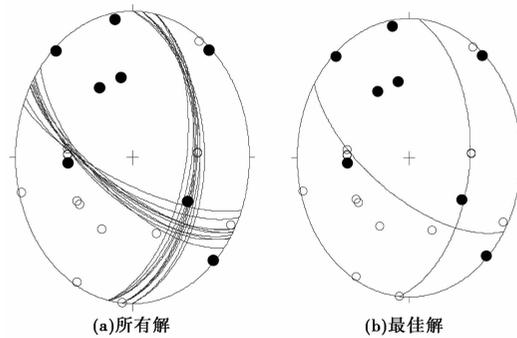


图 3 2016 年 4 月 15 日  $M_L3.6$  地震的震源机制解  
 实心圆表示 P 波初动为+;空心圆表示 P 波初动为-

表 3 2016 年 4 月 15 日无为  $M_L3.6$  地震的震源机制解

序号	震源机制			矛盾个数		均方差	
	倾角/(°)	走向/(°)	滑动角/(°)	P 波初动	振幅比	振幅比均方差	总均方差
1	68	120	57	1.2	4	0.27	0.52
2	64	123	56	1.1	5	0.26	0.52
3	69	119	52	1.2	4	0.28	0.51
4	65	122	51	0.9	4	0.29	0.52
5	65	128	51	1.0	5	0.36	0.64
6	74	111	48	1.1	4	0.27	0.49
7	71	114	47	1.1	4	0.26	0.49
8	71	120	47	1.2	4	0.30	0.59
9	67	123	45	1.2	5	0.31	0.61
10	69	118	40	1.2	5	0.29	0.59

表 4 无为  $M_s3.0$  震群序列中 3 次震级较大地震的震源机制解

发震日期 (年-月-日)	震级 $M_L$	节面 I/(°)			节面 II/(°)			P 轴/(°)		T 轴/(°)		B 轴/(°)	
		走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	倾角	方位	倾角	方位	倾角
2016-04-15	3.2	122	66	51	5	45	144	239	12	345	52	140	35
2016-04-15	3.6	122	66	51	5	45	144	239	12	345	52	140	35
2016-05-29	2.9	119	69	41	12	52	153	242	11	342	43	141	45

力场作用下具逆冲分量的走滑型地震活动,与前人对该区域构造应力场的研究结果基本一致(刘泽民等,2011)。

震区附近规模较大的断裂有 2 条,分别为严家桥-枫沙湖断裂和乌江-罗昌河断裂。乌江-罗昌河断裂走向 NE,在航磁异常图上反映为一低磁负异常带,断裂两侧地形地貌存在明显反差,关于该断裂的已有文献不多。严家桥-枫沙湖断裂北起严家桥镇,向西南至枫沙湖西侧,总体走向 NNE,在地貌上该断裂位于低山丘陵前缘,卫星影像上显示清楚。翟洪涛等(2009 年)在对距无为  $M_s3.0$  震群震中约 13km 的 1585 年巢县南  $5\frac{3}{4}$  级地震发震构造的研究

中,从野外地质调查、浅层地震勘探和钻探等方面对严家桥-枫沙湖断裂的活动性进行了探究。他们根据断裂影响特征、断裂物质的胶结程度以及对断层错断地层的年龄样品测试结果等综合分析后认为,该断裂是一条早中更新世活动断裂,可能为1585年巢县南 $5\frac{3}{4}$ 级地震的发震构造。震源机制解中节面Ⅱ的走向为NNE,倾角约为 $45^\circ$ ,与严家桥-枫沙湖断裂较为接近,故推测无为 $M_s3.0$ 震群序列可能与其有关。

### 3 视应力与震后趋势

主震之后余震区地壳介质物理力学性质或应力状态的动态变化过程,对于研究并预测地震序列的发展趋势至关重要。在一些合理假设的前提下,视应力可用于反映震源区应力水平(Wyss,1968),视应力高表明震源区应力水平高,而视应力的变化则可反映震源区应力状态的积累-释放过程,有利于对地震序列活动趋势作出更好的判定(吴忠良等,2002)。许多学者开展了利用视应力研判地震序列发展趋势的研究,结果表明,视应力与地震震级正相关;消除震级影响的视应力,尽管变化细节不尽相同,但基本都呈现出主震前升高、主震后降低的特征(陈学忠等,2007;钟羽云等,2004;钱晓东等,2007;华卫等,2009;李艳娥等,2012;王生文等,2014;蔡杏辉,2015;李赫等,2015),这表明视应力可作为预测震后地震活动趋势的有用依据之一。本文采用视应力分析无为震群的应力水平变化,并据此研判震后地震活动趋势。具体原理和计算步骤如下:

地震视应力为地震效率与平均应力的乘积,是平均应力的下限,表示单位地震矩的震源所辐射出的地震波能量,可作为研究区域绝对应力水平的间接估计(吴忠良等,2002),其算式为

$$\sigma_{\text{app}} = \eta \bar{\sigma} = \mu \frac{E_s}{M_0} \quad (1)$$

式中, $\mu$ 为剪切模量(对于地壳介质, $\mu$ 可取 $3 \times 10^4$ MPa); $E_s$ 和 $M_0$ 分别为地震辐射能量和标量地震矩, $E_s$ 和 $M_0$ 的测定方法详见文献(陈学忠等,2007)。

为了消除个别台站的异常高值对平均值的影响,在由各台站值求平均值时采用 Archuleta 等(1982)的方法,即

$$\bar{x} = \exp\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i\right) \quad (2)$$

式中, $x_i$ 为各台站的地震矩或地震能量; $N$ 为台站数。误差因子 $\Delta x$ 的意义为当 $x$ 以对数坐标作图时的标准差,计算式为

$$\Delta x = \exp\left[\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\ln x_i - \ln \bar{x})^2}\right] \quad (3)$$

在近震源条件下,选用震中距小于250km的台站。根据各台站记录波形的情况,选取信噪比较高、记录较清晰的波形数据。将这些波形数据进行去倾和仪器响应校正处理。在进行震源谱计算时,选S波波段1.0~20.0Hz范围内的波形进行分析。

表5为计算得到的无为震群中7次 $M_L \geq 2.0$ 地震的视应力。计算误差(以对数坐标作图时的标准差)小于2.4,表明计算的可靠性较好。图4为无为 $M_s3.0$ 震群的视应力与震级间的关系。由图4可见,无为 $M_s3.0$ 震群序列的视应力呈衰减趋势,视应力(取对数)与震级间

的相关性较好, 相关系数达 0.98, 其拟合关系为  $\lg\sigma_{app} = 0.773(73)M_L - 2.52(20)$ 。

由于扣除震级后的差视应力能更客观地反映应力水平, 因此, 将观测的视应力值减去拟合的理论值, 得到差视应力, 这样就消除了震级对视应力值的影响, 图 5 为无为  $M_s3.0$  震群的视应力、差视应力和震级随时间变化的曲线。由图 5 可见, 最大震级地震后随着地震序列的衰减, 视应力、差视应力逐渐恢复。由于视应力可用于反映震源区应力水平, 因此, 分析认为, 随着无

表 5 无为  $M_s3.0$  震群的视应力

发震时间及震级	视应力 /bar	误差因子 /bar	台站个数
2016-04-15 T14:49 $M_L3.2$	1.02	2.40	26
2016-04-15 T17:55 $M_L3.6$	1.79	2.13	31
2016-04-15 T19:20 $M_L2.6$	0.33	2.20	11
2016-05-04 T10:13 $M_L2.3$	0.25	2.40	12
2016-05-04 T16:56 $M_L2.3$	0.14	1.66	8
2016-05-05 T19:56 $M_L2.3$	0.17	2.40	10
2016-05-29 T08:53 $M_L2.9$	0.44	2.10	17

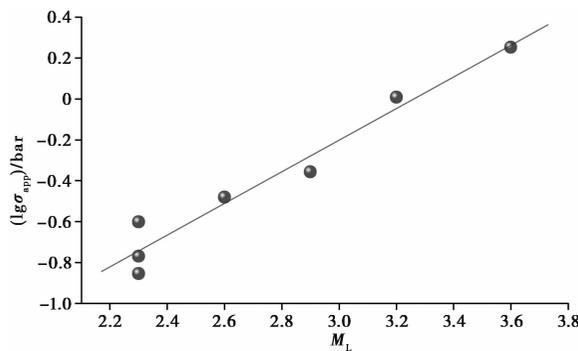


图 4 无为  $M_s3.0$  震群的视应力与震级间的关系

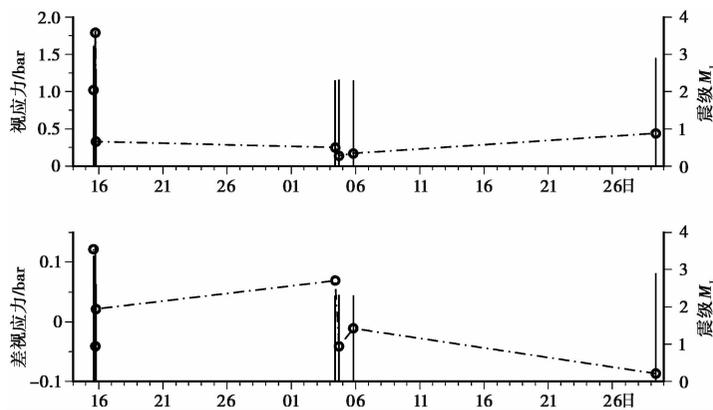


图 5 2016年4月14日~5月30日无为  $M_s3.0$  震群的视应力值、差视应力值和震级随时间的变化

为震群序列的衰减, 震源区应力水平逐渐恢复, 出现更高震级地震活动的可能性不大。

### 4 结论与讨论

本文通过模板匹配方法检测遗漏地震事件, 基于波形互相关震相检测技术标定震相到时, 采用双差定位方法进行精定位, 采用 Snoko 方法计算震源机制, 并计算了震群序列的视

应力和差视应力,通过上述研究对无为  $M_s3.0$  震群得到如下初步认识。

(1)采用模板匹配方法识别出 5 次遗漏地震事件,震级为  $M_L0.5 \sim 1.2$ ,提高了地震目录的完整性;基于波形互相关震相检测技术标定震相到时,采用 hypoDD 方法进行精定位,精定位后无为  $M_s3.0$  震群序列分布更加集中,但由于地震数目较少,震级较小,未见明显的优势方位分布。

(2)3 次震级较大地震的震源机制解高度一致,显示为 NEE 向的水平挤压和 NNE 向的水平拉张应力场作用下具逆冲分量的走滑型地震活动,其中,节面 II 的走向与震区附近的严家桥-枫沙湖断裂较为接近,故推测无为  $M_s3.0$  震群序列可能与其相关。

(3)无为  $M_s3.0$  震群序列的视应力和扣除震级影响后的差视应力均呈衰减趋势,根据视应力参数的动态变化并结合震例分析认为,随着无为震群序列的衰减,震区附近发生更大地震的可能性不大。截至 2017 年 5 月,无为震群序列活动已结束,未发生更大地震。

(4)以往大量震例和本文对无为  $M_s3.0$  震群序列视应力的研究表明,扣除震级影响的视应力在地震序列中基本呈现主震前升高、主震后降低的特征,因此,似可作为研判地震序列活动趋势的有效方法。

**致谢:**感谢天津市地震局谭毅培高级工程师提供的遗漏地震检测程序和中国地震局地球物理研究所陈学忠研究员提供的视应力计算程序,感谢审稿专家宝贵的建设性意见。

## 参考文献

- 蔡杏辉,2015,福建仙游 5.0 地震前后小地震视应力变化研究,大地测量与地球动力学,35(6),984~1006。
- 陈学忠、李艳娥,2007,2006 年 7 月 4 日河北文安  $M_s5.1$  地震前震中周围地区小震视应力随时间的变化,中国地震,23(4),327~336。
- 崔子健、李志雄、陈章立等,2012,判别小震群序列类型的新方法研究——谱振幅相关分析法,地球物理学报,55(5),1718~1724。
- 华卫、陈章立、郑斯华,2009,2008 年汶川 8.0 级地震序列震源参数分段特征的研究,地球物理学报,52(2),365~371。
- 黄媛、杨建思、张天中,2006,2003 年新疆巴楚-伽师地震序列的双差法重新定位研究,地球物理学报,47(1),162~169. doi: 10.3321/j. issn:0001-5733.2006.01.022。
- 李赫、刘文兵、王熠熙等,2015,2010 年滦县地震序列视应力变化研究,地震,35(1),47~54。
- 李艳娥、陈学忠、王恒信,2012,汶川 8.0 级地震前四川地区地震视应力时空变化特征,地震,32(4),113~122。
- 刘泽民、黄显良、倪红玉等,2015,2014 年 4 月 20 日霍山  $M_s4.3$  地震发震构造研究,地震学报,37(3),402~410. doi: 10.11939/jass.2015.03.003。
- 刘泽民、刘东旺、李玲利等,2011,利用多个震源机制解求东大别地区平均应力场,地震学报,33(5),605~613。
- 倪红玉、刘泽民、沈小七等,2011,利用 FOCMEC 方法计算震源机制解的影响因素分析,华北地震科学,29(3),1~7。
- 倪红玉、刘泽民、洪德全等,2012,“霍山窗”地区现代构造应力场研究,中国地震,28(3),294~303。
- 倪红玉、刘泽民、洪德全等,2015a,综合研究霍山  $M_s4.3$  地震序列震源机制变化过程,地震地质,37(4),1004~1019。
- 倪红玉、沈小七、洪德全等,2015b,2014 年金寨  $M_L3.9$  震群序列特征研究,地震学报,37(6),925~936。
- 钱晓东、李琼、秦嘉政,2007,2007 年宁洱 6.4 级地震序列视应力研究,地震研究,30(4),311~317。
- 曲均浩、蒋海昆、李金等,2015,2013~2014 年山东乳山地震序列发震构造初探,地球物理学报,58(6),1954~1962. doi: 10.6038/cjg20150611。
- 谭毅培、曹井泉、卞真付等,2014,2013 年 8 月河北蔚县小震群遗漏地震检测与发震构造分析,地震学报,36(6),1022~1031。
- 谭毅培、邓莉、曹井泉等,2016,2015 年河北滦县震群发震机理分析,地球物理学报,58(6),1954~1962. doi: 10.6038/

- cjg20161115。
- 王生文、李艳娥、郭祥云等,2014,1999 年 11 月 29 日岫岩  $M_s5.4$  地震序列视应力的再研究,地震,34(3),50~61。
- 吴忠良、黄静、林碧苍,2002,中国西部地震视应力的空间分布,地震学报,24(3),293~301。
- 翟洪涛、邓志辉、周本刚等,2009,1585 年安徽巢县南地震核查与发震构造探讨,地震地质,31(2),295~304。
- 赵小艳、付虹,2014,2013 年洱源  $M_s5.5$  和  $M_s5.0$  地震发震构造识别,地震学报,36(4),640~650. doi: 10.3969/j.issn.0253-3782.2014.04.010。
- 钟羽云、张帆、张震峰等,2004,应用强震应力降和视应力进行震后趋势快速判定的可能性,防灾减灾工程学报,24(1),8~14。
- Archuleta R, Cranswick E, Mueller C, et al, 1982, Source parameters of the 1980 Mammoth Lakes, California earthquake sequence, J Geophys Res Atmos, 87(NB6), 4595~4607。
- Peng Z G, Zhao P, 2009, Migration of early aftershocks following the 2004 Parkfield earthquake, Nature Geoscience, 2(12), 877~881。
- Snoke J A, Munsey J W, Teague A G, et al, 1984, A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and SV-P amplitude ratio data, Earthquake Notes, 55(3), 15~20。
- Wyss M, Brunne J N, 1968, Seismic moment, stress, and source dimensions for earthquakes in the California-Nevada Region, J Geophys Res, 73, 4681~4694。
- Yamashita T, 1998, Simulation of seismicity due to fluid migration in a fault zone, Geophys J Int, 132(3), 674~686。

## Research on seismogenic structure and aftershock tendency of the Wuwei $M_s3.0$ earthquake swarm sequence, Anhui in 2016

Ni Hongyu<sup>1,2)</sup> Liu Zemin<sup>1)</sup> Hong Dequan<sup>1,2)</sup> Zhao Peng<sup>1)</sup> Wang Xiaoli<sup>1)</sup>

1) Earthquake Administration of Anhui Province, Hefei 230031, China

2) Mengcheng National Geophysical Observatory, Mengcheng 230036, Anhui, China

**Abstract** We firstly used matched filter technique to detect missing earthquakes in the Wuwei  $M_s3.0$  earthquake swarm sequence, and 5 missing earthquakes during  $M_L0.5-1.2$  were detected, which led to a more complete catalogue. Then waveform cross-correlation phase detection technique was used to recalibrate P- and S-wave phase arrival times, and further relocate the earthquakes in the swarm using the double-difference method based on recalibrated phase arrival times, which shows the relocated epicenters were distributed in more concentrated locations and without obvious predominant directions. The focal mechanisms of stronger earthquakes of the swarm were calculated by using the Snoke methods, indicating this earthquake swarm sequence was caused by strike-slip faulting with thrust component under the action of horizontally compressed nearly in NEE direction and horizontally dilated nearly in NNE direction. The Yanjiaqiao-Fengshahu fault is likely to be seismogenic structure of the Wuwei  $M_s3.0$  earthquake swarm sequence. Apparent stress of the Wuwei  $M_s3.0$  earthquake swarm sequence was calculated, which shows that apparent stress and variation of the apparent stress eliminated the effect of the magnitude recovered gradually with the attenuation of the earthquake swarm sequences, so we refer that larger earthquake may be unlikely to occur around the Wuwei epicenter.

**Key words:** Wuwei earthquake swarm sequence; Missing earthquakes detection; Double-difference earthquake location; Focal mechanism solutions; Apparent stress