

李娟, 徐岩, 韩晓明, 等. 2013 年科左后旗 5.3 级地震前后的 P 轴转向和应力场变化分析[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 97–101. [LI Juan, XU Yan, HAN Xiaoming, et al. P-axis Turning Phenomenon and Stress Field Change before and after the Kezuohouqi M5.3 Earthquake in 2013[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(S1): 97–101]

2013 年科左后旗 5.3 级地震前后的 P 轴转向和 应力场变化分析

李 娟, 徐 岩, 韩晓明, 张 帆
(内蒙古自治区地震局, 呼和浩特 010051)

摘要: 为了考察 2013 年 4 月 22 日科左后旗 5.3 级地震震中区域应力场的中短期变化过程, 选取 2009 年以来发生在开鲁拗陷的 $M_L \geq 3.0$ 级地震作为研究对象, 应用 Focmec 方法计算了 17 次地震的震源机制解, 根据震源机制解结果绘制的 P 轴时序分布图显示, 在科左后旗地震前, 震中区应力场的 P 轴方位首先表现出中期阶段的“一致性”变化, 接着出现短期时段的大幅波动, 科左后旗 M 5.3 级地震则发生在短期显著紊乱过程中, 表明开鲁拗陷的 P 轴趋于一致具有中期指示意义, 震前 3 个月左右出现的 P 轴大幅度转向具有短期指示意义, 科左后旗 5.3 级地震发生前后, 部分余震均表现出与主震较为统一的走滑型机制, 压应力轴和张应力轴分别做顺时针和逆时针旋转运动。

关键词: 震源机制; 科左后旗 5.3 级地震; P 轴转向; 应力场

中图分类号: P315.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2019)S1-0097-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.S1.016

P-axis Turning Phenomenon and Stress Field Change before and after the Kezuohouqi M 5.3 Earthquake in 2013

LI Juan, XU Yan, HAN Xiaoming, ZHANG Fan
(Inner Mongolia Autonomous Region Earthquake Agency, Hohhot 010051, China)

Abstract: In order to investigate the stress field variation in the epicenter of the Kezuohouqi M 5.3 earthquake on April 22nd, 2013, the focal mechanism solutions of the earthquakes with $M_L \geq 3.0$ occurred in Kailu sag since 2009 were calculated by Sonke method. The P axis temporal distribution map showed that, before the Kezuohouqi earthquake, the P-axis azimuth of the stress field in the epicentral region first shows the “consistency” change in the middle stage, then there is a large fluctuation in the short-term period, while the Tongliao M 5.3 earthquake occurs in the process of short-term significant disturbance. The consistency trend of P axis is indicative in the medium term, and the P-axis turning phenomenon about 3 months before the M 5.3 earthquake has a short-term indicative significance. Some of the aftershocks show the same strike-slip mechanism as the main shock. The compressive stress axis and the tension stress axis rotate clockwise and counterclockwise, respectively.

Keywords: Focal mechanism; Kezuohouqi M 5.3 earthquake; P-axis turning; Stress field

收稿日期: 2019-02-26

基金项目: 内蒙古自治区地震局局长基金(2018ZD02); 中国地震局监测、预测、科研三结合课题(170608)

作者简介: 李 娟(1980-), 女, 工程师, 主要从事地震学预测方法研究。

E-mail: 258847674@qq.com.

量)。通过比较理论计算和实际观测所得的 P 波、SV 波、SH 波的初动符号和振幅比矛盾数最小的方式得到震源机制解,提高了反演结果的精度。

在本文中,选取 2009 年以来发生在开鲁拗陷

的 $M_L \geq 3.0$ 级地震作为研究对象,所选地震分布范围 $3^\circ \times 2^\circ$,使用 Focmec 方法计算了震源区域 17 个地震的震源机制解,表 1 给出震源机制结果,图 2 是震源机制解和 P 轴方位角的分布图。

表 1 2009 年以来开鲁拗陷 17 次 $M_L \geq 3.0$ 级地震的震源机制解

Table 1 Focal mechanisms of 17 earthquakes with $M_L \geq 3.0$ in Kailu depression since 2009

序号	地震时间/ 年-月-日	地震位置		震级/ M_L	节面 I / (°)			节面 II / (°)			P 轴/(°)		T 轴/(°)		B 轴/(°)	
		北纬/(°)	东经/(°)		走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角
1	2009-01-23	42.53	120.57	4.2	214	80	9	306	81	170	80	0	170	13	348	77
2	2009-12-21	44.48	123.02	4.9	191	48	132	317	56	53	73	4	170	60	340	30
3	2010-03-08	43.13	120.12	3.2	72	61	-138	317	54	-37	288	50	193	4	100	40
4	2010-03-11	43.53	120.92	3.4	193	51	-172	98	84	-40	48	32	152	22	270	50
5	2011-06-25	43.47	123.08	3.2	199	48	-132	73	56	-53	40	60	137	4	230	30
6	2011-10-11	44.15	120.73	3.2	231	32	-115	81	62	-75	22	70	160	15	253	13
7	2012-03-17	44.17	122.30	3.9	193	53	-159	91	74	-39	46	39	147	13	252	48
8	2012-05-07	43.07	122.90	3.3	199	55	-158	96	72	-37	52	38	151	11	254	49
9	2013-01-21	42.93	122.37	4.4	21	66	-92	207	24	-85	286	69	113	21	22	2
10	2013-01-26	42.93	122.38	3.2	223	32	-124	82	64	-71	27	66	157	17	253	17
11	2013-02-08	42.93	122.38	3.5	230	30	-117	81	64	-75	19	68	160	17	254	13
12	2013-04-22	42.98	122.36	5.6	221	85	152	314	62	6	271	16	173	23	32	62
13	2013-04-22	42.95	122.38	3.4	156	63	-3	64	87	-153	293	74	197	69	59	27
14	2013-04-24	42.93	122.38	3.6	75	59	-175	167	86	-31	117	72	215	65	354	31
15	2013-04-25	42.97	122.37	3.9	73	52	178	342	88	38	111	63	215	65	340	38
16	2013-04-30	42.93	122.37	3.7	105	56	62	241	43	125	251	24	355	83	88	67
17	2013-05-10	42.95	122.38	4.2	20	65	-95	189	25	-80	286	70	119	21	18	86

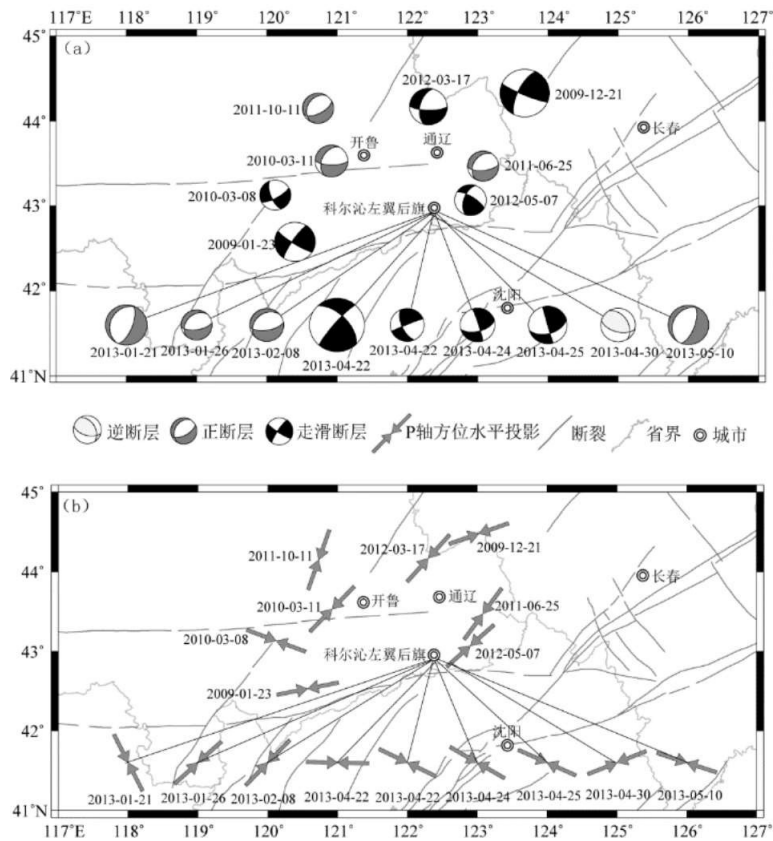


图 2 震源机制解空间分布(a)和 P 轴方位水平投影分布(b)

Fig.2 Focal mechanism spatial distribution (a) and P-axis azimuth horizontal projection distribution (b)

3 P轴转向和应力场变化分析

根据震源机制解的计算结果,绘制了P轴随时间变化图(图3),2010年3月至2012年6月,P轴方位基本维系在 $20^{\circ}\sim 50^{\circ}$ (NNE~NE),应力方向一致性状态持续近2.3年,符合华北北部至东北地区的应力场背景^[15-17]。2013年1月21日M3.9级地震的P轴方位骤升至 286° ,其后2次地震的P轴方位短暂回落至 30° 以下,直至2013年4月22日科左后旗M5.3级地震的发生,P轴方位再次突升至 271° 。

科左后旗5.3级地震前3年,P轴仰角维系在 $32^{\circ}\sim 68^{\circ}$,5.3级主震时突降至 16° ,作用方向由北

东向逐渐偏转至近水平方向,震后回升至震前水平;科左后旗5.3级地震前,T轴仰角基本在水平方向波动,震后回升至 60° 以上。可见,科左后旗5.3级地震发生前后,压应力轴和张应力轴分别做顺时针和逆时针旋转运动。

科左后旗5.3级主震的P轴方位 271° ,近乎水平;T轴方位 173° ,近乎垂直;结合震源机制结果分析认为,科左后旗5.3级地震是在由东向西的水平主压应力作用下而发生平滑错动的力学机制下产生的,这种应力作用模式符合我国东北地区所处的应力场环境^[9],而这种由西向东的挤压也有可能来自2011年日本9.0级地震引起的同震远场位移和西行横向推挤作用^[18-20]。

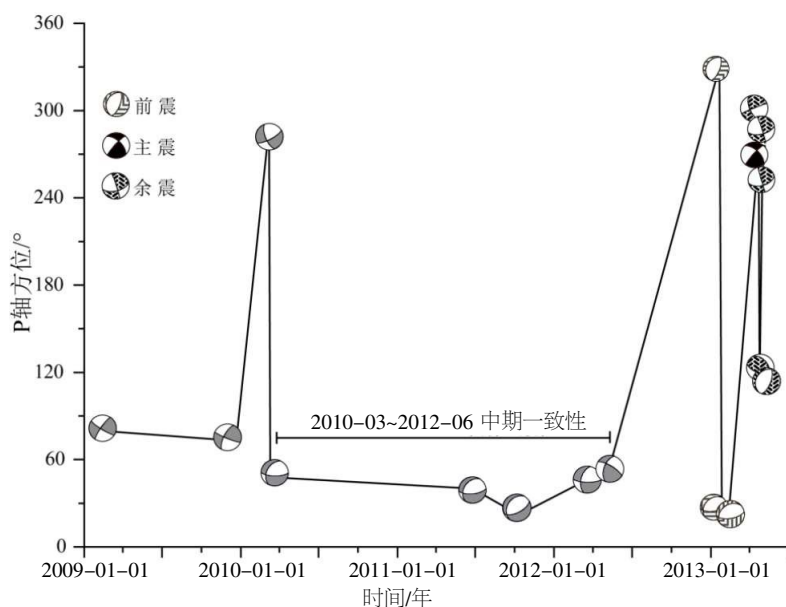


图3 震源机制P轴方位时序分布

Fig. 3 Focal mechanism of P-axis azimuth timing distribution

余震的震源机制类型随着时间流逝表现出明显的差异性,4月22日M3.0、4月24日M3.1和4月25日M3.4级余震均表现出与主震较为统一的走滑型机制,而4月31日M3.1和5月1日M3.7级地震则分别表现为逆冲型和正断层性质(图2)。

4 结语

为了考察2013年4月22日科左后旗5.3级地震震中区域应力场的中—短期变化过程,选取2009年以来发生在开鲁拗陷的 $M_L \geq 3.0$ 级地震作为研究对象,使用初动-振幅比方法求解了震源机制,并着重对P轴方位角进行时序分析。结果显

示,科左后旗5.3级地震前,震中区应力场的P轴方位首先表现出中期阶段的“一致性”变化,接着出现短期时段的大幅波动,科左后旗M5.3级地震则发生在短期显著变化之后。

余震的震源机制类型随着时间流逝表现出明显的差异性,部分余震均表现出与主震较为统一的走滑型机制。科左后旗5.3级地震前2.3年,开鲁拗陷的P轴具有中期趋于一致特征和短期P轴大幅度转向特征。

参考文献:

- [1] Sadovsky M, Nersesov I. Forecasts of earthquakes on the basis of complex geophysical features[J]. Tectonophysics, 1974, 23(3): 247-255.

- [2] Sadosky M. The processes preceding strong earthquakes in some regions of middle Asia [J]. *Tectonophysics*, 1972, 14 (3): 295–307.
- [3] 许忠淮, 刘玉芬, 张郢珍. 京、津、唐、张地区地震应力场的方向特征[J]. *地震学报*, 1979(2): 15–26.
- [4] 成尔林, 李桂芳, 陈和川. 1976 年四川省松潘—平武 7.2 级地震前后主压应力轴的方向特征 [J]. *地震学报*, 1982 (2): 34–46.
- [5] 华祥文. 唐山强震前后北京、天津周围地区应力的变化过程[J]. *地震学报*, 1980(2): 22–38.
- [6] 周翠英, 华爱军, 王梅, 等. 1995 年苍山 5.2 级地震前应力场的动态变化[J]. *地震地质*, 1997, 19(2): 135–140.
- [7] 周翠英, 魏光兴. 1983 年菏泽 5.9 级地震前后鲁西豫北地区小震应力场的变化[J]. *地震*, 1987(4): 14–21.
- [8] 曹井泉, 刘芳. 华北北部 $M_s \geq 5.0$ 地震前震源区附近中小地震主压应力轴的变化特征 [J]. *防灾减灾学报*, 2008, 24 (1): 8–13.
- [9] 何长文, 李云明, 苏辛轩. 开鲁坳陷地震勘探方法研究[J]. *特种油气藏*, 2003, 10(6): 4–8.
- [10] 许坤, 李瑜. 开鲁盆地晚中生代地层[J]. *地层学*, 1995 (2): 88–95.
- [11] 邹顺庚. 开鲁盆地铀矿水文地球化学找矿研究[J]. *铀矿地质*, 2000, 16(4): 226–232.
- [12] 刘川琴, 李发, 刘东旺, 等. 金寨地震序列震源参数研究[J]. *华南地震*, 2017, 37(3): 69–73.
- [13] 梁尚鸿, 李幼铭, 束沛镒, 等. 利用区域地震台网、振幅比资料测定小震震源参数[J]. *地球物理学报*, 1984, 27(3): 249–257.
- [14] Snoke J, Munsey J, Teague A, et al. A Program for Focal Mechanism Determination by Combined Use of Polarity and SV–P Amplitude Ratio Data [J]. *Earthquake Notes*, 1984, 55(3): 15–20.
- [15] 李钦祖. 华北地壳应力场的基本特征[J]. *地球物理学报*, 1980, 23(4): 376–388.
- [16] 谢富仁, 崔效锋, 赵建涛, 等. 中国大陆及邻区现代构造应力场分区[J]. *地球物理学报*, 2004, 47(4): 654–662.
- [17] 徐纪人, 赵志新, 石川有三. 中国大陆地壳应力场与构造运动区域特征研究 [J]. *地球物理学报*, 2008, 51(3): 770–781.
- [18] 王敏, 李强, 王凡, 等. 全球定位系统测定的 2011 年日本宫城 $M_w 9.0$ 级地震远场同震位移[J]. *科学通报*, 2011 (20): 1593–1596.
- [19] 张晶, 刘峡, 方颖, 等. 日本 9.0 级地震前后华北形变场变化特征与地震趋势分析[J]. *地震*, 2012, 32(2): 64–72.
- [20] 邵志刚, 张浪平, 马宏生, 等. 基于形变观测分析 2011 年日本 9.0 级地震与断层运动间关系 [J]. *地球物理学报*, 2015, 58(3): 857–871.