

叶东华, 陈大庆, 杨马陵, 等. 2012年和2013年广东东源4.8和4.7级地震和异常特征[J]. 华南地震, 2018, 38(4): 1-9. [YE Donghua, CHEN Daqin, YANG Maling, et al. 2012 M 4.8 and 2013 M 4.7 Dongyuan Earthquakes in Guangdong Province[J]. South China journal of seismology, 2018, 38(4): 1-9]

2012年和2013年广东东源4.8和4.7级地震和异常特征

叶东华, 陈大庆, 杨马陵, 刘吉平
(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 2012年2月16日、2013年2月22日在广东省东源县分别发生4.8、4.7级地震, 两次地震震中位于河源市区西北方向约30 km的新丰江水库库区西北边缘。2012年4.8级地震序列为主震—余震型, 最大余震3.7级, 余震衰减较快。4.8级地震是在北西西向主压应力作用下, 沿北北西向断层(震中区附近地表无此断层出露)产生带有正断倾滑分量的走滑错动的结果。2013年4.7级地震序列为孤立型, 最大余震2.2级; 震源性质为正断走滑型, 节面Ⅱ为主破裂面, 主压应力 P 轴方位南东东向。东源4.8、4.7级地震是与构造活动有关的构造型地震。4.8、4.7级地震前出现3项地震学异常, 4项前兆观测异常, 均为中短期异常。

关键词: 东源地震; 序列特征; 震源特征; 前兆异常

中图分类号: P315.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2018)04-0001-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.04.001

2012 M 4.8 and 2013 M 4.7 Dongyuan Earthquakes in Guangdong Province

YE Donghua, CHEN Daqin, YANG Maling, LIU Jiping
(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Two earthquakes of M 4.8 and 4.7 occurred in Dongyuan County of Guangdong province on February 16th, 2012 and February 22nd, 2013. Epicenters of these two earthquakes were located in northwest edge of Xinfeng river reservoir, which is about 30 km away from northwest of Heyuan city. The sequence of the M 4.8 earthquake in 2012 belonged to main shock-aftershock type with the maximum magnitude of the aftershock M 3.7, and the aftershock decayed faster. The paper analyzed the focal mechanism solution, and the result showed that the normal dip-slip component produced strike-slip faulting along NNW fault (no fault exposed on the

收稿日期: 2017-12-10

基金项目: 广东省协同创新重点项目“广东沿海地震海啸危险区评价系统建设”(2019B020208014)

作者简介: 叶东华(1963-), 女, 高级工程师, 主要从事预报研究工作。

E-mail: donghye@163.com.

surface around the epicenter) under the NWW main compressive stress, which resulted the earthquake. The sequence of the M 4.7 earthquake is isolation type with the maximum magnitude of the aftershock M 2.2, and the long axis of aftershocks area is the north east. Based on the analysis of focal mechanism solution, the result showed that the NE fault produced normal rupture under the NW main compressive stress, which resulted the earthquake. There appeared 3 seismology anomalies and 3 precursory observation items before the M 4.8 and M 4.7 earthquakes, which were mainly the medium-term anomalies and precursory observation abnormalities.

Keywords: Dongyuan earthquake; Sequence of earthquake; Mechanism of earthquake; Anomalies before earthquake

0 前言

2012年2月16日02时34分、2013年2月22日11时34分,在广东省河源市东源县锡场镇先后发生了4.8、4.7级地震,微观震中分别为23.90°N、114.47°E; 23.90°N、114.48°E。4.8级地震的宏观震中在微观震中以西约4 km处,震中烈度为Ⅵ度弱;4.7级震中烈度为Ⅴ度弱(无法确定宏观震中)。4.8、4.7级地震的有感范围均较大,但地震没有造成人畜伤亡和房屋倒塌,只有轻微破坏现象^[1]。

震中区附近历史上发生过3次5级地震和1962年3月19日新丰江水库6.1级地震,是现代

广东省陆地地震活动水平较高的地区,本次4.8、4.7级地震是河源地区1999年3月25日4.2级、8月20日4.7级地震后,时隔近14年发生的又一组中强地震活动。

1 地震基本参数

东源4.8级、4.7地震前,震中200 km范围内有测震台31个,其中震中100 km范围内有10个,101~200 km有21个,震中区及附近的测震台网监测能力为 $M_L \geq 0.7$ 级,震中定位精度为Ⅰ类。东源4.8、4.7级地震基本参数见表1。

表1 地震基本参数

Table 1 Basic parameters of the two earthquakes

编号	发震日期/ (年-月-日)	发震时刻 h:min:s	震中位置		震级/ M	震源深度/ (km)	震中 地名	结果来源
			$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$				
1.1	2012-02-16	02:34:23.3	23.91	114.47	4.8	10	东源	广东省数字地震台网
1.2	2012-02-16	02:34:23	23.9	114.5	4.8		东源	中国地震台网中心
2.1	2013-02-22	11:34:12.7	23.90	114.48	4.7	11	东源	广东省数字地震台网
2.2	2013-02-22	11:34:12	23.9	114.5	4.8		东源	中国地震台网中心

2 地震地质背景

河源地区位于政和—海丰断裂带和邵武—河源断裂带所围限的粤东差异性断块隆起区内,属于东江流域和韩江上游的山地丘陵,地质划分属于粤东差异性断隆区。河源新丰江水库主要坐落在燕山期花岗岩体上,此岩体侵入于上古生界和中生界地层中,以岩基形式产出,规模巨大,呈北东东向延伸,长达数百公里。该区地质构造复杂,既有地层的褶皱,又有岩浆的多期活动,断

裂构造也相当发育,致使花岗岩体及被其侵入的围岩、或稍晚形成的白垩系和第三系遭到切割。

震区附近区域主要断裂有NE—NNE、NNW和NEE向三组^[2-3]: ① NE—NNE向断裂是地表最醒目的断裂构造,规模较大的有河源断裂、人字石断裂、灯塔—客家水断裂。② NNW向断裂在水库区分布广泛且很发育,但除石角—新港—白田断裂带以外,其它断裂的规模均不大。③ NEE向断裂在地表未形成规模巨大的断裂,但在地壳的深部,NEE向构造则属本区的最主要构造,在航

空磁测和区域重力资料中均有清楚的显示。如洞源—下屯断裂构造带、南山—坳头构造带。1962年3月19日新丰江水库6.1级地震,发生在NE向、NEE向、NNW断裂三组断裂的交汇区域^[4](图1)。

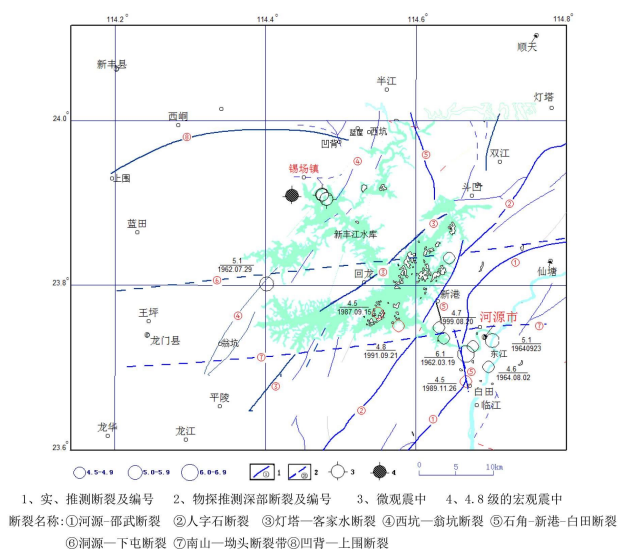


图1 东源4.8和4.7级地震震区附近地区地震构造及历史地震分布图

Fig.1 Distribution map of fault structure and historical earthquakes near the M4.8 and 4.7 Dongyuan earthquakes region

石角—新港—白田断裂位于河源盆地西侧,断层走向NW330°~350°,倾角70°~80°。断裂南东段的新港—白田断裂倾向北东或南西,是新丰江库区最为重要的发震构造。断裂北段石角断裂走向NW340°,倾向SW,倾角65°~75°。

河源地区是现代广东省陆地地震活动水平较高的地区,震中区100 km范围内(114.2°~114.9°E, 23.6°~24.4°N)曾发生5级以上地震4次(图1),最大为1962年3月19日新丰江水库6.1级地震。6.1级地震后该区相继发生4.5级以上地震10次,主要在分布在6.1级震中附近的大坝峡谷区,如1987年、1989年、1991、1999年等多次中强地震。本次东源4.8级和4.7级地震发生在新丰江水库库区西北边缘的东源县锡场镇附近,震中距水库大坝约27 km,距1962年6.1级地震约30 km左右;是1999年河源4.7级地震后,时隔近14年发生的又一组中强地震活动。

东源4.8、4.7级地震远离1962年6.1级地震震中(图1),南东方向距河源断裂带的西侧断裂灯塔—客家水断裂约15 km,距北东向的西坑—翁坑

断裂约5 km;东距NNW向的石角—新港—白田断裂约18 km;北距近EW向的凹背—上围断裂约9 km;南距近东西向的洞源—下屯物探推测深部断裂约10 km。由于河源断裂带的主要断裂都倾向南东,且断裂距离震中较远,而石角—新港—白田断裂虽然倾向SW,但倾角较陡,距离震中也较远,因此这些断裂不可能是本次地震的发震构造。而EW向和NE向的西坑—翁坑断裂虽然较震中距离近,但断裂走向与4.8级地震等震线长轴和震源机制解结果不符,将其定为本次4.8级地震的发震构造也比较勉强。同样,4.7级地震的具体发震构造目前也很难确定。

3 地震序列

2012年2月16日和2013年2月22日东源4.8和4.7级地震序列取自114.40°~114.60°E, 23.82°~24.00°N的空间范围。东源4.8级地震:截至2012年5月17日,共记录 $M_L \geq 0.0$ 级余震241次,其中4.0~4.9级1次,3~3.9级1次,2.0~2.9级14次,1.0~1.9级71次,0~0.9级153次;最大余震是2月17日发生的 M_L 4.2(M 3.7)级地震(图2)。东源4.7级地震:截至2013年5月25日,共记录 $M_L \geq 0.0$ 级余震273次,其中2.0~2.9级6次,1.0~1.9级91次,0~0.9级176次(图3),最大余震 M_L 2.9(M 2.2)。

3.1 序列的时间分布

4.8级地震全序列释放能量 10.1×10^{11} J,主震释放的能量占全序列的98%,主震与最大余震震级差为1.1,属于主震—余震型序列。取起算震级 M_L 0.7,得到余震序列 b 值为0.77,用截距法推算最大余震为 M_L 3.6级,与已发生的 M_L 4.2级余震基本接近;序列 h 值为1.3, $h > 1.0$ 。从序列 $M-t$ 、 $N-t$ 和蠕变曲线图(图2、图3)可见,震后前3天地震活动频度相对较高,此后迅速恢复到每日2~3次1级小震的水平,应变衰减也较快。

4.7级地震全序列释放能量 6.7×10^{11} J,4.7级主震释放能量占全序列的99.5%,主震与最大余震的震级差为2.5,属于孤立型序列。取起算震级 M_L 0.7,余震序列 b 值为0.89,用截距法推算最大余震为 M_L 3.2级,与实际发生的余震 M_L 2.9级接近;序列 h 值为1.1, $h > 1.0$ 。从序列 $M-t$ 、 $N-t$ 和蠕变曲线图(图4~图5)可见,余震活动在震后前期(2013年2月22~28日)频次起伏变化较大,随后

衰减至每日 2~3 次 M_L 1 级小震的水平, 3 月 12 日小震频次有所增加并保持着时起时伏的持续活动。

在 4 月 24 日的 M 2.2(M_L 2.9) 级最大余震前, 未出现小震增多的现象。

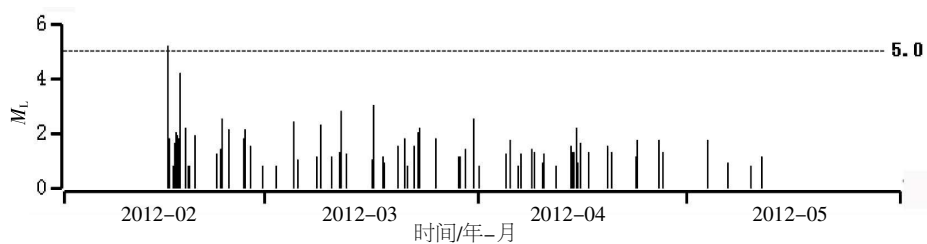


图 2 2012 年东源 4.8 级地震序列 $M-t$ 图 ($M_L \geq 0.7$ 级)

Fig.2 $M-t$ diagram of the M 4.8 Dongyuan earthquake sequence in 2012 ($M_L \geq 0.7$)

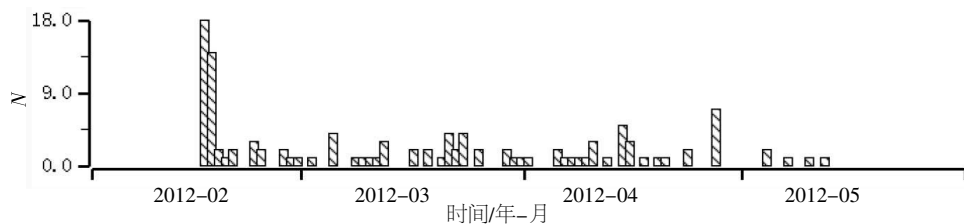


图 3 2012 年东源 4.8 级地震序列日频度图 ($M_L \geq 0.7$ 级)

Fig.3 Daily frequency diagram of the M 4.8 Dongyuan earthquake sequence in 2012 ($M_L \geq 0.7$)

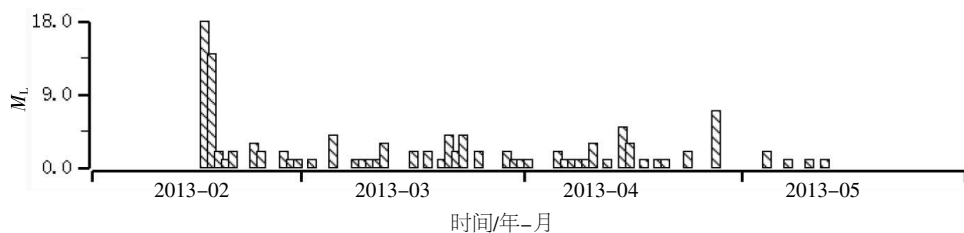


图 4 2013 年东源 4.7 级地震序列 $M-t$ 图 ($M_L \geq 0.7$ 级)

Fig.4 $M-t$ diagram of the M 4.7 Dongyuan earthquake sequence in 2013 ($M_L \geq 0.7$)

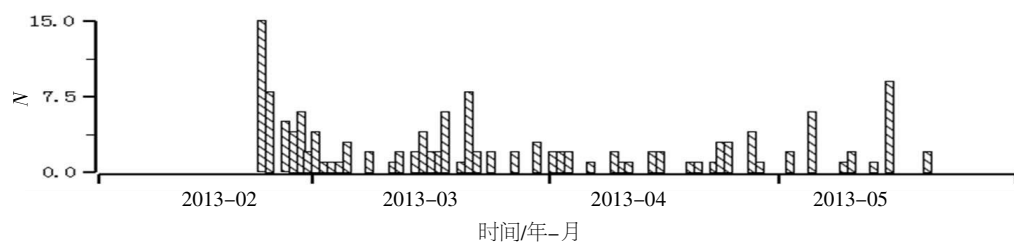


图 5 2013 年东源 4.7 级地震序列日频度图 ($M_L \geq 0.7$ 级)

Fig.5 Daily frequency diagram of the M 4.7 Dongyuan earthquake sequence in 2013 ($M_L \geq 0.7$)

3.2 序列的空间分布

4.8、4.7 级地震序列活动均发生在新丰江水库大坝西北方向约 30 km 的库区边缘, 地震震源深度集中在 5~11 km, 没有出现加深的迹象。

4.8 级地震的微观震中与宏观震中相距 4 km, 由序列空间分布可见, 余震分布相当集中, 主要在主震的北东方向, 余震区长度约 3.5 km(图 6)。

4.7 级地震序列空间分布(图 7)可见, 余震分布比较集中, 主要在主震的北部和东部, 呈北东东向展布, 余震区长约 6 km, 宽约 2.5 km。

4 震源参数和地震破裂面

利用广东地震台网以及海南、广西、湖南、

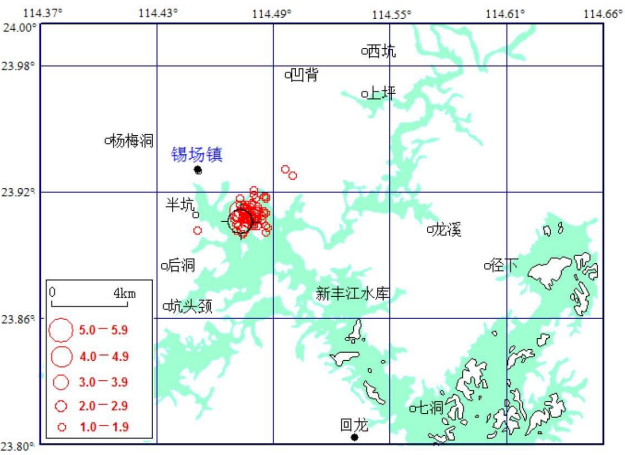


图 6 2012 年东源 4.8 级地震序列空间分布图($M_L \geq 1.0$)

Fig.6 Spatial distribution map of the M 4.8 Dongyuan earthquake sequence in 2012($M_L \geq 1.0$)

江西和福建地震台网的 152 个测震台的 4.8、4.7 级地震的 P 波初动, 用 P 波初动符号图解法求得东源 4.8、4.7 级地震的震源机制解, 具体结果见表 2 和图 8。

由图 8 和表 2 可见:

(1) 4.8 级地震破裂属于兼具少量正断倾滑分量的走滑型破裂。由于 4.8 级地震考察的极震区(Ⅵ度)等震线长轴方向为 NNW 向(340°), 与节面 I 走向一致, P 轴方向与林纪增^①、康英^②、魏柏林^③等人研究的新丰江地区区域构造应力场主压应力方向一致, 为 NWW 向; 地震余震分布呈 NE 向分

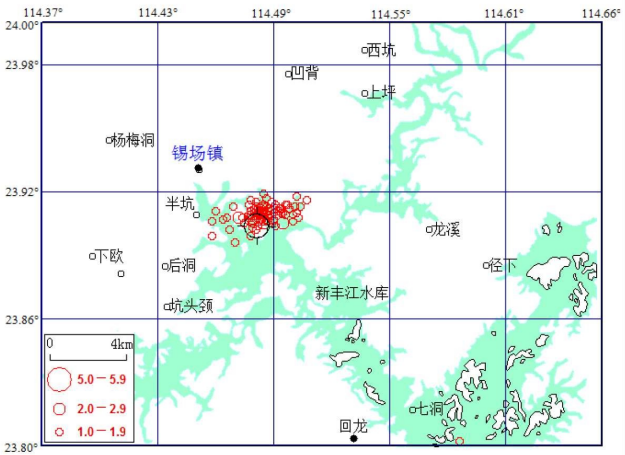


图 7 东源 4.7 级地震序列空间分布图($M_L \geq 1.0$)

Fig.7 Map of earthquakes distribution of the M 4.7 Dongyuan earthquake sequence($M_L \geq 1.0$)

布。4.8 级地震考察的极震区(Ⅵ度)等震线长轴方向为 NNW 向(340°), 与节面 I 走向一致, 考虑到震中周围多为山区, 居民点稀少且多随北西向河流分布, 震中南部为水域, 因此烈度分布有其局限性, 可能与实际分布有所差异。叶秀薇利用双差地震定位法对 4.8 级地震序列进行高精度定位^④。结果显示, 4.8 级地震序列分布呈北东东向展布, 主震位于余震序列的西部, 其空间展布方向与节面 II 走向一致。结合重新定位结果及震源机制解, 综合判定节面 II 为本次地震的主破裂面, 发震构造应为 NEE 向, 但震中区附近并无此组断裂出露地表。

(2) 4.7 级地震属于正断型破裂。由于 4.7 级地震的极震区烈度较低, 现场宏观考察未能给出烈度分布图, 但其余震空间图像呈 NEE 向展布。节面 II 走向与余震展布方向相近。综合判定节面 II 为 4.7 级地震的主破裂面, 发震构造应为 NEE 向。

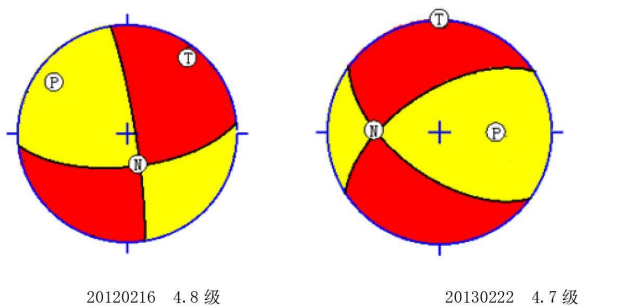


图 8 东源 4.8 和 4.7 级地震的震源机制

Fig.8 Focal mechanism solutions of the M 4.8 and 4.7 Dongyuan earthquakes

5 震前兆异常及特征

2012、2013 年东源 4.8、4.7 级地震前共出现 7 项异常; 其中地震学异常 3 项, 以及河源深孔地

表 2 东源 4.8、4.7 级地震的震源机制解

Table 3 Focal mechanism solutions of the M 4.8 and 4.7 Dongyuan earthquakes

震级	节面 I /($^\circ$)			节面 II /($^\circ$)			P 轴 /($^\circ$)		T 轴 /($^\circ$)		N 轴 /($^\circ$)		矛盾比	结果来源
	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		
4.8	350	82	-153	84	65	-7	304	23	40	12	155	63	0.06	叶东华
4.7	126	58	-35	237	60	-141	92	47	1	1	270	43	0.1	

电阻率、河源黄子洞水氡、河源和肇庆地磁等 4 项前兆异常(表 3)。

5.1 震前前兆异常情况

(1) 小震频次异常

2012、2013 年东源 4.8、4.7 级地震前,震中区 6 km 范围内的 $M_L \geq 1.0$ 地震均出现震前 60 天到 30 天左右频次升高,震前 20 天开始频次下降的异常活动(图 9~11)。据陈大庆^[9]统计,该区 1972 年以来发生的 12 次 M_L 4.5 级以上地震中,8 次有上述类似特征。取主震前 90 天,震中区 8 km 范围内 M_L 1 级以上地震,用每 10 天的频次除以 90 天内总频次的方法,得到了每 10 天的归一化频次。由图 13 可见,震前 90 天开始出现“平静-活跃-平静-小幅回升-发震”的时间进程非常一致。都是震前 90~80 天小震活动较为平静,震前 70 至

40 天为小震的活跃期,震前 30 至 20 天又转为平静,临震 10 天小震频次回升后发震。

(2) 加卸载响应比异常

选取 1982 年以来河源新丰江地区 $M_L \geq 1.0$ 级地震,以时间窗 12 个月,滑动步长 3 个月计算该区地震加卸载响应比。图 12 显示,该区 $M_L \geq 4.8$ 级地震前,响应比 F 值大多出现高值(≥ 1.5)异常。2010~2013 年 2 月响应比 F 值出现异常,2012 年 4.8 级地震后异常仍持续,2013 年 2 月 4.7 级地震后 F 值恢复正常。

(3) 波速比异常

河源地区 2003 年 10 月至 2013 年 9 月 $M_L \geq 2.0$ 地震序列的多台波速比平均值为 1.69。2008 年下半年 7 月后,波速比出现持续低值,2012 年 4.8 级地震后仍持续低值,2013 年 2 月 4.7 级地震后缓慢恢复,至 2013 年 7 月后恢复正常(图 13)。

表 3 地震前兆异常登记表

Table 3 Summary table of earthquake precursory anomalies

序号	异常项目	台站(点)或观测区	分析方法	异常判据及观测误差	震前异常起止时间	最大幅度	震中距/km	图号	异常特点
震前数月									
1	小震频次	震中 6 km 范围内	$M_L \geq 1.0$ 地震 $M-t$ 图 $N-t$ 图	$M_L \geq 1.0$ 小震频次出现“平静-活跃-平静-发震”的过程	2011-09~2012-02 2012-11~2013-02		6	图 9~11	震前 4~6 个月开始区域小震频次活动异常
2	加卸载响应比	震中附近 $23.6^{\circ} \sim 24.0^{\circ}$ $114.4^{\circ} \sim 114.8^{\circ}$	$M_L \geq 1.0$ 地震调制比曲线,时间窗 12 个月,滑动步长 3	震前 1 年出现高值异常	2011、2012	3.70	25	图 12	震前 1 年小震调制比出现高值异常,2013 年 2 月 4.7 级地震后恢复
3	波速比		$M_L \geq 2.0$ 地震波速比曲线	震前 4 年出现低值异常	2008-07~2013-07	1.64	25	图 13	震前 4 年出现低值异常,2013 年 2 月 4.7 级地震后逐渐恢复
4	深孔电阻率	河源和平	日均值	震前数月测值升高后回落	2011-08~2012-01 2012-12~2013-02	1.41 Ωm	33	图 145	震前 3~5 个月测值升高后回落,回落过程中发震
5	水氡	河源黄子洞	5 日均值	震前数月测值升高后回落	2011-03~2011-12 2012-11~2013-01	2.8Bq/L	25	图 15	震前 3~10 个月出现高值异常,回落过程中发震
6	地磁	河源	地磁 Z 加卸载响	震前 1~9 月出现高值异常	2012 年 1 月、2012 年 8 月高	3.9	30	图 16	震前 1~9 月出现高值
7		肇庆	应比	($P \geq 2.8$)	值	3.6	230		

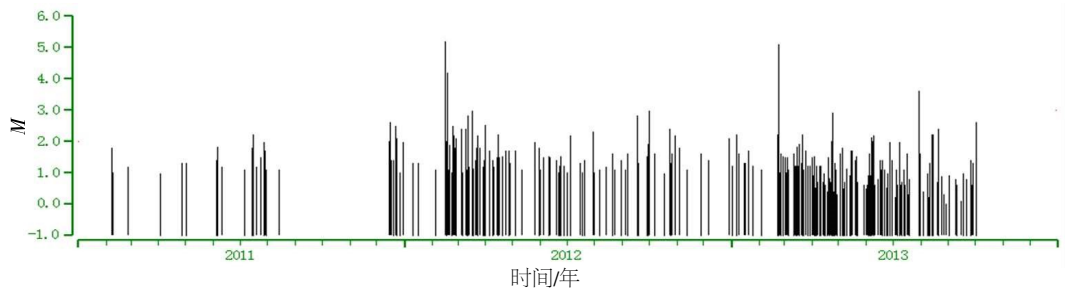


图9 东源地震震中区6 km内 $M_L \geq 1.0$ 地震 $M-T$ 图

Fig.9 $M-t$ diagram of earthquakes with $M_L \geq 1.0$ within 6 km around the Dongyuan

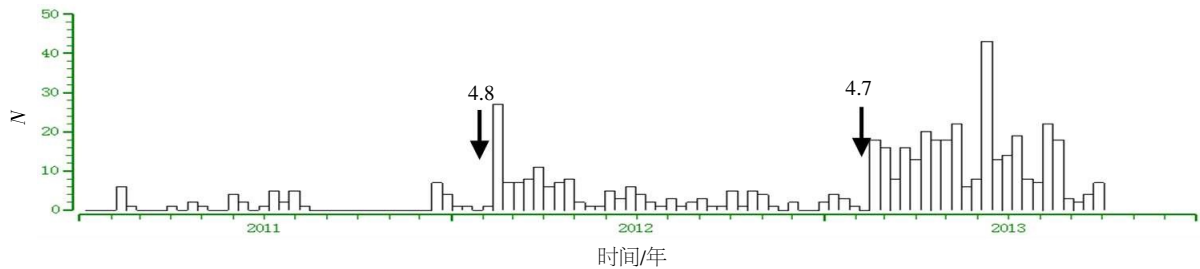


图10 东源地震震中区6 km内 $M_L \geq 1.0$ 地震10日频次图

Fig.10 The frequency diagram in 10 days for the earthquakes with $M_L \geq 1.0$ within 6 km of the Dongyuan earthquake

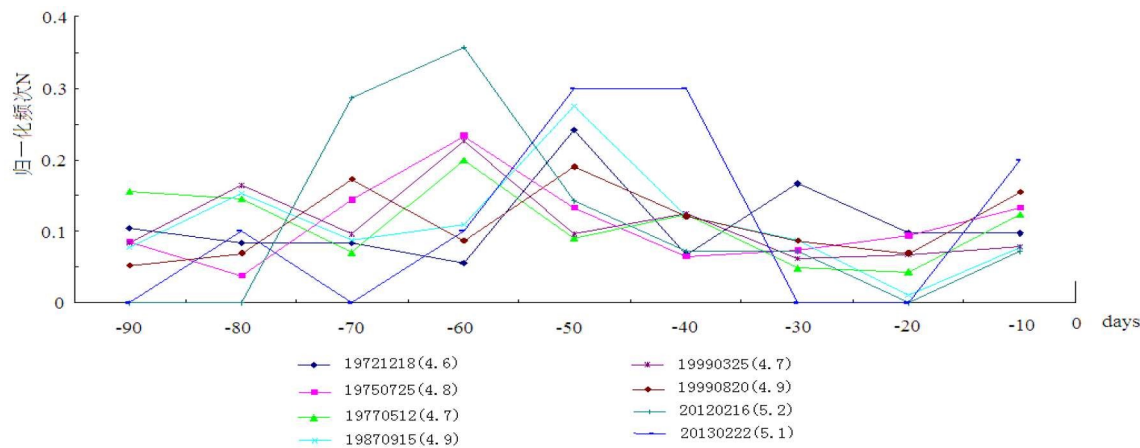


图11 河源8次 M_L 4.5级以上地震前90天 M_L 1级以上地震频次演化曲线

Fig.11 The frequency evolution curve of earthquakes with $M_L \geq 1.0$ 90 days before 8 earthquakes with $M_L \geq 4.5$ in Heyuan

(4)河源和平深孔电阻率异常

河源和平地电阻率观测位于河源市源城区和平村,地处河源盆地东侧,距离河源断裂约4 km,为全国地电基本台。深孔电阻率的测线布设呈北西向($N80^\circ W$),总长60 m,采用对称四极装置,电极埋深63~64 m。

正常情况深孔电阻率测值均呈趋势性的下降,在2012年2月16日4.8级、2013年2月22日4.7级地震前数月电阻率测值都出现了升高,并且都是在回落过程中发震,震后逐渐恢复正常,属于中期异常(图14)。

(5)河源黄子洞水氡异常

河源黄子洞水氡站处于北东走向河源—邵武

断裂西侧,黄子洞水氡井为承压裂隙水,井深26 m,流量 $7 \text{ m}^3/\text{h}$,水温 37.3°C ,水质为硫酸钙型,水氡背景值约 19 Bq/L 。1972年开始观测以来,在河源地区多次4级以上地震前出现过水氡高值异常。在2012年2月16日4.8、2012年8月31日4.0、2013年2月22日4.7级地震前都出现数月的高值异常,持续时间从1.5~9个月,上升幅度在 $2.0\sim 2.8 \text{ Bq/L}$,震后呈现逐渐恢复的过程(图15),属于中期异常。

(6)肇庆、河源地磁Z加卸响应比异常

以磁暴过程作为地磁场对太阳风的加卸响应,并以磁暴场的暴时扰日变化 $D(Z)$ 的响应值 $P(Z)$ 变化,反映地震前磁异常。广东地区以 $P(Z)$ 出现高

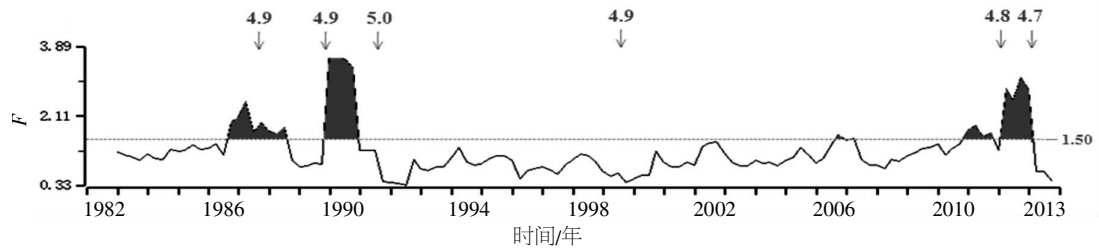
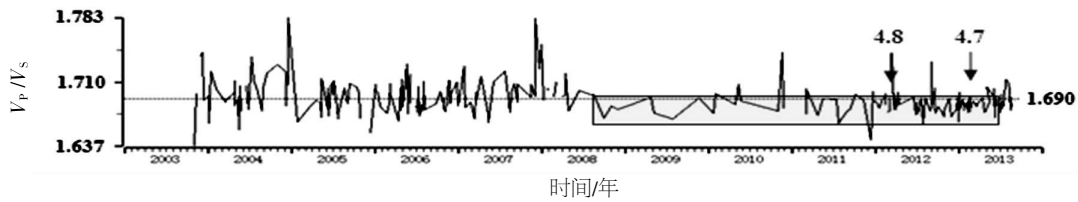
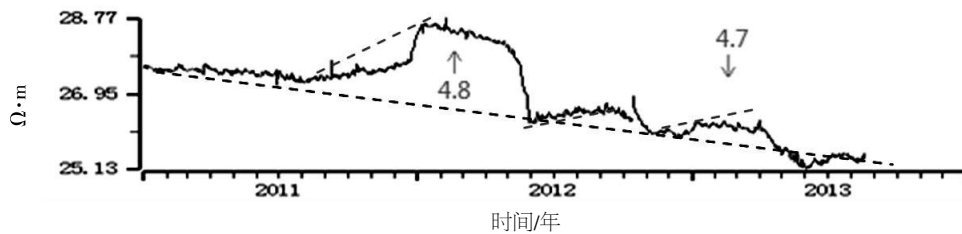
图 12 河源地区加卸载响应比 F 值曲线Fig.12 Load/unload response ratio F value curve of Heyuan area图 13 河源地区多台波速比随时间变化曲线(2003.10~2013.09 $M_L \geq 2.0$)Fig.13 The time variation curve of multistation wave velocity ratio of Heyuan area (2003.10~2013.09 $M_L \geq 2.0$)

图 14 河源和平台深孔电阻率日值曲线

Fig.14 Day value curve of deep-hole earth resistivity of Heping observation in Heyuan

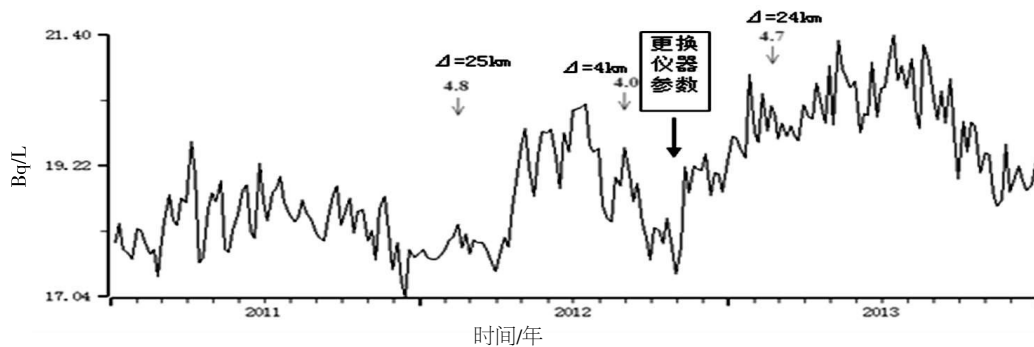
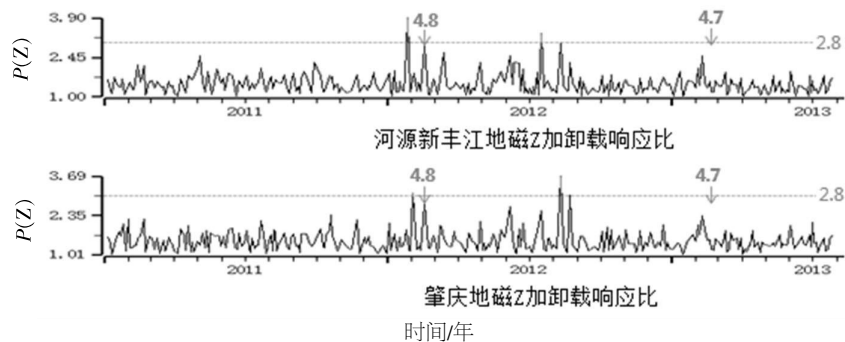


图 15 河源水氡 5 日均值曲线

Fig.15 The 5-day mean value curve of water radon of Heyuan

图 16 肇庆、河源地磁加卸载响应比 $P(Z)$ 值曲线图Fig.16 Load/unload response ratio $P(Z)$ value curve of Zhaoqing and Heyuan g

值($P(Z) \geq 2.8$)作为本区中强地震的磁异常判别指标^[10]。取地磁场 Z 分量作为加卸载响应参数, 计算肇庆、河源及韶关台的地磁 Z 加卸载响应比值 $P(Z)$ 。2012年2月16日东源4.8级地震前1~2月肇庆、河源 $P(Z)$ 出现超阈值的高值异常; 2013年2月22日东源4.8级地震前6个月肇庆、河源及韶关地磁 $P(Z)$ 值出现高值异常(图16)。

5.2 前兆特征分析

(1)东源4.8、4.7级地震前, 前兆异常测项虽然不多, 但异常特征还是较为显著, 特别是小震频次增高及受潮汐力调制两项地震学参数异常。值得注意的是, 河源地区小震成丛分布的特征较为明显, 在地震序列范围选取时要注意小区域和整个河源地区的结合, 其中小震频次震前异常变化的特征如果选择整个河源地区, 则震前异常特征不明显。

(2)东源4.8、4.7级地震前, 震中230 km范围内30项定点前兆测项中, 有4项出现了异常, 三项为中期异常, 一项为短临异常, 异常项目比为13%。其中4项定点前兆观测异常项目都有6年以上连续、可靠的观测资料且都位于新丰江大坝附近, 距震中直线距离分别约25、33 km左右。河源深孔电阻率对于河源本区4.5级地震有较好的反映, 通常是在震前几个月升高, 到高值回落过程中发震; 黄子洞水氡在河源地区多次4级以上地震前出现过类似高值异常。

6 结论与讨论

(1)东源4.8级和4.7级地震发生在新丰江水库库区西北边缘, 距离1962年6.1级地震约30 km左右, 已远离库区历史地震多发的大坝附近的峡谷地带; 4.7、4.8级地震与库水位变化关系不大^[4]。4.8级震源机制解的主压应力方向为北西西向, 与区域构造应力场方向一致; 推测地震是在北西向的主压应力作用下产生的结果。赵翠萍等人的研究成果认为, 4.8级地震的矩张量解与峡谷区的震源类型不同, 此次地震显示出几乎直立断层的走滑错动, 震源应力场 P 轴、 T 轴均较为水平, 断层走向NNW, 地震受到区域构造活动所控制, 是与构造活动有关的构造型地震。康英等研究发现, 近40年来河源新丰江地区 $M_s \geq 3.5$ 级地震反演所得的最大应力方位与周边地区的应力方向一致, 这也表明了新丰江水库区的较大地震应受控于周

围的区域应力场。因此, 综合分析认为东源4.8、4.7级地震不属于水库诱发地震, 而是区域构造应力场增强引发的构造型地震。

(2)河源地区 M_L 4.5级以上地震前, 通常在主震前的数月内震中区8 km范围内发生一丛密集的小震, 随后转入平静阶段, 当小震频次稍有恢复后发生主震, 并且丛集的那一小震有较为明显的受潮汐力调制的特性。近年来河源地区大多数4.5级以上地震震前小震活动都满足以上特征, 2013年2月22日较为成功的一次短临预报也是参考了以上小震活动特征。此外, 4.8、4.7级地震前出现了和平深孔电阻率、黄子洞水氡、河源和肇庆地磁加卸载响应比等显著异常。

参考文献:

- [1] 钟贻军, 陈庞龙, 王维亮, 等. 2012年2月16日河源4.8级地震[J]. 华南地震, 2012, 32(2): 10-19.
- [2] 丁原章, 潘建雄, 肖安予, 等. 新丰江水库诱发地震的构造条件[J]. 地震地质, 1983, 5(3): 63-73.
- [3] 潘建雄, 肖安予. 新丰江水库区地震构造及其活动特征的初步研究[J]. 地震地质, 1982, 4(2): 53-58.
- [4] 魏柏林, 冯绚敏, 陈定国, 等. 东南沿海地震活动特征[M]. 北京: 地震出版社, 2001.
- [5] 林纪曾, 梁国昭, 赵毅, 等. 东南沿海地区的震源机制与构造应力场[J]. 地震学报, 1980, 2(3): 245-257.
- [6] 康英, 杨选, 陈杏, 等. 广东及邻区的应力场反演[J]. 地震学报, 2008, 30(1): 59-66.
- [7] 魏柏林, 陈庞龙等. 新丰江地震震源机制解及构造应力[J]. 地震学报, 1991, 13(4): 462-470.
- [8] 叶秀薇, 黄元敏, 胡秀敏, 等. 广东东源 M_s 4.8 地震序列震源位置及其周边地区 P 波三维速度结构[J]. 地震学报, 2013, 35(6): 809-819.
- [9] 陈大庆, 柴荣建. 新丰江水库显著地劝前小震序列特征及应用研究[J]. 地震, 2015, 35(4): 119-126.
- [10] 叶东华. 广东及邻区中强地震前地磁变化和异常判别指标[J]. 华南地震, 1999, 19(1): 52-59.