

陈贵美, 谭争光, 刘锦, 等. 2023年2月5日、11日三水3.2和河源4.3级地震广东地区同震效应对比分析[J]. 华南地震, 2023, 43(4): 150–155.
[CHEN Guimei, TAN Zhengguang, LIU Jin, et al. Comparative Analysis of Coseismic Effects of the Sanshui $M_{3.2}$ and Heyuan $M_{4.3}$ Earthquakes on February 5th and 11th, 2023 [J]. South China journal of seismology, 2023, 43(4): 150–155]

2023年2月5日、11日三水3.2和河源4.3级地震 广东地区同震效应对比分析

陈贵美, 谭争光, 刘 锦, 王小娜

(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 2023年2月5日和11日广东三水、河源相继发生了3.2和4.3级地震, 震后整理发现广东地区的重力、部分地倾斜、水位等记录到了同震响应波或水震波。分析了地形变、地下流体学科观测资料同震波形的表现形态及特征。从各仪器记录曲线来看, 在同震响应后基本能快速恢复到震前正常观测形态, 证明了广东省内地球物理观测设备运行的稳定性和可靠性。通过对各观测仪器地震同震响应和记录能力分析, 以期对进一步深入研究以上2次地震对广东省未来地震趋势的影响有所帮助。

关键词: 三水3.2级地震; 河源4.3级地震; 地球物理观测; 同震效应

中图分类号: P315.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2023)04-0150-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2023.04.19

Comparative Analysis of Coseismic Effects of the Sanshui $M_{3.2}$ and Heyuan $M_{4.3}$ Earthquakes on February 5th and 11th, 2023 in Guangdong Region

CHEN Guimei, TAN Zhengguang, LIU Jin, WANG Xiaona

(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

Abstract: The $M_{3.2}$ and $M_{4.3}$ earthquakes occurred successively in Sanshui and Heyuan of Guangdong Province on February 5th and 11th, 2023. After the earthquakes, it was found that the gravity, partial ground tilt and water level in Guangdong region recorded the coseismic response wave or water shock wave. This paper analyzes the manifestation and characteristics of the coseismic wave of the observation data of ground deformation and underground fluid. From the record curves of each instrument, it can be seen that the normal observation form before the earthquake can be quickly restored after the co-seismic response, which proves the stability and reliability of the operation of geophysical observation equipment in the province. Through the analysis of the seismic response and recording ability of each observation instrument, it is expected to be helpful to further study the influence of these two earthquakes on the future seismic trend in Guangdong Province.

收稿日期: 2023-04-25

基金项目: 2022年度甘肃省科技重点研发计划项目: 河西走廊地震危险等级综合判定分析与应用(22YF7FA079)

作者简介: 陈贵美(1969-), 女, 高级工程师, 主要从事地震监测、数据处理及分析工作。

E-mail: 417540683@qq.com

Keywords: Sanshui *M*3.2 earthquake; Heyuan *M*4.3 earthquake; Geophysical observation; Coseismic effect

0 引言

2023年2月5日和2月11日广东省境内相继发生广东佛山市三水区3.2级地震(简称三水)、广东河源市源城区4.3级地震(简称河源)。2月5日三水地震距离广州—三水断裂约15 km,震中100 km范围内,曾发生5级以上地震5次,最大地震为1584年7月8日在广东肇庆附近发生的5.0级地震(距离本次震中52 km)。1997年9月23日,三水曾发生的3.1级地震。2月11日河源4.3级地震距离河源—邵武断裂约1 km,震中100 km范围内共发生5级以上地震4次,该断裂河源段自1959年新丰江水库大坝蓄水后,地震活动频繁,最大为1962年3月19日6.1级。

以上两次地震发生后,前者震中当地震感强烈,广州、东莞部分地区有震感;后者经向河源市相关部门负责同志电话了解,广东河源市区震感强烈。广州、深圳、佛山、惠州、汕头、梅州、河源、东莞等地网友表示有震感。系统收集和整理同震异常信息,进一步深入研究三水和河源2次

地震对广东省未来地震趋势的影响具有一定的现实意义。据以往的同震效应的有关文献和资料,对远、大地震的同震效应分析和研究的占多数,鲜少有对地方震和近震同震效应的研究,而以上2次地震对于广东地区属于地方震和近震^[1-2]。本文对广东省地球物理观测网的所有观测项目进行梳理和分析,发现重力、倾斜及水位,在这2次地震后有出现同震波形和水震波记录,且同一个监测项目在两次地震后波形形态也有所差别。下文对以上2次地方震和近震的同震响应情况进行分析。

1 地震基本参数

2023年2月5日11时38分广东佛山市三水区发生3.2级地震,震源深度8 km,地震序列类型为孤立型。2023年2月11日10时41分广东省河源市源城区发生4.3级地震,震源深度11 km,地震序列类型为主余型,河源地震震源机制解类型为走滑型,走向346°、倾角81°、滑动角-12°。主要参数见表1。

表1 地震基本参数

Table 1 Basic parameters of earthquakes

序号	发震时刻/年-月-日 T h:min:s	震中位置	震级/ <i>M_s</i>	震源深度/km	地震序列类型
1	2023-02-05 T 11:38:14	23.27°N, 112.95°E	3.2	8	孤立型
2	2023-02-11 T 10:41:42	23.76°N, 1134.64°E	4.3	11	主余型

2 观测资料情况分析

广东地球物理台网目前在观测的项目有形变、流体、电磁。三水和河源2次地震发生后能记录到同震波的有形变观测的重力、地倾斜^[3],流体观测的水位观测项目。

2.1 形变观测

三水、河源震后广东地区的深圳DZW重力,汕头、潮州、信宜和韶关的VP宽频带倾斜仪均记录到不同程度的同震波。

三水地震震后有深圳重力、潮州倾斜仪NS向和信宜倾斜仪EW向记录到同震波形,如图1、表

2。河源地震后深圳重力、汕头、潮州和韶关3台的倾斜仪NS向和EW向均记录到同震波形,见图2、表3。

2.1.1 深圳重力

深圳重力测点地处北东东向的五华—深圳断裂构造带西南尾端的东边,沿海海域有北东东向的滨海断裂带。台基主要是由古生代下石炭纪沉积岩性的砂页岩和千枚岩组成。该台距三水地震、河源地震的震中距分别为146 km、144 km。2次地震后深圳重力仪均记录到不同程度的形变波(表2、图1a、图2a)。

重力在2023年2月5日三水3.2级地震后记录到地震波到时差比2023年2月11日河源4.3级地震后记录到地震波到时差晚10 s,前者最大同震波到

表2 三水地震广东形变记录图像的主要特征

Table 2 Main characteristics of deformation record images in Guangdong during the Sanshui earthquake						
台站	观测项目	同震波到时/ h:min	到时差/s	同震波结束时间/ h:min	最大同震波到时/ h:min	最大同震波变幅
深圳	重力	11:39	54	11:41	11:40	69 μgal
潮州	垂直摆倾斜仪 NS向	11:40	138	11:42	11:41	21×10 ⁻³ "
信宜	垂直摆倾斜仪 EW向	11:39	96	11:42	11:41	8×10 ⁻³ "

表3 河源地震广东形变记录图像的主要特征

Table3 Main characteristics of deformation record images in Guangdong during the Heyuan earthquake						
台站	观测项目	同震波到时/ h:min	到时差/s	同震波结束时间/ h:min	最大同震波到时/ h:min	最大同震波变幅
深圳	重力	10:42	44	10:48	10:43	70 μgal
汕头	垂直摆倾斜仪 NS向	10:43	85	10:46	10:43	6×10 ⁻³ "
	垂直摆倾斜仪 EW向	10:43	85	10:53	10:44	51×10 ⁻³ "
潮州	垂直摆倾斜仪 NS向	10:43	85	10:46	10:44	70×10 ⁻³ "
	垂直摆倾斜仪 EW向	10:43	85	10:45	10:43	1×10 ⁻³ "
韶关	垂直摆倾斜仪 NS向	10:42	44	10:45	10:43	10×10 ⁻³ "
	垂直摆倾斜仪 EW向	10:42	44	10:46	10:43	12×10 ⁻³ "

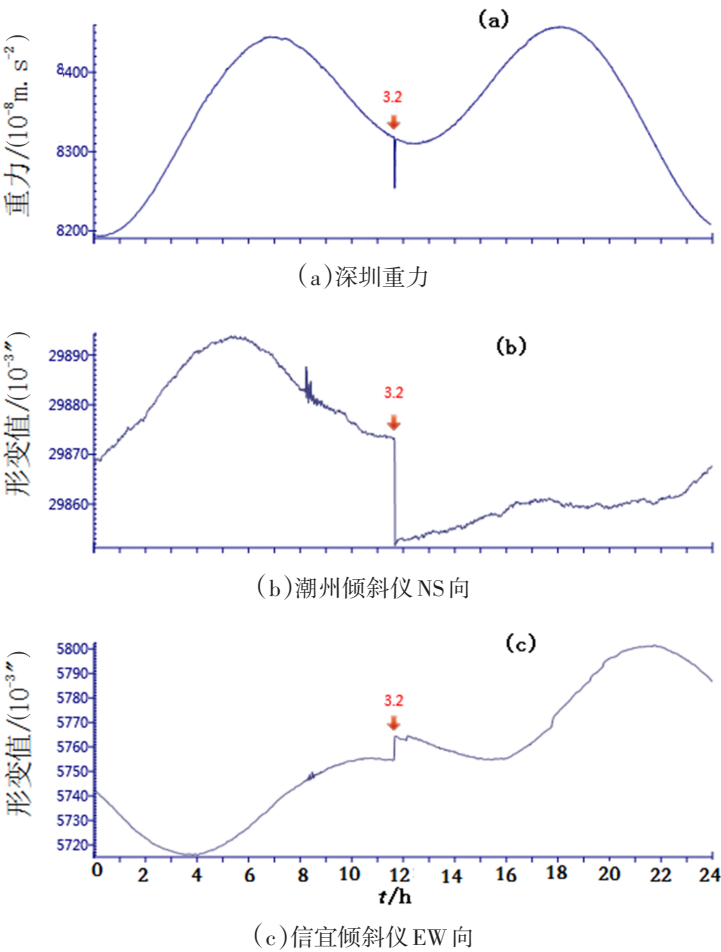


图1 广东地区2023年2月5日三水地震形变记录曲线

Fig.1 The deformation record curve of Sanshui earthquake on February 5th, 2023 in Guangdong region

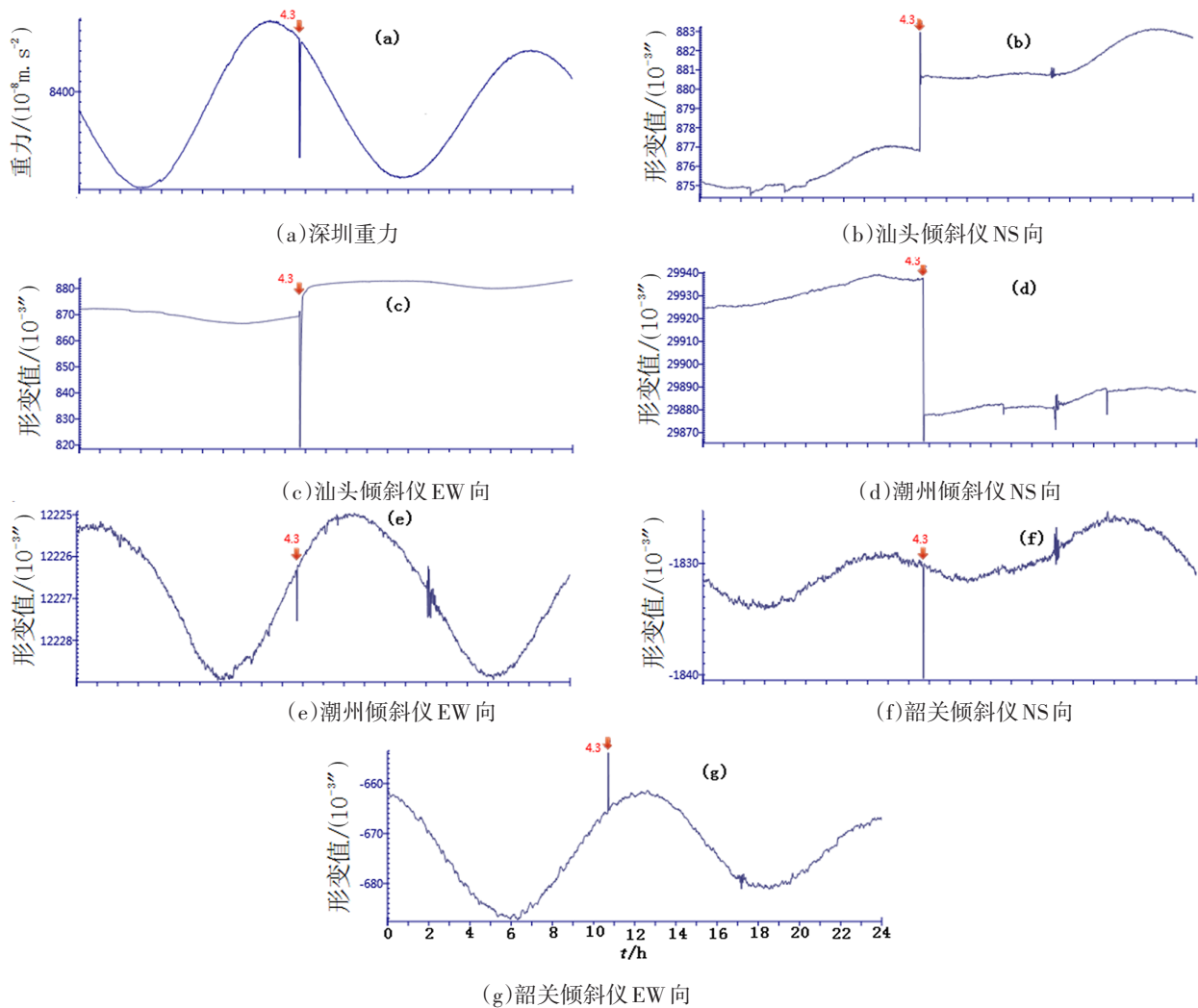


图2 广东地区2023年2月11日河源地震形变记录曲线

Fig.2 The deformation record curve of Heyuan earthquake on February 11th, 2023 in Guangdong region

时与后者相当，均在震后2 min左右出现最大振幅，最大同震波变幅前者比后者略小，为69 μgal 和70 μgal 。2个地震记录的形态相似，均为一组急降—急升的脉冲状波形。

2.1.2 潮州形变观测

潮州形变观测处于北西向韩江断裂、澄海—古巷断裂、北东向普宁—潮州断裂、炮台—磷溪断裂四条断裂带围成的菱形区之中，台基为燕山期花岗岩。该台距三水地震、河源地震的震中距分别为378 km、203 km。以上2次地震后倾斜仪均记录到形变同震波。

潮州倾斜仪NS和EW向均记录到河源4.3级地震同震波，三水3.2级地震只有NS向记录到地震波。2月5日三水地震后，倾斜仪NS向记录到地震波到时差比2月11日河源4.3级地震后记录到地震波到时差晚53 s，前者最大同震波到时与后者相当，在震后约3 min左右出现最大振幅，变化形态

二者均为一急速下降的阶变(图1b、图2d)。三水地震在震后约13 h后，河源地震震后24 h后缓慢回升，最大同震波变幅前者比后者小，为 $21 \times 10^{-3}''$ 和 $70 \times 10^{-3}''$ 。宽频带倾斜仪在EW向2月11日河源4.3级地震后记录到地震波到时差与该仪NS向一致为85 s，最大同震波变幅为 $1 \times 10^{-3}''$ ，形态为向下的脉冲状波形(见表3、图2e)。

2.1.3 汕头形变观测

汕头形变观测地处东南沿海地震带的东南端，地质构造复杂；该地区隶属汕头—惠来深断裂带；台基为第三纪浸入中粗黑云母花岗岩，并有第四纪地层覆盖。汕头台距河源地震的震中距约206 km，该台的倾斜仪记录到2月11日河源4.3级地震。

河源4.3级地震后，汕头倾斜仪NS、EW向记录到地震波到时差均为85 s，NS、EW向最大同震波到时在震后约2 min、3 min左右出现最大振幅，

最大同震波变幅为 $6\times 10^{-3}''$ 和 $51\times 10^{-3}''$ (见表3)。变化形态NS向为一急速上升后急降至约三分之一处的阶变(图2b),震后24 h后缓慢回落至震前状态。EW向小幅上升后迅速下降而后急速上升至正常曲线形态(图2c)。

2.1.4 韶关形变观测

韶关地处乳源—寻乌地震带西端,台站所在地区属中构造层,即陆相杂色碎屑建构,夹火山岩,地表出露岩层为石英砂岩,台基条件稳定。台站距河源地震的震中距约162 km,该台倾斜仪记录到2月11日河源4.3级地震。

河源4.3级地震后,该仪NS、EW向记录到地震波到时差为44 s,NS、EW向最大同震波到时在震后约2 min左右出现最大振幅,最大同震波变幅为 $10\times 10^{-3}''$ 和 $12\times 10^{-3}''$ (见表3)。NS、EW向分别为一向下和向上的尖角脉冲(图2f、图2g)。

2.1.5 信宜形变观测

信宜形变观测台在大地构造上属于粤西隆起带,位于廉江—信宜—牛卫断裂带的信宜段西北侧。台站基岩为花岗片麻岩,岩性坚硬、完好,节理不甚发育。该台倾斜仪记录到震中距约231 km的2月5日三水3.2级地震。

三水3.2级地震后,信宜宽频带倾斜仪NS向无

变化,仅EW向记录到地震波,其到时差为96 s,最大同震波到时在震后约3 min左右出现最大振幅,最大同震波变幅为 $8\times 10^{-3}''$ (见表2,图1c),表现为一上升小台阶,最大振幅后恢复原状。

2.2 流体观测

2月5日三水地震和2月11日河源地震后扫描广东地区流体学科的所有测项后发现,2月11日河源地震后仅有河源和平地电观测站的流体水位测项观测到水震波。

和平台水位观测井位于河源市江东新区和平尖下村,井深152 m。井构造部位:距河源邵武断裂4 km,兰塘群及白垩系地层构造。井孔工区处于河源盆地中部的丘陵地带。钻孔上部土层为残积土,下部基岩为侏罗纪下统金鸡组红色砂岩。地下水埋藏类型主要为孔隙水。该井水位观测始于2017年12月,仪器为ZKGD3000-NL型数字水位观测仪。其水位动态变化主要受季节性(如降雨)变化较大。该井距河源4.3级地震的震中距约8 km。水位在2023年2月11日河源4.3级地震后,出现一尖角状脉冲阶变,最大振幅为0.003 m,水位在震时出现快速上升,1 h后在10时42分达最高值,之后恢复震前状态(图3)。

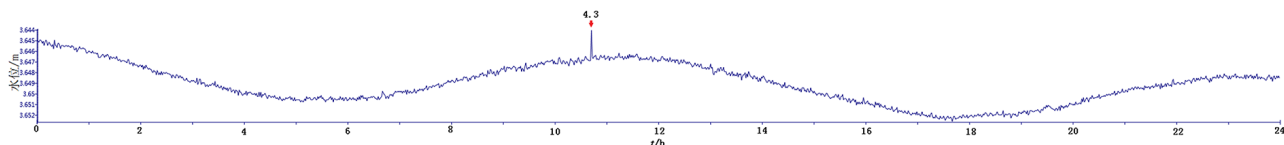


图3 河源4.3级地震后和平水位观测井水位变化曲线

Fig.3 Change curve of water level of Heping water level observation well after Heyuan M4.3 earthquake

3 同震及水震波的几点认识

通过对广东地区地球物理观测项目资料的整理和分析,发现2023年2月5日三水3.2级地震和同月11日河源4.3级地震后,记录到了重力、地倾斜和水位的异常变化,在2次地震后所引发的同震震波及水震波有相同之处也有差别,下面对相同点与不同点分述之。

相同点:深圳重力仪、潮州垂直摆倾斜仪NS向在三水和河源2次地震均记录到同震震波。重力仪记录到变化幅度较大、较清晰的同震震波,倾斜仪记录到同震阶跃,但持续时间相对较短。倾斜仪正常波动时有明显的固体潮,地震波到时后

固体潮畸形变化或消失,地震波基本衰减后,出现明显固体潮。

不同点:重力仪、潮州垂直摆倾斜仪NS向在三水和河源2次地震后,前者较后者引起的同震波波幅小;信宜垂直摆EW向记录到三水地震同震波,河源地震记录不到;潮州垂直摆倾斜仪EW向、汕头和韶关垂直摆,只记录到河源地震同震波,而三水地震无记录,流体学科仅记录到离河源4.3级地震震中最近的和平水位观测井的水震波。

各测项记录的动态不一,重力2次地震均表现为清晰完整的向下的脉冲状;形变的潮州垂直摆NS向变化形态2者均表现为突降阶变,EW向则表现为向下的脉冲状;汕头垂直摆NS和EW向表现

为急升和缓升而后急降的阶变；韶关NS、EW向表现为急降和急升的尖角脉冲。信宜EW向表现为一上升小台阶；和平台水位表现为一急升然后急降为正常的尖角状脉冲阶变。

重力仪和垂直摆倾斜仪在2次地震后出现了较明显的差别，这可能与震级、震中距、震源深度、震源破裂方向等因素有关^[4]。

4 结语

(1)重力、形变观测仪器能在震后很快记录到清晰完整的同震波形，说明测点形变观测仪器对地震具备较好的记录能力，优良的台基条件和观测环境为高精度观测质量提供基础。各仪器记录曲线在同震响应后能快速恢复到震前正常观测形态，无阶跃、零漂，速率也无明显变化。证明了定点形变观测设备运行的稳定性和可靠性，为开展地球固体潮观测和大地形变研究提供了保证；

(2)水井含水层系统对地方震和近震的响应主要是体波的振动，体波的振动周期一般为几秒^[5]。井水位同震幅度与含水层岩性有直接关系。井含水层岩性较硬者，如花岗岩渗透性较差^[6]。同一口井井水位总是以其固有的方式响应，而触发能量大小的地震波，则受震级和井震距的影响^[7]。

通过对广东地球物理台网各测项的记震能力，同震效应的分析，有利于科学地使用形变、流体

资料提取可靠的前兆异常信息。对于追溯地震前兆，识别前兆异常，预测后续地震等具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] 广东省地震局. 广东省地震监测志—中国地震监测志系列[M]. 北京:地震出版社,2005.
- [2] 高小其,陈华静,杨又陵,等. 2004年12月26日印尼8.7级强震新疆地区的同震效应[J]. 地震地磁观测与研究,2006,27(3):40-45.
- [3] 陈贵美,谭争光,刘锦,等. 广东数字化形变观测资料质量评价[J]. 华南地震,2022,42(1):7-14.
- [4] 袁媛,赵文舟,陈军,等. 2011年3月11日本9.0级强震上海地区同震效应分析[J]. 华南地震,2014,34(1):38-42.
- [5] 付虹,刘丽芳,王世芹,等. 地方震及近震地下水同震震后效应研究[J]. 地震,2002,22(4):55-66.
- [6] 毛巍颖. 云南思茅大寨井与大理月溪井水位同震响应对比分析[J]. 华南地震,2022,42(1):31-37.
- [7] 曹梦涵,薛莲. 井水位同震响应特征与机理研究进展[J]. 地震研究,2022,46(2):173-186.