

刘锦, 陈大庆, 邵叶, 等. 广东阳西井水位观测异常判定[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 83–89. [LIU Jin, CHEN Daqing, SHAO Ye, et al. Judgment of Groundwater Level Anomaly in Yangxi Well, Guangdong Province [J]. South China journal of seismology, 2019, 39(S1): 83–89]

## 广东阳西井水位观测异常判定

刘 锦, 陈大庆, 邵 叶, 刘吉平

(广东省地震局, 广州 510070)

**摘要:** 2018 年 2 月 4 日至 2 月 21 日阳西台水位出现短期异常, 通过数据变化特征的分析、野外调查、抽水实验、数据比对观测分析, 排除仪器故障、降雨干扰, 汽车站水井抽水等干扰因素, 认为此次异常与阳西新湖震群活动、阳西 3.7 级地震相关。

**关键词:** 阳西 3.7 级地震; 水位; 异常; 抽水实验

**中图分类号:** P315.7      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-8662(2019)S1-0083-07

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2019.S1.0014

## Judgment of Groundwater Level Anomaly in Yangxi Well, Guangdong Province

LIU Jin, CHEN Daqing, SHAO Ye, LIU Jiping

(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

**Abstract:** From February 4<sup>th</sup> to February 21<sup>st</sup>, 2018, there was a short-term groundwater level anomaly at Yangxi Station. By the analysis of data variation characteristics, field investigation, pumping experiment and data comparative observation, the interference factors such as instrument failure, rainfall interference and water well pumping at bus station are eliminated. It is considered that the anomaly is related to the activity of Yangxi Xinhu earthquake swarm and Yangxi M3.7 earthquake.

**Keywords:** Yangxi M3.7 earthquake; Groundwater level; Anomaly; Pumping experiment

收稿日期: 2019-02-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(41604055)资助

作者简介: 刘 锦(1970-), 女, 高级工程师, 主要从事地震分析预报研究。

E-mail: 1548173006@qq.com.

## 0 引言

地下水位作为流体学科重要的物理观测量,是一个包含大气降水、气压、固体潮、地应力场等多种影响因素的复合参数<sup>[1-2]</sup>,通过水位观测可以捕捉到一些与地震相关的前兆信息,但是天文、水文气象等因素成为影响地震前兆异常判断的重要因素<sup>[3-5]</sup>。2018年2月阳西台水位出现与降雨不协调的上升异常,本文通过数据变化特征、抽水实验、阳江井水位观测数据比对分析,对异常判断提供依据,为进一步研究积累经验。

## 1 观测背景

### 1.1 区域地质构造背景

阳西井位于阳江市阳西县织笪镇内,阳江地区构造以北东向和北西向断裂为主,主要断裂为北东向吴川—四会断裂和北西向洋边海断裂<sup>[6]</sup>。观测井位于上述两断裂的交汇区附近<sup>[7]</sup>。阳江地区是现代我省陆区地震活动水平较高的地区,历史上曾发生4次5级以上地震,最大为1969年7月26日阳江6.4级地震<sup>[8-10]</sup>,为广东省有仪器记录以来陆区最大地震(图1)。

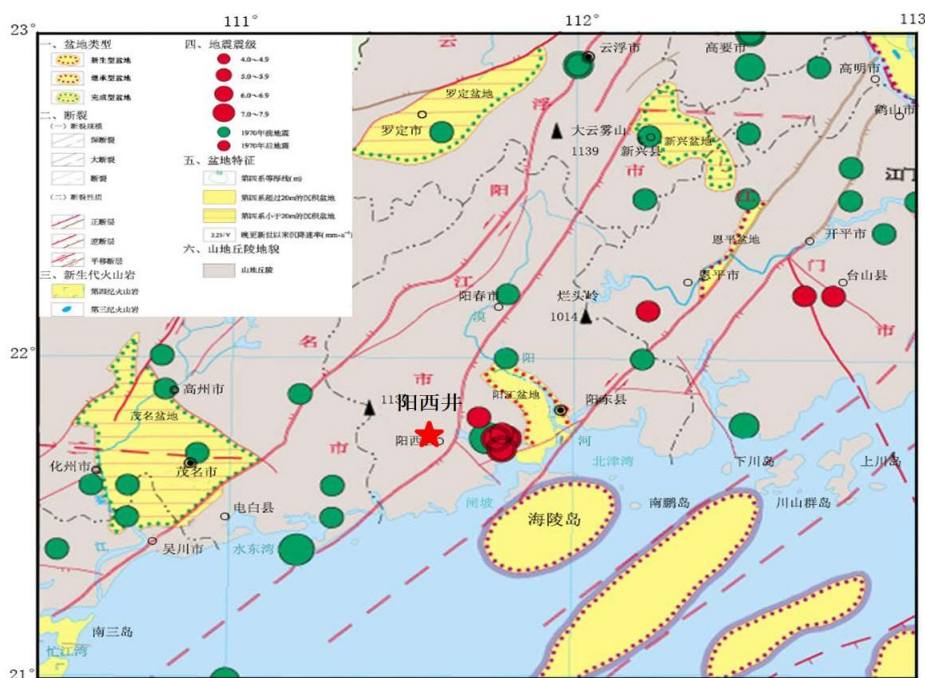


图1 阳江地区地震构造分布和阳西井位置图

Fig.1 Seismic tectonic distribution and location map of observation well in Yangjiang area

### 1.2 观测井概况

#### 1.2.1 观测井概况

井孔所取的基岩主要为长石石英砂岩变质后产生的混合岩化浅粒岩。井孔总深 121.46 m。井孔孔径:由地表算起从 0~8.30 m 为  $\Phi 168$  mm, 8.30~28.81 m 为  $\Phi 150$  mm, 28.81~60.20 m 为  $\phi 130$  mm, 60.2~121.46 m 为  $\Phi 110$  mm。井孔护壁情况从地表算起 0~8.30 m 下  $\Phi 168$  mm 套管下入  $\Phi 146$  mm 长效止水无缝钢套管后,拔起; 0~28.81 m 下  $\Phi 146$  mm 长效止水无缝钢套管; 28.81~121.46 m 为裸孔。在孔深 120 m 处用氢氟酸测斜仪测定孔斜为 1 度。观测层地下水埋藏类型以混合型水为主。上部止住地表水孔径为 146 mm, 地下过水段

孔径为 130~110 mm。井孔水 PH 值为 7.2, 属中性水<sup>[7]</sup>。

#### 1.2.2 台站观测系统介绍

阳西井为地下流体观测井。主要有水位、水温及气象三要素共 5 个测项。观测采用 DRSW 系列综合观测仪及传感器。

#### 1.2.3 观测资料

阳西观测井属阳江市地震局的无人值守观测井,建于 2006 年 10 月,水位资料效能评估为 C 类。2011 年以来观测数据比较稳定,该井水位观测受降雨影响大,井水位变化与降雨相关性较好,年变呈现夏高冬低的年变。

2 阳西井水位异常变化

阳西井水位 2018 年 2 月 4 日至 2 月 20 日在未记录到降雨的情况下出现的多次升高-回落过程

曲线，最大升高幅度为 0.44 m。相同时间段在距离阳西井 40 km 的阳江井水位变化则为正常，未出现类似的异常变化(图 2)。

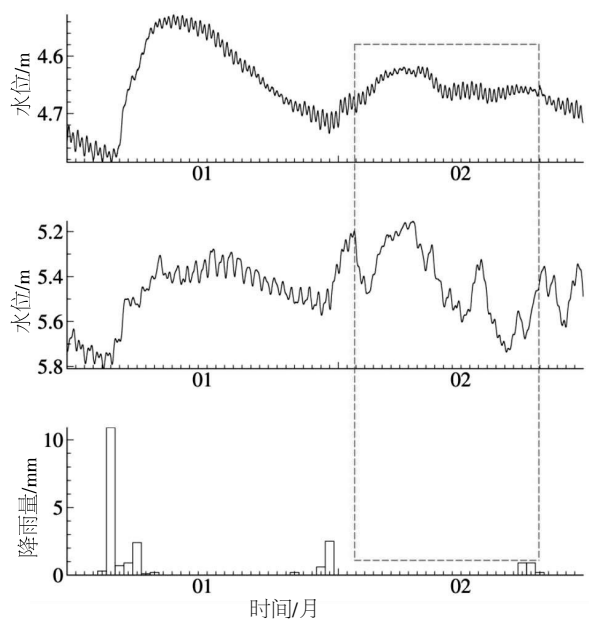


图 2 阳江井水位、阳西井水位、降雨量 2018 年 1 月至 2 月观测曲线  
Fig.2 Observation curves of groundwater level of Yangjiang and Yangxi wells and rainfall from January to February 2018

3 水位观测异常干扰分析

3.1 观测仪器

阳西井出现不明原因变化，于 2018 年 3 月通过同层观测数字水位仪 ZKGD3000-NL 进行同步对

比观测。安装前对仪器进行过测试，仪器数据稳定，记录数据准确。两套仪器观测数据变化完全同步，并且变化幅度几乎一致(图 3)。从而可以排除仪器方面的影响，证明仪器记录的数据是真实可信的。

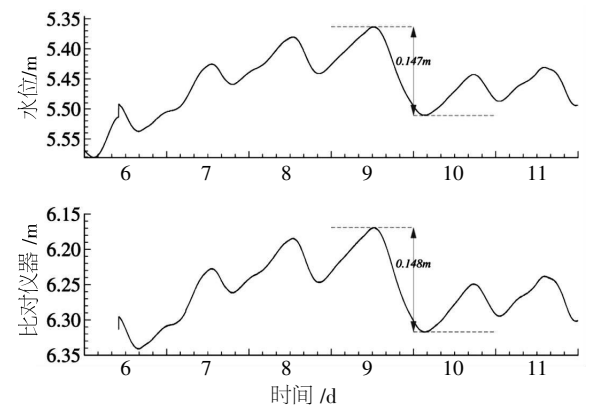


图 3 阳西水位及对比观测数据 (2018-03-06~2018-03-11)  
Fig.3 Water level of Yangxi well and comparative observation data (2018-03-06~2018-03-11)

3.2 观测环境

测井周围 4 km 范围内没有水库；周边没有河流；阳西井周围 4 km 范围内楼盘建设工地 14 处、抽取地下水一处(图 4)。工地开始施工大多始于

2015 年左右，2018 年春节期间(2018 年 2 月 10 日至 3 月 5 日)周围工地停工放假。建设单位表示施工用水使用自来水，未抽取地下水，这些工地施工建设如果抽水可能会引起井水位下降，而春节期间

周边工地假停工期间，井水位应该系统上升，但实际情况是春节期间出现了多次水位下降(例如，2月8~15日、17~20日)(图2)，无法解释水位变化，因此工地施工干扰不是阳西井水位异常的主要因素。

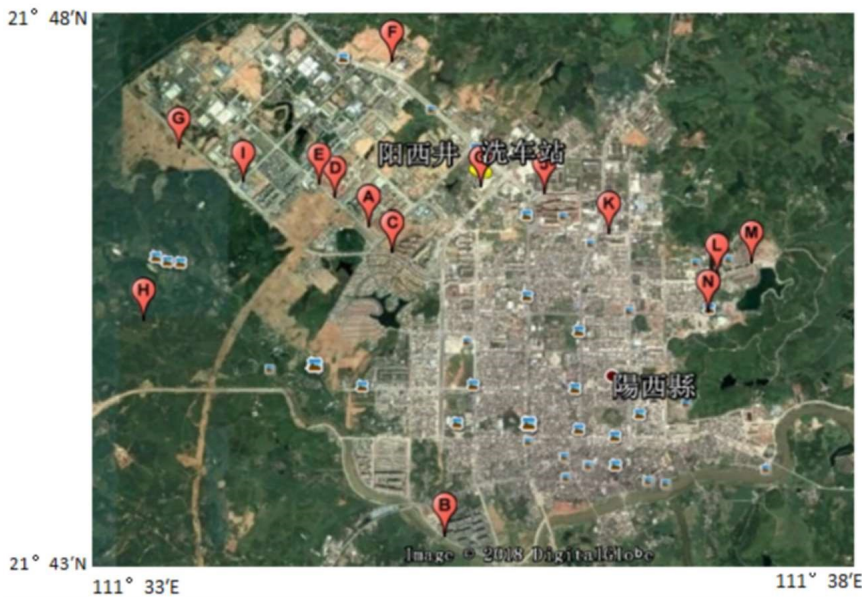


图4 阳西井周边的在建工地分布图  
Fig.4 Distribution map of construction sites around Yangxi Well

3.3 地下水开采

阳西汽车总站附近有一口洗车用的抽水井，距离阳西井 50 m(图4)，建于2017年3~4月间，抽水井井深度约20 m左右，每天抽水量约10~20立方左右，且不定时的自动抽水(水池降至低位时自动启动)，具体的抽水时间不固定。为验证该车场抽水影响，进行了多次抽水试验：2月23日~3月5日的4次试验是由车站员工记录抽水量和抽水时间，抽水结果见表1。3月9日持续抽水3小时，记录结果见表2。从图5可见，2月25日、3月1日和3月9日抽取地下水时井水位上升，抽水后水位下降，无法区分是否日变所致。3月5日抽水时井水位下降减速，抽水后水位上升。总体结果是阳西车站洗车井抽水对观测井水位影响不明显，可能主要原因是洗车井只有20 m深，与观

测井含水层处于不同层位所致。但可以确认汽车站抽水不是水位异常的主导因素。

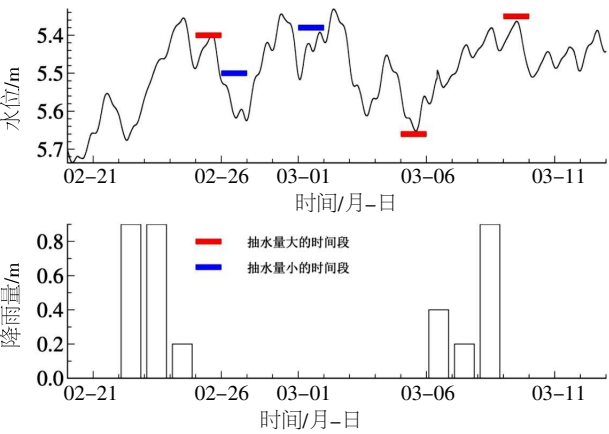


图5 阳西车站抽水对观测水位的影响  
Fig.5 Effect of pumping water on water level observation at Yangxi Station

表1 阳西汽车站洗车用水井抽水量

Table 1 Pumping volume for car washing at Yangxi Bus Station		
日期	水表读数	抽水量/(m³)
2007-02-24	2376	
2007-02-25	2449	73
2007-02-26	2463	14
2007-03-01	2476	13
2007-03-05	2571	95

3.4 降雨干扰

图6为统计阳西水位2015年升高时间超过2天的升高幅度、持续时间、降雨量之间的关系，其中降雨量考虑到水位的滞后实际为升高前一天到升高结束的降雨量总和，图中可以看到2015-01-01~2017-04-12第一个阶段水位升高幅度和降雨量有较好的对应关系，相关系数为0.60；

2017-04-12~2017-09-14 第二个阶段水位升高幅度和降雨量无显著的关系, 相关系数下降为 0.48; 2017-09-14~2018-03-08 第三个阶段出现多次无大的降雨量的情况下水位出现升高, 升高幅度和降雨量无明显的关系, 相关系数也进一步下降为 0.34。从以上三个阶段水位升高幅度与降雨量的关系可以看出, 2017 年 4 月 12 日前水位升高幅度和降雨量有较好的线性关系, 降雨量越大水位升高幅度越大, 2017 年 4 月 12 日后这种关系下降, 特别是 2017 年 9 月 14 日后出现多次无大的降雨量的情况下水位出现升高。水位的升高不再全部受控于降雨似乎叠加了其它的因素。

3.5 数据处理分析

3.5.1 整体形态分析

图 7 为 2015、2016 年阳江、阳西水位整点值曲线。从中可见, 除 2016 年 8~9 月间几次更换主机引起阳西水位数据大幅度突跳外(图 7 红色框时间段), 其余时段两口井水位数据同步性非常好, 都是受降雨突升, 后缓降。2017 年 1~12 月阳西水位总体主要仍受降雨影响(图 8), 但从 4 月中旬以后阳西井水位和阳江井水位不同步, 特别是 2017 年 9 月以后阳西井水位数据出现了不规则的升降异常变化(图 8)。从整体变化形态上阳西水位分为 2 个阶段:

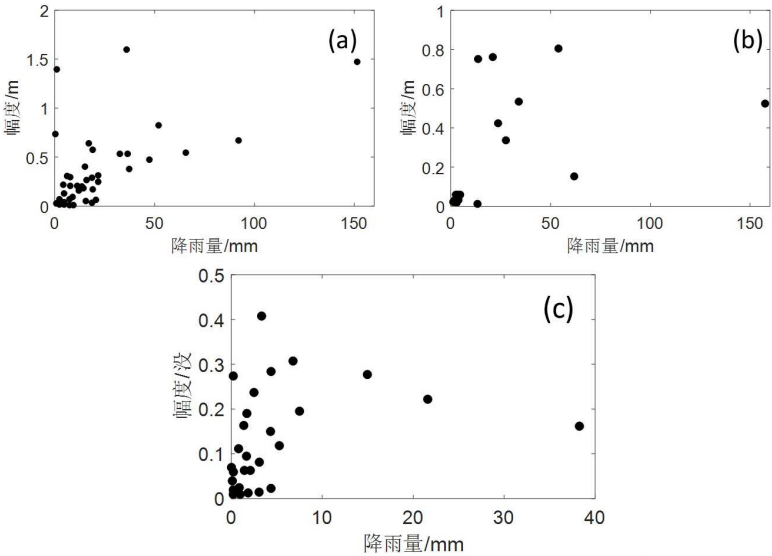
阶段一: 2015-01~2017-04 阳西水位和阳江井水位变化形态高度一致;

阶段二: 2017-09~2018-03 阳西水位叠加了多次数天周期的升高-回落或者下降-回升的过程。

表 2 阳西汽车站洗车用水井抽水时间及抽水量  
(2018 年 3 月 9 日)

Table 2 Pumping time and volume for car washing at Yangxi bus station (March 9, 2018)

序号	抽水时间/h:min	抽水量/m <sup>3</sup>	水表读数/m <sup>3</sup>
1			2609.38
2	10:08		
3	10:18	0.26	2609.64
4	10:28	0.33	2609.97
5	10:38	0.33	2610.30
6	10:48	0.34	2610.64
7	10:58	0.33	2610.97
8	11:08	0.33	2611.30
9	11:18	0.34	2611.64
10	11:28	0.33	2611.97
11	11:39	0.33	2612.30
12	11:49	0.31	2612.61
13	11:59	0.34	2612.95
14	12:10	0.33	2613.28
15	12:20	0.33	2613.61
16	12:30	0.33	2613.94
17	12:40	0.32	2614.26
18	12:50	0.33	2614.59
19	13:00	0.32	2614.91
20	13:10	0.33	2615.24
21	13:20	0.32	2615.56
22	13:30	0.32	2615.88
23	13:40	0.33	2616.21
24	13:50	0.32	2616.53
25	14:00	0.32	2616.85
26	14:10	0.32	2617.17
27	14:21	0.33	2617.50
28	14:31	0.32	2617.82
29	14:41	0.32	2618.14
30	14:51	0.32	2618.46



(a) 2015-01-01~2017-04-12; (b) 2017-04-12~2017-09-14; (c) 2017-09-14~2018-03-08

图 6 阳西水位升高幅度、降雨量之间的关系图

Fig.6 The relationship between the rising range of water level and rainfall in Yangxi

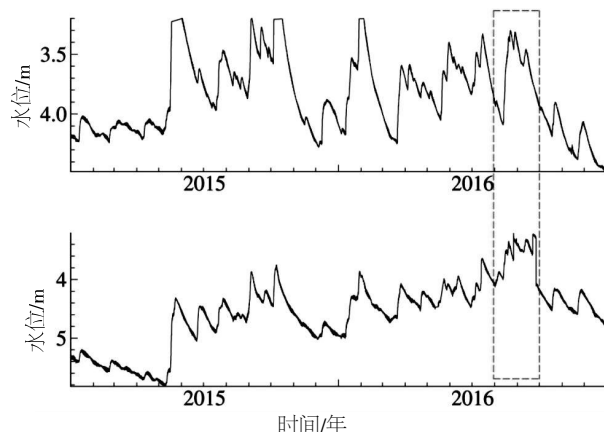


图7 阳江、阳西井水位 2015、2016 年整点值

Fig.7 Integer value of groundwater level in Yangjiang and Yangxi in 2015 and 2016

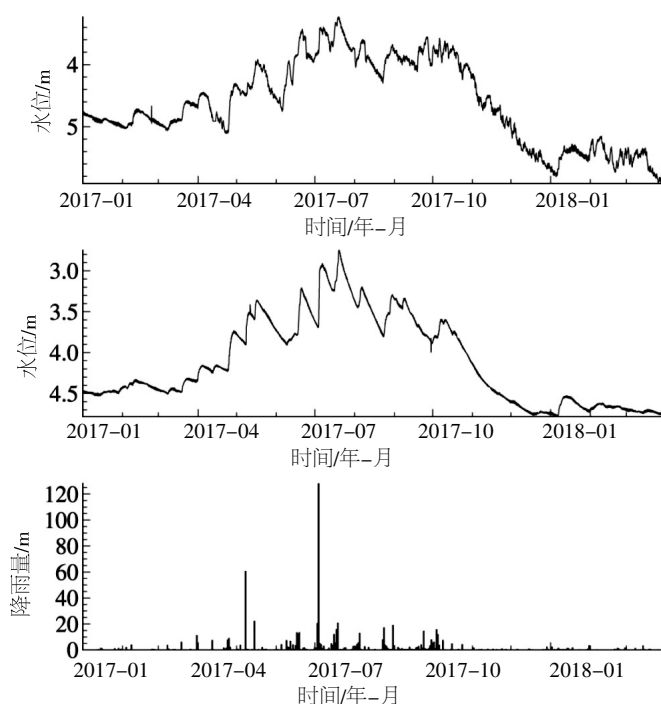


图8 阳江、阳西水位、降雨量(日值)观测曲线图(2017-01~2018-03)

Fig.8 Daily observation curves of groundwater level and rainfall in Yangjiang and Yangxi (2017-01~2018-03)

### 3.5.2 数据小波分析

图9为利用db5小波基对阳西水位2015年以来的整点值的小波分析结果。从细节D5上能明显分辨出在2017年4月后增加了某种高频成分,而之前的数次突跳点查询观测日志多是由于仪器故障引起。

## 4 结语

(1) 现场调查显示,观测仪器工作正常。对比观测5天的结果显示,两套仪器变化形态、幅度完全一致,排除了仪器的问题。

(2) 从变化形态上看2017年4月后阳西的水

位观测分为2个阶段:

阶段一:2015-01~2017-04 阳西水位和阳江井水位变化形态高度一致;

阶段二:2017-09~2018-03 阳西水位叠加了多次升高-回落或者下降-回升的异常变化。

2017年4月前水位升高幅度和降雨量有较好的线性关系,降雨量越大水位升高幅度越大,2017年4月后这种关系减弱,特别是2017年9月后出现多次无大的降雨量的情况下水位升高。水位的升高不再全部受控于降雨而似乎叠加了另外的导致升高的因素。通过研究水位的细节变化,发现2017年4月以前水位升高的时间较短,而下



降持续的时间较长,符合受降雨影响的变化特征。而 2017 年 4 月之后升高和下降的时间基本是差不多的,不符合受降雨影响的变化特征,受控于其它因素的作用。

(3) 周边 4 km 范围内工地 14 处,多数在

2015 年开始施工。此外,2018 年春节期间的(02-10~03-06)大批建筑工地停止施工,亦可能存在减少工地抽用地下水的情况,但其间又出现了几次水位下降的现象,不能用春节工地停工来解释水位变化,排除施工干扰。

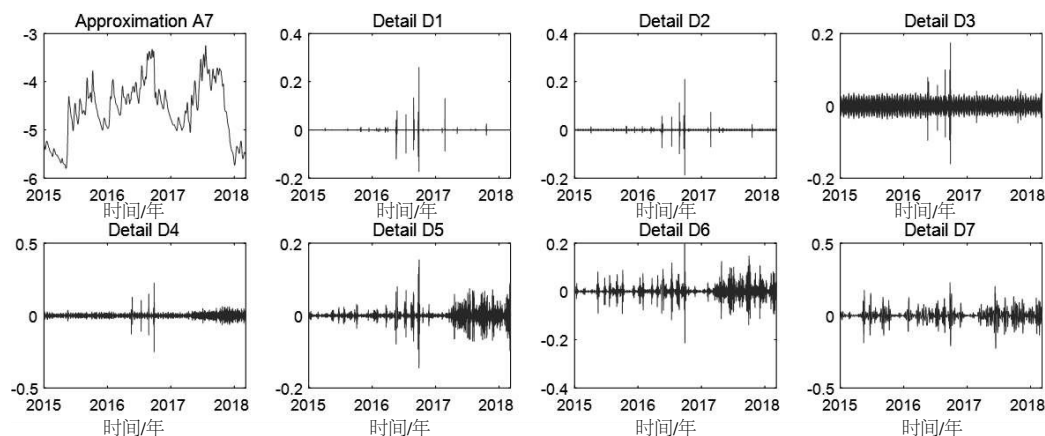


图9 阳西井水位 2015 年来整点值小波分析

Fig.9 Integer-value wavelet analysis of groundwater level in Yangxi since 2015

(4) 观测井的东南方向距离小于 50 m 处有阳西车站洗车抽水井,该水井深 20 m,经过多次的抽水实验发现:未见阳西车站洗车井抽水对观测井水位的直接影响,洗车井日常抽水不是异常的直接因素。

(5) 阳西地区出现震群活动,从 2018 年 2 月 11 日开始,截止到 3 月 20 日 7 时,阳西新湖水库共发生  $M_L \geq 0.0$  级地震 182 次,其中,  $M_L$  0.0~0.9 级 95 次,  $M_L$  1.0~1.9 级 76 次,  $M_L$  2.0~2.9 级 8 次,  $M_L$  3.0~3.9 级 2 次,  $M_L$  4.0~4.9 级 1 次,最大为 3 月 20 日库区中北部的 3.7 级地震,与异常井距离近 14 km,与阳西水位异常同步。

综合以上分析认为:2018 年 2 月出现的异常变化不是仪器故障、降雨、春节工地停工,或汽车站水井抽水等干扰所致,而是与附近的新湖水库震群活动活动同步。通过数据变化特征的分析、野外调查、抽水实验、数据比对观测初步确定本次异常为阳西新湖震群活动异常,同时也可能叠加了一些外部干扰。

## 参考文献:

- [1] 中国地震局监测预报司. 地下流体观测技术[M]. 北京:地震出版社,2010.
- [2] 王吉易,董守玉,陈建民,等. 地下流体地震预报方法[M]. 北京:地震出版社,1997.
- [3] 车用太,鱼金子,等. 地下流体典型异常的调查与研究[M]. 北京:气象出版社,2004.
- [4] 万登堡. 云南地下水动态短临指标体系研究[J]. 地震研究,1992,15(4):381-391.
- [5] 张清秀,陈莹,李毅伟,等. 福建仙游郊尾井水位、水温异常成因探讨[J]. 华南地震,2018,38(2):8-16.
- [6] 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.
- [7] 广东省地震局. 广东省地震监测志 [M]. 北京:地震出版社,2005.
- [8] 叶秀薇,闻则刚,邱奕超,等. 2004 年阳江 4.9 级地震破裂方位角研究 [J]. 大地测量与地球动力学,2006,(4):102-106.
- [9] 钟贻军,任镇寰. 1969 年阳江 6.4 级地震发震构造研究 [J]. 大地测量与地球动力学,2003,23(4):92-98.
- [10] 韩晓雷,哈里白,戴勇,等. 通辽井水位和水温动态变化影响因素分析[J]. 华南地震,2017,37(1):49-53.