

湖北省潮汐形变观测异常及干扰识别<sup>\* 1</sup>孙伶俐<sup>1,2)</sup> 李明<sup>1,2)</sup> 蒋玲霞<sup>1,2)</sup> 罗俊秋<sup>1,2)</sup> 戴苗<sup>1,2)</sup> 马武刚<sup>1,2)</sup>

(1)湖北省地震局,武汉 430071

(2)中国地震局地震研究所(地震大地测量重点实验室),武汉 430071)

**摘要** 对2003—2013年湖北省数字化定点形变潮汐观测中的突跳、阶变、震颤等异常的分析发现,气象因素对形变潮汐观测的影响复杂:1)不同气压场控制影响形变观测的异常形态不同,但响应频率一致;2)台风对形变观测的秒值和分钟值数据在1~4秒和2~4分钟较高频段均有响应;3)台址条件不同,降雨对形变观测产生的畸变影响不同。影响范围一般在0~全日波频段且存在较大的噪声;4)短时大气温度变化对形变观测有一定影响,会使曲线发生抖动或暂态波动,在64~128分钟和128~256分钟较低频段上有响应。水库冲沙、水库蓄水、土石开挖等环境荷载变化对分钟值观测曲线产生明显阶跃、抖动型实时畸变。人员进洞、施工、仪器标定检修等人为活动对观测曲线的影响可直接识别。

**关键词** 定点形变;潮汐观测;干扰因素;响应频率;气象

**中图分类号**:P315.72+5

**文献标识码**:A

## ANOMALY RECOGNITION OF TIDAL DEFORMATION AND DISTURBANCE FACTORS IN HUBEI PROVINCE

Sun Lingli<sup>1,2)</sup>, Li Ming<sup>1,2)</sup>, Jiang Lingxia<sup>1,2)</sup>, Luo Junqiu<sup>1,2)</sup>, Dai Miao<sup>1,2)</sup> and Ma Wugang<sup>1,2)</sup>

(1) Earthquake Administration of Hubei Province, Wuhan 430071

(2) Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Seismology, CEA, Wuhan 430071)

**Abstract** We scanned the anomaly phenomenons including rush kick, step change, tremor, etc. on digital fixed-deformation tidal data in Hubei province from 2003 to 2013. Meteorological factors had complicated impacts on the deformation tidal data: 1) Different pressure fields had different abnormal morphology in deformation observation, but they had the same response spectrum; 2) The response of typhoon to deformation observation lied in second and minute sampling data on higher frequency from 1 to 4 seconds and 2 to 4 minutes; 3) Different environment of observation sites could receive different distortion signals. The spectrum ranged from 0 to diurnal wave had large noise; 4) Atmospheric temperature changes at short time had certain effect on data with quiver or transient fluctuation, and response on low frequency from 64 to 128 minutes and 64 to 256 minutes. Environment changes as sand scouring, reservoir storage change, surface load change would produce real-time distortions of step and jitter type on the tidal observation data. In addition, human activities effects involved personnel into the hole, construction, instrument calibration and repair etc. could be identified directly.

**Key words**: fixed deformation; tidal observation; disturbance factor; frequency response; weather

\* 收稿日期:2012-10-23

基金项目:中国地震局三结合课题(1829-02);武汉市科技计划项目[2013060501010166];中国地震局震情跟踪合同制项目(2011020205,2012020304);中国地震局地震研究所所长基金(IS200946086)

作者简介:孙伶俐,女,1977年生,工学硕士,工程师,主要从事形变观测与地震预测研究工作. E-mail: Sunll777@sina.com

## 1 引言

地应变、地倾斜等定点形变测量指标能直接反映地壳介质的微动态变化,捕捉到地壳介质破裂前的力学变化信息,观测优势在  $10^{-6} \sim 10^{-10}$  量级,适用于监测地震的中短和短临阶段的前兆<sup>[1]</sup>。但是,目前的地震前兆观测中存在不少干扰因素,有些干扰因素目前人们尚无法察觉和排除,从而造成对地震前兆异常判断的失误,同时一些新的前兆异常也往往淹没在干扰之中。因此对干扰因素的排除是进行前兆异常识别与提取、验证已有的地震前兆方法、寻找新的地震前兆<sup>[2]</sup>的必经之路。

表1 湖北省形变台网固定测点在网仪器统计表

Tab.1 Statistics of basic parameters of main instruments at fixed-deformation stations in Hubei province

测点名	台基地质条件	测项	仪器类型	仪器套数	观测起始年
武汉九峰台	泥盆系五通组石英砂岩	重力、钻孔倾斜	DZW、CZB-1	2	2007
武汉狮子山台	泥盆系中原层石英砂岩	水管倾斜、摆式倾斜、洞体应变	DSQ、VS、SS-Y	3	2007
宜昌地震台	白垩系下统石门组砾岩	重力、水管倾斜、摆式倾斜、洞体应变、钻孔应变	DZW、DSQ、VS、SS-Y、YRY-4	5	2001
麻城地震台	大别期混合花岗岩	水管倾斜、摆式倾斜、洞体应变、钻孔应变	DSQ、VS、SS-Y、YRY-4	4	2001
黄梅地震台	燕山期花岗岩	重力、水管倾斜、洞体应变	DZW、DSQ、SS-Y	3	2001
襄樊地震台	三迭系厚层灰岩	钻孔应变	YRY-4	1	2007
黄石地震台	二叠系下统硅质灰岩	地倾斜、洞体应变	DSQ、SS-Y	2	2007
十堰地震台	元古界武当群片岩	重力、地倾斜、洞体应变	DZW、DSQ、SS-Y	3	2007

## 3 典型干扰源引起的固体潮畸变

### 3.1 气象因素

1) 高压与低气压产生的影响不同<sup>[3]</sup>。高压时表现为抖动,低压则为颤动。对气压的响应频段为分钟值,小波分析结果显示在 64 ~ 128 分钟相同频段与气压数据变化特征对应。定点形变潮汐观测对气压的响应频段为分钟值。

2) 台风对秒值采样观测数据的影响<sup>[4,5]</sup>主要表现为抖动(图1)。利用小波分析发现数据在 1 ~ 2 秒和 2 ~ 4 秒频段上对台风响应强烈,形态呈纺锤状;

台风对分钟值采样观测数据的影响表现为微震颤。图2为 2011-05-28—29 日“桑达”台风对宜昌台 VS 型垂直摆分钟值观测的影响。图中显示,用小波方法提取后,在 2 ~ 4 分钟频段上数据对台风的响应形态呈纺锤状,但表征不如秒采样的清晰。

3) 降雨影响主要分布在 0 ~ 全日波段范围内且存在较大的噪声。2007—2013 年湖北省武汉、黄石、

为此,本文对湖北省形变台网 2003—2013 年数字化观测资料中的畸变形态进行了排查与分类,得出了典型干扰源的种类、形态及特征等。

## 2 湖北省形变台网观测情况

湖北省形变台网现有固定台站 7 个、观测点 9 个。观测项目包括地倾斜、洞体应变、钻孔应变、台站重力等;观测仪器有 DSQ 型水管倾斜仪、VS 型垂直摆倾斜仪、CZB-1 竖直摆倾斜仪、SS-Y 型因瓦棒伸缩仪、YRY-4 型分量式钻孔应变仪、DZW 型微伽重力仪等 5 种类型(表1)。

麻城等台站的地倾斜、地应变类仪器对降雨影响表现十分敏感,影响时段大部分集中在每年的 4—8 月,畸变形态多为抖动或阶变。通常随着降雨的发生或停止会持续 1 ~ 2 天<sup>[6]</sup>。麻城台的地应变观测随降雨的发生同步抖动,分钟值曲线日变规律发生改变,并伴随有高频成分,速率与加速度也有所改变。

4) 气温对形变固体潮的影响一般反映台址条件受地温的控制,干扰因素的卓越周期为年周期。气温瞬时剧烈变化对洞体应变观测有一定影响<sup>[7]</sup>,如 2009 年 7 月 22 日日全食发生时,当地气温由最高 37.6℃ 降低至 26.6℃ (温差达 11℃),黄梅台洞体应变仪 NS/EW 分量分钟值原始数据的小波分析结果在 128 ~ 256 分钟频段出现暂态波动(图3),与当地气温的小波分析结果相对应。

### 3.2 环境荷载变化的影响

#### 1) 水库冲沙

宜昌形变观测台距黄柏河 0.6 km、距葛洲坝水库 6.4 km、三峡水库 30 km,该台受这 3 处水库泄

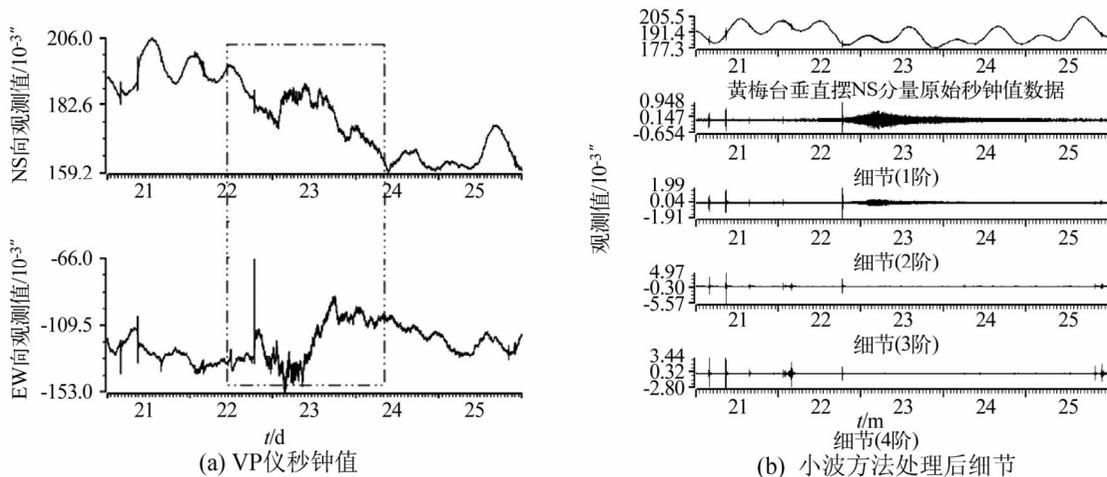


图1 黄梅台垂直摆倾斜仪秒值观测曲线对台风的反映(2007-04-21—25日)

Fig. 1 Response for typhoon of second value data on vertical pendulum tiltmeter at Huangmei station(2007-04-21—25)

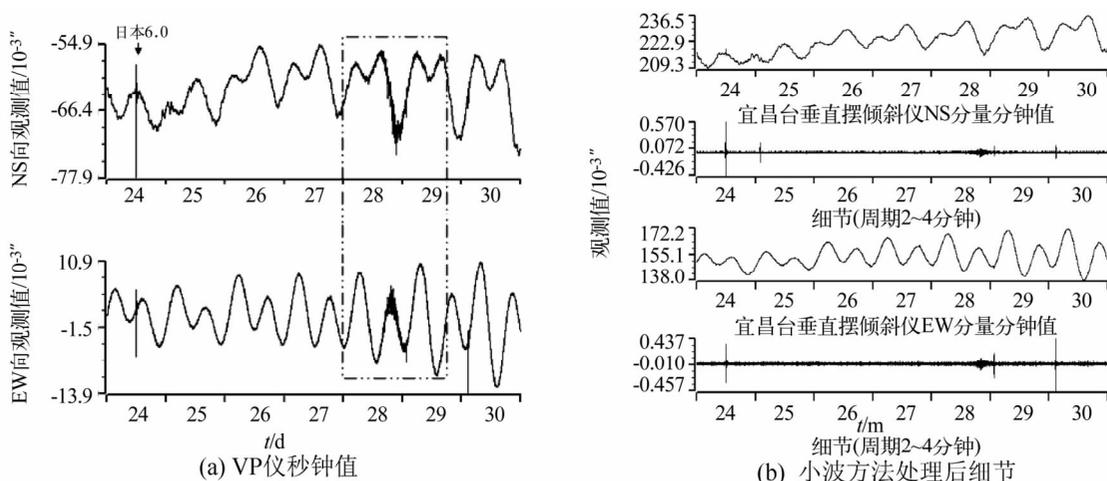


图2 宜昌台垂直摆倾斜仪分钟值观测曲线对台风的响应(2011-05-24—30日)

Fig. 2 Response for typhoon of minute value data on vertical pendulum tiltmeter at Yichang station(2011-05-24—30)

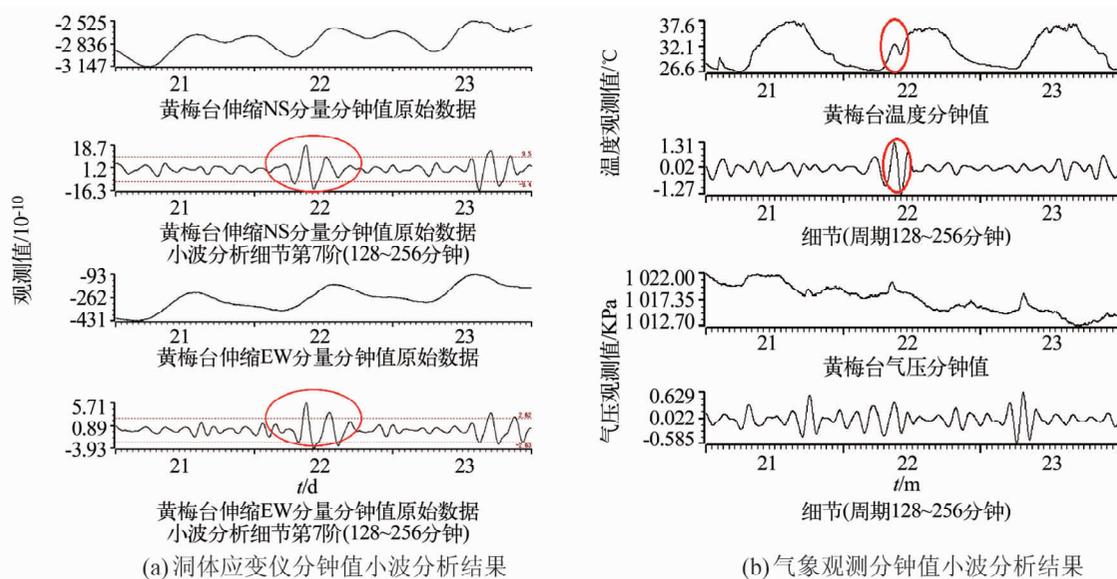


图3 日食活动期间黄梅台线应变观测曲线受温度影响(2009-07-21—23日)

Fig. 3 Curves of line strain by temperature disturbance during the solar eclipse event at Huangmei station(2009-07-21—23)

洪、冲沙的影响明显<sup>[8]</sup>。随着水库泄洪冲沙开始,曲线发生波动,并有毛刺鼓包及向下阶跃变化,泄洪冲沙结束,曲线恢复正常(图4)。

## 2) 水库蓄水

2010年7月19—20日三峡水库蓄水,水位快速抬升,宜昌台地倾斜观测随即发生波动现象。水位升高速率为1.92 m/天,潮汐波动振幅在(1.1 ~

$4.5) \times 10^{-3}$ "范围内变化(图5)。

## 3) 土石开挖

十堰台水管倾斜受2009年3月6—7日距山洞洞室300m处、北方向上一工地土石开挖影响,出现微抖动后整体向南倾斜 $0.038''$ <sup>[9]</sup>。土石开挖结束,固体潮随即恢复正常(图6)。

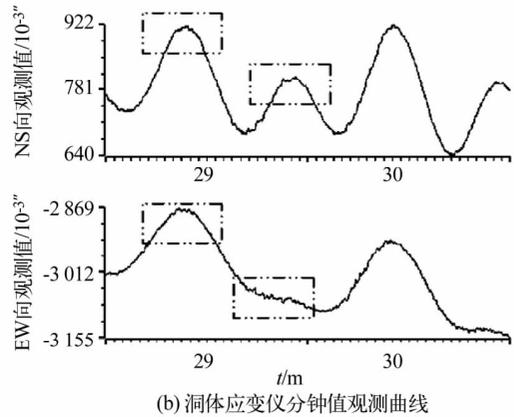
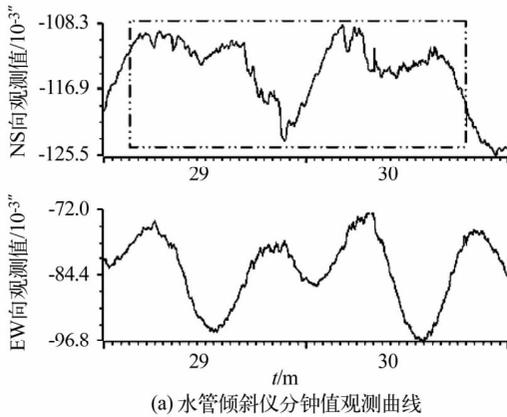


图4 宜昌台倾斜、应变观测曲线受水库泄洪冲沙影响(2005-08-29—30日)

Fig. 4 Curves of tilt and strain by flood discharge and sand scouring disturbance at Yichang station(2005-08-29—30)

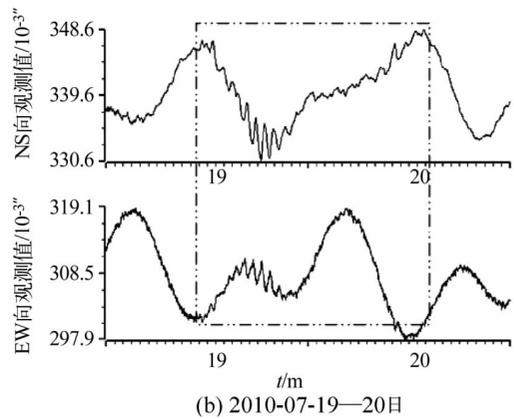
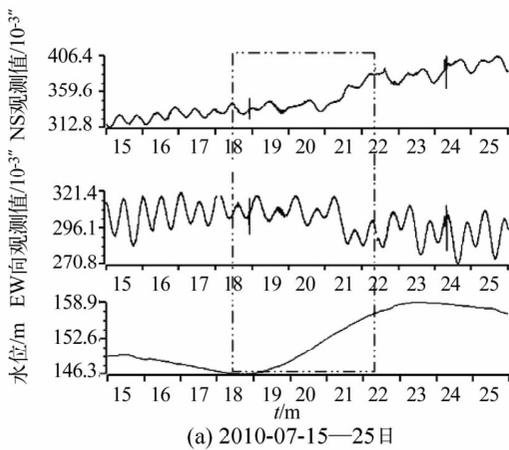


图5 宜昌台垂直摆倾斜观测曲线受三峡蓄水影响

Fig. 5 Curves of vertical pendulum tiltmeter affected by the Three Gorges reservoir at Yichang station

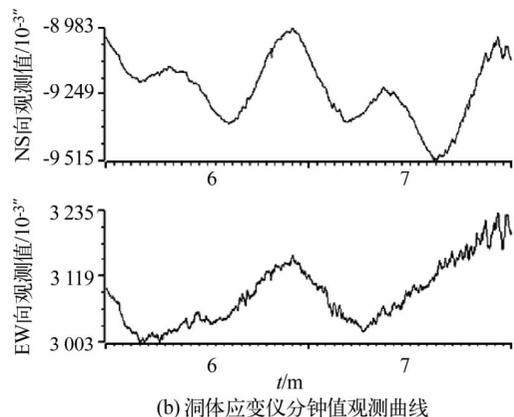
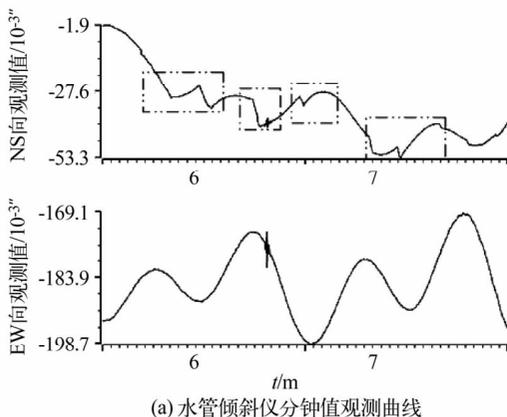


图6 十堰台形变观测曲线受土石开挖荷载变化的影响(2009-03-06—07日)

Fig. 6 Curves of tilt and strain affected by surface load change at Shiyan station(2009-03-06—07)

### 3.3 人为干扰

人为干扰包括对仪器进行正常标定、检测时产生的人为影响和人员进洞等情况。畸变形态有多种,有反映仪器观测系统暂态变化的突跳、台阶、固体潮振幅加大或减小,还有反映人员进入非隔离洞室引起气流的扰动,从而造成仪器两端液面气压不平衡的缓慢阶变<sup>[10]</sup>。

## 4 结论

1)气象因素对形变观测的影响较为复杂,干扰形态多样:

①不同气压场控制下对形变观测产生的影响不尽相同。一般情况下,由低气压控制且伴随降水发生时,观测曲线出现颤动;而高气压时,曲线发生抖动;观测数据对高/低气压响应频段类似。

②台风产生的高频信号在分钟和秒值采样形变仪器中均能记录得到。小波方法处理结果显示,秒钟值数据在1~2和2~4秒钟频段、分钟值在2~4分钟频段上对台风的响应明显,响应形态呈纺锤状,影响形态为抖动或震颤;

③降雨会使形变观测产生潮汐阶变并伴随高频成分影响;

④短时大气温度变化对定点形变观测产生扰动,但明确的机理解释还需进一步研究;

2)水库冲沙、水库蓄水、土石开挖等环境荷载变化使形变潮汐观测产生不同程度的实时性畸变,

包括阶跃、抖动等;

3)人员进洞、施工、仪器标定检修等人为活动对形变观测产生的影响较易识别,异常形态有突跳、台阶、固体潮振幅加大或减小以及缓慢阶变等。

### 参 考 文 献

- 1 张雁滨,等.地壳介质微形变异常与强震短临前兆[J].地震学报,2002(24):103-108.
- 2 陈运泰.地震预测:回顾与展望[J].中国科学D辑:地球科学,2009,39(12):1633-1658.
- 3 周龙寿,邱泽华,唐磊.地壳应变场对气压短周期变化的响应[J].地球物理学进展,2008,23(6):1717-1726.
- 4 胡小钢,等.汶川大地震前非台风扰动现象的研究[J].地球物理学报,2010,53(12):2875-2886.
- 5 张燕,等.超宽频带地震计观测到的汶川地震震前异常[J].大地测量与地球动力学,2011,(1):15-18.
- 6 孙伶俐,等.大气降水对数字化地倾斜观测干扰特征分析[J].大地测量与地球动力学,2010,(增I):105-110.
- 7 吕品姬,等.2009年日全食期间黄梅台的固体潮扰动[J].大地测量与地球动力学,2010,(增I):116-119.
- 8 袁曲,等.三峡与葛洲坝水库泄洪冲沙对宜昌台形变观测的干扰[J].大地测量与地球动力学,2009,29(增):84-89.
- 9 孙伶俐,等.十堰台数字化水管仪倾斜潮汐观测质量评定[J].大地测量与地球动力学,2011,(增):59-63.
- 10 陈德福,聂磊.液体静力水准仪及其应用[M].北京:地震出版社,2008.