

吴劲柏, 李毅伟, 刘水莲, 等. 莆田台钻孔应变的震前固体潮畸变现象分析[J]. 华南地震, 2014, 34 (2): 91-95. [WU Jinbai, LI Yiwei, LIU Shuilian, et al. Analysis of the Solid Tide Aberrance Phenomenon of Borehole Strain before Earthquake in Putian Station[J]. South china journal of seismology, 2014, 34(2): 91-95]

## 莆田台钻孔应变的震前固体潮畸变现象分析

吴劲柏<sup>1</sup>, 李毅伟<sup>1</sup>, 刘水莲<sup>2</sup>, 蔡佩蕊<sup>1</sup>, 陈伟<sup>1</sup>, 何星源<sup>1</sup>, 宋超<sup>1</sup>

(1. 莆田地震台, 福建 莆田 351100; 2. 永安地震台, 福建 永安 366000)

**摘要:** 通过分析 2007 年福建顺昌  $M_L$  4.9 级地震、2011 年日本  $M_S$  9.0 级地震这两次地震前后莆田地震台体应变观测资料, 并对固体潮畸变异常现象进行了讨论。结果表明: 异常与常见的外界干扰有明显区别, 应为地震前兆异常。

**关键词:** 莆田; 体应变; 固体潮畸变; 地震前兆异常

**中图分类号:** P315.72

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-8662 (2014) 02-0091-05

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2014.02.013

## Analysis of the Solid Tide Aberrance Phenomenon of Borehole Strain before Earthquake in Putian Station

WU Jinbai<sup>1</sup>, LI Yiwei<sup>1</sup>, LIU Shuilian<sup>2</sup>, CAI Peirui<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1</sup>, HE Xingyuan<sup>1</sup>,  
SONG Chao<sup>1</sup>

(1. Putian Sismic Station, Putian 351100, China; 2. Yongan Seismic Station, Yongan 366000, China)

**Abstract:** The paper analyzed the body strain observation data of putian seismic station before and after the Fujian Shunchang  $M_L$  4.9 earthquake in 2007 and the Japan  $M_S$  9.0 earthquake in 2011, and discussed the distortion of the tidal anomalies, The results show that: the anomaly and the common interference are significantly different, which should be the earthquake precursory anomaly.

**Keywords:** Putian; Borehole Strain; The solid tide distortion; Earthquake precursory anomaly

### 0 前言

使用钻孔方法观测地壳应变变化进行地震预报研究, 在我国是从 60 年代中期开始。我国的钻孔应力-应变仪器的记录灵敏度达到  $10^{-9}$ , 工作频段宽, 能记录到清晰的应变固体潮。基于长期观测数据的积累和观察, 王梅<sup>[1-3]</sup>等人对气象等外界

干扰因素对体应变观测的影响做了总结, 李希亮<sup>[4-5]</sup>等人讨论了潮汐形变的临震异常; 吴云在培训教材<sup>[6]</sup>中也有有关形变潮汐分析的震例描述。本文分析莆田台体应变 2007 年福建顺昌  $M_L$  4.9 级地震、2011 年日本  $M_S$  9.0 级地震前后观测资料记录到的固体潮畸变现象, 讨论资料所显示的可能的地震前兆信息。

**收稿日期:** 2013-06-08

**作者简介:** 吴劲柏 (1968-), 男, 工程师, 主要从事地震监测预报工作。

**E-mail:** 303178226@qq.com.

## 1 莆田台钻孔体应变概况

莆田地震台位于晚中生代中侏罗世后期形成的北东向燕山期闽东火山地层的边缘,在构造上处于北东向长乐-诏安断裂带的中北段。出露地层为晚侏罗世南园组火山岩,岩性为深灰色流纹质晶屑凝灰熔岩,岩体致密完整,符合形变观测规范要求。

体应变观测钻孔 DK4 在莆田台院内,孔深 67 m。2001 年安装中国地震局地壳应力研究所研制的 TJ-II 型体积式钻孔应变仪,对岩石的体积应变

进行连续观测,该仪器测量精度高,数据可靠。

## 2 体应变观测数据的正常动态变化

莆田地震台体积式钻孔应变观测的正常动态变化表现为:应变固体潮日变、月变周期明显,形态完整,数据曲线平滑,在长趋势上存在零漂现象。以 2005 年 1 月份为例(图 1),月零漂约为  $450 \times 10^{-9}$ ,正常的动态变化小潮时段幅度变化约  $70 \times 10^{-9}$ ,大潮时段幅度变化约  $130 \times 10^{-9}$ 。观测数据达到形变观测规范要求的  $\alpha \geq 2.0$ 、 $\delta\alpha/\alpha \leq 0.05$  的内在精度要求。

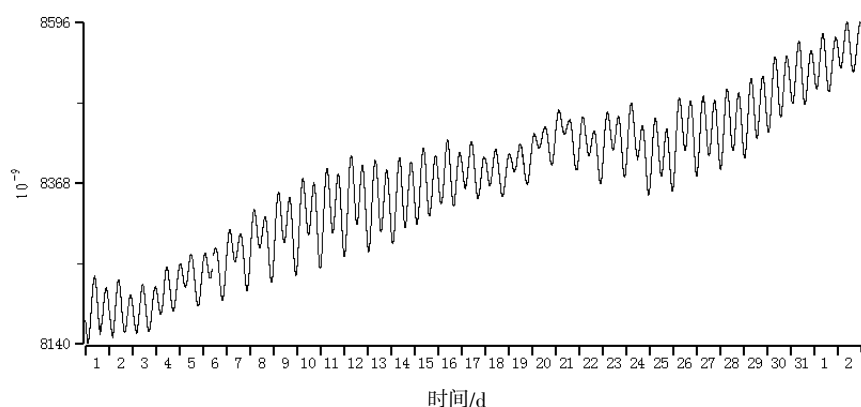


图 1 莆田台体应变分钟值图(2005-01-01~2005-02-02)

Fig.1 Curve of minute value of borehole strain at Putian seismic station(2005.1.1~2005.2.2)

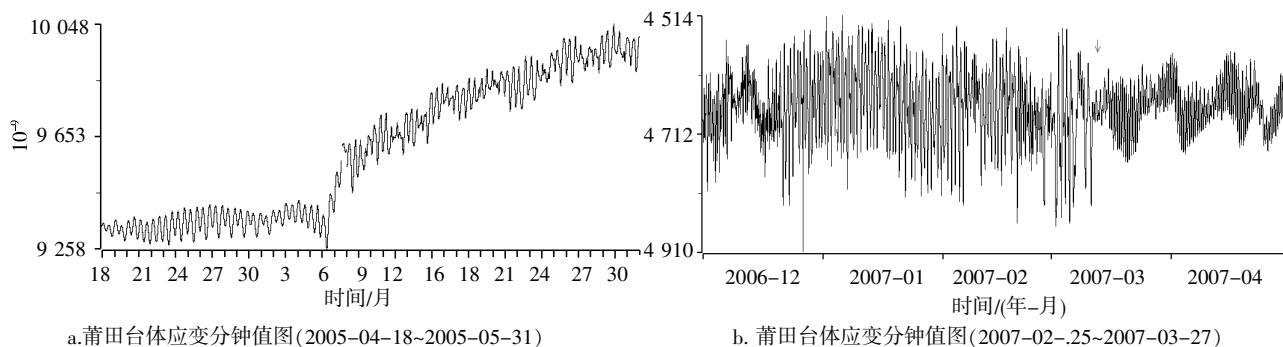
## 3 莆田台体应变观测固体潮畸变现象

莆田地震台 2001 年开始进行体应变观测,2007 年 3 月 13 日福建顺昌  $M$  4.9 级地震,是东南沿海地区的最大地震,2011 年 3 月 11 日日本的  $M$  9.0 级地震是太平洋西部的最大地震,这两次地震前莆田地震台的体应变观测固体潮均出现了畸变异常现象。

### 3.1 顺昌 4.9 级地震前莆田台体应变固体潮的畸变异常

#### 3.1.1 特征描述

莆田台体应变观测数据从 2005 年 5 月 7 日开始,观测数据明显上升,之后观测数据的固体潮曲线出现畸变(图 2a),表现在日变固体潮形态异常、日变周期改变、日变幅度增大,出现  $170 \times 10^{-9}$  的日变幅度,在 2006 年 12 月至 2007 年 3 月达到



a.莆田台体应变分钟值图(2005-04-18~2005-05-31)

b.莆田台体应变分钟值图(2007-02-25~2007-03-27)

图 2 莆田台体应变分钟值图

Fig.2 Minutes value graph of borehole strain at Putian seismic station

最大日变幅度( $230 \times 10^{-9}$  以上), 在 2007 年 3 月 11 日畸变异常结束, 3 月 13 日发生了福建顺昌  $M$  4.9 级地震, 而在异常结束后观测到的体应变固体潮的处于正常动态变化状态(图 2b)。

### 3.1.2 潮汐分析相对中误差值的变化

从 2005 年 5 月 7 日至 2007 年 3 月 11 日, 莆田台体应变固体潮出现畸变的时段, 潮汐分析结果相对中误差值大都在 0.15 以上(图 3), 而在其之前或之后都小于 0.05。

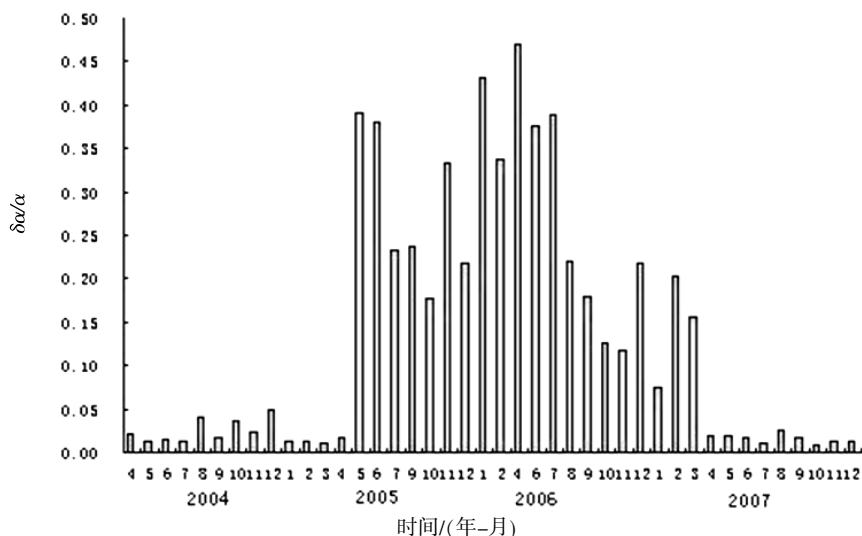


图 3 莆田台体应变潮汐因子相对中误差变化图

Fig.3 Relative error of tide factor in borehole strain data at Putian seismic station

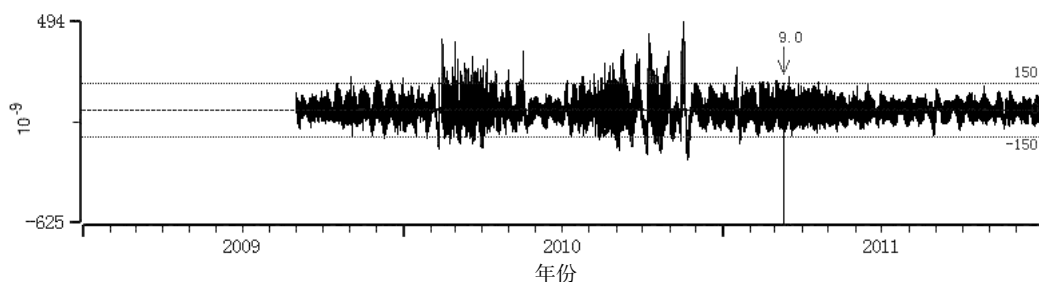


图 4 莆田台体应变一般多项式分段拟合值残差图(2009-09~2011-12)

Fig.4 The residual of general piecewise polynomial fitted values of borehole strain at Putian seismic station from September 2009 to December 2011

### 3.2.2 潮汐分析相对中误差值的变化

2010 年 2 月份起莆田台体应变潮汐分析相对中误差值超过 0.06, 最大值达 0.12, 2012 年 6 月后小于 0.04, 2011 年 10 月至 2012 年 11 月都低于 0.02(图 5)。

## 4 莆田台体应变的主要外界干扰

### 4.1 静电干扰

在观测曲线上叠加了高频干扰, 幅度在  $10 \times 10^{-9}$

## 3.2 日本 9.0 级地震前的体应变固体潮的畸变异常

### 3.2.1 特征描述

由于零漂幅度较大, 观测数据经一般多项式分段拟合后, 得到图 4, 通过分钟值观测数据分析, 从 2010 年 2 月 10 日起莆田台体应变出现固体潮畸变, 2010 年 11 月达到最大日变幅度( $230 \times 10^{-9}$  以上), 2011 年 3 月 11 日发生日本 9.0 级地震, 2011 年 6 月 16 日畸变消失。

以下, 在出现干扰的半个月左右的时间段内持续出现, 固体潮的形态仍比较清晰, 这类静电干扰出现在 2007 年 5 月份以后连续出现直至 2008 年 6 月。

### 4.2 爆破干扰

2005 年 11 月至 2006 年 7 月, 莆田地震台体应变钻孔附近 200 m 范围内开凿山洞, 爆破对体应变观测可能会有影响, 但由于爆破的火药量不大, 形成的应变变化可能低于 1 min, 在分钟采样的观测数据上没有表现明显的变化, 从观测结果观测, 对观测曲线未产生明显干扰。

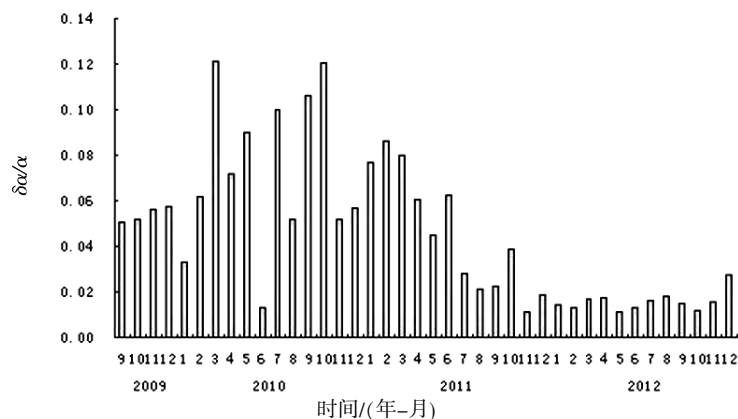


图5 莆田台体应变潮汐因子相对中误差变化图

Fig.5 Relative error of tide factor in borehole strain data at Putian seismic station every month

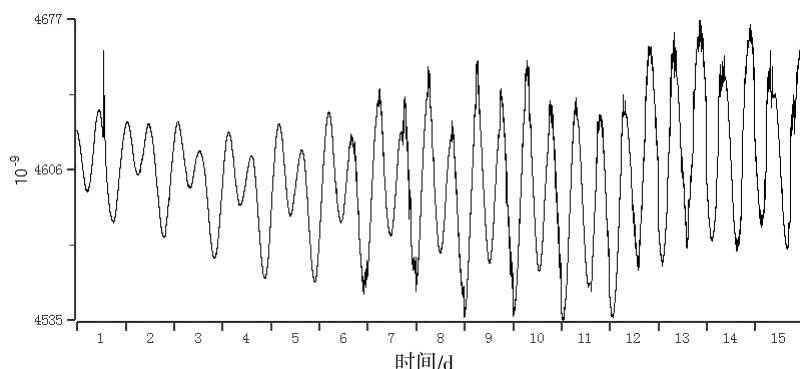


图6 莆田台体应变分钟值图(2008-01-01)

Fig.6 Curve of minute value of borehole strain at Putian seismic station

### 4.3 气压干扰

气压的变化对莆田台体应变的观测数据干扰比较明显,呈线性关系,斜率约为  $0.2 \times 10^{-9}/\text{MPa}$ ,从短期的气压变化(1 h)可以明显观察到对体应变

的观测的影响,但气压本身的日变化比较小,日干扰幅度( $\leq 5 \times 10^{-9}$ )小于固体潮的日变幅度( $\geq 70 \times 10^{-9}$ ),对观测记录到的应变固体潮畸变影响很小。图7中可见对体应变观测数据进行线性处理是能

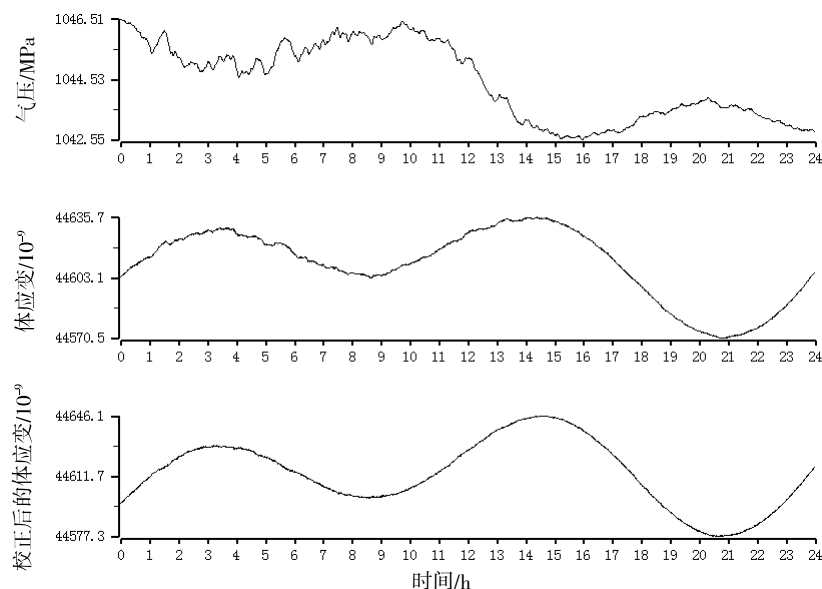


图7 莆田台气压和体应变分钟值及经气压处理后的体应变分钟值图(2012-02-03)

Fig.7 Curve of minute values of borehole strain,atmospheric pressure and borehole strain after pressure correction Putian seismic station(February 3,2012)

够明显降低气压变化对数据的干扰,但由于莆田台气压辅助观测仪器多次出现故障,测值不稳定,所以固体潮分析时未对观测数据作气压校正。

## 5 结语

(1) 两次地震前都出现了比较明显的、一年左右时间长度的莆田台钻孔应变固体潮畸变现象。这种现象从数据的变化幅度、形态受气象等外界干扰的影响很小,可能为地震前由于应变固体潮对地壳介质弹性性质的改变较为敏感,地震发生前地壳介质弹性性质会发生改变,进而所测应变固体潮曲线发生畸变。

(2) 两次地震前的莆田台固体潮畸变异常表现的形式稍有不同。2007年福建顺昌4.9级地震前记录到的固体潮畸变异常,相对于2011年日本9.0级地震,观测数据的日变化幅度较大、潮汐分析相对中误差值也比较大,而且在震前完全恢复正常,这可能与震源相对于体应变监测位置有关。

(3) 固体潮畸变产生的内在原因可能与震源机制、钻孔应变台站观测环境等有关,但由于条件所限,这里未作深入研究。

## 参考文献:

- [1] 王梅,宋治平,李峰.由泰安地震台形变资料看固体潮数字化观测运行[J].地震研究,2004,27(1):49-56.
- [2] 刘水莲,李祖宁,杨颖.福建省数字化钻孔体应变观测资料质量初步分析[J].华南地震,2007,27(4):79-87.
- [3] 王梅.数字化体应变与气压、水位相关性研究[J].大地测量与地球动力学,2002,22(4):85-87.
- [4] 宋晓冰,李海孝,张常慧.怀来地震台体应变有震异常分析[J].地震地磁观测与研究,2005,26(3):46-49.
- [5] 李希亮.濮阳 $M_L4.6$ 级地震泰安地震台潮汐形变短临异常的识别[J].华北地震科学,2009,27(1):16-18.
- [6] 中国地震局监测预测司.地形变测量[M].北京:地震出版社,2008:335-339.