

泰安地震台应变观测受到抽水干扰的初步分析

卢双苓¹, 于庆民¹, 王强¹, 钟普浴², 郝军丽³, 李峰¹

(1. 山东省地震局泰安基准地震台, 泰安 271000;

2. 山东省地震局, 济南 250014;

3. 山东省地震局长清地震台, 济南 250300)

摘要: 分析了泰安台 YRY-4 分量应变仪自 2009 年 7 月底出现的固体潮畸变现象, 与体应变、伸缩仪和水管仪同步畸变进行对比, 对异常现象进行了落实。通过调查, 落实了应变固体潮畸变现象是由附近居民新井抽水干扰所致, 并初步分析了抽水对不同应变观测的影响程度及探头附近的地质结构。

关键词: 泰安地震台; 应变观测; 固体潮畸变; 异常落实; 抽水干扰

中图分类号: P315.72 文献标识码: A

0 引言

泰安基准地震台(以下简称泰安台)YRY-4 分量应变仪第 3 分量(N86°E)自 2009 年 7 月 28 日出现较明显的固体潮畸变, 8 月 9 日后畸变现象更加频繁, 第 1 分量(N4°W)、第 2 分量(N41°E)和体应变、伸缩仪及水管仪 NS 向也出现同步固体潮畸变。

通过对泰安台观测环境、仪器运行状况及供电情况的分析, 排除了电源及气象因素的干扰, 发现地震台院墙南面居民新打 2 眼饮用水井, 抽水时间与畸变出现时间相对照, 确定畸变现象为居民院外抽水干扰所致。

通过一段时间的试验对比结果, 发现 35 m 井抽取饮用水, 对体应变、水管仪和伸缩仪影响不大, 只对 YRY-4 第 3 分量干扰较大, 干扰量不超过 10^{-9} 量级; 而 41 m 井对应变观测造成了一定的干扰, 尤其以对于 YRY-4 分量仪的干扰为重, 达到 10^{-8} 量级。

1 泰安台台址及仪器概况

泰安台地理坐标 36°12'44"N, 117°07'18"E, 台基为太古代花岗片麻岩, 山峒是为地震观测开掘的, 进深约 76 m, 最大覆盖厚度约 29 m, 峒室温差年变幅约 0.06 °C。峒内安装了伸缩仪、水管倾斜仪、水平摆倾斜仪、垂直摆倾斜仪及重力仪。

泰安台目前有 4 个钻孔, 2 套钻孔应变仪并行

观测(图 1), 一套是 TJ-II 型体积式钻孔应变仪(T-2 孔), 孔深 77.1 m, 水位探头埋深 7 m, 水下埋深 4 m; 另一套为 YRY-4 分量应变仪(T-4 孔), 孔深 34.1 m, 水位探头埋深 7 m。

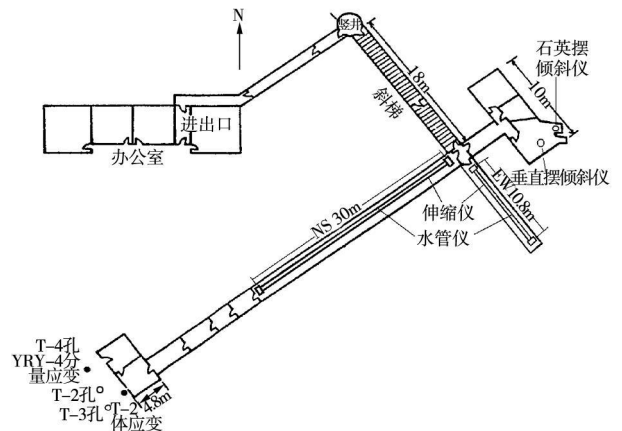


图 1 泰安台形变与钻孔应变观测位置分布示意图

YRY-4 分量应变仪自投入观测以来 4 个分量都存在较明显的漂移, 第 1、2、4 分量分钟值固体潮曲线清晰, 第 3 分量日变固体潮形态不太明显。后第 4 分量于 2009 年 3 月 26 日因调零故障导致曲线记录不正常。

泰安台仪器供电为共用的大型 UPS 供电系统, 地面和山峒内所有信号线和电源用线均采用静电屏蔽线路。

收稿日期: 2009-11-05

基金项目: 山东省地震局 2009 年合同制项目(09Y20)资助

作者简介: 卢双苓(1973-), 女(汉族), 河北文安人, 泰安基准地震台工程师, 主要从事形变观测与分析工作。

E-mail: taianxingbian@tom.com

2 异常概述

泰安 YRY-4 分量应变仪第 3 分量 2009 年 7 月 28 日后出现较明显的固体潮畸变, 8 月 9 日后畸变现象更加频繁, 第 1 分量、体应变、伸缩仪及水管仪 NS 向也出现同步固体潮畸变(图 2)。

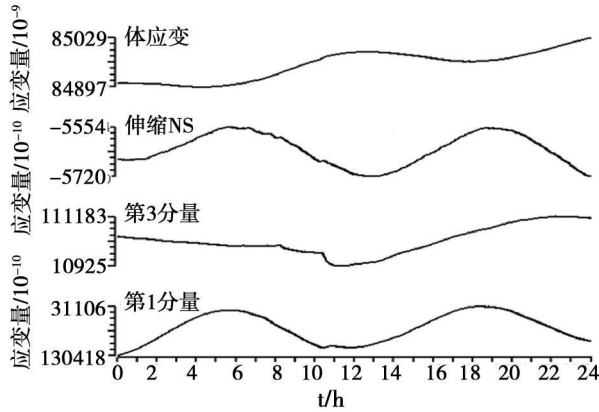


图 2 2009 年 12 月 9 日应变仪固体潮同步畸变曲线图

7 月 28 日—8 月 17 日间, 有多次地震频繁发生, 开始以为畸变与地震有关, 但经过一段时间观察, 发现畸变出现的时间为白天有人活动的时段, 而且每天都有发生, 从而初步判断畸变与地震不相关。

3 曲线畸变落实

通过调查, 排除了仪器故障和气象因素造成曲线畸变的可能性。通过更换 UPS 电源的试验, 排除了电源影响的可能性, 进而开展了环境条件的调查。从曲线畸变均发生在白天的情况分析, 很可能是生活环境带来了干扰。后经调查了解, 泰安地震台南面围墙外(钻孔应变观测井孔以南约 100 m 外)在 7 月底动工新打 2 眼民用水井, 一眼井深约 35 m, 另一眼井深约 41 m, 每日不定时抽水。

为了证实抽水的影响, 请居民配合记录抽水时间, 与仪器曲线畸变记录进行对照, 有确切记录的抽水时间见表 1。

表 1 畸变幅度与抽水调查对照表

日期	35 m 井	YRY-4 第 3 分量受干扰幅度/ (10^{-10})	体应变受干扰幅度/ (10^{-9})	41 m 井	YRY-4 第 3 分量受干扰幅度/ (10^{-10})	体应变受干扰幅度/ (10^{-9})
8 月 29 日	18:20(6 分钟)	22.6	不明显	9:42		
8 月 30 日	8:05(5 分钟)	15.0	不明显	未记录		
8 月 31 日	8:40(4 分钟)	2 井干扰叠加	2 井干扰叠加	8:00	2 井合计 42	2 井合计 0.9
9 月 4 日	7:36 抽干	15.1	1.3	未记录		
9 月 5 日	7:55	31.2	不明显	未记录		
9 月 9 日	7:40	14.6	不明显	未记录		
10 月 12 日	7:55	3.2	不明显	未记录		
10 月 13 日	17:44	1.3	不明显	未记录		
10 月 23 日				12:28	19.3	不明显
10 月 25 日				8:05	147.7	1.3
10 月 28 日				7:55	63.0	2.7
10 月 29 日				7:55	14.1	不明显
10 月 30 日				8:20	56.3	0.5

8 月 29 日—9 月 9 日, 此段时间处于洗井阶段, 抽水量较大, 影响应变观测较严重。2 井抽水叠加干扰合计第 3 分量变化幅度 4.2×10^{-9} , 体应变的变化幅度 0.9×10^{-9} (图 3)。

10 月 12 日—10 月 30 日, 此时已经不需要洗井, 只供日常生活用水, 经现场查看, 一次抽水约为 0.5 m^3 , 供一两天生活用水。35 m 井抽水的干扰有所减小, 但 41 m 井干扰仍然比较大, 影响到了当日

固体潮的日变形态, 如果有地震前兆, 也会掩盖异常信息。第 3 分量变化幅度最大 150×10^{-10} , 达到 10^{-8} 量级, 体应变干扰幅度 1.3×10^{-9} , 两者仍然差了一个数量级。

从已经给出的抽水时间来对比, 抽水时段明显与畸变时段相吻合, 已经可以断定, 自 2009 年 7 月底发生的畸变为院外居民饮用水井抽水干扰, 尤以 41 m 井干扰为重, 干扰量级达到 10^{-9} , 严重者达到 10^{-8} 。

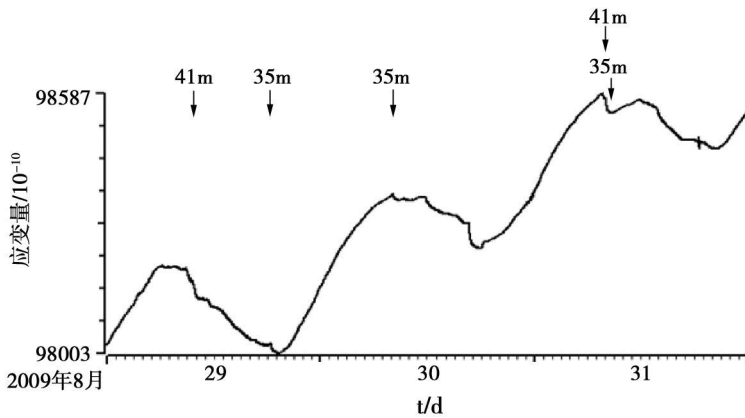


图3 2009年8月29—31日2井记录抽水干扰图

4 应变观测受抽水干扰的初步认识

4.1 水位没有变化

居民饮用水井抽水后, 2套应变仪所在钻孔的水位均没有明显的变化。可能是因为抽水量比较小, 时间较短, 不足以影响含水层水位的变化。

4.2 41 m 井比 35 m 井干扰严重

从表1和图3可以看出, 41 m 井干扰较大, 2井干扰量级约差一个数量级。因41 m 井比YRY-4钻孔分量仪探头(T-4孔, 34.1 m)要深, 其抽水蓄水过

程, 水井动态变化过程影响到T-4孔; 而35 m的水井, 基本上与T-4孔处在同一水平面, 距离100 m以远, 水井动态变化过程造成的应力场变化可能没有完全传递到T-4孔, 所以造成的影响较小。

4.3 同一水井干扰对分量仪影响大, 体应变、洞体应变及倾斜仪影响较小

根据一段时期的记录, 发现抽水干扰, 对YRY-4分量仪器的第3分量影响明显, 对另外2个分量、体应变、洞体应变及倾斜仪影响较小(表2)。

表2 2009年12月9日各仪器受抽水干扰幅度(41 m)

10 : 21 抽水	第3分量	第1分量	体应变	洞体 NS	水管 NS
初始值	110 992.7	130 525.3	84 972.8	-5 670.3	487.30
稳定值	110 926.3	130 548.5	84 974.3	-5 667.9	487.49
变化幅度	张性向下 66.4×10^{-10}	压性向上 25.2×10^{-10}	压性向上 1.5×10^{-9}	压性向上 2.4×10^{-10}	向南倾斜 1.9×10^{-31}

分析认为, 抽水对体应变的影响较弱, 是因为体应变的孔深为77.1 m, 与饮用水井不处在同一含水层, 一家一次抽水量较小(一般为 0.5 m^3), 其造成岩石压力改变对77 m处的体应变探头影响较小, 过程也较短。而洞体应变伸缩仪和水管倾斜仪在山洞中, 最大覆盖厚度约29 m, 处在地面以下仅十几米, 又是长条形仪器, 测的是两端点的水平伸缩量和倾斜量, 抽水造成的岩石压力的改变影响也相对较小。而抽水对YRY-4尤其是第3分量(N 86° E)影响严重, 除水井与T-4孔基本上处在同一含水层, 还可能与近NS走向可能存在小的断裂或裂隙有关。含水层(断裂带)分布垂直距离应该离分量仪探头不会太远, 从而容易受抽水干扰。

经过上述分析, 初步认为: 泰安台应变仪器所受干扰应为抽水干扰, 由于抽水完成后, 岩石中的裂隙水释放补给, 导致了观测地层孔隙压力的改变, 从而引起应变观测结果的变化^[1-2]。

5 断裂存在的初步认定

5.1 潮汐响应玫瑰图

池顺良先生指出, 各台站观测到的固体潮潮汐因子(观测振幅和理论振幅之比)与理论值偏差很大, 观测结果与理论值间的巨大偏差说明理论认识存在重大缺陷。原因在于, 现有固体潮理论没有考虑实际地层中存在断层, 而断层和地震间又有密切的关系。观测数据表明, 各台站对不同方向固体潮

1) 李克. 地震地下流体理论基础与观测技术(试用本)[M]. 中国地震监测预报司, 2007: 5-7.

的响应并非如以前认为的是各向同性的,大部分台站的潮汐方向响应在地平面上呈“8”字形,但有的腰粗有的腰细。普遍的规律是“8”字形的长轴都和台站附近主要断层走向平行,原因是断层阻隔了潮汐应变的传递路径,造成了潮汐响应的各向异性^[3]。

根据泰安台记录资料绘制出潮汐玫瑰图(图4)也可以看出,泰安台的潮汐响应玫瑰图形呈近似NS向8字形,这说明在近似于NS向存在着断裂带。

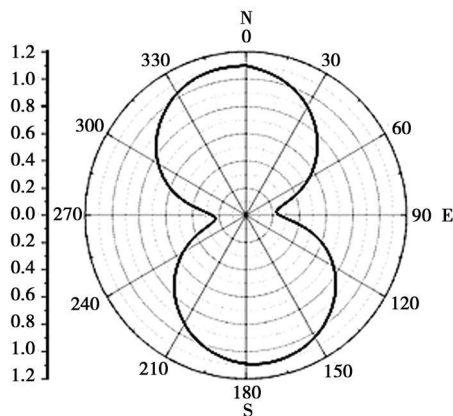


图4 泰安台潮汐响应玫瑰图

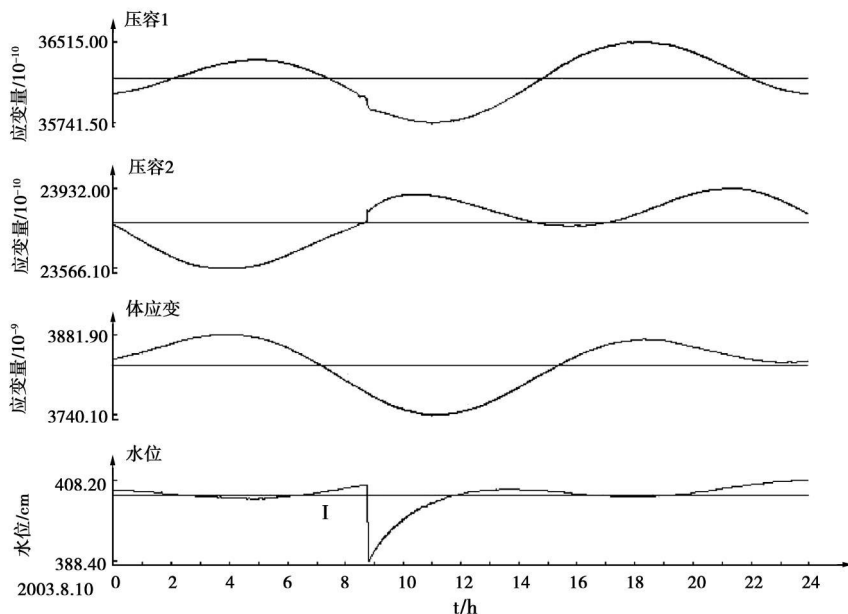


图5 T-3孔注水试验结果

5.2 泰安台钻孔注水实验

2003年8月10日—13日进行了注水试验,向T-3孔(差应变)和T-2孔(体应变)内分别注水3.0 kg。实验结果:相邻钻孔的水位梯度变化和向孔内注水3.0 kg时,对体应变没有影响,对差应变的记录曲线影响明显,差应变第2路曲线比第1路更为明显(图5)。初步分析认为,探头四周存在近似于垂直的裂隙并与井水相通,岩石的剪应变状态才会受注水的影响,图5中差应变2路曲线阶跃方向相反(差1为NS—EW方向,差2为N45°E—N45°W),可解释为近于垂直的小裂隙位于北偏东的方向^[4-5]。

2003年的这次注水试验正与目前饮用水井抽水影响结果相符,同时也与四分量仪产出资料潮汐玫瑰响应图所示结果相印证,即探头四周存在近似于垂直的裂隙并和探头所在的岩石壁面相通,岩石的剪应变状态才会受抽注水的影响,近于垂直的小裂隙位于北偏东的方向。

6 结语

以上解释只是一种初步的认识,目前没有真实的地下地质结构为依据。只有探明泰安地震台钻孔及水井周围地下水文地质结构,绘出附近地质结构模型,了解地下水径流的途径,以及隔水层的深度,才能了解抽水对应变观测的影响程度。同时可确定

多远距离多深的水井抽水才不至于影响泰安台的应变观测。同时,根据《地震观测环境保护条例》,已经通过当地政府对居民抽水干扰事件进行协调。这一抽水干扰的事件也提醒大家,大力宣传地震科普知识及地震相关的法律法规,加大对地震观测环境的保护力度,将是目前迫切需要的。

参考文献:

- [1] 赖爱京, 徐衍刚, 冯英, 等. 水厂抽水对乌什地震台体应变观测数据的干扰分析[J]. 防灾科技学院学报, 2009, 11(2): 54-57.
- [2] 卢双苓, 李峰, 于庆民, 等. 泰安地震台钻孔应变固体潮畸变的分析探讨[J]. 华北地震科学, 2008, 26(2): 49-52.
- [3] 池顺良, 武红岭, 骆鸣津. 钻孔应变观测中潮汐因子离散性与各向异性原因探讨——“十五”数字地震观测网络分量钻孔应变仪首批观测资料分析解释[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(6): 1 746-1 753.
- [4] 苏恺之. TJ型钻孔式体应变仪并孔注水试验[J]. 地壳应力文集 2003, (16): 139-146.
- [5] 苏恺之, 张钧, 李秀环, 等. 钻孔环境在钻孔地形变观测中的作用[J]. 地震地磁观测与研究, 2005, 26(6): 46-55.

Preliminary Analysis of the Influences of Pumping on Strain Observation

LU Shuang-ling¹, YU Qing-min¹, WANG Qiang¹, ZHONG Pu-yu², HAO Jun-li³, LI Feng¹

(1. Taian Fiducial Seismic Station, Taian 271000, China;

2. Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, China;

3. Changqing Seismic Station, Jinan 250300, China)

Abstract: The solid tide aberrance of YRY-4 component strain gauge has been appearing since the end of July 2009 in Taian seismic station. In this paper, we analyzed the solid tide aberrance and compared it with the synchronization aberrance of body strain, tensometer and water tube. Our survey result shows the solid tide aberrance was caused by the pumping of vicinige. We also preliminary analyzed the influence of pumping on different strain observation and the geological structure around the probe.

Key words: Taian seismic station; strain observation; the solid tide aberrance; confirmation of anomaly; the influences of pumping