

陈美梅, 林慧卿, 刘水莲. 基于永安地震台的井水位校测装置的设计与实现[J]. 地震科学进展, 2020, 50(5): 7-11. doi:10.3969/j.issn.2096-7780.2020.05.002

Chen Meimei, Lin Huiqing, Liu Shuilian. Design and realization of calibration device for ground-water-level at Yong'an seismic station[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2020, 50(5): 7-11. doi:10.3969/j.issn.2096-7780.2020.05.002

## 基于永安地震台的井水位校测装置的设计与实现<sup>\*</sup>

陈美梅<sup>\*</sup> 林慧卿 刘水莲

(永安地震台, 福建永安 366000)

**摘要** 数字化观测过程中, 高效的观测手段、可靠的观测信息、准确的校测方法, 是观测质量的重要保障。永安台地下水观测点为无人值守台站, 根据相关规定, 观测人员每季度要对水位仪进行一次水位校测, 校测值是判断水位仪是否正常工作的依据。为了提高水位校测的准确性, 笔者研制了一套水位校测装置。该套装置由水位测量模块和数字化显示模块两个部分组成, 基本实现了由模拟校测向数字化校测的转变。该装置已应用于永安井水位的季检工作, 用该装置进行水位校测与以往采用的测钟法进行水位现场校测相比, 在一定程度上降低了水位校测数据的误差, 节省了工作的时间, 大大提高了校测工作的效率。

**关键词** 水位校测; 报警系统; 数字显示

中图分类号: P315.62 文献标识码: A 文章编号: 2096-7780(2020)05-0007-05

doi: 10.3969/j.issn.2096-7780.2020.05.002

## Design and realization of calibration device for ground-water-level at Yong'an seismic station

Chen Meimei, Lin Huiqing, Liu Shuilian

(Yong'an Seismic Station of Fujian Province, Yong'an 366000, China)

**Abstract** In the process of digital observation, efficient observation means, reliable observation information and accurate calibration method are the important guarantees for observation quality. The ground water observation station of Yong'an seismic station is unattended. Calibrate the water level gauge quarterly, according to relevant regulations. Observers check the water level every quarter. The calibration value is the basis for judging whether the water level gauge is working normally. In order to ensure the accuracy and efficiency of water level calibration, the author has developed a set of water level calibration device. It consists of two parts: a water level measurement module and a digital display module. It basically realizes the transformation from analog calibration to digital calibration. The device has been applied to the quarterly water level inspection of Yong'an well. Compared with the measuring bell method used by Yong'an station in the past, this device can reduce the error of water level calibration data to some extent, save working time and greatly improve the efficiency of calibration work.

**Keywords** calibration of water level; alarm system; digital display

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2019-11-27; 采用日期: 2020-03-11。

基金项目: 2017 年福建省地震局地震台站科技基金项目《永安台地下水水位数字化标定装置的研制》(T201702)资助。

<sup>\*</sup> 通信作者: 陈美梅(1988-), 女, 助理工程师, 主要从事地震监测工作。E-mail: 116512898@qq.com。

## 引言

《地震地下流体理论基础与观测技术》一书中指出,要解决与地震有关的科学问题,必须对构成地壳的重要物质组成部分——地下流体进行观测与研究<sup>[1]</sup>,而地震观测资料是科学研究与地震预测预报工作的重要基础。随着中国地震局先后在“九五”、“十五”期间实施了数字化改造,地震监测基本实现由模拟观测向数字化的重大转变。数字化观测过程中,高效的观测手段,可靠的观测信息,准确的校测方法,是观测质量的重要保障。永安台地下水观测井于2013年7月4日进行了数字化改造,安装了SWY-II型数字式水位仪,根据《观测井水位校测与水温梯度测量要求(试行)》相关规定,观测人员每季度要对水位仪进行一次水位校测,校测值是判断水位仪是否正常工作的依据。为了提高水位校测的准确性,笔者研制了一套水位校测装置。

本项目依托2017年福建省地震局地震台站科技基金项目《永安台地下水位数字化标定装置的研制》

(T201702),该项目2018年12月已由福建省地震局验收完成。目前,该校测装置已应用于永安地震台的季度水位校测工作。

## 1 基本概况

永安地下水观测井即永安冷冻厂井是东南沿海最深的地震地下水动态观测井,为中国地震背景场探测项目,井深1 000.44 m,该井封闭性能较好,水位稳定,年变幅0.5 m左右。1981年12月29日永安冷冻厂井被列入全国地下流体基本观测井并开始观测,2013年7月4日该观测井进行数字化改造,安装了SWY-II型数字式水位仪<sup>[2]</sup>,水位探头位于井下12.064 m。可记录到固体潮,具有同震效应、气压效应等地壳应力-应变信息<sup>[2]</sup>。图1为2010—2019年永安井水位10年日均值动态曲线图,观测井地下水动态趋势平稳,水位固体潮清晰,井水位在潮汐作用下含水层体应变的响应灵敏度达到 $1.16 \times 10^{-10}$ (体应变)/mm(水位)。

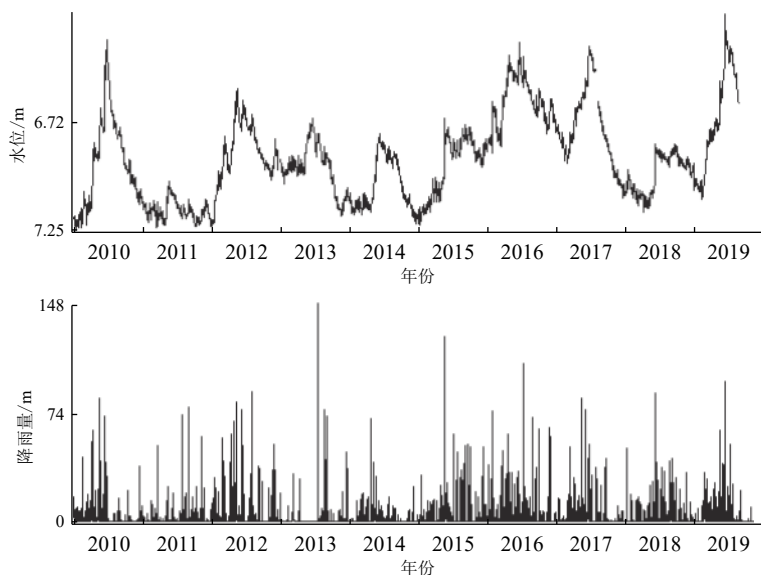


图1 2010—2019年永安井水位日均值动态曲线图

Fig. 1 Daily mean dynamic curve of Yong'an well water level from 2010 to 2019

## 2 水位校测装置研究的依据和意义

随着中国地震局先后在“九五”、“十五”期间实施了数字化改造,地震监测基本实现由模拟观测向数字化的重大转变。数字化观测过程中,高效的观测手段,可靠的观测信息,准确的校测方法,是观测质量的重要保障。SWY-II型数字式水位仪是通过压力与水深成正比关系的静水压力原理测量水位的,传感器为压敏元件,当传感器固定在水下某一测点

时,该压力与水柱高度成正比关系,间接测出水柱高度<sup>[3]</sup>,再把水柱高度值计算成井水位埋深。水位仪探头正常运行才能保证水位观测数据的可用性,因此,水位校测具有重要的意义。

永安台地下水观测点为无人值守台站,根据《观测井水位校测与水温梯度测量要求(试行)》相关规定,每季度进行一次观测井水位校测,校测方法有测钟法、电极法、测压管法、高精度压力表法,永安台

采用的是测钟法进行现场检查,校测人员拉着测量皮尺(皮尺精度为1 mm),上下振动,使测钟(测钟为空心的黄铜材质)撞击水面,空心的测钟撞击水面会发出清脆的撞击声,由此,通过测量皮尺测量出水面到井口的距离。

根据《观测井水位校测与水温梯度测量要求(试行)》相关要求,校测需连续重复测量5次,同时读取校测值 $\{h_{1i}, i=1, 3, 2, 4, 5\}$ 和仪器显示水位值 $\{h_{2i}, i=1, 3, 2, 4, 5\}$ 。计算出5次校测值 $H_1$ 的平均值和平均误差 $\sigma_1$ 。若平均误差满足误差阈值要求,即校测结束,计算仪器显示水位值 $H_2$ 的平均值和平均误差 $\sigma_2$ ;若不满足要求,则应重新测量5次,直到满足要求为止。其中,平均误差 $\sigma_1$ 、平均误差 $\sigma_2$ 计算公式为:

$$\sigma_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 |\overline{H_1} - h_{1i}|}{5} \quad \sigma_2 = \frac{\sum_{i=1}^5 |\overline{H_2} - h_{2i}|}{5} \quad (1)$$

在工作过程中,笔者发现采用测钟法进行现场检查,人为判断和测量是造成校测误差过大的主要原因,从而进行反复测试,不仅降低工作效率,也容易对水位数据造成持续扰动。鉴于测钟校测法的不足之处,研制了数字化水位校测装置,这将在一定程度上提高水位校测的精确度和标定工作的效率。

### 3 水位校测装置的设计与制作

#### 3.1 校测装置的原理及基本框架

基于数字式水位仪观测及校测的基本原理,研制的数字化井水位校测装置基本实现由模拟校测向数字化校测的转变。校测装置由水位测量模块和数字化显示模块两个部分组成(图2),水位测量模块负责测量井口至水面距离 $H$ (图3),并实现报警功能;数字化显示模块直观显示井口至水面距离 $H$ 。

#### 3.2 校测装置的实现

水位测量模块,由水面接触器、报警系统组成。校测时缓慢下放水面接触器,当水面接触器探头接触水面时,测量器报警。该模块要求高灵敏度,实现遇水报警功能。水面接触器采用的是干簧管浮球(磁簧开关),是一种磁敏开关,密封于一玻璃管中,在玻璃封接过程中玻璃腔通常是填充惰性气体(通常为氮气),为常开型开关,适当的磁场存在时开关触点将闭合,从而电路导通(图4)。

报警系统采用的是C002-3T贴片,SOP8报警器IC,可实现上电报警功能,震荡电阻外接,可自行调

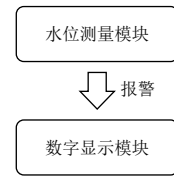


图2 设计框架图

Fig. 2 Design framework

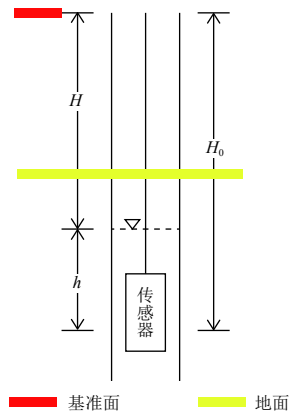


图3 井口至水面距离  $H$

Fig. 3 Distance from wellhead to water surface  $H$

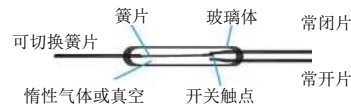


图4 干簧管原理图

Fig. 4 Schematic diagram of reed pipe

试阻值(推荐100—240 K),选择适合所用蜂鸣器的声响频率,以达到预期效果。报警系统外接水面接触器(图5),不接触水面的时候,接触器为断开模式,电路断路,接触器接触水面,电路导通,报警系统实现报警功能,从而准确确定井下水面的位置。

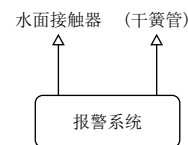


图5 报警系统框架图

Fig. 5 Frame diagram of alarm system

数字化显示模块,由数字显示和可视探头组成,数字显示采用的是计米器实现精度为毫米的测距功能,直观显示水面接触器下放的距离。可视探头采用带LED的防水可视探头,为校测工作做准备,在水位校测前可以下放探头,360°观察井壁情况,确保水位接触器顺利下放至水面,从而完成水位校测工作。

永安井水位从2018年第3季度开始,季检工作

已应用该装置进行水位现场校测，每次季检工作均在 5 分钟内完成，且无需重复操作，校测数据符合《观测井水位校测与水温梯度测量要求(试行)》相关标准(图 6)，随机选取永安井 2017 年第 1 季度水位

校测值和 2019 年第 4 季度水位校测值进行对比，校测结果显示，标定结果均符合水位观测技术要求，应用该装置进行水位现场校测明显降低了水位校测值误差、观测误差，大大提高了校测工作的效率。



图 6 永安井 2017 年第 1 季度静水位校测表（上）和 2019 年第 4 季度静水位校测表（下）  
Fig. 6 Static water level calibration meters for Yong'an well in the first quarter of 2017 (top) and the fourth quarter of 2019 (bottom)

#### 4 结束语

该装置已应用于永安井水位的季检工作, 与永安台以往采用的测钟法进行现场检查相比, 该装置进行水位现场校测在一定程度上降低了水位校测数据的误差, 节省了工作的时间, 大大提高了水位校测

工作的效率。虽然目前该装置仅应用于永安台水位校测, 但是它适用于所有用测钟法进行现场检查的水位观测井。数字化观测过程中, 高效的观测手段, 可靠的观测信息, 准确的校测方法, 是观测质量的重要保障。接下来希望进一步完善该装置, 使该装置在更大范围的地下流体台站进行推广应用。

#### 参考文献

- [1] 中国地震局监测预报司. 地震地下流体理论基础与观测技术[M]. 北京: 地震出版社, 2007
- [2] 陈美梅, 刘水莲, 全建军, 等. 数字化改造后的永安井水位观测资料分析及地震前兆监测效能评估[J]. 华南地震, 2017, 37(S1): 75-82
- [3] 李慧峰, 袁宝珠. 宁波台动水位记录到强对流天气现象中探讨其响应机理[J]. 科技风, 2017(9): 165-166