

全建军, 陈美梅, 赖见深, 等. 永安地震台数字化 SWY-Ⅱ 水位仪观测概况与仪器维护[J]. 华南地震, 2015, 35(1): 112-118. [QUAN Jianjun, CHEN Meimei, LAI Jianshen, et al. Instrument Survey and Equipment Maintenance of SWY-Ⅱ Type Digital Water Level in Yong'an Seismic Station[J]. South China Journal of Seismology, 2015, 35(1): 112-118.]

永安地震台数字化 SWY-Ⅱ 水位仪 观测概况与仪器维护

全建军^{1, 2}, 陈美梅¹, 赖见深³, 陈珊桦⁴, 方传极², 刘礼诚¹

(1. 福建省地震局永安地震台, 福建 永安 366000; 2. 福建省地震局仪器维修中心南平分中心, 福建 南平 353000;
3. 福建省地震局东山地震台, 福建 东山 363400; 4. 福建省地震局泉州地震台, 福建 泉州 362000)

摘要: 永安地震台数字化 SWY-Ⅱ 水位仪为中国地震局台站背景场项目观测仪器, 通过对永安台数字化 SWY-Ⅱ 水位仪运行两年来观测概况的介绍, 总结日常观测过程中可能遇到的仪器故障, 并探讨解决仪器问题的经验办法, 提高仪器维护的技术水平。

关键词: 永安地震台; SWY-Ⅱ 水位仪; 仪器维护

中图分类号: P315.62 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2015) 01-0112-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.01.018

Instrument Survey and Equipment Maintenance of SWY-Ⅱ Type Digital Water Level in Yong'an Seismic Station

QUAN Jianjun^{1, 2}, CHEN Meimei¹, LAI Jianshen³,
CHEN Shanhua⁴, FANG Chuanji², LIU Licheng¹

(1. Yong'an Seismic Station, Earthquake Administration of Fujian Province, Yong'an 366000, China; 2. Fujian Nanping Sub-center Equipment Maintenance Center, Earthquake Administration of Fujian Province, Nanping 353000, China; 3. Dongshan Seismic Station, Earthquake Administration of Fujian province, Dongshan 363400, China; 4. Quanzhou Seismic Station, Earthquake Administration of Fujian province, Quanzhou 362000, China)

Abstract: SWY-Ⅱ type digital water level instrument in Yong'an seismic station is the observation instruments of background field project of the China Earthquake Administration station, and Fujian province has only one sets of this instrument. This paper introduced the general observations of SWY-Ⅱ type digital water level instrument in Yong'an seismic station since running for 2 years, and summarized instrument failure that may be encountered in the day-to-day observation process. The article discussed the experience way to solve instrument problems and improve the quality of instrument maintenance.

Keywords: Yong'an seismic station; SWY-Ⅱ type digital water level instrument; Instrument maintenance

收稿日期: 2014-05-09

基金项目: 2013 年福建省地震局地震台站科技基金项目(T201306)资助

作者简介: 全建军 (1984-), 男, 助理工程师, 主要从事台站形变、电磁观测和信息节点、地震仪器维护管理工作。

E-mail: qjjkt@163.com.

0 引言

永安地震台数字化 SWY-Ⅱ 水位仪安装于 2012 年 7 月, 稳定运行两年多以来, 已获得、连续可靠的前兆观测数据。目前永安台数字水位仪运行正常, 能记录到清晰的固体潮, 对国内外较大震级的远震也具有很好的同震效应。但平时的观测过程中仪器会遭遇各式各样的问题, 使仪器正常运行受到影响, 因此对仪器日常运行中常见故障的处理显得尤为必要。本文以永安地震台为例, 对 SWY-Ⅱ 水位仪运行过程中遇到的各类故障进行了总结和分析, 并给出解决办法, 以此分享仪器维护方面的经验, 提高仪器运行率。

1 台站仪器观测概况

永安台 SWY-Ⅱ 水位仪安装于永安冷冻厂深井, 该井是我国东南沿海地震地下水动态观测井中深度最大的, 井深约 1 000.44 m。永安井位于华南断块区内 NW 向以张扭性为主的永安-晋江断裂

带和 NNE 向以压性为主的政和-海丰断裂带交汇处附近, 火山岩裂隙承压汇合水在永安井的地质观测岩层中, 封闭条件比较理想^[1]。5.2~1 400 m 是第三系一白垩系上统赤石群, 紫红色砂岩为主要构成; 400~1 000 m 是侏罗系上统南园组, 凝灰岩层为主要构成。在 70~552 m 主要是含水层分布, 其为混合承压水。永安井具有较稳定的水位动态, 年变幅约 1 m 左右, 可清晰地记录到地震波、固体潮、气压等地壳应力应变信息, 属于福建省 A 类地震观测水井^[2]。

永安台的 SWY-Ⅱ 水位仪由中国地震局地壳应力研究所生产, 在福建地区仅有 1 台。该水位仪是高精度仪器专门用于测量地下流体井水位, 其具有精度高、分辨率高、稳定性好、数字化自动观测等特点。其主机采样率有 1 次/s 和 1 次/min 两种方式, 可真实地再现水震波的原始形态或者水位阶跃异常的详细变化过程^[3]。所有观测数据通过网络接口板连接到水位房的交换机, 再通过该交换机与永安地震台的核心路由器相连将数据上传至省局台网中连接示意图(图 1)。

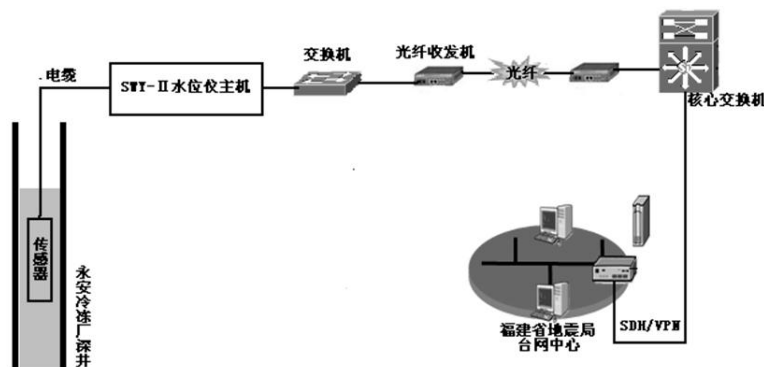


图 1 永安地震台 SWY-Ⅱ 水位仪连接示意图

Fig.1 The connection diagram of SWY-Ⅱ type digital water level instrument in Yong'an seismic station

2 日常观测资料与仪器映震效应

永安台 SWY-Ⅱ 水位仪日常记录的水位曲线光滑, 分钟值曲线噪声水平较低, 有较明显的日变规律, 固体潮清晰, 周期特征较明显。永安台井水位观测资料连续完整, 通过分析井水位的潮汐变化, 可了解区域构造活动信息等, 为地震预测和科学研究等工作提供基础资料。

2.1 永安台水位观测资料日动态

永安台水位仪 2012 年运行至今, 仪器保持良好的运行, 图 2 是永安台水位整点值曲线与理论固体潮对比曲线, 由图可见潮汐效应明显, 记录

到完整的日波和半日波, 且与理论固体潮相吻合。

2.2 观测曲线的映震效应

永安台水位仪运行以来, 映震能力较好, 能够清晰的记录到因强远震产生的显著同震应变阶跃, 信息量丰富。

2013 年 10 月 26 日日本 M_s 7.1 大地震, 地震引起永安井水位较大的同震振幅波动, 振荡长达数 10 min(图 3)。

2013 年 10 月 15 日菲律宾 7.1 级地震, 同样引起永安井水位较大的振幅波动, 有明显的映震效应(图 4)。

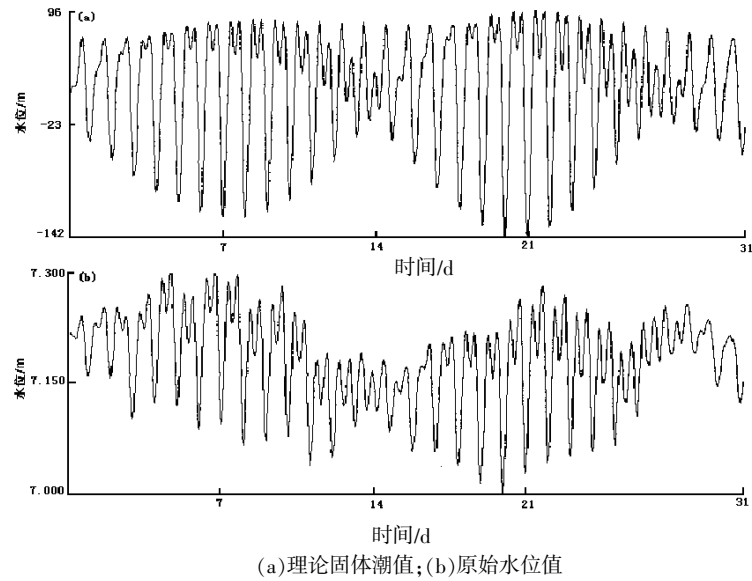


图 2 永安台井水位与理论固体潮值对比图
Fig.2 Comparison diagram of well water level and the theoretical earth tide value in Yong'an station

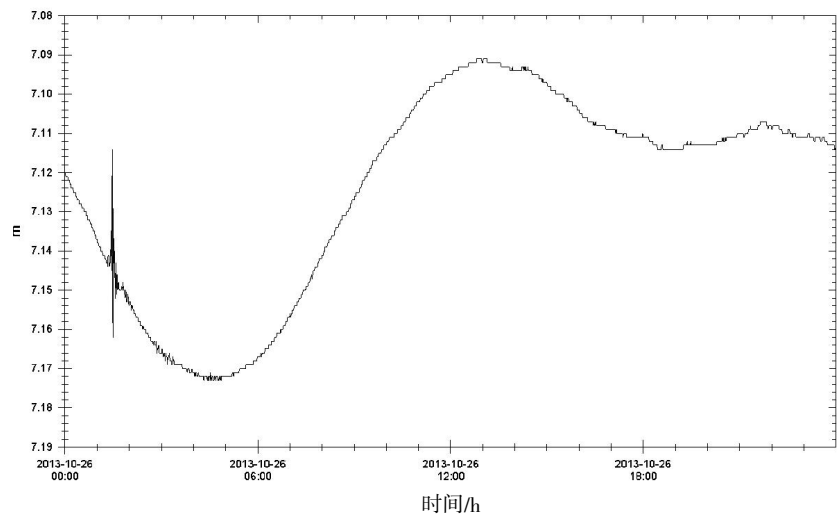


图 3 2013 年 10 月 26 日日本 7.1 级地震水位同震效应曲线
Fig.3 The coseismic response curve of water level meter of Japan *M*7.1 earthquake in Oct 26th, 2013

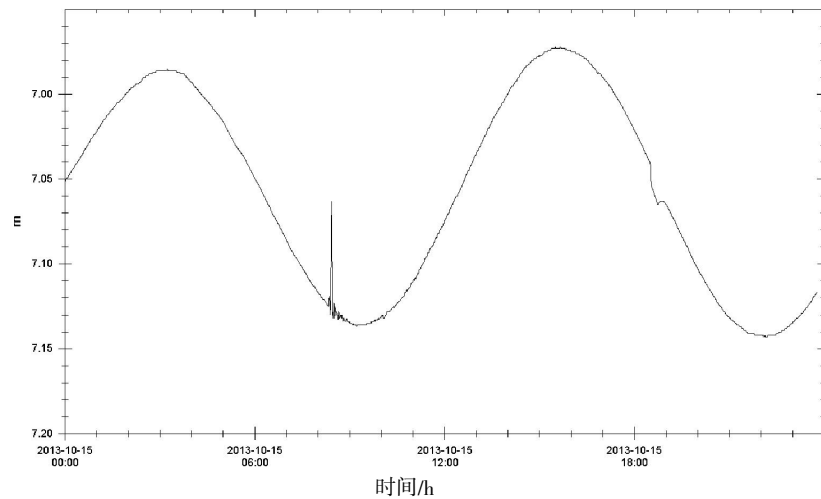


图 4 2013 年 10 月 15 日菲律宾 7.1 级地震水位仪大振幅效应曲线
Fig.4 The large amplitude effect curve of water level meter of the Philippines *M*7.1 earthquake in Oct 15th, 2013

3 SWY-II 水位仪基本原理与系统构成

SWY-II 水位仪日常的维护及检修,要求维护人员不仅要有基本的仪器维修技能,还要了解系统的工作原理、仪器的结构及组成,熟悉观测过程及产出数据,这样才能正确分析,及时发现仪器的故障发生点或找到干扰源。

3.1 基本原理

SWY-II 水位仪的工作原理是利用压力传感器测量在水井中所受到的压强,进而转换成水位数值来实现实际水位测量。 $P=\rho gH$ 表示的是液体内部的压强与其深度的函数关系式,由于同一井水中重力加速度(g)、密度(ρ)都是常数,压强(P)与井中水柱高度(H)成正向比例关系。把压力传感器放置到某一深度的水井下,当井水位深度发生变化时,压力传感器输出的压强电信号与水位呈现同步变化,从而水位动态监测得到实现。

3.2 系统构成

SWY-II 水位仪测量系统由由压力传感器、电源部分、传感器供电及 A/D 板、数据采集主板、网络接口板(含 LED 显示屏)五部分组成。

SWY-II 水位仪的压敏器件采用美国 ICSensors 公司生成的 86 系列超稳压力传感器。压力传感器由内在的电路元件与金属外壳组成。图 5 为压力传感内部电路结构框图,由压力敏感元件、精密恒流源、模拟电路输出与测量放大器四个部分组成。其中,压力敏感元件是压力传感器中最重要的构成元件。



图5 压力传感器构成框图

Fig.5 The structure diagram of pressure sensor

电源板主要功能是负责防雷、主机供电、传感器供电、电瓶充电等。SWY-II 型水位仪可以对电瓶进行自动浮充电,在无人值守台站流和动监测台可以很方便使用该仪器;具有自动切换交直流用电功能;配有防雷组件一组,在雷击发生时该组件会被击穿,从而避免仪器内部其他器件遭受雷击。

网络接口(含 LED 显示屏)板,其主要功能是

实现仪器的 FTP 与网页功能,以及响应中国地震前兆管理系统发送来的命令,另一重要功能是进行仪器参数设置和数据曲线显示。SWY-II 型水位仪显示板采用基于 WindowsCE 操作系统下的控制平台。它采用 400 MHz 主频以及 32 位 ARM920T 高速处理器内核;系统内存为 128 M NANDFLASH 和 64 M SDRAM。

网络接口板接收来自主机的秒采样值是利用 COM1 口,通过秒采样值观测人员可以很方便在现场进行水位校准以及显示实时的水位动态曲线;接收主机的分钟采样数据是用 COM2 口,通过该口可以完成仪器工作日志的收取与上传、下位机的时钟校对等功能;带有 8 个有 TVS 的防静电保护的 I/O(5V),仪器各部分工作电压是否正常主要通过这些 I/O 来监视;CF 卡有 1GB 容量,从而保证至少一年的秒钟值数据以及 3 年以上分钟值数据可以存储;内置装有软件看门狗,防止系统程序跑飞等异常情况;软件具有加密功能,一机一 IMEI 号,且不可更改。

4 仪器常见故障及解决方法

永安台数字水位仪 SWY-II 运行过程中常见的故障主要有以下几方面:压力传感器故障、主机电源故障、主机雷击故障等。

4.1 压力传感器故障

4.1.1 雷击故障

雷击会给地震台站前兆观测系统造成很大的危害。雷击主要有直接雷击和感应雷击两种形式,据统计感应雷造成的雷击事件占总数的 70%。感应雷击主要有以下三种入侵途径:

(1) 地电位反击引入感应雷击,利用阻性耦合方式雷电经数据线、中线、接地线等造成仪器设备损坏。

(2) 天馈线、信号线或电源线通过电感性耦合(磁感应),将感应雷击引入到各类传输线上导致仪器设备受损。

(3) 由传统避雷针导致的感应雷击,雷电电流经由避雷针导向大地时,室内的传输线受到感应导致仪器设备受损^[4]。

SWY-II 水位仪的压力传感器与主机之间,用特殊结构的专用导气电缆进行连接,中间没有任何限流和限压的保护措施,且水位传感器直接放置井水中,由于其接地电阻极小,甚至比台站的避

雷地网更好,因此在雷电天气时,井里的压力传感器很容易代替避雷地网,成为雷电泄流的主要途径而受损。水位仪压力传感器工作电压为12V,水位数据信息传递电压为mV级,当波动电压超过24V时,就会造成压力传感器损坏。

解决方法:在仪器房的房顶上安装避雷针等避雷装置,当仪器房受到直接雷击时,强大的电流由避雷装置接收,沿着接地引线导入地面,防止了雷电对建筑物的破坏。由于水井的管壁通常是铁器材质,可以将仪器主机后面板上的黄色地线接线柱直接焊接在管壁上,仪器遭到雷击后,强电流可以沿水井管壁向大地放电,避免水位传感器替代避雷地网情况发生,从而可以很好的保护仪器。为防止电缆把感应浪涌电压波引入设备内部,破坏其芯片和接口,还应该在传感器和数据采集器之间加装信号浪涌保护器,信号浪涌保护器的耐压等级应小于保护对象,即24V。由于仪器具有交直流供电自动切换功能,应在雷雨季节采用直流供电方式,防止雷电从交流电进入。

4.1.2 电缆问题

气压与水位呈反比例关系,即气压降低,水位上升;气压升高,水位降低。SWY-II数字水位仪传感器内部设计了具有气压补偿作用的导气管,将大气压力引入传感器内部,这样气压作用在传感器正、反两个方向,形成大小相等、方向相反的作用力相互抵消。在仪器安装过程中,固定井口电缆的时候,一定要注意不要将电缆内部的导气管夹伤或压扁,避免导气管因弯曲挤压而闭合,失去气压补偿作用,使测量的水位值与实际水位产生差值。目前厂家未配备水位仪井口固定装置,一般采用工程u型管夹固定,电缆受力面积小,容易夹伤或压扁导气管,建议厂家配备新型专用井口固定装置。

4.1.3 量程问题

压力传感器放置深度超过10m或露出水面都超出了仪器量程要求,若超过15m压力传感器会有损坏的危险。解决方法:要充分了解本地区水位的年变化量,然后在传感器下井之前,测量井孔的水位埋深,即从井口标志点至水面的深度。在安放压力传感器时,水位传感器距井口标志点的距离应为水位埋深+(3~5)m,这样保证了在水位下降时传感器不会露出水面,同时也满足了水位上升时量程不超过10m,还应根据本地区水位年上升或下降的高度适当调节。

根据压力传感器的工作过程,传感器供电电压为24V,输出电流为4~20mA,根据这点很容易

进行仪器的故障定位;当水位仪出现工作异常时,先取下压力传感器,然后用一个2.4K的小电阻来模拟成压力传感器,计算得出输出电流应为10mA,该电流通过62.5Ω的电阻后,应得到电压为625mV,由此来判断是压力传感器还是主机部分发生了故障;如果经过2.4K电阻后输出电压显示为625mV,则说明水位仪主机运行正常,肯定是压力传感器发生故障,如输出电压不是625mV左右,则至少可以认为主机部分已发生故障。

4.2 电源故障

(1) 开机后LED显示器无法正常显示。当主机前面板的LED显示器不亮时,应检查仪器背板上的显示开关是否开启,仪器的交流保险丝是否完好(交流保险丝为1A),开盖检查仪器内主板至液晶显示器的带状电缆及其接插件是否插牢。若以上都正常,就应检查交流电是否已停电、直流电压是否已降至11V以下,因为在交流供电正常时,只有电瓶未接或严重缺电,同时交流保险丝烧断,才可能导致开机后显示器无法正常显示。若不是以上原因,应该是主机运行时间过长,而出现电源线接触不良或主板故障,此时可以将数采打开,重新固定电源线或联系厂家更换主板。

(2) 主机前面板的5V指示灯不亮。①如果交流供电正常和保险丝完好,5V指示灯不亮,这一般是主机5V的DC/DC模块损坏,应联系厂家更换该模块。②如果没有交流供电且保险丝断了,5V指示灯不亮,则应联系厂家更换保险丝以及AC/DC模块。

(3) 主机前面板的12V指示灯不亮。如果交流供电正常和保险丝完好,12V指示灯不亮,这一般是主机12V的DC/DC模块损坏,应联系厂家更换该模块。

4.3 分钟值数据丢失故障

SWY-II水位仪在软件升级、仪器标定等操作时会出现偶尔断电,如果分钟值数据丢失,而秒钟值数据较全时,可登入仪器网页恢复分钟值数据(图6)。具体操作如下:登入SWY-II水位仪网页,在“选择需要恢复数据的日期”编辑框内输入被恢复文件日期,格式为yyyymmdd,即十五文件文件主名,例如:20120822;在“用户名、密码”编辑框内输入正确的用户名,密码,点击提交。如需重新输入,点击重置按钮。通过该功能,将从秒钟值文件中恢复出qzh文件以及十五格式文件,但是当天数据不能进行恢复操作。

从秒钟数据里恢复分钟值数据（如果出现仪器主机断电，分钟值数据丢失，而秒钟值数据较齐全时，用此方法进行部分数据恢复）：

请选择需要恢复数据的日期：20120821 请务必按yyyymmdd格式写入日期

用户名： 密码：

图 6 通过网页进行数据下载的界面

Fig.6 The interface of data download via web

4.4 主机雷击故障

主机雷击故障包括多种形式，最有可能的情况是近雷感应造成：① 网络接口板内存储数据的 CF 卡烧毁；② 网络接口板完全故障损坏。

解决办法：如果是网络接口板内存储数据的 CF 卡烧毁则在网页上可以连接到仪器，也不会有无法连接到服务器的提示，只是在数据下载页面无法看到任何数据，这时应将网络接口板所在的主机箱拆开，将其内部的 CF 插入读卡器连接电脑看是否损坏，如果无法读取则将该 CF 卡进行更换即可恢复。如果连网络接口板都无法连接上，网络接口板的状态灯又显示异常说明雷击后通信单元完全损坏，这种情况无法自行维修应及时返厂维修。

5 关于 SWY-Ⅱ 水位仪的防雷问题

由于地震台站多处于山区，一旦遭遇强对流的雷电天气，雷害频发，不利于仪器设备的长期

安全运行。福建局多台数字水位仪在仪器安装初期就曾经多次因为近雷感应造成传感器探头损坏，仪器主机内部芯片雷击损坏，存储数据的 SD 卡烧毁等仪器故障。因此要保证仪器安全稳定运行，提高仪器观测质量与连续率，对台站的设备进行防雷改造很有必要^[6]。

永安台在仪器设备防雷改造方面有一些经验可供大家参考：① 进行防雷三级改造：加装专业防雷器在台站总电源处，加装专业防雷器在各个大楼分电源处，所有仪器供电端接入的插座必须有防雷功能；② 确保仪器主机有良好的接地，在水位房附近铺设避雷地网，设备接入该地网；③ 永安台水位房内所有电源线缆和通信线缆均采用镀锌合金套管进行防雷屏蔽，金属管要接地良好并且表面要连接完好(图 7)。以目前的地震台站雷电防护技术，雷击故障无法完全避免，但是上述防雷措施如果有做好，将大大降低水位仪遭雷击的概率，有利于保证仪器稳定的、长期的运行从而获得连续的、可靠的数据。

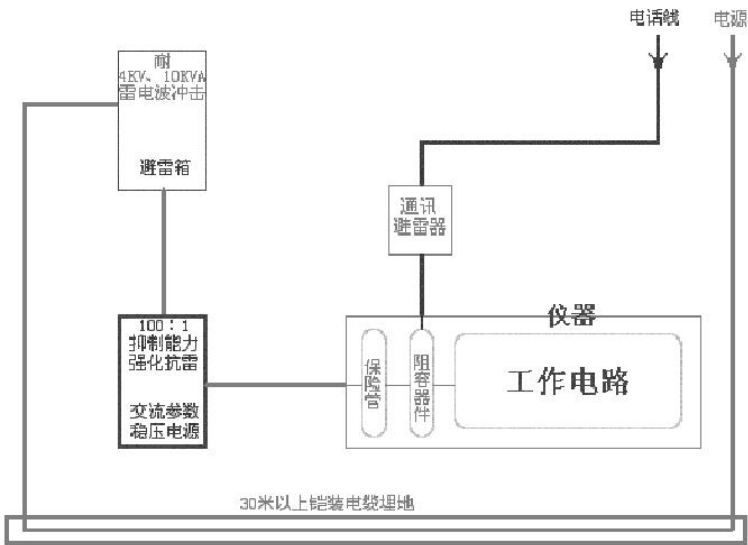


图 7 防雷改造后的永安地震台水位房供电技术系统

Fig.7 The power technical systems of level housing after the lightning transformation of Yongan seismic station

6 结语

永安台的 SWY-Ⅱ 水位仪运行两年多以来,仪器维护过程中遇到了许多问题,在排除这些问题的同时,台站对 SWY-Ⅱ 水位仪维护方面的经验得到了积累,从而更好的为仪器稳定观测提供保障。除本文所列举的故障外,在实际观测中水位仪还会受许多干扰因素的影响,如人为干扰、环境因素、天气因素等,还有一些其它不明原因形成的干扰。因此台站的工作人员在保证仪器稳定运行的同时,也要对每天的观测日志进行如实填写,特别是对天气变化情况、数据预处理情况、仪器工作情况做好详细的记录,从而为地震异常与干扰信息的识别提供可靠依据。设备维护工作与日常观测日志是台站监测工作中一个很重要的环节,只有保证仪器的稳定正常运行,才能为地震监测提供得长期的、可靠的前兆观测数据。

参考文献:

- [1] 秦双龙,廖丽霞,陈莹,等.永安井水位潮汐变化在闽台地区中强地震前兆特征中的分析研究[J].地震研究,2013,36(3):275-276.
- [2] 黄跃进,许书元,刘水莲,等.永安冷冻厂深井地下动态观测资料质量分析[J].地震地磁观测与研究,2007,28(6):53-54.
- [3] 何案华,贾鸿飞,王宝锁,等. SWY-Ⅱ 型水位仪的研制[J].大地测量与地球动力学,2012,32(6):156-157.
- [4] 黄晖,柴剑勇,黎珠博,等.广东地震台站前兆观测系统防雷综合方法[J].华南地震,2008,28(1):109-110.
- [5] 张凯,赖见深,林苗碌,等. PET 型重力仪观测概况与仪器维护[J].华南地震,2013,33(2):114-116.
- [6] 郭德顺,杨建安,叶春明.强震动观测台站防雷措施探讨[J].华南地震,2014,34(2):107-119.