

郑永通, 张 华, 杨佩琴, 等. 垂直摆倾斜仪干扰原因分析[J]. 华南地震, 2015, 35 (2): 100–105. ZHENG Yongtong, ZHANG Hua, YANG Peiqin, et al. Interference Cause Analysis of Vertical Pendulum Tiltmeter[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(2): 100–105.]

垂直摆倾斜仪干扰原因分析

郑永通, 张 华, 杨佩琴, 刘其寿, 张年明, 郑建志, 李远兴

(福建省地震局龙岩地震台, 福建 龙岩 364000)

摘要: 针对垂直摆倾斜仪在日常观测中受到的一些干扰因素进行分析。着重探讨了覆盖层地形、地下介质、雨水入渗等几个方面对垂直摆倾斜仪观测值的影响, 同时排除雷电、气压、人为等引起的干扰因素, 提高垂直摆倾斜仪观测资料的可信度和可用度。

关键词: 垂直摆倾斜仪; 干扰因素; 龙岩台

中图分类号: P315.62

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 02-0100-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.02.016

Interference Cause Analysis of Vertical Pendulum Tiltmeter

ZHENG Yongtong, ZHANG Hua, YANG Peiqin, LIU Qishou,

ZHANG Nianming, ZHENG Jianzhi, LI Yuanxing

(Longyan Seismostation, Earthquake Administration of Fujian Province, Longyan 364000, China)

Abstract: This paper analyzes the interference factors of the vertical pendulum tiltmeter in daily observation. The paper especially explains the influence of several aspects, such as overburden terrain, underground medium, and rainwater infiltrating on vertical pendulum tiltmeter, meanwhile the paper analyzes the physical mechanism of interference caused by lightning, air pressure, human factors. Combining with the daily experience to solve the problem and deal with the interference, the paper eliminates these interference as far as possible, so as to improve the credibility and availability of the vertical pendulum tiltmeter observations.

Key words: Vertical pendulum tiltmeter; Interference factor; Cause analysis

0 引言

垂直摆倾斜仪用于测量地球内部运动引起的地面倾斜变化, 该仪器的灵敏度为 $0.001''$, 能精确测量出地面倾斜的微小变化, 具有较高的观测精

度和稳定性, 是进行地震前兆观测的重要手段之一。经过多年的运行, 发现该仪器经常受一些干扰影响, 有人为因素引起的, 有仪器本身因素引起的, 还有天气因素等等, 这些干扰因素影响观测曲线形态, 对分析处理资料带来不便。本文选

收稿日期: 2014-05-26

基金项目: 福建省地震局科研基金(SF201212)

作者简介: 郑永通 (1973-), 男, 工程师, 主要从事地形变观测与分析预报工作。

E-mail: zyt2215112@163.com.

取龙岩台的垂直摆倾斜仪观测资料,针对垂直摆倾斜仪在日常观测中出现的一些常见干扰因素进行分析,有助于进一步提高分辨干扰的能力,提高日常分析和处理资料的水平。

1 概况

龙岩台位于龙岩市新罗城区北郊虎头山的西侧半山坡上,地势东高西低,山体南高北低。台站东边有一断层,断层呈北北东走向,倾角 80° ,西边为第四系覆盖层,基岩为石英砂岩。2004年2月,经“九五”数字化改造,龙岩台安装了VS型垂直摆倾斜仪,该倾斜仪安装在台站东侧的山洞内(原SQ-70型石英水平摆倾斜仪的仪器墩上),山洞全长约95 m,洞内平均温度为 19.8°C ,年温差小于 0.2°C 。

2 气象干扰

2.1 降雨干扰

在洞室形变观测中,气压、降雨、气温、湿度、大风、雷电等气象因素的变化是导致观测资料出现异常变化的主要原因^[1]。在垂直摆倾斜仪观测中,降雨干扰则是最明显的影响因素之一。根

据地倾斜观测受降雨干扰影响明显的情况,龙岩台于1990年10月安装了雨量观测仪,通过记录每日蒸发量和降雨量,求出每日降雨累积值,根据累积值,寻求垂直摆倾斜仪观测资料与降雨累积值之间的相关性。

2.1.1 降雨干扰分析

龙岩台垂直摆倾斜仪降雨后主要表现为EW分量东倾,NS分量南倾(图1)。刘其寿等认为:当降雨时,雨水渗入到山体岩石的裂缝或土层并加载到山体中,使地面发生倾斜,由于台站地势东高西低,山体南高北低,降雨后东侧和南侧山体较重,因此降雨时表现为向东倾和向南倾^[2]。形变观测对降雨,尤其是暴雨响应灵敏,当连续降雨量超过趋动降雨量时,形变观测受降雨干扰变化就会同步表现出来。雨季初期,地下介质干燥松软,雨水的渗入改变了介质的密度,引起局部区域加速变形^[3]。降雨对垂直摆倾斜仪的影响主要与洞室基岩条件有关,由于雨水的渗入,造成地表倾斜和伸缩变化,其变化量因降雨量、降雨持续时间等不同而不同^[4]。岩石不规则的裂隙经过雨水渗透后,体积发生膨胀,孔隙压力改变,使岩石产生不均匀变形,由于水体存在,负荷增加,造成倾斜^[4]。根据以上几点,笔者认为:在雨水渗

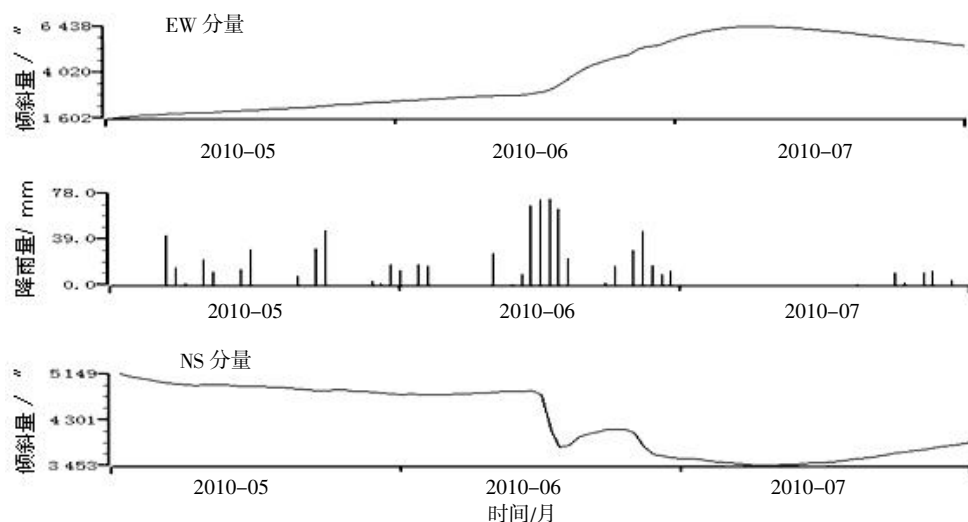


图1 2010年5月至7月龙岩台垂直摆倾斜仪EW、NS与降雨量曲线图

Fig.1 Graph of EW, NS components of vertical pendulum tiltmeter in Longyan station and rainfall from May to July in 2010

入到仪器房周围的基岩后,也会对垂直摆倾斜仪观测产生影响。主要原因:一方面由于龙岩台基岩为石英砂岩,砂岩的表面孔隙较多,孔径大小不一,且砂岩渗水性较强,雨水入渗速度较快,雨水渗入山体基岩的裂缝,使基岩的密度与体积发生变化,导致岩石发生微小变形,由于仪器墩

与基岩相连,基岩的微小倾变必然使垂直摆倾斜仪观测值发生变化。另一方面,仪器室所处地势东高西低,降雨后西侧的水更容易渗透到基岩中,使岩石体积发生膨胀、变形,故降雨时东西向东倾。同样,山体南高北低使得降雨时北面的水更易渗透到岩石中,使得降雨时南北向南倾,这与

降雨后反映出来的倾变方向一致。由于东西高差明显,坡度接近 45° ,而南北相对平缓得多,下雨时渗入地表下的水量比较均衡,差别较小,因此降雨时 NS 向虽然往南倾,但变化幅度明显比 EW 向小得多^[5-6]。

综上所述,雨季初期主要是以雨水渗入到石英砂岩上的覆盖层影响为主,当雨水渗入到石英砂岩后则为覆盖层与石英砂岩两个影响因素之叠加结果,因此,当持续降雨达到一定量后,即使雨停了,NS 向或 EW 向的变化幅度仍然存在几天较明显的变化。

2.1.2 降雨因素影响倾变速度

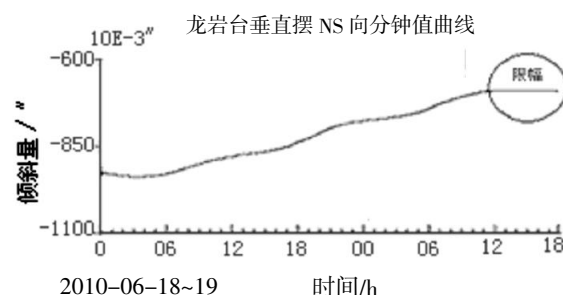
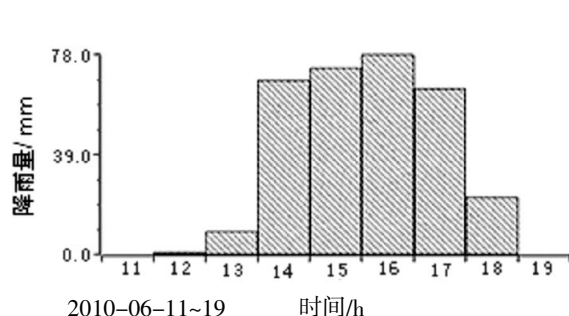


图 2 降雨使曲线超限

Fig.2 Curve overrun caused by rain

2.1.3 降雨因素引起基墩不稳

持续降雨后,曲线出现毛刺现象。图 3 是 2007 年 4 至 5 月降雨量直方图和 2007 年 5 月 25 至 28 日 NS 向分钟值曲线图,受持续降雨影响,曲线出现许多毛刺现象。

持续降雨后引起曲线毛刺的原因是由于仪器的基墩建在石英砂岩上,雨水不断渗透到砂岩裂隙,使砂岩体积发生微小膨胀、变形,这种微小变化使得基墩很不稳定,在记录曲线上则表现为毛刺,当降雨停止后,砂岩中的水份不断流失,曲线也将逐步恢复至正常状态。

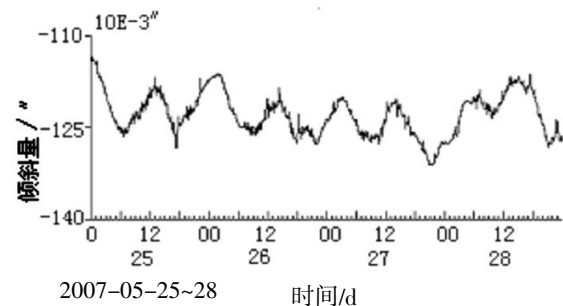
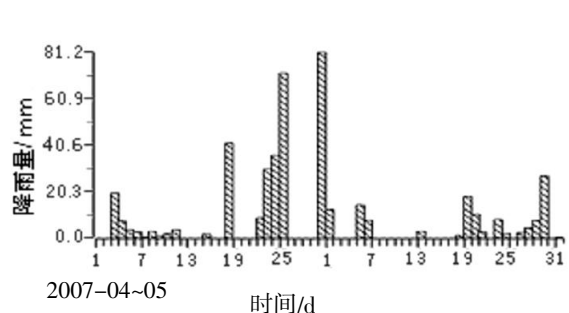


图 3 降雨引起曲线畸变

Fig.3 Curve distortion caused by rainfall

持续突降大雨后,由于雨水不断渗入到地表下,逐步渗透到山洞内垂直摆倾斜仪的主墩和过渡墩处及其附近,增加了岩石孔隙中的水分,降低了岩石的抗压强度和屈服力,进而导致岩石压力和应变的变化,引起测值短时间内产生较大幅度的加速变化,这种变化极易使曲线超限(超过仪器测量范围)。2010 年 6 月龙岩地区降雨量达 510.3 mm(台站雨量观测仪测值),为近年来降雨量较多的月份,尤其是 6 月 14 日至 17 日,日均降雨量达 70.8 mm,强降雨使垂直摆倾斜仪观测值发生快速变化,受降雨影响,2010 年 6 月 19 日 12 时起 NS 向曲线出现限幅(图 2)。

2.2 雷电干扰

夏季是雷雨多发季节,打雷时在雷电感应过程中会产生强大的瞬间电磁场,这种强大的感应磁场,可在地面金属网络中产生感应电荷,高强度的感应电荷在这些金属网络中会形成强大的瞬间高压电场,从而形成对用电设备的高压弧光放电,最终会导致弱电设备如传感器、前置放大器失灵甚至损毁,曲线则发生畸变或记录中断等现象。图 4 是龙岩台 2014 年 7 月 28 日受雷电干扰的分钟值图,图中曲线发生畸变部分即因仪器传感器或前置放大器出现短暂失灵造成;图 5 是

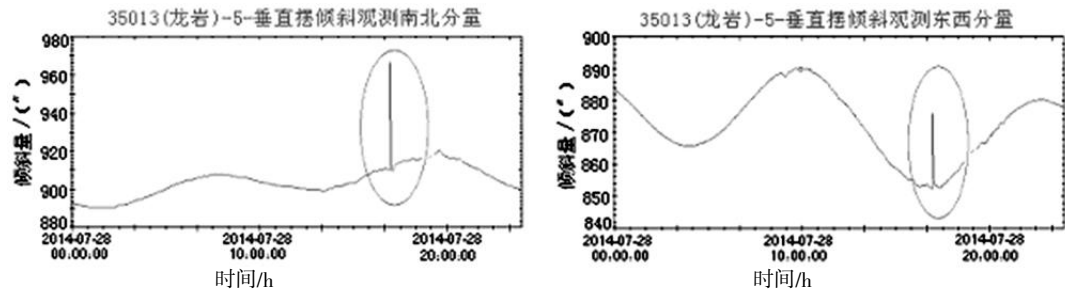


图4 雷电引起曲线畸变

Fig.4 Curve distortion caused by lightning interference

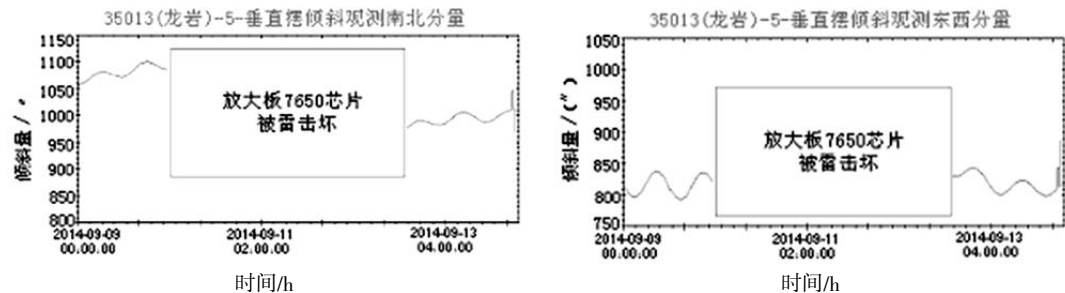


图 5 雷电损坏仪器设备

Fig.5 Equipment damaged by lightning

2014 年 9 月 10 日受强雷影响,导致垂直摆仪器放大板上的 7650 芯片被雷击坏而断记,更换芯片后,仪器恢复正常工作。雷电干扰解决方法,可在市电接入仪器设备前端装一避雷装置,并将雷电产生的过电压通过避雷装置引入地网。

2.3 气压干扰

气压干扰主要以短周期微动态干扰导致固体潮畸变为主,只有当气压出现短周期剧烈变化时,

才会导致垂直摆倾斜仪观测出现较明显的固体潮畸变^[4],说明气压对垂直摆倾斜仪的影响主要是由于大气负载作用于地表引起的变化。

分析龙岩台 2013 年 3 月 28 日的资料,有二处气压发生明显短周期剧烈变化(图 6),导致 NS 向和 EW 向在同一时段内受到不同程度影响,气压变化与垂直摆倾斜仪 NS 向呈正相关,与 EW 向呈负相关。

气压引起的变化属局部范围变化,从南平台

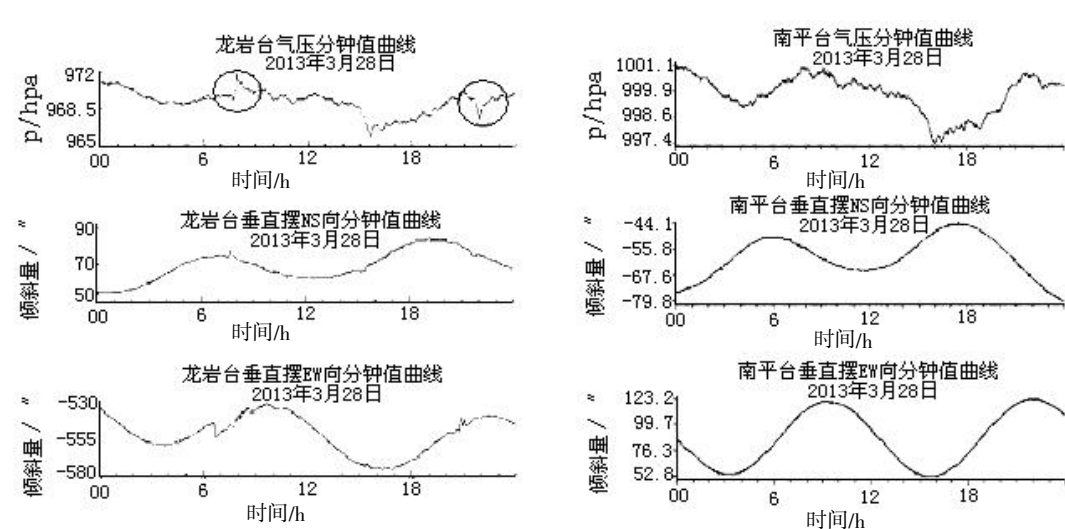


图 6 气压影响曲线形态

Fig.6 Curve shape affected by pressure

同一天的资料来看, 由于气压没有发生短周期剧烈变化, 因此, 分钟值曲线未受到影响。

3 仪器底脚螺丝受潮生锈引起的干扰

龙岩台垂直摆倾斜仪放置在台站东侧的山洞内, 离洞口约 90 m, 洞内湿度较高, 仪器底脚螺丝容易受潮锈蚀, 造成仪器与墩面接触不够紧密, 底脚螺丝锈蚀过程也会产生倾变干扰等不稳定因素, 影响记录曲形形态。如 2013 年 3 月 19 日 EW

向分钟值曲线(图 7)7 时前出现三处曲线畸变即为此干扰影响。解决方法: 首先将垂直摆倾斜仪对应本体(NS 向或 EW 向)底脚螺丝用吹风机干燥, 然后再用手加力按压该底座, 使底脚螺丝与台面接触充分, 经处理后, 曲线形态将恢复正常状态。

4 人为干扰

2013 年 3 月 29 日, 为完善仪器基础信息的需要, 人员进洞拍摄仪器照片。图 8 中, 曲线 NS 向

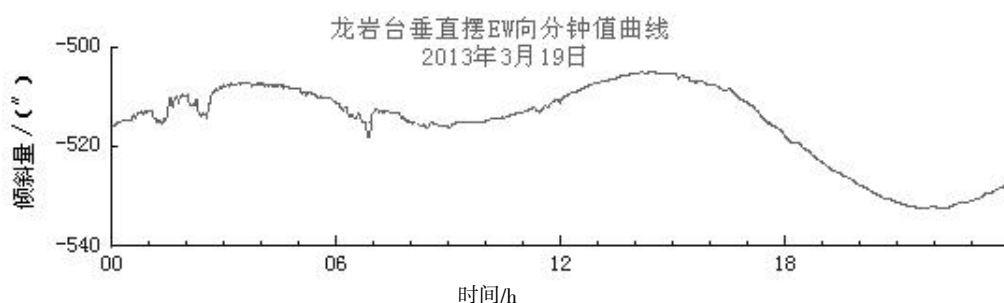
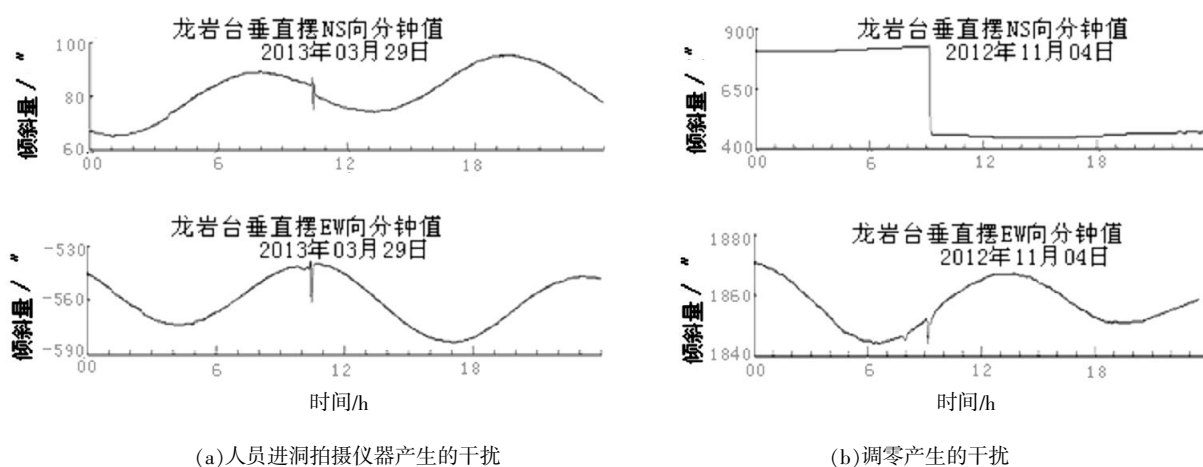


图 7 仪器底脚螺丝生锈引起曲线畸变

Fig.7 Curve distortion caused by foot screws rusting of instrument



(a) 人员进洞拍摄仪器产生的干扰

(b) 调零产生的干扰

图 8 人为因素干扰

Fig.8 Man-made interference

和 EW 向均出现了明显的干扰, 这种干扰的原因主要有两个: 一是气流干扰, 由于人的体温与洞温之间存在温差, 通过空气传播热量形成对流, 从而影响摆体; 二是气温干扰, 室内温度的升高, 也会影响仪器本体以及基墩的微小变形。

2012 年 11 月 04 日对 NS 向进行了调零(图 8), 垂直摆倾斜仪 EW 向受 NS 向调零影响, 也出现了比较明显的干扰, 产生干扰的原因与人员进洞产生的干扰原因相同。

5 结语

(1) 垂直摆倾斜仪受降雨干扰严重是因覆盖层地形, 地下地质条件, 雨水入渗等多方面因素共同影响的结果。

(2) 降雨影响垂直摆倾斜仪观测结果, 在利用垂直摆倾斜仪观测数据进行分析预报时, 要考虑如何排除降雨干扰。

(3) 由于垂直摆倾斜仪放置在潮湿的山洞内,

导致仪器底座受潮生锈产生不稳定因素,因此,山洞要尽可能考虑如何去除潮湿问题。

(4) 气压、基墩不稳以及仪器底座生锈等引起的干扰如未影响固体潮形态可忽略不计,而限幅、雷电干扰和人为干扰等则必须进行缺数和台阶处理。

参考文献:

- [1] 赵小贺. 洞体形变数字化观测干扰分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2009, 30 (4): 55-62.
- [2] 刘其寿, 杨佩琴, 王绍然, 等. 龙岩地震台地倾斜资料干扰因素分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2010, 30 (增刊): 91-95.
- [3] 汪翠枝, 张磊, 刘双庆, 等. 定点形变观测的降雨干扰及排除方法研究[J]. 华北地震科学, 2010, 28 (1): 42-46.
- [4] 黄晓华, 陈智勇, 林立峰, 等. 数字化形变观测典型曲线畸变分类与说明[J]. 华南地震, 2008, 28 (4): 142-148.
- [5] 张常慧, 宋晓冰, 李海孝, 等. 怀来地震台 VS 垂直摆倾斜仪特异图像浅析[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28 (4): 97-100.
- [6] 樊冬, 吴坤, 李惊生, 等. 密封措施对降低洞体形变观测气象类因素干扰的效果与分析[J]. 华南地震, 2014, 34 (3): 69-75.