

全建军, 陈美梅, 陈珊桦, 等. 前兆台站综合防雷系统的升级改造[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 17-21. [QUAN Jianjun, CHEN Meimei, CHEN Shanhua, et al. Upgrading and Transformation of Comprehensive Lightning Protection System for Precursor Stations [J]. South China journal of seismology, 2019, 39(S1): 17-21]

## 前兆台站综合防雷系统的升级改造

全建军<sup>1,2</sup>, 陈美梅<sup>1</sup>, 陈珊桦<sup>3</sup>, 赖见深<sup>4</sup>, 方传极<sup>2</sup>, 郑志泓<sup>2</sup>

(1. 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. 泉州地震台, 福建 泉州 362000; 4. 东山地震台, 福建 东山 363400)

**摘要:** 以福建局为例, 从“交流配电、通信及信号线路、接地与等电位、综合布线”等环节入手, 对前兆台站的综合防雷系统进行升级改造, 重点排除影响前兆站点观测系统的供电、雷电防护以及线路布线等因素, 提升台站仪器运行率, 从而为前兆观测科学研究和地震监测预报提供稳定、连续、可靠的数据资料。

**关键词:** 雷电; 地震台; 防雷; 改造

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2019)S1-0017-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.S1.003

## Upgrading and Transformation of Comprehensive Lightning Protection System for Precursor Stations

QUAN Jianjun<sup>1,2</sup>, CHEN Meimei<sup>1</sup>, CHEN Shanhua<sup>3</sup>, LAI Jianshen<sup>4</sup>,  
FANG Chuangji<sup>2</sup>, ZHENG Zhihong<sup>2</sup>

(1. Yong'an Seismic Station, Yong'an 366000, China; 2. Fujian Seismological Bureau instrument maintenance center Nanping branch, Nanping 353000, China; 3. Quanzhou Seismic station, Quanzhou 362000, China; 4. Dongshan Seismic Station, Dongshan 363400, China)

**Abstract:** Taking Fujian Earthquake Agency as an example, from the links of "AC distribution, communication and signal lines, grounding and equipotential, integrated wiring", the comprehensive lightning protection system of precursor stations is upgraded and reformed. The factors affecting the power supply, lightning protection and wiring of precursor stations are mainly excluded, to improve the operation rate of instruments of stations, thus providing stable, continuous and reliable data for precursor observational scientific research and earthquake monitoring and forecasting.

**Keywords:** Lightning; Station; Lightning protection measures

收稿日期: 2019-02-26

基金项目: 2015年福建省地震局青年科研项目基金(Y201508); 2015年福建省地震局台站科研项目基金(T201502)联合资助。

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

E-mail: qjjkt@163.com.

## 0 引言

雷电由大气层自然放电而形成,它是日常生活中常见的灾害表现。地球上每年都会有数百万次的闪电发生,给人们的生命财产和正常生活带来极大的伤害。雷电的危害是无孔不入的,其危害主要有两种:直接雷、感应雷,通常给我们造成破坏的雷害多为感应雷。

雷电严重影响了前兆台站的日常监测预报工作,也给前兆资料的观测质量与连续性提高造成不利<sup>[1]</sup>。近些年,福建省地震局的前兆台站频繁出现强雷电导致设备受损与前兆资料受干扰。龙岩、漳州等前兆站点之前进行过防雷改造,但还存在配电线路凌乱老化、通信线路未改成光纤等现象。为确保前兆台站综合观测系统能够持续稳定运转,前兆台站的防雷改造工程能够规范化,切实降低雷击对福建局前兆站点专业设备的干扰与损坏,把雷击给前兆工作带来的干扰与损失程度降至最小,进而提升前兆台网监测仪器的运行率与资料连续率,福建局在国家局监测司的统一领导下,

在地壳应力研究所的统一安排部署下,2017 年对福建局的龙岩地震台、南平地震台、厦门地震台、永安地震台、邵武地震台共 5 个台站,实施前兆台站综合防雷系统的升级工程。本文从“交流配电、通信及信号线路、接地与等电位、综合布线”等环节入手,介绍福建局前兆台站的综合防雷系统升级改造经验。经过此次的台站防雷系统升级改造,不仅排除了前兆站点观测系统供电、雷电防护以及线路布线等因素,还提高了台网运行率,从而为前兆观测科学研究与地震分析预报给予持续、稳定、真实的数据资料<sup>[2]</sup>。

## 1 福建地震监测台网分布情况

福建省地震局目前共有 164 个台站,其中专业前兆台站 12 个,地方台观测站点 24 个,测震台站 128 个,其中 88 个台配备速度地震仪,94 个台配备加速度型地震仪,54 个台配备双地震仪,见图 1。对于测震台和强震台中经常遭受雷击的台站,福建局已进行太阳能改造,所以此次未纳入防雷升级改造。

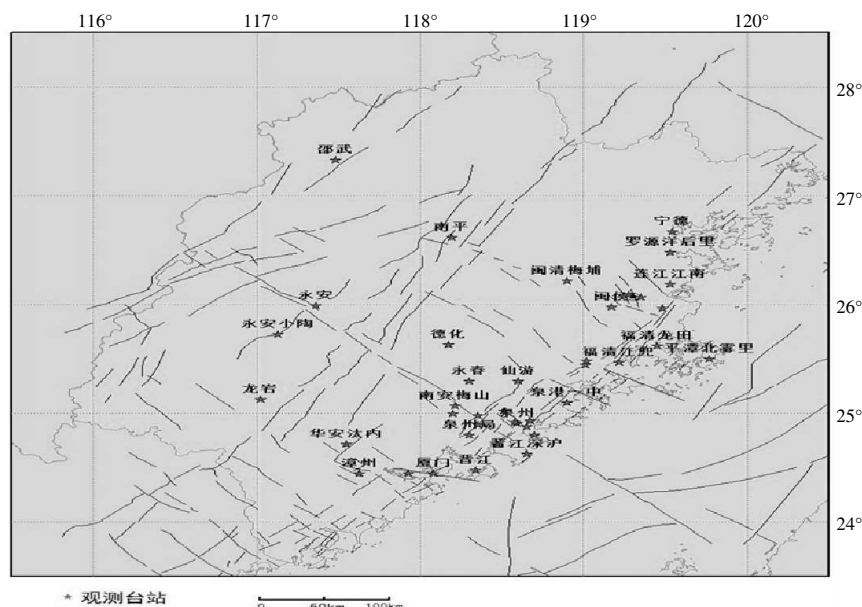


图 1 福建省前兆观测台站分布图

Fig.1 Distribution map of precursor observation stations in Fujian province

## 2 福建前兆台站雷击情况

福建省属于暖温带与亚热带的交叉地带,处于天气易变且敏感的区域,每年的 5 至 9 月份经常出现雷雨天,特别是 6 至 8 月更加频繁<sup>[3]</sup>。近几年强雷击给福建局的前兆站点带来巨大损失,有些站点一年内多次发生雷击损坏地震仪器事件,

站点抗雷击能力脆弱。雷电不仅导致观测设施受损,前兆资料发生断记,情况严重时还会造成仪器停测,极大影响观测资料精度、连续性与可靠性,经济损失惨重<sup>[4]</sup>。例如:2014 年 5 月 30 日,漳州台气象三要素观测仪遭雷击损坏;2014 年 8 月 11 日,漳州台重力仪主机电路板上的 MAX232 芯片和垂直摆 EW 向前置放大器遭雷击出现故障,

原因是山洞内放大器端无信号防雷器;2012年4月25日,永安台钻孔体应变的数采串口模块受雷击损坏,原因是避雷措施不够;2012年7月22日,永安台钻孔体应变数采前置放大器模块遭雷击损坏;2012年9月10日,南平台垂直摆NS向数采继电器遭雷击损坏,原因无信号防雷器;2013年8月9日,南平台垂直摆NS向前置放大器雷击故障,原因无信号防雷器;2014年9月11日,南平台垂直摆EW向前置放大器遭雷击损坏;2014年6月11日,龙岩台地磁GM-4和FHD-2B均遭雷击故障;2014年9月10日,龙岩台地磁FHD-2B受雷击故障。

### 3 综合防雷系统升级改造

针对福建局前兆站点综合防雷系统出现的几类问题,如区域防雷,供电防雷,通信信号线防雷,传感器引线防雷等。本次改造结合各站点的实际位置、地质、天气、运行环境等因素与雷电出现频率和站点实际布局的情况下,进行全面规划和设计,通过完善前兆站点交流配电防护系统,增强接地与等电位衔接,正确布设各类线路,让各站点的前兆观测仪器在多种型号避雷设施的保护下,保持正常的工作状况,实现前兆台站综合避雷目标,降低雷击对前兆仪器设备的危害,从而确保前兆台网的稳定运作。台站综合防雷系统升级改造具体内容如下:

(1) 完善台站交流配电的防雷级数。

(2) 新添通信线路与仪器信号线避雷器。

(3) 从尽快泄放雷电流,减少雷害出发,清理现有接地体情况,完善改进与完善电磁屏蔽,接地极与等电位装置。

(4) 为避免因雷电感应而损坏仪器设备,台站做到(电源线、信号线、数据网络线)强弱电线路分开,防雷设备信号I/O线部署避免环路,规范各种观测仪器与设施的综合线路整理与仪器位置部署等内容。

#### 3.1 配电线路防护改造

目前不少地震台仪器设备配电线路防护不够完善,许多台站只做了一级或两级电源防雷,针对这方面存在的问题,要求完善交流配电的防雷级数,供电设施务必要达到安全、稳定、合适和实惠等要求,地震台站仪器设备供电线路设计时,至少要达到4级电源防护(图2)。

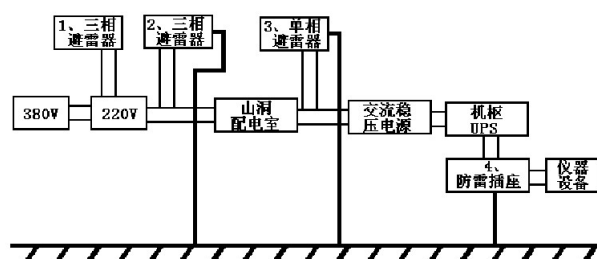


图2 供电系统四级防护图

Fig.2 Four levels protection diagram for power supply system

许多雷击事件都是因为电源直接遇强雷电或者因感应雷袭击造成的,所以对电源采取有效的避雷措施,是此次防雷系统设计的关键部分。因为电源在遭受直接雷击或者感应雷袭击时,会形成很强的电磁干扰脉冲,会对正常运行前兆观测设备带来严重影响。针对这种雷击灾害,通常将多级放电设备并联到用电仪器端,逐渐减少电磁脉冲的影响强度,也就是逐渐减少放电余压与放电电流,让进入用电设施的电压和电流保持在设备能经受的程度,确保前兆设施不遭雷击毁坏或者雷击时仪器保持正常工作<sup>[9]</sup>。具体措改造如下:

(1) 强电接入(三相供电线),均采用铠装电缆下线埋地接入配电房,原则上尽量做到供电线埋地接入和接出方式。

(2) 前兆仪器室供电务必选择TN-S配电方式或者TT配电方式。

(3) 配电箱内设总开关(空气开关),下设照明、动力、稳压电源、UPS输出、备用五路单相分开关。

(4) 第一级设计在地震台总配电位置,设计最大放电电流不低于140kA(8/20 $\mu$ S)的电源防雷器。

(5) 第二级设计在总配电房与观测室之间,机房配电箱之前,设计最大放电电流不低于100kA(8/20 $\mu$ S)的电源防雷器。

(6) 第三级设计在机房、各观测室、山洞等的总配电位置,设计最大放电电流高于80kA(8/20 $\mu$ S)以上的电源避雷器。

(7) 第四级设计在设备处,设计最大放电电流不低于10kA(8/20 $\mu$ S)的防雷插座。

#### 3.2 通信线路、信号线路防护改造

福建局现有地震台仪器设备的信号线防护措施不完善,通信线路要采用光缆和光隔离器,不

同型号的仪器信号接口采取相应信号防雷器等进行防护方案设计。通信线路的防雷针对有线通信以及外部使用大型天线的无线通信链路,在设备端增加避雷设备,在外部线路或天线发生遭雷击事故时能保护台站的设备。信号线避雷主要选择与外部电器有接触的仪器,前兆观测仪器中主要包含:电磁仪器、流体仪器以及形变仪器等。这里面的大地电场仪器、甚低频仪器以及地电阻率仪器均为开放式设备,在过去几年更是频繁遭受雷电袭击。在这些测量设备的信号线路上增加泄放雷电流设备,保障设备不被损坏或在雷击过程中设备能正常工作。具体改造如下:

(1) 进出建筑物的采集线在仪器侧安装专用信号防雷器,其最大放电电流不低于 10 kA/线(8/20  $\mu$ s)。

(2) 进出建筑物的采集线尽可能在传感器(信号放大器)端配备专属的信号避雷器。

(3) 观测仪器(数据采集器)与传感器都在同一建筑物内(或者山洞内)时,采集线长超过 5 m,则在仪器一侧安装专用信号防雷器,10 m 以上则双侧都均需配置专用信号防雷器。

(4) 地震台内各仪器房之间、仪器房和机房之间、观测山洞和机房之间、观测山洞与仪器房之间的信号传输线(如 RS232、网线等)均改成光缆传输。

(5) 户内布设长度大于 10 m 的信号传输线适合改成光缆,该光缆能以明线方式布设。户外的光缆通常进行地下布设或者进行架空处理。

(6) 光缆进行埋地处理时,需将其套入 PVC 管或者钢管内。光缆全部的金属接头、金属增强芯、金属防潮壳等,均需在入室位置进行接地处理。

(7) GPS 的反馈线需在设备端配置信号防雷器。

(8) 从前兆台站出去的 DDN 等相关通信传输线均需配置信号防雷器。

(9) 仪器室内的所有监测设备应统一安放到标准机柜中,尽可能减少通信传输线的距离。

### 3.3 接地与等电位改造

从防雷方面来说,接地是整个防雷工程中最关键部分,无论是直击雷击、感应雷击亦或其他形式的雷击,最后均是将雷电流传至地下,合理而良好的接地装置是可靠防雷的保证。地震台站地网(接地体、地线)应尽快泄放雷电流,减少雷

害出现,所以要进行台站防雷接地系统的方案设计,主要改造如下:

(1) 前兆站点采取共同接地形式,也就是前兆站点内相距不远的建筑物的地网联成一个整体接地网。

(2) 接地电阻在 4  $\Omega$  内,遇到土质环境差的地方在 10  $\Omega$  内,对于土质环境非常差,场地限制的地方要求接地体数量即可,不必要求接地电阻。比如,接地体数量不少于 10 个。

(3) 机房、观测房下布设 4×40 mm 的扁铜接地排当做等电位衔接主排,接地排和接地聚集线相连。

(4) 设备、机柜、防雷装置等均通过 6 mm<sup>2</sup> 的多股铜线直接连到接地主排,利用线耳进行相接。

(5) 用于磁场监测的仪器房,全部接地设备务必选取铜材。

(6) 深远的山洞内不必单独铺设接地线。

(7) 无人值守的观测房的接地宜采用法拉第笼结构。

(8) 接地装置必须进行定期维护,检查地网是否完好,接地电阻每年在雷雨季节前至少测量 1 次。

地网设计依据如下:

(1) 必须按照综合防雷的思路,依据本台站的配电、通信布线和防雷方案以及设备布局和配套措施进行统一规划。

(2) 前兆站点在设计本台站接地方案时,需关联本地的区域环境、天气、土地电阻率等条件,以及地形、场地结构和所选取的接地体类型、材质、降低接地电阻的方法等情况,从台站实际出发,进行规划设计和实施。

(3) 可从接地电阻要求小于 4  $\Omega$  和实测当地电阻率得到的数值出发进行设计计算。

(4) 实测当地电阻率的方法有多种,推荐四极法。拥有四个接头的接地电阻检测设备,都能使用四极法来检测土壤里的相关电阻率。

(5) 接地网主要通过纵向接地体与横向接地体交叉而成。用敷设在土壤表面的横向接地体把纵向接地体并联时,接地电阻可降低 10%~15%;在横向接地体上增加一个纵向接地极可将接地电阻降低 25%~30%。因此,地震台站的地网尽可能采用复合(综合)接地网。

如果地震台站可用做地网的面积不够大,则采用深埋接地体并添加辅助降阻剂(垂直接地体埋深 5 m 以上,回填降阻剂),如果能见到地下水最好,也可采用离子接地体或接地模块,按照产品

要求设计施工。

如果地震台站附近含砂量大或土石各半,也就是说土壤电阻率  $300\ \Omega\cdot\text{m}$  以上时,则采用离子接地体或接地模块,按照产品要求设计施工。所有回填的土换为降阻剂或粘土。

如果地震台站附近不保湿,季节干旱,也就是说干旱季节地电阻率  $300\ \Omega\cdot\text{m}$  以上时,则地网建设在经常浇水的花坛等处,保持地网附近潮湿。加大降阻剂用量,接地体周边  $2\ \text{m}$  左右的土全部用能保持水分的有机降阻剂。

如果地震台站附近土壤腐蚀性很强,则采用铜或铜包钢或特殊处理的接地体,同时用有机降阻剂保护接地体。

(6) 接地网建设所使用的原料品种、横截面积的宽窄以及导体衔接方法均会关系到接地工程的花费、品质与寿命。接地网的用材有铜材、钢材、离子接地体或接地模块,其中利用铜材和钢材的占多数,其缺点是材料使用数量大、花费多、建设繁琐、使用时间短、运行平稳性弱,在土壤电阻率高的地方运用基本获得不了满意的成效。但离子接地方式或使用接地模块就耗材少、花费少、建设工程简单,并且使用时间长、运行平稳性佳,尤其适用在土壤是高电阻率的区域。

(7) 地网施工是一项隐蔽工程,应由具有资质的专业队伍施工,监理验收方可。对于垂直接地体最好直接打下去,碰到石头换一个地方,如果接地体与周边土壤有松动产生间隙,则用稀土加水搅拌成较稀的泥浆慢慢渗透下去填满间隙。对于水平接地体宜挖槽,槽深  $0.7\ \text{m}$  以上,先铺上  $0.2\ \text{m}$  左右细土(最好是田园土),然后安装水平接地体。接地体连接采用搭焊接,焊接不少于三个棱边,搭接面积不小于  $100\ \text{mm}^2$ 。焊接后用沥青做防腐处理,或刷防锈漆,再用细土(最好是田园土)回填,且要分层压紧。

(8) 地震台站采用共用接地方式。地网之间的连接方法为:用  $4\times 40\ \text{mm}$  的扁钢在地下连接(不是在地面上连接),而且连接点不少于 2 处。一些综合台,有多个地网,各检测室(山洞)有自己的地网,如果这些地网距离超过  $20\ \text{m}$  可以不连接,否则,所有地网都连接到一起。防雷地网雷击时地电压很高,对设备是一种危害隐患。如果是独立地网而且相距  $20\ \text{m}$  以上则不与其它地网连接,如果相距很近则连接,但是,设备的接地引入汇接点要远离防雷针的引下线连接点。

### 3.4 台站综合布线改造

前兆监测仪器是地震行业的专用设备,设备同传感器相连的线路十分多,譬如信号传输线、交直流传输线、接地线等,如今新的“十五”地震监测设备还增加了通信传输线,如设备连接数据采集器的通信传输线,数据采集器连接通信仪器的传输线等,各种传输线常常没按相关要求要求进行铺设,例如强电与弱电线铺在一起,线路传输距离过长,放置室内的仪器在外部遇到电磁干扰时,局部会发生强的电磁感应,这种感应会损坏测量中的仪器设备。所以要对台站的各类路线进行分组分类铺设,即进行台站的综合布线,主要改造如下:

- (1) 总配电送到机房、山洞、观测室的配电线路通过铠装式电缆并入地铺设,铠装式电缆金属层两头应接地,且电缆的入地埋深至少要大于  $1\ \text{m}$ 。
- (2) 信号线采用屏蔽电缆并埋地铺设。
- (3) 室内(观测山洞中)的输电线同信号传输线要隔开布设,二者间距最好大于  $1\ \text{m}$ 。
- (4) 室内的仪器设备尽可能摆放到室内中央,离外墙最好  $1.5\ \text{m}$  以上。
- (5) 所有线路应分别分组绑扎,并做好标记。

## 4 结语

龙岩地震台、南平地震台、厦门地震台、永安地震台、邵武地震台共 5 个台站,在 2017 完成了台站综合防雷系统升级改造。经过 2 个雷雨季节检验,5 个台站的前兆仪器经受住了雷雨天气考验,很好保证了前兆监测仪器的稳定运转,达到了预期改造目的,取得了明显效果。

### 参考文献:

- [1] 全建军,郑志泓,郑永通,等.地震工程学报[J].地震工程学报,2017,39(Z1):168-169.
- [2] 袁湘玲,周倩,王振会,等.雷电灾害风险分级方法研究[J].灾害学,2017,32(1):26-27.
- [3] 全建军,林慧卿,陈美梅,等.数字化地震前兆台站防雷措施探讨[J].华南地震,2018,38(1):57-59.
- [4] 孙忠欣,侯淑梅.雷电机理及其防御[J].河南气象,1999(4):28.
- [5] 芮静康.建筑防雷与电气安全技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.