

赵楠, 周冬瑞, 孙鸿博, 等. 台站综合观测技术保障系统运行实效评价体系研究与应用[J]. 华南地震, 2018, 38 (3): 84–90. [DZHAO Nan, ZHOU Dongrui, SUN Hongbo, et al. Research and Application of Operational Effectiveness Evaluation System for Comprehensive Observation Technology Support System of Stations [J]. South China journal of seismology, 2018, 38(3): 84–90]

## 台站综合观测技术保障系统 运行实效评价体系研究与应用

赵楠<sup>1</sup>, 周冬瑞<sup>1</sup>, 孙鸿博<sup>1</sup>, 刘莉<sup>1</sup>, 石英杰<sup>2</sup>  
(1. 安徽省地震局, 合肥 230001; 2. 六安市地震局, 安徽 六安 237000)

**摘要:** 以安徽监测台网为例, 通过开展对安徽省监测台网台站综合观测技术保障系统运行实效评估, 建立起台站综合观测技术保障系统效能评价体系, 采取量化数值评分方法, 评估台站保障系统构成各类要素运行实效, 为提升台站保障系统运维能力, 发挥实效提供依据。

**关键词:** 防雷; 运维; 评价体系

中图分类号: P315.78 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662(2018)03-0084-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.03.013

## Research and Application of Operational Effectiveness Evaluation System for Comprehensive Observation Technology Support System of Stations

ZHAO Nan<sup>1</sup>, ZHOU Dongrui<sup>1</sup>, SUN Hongbo<sup>1</sup>, LIU Li<sup>1</sup>, SHI Yingjie<sup>2</sup>  
(1. Anhui Earthquake Agency, Hefei 230001, China; 2. Lu'an Earthquake Agency, Lu'an 237000, China)

**Abstract:** Taking Anhui Monitoring Network as an example, the paper conducts the operational effectiveness assessment of the comprehensive observation technology guarantee system for provincial monitoring network station, and establishes a station performance evaluation system for comprehensive observation technology support system, by adopting quantitative method, evaluation of actually effectiveness of guarantee system's various elements, which provides basis for improving the operation and maintenance capability of the seismic station guarantee system.

**Keywords:** Lightning protection; Operation and maintenance; Evaluation system

收稿日期: 2018-01-10

基金项目: 中国地震局三结合(CEA-JC/3JH-161202)与中国地震局星火项目(XH18020YSX)共同资助

作者简介: 赵楠(1986-), 男, 工程师, 主要从事地震监测、运行维护的方面工作。

E-mail: 121227746@qq.com.

## 0 引言

自 2010 年以来,全国地震台综合防雷改造示范与推广应用至今,已有 600 多个台站完成了台站观测技术保障系统的综合防雷改造。在此期间,安徽局完成了淮北台、蒙城台、六安台等 29 个台站的改造任务,这些台站分别对台站供电系统进行了三级或二级避雷不同等级防护,新增或更新了 B、C、D 级电源避雷设备;台站观测仪器(测震、强震动、流体、形变、电磁)传感器与采集器设备之间增加必要的信号防雷设备;新建或改造了一些台站地网设施;部分有人值守台站增加了雷电预警仪,对台站 UPS 电源安全控制防护;实施的台站综合布线,对台站各类线路进行有效整理。在一般情况下,一个台站的保障系统新增了供电、信号防雷设备达数十台套,大大提升了台站的综合防雷能力,改善了台站观测技术环境条件,提高了台站观测数据连续率,使得因雷电造成的台站仪器、计算机等相关设备损失率大大降低。

随着台站综合防雷技术升级改造的持续推进,如何保证这些防雷设备能够在台站综合观测技术保障系统中发挥稳定、可持续作用,是台站今后运维的一项重要工作内容,也是我们开展此次研究的一个重要原因。

目前,我们还尚未有一套行之有效,针对台站的综合防雷保障系统运行效能的评价体系,这对未来台站开展运行维护与提高台站监测效能保障十分不利。因此,亟待建立一套适用于台站综合防雷保障系统运行实效的评价体系,为台站观测系统正常运行提供可持续的技术保障,也为台站综合防雷保障系统运维提供必要的技术指导;尤其是针对一个省级监测台网而言,建立起一个省级台网对台站综合防雷保障系统运维与运行运行实效的评价体系,对未来台站保障系统运行设备开展常态化有序的维检工作有积极意义<sup>[1]</sup>。

## 1 台站综合防雷评价体系构架

台站综合观测防雷保障系统是地震观测系统运行保障的重要组成部分,因此,做好台站综合观测技术防雷保障系统的运维工作十分必要。

我们知道台站综合观测技术防雷保障系统由台站多级交流供电避雷子系统、台站雷电预警仪与 UPS 电源防雷子系统、台站各测项信号防雷子系统、台站接地地网、台站机房与机柜综合布线几部分组成。具体见下图 1 所示。

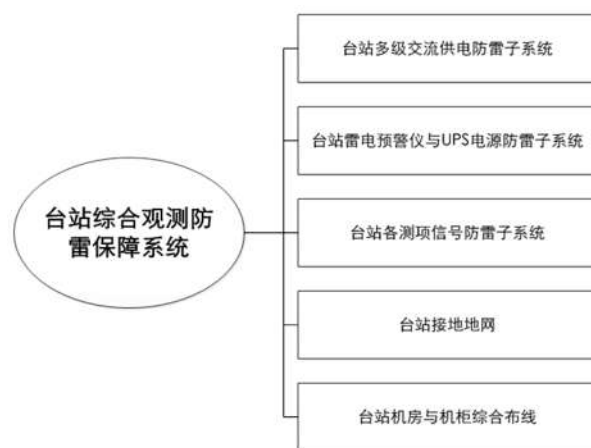


图 1 台站综合观测防雷保障系统关系图

Fig.1 The relationship diagram of integrated lightning protection system in Seismic Stations

这些年开展的全国地震台站综合防雷技术升级改造,有效提升台站的综合保障能力、提高了观测数据连续率,大大减少了雷电给台站观测系统设备带来的损失。台站综合观测技术保障系统运行效果直接会影响到台站观测系统正常运行与否。因此,确保台站保障系统设备在雷雨季节期间安全运行,发挥防护有效作用,需进行精细维护、定期巡检。然而,如何去评估台站综合观测技术保障系统的运行效能呢?显然,需要建立一个台网综合观测技术保障系统运行评价平台,采取量化与定性方法,科学客观评估台站保障系统的运行(一年)实效与设备状态,以促进台站综合观测技术保障系统运维责任的不断提升,台站维检制度的逐步规范,从而达到台站质量的提高,使得台站观测系统正常稳定运行得到持续保障,这也是我们台站综合观测技术保障系统运行实效评价体系研究的根本原因<sup>[1]</sup>。

如何评估台站综合观测技术保障系统运行效能,需要建立一个与之相应的系统质量与运行实效评估体系。评估体系一般由所建立台站保障系统各类要素状态质量评价指标与评分内容构成。通过定期(1~2 年台站保障系统及设备巡检或抽检)对台站防雷系统运行的各类要素(防雷设备、接地电阻)状态巡检查看,防雷设备现场检测,检查防护设备是否出现异常(遭雷击外观变形、指示灯灭损坏),检测数据是否合格,然后对检测结果进行对比并评分,统计上一年度台网所涉及台站在雷雨季节遭雷击设备受损情况。显然,台站综合观测技术保障系统运行年度巡检十分重要。我们知

道, 对于一个省级监测台网而言, 其运行效益与每个台站的综合观测技术保障系统运行效果密切相关, 它除与台站综合观测技术保障系统自身构成各类要素有关, 还与台站各测项观测系统运行产出(数据完整率、台站系统运行率、设备遭雷击受损率) 相关, 从而构成与之相对应的一个省级监测台网综合观测技术保障系统运行实效评价体系。在此评估系统中还需加入一段时期(至少一年)台站观测系统运行与台站观测系统设备经历一

个雷雨周期的承载能力。

为此, 我们设计一个省级监测台网保障系统运行实效评价体系, 其内容包括辖区台站综合观测技术保障系统各类要素(台站交流供电防雷子系统、台站各测项信号防雷子系统、台站地网与接地电阻值检测、台站综合布线、台站雷电预警仪与 UPS)运行实效评价指标与台站观测系统年度运行率(数据完整率)以及台站设备遭雷击受损情况统计<sup>[9]</sup>。具体见图 2 所示。

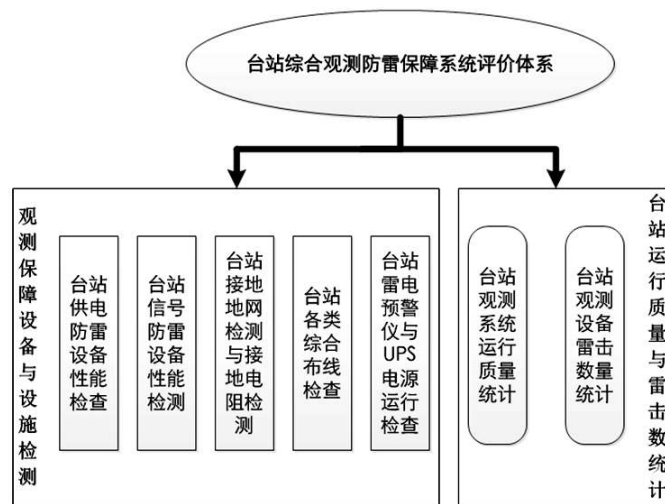


图 2 台站综合观测防雷保障系统评估体系

Fig.2 The evaluation system of integrated lightning protection system in Seismic Stations

我们定义一个监测台网的台站观测技术保障系统运行评估实效的集合用  $\xi$  表示, 包括台站综合观测技术保障系统的运行状态、台站观测系统运行实效与台站设备雷雨季节(一年)承载力, 如公式(1)所示。

$$\xi = 1/N \sum_{n=i} [(a+b+c+d+e) + P+Q]_i \quad (1)$$

公式(1)中,  $\xi$  表示一个监测台网的台站保障系统效能评估总分值;  $N$  表示台网辖区内具有保障系统台站数量;  $a$  表示台站交流供电防雷设备检查正常与否的集合得分值;  $b$  表示台站多测项信号防雷设备参数检测符合与否的集合得分值;  $c$  表示台站地网状况与检测接地电阻合格与否的集合得分值;  $d$  表示台站综合布线巡检情况的集合得分值;  $e$  表示有人值守台站雷电预警仪运行记录与 UPS 状态巡检得分值。  $P$  表示  $N$  台站观测系统总运行率(年度统计)与各测项观测数据总体完整率(年度统计)得分均值;  $Q$  台站各类设备遭雷击受损(年统计)得分值。

评价体系采取百分制评分, 各列项评分赋值

的集合经加权平均后, 得到评估总分值:  $\xi \geq 90$  分, 且台网保障系统运行状态为优秀; 评估总分值:  $75 \text{ 分} \leq \xi < 90 \text{ 分}$ , 则台网保障系统运行状态为良好; 评估总分值:  $65 \text{ 分} \leq \xi < 75 \text{ 分}$ , 则台网保障系统运行状态为合格, 且保障系统需要做一定相当的改进和完善; 评估总分值:  $\xi < 65 \text{ 分}$ , 则台网保障系统运行状态欠佳, 台网保障系统亟待进行重大改造和更新。

为科学、客观反映一个省级监测台网台站综合观测技术保障系统整体运行状态, 我们将评估体系构成各类要素进行分类, 然后, 经巡检各类状态依次评价为 A、B、C、D 等级并给出相应的评估分值(见表 1)。

根据表 1 可知, 一个台站综合观测技术保障系统运行的各类要素在巡检中的状态是不同的, 雷雨季节的承载能力也不同。因此, 台站仪器信号防雷设备巡检赋值较高, 设备参数包括有静态电阻、分布电容、电感及反向启动电压、漏电流, 这些参数在设备长期运中因老化而变差, 常规维检中应高度重视。台站地网接地电阻是防雷

泄流的重要指标,地网合格而在一段时间里的接地阻值变化不大,一年甚至几年检测结果都如此,易造成错觉,若一旦忽视它的存在,可能会出现断崖式变化,如地网连接处被人为挖断或地网附近水源枯竭,定期检测地网阻值十分必要。通过

对台站保障系统的年度巡检和不定期检查,获取设备、地网检测数据,我们就可以对上述所评估列项进行评估赋予相应评分值,通过检测数据的统计与分析计算,结果均分相加后得到一个省级监测台网的效能评估总值<sup>[4-6]</sup>。

表 1 台站综合观测防雷保障评估体系表

Table 1 The assessment system of integrated lightning protection in Seismic Stations

台站巡检查与参数检测		评分描述	得分
台站交流供电防雷设备 (10分)	B级防雷设备巡检 (3分)	正常运行及符合安装规范为 A	3
		正常运行存在部分安装不规范为 B	2
		部分失效或安装不规范为 C	1
		设备失效为 D	0
	C级防雷设备巡检与 计数状态 (3分)	正常运行且能计数为 A	3
		正常运行且未见计数为 B	2
		正常原先存在安装不规范为 C	1
		设备失效为 D	0
	D级防雷插座检查 (2分)	正常运行及符合安装规范为 A	2
		正常运行存在部分安装不规范为 B	1
		设备失效为 D	0
	台站供电房配电设施 检查 (2分)	防雷设备安装规范、布局合理为 A	2
		防雷基本符合安装规范为 B	1
		防雷设备安装不规范、布局不合理为 D	0
台站观测仪器信号 防雷设备 (20分)	仪器信号防雷设备端 电阻检测 (5分)	所检测设备端电阻值均合格(小于 0.5 Ω)为 A	5
		所检测设备端电阻值合格率大于 90%为 B	4
		所检测设备端电阻值合格率小于 90%大于 50%为 C	1
		所检测设备端电阻值合格率小于 50%为 D	0
	仪器信号防雷设备分布 参数(电容、电感)检测 (5分)	所检测设备分布参数值均合格(小于 200 pF)为 A	5
		所检测设备分布参数值合格率大于 90%为 B	4
		所检测设备分布参数值合格率小于 90%大于 50%为 C	1
		所检测设备分布参数值合格率小于 50%为 D	0
	仪器信号防雷设备 启动门限电压检测 (5分)	所检测设备启动门限电压均合格(小于 100 V, 大于 15 V)为 A	5
		所检测设备启动门限电压合格率大于 90%为 B	4
		所检测设备启动门限电压合格率小于 90%大于 50%为 C	1
		所检测设备启动门限电压合格率小于 50%为 D	0
	所检测防雷设备 运行检查 (5分)	所检查防雷设备安装合格,运行正常为 A	5
		防雷设备正常但未规范安装为 B	3
		发现故障为及时排除为 C	1
		新设备未按要求接信号防雷设备为 D	0
地网与接地电阻检测 (15分)	接地地网检查 (5分)	接地地网完好,接线与母排均可靠连接为 A	5
		接地地网完好,个别接线与母排存在不可靠、不规范情况为 B	2
		接地地网差,接线与母排连接存在不规范情况为 D	0
	接地电阻检测 (10分)	检测多点接地电阻均合格(≤4 Ω)为 A	10
		检测多点接地电阻合格率≥80%为 B	8
		检测多点接地电阻 80%≥合格率≥50%为 C	2
		检测多点接地电阻合格率≤50%为 D	0

(转下表)

(转表 1)

台站巡检查看与参数检测		评分描述	得分
台站综合布线 (10 分)	计算机房综合布线 (4 分)	总体布线整洁、规范为 A	4
		局部布线不整洁、较为规范为 B	3
		局部布线欠整洁、不规范为 C	1
		总体布线混乱、未按要求布线为 D	0
	仪器机柜综合布线 (3 分)	总体或新增设备布线检查规范合格为 A	3
		局部存在欠整洁, 布线较规范为 B	2
		局部存在不整洁, 不规范为 C	1
		总体存在不整洁、不规范为 D	0
	仪器观测室或 观测山洞各类走线 (3 分)	总体或新增观测手段布线检查规范合格为 A	3
		局部存在欠整洁, 布线较规范为 B	2
		局部存在不整洁, 不规范为 C	1
		总体存在不整洁、不规范为 D	0
台站雷电预警仪与 UPS 电源 (或无雷电预警仪)运行检查 (5 分)	雷电预警仪运行检查 (3 分)	运行正常且有记录日志 A	3
		运行正常但无记录日志为 B	2
		运行正常率低于 80%且无日志为 C	1
		运行不正常且无记录日志为 D	0
	有雷电预警仪时 UPS 电源供电检查(2 分)	雷电预警仪工作, UPS 供电切换正常为 A	2
		雷电预警仪工作, 无法正常切换供电为 D	0
台站观测系统运行检查 (20 分)	有人值守无雷电预警仪 (含无人值守台) UPS 电源检查 (5 分)	UPS 的 I/O 端 C、D 级防雷设备合格, 切换运行正常为 A	5
		C、D 级防雷设备不完备, 供电切换正常为 B	3
		C、D 级防雷设备不完备, 供电切换时不正常为 D	0
	台站观测系统运行率 (10 分)	总运行率≥98%为 A	10
		总运行率≥95%为 B	8
台站设备遭雷击受损检查 (20 分)	观测数据影响检查 (10 分)	总运行率≥90%为 C	4
		总运行率≤60%为 D	0
		数据记录正常, 未对原始数据产生影响为 A	10
		数据记录正常, 对原始数据产生一定的差异影响, 数据可使用为 B	8
	台站观测设备遭雷击受 损统计(年度) 12 分	对原始数据产生较为明显影响, 数据无法使用为 D	0
台站辅助设备遭雷击受 损统计(年度) 8 分	专业设备因雷击, 无损坏为 A	专业设备因雷击受损率≤20%为 B	6
		专业设备因雷击受损率≥20%为 D	0
	计算机、电源等无损坏为 A	计算机、电源等因雷击受损率≤20%为 B	4
		计算机、电源等因雷击≥20%为 D	0

台站保障系统是台站观测系统正常运行的基本保证, 开展台站保障系统的常态化运维、巡检工作, 可以有效保障台站观测系统的各测项仪器正常获取观测数据。通过对台站保障系统的巡检与评估, 检验台站保障系统的运行实效, 以评估工作来促进台站保障系统的各个技术环节完善, 降低台站设备因雷击受损率, 进而提高台站观测系统的运行率、观测数据完整率, 使其更好地使台站为地震监测预报预测工作服务。

2 安徽台网台站保障系统巡检分析

以安徽台网为例, 我们对涉及台站保障系统几年来的运行状况, 通过巡检结果进行评估分析与计算。

安徽台网台站大都是“十五”期间进行了数字化改造台站。由于安徽地处我国中东部地区, 根据气象部门相关数据统计, 安徽大部地区地处中雷频发区, 特别是在皖中南地区, 台站观测系统经常因遭雷击使其设备受损严重, 极大影响到

安徽台网系统运行率和观测数据完整率。安徽局于2010年、2013年和2015年分三期,对安徽台网29个台站进行了综合观测技术保障系统防雷改造。通过近些年保障系统运行情况来看,台站仪器因雷击造成的受损率大大降低,安徽台网系统运行率也得到了提高(图3)。

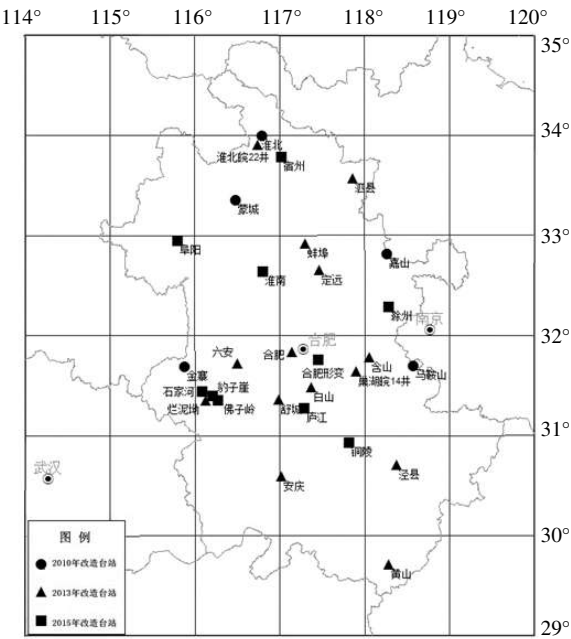


图3 安徽省综合防雷改造分布图  
Fig.3 The distribution map of comprehensive lightning protection reconstruction in Anhui

为检验安徽台网台站保障系统目前的运行状况,我们抽检了15个台站(包含综合性台站、遥测台、市县台、山区台站、山洞台站、平原台站等省内全部种类和性质的台站),对抽检内容状态与结果进行评估分析。通过巡检和现场测试的方式对台站全部防雷设施和设备进行检查,针对防雷设施 and 设备的运行状态、维护保养情况、实际发挥的效能等方面进行检查。尤其是台站信号防雷设备,在线接入采集器与传感器之间,工作状态正常与否受设备参数的影响极大,包括有信号防雷设备I/O端点间的电阻、I端或O端线间的电容、电感分布参数,端点启动电压及漏电流。

安徽监测台网抽检台站保障系统性能检测与评分情况,评分结果见表2。

(1) 巡检结果有12个台站交流供电防雷设备运行正常,评价等级均为A。且发现有两个个台站的C级防雷器已失效且未能及时排除,评价等级为D。1个台站两个D级防雷插座未连接地网母排,评级等级为B。即得 $12\times0.67+2\times0+1\times0.53=$

8.57分。

(2) 巡检15个台站抽测了65个观测仪器信号防雷设备结果:2013年与2015年安装的40个信号防雷设备检测参数均合格,运行正常。2010年安装的20个信号防雷设备内阻检测大于500mΩ,启动电压过高,漏电流大于10μA,性能变差,增大输入噪声,影响观测数质量,失效不合格。即得 $40\times0.31+25\times0=12.4$ 分。

表2 安徽省台网抽检台站保障系统性能评分表		
Table 2 Guarantee system performance score sheet of sampling stations in Anhui Network		
序号	抽检台站检查评分内容	得分
1	台站交流供电防雷设备(10分)	8.57
2	台站观测仪器信号防雷设备(20分)	12.40
3	地网与接地电阻检测(15分)	13.52
4	台站综合布线(10分)	6.48
5	台站雷电预警仪与UPS电源(5分)	2.6
6	台站观测系统运行检查(20分)	14.93
7	台站设备遭雷击受损检查(20分)	18.66
8	总分	77.16

(3) 检测其中13个台站的地网及接地电阻小于4Ω,符合行业标准B/T 68 2017技术要求,评级等级为A。2个台站入室处接地连接点生锈未处理,且接地电阻检测平均分别为4.8Ω、6.2Ω,超过标准值20%。即得 $13\times1+2\times0.26=13.52$ 分。

(4) 抽检的8个有人值守台站在综合布线方面存在问题较多,主要原因是台站新增观测仪器或维修未能及时恢复,导致机房、机柜各线路混乱,评价等级为C。而其他7个台站评价等级为A。即得 $1/3(0.67\times8)+(0.67\times7)=6.48$ 分。

(5) 2010年与2013年安装的2个台站雷电预警仪因故障停用,其他13个台站均无雷电预警仪按UPS电源检测评分,抽检的13个台站C、D级防雷均有部分缺失,评价等级为B,即得 $0+0.2\times13=2.6$ 分。

(6) 在对15个台站观测系统运行检查中,系统总运行率均大于95%,评价等级为B,但有2个台站的形变仪器存在信号防雷器引入干扰信号的情况,平均等级为B。即得 $8+13\times0.53=14.93$ 分。

(7) 台站设备遭雷击受损检查中,发现有1个台站架高引入未做屏蔽保护的数据线,导致专业设备和数据采集器遭雷击受损,评价等级为D。即得 $14\times1.33=18.66$ 分。

评价结果得: 77.16 分。说明安徽台网台站综合观测技术保障系统的运行状况总体上是好的, 但是维护及前期设备更新期已经来到, 这一点应有一个清醒的认识。

我们针对前后三期的信号防雷器检测结果进行比对分析(表 3):

(1) 抽检 2010 年改造台站 4 个, 检测信号防雷设备 20 个, 有 16 个内电阻或分布参数不合格。

(2) 抽检 2013 年改造台站 6 个, 检测信号防雷设备 25 个, 有 12 个内电阻或分布参数超标。

(3) 抽检 2015 年改造台站 5 个, 检测信号防雷设备 20 个, 有 3 个分布参数超标。

表 3 三期防雷设备性能合格率汇总表

Table 3 Summary of performance qualification rate of three stage lightning protection equipment

改造时间/年	抽检合格率/%
2010	20
2013	48
2015	85

综上所述, 我们发现使用年限长的信号防雷器, 其参数检测合格率低, 近期的信号防雷器, 其检测合格率高。说明信号防雷器作为无源设备, 仍然存在使用年限问题, 过长的使用年限可能会导致信号防雷设备性能降低甚至失效的问题, 所以运行使用存在着相当的安全隐患。一般信号防雷器的使用周期大约为 3~5 年时间, 因此, 定期开展对这些设备检测与维护十分重要。

### 3 结语

总体来说, 安徽台网台站观测技术保障系统运行状态目前处于较良好状态, 但趋势已开始向不好状态变化。根据所抽检的 15 个台站检测数据结果表明: 基本反映了安徽台网保障系统运行状态和台站综合防雷改造带来的实效, 但从检测数据分析中, 我们发现存在加大的安全隐患和风险, 亟待需要对发现的问题进行改进和完善:

(2) 合理安装防雷器, 对各类防雷设备在安装过程需要有个现阶段和长远的规划, 防止资源浪费的情况。

(2) 台站人员在雷雨季前后开展巡检工作, 发现失效或不工作的供电防雷器, 及时更换维修。

(3) 一些台站部分信号防雷器使用年限较长,

已经失效或受损, 亟待需更换更新。

(4) 地网连接点每年需雷雨季前需对其进行及时防锈处理。

(5) 需对山洞内安装的防雷器进行防潮处理, 延缓防雷器因潮湿导致的性能下降或者失效的情况。

(6) 台站若新增观测仪器或测项设备, 应参照行业标准 DBT 68-2017《地震台站综合防雷》相关技术要求实施, 包括综合布布线设计。

(7) 新增仪器安装需做好相关防雷措施, 严禁信号线外露、未做防护、长距离引线等情况。

台站保障系统巡检工作应常态化, 有利于发现问题及时解决, 发挥保障系统实效, 提高台站观测系统运行率与数据完整率的重要保证。台站保障系统建设应严格按照相关技术规范要求。由于雷雨期一般发生在一年时间中夏季 6~9 月, 每年春天及时对台站保障系统进行巡检, 充分发挥台站人员的积极性有实际工作意义, 否则会增加出差运维成本。同时需加强人员技术培训, 对保障系统设备性能、参数及检测方法进行相应培训和学习。

过去台站在防雷设备维护方面也做了一些工作, 通常是在雨季来临之前, 但效果不是很明显, 并且是间断而不规范的。由于我国地震台站综合观测技术保障系统建设近几年才起步, 台站综合观测技术保障系统的综合性运维、规范化工作流程没有建立起来, 再者这方面的相关新技术也很少, 更谈不上规范化管理和建立台站综合观测技术保障系统运维的工作流程, 因此, 只有建立省级监测台网台站综合观测技术保障系统运行效能的评价机制, 提高设备运维规范化, 才能有效的发挥台站综合观测技术保障系统的作用, 才能为台站观测仪器和设备正常安全运行保驾护航。

### 参考文献:

- [1] 赵楠, 赵希磊, 骆佳骥, 等. 地震台蓄电池运行效率评估[J]. 地震地磁观测与研究, 2015, 36(5): 105-112.
- [2] 赵建和, 戈宁, 张学应. 区域测震台网检测效能评估方法研究及应用[J]. 地震地磁观测与研究, 2009, 30(5): 78-85.
- [3] 何康, 郑兆蕊, 刘泽民. 安徽省地电监测能力综合评价. 地震地磁观测与研究[J], 2007, 28(3): 62-66.
- [4] 刘军, 黄文辉. 测震台网业务交换平台[J]. 华南地震, 2016, 36(1): 36-43.
- [5] 黄玲珠, 林彬华, 王士成. 测震台网实时波形数据质量自动监控[J]. 华南地震, 2017, 37(4): 20-25.
- [6] 叶繁英, 欧阳龙斌. 地震台网机房不间断电源系统的完善和维护[J]. 华南地震, 2016, 36(3): 116-121.