

关于气象观测站场防雷安全问题探讨

代冬梅

龙南市气象局

DOI:10.12238/as.v7i6.2540

[摘要] 随着气象事业的快速发展,气象观测站场在气象数据采集和天气预报中发挥着越来越重要的作用。然而,气象观测站场通常位于开阔地带,加之站内设备大多为精密电子仪器,极易遭受雷击损害,从而影响了观测数据的准确性和连续性。针对这一问题,本文从防雷安全理论出发,提出了包括优化防雷设施布局、完善接地系统设计、构建智能监测预警平台等系统性解决方案,旨在通过采取科学的防雷措施和管理策略,提高气象观测站场的防雷能力,最终确保观测设备安全运行和气象数据质量。

[关键词] 气象观测站场; 防雷安全; 监测预警; 接地系统; 安全管理

中图分类号: P43 文献标识码: A

Discussion on Lightning Protection Safety Issues of Meteorological Observation Stations

Dongmei Dai

The Longnan Meteorological Bureau

[Abstract] With the rapid development of meteorological undertakings, meteorological observation stations are playing an increasingly important role in meteorological data and weather forecasting. However, meteorological observation stations are usually located in open areas, and most of the equipment inside the station are precision electronic instruments, which extremely susceptible to lightning damage, thus affecting the accuracy and continuity of observational data. To address this issue, this paper, based on the theory of lightning protection safety proposes a systematic solution including optimizing the layout of lightning protection facilities, improving the design of grounding systems, and building an intelligent monitoring and warning platform. The aim is enhance the lightning protection capability of meteorological observation stations by adopting scientific lightning protection measures and management strategies, thereby ensuring the safe operation of observational equipment and the quality ofological data.

[Key words] Meteorological observation station; Lightning protection safety; Monitoring and warning; Grounding system; Safety management

引言

作为气象观测网络的基础节点,气象观测站场承担着采集温度、湿度、气压、风速等基础气象要素的重要任务。气象观测站场是由观测场地、观测设备和配套设施组成的综合性气象数据采集平台,其防雷安全直接关系到气象业务的正常开展。当前,我国气象观测站场的防雷设施普遍存在标准化程度不高、智能化水平有限等问题,需在理论研究和实践应用层面进行探索,建立更加科学完善的防雷安全体系。

1 气象观测站场防雷安全理论基础

气象观测站场中的自动气象站、雷达、风廓线仪等设备大多属于精密电子仪器,极易受到雷电的破坏。雷击可通过直击雷、感应雷和雷电电磁脉冲等多种方式影响设备正常运行。直击雷会对设备造成物理性破坏,产生的瞬时高压可导致电子元

件烧毁;感应雷则通过电磁感应在设备线路中产生过电压,引起信号干扰和组件损坏;而雷电电磁脉冲会对电子设备的工作状态产生显著影响,导致数据传输错误或系统异常。

2 气象观测站场防雷设施设计与实施策略

2.1 防雷设施布局与选址原则

防雷设施布局与选址是气象观测站场建设的首要环节,其科学性直接影响防雷系统的整体效能。根据电磁场理论和雷电物理特性,雷击倾向与地形高度、场地开阔度及周边建筑物的几何参数密切相关^[1]。气象观测站场的防雷设施布局需要遵循“区域防护、重点保护”的原则,通过建立防雷保护区域来确保关键设备的安全。还需综合考虑观测环境代表性要求,在确保防雷效果的同时避免对气象要素观测产生干扰。

在具体实施中,应首先进行详细的场地雷电风险评估,确定

防雷等级。主要观测设备区域应布置在防雷保护角内,避雷针的设置高度需通过滚球法进行严格验证,确保保护范围的完整性。考虑到气象观测设备的特殊性,避雷针与观测设备的间距应不小于5米,以减少金属构件对观测数据的影响。同时,各类气象设备的安装位置应与周边建筑物保持安全距离,避免出现防护盲区,场内管线同样需要留好一定的安全距离。对于自动气象站、风廓线仪等关键设备,可采用笼式防护结构,在确保观测精度的前提下提供全方位防护。整个防雷系统的布局需形成网格化结构,实现防护范围的最大化和防护效果的最优化。

2.2 防雷接地系统设计与优化

防雷接地系统是气象观测站场防雷工程的核心组成部分,其设计需基于土壤电阻率特性和雷电流分布规律。根据电磁场理论,接地系统在雷电流注入时会在地网周围形成复杂的电位分布,合理的接地设计不仅要确保雷电流的有效疏导,还需控制地表电位梯度,避免产生危险的跨步电压和接触电压^[2]。接地系统还需考虑季节性土壤电阻率变化、地下金属管线的影响以及观测设备的特殊要求,实现全方位的安全防护。

在实际工程中,气象观测站场宜采用网格式接地系统,主接地网采用40mm×4mm镀锌扁钢沿站场周边敷设,网格尺寸不大于5m×5m。垂直接地极选用 ϕ 16mm镀锌圆钢,长度不少于2.5m,间距为3—4m,并与水平接地体可靠连接。为降低接地电阻,可在土壤处理剂的基础上增设深井接地极,确保接地电阻值全年不超过4 Ω 。各类观测设备的接地端子应通过等电位接地网与主接地网相连,形成完整的等电位连接系统。在高土壤电阻率地区,可采用辐射型接地极或降阻剂处理,优化接地效果。

2.3 防雷装置选型与安装规范

防雷装置的防护性能主要体现在电压保护水平、响应时间和泄放容量等方面。不同类型的防雷器件具有不同的工作原理和性能特点,金属氧化物避雷器依靠其非线性电阻特性提供持续保护,气体放电管则利用气体电离实现快速动作,而TVS管凭借其半导体特性确保精确的保护电平^[3]。选择合适的防雷装置需权衡这些技术特征,实现防护效果的最优化。

在具体安装实践中,气象观测站场的防雷系统需根据防雷等级选择合适的SPD防护方案。一级防雷气象观测站的低压配电系统应采用三级SPD防护,其电压保护水平不大于2.5kV,每一保护模式的冲击电流不小于12.5kA(若线路不在LPZ0A区可选用II级试验SPD);在分配电盘安装I级试验的C级SPD,标称放电电流不小于5kA;在设备前端安装II级或I级试验的D级SPD,标称放电电流不小于3kA。二级、三级防雷气象观测站采用两级防护:总配电柜安装的SPD要求与一级防雷站相同;设备前端SPD则根据防雷等级选择,二级防雷站选用I级试验SPD且标称放电电流不小于5kA,三级防雷站选用II级或III级试验SPD且标称放电电流不小于3kA。所有SPD安装时应确保可靠的电气连接和机械固定。

3 气象观测站场防雷安全监测与预警系统

3.1 雷电监测技术的应用与发展

随着传感器技术和数字信号处理技术的进步,现代雷电监测已从单点式观测发展为多维立体探测网络。雷电监测系统能够通过捕获雷电放电过程中产生的电磁信号,结合时间差定位原理和波形识别算法,实现对雷电活动的精确定位和参数测量。这些参数包括击地点坐标、峰值电流、极性、波形特征等关键信息,为防雷预警提供了科学依据^[4]。近年来,借助人工智能算法的应用,监测系统的数据处理能力和预测准确度得到显著提升。

在气象观测站场中,通常构建由电场仪、雷电定位仪和闪电计数器组成的综合监测网络。其中,电场仪采用场磨技术测量地面电场变化,灵敏度可达1V/m,采样频率不低于50Hz,可提前15~30分钟预测雷暴的发生发展。雷电定位仪通过接收75kHz~350MHz频段的电磁波信号,结合至少三个测向站的数据,可实现 \pm 200m的定位精度。系统还集成了专业的数据分析软件,能够实时生成雷电活动强度、移动方向和发展趋势等预警信息。监测数据通过专用网络实时传输至气象业务系统,并与天气雷达、卫星等其他观测资料进行融合分析,形成完整的雷电活动监测预警链条。

3.2 防雷安全预警系统的构建与运行

防雷安全预警系统是一套融合多源数据、实现智能化预警的综合性平台。该系统基于风险评估理论和灾害预警模型,将雷电监测数据与气象要素观测、数值预报产品等信息进行深度融合,构建了从隐患识别到预警发布的完整业务链。系统采用分布式架构设计,通过多层级数据分析模型,实现了对雷电灾害的精准预测和分级预警^[5]。其核心技术包括雷电参数实时监测、大气电场趋势分析、雷暴单体识别与跟踪等,为气象观测站场的防雷安全提供了科学的决策支持。

在实际运行中,预警系统按照“监测—分析—预警—响应”的工作流程开展业务。系统通过专用的数据采集单元实时获取电场强度、云地闪次数、雷暴距离等关键参数,并结合气象雷达回波、临近预报等信息,综合研判雷电活动发展趋势。当监测到潜在威胁时,系统根据预设的阈值自动触发分级预警,并通过短信、声光警报等多种方式向工作人员发送警示信息。同时,系统还配备了智能化的应急处置模块,能够根据不同预警等级自动启动相应的防护措施,如切断非必要用电设备、启动备用电源等,最大程度保障观测设备的安全运行。

3.3 防雷安全监测数据的处理与分析

防雷安全监测数据的处理与分析涉及多维数据融合、时空特征提取和趋势预测等多个技术领域。监测数据具有高维度、非线性和时变等特点,需要运用先进的数据挖掘技术和统计分析方法进行处理。通过建立数据质量控制体系,采用小波变换去噪、异常值识别等算法,确保数据的可靠性和准确性。同时,基于机器学习方法构建的数据分析模型,能够自适应地提取雷电活动的时空演变规律,为防雷决策提供科学依据。

4 气象观测站场防雷安全管理与维护

4.1 防雷安全管理制度与规范

气象观测站场防雷安全管理制度是确保防雷设施高效运行的制度保障,其建设需遵循系统性、规范性和可操作性原则。完善的管理制度应涵盖组织架构、职责分工、操作规程、应急预案等多个方面,形成闭环管理体系。防雷安全管理的关键在于建立健全责任追溯机制,明确各级人员的管理职责和工作标准。还需要建立科学的评估考核体系,通过定期考核等措施,不断提升管理水平和工作效率。

4.2 防雷设施维护与检修策略

科学的维护检修策略应基于设备全生命周期管理理念,结合预防性维护和状态监测技术,构建主动式、智能化的维护体系。这种策略不仅要考虑设备的技术特性和使用环境,还需权衡维护成本和运行效益,实现维护资源的优化配置。通过建立设备健康评估模型,采用预测性维护方法,可以有效预防设备故障,延长使用寿命,提高系统可靠性。

在实际工作中,防雷设施维护检修采用“日常维护+定期检测+专项检修”的三级维护模式。日常维护主要包括设备外观检查、紧固件紧固度检查、接地电阻测试等基础性工作,每周至少进行一次全面巡视。定期检测则需要借助专业仪器,对SPD残压、接地电阻、绝缘电阻等关键参数进行测量记录,检测周期通常为一年一次。专项检修主要针对雷击后的设备状态评估和隐患排查,包括防雷器件性能测试、接地装置完整性检查、防腐层修复等。所有维护检修工作都需要建立详细的技术档案,记录设备运行状态、故障情况和处理措施,为后续维护决策提供数据支持。此外,还要根据季节变化特点,在雷暴季节前开展专项检查,及

时更换老化或损坏的防雷器件,确保防雷系统始终处于最佳工作状态。

5 结束语

本文系统探讨了气象观测站场防雷安全问题,从理论基础、设施设计、监测预警到安全管理等方面提出了全面的解决方案。展望未来,随着物联网、人工智能等新技术的发展,气象观测站场的防雷系统将向智能化、网络化方向发展。建议进一步加强新技术应用研究,完善防雷标准体系,推进防雷设施的智能化升级,不断提高气象观测站场的安全保障能力,为气象事业的持续发展提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]刘杨,巫培源,王秀琴,等.基于自动化监测的气象站观测场防雷技术研究[J].自动化技术与应用,2024,43(07):141-145.
- [2]陈景荣,周嘉健,邓健威,等.地面气象观测场雷电防护及其防雷装置检测[J].气象水文海洋仪器,2023,40(04):122-125.
- [3]余振邦,蒲春羽,唐嘉慕,等.天峻县地面气象观测场接地网雷电暂态效应分析[J].青海科技,2023,30(01):125-132.
- [4]王业斌.皖南山区地面气象观测站(室)雷电灾害原因分析及防护对策[J].气象与环境科学,2022,45(05):105-111.
- [5]陈景荣,曹雪芬,王明辉,等.地面气象观测场雷击事件分析及防雷措施改进[J].广东气象,2021,43(06):61-64.

作者简介:

代冬梅(1986--),女,汉族,四川泸州人,本科,中级工程师,龙南市气象台台长,研究方向:气象服务与应用气象。