

防雷设施维护与检测的实践研究

陈晓曦,张 瑞

(安徽省风云防雷安全检测有限责任公司,安徽省合肥市,230061)

摘要 雷电是一种常见的自然现象,但其引发的灾害对沿海水工程设施的安全运行构成了巨大威胁。本文以沿海水工程为背景,通过对雷电灾害的机制和影响进行深入分析,提出了防雷设施维护与检测的最佳实践。主要论点为提高防雷设施的维护与检测技术,可以显著增强水工程设施的防雷能力,减少雷电灾害带来的损失。基于对实际雷电灾害数据的分析,研究表明,定期维护和精确检测防雷设施,不仅能有效提升其防雷性能,还能延长设施的使用寿命。本文总结了几种关键的维护与检测方法,如外部防雷装置的定期检查、更换锈蚀部件、检测接闪器和避雷器的状况等,并提出了基于现代技术手段的优化措施,如应用传感器技术实时监测防雷设施状态。研究结果对沿海水工程及其他类似设施的防雷安全管理具有重要参考价值。

关键词 防雷设施;维护;检测;沿海水工程;雷电灾害

中图分类号:TM862 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)08-0003-03

雷电灾害作为一种常见的自然灾害,给沿海水工程设施带来了不可忽视的威胁。特别是在汛期,雷电活动频繁,如何有效维护和检测防雷设施,确保水工程设施的安全运行,成为了技术研究的焦点。传统的防雷设施维护方法虽然能够在一定程度上降低雷电灾害的风险,但随着雷电灾害的频率和强度增加,现有技术手段的不足也逐渐显现。本文通过分析雷电的破坏机制和实际数据,探讨了防雷设施维护与检测的最佳实践,旨在通过技术手段提高防雷设施的可靠性和耐用性,从而保障沿海水工程的安全运行。本研究不仅为相关技术人员提供了实用的维护与检测指南,也为未来防雷技术的发展提供了新的思路和方向。

1 雷电灾害对沿海水工程设施的影响

1.1 直击雷的破坏力

直击雷是雷电直接击中物体时产生的高能量放电现象。沿海水工程设施通常处于空旷、低洼或河岸区域,这些地理位置使其更容易受到直击雷的影响。直击雷能在瞬间产生数万伏乃至数十万伏

的高压,导致建筑物和设备遭受巨大的机械应力和热效应,从而造成结构损坏、设备失效,甚至引发火灾。在沿海水工程设施中,泵站、电气控制系统和其他暴露在外的关键设备尤其容易受到直击雷的威胁。

1.2 雷电波侵入的危害

雷电波侵入是指雷电电流通过金属管线和导电结构以传导方式进入建筑物内部的现象。沿海水工程设施中大量使用金属管线和电缆,这些导电结构在雷击时会感应到强大的雷电流。雷电波侵入可以通过这些管线和电缆传导到控制室、计算机系统和其他关键设备,导致设备损坏、数据丢失和系统故障。尤其是现代水工程设施中大量应用的自动化控制系统和精密电子设备,对雷电波侵入非常敏感。

1.3 雷击电磁脉冲的干扰

雷击电磁脉冲(LEMP)是雷电流在流动过程中产生的瞬时强电磁场。这个强电磁场可以在周围的导电物体中感应出强大的电动势,从而干扰电子设备的正常运行。沿海水工程设施中的计算机控制系统、通信设备和传感器网络等都可能受到雷击电磁脉冲的干扰,导致设备误动作、数据传输错误甚至硬件损坏^[1]。由于这些设备通常集成度高、工作电流小、耐过电压能力弱,雷击电磁脉冲对其影响尤其显著。

作者简介:陈晓曦(1982~),男,安徽合肥人,本科,助理工程师,研究方向:气象服务与应用气象。

1.4 地电位反击的风险

地电位反击是指雷电流通过接地系统时,由于接地电阻差异导致地电位升高,引起设备之间的电位差过大,从而产生反击现象。在沿海水工程设施中,接地系统的设计和施工质量对地电位反击的防护能力有重要影响。如果接地系统未能实现良好的等电位连接,雷电流在泻放过程中会在不同接地点之间产生电位差,导致设备受到反击电流的破坏。这种反击不仅会损坏设备,还可能导致控制系统瘫痪,严重影响水工程的正常运行。

1.5 累积性损害

雷电灾害不仅会造成即时的破坏,还会对设施产生累积性的损害效应。频繁的雷击事件会逐渐削弱防雷设施的效能,如避雷针、避雷带和接地系统的性能下降,接闪器和避雷器的耐久性减弱,导致防雷系统整体可靠性降低。这些累积性损害使得水工程设施在后续雷击事件中更容易受到严重破坏,增加了维护和修复的难度和成本。

2 防雷设施的关键维护技术

2.1 外部防雷装置的定期检查和维修

外部防雷装置,如避雷针、避雷带和接闪器,承担着直接引导雷电流入地下的任务。定期检查这些装置的完整性和功能是维护工作的重点。避雷针和避雷带应保持良好的导电性能,不得有明显的腐蚀、断裂或松动现象。检查过程中,需使用专业仪器检测避雷针的电阻值,确保其在规定范围内。如果发现避雷带有腐蚀或断裂,应立即更换,并重新固定以确保其稳固性和导电性。对于接闪器,需检查其连接部位的牢固程度,确保与避雷带的连接紧密无间。

2.2 接地系统的检测与维护

接地系统是防雷设施的重要组成部分,负责将雷电流安全地引入地下,避免对建筑物和设备造成损害。接地电阻的大小直接影响接地系统的性能。维护过程中,需要定期测试接地电阻值,确保其符合国家标准^[2]。通过使用地阻仪等专业设备,测量接地装置的电阻值,并根据测量结果进行调整。如果接地电阻过高,应采取增加接地极数量或深度、改良接地材料等措施来降低电阻值。此外,需检查接地导体的连接情况,确保其与接地体的连接牢固可靠。

2.3 防雷器件的更换与升级

防雷器件,如电涌保护器(SPD)、避雷器等,在多次雷电活动中可能会逐渐失效或性能下降。定期更换和升级这些器件是保障防雷系统有效性的关键。电涌保护器需根据其老化程度和使用频率进行更换,避免因保护器失效而导致设备损坏。对于避雷器,需要定期进行电气性能测试,确保其动作电压和放电电流在规定范围内。升级防雷器件时,建议选用具备更高耐久性和响应速度的新型产品,以提高防雷系统的整体可靠性。

2.4 微电子设备的防雷保护

随着水工程自动化程度的提高,微电子设备在防雷保护中的重要性日益凸显。采用多级防护策略,是保护微电子设备的可靠方法。首先,在电源进线处安装一级电涌保护器,防止雷电流通过电源线路侵入设备。其次,在设备端口安装二级电涌保护器,进一步消除残余雷电流的影响。此外,信号传输线路也需要安装信号避雷器,以防止雷电波侵入。对于关键的计算机控制系统,可以采用屏蔽措施,减少电磁干扰对设备的影响。

2.5 智能监测系统的应用

现代技术的发展为防雷设施的维护带来了新的手段,智能监测系统就是其中之一。通过在防雷设施中安装传感器和监测设备,可以实时监测避雷针、电涌保护器和接地系统的运行状态。这些设备能够实时采集电流、电压、电阻等数据,并通过无线传输技术将数据传输到监控中心。监控中心根据数据分析结果,及时发现和处理防雷设施的异常情况,确保防雷系统的持续有效运行。智能监测系统的应用,不仅提高了防雷设施的维护效率,还能大幅减少因人工巡检带来的盲区 and 漏检问题。

3 防雷设施检测的优化方法

3.1 接地电阻的精确测量

接地电阻是影响防雷系统性能的重要参数。传统的接地电阻测量方法存在精度不足和受环境影响较大的问题。优化接地电阻测量,可以采用四线测量法,以减少导线电阻对测量结果的影响。使用专用接地电阻测试仪,通过四个电极的排列,准确测量接地电阻值。此外,可以引入频域测量技术,利用不同频率的电流测试接地系统的阻抗特性,得到更加全面和精确的接地电阻值,确保接地

系统的有效性。

3.2 避雷针和避雷带的高精度检测

避雷针和避雷带的状态直接影响防雷设施的性能。优化检测方法,可以采用无人机搭载高分辨率摄像头,对避雷针和避雷带进行定期巡检。无人机可以飞抵高空,对避雷针和避雷带的表面状况进行高清拍摄,发现腐蚀、断裂等问题。同时,配备红外成像设备,检测避雷针和避雷带的温度变化,识别潜在的过热问题。此外,采用激光扫描技术,对避雷针和避雷带进行三维建模,检测其结构完整性和几何形态,确保其防雷功能的完整性。

3.3 电涌保护器的动态监测

电涌保护器(SPD)在雷电防护中起着关键作用。传统的检测方法主要依靠定期测试,而动态监测技术可以实时监控电涌保护器的工作状态。通过在电涌保护器中嵌入智能传感器,实时采集电流、电压、温度等参数,动态监测其工作状态^[1]。传感器数据通过无线通信技术传输至监控中心,进行实时分析和故障预警。如果电涌保护器出现性能下降或故障,系统会自动发出警报,及时进行维护或更换,确保其始终处于最佳工作状态。

3.4 防雷装置的全景监控系统

为了全面掌握防雷设施的运行状况,可以引入全景监控系统。该系统集成了视频监控、传感器监测和数据分析功能,对防雷设施进行全方位监控。视频监控系统通过安装在关键位置的摄像头,实时监控防雷设施的物理状态,发现异常情况。传感器监测系统则采集电气参数,如电流、电压和电阻等,实时传输至数据分析平台。数据分析平台利用大数据和人工智能技术,对监测数据进行分析 and 建模,预测防雷设施的运行趋势,提供维护建议和故障预警。

3.5 综合测试与评估技术

单一的检测方法往往难以全面评估防雷设施的状态,综合测试与评估技术可以提高检测的全面性和准确性。通过将多种检测方法结合,如接地电阻测量、避雷针和避雷带检测、电涌保护器动态监测等,形成综合测试体系。利用多源数据融合技术,将不同检测方法的结果进行融合分析,得到防雷设施的整体健康状态评估。通过综合测试与评估,可以识别出潜在问题和薄弱环节,制定针对性的维护措施,确保防雷设施的长期稳定运行。

4 结语

雷电灾害对沿海水工程设施的威胁不可忽视,本文通过对雷电灾害影响的详细分析,提出了提高防雷设施维护与检测技术的重要性。关键维护技术的应用,如定期检查和更换锈蚀部件,以及检测接闪器和避雷器的状况,能够显著增强防雷设施的性能。同时,现代技术手段的引入,如传感器技术的应用,为实时监测和管理防雷设施提供了可靠保障。研究表明,科学的维护和精确的检测,不仅能提高防雷设施的有效性,还能延长其使用寿命,对沿海水工程设施的安全运行具有重要意义。本文的探讨为相关技术人员提供了实用的指导,并为未来防雷技术的发展提供了新的思路和方向。通过持续的技术创新和优化,我们可以更好地应对雷电灾害,确保水工程设施的安全和可靠。

参考文献

- [1] 纪伟光.试论10kV配电线路防雷措施研究[J].现代国企研究,2019,(04):151.
- [2] 潘志富.沿海水工程防雷设施的管理与维护初探[J].江苏水利,2018,(05):63-65.
- [3] 李莉,伍星.浅谈防雷设施的日常管理和维护[C]//广东省气象学会.广东省气象学会2019年学术年会论文摘要文集.开平市气象局,2019:1.