

# 广播发射台雷电防护系统的优化设计策略

张扬

内蒙古自治区广播电视传输发射中心扎鲁特 751 台 内蒙古通辽市 029100

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15768

**[摘要]** 广播发射台雷电防护系统对其安全稳定运行至关重要。优化设计策略可提升防护效果,降低雷击损害风险。从系统架构、器件选型、接地设计等方面入手,采用先进技术与方法,能增强防护系统可靠性、适应性与安全性,保障广播发射台正常工作。

**[关键词]** 广播发射台;雷电防护系统;优化设计策略

## 引言:

广播发射台作为重要信息传播设施,常受雷电威胁。雷电可能导致设备损坏、信号中断等严重后果。因此,对其雷电防护系统进行优化设计意义重大。通过研究有效的优化策略,可提升广播发射台的抗雷击能力。

## 1. 广播发射台雷电防护现状

### 1.1 现有防护系统架构

广播发射台现有雷电防护系统多采用分层防护架构,从外部直击雷防护到内部设备浪涌防护形成初步防护体系。外部防护以避雷针和避雷带为主要装置,避雷针通常安装在发射塔顶部和机房屋顶制高点,通过引下线将雷电流引入接地装置,避雷带沿建筑物屋顶边缘和女儿墙敷设,形成接闪网络覆盖关键区域。接地系统由水平接地体和垂直接地极组成,连接各防护装置形成统一接地网,降低接地电阻以减少跨步电压危害。内部防护方面,在电源进线处安装电源浪涌保护器,在信号线路接口处加装信号浪涌保护器,通过分级泄流限制进入设备的过电压和过电流。部分发射台还配备了雷电预警装置,通过监测大气电场变化提前发出预警,为设备关机和人员撤离争取时间,这种多层防护架构在一定程度上降低了雷电灾害风险,但随着发射设备的更新和雷电活动的变化,防护系统逐渐暴露出适应性不足的问题。

### 1.2 存在的主要问题

现有雷电防护系统在实际运行中存在诸多问题,影响防护效果的充分发挥。外部防护装置布局不合理,部分避雷针保护范围存在盲区,发射塔周边的辅助设施和线路未被完全覆盖,易遭受直击雷击中。引下线连接部位存在腐蚀和松动现象,长期暴露在户外环境中,金属构件锈蚀导致导电性能

下降,雷电流泄放不畅时易产生高电位反击。接地系统存在接地电阻偏高的问题,土壤干燥或地质条件复杂区域的接地网难以达到设计要求,雷电流入地时产生的接触电压和跨步电压超标,威胁设备和人员安全。内部浪涌保护器选型不当,不同层级保护器之间参数不匹配,导致浪涌能量无法有效分级泄放,部分精密设备仍受过电压冲击损坏。此外,防护系统缺乏定期检测和维护机制,浪涌保护器老化失效后未能及时更换,接地网腐蚀后未进行修复,这些问题共同导致防护系统可靠性下降,难以应对复杂的雷电环境。

## 2. 优化设计的关键原则

### 2.1 可靠性原则

可靠性原则是广播发射台雷电防护系统优化设计的核心,确保系统在雷电发生时能稳定发挥防护作用。优化设计需选用质量可靠的防护装置,优先选择符合国家标准且经过实践验证的避雷针、浪涌保护器和接地材料,避免因设备质量问题导致防护失效。系统架构设计应具备冗余性,关键防护环节采用多重保护措施,如在重要设备电源端同时安装两级浪涌保护器,即使一级保护器失效,另一级仍能发挥作用。防护装置的连接部位需采用可靠的机械连接和电气连接方式,确保导电通畅,引下线与接地体的连接采用放热焊接或螺栓紧固,避免虚接或松动,同时加强连接部位的防腐处理,延长使用寿命。建立完善的监测和维护机制,通过在线监测设备实时掌握防护系统运行状态,定期对浪涌保护器性能、接地电阻值进行检测,及时发现并更换失效部件,确保系统始终处于可靠运行状态。

### 2.2 适应性原则

适应性原则要求雷电防护系统优化设计需结合广播发射

台的实际环境和设备特点,实现针对性防护。根据发射台所处区域的雷电活动强度和类型,调整防护等级,高雷暴区需增强外部直击雷防护能力,增加避雷针数量或扩大保护范围,同时提高内部浪涌保护器的通流容量。结合发射台的地形地貌和建筑物布局优化防护装置布局,在多山或建筑物密集区域,合理规划避雷针位置和高度,确保覆盖所有关键设施,避免地形遮挡导致的保护盲区。针对不同类型的发射设备采取差异化防护措施,发射机、信号处理器等精密设备需选用响应速度快、残压低的浪涌保护器,而供电线路和馈线则需加强屏蔽和接地处理,减少感应雷影响。防护系统设计还应考虑未来设备升级需求,预留防护容量,当新增设备或功率提升时,无需大规模改造即可纳入防护体系,提高系统的长期适应性。

### 3. 系统架构优化策略

#### 3.1 外部防护系统改进

外部防护系统改进聚焦于提升直击雷拦截能力和雷电流泄放效率,构建更可靠的第一道防线。优化避雷针布局,采用滚球法计算保护范围,在发射塔、机房、输电线路杆塔等关键位置合理布置避雷针,确保所有重要设施处于保护范围内,对于高大设备可采用独立避雷针与避雷带相结合的方式,增强防护冗余。改进引下线设计,采用截面积更大的铜缆或镀锌扁钢作为引下线,减少雷电流传输过程中的阻抗,引下线沿建筑物外墙垂直敷设,避免弯曲和锐角转折,降低电感影响,同时增加引下线数量,使雷电流分流泄放,减少单根引下线的负荷。强化接地网建设,采用水平接地体与垂直接地极联合布置的方式,在土壤电阻率高的区域采用换土、添加降阻剂等措施降低接地电阻,扩大接地网面积,将发射台内所有接地装置连接成统一接地网,避免不同接地体之间的电位差。

#### 3.2 内部防护系统升级

内部防护系统升级重点在于增强设备免受感应雷和浪涌冲击的能力,形成多层次防护网络。完善电源系统浪涌防护,在高压进线端、低压配电柜、设备电源入口处分别安装一级、二级、三级浪涌保护器,实现浪涌能量的分级泄放,各级保护器参数匹配,确保前级保护器先动作泄放大部分能量,后级保护器拦截残余浪涌。加强信号线路防护,在发射机与天线之间的馈线、信号传输电缆两端安装专用信号浪涌保护器,

选用与信号频率匹配的保护器型号,避免影响信号传输质量,同时对馈线和电缆进行屏蔽处理,屏蔽层两端可靠接地,减少电磁感应干扰。升级接地系统,将设备金属外壳、机架、屏蔽层等全部可靠接地,形成等电位体,避免电位差导致的设备击穿,对于敏感电子设备,采用绝缘隔离措施,减少地电位反击影响。安装雷电电磁脉冲防护装置,在机房内设置电磁屏蔽网,降低雷电产生的电磁辐射对设备的干扰,提升内部设备的抗干扰能力。

#### 3.3 等电位连接优化

等电位连接优化通过消除各部位之间的电位差,防止雷电产生的高电位反击损坏设备,提升系统整体安全性。构建全域等电位连接网络,将发射台内的所有金属构件、设备外壳、防护装置、接地系统等通过导体连接成一个整体,确保在雷电发生时各点电位基本一致,避免电位差形成的放电现象。优化连接方式,采用铜排或电缆将机房内的设备机架、配电柜、接地汇流排等连接起来,连接点采用螺栓紧固并做防腐处理,确保低阻抗连通,对于活动设备如控制台、监测仪器等,采用柔性铜缆连接至等电位网络。在不同功能区域之间设置等电位连接带,如机房与发射机房之间、机房与室外设备之间通过等电位连接线连接,消除区域间的电位差,在电缆沟、桥架等线路集中区域,沿路径敷设等电位接地干线,使线路屏蔽层和金属支架可靠接地。定期检测等电位连接的导通性,确保所有连接点无松动、无锈蚀,保持低阻抗状态,通过全面的等电位连接,将雷电产生的电位差控制在安全范围内,保护设备和人员安全。

### 4. 器件选型要点

#### 4.1 避雷器选择

避雷器选择需紧密结合广播发射台的电气设备特性、雷电活动强度及系统运行参数,确保其能有效抑制雷电过电压并快速恢复正常工作状态。首先应根据设备的额定电压、最大持续运行电压及冲击耐受电压,确定避雷器的标称放电电流、残压及通流容量等关键技术指标,保证在遭遇直击雷或感应雷时,避雷器能将过电压限制在设备耐受范围内,避免绝缘击穿或设备损坏。对于发射机、馈线系统等核心设备,应选用具有大通流容量和低残压特性的氧化锌避雷器,这类器件响应速度快、非线性特性优良,能在极短时间内导通雷电流并释放能量,同时在正常工作电压下保持高绝缘状态,

减少对信号传输的影响。在信号线路防护中,需选用与传输频率匹配的信号避雷器,避免因器件容抗过大导致信号衰减或失真,确保广播电视信号的传输质量。此外,避雷器的安装位置应靠近被保护设备的输入端或输出端,缩短雷电波传播路径,降低线路上的感应过电压;同时要考虑器件的耐候性和环境适应性,在潮湿、多尘或高温环境中应选用具有密封结构和防腐涂层的避雷器,延长其使用寿命,保障防护系统的长期可靠性。

#### 4.2 接地材料选用

接地材料选用是构建高效雷电防护系统的基础,需综合考虑材料的导电性能、耐腐蚀性、机械强度及使用寿命,确保接地系统能快速将雷电流导入大地,降低地电位升高带来的危害。在接地体材料选择上,应优先选用铜材或铜覆钢材料,这类材料具有优良的导电性能和较低的接触电阻,能有效减少雷电流在接地回路中的能量损耗,提高泄流效率。对于土壤电阻率较高的地区,可采用截面更大的接地体或增加接地体的埋设深度,同时配合使用降阻剂改善土壤导电性能,但需注意降阻剂的稳定性和环保性,避免对周边土壤和地下水造成污染。接地引线应选用绝缘导线,其截面需根据最大雷电流计算确定,确保在雷电流通过时不会因过热而熔断,同时导线的绝缘层应具备耐高压特性,防止发生沿面放电现象。在腐蚀环境较为严重的区域,如沿海地区或多工业区,接地材料需采取防腐处理措施,如热镀锌、涂覆防腐涂料或选用不锈钢材料,延缓材料的腐蚀速度,保证接地系统的长期有效。

### 5. 维护与管理措施

#### 5.1 定期检测与维护

定期检测与维护是保障广播发射台雷电防护系统长期稳定运行的关键环节,需建立科学的检测周期和完善的维护流程,及时发现并处理系统存在的隐患。应按照相关技术规范要求,每半年对避雷器进行一次全面检测,包括外观检查、泄漏电流测量和绝缘电阻测试,查看避雷器表面是否有破损、变形或烧灼痕迹,检测其在正常工作电压下的泄漏电流是否在允许范围内,确保器件的非线性特性未发生劣化。接地系统的检测应每一年进行一次,重点测量接地电阻值,确保其符合设计要求,对于土壤电阻率变化较大的季节或区域,应适当增加检测频次;同时检查接地体和引线的连接状况,查看是否有腐蚀、松动或断裂现象,发现问题及时进行修复或

更换。对于避雷针、避雷带等接闪装置,需在每年雷雨季节来临前进行检查,确保其安装牢固、无变形,接闪器表面无锈蚀或损坏,引下线与接闪器、接地体的连接可靠。

#### 5.2 人员培训与应急响应

人员培训与应急响应是提升广播发射台雷电防护管理水平的重要保障,需通过系统的培训增强工作人员的安全意识和操作技能,建立快速高效的应急处置机制,最大限度减少雷电灾害造成的损失。应定期组织技术人员参加雷电防护专业培训,内容包括雷电防护原理、设备工作特性、检测维护方法及安全操作规程等,使其熟悉系统的构成和运行规律,能够准确判断和处理常见故障。同时要加强对全员的安全意识教育,普及雷电灾害的危害及防范知识,提高工作人员在雷雨天气下的自我保护能力和应急处置意识。建立完善的雷电灾害应急预案,明确应急组织机构、职责分工、处置流程和救援措施,定期组织应急演练,模拟雷电击中设备、接地系统故障等场景,提高工作人员的应急响应速度和协同配合能力。在雷雨季节来临前,要对发射台的应急物资进行检查和补充,确保备用避雷器、检测仪器、通讯设备等处于完好状态,一旦发生雷电灾害,能迅速启动应急预案,及时隔离故障设备,组织抢修恢复,同时做好灾害情况的上报和记录工作,为后续的事故分析和系统优化提供依据,保障广播发射台的安全稳定运行。

#### 结束语:

优化广播发射台雷电防护系统是保障其安全运行的关键举措。通过遵循合理原则,从架构、器件等多方面进行优化设计,并做好维护管理,能有效提升防护能力,减少雷击带来的损失,确保广播发射台持续稳定地发挥信息传播作用。

#### [参考文献]

- [1]陈华生.高山发射台广播电视发射机房的雷电防护策略[J].通讯世界,2025,32(01):166-168.
- [2]母先勇.广播电视发射台防雷接地初探[J].西部广播电视,2020,(13):238-239.
- [3]杨勇.广播电视发射台站及监控系统的雷电防护技术探究[J].西部广播电视,2020,(12):212-213.
- [4]赵继锋.中波广播发射台防雷技术的分析及措施[J].农家参谋,2020,(12):184+214.
- [5]杨娜.乡镇广播电视无线发射台站的雷电防护措施分析[J].农民致富之友,2019,(05):229.