

# 输电线路设计中线路防雷技术的运用

王 斌

山西省忻州市电力建设有限责任公司 山西 忻州 034000

**摘 要：**随着经济的快速发展，社会各界对电力的需求不断增加，促进了输电线路规模的扩大。然而，输电线路多为露天安装，极易受到自然环境的影响，特别是雷电危害，严重威胁输电线路的运行安全。因此，在输电线路设计中合理应用防雷技术，具有十分重要的现实意义。本文将从雷电对输电线路的危害、防雷技术的设计原则、具体应用措施等方面展开详细论述，以期为输电线路的安全运行提供有力保障。

**关键词：**输电线路；设计；防雷技术；原则；应用

## 引言

输电线路作为电力系统的重要组成部分，其稳定性和安全性直接关系到整个电网的运行状况。雷电作为常见的自然灾害之一，对输电线路的危害不容忽视。据统计，雷击跳闸在线路总跳闸数中的比例高达50%~70%，尤其在复杂地形和雷电多发地区，雷击事故更为频繁。因此，研究输电线路设计中的线路防雷技术，对于提高电力系统的稳定性和安全性具有重要意义。

## 1 雷电对输电线路的危害

### 1.1 雷电的基本特性

雷电是大气中的静电放电现象，具有瞬时高电压、大电流和电磁辐射等特性。雷电的产生往往伴随着强烈的电场和磁场变化，当雷电击中输电线路时，会在极短的时间内释放出巨大的能量，产生强大的电磁脉冲和过电压。这种瞬时的电压和电流冲击，其峰值可能达到数百万伏特甚至更高，对输电线路设备构成了直接的威胁。

### 1.2 雷电对输电线路的具体危害

#### 1.2.1 高热效应

雷电电流通过输电线路时，由于电流强度极大，通常可达到数十千安培，会在极短的时间内产生大量的热能。这种高热效应的能量释放是极其迅猛的，可能导致线路设备如导线、绝缘子、金具等局部迅速升温，甚至达到熔化或燃烧的温度。这种高温不仅可能直接烧毁线路设备，还可能引发线路材料的变形、脆化，从而影响其长期的机械性能和电气性能。特别是在雷电多发地区，高热效应对输电线路的威胁尤为突出，可能导致频繁的线路故障和设备更换。

#### 1.2.2 电磁效应

雷电产生的电磁场具有强大的能量和干扰能力。当雷电击中输电线路时，其产生的电磁脉冲会迅速传播，对线路周围的电气设备造成强烈的电磁干扰。这种电磁

效应可能导致电气设备的误动作，如开关误跳、保护装置误动等，还可能对设备的电子元件造成损坏，如击穿半导体器件、烧毁电路板等<sup>[1]</sup>。此外，强烈的电磁脉冲还可能对通信线路和信号系统造成干扰，影响电力系统的通信和控制功能。

### 1.2.3 过电压

雷电过电压是雷电对输电线路的另一种主要危害。当雷电击中线路时，会在线路上产生极高的过电压，这种过电压的幅值可能远远超过线路设备的绝缘水平。如果过电压持续时间较长或幅值较高，就可能击穿线路绝缘，导致短路和跳闸事故的发生。短路电流可能引发线路设备的进一步损坏，如烧毁变压器、断路器等。而跳闸事故则可能导致电力系统的局部或全面停电，对电力供应和电网稳定造成严重影响。

## 2 输电线路防雷技术的设计原则

### 2.1 安全性

安全性是输电线路防雷技术设计的首要原则。在防雷设计过程中，必须确保线路在遭受雷电袭击时，能够有效保护线路设备，减少因雷电引发的事故发生的概率。为实现这一目标，防雷设计应采取多重保护措施，包括但不限于降低杆塔接地电阻、增设避雷装置、提高线路绝缘水平等。这些措施应相互配合，形成一个综合性的防雷系统，确保线路设备在雷电袭击下能够安全运行。同时，防雷设计还应考虑线路设备的耐雷水平，确保设备能够承受一定强度的雷电袭击而不受损坏。此外，对于重要线路和关键设备，还应采取更加严格的防雷措施，以提高其安全性和可靠性。

### 2.2 经济性

在满足安全性的前提下，防雷设计还需充分考虑投资成本和资源利用的经济性，以确保防雷措施的实施既有效又合理。经济性原则要求在防雷设计中，不仅要追

求技术上的先进性,还要兼顾经济上的可行性。具体来说,防雷设计应优化资源配置,选择性价比高的防雷设备和材料,避免过度投入造成不必要的浪费。同时,在设计过程中,还应对不同防雷方案进行成本效益分析,确保所选方案能够在满足安全需求的同时,实现经济效益的最大化。此外,经济性原则还要求防雷设计考虑长期运行成本,包括维护、检修和更换防雷设备的费用。因此,在防雷设计中,应选择耐用、可靠且维护成本低的防雷设备和材料,以降低线路运行期间的总成本。

### 2.3 可靠性

可靠性是输电线路防雷技术设计的另一重要原则。防雷系统必须能够在预期的环境和条件下稳定运行,持续、有效地降低雷电对线路的影响。为了确保防雷系统的可靠性,设计过程中需要考虑多种因素。首先,防雷设备和材料的选择应基于其长期运行的稳定性和耐久性,确保它们能够在各种恶劣天气和环境下正常工作。其次,防雷系统的布局和设计应经过精心计算和优化,以确保雷电能量能够被有效地分散、传导或接地,从而减少对线路设备的冲击<sup>[2]</sup>。此外,防雷系统还应具备一定的自我检测和故障指示功能,以便在出现问题时能够及时发现并修复。最后,对于特别重要的输电线路,还可以考虑采用多重防雷措施,以提高整个系统的可靠性和冗余度。

## 3 防雷技术在输电线路设计中的应用措施

### 3.1 选择合理的输电线路路径

在输电线路的设计阶段,选择合理的线路路径是防雷技术的重要应用措施之一。为了降低线路遭受雷击的风险,应尽量避免线路穿越雷电活动频繁的地区。这需要对当地的气象数据进行深入分析,了解雷电活动的分布情况和频率,确保线路路径的选择能够避开这些高风险区域。同时,土壤电阻率也是影响线路防雷性能的重要因素。在土壤电阻率低的地区,雷电流容易通过地面传播,增加线路遭受雷击的可能性。因此,在设计线路路径时,应尽量避免穿越这类地区,或者采取相应的补偿措施,如增加接地装置的数量和深度,以提高线路的防雷能力。此外,地形复杂地区也容易增加线路遭受雷击的风险。例如,山谷、山脊、湖泊等地形都可能导致雷电活动的集中和加剧。因此,在设计线路路径时,应尽量避免这些地形复杂的地区,选择相对平坦、开阔的地形,以降低线路遭受雷击的概率。

### 3.2 降低杆塔接地电阻

接地电阻是影响输电线路防雷效果的关键因素之一。为了快速将雷电流引入地下,避免杆塔电压升高和

绝缘子闪络,必须采取有效措施降低杆塔接地电阻。优化杆塔接地形式是降低接地电阻的重要手段。在设计阶段,应充分考虑杆塔所处的地质条件和土壤特性,选择合适的接地形式。例如,在土壤电阻率较高的地区,可以采用多根接地极并联的方式,以增加接地体与土壤的接触面积,从而降低接地电阻。增设人工接地体也是降低接地电阻的有效措施之一。人工接地体可以采用钢筋混凝土接地模块、离子接地体等新型材料,这些材料具有良好的导电性和耐腐蚀性,能够有效降低接地电阻,提高防雷效果。延长接地极同样是降低接地电阻的常用方法。通过增加接地极的长度和数量,可以扩大接地体与土壤的接触面积,降低接地电阻<sup>[3]</sup>。在实际应用中,应根据杆塔所处的具体地质条件和土壤特性,合理确定接地极的长度和数量。改善土壤导电性也是降低接地电阻的重要手段。可以通过在接地体周围添加导电性良好的物质,如木炭、石墨等,来改善土壤的导电性,从而降低接地电阻。此外,还可以采用化学降阻剂等方法来改善土壤导电性。

### 3.3 增设避雷装置

避雷装置是提升输电线路防雷水平的重要手段,其能够有效地引导、分散或阻断雷电电流,减少雷电对线路的直接冲击和损害。常见的避雷装置包括避雷线、避雷器和管型接闪器等,每种装置都有其独特的作用和原理。避雷线,也被称为架空地线,是输电线路中常见的避雷装置。它通常被架设在导线的上方,与导线保持一定的距离。当雷电击中线路时,避雷线能够引导雷电流沿其流入大地,从而减少雷电对导线的直接冲击。同时,避雷线还能够对导线产生屏蔽作用,降低导线上的感应过电压。避雷器则是一种更为智能的避雷装置。它通常被并联在线路设备与大地之间。当雷电过电压超过避雷器所设定的动作电压时,避雷器会自动动作,将雷电流引入大地,从而限制过电压的幅值,保护线路设备不受损害。避雷器的动作速度快,响应时间短,能够在极短的时间内对雷电过电压进行限制。管型接闪器则是一种用于限制雷击形成的过电压的避雷装置。它通常被串联在线路中,当雷击发生时,管型接闪器会产生电弧,将雷电流引入大地,从而保护线路设备不受过电压的损害。管型接闪器具有结构简单、维护方便等优点,在输电线路中得到了广泛的应用。增设避雷装置是提升输电线路防雷水平的重要手段。通过合理选择和配置避雷线、避雷器和管型接闪器等避雷装置,可以有效地引导、分散或阻断雷电电流,减少雷电对线路的直接冲击和损害,保障输电线路的安全稳定运行。在实际应

用中,应根据输电线路的具体情况和需求,选择合适的避雷装置,并进行合理的配置和安装。

### 3.4 提高线路绝缘水平

提高输电线路的绝缘水平是增强其防雷能力的重要手段。通过增加绝缘子串片数、使用高性能绝缘材料等措施,可以有效提升线路的绝缘性能,使其能够更好地抵抗雷电冲击。增加绝缘子串片数是提高线路绝缘水平的一种直接方法。绝缘子串片数的增加意味着绝缘子串长度的增加,这能够提高绝缘子串对雷电冲击的承受能力,降低绝缘子串发生闪络的概率。在实际应用中,需要根据输电线路的电压等级、雷电活动强度以及地理位置等因素,合理确定绝缘子串的片数。使用高性能绝缘材料也是提高线路绝缘水平的有效途径。随着材料科学的进步,越来越多的高性能绝缘材料被应用于输电线路中。这些材料具有优异的电气性能和机械性能,能够更好地抵抗雷电冲击和机械应力,提高绝缘子的使用寿命和可靠性。除了采取上述措施外,定期检查和维护绝缘子也是保障线路安全的重要环节。绝缘子在长期使用过程中,可能会受到污秽、潮湿、机械应力等因素的影响,导致其性能下降。因此,需要定期对绝缘子进行检查和维护,及时清理污秽、更换损坏的绝缘子,确保绝缘子处于良好状态<sup>[4]</sup>。提高线路绝缘水平是增强输电线路防雷能力的重要手段。通过增加绝缘子串片数、使用高性能绝缘材料以及定期检查和维护绝缘子等措施,可以有效提升线路的绝缘性能,降低绝缘子串发生闪络的概率,保障输电线路的安全稳定运行。在实际应用中,需要根据具体情况选择合适的措施,并进行综合考虑和优化设计。

### 3.5 采用智能化防雷技术

随着科技的飞速发展,智能化防雷技术逐渐在输电线路设计中得到应用,为提升线路的防雷能力提供了新的解决方案。智能化防雷技术的核心在于安装雷电检测系统和智能监控系统。雷电检测系统能够实时监测雷电活动,包括雷电的强度、频率以及雷击点等关键信息。这些数据对于评估线路的防雷性能和制定针对性的防护措施至关重要。通过雷电检测系统,可以及时了解到雷电活动的情况,为采取进一步的防护措施提供决策支

持。智能监控系统则是对输电线路状态进行实时监测的重要工具。它能够实时采集线路的各种运行参数,如电压、电流、温度等,并通过数据分析判断线路是否存在潜在的安全隐患。当智能监控系统检测到线路状态异常时,会立即发出警报,提醒运维人员采取必要的防护措施,确保线路的安全稳定运行。除了雷电检测系统和智能监控系统外,智能化管理系统也是智能化防雷技术的重要组成部分。它能够对防雷设备的运行状态进行远程监控和数据分析,实时掌握防雷设备的工作状况。通过智能化管理系统,运维人员可以及时发现防雷设备存在的问题,并进行远程操控或维护,确保防雷设备始终处于最佳工作状态。采用智能化防雷技术是提升输电线路防雷能力的重要手段。通过安装雷电检测系统和智能监控系统,并配备智能化管理系统,可以实时监测雷电活动和线路状态,及时采取防护措施,确保输电线路的安全稳定运行。同时,智能化防雷技术还为防雷措施的优化提供了科学依据,有助于进一步提升线路的防雷性能和运行效率。

### 结语

防雷技术在输电线路设计中的应用对于提高电力系统的稳定性和安全性具有重要意义。通过选择合理的输电线路路径、降低杆塔接地电阻、增设避雷装置、提高线路绝缘水平以及采用智能化防雷技术等措施,可以有效降低雷电对输电线路的危害。未来,随着科技的不断进步和新型防雷技术的不断涌现,输电线路的防雷水平将得到进一步提升,为电力系统的安全运行提供更加可靠的保障。

### 参考文献

- [1]肖庆华.输电线路设计中线路防雷技术的运用[J].科技资讯,2023,21(22):96-99.
- [2]蔡德.输电线路设计中线路防雷技术的运用[J].新型工业化,2022,12(09):28-31.
- [3]韩昌强,何璇,仇国滔.输电线路设计中线路防雷技术的运用[J].电子测试,2021,(16):90-91+110.
- [4]周文钧.输电线路设计中线路防雷技术的运用[J].设备管理与维修,2021,(16):102-103.