

## 220kV 输电线路综合防雷技术探究

马洪星 买尔旦·买木丁 马合苏提·赛里克

国网新疆电力有限公司博尔塔拉供电公司, 新疆 博尔塔拉蒙古自治州 833400

**[摘要]**在电力供应的庞大网络中, 输电线路的安全运行一直是我们最为关切的话题之一。然而, 雷电作为大自然的一种强大力量, 时常成为我们供电系统的潜在威胁。基于此, 我们迫切需要深入研究和探索综合防雷技术, 以确保供电系统能够在雷电的肆虐中依然高效稳定地运行。文中探讨 220kV 输电线路综合防雷技术的设计思路和优化方案, 旨在为建设更为安全可靠的输电系统贡献一份力量。

**[关键词]**220kV 输电线路; 防雷; 输电线路

DOI: 10.33142/hst.v7i2.11488

中图分类号: TM862

文献标识码: A

## Exploration on Comprehensive Lightning Protection Technology for 220kV Transmission Lines

MA Hongxing, MAIERDAN Maimuding, MAHASUTI Sailike

Bortala Power Supply Company of State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Bortala Mongolian Autonomous Prefecture, Xinjiang, 833400, China

**Abstract:** In the vast network of power supply, the safe operation of transmission lines has always been one of our most concerned topics. However, lightning, as a powerful force in nature, often becomes a potential threat to our power supply system. Based on this, we urgently need to deeply research and explore comprehensive lightning protection technologies to ensure that the power supply system can operate efficiently and stably in the face of lightning. The article explores the design ideas and optimization schemes of comprehensive lightning protection technology for 220kV transmission lines, aiming to contribute to the construction of a safer and more reliable transmission system.

**Keywords:** 220kV transmission line; lightning protection; transmission lines

### 引言

随着科技的进步和社会电力需求的不断增长, 电力输送系统的规模和重要性也在不断提升。而 220kV 输电线路作为电力输送的主要干线, 其安全性直接关系到整个电力系统的可靠性和稳定性。雷电引发的故障和损坏往往导致长时间的停电, 给社会生产和居民生活带来不便。因此, 急需对 220kV 输电线路进行综合防雷技术的深入研究, 以提高其对雷电的抵御能力, 确保电力系统能够稳定、可靠地为社会服务。

### 1 输电线路雷电防护意义

#### 1.1 保证供电系统安全运行

220kV 输电线路作为电力传输的关键组成部分, 其正常运行不仅关系到数百万家庭的日常用电, 更关系到整个工业体系的稳定运转。雷电的侵袭往往伴随着强烈的电磁脉冲和电流, 如果不加以防护, 极有可能导致输电线路设备的损坏和系统的故障。通过综合防雷技术的研究与实施, 可以大幅度提升输电线路面对雷电攻击时的耐受能力。耐受能力的提升不仅仅是设备级别的, 更是对整个供电系统的保护。确保供电系统安全运行, 不仅为日常生活提供了可靠的电力支持, 也为各行业的持续发展创造了有力的动力。

#### 1.2 减少经济损失

雷电引发的故障和损害不仅给供电系统带来停电的

风险, 同时也伴随着巨额的经济损失。输电线路设备的损坏不仅需要昂贵的修复成本, 还可能导致长时间的生产中断, 对工业、商业和服务等多个领域造成严重的经济影响。通过采取科学合理的综合防雷技术, 可以有效地降低输电线路在雷电袭击下遭受损坏的概率, 从而减轻与此相关的经济负担。<sup>[1]</sup>

#### 1.3 提高社会安全性

雷电引发的电力系统故障不仅仅威胁着设备和经济, 也对整个社会的安全性构成挑战。在现代社会, 各行各业都依赖电力, 从医疗设施到交通系统, 从通信基站到紧急救援, 无不需要可靠的电力供应。输电线路的安全与稳定直接关系到这些关键领域的正常运转, 一旦电力系统受到雷电的严重影响, 社会的正常秩序也将受到威胁。因此, 综合防雷技术的进步不仅仅关系到经济利益, 更是对社会安全的一项重要投入, 致力于构建一个更为安全可靠的电力基础设施, 确保社会在面对自然灾害时能够更加坚固地守护每一个人的生活。<sup>[2]</sup>

#### 2 雷击对输电线路设备及供电系统的影响

雷击对输电线路设备及供电系统带来的影响是不可忽视的, 它直接威胁着电力系统的正常运行和设备的长期稳定性。强大的雷电能够在瞬间将电力设备击毁, 造成大面积的电力中断和设备报废。直接的物理破坏不仅需要昂

贵的维修和更换成本,更可能导致长时间的停电,影响用户正常用电。雷电的高能量冲击会导致电力系统短时间内的过电压和电流波动,这可能引起设备的瞬时故障,甚至损坏对系统整体的稳定性产生潜在威胁。供电系统骤然间的波动可能对用户设备造成损害,同时也对整个电网的平稳运行构成威胁。雷击还会对输电线路设备造成渐进性的损害。即使不是立即显现的物理毁坏,雷电的反复袭击会逐渐削弱电力设备的性能,降低其使用寿命。设备的长期性能下降可能导致不断的维修和更换,增加了电力系统的运维成本。总之,雷击对输电线路设备及供电系统的影响是多方面且严重的,直接威胁着电力系统的正常运行和设备的寿命。在雷电频发的区域,防范雷击对电力设备的影响变得尤为重要,需要采取科学有效的措施来减缓这一威胁。

### 3 输电线路综合防雷技术的设计思路

#### 3.1 提高对雷击故障的预测能力

为提高对雷击故障的预测能力,我们需要采用先进的科技手段和智能化系统来加强对雷电活动的监测和分析。使用先进的气象雷达和闪电定位系统,可以实时监测雷电活动的强度、频率和位置信息。利用先进的数据分析和模型算法,可以更精准地预测雷击故障的可能性,通过对历史雷电数据和设备故障数据的深度分析,我们可以建立起更为准确的预测模型,识别出可能受到雷击威胁的设备和区域。通过对大量雷电和设备运行数据的深度学习和分析,可以发现一些隐含的模式和规律,从而更加精准地预测雷击故障的概率。高度智能化的预测系统不仅能够提高预测准确度,还能够不断优化自身的性能,适应不同环境和气象条件的变化。总之,提高对雷击故障的预测能力需要借助先进的监测设备、数据分析技术和人工智能,以构建一个智能化、高效的雷电预测系统。<sup>[3]</sup>

#### 3.2 减小杆塔工频接地电阻

杆塔作为输电线路的支撑结构,其良好的接地系统是防止雷电危害的重要环节。工频接地电阻的降低意味着更好的接地效果,有助于将雷电产生的电流迅速引导到地下,减轻雷电对输电线路设备的直接影响。为实现杆塔工频接地电阻的降低,通过使用导电性能更好的材料,合理设计接地电极的布局,可以显著减小接地电阻,提高接地效果。此外,定期的检测和维护也是确保接地系统持续有效运行的重要手段。降低杆塔工频接地电阻不仅有助于防范雷电引发的故障,还能提高输电线路的运行稳定性。通过有效的接地系统,能够更好地规避雷电带来的威胁,确保电力系统在面对自然灾害时依然能够稳定、可靠地供电。

#### 3.3 改善接地装置的设计

接地装置作为电力系统中的重要组成部分,直接影响着对雷电的防护效果。通过优化接地装置的设计,我们能够提高其导电性能,增强对雷电冲击的有效阻抗,从而更好地保护输电线路设备。改善接地装置的设计可以包括采

用高导电性能的材料,优化接地电极的结构,以及提高接地系统的整体覆盖面积。采用先进的工程设计和材料科技,能够有效降低接地电阻,提高接地效果。通过改善接地装置的设计,能够更加全面地提高220kV输电线路对雷电的抵御能力,不仅有助于减小雷电引发的故障风险,还能够降低维修和恢复成本。因此,将重点放在接地装置的设计上,是为电力系统构建更为强大、可靠的防雷体系的关键步骤之一。

#### 3.4 自动关机

自动关机是一项在电力系统中非常重要的安全措施,其设计的合理性直接关系到系统的稳定性和设备的寿命。首先,自动关机系统需要具备高效的监测和感知功能,通过实时监测电力系统的工作状态、电流、电压等关键参数,系统能够迅速感知到异常情况,例如过载、短路等电力故障,从而作出及时的反应。其次,自动关机系统的设计应当具备智能决策和响应能力。在发现电力系统存在潜在危险时,系统需要能够迅速做出智能决策,判断是否需要进行自动关机,以避免进一步的损害。另外,自动关机系统还需要考虑对系统的影响进行最小化。在进行自动关机时,系统应当采取柔性关机策略,以避免对其他正在运行的设备和用户造成不必要的影响。最后,自动关机系统的设计需要遵循相关的安全标准和规范。确保系统的可靠性和稳定性,以及对不同类型电力故障的准确响应,是自动关机系统设计的基本要求。总之,自动关机系统的设计需要全面考虑监测、感知、决策和响应等多个方面,以确保在电力系统发生异常时,系统能够迅速、智能地采取措施,保障设备和系统的安全运行。

#### 3.5 开展防雷创新工作

为了更好地防范雷击风险,积极开展防雷创新工作,采用新技术、新材料和新方法来提升防雷性能。通过引入先进的雷电感知技术,实时监测雷电活动,提前预警可能受到雷击影响的区域,为防护措施的及时实施提供更准确的信息支持。采用高效的避雷针、避雷带等设备,以及改进设计的建筑、杆塔结构,可以大幅提高系统的雷击抵御能力。同时,考虑新材料的运用,如具有良好导电性能和耐腐蚀性的材料,有助于提高避雷设备的寿命和稳定性。引入先进的保护电路、快速断路器等装置,能够在雷击发生时迅速切断电路,避免雷电对电力设备和系统的严重损害。与气象学、材料科学、电力工程等领域的交流合作,可以为防雷技术的创新提供更为广泛的思路和支持。总之,开展防雷创新工作需要综合运用雷电感知技术、新型避雷设备、雷电保护技术以及跨学科合作等手段,以全面提升电力系统对雷电的抵御能力,确保系统的安全稳定运行。

### 4 220kV 输电线路综合防雷技术的优化方案

#### 4.1 高压输电线路设备的防雷改进

为了提高高压输电线路设备的防雷性能,可以在设备表面覆盖导电涂层,以增强设备的导电性能,有助于将雷

电流迅速导向地面,减缓雷电对设备的冲击,提高设备的抗雷性能。对于高压输电线路上的关键设备,如绝缘子、导线等,可以采用避雷针或避雷带进行保护。避雷针作为一种主动防护装置,能够吸引雷电并迅速将其释放到地面,减少雷电对设备的直接影响。避雷带则可以在设备周围形成一个导电环路,将雷电流有效地引导到地面,起到保护作用。合理设计和维护接地系统,确保其导电性能良好,是提高设备防雷能力的有效手段。可以采用深埋接地电极、多点接地等方式,增大接地面积,减小接地电阻,提高接地系统的效果。利用现代科技手段,如雷电感知技术,可以实时监测雷电活动,为设备提供及时的预警信息,有助于在雷电来临之前采取紧急措施,减小设备受到的雷击影响,提高设备的稳定性。在进行防雷改进时,需要充分考虑设备的特点和工作环境,制定科学合理的防雷方案。综合运用导电涂层、避雷针、避雷带等装置,以及优化接地系统等手段,可以有效提高高压输电线路设备的防雷性能,确保其在雷电环境下的稳定运行。

#### 4.2 优化杆塔结构

为了提升高压输电线路的抗雷能力,可以通过优化杆塔结构来减小雷击的影响。杆塔作为电力线路的支撑结构,其形状和材料会影响雷击时的电场分布,可以采用流线型设计,减小杆塔表面的电场集中,降低雷击的概率。同时,选择具有良好导电性能的材料,如铝合金或镀铜的钢材,有助于将雷电迅速引导到地面,减缓雷电对杆塔的影响。避雷针作为一种主动的防护装置,能够吸引雷电并将其迅速释放到地面,减小雷电对杆塔的直接冲击,提高整个输电线路的稳定性。为了避免雷击对杆塔结构造成的机械损伤,可以在杆塔表面覆盖防雷涂层,能够提供额外的保护,延长杆塔的使用寿命。在优化杆塔结构时,还需考虑到实际运行中可能遇到的极端气象条件,如强风、大雨等。合理设计杆塔的结构形式,确保其在各种恶劣气象条件下都能保持稳定,是提高输电线路抗雷能力的重要环节。总之,通过流线型设计、选用合适材料、安装避雷针和覆盖防雷涂层等方式,可以有效优化高压输电线路的杆塔结构,提升其抗雷能力,确保输电系统的安全稳定运行。

#### 4.3 电缆设计与绝缘改进

要提升电缆的防雷性能,可以采用防雷电缆设计,增加电缆的外绝缘层,并在外绝缘层表面涂覆导电材料,有助于降低电缆表面的电场强度,减少雷电击中的可能性。同时,通过导电材料的应用,可以更有效地将雷电流引导到地面,减缓雷电对电缆的影响。选择具有良好耐电压性

能的绝缘材料,如交联聚乙烯(XLPE)或交联聚氯乙烯(XL PVC),能够提高电缆的耐雷性能。这种绝缘材料在电场强烈时依然保持稳定,不容易发生击穿,从而有效避免雷电对电缆的损害。良好的接地系统可以迅速将雷电引导到地面,减少其对电缆产生的影响。因此,在电缆布设过程中,需要合理设置接地电极,确保接地系统的有效性。在电缆设计与绝缘改进时,需综合考虑电缆所处环境的雷电情况和电力系统的特点。通过采用防雷设计、改进绝缘材料以及优化接地系统,可以有效提升电缆的防雷性能,确保电缆在雷电活动中能够保持安全稳定地运行。

#### 4.4 强化人员培训与应急响应机制

即便在进行了设备防雷改进、优化杆塔结构,以及电缆设计与绝缘改进的前提下,人员的专业素养和应急处理能力仍然是维护电力系统安全稳定运行的重要保障。通过对运维人员进行专业的雷电防护培训,使其熟悉最新的防雷技术和设备,提高其在雷电发生时的应对能力。同时,建立完善的应急响应机制,确保在雷电事件发生时,能够快速、有序地进行处置和恢复工作。强化人员培训与应急响应机制,是220kV输电线路综合防雷技术的一个重要组成部分。通过充分发挥人员的专业素养和团队协作能力,可以更加全面地保障电力系统的安全性。

#### 5 结语

在对220kV输电线路综合防雷技术进行全面优化的过程中,通过改进设备的防雷性能、优化杆塔结构、调整电缆设计与绝缘系统,以及强化人员培训和应急响应机制,我们的目标是在雷电威胁下提升整个输电系统的抵御能力。在提高对雷击故障的预测能力、降低杆塔工频接地电阻、改善接地装置设计和优化自动关机系统等方面的技术创新,打造更为智能、敏感的防雷体系。未来,通过不懈努力,我们有信心在面对雷电挑战时,为电力系统构建更为强大、更为可靠的防护屏障。

#### [参考文献]

- [1]孟昭显. 220 千伏架空输电线路防雷技术研究[D]. 山东: 山东理工大学, 2023.
  - [2]舒生前. 220kV 输电线路综合防雷技术与接地电阻设计探析[J]. 通讯世界, 2019, 26(8): 306-307.
  - [3]李京官, 和刚. 电力系统 220kV 输电线路综合防雷技术研究[J]. 电力设备管理, 2019(2): 45-47.
- 作者简介: 马洪星(1987.12—), 毕业院校: 新疆轻工职业技术学院, 所学专业: 工业电气自动化, 当前工作单位: 国网博尔塔拉供电公司, 职称级别: 中级工程师。