

Research on Lightning Protection Technology for Overhead Transmission Lines

Zhitao Wei

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., Ltd. Xilin Gol Power Supply Branch, Xilinhot, Inner Mongolia, 026000, China

Abstract

Overhead transmission lines serve as critical components for energy transmission in power systems, making it essential to ensure their operational stability and reliability. Lightning disasters frequently cause line tripping and equipment damage, necessitating effective lightning protection technologies to maintain power supply stability. Enhanced lightning protection can be achieved through multiple approaches: lightning conductor protection systems, optimized tower grounding configurations, application of line-type zinc oxide arresters, and improved insulation configurations. These measures effectively mitigate lightning hazards, ensure reliable power supply, and meet the growing demands of industrial and residential energy consumption.

Keywords

overhead transmission lines; lightning protection technology; application strategies; power supply stability

架空输电线路防雷技术研究

魏志涛

内蒙古电力(集团)有限责任公司锡林郭勒供电分公司, 中国·内蒙古 锡林浩特 026000

摘要

架空输电线路是电力系统能量输送的重要组成部分,保障其运行的稳定性和可靠性是十分必要的。而雷电灾害往往会导致架空输电线路故障跳闸甚至出现设备损坏,因此必须通过防雷技术的合理应用避免雷击影响供电稳定。可通过避雷线防护技术、杆塔接地系统优化、线路型氧化锌避雷器应用、输电线路绝缘配置提升等多种技术应用提高架空输电线路的防雷效果,有效应对雷电侵害,保障电能供应的稳定性和可靠性,满足人们生产生活需求。

关键词

架空输电线路; 防雷技术; 应用策略; 供电稳定

1 引言

电能作为现阶段人们生产生活中的重要能源,社会对于电能的需求相对较高,近几年来我国电力网络也在不断完善,而输电线路因长期暴露于野外环境,成为雷电灾害的易损载体,很容易因雷击导致线路跳闸停电甚至出现杆塔损毁、电力设备报废等严重后果,既影响了供电的稳定性,同时也会对社会生产和居民生活带来较大的负面影响,为此合理应用防雷技术是十分必要的,就现阶段来看架空输电线路常用的防雷技术主要包含如下几种。

2 避雷线防护技术

避雷线是架空输电线路防雷常用且较为基础、应用范围较广的防雷技术,该项技术利用避雷线的引雷与分流功能

避免雷电直击输电导线,将雷电流引入大地,降低雷电对输电线路产生的影响和破坏。工作人员可在输电线路杆塔顶部设置避雷线,发挥金属导体的导电性和引雷特性打造防护体系。在结构上避雷线的主要组成部分包含金属绞线、悬挂金具、接地引下线等,其主要结构的材质多为钢绞线、铝包钢绞线等,这类材料的机械强度和导电性能相对较好,能够有效抵御雷电的瞬时冲击和自然环境的长期侵蚀,可以在保障避雷防护效果的同时延长使用寿命^[1]。

而避雷线的防护效果除了受材料材质的影响外,保护角、架设方式、接地性能等相应因素也会对防雷效果起到重要影响。保护角越小意味着避雷线的屏蔽覆盖范围越广,绕击概率越低。一般情况下高压输电线路多采用小保护角设计,特高压线路多采用双避雷线架设模式进一步保障防雷效果。在避雷线应用期间应根据电压等级和线路场景进行差异化调整,合理设置避雷线。例如低压架空输电线路设计中可在雷电活动强度较高的地区设置避雷线,高压、特高压输电线路则必须全线架设避雷线。在山区高雷暴区域安装避雷线

【作者简介】魏志涛(1975-),男,中国河北邯郸人,工程师,从事输配电及用电工程研究。

时需要通过缩小保护角调整达到更好的屏蔽防护效果。

在避雷线安装过程中需要紧抓张力控制、悬挂高度、杆塔连接可靠性等关键要点加强技术控制，确保避雷线的功能有效发挥，形成完整的接地通路，能够顺利泄放雷电。同时在避雷线投入使用后还需要通过定期排查、检验及时发现锈蚀、松动、断股等相应问题，保障防护效果。

3 杆塔接地系统优化

杆塔接地系统也是架空输电线路防雷体系的重要组成部分，可通过为雷电流提供低阻抗的泄放通道将雷电流快速平稳地导入大地，进而保障架空输电线路的稳定性和可靠性，有效避免因电位过高引发绝缘子串反击、闪络等相应问题。

表 1: 不同土壤电阻率下杆塔接地体敷设形式及应用要求

土壤电阻率范围	接地体主要敷设形式	材料选用要求
≤500	水平浅埋式接地体、单根垂直接地极	热镀锌扁钢、圆钢
500~2000	水平延长式接地体、多根垂直接地极组合	铜包钢、镀锌钢材
2000~5000	复合接地网、外引接地体结合降阻剂	耐腐蚀导电材料、高效降阻剂
> 5000	深井接地、爆破接地、多层复合接地体	高强度耐腐蚀接地材料、专用散流材料

在工程建设期间需要做好杆塔接地电阻的控制，应根据线路电压等级具体问题具体分析。一般情况下若电压等级相对较高，则需要加强对接地电阻限值要求的规范，确保雷电流能够快速泄放。同时还可根据不同地区的场景特质进行针对性调节。例如平原地区且土壤电阻率相对较低时，可采用常规水平敷设接地体的方式确保满足防雷要求。若施工区域为山区岩石区或沙土地带，且土壤电阻率相对较高，自然散流条件较差，则可通过延长接地体、外引接地、添加降阻剂等多种方式确保接地性能。

在接地材料选择中需要充分考量接地系统使用寿命及运行稳定性问题，根据地方的自然环境特点对接地材料作出适当调整。一般情况下可引入热镀锌钢材，确保其防腐效果和导电效果。但若施工区域处于沿海、盐碱地区，则需要充分考量该地区腐蚀性相对较强的特点，采用不锈钢、铜包钢等相应防腐材料确保散流能力不会因锈蚀下降。

在施工建设过程中需要确保接地引下线和杆塔本体可靠连接，避免出现断接、虚接等相应问题。接地体埋深、搭接长度、焊接工艺也需要做好把控，同时在焊接过程中还需要做好防腐处理，避免出现连接失效问题^[3]。

4 线路型氧化锌避雷器

线路型氧化锌避雷器是利用氧化锌电阻片的非线性伏安特性保障线路正常运行，当雷击架空输电线路时，氧化锌电阻片可迅速转换为低电阻形态，限制电压，并将雷电泄入大地达到较好的线路保护效果。线路型氧化锌避雷器多采用无间隙结构设计，这意味着可有效避免传统避雷器间隙放电时的时延问题，提高响应速度，确保保护性能，有效抑制直

杆塔接地系统想要发挥其应有的功能和作用就需要关注接地电阻问题。电阻越小雷电的泄放速度越快，同时杆塔电位上升幅度相对较小，绝缘子串承受的电位差较低，反击故障出现的概率也就相对较低。杆塔接地系统的重要组成部分主要包含接地引下线、接地体、降阻材料等。其中接地引下线可完成杆塔与地下接地体的连接，是雷电流传导的重要载体。接地体可埋设于土壤中，通过与土壤接触将雷电流散射至大地^[2]。

接地系统的性能优势能否充分发挥受接地体的敷设方式、接地材料的选择、土壤电阻率等相应因素影响。同时，不同地区因土壤条件存在鲜明差异，接地体的散流效果也会发生变化，需要根据不同地区的实际情况选择材料，并对接地体的敷设形式作出适当优化和调整，如表 1 所示。

击雷、感应雷的过电压，保障线路的耐雷水平。

一般情况下线路型氧化锌避雷器可根据其结构形式和安装方式划分为不同类别，例如悬挂式、支柱式、复合外套式等。其中复合外套避雷器重量相对较轻、绝缘性相对较好且抗污染能力较强，是架空输电线路中应用较为频繁的避雷器。

在线路型氧化锌避雷器应用期间也需要坚持具体问题具体分析的原则，架空输电线路避雷器的配置并非均匀配置，而是需要通过数据调查分析明确雷害高发区域，抓住高发区域安装避雷器，在提升防护效果的同时避免资源浪费。同时在避雷器配置上可根据线路电压等级和防护需求作出针对性调节，通过单相配网、三相组网、相间耦合等相应安装方式的合理选择达到较好的防护效果。110kV 以下的线路一般可选择单相配网。220kV 以上的高压线路则需要引入三相组网形式，保障过电压限制能力^[4]。

在避雷器安装期间需要做好规划，明确其安装位置，一般多安装于绝缘子串旁，通过并联的方式确保过电压出现时避雷器能够及时作出反应，避免绝缘子串出现闪络问题。在安装施工中需要固定好避雷器，确保连接可靠，避免因风力、机械等相应因素影响导致部件松动。在此基础上工作人员还需要根据现场实际情况明确避雷器和导线、杆塔的距离，避免出现放电击穿的问题。

在运行维护上工作人员需要定期展开红外测温、泄漏电流检测、绝缘性能测试等相应测试工作分析避雷器能否正常运行。若在检修维护过程中发现避雷器存在外套破损、发热异常、泄漏电流超标等相应问题应及时处理，避免因避雷器故障引发线路故障。此外，在避雷器投入使用后也可能因

自然环境因素影响出现破损问题，因此在检修维护过程中还需要做好防雷电破损、防外力破坏等相应防护工作，确保避雷器能够长期稳定运行。

5 输电线路绝缘配置提升

绝缘配置提升是通过绝缘子数量、选型的优化配合结构与布置的调整提高线路的绝缘能力，减少闪络故障等相应问题、提升耐雷水平。一般情况下，架空输电线路绝缘子主要可分为瓷绝缘子、玻璃绝缘子和复合绝缘子等不同类别，不同类别绝缘子的电气性能、机械性能和耐雷特性存在鲜明

差异，应根据绝缘子性能要求进行科学选择。瓷绝缘子的机械强度和耐老化性能相对较好，但耐污性能相对偏弱。玻璃绝缘子自洁性较好，可为后续检修维护提供更多便捷。复合绝缘子的优势在于重量轻，耐污闪和耐雷闪性能都相对较好，可在复杂环境中应用^[1]。

在绝缘配置优化中还需要充分考量绝缘子片数、绝缘距离、绝缘子串结构等相应问题，以此确保防雷效果。其中，绝缘子片数的优化和提升是常见的绝缘配置优化策略，可大幅提高雷电过电压的击穿阈值，需要根据线路电压等级明确绝缘子类型，并确定基础配置片数，如表 2 所示。

表 2：不同电压等级输电线路的绝缘子配置要求

线路电压等级	常用绝缘子类型	基础配置片数
35kV	复合绝缘子、短串瓷绝缘子	3-5 片
110kV	瓷绝缘子、复合绝缘子	7-9 片
220kV	玻璃绝缘子、复合绝缘子	13-15 片
500kV 及以上	特高压复合绝缘子、大盘径绝缘子	25 片以上

绝缘配合是绝缘配置提升的关键，工作人员在设计及施工过程中可根据线路防雷措施、过电压水平和杆塔结构对绝缘子的绝缘强度作出适当调整，确保绝缘子的绝缘水平与避雷器、接地系统等相应防护设施有效匹配，达到最佳防护效果。而在大跨越、高海拔等相应特殊场景施工中还需要充分考量空气密度较低时绝缘子绝缘性能下降的问题，做好绝缘配置优化，通过引入专用绝缘子保障绝缘性能。

6 结语

在架空输电线路运行过程中合理应用防雷技术可更好地保障输电供电的稳定性和可靠性，避免因断电对周边居民的生产生活产生较大影响和冲击。就现阶段来看主流防雷技术主要包含避雷线防护技术、杆塔接地系统优化技术、线路型氧化锌避雷器应用、输电线路绝缘配置提升等，不同技术

的应用优势和解决的实际问题存在鲜明差异，需根据实际情况进行选择，也可通过技术搭配的方式进一步提升最终的防雷效果。

参考文献

- [1] 张越. 基于电网防雷技术的架空输电线路设计 [J]. 光源与照明, 2026, (01): 230-232.
- [2] 张小玉,王宇墨. 电网防雷技术在架空输电线路设计中的应用 [J]. 光源与照明, 2025, (09): 206-208.
- [3] 王继平,姜永昌. 架空输电线路差异化防雷技术研究 [J]. 智慧城市, 2025, 11 (03): 67-69.
- [4] 廖炽义. 110 kV架空输电线路防雷技术分析 [J]. 科技资讯, 2025, 23 (06): 89-91.
- [5] 章五九,汪湜,李书平,等. 架空输电线路防鸟害技术措施探析 [J]. 电力设备管理, 2024, (22): 35-37.