

## 架空铝合金输电线路防雷设计措施

王红山 谷晓民

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]** 确保电力系统稳定运行的关键环节在于对架空铝合金输电线路的防雷设计。受猛烈雷电的巨大冲击, 超高压电线容易遭遇雷电的破坏, 仪器损坏、停摆及火灾等重大灾难发生。因此, 确保实施科学有效的防雷规划极为关键, 防雷工程涵盖了对雷击的防御、超压保护以及接地设施的建设等多个领域。借助恰当选材、改进接地技术、配置防雷设施及强化线路巡查等措施, 有效减轻雷击对电力传输线路的冲击。随着面对气候变迁及闪电活动频次上升的态势, 防雷规划要不断升级, 调整以适应新环境与技术要求的应对措施序列。采用综合避雷技术手段, 提升空中铝合金电力线路的抵御雷击的能力, 巩固电力系统的稳定与可靠性基础。

**[关键词]** 架空铝合金输电线路; 防雷设计; 雷击防护; 过电压保护; 接地系统

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15566

中图分类号: TM726

文献标识码: A

## Lightning Protection Design Measures for Overhead Aluminum Alloy Transmission Lines

WANG Hongshan, GU Xiaomin

State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** The key to ensuring the stable operation of the power system lies in the lightning protection design of overhead aluminum alloy transmission lines. Under the tremendous impact of violent lightning, ultra-high voltage power lines are prone to damage from lightning, leading to major disasters such as instrument damage, shutdown, and fires. Therefore, ensuring the implementation of scientific and effective lightning protection planning is extremely crucial. Lightning protection engineering covers multiple fields such as lightning defense, overvoltage protection, and the construction of grounding facilities. By using appropriate material selection, improving grounding technology, configuring lightning protection facilities, and strengthening line inspections, the impact of lightning strikes on power transmission lines can be effectively reduced. With the increasing trend of climate change and lightning activity, lightning protection planning needs to be continuously upgraded and adjusted to adapt to the sequence of response measures required by new environments and technologies. By adopting comprehensive lightning protection technology, the ability of aluminum alloy power lines in the air to resist lightning strikes is enhanced, consolidating the stability and reliability foundation of the power system.

**Keywords:** overhead aluminum alloy transmission lines; lightning protection design; lightning protection; overvoltage protection; grounding system

### 引言

现代电力系统普遍采用轻质高强度的铝合金架空输电线路, 因其材料轻巧, 导电性能亦佳, 经济研究的成果佳。然而, 架设的高空电线同样面临雷电攻击所产生的一系列安全风险, 合理的避雷措施特别关键。本篇文章将就防雷击、抗过电压及接地设施等角度, 对架空铝质输电线路的防雷设计方案进行论述, 提出改进想法。

### 1 架空铝合金输电线路的防雷设计概述

确保电力系统稳定运行的关键在于对架空铝合金输电线路的防雷设计。鉴于雷电的巨大破坏威力, 高压输电线路经常遭受雷电的侵袭, 引发接线装置故障、电力供应受阻, 甚至可能造成火灾等安全事故。为此, 架空铝合金输电线路领域 防雷设计占据着核心位置。

在雷电防护技术领域实施阶段实施环节, 设计阶段必须重视避雷系统的布局与挑选, 恰当安排避雷器、避雷带以及避雷网, 确保雷电电流顺利导入地壳邻近, 从而预防

电力线路设备遭雷击。过电压保护措施是应对雷电击中线路后电压急剧上升问题的必要手段, 避免电压过高对电力设施产生破坏, 接地系统的构建同样十分关键。该系统将雷电电流导入地下深处, 减轻雷电对设备的破坏力, 务必保证地表电势稳定无大幅波动<sup>[1]</sup>。

鉴于气候变迁明显、雷击频次增加以及电力系统复杂性加大, 设计用于架空铝质合金输电线路的防雷措施遭遇了不少难题。例如, 惯用的防雷规划或许不能充分适应极端气候和雷电的频繁出现, 必须不断升级和完善防雷安全措施。采用现代科学技术的实施, 智能型避雷装置与自动化监测平台, 提升避雷设施的快速反应与精确度, 提升输电线路的抗雷击性能。架空铝镁合金电力传输线路的防雷保护措施是确保电力系统稳定运行的关键环节。

### 2 防雷设计中的主要问题

#### 2.1 雷击防护的难点

防雷保护是空中铝制电力传输线路抗雷设计的关键

步骤,实际上在实施阶段,雷击安全防护工程实施时常面临诸多挑战。雷电现象的难以预料性对防雷工程构成了重大难题,雷电的产生带有极大的偶然性和不可预知性,电闪的移动路径、强度大小及持续时长均不易预判。此外,这导致对防雷系统的规划实现全面预判变得相当不易。各地气候状况及雷暴活动频次存在显著不同,同一防雷方案在各个地区的实施效果不一,谈及非实地的铝质合金电力输送线路,如何全面整合这些差异性在设计的具体实施细节,务必保证每条线路都能获得充分的防雷保护,这可以称作设计领域的一个技术难题课题面<sup>[2]</sup>。

随着电力传输线路的拓展,铁路的防雷防护区域得到了拓展,所涉及的地貌和自然环境更为繁杂。特别在穿越山岭、水道等复杂地貌期间,铁路线路防雷措施实施中,必须针对这些区域的特殊要求进行周密布局。这给雷电防护措施的实施与规划增添了额外的困难。在这些场合里头,电力设备很容易被雷电侵袭,雷电造成的电压起伏更加猛烈,雷击防护装置的安装与选择需更为严谨细致。此外,某些区域面临资金及技术的制约,实施防雷工程时常面临资源短缺的挑战,阻碍了防雷工作的全面实施,常规避雷装置,诸如避雷针、避雷线等设备,多少能缓解雷电造成的损害。在遭遇猛烈雷暴之际,它们的防御水平依旧有限,雷击防御系统的更新与新型避雷技术的采纳构成了破解难题的核心手段,借助先进防雷设施与监视系统。

## 2.2 过电压保护措施不足

防过电压措施是架空铝制输电线路防雷体系中的又一重要组成部分,众多现行的过电压防护手段存在一定缺陷,系统防雷效能受此影响降低。常规的防过电压设备比如避雷针和稳压器,多少能在一定程度上减轻雷电过电压对设备的破坏,在遭受强烈雷电冲击或多次雷电冲击时,现行的保护措施常常难以迅速且有效地作出应对,电压波动幅度超出了正常范围,无法充分确保电力输送线路中设备的安全防护。尤其在那些电力集中区域或繁杂环境中,电压过冲防护的挑战提升,电压超限防护方案通常参照传统理论框架及过往经验资料。此类模型或许难以精确模拟现实场景中的雷击波形及电压波动现象,雷暴的猛烈程度及其持续时间变化极大,现有的过电压防护机制在规划阶段或许存在过分简化的现象,无法包括所有可能的闪电现象。因此引发设计同现实间的分歧,在这种情形里,防范系统常常难以迅速高效地遏制超压现象,电力装置故障的风险等级有所上升<sup>[3]</sup>。

此外,电压过高的防护手段存在缺陷表现在设备布置与保养方面。输电线路常常横跨众多地域,避雷器与过电压防护设施的布局与数量可能受地理、经济等因素的限制,导致过电压防护装置的配置不尽合理,防护效能显著降低。同时,部分区域缺少专业维护与检查团队,电压过载防护设施的持续运作成效尚未得到充分的安全保障。因此,增

强电压过冲防护手段的功能性与稳定性,务必在设备选择、布置计划及后续保养等环节进行精良改良。采用智能监控与调节技术路径,强化对超压防护装置的即时监管,马上实施调节与维护,显著增强过电压防护系统的效能。

## 2.3 接地系统设计不完善

接地设施是架空铝质合金输电线路防雷体系的基础构成之一,该功能能将雷电电流有效导入地面,降低对电力装置的损害概率。然而,大量电力传输线路的接地设施规划存在众多缺陷,其避雷效果不够理想,电力系统安全防护存在漏洞,接地系统布局多受地域状况及土壤特性的牵制。土地的电导率数值较大,造成地电流难以有效进入地下层,这将削弱接地保护系统的效能。尤其在山区沙漠等区域,土地状况相对繁杂不一,接地阻抗数值高,让接地系统的规划与施工过程变得复杂,接地系统构建与保养缺少统一的标准与规程,若干地区的接地设施构建水准偏低,接地电阻未达到安全界限值。即便若干电力输送线路在设计阶段已预留接地环节,但鉴于未能实施周密的土壤检测与实地勘查,接地系统未能实现预期效果。这导致雷电电流难以顺畅地注入地下,电力设备意外地变成了雷电能量的传输路径,故而增大了机器损坏的概率<sup>[4]</sup>。

此外,接地装置的退化状况也是防雷措施不足的成因之一。随着时间的递延阶段,若干地面设施存在生锈或破损的风险,干扰接地电阻表稳定运作。那些久未进行过安全检查的电缆段,接地设备的功能往往有所降低,未能有效疏导雷电冲击波阵,线路面临雷击破坏的风险加大。为了增强接地系统的效能,务必实施整体升级,自设计初期阶段起,需依据特定的地质状况和气候特征,制定切合实际的地域应对办法,定时对接地设备进行检查与保养,保证其持续稳定运作,对接地体系的调整与升级,有效减轻雷电对电力设施的冲击破坏力,增强高空铝制电力传输线路的安全防护能力。

## 3 改进防雷设计的策略

### 3.1 优化雷击防护措施

为妥善处理雷电侵害隐患,提高雷击防御能力极为必要。加强防雷设施需着力提高避雷针和雷电疏导设备的功能,避雷设备是防雷工程的关键组成部分,该装置的作用是将雷电电流导入接地系统,进而防止电力设施遭受雷击伤害。随着技术不断向前发展,创新避雷器的问世让雷电电流的引导与分散变得更为高效。关于空中使用的铝镁合金电力传输线路,挑选适应不同电压级别及环境要求的避雷设备,大幅提升防雷装置的防御水平,不包含避雷器在内,科学配置雷电疏导设备同样是提升防雷手段的关键环节。通过构建充足的雷击分流通路,能高效地分散雷电之力,避免雷电电流汇聚至设备引发损害。在电力输送路径上,科学规划雷击分流设施的配置,保证雷电电流快速进入接地网络,确保设备安全无虞<sup>[5]</sup>。

提升输电线路的防雷检测是改进雷击防御的关键途径。通过安装雷电探测装置,实时反映雷电活动的最新路径,及时发现雷击发生位置及其强度等级,电力防护工程需数据作为后盾。这些监视数据可为雷电防护设施的调整提供支撑,遭受雷击之后亦可行,对事故应对及设备维修给予指引。针对输电线路,其防雷保护措施需充分结合地域气候的差异性进行设计,各地域的闪电发生频率与烈度各异,设计防雷系统必须结合当地气候状况、地貌特点及输电线路实际情况进行定制化规划。采用分区域、有区别的避雷设计,最大化发挥避雷设施的功效,保障电力设施稳定运作。

### 3.2 强化过电压保护

电压超限防护是确保电力设施稳定运作的核心要素之一,尤其在遭遇雷电等紧急自然异象时,电压过高现象可能对设备造成极大伤害。为了增进过电压防护的稳定性,务必增强避雷装置与电压限制器的效能。传统避雷器对雷电引发的电压超标现象有显著的控制效果。在面临猛烈电闪雷鸣之际,防护区域尚有未被覆盖的盲点,改进型避雷装置在材料运用与结构布局上实现了重大突破,更高效地阻截电压超限的蔓延,而且耐压性能更上一层楼,应对更繁重的工作环境<sup>[6]</sup>。

此外,应对各类电压异常现象,务必采纳多样化的保护手段。除了不单单是装上避雷针,我们可以通过增设电涌保护器、电压调控器等设备来提升过电压防护系统的整体效能。此类设备能有效阻止电力系统内过电压的扩散途径,面对电压异常现象能迅速做出动作,降低设备损毁的风险系数。

提高电压过载防护性能的关键步骤之一是对设备布局进行优化升级。输电线路的关键部位应科学设置过电压保护装置,必须对关键设备实施全面防护。对于关键的变电设施、转接站点等装置,能够通过添置多余的安保设施,提高系统的稳定系数。同时,按期对过电压防护系统实施检验与维护保养,必须维持其最佳效能,在电力系统规划与实施阶段,需全面分析各种过电压的成因及其影响范围,执行系统层面的超压风险分析。这将为挑选过电压保护装置及其布局提供准则,因此保障防护设备能充分应对各类过电压状况<sup>[7]</sup>。

### 3.3 完善接地系统建设

接地系统是防雷设计的基础,其作用是将雷电流导入地下,从而避免雷击对电力设备造成损害。然而,现有的接地系统往往存在一些不足,需要通过一系列措施来完善。接地系统的设计应根据地理条件和土壤特性进行调整。在一些高电阻地区,传统的接地方式往往难以达到理想的效

果,因此可以考虑采用复合接地方式,结合化学接地、网状接地等手段,以降低接地电阻,提高接地效果。接地设施的布置和施工必须严格按照标准进行。在设计阶段,需根据线路的具体情况和接地要求,科学规划接地网的布局,确保每一条线路和设备都能得到充分的接地保护。同时,施工时应保证接地电极的深度和接地网的连接质量,避免接地系统因施工质量而失效。

此外,接地系统要想长久可靠,必须依靠维护与检测的持续进行。在持续运作的整个阶段,接地设施可能遭遇腐蚀与老化等困扰,故而对接地电阻表电极的完整性进行定期的检测是至关重要的。依赖周期性的检修和迅速的补漏,能防止接地系统出现故障现象,提高避雷设施的稳固性要求。为了提升接地系统的综合效能,可引入智能监控手段,对接地装置实施实时跟踪。采用配置接地电阻检测仪器等,能迅速捕捉接地系统隐藏的瑕疵,实行修补行动,因此保证接地设施在遇到雷击时能正常起效,对接地系统设计、施工及维护环节进行改进升级,大幅改善架空铝合金输电线路的防雷水平,减少雷击对电力装备的破坏程度,保障电力网稳定可靠地运作<sup>[8]</sup>。

## 4 结语

铝合金架空输电线路的防雷措施是确保电力系统安全的关键,对防雷技术、超压防护措施、接地体系等关键技术的升级,大幅提升电力线路抵御雷击的效能,维持电力供应的稳定性与安全性,科技发展迅速,气候变化影响明显,防雷方案需持续改进,以应对新的挑战和需求。

### [参考文献]

- [1] 胡锦涛. 220kV 输电线路综合防雷技术探究[J]. 模具制造, 2023, 23(9): 256-258.
- [2] 陈旭. 浅谈 110kV 架空输电线路防雷设计措施[J]. 科技与创新, 2023(2): 106-108.
- [3] 宋钰. 架空输电线路防雷与接地设计探析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(9): 271-272.
- [4] 张海虎. 架空输电线路防雷与接地的设计分析[J]. 电气技术与经济, 2021(4): 69-71.
- [5] 左伟. 架空铝合金输电线路防雷设计措施[J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(9): 88-89.
- [6] 王学军. 浅析架空输电线路的防雷与接地设计[J]. 智慧城市, 2020, 6(6): 81-82.
- [7] 尹威. 分析架空铝合金输电线路防雷设计对策[J]. 世界有色金属, 2017(10): 257-259.

作者简介: 王红山(1992.6—), 毕业院校: 山东大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 国网石家庄供电公司, 职务: 输电运检专责工, 职称级别: 工程师。