

# 电力系统 220kV 输电线路综合防雷技术研究

陈昱

贵州金元股份有限公司, 贵州 贵阳 550081

**摘要** : 本文探讨了 220kV 输电线路面临的雷击危害及其防护措施。文章分析了雷击对输电线路造成的危害, 包括高热、高压和电磁感应等, 并指出了交叉跨越、针式绝缘子的局限性以及设备维护等问题, 这些都导致了雷击风险的增大。随后, 文章介绍了避雷针、避雷线和垂直地极等防雷接地技术要点, 并提出了开展接地巡检、加强接地测试等有效对策, 以提高输电线路的耐雷水平。文章还展望了未来防雷技术的发展方向, 并强调了科技进步和持续创新在增强电网防雷能力方面的重要性。

**关键词** : 220kV 输电线路; 综合防雷技术; 防雷设计优化; 雷击故障分析; 输电线路安全

## Research on Comprehensive Lightning Protection Technology for 220kV Transmission Lines in Power System

Chen Yu

Guizhou Jinyuan Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550081

**Abstract** : This article discusses the lightning hazards faced by 220kV transmission lines and their protective measures. The article analyzes the hazards caused by lightning strikes on transmission lines, including high heat, high voltage, and electromagnetic induction, and points out the limitations of cross crossing, pin insulators, and equipment maintenance, all of which increase the risk of lightning strikes. Subsequently, the article introduced the key points of lightning protection and grounding technologies such as lightning rods, lightning conductors, and vertical electrodes, and proposed effective measures such as conducting grounding inspections and strengthening grounding tests to improve the lightning resistance level of transmission lines. The article also looks forward to the future development direction of lightning protection technology and emphasizes the importance of technological progress and continuous innovation in enhancing the lightning protection capability of the power grid.

**Keywords** : 220kV transmission line; comprehensive lightning protection technology; optimization of lightning protection design; lightning strike fault analysis; transmission line safety

## 引言

随着经济的快速发展和城市化进程的加快, 我国电力需求不断增长, 电网规模不断扩大。作为电力系统的重要组成部分, 输电线路的安全运行对于保障电力供应和系统稳定性具有重要意义。然而, 输电线路在运行过程中经常会受到雷击等自然灾害的影响, 导致设备损坏、供电中断, 甚至引发火灾等严重后果。

220kV 输电线路是我国电力系统中常见的高压输电线路, 其运行稳定性直接关系到电网的安全和可靠供电。然而, 由于其电压等级较高, 线路较长, 且穿越多种地形地貌, 使得 220kV 输电线路更容易受到雷击的影响。因此, 针对 220kV 输电线路的综合防雷技术研究具有重要的现实意义和应用价值。

## 一、雷电对输电线路的危害

雷电是一种自然现象, 它一般发生在雷雨季节。所以, 依据我国的季节特性, 夏季最容易发生雷电事故。有一个常识是, 雷电很容易发生在高层建筑或建筑物的尖端上。事实上, 输电线路经常被雷电损坏。雷电对输电线路的危害主要体现在三个方面。

### (一) 雷击导致的高热效应对输电线路的破坏及经济损失

雷电现象是由于太阳辐射使地表受热造成含水汽空气产生对

流, 水珠在运动、碰撞、分裂、融合过程中带上电荷。雷云放电就产生光(闪)和声(雷), 并在输电线路路上形成过电压<sup>[1]</sup>。由于高压输电线路都是架空线路, 且线路分布非常广, 所应用的金属材料也是非常之多, 这就使得雷击过程中所产生的感应电流也叫雷电冲击波, 很容易从供电线路入侵, 冲击波瞬间所形成的雷电感应电压可达上千伏左右, 虽然高压输电线路安装了避雷装置, 但是由于其动作慢、残压高, 难以对雷电冲击波进行有效地释放, 从而造成电源设备和通信系统的损坏<sup>[2]</sup>。这种破坏对于输电线路

路来说是灾难性的，同时也会直接导致电力系统承受重大的经济损失。

### （二）雷电产生的高压效应对输电线路及设备的破坏性影响

雷电活动带来的高压效应同样对输电线路及其相关设备构成了严峻的挑战。在雷电发生时，电压可飙升至高达数十万伏以上，远超常规电力系统的承受范围。当这样的高电压作用于输电线路时，可能导致线路短路、保护装置跳闸，甚至可能对变压器等关键设备造成不可逆的损坏<sup>[3]</sup>。

此类破坏不仅对电气设备和金属导线造成物理损害，严重时还可能引发火灾或爆炸事故，对人身安全和财产安全构成严重威胁。因此，电力系统的设计和运营中，必须高度重视雷电防护措施的落实，如安装 lightning arresters（避雷针）、优化接地系统以及提高设备的耐电压能力等，以确保电力系统的稳定运行和公共安全。

### （三）雷电引发的电磁感应及其对输电线路的危害与防雷技术的必要性

伴随雷电现象产生的电磁感应效应，对输电线路构成了另一重挑战。这种电磁感应能够在输电线路周围形成强大的电磁场，进而可能导致传输电流的异常增加<sup>[4]</sup>。这种突增的电流，叠加高热效应的影响，可能对输电线路造成严重的甚至是不可修复的损害。

为了减轻雷电带来的这些潜在破坏，应用有效的防雷技术成为输电线路安全运行的必要手段。通过综合运用防雷装置、优化线路设计、提高设备的耐受能力等措施，可以在很大程度上降低电磁感应和高热效应对输电线路的危害，从而确保电力系统的稳定性和可靠性。

## 二、电力系统 220kV 输电线路遭受雷击的主要原因分析

雷击现象可能引起设备故障、电力中断，甚至对电网的稳定性和安全性构成挑战。接下来，本文将对 220kV 输电线路遭受雷击的主要原因进行剖析，并探讨如何有效减少雷击风险，确保电力系统的可靠运行。

### （一）交叉跨越带来的雷击风险

在电力传输系统中，220kV 输电线路往往需要与 500kV 输电线路进行交叉跨越。这种布置方式可能会使 220kV 线路暴露于来自更高电压等级线路的雷电影响之下。由于 500kV 线路的防雷设计通常更为严格，220kV 线路在这种交叉跨越的情境下可能会显露出其防雷设计的局限性<sup>[5]</sup>。当 500kV 线路遭受雷击时，其防护措施不足的 220kV 线路可能会因为雷电的传递而遭受损害，暴露出其在应对强雷电冲击方面的脆弱性。因此，确保 220kV 线路具有与更高电压等级线路相匹配的防雷能力，对于保障整个电力系统的稳定运行至关重要。

### （二）针式绝缘子的局限性

在 220kV 输电线路的设计中，针式绝缘子的广泛应用为其带来了在极端天气条件下的稳定性，尤其是在抵御台风和雷电方面

表现出色。然而，这种绝缘子的设计存在一个显著缺陷，即当绝缘体受损时，故障点不易被及时察觉。尽管绝缘子通常能够承受 35kV 的电压，雷击产生的高压可能导致绝缘子隐性损坏，使得绝缘子在外观上看似正常工作，实则隐藏着潜在的安全隐患<sup>[6]</sup>。这种隐蔽性故障的存在，增加了输电线路的不稳定性和维护的复杂性，从而对电力系统的可靠性和安全性构成了挑战。

### （三）设备安装与维护问题

220kV 高压输电线路面临的雷击风险部分来源于杆塔及设备安装的不规范问题。例如，接地线焊接不牢固或土壤松散可能会造成接地系统的稳定性不足，进而影响防雷性能。此外，避雷器的质量不佳或长期遭受雷击而未得到适当维护，在故障状态下，线路对雷击的敏感性可能会增加。此外，不正确地使用接地电阻测试仪器可能导致防雷设备的安装和选用不当，进一步增加了 220kV 输电线路对雷击的脆弱性。这些因素共同作用，可能使得输电线路在面对雷电威胁时显得尤为脆弱。

## 三、电力系统 220kV 高压输电线路防雷接地技术要点分析

为了有效降低雷击对输电线路的影响，需要掌握一些关键的防雷接地技术。以下是关于避雷针的安装与功能、避雷线的布置与保护机制以及垂直地极的安装与优化的要点分析。

### （一）避雷针的安装与功能

在 220kV 高压输电线路的防雷体系中，避雷针发挥着至关重要的作用。其安装的目的在于显著提高线路对雷击的防护能力。当雷云与地面之间的电势差达到一定程度时，避雷针便开始发挥作用，它能够主动探测并响应先导放电现象。通过巧妙地改变电场方向，避雷针有效地将雷电引导至接闪器，并安全地释放至地面，从而减轻雷击对输电线路的潜在损害<sup>[7]</sup>。这一机制的运作，不仅体现了人类对自然力量的深刻理解和巧妙利用，也凸显了技术在确保电力系统稳定运行中的重要作用。

### （二）避雷线的布置与保护机制

在 220kV 高压输电线路的防雷保护策略中，避雷线的布置扮演着至关重要的角色。其主要作用是作为线路的屏障，有效地将雷电引导至地面，从而确保输电线路的安全运行。避雷线的分流效能是其关键性能指标，能够显著降低塔身所承受的雷电电流，减轻雷电冲击的影响<sup>[8]</sup>。这种设计不仅反映了对雷电自然规律的深刻认识，也体现了工程技术的精湛，进一步巩固了电力系统的可靠性与稳定性。

### （三）垂直地极的安装与优化

在土壤电阻率较低的地区，为了提升 220kV 输电线路的防雷性能，安装垂直地极是一种有效的策略。通过将地极垂直埋设至一定深度，通常为 0.5 米，可以显著提高接地系统的效率，进而增强输电线路对雷电冲击的抵抗能力。这种策略不仅考虑了地质特性，也对防雷技术进行了精细的调整，确保了在不同地质条件下电力系统的稳定性和安全性<sup>[9]</sup>。

## 四、电力系统220kV高压输电线路防雷的有效对策

由于雷电灾害的不可预测性和强大的破坏力，采取有效的防雷对策是确保输电线路安全的关键。以下是一些有效的防雷对策，包括开展接地巡检以及加强接地测试，以提升输电线路的耐雷水平。

### （一）开展接地巡检，及时发现问题

为了确保220kV高压输电线路在雷雨季节的安全稳定运行，电力供应部门必须对防雷装置的接地线路进行彻底检查，并详尽记录线路的运作状态，以便准确识别和预防雷击事故的关键节点。在夏季，由于天气变化剧烈，强对流天气伴随的雷阵雨频发，供电部门应基于过往经验，电力系统应对其防雷策略和规划进行相应的调整与优化，以确保系统的稳定性和可靠性。

为了有效提升电网的防雷能力，应当对历史雷击跳闸事件进行深入的数据分析，以识别那些易受雷击的线路和设备。基于这些分析结果，可以进一步完善电网防雷示意图，并制定出针对性的防雷方案，从而构建起一道坚固的防雷屏障。此外，为了提升电网的防雷效果，有必要增加对电网设备的巡查频次。特别是在特殊天气条件下，应确保“巡检结合”的原则得到有效执行<sup>[10]</sup>。这涉及对变电站及高压输电线路的防雷系统进行彻底的评估，包括检测设备状况、接地网的完整性、架空地线与接地设备的连通性，以及接地体的腐蚀状况，从而确保防雷系统的稳定性和效能。

在检测过程中，若发现接地设备存在腐蚀现象、引下线与设备连接点松动等缺陷，应迅速采取修复措施，以最大限度地降低雷电对设备可能造成的损害，并保证在雷暴季节设备能够有效地对雷电流进行疏导。同时，电力供应部门应全面审查和清理线路的防雷保护设施及线路通道，及时更换受损的避雷器、瓷瓶以及不符合技术参数的接地设备，并对接地电阻进行重新评估。对于未达到标准的接地线，应重新布置，以提升电网的防雷减灾能力。

此外，定期的巡查对于维护防汛工作的全面性至关重要。重点应放在小流域、城市地区、水库周边以及易于发生滑坡的山区地带，实施连续监测和预防措施，以防止次生灾害的发生。政府机构、电视台、交通枢纽、医院等关键客户的供电线路也应列为优先巡查对象，以增强区域电网的防汛功能。同时，应对某些变电站的墙体进行加固处理，并定期检验站外护坡和排水沟的状况，一旦发现任何问题，应迅速进行分类处置，确保电网的稳定和安全运行。

### （二）加强接地测试，提升耐雷水平

电力供应部门需针对220kV高压输电线路的防雷保护措施，实施系统性的规划和精心部署，确保电网在防雷、防汛以及抗旱等关键领域的工作稳步向前。此外，为了保障防雷系统的可靠运行，定期对防雷接地系统的性能进行检测是必不可少的。

在防雷测试领域，遵义供电局展现了实践案例。以2022年的防雷测试计划为例，该供电局计划执行318组防雷测试，目的是为历史上频繁遭受雷击导致跳闸的线路，制定并实施一整套综合性

的防雷改善策略。具体操作包括：完成658次基杆塔接地电阻的测试，以及630次避雷器及其放电计数器的检查。此外，对配电网进行了针对性的防雷接地改造，措施包括安装氧化锌避雷器、设置放电间隙、改进不符合规范的接地电阻，以及更换瓷瓶绝缘子等，这些措施显著提高了线路的抗雷击能力。

## 结束语

220kV高压输电线路作为我国电网的重要组成部分，其安全稳定运行对于保障国家能源安全和电力供应具有重要意义。然而，雷电灾害对输电线路的影响不容忽视。为了降低雷击风险，提高输电线路的耐雷水平，本文对220kV输电线路的综合防雷技术进行了深入研究。

然而，防雷技术的研究和应用仍然面临一些挑战。因此，未来的研究工作可以从以下几个方面展开：一是继续探索新的防雷技术和方法，提高输电线路的耐雷水平；二是加强对防雷设备的试验和检测，确保其性能和可靠性；三是利用现代信息技术，实现对输电线路和接地系统的远程监控和智能管理。

总之，本文对220kV输电线路的综合防雷技术进行了全面研究，并提出了一系列有效的防雷对策。随着科技的进步和防雷技术的不断发展，我国电力系统的防雷能力将得到进一步提高，这将为电网的安全稳定运行和电力事业的可持续发展提供有力保障。进一步的研究与实践将有助于构建更加坚强可靠的电力系统。

## 参考文献

- [1] 拓新路, 杨博. 特高压输电线路防雷技术探讨[J]. 电工文摘, 2017,(06):55-57.
- [2] 黄福彩. 高压输电线路防雷技术措施探讨[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2013,(05):295.
- [3] 邱续东. 220 kV 输电线路综合防雷技术探究[J]. 电工材料, 2023,(02):84-86+89.DOI:10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2023.02.020.
- [4] 张舒涵. 区域电网综合防雷技术研究[D]. 长春工业大学, 2022.DOI:10.27805/d.cnki.gccgy.2022.000881.
- [5] 肖定静. 浅析110kV输电线路综合防雷技术与接地电阻的设计[J]. 山东工业技术, 2018,(13):162.DOI:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.13.149.
- [6] 钟柱军. 配网10kV架空线路综合防雷技术探讨[J]. 低碳世界, 2016,(33):30-31. DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2016.33.021.
- [7] 吴伟, 叶辉, 廖志斌, 等. 输电线路综合防雷措施技术经济性分析[J]. 中国高新技术企业, 2016,(26):122-123.DOI:10.13535/j.cnki.11-4406/n.2016.26.059.
- [8] 周希伦. 继电保护故障应对策略及新型继电保护技术的研究分析[J]. 电子测试, 2020(20):106-107+103.
- [9] 孙喜萍. 电厂继电保护故障诊断及处理对策研究[J]. 通信电源技术, 2020,37(02):114-115.
- [10] 陈国平, 王德林, 袁渝涛, 等. 继电保护面临的挑战与展望[J]. 电力系统自动化, 2021,41(16):1-11+26.