

# 试论电力输电线路防雷接地技术

王秋实

国网黑龙江省电力有限公司

**摘要:** 本论文旨在探讨电力输电线路防雷接地技术, 提出优化的技术方案。采用了实地考察和文献综述的方法。研究结果表明, 电力系统在雷击下容易受到设备损坏、能量传导、控制系统失效和稳定性降低等影响。当前输电线路防雷接地设计存在路径选择不合理和塔杆基地装置选择不合理等问题。为了提高电力系统的防雷性能, 建议采用架设避雷线、降低杆塔电阻、安装自动重合闸、安装防雷器和提高线路绝缘性等技术手段。最终的研究结论为, 通过合理的技术方案和维护策略, 可以有效提高电力系统的防雷性能, 确保电力输送的可靠性和稳定性。这一研究对于电力系统的设计和运维具有一定的指导意义。

**关键词:** 电力系统; 雷击危害; 防雷接地技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.033

## 引言

电力系统作为现代社会不可或缺的基础设施之一, 在为人们提供便利的同时, 也面临着来自自然灾害的威胁, 其中雷击是极具破坏性的自然灾害之一。雷电放电产生的高电流和电压不仅对电力系统的设备造成直接损害, 还可能导致系统失控、频繁故障和长时间停运, 给社会带来严重的经济和生活影响。在这种背景下, 电力输电线路防雷接地技术的研究和应用显得尤为迫切。通过对电力输电线路防雷接地技术的深入研究, 有望为未来电力系统的设计、建设和维护提供有力的支持, 从而更好地保障电力系统的稳定运行, 降低雷击带来的不利影响。

## 一、电力系统雷击的危害

### 1. 设备损坏

雷电放电的高电流和电压对电力系统的设备造成直接损害。其中, 变压器、开关设备、电缆等高压设备是雷击的主要目标。雷电放电产生的强电磁场和电磁脉冲, 以及放电过程中的高温高压气体冲击, 会导致设备内部局部放电、击穿、击坏, 甚至引发火灾。设备的损坏不仅需要耗费大量资金进行修复或更换, 而且可能导致电力系统的长时间停运, 给用户带来不便。

### 2. 能量传导

雷电放电释放的巨大能量会在电力系统中传导, 导致线路、电缆等电气设备产生过电压。这种过电压会使设备绝缘层受损, 从而引发设备局部击穿和电弧放电, 导致设备失效。同时, 过电压还可能引发电力系统中的谐振现象, 使得系统中的电压和电流达到异常高的水平, 从而导致设备的频繁故障和损坏。

### 3. 控制系统失效

电力系统中的控制系统对系统的运行起着至关重要的作用。然而, 在雷电放电的影响下, 控制系统可能会受到干扰或直接损坏, 导致系统的失控和失效。雷电放电产生的电磁干扰会使控制信号失真, 甚至导致误动作<sup>[1]</sup>。这对于需要高度精密控制的电力系统来说, 可能引发严重的事故, 甚至导致整个电力系统的崩溃。

### 4. 电力系统稳定性降低

雷击不仅直接损坏设备, 还会引发电力系统中的不稳定因素。例如, 雷电放电导致的突然电流变化和过电压可能引起系统的瞬时失稳, 导致电力系统频繁跳闸或失去平衡。这会对电力系统的稳定性产生长期的不利影响, 降低了系统的可靠性和可用性。在雷电多发的地区, 电力系统的稳定性降低可能成为常态, 给用电用户和电力生产运营带来巨大的困扰。

## 二、当前输电线路防雷接地设计中的问题

### 1. 路径选择不合理

在当前输电线路防雷接地设计中, 路径选择不合理性体现在未充分考虑雷电的传导路径和电流分布情况。通常, 雷电会沿着输电线路的导线、绝缘子串等部位流过, 但设计中未能充分考虑雷电路径的选择, 导致雷电电流在接地过程中可能存在不均匀分布。这种不合理的路径选择可能导致一些地方的接地电阻较大, 从而减缓雷电电流的释放速度, 增加了系统受雷击时的潜在危害<sup>[2]</sup>。此外, 路径选择不合理还可能影响到雷电电流的有效分散。如果路径选择不当, 可能导致雷电电流过于集中, 增加了设备受损的风险。因此, 在设计中未充分考虑雷电路径的选择, 存在一定的漏洞, 有必要对

路径选择进行进一步的合理规划和优化。

### 2. 塔杆基地装置型号选择不合理

在当前输电线路防雷接地设计中，塔杆基地装置型号选择不合理性主要表现在未充分考虑塔杆的结构特点和地质条件。输电线路的塔杆是雷电流经过的重要通道，因此塔杆基地装置的选择至关重要。当前设计中可能存在的问题是在选择装置型号时，未考虑塔杆的具体结构参数和基地的土壤电阻率等地质条件。如果装置型号选择不当，可能导致基地装置的电阻值偏大，影响雷电流的迅速释放，增加了设备受雷击时的危险性。此外，不合理的装置选择还可能导致基地装置的耐腐蚀性不足、稳定性差等问题，进而影响其长期使用效果。

## 三、电力输电线路防雷过程中应该采用的接地技术

### 1. 采用架设避雷线

电力输电线路防雷至关重要，其中架设避雷线是一项不可或缺的措施。雷电的直接冲击对输电线路设备造成严重威胁，为降低损害风险，避雷线的架设成为必然选择。避雷线通过连接在输电线路的塔杆上，提供一条低阻抗的电流通道，能够迅速将雷电引导到地下，减缓对输电线路的冲击，保障设备安全。在实施避雷线的过程中，首要考虑良好的连接和合理的布局。避雷线的连接必须牢固可靠，确保雷电流能够迅速有效地通过避雷线排除。合理的布局需要考虑地形、气象等多方面因素，以确定避雷线的布设高度和间距。地形复杂时，需适应不同区域的要求，确保在各种条件下都能发挥最佳效果<sup>[3]</sup>。气象因素如风向、降雨等也需考虑，以提高避雷线在各种气候条件下的抗击雷电能力。综合考虑这些因素，能够最大限度地降低雷电对输电线路的影响，确保电力系统的正常运行和设备的长期稳定运行。

### 2. 对杆塔电阻进行降低

在电力输电系统中，杆塔作为重要组成部分，其电阻大小直接影响着雷电通过的路径和电流释放速度，因而降低杆塔电阻成为防雷过程中至关重要的技术任务。首先，实施降低杆塔电阻的目的在于提高系统的防雷性能，减小雷电对杆塔本身的损害，并降低雷电通过输电线路时的电阻，从而减缓雷电对整个电力系统的不利影响。可以选择导电性能更好的材料来构建杆塔，以提高整体的导电性。采用合理的接地方式，确保杆塔能够有效接地，降低接地电阻。在具体工程中，需要综合考虑杆塔的结构特点和所处地区的土壤电阻率等因素，通过

科学的测试和分析，确定最适合的降低电阻的方案。这可能涉及在杆塔底部增加导电材料，改善接地系统，甚至调整杆塔的结构，以达到降低电阻的效果，从而提高整个电力系统的防雷性能。

### 3. 安装自动重合闸

电力输电线路防雷是电力系统运行中的重要环节，而自动重合闸作为一种有效的防雷措施，在系统受到雷击时发挥着关键作用。通过安装自动重合闸可以迅速切断电流，防止雷电流进一步传播，降低设备损害风险。实施自动重合闸的过程需要系统具备快速、准确地检测雷电事件的能力<sup>[4]</sup>。雷电探测系统需要高效而灵敏，能够及时发现雷电活动。其次，自动切断系统应设计为高度自动化，以在接收到雷电信号后迅速做出响应。这可能包括使用先进的传感技术，如雷电电流传感器，以确保准确的雷电检测。此外，为确保系统的可靠性，需要考虑其响应速度和稳定性。响应速度的提高可以通过优化电路设计和采用高速开关装置来实现。系统稳定性则需要在设计阶段充分考虑各种工作条件和环境因素，以确保在任何情况下都能可靠地工作。

### 4. 安装防雷器

在电力输电系统中，雷电是一种常见而严重的自然灾害，可能对设备和系统造成不可逆转的损害。为了有效应对雷电风险，防雷器成为电力输电线路防雷中不可或缺的关键技术手段。防雷器的实施旨在引导雷电流，为其提供一条良好的导电路径，从而迅速将雷电流引导至地下，减小雷电对设备的冲击，确保电力系统的安全运行。在实施防雷器时，首先需要根据系统的电压等级和设备的特性进行合理选择。防雷器的种类、型号、额定电压等参数必须与系统相匹配，以确保其在防雷过程中发挥最佳效果。合理布置和连接防雷器也是至关重要的，以确保整个系统形成有效的防雷网络。在实际应用中，防雷器的布设需要考虑线路的特点、气象条件等因素<sup>[5]</sup>。例如，在易受雷击的区域，防雷器的密度可能需要增加，而在特定地形或气象条件下，布设方式也可能需要调整，以提高防雷效果。此外，防雷器的性能稳定性和耐腐蚀性是选择和安装时需要重点考虑的因素。耐久性强、抗腐蚀的防雷器能够在恶劣气候条件下长期稳定运行，提高整个系统的可靠性。

### 5. 提高线路绝缘性

在电力输电线路防雷的过程中，提高线路的绝缘性

是一项至关重要的技术手段。良好的绝缘性能能够有效阻止雷电电流通过导线、绝缘子串等设备，减小雷电对设备的冲击，确保线路在雷电发生时具备足够的绝缘阻力。包括采用高绝缘性能的绝缘子、绝缘套管等设备。通过提升绝缘子的耐电压能力和耐候性，采用高强度的绝缘材料，如硅橡胶或玻璃钢等，以提高绝缘子的机械强度和耐腐蚀性。此外，绝缘套管的选择也至关重要，应根据线路的电压等级和环境条件合理选用。在具体的工程中，必须充分考虑线路的电压等级、气候、湿度等因素，通过科学的工程设计和选择合适的绝缘设备，确保系统的长期稳定运行。绝缘性的提高不仅有助于减小雷电对设备的直接损害，还能够降低雷电引发的感应电压和电流，提高整个电力系统的抗雷性能，保障电力输送的可靠性和稳定性。

#### 四、输电线路防雷接地的维护策略

##### 1. 做好线路检查与管理

线路检查与管理是维护输电线路防雷接地系统的重要手段。首先，应建立完善的巡检制度，定期对输电线路进行全面检查，包括防雷接地设施的完好性、连接性以及周围环境是否有影响接地效果的因素。通过实施巡检，可以及时发现并解决接地设施存在的问题，确保其正常运行。其次，建立线路信息管理系统，记录每次检查的结果、维护记录以及设备更换情况，为未来的维护提供参考。此外，采用先进的监测技术，如红外线摄像头等，实现对线路状态的实时监测，提高问题的发现速度和准确性。

##### 2. 定期检修防雷接地装置

防雷接地装置是输电线路防雷系统的核心组成部分，其性能直接关系到系统的抗雷击能力。为确保防雷接地装置的长期有效运行，定期检修是至关重要的。应制定详细的检修计划，明确检修周期和具体操作步骤。定期检修过程中，需要对接地装置进行全面检查，包括检查接地电阻、检查导体连接是否紧固可靠、检查接地材料是否受损等。对于有损坏或老化的部件，要及时更换或修复，确保设备在良好的工作状态。此外，采用科技手段，如红外热像仪检测设备温度变化，可以帮助及时发现潜在问题，提高检修的效率和准确性。

##### 3. 实施定期培训与技术更新

维护输电线路防雷接地系统的有效性不仅仅依赖于设备的完好性，还取决于运维人员的技能水平和知识更

新。为了提高工作人员的专业素养，应实施定期培训计划，使其熟悉最新的防雷技术和维护方法。培训内容可以包括防雷接地系统的原理、设备结构及功能，最新的检测与维护技术等方面。通过定期培训，维护人员能够更好地理解和应对不同情况下的维护需求，提高系统的抗雷击性能<sup>[6]</sup>。除了培训之外，及时了解并应用新的科技成果也是维护工作的一项重要任务。密切关注防雷技术的发展趋势，采用先进的监测设备和维护工具，有助于提高维护工作的效率和准确性。定期进行技术更新，不断改进维护方法，可以使防雷接地系统始终保持在高效可靠的状态，从而更好地应对雷电威胁，确保电力输送过程的平稳运行。

#### 结束语

综上所述，电力系统的安全稳定运行直接关系到社会经济的发展和人们的生活的质量，随着科技的不断发展，新的防雷技术和设备不断涌现，对于提升电力系统的抗雷性能具有积极意义。同时，定期的维护和检修是确保防雷接地系统长期有效运行的关键，对于培养专业人才和引入新技术也提出了更高的要求。通过对输电线路防雷接地技术的深入研究，我们对于提高电力系统的抗雷性能有了更深刻的认识。防雷接地技术的研究仍然是一个复杂而深刻的课题，未来的研究方向还需进一步探讨。在今后的工程实践中，期望能够充分运用本文提出的改进方案，进一步完善电力系统的防雷措施，确保电力系统的安全运行，为社会经济的可持续长期发展提供更为可靠的电力支持。

#### 参考文献

- [1] 马虹旭, 姜禹, 马晓晨等. 高压输电线路综合防雷措施的分析与探讨[J]. 科技创新导报, 2019, 16(34): 30-31.
- [2] 王晓墩. 输电线路防雷接地设计与优化分析[J]. 冶金管理, 2019, (19): 62+64.
- [3] 吴斌. 输电线路防雷接地措施的重要性及其维护[J]. 现代国企研究, 2017, (22): 156.
- [4] 王魁业. 浅析输电线路防雷技术分析及其维护措施[J]. 科技创新导报, 2017, 14(28): 62+66.
- [5] 贾娟. 输电线路防雷接地措施的重要性及其维护[J]. 内燃机与配件, 2017, (16): 141-142.
- [6] 黄浩旋, 张隽永, 张正志. 试论电力输电线路防雷接地技术[J]. 智能城市, 2016, 2(12): 251.