

# 输电线路的防雷设计与输电线路运维技术

孔庆能

国网重庆市电力公司永川供电分公司 重庆永川 402160

**【摘要】**本文主要探讨了输电线路的防雷设计与运维技术。首先，介绍了输电线路受到的雷击形式，包括雷电感应、球形雷和直击雷。接着，重点讨论了输电线路的防雷设计，包括优化避雷线设计、应用避雷器、安装自动重合闸保护装置和增加绝缘子等措施。此外，还介绍了输电线路接地设计的重要性。在输电线路运维方面，提出了科学选择输电线路检修模式和制定完善的输电线路检修保养制度等措施。最后，总结了本文的主要观点，并指出了未来研究的方向。

**【关键词】**输电线路；防雷设计；运维技术；接地设计；检修保养制度

## 引言

随着经济社会的不断发展，用电量不断增加，输电线路也随之变得越来越长，越来越复杂，线路跳闸率随之不断上升，并且发生故障的区域也在不断扩大。一旦发生跳闸事故，不仅会对供电企业造成巨大的经济损失，而且会对社会稳定产生不利影响。因此，在电力系统中，输电线路的防雷设计和运维技术已经成为当前电力行业研究的热点。雷击是导致输电线路发生故障的重要原因之一。在自然界中，雷电是一种常见的自然现象，对电力系统具有重大影响。

## 1 输电线路受到雷击的形式

### 1.1 雷电感应

雷电感应，这是一种复杂的自然现象，其实包含两种主要感应：静电感应和电磁感应。静电感应，顾名思义，是由于雷云的出现，使得地面上的导体产生静电感应，从而积累电荷。而电磁感应则是由于雷电流在其周围空间形成的强大磁场，使得导体中产生感应电动势。

雷电流形成的磁场具有极大的能量，能够在其周围的导体中产生非常高的电压。这个电压有时甚至可以高达数万伏，对周围的电气设备构成极大的威胁。在这样的高电压下，电气设备容易出现二次放电现象，也就是常说的“二次雷击”。这种二次放电往往会对电气设备造成严重破坏，甚至可能引发火灾等严重后果。

事实上，雷电感应不仅对电气设备构成威胁，对于人类的生命安全也是一大隐患。每年全球因雷电感应造成的灾害数量惊人，特别是在一些雷电频繁的地区，人们更是深受其害。因此，对于雷电感应的防范和应对措施的研究，一直是科学家们的重要课题。

### 1.2 球形雷

球形雷通常是由多个电荷中心聚集形成的，这些电荷中心在雷暴天气中会相互吸引并聚集在一起，形成一个类似于球体的形状。由于球形雷的电荷分布不均匀，因此其运动轨迹也会受到影响，使其能够通过门窗等通道进入到房屋内部。

### 1.3 直击雷

直击雷是一种常见的自然现象，当雷电直接击中地面上的物体时，会在极短的时间内产生巨大的电流。这种电流会侵入地表，并使与雷击区域接触的金属设备带有较高的对地电压。如果此时有人或物体接触到这些金属设备，就有可能发生触电事故。

## 2 输电线路的防雷设计

### 2.1 输电线路的防雷设计

#### 2.1.1 优化避雷线设计

在电力传输系统中，避雷线是保障线路安全的重要设施。传统的避雷线设计通常采用单根避雷线，虽然结构简单，但在防雷效果上却不尽如人意。为了提高避雷效果，优化避雷线设计成为了一项重要的研究课题。

首先，相较于单根避雷线，增加一根避雷线可以显著增大保护角，从而减小绕击率。这就意味着雷电击中线路的概率将大大降低。同时，两根避雷线之间的距离也需经过精确计算，既要保证良好的避雷效果，又要减小线路的耦合系数，避免因雷电导致的电压过高对线路造成损坏。

其次，通过增加避雷线的数量，可以增强线路的屏蔽效果，从而减小雷击对线路的影响。这种方法尤其适用于雷电活动频繁的地区，可以有效提高输电线路的稳定性和可靠性。

此外，在山区等雷电多发区域，由于地形的影响，雷电更容易击中线路。适当降低避雷线的悬挂高度可以减小绕

击率，降低雷击风险。而在平原等雷电少发区域，适当提高避雷线的悬挂高度则可以减小线路的耦合系数，降低因雷电导致的电压波动对线路的影响。

### 2.1.2 应用避雷器

在电力系统中，输电线路是至关重要的组成部分，但它们也是最容易受到雷电攻击的部分。为了保障输电线路的安全稳定运行，采取有效的防雷措施是必不可少的。其中，在输电线路中安装避雷器是一种广泛应用且效果显著的防雷措施。

避雷器作为一种防雷设备，其工作原理是将雷电过电压引入地下，从而保护线路免受雷击的影响。当雷电过电压超过避雷器的保护阈值时，避雷器会迅速动作，将过电压引入接地网，从而限制了雷电对输电线路的冲击，保证了线路的正常运行。

在选择避雷器时，需要考虑多种因素。首先，需要根据线路的电压等级、输送容量等参数选择合适的避雷器型号。其次，需要考虑避雷器的性能参数，如额定电压、最大持续工作电压、冲击电流等。此外，安装位置也是选择避雷器的重要因素之一，需要根据不同的线路段和雷电活动情况选择合适的安装位置。

除了选择合适的避雷器，还需要定期的检测和维护。避雷器的性能会随着时间的推移而逐渐降低，因此需要定期进行检测，检查其性能是否正常。如果发现避雷器存在故障或性能下降，需要及时更换或维修，以保证其正常工作。

### 2.1.3 安装自动重合闸保护装置

自动重合闸是一种在输电线路中应用的保护装置，能够在雷击等故障发生后快速恢复线路的正常运行。它的工作原理是在故障发生时，自动将断路器断开，以隔离故障区域，防止事故扩大。然后，在短暂的延时后，自动重合闸装置会重新闭合断路器，尝试恢复线路的正常运行。

自动重合闸装置的优点在于能够快速检测到线路故障并采取相应的保护措施。相比传统的继电保护装置，自动重合闸装置可以在更短的时间内恢复线路的正常运行，提高了供电的可靠性和稳定性。同时，通过安装自动重合闸装置，可以提高输电线路的耐雷水平，减少线路跳闸率。

然而，为了提高自动重合闸的成功率，需要合理选择重合闸的投切方式和控制方式。不同的投切方式和控制方式会对自动重合闸的成功率产生影响。因此，需要根据实际情况进行选择和配置，以确保自动重合闸装置能够发挥最大的保护效果。

除了合理选择投切方式和控制方式外，为了提高自动重合闸的成功率，还需要注意以下几点：

(1) 定期对自动重合闸装置进行维护和检查，确保其工作状态良好；

(2) 在线路设计时，应充分考虑自动重合闸装置的安装和配置要求；

(3) 在实际运行中，应加强对线路的监控和巡视，及时发现和处理潜在的故障；

(4) 在自动重合闸装置的安装和使用过程中，应严格遵守相关标准和规范，确保其正常工作。

### 2.1.4 增加绝缘子

绝缘子的性能如何，直接关系到整个输电线路的绝缘性能，对于电力系统的安全运行有着重要的影响。因此，需要高度重视绝缘子的性能问题，通过科学合理的措施，保障绝缘子的正常工作，进而提升输电线路的耐雷水平。

为了提高输电线路的耐雷水平，可以从多个方面入手。首先，增加绝缘子的数量和种类。通过增加绝缘子的数量，可以增强线路的绝缘能力，降低电流的泄漏风险。同时，合理地选择不同种类的绝缘子，也可以更好地适应不同的环境和气候条件，进一步提升线路的耐雷水平。

除了增加绝缘子的数量和种类之外，定期对绝缘子进行清扫和维护也是至关重要的。由于绝缘子长期暴露在自然环境中，容易受到污垢、尘土和其他杂质的污染，这会严重影响其绝缘性能。因此，需要定期对绝缘子进行清扫和维护，确保其表面干净、光滑、无瑕疵，保证其正常工作。

为了更好地提升输电线路的耐雷水平，还需要加强绝缘子的监测和维护工作。通过建立完善的监测系统，对绝缘子的性能进行实时监测，及时发现和处理问题。同时，加强维护保养工作，定期对绝缘子进行检查和测试，确保其始终保持良好的工作状态。

## 2.2 输电线路接地设计

接地设计的主要目的是将雷电流引入地下，从而保护线路免受雷击的影响。在进行接地设计时，需要考虑土壤电阻率、接地电阻值、地网结构等因素。

土壤电阻率是影响接地电阻值的重要因素。在进行接地设计时，应充分了解土壤电阻率的变化情况，并根据实际情况选择合适的接地方式和材料。一般来说，在电阻率较高的地区，可以采用降阻剂、接地深井等方式降低土壤电阻率。

接地电阻值是衡量接地效果的重要指标。在接地设计中，应根据线路的耐雷水平和运行经验，合理选择接地电阻值。同时，应定期对接地电阻进行检测和维护，确保其正常工作。

地网结构也是影响接地效果的重要因素。在设计地网结

构时，应充分考虑线路的布局和地形地貌等因素，合理设置地网的位置和形状。同时，应保证地网的材料质量和施工工艺符合要求，以提高地网的耐久性和稳定性。

### 3 输电线路运维措施

#### 3.1 科学选择输电线路检修模式

##### 3.1.1 定期进行线路巡视

首先，一旦绝缘层受损，不仅可能导致电气短路，还可能引发严重的事故。因此，在巡视过程中，应该仔细观察线路的绝缘层是否出现破损、老化等现象。如有发现，应立即进行修复或更换，以防止潜在的安全隐患。

其次，在巡视过程中，应检查接地装置是否完好、接地电阻是否符合要求。如有问题，应及时修复，以确保线路在恶劣天气条件下也能安全运行。

##### 3.1.2 加强故障巡视

在电力系统中，输电线路的安全稳定运行至关重要。然而，由于雷电等自然因素的影响，输电线路遭受雷击的情况时有发生。一旦输电线路受到雷击，其正常运行将受到严重影响，甚至可能导致大面积的停电事故。因此，当输电线路遭受雷击时，必须立即启动应急响应机制，采取有效的措施来确保线路的正常运行。

首先，要迅速组织故障巡视，查找故障点。在巡视过程中，应重点关注线路的绝缘性能、设备损坏程度以及接地装置的工作状态。绝缘性能的下降可能会导致线路短路，设备损坏可能会引发故障，而接地装置不正常工作则可能使雷电流无法顺利导入大地。这些因素都可能对线路的正常运行造成威胁。

一旦发现故障点，应立即进行处理和修复。这需要具备专业的技能和丰富的经验，以确保修复工作的顺利进行。在处理过程中，应优先考虑保障工作人员的安全，同时采取必要的措施来防止故障扩大或影响其他线路的正常运行。

为了降低线路受损的风险，还应加强与气象部门的合作。及时获取雷电预警信息，以便提前采取相应的防范措施。例如，可以提前降低线路的运行电压，或暂时停运线路以避免雷击造成的损失。此外，还可以通过改善线路的防雷设计、加强设备的维护和检修等措施来提高线路的抗雷击能力。

##### 3.1.3 开展特殊巡视

特殊巡视是指在特定的环境和条件下，对输电线路进行巡视和检查。例如，在暴雨、大风、冰雹等恶劣天气后，应立即开展特殊巡视，检查线路的绝缘性能、设备完好程度、接地装置的完好性等。通过开展特殊巡视，可以及时发现线路中的问题和隐患，并采取相应的措施进行解决，

确保线路的正常运行。同时，应加强与当地居民的联系和沟通，及时了解线路的运行状况，发现异常情况及时报告和处理。

#### 3.2 制定完善的输电线路检修保养制度

输电线路的防雷和接地是保障电力设施安全的重要环节。除了在设计 and 施工阶段采取相应的措施外，后期的运维也是至关重要的。为了提高输电线路的耐雷水平和接地效果，需要制定完善的检修保养制度，定期对线路进行检查和维护，确保线路的正常运行。

在制定输电线路检修保养制度时，应充分考虑线路的实际情况和运行经验，制定合理的检修周期和保养计划。对于易受雷击的区域和重要线路段，应加大检修力度，提高检修频率，确保其正常运行。同时，应重视接地装置的维护，定期对接地电阻进行检测，发现问题及时处理。

此外，还应加强与当地居民的联系和沟通，通过宣传和 Education 提高居民对输电线路的保护意识。对于发现的异常情况，应及时报告和处理，防止事态扩大。通过这些措施的综合应用，可以有效提高输电线路的防雷和接地效果，保障电力设施的安全稳定运行。

### 4 结束语

总而言之，雷击是影响输电线路安全稳定运行的重要因素之一。为了提高输电线路的防雷和接地效果，需要采取多种措施进行优化和改进。从设计、施工到运维阶段，每一个环节都需要充分考虑防雷和接地的重要性，并采取相应的措施。通过综合应用这些措施，可以有效提高输电线路的耐雷水平和接地效果，保障电力设施的安全稳定运行。同时，还需要加强与当地居民的联系和沟通，提高居民的保护意识，共同维护输电线路的安全。

#### 参考文献：

- [1] 肖庆华. 输电线路设计中线路防雷技术的运用[J]. 科技资讯, 2023, 21(22): 96-99.
- [2] 王苗. 浅析输电线路的防雷设计与运维技术[J]. 低碳世界, 2023, 13(06): 37-39.
- [3] 姬磊. 输电线路设计中线路防雷技术的运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(11): 7-9.
- [4] 蔡德. 输电线路设计中线路防雷技术的运用[J]. 新型工业化, 2022, 12(09): 28-31.
- [5] 牟渊. 防雷技术在输电线路设计中的应用探讨[J]. 光源与照明, 2022(08): 183-185.

#### 作者简介：

孔庆能(1985.10—)，男，汉族，重庆人，本科，研究方向：输变电运检。