

高压输配电线路的防雷措施探讨

陈 胜

金寨县安阳光伏发电有限公司 安徽 蚌埠 233000

摘 要：高压输配电线路一旦遭遇雷击，不仅会影响终端用户的供电效果，同时会给电力部门造成巨大的财产损失。因此，针对高压输配电线路，电力部门应制订一套科学系统的线路防雷方案，并通过技术手段与管理手段相结合的方式，将高压输配电线路因雷击所造成的损失降到最低，以确保整个电网系统的安全高效运行。

关键词：高压输配电线路；防雷措施；应用

1 高压输配电线路防雷的意义

高压输配电线路作为电力传输的骨干网络，其稳定性和可靠性直接关乎国家能源供应的安全、经济的平稳运行以及社会生活的正常秩序。在众多自然威胁中，雷电活动是对高压输配电线路安全构成严重挑战的因素之一。首先，防雷能够显著提高高压输配电线路的供电可靠性。雷电直击或感应过电压都可能导致线路绝缘子闪络、避雷器损坏、导线熔断甚至杆塔倒塌等严重事故，直接中断电力供应，影响广大用户的用电需求。通过科学的防雷设计和有效的防雷措施，如安装避雷线、避雷器，以及合理设置接地装置等，可以大幅度减少雷电灾害对线路的损害，确保电网的持续稳定供电。其次，防雷工作有助于降低电网的运维成本和故障损失。雷电引起的线路故障不仅会增加电网的抢修工作量，延长停电时间，还会造成设备损坏和电量损失，给电力企业带来重大的经济损失。通过加强防雷措施，减少因雷电造成的停电次数和故障范围，能够显著降低电网的运维成本和故障损失，提升电力企业的经济效益。另外，防雷工作对于保障社会公共安全也具有重要意义。高压输配电线路广泛分布于城乡各地，一旦因雷电引发火灾、触电等次生灾害，将严重威胁人民群众的生命财产安全^[1]。因此，加强防雷措施，提高线路的防雷能力，是电力企业应尽的社会责任，也是保障社会公共安全的重要举措。

2 高压输配电线路绝缘配置不到位

2.1 高压输配电线路绝缘配置不到位

绝缘装置是为了避免输电线路中产生电流回流。如果绝缘装置配备不到位，甚至失去效用，容易发生跳闸现象。绝缘装置一般使用周期较长，老化现象较严重，一旦遭受雷击，会造成非常严重的电力事故，且修复周期较长，造成的损失较大。

2.2 高压输配电线路中防雷装置不达标

高压输电线路建设中，需提前设计好防雷装置的安

装。但是，实际建设中容易忽略杆塔保护角，增大了雷击概率，所以设计时要保证杆塔保护角符合标准，增强高压输电线路的防雷能力。避雷针不适用于输电线路的架设。

2.3 杆塔接地工作不完善

经研究发现，多数雷击事故的发生都是由于雷电直接击中线路或者击中输电线路附近的空旷地带，造成了过电压现象。发生过电压事故的原因和杆塔接地装置直接相关。杆塔接地的阻值如果高于标准值，就会直接降低输电线路的耐雷水平。杆塔高度也会影响输电线路的防雷能力，杆塔高度越高，引雷面积就越大，输电线路的防雷能力就越弱，且反击概率也越高，更容易跳闸^[2]。

3 雷击对高压输配电线路产生的危害

3.1 过电压危害

雷击对高压输配电线路的首要危害在于其引发的过电压现象。当雷电直接击中线路或在线路附近放电时，会在极短的时间内产生巨大的电压脉冲，这种脉冲电压远超线路及设备的正常承受范围，形成过电压。过电压会迅速传播至整个电网系统，对电力设备造成严重的冲击。对于高压输配电线路而言，过电压可能导致绝缘子闪络、避雷器击穿，甚至引发设备内部的绝缘破坏。长期频繁的过电压冲击还会加速设备老化，缩短使用寿命，增加维护成本；过电压还可能通过线路传导至用户端，影响用电设备的安全运行，对用户的生产和生活造成不便。

3.2 断线与短路

雷击的另一个严重危害是可能导致高压输配电线路的断线与短路。当雷电击中导线时，巨大的电流和热量会瞬间作用于导线及其附件，可能直接导致导线熔断或断裂，造成线路的中断；雷击还可能引发绝缘子的闪络，当绝缘子表面因过电压而发生击穿时，原本隔离的相与相之间或相与地之间形成导电通道，导致短路故

障。断线与短路不仅会使电力供应中断，影响供电可靠性和用户用电体验，还可能引发连锁反应，扩大故障范围，对整个电网的稳定运行构成威胁。在极端情况下，断线还可能引发触电、火灾等安全事故，对人身和财产造成巨大损失。

3.3 线路烧损熔断

当雷电击中线路时，其携带的巨大能量会在极短的时间内释放到被击中的物体上，产生高温高热。对于高压输电线路的导线和相关附件而言，这种高温高热足以使材料熔化甚至气化，造成线路的烧损熔断。烧损熔断的线路不仅无法继续传输电能，还可能成为安全隐患，如裸露的导线可能引发触电或短路事故^[3]。烧损熔断的线路修复难度大、周期长，对电力系统的快速恢复和用户的用电需求造成严重影响。

4 高压输电线路的防雷措施

4.1 接地装置设计

高压输电线路的防雷措施中，接地装置的设计占据着举足轻重的地位。接地装置旨在将雷电能量安全地导入大地，从而保护线路免受雷击的直接破坏或感应过电压的侵袭。在设计接地装置时，需细致考虑土壤电阻率、雷电活动的频繁程度、线路的电压等级及其运行特性等因素，以制定出高效且可靠的接地方案。具体而言，包括精确选择接地体的材料与尺寸，确保其在土壤中的腐蚀速率低且导电性能优越；合理布置接地体网络，通过增加接地极的数量或采用网状结构，有效降低接地电阻，提高泄流效率；精心规划引下线的路径与连接方式，确保其与接地体之间的连接牢固可靠，能够迅速将雷电电流引导至地下；同时，还需定期对接地装置进行性能测试与维护检查，确保其性能持续稳定，随时准备应对雷电的挑战。通过上述综合措施，接地装置的设计能够有效提升高压输电线路的防雷能力，为电力系统的安全稳定运行提供坚实的保障。

4.2 绝缘避雷线设计

高压输电线路的防雷措施中，绝缘避雷线的设计是一项至关重要的技术手段。绝缘避雷线，作为线路防雷的第一道防线，其设计不仅关乎到线路的直接防护效果，也直接影响到整个电力系统的稳定运行。在绝缘避雷线的设计过程中，要考虑的是其材料的选择与绝缘性能的保障；优质的绝缘材料，如高分子复合材料等，应被优先考虑，这些材料具备良好的耐候性、抗老化性能以及较高的绝缘强度，能够在恶劣的气候条件下长期保持稳定的防护效果。同时，绝缘层的厚度和均匀性也是设计时需要重点关注的因素，它们直接关系到避雷线的

绝缘性能和使用寿命。除了材料的选择外，绝缘避雷线的布置方式也是设计中的关键。通常，避雷线会沿着输配电线路的走向进行架设，与导线保持一定的距离，并通过绝缘子与杆塔相连。在布置时，需要充分考虑线路的电压等级、雷电活动特性以及地形地貌等因素，以确保避雷线能够有效地捕捉到雷电信号并将其引导至地面，同时避免对正常输电造成影响；接地系统的好坏直接影响到避雷线的泄流效果。因此，在设计时，需要合理规划接地体的数量、位置以及连接方式，确保接地电阻值符合规范要求，以提高避雷线的泄流效率和防雷效果。

4.3 气体灭弧防雷

高压输电线路的防雷措施中，气体灭弧防雷技术是一种高效且先进的解决方案，它利用气体介质在电弧产生时迅速膨胀并冷却的特性，有效地熄灭雷电引发的电弧，从而保护线路免受雷击损害。气体灭弧防雷技术的核心在于其独特的工作机制。当雷电击中高压输电线路时，会在极短的时间内产生强大的电弧，该电弧具有高温、高电流密度的特点，极易对线路造成破坏。而气体灭弧防雷装置则能在电弧形成的瞬间，通过内置的触发机构迅速释放高压气体（如SF₆等惰性气体），这些气体在电弧周围迅速膨胀并占据原电弧占据的空间，形成强烈的冷却和吹弧效应^[4]。这一过程中，电弧的温度迅速下降，电流密度也随之减小，进而使得电弧难以维持并最终熄灭；在电弧熄灭后，装置内的气体能够迅速恢复绝缘状态，从而避免了因电弧重燃而对线路造成的二次损害。这一特性使得气体灭弧防雷装置在高压输电线路的防雷保护中具有广泛的应用前景。

4.4 安装保护间隙绝缘子

高压输电线路的防雷措施中，安装保护间隙绝缘子是一项关键的防护策略，其旨在通过合理设置绝缘子与导线之间的间隙，以实现雷电冲击的有效引导与防护。保护间隙绝缘子的设计基于电气间隙原理，即在线路与大地或相邻相导线之间设置一定长度的绝缘子串，并在绝缘子串两端形成一定的空气间隙。当雷电过电压作用于线路时，若电压幅值超过绝缘子串的放电电压，但低于线路的绝缘水平，保护间隙将先于线路绝缘子发生击穿放电，引导雷电流通过该间隙释放至大地或相邻相导线，从而避免了对线路主体绝缘的破坏。安装保护间隙绝缘子的优势在于其结构简单、成本较低且易于维护。同时，通过合理调整间隙距离和选用适当的绝缘子类型，可以实现对不同电压等级和雷电活动区域的高压输电线路的精准防护。此外，保护间隙绝缘子还具有一定的自恢复能力，即在雷电流通过后，间隙能够自动

恢复绝缘状态，确保线路的连续稳定运行。

4.5 加强对高压输电线路的有效监控

高压输配电线路的防雷措施中，加强对高压输电线路的有效监控是保障线路安全、及时发现并应对雷电威胁的重要环节。在现代电力系统中，高效、实时的监控体系能够显著提升线路的防雷能力，确保电力传输的连续性和稳定性。通过安装先进的在线监测设备，如雷电定位系统、绝缘子污秽监测装置以及弧光检测传感器等，可以实现对高压输电线路全天候、全方位的监测。这些设备能够实时收集线路运行数据，包括但不限于雷电活动的强度、频率、位置信息，以及绝缘子的绝缘状态、温度变化情况等，为线路的防雷决策提供可靠依据。结合远程监控技术和大数据分析手段，对收集到的监测数据进行深入分析，可以及时发现潜在的防雷隐患和线路缺陷。例如，通过比对历史雷电数据与当前线路状态，可以预测雷电活动的高发区域和时段，提前采取预防措施；通过对绝缘子污秽程度的分析，可以合理安排清洗和维护计划，防止污闪事故发生；建立高效的应急响应机制也是加强对高压输电线路监控的关键。一旦监控系统发出预警或报警信号，应立即启动应急预案，组织专业人员对线路进行现场检查和处理。同时，加强与气象、地质等部门的合作，实现信息共享和联合预警，进一步提高线路防雷的针对性和有效性。

4.6 加强维护，提高输电线路的绝缘水平

绝缘水平的高低直接决定了线路抵抗雷电过电压冲击的能力，因此，通过定期的维护工作和技术升级，确保输电线路保持优良的绝缘状态，对于提升线路的防雷性能具有重要意义。（1）定期的绝缘子清扫和检测是维护工作的基础。绝缘子作为输电线路的关键部件，其表面容易积累污秽物，这些污秽物在潮湿环境下会降低绝缘子的绝缘性能，增加雷电闪络的风险。因此，定期对绝缘子进行清扫，去除表面污秽，是保持绝缘水平的重要措施。同时，利用先进的检测手段，如红外热像仪、超声波检测等，对绝缘子的绝缘性能进行定期检测，及时发现并处理潜在的绝缘缺陷，防止因绝缘子故障引发

的雷电事故。（2）技术升级也是提高输电线路绝缘水平的有效途径。随着材料科学的进步和制造工艺的提升，新型绝缘材料不断涌现，这些材料具有更高的绝缘强度、更好的耐候性和更长的使用寿命。通过采用新型绝缘材料，如复合绝缘子、硅橡胶绝缘子等，可以显著提升输电线路的绝缘水平，增强线路的防雷能力；还可以考虑在输电线路的关键部位，如杆塔顶部、跨越区域等，增设绝缘子串或采用更长的绝缘子串，以增加线路的绝缘距离，提高防雷效果。（3）加强维护人员的培训和管理也是提高输电线路绝缘水平的重要保障。维护人员是线路维护工作的直接执行者，他们的专业技能和责任心直接影响到维护工作的质量和效果。因此，应加强对维护人员的培训，提高他们的专业技能和防雷意识，使他们能够熟练掌握绝缘子清扫、检测、更换等维护技能，并能够在雷电高发季节加强巡视和监测，及时发现并处理潜在的防雷隐患。

结束语

综上所述，高压输配电线路的防雷措施是保障电力系统安全高效运行的关键环节。通过科学的防雷设计、有效的技术手段与管理措施相结合，能够显著提升线路的防雷能力，降低雷电灾害带来的损失。未来，随着技术的不断进步和创新，防雷措施将更加智能化、精细化，为高压输配电线路的安全稳定运行提供更加坚实的保障。电力企业应持续加强防雷技术研究与应用，不断提升线路的防雷性能，确保国家能源供应的安全与稳定。

参考文献

- [1]王涛.高压输电线路的防雷技术研究[J].技术与市场,2020,27(12):91-92.
- [2]胡玉柱,阚玉纯,刘洪瑞,王乾龙.高压输配电线路的防雷措施探讨[J].山西建筑,2020,46(19):108-110.
- [3]谭任良.关于高压架空输电线路防雷措施的探讨[J].科技与创新,2018(17):90-91.
- [4]史昱龙.输电线路及变电站防雷保护措施探讨[J].化学工程与装备,2019(12):231+239.