

电力输电线路故障排除

胡晋鲲 倪天军 张建平 陈 明
德阳明源电力集团有限公司 四川 德阳 618000

摘要：电力输电线路作为电力系统的关键组成部分，其稳定运行至关重要。本文探讨了电力输电线路的常见故障类型，包括短路与过载、绝缘故障、防雷故障及特殊气候导致的故障，并分析了故障成因。针对这些故障，提出了故障定位技术、具体的故障排除策略及实施步骤。同时，强调了加强线路日常巡检与维护、应用在线检测技术、提升应急处理能力的重要性，以提高故障排除效率与准确性，保障电力输电线路的安全稳定运行。

关键词：电力输电线路；故障排除；技术与方法

引言：电力输电线路作为连接能源生产与消费的桥梁，承载着电能安全、高效、稳定传输的重任。然而，在复杂的自然环境和多变的运行条件下，输电线路难免遭受各种故障的挑战，这不仅影响电力供应的可靠性，还可能对经济社会发展和居民日常生活造成重大影响。因此，深入研究和探讨电力输电线路的故障排除技术，对于保障电网安全运行、提升供电服务质量具有重要意义。本文将系统分析常见故障类型及其成因，并提出针对性的故障排除策略与方法。

1 电力输电线路概述

1.1 电力输电线路的基本组成与功能

(1) 输电线路的主要部件。输电线路的核心部件是导线，它负责传输电能。导线通常由高导电性的材料制成，如铜或铝，以确保电能传输的高效性和稳定性。此外，绝缘子是另一个不可或缺的部件，它用于支撑导线，并保持导线与杆塔或其他结构之间的绝缘，防止电流泄漏或短路。而杆塔则是支撑输电线路的主要结构，其设计和材料选择需考虑到线路的张力、环境条件和安全性。(2) 传输电能的基本原理。电力输电线路利用电磁感应原理进行电能传输。当电流通过导线时，会在其周围产生一个磁场。这个磁场在导线上感应出电压，从而实现电能的传输。通过调整导线的材料和截面积，可以优化电能传输的效率。

胡晋鲲，1989年10月26日出生，男，湖北宜昌人，工程师，本科，主要从事输电线路建设、运维、检修和状态评价等领域的研究开发。

倪天军，1976年04月02日出生，男，四川资阳人，工程师，本科，主要从事工程施工管理，安全技术管理。

张建平，1991年1月13日出生，男，吉林四平人，工程师，本科，主要从事输电工程项目管理。

陈明，1986年3月14日出生，男，四川绵竹人，工程师，本科，主要从事输变电工程项目管理、输变电工程安全监督管理。

而实现电能的传输。通过调整导线的材料和截面积，可以优化电能传输的效率。

1.2 线路运行的基本任务与监测参数

(1) 电压、电流、功率、功率因数及温度等参数的监测。为确保电力输电线路的安全和稳定运行，需要对一系列关键参数进行实时监测。电压和电流是评估线路负载情况的重要指标，功率和功率因数则反映了线路的传输效率和能源利用率。而温度监测对于预防线路过热导致的故障至关重要。(2) 实时监测的重要性及其在故障发现中的应用。实时监测能够及时发现线路的异常情况，如电压波动、电流过载或温度异常等。这些信息对于快速定位故障、采取相应措施并防止故障扩大具有重要意义。此外，通过历史数据的积累和分析，还可以对线路的运行状态进行预测，为线路的维护和检修提供有力支持。

2 电力输电线路常见故障类型及成因分析

2.1 短路与过载故障

(1) 成因分析。短路故障通常是由于线路老化、接头不良、绝缘破损或外力破坏（如树木倒塌、车辆撞击）等原因引起的。当线路绝缘性能下降或受到直接破坏时，不同相位的导线之间或导线与大地之间可能发生直接接触，形成短路回路。过载故障则多发生在用电高峰期期间，当线路承载的电流超过其设计容量时，导线发热增加，可能导致绝缘材料损坏，甚至引发火灾。(2) 对电力系统的影响。短路与过载故障会导致电流急剧增大，可能引发保护装置跳闸，切断故障线路，影响供电可靠性和稳定性。严重时，还可能造成设备损坏，扩大故障范围，甚至对整个电网造成冲击，引发连锁跳闸^[1]。

2.2 绝缘故障

(1) 绝缘子老化、污染等导致的绝缘性能下降。绝缘子是输电线路的关键部件，用于支撑导线和保持绝

缘。然而，长期暴露在户外环境中，绝缘子易受风吹日晒、雨淋侵蚀和污染积累的影响，导致绝缘性能逐渐下降。老化绝缘子的表面可能出现裂纹、剥落，内部材料也可能变质，从而降低其绝缘强度。（2）绝缘故障的检测与预防。定期检测绝缘子的绝缘电阻和外观状态是预防绝缘故障的重要手段。使用红外热成像仪、超声波检测仪等先进设备，可以及时发现绝缘子内部的缺陷和隐患。此外，加强线路清扫，保持绝缘子表面清洁，也是预防绝缘故障的有效方法。

2.3 防雷故障

（1）雷击对线路的影响及破坏机制。雷击是输电线路面临的严重自然灾害之一。当雷电击中线路时，会产生巨大的冲击电流和电压，对线路和设备造成直接破坏。雷电感应电流也可能在未直接击中的线路上引发跳闸。（2）防雷装置的作用及局限性。防雷装置，如避雷针、避雷线和接地装置，是保护输电线路免受雷击的重要措施。然而，其防护效果受多种因素影响，如地形、气象条件、装置布置等。此外，防雷装置本身也可能因老化、损坏而失效。

2.4 其他特殊气候与环境因素导致的故障

（1）大风、暴雨、覆冰等气候条件下的故障特点。大风可能导致导线舞动、杆塔倾斜或倒塌；暴雨易引发洪水冲刷杆塔基础；覆冰则可能增加线路负荷，导致导线断裂或杆塔倒塌。这些气候条件下的故障往往具有突发性、难以预测性。（2）应对策略。针对不同气候条件下的故障特点，应采取相应的应对策略。如加强线路抗风、抗洪、抗冰设计；采用先进的监测技术和预警系统，及时发现并处理潜在隐患；提高线路维护和检修水平，确保设备状态良好。

3 电力输电线路故障排除技术与方法

3.1 故障定位技术

（1）在故障定位方法的应用中，电压分布法是通过测量输电线路各点的电压值，分析电压分布特征来确定故障位置。该方法适用于中性点不接地系统，当线路发生单相接地故障时，故障点前后的电压会呈现特定变化规律，运维人员可借助专用仪器沿线路测量电压，快速锁定故障区间。雷声定位系统则主要用于雷击故障定位，其通过分布在不同区域的传感器捕捉雷击产生的声波和电磁波信号，利用信号到达时间差计算雷击点坐标，能在雷雨天气后迅速定位遭雷击的线路段，尤其适用于山区、森林等复杂地形的输电线路^[2]。（2）提高故障定位准确性的策略包括：一是采用多方法融合定位，结合电压分布法、行波法、雷声定位系统等不同技术的

优势，通过数据交叉验证减少单一方法的误差；二是优化测量设备精度，选用高精度电压传感器、同步时钟装置等，降低仪器本身的测量偏差；三是建立线路参数动态数据库，考虑温度、湿度、覆冰等环境因素对线路参数的影响，实时修正定位算法；四是利用无人机巡检辅助定位，通过无人机搭载的红外热像仪和高清摄像头，对疑似故障区域进行近距离观测，弥补传统定位方法的空间分辨率不足问题。

3.2 故障排除策略与实施步骤

（1）针对不同故障类型的排除措施：对于短路故障，首先通过继电保护装置判断故障相别和大致范围，然后断开故障线路的电源，采用分段试送法缩小故障点范围，找到短路点后，若为导线相间短路，需检查导线是否有断股、异物搭接等情况，进行导线修复或更换；若为接地短路，需检测接地体状态并清除接地源。对于绝缘故障，使用绝缘电阻表测量线路绝缘电阻值，确定绝缘薄弱段，重点检查绝缘子是否破损、老化，避雷器是否击穿，对于损坏部件及时更换，并对线路绝缘子进行清扫。对于防雷故障，在雷击故障点排查时，需检查杆塔接地电阻是否超标，避雷针、避雷器是否失效，必要时增设防雷线、安装线路避雷器或改善接地网，提高线路耐雷水平。（2）故障排除过程中的安全注意事项与操作规范：严格执行“两票三制”，即工作票、操作票制度和交接班制、巡回检查制、设备定期试验轮换制；作业前必须进行停电、验电、挂接地线等安全措施，确保线路处于无电状态；高空作业人员需系好安全带，使用绝缘工具，避免在雷雨、大风等恶劣天气下进行户外作业；作业现场设置安全警示标志，严禁无关人员进入；故障排除后，需进行绝缘测试和试运行，确认线路无异常后方可恢复供电^[3]。

3.3 智能输电线路维护体系的构建

（1）信息化与智能化技术在线路维护中的应用：大数据技术可对输电线路的历史故障数据、气象数据、运行参数等进行整合分析，挖掘故障发生规律，为维护计划制定提供依据；物联网技术通过在杆塔、导线、绝缘子等设备上安装传感器，实现对线路温度、振动、覆冰厚度等状态参数的实时采集；人工智能技术则能利用机器学习算法对采集的数据进行智能诊断，自动识别线路的潜在故障，如导线断股、绝缘子污秽等，提高故障识别效率。（2）智能检测系统实时监测线路状态及预警机制：智能检测系统由前端感知层、数据传输层和后台应用层组成，感知层包括无人机巡检系统、在线监测装置、机器人巡检设备等，可全方位获取线路状态信息；

传输层采用光纤通信、5G等技术，将监测数据实时传输至后台；应用层通过构建线路状态评估模型，对数据进行分析处理，当监测到线路参数超过预设阈值时，系统自动发出预警信号，提醒运维人员及时处理。预警机制分为三级，一级预警针对轻微异常，如绝缘子轻度污秽，需安排计划清扫；二级预警针对中度异常，如导线温度偏高，需加强监测并准备检修；三级预警针对严重异常，如导线覆冰厚度超标，需立即启动应急处置预案，避免故障扩大。

4 提高电力输电线路故障排除效率与准确性的策略

4.1 加强线路日常巡检与维护

(1) 制定科学的巡检计划与维护标准需结合线路运行环境和负荷特性。根据线路所处区域的气象条件，如高雷区、重污区、覆冰区等，划分巡检等级，高雷区每月至少巡检1次，重污区每两周进行1次绝缘子清扫检查。维护标准应涵盖设备参数阈值，例如导线接头温度不超过70℃、绝缘子零值率不超过5%、杆塔接地电阻不大于10Ω等，同时明确巡检记录规范，要求详细记录导线弧垂、金具状态、杆塔倾斜度等数据，为后续维护提供依据。(2) 提高巡检人员的专业素质和责任意识可通过“理论+实操”双轨培训实现。定期开展故障案例分析会，讲解短路、雷击等典型故障的识别方法；组织模拟巡检演练，让员工在仿真环境中练习使用红外测温仪、超声波检测仪等设备。建立巡检责任追溯机制，将线路分段落实到个人，对发现重大隐患的员工给予奖励，对漏检、误判导致故障扩大的情况进行问责，强化“每一步巡检都关系线路安全”的责任认知^[4]。

4.2 应用在线检测技术进行实时监控

(1) 在线检测技术的优势在于突破时空限制，实现故障早发现。相比传统人工巡检，其可24小时不间断监测，在暴雨、暴雪等恶劣天气下仍能稳定工作，将故障检测响应时间从小时级缩短至分钟级。应用前景集中在分布式光纤传感、智能绝缘子等领域，分布式光纤可通过光信号变化监测导线温度和振动，智能绝缘子内置传感器实时反馈泄漏电流，这些技术的普及将推动输电线路从“定期维护”向“状态维护”转型。(2) 实现线路全天候、智能化的监测与管理需构建“感知-传输-决策”体系。在感知层，每5基杆塔安装1套微气象监测终端，

导线每隔1km部署1个覆冰传感器；传输层采用电力专网与5G混合组网，确保数据传输速率达10Mbps以上；决策层通过AI算法分析数据，当监测到导线温度骤升5℃/h时，自动生成检修工单并推送至运维人员手机，形成“监测-预警-处置”闭环。

4.3 提升应急处理能力

(1) 制定应急预案与处置流程需分类细化。针对雷击故障，明确“断电-查线-换避雷器”三步骤，要求运维队在接警后30分钟内出发；针对断线故障，制定“临时供电方案+抢修流程”，明确备用导线型号、张力机操作规范等。流程需包含应急物资清单，如每支抢修队配备2套临时接地线、1台应急发电机，确保故障发生后物资快速调配。(2) 提升员工应急处理能力与团队协作能力可通过实战化演练实现。每季度开展1次联合抢修演练，模拟线路短路故障，要求团队在1小时内完成故障定位、安全措施布置、导线修复等操作。演练后进行复盘，重点改进跨部门协作环节，如调度中心与抢修队的通讯效率，确保故障发生时各环节响应无缝衔接。

结束语

综上所述，电力输电线路故障排除是电力系统运维中的关键环节，直接关系到电网的安全稳定与供电可靠性。通过深入分析常见故障类型及其成因，并采取相应的故障定位、排除策略及智能维护体系，我们能够更有效地应对输电线路面临的各类挑战。未来，随着技术的不断进步和创新，电力输电线路的故障排除将更加智能化、精准化，为构建安全、高效、绿色的现代能源体系提供坚实保障。持续优化故障排除流程，提升运维效率，将是电力行业永恒的追求。

参考文献

- [1] 黄军. 电力输配电线路的运行维护及故障排除措施[J]. 通讯世界, 2020, (05): 57-58.
- [2] 闫海洋. 电力输电线路的运行维护及故障排除分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2020, (07): 69-70.
- [3] 张志. 分析电力输电线路的运行维护及故障排除[J]. 建筑工程技术与设计, 2019, (12): 127-128.
- [4] 段旭东. 关于电力输配电线路的运行维护与故障排除技术[J]. 装备维修技术, 2020, (06): 62-63.