Operation and Maintenance of Power Transmission and Distribution Lines, as well as Fault Removal Techniques

Huipeng Liang[1]　Zi'ang Li[2]

1. Beijing Huashang Electric Lamp Co., Ltd., Beijing, 102488, China
2. State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing, 102488, China

Abstract

In the architecture of the power system, transmission and distribution lines are indispensable core components, often installed outdoors in the open air. They are characterized by wide coverage, complex construction conditions, and significant construction difficulties. Due to long-term exposure to the natural environment, these lines are highly susceptible to various line failures caused by multiple factors such as meteorological conditions, geological conditions, and external damage, which not only disrupt the safe and stable operation of the power system but also directly reduce the reliability of power supply. In recent years, the power industry has gradually strengthened the operation and maintenance management of transmission and distribution lines, requiring operation and maintenance personnel to accurately identify various hidden faults and promptly address line anomalies to ensure the safe and stable operation of the lines. However, from the perspective of actual implementation effectiveness, there are still shortcomings in current operation and maintenance control and fault handling work, and the overall effect has not met expected standards. Based on this, this paper focuses on key aspects such as operation and maintenance optimization, fault identification and handling of transmission and distribution lines, and proposes targeted strategies and methods to enhance the level of line operation and maintenance management for reference.

Keywords

power transmission and distribution lines; operation and maintenance; troubleshooting

电力输配电线路的运行维护与故障排除技术

梁会鹏[1]　李子昂[2]

1. 北京华商电灯有限公司，中国·北京 102488
2. 国网北京市电力公司，中国·北京 102488

摘　要

在电力系统架构中，输配电线路是不可或缺的核心组成部分，多架设于户外露天环境，具有覆盖范围广、施工条件复杂、建设难度大等特点。由于线路长期直接暴露在自然环境中，受气象、地质、外力破坏等多重因素影响，极易引发各类线路故障，不仅干扰电力系统的安全稳定运行，还会直接降低电网供电可靠性。近年来，电力行业逐步强化输配电线路运维管理工作，要求运维人员精准排查各类故障隐患，及时处置线路异常问题，保障线路安全平稳运行。但从实际落地成效来看，当前运维管控与故障处置工作仍存在短板，整体效果未达到预期标准。基于此，本文围绕输配电线路运维优化、故障排查处置等关键内容展开研究，提出针对性策略与方法，为提升线路运维管理水平，以供参考。

关键词

电力输配电线路；运行维护；故障排除

1 引言

随着我国社会经济高速发展，各领域生产生活用电需求持续攀升、稳步增长。电力系统作为保障民生福祉、赋能产业转型升级的重要基础设施，承担着至关重要的支撑作用。而输配电线路作为电能输送的核心载体，其运行状况直接关系到电网供电的安全性、稳定性与连续性。当前，为适配不断增长的用电负荷，我国输配电线路建设规模持续扩张，线路覆盖城乡、山区等复杂地域，运行环境复杂多变，进一步加大了线路日常运维管理的难度。相较于传统运维模式，新时期对输配电线路的高效运维、快速故障响应、隐患精准排查等提出了更高标准，也为运维模式革新与故障处置优化提供了新方向。基于上述背景，本文立足电力系统安全稳定运行与电力行业高质量发展目标，研究提出切实可行的线路运维及故障排查处置策略，助力推动运维管理与故障处置模式的创新升级。

【作者简介】梁会鹏（1982–），男，中国北京人，本科，助理工程师，从事农网配电营业研究。

2 电力输配电线路常见故障类型

2.1 短路故障

线路短路属于电力系统非正常电流工况，多由线路绝缘破损、外力破坏等因素引发。故障发生时，会出现回路电流瞬时激增、导体异常发热、电气设备绝缘性能快速劣化等现象。短路故障的电流增幅极为迅猛，瞬时可达正常工作电流的数倍至数十倍，极易造成电力设备损坏，甚至引发火灾等安全事故，严重威胁电网运行安全。

2.2 接地故障

接地故障是指相线与大地之间形成异常电流通路，主要由线路绝缘层破损、电力设备故障等问题引发。该故障典型特征为接地电流、对地电压异常升高，极易造成设备外壳带电，不仅会对人员人身安全构成直接威胁，还会破坏电网运行稳定性，降低整体供电质量。

2.3 断线故障

导线是输电线路的重要构成，其出现断落或脱落的情况下，电流中断现象就会出现，这就是断线故障。导线上述情况的出现大多是因大风、冰雪等自然因素影响和线路老化等所致，故障常会有电压骤降、负荷供电中断等方面的表现 [1]。受此故障影响，会致使电网电压出现不同程度的变动，甚至规模化停电问题会由此产生，且在线路断裂的情况下，还会引发电弧，最终致使二次灾害随之出现。

2.4 过载故障

线路电流比设计值大的情况下，设备、导线就会呈现出过热趋势，最终就会引发过载故障。此故障有多种表现，如设备受损、绝缘老化加剧等等。一般而言，故障又因大多是负荷增大、线路设计不够合理等因素所致，而在线路运行长期处于负载状态的情况下，设备寿命会大大缩短，且其他方面的故障也可能会由此产生，如短路、接地等。

3 电力输配电线路的故障排除技术

3.1 故障定位技术

该方面技术的类型较丰富，且排障作用较突出，能在高效且精准定位故障点位的前提下，辅助检修工作高效化开展，使电能供应和电网运行快速恢复。以故障指示器这种故障定位技术为例，通过在输电线路上装设此种装置，能够实时、动态监测线路，监测中在发现线路故障出现的情况下，装置向维护人员告知故障点位时，主要是以指示灯或无线信号为载体，结合装置所提供的信息，维修人员能够第一时间响应故障，实现高效检修。再如，故障测距技术，此技术是以线路电压、电流等参数为测量对象，通过测量能够达到对故障点的有效定位目的，阻抗、波反射这两种测距法较为常见，前者在大部分输配电线路中都具备适用性，特别是在架空线路相间短路、单相接地等故障定位中有突出效用；后者对于电缆线路和长距离架空线路的适用程度较高，其定位故障时主要是以故障点反射的行波信号为依据。

3.2 巡检机器人

近些年，随着智能技术发展，电力输配电线路巡检中逐渐引入了巡检机器人，其对于高效化、高精度故障诊断目标的实现意义极大。对于一些高压输配电线路和复杂地形区域，若仍采取传统人工巡检手段，不仅会导致大量时间和人力随之消耗，同时人员面临的安全隐患也很多。巡检机器人可以弥补该方面不足，特别是空中巡检机器人，其显著优势体现为效率、安全性较高，也展现出了一种智能化的巡检。以高压输电线路为例，目前该方面线路巡检中应用相对广泛的就是无人机，其通过高清摄像机、激光雷达等诸多传感设备的搭载，能够承担海量的巡视任务，且巡视也可在短时间内完成。这是因为即便高压输电线路长达数公里，无人机仍能凭借自身空中飞行优势来实现巡视，尤其是通过其搭载的高清摄像机，可确保图像传输更具实时性、动态性，并第一时间向地面指挥中心反馈线路故障和隐患；对于无人机搭载的激光雷达，则可聚焦线路开展三维建模工作，这样一来，有关技术人员对故障点位、性质的判定也会更精准。

3.3 在线监测技术

该技术在线路排障方面属于重要技术，能达到故障预警和有效诊断的目的，且对于线路安全且可靠运行也有关键作用。在线检测技术的类型也多种多样，如绝缘在线、张力在线等。对于绝缘在线监测，其功用体现为对绝缘损伤程度的预测，预测的实现是以监测绝缘电阻变动为载体。对于电缆而言，其性能体系中的重要构成就是绝缘性，而该方面性能的衡量指标就是绝缘电阻，在实时监测绝缘电阻的情况下，能第一时间了解电缆老化与损坏情况 [2]。以高压输电线为例，其运行中面临的一个现实条件就是绝缘电阻值需不低于 1000 MΩ 才能满足正常运行要求，若在线监测系统运行中，通过实时监测发现绝缘电阻在 500MΩ 以下，可判定为可能存在绝缘故障问题，也需要第一时间进行检修。这一过程应用绝缘在线监测系统时，数据采集一般是以电桥法或直流法为载体，能向监控中心传递所采集的数据，便于有关人员分析、决策工作的开展。张力在线监测系统的作用也十分突出，其对于导线、地线张力的监控效用较明显，可以有效防范张力异常所引发的断线故障问题。输配电线路运行中，其安全运行目标的实现离不开导线、地线张力作用的发挥，尤其是线路所处天气环境相对恶劣时，张力往往会产生显著变动，此时将张力传感器装设于导线、地线上，就能达到对其张力数值的实时监测和动态采集目标，进而辅助故障判定与排除工作的开展。

3.4 故障断点识别

线路排障中的核心技术还包括故障断点识别，它的本质目的是基于线路断线、接触不良等断点处的精准定位，指导抢修工作的开展，使盲目排查导致的时间浪费与成本增加问题得到规避。该技术在长距离架空路线、电缆线路的故障排除中具备较高适应性。现阶段主要有三种主流的断点识别

技术手段，包括行波法、阻抗法和可视化识别法，实际选用中，应充分考虑线路的类型。以架空线路为主，适合整合行波法和可视化识别这两种手段，其能对断线断点进行高效定位，特别是对于山区线路而言，整合行波法和可视化识别，能避免人员翻山越岭地排查。现如今，断点识别技术应用于输配电线路故障排除中时，已实现了与在线监测系统的协同联动，此时可在发生故障的前提下，通过断点有关数据的自动化采集，向运维终端进行同时传输，以便运维人员以数据为依据，高效设计抢修方案。

3.5 自动化保护系统

此系统是线路排障的基础防线，可聚焦线路运状开展实时、动态监测工作，其中在发现短路、过载和接地等故障时，系统通过保护动作的自动开启，能使故障区段快速切除，防范故障扩大情况的出现，也能提供精准数据来辅助故障排查工作的开展，故障集识别、隔离、告警为一体的自动化闭环处置目标得以良好实现。系统构成部分包括保护和测控装置、通信模块等，能基于相应协议实时交互数据，为故障响应更及时、准确保驾护航。该系统应用中，其保护动作精度、响应速度如何，与故障损失大小息息相关。在故障类型不同的情况下，系统保护动作、参数效果也会有所不同，具体见表 1。此系统不仅具备以上功能，同时在记录故障、分析数据方面的效能也十分突出，可通过对故障发生时一些关键参数的存储，如电压和电流等，支撑故障原因分析、之后运维优化工作的针对性改善。系统的远控功能也尤为显著，得益于该方面功能的存在，运维人员以后台监控系统为载体，能够采取远程化的方式就保护装置进行复位，也可远程开展保护参数的优化和调整操作，如此一来，运维人员现场的工作量自然能大幅减少。

表 1. 系统对不同故障类型的保护动作参数和效果

故障类型	短路	接地	过载
保护动作类型	速断保护 + 过流保护	零序保护	过载保护（延时）
响应时间 /s	0.01~0.05	0.05-0.1	1~5（可调）

4 电力输配电线路的运行维护策略

4.1 严格做好每一次检测和维护

线路运维中的检测、维护与线路是否能够长期处于稳定运行状态息息相关，工作开展中包括内容如下：①物理检查，此项检查工作以塔架、导线等部位有无损坏、老化等问题为重。②电气性能测试，该方面测试需聚焦线路诸多参数，着重检查其是否与标准相符，涉及参数有传输效率、电压电流稳定性等。③环境风险评估，这项评估工作旨在识别线路安全方面的可能性外在影响因素，如线路所在区域的树木生长情况、水文地质情况等。

4.2 制订完善科学运维检修方案

运维工作能否高效开展、故障损失是否能够有效降低，都离不开健全且科学运维检修方案辅助性功用的发挥。方案具体制定中，应明确运维检修的诸多要素，包括周期、内容和责任分工等，也要从各类型线路出发，针对性优化检修方案 [3]。方案也应考虑季节性情况，即雷雨季节前要以防雷装置、接地系统为重点检查对象；冬季则以覆冰检测、融冰处置为重；夏季需聚焦过载隐患落实排查工作，这种更具针对性的检修与运维，方可与实际需求相契合。

4.3 积极构建线路故障预警系统

故障预警系统顾名思义就是能够预警故障，此系统在电网安全、可靠运行方面的效能十分突出，系统基于对电网状态的实时监控，加上围绕历史数据展开分析，可实现对潜在性故障风险的精准预测和有效识别，这能在故障发生前达到有效处置、消除目的，从而降低停电事件发生的概率。系统由于搭载了诸多先进技术和传感器，所以可实现对多维度数据的高效收集、处理和分析目的，这种情况下，围绕实时、正常两方面数据进行比对，就有助于系统对过载、设备过热等异常的高效识别，继而在发现故障前兆的基础上，将其扼杀于摇篮之中。

5 结语

输配电线路作为电网运行的关键构成要素，其能否安稳运行至关重要。从线路具体运行情况看，其面临的外部影响因素较多，所以定期维护、故障排除十分关键。文章关于运维和故障排除提出的可行性和有效性措施，希望能为业内人员工作的开展提供一定借鉴。后续考虑到线路进一步的复杂化和规模化发展趋势，不论是运维还是故障排除举措，都应呈现出与时俱进的特征，其中尤为关键的就是引进现代化技术，并立足线路材料和结构进行优化，确保适应电网系统智能化、绿色化和标准化发展趋势，为线路始终处于优良运态下保驾护航。

参考文献

[1] 李雪芸. 电力输配电线路的运行维护与故障排除策略[J].光源与照明,2025,(09):153-155.

[2] 王家宇,孙蔓蔓. 浅谈电力输配电线路的运行维护与故障排除技术[J].中国设备工程,2022,(09):75-77.

[3] 李雪芬. 关于电力输配电线路的运行维护分析及故障排除技术探讨[J].石河子科技,2021,(03):12-13.