

高压输电线路中电力设备的故障诊断与维护优化

袁志超

362526*****0011

摘要:高压输电线路是电力系统的核心组成部分,其电力设备的稳定运行直接决定能源供给的安全与可靠。当前电网规模不断扩大,运行环境愈发复杂,电力设备故障易引发大面积停电,造成严重经济损失。本文聚焦高压输电线路电力设备,分析故障诊断与维护的核心意义,结合技术发展趋势探索精准诊断方法,提出针对性维护优化策略。通过梳理相关技术与管理要点,为提升设备运行稳定性、降低故障发生率提供支撑,助力构建坚韧智能的现代电力系统。

关键词:高压输电线路;电力设备;故障诊断;维护优化;运行稳定性

DOI: 10.69979/3060-8767.25.12.083

引言

全球能源转型与电力需求激增背景下,高压输电线路承担着长距离大容量能源输送任务,是能源生产与消费的关键纽带。线路中的变压器、断路器等设备长期暴露户外,面临极端天气、机械劳损、绝缘老化等多重风险,故障隐患突出。传统诊断依赖人工巡检,存在响应滞后、精度低的问题,粗放式维护也难以满足电网精细化管理需求。因此,突破传统技术瓶颈,构建科学诊断体系,优化维护模式,已成为保障高压输电线路安全稳定运行的迫切任务,本文就此展开研究。

1 高压输电线路电力设备故障诊断与维护的核心价值

1.1 保障系统安全运行

电力设备故障是诱发电网安全事故的主要因素,在高压输电线路运行过程中表现得尤为明显。精准的故障诊断能够凭借专业技术手段,及时捕捉设备的潜在缺陷,在故障萌芽阶段发出预警,从而提前采取干预措施规避风险。高效的维护工作则可以针对设备运行状态,定期开展保养与检修。这不仅能够有效延长设备的使用寿命,更能确保设备在不同运行工况下都处于最佳性能状态。电力系统的连续供电是社会生产生活的基本保障,设备的稳定运行正是实现这一目标的坚实基础,能够最大限度减少因设备问题导致的供电中断情况。

1.2 降低企业运营成本

电力企业的运营成本中,故障抢修与设备维护占据较大比例。通过科学的故障诊断技术准确定位故障点,能够大幅缩短故障排查的时间,减少现场巡检的人力与物力投入。传统故障排查往往需要大面积排查线路设备,

耗时耗力,而精准诊断可以直击问题核心,降低抢修过程中的各项开支。合理的维护优化策略能够避免“过度维修”现象的发生。部分企业以往采用固定周期维护模式,无论设备状态如何都进行全面检修,造成大量资源浪费。优化后的维护模式结合设备实际状态开展工作,同时减少因设备故障导致的停电损失,这些都能显著提升电力企业的经济效益。

1.3 支撑新型电网建设

新型电力系统以新能源大规模并网为显著特征,风能、太阳能等可再生能源的间歇性与波动性,使得电网运行特性愈发复杂。这一变化对高压输电线路电力设备的运行稳定性与适应性提出了更高要求。先进的故障诊断技术能够实时监测设备在复杂工况下的运行参数,及时发现新能源并网带来的设备运行异常。高效的维护优化工作则可以根据电网运行模式的变化,调整设备维护策略,确保设备始终适应电网运行需求。这些技术与工作模式的创新,能够推动电网向智能化、高效化方向转型,为新型电力系统的稳定运行提供有力支撑。

2 高压输电线路电力设备常见故障类型及成因分析

2.1 绝缘类设备故障

绝缘子、电缆头等绝缘类设备是高压输电线路的关键组成部分,其绝缘性能直接影响线路安全。这类设备常见的故障包括绝缘老化、闪络等,对线路运行构成严重威胁。故障成因较为复杂,长期承受电压负荷是主要因素之一。设备在持续运行中,绝缘材料会逐渐发生化学变化,导致性能劣化。户外运行环境也会加剧故障发生,雨水冲刷会降低绝缘表面的耐电强度,空气中的污秽堆积则会形成导电通道,引发绝缘性能下降。此外,

雷雨天气中的雷击过电压具有极强的破坏性，容易击穿绝缘材料，导致设备瞬间故障，这类故障在多雷地区尤为常见。

2.2 开关类设备故障

断路器、隔离开关等开关类设备在高压输电线路中承担着控制与保护功能，其运行可靠性至关重要。拒动、误动、接触不良是这类设备的常见故障，会直接影响电网的调度与故障隔离。机械部件磨损是主要成因之一，开关设备的操作依赖机械结构的联动，长期频繁操作会导致部件间隙增大、精度下降。操作机构卡涩也会引发故障，多由润滑失效、杂质进入等因素导致。电气控制回路故障同样不可忽视，线路老化、接头松动等会导致控制信号传输异常。此外，长期运行会使设备触头氧化、腐蚀，增加接触电阻，引发接触不良甚至过热故障。

2.3 连接类设备故障

导线接头、金具等连接类设备是高压输电线路的薄弱环节，其连接质量直接影响线路的导电性能与机械强度。松动、过热、断裂是这类设备的典型故障，易引发线路故障扩大。安装工艺不规范是重要成因，施工过程中若连接螺栓紧固力矩不足，或接头压接不紧密，会留下安全隐患。设备在运行中会长期承受导线的拉力与风力等荷载，易发生受力变形，导致连接部位接触电阻增大，进而引发过热现象。户外环境的腐蚀作用也不容忽视，酸雨、工业污染物等会侵蚀设备金属部件，同时振动疲劳会使连接结构逐渐失效，最终导致部件损坏甚至断裂。

3 高压输电线路电力设备故障诊断技术体系构建

3.1 传统技术优化升级

红外热成像、超声波检测等传统诊断技术在高压输电线路维护中已应用多年，具有成熟的实践基础。对这些技术进行智能化改造，是提升诊断效果的重要途径。将图像识别算法与红外热成像技术结合，能够自动识别设备热像图中的异常区域，精准判断过热故障的位置与严重程度，避免人工判断的主观性误差。超声波检测技术则可通过优化信号处理算法，增强对设备内部缺陷的识别能力。同时，开展检测数据的标准化处理工作至关重要，统一不同技术的检测数据格式与评价标准，实现多源检测结果的融合分析，能够更全面地反映设备状态，提升故障识别的准确性。

3.2 智能技术应用落地

物联网技术的发展为电力设备故障诊断提供了新的技术支撑，通过在高压输电线路设备上安装各类传感器，可构建设备状态感知网络。这些传感器能够实时采集设备的电压、电流、温度、振动等运行参数，以及故障发生时的特征信号，并通过无线通信技术传输至数据中心。大数据分析与机器学习算法为数据处理提供了有效手段，利用历史故障数据与实时监测数据训练故障诊断模型，能够实现对设备故障的精准定位与类型识别。这种基于数据驱动的诊断方式，打破了传统诊断技术的局限性，提升了故障诊断的智能化水平，为设备维护提供更可靠的依据。

3.3 诊断技术协同联动

单一的诊断技术难以全面覆盖高压输电线路设备的故障类型，构建多技术协同联动体系是提升诊断效能的关键。“在线监测+离线检测+远程诊断”的协同模式，能够实现对设备状态的全方位监控与精准诊断。在线监测系统通过常态化运行，对设备进行24小时不间断监测，及时发现运行异常并发出预警，为维护工作提供初步方向。针对在线监测发现的疑点，采用离线检测技术进行深度排查，如局部放电检测、介损测试等，获取更详细的设备状态信息。远程诊断中心则整合在线与离线检测数据，组织专业技术人员进行综合研判，确保诊断结果的可靠性，大幅提升故障诊断的效率与质量。

4 高压输电线路电力设备维护优化策略

4.1 差异化状态维护

基于设备状态的差异化维护是替代传统固定周期维护的先进模式，核心在于根据设备实际运行状态制定针对性维护策略。通过故障诊断结果与设备运行状态评估，对设备进行风险分级。对于位于关键输电通道的核心设备，以及运行年限长、故障风险高的设备，实施重点维护，增加维护频次与检测项目，确保其运行安全。对于运行状态良好、各项性能指标达标的设备，则适当延长维护周期，减少不必要的维护工作。这种维护模式打破了“一刀切”的传统做法，将维护资源集中用于真正需要的设备上，有效提升维护资源的利用率，降低维护成本的同时保障线路安全。

4.2 全生命周期管理

将维护工作融入设备全生命周期，是实现维护优化的系统性思路，涵盖设备采购、安装、运行、退役的各个阶段。在设备采购阶段，应充分考虑高压输电线路的运行环境，注重设备的可靠性、耐候性等关键指标，从源头降低故障风险。安装阶段是维护工作的基础，必须

严格把控施工质量，按照规范要求进行安装与调试，确保设备安装精度与连接质量。运行阶段强化状态监测与定期维护，及时处理各类异常情况。退役阶段则规范设备处置流程，对设备进行全面评估，实现废旧设备的回收利用与环保处理，形成维护管理的闭环体系。

4.3 智能化维护推广

智能化维护技术的推广应用，是提升高压输电线路维护水平的重要手段。无人机巡检技术能够替代人工高空作业，搭载高清摄像头、红外热像仪等设备，对线路进行全方位巡检，不仅大幅提升巡检效率，还能避免人员伤亡风险，特别适用于山区、河流等复杂地形的线路维护。带电作业机器人的应用则解决了传统维护需要停电的问题，通过远程操控机器人完成设备检修、部件更换等工作，减少停电时间，提升供电可靠性。搭建数字化维护平台，整合维护计划制定、现场作业管理、维护结果分析等功能，实现维护工作的全流程管控，提升维护管理的精细化水平。

5 高压输电线路电力设备故障诊断与维护的保障措施

5.1 完善标准与体系

技术标准与管理体系是保障故障诊断与维护工作有序开展的基础。随着新型诊断技术与维护模式的应用，原有标准体系已难以适应需求，亟需进行完善。应结合当前技术发展现状，制定符合新型技术要求的故障诊断与维护标准，明确各类技术的应用范围、检测指标、操作规范以及结果评价标准。在管理体系建设方面，建立权责清晰的管理机制至关重要，明确各部门与人员在诊断、维护工作中的职责与分工，避免出现管理漏洞。同时，规范工作流程，从设备状态监测、故障诊断、维护实施到结果反馈形成完整流程，确保各项技术措施与维护工作能够有效落地执行。

5.2 加强人才队伍建设

随着技术的智能化转型，对人才素质提出了更高要求。应开展针对性的专项培训工作，定期组织技术沙龙和案例研讨会，内容涵盖智能诊断技术原理、数字化维护平台操作、机器学习算法应用等方面，邀请行业专家现场授课，提升技术人员的专业素养与操作能力。同时，建立完善的人才激励机制，将技术创新成果与绩效考核挂钩，鼓励技术人员参与技术创新与实践探索，对在故障诊断、维护优化工作中取得突出成绩的人员给予表彰与物质奖励。通过培训与激励相结合的方式，打造一支

兼具扎实理论基础与丰富实践经验的专业队伍，为工作开展提供坚实的人才保障。

5.3 推动研发与转化

技术研发与成果转化是提升故障诊断与维护水平的根本动力。电力企业应设立专项研发基金，加大对核心技术的研发投入，聚焦高精度传感器、智能诊断算法、新型维护设备等关键技术领域，组建跨学科研发团队，整合内部技术资源，组织科研力量开展集中攻关，突破技术瓶颈。高精度传感器能够提升设备状态信号采集的准确性，智能诊断算法可增强故障识别能力，这些核心技术的突破将推动诊断与维护技术的升级。同时，加强产学研合作至关重要，与高校、科研机构建立长期稳定的合作关系，共建联合实验室，充分利用其科研资源与人才优势，共同开展技术研究。建立科研成果转化机制，简化转化流程，加快实验室技术向实际应用的转化，切实提升电力行业的技术装备水平。

6 结论

高压输电线路电力设备的故障诊断与维护优化，是保障电力系统安全稳定运行的核心环节，对提升能源供给可靠性、降低企业运营成本具有重要意义。本文通过分析故障诊断与维护的核心价值，明确了其在新型电力系统建设中的支撑作用。梳理常见设备故障类型及成因，为诊断工作提供了针对性方向。构建“传统技术优化+智能技术应用+多技术协同”的诊断体系，提出差异化维护、全生命周期管理等优化策略，并配套完善标准、人才培养等保障措施，形成了完整的技术与管理方案。未来需持续推动技术创新与成果转化，不断提升诊断与维护的智能化水平，为高压输电线路安全运行提供更有力的保障。

参考文献

- [1] 张春龙. 深度学习下的高压输电线路电力设备识别技术[J]. 电力设备管理, 2025, (14): 2-4.
- [2] 马征, 兰璐. 应用于超(特)高压输电线路智能巡检无人机的技术研究[J]. 电气应用, 2024, 43(07): 21-6.
- [3] 蒋正虎, 王瑞虎, 施宏宝, 等. 高压输电线路施工作业风险及其安全技术分析[J]. 中国标准化, 2019, (06): 104-105.
- [4] 张超, 李轶. 高压输电线路施工作业风险和安全技术措施[J]. 现代物业(中旬刊), 2018, (09): 182.