

智能运维技术在配电网故障诊断与快速抢修中的应用研究

汪淦斌

国网利川市供电公司建南供电所 湖北省利川市 445400

摘要：配电网是电力系统面向终端用户的核心环节，其故障诊断效率与快速抢修能力直接决定供电可靠性与用户用电体验。传统配电网运维模式存在故障定位滞后、诊断依赖人工经验、抢修调度低效、数据互通性差等问题，难以适配复杂电网运行需求。本文围绕智能运维技术在配电网故障诊断与快速抢修中的应用展开系统研究，阐述物联网全维度感知、大数据融合研判、人工智能智能诊断、数字孪生虚拟仿真、边缘计算就地处置等技术在故障诊断中的实现路径，分析智能抢修调度、移动作业终端、可视化指挥、故障自愈、闭环管控在快速抢修中的实践应用，并结合实际应用成效验证技术价值。研究表明，智能运维技术可实现配电网故障秒级感知、百米级精准定位、智能化研判与高效化抢修，显著缩短故障处置时长、提升供电可靠性、降低运维成本。本文可为配电网运维模式转型升级、故障处置能力提升提供参考，助力新型电力系统高质量建设。

关键词：智能运维；配电网；故障诊断；快速抢修；供电可靠性

配电网作为电力输送“最后一公里”的关键载体，直接连接千家万户与各类用电负荷，是保障民生用电、支撑工业生产、维护社会经济稳定运行的基础^[1]。随着新型电力系统建设持续推进，分布式光伏、风电、电动汽车充电桩等多元元素大量接入，配电网拓扑结构日趋复杂、运行工况动态多变，线路短路、单相接地、设备过载等故障发生概率不断上升，故障类型也更具隐蔽性、复杂性^[2]。传统配电网运维以人工巡检、经验判断、被动抢修为核心模式，存在故障感知不及时、定位精度低、诊断准确率不足、抢修响应滞后、资源调配不合理等突出短板，不仅延长用户停电时间，还增加运维成本与作业安全风险，无法满足现代电网对高效、精准、智能运维的要求^[3]。

智能运维技术融合物联网、大数据、人工智能、数字孪生、边缘计算等前沿技术，构建“状态全感知、诊断智能化、调度可视化、抢修高效化”的运维体系，为破解配电网传统运维难题提供了技术支撑^[4]。将智能运维技术应用于配电网故障诊断与快速抢修，能够实现故障提前预警、精准定位、快速处置，推动运维模式从“被动抢修”向“主动预防”、“人工处置”向“智能决策”转型。本文结合配电网运行实际，系统研究智能运维技术的应用方案、实施路径与实践成效，为提升配电网故障处置能力、保障供电可靠性提供理论与实践参考^[5]。

一、配电网传统运维与故障抢修的现存痛点

配电网覆盖范围广、分支线路多、设备数量大，传统运维模式受技术手段、管理方式限制，在故障诊断与快速抢修中存在诸多短板^[6]。一是故障感知与定位严重滞后，多数故障依靠用户报修后启动人工巡线，长距离、多分支、复杂地形线路排查耗时数小时，定位精度仅能达到千米级，无法快速锁定故障点。二是故障诊断过度依赖人工经验，单相接地、高阻接地、间歇性故障等复杂故障特征不明显，人工判断易出现误判、漏判，难以精准识别故障原因与影响范围。三是抢修调度与现场处置效率低下，故障信息传递层级多、工单人工派发，抢修人员、车辆、物资调配缺乏统筹规划，现场作业无可视化指导，流程规范性不足^[7]。四是数据孤岛问题突出，配电自动化、用电采集、地理信息等系统数据互不联通，历史故障、运行环境、设备状态数据无法融合分析，不具备故障提前预警能力，只能被动应对故障^[8]。五是运维成本与安全压力较大，人工巡线劳动强度大、效率低，极端天气下高空、野外抢修作业安全风险高，资源投入与处置效果不匹配，运维性价比偏低。

二、智能运维技术在配电网故障诊断中的核心应用

智能运维技术以多源数据为基础、以智能算法为核心，实现配电网故障诊断的精准化、高效化，核心应用体现在五大技术方向。

一是物联网全维度感知技术。在配电网线路、杆塔、

变压器、开关柜等关键节点部署电流电压传感器、局部放电监测装置、温度传感器、故障指示器、气象监测终端等设备，构建全域覆盖的感知网络，实时采集线路电气参数、设备运行状态、周边环境气象、地理区位等多维度数据，实现设备异常信号秒级采集与上传，将传统“定期巡检”转变为“全天候主动感知”，从源头提升故障发现及时性^[9]。

二是大数据融合故障研判技术。整合配电网拓扑数据、历史故障库、实时运行数据、气象地理数据、设备台账数据，搭建大数据研判平台，通过数据挖掘算法提取短路、接地、过载、绝缘老化等典型故障的波形特征、时空分布规律与触发条件，自动识别故障类型、精准定位故障区段，将定位误差压缩至百米级，彻底改变传统“拉路试停”的低效排查方式，大幅提升故障定位效率^[10]。

三是人工智能智能诊断技术。采用长短期记忆网络(LSTM)、卷积神经网络、随机森林等AI算法，构建多场景故障诊断模型，处理多源异构数据，精准识别高阻接地、间歇性故障等传统技术难以判定的疑难故障，诊断准确率提升至95%以上^[11]。同时结合知识图谱技术，实现故障节点与成因的双向追溯，为后续故障处置提供精准决策依据，降低人工干预依赖。

四是数字孪生虚拟仿真诊断。按照1:1比例搭建配电网数字孪生模型，完整还原线路、杆塔、开关、变压器等物理实体与拓扑连接关系，在虚拟空间中模拟故障发生、发展与蔓延过程，推演故障隔离、负荷转移、供电恢复方案，提前验证诊断结果与处置策略的合理性，规避现场处置风险，提升诊断决策科学性^[12]。

五是边缘计算就地快速诊断。采用云边协同架构，在配电网边缘终端部署故障诊断算法，实现感知数据就地处理、故障就地判断，秒级完成初步定位与告警，不依赖云端通信网络，尤其适用于偏远山区、农牧区等通信薄弱区域，有效提升故障诊断响应速度，保障全域故障处置及时性^[13]。

三、智能运维技术在配电网快速抢修中的应用实践

智能运维技术将故障诊断与快速抢修无缝衔接，构建“研判—调度—处置—复电—复盘”全流程高效体系，核心应用涵盖五大环节。

一是智能抢修调度与自动派单。故障诊断结果实时同步至抢修指挥平台，平台基于GIS地理信息、抢修人员实时位置、应急物资库存、道路交通状况，自动生成

最优抢修方案，一键派发工单并规划最佳行进路线，实现人员、车辆、物资的精准调配，避免资源闲置与重复调配，大幅缩短抢修人员到场时间^[14]。

二是移动作业终端现场赋能。抢修人员通过手持移动作业终端接收工单信息，实时查看故障点位、设备参数、历史故障记录、处置规范等资料，现场拍摄照片、录制视频回传指挥中心，实现远程技术指导与作业确认，全程无纸化操作、标准化作业，提升现场处置效率与规范性。

三是可视化应急指挥管控。指挥中心通过全景可视化大屏，实时监控故障点位、抢修队伍位置、作业进度、电网运行状态、停电用户范围，远程统筹跨区域资源协同，动态调整抢修策略，实现抢修全过程透明化、可视化管控，确保应急处置高效有序^[15]。

四是故障自愈与快速复电。智能运维系统联动配电自动化开关设备，故障发生后毫秒级下达指令，隔离故障区段，自动完成非故障区域负荷转移，实现“秒级自愈”，最大限度缩小停电范围、缩短停电时长，优先保障医院、交通枢纽、工业企业等重要用户连续供电。

五是全流程闭环运维管理。构建“故障预警—诊断定位—派单抢修—验收复电—复盘优化”的闭环管理模式，全流程数据自动记录归档，通过复盘分析故障成因、处置短板，持续优化运维策略与抢修方案，推动配电网运维从“被动响应”向“主动预防”升级，降低同类故障重复发生概率^[16]。

四、智能运维技术应用实践成效

智能运维技术在配电网中的落地应用，全面破解传统运维痛点，取得显著实践成效。在故障诊断层面，故障感知时间从小时级压缩至秒级，定位精度从千米级提升至百米级，诊断准确率从60%以下提升至95%以上，疑难故障识别能力实现质的突破，彻底解决故障排查慢、诊断难的问题^[17]。在快速抢修层面，平均抢修时长缩短50%以上，故障响应时间缩短90%，用户平均停电时间大幅下降，供电可靠率持续提升，部分区域实现故障“未诉先办”，用户报修量同比显著下降^[18]。在运维管控层面，人工巡线工作量减少60%以上，运维人力与物资成本有效降低，极端天气抢修作业风险大幅下降，抢修作业规范化、安全化水平全面提升。在供电服务层面，电网应对复杂工况、多元负荷的适应能力增强，供电稳定性与服务满意度显著提高，为民生用电与经济发展提供坚实电力保障。

结语

智能运维技术是配电网转型升级的核心支撑，在故障诊断与快速抢修中展现出精准、高效、安全、经济的突出优势，彻底改变了传统配电网被动、粗放的运维模式，实现了状态感知、故障诊断、抢修调度、复电管控的全流程智能化升级。物联网、大数据、人工智能、数字孪生、边缘计算等技术的融合应用，让配电网故障诊断更精准、快速抢修更高效，在缩短停电时长、提升供电可靠性、降低运维成本、保障用电安全等方面发挥了不可替代的作用。

随着5G通信、北斗高精度定位、电力大模型等技术的持续迭代，智能运维技术将向更自主、更精准、更协同的方向发展，故障自愈能力、超前预警能力、应急处置能力将进一步强化。未来，应持续深化智能运维技术在配电网中的落地应用，结合不同区域配电网运行特点优化技术方案与运维流程，加强技术融合与场景创新，推动配电网向数字化、智能化、智慧化迈进，为新型电力系统建设、安全稳定供电与高质量供电服务提供坚实保障。

参考文献

[1] 常娜娜, 宋国兵, 蒋嘉桁, 等. 有源配电网ITOC保护配合失效问题研究及自适应配合思想的可行性分析[J/OL]. 电工技术学报, 1-14[2026-03-16].250815.

[2] 欧阳森, 于业辉, 张真. 考虑负荷重要程度含DG中压配电网电压调控策略[J]. 南方电网技术, 2023, 17(09): 120-131.1674-0629.2023.09.014.

[3] 曾冰倩, 李舒宁, 张震宇. 基于物联网技术的配电网设备智能监测与维护研究[J]. 光源与照明, 2025, (01): 93-95.

[4] 周思瑜. 配电网线损异常识别模型在智能运维中的应用[J]. 光源与照明, 2025, (11): 105-107.

[5] 杨力. 智能检测技术在配电网运维中的应用[J]. 集成电路应用, 2025, 42(11): 624-625.674-2583.2025.11.276.

[6] 杨敏莉. 配电网故障抢修过程中的客户停电感知管理研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (S2): 481-483.2025.S2.150.

[7] 张凯敏, 王莉娜, 汤继刚. 云计算在配电网急修指挥数据分析中的应用[J]. 集成电路应用, 2025, 42(10): 310-311.674-2583.2025.10.139.

[8] 王雪. 基于大数据的配电网故障预测与抢修资源优化分析[J]. 集成电路应用, 2025, 42(09): 310-311.674-2583.2025.09.139.

[9] 刘勇锋, 陈松, 陈顺. 配电网自动化与智能感知技术研究[J]. 低碳世界, 2025, 15(08): 46-48.2025.08.011.

[10] 沈兵兵. AI赋能配电网故障主动防御与智能诊断[J]. 供用电, 2026, 43(01): 1.

[11] 雷雄忠. 配电网故障智能研判与主动抢修技术应用[J]. 农村电工, 2022, 30(04): 38-39.2022.04.054.

[12] 贾科, 李论, 宣振文, 等. 基于扰动注入的柔性直流配电网主动故障定位及其仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(04): 99-106.

[13] 张辉荣. 边缘计算在配电网实时调控系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2025, 42(10): 400-401.1674-2583.2025.10.180.

[14] 肖恩颂, 蒋达飞, 金雨含, 等. 复杂故障场景下智能配电网快速抢修二阶段优化调度策略[J]. 电力建设, 2025, 46(11): 99-109.

[15] 许达, 梁毅, 周荣生, 等. 配电网调度应急指挥能力提升措施[J]. 中国电力企业管理, 2021, (03): 40-41.

[16] 续红伦, 戴素君. 配电网线损异常治理闭环管理流程优化[J]. 农电管理, 2025, (07): 19-20.

[17] 董乃超. 配电网运维管理的智能化升级与实施路径探讨[J]. 中国设备工程, 2025, (11): 33-35.

[18] 赵宏庆, 高昆, 李冰. 配电网故障快速定位及快速抢修解决方法研究[J]. 中国新通信, 2018, 20(22): 225.