

配电网故障智能研判与主动抢修技术应用

慕晓杰

国网庆阳供电公司镇原县供电公司, 甘肃 庆阳 744500

摘 要： 配电网作为电网系统枢纽，直接关系经济社会发展和民生保障。本文着眼于新时代背景下配电网故障治理面临的新形势新挑战，重点探讨了构建配电网故障智能研判与主动抢修体系的关键技术及其应用策略。研究表明，通过故障感知、诊断、定位、评估等环节的数字化、自动化、智能化，重塑基于大数据的故障决策机制，优化抢修资源的科学调度，强化全过程闭环管理，可以显著提升故障处理效率，降低停电时间，提高电网本质安全水平，为经济社会高质量发展提供有力支撑。

关 键 词： 配电网；智能研判；主动抢修技术；应用探究

Intelligent Analysis and Proactive Repair Technology Application for Distribution Network Faults

Mu Xiaojie

State Grid Qingyang Power Supply Company Zhenyuan County Power Supply Company, Qingyang, Gansu 744500

Abstract： As the hub of the power grid system, the distribution network is directly related to economic and social development and people's livelihood security. This article focuses on the new situation and challenges faced by distribution network fault management in the context of the new era, and focuses on exploring the key technologies and application strategies for building an intelligent fault diagnosis and proactive repair system for distribution networks. Research has shown that by digitizing, automating, and intelligentizing the processes of fault perception, diagnosis, localization, and evaluation, reshaping the big data based fault decision-making mechanism, optimizing the scientific scheduling of emergency repair resources, and strengthening the closed-loop management of the entire process, the efficiency of fault handling can be significantly improved, power outage time can be reduced, and the intrinsic safety level of the power grid can be enhanced, providing strong support for high-quality economic and social development.

Keywords： distribution network; intelligent analysis and judgment; proactive repair technology; application exploration

引言

配电网作为联结电力系统与终端用户的关键纽带，在保障电能质量、维护社会稳定方面肩负着重要使命。由于配电网呈现点多、面广、线长、环境复杂的特点，各类故障风险因素交织并存，给安全可靠供电带来严峻挑战。随着泛在物联网、大数据、人工智能等新兴技术的快速发展，以信息化、自动化、智能化为特征的智能电网建设正在如火如荼地展开^[1]。在此背景下，亟需厘清配电网故障的致因与潜在危害，总结国内外智能研判与主动抢修领域的最新进展，探索构建一套技术先进、体系完备、机制科学的配电网故障治理现代化方案。

一、配电网故障危害分析

（一）能源安全视角：配电网故障危及电力系统枢纽

配电网故障的发生，往往意味着电力系统这一庞大工程的薄弱环节被触发。作为连接输电网络与终端用户的关键枢纽，一旦配电网发生连锁性、大面积停电事故，极易在上下游产生放大效

应，引发电力系统多米诺式崩塌。这种由局部故障向全局失稳演化的过程，不仅危及发、输、变、配各环节的协同运转，更可能在电源侧和负荷侧引发次生灾害，给能源安全敲响警钟^[2]。此外，配电网故障引发的电能质量问题，如电压暂降、闪变等，不仅会直接影响工业生产的连续性和居民生活的舒适度，从长远来看，更可能在设备损坏、经济损失等多个维度制约经济社会健康

作者简介：慕晓杰（1984.06-），男，汉族，甘肃省庆阳市镇原县，大学本科，技师，研究方向：电力行业供电所配网运行维护。

发展。

（二）经济运行视角：配电网故障拖累产业升级进程

工业企业是电力消费的中坚力量，配电网稳定运行对其生产经营至关重要。配电网故障可能引发企业停工停产，造成设备损坏、原材料浪费等直接经济损失。更甚者，上下游产业链的协同效应会被削弱，生产节奏被打乱，产品质量难以保证，交货期延误在所难免。当前，我国经济发展进入新常态，“中国制造2025”等一系列产业升级战略迫切需要优质高效的电力供给。然而，配电网故障时有发生，电力供应的不确定性上升，严重制约了产业升级进程^[9]。尤其是在电力体制改革不断深化、工业电价市场化程度提高的背景下，稳定可靠的电力供应已成为评判区域营商环境优劣的关键指标。配电网故障问题如不能妥善防范化解，必将对经济发展新常态下产业升级蓝图的实现造成难以估量的负面影响。

二、配电网故障智能研判逻辑

（一）客户故障研判逻辑

客户故障是配电网故障的重要组成部分，其研判逻辑可概括为“监测－诊断－溯源－服务”四个关键环节。首先，通过在用户端广泛部署智能电表和用电信息采集装置，实时采集客户侧电压、电流、功率等数据，并利用大数据分析技术，建立客户用电负荷模型和健康画像，实现对客户故障的全景感知和异常监测。当监测数据出现越限、失常等现象时，智能研判系统自动触发故障告警，生成工单，通知客户经理第一时间介入处理^[4]。同时，系统综合分析故障发生时的负荷特性曲线、环境天气、设备履历等多源异构数据，利用机器学习算法开展故障诊断和原因溯源，判断故障是由客户内部原因还是外部电网问题引起，为后续抢修处置提供精准决策依据。

（二）低压线路故障研判逻辑

低压线路是配电网接入用户最多的部分，传统巡检难以实现全面故障感知。智能研判系统应利用物联网、边缘计算等技术，大规模部署在线监测装置，构建实时感知网络。当监测数据异常时，系统立即发送告警，关联GIS数据锁定故障线路和区段。同时，系统综合分析故障时的负荷分布、电流相序等，利用专家知识库和机器学习算法判别故障类型，为抢修决策提供参考^[5]。此外，还应挖掘配电自动化系统的智能化潜力，通过智能终端实现故障隔离和非故障区段快速恢复送电。依托海量监测数据，采用大数据关联分析，挖掘线路故障发生规律，预判风险，开展精准防控。

（三）配变故障研判逻辑

配变故障研判可充分利用跳闸数据，开展拓扑关联分析。系统收到配变跳闸告警后，获取同一分支线路上其他配变运行状态，重点关注分支线及联络断路器动作信息。若断路器均跳闸，系统对配电网进行拓扑分析，推断停电范围。通过对比失电配变数量与预设阈值，可初步判定故障发生在分支线路还是单一配变。

低压故障研判则从线路跳闸数据入手，溯源其所属配变，再沿线路开展拓扑分析。若配变下属所有低压出线均失电，则基本可断定故障出在该配变本身^[6]。然而，仅靠跳闸数据难以实现精准研判，还需引入故障电流、负荷分布等监测数据，并综合设备参数、运维记录等，构建多维度故障特征。

三、配电网故障主动抢修技术应用

（一）调度科学化

配电网故障主动抢修的关键在于实现调度的科学化。智能研判系统能够精准诊断故障原因、范围和类型，为抢修调度提供可靠依据。在此基础上，应充分利用大数据分析和人工智能优化算法，对抢修任务进行合理分解和优化排序。通过综合考虑故障严重程度、影响范围、用户重要性等多维因素，制定差异化的抢修策略，确保抢修工作的针对性和有效性。

此外，抢修调度还应强调全过程的精细化管理。这就要求建立一套可视化的调度指挥平台，实现各类抢修资源的统一调配。通过与地理信息系统深度融合，可直观展示抢修人员、车辆、物资、工具等资源的实时位置和状态，并基于空间－时间匹配算法，优化调度方案，提高资源利用效率。同时，调度平台还应具备实时通信、在线协同等功能，支持多部门、跨区域的联合抢修^[7]。数字化技术的应用也是实现调度科学化的重要手段。利用物联网感知故障信息，并通过大数据分析，可实现对配电网运行状态的全景动态监控，做到故障早发现、早处置。利用移动终端APP、智能穿戴设备等，可实时采集和回传抢修人员的位置、作业情况等信息，便于调度人员远程指挥。利用数字孪生技术，可构建配电网的虚拟仿真模型，模拟推演各种抢修方案，选择最优策略。这些都将显著提升调度的科学化、精细化水平。

（二）作业自动化

随着人工智能、机器人等新兴技术的快速发展，自动化作业已成为提高抢修效率、保障作业安全的必然选择。一方面，自动化作业可以有效减少人工投入，提高抢修速度。传统的人工抢修模式存在效率低、强度大等问题，尤其是在恶劣天气或复杂环境下作业，风险系数较高。通过部署带电作业机器人、绝缘斗臂车等自动化设备，可实现远程操控或自主作业，大幅减少现场作业人员数量，缩短抢修时间。例如，利用带电作业机器人更换故障导线、跳线抢修等，可在确保人身安全的前提下，实现24小时不间断作业，将小型故障抢修时间从几小时缩短至1小时内，显著提升抢修效率^[8]。另一方面，自动化作业有助于提高抢修质量，减少二次故障发生概率。机器人等自动化设备具有高度的作业精准性和一致性，能够严格按照既定的操作程序和技术标准开展作业，避免了人为失误导致的质量问题。同时，借助故障图像识别、音频诊断等人工智能技术，还可实现作业过程的实时监控和质量检查，一旦发现问题可及时预警并采取应对措施，从源头防范次生故障。

（三）设备管理预防性

配电设备是配电网安全稳定运行的物质基础，其健康状态直

接影响供电可靠性和电能质量。在配电网故障主动抢修体系中，必须高度重视设备管理，坚持以预防为主、防抢结合的方针，实现从被动应对向主动预控的转变。

首先，要加强设备全生命周期管理，从源头防范故障发生。在设备选型和采购阶段，要严格执行技术标准和相关规范，对供应商资质、产品质量进行全面评估，优选高可靠、长寿命的优质产品^[9]。在设备安装和调试阶段，要强化施工过程管控，严把工艺质量关，确保设备安装规范、运行可靠。在设备运维阶段，要以健康状态为导向，推行状态检修和预测性维护策略，及时发现和消除设备缺陷隐患。

其次，要充分发挥在线监测和故障预警技术的作用。传统的定期巡检和试验模式难以适应新形势下配电网设备运维的需求，必须积极应用智能传感、物联网等新技术，实现设备状态的实时感知和评估。通过在变压器、断路器等关键设备上布置在线监测装置，持续采集负荷电流、局部放电、油中溶解气体等指标数据，并利用大数据分析和机器学习算法，构建设备健康评估模型，及时预警性能劣化趋势，为检修策略优化提供依据。

再次，要加强设备缺陷的闭环管理。设备缺陷是导致配电网故障的重要原因之一。对于检修过程中发现的设备缺陷，要第一时间录入到设备管理信息系统中，建立“发现－闭环”管理机制。根据缺陷严重程度和影响范围，制定针对性的整改措施，明确整改时限和责任人，确保整改到位。同时，要及时总结和反馈缺陷产生的原因，完善设备设计、制造、安装、运维等环节的管理制度和技术标准，推动产品和工艺持续改进。

最后，加强全员设备管理意识和能力建设也十分必要。设备管理是一项系统工程，需要管理、技术、操作各层级人员的通力合作。要定期组织设备管理培训，普及设备故障分析、诊断、处置等专业知识，提高一线人员的实操技能^[10]。要总结典型设备故障案例，编制故障诊断手册和应急处置预案，便于快速响应和处置。要建立科学的绩效评价和激励机制，将设备故障率、主动预防率等指标纳入考核，调动全员参与的积极性。

（四）防范次生灾害

配电网故障可能引发火灾、爆炸等次生灾害，威胁人民生命财产安全和社会稳定。因此，在故障主动抢修过程中，必须高度重视次生灾害的防范。这需要电力企业统筹内外资源，打造全方位、立体化的防控体系。对内，电力企业要严格落实安全生产主体责任，健全安全管理制度，强化全员安全意识。要制定完善的故障抢修安全操作规程，明确各岗位职责和具体操作流程，确保规范操作。要加强抢修人员的安全教育培训，提高其风险辨识和应急处置能力。要定期开展应急演练，及时发现和整改薄弱环节。同时，要加大安全投入，配备必要的个人防护装备和应急物资，为抢修人员撑起安全伞。对外，电力企业要加强与政府应急管理、消防、气象等部门的协同联动，建立健全风险研判、信息共享、应急处置等机制。要主动对接属地政府，全面摸排本地区各类风险隐患，制定区域协同的应急预案。一旦发生配电网故障及次生灾害，要第一时间启动应急响应，做到早发现、早报告、早处置。灾情紧急时，还要请求地方政府提供人力物力支援，形成军地联动、警民合力的强大合力。

四、结束语

综上所述，配电网故障智能研判与主动抢修技术的应用，是提升供电可靠性、保障电能质量的必由之路。当前，我国正处于能源革命和数字化转型的关键阶段，对电网韧性和智能化提出了更高要求。推进配电网故障治理现代化，事关人民美好生活需要，事关经济社会发展全局。这是一项复杂的系统工程，需要产学研用各界协同发力，在理论、技术、管理、人才等方面持续发力。应加快构建全面感知、智慧研判、精准执行的技术架构，依托物联网、大数据、人工智能等新兴技术，打造全过程、全环节、全天候的智能化抢修体系。同时，还要健全标准规范，开展试点示范，强化人才培养，推动成果转化，真正实现从要我抢到我抢的理念转变。

参考文献

- [1] 孙玮. 配电网故障智能研判与主动抢修技术分析 [J]. 科技创新与应用, 2022(029):012.
- [2] 姚瑛, 季大龙, 傅文进, 等. 考虑状态感知的低压配电网拓扑生成及故障预测技术研究 [J]. 制造业自动化, 2023, 45(6):169-174.
- [3] 华梁锦. 基于大数据技术的配电网故障主动抢修管理 [J]. 电子乐园, 2022(009):000.
- [4] 仝鹏. 低压透明配电网主动抢修技术分析 [J]. 电脑高手, 2023(4):4466.
- [5] 刘添驰, 秦涛. 基于数据驱动的智能化工运检体系分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(12):222-223.
- [6] 陈开, 付振宇, 吴超成, 等. 基于告警信号的低压配电网故障识别与定位 [J]. 电子设计工程, 2022, 30(1):5.
- [7] 彭寒梅, 王维首, 苏永新, 等. 基于负荷恢复价值折算的主动配电网电力-通信故障统一修复策略 [J]. 电力自动化设备, 2023, 43(4):135-142.
- [8] 苏粟, 韦存昊, 陈奇芳, 等. 考虑道路抢修和负荷恢复的电动汽车分层调度策略 [J]. 电力系统自动化, 2022, 46(12):140-150.
- [9] 杨晨曦, 马杰, 杨威, 等. 基于馈线负荷骤降度的配电网故障研判方法 [J]. 电力系统保护与控制, 2022, 50(2):144-151.
- [10] 卢非凡, 吴悠, 冯伟健. 配网运行智能监控与主动故障研判系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2022(005):000.