基于人工智能算法的配电网故障诊断技术研究

朱 彤
国网江苏省电力有限公司盐城供电分公司 江苏 盐城 224000

摘 要 新型电力系统背景下，分布式新能源大规模并网使配电网运行工况趋于复杂，传统故障诊断技术存在精度不足、抗干扰性弱、场景适配性差等问题，难以满足智能电网精益化运维需求。本文以人工智能故障诊断技术为核心，梳理配电网故障基础理论与智能诊断原理，系统剖析传统诊断技术的应用缺陷与技术瓶颈，结合实际工程场景完成算法优化、诊断模型架构搭建与智能化处置流程设计。依托国网盐城供电公司实际工程案例验证技术可行性与优越性。研究结果有效提升了复杂工况下配电网故障的识别精度与处置效率，可为配电网智能故障研判、高效运维升级提供理论支撑与工程实践参考。

关键词 配电网；人工智能算法；故障诊断；模型架构；智能运维

Research on Distribution Network Fault Diagnosis Technology Based on Artificial Intelligence Algorithms

Zhu Tong
Yancheng Power Supply Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Yancheng 224000, Jiangsu Province, China

Abstract In the context of the new power system, the large-scale grid connection of distributed new energy has made the operating conditions of distribution networks increasingly complex. Traditional fault diagnosis technologies suffer from problems such as insufficient accuracy, weak anti-interference capability, and poor scenario adaptability, making it difficult to meet the refined operation and maintenance requirements of smart grids. Focusing on artificial intelligence fault diagnosis technology, this paper reviews the basic theories of distribution network faults and the principles of intelligent diagnosis, systematically analyzes the application defects and technical bottlenecks of traditional diagnosis technologies, and completes algorithm optimization, diagnostic model architecture construction, and intelligent disposal process design in combination with actual engineering scenarios. The technical feasibility and superiority are verified based on actual engineering cases of the Yancheng Power Supply Company of State Grid. The research results effectively improve the identification accuracy and disposal efficiency of distribution network faults under complex operating conditions, and can provide theoretical support and engineering practice references for intelligent fault analysis and efficient operation and maintenance upgrading of distribution networks.

Key words Distribution Network; Artificial Intelligence Algorithms; Fault Diagnosis; Model Architecture; Intelligent Operation and Maintenance

配电网是电力系统供电末端核心环节，其安全稳定运行直接保障民生用电与工业生产。随着分布式新能源大规模接入，配电网结构日趋复杂，故障类型多元、特征微弱且易受干扰，传统故障诊断技术准确率与实时性不足、抗干扰能力薄弱，难以适配复杂运维场景[1]。为此，本文基于人工智能算法开展配电网故障诊断技术研究，优化诊断模型与流程，提升故障识别与定位精度，为配电网高效运维提供技术支撑。

1 相关理论与技术基础

配电网作为电力系统直面用户的关键终端网架，整体拓扑结构繁杂、供电分支繁多且负荷工况动态波动，叠加分布式光伏、储能等新能源设备的广泛并网，使其运行工况具备极强的随机性与非线性特征。电网运行过程中极易产生单相接地、相间短路、线路断线及多故障耦合等异常问题，多数故障信号幅值微弱、特征辨识度低，且易受环境噪声与负荷扰动干扰，大幅提升故障精准甄别难度[2]。人工智能算法凭借自适应特征挖掘、非线性拟合与自主学习迭代的技术优势，可突破传统人工阈值判定与物理建模的技术局限，精准捕捉电网隐性故障特征。依托数据预处理、特征萃取、智能推理与故障判定的完整技术逻辑，人工智能故障诊断技术能够适配复杂配电网运行场景，有效弥补传统诊断方式的技术短板，为配电网精准、高效、抗干扰的故障识别与定位提供坚实理论与技术支撑。

2 传统配电网故障诊断技术及问题分析

2.1 传统故障诊断主要方法

在配电网长期运维体系中，传统故障诊断技术形成了多

类成熟且应用广泛的实施方式，主要涵盖模型解析诊断、信号特征辨识与人工现场排查三类核心手段。模型解析法依托电网拓扑参数、阻抗参数与运行工况搭建数值分析模型，通过比对实测数据与理论数据的偏差状态，推演故障发生位置与异常类型，适配结构稳定、工况单一的传统配电网。信号特征辨识法依托监测设备采集电网电压、电流暂稳态波形数据，提取幅值、相位、谐波等关键特征参量，结合预设阈值完成故障筛查与判定。人工排查法则依托运维人员专业积累与现场巡检经验，结合设备告警信息开展分段核查，是老旧电网故障处置的基础兜底方式[3]。

2.2 传统方法核心缺陷与瓶颈分析

随着新型电力系统建设推进，分布式电源、柔性负荷大规模并网，配电网工况动态性与非线性显著提升，各类传统诊断方法的应用弊端逐步凸显。模型解析法高度依赖固定电网参数与理想化运行假设，无法适配电网结构动态变化场景，面对新能源扰动工况易出现模型失配问题。信号特征辨识法仅能识别特征差异显著的典型故障，针对微弱故障、多故障耦合场景的特征拆解能力不足，且极易受环境干扰、负荷波动影响，诊断容错性较差[4]。同时，传统技术整体自动化水平偏低，核心判定环节依赖人工校核，流程烦琐、耗时较长，难以满足智能电网实时运维的技术需求。

2.3 现有技术痛点总结与改进方向

综合上述技术特性与应用短板分析，当前传统配电网故障诊断技术普遍存在场景适配性不足、抗干扰能力薄弱、复杂故障识别精度偏低、实时响应性能受限四大核心痛点，难以适配智能化、复杂化的现代配电网运维场景。为突破现有技术瓶颈，本文摒弃传统固定建模与人工阈值判定的固化模式，引入人工智能算法开展故障诊断技术优化。通过算法自主学习电网多维运行数据，挖掘隐性、微弱的故障特征信息，强化复杂耦合故障的精准辨识能力，同时提升诊断体系的抗干扰性与运算效率，以此构建适配新型配电网工况的智能诊断方案，弥补传统技术的应用短板。

3 基于人工智能算法的配电网故障诊断模型

基于人工智能算法的配电网故障诊断模型核心内容汇总如表1所示。

表1 基于人工智能算法的配电网故障诊断模型核心内容汇总

核心模块	主要内容	工程应用成效
算法优化改进策略	从设备异常研判、停电计划优化、故障信息溯源三维度迭代算法，打通多系统数据壁垒，优化特征筛选与数据拟合能力	国网盐城 AI 供服系统投运半年完成 648 次停电平衡分析、237 次设备异常治理、57 起故障辅助研判，缺相故障实现分钟级定位
故障诊断模型架构	划分算力层、应用层、逻辑层、闭环层四大层级，各层协同联动，构建具备自愈能力的智能化诊断体系	盐城 FA 系统升级后极端天气下运行稳定，平战模式一键切换，配网故障研判准确率突破 96%
故障诊断工作流程	构建实时扫描、特征识别、精准定位、告警推送、现场处置全链条智能化流程，弱化人工干预	缺相故障预警系统覆盖百万台配变，研判最快 3 min，累计研判 900 余起，定位准确率超 95%

3.1 算法优化改进策略

针对传统配电网故障诊断算法依赖人工经验、特征提取单一、多场景适配性差的固有缺陷，本文立足现代配电网精益化运维需求，制订多维度、场景化的人工智能算法优化策略。结合新能源并网带来的电网工况波动、故障特征微弱、多故障耦合干扰等实际问题，摒弃传统单一故障识别算法的固化逻辑，从设备异常研判、停电计划优化、故障信息溯源3个核心维度开展算法迭代升级。通过拆解配电网全业务运行节点，打通多系统数据壁垒，优化算法的特征筛选机制与数据拟合能力，有效解决传统算法误判漏判、抗干扰性不足、无法适配动态电网工况的技术痛点，全面提升故障诊断的智能化与精准化水平[5]。

在工程实践落地层面，国网盐城供电公司依托省级电力数字化改造项目，完成19套配电网业务系统的节点拆解与功能重构，搭建智能化AI供电服务指挥系统，落地多模块算法优化方案。其中设备异常治理算法彻底替代传统人工校核模式，依托多源运行数据自主分析设备异常成因，自动生成针对性运维策略；检修计划平衡算法可精准甄别多区域停电重叠问题，结合气象预警数据智能调整检修周期，规避频繁停电故障；停电信息池算法整合全域停电数据，自动溯源故障点位、统计供电影响范围，实现复电状态动态监测与敏感用户精准提醒。该系统投运半年内，累计完成648次停电计划平衡分析、237次设备异常智能治理、57起配网故障辅助研判，同时通过构建配变缺相故障数学模型，融合多平台监测数据迭代算法，实现缺相故障分钟级定位，大幅降低故障研判误差。

3.2 故障诊断模型架构

为适配优化后人工智能算法的运行逻辑，贴合复杂配电网故障诊断的工程需求，本文搭建分层化、模块化、闭环化的智能故障诊断模型架构。整体架构遵循算力支撑、业务适配、逻辑可控、闭环运维的设计原则，划分四大核心层级，各层级分工明确、协同联动。通过算力层扩容升级保障高并发故障场景

的运行稳定性，依托应用层解耦设计实现故障数据高效传输，借助逻辑层功能优化适配日常运维与极端应急双场景，依靠闭环层设计实现故障全流程管控，彻底解决传统诊断模型算力不足、场景适配单一、流程碎片化的问题，构建具备自愈能力的智能化诊断体系。

国网盐城供电公司配电馈线自动化（feeder automation，FA）系统架构升级工程充分验证了该模型架构的工程实用性，该项目从四大层级完成系统性架构优化。算力层面配置专用服务器，搭建双机冗余运行模式，有效解决极端天气下故障数据并发处理导致的系统卡顿、拥堵问题，筑牢模型运行算力基础。应用层面将FA核心研判功能与主站系统解耦独立部署，规避多业务数据交叉干扰，保障极端工况下故障信息传输的稳定性与时效性。逻辑层面优化重合闸动作、负荷转供、安全闭锁等核心执行逻辑，搭建平战双模式一键切换机制，兼顾日常常态化运维与极端天气应急处置需求。闭环层面新增故障动态跟踪模块，构建故障发生、智能研判、故障隔离、恢复供电的全链条管控体系，搭配人巡、机巡、在线监测多维感知体系，实现设备隐患精准排查，最终实现配网故障研判准确率突破96%。

3.3 故障诊断工作流程

基于优化算法与分层架构，本文重构标准化、自动化、智能化的配电网故障诊断工作流程，打破传统故障排查流程烦琐、人工依赖度高、响应滞后的局限。整套流程以多源数据融合分析为核心，构建实时扫描、特征识别、精准定位、告警推送、现场处置的全链条智能化流程，弱化人工干预环节，强化算法自主研判能力。通过全域电网数据实时监测实现故障早发现，依托智能特征比对实现故障精准甄别，结合拓扑关联分析锁定故障区段，搭配即时告警与闭环处置机制，大幅缩短故障处置时长，适配现代配电网高效运维的核心需求。

国网盐城供电公司投运的缺相故障在线预警系统全面落地该智能化诊断流程，形成成熟的工程应用范式。系统依托全域数据资源，实现省内百万台配电变压器、四万余条配网线路的全天候实时扫描，全覆盖捕捉电网运行异常状态。通过预设缺相故障特征模型，精准识别电压异常畸变特征，结合电网拓扑数据完成关联匹配，以分区比对的方式精准锁定故障区段，最快可在3 min内完成故障研判。研判完成后系统自动推送短信告警信息，快速送达运维人员与受影响用户，单条故障告警覆盖千人以上。运维人员依托精准研判数据开展靶向现场排查，大幅降低无效巡检成本。该系统稳定运行一年来，累计精准研判缺相故障900余起，故障定位准确率稳定超95%，同时依托数字孪生平台实现设备状态劣化趋势预警，推动故障处置从被动抢修向主动预判转型。

4 结束语

本文围绕复杂工况下配电网智能故障诊断问题，系统梳理了配电网故障特性与人工智能诊断基础理论，深入剖析传统诊断技术的固有瓶颈与应用痛点，结合实际电力工程场景完成智能算法优化、诊断模型架构搭建与全流程诊断体系设计。依托国网盐城供电公司落地工程开展实例验证，证实优化算法可有效提升故障识别精度与抗干扰能力，缩短故障研判时长。研究成果能够适配新型配电网复杂运维场景，可为电力系统故障智能诊断、精益化运维体系建设提供可行的技术参考与实践借鉴。

参考文献

[1]杨学海.配电网故障诊断技术的人工智能优化方法[J].电力设备管理,2024(9):165-167.

[2]张全友,郑华,邓君.基于人工智能的配电网故障诊断方法研究[J].安家,2026(8):94-96.

[3]蔡卓瑞,杨华樱,段晨宇.基于人工智能的配电网故障预测与自愈技术研究[J].通信电源技术,2025,42(8):221-223.

[4]李克明.人工智能技术在配电网故障诊断的应用研究[J/OL].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2023(7):21-24[2026-08-11].https://www.cqvip.com/doc/journal/1000003809698.

[5]俞小勇,秦丽文,桂海涛,等.新一代人工智能在配电网智能感知与故障诊断中的应用[J].南方电网技术,2022,16(5):34-43.

（本文编辑　杜宇琪）

