配网自动化技术在现代电力配网发展中的应用与效能提升研究

张雪涛，李娟
国网武汉供电公司江岸供电中心，湖北 武汉 430000
DOI:10.61369/RSTD.2026030015

摘　　要： 在新型电力系统建设与全社会用电负荷持续升级的双重背景下，针对当前配网存在故障处置滞后、负荷调控粗放、新能源消纳能力不足、运维成本偏高的行业痛点，本文基于最新电力配网技术规范与数字化研究成果，系统剖析配网自动化核心技术体系与应用场景，精准梳理现阶段技术落地、系统运维、网架适配中的现存问题，并结合配网运行实测数据与工程实践，从技术迭代、系统运维、网架适配、安全防护四个维度，提出切实可行的效能提升路径，旨在充分发挥配网自动化实时监测、智能调控、自愈恢复的核心优势，全面提升电力配网供电可靠性、运行经济性与智能化水平，为现代电力配网高质量、可持续发展提供工程参考与技术支撑。

关 键 词： 配网自动化；现代电力配网；智能运维；效能提升；新型电力系统

Research on the Application and Efficiency Improvement of Distribution Network Automation Technology in the Development of Modern Power Distribution Network

Zhang Xuetao, Li Juan
State Grid Wuhan Power Supply Company Jiang'an Power Supply Center, Wuhan, Hubei 430000

Abstract: Against the dual background of the construction of a new power system and the continuous upgrading of the electricity load of the whole society, this article aims to address the industry pain points of lagging fault disposal, extensive load regulation, insufficient new energy consumption capacity, and high operation and maintenance costs in the current distribution network. Based on the latest technical specifications and digital research results of power distribution network, this article systematically analyzes the core technology system and application scenarios of distribution network automation, accurately sorts out the existing problems in technology implementation, system operation and maintenance, and grid adaptation at the current stage, and combines the actual test data and engineering practice of distribution network operation. From the four dimensions of technical iteration, system operation and maintenance, grid adaptation, and safety protection, it proposes a practical and feasible efficiency improvement path, aiming to fully play the core advantages of real-time monitoring, intelligent regulation, and self-healing recovery of distribution network automation, comprehensively improve the reliability of power supply in power distribution network Provide engineering reference and technical support for the high-quality and sustainable development of modern power distribution networks, based on their economic efficiency and intelligent level of operation.

Keywords: distribution network automation; modern power distribution network; intelligent operation and maintenance; efficiency improvement; new power system

引言

电力配网作为电力系统衔接发电端与用户端的关键枢纽，直接决定供电质量、用电可靠性与电力服务水平，是新型电力系统建设的核心基层环节。传统配网依赖人工巡检、手动操作、故障事后处置的模式，暴露出故障定位偏差大、停电时长偏长、负荷调控不精准、新能源消纳受限等诸多短板，严重制约现代配网的高效稳定运行。配网自动化技术融合电力控制、物联网、大数据、边缘计算、现代通信等多领域技术，通过构建“监测－分析－调控－自愈”一体化智能体系，实现配网运行状态全感知、故障处置自动化、负荷调度精细化，是破解传统配网运行瓶颈、推动配网数字化转型的核心技术手段。基于此，本文立足现代电力配网发展实际，结合配网自动化最新研究成果与工程案例，系统阐述配网自动化核心技术及应用价值，深度剖析当前技术应用中的突出短板，针对性提出可落地、可推广的效能提升策略，助力现代电力配网实现安全、高效、经济、智能的高质量发展。

作者简介：张雪涛（1984.01－），男，汉族，浙江省宁波市人，职称：工程师（中级），学历：本科，研究方向：配电网发展、网架规划建设及自动化应用。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

一、配网自动化核心技术体系

配网自动化是一套综合性智能控制系统，并非单一技术应用，核心由数据采集终端、通信传输系统、主站调控平台、智能执行设备四大模块构成，各模块协同运行，实现配网全流程智能化管控，适配现代配网复杂运行场景。

（一）智能数据采集技术

智能数据采集是配网自动化运行的基础，核心设备为馈线终端单元、配变终端单元、智能电表等智能化终端设备。该技术可实时采集配网电压、电流、功率、负荷波动、设备温度等运行参数，同步记录线路故障、设备异常等状态信息，采集数据精度可达0.2级，数据更新周期缩短至秒级，彻底解决传统配网数据采集滞后、数据缺失、精度不足的问题，为主站智能分析与精准调控提供完整数据支撑。同时，依托边缘计算技术，终端可实现就地数据预处理，降低主站运算压力，提升系统响应效率。

（二）高效通信传输技术

通信系统是配网自动化的传输枢纽，当前主流应用光纤专网、5G 电力专网、无线物联网三重通信模式。其中，光纤通信具备传输稳定、抗干扰能力强、带宽充足的优势，主要用于主干配网数据传输；5G 电力专网依托低时延、广连接特性，适配分布式能源并网、远程实时调控等动态场景；无线物联网则适用于城郊、农村分散式配网设备的数据采集。三种通信模式互补融合，构建全覆盖、低时延、高可靠的通信网络，保障配网运行数据、调控指令的实时双向传输。

（三）主站智能调控技术

主站调控平台是配网自动化的核心大脑，集成大数据分析、智能算法、拓扑识别等核心功能。平台可对终端上传的海量运行数据进行实时分析，自动识别配网负荷过载、电压偏移、线路异常等问题，结合配网网架结构，自动生成最优调控方案。同时，具备馈线自动化自愈功能，可实现故障自动定位、故障区域精准隔离、非故障区域快速复电，无需人工干预，大幅缩短故障停电时长。

（四）智能终端执行技术

智能开关、智能环网柜、无功补偿装置等智能执行设备，是配网自动化指令落地的终端载体。该类设备可精准接收主站调控指令，完成线路分合闸、负荷转移、无功补偿投切、电压调节等操作，实现配网运行状态的动态优化调整，保障配网始终处于安全、经济的运行区间。

二、配网自动化技术在现代电力配网中的核心应用

（一）智能故障处置，提升供电可靠性

传统配网故障依赖人工巡检排查，存在定位慢、隔离范围大、复电滞后等问题，单次故障平均处置时长超40分钟[1]。配网自动化技术依托实时数据监测与拓扑分析功能，可毫秒级感知故障、秒级定位故障点位、分钟级完成故障隔离与复电。当配网发生短路、过载、漏电等故障时，系统自动锁定故障区段，操控智能开关隔离故障区域，同时通过联络开关转移非故障区域负荷，最大限度缩小停电范围、缩短停电时长。实测数据显示，应用配网自动化技术后，配网平均故障处置效率提升90% 以上，用户平均停电时间减少80% 以上，供电可靠率可提升至99.98% 以上。

（二）动态负荷调控，提升设备利用率

现代配网负荷存在峰谷差大、区域负荷不均、季节性波动显著的特点，传统人工调控无法实现动态适配，易出现线路重载、设备闲置等问题。配网自动化系统可实时监测各馈线、配变的负荷运行状态，通过智能算法预判负荷波动趋势，动态调整线路联络开关状态，实现重载线路负荷向轻载线路转移，平衡区域负荷分布。同时，可精准管控配电设备运行负载，避免设备长期过载运行或低载闲置，有效提升配网线路、变压器等核心设备的利用率，设备整体利用效率提升25%—35%，缓解配网扩容压力。

（三）电能质量优化，保障供电稳定性

电压偏移、谐波干扰、无功功率失衡是影响现代配网电能质量的主要因素，易导致用电设备损耗加剧、运行故障。配网自动化系统可实时监测全网电压、无功、谐波数据，根据负荷变化动态投切无功补偿装置，精准调节电压幅值，抑制电压波动与谐波干扰，实现全网无功就地平衡。相较于传统固定补偿模式，自动化智能补偿可将配网电压合格率提升至99.95% 以上，综合线损率降低1.5—2.0个百分点，有效优化电能质量，降低电网运行损耗[2]。

（四）适配新能源并网，提升消纳能力

针对分布式光伏、分散式储能大规模并网带来的潮流紊乱、电压波动、并网管控难等问题，配网自动化技术可实现新能源并网全过程智能管控。系统可实时监测分布式能源的出力波动、并网位置与功率参数，结合配网负荷需求动态优化潮流分布，精准调控并网功率，有效解决新能源出力不稳定导致的电压越限、线路过载问题，大幅提升配网新能源就地消纳能力，适配新型电力系统源网荷储协同运行需求。

（五）数字化智能运维，降低运营成本

传统配网运维依赖人工定期巡检、事后抢修，运维工作量大、成本高、隐患排查不彻底。配网自动化技术构建数字化运维体系，可实时监测设备运行状态，提前识别设备老化、异常发热、潜在故障等隐性隐患，实现被动抢修向主动预判、精准运维转型。运维人员可依托主站平台实现远程巡检、远程调控，减少人工现场作业频次，降低运维人力、物力成本，同时避免人工巡检遗漏隐患导致的重大故障，提升配网运维精细化水平。

三、当前配网自动化技术应用存在的突出问题

（一）区域技术适配性不足，设备差异化问题突出

目前城乡配网自动化建设存在明显不均衡问题，城区配网自动化覆盖率、设备智能化水平较高，而农村、城郊配网存在设备老旧、自动化终端覆盖率低、网架结构薄弱等问题。同时，部分早期改造的自动化设备技术标准滞后，与新一代主站系统、智能终端兼容性差，新旧设备协同运行不畅，出现数据传输断层、调控指令执行失效等问题，导致部分区域自动化系统仅实现监测功

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

能，无法完成智能调控与自愈操作，技术实用性大幅降低。

（二）软硬件协同性较差，系统运行精度不足

部分电网单位存在“重设备安装、轻系统调试”的问题，自动化终端设备、通信系统与主站平台调试不到位，导致数据采集存在延迟、偏差、缺失等问题。同时，部分主站智能算法适配性不足，针对复杂网架结构、新能源大规模并网场景的潮流计算、故障预判精度偏低，易出现故障定位偏差、负荷调控不合理、新能源消纳预判失误等问题，无法满足现代配网精细化运行需求[3]。

（三）专业运维体系滞后，人才技术储备不足

配网自动化属于多学科交叉技术，对运维人员的电力、通信、大数据、网络安全综合能力要求较高。当前基层运维团队仍以传统电力运维技能为主，缺乏数字化、智能化设备运维能力，对自动化系统故障排查、参数优化、算法调试等专业工作无法高效开展。同时，缺乏完善的常态化运维管理制度，系统定期调试、设备校准、隐患排查不到位，导致自动化设备长期带隐患运行，故障率逐年上升。

（四）网络安全防护薄弱，运行风险隐患突出

配网自动化系统依托网络实现数据传输与远程调控，随着智能化、网络化程度提升，网络攻击、数据泄露、指令篡改等安全风险持续增加。目前部分基层配网自动化系统安全防护体系不完善，缺乏专用网络隔离、数据加密、入侵检测等防护手段，终端设备安全防护等级偏低，存在非法入侵、恶意操控的风险，直接威胁配网安全稳定运行。

四、现代电力配网自动化效能提升的可行实施路径

（一）分层迭代设备改造，提升全域技术适配性

针对城乡配网发展不均衡、新旧设备不兼容问题，实施分层差异化改造策略。一是针对农村、城郊薄弱配网，优先完善智能终端、通信设备布设，补齐自动化建设短板，实现全域数据采集、故障监测全覆盖；二是对老旧落后、兼容性差的早期自动化设备进行迭代更新，统一设备技术标准、通信协议，保障新旧软硬件设备协同兼容；三是结合区域负荷特征与新能源并网规模，针对性选配智能调控设备，优化配网网架结构，提升自动化系统对复杂运行场景的适配能力，杜绝设备闲置、功能失效问题。

（二）优化系统协同机制，提升智能调控精度

聚焦软硬件协同不足、调控精度偏低的痛点，构建全方位系统优化体系。第一，强化设备安装后的精细化调试工作，定期开展终端设备数据校准、通信链路检测、主站系统运维，消除数据延迟、偏差、传输断层等问题，保障数据采集实时、精准、完整[4]；第二，升级主站智能算法模块，引入适配新能源并网、多元负荷波动的动态潮流算法、故障精准定位算法，优化系统分析、预判、调控能力，提升复杂场景下的运行管控精度；第三，建立系统联动测试机制，定期开展“终端－通信－主站－设备”全链路联动测试，排查系统协同漏洞，保障监测、分析、调控、自愈全流程高效闭环运行。

（三）构建专业化运维体系，强化人才技术支撑

针对运维能力滞后问题，建立制度＋人才双向提升机制。一方面，完善常态化运维管理制度，制定自动化设备定期校准、系统调试、隐患排查、故障处置标准化流程，建立设备运行台账，实现自动化系统全生命周期精细化运维，从制度层面杜绝设备带病运行；另一方面，强化基层运维人才培养，开展配网自动化技术、大数据应用、网络安全等专项培训，组建专业化智能运维团队，同时引入数字化运维人才，搭建“传统电力技能＋智能数字化技能”复合型人才体系，全面提升运维团队实操能力与问题处置能力。

（四）升级网络安全防护，筑牢安全运行屏障

针对自动化系统网络安全隐患，构建多层次安全防护体系。一是实现配网自动化专网与公共网络物理隔离，部署专用防火墙、入侵检测、恶意代码防护设备，实时监测网络运行状态，拦截非法访问与恶意攻击；二是完善数据加密机制，对配网运行数据、调控指令进行全程加密，建立数据备份、溯源机制，杜绝数据泄露、指令篡改风险；三是建立网络安全应急处置预案，定期开展安全攻防演练、风险排查，及时整改安全漏洞，全面提升配网自动化系统抗风险能力，保障配网安全稳定运行。

五、结语

本文通过系统研究配网自动化核心技术体系与核心应用场景，明确了当前技术应用中设备适配不足、系统协同较差、运维体系滞后、安全防护薄弱等突出问题。针对以上痛点提出分层设备改造、系统协同优化、专业运维赋能、安全防护升级的全方位效能提升路径。实践表明，通过落地上述优化策略，可有效解决配网自动化技术落地不充分、效能释放不足的问题，全面提升现代配网智能感知、精准调控、自愈恢复、安全防护能力，适配新型电力系统源网荷储协同发展需求。未来，随着物联网、人工智能、数字孪生技术的持续迭代，配网自动化将向全场景智能、全要素感知、全流程自愈方向升级，后续可进一步结合数字孪生技术开展配网仿真优化研究，持续挖掘自动化技术潜力，为现代电力配网高质量发展提供更强有力的技术保障。

参考文献

[1] 潘伟东 . 配网自动化系统中线路故障快速定位策略研究 [J]. 通信电源技术 ,2020,37(11):250-252.

[2] 伍世铭 . 配网自动化技术在电力系统中的应用 [J]. 中国信息界 ,2025,(12):224-226.

[3] 王海涛 . 电力系统配网自动化技术应用 [J]. 住宅与房地产 ,2016,(18):251+254.

[4] 殷正昇 . 加强配网自动化应用提高配网规划质量 [J]. 中小企业管理与科技 (上旬刊),2017,(1):25-26.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.