数字化背景下配电网智能化改造思路探析

李瀛澜，于寒霄

（国网北京市电力公司，北京 100031）

摘 要 在数字经济飞速发展与新型电力系统建设的双重背景下，传统配电网的薄弱环节日益凸显，难以适配新型用电格局。为推动配电网向高效、安全、绿色、智能方向升级，本文立足于数字化技术赋能逻辑，结合城乡配电网运行管理实际，分析当前配电网建设运维中存在的突出问题，并依托数字化核心技术，从感知体系、网络架构、运维模式、调度控制、数据应用等维度提出系统化改造思路，配套完善保障措施，旨在为基层供电企业配电网数字化、智能化升级建设提供参考。

关键词 数字化；配电网；智能化改造；新型电力系统

中图分类号：TM76；TM727.2 **文献标志码**：A DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.042

0 引言

随着我国“双碳”战略深入推进、数字基础设施全面落地以及电力市场化改革持续深化，电力系统的源网荷储结构发生根本性变革。传统配电网以人工运维、经验调度、被动抢修为主，拓扑结构固化、数据感知碎片化、设备智能化程度较低，易出现电压波动、线路过载、故障排查滞后等问题，无法适配新型电力系统“源网荷储协同互动”的发展需求。数字化技术的普及应用，为城乡配电网转型升级提供了关键技术支撑，也是解决传统电网运行难题的核心路径。基于此，本文结合配电网现场运行实际，综合各类数字化技术应用优势，系统梳理智能化改造的核心思路、实施路径与保障方案，为配电网高质量、可持续发展提供实践支撑。

1 数字化背景下配电网智能化改造的重要性

配电网智能化改造以数字化、网络化与智能化为核心发展导向，依托新一代信息技术实现对配电网设备终端、通信网络、运维管理体系、调度控制平台及供电服务模式的全方位升级与体系重构。改造工作的核心目标在于搭建主动配电网运行体系，有效解决传统配电网存在的信息割裂、管控模式滞后、场景适配性不足等突出问题。当前，新能源分布式并网、多元负荷接入规模持续扩大，传统配网已难以适配复杂的用电格局。智能化改造可打通数据壁垒，实现电网状态实时感知、故障快速定位与自愈处置，大幅缩减停电时长[1]。同时，兼顾农村配电网的经济性、实用性与城市配电网的兼容性、灵活性，全面提升电网供电可靠性、新能源消纳水平、电力资源配置效率与用户供电服务质量，精准适配新型电力系统的建设标准与发展需求。

2 当前配电网运行与改造现存问题

2.1 全域感知体系不完善

现阶段，基层配电网的智能感知终端整体覆盖率较低，尤其是农村低压台区与线路末端的问题较为突出，普遍存在监测设备缺位、感知盲区较多的问题，城市老旧配电网的传感设备配置也存在明显的不足。同时，当前市场传感设备品牌繁杂，不同厂家的设备数据标准、通信协议未能统一，兼容性较差。传统传感设备的数据采集维度单一、更新频率较低，仅可完成基础电压、电流数据的采集工作，无法精准监测设备温升、线路损耗以及绝缘状态等关键运行指标，无法实现对电网运行的全方面把控[2]。

2.2 通信网络架构滞后

配电网现有通信模式多以光纤专网、无线公网混合组网为主，部分老旧区域仍采用传统载波通信方式，传输速率低、时延高、抗干扰能力弱。老旧通信架构缺乏统一标准，不同通信制式难以互联互通，系统协同能力薄弱，难以支撑多业务数据同步交互。农村地区地形复杂、光缆敷设困难，通信覆盖不足；城市配电网面对海量终端数据传输，网络带宽不足、组网灵活性较差，且存在数据传输安全隐患，无法满足边缘计算、实时调度、故障自愈等智能化功能的运行要求，制约数字化技术的落地应用。

作者简介：李瀛澜（1994-），女，硕士研究生，工程师，研究方向：电力系统规划与运行及电算协同。

2.3 运维模式传统粗放

现阶段配电网运维仍依赖人工巡检、定期检修、被动抢修的传统模式，运维效率不高且人工成本偏高。人工巡检易受环境、人员状态影响，漏检、误判情况时有发生，难以实现对设备状态的全天候动态监测。传统模式也难以适配海量智能终端的运维管控需求，整体管理精细化程度偏低。农村配电网设施分散、巡检工作量大，设备故障后需逐段排查；城市配电网设备老化严重、状态评估依赖经验，缺乏数据化研判手段。设备潜在故障无法提前预判，线路故障、设备损坏等问题频发，同时运维、调度、营销数据相互割裂，存在明显信息孤岛，无法实现全业务协同联动[3]。

2.4 源网荷储协同能力弱

分布式光伏、户用储能、电动汽车充电桩的规模化并网，深刻改变了配电网传统单向供电模式，形成了电力双向互动格局，而电网负荷波动呈现显著的不确定性。其中，农村配电网负荷季节性差异极大，电网规划建设与实际用电需求匹配度不足；城市配电网网架结构薄弱，区域供电互济能力有限。与此同时，现阶段没有完全智能化程度的调度控制体系，在实现源网荷储各类资源的动态优化配置方面存在一定的困难，从而产生对电网运行的稳定性与经济性的不利影响。

3 数字化背景下配电网智能化改造核心思路与实施路径

3.1 搭建全域智能感知体系

以“全覆盖、高精度、标准化”为原则，推进配电网感知终端智能化升级，构建立体化全域感知网络。在中高压线路、分段开关、联络开关等关键节点部署配电自动化终端，在低压台区推广智能融合终端，配套加装智能传感器、故障指示器、温度监测设备；农村台区重点在配电变压器、柱上开关、分支箱加装智能化终端，城市配电网替换智能开关、智能变压器、智能电表，实现配电网设备运行状态、环境参数、负荷数据的全方位、实时化采集。针对不同区域电网的运行特点差异化布设设备，进一步夯实感知网络的硬件基础。各类感知设备协同运行、有序衔接，形成层级清晰的感知网络矩阵。同时，统一终端数据接口与传输标准，农村设备兼顾防雨、防尘、防腐防护要求，依托“无人机 + 激光扫描 +GIS 建模”技术完成配电网精准建模，消除感知盲区，实现配电网运行态势的实时监测与动态管控，为智能分析、调度决策提供可靠数据支撑。从源头保障数据采集的完整性与准确性，为配电网智能化运行奠定坚实的基础[4]。

3.2 优化通信网络架构

本文构建以光纤通信为主体、无线专网与 5G 通信为辅助、边缘组网作为补充的复合型高速通信网络体系，对传统老旧载波通信设备完成迭代升级，并持续扩大光纤专网的布设覆盖范围。在区域部署上，农村配电网以光纤网络作为骨干传输架构，针对位置偏远的供电台区，配套采用无线专网实现信号补盲；城市配电网依托电力专用 5G 网络，支撑海量终端设备的数据实时传输。结合不同区域的地理与运行特征差异化选用通信方式，可整体强化网络覆盖范围与数据传输性能。各类通信模式形成互补格局，在保障网络覆盖广度的同时，兼顾数据传输效率。通过布设边缘计算节点，实现业务数据本地化处理，有效削减云端数据传输负荷、缩短传输时延，适配故障自愈、实时调压、负荷快速调控等低时延业务的运行要求。与此同时，进一步健全网络安全防护体系，全面部署身份认证、数据加密等安全手段，抵御数据泄露、网络攻击等安全风险，从数据传输、设备访问等层面构建多层安全防护机制，保障通信网络持续稳定运行，为配电网各项业务的数据交互提供安全、高效、可靠的传输支撑。

3.3 重构智能化运维体系

依托大数据、数字孪生核心技术，搭建一体化配电网智能运维管控平台，构建高精度电网虚拟仿真模型，全景可视化展示电网运行状态、设备工况、负荷变化趋势，为运维工作开展提供直观、精准的数据参考。优化传统“定期检修、被动抢修”的粗放运维模式，建立“实时状态监测 + 数据智能研判 + 精准化运维”的全新工作机制。通过 AI 智能算法深度挖掘电网运行数据、历史故障数据，精准识别设备潜在隐患，推动运维模式从故障后的被动处置，转变为故障前的主动预判、精准治理，有效降低设备故障发生率，缩小停电影响范围。针对城乡电网差异化特点，简化农村配电网巡检流程、提升故障定位效率，完成城市老旧设备智能化升级。打通运维、调度、营销数据壁垒，实现全业务数据互通、协同联动，有效缩短故障定位、隔离、复电时长，推动配电网运维工作向智能化、精益化、高效化全面升级[5]。

3.4 完善智能调度体系

为适配新型电力系统多元主体并网的发展需求，对配电网调度控制系统进行智能化升级，嵌入新能源出力预测、负荷动态仿真、无功优化调控等智能算法，实现分布式光伏、储能、电动汽车等新型电力主体的全面可观、可测、可控，提升电网对多元负荷的统筹

管控能力。搭建边缘计算与云端协同调度架构，精准完成电网负荷动态调配、电压无功优化调控、故障后网络快速重构。结合区域用电特征差异化实施调度策略，针对农村配电网适配季节性负荷变化规律，针对城市配电网优化网络架构并提升供电互济能力，以此削弱新能源出力间歇性、波动性引发的电网波动问题，提升新能源就地消纳水平。此外，搭建源网荷储协同交互平台，引导柔性负荷参与电网调峰与电压调节，促进电力资源优化配置，推动电网运行模式向灵活化、集约化转型。该举措能够有效发挥调度系统效能，全面增强配电网运行韧性与综合运营效益。

3.5 深化数据价值应用

以数据赋能为核心，构建配电网大数据分析应用体系，整合电网运行、设备、用户用电、气象数据。打破各类数据分散孤立的局面，形成完整的数据资源池，为后续深度挖掘分析奠定基础。通过数据分析实现线损精益化治理、负荷精准预测、电网隐患排查、供电质量优化，精准定位高损台区、异常负荷、设备缺陷，为电网改造规划、运维决策、营销服务提供数据支撑。农村配电网依托数据优化负荷管理、避免设备重过载与资源闲置；城市配电网通过数据打通消除信息孤岛，同时依托数字化平台优化用户服务，实现用电监测、故障报修、电费查询、需求响应智能化便捷化，提升服务精细化水平，使数据价值深度融入电网运营与客户服务各个环节，实现数据驱动管理、数据优化服务、数据创造价值。

4 配电网智能化改造保障措施

4.1 强化技术保障

持续引入数字孪生、人工智能、边缘计算等前沿电力数字化技术，加强新技术、新设备试点应用与落地推广。搭建技术研发与应用联动机制，结合城乡配电网运行实际优化智能算法、终端设备性能，农村改造注重经济性与实用性，避免过度配置；城市改造统一设备、数据、通信技术标准，保障系统兼容、数据互通，解决改造技术难点。

4.2 健全管理制度

建立健全配电网智能化改造项目管理、运维管控、数据安全、设备运维等配套管理制度，明确改造施工、设备验收、日常运维、数据管理的标准流程。细化各岗位职责分工，规范项目立项、建设、验收、运维全流程管控，农村改造遵循有序推进、分期实施，城市改造同步衔接城市规划，避免盲目改造、重复建设，保障改造工作稳步高效实施[6]。

4.3 加强人才建设

配电网智能化改造兼具电力专业与数字化技术双重属性，对运维、技术人员综合能力要求较高。企业需常态化开展数字化技术、智能设备操作、智能平台运维专项培训，提升现有员工专业能力。同时，引进电力数字化、大数据分析、智能调度等专业人才，打造兼具电力运维经验与数字化技术能力的复合型人才团队，为改造落地与长效运维提供人才支撑。

4.4 加大资金投入

配电网智能化改造涵盖终端设备升级、通信网络改造、业务平台搭建、核心技术研发等多项内容，这些项目内容的整体资金需求规模较大。电力企业应统筹做好资金规划与资源调配，增设智能化改造专项经费，将农村老旧薄弱电网、高负荷供电台区以及城市新能源集中接入区域列为优先改造对象。与此同时，主动对接各类政策扶持资金，积极探索多元化投融资路径，为配电网智能化改造工作的持续开展提供稳定的资金保障。

5 结束语

通过对配电网开展全方位智能化升级改造，能够有效地弥补传统配电网的运行管理不足，推动配电网由粗放式、经验化的传统管控模式，逐步转向数字化、精细化、智能化与协同化的现代化运行模式，显著提升电网供电可靠性、新能源消纳水平与电力公共服务质量。未来，需持续依托数字化前沿技术，不断优化改造路径、完善运维体系、深化数据赋能，持续推进配电网迭代升级，为新型电力系统构建与能源绿色低碳转型提供坚实的电网支撑。

参考文献：

[1] 缪云龙,康志明.电气系统自动化在城市配电网中的智能化改造方案[C]// 广西网络安全和信息化联合会.2026年第十一届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集.2026.

[2] 杨波,余渊,邱才瑜.农村地区配电网集中型馈线自动化智能化改造方案研究[J].仪器仪表用户,2026,33(01):61-63.

[3] 于子恒,姚开源.农村配电网智能化改造关键技术研究与应用[J].大众标准化,2025(24):51-53.

[4] 王平平.智能电网发展背景下的城市配电网改造分析[J].光源与照明,2025(08):254-256.

[5] 陈慧萍.新型电力系统下配电网施工智能化改造路径探索[J].电气应用,2025,44(08):54-59.

[6] 董智,吴豫,张亚飞,等.新型电力系统背景下配电网的智能化规划与管理研究[J].自动化应用,2024,65(24):48-51,64.