老旧配网智能化升级改造路径研究

马奔奔　梁泽华

天津天大求实电力新技术股份有限公司　天津　300000

摘　要：老旧配网受建设标准与运行年限制约，国内大量投运超过 15 年的配网线路及设备仍在服役，存在网架布局杂乱、设备性能衰减、运维模式滞后等问题，部分老旧城区供电半径超出规范限值，设备老化带来的线路故障占配网故障总量占比偏高，整体智能化适配水平偏低，难以适配日趋多元的用电负荷需求。本文结合老旧配网的实际运行短板，梳理适配电网升级的智能化关键技术体系，形成涵盖前期摸排、网架优化、设备迭代、体系搭建的系统化改造实施路径。依托负荷适配优化、数据融合应用、运维体系完善等方式完成升级提质，有效改善老旧配网的运行性能，提升电网智能化、精细化运行水平。

关键词：老旧配网；智能化改造；智能感知；运维体系；电网升级

引言：配网是电力系统面向终端用户供电的关键环节，运行状态直接影响区域供电质量与用电稳定性。大量早期投运的配网设施长期持续服役，网架结构与设备性能逐步显露各类缺陷，传统人工主导的运维管控模式难以适配现代用电场景的运行要求。智能化技术的普及为老旧配网转型提供全新支撑，能够有效弥补传统配网运行管控的各类短板，推动老旧供电网络从粗放运行向智能精益模式转变。

1 老旧配网运行现存状态与适配短板

1.1 老旧配网网架结构运行特征

老旧配网网架成型时间较早，整体布局依托早期用电负荷规划搭建，结构布置形式相对单一。网架多采用架空线路为主的敷设方式，线路分支布置随意，拓扑结构规整度不足。供电支路划分不够精细，线路交叉覆盖、供电半径过长等问题普遍存在，电网整体的供电承载能力分布不均。用电负荷随城市建设与产业发展持续增长，原有网架布局难以匹配逐步升级的用电需求，线路重载、供电余量不足的情况频繁出现[1]。网架整体容错能力偏弱，局部线路出现波动就容易影响片区供电稳定性，制约电网运行质量提升。

1.2 老旧配网设备设施老化存续特征

老旧配网各类电力设备长期处于不间断运行状态，服役年限普遍超出标准使用周期。线路绝缘层会出现硬化、开裂、剥落等物理老化问题，户外设备长期暴露在日晒、雨雪、风沙环境中，外壳锈蚀、内部元器件损耗问题持续累积。开关、互感器、接线装置等配套设备灵敏性逐步下降，机械操作流畅度降低，运行过程中易出现卡顿、接触不良等现象。设备整体性能持续衰减，耐受负荷波动的能力持续弱化，给配网稳定运行埋下诸多不稳定隐患。

1.3 传统配网运行管控模式局限

传统配网管控工作多依托人工巡检、定期检修的模式开展，工作开展节奏固定且被动。状态排查工作依赖人工经验判断，对设备隐性隐患、线路细微异常的识别力度不足，隐患排查存在盲区。数据采集方式较为粗放，仅能完成阶段性信息统计，无法实现电网运行状态的持续性动态捕捉。管控流程偏向事后处置，异常问题出现后才开展检修维护工作，前置预判与主动防控能力缺失，难以适配现代化电网的运行管控节奏。

1.4 老旧配网智能化适配性缺陷

老旧配网原有架构与设备体系围绕传统供电模式设计，硬件接口、数据传输单元配置标准偏低。多数老旧设备不具备数字化信息采集与数据交互功能，无法对接智能化感知、分析与调控系统。网架结构的固定布局模式灵活性不足，难以适配智能调度、负荷优化分配等新型运行模式。老旧线路与设备的运行参数波动较大，会干扰智能系统的数据判别精度，阻碍智能化改造工作的有序落地推进。

2 老旧配网智能化升级改造关键技术体系

2.1 配网状态智能感知技术

配网状态智能感知是老旧电网智能化升级的核心底层技术，聚焦设备与线路的真实运行状态开展精细化信息捕捉。优先选用电流、温度、局放类传感器，落实关

键节点全覆盖的布点策略，通过全域布设前端感知装置，覆盖配电线路、开关设备、主辅变压器等核心电力单元，持续采集设备温度变化、实时负荷大小、电气运行参数及外观工况变化等多维信息。革新传统定点周期性抽检的作业模式，实现配网运行状态的全天候动态采集。针对老旧设备工况波动频繁、老化隐患隐蔽性强的特点，捕捉设备细微工况异动，挖掘常规人工巡检难以识别的隐性异常[2]。搭建全方位的状态信息采集渠道，为后端数据处理与智能研判提供精准的原始数据来源。

2.2 配网数据采集与传输交互技术

配网数据采集与传输交互技术承担全域运行数据的归集、规整与传输工作，适配老旧配网设备繁杂、接口不统一的现状。优化适配老旧终端的采集通信协议，统一不同型号设备的数据输出格式与标准，解决新旧设备数据制式不统一的问题。针对施工现场电磁干扰、粉尘遮挡带来的传输不稳定问题，优化专用传输链路结构，提升数据传输的抗干扰能力与传输准确率。对海量采集信息开展筛选与清洗工作，剔除无效、重复的冗余数据，保留具备实际应用价值的有效信息。打通前端感知终端与后台平台的数据壁垒，实现电力数据的有序流转。

2.3 配网故障智能研判与自愈技术

配网故障智能研判与自愈技术针对性解决老旧配网故障频发、隐患隐蔽、人工处置滞后的行业痛点。依托实时归集的电网运行数据，结合设备老化规律与工况特征搭建专属研判逻辑，自主识别线路异常、设备故障、负荷偏移等各类故障类型。精准锁定故障点位与故障诱因，压缩人工排查耗费的时间成本。技术内置自主处置机制，在出现轻微故障、局部供电失衡等工况时，自主完成故障区段隔离、负荷转移重构、供电恢复等操作。降低故障问题扩散带来的供电风险，提升老旧配网运行的稳定能力与自主修复能力。

2.4 配网精益化智能调控技术

配网精益化智能调控技术扭转老旧配网粗放式调控模式，适配现代用电负荷复杂多变的波动规律。依托实时电网数据解析区域负荷分布特征，科学调整各支路的负荷分配比例，改善局部线路重载、闲置线路轻载的失衡工况。跟随昼夜时段、季节更迭带来的用电需求变化，动态调整配网运行参数与供电策略，弱化负荷剧烈波动对电网设备的冲击损耗。摆脱传统人工被动调节的作业方式，完成配网运行参数的精细化、自主化调整，提升配电资源的实际利用效率。

2.5 配网终端设备智能化迭代技术

配网终端设备智能化迭代技术聚焦老旧终端功能单一、数字化能力薄弱、兼容性不足的短板开展升级优化。对传统老旧终端进行硬件改造与功能拓展，新增数据采集、远程交互、智能响应的数字化功能。优化终端适配性能，让全新智能终端可兼容原有老旧网架与供电体系，降低整体升级改造成本。更新终端内部运行逻辑与运算机制，适配智能电网的数据处理、状态研判与自主调控需求。丰富配网终端的智能化应用场景，夯实全网智能化升级的硬件基础条件。

3 老旧配网智能化升级改造实施路径

3.1 配网改造前期状态摸排与需求梳理

老旧配网智能化改造开展前，需要完成全面的现场状态摸排工作，摸清电网实际运行底数。系统排查网架布局、线路工况、终端设备性能等核心内容，梳理各类结构缺陷、设备老化问题与运行管控漏洞[3]。结合区域用电负荷发展趋势，区分供电稳定性提升、设备隐患治理、运维模式升级等不同改造侧重点。精准定位传统配网与智能化运行体系不匹配的关键节点，明确改造工作的重点方向与改造优先级。细化不同片区、不同设备的升级改造需求，为后续改造方案制定提供真实可靠的现场依据。

3.2 网架结构智能化优化改造方式

网架结构是配网运行的核心载体，结构优化是智能化升级的核心环节。针对老旧配网供电半径偏大、线路布局杂乱、拓扑结构不合理等问题，开展线路规整与网架梳理作业。结合城市、乡村不同场景选取标准网架建设模式，明确分段开关、联络开关的增设位置原则，调整不合理的分支线路布局，精简冗余线路结构，优化整体网架拓扑形态，提升电网结构规整度与供电承载能力。依托智能化电网运行逻辑，完善网架供电分区，强化片区电网独立供电与互联互供能力。优化后的网架结构能够适配智能调度、负荷优化分配等新型运行模式，提升整体电网架构的智能化适配水平。

3.3 老旧设备智能化替换与迭代更新

老旧设备性能衰减、数字化功能缺失，是制约配网智能化升级的主要因素。对超期服役、故障频发的线路、开关、传感设备开展批量更换，替换为具备数据采集、信息交互、智能响应功能的新型智能终端。对仍具备基本运行条件的设备开展局部功能改造，加装智能感知与数据传输模块，补齐数字化运行短板。统一设备运行参数与通信协议标准，解决新旧设备兼容性不足的问题。

3.4 智能运维管控体系搭建流程

传统人工运维模式难以适配智能化配网的运行管理需求，需要搭建全新的数字化运维管控体系。梳理配网智能化运行的管理环节，重构设备管控、隐患排查、故障处置、日常运维的整套工作流程。接入前端感知终端采集的电网运行数据，搭建可视化运维管理平台，实现电网状态的数字化管控。一是转变传统运维模式，建立设备状态动态管控机制，实现基于设备实际运行状态的主动管控与预测性维护，转变传统定期检修的被动运维模式。

3.5 配网智能化改造分步推进模式

老旧配网覆盖范围广、设备类型繁杂，整体改造工作无法一次性落地实施。结合现场摸排的电网状态差异，区分城市、乡村不同应用场景，划分基础整改、智能升级、体系完善等多个改造阶段。优先完成隐患突出、供电可靠性偏低区域的基础改造工作，解决电网运行的基础性问题。后续逐步推进智能设备布设、数据系统搭建、运维模式升级等进阶改造内容。

4 老旧配网智能化升级改造优化与拓展方向

4.1 多场景负荷适配的配网智能优化方式

不同功能区域的用电行为具备独立波动规律，负荷峰值、用电时长与波动幅度存在明显差异。居民用电负荷集中在早晚时段，日间整体负荷体量偏低。工商业用电保持高位运行状态，负荷波动幅度更大、持续周期更长。老旧配网固定的调控参数无法匹配多变的用电工况，容易造成单条线路过载、其余线路资源闲置的失衡问题。依据不同场景的用电波动特征，调整支路供电配比与运行参数，搭建差异化负荷调节机制[4]。针对负荷骤升骤降的极端工况设置缓冲调控逻辑，削弱用电波动对线路与设备的冲击，强化配网工况适配能力。

4.2 配网数据资源融合应用优化思路

配网智能化运行过程中持续产生设备工况、线路运行、负荷变动、故障台账等多类数据。各类数据分属不同功能模块，独立存储模式造成数据割裂，无法形成完整的电网状态研判依据。统一数据录入格式与规整标准，搭建通用性较强的数据整合框架，完成碎片化数据的集中归集与分类梳理。开展数据清洗、特征筛选与深度挖掘工作，提取设备损耗规律、网架运行短板、负荷变化特征等有效信息。将挖掘后的有效数据对接隐患识别、负荷调度、设备维保等业务，实现电力数据深度落地应用。

4.3 配网智能运维体系完善路径

现阶段智能运维框架的管控细节较为粗放，故障处置、日常巡检的流程划分不够精细。依托平台积累的海量运行数据，细化设备全生命周期管控标准，补齐老旧设备智能管控短板。优化隐患识别、风险判定、故障处置的闭环流程，缩减人工干预产生的管理漏洞。结合配网长期运行的工况特点，调整巡检频次与维保方案，摒弃传统固定周期的检修模式。更新运维管理细则，匹配智能设备与新型网架的运行属性，构建精细化、数字化的运维管控模式。

4.4 新型用电场景下配网智能适配拓展

新能源设备、分布式储能与柔性负荷的大规模接入，改变传统配网的负荷结构与运行特性。老旧配网原有调控逻辑适配常规刚性负荷，对间歇性、波动性负荷的兼容性能不足，容易出现并网不稳定、负荷消纳不充分的问题。升级配网感知识别与参数调控逻辑，提升电网对波动负荷的接纳能力。扩展智能监测覆盖范围，将新能源并网点、储能设备运行状态纳入全域监测范畴。迭代配网智能运行机制，适配电力系统新型用电业态，拓宽老旧配网智能化升级的应用场景。

结束语

老旧配网的智能化升级属于系统性的电网提质工程，需要结合网架现状、设备工况与运维特点稳步推进。各类智能感知、数据交互与故障自愈技术的落地应用，能够有效补齐传统配网的运行短板。持续优化负荷适配策略、深化数据资源应用、完善智能运维体系，可不断提升老旧配网对多元用电场景的兼容能力，为配网长效稳定、智能高效运行提供坚实保障。

参考文献

[1] 陈卓. 老旧小区配电系统升级改造具体措施研究 [J]. 消费电子,2026(4):179-181.

[2] 温少锋. 输配电线路老旧线路改造与升级技术研究 [J]. 模型世界,2025(26):135-137.

[3] 方月桥. 老旧小区电气系统智能化改造研究 [J]. 城市开发,2026(2):50-52.

[4] 张熠. 输电线路老旧设备改造升级技术方案与实施效果研究 [J]. 电力与能源,2026,47(3):325-327.