

基于电力工程技术的配电网升级改造方案及效能评估

程云洋

国家电网有限公司谷城县供电公司 湖北 襄阳 441700

【摘要】：伴随新能源大量接入，用电负荷不断增长，传统配电网面临供电可靠性不达标、新能源消纳能力有限、网损较高等突出问题。本文把电力工程技术当作核心支撑，以配电网升级改造的技术、经济、安全和可持续性目标为中心，对分场景改造方案设计、关键流程及技术支撑体系进行系统梳理，构建含有技术、经济、环境及社会维度的效能评估指标体系，集成定量与定性相融合的评估方法。运用案例分析验证方案可行性及评估科学性，总结实操经验，为配电网升级改造给出理论借鉴与实践指引，促进新型电力系统构建以及能源转型落实。

【关键词】：电力工程技术；配电网升级；改造方案；效能评估

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.046

随着电力需求的持续增长与能源结构的加速转型，配电网作为连接输电网络与终端用户的关键环节，其升级改造的重要性不言而喻。配电网作为能源分发的“最后一公里”，是连接电源与用户的关键节点，其运行状况直接影响能源安全和用电体验。我国配电网面临网架结构不稳定、老旧设备占比大、数字化水平不足等状况，较难适应分布式光伏、风电等新能源大规模接入电网的要求，同样无法充分满足电动汽车、数据中心等新型负荷增长的要求。“双碳”目标下，能源系统转型对配电网灵活性、可靠性与绿色化水平的要求进一步提高，配电网升级改造成了破解能源供给矛盾、提高能源利用效率的核心手段。国内外学者围绕配电网改造技术、方案设计及效能评估开展了大批研究，但已有的成果多数聚焦在单一技术或局部场景，缺少对电力工程技术体系的系统整合，且评估指标与方法的针对性、全面性有待提升。基于此，本文依靠电力工程技术的支撑力量，以核心目标为起始点，优化按场景划分的改造方案，充实效能评估体系，为配电网升级改造的科学实施给出系统性引导，推动配电网向智能化、绿色化、高效化转型。

1 配电网升级改造的核心目标与电力工程技术支撑

1.1 核心升级目标

配电网升级改造把多维需求当作导向，创建层次有序的核心目标体系。技术层面着重攻克传统电网的瓶颈，经由优化网架体系、增强设备效能，做到把供电可靠率提升到99.98%以上，把配电网的线损率降低到5%以下，同时提升对分布式光伏、风电等新能源的消纳能力，顺应源网荷储协同运行模式。经济目标把全生命周期成本管控作为要点，在控制改造起始阶段投资的基础上，依靠设备智能化减少运维人力的投入，做到投资回收期缩短3~5年，减少单位电量的供电成本。安全与可持续发展的目标紧贴“双碳”目标，保证电网可满足极端天气下应急供电的需求，经由应用节能技术和选定绿色设备，实现改造区域配电网碳排放强度减少15%以上，保障电网安全稳定，推动与生态效益相统一^[1]。

1.2 关键电力工程技术支撑体系

电力工程技术为配电网升级给予全方位助力，构建以“网架-设备-智能-节能”为核心的四维技术体系。网架优化技术借助网络重构算法达成负荷的均衡分配，采用微电网组网技术提升局部电网的独立能力，解决新能源接入电网引发的电压波动问题。设备升级仰仗智能变压器、真空断路器等新型设备，换掉运行超出合理期限的老旧设备，增强设备绝缘性能及运行稳定性，降低故障发生的频次。智能化技术把配电自动化系统当作核心，综合物联网监测与大数据分析，达成故障定位、隔离与恢复的自动操作，减少停电时长。节能与环保技术采用动态无功补偿装置平衡负荷波动，采用低损耗设备降低能源的浪费，和碳排放监测技术相搭配，为电网绿色转型给予数据方面支撑，实现技术闭环结构。

2 配电网升级改造典型方案设计

2.1 分场景改造方案

分场景改造应精准契合不同区域的负荷特性与发展需要，城市配电网把目光投向高密度负荷与新能源集中接入场景，采用“网架强化与智能调控”方案：借助新增环网柜构建双回路的供电模式，以耐高温铝合金导线替换传统导线，进而降低线损，在光伏集中区域配套10kV储能系统以平抑功率波动，同步布置配电自动化终端实现故障瞬间隔离。农村配电网针对网架薄弱、用电负荷分布分散问题，实施“延伸拓展优化+设备功能升级”改造：把10kV线路拓展至偏远村落，把老旧的单相变压器换成三相智能变压器，采用架空绝缘导线以增强防雷击本领，在农业灌溉集中的区域增添专用供电分支箱^[2]。处于特殊场景的时候，工业园区聚焦“高可靠+高兼容”，选择防爆型开关柜与大电流断路器适配工业负荷；处于灾害高发区采用能抗台风的电杆和防水电缆，组建应急微电网保障极端天气时候的供电，达成场景与方案的精准契合，为配电网高效运行筑牢坚实基础。

2.2 方案设计关键流程与原则

方案设计需依照“诊断先行、科学选型、协同推进”的关键逻辑。关键流程从开展现状诊断起头，凭借红外测温、负荷监测等技术采集设备运行数据，结合用户增长预估开展需求分析，明确网架薄弱点与新能源接入的容量。随后进入技术选优阶段，依据场景属性挑选设备及技术，初步方案形成后，借助仿真模拟来验证其可行性，对网架结构与设备参数做优化调整。实施阶段要制定分阶段施工的计划，做好电网运行与施工进度的协调，防止影响到用户的供电。就设计原则而言，适配性提出技术需要与区域负荷、地理条件相匹配，优先选用架空线，经济性要兼顾初期投资与运维成本，借助全生命周期成本分析进行设备筛选；可扩展性需要预留新能源接入的接口及通信带宽，契合未来电动汽车充电设施、分布式电源的接入诉求，保障方案长久可行，助力配电网高质量转型发展^[3]。

3 配电网升级改造效能评估体系

3.1 评估指标体系构建

评估指标体系应从配电网升级核心目标出发，搭建技术、经济、环境、社会三位一体的综合架构，保障覆盖改造全维度的价值。技术效能指标瞄准电网运行核心性能，含有供电可靠率、电压合格率、网损率以及新能源消纳率，而供电可靠率需要提升到99.98%以上，电压合格率稳定让其处于99.5%以上，需把网损率控制在5%以下，这些指标直接反映改造对电网供电质量和运行效率起到的改善作用，新能源消纳率关键评估电网对分布式光伏风电的接受水平。经济效能指标贯穿项目全生命周期，核心涉及投资回收期、单位电量供电成本、运维成本节约率以及资产利用率，优质改造项目需实现投资回收期缩短三至五年的预期效果，改造后单位电量供电成本比改造前降低10%以上，依靠全生命周期成本核算量化改造项目的经济收益^[4]。环境与社会效能指标紧贴‘双碳’目标和民生需求，包括碳减排数量、年节电量、应急供电保障比率及用户满意度，年节电量应超出五十万千瓦时，同时通过问卷调查，采集用户对供电稳定性及服务响应的评价，全面凸显改造的综合意义，采用层次分析法确定指标权重，进而保障其科学性。

3.2 评估方法与模型

评估方法需要把定量分析与定性研判融合在一起，创建相互补充协同的模型体系以增强结果可信度。定量评估依靠数据作为核心支撑，层次分析法借助搭建递阶层次结构，结合专家的看法确定各指标权重，解决多维度指标重要性的排序事宜；模糊综合评价法针对如电压稳定性和服务质量等难以精准度量的指标，以模糊矩阵转化的方式实现定性指标的定量分析；数据包络分析凭借投入产出的数据，客观评价改造项目的资源配置效率，能对多区域多方案做横向的对比。定性评估采取专家打分的手段，邀请电力工程、经济管理、环境科学领域相关

专家，对政策适配性、技术创新性等指标开展综合审视，应对定量方法的局限性挑战。全生命周期评估模型贯穿项目规划、设计、施工、运行、报废的完整流程，统计各阶段的能源消耗费用和环境影响结果，杜绝仅看重短期效益的片面思维。实际运用中借助MATLAB软件达成模型仿真，把定量计算结果跟定性评价意见加以融合，采用敏感性分析验证评估结果的稳定程度，保障结论客观真实^[5]。

3.3 评估流程与数据支撑

评估流程遵循事前预估、事中监测、事后归纳的全周期逻辑，构建闭环管理机制。在事前阶段开展基础数据采集以及评估目标的设定，凭借实地调研把配电网现状梳理清楚，明确各指标的基准值，按照改造方案拟定效能预期目标，为后续评估工作给出参照标准。在事中阶段，依托实时监测系统动态跟进改造进度，收集施工阶段设备安装质量、工程投资等的相关数据，对比实际推进进度跟计划目标的偏差，即刻给出方案调整的意见，防止改造脱离预期走向。事后阶段达成全面效能核算，归集改造后的运行数据，对比各指标改善幅度然后进行分析，完成评估报告并总结经验心得。数据支撑凭借监测、统计、模拟三维体系，监测数据是从配电自动化的物联网传感器采集来的，实时采集供电参数、设备运行状态、负荷的实时变化信息；统计数据涉及改造项目的投资明细、运维记录、用户用电档案这类历史数据，为经济指标核算给予依据；模拟数据借助PSASP、PSCAD等电网仿真软件生成，填补极端工况状态下实际监测数据的缺漏。数据处理采用大数据清洗手段剔除异常值，依靠云平台完成多源数据的融合存储与共享，采用数据挖掘技术萃取关键信息，为各阶段评估提供准确全面的数据后盾。

4 案例分析与实践成效总结

4.1 典型场景改造案例深度解析

选取城市高密度负荷区域、农村薄弱网架区域、工业园区三类典型场景，各以一个标杆项目当样本解析改造逻辑。城市案例把焦点放在某省会核心区，改造前受新能源集中接入影响，采用“环网柜+储能”方案，添设8台智能环网柜以构建双回路，配套采用2套10kV储能系统。农村案例聚焦西部某村落，网架陈旧造成电压不稳定，推进线路延伸及设备升级事宜，把12台三相智能变压器换掉，铺排15公里架空绝缘导线。工业园区案例所面向的是长三角某化工园，把“高可靠”当作核心，采用防爆开关柜以及大电流断路器，优化网架设置，降低供电的瓶颈^[6]。三类案例核心数据如表一所示：

表一 三类案例核心数据统计表

案例类型	核心技术	供电可靠率提升	网损率下降
城市核心区	环网柜+储能	0.05%	1.2%
农村村落	智能变压器+绝缘导线	0.08%	1.5%

工业园区	防爆设备+网架优化	0.03%	0.8%
------	-----------	-------	------

4.2 改造方案实践成效对比与经验提炼

按照三类案例达成的成效情况看，技术层面上农村案例的供电可靠率提升最为明显，由于改造之前基础最为薄弱；城市案例内新能源消纳率提高至30%，优于其他场景。就经济维度而言，城市项目投资回收期达4年，较农村短1.5年，受益于负荷密度高、收益可靠。从环境维度看，农村案例年均碳减排200吨，因替换了大量高损耗老旧设备。核心经验有三：一是技术选型需瞄准场景痛点，如工业园区要把安全保障放在首位；二是实施过程中采用“分片施工+带电作业”手段，减少停电造成的负面效应；三是建立改造后运维相关台账，定期检

查设备的实时状态。这些经验为同类项目给出了可复制的实践办法，提升改造的科学性。

5 结语

综上所述，电力工程技术是配电网升级改造的核心关键支撑，分场景的定制方案与科学的效能评估体系是保障改造达成成效的关键。本文有条理地梳理了配电网升级改造的目标、技术助力、方案设计及评估途径，用案例验证了相关路径存在的可行性与有效性。配电网升级改造不仅能提升供电的可靠性、减少网损、增强新能源的消纳能力，还可为能源系统转型以及“双碳”目标的实现打下坚实基础。未来要不断推进技术创新与多维度融合协同，优化考核体系，对实践挑战进行针对性破解，促进构建安全、高效、绿色的新型配电网。

参考文献：

- [1] 刘松然,彭羽,董小君.供电公司配电网升级工程的经济性评估与优化路径研究[J].商业 2.0,2025,(24):37-39.
- [2] 吴文.10kV 及以下乡村电网改造升级规划设计研究[J].自动化应用,2025,66(S1):154-156.
- [3] 谈文希.配电网升级改造与业扩配套工程协同优化策略研究[J].电工技术,2025,(S1):669-671.
- [4] 闫宇露,程瑜,陈熙.适应光伏高渗透接入的配电网拓扑及储荷资源协同规划[J].广东电力,2024,37(12):50-60.
- [5] 王家祥.农村电网升级改造关键技术研究[J].中国品牌与防伪,2024,(12):150-151.
- [6] 宋洪光.对 35kV 变电站内的农网 6.0kV 配电变电所进行自动化升级改造[J].电世界,2021,62(09):38-42.