

Research on Adaptability and Economy of New Distribution Equipment in the Power Grid Upgrade of Old Residential Area

Fuyi Qiao

State Grid Shaanxi Electric Power Co., Ltd. Foping County Power Supply Branch, Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

Abstract

To address challenges including outdated power grid equipment, insufficient supply capacity, and safety hazards in old residential communities, this study examines a grid upgrade project in a city's core area. Through research on new distribution equipment selection, compatibility design, electrical system optimization, and cost-effectiveness analysis, the paper proposes tailored equipment adaptation solutions and implementation pathways. Comparative analysis of traditional versus new equipment demonstrates superior performance parameters, installation conditions, and ROI, with new systems achieving 99.97% power supply reliability, 32.6% reduction in line loss rates, and 28.3% decrease in lifecycle costs. The study presents a technically feasible and economically sound approach for upgrading aging residential community power grids.

Keywords

old residential area; new distribution equipment; power grid upgrade; adaptability; economy

新型配电设备在老旧小区电网升级中的适配性与经济性研究

谯富意

国网陕西省电力有限公司佛坪县供电分公司, 中国·陕西·汉中 723000

摘要

为解决老旧小区电网设备陈旧、供电能力不够、安全隐患等问题, 本文以某城市核心区老旧小区电网升级项目为例, 围绕新型配电设备选型、适配性设计、电气系统优化以及经济性分析展开研究, 提出针对老旧小区电网升级的设备适配方案及实施路径。对传统设备和新型设备的性能参数、安装条件及投资回报展开对比, 证实了新型配电设备在供电可靠度、节能效率和全生命周期成本上的优势。运用新型配电设备后, 小区供电可靠率升至99.97%, 线损率降低幅度达32.6%, 全生命周期成本降低28.3%, 给出了老旧小区电网升级的技术可行、经济合理方案。

关键词

老旧小区; 新型配电设备; 电网升级; 适配性; 经济性

1 引言

虽然智能电网小区还处于“概念化”的试验阶段, 但其未来发展前景广阔, 对未来电网升级改造和居民的信息化生活具有示范效应。目前, 我国智能电网小区的建设和改造以及新建项目正不断推进。对于现代住宅小区而言, 小区电力配电及机电设备设施的正常运行是小区居民日常生活得以正常运行的重要保障。但是从目前的实际情况来看, 部分小区的电力配电及机电设备设施管理依旧还存在着诸多问题, 在很大程度上对居民的日常生活造成了严重影响。如老旧小区一般建设年代长、配电设备老化重、供电容量不足够、线路布局乱套, 难以满足电动汽车充电、智能家居等新用电

负荷增长需要, 频繁引发停电问题和安全隐患^[1]。新型配电设备靠高效节能、紧凑小巧、智能可靠等优势, 为老旧小区电网升级增添新的技术助力。本文借助实际工程案例, 剖析新型配电设备与老旧小区电网适配性设计关键点, 为同类老旧小区电网升级改造提供借鉴。

2 工程案例

某城市核心区老旧小区电网升级改造项目, 该小区2000年建成, 所占面积约4.2万平方米, 居民楼数量为18栋, 共有864户住户, 有32家商业网点相配套。小区原有电网采取传统配电模式, 电压为0.4kV等级, 拥有配电变压器6台, 总计容量2100kVA, 存在2条10kV进线, 低压出线计36条, 配电线路总长度大概为3.8km。配电变压器、开关柜等既有设备运行时间超20年, 绝缘性降低, 故障发生频次达每年8.7次, 其中变压器漏油、开关拒动等严重故障占比为42%;

【作者简介】谯富意(1997-), 男, 中国陕西西乡人, 本科, 助理工程师, 从事配网检修、电力系统自动化研究。

由于居民用电负荷急剧增加，以往配电变压器负载率一直达85%以上，高峰时段超110%，造成电压质量超出标准，末端电压出现-12%的偏差，无法符合电动汽车、空调等大功率设备使用条件；本项目加入新型配电设备，增强供电稳定性，把供电可靠率从99.78%提高到99.95%以上，年均停电时长缩减至8小时内；提升负荷承载性，满足未来5至8年用电负荷增长所需，把变压器负载率限制到70%以下；改进安装布置，在占地面积无新增的条件下，实现设备紧凑型排列；四是减少能耗与安全风险，线损率减至5.5%以下，清除现有的电气安全隐患。

3 新型配电设备选型与适配性设计

3.1 新型配电设备选型

社会的快速发展推动了城市进程的加速，所以各住宅小区的数目越来越多，作为生活基础建设之一的供配电设施建设就显得越来越重要了。但是在实际的建设和维护中，因为诸多因素导致无法有效利用住宅区域供配电设备。鉴于老旧小区安装空间有限、负荷增长迅速、维护条件不佳等特征，本项目选择以下3类核心新型配电设备（见表1）。

表1 核心新型配电设备

设备类型	型号规格	核心性能参数
干式配电变压器	SCB14-630/10	容量630kVA，损耗等级14型，空载损耗1.2kW，负载损耗5.8kW
紧凑型开关柜	KYN28A-12 (改进型)	额定电压10kV，额定电流1250A， 防护等级IP4X
智能低压配电箱	MNSL-0.4	额定电压0.4kV，出线回路24路， 具备智能监测功能

3.2 适配性设计要点

3.2.1 空间适配设计

把原有的6台传统变压器换成4台SCB14型干式变压器，发挥其体积小巧这一优势，对原有配电室布局加以优化，将维护通道宽度扩至1.2m；紧凑型开关柜运用“上下层布局+前后错层”形式，若占地面积相同，出线回路数量增长25%；智能低压配电箱采取壁挂式安装方式，代替传统落地式箱体，减少地面空间占用60%。新型电缆采用的是交联聚乙烯绝缘电缆，呈现出外径小、柔韧性佳的特性，适合老旧小区窄电缆沟铺设，敷设占用的空间降低30%。

3.2.2 负荷适配设计

利用智能电表采集近3年用电数据，综合电动汽车充电桩、智能家居等新增负荷的预测，选定变压器容量配置计划，把单台变压器容量从315kVA或350kVA统一提升至630kVA，总容量升高到2520kVA，将负载率限定在65%以内；新型开关柜选用高分断能力断路器，适配老旧小区线路短路大电流工况；智能低压配电箱配置自适应型过载保护装置，可依照负荷变化动态调节保护参数，杜绝误动作跳闸。

3.2.3 运行维护适配设计

由于老旧小区物业维护力量有限，干式变压器采纳真

空浇注工艺，无需定期实施换油维护；开关柜配置智能监测模块，可对设备温度、湿度、绝缘状态实时进行监测，做到故障预警；低压配电箱添加远程控制功能，协助物业人员远程抄表、故障排查，降低现场维护工作量^[2]。设备操作界面设计简明直观，符合老旧小区维护人员操作习惯，降低培训开支。

3.3 设备连接与系统集成

10kV侧通过紧凑型开关柜与原有进线电缆连接，采用插拔式终端接头，安装便捷且接触可靠；变压器与开关柜之间采用封闭母线桥连接，缩短接线距离，降低损耗；低压侧通过智能低压配电箱实现负荷分配，出线电缆采用矿物绝缘电缆，提升防火性能。设备层通过传感器采集变压器温度、线路电流电压等数据；通信层采用LoRa无线通信技术，适配老旧小区布线困难的场景，数据传输速率达50kbps，时延≤100ms；监控层搭建集中监控平台，实现设备运行状态实时监测、故障报警、远程控制等功能，系统架构见图1。

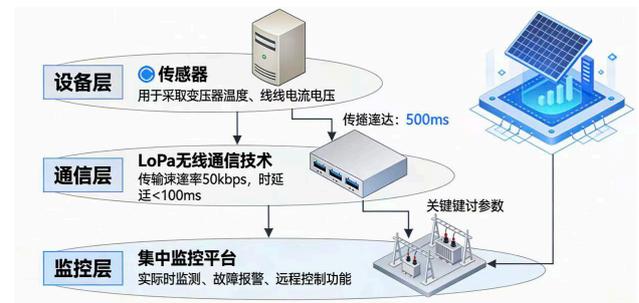


图1 系统架构图

4 电气系统设计

4.1 主接线与负荷分配设计

10kV侧采用单母线分段接线模式，2条进线各自连接两段母线，靠联络开关做到互备；低压侧采用单母线分段的接线方式，一台变压器对应一段母线，分段开关选用智能断路器，可以实现自动切换投送。负荷分配按照“就近供电、均衡负载”标准，实现居民负荷和商业负荷的分开供电，居民用电采用放射式布线，商业负荷采用树干型接线，保证负荷均匀分布，线路损耗最小化。针对新增的电动汽车充电负荷，在低压侧留出16路专用充电回路，利用独立断路器进行保护，回路容量按30kW/路规划，适配未来充电设施安装要求。

4.2 布线设计

依照“隐蔽铺设、安全稳固、方便维护”准则，高压电缆利用电缆沟实施敷设，低压电缆采用桥架加穿管的敷设法^[3]。在居民楼间新添1.2m×0.8m电缆沟，采取防水、防腐手段；楼道当中电缆桥架选防火型，规格设定为300mm×150mm，沿着墙角铺设，不会影响居民走动；入户电缆采取穿管暗装，保护管选取PVC管，管径选择参考电缆截面，保障敷设合乎规范。电缆选型环节，10kV进线

电缆采用 YJV22 - 8.7/15kV 3 × 120mm² 这种型号，低压出线电缆采用 YJV-0.6/1kV 4 × 120mm²，让电缆载流量符合负荷要求，而且具备良好的机械强度和绝缘性能。

4.3 接地与防雷设计

新型配电设备接地采用 TN-S 体系，全部设备金属外壳及电缆金属护套等都要可靠接地，接地电阻值不超 4Ω；配电室实施总等电位联结，居民楼每层安排局部等电位联结工作，增进用电安全性，防雷设计部分，在配电室房顶装设接闪带，给配电设备添装浪涌保护器，10kV 侧选用 10/350μs 规格的 SPD，低压侧采用 8/20μs 型的 SPD，防护等级达 II 级及以上，切实抵挡雷电过电压冲击。

5 适配性与经济性分析

5.1 适配性效果评估

项目实施后监测运行数据，新型配电设备适配老旧小区电网效果好。配电室占地面积未增加的状况下，借由设备紧凑布置与布局优化，配电室利用率上升 40%，使通道宽度达标率达成百分百，电缆敷设圆满结束，没有空间冲突情形；变压器升级后平均负载率降低至 62%，高峰阶段最大负载率为 78%，电压偏差把控在 ±3% 以内，让各类用电设备正常工作，新增电动汽车充电桩接入无障碍；设备运转平稳，投入运行 1 年没出严重故障，故障发生频次减至 1.2 次/年，改造后比改造前降低 86.2%；智能监控系统运行靠谱，数据采集完整程度达 99.8%，远程维护响应耗时不超 30 分钟，开展接地防雷优化及设备升级，电气安全隐患发生率降低至 0 起/年，完全消除了线路老化、漏电等安全隐患。

5.2 经济性分析

5.2.1 投资成本对比

项目总投资包括设备购置费、安装工程费、设计监理费等，新型配电设备与传统设备投资成本对比见表 2。

表 2 新型设备与传统设备投资成本对比表（单位：万元）

成本类型	新型设备方案	传统设备方案	差异额	差异率
设备购置费	386.4	312.8	+73.6	+23.5%
安装工程费	128.6	115.2	+13.4	+11.6%
设计监理费	28.3	25.7	+2.6	+10.1%
其他费用	18.7	16.3	+2.4	+14.7%
总投资	562.0	470.0	+92.0	+19.6%

注：其他费用含调试费、管理费等

5.2.2 运行经济性分析

对运行费用、能耗节约、维护成本等方面展开经济性分析，计算周期设定为 20 年。新型配电设备节能效果佳，小区线损率从百分之八点三降低到百分之五点六，以年均用电量 1260 万 kWh、电价 0.56 元/kWh 来计算，年均节约

电费数额是 1260 乘（8.3% 与 5.6% 的差值）乘 0.56，约达 19.1 万元，新型设备的免维护性大幅削减维护成本，年均维护成本由改造前的 28.5 万元减少至 8.6 万元，平均每年节省 19.9 万元；改造前年平均停电损失（居民及商业）约 42.3 万元，经改造后降为 5.8 万元，每年平均节省 36.5 万元；20 年后新型设备残值大约是设备购置费的 10%，传统设备残余价值约为 5%，残值差异达 23.0 万元。

5.2.3 全生命周期经济性评估

全生命周期成本（LCC）= 初始投资 + 运行费用累计 - 残值回收。新型设备方案全生命周期花费为 1286.8 万元，传统设备方案成本达 1768.4 万元，新的设备方案省下成本 481.6 万元，成本节省比例为 27.2%；计算投资回报周期得出，新型设备方案在节能、维护、故障损失等方面实现节省，8 年可回收额外投资，经济效益可观。

5.3 综合效益分析

除直接经济效益外，新型配电设备可创造显著综合成效，提升居民用电质量，停电时长大大缩短，提升电压品质，居民满意水平为 98.3%（见图 2）；助力达成“双碳”目标，每年平均减少碳排放约 86.3 吨，符合绿色发展规定。

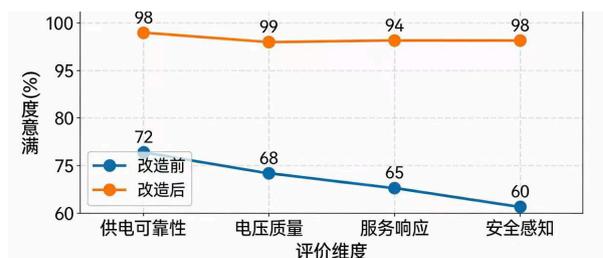


图 2 项目改造前后居民满意度对比

6 结语

本工程实例证明，新型配电设备于空间适配度、负荷承载量、安全运行性等方面呈现良好适配性，虽说初始投资略微偏高，然而经由节能降耗、削减故障损失、降低维护成本等方式，全生命周期经济效益显著。未来老旧小区电网升级改造应率先推行新型配电设备，同时结合小区实际情形进行个性化适配规划，增强智能技术整合应用，进一步增强电网智能化水准和运行效率。

参考文献

- [1] 张永明,于杰生,颜哲,等.面向老旧小区的建筑供配电低改造技术研究[J].建筑节能(中英文),2023,51(06):96-101+142.
- [2] 杜石涛.老旧小区住宅区供配电设施改造项目管理分析[J].农村电工,2022,30(02):42-43.
- [3] 苏晓琴.浅谈老旧小区配电设置改造项目的工程建设安全分析[J].四川水泥,2021,(01):127-128.