

老旧小区供配电设施改造的技术经济分析与工程实践

卓殿存

卓高建设集团有限公司 河南 新乡 453400

【摘要】：随着我国城镇化进程的深入和居民生活水平的显著提升，大量建于20世纪末至21世纪初的老旧小区供配电设施已难以满足现代用电需求，存在设备老化、容量不足、安全隐患突出及能效低下等问题。本文以老旧小区供配电设施改造为研究对象，系统分析了其技术层面的核心内容，包括负荷预测与容量配置、设备选型与标准化、配电网络重构及智能化升级等关键技术路径。在此基础上，构建了涵盖全生命周期成本的经济分析模型，探讨了政府、电网企业、居民等多方参与的多元化资金筹措模式。通过结合典型工程案例，总结了改造过程中的项目管理要点、实施难点及长效运维机制。研究表明，科学的技术方案与精细化的经济分析是确保改造项目成功实施、实现社会效益与经济效益双赢的关键。本文旨在为持续推进城镇老旧小区改造、提升城市基础设施韧性提供理论参考与实践借鉴。

【关键词】：老旧小区；供配电设施；改造技术；技术经济分析；工程实践；资金筹措

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.030

1 引言

城镇老旧小区改造是重要的民生工程和发展工程，对于改善人居环境、提升城市品质、促进社会和谐具有重要意义。供配电设施作为保障居民基本生活与现代化需求的“生命线”，其老化与落后问题尤为突出。许多老旧小区建成年代较早，其供配电系统设计标准低、线路老化严重、变压器容量不足，导致供电可靠性差、电压不稳、安全隐患大，且难以承载空调、电动汽车充电桩等新型负荷的增长。这不仅严重影响居民生活质量，也制约了社区现代化升级与智慧城市建设的进程。

近年来，从中央到地方各级政府均出台了一系列政策文件，大力推进包括供配电设施在内的老旧小区综合改造。然而，改造工作涉及技术方案选择、巨额资金投入、多方利益协调以及复杂的工程实施，是一项系统工程。如何在有限的资源约束下，制定出技术上可行、经济上合理、管理上高效的改造方案，成为亟待解决的现实问题。

因此，本文聚焦于老旧小区供配电设施改造，旨在通过系统的技术经济分析与工程实践总结，厘清改造的技术路径、成本效益与实施模式。研究首先剖析改造面临的主要技术问题与需求，进而提出针对性的技术解决方案；随后，构建经济分析框架，评估改造投入与产出；最后，结合具体案例，提炼工程管理经验与长效运维机制，以期相关政策完善与工程实践提供科学依据。

2 老旧小区供配电设施现状与改造需求分析

2.1 主要存在问题

老旧小区供配电设施的普遍问题可归纳为以下几个方面：

设备老化与标准滞后：大量配电变压器、开关柜、电缆及电表箱运行年限超过20年，绝缘性能下降，故障率高。早期设计标准（如户均容量仅为2-4kW）已远不能满足当前每户空调、热水器、厨房电器等多重负荷同时使用的需求。

供电能力不足：随着居民用电设备激增和商业业态嵌入，原配电变压器常处于过载或重载运行状态，夏季用电高峰期间跳闸频繁，供电“卡脖子”问题突出。

网络结构不合理：低压供电半径过长，线路迂回，导致末端电压偏低，电能质量差。线路私拉乱接现象普遍，存在严重火灾隐患。

运维主体缺失与管理混乱：许多老旧小区原产权单位破产或搬迁，供配电设施长期无人专业维护，或由非专业的物业公司代管，导致故障响应慢、维护不到位。未实现“一户一表”直接抄表到户，收费纠纷多。

与城市发展不协调：外露的架空线路影响市容美观，且难以满足电动汽车充电设施、分布式光伏接入等新业态的接入需求。

2.2 改造的核心目标

基于上述问题，改造需达成以下核心目标：

安全可靠：彻底消除电气火灾和人身触电安全隐患，大幅提升供电可靠率和电压合格率。

容量充裕：科学预测负荷增长，配置足够的变压器容量和线路截面，满足中长期用电需求，一般建议户均容量提升至6-8kW或更高。

标准统一：推动设施标准化、规范化，实现“一户一表、

抄表到户”，产权明晰移交至供电企业，建立专业的运维管理体系。

节能智能：采用高效设备（如二级能效变压器），降低线损；预留智能化接口，为未来智慧用电、需求侧管理奠定基础。

环境协调：积极推进管线入地，美化小区环境，并与老旧小区整体改造规划相协同。

3 改造关键技术方案

3.1 负荷预测与容量科学配置

准确的负荷预测是改造方案设计的基础。需综合考虑小区现状负荷、居民生活习惯变化、家用电器普及率提升以及电动汽车、充电桩等新型负荷的潜在增长。应采用需用系数法、单位指标法等多种方法进行测算，并留有适当裕度。改造后，配电变压器容量的确定应遵循“小容量、多布点、短半径”的原则，缩短低压供电距离，改善电压质量。

3.2 设备选型与标准化设计

设备选型应遵循国家技术经济政策，优先采用技术先进、运行可靠、节能环保、维护简便的产品。

变压器：推广使用 SCB14、SCB18 等系列低损耗、低噪音的干式变压器，能效等级不低于二级。对于空间受限的小区，可考虑采用地埋式预装式变电站等紧凑型方案。

线路与电缆：低压主干线宜采用交联聚乙烯绝缘电缆（YJV），并依据载流量和热稳定校验选择合适截面。鼓励电缆管道入地敷设，做到强弱电管线统一规划、同步施工。

配电箱与电表：采用标准化、模块化设计的户内/户外配电箱。全面更换为智能电表，实现远程集抄、电量监测、故障报警等功能。

3.3 配电网络重构与优化

对原有不合理的配电网络进行重构：

优化电源点布局：根据负荷分布，新增或重新选址建设配电台区，确保每个台区供电范围合理。

改造低压线路：理顺供电路径，更换老旧线路，实现线路分段、联络，提高互供能力和故障隔离能力。

完善接地与防雷系统：按照新规范完善 TN-S 或 TN-C-S 接地系统，更新防雷装置，提升系统安全性。

3.4 智能化与信息化升级

将智能化元素融入改造，是面向未来的必然选择：

安装智能电表及高级量测体系（AMI）：为需求响应、阶梯电价执行提供数据基础。

配置配电自动化终端（DTU/FTU）：在关键节点实现故障自动检测、定位与隔离，非故障区域快速恢复供电。

建设综合能源管理平台：有条件的小区可整合光伏、充电桩等资源，实现能源的协调优化与高效利用。

4 改造项目技术经济分析

4.1 全生命周期成本分析

技术经济分析不应仅关注初始投资，而应基于全生命周期成本（LCC）理念进行评估。LCC 主要包括：

初始投资成本（C0）：包括设备购置费、材料费、设计施工费、拆迁补偿费等。这是改造的主要直接支出。

运行维护成本（C1）：改造后每年的电费（线损）、设备巡检、预防性试验、日常维修等费用。采用高效设备可显著降低此项成本。

故障处置成本（C2）：因设备故障导致的停电损失、抢修费用及社会影响成本。改造后可靠性提升，此项成本将大幅下降。

残值（S）：生命周期结束后设备的剩余价值。

通过对不同技术方案进行 LCC 计算与比较，可以选择在寿命期内总成本最低的最优方案。

4.2 效益分析

改造效益体现在经济与社会多个维度：（1）直接经济效益：降低线损带来的电费节约；减少故障停电带来的经济损失；因供电改善可能带来的房产增值。（2）间接社会效益：这是改造的主要价值所在，包括：消除安全隐患，保障人民生命财产安全；提升供电质量，改善居民生活品质；美化社区环境，提升城市形象；促进家用电器和新能源汽车消费，释放内需潜力；推动社会治理，通过“一户一表”明晰权责，减少社会矛盾。

4.3 资金筹措模式分析

巨额改造资金筹措是项目落地的关键。当前实践中形成了多元化的资金分担模式：

（1）政府财政补助：省、市、区各级财政设立专项资金，承担部分改造费用，体现公共服务属性。例如，临沂市采取市、区财政各补助三分之一的方式。（2）电网企业投资：供电公司作为后续运维主体和电力普遍服务承担者，通常投入大量资金进行“兜底”或承担主要设备费用，并负责改造后的长期运

维。(3)原产权单位或居民出资:在政策允许和协商一致的前提下,部分费用可由原单位或居民承担,但当前许多成功案例强调“居民不出一分钱”以顺利推进。(4)市场化融资:探索与节能服务公司(ESCO)合作,以未来节能收益分成模式;或吸引社会资本参与充电桩、分布式光伏等经营性设施的建设。

建立透明、高效的资金管理与支付流程,确保专款专用,是保障项目廉洁高效的重要环节。

5 工程实践与项目管理

5.1 典型案例实践

福建省邵武市东关小区配电网改造:该小区建于20世纪90年代,配电设施超期服役问题突出,原有变压器容量严重不足,长期面临过载运行与低电压投诉的双重压力。改造工程坚持问题导向,采取“增容、换代、优网”的综合技术路线:科学新增配变布点,缩短低压供电半径;全面更换老旧低压电缆,提升线路载流能力;优化三相负荷分配,改善电压质量不平衡状况。改造后,小区总供电容量从1600千伏安提升至2390千伏安,增长49.4%,彻底消除了变压器过载现象,末端电压合格率显著提高,居民与周边商户用电体验得到根本性改善。该案例生动诠释了老旧小区配网“精准诊断、适度超前、网络优化”的典型改造范式,为同类工程提供了可复制的实践经验。

5.2 项目管理关键环节

成功的改造项目依赖于精细化的项目管理:

(1)前期勘察与方案协同:必须进行详尽的现场勘查,并与老旧小区整体改造中的建筑、给排水、暖通、景观等专业充分协调,进行管线综合设计,避免反复开挖。(2)标准化流程与质量控制:严格执行国家及地方相关技术标准与导则。加强施工过程监理和材料设备进场验收,确保工程质量和工艺水平。(3)施工组织与居民协调:老旧小区施工场地狭窄、居民密集,需制定周密的施工计划,采取分片分段、夜间作业

等方式减少扰民。加强宣传沟通,争取居民的理解与支持至关重要。(4)安全管理与廉政风险防控:始终将安全生产放在首位。同时,针对项目资金量大、环节多的特点,开展专项效能监察,加强对设计、施工、物资采购等环节的廉政风险管控,确保项目成为“廉洁工程”。(5)竣工验收与资产移交:严格按照设计方案和标准进行验收。验收合格后,及时完成供电设施资产的正式移交,明确供电公司的运维管理责任。

5.3 长效运维管理机制

改造的最终成效取决于长期可靠的运维。应建立以供电企业为主体的专业化运维体系,利用用电信息采集系统进行在线监测,定期开展设备巡视和维护。同时,与小区物业建立联动机制,共同应对突发情况。政府相关部门需履行监管职责,确保长效管理落到实处。

6 结论与展望

老旧小区供配电设施改造是一项复杂的系统工程,兼具技术性、经济性和社会性。本文通过分析表明:

(1)技术层面,改造需以精准的负荷预测为前提,以设备更新、网络优化、智能升级为核心,制定标准化、差异化的技术方案。(2)经济层面,应建立全生命周期成本分析框架,全面评估项目的投入与综合效益,并创新构建“政府补助、企业投资为主,社会资本参与为补充”的多元化资金保障模式。(3)实践层面,成功的改造依赖于科学的项目管理、精细的施工组织、有效的社区协调以及严格的质量与廉政管控。

展望未来,老旧小区供配电改造应与城市更新、新型电力系统建设、数字化转型更深度融合。下一步研究可关注:如何更精准地量化改造的社会综合效益;如何设计更可持续的商业模式以吸引社会资本;以及如何利用数字孪生、物联网等技术实现改造后设施的智慧运维与能效持续提升。持续深化技术经济分析,优化工程实践,将有力推动老旧小区焕发新生,为人民群众创造更高品质的居住环境。

参考文献:

- [1] 临沂市人民政府办公室.临沂中心城区老旧小区加快供配电设施改造[EB/OL].(2021-12-09).https://m.thepaper.cn/baijiahao_15778963.
- [2] 北京市住房和城乡建设委员会.北京市老旧小区综合改造技术经济指标(2017)[S/OL].<https://zjw.beijing.gov.cn/bjjs/resource/cms/article/304963/511244/2018040217021551214.pdf>.
- [3] 杜石涛.老旧小区供配电设施改造项目分析[J].农村电工,2022,30(2):42-43.
- [4] 刘宝富,崔士起,达娟,等.DB37/T 5270-2024 城镇老旧小区改造技术标准[S].山东省建筑设计研究院有限公司,等,2024.
- [5] 董保国,武赞雨,顾悦.住宅小区供配电设施建设与改造管理的实践研究[J].消费电子,2025(1):55-57.