

10kV 线路设计优化与配网项目全周期管理协同研究

唐浩城

中誉设计有限公司佛山电力分公司 广东佛山 528200

摘要:本文围绕10kV线路设计优化与配网项目全周期管理的协同机制展开研究，旨在通过系统性整合设计阶段的技术优化与项目全周期的管理流程，提升配网工程的整体效能。首先分析10kV线路设计优化的核心目标与技术路径，包括路径规划、设备选型、负荷预测等关键环节的优化策略；进而探讨配网项目全周期管理的阶段特征与协同需求，明确设计优化在项目策划、实施、运维等阶段的衔接要点。研究重点聚焦于如何建立设计优化与全周期管理的协同框架，通过信息共享、流程再造与责任机制构建，实现设计方案与项目管理目标的动态匹配。最终提出协同管理模式下的决策支持体系与实施保障措施，为提升10kV配网工程的经济性、可靠性与可持续性提供理论参考。

关键词:10kV 线路；设计优化；配网项目

随着电力系统向智能化、高效化转型，10kV配电网工程建设质量与效率影响供电可靠性与能源服务水平。传统配网项目中，线路设计与项目管理脱节，设计未充分考虑全周期经济性与运维需求，导致成本超支、运维难度增加等问题。因此，探索10kV线路设计优化与配网项目全周期管理协同路径，成为提升配网工程综合效益的重要课题。当前，配网项目全周期管理延伸至全流程，要求各阶段目标与资源配置形成闭环。在此背景下，10kV线路设计优化需从全周期视角出发，兼顾建设成本与运维效益，实现动态调整；全周期管理要以设计优化为基础，建立信息共享机制，确保设计与后续环节无缝衔接。

1 10kV 线路设计优化的关键维度

1.1 路径选择与网络结构的优化

路径选择与网络结构的优化是10kV线路设计的核心基础，其价值在于从源头上决定了配网的投资成本、供电可靠性与运行灵活性。路径选择并非简单的地理连线，而是一个综合权衡土地、环境、成本与未来发展的多目标决策过程。优化的路径选择需精确应用地理信息系统(GIS)进行空间分析，避开地质不稳定区、高污染源及规划发展区，同时最小化线路走廊的长度和跨越障碍的次数，以降低土建施工成本和后期运维难度。网络结构的优化则超越了单条线路的范畴，旨在构建一个具备高冗余度和快速自愈能力的网架。其核心在于从传统的辐射式网络向更为复杂的联络式、环网式或网格状结构演进。通过合理设置分段点、联络开关，并优

化电源点的布局，使得在任一线路或设备发生故障时，能够通过开关操作的快速网络重构，将停电范围隔离至最小，并迅速恢复非故障区域的供电。这种结构优化直接提升了系统的供电可靠性指标(如SAIDI和SAIFI)，其本质是用设计阶段的适度增量投资，换取电网全生命周期内故障损失的大幅降低，实现了资产效益的最大化^[1]。

1.2 设备选型与材料应用的优化

设备选型与材料应用的优化是确保10kV线路长期安全、经济运行的物质基础，其价值在于通过技术进步提升设备性能，降低全生命周期成本。设备选型优化要求基于线路在电网中的具体地位和预期负载水平，进行差异化和标准化的配置。例如，对于关键主干线路，选用故障率低、免维护周期长的真空断路器或SF6断路器，而对于分支线路，则可选用成本更经济的负荷开关。在材料应用上，优化的重点在于采用新型高性能材料以应对特定挑战。使用架空绝缘电缆(ALS或ABC)替代裸导线，能显著降低因树木碰线、异物搭挂等引起的瞬时故障率，尤其适用于林区和人口密集区。在电缆线路中，采用防水树型交联聚乙烯(XLPE)绝缘材料，可以有效延缓水树电化学劣化，大幅延长电缆在潮湿环境下的运行寿命。此外，推广使用复合材料电杆替代传统水泥杆，能在保证机械强度的同时，大幅减轻重量，便于运输和施工，尤其适用于交通不便或地质条件复杂的区域。这些选型与材料上的优化，虽然在初期采购成本上可能有所增加，但通过减少故障次数、延长检修间隔、降低运维人力投入，在全生

命周期成本 (LCC) 分析中展现出显著的经济优势^[2]。

1.3 适应智能电网与分布式电源接入的设计优化

适应智能电网与分布式电源接入的设计优化是确保

10kV 配网未来兼容性和可持续发展的前瞻性举措，其价值在于使传统单向潮流的配电网能够平滑过渡为支持双向潮流、具备可观可测可控能力的主动配电网。设计优化的核心在于构建一个具备灵活性和开放性的物理与信息平台。在物理层面，需对线路的承载能力进行重新校核，考虑分布式电源（如光伏、风电）接入后可能出现的反向潮流和节点电压越限问题，必要时通过更换更大截面的导线或安装调压设备来增强线路的潮流调节能力。在自动化层面，设计必须预留或直接配置馈线自动化（FA）系统所需的通信通道和智能终端设备（FTU/DTU），实现对开关状态的实时监测和远程遥控，为故障的快速定位、隔离和网络自愈提供硬件基础。在保护配置方面，传统的过流保护方案在分布式电源接入后可能发生误动或拒动，因此必须优化为具备方向判别能力的保护方案，或采用基于通信信息的纵联保护，确保在多电源运行方式下的保护选择性和速动性。这种设计优化将 10kV 线路从一个被动的电能输送通道，转变为一个主动的、可交互的电力网络节点，为未来大规模接纳可再生能源、实现需求侧响应和提升电网整体运行效率奠定了坚实的基础。

2 配网项目全周期管理的核心环节

2.1 项目前期规划与决策管理

项目前期规划与决策管理是配网项目全周期管理的逻辑起点，其核心价值在于通过系统性的分析与科学的决策，从源头上规避重大风险，确保项目投资方向的正确性与经济合理性。此环节并非简单的项目立项，而是一个基于电网发展规划、负荷预测、技术经济评估和风险识别的综合决策过程。规划阶段必须将前述的 10kV 线路设计优化思想融入其中，例如，路径选择的初步方案需与城市总体规划、土地利用规划进行深度叠合分析，避免未来因市政变动导致的二次迁改。决策管理的核心在于建立一个量化的评估模型，该模型需综合考量项目的全生命周期成本 (LCC)，包括初始投资、运维成本、损耗成本以及退役处置成本，并结合供电可靠性提升、电能质量改善等社会效益进行综合评价。通过多方案的技术经济比选，如对不同网络结构方案进行可靠性成本效益分析，能够确保最终决策方案在满足技术要求的前提下，实现投资效益的最大化。一个严谨的前期规划与决策过程，

能够将设计优化的价值理念固化为项目的初始基因，为后续的建设和运维环节设定了明确的目标和约束条件，是项目成功的基础保障^[3]。

2.2 项目建设过程与质量控制

项目建设过程与质量控制是将设计蓝图转化为物理实体的关键执行阶段，其价值在于确保工程建设的实际成果严格符合设计规范、技术标准和质量要求，是实现项目预期功能和效益的根本保证。此环节的管理核心在于建立一个贯穿施工全过程的、动态的质量控制体系。该体系不仅包括对原材料、设备进场检验，施工工艺符合性审查等传统质量控制点，更强调对关键工序和隐蔽工程的旁站监督与过程记录。例如，对于电缆沟开挖与敷设，必须实时监测沟底标高、垫层厚度、电缆弯曲半径等关键参数，并形成可追溯的数字化档案，而非仅仅依赖事后的竣工验收。质量控制的核心在于将设计优化的各项技术指标，如导线弧垂、接地电阻值、绝缘距离等，分解为施工过程中可测量、可控制的具体参数，并通过严格的工序验收流程予以确认。有效的过程管理能够及时发现并纠正施工偏差，防止质量缺陷的累积和传递，从而避免因施工质量问题导致的返工、延期以及投运后的安全隐患，确保设计优化的意图在建设环节得到不折不扣的体现。

2.3 项目后期运维与资产管理

项目后期运维与资产管理是项目价值实现和持续发挥效益的延伸阶段，其核心价值在于通过科学的运维策略和精细化的资产全生命周期管理，最大化资产的使用效率和价值回报，并为未来的电网升级改造提供数据支持。运维管理不再是基于固定周期的被动式维护，而是依托于项目建设和设计阶段预留的智能化监测手段，向状态检修和预测性维护转变。例如，利用在线监测系统获取的线路温度、电流、弧垂等实时数据，结合设备历史运行数据，建立设备健康状态评估模型，从而精准制定维护计划，避免过度维护或维护不足。资产管理的核心则是对形成的固定资产进行全生命周期的价值管理。这包括建立完整的设备台账和技术档案，记录其从采购、安装、运行、维护到报废的全部信息。通过对这些数据的分析，可以评估不同设计选型、不同施工工艺对设备长期运行性能和寿命的实际影响，其分析结果能够直接反馈到新项目的前期规划和设计优化环节，形成一个“规划 – 设计 – 建设 – 运维 – 反馈”的闭环管理。这种协同机制使

得每一次项目实践都成为一次数据积累和知识沉淀的过程，持续驱动配网项目技术标准和管理水平的螺旋式上升^[4]。

3 设计优化与全周期管理的协同机制构建

3.1 设计阶段对项目成本与工期的前置影响

设计阶段通过路径优化、设备选型等措施，可直接降低项目全周期成本并缩短工期，某市 10kV 配网新建项目（覆盖 2 个城郊街道，服务居民 1.2 万户，原设计方案存在路径绕行、设备选型冗余问题）。设计优化时，采用 GIS 地理信息系统结合现场踏勘，避开既有地下管线密集区与建筑物基础，将原设计的 12.5 公里线路路径缩短至 10.8 公里，减少电缆敷设长度 1.7 公里；杆塔选型上，针对非关键路段，用 Φ 190mm 预应力混凝土杆替代原设计的 Φ 230mm 钢杆，每基杆塔采购成本降低 800 元，且混凝土杆无需防腐维护，后续运维成本更低。同时，设计时提前与市政部门确认道路开挖许可时间，将线路施工与道路修复工序衔接，避免二次开挖。优化后，项目总投资从原预算 860 万元降至 734 万元，节省成本 126 万元；施工工期从原计划 180 天缩短至 150 天，其中电缆敷设与杆塔组立环节工期缩短 22 天，充分体现设计阶段对成本与工期的前置管控价值。

3.2 设计成果向施工与运维环节的有效传递

设计成果需通过标准化、数字化形式传递，减少施工误解与运维信息断层。设计团队将成果转化成“BIM 模型 + 电子运维手册”的组合形式：BIM 模型中包含每基杆塔的坐标（精度 ± 0.5m）、电缆型号（YJV22-10kV-3 × 240mm²）、绝缘子类型（XP-70 型）、防雷接地装置埋深（1.2m）等参数，施工团队可通过移动端查看模型，直观了解线路结构，施工前技术交底时间从原 6 小时缩短至 2 小时；电子运维手册中明确每段线路的巡检周期（每月 1 次）、关键设备维护要点（如杆塔接地电阻需 ≤ 10Ω）、故障应急处置流程，运维人员通过配网管理平台即可调取手册，查询某基杆塔基础参数的时间从原 15 分钟缩短至 3 分钟。23 年项目施工期间，因设计信息传递不清导致的返工率从原 8% 降至 1%；运维阶段，线路故障定位时间从原 40 分钟缩短至 25 分钟，有效提升施工效率与运维响应速度。

3.3 运维信息反馈驱动设计方案的持续改进

运维过程中收集的设备运行数据与故障信息，可反向

优化后续设计方案。23 年该项目运维期间，工作人员发现 3 基位于工业区的杆塔绝缘子，因周边粉尘较多，每月平均发生 1 次污闪故障，需频繁停电清扫（每次停电影响 200 户居民，时长 2 小时）。运维团队将该信息反馈至设计部门，设计部门结合现场粉尘浓度检测数据（日均粉尘浓度 0.3mg/m³），在后续同类型工业区 10kV 线路设计中，将绝缘子型号从 XP-70 型改为 XP-100 防污型绝缘子，同时增加绝缘子清扫通道设计。23 年 10 月 -24 年 3 月，采用优化设计的新投运工业区线路，绝缘子污闪故障降至每月 0.2 次，年度停电清扫次数从 12 次减少至 2 次，减少居民停电时长 20 小时，年度运维成本节省 3.8 万元，形成“设计 - 运维 - 再设计”的协同改进循环，提升后续项目设计的合理性与适应性^[5]。

4 结语

10kV 线路设计优化与配网项目全周期管理的协同研究，不仅是技术层面的创新实践，更是管理模式上的系统性变革。通过设计优化在前期奠定技术与经济基础，借助全生命周期管理实现建设、运维环节的价值延续，二者相辅相成，共同推动电网资产效益的最大化。未来，随着智能电网和能源互联网的深入发展，10kV 配网将面临更多元化的运行场景和更复杂的管理需求。因此，进一步深化设计优化与全周期管理的协同机制，探索数字化、智能化手段在各环节中的深度应用，将是提升配网整体效能的关键路径。这不仅有助于实现电网的可持续发展，也将为社会经济发展提供更加稳定、高效的电力支撑。

参考文献：

- [1] 杨帆, 蔡晓军, 李伟新, 等. 基于泛在电力物联网的配网不停电作业管理系统的构建与研究 [J]. 信息系统工程, 2020(5):5.
- [2] 曹雨微. 配电网项目全寿命周期过程管控及投入产出效益评价 [D]. 华北电力大学 (北京), 2022.
- [3] 李郭华. 大数据赋能农配网项目全过程管理的探索实践 [J]. 农电管理, 2023(4):23-24.
- [4] 陈凯. 浅析基于网格化的城镇重点区域配网规划模式 [J]. 华东科技 (综合), 2020, 000(008):P.1-2.
- [5] 林玲. 财务管理视角下配网基建项目全周期经济性评价研究 [J]. 国际商务财会, 2021(5):4.