

配网工程全寿命周期成本优化策略研究

王 颖 田雲海

国网天津市电力公司武清供电分公司 天津 301700

摘 要：配网工程全寿命周期费用优化策略的研究，是现阶段电力工程领域中的一项重要工作。伴随着我国电力需求持续增长及电网建设发展，配电网建设及运行成本逐年上升。为促进电力系统经济效益与运行效率的提高，对配网工程全寿命周期成本进行综合研究与优化就显得尤为重要。文章对配网工程全寿命周期费用进行分析，并提出相关优化策略，旨在为配网工程设计、施工、运营及维护等方面提供理论依据与实践指导。

关键词：配网工程；全寿命周期；成本优化

引言

配网工程在电力系统中占据着举足轻重的地位，配网工程的施工与运行对电力系统的可靠性与经济性都有着直接的影响。配网工程全寿命周期费用由设计、施工、运行、维修及报废各阶段费用构成，它是配网工程总体经济效益最关键的因素。近年来，经济社会飞速发展，对电力需求日益增长，配电网规模越来越大，复杂程度越来越高。为迎接上述挑战，电力公司需着力降低配网工程全寿命周期费用，同时保证供电可靠性。所以，对配网工程全寿命周期费用优化策略进行研究与探索，既可以增强电力企业竞争力，又可以推动节能减排与可持续发展。

一、配网工程全寿命周期成本构成及特点

（一）全寿命周期成本的定义及分类

全寿命周期成本是从工程项目的规划设计、施工实施、运行维护到最后报废等全生命周期内全部成本之和。配网工程全寿命周期成本由设计成本、施工成本、运行成本、维护成本、报废成本五大组成部分组成。设计成本包括初期规划、勘测、详细设计等成本；建设成本包括土建工程、设备购置、安装的直接成本；运行成本是指电网开始运营后所产生的日常运营开销，这其中既包括了电力的损失，也涵盖了人力资源的成本；维护成本主要指设备检修、更新及紧急维修等支出；报废成本又包括设备拆除、废弃处理和与环保有关的成本。综合考虑全寿命周期成本能够更加真实地体现项目的经济性与资源利用效率，从而为优化项目决策提供科学依据。

（二）配网工程全寿命周期成本的特点

配网工程全寿命周期成本具有几个显著特点。其一，

时间跨度长，涵盖了项目从初期设计到最终报废的整个过程，需要长期规划和持续管理。其二，成本构成复杂，涉及设计、建设、运行、维护和报废五大阶段，每个阶段的成本因素各不相同且相互影响，需要综合考虑。其三，动态变化性强，随着技术进步和市场环境变化，设备价格、人工成本、能源费用等会有所波动，因此需要灵活应对。其四，前期投入大，设计和建设阶段的投资通常占据总成本的较大比例，但后期的运行和维护成本也不可忽视，需要在各阶段实现成本的优化平衡。其五，具有不确定性，由于工程实施过程中可能遇到各种不可预见的风险，如自然灾害、政策变动等，这些不确定因素会影响总成本，需要建立有效的风险管理机制。其六，环境和社会影响需要综合评估，在成本优化过程中，不能仅关注经济效益，还需考虑对环境保护和社会发展的贡献。通过科学管理和精细化控制，可以在保障供电可靠性和安全性的前提下，实现全寿命周期成本的优化。

二、配网工程全寿命周期成本分析方法

（一）成本分析的基本理论

成本分析基础理论主要有生命周期成本、成本效益分析、边际成本等。生命周期成本理论主张在项目的整个生命周期中进行成本的核算和管理，并通过对各个阶段的成本参数，例如设计和建设成本，进行预测、运行维护成本和报废成本达到了有效地控制总成本。成本效益分析理论主要是通过计算和比较项目的成本与收益之间的比率来评估项目的经济效益，其中常用的参数包括净现值、内部收益率和回收期。边际成本理论主要研究增量成本和产出的相互关系，它通过对每增加一个单位产出而增加的费用进行分析来实现资源的优化配置和经济效益的提高。这些理论给出了成本分析的系统化框架

与方法,有助于决策者制定科学合理的项目执行成本管理决策。

(二) 配网工程成本数据的收集与整理

在进行数据收集的过程中,应全面覆盖配网工程在各个阶段,包括设计、建设、运营、维护以及报废等,所需的详细成本信息。数据来源以项目预算报告,财务报表,施工记录,设备采购合同,维护记录为主。为保证数据准确、完整,必须制定标准化数据收集流程并对数据项定义及单元进行界定。在数据整理时,需要分类汇总、数据清洗、去除重复、错误的数据、合理估计缺失的数据。使用数据库管理系统或者专业的成本管理软件能够提高数据整理效率与精度,并对后续成本分析与优化工作提供可靠基础数据支持。通过系统化数据收集及整理,能够全面准确反映配网工程成本构成情况,从而为成本管理及决策提供科学依据。

(三) 成本分析的模型及工具

1. 生命周期成本分析 (LCCA) 模型

生命周期成本分析 (LCCA) 模型是一种综合评估项目全生命周期内总成本的方法,广泛应用于工程管理领域。LCCA 模型通过考虑项目的初始投资成本、运营维护成本、能源成本和报废成本等各阶段的费用,评估其经济效益。关键参数包括初始投资成本 (C_0)、年运营维护成本 (C_m)、能源成本 (C_e) 和报废成本 (C_s)。模型将这些成本参数折算为现值,常用的折现率 (r) 用于反映资金的时间价值。计算公式为

$$LCC = C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_m + C_e}{(1+r)^t} + \frac{C_s}{(1+r)^n}$$

式中 t 为运营年限, n 为项目总年限。通过 LCCA 模型,可以识别成本节约潜力,优化资源配置,提高项目的整体经济性和可持续性,为决策者提供科学依据,确保项目在其整个生命周期内实现最佳的经济效益。

2. 成本效益分析 (CBA) 模型

成本效益分析 (CBA) 模型是一种评估项目经济效益的方法,通过比较项目成本与收益来确定其可行性和优先级。模型考虑了项目的全部成本和收益,包括直接成本 (如建设费用)、间接成本 (如维护费用) 以及直接收益 (如运营收入) 和间接收益 (如社会效益)。关键参数包括净现值 (NPV)、内部收益率 (IRR) 和效益成本比 (BCR)。NPV 通过将未来收益和成本折现到现值计算得出,公式为

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

式中 B_t 为第 t 年的收益, C_t 为第 t 年的成本, r 为折现率, n 为项目周期。IRR 是使 NPV 等于零的折现率, BCR 则是总收益现值与总成本现值之比。通过 CBA 模型,可以量化项目的经济效益,辅助决策者在多种备选方案中选择最优方案,提高资源配置效率。

3. 多目标优化模型

多目标优化模型是一种在众多相互矛盾的目标间寻求最优均衡的决策方式,它在工程管理和经济学领域得到了广泛的应用。在模型中,引入了成本最小化,收益最大化和资源利用最优化几个目标函数以刻画各目标之间的权衡关系。关键参数主要由各个目标函数权重系数,决策变量以及约束条件组成。在模型的求解过程中,我们通常会引入 Pareto 最优解的思想,这意味着我们不能仅通过优化一个目标来不损害其他目标的解决方案。通常采用的方法包括加权和法,目标规划法,遗传算法。加权和法是把若干个目标函数加权综合成一个目标函数来优化,目标规划法是通过每个目标设定优先级来实现若干次优化,而遗传算法是通过自然进化过程的仿真来寻找最优解。多目标优化模型可为复杂决策环境下提供系统化、量化分析工具,有利于决策者从众多方案中筛选出综合效益最优的方案以达到高效配置与使用资源的目的。

三、配网工程全寿命周期成本优化策略

(一) 设计阶段的成本优化策略

配网工程设计阶段费用优化策略的目的是通过科学、合理的规划设计手段对费用进行有效地控制,对资源进行有效利用。优化策略主要有选址与规划优化,设备选型与标准化。选址与规划优化在保证供电可靠性的前提下,充分考虑地理条件,负荷需求以及未来发展趋势等因素对变电站以及线路进行合理的布局,以降低线路的长度与损耗。在设备选型与标准化上,优先选用性能可靠、能效较高、运行维护费用较低的,同时普及设备标准化工作,减少备品备件品种,降低库存与管理费用。此外,还应当采纳如计算机辅助设计 (CAD) 和地理信息系统 (GIS) 这样的先进设计工具和技术,以提升设计的准确性和效率,并降低因设计更改而产生的附加费用。设计过程重视可行性研究及方案比选工作,对多个方案进行技术经济比选,优选出最优方案,使设计和经济性达到最佳平衡状态。同时建立了严密的设计审查与评估机制以保证设计质量并避免由于设计缺陷而造成后期施工变更及成本提高。

(二) 建设阶段的成本优化策略

配网工程在施工阶段成本优化策略是为了通过有效

的管理以及先进技术手段来降低施工成本,保证工程质量。以项目管理和进度控制为中心,通过科学合理地编制施工计划、优化资源配置、严格控制施工进度、避免因拖延而增加成本等措施。与此同时,利用精细化管理来促进施工现场管理水平的提高,降低浪费及不必要支出。施工技术工艺的完善也是重中之重,新材料、新工艺以及新技术的推广使用,例如预制装配式施工以及智能施工设备的使用等等,都提升了施工的效率以及质量,降低了人工以及时间成本。为了优化采购管理,要选择性价比更高的供应商,通过集中采购和招标竞价的方式,从而降低了材料和设备的采购成本。应强化质量控制,保证各个环节施工质量合格,降低因返工、维修等原因增加的费用。将项目管理软件、施工监控系统等信息化管理工具运用到施工过程中,以达到数据的实时共享、施工过程的可视化、管理效率的提高、决策的准确性等。安全管理是不可忽视的,通过严格管理安全培训与监督来降低安全事故的发生率,减少安全事故的处理及相关损失费用。

(三) 运行维护阶段的成本优化策略

配网工程运营维护期成本优化策略,主要是通过智能化运维和预防性维护,达到高效管理与成本控制的目的。智能运维通过引进物联网(IoT)技术、大数据分析平台等先进监控与管理系统实现配网设备实时监控与远程控制。通过对设备运行数据的采集与分析,可提前识别潜在故障并准确维修,从而避免因突发故障造成停电及修复成本。

其次,要制定出科学的维护计划,并结合设备实际运行状况及历史数据,定期对其进行检测与维护,才能有效地延长其使用寿命并降低大修更换频率。另外,还利用状态检修策略通过在线监测与诊断技术对设备的健康状态进行实时评价,有针对性的开展检修工作,避免盲目的维修。优化人力资源管理、提升运维人员专业技能与管理水平、降低人力成本、缩短维护时间。合理的库存管理通过数据分析来对备品备件的需求进行预测,降低库存积压及资金占用。介绍了无人机巡检、机器人维护等新技术以提高维护效率及安全性、减少人工成本。综合运用以上优化策略可以在配网工程运行维护阶段有效地降低运行成本、提高设备可靠性与供电稳定性、最

终使配网工程整体经济效益得到改善、资源利用达到最大化。

(四) 报废阶段的成本优化策略

配网工程报废阶段成本优化策略的目标是通过科学管理与资源回收,最大限度地减少报废成本,达到经济与环保效益共赢。一是要制定周密的报废计划与流程,理清各个环节的职责与操作规范,保证报废过程的高效化与有序化。设备回收再利用为核心战略,将仍然有使用价值、经过维修、再投入运行或者转到其他工程中去,从而减少新设备的采购成本。对于报废的设备中的可回收材料,如铜、铝、钢铁等金属,应通过专业的回收途径进行资源的再利用,从而提高经济效益。环保处理不容忽视,对于含有害物质的装置、材料要严格执行环保法规,做到无害化,以免造成环境污染及相关处罚费用。利用先进拆解及处理技术提高了资源回收率及处理效率,降低了人工成本及时间投入。对报废物流进行优化管理,合理选择运输及处理方案以减少物流成本及运输风险。运用信息化管理工具对报废设备、物资建立台账,对整个管理过程进行可追溯,保证数据精准、决策科学。

结束语

综上所述,在电力行业持续发展、市场竞争日趋激烈的背景下,配网工程全寿命周期费用优化问题变得更加重要。本次研究深入分析配网工程全寿命周期成本,有针对性地提出优化策略。通过实施这些策略,既有利于配网工程整体成本的下降,又有利于电力系统运行效率与可靠性的提升,进而给电力企业带来更多经济与社会效益。

参考文献

- [1] 邵慧燕.配电网工程项目的全寿命周期管理研究[D].山东大学,2015.
- [2] 邓秀丽.配网建设工程质量管理的优化策略研究[J].科技资讯,2017,15(7):2.
- [3] 孙亚洲.配网建设工程质量管理的优化策略研究[J].电工技术:下半月,2017(11):2.
- [4] 蔡浩.含分布式风电的配电网规划优化及应用研究[D].江苏大学,2016.