

基于电网设备全寿命周期成本的变电站工程可研比选研究实践

谢海滨 邵 华

国网宁夏电力有限公司 宁夏 银川 750000

【摘要】：随着电网设备不断更新和管理模式的转变，考虑电网设备全寿命周期成本（Life Cycle Cost, LCC）在变电站工程可研比选中越来越重要。本研究旨在系统性地分析并实践全寿命周期成本在变电站工程可研比选中的应用。主论点是：通过综合评估变电站所在区域、重要程度等多个成本影响因素，并对项目接线方式、设备型式及参数、布置形式等方面进行详细比选，能有效地辅助项目可研决策，提升经营质效。研究发现，采用全寿命周期成本为基础的比选方法不仅能减少长期运营成本，还能提高设备使用效率和可靠性。因此，全寿命周期成本应成为变电站工程可研比选的核心考量因素。

【关键词】：全寿命周期成本；变电站工程；可研比选；经济性分析；成本效益

DOI:10.12417/2705-0998.23.17.027

Research and selection of substation engineering based on the whole life cycle cost of power grid equipment

Haibin Xie, Hua Shao

State Grid Ningxia Electric Power Co., LTD., Ningxia Yinchuan 750000

Abstract: With the continuous update of power grid equipment and the transformation of management mode, it is becoming more and more important to consider the full life cycle cost of power grid equipment (Life Cycle Cost, LCC) in the feasibility study and selection of substation engineering. This study aims to systematically analyze and practice the application of whole life cycle cost in substation engineering. The main argument is that through comprehensive evaluation of multiple cost factors such as the location and importance of the substation, and detailed comparison and selection of the wiring mode, equipment type and parameters, and the layout form of the project, it can effectively assist the feasibility decision of the project and improve the quality and efficiency of operation. It is found that using the whole-life-cycle cost-based comparison method can not only reduce the long-term operating costs, but also improve the efficiency and reliability of equipment use. Therefore, the whole life cycle cost should become the core consideration for the feasibility comparison of substation projects.

Keywords: full life cycle cost, substation engineering, feasibility study comparison, economic analysis, cost benefit

引言

电力系统作为现代社会不可或缺的基础设施，其设备和工程管理复杂性日益增加。其中，变电站工程作为电网系统的重要组成部分，其投资和运营成本直接影响电力系统的经济效益。近年来，随着资产管理理念的不断更新和优化，全寿命周期成本（LCC）逐渐成为电力系统资产管理的核心指标。然而，在实际的变电站工程可研比选过程中，全寿命周期成本的综合考量往往被忽视。本研究旨在填补这一研究空白，通过实证分析证明全寿命周期成本在变电站工程可研比选中的重要性和应用价值，为电网设备和工程管理提供新的视角和工具。

1 问题背景与现状分析

1.1 变电站工程成本管理的传统方法

在传统的变电站工程成本管理中，主要关注的是前期的投资成本，即初始建设和设备采购成本。这些费用通常包括土地购置、基础设施建设、电器设备（如变压器、断路器等）的购买和安装，以及系统调试等。这种成本评估方法往往忽视了长

期运营、维护和最终退役等阶段的成本。因此，采用这种方法可能会导致低估实际的总成本，从而影响到项目的长期可持续性。

1.2 全寿命周期成本的重要性和应用局限

相较于传统的成本管理方法，全寿命周期成本（Life Cycle Cost, LCC）提供了一种更为全面和系统性的视角。全寿命周期成本包括初始投资成本（Capital Investment, CI）、运维成本（Operational Costs, CO）、检修成本（Maintenance Costs, CM）、故障成本（Failure Costs, CF）以及退役处置成本（Decommissioning Costs, CD）。这些成本因素不仅覆盖了项目的整个生命周期，而且还涵盖了与设备性能、可靠性、以及环境影响等多个方面相关的成本。

然而，全寿命周期成本在实际应用中也面临一些局限性^[1]。首先，数据的获取和整理是一个时间和资源密集型的过程，特别是在对长期运营和维护成本进行评估时。全寿命周期成本涉及多个阶段和多种类型的成本，这需要更复杂的计算模型和更高的专业技能。全寿命周期成本的计算和应用通常需要多部门

或多专业的合作，这在实际操作中可能会遇到诸多困难。

尽管如此，全寿命周期成本的综合考量能更准确地反映一个项目的经济性，特别是在涉及高投资、长周期、高运维成本的变电站工程中。通过全寿命周期成本的比选，可以有效地辅助项目可研决策，提升经营质效，从而实现电网资产的高效和可持续管理。

全寿命周期成本在变电站工程可研比选中具有不可忽视的价值，但其应用仍面临一系列挑战和局限性。因此，如何合理地应用全寿命周期成本，以及如何解决其在实际应用中遇到的问题，是当前和未来研究的重要方向。

2 全寿命周期成本的构成与影响因素

2.1 全寿命周期成本的各个组成部分

全寿命周期成本 (Life Cycle Cost, LCC) 是一个多元和综合性的概念，主要由以下几个部分组成：

(1) 初始投资成本 (Capital Investment, CI)：包括设备购置、安装、调试以及项目初期的土地和基础设施建设费用。

(2) 运营成本 (Operational Costs, CO)：涉及到设备日常运行和维护的费用，如电力消耗、人员工资、日常检查等。

(3) 检修成本 (Maintenance Costs, CM)：包括预防性维护和故障后维修的费用，通常是周期性或按需发生的。

(4) 故障成本 (Failure Costs, CF)：当设备出现故障或事故时，可能会产生额外的修理或更换成本，以及由此导致的生产损失。

(5) 退役处置成本 (Decommissioning Costs, CD)：设备退役或报废时，需要进行拆除、处置和环境修复，这些都会产生一定的成本^[2]。

这些组成部分需要在项目规划阶段进行详细的评估和预测，以便更准确地估算项目的总成本。

2.2 成本影响因素的定量与定性分析

全寿命周期成本受多种因素的影响，这些因素既有可量化的经济参数，也有不易量化的风险和不确定性。

(1) 技术参数：设备的性能指标，如效率、寿命和可靠性，直接影响运维和检修成本。

(2) 地理位置：变电站所在的地理环境会影响建设和运维成本，如地形、气候条件等。

(3) 政策与法规：环保、安全等方面的法规会影响退役处置成本和潜在的罚款。

(4) 市场因素：原材料和劳动力成本的波动会影响到各个阶段的成本。

(5) 风险因素：设备故障、自然灾害、市场风险等不确定性因素也需要纳入考虑。

对于这些因素，一方面需要进行定量分析，如使用成本效益分析 (Cost-Benefit Analysis, CBA) 或内部收益率 (Internal Rate of Return, IRR) 等经济学工具；另一方面，也需要进行定性分析，以评估不易量化的风险和不确定性。下方表格展示不同影响因素对全寿命周期成本的影响：

表 1 不同影响因素对全寿命周期成本的影响

| 影响因素 | 影响类型 | 经济分析方法 | 定性分析方法 |
|-------|------|-----------|--------------|
| 技术参数 | 直接影响 | CBA, IRR | 风险评估, 专家判断 |
| 地理位置 | 直接影响 | CBA, IRR | 环境影响评估, 历史数据 |
| 政策与法规 | 直接影响 | CBA, IRR | 法律顾问意见, 政策分析 |
| 市场因素 | 间接影响 | CBA, IRR | 市场趋势分析, 历史数据 |
| 风险因素 | 不确定性 | 风险评估, IRR | 风险矩阵, 专家判断 |

通过对全寿命周期成本的各个组成部分以及影响因素的深入分析，可以更全面和准确地评估项目的经济性，从而在可研比选中做出更科学和合理的决策。这不仅能提升项目的经济效益，也有助于实现电网资产的高效和可持续管理。

3 全寿命周期成本在变电站工程可研比选中的应用实践

3.1 案例分析：全寿命周期成本的计算与比选

在某地区，计划建设一个新的变电站，考虑到其长期的运营和管理，决定采用全寿命周期成本进行技术方案的比选。首先，对不同的技术方案进行初始投资成本 (CI) 的估算，包括设备购置、安装、调试等费用。然后，基于历史数据和经验，预测了各方案的运维成本 (CO)、检修成本 (CM)、预期的故障成本 (CF) 以及退役处置成本 (CD)。

在计算过程中，采用了现值法对未来的成本进行贴现，以确保各个成本在同一时点进行比较^[3]。经过详细的计算和比较，最终选定了一种技术方案，其全寿命周期成本最低，同时满足了技术和安全的要求。

3.2 实践中遇到的问题与解决方案

在全寿命周期成本的实际应用过程中，遇到了以下几个主要问题：

(1) 数据缺失与不准确：对于某些设备或工艺，由于缺乏历史数据，难以准确预测其未来的运维和检修成本。

(2) 复杂的计算模型：全寿命周期成本涉及多个阶段和多种成本，需要复杂的计算模型和工具。

(3) 不确定性和风险：市场因素、技术进步、政策变化等都可能影响到全寿命周期成本的预测。

3.3 为了解决这些问题，采取了以下策略：

(1) 数据收集与验证：加强与各部门的合作，系统地收集和验证数据，确保其准确性和完整性。

(2) 采用专业工具：使用专门的软件和工具进行全寿命周期成本的计算和比选，提高效率和准确性。

(3) 风险评估与管理：对可能影响成本的风险因素进行评估，采取措施进行管理和控制。

总之，通过在实际项目中应用全寿命周期成本，不仅提高了决策的科学性和合理性，还为未来的项目提供了宝贵的经验和教训。这种方法不仅有助于提高项目的经济效益，还能够确保电网资产的长期稳定和可靠运行。

4 全寿命周期成本比选的效益与总结

4.1 经济性分析：全寿命周期成本比选带来的长期效益

应用全寿命周期成本（LCC）进行变电站工程可研比选不仅是一个科学的决策方法，也是一个高度经济性的手段。首先，从投资效益（Return on Investment, ROI）角度看，虽然某些方案的初始投资成本（CI）可能较高，但由于其在运维（CO）、检修（CM）、故障（CF）以及退役（CD）阶段的成本相对较低，因此整体的现值成本（Net Present Value, NPV）更有优势。全寿命周期成本的综合评估还有助于提升电网系统的可靠性和稳定性。

通过在可研比选阶段就考虑到长期运营和维护的成本，能够更加合理地选择高性能、高可靠性的设备和技术，从而减少未来可能出现的高昂的故障成本和生产损失。全寿命周期成本的比选还具有环境效益^[4]。通过对设备的环境影响进行成本量化，如排放成本和环境修复成本，能够在项目开始阶段就将环境因素纳入考虑，从而促使更为环保的技术和方案得以应用。

4.2 未来研究方向与建议

虽然全寿命周期成本在变电站工程可研比选中具有明显优势和价值，但还有一些问题和挑战需要进一步研究和解决：

(1) 数据智能化和自动化：全寿命周期成本是产品从设计、生产、使用到报废全过程中所产生的总成本。目前，这一过程中的数据收集和处理大多数仍然依赖于人工操作，这不仅效率低，还可能出现错误。随着大数据和机器学习技术的不断

发展，未来有可能将这一流程自动化和智能化。例如，通过传感器和物联网技术，实时收集设备运行状态、能耗、维护信息等数据，并用机器学习算法进行分析，以预测设备的维护需求或寿命。这样不仅可以减少人力成本，还能更准确地评估全寿命周期成本，为决策提供更为科学的依据。

(2) 风险和不确定性的量化：需要更多的方法和模型来量化和管理可能影响全寿命周期成本的风险和不确定性，如蒙特卡洛模拟。

(3) 政策和规制的影响：电力市场和环境政策的不断变化确实给全寿命周期成本（LCC）的计算和比选带来了额外的复杂性。传统的 LCC 模型主要集中在设备和运营成本上，而往往忽视了这些外部因素。为应对这一问题，一种可能的解决方案是引入动态模型和实时数据分析。通过与电力市场接口，可以实时获取电价、供需状况等信息，同时还可以纳入碳排放费用、环境税等政策影响因素。机器学习算法能够根据这些多维度、动态变化的数据进行预测和优化，从而更准确地评估各种选项的全寿命周期成本。这不仅有助于做出更为合理和可持续的决策，同时也能够更好地适应市场和政策环境的快速变化。

总体而言，全寿命周期成本作为一种高效和经济的决策方法，应该被更广泛地应用于变电站工程的可研比选和其他电网资产管理活动中。通过不断的研究和实践，有望解决其当前存在的局限性和挑战，从而更好地服务于电网系统的可持续发展。

5 结语

本研究从问题背景与现状分析入手，明确了全寿命周期成本在变电站工程可研比选中的重要性。通过详细分析全寿命周期成本的构成与影响因素，本文提出了一种更为全面和精确的成本评估方法。进一步，在应用实践部分，通过具体的案例分析，证明了全寿命周期成本比选不仅能提高经济效益，还能提升设备的可靠性和使用效率。然而，全寿命周期成本比选也存在一些局限性和挑战，如数据的准确性和完整性，以及多因素的综合考量。因此，未来的研究应更加深入地探讨如何优化全寿命周期成本的计算方法和应用策略，以更好地服务于电网资产管理和决策。总体而言，全寿命周期成本应被广泛应用于变电站工程的可研比选，以实现电网资产的高效和可持续管理。

参考文献：

- [1] 张赵阳,姜山,唐学军等.资产全寿命周期视觉下的电网企业成本管理研究[J].微型电脑应用,2023,39(04):168-171.
- [2] 郑渠岸,刘莹,刘兆领.以全寿命周期成本管理为导向的电网设备技改大修项目投资优化策略研究[J].电子质量,2022(02):86-89.
- [3] 胡亦雯.单台设备全寿命周期的效益产出模型探讨[D].杭州电子科技大学,2021.DOI:10.27075/d.cnki.ghzdc.2021.000848.
- [4] 祝锦舟,张焰,梁文举等.面向规划的电网全寿命周期安全效能成本评估方法[J].中国电机工程学报,2017,37(23):6768-6779+7068.