

电力电缆及附件的全生命周期招标方式研究

韩智海¹, 赵红卫², 刘延华¹, 王玉华¹, 王晓敏², 王 胜²

¹国网山东省电力公司, 山东 济南

²山东鲁软数字科技有限公司, 山东 济南

收稿日期: 2023年6月12日; 录用日期: 2023年6月25日; 发布日期: 2023年8月23日

摘 要

传统的招标采购方式, 以交付物价格、性能和质量作为主要招标评判依据, 重视购置成本的最优。由于电力设备的综合成本构成复杂, 购置成本仅占一小部分, 若采用传统的招标方式, 无法保证电力设备的全生命周期成本最优, 不符合电网企业成本控制的要求。本文给出了以电力电缆及附件为例, 基于全生命周期因子分析的招标方法, 可以解决传统招标采购的不足。

关键词

电力电缆, 电缆附件, 全生命周期, 招标方式

Research on LCC Tender Mode for Power Cable and Accessory

Zhihai Han¹, Hongwei Zhao², Yanhua Liu¹, Yuhua Wang¹, Xiaomin Wang², Sheng Wang²

¹State Grid Shandong Electric Power Company, Jinan Shandong

²Shandong Luruan Digital Technology Co., Ltd., Jinan Shandong

Received: Jun. 12th, 2023; accepted: Jun. 25th, 2023; published: Aug. 23rd, 2023

Abstract

Strike price, performance and quality are the primary assessment traditional tender mode. The traditional mode emphasizes on the optimum of purchase cost. Due to the complicated cost constitution of power equipment, purchase cost is the minor proportion in total cost. It hardly ensure for the optimum and satisfaction in the traditional mode. This thesis states a model for LCC tender which exemplifies with power cable and accessory and based on LCC factor analysis. The model is intended to solve the previous defect.

Keywords

Power Cable, Cable Accessory, Life Cycle Cost, Tender Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全生命周期成本(LCC)是指一个设备在全部生命周期内,为其投入的全部费用总和,包括设计、开发、测试、生产、运行、维护直至报废的所有直接和间接相关费用之和。由于电力企业有着较高的成本控制要求,追求设备的综合投入成本最优,因此LCC概念自被提出以来,就受到了电力行业的高度重视。

1987年国际电工委员会(IEC)制定了关于LCC评价标准的草案,并于1996年正式发布国际标准《全生命周期费用评价实施指南》(IEC60300-3-3),目前最新的版本是于2017年发布的V3.0。IEC指南虽然阐明了LCC的计算分析准则,但是没有给出采购环节的应用方法。国内电力企业目前已有不少实践探索,其中LCC招标被认为是最具前景的方法。

2. 电力设备LCC招标方法

LCC招标是LCC分析在招标采购中的具体应用,与传统招标方式有着重大区别。传统招标采购方式,以交付物价格、性能和质量作为主要评判依据,即以性价比作为竞标因素,没有评估设备购置完成后的相关成本。可以说,传统招标是注重设备前期投入的一种采购方式,而LCC招标则是综合考量全部投入的采购方式。虽然LCC招标方式在理论上,有着明显优于传统招标的成本控制能力,更加符合电力企业的诉求,但在实务操作中仍有不少难题,例如信息可用性、假定条件、项目不确定性、合同条款设计等,留待进一步地研究改良。[1]

基于LCC分析的招标采购研究,可以分为三部分:第一部分是LCC招标设备的范围研究,包括招标设备的适用、禁用条件以及典型场景;第二部分是招标设备的LCC模型设计,包括LCC模型分解,LCC模型的成本构成以及参数灵敏度分析;第三部分是LCC招标程序研究,根据通用招标流程,可以分为编制招标文件、供应商资格审查、评标、定标、签订合同和LCC后评估。

关于LCC招标的范围而言,电力企业招标采购的设备种类十分广泛,包括常规电力设备、通讯设备、控制设备、运输设备、计量设备、技防设备和综合自动化设备等。LCC招标尤以常规电力设备为主,其中线圈类设备包括变压器、电感器、电容器、电抗器等,开关类设备包括开关柜、GIS、断路器、隔离开关、接地开关等,线缆类设备包括电缆、导线、熔断器等。

目前,行业普遍采纳的LCC招标选择标准有四项。

1) 费用比例:针对设备的运行和检修费用占比较高的情况。由于传统招标无法正确评估后期成本,而采取LCC分析可以有效计算后期成本。线圈类设备中变压器,电抗器和互感器,开关类设备中的GIS、断路器、接地开关设备,本体和辅助设备的运行能耗费用占比较大,适用于该选择标准。

2) 间接损失:针对设备故障的间接损失较高,LCC模型设计中需要谨慎评估损失金额的情况。电网相关设备中的主变、开关设备、高压电缆等,一旦故障将引发社会大面积停电,造成不可挽回的经济损失,适用于该选择条件。

3) 优化空间: 若某些设备厂商有机会或有条件提供改进设计方案, 则可以选择采取倒逼的方式。由于设备故障发生率及运行、维护成本很大一部分是源于设计, LCC 招标可以鼓励厂商不断改进设计方案, 从源头上压减设备的 LCC。

4) 数据验证: 设备在运行一段时间后, 采购方可以就 LCC 进行检验。因为招标阶段的部分基础数据是由厂商提供的, 设备投入运行一段时间后, 必须检验数据准确性。如遇实际发生值与投标提供的理论值偏差较大, 采购方可以根据合同条款进行惩罚, 以补偿 LCC 损失。通常数据验证发生在设备投入运行后的 2~5 年间, 常规验证项目为可用率、可维修性、故障率等。

3. 电力电缆及附件 LCC 招标模型

选定 LCC 招标的设备类型后, 可以进行 LCC 模型的设计。各类电力设备的 LCC 招标模型差别较大, 本文以 110 kV 电缆及附件作为具体案例。根据 LCC 分析通用方法, 电缆 LCC 周期可划分成 5 个阶段: 初次投入费用 CI, 运行费用 CO, 检修维护费用 CM, 故障费用 CF, 退役处置费用 CD, 具体模型分解如表 1 所示。[2]

Table 1. LCC cost apportionment model of power cable

表 1. 电力电缆 LCC 分解模型

LCC 阶段	一级费用	二级费用
初次投入费用 CI	购置费	购买费、现场服务费、专用工具费、初次备品备件费、厂商运输费、应缴税费、保险
	安装调试费	建设安装费、业主方运输费、设备投运调试费
运行费用 CO	电缆运行费	电缆损耗费、日常运行巡检费
	附件运行费	日常运行巡检费
检修维护费用 CM	周期性维护费	人工费、材料费
	预防性试验费	-
故障费用 CF	故障检修费	拆除故障设备费、运输故障设备费、安装新设备费、环保费
	故障损失费	停电损失费、新设备购置费、其他间接损失
退役处置费用 CD	电缆及附件退役处理费	人工费、工具费、运输费、环保费
	电缆残值费	-

常规电力电缆的生命周期以 30 年估计, 根据上表的分解因子:

1) 初始投入费用 CI: 购置费用由厂商提供, 包括电缆单价、电缆长度、终端(中间)接头单价和数量。各厂商的 110 kV 电缆安装费用基本相同, 本体安装费约为 4266 元(3 相/100 米), 终端(中间)接头制作安装费约 26,949 元(3 相/套)。[3]

2) 运行费用 CO: 巡检费用包括电缆本体和附件, 通常单条线路的巡检频次为 3 天一次, 每次班组为 2 人, 按人工作业费折算即可。损耗费用仅涉及电缆本体, 包括导线电阻、介质、铅包和钢铠的电能损失。电缆电能损失的影响因素, 包括涡流、敷设方法[4]、环境温度、集肤效应、邻近效应等。导线的电阻损耗和介质损耗费用占比较高, 按同期电费折算即可。电阻损耗量 $3I_{ff}^2 r_0 L \times 8760 \times 10^{-3} \text{ kWh}$, 其中电阻值 r_0 由厂商提供, 均方根电流值 $I_{ff} = \text{最大设计负荷电流} \times \text{均方根电流系数}$, 最大设计负荷电流取决于所接变压器容量大小, 以常规的 31.5 MVA (630 mm²) 和 40 MVA (800 mm²) 为例, 均方根电流系数约为 0.25。介质损耗量 $U^2 \omega C_0 L \tan \delta \times 8760 \times 10^{-3} \text{ kWh}$, 其中电容值 C_0 , 绝缘介质损失角正切 $\tan \delta$ 由厂商提供。[5]

3) 检修费用 CM: 通常单条线路的检修周期在 2 年, 检修项目包括电缆及附件的清洁、连接头紧固、油漆相色带修补、绝缘油取样、阀片压力检验等。按照业内经验, 综合费用约为单根 5442 元。

4) 故障费用 CF: 间接损失费为故障费用的最主要比例, 根据 S 地区历史数据估算, 单次损失约为 70.7349 万元。

5) 退役处置费用 CD: 110 kV 电缆拆除费用 5991 元(3 相/100 米), 终端(中间)接头拆除费约 9671 元(3 相/套)。110 kV 报废电缆每米重量约 5.607 kg, 须按同期铜价折算。

4. 电力设备 LCC 招标程序

LCC 招标程序设计包括三个核心, 一是设计 LCC 宣贯流程, 二是设计基于 LCC 的评标因素, 三是设计 LCC 后评估和惩罚机制。

LCC 宣贯流程主要是为了让投标厂商能够正确认识 LCC 基本概念, 准备投标所需相关资料, 包括设备的设计寿命、运行条件、运行方式、维修方式及配件费用。厂商应主动开展可靠性分析, 统计同类型设备的平均故障率, 设备投入运行前的调试和试验成本, 评估设备运行和报废期间的环保费用。[6]

LCC 的评标权重设计, 需要进行灵敏度和失效概率分析, 确定 LCC 费用构成中的关键部分。关键费用在不同厂商间的有一定的差异, 驱动因子包括设备损坏度、故障设备所带负荷的损失程度、修复成本、设备损耗指标、设备运行电能损耗等。LCC 评标因素可以设计为商务标的一部分, 目前通用的权重不超过 40%。

LCC 后评估内容包括可用率、易维修性和故障率。可用率又分为负载损耗和空载损耗费用的评估, 易维修性分为材料费、人工费和设备更新的费用, 故障率根据后期运维实测数值评估。对于厂商所报 LCC 参数偏差过大, 造成额外损失的, 招标设计中可以预设惩罚性条款。具体补偿主要有四种方法:

1) 保证金扣罚: 适用于大多数情况, 若 LCC 偏差幅度不大, 可以直接从合同保证金中予以扣罚。为避免合同双方对 LCC 核算产生分歧, 影响合同正常的执行, 保证金比例通常控制在 5% 以内。

2) 发货量扣减: 适用于框架协议采购的合同, 若前期已到货电缆不能满足标称的 LCC 控制水平, 可以考虑削减甚至拒绝接下来的发货需求。考虑到工程质量延续性要求, 实际中一般以小规模配网工程为主。

3) 信用惩罚: 适用于厂商恶意虚标参数的情况, 在认定厂商虚标参数骗取中标后, 可以在公开平台进行负面信用公示。情节严重的, 甚至可以拒绝未来一段时期内该厂商的其他投标。

4) 维修补偿: 适用于维修费用偏差较大的情况, 该方法执行十分简便, 直接在合同中约定维修费的上限即可, 超出部分由厂商承担。考虑到故障责任对于维修费承担的界定, 实际中一般仅取事故中厂商有贵的部分。

最后, 为完善事前监管闭环, 采购方可组织投标数据的采信度分析, 通过各厂商间设备的重要设计差异来确定 LCC 影响因子。若投标人前期中标过同类型项目, 则可以组织设备运检部门的专家, 对投标理论数据和实际运行数据作偏差分析。若投标人为新晋厂商, 缺乏可用的实际运行数据, 则采购人可以提前与该厂商沟通, 以工厂实地调研、样品试验、专家打分等理论方式给出采信度。

5. 展望与讨论

LCC 招标方式在电力行业推广, 首先需要各方的广泛接受, 对于电力企业而言是一个不小的挑战。在正式实施 LCC 招标前, 企业应当根据自身条件, 制定周密的发展战略、宣传计划、配套制度、数据中台和专业化团队。由于电力设备前期的设计、试验和生产相关费用, 以购置成本的形式由采购部门掌握, 中期的安装和调试费用, 由施工部门进行核算, 后期的运行、检修和报废费用, 又由运检部门进行核算,

因此 LCC 数据的部门跨度较大,涉及到精准归集的问题,企业需要统一的中台系统,完成 LCC 数据的收集、处理、存储和分析。此外,设备 LCC 还受到外部风险因素的干扰,尤其对于非厂商原因的 LCC 意外增加,需要正确识别并予以剔除修正。如何正确修正厂商原因的 LCC 增加,是 LCC 合同补偿机制得以运行的前提,目前理论层面缺乏高效的方法,需要进一步的制度设计研究。

参考文献

- [1] 伏晓. 全寿命周期成本(LCC)理论在电力设备招标采购中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 暨南大学, 2014.
- [2] 安玉民. 电缆输电线路全寿命周期设计研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2015.
- [3] 游磊, 张雪莹, 王鹏宇, 等. 基于全生命周期成本的铜或铝芯电缆的选择方法[J]. 中国电力, 2018, 51(4): 168-174.
- [4] 贾祎轲, 谢景海, 肖巍, 等. 高压电缆全寿命管理技术在输电线路设计中的应用[J]. 科技创业月刊, 2016, 29(24): 113-115.
- [5] 蒋利民, 韩永霞, 黄伟, 等. 基于 LCC 理论的电网损耗及其传导模型[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2015, 43(12): 55-62.
- [6] 张丽, 韩天祥, 朱磊, 等. 基于 LCC 理论的高压电缆选型模型的设计与实现[J]. 华东电力, 2012, 40(5): 854-857.