

# Research on Main Equipment Procurement Model Based on LCC

Fachi Chen, Bin Zhang, Ronglin Zhou

Shenzhen Power Supply Bureau Co. Ltd., Shenzhen  
Email: qwp\_425951@163.com

Received: Aug. 11<sup>th</sup>, 2013; revised: Sep. 10<sup>th</sup>, 2013; accepted: Sep. 18<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Fachi Chen et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Because of the unsatisfied present situation of bidding evaluation in the field of electric power equipment, the LCC theory is introduced into the bidding evaluation method, which can be used to appraise the total cost of electric power equipment. LCC method is combined with ADC model to build procurement evaluation optimization model and make an example to verify it.

**Keywords:** ADC; Electric Power Equipment Procurement; LCC

## 基于 LCC 的主设备采购模型研究

陈法池, 章 彬, 周荣林

深圳供电局有限公司, 深圳  
Email: qwp\_425951@163.com

收稿日期: 2013 年 8 月 11 日; 修回日期: 2013 年 9 月 10 日; 录用日期: 2013 年 9 月 18 日

**摘 要:** 针对电力设备采购评标中的现状与发展目标, 本文提出了一种基于全寿命周期成本的新的评标模型。该模型在引入寿命周期成本(LCC)理论的前提下, 将 ADC 评标模型应用到电力主设备采购模型中。其次, 分析影响设备综合效益的因素, 利用层次分析法进行权重值的确定, 并建立主设备采购评标优化模型, 并进行算例验证。

**关键词:** ADC; 电力设备采购; 寿命周期成本

### 1. 引言

目前, 电力公司在采购设备时, 偏重一次采购成本, 对设备后期成本估计不足甚至忽略运行维护成本; 对设备质量差异造成的后期成本缺少量化的评价, 许多设备尚未达到使用年限就必须更换<sup>[1,2]</sup>。目前的评标指标体系不够科学, 采购时偏重报价因素, 对设备后期成本估计不足甚至忽略运行维护成本, 缺乏长期决策的理论依据; 主观因素影响大, 基于现代评标方法未能把定性和定量分析有效的结合起来, 未能

把成本指标和功能指标、社会指标有机结合起来, 这有悖于电力设备评标注重长期效益和商务、技术评标整合的发展趋势。

帕累托曲线显示, 在产品的全寿命周期中, 方案研究论证阶段结束时, LCC 的 70% 大体上已被确定; 设计阶段结束时, LCC 的 85% 已被确定; 到全面研制工作结束时, LCC 的 95% 已被确定了, 而使用、维护阶段的活动对 LCC 的影响仅仅只占 1%<sup>[3-5]</sup>。因此, 必须尽早采取控制 LCC 的措施, 即在设备采购阶段不

仅要关注设备的采购成本, 还需要关注设备生命周期内包括安装、调试、运行、检修、改造、更新直至报废这一全过程中各个阶段所发生的总成本。

本文研究主设备的入网策略, 主要是建立基于 LCC 理念的设备采购模型, 编制设备采购招标书中关于 LCC 的计算内容, 并在标前会上对厂家说明 LCC 理念和需要提供的相关计算数据。评标时, 对设备采用 LCC 方法计算分析。

## 2. 采购数学模型

### 2.1. ADC 评标模型

ADC 效能评价方法能够用于对电力设备的功能(技术性能)进行评价。运用 ADC 方法的关键是对电力设备有效性、可信性、固有能力的量化, 其计算模型为

$$E = ADC \quad (10)$$

式中  $A$  为设备有效性向量, 是对设备有效性的一个量化, 表示为:

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_n] \quad (10)$$

式中,  $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ ;  $n$  为设备可能的状态数量;  $a_i$  为设备处于状态  $i$  的概率。

有效性反映了设备准备工作时的初始状态, 一般由可工作、定期维护、故障、等待备件等状态组合而成。设备处于某种工作状态的可用率可用该种状态持续工作时间与总时间的比值表示, 最常见的两种状态为工作状态和维修状态,  $a_i$  计算如下

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \\ a_2 = 1 - a_1 &= \frac{MTTR}{MTTR + MTBF} \end{aligned} \quad (3)$$

式中,  $a_1$  为设备准备工作时处于可用状态的可用率;  $a_2$  为设备准备工作时处于不可用状态的可用率; MTBF 为平均无故障持续运行时间; MTTR 为平均修复时间。

$D$  为设备可信性矩阵。设备在准备执行任务时处于  $n$  种状态中的任意一种状态, 在执行任务的过程中, 它或者保持原状态, 或者转化为其他  $n-1$  种状态中的一种; 因此, 在执行过程中就会出现  $n \times n$  种可能的转化模型, 因此可信性矩阵是一个  $n \times n$  阶方

阵。

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中,  $d_{ij}^j (i, j = 1, 2, \dots, n)$  为设备在准备执行任务时处于第  $i$  种状态, 而在执行任务过程中转化为第  $j$  种状态的概率, 若设备准备执行任务时处于不可工作状态, 则在可信性矩阵中该状态转化为其他状态的概率为零。

$C$  为设备固有能力的向量。如果设备有  $n$  种不同状态,  $c_j$  表示设备处于第  $j$  种状态下能最终完成任务的概率, 那么设备在不同状态对应的最终完成任务的概率就组成了一个  $n \times 1$  阶能力矩阵。

$$C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

式中,  $c_j (j = 1, 2, \dots, n)$  表示设备在最终的状态  $j$  下能最终完成任务的概率。

在实际应用中, 设备的固有能力的向量包括多个能力指标, 各设备在各个能力指标上的得分可由行业专家打分确定。将这些能力指标通过加权计算合成一个综合能力指标。例如, 如果设备的第 1 个状态为工作状态, 那么  $c_1$  就表示设备在可用且可信的前提下能完成任务的概率, 其计算公式为:

$$c_1 = \sum_{s=1}^k w_s F_s \quad (6)$$

式中,  $w_s$  为第  $s$  个能力指标的权重;  $F_s$  为设备在第  $s$  个能力指标上的得分;  $k$  为设备需完成的能力指标。

### 2.2. 基于 LCC 的 ADC 改进模型

由前述分析可知, LCC 能客观评价设备的长期成本, 是评标过程中商务标的核心; ADC 模型则能够对设备的效能进行评价, 是技术标的核心。针对目前商务标和技术标脱节比较严重, 以及在我国构建和谐社会的进程中对设备的社会效益关注程度越来越高的现状, 电力企业越来越趋向于将商务标和技术标整合起来, 从设备寿命周期成本、综合效能、

社会效益等多个角度对设备进行综合评标。考虑到评价标准的归一性，将成本指标设置为最小 LCC 与待评设备 LCC 之比，将效能指标设置为待评设备 ADC 与最大 ADC 之比，构建设备采购综合评标：

$$S_i = \delta \cdot \left\{ \frac{\min_{1 \leq j \leq n} (LCC_j)}{LCC_j} \right\} + \varphi \cdot \left\{ \frac{ADC_i}{\max_{1 \leq j \leq n} (ADC_j)} \right\} + \rho \cdot S_{bi} \quad (7)$$

式中，

$S_i$ ——第  $i$  个待评设备的综合得分， $0 \leq S_i \leq 1$ ；

$\delta$ 、 $\varphi$ 、 $\rho$ ——分别为成本、效能、社会效益的权重，其值可由 AHP 方法确定。

$\min_{1 \leq j \leq n} (LCC_j)$ —— $n$  个投标设备中 LCC 最低值； $LCC_j$  为第  $i$  个投标设备的 LCC；

$\max_{1 \leq j \leq n} (ADC_j)$ ——为  $n$  个投标设备中 ADC 最大值； $ADC_i$  为第  $i$  个投标设备的 ADC；

$S_{bi}$ ——第  $i$  个设备的社会效益得分。社会效益包括节能性、低误差性、环保性等等， $0 \leq S_{bi} \leq 1$ ；其值可由专家打分确定。

### 2.3. 层次分析(AHP)法确定权重因子

AHP 法采用先分解后综合的系统思想，整理和综合人们的主观判断，使定性分析与定量分析有机结合，实现量化决策。这种方法不仅能够保证模型的系统性、合理性，还能让决策人员充分运用其有价值的经验与判断能力。

运用 AHP 法进行评标决策时，需要经历以下步骤：

1) AHP 法第一步是要针对待解决的问题建立合理的递阶层次结构。一般递阶层次从上至下应包括目标层、准则层、指标层、方案层等。具体到设备采购问题，可将递阶层次划分为目标层、指标层和方案层：目标层就是采购综合绩效最优；指标层则表示达成总目标所涉及的中间环节，如技术指标、经济指标、社会效益等等；方案层是采购者所面临的可供选择的方案集合。

2) 两个元素相对重要性的比较一般采用 1~9 及其倒数的 9 点标度方法。假设有  $n$  个方案  $W_1, W_2, \dots, W_n$ ，权重向量为  $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ ，用评标专家按照给定

的准则，利用相对重要比例标度方法，对同层并属于同一上层元素的所有元素进行相互比较，将评判结果用数值表示出来，如此即构成判断矩阵：

$$A = \begin{matrix} & W_1 & W_2 & \dots & W_n \\ \begin{matrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

其中， $A$  是一个  $n$  阶方阵，且根据比较方式有

$$w_{ij} > 0, w_{ij} = 1/w_{ji}, w_{ij} = 1, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

因此  $A$  是一个正互反矩阵； $w_{ij} = 1/w_{ji}$  意味着在构造判断矩阵时，只需要做  $n(n-1)/2$  次判断就行了。

3) 单准则下的排序，根据判断矩阵可知：

$$A \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (10)$$

或简写为  $Aw = nw$ 。该齐次线性方程有非零平凡解的充要条件是行列式  $|A-nI|$  为零，所以  $n$  是  $A$  的一个特征值，与之对应的特征向量  $w$  即为权重向量。

4) 综合排序。利用单准则排序的结果，计算同一层次所有因素对于最高层(总目标)的相对重要性的排序权值，称为层次的合成权重。对于评标来说，就是最终确定投标单位的排序，以便定标。这一过程是从最高层到最低层、自上而下进行的，并逐层进行一致性检验。

对于评标问题，有了每个设备供应商的综合权重，即可根据该权重的大小对投标方进行优劣排序。显然，综合权重值越大的投标方综合实力越强。

## 3. 算例

### 3.1. 低压隔离开关的 LCC 寿命周期成本分析

本案例取 10 年计划分析，对 a、b、c 三家产品的购置成本、运行成本、维护成本、故障成本、退役成本进行分析、整理，可以得到以下数据见表 1。

**Table 1. Life cycle cost**  
**表 1. 寿命周期成本**

	购置成本	运行成本	维护成本	故障成本	退役成本	总成本	处理值
a	360	36	600	10	-12	1004	1
b	380	34	608	10	-13	1019	0.985
c	370	35	602	10	-12	1005	0.999

**Table 2. ADC data**  
**表 2. ADC 数据**

	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	比值
a	[0.99, 0.01]	[0.82, 0.18; 0, 1]	[0.93, 0]	0.7550	0.9545
b	[0.98, 0.02]	[0.79, 0.21; 0, 1]	[0.92, 0]	0.7123	0.9005
c	[0.99, 0.01]	[0.85, 0.15; 0, 1]	[0.94, 0]	0.7910	1

### 3.2. 低压隔离开关的 ADC 分析

根据上面的模型，可以得到 ADC 的数据如下见表 2。

### 3.3. 总评表

$\delta$ 、 $\varphi$ 、 $\rho$  分别为成本、效能、社会效益的权重，其值可由 AHP 方法确定：0.50、0.46、0.04。社会效益的取值有专家给出。利用本文建立的综合评标模型式(7)，对 a、b、c 三个产家同一种容量的低压开关进行综合评标，计算结果如表 3 所示。

由上表计算结果可以看出，c 家的总分最高，低压隔离开关应选择 c 家。

## 4. 结语

基于 LCC 的 ADC 改进模型，对电网主设备进行采购选择。结合低压隔离开关，利用 ADC 分析法以及层次分析法，对采购选择的过程进行了模拟。

基于 LCC 的 ADC 改进模型针对传统的评标模型

**Table 3. General table**  
**表 3. 总评表**

	<i>C</i>	$\delta$	<i>E</i>	$\varphi$	<i>S</i>	$\rho$	总分
a	1	0.50	0.9545	0.46	0.92	0.04	0.8798
b	0.985	0.50	0.9005	0.46	0.92	0.04	0.8259
c	0.999	0.50	1	0.46	0.92	0.04	0.9295

有较好的先进行和科学性。评标的依据不仅仅单看成本因素或者是效能因素。还结合考虑了设备的社会效益，使得电网设备的经济效益进一步得到提升。

## 参考文献 (References)

- [1] 孟锦, 李千目, 张宏, 刘凤玉. 基于 ADC 模型的侦察卫星效能评估研究[J]. 计算机科学, 2009, 6(2): 45-48.
- [2] 魏继才, 黄谦, 胡晓峰. 层次分析法在武器系统效能建模中的应用[J]. 火力与指挥控制, 2002, 8(5): 31-34.
- [3] 韩天祥, 黄华炜, 陈一春. LCC 管理技术在国外电力系统的研究与应用[J]. 上海电力, 2004, 3: 192-194.
- [4] 黄良宝, 马则良, 张建平. 考虑 LCC 管理的电网规划方案评价研究[J]. 华东电力, 2007, 37(5): 91-94.
- [5] 曹杨. 基于 LCC 理论的电力设备采购评标方法及其应用研究[D]. 重庆大学, 2010.