

基于价值工程-层次分析的评标方法在撬装设备招标采购中的应用探讨

李 籍

(中国石油物资有限公司 西安分公司, 西安 710000)

摘要:撬装设备招标采购时,不易体现性价比,如果评审因素划分及其权重不合理,评标往往会得出不合实际的错误结论。借鉴价值工程的基本原理进行评标指标体系构建,结合层次分析法对评标指标权重量化,最后通过实例分析检验该评标方法,并对价值工程-层次分析法综合评价模型提出几点认识。

关键词:撬装设备;评标;价值工程;层次分析法;权重

中图分类号:F062.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)06-0114-04

撬装设备技术规格多,功能复杂,配套性要求高,多采用非标准设计,招标时考量因素多,往往采用综合评估法,对投标报价、业绩、技术实力、运行效果、交货期、财务状况、售后服务保障等多个方面综合考量。标的物的复杂性导致各投标人在技术能力、商务能力和服务能力等方面各有所长,只有合理和公正的评价才能为推荐(确定)合适的中标人提供翔实的依据。

1 目前评标存在的问题及解决思路

1.1 技术、经济评审相脱节

撬装设备招标采购,目的是挑选一家具有较高质量信誉,能可靠实现设备所必需的功能,且在设备整个使用周期中运行成本较低,即性价比最高的制造(集成)商^[1]。一般而言,技术实力与商务价格呈现负相关性,质量好往往报价高。常规的技术、商务评审与价格评审做加法的方式,并不能很好地规避“价低质劣”情况发生,也体现不出性价比。

价值工程是一门技术与经济相结合的管理技术,其目标是以最低的寿命周期成本,实现产品必须具备的功能,克服产品设计制造中普遍存在的两者相互脱节的现象。撬装设备招标采购时,招标人既希望产品设计制造方案能够得到较好实现,又希望以相对较低的成本实现发包。招标人对投标人的选择,本身就是在成本与预期的功能实现效果之间进行权衡与优选,符合价值工程的

基本思想^[2]。

1.2 评价指标及其权重设置不合理

综合评估法并不是将价格因素作为评审的唯一指标,评价指标及其权重的设置合理与否就会成为一个影响决策的问题,如果评审因素划分或者为其分配的分值不合理,往往会得出不合实际的错误结论。对于既有货物又有设计及技术服务的撬装设备采购,综合评估法有时很难准确划分价格和其他因素的权值。对其他非价格因素,不同的招标人往往会根据主观意愿结合实践经验确定一个大致的评价指标及各指标的权重系数,缺乏全面性、科学性、准确性,尤其当指标权重的考虑过于简单,不具备客观性,则无法实现对采购项目各项因素指标的系统分析和评价。

价值工程应用不受价格和其他各项因素权值划分的限制,避免人为主观设定的权重不合理。层次分析法(AHP)是一种将定性分析与定量分析相结合的多目标决策分析方法,适用于冲突分析、方案评比,是构造递阶层次、计算权重有效的数学模型,可解决各非价格因素权重划分问题。

2 建立综合评价模型

借鉴价值工程的基本原理进行评标指标体系构建,并结合层次分析法对指标权重进行量化,综合考虑项目的功能与成本,以选取最具价值的潜在投标人。

收稿日期:2022-02-08

作者简介:李籍(1989—),男,河南商丘人,中国石油物资有限公司西安分公司,工程师,研究方向为油田地面建设和炼化企业物资采购。

2.1 价值工程

价值工程将产品价值、功能和成本作为一个整体同时考虑,将投标人及其投标方案所反映出的生产技术和检验能力、性能指标、交货期等能够为项目带来不同实施结果的指标作为功能因素,将各投标人的报价作为成本因素,运用价值工程方法在成本与预期功能实现效果二者之间进行综合分析,评价投标人的投标方案所具有功能与其成本是否相适应。评价用数学公式可表示为

V_i = F_i / C_i (1)

F_i = (sum_{j=1}^m W_j X_ij) / (sum_{i=1}^n sum_{j=1}^m W_j X_ij); i = 1, 2, ..., n; j = 1, 2, ..., m (2)

C_i = c_i / sum c_i (3)

式中:V_i为价值系数;F_i为功能系数;C_i为成本系数;n为投标人个数;m为功能因素个数;W_j为第j个功能在功能评价中所拥有的影响权重;X_ij为专家对第i个投标人第j个功能因素的平均评分;c_i为第i个

投标人设备总报价。

价值工程的核心是功能分析。各功能评价因素是在理论研究、实践调查和专家评议的基础上,进行综合分析,提炼与整合而成的[3]。评价因素的选取围绕技术可行性、经济可行性、社会环境影响等展开。以下将结合层次分析法建立针对撬装设备采购客观可行的功能评价指标体系,并计算相应权重。

2.2 层次分析法

运用层次分析法解决决策问题,大体分为4个步骤:①建立递阶层次结构;②构造两两比较判断矩阵;③由判断矩阵计算被比较因素的相对权重;④计算各因素相对于总目标的组合权重[4]。

2.2.1 递阶层次结构即功能评价体系的建立

第1层为目标层,即功能评价;第2层为准则层,鉴于招标时一般分为技术标和商务标,评价因素也将归结为技术能力和商务能力两部分;第3层为子准则层,罗列了招标人想要考察的和能够反映投标人实力的具体的评价因素:技术能力主要由性能指标、可靠性、先进性与生产检验能力等来体现;商务能力指企业的财务状况、以往业绩、交货期等,如图1所示。

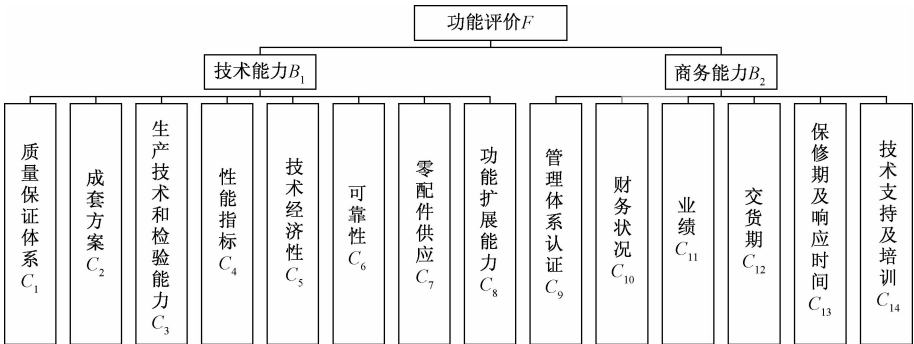


图1 撬装设备评标因素递阶层次结构图

2.2.2 构造两两比较判断矩阵

依照上文构造的层次分析结构模型,建立各层次判断矩阵,采用1-9的标度方法[5],经专家、业主方采购人员和需求人员等多方讨论,对各因素相对重要性赋值,见表2~表4。最后,采用方根法求解判断矩阵的最大特征根和特征向量。

2.2.3 单一准则下各元素的相对权重计算

1)计算判断矩阵每一行元素乘积M_j。

M_j = product_{i=1}^n u_{j,i}, i, j = 1, 2, ..., n (4)

2)计算M_j的n次方根W_j。

W_j = (M_j)^{1/n} (5)

3)将方根向量(W_1, W_2, ..., W_n)^T归一化,即

W_j = W_j / sum_{j=1}^n W_j (6)

omega = (W_1, W_2, ..., W_n)则为近似特征向量,即各因素权重。

4)计算判断矩阵P的最大特征根lambda_max。

lambda_max = sum_{j=1}^n (PW)_j / (n * W_j) = 1/n * sum_{j=1}^n (PW)_j / W_j (7)

式中:n为判断矩阵的阶数;(PW)_j为向量PW的第j个元素。

5)计算判断矩阵一致性指标CI和一致性比例CR。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}; CR = CI/RI \tag{8}$$

式中,RI 为平均随机一致性指标,对于 1~9 阶的判断矩阵,其值见表 1。

表 1 平均随机一致性指标

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当 CR<0.1 时,一般认为判断矩阵的一致性是可以接受的,否则需要重新调整判断矩阵。

2.2.4 各因素相对于总目标的组合权重计算

为了得到递阶层次结构中每一层次中所有元素相对于总目标的相对权重,需要由上而下逐层进行,并进行总的判断一致性检验。组合权重的计算公式^[6]为

$$\omega^{(k)} = W^{(k)} \omega^{(k-1)}, 3 \leq k \leq h \tag{9}$$

式中, $W^{(k)}$ 为以第 $k-1$ 层的权向量为列向量组成的矩阵; h 为层次数。

$$CR_k = \frac{(CI_k^1, \dots, CI_k^m) \omega^{k-1}}{(RI_k^1, \dots, RI_k^m) \omega^{k-1}} \tag{10}$$

式中, CI_k^m 和 RI_k^m 分别为在 $k-1$ 层第 m 个准则下判断矩阵的一致性指标和平均随机一致性指标。

当 $CR_k < 0.10$ 时,认为递阶层次在 k 层水平上整个判断有满意的一致性。

具体计算结果见表 2~表 5。

表 2 F-B 判断矩阵

<i>F</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>W_j</i>
<i>B</i> ₁	1	3	0.75
<i>B</i> ₂	1/3	1	0.25

$\lambda_{\max}=2, CI=0.00, CR=0.00$

表 3 B₁-C 判断矩阵

<i>B</i> ₁	<i>C</i> ₁	<i>C</i> ₂	<i>C</i> ₃	<i>C</i> ₄	<i>C</i> ₅	<i>C</i> ₆	<i>C</i> ₇	<i>C</i> ₈	<i>W_j</i>
<i>C</i> ₁	1	1/3	1/2	1/3	1/3	1	3	4	0.078 1
<i>C</i> ₂	3	1	2	1/3	1/2	3	5	6	0.165 4
<i>C</i> ₃	2	1/2	1	1/3	1/3	2	5	5	0.116 8
<i>C</i> ₄	3	3	3	1	2	3	6	7	0.284 0
<i>C</i> ₅	3	2	3	1/2	1	4	5	5	0.220 6
<i>C</i> ₆	1	1/3	1/2	1/3	1/4	1	3	4	0.075 3
<i>C</i> ₇	1/3	1/5	1/5	1/6	1/5	1/3	1	2	0.034 1
<i>C</i> ₈	1/4	1/6	1/5	1/7	1/5	1/4	1/2	1	0.025 6

$\lambda_{\max}=8.373\ 4, CI=0.053\ 3, CR=0.037\ 8<0.1$

3 评标计算实例

以某石化公司聚丙烯装置尾气回收单元撬装采购为例,进行综合评价计算。该项目共有 5 家供应商进行了有效的投标,招标文件中采用的评标因素与图 1 一致。由招标人代表和技术、经济专家组

表 4 B₂-C 判断矩阵

<i>B</i> ₂	<i>C</i> ₉	<i>C</i> ₁₀	<i>C</i> ₁₁	<i>C</i> ₁₂	<i>C</i> ₁₃	<i>C</i> ₁₄	<i>W_j</i>
<i>C</i> ₉	1	1/2	1/3	2	1/3	3	0.112 5
<i>C</i> ₁₀	2	1	1/3	2	1/2	3	0.151 6
<i>C</i> ₁₁	3	3	1	5	2	5	0.374 0
<i>C</i> ₁₂	1/2	1/2	1/5	1	1/3	1	0.068 3
<i>C</i> ₁₃	3	2	1/2	3	1	3	0.234 0
<i>C</i> ₁₄	1/3	1/3	1/5	1	1/3	1	0.059 6

$\lambda_{\max}=6.154\ 0, CI=0.030\ 8, CR=0.024\ 8<0.1$

表 5 C 层组合权重

<i>F</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i> 层组合
	0.75	0.25	权重 ω
<i>C</i> ₁	0.078 1	0	0.058 6
<i>C</i> ₂	0.165 4	0	0.124 1
<i>C</i> ₃	0.116 8	0	0.087 6
<i>C</i> ₄	0.284 0	0	0.213 0
<i>C</i> ₅	0.220 6	0	0.165 5
<i>C</i> ₆	0.075 3	0	0.056 5
<i>C</i> ₇	0.034 1	0	0.025 6
<i>C</i> ₈	0.025 6	0	0.019 2
<i>C</i> ₉	0	0.112 5	0.028 1
<i>C</i> ₁₀	0	0.151 6	0.037 9
<i>C</i> ₁₁	0	0.374 0	0.093 5
<i>C</i> ₁₂	0	0.068 3	0.017 1
<i>C</i> ₁₃	0	0.234 0	0.058 5
<i>C</i> ₁₄	0	0.059 6	0.014 9

$CR = \frac{0.75 \times 0.053\ 3 + 0.25 \times 0.030\ 8}{0.75 \times 1.41 + 0.25 \times 1.24} = 0.034\ 9 < 0.1$

成了 5 人评标委员会,根据招标文件规定的评标办法,对各投标人投标文件进行了打分。

3.1 功能系数计算

将功能因素权重和打分的平均值(以 10 分制计)代入式(2)中,进行功能系数的计算,结果见表 6。

表 6 各投标人功能系数 *F_i* 计算值

功能因素	权重 <i>W_j</i>	投标人				
		甲	乙	丙	丁	戊
<i>C</i> ₁	0.058 6	9.0	7.5	9.0	9.0	8.0
<i>C</i> ₂	0.124 1	8.0	7.0	8.2	6.5	9.0
<i>C</i> ₃	0.087 6	8.0	7.0	9.0	8.0	7.0
<i>C</i> ₄	0.213 0	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0
<i>C</i> ₅	0.165 5	9.0	8.0	9.0	9.0	7.0
<i>C</i> ₆	0.056 5	8.0	10.0	10.0	10.0	8.0
<i>C</i> ₇	0.025 6	9.0	8.5	7.4	8.8	9.2
<i>C</i> ₈	0.019 2	6.8	9.0	9.6	8.4	9.0
<i>C</i> ₉	0.028 1	7.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<i>C</i> ₁₀	0.037 9	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0
<i>C</i> ₁₁	0.093 5	7.0	10.0	8.0	7.0	5.0
<i>C</i> ₁₂	0.017 1	6.0	6.0	6.0	10.0	8.0
<i>C</i> ₁₃	0.058 5	5.0	7.0	10.0	7.0	6.0
<i>C</i> ₁₄	0.014 9	7.5	9.2	7.8	8.6	9.0
$\sum W_j X_{ij}$		7.964 5	8.324 1	8.814 7	8.089 4	7.519 5
<i>F_i</i>		0.195 6	0.204 5	0.216 5	0.198 7	0.184 7

3.2 成本系数计算

成本是清晰明确的定量因素,各投标人依照供货范围,在撬装组成部件分项报价的基础上,汇总成投标总报价。成本系数计算结果见表 7。

表 7 各投标人成本系数 C_i 计算值 单位:元

投标人	出厂价	运杂费	技术服务费	投标总报价	成本系数 C_i
甲	1 718 700	42 970	136 000	1 897 670	0.198 9
乙	1 674 400	50 230	128 000	1 852 630	0.194 2
丙	1 850 000	48 100	109 600	2 007 700	0.210 5
丁	1 818 800	54 500	118 700	1 992 000	0.208 8
戊	1 627 900	45 580	116 300	1 789 780	0.187 6
合计				9 539 780	1

3.3 价值系数计算

通过表 8 可看出:投标人丙虽然报价最高,但同时也有着最高的技术、商务优势,虽然没有胜出,但还是有着不错的性价比表现;投标人戊价格最低,同时技术商务能力最差,价值系数小于 1,意味着“价低质更廉”;最终,投标人乙以最高的性价比成功中标本项目。事实也证明,乙优质、高效地履行了合同,该尾气回收单元撬装运行平稳,实现了成本与预期的功能效果之间的优选。

表 8 各投标人价值系数 V_i 计算值

投标人	功能系数 F_i	成本系数 C_i	价值系数 V_i	排序
甲	0.195 6	0.198 9	0.983 6	4
乙	0.204 5	0.194 2	1.052 8	1
丙	0.216 5	0.210 5	1.028 6	2
丁	0.198 7	0.208 8	0.951 6	5
戊	0.184 7	0.187 6	0.984 5	3

4 结论及认识

1)基于价值工程原理,运用层次分析法的评标方法,实现了技术与经济相结合、定性与定量相结合的综合评价,符合公平、公正、科学、客观的评标原则。该综合评价模型在保证正确处理技术先进与经济合理对立统一关系的基础上,避免因主观原因采用的评审因素和权值简单粗暴给评审结果带

来偏差,致力于最大限度地提高综合效益,对撬装设备的招标采购有很好的应用前景。

2)目前评标中应用最多的是百分制打分的综合评估法,使用的是加法,而价值工程(即性价比法)使用的是比值,两者计算形式有所差异,但各投标人评标得分趋势是一致的。在日常招标采购综合评估法时,可在此综合评标方法的基础上进行简化,利用层次分析法确定非价格因素的相对权重,结合政府有关部门或集团公司对价格因素和非价格因素权重分配的政策性规定,对价格和其他技术、商务因素分别赋值(总计 100 分),将相对客观的因素划分、权重设置与打分的直观结合起来,便于实操。

3)本文评价模型中,应用层次分析法很好地降低了人为主观因素对评审因素划分和权重设置的影响,为评审提供了一个客观、科学的前提条件。但是,在评标打分过程中往往还会带有主观色彩,涉及主观项时随意性很大。可在此综合评标方法的基础上进行强化,采用基于模糊数学思想的 Fuzzy 层次分析法,叠加专家评标隶属度矩阵做功能评价,进一步减少个人意愿和经验给客观评价带来不利因素。

参考文献

[1] 阮连法,叶志军,王建军,等. 建设工程项目设备招标评标方法初探[J]. 建筑经济,2005(9):47-49.

[2] 肖蕾,王俊和. 基于价值工程的铁路建设工程评标方法探讨[J]. 铁道学报,2009,31(1):111-114.

[3] 鲍学英,王起才. 基于信息熵和价值工程的工程评标方法研究[J]. 兰州交通大学学报,2015,34(4):62-65.

[4] 侯立中,吴俊霞. 层次分析法在石油工程评标中的应用[J]. 技术经济,2006(5):113-115.

[5] 许树柏. 实用决策方法:层次分析法原理[M]. 天津:天津大学出版社,1988.

[6] 姜启源,谢金星,叶俊. 数学模型[M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2011.

The Application of Evaluation Method Based on VE-AHP to Skid-mounted Equipment Bidding

LI Ji

(Xi'an Branch, China Petroleum Materials Co. Ltd., Xi'an 710000, China)

Abstract: In skid-mounted equipment bidding procurement, performance price ratio is not easy to reflect. In addition, unreasonable factor or weight division draws an unrealistic conclusion. Based on value engineering theory, evaluation index system is established, and then index weight is quantified combined with analytic hierarchy process. Finally, the bid evaluation method is explored and verified through an example, and some thoughts on VE-AHP comprehensive evaluation model are put forward.

Keywords: skid-mounted equipment; evaluation; value engineering; analytic hierarchy process; weight