

高速公路大标段 EPC 总承包商选择方法探讨

李洪超, 高幸

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 针对高速公路大标段 EPC(设计—采购—施工)总承包商选择的复杂性、主观性和信息灰色性特征,围绕 EPC 总承包商设计、采购、施工、移交四项核心工作,从总承包商企业资源和拟投入项目资源两层次构建 EPC 总承包商选择指标体系,建立基于层次分析法(AHP)和数据包络分析法(DEA)确定承包商评价综合权重的灰色关联度总承包商选择模型,并通过案例分析验证了指标体系的适用性和模型的可行性。

关键词: 工程管理;高速公路大标段;EPC(设计—采购—施工);总承包商选择;层次分析法(AHP);数据包络分析法(DEA)

中图分类号:U415.2

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)04-0164-05

EPC(Engineer—Purchase—Construct,设计—采购—施工)总承包模式能有效节约投资,缩短工期,提高项目的综合效益。目前对选择 EPC 总承包商的研究主要从指标体系和选择方法两方面进行。指标体系方面,Dickson G. W.提出了供应商选择的 23 项评价准则,包括质量、交货时间、历史绩效、价格、技术能力、财务指标等,是较早的供应商选择准则;孟宪海等分别从资格预审、技术标评标和商务标评标 3 个阶段研究并确定了业主选择 EPC 项目总承包商的原则及标准。选择方法方面,宋岩磊等总结出承包商定量优选方法主要有模糊层次分析、灰色关联分析、TOPSIS 等;宋媛媛等分析了传统选择决策模型的不足。尽管 EPC 总承包模式在中国得到大力推广,但 EPC 项目选择承包商仍沿用一般的承包商选择方法和程序,指标体系构建中重点考察承包商企业本身的能力水平,较少关注甚至忽视总承包商拟投入项目的资源,所列指标体系不够详细,关键指标粗略,选择方法仍采用单一的评价方法。针对以上问题,该文从总承包商企业资源和拟投入项目资源两层次构建 EPC 总承包商选择指标体系,运用陈群在最佳承包商选择中使用的关联度决策模型,使用组合权重法确定权重,通过指标权重和对模型进行求解,提高承包商选择的可靠性和可信度。

1 承包商评价选择指标体系构建

1.1 高速公路大标段的特点

根据对恩来(恩施—来凤)、麻武(麻城—武穴)、潜石(潜江—石首)高速公路及恩黔(恩施—重庆黔

江)高速公路 157 km 一期土建工程等大标段招标项目的分析,高速公路大标段项目具有如下特点:

(1) 施工路段长,资金需求大。工程实践中一般按合同额 10 亿元、20 km 左右划分高速公路大标段,要求承包商具有足够的财务能力。

(2) 工程量大,难度系数高,技术要求高。高速公路大标段建设项目涵盖路基、路面、桥梁、隧道等工程,工序衔接和专业接口十分繁杂,交叉作业和施工干扰十分严重,同时涉及不同的地理条件、生态环境和社会问题等,对承包商的设计、采购、施工和协调能力有较高要求。

(3) 风险高。标段越大,中标后潜在风险因素越多。因此,信用水平高的承包商更能被业主所信任,还能大大减少施工过程中业主与承包商之间的矛盾与分歧,有利于工程的顺利实施。

1.2 指标体系构建

针对资格预审后,企业资质符合要求的总承包商进行评价选择,从企业资源和拟投入项目资源两层次构建指标体系。

EPC 模式下,承包商根据合同约定对整个工程项目的设计、材料与设备采购、施工、测试运行等进行统一组织、协调和全过程管理,并对工程项目的质量、安全、工期、造价等向业主全面负责。因此,着重考虑 EPC 总承包商的设计、采购、施工和协调能力,参考相关文献及专家意见,将企业资源分为财务能力、设计能力、采购能力、施工能力、协调能力和社会信誉 6 项指标。

通过考察总承包商的投标文件,结合评标办法,

在拟投入项目资源中,关键岗位的人员、机械设备的配备、设计方案的可行性和施工组织设计的合理性对项目的顺利实施有着重要影响。因此,将拟投入项目资源分为主要岗位负责人、机械设备、方案设计和施工组织设计 4 项指标。

采用大标段招标模式,对投标单位的资质、经济实力提出了更高要求,而国内符合要求的总承包商

较少,粗略的指标体系不能对这些总承包商进行排序择优。因此,评价指标应尽可能详细,保证能对总承包商进行比较选择。

遵循指标体系建立及总承包商选择原则,根据相关标准,借鉴类似工程经验,对影响高速公路大标段 EPC 总承包商选择的相关因素作进一步细分,构建图 1 所示指标体系。

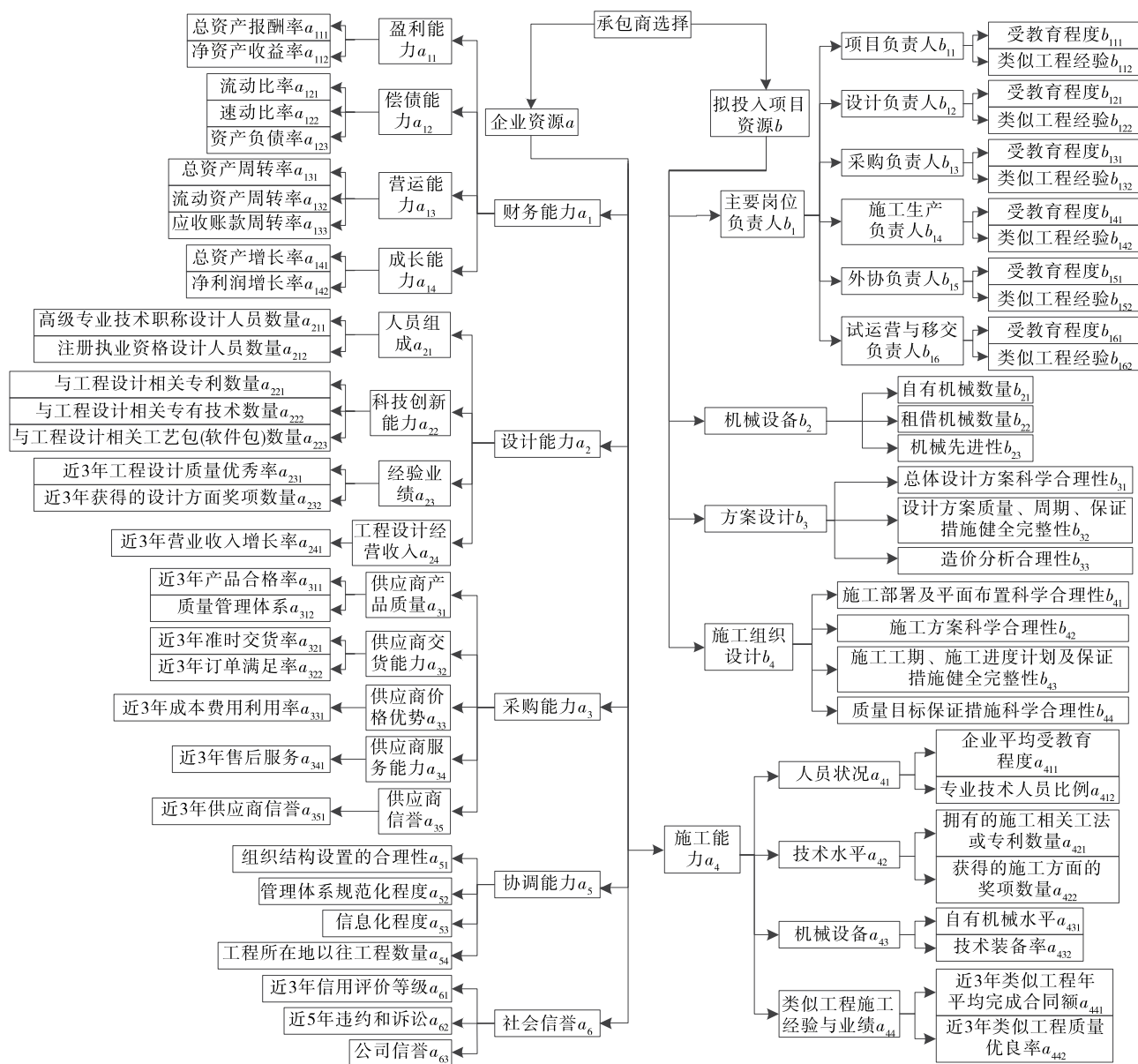


图 1 高速公路大标段 EPC 总承包商评价选择指标体系

2 基于 AHP-DEA 评价准则的综合权重确定

层次分析法(AHP)能充分利用专家的主观意见,但评价信息全面、准确与否受评价人员知识结构、认识能力、经验水平和个人偏好的制约,很难排

除人为因素带来的偏差。数据包络分析法(DEA)以各决策单元的输入和输出指标权重为变量,从最有利于决策单元的角度进行评价,确定各决策单元是否为 DEA 有效。虽然 DEA 的评价结果不受人为因素的影响,但不能反映决策者的偏好。综合考

虑,引入主、客观偏好系数概念,采用加权方法,结合 AHP、DEA 求得的权重确定准则的综合权重。

2.1 AHP 确定准则权重

先根据承包商评价指标体系确立层级间因素的隶属关系,引入“1~9”标度法将同层 n 个因素的重要性比较量化,生成 $n \times n$ 阶判断矩阵 A ;然后采用特征向量法计算 A 的最大特征根 λ_{\max} 及其相应特征向量,其归一化结果即为该层因素相对于上层因素的权重 $\bar{\omega}$ (还需对权重进行一致性检验)。

2.2 DEA 确定准则权重

最常用的 DEA 模型是 C^2R 模型,其基本原理:假定有 m 个总承包商 $DMU_i (i=1,2,\dots,m)$ 、 n 个底层评价指标,其中每个总承包商都有 p 个输入指标和 q 个输出指标,对应的输入向量为 $X_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{si}, \dots, x_{pi})^T$, 输出向量为 $Y_i = (y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{ti}, \dots, y_{qi})^T$, 且 $p+q=n, x_{si} > 0 (s=1,2,\dots,p), y_{ti} > 0 (t=1,2,\dots,q)$ 。同时,设输入量对应的输入权重为 $V = (v_1, v_2, \dots, v_s, \dots, v_p)^T$, 输出量对应的输出权重为 $U = (u_1, u_2, \dots, u_t, \dots, u_q)^T$ 。现对第 i_0 个总承包商进行效率评价,以第 i_0 个总承包商的效率指数 h_{i_0} 为目标,所有总承包商(包含第 i_0 个总承包商)的效率指数为约束构成最优化模型。原始的 C^2R 模型是一个分式规划,使用 Charnes—Cooper 变化后,得到如下线性规划模型:

$$\begin{aligned} \max h_{i_0} &= \sum_{t=1}^q u_t y_{ti_0} \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \sum_{s=1}^p v_s x_{si} - \sum_{t=1}^q u_t y_{ti} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m) \\ \sum_{s=1}^p v_s x_{si_0} = 1 \\ V = (v_1, v_2, \dots, v_s, \dots, v_p)^T \geq 0 \\ U = (u_1, u_2, \dots, u_t, \dots, u_q)^T \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

建模之前采用线性比例法对指标数据进行无量纲化处理。然后求解上述线性规划模型,得到各指标相应的权重,并对其进行归一化处理,最后得:

$$W_i = (v'_1, v'_2, \dots, v'_s, \dots, v'_p, u'_1, u'_2, \dots, u'_t, \dots, u'_q)^T \quad (2)$$

2.3 综合权重

AHP 反映决策者的主观偏好,DEA 反映在承包商有效性基础上属性数值之间客观存在的关系,为使求得的准则权重能综合反映主、客观关系,充分体现 AHP 和 DEA 的优点,采用线性加权的方法确

定综合权重。公式如下:

$$\omega^* = \alpha \bar{\omega} + (1-\alpha) W_i \quad (3)$$

式中: ω^* 为综合权重; α 为主观偏好系数,其值由决策者根据偏好给出, $\alpha \in [0,1]$; $1-\alpha$ 为客观偏好系数。

3 基于 AHP—DEA 加权的灰色关联度总承包商选择模型

设要对 m 个总承包商进行评价选择,评价指标体系由 n 个指标组成,则第 i 个承包商的 n 个指标构成数列 $X_{ik} = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}] (i=1,2,\dots,n)$, m 个承包商的原始指标构成如下矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

3.1 确定最优指标集(X_{0k})

设 $X_{0k} = [X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}]$, 其中 k 为第 k 个指标在各总承包商中的最优值。指标中,如某一指标取最大值为好,则取该指标在各总承包商中的最大值;如取最小值为好,则取总承包商中的最小值。

最优指标集(X_{0k})的意义是通过在各总承包商中选取最优指标构成最理想方案,以此为基准,采用灰色关联度作为测度评判各总承包商与理想最优总承包商的关联程度,得到各总承包商的优劣次序。

3.2 指标值的规范化处理

由于指标相互之间通常具有不同的量纲和数量级,不能直接进行比较,需对原始指标值进行规范化处理。公式如下:

$$\lambda_{ik} = \frac{X_{ik} - X_i^{\min}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}} \quad (5)$$

式中: λ_{ik} 为第 i 个总承包商的第 k 个指标 X_{ik} 的规范化数值; X_i^{\min} 、 X_i^{\max} 分别为第 k 个指标在所有总承包商中的最小值和最大值。

规范化处理后得到如下矩阵:

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{01} & \lambda_{02} & \cdots & \lambda_{0n} \\ \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \cdots & \lambda_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

3.3 计算关联度系数

以规范化处理后的最优指标集 $\{\lambda_{0k}\} = [\lambda_{01}, \lambda_{02}, \dots, \lambda_{0n}]$ 作为参考数列,规范化处理后最优总承包商的指标值 $\{\lambda_{ik}\} = [\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{in}]$ 作为被比较数列,则可采用式(7)求得第 i 个总承包商第 k 个指

标与第 k 个最优指标的关联系数 $\xi_i(k) (i=1,2,\dots, m; k=1,2,\dots,n)$ 。由下式求得:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |\lambda_{0k} - \lambda_{ik}| + \rho \max_i \max_k |\lambda_{0k} - \lambda_{ik}|}{|\lambda_{0k} - \lambda_{ik}| + \rho \max_i \max_k |\lambda_{0k} - \lambda_{ik}|} \quad (7)$$

$$r_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}) \cdot \begin{bmatrix} \xi_i(1) \\ \xi_i(2) \\ \vdots \\ \xi_i(n) \end{bmatrix}$$

式中: ρ 为分辨率, $\rho \in [0, 1]$, 一般取 0.5。

进而得到如下关联系数矩阵 E :

$$E = \begin{bmatrix} \xi_1(1) & \xi_2(1) & \cdots & \xi_m(1) \\ \xi_1(2) & \xi_2(2) & \cdots & \xi_m(2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \xi_1(n) & \xi_2(n) & \cdots & \xi_m(n) \end{bmatrix} \quad (8)$$

3.4 灰色关联度的确定

数学模型:

$$R = P \cdot E \quad (9)$$

式中: $R = [r_1, r_2, \dots, r_m]$ 为 m 个总承包商的综合评判结果矩阵; $r_i (i=1, 2, \dots, m)$ 为第 i 个总承包商的综合评判结果; $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]$ 为 n 个底层指标的权重分配矩阵, 由 AHP-DEA 评价准则

的综合权重确定, $\sum_{k=1}^n P_k = 1$ 。

第 i 个总承包商的综合评判结果及关联度 r_i

若关联度 r_i 最大, 则说明 $\{\lambda_{ik}\}$ 与最优指标集 $\{\lambda_{0k}\}$ 最接近, 第 i 个总承包商优于其他总承包商, 据此可排出各总承包商的优劣次序。

4 案例分析

某高速公路路线长约 33 km, 设计速度为 120 km/h, 路基宽度 34.5 m, 双向六车道, 计划建设总工期为 42 个月。投入招标的为其路面(不含连接线路面)工程(路面底基层、基层、面层、路面排水、机电预留预埋、桥梁伸缩缝采购和安装等), 共划分为 1 个标段, 里程为 33 km, 采用 EPC 总承包模式。

已知有 A、B、C、D、E 5 家承包商参与投标。以指标体系中财务能力为例, 各承包商的财务能力原始数据见表 1。

表 1 各承包商的财务能力原始数据

| 承包商 | a_{111} | a_{112} | a_{121} | a_{122} | a_{123} | a_{131} | a_{132} | a_{133} | a_{141} | a_{142} |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A | 0.072 5 | 0.115 | 1.61 | 1.07 | 0.386 | 1.0 | 3.8 | 35.3 | 0.301 | 0.384 |
| B | 0.064 0 | 0.105 | 1.62 | 1.08 | 0.395 | 1.1 | 3.2 | 34.2 | 0.298 | 0.379 |
| C | 0.079 0 | 0.101 | 1.53 | 1.02 | 0.410 | 0.8 | 2.5 | 33.8 | 0.285 | 0.365 |
| D | 0.118 0 | 0.128 | 1.83 | 1.22 | 0.362 | 1.3 | 4.5 | 37.0 | 0.321 | 0.402 |
| E | 0.108 0 | 0.125 | 1.71 | 1.14 | 0.375 | 1.2 | 4.0 | 36.0 | 0.318 | 0.398 |

4.1 指标值的规范化处理

最优指标集为:

$X_0 = [0.118, 0.128, 0.183, 1.22, 0.362, 1.3, 4.5,$ 果见表 2。

37, 0.321, 0.402]

对原始指标和最优指标集进行规范化处理, 结

表 2 规范化处理后的指标数据

| 承包商 | a_{111} | a_{112} | a_{121} | a_{122} | a_{123} | a_{131} | a_{132} | a_{133} | a_{141} | a_{142} |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A | 0.157 | 0.519 | 0.267 | 0.250 | 0.500 | 0.400 | 0.650 | 0.469 | 0.444 | 0.514 |
| B | 0.000 | 0.148 | 0.300 | 0.300 | 0.688 | 0.600 | 0.350 | 0.125 | 0.361 | 0.378 |
| C | 0.278 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| D | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| E | 0.815 | 0.889 | 0.600 | 0.600 | 0.271 | 0.800 | 0.750 | 0.688 | 0.917 | 0.892 |
| X_0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

4.2 确定关联系数矩阵 E

按(式)7 计算各指标与最优指标的关联系数, 结果见表 3。

4.3 评价指标权重

利用 AHP 求出财务能力底层指标(共 10 个)

指标)对总目标财务能力的权重 $\bar{\omega} = (\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \dots, \bar{\omega}_n)^T$ 。邀请 3 位专家给出指标的两两判断矩阵, 使用 yaahp 软件计算并检验其一致性, 最终确定 $\bar{\omega} = (0.25, 0.25, 0.035, 0.04, 0.092, 0.106, 0.029, 0.032, 0.083, 0.083)^T$ 。

表 3 关联系数计算结果

| 承包商 | a_{111} | a_{112} | a_{121} | a_{122} | a_{123} | a_{131} | a_{132} | a_{133} | a_{141} | a_{142} |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A | 0.372 | 0.509 | 0.405 | 0.400 | 0.500 | 0.455 | 0.588 | 0.485 | 0.474 | 0.507 |
| B | 0.333 | 0.370 | 0.417 | 0.417 | 0.421 | 0.556 | 0.435 | 0.364 | 0.439 | 0.446 |
| C | 0.409 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.333 |
| D | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| E | 0.730 | 0.818 | 0.556 | 0.556 | 0.649 | 0.714 | 0.667 | 0.615 | 0.857 | 0.822 |

将越小越优的指标作为输入指标、越大越优的指标作为输出指标, 把 10 个底层指标分为输入(资产负债率 1 个)和输出(其余 9 个)两类, 对指标数据利用 MATLAB 求解, 并对其进行归一化, 得:

$$W_A = (0, 0, 0, 0, 0, 0.526, 0, 0, 0, 0.474)^T$$

$$W_B = (0, 0, 0, 0, 0, 0.526, 0, 0, 0, 0.474)^T$$

$$W_C = (0, 0, 0, 0, 0, 0.99, 0, 0.01, 0, 0)^T$$

$$W_D = (0.407, 0.089, 0.005, 0.007, 0.01, 0.41, 0.003, 0.001, 0.039, 0.029)^T$$

$$W_E = (0, 0, 0, 0, 0.47, 0, 0, 0.53, 0)^T$$

按式(3)求综合权重, α 取 0.5, 得:

$$\omega^A = \alpha \bar{\omega} + (1 - \alpha) W_A = (0.125, 0.125, 0.017, 0.02, 0.046, 0.316, 0.015, 0.016, 0.042, 0.279)^T$$

$$\omega^B = (0.125, 0.125, 0.017, 0.02, 0.046, 0.316, 0.015, 0.016, 0.042, 0.279)^T$$

$$\omega^C = (0.125, 0.125, 0.017, 0.02, 0.046, 0.548, 0.015, 0.021, 0.042, 0.042)^T$$

$$\omega^D = (0.328, 0.17, 0.02, 0.023, 0.051, 0.258, 0.016, 0.016, 0.061, 0.056)^T$$

$$\omega^E = (0.125, 0.125, 0.017, 0.02, 0.046, 0.288, 0.015, 0.016, 0.304, 0.042)^T$$

4.4 确定各承包商的关联度

按式(9)计算, 得: $R_A = E_A \times \omega^A = 0.469\ 1$, $R_B = E_B \times \omega^B = 0.453\ 0$, $R_C = E_C \times \omega^C = 0.342\ 8$, $R_D = E_D \times \omega^D = 1$, $R_E = E_E \times \omega^E = 0.766\ 3$ 。 $R_D > R_E > R_A > R_B > R_C$, 财务能力方面承包商的排序为 $D > E > A > B > C$ 。

同理, 对承包商的 62 个底层指标进行计算, 得 $R_A = 0.646\ 4$, $R_B = 0.515\ 7$, $R_C = 0.485\ 4$, $R_D = 0.870\ 1$, $R_E = 0.646\ 3$ 。 $R_D > R_A > R_E > R_B > R_C$, 高

速公路大标段 EPC 总承包模式下承包商的排序为 $D > A > E > B > C$ 。该结果与实际情况较吻合, 说明该选择方法对于高速公路大标段 EPC 项目总承包的选择具有一定的有效性和可行性。

5 结语

高速公路大标段项目具有高风险、高难度的特点, 适用于 EPC 总承包模式。对总承包商进行筛选, 淘汰能力较差的承包商, 可减少评标的工作量及被淘汰承包商的竞标成本, 保证高速公路大标段项目的顺利实施。该文根据高速公路大标段项目的特点和 EPC 总承包模式的要求建立高速公路大标段 EPC 项目总承包选择评价指标体系, 基于 AHP-DEA 评价准则确定指标的综合权重建立灰色关联度模型进行高速公路大标段承包商综合评判, 结合了 AHP 和 DEA 的优点, 弥补了 AHP 主观性过强和 DEA 不能反映决策者偏好的缺点, 灰色关联度模型具有较强的容错性能。基于 AHP-DEA 加权的灰色关联度分析模型可应用于大标段 EPC 总承包模式下承包商的选择。

参考文献:

- [1] Dickson G W. An analysis of vendor selection systems and decision[J]. Journal of Purchasing, 1999, 2(1).
- [2] 孟宪海, 赵启. EPC 项目选择总承包商的原则与标准[J]. 国际经济合作, 2005(7).
- [3] 宋岩磊, 邵军义, 曹雪梅. 基于 IOWA 和 GRA-TOPSIS 的 EPC 项目承包商优选分析[J]. 青岛理工大学学报, 2017, 38(1).
- [4] 宋媛媛, 刘永强, 史曦晨. 基于可变模糊决策模型的 EPC

(下转第 171 页)

理水平。

(2) 严谨地对待涉及项目重大成本影响的方案、规划,杜绝决策性失误。如项目总体规划、大型临设规划、关键(重、难点)方案编制等,应经过广泛摸排、精心编制、充分讨论、严格审批后方可实施。

(3) 分层次、分类别地杜绝管理漏洞。对主要材料、大宗设备、大宗劳务的采购严格按照程序执行。同时以一竿子插到底的精神,区别对待日常管理中的各类成本浪费行为。不合理的成本支出,所对应的必然是项目管理人员的不合理管理行为。

(4) 集思广益,努力创新,达到更好的成本效果。创新是推动民族进步和社会发展的不竭动力,是项目节约成本的重要手段。例如:四川省某高速公路大桥是西南首座波形钢腹板连续刚构桥,项目团队大胆创新、积极探索,采用装配式牛腿施工,成功利用波形钢腹板作为挂篮主承重梁的顶、底板异步浇筑施工工艺,累计节约成本 480 多万元。

4 结语

做好公路工程预算编制与施工成本管理,加强

施工成本控制力度,保证工程质量、工程进度,取得最大经济利润,是企业生存、发展的关键。施工企业加强成本控制,既要合理降低成本耗费,又要扩大项目收入,最大限度地实现企业经济效益,增强企业自身竞争力,使企业获得更大发展空间。

参考文献:

- [1] 李海龙.唐津高速扩建项目材料成本控制研究[D].长春:吉林大学,2016.
- [2] 李博.公路工程建设项目成本控制策略分析[J].科技创新与应用,2017(5).
- [3] 赵学伟.公路工程施工成本控制策略[J].交通世界,2016(25).
- [4] 刘金栋.市政给排水工程中施工成本管理与控制分析探讨[J].黑龙江科技信息,2016(2).
- [5] 林绍芝.高速公路扩建工程造价控制与合同管理[J].公路与汽运,2016(1).
- [6] 杨再敏.公路部门预算编制及预算项目支出控制要点[J].交通财会,2010(9).

收稿日期:2019-03-15

(上接第 168 页)

- 项目总承包商选择研究[J].水利水电技术,2016,47(10).
- [5] 陈群.灰色关联分析在最佳承包商选择中的应用[J].数学的实践与认识,2009,39(14).
 - [6] 李嘉.EPC 模式下总承包商的风险评估:以广西某科教信息园工程为例[J].财会月刊,2016(12).
 - [7] 任远波,王成昌.基于 SNA 公共服务外包承包商选择关键指标识别[J].武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2018,40(4).
 - [8] Soepriyono S Azizah, M Huda. Analysis of contractor company requirements on the competence of construction project management for graduates of civil engineering degree [J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 434(1).
 - [9] Erlandsson Fjeld. Impacts of service buyer management on contractor profitability and satisfaction: a Swedish case study [J]. International Journal of Forest Engineering, 2017, 28(3).
 - [10] 邵军义,宋岩磊,曹雪梅,等.基于 TOPSIS 改进模型的工程项目承包商选择[J].土木工程与管理学报,2016,33(4).
 - [11] M Książek, P Ciechowicz. Selection of the general con-

tractor using the AHP method [J]. Archives of Civil Engineering, 2016, 62(3).

- [12] Neil Henry Ritson, Mark M J Wilson, David A Cohen. Managing engineering contractors in the UK petrochemicals industry [J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2017, 24(6).
- [13] Frank Hurtte. Things every contractor should know about their supply partner [J]. Air Conditioning, Heating & Refrigeration News, 2017, 262(13).
- [14] 交通运输部公告 2017 年第 51 号,关于发布公路工程标准施工招标文件及公路工程标准施工招标资格预审文件 2018 年版的公告[S].
- [15] 交通运输部公告 2018 年第 26 号,关于发布公路工程标准勘察设计招标文件及公路工程标准勘察设计招标资格预审文件 2018 年版的公告[S].
- [16] 张贵宝,王奕欣,廖灵,等.高速公路项目大标段划分规模研究[J].工程经济,2017,27(3).
- [17] 范建平,朱兆钰,吴美琴.一种新的基于群 AHP 和 DEA 的距离测度方法[J].统计与决策,2018,34(21).
- [18] 张贵宝,谢涛,康钊.基于 ANP 的大标段项目承包商选择研究[J].工程经济,2017,27(8).

收稿日期:2018-08-19