

基于 EPC 模式市政工程选择总承包商评价体系的构建

吴鹏波¹, 张军^{1,2*}

¹ 泰国格乐大学国际学院工程技术管理系 泰国曼谷

² 山东航空学院山东省黄河三角洲生态环境重点实验室 山东滨州

【摘要】 市政工程选择承包商初始评价指标的元素较多, 通过文献收集、专家咨询、问卷调查等方式, 去除部分次要评价指标, 最终选取了 31 项二级指标, 分别对应 6 项一级指标, 同时对定量指标进行说明, 对定性指标进行量化, 确定了基于 EPC 模式符合市政工程选择总承包商所需的评价指标。在此基础上对最终的评价指标进行主观赋权, 通过对业内专家的咨询调查, 基于专家对各层级各评价指标序关系的排列及相邻指标间重要性关系 γ_a 的理性赋值, 以一级指标为例做计算推演, 对各层级每项评价指标进行主观赋值计算, 得出各项指标的赋权结果, 最终构建起一套基于 EPC 模式市政工程选择总承包商较为完整的评价指标体系。

【关键词】 问卷调查; 专家咨询; 评价指标; 主观赋权; 评价指标体系

【收稿日期】 2024 年 1 月 12 日

【出刊日期】 2024 年 2 月 20 日

【DOI】 10.12208/j.ace.20240004

Construction of evaluation system for selecting general contractor of municipal engineering based on EPC model

Pengbo Wu¹, Jun Zhang^{1,2*}

¹Department of Engineering and Technology Management, International College, Glak University, Bangkok, Thailand

²Shandong Key Laboratory of Yellow River Delta Eco-Environment, Shandong University of Aeronautics, Binzhou, Shandong

【Abstract】 There are many elements in the selection of initial evaluation indicators for municipal engineering contractors. Through literature collection, expert consultation, questionnaire survey and other methods, some secondary evaluation indicators are removed, and 31 secondary indicators are finally selected, corresponding to 6 primary indicators, while quantitative indicators are explained and qualitative indicators are quantified. The evaluation indexes for selecting general contractor of municipal engineering based on EPC mode are determined. On this basis, subjective weighting is carried out for the final evaluation indicators. Through consulting and investigating experts in the industry, based on the ranking of the evaluation indicators at each level and the rational assignment of the importance relationship γ_a between adjacent indicators, the first-level indicators are taken as an example to calculate and calculate the subjective assignment of each evaluation indicator at each level, and the weighting results of each indicator are obtained. Finally, a complete evaluation index system for the selection of general contractors for municipal projects based on EPC mode is constructed.

【Keywords】 Questionnaire survey; Expert consultation; Evaluation index; Subjective empowerment; Evaluation index system

1 基于 EPC 模式市政工程选择承包商评价指标体系的建立

市政工程选择承包商初始评价指标的元素较多, 在 EPC 模式下评价承包商所需的指标体系仍存在普

作者简介: 吴鹏波 (1999-) 男, 河南省驻马店市, 硕士, 研究方向为工程管理;

*通讯作者: 张军, 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为环保工程监测与评价。

适性, 且在实际运用过程中需收集大量的承包商信息, 成本较高。评价指标的选取将通过问卷调查的方式, 并对初始指标进行简化, 最终确定选择承包商所需的评价指标。

1.1 问卷调查

调查问卷的信息收集方向分为调查来源者信息和评价指标信息。调查来源者信息主要为来源者所属单位、来源者职业类别、来源者学历。评价指标信息主要为来源者对 43 项初始评价指标进行评分, 评分规则是来源者对各评价指标在 EPC 模式下市政工程选择承包商时的重要性做评估赋值处理, 认为较为重要的指标赋高值, 反之赋低值, 分值设置为 1-5 分。调查问卷的设计见表 1。共发放问卷 300 份, 回收问卷 286 份, 有效为 264 份, 问卷有效系数为 0.880。8 信息方向的调查结果显示, 来源者所属单位分别为招标代理单位、总承包单位、高等院校、市政工程建

设单位、政府及事业单位等; 来源者职业类别分别为市政工程从业人员、招标咨询人员、总承包企业高管及职员、公职人员等。

1.2 数据分析

根据调查结果对评价指标反馈的数据, 计算各初始评价指标基于重要性评估赋值的平均得分, 将各初始评价指标按分值从高到低进行排布, 结果如表 2 所示。评价指标重要性调查的评分分值设置为 1-5 分, 根据 Likert scale(李克特量表)的陈述原则, 1-5 分分别对应指标重要性评价为非常不重要、不重要、一般重要、重要、非常重要, 决定将评价平均值低于 4 分的评价指标做去化处理。

1.3 指标体系的建立

通过对各初级评价指标的筛选, 共选取 31 项二级指标分别对应 6 项一级指标, 将其整合归纳, 说明各项指标的评价性质, 形成指标体系如表 3 所示。

表 1 基于 EPC 模式市政工程选择承包商初始评价指标重要程度调查问卷

所属单位:					职业类别:										
学历	<input type="checkbox"/> 博士研究生				<input type="checkbox"/> 硕士研究生			<input type="checkbox"/> 本科		<input type="checkbox"/> 专科		<input type="checkbox"/> 中职			
评价说明	请您站在建设单位角度, 对市政 EPC 工程选择承包商时所选取的评价指标重要程度取分, 重要指标取高值, 反之取低值, 并在评价指标相应分值上打√。														
评价指标	分值					评价指标					分值				
承包商资质	5	4	3	2	1	先进技术使用量	5	4	3	2	1				
承包商信誉	5	4	3	2	1	专业资格人数	5	4	3	2	1				
三年内合同履约率	5	4	3	2	1	专业技术人员占比	5	4	3	2	1				
三年内诉讼仲裁量	5	4	3	2	1	技术负责人从业时长	5	4	3	2	1				
企业合作关系	5	4	3	2	1	文明施工专项方案	5	4	3	2	1				
业主满意度	5	4	3	2	1	工期时长	5	4	3	2	1				
同类工程获奖量	5	4	3	2	1	组织结构	5	4	3	2	1				
同类工程交付合同总价	5	4	3	2	1	项目经理从业时长	5	4	3	2	1				
同类工程在建合同总价	5	4	3	2	1	设计管理	5	4	3	2	1				
在建工程项目量	5	4	3	2	1	采购管理	5	4	3	2	1				
交付工程竣工及时系数	5	4	3	2	1	施工管理	5	4	3	2	1				
工程合同报价总价	5	4	3	2	1	合同管理	5	4	3	2	1				
财务稳定性	5	4	3	2	1	协同管理	5	4	3	2	1				
三年内平均利润率	5	4	3	2	1	风险管理	5	4	3	2	1				
承包商现金流量	5	4	3	2	1	信息化应用	5	4	3	2	1				
承包商可垫资额	5	4	3	2	1	安全事故发生率	5	4	3	2	1				
采购溢价率	5	4	3	2	1	质量验收合格率	5	4	3	2	1				
设计方案	5	4	3	2	1	自有设备量	5	4	3	2	1				
采购方案	5	4	3	2	1	自有设备投入价值	5	4	3	2	1				
施工技术方案	5	4	3	2	1	自有设备使用时长	5	4	3	2	1				
技术专利量	5	4	3	2	1	租赁设备投入占比	5	4	3	2	1				
创新技术项	5	4	3	2	1										

表 2 初始评价指标平均值排布

序号	初始评价指标	平均值	序号	初始评价指标	平均值
1	承包商资质	4.928	23	同类工程获奖量	4.405
2	交付工程竣工及时系数	4.882	24	风险管理	4.386
3	工程合同报价总价	4.833	25	采购管理	4.363
4	协同管理	4.791	26	信息化应用	4.344
5	施工技术方案	4.746	27	技术专利量	4.299
6	工期时长	4.704	28	自有设备使用时长	4.280
7	创新技术项	4.655	29	采购溢价率	4.234
8	同类工程交付合同总价	4.636	30	合同管理	4.143
9	承包商可垫资额	4.613	31	先进技术使用量	4.018
10	质量验收合格率	4.583	32	三年内诉讼仲裁量	3.988
11	设计方案	4.564	33	自有设备投入价值	3.909
12	承包商现金流量	4.560	34	专业技术人员占比	3.867
13	施工管理	4.560	35	项目经理从业时长	3.837
14	采购方案	4.560	36	三年内平均利润率	3.803
15	专业资格人数	4.537	37	设计管理	3.746
16	自有设备量	4.530	38	业主满意度	3.647
17	安全事故发生率	4.515	39	在建工程项目量	3.537
18	文明施工专项方案	4.496	40	三年内合同履约率	3.428
19	企业合作关系	4.484	41	租赁设备投入占比	3.359
20	财务稳定性	4.462	42	同类工程在建合同总价	3.333
21	组织结构	4.462	43	技术负责人从业时长	3.223
22	承包商信誉	4.439			

表 3 指标体系

一级指标	二级指标	评价性质	单位
信誉及实力 A	承包商资质 A1	正向定性指标	/
	承包商信誉 A2	正向定性指标	/
	企业合作关系 A3	正向定性指标	/
过往经验及业绩 B	同类工程获奖量 B1	正向定量指标	项
	同类工程交付合同总价 B2	正向定量指标	亿元
	交付工程竣工及时系数 B3	正向定量指标	/
	工程合同报价总价 C1	负向定量指标	亿元
商务 C	财务稳定性 C2	正向定性指标	/
	承包商现金流量 C3	正向定量指标	亿元
	承包商可垫资额 C4	正向定量指标	亿元
	采购溢价率 C5	负向定量指标	X %
	设计方案 D1	正向定性指标	/
技术 D	采购方案 D2	正向定性指标	/
	施工技术方案 D3	正向定性指标	/
	技术专利量 D4	正向定量指标	项
	创新技术项 D5	正向定量指标	项
	先进技术使用量 D6	正向定量指标	项
	专业资格人数 D7	正向定量指标	人
	文明施工专项方案 D8	正向定性指标	/
	工期时长 E1	负向定量指标	天

组织管理 E	组织结构 E2	正向定性指标	/
	采购管理 E3	正向定性指标	/
	施工管理 E4	正向定性指标	/
	合同管理 E5	正向定性指标	/
	协同管理 E6	正向定性指标	/
	风险管理 E7	正向定性指标	/
	信息化应用 E8	正向定性指标	/
	安全事故发生率 E9	负向定量指标	X %
设备设施 F	质量验收合格率 E10	正向定量指标	X %
	自有设备量 F1	正向定量指标	台
	自有设备使用时长 F2	负向定量指标	台班

2 基于 EPC 模式市政工程选择承包商的评价指标主观赋权

2.1 G¹ 主观赋权

G¹ 法即序关系分析法, 其赋权逻辑为通过评价专家对指标的排序和对相邻指标间相对重要程度的判断形成指标权重, 属于主观赋权方法, 在主观赋权过程中, 运用 AHP 法的赋权模型较为广泛, 但 AHP 法在解决实际问题时其判断矩阵的构造一般不满足一致性条件, G¹ 法视为对 AHP 法的优化, 其赋权程序如下。

(1) 评价指标序关系排列。设指标体系中 $x_1, x_2, \dots, x_n (n \geq 2)$ 是同一准则层 X 高层级指标的 n 个低层级指标的对象层, 由业内专家以对目标层重要程度作为排列标准, 对同层级指标进行比较, 若 x_a 的重要程度不劣于 x_b , 则记为 $x_a \geq x_b$, 评价指标序关系排列的表达式为:

$$x_1 \geq x_2 \geq \dots x_n \quad (2.1)$$

(2) 相邻指标间相对重要程度的比值判断。设同一层级下两相邻指标为 x_{a-1}, x_a , 由业内专家分别对指标重要程度的判断权重值记为 $\omega_{a-1}, \omega_a, r_a (a=n, n-1, n-2, \dots, 3, 2)$ 为重要性判断权重值之比, 则 r_a 的表达式如公式 2 所示, 关于 r_a 的理性赋值及其相应判断空间如表 4 所示, 相邻指标重要性关系 γ_a 。

$$r_a = \frac{\omega_{a-1}}{\omega_a} \quad (2.2)$$

(3) 指标赋权。基于业内专家给出的 r_a 理性赋值, 则第 n 个评价指标的权重 ω_n 为(郭亚军, 2002):

$$\omega_n = (1 + \sum_{a=2}^n \prod_{i=a}^n r_i)^{-1} \quad (2.3)$$

同层次指标集中 ω_{a-1} 表示同一准则层下第 a-1 个评价指标的权重, ω_a 表示同一准则层下第 a 个评价指标的权重, 其中 $a=n, n-1, n-2, \dots, 3, 2$, 则同层次指标集的表达式为:

$$\omega_{a-1} = r_a \omega_a \quad (2.4)$$

表 4 r_a 的赋值说明

r_a 的理性赋值	判断空间
1.000	指标 x_{a-1} 与指标 x_a 同样重要
1.200	指标 x_{a-1} 比指标 x_a 略微重要
1.400	指标 x_{a-1} 比指标 x_a 明显重要
1.600	指标 x_{a-1} 比指标 x_a 强烈重要
1.800	指标 x_{a-1} 比指标 x_a 极端重要

基于业内专家对市政 EPC 工程选择承包商的涉及程度不同, 对各专家提供的指标权重集赋权数值做加权平均处理, 设有 u 位专家, 第 v 位专家在第 a 个评价指标的赋权记为 ω_a^v , 第 v 位专家赋权结果的权重指数记为 b_v , 其取值由专家对市政 EPC 工程选取承包商的涉及程度决定, 对于权重指数 b 的取值如表 5 所示, 设第 v 位专家对应权重系数为 B_v , B_v 的表达式如公式 2.5 所示, 则第 a 个评价指标经加权平均处理的最终赋权结果 W_a , W_a 的表达式如公式 2.6 所示:

表 5 专家赋权结果对应权重指数 b 取值说明

专家对市政 EPC 工程选取承包商涉及程度	取值
一般涉及	5
频繁涉及	10
深入涉及	15

$$B_v = \frac{b_v}{\sum_1^u b} \quad (2.5)$$

$$W_a = \sum_{v=1}^u B_v \omega_a^v \quad (2.6)$$

2.2 主观赋权计算

通过对业内专家的咨询调查, 基于各专家对各层级各评价指标序关系的排列及相邻指标间重要性关系 γ_a 的理性赋值, 以一级指标为例做计算推演, 对各项评价指标进行主观赋值计算, 专家调查结果见表 6。

表 6 基于 EPC 模式市政工程选择承包商评价指标相对重要程度专家反馈表
专家对市政 EPC 工程选取承包商涉及程度

专家	市政 EPC 工程选取承包商涉及程度							
V1	深入涉及							
V2	频繁涉及							
V3	频繁涉及							
一级指标								
专家	重要程度排序	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6		
V1	A>E>B>D>C>F	1.4	1	1.2	1.2	1.4		
V2	A>B>E>D>C>F	1	1.2	1.4	1.2	1.6		
V3	C>D>B>E>A>F	1.2	1.4	1.2	1.2	1.4		
二级指标 A								
专家	重要程度排序	γ_2	γ_3					
V1	A1>A3>A2	1.4	1.2					
V2	A3>A1>A2	1.2	1.4					
V3	A1>A2>A3	1	1.2					
二级指标 B								
专家	重要程度排序	γ_2	γ_3					
V1	B3>B2>B1	1.2	1					
V2	B3>B2>B1	1.2	1.4					
V3	B1>B3>B2	1.4	1.2					
二级指标 C								
专家	重要程度排序	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5			
V1	C2>C1>C4>C5>C3	1.2	1.4	1.4	1			
V2	C1>C2>C4>C5>C3	1.4	1	1.4	1.2			
V3	C1>C4>C2>C5>C3	1.4	1.4	1.2	1			
二级指标 D								
专家	重要程度排序	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8
V1	D3>D1>D7>D2>D4>D8>D6>D5	1.2	1.4	1.4	1.2	1	1.2	1.4
V2	D3>D7>D1>D2>D8>D4>D6>D5	1.2	1.4	1.4	1.2	1	1	1.2
V3	D7>D3>D6>D1>D2>D8>D5>D4	1.2	1.4	1	1.4	1.2	1.4	1

二级指标 E

专家	重要程度排序	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9	γ_{10}
V1	E9>E10>E6>E1>E2>E7>E8>E	1.4	1.2	1	1.4	1.2	1.2	1	1.2	1
V2	E10>E9>E1>E2>E4>E6>E7>E	1	1.4	1.2	1.2	1	1.2	1.2	1.2	1.2
V3	E9>E10>E4>E7>E1>E6>E5>E	1.2	1.2	1.4	1.2	1.2	1.4	1	1.2	1.4

二级指标 F

专家	重要程度排序	γ_2
V1	F1>F2	1.2
V2	F1>F2	1.2
V3	F1>F2	1

(1) 确定指标序关系排列。由专家 V_1 给出的一级指标重要程度排序可得, 一级指标序关系排列为: $A \geq E \geq B \geq D \geq C \geq F$ 。

(2) 确定相邻指标间重要程度关系。根据专家提供的相邻指标重要性关系 γ_a , 基于公式 2.2 可得出一级相邻指标间重要程度关系的表达式为:

$$\gamma_2 = \frac{\omega_A}{\omega_E} = 1.4 \quad \gamma_3 = \frac{\omega_E}{\omega_B} = 1 \quad \gamma_4 = \frac{\omega_B}{\omega_D} = 1.2 \quad \gamma_5 = \frac{\omega_D}{\omega_C} = 1.2 \quad \gamma_6 = \frac{\omega_C}{\omega_F} = 1.4$$

(3) 赋权计算。基于公式 2.3 的计算程序, 专家 V_1 对一级指标 F 的赋权 ω_F^{v1} 为:

$$\omega_F^{v1} = (1 + \gamma_2\gamma_3 \cdots \gamma_6 + \gamma_3\gamma_4 \cdots \gamma_6 + \gamma_4\gamma_5\gamma_6 + \gamma_5\gamma_6 + \gamma_6)^{-1} = 0.093$$

基于公式 2.4 的计算程序, 专家 V_1 对一级指标 A, B, C, D, E 的赋权 $\omega_A^{v1}, \omega_B^{v1}, \omega_C^{v1}, \omega_D^{v1}, \omega_E^{v1}$ 为:

$$\omega_A^{v1} = \omega_E^{v1}\gamma_2 = 0.256; \quad \omega_B^{v1} = \omega_D^{v1}\gamma_4 = 0.184; \quad \omega_C^{v1} = \omega_F^{v1}\gamma_6 = 0.129;$$

$$\omega_D^{v1} = \omega_C^{v1}\gamma_5 = 0.154; \quad \omega_E^{v1} = \omega_B^{v1}\gamma_3 = 0.184$$

同理, 通过专家 V_2, V_3 给出的一级指标数据计算出 W^{v2}, W^{v3} ,

$$W^{v2} \begin{cases} \omega_A^{v2} = 0.275 & \omega_B^{v2} = 0.228 & \omega_C^{v2} = 0.109 \\ \omega_D^{v2} = 0.133 & \omega_E^{v2} = 0.189 & \omega_F^{v2} = 0.066 \end{cases};$$

$$W^{v3} \begin{cases} \omega_A^{v3} = 0.114 & \omega_B^{v3} = 0.164 & \omega_C^{v3} = 0.275 \\ \omega_D^{v3} = 0.229 & \omega_E^{v3} = 0.137 & \omega_F^{v3} = 0.081 \end{cases}$$

根据各专家对市政 EPC 工程选取承包商涉及程度获取专家赋权结果对应权重指数 $b=15, 10, 10$, 基于公式 2.5 计算程序, 各专家赋权结果对应权重系数 $B_{v1}=0.428, B_{v2}=0.286, B_{v3}=0.286$, 根据公式 2.6 计算的程序, 对于一级指标的主观赋权最终结果 W^* 为:

$$W^* = \begin{cases} W_A^* = 0.221 & W_B^* = 0.191 & W_C^* = 0.165 \\ W_D^* = 0.169 & W_E^* = 0.172 & W_F^* = 0.082 \end{cases}$$

根据以上推演, 计算各二级指标 $W_A, W_B, W_C, W_D, W_E, W_F$ 的主观赋权结果:

$$W_A = \{W_{A1} = 0.384 \quad W_{A2} = 0.283 \quad W_{A3} = 0.333\};$$

$$W_B = \{W_{B1} = 0.328 \quad W_{B2} = 0.305 \quad W_{B3} = 0.367\};$$

$$W_C = \{W_{C1} = 0.285 \quad W_{C2} = 0.239 \quad W_{C3} = 0.132 \quad W_{C4} = 0.205 \quad W_{C5} = 0.139\};$$

$$W_D = \begin{cases} W_{D1} = 0.168 & W_{D2} = 0.102 & W_{D3} = 0.228 & W_{D4} = 0.078 \\ W_{D5} = 0.059 & W_{D6} = 0.094 & W_{D7} = 0.186 & W_{D8} = 0.085 \end{cases};$$

$$W_E = \begin{cases} W_{E1} = 0.115 & W_{E2} = 0.078 & W_{E3} = 0.051 & W_{E4} = 0.095 & W_{E5} = 0.055 \\ W_{E6} = 0.100 & W_{E7} = 0.084 & W_{E8} = 0.052 & W_{E9} = 0.203 & W_{E10} = 0.167 \end{cases};$$

$$W_F = \{W_{F1} = 0.467, W_{F2} = 0.533\}$$

基于一级指标权重 W^* 分别对各相应二级指标做最终加权处理, 得出指标体系主观赋权结果, 具体赋权数据如表 7 所示, 构建成基于 EPC 模式市政工程选择承包商的评价指标体系。

表 7 基于 EPC 模式市政工程选择承包商的评价指标体系

一级指标	二级指标	赋权结果
信誉及实力 A 0.221	承包商资质 A1	0.085
	承包商信誉 A2	0.063
	企业合作关系 A3	0.074
过往经验及业绩 B 0.191	同类工程获奖量 B1	0.063
	同类工程交付合同总价 B2	0.058
	交付工程竣工及时系数 B3	0.070
商务 C 0.165	工程合同报价总价 C1	0.047
	财务稳定性 C2	0.039
	承包商现金流量 C3	0.022
	承包商可垫资额 C4	0.034
	采购溢价率 C5	0.023
技术 D 0.169	设计方案 D1	0.028
	采购方案 D2	0.017
	施工技术方案 D3	0.039
	技术专利量 D4	0.013
	创新技术项 D5	0.010
	先进技术使用量 D6	0.016
	专业资格人数 D7	0.032
	文明施工专项方案 D8	0.014
组织管理 E 0.172	工期时长 E1	0.020
	组织结构 E2	0.013
	采购管理 E3	0.009
	施工管理 E4	0.016
	合同管理 E5	0.009
	协同管理 E6	0.017
	风险管理 E7	0.014
	信息化应用 E8	0.009
	安全事故发生率 E9	0.035
	质量验收合格率 E10	0.029
设备设施 F 0.082	自有设备量 F1	0.038
	自有设备使用时长 F2	0.044

3 结束语

通过文献收集、专家咨询、问卷调查等方式,选取确定基于 EPC 模式市政工程选择总承包商评价指标,并且咨询专家、问卷调查来源者的职业、学历代表广泛,与选择承包商、工程管理与施工紧密相关,选取确定的评价指标具有较强的信服力。通过主观赋权及精密的计算对一级、二级评价指标精准赋值,也具有一定的科学性;对评价指标赋权还可以采用客观赋权、组合赋权的方式,这一问题有待于以后进一步研究。

参考文献

- [1] 杜雁晶. EPC 工程承包商选择的研究(硕士学位论文,中国科学院大学(工程管理与信息技术学院).中国知网.2016.
- [2] 符贵佳.中国建筑财务指标分析及相关建议.中国建设会

计学会第十五次(2022 年度)论文集.中国知网. 2022.

- [3] 葛小倩.城市建筑空间[J].工程总承包的招投标管理与问题研究.CNKI:SUN:CSZZ.0.2023-S1-204.2023.
- [4] 关夏.工程总承包项目招标资格预审研究(硕士学位论文,北方工业大学).中国知网.2010.
- [5] 杨丽敏.市政道路工程 EPC 总承包商比选研究(硕士学位论文,浙江大学).中国知网.2021.
- [6] 王学军、郭亚军.中国管理科学[J]基于 G1 法的判断矩阵的一致性分析.(2006.03)65-70.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS