

基于物元分析理论的建筑企业 EPC 工程 总承包能力评价研究

卢 梅¹, 裴亚利^{1,2}

(1. 西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安 710055; 2. 山西潞安工程勘察设计咨询有限责任公司, 山西 长治 046204)

摘要: EPC 工程总承包能力水平参差不齐, 成为我国建筑企业进入国际工程高端市场和持续发展的绊脚石. 鉴于国内大多数学者将 EPC 工程总承包能力作为建筑企业核心竞争力进行研究存在不足, 首先从工程总承包企业的业务内容角度出发, 分析得到 EPC 工程总承包能力是工程总承包企业核心业务能力的实质; 然后进一步分析 EPC 工程总承包能力的特征和内容, 构建了评价指标体系; 借用物元分析理论, 提出通过计算评价指标与能力成熟度各等级的关联度系数来确定企业 EPC 工程总承包能力水平的评价模型; 最后用案例验证了所提研究方法, 并对企业提升 EPC 工程总承包能力给出相关建议, 旨在为工程总承包企业了解和提升 EPC 工程总承包能力提供一种有效手段.

关键词: EPC; 工程总承包能力; 核心业务能力; 物元分析法; 关联度

中图分类号: F270

文献标识码: A

文章编号: 1006-7930(2014)03-0441-08

三十多年来, 工程总承包模式凭借其优势以惊人速度在我国工程建设市场中迅速发展, 到 2008 年我国勘察设计行业中的工程总承包收入的比重已经占到 56.55%, 成为工程交易模式的主流^[1-2]. 工程总承包企业发展成绩显著, 根据相关数据测算, 我国工程总承包前 100 排名企业 2011 年完成合同总额达到 3 141 亿元, 大约是 2004 年的 5.8 倍, 我国国际市场承包营业额占国际总营业额 14.9%, 这说明我国的工程总承包企业在一定程度上具备了在国内外市场开展工程总承包业务的能力. 然而与发达国家相比, 我国企业业务主要集中在亚洲、非洲、中东和拉美等中低端市场, 业务获取方式以施工总承包为主, 这充分证明我国企业承揽工程总承包业务的能力偏低, 严重阻碍我国建筑企业进军国际市场和保持发展. 因此研究和提升我国企业的总承包能力十分必要.

1 总承包能力研究综述

从我国开始推行工程总承包模式起, 国内学者陆续对总承包企业的总承包能力进行了相关研究. 孟宪海、赵启、金维兴^[3-5]等不仅从理论上介绍了总承包模式的概念、对比了总承包模式较传统模式的优势, 还详细分析了国际上著名的 EPC 公司概况、业务领域和服务特点, 加深了我国建筑企业对总承包模式是建筑业新经济增长点的认识, 同时为我国企业转变成 EPC 总承包企业提供有利借鉴. 胡志伟^[6-9]等直接从总承包企业核心竞争力的角度分析工程总承包能力的内容并构建了评价指标体系, 在此基础上, 王克山、谢颖和王要武^[10-11]等建立了用于定量评价总承包能力的数学模型, 一定程度上为建筑企业评价和提升总承包企业竞争力提供了帮助. 但把工程总承包能力直接等同总承包企业核心竞争力来研究存在不足: 一方面我国工程总承包企业由传统的专业性服务企业转型而来, 其能力必然随企业发展经历不同阶段, 其现阶段的总承包能力水平整体偏低, 也不可能短时间内将工程总承包所需要的所有能力提升为企业的核心竞争力, 将工程总承包能力等同于企业核心竞争力的研究成果及所提建议不符合我国建筑业企业的实际情况; 另一方面工程总承包能力是总承包企业众多业务能力之一, 是企业核心竞争力的物质载体, 却不同于企业整体能力性质的核心竞争力的内涵, 将两者混为一谈, 容易引发建筑企业对工程总承包能力内涵的误解, 不利于科学指导企业的生产实践和提升企业完成总承包业务的能力.

2 EPC 工程总承包能力

2.1 EPC 工程总承包能力的内涵

作为工程总承包模式中最典型的一种, EPC(Engineering, Procurement and Construction)是指总承包商按照与业主签订的合同, 承担整个工程设计、采购、施工直至交付使用全过程工作, 并对工程质量、安全、工期和造价全面负责的建设模式^[12]. 总承包企业要成功完成 EPC 工程总承包这项核心业务, 就必须具备

相应的业务能力—EPC 工程总承包能力。由此可分析出 EPC 工程总承包能力与总承包企业核心竞争力的区别和联系^[13]: EPC 工程总承包能力是总承包企业的一项核心业务的行为能力;EPC 总承包能力是总承包企业核心竞争力的重要组成部分和关键部分。因而总承包企业要培养提升核心竞争力,关键在于 EPC 工程总承包能力这项核心业务能力的培育与提高。

2.2 EPC 工程总承包能力的内容

EPC 工程总承包服务是工程总承包企业的核心业务之一,其所需能力是工程总承包企业的一项核心业务能力。一般企业的核心业务能力的内容包括设计能力、技术能力、运作能力和组织管理能力(注:此处组织管理能力主要指企业利用资源的能力)。考虑到 EPC 工程项目和工程总承包服务的特殊性,本文认为 EPC 总承包能力可以划分为设计能力、业务运作能力、资源储备能力三个方面,其具体内容分析如下。

2.2.1 设计能力

设计能力作为决定工程总承包企业能否承揽 EPC 工程总承包业务和有效控制工程总造价的关键因素,集中体现在项目实施的设计阶段^[14-16]。发达国家对 EPC 模式应用广泛的工业项目的设计阶段主要划分为工艺设计和工程设计两个阶段。我国的设计阶段划分为初步设计和施工图设计,工艺和工程设计能力是我国总承包企业能力中必不可少的部分。

设计—采购—施工一体化,要求总承包企业通过对设计方案进行优选、进行设计方案可施工性研究以及在全建设周期内进行设计沟通工作来实现对整个 EPC 项目进行设计管理,合理组织采购、施工、调试、验收等各阶段交叉和对接,以保证设计方案落实和建设活动高效有序进行。因此设计管理能力也是总承包企业设计能力的内容。

2.2.2 项目运作能力

总承包企业要凭借开展 EPC 工程总承包这项业务来获得生存和发展,也须具备良好的业务运作能力。EPC 工程总承包围绕项目展开,其业务运作能力集中体现于项目运作能力,包括项目承揽和项目实施。总承包企业运作一个项目最先从事的工作是采取各种手段和方法获得项目。这种拿项目的能力就是商务运作能力,是工程总承包价值链最基本的活动^[17],与后续活动的开展密切相关。EPC 工程总承包是一项技术复杂且知识密集性业务。通过有效地项目管理大幅度降低项目实施过程中的风险,有助于总承包企业将风险费用转移到盈利空间,实现企业价值,真正实现客户和总承包商的双赢。

2.2.3 资源储备能力

为降低风险及保障项目顺利完工,业主经常显性或者隐性对总承包商企业资源储备量和各资源运用能力提出高要求。首先,EPC 工程执行全球范围内设备采购,要求企业必须拥有了解国际市场情况的员工,特别那些承揽国外 EPC 工程项目的企业,其员工还必须具备熟悉国际合同、惯例和运用英语的能力,才能保证 EPC 服务的顺利开展。其次,EPC 总承包服务的技术难度大,工艺复杂,要求总承包企业除对材料、设备进行有效配备和管理外,还必须不断学习和研发新技术,建立企业创新机制以保证企业在技术上的先进性,同时要借助现代化的信息技术提升企业管理效率。另外,EPC 项目投资巨大,业主通常为了缓解短期资金压力或解决资金来源问题将融资能力作为选择总承包商考察的重点内容,企业只有具备强大的融资能力才能承揽 EPC 总承包项目并保障项目实施顺畅。最后,EPC 项目涉及的参与方众多,各方利益交错复杂,总承包企业只有立足核心地位对各方关系进行恰当管理和协调,才能促进项目的顺利开展和保障项目整体利益最大化的实现。

综上所述,可建立评价 EPC 工程总承包能力的评价指标体系,如图 1。

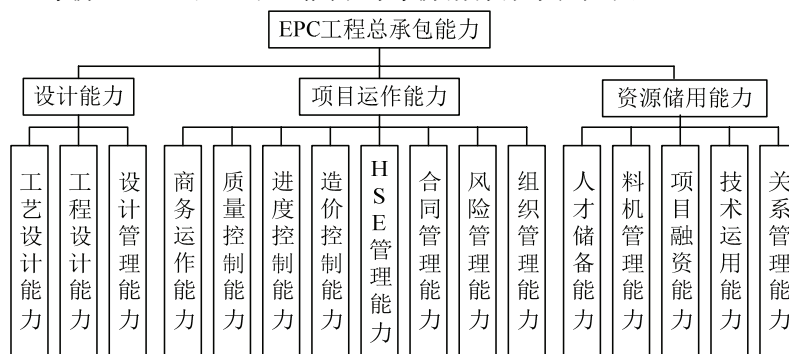


图 1 EPC 工程总承包能力三级评价指标体系

Fig.1 Three-level evaluation index system for EPC project general contracting ability

2.3 EPC 工程总承包能力的特征

从国内外有实力的工程总承包企业开展 EPC 工程总承包实践情况来看, 总承包企业从开始从事 EPC 工程总承包业务存在各种缺陷和问题, 到如今凭借强大的 EPC 总承包业务开展能力在工程承包市场中处于领先地位, 其 EPC 工程总承包能力的形成经历了一个相当漫长过程, 将其归纳总结可得出依次经历了萌芽、成长和成熟三个不同的阶段, 特征如表 1: 总承包企业 EPC 总承包能力发展到不同的成熟度阶段, 企业所扮演角色不同, 在不同市场中所处的地位和拥有的优劣势不同。企业只有把握这一发展历程和自身拥有的 EPC 工程总承包能力的特征, 才能有针对性采取措施, 提高竞争优势。

表 1 EPC 工程总承包能力各成熟度等级特征
Tab.1 Maturity level features for EPC project general contracting ability

	萌芽阶段	成长阶段	成熟阶段
市场地位	具备开展工程总承包业务资质, 在国内工程市场可获得少量总承包业务	国内工程总承包市场领先, 国际市场份额偏少, 承揽的业务量少	国内外市场都处于领先, 开始具备引领市场需求变化的能力
扮演角色	联营体式总承包商	独立总承包商, 逐渐向发展商转变	发展商, 逐渐向项目启动者转变
等级特征	组织机构设置调整不到位、资源储备不足, 项目管理等经验缺乏, 总承包企业开展工程总承包服务的效益较低, 能基本实现项目目标, 但受业主认可度低。	组织机构、各项资源进行了大幅度调整, 基本符合总承包服务对企业各项要求; 但与国际知名 EPC 型公司差距明显, 企业国际化有待进一步提高。	总承包企业的资源、机构、管理、技术等达到国际先进水平; 在完全实现项目目标之外, 创造新的项目价值; 能引领或者创造新需求, 参与项目启动。

3 EPC 总承包能力评价

3.1 指标权重确定方法

由前文分析的 EPC 总承包能力内容可知要对总承包企业 EPC 工程总承包能力进行评价需要恰当处理定性指标。本文针对后文分析案例首先邀请 12 名专家对指标的重要性进行打分, 然后运用层次分析法的求解思路求解出各级指标权重, 受篇幅所限给出权重值如表 2, 省略计算过程。同时为增加 EPC 总承包能力评价指标的可操作性, 本文针对第三级指标设置相关评价参数, 并假定各参数相对于第三级指标的重要性相同, 利用二、三级指标权重和公式 (1) 可以求得各评价参数权重值, 结果如表 2 所示。

$$W_{Q_i} = \frac{1}{\sigma} W_{2\alpha} W_{2\alpha\beta} \quad (1)$$

其中: $W_{2\alpha}$ 和 $W_{2\alpha\beta}$ 分别为参数 Q_i 所属的二级指标权重和三级指标权重; σ 为每个参数 Q_i 所属第三级指标拥有评价参数数量。

表 2 EPC 总承包能力各评价指标及参数权重
Tab.2 Indexes and parameters for the weight of EPC general contracting ability

二级指标	权重	三级指标	权重	评价参数 Q
EPC 工程总承包能力 W_1	设计能力 W_{21}	工艺设计能力 W_{211}	0.46	工艺水平、工艺师的比例 (0.062 1)
		工程设计能力 W_{212}	0.19	设计资质、国家级建筑师比例 (0.025 7)
		设计管理能力 W_{213}	0.35	方案优选能力、可施工研究能力、设计沟通水平 (0.031 5)
	项目运作能力 W_{22}	商务运作能力 W_{221}	0.05	投标中标率、年承揽工程合同额 (0.010 5)
		质量控制能力 W_{222}	0.12	质量管理体系、竣工维修额比例、工程优质率 (0.016 8)
		进度控制能力 W_{223}	0.11	各年度完成产值、进度绩效指数 (0.023 1)
		造价控制能力 W_{224}	0.12	业主索赔费用比例、费用绩效指数 (0.025 2)
		HSE 管理能力 W_{225}	0.13	HSE 管理体系、事故发生率、事故严重度 (0.018 2)
		合同管理能力 W_{226}	0.16	合同熟悉程度、合同履行满意度、索赔成功率 (0.022 4)
		风险管理能力 W_{227}	0.18	风险管理系统、资产负债率、营业额增长率 (0.025 2)
		组织管理能力 W_{228}	0.13	组织机构及制度建设、国际营业额比重 (0.027 3)
	资源储备能力 W_{23}	人才储备能力 W_{231}	0.25	员工年平均培训时间、大专以上人员比例、英语证书人员比例、员工离职率 (0.019 4)
		料机管理能力 W_{232}	0.16	采购标准化、采购政策运用、采购营销网络建设、技术装备率、动力装备率、材料设备集中调用 (0.008 3)
		项目融资能力 W_{233}	0.28	信用等级、筹资方式运用、与金融机构合作 (0.028 9)
		技术运用能力 W_{234}	0.20	专利技术数量、研发费用比重、新技术产值、创新机制、企业信息化水平 (0.012 4)
		关系管理能力 W_{235}	0.11	与政府的关系、业主的满意度、与分包商的战略联盟 (0.011 4)

3.2 物元评价模型

总承包企业 EPC 总承包能力的成熟度归属评价实质上是一个矛盾问题,利用我国学者蔡文教授针对矛盾问题提出的物元分析法,可以建立 EPC 总承包能力多指标参数的成熟度评定模型,并以定量的数值表示能力的成熟度等级,比较完整反应总承包企业的 EPC 总承包能力综合水平,评价过程简便、客观。

3.2.1 物元的定义

给定事物的名称 M , 它关于特征 C 的量值为 V , 以有序 3 元 $R=(M, Q, V)$ 组作为描述事物的基本元, 简称物元^[18]. 若事物 M 以 n 个特征 Q_1, Q_2, \dots, Q_n 和相应的量值 v_1, v_2, \dots, v_n 来描述, 则称为 R 为 n 维物元, 可表示为:

$$R=(M, Q, V)=\begin{bmatrix} M & Q_1 & v_1 \\ & Q_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & v_n \end{bmatrix}$$

3.2.2 确定经典域

$$R_{0j}=(N_{0j}, Q_i, X_{0ji})=\begin{bmatrix} N_{0j} & Q_1 & X_{0j1} \\ & Q_2 & X_{0j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & X_{0jn} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} N_{0j} & Q_1 & \langle a_{0j1}, b_{0j1} \rangle \\ & Q_2 & \langle a_{0j2}, b_{0j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & \langle a_{0jn}, b_{0jn} \rangle \end{bmatrix}$$

其中: N_{0j} 表示所划分的评价等级 ($j=1, 2, \dots, m$); Q_i 表示第 i 个评价指标参数; X_{0ji} 是评价等级 N_{0j} 关于指标参数 Q_i 的取值范围, 称为量值域或经典域, 可表示为 $X_{0ji}=\langle a_{0ji}, b_{0ji} \rangle, i=1, 2, \dots, n$.

3.2.3 确定节域

用 S 表示评价等级的全部集合, X_{si} 为 S 关于 Q_i 的取值范围, 称为 S 的节域, 表示为 $X_{si}=\langle a_{si}, b_{si} \rangle, i=1, 2, \dots, n$.

$$R_s=(S, Q, X_{si})=\begin{bmatrix} S & Q_1 & X_{s1} \\ & Q_2 & X_{s2} \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & X_{sn} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} S & Q_1 & \langle a_{s1}, b_{s1} \rangle \\ & Q_2 & \langle a_{s2}, b_{s2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & \langle a_{sn}, b_{sn} \rangle \end{bmatrix}$$

3.2.4 确定待评价物元

用 S_0 表示有待评价的物元, v_i ($i=1, 2, \dots, n$) 为待评价事物的各指标参数 Q_i 具体数值.

$$R_0=(S_0, Q, V)=\begin{bmatrix} S_0 & Q_1 & v_1 \\ & Q_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & v_n \end{bmatrix}$$

3.2.5 关联度函数

通过计算待评价事物各指标(评价参数)关于各等级的关联系数 K_j , 得到两者之间的关联度, 即待评价事物各指标关于各等级 j 的隶属度. 按照取最大值的原则, $K_j(v_i)=\max K_j(v_i)$, 则 v_i 对应的评价指标 Q_i 属于等级 j . 关联函数如下:

$$K_j(v_i)=\begin{cases} -\frac{\rho(v_i, X_{0ji})}{|X_{0ji}|}, (v_i \in X_{0ji}) \\ \frac{\rho(v_i, X_{0ji})}{\rho(v_i, X_{si})-\rho(v_i, X_{0ji})}, (v_i \notin X_{0ji}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{其中: } \rho(v_i, X_{0ji})=\left|v_i-\frac{1}{2}(a_{0ji}+b_{0ji})\right|-\frac{1}{2}(b_{0ji}-a_{0ji}) \quad (3)$$

$$\rho(v_i, X_{si})=\left|v_i-\frac{1}{2}(a_{si}+b_{si})\right|-\frac{1}{2}(b_{si}-a_{si}) \quad (4)$$

$$|X_{0ji}|=|a_{0ji}-b_{0ji}| \quad (5)$$

3.2.6 事物 S_0 关于各等级的关联度

$$K_j(S_0) = \sum_{i=1}^n W_{Q_i} K_j(v_i) \tag{6}$$

$K_j(S_0)$ 是待评价事物各指标关于各等级的关联度, 表示待评价事物 S_0 隶属各成熟度等级的程度. 若 $K_j(S_0) = \max K_j(S_0)$ ($j=1,2,\cdots,m$), 则事物 S_0 评定为等级 j .

当 $K_j(S_0) < -1$ 时, 待评价事物 S_0 不符合某等级的评价标准要求, 也不具备转化为该级标准的条件; 当 $-1 < K_j(S_0) \leq 0$ 时, 表示 S_0 不符合某等级的评价标准要求, 却具备转化为该级标准的条件, 值越大转化越容易; $K_j(S_0) > 0$ 时, 表示 S_0 符合该级标准的要求, 值越大, 符合程度越好.

3.3 案例分析

西安市某总承包企业是由原化工部设计院转型而来, 是我国最早开始 EPC 工程总承包服务的企业之一, 其年度工程总承包完成额一直位居百名排序榜之内. 本文将通过对该企业的 EPC 总承包能力的成熟度进行评价, 来验证所提物元分析法用于 EPC 总承包能力定量评价的可行性.

3.3.1 EPC 总承包能力成熟度评价的经典域、节域及待评价物元

本文对 EPC 总承包能力成熟度等级标准的划分, 是根据国家、行业及国际相关标准, 总承包企业在国内外市场中开展 EPC 工程总承包业务的情况, 国际著名 EPC 工程总承包企业能力状况及我国建筑业经济发展的全国平均水平及发达地区水平等. 据此建立 EPC 工程总承包能力成熟度评价的经典物元矩阵 R_{01} 、 R_{02} 、 R_{03} 和节域物元矩阵 R_s 分别如后所示:

$R_{01} =$	$R_{02} =$	$R_{03} =$	$R_s =$	$R_0 =$
$\begin{bmatrix} N_{01} & Q_8 & \langle 90\%, 100\% \rangle \\ Q_9 & \langle 100, 150 \rangle \\ Q_{10} & \langle 9, 10 \rangle \\ Q_{11} & \langle 0, 0.1\% \rangle \\ Q_{12} & \langle 90\%, 100\% \rangle \\ Q_{13} & \langle 100, 150 \rangle \\ Q_{14} & \langle 0.8, 0.9 \rangle \\ Q_{15} & \langle 0, 0.1\% \rangle \\ Q_{16} & \langle 0.8, 1.0 \rangle \\ Q_{17} & \langle 9, 10 \rangle \\ Q_{18} & \langle 0, 0.1\% \rangle \\ Q_{19} & \langle 0, 500 \rangle \\ Q_{20} & \langle 9, 10 \rangle \\ Q_{21} & \langle 9, 10 \rangle \\ Q_{22} & \langle 90\%, 100\% \rangle \\ Q_{23} & \langle 9, 10 \rangle \\ Q_{24} & \langle 25\%, 50\% \rangle \\ Q_{25} & \langle 60\%, 80\% \rangle \\ Q_{26} & \langle 9, 10 \rangle \\ Q_{27} & \langle 60\%, 80\% \rangle \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} N_{02} & Q_8 & \langle 75\%, 90\% \rangle \\ Q_9 & \langle 50, 100 \rangle \\ Q_{10} & \langle 6, 9 \rangle \\ Q_{11} & \langle 0.1\%, 1\% \rangle \\ Q_{12} & \langle 80\%, 90\% \rangle \\ Q_{13} & \langle 50, 100 \rangle \\ Q_{14} & \langle 0.9, 1.0 \rangle \\ Q_{15} & \langle 0.1\%, 2.5\% \rangle \\ Q_{16} & \langle 1.0, 1.2 \rangle \\ Q_{17} & \langle 6, 9 \rangle \\ Q_{18} & \langle 0.1\%, 1\% \rangle \\ Q_{19} & \langle 500, 1000 \rangle \\ Q_{20} & \langle 6, 9 \rangle \\ Q_{21} & \langle 6, 9 \rangle \\ Q_{22} & \langle 75\%, 90\% \rangle \\ Q_{23} & \langle 6, 9 \rangle \\ Q_{24} & \langle 15\%, 25\% \rangle \\ Q_{25} & \langle 40\%, 60\% \rangle \\ Q_{26} & \langle 6, 9 \rangle \\ Q_{27} & \langle 35\%, 60\% \rangle \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} N_{03} & Q_8 & \langle 60\%, 75\% \rangle \\ Q_9 & \langle 10, 50 \rangle \\ Q_{10} & \langle 3, 6 \rangle \\ Q_{11} & \langle 1\%, 5\% \rangle \\ Q_{12} & \langle 60\%, 80\% \rangle \\ Q_{13} & \langle 10, 50 \rangle \\ Q_{14} & \langle 1.0, 1.1 \rangle \\ Q_{15} & \langle 2.5\%, 5\% \rangle \\ Q_{16} & \langle 1.2, 1.5 \rangle \\ Q_{17} & \langle 3, 6 \rangle \\ Q_{18} & \langle 1\%, 6\% \rangle \\ Q_{19} & \langle 1000, 5000 \rangle \\ Q_{20} & \langle 3, 6 \rangle \\ Q_{21} & \langle 3, 6 \rangle \\ Q_{22} & \langle 60\%, 75\% \rangle \\ Q_{23} & \langle 3, 6 \rangle \\ Q_{24} & \langle 5\%, 15\% \rangle \\ Q_{25} & \langle 20\%, 40\% \rangle \\ Q_{26} & \langle 3, 6 \rangle \\ Q_{27} & \langle 10\%, 35\% \rangle \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} S & Q_8 & \langle 60\%, 100\% \rangle \\ Q_9 & \langle 10, 150 \rangle \\ Q_{10} & \langle 3, 10 \rangle \\ Q_{11} & \langle 0, 5\% \rangle \\ Q_{12} & \langle 60\%, 100\% \rangle \\ Q_{13} & \langle 10, 150 \rangle \\ Q_{14} & \langle 0.8, 1.1 \rangle \\ Q_{15} & \langle 0, 5\% \rangle \\ Q_{16} & \langle 0.8, 1.5 \rangle \\ Q_{17} & \langle 3, 10 \rangle \\ Q_{18} & \langle 0, 6\% \rangle \\ Q_{19} & \langle 0, 5000 \rangle \\ Q_{20} & \langle 3, 10 \rangle \\ Q_{21} & \langle 3, 10 \rangle \\ Q_{22} & \langle 60\%, 100\% \rangle \\ Q_{23} & \langle 3, 10 \rangle \\ Q_{24} & \langle 5\%, 50\% \rangle \\ Q_{25} & \langle 20\%, 80\% \rangle \\ Q_{26} & \langle 3, 10 \rangle \\ Q_{27} & \langle 10\%, 80\% \rangle \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} S_0 & Q_8 & 80\% \\ Q_9 & 56 \\ Q_{10} & 8.6 \\ Q_{11} & 0.5\% \\ Q_{12} & 86\% \\ Q_{13} & 19.5 \\ Q_{14} & 0.84 \\ Q_{15} & 0.06\% \\ Q_{16} & 1.1 \\ Q_{17} & 7.4 \\ Q_{18} & 0.3\% \\ Q_{19} & 110 \\ Q_{20} & 8.4 \\ Q_{21} & 8.9 \\ Q_{22} & 92\% \\ Q_{23} & 7.2 \\ Q_{24} & 13\% \\ Q_{25} & 38\% \\ Q_{26} & 6.4 \\ Q_{27} & 34.6\% \end{bmatrix}$

关于待评价物元 R_0 数据, 本文针对定性参数, 根据各级成熟度特征设置成[9,10]、[6,9]和[3,6]三个区间分数形式的问卷, 邀请 20 名中高级职称企业管理人员和 40 名从事过 EPC 项目实施的技术人员成员进行打分. 求各参数得分均值, 舍弃超过均值 $\pm 10\%$ 的数据, 求出剩余数据均值作为分析数据. 问卷回收 57 份, 54 份有效, 有效率 90%, 满足问卷调查的有效性要求. 定量性参数数据取企业近三年经营数据的均值, 确保真实反应企业状况. 因参数较多, 本文只对项目运作能力进行评价计算, 设计能力和资源储用能力给出最终结果.

3.3.2 计算结果和分析

利用公式 (2) 求得 R_0 与 R_{01} 、 R_{02} 、 R_{03} 关联系数 $K_j(v_i)$; 利用表 2 中权重和公式 (6) 可求项目运作能力与各成熟度等级关联系数 $K_j(S_1)$; 同理求得设计能力和资源储用能力关于各成熟度等级的关联系数 $K_j(S_2)$ 和 $K_j(S_3)$; 最后, $K_j(S_1)$ 、 $K_j(S_2)$ 和 $K_j(S_3)$ 求和得 EPC 总承包能力关于各成熟度等级的关联系数 $K_j(S_0)$, 各值见表 3.

表 3 待评价物元与各成熟度等级关联系数
Tab.3 The correlation coefficient of matter-element to evaluate and the respective maturity level

关联度	N_{01}	N_{02}	N_{03}	成熟度水平
$K_j(v_8)$	-0.200 0	0.833 3	0.142 9	成长
$K_j(v_9)$	-0.488 9	0.120 0	-0.115 4	成长
$K_j(v_{10})$	-0.222 2	0.133 3	-0.650 0	成长

续表 2

$K_j(v_{11})$	-0.444 4	0.444 4	-0.500 0	成长
$K_j(v_{12})$	-0.222 2	0.400 0	-0.300 0	成长
$K_j(v_{13})$	-0.922 2	-0.762 5	0.237 5	萌芽
$K_j(v_{14})$	0.400 0	-0.600 0	-0.800 0	成熟
$K_j(v_{15})$	0.400 0	-0.400 0	-0.976 0	成熟
$K_j(v_{16})$	-0.250 0	0.500 0	-0.250 0	成长
$K_j(v_{17})$	-0.381 0	0.466 7	-0.350 0	成长
$K_j(v_{18})$	-0.400 0	0.222 2	-0.700 0	成长
$K_j(v_{19})$	0.220 0	-0.780 0	-0.890 0	成熟
$K_j(v_{20})$	-0.272 7	0.200 0	-0.600 0	成长
$K_j(v_{21})$	-0.083 3	0.033 3	-0.725 0	成长
$K_j(v_{22})$	0.200 0	-0.200 0	-0.680 0	成熟
$K_j(v_{23})$	-1.157 1	0.400 0	-0.514 3	成长
$K_j(v_{24})$	-0.600 0	-0.200 0	0.200 0	萌芽
$K_j(v_{25})$	-0.550 0	-0.100 0	0.100 0	萌芽
$K_j(v_{26})$	-0.433 3	0.133 3	-0.105 3	成长
$K_j(v_{27})$	-0.508 0	-0.016 0	0.016 0	萌芽
$K_j(S_1)$	-0.127 3	0.002 3	-0.156 0	成长
$K_j(S_2)$	-0.060 2	0.034 4	-0.073 5	成长
$K_j(S_3)$	-0.008 7	0.003 4	-0.130 6	成长
$K_j(S_0)$	-0.196 2	0.040 1	-0.360 1	成长

由表, $K_j(S_1) = \max K_j(S_1) = \max (-0.127\ 3; 0.002\ 3; -0.156\ 0) = 0.002\ 3$, 说明该工程总承包企业项目运作能力的成熟度符合成长阶段的标准最好, 企业项目运作能力水平达到第二阶段, 成长阶段. 尽管项目运作能力关于能力成熟阶段的关联系数为-0.127 3, 但却大于-1, 说明该企业项目运作能力虽目前不具备条件达到成熟, 却具备转化为成熟的条件. 如该企业目前项目运作能力中各年度完成产值、营业额增长率、资产负债率、国际营业额比重都只达到萌芽阶段的水平, 严重限制企业 EPC 工程总承包能力水平的进一步提高. 同理, 计算 $K_j(S_2), K_j(S_3)$, 进而求得 EPC 总承包能力 $K_j(S_0) = \max K_j(S_0) = \max (-0.196\ 2; 0.040\ 1; -0.360\ 1) = 0.040\ 1$, 表示企业 EPC 总承包能力整体上达到第二阶段, 成长阶段, 能力水平较萌芽阶段有大幅度提高, 企业在国内工程总承包市场能够比较顺利获得 EPC 工程总承包业务; 但 $K_j(S_0)$ 比较小, 说明 EPC 总承包能力符合成长阶段程度比较小, 存在较大提升空间, 企业可采取针对性措施来提升 EPC 总承包能力.

4 提升 EPC 总承包能力的建议

4.1 加强战略管理, 明确改进方向

EPC 模式作为一种经营模式, 通过有效节约市场交易成本, 使项目投资者和 EPC 工程总承包商双赢. 建筑企业一旦开始从事 EPC 工程总承包, 意味其经营战略发生改变. 任何企业都有转变成总承包企业开展 EPC 总承包的可能性, 但实践中经营战略改变会给企业带来诸多风险, 一旦企业不能成功应对这些风险和问题, 将面临生死攸关的困境. 统计数据显示, 美国总承包企业每年的破产率在 13% 左右, 德国的也在 10% 左右^[19]. 因此, 为避免盲目进入 EPC 工程总承包市场而给企业发展造成不利影响, 建筑企业必须结合自身长远发展的目标和目前能力状况进行综合决策建筑企业是否要转变成工程总承包企业, 是否开展 EPC 这类形式的工程总承包服务. 建筑企业一旦决定要从事 EPC 工程总承包业务, 针对不同阶段的 EPC 工程总承包能力成熟度体征, 可以依次采取借助联营体模式、国际化、自身优化升级等战略模式来规划企业长远发展, 同时借助平衡计分卡^[20]加强企业的战略管理, 考核企业日常经营管理的各项方针、策略、措施为保证企业的发展方向的准确性以及长短期目标平衡的实施效果, 从而及时进行动态纠错和调整, 保障企业提升总承包能力的正确方向.

4.2 定量评价, 确定能力提升内容

物元评价模型可以定量评价企业 EPC 工程总承包能力水平, 帮助企业了解自身 EPC 工程总承包能力状况, 认识企业在开展 EPC 总承包业务上的不足, 以便有针对性地采取改善措施. 案例中, 企业 EPC 总承包能力的成熟度整体达到成长阶段, 企业要进一步提升总承包能力必须找到企业 EPC 总承包能力的不足之处. 通过评价, 企业在产值、增长率和国际化水平都处在成熟度的萌芽阶段, 远远落后于企业 EPC 总承

包能力整体的成长阶段,严重阻碍企业总承包能力向成熟阶段过渡。总承包企业制定提升EPC工程总承包能力措施中应首要考虑这三方面因素,称第一轮顺序提升的能力。诸如成熟度水平达到企业EPC总承包能力整体成熟度等级,但是符合程度较小,即关联度系数比较小如 $K_j(v_{21})$ 对应的评价参数方面应该也是总承包企业提升能力应该关注的重点,称第二轮顺序提升的能力。依次类推,总承包企业就可以根据定量评价结果分析得到有待提升方面,指导企业制定分先后、分主次、分阶段提升EPC总承包能力的措施。

5 结论

EPC工程总承包能力作为总承包企业的核心业务能力与总承包企业核心竞争力具有不同内涵,但对提升总承包企业核心竞争力起着至关重要的作用。

利用本文构建的物元评价模型量化EPC工程总承包能力的成熟度,总承包企业可在了解自身状况基础上,不仅从整体上可选择合适的战略发展模式,也能从设计能力、项目运作能力和资源储备能力三个具体的角度针对不同缺陷和不足制定出分先后、分主次的措施,逐渐消除阻碍提升和发展企业工程总承包能力的因素。

后续研究可针对提升EPC工程总承包能力的具体措施及外部环境影响等方面进行相关研究,以增强对建筑企业在提升EPC工程总承包能力实践中的指导性。

参考文献 References

- [1] 王学通. 中国现阶段总承包工程交易模式决策属性研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2011(2): 253-259.
WANG Xuetong. The mode decision attribute study of China's current general contracting project transaction[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2011(2): 253-259.
- [2] 张云, 吕萍, 宋吟秋. 总承包工程建设供应链利润分配模型研究[J]. 中国管理科学, 2011: 98-104.
ZHANG Yun, LÜ Ping, SONG Yinqiu. The model research about general contracting construction supply chain profit allocation[J]. Chinese Journal of Management Science, 2011(4): 98-104.
- [3] 孟宪海, 次仁顿珠, 赵启. EPC总承包模式与传统模式之比较[J]. 国际经济合作, 2004(11): 49-50.
MENG Xianhai, CIREN Dunzu, ZHAO Qi. The comparison of the EPC general contracting mode and the traditional mode[J]. International engineering contractors' core competence, 2004(11): 49-50.
- [4] 孟宪海, 赵启, 张扬. 全球四大著名EPC公司分析[J]. 建筑经济, 2004: 82-84.
MENG Xianhai, ZHAO Qi, ZHANG Yang. The analysis about the four famous EPC companies[J]. Journal of Architectural economic, 2004(6): 82-84.
- [5] 金维兴, 熊华平. 我国建筑企业开展工程总承包的基本理论研究[J]. 建筑经济, 2004(8): 9-12.
JIN Weixing, XIONG Huaping. The basic theory of our country construction enterprises to carry out engineering contracting[J]. Journal of Architectural economy, 2004(8): 9-12.
- [6] 颜红艳, 张飞涟. 可拓物元模型的国际工程总承包项目成功度评价[J]. 求索, 2011(8): 30-31, 81.
YAN Hongyan, ZHANG feilian. The international engineering general contracting project success degree evaluation based on the extension matter-element model[J]. Journal of Probe, 2011(8): 30-31, 81.
- [7] 裴赟. 工程总承包企业的核心竞争力浅析[J]. 建筑经济, 2004(2): 40-42.
PEI Bin. The analyses about engineering general contracting enterprise's core competitive ability[J]. Journal of Architectural economy, 2004(2): 40-42.
- [8] 韩传峰, 胡志伟. 施工总承包企业核心竞争力评价方法[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2003, 28(6): 147-150.
HAN Chuanfeng, HU Zhiwei. The evaluation method of construction general contracting enterprise' core competitiveness[J]. Journal of Kunming University Of Science And Technology: Science & Engineering, 2003, 28(6): 147-150.
- [9] 刘玉峰, 任宏. 国际工程承包商的核心能力[J]. 国际经济合作, 2007(8): 26-28.
LIU Yufeng, REN Hong. International engineering contractors' core competence[J]. IEC, 2007(8): 26-28.
- [10] 王克山, 原海燕. 工程总承包企业核心竞争力评价的模糊层次分析模型[J]. 铁路工程造价管理, 2009(1): 27-30.
WANG Keshan, YUAN Haiyan. The evaluation fuzzy analytic hierarchy analysis model about engineering general contracting enterprise core competitive power[J]. Journal of railway engineering cost management, 2009(1): 27-30.
- [11] 谢颖, 王要武. 基于SPSS和RBF的工程总承包竞争力综合评价模型[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010(2): 106-109.
XIE Ying, WANG Yaowu. The engineering general contracting competitiveness comprehensive evaluation model based on SPSS and RBF[J]. Journal of Harbin University of Science and Technology, 2010(2): 106-109.
- [12] 国际咨询工程师联合会. 设计采购施工(EPC)/交钥匙工程合同条件[M]. 中国工程咨询协会, 译. 北京: 机械工业出版社, 2002.
The international federation of consulting engineers. Design procurement construction(EPC)/key-delivered project contract conditions[J]. CNAEC, translated. Beijing: mechanical industry press, 2002.
- [13] 刘蕾. 企业核心业务能力与企业核心竞争力[J]. 经济问题探索, 2005(7): 82-84.
LIU Lei. Enterprise core business ability and enterprise core competitiveness[J]. Journal of Economic Problems Explore, 2005(7): 82-84.
- [14] 段志成, 陈通, 张巧云. 总承包模式下工程项目供应链关键影响因素研究[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2012(10): 103-108.
DUAN Zhicheng, CHEN Tong, ZHANG Qiaoyun. The research on the key influencing factors of supply chain of the project general contracting mode[J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2012(10): 103-108.
- [15] 史炳峰, 张苏娟. 总承包项目中的设计管理[J]. 国际经济合作, 2012(10): 50-54.

- SHI Bingfeng, ZHANG Sujuan. The design management in general contract project[J]. International Economic Cooperation, 2012(10): 50-54.
- [16] 王伍仁. EPC工程总承包管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 144-146.
- WANG Wuren. EPC project general contracting management[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008: 144-146.
- [17] 郑品石, 袁天赐. 我国总承包企业供应链管理体系分析[J]. 商业时代, 2012(5): 85-88.
- ZHENG Pinshi, YUAN Tianci. China's general contracting enterprise supply chain management system analysis[J]. Journal of Commercial age, 2012(5): 85-88.
- [18] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- CAI Wen. The Matter-element model and its application[M]. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1994.
- [19] 陈斌. EPC模式下总承包商成本控制能力影响因素分析[J]. 江苏科技信息, 2012(10): 26-28.
- CHEN Bin. The influence factors analysis about EPC mode general contractor cost control ability[J]. Journal of Jiangsu Science and Technology Information, 2012(10): 26-28.
- [20] 李治国, 滕惠平. 平衡记分卡在EPC型企业战略管理中的应用[J]. 建筑经济, 2012(5): 73-75.
- LI Zhiguo, TENG Huiping. The application of balanced scorecard in EPC enterprise strategic management[J]. Journal of Architectural economy, 2012(5): 73-75.

Research on the construction enterprises' EPC general contracting ability evaluation based on the method of matter-element

LU Mei¹, PEI Yali^{1,2}

(1. School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;
2. Shanxi Lu'an Engineering Investigation & Design Co. Ltd., Changzhi 046204, China)

Abstract: Presently the low EPC project general contracting ability has become a stumbling block of our construction enterprises entering into international engineering high-end market and keeping sustainable development. In view of some shortages about the most domestic scholars taking the EPC project general contracting ability as the general contractor enterprises' core competitiveness, and from the project general contracting enterprise's business perspective, this paper analyses and obtains the essence that EPC project general contracting ability is one ability of engineering general contracting enterprises' core business abilities. The paper further elaborates the EPC project general contracting ability's features and content, establishes the evaluation index system and puts forward the assessment model based on the matter-element analysis theory through calculating the dependent degree coefficient of the evaluation indexes and capability maturity's each rank to determine the enterprises' the level of EPC engineering general contracting ability. Finally it uses a case for verifying the research methods and makes some suggestions to provide an effective means for EPC general contracting contractors to understand and promote EPC general contracting ability.

Key words: EPC; engineering general contracting ability; core business ability; matter-element analysis; dependent degree

(本文编辑 桂智刚)

(上接第421页)

- [24] 申德艳, 王随林, 闫全英. 薄型干式地板辐射供暖系统实验研究[J]. 建筑科学, 2010, 26(10): 1-5.
- SHEN Deyan, WANG Suilin, YAN Quanying. Experimental study on thin dry model radiant floor heating system[J]. Building Science, 2010, 26(10): 1-5.
- [25] CORGNATIA S P, PERINOA M, FRACASTOROA G V, et al. Experimental and numerical analysis of air and radiant cooling systems in offices[J]. Building and Environment, 2009, 44(4): 801-806.
- [26] JIN X, ZHANG X S, LUO Y J, et al. Numerical simulation of radiant floor cooling system: The effects of thermal resistance of pipe and water velocity on the performance[J]. Building and Environment, 2010, 45(11): 2545-2552.
- [27] ZHANG D L, CAI N, WANG Z J. Experimental and numerical analysis of lightweight radiant floor heating system[J]. Energy and Buildings, 2013, 61: 260-266.
- [28] 章熙民, 任泽霖, 梅飞鸣. 传热学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- ZHANG Ximin, REN Zepei, MEI Feiming. Heat Transfer[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2007.

Study on dynamic heat dissipation characteristics of low temperature hot water radiant floor

MA Chao¹, LIU Yanfeng¹, WANG Dengjia¹, LIU Jiaping²

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;
2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: According to the numerical analysis of two-dimensional unsteady heat dissipation process of the floor, it's found that the heat dissipation process of the floor is basically stable around 13 h and is close to the end after 20 h under the common floor structure of the radiant heating. To make engineering calculation convenient, the mathematical model of two-dimensional unsteady heat dissipation is simplified to one-dimension. Comparing the results of one-dimensional analytical solution and two-dimensional numerical simulation, it's found that the difference of the two results varies from 0.5% to 1.5%. By solving the mathematical model of the floor heat dissipation, the time corresponding to the maximum value of the mean temperature change rate of the floor surface is obtained under different filling thickness, after the systems stop. The thicker the filling more stable is the floor dynamic heat dissipation. When the filling thickness is more than 60 mm, there's no obvious difference of the temperature change rate.

Key words: radiant floor; heat dissipation characteristic; surface temperature; temperature change rate

(本文编辑 桂智刚)