

EPC 承包商管理功能模块绩效研究

张静晓¹, 周天华¹, 李 慧¹, 陆秋虹²

(1. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710064; 2. 宁波二十冶建设有限公司, 浙江 宁波 315800)

摘要:为便于统计 EPC 承包商的费用和成本,提出了建立 EPC 承包商管理功能模块绩效模型的 4 个前提条件。基于此,分析了 EPC 承包商管理功能模块与 EPC 项目绩效(总收益)之间的贡献关系,提出了 EPC 承包商管理功能模块绩效贡献系数公式,进而构造了管理功能模块权重的 Markov 状态转移矩阵,预测了管理功能模块侧重与 EPC 承包商管理模块绩效之间的发展趋势。研究表明,该方法可以准确地分析当前公司的管理功能模块绩效系数,并良好地预测公司未来的管理功能模块侧重与 EPC 项目绩效之间的关系。

关键词:EPC; 承包商; 建筑业; 管理模块; 绩效

DOI: 10.3969/j.issn.1001-7348.2011.13.014

中图分类号:F284

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2011)13-0056-05

0 引言

近几年,EPC 模式因其可以高速、低成本和高附加值地建造大型工业厂房而引领国内高端建筑市场。为了满足市场服务和行业发展的需要,我国建筑业企业也正从以建筑施工为主的项目管理模式向 EPC 项目管理模式以及 PMC 等其它新型项目管理模式快速转变。EPC 模式是在非市场外力作用下通过优势资源整合产生的“航空母舰”。这种方法具有一定的优势,但相比石化、汽车等其它行业而言,EPC 模式在建筑业板块中最大的房建领域却发展十分缓慢,这与 EPC 模式在国际建筑市场的广泛应用及其高附加值相矛盾,不能不引人深思。建筑业企业的利润微薄,EPC 模式对其具有巨大的吸引力,但却在国内市场步履缓慢。这个矛盾的背后是国内建筑业企业在 EPC 模式实施过程中面临不容回避的共性问题:EPC 模式的效益如何保证?

管理出效益。EPC 效益的测评是检验其管理质量的重要标准,EPC 模式的运作有其市场条件和环境。我国建筑业企业 EPC 模式有“法人管项目”、“强总部保障大项目资源需求”的特点,这种特点决定了 EPC 管理模式转变的原则:项目授权,项目富则公司富。在这个原则下,建筑业企业建立了不同的项目职能岗位,并采取了不同形式的项目职能授权,以维持甚至提高 EPC

项目的附加值。国际上对建筑业企业实施 EPC 模式的研究多从设计管理、采购管理、风险管理、施工成本降低、高绩效团队等角度进行论述,而国内多强调 EPC 项目的进度、风险、施工成本、造价控制等方面,鲜见对 EPC 模式的管理绩效进行研究。因此,本文将从承包商管理的角度对 EPC 模式进行管理绩效测度。

1 实施 EPC 模式的国内外现状

在关于 EPC 模式的国外文献中,Ahamed Tanveer N.、Ruwanpura Janaka、Clark Ross^[1]以 Alberta 的 EPC 项目为例,明确了 EPC 项目最终成本的主要变化影响因素(variation elements),并阐述了这些因素之间的相互关系;Arnoni Yoram(Jerry)^[2]从质量检查(quality consideration)、商业计划(business plan)、组织结构(organizational structure)、控制系统(control system)和汇报系统(reporting system)5 个方面,对 EPC 项目管理和企业管理以及全面质量管理进行了比较;Grynbbaum Joesph^[3]认为,对于因 EPC 合同瑕疵而反复出现的金融问题,联盟合约(alliance contracting)可以为业主、承包商和债权人提供一个已被经验证实、有成本效益、切实可行的解决方案;Yeo K. T. Ning J. H.^[4]将供应链和关键链整合形成 EPC 项目的采购管理,建立了文化、过程和技术约束框架,提出建立缓冲器管理

收稿日期:2011-03-15

基金项目:陕西省软科学基金项目(2011KRM20);住房和城乡建设部软科学项目(2011-R3-19);长安大学科技创新基础研究支持计划项目(CHD2009JC023);长安大学中央高校基本科研业务费专项资金人文社科基金一般项目(Y1015)

作者简介:张静晓(1981—),男,河南南阳人,工学博士,长安大学建筑工程学院讲师,研究方向为建筑经济与管理、项目管理;周天华(1965—),男,陕西人,工学博士,长安大学建筑工程学院教授,博士生导师,院长,研究方向为结构工程与工程管理;李慧(1981—),女,陕西人,管理学博士,长安大学建筑工程学院讲师,研究方向为建筑经济与管理、项目管理。

(buffer management)机制来响应采购管理中的不确定性;Zhao Ning^[5]在对材料和机械采购进行划分的基础上,建立了 EPC 模式采购管理的分类模式;Iranmanesh H.、Jalili M.、Pirmoradi Zh.^[6]运用风险分解矩阵,建立了 EPC 项目的风险分解结构和风险项目编码,提高了 EPC 项目对时间风险和工序拖延的抵抗能力;Chen Mark T.^[7]关注了高绩效团队在 EPC 项目中的应用;Mahmoud-jouini Sihem Ben、Midler Christophe、Garel Gilles^[8]通过对比 6 个大型国际建设项目中的 time-to-market 和 time-to-delivery 两种关键因素的竞争优势,关注时间因素在 EPC 项目中的作用;Back W. E.、Moreau K. A.^[9]认为,通过提高内部信息交流和整合跨组织边界的项目信息,可以获得 EPC 项目持续的成本降低和工期缩短;Li Ji、Moselhi Osama、Alkass Sabah^[10]提出,网络数据库管理系统帮助 EPC 项目经理或承包商即时跟踪和控制项目,以增强工期和成本控制;Moreau Karen A.、Back W. Edward^[11]则强调,在设计阶段利用信息管理战略,以图实现 EPC 项目的整体绩效;Basta Nicholas^[12]则强调了在业主、EPC 公司和客户之间建设共同数据库的重要性;Houari Nora、Far Behrouz Homayoun^[13]将知识管理的智能搜索技术应用到 EPC 项目的决策过程;Houari Nora、Far Behrouz Homayoun^[14]给出了智能项目生命周期数据集决策支持系统在 EPC 项目中提高决策能力的一个应用示例;Carrillo Patricia^[15]发现 LL(lessons learned)可以提高建筑企业未来项目的绩效;Schouten G. L.、Kostal K. T.^[16]提出了我国电厂建设活动中执行 EPC 合同的 5 个关键因素:当地参与者的合作、厂房的设计与施工、设备采购、施工活动和全过程项目管理;Al-Sinan Fouad M.、Hancher Donn E.^[17]通过对比 EPC、DB 和 CM 这 3 种交货方式,从业主的需求、发展中国家的特点和项目的本质 3 个维度出发,建立了项目交货的选择模型和项目交货决策模型;Moselhi Osama^[18]建立了新的算法,以提高 EPC 项目中偶发事故和风险评价的精确性。可见,国际研究侧重于通过信息手段提高对 EPC 项目的成本控制和决策能力,强调分析 EPC 和其它项目管理模式的异同,关注偶发因素给 EPC 项目带来的风险。

在国内研究中,关于 EPC 项目的研究主要集中在 EPC 项目的费用控制^[19-20]和进度测量^[21]、建筑供应链风险管理^[22]、安全管理信息系统^[23]、风险综合评价^[24]、与业主的设计协调和沟通^[25]。其中,刘毅^[26]提出通过对 EPC 项目的管理取得最大的经济效益,但他未对其所能实现的经济效益进行测度;程蕾^[27]、于浩^[28]均运用平衡计分卡原理,研究提出了工程项目管理绩效评价考核体系,运用 AHP 方法对我国建筑进行指标考核;刘历波运用改进 BP 神经网络对建设项目集成管理绩效进行了综合评价。

从国内外研究的目标、方法和意义来看,本文基于我国建筑业企业 EPC 项目管理的特点,从 EPC 承包商

的角度,通过划分 EPC 承包商的功能模块进行管理绩效测度具有相当的学术价值。本文的研究目的是强化一种理念:EPC 模式的效益是由人的组织和管理产生的,其模式只是一种寻求效益的外在形式,EPC 模式的内在本质是一种效益工具。因此,必须对 EPC 模式的管理进行绩效测量,以判断建筑业企业对这种“效益工具”的运用是否真正发挥了其作用。

2 EPC 项目承包商管理绩效模型

针对国际工程业务的服务贸易特点,依据企业核心竞争力理论的新近研究成果,通过对 2006 年 ENR 国际工程承包商主营业务的比较研究,发现国际工程承包商的核心竞争力主要体现在 4 个方面:以核心技术为中心的专业整合能力;以核心业务为主的多元化业务整合能力;强大的融资及资本扩张能力;大型复杂性国际工程的跨国经营管理能力。那么,EPC 承包商有必要寻求一种企业的管理技术,在成本约束和绩效激励中实现平衡,使得 EPC 承包商能够提高其企业经营能力和营运效率,为差别化服务和同业竞争提供绝对的技术保证。

2.1 前提条件

EPC 项目承包商管理绩效模型的建立需要满足以下 4 个条件:

(1)功能模块的划分。一般地,EPC 功能要求对传统生产组织结构进行组织再造形成 5 个功能模块,将传统模式下的企业生产组织形式通过内部资源再配置实现功能延伸,这是本文分析的第一个假设。本文仅对工程直接费以外的总承包为实施管理职能而发生的费用开支进行模型化研究,通常认为建筑企业 EPC 项目需要组织结构中 5 个系统功能的组合来实现。因国内大部分 EPC 承包商尚未从事海外业务,也未进行代业主融资业务(BT 项目),本文将 EPC 承包商公司组织结构重塑为 E(设计系统)、P(采供系统)、C(施工组织管理系统)、M(商务行销系统)、D&S(公司决策与支持系统),将数据分为 5 个模块,构建形成变量的标准化系数,来确定各个系统的相对重要性及其对管理成本的影响程度。

(2)可控性原则与多重主体假设。根据管理理论的计划、控制和考核,管理会计中对责任中心的界定以及财务预算的规划,都将可控性列入重要的原则,绩效模型也不例外,绩效的考核和费用的分配都建立在 EPC 在可支配的范围之内的基础上。而组织的多目的性形成的主体也按照经济因素或者其它动机划分为多重主体,便于考核和绩效激励。

(3)成本与营业收入的关系。在特定的经营环境和相对稳定的营业规模下,各功能模块成本费用与营业收入之间呈线性关系。在现有的社会平均劳动生产率和施工生产技术下,企业即使可以通过内部劳动力

资源合理配置和技术革新突出其比较优势,但由于受限于特定的生产环境(工、料、机及施工组织技术等),建筑企业也有其难以逾越的瓶颈,也就是说,企业如果要实现高增长,就必然伴随着高投入或者高支出。

(4)投资建筑工程造价与建筑施工企业成本收益核算的对应。根据原建设部 1992 建标造字第 3 号“印发关于《建设工程造价管理暂行规定》(征求意见稿)的通知”的规定,在现行的工程造价费用构成表中,建筑安装工程费分为直接工程费、间接费、计划利润和税金,与会计核算中的工程施工、期间费用相对应,而 EPC 绩效模型分析涉及的费用归集为建筑工程造价的现场经费和间接费。将会计核算回归到工程造价,更直观地分析除直接费以外的 EPC 企业为实施项目管理发生的费用和得到的补偿。

2.2 模型建立

结合建筑业企业财务运行的具体实践,EPC 承包商的营业收入为 R ,总费用支出 TC 包括营业成本 C 、营业税金 S 、上交部分 J 、设计部分 D 、采供系统 G 、间接费用 Id 和商务费用 B 。建筑业企业从事 EPC 项目的年限用集合 Y 表示,相对年份用 y_n 表示, n 为非零自然数,集合 $Y = \{y|y_1, y_2, y_3, \dots, y_n, y \in Y\}$ 。那么,建筑业企业作为 EPC 承包商的动态总费用支出 TC_n 可表示为:

$$TC_n = C_n + S_n + J_n + D_n + G_n + Id_n + B_n \quad (1)$$

现将公式(1)普适化为:

$$R_n = K_n \times [C_n, S_n, J_n, D_n, G_n, Id_n, B_n] + TC_n + L_n \quad (2)$$

其中, K_n 为总剩余中各部分的对应支出标准系数矩阵,即功能模块绩效系数; L_n 为总费用支出组成部分的对应支出截距矩阵,其统计来源为各对应年份 EPC 承包商总费用支出以外的花费。在 EPC 承包商管理绩效模型中,可以根据 EPC 承包商对自身管理职能和项目授权的需要,对上述总费用支出的组成部分进行划分变动。式(1)和式(2)仅表达了 EPC 承包商总费用支出的划分和界定形式。本文采用式(1)和式(2)作为总费用支出的划分和界定形式。

从式(1)和式(2)可以推导出 K_n 的计算公式:

$$K_n = [R_n - TC_n - L_n] \times [C_n, S_n, J_n, D_n, G_n, Id_n, B_n]^{-1} \quad (3)$$

那么,根据 EPC 项目功能模块的划分,EPC 承包商管理职能的收入集合为 R'_n :

$$R'_n = [J_n, D_n, G_n, Id_n, B_n] \quad (4)$$

显然, TC'_n 和 TC_n 的关系可以集合为 R' :

$$R' = \{TC'_n \in TC_n\} \quad (5)$$

根据式(1)、式(2)、式(4)和式(5),EPC 项目功能模块的管理职能动态总费用为 TC'_n :

$$R'_n = K_n \times [J_n, D_n, G_n, Id_n, B_n] \quad (6)$$

与式(2)相对应,其普适化表达式为:

$$R'_n = K_n \times [J_n, D_n, G_n, Id_n, B_n] - L'_n \quad (7)$$

在式(7)中, L'_n 在 EPC 承包商管理功能模块中进行单独统计不如 L_n 方便,但不排除 EPC 承包商采取功能模块的财务细化技术统计各功能模块对应的非核心费用支出 L'_n 。在这种情况下,可以采用式(7)测算 EPC 承包商管理功能模块的动态绩效,从而预测其发展趋势。为方便计算,本文采用式(6)计算 EPC 承包商各功能模块的管理绩效。

式(6)和式(7)中的 K_n 直接套用式(1),式(6)中的 L'_n 与式(2)中的 L_n 表达意思相同,这是为了从承包商角度统一项目收益与公司管理职能支出之间成本收益的对应关系。从 EPC 承包商的角度,以年作为核算单位,它可能至少承担一个 EPC 项目,也可能一个 EPC 项目跨越了几个经营年份,但从 EPC 承包商的管理功能模块上看,则可以进行连续有效的成本收益动态统计。当然,这是在 EPC 承包商管理功能模块不作变更的条件下进行统计的。如果功能模块因其它原因发生了变化,比如因功能模块重组、细分等出现新的管理功能模块,则需要开始新的功能模块绩效评价,但这并不影响功能模块连续有效的成本收益动态统计。根据投资建筑工程造价与建筑施工企业成本收益核算的对应和可控性原则与多重主体假设,可以对管理功能模块的成本收益进行合并。

2.3 功能模块绩效系数 Markov 状态转移

由式(3)可知, K_n 作为经验数据值,式(6)和式(7)可以利用 K_n 计算出五大功能模块的绩效贡献值。 K_n 反映了当前各功能模块的贡献状态,EPC 承包商经过几年发展后, K_n 会呈现出什么样的稳定状态? 本文采用 Markov 分析法求解 K_n^T 。这里, K_n 表示趋势分析与预测对象在 $t=k$ 时刻的状态向量, K_n^T 表示经过 T' 时刻的状态,显然 $T=T'+k$ 。以下式(8)表示 Markov 分析法的基本模型,式(9)表示功能模块绩效系数 K_n 的 Markov 状态转移:

$$X(k+1) = X(k) \times P \quad (8)$$

$$K_n^T = K_n \times P \quad (9)$$

概率矩阵 P 以管理功能模块权重形式通过多次综合评价获得,每次综合评价获得的权重行向量 ω 根据功能模块进行分类,概率矩阵 P 表示为:

$$p = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5) \quad (10)$$

通过式(9)和式(10),可以预测出当前模块绩效系数 K_n 经过时间 T 后的稳定状态,同时也可发现 K_n 的状态变化。这为 EPC 承包商稳定或调整各管理模块以求得更好的管理效益提供了借鉴。

3 实证研究

中国二十冶某工程分公司主要从事 EPC 工业建筑项目的经营活动,并已具有 8 年以上的承包经验,是一家集工程咨询、建筑设计、工艺设计、设备采购、施工承

包与项目管理为一体的综合性壹级建设项目总承包企业。根据本文模型的建立条件,对其 2004—2009 年的营业成本 C_V 、营业税金 S 、上交部分 J 、设计部分 D 、采供系统 G 、间接费用 I_d 和商务费用 B 的支出费用明细进行了粗略统计。采用式(1)、式(2)、式(3),经 MATLAB 软件运算得到的管理功能模块绩效贡献系数 K_n 为矩阵 $K_{6 \times 5}$:

$$K_{6 \times 5} = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & k_5 \\ 0 & 0 & 0.47 & 0 & 0.53 \\ 0.12 & 0.05 & 0.47 & 0.20 & 0.53 \\ 0.14 & 0.06 & 0.31 & 0.21 & 0.31 \\ 0.13 & 0.06 & 0.30 & 0.20 & 0.30 \\ 0.13 & 0.06 & 0.30 & 0.21 & 0.31 \\ 0.13 & 0.06 & 0.30 & 0.20 & 0.31 \end{bmatrix} \quad (11)$$

其中, K_1 表示 E 的贡献系数, K_2 表示 P 的贡献系数, K_3 表示 C 的贡献系数, K_4 表示 M 的贡献系数, K_5 表示 $D\&G$ 的贡献系数。可以发现,五大管理模块的贡献系数趋于 $K_w(0.13, 0.06, 0.30, 0.20, 0.31)$ 。

管理功能模块权重可以通过专家打分法、层次分析法、互反判断矩阵、信息熵^[29]等多种方法单独或相互结合进行测算,最终获得概率矩阵 P 。前文已述,概率矩阵 P 要与管理功能模块的划分保持一致,这是 Markov 状态转移矩阵运算的必然要求。此处仅采用简单的专家打分法和 AHP 法相结合测算管理功能模块权重,验证式(8)、式(9)、式(10)。在判定矩阵中,标度 1、3、5、7、9 分别表示“同等重要、稍微重要、明显重要、绝对重要和强烈重要”,2、4、6、8 为上述两相邻判断的中值。同时,若指标 i 与指标 j 的重要性之比为 A ,那么指标 j 与指标 i 重要性之比为 $1/A$ 。专家对 EPC 承包商管理功能模块相对重要性的打分情况见表 1。

表 1 专家—AHP 判断矩阵

	E	P	C	M	D&S	$Sum(M)_i$	权重指数 Z
E	1	7	3	2	1/2	13.5	0.313
P	1/7	1	1	1/3	1/7	2.62	0.062
C	1/3	1	1	1/2	1/4	3.08	0.072
M	1/2	3	2	1	1/3	6.84	0.158
D&S	2	7	4	3	1	17	0.396

注: $sum(M) = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 W_{ij}$, $sum(w)_i = \sum_{j=1}^5 w_j$, $z = \frac{sum(w)_i}{sum(w)}$ 。

那么,权重行向量 ω_1 为 $(0.313, 0.062, 0.072, 0.158, 0.396)$ 。同理,可以得到权重行向量 $\omega_2(0.41, 0.05, 0.06, 0.162, 0.318)$, $\omega_3(0.52, 0.05, 0.08, 0.12, 0.23)$, $\omega_4(0.45, 0.058, 0.083, 0.146, 0.263)$, $\omega_5(0.35, 0.07, 0.075, 0.2, 0.305)$ 。一年后在当前管理功能模块侧重下,管理功能模块的绩效贡献系数为:

$$\begin{aligned} K_n^1 &= K_w \times P \\ &= (0.13, 0.06, 0.30, 0.20, 0.31) \times (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5) \\ &= (0.419, 0.059, 0.076, 0.16, 0.29) \end{aligned} \quad (12)$$

因此:

$$K_n^2 = (0.367, 0.062, 0.075, 0.165, 0.332)$$

$$K_n^3 = (0.370, 0.062, 0.075, 0.167, 0.327)$$

$$K_n^4 = (0.370, 0.062, 0.075, 0.170, 0.327)$$

$$K_n^5 = (0.370, 0.062, 0.075, 0.167, 0.330)$$

$$K_n^{21} = (0.372, 0.0628, 0.0752, 0.168, 0.329)$$

至此,可以得出中国二十冶某工程分公司 EPC 管理功能模块 6 年间绩效贡献的经验系数,以及管理功能模块未来的绩效贡献变化趋势与稳定状态,如图 1 所示。基于图 1 的管理功能模块“微笑”曲线,可提出如下建议:在目前的生产水平和劳动技术下,中国二十冶某工程分公司可以通过调整管理功能模块的侧重点,加大 E 和 $D\&G$ 模块的效益产出,形成两个管理效益顶端,提高 P 的绩效贡献底线,形成更为合理的管理绩效分布。

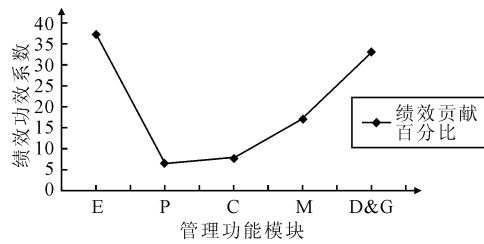


图 1 中国二十冶某工程公司管理功能模块“微笑”曲线

本文认为,这一模型代表了中国二十冶某工程分公司 EPC 发展 6 年的管理功能模块收益分配和未来绩效管理的规律,当企业进行生产规模扩张和战略发展延伸时,可以通过这一模型进行内部经济管理指标的制定,将其纳入企业组织再造和组织扩张的结构配置中。

4 结语

本文从 EPC 承包商的角度构建了 EPC 管理功能模块绩效模型,分析了 EPC 管理模式的管理收益分配规律,并采用专家打分法和 AHP 法构造了 Markov 状态转移矩阵,测算了 EPC 承包商管理模块绩效贡献的稳定状态,预测了其发展规律。中国二十冶某工程公司的实证研究表明,该公司的管理功能模块绩效系数为 $(0.13, 0.06, 0.30, 0.20, 0.31)$,并不满足 EPC 管理模式的“E—P—C”三者附加值递减规律,但是管理模块的重视程度与管理模块绩效收益系数之间呈现“两端大、中间低”的状态,满足“微笑”曲线规律。从常理来判断,“微笑”曲线的低端应该是施工(C)模块,图 1 中却是采购(P)模块,因此,该公司应该调整管理功能模块侧重点,提高采购模块的绩效底线,形成更为合理的管理收益绩效分布曲线。

参考文献:

[1] AHMED, TANVEER N, RUWANPURA, et al. Predicting schedule and cost elements' variation for EPC projects in Alberta[R]. Construction Research Congress 2005; Broadening

- Perspectives-Proceedings of the Congress, 2005: 757-766.
- [2] ARNONI, YORAM (JERRY). Engineer procure and construct (EPC) project management compared to corporate management and total quality management[R]. Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminar Symposium, 1991: 797-804.
- [3] GRYNBAUM, JOSEPH. Alliance contracting eliminates the risks of EPC contracts[J]. Power Engineering (Barrington, Illinois), 2004, 108(7): 56-60.
- [4] YEO K T, NING J H. Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects [J]. International Journal of Project Management, 2002, 20(4): 253-262.
- [5] ZHAO, NING. On classification scheme for procurement management in EPC mode [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2008, 8(3): 137-141.
- [6] IRANMANESH H, JALILI M, PIRMORADI ZH. Developing a new structure for determining time risk priority using risk breakdown matrix in EPC projects[R]. 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2007.
- [7] CHEN, MARK T. Applying the high performance work team to EPC[R]. AACE International: Transactions of the Annual Meeting, 2002.
- [8] MAHMOUD-JOUINI, SIHEM BEN, MIDLER, et al. Time-to-market vs. time-to-delivery managing speed in engineering, procurement and construction projects[J]. International Journal of Project Management, 2004, 22(5): 359-367.
- [9] BACK W E, MOREAU K A. Cost and schedule impacts of information management on EPC process [J]. Journal of Management in Engineering, 2000, 16(2): 59-70.
- [10] LI, JI, MOSELHI, et al. Internet-based database management system for project control [J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2006, 13(3): 242-253.
- [11] MOREAU, KAREN A, BACK W. et al. Improving the design process with information management [J]. Automation in Construction, 2000, 10(1): 127-140.
- [12] BASTA, NICHOLAS. Building a house for data to live in [J]. Chemical Week, 2002, 164(35): S3-S7.
- [13] HOUARI, NORA, FAR, et al. Application of intelligent agent technology for knowledge management integration [R]. Proceedings of the Third IEEE International Conference on Cognitive Informatics, 2004.
- [14] HOUARI, NORA, FAR, et al. An intelligent project lifecycle data mart-based decision support system [J]. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 2004, 2: 727-730.
- [15] CARRILLO, PATRICIA. Lessons learned practices in the engineering, procurement and construction sector [J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2005, 12(3): 236-250.
- [16] SCHOUTEN G L, KOSTAL K T. Coordinating construction of development projects in China [J]. American Society of Mechanical Engineers, Power Division (Publication) PWR, 1995, 3: 521-528.
- [17] AL-SINAN, FOUAD M, HANCHER, et al. Facility project delivery selection model [J]. Journal of Management in Engineering, 1995, 4(3): 244-259.
- [18] MOSELHI, OSAMA. Risk assessment and contingency estimating [R]. AACE International: Transactions of the Annual Meeting, 1997.
- [19] 吴小欢. 工程总承包(EPC)项目的费用控制 [J]. 中国新技术新产品, 2009(10): 191.
- [20] 陈凡, 沈江. EPC 建设项目下总承包商的成本控制研究 [J]. 内蒙古农业大学学报: 社会科学版, 2007, 9(5): 114-115, 118.
- [21] 刘志华. EPC 项目进度测量系统及应用 [J]. 石油工程建设, 1998, 24(3): 47-51.
- [22] 刘志强, 李继勇, 郭彩云. EPC 模式下的建筑供应链风险管理研究 [J]. 建筑管理现代化, 2009(2): 180-182.
- [23] 付斌. 电力建设工程 EPC 项目安全管理信息系统的分析 [J]. 中国电力教育: 企业版, 2009(2): 238-239.
- [24] 向文武. 基于博弈理论的国际 EPC 总承包项目风险控制研究 [D]. 南京: 东南大学, 2007.
- [25] 席卫民. EPC 项目之协调管理 [J]. 中国石油企业, 2008(11): 78.
- [26] 刘毅. 在 EPC 项目中向管理要效益 [J]. 石油化工建设, 2008, 30(3): 32-33.
- [27] 程蕾. 工程项目管理绩效评价指标体系的构建 [A]. 中国企业运筹学, 2009.
- [28] 于浩. 大型建筑施工企业项目管理的绩效评价研究 [D]. 北京: 北方工业大学, 2009.
- [29] 徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 22-37.

(责任编辑: 万贤贤)