

工程项目交易方式生产效率比较研究

陈勇强, 张 雯

(天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要:从工程项目生产效率的视角,应用生产前沿面与数据包络分析方法,建立了工程项目交易方式生产效率指标体系,构造了工程项目交易方式生产前沿面,对设计/招标/建造(DBB)与设计/建造(DB)进行比较.通过比较生产效率相对最优的DBB与DB项目,得出DBB方式在成本方面更有优势,而DB方式在工期方面更有优势,并分析了得出这种结果的内在机理,从而为业主科学地进行工程项目交易方式选择决策提供了支持.

关键词:工程项目;交易方式;生产效率;生产前沿面;数据包络分析

中图分类号: F223

文献标志码: A

Comparison of Project Production Efficiency Between DBB and DB Delivery System on Production Frontier

CHEN Yongqiang, ZHANG Wen

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: From the perspective of project production efficiency, a project production efficiency index system was built up, and the corresponding project production frontier of the project delivery systems (PDSs) was also established. Design-bid-build(DBB) and design-build(DB) delivery system were compared by employing production frontier and data envelopment analysis method. The comparison results show that DBB delivery method has advantages in duration, while DB has advantages in cost. The inner mechanism was further explored, which provided a scientific decision-making support for owners' PDS selection practice.

Key words: project; delivery system; project production efficiency; production frontier; data envelopment analysis

工程项目交易方式(project delivery system, PDS)是项目参与方为了实现业主的目标与目的,完成预定的工程设施而组织实施项目的系统方式^[1].它决定了项目的建设速度、成本、质量与合同管理方式,是影响项目成功的关键因素之一.选择适宜的交易方式能够提高工程项目的生产效率^[2],降低工程项目的交易成本.

设计/招标/建造(design-bid-build, DBB)方式是业主将工程项目分成不同服务内容,发包给不同公司(包括设计公司、工程公司等),由多个承包商共同完成一个工程项目.设计/建造(design-build, DB)方式是业主将各种服务交给同一个承包商负责,以减少自身的风险,而将工程项目的大部分风险转嫁给一个总的承包商^[3].根据前期调研,发现设计/采购/建造(engineering/procurement/construction, EPC)方式、交钥匙(turnkey)方式与DB方式类似.因此,本文将DB方式、EPC方式以及交钥匙方式统称为DB方式.

1 研究现状

目前已有很多学者、机构对DBB与DB方式的特点进行了研究,并取得了一些研究成果.但由于研究的方向不同,得出的结论也各不相同.表1对他们的研究结果进行了总结.

同时,大量学者采用了不同的比较方法研究DBB与DB交易方式,主要包括多元统计分析和层次分析法.表2对现有的主要方法进行了总结,并指出其相应的不足之处.

此后,也有一些学者应用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)方法,比较不同工程项

收稿日期: 2011-11-11

基金项目: 国家自然科学基金(70772057, 71072156)

第一作者: 陈勇强(1964—),男,教授,管理学博士,主要研究方向为国际工程项目管理、合同管理、现代信息技术在工程项目管理中的应用. E-mail: chen Yongqiang@tju.edu.cn

表 1 以前学者的研究成果

Tab.1 Previous scholars' research results

研究者	研究时间	交易方式	主要发现
Rosner 等 ^[4]	2009 年	DBB, DB	成本方面 DB 优于 DBB, 工期方面 DBB 优于 DB
Hale 等 ^[5]	2009 年	DBB, DB	DB 在成本和工期两方面的绩效均优于 DBB
Hyun 等 ^[6]	2008 年	DBB, DB	DB 在设计灵活性、实用性、维修性方面优于 DBB
CIOB ^[7]	2003 年	DBB, DB, CM ¹⁾ , MC ²⁾	DBB 对成本的监督最好, DB 成本确定时间早, CM 产生争议的可能性小, MC 使业主能对成本进行监督

1) CM: construction management, 建设管理方式;

2) MC: management contracting, 管理合同方式.

表 2 以前学者的研究方法总结

Tab.2 A review of previous scholars' research methods

研究者	研究时间	交易方式	比较方法	主要缺点
Konchar 等 ^[8]	1998 年	DBB, DB, CM	多元统计分析	多元统计方法, 研究的是不同 PDS 下的工程项目的平均绩效水平, 而不是 PDS 选择不合适导致的绩效低下, 以管理技术效率低下的工程项目作为选择比较不同 PDS 的依据, 是不科学的.
Ling 等 ^[9]	2004 年	DBB, DB		
Lam 等 ^[10]	2008 年	DB		
Al Khali ^[11]	2002 年	DBB, DB, CM	层次分析方法	层次分析方法摆脱不了评价过程中的随机性和评价专家主观上的不确定性, 使评价过程带有主观臆断性, 从而使结果的可信度下降.
Mahdi 等 ^[12]	2005 年	DBB, DB, CM		
Mafakheri 等 ^[13]	2007 年	DBB, DB, MC, CM		

目交易方式. VTT^[14] (芬兰技术研究中心)、Lo 等^[15]应用 DEA 方法, 比较 DBB, DB, CM, DBM (design build maintenance, 设计/建造/维护方式) 的效率. 但是, 他们以不同的 PDS 作为决策单元, 不符合 DEA 方法同质单元的要求, 且分别以单个指标作为投入指标, 没有考虑多个投入指标同时作用的情况.

本文分析了一个具有 66 个工程项目的样本, 从工程项目生产效率的视角, 采用 DEA 方法分别构造 DBB 和 DB 方式下的工程项目生产前沿面, 通过分析生产前沿面上生产效率最优的项目采用的交易方式, 对 DBB 和 DB 方式进行比较.

2 生产前沿面与 DEA 方法

2.1 生产前沿面与 DEA 方法的适用性

1957 年经济学家 Michael Farrell 对生产效率的测度进行了开创性研究工作^[16]. 指出对于给定的生产要素, 选择要素投入的最优组合和产出的最优组合, 以最大可能的劳动生产率组织生产, 这种生产函数所描述的生产可能性边界称之为生产前沿面 (production frontier)^[17]. 实际的生产过程并不全是在最优状态下进行的, 传统上用实际数据直接回归拟合得到的生产函数, 没有考虑产出的有效性, 反映的只是各种投入要素组合与平均产出之间的数学关系, 这种平均意义下的生产函数有悖于生产函数的

理论前提.

生产前沿面研究分为两大分支^[17]: 参数方法与非参数方法. 非参数方法中, DEA 方法是目前最常用的非参数效率测度方法, 是 1978 年由美国经济学家 Charnes, Copper 和 Rhodes^[18] 首先提出的. 通过 DEA 方法分析可以得到每个决策单元的生产效率, 分清有效单元与非有效单元的边界, 并指出非有效决策单元的原因和程度.

生产前沿面与 DEA 方法在工程项目交易方式生产效率比较中的适用性包括以下 3 点:

(1) 由于工程项目的随机性强、不确定性因素多, 因此, 有许多工程项目不是在最优生产效率下进行的. Ibbs 等^[19]、杨秋波等^[20]在对 PDS 进行研究时, 都是面向工程项目的绩效, 即认为某种 PDS 下, 工程项目的绩效好, 可以表明它采用的 PDS 是适宜的. 但这忽略了工程项目的生产效率, 即虽然项目绩效很好, 但是工程项目投入也多, 也就是说, 这种绩效好是由于工程项目大量成本、时间、人力的投入换来的, 而工程项目所采用的 PDS 并不一定是适宜的. 因此, 从工程项目生产效率的视角比较 PDS 更加符合实际.

(2) 工程项目参与方众多、消耗资源多、绩效衡量指标繁多, 因此投入与产出指标的种类都非常多, 而生产前沿面方法中的 DEA 方法适合于这种大型复杂的生产系统, 它能够处理多输入、多输出的系统.

(3) 大多数研究 PDS 的学者采用的方法在比较分析过程中都需要人为地进行指标重要性的评判与打分,因此结果往往主观性较强,而生产前沿面研究中的 DEA 方法无需事先评判权重,只需根据观测数据,就可以得到指标的重要性,因此相对而言,得到的结果更客观、更可靠^[21]。

因此,作为构造工程项目生产前沿面的方法,DEA 是非常适合的。

2.2 DEA 模型的选择

DEA 方法中最基本的模型是 CCR 模型^[22]。假设有 n 个决策单元(DMU),每个决策单元有 m 种输入, s 种输出,其中每个决策单元 $j(j=1,2,\dots,n)$ 对应一个输入向量 $X_j=(x_{1j},x_{2j},\dots,x_{mj})^T$ 和一个输出向量 $Y_j=(y_{1j},y_{2j},\dots,y_{sj})^T$ 。从输入导向角度的 CCR 模型,表示为

$$\begin{aligned} \min \theta_0 \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta_0 X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \leq Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, \dots, n \end{aligned}$$

式中: θ_0 为决策单元 DMU 的效率值; X_j 为投入要素组合; Y_j 为产出要素组合; λ_j 为相对于 DMU₀ 重新构造一个 DMU 有效组合中第 j 个决策单元的组合比例。当 $\theta_0=1$ 时,称 DMU₀ 为 CCR 有效,即在该系统中,在原投入的基础上所获得的产出已达到最优。CCR 模型能够测量工程项目的相对生产效率,指出效率相对最优的工程项目,适合构建 PDS 生产前沿面,进行不同 PDS 的比较。

3 工程项目交易方式生产效率指标体系的构建

3.1 投入指标设计

工程项目作为一个生产过程,有一定的投入。DEA 方法一般考虑实体投入,如成本、时间、人员、机械、材料等。但是人员、机械、材料这些指标与成本和时间有很大的相关性,鉴于工程项目的大部分实体投入都可以体现在成本和工期两方面,而且从业主角度考虑,成本和工期都是越少越好,因此,将成本和工期作为构造 PDS 生产前沿面输入指标。但是工程项目的成本和工期随着工程项目的规模变化很大,绝对值差距大,会造成计算误差。因此本文拟采用比率形式,选择对应于成本和工期的成本超支率和工期延期率作为投入指标。对于新建的需要选择

PDS 的工程项目来说,成本超支率和工期延期率应相应地选择业主最大可以承受的成本超支率和工期延期率,其计算公式如下:

$$C = \frac{P_a - P_b}{P_b} \times 100\%$$

式中: C 为成本超支率; P_a 为项目实际合同支付价格; P_b 为项目中标价格。

$$T = \frac{T_a - T_p}{T_p} \times 100\%$$

式中: T 为工期延期率; T_a 为项目实际完成工期; T_p 为项目计划工期。

3.2 产出指标设计

PDS 影响着项目绩效,在一定程度上决定着项目目标的实现。因此,本文采用项目绩效作为构造 PDS 生产前沿面的产出指标。虽然 DEA 对生产前沿面的输入输出指标量纲没有限制,但当构建工程项目生产前沿面时很多指标无法定性衡量,因此工程项目绩效衡量指标通过打分的形式获取。由于本文所研究的对象是 PDS,而并非所有的工程项目绩效衡量指标均与 PDS 相关,因此本文首先通过文献综述比较采用各种 PDS 的项目绩效,分析 PDS 对项目绩效的影响。Konchar 等^[8]通过一系列指标,对采用不同工程项目交易方式的 351 个工程项目进行了绩效对比分析。这些指标包括成本增长、进度增长、设备启动的难度、运营和维护成本等客观定量的指标。CII(construction industry institute)^[23]将绩效比较范围进一步扩大,从成本、工期、安全、返工、变更等 5 个方面分析工程交易方式对项目绩效的影响。Oyetunji 等^[2]从控制成本增加、保证最低成本、拖延或最小化支出限额等 8 个指标来分析各种交易方式的效用值。

上述学者提出的工程项目绩效指标主要考虑了工期、成本、质量、安全和业主满意度,但没有考虑业主对待风险的态度、项目保密性以及环保要求等。因此,在 Chen 等^[24]研究的基础上,提出成本、工期、安全、质量、合同商务、其他等 6 个方面的项目绩效体系,对于新建的工程项目来说,这些指标也是业主的预期绩效,具体见表 3。在调查问卷中应用李克特量表(回答类别为 5 类)对各项目绩效进行重要性打分,同时为了验证所搜集的数据的合理性,用信度分析进行验证。

3.3 指标体系的修正与构建

在确定 PDS 比较投入产出指标之后,再对生产前沿面维度^[22]进行分析,当计算 DEA 生产效率值时,如果投入指标个数为 2 个、产出指标个数为 14

表 3 项目绩效框架图

Tab. 3 The frame of project performance factors

项目绩效一级指标	项目绩效二级指标
成本	A 低于项目预期成本
工期	B 在计划工期内完成
安全	C 设计理念注重安全操作
	D 保证施工安全
质量	E 高质量完成项目
	F 设备可靠性最大化
	G 实现客户满意度
合同商务	H 优化风险/收益
	I 合同范围变更最小化
	J 风险最小化
	K 满足项目运营阶段的商业要求
其他	L 满足业主提出的健康与环保要求
	M 满足保密性要求
	N 对现有操作的干扰最少(维修项目)

个,所得出的结果是不可信的,因为其在多维空间收敛率为 1.64(计算公式为 $n^{2/(p+q+1)}$,其中 n 为决策单元的数量, p 为投入指标的个数, q 为产出指标的个数),相当于在 2 维空间里有效的决策单元数为 2.683.在 16 维空间里,通过调查所获取的 66 个有效观测值是远远不够的.因此,必须缩小生产前沿面的维度空间,其中投入指标个数从实际角度已经不能缩小,因此本文主要降低 PDS 比较产出指标的维度.

本文采用 SEM 中的测量模型,主要构造潜变量和观测变量之间的关系.工程项目绩效是潜变量,利用问卷调查得到的一系列绩效指标的数据是观测变量.本文拟采用 SEM 的测量模型,测算潜变量项目绩效.由于本文的观测变量值都是通过李克特量表打分得到的,所以贝叶斯 SEM 更适合本研究,通过 Amos 17.0 软件,测算测量模型得到的结果如表 4.

表 4 工程项目绩效指标回归系数表

Tab. 4 Regression coefficients of project performance factors

指标	系数	方差	标准差	判定系数	偏度	峰度	最小值	最大值
A	1.139	0.009	0.108	1.004	0.426	0.692	0.736	1.683
B	1.785	0.031	0.264	1.007	0.592	0.657	1.085	3.115
C	0.857	0.007	0.134	1.001	0.590	1.144	0.362	1.534
D	-0.047	0.019	0.167	1.006	0.783	0.878	-0.575	0.782
E	0.021	0.011	0.139	1.003	-0.380	0.204	-0.646	0.490
F	0.028	0.007	0.128	1.002	-0.080	0.904	-0.510	0.689
G	0.017	0.008	0.139	1.002	0.317	0.693	-0.589	0.585
H	0.038	0.006	0.140	1.001	0.247	1.088	-0.474	0.748
I	0.000	0.004	0.120	1.001	0.128	0.757	-0.477	0.543
J	0.020	0.007	0.135	1.001	0.494	1.234	-0.496	0.907
K	-0.005	0.004	0.129	1.001	-0.050	0.497	-0.515	0.525
L	-0.015	0.005	0.125	1.001	0.122	0.794	-0.576	0.591
M	0.023	0.006	0.121	1.001	-0.011	0.586	-0.454	0.480
N	0.029	0.014	0.135	1.005	-0.338	-0.219	-0.514	0.467

从判定系数可以看出,14 项指标的判定系数均趋于 1,可见模型在显变量的估计上收敛程度是非常高的.本文应用 SEM 方法得到的回归系数作为权重,得到每个被调查项目的绩效值,作为 PDS 比较产出指标.因此,得到工程项目交易方式生产效率指标体系见图 1.

4 工程项目交易方式生产效率模型的应用与数据结果分析

4.1 问卷设计与数据收集

4.1.1 问卷设计

根据工程项目交易方式比较投入产出指标设计问卷,问卷分为 3 部分:第 1 部分为工程项目的的基本情况,主要包括问卷填写者的基本资料,在项目中的

身份,项目类型,项目所采用的 PDS;第 2 部分为工程项目的成本工期资料,主要为了获取投入指标数据;第 3 部分为工程项目绩效指标,主要为了获取产出指标数据,问卷中应用李克特量表对各项目绩效进行打分.

4.1.2 数据收集

本次调查共发放调查问卷 200 份,调查对象主要以营业收入在前 100 名的中国工程公司的中高层管理人员为主,收回整体有效问卷 66 份.被调查人员中业主占 7.8%,承包商占 70%,项目管理公司或监理单位占 11.1%,其他(如设备供应商)占 11.1%.项目类型中房建项目占 8.9%,基础设施项目(包括公路、铁路、桥梁、水利、市政等)占 26.7%,工业项目(包括冶金、石油石化、火电核电、通讯等)占 64.4%.本文主要分析比较 DBB 和 DB 方式,66 份有效问卷

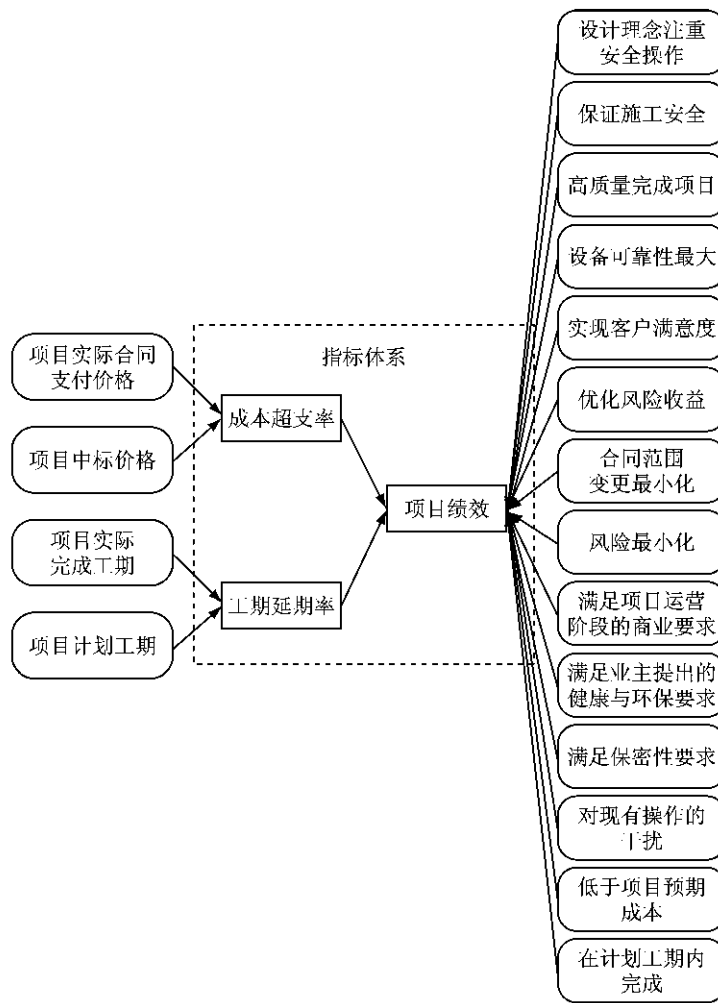


图 1 工程项目交易方式生产效率指标体系
Fig.1 PDS production efficiency factors system

中采用 DBB 方式的项目有 23 个,采用 DB 方式的项目有 43 个。

同时,对问卷第 3 部分的结果进行信度分析,克朗巴哈 α 系数为 $0.719 > 0.7$,说明:调查问卷从整体上能够有效地测度事先想要搜集的工程项目信息。此次问卷所设计的量表对各 PDS 所对应绩效的度量是有效可信的,能够满足统计分析的需要。

4.2 数据结果分析

4.2.1 DBB 与 DB 项目生产效率的分析

根据以上样本数据,以工程项目的成本超支率和工期延期率作为模型的输入,以项目绩效作为模型的输出,建立一个输入导向的 CCR 模型。本文采用 DEA-SOLVER Pro5.0 软件,对数据进行分析。表 5、表 6 是由 DEA-SOLVER Pro5.0 软件计算得到的 DBB 项目的 CCR 效率值和 DB 项目的 CCR 效率值。

表 5 显示,在 DBB 项目中,标“★”的编号 7,23,62 项目的 CCR 效率值为 1,即 7,23,62 号工程项

表 5 DBB 项目的 CCR 效率值

Tab.5 CCR efficiency values of DBB projects

DBB 项目编号	所有项目编号	CCR 效率值	DBB 项目编号	所有项目编号	CCR 效率值
1	1	0.936 3	13	28	0.700 5
2	2	0.943 6	14	33	0.913 6
3	3	0.634 7	15	35	0.598 8
4	4	0.958 1	16	36	0.910 7
5	5	0.886 6	17	38	0.733 3
6	6	0.494 2	18	41	0.720 6
7	7★	1.000 0	19	42	0.624 0
8	18	0.708 7	20	47	0.902 3
9	19	0.672 2	21	54	0.520 8
10	21	0.916 0	22	62★	1.000 0
11	23★	1.000 0	23	64	0.602 5
12	24	0.921 0			

目的效率在 23 个 DBB 项目组成的系统中,相对效率最优。相对这 3 个项目,其他项目都不同程度地存在需要改进的地方。在研究 DBB 方式工程项目的特性时,应该以这 3 个项目所组成的 DBB 方式生产前沿面为标准。同样,表 6 的 DB 项目中,标“★”的

表 6 DB 项目的 CCR 效率值

Tab.6 CCR efficiency values of DB projects

DB 项目 项目编号	所有项 目编号	CCR 效率值	DB 项 目编号	所有项 目编号	CCR 效率值
1	8	0.510 5	23	40	0.649 8
2	9	0.535 8	24	43	0.952 4
3	10★	1.000 0	25	44	0.268 2
4	11	0.576 3	26	45	0.617 4
5	12	0.824 2	27	46★	1.000 0
6	13	0.947 7	28	47	0.838 8
7	14	0.642 0	29	49	0.906 6
8	15	0.466 2	30	50	0.523 6
9	16	0.786 5	31	51	0.640 7
10	17	0.741 8	32	52	0.693 2
11	20	0.558 8	33	53	0.560 5
12	22	0.601 5	34	55	0.808 3
13	25	0.775 9	35	56	0.755 0
14	26	0.702 7	36	57	0.446 6
15	27	0.666 9	37	58	0.745 4
16	29	0.457 4	38	59	0.715 8
17	30	0.632 7	39	60	0.653 8
18	31	0.661 6	40	61	0.877 9
19	32	0.621 0	41	63	0.765 5
20	34	0.586 0	42	65	0.766 2
21	37★	1.000 0	43	66	0.624 1
22	39	0.917 0			

编号 10, 37, 46 项目的 CCR 效率值为 1, 即 10, 37, 46 号工程项目的效率在 43 个 DB 项目组成的系统中, 相对效率最优。

4.2.2 基于生产效率的 DBB 与 DB 方式比较结果分析

绘制 2 个输入成本超支率 X_1 、工期延期率 X_2

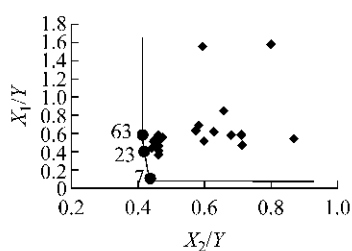


图 2 DBB 项目生产前沿面
Fig.2 Production frontier of
DBB projects

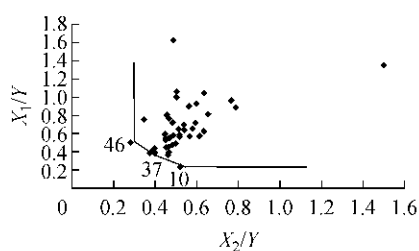


图 3 DB 项目生产前沿面
Fig.3 Production frontier of
DB projects

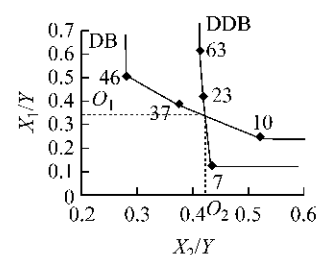


图 4 DBB 和 DB 生产前沿面
Fig.4 Production frontiers of
DB and DBB

出相等. 当输出相等时, 比较 2 个生产前沿面的输入情况. 根据生产前沿面得到的结果是当业主所能承受的成本超支率大于 O_1 , 或是所能承受的工期延期率小于 O_2 时, 应考虑选择 DB 方式; 当业主所能承受的成本超支率小于 O_1 , 或所能承受的工期延期率大于 O_2 时, 应考虑选择 DBB 方式; 当所能承受的成本超支率为 O_1 , 工期延期率为 O_2 时, DBB 与 DB 方

和 1 个输出项目绩效 Y 的生产前沿面. 以 X_1/Y 作为 y 轴, 以 X_2/Y 作为 X 轴, 绘制等绩效线. 图 2 为 DBB 项目生产前沿面, 也称效率包络线.

图 2 显示 DBB 项目的生产前沿面, 7, 23, 62 号项目最靠近原点, 即在输出相等的情况下, 需要的投入组合最小. 生产前沿面上的点, 不能通过减少某个投入, 保持相同输出, 来提高效率. 从图 2 中可以看出, 62 号 DBB 项目在输出相等绩效的前提下所花费的工期延期率最小, 而 7 号 DBB 项目在输出相等绩效的前提下所花费的成本超支率最小. 但某一方面投入最小, 不是生产效率相对最优的惟一标准. 图中 23 号 DBB 项目虽然工期延期率大于 62 号, 成本超支率大于 7 号, 但是综合成本和工期 2 个维度, 同时考虑 2 种投入的综合值来看, 23 号项目的生产效率也是相对最优的. 再根据生产前沿面的假设, 由这 3 个项目形成的折线段上的无数点都是生产效率相对最优的点, 即在输出相等绩效的前提下, 生产效率相对最优的不同成本、工期组合的 DBB 方式工程项目集合. 同理, 图 3 为 DB 项目生产前沿面, 也称效率包络线.

在得到 DBB 和 DB 项目生产前沿面后, 将它们绘制到同一图上. 为了方便起见, 只绘制 CCR 效率值为 1 的项目, 即生产前沿面上的项目, 图 4 为 DBB 和 DB 生产前沿面.

图 4 显示 DB 生产前沿面和 DBB 生产前沿面交于一点 (O_1, O_2), 2 条生产前沿面为等绩效线, 即输

式是等效的, 业主均可以考虑采用. 也就是说 DBB 方式在成本方面更有优势, 而 DB 方式在工期方面更有优势.

4.2.3 DBB 与 DB 交易方式优劣势内在机理分析

根据上述数据分析结果, DBB 方式在成本方面更有优势. 这是因为, 首先, 在国际上许多国家为防止腐败, 保证纳税人的权益, 都通过立法规定公共项

目必须最低价中标.而DBB类方式的项目通常采用最低价中标,因此业主能够更多地获得价格优势.其次,由于具有承揽DBB项目的设计和施工工作相应资质的设计方和施工方较多,价格上具有较大的竞争性,更能降低工程项目的成本.最后,DBB方式为项目参与各方所熟悉,有比较成熟的管理程序和方法,容易控制项目实施成本.但是DBB也有一些缺点,由于设计、招标和施工3个阶段完全分开,每个阶段必须依次完成,致使项目进行过程较长;而且,设计的可施工性不易保证,可能导致工期拖延.

DB方式在工期方面更有优势.因为DB项目中,设计和施工承包商有意识地组成一个项目团队,能够同时进行设计和施工阶段,更能加快交付.DB方式经常同时伴随使用Fast Track方式(快速路径法)^[25].但是,DB方式普及的最大限制是DB承包商的选择,必须要衡量选中的承包商是否真正有处理各种风险的能力.由于对DB承包商的资质和能力要求较高,因此DB承包商竞争性较小,业主不易得到竞争性低价^[26].同时,业主将设计施工的全部职责交给DB承包商,也失去了对设计咨询方和施工分包商的价格控制.

5 结论

工程项目交易方式是影响项目成功的关键因素之一,大量学者对PDS的特性和适用条件进行了研究,但是大部分学者只关注工程项目的绩效,而忽略了工程项目的投入.本文从工程项目生产效率的视角,结合工程项目的投入与产出,研究比较不同工程项目交易方式.本文建立了工程项目交易方式生产效率指标体系,分别提出了投入指标与输出指标体系,并通过问卷调查收集数据,应用生产前沿面研究中的DEA方法分别构造了DBB和DB方式生产前沿面,从成本、工期两方面比较不同PDS的优势,得出结论,DBB方式在成本方面更有优势,而DB方式在工期方面更有优势,并分析了DBB方式与DB方式优劣的内在机理.但是,本文只研究了工程项目交易方式中的DBB和DB两种方式.未来的研究中,可应用本文的研究思路与方法进一步研究其他PDS,如CM方式、MC方式等,为工程项目业主进行工程项目交易方式选择提供更有力的支持.

参考文献:

- [1] ASCE. Quality in the constructed project: a guide for owners, designers and contractors [M]. 2nd ed. Reston: American Society of Civil Engineers, 2000.
- [2] Oyetunji A A, Anderson S D. Relative effectiveness of project delivery and contract strategies [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2006, 132(1): 3.
- [3] Bearup W, Kenig M, O' Donnell J. Alternative delivery methods, a primer [R]//Chicago: Airports Council International—North America, 2007.
- [4] Rosner J W, Jr AET, West C J. Analysis of the design-build delivery method in air force construction projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 135(8): 710.
- [5] Hale D R, Shrestha P P, Jr G E G, et al. Empirical comparison of design-build and design-bid-build project delivery methods [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 135(7): 579.
- [6] Hyun C T, Cho K M, Koo K J, et al. Effect of delivery methods on design performance in multifamily housing projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2008, 134(7): 468.
- [7] CIOB. Code of practice for project management for construction and development [M]. London: Blackwell Publishing, 2003.
- [8] Konchar M, Sanvido V. Comparison of U. S. project delivery systems [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1998, 124(6): 435.
- [9] Ling F Y, Chan S L, Chong E, et al. Predicting performance of design-build and design-bid-build projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(1): 75.
- [10] Lam EWM, Chan APC, Chan DWM. Determinants of successful design-build projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2008, 134(5): 333.
- [11] Al Khalil MI. Selecting the appropriate project delivery method using AHP [J]. International Journal of Project Management, 2002, 20(6): 469.
- [12] Mahdi IM, Alreshaid K. Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP) [J]. International Journal of Project Management, 2005(23): 564.
- [13] Mafakheri F, Dai L, Slezak D, et al. Project delivery system selection under uncertainty multi-criteria multilevel decision aid model [J]. Journal of Management in Engineering, 2007, 23(4): 200-206.
- [14] Koppinen T, Lahdenper P. Road sector experiences on project delivery methods [R]. Espoo: VTT Tiedotteita Publications, 2004.
- [15] Lo SC, Chao Y. Efficiency assessment of road project delivery models [C]//AIP Conference Proceedings, Corfu: [s. n.], 2007, 963(2): 1016-1019.
- [16] Farrell M J. The measurement of productive efficiency [J]. Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 1957, 120: 253.
- [17] 王金祥,吴育华.生产前沿面理论的产生和发展[J].哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2005,21(3):382.
WANG Jinxiang; WU Yuhua. Study on generation and development of production frontier theory [J]. Journal of

- Harbin University of Commerce, Natural Sciences Edition, 2005, 21(3):382.
- [18] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429.
- [19] Ibbs WC, Kwak YH, Ng T, et al. Project delivery systems and project change: quantitative analysis [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129(4): 382.
- [20] 杨秋波,陈勇强. DB 与 DBB 交易方式下工程项目绩效比较研究[J]. *国际经济合作*, 2010(2):56.
YANG Qiubo, CHEN Yongqiang. Comparison of project performance between DB and DBB delivery system [J]. *International Economic Cooperation*, 2010(2): 56.
- [21] 郭京福,杨德礼. 数据包络分析方法综述[J]. *大连理工大学学报*, 1998, 38(2): 236.
GUO Jingfu, YANG Deli. Overview of data envelopment analysis method [J]. *Journal of Dalian University of Technology*, 1998, 38(2): 236.
- [22] William W C, Lawrence M S, Kaoru T. Introduction to data envelopment analysis and its uses [M]. New York: Springer Science, 2006: 32.
- [23] Thomas S R, Macken C L, Chung T H, et al. Measuring the impacts of the delivery system on project performance design-build and design-bid-build [R]. Austin: NIST, 2002.
- [24] Chen Y Q, LÜ H Q, Lv W X, et al. Analysis of project delivery systems in chinese construction industry with data envelopment analysis (DEA) [J]. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2010, 17(6):598.
- [25] Federal Highway Administration. Design-build effectiveness study—as required by TEA-21 section 1307(f); final report [R]. Washington D C: USDOT Federal Highway Administration, 2006.
- [26] Wardani M, Messner J, Horman M. Comparing Procurement methods for design-build projects[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2006, 132(3):230.

~~~~~

(上接第 308 页)

- [9] Zhang H, Xing F. Fuzzy-multi-objective particle swarm optimization for time-cost-quality tradeoff in construction[J]. *Automation in Construction*, 2010, 19(8): 1067.
- [10] 金朝光,林焰,纪卓尚. 基于遗传算法的模糊优化研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2003, 23(4): 106.  
JIN Chaoguang, LIN Yan, JI Zhuoshang. Study on Fuzzy optimization based on genetic algorithm [J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2003, 23(4): 106.
- [11] 王健,刘尔烈,骆刚. 工程项目管理中工期—成本—质量综合均衡优化[J]. *系统工程学报*, 2004, 19(2): 148.  
WANG Jian, LIU Erlie, LUO Gang. Analysis of time-cost-quality tradeoff optimization in construction project management[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2004, 19(002): 148.
- [12] 褚春超,郑丕涛,王德东. 复杂工序关系的模糊网络计划分析与建模[J]. *天津大学学报*, 2006, 39(5): 631.  
CHU Chunchao, ZHENG Pie, WANG Dedong. Analysis and modeling of fuzzy network planning considering complicated activity relationships[J]. *Journal of Tianjin University*, 2006, 39(005): 631.
- [13] WANG Yingming, YANG Jianbo, XUA Dongling, et al. On the centroids of fuzzy numbers[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2006, 157(7): 919.
- [14] H Leekwang, LEE Jeehyong. A method for ranking fuzzy numbers and its application to decision-making [J]. *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 1999, 7(6): 677.
- [15] 徐泽水. 三角模糊数互补判断矩阵的一种排序方法[J]. *模糊系统与数学*, 2002, 16(1): 47.  
XU Zeshui. A method for priorities of triangular fuzzy number complementary judgement matrices [J]. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 2002, 16(1): 47.
- [16] Chau K. Application of a PSO-based neural network in analysis of outcomes of construction claims [J]. *Automation in Construction*, 2007, 16(5): 642.
- [17] Chen C, YE F. Particle swarm optimization algorithm and its application to clustering analysis[C]//*Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, Taipei: [s. n.], 2004: 789—794.
- [18] Wolpert D, Macready W. No free lunch theorems for optimization [J]. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1997, 1(1): 67.
- [19] Deb K, Pratap A, Agarwal S, et al. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II [J]. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2002, 6(2): 182.
- [20] Luh G, Chueh C, Liu W. MOIA: multi-objective immune algorithm[J]. *Engineering Optimization*, 2003, 35(2): 143.