

# 基于不完全信息动态博弈的投标联合体组建研究\*

王文韬\*\* 章恒全

( 河海大学商学院, 南京 211100 )

**摘要:**为了给投标联合体组建提供行之有效的决策分析方法,充分发挥投标联合体的技术优势,分散投资风险、降低工程成本,从成本—收益的角度对主导企业与潜在合作伙伴进行博弈分析,得到在不完全信息条件下主导企业选择潜在合作伙伴加入投标联合体的边界条件,即主导企业是否与某企业组建投标联合体取决于获得的合作收益与主导企业选择合作成本的差距,以及合作双方获得的收益与成本差异的双向作用;潜在合作伙伴是否愿意加入投标联合体,取决于博弈双方的合作收益与投入成本的比较。研究对于投标联合体的构建具有一定的理论意义,也为投标联合体的组建提供了切实有效的决策框架。

**关键词:**投标联合体;组建;合作伙伴选择;成本—收益分析;不完全信息;动态博弈

中图分类号:TU723.2 文献标识码:A doi:10.16507/j.issn.1006-6055.2015.03.019

## Researches on Construction of Bidding Alliance Based on Dynamic Game with Incomplete Information\*

WANG Wentao\*\* ZHANG Hengquan

( Business School of Hohai University, Nanjing 211100 )

**Abstract:** In order to provide an effective decision method for the construction of bidding alliance, make full use of advantages of bidding consortium, such as technological superiority, spreading investment risks, cost saving. The game between leading enterprises and bidding consortium partners based on cost-benefit perspective are analyzed. The boundary condition that leading enterprises select potential partner to join the bidding consortium has been obtained in the condition of incomplete information. In other words, whether the leading enterprise establishes a bidding consortium with potential partners or not depends on the gap between cooperation benefit and coordination cost. Whether potential partners join the bidding consortium or not depends on the comparison between the cooperation income and the cost of investment. The study has a certain theoretical significance for the construction of the bidding alliance.

**Key words:** bidding alliance; construction; partner selection; cost-benefit analysis; incomplete information; dynamic game

### 1 引言

投标联合体是指以一个中心参建单位为主导,联合其他达到招标资质要求的企业所组成的工程项目招投标与建设联合体。随着招标工程项目技术复杂程度、项目规模的大幅度增加,单个企业难以独立组织起各种建设资源,建设过程也很难满足工程项目对于技术、质量、工期等多方面的要求<sup>[1]</sup>,这就为联合体投标模式的发展提供了现实条件。采用联合体投标的方式为各参建单位尤其是中小型企业参与大型工程提供了切实可行的途径,促进了联合体成员企业的技术合作、填补了资源缺陷、提高了企业整体竞争力、降低并分散了投资风险<sup>[2]</sup>。

从我国的现实情况来看,建设工程联合体投标机制以《中华人民共和国招标投标法》为法律依据,建立在市场经济的基础之上。投标联合体的运行模式如图 1 所示。在投标联合体的运作过程中,合作伙伴的选择具有决定性意义。

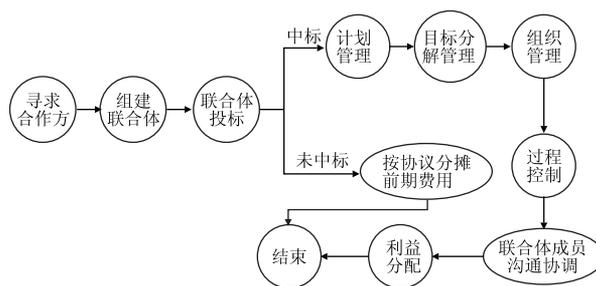


图 1 投标联合体的运行模式

国内对于投标联合体构建方面的研究涉及相关法律及权责关系研究、定性研究、决策模型的应用。首先,在投标联合体相关法律及权责关系研究方面,

2015-01-19 收稿,2015-02-03 接受

\* 中央分成水资源费项目(1261320212020)资助

\*\* 通讯作者,E-mail:wentao0921@126.com;Tel:18751963872

姚大华<sup>[3]</sup>认为投标联合体具有自愿性和临时性等法律特征,分析了投标联合体的法律性质、权责关系等问题;杨鸿魁<sup>[4]</sup>提出了应对联合体投标法律风险的三点策略:选择与自身实力在同一水准上的企业、通过签订合同行使权利和义务、与发包方保持一定的关系。其次,投标联合体构建的研究主要集中在定性研究方面,崔振云<sup>[5]</sup>列举了需要采用联合体投标的情况,并从项目规模、资质等级及行业属性、行业优势等八个方面考量合作伙伴;赖威等<sup>[6]</sup>认为联合体投标是国际项目管理领域的前沿模式,并且从机会评价、资源配置、外部评价、业绩评价、专家会审、内部评价等六个角度对投标联合体潜在合作伙伴进行定性评价。最后,在决策模型的应用方面,唐莹莹等<sup>[7]</sup>认为投标联合体伙伴选择过程具有决策因素众多、信息量较大等特点,运用灰色系统理论对合作伙伴选择进行分析,为投标联合体合作伙伴的选择提供了一种可行的方法;姚若军<sup>[8]</sup>认为投标联合体成员企业之间的合作环境具有较大的不确定性,同时,决策者的相关经验也较为不确定,应用Bernardo决策理论研究投标联合体的合作决策,具有一定的普适性。

从现有研究来看,我国学者对于投标联合体构建的研究大多数停留在法律法规及权责关系、定性研究两方面,这就造成了投标联合体评价选择的片面性;决策模型在投标联合体构建方面的研究应用尚不广泛,鲜有将不完全信息动态博弈应用到投标联合体构建的研究当中。本文拟从成本—收益的视角,运用不完全信息动态博弈的方法分析投标联合体合作伙伴的选择,为投标联合体的构建提供一种切实可行的方法。

## 2 博弈模型构建

### 2.1 投标联合体潜在合作伙伴

根据招投标法的相关规定,建筑相关企业组建投标联合体参与投标的资质遵循“就低不就高”的原则,即由相同专业的建筑相关企业组成的联合体,按照联合体中资质等级较低的单位确定资质等级。本文的以下分析假定:投标联合体潜在合作企业最低资质达到招标要求。

假定在组建投标联合体的博弈过程中分别有投标联合体主导企业以及可能加入联合体的潜在合作企业,两者分别用 $F$ 和 $P$ 来表示。本文将参与投标联合体的企业根据相关资质及专长分为两类:与主

导企业同类型的企业和其他类型企业,同类型企业指具有相近资质类型、专长相似的企业,其他类型企业指具有其他资质专长的企业。设定虚拟加入单位用 $N$ 表示,假设在投标联合体组建的博弈过程中不存在欺骗行为。

### 2.2 投标联合体各参与方的行动选择

在组建投标联合体的博弈过程中,主导企业在面对有意向加入的潜在合作伙伴时有两种行动选择,即接受和不接受,用 $A_F = \{a_F\} = \{\text{接受, 不接受}\}$ 表示投标联合体主导企业的行动集;潜在合作企业也有两种行动选择:参加和不参加投标联合体,用 $A_P = \{a_P\} = \{\text{参加, 不参加}\}$ 表示潜在合作企业的行动集,也就是说,当潜在的合作企业面对主导企业发出的构建投标联合体信息时,不论是潜在的同类型企业还是其他类型企业,都有选择加入或不加入的可能性。

### 2.3 投标联合体各加入方的博弈支付

本文用 $U_F$ 表示投标联合体主导企业的博弈支付,用 $U_P$ 表示投标联合体潜在参与方的博弈支付,由此得到投标联合体各加入方企业的支付情况分别如下:

#### 1) 投标联合体主导企业

令 $R$ ——投标联合体主导企业选择不接受同类型企业加入投标联合体的收益;

$PC$ ——主导企业接受同类型企业加入投标联合体需要支付的成本;

$TC$ ——主导企业接受其他类型企业加入投标联合体需要支付的成本;

$r_{\text{合作收益}}$ ——主导企业接受同类型企业加入投标联合体的期望收益;

$g_{\text{合作收益}}$ ——主导企业接受其他类型企业加入投标联合体的期望收益。

有

$$\begin{cases} U_F(\text{不接受}) = R \\ U_F(\text{同类型企业, 接受}) = R + r_{\text{合作收益}} - PC \\ U_F(\text{其他类型企业, 接受}) = R + g_{\text{合作收益}} - TC \\ R, PC, TC, g_{\text{合作收益}}, r_{\text{合作收益}} \text{均大于} 0 \end{cases}$$

#### 2) 联合体潜在合作伙伴

令 $K$ ——同类型企业选择不参加主导企业的投标联合体时的收益;

$G$ ——其他类型企业选择不参加主导企业的投标联合体时的收益;

- $r'$  合作收益 ——同类型企业参加投标联合体的合作收益；
- $PC'$  ——同类型企业选择加入投标联合体需支付的合作成本；
- $g'$  合作收益 ——其他类型企业参加投标联合体的合作收益；
- $TC'$  ——其他类型企业选择加入投标联合体需支付的合作成本。

则同类型和其他类型企业选择参加投标联合体时的收益分别为  $K + r'$  合作收益 -  $PC'$  和  $G + g'$  合作收益 -  $TC'$ 。

$$\begin{cases} U_p(\text{同类型企业, 参加}) = K + r'_{\text{合作收益}} - PC' \\ U_p(\text{同类型企业, 不参加}) = K \\ U_p(\text{其他类型企业, 参加}) = G + g'_{\text{合作收益}} - TC' \\ U_p(\text{其他类型企业, 不参加}) = G \\ K, PC', TC', g'_{\text{合作收益}}, r'_{\text{合作收益}}, G \text{ 均大于 } 0 \end{cases}$$

### 2.4 投标联合体组建的动态博弈树构建

如上文所述, 投标联合体主导企业与潜在的两类合作企业之间的信息符合不完全信息动态博弈的条件, 即投标联合体主导企业并不能确定潜在合作企业是否会参加联合体, 潜在合作企业也可能隐瞒相关的显示性信息; 同样的, 潜在合作企业也无法确定主导企业是否接受本企业参加联合体, 潜在合作企业也不能完全洞悉是否接受本企业作为投标联合体成员的显示性信息。

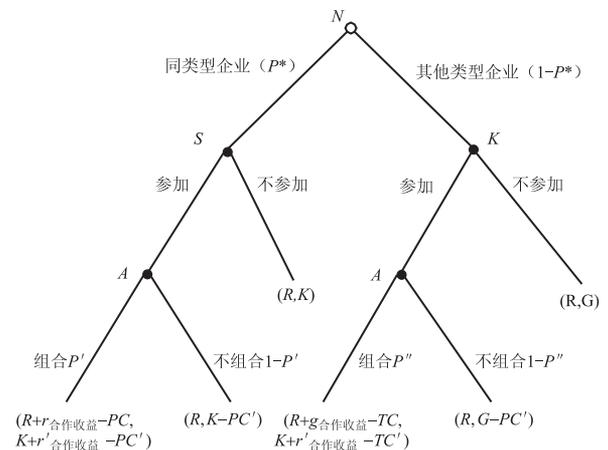
假设投标联合体主导企业与潜在的两类企业打交道, 并假设潜在的合作企业数为  $n$ , 组建投标联合体这个不完全信息动态博弈的博弈树如图 2 所示。

### 3 基于不完全信息动态博弈的投标联合体组建分析

海萨尼转换 (the Harsanyi transformation)<sup>[9]</sup> 可以将不确定性的选择转换成风险条件下的选择。将主导企业对有加入投标联合体意向的同类型企业及其他类型企业的确定性判断转化成两类企业参加投标联合体的概率。

令  $P(g|s)$  和  $P(g|k)$  分别为同类型和其他类型企业在选择加入投标联合体的条件下真实加入的条件概率。

首先, 在投标联合体主导企业做出合理判断之前, 无论两类潜在合作企业是否表达了加入投标联合体的意愿都要研究其真实意向。本文用  $P(s)$  表



$P^*$  ——主导企业面临的潜在合作企业为同类型企业的概率;  $1-P^*$  则表示面临的潜在合作企业为其他类型企业的概率;  $P'$  ——主导企业同意同类型企业加入投标联合体的概率;  $P''$  ——主导企业同意其他类型企业加入投标联合体的概率。

图2 投标联合体组建博弈树

示同类型企业加入联合体的概率, 用  $P(k)$  表示其他类型企业加入投标联合体的概率。

其次, 主导企业还应了解潜在合作企业选择参与联合体时表现出愿意加入的概率  $P(s|g)$  和不参与却表现出愿意加入的概率  $P(k|g)$

由贝叶斯法则, 可得

$$\begin{aligned} P(s|g) &= \frac{P(s) \times P(g|s)}{P(g)} \\ &= \frac{P(s) \times P(g|s)}{P(s) \times P(g|s) + P(k) \times P(g|k)} \end{aligned} \quad (1)$$

其中,  $P(k|g) = 1 - P(s|g)$ 。

两类潜在合作企业参加投标联合体的意向不尽相同。在同类型企业真正愿意参加的情况下, 该企业加入联合体的显性表示为其真实意向, 也就是  $P(g|s) = 1$ ; 对其他类型企业来说,  $P(g|k) = 1$ , 这样式(1)可化为

$$\begin{aligned} P(s|g) &= \frac{P(s) \times P(g|s)}{P(s) \times P(g|s) + P(k) \times P(g|k)} \\ &= \frac{P(s)}{P(s) + P(k)} = P(s) \end{aligned} \quad (2)$$

同样的,  $P(k|g) = P(k)$ 。

主导企业了解潜在的两类合作企业加入投标联合体的意愿各有不同, 而且信息的不完全使得识别潜在合作伙伴最终的决策非常困难。正因为如此, 主导企业只能对  $P(s|g)$  以及  $P(k|g)$  做出主观判断, 并实现期望收益最大。在此假设投标联合体主导企业判断  $P(s|g) = P(s) = P^*$ , 则主导企业在自

己的决策信息集上选择接受的期望收益为

$$\begin{aligned} E(A) &= P^*(R + r_{\text{合作收益}} - PC) + (1 - P^*)(R \\ &\quad + g'_{\text{合作收益}} - TC) \\ &= P^*(r_{\text{合作收益}} - PC - g'_{\text{合作收益}} + TC) + R + \\ &\quad g'_{\text{合作收益}} - TC \end{aligned} \quad (3)$$

从图2所示的博弈树上还可以得到,主导企业选择不接受的期望收益为

$$E(NA) = R \quad (4)$$

当  $E(A) > E(NA) = R$ , 即  $P > \frac{(-g'_{\text{合作收益}} + TC)}{(r_{\text{合作收益}} - g'_{\text{合作收益}} + TR - PC)}$  时, 投标联合体主导企业选择接受此潜在合作企业的期望收益大于不接受时的期望收益, 此时, 主导企业将会同意该企业加入投标联合体; 相反的, 当  $E(A) < E(NA)$  时, 主导企业同意合作企业加入投标联合体的期望收益小于不同意, 此时主导企业就不会同意其加入。

主导企业选择与某一类企业组建投标联合体的条件是: ①对于同类型企业来说, 当主导企业与同类型企业组建投标联合体的合作收益大于投入的成本, 即  $r_{\text{合作收益}} \geq PC$ , 则主导企业选择与同类型企业组建投标联合体; ②同样的, 对于其他类型企业来说, 当  $g_{\text{合作收益}} \geq TC$  时, 主导企业选择与其他类型企业组建投标联合体。

对于潜在合作伙伴来说: ①如果该企业选择不加入投标联合体, 则潜在合作企业与主导企业均没有损失和收益; ②如果潜在合作企业选择加入投标联合体, 信息的不完全导致潜在合作企业不能得知主导企业是否接受其加入投标联合体以及以何种方式组建投标联合体, 因此只能根据主观经验对主导企业即将采取的行动进行判断, 并在此判断的基础上选择期望收益最大化的行动策略。假设潜在在投标联合体合作伙伴——同类型企业和其他类型企业根据经验判断主导企业选择接受的概率分别为  $P'$  和  $P''$ , 那么同类型企业的期望收益为

$$\begin{aligned} E(S) &= P'(K + r'_{\text{合作收益}} - PC') + (1 - P')(K - \\ &\quad PC') = P'r'_{\text{合作收益}} + K - PC' \end{aligned} \quad (5)$$

当同类型企业的期望收益  $E(S)$  大于不参加投标联合体的收益  $K$ , 即  $P' > \frac{PC'}{r'_{\text{合作收益}}}$  时, 同类型企业选择加入投标联合体。

同理, 对于其他类型企业, 其期望收益为

$$\begin{aligned} E(K) &= P''(G + g'_{\text{合作收益}} - TC') + (1 - P'')(K \\ &\quad - TC') = P''g'_{\text{合作收益}} + G - TC' \end{aligned} \quad (6)$$

当其他类型企业的期望收益  $E(K)$  大于不参加联合体的收益  $G$ , 即  $P'' > \frac{TC'}{g'_{\text{合作收益}}}$  时, 其他类型企业选择加入投标联合体。

最后, 当  $P'$  和  $P''$  跟主导企业选择组建投标联合体的最小概率相等时, 主导企业选择接受与同类型企业、其他类型企业选择参加投标联合体的边界条件, 共同构成投标联合体成立的严格约束条件, 即

$$\begin{aligned} P'_{\text{均衡}} &= \frac{PC'}{r'_{\text{合作收益}}} \\ &= \frac{(TC - g'_{\text{合作收益}})}{(r_{\text{合作收益}} - g'_{\text{合作收益}} + TC - PC)} \\ &= P''_{\text{均衡}} = \frac{TC'}{g'_{\text{合作收益}}} \end{aligned}$$

## 4 结论

当下, 招标项目不管是在规模上还是在技术的复杂程度上都发生了飞跃性的变化, 两方面的要求促使有意向投标的企业组建投标联合体, 发挥联合体成员的技术优势, 分散投资风险、降低工程成本, 亦可使我国的建筑行业得到更好的发展。

本文运用不完全信息动态博弈的理论, 对投标联合体的发起者——主导企业与两类潜在合作伙伴——同类型企业和其他类型企业进行了两个阶段的动态博弈分析, 从成本—收益的角度研究博弈参与企业的均衡条件, 把不完全信息动态博弈的方法应用到投标联合体的组建当中, 突破了传统的主观方法与思路, 为投标联合体的组建提供了新的方法。通过本文的分析得到, 由于信息的不完全, 主导企业是否与某企业组建投标联合体取决于获得的合作收益与主导企业选择合作成本的差距, 以及合作双方获得的收益与成本差异的双向作用; 潜在的两种合作企业是否愿意加入投标联合体, 取决于博弈双方的合作收益与投入成本的比较。

## 参考文献

- [1] 郭启威. 浅谈联合体投标合作伙伴的选择[J]. 科技资讯, 2007, 5(12): 201-202.
- [2] 舒欢, 郑胜强. 基于绝对贡献率的投标联合体经济收益分配研究[J]. 项目管理技术, 2012, 10(9): 68-73.
- [3] 姚大华. 试论联合体投标的主要法律问题[J]. 学习与探索, 2004, 25(5): 49-50.
- [4] 杨鸿魁. 对联合体投标相关法律问题的探析[J]. 东方企业文化, 2014, 11(21): 349.

(下转第 325 页)

- tiles and Geomembranes, 2009, 27(1):73-76.
- [41] BABU G L S, VASUDEVAN A K, SAYIDA M K. Use of Coir Fibers for Improving the Engineering Properties of Expansive Soils[J]. Journal of Natural Fibers, 2008, 5(1):61-75.
- [42] 张丹, 许强, 郭莹. 玄武岩纤维加筋膨胀土的强度与干缩变形特性试验[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2012, 42(5):975-980.
- [43] PUNTHUTAECHA K, PUPPALA A J, VANAPALLI S K, et al. Volume change behaviors of expansive soils stabilized with recycled ashes and fibers[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2006, 18(2):295-306.
- [44] MAHER M H, WOOD R P. Dynamic response of sand reinforced with randomly distributed fibers[J]. Journal of the Geotechnical Engineering, 1990, 116(7):1116-1131.
- [45] 张小江, 周克骥, 周景星. 纤维加筋土的动力特性试验研究[J]. 岩土工程学报, 1998, 20(3):45-49.
- [46] BOOMINATHAN A, HARI S. Liquefaction strength of fly ash reinforced with randomly distributed fibers[J]. Soil Dynamics And Earthquake Engineering, 2002, 22(9-12):1027-1033.
- [47] JAMSHIDI R, TOWHATA I, GHIASSIAN H, et al. Experimental evaluation of dynamic deformation characteristics of sheet pile retaining walls with fiber reinforced backfill[J]. Soil Dynamics And Earthquake Engineering, 2010, 30(6):438-446.
- [48] 黄斌, 饶锡保, 何晓民, 等. 纤维改性膨胀岩加筋作用试验研究[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(6):130-132.
- [49] HEJAZI S M, ABTAHI S M, SHEIKHZADEH M, et al. Micromechanical analysis of loop-formed fiber-reinforced soil composite[J]. Journal of Industrial Textiles, 2014, 44(3):418-433.
- [50] Division of Research Development and Administration of the University of Michigan. Constitutive Behavior of Fiber Reinforced Sands [R]. Michigan: The University of Michigan, 1988.
- [51] PRISCO C, NOVA R. A constitutive model for soil reinforced by continuous threads [J]. Geotextiles and Geomembranes, 1993, 12(2):161-178.
- [52] JOUVE P, BOUZIDI R, RIOU Y. Resolution of elastoplastic constitutive relations application to the fiber reinforced sand[J]. Computers and Geotechnics, 1995, 17(3):327-347.
- [53] 介玉新, 李广信. 纤维加筋土计算方法的研究[J]. 土木工程学报, 1999, 32(5):51-55.
- [54] LI J, DING D W. Nonlinear elastic behavior of fiber-reinforced soil under cyclic loading[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2002, 22(9-12):977-983.
- [55] DIAMBRA A, IBRAIM E, Wood D M, et al. Fiber reinforced sands: Experiments and modeling [J]. Geotextiles and Geomembranes, 2010, 28(3):238-250.
- [56] 王磊, 朱斌, 李俊超, 等. 一种纤维加筋土的两相本构模型[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(7):1326-1333.
- [57] GHAVAMI K, TOLEDO FILHO R D, BARBOSA N P. Behavior of composite soil reinforced with natural fibres[J]. Cement and Concrete Composites, 1999, 21(1):39-48.
- [58] 石茜. 稻草加筋滨海盐渍土的强度与变形特征[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- [59] 柴寿喜, 石茜. 加筋长度和加筋率下的稻草加筋土强度特征[J]. 解放军理工大学学报, 2012, 13(6):646-650.
- [60] 柴寿喜, 石茜. 干密度和含水率对稻草加筋土强度与变形的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2013, 41(1):46-49.
- [61] 柴寿喜, 王沛, 王晓燕. 麦秸秆布筋区域与截面形状下的加筋土抗剪强度[J]. 岩土力学, 2013, 34(1):123-127.
- [62] 魏丽, 柴寿喜, 蔡宏洲, 等. 麦秸秆的物理力学性能及加筋盐渍土的抗压强度[J]. 土木工程学报, 2010, 43(3):93-98.
- [63] 徐良, 王晓燕, 柴寿喜. 干密度对稻草加筋盐渍土和稻草加筋石灰土的抗剪强度影响[J]. 天津城市建设学院学报, 2011, 17(3):167-171.
- [64] 杜鹏. 加筋条件对稻草加筋盐渍土的无侧限抗压强度影响[J]. 天津城市建设学院学报, 2012, 18(1):6-9.

(上接第 309 页)

- [5] 崔振云. 联合体投标合作伙伴的选择[J]. 铁路工程造价管理, 2006, 21(3):53-55.
- [6] 赖威, 尹光耀. 浅议投标联合体的特征及评价过程[J]. 浙江建筑, 2012, 29(12):55-58.
- [7] 唐莹莹, 张醒洲. 灰色局势决策在投标联合体伙伴选择中应用[J]. 建筑管理现代化, 2005, 30(3):1-4.
- [8] 姚若军. 基于模糊 Bernardo 理论的联合体投标不确定博弈合作决策[J]. 中国水能及电气化, 2011, 7(9):38-42.
- [9] HONG H, HARBORNE W, STUART J. An epistemic analysis of the Harsanyi transformation [J]. International Journal of Game Theory, 2002, 30(4):517-525.

#### 作者简介

王文韬(1989-),男,硕士在读,主要研究方向:项目管理;  
章恒全(1957-),男,教授,博导,主要研究方向:项目管理、投资管理。