

基于复合暗标拍卖的工程量清单 招标模式

吕 炜^{1,2}, 贺昌政¹, 丁时勇²

(1. 四川大学 工商管理学院, 四川 成都 610064; 2. 重庆市审计局, 重庆 401177)

摘要:针对投标人在工程量清单招标的不平衡报价问题,文章在研究暗标拍卖理论招标的基础上,提出了将暗标一级、二级和三级密封拍卖结合起来建立复合暗标拍卖工程量清单招标合同清单招标模式。然后运用博弈论分析了投标人在工程量清单招标模式下的最优战略就是不平衡报价,接着证明了复合暗标拍卖工程量清单招标能有效减少投标人的不平衡报价给招标人带来的不利影响,节约工程投资。最后通过案例验证了模型的证明。

关键词:暗标拍卖;工程量清单招标;模式

中图分类号:F22,F062.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2013)02-0035-07

招标与投标活动起源于18世纪的英国,世界各国政府于19世纪初开始在工程建设领域实行招投标制。中国于20世纪80年代开始逐步在建设领域推行招投标制度,2000年颁布实施的《中华人民共和国招标投标法》标志着中国建设工程招投标迈入了规范化发展阶段。随后为了与国际接轨,中国于2003年7月开始在工程建设领域实行工程量清单招标。国际上有不少国家和组织均采用此种招标方法,如英、美等发达国家。在工程量清单招标模式下,招标人提供工程量清单细目及相应的工程量,并对此负责,结算时按清单细目工程量按实结算,而投标人竞标时填报的清单细目单价一般不予调整。但在工程招投标实践中,投标人通常具有多年的工程建设经验,其对工程变更的预测能力远胜招标人,因此一些投标人利用工程量清单招标数量按实结算的特点采取不平衡报价,即在确定投标总报价的前提下,有意识地调整某些清单细目单价,旨在从工程变更(设计变更或地质条件变更)中获得额外的收益,这就给招标机制设计带来了新的挑战。

当前,建设项目招标通常是采用一级密封拍卖的逆向形式,一些专家学者研究了基于价格(一维)信息的投标报价模型与策略^[1-5],也有学者以投标人的报价及相应的交易成本作为招标的商务目标函数,工程质量和工期等要求作为技术条件,并构建了与招标模型相适应的评标程序^[6];Che研究了基于价格和质量二维招标模型^[7],随后 Branco等研究了多维信息拍卖招标机制^[8-9],赵冬梅等研究了多维信息招标模式下招标代理机构与投标人的串谋的博弈模型,研究结果表明通过加强惩罚力度等措施能降低腐败发生的概率^[10]。上述研究均未涉及投标人的不平衡报价问题。尽管也有一些学者研究了不平衡报价问题,但其

收稿日期:2012-09-17

作者简介:吕炜,男,四川大学商学院博士研究生,主要从事项目管理、博弈论与信息经济学研究。

主要研究基于一级密封拍卖招标的不平衡报价策略^[11], 未从机制设计层面去考虑如何设计一个拍卖招标机制, 以减轻或消除投标人的不平衡报价给招标人带来的不利影响。在建设工程招标过程中, 参加竞标的投标人的工程成本是潜在投标者心中的秘密, 这就导致招投标的不完全信息问题。为了解决不完全信息的投标人不按其真实成本报价问题, Vickrey 于 1961 年提出了一种有效的帕累托拍卖机制, 二级密封价格拍卖^[1], 这种拍卖机制下, 投标人的占优策略是按其真实支付出价(“说真话”)。但 Robinson 研究发现, 二级密封价格拍卖更容易导致投标人合谋损害招标人利益^[12], 而且一旦放弃招投标双方的风险中性假设, 一级密封价格拍卖与二级密封价格拍卖相比就具有某种优势, 因此风险厌恶的招标人更愿意选择一级密封价格拍卖^[13]。

建设工程招标是暗标拍卖的逆向形式, 且根据投标人的总报价来确定赢标人, 工程量清单招投标的一个特点就是通过对招投标确定工程量清单细目价格, 招标工程数量仅供投标报价参考, 这就为投标人的不平衡报价提供了机会^[11]。而不平衡报价的实质就是低价中标, 高价结算, 增大工程投资, 因此有必要设计一个招标机制, 以减轻或消除不平衡报价给招标人带来的不利影响。笔者在上述文献研究的基础上, 将暗标拍卖理论予以扩展, 构建了基于复合暗标拍卖的工程量清单招标模式。与 Che^[7]研究的包含质量与价格二维信息拍卖招标不同, 本招标模式属于一维(价格)信息招标, 但与传统一维信息拍卖招标略有不同, 传统拍卖招标赢标人的清单细目价格系其自身清单细目价格, 而本招标模式下中标人的清单细目价格系由赢标人自身填报清单细目价格与第二及第三低投标人清单细目价格的复合而成。

论文首先在介绍暗标拍卖的基础上提出了复合暗标拍卖工程量清单招标, 接着运用博弈理论分析了投标人在工程量清单招标模式下的最优投标战略就是采取不平衡报价战略, 随后论文证明了复合暗标拍卖工程量清单招标能有效减少不平衡报价给招标人带来的不利影响, 接着通过案例验证了论文提出的招标模式, 最后是论文的结论。

一、基于复合暗标拍卖的工程量清单招标模式

拍卖或招标的基本功能有两个: 一是揭示信息, 二是减少代理成本。现有的拍卖方式很多, 基本的拍卖方式分为公开口头拍卖和暗标拍卖, 而暗标拍

$$P_{ji}^1 = \begin{cases} (\alpha_i p_{ij} + \alpha_{i+1} p_{(i+1)j} + \alpha_{i+2} p_{(i+2)j}) \delta_1 \\ (\beta_1 p_{ij} + \beta_2 p_{0j}) \delta_2 \end{cases}$$

$$\text{式中: } \delta_1 = \frac{\sum_{j=1}^{n_0} P_{ij}^1 q_j^0}{\sum_{j=1}^{n_0} (\alpha_i p_{ij} + \alpha_{i+1} p_{(i+1)j} + \alpha_{i+2} p_{(i+2)j}) q_j^0};$$

p_{ij} 为投标人 i 的第 j 项清单细目单价; p_{0j} 为标底第 j 项清单细目单价; q_j^0 为第 j 项清单工程数量; n_0 为招标清单细目数量; $0 \leq \alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2} \leq 1$ 且 $\alpha_i +$

卖(sealed bid auction)是指参与拍卖的竞标人在互不知道其他竞标人报价的情况下各自密封出价, 统一时间开标, 价高者中标。暗标拍卖方式又可分为一级密封价格拍卖(the first-price sealed auction)、二级密封价格密封拍卖(the second-price sealed auction)和 k 级密封价格拍卖^[1]。

一级密封价格拍卖是指投标人(bidders)同时将自己的出价写下来装入一个信封, 密封后交给拍卖人, 拍卖人打开信封, 出价最高者是赢者, 按他的出价支付价格, 拿走被拍卖的物品。二级密封价格拍卖也称为 Vickrey 拍卖, 其程序与一级密封价格拍卖基本一致, 唯一不同的就是报价最高者中标, 但其支付价格为第二高价。第 k ($k = 1, 2, \dots, K$) 价格暗标拍卖与二级密封价格拍卖一样, 其拍卖程序与一级密封价格拍卖基本相同, 招标人打开信封后, 报价最高者赢得拍卖物, 其支付价格为比投标人报价低的第 k 价格。如在拍卖品市场上参与竞拍的投标人有 n 家, 其报价由高到低的排序为 $b_1 \geq b_2 \geq \dots \geq b_k \geq b_{k+1} \dots \geq b_n$, 所谓第 k 价格是指报价为 b_1 的投标人赢得拍卖物, 但其结算价格为 b_k 。

从上述暗标拍卖方式来, 决定中标人的关键就是拍卖(或招标)的总报价。笔者针对暗标拍卖这一特点, 提出了基于复合暗标拍卖的工程量清单招标模式: 竞价程序是投标人将自己的技术方案(含商务文件)和报价写下来, 分别装入不同的信封, 密封后按招标文件约定递交给招标人或招标代理机构, 评标委员会先评技术方案, 然后打开技术方案评审合格的投标人报价信封, 报价最低者赢得建设工程承包合同, 其投标报价即为合同支付价格, 其他投标人支付为零, 但中标人清单细目价格按以下方式确定: (1) 当中标人 i (即其投标报价最低时, 但低于成本除外)、次低投标人与第三低投标人同一清单细目单价不呈同规律变化(即报价最低的三个投标人相同清单细目单价不存在)时, 则中标人合同清单细目修正价格为投标人 i 、次低投标人与第三低投标人的清单细目单价加权之后乘以一个调整系数 δ_1 ; (2) 当中标人 i 、次低投标人与第三低投标人同一清单细目单价呈同规律变化时, 则中标人合同清单细目修正价格为投标人 i 、标底清单细目单价加权之后乘以一个调整系数 δ_2 。即修正清单细目子项单价 p_{ji}^1 为:

$$\begin{aligned} & \text{当 } p_{ij}, p_{(i+1)j}, p_{(i+2)j} \text{ 无相同规律} \\ & \text{当 } p_{ij}, p_{(i+1)j}, p_{(i+2)j} \text{ 呈同规律变化} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_0} P_{ij}^1 q_j^0}{\sum_{j=1}^{n_0} (\beta_1 p_{ij} + \beta_2 p_{0j}) q_j^0}$$

$\alpha_{i+1}, \alpha_{i+2} = 1; 0 \leq \beta_1, \beta_2 \leq 1$ 且 $\beta_1 + \beta_2 = 1$ 。

$\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2}, \beta_1, \beta_2$ 的值可采用指数平滑法或根据招标人经验确定, 称为先验值, 然后再通过招投标

实践进行修正。显然,当 $\alpha_i = 1$ 或 $\beta_1 = 1$ 即为一级密封拍卖招标,而 $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2}, \beta_1, \beta_2 \in (0, 1)$ 为新的招标模式。因此论文所讨论的基于复合暗标拍卖的工程量清单招标模式,实际上是一种新的招标模式。

二、基于复合暗标拍卖的工程量清单招标模型

模型基本假设:(1)假设所有投标人都是风险中性的;(2)假设招标人先评技术标,技术标合格的投标人才能进行投标报价,确定最后的赢标人,论文根据国际惯例,采取低价中标;(3)假设所有投标人不存在合谋和共同知识。

$$\text{Max} U_i = (b_i - c_i + \sum_{\mu=1}^{n_2} (p_{i\mu}^1 - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}) \prod_{i \neq k} \text{prob}(b_k > b_i) = (b_i - c_i + \sum_{\mu=1}^{n_1} (p_{i\mu}^1 - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}) \left[1 - F\left(\frac{c_i - c_L}{c_H - c_L}\right) \right]^{n_0-1} \quad (2)$$

式中: b_i 为投标人 i 的投标总报价; c_i 为投标人 i 完成招标工程量清单全部内容的成本; n_2 为工程结算时发生数量变更的清单项数; $p_{i\mu}^1$ 为投标人 i 第 μ 项清单细目修正单价; $c_{i\mu}$ 为投标人 i 完成第 μ 项清单的单位成本; Δq_{μ} 为第 μ 项清单细目工程量增减数量; c_L 为所有投标人完成招标工程量清单全部内容的最小成本; c_H 为所有投标人完成招标工程量清单全部内容的最大成本; n_1 为参与竞标的人数。

三、投标人的投标报价策略分析

对投标人来说,先根据招标工程量清单细目测算工程成本,并结合其他人的报价决定整体报价;然后根据总报价、清单细目成本、现场踏勘以及投标人经验确定各清单细目报价。投标人所提供的报价不仅包括总投标报价,而且包括清单细目单价。由于均衡时赢标人所提供的总报价与其自身成本和其他投标人的私有信息相关,而其提供的清单细目单价仅与其自身的清单单位成本、工程实际情况以及经验确定,因此在投标过程中,赢标人在确定总体报价水平时需要考虑其他竞标人的整体报价水平。

命题 1:一级密封价格拍卖工程量清单招标基准模型,投标人存在对称的 Bayes - Nash 均衡,总投标报价策略,就是 $b^*(c)$, 即(5)式;在总报价金额一定时,不平衡报价是投标人的弱占优战略。在此战略下,通过提高其预测设计变更导致清单细目工程量增加的清单细目子项报价,减少预测设计变更导致清单细目工程量减少的清单细目子项目报价,即可增加其结算期望收益。

证明:要求出一级密封价格拍卖工程量清单招标基准模型对称的 Bayes - Nash 均衡,就必须最大化投标人的期望收益,即对投标人 i 来说就是最大化(2)式。但(2)式中有: $b_i - c_i \geq 0$ (投标人的报价应不低于成本,同时中国招标投标法明确规定禁止投标人低于成本竞标); $\prod_{i \neq k} \text{prob}(b_k > b_i) \geq 0$, 即投标人 i 的中标概率显然大于等于零。最大化(2)式就转化为(3)、(4)式对 c_i 求导,并令其等于零:

$$\text{Max}(b_i - c_i) \prod_{i \neq k} \text{prob}(b_k > b_i) \quad (3)$$

因此模型的建立与经典一级密封拍卖招标模型相同,只是投标人的效益函数包括了工程变更收入。工程变更收入通常包括两部分:一是工程量清单细目数量变更;二是工程变更导致新增工程量清单细目(即工程变更导致原有工程量清单细目单价不适用而需要重新组价的工程量清单细目)。而后的清单细目单价通常可认为是甲、乙双方根据招标文件或合同条款约定重新租价。为了简化分析,论文仅考虑清单数量变更增加收入,那么投标人的期望支付为:

$$\begin{aligned} & \text{Max} \left(\sum_{\mu=1}^{n_i} (p_{i\mu}^1 - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu} \right) \prod_{i \neq k} \text{prob}(b_k > b_i) \\ & \text{或 Min} \left(\sum_{\mu=1}^{n_i} (p_{i\mu}^1 - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu} \right) \prod_{i \neq k} \text{prob}(b_k > b_i) \end{aligned} \quad (4)$$

因此其均衡报价策略,可以通过(3)式对 c_i 求导,并令其等于零即可得到微分方程,解此微分方程即可得到均衡投标报价,因此投标人的最优总报价策略为^[6]:

$$b^*(c) = c + (c_H - c_L) \left[1 - F\left(\frac{c_i - c_L}{c_H - c_L}\right) \right]^{n-1} \quad (5)$$

接着证明在均衡整体报价水平下,投标人通过采取不平衡报价策略即可增加其工程结算期望收益。由前文知,在一级密封价格拍卖工程量清单招标模式下, $\alpha_i = 1$, 于是 $p_{i\mu}^1 = p_{i\mu}$, 因此有 $p_{i\mu} - c_{i\mu} \geq 0$, 即投标人清单细目单价大于完成该清单细目单位成本。

当 $\Delta q_{\mu} = 0$ 时,结算时所有清单细目工程数量保持不变。无论 $p_{i\mu}$ 值如何变化, $(p_{i\mu} - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu} = 0$, 投标人无论采取不平衡报价与否,其结算收益均相等。

当 $\Delta q_{\mu} > 0$ 时,结算时该项清单细目工程数量增加;因此增加工程结算收益就是最大化(4)式,即增大 $(p_{i\mu} - c_{i\mu})$ 函数值。因此当 $c_{i\mu}$ 取值一定时(即投标人完成某一清单细目的单位工程成本为一常数),函数 $(p_{i\mu} - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}$ 是 $p_{i\mu}$ 的增函数, $p_{i\mu}$ 值越大, $(p_{i\mu} - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}$ 函数值也就越大。所以投标人提高结算工程量清单细目工程数量增加子项的清单细目单价,即可增大其结算收益。

当 $\Delta q_{\mu} < 0$ 时,结算时该项清单细目工程数量减少,因此增加工程结算收益就是最小化(4)式,即减少 $(p_{i\mu} - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}$ 函数值。因此,当 $c_{i\mu}$ 取值一定时,函数 $(p_{i\mu} - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}$ 是 $p_{i\mu}$ 的减函数, $p_{i\mu}$ 值越小, $(p_{i\mu} - c_{i\mu}) \Delta q_{\mu}$ 函数值反而越大。所以投标人减少结算工程量清单细目工程数量,减少子项的清单细目单价,即可增大其结算收益。

综上所述,当 $b^*(c)$ 值一定时,不平衡报价是投

标人的弱占优战略。

证毕。

命题1的结论与 David W C, Paul A B 和 Ammar P K 的研究结论相似^[11], 他们通过案例解析得知不平衡报价将给投标人带来额外收益; 而笔者通过运用博弈理论分析不完全信息条件下均衡时投标人的报价策略发现, 不平衡报价是投标人的弱占优战略。两者研究方法虽然不同, 却得到类似的结论, 即在工程量清单计价招标模式中, 不平衡报价可以给投标人带来额外收益。尽管 David W C, Paul A B 和 Ammar P K 分析了不平衡报价的三种类型, 但却未考虑设计一种拍卖招标方式, 以减少或消除不平衡报价给招标人带来的不利影响。笔者接下来分析复合暗标拍卖工程量清单招标模式给招标人带来的影响。

命题2: 在复合暗标拍卖工程量清单招标模式下, 投标人同样存在对称的 Bayes - Nash 均衡总投标报价策略, 就是 $b^*(c)$; 在总报价金额一定时, 不平衡报价是投标人的弱占优战略, 在此条件下, 投标人通过不平衡报价策略可以提高其结算期望收益。但在同等条件下, 投标人采取不平衡报价策略增加的结算期望收益低于一级密封拍卖工程量清单招标采取此战略的结算期望收益。

证明: 首先, 复合暗标拍卖的工程量清单招标模型与一级密封价格拍卖工程量清单招标基准模型不同点就是 α_i, β_1 取值不同。前者中 $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2}, \beta_1, \beta_2 \in (0, 1)$, 而后者 $\alpha_i = 1$ 或 $\beta_1 = 1$ 。两者的均衡

$$p_{ik}^a > p_{ik} (k = 1, 2, \dots, n_3), p_{im}^b < p_{im} (m = 1, 2, \dots, n_4) \text{ 且 } \sum_k^{n_3} (p_{ik}^a - p_{ik}) q_k^0 + \sum_m^{n_4} (p_{im}^b - p_{im}) q_m^0 = 0 \quad (n_3 + n_4 = n_2)。$$

假设投标人不存在合谋, 论文以报价最低三人各清单细目单价不呈同规律变化进行分析, 如其相反, 则可采取类似方法得到相同的结论。

条件均是(3)式对 c_i 求导, 因此他们具有相同的整体报价战略——对称的 Bayes - Nash 均衡 $b^*(c)$, 该均衡的具体求解见前一命题证明。

接着, 分析复合暗标拍卖工程量清单招标竞标人不平衡报价给招标人带来的影响。不妨设复合暗标拍卖工程量清单招标模式下, 工程量清单细目有 n_0 项, 招标清单细目工程数量为 $q_j^0 (j = 1, 2, \dots, n_0)$, 竞标人 i 在确定总报价 $b_i^*(c_i)$ 后其正常报价时各清单细目单价为 $p_{ik} (k = 1, 2, \dots, n_1)$, 招标人公布的招标标底各清单细目单价为 p_{ik}^0 , 其他两个报价较低投标人各清单细目单价分别为 $p_{(i+1)k}$ 和 $p_{(i+2)k}$ 。

不妨假设结算时各清单细目工程数量如竞标人 i 所预计那样, 则:

$$\begin{cases} q_s^1 = q_s^0 & (s = 1, 2, \dots, n_0 - n_2) \\ q_k^1 > q_k^0 & (k = 1, 2, \dots, n_3) \\ q_m^1 < q_m^0 & (m = 1, 2, \dots, n_4) \end{cases} \quad (6)$$

假设投标人 i 在确定总报价 $b_i^*(c_i)$ 后, 根据自身掌握的信息和经验, 预计有 n_3 项工程量清单细目工程数量结算时会增加, 有 n_4 项工程量清单细目工程数量结算时会减少, 他采取不平衡报价策略。即提高结算工程数量增加的清单细目单价为 p_{ik}^a ; 降低结算工程数量减少的清单细目单价为 p_{im}^b , 结算清单细目工程数量为 $q_j^1 (j = 1, 2, \dots, n_0)$ 。显然有:

又因 $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2} \in (0, 1)$, 竞标人 i 采取不平衡报价策略, 其合同清单细目单价(即结算清单细目单价)为:

$$p_{ij}^1 = \begin{cases} (\alpha_i p_{is} + \alpha_{i+1} p_{(i+1)s} + \alpha_{i+2} p_{(i+2)s}) \delta_1 & \text{未采取不平衡报价清单}(s = 1, 2, \dots, n_0 - n_2) \\ (\alpha_i p_{ik}^a + \alpha_{i+1} p_{(i+1)k} + \alpha_{i+2} p_{(i+2)k}) \delta_1 & \text{竞标人提高清单细目单价}(k = 1, 2, \dots, n_3) \\ (\alpha_i p_{im}^b + \alpha_{i+1} p_{(i+1)m} + \alpha_{i+2} p_{(i+2)m}) \delta_1 & \text{竞标人提高清单细目单价}(m = 1, 2, \dots, n_4) \end{cases} \quad (7)$$

竞标人不采取平衡报价策略, 其合同清单细目 单价(结算清单细目单价)为:

$$p_{ij}^* = (a_i p_{ij} + a_{i+1} p_{(i+1)j} + a_{i+2} p_{(i+2)j}) \delta_1 \quad (j = 1, 2, \dots, n_0) \quad (8)$$

$$\delta_1 = \frac{\sum_{j=1}^{n_0} p_{ij}^* q_j^0}{\sum_{j=1}^{n_0} (a_i p_{ij}^* + a_{i+1} p_{(i+1)j} + a_{i+2} p_{(i+2)j}) q_j^0} = \frac{\sum_{j=1}^{n_0} p_{ij}^1 q_j^0}{\sum_{j=1}^{n_0} (a_i p_{ij}^1 + a_{i+1} p_{(i+1)j} + a_{i+2} p_{(i+2)j}) q_j^0}$$

$$\text{因此, } \begin{cases} p_{is}^1 = p_{is}^* & (s = 1, 2, \dots, n_0 - n_2) \\ p_{ik}^a > p_{ik}^* & (k = 1, 2, \dots, n_3) \\ p_{im}^b < p_{im}^* & (m = 1, 2, \dots, n_4) \end{cases}$$

$$\text{则 } \begin{cases} (p_{is}^1 - c_{is})(q_s^1 - q_s^0) = (p_{is}^* - c_{is})(q_s^1 - q_s^0) \\ (p_{ik}^a - c_{ik})(q_k^1 - q_k^0) > (p_{ik}^* - c_{ik})(q_k^1 - q_k^0) \\ (p_{im}^b - c_{im})(q_m^1 - q_m^0) < (p_{im}^* - c_{im})(q_m^1 - q_m^0) \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{显然, } [b^*(c_i) - c_i] + \sum_{k=1}^{n_3} (p_{ik}^a - c_{ik})(q_k^1 - q_k^0) + \sum_{m=1}^{n_4} (p_{im}^b - c_{im})(q_m^1 - q_m^0) > [b^*(c_i) - c_i] + (p_{ik}^* - c_{ik})(q_k^1 - q_k^0) + (p_{im}^* - c_{im})(q_m^1 - q_m^0) \quad (10)$$

即不平衡报价战略是赢标人 i 的占优战略。

然后,分析比较复合暗标拍卖工程量清单招标和一级密封拍卖工程量清单招标投标人采取不平衡报价战略的期望收益。

在一级密封拍卖工程量清单招标模式下,结算清单细目单价由赢标人 i 自行填报。根据前面假设竞标人不存在合谋和共同知识,且报价最低三人各清单细目单价不呈同规律变化,因此当赢标人 i 采取不平衡报价战略时,报价较低的另外两个人采取正

$$[b^*(c_i) - c_i] + \sum_{k=1}^{n_3} (p_{ik}^a - c_{ik})(q_k^1 - q_k^0) + \sum_{m=1}^{n_4} (p_{im}^b - c_{im})(q_m^1 - q_m^0) < [b^*(c_i) - c_i] + \sum_{k=1}^{n_3} (p_{ik} - c_{ik})(q_k^1 - q_k^0) + \sum_{m=1}^{n_4} (p_{im} - c_{im})(q_m^1 - q_m^0) \quad (12)$$

即在相同情况下,赢标人采取不平衡报价战略增加的结算期望收益低于一级密封拍卖工程量清单招标采取此战略的结算期望收益。

证毕。

Myerson 研究了投标者的类型为二维的最优拍卖机制设计^[18],但该拍卖机制未考虑工程量清单拍卖招标的不平衡报价问题。而从命题 2 可以看出,招标人采用复合暗标拍卖工程量清单招标能减少或消除投标人不平衡报价给其带来的不利影响,即可以减少支付。在复合暗标拍卖工程量清单招标模式

$$PS(x) = [b^*(c_i(\theta)) - c_i(\theta)] + \sum_{k=1}^{n_3} (p_{ik}^a(\theta) - c_{ik}(\theta))(q_k^1 - q_k^0) + \sum_{m=1}^{n_4} (p_{im}^b(\theta) - c_{im}(\theta))(q_m^1 - q_m^0) \quad (14)$$

从上式可知:第一项为不存在工程变更时赢标人的生产剩余;第二项为清单细目工程量增加的生产剩余;第三项为清单细目工程量减少的生产剩余。在类型 θ 确定后, $p_{ik}^a(\theta) - c_{ik}(\theta)$ 为工程量增加清单细目 k 的边际收益,而 $p_{im}^b(\theta) - c_{im}(\theta)$ 为工程量减少清单细目 m 的边际收益。为简化分析,论文仅分析 $p_{ij}, p_{(i+1)j}, p_{(i+2)j}$ 不呈同规律变化的情形,将 $p_{ij}^1 = (a_i p_{ij} + a_{i+1} p_{(i+1)j} + a_{i+2} p_{(i+2)j}) \delta_1$ 代入,则工程量增加清单细目 k 的边际收益为

$$(a_i p_{ik}(\theta) + a_{i+1} p_{(i+1)k} + a_{i+2} p_{(i+2)k}) \delta_1 - c_{ik}(\theta)$$

由命题 2 的证明知,要增大赢标人工程量增加清单细目 k 的边际收益就是得增大 $a_i p_{ik}(\theta) + a_{i+1} p_{(i+1)k} + a_{i+2} p_{(i+2)k}$, 而 $a_i, a_{i+1}, a_{i+2}, p_{(i+1)k}, p_{(i+2)k}$ 均是赢标人的外生变量,因此赢标人唯一最优策略就是尽可能提高其报价。在工程实施过程中,赢标人的支付等于招标人的支付,增大赢标人的支付就相应减少了招标人的支付。因此站在招标人的角度就是减少 $a_i p_{ik}(\theta) + a_{i+1} p_{(i+1)k} + a_{i+2} p_{(i+2)k}$, 而 $p_{ik}(\theta)$ 是赢标人的报价, $p_{(i+1)k}, p_{(i+2)k}$ 则为报价第二、三低投标人的清单细目单价,上述三者均是招标人的外生变量,招标人的最优决策就是选择合适的 a_i, a_{i+1}, a_{i+2} , 以

常报价策略。又 $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2} \in (0, 1)$, 而 p_{ik}^a, p_{im}^b 为赢标人 i 和其他两个报价较低投标人所报清单细目单价的线性组合,则:

$$\begin{cases} p_{ik}^a > p_{ik} & (k = 1, 2, \dots, n_3) \\ p_{im}^b < p_{im} & (k = 1, 2, \dots, n_4) \end{cases} \quad (11)$$

其中 p_{ik}, p_{im} 分别为赢标人 i 采取不平衡报价战略提高和降低的清单细目单价。因此:

下,赢标人的合同清单细目价格不仅与其自身私有信息有关,而且还与其他竞标人的私有信息有关,因此有必要分析命题 2 中所体现的经济含义。

首先在不考虑工程数量变更的条件下,交易达成之后承包商的生产剩余为

$$PS(x) = b^*(c_i(\theta)) - c_i(\theta) \quad (13)$$

而在考虑工程数量变更的条件下,此时工程数量变更势必影响承包商的支付,此时承包商的生产剩余为

减少自己的支付。对理性的招标人来说,他知道赢标人的最优报价是尽可能提高清单细目工程量、增加清单细目单价 $p_{ik}(\theta)$, 因其最优战略就是减少 a_i 的权重。当 $a_i = 1$ 时,赢标人的合同清单细目单价完全由赢标人填报的清单细目单价决定,即传统一级密封拍卖工程量清单招标为复合暗标拍卖招标的特殊形式;当 $a_i = 0$ 时,赢标人的清单细目单价由第二、三低投标人清单细目单价决定,此时工程量增加清单细目 k 的边际收益 $(a_{i+1} p_{(i+1)k} + a_{i+2} p_{(i+2)k}) \delta_1 - c_{ik}(\theta)$, 即为信息租金,其产生的根源是信息不对称。潜在投标人拥有自己的私人成本信息,因而这种信息租金是招标人所必须向赢标人支付。招标人减少信息租金的有效办法就是增加竞争,因此复合暗标拍卖工程量清单招标的关键就是确定 $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2}, \beta_1, \beta_2$ 值,其方法很多,有简单平均法、移动加权平均法以及指数平滑法等,招标人还可以根据自己的经验或已有的信息进行确定,然后在招投标实践中予以修正。同理,可对工程量减少清单细目 m 的边际收益进行类似分析。

在复合暗标拍卖工程量清单招标模式下,合同总是授予成本最低的竞标人,因此这个最终分配是

有效的。命题2还表明,招标人采取复合暗标拍卖工程量清单招标,只要 $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \alpha_{i=2}, \beta_1, \beta_2$ 值选择合理,就能减少支付,增大其期望收益。

四、案例验证

为了直观理解论文提出的复合暗标拍卖工程量清单招标,现给出一个具体的算例来说明其运行方

式。假设某政府工程进行招标,业主单位的招标工程量清单见表1第1栏内,共有11个投标人参与竞标,其中技术标审查合格的投标人有8家,将赢标人的正常报价计入表1第3栏内,将赢标人的不平衡报价以及另外两个报价最低的工程量清单细目单价分别填入表1第4栏、第7栏和第8栏内。

表1 复合暗标拍卖工程量清单招标报价表

金额单位:元

序号	清单编号	项目名称	单位	数量		赢标人清单报价			合同总价(6)	第二低投标人清单细目价(7)	第三低投标人清单细目价(8)	备注
				招标(1)	结算(2)	正常(3)	不平衡(4)	合同(5)				
1	010000000001	进场费	项	1	1	30 000	30 000	28 042.95	28 043	30 000	25 000	
2	020000000001	土方开挖	m ³	5 000	55 000	18	139	58.23	291 150	18.5	19	
3	020000000002	石方开挖	m ³	12 000	500	45	1.3	31.11	373 320	46	47	
4	020000000003	土方回填	m ³	3 000	8.5	8.5	8.5	8.41	25 230	8	9	
5	020000000004	石方回填	m ³	500	12	12	12	11.71	5 855	11	12.5	
6	020000000005	土方外运2km	m ³	3 000	3000	9.5	9.5	9.4	28 200	10	9	
7	020000000006	石渣外运2km	m ³	2 000	500	13.5	13.5	13.68	27 360	13	15	
8	020000000007	M5水泥砌条石挡墙	m ³	500	150	220	58.8	162.9	81 450	225	210	
9	010000000002	遣散费	项	1	1	30 000	30 000	26 392	26 392	25 000	25 000	
		合计							887 000			

假设招标文件约定 $\alpha_i = \alpha_{i+1} = \alpha_{i=2} = \frac{1}{3}; \beta_1 =$

$\beta_2 = \frac{1}{2}$,则可由式(1)求出中标人采取不平衡报价的各清单细目单价,将其填入表1第5栏内。不妨设工程量清单细目结算工程数量如赢标人预计的那样,将其填入表1第2栏内。为便于分析,将投标人在一级密封拍卖招标的正常报价、不平衡报价以及论文提出招标的结算价分别记为 F_n, F_u, F_c :

$F_n = 887000 + (2 \text{ 栏} - 1 \text{ 栏}) \times 3 \text{ 栏} = 1\ 140\ 967$ (万元);

$F_u = 887000 + (2 \text{ 栏} - 1 \text{ 栏}) \times 4 \text{ 栏} = 7\ 749\ 937$ (万元);

$F_c = 887000 + (2 \text{ 栏} - 1 \text{ 栏}) \times 5 \text{ 栏} = 3\ 332\ 327$ (万元)。

显然, $F_u > F_c > F_n$,即站在投标人的角度,当投标总报价确定之后,采取不平衡报价是占优策略,而笔者提出的招标模式可以减少投标人的不平衡报价给招标人带来的影响,间接验证了论文的证明。

五、结论

论文基于暗标拍卖理论,将暗标一级、二级和三级密封拍卖结合起来,建立了复合暗标拍卖工程量清单招标合同清单招标模式。接着运用博弈理论的基本原理分析了竞标人在一级密封拍卖工程量清单招标和复合暗标拍卖工程量清单招标的报价策略,竞标人投标总报价确定以后的最优报价策略就是采取不平衡报价。随后论文证明了站在招标人的角度,复合暗标拍卖工程量清单招标能有效消除投标人不平衡报价战略的影响,节约工程投资。最后通过案例验证了论文的证明。

论文针对投标人在工程量清单的不平衡报价问题,提出复合暗标拍卖工程量清单招标模式。既丰富充实招投标理论,又能减少不平衡报价给招标人带来的影响,节约工程投资。但在工程招投标实践中,由于竞标人已承揽的工程任务以及建筑区域等因素的影响,很难确定一种最优的招标模式,应根据工程实际予以选择。

参考文献:

- [1] VICKERY W. Counterspeculation, auction and competitive sealed tenders[J]. Journal of Finance, 1961, 16(1): 8 - 37.
- [2] FRIEDMAN L. Competitive-bidding strategy[J]. Operation Research, 1956, 82: 104 - 112.
- [3] GATES M. Bidding strategies and probabilities[J]. Journal of Construction Division, 1967, 93: 75 - 107.
- [4] IRTISHAD A. Decision-support system for modeling bid/no-bid decision problem [J]. Journal of Const ruction Engineering and Management, 1990, 116: 595 - 608.
- [5] 吕炜,任玉琬,季玉华. 基于一级密封的工程量清单投标报价的博弈模型[J]. 管理工程学报, 2007(1): 122 - 126.
- [6] 王卓甫,杨高升,刑会歌. 建设工程招标模型与评标机制设计[J]. 土木工程学报, 2010(8): 140 - 145.
- [7] CHE Y K. Design competition through multi-dimensional auctions[J]. RAND Journal of Economics, 1993, 24: 668 - 680.
- [8] BRANCO F. The design of multidimensional auctions [J]. RAND Journal of Economics, 1997, 28(1): 63 - 81.

- [9] 王宏,陈宏明,杨剑侠. 多维信息招投标中的最优机制及其实施[J]. 管理科学学报,2010(8):1-14.
- [10] 赵冬梅,王园园. 多维信息招标下招标代理机构与投标方串谋的博弈模型及分析[J]. 数学的实践与认识,2012(8):28-37.
- [11] CATTELL D W, BOWEN P A, KAKA A P. Review of unbalanced bidding models in construction [J]. Journal of Construction Engineering and Management,2007(8):562-573.
- [12] ROBINSON M S. Collusion and choice of auctions [J]. Rand Journal Economics,1985, 16 :141-145.
- [13] 殷红. 多物品拍卖机制设计理论与方法[M]. 上海:学林出版社,2009.
- [14] MONDERER D, TENNENHOLTZ M. K-Price auction [J]. Games and Economics Behavior,2000,31(2):220-244.
- [15] KLEMPERER P. Auction theory: a guide to the Literature [J]. Journal of Economics Surveys,1999,13(3):227-286.
- [16] MONDERER D, TENNENHOLTZ M. K-price auctions: Revenue inequalities, utility equivalence, and competition in auction design [J]. Economic Theory,2004, 24(2): 255-270.
- [17] MILGROM P. Putting auction theory to work [M]. Cambridge:Cambridge University Press,2004.
- [18] MYERSON R B. Optimal auction design [J]. Mathematics of Operation Research,1981,6(1):58-73.

The Bidding Mode of Bill of Quantities Based on Composite Sealed-bid Auction

LYV Wei^{1,2}, HE Changzheng¹, SHI Yongding²

(1. School of Business, Sichuan University, Chengdu 610064, P. R. China;

2. Chongqing Audit Bureau, Chongqing 401177, P. R. China)

Abstract: At first, to aim at the unbalance bidding skill of tenders under the bill of quantities bidding mode, this paper puts forward the bidding mode of bill of quantities based on composite sealed-bid auction by study on basis of sealed-bid auction bidding theory. Secondly, the authors make use of game theory to analyze the bidders' optimal offer strategy which is unbalance bidding under the bidding model of bill of quantities. Thirdly, it is proven that the bidding mode of bill of quantities can effectively reduce the adverse effect which is bring by the tenders' unbalanced bidding, and to reduce the investment. At last, the authors validate the results of model by using the example.

Key words: sealed-bid auction; bill of quantities; bidding mode.

(责任编辑 傅旭东)