

文章编号:1000-582X(2006)06-0140-04

政府采购组合拍卖机制*

黄河¹, 陈剑²

(1. 重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400030; 2. 清华大学经济管理学院, 北京 100084)

摘要:多物品采购活动常常可以通过组合拍卖的方式进行,称为采购组合拍卖.在政府的公共品采购组合拍卖中,拍卖的社会福利应该是拍卖机制研究的中心问题.相应的机制必须既考虑作为投标者的供应商的利益,又考虑作为拍卖者的采购商的利益.既要考虑类似于正向组合拍卖的支付方式和分配方式的设计,又要考虑采购活动独特的质量标准选择,使得整个经济系统的利润最大化.为此,选取了使得系统利润最大化的分配目标设计相应的采购组合拍卖机制,并通过对供应商的激励相容和个体理性特征的证明,说明了该机制能够保证供应商投标的真实性和积极性;通过预算平衡性质的证明,显示了该机制不需要外部的资源补贴.

关键词:政府采购; 组合拍卖; 机制设计
中图分类号:F8

文献标识码:A

拍卖理论一直是国内外微观经济学研究的热点问题,针对多物品一次性拍卖的组合拍卖研究也在近些年来方兴未艾.实际上,政府或者企业的多物品采购活动常常也可以通过组合拍卖的方式进行,称为采购组合拍卖.关于采购组合拍卖机制或规则的研究,所见的文献都是仅涉及到价格因素竞争的定性讨论(Ledyard等2002, Elmaghraby和Keskinocak 2003, Hohner等2003)^[1-2].这些文献具有如下特点:其一,是单因素逆向组合拍卖,没有考虑质量的竞争;其二,注重管理应用的具体背景分析,细化到行业和具体企业,缺乏有关机制设计的理论探讨;其三,大都是从企业的采购行为出发,主要考虑采购企业的利益,很少分析供应商的行为.在政府的公共品采购组合拍卖中,拍卖的社会福利应该是拍卖机制研究的中心问题.因此,相应的机制必须既考虑作为投标者的供应商的利益,又考虑作为拍卖者的采购商的利益.同时,既要考虑类似于正向拍卖的支付方式和分配方式的设计,又要考虑采购活动独特的质量标准选择,使得整个系统(采购商和供应商)的利润最大化.在传统拍卖理论中,拍卖者期望收益最大化目标则是仅仅考虑采购商利润最大化的概念.在政府的公共品采购或者长期关系的企业采购活动中,只考虑采购商的利益而不考虑供应商的利益和相应的投标行为,显然是行不通的.如果能找到一种能同时满足分配效率和收益最大化2个目标的机制,当然是最

好不过了.但是,在很多经济环境中,这2个目标常常是相互矛盾的,而不能在一个机制中得到统一(Myerson 1981)^[3].因此,必须是依照具体应用的需要,选择其中一个目标作为设计机制的根据;或者折中这2个目标来设计机制(Krishna和Perry 2000)^[4].基于上述原因,笔者将选取使得系统利润最大化的分配目标设计相应的采购组合拍卖机制.

1 模型

存在 n 个简单供应商,一个采购商采购 m 种不同的物品,每种物品数量为1.简单供应商是指,供应商的意愿是:要么得到提供自己投标组合中全部物品的供应权,要么什么也不供应.

X 表示所有被采购物品的集合,我们假定采购物品数为 m ,也即是 $|X|=m$.且任何 X 的子集 $B \subset X$ 代表一个物品组合,也就是一个可能的组合投标.那么,可以用一个 $|B|$ 维的向量来表示供应商 j 的投标如下:

$$B_j = \{c_{jk}(\cdot), \forall k \in B\}. \quad (1)$$

其中, B 指供应商 j 选择供应的物品种类集合, $c_{jk}(\cdot)$ 表示供应商 j 提供物品 k 的成本函数, k 是指某个特定的物品,是 B 中的元素, $c_{jk}(\cdot)$ 的自变量是质量标准 B_k .依据基于占优策略的显示原理(Mas-Colell, Whin-

* 收稿日期:2006-03-21

作者简介:黄河(1977-),男,重庆人,重庆大学讲师,清华大学博士,主要从事拍卖理论、机制设计、博弈论和运作管理的研究.

ston 和 Green 1995)^[5], 希望设计一个直接的机制, “直接”的含义是指: 作为投标者的供应商, 其投标只需要包含 2 个信息: 他感兴趣的物品组合和提供组合的成本函数. 将证明这个机制是激励相容的, 即供应商会如实地报告自己对感兴趣物品组合的供应成本函数.

基于上述假定, 这个多因素采购组合拍卖机制可以表示为如下形式

$$\text{MA-VCG: } \{A, \Theta, P\}, \quad (2)$$

其中 A 代表可行分配方式的集合, 也即是物品不重复无遗漏地分配给不同供应商的方式; Θ 代表对不同物品指定的供应商的质量标准的范围; P 表示对获胜供应商的付酬方式.

下面给出采购商确定获胜者和获胜者采用的质量标准的优化问题, 它的优化目标是社会剩余最大化, 也就是前面述及的系统利润最大化.

$$\begin{aligned} \max_{\theta_c \in \Theta, \alpha \in A} \sum_{j=1}^n [v_j(\theta_{\alpha^{-1}(j)}) - \hat{c}_j(\theta_{\alpha^{-1}(j)})], \quad (3) \\ \text{s.t. } \alpha \in A; \end{aligned}$$

其中

$$v_j(\theta_{\alpha^{-1}(j)}) = \sum_{k \in \alpha^{-1}(j)} v_k(\theta_k); \quad (4)$$

$$\hat{c}_j(\theta_{\alpha^{-1}(j)}) = \sum_{k \in \alpha^{-1}(j)} \hat{c}_{jk}(\theta_k). \quad (5)$$

其中, α 指最终确定的最优可行分配方式, 是所有可行分配方式集合中的一个元素; Θ_c 是最终确定的全部物品的质量标准; $\alpha^{-1}(j)$ 是在供应商的成本报价下, 最终分配到供应商 j 的物品组合, $\theta_{\alpha^{-1}(j)}$ 指分配到供应商 j 的 n 个物品对应的质量标准, 它是 n 维向量; $v_k(\theta_k)$ 指采购商向供应商公布的对于物品 k 的质量标准 θ_k 的效用函数; $\hat{c}_{jk}(\cdot)$ 指供应商 j 向采购商投标的对于物品 k 的成本函数; 约束条件是泛指各种限制或者没有限制条件下的可行分配方式, 即使在有其它投标组合结构限制条件下, 可行分配方式也要求各个组合是全体物品的一个划分. 这里无需详细说明可行分配方式的具体要求, 但在 WDP 问题中它会很重要. 模型中, 假定有足够的供应商来投标, 以至于总是存在一个划分来提供全部采购物品, 也即是存在可行解.

需要说明, 模型的优化目标正好是机制设计中要求的分配效率, 也称为帕累托有效或后验有效条件中的一个, 另外一个条件是预算平衡. 也可以说, 如果我们的机制是帕累托有效的, 那么就一定需要优化目标式(3)的实现, 式(3)实际上是一个“功利主义”的社会目标.

下面给出获胜供应商得到的付酬函数, 也即是机制中的 P . 对应于供应商 j , 如果他的投标获胜, 他得到的付酬是

$$P_j(\hat{c}_j) = V(J) + \hat{c}_j(\theta_{\alpha^{-1}(j)}) - V(J|j), \quad (6)$$

式中

$$\begin{aligned} V(J) &= \max_{\theta_c \in \Theta, \alpha \in A} [v_i(\theta_{\alpha^{-1}(i)}) - \hat{c}_i(\theta_{\alpha^{-1}(i)})], \quad (7) \\ V(J|j) &= \max_{\theta_c \in \Theta, \alpha \in A} [\hat{c}_i(\theta_{\alpha^{-1}(i)}) - \hat{c}_i(\theta_{\alpha^{-1}(i)})]. \quad (8) \end{aligned}$$

式(6)表示了本机制对获胜者的付酬函数形式. 其中, 式(8)的含义是假设供应商 j 不参加拍卖的最大社会福利. 那么, 获胜供应商 j 得到的付酬就是: 供应商 j 参与投标与否的社会福利最大值之差加上供应商 j 对他感兴趣的物品组合的成本报价 (以选定质量标准参数). 用经济学的语言, 付酬函数又称为转移支付, 这里的转移支付是通过供应商 j 的正外部性来度量的. 通过对式(7)和式(8)的分析, 可以知道转移支付 $P_j(\hat{c}_j)$ 也等于, 有 j 参加时其它所有人福利总和与没有 j 参加时其它所有人的福利总和的差值, 加上 j 为采购商提供的物品组合带来的效用.

特别地, 可以把社会目标式(3)和付酬函数式(6)看作是 MA-VCG 机制的社会选择函数. 实际上, 社会选择函数就是一个从代理人类型空间到资源分配方式的结果空间的映射, 它需要在这种对资源的分配中实现某种目的, 比如“功利主义”的社会目标. 在 MA-VCG 模型中, 代理人就是供应商, 他们的类型就是其成本函数, 资源的分配方式就是最终由哪些供应商, 以什么样的质量标准, 来提供哪些物品组合.

机制设计中的几个拦路虎之一的 Gibbard-Satterthwaite 定理 (Gibbard 1973, Satterthwaite 1975) 告诉人们: 在相当一般的情况下, 不可能存在执行占优策略的令人满意 (具有分配效率) 的社会选择函数^[6-7]. 简单地说, 根据该定理可知, 在普遍环境下设计代理人具有占优策略的合理机制是困难的. 那么, 面前只有两条路可以走: 其一, 放松策略执行的鲁棒性; 其二, 对环境加以限制, 也即是对代理人的偏好加以特殊性限制. 在本模型中, 选择了后者. 因此, 假定供应商的效用函数是拟线性 (Quasi-Linear) 的, 所以获胜供应商的收益即可由下式给出

$$u_j = P_j(\hat{c}_j - \sum_{k \in \alpha^{-1}(j)} c_{jk}(\theta_k)), \quad (9)$$

其中, $c_{jk}(\cdot)$ 指供应商对于物品 k 的真实成本函数.

2 激励相容

如前所述, 希望证明上述拍卖机制中的社会选择函数是可以被“说真话”的占优策略所执行的. 简而言之, 该机制是占优策略下的激励相容的. 也即是说, 供应商 j 出于最大化自己收益的目的, 其向采购商投标的成本函数会等于他真实的成本函数, 也即

$$\hat{c}_j(\cdot) = c_{jk}(\cdot), \quad k \in \alpha^{-1}(j).$$

命题 1 在 MA-VCG 中, 投标成本函数为真实成本函数是所有供应商的弱占优策略.

证明: 假定供应商 j 已经入选为获胜者之一, 设

Θ^* 为满足式(3)的全体物品的最优质量标准,那么他的收益可写为

$$u_j(\Theta^*, P_j) = u_j(\theta_{a^{-1}(j)}, P_j) = - \sum_{k \in a^{-1}(j)} c_{jk}(\theta_k^*) + V(J) + \sum_{k \in a^{-1}(j)} \hat{c}_{jk}(\theta_k^*) - V(J|j) = \sum_{i=1, i \neq j} [v_i(\theta_{a^{-1}(i)}^* - \hat{c}_i(\theta_{a^{-1}(i)}^*))] + [v_j(\theta_{a^{-1}(j)}^* - c_j(\theta_{a^{-1}(j)}^*)) - V(J|j)]. \quad (10)$$

因为上式中,最后一项 $V(J|j)$ 和 j 的投标没有关系,而 j 的投标间接影响了前面两项的取值.实际上, j 的投标 $\hat{c}_{jk}(\cdot)$, $k \in a^{-1}(j)$ 是通过影响参数 Θ^* 的选取,最后由 Θ^* 直接影响式(10)的取值的.

注意到, Θ^* 是通过式(3)选取得来的,上式(除去最后一项)在形式上只有一项和式(3)不同,即上式中的 $c_j \theta_{a^{-1}(j)}^*$ 和式(3)中的 $\hat{c}_j \theta_{a^{-1}(j)}^*$. 因此,投标者必须使 $\hat{c}_j \theta_{a^{-1}(j)}^*$ 等于 $c_j \theta_{a^{-1}(j)}^*$, 才能使 Θ^* 的选取将上式最大化.

就机制设计的激励相容性质而言,证明“说真话”策略是代理人的均衡策略是设计一个有效机制的惯例(Krishna 和 Perry 2000, Mas-Colell, Whinston 和 Green 1995)^[4-5]. 当然均衡策略也有类别之分,比如纳什均衡策略,贝叶斯-纳什均衡策略,占优策略等等. 在 MA-VCG 中,已经知道这个机制能够以占优策略有效执行社会选择函数. 和贝叶斯-纳什均衡策略相比较,占优策略这种均衡策略具有更强的鲁棒性和可执行性. 简单地讲,如果存在占优策略,一个理性的代理人一定会执行它,而无论其他代理人如何行事. 而如果一个代理人在一个机制中只具有贝叶斯-纳什均衡策略,那么他必须正确预测其他代理人的类型和策略,来真正确定他的策略. 因此,对于供应商而言,即使在任何一个供应商完全没有其他供应商成本信息,或者是具有错误的、甚至是矛盾的成本信息之情况下,MA-VCG 机制仍然是鲁棒的. 对于拍卖的设计者或者采购商而言,他无需知道任何投标者的成本信息的概率分布,就可以有效地执行该机制中相应的社会选择函数. 考虑到 Gibbard-Satterthwaite 定理的限制,这也正是人们对代理人的偏好加以拟线性化限制的原因.

3 个体理性和预算平衡

在讨论激励相容问题的时候,模型暗含的假定是供应商都必须参与到拍卖中来. 也即是,我们限制了潜在投标者(供应商)的最优行为选择都是在机制允许的范围之内的. 实际上,很多情况下,供应商完全有自由选择不参加某个特定的拍卖,也就是不作为代理人参与这个机制. 这样,就一个机制而言,要想成功地执行社会选择函数,不能仅仅考虑激励相容性质,还必须考虑个体理性(Individual Rationality),也称为参与约束(Participation Constraints).

命题 2 无论其它供应商和采购商的策略如何,

MA-VCG 对于理性的供应商是事后个体理性的.

证明:MA-VCG 机制的激励相容性质说明,供应商投标的成本函数就是其真实的成本函数,因此存在 $\hat{c}_j \theta_{a^{-1}(j)}^* = c_j \theta_{a^{-1}(j)}^*$.

由支付函数 $P_j = V(J) - V(J|j) + \sum_{k \in a^{-1}(j)} \hat{c}_{jk}(\theta_k)$

可知获胜供应商 j 的事后收益可表示为

$$u_j = V(J) - V(J|j), \quad (11)$$

上式显然非负. 也即是,供应商参与 MA-VCG 机制的个体理性得到满足. 证毕.

以下是对作为采购商的拍卖者个体理性进行分析. 设 $v(\cdot) = \{v_k(\cdot), k=1, 2, \dots\}$ 表示政府对采购物品质量标准的真实效用函数,采购商的收益可表示为

$$u^B = \sum_{j \in \{\text{winners}\}} v_j(\theta_{a^{-1}(j)}) - \sum_{j \in \{\text{winners}\}} P_j, \quad (12)$$

由式(6)~(8),那么式(12)可以改写为

$$u^B = \sum_{j \in \{\text{winners}\}} v_j(\theta_{a^{-1}(j)}) - \sum_{j \in \{\text{winners}\}} [V(J) - V(J|j) + \sum_{k \in a^{-1}(j)} c_{jk}(\theta_k)] = V(J) - \sum_{j \in \{\text{winners}\}} [V(J) - V(J|j)] \quad (13)$$

显然,不能保证式(13)是非负的,可知 $\sum_{j \in \{\text{winners}\}} [V(J) - V(J|j)]$ 是所有获胜供应商的收益之和,而 $V(J)$ 是整个社会的剩余. 由式(13)可知,只有当整个社会的剩余大于全体获胜供应商的收益之和时,作为政府的采购商才有形式上的剩余效用. 极端的情况下, $V(J)$ 甚至可以为负,而在式(3)中确立的优化目标仍然有效. 这种情况,可以理解为政府必须采购这些物品或者实施这些项目. 而当这些项目的可量化效用总和小于实施这些项目的成本之后的时候,政府采购的目的是尽量减少它们的差值. 理论上,Myerson-Satterthwaite(1983)已经证明在代理人具有私有信息,且所有机制的参与人都具有个体理性的情况下,不存在具有分配后验效率的社会选择函数能被占优策略执行^[8]. 在政府采购中,其采购品或招标项目常常是为全社会服务的公共品. 政府常常最关心拍卖的透明性、投标的公平性和参与的积极性;而并不十分关心,自己作为社会计划在形式上的“利润”,而且很多的隐形价值的效用也是无法量化的. 反之,其真正关心的是社会福利最大化和各个供应企业提供服务的真实成本,并希望得到一个让企业真实报价地参与投标而“不会吃亏”的机制,以提高供应商竞标积极性,最终达到社会福利或系统福利最大化的目标. MA-VCG 机制正好能够满足这样的要求.

在机制设计的研究中,预算平衡(Budget Balance)是另外一个衡量机制好坏的特征. 预算平衡的直观意义是机制所涉及的系统不会浪费资源,也不需要外部的资源补贴. 从数学形式上,就是机制的所有参与者的转移支付之和为零. 理论上,Green 和 Laffont(1979)的

“不可能定理”已经证明了,在一般的情况下,不存在既满足预算平衡,又能使代理人具有“说真话”占优策略的后验有效机制^[9]:然而,一种特殊情况是——机制的参与者当中有一个人的偏好是被其他所有人知道的,也即是他的偏好不是私有信息.在MA-VCG中,作为采购商的拍卖者就是这样一个没有私有信息的人,他的偏好(对不同物品相应质量的效用函数)是可以完全公开的信息,由于采购商的特殊性,我们把他叫做代理人0.由于有代理人0的存在,后验有效和任何付酬函数都是相容的(Mas-Colell, Whinston 和 Green 1995)^[5].所以我们有希望得到实现预算平衡的说真话的有效机制.在MA-VCG中,将n个具有私有信息的代理人的付酬函数表示为 $P_j, j=1, 2, \dots, n$,那么对于代理人0的转移支付就是

$$t_0 = - \sum_{j \neq 0} P_j, \quad (14)$$

可见,系统的确实实现了预算平衡——没有浪费资源,也无需外部补贴.

4 结论

从政府多物品采购活动出发,设计了以多因素逆向组合拍卖作为运作形式的采购机制——MA-VCG机制.该机制的重要特点是,既考虑作为投标者的供应商的利益,又考虑了作为拍卖者的采购商的利益;既满足了传统机制设计要求的激励相容、个体理性和预算平衡等基本性质,又考虑了逆向组合拍卖中质量因素分配的新特征.MA-VCG机制设定的是基于系统(采购商和供应商)利润最大化的分配目标,并通过对供应

商的激励相容和个体理性特征的证明,说明了该机制能够保证供应商投标的真实性和积极性;通过预算平衡性质的证明,显示了该机制不需要外部的资源补贴.

参考文献:

- [1] LEDYARD J O, OLSON M, PORTER D, et al. The First Use of a Combined Value Auction for Transportation Services[J]. *Interfaces*, 2002, 32(5): 4-12.
- [2] HOHNER G, RICH J, NG E, et al. Combinatorial and Quality-Discount Procurement Auctions With Mutual Benefits at Mars Incorporated [J]. *Interfaces*, 2003, 33(1): 23-35.
- [3] MYERSON R B. Optimal Auction Design[J]. *Math. Operations Res*, 1981, 6(1): 58-73.
- [4] KRISHNA V, PERRY M. Efficient Mechanism Design[Z]. Working paper. Pennsylvania State University, 2000.
- [5] MAS-COLELL A, WHINSTON M D, GREEN J R. *Microeconomic Theory*[M]. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- [6] GIBBARD A. Manipulation of Voting Schemes[J]. *Econometrica*, 1973, 41(4): 587-602.
- [7] SATTERTHWAITE M A. Strategy-proofness and Arrow's Conditions: Existence and Correspondence Theorems for Voting Procedures and Social Welfare Functions[J]. *Journal of Economic Theory*, 1975, 10(2): 187-217.
- [8] MYERSON R, SATTERTHWAITE M. Efficient Mechanisms for Bilateral Trading [J]. *Journal of Economic Theory*, 1983, 29(2): 265-281.
- [9] GREEN J, LAFFONT J J. Characterization of a Satisfactory Mechanism for the Revelation of Preferences for Public Goods[J]. *Econometrica*, 1979, 45(2): 427-438.

Government Procurement Combinatorial Auction Mechanism

HUANG He¹, CHEN Jian²

(1. College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Procurement for various items in enterprises is often implemented by combinatorial auctions, which is also called procurement combinatorial auctions. The authors propose MA-VCG, an efficient multi-attributes procurement combinatorial auction, in which agents will bid for combinatorial supply of items with truthful report. Besides incentive compatible, MA-VCG also holds the budget balance and individual rationality. Especially, the important characteristic of MA-VCG is that the mechanism focuses on the system gross utility as the optimization goal. The goal is meaningful and unique in procurement combinatorial auctions.

Key words: government procurement; combinatorial auctions; mechanism design

(编辑 姚飞)