

SMP 与 PAB 电力竞价机制的激励性研究

冀巨海, 王 昌, 李 晋, 李喜军

(太原理工大学 经济管理学院, 太原 030024)

摘要:电力市场的两种基本竞价机制为传统的统一边际价竞价机制(SMP 机制)和按报价支付的竞价机制(PAB 机制)。首先从拍卖角度出发讨论两种竞价机制激励性,并对两种机制下发电商行使市场力的机理进行了深入分析。分析得出,无论是统一边际价竞价机制还是按报价支付的竞价机制都缺乏让发电商按真实成本信息报价的激励相容性,存在发电商虚报高价的现象,影响电力系统的稳定运行和经济调度。因而需要设计一种新的具有激励相容特性的价格机制。

关键词:电力市场;竞价机制;拍卖;激励相容性

中图分类号:F407.61 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2012)01-0073-05

目前,世界各国电力市场主要采用两种基本竞价机制:按统一系统边际电价出清的竞价机制(SMP: System Marginal Price)和按报价支付的竞价机制(PAB: Pay As Bid)^[1]。

两种机制的竞价过程基本相同:各发电公司申报自己的报价曲线,电力交易中心在满足一定约束条件的基础上,按发电商(或发电机组)报价由低到高的顺序分配发电负荷,直至达到供需平衡。

两种竞价机制的主要区别在于结算方式的不同: SMP 机制最后按照相同的市场边际价结算,即把最后一台满足系统负荷平衡的发电商(或发电机组)的报价作为市场出清价;PAB 机制则按照发电商(或发电机组)各自的报价结算。

本文将首先从拍卖角度出发讨论两种竞价机制各自的激励性,其次再对两种机制下发电商行使市场力的机理进行深入分析,最后总结已有文献的实证方法和相关结论。

1 从拍卖角度出发对两种机制的激励性问题进行研究

拍卖是在信息不对称情况下基于公平竞争来分配稀有物品的方法,可高效地确定物品基于市场的价格。因此,拍卖理论与方法可被应用于电力市场竞价结果的分析中。

按不同的分类方法,可将拍卖分为公开拍卖和密

封报价拍卖;报价递升拍卖和递减拍卖;统一单位物品拍卖和多单位物品拍卖;私人价值拍卖和公共价值拍卖;单边拍卖和双边拍卖等。其中,单边拍卖模式主要有 4 种,即英国式拍卖(English auction)、荷兰式拍卖(Dutch auction)、第一价格密封报价拍卖(first price sealed-bid auction)和第二价格密封报价拍卖(second price sealed-bid auction)^[2]。

英国式拍卖是一种公开的报价递升的拍卖方式,而荷兰式拍卖是一种公开的报价递减的拍卖方式,这两种拍卖方式的交易价格均为获胜者的报价。由于公开拍卖费时费力,且在参与者相互熟知的情况下很容易发生勾结行为,因而出现了密封报价拍卖方式。

第一价格密封报价拍卖中所有竞买者密封其报价,统一交给拍卖人,出价最高者获胜,交易价格为获胜者的报价。因此,在拍卖多单位物品时,可能存在多个获胜者,其报价(即交易价格)可能不相同,因此第一价格密封报价拍卖又称歧视价格拍卖(discriminatory price auction)。第二价格密封报价拍卖与第一价格密封报价拍卖类似,报价最高者获胜,但交易价格为第二高的报价,而且在拍卖多单位物品时所有获胜者的交易价格相同,均为第二高的报价。第二价格密封报价拍卖也称为 Vickrey 拍卖,由于交易价格一般与获胜者的报价无关,因而与第一价格密封拍卖相比,第二价格密封报价拍卖更能引导投标人真实信

收稿日期:2011-10-10

作者简介:冀巨海(1967—),男,山西太原人,太原理工大学经济管理学院副教授,管理学硕士,研究方向:企业管理;王昌(1982—),男,山西朔州人,太原理工大学经济管理学院,在读硕士研究生,研究方向:人力资源管理、财务管理;李晋(1982—),女,山西应县人,中国水电顾问集团国际工程有限公司。

息的披露,即具有激励性相容特性。

在信息不对称的单边电力市场环境下,普遍采用密封报价拍卖的发电上网竞价方法,这是一种私人价值的(因为各发电商的发电成本很可能不相同)多单位物品采购拍卖。

在统一边际电价拍卖机制中,对于边际发电商,由于其报价就是交易价格,因此边际发电商的竞价机制类似于第一价格密封报价拍卖;对于边际以下的发电商,由于其报价与交易价格无关,因而其竞价机制类似于具有激励性相容特性的第二价格密封报价拍卖。但是,在密封报价的情况下,由于每个发电商在准备报价时都认为他有可能成为边际发电商,因而为保证获利,其报价可能都会高于其真实成本。因此,统一电价拍卖机制存在发电商操纵报价、哄抬电价的可能性^[3]。

按报价支付的竞价机制最后按照各自的报价结算,因而类似于第一价格密封拍卖模式,缺乏真实信息披露的激励性机制,从而可能会导致更大的市场风险和低效调度,而且可能会出现比统一电价机制更高的价格。

表 1 两种竞价机制对应(类似)的拍卖类型

	第一价格密封 报价拍卖	第二价格密封 报价拍卖
统一边际价格 (SMP)	边际机组 (不具有激励性)	边际以下的机组 (具有激励性)
按报价支付 (PAB)	所有机组 (不具有激励性)	

综上所述,在按统一边际电价机制结算、密封报价的情况下,由于每个发电商在准备报价时不能确定其所处的发电加载位置,因而所有发电商都可能虚报成本。研究证实了统一电价机制存在对发电商滞留容量和虚报成本的激励。美国加州市场的电力危机和英国电力库的电价居高不下也表明了统一边际电价机制的不足。尽管按报价支付的竞价机制能改善统一电价机制下发电商滞留容量的缺点,但是因为发电商获得的利润与自身报价息息相关,因而会促使发电商上报高价,依然没有足够的激励性来引导所有发电商披露真实信息。

因此,从拍卖角度看,统一边际电价机制对边际机组的激励不足,而按报价支付的电价机制对所有机组的激励不足。两种结算机制均不能有效地激励发电商披露真实信息,无法保证经济的电力调度和社会福利的最大化。

2 两种机制下发电商行使市场力的机理分析

2.1 SMP 机制

世界各国最初的电力市场基本上都采用统一边际电价机制,各发电商按照报价随发电量递增的原则进行竞价,结算价格为统一市场清除价,即所有成交交易统一按照系统边际价格结算,这种竞价规则及结算方式被普遍采用的原因在于它符合经济学中按边际成本定价的原理。市场经济中,只有当物品的价格等于其边际成本时,才能实现生产者的利润最大化和资源的最优配置。理想的完全竞争的电力市场中,社会效益得到最大化、发电公司的最优报价策略是将电力价格设定在发电机组的边际运行成本。但是由于电力市场是寡头垄断市场,所以发电公司可以不以边际运行成本作为投标策略,而利用市场结构和规则的不完美来进行报价,以增加利润,这就是策略性的投标^[4]。

SMP 机制下发电商行使市场力主要通过两种途径:物理滞留和经济滞留。一些具有市场势力的大发电商利用物理滞留和经济滞留抬高市场电价,使电价远高于正常水平是各国电力工业市场化进程中的主要阻力。

物理滞留是指发电商通过限制上网电量造成能量短缺,进而抬高市场价格。其原理如图 3 所示:在相同的价格水平下,每段的供给水平下降,致使竞价曲线整体向左移动,当市场不能通过其他的发电公司弥补这部分能量空缺,此时的出清电价就会被大幅提高。

经济滞留是指发电商利用容量优势直接抬高报价,其原理如图 2 所示:在相同的容量水平下,每段的价格水平上升,致使竞价曲线向上移动,这样市场出清电价也大幅提高。

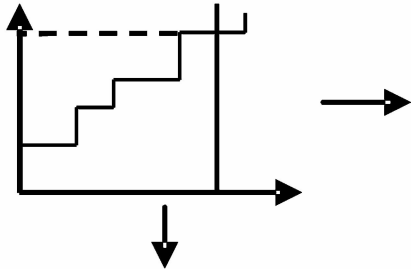


图 1 发电商不利用的市场势力的竞价曲线

2.2 PAB 机制

由于基于系统边际电价的购电费用最小的结算方式,具有优化算法简单、便于市场运行的优点,所以最初被各国所采纳,如英国电力市场、美国加州的电

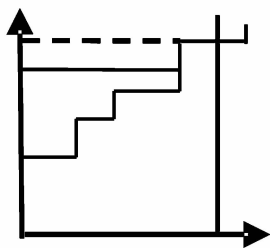


图2 经济持有的竞价曲线

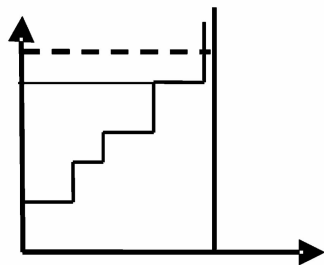


图3 物理持有的竞价曲线

力市场。

美国加州电力市场出现电价飞升、导致重大的电力市场事故以后,联邦能源管制委员会(FERC)要求加州PX和ISO研究按报价支付(PAB)的结算方式,期待减小发电公司的博弈行为。英国的电力市场监管机构认为统一清除价格竞价机制相比按报价支付竞价机制,更容易遭受有市场力的发电公司操纵市场的策略行为,所以2001年3月英国电力市场采用了按报价支付这种新竞价机制。2002年4月1日,我国上海发电市场也改为PAB竞价机制。采用PAB替代统一边际价格竞价机制是否能够真正解决SMP机制的不足、进而抑制发电商行使市场力呢^[5]?

支持采用按报价支付竞价机制的研究者认为PAB机制下的平均价格小于SMP,因为每个发电公司获得的收益是按其报价结算的。而在统一清除价格竞价机制下,对于非边际机组而言,市场清除价高于其报价,这样非边际机组获得了超额利润,如果用PAB机制取代统一边际价格机制,那么会节约买方的购电成本。这个结论实际上隐含着一个关键假设:市场结算规则发生变化后,发电商的投标策略仍保持不变。但这个假设是否成立还需要进一步验证。

有学者基于分散决策与智能学习的多代理仿真模型和不同结算机制下对电力拍卖市场运行特征的仿真比较研究也对此进行了验证^[6],其仿真结果表明:在PAB机制下,市场均衡状态的总购电费用或平

均价格与SMP机制下的均衡价格相比几乎没有差别,甚至还要高于SMP机制下的市场均衡价格。同时,在PAB机制下,当市场供应紧张时,发电商仍可以利用持留容量措施导致发电市场由买方市场转变为卖方市场,从而再通过报高价谋取额外利润;而且市场越紧张,发电商越有可能持留发电容量。这表明在抑制发电商持留容量方面的作用也是有限的。

3 实证角度

对于两种机制的比较,除了从理论上进行分析之外,很多学者试图通过实证的方法来进行研究,大体上有以下几种思路:一种是构造博弈模型,通过分析该模型的求解结果来揭示市场出清电价、成交量等,以此来评判二者的优劣;一种是借助实验经济学的方法,模拟电力市场竞价,最后的实验结果给出相应结论;还有就是一些新的系统仿真方法。

3.1 博弈论

对两种交易机制效率的评判最终需要通过市场均衡结果来进行,即通过对发电商在该机制下的竞价策略得到的市场均衡结果(包括购电费用、市场出清价、市场力等)进行研究来反映该机制的有效性。由于发电商的利润不仅取决于自身的报价策略,同时受到其他发电商报价策的影响,因而博弈论是分析该问题的有力工具。

在当前的电力市场条件下,很显然发电商的成本为私有信息,因此竞价过程类似于一个不完全信息的静态博弈问题。

针对联营体的市场交易模式,运用博弈论研究了处于电力联营体市场中的发电企业不同电价机制下的报价策略。在详细分析发电企业竞价过程的基础上,引入了虚拟博弈方“自然”,从而将发电企业间的多人博弈转化为单个发电企业与“自然”间的“双方叫价拍卖”博弈。然后根据“双方叫价拍卖”博弈的相关理论分别在SMP和PAB电价机制下建立了博弈模型,并运用“二分法”求出了模型的均衡解,即发电企业的最优报价策略。实例分析得出,发电企业在SMP电价机制下的报价比在PAB电价机制下的报价更低^[7]。

郭亚军等通过建立不完全信息静态博弈模型分析了PAB竞价机制下发电公司的最优竞价策略,证明在PAB竞价机制下发电公司不会按照真实成本报价,报价值与成本之间有一个提升量,这个提升量的大小取决于发电成本的分布、发电公司的类型、发电公司的数量及电力需求量^[8]。

在基于发电商机组边际成本相同的假设下,建立

了电力市场价格竞争双层优化模型,并对 PAB 和 MCP 这两种电价机制下电力市场的 Nash 均衡进行了研究。在该假设下,得出:在弱约束下,PAB 和 MCP 电价机制下存在相同的 Nash 均衡点 $p^* = c$;在强约束下,MCP 电价机制下所有的 Nash 均衡点满足 $p^* = \bar{p}$ 。而 PAB 电价机制下不存在纯 Nash 均衡点,其电价波动范围小于 MCP,出清电价可能低于 MCP;并进一步从理论上得到在容量紧张时,PAB 电价机制下电价波动小、平均电价高,而 MCP 电价机制下电价波动大、平均电价低的结论。

这些分析说明了 PAB 竞价机制并不能解决市场规制机构想要解决的某些电力市场问题。综上,在研究发电商竞价策略和对各竞价机制的效率评判上,通常借助的一种方法是构造博弈模型,并认为博弈模型的均衡状态是市场最可能的状态,通过均衡状态的分析来评估不同市场竞价模式对结果的影响。

在我国尚未开放用户电价的情况下,电力市场的需求弹性为零,因此,寡头竞争的古诺和伯特兰德等经典模型均不能直接应用于电力市场。电力拍卖市场竞价模式涉及到发电商、用户,可能还有输电商等多个主体,各主体间存在复杂的交互影响。传统的经济学模型在研究具有复杂规则的电力市场时能力有限,很难针对现实的电力系统构造符合实际情况的博弈模型。

同时,求解 Nash 均衡点十分困难,常常需要经过迭代求解。对于像电力市场这样有大量参与者的问题,需要研究快速、有效、具有良好收敛性的计算方法。并且,在实际应用中,Nash 均衡点有可能根本不存在,从而难以判断何为最终合理解。目前讨论大部分也都集中在双人博弈的情况下,对于多人博弈的涉及比较少。

3.2 实验经济学

2002 年的诺贝尔经济学奖授予了实验经济学家 Vernon Smith 教授,标志着实验经济学已经被主流经济学所接受,成为现代经济学的一部分。实验经济学运用实验的方法研究经济问题,其总体思路就是在可控的实验室环境下,研究参与人某些特定的经济行为及其行为结果。目前,实验经济学已经被应用到电力、水力等能源市场的设计和检测上^[9]。

世界范围内电力工业正经历着一场由垂直垄断向引入竞争的深刻转变,这为各种理论提供了广阔的施展空间。系统论、控制论、博弈论等理论被先后应用于电力市场中,传统的经济学理论经常需要满足严格的假设前提,如信息完全,这与实际的市场运行是

不符合的。实验经济学对实际市场运行情况的有效复制能力使其在方法论上比其他经济理论更充分。

Vernon Smith 经过实验研究认为真实市场交易中的价格形成与标准理论是不同的,一般均衡的实现需要很长时间(50—100 年),市场在严格出清的条件下,任何时期都从未达到过竞争均衡,市场价格也只是逼近理论上的均衡价格。

Ray D. Zimmerman 在自己开发的基于 WEB 的 POWER WEB 实验平台上进行了竞价实验。实验参与者是大学生,考察了 2 个、4 个和 6 个市场参与者参与竞价的情况,每种情况下的负荷需求是不同的,实验者只知道基本的信息,如负荷、市场参与者的成本和容量。实验结论是如果需求是固定的,那么市场上发电商的数量将是价格的重要决定因素,而与拍卖的方式无关。当市场中有 6 个发电商时价格较为合理,当市场上只有 2 个发电商时价格将是前者价格的两倍^[10]。

国内关于电力市场竞价的研究工作还处于起步阶段。以下是一些有代表性的研究成果:

西安交通大学电力工程系已初步建成基于网络的电力市场竞价试验平台。在文献 3 中,作者采用了瑞士苏黎世大学的实验经济学平台 z-Tree,并且编写了相应的竞价试验程序,研究了 SMP 和 PAB 机制下发电商的投标行为和市场均衡问题。实验得到如下结论:两种机制下市场均能收敛完全竞争均衡附近,PAB 竞价的平均价格比较稳定,且高于 SMP 的平均价格,因此 PAB 的购电费用比较高;市场需求弹性很小的时候,两种竞价机制的市场价格均会显著提高,但在发电容量充足的情况下仍然可以保证充分的竞争性;在不同的竞价机制下,发电商将采取不同的报价策略,统一边际价格竞价机制下发电商之间的竞争更为明显。

实验者参考国内进行试点的实际电力市场情况,在这方面做了有益的尝试,假设有 6 家发电商参与竞价,设计了电力竞价实验,考察了按系统边际价格结算和按报价价格结算两种模式对市场电价水平的影响。在系统边际价格拍卖机制下,公布边际价格和各厂的出力安排;在按报价价格拍卖机制下,公布排入发电计划的电厂出力安排;两种情况都不公开各电厂的报价。实验数据表明:①按需求负荷的从大到小,市场竞争的程度由弱到强,电厂报价由低到高;② PAB 模式在负荷高峰时段会降低平均电价,但在低谷时段却高于 SMP 的平均电价,这证明了 PAB 并不一定会降低平均电价;③发电商在负荷低谷段时的报

价策略相对中性化,而在高峰短时将会采用较为冒险的策略,SMP 模式尤为明显。即按报价价格结算模式并不一定能带来总平均电价的降低,电价水平的高低由市场竞争状态决定^[11]。

4 结论

从以上分析可以看出:无论是 SMP 机制还是 PAB 机制都缺乏让发电商按真实成本信息报价的激励相容性,主要的原因在于:在不完全竞争和信息不完全的电力市场环境下竞价上网,如果给与发电商的支付仅为电量成本补偿的话,则发电商按照真实成本报价不会得到最大的期望利润,发电商自然不会上报真实成本。

所以,在某些发电商利用信息优势报价的情况下,如果不对这部分信息成本进行补偿,就无法改变现状,需要一种新的工具来对这部分信息成本进行定价和补偿,进而设计一种新的具有激励相容特性的价格机制来改进现有的两种结算机制。

参考文献

[1] BIALEK J W. Gaming the uniform-price spot market :quantitative analysis[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2002,17(3):768—773.

[2] RAY D ZIMMERMAN, JOHN C BERNARD, ROBERT J THOMAS. Energy Auctions and Market Power: An Experimental Examination [D]. Proceedings of The Hawaii International Conference On System Sciences, Maui, Hawaii, 1999.

[3] 陈皓勇,付超. 统一价格和 PAB 竞价的实验分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(4): 12—17.

[4] 孙志明,黄民翔,迟峰. 基于实验经济学的电力市场竞价模式研究[J]. 华东电力, 2004, 32(10): 7—10.

[5] 田国强. 经济机制设计理论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社, 1996: 110—113.

[6] 邹斌,言茂松,谢光前. 不同定价方式下电力拍卖市场运行特征的比较研究(二)仿真结果及其分析[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(16): 16—20.

[7] 蔡晓洁. SMP 和 PAB 电价机制下发电企业报价策略的博弈分析[D]. 南京:河海大学, 2007.

[8] 郭亚军,郭宏,东明. PAB 竞价方式下发电商报价策略研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2004(1): 155—159.

[9] 施展武,杨莉,甘德强. PAB 和 MCP 电价机制下考虑不同容量水平的市场均衡分析[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 10—13.

[10] 方勇,李渝曾. 合理回收容量成本的激励性电力竞价机制的建模研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(1): 18—23.

[11] 蒋东荣,李群湛,刘学军. 考虑电力合约的激励性市场机制设计[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(18): 57—63.

Study on the Incentive Compatibility of the SMP and PAB Bidding Mode in Electricity Market

JI Ju-hai, WANG Chang, LI Jin, LI Xi-jun

(College of Economics and Management, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The two basic mechanisms of electricity market are the traditional system marginal price bidding mechanism and pay-as-bid auction mechanism. This paper discussed the incentive compatibility of SMP and PAB auction mechanism from the auction point of view, and then make an in-depth analysis of the reason why power generators abuse market power under the two basic mechanisms. Through the analysis we can get the conclusion that both the SMP and PAB auction mechanism are lack of the incentive compatibility which make power generators bid according to the true cost information, so it affects the stability of the electrical power system and the economic power dispatch. Thus, a new bidding mechanism with the incentive compatibility is needed.

Key words: electricity market; bidding mechanism; auction; incentive compatibility