

电力市场供应者竞标行为的分析与对策

刘敦楠¹, 陈雪青¹, 何光宇¹, 郭家春¹, 李瑞庆², 周双喜¹

(1. 清华大学电机系, 北京市 100084; 2. 上海市电力公司, 上海市 200025)

摘要: 电力市场存在着暴利定价、投机、联盟等虽不违背市场规则但具有直接或潜在危害性的市场行为, 必须建立起一套有效的方法来加以识别、监视和管制。文中结合上海电力市场运营监管信息系统多年的运营实际经验, 归纳了有害市场行为的类型和主要特征; 提出了监视、识别和分析有害市场行为所需的技术指标; 介绍了利用技术指标分析市场行为的方法和步骤; 分析了影响供应者市场行为的 5 个主要因素: 市场结构、市场供需、电价机制、信息披露及申报限制, 并提出了相应的控制对策。

关键词: 电力市场; 监管; 竞标行为; 市场力; 对策

中图分类号: TM73; F123.9

0 引言

电力市场的供应者既申报电量也申报价格, 市场价格由市场供需与供应者报价共同决定。因此, 供应者的竞标行为对于电力市场的影响很大, 研究其行为特征对于稳定电价、规避市场风险具有重要意义。

本文在文献[1]所提出的电力市场评价指标体系的基础上, 结合上海电力市场运营监管信息系统多年的运营实际经验^[2], 针对电力供应者的有害市场行为, 做了以下工作: ①归纳了有害市场行为的类型和主要特征; ②提出了监视、识别和全面分析有害市场行为所需的技术指标; ③举例介绍了利用技术指标分析市场行为、市场规律的方法和步骤; ④分析了影响供应者竞标行为的主要因素, 并提出了对策。

1 竞标行为分析的目的和内容

电力市场中存在着参与者违背市场规则的行为, 也存在着一些虽不违背市场规则但有直接或潜在危害性的行为, 如暴利定价、投机、联盟等, 这些有害的市场行为, 损害了市场的竞争性和有效性, 影响有限资源的优化配置, 从而损害电力市场的效率。

市场违规行为, 可以根据市场规则进行判别、惩罚和管制; 而有害的市场行为, 难以根据市场规则来识别和管制, 必须建立起一套有效的方法来加以识别、监视和管制。

本文中的“供应者”, 是指参与电力市场卖方竞价的电厂、机组、集团公司或区域外售电者。常见的有害市场行为及主要特征如表 1 所示。

表 1 供应者有害竞标行为及表现
Table 1 Character of main harmful bidding behaviors

行为	申报价格策略	申报容量策略
投机	某些时段的报价远高于平均价格	某些时段限制申报容量
暴利定价	某些供应者申报价格远高于其他对手	无特别规律
联盟	所有联盟成员集体报高价	所有联盟成员共同限制申报容量

2 竞标行为分析的指标和方法

2.1 供应者竞标行为分析的方法

全面分析电力市场供应者的竞标行为, 应当遵循以下步骤。

2.1.1 确定分析依据

供应者竞标行为的分析依据是能够从电力市场交易支持系统中获得的相关数据, 可以分为电厂基本信息、电厂申报信息和电厂成交信息 3 类。

2.1.2 确定分析内容

根据表 2 中所列的分析时间、方法和目的, 可以对各供应者的竞标行为有较全面、深入的了解。

表 2 供应者行为分析内容
Table 2 Contents for supplier's behaviors analysis

时间	方法	主题	目的
交易前	横向比较基本信息	竞标地位评价	找出谁能兴风作浪
交易中	比较申报信息与基本信息	主观意向评价	找出谁在兴风作浪
交易后	比较成交信息与申报信息	策略风险评价	找出谁兴起了风浪
	比较成交信息与基本信息	策略收益评价	

表 2 中所列的分析方法、分析目的与电力市场基本数据的关系如图 1 所示。

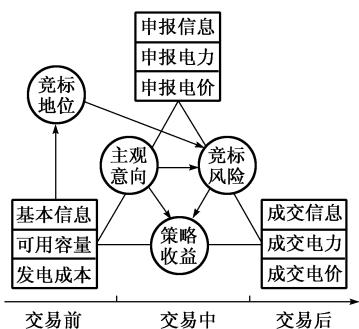


图1 供应者行为综合评价方法

Fig.1 General analysis method for supplier's behaviors

需要指出的是,图中圆圈代表的评价主题,具有以下辩证关系:

- 1) 竞标地位决定竞标风险,竞标风险通过成交与申报的差异来体现,是对客观竞标地位的反映;
- 2) 主观意向与客观竞标地位配合的好坏,决定了竞标策略的风险;
- 3) 竞标收益决定于策略主观意向与相应的风险,只有那些本身具有市场力,又通过竞标策略很好利用市场力牟取高额回报的供应者,才是对市场具有实际影响的供应者。

2.1.3 建立指标体系进行数据计算

供应者是市场的主体之一,供应者竞标行为分析是电力市场监管评价体系^[1]的一部分。根据前述分析方法和目的,可以建立竞标地位分析、主观意向分析、交易结果分析3类指标。

2.2 交易前竞标地位分析

竞标地位通过分析供应者基本信息得到,如图1所示。包括边际成本、供应者份额、剩余供应率(RSI)、最小/最大市场份额比(MMI)和必运行率(MRR)等^[1]。

2.3 交易中主观意向分析

供应者的主观意向通过比较申报信息和基本信息得到,如图1所示。可从容量策略和价格策略两方面分析。

申报容量策略反映了供应者对电量供应的控制程度,国外称物理持留(physical withholding),包括申报容量参与度和持留比率等^[1]。

申报价格策略指标反映了在一定时期内市场供应者对风险、收益的偏好,国外也称经济持留(economic withholding),包括零报价比率、高报价比率和预期收益率等^[1]。

此外,还包括能有效识别投机行为的报价相对比(RBP——relative value of bidding price,本文以 R_p 表示)指标:

$$R_p = \frac{\text{电厂的某一时段报价}}{\text{平均报价}} \times 100\% \quad (1)$$

其中,平均报价可以有多种选择,如某一时刻所有供应者报价的平均数,或某一供应者过去一段时期相应时段报价的平均数等。

报价相对比反映了电厂某一次报价与平均水平的差别,正常时应为100%左右,若指标远离100%,则表明申报异常,应引起重视。

2.4 交易后交易结果的评价

交易结果的评价可以从策略风险、收益两方面进行,如图1所示。策略风险通过比较成交与申报间的差异得到,策略收益通过比较成交与基本信息得到。

2.4.1 策略风险分析

策略风险与收益具有正向相关关系,策略的收益越高,其风险也越大。策略风险评价的指标包括策略中标率和高价策略中标率等^[1]。

2.4.2 策略收益分析

策略收益分析包括收益率分析和成功度分析。

收益率分析侧重评价各供应者自身的财务收益,策略收益率指标通过对成交电价与边际成本的比较,反映供应者从市场交易中的获益情况,包括LI(Lerner index),MI(markup index)等^[1]。

成功度分析通过对比各竞争对手的竞标后收益与竞标前地位,反映供应者各自竞标策略的成败。策略成功度指标包括容量策略成功度、价格策略成功度和竞标收入成功度,分别反映竞标策略为供应者带来的容量增益、价格增益和收入增益。

1) 容量策略成功度(SDC——success degree of capacity,本文以 S_c 表示)

$$S_{ci} = \frac{\text{成交电量份额}}{\text{可用容量份额}} \quad (2)$$

各供应者的可用容量份额是由客观条件决定的,成交电力份额是动态变化的,是交易结果的反映,二者之比可以很好地体现容量策略的得失。如供应者 i 的可用容量份额为10%,却通过竞价得到15%的成交电量份额,不能不说这是竞标策略的功劳,此时供应者 i 的容量策略成功度为1.5。

2) 价格策略成功度(SDP——success degree of price,本文以 S_p 表示)

$$S_{pi} = \frac{\text{电厂 } i \text{ 平均成交价}}{\text{所有电厂平均成交价}} \quad (3)$$

一般认为,电力是无差别商品,其价格应当一样,不同供应者平均成交价格的差别可用来衡量其自身竞价策略的得失。

3) 竞标收入成功度(SDR——success degree of

revenue, 本文以 S_R 表示)

$$S_{Ri} = \frac{\text{实际收入}}{\text{平均应得收入}} \quad (4)$$

其中, 供应者 i 的平均应得收入 = 各供应者总收入 $\times$ 供应者 i 的可用容量份额。

还可以推导出竞标收入成功度与前两个指标间的关系:

$$S_{Ri} = S_{Ci} S_{Pi} \quad (5)$$

可见, 竞标成功度体现了竞标策略为供应者带来的超额收入。

在图 2 的例子中, 对比各供应者的 S_P , S_C 和 S_R , 可以看出, 各供应者 S_P 数值差别不大, 都十分接近 1; 而各供应者 S_C 和 S_R 几乎完全重合。说明各供应者在价格竞争中的优劣并不明显, 能否获得额外收入, 主要取决于容量策略成功度, 即能否获取更大的市场份额。

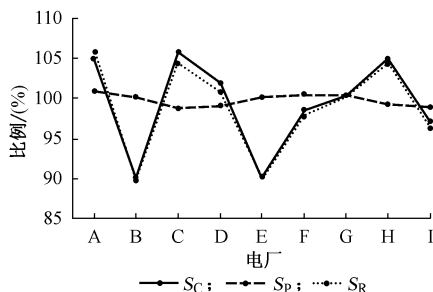


图 2 各供应者策略成功度指标比较

Fig. 2 Comparison of suppliers' success degree indexes

以上 3 个成功度指标既可以用于市场分析人员研究各供应者竞标行为, 也可以作为供应者评价自身报价策略的标准。

3 指标的因素分析法

因素分析法是一种分析综合性指标的方法。综合性指标所反映的客观现象, 其变化总是受到多个因素变化的影响。因素分析旨在揭示各个因素的变化对综合性指标的影响程度。

这里将以供应者竞标收入和利润为例, 分析它们受价格变化、电量变化、收益率变化的影响程度。 P_i, r, p, q, k 分别代表利润、收入、电价、电量和利润率, 下标 0, 1 代表变化前后两种状态。

3.1 竞标收入的两因素分析

两因素分析的原理如下:

1) 绝对指标分析

$$r_1 - r_0 = p_1 q_1 - p_0 q_0 = (p_1 q_1 - p_0 q_1) + (p_0 q_1 - p_0 q_0) = q_1 \Delta p + p_0 \Delta q \quad (6)$$

2) 相对指标分析

$$\frac{r_1}{r_0} = \frac{p_1 q_1}{p_0 q_0} = \frac{p_1}{p_0} \frac{q_1}{q_0} \quad (7)$$

式中: r_1/r_0 为竞标收入成功度; p_1/p_0 为价格策略成功度; q_1/q_0 为容量策略成功度。

3.2 竞标利润的三因素分析

三因素分析的原理如下:

1) 绝对指标分析

$$pf_1 - pf_0 = p_1 q_1 k_1 - p_0 q_0 k_0 = (p_1 q_1 k_1 - p_1 q_1 k_0) + (p_1 q_1 k_0 - p_1 q_0 k_0) + (p_1 q_0 k_0 - p_0 q_0 k_0) = p_1 q_1 \Delta k + p_1 k_0 \Delta q + q_0 k_0 \Delta p \quad (8)$$

2) 相对指标分析

$$\frac{pf_1}{pf_0} = \frac{p_1 q_1 k_1}{p_0 q_0 k_0} = \frac{p_1}{p_0} \frac{q_1}{q_0} \frac{k_1}{k_0} \quad (9)$$

式中: p_1/p_0 为价格策略成功度; q_1/q_0 为容量策略成功度。

k_1 可取供应者 LI 指标, k_0 取市场的 LI 指标^[1]。

利用因素分析法对第 2 节所述各类指标进一步分析, 将有助于深入理解供应者的竞标行为。

4 竞标行为的影响因素与控制对策

4.1 竞标行为的影响因素

供应者有害竞标行为的影响因素及控制对策可以归纳为以下 5 个方面: 市场结构、市场供需、电价机制、信息披露和申报限制。

如图 3 所示, 可以将这 5 方面因素排列在金字塔中。越底层的因素, 其影响力越根本, 但改变起来越困难, 需要的时间越长; 越顶层的因素, 其影响力越直接, 实施的可能性越大, 但也越违背自由、公开的原则。

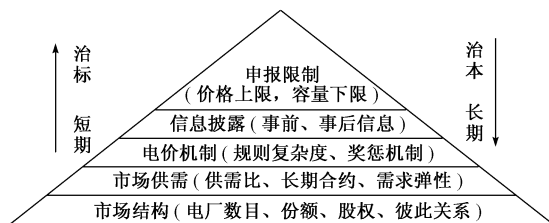


图 3 竞标行为的影响因素概览

Fig. 3 Pyramid structure of market power mitigation

4.2 市场结构的影响

4.2.1 市场结构与竞标行为

市场结构是市场最根本的属性, 有 4 种基本类型: 完全竞争、垄断竞争、寡头垄断和完全垄断。市场结构可以根据市场集中度指标 HHI (Herfindahl-Hirshman index), Top- m 来判别^[1]。

供应者数目越多、份额越小、不同竞争者间份额

越接近,市场结构越有利于竞争;此外,供应者彼此间的关系是竞争、合作还是联盟,也是市场结构的重要方面。

4.2.2 控制对策

根据 HHI, Top- m 指标的定义可以看出,决定市场结构的因素主要是供应者数目的多少。由此,改变供应者数目的途径有:

1)增加实际电厂数。宏观上调整电力市场的结构,是促进市场竞争的最根本手段。我国正在建立几大区域电力市场,它们与过去省级电力市场相比,最本质的变化之一就是大大增加了市场供应者个数。

2)电厂的股权分散。隶属于同一发电集团的几家电厂可能存在统一报价行为,计算市场结构指标时,应当按市场中的独立供应者来计算。电厂股权分散化,可以使各电厂的经营决策更加独立,避免某一发电集团下属多家电厂间的联盟报价,其实质是增加了独立竞价的电厂个数。

3)减少区域间阻塞,增加区域外购电等。减少区域间的阻塞,将有利于增加区域外购电,实质也是增加了市场供应者的数目。

4.3 市场供需的影响

4.3.1 市场供需与竞标行为

在市场结构相对稳定的前提下,市场供需是市场竞争性的首要影响因素。市场供需越紧张,各个供应者的地位越关键,市场力越大,采用有害竞标策略的可能性也越大。

供应者 i 地位指标^[1] I_{RSI} 的定义为:

$$I_{\text{RSI}} = \frac{\sum_{j=1}^N q_j}{D} - \frac{q_i}{D} = \text{申报供需比} - \frac{q_i}{D} \quad (10)$$

式中: q_j 为各供应者的申报电量; N 为供应者个数; D 表示市场需求。

可见,市场申报供需比越小,各电厂的 I_{RSI} 越大,电厂的市场力也越大。

在实际中,仅需保证市场总申报超出总需求的 2%, 市场的竞争性就将有非常明显的改善: 假设市场中有 10 家电厂, 平均每家占 10%, 报价最高者所承受损失占总需求的 2%, 占其自身总申报的 20% ($\frac{2\%}{10\%} = 20\%$), 平均 20% 的损失足以令各电厂尽力避免报高价。

4.3.2 控制对策

改变市场的整体供需状况是长期的任务,但也有一些局部的措施,来避免周期性因素导致的暂时性供需紧张。

1)增加装机。通过增加装机容量、增加系统备

用根本改变市场供需比。

2)需求侧竞争。实质是增加市场的需求弹性,需求弹性越大,供应者抬高价格面临的风险越大。

3)合理购买期货电量。对于多级市场中日前市场、实时市场等局部市场,调整供需的方法是通过长期发电合约保证高峰季节、每日高峰时段的供应。

4)合理安排机组检修。有效进行中期负荷预测,合理安排机组检修,可以缓解负荷周期性波动带来的暂时性供需紧张。

4.4 电价机制的影响

电价机制也是影响供应者竞标行为的根本因素之一,其作用表现为两个方面: 电价机制复杂性和奖惩机制。

1) 电价机制复杂性的影响

电价机制复杂性体现在电厂的成交价与自身报价间的相似性上。例如实报实销机制下电厂的成交价格与申报价格的相似性最大,而国外采用的 LMP 机制,很难从申报价格直接推算出成交价。

电厂成交价与报价差别越小,供应者越容易预测,并通过制定报价策略来左右市场价格。电价机制过于简单,也更有利于供应者的联盟和投机; 博弈论方法在报价决策中的广泛应用,使供应者很容易通过反复博弈求得最优的长期均衡,即联盟。

我国上海电力市场曾先后采用过边际价结算和实报实销两种电价结算方式。相比而言,实报实销机制下,各电厂间的报价策略有明显的默契,各电厂报高价的比例、报高价时的中标率以及市场的边际价、平均成交价都明显高于边际价结算时的相应指标。

2) 奖惩机制的影响

电价机制的奖惩作用是指,电价机制应使申报高价和持留容量者面临更大的损失风险。充分考虑电价结算的复杂性和奖惩作用,修改、完善市场电价机制,可以有效抑制不良的竞标行为。

4.5 信息披露的影响

4.5.1 信息披露与竞标行为

电力市场向供应者披露的市场信息是供应者制定竞标策略的依据,例如负荷预测、合约电力发电计划、对手的成交电量、电价等。所披露的市场信息内容和披露时间,对市场供应者制定报价策略有很大影响。

必要的市场信息的披露是市场“公平、公开、公正”原则的体现,也有利于市场的稳定,但应看到:

1)供应者了解的交易前市场信息越完整,越有利于评价自身地位,有利于发现投机的机会,有利于评价建立联盟的经济效应。

2)供应者了解的交易后市场信息越完整,越有

利于联盟者之间的相互监督。

4.5.2 控制策略

市场运营者应在保证“公平、公开、公正”原则的前提下,合理安排信息披露的时机和内容。应注意以下几点:

1)交易前,供应者不应获得市场总供应能力的信息。比如,日前市场的供应者一般会了解第2天的负荷预测和自己的可用容量,一旦同时了解了第2天市场总的可用容量,由式(10)便可以准确计算出自己的市场地位。

2)交易前,供应者不应获得有关对手实力的信息,例如对手的可用容量信息等。

3)交易后,供应者所了解的对手的成交信息,信息综合程度至少应大于该市场竞价的时间间隔。比如,日前市场是每天竞价,那么市场供应者A所了解的市场供应者B的成交信息,可以是过去1个月的总数或平均数,但不可以详尽到每日。因为,市场成交的总量和边际价格一般是公开的,将对手每次竞价的结果与公开的市场信息对比,既可以推测对手的竞标策略,也可以监视联盟伙伴的竞标策略。

4.6 市场申报限制的影响

4.6.1 申报限制与竞标行为

申报限制可分为申报价格限制和申报容量限制,其优点是可以最直接、有效地控制有害竞标行为,缺点是与自由市场原则相违背。

申报价格限制的目的是强制电价处于一定范围之内,避免电价飞升;申报容量限制的目的是减少持留电量,避免人为的供需紧张。

4.6.2 控制策略

申报限制是各国电力市场普遍采用的方法。各电力市场均按一定标准设定市场价格的上限;以美国加州^[3]为代表的多家国外电力市场和我国华东区域电力市场^[4]均采用制定申报容量下限的方法。

申报容量限制是更为合理的方法。首先,它避

免了对电价的直接干预;其次,通过限制申报容量下限,要求各供应者将自己的可用容量全部或绝大部分投入到市场竞争中,可以有效保障市场供应的充裕,从而抑制有害竞标行为和电价上升。

5 结语

本文全面介绍了在上海电力市场多年运营监管与数据分析中建立起来的供应者竞标行为分析方法和对策,希望能对区域电力市场的监管工作提供有力的参考。

参考文献

- [1] 刘敦楠,李瑞庆,陈雪青,等.电力市场监管指标及市场评价体系.电力系统自动化,2004,28(9):16—21.
LIU Dun-nan, LI Rui-qing, CHEN Xue-qing et al. Surveillance Indices and Evaluating System of Electricity Market. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(9): 16—21.
- [2] 李瑞庆,刘敦楠,何光宇,等.电力市场运营监管信息系统.电力系统自动化,2004,28(14):18—22.
LI Rui-qing, LIU Dun-nan, HE Guang-yu et al. Operating Monitoring and Evaluating System of Electricity Market. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(14): 18—22.
- [3] California Independent System Operator. 2002 Annual Report on Market Issues and Performance. 2003.
- [4] 国家电力监管委员会.华东电力市场月度竞价实施细则. <http://www.serc.gov.cn>,2004.
State Electricity Regulatory Commission of China. Detail Rules for the Monthly Bidding of East China Electricity Market. <http://www.serc.gov.cn>,2004.

刘敦楠(1979—),男,博士研究生,研究方向为电力市场监管。E-mail: liudunnan@tsinghua.org.cn

陈雪青(1936—),女,教授,研究方向为电力系统经济调度、电力市场。E-mail: Xqchen@tsinghua.edu.cn

何光宇(1972—),男,博士,讲师,研究方向为电力市场。E-mail: gyhe@tsinghua.edu.cn

Analysis and Countermeasure for Suppliers' Behaviors in Electricity Market

LIU Dun-nan¹, CHEN Xue-qing¹, HE Guang-yu¹, GUO Jia-chun¹, LI Rui-qing², ZHOU Shuang-xi¹

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

(2. Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai 200025, China)

Abstract: Many behaviors of market suppliers, such as gamble and collision, may have direct or potential menace to the health of electricity market without violating the rules. So the effective solution should be set up to identify, monitor and surveillance those harmful behaviors. This paper firstly induces the main harmful bidding behaviors and their characteristics. Then it introduces how to identify the harmful behaviors with technical indexes. At last it summarizes five main influence factors of harmful behaviors: market structure, market balance, pricing mechanism, information and bid limits, it also makes suggestion on how to control and mitigate them. Examples and actual application in Shanghai electricity market are presented throughout the paper to illustrate the ideas.

Key words: electricity market; monitor; bidding behavior; market power; countermeasure