

电力市场中的市场力评估研究现状及趋势

刘德旭¹,王靖²,马光文³,黄炜斌³,陈仕军³

(1. 云南电力调度控制中心,昆明 650011;2. 国家电网有限公司西南分部,成都 610041;3. 四川大学 水利水电学院,成都 610065;)

Development status and trends of market power evaluation in electricity market

LIU Dexu¹, WANG Jing², MA Guangwen³, HUANG Weibin³, CHEN Shijun³

(1. Yunnan Electric Power Dispatching and Control Center, Kunming 650011, China; 2. Southwest Branch of State Grid Corporation of China, Chengdu 610041, China; 3. College of Water Resources and Hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

摘要:市场力评估对于确保电力市场公平竞争、提高电力市场运行效率具有重要意义。针对市场力的产生来源和评估方式,按成因将市场力划分为结构性市场力和物理限制性市场力,据此评价国内外市场力评估指标体系的优劣性及适用性,为合理选择实际应用中的评估指标提供参考。将市场力评估方法划分为基于市场份额的评估、考虑负荷及阻塞的评估以及基于参与者系统的评估3类,在此基础上,分析市场力评估研究的发展趋势,为建立健全市场力评估研究提供支持。

关键词:电力市场;市场力;指标体系;监管

Abstract: Market power evaluation in the electricity market is important to ensure fair competition and high market efficiency. In view of the sources and evaluation methods of market power, the source of market power to structural market power(SMP) and physical restrictive market power(PRMP)is attributed. Based on attribution, the advantages and disadvantages of the domestic and international market power evaluation indexes and their application are summarized, reference for reasonable selection of evaluation indicators in practical applications is provided. The assessment methods are divided into three categories: market share-based assessment methods, load and congestion-based assessment methods and participant system-based assessment methods. On this basis, the development trends of market power evaluation research is analyzed to provide support for the establishment and improvement of market power evaluation research.

Key words: electricity market; market power; index system; supervision

0 引言

市场力是市场成员为追逐额外效益而抬高市场价格,并使市场价格维持在高于竞争性市场均衡价格的能力。由于电能是国民经济生活的主要商品,其又具有特殊的技术和经济特性,电力批发市场的运营很容易受到滥用市场力的影响。在我国,由于发电侧竞争的引入,电力市场具有发电商的市场份额高度集中、所有权存在交叉、市场准入制度严格及调度职能不统一等特征^[1-2],这进一步加剧了滥用市场力支配力的问题。因此,开展市场力研究,对限制市场力、防止市场价格过高具有重要意义。由于市场力的影响因素来源广泛,在现阶段的市场力研究中,考虑因素往往不足,致使市场力评估指标过于片

面,不能有效或完全反映市场成员的市场力。

在市场力评估中,需要考虑电能无法大规模储存、电力负荷需求缺乏价格弹性以及输电网络约束等特性^[3],还要顾及发电商之间的竞争性互动^[4],因此很难全面反映电力市场中的市场力。市场力评估方法研究中,国外学者提出了各种指标体系及评价方法,但受适用条件或考虑因素等局限性影响,很难大范围推广^[5]。由于国内电力市场化改革相对滞后,尚无较完整的市场力评估方法体系。本文从微观经济学原理出发,探究市场力的产生来源和影响因素,对现有市场力评估方法指标体系进行回顾,分析指标特点,并按照其考虑因素对其进行分类,在此基础上研究市场力评估的发展方向。

1 市场力成因分析

1.1 微观经济学基础

在完全竞争的电力市场中,各市场买方和卖方

收稿日期:2021-07-15;修回日期:2021-09-28

基金项目:国家重点研发计划基金资助项目(2018YFB0905204);国家电网有限公司西南分部科技项目(SGSW0000DKJS1900112)

均按其保留价格进行申报,累计所有的发电供应得市场总供应函数(seller, S),累计所有的购电需求得市场总需求函数(buyer, B),2个函数曲线相交即得该时段的区域市场出清电价(locational market price, LMP)和出清电量(quantity, Q),如图1所示。

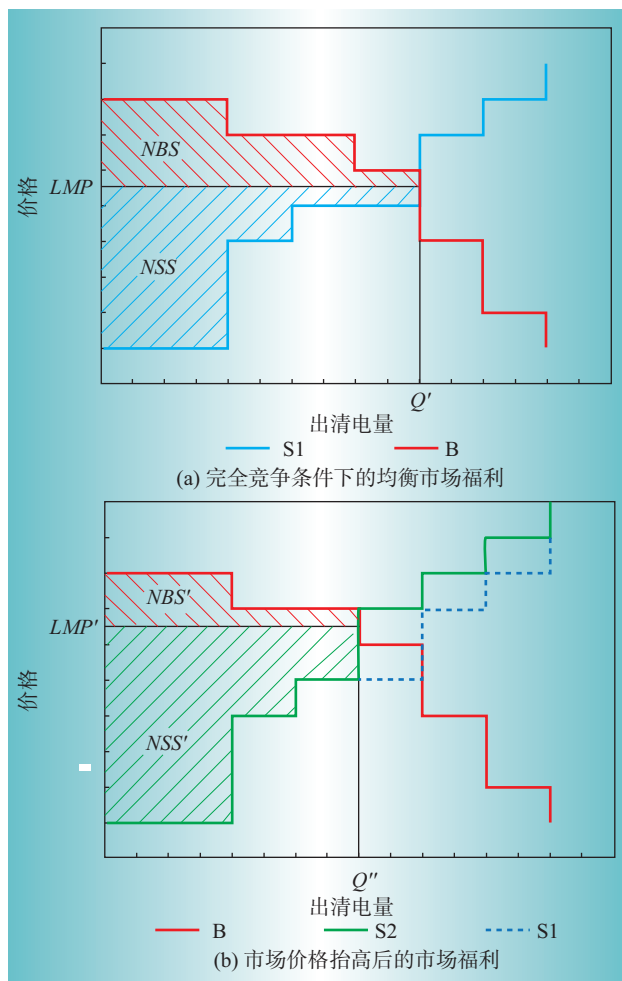


图1 竞争性市场福利示意图

Fig. 1 Schematic diagram of competitive market welfare

对于位于节点 $k(i)$ 的发电商 G_i , 在市场交易时段 H 中, 可获得的生产者净剩余(net seller surplus, NSS)为

$$NSS_{G_i} = LMP_{k(i)} \cdot Q_{G_i} - \int_0^{Q_{G_i}} [MC_{G_i}(Q)] dQ \quad (1)$$

式中: NSS_{G_i} 为发电商 G_i 可获得的生产净剩余; $LMP_{k(i)}$ 为节点 $k(i)$ 的区域边际电价; Q_{G_i} 为发电商 G_i 的出清电量; $MC_{G_i}(Q)$ 为发电商 G_i 的边际成本。

同理, 对于位于节点 $k(j)$ 的购电商 L_j , 在时段 H 可获得消费者净剩余(net buyer surplus, NBS)为

$$NBS_{L_j} = \int_0^{Q_{L_j}} [D_j(Q)] dQ - LMP_{k(j)} \cdot Q_{L_j} \quad (2)$$

式中: NBS_{L_j} 为购电商 L_j 可获得的净剩余; Q_{L_j} 为购电商 L_j 的出清电量; $LMP_{k(j)}$ 为节点 $k(j)$ 的区域边际电价; $D_j(Q)$ 为购电商 L_j 的购买保留价格。

所有购电商的消费者剩余与所有发电商的生产者剩余之和构成市场的总福利或总价值, 在完全竞争的电力市场中, 所有买方和卖方均为价格接受者, 即按各自的保留价格进行申报。当某个或某些参与者, 尤其是发电商, 偏离本来的申报意愿, 如通过物理滞留、经济滞留, 或进行不经济的生产而做出危害市场价格的行为^[6], 便可造成市场价格升高(从 LMP 升高到 LMP'), 在图1中表现为由(a)到(b)的供应曲线左移; 价格升高使单位发电收益增大, 也会导致发电中标容量减少(从 Q' 减少到 Q''), 甚至失去市场份额(全部份额位于 $Q' \sim Q''$ 之间), 但只要二者净剩余为正($NSS'_{G_i} - NSS_{G_i} > 0$), 通过行使市场力便是有利可图的。此外, 由于电力商品的特殊性, 需求侧缺乏价格弹性、市场交易机制、输电网络约束等同样会使供应函数或需求函数发生改变, 偏离图1-(a)的均衡情况, 造成部分参与者额外获利, 此额外获利的能力即表现为市场力。

1.2 市场力的产生来源

有研究指出^[7], 在双重拍卖定价机制下的完全竞争电力市场中, 即市场中所有的卖方按其边际成本进行申报, 所有的买方按其边际收益进行申报, 由此产生确切的供应和需求曲线相交确定的出清, 仍然可以赋予某些特定买方或卖方市场力。这种市场力由定价机制产生, 不由参与者报价策略决定。此外, 在有相对严苛准入规则的电力市场中, 由于没有足够多的市场成员加入, 致使某些市场成员的市场份额相对较大, 高市场占有率赋予了其市场力。这种由市场的定价机制、准入机制、出清规则等市场结构赋予的市场力, 定义为结构性市场力(structural market power, SMP)。结构性市场力多由市场结构设计决定, 所有的市场参与者均明白市场规则对于其盈利能力的重大影响, 因而有能力的市场成员可以洞悉该市场力, 进而做出相应决策以获取更大的效益。

由于电力商品的特殊性, 电力在传输过程中必须遵循输电网络功率流等物理规律, 由于地理、经济等条件限制, 输电网络建设往往不能完成实际的供求运输和商品交付。在电网的某一节点注入或消纳电力, 可能对位置较远的电力价格和流动产生实质性影响, 即使没有故意在策略上行使市场力, 网络限制也会使某些成员拥有改变市场价格的能力。将为满足电力商品特殊性所需的外部条件, 如输配网络、变压器等, 导致的市场力定义为物理限制性市场力(physical restrictive market power, PRMP)。

电力市场中的市场力影响因素众多, 除上述因素以外, 发电机组类别、供需关系等也能间接影响

市场力。总结各因素的直观表现,结构性市场力能反映市场的内生状态,物理限制性市场力能反映外部变量的制约,二者能有效概括电力市场中的市场力。行使市场力是市场力的表现形式,在自由竞争的电力市场中,市场最终价格由边际生产机组决定,因而以盈利最大化为目的的发电商可能会私下形成默契,通过改变竞价策略,即通过物理滞留或经济滞留行使市场力,使市场供应曲线左移,从而抬高市场价格,获得更高的收益。为避免批发市场成员行使市场力,确保市场公平竞争,市场应保持单个供应商的市场份额低于20%,且保持充裕的输电能力或公平的输电网使用权。

2 市场力评估

市场力评估指标是量化市场力的重要手段。在电力市场设计、交易规则制定、市场参与者行为界定及输电网络评价时,均需要评估指标作为反映市场力的参考。目前国内常采用相对集中度的方法,即通过计算边际机组形成率、申报最高限价的中标率及最高限价到达率等来衡量参与者是否行使市场力,该方法计算简便,反映直观,但依赖于制定的市场限价,而限价能否限制或避免市场力的行使具有不确定性。此外,该方法未考虑参与者市场份额、交易机制、网络限制等市场力决定因素,不能全面有效反映参与者行为,可能导致参与者在未达到市场限价的条件通过行使市场力获利。国外电力市场发展相对成熟,市场力评估指标体系日趋全面,市场力具有从单一指标评估到综合指标评估的趋势。

2.1 基于市场份额的评估

市场份额是反映市场集中度的重要指标,从侧面反映了市场结构和状态,因而能有效评估发电商的结构性市场力。常用市场力评估指标如表1所示。直接或间接地计算某个或某些个体在全部竞争对手中的发电能力占比,即能判断发电商是否具有潜在的市场力,常用计算方法如表1中1—4。其中,赫芬达尔-赫希曼指数(Herfindahl-Hirschman index, HHI)^[8]通过直接累加所有发电商的装机容量市场份额平方值,粗略反映市场的集中度,当一个或者几个发电商具有很大的市场份额时,就可能具有控制市场价格的能力。HHI作为一种静态指标,具有计算简便的优点,但考虑的因素过少,导致其实用性较低。机组必须运行率指标(must run ratio, MRR)^[9]考虑了所预测系统中有无负荷拥挤;机组必须运行份额(must run share, MRS)考虑了负荷水平的变化;勒纳指数(Lerner index, LI)则以市场清算价格与机组边际成本的差异为基础,在按报价成交的电力市场中,LI以竞争报价函数为基础,具有更高的准确度^[10]。基于市场份额的评估方法能反映结构性市场力的总体状况,但缺乏必要的物理机制,不能完全量化结构性市场力,更不能确切判断市场参与者的行为,评估具有事后性。

2.2 考虑负荷及阻塞的评估

负荷弹性与输电阻塞约束是影响市场力的重要外部变量,考虑负荷与阻塞等市场外部条件后,物理限制性市场力即得到有效评估。输电阻塞是电力系统运行管理的重要内容,也是造成位于各网络节点的发电商发电容量与输送能力不匹配,策略性形成

表1 常用市场力评估指标

Table 1 Some methods for market power evaluation indicators

序号	指标名称	评价
1	Herfindahl-Hirschman index(HHI)	仅能体现具有行使市场力的高可能性,不能判断是否行使了市场力
2	Lerner index(LI)	不能表征需求侧响应
3	Must run ratio(MRR)	考虑了区域间输送网络的限制,提供了区域市场力的必要信息
4	Must run share(MRS)	表现了市场力随负荷水平变化的特征
5	System interchange capacity(SIC)	揭示了在网络传输限制下,多方联合或市场份额变更招致市场力的可能性
6	Effective Lerner index(ELT)	描述了输电公司所具备的垂直市场力
7	Location privilege(LP)-surplus deviation index	表现了各种市场条件下,发电商所处网络节点位置对市场力的影响
8	Nodal market power index(NMPI)	表征系统每个节点对总市场力的贡献
9	Variation index(VI)	着重体现了由阻塞导致的价格偏差,避免了输电阻塞的不准确信息
10	Inverse residual demand derivative(IRDD)	测试了偏离竞争价格的激励及提供报价组合的价格弹性水平
11	Estimated mark-up over competitive levels(EMOCL)	估计加价高于边际成本及超额转移高于竞争水平

或加剧市场力的内在原因^[11]。不同网络节点的负荷需求差异及弹性,同样影响网络中市场参与者的市场力。系统交换容量指数(system interchange capacity, SIC)^[12]反映了网络限制条件下某一发电商向特定用户交易特定电能的能力,揭示了网络传输限制可能导致多方势力联合或市场份额变更的现象,进而形成市场力。实际勒纳指数(effective Lerner index, ELI)^[13]从市场整体出发,能够判断垂直一体化公用电力事业的市场力及网络影响,网络传输限制越大,实际勒纳指数越大。节点市场力指数(nodal market power index, NMPI)^[14]以系统每个节点为计算单元,反映节点市场力对系统总市场力的贡献度。节点特权(location privilege, LP)^[15]也称之为剩余偏差指数(surplus deviation index, SDI),表现了包括完全竞争市场的各种市场条件下,发电商所处网络节点位置对市场力的影响。偏差指数(variation index, VI)^[16]则分别考量了整体和个体由非网络即拥挤导致的价格偏差,规避了有关拥塞影响的不准确信息。考虑了负荷及阻塞的市场力评估如表1中5—9所示,具有一定的外部物理机制^[17],因而能很好地判断发电商或输电商是否存在行使市场力的行为。

2.3 基于参与者系统的评估

表1中10—11给出了基于参与者系统的市场力评估,该评估方法将各方因素纳入参与者系统(参与发、输、调、配、售、用环节的参与者构成的系统),从市场全系统出发分析判断参与者的市场力,着重考量策略性行使市场力,评估市场力具有较高精度。逆剩余需求求导方法(inverse residual demand derivative, IRDD)^[18]通过测试偏离竞争价格的激励,反映某一发电商在面对剩余需求时,提供报价组合的价格弹性水平。估计超过竞争水平加价(estimated mark-up over competitive levels, EMOCL)^[19]的方法则通过估计发电商加价高于边际成本及超额转移高于竞争水平来衡量市场力。通常,基于参与者系统评估方法的基础是各参与者均以各自利益最大化为目的,这是市场力的直接激励条件,是综合评估市场力的有效方法。

现阶段各种市场力评估指标均具有一定适用性和局限性,全面评估电力市场中的市场力,需以分析市场参与者行为策略为基础,综合考虑市场的内生及外部变量,即综合反映结构性市场力及物理限制性市场力,形成确切评估市场力的有效指标。

3 发展趋势

市场力是电力市场监管的重要内容,随着市场

化改革的推进及技术进步,各种新型问题不断显露^[20]。如电力市场中的清洁能源发电商,由于享受着政府提供的差额补贴,在现货市场中以低于边际成本的价格进行申报,从而提高自身发电量及发电效益。电力市场区域之间还存在着资源禀赋和物理输送限制,致使某些发电商具有“天然”的优势,即潜在的市场力。

近年来,突破学科障碍,结合经济学理论和电力生产运行评估市场力成为新趋势^[21]。发电商以逐利为最终目的,因而是最可能行使市场力的对象,从成本与效益的角度考量其行为具有很好的基础。如利用利润偏移指数、偏差指数等经济学指标判断是否存在发电商行使市场力的行为及市场效率是否高效。

此外,将基于代理的计算经济学方法应用到电力市场中,并考虑容量、网络、价格等因素,通过市场模拟综合评价市场竞争程度和市场效率,具有更高的精度和应用潜力。将产业经济学中判定有效竞争标准的结构-行为-绩效(structure-conduct-performance, SCP)分析框架用于评判市场力对社会收益分配、财富转移、福利损失的影响,也具有较好的应用前景,目前比较成熟的市场力指标均可纳入到此框架下。电力市场独立系统运营商(independent system operator, ISO)的任务是使市场总剩余最大,同时还应保证剩余得到合理分配,在电力市场自由化的过程中制定市场力缓解措施。在许多电力市场管理模式中,发电容量剥离、长期合同及虚拟电厂、市场限价是缓解市场力的有效措施。在市场力评估指标的基础上,采取各种有效方法抑制价格竞争博弈,甚至达到零市场力,是市场监管的最终目的。

4 结束语

本文从市场力的经济学基础和影响因素出发,首先探究了电力市场中市场力的形成机制和表现形式,将形成机制归纳为结构性市场力及物理限制性市场力。其次,总结了评估市场力的指标体系和评价方法,概括为基于市场份额的评估、考虑负荷及阻塞的评估和基于参与者系统的评估3类。实际应用,根据市场特征及相应需求,可选择恰当的指标或指标体系进行市场力评估。最后,从经济学角度研究了市场力评估的发展趋势。D

参考文献:

[1] 徐骏,曹学沪.我国电力市场中市场势力的形成及其

- 监管问题研究[J]. 价格理论与实践, 2016(10):82-85.
- XU Jun, CAO Xuelu. Research on the formation and supervision of market power in China's power market[J]. Price Theory and Practice, 2016(10):82-85.
- [2] 王韬, 张磊. 新电改背景下的电力市场交易综述与研究[J]. 电器与能效管理技术, 2018(16):76-81.
- WANG Tao, ZHANG Lei. Review and research on power market transaction mode under the background of new electricity reform[J]. Electrical & Energy Management Technology, 2018(6):76-81.
- [3] 刘杰, 张文泉, 董福贵. 电力市场中市场力的度量及管制[J]. 华东电力, 2004(4):6-10.
- LIU Jie, ZHANG Wenquan, DONG Fugui. Measurement and regulation of market power in electricity market[J]. East China Electric Power, 2004(4):6-10.
- [4] 邓少平, 许可, 刘莉. 电力市场中市场力形成原因及抑制机制综述[J]. 通信电源技术, 2018, 35(1):129-131.
- DENG Shaoping, XU Ke, LIU Li. A summary of the reasons for the formation of market power in the electricity market and the suppression mechanism[J]. Communication Power Technology, 2018, 35(1):129-131.
- [5] LAKIC E, MEDVED T, ZUPANCIC J, et al. The review of market power detection tools in organised electricity markets[C]//IEEE Computer Society, July 17, 2017, Dresden, Germany.
- [6] 刘文茂, 吴建军, 杨昆. 电力市场中的市场力指标及表现形式[J]. 电网技术, 2007(S2):211-214.
- LIU Wenmao, WU Jianjun, YANG Kun. Market power indicators and manifestations in the electricity market[J]. Power System Technology, 2007(S2):211-214.
- [7] NICOLAISEN J, PETROV V, TESFATSION L. Market power and efficiency in a computational electricity market with discriminatory double-auction pricing[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2001, 5(5):504-523.
- [8] 杨力俊, 赵云, 谭忠富. 一种评估电力市场中卖方市场力的新指标[J]. 电网技术, 2006, 30(7):26-31.
- YANG Lijun, ZHAO Yun, TAN Zhongfu. A new index for evaluating seller's market power in electricity market[J]. Power System Technology, 2006, 30(7):26-31.
- [9] PRABHAKAR K S, JACOB R I, KOTHARI D P, et al. A comparison of NMRS with other market power indices in deregulated electricity market[C]//Springer, January 03, 2015, Jodhpur, India.
- [10] NAZEMI A, FARSAEI A, KHALIL M S. Estimating market power by introducing a new Lerner index in the Iranian electricity market[J]. Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy, 2016, 11(9):882-888.
- [11] 吕文娥, 江秀臣. 电力市场中阻塞及市场力对市场结果的影响[J]. 中国电机工程学报, 2007(28):66-73.
- LYU Wene, JIANG Xiuchen. Impacts of congestion and market power on market outcomes in competitive electricity market[J]. Proceedings of the CSEE, 2007(28):66-73.
- [12] IMAM M I, JAMASB T, LLORCA M. Sector reforms and institutional corruption: evidence from electricity industry in Sub-Saharan Africa[J]. Energy Policy, 2019:532-545.
- [13] LEVIN T, BOTTERUD A. Electricity market design for generator revenue sufficiency with increased variable generation[J]. Energy Policy, 2015, 87:392-406.
- [14] 国际能源署. 重塑电力市场: 低碳电力系统转型过程中的市场设计与监管[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- International Energy Agency. Re-powering markets: market design and regulation during the transition to low-carbon power systems[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2017.
- [15] HESAMZADEH M R, BIGGAR D R, HOSSEINZADEH N, et al. The nodal market power index (NMP Index) for modelling and visualising market power[C]//IEEE Computer Society, September 30, 2010, Minneapolis, MN, USA.
- [16] YANG D. Variation index to measure transmission congestion impact in LMP-based electricity market[C]//IEEE Computer Society, October 2, 2009, Calgary, AB, Canada.
- [17] 张集, 张粒子, 于亮. 电力市场中的市场力分层评价指标体系[J]. 中国电机工程学报, 2006(6):123-128.
- ZHANG Ji, ZHANG Lizi, YU Liang. Layered index system for evaluating the market power in electricity market[J]. Proceedings of the CSEE, 2006(6):123-128.
- [18] BIRGE J R, HORTACSU A, PAVLIN J M. Inverse optimization for the recovery of market structure from market outcomes: an application to the MISO electricity market[J]. Operations Research, 2017, 65(4):837-855.
- [19] NICHOLSON E, QUINN A. Wholesale electricity markets in the united states: identifying future challenges facing commercial energy[J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2019, 17(1):67-72.
- [20] 别佩, 王浩浩, 王一, 等. 面向不同竞价机制的电力市场博弈均衡分析[J]. 电力需求侧管理, 2020, 22(4):2-7.
- BIE Pei, WANG Haohao, WANG Yi, et al. Game equilibrium analysis on electricity market orienting different bidding mechanisms[J]. Power Demand Side Management, 2020, 22(4):2-7.
- [21] 谢青洋, 应黎明, 祝勇刚. 基于经济机制设计理论的电力市场竞争机制设计[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(10):1709-1716.
- XIE Qingyang, YING Liming, ZHU Yonggang. Competitive power market mechanism design based on the designing economic mechanisms theory[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(10):1709-1716.

作者简介:

刘德旭(1996), 男, 四川资阳人, 硕士, 研究方向为水电运行管理及电力市场;

马光文(1960), 男, 四川成都人, 博士, 教授, 主要研究方向为发电企业生产运行、能源技术经济管理及电力市场。

(责任编辑 徐文红 顾婷婷)