

基于市场交易指数的北京地区电力市场改革分析研究

程晓春¹,刘峻玮²,周哲¹,文田¹,苏娟²,杜松怀²

(1. 首都电力交易中心有限公司,北京 100051;2. 中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

Power market reform in Beijing based on transaction index

CHENG Xiaochun¹, LIU Junwei², ZHOU Zhe¹, WEN Tian¹, SU Juan², DU Songhuai²

(1. Capital Power Exchange Center Co., Ltd., Beijing 100051, China; 2. College of information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

摘要:伴随我国经济全面转型以及电力体制改革的稳步推进,市场机制在资源优化配置中将发挥越来越重要的作用。如何进一步激发市场活力,持续推进电力市场化进程是电力交易中心面临的难题。北京地区通过构建市场指数全面分析了近年市场的运营情况。首先,总结了国内现货试点的电力市场发展现状和北京地区电力交易规则的主要变化,从政策层面分析了交易规则改革的影响。然后,结合市场综合指数的编制方法和应用情况,提出了3个适用于评价北京地区电力市场交易指数。最后,运用市场交易指数进行算例分析,一方面验证了指数的合理性,一方面论证了改革的对电力市场的推动。

关键词:电力市场;电力交易改革;交易规则;交易指数

Abstract: Along with the comprehensive transformation of China's economy and the steady progress of the electricity system reform, the market mechanism will play an increasingly important role in the optimal allocation of resources. How to further stimulate market vitality and continue to promote the process of electricity market is a challenge for the power trading center. The operation of the market in recent years by constructing a market index is analysed. Firstly, the current situation of electricity market development in the domestic spot pilot and the main changes in the electricity trading rules in Beijing are summarized, and the impact of the reform of the trading rules from the policy level is analysed. Then, the compilation methods and applications of market composite indices is analysed and three indices applicable to the evaluation of the electricity market trading are proposed in Beijing. Finally, the market transaction index is used to analyse the case, to verify the rationality of the index on the one hand, and to argue for the promotion of the reform of the electricity market on the other.

Key words: power market; power trading reform; market rules; transaction index

0 引言

2021年9月以来,我国黑龙江、吉林、辽宁等10余个省份初现电力供需紧张的态势,电力资源现状形势严峻。电力市场建设全面加速,燃煤机组全面开放、工商业用户进入市场、中长期交易连续运营与大量新增主体参与市场交易,不断推升市场稳定运行的难度^[1]。面对能源结构深度调整^[2],新能源为主体的新型电力系统升级及双碳目标的多重压力,如何稳步推进市场化改革,是交易中心面临的巨大挑战。

2021年,首都电力交易中心积极落实国家“六签”工作要求,率先开展了中长期分时段交易,按照“照付不议、批零解耦、偏差结算”的方式开展分时段结算,推出用户侧合同转让交易,将中长期交易延伸至月内,初步实现中长期交易连续运营。

收稿日期:2022-09-12;修回日期:2022-10-10

基金项目:首都电力交易中心有限公司科技项目(202005510811347)

电力交易产生了成千上万的数据,通过数据分析^[3]和建立评价体系指标^[4]可以深入挖掘电力交易过程中蕴藏的工业生产和社会经济发展信息。文献[5]基于贵州地区的主要工业行业,设计了基于电力交易的行业板块指数。文献[6]依托互联网,用“大数据”理念设计了包含一个电力交易主指数和4个分支指数的电力交易指数体系。文献[7]基于广东地区的电力交易数据,提出了一个同时考虑定性定量指标、主观与客观赋权的综合评价方法模型。文献[8]则是从公平性、安全性、经济性和环保性4个维度出发,分层分级地构建了一套完整的电力市场综合评估指标体系。

本文针对北京地区的市场交易变革情况,从政策层面对交易规则改革内容进行对比分析,从数据层面引入市场交易指数对北京地区的交易数据进行算例分析。分析说明,分时段交易规则的开展一方面带动了北京地区的电力交易积极性,推动了北京地区的电力市场发展,另一方面给未引入分时段交易的地区提供了参考,为后续现货交易的开展打下基础。

1 北京地区市场交易改革的政策分析

1.1 我国电力市场现状

截至2021年,国家电网及南方电网经营范围内的各省级电网均已开展中长期电力直接交易。在各地开展中长期电力直接交易过程中,交易电价大多采用一段式,结算采用的分时段价格根据目录电价或者政府指定的固定比例浮动形成,而非通过交易形成,未充分体现电价的时空特性。

根据国家发展和改革委员会发布的8个现货试点省市,现货市场启动时间较早,虽然引入了分时电价政策,但均未在引入现货市场前引入分时段交易。分时段交易作为促进中长期电力交易到现货交易有序过渡的重要举措,在推进我国电力市场发展中起到关键性作用。首都电力交易中心通过引入分时段交易,考虑探索一个具有北京特色的电力市场改革方案,给其他未引入分时段交易的地区提供参考。

1.2 北京地区的电力交易规则改革分析

北京地区电力市场化交易于2018年正式开展,对近4年北京地区的电力交易机制进行汇总,总结出北京地区电力交易规则改革的主要变化,如表1所示。

表1 北京地区交易规则对比

Table 1 Comparison of transaction rules in Beijing

交易规则	2018年—2020年	2021年
交易方式	全年电力直接交易组织采用双边协商的方式	按照年度、月度开展分时段电力中长期交易、交易方式以双边协商、集中竞价为主
偏差结算	偏差电量超5%的部分支付偏差考核电费	偏差电量全部进行偏差结算
不平衡资金	无	产生偏差电量的用户侧市场主体分摊
时段划分	无	尖峰、峰、平、谷4个时段

北京地区的电力市场改革的4点主要变化对应意义如下。

(1) 交易组织多元化。交易品类更加丰富,组织方式由原来单一的双边协商扩展到双边协商、集中竞价。

给市场主体提供更多参与市场交易的选择。保持市场主体的公平,增强不同个体间的竞争。

(2) 偏差电量处理机制更完善。通过市场化方式处理偏差可以促使市场主体更加关注市场变化,合理调控用电需求、实现资源更优配置。

(3) 不平衡资金分摊返还机制的提出。电力市场的不平衡资金越来越成为限制电力市场发展的逆流,其数额之大使其现在不可被忽视,因此要

求必须有相应的分摊政策。

(4) 交易分时段组织。分时段交易能引导电力用户削峰填谷、保障电力系统安全稳定经济运行的一项重要机制安排,利于提升系统整体利用效率、降低社会总体用电成本。

2 基于交易指数的电力市场改革分析方法

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^[9],通过引入交易指数,计算电力市场的改革前后的差异化交易数据,可以更加直观地分析改革带来的影响。

分时段电价政策的改革改变了年度合同交易电价固定且月度电量偏差较大的现状,使得月尺度下的电价和电量差异性越发凸显。同时,考虑到已有的交易指数不能体现分时段电价的特点,本文从已有的交易指数入手,提出了首都交易中心的电力综合指数。

2.1 京电指数

为了描述电力市场的总体状况和长期变化走势,北京电力交易中心提出了“京电指数”^[10]。来反映开展该交易的规模,公式如下

$$I_n = \frac{\text{计算值}}{\text{基准值}} = \frac{\sum_{k=1}^s \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{k,i,j} P_{k,i,j}}{\sum_{k=1}^{s_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 \overline{Q}_{k,i,j} P_{k,i,j}} \times 1000 \quad (1)$$
$$\overline{Q}_{k,i,j} = \frac{Q_{k,j}}{12}$$

式中: $Q_{k,i,j}$ 为报告期第 k 省电力交易中心第 i 月第 j 类市场化交易电量; $\overline{Q}_{k,i,j}$ 为基期第 k 省电力交易中心第 i 月第 j 类市场化交易电量,以月平均电量标示,即第 k 省第 j 类市场年度总电量 $Q_{k,j}$ 除以12; $P_{k,i,j}$ 为报告期第 k 省电力交易中心第 i 月第 j 类市场化交易价格; n 为当前的月份数; m 为报告期市场类型数; s 为报告期开展市场交易的省电力交易中心数; s_0 为基期开展市场交易的省电力交易中心数,暂定为1。

2.2 电力市场综合指数

考虑到京电指数面向交易类型多是省间交易,并且缺少考虑分时段电价因素,以及在进行市场分析时,需要以年为时间尺度的交易数据。本文则聚焦省内交易,同时考虑电价分时因素和市场的滚动开展,提出了“首都电力直接交易指数”、“直接交易用户市场活跃指数”和“零售用户市场活跃指数”3个指数并进行改革分析。

2.2.1 首都电力直接交易指数

电力直接交易指数是描述开展分时段交易后

电力市场规模变动与发展的相对数。用于反馈市场规模大小,将每年电力市场的正常开展的每个月都纳入考量,从而实现电力交易曲线的滚动计算,帮助实现信息披露,帮助主体高效地参与市场交易。其模型可以表示如下

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^{J_i} \sum_{k=1}^K P_{i,j,k} \cdot Q_{i,j,k}}{\sum_{j=1}^{J_i} \sum_{k=1}^K \overline{P}_{i,j,k} \cdot \overline{Q}_{i,j,k}} \quad (2)$$

$$\overline{P}_{i,j,k} = \sum_{t=1}^i \frac{P_{i,j,k}}{t}$$

$$\overline{Q}_{i,j,k} = \sum_{t=1}^i \frac{Q_{i,j,k}}{t}$$

式中: $P_{i,j,k}$ 为交易期第 i 月,第 j 个交易单元在 k 时段的市场交易电量; $\overline{P}_{i,j,k}$ 为交易期前 i 月,第 j 个交易单元在 k 时段的平均市场交易电量; $Q_{i,j,k}$ 为交易期第 i 月,第 j 个交易单元在 k 时段的市场交易价格; $\overline{Q}_{i,j,k}$ 为交易期前 i 月,第 j 个交易单元在 k 时段的平均市场交易价格; J_i 为 i 月的交易单元数量。

2.2.2 直接交易用户市场活跃指数

直接交易用户市场活跃指数可以用于反映北京地区直接交易用户的市场参与情况,从而映射电力市场繁荣情况。其模型表示如下

$$G_i = \frac{x_i \cdot m_i}{X_i \cdot M_i} \quad (3)$$

式中: x_i 为 i 月参与交易的直接交易用户数量; X_i 为当年 i 月准入的直接交易用户数量; m_i 为当年 i 月参与交易的发电企业的数量; M_i 为当年 i 月准入发电企业的数量。

2.2.3 零售用户市场活跃指数

零售用户市场活跃指数可以用于反映参与北京地区电力直接交易的零售用户的市场情况。其模型表示如下

$$g_i = \frac{a_i \cdot b_i \cdot m_i}{A_i \cdot B_i \cdot M_i} \quad (4)$$

式中: a_i 为 i 月参与交易的零售用户数量; A_i 为当年 i 月准入的零售用户数量; b_i 为 i 月参与交易的售电公司数量; B_i 为当年 i 月准入的售电公司数量; m_i 为 i 月参与交易的发电企业数量; M_i 为当年 i 月准入交易的发电企业数量。

2.3 电力需求-价格弹性指数

电力需求-价格弹性则是来度量电力需求对电价的敏感程度的指数,公式如下所示

$$\varepsilon = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} \quad (5)$$

式中: ε 为价格弹性系数; ΔQ 为电量 Q 相对于初始电量 Q_0 的相对增量; ΔP 为电价 P 相对于初始电价

P 的相对增量。

在3段制的峰谷分时电价中,日负荷曲线可以分为3个时段,峰时、平时和谷时,根据不同时间段的交互影响,定义一个3×3阶的矩阵,基于峰谷分时电价的需求价格弹性矩阵 ε_f 即可表示如下

$$\varepsilon_f = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} \end{pmatrix} \quad (6)$$

式中:下标1,2,3分别为峰时、平时、谷时3个时段。

在市场平衡点附近,商品价格与商品交易量,即电价与用电量具有线性相关的关系,峰时、平时、谷时3个时间段的电价与用电量关系式表示如下

$$Q_i = -a_i P_i + b_i \quad (7)$$

式中: $i=1,2,3$, Q_1 、 Q_2 、 Q_3 分别为峰、平、谷时段的用电量; P_1 、 P_2 、 P_3 分别为峰、平、谷时段的电价; a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 、 a_3 、 b_3 分别为峰、平、谷时段线性关系曲线的系数,数值如表2所示。

表2 各时段线性系数

Table 2 Linear coefficient of each period

负荷水平	高峰负荷	平谷负荷	低谷负荷
(a_i, b_i)	(6.5, 6 500)	(5.0, 6 000)	(4.0, 5 800)

在多时段响应条件下,可求得峰谷分时电价的需求价格自弹性系数为

$$\varepsilon_{ii} = \frac{-a_i \times P_i}{-a_i \times P_i + b_i} \quad (8)$$

峰谷分时电价的需求价格交叉弹性系数为

$$\varepsilon_{ij} = \frac{-a_j \times P_j}{-a_i \times P_i + b_i} \quad (9)$$

3 北京地区市场交易改革的数据分析

本节从提出的交易指数和已有的价格弹性指数入手,对首都交易中心规则变化前后的数据进行改革分析。由于2020年疫情,前半年未开展市场交易,而后半年仅有部分用户参与市场交易。因此选取2019年和2021年的市场交易数据进行分析。

3.1 改革前首都直接交易指数和京电指数对比分析

图1为2019年北京地区的京电指数和首都电力直接交易指数曲线。在计算当月的数据时,京电指数公式分母为定值,其曲线走势受到当月交易情况影响较大,因此在9月和10月出现迅速攀升和下降。而首都电力交易指数公式分母是对已经完成交易的几个月的数据进行加权,因此其曲线变的更加平滑。两支曲线在描绘改革前的市场情况时,均呈现出稳定上升态势,反映出北京地区电力市场发展,同时验证了在面对直接交易首都直接交易指数

的合理性,能够反映市场走势。

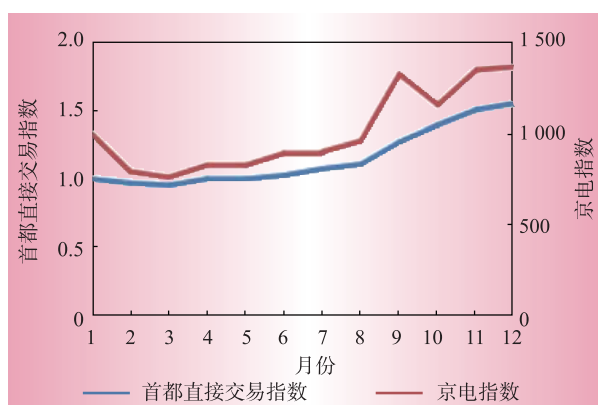


图1 首都电力直接交易指数和京电指数对比

Fig. 1 Comparison of electric power index and capital electric power direct trading index

3.2 改革前后首都直接交易指数算例分析

图2为北京地区总体电力直接交易指数曲线。2021年前3个月的交易指数数值比19年同期低,而后3个月的数值较19年同期高,且后续呈持续上升趋势。

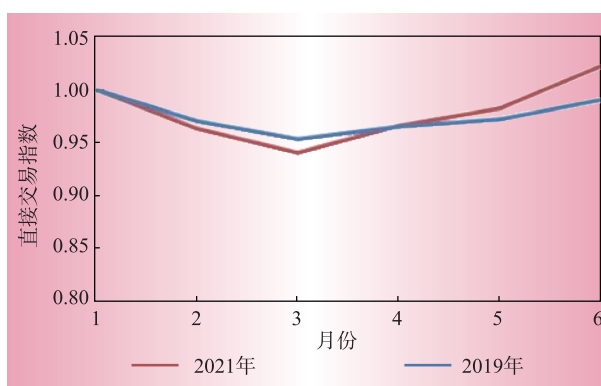


图2 首都电力直接交易指数

Fig. 2 Capital electric power direct trading index

结合实际市场分析曲线走势:2021年前3个月,受到疫情波动影响和受区外电厂竞拍策略制约,导致交易指数低于2019年同期。2021年后3个月,首都交易中心本着交易公平,进行信息披露,整体成交电价水平有所上涨,导致交易指数高于19年且呈上涨趋势。

图3为直接交易用户和零售用户的直接交易指数,2021年直接交易用户直接交易指数持续低于2019年同期,2021年零售用户前3个月交易指数与基本改革前持平,后3个月数值高于直接交易指数且优势持续扩大。

电力直接交易用户的用户数量较少,个体交易电量较大,在面对偏差考核更加严厉的新交易规则时,电量竞标较为保守,导致直接交易用户的交易积极性低于规则改革前。而零售用户的数量较多,个体交易量较小,在面对新的交易规则时,零售用

户用电选择更为多样和灵活,故体现出较高的参与市场的积极性。

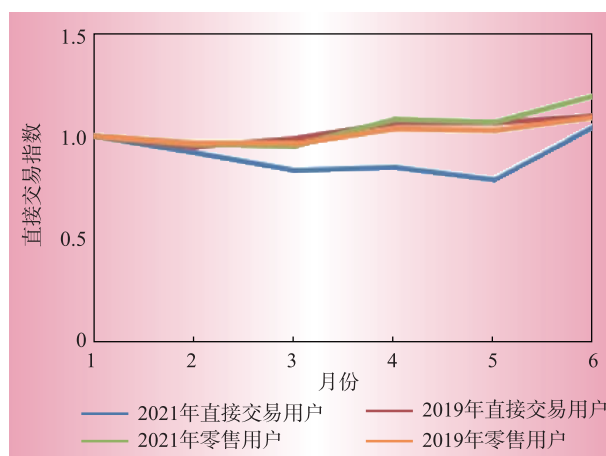


图3 直接交易用户和零售用户电力交易指数

Fig. 3 Direct trading user and retail electricity trading index

选取两位参加2021年直接交易的用户,其中用户1交易规模较小,用户2交易规模较大,计算其首都电力直接交易指数如图4所示。由于谷时段现阶段暂未交易,目前只有尖峰、高峰和平3个时段,一月到二月,尖峰时段指数呈下降趋势,高峰和平时段的指数略有上升,二月到六月,尖峰时刻指数持续下降,但降幅逐步缩小,高峰和平时段的指数基本稳定。

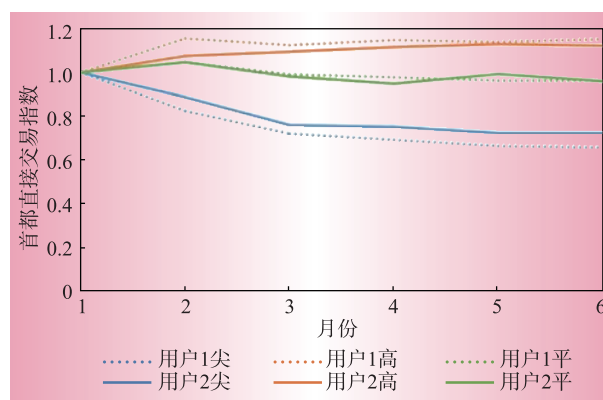


图4 直接交易用户首都电力直接交易指数

Fig. 4 Direct trading index for direct trading user

在引入分时段交易后,电价因时段有较大差异,针对该直接交易用户,其尖峰时段的电价近乎高峰时段的2倍,为平时段的4倍,为获得更大的经济效益,用户会适量降低尖峰时段的用电量,增加高峰和平时段的用电量,体现在尖峰时段指数持续下降,而高峰和平时段指数略有上升后基本保持平稳。

针对不同用户的交易指数,在尖峰时段,用户2较用户1下降得少,在高峰时段,用户2较用户1上得的少,而在平时段,两个用户的指数基本持平,说明

不同交易规模的用户受到分时段交易影响也不同。

北京地区电力交易规则改革后,总体交易的趋势呈上涨趋势。针对不同的用户类型,零售用户的交易积极性提升明显,但直接交易用户的交易积极性略有下降。说明直接交易用户更加适合中长期的合同交易,而零售用户更能适应分时段交易规则,这为工商业用户市场化奠定了一定的基础。针对不同的时段,尖峰时段的交易量略有削减,而高峰和平时段的交易量略有增加后保持稳定。说明分时段交易的引入在保证用户用电的前提下减少了用户的用电费,并且起到一定削峰填谷的作用。此外,针对不同用户亦可进行直接交易指数进行分析,通过比较用户的曲线走势,结合用户本身需求针对不同时段制定购用电计划,使市场交易更加精细化。

3.3 改革前后市场活跃指数算例分析

图5为直接交易用户和零售用户的市场活跃度曲线。改革前零售用户活跃度指数略高于直接交易用户,曲线波动上升,改革后零售用户与直接交易用户的差距进一步扩大,表明新政策更能激发零售用户的市场参与度。

自2021年改革后,直接交易用户市场活跃指数曲线和零售用户市场活跃度曲线都表现为先迅速上升,在达到峰值后逐渐下降,且2021年的活跃指数均值大于2019年。分析曲线变化的原因,改革后,参加交易的市场主体数量上升,2021年的曲线先增占准入主体的比例上升,但是由于市场竞争日益激烈,区外电厂在竞价时有较大优势,区内电厂参与市场交易的数量日益减少,而在后期有所下降。

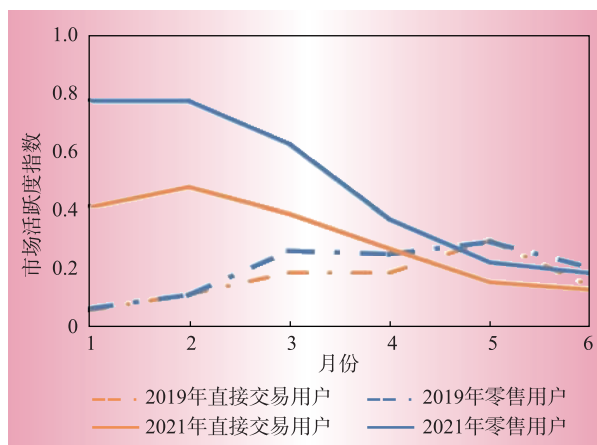


图5 直接交易用户和零售用户市场活跃度指数

Fig. 5 Direct trading user and retail market activity index

3.4 价格弹性指数

对北京地区2019年4个月的交易情况进行汇总,从样本中随机选取3个直接交易用户4个月的负荷和电价如表3和表4所示。

表3 各用户负荷情况

Table 3 Load of each user

MW			
月份	用户a	用户b	用户c
1	3 157.1	832.970	8 941.20
2	3 055.6	606.613	8 770.92
3	3 060.8	418.595	7 966.80
4	3 467.2	487.305	8 838.96

表4 各用户电价情况

Table 4 Electricity price of each user

元/MWh			
月份	用户a	用户b	用户c
1	326.88	326.88	320
2	326.88	326.88	320
3	326.88	326.88	320
4	326.88	326.88	320

由表3和表4可知,对于确定的用户,当其用电量随时间变化时,每月电价并无波动。根据电力需求-价格弹性指数的定义,电力需求对电价的敏感程度为零,即改革前北京地区的价格弹性为零,市场属于完全缺乏弹性状态。

对北京地区某售电公司2021年4个月的交易情况的进行汇总,其中4个月中各用户的负荷和电价如表5和表6所示。

表5 各时段负荷

Table 5 Load in each period

MW			
月份	高峰	平段	谷段
1	3 019	1 865	1 615
2	1 248	1 164	699
3	919	857	366
4	1 195	1 089	389

表6 各时段电价

Table 6 Electricity price in each period

元/MWh			
月份	高峰	平段	谷段
1	290.35	276.06	128.14
2	236.44	238.70	137.58
3	279.78	261.00	129.95
4	399.21	298.95	134.22

根据价格弹性公式及数据,可计算出4个月的弹性矩阵。

$$E_{j1} = \begin{bmatrix} -0.41 & 0.30 & 0.11 \\ 0.41 & -0.30 & 0.11 \\ 0.36 & 0.26 & -0.10 \end{bmatrix} E_{j2} = \begin{bmatrix} -0.31 & 0.24 & 0.11 \\ 0.11 & -0.25 & 0.11 \\ 0.29 & 0.23 & -0.10 \end{bmatrix}$$

$$E_{j3} = \begin{bmatrix} -0.39 & 0.28 & 0.11 \\ 0.39 & -0.28 & 0.11 \\ 0.34 & 0.25 & -0.10 \end{bmatrix} E_{j4} = \begin{bmatrix} -0.66 & 0.38 & 0.14 \\ 0.58 & -0.38 & 0.12 \\ 0.49 & 0.28 & -0.10 \end{bmatrix}$$

将改革前后的弹性指数情况进行对比,对比结果如表7所示,电价需求弹性从无到有,证明分时电价政策有效推进了北京地区的市场化进程。

表7 改革前后价格弹性对比

Table 7 Price elasticity before and after the reform

指数	改革前	改革后
价格弹性指数	$ E =0$	$0< E <1$
价格弹性指数分析	此时,价格和需求之间没有关系,需求的变化不会引起价格的波动	需求缺乏弹性,此时价格波动时,会影响需求的变化

4 结束语

本文在首都交易中心市场交易规则的关键变更时间节点,针对交易规则改革的具体内容,从政策和数据两个角度进行分析。

通过政策对比分析,北京地区的交易规则改革可以总结为以下3点:首先交易方式多元化、偏差结算更严格、引入分时段交易和不平衡资金的分摊;其次,根据北京电力交易特点,提出了用于评价北京地区电力交易的市场交易指数;最后,对北京地区的整体交易情况进行算例分析,分析结果验证了指数的合理性,表明北京地区新的电力交易规则促进了用户的交易意愿,并在一定程度上加强了主体间的竞争。从整体的交易数据对比看,分时段交易规则的引入带动了北京的电力交易积极性,推动了北京地区的电力市场发展。D

参考文献:

- [1] 尹逊虎,丁一,惠红勋,等. 初期现货市场下考虑用户响应行为的需求响应机制设计[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(23): 94-103.
YIN Xunhu, DING Yi, HUI Hongxun, et al. Design of demand response mechanism considering response behaviors of customers in initial electricity spot market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2021, 45(23): 94-103.
- [2] 冯昌森,谢方锐,文福拴,等. 基于智能合约的绿证和碳联合交易市场的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(23): 1-11.
FENG Changsen, XIE Fangrui, WEN Fushuan, et al. Design and implementation of joint trading market for green power certificate and carbon based on smart contract [J]. Automation of Electric Power Systems, 2021, 45(23): 1-11.
- [3] 贺柱,柴良明,吴楚,等. 基于数据驱动和深度强化学习的孤岛多风柴电压控制研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021, 42(4): 1-7.
HE Zhu, CHAI Liangming, WU Chu, et al. Study on voltage control of isolated island multi-winds diesel hybrid system based on data-driven and deep reinforcement learning method [J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2021, 42(4): 1-7.
- [4] 龚萍,罗舒琦,张远欣,等. 综合能源系统的技术评价指标体系[J]. 电器与能效管理技术, 2021, (12): 28-33.
GONG Ping, LUO Shuqi, ZHANG Yuanxin, et al. Technical evaluation index system for integrated energy system [J]. Electrical & Energy Management Technology, 2021, (12): 28-33.
- [5] 甘凌霄,胡吟,邓钧文,等. 基于电力交易的大工业板块指数的设计及模拟仿真[J]. 电力大数据, 2019, 22(12): 74-79.
GAN Lingxiao, HU Yin, DENG Junwen, et al. Design and simulation of large industrial sector index based on power exchange [J]. Power Systems And Big Data, 2019, 22(12): 74-79.
- [6] 黄康乾. 广东电力交易大数据指标体系设计与应用研究[D]. 广州:广东工业大学, 2020.
HUANG Kangqian. Research on design and application of big data and quantitative standard of Guangdong electricity power market exchanging [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2020.
- [7] 施建华,荆朝霞,陈达鹏. 广东电力市场评价指标与方法模型研究[J]. 广东电力, 2020, 33(8): 111-119.
SHI Jianhua, JING Zhaoxia, CHEN Dapeng. Research on evaluation indexes and method model of Guangdong power market [J]. Guangdong Electric Power, 2020, 33(8): 111-119.
- [8] 史普鑫,史沛然,王佩雯,等. 华北区域电力调峰辅助服务市场分析与运行评估[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(20): 175-184.
SHI Puxin, SHI Peiran, WANG Peiwen, et al. Analysis and operation evaluation of power peak-shaving ancillary service market in north China [J]. Automation of Electric Power Systems, 2021, 45(20): 175-184.
- [9] 刘德旭,王靖,马光文,等. 电力市场中的市场力评估研究现状及趋势[J]. 电力需求侧管理, 2021, 23(6): 47-51.
LIU Dexu, WANG Jing, MA Guangwen, et al. Development status and trends of market power evaluation in electricity market [J]. Power Demand Side Management, 2021, 23(6): 47-51.
- [10] 史连军,庞博,刘敦楠,等. 新电改下北京电力交易中心电力市场综合指数的交易分析[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(6): 163-170.
SHI Lianjun, PANG Bo, LIU Dunnan, et al. Power market transaction analysis of index of Beijing electric power exchange center under new electricity reform [J]. Automation of Electric Power Systems, 2019, 43(6): 163-170.

作者简介:

程晓春(1970),男,辽宁丹东人,高级工程师,研究方向为电力市场,电力交易;

苏娟(1980),女,黑龙江哈尔滨人,博士,副教授,研究方向为电力需求侧管理和电力市场。

(责任编辑 于丽芳)