

电力中长期交易中的合同电量偏差考核机制

陈中元¹, 林哲敏¹, 何川¹, 钱寒晗¹, 张智², 林振智², 文福拴²

(1. 安徽电力交易中心有限公司, 安徽 合肥 230061; 2. 浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:在电力现货市场建立之前, 中国的电力中长期市场仍为纯电量交易, 合理设计合同电量的偏差处理与结算方式有利于电力中长期交易向现货市场的平稳过渡。在此背景下, 研究电力中长期交易合同电量的偏差考核机制。针对电力中长期交易基本规则中的典型偏差考核机制进行分析, 提出适用于当前市场环境的发电侧偏差处理方法; 从全电量交易和合同执行能力 2 个方面分析市场主体的偏差电量考核风险, 在此基础上设计面向用户非全电量交易的固定比例全电量偏差电量结算方式, 并进一步提出分阶段的用户侧偏差考核机制。采用以国内某省偏差考核实际数据为基础所构建的算例, 验证所提出的偏差考核机制在中长期电力市场中的有效性。

关键词:电力市场; 中长期交易; 偏差考核; 分阶段考核; 固定比例全电量

DOI:10.19781/j.issn.1673-9140.2020.01.004 中图分类号:TM9 文章编号:1673-9140(2020)01-0031-09

An assessment mechanism for contract energy deviation in a medium-and long-term electricity market

CHEN Zhongyuan¹, LIN Zhemin¹, HE Chuan¹, QIAN Hanhan¹, ZHANG Zhi²,
LIN Zhenzhi², WEN Fushuan²

(1. Anhui Power Exchange Center Company Limited, Hefei 230061, China;
2. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Before the spot electricity market is established, electrical energy is traded through forward contracts in the current medium and long-term electricity market in China. A reasonable balancing and settlement mechanism for electrical energy deviation is conducive to the smooth transition from the medium-and long-term electricity market to the spot market. Given this background, an assessment mechanism is presented for contract energy deviation in a medium-and long-term electricity market. First, the deviation settlement mechanism of the basic rules for the medium-and long-term electricity market is examined, and a generation-side deviation balancing mechanism suitable for the current electricity market environment proposed. Then, considering the differences of the market-oriented electricity proportion and the differences in the capabilities of various users in controlling contract deviations, the risk of the electrical energy deviation penalty imposed on demand customers is analyzed. A fixed-ratio energy deviation settlement method is next designed for non-total electrical energy transaction, and a staged assessment mechanism of demand-side energy deviation proposed. Simulations based on actual deviation assessment data from a provincial electricity market in

China show that the proposed energy deviation assessment mechanism is effective in the medium-and long-term electricity market.

Key words: electricity market; medium-and long-term transactions; energy deviation assessment; staged assessment; fixed ratio of traded energy

自2015年新一轮电力市场化改革以来,国内各省市陆续成立电力交易机构和各类性质售电公司,组织开展了包括双边协商、竞价、挂牌等多样化的省级电力交易^[1],以广东、浙江为代表的第一批8个电力现货市场试点也进入试运行阶段。在现货市场体系建立前,中国电力市场交易将长期表现为合同电量的中长期交易,交易双方仅约定某一时间周期内的交割电量,由调度机构根据发电企业总合同电量安排发电出力。当市场任一发用电主体在电量合同执行过程中出现电量偏差,调度机构需要调整其他发电企业的出力计划以实现系统整体的发用电量平衡。偏差电量调整需要保证调整方式的经济性与偏差结算的公平性,使之成为中国电力中长期交易中的关键问题。

2016年以来,广东、江苏、山东等省份结合《电力中长期交易基本规则(暂行)》(以下简称《基本规则》)^[2]的指导意见出台了各省电力中长期交易市场的规则。偏差电量考核作为市场交易规则的关键组成部分,对合同偏差电量的处理与结算方式进行了规定。其中,广东电力市场(现货市场试运行前)采用按比例调整的方式处理需求侧偏差电量^[3],实现了发用电两侧结算解耦;江苏中长期交易提出采用阶梯电价的方式考核电力用户合同执行偏差^[4],在偏差电量处理上仍实行非市场化的基数电量滚动方式;山东通过机组预挂牌报价的方式对上月合同偏差电量进行统一出清,对机组当月发电计划进行修正并优先结算调整电量,基数电量仍按月滚动^[5]。国外典型电力市场如美国PJM和德州电力市场,通过日前、实时市场逐级细化的方式,按现货市场价格结算远期合同偏差电量^[6-7];英国则建立了电力平衡机制(balancing mechanism, BM),采用按报价付费(pay-as-bid pricing)的方式对提供发用电曲线调整的平衡单元进行补偿^[8]。

当前,国内关于偏差电量的理论研究主要集中于跨省区电力交易偏差电量结算方面,文献^[9]考虑

跨省区交易偏差电量的实时属性,提出采用虚拟分时电价结算跨省区电力交易偏差电量;文献^[10]针对中国特高压跨区大电网的经营体系和交易现状,采用计划值比例分摊法处理跨区电网输电交易的偏差电量;文献^[11]设计了一种计及偏差电量分解的跨省跨区多个购电主体的电能交易结算方法;文献^[12]提出了一种基于频率平均偏差的跨省区交易偏差电量责任认定模型,设计了相应的偏差电量惩罚电价,实现了合同电量与偏差电量的差异化定价与分开结算。此外,基于电力中长期交易偏差考核规则,文献^[13]提出售电公司可通过捆绑负荷参与竞价、与用户签订可中断负荷合同等多种方式减少偏差电量考核费用;文献^[14]将可中断负荷与售电公司电量互保策略相结合,提出了售电公司两阶段日前购电决策模型,在偏差考核机制下最大化售电公司收益;文献^[15]基于JADE(Java Agent Development Framework)框架多代理仿真系统对国内月度集中竞价市场相关规则进行仿真,指出偏差考核规则在一定程度上影响了售电公司的市场报价策略,进而抬高了市场出清价格。以上工作大多强调了偏差考核机制下市场主体的经营策略,对合同偏差电量考核规则本身的研究较少。

中国基数电量与市场电量共存的格局在短期内不会改变^[16],对发电侧机组执行偏差,可通过基数电量进行兜底;对用电侧,偏差电量考核将在很大程度上影响售电公司/大用户的市场交易策略。一方面,作为引导中长期电量交易向现货市场过渡的核心手段,偏差电量考核有利于淘汰落后的单纯电力“中介”,在开放的电力零售市场中促使售电公司强化用户培育、提高负荷预测水平,增强其业务竞争和把握市场机会的能力^[17],以适应未来现货市场的多重风险;另一方面,严格的偏差结算机制则可能导致售电公司面临亏损风险、甚至退出市场,不利于电力零售市场发展。因此,制定合理的电力中长期交易合同电量的偏差考核机制尤为重要。

对此,该文首先梳理了国内各省市电力中长期交易规则,对典型偏差电量处理与结算方式进行了对比分析,在此基础上提出了适用于当前市场环境的发电侧偏差电量处理方案;考虑到中国市场电比例逐步放开的特点,设计了用户侧固定比例全电量的偏差结算方式,并以用户全电量参与市场交易为切入点,提出了需求侧分阶段的偏差电量考核机制。以国内某省月度市场交易数据构建算例,验证了该分阶段偏差考核机制的有效性。

1 偏差电量处理方式分析与建议

1.1 偏差电量处理方式

偏差电量处理方式是指当市场发用电主体出现合同执行偏差时,调度机构在发电侧对偏差电量所采取的平衡方式。根据《基本规则》,现阶段中国电力中长期交易合同偏差处理主要包括基数电量滚动调整、偏差电量等比例调整及机组预挂牌月(日)平衡等,该文将结合国内各省份偏差电量处理的具体规则对上述偏差处理方式分别介绍。

1) 基数电量滚动调整。该调整方式的实质是市场电量优先结算,计划电量滚动调整进行兜底,偏差责任由合同交易双方自行承担。由于没有明显的发电侧偏差电量调整过程,因此基数电量滚动调整方式与现行系统调度方式无明显区别,机制衔接较为紧密。2016 年以前,大多数省份的直接交易采用该平衡机制,如黑龙江、安徽及蒙东地区等。随着中国各省计划电量的不断放开,可兜底基数电量将愈发不足,需要配套开展事后合同电量转让交易,弥补计划电量的执行偏差,因此该方式仅适用于发电计划放开比例较低的地区。

2) 等比例调整。电力调度机构按照“公平、公正、公开”原则,每日跟踪各发电企业总合同执行率,以同类型机组总合同执行率基本相当为目标,安排次日发电计划;用户承担超用、少用偏差责任并且支付偏差考核费用,偏差考核费用按照发电企业电量或者电费比例返还给发电企业^[2]。广东、甘肃电力中长期交易市场均采用了该偏差处理方式。其中,广东将用户偏差电量按照机组市场合同电量比例分摊并重新核定机组结算基准电量;甘肃省采用等比

例滚动调整方式,即以同类型机组总合同执行率基本一致为目标安排发电计划,将发电机组当月产生的合同电量偏差在次月或年内其他后续月份滚动平衡,对平衡电量进行年度清算^[18]。

与滚动调整方式相比,等比例调整方式实现了发用电侧合同偏差电量的结算解耦,简化了结算流程。然而,由于等比例调整仍是非市场化的偏差处理方式,发用两侧结算解耦也可能损害一部分与优质用户签订合同的电厂的利益。

3) 预挂牌月(日)平衡。在月度集中竞价市场后,由市场成员进行上调、下调的报价,实际调度运行中调度机构根据预挂牌价格进行调度,按照调整成本最小的原则选择提供平衡服务的市场成员。在该模式下,机组优先发电、基数电量合同原则上应优先结算,调整偏差所引起的成本由市场偏差责任主体承担。预挂牌平衡偏差的方式与英国按报价结算的平衡机制相类似,区别在于预挂牌月平衡方式的交易周期更长,且市场成员上调、下调的报价基于调整的电量而非电力。湖南、山东电力中长期交易采用预挂牌的方式处理偏差电量。其中,湖南电力中长期交易规则对《基本规则》中的预挂牌月平衡方式进行了细化,并提出将部分考核盈余资金纳入平衡账户,作为后续月度平衡和特殊情况处理的资金来源^[19];山东省中长期交易规则中的预挂牌偏差处理方式实质是预挂牌平衡偏差与基数电量滚动调整相结合的方式,将用户上月实际合同偏差电量按机组预挂牌价格排序分解,作为机组月度调整电量累加至次月合同电量并优先结算、当月结清,机组其余电量可在后续月份滚动调整。

与基数电量滚动、等比例调整等方式相比,预挂牌平衡属于市场化的偏差电量处理方式,考虑了发电企业参与市场平衡的主观意愿,通过发电机组报价形成了统一的、独立的偏差结算价格,实现了电厂和用户的结算解耦。然而,预挂牌方式也在一定程度上改变了电力调度机构的调度管理习惯,使其任务更加繁重,指令执行难度较大,需要匹配相应的技术支持系统。

1.2 偏差处理方式建议

基于中国当前基数电量与市场电量共存的市场格局,同时结合各省电力市场交易规则,该文提议采

用预挂牌平衡偏差与滚动/等比例调整相结合的方式处理电力中长期交易中的合同偏差电量。

具体来看,“预挂牌平衡偏差+滚动调整”模式对用户月度合同偏差电量采用市场化的预挂牌方式处理,机组中标电量可作为调整电量累加至次月发电计划并优先结算,发电侧基数电量和优先发电电量仍采用滚动调整方式,对发电侧暂不实行偏差考核。“预挂牌平衡偏差+等比例调整”模式对用户侧偏差电量进行预挂牌出清,按出清结果修正中标机组的次月发电计划,以同类型机组总合同执行率基本相当为目标安排每日发电计划,可对发电机组每日发电计划的执行偏差进行考核。

与《基本规则》提出的预挂牌月平衡方式相比,推荐的2种偏差处理方式均为事后挂牌平衡,当月用户侧偏差电量的预挂牌出清结果将在次月滚动执行,从而与现有调度方式实现有效衔接,对技术支持系统改造要求低,有助于市场化的预挂牌平衡偏差方式落地试行。

2 偏差电量结算方式设计

2.1 偏差电量结算方式

偏差电量结算方式是指电力交易中心对市场主体的合同偏差电量采取的具有考核色彩的结算方式。该文后续提出的偏差结算方式特指对电力用户合同偏差电量的结算,发电侧电量结算受到基数电量及偏差处理方式影响,在该文中暂不讨论。

根据《基本规则》,现阶段中国各省份偏差考核机制主要包括按预挂牌价格结算、按集中竞价价差结算、按固定电价百分比结算3种。其中,山东省中长期交易规则提出用户全电量参与市场,按预挂牌价格考核偏差电量。电力用户或售电企业实际用电量超过其合同电量时,按合同加权平均购电价结算实际用电量,对阈值(+6%)外正偏差电量按合同加权平均价的5%考核;超过负偏差阈值(-2%)的偏差电量按下调服务补偿价考核;偏差考核费用盈余或缺额部分由所有参与市场的发电机组按上网电量比重返还或分摊。电力用户合同电量偏差考核费用可表示为

$$C_p = \begin{cases} (\Delta Q - 6\%Q_c) \times 5\%P_{c,av} & \Delta Q \geq 6\%Q_c \\ (-2\%Q_c - \Delta Q) \times P_{ad} & \Delta Q \leq -2\%Q_c \end{cases} \quad (1)$$

$$\Delta Q = Q - Q_c \quad (2)$$

式中 C_p 表示用户偏差考核费用; Q 表示用户实际用电量; ΔQ 表示合同偏差电量; Q_c 和 $P_{c,av}$ 分别表示用户的市场总合同电量和合同加权平均价, P_{ad} 为单位下调服务电量补偿价。

广东省通过等比例调整方式处理合同偏差,电力大用户和售电公司的允许偏差范围为 $\pm 4\%$,在阈值外的偏差电量按照2倍的月度集中竞价交易成交价差绝对值进行考核,偏差考核费用可表示为

$$C_p = \begin{cases} (\Delta Q - 4\%Q_c) \times 2 \times |P_d|, \Delta Q \geq 4\%Q_c \\ (-4\%Q_c - \Delta Q) \times 2 \times |P_d|, \Delta Q \leq -4\%Q_c \end{cases} \quad (3)$$

式中 P_d 为月度集中竞价市场价差。

江苏省电力中长期交易在固定电价百分比基础上制定了阶梯式的偏差电量考核价格,按照市场化合同加权平均价结算正偏差电量;正、负偏差超出3%部分按照燃煤机组标杆电价的10%征收偏差调整费用;正偏差超过10%部分,按燃煤机组标杆电价的20%征收偏差调整费用:

$$C_p = \begin{cases} (-3\%Q_c - \Delta Q) \times 10\%P_b, \Delta Q \leq -3\%Q_c \\ (\Delta Q - 3\%Q_c) \times 10\%P_b, 3\%Q_c \leq \Delta Q \leq 10\%Q_c \\ \left\{ \begin{array}{l} 10\%Q_c \times 10\%P_b + (\Delta Q - 10\%Q_c) \times 20\%P_b, \\ \Delta Q \geq 10\%Q_c \end{array} \right. \end{cases} \quad (4)$$

式中 P_b 为燃煤机组上网标杆电价。

从各省中长期市场交易规则来看,偏差处理机制与偏差结算方式在逻辑上相互对应;采用预挂牌方式处理电量偏差时,对用户侧偏差电量采用上下调服务加权平均价的形式进行考核;滚动/等比例调整方式下,没有不平衡服务报价,各省市通常采用月度竞价价差或燃煤标杆电价进行偏差结算。此外,在当前发电量充足情况下,各省偏差考核机制在一定程度上均强化了负偏差的惩罚力度,如山东电力中长期交易规则设定了差异性的正、负偏差考核阈

值范围,广东市场中电力用户的负偏差电量不享受价差优惠,山西市场中的正偏差电量则不纳入偏差考核。

2.2 需求侧偏差考核现状分析

合同电量偏差考核费用直接影响用户参与市场的积极性。在大用户直购电等非全电量市场模式下,双边交易价格走高时,用户可以选择按目录电价向电网企业购电,实现无风险获利。在电力中长期交易模式下,《基本规则》要求用户全电量进入市场,同时取消目录电价,用户实际用电量超出合同电量部分(即正偏差)不再由目录电价兜底,受考核风险增大。以安徽省非全电量直接交易为例,2017 年安徽直接交易市场共考核负偏差市场主体 5 家,总偏差电量 0.41 亿 kW·h,产生违约金 47.1 万元^[20]。相比之下,广东电力中长期交易要求用户全电量参与竞价,对市场主体的正、负偏差电量均进行考核,仅 2017 年 11 月,广东电力市场需求侧总偏差电量达 4.1 亿 kW·h,考核费用 1 600 万元,22 家售电公司亏损^[21]。该月广东电力市场需求侧偏差分布情况如表 1 所示。

表 1 广东省 2017 年 11 月需求侧偏差分布情况

Table 1 Distribution of demand side deviation in Guangdong Province in November 2017

偏差率/ %	需求侧企业 个数	总用电量/ 亿 kW·h	平均用电量/ 亿 kW·h
<2	31	26.89	0.87
2~5	39	56.38	1.45
5~10	43	21.09	0.49
10~15	11	2.63	0.24
>15	16	0.20	0.01

由表 1 可以看出,广东该月合同偏差达 10% 以上的需求侧企业个数占总数的 19.3%,而总用电量占比不足 3%。显然,小规模售电公司或用户的负荷预测与控制能力相对较差,面临偏差考核风险更大。对售电公司而言,虽然单个电力用户的偏差率可能较大而且分散,但只要代理的用户数量足够多,整体偏差率仍然可控。在国内偏差电量按合同电量百分比考核的市场交易规则下,售电公司规模越小、代理用户越少,其负荷预测与抵御考核风险的能力就越差;相比之下,大规模售电公司在应对偏差考核方面则具有天然优势。此外,需求侧主体的合同执

行结果还受到外部环境影响。如图 1 所示,2017 至 2018 年间,受年底节假日等因素的影响,广东省电力市场主体负荷控制难度增加,偏差率呈现明显的翘尾现象^[22]。

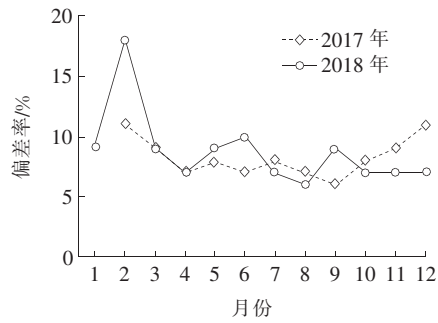


图 1 广东电力市场需求侧偏差率

Figure 1 Demand side deviation rate of Guangdong electricity market

2.3 固定比例全电量的偏差结算方式

为了实现非全电量直接交易与全电量中长期交易市场的有效衔接,同时避免需求侧主体进入全电量市场后偏差考核成本激增,该文提出固定比例全电量的偏差结算方式。固定比例全电量方式是指,年度/月度市场交易开始前,电力交易中心根据本省市场电量开放比例事先约定用户实际用电量中市场电的固定比例 α ; 用户根据自身负荷预测结果以及市场电固定比例参与双边协商和集中竞价市场进行购电。结算时,按比例 α 计算用户市场实际完成电量,作为偏差考核结算基准;按照市场合同加权平均价结算用户正偏差电量,并对阈值外($\pm 4%$)偏差电量按照 2 倍的月度集中竞争交易成交价差绝对值进行考核。固定比例全电量模式下,用户侧偏差考核成本可表示为

$$C_p = \begin{cases} (\Delta Q_a - 4\%Q_c) \times 2 \times |P_d|, & \Delta Q_a \geq 4\%Q_c \\ (-4\%Q_c - \Delta Q_a) \times 2 \times |P_d|, & \Delta Q_a \leq -4\%Q_c \\ \Delta Q_a = \alpha Q - Q_c & \end{cases} \quad (5)$$

$$\Delta Q_a = \alpha Q - Q_c \quad (6)$$

式中 ΔQ_a 表示市场电固定比例为 α 时的合同偏差电量。相比非全电量双边交易模式下的无风险获利,固定比例全电量偏差结算方式实现了对非全电量参与市场交易的电力用户的正偏差考核,促使售电公司/大用户提高自身负荷预测精度以降低偏差考核成本。

3 分阶段偏差考核机制设计

电力用户偏差考核费用除受到市场模式的影响外,还受到偏差考核阈值和偏差结算方式的影响。广东电力市场为降低市场主体交易成本,自2019年1月起将偏差考核阈值 $\pm 2\%$ 上调至 $\pm 4\%$;重庆电力市场则希望通过豁免偏差考核的方式抵消偏差考核阈值由 $\pm 5\%$ 下调为 $\pm 3\%$ 带来的市场不利影响。为避免电力用户由于市场环境和偏差考核规则变化出现考核费用大幅提高、参与市场积极性下降甚至退出市场的情况,本文提出面向电力中长期交易的用户侧分阶段偏差考核机制,如表2所示。实际上,“分阶段”思想在工程建设^[23]、金融投资^[24]、教学考核^[25]等方面已得到广泛应用。将一次性考核转变为分阶段考核被认为能够更有效的实现行为干预^[26],有利于引导需求侧主体提高自身负荷预测和控制能力。

表2 分阶段的偏差电量考核机制设计

Table 2 Design of a staged deviation assessment mechanism

阶段	市场模式	偏差处理	考核阈值	偏差结算
A 阶段	非全电量直接交易	基数电量滚动	$\pm 4\%$	2 倍价差
B1 期			$\pm 4\%$	1 倍价差
B 阶段 B2 期	全电量中长期市场	等比例调整/滚动调整	$\pm 4\%$	2 倍价差
B3 期			$\pm 2\%$	2 倍价差
C 阶段	全电量中长期市场	预挂牌平衡	$-2\%, 0$	按挂牌价格结算

其中,在非全电量直接交易模式下(A阶段),需求侧主体的正、负偏差采用“固定比例全电量”方式结算。全电量中长期交易市场按偏差电量处理方式进一步划分为两个阶段:滚动/等比例调整阶段(B阶段)和预挂牌月平衡阶段(C阶段)。其中,B阶段按偏差考核力度与阈值细分为3个时期:B1期旨在帮助市场主体适应全电量交易规则、规范自身的用电行为,用户正偏差电量以合同加权平均价结算电量电费,对阈值范围外的偏差电量可设定较为宽松的考核阈值与考核力度,实现与非全电量直接交易(A阶段)的平稳过渡;通过提高考核力度(B2期)或收窄考核阈值(B3期),可进一步要求市场主体提升

自身负荷预测能力,逐步淘汰经营不善的售电企业,同时促使负荷预测精度不高的电力用户选择售电公司来提高风险规避和议价能力。随着中长期交易市场发展,可适时引入预挂牌等市场化偏差处理机制(C阶段),按上下调服务报价支付考核费用,通过价格信号反映市场供需关系,引导电力资源的优化配置。

4 算例分析

以广东全电量中长期交易偏差考核结果为基础进行算例分析。需求侧偏差分布情况如表1所示,假定用户实际用电偏差在偏差区间内均匀分布;月度集中竞价交易价差为 -46.4 厘/kWh;预挂牌上、下调服务加权平均价差分别为 20 厘/kWh和 100 厘/kWh,预挂牌方式下用户的正偏差电量考核费用按上调服务加权平均价与月度集中竞价交易价差绝对值的和计算。各阶段月度合同偏差考核结果如表3所示。

表3 月度合同偏差考核结果

Table 3 Monthly contract deviation assessment results

阶段	时期	受考核主体数	偏差考核费用/万元
	$\alpha=0.3$	83	294.89
A 阶段	$\alpha=0.4$	83	416.03
	$\alpha=0.5$	82	506.24
	B1	82	535.13
B 阶段	B2	82	986.81
	B3	109	2046.95
C 阶段	—	127	2 547.43

从表3可以看出:

①非全电量直接交易 A 阶段采用固定比例全电量考核的方式,在相同的考核阈值下,需求侧主体月度偏差考核费用与市场电固定比例 α 成正比; α 越大,市场越接近全电量交易,用户偏差考核费用越高。可通过逐步放开市场电比例,引导用户适应全电量参与市场交易下的偏差考核风险;当市场电比例放开至 50% 时,可考虑进入全电量市场交易模式。

②用户全电量进入市场交易后,直接采用较为严格的偏差考核阈值与考核力度,或采用机组预挂

牌报价的方式平衡偏差,市场主体偏差考核费用将较非全电量直接交易时期大幅度提高,即由 A 阶段($\alpha=0.5$)506.24 万元提升至 2 046.95 万元(B3 期)或 2 547.43 万元(C 阶段),可能导致售电公司大幅亏损、甚至退出市场。相比之下,所提出的分阶段偏差考核机制能够缓解需求侧主体的偏差考核压力,防止用户由于偏差考核费用骤增而退出市场的情况发生,体现了偏差考核机制设计的合理性。

在现实电力中长期交易市场中,由于偏差考核机制的存在,负荷预测和管理能力低下的售电公司逐渐被市场淘汰,售电公司和电力大用户为了获得更多的收益,将主动提高自身的负荷预测和管理能力,小规模售电公司则可能选择抱团,通过偏差电量互保^[14]、合同电量转让或调整^[18]等手段降低电量偏差。若在中长期交易各时期/阶段,市场主体的合同执行偏差均能够相比前一时期/阶段降低 15%,得到需求侧月度合同偏差考核仿真结果如表 4 和图 2 所示。

表 4 计及偏差率阶段性下降的月度合同偏差考核结果

Table 4 Monthly contract deviation assessment results considering periodical decline of deviation rate

阶段	时期	受考核主体数	偏差考核费用/万元
A 阶段	$\alpha=0.3$	83	294.89
	B1	74	325.48
B 阶段	B2	64	412.50
	B3	91	781.35
C 阶段	—	118	1 171.06

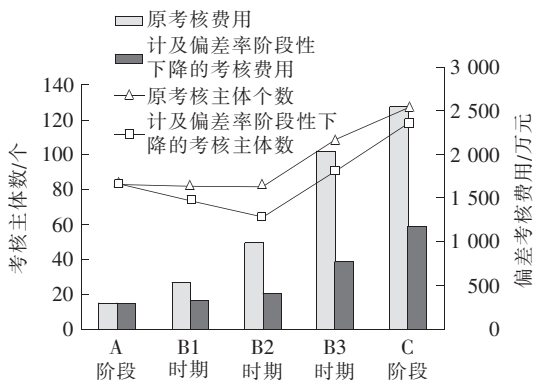


图 2 月度合同偏差考核结果对比

Figure 2 Comparisons of monthly contract deviation assessment results

从表 4 和图 2 可以看出:考虑市场主体合同偏差率阶段性下降时,市场受考核主体个数在相同时期内有所减少,偏差考核费用降低。其中,预挂牌月平衡方式下用户考核费用由 2 547.43 万元下降至 1 171.06 万元,下降幅度高达 54.3%。可以认为,在分阶段的偏差考核机制下,通过合理调整市场电固定比例 α 以及偏差考核阈值与考核力度,能够有效引导电力用户/售电公司提高自身负荷预测和管理能力,降低偏差考核费用,平稳推进非全电量市场向全电量市场、电力中长期交易向现货市场过渡。

5 结语

偏差电量考核是中国电力中长期交易规则中的重点问题,合理的偏差考核机制有利于培育电力市场主体,推动建立中长期和现货交易相结合的市场化电力电量平衡机制。该文首先对《基本规则》提出的基数电量滚动、等比例调整、预挂牌平衡等偏差处理方式进行了对比分析,结合国内各省电力中长期交易偏差考核具体规则,提出了预挂牌平衡偏差与滚动/等比例调整相结合的偏差处理方式。偏差电量结算方面,考虑非全电量直接交易与全电量参与市场交易时用户偏差考核风险的差异性,设计了用户侧非全电量直接交易模式下的“固定比例全电量”偏差结算方式,进而提出了面向电力中长期交易的需求侧分阶段偏差电量考核机制。算例结果表明,该文提出的分阶段偏差考核机制能够有效驱动市场主体提高自身负荷预测和管理能力,减少偏差电量考核费用,有利于引导我国各省电力市场由非全电量直接交易模式向全电量中长期交易和电力现货市场平稳过渡。

在分阶段偏差电量考核机制的市场实际运作中,电力交易中心等运营机构也需要建立有效的市场发展评价体系,实现各市场阶段的精准划分,避免出现分阶段考核机制失效或市场发展延缓等问题。此外,考虑到分阶段偏差电量考核机制仍按合同电量百分比划定市场主体的考核阈值,在预挂牌平衡等市场化偏差处理方式下,小规模市场主体相比大规模市场主体将承担更多的偏差调整费用,偏差考核机制在不同规模市场主体间的公平性问题仍有待解决。

参考文献:

- [1] 姜曼,刘定宜,叶泽,等.考虑售电公司的跨省区电力交易的资源配置分析[J].电力科学与技术学报,2018,33(3):120-127.
JIANG Man,LIU Dingyi, YE Ze, et al. Resource allocation analysis of cross-provincial power trading with the participation of power selling company [J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2018, 33(3): 120-127.
- [2] 国家发展和改革委员会,国家能源局.关于印发《电力中长期交易基本规则(暂行)》的通知(发改能源〔2016〕2784号)[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-01/12/content_5159156.htm,2019-12-25.
- [3] 国家能源局南方监管局,广东省经济和信息化委,广东省发展改革委.关于印发《广东电力市场交易基本规则(试行)》和《广东电力市场监管实施办法(试行)》的通知(南方监能市场〔2017〕20号)[EB/OL]. <http://nfj.nea.gov.cn/adminContent/initViewContent.do?pk=402881e55992395f0159b57e91820035>,2019-12-26.
- [4] 国家能源局江苏监管办公室.关于印发《江苏省电力中长期交易规则(暂行)》的通知[EB/OL]. <http://jsb.nea.gov.cn/news/2017-11/2017112153846.htm>,2019-12-26.
- [5] 国家能源局山东监管办公室.关于修订山东省电力中长期交易规则有关条款的通知[EB/OL]. <http://sdb.nea.gov.cn/new/2019-12/20191220131136.htm>,2019-12-26.
- [6] PJM. Markets & operations [EB/OL]. <http://www.pjm.com/markets-and-operations.aspx>,2019-12-26.
- [7] 周明,严宇,丁琪,等.国外典型电力市场交易结算机制及对中国的启示[J].电力系统自动化,2017,41(20):1-8+150.
ZHOU Ming, YAN Yu, DING Qi, et al. Transaction and settlement mechanism for foreign representative power markets and its enlightenment for Chinese power market [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(20): 1-8+150.
- [8] ZHANG Mingming, Kwoklun Lo. A comparison of imbalance settlement methods of electricity markets [C]//2009 44th International Universities Power Engineering Conference (UPEC). Glasgow, UK:IEEE, 2009.
- [9] 李竹,赵博石,延星.跨省跨区电力交易中的偏差电量分析与基于虚拟分时电价的偏差电量处理方法[J].电力建设,2016,37(7):40-46.
LI Zhu, ZHAO Boshi, YAN Xing. Deviation electric quantity processing method in cross-regional and cross-province electricity transaction based on virtual time-of-use power price [J]. Electric Power Construction, 2016, 37(7): 40-46.
- [10] 尚超,丁坚勇,谢登,等.跨区电网输电交易中偏差电量处理方法[J].电力建设,2014,35(12):127-130.
SHANG Chao, DING Jianyong, XIE Deng, et al. Deviation electric quantity processing method in cross-regional grids transmission trading [J]. Electric Power Construction, 2014, 35(12): 127-130.
- [11] 胡嘉骅,文福拴,蒙文川,等.计及偏差电量分解的跨省区电能交易结算新方法[J].电力系统自动化,2016,40(18):135-142+154.
HU Jiahua, WEN Fushuan, MENG Wenchuan et al. Settlement method for inter-provincial electricity trading considering allocations of unbalanced electric quantity [J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(18): 135-142+154.
- [12] 丁坚勇,张银芽,杨东俊,等.基于频率偏差的跨区电网交易偏差电量责任判定及定价方法[J].电力系统自动化,2017,41(16):105-110.
DING Jianyong, ZHANG Yinya, YANG Dongjun, et al. Responsibility determination and pricing method of deviation electric quantity based on frequency deviation of cross-regional grids trading [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 105-110.
- [13] 郭曼兰,陈皓勇,张聪,等.偏差电量考核机制下售电公司的最优经营策略[J].电力系统自动化,2017,41(20):17-25.
GUO Manlan, Chen Haoyong, ZHANG Cong, et al. Optimal marketing strategy of retailers under energy deviation penalty [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(20): 17-25.
- [14] 杨阳方,刘继春.计及电量互保策略的售电公司两阶段日前决策方法[J].电力系统自动化,2017,41(24):120-128.
YANG Yangfang, LIU Jichun. Two-stage decision-making method of retailers considering power transfer strategy [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(24): 120-128.
- [15] 荆朝霞,朱继松.月度电量集中竞价市场规则的仿真实验分析[J].电力系统自动化,2017,41(24):42-48.

- JING Zhaoxia, ZHU Jisong. Simulation experiment analysis on market rules for monthly centralized bidding[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(24): 42-48.
- [16] 吴浩可, 雷霞, 黄涛, 等. 价差返还机制下售电公司博弈模型[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(12): 84-92.
WU Haoke, LEI Xia, HUANG Tao, et al. A game-theoretic model for retail companies under the spread-rebate mechanism[J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(12): 84-92.
- [17] 肖先勇, 马愿谦, 莫文雄, 等. 售电侧放开背景下电网公司优质电力增值服务模式[J]. 电力科学与技术学报, 2016, 31(4): 4-10.
XIAO Xianyong, MA Yuanqian, MO Wenxiong, et al. Premium power based value-added service model for power supply company under the opening electricity retail side[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2016, 31(4): 4-10.
- [18] 国家能源局甘肃监管办公室. 关于印发《甘肃省电力中长期交易规则(暂行)》的通知[EB/OL]. <http://gsb.nea.gov.cn/view.asp?id=3431&typeid=237>, 2019-12-28.
- [19] 国家能源局湖南监管办公室. 关于印发《湖南省电力中长期交易规则修改增补条款(第一次)》的通知[EB/OL]. <http://hunb.nea.gov.cn/adminContent/initViewContent.do?pk=8abf807b5f6ad37d016096bcd4901ba>, 2019-12-28.
- [20] 安徽电力交易中心有限公司. 关于 2017 年电力直接交易偏差考核违约金收缴情况的公告[EB/OL]. <https://pмос.ah.sgcc.com.cn/pмос/index/infoList.jsp?itemid=213000&title=%E4%BA%A4%E6%98%93%E5%85%AC%E5%91%8A&curpage=9#>, 2019-12-28.
- [21] 广东电力交易中心有限公司. 关于 2018 年 2 月份广东电力市场结算情况的公告[EB/OL]. <http://shoudian.bjx.com.cn/news/20171226/869915.shtml>, 2019-12-28.
- [22] 广东电力交易中心有限公司. 广东电力市场 2017 年年度报告[EB/OL]. <https://pm.gd.csg.cn/views/page/xwzxCont-10366.html>, 2019-12-28.
- [23] 孙一民, 李延新, 黎强. 分阶段实现数字化变电站系统的工程方案[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(5): 90-93.
SUN Yimin, LI Yanxin, LI Qiang. A grading solution for building digital station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(5): 90-93.
- [24] 何德卫, 杨威, 陈皓勇, 等. 电力市场环境需求侧响应相关问题的探讨[J]. 智慧电力, 2018, 46(6): 41-48.
HE Dewei, YANG Wei, CHEN Haoyong, et al. Discussion on demand response under electricity market environment[J]. Smart Power, 2018, 46(6): 41-48.
- [25] 王璞, 王卫平, 陈颖, 等. 生物化学课程试行分阶段考核初探[J]. 生命的化学, 2015, 35(3): 442-445.
WANG Pu, WANG Weipin, CHEN Hao, et al. An exploration of stage-assessment of biochemistry curriculum[J]. Chemistry of Life, 2015, 35(3): 442-445.
- [26] 杨廷忠, 于文平. 行为改变的一种策略和方法: 行为分阶段转变理论模型介绍[J]. 中国行为医学科学, 2002, 11(3): 112-113.
YANG Tingzhong, YU Wenping. A strategy and method of behavior change: Introduction to the Transtheoretical Model and stages of change[J]. Chinese Journal of Behavioral Medical Science, 2002, 11(3): 112-113.