

# 售电公司购售电决策研究综述

宋艺航<sup>1</sup>,王刚<sup>1</sup>,蔡浩<sup>2</sup>,高赐威<sup>2</sup>,陈涛<sup>2</sup>

(1. 南方电网能源发展研究院有限责任公司,广州 510663;

2. 东南大学电气工程学院,南京 210096)

## Research review of electricity purchase and sale trading strategies

SONG Yihang<sup>1</sup>, WANG Gang<sup>1</sup>, CAI Hao<sup>2</sup>, GAO Ciwei<sup>2</sup>, CHEN Tao<sup>2</sup>

(1. Energy Development Research Institute Co., Ltd., China Southern Power Grid, Guangzhou 510663, China;

2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**摘要:**随着中国电力市场改革的逐步深化,售电公司的数量以及参与市场交易的形式将不断增加,售电公司购售电决策将成为售电公司的核心竞争力,决定着售电公司的运营效益。为了给国内售电公司运营决策提供有益参考,帮助相关研究学者和技术人员更好地了解售电公司购售电决策研究现状,从售电市场不确定性参数的预测,售电公司购电决策以及售电公司定价策略三个方面较为系统的综述了售电公司购售电策略研究现状,最后讨论了未来值得研究的方向。

**关键词:**售电公司;负荷电价预测;购电决策;售电定价

**Abstract:** With the gradual deepening of the reform in Chinese power market, the number of electricity companies and the forms of market transactions will continue to increase. The decision to purchase and sell power will become the core competitiveness of power sales companies, which directly determines the operation of power sales companies' benefit. In order to provide useful reference for the operation decision-making of domestic power retail companies and help related researchers and technicians to understand the research status of power purchase and sales decisions of electricity companies better, the three aspects of the uncertainty parameter prediction, power purchase decision-making and pricing strategy of the power retail company are systematically summarized. The current status of research on power purchase and sales strategies of the power retail company is summarized. Finally, future research directions are discussed.

**Key words:** electricity retailing company; electricity price forecast of load; electricity purchase strategy; electricity retailing pricing

## 0 引言

2015年3月,中共中央、国务院印发的《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》(中发[2015]9号)中,明确将“多途径培育售电侧市场主体,有序向社会资本开放售电业务”作为电力市场改革的重点任务<sup>[1]</sup>,随着电力市场改革的深入,大量社会资本将纷纷进驻电力市场,售电公司数量急剧增多。随着电力市场建设的逐步完善,我国将形成中长期加现货交易的市场模式,届时售电公司将以购售电作为其业务核心<sup>[2]</sup>,售电公司的购售电决策是否得当,将决定售电公司的核心竞争力,直接影响着售电公司的运营效益。在此背景下,本文从售电市场不确定性参数的预测,售电公司购电决策以及售电公司定

价策略3个方面较为系统的综述了售电公司购售电策略研究现状,最后讨论了未来值得研究的方向。

## 1 售电市场不确定性参数预测

由于现货市场电价以及用户侧的负荷为随机变量,在研究售电公司购售电决策之前,必须对用户侧负荷与现货市场电价进行预测,下文将论述用户侧负荷预测与现货市场电价预测的研究情况。

### 1.1 电力负荷预测

电力负荷预测多年来一直是电力系统中的研究热点问题,现有的负荷预测文献中,可以分为短期负荷预测(short-term load forecast, STLTF)和长期负荷预测(long-term load forecast, LTLTF),针对短期负荷预测研究相对更多,如回归分析法、时间序列法、灰色模型法、人工神经网络法、支持向量机法、小波分析法等。文献[3]比较系统的综述了电力系统负荷预测的方法。

与常规负荷预测相比,售电公司负荷预测有些许

收稿日期:2020-03-12;修回日期:2020-07-25

基金项目:中国南方电网科技项目(ZBKJXM20180374);国家自然科学基金(71701087)

This work is supported by China Southern Power Grid Science and Technology Project (No.ZBKJXM20180374); National Natural Science Foundation of China(No.71701087)

不同之处。首先在针对的对象方面,常规负荷预测面向整个电力系统,而售电公司在进行购售电决策时,预测仅面向自身客户。在市场环境下,用户更换售电公司对于整个电力系统来说,负荷特性不会产生明显的影响,而对于售电公司进行购售电决策时,则需要将其纳入考虑当中,因此上述方法必须经过适当的改进后才可以运用在售电公司负荷预测中,比如增加用户更变售电公司的预测模块,分析售电公司客户保有量<sup>[4]</sup>,或将用户粘性考虑进预测模型等。

其次,售电公司进行负荷预测的根本目的与常规负荷预测不同,常规负荷预测通常服务于电力经济调度或电力系统规划,因此目前研究大多集中于如何提高负荷精度或衡量不同模型的优劣势,而对于售电公司来说,进行负荷预测的根本目的在于避免购售电风险,降低购电侧的成本。现货市场由日前与实时两级市场构成,售电公司的购电成本随着在不同市场的购电比例不同而发生着变化,由于日前电价和实时电价的不同步,因此单纯考虑负荷预测精度可能无法达到降低购电成本的目的。文献[5]通过算例验证了在日前市场提交预测精度高的负荷预测结果却导致了售电公司在购电侧花费了更高的成本,并针对这一问题,提出了基于“效益-精度”对冲的两级电力市场负荷预测模型,通过采用改进下降梯度法进行神经网络训练,达到了在满足预测精度要求的情况下,降低了购电成本,改善了现货市场中负荷预测精度和购买负荷成本之间的不同步性。

## 1.2 现货市场电价预测

在电力市场中,现货市场的电价具有较高的波动性和随机性,是造成售电公司购售电风险的主要因素。按照电价预测时间长短,可将其分为短、中、长期电价预测。对于中期和长期电价预测,两者都是对今后一段较长时间的电价走势进行预测,在现实方法上无本质性区别,可以合并讨论<sup>[6]</sup>。通常将模糊方法和回归分析方法相结合,用于中长期电价预测,且由于中长期电价预测中,包含不确定性因素太多,历史数据分布复杂混乱,预测的可信度较低,因此国内外研究相对较少<sup>[7]</sup>,但由于中长期电价预测将决定着售电公司在中长期市场的购电决策,同时也为电力监管部门提供市场监管的客观依据,因此对于中长期电价预测的研究仍然有着十分重要的意义。

短期电价预测主要适用于预测未来几小时,一天到几天的电价,适用于现货市场中日前市场和实时市场的电价预测。传统方法主要有时间序列法、神经网络法、傅里叶变换和小波变换法(wavelet transform, WT)等,且各种预测模型已被深化,如基于果蝇优化算法和最小二乘向量机模型,基于混沌理论、人工智

能算法和灰色马尔可夫模型预测方法,各种模型已大大降低了预测结果的误差,能够为售电公司进行购电决策提高参考。近些年来组合预测模型已经成为电价预测热点,组合预测即把两种或以上方法通过加权平均组合为一个预测模型,文献[8]采用信息熵将极限学习机模型,人工神经网络模型和支持向量机混合模型构建成组合预测模型进行了研究分析,得出了更加科学的预测结果。

## 2 售电公司购电决策研究

### 2.1 购电渠道与相关电力市场

作为用户与发电商之间的中介,售电公司主要从发电商处购电,然后转卖给用户,从中赚取差价盈利。售电公司通常的购电渠道包括与发电商签订双边合同进行中长期交易,双边合同的价格通常将提前确定<sup>[11,14]</sup>,对于售电公司来说是规避风险、确定绝大部分购电量的主要渠道。文献[13]中则考虑双边合同与现货市场联动模式,采用双向差价合同,结算时双边合同与现货市场价格之间的差价由售电公司与发电商平分。除了双边市场购电外,售电公司还可以通过现货市场,购买不足部分的电能实现电量平衡,现货市场通常包括日前市场与实时市场<sup>[9,11,13-15]</sup>。除以上购电渠道外,文献[9]和文献[14]还提出随着中国可再生能源配额制和绿色证书制度的完善,售电公司将被要求购买一定可再生能源电能,因此考虑了出力不确定性可再生能源购电业务,分布式电源购电业务以及中长期储能租用业务。文献[12,17]还考虑了售电公司从金融市场购买期权,利用自有发电设备发电等情况。此外,售电公司与用户签订的可中断合同在现货市场价格偏高的情形下也可以作为一个虚拟电源供售电公司使用<sup>[10,13]</sup>。

### 2.2 售电公司购电决策建模

目前为止,针对售电公司购电策略问题已经提出多种方法,其中最常见的方法为将该问题视为一个随机规划问题<sup>[9]</sup>,由于用户侧负荷与现货市场电价是随机变量,在进行售电公司购售电决策优化时,首先需要对其进行有效的处理,通常通过多场景法将不确定性参数转化为确定场景<sup>[10-11,14]</sup>,包括场景生成技术与场景削减技术。大多数文献采用蒙特卡洛随机抽样法,通过设定一定的预测误差,对用户侧负荷,现货市场电价进行场景生成<sup>[10,14]</sup>,误差通常符合正态分布。而文献[16]提出拉丁超立方抽样法(Latin hypercube sampling, LHS)作为一种分层抽样的技术,与蒙特卡罗随机抽样技术相比,更能够确保抽样值覆盖随机变量的整个样本空间,因此也有文

文献采用拉丁超立方抽样法生成负荷与电价场景<sup>[11]</sup>。有关场景削减技术主要包括前向选择法(forward selection, FS)和向后削减法(backward reduction, BR),在文献[18]研究的考虑电价不确定性组合问题中,两种方法可以对场景进行有效削减,从造成精度损失来看向后削减法更优。

在售电公司的购电组合决策建模中,决策量通常为售电公司从中长期市场、现货市场以及其他电力市场的购电组合比例<sup>[11,13-15]</sup>,而目标函数通常为售电公司的利益最大<sup>[13]</sup>或售电公司利益与风险综合最优<sup>[9,14]</sup>。如何衡量风险是售电公司购电决策中的重要问题,作为一致性风险测度指标,条件风险价值克服了风险价值指标不满足风险计量一致性的缺陷,已被广泛应用于售电公司的风险评估中<sup>[9-10,14-15,19]</sup>。文献[20]则在此基础上,引入偏度作为购电组合策略的评判指标,使用了基于偏度-加权条件的风险价值。除此之外,风险调整资本回报率和期望下方风险也已被应用于这一问题。在计算方法上,通过多场景技术已将随机规划问题转化为混合整数优化问题,通常采用优化求解器或人工智能算法进行求解。

在购电决策影响因素方面,随着售电公司的购电来源,以及售电公司的风险偏好的改变,购电决策以及售电收益均会发生较大变化。风险偏好低的售电公司更倾向于在中长期市场购买电能,从而降低风险,但与此同时售电公司的期望收益也将下降<sup>[11,14-15]</sup>。售电公司若考虑储能租赁设备,分布式电源,以及与用户签订可中断合同,将可以帮助售电公司进一步分摊风险,更好的进行风险管理<sup>[9,13]</sup>。

除上述做法之外,文献[21]提出场景法的精确性与场景数目有关,而过多的场景又将导致求解效率低下,且通过场景法求得的最优仅为概率意义上的最优,因此提出了基于信息间隙决策理论(information gap decision theory, IGDT)的售电公司购售电策略,能够得出具有鲁棒性的决策方案,而对于不同风险偏好的售电公司,采用IGDT也可以获得投机性的市场策略,让风险偏好高的售电公司可以从市场波动中获利。文献[22]采用区间数来描述用户侧负荷和现货市场电价波动,建立了以日利润总和最大为目标的强化区间线性规划(enhanced interval linear programming, EILP)模型。文献[17]考虑了售电公司使用期权合同的购电优化策略,将购电决策分为两个阶段,第一阶段决策预定期权合同的数量,第二阶段根据用户侧负荷和市场价格决策期权合同的执行情况。文献[13]提出了考虑用户需求响应的混合整数非线性双层规划购电模型,上层模型为以售电公司利润最大为目标,下层模型以具有需求响

应能力用户用电效用为目标,并将下层模型转化为上层的约束条件进行求解。

### 3 售电公司售电定价策略

#### 3.1 定价策略对用户侧负荷需求影响

售电公司在进行定价策略时,掌握电力市场中电能需求随着定价而发生变动的规律十分重要。一方面,用户自身负荷具有价格弹性,随着定价的变化,用户负荷量将发生改变<sup>[23]</sup>。另外,在市场环境下售电公司数量众多,用户可以根据自身的用电效用合理选择与更换售电公司,电价是用户效用的主要决定因素。在有关用户的价格弹性方面,文献[23]考虑了自弹性系数与交叉弹性系数,分析了价格弹性矩阵的结构特点,并提出了一种简化的方法求取弹性系数矩阵。文献[9]采用价格配额曲线来反应用户的购电量与售电公司售电价格的函数关系。有关市场竞争方面,文献[24]构建了用电效用关于用电量的函数,基于用电效用分析用户对不同电价的响应,得到了用户对售电公司的选择结果。除价格因素外,文献[15]还从经济和心理因素方面构建了用户效用指标体系,采用层次分析法对用户效用进行建模,并基于logit模型得到了售电公司市场份额与电价之间的函数关系。

#### 3.2 售电公司零售电价类型与定价方法

为用户提供多样化的零售服务有利于增强用户粘性,扩大售电公司的用户规模。目前有关售电公司购售电研究的文献中,通常考虑售电公司提供的零售合同类型主要包括:固定电价、阶梯电价和分时电价等,对于这种价格一旦制定就保持不变的电价机制可称为静态定价机制,目前有关静态定价机制的研究已较为成熟,如文献[25]以售电商利润最大与风险最小为综合目标构建了随机规划定价。文献[26]则将售电定价模型用供需均衡模型描述,在发电侧以运行成本最小为优化目标,需求侧以最大售电公司收益为目标。

除静态定价机制外,随着智能电网的发展,实时电价作为智能电网中的一种理想的定价机制,已经在某些系统中开始实施,具有着很好的应用前景。实时电价能够有效的鼓励用户实现更高效的用电,达到调节负荷削峰填谷的目的,因此被认为是最重要的需求侧管理策略,有关智能电网中实时定价机制的研究通常考虑以社会福利最大为研究目标,利用对偶方法求解优化模型。例如文献[27]考虑了用户用电需求的动态变化,将全体用户的电力总需求波动作为用电风险项,以社会福利最大为目标建立优化模型,并采用对偶方法对模型进行转化求

解。而文献[28]则讨论了当用户边际效用不满足递减情形下该类问题的求解方法。除上述做法外,文献[29]在发电商与售电商以及售电商与用户之间构建双层博弈模型,并通过仿真算例对比了常规分时定价策略与双层博弈实时定价策略,结果表明该实时定价策略具有良好的削峰填谷作用。

## 4 有待研究的问题

### 4.1 售电公司数据挖掘技术应用

随着智能电网以及多种智能计量设备的发展,用户端负荷的各项用电数据将会被大量收集,在这样的情况下,售电公司通过数据挖掘,可以更好的了解用户负荷组成与用电行为规律,对于负荷预测的精细化<sup>[30]</sup>,客户管理策略,优化售电公司购售电决策,以及定制差异化服务均有着良好的帮助。目前的研究当中,有关于用户侧的用电数据挖掘技术大多数应用于用户的分类以及用户的用电行为辨识,鲜有考虑市场环境下以售电公司购售电决策为目标而进行负荷预测,或制定差异化的客户管理方案,这部分可以考虑系统而深入的研究。

### 4.2 购售电联合优化策略

目前有关售电公司的购电决策研究中,大多数考虑以多种电力市场的购电组合作为决策变量,而将售电侧的定价以及售电公司用户侧的负荷需求作为固定常量,或仅将售电侧定价与用户侧负荷之间的关系通过一个市场份额函数相关联。尚未有购售电决策的研究中考虑不同售电公司的竞争,随着售电公司的定价不同。用户更换售电公司从而导致负荷量变化的情况,售电公司的收益由购电成本以及售电收益共同决定,不能单纯地进行单边优化,必须将购电与售电策略进行联合优化,才能实现售电公司交易效益的最大,因此在进一步的研究中可以进行更综合的考虑。

## 5 结束语

本文从售电市场不确定性参数预测,售电公司购电决策研究以及售电公司定价策略研究三个角度进行论述,具体从负荷、电价预测;售电公司购电渠道,购电决策建模,定价策略对用户侧需求影响以及售电侧定价方法,介绍了当前的研究现状。重点指出了常规负荷预测与售电公司负荷预测的区别,讨论了售电公司购电策略模型,影响因素与计算方法以及售电公司的静态与动态定价机制,最后浅谈了售电公司在未来值得研究的方向,包括技术

挖掘技术在售电公司运营策略方面的研究,以及售电公司购售电优化技术。希望本文的研究能够为中国零售市场机制的研究以及售电公司的运营策略提供有益的参考。D

## 参考文献:

- [1] 中共中央国务院. 关于进一步深化电力体制改革的若干意见(中发[2015]9号)[Z]. 2015.
- [2] 赵克斌. 售电公司若干问题再探讨[J]. 中国电力企业管理, 2016(7):31-33.  
ZHAO Kebin. Further discussion on some problems of electricity sales company [J]. China Power Enterprise, 2016(7):31-33.
- [3] 张凌云,肖惠仁,吴俊豪,等. 电力系统负荷预测综述[J]. 电力大数据, 2018, 21(1):52-56.  
ZHANG Linyun, XIAO Hui ren, WU Junhao, et al. Review of power system load forecasting [J]. Power System and Big Data, 2018, 21(1):52-56.
- [4] XIE J, HONG T, STROUD J. Long-term retail energy forecasting with consideration of residential customer attrition [J]. IEEE Trans on Smart Grid, 2015, 6(5):2 245-2 252.
- [5] 寸馨,钱仲文,孙艺新,等. 基于“效益-精度”对冲的两级电力市场负荷预测技术[J/OL]. 中国电力: 1-9 [2020-02-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3265.tm.20190705.1319.014.html>.  
CUN Xin, QIAN Zhongwen, SUN Yixin, et al. "Cost-accuracy" hedging based load forecasting technique on two-stage electricity market[J/OL]. Electric Power:1-9[2020-02-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3265.tm.20190705.1319.014.html>.
- [6] 胡朝阳,孙维真,汪震,等. 考虑市场力的短、中、长期电价预测[J]. 电力系统自动化, 2003(22):16-22.  
HU Zhaoyang, SUN Weizhen, WANG Zhen, et al. Short-term medium-term and long-term forecasting of electricity price with condideration to market power[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003(22):16-22.
- [7] 康重庆,夏清,胡左浩,等. 电力市场中预测问题的新内涵[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(18):1-6.  
KANG Chongqing, XIA Qing, HU Zuohao, et al. New connotation of forecasting issue in electricity market [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(18):1-6.
- [8] 曾云. 电力市场下基于信息熵理论的电价预测[D]. 广州:广东工业大学, 2019.  
ZENG Yun. Electricity price forecast based on entropy theory inelectricity market [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2019.
- [9] 王林炎,张粒子,张凡,等. 售电公司购售电业务决策与风险评估[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(1):47-54, 143.  
WANG Linyan, ZHANG Lizi, ZHANG Fan, et al. Decision-making and risk assessment of purchasing and selling business for electricity retailers. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(1):47-54, 143.
- [10] 杨萌,艾欣,唐亮,等. 计及风险规避的售电公司平衡市场优化交易策略研究[J]. 电网技术, 2016, 40(11):3 300-3 309.

- YANG Meng, AI Xin, TANG Liang, et al. Optimal trading strategy in balancing market for electricity retailer considering risk aversion[J]. Power System Technology, 2016, 40(11):3 300-3 309.
- [11] 鲁波. 计及风险与需求响应的售电公司运营策略研究[D]. 南京:东南大学,2018.
- LU Bo. Research on operation strategy of electricity retailer considering risk and demand response [D]. Nanjing:Southeast University, 2018.
- [12] CHARWAND M, MOSHAVASH Z. Midterm decision-making framework for an electricity retailer based on information gap decision theory [J]. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2014, 63(12): 185-195.
- [13] 任艺,周明,李庚银. 考虑用户需求响应的售电公司购售电决策双层模型[J]. 电力系统自动化,2017,41(14):30-36.
- REN Yi, ZHOU Ming, LI Gengyin. Bi-level model of electricity procurement and sale strategies for electricity retailers considering users' demand response [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(14):30-36.
- [14] 罗舒瀚,蒋传文,王旭,等. 新电改背景下售电公司的购售电策略及风险评估[J]. 电网技术,2019,43(3): 944-953.
- LUO Shuhan, JIANG Chuanwen, WANG Xu, et al. Power trading strategy and risk assessment of electricity retailing company under power system reform [J]. Power System Technology, 2019, 43(3):944-953.
- [15] 罗琴. 市场环境下售电公司购售电策略研究[D]. 上海:上海交通大学,2014.
- LUO Qin. Study of energy procurement and marketing decision in competitive retail market [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014.
- [16] 陈璨,吴文传,张伯明,等. 基于多场景技术的有源配电网可靠性评估[J]. 中国电机工程学报,2012,32(34):67-73.
- CHEN Can, WU Wenchuan, ZHANG Boming, et al. An active distribution system reliability evaluation method based on multiple scenarios technique [J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(34):67-73.
- [17] 盛方正,季建华. 供电公司使用期权合同购电优化策略研究[J]. 电网技术,2007,31(22):54-57.
- SHENG Fangzheng, JI Jianhua. Study on optimal sourcing strategy of power supplier with option contract [J]. Power System Technology, 2007, 31(22):54-57.
- [18] 谢上华. 随机机组组合问题中情景生成与削减技术研究[D]. 长沙:湖南大学,2013.
- XIE Shanghua. Study of scenario generation and reduction in the stochastic unit commitment problem [D]. Changsha:Hunan University, 2013.
- [19] HATAMI A R, SEIFI H, SHEIKH-EL-ESLAMI M K. Optimal selling price and energy procurement strategies for retailer in an electricity market [J]. Electric Power Systems Research. 2009, 79(1):246-254.
- [20] 赵阳,蒋传文,赵岩,等. 基于偏度-加权条件风险价值的售电公司动态购电策略[J]. 电网与清洁能源, 2017,33(1):130-136.
- ZHAO Yang, JIANG Chuanwen, ZHAO Yan, et al. Skewness-WCVaR based dynamic procurement strategy for electricity retailers [J]. Power System and Clean Energy, 2017, 33(1):130-136.
- [21] 唐力,刘继春,杨阳方,等. 基于信息间隙决策理论的多种零售合同模式下售电公司购售电策略[J]. 电网技术,2019,43(6):1 978-1 988.
- TANG Li, LIU Jichun, YANG Yangfang, et al. Study on strategies of electricity procurement and sale of power retailer with multiple retail contract modes based on information gap decision theory [J]. Power System Technology, 2019, 43(6):1 978-1 988.
- [22] 陈玮,梁博森,蒙文川,等. 计及负荷和电价不确定性的电力零售公司购电组合优化[J]. 电力建设,2016, 37(7):54-63.
- CHEN Wei, LIANG Bomiao, MENG Wenchuan, et al. Optimal portfolio strategies of purchasing electricity for electricity retail companies considering load and electricity price [J]. Electric Power Construction, 2016, 37(7): 54-63.
- [23] 秦祯芳,岳顺民,余贻鑫,等. 零售端电力市场中的电量电价弹性矩阵[J]. 电力系统自动化,2004,28(5): 16-19,24.
- QIN Zhenfang, YUE Shunmin, YU Yixin, et al. Price elasticity matrix of demand in current retail power market [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(5):16-19, 24.
- [24] MAHARJAN S, ZHU Q, ZHANG Y, et al. Dependable demand response management in the smart grid: a Stackelberg game approach [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2013, 4(1):120-132.
- [25] CARCIA-BERTRAND R. Sale prices setting tool for retailers [J]. IEEE Trans on Smart Grid, 2013, 4(4): 2 028-2 035.
- [26] CELEBI E, FULLER J D. Time-of-use pricing in electricity markets under different market structures [J]. IEEE Trans on Power System, 2012, 27(3):1 170-1 181.
- [27] 朱红波,高岩,代业明. 考虑风险的智能电网实时电价定价策略[J]. 系统仿真学报,2018,30(4):1 376-1 383.
- ZHU Hongbo, GAO Yan, DAI Yeming. Real-time pricing strategy considering the risk of smart grid [J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(4):1 376-1 383.
- [28] 高岩. 带有边际效用非递减用户的智能电网实时电价定价方法[J]. 工业工程与管理,2018,23(1):10-13.
- GAO Yan. Real-time pricing strategy for smart grid with users of non-decreasing marginal benefit [J]. Industrial Engineering and Management, 2018, 23(1):10-13.
- [29] 张运贵,李晖照,王雪,等. 基于双层博弈的实时电价定价策略研究[J]. 电工技术,2018,(4):36-39.
- ZHANG Yungui, LI Huizhao, WANG Xun, et al. Study on pricing strategy of real time electricity price based on double game [J]. Electric Engineering, 2018, (4): 36-39.
- [30] 丁晓,孙虹,郑海雁,等. 基于配用电大数据的短期负荷预测[J]. 电力工程技术,2018,37(3):21-27.
- DING Xiao, SUN Hong, ZHENG Haiyan, et al. Distribution and consumption big data based short-term Load forecasting [J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(3):21-27.

(责任编辑 郝洁)