

# 能源互联网环境下零售主体价值发现与实现策略

刘敦楠<sup>1\*</sup>, 庞博<sup>2</sup>, 宋莉<sup>2</sup>, 李鹏飞<sup>1</sup>, 高春成<sup>3</sup>, 李根柱<sup>1</sup>

(1. 华北电力大学经济与管理学院, 北京市 昌平区 102206; 2. 北京电力交易中心有限公司, 北京市 西城区 100031;  
3. 北京科东电力控制系统有限责任公司, 北京市 海淀区 100194)

## Value Discovery and Realization Strategy for Electricity Retailers in Energy Internet Environment

LIU Dunnan<sup>1\*</sup>, PANG Bo<sup>2</sup>, SONG Li<sup>2</sup>, LI Pengfei<sup>1</sup>, GAO Chuncheng<sup>3</sup>, LI Genzhu<sup>1</sup>

(1. School of Economics and Management, North China Electric Power University, Changping District, Beijing 102206, China;  
2. Beijing Power Exchange Center, Xicheng District, Beijing 100031, China;  
3. Beijing Kedong Electric Power Control System Co., Ltd., Haidian District, Beijing 100194, China)

**Abstract:** The electricity retail market forms an important component of reforms. It also represents a strategic measure to implement structural reforms concerning power supply and demand. The introduction of several new entities in the electricity retail market is expected during the development of the energy Internet. Accordingly, the market environment is expected to become more complex. Without an appropriate understanding of the current market mechanism, the ubiquitous access of multiple entities would hinder the development of the energy Internet and energy revolution. Therefore, there is an urgent need to integrate and share the existing business models and trading systems to promote the value improvement of and innovation within the electricity retail market. This study analyzes the transformation of the electricity market and types of electricity retailers under the energy Internet purview. Subsequently, the value of electricity retailers is analyzed. A value-realization system is designed for electricity retailers from the transaction and service viewpoints. Finally, the economy of the aggregator is analyzed under the electricity-retail-market value system. The findings of this study reveal that the proposed value-realization system could guide both the aggregator and electricity retailers operations, thereby promoting the development of an efficient electricity retail market.

**Keywords:** energy Internet; retail market; value system; economic analysis; source-grid-load-storage interaction

**摘要:** 电力零售市场的建设是电力改革的重要内容,也是落实供需结构性改革的重大战略举措。能源互联网发展背景

下电力零售市场将出现多元新兴主体,市场环境更加复杂,现行市场机制不明晰且难以有效支撑多元主体接入,将阻碍能源互联网发展和能源革命,因此亟需交融共享的商业模式和灵活自主的交易体系,助力电力零售主体的价值提升和创新发展。首先分析了能源互联网环境下电力市场的转变与电力零售主体类型,随后分析了电力零售主体蕴含的价值,接着从交易和服务两方面设计并构建能源互联网环境下电力零售主体价值实现体系,最后分析了价值体系下聚合主体的运营经济性。算例表明,构建的电力零售主体价值实现体系可以指导聚合商及电力零售主体合理运营,推动电力零售市场建设。

**关键词:** 能源互联网; 零售市场; 价值体系; 经济性分析; 源网荷储互动

## 0 引言

随着能源互联网的发展<sup>[1-2]</sup>,分布式能源、电动汽车、储能、微网、虚拟电厂等新兴主体不断涌现,并逐步参与电网运营,将形成开放共享的能源互联网生态体系<sup>[3]</sup>。未来的电力零售市场将包含多元新兴主体,市场环境更加复杂。为促进开放共享的电力零售市场建设与发展,带动社会资源广泛参与,亟需交融共享的商业模式和灵活自主的交易体系,实现能源互联网环境下电力零售主体的价值提升和创新发展。关于能源互联网对电力市场的影响,文献[4-5]分析了能源互联网带来的新业态及其未来的发展趋势,文献[6-9]提出了能源互联网环境下中国电力市场的发展战略及构想。

关于电力零售市场,已有研究分析了英国<sup>[10-11]</sup>、新加坡<sup>[12]</sup>、澳大利亚<sup>[13-14]</sup>、美国<sup>[15]</sup>在电力零售市场改

基金项目: 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目(18JZD032)。

Key Projects of Philosophy and Social Sciences Research of Ministry of Education (18JZD032).

革、电价套餐、运行监管及保底服务<sup>[16]</sup>等方面的经验启示。文献[17]运用系统动力学分析了电力批发市场和零售市场的交互关系，文献[18]总结梳理了电力零售的核心业务及未来发展，文献[19-20]研究了电力零售市场的信息披露机制和准入规则。综上，目前缺乏能源互联网环境下电力零售主体的价值提升及投资回报方面的研究，当前电力零售主体缺乏比较完善的价值实现与回报模式，不利于推动电力零售市场的发展。

基于以上分析，本文首先研究了能源互联网环境下电力市场与新兴主体，随后分析了能源互联网环境下电力零售主体具有的价值，继而提出了电力零售主体的价值实现策略与内涵，最后分析了价值实现载体聚合商的运营模式及运营经济性，以期为电力零售主体建设及电力零售市场发展提供建议。

## 1 能源互联网环境下电力市场及新兴主体

### 1.1 能源互联网环境下电力市场

与传统电力系统相比，能源互联网发展下的电力系统将有高比例的小型发电厂和分布式能源接入，集中式与分布式发电需协调发展。为满足新兴主体交易需求，需建立更开放的电力体制与更灵活的市场机制。能源互联网环境下的电力市场体系将由单一批发市场转变为批发-零售自律协同的竞争性售电市场，其特点如表1所示。

表 1 传统电力市场与竞争售电市场

特征	传统电力市场	竞争售电市场
主体	单一批发市场	批发-零售自律协同
品种	水电-火电联合	传统+广泛接入的聚合电能
价格	电量电价，固定标杆电价	电力电价，开发共享市场定价
技术	基于厂网通道的交易支持技术	“互联网+”交易支持技术

作为能源互联网环境下电力市场的关键市场体系 and 核心价值体现，电力零售市场是价值挖掘和创新的重要载体，能够支撑并引导多元化新兴主体、社会资本参与。目前中国电力市场建设已初具成效，随着电力体制改革不断深化，零售侧市场将是市场建设的重心之一。

## 1.2 能源互联网环境下电力零售主体

按照资源的出力与用能特性，电力零售主体资源可分为3类：源性、荷性和源-荷性资源，如表2所示。源性资源具有出力能力，荷性资源具有用能能力，源-荷性资源同时具备出力和用能能力。

表 2 电力零售主体类型  
Table 2 Types of electricity retailers

类型	主体
源性资源	分布式电源、冷热电三联供等
荷性资源	工业用户、商业楼宇、居民用户等
源-荷性资源	用户侧储能设备、电动汽车、微网等

类似于发电侧电力市场，售电侧电力市场的交易方式亦将由传统的集中垂直式向分散多元化发展，用户不再是传统市场中单纯的接受点<sup>[21]</sup>，而是与大量分布式电源供应者、产销集体、售电公司以及自身相互连接形成灵活、自由的动态网络。

## 2 能源互联网环境下电力零售主体价值发现

### 2.1 电力零售主体价值的技术支撑

随着源网荷储互动技术的发展，小微电力零售主体可利用通信技术实现协调控制和聚合，发挥自身价值，其作用机理如图1所示。

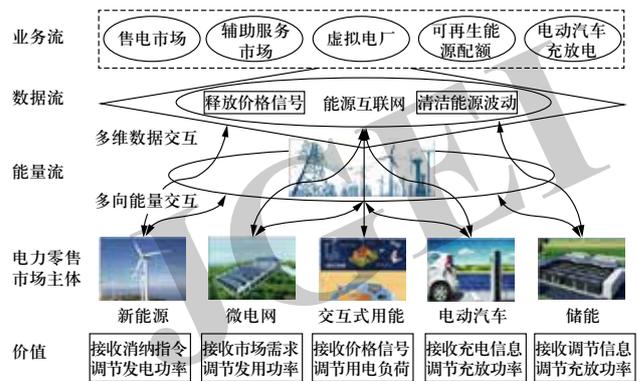


图 1 源网荷储互动示意图

Fig. 1 Source-grid-load-storage interaction

源网荷储互动是指通过先进的控制、通信等技术将分布式电源、储能系统、柔性负荷、电动汽车等资源进行聚合、优化、协调而形成的电力市场可交易单元和电力系统可调度单元。推进能源互联网建设，充分发挥源网荷储互动在电力交易和辅助服务等方面的

灵活性调节作用,通过市场机制和价格信号鼓励和引导源网荷储互动发展,可以缓解电网调峰压力、促进清洁能源消纳。

## 2.2 能源互联网环境下电力零售主体价值分析

能源互联网环境下成熟的电力零售市场将赋予小微市场主体自主选择权,能够支撑多元新兴主体广泛接入,营造开放共享的市场环境。基于源网荷储互动技术聚合小微主体参与交易,可以为电力市场带来3个层面的价值:数据信息价值、电力电量价值、绿色清洁价值,三者的关系如图2所示。

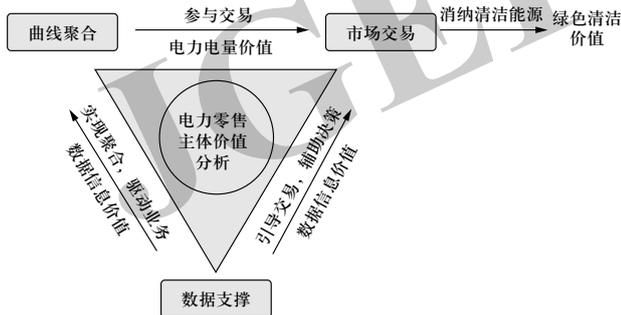


图2 电力零售主体价值分析

Fig. 2 Value analysis of electricity retailers

1) 数据信息价值是基础。能源互联网环境下电力零售主体广泛接入,基于所产生的大量电力数据,为电力市场交易及服务创造的价值,主要包括数据驱动业务和数据辅助决策价值。其中,数据驱动业务指通过数据产品、数据挖掘模型实现零售主体用电曲线的聚合,从而提高整体曲线的平滑性,促进更好地交易;数据辅助决策指获取市场交易数据,通过统计分析指导聚合商参与市场交易,制定交易策略。

2) 电力电量价值是核心。电力零售主体聚合后,助力电力电量平衡体现的价值。基于电力零售主体自身的源-荷特性,聚合后可通过电力交易参与到市场电力电量平衡之中。

3) 绿色清洁价值是目标。电力零售主体聚合后,消纳清洁能源实现的清洁与低碳价值。电力零售聚合商可通过与清洁能源开展交易和需求侧管理,消纳清洁能源并节约用能成本。

## 3 能源互联网环境下电力零售主体价值实现

### 3.1 电力零售主体价值实现载体——聚合商

聚合商聚集电力零售市场中零散的小微主体的价值,通过电力市场交易,实现资源的优化配置,合并

多类主体用电曲线,使得整体曲线更加平稳。聚合商与零售主体共享收益,其批发-零售的两级运营模式如图3所示。

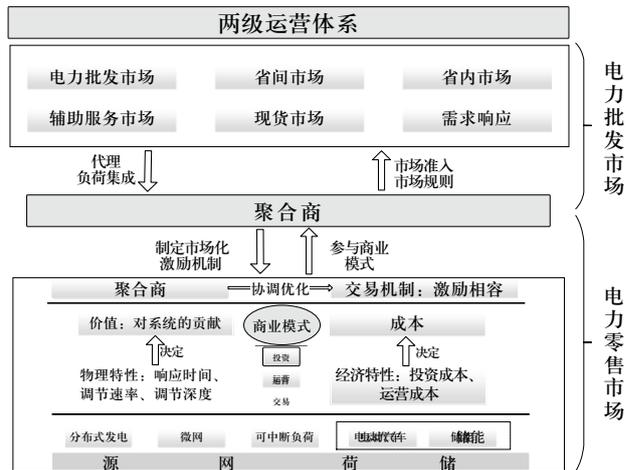


图3 聚合商批发-零售两级运营体系

Fig. 3 Aggregator operating system on the wholesale and retail sides

### 3.2 电力零售主体价值实现体系——交易和服务市场

能源互联网环境下电力零售主体价值实现体系的目的:①更多的传统电力用户以外的用户参与市场;②更多的电费以外的业务与价值提升。通过参与电力市场交易与提供增值服务获得收益来驱动小微主体与聚合商推动零售市场的发展,其价值实现途径为批发侧的交易市场和零售侧的服务市场。

本文构建的能源互联网环境下电力零售主体价值实现体系如图4所示。在交易市场中,聚合商通过源网荷互动实现更加灵活的电力交易,促进清洁能源消纳。在服务市场中,为支撑电力零售主体参与电力交易,需开展更加丰富的多元主体增值服务,包括信息服务、辅助决策、运营服务等。

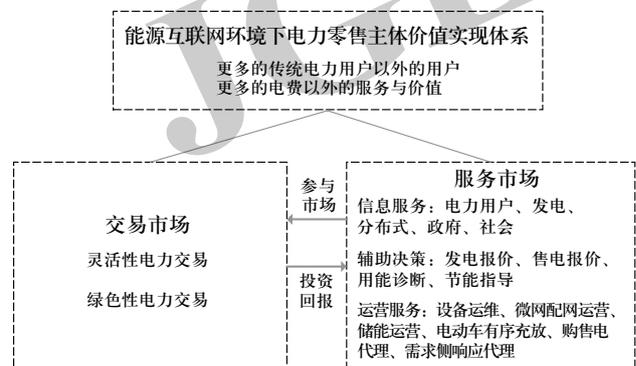


Fig. 4 Value realization system of electricity retailers in the environment of energy Internet

## 4 面向电力零售主体的交易和服务体系

能源互联网环境下电力零售主体价值实现体系具体可分为灵活性电力交易、绿色性电力交易和电力零售服务。

### 4.1 灵活性电力交易

灵活性电力交易机制即聚合商聚合电力零售主体参与电能量交易、辅助服务交易及需求响应<sup>[22]</sup>，其主要实现电力电量价值。

1) 电能量交易：聚合商代理电力零售主体参与不同时间尺度的电能量交易，根据时间维度可分为中长期交易、短期交易和现货交易。

2) 辅助服务交易：聚合商可提供调峰、备用、可中断负荷等辅助服务，可与调度机构签订双边合约或参与集中竞价，达成交易后按照交易结果聚合内部资源，并依据辅助服务市场规则结算。

3) 需求响应：聚合商建立自身柔性资源管控能力，聚集并管理具备需求响应能力的电力用户，协助用户实现控制、计量改造及响应策略，参与需求响应。

### 4.2 绿色性电力交易

以绿电直购交易和可再生能源消纳责任权重交易构建绿色电力交易机制，形成与可再生能源特性相适应的市场化交易机制，如图5所示，其主要实现绿色清洁价值。

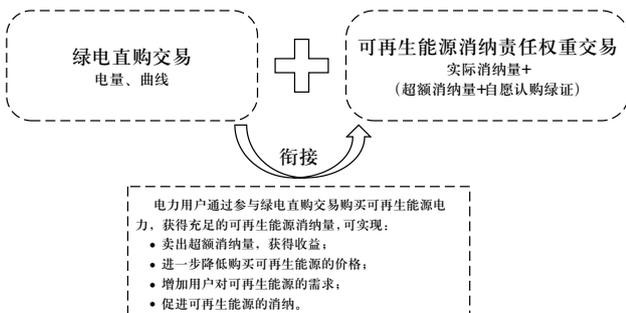


图5 绿色性电力交易

Fig. 5 Green electricity trading

1) 绿电直购交易：指电力用户与可再生能源发电企业直接交易，交易电量和电价由购售双方协商确定，可采取双边、竞价与挂牌等方式。初期通过电量交易，后期依托能源互联网信息感知技术建立带曲线交易。

2) 可再生能源消纳责任权重相关交易：聚合商

作为承担消纳责任的市场主体，可参与可再生能源消纳责任权重交易，其包含超额消纳量交易和绿证交易。

衔接机制：在绿电直购交易中，聚合商购入大量可再生能源，获取充分的可再生能源消纳量，在可在再生能源消纳责任权重市场中卖出超额消纳量，获得收益，从而进一步补贴聚合商购买可再生能源的价格，促进其对可再生能源的需求，实现良性循环。

### 4.3 电力零售服务

能源互联网环境下，信息广泛接入产生的海量数据会丰富与电力消费密切相关的增值服务<sup>[23]</sup>，带动社会资源广泛参与并构建开放共享的能源生态圈，推动能源系统转型，提高系统运营效率，其主要发挥数据信息价值。

电力零售代理商和市场运营者可依托能源互联网环境下的数据共享支撑技术，开展一系列电力增值服务，如表3所示，包括信息服务、辅助决策和一体化运营服务。

表3 面向电力零售主体的服务类型  
Table 3 Service types for electricity retailers

类型	内容
信息服务	用电数据统计及分析
辅助决策	能效服务、负荷预测、报价决策
一体化运营服务	交易代理、资产运维、金融服务

## 5 能源互联网环境下聚合商运营经济性分析

基于能源互联网环境下电力零售主体价值实现策略，分析聚合商运营的经济性。聚合商可通过获得价值收益，促进电力零售主体价值实现。

### 5.1 聚合商运营成本及收益分析

#### 5.1.1 成本

1) 初始投资成本。包括分布式能源、储能、数据采集或控制设施等的投资成本。

$$C_1 = C_g + C_s + C_i + C_w \quad (1)$$

式中： $C_1$ 为初始投资成本； $C_g$ 为分布式能源投资建设成本； $C_s$ 为储能投资建设成本； $C_i$ 为数据采集和控制设施的投资建设成本； $C_w$ 为其他投资建设成本。

2) 运维成本。维护 $C_1$ 中设施所付出的成本。

$$C_2 = C_g \lambda_1 + C_s \lambda_2 + C_i \lambda_3 + C_w \lambda_4 \quad (2)$$

式中:  $C_2$ 为运维成本;  $\lambda_1$ 至 $\lambda_4$ 分别为分布式能源、储能、数据采集和控制设施、其他投资的运维费率。

3) 借贷利息。

$$C_3 = C_i \eta \gamma n \quad (3)$$

式中:  $C_3$ 为借贷利息;  $\eta$ 为贷款比例;  $\gamma$ 为年贷款利率;  $n$ 为贷款年限。

### 5.1.2 收益

1) 辅助服务收益。聚合商可提供调峰辅助服务, 并获得相应收益。

$$S_1 = U_{AS} A_{AS} T_{AS} \quad (4)$$

式中:  $S_1$ 为调峰辅助服务收益;  $T_{AS}$ 、 $U_{AS}$ 、 $A_{AS}$ 分别为参与辅助服务的时长、容量和补偿标准。

2) 需求响应收益。参与需求响应的聚合商服务单次费用的计算公式为

$$S_2 = P_{DR} A_{DR} K_{DR} \quad (5)$$

式中:  $S_2$ 为需求响应收益;  $P_{DR}$ 为聚合商实际响应负荷;  $A_{DR}$ 为参与需求响应的补偿标准;  $K_{DR}$ 为服务费系数。

或依据需求响应电量计算:

$$S_2 = U_{DR} A_{DR} T_{DR} \quad (6)$$

式中:  $T_{DR}$ 、 $U_{DR}$ 、 $A_{DR}$ 分别为聚合商参与需求响应的时长、容量和补偿标准。

3) 电能量交易收益。聚合商可通过外售自身富余电量获得收益:

$$S_3 = Q_{os} P_{t,os} \quad (7)$$

式中:  $S_3$ 为电能量交易收益;  $Q_{os}$ 为聚合商售电电量;  $P_{t,os}$ 为售电时刻的市场电价。

可利用自身储能能力实现低谷充电、高峰放电获得峰谷价差收益:

$$S_4 = Q_{dis} P_{t,os} - Q_{ch} P_{t,ch} \quad (8)$$

式中:  $S_4$ 为峰谷价差收益;  $Q_{dis}$ 为聚合商放电电量;  $Q_{ch}$ 为充电电量;  $P_{t,ch}$ 为充电时刻的市场电价。

4) 绿电收益。若聚合商与新能源企业直接交易, 大规模消纳绿电, 可获取低价绿电的价格收益; 亦可通过可再生能源消纳补贴方式获得收益。同时满足可再生能源消纳责任权重, 随着可再生能源配额制的推行, 后续可通过出售超额消纳量获得收益。

$$S_5 = Q_{gr} (P_{t,coal} - P_{t,gr}) \quad (9)$$

式中:  $S_5$ 为绿电价格收益;  $Q_{gr}$ 为绿电消纳量;  $P_{t,coal}$ 为本地燃煤电价;  $P_{t,gr}$ 为本地绿电落地电价。

$$S_6 = Q_{ex} P_{ex} \quad (10)$$

式中:  $S_6$ 为超额消纳量收益;  $Q_{ex}$ 为聚合商可再生能源消纳责任权重超额消纳量;  $P_{ex}$ 为超额消纳量出售的价格, 由买卖双方协商确定。

## 5.2 运营经济性评价指标

综合动态投资回收期、净现值、内部收益率<sup>[24]</sup> 3个经济评价指标进行经济性分析。

## 6 算例分析

### 6.1 基础数据

本文以负荷聚合商作为研究对象, 分析其在电力零售主体价值实现体系下升级改造后参与市场的运营经济性, 以1年为建设期, 24年为运营期进行经济性分析。该负荷聚合商包含52 MW负荷资源, 其可调控容量为20 MW。固定资产投资估算如表4所示。

表4 负荷聚合商固定资产投资估算表

Table 4 Fixed asset investment estimation of load aggregator

序号	工程和费用名称	金额/万元
1	数据采集和运控设施	400
(1)	用户终端改造	100
(2)	用户改造硬件设备	100
(3)	通信信道年租用费用	50
(4)	用户侧系统软件开发	150
2	管理平台系统软件开发	200
3	建设期利息	7.2
4	流动资金	50
合计 (1+2+3+4)		657.2

其中, 数据采集和运控设施投资为400万元; 管理平台投资为200万元; 贷款比例为50%, 贷款年利率为4.8%, 建设期为1年, 故建设期利息为7.2万元; 流动资金为50万元。投资总计为657.2万元。

1) 收益。

由于负荷聚合商不具备发电与储能能力, 故不涉及售电收益。本算例以年为单位, 参考东北电力辅助服务市场运营规则中可中断负荷参与调峰补偿上限<sup>[25]</sup>、上海需求响应项目奖励标准<sup>[22]</sup>、冬奥场馆绿电交易成本节省的下降价差<sup>[26]</sup>并做出3类收益的年时长假设, 如表5所示, 该负荷聚合商的收益包含需求响应收益、调峰辅助服务收益和绿电收益3部分。

表5 年度负荷聚合商收益估算表

Table 5 Annual revenue estimation of load aggregator

收益项目	补偿价格 (元·kWh <sup>-1</sup> )	年度时长 /h	容量 /MW	年收益 /万元
调峰辅助服务	0.2	360	20	144
需求侧响应	3	12	20	72
绿电收益	0.1	240	20	48

## 2) 成本。

负荷聚合商的成本包括运维成本、工资及福利、利息支出及其他费用。运维费用按照总投资的1%计算，工资及福利年支出100万元，利息支出按照年利率4.8%计算，其他费用按照总投资的2%计算。

## 6.2 经济性分析

在本算例场景下，经济性分析指标如表6所示，负荷聚合商进行升级改造后参与交易具有较高收益，方案可行。

表6 负荷聚合商经济性指标分析

Table 6 Analysis of economic indicators of load aggregator

动态投资 回收期/a	全部投资内部 收益率/%	全部投资财务 净现值/万元
6.9	17.16	790.66

针对本算例项目初始投资及交易时长2个不确定因素，分析其对投资项目经济效益指标的影响，判断项目承受风险的能力，本算例进行敏感性分析，如表7所示。

表7 财务敏感性分析结果

Table 7 Financial sensitivity analysis results

方案 类型	变化 幅度/%	动态投资 回收期/a	全部投资 内部收益率/%	全部投资财务 净现值/万元
投资 变化 分析	-10	6.15	19.22	863.9
	-5	6.52	18.14	827.28
	0	6.9	17.16	790.66
	5	7.31	16.27	754.04
	10	7.73	15.44	717.41
时长 变化 分析	-10	8.7	13.87	537.3
	-5	7.68	15.53	663.98
	0	6.9	17.16	790.66
	5	6.29	18.78	917.33
	10	5.8	20.37	1 044.01

由表7可知，本算例中参与各类交易的时长是更敏感的因素，项目初始投资次之。当两者变化幅度在-10%~10%时，方案的动态投资回收期在5.8~8.7年，全部投资内部收益率在13.87%~20.37%，投资方案承受风险能力较强，聚合商及其代理的电力零售主体可形成合理的价值实现。

## 6.3 不同情景对比分析

负荷聚合商传统收益模式为提供辅助服务与参与需求响应，而本文构建了电力零售侧兼顾灵活性和绿色性的价值实现体系，对比如表8所示。

表8 不同场景对比分析

Table 8 Analysis in 2 scenarios

场景	动态投资 回收期/a	全部投资内 部收益率/%	全部投资财务 净现值/万元
参与绿电交易	6.9	17.16	790.66
不参与绿电交易	11.3	11.07	330.01

由对比可知，基于本文所构建的价值实现体系，负荷聚合商可实现更好的收益，电力零售主体可进一步获得价值回报，促进电力零售市场发展。

## 7 结语

中国电力零售市场建设尚处于探索阶段，随着能源互联网的发展，零售市场将涵盖泛在接入的多元新兴主体，亟需价值实现策略推动电力零售市场的建设。本文研究提出了电力零售主体对于电力市场的多重价值，设计了能源互联网环境下电力零售主体的价值实现体系，并分析了聚合商的运营经济性，以期为电力零售主体实现价值提升及推动电力零售市场发展提供思路。

## 参考文献

- [1] 沈沉, 贾孟硕, 陈颖, 等. 能源互联网数字孪生及其应用[J]. 全球能源互联网, 2020, 3(1): 1-13.  
SHEN Chen, JIA Mengshuo, CHEN Ying, et al. Digital twin of the energy Internet and its application[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2020, 3(1): 1-13(in Chinese).
- [2] 王永真, 张宁, 关永刚, 等. 当前能源互联网与智能电网研究选题的继承与拓展[J]. 电力系统自动化, 2020, 44(4): 1-8.  
WANG Yongzhen, ZHANG Ning, GUAN Yonggang, et al. Inheritance and expansion analysis of research topics between energy Internet and smart grid[J]. Automation of Electric

- Power Systems, 2020, 44(4): 1-8(in Chinese).
- [3] 刘永相, 徐华池, 江冰, 等. 基于充电网络与车联网平台的能源互联网生态体系研究[J]. 全球能源互联网, 2019, 2(5): 492-501.  
LIU Yongxiang, XU Huachi, JIANG Bing, et al. Energy Internet ecosystem based on charging and vehicular network platforms[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2019, 2(5): 492-501(in Chinese).
- [4] 陈启鑫, 刘敦楠, 林今, 等. 能源互联网的商业模式与市场机制(一)[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3050-3056.  
CHEN Qixin, LIU Dunnan, LIN Jin, et al. Business models and market mechanisms of energy Internet(1)[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3050-3056(in Chinese).
- [5] 刘敦楠, 曾鸣, 黄仁乐, 等. 能源互联网的商业模式与市场机制(二)[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3057-3063.  
LIU Dunnan, ZENG Ming, HUANG Renle, et al. Business models and market mechanisms of E-net(2)[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3057-3063(in Chinese).
- [6] 李君妍. 能源互联网下我国电力市场发展战略研究[J]. 电工电气, 2018(10): 64-69.  
LI Junyan. Research on development strategy of China's power market under energy Internet[J]. Electrotechnics Electric, 2018(10): 64-69(in Chinese).
- [7] 肖谦, 喻芸, 荆朝霞. 电力市场的目标、结构及中国电力市场建设的关键问题讨论[J]. 全球能源互联网, 2020, 3(5): 508-517.  
XIAO Qian, YU Yun, JING Zhaoxia. Discussion on the target and structure of electricity market and the key issues in the construction of China's electricity market[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2020, 3(5): 508-517(in Chinese).
- [8] 孙宏斌, 郭庆来, 潘昭光, 等. 能源互联网: 驱动力、评述与展望[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3005-3013.  
SUN Hongbin, GUO Qinglai, PAN Zhaoguang, et al. Energy Internet: driving force, review and outlook[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3005-3013(in Chinese).
- [9] 刘凡, 别朝红, 刘诗雨, 等. 能源互联网市场体系设计、交易机制和关键问题[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(13): 108-117.  
LIU Fan, BIE Zhaohong, LIU Shiyu, et al. Framework design, transaction mechanism and key issues of energy Internet market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(13): 108-117(in Chinese).
- [10] 单兰晴, 孔王维, 顾承红, 等. 配电系统运营商在配网电力市场发展进程中的角色与功能演化初探[J]. 全球能源互联网, 2020, 3(1): 70-78.  
SHAN Lanqing, KONG Wangwei, GU Chenghong, et al. Roles and functions of distribution system operators in local electricity market development[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2020, 3(1): 70-78(in Chinese).
- [11] 张小平, 李佳宁, 付灏. 英国电力零售市场的改革与挑战[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(11): 10-16.  
ZHANG Xiaoping, LI Jianing, FU Hao. UK retail electricity market reform and challenges[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(11): 10-16(in Chinese).
- [12] 袁黎. 新加坡电力零售市场改革的经验启示[J]. 中国电力企业管理, 2017(4): 51-53.
- [13] 何永秀, 陈奋开, 叶钰童, 等. 澳大利亚零售市场电价套餐的经验及启示[J]. 智慧电力, 2019, 47(7): 19-23.  
HE Yongxiu, CHEN Fenkai, YE Yutong, et al. Experience and enlightenment of electricity price package in Australian retail market[J]. Smart Power, 2019, 47(7): 19-23(in Chinese).
- [14] 王一, 黄远明, 陈青, 等. 澳大利亚电力零售市场运行及其监管模式借鉴: 基于对广东电力改革的启示[J]. 价格理论与实践, 2019(3): 65-68.  
WANG Yi, HUANG Yuanming, CHEN Qing, et al. The operation of Australia's electricity retail market and its supervision model: based on the enlightenment to Guangdong power reform[J]. Price: Theory & Practice, 2019(3): 65-68(in Chinese).
- [15] 葛炬, 张粒子. 美国得州ERCOT电力市场及其对我国电力改革的启示[J]. 中国电力, 2004, 37(12): 13-17.  
GE Ju, ZHANG Lizi. Experiences in ERCOT market of Texas and a good reference for electricity market in China[J]. Electric Power, 2004, 37(12): 13-17(in Chinese).
- [16] 钱寒晗, 李有亮, 许洁. 国外保底电力零售服务研究及对国内零售市场建议[J]. 中国电力企业管理, 2019(7): 70-73.
- [17] 姜庆国, 王响响, 林海涛. 基于系统动力学的电力批发市场和零售市场相互关系分析[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(24): 77-84.  
JIANG Qingguo, WANG Yunyun, LIN Haitao. Analysis on relationship between electricity wholesale market and retail market based on system dynamics method[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(24): 77-84(in Chinese).
- [18] 杨甲甲, 赵俊华, 文福拴, 等. 电力零售核心业务架构与购售电决策[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(14): 10-18.  
YANG Jiajia, ZHAO Junhua, WEN Fushuan, et al. Key business framework and purchase/sale decision-making for electricity retailers[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(14): 10-18(in Chinese).
- [19] 陈家庚, 林哲敏, 李永波, 等. 电力零售市场信息披露机制研究与探讨[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(17): 168-174.  
CHEN Jiageng, LIN Zhemin, LI Yongbo, et al. Information disclosure mechanism in electricity retail market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(17): 168-174(in Chinese).
- [20] 钱寒晗, 李永波, 张浩, 等. 对电力零售市场准入规则的调研分析[J]. 科技创新与应用, 2019(17): 38-39.
- [21] 赖飞屹. 基于纳什均衡的能源互联网下的电力市场研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2017.  
LAI Feiyi. Study on electricity power market under the energy Internet based on Nash equilibrium[D]. Nanchang: Nanchang University, 2017(in Chinese).
- [22] 杨威, 曾智健, 陈皓勇, 等. 广东电力市场需求侧响应交易机制研究[J]. 广东电力, 2017, 30(5): 25-34.  
YANG Wei, ZENG Zhijian, CHEN Haoyong, et al. Research on demand response trading mechanism in Guangdong electricity market[J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(5): 25-34(in Chinese).
- [23] 王占洋, 赵文会, 高鹏, 等. 考虑网络外部性的电力增值服务销售策略模型[J]. 电网技术, 2018, 42(7): 2213-2222.

WANG Zhanyang, ZHAO Wenhui, GAO Peng, et al. Sale strategy model of electricity value-added services considering network externalities[J]. Power System Technology, 2018, 42(7): 2213-2222(in Chinese).

- [24] 刘敦楠, 徐尔丰, 许小峰. 面向园区微网的“源-网-荷-储”一体化运营模式[J]. 电网技术, 2018, 42(3): 681-689. LIU Dunnan, XU Erfeng, XU Xiaofeng. “Source-network-load-storage” integrated operation model for microgrid in park[J]. Power System Technology, 2018, 42(3): 681-689(in Chinese).
- [25] 国家能源局东北监管局. 东北电力辅助服务市场运营规则(试行) [S]. 2019.
- [26] 周哲, 王海英, 王沁, 等. 电力交易助力绿电奥运的实践与探索[J]. 中国电业, 2020(7): 84-85.

收稿日期: 2020-08-17; 修回日期: 2020-10-21。



刘敦楠

作者简介:

刘敦楠(1979), 男, 博士, 副教授, 主要从事电力市场与能源互联网商业模式研究。通信作者, E-mail: liudunna@163.com。

庞博(1978), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 现任北京电力交易中心市场部主任, 主要从事电力市场研究、市场建设、交易运营研究, E-mail: bo-pang@sgcc.com.cn。

(责任编辑 张宇)

## “能源气候协同治理机制与路径”专栏征稿启事

为应对气候变化, 实现《巴黎协定》温控目标, 各国积极制订能源转型战略、加强跨国互联合作, 可再生能源、储能、氢能以及交通和终端用能电气化等领域创新技术和产业高速发展, 全球能源系统正在从化石能源主导向可再生低碳多能融合方向积极转变。

中国提出实现2030年碳达峰和2060年碳中和的可持续发展战略目标, 电力系统作为气候治理的核心部门, 不但面临着电源侧从高碳到低碳、从低碳到零碳目标的严峻挑战, 还要协助工业、交通、建筑等部门通过电气化实现减碳, 这为能源领域、特别是电力系统的学术研究和技术创新带来了重大挑战和机遇。能源系统的气候治理涉及电力、能源、经济、环境多个领域, 为促进跨学科交流, 展示各国最新研究进展, 推动碳中和目标下的能源和电力战略和规划研究, 《全球能源互联网》设立“能源气候协同治理机制与路径”专栏, 特邀请清华大学能源环境经济研究所张希良教授、国家发展改革委能源研究所姜克隽研究员、厦门大学能源学院赵英汝教授、清华大学电机系鲁宗相特聘副教授、中国石油大学经济管理学院赵晓丽教授、清华大学环境学院鲁玺长特聘副教授、全球能源互联网发展合作组织黄瀚教高共同担任专栏联合特约主编。真诚欢迎国内外研究人员踊跃投稿。

### 一、专题征稿范围(包括但不限于)

- 1) 国家或地区能源政策、能源环境经济、能源可持续研究;
- 2) 实现碳达峰和碳中和目标的能源-环境-经济系统集成建模与分析;
- 3) 碳中和发展路径及其目标下的电力能源系统规划方法;
- 4) 氢能、生物质能及CCUS等零碳和负碳能源技术及系统的建模、评价及发展路径;
- 5) 促进能源转型的电力市场、碳市场等机制设计;
- 6) 不同能源形式及行业的能源效率提升与用能终端电能替代研究;
- 7) 电源及电网优化构成及技术发展路线;
- 8) 气候与大气环境质量协同治理路径研究。

### 二、投稿要求

- 1) 摘要应该对论文的内容不加注释和评论地简洁陈述, 扼要地说明研究工作的研究目的、研究方法、研究结果和研究结论, 其中结论是重点。
- 2) 引言应简要介绍论文的写作背景和目的, 该领域的主要研究现状、当前研究热点以及目前存在的问题, 应当重点说明本研究与前人所做工作的关系, 借

此引出本文的主题给读者以引导, 并对自己的研究思路做一总体介绍。

3) 正文部分要求层次清晰、重点突出、论述严谨、文字简练, 字数以不超过8000字(包括图表)为宜。

4) 遵循学术道德规范和论据可追溯原则, 对前人研究方法、结论和数据等, 给出准确引用文献信息。

### 三、投稿方式

请登陆期刊官方网站<https://www.gei-journal.com/cn>, 点击“我要投稿”在线提交全文, 栏目选择“能源气候协同治理机制与路径”。投稿前请仔细阅读投稿指南。

论文请按照《全球能源互联网》投稿模板撰写。请在期刊网站点击“我要投稿—投稿模板下载”, 或关注“全球能源互联网期刊”微信公众号, 在“中文期刊—投稿模板”中下载投稿模板, 模板详细列出了论文各要素内容和版式要求, 可方便套用。

### 四、联系方式

《全球能源互联网》期刊编辑部:

白恺(主编): kai-bai@geidco.org, 010-63411464

李锡(责编): xi-li@geidco.org, 010-63415341