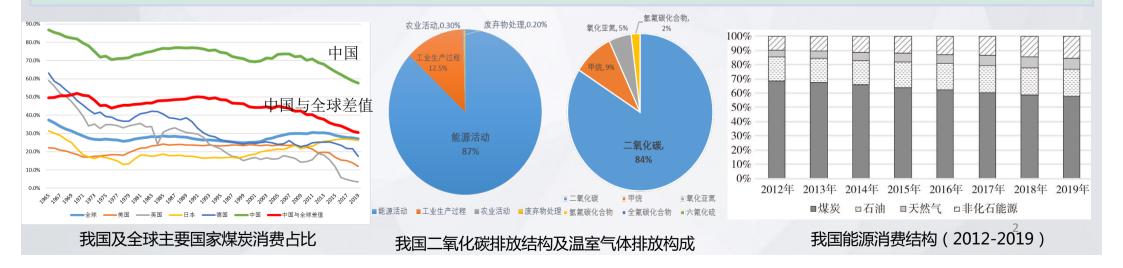


"碳达峰、碳中和"目标下,中国能源行业面临的机遇和挑战 Risks and Challenges for China's Energy Industry with the "Carbon Peak and Carbon Neutrality" Target

一是能源行业是主战场,调整以煤为基础的能源结构是最大难题。

The Energy Industry is the Crux of the Target Which Needs to Adjust the Industrial Structure Based on Coal.

- **▶能源活动是我国二氧化碳的主要排放源,占据绝对主要位置。**据统计,能源活动约占全部二氧化碳排放量的87%, 占全部温室气体排放量的70%。
- ▶我国能源消费仍以化石能源为主,能源结构优化任务艰巨。截至2019年底,我国煤炭消费占一次能源消费的比重为 57.7%,比全球平均水平的27%仍然高30.7%。

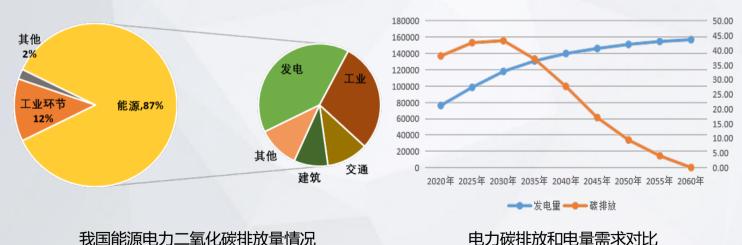


"碳达峰、碳中和"目标下,我国能源行业面临的风险挑战 Risks and Challenges for China's Energy Industry with the "Carbon Peak and Carbon Neutrality" Target

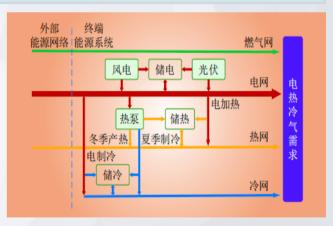
二是电力行业是主力军,既是主要碳排放部门,还将承接其他行业减排任务。

The Electricity Industry Plays the Key Role as the Main Carbon Emission Reducing Sector and Also Facilitating Other Industries to Reduce Their Emissions.

- ▶ 电力领域是我国最主要的碳排放部门。2019年我国电力行业二氧化碳排放量约40亿吨、占能源活动二氧化碳排放 的41%。
- ▶ 未来电力行业还将承接其他行业用能转移,碳排放占比继续上升。从能源生产环节看,可再生能源主要转化为电 能加以利用。从能源供应环节看,电能是是实现冷、热、气、交通等多能系统连接和互补利用的关键。



电力碳排放和电量需求对比



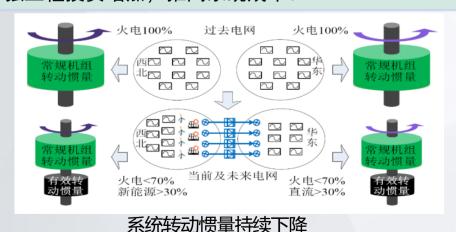
以电为中心的综合能源系统

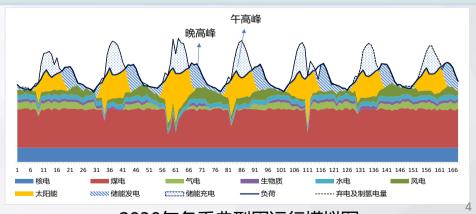
"碳达峰、碳中和"目标下,我国能源行业面临的风险挑战 Risks and Challenges for China's Energy Industry with the "Carbon Peak and Carbon Neutrality" Target

三是双碳目标将推动新能源跨越式高速发展,为电力行业带来重大机遇和挑战。

The "Carbon Peak and Carbon Neutrality" Target Pushes the High-Speed Development of Renewable Energy Which Brings Significant Challenges to The Electricity Industry.

- ▶ 系统安全方面,新能源机组等电力电子静止设备大量替代旋转同步电源,电力系统等值转动惯量大幅度降低。
- ▶ 电力平衡方面,新能源对电力平衡支撑不足,新能源小发期间供应不足和大发期间消纳困难的问题交替出现,增加了供需平衡压力。
- ▶ 系统成本方面,新能源跨越式发展将带来系统备用资源、灵活调节资源成本上升,配套接网送出工程、电网扩展 补强工程投资增加,推高系统成本。





2030年冬季典型周运行模拟图

"碳达峰、碳中和"目标下能源行业的绿色转型是一场系统性变革,需要关注新的发展态势并进行创新,针对性制定相应的产业政策、财税政策和监管政策。下面将关注电力行业的市场化、数字化、互动化三个发展态势。

To follow the Development Trend of the Power Industry Under the "Carbon Peak and Carbon Neutrality", The Market Construction and Regulation Need to be Focused on Under the Development Trend of Marketization, Digitalization and Interaction.

- 市场化: 中国正在推动以市场化方式配置能源资源,电力市场体系逐步完善。同时,分布式电源、多元负荷和储能快速发展,终端负荷特性由传统的刚性、纯消费型,向柔性、生产与消费兼具型转变,各类新兴市场主体将集中涌现, **迫切需要推动体制机制创新**。
- 数字化: 先进信息、网络、控制技术的快速发展和广泛应用,传统能源电力行业将与各类数字技术深度融合, **迫切需要推动科技创新。**
 - **互动化**:一方面,电力系统平衡模式将逐步向源网荷储协调互动的非完全实时平衡转变;另一方面,电力系统将与天然气、交通等其它系统协调互动,**迫切需要推动商业模式创新**。 5



- ▶ 纵向源网荷储多元互动,支撑清洁能源的规模化利用。源网荷储各主体通过通过数字化技术,实现广泛互联、智能互动,实现协调运行,满足清洁能源更广泛的接入和规模化高效利用。
- ▶ 横向电热气冷多能互补,提升终端能源利用效率。通过数字化技术推动电热气冷等领域能源基础设施的互联互通, 实现能源资源的统筹利用。

目标下能源市场监管机制。

1. To Establish an Energy Market Mechanisms Which Reflect the Green Value

为满足用户绿色电力消费需求,助力实现"双碳"目标,亟需创新电力市场机制。

一是"双碳"目标下,用户绿 色电力消费需求强烈。

据初步统计,2021年长三角 地区绿色电力交易需求约为50亿 千瓦时,其中江苏需求约25亿千 瓦时,浙江需求20亿千瓦时以上 ,上海需求约5亿千瓦时。 二是电力市场深入推进,新能源发电商面临的收益不确定性增加,期待通过绿色电力交易稳定收益。

用户直接与新能源发电商签订绿 色电力交易合同,电力消纳就有了保 障,明确的电价则可为项目正常运行 提供必要的资金保障。 三是用户期望与新能源项目直接开展电力交易,有意愿为绿色电力的环境价值"买单"。

目前,我国的可再生能源自愿绿证价格高昂(150-300元/张)用户难以负担,不得不转而购买价格较低的I-REC国际绿证。

1. To Establish an Energy Market Mechanisms Which Reflect the Green Value

绿色电力交易组织体系

按照国家发改委工作要求,我国开展了绿色电力交易的试点工作,这是构建新能源为主体的新型电力系统的重大机制创新,将有效发挥市场作用,促进能源清洁低碳转型,助力"双碳"目标的深入推进。

产品类别

- •初期,为风光发电企业上网电量
- •成熟时,逐步扩大 至符合条件的水电

市场主体

- 光伏发电企业
- 风电发电企业
- •电力用户
- 售电公司

交易方式

- 与绿电企业直接交易
- 电网企业代售带补贴保障性绿电

价格机制

- •初期以年度(多月) 交易为主
- 月度或月内组织增量及合同调整交易
- 根据需要组织多年 交易

交易组织

- 以年度 (多月) 交 易为主
- 月度或月内组织增量及合同调整交易
- 鼓励签订多年多年交易合同

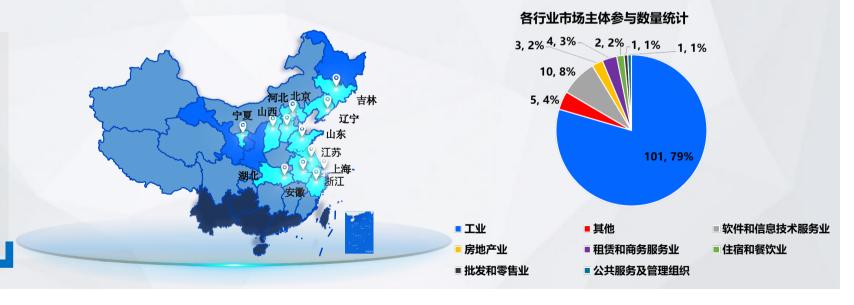
1. To Establish an Energy Market Mechanisms Which Reflect the Green Value

绿色电力交易成效

9月7日,我国绿色电力交易试点正式启动后的首次交易。17个省份259家市场主体参加,达成交易电量 79.35亿千瓦时,将减少标煤燃烧243.60万吨,减排二氧化碳607.18万吨。交易价格平均溢价0.03 —0.05元/千瓦时。

交易主体方面:

本次绿色电力交易将 在省间省内2个市场同时 开展,涉及17个省份。用 户类型覆盖了国有大型企业、跨国公司和外向型企业,包括汽车、化工、机 械制造、钢铁、日用消费 品等多个领域。



1. To Establish an Energy Market Mechanisms Which Reflect the Green Value

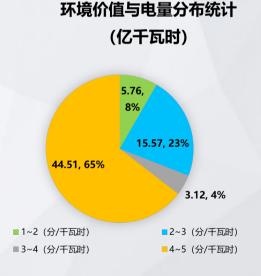
绿色电力交易成效

9月7日,我国绿色电力交易试点正式启动后的首次交易。17个省份259家市场主体参加,达成交易电量 79.35亿千瓦时,将减少标煤燃烧243.60万吨,减排二氧化碳607.18万吨。交易价格平均增加0.03 —0.05元/千瓦时。

成交价格方面:

绿色电力成交价格较 当地电力中长期交易价格 增加0.03元/千瓦时—0.05 元/千瓦时。





1. To Establish an Energy Market Mechanisms Which Reflect the Green Value

绿色电力交易成效

9月7日,我国绿色电力交易试点正式启动后的首次交易。17个省份259家市场主体参加,达成交易电量79.35亿千瓦时,将减少标煤燃烧243.60万吨,减排二氧化碳607.18万吨。交易价格平均溢价0.03 —0.05元/千瓦时。

成交规模方面:

完成了79.35亿千瓦时绿色电力交易。其中,国家电网公司经营区域成交电量68.98亿千瓦时,南方电网公司经营区域成交电量10.37亿千瓦时。

本次交易预计将减少标煤燃烧 243.60 万 吨 , 减 排 二 氧 化 碳 607.18万吨。



建立电力市场与碳市场协调机制

电力市场与碳市场是相互独立的两个市场,主要通过共同的市场主体和价格相连。我国火电仍占较大比例,电力市场仍处计划和市场并存阶段,碳价难以通过电力市场向用户传导,同时其他行业纳入间接排放,因此电力市场和碳市场相互影响程度较高,联系非常紧密,需要加强协同。

在价格机制方面,逐步建立完善 碳价与电价传导机制。对于市场化交 易电量部分,碳成本将通过市场竞价 传导到市场化用户;但对于不参与市 场的优发电量部分,需要单独设计碳 价传导机制。 在绿色认证协同方面,可再生能源配额制、绿电等体系,与CCER碳减排体系需要联通。应建立统一规范的绿色认证与交易体系,探索绿证作为用户侧间接碳排放核算凭证,加强CCER于绿证两种体系的信息联通,避免对可再生能源形成双重激励、重复考核问题。

2. 建立保障能源安全的市场机制

2. To Establish an Energy Market Mechanism Which Ensure the Security of Energy Supply

一是建立电能量、容量、辅助服务等相协调的完备电力市场体系。

- ▶ 通过容量成本回收机制,反映电能商品的容量价值,保障充足的发电投资;
- ▶ 通过辅助服务市场,反映电能商品的安全稳定价值,保障充足的发电投资。
- ▶ 最终,通过加强电能量市场、容量市场和辅助服务市场之间的统筹协调,实现电能商品电能量价值、 容量价值、安全稳定价值三者协调。

二是建立一、二次能源市场及价格协调机制

- ▶ 加强一次能源(煤炭、天然气等)与电能市场的协同。
- ▶ 通过建立大宗商品储备制度、征收煤炭价格调节基金、实施电煤临时价格管制等方式,保障动力煤供需平衡和价格稳定。
- ▶ 加强煤炭与电力价格的传导,促进煤炭与电力的协同发展。

3. 建立适应"碳达峰、碳中和"目标的能源市场监管机制 3.To Establish an Energy Market Regulation Mechanism to Facilitate the "Carbon Peak and Carbon Neutrality" Target

推动绿色能源转型,必然要求发挥市场在资源优化配置中的决定性作用,也由此需要完善与电力市场相匹配的相关监管体制机制,建议关注一下几点:

市场监管方面

关注可再生能源并网监管,尤其是大规模分布式电源并网的技术标准、安全规范。新型电力系统建设下,大量风、光等可再生能源电源将接入电网,由于其分布广、规模大、发展速度快,对未来电力系统运行和电力市场建设将产生重要影响,在前期阶段强化并网管理具有重要意义。

利用大数据等先进技术创新监管模式。电力市场在交易主体、交易品种、交易频率等各方面将更加丰富和复杂,传统的市场监管手段和方法越来越难以跟上新形势,需要充分利用大数据等先进技术,创新监管模式,提升监管效能。

价格监管方面

进一步放开发用电计划,推动竞争性环节电价加快放开,通过价格机制充分反映市场供需变化和供给 成本变化,引导资源优化配置。

关注煤价、碳价与电价的衔接。过渡期内,煤电依然是我国电力行业的电量主体,处理好煤价和电价的衔接较为重要,让电价能够充分反映上游燃料成本的变动,实现整个产业链成本的市场化疏导。

电网监管方面

电网是电力市场运行的基础物理平台,新型电力系统下,市场主体数量增多、利益诉求不断增强,将要求电网进一步强化公开开放,无歧视对待各类市场主体。

随着大量分布式电源接入配电网,"产消者"、微网等各类新兴主体不断出现,电网价值创造方式发生重要变化,容量备用的价值更加凸显,需要探索新的输配电价监管模式,以充分体现电网的功能价值,促进电网的可持续发展。



1. "碳达峰、碳中和"目标下的重要技术需求

1. The needs of Technical Innovations under the "Carbon Peak and Carbon Neutrality" Target

核心关键技术突破将在双碳路径中发挥决定性作用。

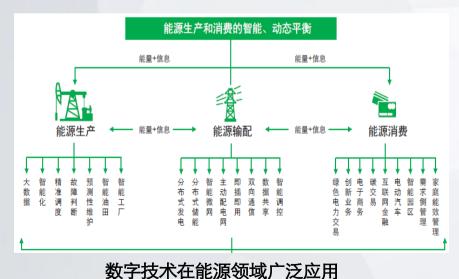
"双碳"目标的实现需对关键技术进行超前统筹谋划和集中攻关。当前阶段,各项颠覆性技术远不足以对电力系统转型升级提供有效支撑,必须以超前思维和跨越式思维集中开展科研攻关、试点应用、产业孵化和推广。

	近中期	中远期
电力传输技术	特高压输电、柔性输电持续强化	直流组网、低频输电、超导输电等先进输电技术
新能源发电	1 实现新能源发电功率精准预测 2 新能源发电集群协调运行控制技术攻关 3 深远海风电并网及运行控制技术突破	1 小型堆技术 2 可控核聚变 3 核电延寿与内陆核电开发
新型储能与协同利用	1 抽水蓄能优先发展 2 非抽蓄储能设备的规模化与商业化运营 3 新型储能装备及多场景运行控制技术攻关	1 大规模低能耗液氢和长距离绿氢储运 2 制氢/氢利用系统与电网协调互动
碳捕集、利用、封存技术	1 CCUS技术试点推广 2 直接空气捕集(DAC)技术研发 3 大型CO2增压技术及管道运输技术突破	1 CCUS大规模商业化运营 2 CO2驱油利用、化工利用和生物利用技术 3 陆上、海上管道输送和海底减水层封存技术
数字能源技术	1 深化大云物移智链与能源技术融合应用 2 推进电力系统核心装备研制 3 开展数据安全技术研究	1 智能量测、先进通信、数字孪生与能源技术融合 2 构建电力系统全场景安全防护体系
终端电气化	1 促进工业、交通、建筑等领域深度电能替代关键技术与装备 研究	1 绿氢高效制取及综合利用技术 2 终端低碳高效用能、需求侧资源集群优化控制等技术

2.数字化是重要技术领域方向

2. Digitalization is the Direction of the Technical Innovation

能源革命与数字革命深度融合发展已经成为发展大势,数字化技术是重要技术领域。



国际能源署IEA《能源转型下的电力安全》报告: 2019年数字电网技术投资增速14%、达400亿美元,数字技术投资已占到电网投资20%。

彭博新能源财经BNEF《电网长期展望2021》报告: 2020年全球 电网数字化投资占年度投资总额的19%, 2050年占比将增至41%。

3. 能源电力数字化转型实践

3. The Practices of the Power Industry Digital Transformation

国家电网

一是夯实数字化发展基础。接入各类边缘设备、感知设备及5亿只智能电表,构建分布广泛、快速反应的电力物联网。建成北京、上海、陕西三地集中式数据中心。突出建设数据、业务、技术三大中台,提供企业级共享服务900余项,促进各类业务运营和创新应用。

二是推进业务数字化转型。强化电网规划、建设、调度、运行、检修等全环节数字化管控。打造"网上电网",支撑各电压等级电网在线可视化诊断评价、智能规划和精准投资。打造融合线上线下服务的"网上国网"平台,实现服务一个入口、客户一次注册、业务一网通办。

三是积极拓展数字产业化。搭建了全球规模最大的智慧车联网平台,累计接入充电桩103万个,为经营区域480万辆电动汽车绿色出行提供便捷智能的充换电服务,实现"车-桩-网"高效协同的能源互动。



国家电网智慧车联网平台



"网上电网"电碳生态地图

'新能源云"平台

4.推动能源电力数字化转型的关注点 To Establish an energy market mechanism that reflects green value

需要从数字化投入与政策支持、网络安全防护能力、市场交易机制、技术创新等方面全面发力、协同增效。

一是加强数字化投入与政策支持

在国家层面,制定相对明确、更 为严格的数字化转型要求,吸引数字 化转型所需投资。

二是提高网络安全防护能力

加强政企协同,从健全国家指导和政策支持、完善网络标准体系、提高分层防护灵活性"三维施策",实现网络安全本质防护能力提升。

三是加快建立适应网源荷储互动 的市场交易机制

加快推动需求响应、分布式发电、储能等可调节负荷参与市场交易, 推动技术与机制两者相互促进。

四是加强新形势下数字化转型技 术创新

根据新形势下能源电力规划运行 需要,研究制定数字化转型技术创新 清单,加快实现理论体系、方法学、 工具等创新突破。

4.推动能源电力数字化转型关注点

4. The Key Points to Drive the Digital Transformation of Power Industry.

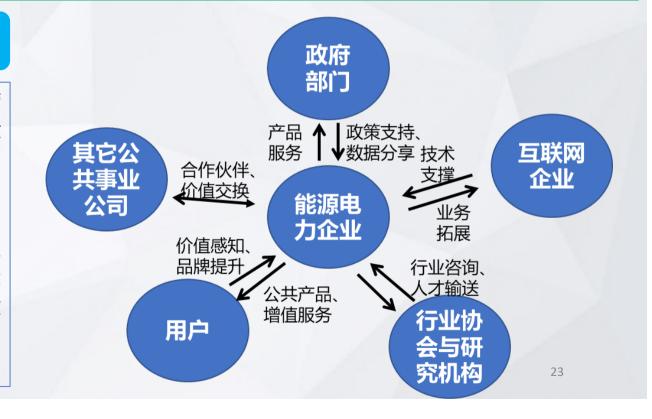
其中,释放数字要素作用尤为关键,推动能源产业数字化发展和能源数字产业化发展。

典型场景:能源大数据中心建设

采取"公益服务+市场运作"相结合的经营模式,坚建成"平台坚强、服务优质、生态健康"的能源大数据中心,为政府、行业、用户提供多元化能源数据服务。

▶ 能源大数据中心建设:

目前,青海、河南、天津等省市公司均按照"政府主导,电网承建"方式开展省级能源大数据中心建设;福建、湖南、辽宁、安徽、重庆、河北等省也已开启不同探索省级大数据中心业务和应用服务领域。





源网荷储多元互动,支撑清洁能源的规模化利用。源网荷储各主体通过通过数字化技术,实现广泛互联、智能互动,实现协调运行,满足清洁能源更广泛的接入和规模化高效利用。

电热气冷多能互补,提升终端能源利用效率。通过数字化技术推动电热气冷等领域能源基础设施的互联互通,实现能源资源的统筹利用。

1.新形势下网源网荷储互动的发展机遇

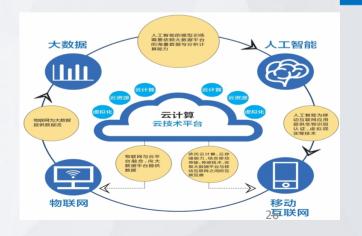
1. The Development of the Interaction Between the Sources, Grid, Load and the Storage Under the New Energy System

推动能源系统纵向源网荷储多元互动,横向电热气冷多能互动,需要充分利用商业模式创新,吸引海量新兴主体充分参与市场,共同构建能源互联网生态圈。

一是新兴市场主体在用户侧的 快速渗透使得网源荷储互动具备 良好的物理基础。 二是电力市场体系逐步完善催 生网源荷储互动的新业态和新模 式,给网源荷储互动带来巨大机 遇。 三是"大云物移智链"等信息 技术的快速发展为网源荷储互动 提供有效技术支撑。







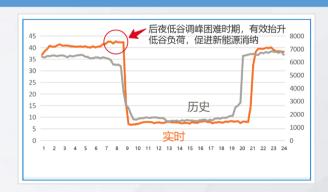
2. 我国典型实践

2. The Practices of the Innovative Energy Market Model in China

能源互动化在我国已有丰富的实践与创新经验。冀北、上海等地区通过虚拟电厂项目开展了商业模式的探索创新。

翼北虚拟 电厂试点 成效 冀北地区拥有张家口可再生能源示范区,全力践行低碳和可持续的理念,助力北京冬奥会实现零碳奥运。建设**冀北全域虚拟电厂综合示范工程**,资源覆盖张家口、秦皇岛、承德等五地市,参与**华北调峰辅助服务市场**。试点**拓展了电网企业盈利增长点,形成商业新业态**,为综合能源服务商、辅助服务供应商、能源聚合商、售电公司等市场主体开辟了新业务。

▶ 冀北试点项目:完成3个试点地市用户资源接入,共计聚合11种类型、31个站/点的灵活性资源,容量达到226MW。2019年12月12日-2020年3月31日,通过参与华北调峰辅助服务市场,总调节里程为758万千瓦时,日最大调节功率为3.93万千瓦。



2019年12月某日冀北继续电厂参与调峰情况

2. 我国典型实践

2. The Practices of the Innovative Energy Market Model in China

能源互动化在我国已有丰富的实践与创新经验。冀北、上海等地区通过虚拟电厂项目开展了商业模式的探索创新。

上海虚拟 电厂试点 成效 上海电网作为国内最大的城市电网,具有典型的**受端电网特征**,经常出现区域性、季节性、时段性的电力供应缺口,长期处于"**紧平衡**"状态。目前,已在**黄浦、世博、张江和上海经研院办公区建成4个虚拟电厂示范项目**,聚合需求响应调节能力参与调峰辅助服务。通过虚拟电厂这一主体形式开展市场交易,满足电网削峰填谷需求,**支撑虚拟电厂创业项目商业模式的有效运营。**

▶ 上海试点项目:共计104栋楼宇,包含柔性负荷、储能、分布式电源等多种类型资源,容量合计87MW。2019年12月3日开展虚拟电厂迎峰度冬需求响应专项试点交易,有效出清电量1.83万kWh,经济收益4.4万元。





4.推动商业模式创新的政策建议

4.The Political Suggestions for Promoting the Business Model Innovation

- 建立促进多能转换和源网荷储互动的市场和价格机制。构建多方参与、平等开放、充分竞争的能源市场交易体系,调动市场主体积极性,引导电源侧、电网侧、负荷侧和独立储能等主动作为、合理布局。
- **构建能源行业的新生态**。降低市场门槛、培育市场主体、鼓励能源领域商业模式的"万众创新"。积极培育第三方综合能源服务、能源金融等新兴能源服务业态和虚拟电厂、负荷集成商等新型市场主体。
 - **推动绿色金融与碳金融发展**。创新绿色金融和碳金融产品,为商业模式创新提供融资等方面的服务,也会助力碳市场的推进。

