

乘“电改”东风，虚拟电厂迎发展机遇期

——虚拟电厂行业深度报告

证券分析师：曾朵红、谢哲栋

执业证书编号：S0600516080001、S0600523060001

联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199798

2023年8月

- **虚拟电厂：聚合优化“源网荷储”，商业模式因地制宜。**虚拟电厂（VPP）是聚合优化“源网荷储”清洁发展的新一代智能控制技术和互动商业模式，分为需求侧/供给侧/混合资源型三种，发展三阶段为邀约型/交易型/自治型。
- **海外VPP：辅助市场驱动盈利，可再生能源星辰大海。**国外VPP起步较早，辅助市场发展成熟，电力以可再生能源为主。**1) 德国：**电力市场竞争开放，VPP主体较多，Next Kraftwerke为龙头，“发电侧+需求侧”双侧盈利；**2) 美国：**碳交易市场成熟，峰谷调节需求广阔，呈现特斯拉为VPP龙头的一超三强格局，发电/政府/用户侧多点盈利；**3) 澳大利亚：**电力市场高频定价，龙头EnergyLocals与特斯拉合作，RECs助力辅助市场盈利；**4) 英国：**电力市场去中心化，VPP市场分散度较高，老牌厂商Centric业务增长较快，差额合约（政府补贴）保证盈利稳定。
- **国内VPP：“电力改革+新能源建设”加速发展，“政策加码+政府补贴+市场收益”协同激励。**我国VPP应用目前处于试点阶段，项目集中在中东部地区且多为需求侧负荷型。电改助力市场机制和监管的完善，市场化交易占比持续提升，光、储、充的广泛接入推动能源结构转型，促进VPP发展。支持政策引导VPP参与现货市场、辅助服务和需求侧响应等多类市场，但商业模式尚未理顺，市场盈利难度尚存。行业持续边际向好，看好“电改”带动电力市场和VPP迎来发展的质变。
- **市场空间：预计到25年VPP中游设备端/下游运营端市场空间约为699/112亿元。**设备端投资包括通讯网关、规约转换、计量终端和虚拟电厂运营平台系统等硬件和软件设备；下游运营主体以发电集团、电网公司、售电公司以及第三方运营服务商为主，我们测算25年中游/下游市场空间约为699/112亿元。
- **投资建议：**系统解决方案方面，**重点推荐：安科瑞、国能日新（计算机组覆盖）、南网科技、国电南瑞**，建议关注：东方电子、恒实科技、朗新科技、国网信通等；下游运营服务商方面，**重点推荐：南网能源（公用事业组覆盖）**，建议关注：苏文电能、涪陵电力、芯能科技、特锐德等。
- **风险提示：**电力市场改革不及预期、新能源建设不及预期、政策支持不及预期等。



- 1. 什么是虚拟电厂？

- 2. 海外虚拟电厂和电力市场

- 3. 我国的实践和存在的问题

- 4. 市场空间测算

- 5. 相关标的及投资建议

- 什么是虚拟电厂？** 根据IEC，虚拟电厂是聚合优化“源网荷储”清洁发展的新一代**智能控制技术和互动商业模式**。其重点对**分布式电源、储能、可调负荷**等未纳入电网调度的各类资源进行聚合和控制，服务电网并实现盈利。
- 虚拟电厂主要分为三类，我国目前主要以需求侧资源型为主。** 虚拟电厂主要分为需求侧资源型、供给侧资源型和混合资源型三类，我国虚拟电厂起步较晚，试点项目主要以需求侧资源型为主。

图 虚拟电厂运作模式

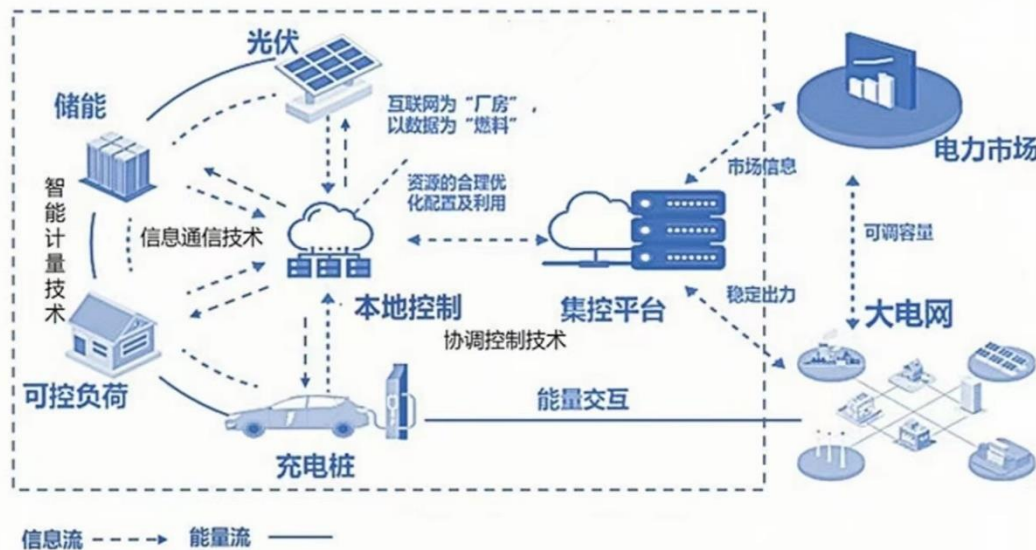


图 虚拟电厂的分类

	需求侧资源型	供给侧资源型	混合资源型
组成	单纯由可控负荷及用户侧储能、自用型分布式电源等资源构成	单纯由发电单元构成：分布式发电机组、电网侧和发电侧储能等组成	由分布式发电机组、储能及可控负荷等资源共同组成
特点	按照响应方式的不同，可控负荷可分为两大类：基于电价的可转移负荷以及基于激励的可中断负荷，受用户自身决策主导。	系统处于用电低谷或高峰时，通过合理调整机组出力或储能装置的充放电过程，改变电力供应情况，提高电能的利用率以及电力系统供电的稳定性。	通过能量管理系统的优化控制，实现能源利用的最大化和供用电整体效益的最大化，实现更为安全、可靠、清洁的供电。
代表项目	江苏、上海、广东等国内VPP	德国VPP	NextKraftwerke、Piclo、Autobidder、冀北VPP

□ **虚拟电厂是一种非实体的智能控制技术，在电力系统的定位是参与及聚合优化，只能运行于并网模式：虚拟电厂通过聚合和优化DER组合达到调节资源的目的，始终与公网相连，不能像微电网一样以离网模式独立存在。**

图 虚拟电厂与实体电厂的区别

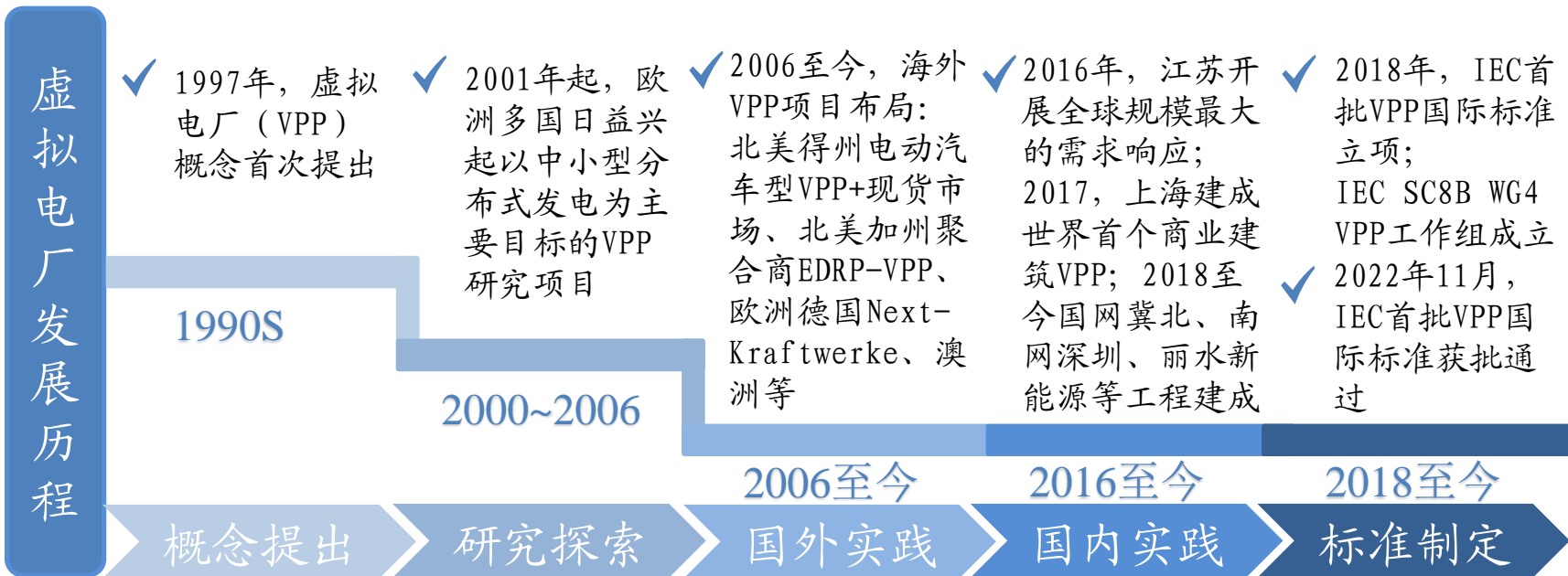
	虚拟电厂	实体电厂
存在形式	智能控制技术	实体发电厂
参与方	发电侧、用电侧、电网企业、监管机构及产业链五类	发电侧
调节方式	调增出力、调减负荷	调节出力
电能量市场	负荷削峰为主，可参与电力市场	中长期、现货电力交易
电能量流动方向	双向：VPP市场与电力市场实时互动	单向：电厂-输电网-配电网-用户
生产与消费关系	负荷端负荷可适应电力生产，采用需求侧管理模式	遵循负荷端的波动变化，并通过调度集中统一调控
辅助服务市场	以调峰为主、能力可拓展	调峰、调频、备用、调压等
调节资源	分布式电源、储能、充电桩、可调节负荷	火电、风电、光伏

图 虚拟电厂与微电网的联系与区别

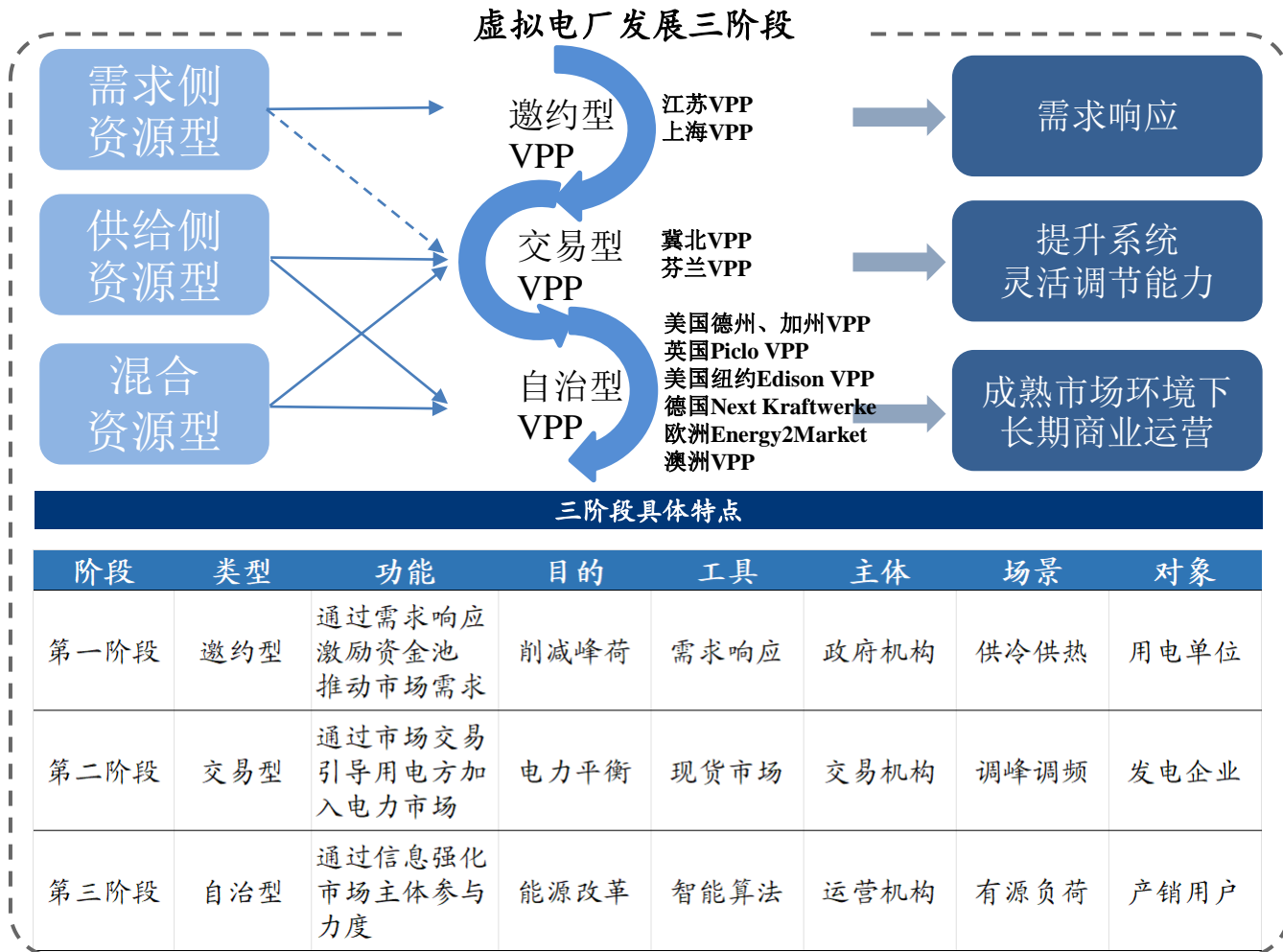
	虚拟电厂	微电网
联系	均基于解决DG及其他元件整合并网问题	
区别	设计理念	强调“参与”，即吸引并聚合各种DER参与电网调度和电力市场交易，优化DER组合以满足电力系统或市场要求为主要控制目标。 微网采用自下而上的设计理念，强调“自治”，即以DG与用户就地应用为主要控制目标，实现网络正常时的并网运行以及网络发生扰动或故障时的孤岛运行。
	构成条件	依赖于软件和技术，引入虚拟电厂不必对原有电网拓展，能够聚合微网所辖范围之外的DG。 依赖于元件（DG、储能、负荷、电力线路等）整合，微网主要整合地理位置接近的DG，无法包含相对偏远和孤立的分布式发电设施。
	运行模式	虚拟电厂始终与公网相连，即只运行于并网模式。 微网相对于外部大电网表现为单一的受控单元，通过公共耦合开关，既可运行于并网模式，又可运行于孤岛模式。
	运行特性	可用常规电厂的统计数据 and 运行特性来衡量虚拟电厂的效用，如有功/无功负载能力、备用容量等。 微网的运行特性包含2个方面的含义，即孤岛运行时配电网自身的运行特性以及并网运行时与外部系统的相互作用。
	参与者	发电商、政府机关单位、电力交易中心、电网公司（调度中心）、电能使用者、聚合服务商等。 电站所有者
	规模	虚拟电厂的规模较大，一般为多个家庭、多个园区，同时可跨区进行调控。 微电网的规模一般为一个家庭、一个厂区或一个园区，其规模较小，且必须在同一个区域内。

- 海外VPP发展较早且相对成熟，国内起步较晚。欧洲以聚合分布式电源为主，北美以聚合可控负荷为主，澳洲以聚合用户侧储能为主，日本以聚合用户侧储能和分布式电源为主。国内起步较晚，目前处于试点阶段，江苏、上海等地陆续开展需求侧管理，冀北、深圳、山西等地区VPP项目已投入电网调度运行和电力市场运营。

图 虚拟电厂发展历程



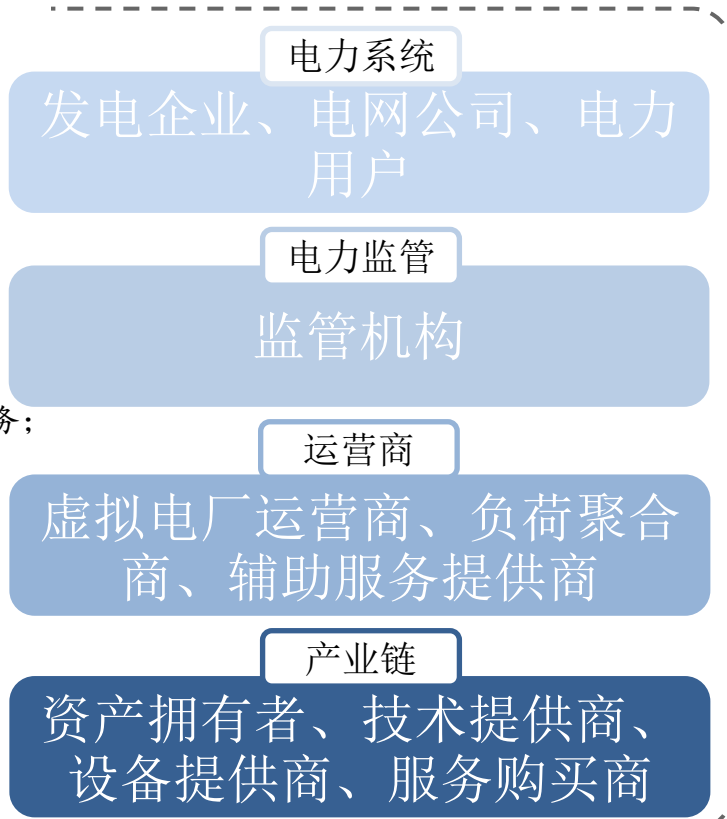
- 虚拟电厂的发展分为邀约型、交易型、自治型三个阶段，我国正处于邀约型到交易型的转型升级阶段。邀约型VPP通过需求响应来削减峰荷，交易型VPP通过现货市场交易达到电力平衡，自治型VPP能实现能源改革，项目主体逐步从政府转变为运营商，市场主体活力提升。



❑ **虚拟电厂具有四大层面六个切入点的价值：**虚拟电厂在电力生产的各个环节发挥重要作用，在电力系统层面对“源网荷”均有积极影响，在监管侧促进竞争降低成本，在运营商侧引入新的商业模式，从产业链来看创造综合收益、提供增值服务。

虚拟电厂的功能和价值

- **发电侧：促进新能源并网消纳**
 - ✓ 缓解传统火电深调压力，提升火电的利用率（减少尖峰电源投资）；
 - ✓ 为新能源提供新增调节能力，降低市场总成本费用；
 - ✓ 提供清洁发展思路；
- **电网侧：服务电网稳定运行**
 - ✓ 提高可调资源的可控性和实时响应能力，提升系统调节能力；
 - ✓ 提高设备使用效率，减少电网的投资与建设；
 - ✓ 提供电网调频调峰和负荷备用服务，助力缓解电网阻塞；
- **用户侧：产销结合者，保证优质供电服务**
 - ✓ 拓宽资产的盈利方式；
 - ✓ 提供移动APP、微信小程序等便捷互动渠道，提供用户节能、应急电源服务；
 - ✓ 用户可以远程开展交易申报、用能监测、实时控制等业务；
- **监管侧：降低系统运行成本**
 - ✓ 促进市场多元竞争，保障系统价格稳定；
 - ✓ 助力分布式能源监管；
- **运营商侧：引入新兴市场主体**
 - ✓ 确立虚拟电厂运营商（负荷聚合商）作为新兴市场主体；
 - ✓ 新商业模式业务模式；
- **产业链：创造综合产业收益**
 - ✓ 创造全产业链效益；
 - ✓ 提供衍生增值服务；



- 虚拟电厂的技术中资源评估是前提，调度控制是核心，信息通信是基础，资源分配是关键。智能计量是直观获取用电数据的工具，其他技术包含市场运营、优化运行和物联网技术。通过加快虚拟电厂关键技术研发，实现调控模式从“源随荷动”向“源荷互动”转变。

虚拟电厂关键技术

资源评估

- 冬谷期间，储存充分电量以保障居民供暖用电；夏峰期间，预先安排需求侧响应资源参与量和预留量。人工智能、大数据等可提升决策精准度和实时性

调度控制

- 加强储能、电源、可控负荷之间配合，实现满足系统高质量要求的电能输出，并提高发电经济性；包括集中、集中-分散及完全分散控制三类技术
- 预测电网不同运行场景下多种资源响应的可信容量；自动分解为每种资源的调控指令；建立负荷响应可信容量与调峰指令方案对应关系，自动形成出力调度指令
- 源网荷互动运行控制技术、分布式电源灵活并网装备及优化调度系统、需求侧可调负荷资源建模与互动技术、千万千瓦级风光电集群源网协调控制关键技术

资源分配

- 单体参与分配方案体现公平分摊原则，提高用户认可度和满意度，但结算较复杂；响应容量最多方案选取每个用户最大响应容量档位，影响用户舒适度，但结算较简单

智能计量

- 自动测量和读取用户状态，远程测量实时用户信息，方便用户直观获取自身消费或生产的电能以及相应费用等信息；包括自动计量管理（AMM）和高级计量体系（AMI）等
- 基于低压智能开关的智慧物联计量箱技术、直流电能计量检测技术、数字化电能计量检测技术、新能源领域精密测量技术

信息通信

- 主要包括基于互联网协议的服务、虚拟专用网络、电力线路载波技术和无线技术、区块链、云计算、大数据、物联网、网络与信息安全等
- 5G通信技术、高速载波通信技术、电力光纤专网、电力无线专网

其他技术

- 虚拟电厂市场运营技术：虚拟电厂潜力评估技术、竞标决策技术
- 虚拟电厂协调优化运行技术：虚拟电厂预测及风险管理技术、资源聚合技术、多维效益评估技术、内部结算机制
- 虚拟电厂物联网技术：边缘计算、控制技术

- 不同地区虚拟电厂的商业模式有所差别：欧美等发达地区普遍采用基于社区（用户）的商业模式，欧洲还有以发电、售电、第三方运营商和电网公司为主体进行组合的多种商业模式，亚太地区则多采用交易或独立运营模式，具体模式因国家政策和电力系统运行特点而异。

虚拟电厂的商业模式

■ 基于社区（用户）的商业模式

- ✓ 代表地区：欧洲英国、法国、北美
- ✓ 盈利逻辑：1) 居民用户：电网平衡服务收益、降低电费开支；2) 技术开发商：分享电网平衡服务收益；3) 电力公司：获得政府资助、实现技术积累

■ 发电企业模式

- ✓ 代表地区：欧洲英国
- ✓ 盈利逻辑：1) 发电企业：卖电+电网平衡服务收益；2) 平台运营商：技术服务费

■ 发电商+售电商混合型

- ✓ 代表地区：欧洲法国
- ✓ 盈利逻辑：1) 发电售电企业：卖电+电网平衡服务收益；

■ 第三方运营的混合型模式

- ✓ 代表地区：欧洲德国
- ✓ 盈利逻辑：1) 参与用户：售电+电网平衡服务收益；2) 平台运营商：分享电网平衡服务收益+技术服务费

■ 售电企业运营的混合模式

- ✓ 代表地区：欧洲德国
- ✓ 盈利逻辑：1) 用户：降低用能成本；2) 公司：购售电+电网平衡服务收益

■ 基于电网公司的平台模式（英国特有）

- ✓ 盈利逻辑：配网侧获得电网公司所支付平衡费用的部分收益

■ 电网发起采购的模式（法国特有）

- ✓ 盈利逻辑：电网公司实现技术积累、减少新增投资、降低平衡成本

■ 交易型VPP模式

- ✓ 代表地区：日本

■ 可再生能源集约化VPP

- ✓ 代表地区：日本

■ 本地生产、本地消费型

- ✓ 代表地区：日本

■ 独立运营模式

- ✓ 代表地区：澳大利亚



- 1. 什么是虚拟电厂？

- 2. 海外虚拟电厂和电力市场

- 3. 我国的实践和存在的问题

- 4. 市场空间测算

- 5. 相关标的及投资建议

- 电力市场自由度高、竞争开放，存在平衡市场，利于VPP深度参与各大模块。**
 - 发电和批发市场方面**，德国采取拍卖竞争方式，电价由供求决定，自由度高，利于VPP平等竞争，并发挥自身灵活性优势对市场做出反应；
 - 输电和配电市场方面**，德国存在**平衡市场**机制，输电系统运营商实时购买或销售电力以保持平衡，VPP可利用自身灵活性从此运营套利
- 高度注重可再生能源，契合VPP属性。**
 - 零售市场上**，德国消费者可自由选择供应商，VPP的可再生属性使其成为大量环保消费者首选；
 - 德国施行**可再生能源法（EEG）**，可再生能源型电力生产者具有优先购电定价权，并将获得补贴，这既促进了VPP生产的电力整合入电网，又大幅提升了VPP的盈利能力。

表 德国电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电和批发市场	发电公司利用煤炭、天然气、核能以及越来越多的可再生能源（如风能和太阳能）等多种能源生产电力。这些公司将他们的电力在批发市场上销售。该市场上的电力价格由供求关系决定，并通过拍卖在主要的电力交易所（主要是位于莱比锡的欧洲能源交易所，EEX）上确定	VPP可以通过聚合其控制的各个分散单元的输出来参与批发市场。这使它们能够像传统发电厂一样在市场上销售电力。市场的自由化性质和拍卖机制使VPP能够与其他发电厂家平等竞争。这种自由化和去中心化性质对虚拟电厂（VPP）是有益的。VPP拥有着灵活的用电消费者和储能系统，使其能够根据市场信号作出反应
输电和配电	高压输电网由四家输电系统运营商（TSOs）管理。他们负责维持电网平衡（即确保供应满足需求），并将电力从发电厂传输到配电网络。配电网络由众多的配电系统运营商（DSOs）管理，然后将电力分配给终端消费者。无论是TSOs还是DSOs都受到联邦网络局（Bundesnetzagentur）的监管	VPP可以通过根据电网情况调整其输出来帮助输电系统运营商（TSO）和配电系统运营商（DSO）维持电网稳定。例如，如果电网中有电力过剩，VPP可以减少输出或增加消耗（例如通过充电电池）。这种灵活性对电网运营商非常有价值，并可以为VPP提供额外的收入来源。
零售市场	零售电力供应商从批发市场购买电力，并将其销售给终端消费者。德国消费者可以自由选择他们的电力供应商，并且如果他们找到更好的供应商，可以进行切换	许多VPP包括可再生能源，在这个相对自由零售市场上，VPP对希望支持可再生能源的消费者有很强的吸引力
可再生能源法（EEG）	为了促进可再生能源的使用，德国政府实施了EEG法案，保证可再生能源生产者向电网输送的电力享受固定的上网电价补贴。这些上网电价补贴的成本通过EEG附加费传递给消费者	EEG的优先购电定价为可再生能源的运营提供了经济激励。由于许多VPP包括可再生能源，这可以增加它们的盈利能力。EEG还促进了可再生能源的整合到电网中，这是VPP的主要目标之一
平衡市场	平衡市场是TSOs在实时环境中购买或销售电力，以确保供求平衡。如果发电厂未能生产承诺的电力量，或者出现了需求意外增长，TSOs可以在平衡市场购买所需的电力	VPP可以通过在需要时提供或消耗额外的电力来参与平衡市场，帮助实时平衡供求。这在生产可能不可预测的可再生能源密集型电网中尤为重要
容量市场与纯能源市场	德国运营的是纯能源市场，这意味着发电商只会为他们销售的电力获得收入，而不会为他们可提供的电力容量获得收入。这与容量市场形成对比，容量市场中，发电商会获得为高峰需求时期保留一定容量的付款	在像德国这样的纯能源市场中，VPP可以优化其运营以最大化收入。例如，它们可以在价格低时储存能源，并在价格高时出售。这可以增加这些单元的盈利能力，并使可再生能源更具竞争力

- 虚拟电厂群雄并起：新兴公司蓬勃发展，老牌厂商扩展新业务。** 德国虚拟电厂市场发展较早，目前已有多个主要虚拟电厂主体开展成熟服务，分为**1)**以Next Kraftwerke为代表的新兴以虚拟电厂为核心业务的运营主体，和**2)**以Lichtblick为代表的老牌绿色电力供应商拓展新业务两类主体。两类虚拟电厂均以整合小型分散的可再生能源发电厂为主，聚合形成大型VPP，针对企业和家庭均开展服务。
- Next Kraftwerke龙头领航。** Next Kraftwerke创立于2009年，于2021年被壳牌收购，十余年间发展迅速，具备高产能、多能源单元、强能源平衡能力，截止2022年底总产能达12.29GW，位列德国第一，已成为VPP市场龙头。

表 德国主要虚拟电厂主体及其主营业务

主要虚拟电厂主体	主营业务
Next Kraftwerke	截至2022年底，Next Kraftwerke拥有15346个能源生产和能源消费单元，电网容量达到12294MW，2019年的交易量达到15.1TWh。Next Kraftwerke经营着一个连接数千个能源生产和能源消费单元的VPP。通过智能控制这些单元，他们可以实时应对电力供需的波动，并提供一系列产品和服务，包括电力交易、电力调度和平衡能源。这些服务帮助能源生产者、消费者和市场商最大化他们的收益潜力，并更有效地管理他们的能源，是德国VPP龙头
Lichtblick	Lichtblick连接数千个小型和分散的绿色发电厂，形成一个庞大的VPP。目前为170万客户提供服务，是德国最大的绿色电力供应商，但是在VPP该细分领域略逊色于Next Kraftwerke。自1998年以来，他们一直是可再生能源领域的先驱，并已提供可靠的服务超过25年。典型产品为ÖkoStrom：提供固定和浮动价格的100%风能和太阳能电力
Statkraft	Statkraft在德国运营着一个规模庞大的VPP，整合了超过1,500个风力、太阳能、生物质和水力发电厂
Sonnen	Sonnen运营一个整合住宅太阳能光伏和电池系统的VPP，为家庭提供sonnenBatterie，一种智能家庭能源存储系统
Vattenfall	Vattenfall在德国运营一个整合了风力发电、太阳能和电池储能的VPP

- 浓郁创新氛围催生完善软件控制系统，为VPP创设强平衡与优化能力。**德国完善的IT产业与监管方对创新商业模式的支持提供了深厚人才基础，提供VPP灵活平衡能源市场和优化整合能源资源的强劲能力，使VPP 1) 能够积极响应市场动态，从频率调节等电网稳定服务的辅助市场盈利，2) 还可以获取TSOs的平衡市场利润，并从纯能源市场套利。
- 大面积小型分布式能源资源创设整合基础，积极响应能源转型政策构筑竞争优势。**德国可再生能源发电发展成熟，但受地域风光资源分布原因，整体分布较为分散，为VPP聚合整理创设基础，提高VPP调节灵活性。由于整合的大部分均为可再生能源，VPP积极响应德国能源转型计划，推动能源系统去碳化，获取政府补贴，相较传统电厂构筑竞争优势。

表 德国电力市场特点及其对VPP影响

德国电力市场特点	对虚拟电厂影响
分布式能源资源（DER）的聚合	德国的VPP将各种DER聚合在一起，包括小型可再生能源发电设备、储能系统和需求响应资源。德国拥有较高水平的可再生能源容量，尤其是太阳能光伏和风能，这些可以纳入VPP中
先进的软件 and 控制系统	德国IT产业发达，VPP使用复杂的软件和控制系统来管理这些多样化的资源。这包括能够预测能源产量和需求的预测系统，以及根据当前市场条件和电网需求确定DER运行方式的优化算法。
参与能源市场	德国拥有自由化的能源市场，这使得VPP可以将其聚合容量销售给各种市场。这包括整体电力市场和平衡市场。德国还设有专门的辅助服务市场，包括频率调节和其他电网稳定服务
支持能源转型（Energiewende）	VPP在德国的运营支持该国的能源转型（Energiewende）计划，该计划旨在显著增加来自可再生能源的能源比例。通过整合可再生能源并为电网提供灵活性，VPP可以帮助管理可再生能源的变化性，并支持能源系统的去碳化
监管支持	德国政府和联邦网络局（Bundesnetzagentur），负责监管能源市场，对VPP和其他创新商业模式表示支持。这包括提供允许VPP参与各种能源市场的监管框架
创新与研究	德国是能源创新与研究的领导者，其中包括VPP的开发。许多德国公司和研究机构参与开发和测试新的VPP技术和商业模式。
与能源用户的合作伙伴关系	德国销售市场高度自由化，VPP运营商通常与拥有其组合中DER的企业或家庭建立合作伙伴关系或签订合同。这些参与者可能会因允许VPP运营商控制他们的能源产生或消耗而获得支付或减少能源费用。

- 商业模式高度成熟，“发电侧+需求侧”双侧多核驱动收入增长。虚拟电厂依靠聚合、优化、参与能源市场、电网服务、灵活性服务、客户服务六种主要商业模式获取收入。Next Kraftwerke在发电侧拥有强聚合能力，聚合光电沼气等多类电厂形成联动效应，以此优化电力输出，需求侧则借德国自由市场之便利，在平衡能源市场与灵活性服务上大放异彩，发挥自身受青睐的可再生能源属性，在客户服务上提供定制方案。

表 虚拟电厂主要商业模式及Next Kraftwerke代表案例

商业模式种类	商业模式简析	Next Kraftwerke近期的代表性案例
聚合	VPP的主要目标是将风电场、太阳能电站和热电联产（CHP）装置等分布式能源资源进行网络连接。通过聚合多个装置的电力，VPP能够提供与大型中央发电厂或工业用户相同的服务和冗余，并在相同的市场上进行交易。这是因为个别小型发电厂的发电曲线变化太大，或者它们根本无法达到市场的最小竞标规模	Next Kraftwerke的VPP通过聚合各种分散的能源资源来运营，如太阳能电厂，风电场，沼气厂，甚至可控负载。他们将位于巴伐利亚的沼气厂，位于下萨克森的风电场和位于巴登-符腾堡的太阳能公园连接在一个虚拟网络中，以提高他们的联合效率和电力输送
优化	VPP监控、预测、优化和交易网络化装置的电力。可控装置的功率发电和功率消耗可以通过调整来平衡可再生能源的波动。VPP的控制系统存储了计算电力生产者和消费者的最佳运行计划所需的所有数据。例如，风能和太阳能发电装置的馈入，以及消耗数据和电力储存的充电水平，可以用于生成电力交易的精确预测和可控电厂的调度	Next Kraftwerke使用先进的算法和机器学习来优化他们的VPP内电厂的运行。通过使用先进的分析和预测工具，Next Kraftwerke优化了聚合资产的运营。例如，他们可以预测何时北海风力强劲，在此期间优化该地区风电场的运作，并减少其他资源的输出，确保可再生能源的有效利用
参与能源市场	VPP不仅有助于稳定电网，还为将可再生能源整合到市场中创造了前提条件。中央控制系统使用特殊算法根据输电系统运营商的平衡备用命令进行调整，就像大型传统发电厂一样	一旦能源资源被聚合并优化，Next Kraftwerke就在各种市场上交易这些能源，如日前和日内电力市场。一个例子是他们参与EPEX SPOT，在那里他们根据预期的需求和供应交易预测产量的聚合单位
电网服务	VPP在稳定电网方面起着至关重要的作用。个别装置与VPP之间的双向数据交换可以传输控制命令，并提供网络化装置容量利用率的实时数据	Next Kraftwerke提供电网服务，如频率响应和电压支持。例如，他们可能会迅速提高沼气的产出，以应对电网频率的突然下降，帮助稳定电网并防止停电
灵活性服务	VPP的灵活性来自于它对聚合装置的馈入和消耗的控制能力。这种灵活性可以用于应对能源市场中的需求或供应条件的变化	通过利用聚合单位的灵活性，Next Kraftwerke提供了诸如需求响应之类的服务，其中消耗可以根据电网条件进行调整。他们可以在电价高或电网供应低的时期降低大工厂的能源消耗，并在条件更有利时再次增加
客户服务	一些VPP运营商还向他们管理的能源资源的拥有者提供服务。这些服务可以包括维护、数据分析和能源管理建议	Next Kraftwerke向客户提供各种服务，包括运行监测和维护服务，从而减轻了资产所有者的运行负担。他们可以警告位于Schleswig-Holstein的风电场运营商设备可能出现故障，允许早期干预和最小的停机时间

- 经营能力稳步增长，电厂产能突飞猛进。** Next Kraftwerke拥有的**总能源单元数**从2019年9月的8100个迅速增长至2023年6月的15300个，CAGR为17.8%，并网绿色电厂数稳步增长；**总产能**从2019年9月的7100MW增长到2023年6月的12300MW，CAGR为15.8%，产能增长迅猛，市场份额巨大。
- 收入增长迅疾，度过前期投资阶段后利润进入高速增长阶段。** Next Kraftwerke的收入从2015年的2.73亿欧元迅疾增长至2021年的172亿欧元，CAGR达99.5%，收入增长迅猛，市场份额大幅攀升。由于虚拟电厂前期需要投入较多，Next Kraftwerke在2020年前利润极低或亏损，但2020年后已进入盈利阶段，2021年利润为9490万欧元，同比增长286%，盈利能力强，利润已开始高速增长。

表 Next Kraftwerke部分经营数据

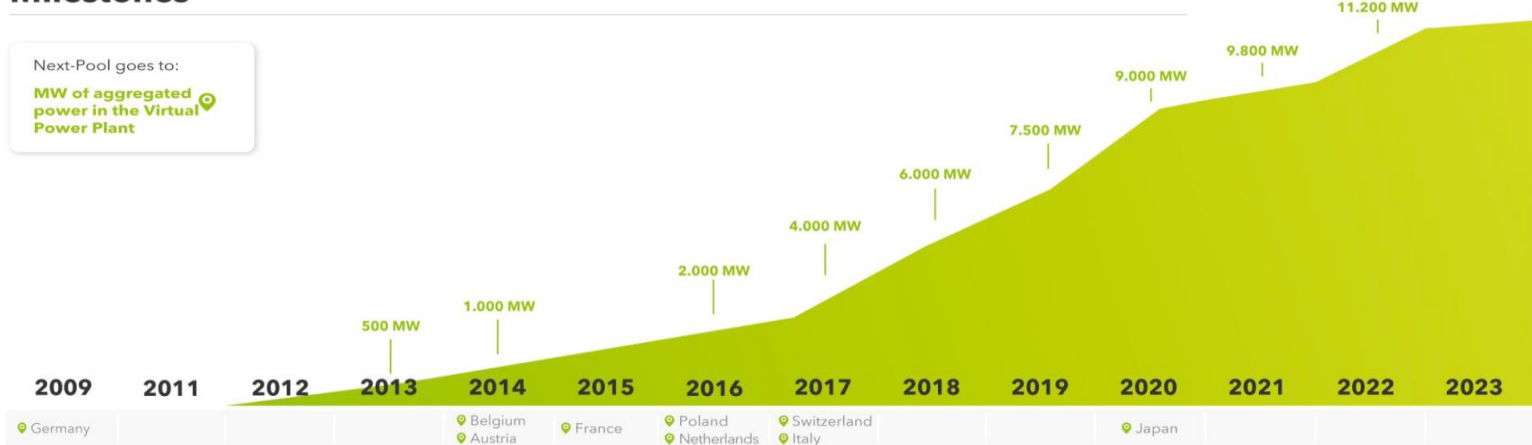
	2019.9	2020.2	2023.6
总能源单元数 (个)	8100	8700	15300
售出电量 (GWh)	12100	15100	15100
总产能 (MW)	7100	7600	12300

表 Next Kraftwerke部分财务数据

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
收入 (百万欧元)	273	300	400	600	700	5500	17200
收入增长率	/	10%	33%	50%	17%	682%	213%
EBITDA (百万欧元)	/	<1	4	3	3	5	71.2
利润 (百万欧元)	/	/	/	<1	<1	24.6	94.9
利润增长率	/	/	/	/	/	/	286%

图 Next Kraftwerke电网容量变化

Milestones



□ **碳交易市场成熟，峰值需求广阔。** 1) 美国具备完善的碳交易体系，多数州实施可再生能源配额标准，而VPP具有高可再生能源发电比例，在市场上具备显著优势。2) 美国国土面积广阔，在夏冬季均有不同州会面临供冷/供暖峰值需求，需要灵活调节，而VPP的强灵活性使其能够完美契合市场。

表 美国电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电与批发市场	<p>发电：电力由多种来源发电，包括煤炭、天然气、核能、水力、风力和太阳能发电厂。这些发电厂由独立发电厂、公用事业和私营公司拥有和运营。</p> <p>批发：发电产生的电力在批发市场上销售。在美国的许多地区，这些市场由独立系统运营商（ISOs）或区域输电组织（RTOs）管理。这些实体协调从发电厂到满足需求的电力调度，管理电网的可靠性，并促进电力供应的竞争性投标。</p>	<p>发电：VPPs将分布式能源资源（DERs）如太阳能电池板、风力涡轮机和储能系统进行集合。这些资源可以由各种实体拥有，包括房主、企业和独立发电商。通过将这些资源作为一个统一系统进行管理，VPPs可以有效地参与电力市场的发电方面。</p> <p>批发市场：VPPs可以通过出售其集合资源的综合发电量参与批发市场。管理这些市场的独立系统运营商（ISOs）或区域输电组织（RTOs）通常会制定允许集合资源参与的项目或规则，这为VPPs提供了重要的收入机会</p>
输电和配电	<p>输电：高压输电线路将电力从发电厂输送到靠近需求中心的变电站。这些线路通常由输电公司或公用事业公司拥有，它们的使用受到联邦能源监管委员会（FERC）的监管。</p> <p>配电：从变电站，电力通过低压线路分配给家庭、企业和其他终端用户。这些线路通常由当地公用事业公司拥有和运营，受到州公用事业委员会的监管。</p>	<p>输电：虽然VPPs通常不拥有输电基础设施，但它们可以通过在接近消费地点发电来帮助减少输电拥堵和相关成本。这可以提高输电系统的效率，并可能降低总体电力成本。</p> <p>配电：VPPs可以对配电系统产生重要影响。通过管理分布式能源资源的输出，VPPs可以帮助平衡本地电网的供需关系，减少峰值需求，并提供其他增强电网可靠性和效率的服务。</p>
零售市场	<p>终端用户从零售电力供应商购买电力。在一些州，消费者可以从竞争市场中选择他们的电力供应商。在其他州，一个单一的公用事业公司提供发电、输电和配电服务。</p>	<p>在竞争性零售市场中，VPPs可以向终端用户提供创新的产品和服务。例如，VPPs可以提供需求响应计划，为在高需求期间减少用电的客户提供财务激励。</p>
可再生能源配额标准（RPS）	<p>许多州实施了可再生能源组合标准，要求公用事业从可再生能源中获取一定比例的电力。这推动了可再生能源部门的增长</p>	<p>包括可再生能源资源的VPPs可以帮助公用事业公司达到其可再生能源配额标准的要求。此外，由RPS推动的可再生能源部门的增长可以增加VPPs进行集合的资源数量。</p>
碳排放配额交易和碳定价	<p>一些地区实施了市场化的减少温室气体排放的方法，如排放配额交易系统或碳定价。这些机制为减少排放和投资于清洁能源提供了经济激励</p>	<p>这些以市场为基础的减少温室气体排放的方法可以为包括低碳或零碳资源的VPPs提供经济激励。通过减少排放，VPPs可以获得碳信用额度，可以在碳排放配额交易市场出售，提供额外的收入来源。</p>
监管	<p>电力市场受到严格的监管，以确保公平竞争、可靠服务和合理价格。联邦能源监管委员会（FERC）监管跨州输电和批发电力市场，而州公用事业委员会监管零售电力销售和当地配电服务</p>	<p>联邦能源监管委员会（FERC）和州公用事业委员会等监管机构越来越认识到分布式能源资源的价值和其提供的服务。支持将这些资源整合到电网中并为其提供公平补偿的政策可以极大地惠及VPPs</p>

- **VPP市场一超三强格局，各有侧重差异发展。** 特斯拉为美国VPP龙头，深耕加州市场，利用机器学习技术整合优化家庭电池和工业发电两类VPP。AutoGrid则注重平台服务，不运营自有VPP，Stem利用AI优化能源利用，sunrun注重住宅能源市场。
- **特斯拉业务线广阔多点盈利。** 特斯拉业务涵盖平台、人工智能优化、小型绿色发电厂、家庭太阳能四大VPP领域，业务涵盖其他三强总和，在加州已有超5700户家庭加入VPP，并已与政府签订供电协议，成熟的Autobidder平台切合VPP灵活定价属性，多点盈利下VPP业务已步入星辰大海。

表 美国VPP核心玩家概述

代表厂商：特斯拉



- **战略：** 特斯拉利用其Autobidder平台来整合和控制分布式能源资源。包括他们自己的Powerwall家用电池，截至2022年全球安装量已超过20万台。
- **技术：** 特斯拉的Autobidder平台利用机器学习来预测能源需求并优化分布式能源资源的利用。它已成功应用于澳大利亚的Hornsedale Power Reserve，其容量为150兆瓦。
- **市场：** 特斯拉在全球范围内运营，在美国加州已有超5700户家庭加入VPP。其在澳大利亚拥有重要的VPP运营，2020年，特斯拉逐步进入英国电力市场。



- **战略：** 提供平台使其他公司能够管理分布式能源资源并创建VPP。并不拥有或运营自己的资源，而是为其他公司提供技术支持。
- **技术：** AutoGrid的旗舰应用套件AutoGrid Flex™利用机器学习来优化分布式能源资源的利用并提供电网服务。
- **市场：** 全球管理超过5000兆瓦的灵活容量。
- **战略：** 利用人工智能来优化能源利用并创建VPP。
- **技术：** Stem的Athena AI平台能够自动在电池电力、现场发电和电网电力之间切换，以最大程度提高效率并提供电网服务。
- **市场：** Stem主要在美国运营，向企业、公用事业和其他能源服务提供商提供解决方案。截至2022年，Stem拥有1000多个运营地点。
- **战略：** 整合其住宅太阳能和电池储能客户所产生和存储的电力，创建VPP。
- **技术：** 住宅太阳能电池板和储能系统。
- **市场：** Sunrun主要在美国住宅太阳能市场运营。2020年，Sunrun宣布与南加州爱迪生公司签订合同，以提供5兆瓦的住宅太阳能和电池储能作为VPP。

- 深耕加州核心业务，广泛布局全国市场。** 特斯拉在加利福尼亚的VPP参与的Powerwall业主数激增，22年6月参与家庭数为1262个，23年6月增长为7303个，**同比+478%**，**现输出能力已达50MW**，在22年贡献了577MWh的电量。此外，特斯拉还进军其他州，布局全国市场：22年12月，特斯拉获得批准在德克萨斯州创建一个“全州市场设计试点”虚拟电厂。
- 业务增长创新纪录，市场规模增速喜人。** **业务表现：**特斯拉的电池储能系统（BEES）储能量在22Q4同比增长152%，创下新的季度记录。**市场规模：**全球虚拟电厂市场在22年市场规模达12亿美元，预计到2028年将达到46.3亿美元，CAGR为25.63%，美国为核心市场之一。

图 特斯拉PG&E加利福尼亚客户-电池网络的充放电速率（kW）

Tesla Virtual Power Plant - Grid Scale Test #1 - Aug 17, 2022
PG&E California Customers - Charge/discharge rate of battery network

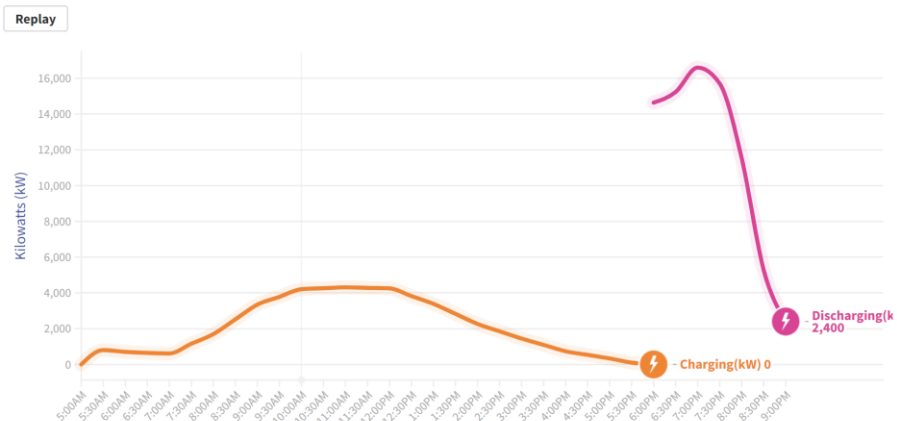
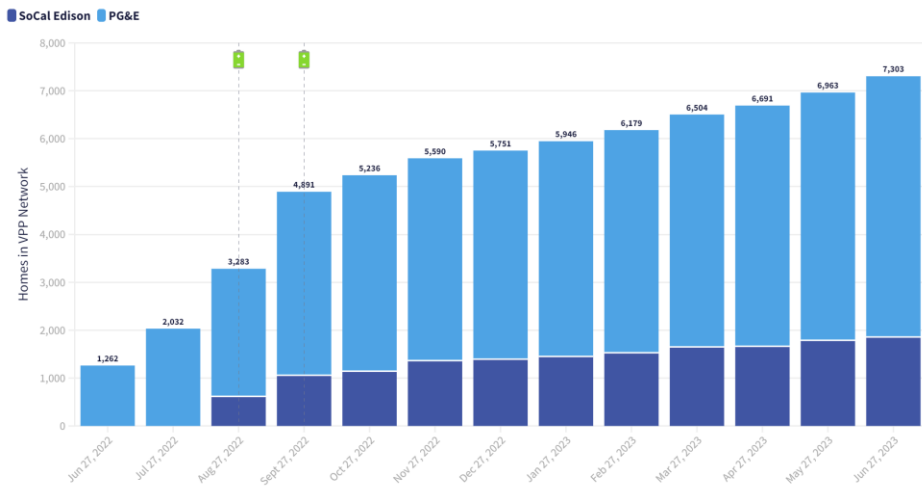


图 特斯拉在加州纳入电网家庭数变化（个）

Tesla Virtual Power Plant (VPP) - All California
Homes in Network by Utility Company, [Green Square] = month had grid event(s)



Source: Lastbulb.com

Lastbulb

- 高频定价市场创设巨大套利空间。** 澳大利亚电力批发市场施行实时定价制，价格每5分钟依据供求关系确定一次，VPP灵活定价能力完美匹配高频市场，可以迅速响应市场变化，达成日内交易套利。
- 政府设立定额可再生能源交付义务，辅助市场收益显著。** 澳大利亚政府规定零售商等实体每年必须交付一定数量的可再生能源证书（RECs），而VPP所整合的大量中小绿色电厂是RECs的生产者，VPP通过在辅助市场销售大量RECs获取可观收入。

表 澳大利亚电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电与批发市场	<p>发电：电力通过煤炭、天然气、水力、风力和太阳能等多种来源进行发电。这些发电厂生产电力并将其销售到批发市场。</p> <p>批发市场：澳大利亚能源市场管理机构（AEMO）管理着国家电力市场（NEM），覆盖东部和南部各州。在NEM中，电力在批发现货市场上交易，价格每五分钟根据供需情况进行设定。</p>	<p>发电：VPP可以集合太阳能电池板和电池储能系统等分布式能源资源（DER），有效地充当分散式发电机。这使得它们能够参与批发市场，在电价高时销售电力。</p> <p>批发市场：澳大利亚国家电力市场（NEM）每五分钟确定一次电价，这对VPP非常有利。它们可以迅速响应市场价格的变化，低价时充电电池，高价时放电。这得益于用于控制和优化VPP的先进软件。</p>
零售市场	零售商从批发市场购买电力，并将其销售给消费者。他们将电力与网络服务打包，并向居民、商业和工业客户提供各种合同选择。	一些VPP运营商同时也是电力零售商。这使得他们可以为参与VPP的客户提供创新的电价和激励措施，如降低电价或对并网出售的能量进行支付。
网络服务	输电和配电网络将电力从发电厂输送到消费者。输电网络将电力输送到长距离，而配电网络将电力传送到个别住宅和企业。	VPP可以向电网提供帮助维持稳定性和可靠性的服务。例如，在需求高峰期间放电电池可以帮助减轻网络的峰值负荷。在某些情况下，VPP还可以通过提供这些服务来获得收入。
可再生能源证书（RECs）	澳大利亚还设有一种机制来鼓励利用可再生能源发电。从可再生能源发电的发电厂可以创建可再生能源证书（RECs），它们可以将其出售给有法定义务每年获得和交付一定数量的这些证书的实体（如零售商）。	包括太阳能电池板在内的VPP可以创建RECs。这些证书可以卖给有法律义务每年购买和使用一定数量RECs的实体，提供额外的收入来源
监管	澳大利亚能源监管机构（AER）监督NEM的运作和市场参与者的行为。它执行管理电力市场的规则和法规。	澳大利亚的监管环境允许VPP参与各种能源市场并向电网提供服务。澳大利亚能源监管机构（AER）和澳大利亚能源市场运营商（AEMO）也一直支持VPP的试点和项目。

- **专注整合住宅太阳能，聚焦电池储能系统技术。** 与美国、德国不同，澳大利亚的几大VPP厂商多关注住宅太阳能与电池业务，从家庭中整合绿色能源构建VPP，而多家庭整合的基础为电池储能系统技术。
- **老牌企业进军VPP，核心南澳大利亚市场。** EnergyAustralia, Origin Energy, Tesla 等均为老牌能源强企进军VPP市场。由于地理因素，澳大利亚人口大多分布于南澳大利亚地区，导致住宅太阳能市场也聚焦于此，南澳市场竞争激烈，**EnergyLocals通过与特斯拉合作市占率超50%一骑绝尘。**

表 澳大利亚VPP核心玩家概述

代表厂商：EnergyLocals



- **策略：**Energy Locals目标是打破传统的能源模式，并为应对气候变化做出贡献。考虑到家庭为主要市场，采取弱化合同的形式。
- **技术：**Energy Locals使用创新的系统提供透明和负担得起的定价。大多数会员都会为他们的使用量获得碳抵消。
- **市场：**Energy Locals是一家澳大利亚本土公司，本地运营。他们有数以万计的澳大利亚客户信任他们的能源需求。他们还被评为了年度绿色零售商，并在2022年Greenpeace Green Electricity指南中获得了4.5星的绿色电力评级。



- **策略：**EnergyAustralia参与了各种倡议，包括其住宅和SME太阳能和电池业务的重组。还签署了一项有条件的协议，从2025年1月开始从Senex在昆士兰州Surat盆地的Atlas扩展中供应24兆焦耳（PJ）的天然气。
- **技术：**各种类型的电池存储系统。
- **市场：**EnergyAustralia是澳大利亚最大的能源公司之一。
- **策略：**AGL Energy一直积极参与各种能源项目，包括可再生能源PPA和加速交通电气化的协议。他们还计划将AGL Loy Yang转变为可再生能源中心。
- **技术：**中心化处理能力
- **市场：**VPP项目在南澳大利亚和维多利亚州十分重要。
- **战略：**Origin Energy一直在致力于在家庭和企业中整合太阳能和电池储能系统，发展VPP作为提供更智能和可持续能源解决方案的战略的一部分。
- **技术：**高效整合能力
- **市场：**Origin Energy作为老牌能源强企，提供包括VPP在内的广泛能源解决方案。

- 关注顾客体验，屡获能源厂商奖项。** 鉴于南澳VPP为家庭太阳能发电为主，EnergyLocals采取弱化合同的营业形式，关注顾客体验，为南澳大利亚的所有用户提供最低的电费率，是Product Review上评分最高的电力公司，荣获年度绿色能源零售商奖项，在供给和需求两侧的顾客中均有口皆碑。
- 深入合作特斯拉，市场优势显著。** EnergyLocals与特斯拉合作进行VPP项目，项目取得成功，并实现了250MW的新增产量。在2019-2021期间市占率超90%，为澳大利亚收入最高VPP厂商，未来随着更多用户参与VPP项目，我们预计EnergyLocals凭借与Tesla的合作关系市占率能够稳居龙头地位。

图 EnergyLocals获得的多项奖项



表 澳大利亚VPP各厂商2019.9—2021.1收入比较

VPP Retailer/Aggregator (Capacity at End of Demonstrations)	FCAS Market Revenue September 2019 – January 2021
Energy Locals (16MW)	\$2,200,000
AGL (6MW)	\$99,000
Simply Energy (4MW)	\$85,000
Sonnen (1MW)	\$2,000
Shine Hub (1MW)	\$180
Energy Locals (Solar SG/Members Energy) (1MW x2)	\$0
Hydro Tasmania (1MW)	\$0

- 去中心化自由市场鼓励竞争。**英国市场允许厂商自由进入，整体呈现去中心化特质，价格由供求关系决定，使VPP可以积极介入生产侧市场，利用灵活性低买高卖竞争获利。
- 差额合约机制保证稳定收益，VPP现金流平稳前景大好。**低碳能源生产商与英国政府可签订差额合约，合约设定了一个保证价格，当市价低于保证价格时，政府会给予厂商补贴；市价高于保证价格时厂商给予政府一定的利润偿还。差额合约机制使VPP拥有较为稳定的现金流和稳健的财务状况，保证未来投资发展与业务扩大。

表 英国电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电和批发市场	<p>发电：电力由各个公司发电，这些公司可能使用各种资源，如煤炭、天然气、核能、风能和太阳能。这些公司将他们的电力出售给批发市场。</p> <p>批发市场：批发电力市场是电力被各个市场参与者买卖的地方。这包括发电厂、供应商和交易商。批发市场的价格可以根据供求情况波动。</p>	<p>发电：在发电阶段，VPPs从各种分布式能源资源（DERs），如小型风力发电、太阳能和电池储能系统中聚合电力。自由化的市场允许这些不同的发电机将他们的电力销售到批发市场，为VPPs提供收入来源。</p> <p>批发市场：批发市场是电力由各个市场参与者买卖的地方。VPPs可以通过销售其DERs聚合的电力从中受益。批发市场中的价格波动可以为VPPs提供在高价格时销售电力的机会。</p>
输电和配电	<p>一旦电力在批发市场中被生成和销售，就需要将其输送给消费者。这是通过由英国国家电网运营的输电网完成的。发电厂需要支付费用来使用这些网络。</p>	<p>输电和配电：VPPs可以从国家电网运营的输电和配电网中获益。这些网络使VPP的DERs发电能源能够输送到消费者那里。尽管使用这些网络需要支付费用，但能够接触到消费者对于VPP模型来说非常关键。</p>
差额合约（Contracts for Difference, CfD）	<p>这是英国政府引入的一种系统，以鼓励对低碳能源来源的投资。根据差额合约，发电厂将其电力像往常一样销售到市场上，但他们还有一个合约保证了他们一定的价格。如果市场价格低于保证价格，他们将从政府获得补贴支付。如果市场价格高于保证价格，他们必须偿还差额。</p>	<p>差价合约计划为投资低碳能源提供了财务激励。包括可再生能源的VPPs可以从该计划中受益，因为它保证了他们所发电的电力的一定价格。这提供了更稳定和可预测的收入，鼓励在VPPs中加入更多的可再生资源。</p>
平衡市场	<p>英国国家电网还运营着一个平衡市场。这是必要的，因为电力无法以大量存储，因此供求需要实时平衡。如果存在需求超过供应的风险，国家电网可以向发电厂支付更多的电力生产费用，或者向消费者支付费用以减少用电量</p>	<p>平衡市场是VPPs获得额外收入的机会。VPPs可以根据国家电网的信号增加或减少其电力供应，以实时平衡供求</p>

- **电池储能增长迅速，电动车携屋顶太阳能合力推动VPP发展。**英国VPP市场始于2009年，超过50%的VPP容量来自电池储能，近五年受以特斯拉为代表的科技厂商在电池储能技术的突破，以及屋顶太阳能、家庭/电网电池、电动车等分布式能源资产渗透率的提高推动，市场增长迅猛。预计2025年市场总产能将增长到20GW。
- **多类公司齐力布局，市场分散度较高。**英国VPP市场主要参与者以Centrica为代表的大型公用事业公司、以Limejump为代表的独立聚合商，以及以Flexitricity为代表的科技公司。但由于市场尚处于高速增长期，22年市占最高的Centrica也只有25%左右市占率，整体分散度较高。

表 英国VPP核心玩家概述

代表厂商：Centrica

- 总部：英格兰温莎
- 客户：超过600万客户
- 关键服务：频率响应、容量市场、TRIAD管理
- 产能：1.3GW
- 重要项目：康沃尔地方能源市场（300MW）、Roosecote电池储能（49MW）

- VPP业务组成：燃气涡轮机、生物质、水力、填埋气、电池、需求响应；运营往复式发动机、太阳能光伏和电池等分布式能源资产。
- 服务：频率调节、平衡
- 成立时间：1997年（通过英国煤气的分拆形成）
- 公司性质：大型公用事业公司

- 成立时间：2016年
- 总部：英格兰伦敦
- 产能：超750MW的灵活容量。
- 客户：英国国家电网、英国电力网络、特斯拉等。
- 关键服务：短期交易、频率响应、TRIAD管理
- 公司性质：独立聚合商

- 成立时间：2008年
- 总部：苏格兰爱丁堡
- 产能：超过200MW容量，管理超过100个站点。
- 客户：英国国家电网和配电网络运营商。
- 关键服务：稳定频率响应、避免TRIAD、约束管理
- 公司性质：科技公司

- 成立时间：2005年
- 总部：英格兰伦敦
- 产能：超500MW
- 客户：英国国家电网、英国电力网络、日立等。
- 关键服务：动态需求管理、频率响应、峰值削减
- 公司性质：科技公司

- 老牌能源厂商布局VPP领域，深厚客户基础加速VPP布局。** Centrica成立于1998年，为老牌能源强企，原有业务在电力输送、能源整合等领域已有成熟技术，可迅速联动切入VPP开发；在英国2000万左右家庭中，拥有超600万客户，易于推进家庭屋顶太阳能布局。
- 利润增长迅速，VPP业务增长有强劲支撑。** 据Centrica年报，2022年利润为33.08亿英镑，同比增长249%，EPS为34.9便士，同比增长751%，财务基础雄厚，VPP被公司归为“增长准备”型业务，良好财务状况奠定了雄厚未来投资倾斜基础。2022年Centrica的VPP产能为1.3GW，计划2025年达10GW，预计CAGR为97.4%，VPP前景星辰大海。

图 Centrica宏观业务布局与联动



图 Centrica 2022与2021财务数据对比（p意为便士，Centrica为英国公司，故年报中部分用此单位）

Adjusted operating profit	Adjusted basic EPS	Free cash flow from continuing operations
£3,308m	34.9p	£2,487m
2021: £948m	2021: 4.1	2021: £1,174m
▲£2,090m	▲ 30.8p	▲£1,313m
British Gas Energy adjusted operating profit	Adjusted net cash	Full year dividend per share
£98m	£1,199m	3.0p
2021: £172m	2021: £680m	2021: -
▼-£74m	▲£519m	▲ 3.0p

- 政策环境总体向好，德美支持力度较大。四国对VPP核心的分布式能源均陆续出台政策支持，其中以德国的50GW屋顶太阳能补贴和美国的26%太阳能、风能税收减免为代表性大力度政策。
- 辅助市场发展成熟，超额定价提高VPP盈利能力。VPP重要盈利点之一为以调频、事故备用等为代表的辅助市场，四国此市场均已成熟并超额定价，如美国PJM调频市场每天以约20美元/兆瓦的价格成交约1000MW。
- 可再生能源星辰大海。VPP电力以可再生能源为主，四国均大力推动可再生能源发展与碳中和。

表 四国电力市场与VPP有关特点对比

	德国	美国	英国	澳大利亚
监管环境和对分布式能源资源 (DERs) 的支持	可再生能源法案规定购电补贴支付，推动了超过50 GW的屋顶太阳能月度净计量信用	对太阳能和风能享有26%的联邦税收抵免；各州也制定了政策，如加利福尼亚州的SB100，目标是到2045年实现100%清洁能源。分布式太阳能容量超过100 GW	通过购电补贴制度，安装了超过1 GW的屋顶太阳能，但该制度在2019年停止。智能出口保证要求向生产者支付费用	小规模可再生能源计划促进了超过3GW的屋顶太阳能安装。除此之外，联邦政府提供的补贴有限
市场结构和灵活性服务	合同的平衡备用容量为3000 MW。一级和二级备用价格为10-40欧元/兆瓦。三级备用价格约为100欧元/兆瓦	PJM调频市场每天以约20美元/兆瓦的价格成交约1000 MW。ISO-NE注册了超过2 GW的需求响应，最高支付400美元/兆瓦时	频率响应市场以约10英镑/兆瓦时的价格采购约1 GW的容量。2021年拍卖中，需求侧响应场达到2.7 GW	辅助服务市场包括调频（每兆瓦6-9美元）、事故备用（每兆瓦3-4美元）。通过批发暴露试点实施需求响应
电网连接性和数字基础设施	智能电表的普及率达到57%。高度自动化的配电系统，60%的回路具备自动故障定位功能	部署了超过9000万个智能电表，其中80%具备双向通信能力。50%的回路安装了配电传感器。超过80个供电公用事业采用了ADMS	安装了约2400万个智能电表。G98互操作标准。超过50%的变电站实现了远程监控	安装了约500万个智能电表。低压可见性，平均监控了4%的馈线。采用自动配电管理系统 (ADMS) 的情况有限
可再生能源渗透	可再生能源电力占比为43%。目标是到2030年达到80%，并在2045年实现净零排放。目前的太阳能和风能容量超过130GW	目前可再生能源占发电量的20%。预计到2030年将达到30%。安装的风能和太阳能容量超过100GW	可再生能源占发电量的33%。目标是到2030年达到50%。海上风能到2030年预计将增加至40GW，增长四倍	当前可再生能源占比超过20%，预计到2050年将达到82%。屋顶太阳能光伏容量超过15GW
储能和电动汽车渗透	2023年约有135万辆电动车。预计到2030年将达到1400万辆。目前有约150MW的试点储能项目	2023年约有约253万辆电动汽车。连接到电网的储能容量超过1.5GW，年增长超过50%	2023年约有132万辆电动汽车。2020年签约的储能容量增至近1GW，三倍于之前	2030年约有超过9.2万辆电动汽车。大规模储能滞后，安装容量为175MW
未来趋势	逐步淘汰核能和煤炭发电。通过系统灵活性适应可再生能源大规模增长。推动氢能生产和基础设施发展	分布式太阳能、储能和电动汽车的增长。数字化应用，包括智能电表、传感器和电网自动化	扩大海上风能、屋顶太阳能和电动汽车的应用。发展配电系统的灵活性，协调分布式资产	将高渗透的可再生能源与社区和分布式资源整合。推动市场改革以实现双向电力流动

- 政府主要提供政策支持，大学和能源公司为核心角色。**政府端：德国的国家监管框架、EEG法案；美国的RPS法案、FERC2222号命令等提供政策支持，但四国均较少直接邀约。**VPP端**：多为能源公司，如英国Centrica,德国Next Kraftwerke等，发挥自身深厚客户基础优势，联合大学产学研结合研发VPP所需核心技术，合力推进VPP运行。
- 聚焦辅助市场与家庭发电，与老牌电厂竞争差异化明显。**VPP聚焦频率响应、峰值削减、优化调节等辅助性市场，发展分散性家庭太阳能电池，与传统电厂的大宗电力买卖和大型发电厂业务形成差异化竞争。

图 四国VPP商业模式及部分数据对比

	德国	美国	英国	澳大利亚
商业模式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 市政公用事业公司在VPP的开发和试点项目中起着主导作用 2. SonnenCommunity拥有10000个家庭太阳能电池VPP 提供频率响应、峰值削减等电网服务。 3. 推动本地点对点能源交易 	<ol style="list-style-type: none"> 1. VPP将居民太阳能、电池和电动汽车进行集成 2. 通过销售容量、辅助服务等服务来获利于整体市场 3. 通过共享能源账单节省和电网收入来进行补偿。 4. FERC 2222号命令为VPP开放了整体市场 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ofgem沙盒试验中，VPP提供电网服务 2. Centrica开展了由家用电池和电动汽车充电桩组成的VPP项目 3. Octopus Energy建立了电热储能设备的VPP网络 4. 通过整合多种收入流，包括电网服务、供应和套利 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 迄今为止，虚拟电厂（VPP）的活动有限，只有一些较小规模的试点项目 2. 将分布式资源整合到整体市场中面临挑战 3. 出现了围绕协调分布式能源资源灵活性的新商业模式
样例公司营业数据	SonnenCommunity汇集了9800套家庭光伏电池系统，相当于90MWh的容量。Stadtwerke München的虚拟天然气电厂优化了200MW的灵活负荷。	Sunverge的VPP聚合了超过1万套系统，总储能容量为270MW/1GWh。Generate Capital的VPP参与了CAISO市场，700个家庭增加了350kW的容量	Centrica的VPP对150MWh的电池储能和电动汽车充电进行了优化。Octopus的VPP在容量市场拍卖中投标了1.3GWh的热储能	澳大利亚能源市场运营者（AEMO）的VPP试验提供了4-7澳元/MWh的调节服务，提供了1.3MW的容量。GreenSync的VPP在维多利亚管理着5MW的屋顶太阳能和电池
是否为邀约制	大多数VPP由私营能源公司或市政公用事业公司推出。但德国拥有一个国家监管框架，可以促进和支持VPP的创建，因此存在一定程度上的政府邀请和支持	大多数VPP项目由私营公司和能源供应商运营，没有直接的政府邀请。然而，有些项目确实受邀参与政府主导的示范项目	VPP项目主要由大学和能源公司/合作伙伴发起。它们与Ofgem等政府机构合作，但不一定是直接受到政府的邀请或强制要求	VPP倡议大多由大学和私营公司建立。但一些较大的项目得到了政府资金和能源监管变革的支持，以促进VPP的采用



- 1. 什么是虚拟电厂？

- 2. 海外虚拟电厂和电力市场

- 3. 我国的实践和存在的问题

- 4. 市场空间测算

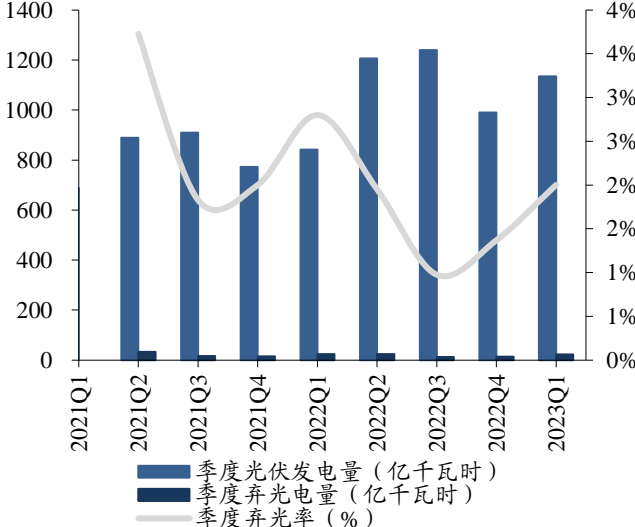
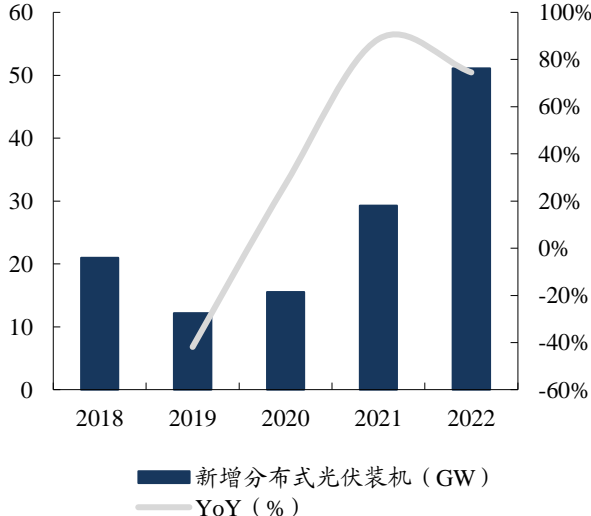
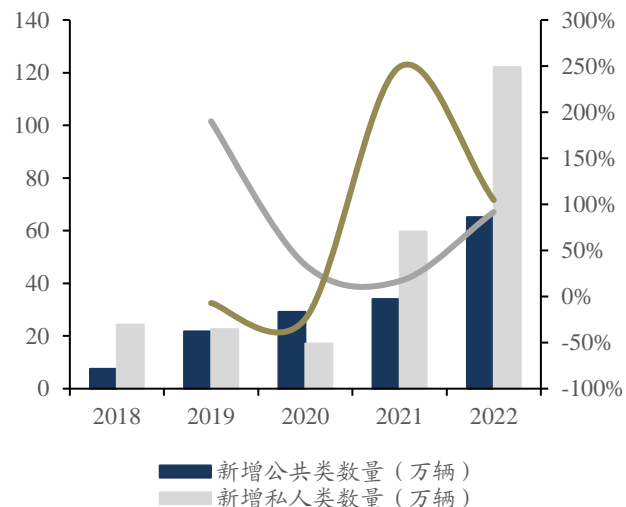
- 5. 相关标的及投资建议

□ “刚性消费者”转向“柔性产销者”，光储充协同加快虚拟电厂建设脚步。18-22年中国公共充电桩年新增量由7.5万座增加至65.1万座，CAGR达72%。新增分布式光伏装机由20.96GW增加至51.11GW，CAGR为25%。21Q1以来季度弃光率维持在2%左右。新能源广泛接入加速虚拟电厂发展，消纳需求进一步推动项目落地。

图 中国公共桩和私人桩的新增量及增速

图 中国分布式光伏新增装机量及增速

图 中国季度光伏发电量及弃光率



虚拟电厂各层面的发展必要性

✓ 海量分布式能源调控

✓ 提升清洁能源消纳能力

✓ 调峰负荷潜力挖掘

✓ 完善电力市场; 分布式新能源监管

✓ 争夺全球VPP产业话语权; 吸引社会力量参与分布式新能源发展

电源侧

电网侧

用户侧

监管侧

产业链

□ **能源结构快速升级，新型电力系统建设全面启动**：2010-2022年能源结构从“火电74%+太阳能0%”转为“火电52%+太阳能16%”，新能源的接入增加了电网的波动性，系统升级迫在眉睫。6月2日国家能源局发布《新型电力系统发展蓝皮书》，电力系统全面加速发展。

图 新型电力系统建设“三步走”发展路径

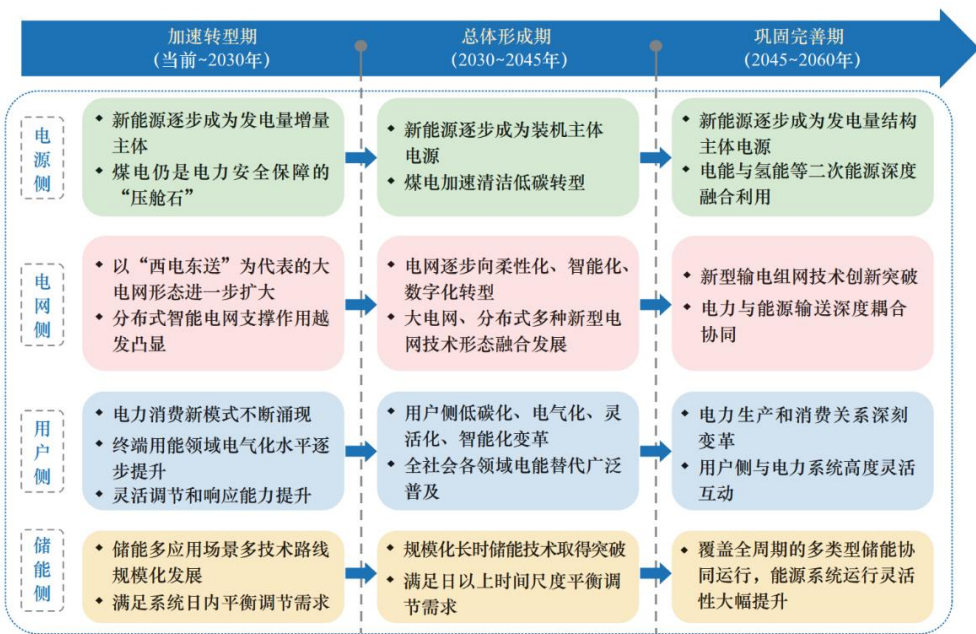
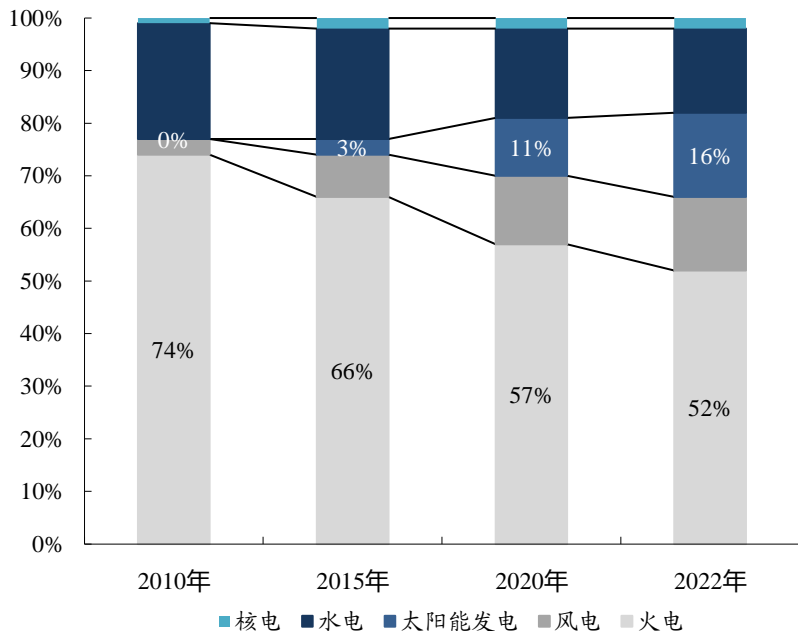


图 中国各类电源装机结构



电力系统“四个转变”



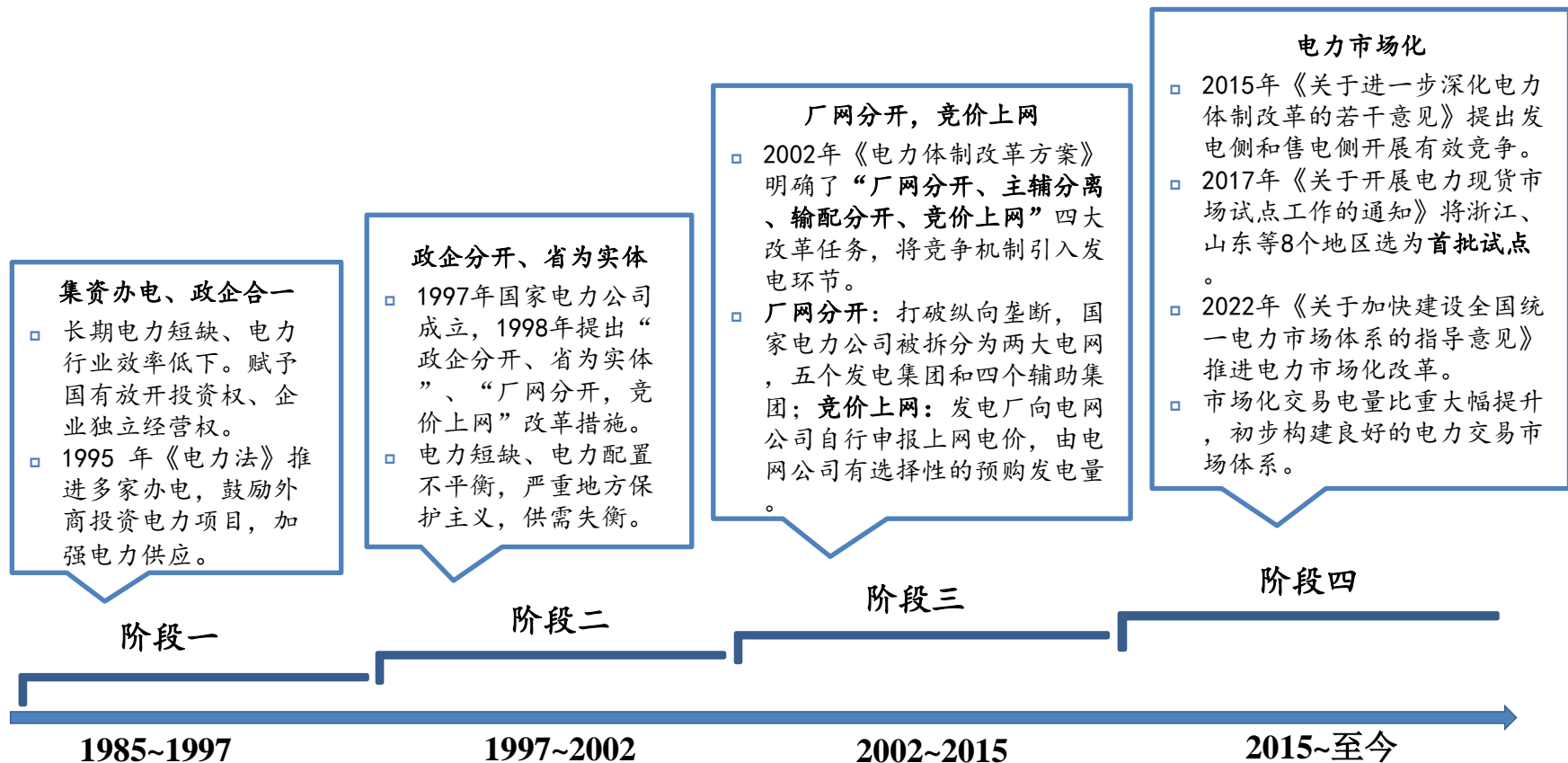
□ 我国电力体制改革可以分为四个阶段：

阶段一（1985~1997）：集资办电、政企合一；

阶段二（1997~2002）：政企分开、省为实体；

阶段三（2002~2015）：厂网分开、竞价上网，电力市场化起步探索；

阶段四（2015~至今）：进一步推进电力市场化，开展现货市场，向完全市场化发展。



- 自2015年第三轮“电改”以来，我国电力市场化探索步入第9个年头，以2~3年为一个阶段，不断试错、纠错、创新和完善，逐步打开市场化交易局面，到现在已初步形成规模庞大、运行平稳的市场体系。
- **第三轮电力市场化改革取得阶段性进展：**

2015~2017

- 2015年出台电力市场化改革的顶层设计后，有长达两年的“空转期”，为改革酝酿开局环境，避免2002年改革失败的历史重演

2017~2020

- 2017年**电力中长期交易和现货市场试点工作的开展是我国真正迈入市场化改革的标志**，并且在三年时间内取得了输配电价核定、现货试点长周期连续结算试运行和敲定中长期交易规则等标志性成绩

2020~2023

- 已初步形成规模庞大、运行平稳的市场体系。2023年，我国省级现货市场有望实现全覆盖，首批试点陆续进入长周期结算试运行，第二批试点陆续开展模拟试运行，非试点地区也相继出台现货方案。

- **电力现货市场试点建设分批多次完成，逐步推进取得良好成效。**首批试点的成功运行标志着我国电力市场新增实时交易功能，有利于及时向用户传递商品价格信号，促进电力短期供需平衡。
- 电力现货试点现已覆盖南北共14个省市，全面布局现货市场进展顺利。

电力现货市场试点成效

■ 按下“快进键”

- ✓ 2017年9月，国家发改委和国家能源局联合印发《关于开展电力现货市场试点工作的通知》（发改办能源[2017]1453号），将**南方（以广东起步）、蒙西、浙江、山西、山东、福建、四川、甘肃**等8个地区选为首批试点，为我国电力现货市场建设工作按下了“快进键”。

■ 初见成效

- ✓ 2019年6月，内蒙古电力多边交易现货市场模拟试运行开始启动，**第一批8个电力现货市场建设试点全部进入试运行阶段**，此后，各试点相继推进按周、按月、按季度、按年连续结算，我国电力市场建设取得重要突破。

■ 扩大范围

- ✓ 2021年5月国家发改委和国家能源局发布了《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》，明确了电力现货试点范围扩大，拟选择**上海、江苏、安徽、辽宁、河南、湖北**等6省市为**第二批电力现货试点**。

■ 效果显著

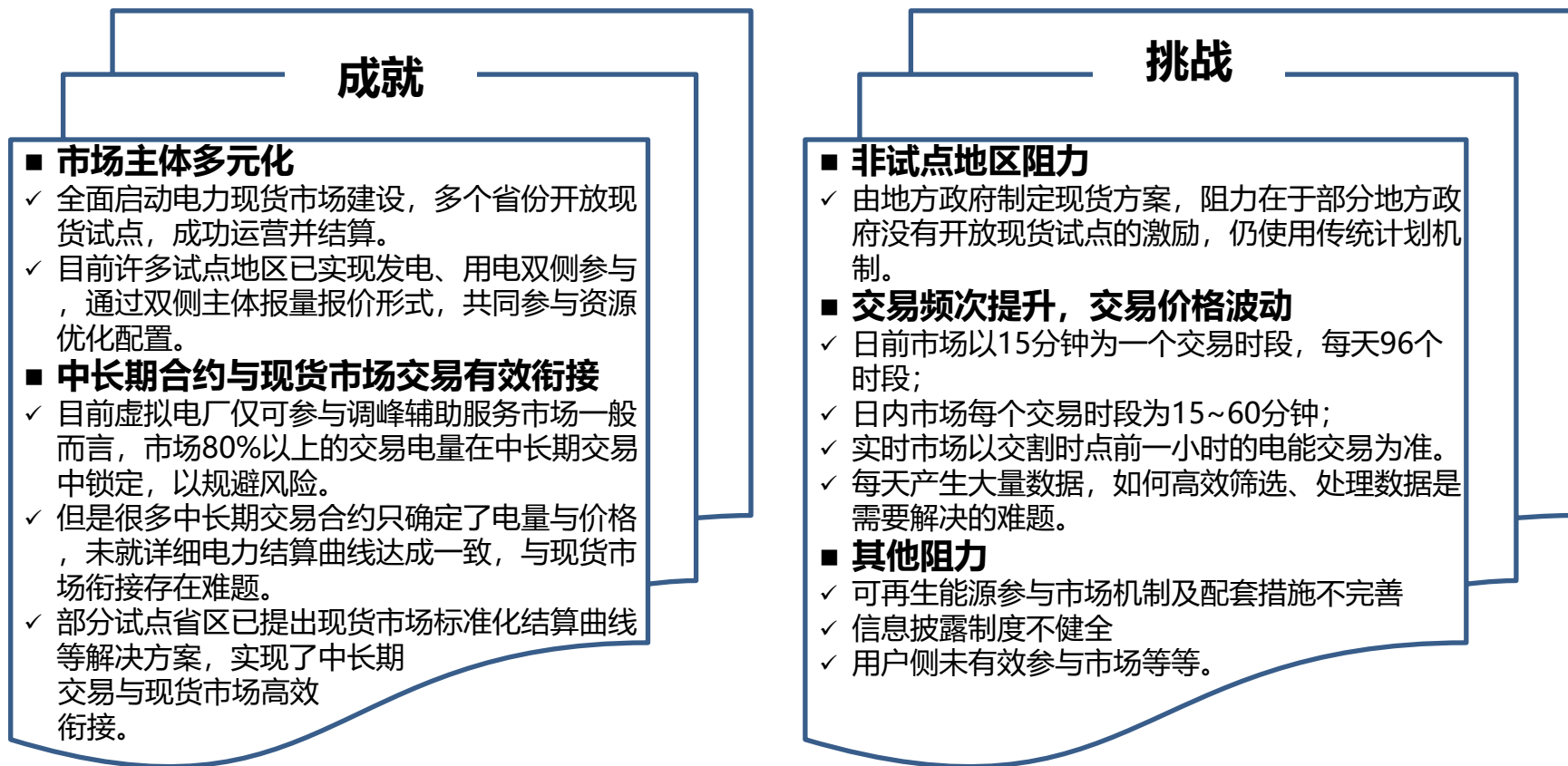
- ✓ 截止2022年8月，**第二批电力现货试点已全部启动模拟试运行**。其中，江苏省走在前列，经过模拟试运行、调电试运行，已率先实现了结算试运行。**山东、广东、甘肃、山西、蒙西等首批试点已进入以年为周期的结算试运行**。

■ 无现货，不市场

- ✓ 截至2023年4月，第一批8个现货试点中，南方（以广东起步）、山西、山东、甘肃、蒙西已经开展连续结算试运行，在这些地区电力现货市场机制已经彻底替代传统的计划调度机制；**第二批6个现货试点均已完成模拟试运行**。14个制定市场方案的**非试点地区**中河北南网、湖南、黑龙江、重庆、陕西、江西、天津、宁夏已完成首次或多次模拟试运行。

- **持续完善市场规范，开展多时段、多频次短期结算，减小价格波动影响。**首批试点建设的试运行过程暴露出政策体系的缺失，不断完善市场规则的同时，要加强现货市场监管机构的能力建设，建立稳定的交易结算制度。
- **随着深改委会议精神贯彻落实，全国统一电力现货市场建设有望加速。**

图 电力现货市场的成就与挑战



- 市场交易电量占比持续提升。**根据中电联数据，19-22年市场交易电量占比持续提升，22年市场交易电量高达**52543亿千瓦时**，同比+39%，占比达到**60.8%**，23H1市场交易电量同比+7%，占比约为61.5%。
- 市场交易以中长期交易为主，现货直接交易为辅。**19年以来，中长期电力直接交易量持续增加，**22年达到41408亿千瓦时，CAGR约24%**。从交易类型来看，市场交易电量是以中长期交易为主，23H1约占市场化交易电量80%。
- 未来随着现货市场的加快推广，现货交易电量占比有望进一步提高，释放市场价格弹性。**

图 2019-2022年全国市场交易电量及占全社会用电量比重

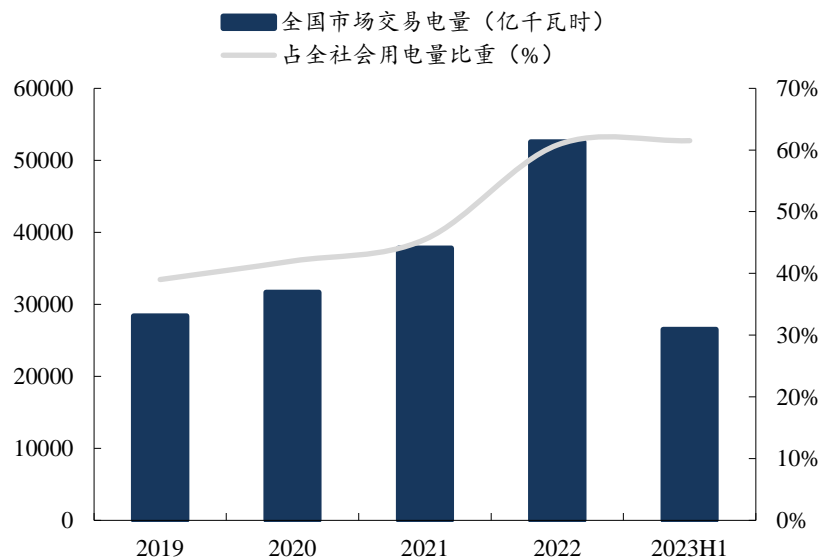
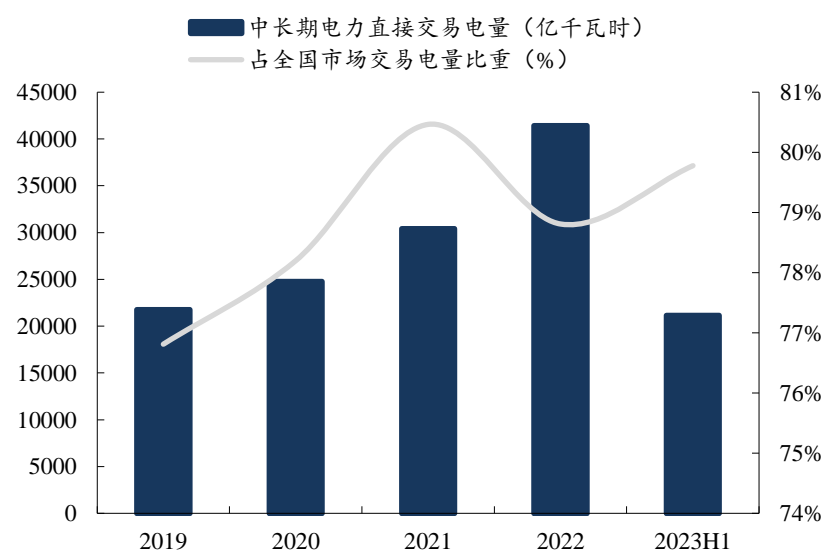
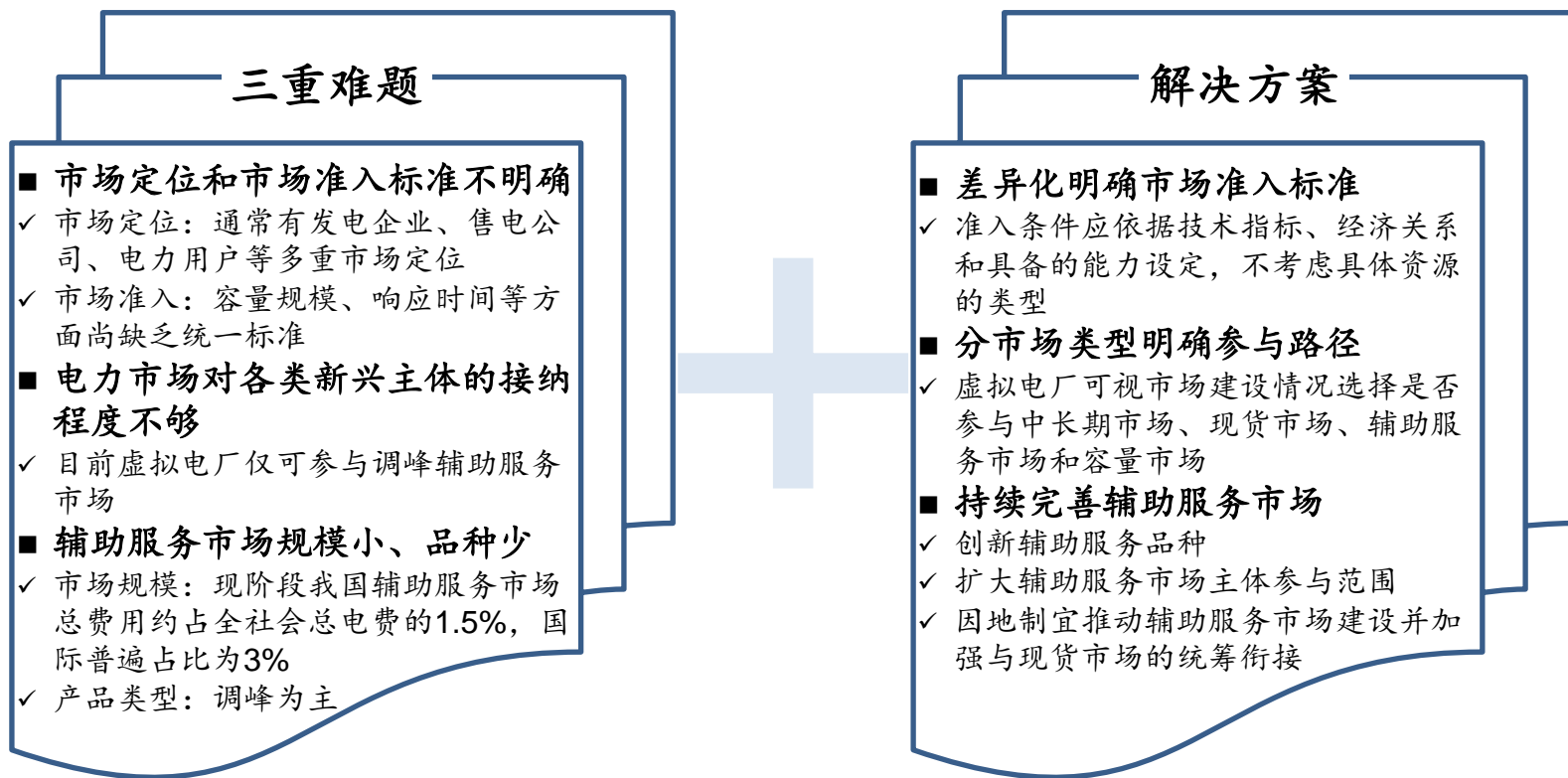


图 2019-2022年中长期电力直接交易电量及全国市场交易电量比重



- ❑ **虚拟电厂作为协调分布式资源参与电力市场交易，市场机制有待成熟。**虚拟电厂进入市场交易并实现盈利还面临准入条件、接纳意愿和市场规模等问题，政府需进一步健全相关体系。受益于产业政策和电网需求不断加码，行业有望迎来快速发展。

图 虚拟电厂参与电力市场交易的三重难题及解决方案



政策端从国家到各级省市政府相继出台政策支持虚拟电厂建设。双碳“1+N”系列政策、《“十四五”现代能源体系规划》均提出对电力需求侧响应能力的要求。从政策规范、技术标准到市场机制，政策的相继出台将推动虚拟电厂发展提到了重要位置。

图 我国虚拟电厂相关政策梳理

印发单位	发布时间	政策文件	文件内容
江苏能源监管办	2020/7	《江苏电力辅助服务(调频)市场交易规则(试行)》	虚拟电厂可以综合能源服务商的身份参加调频市场。
国务院	2021/10	《2030年前碳达峰行动方案》	加快建设新型电力系统。大力提升电力系统综合调节能力，加快灵活调节电源建设，引导自备电厂、传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷、电动汽车充电网络、虚拟电厂等参与系统调节，建设坚强智能电网，提升电网安全保障水平。
国家发改委、国家能源局	2022/1	《“十四五”现代能源体系规划》	大力推进电源侧储能发展，合理配置储能规模，改善新能源场站出力特性，支持分布式新能源合理配置储能系统，开展工业可调节负荷、楼宇空调负荷、大数据中心负荷、用户侧储能、电动汽车与电网能量互动等各类资源聚合的虚拟电厂示范。
国家能源局南方监管局	2022/2	《2022年南方区域电力市场监管工作要点》	组织调度机构制定新型储能、虚拟电厂等第三方主体并网调度运行规程、规范和标准。
广东省能源局、国家能源局南方监管局	2022/4	《广东省市场化需求响应实施细则(试行)》	建立以市场为主的需求响应补偿机制，引入有资源聚合管理能力的负荷聚合商，拓宽电力需求响应实施范围，挖掘传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷、用户侧储能、电动汽车充电设施、分布式发电、智慧用电设施等各类需求侧资源并组织其参与需求响应。
深改委	2023/7	《关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见》	要科学合理设计新型电力系统建设路径，在新能源安全可靠替代的基础上，有计划分步骤逐步降低传统能源比重。要健全适应新型电力系统的体制机制，推动加强电力技术创新、市场机制创新、商业模式创新。

- **多地试点进展顺利，项目集中在中东部地区且多为负荷型。**我国的VPP应用尚处在概念验证和试点阶段，冀北、上海、江苏、广东等地均有VPP示范项目落地实施，多数项目聚焦工商业侧资源，少数（如丽水和冀北）聚合大量分布式新能源。
- **截至22年7月，江苏VPP最大填谷规模达257万千瓦，居全球前列。**

图 我国部分虚拟电厂试点项目

项目名称	南网深圳VPP试点项目	冀北VPP示范项目	江苏VPP	上海VPP	华北国网综能VPP	浙江丽水绿色能源VPP
项目类型	负荷+储能型、合约型	混合型、市场型	负荷型、合约+市场型	负荷型、合约型	负荷型+市场型	电源型、合约型+市场型
聚合方、运营方	深圳供电局(含深圳中调)	冀北电网、恒实科技	江苏电力需求测管理平台(中心)、江苏电网(调度)	上海市电力需求响应中心、上海电网	国网综能集团	丽水供电局等
被聚合资源	深圳能源集团、南网电动、奥特讯、建科院、普天新能源、前海能源等单位;用户类型包含数据中心、充电站、地铁站、工厂、写字楼、储能、商业综合体等。	分布式光伏、光伏电站、空气源热泵、地源热泵、工业大负荷、制雪商业、空调、电动汽车充电站、移动储能车等9种用户类型。	最初2015年主要为工业企业参与,后期逐步引入楼宇空调负荷、居民家用负荷、储能、充电桩负荷等(通过负荷集成商)。	黄浦商业楼宇电厂接入楼宇130幢,容量5.96万千瓦,超过区域总负荷的15%;上海全域通过运营平台纳入商业建筑VPP,充电用户,非工柔性空调,工业自动响应、储能、综合能源平台等多类用户。	聚合分布式电源	域内800多座小水电、用户侧弹性负荷等
盈利模式/商业模式	暂无固定盈利模式;后期拟参与南方区域辅助服务市场,加强市场化需求响应力度,为用户提供节能效益或额外收益,并完善商业模式。	面向区域辅助服务市场,并向用户提供节能等商业服务。	平台由政府主导(财政拨款)、电网等公司配合。	基于政府主导的需求响应相关电价和激励机制;还提供中长期备用及短期替代调峰等交易产品。	参与华北、河北南网辅助服务市场获得市场化收益。	建立资金池定期开展削峰填谷等需求响应行动(上一年度跨区域省间富余可再生能源电力现货交易购电差价盈余部分);已具备参与辅助服务市场条件,但尚未试点。
政策机制	已出台省市场化需求响应政策、明确VPP容量补偿机制;正在协调推进VPP参与电力辅助服务。	已具备参与辅助服务市场政策和机制条件。	政府建立资金池定期开展削峰填谷等需求响应行动;逐步探索参与辅助服务市场,补偿费用由所有市场化用户分摊。	上海启动了国内首次需求响应试点、建立首个需求响应中心,政策机制较为成熟;已组织开展非固定补偿的市场化需求响应竞价交易,引入通知提前量系数。	已具备参与辅助服务市场机制条件。	浙江允许具有完善负荷管理终端的用户,鼓励中央空调、储能等主体和负荷集成商参与需求响应;已具备参与辅助服务市场政策机制条件(包含调峰、调频和旋转备用)。
技术标准	深圳中调牵头申报南网新型电力系统负荷侧资源灵活调控技术标准工作组。	2017年10月,冀北电力和中国电科院专家团队代表中国向IEC提交了VPP《架构与功能要求》和《用例》提案,2018年3月获批立项,成为IEC该领域立项的首批国际标准。		发布《需求侧响应年度交易单边竞价规则》《上海VPP运营平台与VPP信息交互规范》等文件。		
规模大小	总计36.7万千瓦	近16万千瓦	单次削峰规模达创纪录的402万千瓦,达到最高负荷的3%~5%;最大填谷规模达257万千瓦,规模居全球前列	总规模已达100万千瓦	可控负荷和储能装置约20.4万千瓦 用户侧资源	逾40万千瓦

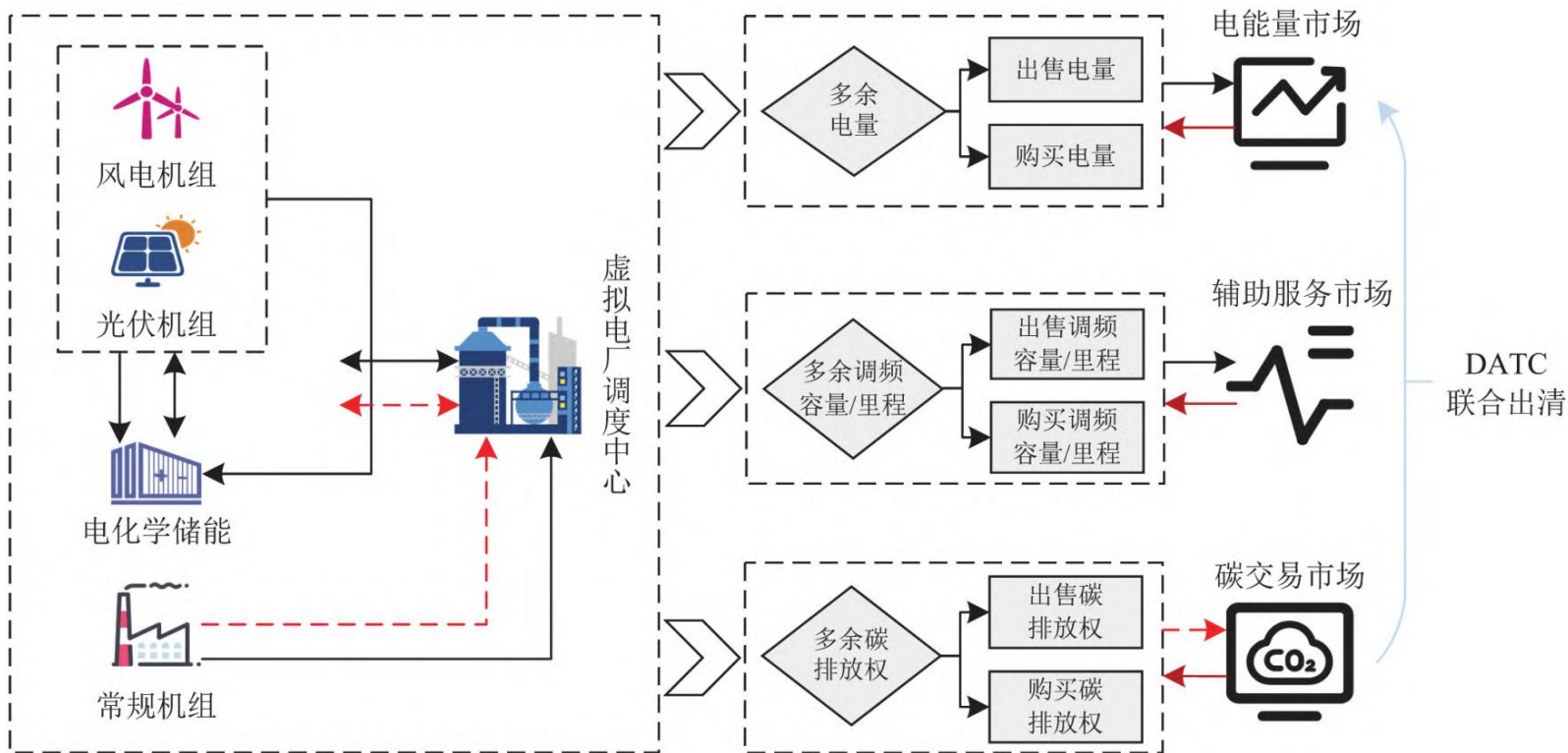
- 政府补贴拉动需求响应，市场收益吸引多方主体。**我国VPP项目以研究示范为主并由政府引导、电网实施，且普遍聚焦于需求侧响应模式。部分试点项目采用现货和辅助服务市场交易，通过提峰调频使得多方获益。
- 商业模式暂不清晰，实现盈利难度尚存。**根据彭博新能源财经对全球93家VPP企业的调研结果，截至目前VPP企业商业模式不清晰，相关政策和机制尚不健全。

图 我国虚拟电厂主要商业模式

激励类型	参与主体	市场主体	参与途径	提供服务
市场收益	<ul style="list-style-type: none"> • 电网综合能源公司 • 第三方运营商（技术、平台提供商） • 售电公司 • 企业园区 • 发电公司等 	<ul style="list-style-type: none"> • 虚拟电厂 • 负荷聚合商 	<ul style="list-style-type: none"> • 辅助服务市场 • 现货 	<ul style="list-style-type: none"> • 能量调节（降低系统峰值、提高低谷新能源消纳、提供系统调节能力）
政府补贴型	<ul style="list-style-type: none"> • 电网/供电公司 		<ul style="list-style-type: none"> • 需求侧响应平台 	<ul style="list-style-type: none"> • 需求侧响应

- 双碳目标推动VPP落地碳交易市场，DR模型优化负荷曲线。作为我国现存的两种电力市场交易模型，电-碳市场交易使得VPP在电网和低碳小微主体之间搭建了桥梁，提高新能源并网消纳能力；DR模型则以价格信号或激励政策引导用户参与负荷转移或削减，保证系统供需实时平衡。

图 虚拟电厂参与电-碳联合市场交易的方式



□ **VPP应用场景灵活，桩/车市场虚拟电厂、电网企业和用户均获益。**根据《新型电力系统环境下的虚拟电厂辅助调峰市场机制及其商业模式设计》，大部分电车用户充电时间与居民用电高负荷期有85%的重合率，倘若维持现有方式就需要扩容改造供电网络，单就北京改造投资额将高达64亿元，虚拟电厂有望成为破解难题的重要思路。

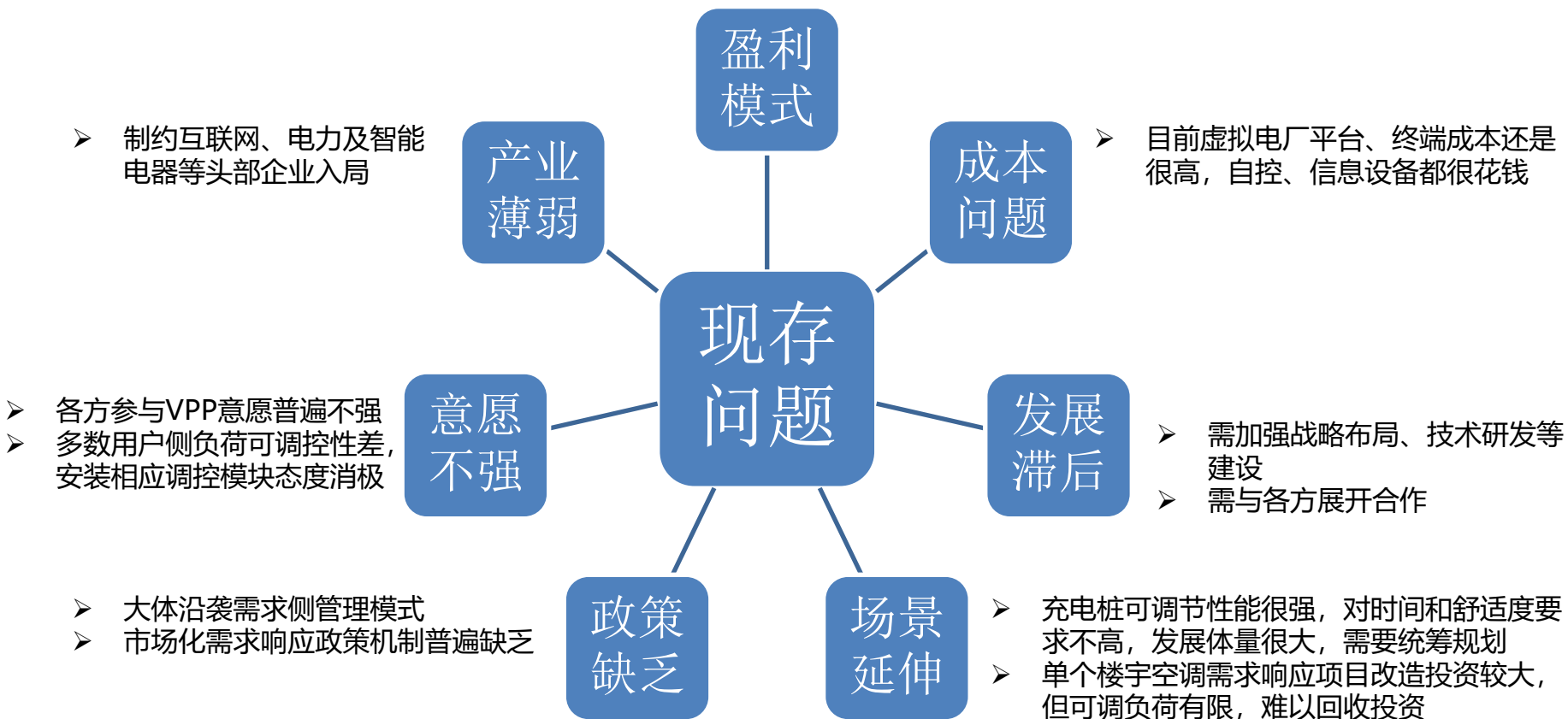
图 桩/车市场不同商业模式的对比分析

分类	即时充电模式	延时充电模式	区间充电模式
机制简介	根据实际需求,通过远程或手段操作即时充电	桩(车)企作为市场主体与电网企业协商或购买低价可再生能源,获得优惠电价(优惠幅度一般小于区间充电模式),引导电车延时到优惠时段充电,实现智慧用能	可通过开展折扣/补贴等优惠措施,引导电动汽车预约充电区间和容量,由桩(车)企代理参与调峰辅助服务市场,实现错峰用能
虚拟电厂收益方式	无额外收益	通过充电优惠价格套利获得增收	通过代理电动汽车参与调峰市场,获得增收
电网企业收益	存在基础设施改造投资压力	可延缓基础设施投资,降低运营成本	可延缓基础设施投资,降低运营成本
用户收益	对于分时电价区域,可自行谷时充电,节约用能费用;对于固定电价区域,无额外收益	通过设定延后开始充电时间,享受优惠电价,节约用能费用	通过预约充电区间和充电量,享受桩(车)企开展的充电折扣或优惠券补贴活动,节约用能费用

❑ **盈利模式不具可持续性，持续完善政策增强主体投资意愿。**在实际运行中，缺乏商业模式、补贴不足等问题让虚拟电厂参与市场的意愿极低。我国电改尚未完成，电力市场机制不成熟叠加应用场景的局限性，我国虚拟电厂还有很长的路要走，但必然趋势不变。

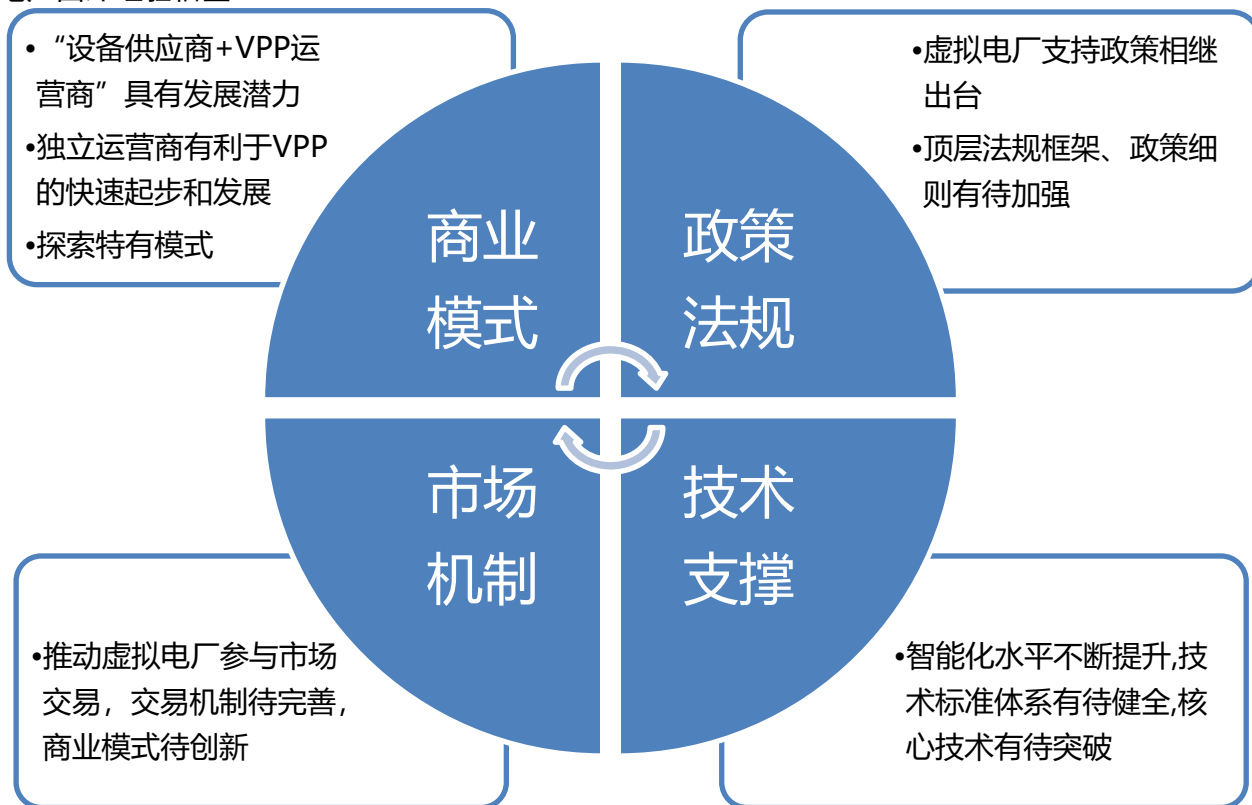
图 虚拟电厂现存问题

- 整体盈利模式不具可持续性
- 跨省区可再生能源现货交易购电差价盈余作为资金池，只是当前的权宜之计，是被动的补贴模式



- **我国虚拟电厂兼具欧美特点。**发展背景和能源结构与欧洲接近，基于能源转型深入推进、清洁低碳发展步伐加快的大背景；市场机制与美国接近，运营模式以需求响应为主，但我国目前还处于政府引导、电网实施的阶段。可学习国外结合自身特色探索特有商业模式。
- **国外先进国家的经验表明，商业模式、法规、市场和技术在不同层面对虚拟电厂的发展提供了良好的支撑。**

图 虚拟电厂国外经验借鉴





- 1. 什么是虚拟电厂？

- 2. 海外虚拟电厂和电力市场

- 3. 我国的实践和存在的问题

- 4. 市场空间测算

- 5. 相关标的及投资建议

- ❑ 虚拟电厂产业链可分为三大部分：上游能源包括可控负荷&分布式能源&储能，中游为软件供应商&硬件供应商&解决方案供应商，下游含发电集团&电网公司&售电公司&大用户。
- ❑ 整合、优化、调度、决策来自各层面的数据信息，是虚拟电厂产业链的关键环节。

图 虚拟电厂产业链情况



- **从设备和系统投资角度**，虚拟电厂运营商需要投资包括通讯网关、规约转换、计量终端和虚拟电厂运营平台系统等硬件和软件设备。我们假设：
 - 22年全系统投资成本约为1000元/kWh，23-25年随着技术成熟和降本，成本年降5%测算价格；
 - 22年全国最大用电负荷为12.9亿千瓦，根据中电联《中国电力行业年度发展报告2022》预测到25年我国最大负荷约为16.3亿千瓦；
 - 需求侧响应能力从22年的3%发展到25年5%，并且全都由虚拟电厂完成响应。
- 经过测算，我们预计到**25年虚拟电厂中游设备端市场空间约为699亿元。**

图 虚拟电厂中游设备端市场空间测算

	2022	2023E	2024E	2025E
全国最大用电负荷 (亿千瓦)	12.9	13.7	14.9	16.3
yoy	8%	8%	9%	10%
需求侧响应能力	3%	4%	5%	5%
虚拟电厂单位投资金额 (元/千瓦)	1000	950	903	857
市场空间 (亿元)	387	521	604	699

- **虚拟电厂运营主体主要由发电集团、电网公司、售电公司以及第三方运营服务商为主，并且未来随着用户侧资产的不断丰富，我们认为第三方运营服务商有望成为主流。**
- **核心假设：**
 - 22-25年全国用电量年复合增长率为4%；
 - 现货交易电量占比从22年的3%提升至25年8%；
 - 22年现货交易平均电价假设为0.6元/kWh，随着现货市场的推广，23-25年现货平均价差按照年增5%测算，虚拟电厂参与交易的渗透率从22年0%到25年5%；
 - 服务分成比例保持在30%，忽略参与辅助服务市场收益。
- **经过测算，我们预计到25年虚拟电厂运营端市场空间至少为112亿元。**

图 虚拟电厂下游运营端市场空间测算

	2022	2023E	2024E	2025E
全国用电量 (亿千瓦时)	86369	89824	93417	97153
yoy	3.6%	4%	4%	4%
参与现货交易比例	3%	4%	5%	8%
现货交易电量 (亿千瓦时)	2591	3593	4671	7772
现货交易平均价差 (元/kWh)	0.6	0.6	0.7	0.7
现货交易收益 (亿元)	1555	2264	3090	5398
虚拟电厂渗透率	0%	1%	3%	5%
虚拟电厂现货交易收益 (亿元)	0	23	93	270
需求侧响应补偿 (元/kWh)	2.5	2.5	2.5	2.5
全年需求侧响应时长 (小时)	50	50	50	50
需求侧响应收益 (亿元)	48	69	84	102
服务费用分成比例	30%	30%	30%	30%
运营商收益市场空间 (亿元)	15	27	53	112



- 1. 什么是虚拟电厂？

- 2. 海外虚拟电厂和电力市场

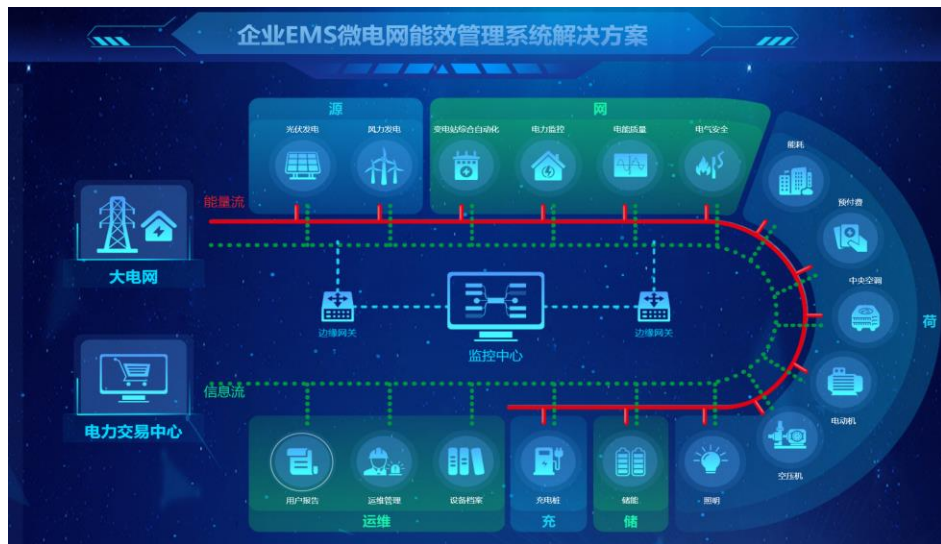
- 3. 我国的实践和存在的问题

- 4. 市场空间测算（设备系统空间，运营空间）

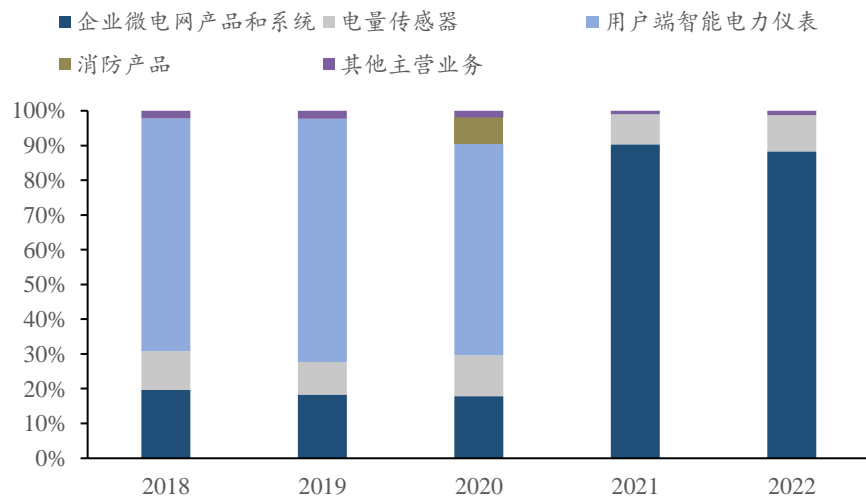
- 5. 相关标的

- 微电网解决方案领先企业，虚拟电厂的重要组成部分。** 公司是用户侧微电网系统能效管理系统的硬件+软件的系统解决方案供应商（终端表计、电量传感器等硬件+各能源管理软件），形成了“云-边-端”完整的产品生态体系。微电网打破对用户内部负荷、光、储、充的信息孤岛，实现互联互通，为后续虚拟电厂或者负荷聚合商的聚合提供信息接口和控制通道。
- “产品+营销”构筑公司核心竞争力。** 公司核心产品能效管理平台EMS2.0实现了产品平台化，后续将接入光储充平台向EMS3.0升级，实现“源网荷储充”一体化柔性控制。营销渠道持续补强，直销+经销双管齐下奠定业绩放量基础。
- 盈利预测：** 我们预计公司23-25年归母净利润分别为2.25/3.35/4.69亿元，同比+32%/49%/40%，给予“买入”评级。
- 风险提示：** 应收账款回款不及预期，市场拓展不及预期，竞争加剧等。

图：公司的核心产品：EMS微电网能效管理系统



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

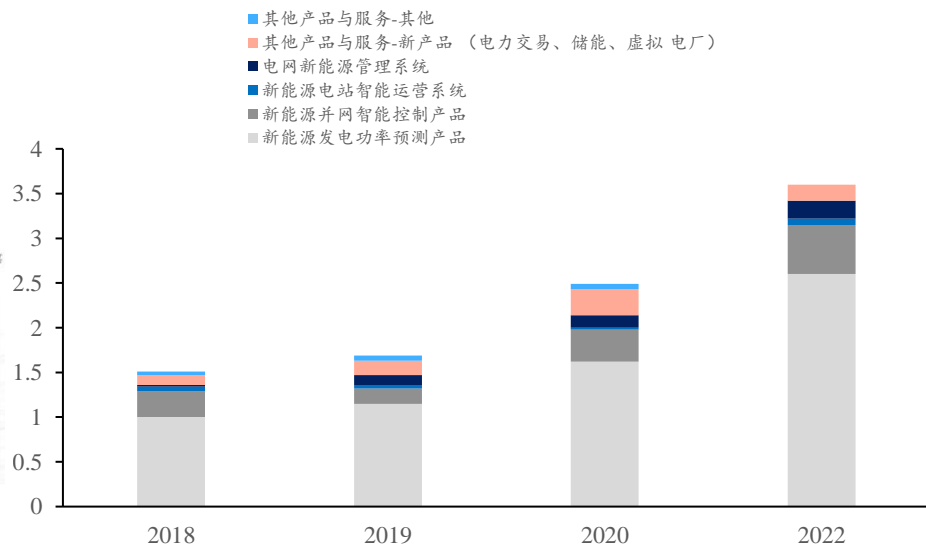


- 新能源发电预测龙头，虚拟电厂打开新的成长空间。** 公司主要面向新能源电站、发电集团和电网公司等新能源电力市场主体提供产品及相关服务，以新能源发电功率预测产品为核心，22年营收占比72%，同时围绕“电改”主线推动电力交易辅助决策平台、储能EMS系统以及虚拟电厂运营业务，积极打开新的成长空间。
- 利用自身技术优势，探索虚拟电厂运营市场。** 22年6月公司设立控股子公司“国能日新智慧能源（江苏）有限公司”探索虚拟电厂运营市场，7月发布定增预案，拟融资8.6亿投资微电网及虚拟电厂综合能源管理平台等业务，为后续开拓新市场打下基础。
- 盈利预测：** 我们预计公司23-25年归母净利润分别为0.95/1.32/1.75亿元，同比+41%/39%/33%，给予“买入”评级。
- 风险提示：** 行业竞争加剧，政策推进不及预期等。

图：国能日新主要业务布局

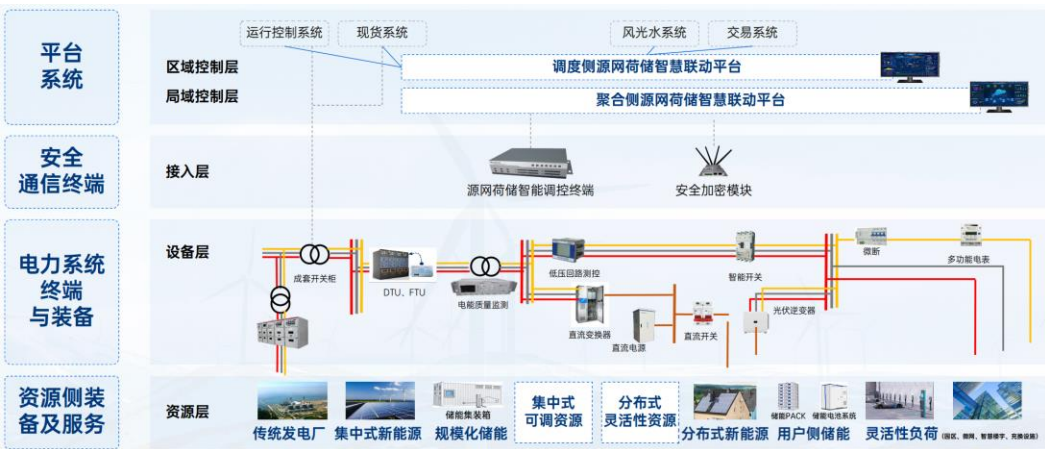


图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

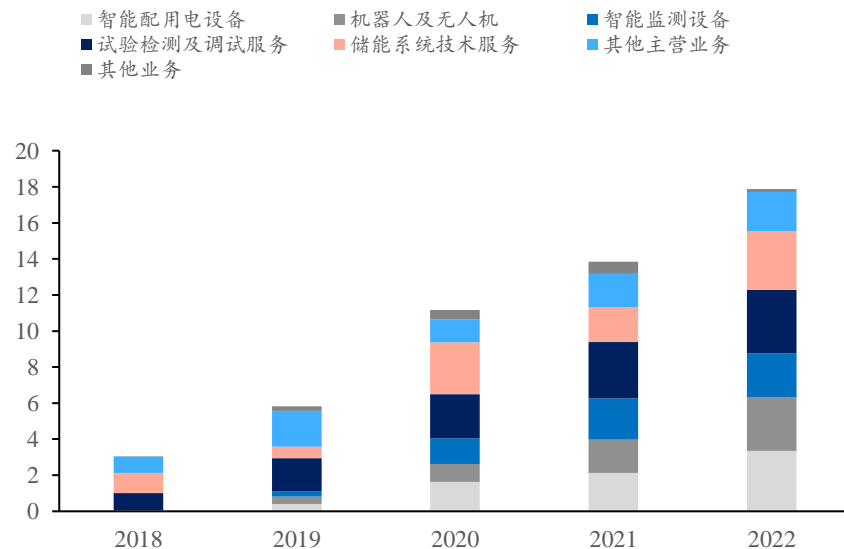


- 依托南网大平台，聚焦新型电力系统核心环节。** 公司是南网旗下唯一的科技产品类公司，聚焦新型电力系统核心环节，形成了技术服务（储能系统技术服务、试验检测及调试服务）+智能设备双主业格局。
- “源网荷储”智慧联动平台打造南网首个省级虚拟电厂平台。** 22年公司发布“源网荷储”智慧联动平台，已接入分布式发电、储能、柔性负荷等灵活性资源已超过500MW，作为南网最大的可调资源聚合平台，23年有望逐渐推广落地，贡献公司第二增长曲线。
- 盈利预测：** 我们预计公司23-25年归母净利润分别为5.18/8.69/12.07亿元，同比+152%/68%/39%，给予“买入”评级。
- 风险提示：** 电网投资不及预期，储能项目建设不及预期，竞争加剧等。

图：“源网荷储”智慧联动平台是南网省级虚拟电厂平台



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）



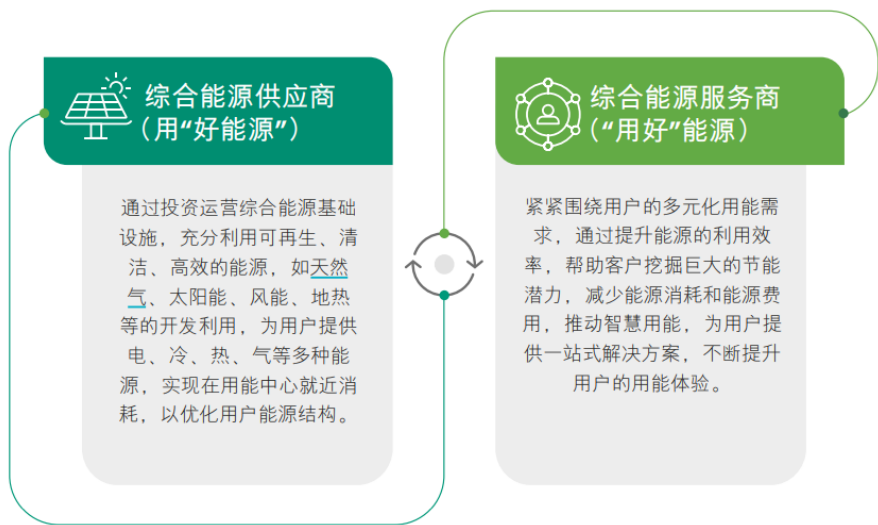
- 公司是能源互联网整体解决方案提供商，是电网信息化龙头企业。公司是国网旗下以能源电力智能化为核心的能源互联网整体解决方案提供商，为电网、发电及用户提供能源整体解决方案。22年电网自动化及工业控制（电力市场和虚拟电厂业务归属这个板块）实现营收255.59亿元，占总营收55%，是公司的支柱业务。
- 国内现货交易系统的主要供应商，虚拟电厂建设引领者。公司22年落地15个省市电力现货市场和国内首个省级虚拟电厂运营管控系统，在上海、福建、江苏等地成功落地多个样板工程，是虚拟电厂建设的技术引领者。未来有望为公司带来新的业绩增量。
- 盈利预测：我们预计23-25年归母净利润分别为74.96/86.81/100.13亿元、同比+16%/16%/15%。
- 风险提示：电网投资不及预期、特高压建设不及预期、竞争加剧等。

表 国电南瑞分业务景气度判断

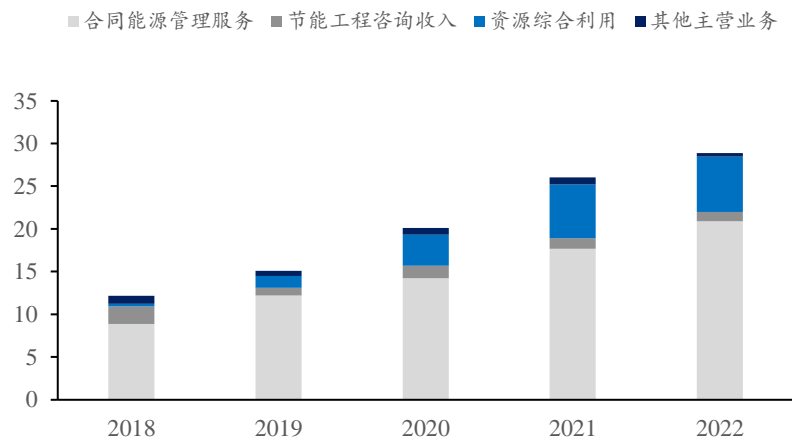
业务板块	业务	景气度判断（3-5年）
电网自动化及工业控制	电网安全稳定分析控制	高（预计 GR>15%），电源、负荷特性变化，带来电网安全稳定要求提升。
	电网调度自动化	高（预计 GR>15%），新一代调度系统开始迭代。
	电力市场	高（预计 GR>15%），持续支持电力现货市场建设。
	用电自动化	较高（预计 GR=10-15%），支撑智能电表、新能源充电设施。
	变电保护及自动化	中（预计 GR=5-10%），跟随变电站建设规模。
	配电自动化	中（预计 GR=5-10%），跟随配网建设规模。
电力自动化信息通信	轨交&工控	中（预计 GR=5-10%）。
	电网生产管理、调度管理	高（预计 GR>15%）， <u>国网能源互联网</u> 战略持续推进，电力物联网有望成为投资重点，南瑞是能源互联网战略的重要支撑单位，将全面参与电力物联网建设，有望持续高增长。
	信息安全	
信通产品&系统集成、数据库及大数据应用		
继电保护&柔性直流	IGBT	高（ <u>量产后有望快速增长</u> ），突破电网关键技术、进口替代。
	特高压&柔直	较高（预计 GR=10-15%），“十四五”推进特高压主干网建设。
其他	继电保护	中（预计 GR=5-10%），跟随输变电建设规模。
	发电水利环保、EPC、综合能源服务、融资租赁等	较高（预计 GR=10-15%）。

- 公司是南网旗下面向用电侧的综合能源服务商，在手发电资产不断丰富。**公司是南网旗下一站式节能及综合能源服务平台，主要以工业节能（分布式光伏开发、工业能源站节能）、建筑节能（照明、供冷、供热等）以及综合资源利用服务等为主。截至22年末，公司在运分布式光伏装机约183.05万千瓦，新增装机31.65万千瓦，23年拟新增92.09万千瓦分布式光伏和37.91万千瓦农光互部项目，在手发电资产不断丰富。
- 围绕综合能源服务，拓展用户侧储能和聚合商业业务。**公司凭借在用户侧节能业务基础，向能源托管、用户侧储能、光储一体化能源站等业务拓展，开展源荷聚合业务并以肇庆、南沙为试点打造城市级负荷集成商先行点。我们看好公司凭借负荷集成平台的基础向虚拟电厂运营管理业务切入，发展新的业务增长曲线。
- 盈利预测：**我们预计23-25年归母净利润分别为7.47/10.76/14.70亿元，同比+35%/44%/37%。
- 风险提示：**分布式光伏建设不及预期、可再生能源补贴无法收回、储能业务拓展不及预期等。

图：公司综合能源业务定位

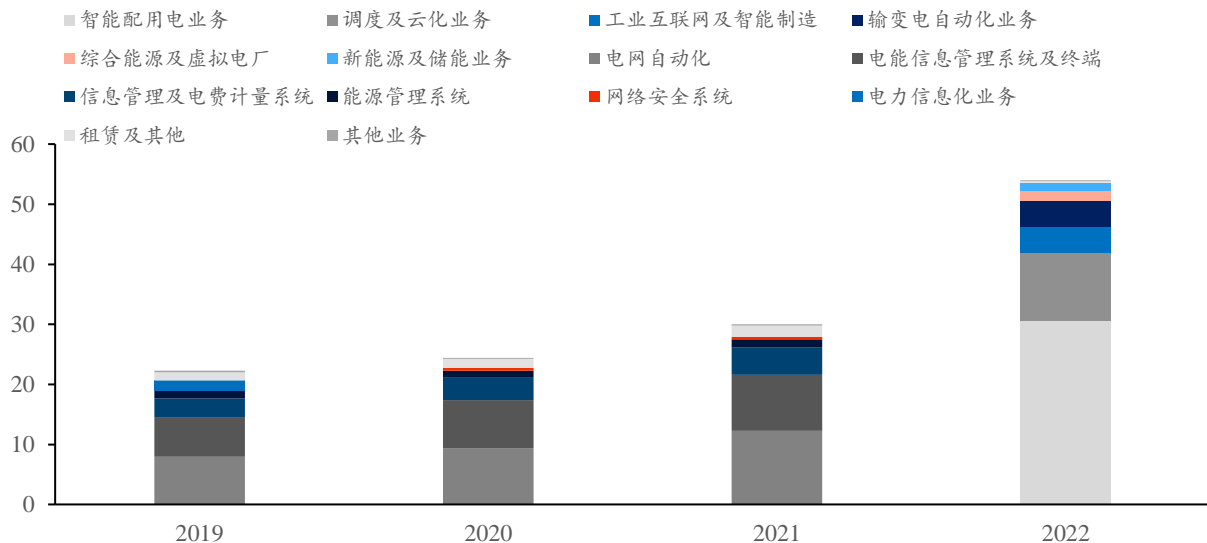


图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）



- 电网调度老兵，参与南网首个区域级虚拟电厂建设。** 公司起家于电力系统自动化，发展至今已形成覆盖电力全产业链的产品和服务体系，产品与服务覆盖“发、输、变、配、用”各个环节。公司凭借在自动化、信息化和数字化领域的技术基础，打造“工业互联网智能终端、综合能源管理、源网荷储智慧管控、云化智能运维、虚拟电厂和碳资产管理”等核心技术和绿色低碳产业链。
- 虚拟电厂先行者，多个项目落地实施。** 公司完成南方电网虚拟电厂建设和上线市场化运营；参与国网湖北综能虚拟电厂建设和浙江宁波新型电力系统和胜利油田源网荷储智慧管控等项目。
- 盈利预测：** 根据 Wind 一致预期，公司 23-25 年归母净利润分别为 5.80/7.49/9.36 亿元，同比 +32%/29%/25%。
- 风险提示：** 电网投资进度不及预期，原材料价格上涨风险，虚拟电厂、电力市场化政策落地不及预期等。

图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

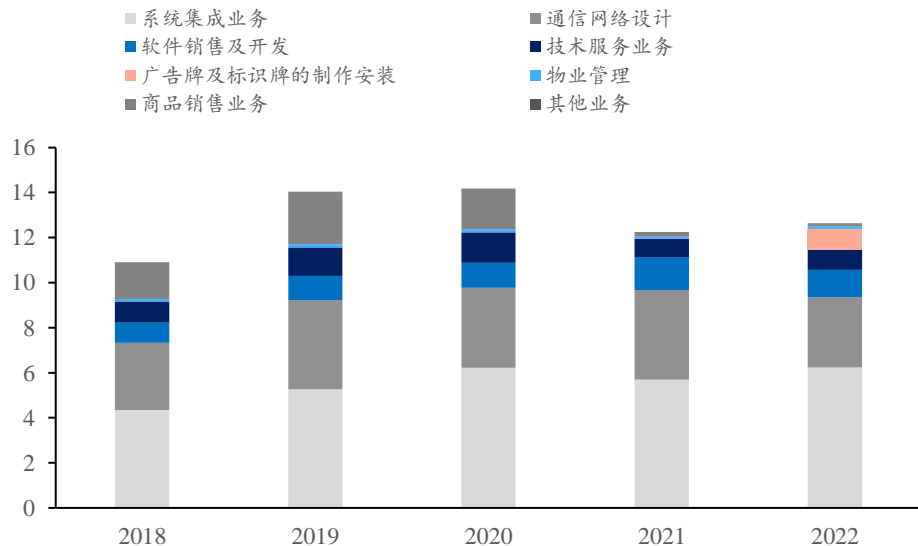


- 领先智能大数据综合解决方案提供商与运营商，超前布局综合能源业务。** 公司主营业务为综合能源服务、通信设计服务、智慧物联应用业务三大类，其中综合能源服务在新型电力系统建设背景下，开展虚拟电厂、综合能源改造、电力市场交易等业务。22年电力行业收入占比23%，占比有望持续提升。
- 虚拟电厂实战经验丰富，开发+服务能力双全。** 公司参与国网冀北虚拟电厂项目，具备虚拟电厂交易平台建设方和虚拟电厂运营方双重身份，在冀北、湖南等虚拟电厂积累了宝贵的项目经验，投资1.15亿元建设虚拟电厂交易运营平台项目，未来可期。
- 盈利预测：** 根据 Wind 一致预期，公司 23-25 年归母净利润分别为 0.73/1.11/1.57 亿元，同比 +137%/53%/41%。
- 风险提示：** 虚拟电厂行业发展低于预期、并购产生的协同效应不及预期。

图：公司完成湖南源荷聚合平台建设



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

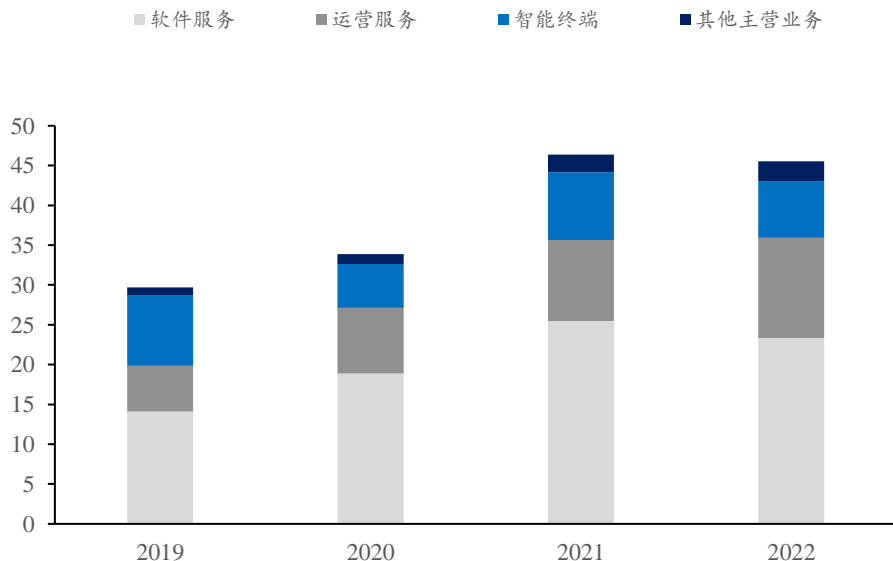


- 能源互联网行业领先企业，数字化、信息化能力赋能开拓能源管理业务。** 公司B2B2C模式，能源数字化+能源互联网“双轮驱动”传统电力能源信息化向能源互联网推进，提升B端面向C端的服务能力，作为国网和南网的数字化业务合作伙伴，能源管理领域技术沉淀深厚。
- 能源运营业务起步，入局售电运营的等业务。** 公司“新电途”、“新耀光伏云平台”实现对充电桩、分布式光伏资源的整合，22年接入分布式光伏约1GW、聚合充电量超20亿度，在平台聚合大量负荷资源的基础上，在多个省份开展售电业务，并作为负荷聚合商参与电网需求响应。
- 盈利预测：** 根据Wind一致预期，公司23-25年归母净利润分别为9.63/13.06/17.13亿元，同比+87%/36%/31%。
- 风险提示：** 电力市场建设不及预期，电网投资不及预期，行业竞争加剧。

图：公司的综合能源服务云平台



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

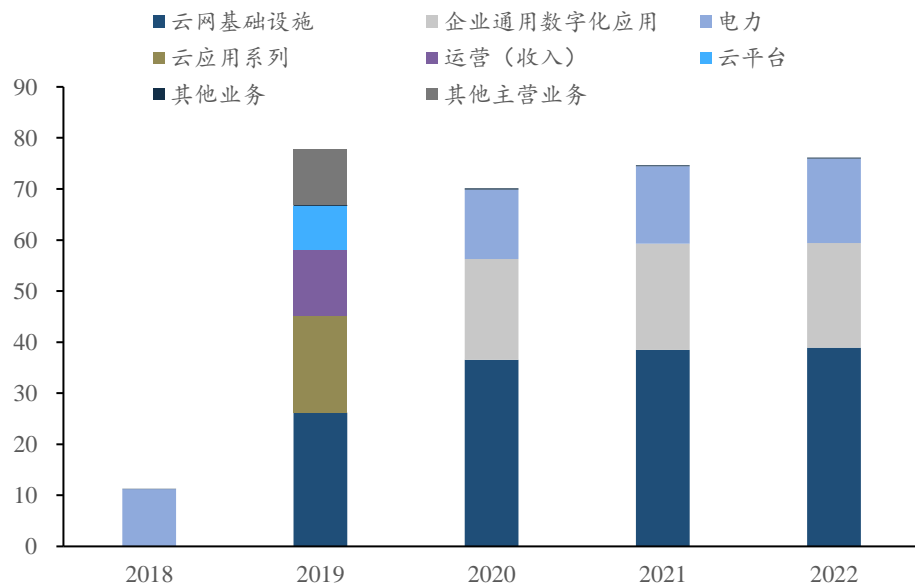


- “云网融合”产业服务提供商，数字化应用成熟。** 公司是国网旗下领先的云网融合技术产品提供商，以“数字底座+能源应用”为核心定位，提供能源行业信息化融合服务。其电力数字化服务围绕“源网荷储”为电力生产、销售、使用等环节提供数字化应用支撑，22年该板块收入增幅最大，占比达22%，数字化应用成熟。
- “电享家”电力交易规模大，虚拟电厂多地顺利试点。** 截至22年末，公司“电享家”数字化能源平台已为2500余家客户提供电力交易服务，交易电量超69亿千瓦时。其中“源网荷储充”一体化虚拟电厂平台已接入华北辅助服务市场，并在天津、上海等地开展试点参与电网调节，实现了调度需求、资源聚合、资源监测、特性分析、资源评估等功能。随着公司积极探索相应商业模式，我们预计虚拟电厂有望成为新的增长曲线。
- 盈利预测：** 根据 Wind 一致预期，公司 23-25 年归母净利润分别为 9.81/11.49/12.83 亿元，同比 +22%/17%/12%。
- 风险提示：** 电力数字化投资不及预期，技术创新和产品迭代不及预期，核心技术人才流失。

图：公司的“电享家”数字化能源服务平台



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

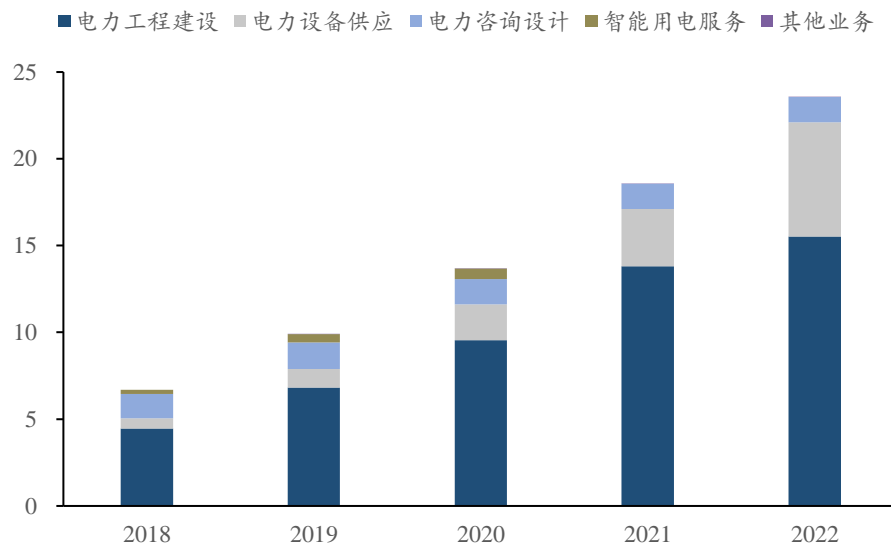


- EPCOS一站式电能服务商，数字化技术助力释放新能源红利。** 公司进入电力智能化领域多年，具备专业软件开发团队，业务已升级至EPCOS，能实时采集和分析用户数据，并建立负荷预测模型对新能源电力生产进行智能调控。同时公司于今年成立数字能源事业部，预计数字化技术将带来可持续收入。
- 云平台建设成熟，负荷聚合业务落地。** 公司“电能侠云平台”接入变电站4300+，光伏站100+，储能站30+，终端设备8万+，年均管理用电量超60亿度。作为负荷集成商和需求侧管理服务机构，公司致力于需求响应、微电网建设运营、可调负荷管理，已获得实质性收入。
- 盈利预测：** 根据Wind一致预期，公司23-25年归母净利润分别为4.71/6.27/8.16亿元，同比+84%/33%/30%。
- 风险提示：** 光储充业务发展不及预期，省外业务拓展不及预期，市场竞争加剧等。

图：公司的“电能侠”云平台架构图

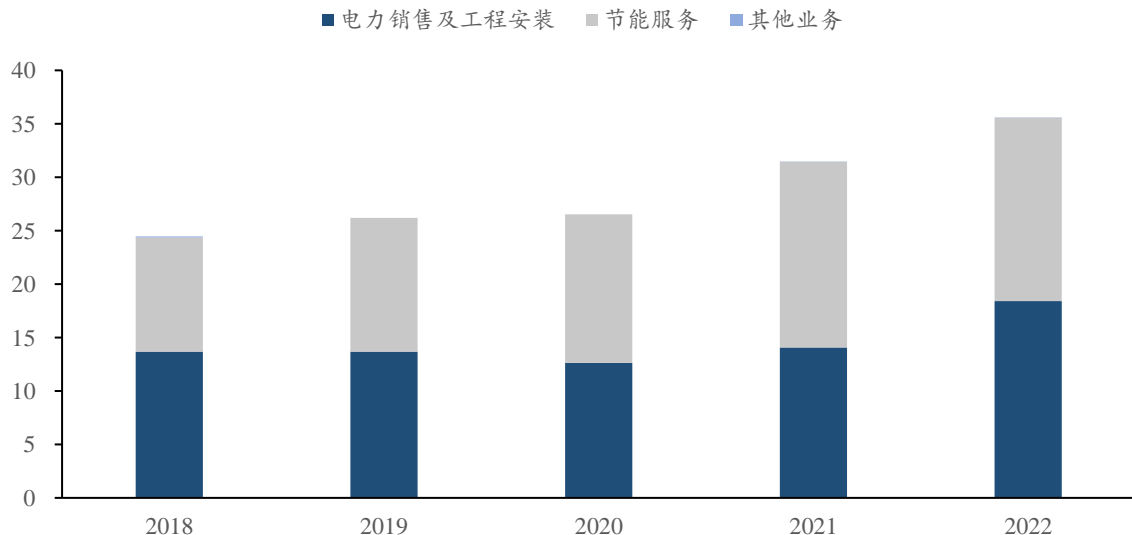


图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）



- **国网综能间接控股的电力企业，配电网节能业务覆盖全国20个省市。** 公司是国网综能间接控股的企业，配售电业务起家，现从事电网运营和配电网节能两大业务，后者包括配电网能效管理系统、多级联动与区域综合治理、配电网节能关键设备改造等。22年公司配电网节能业务已覆盖全国20个省、市、自治区，收入占比达48.21%。
- **国网综能高管到任，有望开展新能源及储能运营服务业务。** 根据公司公告，23年5月6日原国网综能储能事业部总经理/综合能源事业部副总经理到任，我们认为能为公司带来新能源建设、运营等先进经验，有望帮助公司开拓分布式光伏、储能或负荷聚合等相关业务。
- **盈利预测：** 根据 Wind 一致预期，公司 23-25 年归母净利润分别为 8.12/9.39/11.37 亿元，同比 +32%/16%/21%。
- **风险提示：** 税收优惠政策变动，电网投资不及预期，行业竞争加剧等。

图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

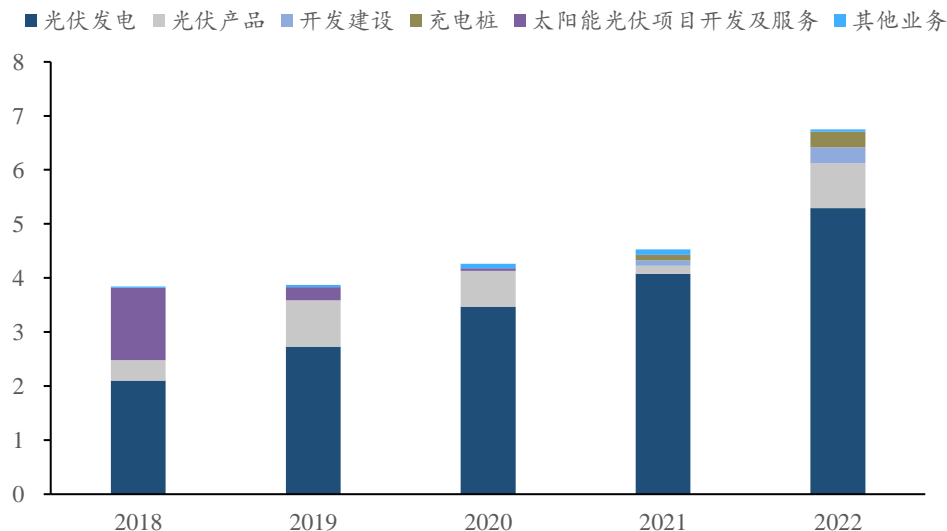


- 工商业分布式光伏运营龙头，实现分布式储能聚合突破。** 公司聚焦自持分布式电站业务，依托光伏客户资源，结合虚拟电厂等技术稳步推进充电桩和储能业务，拓展分布式新商业模式。截至22年末，公司成功实施多个“网荷光储充智能微网”示范项目，并已对外开展工商业用户侧分布式储能聚合业务。
- 能源云中心奠定基础，分布式“虚拟电厂”获益。** 公司智慧能源综合服务云中心能为用户提供电网、负荷、光伏、储能及充电桩的可视化管理，技术积累丰富。工商业储能运营贴近于用户侧谷充峰放，可实现“虚拟电厂”功能，获取峰谷价差收益及电网需求响应补贴，我们预计随着光伏装机增加，公司有望稳定获益。
- 盈利预测：** 根据 Wind 一致预期，公司 23-25 年归母净利润分别为 2.58/3.38/4.32 亿元，同比 +35%/31%/28%。
- 风险提示：** 项目建设不及预期，政策变动风险，电价波动风险等。

图：公司的园区综合能源云平台架构图



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）

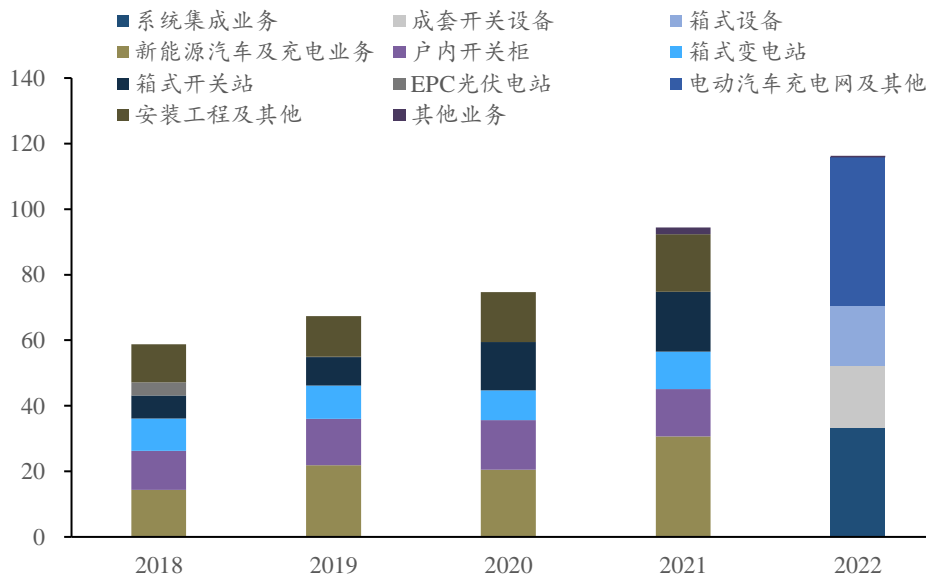


- 特来电充电桩保有量第一，打造“三网融合”虚拟电厂平台。** 14年成立子公司特来电，专精新能源汽车充电网的投资，截至23年7月，公司充电桩保有量达43.9万个，全国排名第一，覆盖350座城市。依托充电桩布局，公司致力于打造充电网、微电网和储能网“三网融合”的虚拟电厂平台，实现资源的聚合优化。
- 充电网链接分布式资源，虚拟电厂建设初见成效。** 公司通过充电网深度链接电动汽车、光伏、储能等分布式资源，基于谷充峰放、微网光伏、梯次储能、车网互动等场景构建虚拟电厂，实现能源增值。现已与16个网/省/地级需求侧管理中心对接，参与了广东、上海、等地的需求响应，并接入了深圳虚拟电厂管理中心。截至22年末，公司具备虚拟电厂条件的可调度资源容量约为200万千瓦，22年参与调度的容量超过40万千瓦。
- 盈利预测：** 根据Wind一致预期，公司23-25年归母净利润分别为3.66/5.80/8.89亿元，同比+34%/59%/53%。
- 风险提示：** 充电桩运营盈利能力不及预期，政策变动风险，市场竞争加剧等。

图：公司充电网四层架构图



图：公司分业务板块营收情况（单位：亿元）



投资建议：电改有望迎来加速期，电力交易完全市场化持续推进，光伏、储能和充电桩等新能源渗透率提升不断丰富用户侧灵活性资源，虚拟电厂行业需求边际改善，我国尚处于虚拟电厂发展初期，我们看好中游系统解决方案及下游运营服务商的投资机会。系统解决方案方面，**重点推荐：安科瑞、国能日新（计算机组覆盖）、南网科技、国电南瑞**，建议关注：东方电子、恒实科技、朗新科技、国网信通等；下游运营服务商方面，**重点推荐：南网能源（公用事业组覆盖）**，建议关注：苏文电能、涪陵电力、芯能科技、特锐德等。

图表：重点公司估值表（截至2023年8月10日）

证券代码	名称	总市值 (亿元)	股价	归母净利润				PE				评级
				2022	2023E	2024E	2025E	2022	2023E	2024E	2025E	
300286.SZ	安科瑞	68	32	1.71	2.25	3.35	4.69	40	30	20	14	买入
301162.SZ	国能日新	68	69	0.67	0.95	1.32	1.75	102	72	52	39	买入
688248.SH	南网科技	188	33	2.06	5.18	8.69	12.07	91	36	22	16	买入
600406.SH	国电南瑞	1,959	24	64.46	74.96	86.81	100.13	30	26	23	20	买入
003035.SZ	南网能源	236	6	5.53	7.47	10.76	14.7	43	32	22	16	买入
000682.SZ	东方电子	123	9	4.38	5.80	7.49	9.36	28	21	16	13	未评级
300513.SZ	恒实科技	41	13	0.31	0.73	1.11	1.57	134	57	37	26	未评级
300682.SZ	朗新科技	237	22	5.14	9.63	13.06	17.13	46	25	18	14	未评级
600131.SH	国网信通	193	16	8.02	9.81	11.49	12.83	24	20	17	15	未评级
300982.SZ	苏文电能	95	46	2.56	4.71	6.27	8.16	37	20	15	12	未评级
600452.SH	涪陵电力	185	17	6.13	8.12	9.39	11.37	30	23	20	16	未评级
603105.SH	芯能科技	76	15	1.92	2.58	3.38	4.32	40	30	23	18	未评级
300001.SZ	特锐德	209	20	2.72	3.66	5.80	8.89	77	57	36	24	未评级

- **电力市场改革不及预期：**电改是解决VPP商业模式能否理顺的关键，推动全面市场化和普及现货市场是提升VPP经济效益和收益的重要条件，若电改推进不及预期，或影响VPP在国内的发展和盈利能力。
- **新能源建设不及预期：**光伏、风电、储能和充电桩等新能源是组成VPP的核心资产，若此类资产建设不及预期，或影响VPP的响应能力从而影响盈利能力。
- **政策支持不及预期：**现阶段我国VPP发展较为依赖政策的支持和补贴，若政策支持力度不及预期，或影响VPP建设的积极性。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准：

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园