

【融中咨询行研报告】

虚拟电厂：重塑电力生态的智慧中枢

BRIDGE CONSULTING

目录

1. 虚拟电厂行业现状分析	6
1.1 背景	6
1.2 行业定义及发展历程	6
1.2.1 定义及分类	6
1.3 行业现状分析	8
1.3.1 政策梳理及发展方向	8
1.3.2 宏观经济影响	9
1.3.3 技术发展进程	10
1.4 市场规模及竞争格局	12
1.4.1 行业市场规模	12
1.4.2 竞争格局	12
1.5 产业链图谱	13
2. 行业深入分析	15
2.1 需求侧资源型分析	15
2.1.1 商业模式梳理	15
2.1.2 场景痛点及用户需求梳理	16
2.1.3 解决方案梳理	16
2.1.4 企业展示	16
2.2 供给侧资源型分析	17
2.2.1 商业模式梳理	17
2.2.2 场景痛点及用户需求梳理	18
2.2.3 解决方案梳理	19
2.2.4 企业展示	19
2.3 混合资源型分析	19
2.3.1 商业模式梳理	19
2.3.2 场景痛点及用户需求梳理	20
2.3.3 解决方案梳理	21
3. 行业未来发展趋势	23
3.2 行业或产品走向	23

3.3 行业趋势风险研判 23

表目录

表格 1 虚拟电厂行业政策梳理	8
表格 2 中国虚拟电厂头部企业梳理	13
表格 3 虚拟电厂产业图谱	13
表格 4 虚拟电厂全产业链领域梳理	14

图目录

图表 1 虚拟电厂技术布局	10
图表 2 2022-2030 年中国虚拟电厂市场规模预测（亿元）	12

1. 虚拟电厂行业现状分析

1.1 背景

虚拟电厂已经成为打造低碳清洁、安全高效的现代能源供给和消纳体系的重要支撑手段。作为能源智慧化的关键技术，虚拟电厂正在从一个技术性专有名词走上前台，成为政策、商业模式、能源行业的热词。在电网结构向清洁低碳转型的背景下，大力发展虚拟电厂对促进电网供需平衡，推动绿色能源转型具有重要的现实意义。国外对虚拟电厂已经展开 20 多年的研究探讨，在中国虚拟电厂还处于早期阶段，直接参与电力市场交易的项目较少，仍需要政府补贴行业发展。

“十三五”期间，我国江苏、广东等地陆续开展了需求响应和 VPP 试点，出现了一些标杆试点项目。同时，在“双碳”目标驱动下，新型电力系统构建及能源产业蓬勃发展的背景下，VPP 技术发展潜力巨大、市场前景广阔，它的优势正在逐渐凸显：

(1) VPP 具有挖掘负荷侧调节、削峰填谷、实现发电用电实施平衡、减轻日益增加的电网负荷功能的作用，对一些分散的电源资源利用是一种非常好的方式；

(2) VPP 可平抑新能源电力的强随机波动性，提升新能源消纳率，对多种分布式能源进行聚合、优化调控管理，为电网提供调频、调峰等辅助服务。

(3) VPP 能够有效提升电网安全保障水平、推动能源绿色低碳转型，无论是新型电力系统的建设，还是对整个社会的可持续发展，都有重要意义。

(4) VPP 能够帮助广大工商业用户节能降碳、挖掘用能灵活空间、提升能效、管理好自己的用能。

1.2 行业定义及发展历程

1.2.1 定义及分类

虚拟电厂（Virtual Power Plant）是一种高级能源管理系统，它运用先进的信息通信技术和软件架构，将地理上分布广泛的多种分布式能源资源（DERs）——包括但不限于太阳能光伏、风能、储能系统、可控负荷（如可调节的工业用电、智能家居设备）、电动汽车以及小型发电机等进行聚合与协调优化。其三个主要功能分别为**聚合、调度、交易**：

1. 聚合：将多个小型的分布式能源资源（DERs）及可调节负载等集中起来，形成一个能够被集中控制和管理的整体，实现对分散资源的有效整合，提高能源利用效率并增强电网的灵活性和稳定性。

2. 调度：据电力系统的需求和分布式能源资源的可用性来规划和调整各个单元的工作状态（例如发电量或用电量），确保供电与需求之间的平衡，并且满足电网运营商对于频率稳定性和峰值负荷管理的要求。

3. 交易：通过参与市场交易，虚拟电厂不仅可以根据市场价格变化灵活地出售多余的电力或购买所需的电力，还可以通过提供辅助服务（如调峰、备用容量等）获得额外收入，从而提高整个系统的经济效益。

1.2.2 发展历程

虚拟电厂在我国出现或兴起的时间并不长，但近年来的发展可谓方兴未艾。我国虚拟电厂起步于“十三五”，但尚未形成成熟的承台解决方案，基本处于前期试点研究阶段。整体来看，虚拟电厂的发展历程可大致分为三个阶段：**初期邀约阶段、中期市场化、后期自主调度。**

（2015-2019 年）在虚拟电厂发展初期的邀约型阶段，主要由政府部门或调度机构牵头组织。

江苏是邀约型虚拟电厂的“试验田”。江苏电网负荷峰谷差大，2015 年，江苏率先出台季节性尖峰电价政策，构建需求响应激励资金池，如同准备了一个“奖励宝箱”，激发了各方积极性。此后，江苏不断优化激励模式和价格机制，首创“填谷”响应自主竞价机制，实现用电负荷双向调节。2016 年，江苏开展了全球单次规模最大的需求响应，削减负荷 352 万千瓦；2019 年，削峰规模达到 402 万千瓦，削峰能力基本达到最高负荷的 3% - 5%。这期间，江苏需求响应参与覆盖面不断扩大，从工业企业逐渐引入楼宇空调负荷、居民家电负荷、储能、充电桩负荷等，汇聚了各类可中断负荷资源。

（2019-2020 年）随着电力市场逐步完善，虚拟电厂进入中期市场型阶段。

冀北电力交易中心开展的虚拟电厂试点是市场型虚拟电厂的典型代表。冀北虚拟电厂一期接入 11 类可调资源，容量约 16 万千瓦。在服务“新基建”时，率先采用 5G 技术实现信息快速传输。在商业运营中，它主要参与华北调峰辅助服务市场，根据系统调峰需求，实时聚合调节接入资源用电负荷，在新能源大发期间增加用电需求（填谷），减少火电厂不经济的深调状态，获取市场化收益。截至 2020 年 3 月底，虚拟电厂累计调节里程 757.86 万千瓦时，实际最大调节功率达到 3.93 万千瓦，总收益约 157.46 万元。

（2021-至今）虚拟电厂发展的高级阶段是自主调度型。在这个阶段，虚拟电厂如同拥有自主决策权的指挥官，能实现跨空间自主调度。

德国的 Next Kraftwerke 公司是这一阶段的佼佼者。该公司 2009 年启动虚拟电厂商业模式，截至 2020 年 6 月，已实现对跨 5 个国家 9000 多个分布式能源和可调负荷的自主调度管理。它通过中央控制系统，连接可再生能源发电资产、商业和工业电力用户以及储能系统。其 NEMOCS 平台犹如智能大脑，具备聚合、监控、数据可视化、高性能数据处理、优化资

产运营和个体控制等功能。在实际运营中，Next Kraftwerke 公司利用市场价格波动优化发电计划，增加利润，还为欧洲电网提供平衡服务，有效支持了能源转型。例如，在风电、光伏等可再生能源发电不稳定时，它能迅速调整发电策略，保障电网稳定运行。

1.3 行业现状分析

1.3.1 政策梳理及发展方向

虚拟电厂是能源数字化转型的关键技术之一，通过智能聚合与优化调度分布式资源，实现更高效、更灵活、更可持续的电力系统运行。近年来，国家层面密集出台了一系列支持虚拟电厂发展的政策文件，构建了较为完善的政策框架体系。

表格 1 虚拟电厂行业政策梳理

时间	发文单位	政策名称	相关内容	政策性质
2022 年 8 月	工业和信 息化部	《加快电力装 备低碳创新发 展行动计划》	加快发展特高压输变电、柔性直流输电装备。 瞄准安全灵活、绿色低碳的输电网及技术装 备，持续开展不同电压等级、不同开断容量 的发电机断路器及高电压等级真空开关设备 的研制，加快大功率电力电子器件等研发。	规划型
2024 年 1 月	国家发展 改革委、 国家能源 局	《关于加强电 网调峰储能和 智能化调度能 力建设的指导 意见》	全面推进需求侧资源常态化参与电力系统调 峰。深入挖掘可调节负荷、分布式电源等资 源潜力，支持通过负荷聚合商、虚拟电厂等 主体聚合形成规模化调节能力，推动实施分 钟级、小时级需求响应，应对短时电力供需 紧张和新能源消纳困难问题。	规划型
2024 年 8 月	国家发展 改革委、 国家能源 局	《加快构建新 型电力系统行 动 方 案 (2024-2027 年)》	围绕“清洁低碳、安全充裕、经济高效、供 需协调、灵活智能”二十字方针，分别从不 同角度对应提出专项行动，统筹推进新型电 力系统协调发展。	规划型
2024 年 12 月	国家发展 改革委、 国家能源 局	《电力系统调 节能力优化专 项行动实施方 案(2025-2027 年)》	着力针对各地区新能源合理消纳利用要求， 科学分析调节能力需求规模和特征，制定各 类调节资源合理配置和优化组合方案，优化 各类调节资源调用方式，优化电力系统调节 能力，加快推进新型电力系统建设	支持型
2025 年 3 月	国家发展 改革委、 国家能源 局	《关于加快推 进虚拟电厂发 展的指导意见》	到 2027 年，虚拟电厂建设运行管理机制成熟 规范，参与电力市场的机制健全完善，全国 虚拟电厂调节能力达到 2000 万千瓦以上	规划型

2025 年 6 月	国建能源局	《关于组织开展新型电力系统建设第一批试点工作的通知》	要因地制宜新建或改造一批不同类型的虚拟电厂，通过聚合分布式电源、可控负荷、储能等负荷侧各类分散资源并协同优化控制，充分发挥灵活调节能力。	规划型
------------	-------	----------------------------	--	-----

数据来源：公开资料，融中研究

1.3.2 宏观经济影响

从宏观经济的视角看虚拟电厂行业，它远不止是技术创新的产物，更是在当前经济增速调整、产业结构升级和能源战略转型的大背景下，应运而生的一个关键解决方案。

经济增速与电力需求挂钩。经济持续发展推动用电量攀升，虚拟电厂以低成本、高效率的方式满足尖峰供电保障，其投资效益比传统电厂更具优势。国家能源局发布的《关于支持电力领域新型经营主体创新发展的指导意见》明确鼓励虚拟电厂聚合各类分布式资源；《加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027 年）》等文件更构建了制度框架，推动其从技术试点向规模化应用转型。对我国未来虚拟电厂的调节能力提出了量化指标，2027 年实现 2000 万千瓦以上，2030 年实现 5000 万千瓦以上的可调节能力。

产业结构升级。高精尖制造业、数据中心等新型负荷对供电可靠性和用电成本更敏感，虚拟电厂能够提供精细化、定制化的能源管理服务，成为吸引优质企业的“软基建”。随着新型电力系统建设加速推进，多地根据自身负荷资源情况、系统调节需求和对虚拟电厂的理解开展探索。例如，冀北虚拟电厂聚合蓄热式电锅炉、工商业可调负荷、电动重卡等资源，主要促进夜间用电低谷时段新能源消纳；深圳、上海等超大城市虚拟电厂则主要聚合充电桩、智慧楼宇、储能等资源，在负荷尖高峰时段调峰。这都为各地的产业升级奠定了坚实基础。

能源结构的转型。新能源成为电力增量主体，其波动性催生对灵活调节资源的巨大需求。虚拟电厂是提升系统调节能力、促进新能源消纳的关键手段，它的发展直接关系到能源安全与“双碳”目标的实现。同时，随着“136 号文”的发布，标志着新能源电价机制由固定价格或平价上网模式全面转向市场化模式。在固定电价模式下，虚拟电厂的套利空间有限；而在高波动的市场中，用电尖峰时刻电价可能达到基准价的数倍，而低谷时刻电价可能接近零甚至为负。可以说，这一变化极大拓宽了虚拟电厂的盈利渠道，使其商业模式更为稳健和多元。

总的来看，宏观环境对虚拟电厂行业构成了一个强有力的正向循环：经济与能源转型的战略需求——国家顶层政策的有力驱动——电力市场改革打开盈利窗口——多元资本与技术涌入——行业规模化、商业化加速。

虚拟电厂完美地契合了当前宏观经济中关于高质量发展、绿色转型和降本增效的核心诉求。它不仅仅是一个技术概念，更是一种与宏观经济发展同频共振的新兴产业，在构建新型电力系统和实现“双碳”目标的进程中，将扮演越来越重要的角色。

1.3.3 技术发展进程

技术发展水平

VPP 的核心竞争力在于技术和资源的运用，其本质是通过协调控制技术、先进软件应用技术、智能计量技术和信息通信技术等各类分布式电源、储能设施、电动汽车、可控负荷以及微网、区域互联网等聚合，对源侧、荷侧、网侧进行统一协调和控制，并作为一个特殊电厂参与电力市场和电网运行，从而实现能量管理、市场交易、辅助服务等业务并获取收益。

图表 1 虚拟电厂技术布局

资源聚合建模技术 系统灵活及经济特性 可调容量及响应能力 运行约束及调节禀赋	数据驱动技术 获取分布式能源信息 预测结果和市场信息 计算及资源主动管理	资源优化管理决策技术 可视化的资源管理 源荷资源预测优化 资源相应定向决策	协调控制技术 集中及分散控制策略 集群源网荷协调控制 灵活并网及优化调度	市场金融服务技术 市场及电网辅助服务 商务结算和服务确认 市场化电力交易机制
智能调度决策技术 收集并处理用户信息 数据模型和优化算法 自动分解及处理指令	信息安全防护技术 系统安全与边界防护 用电信息的系统防护 工业控制系统的防护	信息通信技术 基于互联网的技术 采用双向通信技术 有线与无线新技术	智能计量技术 远程测量及实时监测 数字化电能计量检测 新能源领域精密测量	高效智慧管控平台技术 资源可调度潜力分析 竞价策略制定和申报 资源管理与计算分析

数据来源：公开资料，融中研究

研发周期

作为技术提供商，进行虚拟电厂关键技术研发和平台建设项目周期通常为 1-2 年；作为资源聚合商和运营方，项目涉及广泛的资源接入、市场机制适配和长期运营，周期一般在 5 年及以上。例如，上海黄浦区的商业建筑虚拟电厂示范项目，从平台设计到最终投入试运营，也规划了 3 年的时间。

成本投入

虚拟电厂的初始投资成本远低于传统电厂。以上海黄浦区的商业建筑虚拟电厂为例，其建设成本约为每千瓦 600-800 元人民币。

作为对比，传统火力调峰电厂的造价约为每千瓦 3600-4100 元人民币，虚拟电厂的投资成本仅为传统电厂的约 1/5 至 1/6。此外，虚拟电厂的运营费用也极低，约为传统电厂的十分之一。

从宏观视角看，若要满足电力系统 5%的峰值负荷，通过建设火电厂需要投资约 4000 亿元，而通过虚拟电厂仅需 500-600 亿元，成本优势非常显著。

技术难点

(1) 协调控制技术: VPP 的协调控制对象主要包括各种分布式电源、储能设施、可控负荷、电动汽车等, 并且 VPP 对外呈现的作用功能和效果被重点关注和强调。聚合灵活多样性的分布式资源, 加强源储荷之间协调配合, 实现系统高质量电能输出是 VPP 协调控制的重点和难点。

(2) 资源聚合建模技术: 资源聚合建模技术可以实现对 VPP 内聚合的所有可调节资源进行统一综合协调处理, 该处理策略不是对资源进行简单的相加或累计, 而是要在综合考虑系统运行约束、设备单原运行约束以及灵活特性、经济特性等基础前提下, 构建设备层、网络层、系统层的点、线、面全方面的资源聚合模型, 以综合评估 VPP 的聚合可调节容量、响应能力以及调节禀赋。

(3) 数据驱动技术: 数据驱动技术是 VPP 进行能源数据处理、市场信息分析、资源潜力挖掘的重要处理工具。对于商业型 VPP 而言, 数据驱动技术的应用涉及分布式电源运行参数、边际成本、安全边界、量测及预测结果的获取, 并结合电价预测等市场数据, 实现 VPP 内部分布式能源的投资组合优化与运行重组。

(4) 智能计量技术: 智能计量技术是 VPP 的一个重要组成部分, 是 VPP 资源优化和系统控制的重要基础, 也是实现 VPP 对分布式电源、储能和可控负荷等检测和控制在重要基础。

(5) 信息通信技术: 信息通信技术是实现分布式能源聚合的关键, VPP 利用双向信息技术, 实现单元状态信息的接受与控制指令的下发。

(6) 资源优化管理决策技术: 资源优化管理决策技术在 VPP 中主要体现在资源管理、资源优化、定向决策等 3 个方面。提供资源注册、可视化、基于市场和电气位置的聚合, 隶属于资源管理的范畴。

(7) 智能调度决策技术: 智能调度决策技术是 VPP 充分发挥作用的强有力保证。智能调度控制中心负责收集并处理用户需求、子系统运行、电网调度、电力市场价格以及气象和可再生能源等关键信息, 以实现 VPP 对分布式能源的有效消纳并保障电网的安全、高效、稳定运行。

信息安全防护技术: VPP 与分布式能源站的工业控制系统、用户用电信息系统、市场营销信息系统及电网调度信息系统之间设有接口。为确保系统安全, 必须采用信息安全防护技术, 加强运行边界防护, 并提升内部安全防护能力。

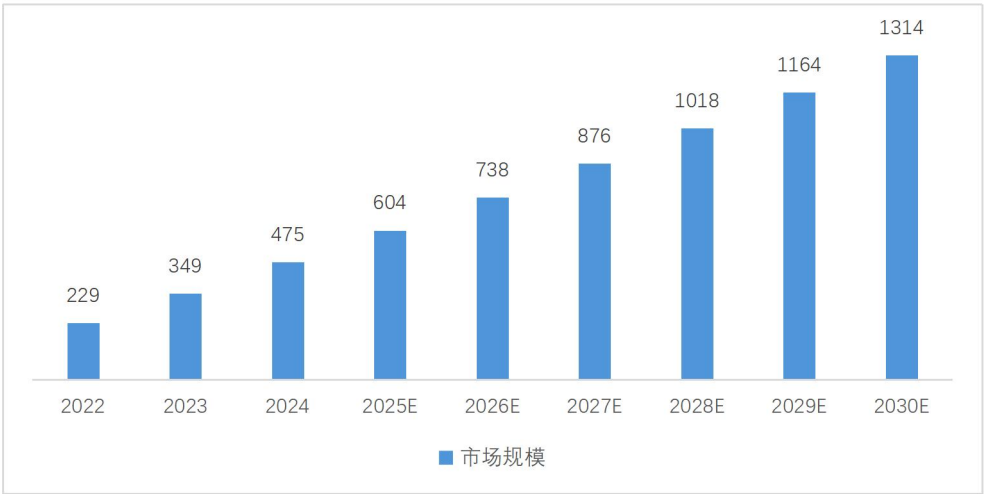
(9) 市场金融技术: 当下国内 VPP 的商业模式上不健全, 缺乏顶层设计。一体化的 VPP 构建依赖于分布式电源、分布式负荷及成熟的电力现货市场。

(10) 高效智慧管控平台技术：VPP 高效智慧管控平台与调度中心和电力市场交易中心对接，接受控制指令并下发资源执行指令。同时，与电力交易中心进行信息交互，包括需求侧响应数据，以参与市场交易，实现经济效益。

1.4 市场规模及竞争格局

1.4.1 行业市场规模

图表 2 2022-2030 年中国虚拟电厂市场规模预测（亿元）



数据来源：公开资料，融中研究

图表显示虚拟电厂的市场规模持续增长。2022-2030E 规模从 229 亿元升至 1314 亿元，复合年增长率（CAGR）达 24.4%，属于电力新赛道中的高增长领域；年度增量逐步扩大（2022-2023 增 120 亿，2028-2029 增 146 亿），说明行业需求释放节奏在加快。

随着新能源占比提升，电网调峰、调频压力巨增，虚拟电厂作为“聚合柔性负荷的新型调节资源”，是电力系统向“新型电力系统”转型的刚需，因此需求会持续释放。2025 年的理论规模预计为 604 亿元，较 2022（229 亿）三年增长约 1.64 倍，符合高景气赛道的扩张节奏，也印证了政策与市场需求的落地效果。

1.4.2 竞争格局

中国虚拟电厂行业已形成“电网侧聚合+用户侧协同”的双向发展路径，头部企业依托 AI 算法、V2G 技术及标准化协议构建技术壁垒。政策推动下，虚拟电厂调节能力目标明确（2027 年 2000 万千瓦），市场加速向规模化、跨区域协同演进。技术融合（如区块链、5G）与商业模式创新（如碳交易、调峰权交易）成为竞争核心，未来需强化设备兼容机制灵活性以释放千亿级市场潜力。

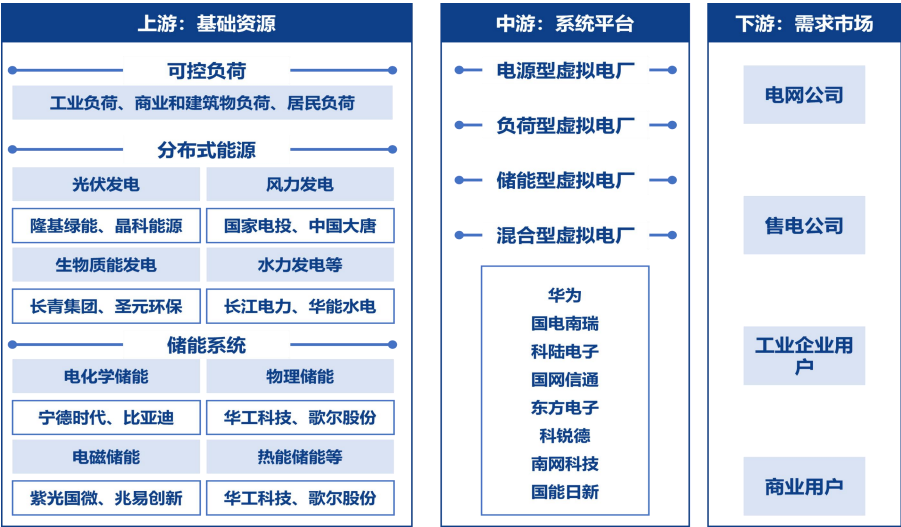
表格 2 中国虚拟电厂头部企业梳理

企业	核心业务布局	技术优势与创新点
国电南瑞	专注电网侧及发电侧虚拟电厂建设, 提供负荷预测、电源聚合及实时电网互动全链条解决方案	拥有 20 项核心专利, 参与国家标准制定, 覆盖“源网荷储”全环节技术方案
特锐德	依托充电桩网络构建虚拟电厂生态, 实现车网双向互动 (V2G) 及负荷实时调节	V2G 技术实现秒级响应, 运营充电桩超 40 万台, 可调节功率达 2GW
国能日新	深耕新能源功率预测与能源管理, 搭建虚拟电厂运营平台, 服务电力市场交易及需求响应	AI 电价预测误差率<3%, 平台接入超 4000 家新能源场站, 经济优化调度算法
恒实科技	布局需求侧响应与储能聚合调度, 开发 AI 调度算法, 覆盖工商业用户侧资源管理	国内首个签订虚拟电厂调度协议, 聚合能力超 500 万千瓦; 中标国家电网 AI 算法订单
东方电子	聚焦城市级虚拟电厂建设, 优化智能配用电系统与调度平台协同, 实现区域能源系统优化	自主知识产权算法支持秒级响应, 参与深圳虚拟电厂项目, 聚合负荷超 1GW
积成电子	主攻园区级、城市级虚拟电厂项目, 整合分布式电源、储能及负荷的智能聚合与实时调控	自主研发 HPLC 通信模块 (时延<50ms), 适配 6 类资源接入
南网科技	依托南方电网资源, 打造“源网荷储充”一体化虚拟电厂运营平台, 参与跨区域电网调节	覆盖华北辅助服务市场、天津及上海虚拟电厂, 实现区域能源优化

数据来源：公开资料，融中研究

1.5 产业链图谱

表格 3 虚拟电厂产业图谱



数据来源：公开资料，融中研究

虚拟电厂产业链上游为基础资源，主要包括可控负荷、分布式能源、储能系统等，这些资源是虚拟电厂运行和调度的核心；中游是虚拟电厂资源聚合平台，包括电源型虚拟电厂、负荷型虚拟电厂、储能型虚拟电厂和混合型虚拟电厂；下游是电力需求市场，包括电网公司、售电公司、工业企业用户和商业用户等。

虚拟电厂产业链以上游基础资源（可控负荷、分布式能源、储能）为支撑，依托中游聚合平台实现资源整合与协同控制，最终服务于下游多元电力需求市场。其核心价值在于通过物联网、大数据和 AI 技术，将碎片化资源“聚沙成塔”，形成可调度、可交易的“虚拟机组”，助力新能源消纳与电网灵活稳定。未来需突破数据安全与标准化（跨主体数据互通）、市场机制完善（辅助服务定价规则）及商业模式创新（共享储能收益分配），以加速虚拟电厂规模化应用。

表格 4 虚拟电厂全产业链领域梳理

环节	领域	基本介绍
上游 (基础资源)	可控负荷	工业可调节负荷（如高耗能生产线）、商业空调系统等，通过需求响应实现电力柔性调节。
	分布式能源	分布式光伏、分散式风电、小型燃气轮机等，提供本地化、灵活的可再生能源发电能力。
	储能系统	电池储能（锂电/钠电）、储热装置、氢储能等，实现电能时移与调频功能，增强电网稳定性。
中游 (资源聚合)	电源型虚拟电厂	聚合分布式电源（如屋顶光伏、微燃机），参与电力市场交易和电网调峰辅助服务
	复合型虚拟电厂	整合工业、商业可控负荷资源，通过削峰填谷降低电网负荷压力，获取需求响应收益。
	储能型虚拟电厂	集中管理分布储能设备，提供快速调频、备用容量等辅助服务，缓解电网波动
	混合型虚拟电厂	综合电源、负荷、储能资源，实现多能协同优化调度（如“光储充一体化”），提升整体收益能力。
下游 (需求市场)	电网公司	采购虚拟电厂调峰调频服务，降低电网投资成本，增强新能源消纳能力（如应对光伏出力波动）
	售电公司	通过虚拟电厂聚合资源参与电力现货市场、中长期交易，优化购电策略并降低偏差考核风险
	工业企业用户	高耗能企业（如钢铁、化工）接入虚拟电厂平台，通过负荷调节获取电费补贴或市场分成
	商业用户	商场、写字楼等通过空调、照明系统参与需求响应，降低用电成本并支持碳中和目标

数据来源：公开资料，融中研究

2. 行业深入分析

虚拟电厂以内部资源形态组成来分类，主要可分为**需求侧资源型**（发电企业主导模式，可控负荷以及用户侧储能、DDG 等资源为主）、**供给侧资源型**（电网企业主导模式，PDG、电网侧和发电侧储能等资源为主）、**混合资源型**（分布式发电、储能和可控负荷等资源共同组成）。

2.1 需求侧资源型分析

2.1.1 商业模式梳理

需求响应虚拟电厂：或称需求侧资源型虚拟电厂，由可调整负荷以及用户侧储能、自用型分布式电源等资源为主构成的虚拟电厂，也称为「能效电厂」。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。

主导方与参与主体：通常是负荷聚合商、大型能源服务公司，或由发电企业转型而来（发电企业通过整合需求侧资源，可以更好地平衡其发电出力，尤其是在可再生能源占比高时）。主要参与资源包括工业、商业和居民用户的可控负荷、用户侧储能、分布式发电，以及电动汽车等。

核心资源与运行机制：可控负荷是最主要的资源。通过协议，VPP 运营方可以在电网高峰时段远程调解或短时中断非关键用电设备。用户侧储能则可以在电价低或可再生能源出力大时充电，在电价高或用电高峰时放电，相当于将电力在时间上进行转移。分布式发电主要指用户自由的屋顶光伏等，首先实现自发自用，余电可以上网，参与 VPP 统一调度。

主要商业模式价值：

需求响应：参与电网公司组织的需求响应项目，在电网紧张时降幅负荷，获得补贴或补偿费用；

辅助服务市场：提供调频、备用等辅助服务，技术要求高，但收益也更高。

峰谷套利：利用储能和可控负荷，在低电价时用电，高电价时少用点或向电网放电，赚取差价。

容量市场：作为可靠的“负瓦特”资源，为电网提供容量保证。

场景优势：

投资小、见效快主要整合现有负荷，无需大规模建设发电设施；直接缓解电网压力，精准削减高峰负荷，延缓电网升级投资；提升用户参与度和收益，让用户从被动的消费者变为主动的电网参与者并获得经济回报。

2.1.2 场景痛点及用户需求梳理

场景痛点：用户签约和激励难度大，需要说服大量分散的用户参与并改变用电习惯；可靠性与可控性，负荷的调节能力和响应速度可能不如发电侧资源稳定；计量与通信要求高，需要安装智能终端和可靠的通信网络来保证精准控制和结算。

事实上，从虚拟电厂的商业模式来看，用户需求的梳理我们需要从三个角度来进行梳理。分别是主导方、资源提供方和电网系统三个维度。需求侧资源型主要面向负荷聚合商和工商业用户。

负荷聚合商的用户需求主要集中在：1. 降低聚合成本与难度：希望有标准化的技术接口和通信协议，快速、低成本地接入海量、分散的用户侧资源。2. 确保控制可靠性与响应速度：需要对可控负荷、储能等资源进行精准、可靠的远程调控，以满足电网调度的技术要求，避免考核罚款。3. 实现收益最大化与模式可持续：不满足于单一的需求响应补贴，渴望参与辅助服务、峰谷套利等更多元、更高价值的市场，建立可持续的商业模式。

工商业用户的需求主要集中在：1. 获得直接经济激励：核心动机是获取电费减免、需求响应补贴、服务分成等直接经济回报。2. 保障自身用能不受影响：要求在参与调控时，不影响正常生产、生活秩序和舒适度，调控策略需“无感”或“微感”。3. 过程简单透明：希望接入设备简单、操作便捷，并能清晰看到自己的贡献度和收益明细。

2.1.3 解决方案梳理

需求侧资源型更聚焦技术赋能与模式创新。

资源标准化聚合：通过开发智能硬件和平台，兼容多种通信协议，统一接入标准，将分散的负荷和储能资源转化为“即插即用”的标准化可调节单元，大幅降低接入门槛和聚合成本。

智能化运营与收益保障：利用大数据和 AI 算法，对用户负荷进行精准预测和优化控制。平台可根据实时电价和电网调度指令，自动生成最优策略，在保障用户生产不受影响的前提下，实现“峰谷套利+辅助服务”等多重收益组合的最大化

创新商业模式：除了简单的收益分成，还出现了多站聚合与余电调度等模式，在优先保障企业自用的基础上，将富余的电力进行二次交易，实现资源优化配置。

2.1.4 企业展示

协鑫能科：需求侧资源型以“懂用户”为核心壁垒

协鑫能科是民营上市公司，拥有深厚的**用户侧综合能源服务**与热电联产运营经验。是该模式的典型代表。它的优势并非单纯的技术平台，而是源于其热电联产、售配电和综合能源服务背景所积累的**深度用户侧运营经验**。

核心业务资源集中在**聚合工商业可调负荷、用户侧储能**。参与需求响应、辅助服务市场，并开展绿电交易。可条符合规模达 690MW，平台管理用户规模超 20GW。主要客群集中在工商业电力用户（工厂、园区、商业楼宇）。

它懂得企业的生产节奏和成本敏感度，这使得它能高效聚合真实、可靠、高质量的**可调负荷资源**，并在秒级内做出不影响用户生产的优化调度。其“聚星”平台本质上是一个将经验固化的 AI 能源大脑。这种商业模式使其在市场化程度高的江苏获得了显著的市场份额。并且在江苏辅助服务市场占有率达 30%，拥有成熟的商业化运营能力。并且利用区块链技术确保绿电交易数据可信。

协鑫能科（需求侧型）的成功，印证了“**负荷资源化**”的关键在于对工商业用户用能习惯的**深度理解**和强大的**线下资源开拓与服务能力**。其模式更像是“能源领域的投资银行”，将分散的、未被利用的**负荷侧调节能力**，包装成**稳定可靠的金融产品**，卖给电力市场。

2.2 供给侧资源型分析

2.2.1 商业模式梳理

供应侧虚拟电厂：或称**供给侧资源型虚拟电厂**，以**公用型分布式发电、电网侧和发电侧储能**等资源为主。当系统处于用电低谷或用电高峰时段时，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，进而适应需求侧的电力需求，并提高电能的利用率以及电力系统供电的稳定性。

主导方与参与主体最典型的是**电网企业**，因其拥有**调度权、数据优势**和强大的**电网链接**。此外，大型发电集团也可主导。参与资源主要包括**分布式光伏、分散式风电、电网侧储能和发电侧储能**等。

核心资源与运行机制主要有两种。一是**分布式光伏/风电**：将大量“不可控”的分布式可再生能源聚合起来，通过**地理分散性平滑总出力曲线**，降低单一站点的波动性，使其表现出类似传统电厂的特性。二是**电网侧/发电侧储能**，作为**关键灵活性资源**，用于平抑可再生能源的波动，储存多余电力，并在需要时**稳定输出**。它是实现 VPP 稳定控制的核心。

主要商业模式与价值：

电力市场交易：作为一个整体参与电力现货市场，进行电量报价，相较于单个分布式电站，具有更强的议价能力和风险对冲能力。

绿电交易：打包销售绿色电力，满足企业用户的绿电消费需求。

辅助服务：提供调峰、调频等服务，尤其与储能结合时，能力非常突出。

缓解输配电阻塞：在局部电网拥堵区域，通过调度 VPP 内的资源进行本地平衡，避免线路过载。

场景优势：

提升可再生能源消纳能力，通过对分布式能源的聚合和优化，减少弃电弃光。输出稳定、可预测性强，聚合效应使得总出力曲线更平滑，配合储能后，可调度性大大增强。电网亲和力高，由电网企业主导时，更容易与电网调度计划配合，保障电网安全。

2.2.2 场景痛点及用户需求梳理

场景痛点：初始投资大，涉及大量发电设备和大型储能的建设。对预测技术要求极高，需要精准的风光功率预测技术。利益协调复杂，如何在不同所有者（如众多光伏业主）之间进行收益分配是一大难题。可能受制于电网约束，其出力仍然受到本地电网接纳能力的限制。

供给侧资源型虚拟电厂的用户核心需求主要是让分散的新能源发电变得稳定、可用、有价值。用户维度主要围绕电网企业/发电集团、分布式电站业主和电网需要的需求方。

电网企业/发电集团的需求主要围绕：1. 提升分布式能源的可预测和可控性：通过高精度预测和聚合技术，平滑分布式光伏/风电的波动性，使其处理曲线更稳定，便于电网调度。2. 实现规模化高效管理与交易：需要一个平台对区域内成千上万的分布式电源进行统一检测、运营，并作为一个整体参与电力市场交易，降低管理成本和交易门槛。3. 保障电网安全稳定运行：通过聚合和配套储能，减少分布式能源随机性并网对局部电网电压、频率的冲击。

分布式电站业主的需求主要围绕：1. 保障发电消纳与收益稳定：核心痛点是“弃光弃风”，希望所有发电量能被全额消纳，并获得稳定或更高的售电收益。2. 降低运维与市场参与门槛：作为个体，缺乏参与电力市场的技术和资金能力，希望由虚拟电厂主导方代理，以“团购”形式获得更好的交易条件和专业的运维服务。3. 挖掘绿色环境价值：希望自己的绿电能够被认证，并获得绿证、碳汇等环境权益收益。

电网系统的需求主要集中在：1. 促进新能源高比例消纳：在不影响电网安全的前提下，最大限度接纳分布式可再生能源。2. 提供系统所需的灵活调节能力：希望聚合后的资源不仅能发电，还能通过储能等配置，具备向下调节（减少出力）甚至反向调节（充电）能力。

2.2.3 解决方案梳理

供给侧资源型更聚焦精准预测与市场交易。

出力预测与协同调度：依托高精度气象数据和 AI 算法，对分布式风光出力进行超短期精准预测，并通过聚合大量不同位置的资源，利用地理分散性平滑总出力曲线，降低对电网的冲击。

储能配套与灵活控制：将分布式能源与电网侧或发电侧储能相结合，利用储能平抑波动，并将聚合后的资源作为一个稳定的“虚拟机组”参与电力现货市场交易和提供调频等辅助服务。

绿电价值变现：虚拟电厂作为聚合商，可以整合区域内分布式绿电，并为用户进行绿电溯源和绿证核发，帮助出口型企业满足国际供应链的绿电消费要求，从而挖掘绿电的环境溢价。

2.2.4 企业展示

国建能源集团：供给侧资源型发电集团的规模化实践

这类模式通常由像国家能源集团这样的传统发电巨头主导。作为大型发电央企，拥有庞大的传统电源与新能源资产，项目执行与资源整合能力很强。核心业务主要集中在分布式光伏、储能，与集团自身发电资产协调，促进新能源消纳。

商业模式上，这类项目更侧重于保障电网安全、促进清洁能源消纳，作为发电侧责任主体，项目收益可能部分源于保障系统稳定运行的价值。项目规模通常较大，是其在新型电力系统中战略转型的体现。主要客群集中在电网公司、自身新能源项目、以及外部分布式能源业主。

国家能源集团（供给侧型）的实践，代表了传统发电巨头面向新型电力系统的战略转型。其虚拟电厂项目更像是其庞大发电资产的“智能延伸”和“柔性接口”，核心目的是让发电资产（尤其是新能源）变得对电网更“友好”、更“可控”，从而在新的市场规则下保持竞争力。

2.3 混合资源型分析

2.3.1 商业模式梳理

混合资源型虚拟电厂，由前两者共同组成，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。混合资源型虚拟电厂是最理想、也是最复杂的形态，实现了“源-网-荷-储”一体化协同优化。

主导方与参与主体可能是独立的第三方综合能源服务商、技术平台公司，也可能是电网或发电企业转型的实体。参与资源同时包含供给侧资源（分布式光伏、风电）、需求侧资源（可控负荷）以及储能系统。

核心资源与运行机制在于一个强大的智能管控平台。该平台能够全域感知，实时监测所有接入资源的状态（发电功率、负荷水平、储能 SOC）。还可以做到协同优化，根据电网需求、市场价格等信息，在内部分配调节任务。例如，在高峰时段，既调用储能放电，也削减可中断负荷，同时增加分布式发电出力（如有），实现成本最低或收益最大的目标。最后，平台还需具备自我平衡的能力，可以在一个局部区域内，优先用分布式发电满足本地负荷，多余电力给储能充电或上网，不足时再由电网补充，形成一个微电网式的自治系统。

主要商业模式与价值

综合价值最大化：可以同时参与需求响应、现货市场、辅助服务等多个市场，实现收益组合的多元化。

提供系统性解决方案：为园区、社区等提供整体的能源规划、运营和优化服务，收取服务费或收益分成。

增强电网韧性：在极端情况下，可以快速形成孤岛运行，保障重要负荷供电。

场景优势：

灵活性最高，抗风险能力强：拥有多种调节手段，可以应对各种复杂的市场情况和电网指令。**资源利用效率最大化：**实现了供需双侧的精准匹配和时空转移。**对电网最友好：**能够以最平滑、最经济的方式响应电网的调节需求。

2.3.2 场景痛点及用户需求梳理

场景痛点：技术复杂度极高，对算法、通信、安全的要求是三类中最高的。商业模式和结算最复杂，需要建立清晰、公平的内部分摊和结算机制。初期整合难度大，需要同时说服供给侧和需求侧的不同类型用户参与，商务拓展挑战巨大。政策与监管壁垒，可能涉及跨电压等级调度、多重身份认定等现行政策尚未完全覆盖的问题。

混合资源型虚拟电厂的用户需求最为综合，核心是实现系统内“源网荷储”的自平衡与全局价值最优。用户主要分为三个维度，综合能源服务商，源荷储多方以及电网系统的需求。

综合能源服务商的需求主要围绕 1. 实现跨资源协同优化算法：需要强大的算法平台，能统筹考虑电价、气象、电网指令、内部资源状态等多重因素，做出全局最优的调度决策。2. 设计公平透明的利益分配机制：必须建立一套被所有资源方认可的、基于贡献度的动态利益分配模型，这是项目能否聚合成功的关键。3. 参与多元化市场并管理风险：能够同时

参与电能量、辅助服务、容量等多个市场，并在不同市场间灵活切换策略，同时管理价格波动和性能考核等风险。

源荷储多方的需求主要围绕 1. 获得比单独参与更高的综合收益：无论是发电方还是用电方，都期望通过协同配合，获得“1+1>2”的整体收益提升。2. 获得更全面、可靠的能源服务：用户希望获得电费优化、用能诊断、绿电供应等一揽子服务；发电方希望获得包括预测、交易、运维在内的全生命周期服务。3. 诉求的平衡与保障：不同资源方的诉求可能存在冲突（如发电方希望多卖电，用电方希望买低价电），需要平台进行公正的协调和保障。

电网系统的需求主要围绕 1. 获得一个“模范网格”：希望该虚拟电厂能作为一个自治的“细胞”，在大部分时间内实现内部供需平衡，减轻主网调度压力。2. 提供系统级的多重服务：期望其不仅能削峰填谷，还能提供调频、调压、备用等多重辅助服务，成为构建新型电力系统的关键柔性支撑力量。

2.3.3 解决方案梳理

混合资源型聚焦于协同博弈与全局优化。

“源-荷-储”协同调度：通过强大的智能管控平台，对内部分布式电源、负荷和储能进行一体化协同调度。例如，在电价高峰时段，可同时调用储能放电、削减可中断负荷，并增加分布式发电出力，以最低成本响应电网需求。

多时间尺度优化：针对多元市场（现货、辅助服务、需求响应等），采用多时间尺度（日前、日内、实时）的滚动优化策略，动态调整内部资源分配和外部市场报价，以捕捉最佳套利机会。

利益分配与风险管控：引入如合作博弈模型等先进算法，公平合理地分配聚合收益给每一个资源方。同时，采用条件风险价值（CVaR）等工具量化风光出力和负荷响应不确定性带来的风险，实现收益与风险的平衡。

2.3.4 企业展示

振森能源：混合资源型独立运营商的平台化路径

振森能源（中基绿能）代表了第三方独立运营商的发展路径，以**独立第三方技术平台**或解决方案提供商为主，核心在于先进的聚合与优化算法。它本身不侧重拥有大量电源或负荷资源，而是通过智慧能源管理平台作为核心，为资源方提供接入、聚合、优化和参与电力市场交易的全套服务。例如，润建股份服务的风光储项目装机容量超 **10GW**。

其商业模式在于通过“技术+服务+资源”三重驱动，提供“源-网-荷-储”一体化智慧管控平台，聚合分布式电源、储能、可调负荷等多种资源。为各类分布式资源所有者创造额外收

益，自身通过服务、分成或交易差价盈利。主要客群为虚拟电厂运营商、负荷聚合商、园区、电网企业及发电集团。

3. 行业未来发展趋势

3.1 应用场景的变化趋势

从单向响应到多维协同的核心载体

虚拟电厂的应用场景正发生根本性转变。其角色将从被动接受电网调度指令的“单向调节工具”，演进为主动参与多级电力市场（如现货、辅助服务市场）博弈的“灵活资源交易主体”。未来，其核心价值将体现在更高维度的系统协同上，包括支撑高比例分布式新能源的本地消纳、缓解区域性输配电阻塞，以及提供调频、调压等实时辅助服务。更进一步，虚拟电厂将超越单纯的电力调节范畴，成为企业实现绿电消费与碳足迹管理的“电碳融合”关键平台，通过聚合可溯源的绿色电力，连接能源市场与碳市场。

3.2 行业或产品走向

技术驱动与生态重构下的专业化分工

行业与产品的发展将呈现技术深度赋能与商业模式裂变并行的路径。技术层面，AI 精准预测、云原生架构、多时间尺度优化算法将成为虚拟电厂智慧化运营的基石，推动平台向标准化、轻量化的 SaaS 服务演进。商业模式上，行业将从依赖补贴向多元化收益（如市场收益分成、数据增值、碳资产开发）转型，并催生资源聚合商、平台技术商、运营服务商等专业化生态角色。参与主体也将从传统能源企业扩展至科技公司、通信运营商及金融机构，形成“能源+数字+金融”的跨界融合生态。

3.3 行业趋势风险研判

高增长前景下的系统性挑战

在明确的发展趋势下，行业也面临一系列需要高度关注的风险。首要风险来自政策与市场机制的不确定性，其商业化进程严重依赖于电力市场改革的深度与速度，规则变动或价格机制不合理都可能制约其发展。其次，技术整合与网络安全风险突出，海量异构资源的标准化接入成本高昂，且作为关键信息基础设施，其面临的网络攻击和数据泄露威胁日益严峻。最后，运营与商业风险持续存在，包括资源出力不确定性导致的收益波动、市场性能考核压力，以及在与电网、用户等传统主体协作中可能出现的责权利纠纷。