

从虚拟电厂商业模式看千亿空间

新能源IT系列（十）

华西计算机团队

2022年8月24日

分析师：刘泽晶

SAC NO: S1120520020002

邮箱：liuzj1@hx168.com.cn

核心逻辑

◆ 技术角度看虚拟电厂：定义&发展背景&发展趋势&竞争力

- ✓ **发展背景**：新型电力系统下的能源保供工作要求大力提升电力负荷的弹性，虚拟电厂能够充分挖掘负荷调节能力，兼具灵活性与经济性。
- ✓ **发展趋势**：（1）目前我国虚拟电厂聚合的资源集中在负荷侧，下一阶段虚拟电厂将大力推进分布式光伏等资源的接入聚合；同时，储能将成为虚拟电厂中重要的灵活性资源；（2）虚拟电厂将从试点向平台型商业模式发展，并将参与大电网互动。我们推测，未来的虚拟电厂运行架构中主要包含4层架构&5类角色。
- ✓ **核心竞争力**：一为客户资源，二为技术能力。技术方面，我们认为实现对每种负荷的协调控制是关键和难点，即调度know-how是关键。

◆ 商业角度看虚拟电厂：业务场景&盈利型催化因素&空间测算

- ✓ 虚拟电厂的主要业务场景包含辅助服务、需求响应、市场化交易、能效管理。
- ✓ **我们认为虚拟电厂的盈利性主要受以下三方面的催化**：（1）完善虚拟电厂专项政策，完善需求响应、辅助服务市场政策，进一步明确虚拟电厂商业模式；（2）电力现货市场建设加速，推动价格发现，统一电力市场加速推进，电力市场参与主体将急速扩容；（3）电价是决定虚拟电厂盈利能力的核心指标，电价机制改革不断深入，能为虚拟电厂进一步打开盈利空间。
- ◆ **虚拟电厂空间测算**：（1）**投资建设市场空间**：根据我们的估算，到2025年，虚拟电厂的投资建设市场规模将超过300亿元，平均每年投资建设规模达到105~200亿元。（2）**运营市场空间**：**我们认为虚拟电厂的商业本质是通过解决95%以上峰值负荷的问题创造价值**。根据我们的估算，预计2025年虚拟电厂的运营市场规模将达到968亿元，2030年将超过4500亿元。

◆ **投资建议**：核心推荐**国能日新，东方电子，朗新科技**，受益标的还包括**南网科技、恒实科技、远光软件、国电南瑞、国网信通**等。

◆ **风险提示**：1）政策落地不及预期；2）虚拟电厂技术发展不及预期；3）电力市场改革不及预期；4）市场系统性风险等。



目录

01 技术角度看虚拟电厂

02 商业角度看虚拟电厂

03 投资建议与风险提示

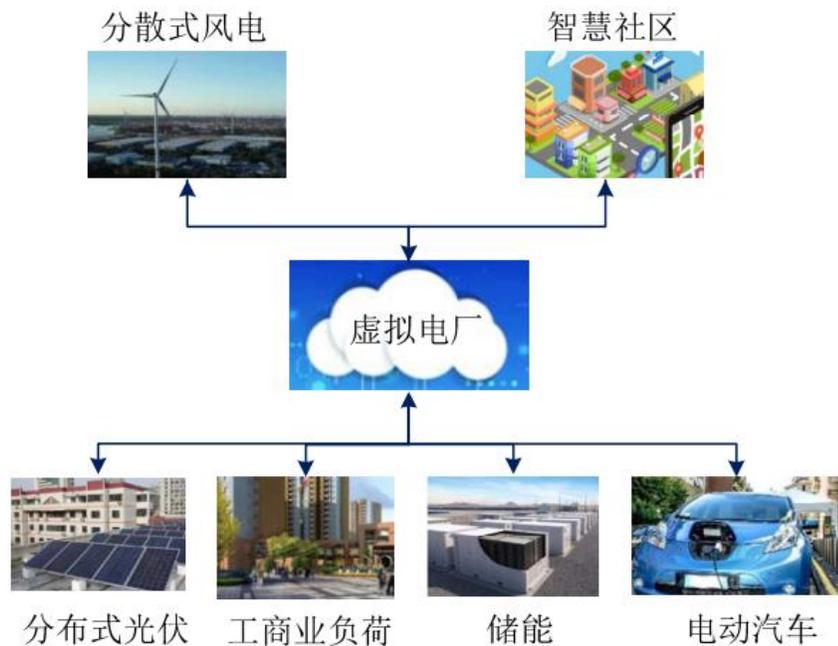


01 技术角度看虚拟电厂

1.1 虚拟电厂定义：核心是聚合和协调控制

- ◆ **虚拟电厂的定义**：虚拟电厂是一种物联网技术，将不同空间的可调节负荷、储能侧和电源侧等资源聚合起来，实现自主协调优化控制，聚合参与电力系统运行和电力市场交易。
- ◆ **虚拟电厂的核心功能是调节分布式电源、储能和可控负荷。**
- ✓ 1) 调节分布式电源：分布式电源规模小、分布广、种类多，虚拟电厂通过储能把分布式电源组织起来，平抑出力波动并进行统一调控。
- ✓ 2) 调节柔性负荷、储能、电动汽车等：比如在冬夏两季用电高峰期，虚拟电厂控制系统通过AI和远程控制，在不影响人体舒适度的情况下，调节空气温度；在不影响楼宇安全的情况下，调节电梯运行方式；调节楼宇中的储能设备；将周边楼宇充电桩的充电模式由快充变成慢充等。

虚拟电厂示意图



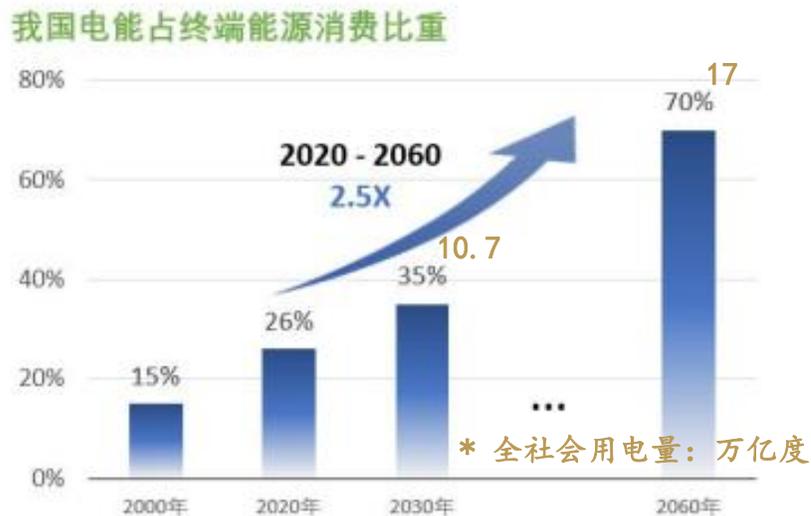
虚拟电厂核心及功能

核心及功能	内容
核心	虚拟电厂(VPP)的核心为“通信”和“聚合”。虚拟电厂通过边缘智能和物联网技术，将分布式电源(DG)可控负荷、储能、电动汽车等分散在电网的分布式供能(DER)聚合和协调优化，作为一个特殊电厂参与电力市场和电网运行的电源协调管理系统。
调节分布式电源	分布式电源规模小、分布广、种类多，在分布式能源有间歇性时，虚拟电厂通过储能把它们组织起来，提高新能源的利用率。另外，最大程度地平抑新能源自力的强随机波动性，为电网提供调频、调峰等辅助服务。
调节可控负荷、储能、电动汽车等“产销者”	在冬夏两季用电高峰期，虚拟电厂控制系统通过AI和远程控制，在不影响人体舒适度的情况下，调节空气温度；在不影响楼宇安全的情况下，调节电梯运行方式；调节楼宇中的储能设备；将周边楼宇充电桩的充电模式由快充变成慢充等等，通过虚拟电厂将闲散电集中起来，达成与常规发电厂类似的效果，从而缓解部分地区的用电紧张。而这些提供电能的楼宇，以出售电价的形式获得补偿。

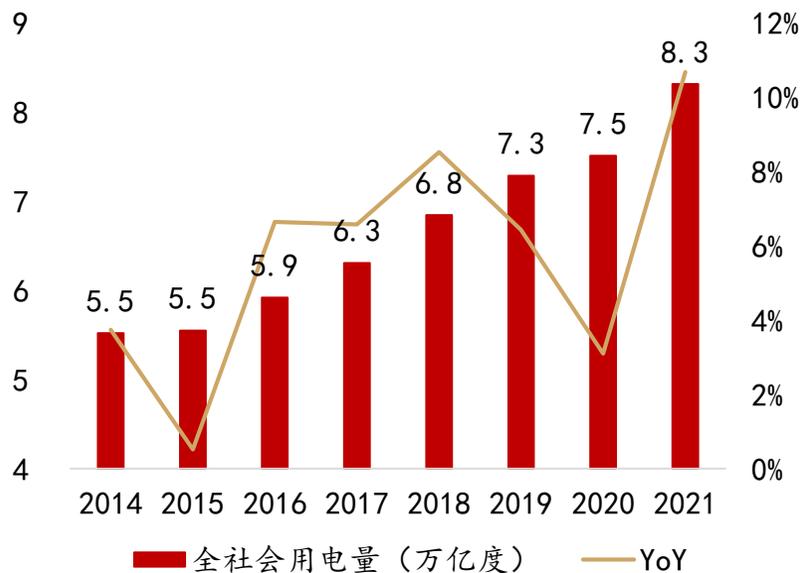
1.2 虚拟电厂发展背景：用电尖峰负荷持续提升

- ◆ 电能在能源消费中所占的比例不断增大，将由2020年的26%提升至2060年的70%。
- ✓ 电能替代是实现碳中和的主要手段之一，2022年3月，国家发改委等十部门联合发布《关于进一步推进电能替代的指导意见》，明确提出到2025年，电能占终端能源消费的比重达到30%左右。根据全球能源互联网发展合作组织，预计到2060年电力占终端能源消费比重将提升至70%。
- ◆ 全社会用电量持续提升，用电尖峰负荷水涨船高。
- ✓ 2021年，全社会用电量达到8.3万亿度，同比增长11%；全国主要电网最高用电负荷合计达到11.9亿千瓦，随之同比增长11%。

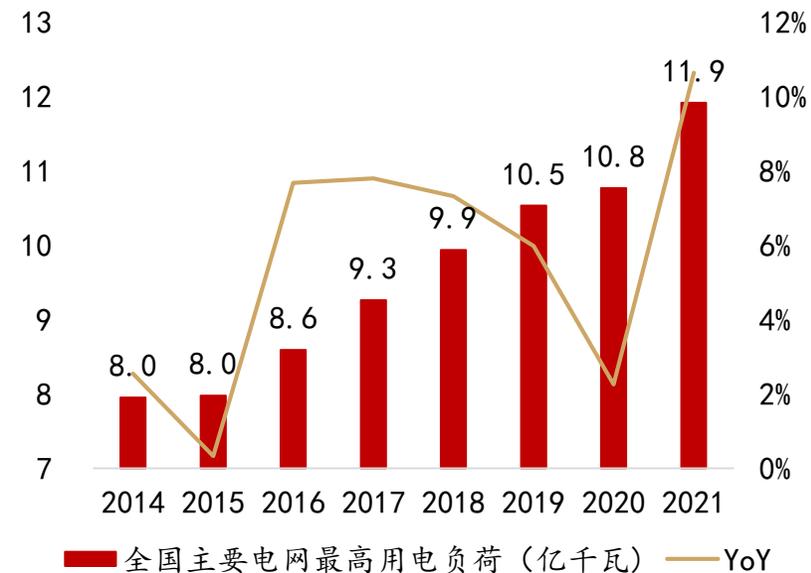
碳中和阶段电力占终端能源消费比重将提升至70%



2014-2021年全社会用电量情况



2014-2021年全国主要电网最高用电负荷情况



1.2 虚拟电厂发展背景：能源电力保供形势复杂严峻

- ◆ 今年入暑以来，多个省份用电负荷创历史新高，能源电力保供形势复杂严峻。各地纷纷强化电力需求侧管理，制定有序用电方案，部分地区陆续开始实质限电。江苏、浙江、四川、安徽等省份均不同程度上发布了限电通知。
- ✓ 8月14日，四川省发布《关于扩大工业企业让电于民实施范围的紧急通知》，对四川电网有序用电方案中所有工业电力用户（含白名单重点保障企业）实施生产全停（保安负荷除外），放高温假，让电于民，时间从8月15日至20日，共持续6天。8月15日，四川召开电力保供调度会，会议指出，**预计全省最大用电负荷将比去年同期增加25%**，四川的电力供需形势已由7月份的高峰时期电力“紧缺”，转变为全天电力电量“双缺”局面。
- ✓ 8月16日晚，重庆市经济和信息化委员会、国网重庆电力公司联合发布《关于扩大工业企业让电于民实施范围的紧急通知》，启动有序用电一级方案，纳入有序用电方案的所有电力用户必须全部参与执行(保安负荷除外)，时间从8月17日至24日，持续8天，加之重庆市北碚区此前发布的限电令，重庆部分地区的限电时间长达11天。

2022年部分省市有序用电相关政策

省份	发布单位	时间	政策文件
重庆	国网重庆电力公司等	8月16日	关于扩大工业企业让电于民实施范围的紧急通知
四川	国网四川省电力公司等	8月14日	关于扩大工业企业让电于民实施范围的紧急通知
安徽	安徽省人民政府办公厅	8月11日	关于深入开展全民节电行动的通知
浙江	浙江省发改委	8月6日	关于同意启动C级有序用电的函
辽宁	辽宁省工信厅	6月24日	2022年辽宁省有序用电方案
上海	上海市经济信息化委	6月21日	2022年上海市迎峰度夏有序用电方案
内蒙古	内蒙古自治区能源局	6月2日	蒙西电网有序用电方案（2022年版） 蒙东电网有序用电方案（2022年版）
	安达市人民政府	6月28日	安达市2022年有序用电工作方案
	大兴安岭发改委	5月25日	大兴安岭地区2022年有序用电方案
	牡丹江市发改委	5月16日	牡丹江供电区2022年有序用电方案
黑龙江	黑河市人民政府	5月16日	黑河市2022年“迎峰度夏”有序用电方案
	双鸭山市发改委	5月13日	双鸭山市2022年有序用电方案
	哈尔滨市工信局	5月11日	哈尔滨市2022年有序用电工作方案
山东	山东省能源局	6月7日	2022年全省迎峰度夏有序用电方案

1.2 虚拟电厂发展背景：新型电力系统要求大力提升需求侧负荷弹性

- ◆ **新型电力系统下的能源保供工作要求大力提升电力负荷的弹性。**
- ✓ 充分发掘需求侧可控负荷、可中断负荷、电动汽车充电网络、储能等资源的灵活调节潜力，加强电力需求侧与电力生产和供应侧的协同互动，鼓励以负荷聚合商、虚拟电厂等方式聚合需求侧资源参与需求响应，追踪可再生能源出力，为系统提供调峰调频等辅助服务。
- ✓ 在保障系统安全稳定运行的同时，电力需求响应还可通过引导需求侧电力负荷与供给侧新能源出力曲线的趋同，促进可再生能源电力的规模化消纳。

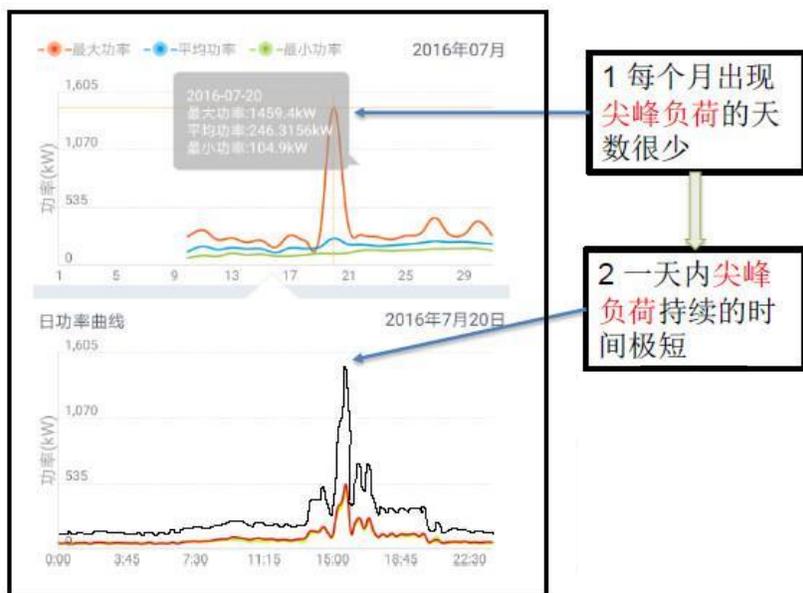
需求侧响应及虚拟电厂相关政策

时间	政策	内容
2022年1月	《“十四五”现代能源体系规划》	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、新能源汽车与电网(V2G)能量互动等各类资源聚台的虚拟电厂示范。
2022年1月	《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》	拓宽电力需求响应实施范围，通过多种方式挖掘各类需求侧资源并组织其参与需求响应，支持用户侧储能、电动汽车充电设施、分布式发电等用户侧可调节资源，以及负荷聚合商、虚拟电厂运营商、综合能源服务商等参与电力市场交易和系统运行调节。
2022年1月	《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》	引导各地区根据实际情况，建立市场化的发电容量成本回收机制，探索容量补偿机制、容量市场、稀缺电价等多种方式，保障电源固定成本回收和长期电力供应安全。鼓励抽水蓄能、储能、虚拟电厂等调节电源的投资建设
2021年7月	《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	鼓励聚合利用不间断电源、电动车、用户侧储能等分散式储能设施。依托大数据、云计算、人工智能、区块链等技术，结合体制机制综合创新，探索智慧能源、虚拟电厂等多种商业模式。
2021年3月	关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》	充分发挥负荷侧的调节能力。依托“云大物移智链”等技术，进一步加强源网荷储多向互动，通过虚拟电厂等一体化聚合模式，参与电力中长期、辅助服务、现货等市场交易，为系统提供调节支撑能力

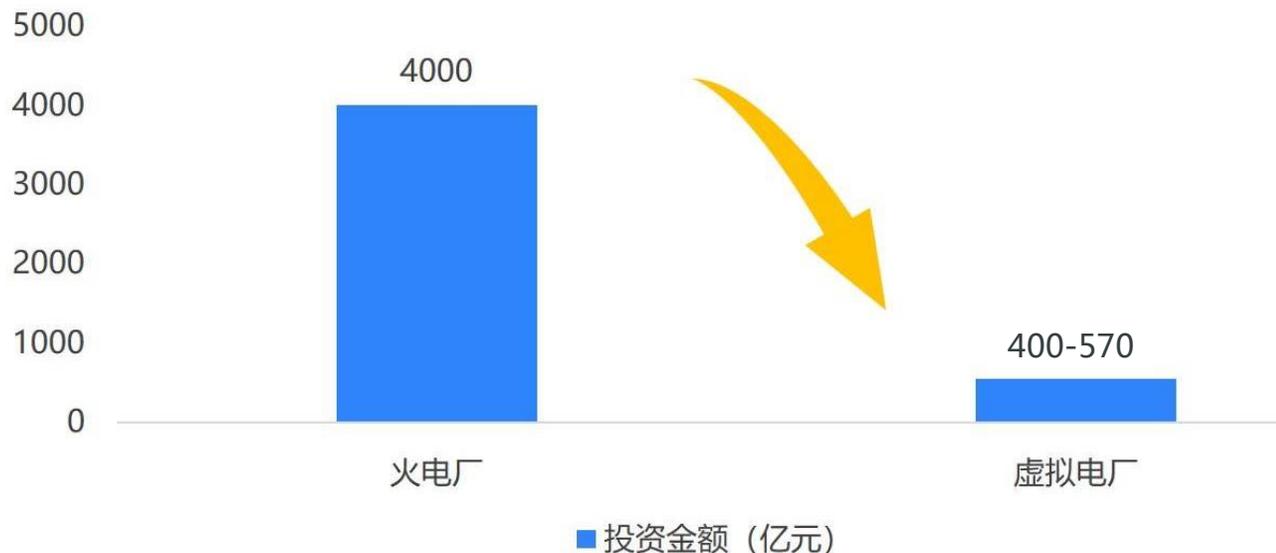
1.3 虚拟电厂：挖掘负荷调节能力，兼具灵活性与经济性

- ◆ **需求侧**：尖峰负荷规模持续增加，但单次持续时间短、出现频次低、累计持续时间短，每年95%以上峰值负荷不超过50小时。
- ◆ **供给侧**：若一味通过扩建电厂来满足尖峰时段的用电需求，便会在用电低谷期产生巨大浪费，新型电力系统亟需挖掘负荷侧调节能力来应对发、用电实时平衡；虚拟电厂聚沙成塔的技术逐渐成熟。
- ◆ **虚拟电厂能够调动负荷侧资源，兼具灵活性与经济性。**
- ✓ **经济性**：据国家电网测算，若通过建设煤电机组满足其经营区5%的峰值负荷需求，需要电厂及配套电网投资约4000亿元；若建设虚拟电厂，建设、运维和激励的资金规模仅为400-570亿元，成本仅为1/7至1/10。

尖峰负荷特点



满足5%峰值负荷不同投资方案对比



1.3 虚拟电厂：挖掘负荷调节能力，兼具灵活性与经济性

◆ **虚拟电厂能够调动负荷侧资源，兼具灵活性与经济性。**

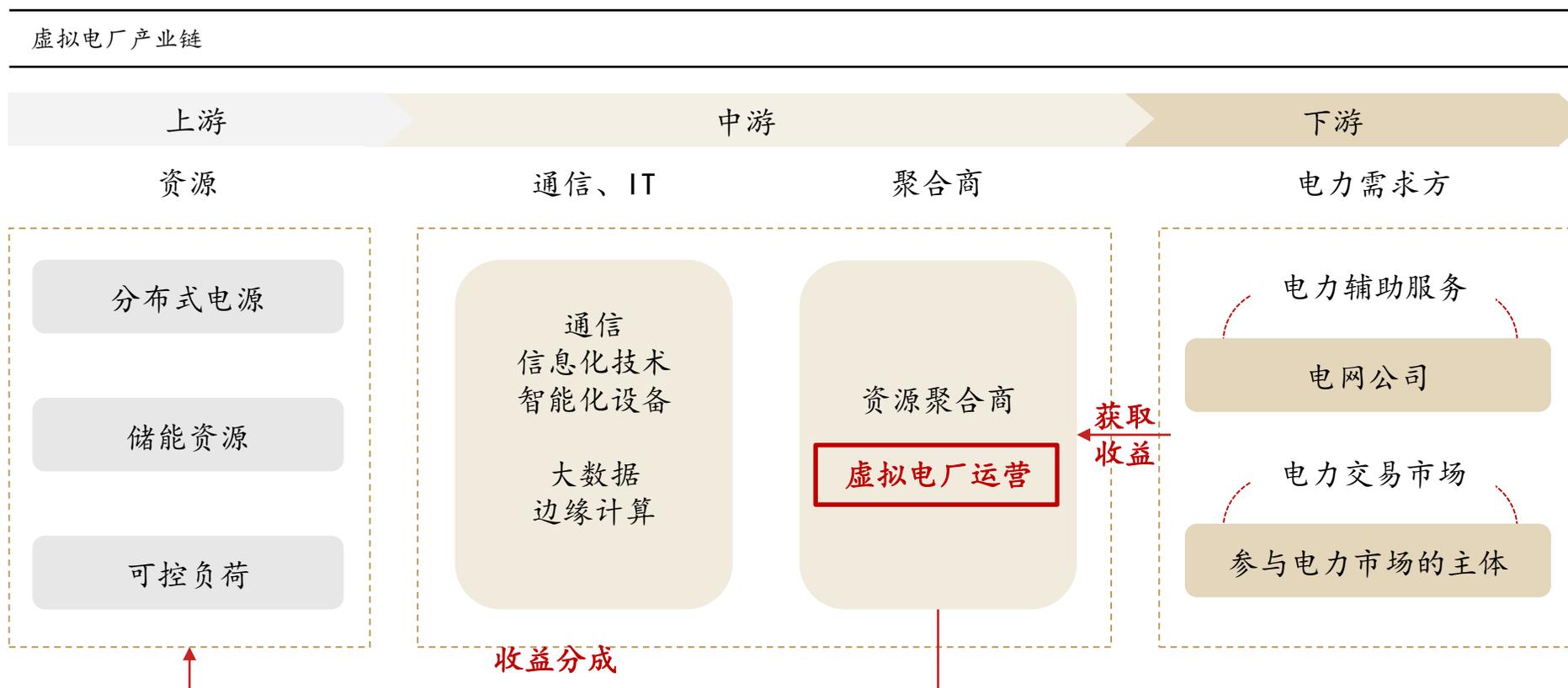
- ✓ **灵活性：**建设虚拟电厂前，分布式能源、储能、可控负荷、充电桩等一般体量较小，不具备准入市场化交易的资格；分布式能源容量小、数量大、分布不均、管理困难，且可能对电网稳定运行带来冲击；建设虚拟电厂后，多种负荷通过多能互补等方式提升能源输出稳定性，通过能效管理等方式提升综合能效水平，还可以通过参与需求响应、辅助服务获取获取补贴或参与市场化交易直接获取利润。

虚拟电厂建设前后效益分析



1.4 产业链条梳理：上游为分布式资源，下游为电网及其他电力需求方

- ◆ 按功能不同，虚拟电厂可划分为技术型虚拟电厂和商业型虚拟电厂。从商业型虚拟电厂的产业链来看：
- ✓ 虚拟电厂的**上游**为分布式电源、储能资源和可控负荷，**中游**是通信、信息化技术、智能化设备等IT资源提供商以及**资源聚合商**（即虚拟电厂运营方），**下游**是电网公司及参与电力市场的其他售电公司、用户等。
- ✓ **虚拟电厂的基本商业模式为：资源聚合商通过电力交易市场或辅助服务获得收益，再与上游的分布式资源所有者进行收益分成。**



1.5 发展趋势1：聚合资源从负荷侧向储能、分布式光伏等推进

- ◆ **目前我国虚拟电厂聚合的资源集中在负荷侧，对分布式光伏等资源的接入及预测能力不足。**
- ✓ 从聚合的资源来看，主要以负荷侧可调资源为主，尤其是工业负荷、商业楼宇空调负荷、蓄热式电采暖为主，外加一些充电桩和储能车等资源，而对于容量大、资源多而广的分布式光伏等可再生能源不可控，且精准预测能力不足。
- ◆ **下一阶段虚拟电厂将大力推进分布式光伏等资源的接入聚合。**
- ✓ 在山西省提出《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》中，按照虚拟电厂聚合优化的资源类别不同，将虚拟电厂分为“负荷类”虚拟电厂和“一体化”虚拟电厂两类。其中“一体化”虚拟电厂指列入“源网荷储一体化”试点项目，可以作为独立市场主体参与电力市场，具备自主调峰、调节能力，并可以为公共电网提供调节服务。
- ◆ **分布式光伏等资源加入虚拟电厂后，不仅能使虚拟电厂的灵活性和可调性得到增强，还使得虚拟电厂具备真正的发电能力，能够更好地参与电力交易市场或实现隔墙售电。**

负荷类虚拟电厂&一体化虚拟电厂

种类	说明
“负荷类”虚拟电厂	指虚拟电厂运营商聚合其绑定的具备负荷调节能力的市场化电力用户（包括电动汽车、可调节负荷、可中断负荷等），作为一个整体（呈现为负荷状态）组建成虚拟电厂，对外提供负荷侧灵活响应调节服务。
“一体化”虚拟电厂	指列入“源网荷储一体化”试点项目，建成后新能源、用户及配套储能项目通过虚拟电厂一体化聚合，作为独立市场主体参与电力市场，原则上不占用系统调峰能力，具备自主调峰、调节能力，并可以为公共电网提供调节服务。

聚合资源种类的不同决定了虚拟电厂能提供的产品服务种类不同

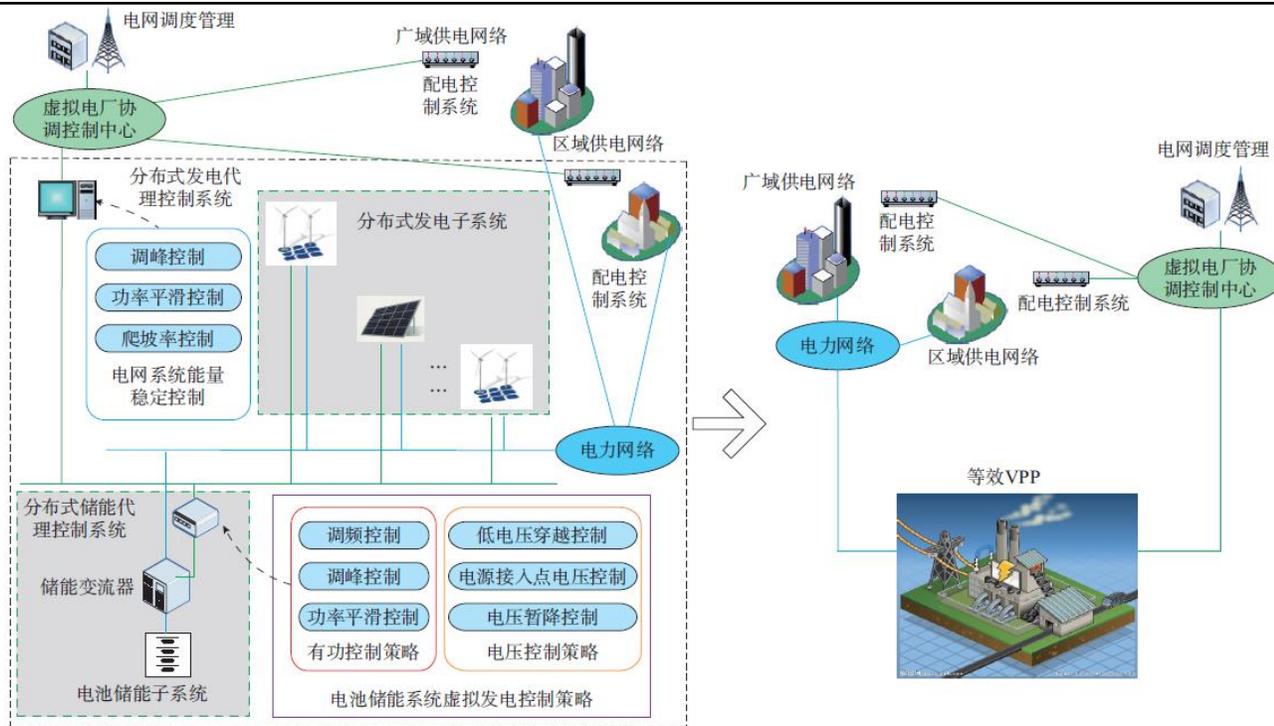
组合方式	主要产品
储能	主要产品为辅助服务，调峰、调频
柔性负荷	产品为辅助服务，性能取决于柔性负荷功率柔性调节能力
分布式电源	主要产品为电能量，也可包括辅助服务
分布式电源+储能	产品为电能量，也包括辅助服务，取决于储能配置多寡
分布式电源+柔性负荷	主要产品为电能量，也可包括辅助服务，取决于柔性负荷配置多寡
柔性负荷+储能	主要产品为辅助服务
分布式电源+柔性负荷+储能	主要产品可为电能量和辅助服务，取决于各种资源的配置情况

1.5 发展趋势1：聚合资源从负荷侧向储能、分布式光伏等推进

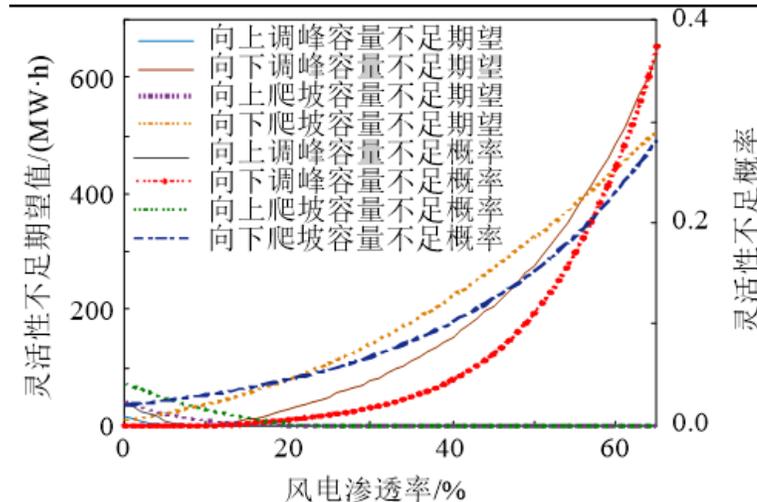
◆ 储能将作为虚拟电厂中重要的灵活性资源。

- ✓ 用户负荷存在自身负荷特性及其可调节性方面的限制，单独的虚拟电厂运营主体在电力直接交易及辅助服务市场中容易出现偏差，可能直接导致经济损失；而储能作为重要的灵活性资源，是应对这种偏差的必要手段。
- ✓ 另外储能能帮助虚拟电厂更好的参与峰谷电价差套利等，增强虚拟电厂的盈利能力。

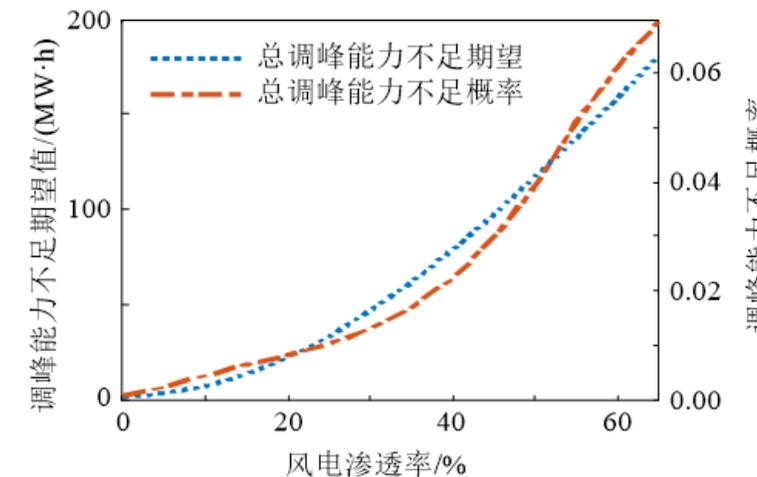
含规模化电池储能系统的商业型虚拟电厂系统结构



储能系统极大降低调峰能力/灵活性不足概率



(a) 储能优化前各项灵活性指标

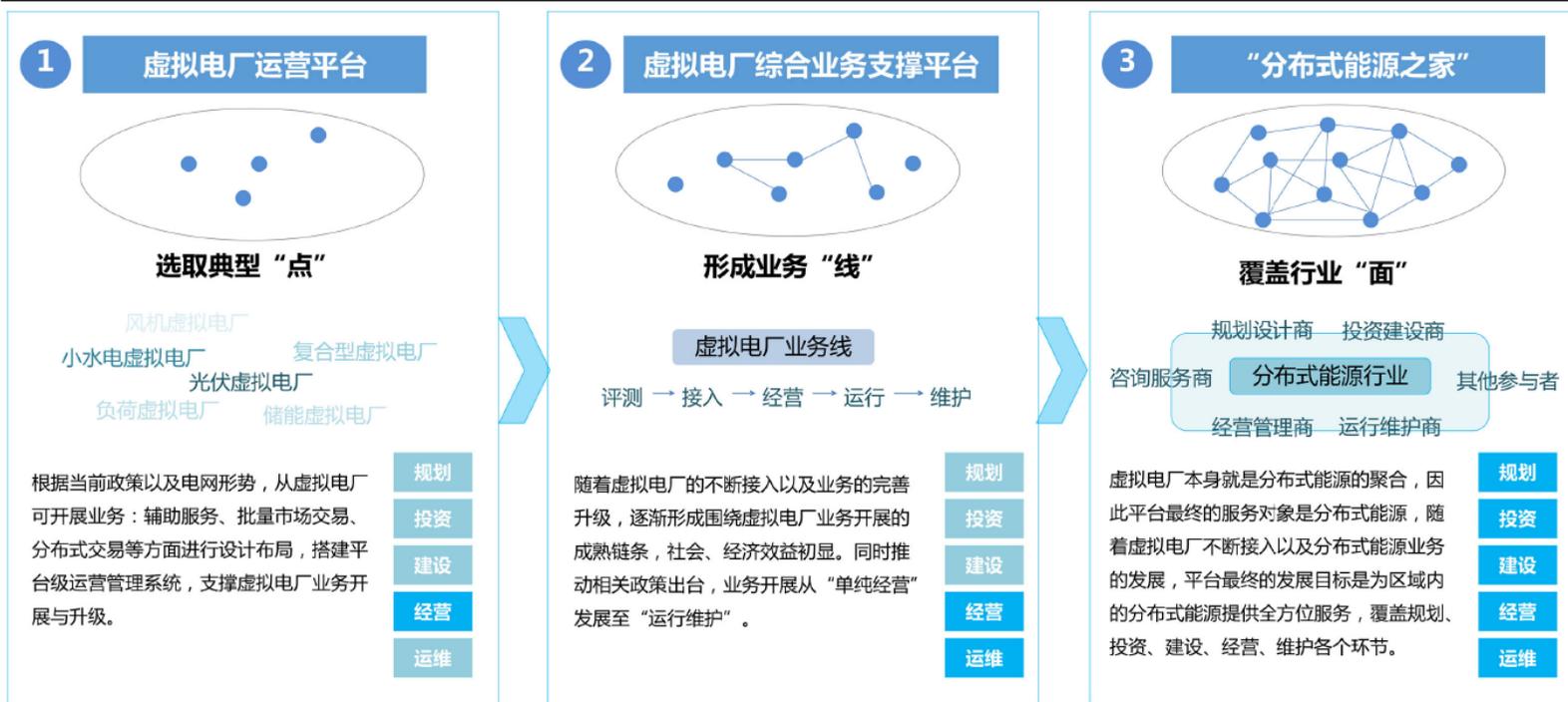


(b) 储能优化后系统总调峰灵活性指标

1.5 发展趋势2：以点到面，参与大电网互动

- ◆ **我国虚拟电厂目前总体处于试点示范阶段。**目前开展虚拟电厂试点最具特色的省份包括上海、冀北、广东、山东等。上海主要以聚合商业楼宇空调资源为主开展虚拟电厂试点，冀北主要参与华北辅助服务市场为主，广东主要以点对点的项目测试为主，山东试点项目目标是开展现货、备用和辅助服务市场三个品种交易、完成现货和需求响应两个机制衔接及建设一个虚拟电厂运营平台。
- ◆ **省级层面需要建立统一的虚拟电厂平台，将分散的不同市场主体接入到统一虚拟电厂运营管理平台上，实现与大电网的互动控制。**
- ✓ 虚拟电厂运营平台将是一个长期演进迭代的过程，跟随虚拟电厂业态的不断成熟从运营平台到综合业务支撑平台再到能源互联网方向发展。

虚拟电厂整体商业架构向平台式发展



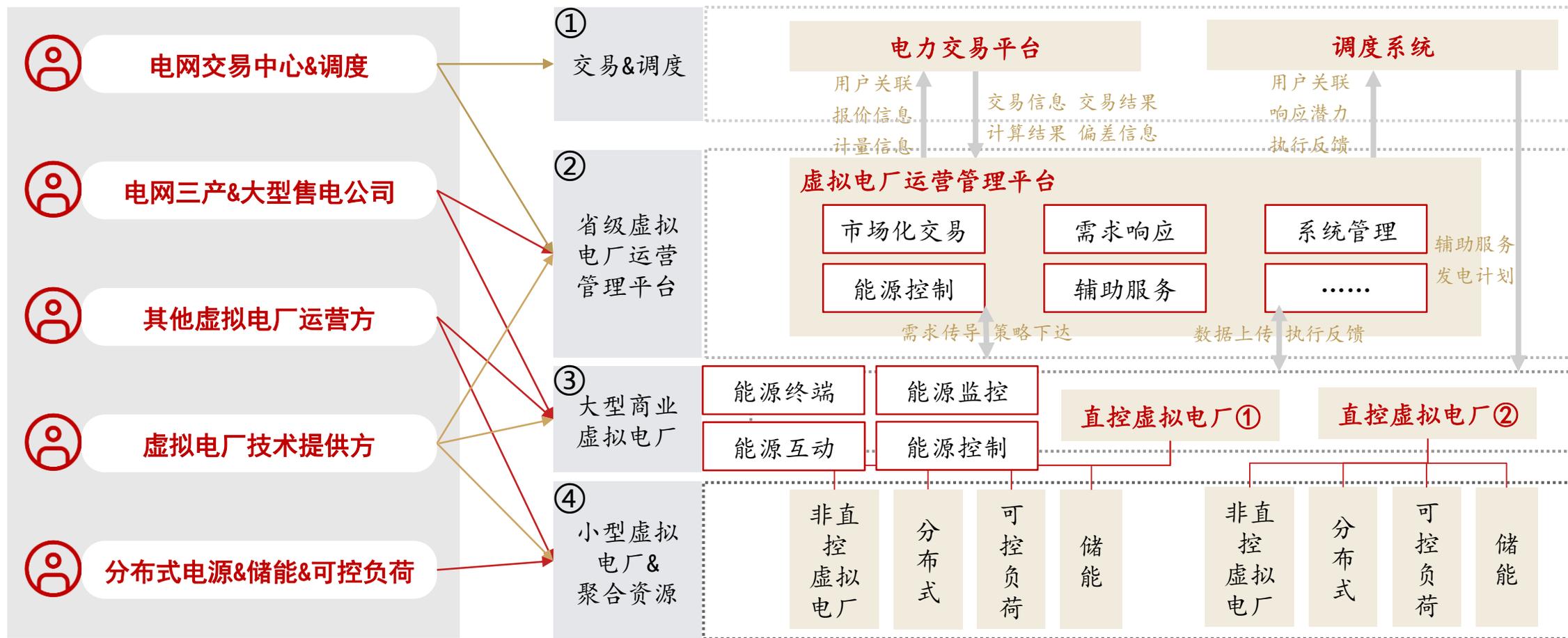
山东虚拟电厂试点目标包含一个虚拟电厂运营平台建设



1.5 发展趋势2：以点到面，参与大电网互动

◆ 我们推测，未来的虚拟电厂运行架构中主要包含4层架构&5类角色。

未来虚拟电厂运行架构与参与角色



1.6 案例：山西省《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》要点解读

- ◆ 2022年6月23日，山西省提出《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》，引导虚拟电厂规范入市。

山西省《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》要点

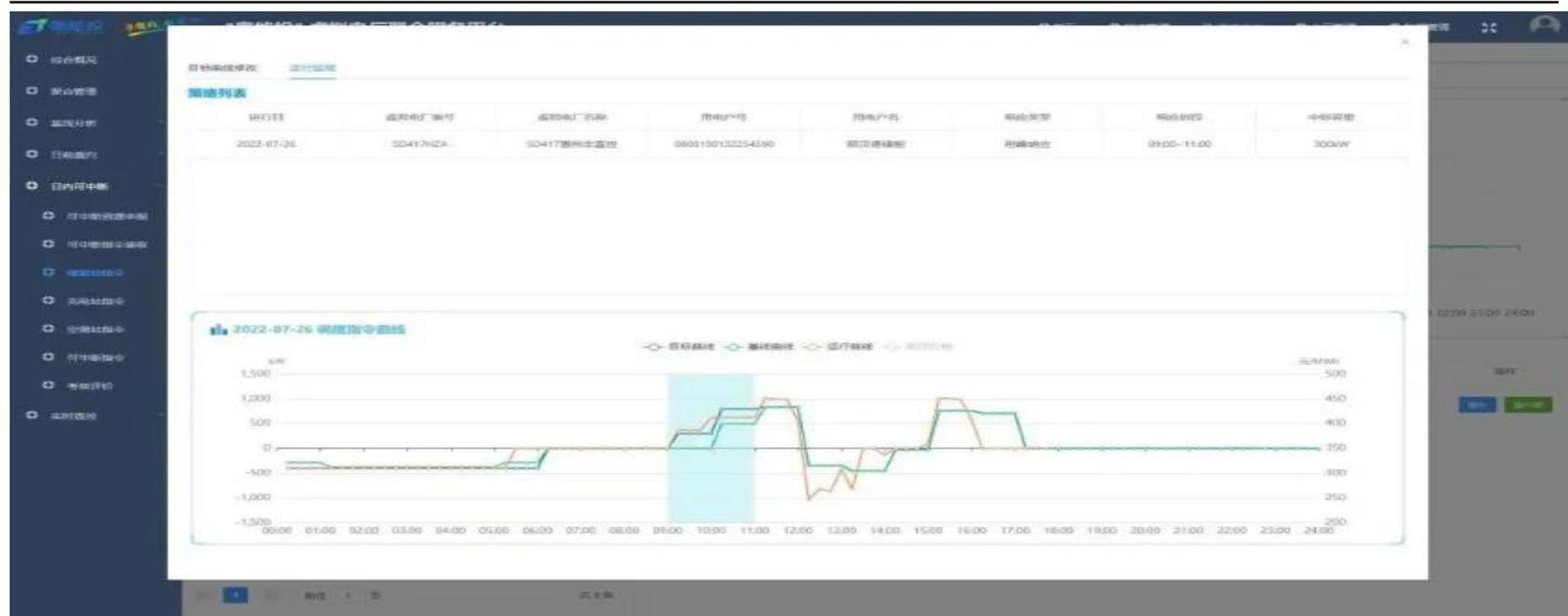
- ✓ **基本分类**：按照虚拟电厂聚合优化的资源类别不同，将虚拟电厂分为“负荷类”虚拟电厂和“一体化”虚拟电厂两类。
- ✓ **资质要求**：“负荷类”虚拟电厂运营商应是具有山西电力市场交易资格的**售电公司**或电力用户；“一体化”虚拟电厂运营商应是“一体化”项目主体或者授权代理商，并具有山西电力市场**售电资格**。
- ✓ **可参与的电力市场**：建设初期，“负荷类”虚拟电厂参与**中长期、现货及辅助服务市场**，“一体化”虚拟电厂参与**现货及辅助服务市场**，后期视电力市场发展情况适时进行调整。虚拟电厂参与现货市场时，仅参与日前现货市场，实时现货市场中作为固定出力机组参与出清，待条件具备后，再参与实时现货市场。
- ✓ **技术要求**：虚拟电厂应具备发用电调节和需求响应能力，提供削峰填谷、调频、备用等服务，其聚合的资源应符合电网接入规范、满足电网安全技术要求。虚拟电厂可基于省级智慧能源综合服务平台建设技术支持系统，也可以独立建设技术支持系统，但应接入**省级智慧能源综合服务平台**。

技术要求层面		内容
资源聚合能力	调节容量	初期 $\geq 20\text{MW}$ ，且 \geq 最大用电负荷的10%
	响应时长	具备按照调节容量要求持续参与响应 ≥ 2 小时的能力
	调节速率	$\geq (\text{调节容量} \times 3\%) / \text{分钟}$ ，并 ≥ 0.6 兆瓦/分钟；
调节响应能力	响应时间	虚拟电厂调节出力应与指令调节方向一致，且可在120秒内跨出调节死区
	调节精度	偏差率= (实际电量-计划电量) / (日前申报调节容量 $\times 0.25$ 小时) $\times 100\%$ 。以每15分钟为一个时段计算偏差率并进行考核，要求“负荷类”虚拟电厂 $\leq \pm 15\%$ ，“一体化”虚拟电厂不超过 $\leq 10\%$ 。
数据交互要求		数据接入要求、通信接口要求、安全防护要求、网络传输要求、计量采集要求五方面

1.6 案例：“粤能投”虚拟电厂运营平台

- ◆ “粤能投”虚拟电厂管理平台是南方电网首个基于市场交易规则设计的虚拟电厂。
- ✓ “粤能投”虚拟电厂管理平台按照广东电力市场规则要求，创建完整商业模式，以省、地、区、站点的分层模式打造“网格式”服务，提供日前邀约、日内可中断、实时直控三类产品，依据客户类型打造直控与非直控响应能力，确保做到“可观、可测、可调、可控”。
- ✓ 目前已签约近800个电力用户，覆盖储能、工商业负荷、充电桩、智慧用电设施等各类柔性负荷资源，注册响应容量接近4GW，负荷聚合商及大用户均可加入平台。下一阶段，平台将大力推进光伏等资源接入，预计2022年底聚合可紧急灵活调配柔性负荷资源1.18GW，全力支持广东电网构建不低于最高负荷3%—5%的总体响应规模目标。平台预计将持续孵化虚拟电厂相关产品，并推动在南方电网五省复用。

‘粤能投’虚拟电厂管理平台开通互联网上线



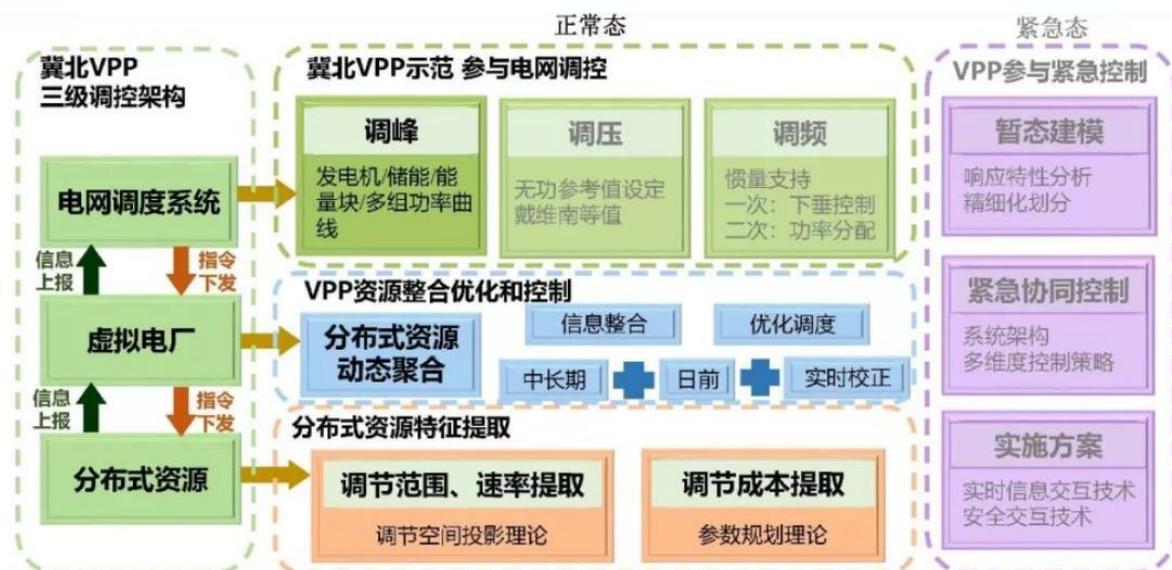
粤能投获得综合智慧能源优秀示范项目奖牌



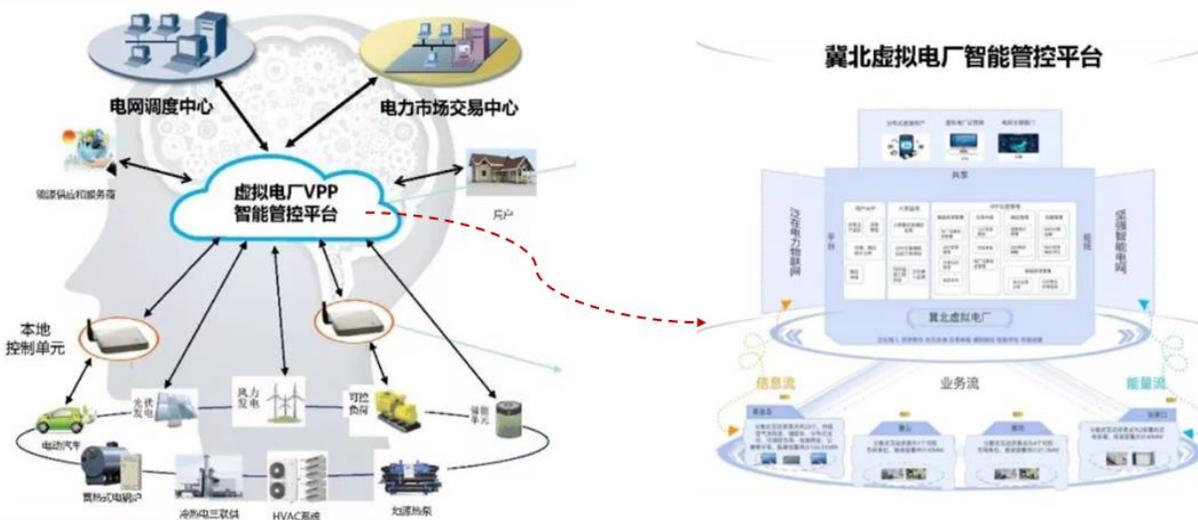
1.6 案例：国网冀北虚拟电厂示范工程

- ◆ 国网冀北泛在电力物联网虚拟电厂，启动于2019年12月，是业内公认的国内首个虚拟电厂。
- ✓ 该示范工程一期实时接入与控制蓄热式电采暖、可调节工商业、智能楼宇、智能家居、储能、电动汽车充电站、分布式光伏等11类19家泛在可调资源，容量约160WM，涵盖张家口、秦皇岛、廊坊三个地市。
- ✓ 冀北虚拟电厂整体分三级架构。下层灵活性资源将自身各类量测信息上报虚拟电厂，交易中心和电网中心向虚拟电厂下发电价激励与控制指令；虚拟电厂进行信息整合与实时校正，并进行优化调度，自上而下控制分布式灵活资源。
- ✓ 冀北虚拟电厂智能管控平台是整个示范项目的“智慧大脑”，可实现设备数据和互动信息的计算、存储，集成能源运行管理、交易、服务功能，整合优化各类可调资源与电力系统实时交互。

国家冀北电力示范工程三级架构



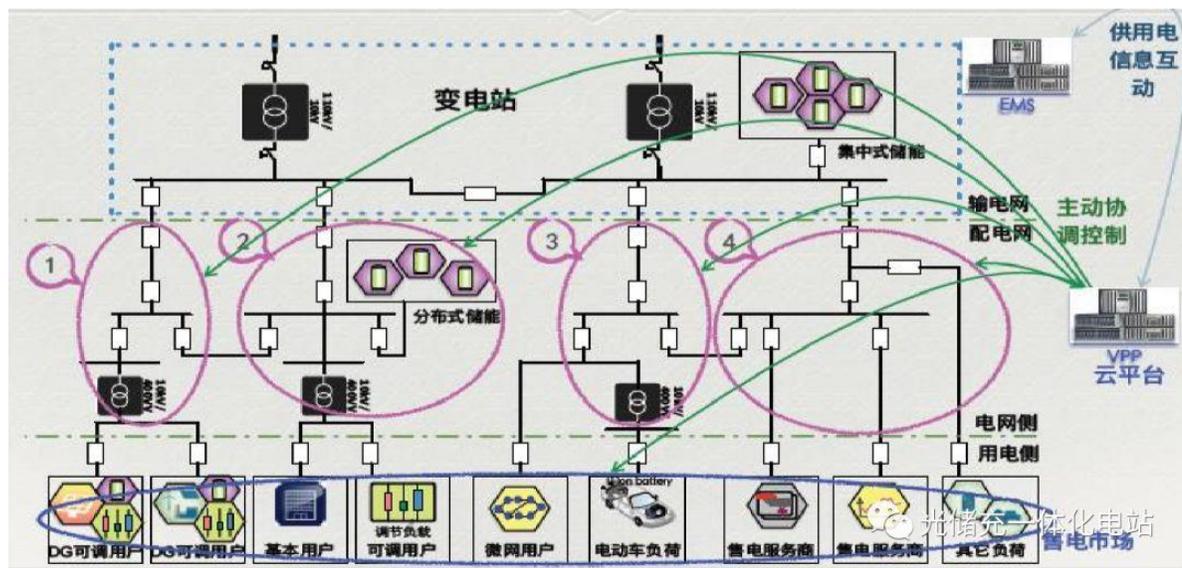
冀北虚拟电厂智能管控平台



1.7 虚拟电厂核心竞争力体现在技术与资源

- ◆ **客户资源**：虚拟电厂本质是化零为整，聚沙成塔；拉足够多客户做聚合，聚合的灵活性资源越多，调节能力就越强；同时客户资源意味着数据，意味着能锁定优质客户并开展精准营销，形成一定的先发优势。
- ◆ **技术层面**：虚拟电厂的主要技术包括计量技术、通信技术、智能调度决策技术、信息安全防护技术等。目前大部分虚拟电厂试点实现了初步的用户用能监测，鲜有项目实现虚拟电厂的优化调度及对分布式能源的闭环控制。
- ✓ **调度know-how**：我们认为，在虚拟电厂控制各种分布式能源发电设备、储能系统以及可控负荷的过程中，充分了解每种负荷的调节及控制方式并对其协调控制是关键和难点。虚拟电厂需要服从电网的调度指令，同时通过类似于调度的手段去做调节，**我们认为其与调度密切相关。因此，过去在调度方面有积累的企业具有优势。**

虚拟电厂在电网中的基本架构



虚拟电厂关键技术体系



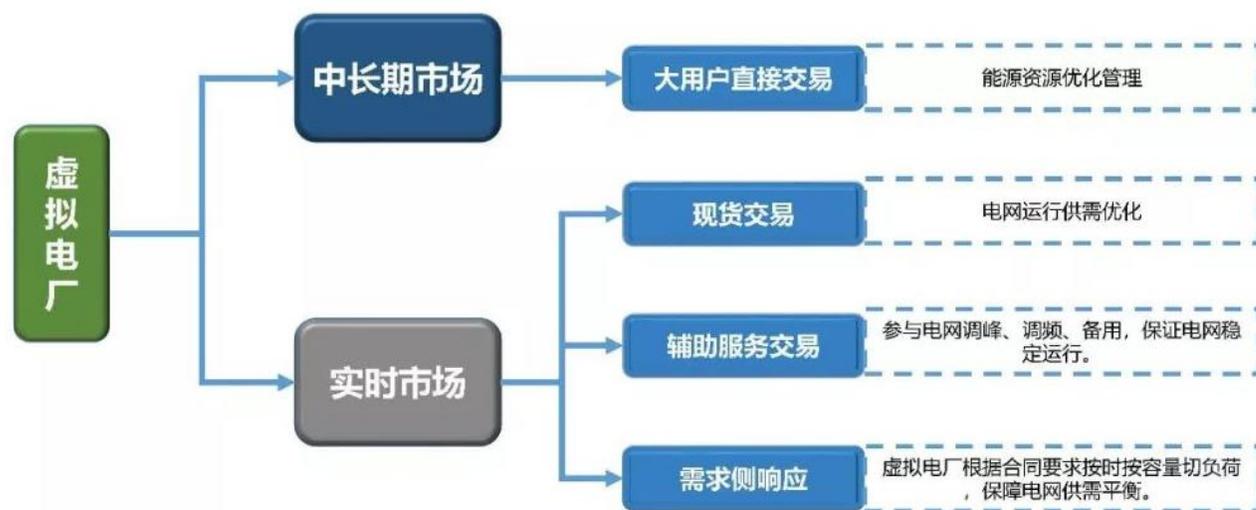


02 商业角度看虚拟电厂

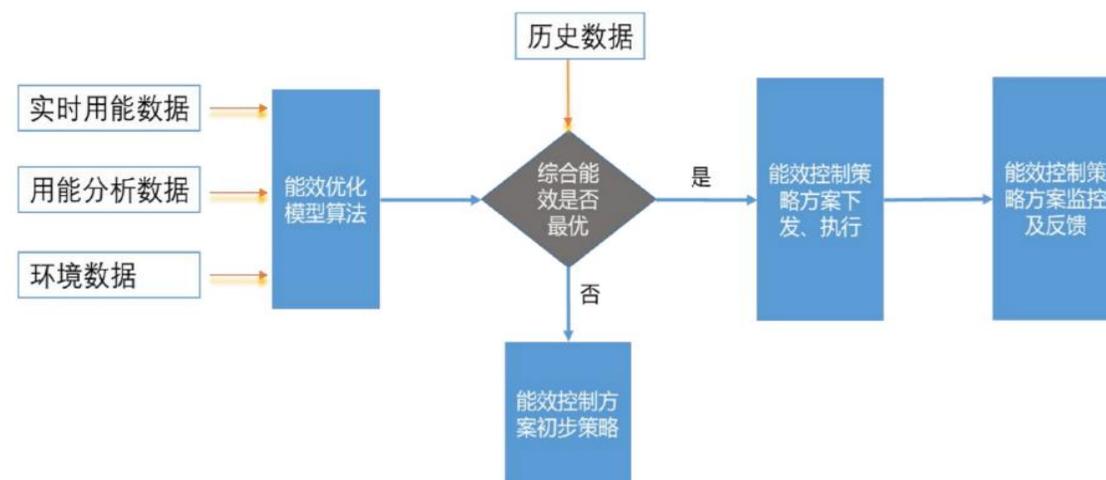
2.1 虚拟电厂业务场景

- ◆ **虚拟电厂的主要业务场景包含辅助服务、需求响应、市场化交易、能效管理。**
- ✓ 在现阶段，虚拟电厂更多的是通过调度灵活性资源提供需求响应及辅助服务。随着电力市场机制的逐步完善以及售电市场的建设，以虚拟电厂为核心的售电公司将逐步参与电力市场化交易。
- ✓ **需求响应&辅助服务**：通过价格补偿机制引导参与市场，获取补贴收益。补偿来源方面，根据2021年新版《电力辅助服务管理办法》，辅助服务费用按照“谁受益、谁承担”的原则；用户可结合自身负荷特性，承担必要的辅助服务费用或按照贡献获得经济补偿。对于不具备提供调节能力或调节能力不足的电力用户、聚合商、虚拟电厂应参与分摊电力辅助服务费用，或通过购买电力辅助服务承担电力辅助服务责任。
- ✓ **市场化交易**：虚拟电厂可以通过虚拟电厂管理平台参与市场化交易，获得代理服务费或收益分成，也可针对内部负荷开展电量销售、结算等。
- ✓ **能效管理**：阶梯电价下，虚拟电厂作为一个聚合整体可以通过进行内部优化调度为签约的高耗能用户节省电费，拿取分成。

虚拟电厂参与电力交易



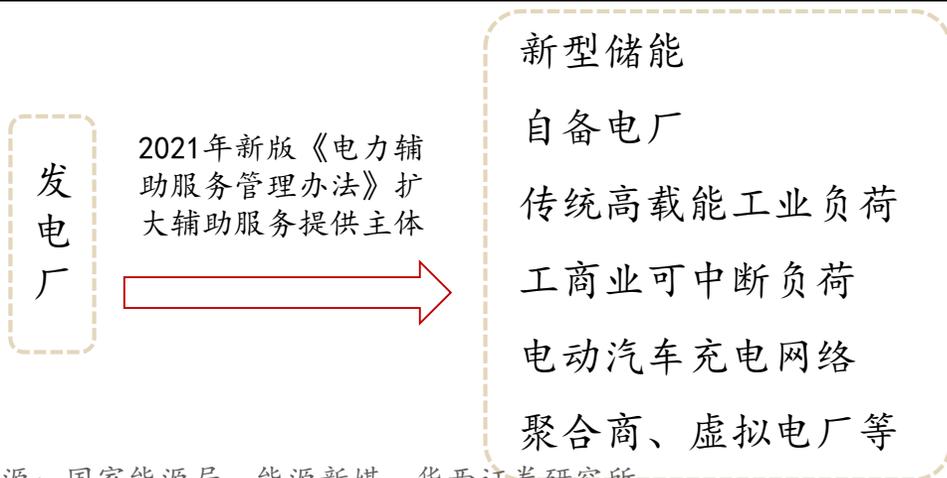
能效管理流程示意图



2.2 盈利能力催化1：完善专项政策，进一步明确商业模式

- ◆ **国家及各省份积极推动需求响应、辅助服务政策完善，虚拟电厂参与各类电力市场的身份仍需进一步开放。**
 - ✓ **需求响应方面：**上海、江苏、广东、浙江、山东、河南等14个省区出台了需求响应新政策。
 - ✓ **辅助服务方面：**2021年12月，国家能源局关于印发新版《电力辅助服务管理办法》，进一步扩大电力辅助服务新主体、丰富电力辅助服务新品种、完善用户分担共享及市场形成价格新机制。目前江苏、湖北、辽宁、湖南、河南、安徽、福建、贵州、江西等省区，以及东北、华东等五大区域出台或对电力辅助服务政策进行了修订。同时，华北、华中、浙江、江苏等地能源主管部门开放了虚拟电厂等第三方主体和用户资源参与调峰辅助服务身份。
- ◆ **虚拟电厂政策还有待完善，亟待出台国家和省级层面专项政策。**
 - ✓ 目前，国家层面还没有出台专项的虚拟电厂政策，省级层面仅有上海、广东、山西分别出台了《关于同意进一步开展上海市电力需求响应和虚拟电厂工作的批复》（2020.9.16）、《广州市虚拟电厂实施细则（征求意见稿）》（2021.6.30）和《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》（2022.6.23）。

2021年新版《电力辅助服务管理办法》扩大辅助服务提供主体



主要虚拟电厂试点目前重点参与市场

	需求响应	备用	调峰	调频	现货市场
江苏	✓				
上海	✓	✓	✓		
冀北			✓		
广东	✓			准备中	
山东		✓	✓		✓

2.2 盈利能力催化2：电力现货市场建设加速，推动价格发现

- ◆ **现货市场是价格形成的关键。**在电力市场诸多环节中，现货市场承担着价格发现职能，是市场化反映最充分、最关键的一部分。
- ◆ **电力现货市场建设加速，省级电力现货市场覆盖范围进一步扩大。**2017年8月，国家发改委、国家能源局印发《关于开展电力现货市场建设试点工作的通知》，明确在南方（以广东起步）、浙江、山西、山东、福建、四川等8个地区开展第一批电力现货试点。2021年5月，国家发改委、国家能源局发布《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》，选择上海、江苏、安徽、辽宁等6省市为第二批电力现货试点。电力现货试点对推动我国多层次统一电力市场体系建设意义重大。

各省份电力现货市场建设情况

批次	省份	模拟试运行	调电试运行	结算试运行	批次	省份	模拟试运行	调电试运行	结算试运行
第一批	广东	●	●	●	第二批	江苏	●	●	●
	蒙西	●	●	●		安徽	●	●	○
	浙江	●	●	●		辽宁	●	○	○
	山西	●	●	●		河南	●	○	○
	山东	●	●	●		湖北	●	○	○
	福建	●	●	●		上海	○	○	○
	四川	●	●	●	试点外省份		○	○	○
	甘肃	●	●	●					

资料来源：北极星储能网，瞭望，华西证券研究所

电力市场推动价格发现



传统模式下，电能量由电网公司从电厂统一购买、销售给用户，购售价格由国家相关部门确定。

有了电力市场，那就不一样了。电能的生产者和使用者通过市场以协商、竞价等方式，就电能量及其相关产品进行交易。



也就是说，电力市场的建立还原了电力的商品属性，在电力市场中，电能的交易直接由买卖双方商定，电网公司不再作为购电主体，而是充当配送商的角色。



虽然电能作为一种
特殊商品

但也具备常规的商品特点。不同的电能，也具有时空、成本、效益等方面的差异，因此体现在消费终端价格上也有不同。试想，如果价格不能反映这些价值要素，就无法调动市场主体积极性。

2.2 盈利能力催化2：统一电力市场加速推进，电力市场参与主体将急速扩容

- ◆ **明确到2025年，全国统一电力市场体系初步建成，2030年要基本建成。**
 - ✓ 2022年1月，国家发展改革委印发《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，明确了电力市场体系建设的架构、目标和重点任务。《意见》指出，到2025年，国家市场与省（区、市）/区域市场协同运行，有利于新能源、储能等发展的市场交易和价格机制初步形成。到2030年，国家市场与省（区、市）/区域市场联合运行，新能源全面参与市场交易，市场主体平等竞争、自主选择，电力资源在全国范围内得到进一步优化配置。
- ◆ **统一电力市场体系在南网率先落地，全国统一电力市场建设提速。**
 - ✓ 试运行启动后，电力现货交易将由广东拓展到云南、贵州、广西、海南，实现中国南方五省区的电力现货跨区跨省交易，每15分钟就能交易一次；中长期交易周期将全面覆盖年、月、周；辅助服务市场的品种与补偿机制将进一步完善。按照规划，至2023年，南方区域电力市场将形成跨区跨省与省内联合运营的统一大平台，开展多品种、高频率的跨区跨省电力交易。
 - ✓ **电力市场参与主体将急速扩容，交易电量快速增加。** 目前除居民、农业用电外，10千伏及以上工商业用户原则上要直接参与市场交易（直接向发电企业或售电公司购电），暂无法直接参与市场交易的可由电网企业代理购电。南方电网预计，2022年全年，南方区域电力市场累计市场化交易电量将达到1.11万亿千瓦时，接近广东、云南、贵州三省2021年全社会用电量总和。至2023年底，市场化交易电量占比将达到80%左右，参与交易的市场主体数量将增加到800多万户，是之前的80倍。

南网统一电力市场体系解读

南方区域电力市场好比一个大型网购平台。至2023年底，南方区域超过800万市场主体将实现——

信息无障碍 沟通无界



电力平台

用户

货比三家再下手 这性价比杠杠滴



以前错过一次，再等一个月；现在每周、每天甚至每15分钟就能交易一次

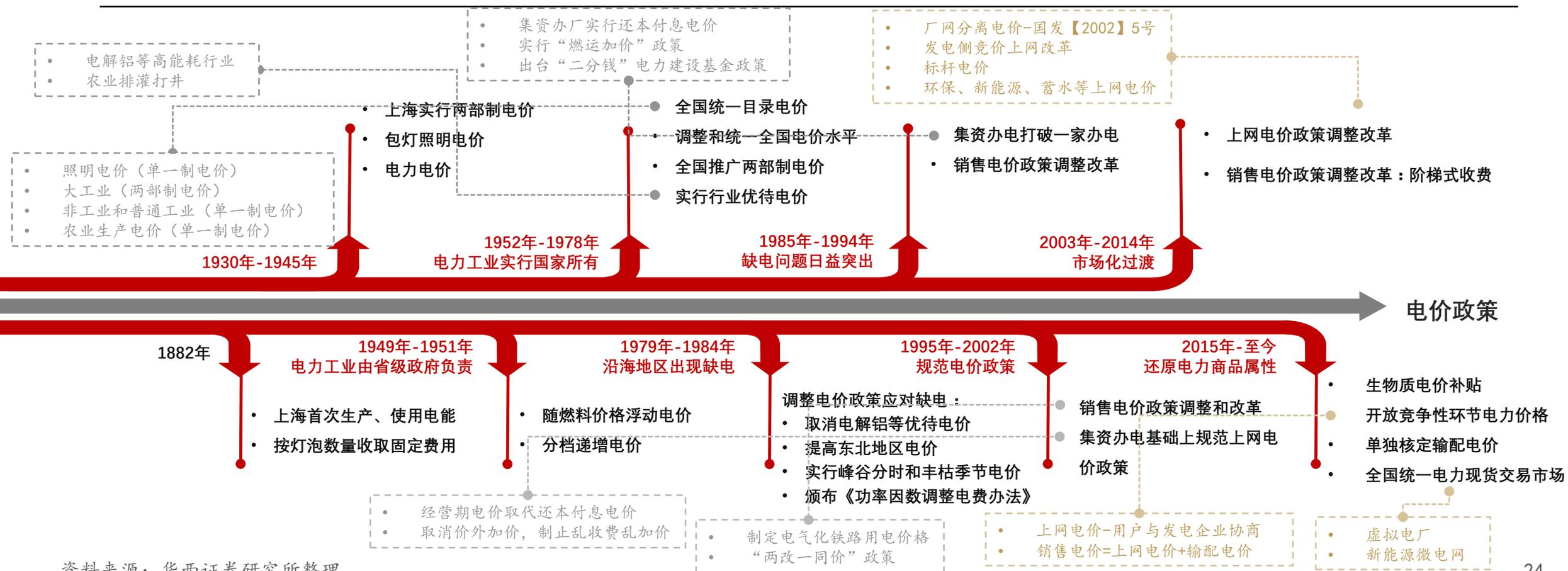


- 在这个平台上，清洁绿色能源，变得更加触手可及。

2.2 盈利能力催化3：电价机制改革不断深入，打开盈利空间

- ◆ **我国持续深入电价机制改革。**2021年10月，国家发展改革委印发《关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知》，明确燃煤发电市场交易价格浮动范围扩大为上下浮动原则上均不超过20%，让燃煤发电市场交易价格“真正”实现了“可升可降”。至此，交易电价市场化形成机制基本形成，为电价运行开启了双向通道。

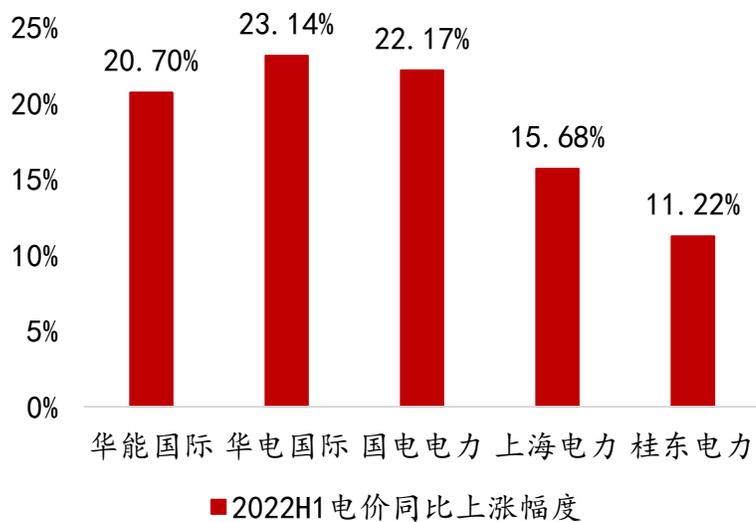
电价机制改革持续深入



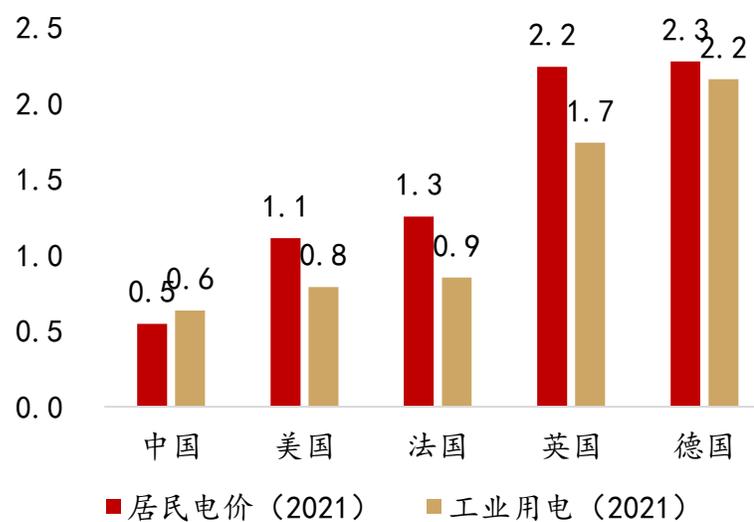
2.2 盈利能力催化3：电价机制改革不断深入，打开盈利空间

- ◆ 受惠于电价浮动放开，22H1发电企业上网电价普涨。
 - ✓ 2022年上半年，从上网电价平均涨幅来看，煤电占比高的发电上市公司，受惠于去年10月燃煤上网电价调整政策，从目前电力市场成交情况来看，普遍按照上浮20%顶格价格成交，带动公司平均上网电价的大幅提升。
- ◆ 目前我国电价与国际相比处于低位。根据经济日报，今年以来，欧洲电价不断刷新历史新高，按当前汇率换算，欧洲主要国家的电价高达每千瓦时4元左右，是我国居民电价的近10倍。随着市场化电价机制改革的不断深入，我们预计我国平均电价将维持上涨趋势。
- ◆ 我们认为，电价是决定虚拟电厂盈利能力的核心指标，峰谷电价差越大，虚拟电厂能为用户带来的价格激励越大。电价机制改革将为虚拟电厂进一步打开盈利空间。

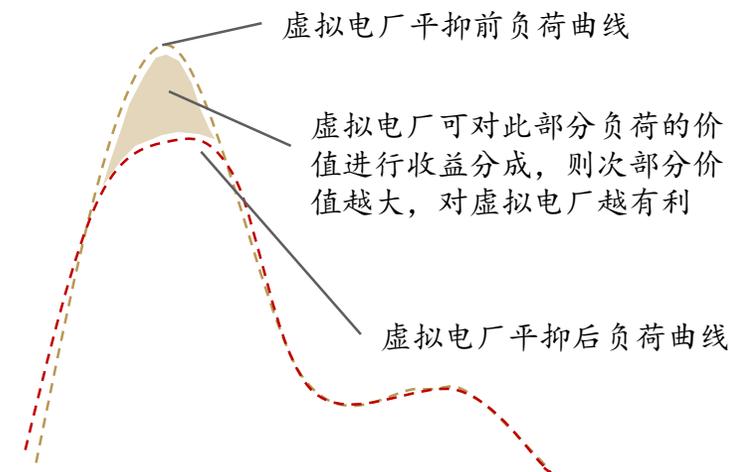
部分公司2022H1上网电价涨幅情况



我国电价与国际相比处于低位（单位：元/度）



电价是决定虚拟电厂盈利能力的核心指标



2.3 虚拟电厂规模空间测算

◆ 我们从①投资建设和②运营两个方面考虑虚拟电厂的市场空间。

◆ ① 投资建设角度：

- ✓ (1) 最大负荷：根据中电联预测，到2025年，全国全社会用电量为9.5万亿千瓦时，最大负荷为16.3亿千瓦；
- ✓ (2) 可调负荷需求：按照到2025年在全国构建最大负荷约5%的可调节负荷资源库，则2025年全国可调负荷资源库容量约为8150万千瓦；
- ✓ (3) 投资成本：根据《虚拟电厂运营管理平台建设方案》的调研结果，发电能力为10MW的商业楼宇型虚拟电厂的投资成本约为420万；根据国家电网测算（2020年），若通过建设虚拟电厂满足其经营区5%的峰值负荷需求，建设、运维和激励的资金规模约为400-570亿元，则倒推得到每kW可调负荷的建设运维资金规模约为800元。
- ✓ (4) **根据我们的估算，到2025年，虚拟电厂的投资建设市场规模将超过300亿元，平均每年投资建设规模达到105~200亿元。**

	2022E	2025E
全社会用电量（万亿kWh）	8.8	9.5
最大负荷（亿kW）	12.6	16.3
可调负荷需求	0.5%	5%
可调负荷资源库容量（万kW）	632	8150
投资成本（元/kW）	420 ~ 800	420 ~ 800
虚拟电厂总投资建设规模（亿元）	27 ~ 51	342 ~ 652
虚拟电厂年均投资规模（亿元）	-	105 ~ 200

2.3 虚拟电厂规模空间测算

- ◆ 我们从①投资建设和②运营两个方面考虑虚拟电厂的市场空间。
- ◆ ② 运营角度：
 - ✓ 我们认为虚拟电厂的核心是解决95%以上峰值负荷的问题，则核心是计算全社会5%最大负荷的价值。
 - ✓ (1) 可调负荷规模：我们假设到2025年能在全中国构建最大负荷约5%的可调节负荷资源库，可以解决95%以上峰值负荷的调节问题。
 - ✓ (2) 虚拟电厂平抑的用电量：我们假设到2025年，95%以上峰值负荷约为50小时，且到2025年最大负荷为16.3亿千瓦（中电联预测），则虚拟电厂可平抑的用电量将超过： $95\% \times 16.3 \text{亿} \times 50 = 774.25 \text{亿kWh}$ ；
 - ✓ (3) 虚拟电厂平抑负荷的价值：我们预计，到2025年，尖峰负荷的平均电价约为2.5元/kWh（根据各省需求响应补贴政策估算）；
 - ✓ (4) 若假设虚拟电厂与可调负荷对其平抑的用电负荷价值按1:1进行收益分成，则**根据我们的估算，预计2025年虚拟电厂的运营市场规模将达到968亿元。**
 - ✓ (5) 进一步，由于2030年新能源发电量占比将进一步提升到48%（中电联预测），发电端不稳定性进一步提升，我们预计可调负荷需求升至8%，虚拟电厂参与平抑的用电峰值负荷时长进一步提升。
 - ✓ 另外，由于全国统一电力市场的基本建成，市场化电价机制进一步放开，尖峰负荷的平均电价达到度电3.5元。
 - ✓ 则**根据我们的估算，预计2030年虚拟电厂的运营市场规模将超过4500亿元。**

虚拟电厂运营市场空间测算

	2025E	2030E
最大负荷（亿kW）	16.3	18.9
可调负荷需求	5%	8%
虚拟电厂参与平抑的用电峰值负荷时长（小时）	50	150
虚拟电厂参与平抑的用电量（亿kWh）	774	2608
尖峰负荷的平均电价（元/kWh）	2.5	3.5
虚拟电厂平抑的负荷价值（亿元）	1936	9127
分成比例	50%	50%
虚拟电厂运营市场规模（亿元）	968	4563



03 投资建议与风险提示

3.1 投资建议

- ◆ **投资建议：**信息技术是虚拟电厂的核心技术，电力IT企业核心受益。核心推荐**东方电子&国能日新&朗新科技**，受益标的还包括**恒实科技、远光软件、国电南瑞、国网信通、南网科技**等。
- ✓ **1) 东方电子：电力IT小巨人，业务全面对标国电南瑞。虚拟电厂方面，公司的核心竞争力在于【调度】。**公司在调度领域国网份额第二，仅次于南瑞，南网份额与南瑞并驾齐驱；我们看好公司核心调度能力在虚拟电厂场景中的复用。公司已经有多个虚拟电厂的项目实施案例，其中“粤能投”虚拟电厂管理项目是南网首个基于市场交易规则设计的虚拟电厂，我们判断下一阶段将在南方电网的五省进行复用。
- ✓ **2) 国能日新：发电功率预测龙头，电力交易市场有望拉动公司第二成长曲线。虚拟电厂方面，公司的核心竞争力在于【预测】。**公司自2020起开展虚拟电厂业务，虚拟电厂亦离不开对分布式光伏等资源的精准预测能力；同时，结合发电功率预测产品及电力交易策略产品，公司能形成发电侧与负荷侧数据的打通与良性互动，为相关业务运营主体提升经济效益等。
- ✓ **3) 朗新科技：用户侧能源数字化领先龙头+能源互联网唯一平台企业。虚拟电厂方面，公司的核心竞争力在于【聚合】。**公司深耕用户侧20年，运营“生活缴费”、“充电桩”等场景，并发展电力大数据平台；“聚合充电桩”包括“新耀光伏云”业务让公司成为天然的聚合商。公司具备相关储备能力，目前正积极考虑和规划虚拟电厂、需求响应等电力辅助服务方面的业务发展。（与华西通信组联合覆盖）

重点公司盈利预测与估值

股票代码	股票名称	收盘价(元)	投资评级	EPS(元)				P/E			
				2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E
000682.SZ	东方电子	8.80	买入	0.26	0.34	0.47	0.60	34	26	19	15
301162.SZ	国能日新	102.88	买入	1.11	1.12	1.58	2.27	93	65	47	36
300682.SZ	朗新科技	30.05	买入	0.81	1.10	1.47	1.94	37	27	20	15

注：PE根据8月23日收盘价计算。

资料来源：Wind，华西证券研究所

3.2 风险提示

- ◆ 政策落地不及预期
- ◆ 虚拟电厂技术发展不及预期
- ◆ 电力市场改革不及预期
- ◆ 市场系统性风险等

分析师与研究助理简介

刘泽晶（首席分析师）2014-2015年新财富计算机行业团队第三、第五名，水晶球第三名，10年证券从业经验

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxqz/hxindex.html>

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司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或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

THANKS

