

ESG绿色低碳转型系列（二十）：助力能源智慧化转型——虚拟电厂知多少

一、虚拟电厂的概念与通常理解——什么是虚拟电厂？

一般认为，虚拟电厂（Virtual Power Plant, VPP）是一种电源协调管理系统，通过信息技术和软件系统，实现分布式电源、储能、可调负荷等多种分布式资源的聚合和协同优化。理解虚拟电厂的核心在于把握其“聚合”和“通信”两大功能。虚拟电厂通过边缘智能和物联网技术，能够将分布式电源、柔性负荷、储能、电动汽车等分散式资源进行聚合；再利用集控系统为用户和电网调度中心提供连接的平台，实现聚合电力资源的协同控制，完成相应数据分析和运营策略调整。

虚拟电厂的应用场景十分广泛，可以应用于辅助服务、需求响应、市场化交易、能效管理等各个方面：作为集控平台，虚拟电厂既可以通过通信技术引导用户负荷进行调峰、调频，参与电力辅助服务市场；也可以将分散式资源聚合后开展电量销售结算等市场化交易；此外，虚拟电厂还可以充分发挥其优化调度能力，为高耗能用户节省电费，从而获得能效管理的服务费。

二、中国新能源市场发展带来的需求——为什么需要虚拟电厂？

（一）新型电力系统“双高”特征明显，电力供给侧和需求侧具有“双随机性”

1. 高比例可再生能源接入导致供给侧具有随机性

随着“双碳”目标的提出，新能源已经成为中国能源发展的明确方向。国家统计局公布的数据显示，2021年水电、核电、风电、太阳能发电等清洁能源消费量占能源消费总量的25.5%；并网风电装机容量同比增长16.6%，并网太阳能发电装机容量

同比增长20.9%。¹可以预见，在未来十年中，可再生能源将迎来更大的发展机遇，风、光伏发电在能源结构中的比例也将持续增长。但众所周知，新能源发电严重依赖于自然资源，具有随机性、间歇性和波动性的特点，若规模化直接并入电网发电，会给电网实时平衡状态带来挑战。此外，中国电力行业低碳转型导致分布式发电比例逐渐提高，但其分散性和随机性也使得发电可控性较弱，分布式能源的并网发电对电网运行的稳定性和平衡性提出了更高的要求。

2. 高比例电子电力设备应用使得需求侧也具有随机性

就需求侧而言，终端电气化水平提升与新型负荷不断涌现，电动汽车、充电桩、数据中心、负荷聚合商、综合能源系统等用户的数量激增，不均匀的充电用电时间导致电网行为随机性明显，电网负荷进一步加强。以新能源汽车为例，2021年，中国新能源汽车销量达到352万辆，同比增长157.7%；截止2022年11月，全国充电基础设施累计数量为494.9万台，同比增加107.5%。²电力消费主体多样化导致用能不确定性增强，能源保供工作需要提高需求侧电力负荷的弹性。

（二）虚拟电厂的灵活性和经济性

“双高”导致的随机性使得保障电力系统的灵活性成为电力系统转型的核心需求，虚拟电厂的出现正是回应了这一需求。作为一种广泛聚合与调控多元资源的技术，虚拟电厂既可以避免一味地增加供给侧发电导致的电力冗余，也可以通过调峰调频服务、需求响应等形式，最大程度地利用存量资

¹ 国家统计局：《中华人民共和国2021年国民经济和社会发展统计公报》

² 中国电动汽车充电基础设施促进联盟：《2022年11月全国电动汽车充电基础设施运行情况》

源促进源荷互动，有效提升系统平衡与动态调节能力。

不仅如此，与新建实体电厂相比，虚拟电厂在一定程度上能够节约更多成本，经济效益更好。国家电网的一组数据显示，我国电力行业通过火电厂实现电力系统削峰填谷，满足 5% 的峰值负荷需要投资 4000 亿元；而通过虚拟电厂，在建设、运营、激励等环节仅需投资 500 亿~600 亿元，成本仅为火电厂的 1/8 左右。³

三、虚拟电厂的国内实践——中国的现状如何？

（一）法律环境现状

1. 国家积极鼓励发展虚拟电厂，顶层设计亟待完善

2021 年以来，我国不断出台虚拟电厂支持政策，在鼓励通过虚拟电厂发挥负荷侧能力的同时，明确虚拟电厂的主体资格，具体包括：（1）鼓励通过虚拟电厂挖掘需求侧资源并组织其参与需求响应；（2）2021 年 12 月，国家能源局发布《电力并网运行管理规定》和《电力辅助服务管理办法》，明确将虚拟电厂作为一类并网主体和辅助服务市场参与主体；（3）今年 11 月，国家能源局公布《电力现货市场基本规则（征求意见稿）》，指出电力现货市场近期建设主要任务为推动虚拟电厂等新兴主体参与交易。

至此，虚拟电厂参与各类电力市场的合格主体身份基本明确，可以预见未来虚拟电厂对市场交易的参与将进一步得到扩大。但需要注意的是，就虚拟电厂政策的顶层设计仍然缺失，目前国家层面还未出台虚拟电厂专项政策，虚拟电厂的功能定位、相关标准规范与技术管理体系、市场准入和运行机制等方面仍有待进一步规范。

2. 多省将虚拟电厂纳入“十四五”规划，部分省市推出虚拟电厂专项政策

截止目前，已有北京、上海、广东、河北、湖南等十余个省市将虚拟电厂纳入地方“十四五”电力规划或能源规划，重点关注虚拟电厂在需求响

应和辅助服务领域发挥的作用。从 2021 年起，各省市纷纷出台政策，强调虚拟电厂运营商可作为市场主体参与需求响应并获得收益；此前浙江、江苏等地已开展虚拟电厂等第三方主体和用户资源参与调峰辅助服务试点工作。⁴今年上半年起，华东、南方等五大区域也相继公布《电力辅助服务管理实施细则（征求意见稿）》，明确虚拟电厂可作为提供电力辅助服务的主体。⁵

除此之外，部分省市还针对虚拟电厂出台了专项政策，为虚拟电厂的落地提供了更明确的方向：2022 年 6 月，山西省发布首份省级虚拟电厂实施方案，将虚拟电厂分为“负荷类”虚拟电厂和“源网荷储一体化”虚拟电厂，并对运行速率和响应时间等多项技术指标提出要求。⁶随后，山东省宣布自 7 月份起，虚拟电厂可作为独立市场主体参与电力现货市场交易，并公布了参与方式、基本权利和义务、接入技术要求等交易机制。⁷随着虚拟电厂项目的不断深化发展，预计将来会有更多的实施方案发布。

（二）虚拟电厂项目实践情况

现阶段中国虚拟电厂的商业模式尚未成熟，处于多地试点示范应用阶段，缺乏统一的交易规则。实践中虚拟电厂项目多是提供需求响应及辅助服务，市场化程度不高，更多是通过价格补偿或政策引导来参与市场，盈利则多来自政府部门的专项费用补贴。我们注意到，目前已存在一些虚拟电厂的既有项目，包括国网冀北泛在电力物联网虚拟电厂、华北电网综能虚拟电厂、上海虚拟电厂、国电投深圳能源发展有限公司虚拟电厂平台、华能浙江虚拟电厂等。

四、可能存在的法律问题——我们的观察与思考

（一）各地规则不一，虚拟电厂定位和权责边界不明

⁴ 《江苏电力市场用户可调负荷参与辅助服务市场交易规则（试行）》、《浙江省第三方独立主体参与电力辅助服务市场交易规则（试行）》

⁵ 《南方区域电力辅助服务管理实施细则（征求意见稿）》、《华东区域电力辅助服务管理实施细则（模拟运行稿）》、《东北区域电力辅助服务管理实施细则（征求意见稿）》、《华北区域电力辅助服务管理实施细则（征求意见稿）》、《西北区域电力辅助服务管理实施细则（征求意见稿）》

⁶ 山西省能源局《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》（晋能源规[2022] 1 号）

⁷ 国家能源局山东监管办公室、山东省发改委、山东省能源局《关于进一步做好 2022 年下半年山东省电力现货市场结算试运行工作有关事项的通知》（鲁监能市场[2022] 34 号）

³ 《能源评论》编辑部：《虚拟电厂：构建“生态位”》，载《能源评论》2022 年第 10 期。

目前各地对虚拟电厂的市场准入门槛有所不同，多数地区将虚拟电厂的运用集中于需求响应和辅助服务市场，仅有小部分地区开放了电力现货市场的准入试点。此外，现阶段虚拟电厂仍然主要是通过政府机构或电力调度机构发出邀约信号来参与市场，市场化交易机制的缺位使得虚拟电厂没有明确的技术规范以及权利责任规定，商业化应用还有较大困难。在现有法律法规体系下，电力系统及电力市场有着一整套相对成熟的法规制度及规范，而虚拟电厂作为新兴主体，在缺乏顶层专项政策的前提下，如何遵守上述法规制度及规范，如何参与交易，仍是市场需要面临的主要问题。虚拟电厂的建设、运营、市场准入、参与、监管，系统如何设计、成本分摊机制、盈利模式、交易机制等关键问题也都尚未解决，行业的长期发展尚面临不小的困难。

（二）数据保护和网络安全将成为重点问题

虚拟电厂的核心之一在于通信，在分散式终端接入后，依靠信息通信和协调控制等技术采集、组织、分类和处理智能电网中的大量信息，从而控制用电需求和发电输出，这一过程涉及多交易主体的用户敏感数据处理。如何保障用户用电信息的隐私

性，保证用户负荷不被恶意干扰或盗取权限，将成为构建虚拟电厂信息安全防护体系的重中之重。此外，虚拟电厂由海量设备互联而成，传统电力设备和各种终端将通过数字技术并入一个复杂的大型系统中，过去有限联网的关键设备可能被暴露在新的网络风险之下，处于末端的设备也由于其较低的安全防护能力在网络攻击中格外脆弱。能源系统的稳定安全运行关乎国计民生，系统的智能化转型也需解决网络安全问题。

结语

虚拟电厂对保障电力系统安全稳定运行、推动能源智慧化转型具有不可或缺的重要作用。随着“十四五”规划的提出以及电力市场化改革的深入，虚拟电厂势必将迎来更大发展机遇。虚拟电厂的商业化和规模化发展需要继续统筹设计其功能定位、完善市场准入和运行机制、建立相关标准和管理体系，我们也期待着相关制度的进一步完善及明确，以激发各方主体以多样化途径参与虚拟电厂建设与发展的积极性。

程 远 合伙人 电话：86 10 8553 7638

邮箱地址：chengyuan@junhe.com

杜丽婧 电话：86 10 8553 7684

邮箱地址：dulj@junhe.com

张文嘉 实习生 电话：86 10 8553 7764

邮箱地址：zhangwj@junhe.com

本文仅为分享信息之目的提供。本文的任何内容均不构成君合律师事务所的任何法律意见或建议。如您想获得更多讯息，敬请关注君合官方网站“www.junhe.com”或君合微信公众号“君合法律评论”/微信号“JUNHE_LegalUpdates”。

