

新型电力系统建设需要面对“能源三角”难题，即同时实现安全、环保和经济，虚拟电厂有望为此提供重要助力。

在新型电力系统建设中 虚拟电厂的角色定位

文 / 曾鸣

在“双碳”目标下，大力发展风、光等新能源是我们明确的方向。当前，电力供给侧和需求侧体现出“双随机”特征，给电力保供工作、系统经济高效运行等带来了严峻挑战：一方面，波动性和间歇性较强的风、光发电在电源结构中的比例持续增长，供给侧随机性日益凸显；另一方面，终端电气化水平提升与新型负荷不断涌现，例如电动汽车、数据中心、负荷聚合商、综合能源系统等新业态用户的出现，导致需求侧的随机性越发显著。

面对这样的挑战，虚拟电厂作为一种广泛聚合与调控需求侧多元资源的技术，可以显著提升电力系统的灵活性与调节能力，进而有效应对“双随机”带来的诸多问题。因此，我们

要高度重视虚拟电厂在新型电力系统中的角色定位，并发挥好其作用。

助力新型电力系统， 解决“能源三角”难题

新型电力系统建设需要面对“能源三角”难题，即同时实现安全、环保和经济，虚拟电厂有望为此提供重要助力。

首先，虚拟电厂能助力新型电力系统安全可靠运行。虚拟电厂可降低大规模波动性可再生能源并网对系统稳定性的冲击。虚拟电厂通过对分布式能源、多元负荷资源的整合和优化控制，形成了一种“风险对冲”资源，可根据电网安全运行需求，以调峰服务、调频服务、需求响应等形式

灵活参与电力系统资源配置，有效强化电力需求侧与供给侧的协同互动，显著提升电力系统平衡能力与动态调节能力，进而有效应对新能源出力波动性带来的安全运行风险。

其次，虚拟电厂能助力新型电力系统绿色环保运行。虚拟电厂可提升可再生能源的消纳水平，简单来说，即通过合格的虚拟电厂，在保证可靠性前提下将有更多的风能和光能实现并网。一方面，虚拟电厂可发掘可控负荷、可中断负荷、电动汽车、储能等资源，追踪可再生能源的潜力，通过引导需求侧资源外部特性匹配供给侧可再生能源出力曲线，促进可再生能源电力的规模化消纳；另一方面，建设虚拟电厂可针对分布式可再生能源设备的接入、通信、控制及优化



加速虚拟电厂规模化发展， 需要从顶层框架、市场机制、 数字技术和商业模式四个 方面发力。

>> 工作人员在世界人工智能大会上介绍上海商业建筑虚拟电厂。

运行，形成标准化体系与方案，进而实现对配网侧分布式资源有序管理，提升分布式资源接入电网的友好性，为分布式可再生能源消纳提供重要支撑，从而提高可再生能源接网和消纳的水平。

最后，虚拟电厂能助力新型电力系统经济高效运行。当大规模的可再生能源接网后，系统在调频、储能和微电网改造等方面会面临一系列新的挑战。为了迎接这些挑战，需要投入大量资金，推高用电成本。虚拟电厂则能有效提升系统运行的经济性。一

方面，虚拟电厂可在兼顾电网、聚合商、用户等主体利益诉求的前提下，通过激励措施、市场交易等多样化方案，充分发掘既有资源参与系统灵活调节的潜力与积极性，与深度调峰改造、增加发电装机容量及配套电网建设等方法相比，该方法技术经济效果更好；另一方面，虚拟电厂可突破物理地域的限制，通过层级化管理架构实现对不同节点和电压等级的分散资源的聚合和控制，解决从日级到毫秒级的多时间尺度运行控制问题，实现大范围时空域内的资源优化配置，有

效提升综合化效益。

总之，虚拟电厂既能在消纳更多新能源的基础上助力保供电，又能提高能源的综合利用效率，降低整个电力系统的运行成本——支撑起“能源三角”是虚拟电厂助力新型电力系统建设的主要方式。

兼顾多方需求， 推动虚拟电厂加速发展

现阶段，我国虚拟电厂总体上处于试点示范阶段。为进一步发挥虚拟电厂对新型电力系统建设的支撑作用，需要从顶层框架、市场机制、数字技术和商业模式四个方面加速虚拟电厂的规模化发展。

从顶层框架来看，我国亟须加快制定、完善虚拟电厂建设与发展的指导意见。立足我国能源电力工业转型进程及系统发展水平，结合相关技术发展趋势，从聚合类型、聚合模式、物理参数、信息化水平等维度明确虚拟电厂相关标准规范与技术体系，加快虚拟电厂发展规划编制工作，分地区、分阶段明确虚拟电厂发展重点，根据市场需求完善进入与退出机制，推动我国虚拟电厂实现规模化、产业化和有序化发展。

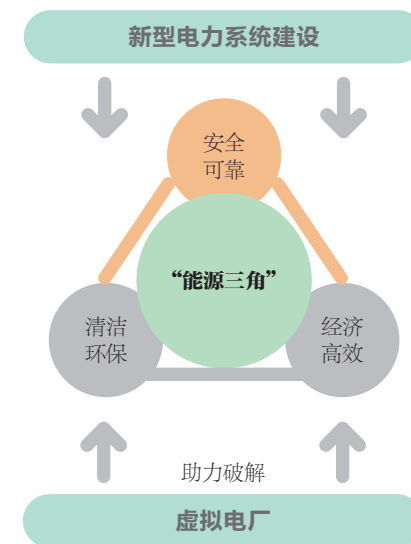
从市场机制来看，要依托市场这只“看不见的手”激发虚拟电厂的发展活力。在起步阶段，应注重对虚拟电厂市场主体的培育，探索虚拟电厂与电力市场之间，以及虚拟电厂内部多元主体之间的互动机制，扩大市

场主体范围、完善交易品种；在成熟阶段，应注重还原虚拟电厂调峰、调频等服务的商品属性，通过建立和完善市场化交易规则、设立有效的竞价机制，进一步激发虚拟电厂参与市场交易的积极性；在资源配置扩大化阶段，应注重建立省间、省内协调运作的市场机制，充分发挥省间资源协调互补特性，推动虚拟电厂融入全国统一市场架构，实现在更大时空范围内参与资源的优化配置。

从数字技术来看，要加速数字化转型进程。近年来，国家电网有限公司、南方电网公司在数字通信技术与能源融合的问题上做了很多研究，不仅成立了相关的专家委员会，还举办了多场论坛。以国网冀北电力为代表的省级电力公司也积极参与实践，推动先进数字技术在虚拟电厂领域的创新应用。深化“大云物移智链”等先进信息技术与虚拟电厂的融合，推动智慧综合管理平台建设，有效覆盖用户接入与审核、保量保价、在线优化与出清、自动化签约、执行结果溯源与结算等环节，促进能源信息流动和开放共享，实现虚拟电厂的聚合用户管理、系统状态感知、运营策略动态优化、指令实时下发等功能，为打造可观、可控、可靠的虚拟电厂提供重要支撑。

从商业模式来看，加速虚拟电厂商业模式创新，推动多元化投融资体制机制建设。具体来说，就是要制定促进虚拟电厂产业发展的金融、投

只有围绕虚拟电厂建立起综合生态模式，并确立相关各方在生态系统中的定位，才能推动虚拟电厂可持续发展，这也是我们接下来要探索的重要方向。



>> 图表由作者提供

能；设备类型多样——既有分散式风机，又有分布式光伏，还有现在发展势头正猛的电动汽车等。

在运营层面，虚拟电厂的平台建设、服务业务的开展，除了需要配备专业运维人员来协调各种能源的耦合，还需要市场的多元主体积极参与。仅仅靠一家公司难以实现对所有项目的投资，只有围绕虚拟电厂建立起综合生态模式，并确立相关各方在生态系统中的定位，才能推动虚拟电厂可持续发展，这也是我们接下来要探索的重要方向。

在投资层面，一定要保证多方投资者的互惠共赢，这是产业生态保持稳定和持续发展的基础。同时，还要在相关部门的指导下，明确多方投资者中的牵头企业构建生态。

电网企业不仅对数据的掌握较为全面，而且在其服务区域内，全国有大量已投入运行、在建和待改造的园区，具有很大的潜力。如果由电网企业牵头建立多能耦合平台和仿真模型，在规划、运行阶段持续优化多能耦合算法，并将投资回报率以及与电网互动方式等信息告知其他投资者，将会大大激发市场潜力，促进虚拟电厂生态模式的建立。

要明确的是，虚拟电厂属于竞争性业务，整个产业生态要有利于竞争活力的迸发，在多元主体的共同努力下促进健康可持续发展。■

（作者系华北电力大学教授、能源互联网研究中心主任；编辑整理：本刊实习记者冯睿哲）

资、财税等综合性政策，稳步拓宽虚拟电厂投融资渠道，有序引入多元化资本，建立直接融资与间接融资互为补充的融资模式。鼓励各方资源以多样化途径参与到虚拟电厂建设与发展的过程中，为虚拟电厂业态培育提供良好环境与重要动能。

电网牵头做生态， 发展综合能源服务

针对虚拟电厂运营的管理和控制系统必不可少，运营平台要能够协调电、热、气、冷的耦合与转化，发展综合能源服务业务。

在主体层面，虚拟电厂涉及多种市场主体，分布范围广泛——在供给侧的各种电站、在需求侧的多种可调节负荷、在电网配网侧的不同类型的储