

虚拟电厂技术的标准化需求迫切，势在必行。

# 市场动力澎湃，更需注重“标准”

文 / 焦丰顺

8月，国内首家虚拟电厂管理中心在深圳成立。该中心首期接入分布式能源、数据中心、充电站、地铁等负荷聚合商14家，包括数据中心型、电动汽车型、楼宇管理型，以及政府托管型，总容量达87万千瓦。在电力供应紧张时段，虚拟电厂管理中心可直接调度分散的新能源汽车充电设施、储能等分布式资源，以及楼宇的空调、照明等可调节负荷，降低用电功率。

深圳作为中国的一个经济特区，在发展虚拟电厂方面，既是一个示范区，也是一个试验区。项目初期，虚拟电厂的需求响应被认为是深圳可持续发展的有益方向。

## 动力来自三方面

深圳在虚拟电厂领域的实践的发

端之一是一场国际合作。2008年，中美两国政府签署的十年合作框架下的《绿色合作伙伴计划框架》是双方开展具体务实合作的一个平台。2017年，深圳供电局联合美国自然资源保护协会、清华大学等单位成功申报了当年度中美绿色合作伙伴计划，成为国内首家入选该计划的电网企业，开展了关于市场机制下价格驱动的绿色电力供需友好互动关键技术及示范应用项目的合作。团队选择虚拟电厂和需求响应作为核心技术抓手，开展了涉及新技术、新政策、新业态的综合研究。

虚拟电厂的开发建设与电网企业的外部环境、内部需求、本地负荷特征等密切相关，综合多种因素可以看到，深圳起步较早的潜在动力来自以下三个方面。

首先，深圳是电力体制改革的首批试点城市之一，政策支持和电网企业经营模式的改变促使电网企业进行业务拓展。2015年11月，国家发展改革委、国家能源局会同有关部门印发了《关于推进输配电价改革的实施意见》《关于推进电力市场建设的实施意见》《关于电力交易机构组建和规范运行的实施意见》《关于有序放开发电计划的实施意见》《关于推进售电侧改革的实施意见》《关于加强和规范燃煤自备电厂监督管理的指导意见》等6个电力体制改革配套文件，新一轮电力体制改革进入实施阶段。国家、电力行业、地方层面对深圳电网业务升级的要求，例如电力供需互动、电网智能化提升等，在一定程度上可以通过虚拟电厂调度来实现。

其次，电力负荷快速增长与电力

## 电力源网荷储各个环节须高效互动，打好信息化基础，产学研用管的专家学者应通力合作，共建更专业的虚拟电厂技术平台。

设施可用土地资源受限之间的矛盾日益凸显，从可持续发展的角度考虑，电力供需互动技术的研发与应用势在必行。深圳电网是“三高一限”型的城市电网。“三高”指高负荷密度、高供电可靠性、高电能质量要求，“一限”指土地资源受限。深圳电力可用土地的利用率接近70%，电网目前最高负荷达到2100万千瓦，根据规划，未来负荷将突破3500万千瓦。深圳电网“三高一限”的资源特征也正需要虚拟电厂这类辅助型资源调度手段来弥补和调节。

最后，以新能源汽车为代表的具有可调度潜力的新增大容量负荷快速发展，在给电网安全稳定运行带来挑战的同时，也为虚拟电厂这类综合能源技术的发展提供了土壤。截至2022年5月，深圳全市新能源汽车总规模为41万辆（约占机动车总量的10%）。据预测，至2025年，深圳全市新能源汽车总规模约为100万辆。未来深圳市新能源汽车充电总负荷将占全市最高负荷的5%~7%。深圳本地负荷增长快、峰谷差大、空调和新能源汽车等可调度弹性负荷多的特点，适合发展需求响应技术。

基于以上选点原则和多重考虑，综合考虑用户意愿、资源条件等因素，项目选择了深圳湾科技生态园Ⅲ区、普天新能源（深圳民乐充电站和福田枢纽充电站）、欣旺达光明工业园微电网、110千伏潭头变电站储能项目、虚拟电厂项目的相关研究和实践得以启动。

项目实现了全资源整合、闭环优

化调控，全面包含源、荷、储可控资源，且均可参与调度调控，打通了中小型分布式能源与调度的通信及调控，实现了真正意义的主动配电网。用户和系统之间实现友好互动，达到柔性负荷自动控制，避免直接切断或关停负荷，影响用户体验。高可靠、易维护、实时性好、通用性强、功能易扩展等是虚拟电厂项目的亮点。智能终端采用灵活的模块化设计，具备通用接口，可适应不同类型的分布式能源资源接入，集成更多应用功能。同时，智能终端采用的远程终端控制系统具有较强的可编程能力，可灵活实现分布式能源用户所需的定制化逻辑控制功能，保证现场运行稳定可靠。

面对高冗余规划难解决、电力市场机制与可再生能源消纳机制不完善等问题，虚拟电厂的深圳实践为新型电力系统如何发展提供了一个思路。

## “三步走”发展策略

研究虚拟电厂，系统架构、资源调控和市场交易模式是核心命题。

虚拟电厂的系统架构设计方面，从技术角度可分为集中式、半分布式（也称分层式）、完全分散式三种。广东省虚拟电厂发展所采用的系统架构是分层式。

在“资源优化调控策略”方面，主流策略包括三类：以经济效益最优为目标，以美国为代表；以新能源最大化消纳为目标，以德国为代表；以系统运行最优、最小化配电网网损等为目标，我国属于此类。电网作为一个基础保障型行业，本质上应从事管



制性业务，不太适宜长期深度参与竞争性业务，所以未来应是各类资源聚合商来唱主角，在完全分散式架构的虚拟电厂中博弈与合作。

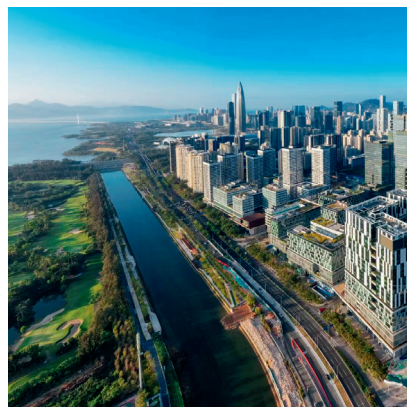
在“电力市场参与模式”方面，主要做法有两类：一是基于每个分布式能源的运行参数、边际运行成本、调度计划等信息设计不同的分布式能源聚合方案与竞价策略，参与电力市场交易，实现虚拟电厂运营商经济效益最大化；二是基于博弈论、机器学习法、情景分析法等理论构建基于多代理的竞争电力市场模拟器，并将其应用于虚拟电厂参与日前交易决策。

从全球发展状况来看，虚拟电厂正处于从示范项目到商业应用过渡时期。目前，我国处于发展初级阶段，以研究示范为主，在部分区域开展市场化的探索，在推进主体方面仍是“政府做引导、电网唱主角”，但同时多元化的负荷聚合商也成为重要的新兴力量。

当前深圳可供虚拟电厂调控的资源种类多、分布分散，且虚拟电厂相关的体制机制及市场规则尚处于探索期，因此深圳当前适宜选择的系统架构为半分布式（分层式）架构。结合国内外调研成果，本着稳健发展的原则，深圳虚拟电厂适用“三步走”发展策略，推荐总研发周期为5~6年。

“三步走”发展策略的第一阶段，可以通过在调度及交易层开展削峰试点建设，在虚拟电厂层进行架构路线体系和优化调控策略研究，同时

### 深圳虚拟电厂试点示范应用



深圳湾科技生态园



深圳民乐充电站



大鹏柚柑湾分布式储能设施



110千伏潭头变电站储能设施



欣旺达光明工业园微电网

>> 资料来源：南方电网深圳供电局

进行软件平台原型等基本功能开发及关键技术验证，在分布式资源层规范智能终端技术，开发智能终端原型，研究用户资源特性等来探索开展虚拟电厂的可行性，掌握虚拟电厂核心技术。

第二阶段，通过虚拟电厂参与电力市场现货交易试运行系统及规则研究，接入调度系统和电力交易系统规范，持续推进市场机制研究，加大试点推广，完善第一阶段已有技术和原型开发，规范编制和标准。

与前两阶段不同的是，第三阶段工作的开展需要一定的触发条件，即虚拟电厂相关市场机制的建立。大数据、人工智能的预测、交易、控制算

法等也是该阶段研究的重要内容。

综合考虑，虚拟电厂能源共享平台能够步入商业化推广应用阶段，但应以虚拟电厂技术标准化及安全、有效、经济等为基础。

### 迎诸多挑战 需标准先行

虚拟电厂未来面临的主要挑战包括顶层设计、安全问题、功能设置的有效性和经济性、数据基础问题、知识产权维护问题等。通过与不同企业和虚拟电厂参与者交流，我们发现有能力企业希望维系自己在电力市场中的领先地位，更多的企业是想了解如何参与虚拟电厂并成为这个系统的成员。

深圳作为虚拟电厂领域的探路者，亦有矛盾与困惑——用电需求的快速增长和可用土地资源的快速枯竭，严重冲击城市电力系统的可持续发展，未来五到十年供电缺口可能会持续出现；将源网荷储侧采用“去中心化”的方式打通后，电网会不会被不合理地“旁路化”？

前路虽有重重迷雾，不妨我辈破浪向前！基于实践经验，在虚拟电厂未来发展方向上，有以下几方面的思考和建议：

在顶层设计方面，须从产业化的高度对虚拟电厂技术架构做全面勾画，并制定细致的分步实施策略。

在安全问题方面，虚拟电厂技术

在实现灵活电力资源与电网有效互联的同时，也带来了新的安全隐患，这种隐患在信息安全层面显得尤为突出。

在功能设置的有效性和经济性方面，面向不同的应用场景（城市、农村）、不同的运营者（电网公司、负荷集成商、用户），虚拟电厂应具备哪些功能，以及系统软、硬件如何合理配置亟待进一步探索。

在数据基础问题方面，从理论上讲，虚拟电厂可以为电力源网荷储提供一个高效的互动渠道。但真正实现这一点，需要相关各环节的参与方在虚拟电厂互动的的方式、内容、权责等方面达成共识，并打好信息化基础，

避免信息壁垒和信息盲区。

在知识产权保护方面，现阶段，虚拟电厂技术在各研发单位还处于储备技术阶段，前期投入初现效益的曙光。在此情形下，各家是“一招鲜，吃遍天”，还是携手将虚拟电厂技术推向更高的平台，先共同把蛋糕做大再竞争？这一点值得业内人士共同思考。

虚拟电厂技术的标准化需求迫切、势在必行，因涉及电力源网荷储各个领域，尤其需要来自产学研用的专家学者通力合作。■

（作者系南方电网深圳供电局技术专家；编辑整理：本刊实习记者王若溪）