

虚拟电厂能缓解高峰用电紧张吗？

科技与新知

“新老接替”，让天气预报更精确

入夏以来，全国多地持续高温天气，居民用电负荷也快速增长。今年以来，多份政策文件相继出台，支持虚拟电厂（VPP）建设。那么，被频频提及的虚拟电厂究竟是何“秘密武器”？它能缓解社会高峰用电紧张吗？



图片来源：IC Photo

大规模储存电能是世界性难题

当前，经济回升叠加高温天气，使能源电力安全保供压力加大。在近日国新办举行的国务院政策例行吹风会上，国家发展改革委副秘书长刘国鹏表示，入夏以来全国日调度发电量三创历史新高，最高达到301.71亿千瓦时，较去年峰值高出15.11亿千瓦时；全国最高用电负荷两创历史新高，最高达到13.39亿千瓦，较去年峰值高出4950万千瓦。

能源保障和安全事关国计民生。缓解用电高峰的供应压力，是国际通用的应对尖峰负荷最经济手段。用电高峰往往与极端高温或极寒天气密切相关。一年之中的用电负荷并不均衡，夏天是空调使用高峰，也是用电负荷最高的季节，冬天的电负荷波动相对较小，春秋两季的用电负荷一般较

低。总的来看，一般上午7点到晚上11点为用电高峰，晚上11点至次日7点为用电低谷。用电高峰在白天，低谷在晚上，这样就可能造成白天电不够用、晚上电用不完的问题。针对此现象，电力系统普遍的做法是进行削峰填谷，例如一些重点耗能企业白天少开工、晚上多作业，达到优化节约能源使用的目的。

有人提出，直接把低谷时段的电能储存起来，需要的时候再用不就行了吗？但现实情况是，目前世界上还没有哪一种储能方式能够更好地实现大规模电能的储存，能储的大规模储存一直是个世界性的难题。

所谓电能储存，主要是指将电能转化为化学能、势能等其他形态，在需要的时候将这部分能量释放出来。日

常生活中最常见的储能设备就是蓄电池，大到电动汽车，小到充电宝，我们都经常会遇到或使用到。但是，电池的应用场景目前大多仅限于此。如果储存足够整座城市使用的电能，就需要建设一个巨型的超大电池，相关技术的成本之高、土地资源和能源消耗之大，可想而知。

近年来，我国用电负荷不断攀升，除增加供给调节能力外，需求侧也在不断发挥调节潜力。国家发展改革委持续推动电力需求侧响应相关工作，电动汽车、新型储能、分布式电源、虚拟电厂等需求侧新业态不断涌现，同时，国家还出台各类政策鼓励各类经营主体积极参与市场化需求响应，通过自主调节用电来获取相应收益。

以“能源定制”降低家庭开支

如何把用户需求侧的“潜力股”集合利用起来，是未来电力资源调配的重要方向。随着分布式光伏、用户侧储能（包括家庭储能、工商业储能、储能充电桩等，针对的客户是用电方，近两年受政策激励在我国发展较快）、电动汽车充电桩的发展，电力用户侧的灵活性愈发提升，数字化程度不断提高，各类资源呈现数量多、单体小、类型杂等特点，难以直接参与电力系统运行和相关交易。如何唤醒、优化、发挥这些海量的用户侧资源，使其有效参与电网运行和市场交易，建立低碳、安全和经济的新型电力系统，需要一个能协同用户侧资源优化运行控制和市场交易的“智能管家”。

这个“智能管家”就是虚拟电厂。即使是一户家庭、一辆电动汽车，也能成为虚拟电厂的一部分。和共享经济类似，虚拟电厂也是通过信息化协调方式，将海量分散的资源“聚沙成塔”。打个比方，极端高温天气预警时，虚拟电厂可以根据用电缺口调节需求，向用户发出邀约，调配多余的电量解燃眉之急。再比如，电动汽车充电期间，虚拟电厂可根据电力市场价格波动情况，实时优化充放电策略，从而减少用户的充电成本。

另外，很多家庭中都有空调、洗衣机、热水器、电动汽车，每个设备都需要电力供应，但它们的用电时间、时长、需求量有一定差异，对电网供电压力的影响也存在区别。虚拟电厂所起的作用，便是可以迅速根据不同设备的状态、需求、市场价格、天气情况等信息，精细化地实现智能调控。比如，在市场价格高、电力供应紧张的时候，对各设备实现精准调控，使其少用电、少购电；在市场价格低、电力供应平稳的时候，在满足用能需求的情况下，利用储能设备将多余的电能储存起来，满足电力市场价格较高时段的用能需求。利用虚拟电厂这个“智能管家”，为每家每户实现定制化的能源使用服务，降低用户的能源成本开支。

如同前文所说，我国虚拟电厂仍处于由政府部门牵头、各阶段商参与、共同完成的早期阶段。试点阶段的虚拟电厂，也有待标准的统一和政策的细化。就技术而言，大部分虚拟电厂试点实现了初步的用户监测，但还没有完全实现对优化调度和分布式能源的闭环控制。同时，虚拟电厂的发展需要依托于电力市场化交易，我们还需耐心培育成熟的市场服务和可持续发展的市场环境。未来，随着我国电力中长期、现货、辅助服务市场等机制的不断完善，再通过AI技术提升数字化智能水平和产业升级，我国虚拟电厂的发展前景可期。

（据《北京日报》）

虚拟电厂究竟是什么

1831年，迈克尔·法拉第发明的电动机开创了人类发电的先河，将机械能转换为低电压下的电磁动力，这一伟大发明启发了托马斯·爱迪生和约瑟夫·斯旺等科学家，他们随后的发现使大规模发电成为现实。1882年，世界上第一座火力发电厂霍尔本高架发电站（又称爱迪生电站）诞生，电厂以煤为原料，通过锅炉产生蒸汽后驱动汽轮机发电。这座发电厂近千盏白炽灯，照亮了从霍尔本马戏团到圣·马丁大酒店的街道，后又扩大发电规模，为附近的私人住宅提供照明。时至今日，人类社会的电力供应模式与此一脉相承，总体上是由集中的发电厂向周围电力用户辐射输送电力。

如今，一种新型的资源整合形式“能源聚合商”正在进入人们视野，它更为通俗的称谓是“虚拟电厂”。与传统电厂单纯依靠某种自然环境资源（如风、水、阳光）相比，虚拟电厂的构

成资源更加多样化、具有环保性，且在将来电力市场中更具竞争力，可为电力系统发展乃至行业转型提供新思路。

虚拟电厂的相关概念，最早由西蒙·阿布鲁赫（Shimon Awerbuch）博士于1997年提出。此后，各界专家学者从不同形态维度进行探索，给出了多种定义。

有的学者认为，虚拟电厂是分布式能源的集合，以传统发电厂的角色参与电力系统运行；有的学者认为，虚拟电厂是对电网中各种能源进行综合管理的软件系统；有的学者认为，虚拟电厂是能效电厂，通过减少终端用电设备和装置的用电需求来产生“富余”的电能，即通过在用户侧安装提高用电能效的设备，达到建设实际电厂的效果；还有的学者认为，虚拟电厂是动态聚合各种能源的能源互联网。

综合现阶段各类理论探索和工程

示范情况，虚拟电厂是一种通过先进信息通信和监测控制技术，实现海量分布式新能源、储能系统、可控负荷、电动汽车等聚合和协调优化，作为一个特殊电厂参与电网运行和电力市场的电源协调管理系统，对外表现为“一个具备可控性的电源”。它既可作为“正电厂”向系统供电和顶峰，又可作为“负电厂”通过负荷响应以配合系统填谷；既可快速响应指令，配合保障系统稳定并获得经济补偿，也可等同于电厂参与容量、电量、辅助服务等各类电力市场获得经济收益。

“虚拟”二字意味着并非实体，所以虚拟电厂并不是真正意义上的发电厂，而是一种基于能源互联网技术的“看不见的电厂”。简而言之，就是通过物联网、云计算等技术，将用电方、储能方、分布式电源聚合起来，使众多“小型电站”组合成一个发电量可观的虚拟电厂，实现电力的弹性调整。

控，标志着我国首个区域级虚拟电厂投入运行。

在电力供需不匹配的情况下，通过一定的激励措施，让用户主动改变自己的用电方式和用电行为，参与供需调节，可以减轻电力系统的压力。虚拟电厂对于电网、用电负荷、发电、产业链等方面具有积极作用，其中电网和用电负荷跟百姓生活直接相关。

对于电网而言，虚拟电厂有助于提升电网的安全稳定运行。在电网调峰方面，虚拟电厂通过资源动态聚合和集中协调优化参与削峰填谷，实现日内更短时间尺度响应，精准削减负荷高峰、填充低谷负荷，有助于优化电网运行。

对用电负荷而言，虚拟电厂有助于优化供电服务、降费增效。比如，对于大型工商业企业来说，通过虚拟电厂提供的节能服务，可以掌握自身能源管理状况及用能水平，排查节能障碍和浪费环节，从而达到节能减排、提高经济效益的目的。在一定程度上，虚拟电厂可以替代应急电源车，作为重要的政府部门、公用事业部门、工商业企业等的应急电源供应商，满足其可靠供电的要求，获取应急电源服务收益。例如，在暴雨恶劣天气，由于光伏发电量下降、设备故障等原因出现电力供应缺口，可通过发挥所在区内虚拟电厂的调节能力，降低可调资源的用电需求，利用市场经济的方式促进电力供需平衡。

（据《北京日报》）

为何要发展“看不见的电厂”

目前，虚拟电厂的理论和实践在欧美发达国家发展得较为成熟，先后在德国、英国、法国、美国、澳大利亚、日本等国开展了商业试点。欧洲的虚拟电厂发展较早，已基本实现市场化运营。其中，被誉为虚拟电厂“先驱者”之一的德国Next-Kraftwerke虚拟电厂运营公司，截至2022年已有15346个聚合单元、1120万千瓦装机容量。科技巨头特斯拉也是虚拟电厂的先行者。2015年，特斯拉推出了家用储能设备PowerWall。PowerWall内置18650锂电池，有7千瓦时和10千瓦时两种配置，通过屋顶太阳能电池产生的电力，PowerWall可以储存100千瓦时以上的容量。目前，特斯拉已在美国加利福尼亚、澳大利亚和日本宫古岛等地建立了虚拟电厂。

总的来看，这些国家针对虚拟电厂的发展各有侧重。以德国为代表的欧洲国家以聚合分布式电源为主；美国以可控负荷为主；日本以聚合用户侧储能和分布式电源为主；澳大利亚以聚合用户侧储能为主。

近年来，我国多地夏季高温天气不断，伴随着极端高温的，是社会整体用电负荷的持续攀升。根据中国电力企业联合会分析，2023年全国最高用电负荷预计约13.7亿千瓦，较去年同期增加8000万千瓦左右，若出现极端情况，全国最高用电负荷可能较去年同期增加约1亿千瓦。

背景下，虚拟电厂建设获得了国家政策的大力支持。2015年和2016年，国家发改委、国家能源局先后发布了《关于促进智能电网发展的指导意见》《能源技术革命创新行动计划（2016-2030年）》等文件，提出研究推广虚拟电厂技术及能源虚拟化技术，因地制宜开展虚拟电厂试点示范。2023年5月，发改委发布《电力需求侧管理办法（征求意见稿）》，提出建立和完善需求侧资源与电力运行调节的衔接机制，逐步将需求侧资源以虚拟电厂等方式纳入电力平衡，提高电力系统的灵活性。可以预见，虚拟电厂作为整合分布式资源、挖掘需求侧潜力的重要手段，其价值和作用将愈发受到各方的重视，虚拟电厂会逐步走进现实。

目前，我国虚拟电厂项目总体处于前期试点研究阶段。“十三五”期间，江苏、上海、河北、广东等地相继开展了电力需求响应和虚拟电厂的试点。比如，江苏省于2016年开展需求响应示范；上海市于2017年建成黄浦区商业建筑虚拟电厂示范工程；国网冀北电力有限公司直接参与华北辅助服务市场的虚拟电厂示范项目，高质量服务绿色冬奥，并参与了多项虚拟电厂国际标准制定；2022年8月，国内首家虚拟电厂管理中心——深圳虚拟电厂管理中心揭牌，预计到2025年，深圳将建成具备100万千瓦级可调节能力的虚拟电厂；今年7月初，广州、深圳、柳州三地同步开展虚拟电厂多功能联合调

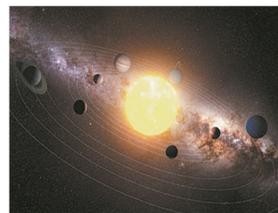
45.684亿岁！太阳系“老”了110万年

美国亚利桑那州立大学研究人员对太阳系陨石上的小斑点开展了最新分析，计算出太阳系的年龄为45.684亿岁，而非此前认为的45.673亿岁，这表明太阳系“老”了110万年。相关论文刊载于新一期的《国际太阳系研究杂志》。

现在能确定的太阳系内最早物体是富钙铝包体（CAI），这是在陨石内发现的直径几毫米的白色小斑点，也是第一批从围绕年轻太阳的气体星云中形成的固体。

科学家可检测到包裹体内含有一定量的铝、钙和锰等元素，这些元素的放射性衰变和数量可揭示太阳系的年龄。科学家用铝-26和铝-27的特定比例来标记“时间零点”。

研究人员指出，并非所有CAI都在同一时间形成，但看起来有一半以上在接近那个时间形成，其余CAI的形成时间窗口约为20万年。对此科学界目前仍存在一些争论，



而这也可能会影响对CAI的形成时间的认定。

在最新研究中，研究人员重新分析了现有陨石的数据——假设它们分布均匀，并根据不同元素的年龄，计算出太阳系的年龄比目前更大。

在太阳系的时间尺度上，110万年仅仅是一个微小的变动，但它确实对早期太阳系的起源具有重要意义。

（据《科技日报》）

新研究实现飞秒激光加工多关节微机械

中国科学技术大学微纳米工程实验室教授吴东团队提出了一种飞秒激光二合一写入多材料的加工策略，制造了由温度敏感凝胶和金属纳米颗粒组成的微机械关节，随后开发出具有多种变形模式（>10°）的多关节人形微机械。相关研究成果日前发表于《自然-通讯》。

近年来，飞秒激光双光子聚合技术作为一种具有纳米精度的真三维加工方式，被广泛应用于制造各种功能的微结构。这些微结构在微纳光学、微传感器以及微机器系统等领域展现出广阔的应用前景。然而，如何利用飞秒激光实现复合多材料加工，并进一步构建具有多模态的微纳机械仍极具挑战性。

飞秒激光二合一加工策略包括使用不对称双光子聚合构建水凝胶还原沉积银纳米颗粒。其中，非对称光聚合技术使水凝胶微结构局部区域在交联密度产生各向异性，最终使其可以实现方向和角度可控的弯曲变形。原位激光还原沉积可以在水凝胶关节上精确加工银纳米颗

粒。这些银纳米颗粒具有很强的光热转换效应，使多关节微机械的模式切换表现出响应时间（30毫秒）超短和驱动功率（<10毫瓦）超低的优异特性。

作为一个典型的示例，8个微关节被集成在一个人形微机械上。随后，研究人员利用空间光调制技术在3D空间内实现多焦点光束，进而精确地刺激每一个微关节。多个关节之间的协同变形促使人形微机械手完成多个可重构的变形模式，实现多种可重构的变形模式。

在概念验证中，通过设计微关节的分布和变形方向，双关节微型机械臂可以对同向和异向的多个微颗粒进行收集。总之，飞秒激光二合一加工策略可以在各种三维微结构局部区域构建可变形的微关节，实现多种可重构的变形模式。

研究人员介绍，具有多种变形模式的微机械手将在微型货物收集、微流体操作和细胞操纵方面展现出广阔的应用前景。

（据《中国科学报》）