



Committed to Improving  
Economic Policy.

## Research Note

2017.9.5 (Y-Research RN17-204)

作者：于洋 杨驿昉/第一财经研究院研究员  
yuyang2@yicai.com

[www.cbnri.org](http://www.cbnri.org)

研究简报

能源与科技

### 分布式能源：技术创新指引“奇点”来临

认识到当前国际国内不可阻挡的能源转型时代背景以及分布式能源在未来能源体系中扮演的越来越重要的角色，第一财经研究院重磅推出《能源转型大时代中的分布式能源》研究简报专题。本文为第二篇，从“分布式能源的技术创新”分析和呈现分布式能源发展的最新趋势和动向。希望以此抛砖引玉，力促行业同仁为中国能源转型和分布式能源发展贡献真知灼见。

近年来，得益于电力技术、信息技术、控制技术和储能技术的快速发展，全球分布式能源项目呈现“井喷式”的发展。可再生能源发电和小型燃气轮机技术的成熟使得平准化能源成本（LCOE）快速下降，分布式能源项目的经济性从过去的发展障碍一跃成为了驱动力；储能技术为分布式能源带来了更大的灵活性，可再生能源利用可以不受制于其间歇性的特征，多余的电力和热力也可以得到储存；信息和通信技术在电网中的应用极大地提高了对能源实时数据访问的能力，物联网作为通信基础设施的发展推

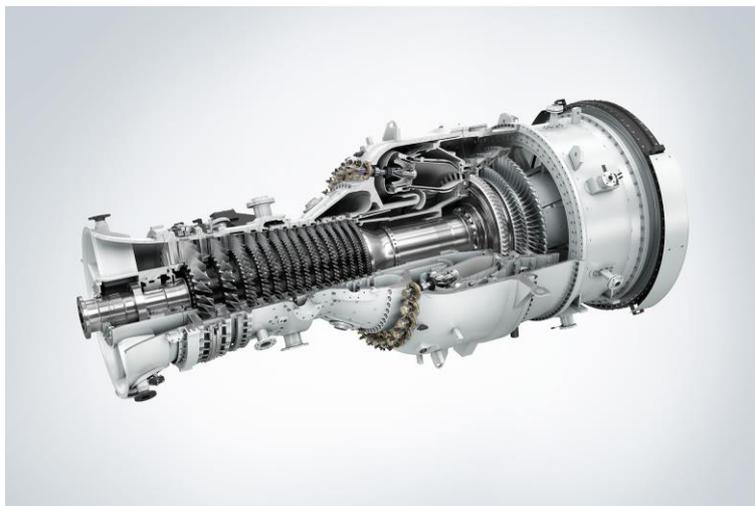
动分布式能源系统从单纯的机械设备向智能化、数字化演进。在技术创新的引领下，分布式能源系统相比于传统集中式“发电—输电—用电”模式的诸多优势得到了强化：更高的综合能源利用效率、更少的污染物和温室气体排放、强化的系统稳定性和供电安全，以及更低的用能成本。分布式能源技术所倚赖的电力、通信、储能技术全面进入成熟阶段，已经非常临近打破传统能源技术成本壁垒的平衡点。时至今日，我们即将迎来分布式能源发展的“技术奇点”。

#### 01 分布式供能技术

分布式供能技术是分布式能源系统的核心，其中包括各种发电技术及热电联产技术等。例如，分布式光伏发电系统的基本模块是进行光电转换的光伏阵列，分布式天然气热电联产（CHP）系统的核心是燃气轮机或者内燃机（也可以使用其他燃料或者技术，比如生物质能和燃料电池）。技术创新使得光伏组件和天然气燃气轮机等分布式供能设备能够适应各种用能需求，同时成本也大幅下降，为分布式能源的普及创造了客观条件。

天然气分布式能源技术以燃气轮机或燃气内燃机等设备为核心，在发电的同时，利用燃机产生的余热为用户供热和制冷。采用能源梯级利用的模式，天然气冷、热、电三联供（CCHP）机组的综合能源利用效率远高于独立的发电和供热系统，如西门子

SGT-300 型燃气轮机机组其冷热电三联供项目的燃料利用效率通常可达到 80% 以上，同时用能成本可降低约 40%。另一方面，更高的效率也意味着更少的排放。相比于传统的燃煤发电和燃煤锅炉，天然气分布式能源在氮氧化物、二氧化硫和烟尘的排放上具有先天优势，燃气发电的二氧化碳排放量也仅为燃煤发电的一半。此外，燃气轮机独具的燃料灵活性也使其非常适用于分布式能源领域。近期，中电（成都）综合能源有限公司位于四川省成都高新科技产业开发区西部园区的分布式能源站项目就采用了此种设备。由于四川有得天独厚的天然气资源，该公司计划利用两台西门子 SGT-800 型燃气轮机燃料灵活性的特点，进一步降低能源成本。



西门子 SGT-800 工业型燃气轮机

世界范围内，发达国家在燃气轮机、燃气内燃机等核心动力设备的设计、试验和制造上仍占据主导地位，同时在关键零部件的制造过程中不断引入新技术。其中，3D 打印（又称“增材制造”）已经成为燃机制造企业的下一个技术突破口。利用 3D 打印技术，西门子等企业完成了叶片等零部件的试

制和满负荷试验，并有望将 3D 打印应用于其余燃机部件的设计和批量生产中。3D 打印技术可以大幅缩短设备的研发周期，改善零部件的性能，提高设备的运行效率，充分发挥技术创新的潜能。

分布式光伏发电领域，在技术创新的推进下，“降本”和“增效”两个光伏系统发

展根本目标都取得了积极的进展。得益于传统的晶硅材料不断研发以及碲化镉、铜铟镓硒、钙钛矿等新型材料技术的突破，光伏组件能量转换效率不断提高，抗老化、抗紫外、导热、阻燃等性能也大幅提升。金刚线切割、钝化发射区背面电池（PERC）技术等成为行业热词，得到市场的逐渐认可；与此同时，之前甚少企业介入的全背接触式电池（IBC）、异质结电池（HIT）以及金属缠绕背接触电池（MWT）等高效电池技术也受到了越来越多企业的关注和投入。“十三五”光伏技术创新规划提出，2020年前将晶硅太阳能电池效率提高到23%以上的目标，实现HIT、IBC等电池国产化等。从成本来看，同样3KW规模的分布式用户屋顶光伏电站成本已经降低至3万元人民币以内，较十年前成本下降了50%，分布式光伏“平价上网”的时代已经越来越近。

值得一提的是，分布式天然气和分布式可再生能源的多能互补具有协同效益，将成为分布式供能技术未来发展的重要方向。以天然气CCHP机组协同分布式光伏项目为例，可再生能源的加入使系统的综合能源利用效率以及减排效益得到进一步提升；多能互补的系统不受单一能源品种的限制，天然气与太阳能互为补充，增强了系统供能的安全性；在配备了储能设施的系统中，光伏的波动性得以抑制，燃气机组也可以在适当范围内进行灵活调度，保证供能区域和电网的稳定运行。

## 02 储能技术

储能是分布式能源系统中至关重要的一环，储能单元的存在使得原本只能“即发即用”的电、热能的灵活应用成为可能。目前，储能的应用场景主要分为热能储存（蓄冷和蓄热）和电能储存两部分。蓄冷和蓄热设施可以优化天然气分布式系统的运行并

提高项目的经济效益，而电能储存则可以弥补分布式可再生能源波动性和间歇性的不足，保证系统的稳定输出。从储能介质来看，可以分为电池、氢、罐热、地热、冰热等。

风电、光伏等可再生能源飞速发展，电能储存的重要性不断上升。飞轮、超级电容、锂电池和液流电池等储电技术可以平滑分布式光伏的输出曲线，为系统的稳定运行提供支持。在光伏输出大于用户需求时，多余的电量可以被储存。如果太阳能电池板停止工作，或出现尖峰负荷、供电不足、电网断电等情况，储存的电能可以被释放出来，满足用户的用电需求，提高分布式光伏的综合利用率。随着电动汽车的推广和能源互联网概念的兴起，将电动汽车纳入储能网络的技术也纷纷涌现。其中，动力电池厂商、汽车制造企业以及高校已经展开相关研究，探索在分布式能源系统中利用废旧动力电池进行储能的技术可行性和经济效益。热储存是一种简单但基本的技术，该技术通常在建筑楼宇和工业过程中使用，一方面可以通过最优化供暖、通风和空调（HVAC）系统的方式来提高系统效率；另一方面，也可以避免高峰时段的电价溢价。

此外，氢能源也逐渐成为储能和分布式能源领域的下一个创新点。作为可再生能源利用的大国，德国目前已经建成数十个“风电制氢”项目：通过电解水设备，利用电网无法消纳的风电生产氢气，随后将氢气按照适当比例混入当地的天然气管道，供附近用户使用。这种方式将庞大的天然气网络当做储能介质，进一步降低风电场的弃风率。今年5月，国内首个风电制氢项目的制氢站也正式开工。在用户侧，电解水制氢可以与分布式光伏充分结合，在储能的同时生产氢气，整个过程中不排放任何污染物和温室气体。借助燃料电池、氢能源汽车等技术的推广，

以氢气为核心的分布式能源网络也会迎来更大的发展空间。

### 03 信息及控制技术

数据、通信及控制技术创新为智能化的综合能源管理系统奠定了物理基础。随着信息和控制在分布式能源系统中的广泛应用，基于实时数据采集的监测、分析系统可以指导能源系统以最优化的方式运行，实现高效发电、实时故障检测、需求侧管理等功能。新型智能电表和能效管理软件如微网管理系统（MGMS）楼宇能源管理系统（BEMS）都是信息和控制在能源管理方面重要的硬件创新和软件创新。良好的能源管理可以提高系统可靠性、帮助节能增效，从而为更多地部署分布式和可再生能源发电创造了可能性。可以说，能源控制和管理技术变革正在深刻推动消费者改变其能源管理模式。

在典型的集成多种供能技术及储能设施的分布式能源系统中，作为神经中枢的能源管理系统不可或缺。能源管理系统监测和控制供能设备的运行状态，收集并分析用户冷、热、电能负荷的信息，并在不同系统状态之间进行切换。先进的能源管理技术可以保证系统的能源供需平衡，提高综合能源效率，并降低用户的用能成本，这在楼宇和工业园区等大型分布式能源的应用场景中显得尤为重要。例如，德国弗莱建筑集团联合西门子公司在德国弗莱堡市开发建设“智能绿塔”（Smart Green Tower）项目就是在当

前最先进的能源管理系统的综合调度下实现了智能、高效、经济的稳定运行。这座商住综合建筑的屋顶及幕墙覆盖太阳能电池板，为整座建筑提供可再生电力，并充当幕墙外的另一层隔热材料。建筑内部安装了容量为 0.5 MWh 的锂电池储能单元，用来储存分布式光伏产出的多余电力，平滑光伏系统的输出曲线，并在尖峰负荷等情况下供电。智能绿塔配备的能源管理系统控制建筑内的光伏、储能以及耗能设备。结合分布式光伏的输出功率监测与当地电价的变化，能源管理系统将尽可能地提高分布式光伏的利用率，降低电网电力的使用比例，提升整个系统的经济性；储能单元的开关受能源管理系统的控制，系统将优化太阳能电池板与电池之间的充电循环；根据运行人员的需求，系统还可以在提高能效、降低用能成本和降低二氧化碳排放等不同情景之间进行切换。根据预测，这套能源管理系统将在建筑照明上节省 80% 的成本，供暖、通风和空调系统的成本也可以减少 20%。

