

碳路中国 系列报道④

储能是构建新型电力系统的必要环节

——访中国科学院院士赵天寿

■本报记者 朱妍

实现“双碳”目标，传统能源逐步退出必须建立在新能源安全可靠的替代基础上。但是目前，新能源大规模利用仍面临间歇性、波动性、不稳定的挑战。作为破题之道，储能可以平抑波动，支撑风光风电大规模并网，被视为新型电力系统的必要环节。在中国科学院院士、南方科技大学碳中和能源研究院院长、中国碳中和50人论坛成员赵天寿看来，储能技术必须满足规模化、高安全、低成本、长寿命、无地域限制等要求，这也是未来储能产业发展的重要方向所在。

实现碳中和需要规模化、高安全储能技术

问：在碳中和进程中，能源结构将发生颠覆性、革命性调整，储能在其中占据什么地位？

赵天寿：我国碳排放主要来源于化石能源的大规模使用。减碳的关键，在于不断提高太阳能、风能等可再生能源在能源结构中的占比，化石能源比重相应降低。而目前，风、光实际比重约为4%，化石能源占比高达84%。为实现碳中和目标，前者占比需达到60%，后者要降低到10%左右。

近十年来，我国的光电、风电成本快速下降，为装机规模快速提升奠定了基础。但光电、风电存在间歇、不稳定特点，无法直接满足电网及用户的需求，成为制约其进一步扩大规模的主要障碍。储能就是利用专门装置与系统将能量储存，在需要时将能量释放，实现能量在时间和（或）空间上的转移，这是推动可再生能源大规模接入电网的必须环节。基于此，储能被认为是构建以新能源为主体的新型电力系统的必须环节。

问：这对储能产业提出了哪些要求？

赵天寿：据预测估算，为实现碳中和目标，光电、风电装机量将达到50亿千瓦，年发电量10万亿度，按10%—50%配备储能，储能容量就将在1万亿—5万亿度。面对如此大容量的需求，储能技术必须满足规模化、高安全、低成本、长寿命、无地域限制等要求。

在以新能源为主体的新型电力系统

中，光电、风电在不同时间尺度下均存在不稳定性。在毫秒至分钟的时间范围内，光电风电受天气因素影响会出现功率的剧烈波动，易对电网短时间功率平衡与频率稳定造成冲击；在数十分钟至数小时范围内，光电风电的发电量不可控，无法跟踪电网的发电计划，无法响应电网调度；在数小时至数天甚至跨季节范围内，光电风电的发电量受气候变化影响，能量输出存在长周期波动性，与社会需求不匹配，难以确保全年能量稳定、可靠供应。例如，北方地区光伏发电的电量，冬夏两季可能相差一倍，



图1 技术研发-集中示范-产业转化全链条贯通的科研组织新模式



图2 碳中和技术样板示范

若夏季恰好满足能量需求，冬季就会有较大能量缺口。

因此，储能系统还需满足不同时长能量储存的要求：针对毫秒至分钟范围的能量储存需求，需重点满足平滑风光出力、电网调频的要求；针对数十分钟至数小时范围的能量储存需求，需重点满足提高光电、风电消纳量、电网调峰的要求；针对数小时至数天甚至跨季节能量储存需求，则要重点满足长周期、大规模能量时移的要求，确保能源安全。

储能面临技术不成熟、使用成本高等挑战

问：对照上述要求，储能产业发展面临

着哪些挑战？

赵天寿：按照储能时长的不同，介绍主要储能技术存在的挑战——

毫秒至分钟级的储能技术，主要包括超导磁储能、超级电容器储能与飞轮储能，三者分别面临超导技术难度大、成本高的挑战，成本高、自放电严重的挑战，以及能量密度低、成本高的挑战。

数十分钟至数小时的储能技术，主要包括锂离子电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能、液流电池储能。挑战分别包括：安全风险高、锂资源限制、地域及生态限制、储气成本高、储能效率低、功率密度低、成本高等。

对于更长时间的储能技术，目前受关

注最多的是燃料储能。比如，氢燃料储能主要面临储运难、成本高等挑战，甲醇燃料储能的效率低、碳排放和成本高，氨燃料储能则面临效率低、毒性较大等。

此外，抽水蓄能、压缩空气储能、液流电池储能均已实现储能容量与功率的解耦。理论上说，通过增大蓄水空间、储气空间、电解液储量，储能时长可不断延长，但蓄水空间、储气空间与电解液储量的增加，将进一步带来技术挑战。

问：以您从事的电池储能技术研究为例，该领域取得了哪些突破？

赵天寿：我从事电池储能技术研究20余年，研究领域主要包括燃料电池、液流电池、金属空气电池、与锂离子电池等。我们通过探究反应机理构建电化学储能理论，指引电极材料关键材料与部件的研发，研制了高性能电极、隔膜与流道，大幅提升了液流电池、醇类燃料电池及全固态锂空气电池的效率和稳定性，取得了一些技术突破。比如，我们研制的液流电池最高功率密度可以达到2.75W/cm²，在600mA/cm²的高电流密度下可以保持80%以上的能量效率并稳定循环超过20000圈，是公开文献中最高功率密度与最长循环寿命。目前，我们正在推进这些新技术的产业化应用。

建设新型研发平台 加速储能技术研发、转化

问：下一步还需要从哪些方面入手，推动电池储能的技术突破？

赵天寿：电池，尤其是以可流动物质作为能量载体的流体电池，是一个从微观到宏观的电化学反应，和物质传输、离子传

输、电子传输相耦合的多尺度、多相复杂体系，其性能由热物理领域的空间能质传递特性，以及电化学领域的界面电化学反应特性共同决定。

一方面，界面活性面积、界面电荷转移和界面温度浓度，共同决定了电化学反应速率的快慢；另一方面，空间传输机理、空间尺度效应、空间结构特征，影响着物质、离子、电子的耦合传输速率和反应界面的构建。在电池中，仅当某一区域同时拥有物质、离子、电子三种传输通道时，才可以作为电化学反应场所，而且反应速率受到其中最低传输速率的限制。

考虑到种种因素，高性能电池的开发需要协调好物质、离子、电子的空间传输与电化学反应速率之间的关系。然而，空间传输属于工程热物理学科，电化学反应属于电化学学科，两个学科间的基础理论与研究方法相差较大。为实现进一步突破，必须注重从交叉学科角度，建立热物理-电化学耦合理论与协同优化方法，实现传输性能和电化学性能的同时提高。

问：对照低碳、零碳与负碳技术的迫切需求，您建议如何加速研发及转化？

赵天寿：为推动实现“双碳”目标，我国出台了一系列政策，涵盖新能源技术领域人才培养、科学研究、技术示范与工程应用等多方面支持。随着投入持续加大，我们看到了新能源技术的快速迭代发展，例如铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池等技术不断涌现，一系列成果值得肯定。

要想加速技术发展，我认为还需要大幅度缩短技术研发到产业应用的时间，探索技术研发-集中示范-产业转化全链条贯通的新型研发组织模式。比如，可以联合政府、企业与科研单位各方力量建立新型科研组织（图1），通过碳中和能源研究院组织跨学科的科研队伍攻克碳中和新技术，通过技术集中示范基地（图2）促进新技术间的协调融合发展，通过技术产业转化平台支撑成熟技术规模化应用。最终，我们依托新型研发组织，贯通技术研发-集中示范-产业转化的全链条，加速新技术的研发迭代。

（原文收录于《中国碳中和五十人论坛文集2022》，本文有删改）

为全球能源转型提供中国方案

——访明阳智慧能源集团股份有限公司党委书记、董事长张传卫

■本报记者 李丽昊

1月10日，明阳智慧能源集团股份有限公司（以下简称“明阳智能”）宣布在广东汕尾下线全球最大的漂浮式16.X兆瓦海上风电产品平台，再度刷新行业纪录。同日，明阳智能还发布了18兆瓦全球最大海上风电机组——MySE18.X-28X。作为我国清洁能源行业的领军企业之一，明阳智能在过去一年里不断探索清洁能源开发边界，在海上风电、氢能设备、光伏产品等各大板块持续发力。

源源不断的产品创新动力何在？在明阳智能党委书记、董事长张传卫看来，面对碳达峰碳中和及构建新型电力系统的目标，我国新能源产业迎来了前所未有的历史机遇，新能源也已经成为最具潜力的赛道之一，明阳智能正通过不断的技术革新和模式创新，构建以海洋能源为支撑的新型能源体系。

数亿千瓦海风装机潜力呼之欲出

张传卫对记者表示，我国要实现“双碳”目标，在保障能源安全的同时推动能源转型，必将离不开海洋能源的发展。“中国有很长的海岸线，沿海省份也正是电力负荷中心，如果能够大规模实现海上风电开发，能够在保障能源供给安全的同时，推动社会绿色发展。”

2022年底，广东、福建、江苏等沿海各省市陆续推出了中长期能源发展规划，海上风电作为其中的重要组成部分，市场前景广阔已经成为行业共识。据行业研究机构平安证券预测，沿海各省市“十四五”期间海上风电新增装机量有望超过6400万千瓦，年均海上风电装机增量有望达到1300万千瓦，2022年至2025年海上风电市场复合增速更是有望超过40%。

在碳达峰碳中和目标的引领下，明阳智能将“向海图强”，抓住这一历史性机遇。张传卫认为，我国海上风电资源丰富，具有构建多个亿千瓦级海上风电场集群的潜力，明阳智能作为我国主流新能源装备制造企业，已经做好了准备。

“目前新能源行业的技术装备制造水平



张传卫

运输、加氢等领域都实现了突破；在海洋牧场方面，已经形成了完整的海洋牧场体系，打通了全国的物流系统，完善了海上风电+牧场的整体生态。”据介绍，早在2022年初，明阳广东阳江沙扒深海渔业养殖实验区就完成了首次收鱼，标志着我国首个海上风电+海洋牧场示范区成功实践，开创了世界深远海抗台风养殖的先河。

在技术和模式的双重加持下，明阳智能已经成为了海上风电市场中的领跑企业。行业统计显示，2019年至2021年，明阳智能连续三年位列全国5.0兆瓦及以上海上机组新增和累计装机第一。

为全球能源转型提供中国解决方案

扎根国内，布局全球。在张传卫看来，从全球范围看，中国新能源产业已真正实现了并跑甚至领跑，在全球各国推动能源转型的机遇之下，明阳智能也正“摩拳擦掌”，为全球能源市场带来中国解决方案。

“过去三年，明阳智能已经将产品出口到了挪威、日本、意大利、越南等国，同时也为海外清洁能源项目提供完整的解决方案。”张传卫告诉记者。早在2008年，明阳智能就已经开始布局国际业务，经过了十余年的摸索，目前已开拓了东南亚、东北亚、欧洲和南美四大片区作为国际业务的重点区域。

去年9月，明阳智能与瑞士漂浮式海上风电开发商Hexicon签署了合作协议，为位于英国的TwinHub阵列项目提供2台16.6兆瓦的双转子漂浮式风机，开创了行业先河。在今年1月菲律宾总统访华期间，明阳智能宣布中标了菲律宾风电项目，今年6月明阳风机将正式进入菲律宾市场。

“一家大型新能源企业要成为领军企业，应该在技术进步、材料科学、标准制定等方面能引领这个行业，这也是明阳智能一直坚持的目标。”张传卫表示，“正值新能源产业迎来历史性的机遇，全社会也已经形成了共识，通过不断的基础创新和装备革新，中国风电制造企业将助力推动全球能源转型发展。”

视点

本报讯 国务院国资委党委委员、副主任翁杰明近日在中央企业新能源智慧运维服务合作项目集中签约仪式上表示，要推动央企新能源产业发展成为重头戏，形成一盘棋，探索新模式，强化产业链。

据悉，2023年国务院国资委将组织开展中央企业新能源产业对标评估，帮助企业找准短板和弱项，进一步提高运营管理水平效率和效益。

翁杰明表示，中央企业新能源专业化整合正从单个协调向整体推动转变，新能源管理从分散式向精益化转变，新能源运营从单兵突进向共享共赢转变，新能源发展从规模扩张向专业化、集约化转变，这对于更大范围优化资源配置、提升企业效率效益和核心竞争力、促进新能源产业高质量发展具有重要意义。

在翁杰明看来，中央企业是新能源产业发展的主力军和国家队，但部分中央企业的新能源项目仍然存在“小、散、弱”等问题。要充分发挥新能源智慧运维平台在系统建设、智能监测、集控运行、维护检修等专业化服务功能，将分散的新能源项目实施集约化管理，充分运用信息技术手段和数字化管理为生产运营赋能，加快建立科学高效的管理体系，不断增强大数据、快响应、低成本的新能源管理能力，促进项目质量效益显著提升。

国务院国资委副主任翁杰明：推动央企新能源产业发展形成一盘棋

公开资料显示，截至2022年底，我国新能源装机规模已达7.6亿千瓦、稳居全球首位，发电量占比稳步提升。

据悉，在2022年7月召开的中央企业深化专业化整合工作推进会上，国务院国资委就曾提出“鼓励中央企业加强方式方法创新，通过共建产业生态圈、构建行业云平台等多种方式推进专业化整合，加快国有经济布局优化与结构调整。”

翁杰明透露，要推动央企新能源产业发展成为重头戏。有关央企要科学谋划今年和未来一段时期新能源业务发展目标、重点任务、路径措施和工作节奏，推动其实现高质量发展，切实发挥产业引领作用。

同时，推动央企新能源产业发展更重要的是要形成一盘棋。有关中央企业要综合考虑项目所在区域、投资收益和资产质量，有序开展新能源投资运营，在新能源数智转型、专业运作、协同发展等方面加强合作，有效避免一哄而上、过度竞争。

“推进新能源智慧运维专业化服务合作，就是要通过强化资源的协同共享和智慧服务促进相关中央企业的合作共赢，探索专业化运营的新路径、新模式。”翁杰明说，近年来，约半数中央企业进入新能源领域，未来新能源业务将逐步向新能源主业企业和优势企业集中。对于专业运作水平高、集约化管理能力强、经营效益好的项目可以独立运行。对于偏离主业、运营成本较高、缺乏管理能力的项目应通过共享服务、委托代管、重组整合等方式开展更大范围、更宽领域、更深层次的专业化运营与合作。

翁杰明表示，中央经济工作会议强调，要加快新能源等前沿技术研发和应用推广；着力补强产业链薄弱环节，在落实碳达峰碳中和目标任务过程中锻造新的产业竞争优势。有关央企推动新能源产业发展要强化产业链，加强关键核心技术攻关，重点围绕储能、先进输电技术、大型能源基地多能互补等制约新能源发展的关键领域开展技术创新和攻关。要重点布局新能源高端装备产业，大力发展大功率海上风电、高效光伏发电等清洁能源装备和新能源汽车等应用终端体系，推动新能源产业成为我国经济增长的新引擎。（郑全日）