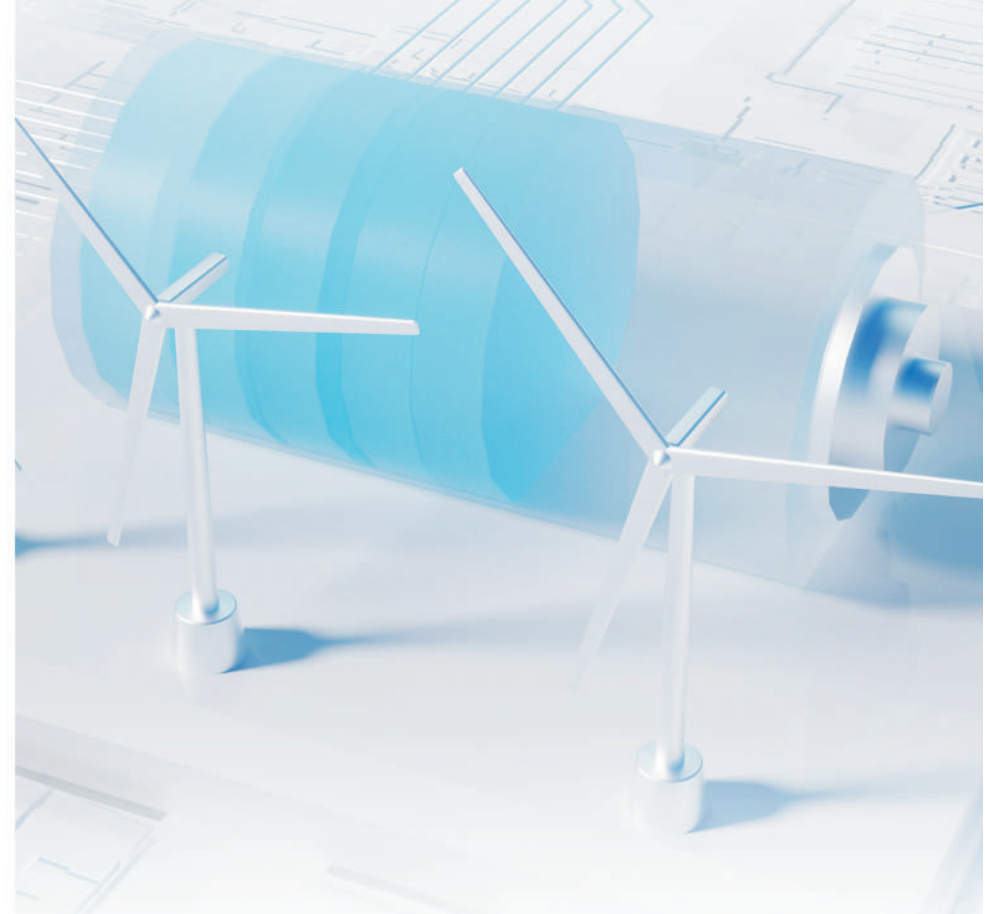


开卷知新

新型储能技术
助力高质量发展

彭苏萍



习近平总书记强调：“要夯实国内能源生产基础，保障煤炭供应安全，保持原油、天然气产能稳定增长，加强煤油气储备能力建设，推进先进储能技术规模化应用。”能源是人类文明进步的基础和动力，关乎国计民生和国家安全。目前，在世界新一轮科技革命和产业变革背景下，能源绿色低碳和可持续发展已经成为全球共识。

高效利用可再生能源，储能技术是关键

在落实“双碳”目标过程中，发展可再生能源是我国能源结构转型的重要方向。我国拥有丰富的可再生能源资源，当前风电、光伏、水电发电装机容量均居世界首位。但同时，我国可再生能源资源主要分布于西北地区，离东南部经济发达地区较远，能源资源与能源需求呈逆向分布，地域分配不均，而且风能、太阳能等可再生能源本身还具有间歇性等特征，利用起来有一定难度。

要破解这些难题，大规模使用风、光、水等可再生能源，加快推进能源绿色低碳转型，储能技术是关键。从科技赋能产业发展角度来看，大力发展储能产业将成为能源领域重要趋势。国家能源局近期发布的数据显示，今年上半年，我国新投运新型储能装机规模相当于此前历年累计装机规模总和。同时，我国已成为储能技术基础研究、技术研发和集成应用非常活跃的国家，不断努力实现储能技术的自主创新和原始创新。

突破“即发即用、不能存储”瓶颈，满足生产生活用能需求

储能，顾名思义就是储存能量，指通过介质或者设备，把一种能量形式存储起来，并根据应用需要，以特定能量形式释放出来的循环过程。为什么要把能量储存起来？一言以蔽之，能量的产生和使用不一定同步。比如，可再生能源发电如风力发电、太阳能发电等，会因为天气、季节、地理位置的不同，存在不同时间尺度的间歇性，而用电需求也有波动性，时多时少。储能技术就致力于解决这些问题。低成本大规模的储能系统可以突破可再生能源“即发即用、不能存储”的瓶颈，就像一个“超级充电宝”，显著提高风、光等可再生能源的消纳水平。

根据能量存储形式，储能技术主要分为物理储能、电化学储能、热储能和氢(氨)储能等。物理储能是以蓄水储能、压缩空气储能、飞轮储能等为代表的机械储能，其中蓄水储能和压缩空气储能适用于大规模长周期储能。电化学储能是将电能储存在锂离子电池、铅酸电池、钠硫电池等能源转化装置中，适于短时储能。热储能是将热能储存在隔热容器媒介中，进而实现热能的直接利用或热

发电。氢(氨)储能是一种新型储能技术，是将电能以常见化学品(如氢、氨等)的形式存储起来。

“储”是为了“用”，储能技术始终面向生产生活不同领域的用能需求。以人们最常使用的电能为例，储能技术在电力系统中作用巨大。在发电端，储能技术可以解决可再生能源大规模接入电网带来的不稳定性及间歇性问题，“发了电，存着用”；在电网侧，可以实现“削峰填谷”，有效缓解因需求变化带来的“发了电，没人用”“没有电，急着用”问题；在用户端，人们可以根据自己的实际情况安排用电计划，降低电费成本。

在电力系统储能项目中，蓄水储能是目前的主要方式。电力系统处在低谷负荷时，蓄水储能技术用富余的电能将水抽到高处储存，在电力负荷高峰时段放水发电。这项技术通过电能与势能的转换存储电能，可以有

效调节电力系统生产、供应、使用之间的动态平衡。蓄水储能启停迅速，运行灵活可靠，能对电力系统负荷的急剧变化快速作出反应，以水为介质还确保了清洁能源发电，是一种高效、成熟、环保、性价比高的储能技术。中关村储能产业技术联盟发布的最新数据显示，截至2022年底，我国已投运的电力储能项目中，蓄水储能占比达77.6%。

对接不同应用场景，在多领域助力绿色发展

目前，以锂离子电池为代表的电化学储能正加速发展。电化学储能能效高、响应快、灵活性强。正如人们熟悉的电池，电化学储能通过介质或设备把电能存储起来，在需要时释放。这些“电池”的储能时间少则数秒、

多达数小时，输出功率可调，能满足电网的应用需求。锂离子电池具有较高的比能量、比功率、充放电效率和输出电压，且使用寿命长、自放电小，是一种理想的储能技术。随着制造成本的降低以及政策的推出落地，锂离子电池正大规模装机到电化学储能领域，增长势头强劲。人们常用的手机、笔记本电脑等电子设备，还有越来越多的新能源汽车，许多就采用锂离子电池。未来，锂离子电池将在降低成本的同时继续提高安全性。新兴的钠离子电池技术也在迅速发展。虽然能量密度不及锂离子电池，但钠离子电池的原材料储量丰富、成本低廉，在大规模储能方面优势明显。

氢(氨)等形式的化学储能作为零碳超长时间储能技术，在新型电力系统中也将扮演越来越重要的角色。氢(氨)储能分为广义和狭义两种。广义上，氢(氨)储能可将可再生能源系统中的富余电能，通过电解装置转化为氢(氨)等能源或产品，在利用环节不转换回电能直接利用，将可再生能源领域与能源化工领域连通起来，有助于我国构建绿色化工体系。狭义上，氢(氨)储能是“电—氢(氨)—电”的转换，即最终途径为发电。这项技术将电网中过剩的电力通过电解水制氢(氨)，转换成氢(氨)化学能，当用电需求增加时，再利用氢(氨)燃料电池发电技术，将氢(氨)能再次转换为电力并输送回电网，或运输至用户端进行分布式发电，具有与电力系统匹配度高、适应性好的特点。在政策、技术、成本等因素推动下，氢(氨)能作为连接可再生能源的纽带和电力储能介质，在可再生能源高占比的新型电力系统中将扮演越来越重要的角色。

从发展趋势看，氢(氨)储能技术被认为是智能电网和可再生能源发电规模化发展的有力支撑。2021年，国家发展改革委、国家能源局把“氢储能”明确纳入创新储能技术；2022年，国家发展改革委、国家能源局印发文件，进一步明确开展依托可再生能源制氢(氨)的氢(氨)储能等试点示范。当然，作为一种新型技术，氢(氨)储能技术发展还要突破电、氢两种能量载体之间的高效转化、低成本大规模存储和综合高效利用等关键问题，以更好满足能源使用和发展需求。

储能作为重要的新兴产业，是构建新型电力系统、实现“双碳”目标的支撑力量。相信在国家大力支持下，我国新型储能技术将不断取得新的进步，发挥越来越重要的作用，为提高可再生能源比例、实现能源绿色低碳转型等注入强劲动能，助力高质量发展。

(作者为中国工程院院士、中国矿业大学(北京)教授)

制图：沈亦伶

推荐读物

《储能技术及应用》：中国化学学会储能工程专业委员会组织编写，丁玉龙、朱小康、陈海生主编；化学工业出版社出版。

《储能技术概论》：饶中浩、汪凤主编；中国矿业大学出版社出版。

《能源互联网：储能系统商业运行模式及典型案例》：孙威、李建林、王明旺等编著；中国电力出版社出版。

让系统科学推动认知实践

李伟红



《乌杰系统科学文集》：乌杰著；人民出版社出版。

的理论性、科学性，作者不仅践行“考镜源流”的学术传统，深入梳理马克思主义系统观念，而且坚持理论性和实践性相统一——既努力“从逻辑的观点”来建构系统科学，也强化“从实践的观点”推动系统科学的发展，重视系统科学在实践中的应用。

理论创新是为了指导实践。作者立足时代、思考时代，从实践中开掘理论增长点，以提高系统科学指导实践的效能。正是在对当今时代经济社会、科学技术、艺术人文等多方面综合考察后，作者发现人类知识与科技创新的融合越来越紧密，跨学科、跨领域的综合研究成为重要趋势。循着这样的研究

思路，文集对系统科学在实践中的应用着墨不少，如聚焦城市管理和工程管理系统观念，多方面展现了系统科学范式在运用中的实践形态。

系统科学具有宽广的实践视域，能够与众多不同学科交叉融合发展。作者在研究系统科学基本原理的同时，还将视野创造性地投向美学，提出系统科学视域下的美学本质论，论述了美学的数理基础，分析了美感的层次性，实现了一次理论的跨界探索，体现出系统科学十足的阐释力。

系统观念是既有中国特色又有普遍意义的哲学话语概念。在理论探索过程中，作者立足中国实践，扎根改革开放40多年来中国经济社会发展的现实，同时聚焦人类文明发展的时代性问题，全方位地思索系统科学的历史发展、现实要求和观念变革。作者坚持世界眼光，积极借鉴世界各国系统科学发展的前沿动态和思想养分，在对话交流中探索建构具有中国特色的系统科学话语体系和学科体系。

“逝者如斯夫，不舍昼夜。”作者借用孔子的话在文集序言中表达自己老骥伏枥、志在千里的学术志向，体现出一名哲学工作者的社会责任感和使命感。作为一门新兴学科，系统科学具有深广的社会基础和迫切的现实需求。期待更多研究者贴合实践、创新理论，让“系统观念”成为一种指导人们工作生活的认知方式和实践范式，更好助力社会发展和人类进步。

深海探索没有停止，中国航海人的精神追求不会停歇。满载着信念感与自豪感的叙事让读者久久回味。

从“蛟龙”号到“深海勇士”号再到“奋斗者”号，我国载人深潜事业蓬勃发展，不断刷新世界同类作业型潜水器最大下潜深度，并且首创覆盖全海深环境的载人深潜技术体系，取得了举世瞩目的成绩。高仲泰《深潜：中国深海载人潜水器研发纪实》(以下简称《深潜》)一书，讲述的正是跨越30年中国潜水器和载人深潜器的设计、制造、海试、科考历史，再现了我国自主攻坚构建全海深潜水器技术体系的壮阔历程。

作为资深媒体人，作者在10多年前怀着敬畏的心情跟踪采访了载人深潜器“蛟龙”号、“深海勇士”号、“奋斗者”号的研究和海试。从起步到不断探索、成长，最终“奋斗者”号抵达马里亚纳海沟万米之下，标志着中国从落后于世界先进技术水平50年的跟跑者成为领跑者、站到世界海洋科考工程尖端设备的前沿。10多年时间过去，3台载人深潜器的应用消息不断传来，一举一动都牵动着作者的心。

在新闻报道以外，以更具深度和广度的方式，书写这个关乎国计民生、具有重大战略意义的科技项目，讲述这段中国科学家自主创新取得突破的感人故事，写出大国重器所折射的探索精神、民族志向和时代创造力——《深潜》的创作由此开始。

为了写作此书，作者将历年涉及载人深潜器设计、研制和应用的相关资料进行系统整理归类，围绕重要的时间节点、关键性细节与统计数据，形成了丰富扎实的写作素材。人类到过的最深的海底有多深？深海的生态价值如何？深潜究竟经历了哪些艰难曲折？带着诸多疑问，作者认真阅读《深海浅说》《深海：探索寂静的未知》《海洋与文明》等海洋专著，丰富自己的海洋科学知识。实现“深潜”之后，海洋保护、沉船打捞、水下考古、海洋生物多样性、海洋物理过程对气候的影响等，都进入作品视域，作者随之一次次踏入海洋学、生命科学、生态学、考古学等多个学科范畴。

《深潜》的写作还建立在对我国深海载人潜水器研发亲历者的大量访谈基础上。中国工程院院士、中国船舶集团有限公司深潜器技术专家、“蛟龙”号总设计师徐芑南，“载人深潜英雄”、中国船舶集团有限公司第七〇二研究所副所长叶聪，海洋地质学家、中国科学院院士汪品先，首位下潜万米海底的女科学家贺丽生……一批科学家、潜水器设计和制造人员、潜航员等的经历故事，不仅加深了作者对潜水器研发过程的了解，还为作品增加了感性体验与感人细节。正因如此，书中不仅记录了载人深潜的每个重大时刻，还展现了深海英雄群体的成长之路与奋进精神，塑造了拼搏奉献、勇攀高峰的中国科研人员群像。

从案头规划到设备安装、试验测试再到分析报告，徐芑南院士始终保有谦虚与坚忍的品格。“每每乘船在海洋上疾行，海洋深沉、辽阔的景象和桀骜、澎湃的性格，让他常常感受到无法用言语形容的那种怦然心动”，其无私忘我的境界和家国情怀令人肃然起敬。汪品先院士在耄耋之年下海，不仅成为世界上最年长的下潜者，也成为发现南海大型冷水珊瑚第一人。作品通过许多言行事例，塑造了他豁达、开朗、躬身求知、充满勇气和胆识的科学家形象。类似这样的例子还有很多。可以说，本书留给我们的不只是记录中国深海载人潜水器研发的科普档案，更是内涵丰富而深刻的精神图谱。

《深潜》结尾处指出，深海探索没有停止，中国航海人的精神追求不会停歇。满载着信念感与自豪感的叙事让读者久久回味。凭借对时代内涵的开掘、对国之重器的书写、对生命伟力的歌颂，作品将代表中国变革和中国精神的题材写出了应有的高度和厚度，给读者带来精神鼓舞和心灵滋养。



《深潜：中国深海载人潜水器研发纪实》：高仲泰著；译林出版社出版。

新书推荐



《贵阳市扶贫志》：贵阳市档案馆(市地方志办)、贵阳市农业农村局编；贵州人民出版社出版。

本书全面、客观、系统记述贵阳市扶贫工作历程和成果，汇聚方志力量，助力乡村振兴。



《地名里的中国》：《国家人文历史》编著；北京联合出版公司出版。

本书从地理、历史、民俗等角度探究地名背后的人文底蕴和文化根脉，阐释地名中蕴涵的中华文化。

读