

—新型储能的若干种技术路径发展现状— 目 录

储能概述

什么是储能	P1
储能技术分类	P1

储能若干技术路径发展现状

抽水储能	P4
压缩空气储能	P5
储热储冷	P5
飞轮储能	P6
铅蓄电池	P6
锂离子电池	P7
液流电池	P7
钠离子电池	P8
超级电容器	P8
其他新技术	P8

行业资讯

习近平：推进先进储能技术规模化应用	P10
我国新型储能产业进入快车道 新技术不断涌现	P12

一、储能概述

（一）什么是储能

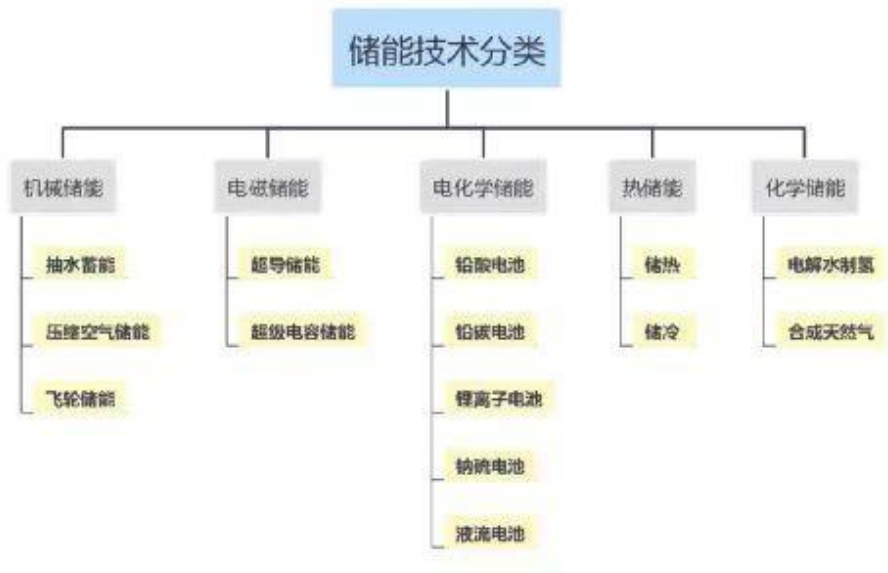
储能是指通过介质或设备把能量存储起来，在需要时再释放出来的过程。储能技术是解决可再生能源大规模接入和弃风、弃光问题的关键技术，是分布式能源、智能电网、能源互联网发展的必备技术，也是解决常规电力削峰填谷，提高常规能源发电与输电效率、安全性和经济性的重要支撑技术。储能技术可提高清洁能源发电比率，进而实现化石能源清洁高效利用，有效减少污染物的排放，对雾霾等环境问题的治理和改善人居环境将起到极大的推动作用。同时，储能技术的发展关系到能源、交通、电力等多个重要行业的发展，尤其在当今能源枯竭日益加剧、能源消费供求不平衡的大环境下，储能能够突破传统能源模式时间与空间的限制，其重要作用日益凸显，已成为主要发达国家竞相发展的战略性新兴产业。

储能的核心是如何储存来自可再生能源的电能，但是电能本身是不容易直接储存的。所以储能问题就变为如何将电能转化为其他便于储存的能量形式，而在需要时这些能量形式可以再转化为电能。

（二）储能技术分类

储能技术理论上分为，物理储能（如抽水储能、压缩空气储能、飞轮储能等）、化学储能（如铅酸电池、氧化还原液流电池、钠硫电池、锂离子电池）和电磁储能（如超导电磁储能、超级电容器储能等）三大类。涉及到具体产业通常又分为：机械储能、电磁储能、电化学储能、热储能、化学储能（见图1）。

图 1：储能技术分类图



1. 机械储能

机械储能的应用形式为抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能。

抽水蓄能是指在电网低谷时，将水从低位水库抽到高位水库储能，在电网峰荷时，将高水库中的水回流到下水库推动水轮机发电机发电。它的优点是规模大，能量储存集中，技术成熟；负荷响应速度快，调节能力好。缺点主要是需要上池和下池；建造比较依赖地理条件，有一定的难度和局限性；与负荷中心有一定距离，需长距离输电。

压缩空气储能是在电网负荷低谷期将电能用于压缩空气，将空气高压密封在报废矿井、沉降的海底储气罐、山洞、过期油气井或新建储气井中，在电网负荷高峰期释放压缩空气推动汽轮机发电的储能方式。其优点有削峰填谷；可再生能源消纳；可作为紧急备用电源。缺点是选择合适地点非常有限；需要燃气轮机配合；全过程效率低。

飞轮储能是指利用电动机带动飞轮高速旋转，在需要的时候再用飞轮带动发电机发电的储能方式。其优点是运行寿命长；功率密度高；维护少、稳定性好；响应速度快（毫秒级）。缺点是能量密度低，只可持续几秒到几分钟；自放电率高。

2. 电磁储能

电磁储能的应用形式分为超导储能和超级电容储能两种。

超导储能系统利用超导线圈将电磁能直接储存起来，需要时再将电磁能返回电网或其它负载的一种电力设施。其优点是功率密度高；响应速度极快。缺点是超导所使用的材料价格昂贵；能量密度低；维持低温制冷运行需要大量能量；应用有限。

超级电容储能是在电极/溶液界面通过电子或离子的定向排列造成电荷的对峙而产生的。其优点是寿命长，循环次数多；充放电时间快，响应速度快；效率高；维护少，无旋转部件；运行温度范围广，环境友好等。缺点是电介质耐压很低，储存能量较少；能量密度低；投资成本高。

3. 电化学储能

电化学储能主要包括铅酸电池、铅炭电池、锂离子电池、钠硫电池和液流电池。

电化学储能是除抽水蓄能之外装机规模最大的储能方式。

(1) 铅酸电池的工作原理是铅酸电池内的阳极(PbO₂)及阴极(Pb)浸到电解液(稀硫酸)中，两极间会产生2V的电势。其特性是可靠性好、原材料易得、价格便宜，但是其最佳充电电流为0.1C左右，充电电流不能大于0.3C，放电电流一般要求在0.05-3C之间；铅酸电流不可深度充放电，100%放电条件下对电池的寿命影响非常大；铅酸电池一般在温度-20度~+50度条件下使用。铅酸电池主要分为普通蓄电池、干荷蓄电池和免维修蓄电池三种。

(2) 铅炭电池是从传统的铅酸电池演变出来的技术，它是在铅酸电池的负极中加入了活性炭，将铅酸电池与超级电容器两者合一，能够显著提高铅酸电池的寿命。其特性是提升了电池功率密度；延长了循环寿命；活性炭占据了部分电极空间，导致能量密度降低。

(3) 锂离子电池实际上是一个锂离子浓差电池，正负电极由两种不同的锂离子嵌入化合物构成。2020年，在各类电化学储能技术中，我国锂离子电池的累计储能装机规模最大，为2902.4MW，规模占比达88.8%。锂电池比能高、效率高，从综合性价比来看，最适合储能场景。常用的锂离子电池主要有磷酸铁锂电池、锰酸锂电池、钴酸锂电池以及三元锂电池。

(4) 钠硫电池由正极、负极、电解质、隔膜和外壳组成，与一般二次电池(铅酸电池、镍镉电池等)不同，钠硫电池是由熔融电极和固体电解质组成，负极的活性物质为熔融金属钠，正极活性物质为液态硫和多硫化钠熔盐。钠硫电池最大优点在于资源禀赋较高，其原材料钠、硫比较容易获得，缺点是生产成本低，且存在安全隐患。

(5) 液流电池由电堆单元、电解液、电解液存储供给单元以及管理控制单元等部分构成，是利用正负极电解液分开，各自循环的一种高性能蓄电池，具有容量高、使用领域(环境)广、循环使用寿命长的特点，是一种新能源产品。液流电池中全钒液流电池已比较成熟，其寿

命长，循环次数可超过一万次以上，但其能量密度和功率密度与其他电池相比要低，响应时间也不是很快。

4、热储能

热储能包括储热和储冷。在一个热储能系统中，热能被储存在隔热容器的媒质中，以后需要时可以被转化回电能，也可直接利用而不再转化回电能。热储能有许多不同的技术，可进一步分为显热储存和潜热储存等。热储能要各种高温化学热工质，应用场合比较受限。

5、化学储能

化学类储能主要是指利用氢或合成天然气作为二次能源的载体。主要方式包括电解水制氢和合成天然气。其优点是采用这两种物质作能量载体的好处是能量很大，可达 TWh 级；储存的时间也很长，可达几个月。缺点是全周期效率较低，制氢效率只有 70%左右，而制合成天然气的效率 60%-65%，从发电到用电的全周期效率更低，只有 30%-40%。

二、 储能若干技术路径发展现状

中国储能技术领域的主要技术进展，包括抽水储能、压缩空气储能、飞轮储能、铅蓄电池、锂离子电池、液流电池、钠离子电池、超级电容器、新型储能技术、集成技术和消防安全技术等。研究表明，中国储能技术在基础研究、关键技术和集成示范方面均取得了重要进展，中国已经成为世界储能技术基础研究最活跃的国家，也已成为世界储能技术研发和示范的主要核心国家之一。目前我国储能关键技术发展现状如下：

1. 抽水储能

超高水头、超大容量抽水蓄能机组设计制造安装技术取得新突破，国内单机容量最大(400 MW)700 米级水头的阳江抽水蓄能机组攻克了长短转轮叶片与导叶匹配技术、双鸽尾结构磁极技术、磁轭通风沟锻件整体铣槽工艺、磁轭鸽尾槽预装后整体铣槽工艺等新型制造和安装技术，机组稳定性指标优越，达到国际领先水平。

抽水蓄能电动发电机技术取得新突破，分数极路比绕组技术在国内首次成功应用于黑龙江荒沟抽水蓄能电站，与常规绕组方式相比，可优化电站电气系统配置，改善发电电动机性能，定子绕组布局合理，提高定子线棒刚度，机组安装与维护更方便。

抽水蓄能机组安装及调试技术也取得新进步，梅州抽水蓄能电站在机组施工过程中通过安装调试措施优化，创造了从项目开工至首台机投产仅用时 41 个月的国内抽蓄建设工期新纪录。

2. 压缩空气储能

压缩空气储能的关键技术主要包括压缩机技术、蓄热换热器技术、膨胀机技术、系统集成与控制技术等。

2021 年，中国科学院工程热物理所依托国家能源大规模物理储能研发中心建成了压缩机实验与检测平台，测试平台系统压力测量范围 0.5~110 bar(1 bar=0.1 MPa)，转速测量范围 0~40000 r/min，功率测量范围 0~10 MW，具有开展单/多级压缩机气体动力学、力学性能、压缩机与换热设备的耦合特性、压缩系统变工况控制规律、压缩系统性能检测以及特殊工质压缩机性能等功能。依托该实验平台，中国科学院工程热物理所研制了 10 MW 先进压缩空气储能系统用 10 MW 级六级间冷离心式压缩机(最大工作压力 10 MPa，效率为 86.3%)、10 MW 级四级再热组合式透平膨胀级(最大入口压力为 7 MPa，效率为 88.2%)、高效超临界蓄热换热器(蓄热量达 68 GJ，蓄热效率为 97.3%)，并应用于肥城 10 MW 盐穴压缩空气储能商业电站。

中国科学院工程热物理所还攻克了 100 MW 级先进压缩空气储能系统的宽工况组合式压缩机技术、高负荷轴流式膨胀机技术、高效蓄热换热器技术，以及系统集成与控制技术，研制出国际首套 100 MW 系统压缩机、膨胀机和蓄热换热器，目前正在开展张家口示范系统的集成调试。

3. 储热储冷

在储热储冷材料制备技术方面，基于碳化硅、黑刚玉与高岭土等材料研制出可在 1100 °C 条件下安全使用的储热陶瓷颗粒材料；在熔盐储热材料方面，重点开展了低熔点二元熔盐、低熔点高温三元熔盐体系研究。研究人员研发了碱金属和碱土金属的氯化物熔盐体系，实现了 700 °C 下氯化物熔盐对 316 不锈钢的腐蚀速率低于 205.37 $\mu\text{m}/\text{年}$ ；还开展了复合相变、定形相变和仿生相变储热材料研究，提出了基于纳米颗粒、多孔仿生陶瓷、共晶盐体系的比热容和热导率协同提升方法，导热系数可达 116 W/(mK)；在太阳能热化学储热方面，开

展了 $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{CoO}$ 等金属氧化物反应物体系和钙基热化学储热的动力学研究；实现了太阳能直接驱动光热转换与热化学储热一体化。

在储热储冷装置设计技术方面，科研人员研究了大容量长周期跨季节储热，进行了蓄热水体承重浮顶热力耦合特性和逆斜温层控制技术研究；研究了土壤跨季节储热的传蓄热机理和结构参数；研究了换热器、热管等相变储冷储热强化技术，开展了高效动态冰浆蓄冷换热性能研究与性能优化等。

在系统控制与优化方面，研究人员开展了储热储冷应用于太阳能热发电、火电调峰、风电消纳、分布式能源系统等领域的能源系统设计、参数优化和运行调控策略等方面研究；研究了热泵储电、卡诺电池等以热能和冷能存储电能的新型储能系统；开展了基于水体和土壤等方式的大容量长周期跨季节储热研究，建立了考虑技术经济性的储热供热系统性能分析方法。

4. 飞轮储能

国内学者的研究重点在大储能量飞轮本体、高速电机和调节控制技术等方面。中国科学院工程热物理研究所突破了大储能量飞轮及高速电机关键技术，完成了 500 kW/180 MJ 飞轮储能工程样机方案设计及关键部件研制。武汉理工大学刘鸣等进行了磁悬浮飞轮中位移检测信号工频干扰分析及消除研究，提出一种变步长算法进行滤波处理和扰动消除可达到实时消除工频干扰的效果。科研人员基于双馈电机驱动的飞轮储能多功能柔性功率调节器(FPC)设计了一套励磁控制系统，该系统能够实现软启动，适合于带飞轮储能的双馈电机励磁控制系统。科研人员为解决飞轮储能用电机齿槽转矩大，高速运行时铁芯损耗高的问题，提出一种外转子无铁芯无轴承永磁同步电机，相较于传统的有铁芯电机运行稳定性更好。由中海油新能源二连浩特风电有限公司牵头，中国科学院工程热物理研究所、清华大学等单位参与的内蒙古自治区重大专项“MW 级先进飞轮储能关键技术研究”完成了系统方案设计及工程样机研制，预计将于 2022 年并网发电。

5. 铅蓄电池

高电化学活性和铅炭兼容的新型碳材料方面，开发了适用于硫酸环境、大孔和中孔结构合理、高的比表面利用率和良好的离子电导性的新型碳材料，良好的铅炭相容性，使负极具备较高的析氢过电位，抑制析氢失水的副反应。

在宽温区、超长寿命、高能量转换效率、低成本的铅炭储能电池方面，开发了负极长循环配方技术，抑制硫酸盐化。开发更耐腐蚀的正极板栅合金，提升正极耐腐蚀寿命，并改善合金表面氧化层，提高界面导电性。

在高电压大容量系统集成技术方面，实现了电池系统电压高于 1500 V，单簇系统容量高于 3 MW·h，系统能量转换效率不低于 90%。

在铅炭储能系统集成技术及智能管理技术方面，突破了充放电智能管理技术，使电池运行在合理的区间内，并延长系统使用寿命。

6. 锂离子电池

在关键技术方面，正负极材料、快充技术、半固态电池技术等是当前技术研发的重点。在正极材料方面，从短期发展来看，高镍主流材料为 NCM811，随着对能量密度要求的进一步提升，Ni88、Ni90、Ni92 等正极材料已实现研发和量产，Ni96 等超高镍产品(镍含量 $\geq 90\%$)正在研发中。高镍/超高镍搭配硅碳新型负极，电芯的质量能量密度达到了 350~400 W·h/kg。在负极材料方面，纳米硅碳负极材料实现了高首效、长寿命、低膨胀。

在快充技术方面，蜂巢新能源宣称通过革新锂电池正负极、电解液等关键材料，可实现充电 10 min，续航 400 km。在半固态电池研发方面，蔚来发布了基于原位固态化技术的 150 kW·h 的动力锂电池技术，电芯能量密度达 360 W·h/kg 以上，使得搭载该电池的 ET7 轿车单次充电续航达到 1000 km 以上。北京卫蓝新能源与浙江锋锂开发的混合固液电解质锂离子储能电池也达到了一万次的循环寿命，并实现了 100 kW·h 的小型储能系统的示范。

7. 液流电池

面对双碳背景下新型电力系统对储能的重大需求，2021 年我国在液流电池领域技术研发领域投入明显增加。以中国科学院大连化学物理研究所、大连融科储能技术发展有限公司、北京普能公司为代表的单位在新一代高功率密度全钒液流电池关键电堆技术以及高能量密度锌基液流电池等方面取得重要进展。开发出新一代可焊接全钒液流电池技术，较传统全钒液流电池，其膜材料选择可焊接多孔离子传导膜，双极板采用可焊接双极板，实现电堆的高效、自动化集成，系统可靠性进一步提高，电堆成本降低 40%；全钒液流电池的单个电堆功率超过 50 kW，单个储能标准模组的功率达到 500kW，有望继续增加到 1 MW，这为降低系统集成成本、进一步推进液流电池产业化应用具有重要的意义。此外其他体系包括锌基液流电池和铁铬液流电池等也取得重要成果，相继开展了相关应用示范。

8. 钠离子电池

中国科学院物理所、宁德时代、上海交通大学等单位长期致力于钠离子电池技术研发与产业化，在正极、负极、电解质等关键材料以及钠离子电芯和应用系统等方面取得多项研究成果。2021 年，我国钠离子电池单体电池和电池系统关键技术方面取得了多项重要进展，包括低成本及高性能正负极核心材料制备放大技术、电解液/隔膜体系优选技术、电芯安全可靠设计技术、高安全、高倍率和宽温电芯设计制造技术、电池正负极材料的评价技术、大圆柱及大方形铝壳电芯的制造工艺技术、电池的安全性设计与评价技术、电池大规模筛选及成组技术等，并建立了失效分析数据库。钠离子电池的能量密度已达到 $145 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$ ； $2\text{C}/2\text{C}$ 倍率下循环 4500 次后容量保持率 $>83\%$ 。2021 年，中科海钠、钠创新能源等企业建成了百吨级钠离子电池正极、负极和电解液材料中试生产线，中科海钠还正在建设千吨级负极材料生产线和电芯线。宁德时代(CATL)发布了钠离子电池技术，该技术以普鲁士白为正极、硬碳为负极，预计能量密度可达 $160 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$ ，引起储能领域广泛关注。

9. 超级电容器

在活性炭材料制备技术方面，河南大潮炭能科技公司等开发出木质活性炭功能化定向调控关键技术，围绕活性炭有效孔结构和表面活性中心定向调控，突破了水蒸气梯级活化、热解自活化、催化活化和气氛介导绿色活化等关键技术。

在集流体技术方面，清华大学联合中天科技等公司，建立了物理沉积铝-氧化去除模板-梯度退火的泡沫铝制备技术路线，搭建了国际首套连续沉积、一体化制备装备与生产线，实现了宽幅达 500 mm、厚度 1~2 mm 泡沫铝的产线制备，在超级电容器、高功率锂离子电池等领域具有重要的应用前景。

在负极技术方面，中国科学院电工研究所 Sun 等融合内部短路预嵌锂和电化学预嵌锂，提出了一种新的电化学负极预嵌锂方法可以大幅缩短预嵌锂时间、提高预嵌锂效率。复旦大学 Yin 等开发出 TiNb_2O_7 与石墨复合的高功率负极，配合优化的电解液技术，实现了 $-60\sim 55^\circ\text{C}$ 全气候温区工作的锂离子电容器。

10. 其他新技术

(1) 液态金属电池

近年来,液态金属电池技术得到研究者的广泛关注。针对传统 Sb 基电极运行温度高,材料利用率低的问题,2014 年 NATURE 报道了基于合金化电极设计思路的新型 $\text{Li}||\text{SbPb}$ 电池体系,将工作温度从 700°C 降至 450°C ,有效推动了液态金属电池的实用化。

2016 年,华中科技大学 Li 等提出了环境友好的 $\text{Li}||\text{SbSn}$ 液态金属电池新体系,揭示了液态合金电极的放电机制,设计实现了高电压 $\text{Li}||\text{TeSn}$ 体系和高比能 $\text{Li}||\text{Sb}$ 固液复合电池新体系,实现了电极体系能量密度的重大突破($495\text{ W}\cdot\text{h/kg}$)。同时,西安交通大学与北京科技大学等团队在液态金属电池创新材料体系等方面开展了系列研究,开发了 $\text{Li}||\text{BiSb}$ 、 $\text{Li}||\text{BiSbSn}$ 等液态金属电池新材料体系。2018 年以来,华中科技大学等单位在国家重点研发计划项目“液态金属储能技术关键技术研究”的支持下,研究团队在电池特性与系统构建方面开展了深入研究,建立多场耦合大尺寸液-液界面的动态特性模型,提出大容量电池界面稳定调控技术,实现了电池容量从 $2\text{ A}\cdot\text{h}$ 到 $400\text{ A}\cdot\text{h}$ 的放大;开发了表面陶瓷金属梯度化设计工艺,突破了液态金属电池高温密封绝缘关键技术,实现了大容量电池的长效封装;针对液态金属电池低电压、大电流特性,提出了双等效电路融合模型,建立了包含模型参数与 SOC 作为可估计状态的状态空间方程,实现了液态金属电池 SOC 的精准估计;在电池系统构建方面,构建了 $5.5\text{ kW}\cdot\text{h}$ 的电池组三维传热模块耦合一维电化学模型,实现了 $5\text{ kW}/18\text{ kW}\cdot\text{h}$ 液态金属电池储能系统,为液态金属电池储能技术的应用发展提供了支撑。

(2) 多价金属离子电池

多价金属离子电池主要包括了镁、铝和锌离子电池等。这类电池充放电过程中的阳离子脱嵌伴随着多个电子转移,且镁、铝与锌等元素在地壳中储量丰富、成本低廉、清洁环保,在规模储能领域具有良好的发展前景。

镁离子电池方面,关键在于发展高性能、无腐蚀性、价格低廉的镁离子电解液。青岛能源所崔光磊等以 MgF_2 为前体,开发了非亲核,无腐蚀性镁离子电解液,实现了镁硫电池的稳定循环。进一步针对 MACC 体系中 AlCl_3 与硫的亲核副反应导致电池不可逆的问题,清华大学张跃刚教授将 YCl_3 应用于 MACC 体系,显著提高了镁硫电池的电化学循环稳定性。

铝离子电池方面,近年来国内外多个研究团队对正极材料(石墨、硫系、过渡金属化合物、有机物等)、负极材料(金属铝、铝基合金等)以及电解质等进行了一系列研究。其中,正极材料是制约铝离子电池性能的关键。北京科技大学 Sun 等利用石墨化碳纸正极,离子液体为电解液,实现了可逆性良好的高电压(约 2 V)新型铝-碳电池。随后,进一步发展了铝-硫、铝-硒、铝-碲、铝-过渡金属硫族化合物等系列以及铝离子固态电池,为实现超高容量提供了新途径。

锌离子电池具有成本低廉、安全性好,特别是基于水溶液体系的锌离子电池近年来备受研究者关注。水系锌离子电池的正极材料主要包括锰基氧化物、普鲁士蓝衍生物、钒基氧化物、

聚阴离子化合物等。负极方面，金属锌的枝晶问题以及溶解-沉积库仑效率低严重限制了实际应用。现阶段，抑制锌枝晶生长的主要策略包括：构建三维导电基底，调控锌的成核与生长；采用电解液添加剂延缓锌枝晶的生长；设计高浓电解液，降低电解液与锌离子的反应活性，提高电极稳定性等。

（3）水系电池

目前，水系电池主要受到窗口电压窄、电极副反应导致循环稳定性差等问题的限制，近年来研究者们对正、负极材料、电解液以及储能机制等进行了大量研究。通过在石墨中卤素的转换-嵌入化学，构建了 4 V 级的水系锂离子全电池，能量密度高达 460 W·h/kg；此外，通过电解液添加剂、新型盐包水结构和水/有机共溶剂结构的水系电解液也实现了电化学窗口的拓宽，大大提高了能量密度和循环稳定性；锌负极方面，通过多孔结构基底修饰、原位 SEI 层保护等方法可以实现锌的无枝晶沉积和循环寿命的大幅提升。此外，华中科技大学开发了嵌入式储锌负极 Na_{0.14}TiS₂、Cu_{2-x}Te 等，构建了“摇椅式”水溶液锌离子电池，有望从机理上解决锌枝晶问题。

三、行业资讯

1. 习近平：推进先进储能技术规模化应用

中共中央政治局 1 月 24 日下午就努力实现碳达峰碳中和目标进行第三十六次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，实现碳达峰碳中和，是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求，是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策。我们必须深入分析推进碳达峰碳中和工作面临的形势和任务，充分认识实现“双碳”目标的紧迫性和艰巨性，研究需要做好的重点工作，统一思想和认识，扎扎实实把党中央决策部署落到实处。

这次中央政治局集体学习，由中央政治局同志自学并交流工作体会，刘鹤、李强、李鸿忠、胡春华同志结合分管领域和地方的工作作了发言，大家进行了交流。

习近平在主持学习时发表了重要讲话。他指出，党的十八大以来，党中央贯彻新发展理念，坚定不移走生态优先、绿色低碳发展道路，着力推动经济社会发展全面绿色转型，取得了显著成效。我们建立健全绿色低碳循环发展经济体系，持续推动产业结构和能源结构调整，启动全国碳市场交易，宣布不再新建境外煤电项目，加快构建“双碳”政策体系，积极参与气候变化国际谈判，展现了负责任大国的担当。实现“双碳”目标，不是别人让我们做，而是我们自己

必须要做。我国已进入新发展阶段，推进“双碳”工作是破解资源环境约束突出问题、实现可持续发展的迫切需要，是顺应技术进步趋势、推动经济结构转型升级的迫切需要，是满足人民群众日益增长的优美生态环境需求、促进人与自然和谐共生的迫切需要，是主动担当大国责任、推动构建人类命运共同体的迫切需要。我们必须充分认识实现“双碳”目标的重要性，增强推进“双碳”工作的信心。

习近平强调，实现“双碳”目标是一场广泛而深刻的变革，不是轻轻松松就能实现的。我们要提高战略思维能力，把系统观念贯穿“双碳”工作全过程，注重处理好4对关系：一是发展和减排的关系。减排不是减生产力，也不是不排放，而是要走生态优先、绿色低碳发展道路，在经济发展中促进绿色转型、在绿色转型中实现更大发展。要坚持统筹谋划，在降碳的同时确保能源安全、产业链供应链安全、粮食安全，确保群众正常生活。二是整体和局部的关系。既要增强全国一盘棋意识，加强政策措施的衔接协调，确保形成合力；又要充分考虑区域资源分布和产业分工的客观现实，研究确定各地产业结构调整方向和“双碳”行动方案，不搞齐步走、“一刀切”。三是长远目标和短期目标的关系。既要立足当下，一步一个脚印解决具体问题，积小胜为大胜；又要放眼长远，克服急功近利、急于求成的思想，把握好降碳的节奏和力度，实事求是、循序渐进、持续发力。四是政府和市场的关系。要坚持两手发力，推动有为政府和有效市场更好结合，建立健全“双碳”工作激励约束机制。

习近平指出，推进“双碳”工作，必须坚持全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险的原则，更好发挥我国制度优势、资源条件、技术潜力、市场活力，加快形成节约资源和保护环境产业结构、生产方式、生活方式、空间格局。第一，加强统筹协调。要把“双碳”工作纳入生态文明建设整体布局和社会发展全局，坚持降碳、减污、扩绿、增长协同推进，加快制定出台相关规划、实施方案和保障措施，组织实施好“碳达峰十大行动”，加强政策衔接。各地区各部门要有全局观念，科学把握碳达峰节奏，明确责任主体、工作任务、完成时间，稳妥有序推进。第二，推动能源革命。要立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破、通盘谋划，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。要加大力度规划建设以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体的新能源供给消纳体系。要坚决控制化石能源消费，尤其是严格合理控制煤炭消费增长，有序减量替代，大力推动煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”。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，加强煤气油储备能力建设，推进先进储能技术规模化应用。要把促进新能源和清洁能源发展放在更加突出的位置，积极有序发展光能源、硅能源、氢能源、可再生能源。要推动能源技术与现代信息、新材料和先进制造技术深度融合，探索能源生产和消费新模式。要加快发展有规模有效益的风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能、氢能等新能源，统筹水电开发和生态保护，

积极安全有序发展核电。第三，推进产业优化升级。要紧紧抓住新一轮科技革命和产业变革的机遇，推动互联网、大数据、人工智能、第五代移动通信（5G）等新兴技术与绿色低碳产业深度融合，建设绿色制造体系和服务体系，提高绿色低碳产业在经济总量中的比重。要严把新上项目的碳排放关，坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展。要下大气力推动钢铁、有色、石化、化工、建材等传统产业升级，加快工业领域低碳工艺革新和数字化转型。要加大垃圾资源化利用力度，大力发展循环经济，减少能源资源浪费。要统筹推进低碳交通体系建设，提升城乡建设绿色低碳发展质量。要推进山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，巩固和提升生态系统碳汇能力。要倡导简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式，引导绿色低碳消费，鼓励绿色出行，开展绿色低碳社会行动示范创建，增强全民节约意识、生态环保意识。第四，加快绿色低碳科技革命。要狠抓绿色低碳技术攻关，加快先进适用技术研发和推广应用。要建立完善绿色低碳技术评估、交易体系，加快创新成果转化。要创新人才培养模式，鼓励高等学校加快相关学科建设。第五，完善绿色低碳政策体系。要进一步完善能耗“双控”制度，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制。要健全“双碳”标准，构建统一规范的碳排放统计核算体系，推动能源“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变。要健全法律法规，完善财税、价格、投资、金融政策。要充分发挥市场机制作用，完善碳定价机制，加强碳排放权交易、用能权交易、电力交易衔接协调。第六，积极参与和引领全球气候治理。要秉持人类命运共同体理念，以更加积极姿态参与全球气候谈判议程和国际规则制定，推动构建公平合理、合作共赢的全球气候治理体系。

习近平强调，要加强党对“双碳”工作的领导，加强统筹协调，严格监督考核，推动形成工作合力。要实行党政同责，压实各方责任，将“双碳”工作相关指标纳入各地区经济社会发展综合评价体系，增加考核权重，加强指标约束。各级领导干部要加强对“双碳”基础知识、实现路径和工作要求的学习，做到真学、真懂、真会、真用。要把“双碳”工作作为干部教育培训体系重要内容，增强各级领导干部推动绿色低碳发展的本领。

2. 我国新型储能产业进入快车道 新技术不断涌现

随着风能、太阳能等新能源在我国能源体系中的占比不断提升，与新能源发展紧密相关的储能技术和产业也备受关注。今年以来，各省市加快推进储能项目的落地，有超过 20 个省份明确了配套储能设备的配储比例。

多地加速布局储能建设

在浙江长兴，总投资 67 亿元的新能源电池生产基地项目正式开工建设。项目围绕磷酸铁锂、三元材料等新能源原材料，规划建设全球领先的储能系统。

浙江长兴县发改局副局长 陈雪峰：“十三五”时期我们就已经开始谋划布局集“源网荷储售”一体的能源发展体系，储能产业作为其中的一个重要环节，我们支持市场主体特别是龙头企业，加强产品的技术研发，对技术比较成熟的龙头企业，我们吸引来长兴投资发展储能产业。

“十四五”期间，浙江省力争实现 200 万千瓦左右新型储能示范项目发展目标。

在山东济南，我国首座百兆瓦级分散控制储能电站正式投运。它每次充电可充 21.2 万度电，能够满足 1000 户家庭一个月的使用电量。

济南百兆瓦级分散控制储能电站工程师 文子强：我们这个项目目前吸纳的是山东省内富余的新能源电量，每天可以充放两次，可以吸纳 40 万度电，然后通过电网的需求，实时地释放出去供用户使用。

湖南省建立“新能源+储能”机制，力争到 2023 年建成电化学储能电站 150 万千瓦时以上。宁夏提出，新能源项目储能配置比例不低于 10%、连续储能时长要达到 2 小时以上。

电力规划设计总院技术创新与产业策划中心主任 戴剑锋：目前我们已经从实验室阶段，进入了商业化应用的初期了。截止到 2021 年底，我国的新型储能的这个规模，已经突破了 300 万千瓦。

国家发改委、能源局发布的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》提出，到 2025 年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，装机规模达 3000 万千瓦以上，到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展。

中国能源研究会储能专委会主任 陈海生：（目前）我们（储能）总体的装机，大概接近于我们系统电力总装机的 2%，在 2050 年左右，就应该占到总装机的 10%到 15%，距离我们这个市场需求还有巨大的空间。

什么是储能系统？

与传统化石能源相比，风电、光伏行业发电不稳定、间歇性的问题，需要储能设备的调峰、调频能力来解决，那什么是储能？

储能指的是将电能通过物理或者化学的手段转化为其他形式的能量存储起来，在需要的时候将能量转化为电能释放出来，类似于一个大型“充电宝”。

当前储能方式主要分为两类，一类是物理储能，一类是化学储能。物理储能主要包括抽水蓄能，压缩空气储能，蓄冷蓄热和飞轮储能等，化学储能主要包括锂电池、铅酸电池、液流电池、钠离子电池以及超级电容等。新型储能项目是除抽水蓄能外的储能项目。

储能系统相当于“蓄水池”，不仅可以解决新能源发电带来的电力系统不稳定问题，还能有效地提高新能源发电的电能利用和供需平衡。

储能多元化发展 新技术不断涌现

储能最重要的用途是解决电力供需的时间错配问题，也就是大家俗称的调峰。不同的储能技术有其不同的优劣势和应用场景，在我国储能产业发展中，也不断涌现出新的技术。

在河北张家口，百兆瓦压缩空气储能项目正在进行带电调试。项目建成后，将成为国际上规模最大、效率最高的先进压缩空气储能电站。

中科院工程热物理研究所储能研发中心产业化办公室主任 纪律：我们既可以通过电动机带动压缩机，把空气压缩，也是将电能转化为空气的压力能储存了。这个技术可以实现可再生能源的大规模消纳和接入。

在内蒙古乌兰察布，大型“源网荷储”技术研发试验基地正加速推进。试验基地搭建了国内首座固态锂离子电池储能电站、首座3兆瓦钠离子电池示范电站等七种储能技术验证平台以及储能技术检测实验室和大规模新能源接入仿真验证实验室。

三峡集团科学技术研究院院长 孙长平：它是集科研、实证和应用，三个结合在一起的，平台主要就是要验证新一代的储能技术，然后同时也是推动下一代的储能技术的发展。

根据国家能源局的政策，将强化储能行业技术创新，攻克卡脖子技术，并以技术进步推动成本下降和规模化发展，完善政策配套和市场环境，培育成熟的商业模式。

电力规划设计总院技术创新与产业策划中心主任 戴剑锋：国家出台了针对新兴储能的一些创新平台，来支持这个相关技术的研发。另外还有一些产教融合的平台通过产学研的结合，来推动相关的储能技术的发展，实现创新链和产业链的加快融合。

新型储能市场环境有待完善

业内人士表示，新型储能作为新兴产业，在政策机制方面进行了探索，但尚未形成统一、规范的管理思路，目前市场环境有待完善。电力规划设计总院技术创新与产业策划中心主任 戴剑锋：目前来看的话，由于我们的新兴储能行业的发展还是初期，所以整体来看，从整个市场机制，包括行业管理的一些政策，目前来看还不是特别完善。

中国能源研究会储能专委会主任 陈海生：储能技术本身还需要进一步发展，主要是把规模体系做大，寿命进一步增加，还有要把这个成本降下来。形成体现储能价值的稳定价格机制，有利于储能的健康稳定的持续发展。专家表示当前储能路线多、应用场景广，由示范应用阶段向规模化商业应用阶段转变的过程中，标准制修订需求急剧增加，现有标准化水平和能力成为制约行业发展短板之一。

中国能源研究会储能专委会主任 陈海生：关于储能的标准和规范，还需要我们市场和企业还有科研机构共同努力，来共同推动标准化的工作。记者了解到，为推动新型储能高质量规

模化发展，国家相关部门将加快出台“十四五”新型储能规划、新型储能项目管理规范。对“新能源+储能”给予倾斜性支持政策，完善峰谷电价机制，增加用户侧储能收益；加快建设电力中长期交易市场、电力现货市场、辅助服务市场，推动储能参与各类市场获取多重收益，真正实现按效果付费。

电力规划设计总院技术创新与产业策划中心主任 戴剑锋：目前我们整个储能标准体系已经建立起来了，只是说它相关的标准还在制定过程当中，出台以后标准的问题就能够得到解决。对于商业模式的问题，通过这种先行先试，找到符合市场规律，可以推广的商业模式，能够适应我们整个新兴储能发展的一套价格机制。

参考资料

文献：

1. 陈海生, 2021 年中国储能技术研究进展, 储能科学与技术. 2022(3), 1052-1076
2. 张艺涵, 李秋燕, 郭新志, 储能产业发展现状及典型应用场景展望, 河南蓝皮书·能源, 2020, 122-138
3. 饶宇飞, 司学振, 谷青发, 杨海晶, 储能技术发展趋势及技术现状分析, 电器与能效管理技术, 2020(10), 7-15
4. 李圣刚, 储能技术研发、应用的现状与前景, 世界能源蓝皮书, 2018, 343-356

网站：

1. 中国储能网
2. 中国能源网
3. 国家能源局
4. 中关村储能产业技术联盟