

政策驱动下储能产业的发展与商业模式探索

彭 婕

(湖南师范大学商学院, 湖南省长沙市, 410081)

摘要: 储能技术是解决电力规模存储及调度的关键技术, 对维持电力系统的稳定性和灵活性具有重要作用。随着风电、光伏发电上网规模的不断增加, 电力系统将面临较大的波动。储能技术能够在发电侧、电网侧和用户侧发挥平衡供需的作用, 极大地提高风电、光伏发电的可靠程度。为了促进储能产业的发展, 我国需要在储能产业政策扶持、技术研发应用、产业链协同发展、加强标准建设等多个方面发力, 推动储能技术的规模化应用和储能产业的竞争力提升。本文综述了政策对中国储能技术发展的驱动效应, 并探讨了储能产业的现状及其未来发展趋势。

关键词: 能源转型; 储能分类; 储能经济; 产业政策;

中图分类号: F426.2

文献标识码: A

一、引言

在“双碳”目标的约束下, 构建以新能源为主体的新型电力系统已成为推动能源结构转型、实现碳达峰碳中和的关键路径^[1]。作为支撑高比例可再生能源接入与高效利用的重要技术手段, 新型储能被赋予关键基础设施的战略定位^[2]。2022年, 国家发展改革委、国家能源局联合印发《“十四五”新型储能发展实施方案》, 明确提出至2025年新型储能装机规模达到3000万千瓦以上的发展目标, 标志着储能产业已从初步探索阶段迈入规模化推进的新时期。

当前中国能源结构转型仍面临严峻的结构性挑战。根据《2023年国民经济和社会发展统计公报》, 全年能源消费总量达57.2亿吨标准煤, 同比增长5.7%。从消费结构来看, 煤炭、原油与天然气分别增长5.6%、9.1%与7.2%, 化石能源依然在能源消费中占据主导地位。这一结构性矛盾凸显了推动能源体系从化石能源主导向可再生能源主导转型的紧迫性与艰巨性, 也为储能技术的规模化应用提供了现实基础。

在可再生能源装机规模快速提升的背景下, 其固有的间歇性、波动性与负荷需求之间的时空错配, 对电力系统运行提出双重挑战: 一方面, 电力供需实时平衡难度加大, 亟需通过储能系统实现跨时段能量转移, 提升系统对可再生能源的消纳能力, 延缓输配电网升级投资^[3]; 另一方面, 风光发电出力的随机性亦对电网频率与电压稳定性构成冲击, 而具备快速响应特性的电化学储能等新型储能技术, 可提供调频、备用等辅助服务, 增强电网运行的灵活性与可靠性^[4]。

储能技术不仅能够解决可再生能源间歇性和波动性带来的问题, 提高电力系统的稳定性和经济性, 还能促进能源的高效利用和可持续发展^[5]。在政策与市场双轮驱动下, 我国储能产业正处于从示范应用向商业化推广的关键过渡阶段。各地方政府结合区域资源禀赋与产业基础, 围绕梯次利用、调频辅助服务、新能源配套储能等领域出台配套政策, 推动储能技术成本下降与商业模式创新^[6]。研究表明, 储能在提升系统运行效率的同时, 亦具备改善能源系统整体经济性的潜力^[7]。然而, 当前我国储能产业仍面临市场机制不健全、商业盈利模式不清晰、系统利用率偏低等结构性瓶颈, 制约其实现可持续发展与大规模市场化应用^[8]。在此背景下, 本文深入探讨政策驱动下储能产业的发展现状与未来趋势, 分析政策实施效果及其面临的挑战, 以期为推动储能产业的健康、快速发展提供有益参考。

二、储能产业发展现状

(一) 市场规模

在能源结构转型的驱动下，中国可再生能源装机容量持续快速增长。2023 年，全国太阳能发电与风电装机容量分别达到约 6.1 亿千瓦和 4.4 亿千瓦。至 2024 年底，新能源装机规模将首次超过煤电，非化石能源装机占总装机比重预计升至约 57%，其中风电与太阳能发电合计占比有望达到 40%，标志着电力系统结构正在发生根本性转变。

与之相应，储能产业，特别是新型储能，进入规模化增长阶段。根据中国储能产业联盟（CNESA）数据，2020 年电化学储能新增装机仅为 785.1MW，但 2021 年起增速显著提升，全年新增达 2.4GW，同比增长 126%。2022 年延续高增长态势，中国新型储能新增装机达 7.3GW/15.9GWh，功率与能量规模同比分别增长 200%和 280%。至 2023 年底，全国新型储能累计装机规模已达 31.39GW/66.87GWh，2023 年全年新增装机约 22.6GW/48.7GWh，同比增长超过 260%。2024 年第一季度，新型储能装机继续攀升，累计规模达 35.3GW/77.68GWh，较 2023 年末增长 12%，同比增长超过 210%。

从结构演变来看，尽管抽水蓄能仍在总装机中占比较高，但新型储能（尤其是电化学储能）的增速和占比正快速提升，反映出技术成本下降与政策支持共同驱动的市场趋势。根据全国 25 个省（市）已公布的“十四五”新型储能规划，至 2025 年，新型储能装机目标合计约 67.85GW。青海、甘肃、山西等能源富集省份规划规模领先，均达 6GW；山东、宁夏、内蒙古等地也明确了 5GW 级建设目标，显示出新型储能在区域能源体系中的基础性地位正逐步确立。

（二）政策支持

产业政策是政府为引导资源配置、矫正市场失灵与促进特定产业发展而实施的干预措施总和^[9]。从作用机制看，可将其区分为“选择性产业政策”与“功能性产业政策”两种理想类型。前者通过挑选赢家、扭曲价格等方式直接干预资源配置，后者则侧重于完善市场制度、补充市场不足，旨在增进而非替代市场机能^[10]。在产业发展初期，政策扶持能通过补贴等形式释放产能，但若缺乏对研发与需求的协同激励，则可能引发产能过剩与利润率下降^[11]。

上述研究为理解储能产业的政策支持体系提供了清晰的视角。储能产业的发展高度依赖于一个设计良好的功能性政策框架，其核心在于通过明晰的法规与合理的市场规则，为储能技术所创造的多重价值（如调频、备用容量等）提供有效的定价与补偿机制。例如，对欧美市场的研究指出，储能部署的主要障碍并非完全源于技术成本，而更多与滞后的市场规则和复杂的监管框架有关^[12]。同时，政策需要协调私人投资与社会收益，例如通过征收碳税将外部性内部化，从而将储能的社会价值转化为投资者的经济激励^[13]。

在相关研究与国际经验参照下，下文将分析中国如何构建其储能产业政策体系。可以看到，中国政策实践呈现出从顶层设计到地方试点、从破除市场壁垒到细化运营规则的系统性演进。这一过程在本质上是一个从选择性干预（如指定技术路线与示范项目）向功能性支持（如建立市场机制与独立主体地位）不断深化与过渡的尝试。

1. 国家层面

在“十四五”规划的开局阶段，中国政府密集出台了一系列旨在推动新型储能产业发展的政策框架，标志着该产业正式被纳入国家能源战略的核心组成部分。这些政策从技术研发、市场准入、价格机制、示范项目与标准体系等多维度共同发力，构成了一套旨在矫正外部性、培育新兴市场与加速技术扩散的产业政策体系，其根本目标在于通过政府引导，降低储能产业发展的制度性交易成本，并激发其作为公共品的网络效应。

根据《“十四五”新型储能发展实施方案》所设定的阶段性目标，中国储能产业将遵循明确的政策驱动型发展路径：即在 2025 年前完成从商业化初期向规模化发展的转型，并在 2030 年前实现全面市场化，使其能够有效支撑以高比例可再生能源为特征的新型电力系统。

回溯中国储能产业的政策脉络，可清晰观察到政府如何通过持续的制度供给来塑造市场结构并引导投资预期。2017 年发布的《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》首次确立了产业发展的两阶段路线图，并系统提出了包括试点示范、补偿机制与社会资本引导在内的激励性政策工具箱，为后续政策演进提供了基本框架。

随后的关键政策逐步聚焦于消除储能参与电力市场的制度壁垒与价格扭曲。2018 年，两项重要政策分别从市场范围与价格信号两方面入手：一方面放开了跨省区电力交易限制，以扩大潜在市场空间；另一方面通过完善分时电价机制，为储能企业创造套利机会，从而借助价格信号引导储能投资与运营。

2020 年至 2022 年间，政策的精准度与操作性显著提升。2020 年的《电力中长期交易基本规则》首次明确赋予储能企业独立市场地位，解决了其作为市场主体的“产权界定”问题。2021 年的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》则进一步细化了实现规模化与市场化发展的政策路径。2022 年发布的《“十四五”新型储能发展实施方案》与《进一步推动新型储能参与电力市场和调度运用的通知》，更是通过部署具体的技术示范项目（如集中于山东、河北等资源富集或消纳困难地区），并详细规定了独立储能参与市场、提供辅助服务、建立电网侧价格机制等操作细则，实质性地完成了从宏观指引到微观市场规则设计的过渡。

表 1：国家储能政策要点

时间	政策文件	部门	内容要点
2021/02/22	关于加快建立健全绿色低碳循环发展	国务院	加快大容量储能技术研发推广，提升电网汇集和外送能力
2021/11/29	“十四五”能源领域科技创新规划	国家能源局	实现主流储能技术总体达到世界先进水平，新型储能技术进入商业化示范阶段
2022/01/29	“十四五”新型储能发展实施方案	国家发展改革委 国家能源局	加大力度发展电源侧、电网侧、用户侧新型储能产业
2022/01/30	关于完善能源绿色低碳转型体制机制	国家发展改革委	加强新型储能相关安全技术研发，完善新型储能参与电力市场
2022/03/22	“十四五”现代能源体系规划	国家发展改革委 国家能源局	加快新型储能技术规模化应用，建立新型储能价格机制
2022/03/23	氢能产业发展中长期规划	国家能源局	形成抽水蓄能、电化学储能、氢储能等多种储能技术相互融合的电力系统储能体系
2022/05/14	关于促进新时代新能源高质量发展实施方案	国家发展改革委 国家能源局	完善调峰调频电源补偿机制，推动新型储能快速发展
2022/06/01	“十四五”可再生能源发展规划	国家发展改革委 国家能源局	提升可再生能源存储能力，推动其他新型储能规模化应用
2023/04/24	关于加强新型电力系统稳定工作的指导意见	国家能源局	探索储能融合发展新场景，提升电力系统安全保障水平和系统综合效率
2024/04/12	关于促进新型储能并网和调度运用的通知	国家能源局	加强新型储能并网和调度运行管理、明确技术要求及强化协调保障。

2. 省级层面

在新型储能产业的发展过程中，国家政策作为顶层制度设计，发挥着界定发展方向、降低制度不确定性 with 引导资源配置的关键作用。《“十四五”新型储能发展实施方案》明确提出将“统筹规划，因地制宜”作为首要原则，体现了国家层面在推动储能规模化过程中对区域异质性的重视。在这一原则指引下，各地方政府陆续出台了符合本地资源禀赋与发展阶段的配套政策，形成了一套在统一目标下具备区域弹性的政策体系。

由于各地区在能源结构、电力市场成熟度与储能需求方面存在显著差异，其政策响应也呈现出基于比较优势的分化特征。尽管各地具体路径有所不同，但政策目标均指向推动新型储能从商业化初期向规模化发展阶段过渡，以实现产业发展的规模经济与网络效应。例如，北京、上海、广东等经济发达且创新资源密集的地区，更侧重于推动新型储能技术的示范应用与系统集成，促进其与风电、光伏等清洁能源的深度融合，以构建具有外溢效应的区域能源系统。而在辽宁、陕西、江西等能源转型压力较大或制造业基础较强的省份，政策则更倾

向于激励储能技术本地化创新与产业升级，通过支持企业研发先进储能产品和系统解决方案，以适应能源消费结构转型所带来的市场需求。

三、储能技术的应用

（一）储能的作用

储能是指利用某些介质或设备把能量存储起来，需要时再将其释放出来的过程。储能是能源革命的关键支撑技术，是提高能源系统安全性、经济性和利用效率的重要保障，其作用主要体现在：①由于风力和日照强度的不可控性，风电、光伏的并网会对电网的质量产生很大影响，储能系统可以平衡系统瞬时功率，改善电能质量；②由于新能源分布式发电和用户端用电在时间和空间上具有较大的差异，储能系统可起到削峰填谷的作用，既可以利用峰谷平的电价差实现一定程度的收益，也可以减少因电网消纳有限而造成的资源浪费以及配电容量和增容费用；③由于可再生能源出力的随机性和波动性，其发电有功功率与负荷之间可能出现失衡状态，不利于用电和发电设备的安全运行，而储能系统即可充当电源，亦可成为负荷，非常适用于电力系统的调频领域；④储能系统的快速响应性能可减少不可预期的扰动对电力系统正常运行的影响，并且，当配电网发生故障时，储能系统可作为应急电源，保证负荷的持续供电，此外，储能系统还可以支持电网的黑启动^[14]。

（二）储能的分类

根据电能转换形式的不同，储能可以分为物理储能、电化学储能、电磁储能以及其他储能方式。

1. 物理储能

抽水蓄能(PHS)以水作为介质，利用电能和水的势能之间的相互转化来进行能量存储，其具体原理为在电力负荷低谷时用水泵将水抽入一个上坡的水库中，在电力负荷高峰期时再将水释放至下坡的水库中为发电机提供动力^[6, 15]。抽水蓄能技术具有储能容量大、系统效率高、运行寿命长以及储能周期不受限制等优点，主要适用于电力系统调频、削峰填谷、备用等方面，是目前技术最成熟、应用最广泛的储能技术。但是由于抽水蓄能需要建造水库，其应用受地理条件的限制较大，同时也具有初始投资高、周期长等缺点^[6, 16]。

传统压缩空气储能(CAES)以空气作为介质，在电力负荷低谷时将空气压缩至密闭的地下洞穴或大型储罐中，在电力负荷高峰期时释放出高压空气驱动涡轮发电，但其必须同燃气轮机电站配套使用，依赖化石燃料为其提供热源^[6, 17]。近年来，为解决传统压缩空气储能技术依赖大型洞穴、依赖化石燃料两大技术瓶颈，国内外学者开发了多种新型压缩空气储能系统^[6]。压缩空气储能具有储能容量大、储能周期长、系统效率高、运行寿命长、比投资小等优点，被认为是最具有广阔发展前景的大规模储能技术之一^[7]。

现代飞轮储能(FESS)一般指电能与飞轮动能之间的双向转化，其特征是飞轮与电机同轴旋转，通过电力电子装置控制飞轮的旋转速度，实现升速储能、降速释放的功能(戴兴建等, 2018)。飞轮储能具有单机功率大、响应速度快、使用寿命长以及运行效率高等优点，适用于调频、调峰、移动应急电源以及不间断电源领域^[6, 18]。

重力储能(GES)是一种依靠提升重物以势能的形式来储存能量的新型储能技术，有学者提出了不同的重力储能方案，如干式技术与湿式技术；也有学者从材料方面入手，提出通过提升湿砂容器或其他高密度材料来存储能量。重力储能技术仍在研发中，并且存在许多技术、经济和财务的不确定性，缺乏评估重力储能技术的财务和经济效益的研究^[19, 20]。

储热(TES)技术可分为显热、潜热以及热化学蓄热三类。储热材料的选择是储热系统设计的一个重要环节，其决定了储能容量以及运行效率，一般而言，储热材料需要具有适当的工作温度、高能量密度、耐腐蚀、物理和化学上的稳定性等特性。储热技术具有规模大、低成本、寿命长等优点^[21]。

总的来说，物理储能方式是目前技术最成熟、应用最广泛的一类储能手段。以抽水蓄能为代表，其装机量在全球储能系统中约占 90%，被称为电力系统的稳定器、调节器，已经形成较为完整的产业体系，在储能系统中起着非常重要的支撑作用；同时，压缩空气储能、飞

轮储能技术较为成熟,根据其储能特征已经在若干应用领域投入使用,处于商业化早期,是储能系统的重要补充;重力储能与储热目前还处于技术研发阶段,具有良好的发展前景。

2. 电化学储能

锂离子电池具有储能密度高、储能效率高、响应速度快、循环寿命长以及产业链完整等优点,广泛应用于便携式电子产品、电动汽车等领域,是最近几年发展最快的电化学储能技术,但是锂离子电池安全性能一般,存在过热起火、爆炸风险,同时锂资源短缺的问题也制约着锂离子电池的发展^[22]。

钠离子电池的技术特征类似于锂离子电池,被认为是锂离子电池的低成本替代品。虽然钠离子电池在储能密度、技术成熟度方面不如锂离子电池,但是其原材料丰富、充放电速度快、低温性能好,钠离子电池技术的发展可以在一定程度上缓解由于锂资源短缺而引发的储能电池发展受限问题^[23]。

铅蓄电池具有技术成熟、成本低、安全可靠等优点,但是其放电功率较低、寿命较短^[8]。

液流电池具有安全性高、寿命长、规模大等优点,在大规模储能领域具有良好的应用前景,但是其储能密度较低,未来还需要开发具有更低成本的长寿命液流电池技术以提升其竞争力^[8]。

电化学储能技术已经进入商业化、产业化阶段,也是未来重点发展的储能技术。其中,锂离子电池技术较为成熟,已进入规模化量产阶段,是目前发展最快、应用占比最高的电化学储能技术,同时,新能源汽车行业的发展也推动着锂离子电池成本的快速下降。截至2020年底,锂离子储能累计装机量占电化学储能累计装机量的88.80%。

3. 电磁储能

超导磁储能系统(SMES)利用超导体制成线圈储存磁场能量,具有响应速度快、转换效率高、功率密度高等优点,主要应用于支撑输配电网电压、补偿功率、调频、提高电力系统稳定性等方面,但是相较于其他储能技术,超导磁储能系统的成本比较高^[24]。

超级电容器储能系统(SCES)根据电化学双电层理论研制而成,具有系统运行效率高、稳定、维护方便、寿命长以及受环境因素影响小等优点,主要应用于电动汽车、能量回收、分布式发电等系统,但是超级电容器价格较为昂贵^[24]。

4. 其他类型的储能

储氢可分为物理储氢、化学储氢与其他储氢方式。物理储氢的成本较低、放氢较易、氢气浓度较高,但其储存条件较苛刻,安全性较差,且对储罐材质要求较高。化学储氢通过生成稳定化合物以实现储氢,虽然安全性较高,但放氢较难,且难得到纯度较高的氢气。其它储氢方式中的吸附储氢虽能一定程度上避免物理储氢安全性低的问题,但其也一定程度地存在化学储氢放氢难、储氢密度不高等问题,同时其成本相对较高;水合物法储氢具有易脱氢、成本低、能耗低等特点,但其储氢密度较低^[25]。氢能能量密度高,运行维护成本低,可同时适用于极短或极长时间供电的能量储备,是一种具有很大潜力的新型大规模储能方式,目前储氢仍处于技术研发和试点阶段,其重点在于降低生产和存储成本、提高安全性等方面,由于氢能具有清洁、调配损耗低的特点,成熟的储氢技术能使能源供应和调配方式产生很大的改变。

表 2: 储能技术分类

储能类型	储能技术
物理储能	抽水蓄能、飞轮储能、压缩空气储能、储热储冷等
电化学储能	锂离子电池、钠离子电池、铅蓄电池、液流电池、石墨烯电池、生物光电化学电池等
电磁储能	超导储能、超级电容储能等
其他方式	氢能等

(三) 储能的应用

根据电力系统中的不同环节来划分,储能主要应用于电力系统中的电源侧、电网侧、用户侧等领域。

1. 电源侧

在电源侧领域,储能主要用来平滑出力波动,提高可再生能源发电的可控性和友好性,解决可再生能源大规模接入带来的不稳定性和间歇性问题。此外,储能电源侧领域也可用来跟踪计划出力,辅助电网故障恢复和黑启动,担任电源的调频与调压任务。

2. 电网侧

在电网侧领域,储能系统可以在电力负荷低时,吸收电网电力,在负荷高时,电网充电,实现削峰填谷。并且,通过对电网中的储能设备进行充放电以及控制充放电的速率,储能还可以达到调节系统频率的目的。此外,随着电动汽车产业的快速发展,电动汽车将给电力系统规划和运行带来不可忽视的影响,电动汽车与电网互动可以实现削峰填谷、参与调频、提供备用等作用,对于电网的安全经济运行和提高新能源发电消纳能力具有重要意义。

3. 用户侧

在用户侧,储能可作为不间断电源,在停电时确保重要负荷供电,提高供电可靠性。并且,储能在用户侧还可用于削峰填谷获取收益,在电价低时充电,电价高时放电,从而降低购电费用,对于电网而言,这种错峰用电将会显著提高电网的资产利用率,延缓系统改扩建,降低系统损耗,因而具有多方面的经济性。此外,储能系统能够减少电压波动、频率波动等因素等对电能质量的影响,即提高电能质量。

四、储能商业模式探索

(一) 储能的经济效益

学术界对储能经济性的探讨主要循着两条路径展开:一是基于市场套利的企业微观经济效益,二是基于社会总成本与收益的宏观福利效应。

储能技术的核心经济逻辑在于其跨期调节能力,即通过非高峰期储存低成本电力、在高峰期释放以替代高成本生产或满足高价值消费,从而实现价值创造^[26]。基于此,大量研究聚焦于储能企业在电力市场中的套利获益模式。早期的研究框架侧重于评估储能系统在电力批发市场中的随机价值,并构建优化模型以确定其最优调度策略,研究发现频率调节等辅助服务是储能企业重要的收入来源^[27]。研究的深化进一步揭示了信息在套利过程中的关键作用,指出储能的经济潜力不仅取决于其物理特性,更依赖于电价预测信息的质量^[28],理解价格不确定性下的最优决策有助于提升市场效率^[29]。

然而,理论上的套利潜力在实践中面临诸多挑战,尤其是在中国市场。相关研究指出,由于创新效率低下以及未能有效纳入调峰、调频等辅助服务市场,中国储能产业的直接经济效益尚未充分显现^[30]。近期的研究基于全生命周期成本和 ESG 理念进行评估,同样发现当前新型电池储能的建设成本过高,其价值回收难以覆盖总成本,对电力系统的转型构成制约。尽管如此,针对中国市场的特定技术路径的经济可行性评估仍在持续探索中。

与关注企业微观盈利能力的视角不同,另一重要的研究分支从社会总福利的宏观角度审视储能的价值。在不完全竞争的电力市场中,发电企业自备储能或独立储能的进入,反而可能因其策略性行为而导致社会总福利下降^[31]。历史案例也表明,储能设施的运营可能更多地服务于系统稳定等制度性目标而非纯粹的商业目的。不过,从更广阔的社会效益来看,尤其是在碳交易市场逐步完善的背景下,储能在节能环保方面的巨大潜力被认为将显著提升其综合经济价值。

(二) 储能的商业模式

储能技术的商业运营模式呈现出多元化的发展特征,涵盖独立储能、共享储能以及新兴的云储能等多种形态。在独立储能领域,有研究引入共享经济理念,构建了涵盖投资运营与盈利机制的系统框架,并通过实证分析验证了其可行性,为探索可持续的商业模式提供了新路径;然而,此类研究在跨区域市场异质性的考量上仍显不足^[32]。另一方面,共享储能模式得到了较为系统的梳理,包括其概念界定、潜力评估与应用场景分析,并结合国内外实践案

例归纳了相应的商业模式与定价机制，初步形成了行业分析框架，但在具体案例的深度解析方面尚存拓展空间^[33]。

针对第三方投资储能的商业模式，现有研究基于共享储能理念提出了经济性评估方法与优化算法，为吸引社会资本参与提供了理论依据，然而其实际运营效能仍有待进一步检验。从更综合的视角出发，部分研究从投资结构、收益机制与运营策略等维度系统分析了储能系统的主流商业模式，并引入全生命周期优化规划方法，提升了商业化布局的科学性^[34]；不过，面对新型电力系统的快速演进，现有模式在适应性与动态调整方面的分析仍显薄弱。

在能源互联网背景下，储能系统的商业模式及其典型应用案例也受到了关注，为“源-网-荷-储”协同提供了实践参考，但不同模式在经济性层面的对比与机理分析仍需深化。云储能作为新兴模式，其运行机制、商业模式及提供商模型等方面已形成初步体系，相关研究在投资规划、运营决策与服务定价等环节均提出了系统方法，为业态发展奠定了重要基础^[35]。

此外，部分研究进一步拓展了储能商业价值的分析维度，超越了传统的套利与系统福利范畴，开始关注储能行为对市场结构的影响。例如，储能运营商可能从价格接受者逐渐转变为具有一定议价能力的市场参与者，其运营策略可能对电价形成机制产生实质性影响。同时，为缓解初始投资压力，设备租赁等创新商业模式逐渐兴起，不仅拓宽了储能资产的收益渠道，也有望协同促进可再生能源的大规模接入。

五、储能产业发展面临的挑战和机遇

（一）挑战

中国储能产业的发展面临多重挑战，主要集中在三个方面：一是技术与经济性瓶颈，包括电化学储能的安全隐患、全生命周期成本偏高以及污染治理问题，制约了其规模化应用；二是市场机制不完善，储能尚未确立清晰的独立市场主体地位，缺乏有效的价格信号与市场化收益模式，导致投资激励不足；三是政策体系尚不健全，尤其在电力现货与辅助服务市场中，储能的多元价值难以通过灵活电价机制充分实现。

（二）机遇

与此同时，储能产业也迎来重要发展机遇。在“十四五”现代能源体系规划等政策引导下，抽水蓄能与新型储能的市场空间持续扩大。随着可再生能源装机与电动汽车产业快速发展，储能需求显著增长。技术层面，液流电池、固态电池等创新不断涌现，叠加财政补贴与国际合作等政策支持，为储能产业创造了技术突破与商业化的有利条件。未来，通过强化技术研发、完善市场机制与政策保障，中国储能产业有望实现高质量规模化发展。

六、总结

储能正成为当今许多国家用于推进碳中和目标进程的关键技术之一，中国储能产业的发展在近些年也取得了一定成就。截至 2024 年底，全球已投运电力储能项目累计装机规模 372.0GW，同比增长 28.6%。但是，储能发挥的作用价值与获得的收益利润不相匹配，商业模式和市场机制还不健全。储能作为中国战略新兴产业，不仅要对其技术研发给予足够支持，也需要制定合理的法律法规来引导其健康发展，具体而言，可以从完善储能价格机制、合理化储能产业的市场投资、组织创新等方面着手。

在关于储能经济的学术研究方面，目前我国的研究成果还不够丰富，缺乏实证分析。对于储能企业在中国电力市场下如何充分实现自身经济价值、中国的产业政策如何影响储能产业的发展等领域的研究较少，后续可对此进行更深入的研究，并可借助研究成果向政府出谋划策以促进储能产业发展。

参考文献

- [1] 林伯强. 碳中和进程中的中国经济高质量增长[J]. 经济研究, 2022, 1: 56-71.
- [2] 范英, 衣博文. 能源转型的规律、驱动机制与中国路径[J]. 管理世界, 2021, 8: 95-105.
- [3] Gowrisankaran, G., Reynolds, S. S., Samano, M. Intermittency and the Value[J]. Journal of Political Economy, 2016, 124. (3)
- [4] Liu, L., Wang, Y., Wang, Z., Li, S., Li, J., He, G., Li, Y., Liu, Y., Piao, S., Gao, Z., Chang, R., Tang, W., Jiang, K., Wang, S., Wang, J., Zhao, L., Chao, Q. Potential contributions of wind and solar power to China's carbon neutrality[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2022, 180.
- [5] 李先锋, 张洪章, 郑琼, 阎景旺, 郭玉国, 胡勇胜. 能源革命中的电化学储能技术[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34:443-449.
- [6] 陈海生, 凌浩恕, 徐玉杰. 能源革命中的物理储能技术[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34:450-459.
- [7] 陈海生, 刘畅, 徐玉杰, 岳芬, 刘为等. 储能在碳达峰碳中和目标下的战略地位和作用[J]. 储能科学与技术, 2021, 10:1477-1485.
- [8] 舒敏. 电力 2.0 时代共享储能盈利模式分析[J]. 储能科学与技术, 2022, 11 (11):3720-3721.
- [9] 江小涓. 经济转轨时期的产业政策: 对中国经验的实证分析与前景展望[M]. 上海: 格致出版社, 2014.
- [10] 江飞涛等. 理解中国产业政策[M]. 北京: 中信出版集团, 2021.
- [11] 周亚虹, 蒲余路, 陈诗一, 等. 政府扶持与新型产业发展——以新能源为例[J]. 经济研究, 2015, 50 (06):147-161.
- [12] Tabari, M., Shaffer, B. Paying for performance: The role of policy in energy storage deployment[J]. Energy Economics, 2020, 92.
- [13] Debia, S., Pineau, P.-O., Siddiqui, A. S. Strategic use of storage: The impact of carbon policy, resource availability, and technology efficiency on a renewable-thermal power system[J]. Energy Economics, 2019, 80: 100-122.
- [14] 孙玉树, 杨敏, 师长立, 贾东强, 裴玮等. 储能的应用现状和发展趋势分析[J]. 高电压技术, 2020, 46:80-89.
- [15] Bullich-Massagué, E., Cifuentes-García, F.-J., Glenney-Crende, I., Cheah-Mañé, M., Aragüés-Peñalba, M., Díaz-González, F., Gomis-Bellmunt, O. A review of energy storage technologies for large scale photovoltaic power plants[J]. Applied Energy, 2020, 274.
- [16] 陈海生, 李泓, 马文涛, 徐玉杰, 王志峰等. 2021 年中国储能技术研究进展[J]. 储能科学与技术, 2022, 11:1052-1076.
- [17] Venkataramani, G., Parankusam, P., Ramalingam, V., Wang, J. A review on compressed air energy storage - A pathway for smart grid and polygeneration[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 62: 895-907.
- [18] Arani, A. a. K., Karami, H., Gharehpetian, G. B., Hejazi, M. S. A. Review of Flywheel Energy Storage Systems structures and applications in power systems and microgrids[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 69: 9-18.
- [19] Berrada, A. Financial and economic modeling of large-scale gravity energy storage system[J]. Renewable Energy, 2022, 192: 405-419.
- [20] Botha, C. D., Kamper, M. J. Capability study of dry gravity energy storage[J]. Journal of Energy Storage, 2019, 23: 159-174.
- [21] Behzadi, A., Holmberg, S., Duwig, C., Haghighat, F., Ooka, R., Sadrizadeh, S. Smart design and control of thermal energy storage in low-temperature heating and high-temperature cooling systems: A comprehensive review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022, 166.
- [22] Bandini, G., Caposciutti, G., Marracci, M., Buffi, A., Tellini, B. Characterization of lithium-batteries for high power applications[J]. Journal of Energy Storage, 2022, 50.

- [23] Perveen, T., Siddiq, M., Shahzad, N., Ihsan, R., Ahmad, A., Shahzad, M. I. Prospects in anode materials for sodium ion batteries – A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020, 119.
- [24] Shi, J., Xu, Y., Liao, M., Guo, S., Li, Y., Ren, L., Su, R., Li, S., Zhou, X., Tang, Y. Integrated design method for superconducting magnetic energy storage considering the high frequency pulse width modulation pulse voltage on magnet[J]. Applied Energy, 2019, 248: 1-17.
- [25] 李璐伶, 樊栓狮, 陈秋雄, 杨光, 温永刚. 储氢技术研究现状及展望[J]. 储能科学与技术, 2018, 7:586-594.
- [26] Gravelle, H. S. E. The Peak Load Problem with Feasible Storage[J]. The Economic Journal, 1976, 86: 256-277.
- [27] Virasjoki, V., Siddiqui, A. S., Oliveira, F., Salo, A. Utility-scale energy storage in an imperfectly competitive power sector[J]. Energy Economics, 2020, 88.
- [28] Antweiler, W. Microeconomic models of electricity storage: Price Forecasting, arbitrage limits, curtailment insurance, and transmission line utilization[J]. Energy Economics, 2021, 101.
- [29] He, Q.-C., Yang, Y., Bai, L., Zhang, B. Smart energy storage management via information systems design[J]. Energy Economics, 2020, 85.
- [30] 涂强, 莫建雷, 范英. 中国可再生能源政策演化、效果评估与未来展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30:29-36.
- [31] Sioshansi, R. When energy storage reduces social welfare[J]. Energy Economics, 2014, 41: 106-116.
- [32] 曾鸣, 王雨晴, 张敏, 等. 共享经济下独立储能商业模式及其经济效益研究[J]. 价格理论与实践, 2023(01):179-183.
- [33] 闫东翔, 陈玥. 共享储能商业模式和定价机制研究综述[J]. 电力系统自动化, 2022, 46(23):178-191.
- [34] 李熙春. 能源互联网中储能系统商业模式及典型案例分析[J]. 储能科学与技术, 2021, 10(05):1869-1870.
- [35] 刘静琨, 张宁, 康重庆. 电力系统云储能研究框架与基础模型[J]. 中国电机工程学报, 2017, (12):3361-3371+3663.

The Development of the Energy Storage Industry and Exploration of Business Models Under Policy Drivers

Peng Jie

(Hunan Normal University, Changsha, 410081)

Abstract: Energy storage technology is a key solution for large-scale electricity storage and dispatch, playing a vital role in maintaining the stability and flexibility of the power system. With the increasing integration of wind and photovoltaic power into the grid, the power system faces growing fluctuations. Energy storage technology can help balance supply and demand on the generation side, grid side, and user side, significantly enhancing the reliability of wind and solar power. To promote the development of the energy storage industry, China needs to strengthen policy support, boost R&D and application, enhance collaboration across the industrial chain, and establish stronger standards, thereby facilitating the scalable application of energy storage technologies and improving the competitiveness of the industry. This article reviews the driving effects of policies on the development of energy storage technology in China and discusses the current state and future trends of the energy storage industry.

Keywords: energy transition; energy storage classification; energy storage economics; industrial policy