

储能技术在能源电力系统中的应用与发展趋势

刘广宇

中国华电集团有限公司经济技术咨询分公司, 北京 100031

摘要:近年来,全球能源体系向低碳化,智能化方向深度转型,以高比例新能源为核心的新型电力系统加速构建,储能技术已从传统电力系统的辅助配套设施,跃升为重构电力时空供需逻辑、强化系统动态调节能力、保障能源供应链韧性的核心新型基础设施。目前,多元储能技术路线持续迭代突破,多场景应用边界不断拓展,但其与电力系统的深度协同机制、市场化价值实现路径、全生命周期管控体系仍有待完善。基于此,本文结合新型电力系统建设的内在需求,解构储能技术在电力系统中的核心功能价值,从源网荷储协同视角提出系统化、场景化的落地应用路径,前瞻研判储能技术未来的变革方向,助力能源体系实现安全供给与低碳转型的协同发展。

关键词:储能技术;新型电力系统;能源转型;源网荷储协同;发展范式

DOI: 10.64649/yh.shygl.issn3105-0085.202605018

0 引言

全球能源变革背景下,传统电力系统的刚性运行逻辑与新能源出力的间歇性特征形成结构性矛盾,电力系统的运行形态正由“源随荷动”的被动调节模式,向“源网荷储互动”的主动协同模式加速演进。储能技术凭借电能跨时空配置、功率快速双向响应、多场景灵活适配的核心优势,成为破解新能源消纳困境、补齐系统调节短板、提升电网抗扰动能力的关键技术载体。我国“双碳”战略目标持续落地,推动储能产业步入技术多元突破、应用场景扩容、市场化机制逐步完善的关键发展周期,抽水蓄能、电化学储能、长时储能等技术路线并行发展,应用场景从单一辅助服务向全链条渗透延伸。在此背景下,科学阐释储能技术的核心赋能价值,构建适配新型电力系统的应用实施路径,精准把握其未来发展演进趋势,对推动电力系统柔性升级、保障能源安全稳定供给、实现能源低碳高效转型具有重要的理论与现实意义。

1 储能技术在能源电力系统中的应用价值

1.1 重构电力动态平衡逻辑

当前,传统电力系统依靠同步机组实现实时功率平衡,难以适配风电、光伏等新能源出力随机波动、时空分布不均的运行特性,大规模并网极易引发系统频率偏移、电压失稳、潮流分布失衡等问题。储能技术具备毫秒级功率响应与双向调节能力,采用实时充放电策略平抑新能源出力的短时波动与长时偏移,将间歇性、随机性的清洁能源转化为具备可控性、稳定性的优质电源,有效降低新能源并网对系统稳态运行的冲击。与此同时,储能可弥补高比例新能源并网下系统惯量不足的短板,提升电网暂态稳定水平与故障穿越能力,从物理层面

破除新能源大规模开发的并网瓶颈,为清洁能源高效消纳与规模化开发提供底层支撑^[1]。

1.2 强化电网柔性调节能力

目前,传统依靠电源侧主动调节与电网扩容改造的运行模式,已难以适配复杂多变的系统运行需求。储能技术可凭借电能时空平移实现削峰填谷,优化电网全时段负荷分布,缓解高峰时段供电压力,减少重载线路与核心设备的运行损耗,延缓电网基础设施的扩容投入。在极端天气、设备故障、区域供电中断等突发场景下,储能可快速切入应急供电模式,为关键负荷提供不间断电力支撑,同时具备电网黑启动与快速复电能力,显著提升电网的抗风险能力与自愈能力。更加难能可贵的是,储能可深度参与系统调频、调压、无功支撑等辅助服务,精准匹配电网动态调节需求,推动电网由刚性运行向柔性自适应运行转型。

1.3 激活全链条价值增益空间

储能技术在新型电力系统中的应用,能打破电能即发即用的固有属性约束,实现电力资源在时间、空间、市场维度的多重价值挖掘,促使能源电力系统整体效益实现最大化。在用户侧,储能可结合分时电价机制实现用电成本优化,同时提升供电可靠性,满足工商业用户、重要公共设施的不间断用电需求,实现用能模式的自主化、高效化升级。在系统层面,储能可统筹协调常规电源与新能源出力节奏,优化能源生产结构,降低化石能源依赖与碳排放强度,助力低碳转型目标落地。同样需要注意的是,储能可有效提升输配电线路利用率,减少电力远距离输送损耗,推动区域间能源资源优化配置,实现电力系统运行成本与社会用能成本的双重压降^[2]。

1.4 支撑能源体系战略转型

目前,储能技术已成为保障国家能源安全、

推动能源战略转型的核心支撑。储能可有效平抑区域能源供需失衡,降低能源供应对外依存度与外部市场波动冲击,构建自主可控、稳定多元的能源供给体系。与此同时,储能技术推动能源生产消费模式向分布式、去中心化方向发展,打破传统集中式供电的空间约束,提升偏远地区、薄弱电网区域的供电保障能力。储能技术与新能源的深度融合,可加速能源结构低碳化转型进程,推动能源体系从资源依赖型向技术驱动型转变,为国家长期能源安全与可持续发展提供坚实保障^[3]。

2 储能技术在能源电力系统中的应用措施

2.1 构建新能源友好型储能配套体系

电源侧是储能技术应用的核心场景,主要目标是解决新能源并网约束、提升电源可控性、实现清洁能源高效消纳,需构建与新能源开发节奏相匹配、与电网运行要求相适配的储能配套应用模式。针对集中式风电、光伏基地,推行“新能源+储能”一体化规划、一体化建设、一体化调度模式,根据新能源出力特性、外送条件与并网标准,合理配置储能容量与调节时长,实时充放电平滑出力曲线,满足电网并网稳定运行要求。针对大型综合能源基地,布局大容量长时储能设施,平抑新能源长周期出力波动,保障电力外送通道稳定运行,提升跨区域能源输送效率。以此为基础,推动储能与常规火电机组协同运行,参与深度调峰与快速调频,优化传统电源运行工况,降低机组能耗与磨损,实现传统能源与清洁能源的协调互补、高效运行^[4]。

2.2 打造全域协同的储能调节支撑网络

电网侧储能应用的过程中,需要以提升系统运行稳定性、优化电网调度效率、增强电网韧性为核心导向,选择集中式布局、分布式布点、全域化调度的实施路径,构建覆盖电网关键节点、负荷中心、薄弱区域的储能支撑网络。在区域电网枢纽、负荷集聚中心布局独立共享储能电站,统筹承担调峰、调频、备用、电压支撑等多重功能,优化电网潮流分布,缓解区域供电压力,替代部分输变电扩容工程,提升电网整体运行效益。在偏远地区、电网末端薄弱环节,配置分布式储能装置,补齐区域供电能力短板,提升供电可靠性与电压质量,实现电网供电能力的均衡化提升。针对系统高频调节需求,布局飞轮储能、超级电容器等功率型储能设施,实现毫秒级快速响应,平抑系统短时频率波动,提升电网动态稳定水平;建立储能统一调度管控机制,推动电网侧储能与电源、负荷协同联动,实现全域资源优化配置。

2.3 构建自主可控的分布式储能应用生态

用户侧储能技术的应用,需聚焦用能效益提升、供电可靠性保障、需求侧响应能力强化,

推动用户从传统电力消费者,向复合型市场主体转型。针对工业园区、数据中心、通信基站等大功率工商业负荷,推广分布式储能系统,结合分时电价、需求响应政策实现用电成本套利,同时配置应急储能保障不间断供电,降低突发停电造成的生产经营损失。针对居民用户与分布式光伏场景,推广户用储能与分布式光伏联动模式,实现自发自用、余电存储、峰谷套利,提升家庭用能自主性与经济性。在医院、交通枢纽、应急指挥中心等重要公共场景,布局专用应急储能装置,构建不间断供电保障体系,提升公共服务设施的抗风险能力。以此为基础,依托虚拟电厂平台聚合分散式用户储能资源,参与电力市场交易与系统需求响应,实现分散资源的规模化、市场化价值变现^[5]。

2.4 搭建全周期适配的多元储能协同架构

由于不同储能技术在功率密度、调节时长、使用寿命、部署成本、应用场景上具备显著差异化特征,单一技术路线难以满足电力系统全场景、全周期的调节需求,因此,企业需构建能量型与功率型互补、短时调节与长时储能协同的多元技术融合应用体系。抽水蓄能、压缩空气储能、重力储能等大容量长时储能技术,重点适配电网侧长周期调峰、跨季节储能、应急备用等场景,发挥大规模能量存储的核心优势;锂离子电池、钠离子电池等电化学储能,凭借部署灵活、响应快速的特点,重点覆盖分布式应用、短时调峰、用户侧储能等场景;飞轮储能、超级电容器等功率型储能,专注于系统高频调频、暂态稳定控制等短时大功率调节场景。凭借多技术路线的优势互补、协同运行,构建覆盖秒级至季节级、全场景适配的储能支撑体系,最大化发挥储能技术的综合应用效能。

3 储能技术在能源电力系统中应用的发展趋势

3.1 多元路线并行突破,性能与安全性同步跃升

未来,储能技术将摆脱单一技术路线主导的发展格局,形成传统技术优化升级、新型技术商业化落地、前沿技术前瞻布局的多层级并行发展体系。抽水蓄能将持续优化工程设计与运行模式,降低建设成本、提升运行效率,巩固长时大规模储能的主体地位。电化学储能将向高安全、长寿命、低成本、无钴化方向加速转型,钠离子电池、液流电池、固态电池等新型技术路线快速实现规模化商用,逐步破解传统锂离子电池的安全隐患与资源约束。

3.2 从功能配套向核心支撑转型,实现全场景协同

储能技术将彻底摆脱电力系统辅助配套的定位,深度融入源网荷储全环节,与电力系统规划、建设、调度、运行全流程深度耦合,成

为新型电力系统的核心支撑单元。电源侧，储能将成为新能源开发的标配设施，实现与风电、光伏的协同规划、协同设计、协同调度，推动新能源从不可控电源向可控优质电源转型；电网侧，储能将纳入电网统一规划与调度体系，与输配电设施、柔性直流设备、智能调度系统深度联动，构建柔性化、智能化、自适应的新型电网架构；用户侧，储能将成为分布式能源系统的核心组件，与分布式光伏、可控负荷、智能家居深度融合，推动源网荷储一体化模式全面普及。凭借储能与氢能、储热、综合能源系统协同联动，构建多能互补、多态耦合的综合能源应用体系。

3.3 价值实现路径多元化，从政策驱动转向市场驱动

随着电力市场化改革持续深化，储能的市场化价值实现机制将逐步健全，产业发展逻辑将从政策补贴、强制配储的外部驱动，转向市场定价、价值变现的内生驱动。储能将全面参与电能量市场、辅助服务市场、容量市场、绿电与碳交易市场，凭借调峰调频、容量备用、峰谷套利、碳减排收益等多元渠道实现稳定盈利，投资回报机制更加清晰可持续。容量电价、辅助服务补偿机制将持续优化，充分覆盖储能投资成本与运行成本，激发市场主体投资积极性。虚拟电厂、共享储能、分布式储能聚合等创新商业模式不断成熟，推动分散式储能资源实现规模化、市场化运营；绿色金融、碳金融工具与储能产业深度融合，为储能项目提供多元化融资支持，推动产业进入市场化、可持续的高质量发展阶段。

3.4 全生命周期规范管控，实现安全高质量发展

针对储能产业快速发展过程中出现的技术标准不统一、安全管控不完善、运行管理不规范等问题，国家层面将加快构建覆盖技术研发、设备制造、工程建设、并网运行、维护检修、退役回收全生命周期的标准化体系。统一不同储能技术的并网规范、性能指标、安全管控要求，规范储能项目设计建设与运行调度，推动产业

规范化、集约化发展，杜绝低水平重复建设与无序扩张。建立储能系统安全监测、风险预警、应急处置全流程管控机制，重点强化电化学储能的火灾防控、热失控预警技术应用，从标准层面筑牢储能安全运行防线。与此同时，完善储能设备退役回收、资源再生利用标准体系，推动储能产业实现绿色低碳、闭环可持续发展。

3.5 全链条协同创新，形成全球化竞争优势

未来，储能产业将形成上下游协同、产学研融合、跨领域联动的完整产业生态，产业集中度与核心竞争力持续提升。上游核心材料、关键零部件、核心装备的国产化替代率全面提升，突破关键技术瓶颈，实现核心技术自主可控，降低产业对外依存度；中游系统集成、工程建设、运维服务向专业化、精细化、智能化升级，形成一批具备全流程服务能力的龙头企业，产业规模化效应持续显现；下游应用场景持续拓展，从传统电力系统向交通、建筑、工业、海岛供电等多领域延伸，形成多元化、全域化的应用格局。在此基础上，产学研用深度协同创新机制不断完善，前沿技术研发与产业落地加速衔接，推动我国储能产业形成全球领先的技术优势、产业优势与市场竞争力。

4 结语

综上所述，储能技术在新型电力系统中的应用，有助于提升新型电力系统的运行效果。因此，在新型电力系统建设进程中需采用储能技术电源侧协同赋能、电网侧柔性支撑、用户侧价值挖掘、多技术融合互补，形成系统化应用体系，为电力系统安全稳定、高效低碳运行提供坚实支撑。未来，储能技术将迎来技术迭代、系统融合、市场完善、标准健全、生态成熟的全方位变革，逐步从电力系统配套设施升级为核心基础设施。能源行业需把握产业发展趋势，强化技术创新、完善市场机制、健全标准体系，推动储能技术高质量规模化应用，为构建清洁低碳、安全高效、智能柔性的现代能源体系提供持久动力。

参考文献：

- [1] 包耀龙. 新能源电力系统中储能技术的运用研究 [J]. 中文信息, 2025(9):67-68.
- [2] 周榴照. 新形势下储能技术在新能源电力系统中的应用研究 [J]. 电力设备管理, 2024(17):63-65.
- [3] 付宏伟. 储能技术在新能源电力系统中的应用及运维管理策略研究 [J]. Engineering Science Research & Application, 2025, 6(20).
- [4] 李伟. 新能源电力系统中储能技术的应用探究 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(003):000.
- [5] 施卫华. 电力储能技术在新能源电力系统中的应用与发展 [J]. 绿色科技, 2025(6).

作者简介：刘广宇（1993.05—），男，汉族，黑龙江齐齐哈尔市，硕士研究生学历，工程师，研究方向：电力项目技经评价、电力市场研究。