

新型储能技术在电力输配系统中的应用与成果转化经济性评估

李斌¹ 熊彦锋² 杨帅² 通讯作者

1 天津安华安全技术服务有限公司, 天津, 300000;

2 天津技术产权代理有限公司, 天津, 300000;

摘要: 本文探究新型储能技术于电力输配系统中的运用及经济性研判, 可再生能源高速发展使电力系统负荷波动与稳定性问题渐趋明显, 储能技术中锂电池和钠硫电池因高效能量转换与快速响应特质, 成为化解电力系统不稳定的核心路径, 其在增强电网稳定性、推动能源转型上优势突出, 不过高成本、性能衰减及资源回收等难题仍制约着成果转化与推广应用, 技术创新与成本降低将为其在电力系统中的成果转化与应用开拓广阔前景。

关键词: 新型储能技术; 电力输配系统; 经济性评估; 能源转型; 电力稳定性

DOI: 10.69979/3060-8767.25.09.001

引言

电力系统的稳定与可靠是现代社会能源供应的保障, 可再生能源大规模接入让传统电力系统遭遇供需波动和不稳定考验, 储能技术作为有效调节方式可平衡电网负荷、削峰填谷, 在电力系统里作用关键, 新型储能技术中锂电池和钠硫电池因高能量密度、长循环寿命及快速响应特质, 已成优化电力系统的重要工具, 虽优势显著, 高成本、技术成熟度及资源回收等问题却仍影响广泛应用, 深入探究新型储能技术的应用与经济性评估对推动电力系统转型意义重大。

1 新型储能技术在电力输配系统中的应用现状

1.1 储能技术的种类与特点

储能技术包含多样类别, 不同类别运作机制与应用属性各有差异, 抽水蓄能作为传统形式借水位升降实现能量存释, 适合大规模长期储能却受地理条件约束, 压缩空气储能以压缩空气存储能量, 可服务大规模能源储备且储能时长较久, 锂电池储能因高能量密度与快速响应特质, 广泛用于电力系统调频及负荷平衡, 钠硫电池、钒液流电池等在大规模及长周期储能中表现亮眼, 初期投入虽高, 可靠性与成本优化方面却有不小潜力, 各类储能技术依自身特性适配不同电力系统需求, 助力电力网络灵活调控与优化。

1.2 储能技术在电力系统中的作用

储能技术于电力系统中地位关键, 负荷平衡是其重要功能, 储能设备可在电力需求低谷储存多余电能, 需求高峰时释放以平衡电网负荷、缓解系统压力, 在电网调频与电压波动抑制方面作用明显, 精准调节电网频率

保障电力供应稳定, 在风能、太阳能等可再生能源不稳定时更为关键, 还能为电网提供备用电源, 系统故障时保障电力供应、降低中断风险、增强电力系统可靠性与应急能力, 这些作用共同提升电力系统灵活性与应对水平。

1.3 新型储能技术的技术优势与挑战

新型储能技术中锂电池与钠硫电池凭借高能量密度、长循环寿命及较高转换效率, 成为现代电力系统核心构成, 能快速响应负荷变化并精准调节, 适用于电力负荷调节与频率控制, 普及过程仍面临挑战, 储能系统初期投入不低, 大规模应用时成本依旧可观, 部分储能设备长期使用存在性能衰减问题, 极端环境下设备稳定性与安全性需进一步提升, 资源可持续获取与环保回收同样关键, 如何高效回收利用储能设备中稀有金属与材料、降低环境影响, 将是未来技术发展重要方向。

2 新型储能技术对电力系统稳定性的提升作用

2.1 电力负荷调节与峰谷填充

电力负荷的波动特征与周期属性对电力系统稳定构成显著影响, 高峰负荷阶段电网承受的压力尤为突出, 储能技术在需求低谷吸纳多余电力、高峰时段释放电能, 切实弱化负荷波动, 其快速响应特质可在短时间内输出高功率, 保障电网运转平稳, 峰谷填充作为典型应用通过调节供需平衡, 削减资源损耗之余提升系统经济效能, 传统电力系统依赖燃煤、燃气热电厂调峰, 这类设备运转效率偏低且背负较重环保负担, 储能技术则提供了更高效清洁的调节方案, 在新能源占比突出的区域, 更成为维系电网稳定、推动绿色能源转型的核心支撑。

2.2 提升电力系统的可靠性与灵活性

电力系统的可靠性能与灵活程度是电力供应稳定的前提,引入储能技术可强化系统应对突发状况的实力,加快响应速率,经其调节作用,电力系统得以更好地适配频繁的负荷起伏与突发断电,极端天气、设备故障等场景下,储能技术可作为备用电源快速启动,规避电力系统大面积停摆,同时增进电网调度的灵活空间,传统模式下电网调度常受发电端制约,储能系统却能依据实际负荷需求与电网状态实时调整,强化系统灵活度与抗干扰水平。

2.3 应对可再生能源不稳定性对电网的影响

可再生能源的融入使电力系统稳定面临更严峻的考验,风能与太阳能供给受天气、时段影响显著,造成电力输出波动不定,给电网调度增添阻碍,储能技术恰是化解这一难题的重要途径,借由设备调节可平衡可再生能源的不稳定性,风能太阳能发电过剩时及时收纳多余电能,发电量不足时释放储备电力,保障电网供需均衡,还能辅助电网开展频率调节,减轻可再生能源波动引发的频率变动,与智能电网技术融合后,既提升电力系统可靠性能,又助力可再生能源接入利用,使电网在绿色低碳转型中维持稳定运转。

3 新型储能技术的成果转化经济性评估模型与方法

3.1 成本结构分析与投资回报率评估

储能技术成本构成涉及设备购置开支、安装调试花销、运维投入及最终退役回收成本,设备购置在总投资中占比不小,锂电池这类高能量密度储能设备价格偏高,安装调试开支由储能系统规模及应用场景决定,大型储能项目往往需要更多前期投入,运维成本相对较低,仍需定期检查更换部分元件,投资回报率测算围绕储能系统全生命周期收益,涵盖电力调节、电网辅助服务带来的收入,储能项目回报周期长短同市场电价起伏、政策补贴等要素关联紧密,投资决策时需统筹考量初期投入、运营成本及长期收益,保障项目经济价值。

3.2 经济性评估模型的构建与应用

经济性评估模型用于衡量储能技术投资价值,常见评估方式包含净现值(NPV)、内部收益率(IRR)及回收期(PaybackPeriod),净现值法计算未来现金流现值,辅助判断项目投资回报;内部收益率体现项目投资盈利水平,适宜对比不同储能项目经济表现,回收期法关注项目资金回笼时长,对快速投资决策作用显著,储能项目经济性评估中,还得纳入政策补贴、电力市场变

动、储能容量利用率等因素影响,搭建精准的经济性评估模型,既能协助决策者判断储能系统可行性,也能为储能项目优化设计提供理论支撑。

3.3 市场化机制下的储能经济性分析

市场化环境里,储能项目收益不仅与电力市场价格波动相关,还受政策、补贴及电网需求等条件制约,储能系统参与电力市场辅助服务,像频率调节、需求响应、备用电源供给等,可获取额外收益,市场化价格机制让储能系统在需求高峰时段价值提升,电价波动明显的区域,其经济性更易显现,市场价格波动与政策不确定性也加大了储能系统经济性风险,储能技术经济性分析需深入研判市场化机制中这些动态因素,全面衡量投资可行性与长期回报。

4 新型储能技术在电力系统中的成果转化投资价值与风险分析

4.1 储能项目的投资收益分析

储能项目投资收益分析涵盖项目成本、收益与回报周期的考量,储能系统初期投入常显高昂,包含设备采购、安装及调试各项支出,投入运行后收益逐步释放,源自电力调节、频率调节、备用电源供给等服务,电力市场改革背景下,参与多项市场服务可收获相对稳定的收益,储能技术成本下滑带动项目盈利空间拓展,长期维度下经济性持续改善,投资回报率同步攀升,详细剖析投资收益有助投资者衡量经济效益,为决策提供科学参照。

4.2 储能技术市场化发展面临的风险

储能技术市场化推进遭遇多重风险,技术、市场与政策层面均有涉及,技术层面部分类型电池核心材料耐用性不足,系统运行中突发故障时有发生,加之新型技术路线加速迭代使既有设备快速面临淘汰压力,成熟度不足、设备故障频发及更新迭代迅猛等状况交织,可能造成运营中设备非计划停机现象频繁出现,能量转换效率较预期明显下降,直接侵蚀项目经济收益;市场层面电力实时交易价格波动剧烈,各类辅助服务的收益结算规则频繁调整,复杂的盈利模式使项目实际收益难以稳定预估;政策层面与政府相关补贴力度及电价管理机制调整密切相关,补贴政策的变动可能显著改变项目投资回收周期与整体盈利水平,投资者需充分认知这些风险,结合市场环境与技术发展趋势做好全面的风险管理。

4.3 政策与市场环境对储能成果转化经济性的影响

储能技术成果转化经济性受政策与市场环境牵动

明显,政府给予的项目建设补贴、相关税收优惠等支持措施,能够有效降低初期投入成本,显著提升其经济可行性,电力市场机制改革过程中,辅助服务参与范围向多元主体拓展,交易结算机制不断优化,尤其市场化程度的逐步提高,为储能技术创造了更多元的盈利途径,政策层面补贴力度的突然调整、跨区域交易限制的阶段性变化等波动与不确定因素,却可能打乱既定的盈利模式,引发市场需求出现较大起伏进而影响整体经济性,在技术持续发展的过程中,政策支持的稳定连贯性将成为推动储能技术市场化进程的关键要素。

5 未来新型储能技术在电力系统中的发展趋势

5.1 储能技术创新与成本下降的前景

储能技术创新突破与成本回落是促进其普及的核心要素,材料科学领域正通过原子层沉积技术优化电极材料晶体结构,制造工艺中激光焊接与机器人装配精度提升至微米级,能源管理技术近年依托深度学习模型实现充放电效率动态调控,多维度持续进步推动储能技术效能与品质明显改善,氢能储能在碱性电解槽能耗降至 4.0 kWh/Nm^3 以下,钠硫电池通过电极材料纳米化处理使充放电深度提升,这类新型储能技术研发为成本下降开拓新路径,这类创新既降低储能系统投资门槛,让分布式光伏电站也能配套储能设施,也增强其在电力系统中经济优势,在华北地区峰谷套利场景已实现 3-5 年回收成本,提升市场竞争力以实现更广泛部署。

5.2 储能技术与智能电网的融合发展

储能技术未来演进将与智能电网深度交织形成互促共进的协同态势,智能电网依托物联网传感器实现电网节点状态微秒级监测,边缘计算终端可自主完成负荷预测与储能调度决策,先进信息技术与自动化系统共同优化电力流转,使跨区域输电损耗控制在 6% 以内,达成更高效的电力输送与分配,储能技术则可在该系统中发挥核心作用,其毫秒级响应速度能平抑风电骤变引发的频率波动,模块化设计可根据用电负荷变化弹性调整输出功率,通过平衡负荷波动、调控电力需求及增强系统灵活度优化电网运行状态,智能电网能实时监测储能设备单体电压、温度变化等参数,在检测到异常时 0.5 秒内启动保护机制,智能调配储能系统在负荷高峰前完成容量储备,精准应对电力系统突发情况与需求变动,储能系统运行数据可优化电网潮流计算模型,使变压器负载率控制在最佳区间,数据反馈也有助于智能电网优化调整,在负荷预测准确基础上进一步降低线损,提升电网稳定程度与经济性能,二者融合催生的源网荷储模

式已在多个工业园区落地,将推动电力系统向更高效、灵活、智能化方向迈进。

5.3 未来储能技术在电力系统中的潜力与挑战

未来储能技术在电力系统中应用空间广阔,可再生能源装机占比突破的背景下,储能系统将成为保障电网稳定的核心支撑,在青海海西州风光储基地,储能系统已能将新能源弃电率控制在 3% 以下,其发展仍面临系列阻碍,技术层面储能设备效能虽持续提升,大规模储能系统中电池组一致性仍有偏差,导致整体循环寿命较单体缩短,资源端锂资源全球储量集中于南美“锂三角”,钴资源依赖刚果(金)供应,回收利用环节火法冶金能耗较湿法高且金属纯度偏低,储能系统在 -25°C 环境下容量衰减,热失控预警响应时间需缩短至 8 秒以内,使用寿命与安全性能同样是未来发展需破解的关键课题,即便如此钠离子电池能量密度突破 160 Wh/kg 的量产技术已成熟,国内“十四五”储能规划明确 2025 年补贴退坡路径,技术进步与政策支持强化将让储能技术在未来电力系统中展现广阔应用前景,在城市商业综合体、偏远农村电网等场景快速铺开,有力助推能源转型与电力系统智能化升级。

6 结语

本文探究新型储能技术于电力输配系统内的运用及成果转化的经济性研判,可再生能源占比持续攀升,传统电力系统遭遇的考验渐趋明显,储能技术则成为化解电网不稳定与负荷波动的关键方式,锂电池、钠硫电池等新型储能技术依托高效能量转换与快速响应特质,切实增强电力系统调节效能与可靠性能,虽相关技术已有长足进步,成本、性能衰减及资源回收等难题仍构成技术推广应用的阻碍,技术创新深化与成本回落将推动储能技术在电力系统中获得更广泛应用,为智能电网建设与能源转型提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 王俊, 李云. 新型储能技术在电力系统中的应用分析[J]. 电力系统自动化, 2022, 46(8): 89-97.
- [2] 刘涛, 张志浩. 储能技术对电力系统经济性的影响研究[J]. 能源研究与利用, 2021, 37(6): 53-60.
- [3] 高琳, 陈晓东. 锂电池储能技术在电网中的应用前景分析[J]. 电力技术, 2023, 47(5): 45-52.
- [4] 孙丽娜, 王建华. 储能技术经济性评估模型研究综述[J]. 电力工程技术, 2022, 58(9): 12-18.
- [5] 刘瑞, 张曦. 可再生能源背景下储能技术的挑战与发展趋势[J]. 现代能源, 2021, 32(3): 72-79.