储能系统在新能源工程中的应用及发展探讨

赵麟锐
盛发热电公司，内蒙古 通辽 028000
DOI:10.61369/ETQM.2026090029

摘　　要： 随着新能源装机规模持续扩大，储能系统作为提升电网灵活性、促进可再生能源消纳的关键技术，已在发电、电网及用户侧展现出多元应用价值。本文系统探讨储能系统在平抑功率波动、提升低电压穿越能力、削峰填谷与发电计划跟踪等发电侧场景中的功能，分析其在调频辅助服务、系统备用与黑启动、缓解输电阻塞等电网侧支撑作用，并阐述用户侧需求响应、电能质量改善及微网能量管理中的价值。进一步梳理锂电、液流电池、钠离子电池及混合储能等技术发展路径，总结成本、安全性及市场化机制等挑战，展望储能系统在多能互补与电力体制改革背景下的发展前景。

关 键 词： 储能系统；新能源并网；电网支撑；用户侧应用；技术发展

Application and Development of Energy Storage Systems in New Energy Engineering

Zhao Linrui
Shengfa Thermal Power Company, Tongliao, Inner Mongolia 028000

Abstract: With the continuous expansion of the installed capacity of new energy, energy storage systems, as a key technology for enhancing grid flexibility promoting the integration of renewable energy, have demonstrated diverse application values on the generation, grid, and user sides. This paper systematically discusses the functions of energy storage systems in generation- scenarios such as smoothing power fluctuations, improving low-voltage ride-through capability, peak shaving and valley filling, and power generation plan tracking; analyzes its supporting roles on the grid side frequency regulation auxiliary services, system reserve and black start, and alleviating transmission congestion; and elaborates on its value in user-side demand response, power quality improvement, and microgrid management. Furthermore, it reviews the technical development paths of lithium-ion batteries, flow batteries, sodium-ion batteries, and hybrid energy storage, summarizes challenges such as cost, safety and marketization mechanisms, and prospects the development of energy storage systems against the background of multi-energy complementarity and power system reform.

Keywords: energy storage system; new energy grid; grid support; user-side application; technical development

引言

新能源发电存在间歇性和波动性特征，这对电力系统的安全稳定运行形成重大考验。储能系统具备快速响应能力和能量时空转移功能，所以是解决该问题的关键所在。从发电端到电网端直至用户端，储能深入融入电力的生产、输送、分配以及消费各个环节当中。而且，锂电技术不断更新换代，液流电池、钠离子电池等长时储能技术慢慢走向成熟，混合储能形式及其智能控制水准也一直在改善之中。成本是否经济、安全标准体系情况以及电力市场化进程中的商业模式依然限制着它向大规模方向发展。文章针对这些方面实施全面阐述，希望给储能系统在新能源项目里怎样做到改良设置和路线挑选提供参照意见。

一、储能系统在新能源发电侧的应用

（一）平抑功率波动

光伏和风电输出功率受气象条件影响而出现秒级到小时级的波动，如果直接并网，就可能会造成电网频率和电压出现偏差。储能系统能够以快速充放电的方式作出响应，在高功率输出时期储存多余的电量，在功率急剧下降的时候再释放出来，从而使得并网点的功率变化率符合并网规范的要求。在实际工程项目当中，经常会采取电池储能结合超级电容的方案，因为电池储能具有较高的能量密度，而超级电容则具备较高的功率密度，二者相

作者简介：赵麟锐（1989-），男，汉族，内蒙古通辽市人，研究生，工程师，研究方向：新能源建设。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

辅相成。通过合理的容量调配以及改进变流器控制策略之后，储能系统可以把分钟级别的功率波动范围缩减到原来的百分之四十左右，大幅减轻了依靠火电机组调节频率的压力，也为新能源占比达到很高水平创建了前提条件。

（二）提升低电压穿越能力

电网出现短路故障造成电压突然下降的时候，如果风电机组和光伏逆变器没有低电压穿越的能力，会大量脱网，从而产生一系列连锁故障。储能系统通过储能变流器迅速向并网点注入无功功率来维持电压稳定，并且在故障时段吸收多余的能量以防止直流母线电压过高。实际运行情况显示，在升压站高压侧设置集中式储能可以使得低电压穿越的成功率达到95% 以上，这个方案比安装动态无功补偿装置更为经济。而且储能系统一旦故障解除，就能自动参与到电压的恢复当中，免除新能源场站因为保护机制触发而切断发电单元，保障电网受到干扰时仍然具备有功备用的能力。

（三）削峰填谷与发电计划跟踪

新能源发电存在预测误差，是无法避免的。实际出力和日前发电计划曲线之间存在偏差，这种情况会引发考核惩罚。储能系统按照日前的预测数据来制定充放电策略，当预测出力过高时就充电储能，过低时则放电以填补差距，从而让实际出力曲线符合计划值。对于日内的短时强辐照或者突风情况，储能可以削减功率峰值，并在低谷时段加以补充输出，以此来平稳出力的阶梯式变动。西北某个光伏电站安装了容量占装机容量20%、时长为两小时的锂电储能之后，发电计划的追踪精度从76% 优化到92%，每年的考核费用缩减了一百多万。这种模式对于改善新能源电站的经营经济性以及并网友好性有着直接的价值。

二、储能系统在电网侧的支撑作用

（一）调频辅助服务

电力系统频率调节需调节资源具有毫秒级响应能力，传统火电机组存在响应迟缓及爬坡速率受限的情况。储能系统依靠变流器快速功率调节的特性，当电网频率偏离额定值时，会自动转为充放电模式，从而给予虚拟惯量和一次调频支持。相比于抽水蓄能，电化学储能的调频里程成本削减大约四成，并且没有机械磨损方面的限制。实际工程当中，电网侧的独立储能电站参与到调频辅助服务市场之中，利用协同控制策略同火电机组一同作出响应，既能填补火电反向调节所造成的迟缓现象，又可缩减机组频繁改变负载而引发的煤耗上升以及使用寿命缩减，进而变成优良的调频资源。

（二）系统备用与黑启动

电网出现大面积停电事故时，要依靠具有黑启动能力的电源来重建初期的电压和频率参考。储能系统自身无需外加电源就能自主启动变流器生成交流母线电压，渐渐促使新能源场站以及临近负荷重新得电。其响应速度比燃机黑启动方案更快，而且其启动流程更为简洁，不存在燃料供应方面的考量。储能系统还可充当除旋转备用以外的无功热备用，在负荷突然增多的时候立刻发出功率以弥补功率短缺状况，从而给火电机组争取到更多时机去提升出力水平。国内已经形成不少针对电网侧储能黑启动的示范项目，这些项目证实了储能当作黑启动电源带动两台三十兆瓦级风电机组并入电网的技术可行性。

（三）缓解输电阻塞

新能源富集区域输送通道容量小，大发电时段容易发生断面越限现象，这促使调度部门执行弃风弃光策略。而在输电走廊扩建不易的情况下，可以将储能系统设置在升压站或者关键节点处。当断面潮流靠近热稳定极限的时候，储能充电来吸收多余功率，等到阻塞解除后再放电返回电网。此方案达成了输电容量的动态扩充目的，并且其投资成本比新建线路低。拿某个千万千瓦级新能源基地来说，如果在汇集站安排三百兆瓦两小时的储能设施之后，关键断面的利用率就从百分之八十七优化到百分之九十六，每年新增加的新能源电量超过两亿千瓦时。储能调峰和输电阻塞治理相互配合加以改良，正渐渐变成电网规划的新方向。

三、储能系统在用户侧的价值体现

（一）需求侧响应与峰谷套利

分时电价机制之下，工商业用户能够凭借储能系统在低谷时段充电，高峰时段放电来削减平均用电成本。随着电力现货市场的推进，当峰谷价差扩大到每千瓦时0.7元以上的时候，两小时储能系统的静态投资回收期可以缩减到五年之内。用户侧的储能还可以参加需求响应项目，当电网发出削峰指令的时候，通过提升放电功率来获取补偿收益。实际运行过程中要联系用户的负荷曲线以及变压器容量限制，采取需量经营策略防止基本电费增多。江苏、广东等地已经做到用户侧储能的峰谷套利和需量控制协同运作，单个项目每年的收益能达到投资额的12% 到15%。

（二）提升电能质量

电压暂降、谐波污染以及三相不平衡等情况会干扰精密制造、数据中心这些敏感负荷的正常运行。储能系统通过四象限变流器来同步补偿有功和无功，其可在毫秒级别应对电压跌落事件，把敏感母线电压守住在额定值的九成之上。对于电弧炉、轧钢机这类冲击性负荷而言，储能能够立即吸取或者给予功率以控制闪变和谐波。相比于静止无功发生器，储能方案不但做到相同的电能质量治理效果，而且附加了应急备用电源和峰谷调节能力，具备功能叠加的优势。某个电子厂房安装了五百千瓦的储能系统之后，由于电压问题而停止运行的设备台数从每月四次缩减到零点五次，整体效益十分明显。

（三）分布式微网中的能量管理

在离网型微电网以及光储充一体化场景当中，储能系统起着守住功率均衡并稳定电压频率的关键作用。光伏出力存在昼夜起伏，负荷又不确定，所以储能需具备日间能量调动及瞬时功率支持的能力。利用分层控制结构，能量经营系统遵照短期预估来制订储能充放电方案，本地控制器应对毫秒级的功率波动，做到柴油发电机的启停改良，并最大程度利用新能源。针对像海岛、偏

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

远山区这些未被大电网涵盖的地方，用锂电储能加上光伏和柴油机形成一个较为可靠的供电体系。当可再生能源占比高于百分之七十的时候，储能能量经营策略的好坏会直接左右微电网的供电稳定性及其运行成本。

四、储能系统的技术发展路径

（一）锂电储能技术迭代

磷酸铁锂储能电池依靠其较长的循环寿命和较高的安全性而成为当下主要的技术路线，其单体能量密度已达180Wh/kg以上，循环寿命超过8000次。下一代技术包含固液混合电解质以及全固态电池，它们或许能把能量密度优化到300Wh/kg，并彻底解决电解液泄漏引发火灾的问题。从制造工艺来讲，叠片工艺和无模组结构极大改善了体积利用率，系统集成度也在不断加强。就成本而言，碳酸锂价格回到合理区间之后，储能电芯的成本便下降到了每瓦时0.4元以下。不过低温时性能会有所下降，还存在析锂的风险，这些情况得要用热管理和智能充电策略来防止，所以锂电储能还会在中短期应用场景当中占据领先地位。

（二）液流与钠离子等长时储能技术

对于四小时以上甚至日级的调峰需求来说，全钒液流电池由于具备电解液和电堆分离的设计，循环寿命超过两万次而且没有燃烧的风险而受到人们的青睐。它在运行时间变长的时候单位电量的成本会变低，在十小时储能的情况下其经济性堪比抽水蓄能。铁铬液流路线也在朝着低成本的方向发展。钠离子电池凭借钠资源丰富的特点，正负极可以用铝箔集流体来进一步降低成本，虽然它的能量密度比不上锂电池，但是倍率性能和低温特性还不错，在百兆瓦时级别的项目里正在加快开展示范验证工作。

（三）混合储能与智能化管控

不同的储能技术很难兼顾功率密度和能量密度的需求，混合储能系统把锂电或者液流电池同超电容或者飞轮储能结合，通过能量运作系统来分工协作：超电容负责应对秒级的高频波动，电池则承担分钟级以上能量的搬运任务，这明显改善了电池的循环使用寿命。智能运作采用数字孪生和机器学习算法，依靠即时的运行数据来推算剩余寿命，并改良充放电策略，预先察觉单体的异常情况以减小热失控的风险。云边协同架构使得多站点储能聚合能够参加辅助服务市场，而且可以动态适应电网的调度指令。混合储能和智能运作深入融合，正在促使储能系统由被动回应朝着积极智能决策的方向发展。

五、储能系统的发展挑战与前景

（一）成本与全生命周期经济性

储能电芯的价格一直在降价，不过系统整合、土地费用、守护经营以及使用寿命结束时的更换成本都要仔细计算。当下，锂电储能的度电成本大约在0.4到0.6元之间，比起抽水蓄能还是有差距的。在利用小时数较少的用户端情形下，其经济性比较吃力。当电池容量缩减到原始值的80%之下时，梯次利用和再生回收产业链尚未成熟，所以整个生命时段的实际成本必要重新考量。伴随制造规模增长和技术更新换代，估计到2030年，锂电储能的度电成本可以降到0.3元以下。

（二）安全性与标准体系

储能电站火灾事故频繁出现，其背后的原因在于热失控机理包含诸多要素，比如电芯制作存在瑕疵、机械被过度使用以及热经营出现故障等情况。当下的标准体系在消防设计、气体检测和关联灭火装置等方面仍然存在不足之处。针对不同电压等级、不同技术路线所对应的规范并未做到完全一致，而且储能并网检测、调度通信协议、涉网性能评定等标准散见于许多行业的规则当中，这使得设备选型和验收阶段产生分歧。不过国家已经出台储能安全专项行动计划，助力开展强制认证并创建全流程追溯体系。

（三）电力市场化改革下的商业模式

储能系统的价值是多元的，它既能供应调峰，又能供应调频，还能供应备用以及输电阻塞缓解之类的服务。不过当前的市场机制常常按照单个品类来安排交易，这样储能就很难把多种收益加在一起得到。有些地方虽然容许独立储能电站参加电能量和辅助服务市场的交易，但是其准入条件很高，结算规则也很繁杂。从用户角度讲，储能碰上分布式光伏配储政策有所变化以及隔墙售电受到约束的情况。国外的经验显示，容量市场、爬坡产品以及快速频率响应这些新品种的设计能够很好地发挥出储能灵活的价值。国内正在推动电力现货市场全面覆盖并且融合辅助服务市场实施改革，形成储能容量回报机制以及复合服务收益计算规则变得非常关键。

六、结语

储能系统覆盖新能源发电、输配电网直至终端消费的各个环节，在平抑波动、支撑电网、改良用能等方面有着无可替代的意义。锂电技术持续更新换代，长时储能不断取得新进展，混合储能的智能运作水平得到加强，这些给储能的大规模布置形成了技术根基。但成本是否经济、安全标准以及市场机制仍然是主要限制因素。未来要从材料革新、系统整合改良以及电力体制改革这三个方面共同推动，塑造适合高比例可再生能源的储能发展环境，推动能源结构朝着清洁低碳方向转变。

参考文献

[1] 刘吉兴. 构网型储能助力弱电网新能源安全运行研究 [J]. 水利技术监督 ,2026,(6):138-140.
[2] 薛易，王啸林，吴立涵，等 . 基于混合储能的直驱风机高电压穿越控制策略 [J]. 黑龙江电力 ,2026,48(1):52-57.
[3] 丘停峰 . 基于数字孪生的智能电网储能系统全生命周期健康管理技术研究 [J]. 智能制造研究与应用 ,2025,1(3):8-10.
[4] 丁长瑜 . 新能源接入下电气工程及其自动化的稳定性 [J]. 智慧中国 ,2025,(S1):25-26.
[5] 刘鸿清，张秀琦，王立强，等 . 新能源场站惯量支撑与频率响应特性研究 [J]. 内蒙古电力技术 ,2024,42(4):14-22.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.