

新型储能电站参与电力辅助服务市场交易的工程实现路径研究

郭 纯

国华（江苏）风电有限公司 江苏南京

【摘要】新型电力系统的建设在持续推进当中，高比例的可再生能源接入电网，这对电网灵活性方面会构成显著的考验，储能设施凭借快速响应、精准调控以及双向调节的优势，在电力辅助服务市场交易方面占据着关键的地位。新型储能电站通过其快速、灵活的充放电能力，作为可调节负荷资源参与调峰、调频和备用等辅助服务市场交易，已从市场准入、技术认证、交易流程以及调度协同开展了完整的工程实现链条构建工作。当前所面临的核心挑战在于，技术标准还未建立起来，调度交互存在障碍，并且商业模式比较单一。本文所提出的工程实现路径是通过开展多维评价以及仿真验证的方式，不仅能够提高电力系统的稳定性并且实现经济最大化，而且为储能电站规模化进入市场提供理论依据以及实践参照。

【关键词】新型储能电站；辅助服务市场交易；工程实现路径

【收稿日期】2026 年 5 月 6 日 **【出刊日期】**2026 年 6 月 3 日 **【DOI】**10.12208/j.ispm.20260009

Research on engineering implementation path for new energy storage power stations participating in power auxiliary service market transactions

Chun Guo

Guohua (Jiangsu) Wind Power Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu

【Abstract】 The construction of a new-type power system is continuously advancing. The integration of a high proportion of renewable energy into the power grid poses a significant test for grid flexibility. Energy storage facilities, with their advantages of fast response, precise regulation and bidirectional adjustment, play a key role in transactions of the power auxiliary service market. By virtue of their fast and flexible charging and discharging capabilities, new energy storage power stations, as adjustable load resources, participate in auxiliary service market transactions such as peak shaving, frequency regulation and reserve. A complete engineering implementation chain has been established covering market access, technical certification, transaction processes and dispatching coordination. The core challenges at present are the absence of established technical standards, obstacles in dispatching interaction, and relatively single business models. The engineering implementation path proposed in this paper adopts multi-dimensional evaluation and simulation verification, which can not only improve the stability of the power system and maximize economic benefits, but also provide a theoretical basis and practical reference for the large-scale market entry of energy storage power stations.

【Keywords】 New energy storage power station; Auxiliary service market transaction; Engineering implementation path

1 引言

在“双碳”目标下能源结构转型是大势所趋，风力发电以及光伏发电的占比得以提升，电力系统开展平衡工作的难度大大增加，频率波动以及峰谷差

的问题变得更为凸显，火电机组受爬坡速率上限以及最小技术出力下限的双重限制，难以充分响应电力系统对灵活调节资源所产生的快速需求。新型储能电站，包括电化学储能、压缩空气储能、氢储能等

类型，凭借其毫秒级快速响应以及精准功率调节的特性，来解决传统能源不能快速响应系统需求的核心工程方案^[1]。

新型储能电站借助它独特的物理特性，在电力辅助服务市场中展现出巨大的潜力，从工程实践方面来看，可调节负荷资源的相关市场规则给研究提供了基础。本文围绕新型储能电站市场化落地需求，系统探索其介入电力市场服务的完整实施路径：首先从作用机理层面，分析新型储能参与辅助服务的响应特性与技术差异，明确其在调峰、调频、备用等场景中的应用边界；其次构建适配储能技术特性的市场准入与技术认证体系，从资质条件、性能指标、安全标准等维度明确入市门槛；在此基础上，设计“交易-调度”协同机制，通过市场报价策略与实时调度指令的动态匹配，实现储能资源的高效配置；最后提出支撑路径落地的关键技术措施，包括多源数据融合、智能优化算法、安全防护体系等，为新型储能市场化进程提供可落地的工程化方案支撑。

2 新型储能电站参与辅助服务的机理与特性分析

2.1 储能参与辅助服务的作用机理

新型储能电站参与电力辅助服务的核心机理在于利用其电能存储与释放的瞬时性，以及电气设备的快速控制能力，对电网功率缺额或盈余进行实时补偿。与可调节负荷主要通过削减或转移用电需求不同，储能电站具有“源-荷”双重属性，既可作为

负荷充电吸收过剩电能，也可作为电源放电填补功率缺额，实现对电力供需的双向灵活调节^[2]。

储能电站在负荷低谷期吸收系统富余的电能，在负荷高峰期进行电能释放，从而得以有效平滑净负荷曲线，减少火电机组的频繁启停以及深度调峰方面的负担，储能电站借助它敏捷的响应能力，在电力系统的调频方面发挥着关键作用，当电力系统频率过高时储能通过充电快速降低系统频率至正常范围，当电力系统频率过低时储能通过放电快速提高系统频率至正常范围。和传统发电机组相比，储能在调节速率以及精度等核心性能指标当中展现出了显著优势。

2.2 储能与可调节负荷的特性对比

尽管两者均属于灵活性资源，但在工程实现上存在显著差异，需针对性设计市场规则，如表 1 所示，储能电站工程的实现路径需要去构建专门的技术体系以及市场规则，来契合它双向调节、容量受限以及高响应速度的特性，而不是简单地把可调节负荷模式拿来使用。现有市场规则多基于传统发电机组制定，未充分适配储能的充放电双向特性、寿命损耗成本及运行状态约束；电网调度系统与储能电站的信息交互、指令执行机制存在短板，导致技术能力难以对接市场需求，市场规则也难以通过技术手段落地。当前研究多聚焦经济效益评估或宏观政策探讨，从工程实践层面开展系统性实施路径规划的成果较为匮乏^[3]。

表 1 新型储能电站与可调节负荷资源特性对比分析

特性维度	新型储能电站	可调节负荷资源	工程影响分析
调节方向	双向调节（充/放）	单向为主（多为削减）	储能可同时参与正负备用，市场报价策略更复杂，需定义充放电双向容量。
响应速度	毫秒级至秒级	分钟级至十分钟级	储能更适合高频次调频服务，对通信延迟与控制指令刷新率要求极高。
持续时间	受限于电池容量（小时级）	受限于生产周期或用户舒适度	储能需精确管理荷电状态（SOC），避免过充过放，交易需考虑能量约束。
调节成本	折旧成本高，边际成本低	主要是机会成本与补偿费用	储能报价需覆盖全生命周期成本，市场结算需考虑循环寿命损耗补偿。
可控性	完全可控，独立于用户行为	受用户行为、环境因素影响大	储能履约率高，考核机制可更严格；负荷需引入基线核定与不确定性评估。

3 新型储能电站参与市场的工程实现路径设计

3.1 市场准入与技术认证标准化

确立储能市场准入标准是工程落地的关键环节。针对储能技术路线多样、单体规模差异大的特点，应建立分级分类准入机制，依据不同技术特性（如响应速度、放电时长）和容量规模（如 10MW/2h 基

准线）制定差异化规则，实现精细化管理与资源高效配置。独立储能电站适宜把装机容量下限设定为 10 兆瓦（10MW 是实现投资回报的最小规模），并且持续放电时间至少要维持两小时（俩小时是当前电化学储能经济最优时长），这样才能实现经济效益最大化。储能聚合商开展容量聚合时需设定最低

总规模门槛与最小可控单元标准。同时，储能设备应确立转换效率、循环寿命、运行安全等核心技术指标，防范劣质产品扰乱市场秩序^[4]。

技术认证体系是由第三方权威检测机构主导开展工作，储能电站在接入电网前需完成全面的检测，包括充放电模式转换的时效、控制指令的响应精度、通信接口的协议适配性、电网电压骤降时的持续运行能力，以及整体的安全保护机制，新型储能电站参与辅助服务市场技术认证关键指标体系如下表 2。调频辅助服务需要开展高频指令响应的测试工作，从而防止振荡出现失控的情况^[5]。

3.2 交易品种与申报机制优化

除了开展常规的调峰、调频工作以外，还应该增设“快速备用”以及“黑启动”这些专用品种，针对储能特性，设计“容量+电量”复合交易品种，允许储能分别申报调频容量（按兆瓦计费）与调频里程（按兆瓦×次数计费），以体现其高频响应价值。

储能电站应申报分段报价曲线以体现充放电状

态下的价格差异，并将储能电池的荷电状态（SOC）约束模型嵌入市场出清算法，确保中标结果的物理可执行性；当 SOC 低于安全阈值时，需限制放电中标容量以规避履约风险，同时调度系统与储能控制系统必须实现无缝衔接，保障工程落地的可行性。

3.3 调度运行与控制交互协同

储能建模模块急需开展升级工作，电网调度自动化系统应该把储能装置当作具备状态变量的动态元件进行看待，而非静态发电机，在安全约束机组组合和安全约束经济调度计算中，显性纳入其充放电效率、爬坡速率及荷电状态（SOC）上下限约束。为确保储能系统精准响应电网调度指令，需配置专属调控链路并采用快速通信协议（如 IEC61850-GOOSE）。调度主站下发的指令应包含目标功率、持续时长及期望结束时 SOC 参考值；储能本地能量管理系统（EMS）接收指令后，整合电池管理系统（BMS）实时运行数据，实施二次优化调度，保障电池单元安全运行与指令高效执行^[6]。

表 2 新型储能电站参与辅助服务市场技术认证关键指标体系

认证类别	关键指标项	技术要求阈值	测试方法简述
动态性能	响应延迟时间	≤200ms	下发阶跃指令至功率实际变化达 90%的时间间隔。
	调节速率	≥额定功率/分钟	单位时间内功率变化的最大能力。
	调节精度	±1%额定功率	实际出力与指令值的偏差范围。
持续能力	持续放电时长	≥申报时长	在额定功率下维持放电的能力验证。
	循环寿命	≥设计标称值	通过加速老化试验或历史运行数据核验。
交互兼容	通信协议	支持 IEC104/61850	验证与调度主站的数据收发准确性与时标同步。
	指令执行率	≥98%	连续运行测试期间正确执行调度指令的比例。
安全防御	孤岛保护	必配且动作正确	模拟电网失电，验证防孤岛功能动作逻辑。
	网络安全	符合等保 2.0 三级	渗透测试与漏洞扫描，确保控制系统不被非法入侵。

表 3 储能电站与电网调度系统交互业务流程及数据规范

业务阶段	交互主体	关键数据内容	通信频率/时延要求	异常处理机制
注册备案	储能站->交易中心	设备参数、证书编号、最大充放电功率	一次性/非实时	数据校验失败退回修改
日前申报	储能站->交易系统	次日充放电能力曲线、分段报价、初始 SOC	每日固定时段	申报超时默认零容量或沿用昨日
实时调度	调度主站->储能站	AGC 指令（目标功率、调节模式）、时钟同步信号	≤4 秒/次，时延<500ms	通信中断自动转入本地下垂控制或保持当前功率
状态上送	储能站->调度主站	实时有功/无功、SOC、SOH、告警信息、开关状态	≤1 秒/次，时延<1 秒	数据品质位标记无效，调度侧闭锁自动控制
事后结算	交易系统<-计量系统	实际充放电电量、调频里程、考核得分	月结/日清	数据争议启动仲裁复核流程

4 关键挑战与工程应对策略

4.1 寿命损耗与经济补偿机制

电池高频充放电加速循环寿命衰减，构成工程

化应用的核心经济瓶颈，现行补偿方案仅覆盖电费差额，未纳入设备全生命周期折损成本，难以支撑可持续商业模式。储能补偿定价模型应以全生命周

期成本为核心,寿命损耗分量被纳入到辅助服务补偿费用体系当中,根据实际消纳电量与等效循环次数动态核算,同时结合容量租赁与辅助服务收益,构建多元收益结构,并通过长期容量合同稳定基础收入以对冲市场波动风险^[7]。

4.2 多时间尺度协调控制难题

储能系统面临着秒级调频、分钟级调峰以及小时级能量管理等多重需求,不同时间尺度控制策略之间的冲突易诱导系统出现振荡。应对策略:研发分层分布式协调控制系统,上层调度开展长期能量规划的工作,储能本地控制器主要开展短期功率追踪的工作,借助模型预测控制算法来实时优化储能充放电计划,对指令切换过程进行平滑处理,以确保控制能够平稳过渡^[8]。

5 结论与展望

新型储能电站参与电力辅助服务市场是构建新型电力系统的必然选择,其工程落地需协同推进技术标准制定、市场规则适配、调度控制优化及安全防御体系建设。本文通过分析储能特性,设计了从市场准入、技术认证到交易调度协同的全流程实现路径,并提出了针对性的关键问题解决方案。

参考文献

[1] 李捷,杨冰.电动汽车换电站参与电力市场辅助服务的经

济效益研究[J].中国电力,2020,53(12):258-262+269.

- [2] 张莉.国内外储能价格政策和商业模式分析[J].大众用电,2021,36(12):5-7.
- [3] 李晓英,王静文,李慧娴,等.现货联合市场抽水蓄能电站独立主体竞价策略[J].水利经济,2025,43(05):70-77.
- [4] 薛文浩.独立储能参与电能量与调频市场运营策略研究[D].大连理工大学,2025.
- [5] 赵艺涵.电力市场环境下水蓄能电站成本疏导机制研究[D].华北电力大学(北京),2025.
- [6] 霍雪松,潘书磊,杜云龙,等.面向新型储能电站的海量数据关联存储技术[J].电子设计工程,2025,33(21):124-128.
- [7] 王德真,刘艳红,王晓东.计及新型储能多层次调用的多目标柔性调峰策略研究[J].可再生能源,2025,43(10):1405-1412.
- [8] 田闯.电化学储能电站网络安全防护设计与应用[J].工业信息安全,2025,(05):84-89.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS