

# 新能源储能系统与储能电池的应用研究

张巨晨

新疆华电苇湖梁新能源有限公司，新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市，830000；

**摘要：**随着我国经济建设快速发展，社会民众对能源的需求增大，为解决能源短缺、环境污染等问题，新能源储能系统异军突起，技术革命日新月异。利用新能源储能技术要抓住优化系统结构、形成核心技术、完善市场机制、深化技术研发等关键环节，探索有效配置新能源储能系统能量的途径，发挥储能系统与储能电池在提高供电质量、确保电力系统安全运行中的重要作用，为能源产业高质量发展提供助力。

**关键词：**新能源；储能系统；储能电池；应用研究

**DOI：**10.69979/3041-0673.25.12.026

新能源储能系统与储能电池的应用是实现能源转型的关键技术，其核心价值在于解决可再生能源的间歇性问题、优化电网运行并提升能源利用效率。

## 1 新能源储能系统与储能电池定义

### 1.1 新能源储能系统定义

新能源储能系统是指支持可再生能源（如风能、太阳能）接入电网的综合性技术体系，通过存储电能并在需要时释放，解决可再生能源间歇性问题，保障电网稳定运行。其核心功能包括：能量时空转移，将过剩电能转化为其他形式（如化学能、机械能）存储，实现发电端与用电端在时间、空间上的匹配。多场景适配，应用于发电侧（平滑风光输出）、电网侧（调峰调频）、用户侧（削峰填谷）及离网应急供电。系统构成，包含储能电池、电池管理系统（BMS）、储能变流器（PCS）、能量管理系统（EMS）等子系统，实现智能充放电控制与安全防护。

### 1.2 储能电池定义

储能电池是新能源储能系统的核心组件，特指通过电化学反应将电能转化为化学能存储，并在需用时释放的装置，其设计聚焦长周期、高容量储能需求：技术本质，基于电极/电解质的氧化还原反应实现充放电循环，属于电化学储能范畴。性能特点，强调高循环寿命（如磷酸铁锂电池）、大容量及稳定性，区别于动力电池的高功率密度特性。应用定位，主要用于电网级能量调度（如电站配套）、工商业储能、家庭储能等场景。

## 2 储能电池的关键组件

储能电池电芯模组电池架/簇，储能电池系统采用

分层结构设计，由基础单元逐级集成，其核心层级构成及技术要点如下：电芯（Cell）：储能系统的最小单元，单个电化学储能单元，通过锂离子等材料的氧化还原反应实现充放电，额定电压通常为 3.2V（磷酸铁锂）或 3.6V（三元锂），容量范围覆盖 100Ah 至 625Ah。核心特性，结构类型，方形硬壳：机械强度高，广泛用于大型储能（如 280Ah/314Ah 电芯）；圆柱形：标准化生产成熟（如 4680 型号），但成组效率较低；软包：轻量化优势突出，多用于便携储能设备。性能参数，能量密度：140-430Wh/L（新型大电芯如 587Ah 可达 430Wh/L）；循环寿命：≥6000 次（磷酸铁锂体系）；温度适应性：充电 0℃~55℃，放电 -20℃~55℃。模组（Module/Pack）：电芯的标准化集成，由多个电芯通过串并联组合，并集成结构框架、散热部件及监测传感器的中间单元。技术要点，组装逻辑，串联：提升电压（如 16 个 3.2V 电芯串联→51.2V 模组）；并联：扩大容量（如 2 个 280Ah 电芯并联→560Ah 容量）。关键功能，机械防护：框架结构抵抗振动冲击；热管理：集成液冷板或风道设计，控制模组温差≤5℃；电气监控：内置电压/温度传感器，连接 BMS。电池簇（Cluster/Rack）：系统级能量单元，多个模组串联形成高压直流回路，电压范围通常为 800V - 1500V，配套高压箱、散热系统及簇级 BMS。

### 2.1 电池汇流柜（BCP）作用

电池汇流柜（BCP）是储能系统的关键电气节点，其核心作用与功能架构如下：核心功能定位，直流汇流枢纽，汇集多组电池簇（Rack）输出的直流电，通过母排整合为单路高压直流输出（典型电压达 800V - 1500V）。实现电能分配调度，响应 EMS（能量管理系统）的功率指令。电气安全屏障，集成直流断路器、熔断器、接触

器等保护元件，隔离短路、过流故障（如极间短路）。配置防反接模块与浪涌保护器（SPD），防御极性错误或雷击冲击。系统集成平台，物理承载BMS（电池管理系统）的簇级控制单元（BCU），实现电池状态就地监控。集成通信网关，转发电池簇数据至中央控制器。工程应用特性，防护设计，箱体满足IP54防护等级，适应户外集装箱环境。柜内布局分区明确（强电/弱电隔离），降低电磁干扰。运维优势，标准化接口设计，支持电池簇“即插即用”式扩容。可视化操作界面（HMI），简化本地调试与故障诊断。

## 2.2 储能变流器(PCS)功能

基础能量转换功能，交直流双向转换，整流模式：将电网或新能源发电的交流电(AC)转换为直流电(DC)，为电池充电（如峰谷电价时段充电）；逆变模式：将电池直流电(DC)转换为交流电(AC)，向电网或负载供电（如电网高峰时段放电）。技术特性：采用IGBT芯片与ANPC三电平拓扑，转换效率超98.5%。充放电精确控制，动态调节电压、电流、频率，支持恒功率/恒流充放电模式，避免电池过充、过放；通过CAN/RS485接口与BMS通信，实时获取电池状态（电压/温度/SOC），实现保护性充放电。电网互动与支撑功能，电网主动支撑（构网型技术），模拟同步发电机特性，提供惯量阻尼与短路容量，增强电网稳定性（新型电力系统刚性需求）；1.5倍10秒过载能力，满足电网暂态支撑要求。功率灵活调度，响应EMS指令，实现削峰填谷（低谷充电、高峰放电）；调节有功/无功功率，改善电网电能质量（如抑制电压波动、谐波治理）。多机并联同步，载波同步技术消除环流，确保并联PCS单元功率均衡（如南都电源专利方案）。系统安全与可靠性保障，故障保护机制，集成过压/欠压、过流、短路、孤岛检测等保护功能；热管理设计（如液冷系统）保障高温环境持续运行。离网供电能力，电网故障时切换至离网模式，为关键负载提供应急电源（UPS级切换速度）；支持微电网黑启动。

## 2.3 电池管理系统(BMS)作用

实时状态监测与评估，多参数采集，实时监测单体电池/模组的电压、电流、温度及绝缘电阻，精度达 $\pm 0.5\%$ 。关键状态估算，SOC（荷电状态）：通过安时积分+开路电压校正（误差 $<3\%$ ）预测剩余电量；SOH（健康状

态）：基于容量衰减/内阻增长评估电池寿命（如容量 $<80\%$ 触发预警）；SOP（功率状态）：计算电池瞬时充放电功率极限，避免过载。电池均衡管理，被动均衡，电阻放电消耗高电量电芯能量（电流50-200mA），成本低但能效差；主动均衡，DC-DC/电容转移能量（电流达2A+），均衡效率 $>85\%$ ，延长寿命10%-20%。系统协同控制，与PCS联动，向变流器发送充放电指令（如SOC $>80\%$ 时限制充电功率）；温度异常时触发PCS降额运行。与EMS通信，上传电池数据至能量管理系统，支持削峰填谷策略制定；支持远程故障诊断与OTA升级。

## 3 储能系统的应用场景

### 3.1 能源优化与经济调度

用户侧峰谷套利，工商业用户在电价低谷时段充电，高峰时段放电，降低用电成本（工厂、商场等场景）。典型场景：工厂园区通过“两充两放”策略，年节省电费超20%。可再生能源消纳，存储光伏/风电的弃电，在无光照或弱风时段释放，提升清洁能源利用率。光储一体化系统在家庭、工商业屋顶光伏中广泛应用。

### 3.2 电网支撑与调节服务

调频调峰，秒级响应电网频率波动，提供快速功率支撑（如参与AGC调频市场）。平抑负荷曲线，减少火电机组调峰压力。备用容量与黑启动，作为电网事故备用电源，保障关键负荷供电（如医院、数据中心）。在电网崩溃后提供初始启动电源。

### 3.3 特定场景关键保障

数据中心不间断供电，防止断电导致数据丢失，结合UPS提供毫秒级切换。案例：世纪互联储能数据中心通过削峰填谷降低运营成本。新能源汽车充电站，缓解高峰充电对电网的冲击，提升充电桩利用率。支持快充桩高功率需求，降低扩容成本。5G基站能源管理，替换铅酸电池，提供智能充放电调度。离网/微电网供电，为无电网覆盖地区（海岛、偏远乡村）提供稳定电力。

## 4 储能系统面临的技术挑战

### 4.1 安全与可靠性瓶颈

热失控风险，大容量电芯（500Ah+）热管理难度剧增，传统温度传感器响应速度不足，电芯一致性差导致局部过热风险升高；单个集装箱电芯数量超万颗，热失

控连锁反应概率提升。直流侧故障切除困难（电流双向流动），接触器粘连、熔断器干烧等隐性故障难以及时检测。高压系统安全挑战，2000V 高压系统对绝缘材料、BMS 精度要求极高，电芯安全阀状态检测缺失可能导致预警延迟。液流电池电解液交叉污染引发容量衰减（ $>1\%$ /年），固态电池界面阻抗增加降低循环寿命。度电成本优化难，锂电储能需循环寿命突破 15,000 次（当前 $<10,000$  次）方可实现平价；液流电池受钒价波动影响成本下降滞后。

## 4.2 电网适配与性能短板

惯量支撑能力不足，高比例新能源接入导致电网惯量降低，现有储能响应速度（毫秒级）与调频需求（微秒级）存在代差；虚拟同步机技术尚未规模化应用。飞轮储能等短时技术难以满足跨季节电力平衡需求。长时储能技术成熟度低，液态空气储能效率 $<60\%$ ，重力储能钢缆寿命仅 10 年（需提升至 30 年）；液态  $\text{CO}_2$  储能、氨储能等新型技术仍处于示范阶段（单项目规模 $<100\text{MW}$ ）。

## 4.3 材料与产业链依赖

核心材料进口依赖，锂资源全球储量仅够 30 年使用，高精度电池膜头、碳粉等材料仍依赖进口；全钒液流电池质子交换膜核心技术被国外垄断。低温性能缺陷，传统锂电池在 $-20^\circ\text{C}$ 容量损失超 50%，硫化物全固态电池低温界面阻抗剧增；钠离子电池虽突破 $-40^\circ\text{C}$ 应用极限，但产业化规模不足。

## 4.4 标准与机制缺失

技术标准碎片化，BMS/EMS 通信协议、并网验收标准不统一，跨厂商系统兼容性差；长时储能定义差异（中国 $\geq 4\text{h}$  vs 美国 $\geq 10\text{h}$ ）影响技术路线选择。收益机制单一，国内 80%项目依赖峰谷价差套利，调频补偿仅 0.3 元/千瓦时（美国 3 美元/千瓦时）；容量电价试点省份不足。

# 5 新能源储能行业解决方案与发展趋势

## 5.1 行业解决方案

发电侧解决方案，可再生能源消纳，光伏/风电配储：通过“新能源+储能”模式平滑出力波动，配储比例提升至  $15\%-20\%\times 4\text{h}$ （三北地区）。光储一体化：工

商业屋顶光伏搭配 500Ah+大容量电芯，降低弃光率 30%以上。电网侧解决方案，系统稳定性增强，构网型储能（Grid-forming）：占比达 30%，提供惯量支撑，响应时间 $<50\text{ms}$ ，解决弱电网区域新能源接入难题。高压级联技术：直挂中高压电网，效率 $>98\%$ ，节省占地 20%。用户侧解决方案，经济性优化，峰谷套利：工商业储能“两充两放”策略，结合动态电价年降本 20%。光储充一体化：工业园区普及率超 40%，VPP 聚合实现跨园区电力交易。离网/微电网：液冷储能系统适配海岛、偏远乡村，保障供电连续性。

## 5.2 核心发展趋势

技术迭代加速，电芯大容量化：500Ah+电芯成主流（宁德时代 530Ah、海辰 1130Ah），系统能量密度突破  $180\text{Wh/kg}$ 。长时储能突破：压缩空气储能迈向 300MW 级，效率 $>65\%$ ；液流电池装机量年增 50%，寿命超 15,000 次。AI 赋能安全：BMS 融合多参数预警（电压/温度/安全阀），故障预测精度达 95%。政策与市场机制完善，强制配储升级：分区域差异化要求（三北地区  $15\%-20\%\times 4\text{h}$ ）。电力市场改革：现货市场峰谷价差扩至 4:1，容量补偿达 100 元/ $\text{kW}\cdot\text{年}$ ；虚拟电厂聚合储能资源参与交易（贵州规划 2030 年调节能力 200 万千瓦）。降本与出海战略，全链条降本：大电芯+BOM 优化驱动初始成本降 20%，液冷技术提升寿命周期收益。多能协同与绿电直连，源网荷储一体化：增量新能源与负荷协同发展，提升消纳能力。绿电直连试点：离网型项目支持无电网区域清洁供电。

总之，新能源储能系统与储能电池应用研究是一个全新的领域。要抓住当前储能技术研发的关键，加大储能控制与研发力度，提升电池管理系统性能，提升新能源储能系统电能质量，解决储能系统短时供电、电力调峰等重点问题，引导用电单位和企业根据实际情况选取最合适的储能电池，为保证电力系统稳定安全运行、推进国家新能源电力行业发展和不断取得新跨越提供坚实保障。

## 参考文献

- [1]张超. 新能源发电系统中储能系统的应用分析. 2023.
- [2]刘万盼. 新能源储能系统与储能电池的应用探讨. 2022.