

# 储能装置在配电网削峰填谷中的应用浅析

秦泽邦

中核汇能贵州能源开发有限公司, 贵州 贵阳 550081

DOI:10.61369/EPTSM.2026070024

**摘 要 :** 随着新型电力系统建设推进, 配电网负荷峰谷差持续扩大, 对电网安全经济运行构成严峻挑战。储能装置凭借灵活的充放电调节能力, 成为实现配电网削峰填谷的关键技术手段。本文围绕储能装置在配电网削峰填谷中的应用展开分析, 从配电网负荷特性与储能需求出发, 阐述了储能装置工作原理与配置原则, 探讨了削峰填谷运行策略与控制方法, 进行了经济效益与成本分析, 并归纳了当前面临的问题与发展建议。研究旨在为配电网储能规划设计与运行优化提供理论参考, 推动储能技术在配电网中的规模化应用。

**关 键 词 :** 储能装置; 配电网; 削峰填谷; 运行策略; 经济性分析

## A Brief Analysis of the Application of Energy Storage Devices in Smoothing Peak Loads and Filling Capacity Gaps in Distribution Networks

Qin Zebang

China Nuclear Huineng Guizhou Energy Development Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550081

**Abstract :** With the advancement in the development of new power systems, the difference between peak and off-peak loads in distribution networks is increasing, posing a serious challenge to the safe and efficient operation of these networks. Energy storage devices, thanks to their ability to adjust charging and discharging processes flexibly, have become key technologies for reducing peak loads and balancing supply and demand in distribution networks. This paper analyzes the application of energy storage devices in this context; it starts by examining the load characteristics of distribution networks and the associated energy storage needs, explains the working principles and configuration criteria for such devices, discusses strategies and control methods for managing peak loads, conducts analyses of economic benefits and costs, and outlines the current challenges and suggestions for further development. The aim of this research is to provide theoretical guidance for the planning, design, and operational optimization of energy storage in distribution networks, thereby promoting the widespread use of this technology in such networks.

**Keywords :** energy storage devices; distribution networks; peak shaving and valley filling; operation strategies; economic analysis

## 引言

配电网处于电力系统末端, 直接面向终端用户, 其负荷特性受用户用电行为影响呈现显著的峰谷差异。传统配电网主要依靠增加变压器容量、架设新线路来应对高峰负荷, 投资大且设备利用率低。储能装置可在负荷低谷时充电储存电能、负荷高峰时放电释放电能, 有效平抑负荷波动, 延缓设备扩容投资。近年来, 电化学储能成本持续下降, 分时电价机制逐步完善, 为储能在配电网削峰填谷中的推广应用创造了有利条件。本文系统分析储能装置在该场景下的应用要点, 以期工程实践提供参考。

## 一、配电网负荷特性与储能需求分析

### (一) 典型日负荷曲线与峰谷特性

配电网的日负荷曲线有规律地波动, 一般上午、晚上有两个用电高峰期, 深夜到凌晨是负荷低谷期, 峰谷差率可以达到

30%~50%。工业负荷受生产班制的影响峰谷时段比较固定, 商业负荷和营业时间密切相关, 居民负荷在晚高峰时突然增大。因此造成变压器等设备要按照最大负荷来配置, 低谷时段设备利用率很低。对负荷曲线的峰谷时段、持续时长、波动幅度做详细的分析, 是决定储能配置容量以及充放电时序的基本依据, 对于之后

的储能系统设计有着一定的引导作用。

### （二）高比例新能源接入对负荷波动的影响

分布式光伏大量接入到配电网之后，白天光伏出力时段的净负荷明显下降，甚至会出现功率倒送的情况，在傍晚时分光伏出力消失以后，净负荷突然增大，从而产生“鸭脖曲线”。风电出力的随机性、间歇性又加大了配电网功率的波动。新能源出力同负荷需求在时间上存在错配情况的时候，传统的按照峰值负荷来制订规划的方法就会遇到难题，配电网须要具备更为灵活的调节手段去应对净负荷的急剧变动，而储能设备的需求也因为新能源占比的增加变得越发强烈。

### （三）储能参与削峰填谷的适用场景与容量需求

储能削峰填谷适合于峰谷差大、负荷增长快、配电网扩容难的地方，比如城市核心区域、工业园区以及偏远农村配电网。城市核心区土地资源紧缺，储能可以代替一部分变电容量的扩建；工业园区峰谷电价差很大，套利空间较大；农村配电网供电半径长，末端电压问题严重，储能可以实现调压和填谷的目的。容量需求要依照目标削峰幅度、典型日负荷曲线以及储能充放电效率等各方面加以考虑，通常用高峰时段需要削减的负荷电量除以储能可以放出的能量作为参照标准。

## 二、储能装置工作原理与配置原则

### （一）储能系统基本构成与能量转换原理

储能系统是由储能单元、功率变换系统、电池管理系统以及能量管理系统组成。储能单元用来储存电能并释放出来，功率变换系统把交流电变成直流电或者反之，并且调节充放电功率，电池管理系统实时监测电压、电流、温度等参数来保证安全运行，能量管理系统按照预先设定好的策略来进行优化调度。能量转换原理上，电化学储能依靠化学反应的可逆性来达成电能和化学能之间的相互转变，在充电的时候电能促使离子从正极迁移到负极并被嵌入进去储存起来，而在放电的过程中离子则会反过来移动并释放出电能，整个过程所具有的转换效率就成了评判系统好坏的关键因素之一。

### （二）储能装置接入配电网的方式与布局原则

储能装置在配电网中接入的方式有集中式接入和分布式接入两种。集中式接入把大容量储能装置安装在变电站母线处，有利于统一调度管理，适合解决区域性的峰谷问题；分布式接入把小容量储能装置分散布置在馈线或者用户端，可以对局部负荷的变动做出快速反应，并且能削减线损。布局原则要结合负荷分布特点、配电网拓扑结构以及土地情况来确定，在负荷中心、线路末端以及新能源密集接入点设置储能设备，以达到调节效益最大化的目的，并且不会因为储能接入而造成新的电压越限等问题出现。

### （三）储能类型比选及适用性分析

目前配电网削峰填谷所用的储能主要有锂离子电池、液流电池、铅炭电池等。锂离子电池能量密度大、响应速度快、循环寿命长，是目前主流的选择，适合于需要较大的空间以及较快的响

应速度的场合；液流电池功率和容量可以分开设计，循环寿命非常长，适合长时削峰填谷的应用场景，但是系统的体积比较大；铅炭电池的成本低、回收体系完善，在一些成本敏感的地方还有一定的应用前景。在选择的时候要综合考虑投资成本、使用寿命、运维难易程度、安全环保等各方面因素。

## 三、削峰填谷运行策略与控制方法

### （一）基于分时电价的充放电策略

分时电价给储能削峰填谷赋予了清楚的经济信号，储能系统在低谷电价时间段充电，在高峰电价时间段放电，依靠峰谷价差来获得收益。此法简单易行，计算量少，只需要根据电价时段划分来确定充放电的开始和结束时间。实际运行时还要考虑电池的循环寿命损耗，防止由于价格差不足以弥补折旧费用而造成亏损。分时电价有尖峰时段的时候可以对充放电深度做进一步的调整，在尖峰期释放更多的电量来提高经济效益，达到经济效益和设备寿命的协调。

### （二）负荷预测与动态优化调度方法

单纯依靠固定的电价时段来应对负荷的变化是不行的，加入负荷预测技术可以提高削峰填谷的效果。采用历史负荷数据、气象信息以及日期类型等输入变量，用时间序列分析或者机器学习的方法预测次日负荷曲线，再以日运行成本最小为目，建立储能充放电优化的数学模型并求解。动态优化调度可以依据实际负荷和预测值之间的差别来即时调整充放电计划，在保证削峰的同时提高经济性，对于预测精度以及求解速度都有一定的要求。

### （三）考虑电池衰减特性的自适应优化策略

储能电池在长时间运行时容量会慢慢变小，内阻也会慢慢增大，如果一直按照初始状态下的充放电方式来进行操作，那么削峰填谷的效果就会逐年降低，并且还可能会造成电池出现过充电或者过放电的情况。自适应优化策略依靠对电池健康状况以及可用容量展开即时识别，从而对充放电功率限制范围及荷电状态工作区间实施动态调节，在保证安全的基础上应对电池性能衰退。把电池老化模型融入到优化调度体系当中，依照目前的衰减情况来重新安排各个时段的充放电电量，从而保证储能系统的整个寿命周期里具备比较稳定的一些削峰填谷效能。合理地考虑单次循环收益同寿命损耗之间的联系，可以有效地提高电池的使用寿命以及整个使用周期内的经济效益。

### （四）多储能系统协调控制策略

在配电网当中常常会布置很多个储能设备，各个储能由于接入的位置以及容量不同，对于网损和电压的影响也就存在差别。多储能协调控制要创建分层或者分布式结构，上层把系统总体目标分配给各个储能的出力任务，下层的每个储能依照本地的信息去完成指令。协调策略可以采用一致性算法或者多智能体的方法来达到各个储能出力的合理分配的目的，防止局部出现过充、过放或者通信中断造成控制异常的情况发生，从而提高整个配电网运行的效率和可靠性，并且还要考虑削峰填谷的目标以及电压质量的限制条件。

## 四、经济效益与成本分析

### （一）储能系统全生命周期成本构成

储能系统全生命周期成本包含初始投资成本、运行维护成本和退役回收成本。初始投资是电芯、功率变换设备、土建安装以及辅助设施的费用，占总成本的比例较大。运行维护成本为电费损耗、设备检修、电池容量衰减补偿和人工费之和，随运行年限的增加而逐年累加。退役回收成本就是电池拆解处理和残值回收。全生命周期成本分析要将各个阶段的费用折算成等年值，从而客观地体现储能项目的实际经济负担，给投资决策提供参考。

### （二）峰谷套利与延缓电网投资效益

储能削峰填谷的直接效益就是峰谷套利，即用低谷电价充电、高峰电价放电的价差收益。间接效益表现在可以延缓电网的投资，储能削减高峰负荷之后可以推迟变电站扩建以及线路更新的时间，所节省下来的电网投资折现之后便成了重要的效益来源。另外储能还可以减小网络损耗、提高供电可靠性、改善电能质量等，这些隐性的效益虽然不能直接量度出来，但是对整个配电网的经济运行有着积极的作用，综合效益评价的时候应该考虑进去。

### （三）经济性评价指标与敏感性分析

储能削峰填谷项目常用的经济性评价指标有净现值、内部收益率、投资回收期等。净现值是项目在整个计算期间内所获得的全部折现收益之和，内部收益率是项目的实际盈利水平，投资回收期是项目从开始投入运营到收回全部投资额所需要的时间。敏感性分析主要研究峰谷电价、储能单体价格、电池使用寿命、折现率这些主要因素发生变动的时候，对于项目的经济效益产生怎样的影响。通过分析可知，峰谷价差增大、储能成本降低都是提高项目经济性的主要因素，政策补贴也可以使项目的收益得到改善。

## 五、面临的问题与发展建议

### （一）成本回收机制与商业模式瓶颈

目前储能削峰填谷项目的成本回收期较长，盈利模式比较单一。峰谷电价差收益受电价政策变动的影响很大，单靠套利很难保证稳定的收益。电网侧储能投资没有明确的成本疏导途径，用

户侧储能参加需求响应以及辅助服务市场的机制还不完善。急需探寻出“储能+售电”，“共享储能”以及“云储能”这些新的商业模式来开拓储能多方面的价值创造途径，借助市场化交易和增值性服务来改善项目的收益状况，并且塑造起一种可持续发展的商业闭环。

### （二）安全运维与电池寿命管理难点

储能系统安全运行要依靠电芯热失控防护、电气保护以及消防等诸多方面技术。随着运行时间的增长，电池容量衰减不均匀、内阻增大等问题就显现出来，从而影响到削峰填谷的效果和运行的经济性。电池寿命受到充放电倍率、放电深度、工作温度等各方面的影响，在复杂的运行环境中对电池寿命的衰减进行预测比较困难。运维过程中要创建起全天候监测及预警体系，制订出合理的电池状况评判准则，探寻梯次再利用并加以精确的退役办法，在保证安全的基础上尽可能多地发挥电池的效能。

### （三）政策标准完善与多能互补发展方向

储能技术标准体系还处在不断的完善当中，有关并网检测、安全规范以及运行评价等方面的标准还有待统一，从而限制了储能装置的规范化应用推广。从政策上来说要加快形成储能多方面价值体现的电价体系及市场规则，健全储能补贴、税收优惠等扶持政策。展望未来，储能会同分布式光伏、电动汽车以及需求响应这些资源深度结合之后，就会产生出一个包含多种能源的综合能源系统，而储能设备除了可以起到削峰填谷的作用外，还会在频率调节、备用容量等方面起到一定的作用，是构成配电网灵活高效的基础设施之一。

## 六、结语

储能装置对于配电网削峰填谷来说有着十分明显的价值以及发展前景。本文从负荷特性入手，对储能系统的组成以及配置原则进行了整理，并对运行策略和经济效益做了分析，最后就存在的问题提出了一些对策。伴随着储能技术不断发展、成本不断降低、电力市场机制不断完善，储能的作用也越来越重要，它会越来越成为配电网的重要调节手段。之后还要重点研究储能同各种灵活资源之间的协同优化，促使储能的应用由浅入深、由表及里地发展起来，从而为创建安全高效的新配电系统贡献力量。

## 参考文献

- [1]程相奥,宋碧昊,苗驰壮,等.光伏发电系统与储能装置协调运行控制技术[J].科学技术创新,2024,(22)45-48.
- [2]蒋鑫.基于深度强化学习的有源配电网智能电压调节方法研究[D].南京邮电大学,2023.
- [3]刘杨华,杨悦荣,林舜江.含光伏配电网中储能和无功补偿装置协调的多目标凸优化配置方法[J].电力科学与技术学报,2023,38(5)22-33.
- [4]苏南.配电网数字化转型迫在眉睫:交直流混合配电网是发展方向,可便捷接入各类电源、负荷和储能装置[N].中国能源报,2020-11-09(022).
- [5]刘盛浩.智能配电网规划与建设[J].科技创新与应用,2020,(32)61-62.