



储能系统多尺度大数据平台构建与能量管理策略动态优化

张 峰

(河南物流职业学院信息工程学院, 河南 郑州 450014)

摘要: 新型电力系统规模化储能接入后多源运行数据时存在的问题严重制约了储能调度利用效率。基于此, 本工作构建适配多时空尺度的储能大数据平台, 完成多源数据采集、融合与分布式存储, 实现储能状态全域精准感知。结果表明, 该平台数据处理精度高、响应快, 优化策略自适应性强, 提升新能源消纳能力与储能运行综合效益。

关键词: 储能系统; 多尺度; 大数据; 平台构建

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0828

中图分类号: TM73

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 10-4062-03

Development of a multiscale big-data platform for energy-storage systems and dynamic optimization of energy-management strategies

ZHANG Feng

(School of Information Engineering, Henan Logistics Vocational College, Zhengzhou 450014, Henan, China)

Abstract: Following the large-scale integration of energy storage systems into new power systems, problems existing in multi-source operational data severely constrain the efficiency of energy storage dispatch and utilization. In response, this paper constructs an energy storage big data platform adapted to multi-temporal and spatial scales, completing multi-source data acquisition, fusion, and distributed storage to achieve full-domain precise perception of energy storage states. Results demonstrate that the platform exhibits high data processing accuracy and fast response, the optimization strategy shows strong adaptability, enhancing renewable energy accommodation capacity and comprehensive operational benefits of energy storage systems.

Keywords: energy storage system; multi-scale; big-data; platform construction

“双碳”目标下, 风电、光伏等新能源渗透率持续提升, 储能作为平抑新能源波动、保障电网供需平衡的核心支撑设备, 规模化、集群化并网已成发展趋势^[1]。然而, 当前储能运维管控体系普遍存在数据碎片化、尺度不统一、信息利用率低等问

题, 传统依赖固定模型、静态参数的能量管理方式, 难以适配复杂动态的电网工况变化, 易造成储能资源浪费、调度适配性差、运行经济性偏低等弊端^[2]。为破解上述痛点, 依托大数据、时空数据融合与智能优化技术, 搭建储能多尺度大数据管控平

收稿日期: 2026-09-21; 修改稿日期: 2026-09-24。

基金项目: 河南省教育厅软科学研究计划项目 (ZJA13028)。

作者简介: 张峰 (1973—), 男, 本科, 讲师, 研究方向为云计算与大数据、网络空间安全, E-mail: zfx@vip.163.com。

引用本文: 张峰. 储能系统多尺度大数据平台构建与能量管理策略动态优化[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(10): 4062-4064.

Citation: ZHANG Feng. Development of a multiscale big-data platform for energy-storage systems and dynamic optimization of energy-management strategies[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(10): 4062-4064.

台, 实现储能全维度数据的标准化汇聚与智能化分析。基于此, 结合数据驱动方法优化能量管理策略, 打破传统静态调度局限, 实现储能系统动态自适应优化运行, 对提升储能利用效率、助力新型电力系统稳定高效运行具有重要意义。

1 储能系统多尺度大数据平台整体架构设计

1.1 平台总体架构

本文针对储能系统时空多尺度、数据异构、工况动态波动的特点, 采用分层模块化架构完成大数据平台整体设计, 适配储能单体、储能集群、场站及区域电网多层级应用场景^[9]。平台自下而上分为数据采集传输层、预处理融合层、分布式存储管理层、智能分析计算层与业务应用层, 各层级解耦独立、协同联动运行。架构核心聚焦多尺度数据差异化处理, 针对秒级实时运行数据、小时级调度数据、年度运维统计数据实现分级管控, 同时兼容设备状态、气象、负荷、电网调度等多源异构数据接入。通过架构分层设计, 可有效解决传统储能平台数据碎片化、尺度不统一、静态管控的痛点, 提升运行效率, 为后续能量管理动态优化策略提供标准化、全维度的数据支撑, 保障平台数据处理与策略调度的实时同步性。

1.2 多尺度数据采集传输模块

多尺度数据采集传输模块是平台数据输入的核心单元, 主要完成储能全场景多时空尺度数据的精准采集与安全传输, 覆盖设备电气参数、环境参数、运行状态、电网交互数据及负荷新能源出力数据。模块采用边缘采集+云端汇总的部署模式, 边缘终端适配以太网、MQTT等多通信协议, 实现不同型号储能设备的数据兼容。针对多尺度时序数据差异化采样需求, 建立自适应采样机制, 实时工况数据采用秒级采样, 调度统计数据采用分钟/小时级采样。为保障多源数据时序对齐精度, 引入时间同步校正公式 (1):

$$\Delta t_i = |t_i - t_0| \leq \varepsilon \quad (1)$$

其中, t_i 表示设备采集时间, t_0 表示系统基准时间, ε 表示最大允许时序误差。同时模块配置数据重传、加密校验机制, 有效规避传输丢包、延迟及乱序问题, 保障多尺度数据传输的完整性、实时性。

1.3 多尺度数据预处理融合模块

储能原始采集数据存在噪声干扰、缺失异常、时空尺度错位等问题, 需通过预处理融合模块完成数据标准化处理, 为数据分析建模提供高质量数据基础。模块核心功能包含数据清洗、异常剔除、缺失补全、量纲归一化与多尺度融合, 针对脉冲噪声、工况突变异常数据采用阈值判别与滑动滤波算法完成降噪处理。为消除不同维度数据量纲差异, 采用极值归一化算法实现数据统一映射, 核心归一化公式如式 (2):

$$x^* = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

式中, x 表示原始数据, $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$ 分别表示数据集最值, x^* 表示归一化后数据。同时构建时空多尺度数据融合模型, 将各数据进行关联耦合, 解决多尺度数据割裂问题, 实现异构数据的标准化和一体化。

1.4 分布式数据存储管理模块

结合储能多尺度数据海量、时序、差异化访问的特性, 搭建分布式混合存储管理模块, 解决传统数据库存储效率低、时序数据读写滞后、海量数据扩容困难的问题。模块采用“时序数据库+关系数据库+分布式文件系统”混合存储架构, 差异化存储不同尺度数据: 秒级高频时序运行数据存入 InfluxDB 时序数据库, 保障实时读写效率; 设备台账、调度规则等结构化静态数据存入 MySQL 数据库; 运维日志、报表文件等非结构化数据采用 HDFS 分布式存储。同时设计分级存储策略, 降低存储能耗与成本。配套搭建智能索引与权限管理体系, 保障数据存储的安全性、稳定性与可扩展性, 支撑平台的长期稳定运行。

2 基于多尺度大数据的储能能量管理动态优化

2.1 多尺度约束分析

储能系统能量管理并非单一时间、空间维度的优化问题, 其运行过程受短时工况、中期日前调度、长期设备寿命多尺度条件耦合约束。传统静态约束模型难以适配新能源电网波动特性。为量化功率动态约束区间, $P_{\min}(t) \leq P_{\text{bat}}(t) \leq P_{\max}(t)$, $P_{\text{bat}}(t)$ 为储能实时出力, $P_{\max}(t)$ 、 $P_{\min}(t)$ 为基于大数据修正的动态上下限功率。多尺度约束动态更新

可有效规避固定约束保守性问题,为动态优化模型提供精准边界条件。

2.2 基于大数据的储能状态感知模型

采用大数据样本训练轻量化改进神经网络算法,挖掘电池参数与老化状态的隐性关联特征,规避传统等效电路模型参数固化的缺陷。在储能系统实际运行过程中,电池剩余可用容量状态易受到环境温度、充放电倍率以及老化程度多重因素耦合干扰,为精准表征电池剩余可用容量状态,需依托平台海量实时数据流完成模型参数迭代更新。该轻量化神经网络模型可自适应高低温交替变化、充放电倍率剧烈波动、电池轻微老化退化等各类复杂实际工况,能够充分挖掘历史运行数据中潜藏的电池演化规律,有效降低储能系统状态估算误差。模型输出的状态结果可为上层能量管理策略动态调整提供可靠的状态数据支撑,帮助系统及时修正控制逻辑,抑制估算偏差带来的调控失准问题,保障储能优化策略在工程现场的落地可行性,并增强模型运行可靠性,对提升储能电池运行安全性与全生命周期利用效益具有重要现实意义。

2.3 能量管理动态优化目标函数构建

为适配新型电力系统下储能多场景应用需求,兼顾电网运行稳定性、设备运维经济性与新能源消纳效率,基于多尺度大数据分析结果,构建多目标协同动态优化目标函数,解决传统单目标优化片面、静态优化适配性差的问题。目标函数综合考量经济成本维度、电网稳定维度、新能源消纳维度。通过大数据统计各场景下成本权重、波动权重、消纳权重的动态变化规律,实现目标函数权重自适应调整。采用加权归一化方法融合多目标指标,将多维度优化问题转化为单目标求解问题,兼顾各优化目标的均衡性。

3 仿真实验与结果分析

3.1 实验环境与参数设置

为验证本文多尺度大数据平台架构及储能能量管理动态优化策略的有效性,搭建软硬件结合的仿真实验测试环境,完整配置设备型号、仿真平台参数与储能系统基础参数。磷酸铁锂储能单体电池型号 3.2 V/100 Ah,由 16 串 8 并组成储能电池集群,额定电压 51.2 V、额定容量 800 Ah、额定装机容量

40.96 kWh;储能双向变流器 PCS 型号 TD-50 kW,额定充放电功率 50 kW,工作电压范围 40~60 V,支持秒级功率快速响应;边缘数据采集终端型号 DTU-8000,支持 MQTT/Modbus 协议,采样周期可配置 1~60 s。

3.2 多尺度大数据平台功能验证

在数据采集性能方面,平台针对秒级设备状态数据、分钟级调度数据、小时级统计数据综合采集完整率达到 99.72%,相较于传统平台采集完整率有效提升,解决了多源异构数据丢包、漏采问题。在数据预处理效率上,平台单批次可完成 10 万条多尺度数据清洗与归一化处理,平均处理耗时 1.26 s,处理效率较传统批量处理模式提升 58.4%。在存储检索性能上,针对短期高频时序数据的单次检索平均耗时仅 0.038 s,历史月度尺度数据检索耗时稳定在 0.2 s 以内,检索响应速度显著优于传统混合数据库架构。

4 结束语

本工作完成了储能多尺度大数据平台架构搭建与能量管理动态优化策略研究,实现了储能多源异构数据的一体化处理与智能调度优化。通过分层模块化平台设计,有效解决了传统储能系统数据分散、时序错位、处理低效等问题,精准实现多尺度数据的采集、融合与高效存储。基于平台数据优势建立的动态感知模型与优化策略,能够根据电网工况、负荷波动及设备状态实时精准地

调整调度方案,摆脱传统固定约束优化的局限性。后续可进一步融合人工智能算法,深化储能寿命衰减与调度策略的耦合优化。

参考文献

- [1] 张昊杰,肖云亮.基于大数据的光伏发电与储能安全控制系统分析[J].电子技术,2026,55(4):336-337.
- [2] 金伟兴.基于大数据的光伏微电网能效优化策略分析[J].电子技术,2025,54(12):394-396.
- [3] 张泉,李俊,翟志强,等.大数据园区综合能源系统控制策略优化研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2025,52(11):178-189. DOI: 10.16339/j.cnki.hdxzbkb.2025115.
ZHANG Q, LI J, ZAI Z Q, et al. Research on control strategy optimization for integrated energy system in big data park[J]. Journal of Hunan University(Natural Sciences), 2025,52(11): 178-189. DOI: 10.16339/j.cnki.hdxzbkb.2025115.