

储能测试与评价



基于大数据与机器学习的储能动力电池远程故障诊断研究

谭振国, 邓 睿, 曾佳佳, 余 聪

(五凌电力有限公司新能源分公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要: 储能动力电池是新型电力系统储能环节、新能源交通领域的核心装备, 其运行的安全性, 直接关乎电网储能系统的供电可靠性与终端设备的使用安全。作为储能动力电池全生命周期安全管控的核心手段, 远程故障诊断的技术升级尤为关键。本文围绕大数据与机器学习技术在储能动力电池远程故障诊断领域的应用展开系统研究, 搭建了全生命周期数据管控体系与多算法融合的故障诊断模型, 可为相关系统的研发与工程化应用提供理论参考与技术支持。

关键词: 储能动力电池; 远程故障诊断; 大数据; 全生命周期管控

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0767

中图分类号: TM 912

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 09-3762-03

Research on remote fault diagnosis of energy storage power batteries based on big data and machine learning

TAN Zhenguo, DENG Rui, ZENG Jiajia, YU Cong

(New Energy Branch, Wuling Electric Power Co., Ltd., Changsha 410000, Hunan, China)

Abstract: Energy storage power batteries serve as the core equipment for the energy-storage segment of the new-type power system and the new-energy transportation sector. Their operational safety and stability are directly related to the power supply reliability of grid-scale energy storage systems and the operational safety of end-use equipment. As a core measure for the full-life-cycle safety management and control of energy storage power batteries, the technical upgrading of remote fault diagnosis is particularly critical. This paper systematically investigates the application of big data and machine learning technologies in the field of remote fault diagnosis for energy storage power batteries. A full-life-cycle data management-control system and a multi-algorithm-integrated fault diagnosis model are constructed, which can provide theoretical reference and technical support for the research-and-development and engineering application of relevant systems.

Keywords: energy storage power batteries; remote fault diagnosis; big data; full life cycle management and control

随着“双碳”目标的持续推进, 我国新能源发电与新能源汽车产业实现规模化发展, 储能动力电池作为能量存储与释放的核心载体, 在电网侧调频

调峰、用户侧分布式储能、新能源汽车等领域得到了广泛应用。实施精准、可靠的故障诊断, 是确保电池系统安全、稳定、可靠运行的关键, 并为电池

收稿日期: 2026-09-04; 修改稿日期: 2026-09-14。

第一作者及通信联系人: 谭振国 (1978—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为新能源生产管理, E-mail: tanzhenguo5050@163.com。

引用本文: 谭振国, 邓睿, 曾佳佳, 等. 基于大数据与机器学习的储能动力电池远程故障诊断研究[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(9): 3762-3764.

Citation: TAN Zhenguo, DENG Rui, ZENG Jiajia, et al. Research on remote fault diagnosis of energy storage power batteries based on big data and machine learning[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(9): 3762-3764.

系统的精准运营维护提供理论、方法与技术支撑^[1]。基于大数据与机器学习的智能诊断技术,可实现电池运行状态的实时监测与故障的提前预警,成为破解行业痛点的关键技术。本工作立足储能动力电池规模化应用场景,开展远程故障诊断技术体系研究,为电池安全运维提供可行的技术方案。

1 储能动力电池全生命周期大数据管控

1.1 云边端采集传输架构

针对储能动力电池应用场景分散、设备类型多样、采集节点海量的特点,构建三层分布式数据采集传输架构,打破传统数据孤岛,实现电池全维度运行数据的高效采集与可靠传输。终端层以电池BMS为核心,拓展多类型传感器高精度采集能力,实现电池单体、电池包、储能簇全层级毫秒级数据采集,同步完成数据初步滤波与本地应急保护指令执行。边缘层部署于储能电站、区域充电站等现场节点,承接终端实时数据,完成就地预处理、特征提取与本地故障快速识别,仅上传核心与异常数据,大幅降低云端算力与传输带宽占用。云端层搭建全局数据管控平台,实现全场景数据融合存储、深度分析与全局故障协同诊断,同步完成系统远程运维、模型更新与指令下发。架构增设标准化交互接口,制定统一通信协议与数据格式,实现云边端及电网、新能源场站等外部系统无缝对接,解决多源数据交互不畅问题,提升系统兼容性与传输效率。工业领域智能化改造实践表明,多源异构数据互通、标准化接口设计是数字化监测系统落地需要重点解决的现实问题。

1.2 数据预处理质量管控

针对电池运行数据多源异构、噪声干扰强、数据完整性不足的问题,构建全流程数据质量管控体系,为故障诊断模型提供高质量的数据输入。引入数据清洗、异常值修正、数据补全等大数据预处理技术,针对采集数据中的异常跳变、缺失值、随机噪声等问题,采用 3σ 准则、孤立森林算法完成异常值的识别与剔除,结合线性插值、LSTM时序补全算法实现缺失数据的精准修复,通过小波变换、滑动平均滤波完成数据的去噪处理,提升原始数据的完整性与平滑性。针对电池生产、服役、运维等不同环节的异构数据,制定统一的数据标准化规

则,对电压、电流、温度等核心参数进行量纲归一化处理,消除不同采集设备、不同工况下的数据量级差异。同时建立数据质量动态评价机制,从数据完整性、准确性、实时性、一致性四个维度构建评价指标体系,对采集与预处理后的数据进行实时评分,对低质量数据进行溯源与采集链路优化,实现数据质量的闭环管控,从源头保障故障诊断分析结果的可靠性。数据预处理是保障故障诊断模型精度的基础,缺失值、噪声与异常数据会显著降低模型收敛速度与识别准确率^[2]。

1.3 故障特征库构建

以电池全生命周期时间轴为核心,构建多维度、多层级的电池数据特征库,为机器学习故障诊断模型提供标准化的特征输入与标签体系。特征库覆盖电池从生产制造、出厂测试、现场服役、运维检修到退役回收的全生命周期,整合电池本体参数、工况运行数据、环境数据、检修维护数据、故障记录数据五大类核心数据资源。其中电池本体参数包含电池类型、额定容量、标称电压、内阻等出厂基础参数;工况运行数据包含充放电倍率、循环次数、SOC、SOH、单体电压、温度场分布等实时运行特征。针对不同故障类型,提取电池运行数据的时域特征、频域特征与统计特征,包括电压波动率、温度梯度、充放电曲线斜率、内阻变化率等核心故障敏感特征,按照故障类型、老化程度、应用场景进行分类存储,形成标准化的特征数据集,为后续机器学习模型的训练与优化提供数据支撑。

2 基于机器学习的远程诊断模型构建与优化

2.1 特征优选与标签构建

针对储能动力电池故障类型多样、早期故障特征微弱、故障演化规律复杂的特点,完成故障敏感特征的深度提取与标准化故障标签体系构建,为诊断模型搭建奠定基础。结合电池电化学机理与故障演化规律,筛选出与内短路、过充过放、容量异常衰减、热失控前兆、单体一致性失衡等典型故障强相关的特征参数,通过皮尔逊相关系数分析、互信息法完成特征相关性评估,剔除冗余特征与弱相关特征,降低模型输入维度与计算复杂度。在此基础上,构建标准化的故障标签体系,按照故障严重程度分为预警级、故障级、危险级三个层级,按照故

障类型分为单体故障、簇级故障、系统级故障三大类别,结合电池运维历史数据与故障试验数据,完成特征数据与故障标签的精准匹配,形成有监督学习的标准化样本集,解决故障样本标注不规范、正负样本不均衡的问题。特征选择是提升机器学习模型效率与精度的关键步骤,冗余与无关特征会增加计算量并降低模型泛化能力^[3]。

2.2 多算法融合诊断模型

针对单一机器学习算法在故障诊断中存在的识别精度低、泛化能力不足等问题,构建多算法融合的储能动力电池远程故障诊断模型,实现不同故障类型的精准识别与分级预警。模型分为状态预测层、故障识别层、风险分级层三个核心模块,状态预测层采用LSTM深度学习算法,基于电池历史运行数据与实时采集数据,对电池SOC、SOH、电压、温度等关键参数进行短期预测,捕捉参数的异常变化趋势,实现早期故障的初步识别。相比单一算法,故障识别平均准确率显著提升,可有效实现电池早期故障的提前预警,符合大规模储能系统的远程管控需求。多算法融合能够充分发挥不同模型优势,显著提升复杂工况下故障识别精度与早期预警能力^[4]。

2.3 模型在线更新优化

针对电池长期服役过程中老化特性持续演变、工况动态波动造成模型诊断精度衰减的问题,建立模型在线更新与自适应优化机制,保障模型在全生命周期内的诊断性能。引入增量学习算法,依托边缘端与云端实时采集的电池运行数据、故障标注数据开展模型增量训练,无须重新完成全量数据学习即可实现模型参数的动态更新,让模型持续适配电池老化进程中的特性演变,同时解决不同工况下数据分布偏移引发的模型泛化能力衰减问题。同步搭建模型性能在线监控体系,实时追踪模型识别准确率、漏判率、误判率等核心指标,一旦指标超出预设阈值,自动触发模型重训练与优化流程,实现模型性能的闭环管控,确保远程故障诊断系统在电池全服役周期内的稳定可靠运行。诊断模型需具备在

线更新能力,通过持续学习新增数据适配电池状态变化,维持长期稳定的诊断效果^[5]。

3 结 论

基于大数据与机器学习的储能动力电池远程故障诊断技术,是实现电池全生命周期安全管控、保障新型电力系统与新能源交通安全运行的核心手段。本文构建的诊断模型有效提升了电池故障识别精度与早期预警能力,增强了系统多场景适配性与工程落地能力。未来,随着数字孪生等新兴技术融合,系统将向智能化、通用化、协同化方向发展,为我国储能产业高质量规模化发展筑牢安全保障。

参 考 文 献

- [1] 苏伟,钟国彬,沈佳妮,等. 锂离子电池故障诊断技术进展[J]. 储能科学与技术, 2019, 8(2): 225-236. DOI: 10.12028/j. issn. 2095-4239.2018.0195.
SU W, ZHONG G B, SHEN J N, et al. The progress in fault diagnosis techniques for lithium-ion batteries[J]. Energy Storage Science and Technology, 2019, 8(2): 225-236. DOI: 10.12028/j. issn.2095-4239.2018.0195.
- [2] 叶浩. 基于阻抗特征的化学储能电池微短路故障诊断方法研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2025.
YE H. Research on micro-short circuit fault diagnosis method of chemical energy storage batteries based on impedance characteristics[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2025.
- [3] 黄学诣. 基于SOC观测的储能电池包的内部短路故障诊断方法研究[D]. 无锡: 江南大学, 2024.
HUANG X Y. Research on internal short circuit fault diagnosis method of energy storage battery pack based on SOC observation[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2024.
- [4] 尹钊,徐玉杰,张华良,等. 人工智能在储能技术中的应用进展[J]. 工程热物理学报, 2025, 46(12): 4116-4140.
YIN Z, XU Y J, ZHANG H L, et al. Progress in the application of artificial intelligence in energy storage technologies[J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2025, 46(12): 4116-4140.
- [5] 秦世昊. 基于大数据的新能源汽车动力电池故障诊断与预警研究[D]. 西安: 长安大学, 2024.
QIN S H. Research on fault diagnosis and early warning of power battery of new energy vehicle based on big data[D]. Xi'an: Changan University, 2024.