

# 基于故障特征分析的新能源汽车动力电池维修 诊断系统研究

谭勇军

欧纬德智能科技（广州）有限公司，广东 广州 510990

DOI: 10.61369/VDE.2026110008

**摘 要：** 动力电池作为新能源汽车整车核心储能与动力输出单元，其运行稳定性直接决定了车辆在续航表现和行驶安全等方面的使用价值。在国内新能源汽车产业规模化扩张的背景下，锂离子动力电池长期承受高低温交变、频繁充放电、路面振动冲击、大电流瞬时输出等复杂车载工况，其相应的故障类型也呈现出多样化、隐蔽化等特征。从企业技术研发与市场化落地视角出发，本文以行业维修诊断业务现状为基础，深入分析了研发动力电池智能维修诊断系统的价值意义，并对企业落地动力电池智能维修诊断系统的实施路径进行了探讨，希望能够打通数据采集、特征挖掘、故障识别、根源定位、标准化维修指导全业务链路，为新能源后市场动力电池智能化检测维修业务提供新的思路。

**关 键 词：** 故障特征分析；新能源汽车；动力电池；维修诊断；系统

## Research on Maintenance and Diagnosis System of New Energy Vehicle Power Battery Based on Fault Feature Analysis

Tan Yongjun

Ouweide Intelligent Technology (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510990

**Abstract：** As the core energy storage and power output unit of new energy vehicles, the power battery's operational stability directly determines the vehicle's practical value in terms of endurance performance and driving safety. With the large-scale expansion of the domestic new energy vehicle industry, lithium-ion power batteries are continuously exposed to complex vehicle operating conditions including alternating high and low temperatures, frequent charging and discharging, road vibration impacts and instantaneous high-current output, resulting in diversified and concealed fault characteristics. From the perspective of enterprise technological research and development and market application, this paper analyzes the current situation of industrial maintenance and diagnosis business, elaborates the value and significance of developing an intelligent maintenance and diagnosis system for power batteries, and explores the practical implementation paths for enterprises to launch the system. It aims to build a full business chain covering data collection, feature mining, fault identification, root cause location and standardized maintenance guidance, and provide innovative ideas for the intelligent detection and maintenance of power batteries in the new energy vehicle aftermarket.

**Keywords：** fault feature analysis; new energy vehicle; power battery; maintenance diagnosis; system

### 引言

随着智能传感采集、大数据时序分析、人工智能和机器学习等技术的产业化落地，以故障特征深度分析为基础的数据驱动型智能诊断技术，逐渐成了动力电池售后运维领域技术升级的主要方向。通过全域采集电池运行多源参数，能够帮助企业人员深入挖掘电压、电流、温度、SOC、绝缘电阻等数据在不同故障状态下的内在关联规律，使他们能够提取差异化故障特征向量，搭建智能分类诊断模型，推动动力电池运维模式向现代化转型。因此，在新时代的发展过程中，以故障特征分析为基础的新能源汽车动力电池维修诊断系统的构建，能够帮助企业系统梳理动力电池典型故障形成机理与对应特征规律，从而实现故障提前预警、精准定位与分级处置，为新能源汽车售后维修体系的数字化、智能化升级打下坚实的基础。

### 一、行业维修诊断业务现状

目前，国内新能源汽车动力电池售后维修检测行业整体处在

传统人工检修和初级数字化检测并存的过渡时期，行业内大部分维修企业、第三方检测机构、主机厂授权售后网点仍然会采用传统的诊断作业方式。这会导致他们在配套检测设备、技术流程、

人员能力、数据管理体系等方面存在明显的不足，直接限制了其运维业务服务效率和安全管控能力的提高<sup>[1]</sup>。具体来说，第一，缺少对早期隐性故障的识别能力。目前的维修诊断手段只能使员工发现参数严重超限、完全失效的显性故障，不能对电芯一致性缓慢衰减、绝缘性能逐步恶化、连接端子虚接、热失控萌芽阶段等特征微弱的早期故障进行识别。此类隐性故障也没有明显的故障码提示，车辆短期行驶不会有明显的异常现象，但是在车辆长期使用中会持续加剧电池整体老化，很容易引发热安全事故<sup>[2]</sup>。第二，诊断流程的标准化程度不高。传统动力电池检修流程没有统一的数据化判定标准，故障判断全部依靠维修技师的从业经验，而不同的维修技师对于同样的电池异常数据所做出的判断结论会存在一定差距，很容易产生故障定位偏差、维修方案错配等问题。同时新人技师的培养周期较长，企业人才储备和业务扩张的速度很难互相适应，技师人员流动会直接造成售后维修服务质量大幅波动，很容易增加客户投诉率，给企业带来市场信誉方面的伤害<sup>[3]</sup>。第三，目前的诊断设备数据维度单一、算法模型老化。市面通用的电池检测工具只能单独读取电压、温度单项数据，无法同步整合电流、SOC、绝缘电阻、充放电时序曲线等多源异构数据，缺少多参数耦合特征分析能力。同时配套判定算法以固定阈值对比为主，并没有结合电池故障演化非线性特征优化模型，针对耦合型复合故障的区分能力不足。

## 二、研发动力电池智能维修诊断系统的价值意义

### （一）前置管控电池安全风险，降低企业经营赔付与舆情损失

动力电池热失控、起火爆炸是新能源售后领域最高等级安全风险，也是运维服务企业最核心的经营隐患<sup>[4]</sup>。传统检修模式只能在故障完全爆发后开展维修，无法提前识别劣化萌芽阶段的微弱故障特征，车辆带隐患上路会持续放大安全事故的发生概率。而智能维修诊断系统可以以多时序数据特征为基础，捕捉电压微小偏移、温度缓慢抬升、绝缘电阻小幅下降等常规阈值报警无法识别的早期故障信号，从而实现故障分级预警，在电池故障尚未演化至危险阶段就能完成检测与维修干预。从企业经营角度来看，系统落地后可以在车辆进店维保、日常远程状态监测环节完成全量电池安全筛查，不仅能够有效防止工作人员把带有安全隐患的车辆交付给车主，而且还能从源头规避电池起火引发的客户人身伤害、财产损失赔偿。同时，通过系统可以完整留存电池检测数据、故障预警记录、维修处置档案，形成可追溯的运维凭证，后续车辆如果出现异常情况也能够明确责任划分，大幅降低企业连带赔偿责任赔付的风险。

### （二）压缩单车维修工时与综合运营成本，提升售后业务盈利空间

人力成本、耗材损耗、设备折旧是新能源维修企业的核心运营支出，在以传统人工经验为基础的检修模式下，单车电池故障排查存在耗时久的问题，而且重复拆解的耗材损耗也比较大，会持续影响企业的业务利润。动力电池智能维修诊断系统能够整合

全域数据自动采集、算法自主特征提取、模型一键故障分类等全流程功能，以此替代大量人工数据读取、曲线分析、故障试错排查工作，有效缩短单车故障定位与维修方案制定的工作时长<sup>[5]</sup>。同时，工作市场的压缩可以直接降低技师的人力成本投入，减少电池包反复拆装带来的密封胶、密封垫、绝缘辅料耗材损耗。另外，相关系统内部也会设置标准化维修指引，从而有效降低维修流程对资深技师的依赖，新人技师参考系统输出的结论就可以完成规范检修，不仅能缩短技师的培养周期，还可以优化企业的人力成本结构。

## 三、以故障特征分析为基础的新能源汽车动力电池智能维修诊断系统的实施路径

### （一）搭建端边云协同一体化硬件数据采集体系，夯实故障特征分析基础

完整可靠的多源数据采集是故障特征挖掘和智能诊断的前提条件，企业落地系统需要建立终端采集、边缘预处理、云端存储三者协同的硬件采集架构，并适配线下门店固定检测、车辆路测远程监测、营运车队批量巡检等多种业务场景的需求<sup>[6]</sup>。在终端采集层，企业需要配套便携式车载诊断采集设备和门店固定式电池包深度检测工装，同步采集动力电池充放电全过程中的电压、单体压差、回路电流、多点温度、绝缘电阻、SOC 剩余电量、充放电时序曲线等多个方面的时序信号。同时还要采集车辆行驶路况、环境温度、充电习惯等辅助工况数据，从而有效解决传统设备采集维度单一、数据碎片化问题。在边缘预处理层面，相关人员需要将边缘计算单元部署到门店检测终端与车载采集设备本地，搭载轻量化 VMD 信号预处理程序，对车载电磁干扰、传感器瞬时波动产生的噪声信号进行过滤，并保留与电池故障相关的有效特征信号，避免无效数据上传占用云端算力，从而降低企业云端服务器的运营成本<sup>[7]</sup>。另外，企业可以在云端搭建分布式数据存储服务器，统一整合全门店、全车队的电池时序数据，创建数据分类归档体系。工作人员需要按照车型、电池型号、故障种类、车辆使用年限将相关数据分组到数据库索引中，为后续 PCA 特征降维和机器学习模型训练提供统一标准的样本数据集。同时，企业需要配套建立数据采集标准化作业流程，进一步规范技师数据采集的操作步骤，保证所有入库数据的完整性和一致性，防止因为采集操作不规范而导致的数据缺失，避免影响后续故障特征分析的精准度<sup>[8]</sup>。

### （二）优化 VMD+PCA 联合特征预处理流程，构建差异化故障特征向量库

采集得到的原始电池时序数据具有高维度、强噪声、多频率耦合的特点，直接输入诊断模型中会造成运算效率低、故障特征识别不到位等问题。企业研发端通过搭建 VMD 变分模态分解和 PCA 主成分分析联合预处理流程，能够完成数据降噪、特征精简等工作，帮助建立标准化故障特征向量库。相关人员可以依据 VMD 算法对电压、温度、电流非平稳时序信号做自适应模态分解。通过分离信号中代表电池正常运行的稳态分量与代表电芯

劣化、局部过热、绝缘衰减的故障特征低频分量，有效过滤高频随机噪声，解决传统小波、经验模态分解存在的模态混叠缺陷，从而放大早期微弱故障的信号特征，提升系统的隐性故障识别能力<sup>[9]</sup>。完成信号降噪后，工作人员可以采用 PCA 对高维多源参数做维度优选压缩，提取能够区分不同故障类型的核心主成分，剔除数据冗余维度，大幅降低后续机器学习模型运算量，适配门店终端本地轻量化运算需求。基于预处理后的标准化特征数据，企业可以按照单体不一致故障、热失控隐患、绝缘异常、高压连接故障、充放电回路故障五大类典型故障，分别提取专属特征规律，建立分类故障特征向量库。维修人员能够明确不同故障对应的特征数值区间、时序变化趋势，也可以将相关内容作为机器学习模型训练的基础样本，从而实现不同故障类型特征的标准化区分，解决传统诊断无法分辨耦合复合型故障的痛点。

**（三）搭建改进多故障机器学习分类诊断模型，配套全流程维修指导业务模块**

依托企业自有实车故障特征样本数据集，工作人员可以优化机器学习分类算法，并搭建多故障智能诊断模型，通过配套故障溯源、标准化维修指引业务模块，可以使其形成完整可落地的维修诊断业务体系<sup>[10]</sup>。根据动力电池故障非线性、耦合化的特性，工作人员需要对基础机器学习分类模型进行适配改进，使用多维故障特征向量进行模型训练。而经过大量实车样本迭代优化后的模型，能够进一步提高多故障同时识别、早期微弱故障判断的能力，实现单个故障和多个耦合故障的准确分类输出。模型完成故障类型判定后，系统可以自动开展故障点位溯源分析，结合电芯

排布、温度采集点位、高压线束布局数据，精准定位故障电芯、异常温度区域、绝缘衰减回路、虚接线束位置，替代人工逐段排查流程。在诊断算法模型之外，企业需要为系统匹配面向企业售后业务的维修指导模块，内置不同车型、不同电池故障对应的标准化维修工艺、安全操作规范、配件更换清单、维修后电池性能复检标准。技师在输入系统输出的故障结论后就能够获取完整的维修作业方案，有效降低维修操作失误的概率。另外，系统内部也可以增设故障分级管理功能，按照故障危险程度划分预警等级。比如，一级设置热失控隐患故障强制推送安全处置流程，提醒企业第一时间完成维修干预；二级侧重轻度老化故障推送保养优化建议，引导车主改善充电、用车习惯，延缓电池劣化速度。相关功能能够帮助企业形成检测、预警、维修、保养全链条服务体系，适配企业线下门店、车队运维、上门检测全业务场景落地使用。

**四、结论**

在新能源汽车产业不断扩张、动力电池售后运维市场消费需求持续释放的背景下，传统依靠人工经验的电池维修诊断模式很难适配新时代下新能源技术服务企业长期规模化发展的需要。而以故障特征分析为基础的新能源汽车动力电池维修诊断系统能够简化故障排查流程，降低维修人员经验门槛，帮助企业精准定位电芯、线路及管理系统各类隐患，有效提升维保效率与检测精度，为行业高质量、规范化发展提供可靠技术支撑。

**参考文献**

[1] 闻博. 新能源汽车动力电池压差故障诊断与维修技术分析 [J]. 汽车维修技师, 2025, (20): 22-23.  
[2] 吴国广. 基于大数据的新能源汽车动力电池故障诊断与预警研究 [J]. 汽车测试报告, 2025, (6): 1-3.  
[3] 宾菲. 新能源汽车动力电池压差故障诊断与维修技术分析 [J]. 时代汽车, 2025, (4): 131-133.  
[4] 龚兰兰. 新能源汽车动力电池故障检测与维修案例分析 [J]. 汽车维修技师, 2024, (14): 36.  
[5] 刘港, 熊继芬, 彭朝晖. 新能源汽车电池及管理系统检修: 汉文、老挝文 [M]. 西南交通大学出版社: 2024.  
[6] 杨永贵. 新能源汽车动力电池压差故障与维修技术分析 [J]. 汽车知识, 2024, 24 (2): 35-37.  
[7] 许江, 杨舒淇. 新能源汽车动力电池故障检测与维修案例分析 [J]. 汽车维修技师, 2024, (4): 72.  
[8] 周晓飞. 新能源汽车电池与驱动电机从入门到精通 [M]. 化学工业出版社: 2023.  
[9] 曹晶. 新能源汽车整车故障诊断教程 [M]. 化学工业出版社: 2023.  
[10] 吴荣辉. 新能源汽车结构原理与检修 [M]. 机械工业出版社: 2021.