

新能源汽车动力电池常见故障成因与检修技术探析

王鹏飞

淄博市公共交通有限公司桓台分公司 山东 淄博 255000

摘要: 动力电池是新能源汽车的核心核心储能部件,其运行稳定性直接决定车辆续航、动力及行车安全。本文以主流动力电池类型与系统架构为基础,梳理容量衰减、一致性偏差、热失控、BMS异常等常见故障,深入剖析设备制造、使用工况、环境因素等故障成因。同时阐述常规检测、专项检修及智能诊断技术,总结运维优化策略,剖析当下检修技术短板并展望行业发展趋势,为动力电池运维检修与安全防护提供实践参考。

关键词: 新能源汽车;动力电池;常见故障成因;检修技术

引言: 在双碳政策与能源转型的推动下,新能源汽车产业高速发展,市场保有量持续攀升。动力电池作为整车核心动力源,其性能与可靠性是制约车辆使用体验与产业发展的关键。当前动力电池在长期使用中易出现续航衰减、温度异常、系统故障等问题,频发的故障不仅影响用车体验,还存在极大安全隐患。为解决动力电池运维难题,本文系统分析其故障成因与检修技术,助力提升电池运维水平,保障新能源汽车安全稳定运行。

1 新能源汽车动力电池基础理论与系统架构

1.1 主流动力电池类型及工作原理

(1) 磷酸铁锂电池:以磷酸铁锂为正极材料,结构稳定,无贵重金属。工作时依靠锂离子在正负极间嵌入、脱嵌实现充放电,循环寿命长、安全性高,耐高温性能优异。(2) 三元锂电池:采用镍钴锰三元材料为正极,能量密度突出。锂离子迁移效率高,充放电响应快,低温放电性能优异,可支撑车辆高续航、高动力输出。(3) 性能差异与适用场景:磷酸铁锂安全性、循环寿命更优、成本更低,多用于家用代步、营运新能源车型;三元锂电池能量密度、低温性能更好,适配高端乘用车、长续航及高性能车型。

1.2 动力电池系统整体架构

(1) 单体电芯与电池组模组:单体电芯是最小储能单元,通过串并联方式集成电池模组,多模组组合构成动力电池总成,满足整车电压、容量及功率需求。

(2) 电池管理系统(BMS):核心功能为实时监测电池电压、电流、温度,精准估算SOC、SOH,均衡电芯状态,同时实现过充、过放、过流保护,保障电池稳定运行。(3) 辅助系统:热管理系统调控电池工作温度,避免高温失效、低温衰减;高压连接系统保障电能稳定传输,防护系统实现绝缘、防水、防碰撞,提升整车用电安全^[1]。

1.3 动力电池性能评价核心指标

(1) 基础性能指标:容量决定电池储电能力,内阻影响充放电损耗,内阻越小、充放电效率越高,电池电能利用率更优。(2) 状态判定标准:SOC为电池剩余电量占比,把控续航预估;SOH代表电池健康老化程度,是电池寿命更换的核心判定依据。(3) 综合性能指标:电池一致性指各电芯参数偏差度,一致性越好,电池组整体性能越强;安全性能涵盖防热失控、防短路、抗冲击等能力,是动力电池核心保障指标。

2 新能源汽车动力电池常见故障类型及成因分析

2.1 电池容量衰减与续航异常故障

(1) 故障具体表现:车辆实际续航里程明显缩水,与官方标称续航差距较大,充电时无法达到额定容量,放电时电量下降速度过快,出现跳电、虚电现象,满电续航和实际可用电量持续降低,是动力电池最常见的退化性故障。(2) 内部成因:电池长期使用后,电芯正负极活性物质逐渐损耗、脱落,锂离子脱嵌能力大幅下降;电池电解液分解变质,离子传输效率降低;同时SEI膜异常增厚、结构破碎,持续消耗有效锂离子,造成电池可用容量不可逆衰减。(3) 外部成因:极端高低温环境会破坏电池内部化学体系,低温导致锂离子活性降低,高温加速电池老化;日常频繁深度充放电、满电存放、亏电静置,以及车辆长期高负荷运行、循环次数超出电池设计寿命,都会加速容量衰减。

2.2 电池电气与一致性故障

(1) 故障表现:电池组工作过程中单体电芯电压差值持续超标,整组电池性能匹配度下降,出现充电不均、部分电芯过充、放电受限等问题,直接导致电池组整体可用容量下降,整车动力输出受限。(2) 制造成因:电芯生产过程中,原材料纯度、涂布厚度、压实密度存在细微偏差,导致单体电芯出厂初始容量、内阻、

电压参数存在固有差异；模组装配工艺缺陷、焊接接触不良等生产问题，会进一步加剧电池初始一致性偏差。

(3) 使用成因：车辆运行中电池包内部散热不均，各电芯工作温差较大；不同电芯自放电速率存在差异，长期累积形成参数偏差；BMS均衡功能失效，无法对压差、容量偏差电芯进行主动校正，最终造成一致性故障加剧^[2]。

2.3 电池温度与热失控故障

(1) 故障表现：电池包工作温度异常升高，电芯温差超出标准范围，电池出现发热发烫、壳体鼓包变形等现象，严重时会引起电芯热失控，出现冒烟、起火、爆炸等极端安全事故，危险性极高。(2) 直接成因：电池热管理散热管路堵塞、散热风扇故障，导致热量无法及时散出；大功率快充、持续高负荷放电造成充放电电流过载，电芯瞬时产热激增；电芯内部或外部出现局部短路，瞬间产生大量热量引发发热堆积。(3) 间接成因：热管理控制模块程序异常、功能失效，无法精准调控散热与温控逻辑；温度传感器损坏、检测精度偏差、信号丢失，导致系统无法及时识别电池高温隐患，错失故障干预时机，诱发热失控故障。

2.4 BMS系统及连接故障

(1) 故障表现：车载仪表电池数据显示错乱，SOC、温度、电压数据失真，整车控制器与电池系统通讯中断，车辆出现无法充电、动力受限、突然断电等问题，同时频繁出现故障码误报、错报、乱报情况。(2) 硬件成因：电池电压、温度传感器老化、失灵，采集数据失真；电池高压线束、低压信号线长期震动松动，接插件受潮、氧化、锈蚀，造成接触不良、信号传输中断，引发各类硬件故障。(3) 软件成因：BMS控制程序存在漏洞、运行卡顿，数据运算出错；电池参数标定偏差、升级适配异常，系统无法精准匹配电池实际工作状态；软件逻辑紊乱、算法失效，导致系统监测、保护、均衡功能异常。

3 新能源汽车动力电池故障检测与核心检修技术

3.1 动力电池故障常规检测流程

(1) 前期排查：检修初期通过专用诊断设备读取整车及电池系统故障码，初步锁定故障类型。同时核查车辆行驶工况、充电习惯、服役年限，以及是否长期处于高低温、积水等恶劣环境，排除人为使用与环境诱发的故障因素，为后续检测提供参考依据。(2) 基础检测：开展动力电池基础性能全面检测，包含电池组总电压、单体电压、交流内阻、工作温度检测，重点测试电池高压系统绝缘性能，排查漏电、绝缘失效等安全隐患，通过基础数据判断电池整体工作状态，筛选异常参数。

(3) 精准定位：依托基础检测数据，对电池模组及单体电芯进行逐一点位筛查，对比各电芯容量、内阻、压差数据，精准定位故障电芯、异常模组及线路故障点位，区分整体性故障与局部单点故障，为专项检修提供精准方向^[3]。

3.2 典型故障专项检修技术

(1) 容量衰减故障检修：针对电池续航缩水、容量不达标问题，先进行电池SOC容量校准，修正系统数据偏差；对于轻度衰减电芯，通过活化修复工艺恢复部分活性；针对严重衰减、不可逆老化的电芯，采用单体电芯更换或整体模组更换技术，恢复电池储电性能。(2) 一致性故障检修：针对单体压差过大、电芯参数不均问题，采用主动与被动电池均衡技术，平衡各电芯电量与电压；对更换后的单体电芯进行匹配调试，校准容量、内阻参数，缩小模组间性能偏差，提升电池组整体一致性与协同工作能力。(3) 热故障检修：针对电池高温、温异常故障，全面检修散热风扇、冷却管路、换热部件，清理堵塞、老化部件；检测温度传感器工作状态，校准温控模块参数，修复热管理控制异常问题，彻底排除电池过热、热失控安全隐患。(4) BMS故障检修：对传感器、线路、接插件等硬件进行检修更换，修复信号采集异常、通讯故障；针对软件问题，通过系统升级、程序优化、参数重新标定，修正算法偏差与数据错误，恢复BMS监测、均衡、安全保护核心功能。

3.3 智能故障诊断与新型检修技术

(1) 数据驱动故障预判技术：依托车辆云端运行大数据，实时采集电池充放电、温度、压差等核心数据，通过数据分析建立故障预判模型，提前识别电池老化、性能衰减等潜在故障，实现由被动维修向主动预判运维转变。(2) 基于模型的精准诊断技术：通过搭建电池等效模型，模拟电池标准工作状态，对比实际运行参数与理论参数偏差，精准甄别隐性故障，解决传统检测难以发现的间歇性故障、轻微参数异常等问题，提升诊断精准度^[4]。(3) 电池无损检测与快速运维技术：采用红外测温、超声波检测等无损检测手段，在不拆解电池结构的前提下，排查内部鼓包、虚接、热异常等隐患，搭配快速检测设备，大幅缩短检修时长，适配规模化、高效率电池运维场景。

3.4 故障检修安全规范与质量把控

(1) 高压安全操作规范：动力电池检修严格遵循高压断电流程，佩戴绝缘防护工具，规范完成高压部件拆装、检测操作，杜绝高压触电、短路风险，严禁违规拆装、带电作业，保障检修人员设备安全。(2) 修复后

性能校验：故障修复后，对电池进行满充满放测试、工况模拟测试，校验电池容量、压差、温度、绝缘等核心参数，验证故障彻底排除，确保电池各项性能达到出厂标准，无数据异常与安全隐患。（3）后期寿命与安全保障：检修完成后优化电池参数匹配性，排查残余隐性故障，规范装配密封工艺，做好防水、绝缘、散热防护，同时标定BMS保护参数，避免后期异常损耗，有效延长电池使用寿命，保障行车用电安全。

4 新能源汽车动力电池运维优化策略与行业发展展望

4.1 动力电池日常运维与故障预防策略

（1）常态化检测与电池健康状态定期评估机制：搭建动力电池周期性检测体系，定期采集电池电压、内阻、温度等核心数据，持续监测SOC、SOH变化趋势。通过常态化健康评估，精准识别电芯衰减、一致性变差等隐性故障，提前干预潜在故障，有效降低电池突发故障风险。（2）用户规范用车与科学充放电指导方案：引导用户养成科学用车习惯，规避长期亏电停放、频繁深度充放电、大功率超负荷快充等不当操作。日常将电池电量维持在合理区间，减少锂离子损耗，延缓电芯老化，从使用端延长动力电池使用寿命。（3）不同环境下动力电池专项防护措施：低温环境优先预热电池，杜绝低温大功率放电；高温环境避免车辆长时间暴晒、高负荷连续行驶，保障散热系统稳定运行。雨季及潮湿环境定期检测电池绝缘性能，防范受潮漏电问题，规避环境因素引发的电池故障。

4.2 现有检修技术存在的问题与优化方向

（1）传统检修技术效率低、精准度不足的问题：传统检修依赖人工操作与经验判断，流程繁琐、耗时久，仅可排查显性故障，无法识别电芯轻微衰减、间歇性异常等隐性故障，易出现误判、漏判，检修效率与精准度整体偏低。（2）小众故障诊断技术缺失、检修标准化不足问题：行业针对电池鼓包、微短路、偶发通讯异常等小众故障的诊断技术匮乏，无统一判定标准与检修流程。各维修机构工艺、规范不统一，维修质量差异较大，售后运维稳定性难以保障。（3）检修技术智能化、标准化优化路径：依托大数据与智能诊断算法，搭建统一的标准化检修流程，规范故障判定、维修操作及验收

标准。普及智能检测设备，替代传统人工经验判断，实现故障精准定位、高效检修，提升动力电池运维规范化水平^[5]。

4.3 行业发展趋势与未来展望

（1）动力电池高稳定性、长寿命技术发展趋势：未来动力电池将持续优化材料与结构设计，提升电芯稳定性、抗衰减性与安全性，延长循环寿命、降低老化速率，适配高频次用车场景，有效压降整车运维成本。（2）故障智能预判、无人化检修技术发展前景：依托物联网与智能算法，电池运维可实现数据实时监测、故障提前预判。自动化、无人化检修设备逐步落地应用，实现故障自主诊断与智能修复，推动运维模式智能化升级。（3）动力电池回收复用与全生命周期运维发展方向：行业将完善电池全生命周期管理体系，覆盖生产、使用、运维、回收、梯次利用全流程。通过专业化回收复用技术实现资源循环利用，构建绿色可持续的动力电池运维产业体系。

结束语

本文系统探究了新能源汽车动力电池的各类常见故障，明确了内外诱因与故障机理，梳理了常规检修、专项维修及智能检测等核心技术，总结了电池日常运维与故障预防方法。现阶段动力电池检修仍存在智能化不足、标准不统一等问题。未来需依托大数据、智能算法完善检修体系，推进运维标准化、智能化升级，构建全生命周期运维模式，助力新能源汽车产业绿色长效发展。

参考文献

- [1]汤德林.电动汽车用动力电池的分类及性能指标[J].学习园地,2023,6(4):72-74.
- [2]陈维荣.电动汽车电池技术发展综述[J].电源学报,2022,16(60):113-117.
- [3]王毅.新能源汽车故障检修技术的探究[J].内燃机与配件,2024,10(18):178-181.
- [4]郑振.新能源汽车动力电池压差故障及维修技术分析[J].南方农机,2022,51(22):138-140.
- [5]窦虎明.新能源汽车动力电池梯级利用技术分析[J].农机使用与维修,2023,26(7):136-138.