

新能源汽车动力电池故障检测与维护技术研究

段春利

阿克苏地区中等职业技术学校, 新疆 阿克苏 843000

摘要: 在新能源汽车产业规模化发展的当下, 动力电池作为整车动力系统的核心储能部件, 其运行稳定性与健康状态直接决定车辆的安全性能与使用体验。受服役环境复杂、工况多变及制造工艺差异等因素影响, 动力电池故障诱因呈现隐蔽化、多元化特征, 传统检测维护模式已难以适配全场景运维需求。本文梳理动力电池常见故障形态与内在生成机理, 系统分析离线检测、在线监测、无损检测及云端预判等技术路径的应用逻辑, 构建覆盖全生命周期的分级维护体系, 并针对技术落地中的精度瓶颈、标准缺失等问题提出优化方向。研究可为提升动力电池运维效率、延长电池使用寿命、保障行车安全提供理论参考与实践思路。

关键词: 新能源汽车; 动力电池; 故障检测; 维护技术; 全生命周期运维

DOI: 10.64649/yh.shfzykjc.issn3078-8994.202609033

0 引言

双碳目标的纵深推进带动新能源汽车产业持续扩容, 动力电池作为整车能量供给的核心载体, 其安全性能与健康状态始终是行业发展的核心议题。受行驶工况复杂、环境条件多变及制造端个体差异等因素影响, 动力电池在服役周期内易出现性能衰减、电气连接异常、热失控风险等各类问题, 不仅会削弱车辆动力表现与续航能力, 更可能引发安全事故。现阶段国内动力电池检测与维护领域仍存在标准不统一、故障预判精准度不足、运维流程规范性欠缺等短板, 亟需构建系统化的技术体系与全周期运维方案。本文从故障机理、检测技术、维护策略及优化路径四个维度展开探讨, 以期动力电池运维技术的升级提供可行参考。

1 动力电池故障类型与生成机理

1.1 电芯本体衰减类故障

电芯是动力电池的最小储能单元, 其性能衰减是最普遍的故障形态。在长期充放电循环过程中, 电芯内部活性物质会逐渐发生结构脱落与溶解, 负极表面固态电解质界面膜持续增厚, 部分场景下还会出现锂枝晶生长现象, 直接导致电芯可用容量下降、内阻升高。这类衰减过程受充放电倍率、环境温度、放电深度等多重因素共同影响, 当电池包内各电芯衰减程度出现差异时, 整包一致性会被打破, 进而引发整体续航缩水、动力输出受限等问题, 锂枝晶持续生长还可能刺破隔膜, 引发内部短路, 成为热失控的重要诱因。

1.2 电气连接与BMS故障

动力电池系统的高压电气回路包含大量连接部件, 长期服役后易出现连接松动、接触面腐蚀氧化等问题, 造成接触电阻异常升高, 通流过程中产生局部过热, 进一步加剧连接部位的老化与失效。电池管理系统作为动力电池的

“大脑”, 其自身故障同样会引发系列问题, 如电压、电流传感器精度漂移、温度采集模块失灵、内部通信中断等, 会直接导致电池状态估算偏差, 无法精准管控充放电过程, 甚至出现过充、过放等危险工况, 对电池本体造成不可逆损伤。高压回路的绝缘性能下降也是常见电气故障, 多由壳体破损、进水受潮引发, 可能造成高压漏电, 威胁驾乘人员安全。

1.3 热管理失效引发的故障

动力电池的性能与安全性对温度高度敏感, 热管理系统是保障电池工作在适宜温度区间的核心支撑。当热管理系统出现管路堵塞、换热部件故障、温控传感器失效等问题时, 电池包内部会出现温差过大、局部过热等现象, 高温环境会加速电芯内部副反应, 大幅缩短电池使用寿命, 极端情况下还会触发热失控。而在低温环境中, 热管理失效会导致电池充电接受能力显著下降, 放电能力大幅削弱, 不仅影响车辆正常使用, 还会因析锂反应对电芯造成永久性损伤, 长期低温运行会大幅加快电池衰减速度。

2 动力电池故障检测技术体系

2.1 传统离线式参数检测技术

传统离线检测是动力电池故障排查的基础手段, 通常需要将电池包从车辆拆下, 借助专业检测设备对电芯及整包参数进行逐项测试。检测内容涵盖单体电芯容量、直流内阻、自放电率、绝缘性能等核心指标, 部分检测还会包含电芯的脉冲放电测试, 模拟整车大电流放电场景下的电压响应, 评估功率输出能力, 能够精准获取电池本体的健康参数, 识别容量衰减、内阻异常等深层故障。这类检测方式结果精度较高, 适用于定期深度维保、故障售后排查及退役电池分选等场景, 但检测流程较为繁琐, 拆解过程耗时较长, 且无法还原车辆实际运行工况下的电池状态, 存在一定的应用局限性。

2.2 在线状态估算与实时监测技术

在线监测技术依托车辆搭载的电池管理系统实现,通过高频采集电池包的电压、电流、温度等运行数据,结合等效电路模型或电化学模型对电池荷电状态、健康状态进行估算,同步监控运行参数的异常波动,通过多参数联动分析排除工况干扰,提升故障识别的准确性。当数据超出预设阈值时,系统会按风险等级触发分级故障预警,提醒驾驶员及时处置。这类技术无需拆解电池包,能够全程跟踪电池动态运行状态,是整车安全防护的第一道防线,但受算法模型精度与传感器性能限制,在复杂路况、极端环境下的估算误差会有所增大,对早期微弱故障的识别能力仍有提升空间。

2.3 红外热成像无损检测技术

红外热成像检测属于非接触式无损检测技术,检测时需在车辆稳态工况下开展,规避环境温度骤变带来的干扰,通过红外热像仪捕捉电池包表面的温度分布图像,可针对电池包高压接口、模组拼接处等关键区域重点扫描,分析温度场的异常特征与温升速率,进而识别内部潜在故障。局部热点、温差过大等温度异常现象,往往对应着内部短路、连接松动、电芯衰减不均等隐患,能够在故障萌芽阶段实现精准识别。该技术无需拆解电池包,检测效率高,结果直观可视,不仅适用于维保门店的常规检测,还可配合自动化检测线、巡检机器人实现批量检测,在动力电池生产下线、定期维保等场景中具备广阔应用空间。

2.4 大数据云端预判技术

大数据云端预判是车联网技术与电池运维融合的产物,车辆端采集的全量运行数据、充电数据及环境数据通过网络上传至云端平台,借助机器学习算法对海量数据进行深度挖掘,识别故障发生前的特征规律。云端平台可对比同车型、同批次电池的运行数据,分场景提炼共性故障模式,结合车辆使用习惯与服役环境修正预判阈值,实现对潜在故障的提前预判,还能支持远程故障诊断,辅助线下维保人员快速定位问题。相较于传统检测方式,云端预判具备前瞻性强、覆盖范围广的优势,能够将运维模式从“故障维修”向“预测性维护”转变,是智能运维体系的核心技术支撑。

3 动力电池全生命周期维护策略

3.1 日常使用阶段的基础养护

日常使用阶段的基础养护是延缓电池衰减、降低故障概率的第一道关口,主要由车辆使用者执行。养护过程中需注重合理控制充放电深度,避免长期满电存放或深度亏电,根据使用场景选择合适的充电方式,日常通勤场景下优先使用交流慢充补能,仅在长途出行等应急场景下使用直流快充,减少高电流充电对电芯活

性物质的冲击,定期采用慢充模式完成电芯均衡,修复电芯间的容量偏差。在极端温度环境下,需遵循车辆使用规范,高温环境避免暴晒后立即快充,车辆停放时尽量选择阴凉通风的室内或遮蔽场所,避免电池包长期处于高温暴晒环境,减缓密封件与线束的老化速率;低温环境优先利用预热功能提升电池温度后再充电行驶,降低低温析锂风险。同时需保持电池包外观清洁干燥,避免涉水后残留污物造成壳体腐蚀或绝缘性能下降,长期停放时定期补充电量,通过良好的使用习惯延长电池服役寿命。

3.2 定期专业检测的规范流程

定期专业检测是排查早期隐患、保障电池安全运行的关键环节,需由具备资质的维保机构按照规范流程开展。检测前需按规范完成车辆静置与高压断电操作,落实绝缘防护措施,确保检测过程安全可控。检测周期可结合车辆行驶里程与服役时间设定,针对营运车辆等高强度使用场景可适当加密检测频次。检测项目涵盖电池包外观检查、高压绝缘测试、电池管理系统数据读取与校准、热管理系统功能验证、电芯一致性分析等内容,同步核查电池包的密封胶条、高压线束护套等易损部件的状态,对出现老化开裂的部件及时进行更换,消除密封失效与绝缘隐患。检测过程中需建立完整的电池健康档案,记录每次检测的核心参数,对异常数据执行复核机制,通过纵向对比追踪电池性能变化趋势,及时发现衰减异常或潜在故障,采取针对性干预措施,避免小隐患演变为严重故障。

3.3 故障处置后的性能校验

动力电池发生故障并完成修复后,需进行全面的性能校验,确保修复后的电池系统符合安全运行标准。针对电芯更换、连接修复等不同类型的故障处置,校验内容有所侧重,核心包含容量恢复测试、充放电循环验证、温度一致性检测及电池管理系统参数校准等环节。对于涉及电芯更换的修复作业,需优先选用同批次、同规格的电芯单元,完成组装后开展充放电循环磨合,使新老电芯的工作状态逐步趋于一致,降低后续运行中的一致性偏差风险。校验过程中需模拟多种工况运行状态,覆盖大电流脉冲放电、长时间静置自放电等维度,同时复测电池管理系统的保护逻辑,验证过充、过放、过温等保护阈值的准确性。通过多维度验证整包性能的匹配性与稳定性,避免因修复后电芯一致性差、参数校准偏差等问题引发二次故障。性能校验合格后方可交付使用,同时需将修复与校验信息纳入电池全生命周期档案。

3.4 退役梯次利用前的性能维护

动力电池从整车退役后,多数仍具备较高的剩余容量,可通过梯次利用延伸全生命周期价值,而性能维护是保障梯次利用安全的核心

前提。退役电池首先需经过全面的性能检测与分选，分选环节需结合电芯的容量、内阻、自放电率等多维度参数进行分组，同一重组单元内的电芯参数偏差需控制在合理区间内，筛选出性能一致、无安全隐患的电芯或模组，对分选后的模组进行连接部件除锈抗氧化处理，消除物理连接隐患。对存在轻度衰减的电芯进行活化处理，活化处理需根据电芯的化学体系与衰减程度匹配对应的充放电策略，优化内部化学状态，提升容量表现。重组过程中需重新配置适配的电池管理系统，完成均衡校准与热管理优化，重组后开展基础工况老化测试，验证系统运行稳定性。规范的性能维护能够大幅提升退役电池的可用性与安全性，推动电池资源循环利用体系的完善。

4 检测与维护技术的优化路径

4.1 复杂工况检测技术的精准化升级

针对极端温度、快速充电、颠簸路况等复杂服役场景，需推动检测技术的精准化升级，提升早期故障识别能力。算法层面可融合电化学机理模型与数据驱动模型，引入多物理场耦合分析思路，结合多源传感器数据，优化电池状态估算精度，降低工况波动带来的估算误差。硬件层面可开发更高灵敏度的传感装置，增加温度、电压采集点位，实现对电池内部状态的更精细感知。同时可探索新型检测技术的融合应用，将超声检测、气体检测等技术与现有检测体系结合，结合边缘计算提升实时处理能力，实现对隐蔽故障的更早识别，筑牢安全预警防线。

4.2 行业维护标准体系的统一构建

当前动力电池检测与维护领域存在标准不统一、流程不规范的问题，不同车企、电池品牌的运维要求差异较大，制约了行业整体服务水平的提升。需由行业主管部门牵头，联合整车企业、电池厂商及维保机构，共同制定统一的检测维护标准，针对不同技术路线的电池制

定差异化细则，明确不同服役阶段的检测项目、技术规范与合格判定依据，规范运维操作流程与安全防护要求。同时建立标准动态更新机制，配套建立运维从业人员的资质认证与培训体系，统一技术能力要求，提升行业从业人员的专业水平，推动动力电池运维行业向标准化、规范化方向发展。

4.3 智能运维模式的场景化落地

推动智能运维模式的场景化落地是提升运维效率、降低服务成本的核心方向。可依托车联网平台构建全国性的电池健康管理网络，实现车辆运行数据的实时汇聚与分析，向用户推送故障预警、保养提醒等服务，支持远程诊断与线上技术支持。线下可布局自动化检测设备与智能运维终端，配合便携式检测装置，提升基层维保网点的服务能力，推动充电网点与运维服务联动，在充电过程中同步完成电池状态初检。针对网约车、物流车等营运车辆场景定制批量运维方案，针对私人用户结合用车习惯生成个性化养护建议，让智能运维技术适配不同应用场景的实际需求。

5 结束语

动力电池的故障检测与维护，是保障新能源汽车安全运行、延长电池使用年限的核心支撑，也是促进新能源汽车产业高质量发展的关键环节，本文梳理动力电池的主要故障类型与内在生成机理，系统分析各类检测技术的应用特点与适用场景，搭建覆盖日常使用、定期检测、故障修复及退役再利用的全生命周期维护体系，还提出技术精准升级、统一标准体系、促进智能运维落地三大优化方向，能够给行业运维实践提供系统化的参考框架。今后伴随着电化学技术、人工智能与物联网技术的深度融合，动力电池检测与维护会朝着智能化、精准化、无人化方向不断发展，进一步加固新能源汽车的安全防线，提高产业核心竞争力。

参考文献：

[1] 刘坚. 新能源汽车动力电池组单体故障检测与更换技术研究 [J]. 汽车维修技师, 2025, (16): 22-24.
[2] 娄秋平. 新能源汽车动力电池故障诊断与维护技术研究 [J]. 大众汽车, 2025, (10): 128-130.
[3] 蔡鹏, 陈锦, 袁红林. 新能源汽车动力电池故障诊断与维护技术研究 [J]. 大众汽车, 2025, (8): 76-78.
[4] 张维维. 新能源汽车动力电池故障诊断与维护研究 [J]. 汽车测试报告, 2024, (23): 62-64.
[5] 杨茹, 朱镜瑾, 吕艳慧. 新能源汽车动力电池维修策略分析 [J]. 汽车维修技师, 2025, (6): 43-45.

作者简介：段春利（1990.01—），男，汉族，河南民权人，本科，讲师，研究方向：汽车运用与维修。