

电池安全性能检测标准与发展趋势

黄 令^{1, 2} 潘玮琦^{1, 2} 余功庆^{1, 2} 张 勇^{通讯1, 2}

1. 襄阳市公共检验检测中心 湖北襄阳 441000

2. 湖北省蓄电池产品质量检验检测中心 湖北襄阳 441000

摘 要：随着新能源汽车和储能技术的快速发展，电池安全性能成为行业关注的核心问题。中国强制性标准GB 38031-2020《电动汽车用动力蓄电池安全要求》和UN38.3联合国针对危险品运输专门制定的《联合国危险物品运输试验和标准手册》的第3部分38.3款构成了当前电池安全检测的重要技术规范。GB 38031-2020针对单体电池、模组及系统层级明确了机械安全、环境安全与电气安全等强制性检测要求，重点包括热失控扩散、短路防护等关键指标；而UN38.3规定的一系列的安全测试，以保证其在运输过程中的安全性，防范因环境、振动、温度变化等因素可能引发的安全风险。

关键词：电池；安全；性能；检测

引言

随着新能源汽车和储能技术的迅猛发展，电池安全性能已经成为整个行业关注的焦点。作为新能源汽车的核心组成部分，电池的安全性能直接关系到驾驶者的生命安全和社会的稳定发展。因此，建立健全的电池安全性能检测标准体系，对于保障电池安全、促进新能源汽车产业的健康发展具有重要意义。

本文旨在通过对电池安全性能检测标准的现状和发展趋势进行深入研究，为相关领域的研究和实践提供参考。通过对现有标准体系的梳理和分析，我们可以更好地理解电池安全性能检测标准的内涵和特点，为电池安全性能的提升提供理论支持。

一、现行电池安全检测标准概述

（一）GB 38031-2020《电动汽车用动力蓄电池安全要求》

GB 38031-2020作为强制性国家标准，聚焦动力蓄电池的底线安全要求，规定了机械安全、环境安全、电

气安全和功能安全四大维度的测试项目及合格判定标准。在机械安全方面，标准要求电池单体或系统通过振动、机械冲击等测试后不发生起火爆炸；环境安全测试涵盖温度冲击、湿热循环、海水浸泡等严苛条件，验证电池在极端环境下的稳定性；电气安全包括过充电、过放电、短路保护等测试，确保电池管理系统（BMS）的故障防护能力；功能安全则强调热扩散防护，要求电池包在单个电池热失控后5分钟内不得起火爆炸，为乘员预留逃生时间。

（二）UN38.3《联合国危险物品运输试验和标准手册》的第3部分38.3款

UN38.3是全球锂电池运输的核心安全门槛，要求锂电池运输前，必须要通过高度模拟、高低温循环、振动试验、冲击试验、55℃外短路、撞击试验、过充电试验、强制放电试验，才能保证锂电池运输安全。如果锂电池与设备没有安装在一起，并且每个包装件内装有超过24个电池芯或12个电池，则还须通过1.2米自由跌落试验。

二、电池安全检测标准的发展趋势

（一）从单一电池安全性向系统级安全防护的转变

早期标准主要关注电池单体或模组在特定条件下的安全表现，如GB 38031-2020对单体电池的挤压、过充等测试要求。然而，实际车辆事故往往涉及电池系统与整车结构的交互影响，例如碰撞后电池箱体变形导致的热失控连锁反应。因此，新版标准逐步强化对电池系统

作者简介：黄令，男，汉，（1990.09-）湖北襄阳，大专，助理工程师，研究方向：动力电池检测，电池标准研究。

通讯作者：张勇，男，汉，（1981.07-），湖北省襄阳市，本科，助理工程师，研究方向：电池检测及分析，标准研究。

层级的整体评估，包括热蔓延抑制、结构完整性对内部电池的影响，以及电池管理系统（BMS）与整车控制单元的协同保护能力。国际标准如ISO 6469-1：2019也已将电池系统与车辆结构的兼容性测试纳入框架，未来标准或进一步涵盖电池与电驱、充电网络的联动安全策略，例如在快充时动态调整温度阈值的系统级协议。

（二）从被动防护向主动预警的测试标准转变

传统标准侧重于电池在失效后的安全表现，而新一代标准开始引入对电池健康状态（SOH）的实时监测精度、早期故障诊断算法的验证要求。新增了对BMS故障诊断响应时间和误报率的测试项目，要求系统在电压异常、温度梯度突变等场景下触发分级预警。

（三）从常温条件向极端工况的测试标准转变

早期标准多基于25℃标准环境下的性能测试，但实际应用中电池可能面临-40℃极寒或60℃高温的严酷考验。新趋势要求测试标准模拟全球多样化气候条件，例如在沙漠地区的高温循环测试、寒带地区的低温冷启动性能验证，以及高湿度沿海地区的盐雾腐蚀试验。UN GTR 20已新增-30℃下的热失控触发试验，以评估极寒对电池隔膜脆化的影响。此外，复杂使用场景如高原低气压、连续山路行驶等也被逐步纳入测试范畴。

（四）从机械电气测试向多物理场耦合评估的转变

传统标准通常将机械冲击、电气性能、热管理分开测试，但实际失效往往是多因素耦合结果——例如碰撞后结构变形导致内部短路，进而引发热失控。新兴标准开始采用“机电热”联合测试平台，如GB 38031-2020的挤压测试需同步监测电压降和温度骤升点，以识别机械滥用触发的内部短路临界值。更前沿的研究方向包括引入计算仿真辅助测试，通过有限元分析模拟电池在复杂载荷下的应力分布与热场耦合效应，减少实物测试成本。部分实验室已尝试将X射线断层扫描与红外热成像结合，在无损条件下可视化电池内部枝晶生长与热点形成的关联性。未来标准或要求提供多场耦合仿真报告作为测试补充，并建立基于数字孪生的安全评估流程。

三、未来标准升级的重点

（一）固态电池等新技术的兼容性

随着固态电池、钠离子电池等新兴技术的商业化进程加速，现有以液态锂离子电池为对象的标准体系亟需突破性调整。例如，固态电池采用不可燃的固态电解质，其热稳定性显著优于传统电解液，但界面接触失效、锂枝晶穿透等新型风险需要全新的测试方法。现行针刺测

试对固态电池可能无法有效触发短路，需开发基于纳米压痕技术的界面强度评估手段；而固态电解质在高温下的离子电导率骤降可能导致“隐性热失控”，这要求标准引入变温工况下的阻抗谱分析。同样，钠离子电池的过放电压阈值、相变膨胀行为与锂电差异显著，GB 38031-2020中的过充/过放测试参数需重新校准。未来标准或将按化学体系分类制定差异化安全框架，如针对硫化物固态电池增设硫化氢释放量检测，对锂金属负极电池定义沉积形貌的量化评判标准，从而实现新技术“安全红利”与风险管控的平衡。

（二）大数据驱动的动态安全评估体系构建

传统标准依赖实验室有限样本的通过性测试，难以覆盖真实场景中电池性能的统计分布特性。未来标准可能要求企业建立覆盖研发、生产、运营全链条的数据中台，通过实时采集电压、温度、阻抗等参数构建数字孪生模型，并基于海量数据训练安全预警算法。例如，在循环寿命测试中引入蒙特卡洛仿真，评估不同充放电策略下热失控概率的分布曲线；或通过车联网数据反向验证BMS故障诊断的漏报率。欧盟已在其新电池法规（EU 2023/1542）中要求动力电池提供“电子护照”，记录全周期性能数据。中国标准或可借鉴此思路，新增数据可信度验证规范，包括传感器精度校准周期、数据采样频率下限等要求，确保动态评估的基础质量。更前瞻性地，标准可能定义“安全数字孪生”的构建范式，如基于电化学-热耦合模型的参数化模板，使企业能在虚拟空间中预演极端工况下的安全表现，大幅缩短认证周期。

（三）全生命周期安全监测技术的标准化

现行标准多聚焦出厂前的安全认证，但电池在长期使用后性能衰减可能引发新的风险。未来标准将强调“从摇篮到坟墓”的安全管控，具体可能体现为三方面突破：一是定义梯次利用前的安全评估方法，如通过增量容量分析量化负极析锂程度，设定可接受阈值；二是规范退役电池的拆解安全规程，包括放电深度、电解液回收工艺的毒性控制指标；三是建立储能等二次使用场景的差异化测试体系，如针对电网调频所需的高频循环工况，制定专门的机械疲劳测试程序。日本JIS C 8715-2：2022已率先规定储能电池系统的年检项目，包括连接件松动度、绝缘电阻下降率等可测量指标。中国标准可进一步创新，例如要求车载BMS集成“寿命终点”预测功能，当电池容量衰减至80%时自动触发安全模式，限制快充倍率。此外，区块链技术的引入可能成

为标准亮点，通过不可篡改的记录追溯单颗电池的充放电历史，为二手交易提供安全背书。

四、中国方案对全球电池安全标准体系的影响

（一）中国方案的特点和优势

中国方案对全球电池安全标准体系的影响正随着中国新能源汽车产业的崛起而日益凸显，其技术路线的特性和产业实践的规模效应，为国际标准制定提供了兼具创新性和可操作性的参考范式。中国电池安全标准体系的特点首先体现在“场景驱动”的严苛性上。基于全球最复杂的应用环境，GB 38031-2020等标准设定了比UN GTR 20更全面的测试场景，例如新增48小时海水浸泡试验模拟台风洪涝灾害，这种极端工况覆盖能力使中国标准成为热带、寒带地区市场准入的参考基准。其次，中国方案具有“全链条协同”的体系化优势，通过强制性国标与推荐性行标的配合，形成从电芯材料到回收利用（GB/T 33598-2017《车用动力电池回收利用拆解规范》）的完整标准链，这种贯穿产业链的标准架构已被东盟国家在制定本土标准时部分采用。

（二）中国方案对全球标准体系发展的贡献

中国方案的影响将进一步深化。一方面，通过“一带一路”标准互认计划，中国电池安全标准正在东南亚、中东等地区形成区域化应用，如泰国TISI 2879-2565标准基本等效采用GB 38031。另一方面，中国在换电模式、电池银行等新业态中积累的安全管理经验，正在催生全新的标准维度——例如针对换电接口3000次插拔后的接触电阻安全限值，这种来自商业实践的标准创新将为全球提供参考。随着中国主导的《电动汽车换电安全要求》国际标准（ISO 23723）在2024年发布，中国方案将从技术标准向商业模式安全标准延伸。这种全方位的影响力提升，标志着全球电池安全标准体系正从“欧美主导”转向“东西共治”的新格局。

结论

电池安全性能检测标准的发展是一个持续不断的过程，需要紧跟电池技术的发展趋势和市场变化，不断更新和完善。未来，电池安全性能检测标准的发展将重点关注固态电池等新技术的兼容性、大数据驱动的动态安全评估体系构建，以及全生命周期安全监测技术的标准化。

电池安全性能检测标准是保障电池安全、促进新能源汽车产业健康发展的重要基础。未来，随着电池技术的不断进步和市场需求的不断变化，电池安全性能检测标准将不断发展和完善。通过加强国际合作和交流，推动全球电池安全性能检测标准的统一和协调，将有助于进一步提高电池安全性能检测的准确性和可靠性，为全球新能源汽车产业的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 王志远, 陈志斌, 邵丹, 等. 动力电池安全性能检测与评价标准体系框架构建[J]. 中国标准化, 2022, (15): 62-66.
- [2] 何岩, 高敬迟, 张菡, 等. 电动汽车用锂离子电池安全性能检测浅析[J]. 电子测试, 2021, (09): 108-110.
- [3] 汪伟伟, 姚丹, 彭文. 锂离子动力电池国内外安全检测标准研究[J]. 金属功能材料, 2020, 27(06): 34-39.
- [4] 陈洪道. 国内外电池安全性能检测标准发展分析[J]. 中国新通信, 2016, 18(19): 161.
- [5] 连丽玲, 李春南, 黄奕钊. 新形势下对锂离子电池检测标准侧重点及不足的思考[C]// 管理科学和工业工程协会. 探索科学2016年6月学术研讨. 广东产品质量监督检验研究院, 2016: 38.
- [6] 蔡春皓, 段冀渊, 寿晓立, 等. 浅谈现有锂离子电池检测标准[J]. 电池, 2015, 45(03): 121-123.