

GB《电动汽车用动力蓄电池安全要求》 报批稿 编制说明

一、工作简况

1、任务来源

近几年，国务院《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020 年）》（国发〔2012〕22 号）、《国务院办公厅关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》（国办发〔2014〕35 号）、《中国制造 2025》、工信部《汽车产业中长期发展规划》等文件陆续出台，并提出新能源汽车将成为我国汽车行业未来重点发展领域和建设汽车强国的突破口。

2012 年到 2017 年，我国新能源汽车年产量由 1.3 万增长至 77.7 万，销量占比已达到 2.7%，超过日本和美国成为世界第一，行业完成导入期，稳步进入成长期。2016 年 7 月 6 日，国务院强调要抓好新能源汽车五大安全体系建设：一是要加强安全技术支撑体系，要加强技术攻关，以技术来保障安全；二是要建立安全标准的规范体系，结合技术和产业化发展，要加快推进相关的标准制定；三是要强化远程运行的监控体系，以建立体系、统一要求、落实责任为重点，来加快覆盖国家、地区、企业运行的一个监控平台；四是要健全安全责任体系，要明确生产企业主体责任和政府监管责任，要狠抓落实，做到全面覆盖、无缝连接；五是要建立安全法规体系，围绕标准监管、处罚、问责等环节，要建立起新能源汽车安全的法规体系。动力蓄电池作为新能源汽车主要零部件之一，与车辆安全密切相关，有必要建立相应的安全强制标准。

该标准基于 GB/T 31485—2015《电动汽车用动力蓄电池安全要求及试验方法》和 GB/T 31467.3—2015《电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统第 3 部分：安全性要求与测试方法》，制定并升级为强制性标准。标准制定计划已于 2016 年 9 月正式下达，计划编号 20160967-Q-339。

2、主要工作过程

根据电动汽车电池安全标准制定工作的要求，工信部组织成立“电动汽车动力电池标准工作组”（以下简称工作组），系统开展电动汽车用动力蓄电池安全标准的制定工作。

- (1) 2016 年 5 月-9 月，对 GB《电动汽车用动力蓄电池安全要求》展开前期预研及立项准备，完成标准项目必要性、可行性及科学性分析，重点梳理并明确标准强制内容、理由、国内外情况及与标准法规协调性。标准项目于 2016 年 7 月 19 日至 8 月 4 日在国家标准化委员会网站进行了立项公示，计划编号 20160967-Q-339。
- (2) 2016 年 10 月 10 日，在宁德召开的电动汽车动力电池标准工作组二届八次会议上，组建了标准制定工作组，启动了强标制定工作，并就标准制定计划、制定原则与目标、总体思路开展讨论，确定了后续研究方向。
- (3) 2016 年 11 月 10 日，在天津召开的起草组会议上，分模块对机械安全、环境安全、电安全及系统保护试验项进行系统梳理与讨论，进一步明确了标准制定原则和标准

基本框架。

- (4) 2016 年 10 月-2017 年 2 月，起草组对电池单体、模组、电池包或系统安全要求与试验方法进行系统梳理，完成与最新国际标准法规对标，对标准各试验项进行数据收集、试验摸底与分析。并基于对近几年国内外电动汽车安全事故的经验总结，国内外电动汽车安全失效与防范机制进一步理解，完成第一版标准草稿编写。
- (5) 2017 年 3 月 1 日，在深圳举行的起草组会议上，对第一版标准草稿主要修订内容进行讨论，基于电池包或系统振动及热扩散已获取的数据及研究成果，明确在工作组内成立振动及热扩散两个专项工作小组，对标准进行优化验证，并确定了标准总体推进计划；明确进一步对电池系统机械冲击、模拟碰撞等试验项进行研究讨论。
- (6) 2017 年 3 月 20 日，工信部装备司汽车处听取了起草组对标准进展情况的汇报，就标准编制的工作计划与开展方案等内容向起草组提出指导建议，并同起草组商定了振动及热扩散两个专项工作小组的工作计划。
- (7) 2017 年 3 月，起草组根据意见反馈情况和会议讨论结果对标准内容进行调整与完善，修改形成第二版标准草稿。
- (8) 2017 年 4 月 6 日，在昆明举行的电动汽车动力电池标准工作组二届九次会议上，对第二版标准草稿主要修订内容进行讨论，确定了电池包或系统振动及热扩散专项工作研究计划。根据会议决议形成第三版标准草稿，并在工作组内征求意见。
- (9) 2017 年 5 月 18 日，起草组和德国汽车工业协会（VDA）进行了标准交流研讨，起草组介绍了标准的制定过程和进展，并与德国整车企业就本标准和 ISO 6469-1 中试验条款（热扩散、外部火烧、振动、机械冲击等）进行了深入的交流和探讨，双方在认识上达成如下一致：外部火烧试验考虑与 UN GTR 20 等国际标准法规保持协调；热扩散试验目的重点在人员保护，为研发安全概念提供必要数据等。
- (10) 2017 年 6 月 2 日，起草组和欧洲汽车工业协会（ACEA）进行了标准交流研讨，起草组介绍了标准制定的总体情况，充分听取了国外整车企业的修改建议，双方在认识上达成如下一致：镍氢电池特殊性需结合数据支撑讨论；振动及热扩散进行专项研究收集数据，并接受好的建议和数据；模拟碰撞及挤压试验豁免问题为行业管理规范问题，暂不在标准内容中讨论等。
- (11) 2017 年 9 月 25 日，在渥太华召开的 EVS-GTR 第 14 次会议上，起草组代表中国介绍了标准项目进展，并与各国专家就电动汽车安全议题进行了深入讨论。
- (12) 2017 年 4 月-11 月，草案在工作组内部进行意见征集，同时成立振动（TF1）和热扩散（TF2）专项工作组，对电池包振动和热扩散展开深入研究。TF1 完成 20 余款车型的路谱采集与分析；TF2 完成《电动客车安全技术条件》中关于热失控和热扩散的执行情况广泛而深入的调研，完成不同型号、尺寸和能量密度电池热失控触发方法的系统研究。专项工作组开展了多次技术研讨会，并达成了一致意见。

- (13)2017 年 7 月-11 月，起草组和日本汽车技术研究所（JARI）和整车代表进行了多轮标准交流研讨，对日方的反馈意见及支撑材料进行逐条讨论，并重点讨论了振动试验的数据采集、试验分析及规范创建等方面内容，双方在认识上达成如下一致：振动试验，双方在数据分析思路类似，主要差异在于试验规范选取，将结合日方建议及专项研究数据进一步完善；浸水安全试验考虑参考 ISO 6469-1 试验方法；外部火烧试验考虑参考 UN GTR 20，如试验环境条件与安全要求；盐雾试验考虑结合模拟的应用场景进行修订；系统保护章节进一步完善试验方法，考虑与 UN GTR 20 协调等。
- (14)2017 年 11 月 1 日，在天津召开的起草组会议上，起草组对第三版标准草稿征求意见以及专项征求意见期间收到的反馈意见进行研究讨论，就振动及热扩散专项研究达成共识（振动：明确振动时间压缩到 12h 可行；包含搓板路且依据通县试验场规范形成定频试验条件；采用 PSD 均值等。热扩散：整体向 UN GTR 20 协调，起草组准备并优化技术文书模板；推荐的热失控触发方法中删除过充），明确了修订方向，并在会后修改形成第四版标准草稿。
- (15)2017 年 11 月 28 日，在杭州召开电动汽车动力电池标准工作组二届十次会议，会上起草组对标准草稿内容及反馈意见进行了详细的介绍，工作组专家进行了详细的讨论，并形成广泛共识，主要内容有：本标准不考虑生产、运输、维护和回收安全以及性能与功能特性，删除跌落、单体低气压及海水浸泡等试验；镍氢电池在外部火烧试验及热扩散试验给予豁免；根据 ISO/IEC 的趋势修改完善单体过充电的试验条件；以振动专项小组的成果作为标准中振动试验的要求和方法；热扩散试验整体与 EVS-GTR 第一阶段研究成果协调，删除过充触发方法；修改、完善电池系统的外部火烧试验、机械冲击试验、浸水安全试验、盐雾试验、系统保护试验等。
- (16)2017 年 12 月 7 日，工信部装备司汽车处听取了起草组对标准进展情况的汇报，就电池单体过充电、挤压，电池包或系统振动、浸水安全、盐雾、热扩散等内容向起草组提出了指导意见，起草组进一步完善形成标准征求意见稿草案。
- (17)2018 年 1 月 16 日，在天津召开标准讨论会，对标准征求意见稿草案中的电池单体过充、电池包或系统热扩散等部分条款进行深入研究讨论，达成一致意见，起草组进一步完善形成征求意见稿。
- (18)2018 年 1 月 24 日-2 月 24 日，标准征求意见稿在工信部网站征求意见；2018 年 1 月 24 日-3 月 10 日，标准征求意见稿在全国汽标委网站征求意见。截止 2018 年 3 月 10 日，共收到 59 家单位的反馈意见，其中多数为细节性的完善和规范建议，技术性建议比较集中。关于单体安全性试验，主要集中在：过充，绝大多数建议认为 1.1 倍电压或 115%SOC 作为试验条件合理；挤压，主要集中在图示、挤压程度与 IEC 62660-3 协调等方面。关于电池包或系统安全性试验，主要集中在：模拟碰撞与

挤压的豁免问题，电子装置振动取消和电池包振动定频疑问，热扩散附录 C 和附录 D 的执行问题及标准的写法规范等方面。

- (19)2018 年 2 月 6 日，起草组与德国汽车工业协会（VDA）中国代表处进行了标准沟通会，就热扩散的要求和试验方法进行了深入的讨论，双方在认识上达成如下一致：制造商根据附录要求选其一验证热扩散安全，都视为有效；与 UN GTR 20 略有差异，需要完成热扩散成员保护分析与验证。
- (20)2018 年 3 月 23 日，在北京召开的 EVS-GTR 第 15 次会议上，起草组介绍了标准项目进展，并与各国专家就电动汽车安全议题进行了深入讨论。
- (21)2018 年 3 月-4 月，起草组进行多轮会议，对征求意见稿公示期间收集到的行业反馈意见进行了研究讨论，达成共识并形成了意见处理方案和标准文本的修改方案，据此完成了标准送审稿草案和征求意见汇总处理表。
- (22)2018 年 4 月 3 日，起草组与日本标准研究所（JARI）和整车代表进行了标准交流研讨，对日方反馈意见及支撑材料进行逐条讨论，双方在认识上达成如下一致：进一步完善术语定义（电池包等）；考虑删除电子装置振动试验；浸水安全试验的安全要求进一步完善，与试验方法匹配；热扩散试验方法，制造商可自行选择触发方法及定义监测点布置方案等。
- (23)2018 年 4 月 12 日，在成都召开电动汽车动力电池标准工作组二届十一次会议，会上起草组对征求意见稿修订稿内容及行业意见处理情况进行了详细的介绍，工作组专家进行了详细的讨论，并形成了广泛的共识，主要内容有：修改完善术语定义（热事件等）、试验条件和准备（放电倍率等），单体过充以 1.1 倍截止电压或 115%SOC 作为试验条件，单体挤压增加“或 1000 倍试验对象重量”作为试验条件，变形量由 30%修改为 15%，删除电子装置的振动试验及要求，电池系统挤压增加 UN GTR 20 的挤压板作为可选项，电池系统湿热循环与温度冲击的最高温度修改为 60℃或更高温度，电池系统振动试验和高海拔试验安全要求中的“电压锐变”、“电流锐变、电压异常”修改为由制造商提供（采用此条件终止的试验判定为失败），系统热扩散要求和方法的完善（将附录 D 修改为附录 C.4，并作为可选的试验方法示例）等。
- (24)2018 年 4 月 22 日，工信部装备司汽车处听取了起草组就工作组二届十一次会议上达成的广泛共识进行了汇报，对标准名称、机械冲击、热扩散提出指导意见，起草组进一步完善形成标准送审稿和征求意见汇总处理表。
- (25)2018 年 5 月 31 日，起草组和欧洲汽车工业协会（ACEA）进行标准交流研讨，对标准的过渡期、热扩散的要求和试验方法等标准条款进行了深入的沟通和交流。
- (26)2018 年 6 月 7 日，召开全国汽车标准化技术委员会电动车辆分委会标准审查会议，本次会议有来自全国整车企业、电池电机等部件企业、检测机构及高校委员、委员代表、观察员及行业专家共计八十余人参加了会议。与会专家对标准送审稿进行充

分仔细的审查讨论，对标准提出了修改意见，最终结论是通过该标准审查，并要求起草工作组按照审查会提出的意见对标准修改后报批。

(27)审查会后，起草小组按照审查会提出的意见对标准进行了最后修改，形成报批稿。

(28)2018 年 6 月-8 月，标准报批审查时，主管部门提出了审核意见，起草小组经反复讨论采纳了主管部门意见。主要有：过渡期方案、可充电储能系统与电池系统定义的协调统一、名词术语的简化以及对引言中电池系统危险的准确描述以及部分文字性修改。

二、标准编制原则和主要内容

1、编制原则

- 1) 本标准编写符合 GB/T 1.1《标准化工作导则》规定；
- 2) 本标准基于 GB/T 31485—2015 和 GB/T 31467.3—2015，对电池单体、模组、电池包或系统的试验方法与安全要求进行系统梳理；基于对近几年国内外电动汽车安全事故的经验总结；基于对国内外电动汽车安全失效与防范机制进一步理解；
- 3) 针对修订内容，在工作组及行业内进行多次意见征求，并在会上充分讨论；
- 4) 起草过程，充分考虑国内外现有相关标准的统一和协调。

2、主要内容

本标准规定了电动汽车用动力蓄电池（以下简称电池）单体、电池包或系统的安全要求和试验方法。

本标准适用于电动汽车用锂离子电池和镍氢电池等可充电储能装置。

本标准主要技术内容如下：

标准中规定的电动汽车用动力电池单体、电池包或系统需要进行的试验项目如表 1，表 2 所示：

表 1 电池单体试验项目

| 序号 | 试验项目 | 试验对象 | 试验方法章条号 |
|----|------|------|---------|
| 1 | 过放电 | 电池单体 | 8.1.2 |
| 2 | 过充电 | 电池单体 | 8.1.3 |
| 3 | 外部短路 | 电池单体 | 8.1.4 |
| 4 | 加热 | 电池单体 | 8.1.5 |
| 5 | 温度循环 | 电池单体 | 8.1.6 |
| 6 | 挤压 | 电池单体 | 8.1.7 |

表 2 电池包或系统试验项目

| 序号 | 试验项目 | 试验对象 | 试验方法章条号 |
|----|------|--------|---------|
| 1 | 振动 | 电池包或系统 | 8.2.1 |

| | | | |
|----|-----------|-----------------|---------|
| 2 | 机械冲击 | 电池包或系统 | 8.2.2 |
| 3 | 模拟碰撞 | 电池包或系统 | 8.2.3 |
| 4 | 挤压 | 电池包或系统 | 8.2.4 |
| 5 | 湿热循环 | 电池包或系统 | 8.2.5 |
| 6 | 浸水安全 | 电池包或系统 | 8.2.6 |
| 7 | 热稳定性之外部火烧 | 电池包或系统 | 8.2.7.1 |
| 8 | 热稳定性之热扩散 | 整车或电池包或系统 | 8.2.7.2 |
| 9 | 温度冲击 | 电池包或系统 | 8.2.8 |
| 10 | 盐雾 | 电池包或系统 | 8.2.9 |
| 11 | 高海拔 | 电池包或系统 | 8.2.10 |
| 12 | 过温保护 | 电池系统 | 8.2.11 |
| 13 | 过流保护 | 可由外部直流电源供电的电池系统 | 8.2.12 |
| 14 | 外部短路保护 | 电池系统 | 8.2.13 |
| 15 | 过充电保护 | 电池系统 | 8.2.14 |
| 16 | 过放电保护 | 电池系统 | 8.2.15 |

其中沿用 GB/T 31485—2015 和 GB/T 31467.3—2015 试验方法与要求的项目为：电池单体过放电、外部短路、加热、温度循环。其他测试项目中包括取消、修改以及新增，具体如下：

1) 取消项目

① 电池模组安全性试验

工作组认为 GB/T 31485—2015 标准中模组测试主要采用 1P5S 或 xPxS (依据 GB/T—31485 6.3.1) 为试验对象来进行试验，其与实际产品中的模组形式相差较大，测试结果与产品的实际安全状况关联性不足。另外，经工作组讨论认为，模组并非电池包中必须存在的一种形式。因此，工作组经讨论决定，本标准不专门针对模组开展安全性试验。

② 电池单体针刺

在 2017 年 1 月 17 日发布的《新能源汽车生产企业及产品准入管理规定》中，GB/T 31485—2015 中针刺为暂不执行项目。起草组调研 IEC 62660-2, IEC 62660-3 等标准，发现均未采用针刺试验来评价电池安全性。在本标准中不单独对针刺试验进行评价。

③ 电池单体跌落、低气压

工作组讨论确定，本标准不包含生产、运输、维护、回收过程中的安全问题，电池单体跌落和低气压试验不纳入本标准安全要求范围。

④ 电池单体海水浸泡

工作组讨论确定，海水浸泡（或浸水安全）试验，主要从系统层级考察高电压下的安全性，对于电池单体海水浸泡试验，偏向于考察电池单体腐蚀可靠性问题，不符合本标准安全要求范围。

⑤ 电池包或系统电子装置振动

工作组讨论确定，参照 GB/T 31467.3—2015 第 1 号修改单，取消电子装置振动试验。

⑥ 电池包或系统跌落

工作组讨论确定，本标准不包含生产、运输、维护、回收过程中的安全问题，电池包或系统跌落试验不符合本标准安全要求范围。

⑦ 电池包或系统翻转

考虑标准 GB/T 31467.3—2015 的翻转试验无法准确模拟实际车载状态下发生翻转事故时电池包或系统经受的真实情况，且国际标准法规尚未有成熟的试验方法可直接借鉴或转化，因此，本标准不包含电池包或系统翻转试验。需要强调的是，汽车（包括电动汽车）确实存在发生翻滚的事故场景，建议各企业单位自行开展研究试验。

2) 修改项目

① 电池单体过充

随着电池单体能量密度的提高，材料中锂的脱出量已接近极限。BMS 功能、电池系统设计逐步完善，通过系统层级的设计可以防止单体过充的发生。法规层面强化系统层级过充保护要求、弱化单体层面要求，在国内外已形成共识，也得到了工作组的一致认可。

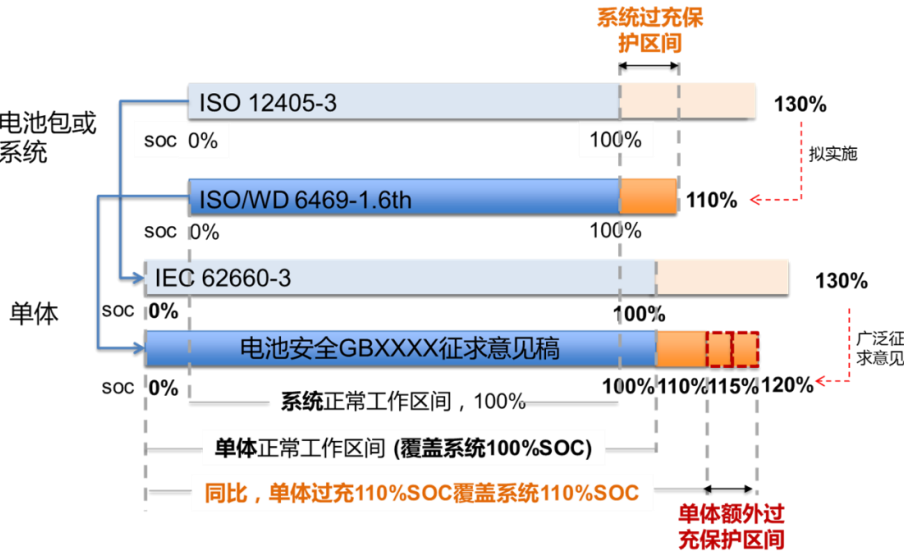


图 1 单体过充与系统过充保护协调关系及标准趋势

电池单体过充试验，主要是为了配合系统保护策略的执行而做出要求，即电池单体的过充需与系统层级的过充保护要求相协调，具体协调关系如图 1 所示。首先，按照电池系统 SOC 与电池单体 SOC 的关系，单体正常工作区间（0%→100% SOC）已覆盖系统正常工作区间；同时，在 ISO WD 6469-1 6th 中明确了系统层级的过充保护截至条件为 110% SOC，因此，电池单体满足 110% SOC 过充可实现配合系统 110% SOC 过充保护策略的安全要求。经讨论，起草组认为电池单体在满足上述安全要求的基础上，需再探讨适当增加 SOC 要求的可行性。

2018 年 1 月 16 日，秘书处邀请行业专家在天津针对电池单体过充、热扩散等条款举行了专项讨论会。19 家参会单位及专家对“110% SOC、115% SOC、120% SOC”或“1.1 倍电压、1.2 倍电压”，以及 IEC 62660-3 相同的过充截止条件进行了深入、充分的讨论并表决，其中 14 家参会单位及专家认为 1.1 倍电压或 115% SOC 更为合理。标委会秘书处向主管部门汇报后，建议公开征求意见稿环节，继续对该问题进行研究，并充分听取行业意见。为充分反馈意见，征求意见稿中保留了“1.2 倍电压或 120% SOC”、“1.1 倍电压或 115% SOC”两种截止条件。

征求意见稿公示期间，26 家单位（共有 29 家单位就该问题反馈）书面反馈认为 1.1 倍电压或 115% SOC 作为试验条件合理（其中 1 家认为 110% SOC 即可）。经工作组会议讨论，综合行业意见情况、系统保护功能，及与 IEC 62660 标准过充修订状态协调（IEC 62660-2 FDIS：协商的电压值，或保护装置作用，或单体失效，无 SOC 要求），向主管部门汇报后确定以 1.1 倍电压或 115% SOC 提交审查，经电动车辆分委会审议，通过技术审查。

② 电池单体挤压

挤压试验主要采用静态/准稳态下的压缩方式来测试车辆发生碰撞时电池单体受压形变后的安全状态，因此挤压速度需要尽可能降低，以模拟准稳态下的情形。工作组调研了各大检测机构实际试验过程中的设备能力，讨论决定将挤压速度修改为“不大于 2 mm/s”。

国际标准法规 UN GTR 20、ECE R100、ISO 6469-1 等规定：除特殊说明外，通过挤压板施加在被测对象的挤压力最低为 100 kN，但不超过 105 kN。在实际应用中，电池单体受压形变受到了电池包箱体的防护。工作组通过仿真和试验验证，关联了多款电池包与电池单体在模拟静态挤压场景下的受力与形变关系。结果表明，电池包在受到 100 kN 挤压力的情况下，电池单体所受挤压力均低于 100 kN，其中电池单体受力最大者为 75 kN。因此，工作组讨论确定，将电池单体挤压力修改为 100 kN。

征求意见稿公示期间，部分单位建议挤压程度参照 IEC 62660-3，考虑小电池应用情况。经工作组讨论确定，将挤压程度中的截止力增加“或 1000 倍试验对象重

量”作为可选项，将挤压程度中的变形量修改为 15%。

③ 电池包或系统振动

根据 GB/T 31467.3—2015 第 1 号修改单调研数据，检测机构对多款电池包或系统测试结果进行统计分析发现，电池包或系统的振动试验通过率仅为 50%左右（表 3）。试验结果表明，GB/T 31467.3—2015 的试验方法过于严苛。

表 3 GB/T 31467.3—2015 振动试验数据分析

| 通过情况 | 配套车型 | | | | 合计 |
|-------|-------|-----|-------|-----|-------|
| | EV | HEV | PHEV | 商用车 | |
| 通过 | 13 | 3 | 5 | 7 | 28 |
| 不通过 | 17 | 3 | 1 | 3 | 24 |
| 通过百分比 | 43.3% | 50% | 83.3% | 70% | 53.8% |

注：此表引自《GB/T 31467.3—2015 第 1 号修改单》编制说明

第 1 号修改单参考 ECE R100 和 EVS-GTR 第一阶段提案，与我国试验场强化道路实际激励环境有偏差、采集到的振动载荷相差较大，存在不可预见的安全风险。因此，有必要提出基于中国车辆实测数据的振动测试条件。

为了让振动试验能够真实地考核电池包或系统的安全风险，需建立振动试验与实际道路的关联关系。标准工作组成立了振动专项研究小组，开展了多个厂家 3 大类 7 个细分平台共计 22 台车的路谱采集工作，数据能够代表最新电动汽车行业的发展水平。

- a) 参考 ECE R100，试验前，将试验对象的 SOC 状态调至不低于制造商规定的正常 SOC 工作范围的 50%。
- b) 试验对象的分类：试验对象区分为 M₁、N₁ 类与其他车辆。其他车辆的研究对象为行李舱和后备舱的电池包，M₁、N₁ 类车辆的研究对象为乘员舱下部底盘的电池包和后排座椅下方的电池包。
- c) 目标里程的确定：综合国内各大汽车试验场的可靠性行驶规范，及各大主机厂的汽车定型行驶规范，确定以交通部北京通县试验场行驶规范作为此标准的数据采集基础。选取对结构疲劳耐久有作用的强化道路作为数据来源，按照规范要求：M₁、N₁ 类车辆 714 个强化环路循环作为目标里程，其他车辆 882 个强化环路循环作为目标里程。
- d) 路谱采集的条件：载荷工况分为满载和空载，试验车辆是符合整车测试技术条件的车辆，试验车速为试验场规范车速（不同路面车速也不同）。每种工况采集 3-5 组数据来保证数据的一致性。

- e) 数据的处理：以 MIL-STD-810F 标准随机振动等效疲劳加速强化理论为基础，采用偏于严苛的加速系数 5，将各种不同类型路面向振动能量 RMS 值最大的路面进行归一化等效处理，并计算等效坏路时间总和。并分别按照 21 h 和 12 h 为目标测试时间进行加速强化，得到综合的 PSD 谱。基于等效损伤理论，通过试验应力采集验证、仿真分析与测试时间优化可行性分析等多方面的论证，最终一致认为将随机振动测试时间定义为 12 h 可行。同时，也与 ISO WD 6469-1 6th 保持了一致。
- f) 振动测试规范的创建：通过数据比较分析，对综合后的 PSD 谱按照车型平台归类，并求取此平台下各车辆综合 PSD 谱的平均值，得到平台车型最终的 PSD 谱。并按照保留关键频率点 PSD 值和 RMS 值等效的原则，平滑拟合后作为最终的振动标准测试条件。
- g) 正弦定频试验：搓板路与其他路面的振动信号不是一个类型，具有明显的受迫振动特征，能量很高且集中在一个很小的频带范围。工作组一致认为搓板路是典型的路面类型，应纳入到规范中；经讨论决定，将搓板路按照正弦定频处理，同时定频试验的频率及测试时间均依照试验场搓板路的数据分析得到，解决了与其他路面振动类型不一致的问题。
- h) 加载顺序：由工作组会议讨论，对加载顺序进行适当开放，以缩短转换时间：建议加载顺序为 z 轴随机、z 轴定频、y 轴随机、y 轴定频、x 轴随机、x 轴定频（汽车行驶方向为 x 轴方向，另一垂直于行驶方向的水平方向为 y 轴方向）。检测机构也可自行选择顺序，以缩短转换时间。
- i) 除 M₁、N₁ 类以外的车辆测试方向：考虑电池包或系统在整车上可能存在不同的安装方向，在标准中说明：对于试验对象存在多个安装方向（x/y/z）时，按照 RMS 大的安装方向进行试验。
- j) 安全要求：考虑压差限值及影响的合理性定义，国际标准法规也无相关借鉴，由工作组讨论确定，参考系统保护试验写法，将安全要求中“应满足最小监控单元无电压锐变（电压差的绝对值不大于 0.15 V）”修改为“由制造商提供电压锐变终止条件，采用此条件终止的试验判定为失败”。
- k) 本标准和 GB/T 31467.3—2015 标准文件中的 PSD 对比如图 2。需要说明的是，本标准选取车辆代表了国内主流车企的振动水平，并进行平均化处理，是最低的振动测试条件，符合安全性要求的基本测试。其中，工作组经研究发现，除 M₁、N₁ 类以外的车辆中顶置的电池包表现出更强的 PSD，企业在实际产品设计、验证中当有

更充分的考虑。

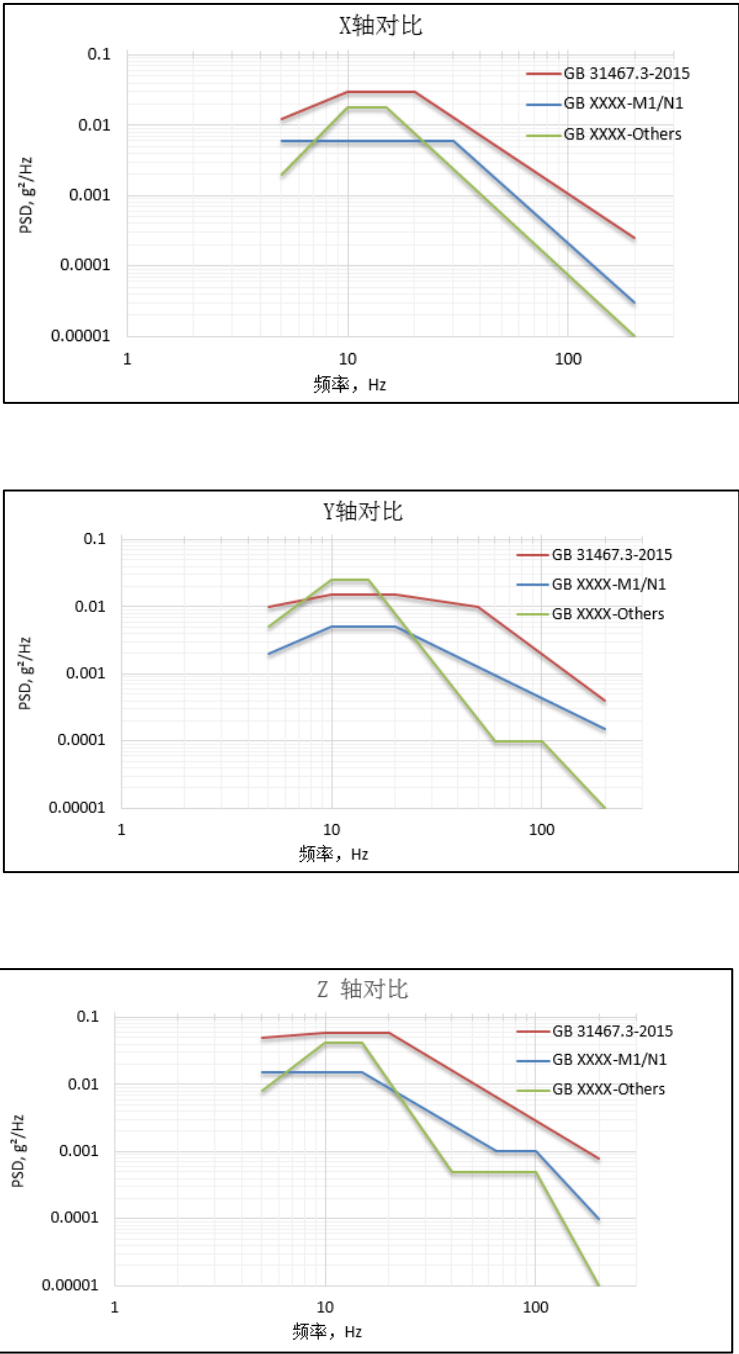


图 2 本标准和 GB/T 31467.3—2015 标准文件中的 PSD 对比

④ 电池包或系统机械冲击

在征求意见过程中，多家企业对 GB/T 31467.3—2015（转化自 ISO 12405-3）所述的机械冲击反馈了意见，且意见较为一致：ISO 12405-3 正在修订为 ISO 6469-1，已处于 DIS 阶段，试验参数已经在 ISO/TC22/SC37/WG3 工作组充分讨论并达成一

致，建议更新机械冲击试验方法并与 ISO 6469-1 协调。经起草组研究及专家审查会审议，认为 ISO 6469-1 DIS 机械冲击的试验方法更加合理。进一步，考虑到本标准的模拟碰撞试验对产品 x 和 y 方向在高加速度下的机械损伤已进行了较充分试验。因此，本标准的机械冲击试验只对 z 方向提出要求。典型地，电池包或系统的固有频率范围为 30~80 Hz，表 4 对比了本标准模拟碰撞试验与 ISO 6469-1 机械冲击试验 x，y 方向最大响应幅值。

表 4 冲击响应对比

| 标准及试验项 | x 方向 | | | y 方向 | | |
|--|----------|---------|-------------|----------|---------|-------------|
| | 脉宽 ms | 幅值 g | 最大响应幅值 g | 脉宽 ms | 幅值 g | 最大响应幅值 g |
| ISO 6469-1 机械冲击 | 6 | 5 | 2.14g~7.18g | 6 | 3 | 1.3g~4.3g |
| 本标准模拟碰撞 (≥7.5 t，同 GB/T 31467.3—2015) | 100 | 12 | 11.6g~11.9g | 100 | 10 | 10g~10.7g |

考虑机械冲击为短时高能量的脉冲信号，会激发电池包或系统的瞬时动态响应。当激励脉冲终了时，结构可能仍处于运动状态，如果立即进行下一次冲击将带来过试验风险。经工作组讨论确定，参考 GJB 150.18A-2009，新增冲击间隔时间要求：相邻两次冲击的间隔时间以两次冲击在试验样品上造成的响应不发生相互影响为准，一般不应小于 5 倍冲击脉冲持续时间。

⑤ 电池包或系统模拟碰撞

经工作组讨论确定，参考电池包或系统振动试验方法，补充试验对象安装说明“参考试验对象车辆安装位置和 GB/T 2423.43 的要求”，增加“对于试验对象存在多个安装方向（x/y/z）时，按照加速度大的安装方向进行试验”。调整表述，修改为“根据试验对象的使用环境给台车施加规定的脉冲，并落在表 6 和图 6 最大、最小容差允许范围内”。

⑥ 电池包或系统挤压

经工作组讨论确定，参考 GB/T 31467.3—2015 第 1 号修改单，挤压截止力修改为 100 kN。考虑兼容 UN GTR 20，ISO 6469-1 等国际标准法规的挤压头形式，增加“UN GTR 20 三拱挤压头”作为可选项（两种挤压头形式如图 3）。增加挤压速度，同单体要求，2 mm/s。考虑操作安全和实际应用可能性，明确了两个方向的挤压测试可分开在两个试验对象上执行。

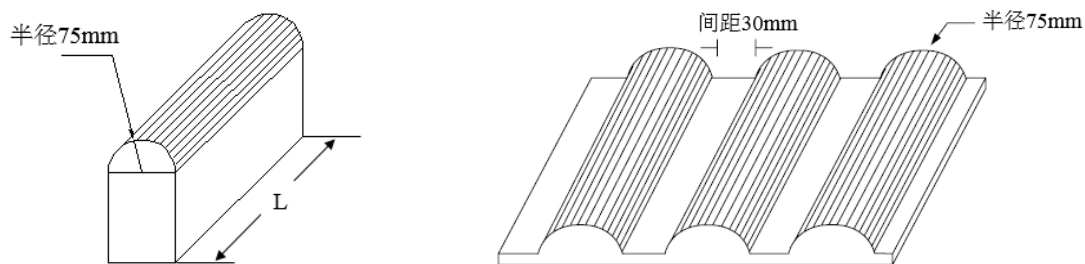


图 3 挤压头形式示意图

⑦ 电池包或系统浸水安全

考虑电池包的密封性对防水安全有重要影响。振动试验后，可能引起螺栓的松动、密封材料的永久变形等问题，这些问题会直接导致电池包的密封性降低。原则上，电池包或系统均需要通过“海水浸泡”试验，但实际上市场屡次发生进水导致的安全事件，有必要在振动试验通过后，进行浸水安全试验。

试验方法主要参考 ISO WD 6469-1 6th，依据“进水后，要求不起火不爆炸”及“满足 IPX7 要求”两种技术思路，可以从对应的泡盐水 2h 及 IPX7 两种试验方式中选择一种，试验框架如图 4。

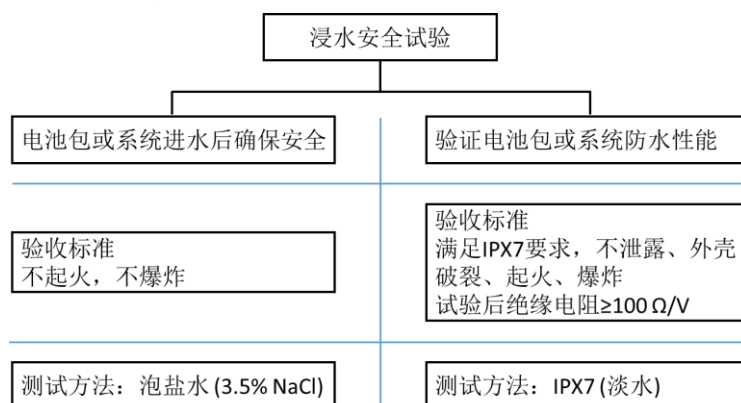


图 4 电池包或系统浸水安全试验框架

进一步，为了保护第一救援人员的安全，经工作组讨论确定将“电池包取出水面进行静置观察”来模拟此场景要求。

⑧ 电池包或系统湿热循环、温度冲击

经工作组讨论确定，电池包或系统湿热循环、温度冲击试验最高温度要求参照 UN GTR 20、ISO 6469-1 等国际标准法规，修改为 60℃或更高温度（如果制造商要求）。

⑨ 电池包或系统热稳定性第一部分：外部火烧

经工作组讨论确定，在标准 GB/T 31467.3—2015 的基础上，参考 UN GTR 20 第一阶段研究成果，对外部火烧试验进行修订。主要变更点如下：

- a) 试验环境条件修改为：0℃以上，风速不大于 2.5 km/h（软风）；

- b) 增加：对电池包或系统起到保护作用的车身结构，可以参与火烧试验；
- c) 补充耐火隔板要求；
- d) 安全要求删除“若有火苗，应在火源移开后 2 min 内熄灭”，保留“不爆炸”；
- e) 考虑规范性，增加“试验对象应居中放置”，删除“或者由双方商定”；
- f) 对于镍氢电池包或系统豁免。

⑩ 电池包或系统盐雾

环境类试验标准对于电池包或系统盐雾试验的考核为两个方向：耐盐雾腐蚀和耐盐雾渗漏。其中，耐盐雾腐蚀侧重模拟产品/部件（如汽车及其零部件）在实际含盐环境及交变环境下的耐腐蚀性能，评价的是腐蚀效应；耐盐雾渗漏侧重考察耐盐分渗漏、渗漏造成的电气效应。

经工作组讨论确定，电池包或系统安全性的盐雾失效模式更倾向于耐盐雾渗漏引起的电气安全。因此，试验方法参考 GB/T 28046.4—2011 中 5.5.2。为方便理解，将工作模式 3.2 与工作模式 1.2 的具体要求明确，将工作模式 3.2 修改为：低压上电监控，将工作模式 1.2 修改为：连接线束完毕，不通电。同时，根据行业反馈意见，增加绝缘电阻不小于 100 Ω/V 要求。进一步，考虑到完全放置在乘客舱、行李舱或货舱的电池包或系统，其所处环境较为密闭，无盐雾场景，可不进行盐雾试验。

⑪ 电池包或系统高海拔

同振动试验，安全要求中“无放电电流锐变、电压异常”修改为“由制造商提供电流锐变、电压异常终止条件，采用此条件终止的试验判定为失败”。

⑫ 电池系统过温保护、外部短路保护、过充电保护、过放电保护

考虑标准 GB/T 31467.3—2015 系统保护试验方法（过温保护、外部短路保护、过充电保护、过放电保护）未对保护执行的操作及截止条件进行说明，部分语句存在歧义。工作组讨论确定，系统保护章节转化自 EVS-GTR 第一阶段研究成果，试验对象为电池系统。

3) 新增项目

① 电池包或系统热稳定性第二部分：热扩散

电池单体发生热失控时热量将会通过不同方式传递到相邻电池单体，单个电池热失控可能传播到周围的电池单体，引起连锁反应，热扩散时可能形成的火灾或爆炸威胁乘客舱乘员安全，因此企业有必要设计控制、验证电池包或系统的热扩散危害。

我国领导的 EVS-GTR 热扩散专项小组，在第一阶段就电池热扩散开展了大量的研究，并形成了第一阶段的结论。经工作组讨论决定，本标准中的热扩散试验与要求，主要参照 EVS-GTR 第一阶段形成的研究成果，转化形成本标准中的规范性

附录 C。

在本标准制定过程中，工作组成立了热扩散专项研究小组，期间开展了大量的研究验证工作。通过对《电动客车安全技术条件》中关于热失控和热扩散执行情况的深入调研，对不同型号、尺寸和能量密度电池热失控触发方法的系统研究，明确保留加热、针刺作为热失控触发方法，同时认识到现有的热扩散试验方法在可重复性、可再现性等方面还需进一步完善。国际上 EVS-GTR 第二阶段、ISO 也在大力开展热扩散研究工作，对于热失控触发方法的讨论仍在持续进行。因此，在本标准的附录 C 中，关于 C.3.4.4 技术文书，制造商可根据各自产品特点与设计分析，自行提供试验程序，也可参考附录 C.4 所述程序。

本着与 UN GTR 20 保持协调的精神，结合中国国情及规范行业健康发展的需要，本标准规定电池包或系统制造商按照附录 C 完成热扩散乘员保护分析和验证。电池包或系统在由于单个电池热失控引起热扩散、进而导致乘员舱发生危险之前 5 min，应提供一个热事件报警信号。

附录 C 对热扩散乘员保护分析和验证报告进行了说明。要求制造商完成热扩散乘员保护分析与验证试验，检测机构依据制造商提供技术文书、试验程序进行结果验证，并提供试验报告。其中，制造商进行的验证试验与检测机构进行的结果验证，可为在相同检测机构进行的同一试验。

经过各方的努力，热扩散有关的安全风险已得到国际组织和企业的高度重视。EVS-GTR 已经展开第二阶段更广泛而深入的研究，ISO 6469-1 Amendment 正在研究与评估合适的热失控触发方法。附录 C 的实施，有利于研究得到更全面的产品状态数据，以便将来对试验方法进行完善。

② 电池系统过流保护

考虑标准 GB/T 31467.3—2015 外部短路保护试验仅验证了由于外部短路造成的电流过大情况，对于正常模式下的电流过大情况，没有相应的试验章节进行验证。在正常充放电过程中，由于软硬件的指令错误或其他一些故障有可能使得电池系统以较大电流进行充放电，如果大电流持续时间超过电池或线束的承受时间，可能造成电池系统危险的发生。在标准中系统保护章节增加了过流保护，具体试验方法参考了 EVS-GTR 第一阶段研究成果，试验对象为电池系统。

特别地，低温保护由于在 EVS-GTR 第一阶段的文件中没有明确的试验方法，本标准未进行转化。

三、主要试验（或验证）情况分析

在本标准制定过程中，成立了振动和热扩散专项研究工作小组。

其中，振动专项小组在标准制定过程中，与上汽、北汽、广汽、奇瑞、知豆、中通、江淮、瑞驰等十多家整车企业及宁德时代、国轩、力神、科力远等多家电池制造商进行技术方

案、技术参数的深入研究，同时也与日本 JARI、德国 VDA 标准化组织进行技术交流沟通。

对于压缩 12 h 的振动测试时间，按照应力测量和仿真分析的办法进行验证。中国汽车技术研究中心进行了两轮多批次产品的实际应力采集的验证，宁德时代、奇瑞也通过分析和实际测量应变的方式证实了 12 h 的强化压缩不会导致失效模式的改变。工作组一致认为将随机振动测试时间定义为 12 h 可行。

表 5 和图 5 分别为实际采集车辆数据情况及部分车辆实物照片。

表5 实际采集车辆数据

| 车辆类型 | 细分类型 | 车长 | 轴距 | 载荷 | 安装方式 | 数据公开否 |
|------|------|-------|------|-------|---------|-------|
| M1 | BEV | 4025 | 2500 | 1720 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 4346 | 2650 | 2081 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 4873 | 2850 | 2025 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 3200 | 2150 | 995 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 4554 | 2700 | 2205 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 2811 | 1765 | 955 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 4631 | 2650 | 1975 | 底盘吊装 | 否 |
| | BEV | 4190 | 2490 | 1450 | 底盘吊装 | 否 |
| | HEV | 4915 | 2775 | 2042 | 后座后部 | 否 |
| | HEV | 4630 | 2700 | 1776 | 后座后部 | 否 |
| | PHEV | 4873 | 2850 | 2025 | 后备箱 | 否 |
| | PHEV | 4740 | 2670 | 1790 | 底盘吊装 | 否 |
| | PHEV | 4815 | 2720 | 2575 | 底盘吊装 | 否 |
| N1 | BEV | 4500 | 3050 | 2510 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 5700 | 3850 | 4100 | 底盘吊装 | 是 |
| | BEV | 4071 | 2700 | 2140 | 底盘吊装 | 否 |
| 其他车辆 | BEV | 8010 | / | 11200 | 后备舱/行李舱 | 是 |
| | BEV | 10480 | / | 16550 | / | 是 |
| | BEV | 12000 | / | 18000 | 后备舱/行李舱 | 否 |
| | BEV | 12000 | / | 18000 | 后备舱/行李舱 | 否 |
| | PHEV | 8545 | / | 12600 | 发动机舱 | 是 |
| | *BEV | 10500 | / | 16500 | 车身顶部 | 是 |

注：因车身顶部样本量少，数据差异大，不纳入分析。



图 5 部分车辆实物照片

热扩散专项工作小组由中国汽车技术研究中心牵头、多家检测机构和企业参与，开展了大量试验或验证工作，主要有：①对重庆、天津、襄阳、上海和长春等主要检测机构自《电动客车安全技术条件》执行以来的热失控试验情况进行了统计分析，数据表明《电动客车安全技术条件》中的热失控与热扩散试验方法具有较好的可操作性，宏观结果重现性较好（见表 6）；②设计试验对不同能量密度电池热失控行为进行了更深入研究，对各型号电池单体分别采用针刺、过充及加热等触发方法来触发电池单体热失控，其中针刺触发时特征参数表现基本一致，部分类型电池无法触发热失控（见表 7）；过充触发时电池单体的温度、电压、温升速率比较分散，差异性极大（见表 8），结果显示过充触发热失控的成功率较低（见图 6），明确附录 C.4 的推荐方法中保留针刺及加热的触发方法。制造商可选择 C.4.3.3 或 C.4.3.4 所述方法，也可自行选择其他方法来触发热失控。③国内外主要汽车制造商向专项小组分享了企业各自的试验数据、结果及建议。

表 6 《电动客车安全技术条件》电池包热扩散试验情况统计分析结果

| 数据项目 | 情况说明 | 备注 |
|-------------------------|---------|---------------------------|
| 电池化学体系类型 | 三元、磷酸铁锂 | - |
| 总试验次数 | 68 | 含 HEV、PHEV 及 BEV 系统 |
| 热失控成功引发的扩散次数 | 68 | 均成功引发 |
| 试验发生要求所述 5min 后起火、爆炸的次数 | 5 | 静置过程中起火 |
| 可充电储能系统能量范围（Wh） | ≤60kWh | - |
| 电池箱体结构（单箱电量，箱体尺寸等） | ≤60kWh | - |
| 针刺触发方式使用的情况 | 2 | 需提前在箱底钻孔 |
| 加热触发方式使用的情况 | 11 | 加热板布置较困难，破坏模组本身的结构，改装难度较大 |
| 过充触发方式使用的情况 | 55 | 充电线需布置在箱体内部并引出 |

表 6（续） 《电动客车安全技术条件》电池包热扩散试验情况统计分析结果

| 数据项目 | 情况说明 | 备注 |
|---|------|---|
| 测试对象产生电压降的次数 | 63 | - |
| 监测点温度达到电池厂商规定的最高工作温度的次数 | 68 | 热失控时均达到电池最高工作温度 |
| 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1^\circ\text{C/s}$ 的次数 | 68 | 热失控时温升速率 $dT/dt \geq 1^\circ\text{C/s}$ |

表 7 热失控特征分析-针刺

| 体系 | 比能量 | 测试项目 | 额定能量 | 初始温度 | 最高温度 | 现象 | 热失控 |
|------|--------|------|--------|------|--------|-----|-----|
| 三元 | 203.8 | 针刺 | 9.25 | 25 | 886.9 | 起火 | √ |
| 三元 | 201.85 | 针刺 | 9.25 | 25 | 631.9 | 起火 | √ |
| 三元 | 196.34 | 针刺 | 120.45 | 25 | 728 | 起火 | √ |
| 三元 | 196.13 | 针刺 | 120.45 | 25 | 369.2 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 191.97 | 针刺 | 160.6 | 25 | 973.3 | 起火 | √ |
| 三元 | 191.81 | 针刺 | 160.6 | 25 | 710.9 | 起火 | √ |
| 三元 | 171.15 | 针刺 | 7.2 | 25 | 418.75 | 起火 | √ |
| 三元 | 171.14 | 针刺 | 7.2 | 25 | 233.65 | 起火 | √ |
| 磷酸铁锂 | 145.70 | 针刺 | 5.12 | 25 | 128.7 | 无现象 | √ |
| 磷酸铁锂 | 142.80 | 针刺 | 5.12 | 25 | 102.4 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 135.77 | 针刺 | 96.2 | 25 | 263.7 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 135.35 | 针刺 | 95.4 | 25 | 364.6 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 135.06 | 针刺 | 95.4 | 25 | 326.8 | 冒烟 | √ |
| 镍氢 | 48.77 | 针刺 | 7.8 | 25 | 105.45 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 134.77 | 针刺 | 96.2 | 25 | 244.6 | 冒烟 | √ |
| 镍氢 | 48.77 | 针刺 | 7.8 | 25 | 98 | 冒烟 | √ |
| 磷酸铁锂 | 123.75 | 针刺 | 70.4 | 25 | 158 | 冒烟 | √ |
| 磷酸铁锂 | 123.72 | 针刺 | 70.4 | 25 | 312.5 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 122.65 | 针刺 | 131.25 | 25 | 341.7 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 122.56 | 针刺 | 131.25 | 25 | 268.7 | 冒烟 | √ |
| 磷酸铁锂 | 103.85 | 针刺 | 80 | 25 | 230.2 | 冒烟 | √ |
| 磷酸铁锂 | 103.56 | 针刺 | 80 | 25 | 207.4 | 冒烟 | √ |
| 钛酸锂 | 80.24 | 针刺 | 66.9 | 25 | 26.6 | 无现象 | × |
| 钛酸锂 | 80.13 | 针刺 | 66.9 | 25 | 28.5 | 无现象 | × |

表 8 热失控特征分析-过充

| 试验项目 | 温度突变点 | 温升速率 | 电压 |
|------|-------|------|----------|
| 过充 1 | 113 | 2 | 0 |
| 过充 2 | 125 | 4 | 2.5 |
| 过充 1 | 90 | 2.5 | 2.5 |
| 过充 1 | 79 | 2 | 0 |
| 过充 2 | 75 | 1.5 | 1.5 |
| 过充 1 | 80 | 1.8 | 32 (MAX) |

表 8（续） 热失控特征分析-过充

| 试验项目 | 温度突变点 | 温升速率 | 电压 |
|------|-------|------|----------|
| 过充 2 | 85 | 1.9 | 32 (MAX) |
| 过充 1 | 75 | 1.9 | 1 |
| 过充 1 | 105 | 2 | 30 |
| 过充 2 | 90 | 1.7 | 30 (MAX) |
| 过充 1 | 95 | 4.1 | 0 |
| 过充 2 | 100 | 2 | MAX |

表 9 热失控特征分析-加热

| 体系 | 比能量 | 试验项目 | 时间 s | 额定能量 | 引入能量比 | 初始温度 | 最高温度 | 现象 | 热失控 |
|------|--------|------|---------|--------|---------|------|-------|-----|-----|
| 三元 | 203.83 | 加热 | 790 | 9.25 | 39.03% | 25 | 424.1 | 起火 | √ |
| 三元 | 203.28 | 加热 | 810 | 9.25 | 53.03% | 25 | 565.1 | 起火 | √ |
| 三元 | 196.21 | 加热 | 1242 | 120.45 | 53.00% | 25 | 562.9 | 起火 | √ |
| 三元 | 195.98 | 加热 | 1333 | 120.45 | 60.50% | 25 | 503.7 | 起火 | √ |
| 三元 | 192.23 | 加热 | 497 | 160.6 | 22.35% | 25 | 488 | 起火 | √ |
| 三元 | 171.14 | 加热 | 729 | 7.2 | 87.19% | 25 | 744 | 起火 | √ |
| 三元 | 166.63 | 加热 | 518 | 7.2 | 42.13% | 25 | 733.6 | 起火 | √ |
| 磷酸铁锂 | 140.06 | 加热 | 971 | 5.12 | 127.60% | 25 | 353 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 135.82 | 加热 | 1440 | 96.2 | 103.95% | 25 | 629.7 | 起火 | √ |
| 三元 | 134.83 | 加热 | 1245 | 96.2 | 89.87% | 25 | 581.3 | 起火 | √ |
| 磷酸铁锂 | 133.30 | 加热 | 518 | 5.12 | 98.36% | 25 | 318.2 | 冒烟 | √ |
| 磷酸铁锂 | 123.78 | 加热 | 1790 | 70.4 | 100.53% | 25 | 441.1 | 冒烟 | √ |
| 磷酸铁锂 | 123.58 | 加热 | 1345 | 70.4 | 96.59% | 25 | 402.8 | 冒烟 | √ |
| 三元 | 121.76 | 加热 | 1240 | 131.25 | 60.67% | 25 | 789 | 起火 | √ |
| 三元 | 121.76 | 加热 | 1465 | 131.25 | 74.54% | 25 | 502.8 | 冒烟 | √ |
| 钛酸锂 | 81.01 | 加热 | 1740 | 66.9 | 198.67% | 25 | 115.8 | 起火 | × |
| 钛酸锂 | 80.00 | 加热 | 2444 | 66.9 | 249.33% | 25 | 172.2 | 无现象 | × |
| 镍氢 | 48.77 | 加热 | 284 | 7.8 | 252.85% | 25 | 329.4 | 冒烟 | × |

| 测试样品 | | | | 测试项目 | | |
|---------|------|------|----|------|----------|-----|
| 能量密度 | 材料体系 | 样品形式 | 编号 | 加热 | 过充 2C | 针刺 |
| >200 | 三元 | 方形 | 1 | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | 软包 | 2 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| 150~200 | 三元 | 软包 | 3 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| | | 圆柱 | 4 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| 100~150 | 三元 | 方形 | 5 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| | | 圆柱 | 6 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| | | 软包 | 7 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| | 磷酸铁锂 | 方形 | 8 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| | | 圆柱 | 9 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| | | 软包 | 10 | ✓ ✓ | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| 50~100 | 三元 | 方形 | 11 | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 钛酸锂 | 软包 | 12 | ✓ 冒烟 | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| <50 | 镍氢 | 圆柱 | 13 | ✓ 冒烟 | ✓ ✓ | ✓ ✓ |

图 6 热失控测试样品情况及结果

四、明确标准中涉及专利的情况

本标准的主要技术内容及相关测试方法均不涉及专利。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

电动汽车具有无（低）污染物排放、能源利用率高、噪声低、运行成本低等优点，大力推广和普及电动汽车是缓解大气环境污染和能源紧缺的最有效的方式之一。近年来，电动汽车得到了各国政府及企业的高度重视，也取得了快速发展，我国已超过美国和日本成为世界第一大新能源汽车产销国和保有国，动力蓄电池作为电动汽车的关键部件之一，得到了广泛应用。

国务院《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020 年）》（国发〔2012〕22 号）、《国务院办公厅关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》（国办发〔2014〕35 号）高度重视电动汽车的安全问题，要求进一步完善新能源汽车准入管理制度和汽车产品公告制度，严格执行准入条件、认证要求，加强新能源汽车安全标准的研究与制定。完善新能源汽车产品质量保障体系，确保新能源汽车安全运行。目前电动汽车正处于产业发展初期和关键时期，而动力蓄电池是电动汽车的关键部件之一，制定电动汽车用动力蓄电池的国家强制性安全标准已经变得迫在眉睫，对产业发展有重大意义，不仅有助于保护人民群众的生命财产安全，也有利于促进新能源汽车产业持续健康发展。对行业管理的作用主要有以下几方面：

1）建立电动汽车用动力蓄电池产品安全技术门槛。本标准作为国家强制性标准，是国家政府管理电动汽车产业的重要技术依据之一，是电动汽车产品应该满足的最低技术要求。

2）提升产品质量安全水平，促进企业加大研发投入，以技术保安全。主要提升的技术要求有几点：一是电池包或系统振动试验的要求，通过实车路谱采集、数据处理与分析、测试规范的创建等科学方法，研究制定能够真实地考核电池包或系统安全风险的振动试验方法；二是电池包或系统的热扩散要求，通过大量的试验研究和验证，解决由于单个电池热失控引起热扩散进而产生威胁乘客安全的问题；三是电池包或系统的浸水要求，采用振动后的

试验样品，我国存在很多城市内涝现象和沿海城市的海水倒灌现象，浸水试验主要考核市场上运行的电动汽车的动力电池包或系统在面对这些严重涉水情况时的安全表现。

3) 提升我国电动汽车产业的竞争力。本标准可以指导企业合理地设计更加安全可靠的电动汽车用动力蓄电池，不仅可以整体提升我国动力蓄电池的安全性能，同时也能防止由于过设计增加成本，提升市场竞争力。

4) 有助于培育良好的产业发展环境。电动汽车安全性能的提升有助于增加市场用户对电动汽车的认可度和信任度，有助于产业良性循环，形成良好的发展环境。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

本标准基于 GB/T 31485—2015 和 GB/T 31467.3—2015，对电池单体、模组、电池包或系统的试验方法与安全要求进行系统梳理，基于对近几年国内外电动汽车安全事故的经验总结独立制定，没有直接采用国际标准。

本标准在制定过程中，与 UN GTR 20， ECE R100， ISO 6469-1， IEC 62660-3：2016 等最新的电池及系统安全法规和标准进行对标。对标情况见表 10，表 11 和表 12。

表 10 标准总体试验框架及对标情况

| 序号 | 试验项目 | GB/T 31485 | GB/T 31467.3 | IEC 62660-3 | ISO 6469-1 | ECE R100 | UN GTR 20 | GB XXXX |
|-------------|--------|---------------|-----------------|----------------|---------------|-------------|--------------|------------|
| 电池单体安全性试验 | | | | | | | | |
| 1 | 过充电 | 0 | — | 0 | — | — | — | 0 |
| 2 | 过放电 | 0 | — | 0 | — | — | — | 0 |
| 3 | 外部短路 | 0 | — | 0 | — | — | — | 0 |
| 4 | 加热 | 0 | — | 0 | — | — | — | 0 |
| 5 | 温度循环 | 0 | — | 0 | — | — | — | 0 |
| 6 | 挤压 | 0 | — | 0 | — | — | — | 0 |
| 电池包或系统安全性试验 | | | | | | | | |
| 7 | 振动 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 电子装置振动 | — | 0 | — | — | — | — | — |
| 9 | 机械冲击 | — | 0 | — | 0 | — | — | 0 |
| 10 | 模拟碰撞 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 挤压 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 跌落 | — | 0 | — | — | — | — | — |
| 13 | 翻转 | — | 0 | — | — | — | — | — |
| 14 | 温度冲击 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 湿热循环 | — | 0 | — | — | — | — | 0 |
| 16 | 高海拔 | — | 0 | — | — | — | — | 0 |
| 17 | 盐雾 | — | 0 | — | — | — | — | 0 |
| 18 | 浸水安全 | — | 0 | — | 0 | — | — | 0 |

表 10（续） 标准总体试验框架及对标情况

| 序号 | 试验项目 | GB/T 31485 | GB/T 31467.3 | IEC 62660-3 | ISO 6469-1 | ECE R100 | UN GTR 20 | GB XXXX |
|----|---------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|-------------|--------------|------------|
| 19 | 热稳定性- 热扩散 | — | — | — | 0 | — | 0 | 0 |
| 20 | 热稳定性- 外部火烧 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 过温保护 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 外部短路保护 | — | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 过充电保护 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 过放电保护 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 过流保护 | — | — | — | — | — | 0 | 0 |

表 11 本标准与相关标准法规对比情况（电池单体）

| 序号 | 项目 | 相关标准对比 |
|----|------------|--|
| 1 | 8.1.2 过放电 | 沿用 GB/T 31485—2015。 |
| 2 | 8.1.3 过充电 | IEC 62660-3:2016：1.2 倍终止电压或 130% SOC，尚未进行技术参数修订；IEC 62660-2 Ed.2 FDIS：协商的电压值，或保护装置作用，或单体失效（无 SOC 要求）；ISO 6469-1：已对系统过充保护条件修订调低过充要求（WD 6th：110 %SOC）。 本标准参考 IEC 单体过充电试验条件制定思路及制定逻辑（单体过充试验，主要是为了配合系统保护策略的执行而做出要求），与 IEC 和 ISO 关于电池单体、电池系统标准最新进展和趋势进行协调，并综合行业意见情况、会议讨论结果及系统保护功能，将试验条件修改为：以制造商规定且不小于 1 I ₃ 电流充电至 1.1 倍终止电压或 115% SOC。 |
| 3 | 8.1.4 外部短路 | 沿用 GB/T 31485—2015。 |
| 4 | 8.1.5 加热 | 沿用 GB/T 31485—2015。 |
| 5 | 8.1.6 温度循环 | 沿用 GB/T 31485—2015。 |
| 6 | 8.1.7 挤压 | IEC 62660-3：2016：挤压速度不大于 6 mm/min，挤压程度，达到 1/3 电压降或 15%变形量或 1000 倍试验对象重量；GB/T 31467.3—2015 第 1 号修改单：挤压截止力修改为 100 kN，也同国际标准法规情况。 本标准结合挤压试验模拟情况（碰撞时产生的准稳态压缩），及各大检测机构实际试验过程中的设备能力调研结果，将挤压速度修改为不大于 2 mm/s。考虑国际标准法规、国内标准修改单对于系统挤压力要求为 100 kN，在实际应用中，单体受压形变受到电池包箱体的防护，并进一步通过仿真和试验验证，关联多款电池包与单体在模拟静态挤压场景下的受力关系，将挤压力修改为 100 kN。结合行业意见情况，考虑小电池应用，参考 IEC 62660-3：2016，增加“1000 倍试验对象重量”作为可选项，将变形量修改为 15%。 |

表 12 本标准与相关标准法规对比情况（电池包或系统）

| 序号 | 项目 | 相关标准对比 |
|----|------------|---|
| 1 | 8.2.1 振动 | <p>UN GTR 20, ECE R100: 采用正弦波扫频, 7-18Hz: 10 m/s^2; 18-30 Hz: 从 10 m/s^2 逐渐减少到 2 m/s^2, 30-50 Hz: 2 m/s^2。单次扫频 15 min, 共 12 次, 3 h。</p> <p>ISO 6469-1: 选项 1 采用随机振动, 振动时间 12h, 选项 2 可选择基于实车路谱数据得到的振动参数, 且不低于选项 1 的机械损伤值。</p> <p>本标准制定过程中, 成立振动专项工作小组, 开展了多个厂家 3 大类 7 个细分平台共计 22 台车的路谱采集工作。数据分析及试验规范创建方法和 ISO 6469-1 类似, 主要差异在于本标准取均值。以 MIL-STD-810F 标准随机振动等效疲劳加速强化理论为基础, 采用偏于严苛的加速系数 5; 综合后的 PSD 谱按照车型平台归类, 求取平台下各车辆综合 PSD 谱的平均值, 得到振动试验条件。</p> |
| 2 | 8.2.2 机械冲击 | <p>UN GTR 20、ECE R100 暂无机冲击试验项, ISO 6469-1: 半正弦冲击波, $\pm z$: 7 g, $\pm x$: 5 g, $\pm y$: 3 g, 每个方向 6 次。</p> <p>本标准征求意见期间, 多家单位对 GB/T 31467.3—2015 所述的机械冲击反馈意见: ISO 12405-3 正在修订为 ISO 6469-1, 已处于 DIS 阶段, 试验参数已在 ISO/TC22/SC37/WG3 工作组充分讨论并达成一致, 建议更新机械冲击试验方法与 ISO 6469-1 协调。经起草组研究及专家审查会审议, 认为 ISO 6469-1 DIS 机械冲击的试验方法更加合理。进一步, 考虑到本标准的模拟碰撞试验对产品 x 和 y 方向在高加速度下的机械损伤已进行了较充分试验。因此, 本标准的机械冲击试验只对 z 方向提出要求。</p> |
| 3 | 8.2.3 模拟碰撞 | <p>UN GTR 20, ECE R100, ISO 6469-1 关于模拟碰撞试验参数一致, GB/T 31467.3—2015 也与此相同。</p> <p>本标准基本沿用 GB/T 31467.3—2015。参考振动试验, 补充试验对象安装说明, 增加“对于试验对象存在多个安装方向 (x/ y/ z) 时, 按照加速度大的安装方向进行试验”。</p> |
| 4 | 8.2.4 挤压 | <p>UN GTR 20, ECE R100, ISO 6469-1: 挤压板形式为三拱挤压头 (ISO 6469-1 增加半径 75 mm 半圆柱挤压头可选), 挤压力 100 kN, 无挤压速度要求。</p> <p>本标准参考 GB/T 31467.3—2015 第 1 号修改单, 挤压力修改为 100 kN, 也同国际标准法规情况。考虑兼容国际标准法规的挤压头形式, 增加“UN GTR 20 三拱挤压头”作为可选项。增加挤压速度, 同单体要求, 不大于 2 mm/s。</p> |

表 12（续） 本标准与相关标准法规对比情况（电池包或系统）

| 序号 | 项目 | 相关标准对比 |
|----|-------------------|---|
| 5 | 8.2.5 湿热循环 | <p>UN GTR 20、ECE R100、ISO 6469-1 均无湿热循环试验项，关于道路车辆电子电气设备环境耐久试验标准 ISO 19453-6 草案，湿热循环试验最高温度为 60℃。</p> <p>本标准征求意见期间，行业意见反馈温度冲击及湿热循环试验最高温度，建议参考国际标准法规，修改为 60℃。考虑 UN GTR 20 对温度冲击最高试验温度进行了大量研究与调研，本标准的湿热循环、温度冲击试验最高温度修改为 60℃。</p> |
| 6 | 8.2.6 浸水安全 | <p>UN GTR 20、ECE R100 暂无浸水安全试验项，ISO 6469-1：泡盐水和 IPX7 试验两种方法选其一，高于涉水线 w 的电池包或系统可豁免。</p> <p>本标准的试验方法参考 ISO 6469-1。同时，考虑电池包的密封性对防水安全有重要影响，振动试验后，可能引起螺栓松动、密封材料永久变形等问题，导致密封性降低。同时考虑市场上多次发生的浸水导致的安全事件，为更广泛保护浸水时人身安全，本标准的试验对象为通过 8.2.1 振动试验的电池包或系统。</p> |
| 7 | 8.2.7.1 热稳定性之外部火烧 | <p>UN GTR 20、ECE R100、ISO 6469-1 关于外部火烧试验参数基本一致，相比 GB/T 31467.3—2015 描述更具体。</p> <p>本标准与 UN GTR 20 协调，主要修订点：环境条件改为 0℃以上，风速不大于 2.5 km/h；增加“对电池包或系统起到保护作用的车身结构，可以参与火烧试验”；补充耐火隔板说明；安全要求修改为不爆炸。</p> |
| 8 | 8.2.7.2 热稳定性之热扩散 | <p>新增，考虑热扩散可能形成火灾、爆炸等威胁乘客舱乘员安全，制造商有必要设计控制、验证电池包或系统的热扩散危害。</p> <p>ISO 6469-1 的热扩散研究目前处于预研阶段；我国领导的 EVS-GTR 热扩散专项小组，在第一阶段就电池热扩散开展了大量研究，并形成了第一阶段的结论。</p> <p>本标准主要参照 EVS-GTR 第一阶段结论、工作组专项研究成果及行业反馈意见，形成规范性附录 C。要求制造商按照附录 C 完成热扩散乘员保护分析和验证。电池包或系统在由于单个电池热失控引起热扩散、进而导致乘员舱发生危险之前 5min，应提供一个热事件报警信号。考虑现有试验方法在可重复性、可再现性等方面还需进一步完善，国际上 EVS-GTR 第二阶段、ISO 也在大力开展研究工作，对热失控触发方法的讨论仍在持续进行，关于 C.3.4.4 技术文书，制造商可自行提供试验程序，也可参考附录 C.4 所述程序。</p> |
| 9 | 8.2.8 温度冲击 | <p>UN GTR 20，ECE R100，ISO 6469-1：最高试验温度为 60℃。</p> <p>本标准征求意见期间，行业意见反馈温度冲击及湿热循环试验最高温度，建议参考国际标准法规，修改为 60℃。考虑 UN GTR 20 对温度冲击最高试验温度进行了大量研究与调研，本标准的湿热循环、温度冲击</p> |

| | | |
|--|--|-----------------|
| | | 击试验最高温度修改为 60℃。 |
|--|--|-----------------|

表 12（续） 本标准与相关标准法规对比情况（电池包或系统）

| 序号 | 项目 | 相关标准对比 |
|----|------------------|--|
| 10 | 8.2.9 盐雾 | <p>UN GTR 20、ECE R100、ISO 6469-1 均无盐雾试验项。环境类试验标准对于电池包或系统盐雾试验的考核为两个方向：耐盐雾腐蚀和耐盐雾渗漏。</p> <p>考虑耐盐雾腐蚀侧重模拟产品/部件在实际含盐环境及交变环境下的耐腐蚀性能，评价腐蚀效应；耐盐雾渗漏侧重考察耐盐分渗漏、渗漏造成的电气效应。电池包或系统安全性的盐雾失效模式更倾向于方向二，试验方法参考 GB/T 28046.4—2011 中 5.5.2。同时，考虑到完全放置在乘客舱、行李舱或货舱的电池包或系统，其所处环境较为密闭，无盐雾场景，可不进行盐雾试验。</p> |
| 11 | 8.2.10 高海拔 | <p>本标准基本沿用 GB/T 31467.3—2015。考虑压差限值及影响的合理性定义，国际标准法规也无相关借鉴。本标准将安全要求中“无电流锐变、电压异常”修改为“由制造商提供电流锐变、电压异常终止条件，采用此条件终止的试验判定为失败”。</p> |
| 12 | 8.2.11 过温保护 | <p>与 UN GTR 20 协调，试验对象为电池系统。</p> |
| 13 | 8.2.12 过流保护 | <p>新增，考虑 GB/T 31467.3—2015 中外部短路保护试验仅验证了由于外部短路造成的电流过大情况，对于正常模式下的电流过大情况，无相应的试验章节。</p> <p>本标准新增的过流保护试验，与 UN GTR 20 协调，试验对象为电池系统。</p> |
| 14 | 8.2.13 外部短路保护 | <p>与 UN GTR 20 协调，试验对象为电池系统。</p> |
| 15 | 8.2.14 过充电保护 | <p>与 UN GTR 20 协调，试验对象为电池系统。</p> |
| 16 | 8.2.15 过放电保护 | <p>与 UN GTR 20 协调，试验对象为电池系统。</p> |

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准是我国电动汽车动力电池领域的第一份强制性国家标准，制定过程中，与 UN GTR 20、ECE R100、ISO 6469-1、IEC 62660-3 等国际标准法规，GB/T 19596、GB/T 4208 等国内标准，《电动汽车安全要求》、《电动客车安全要求》、《电动汽车用电池管理系统技术条件》等国内正在制修订的标准进行了充分协调。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，成立了起草组、专项工作小组，进行了大量的分析验证，密集的召开会议进行协商讨论，重要节点在动力电池工作组进行讨论，并向主管部门进行了及时汇报。起草过程中、征求意见过程中所提出的意见建议，在单体过充电、系统热扩散两方面较为集中，起草组和工作组进行了深入讨论，结合试验数据分析，最终达成了一致意见。

关于单体过充截止条件，绝大多数主机厂认为过充需要从系统层级来进行保护，1.1倍截止电压或 115%作为试验条件合理；少数零部件厂认为 1.2 倍电压或 120%SOC 作为试验条件合理。由工作组二届十一次会议决议，综合行业意见情况、高比能量发展趋势及系统保护功能，决定以 1.1 倍电压或 115%SOC 作为试验条件提交审查。

关于热扩散，起草组一致认可企业从附录 C 和附录 D（征求意见稿）二选一验证热扩散安全，都视为有效。经工作组二届十一次会议决议，兼顾 UN GTR 20 研究成果与标准写法规范要求，同时引导行业对动力电池热扩散给予重视，将原附录 D 转移至附录 C.4，作为 C.3.4.4 “技术文书”的可选试验程序，制造商可自行选择试验程序，也可参考附录 C.4 所述程序。制造商完成热扩散乘员保护分析与验证试验，检测机构依据制造商提供的技术文书、试验程序进行结果验证，并提供试验报告。

九、标准性质的建议说明

作为电动汽车关键零部件的强制标准，本标准可规范锂离子电池和镍氢电池等可充电储能装置的单体、电池包或系统的检测，并作为产品的准入法规。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准颁布实施后，代替 GB/T 31485-2015 和 GB/T 31467.3-2015，作为《新能源汽车生产企业及产品准入管理规定》中新能源汽车产品专项检验项目及依据标准。

本标准的实施日期建议如下：本标准对新申请型式批准的车型自标准实施之日起开始执行，对已获得型式批准的车型自标准实施之日起第 13 个月开始执行。同时，建议在本标准发布与实施的过渡期内，允许制造商使用本标准代替 GB/T 31485-2015 和 GB/T 31467.3-2015，作为产品准入依据。

十一、 废止现行相关标准的建议

本标准颁布实施后，建议废止现行标准 GB/T 31485—2015《电动汽车用动力蓄电池安全要求及试验方法》和 GB/T 31467.3—2015《电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统第 3 部分：安全性要求与测试方法》。

十二、 其他应予说明的事项

本标准不对额定容量进行规范性要求，只做确认，要求电池单体、电池包或系统的额定容量应符合制造商提供的产品技术条件。

部分企业建议整车碰撞试验通过后可豁免电池包或系统挤压与模拟碰撞试验，考虑

此为行业管理规范类问题，不在标准内容中讨论。

参考 EVS-GTR 第一阶段的成果，本标准对镍氢电池包或系统的热稳定试验进行了豁免。

该标准原计划名称为“电动汽车用锂离子动力蓄电池安全要求”，在 2018 年 4 月 22 日起草组向主管部门汇报的会议上，考虑到标准范围同时适用于镍氢电池等可充电储能装置，与会专家建议标准名称不仅限于锂离子动力蓄电池，同意将标准名称修改为“电动汽车用动力蓄电池安全要求”，标准名称变更得到分标委委员的同意。