



宁德时代新能源科技股份有限公司介绍

目录

- 第一部分 | 动力电池系统安全分析与设计概述
 - 第二部分 | 电芯防热失控设计与验证
 - 第三部分 | 机械安全设计
 - 第四部分 | 电气安全设计
 - 第五部分 | 功能安全设计
 - 第六部分 | 化学安全设计
-

“热点” 安全事故频发的背后：

◆ 产业现状

1. 行业爆发、市场存量剧增
2. 新鲜事物的阵痛期，公众对使用认知的不足
3. 鱼龙混杂，技术实力薄弱企业投机行为，盲目上马项目

◆ 内在原因

1. “动力电池”本身是一种非常活泼的高能量载体，在不需要外部能力激励的情况下，本身就能够因能量非正常状态而产生很大的破坏力。
2. 所以要求能量必须以可控的方式进行电能和化学能的转换和流动，对系统集成能力要求高。

□ 危险的的能量源：电能、化学能、电磁能



动力电池系统安全分析与设计概述

动力电池的“特性”及失效危害

■ 动力电池的几大安全特性

● 电特性：

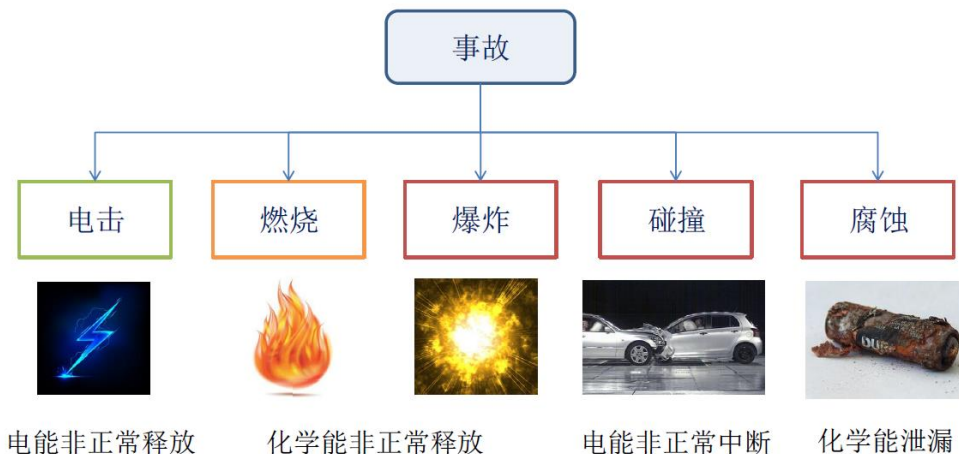
- ① 300V以上的输出电压（直流60V以下为安全电压）
- ② 储存电量KWh级别（1kwh=3.6Mj）
- ③ 电流泄放特性（电磁干扰）

● 化学特性：

- ① 有毒气体—CO等
- ② 可燃物—电解液、塑料部件
- ③ 正负极材料是氧化剂—热失控时自带氧气
- ④ 放热副反应会有连锁反映—温度快速上升，成为火源

● 机械特性：

- ① 为了防尘防水，呈空间密封状态
- ② 为了能够承受足够的机械载荷，壳体材料有足够的强度



■ 能量非正常表现及失效危害

- 电能非正常的释放-----电击，车辆的意外移动
- 电能非正常中断-----行驶中突然失去动力，引发碰撞、失控事故
- 化学能非正常的释放-----燃烧、爆炸
- 化学能非正常的泄露-----腐蚀、中毒、绝缘失效后的电击
- 电磁能非正常的释放-----功能异常，如通信、数据

- 安全是一个相对的概念，世上没有绝对的安全
- 系统安全设计的目的是控制事故发生的风险在可接受的范围内，综合度量危险三大因素：

- 危害程度
- 事故发生的频率
- 危害的可探测度（检测+控制）

● 动力电池安全防护设计的三个目标

- ① **预防**危险发生，或降低其发生的概率---消除危险
- ② **阻断**危险变成事故的路径---不让事故发生
- ③ **降低**事故的破坏性---降低事故的危害程度

- ✓ 不同类型的危险类型，根据其机理和特性，采取的防范措施会有所不同
- ✓ 系统安全并不只适用于产品开发过程，而是贯穿产品生命周期的始终（开发、生产、测试、运行、报废和退役）

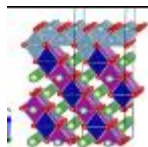
案例：过充保护



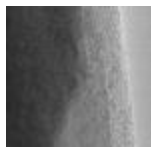
动力电池系统安全分析与设计概述

结合动力电池的特性&安全设计的思路总结电池系统产品安全如下

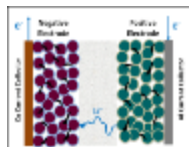
量子仿真



极片工艺



化学体系设计



裸电芯组装



电芯集成



电池系统集成



终端产品



10⁻¹⁰

10⁻⁸

10⁻⁶

10⁻⁴

10⁻²

10⁰

10²

米

电芯防热失控

- 过流/互锁/外部短路保护
- 绝缘阻抗和抗电强度（电气隔离）
- 直接接触和间接接触（等电位）
- 警告标识

- 过电压/欠电压保护
- 过温保护
- 过电流保护
- 碰撞过程中断开高压
- ASIL等级

全过程

全方位



系统防热扩散

- 密封及IP防护
- 接触受力防护（耐挤压、跌落、碰撞等）
- 非接触受力防护（耐振动、冲击、翻转等）
- 防腐蚀、防爆
- 防呆（机械、颜色、标识）

- 材料阻燃等级
- 电芯的安全要求
- 冷却剂
- 禁用物质

- 动力电池系统的安全需要同时考虑电池的滥用耐受性和应用中的失效风险
 - 滥用耐受性更多是参考法规的设计要求：GB/T31485、GB/T18384、GB/T31467.3、电动客车安全技术条件等
 - 应用（现场）的失效风险：
包括膨胀力测试、重锤测试、碎石冲击、化学腐蚀、冷却液泄露等，另外诸多应用失效案例在国标的测试要求中均有体现如针刺、挤压、碰撞、海水浸泡、火烧等都是模拟现实场景转化的要求。

滥用耐受性

- 可预知
- 普遍性，电池的共性
- 在电极级别进行系统设计与评价
- 可通过分解到各化学组分热力学行为进行集成评价
- 时间的影响相对较小
- 通过引入保护控件来提高耐受性

应用失效

- 不可预测
- 百万分之一，甚至更低
- 难以在电芯级别评价与检验
- 材料的评价必须考虑其动力学因素
- 生命周期内使用工况下的安全
- 需要结合PACK和整车进行评估与检验

动力电池系统安全测试验证

全过程覆盖

◆ 坚持电芯、模组、电池包、整车全产品链的安全测试策略

挤压/针刺/跌落
耐高温/耐低温
温度冲击
外部火烧海水浸泡
热失控热扩散
过充电过放电
短路



整车异常监控报警
紧急情况快速断电
乘客逃生时间分解



安全测试

挤压测试 针刺测试
跌落测试 翻滚测试
外部火烧测试 短路测试
过充过放电测试 热箱
温度冲击测试 高度模拟测试
电气安全测试 功能安全测试

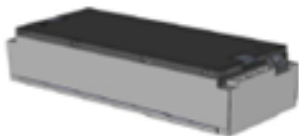
可靠性测试

机械振动冲击 (三综合) 测试
恒定湿热测试 交变湿热测试
温度循环 高温存储
盐雾测试 防尘防水测试
化学腐蚀测试 软件功能测试
电磁兼容测试

性能测试

容量测试 功率测试
HPPC测试 续航里程测试
能量效率测试 循环寿命测试
循环寿命测试 使用寿命测试
日历寿命测试 荷电保护测试
冷启动测试 高低温工作
低温析锂

挤压/针刺/跌落
耐高温/耐低温
温度冲击
外部火烧海水浸泡
热失控热扩散
过充电过放电
短路



挤压/针刺
跌落/翻滚/模拟碰撞
高温/低温存储
温度冲击/湿热循环
外部火烧/海水浸泡
热失控/热扩散
过充电/过放电/过温/短路保护



远程在线监控报警
过充电/过放电保护
整车+电池包碰撞
整车+电池包内饰火烧
整车+电池包外部火烧
整车+电池包热失控

Cell/module安全测试项目

序号	测试项	测试标准	备注
1	过放电	GB/T31485-6.2.2 (单体)、6.3.2 (模组)	化学安全
2	跌落	GB/T31485-6.2.5 (单体)、6.3.5 (模组)	机械安全、化学安全
3	过充	GB/T31485-6.2.3 (单体)、6.3.3 (模组)	化学安全
4	短路	GB/T31485-6.2.4 (单体)、6.3.4 (模组)	化学安全
5	加热	GB/T31485-6.2.6 (单体)、6.3.6 (模组)	化学安全、机械安全
6	挤压	GB/T31485-6.2.7 (单体)、6.3.7 (模组)	机械安全、化学安全
7	针刺	GB/T31485-6.2.8 (单体)、6.3.8 (模组)	机械安全、化学安全
8	海水浸泡	GB/T31485-6.2.9 (单体)、6.3.9 (模组)	化学安全
9	温度循环	GB/T31485-6.2.10 (单体)、6.3.10 (模组)	机械安全、电气安全、化学安全
10	低气压	GB/T31485-6.2.11 (单体)、6.3.11 (模组)	化学安全、电气安全
11	绝缘耐压测试	GB/T18384.1-5.1	电气安全
12	膨胀力测试	应用安全测试	机械安全、化学安全、电气安全
13	防热扩散测试	应用安全测试	机械安全、化学安全
14	单元热失控试验	电动客车安全技术条件	化学安全、机械安全

序号	测试项	测试标准	备注
1	振动	GB/T31467.3-7.1.1&7.1.2	机械安全、化学安全
2	机械冲击	GB/T31467.3-7.2	机械安全、化学安全
3	跌落	GB/T31467.3-7.3	机械安全、化学安全
4	翻转	GB/T31467.3-7.4	机械安全、化学安全
5	模拟碰撞	GB/T31467.3-7.5	机械安全、化学安全
6	挤压	GB/T31467.3-7.6	机械安全、化学安全
7	温度冲击	GB/T31467.3-7.7	机械安全、化学安全、电气安全
8	湿热循环	GB/T31467.3-7.8	机械安全、化学安全、电气安全
9	海水浸泡	GB/T31467.3-7.9	机械安全、化学安全、电气安全
10	外部火烧	GB/T31467.3-7.10	机械安全、化学安全
11	盐雾	GB/T31467.3-7.11	机械安全、电气安全、化学安全
12	高海拔	GB/T31467.3-7.12	机械安全、电气安全、化学安全
13	过温保护	GB/T31467.3-7.13	功能安全、化学安全
14	短路保护	GB/T31467.3-7.14	功能安全、化学安全、电气安全

序号	测试项	测试标准	备注
15	过充电保护	GB/T31467.3-7.15	功能安全、化学安全、电气安全
16	过放电保护	GB/T31467.3-7.16	功能安全、化学安全、电气安全
17	热失控扩展试验	电动客车安全技术条件	化学安全、机械安全
18	车辆碰撞防护	电动客车安全技术条件 &GB/T 31498	机械安全、功能安全、化学安全、电气安全
19	充电安全	电动客车安全技术条件 &GB/T 18487.1、GB/T 27930-2015	功能安全、电气安全
20	阻燃性能	电动客车安全技术条件	化学安全、机械安全
21	火灾检测自动报警功能	电动客车安全技术条件	功能安全、化学安全
22	绝缘耐压测试	GB/T18384.1-5.1 , GB/T18384.3-.7.3	电气安全
23	车载终端和远程监控	电动客车安全技术条件 &GB/T32960	功能安全
24	泄压和透气装置	电动客车安全技术条件	机械安全
25	维修开关和熔断器	电动客车安全技术条件	电气安全
26	冷却液泄漏	应用安全	化学安全、电气安全、机械安全

序号	测试项	测试标准	备注
27	碎石冲击	应用安全	机械安全
28	等电位要求	GB/T18384.3-6.3.1	电气安全
29	高压警示标识	GB/T18384.3-5	机械安全、电气安全
30	接触防护	GB/T18384.3-.6.6.2	机械安全、电气安全
31	气体排放	应用安全	化学安全
32	化学腐蚀	应用安全	化学安全
33	ASIL等级	应用安全	功能安全
34	继电器控制	应用安全	功能安全
35	供电电源异常	应用安全	功能安全
36	EMC能力	应用安全	功能安全
37	IP防护	应用安全 &GB/T4208	机械安全、化学安全

◆ 动力电池系统发生起火爆炸的主要原因：

- 外部火灾
- 内部阻抗过大、异常温升引燃内部可燃物
- 电芯热失控---主要原因

◆ 电芯热失控的原因：

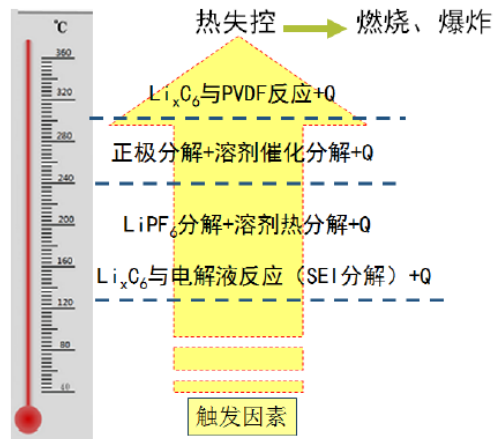
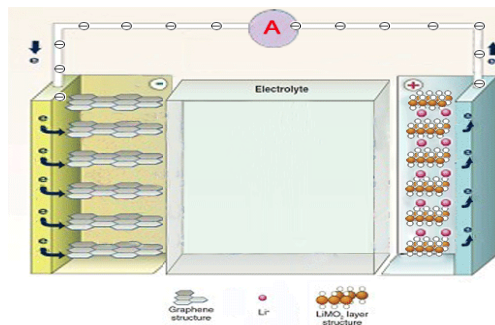
✓ 外部触发条件（滥用或突发事件）：

过充、硬物穿刺、挤压、高温环境等

✓ 内在自身原因（热失控属于链式放热反映）

- ① 短路、过充等热引发温升（90~100℃）
- ② 锂盐 LiPF_6 分解，负极SEI膜分解，放热（100~150℃）
- ③ 电解液分解、隔膜收缩或熔融（150~200℃）
- ④ 正极与电解液反应，析氧（200~500℃）
- ⑤ 过程累计大量的热、高温高压气体引起燃烧爆炸

电池模型



◆ 基于热失控的机理提高锂电池的设计方向

① 预防设计

a) 提高电芯自身的热稳定性：

选用热稳定性更高的正负极材料（LFP）（NCM）、更安全的电解液（高闪点+阻燃剂）、热稳定性高的隔膜（复合陶瓷隔膜）

b) BMS监控策略：

高温降功率策略、火灾检测自动报警功能

② 阻断设计

a) BMS主动切换功能：高温继电器切断策略

b) CELL被动保护功能（示意图如下）：外部短路及过充保护

c) 阻燃材料：阻燃等级应达到GB/T 2408—2008规定的水平燃烧HB级，垂直燃烧V—0级

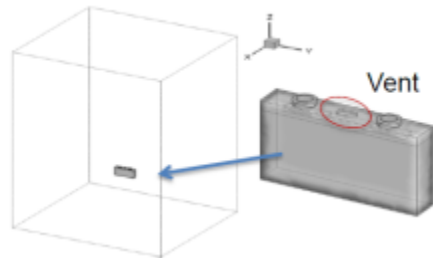
③ 降低危害设计

a) Cell vent

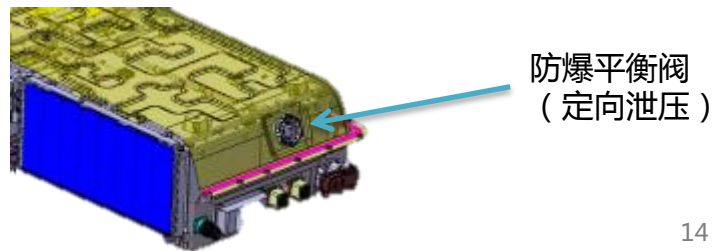
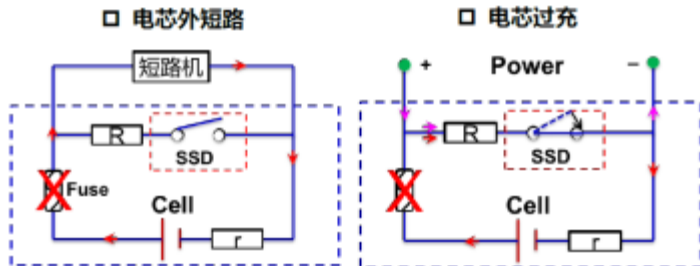
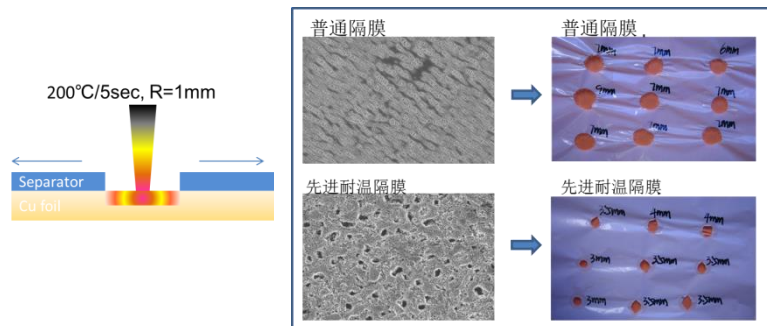
b) 模组导热槽

c) PACK泄压阀

d) 自动灭火装置



隔膜耐热性测试与评价方法

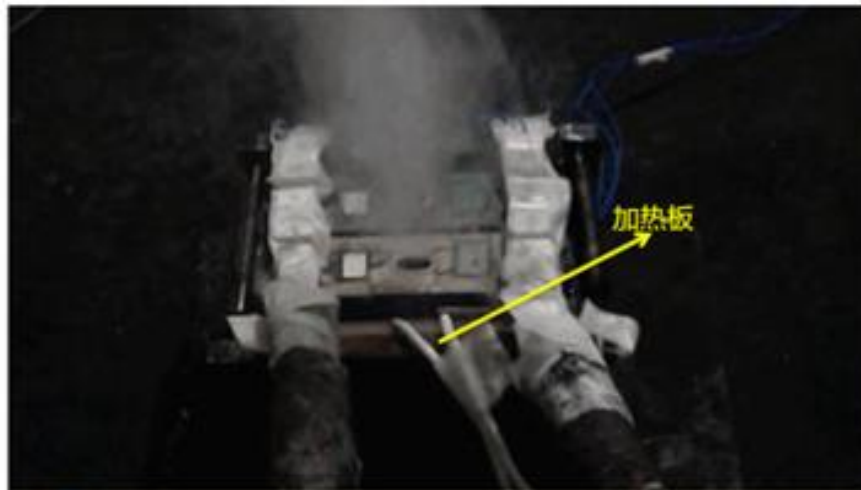
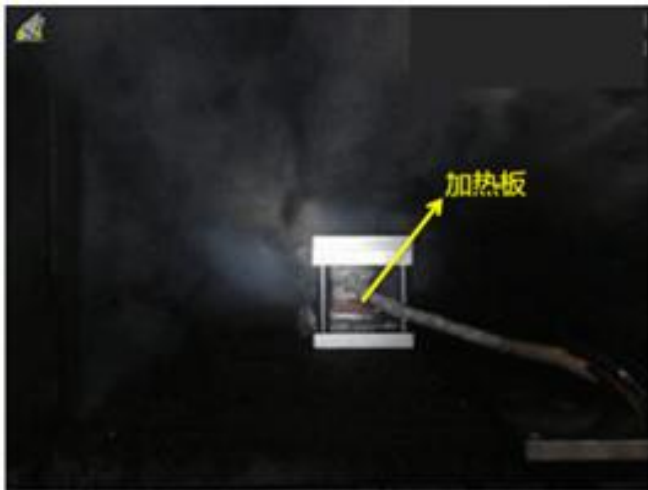


● 热失控测试验证

工信部装[2016]377号文中《电动客车安全技术条件》定义了热失控及热扩展相关要求。

➤ 热失控（先过充再加热）

- ✓ 应用场景：模拟电池在实际使用过程中充电时，因温度过高导致起火引发车辆自燃。
- ✓ 测试结果：通过，仅产气和气量，无持续火焰和爆炸。



- 应用安全失效测试—海水浸泡和短路（GB/T31485、31467.3测试要求）

- 海水浸泡

应用场景：城市内涝，车辆涉水，挂于车底的电池包会浸泡于水中，一旦电池包防水失效，模组将会泡水，在水中放电，可能会发生起火爆炸。

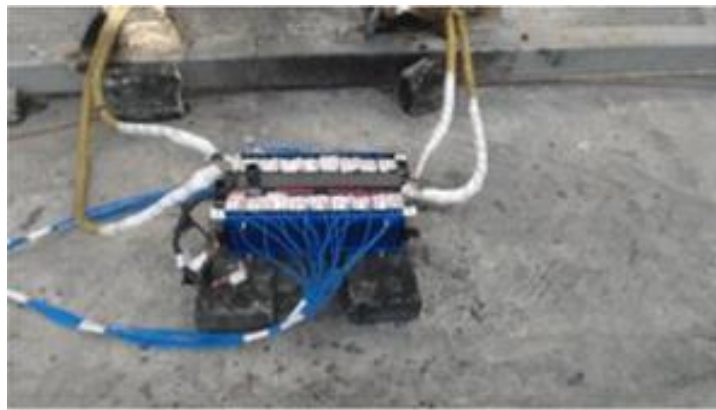
测试结果：通过。反应安静，微量产气。



- 短路

应用场景：车祸中电池包受外力作用，内部结构发生形变，可能会造成模组正负极发生短接，造成模组外短路。

测试结果：通过。仅产气。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/368110013076006030>