

T/CITSA 08.1-2021

ICS45.060.20

S50

团 体 标 准

T/CITSA 08.1-2021

轨道交通车载储能系统测试方法 第 1 部分：锂离子动力电池系统

Test methods for onboard energy storage system of railway transportation
equipment— Part 1: Traction battery system

2021-04-19 发布

2021-04-19 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	1
4 符号和缩略语	3
5 技术要求	3
6 检验方法	6
7 检验规则	17
附录 A	20
附录 B	21

前 言

本部分按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本部分由中国智能交通协会提出并归口。

本部分起草单位：中车工业研究院有限公司、北京交通大学、中车唐山机车车辆有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车大连机车有限公司。

本部分主要起草人：齐洪峰、王轶欧、彭飞、周高伟、张言茹、付稳超、李克雷、陈吉超。

轨道交通车载储能系统测试方法 第 1 部分：锂离子动力电池系统

1 范围

本部分规定了轨道交通车载储能动力锂离子电池包/系统（以下简称锂离子电池包/系统）的术语和定义、技术要求、检验方法、检验规则。

本部分适用于装载在轨道交通车辆上的动力锂离子电池包/系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 19596—2017 电动汽车术语

GB/T 21413.1 铁路应用 机车车辆电气设备 第 1 部分：一般使用条件和通用规则

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

GB/T 24338.4—2018 轨道交通 电磁兼容 第 3-2 部分：机车车辆 设备

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 31467.1—2015 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第 1 部分：高功率应用测试规程

GB/T 31486—2015 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法

3 术语和定义

3.1 锂离子电池包 lithium-ion battery pack

通常包括锂离子电池组、检测和控制电路以及相应附件，具有从外部获得电能并对外输出电能的能力。

3.2 锂离子动力电池系统 lithium-ion battery system

一个或一个以上的锂离子电池包及相应附件（管理系统、高压电路、低压电路、热管理设备及机械总成等）构成的能量存储装置。

3.3 锂离子电池电子部件 lithium-ion battery electronic components

采集或者同时监测锂离子电池包电和热数据的电子装置，必要时可以包括用于电池单体均衡的电子部件。

注：电池电子部件可以包括单体控制器。电池单体间的均衡可以由电池电子部件控制，或者通过电池控制单元控制。

3.4 额定容量 rated capacity of battery pack/system

在规定条件下测得的并由制造商宣称的锂离子电池包或系统的放电容量值。

注：改写自 GB/T 31467.1—2015，3.3。

3.5 电池系统最小管理单元 battery system minimum management unit

电池管理系统管理的最小锂离子电池单元。

3.6 可用容量 available capacity

在规定条件下，从完全充电的锂离子电池包或系统中释放的容量值。

注：改写自 GB/T 19596—2017，3.3.3.4.5。

3.7 荷电状态 state-of-charge, SOC

当前锂离子电池包或系统中按照规定放电条件可以释放的容量占可用容量的百分比。

注：改写自 GB/T 19596—2017，3.3.3.2.5。

3.8 荷电保持率 charge retention ratio

锂离子电池包或系统充满电在一定条件下搁置后，按照规定放电条件可以释放的容量占搁置前可用容量的百分比。

3.9 容量恢复能力 capacity recovery

完全充电的锂离子电池包或系统在一定温度下储存一定时间后，再完全充电，其后放电容量与初始容量之比。

注：改写自 GB/T 31486—2015，3.8。

3.10 低功率型锂离子电池 low power lithium-ion battery

室温下，最大允许持续输出电功率（W）和 1C 倍率或制造商规定的额定倍率下放电能量(Wh) 的比值低于 3 的锂离子电池。

注：最大允许持续输出电功率指电池一次放电至终止电压且不对电池造成损害的最大功率（下同）。

3.11 中功率型锂离子电池 medium power lithium-ion battery

室温下，最大允许持续输出电功率(W) 和 1C 倍率或制造商规定的额定倍率下放电能量（Wh）的比值大于等于 3 且低于 10 的锂离子电池。

注：最大允许持续输出电功率（W）与 1C 倍率或制造商规定的额定倍率下放电能量(Wh) 的比值。

3.12 高功率型锂离子电池 high power lithium-ion battery

室温下，最大允许持续输出电功率(W) 和 1C 倍率或制造商规定的额定倍率下放电能量（Wh）的比值不低于 10 的锂离子电池。

注：最大允许持续输出电功率（W）与 1C 倍率或制造商规定的额定倍率下放电能量(Wh) 的比值。

3.13 典型工况 typical working condition

根据轨道交通车辆使用工况提取的，能够体现车辆电池使用典型温度、功率、电流及 SOC 使用区间特征的工况条件。

3.14 爆炸 explosion

突然释放足量的能量产生压力波或者喷射物，可能会对周边区域造成结构或物理上的破坏。

3.15 起火 fire

电池包或系统任何部位发生持续燃烧（火焰持续时间大于 1s）。火花及拉弧不属于燃烧。

注：火焰持续时间大于 1s 是指单次火焰持续时间，而非多次火焰的累计时间。

3.16 外壳破裂 housing crack

由于内部或外部因素引起电池包或系统外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出。

3.17 泄漏 leakage

液体从电池中漏出。

注：以测试对象外部可见为准。

3.18 热失控 thermal runaway

电池单体放热连锁反应引起电池温度不可控上升的现象。

4 符号和缩略语

下列符号适用于本文件。

C_1 : 室温下, 1 小时率额定容量(Ah) ;

I_n : 室温下, n 小时率放电电流, 其数值等于 C_1/n (A) ;

$I-c(SOC, T, t)$: 某 SOC, 试验环境温度 $T(^{\circ}\text{C})$, 脉冲持续时间 t 下的最大充电电流;

$I-d(SOC, T, t)$: 某 SOC, 试验环境温度 $T(^{\circ}\text{C})$, 脉冲持续时间 t 下的最大放电电流;

RT: 室温 (room temperature) ;

LT: 电池工作最低温度 (Lowest working temperature) ;

HT: 电池工作最高温度 (Highest working temperature) 。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 外观

系统表面应平整、干燥、无外伤、无污物、无腐蚀，外壳无变形及裂纹。锂离子动力电池系统应有清晰和耐久性标志，标识至少包括：

- a) 制造商名称或商标；
- b) 型号或系列号；
- c) 生产系列号、日期或代码。

这些信息宜标在铭牌上，标志应不易磨损，字迹清楚、易读。

5.1.2 动力线和极性

动力线应具有明显标识；动力锂离子电池包或系统的正负极应该标在接线端子附近，正确清晰，标识所用。

5.1.3 外形尺寸及重量

锂离子动力电池系统的外形尺寸及重量应符合制造商提供的产品技术条件。

5.1.4 室温放电容量

测试对象按 6.3.5 进行室温放电容量试验时，锂离子电池包或系统常温放电容量与额定容量之差的绝对值不应超过额定容量的 5%。

5.1.5 无负载容量损失

测试对象按 6.3.6 进行无负载容量损失试验时，室温和高温下的荷电保持率均不低于初始容量 85%，容量恢复均不低于初始容量的 90%。

5.1.6 储存中容量损失

测试对象按 6.3.7 进行储存中容量损失试验时，容量恢复不低于初始容量的 90%。

5.1.7 IP 等级

根据整车技术条件中的防护等级要求，电池包或系统的 IP 等级测试结果应符合 GB/T 4208—2017 的规定。

5.1.8 电磁兼容

根据整车技术条件中的电磁兼容要求，电池包或系统的电磁兼容测试结果应符合 GB/T 24338.4 的规定。

5.1.9 绝缘电阻

测试对象按 6.3.10 进行绝缘电阻试验时，主回路的绝缘电阻不应小于 $5M\Omega$ 。

5.1.10 介电强度

电池包或系统的介电强度应符合 GB/T 21413.1 的规定。

5.2 安全要求

5.2.1 机械冲击

测试对象按 6.4.1 进行机械冲击试验时，锂离子电池包或系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸等现象，保持连接可靠，结构完好。试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.2 耐振动

测试对象按 6.4.2 进行耐振动试验时，锂离子电池包或系统功能及性能应符合 GB/T 21563 规定，锂离子电池包或系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸等现象，保持连接可靠，结构完好。试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.3 模拟碰撞

测试对象按 6.4.3 进行模拟碰撞试验时，电池系统设计强度与紧固程度满足碰撞时的受力需求，证明电池系统不会因碰撞而发生重大位移或结构松动。

5.2.4 挤压

测试对象按 6.4.4 进行挤压试验时，锂离子电池包或系统无泄漏、外壳破裂、无起火、爆炸现象。

5.2.5 温度冲击

测试对象按 6.4.5 进行温度冲击试验时，锂离子电池包或系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象，试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.6 湿热循环

测试对象按 6.4.6 进行湿热循环试验时，锂离子电池包或系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后 30 min 之内的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.7 外部火烧

测试对象按 6.4.7 进行外部火烧试验时，锂离子电池包或系统不应爆炸，若有火苗，应在火源离开 2min 内熄灭。

5.2.8 盐雾

测试对象按 6.4.8 进行盐雾试验时，锂离子电池包或系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。

5.2.9 高海拔

测试对象按 6.4.9 进行高海拔试验时，锂离子电池包或系统无放电电流锐变、电压异常、泄露、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后绝缘电阻不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.10 过温保护

测试对象应具有过温保护功能，按 6.4.10 进行过温保护试验时，电池管理系统起作用，锂离子动力电池系统无泄露、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.11 过充电保护

测试对象应具有过充电保护功能，按 6.4.11 进行过充电保护试验时，电池管理系统起作用，锂离子动力电池系统无泄露、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.12 过放电保护

测试对象应具有过放电保护功能，按 6.4.12 进行过放电保护试验时，电池管理系统起作用，锂离子动力电池系统无泄露、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.13 过流保护

测试对象应具有过流保护功能，按 6.4.13 进行过流保护试验时，电池管理系统起作用，锂离子动力电池系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.14 短路保护

测试对象应具有短路保护功能，按 6.4.14 进行短路保护试验时，保护装置起作用，锂离子动力电池系统无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后电池与外壳的绝缘电阻值不应小于 $100\Omega/V$ 或整车技术条件规定数值。

5.2.15 短路

测试对象按 6.4.15 进行短路试验时，无起火、爆炸现象。

5.2.16 热失控

测试对象按 6.4.16 进行热失控试验时，触发对象发生热失控，但不应发生外部起火或爆炸。

5.3 性能要求

5.3.1 不同温度及倍率下放电性能

测试对象按 6.5.1 进行不同温度及倍率下放电性能试验时，实际测试放电容量不应低于厂家规定的特定温度及倍率下锂离子电池或系统放电容量需求指标。

5.3.2 不同温度及倍率下充电性能

测试对象按 6.5.2 进行不同温度及倍率下充电性能试验时，实际测试有效充电容量不应低于厂家规定的特定温度及倍率下锂离子电池包或系统充电容量需求指标。

5.3.3 特征工况下的温升及温场分布

测试对象按 6.5.3 进行特征工况下的温升及温场分布试验时，测试得到的最高温度及温差数据小于厂家规定的最高温度及温差指标。

5.3.4 充放电功率需求验证

测试对象按 6.5.4 进行充放电功率需求验证试验时，系统中最低单体电压不应低于放电终止电压，最高单体电压不应高于充电终止电压，最高单体温度不应高于 65℃或厂家规定的最高温度。

5.3.5 能量效率

测试对象按 6.5.5 进行能量效率试验时，能量效率测试结果不应低于厂家规定的能量效率要求。

5.3.6 容量及 SOC 不一致性

测试对象按 6.5.6 进行容量及 SOC 不一致性试验时，循环后锂离子电池包或系统的容量不一致性和 SOC 不一致性不应高于厂家规定的最大容量不一致性和 SOC 不一致性指标。

6 检验方法

6.1 检验条件

6.1.1 环境条件

除另有规定外，试验应在温度 25℃±5℃、相对湿度 15%~90%、大气压力为 86kPa~106kPa 环境中进行。本标准要求的室温，是指 25℃±5℃。

6.1.2 样品交付要求

测试样品交付时需要包括必要的操作文件，以及和测试设备相连所需的接口部件，如连接器、插头，包括冷却接口，锂离子电池包和系统的典型结构。制造商需要提供锂离子电池包或系统的工作限值，以保证整个测试过程的安全。

6.1.3 环境适应要求

当测试的目标环境温度改变时，在进行测试前测试样品需要完成环境适应过程：在低温下静置不少于 24h；在高温下静置不小于 16h；或单体电池温度与目标环境温度差值不超过 2℃。

6.1.4 绝缘电阻要求

锂离子电池包或系统在进行安全试验前进行绝缘电阻测试。测试位置为：正极和外壳，负极和外壳。要求绝缘电阻不应小于 100 Ω/V。

6.1.5 测试样品要求

如果电池包或系统由于某些原因（如尺寸或重量）不适合进行某些测试，供需双方协商一致后可以用电池包或电池系统的子系统代替作为测试样品，进行全部或部分试验，但是作为测试样品的子系统应该包含和试验要求相关的所有部分。

注：供需双方是指锂离子动力电池的供应商和应用企业。

对锂离子电池包或系统的电子部件的状态参数测量准确度应满足表 1 的要求。

表 1 状态参数测量准确度要求（FS 表示满量程）

参数	总电压值	温度值	分电压值
准确度要求	≤±2% FS	≤±2℃	≤±0.5% FS

6.1.6 SOC 调整要求

调整 SOC 至实验目标值 $n\%$ 的方法：按制造商提供的充电方式将锂离子电池包或系统充满电，静置 1 h，以 $1 I_1$ 或制造商规定的额定电流恒流放电 $(100-n)/100$ h。每次 SOC 调整后，在新的测试开始前测试对象需要静置 30 min。

6.1.7 测试电流要求

测试过程中的放电倍率大小按照标准的规定执行，充电方法和放电截止条件由制造商提供。

6.1.8 测试状态要求

除有特殊规定，测试对象均以制造商规定的满电状态进行测试。

6.2 测量仪器、仪表

6.2.1 测量精度

测量仪器、仪表准确度要求如下：

- a) 电压测量装置：准确度不低于 0.5 级；
- b) 电流测量装置：准确度不低于 0.5 级；
- c) 温度测量装置： $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；
- d) 时间测量装置： $\pm 0.1\%$ ；
- e) 尺寸测量装置： $\pm 0.1\%$ ；
- f) 重量测量装置： $\pm 0.1\%$ 。

6.2.2 控制精度

测试过程中，对充放电装置、温控箱等控制仪器的控制精度要求如下：

- a) 电压： $\pm 1\%$
- b) 电流： $\pm 1\%$
- c) 温度： $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

6.3 标准试验

6.3.1 外观

测试对象为锂离子动力电池系统。

在良好的光线条件下，用目测法检查锂离子动力电池系统的外观及标志。

6.3.2 动力线和极性

测试对象为锂离子动力电池系统。

在良好的光线条件下，用目测法检查锂离子动力电池系统动力线，并用电压表检测系统极性。

6.3.3 外形尺寸及重量

测试对象为锂离子动力电池系统。

用量具和衡器测量锂离子动力电池系统的外形尺寸及重量。

6.3.4 锂离子电池充电

室温下，锂离子电池包或系统先以 $1 I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电至技术条件中规定的放电终止电压，搁置 1h (或制造商提供的不大于 1h 的搁置时间)，然后按制造商提供的充电方法进行充电。

若制造商未提供充电方法，则依据表 2 步骤充电：

表 2 系统充电步骤

步骤	电流	跳转条件	跳转步骤
1	$1I_1$	系统或包内任一单体到达充电终止电压	2
2	$0.5I_1$	系统或包内任一单体到达充电终止电压	3
3	$0.2I_1$	系统或包内任一单体到达充电终止电压	4
4	$0.1I_1$	系统或包内任一单体到达充电终止电压	5
5	$0.05I_1$	系统或包内任一单体到达充电终止电压	停止

充电后搁置 1h（或制造商提供的不高于 1h 的搁置时间）。

6.3.5 室温放电容量

测试对象为锂离子电池包或系统，可根据实际应用带散热系统。

试验步骤如下：

- 锂离子电池包或系统按 6.3.4 方法充电；
- 室温下充分静置，直至电池恢复至室温；
- 室温下，测试对象以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电，至系统中任一单体电压达到技术条件中规定的放电终止电压；
- 计量放电容量（以 Ah 计）和放电能量（以 Wh 计），并记录放电过程系统中所有温度监测点的温升；
- 重复步骤 a) ~d) 5 次，当连续 3 次试验结果的极差小于额定容量的 3%，可提前结束试验，取最后 3 次试验结果平均值。

注：极差是所有样本的最大值和最小值之差。

6.3.6 无负载容量损失

6.3.6.1 测试对象

测试对象为锂离子动力电池系统或带有管理系统的电池包，电池管理系统由辅助电源供电，工作状态由制造商规定。

6.3.6.2 室温下无负载容量损失

试验步骤如下：

- 测试对象按 6.3.4 方法充电；
- 测试对象在室温下储存 28d；
- 室温下，测试对象以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电至任一单体电压达到放电终止电压；
- 计量荷电保持容量（以 Ah 计）；
- 测试对象再按 6.3.4 方法充电；
- 室温下，测试对象以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电至任一单体电压达到放电终止电压；
- 计量恢复容量（以 Ah 计）。

6.3.6.3 高温下无负载容量损失

试验步骤如下：

- 测试对象按 6.3.4 方法充电；
- 测试对象在 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下储存 7d；
- 测试对象在室温下充分搁置，直至 |所有监测点温度 - 环境温度| $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，以适应环境温度，测试对象以 $1I_1$ (A) 电流放电至任一单体电压达到放电终止电压；
- 计量荷电保持容量（以 Ah 计）；
- 测试对象再按 6.3.4 方法充电；
- 室温下，测试对象以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电至任一单体电压达到放电终止电压；

g) 计量恢复容量 (以 Ah 计)。

6.3.7 储存中容量损失

测试对象为锂离子电池包或系统。

试验步骤如下:

- a) 测试对象按 6.3.4 方法充电;
- b) 测试对象室温下,以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电 30 min (或供需双方商定的时间);
- c) 测试对象断开高压连接、低压连接,关闭冷却系统及其他必要的连接装置,在 $45^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下储存 30d;
- d) 测试对象室温下充分搁置,直至 $|\text{所有监测点温度}-\text{环境温度}| \leq 2^{\circ}\text{C}$,以适应环境温度;
- e) 测试对象按 6.3.4 方法充电;
- f) 测试对象在室温下,以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电至任一单体电压达到放电终止电压;
- g) 计量恢复容量 (以 Ah 计)。

6.3.8 防护等级

测试对象为锂离子电池包或系统。

按照整车技术条件规定防护等级,按照 GB/T 4208—2017 进行试验。

6.3.9 电磁兼容

按照 GB/T 24338.4 进行试验,试验条件和测试对象由供需双方协商确定。

6.3.10 绝缘电阻

测试对象为锂离子电池包或系统。

使用兆欧表测量主回路和控制回路的绝缘电阻。

6.3.11 介电强度

测试对象为锂离子电池包或系统。

按照 GB/T 21413.1 进行试验。

6.4 安全试验

所有安全试验均在有充分安全保护的环境条件下进行。

6.4.1 机械冲击

测试对象为锂离子动力电池系统。如果锂离子动力电池系统由于某些原因(如尺寸或重量等)不适合进行机械冲击测试,供需双方协商一致后可以用电池包或电池系统的子系统代替作为测试样品。但需要包含系统原有成套接插件以及与外部有固定关系的电气设备。

机械冲击测试按照 GB/T 21563 的规定进行试验。

6.4.2 耐振动

测试对象为锂离子动力电池系统。如果锂离子动力电池系统由于某些原因(如尺寸或重量)不适合进行耐振动测试,供需双方协商一致后可以用电池包或电池系统的子系统代替作为测试样品,但需要包含系统原有成套接插件以及与外部有固定关系的电气设备。测试开始前,将测试对象的 SOC 状态调至不低于制造商规定的正常 SOC 工作范围的 50%。

耐振动测试按照 GB/T 21563 的规定进行试验,试验后观察 2h。

6.4.3 模拟碰撞

根据机车质量、设计运行速度、车体结构及材料刚性、强度和电池系统安装结构、材料和强度等对

锂离子动力电池系统进行模拟碰撞的仿真计算，分析锂离子动力电池系统在碰撞时的受力情况，并提供分析报告。

6.4.4 挤压

测试对象为锂离子电池包或系统。

试验步骤如下：

a) 挤压板形式：选择以下两种挤压板中的一种：

1) 半径 75 mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度 (L) 大于试验对象的高度，但不超过 1 m，如图 1 所示；

2) 挤压板如图 2 所示，外廓尺寸为 600mm×600mm 或更小，三个半圆柱体半径为 75mm，半圆柱体间距 30mm。

b) 挤压方向和挤压程度根据锂离子电池在整车布局确认，并提供电池箱在整车的布局图及受力分析报告；

c) 保持 10 min；

d) 观察 1h。

注：车辆行驶方向为 x 轴，另一垂直于行驶方向的水平方向为 y 轴。

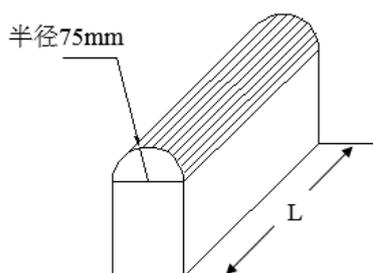


图1 挤压板形式一示意图

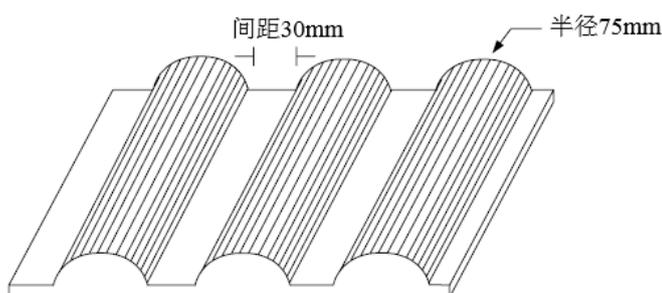


图2 挤压板形式二示意图

6.4.5 温度冲击

测试对象为锂离子电池包或系统

试验步骤如下：

a) 锂离子电池包或系统置于 $(-40\pm 2)^\circ\text{C} \sim (85\pm 2)^\circ\text{C}$ 的交变温度环境中，两种极端温度的转换时间在 30 min 以内；

b) 测试对象在每个极端温度环境中保持 8 h，循环 5 次；

c) 在室温下观察 2 h。

6.4.6 交变湿热

测试对象为锂离子电池包或系统。

交变湿热测试按照 GB/T 25119—2010 中 12.2.5 的规定进行试验。

6.4.7 外部火烧

测试对象为锂离子动力电池系统。锂离子动力电池系统由于某些原因不适合进行外部火烧测试，供需双方协商一致后可以用电池包或电池系统的子系统代替作为测试样品，测试样品外部可增加测试用箱体及其他附件，但需证明测试用箱体或其他附件的材料与电池系统箱体或其他附件的材料相同且结构类同。

试验步骤如下：

- a) 盛放汽油的平盘尺寸超过测试对象尺寸 20cm，不超过 50cm。平盘高度不高于汽油表面 8cm。测试对象应居中放置，汽油液面与测试对象的距离设定为 50cm，平盘底层注入水；
- b) 0℃ 以上，风速不大于 2.5km/h 的试验环境下，在离被测对象至少 3m 远的地方点燃汽油，经过 60s 预热，将油盘置于被测对象下方。如果油盘无法移动，可以移动被测对象或支架；
- c) 测试对象直接暴露在火焰下 70s；
- d) 用盖板盖住油盘，测试对象在该状态下测试 60s。或经双方协商同意，继续直接暴露在火焰中 60 s；
- e) 将油盘移走，观察 2h 或测试对象外表温度降至 45℃ 以下。

6.4.8 盐雾

测试对象为锂离子动力电池系统。锂离子动力电池系统由于某些原因（如尺寸或重量）不适合进行盐雾测试，供需双方协商一致后可以用电池包或电池系统的子系统代替作为测试样品，测试样品外部可增加测试用箱体及其他附件，但需证明测试用箱体或其他附件的材料与电池系统箱体或其他附件的材料相同且结构类同。

盐雾测试按照 GB/T 25119—2010 中 12.2.10 的规定进行试验。

6.4.9 高海拔

测试对象为锂离子电池包或系统。

试验步骤如下：

- a) 根据整车技术条件确定测试环境海拔高度或同等高度的气压条件，温度为室温；
- b) 电池包或系统在测试环境下搁置 5h，然后进行电流为 1I1 恒流放电，至放电截止条件；
- c) 观察 2h。

6.4.10 过温保护

测试对象为锂离子动力电池系统。试验应在 20℃ ± 10℃ 的环境温度或更高温度（如果电池系统制造商要求）下进行。在试验开始时，影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态，冷却系统除外。

试验步骤如下：

- a) 通过外部充放电设备对测试对象进行持续充电和放电，使电流在电池系统制造商规定的正常工作范围内尽可能地升高电池的温度；
- b) 测试对象温度逐渐升高，至电池系统制造商定义的过热保护措施的工作温度阈值或电池系统制造商规定的最高工作温度，然后保持在等于或高于此温度，直到试验结束；
- c) 当符合以下任一条件时，结束试验：
 - 1) 试验对象自动终止或限制充电或放电；
 - 2) 试验对象发出终止或限制充电或放电的信号；
 - 3) 试验对象的温度稳定，温度变化在 2 h 内小于 4℃。

注：为保护试验操作安全，制造商应提供试验上限参数（如温度上限等），采用此上限参数强制终止的试验判定为

失败。

d) 试验结束后, 应在试验环境温度下观察 1 h。

6.4.11 过充电保护

测试对象为锂离子动力电池系统。试验应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的环境温度或更高温度 (如果电池系统制造商要求) 下进行。在试验开始时, 影响测试对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态。用于充电的所有相关的主要接触器都应闭合。

试验步骤如下:

- a) 按照电池系统制造商推荐的正常操作 (如使用外部充电器), 调整试验对象的 SOC 到正常工作范围的中间部分。只要试验对象能够正常运行, 可不需要精确的调整;
- b) 外部充电设备应连接到试验对象的主端子。外部充电设备的充电控制限制应禁用;
- c) 试验对象应由外部充电设备在电池系统制造商许可的用时最短的充电策略下进行充电;
- d) 充电应持续进行, 直至符合以下任一条件时, 结束试验:
 - 1) 试验对象自动终止充电电流。
 - 2) 试验对象发出终止充电电流的信号。
 - 3) 当试验对象的过充电保护控制未起作用, 或者如果没有自动终止充电电流。继续充电, 使得试验对象温度超过电池系统制造商定义的最高工作温度 10°C 。
 - 4) 当充电电流未终止且试验对象温度低于最高工作温度 10°C 时, 充电应持续 12 h。

注: 为保护试验操作安全, 制造商应提供试验上限参数 (如单体电压上限、温度上限等), 采用此上限参数强制终止的试验判定为失败。

e) 试验结束后, 应在试验环境温度下观察 1 h。

6.4.12 过放电保护

测试对象为锂离子动力电池系统。试验应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的环境温度或更高温度 (如果电池系统制造商要求) 下进行, 在试验开始时, 影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态。用于放电的所有相关的主要接触器都应闭合。

试验步骤如下:

- a) 按照电池系统制造商推荐的正常操作 (如使用外部充电器), 调整试验对象的 SOC 到较低水平, 但应在正常的工作范围内。只要试验对象能够正常运行, 可不需要精确的调整;
- b) 外部放电设备应连接到试验对象的主端子。
- c) 与电池系统制造商协商, 在规定的正常工作范围内以稳定的电流进行放电。放电应持续进行, 直至符合以下任一条件时, 结束试验:
 - 1) 试验对象自动终止放电电流;
 - 2) 试验对象发出终止放电电流的信号;
 - 3) 当试验对象的自动中断功能未起作用, 或者没有自动终止放电电流, 则应继续放电, 使得试验对象放电到其额定电压的 25% 为止;
 - 4) 试验对象的温度稳定, 温度变化在 2 h 内小于 4°C 。

注: 为保护试验操作安全, 制造商应提供试验上限参数 (如单体电压下限, 温度上限等), 采用此上限参数强制终止的试验判定为失败。

e) 试验结束后, 应在试验环境温度下观察 1 h。

6.4.13 过流保护

测试对象为可由外部直流电源供电的锂离子动力电池系统

试验步骤如下:

- a) 按照电池系统制造商推荐的正常操作 (如使用外部充电设备), 调整试验对象的 SOC 到正常

工作范围的中间部分，只要锂离子动力电池系统能够正常运行，可不需要精确的调整；

- b) 与电池系统制造商协商确定可以施加的过电流（假设外部直流供电设备的故障）和最大电压（在正常范围内）；
- c) 连接外部直流供电设备，改变或禁用充电控制通信，以允许通过与电池系统制造商协商确定的过电流水平；
- d) 启动外部直流供电设备，对锂离子动力电池系统进行充电，以达到电池系统制造商规定的最高正常充电电流。然后，将电流在 5s 内从最高正常充电电流增加到 b) 所述的过电流水平，并继续进行充电；
- e) 当符合以下任一条件时，结束试验：
 - 1) 测试对象自动终止充电电流；
 - 2) 测试对象发出终止充电电流的信号；
 - 3) 测试对象的温度稳定，温度变化在 2 h 内小于 4℃。

注：为保护试验操作安全，制造商应提供试验上限参数（如单体电压上限、温度上限等），采用此上限参数强制终止的试验判定为失败。

- f) 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

6.4.14 短路保护

测试对象为锂离子动力电池系统或锂离子电池包及相关附件。试验应在 $20\pm 10^{\circ}\text{C}$ 的环境温度或更高温度（如果电池系统制造商要求）下进行。在试验开始时，影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态。

试验步骤如下：

- a) 在开始试验时，用于充电和放电的相关主要接触器都应闭合，来表示可行车模式以及允许外部充电的模式。如果这不能在单次试验中完成，则应进行两次或更多次试验；
- b) 将试验对象的正极端子和负极端子相互连接来产生短路。短路电阻不超过 $5\text{ M}\Omega$ ；
- c) 保持短路状态，直至符合以下任一条件时，结束试验：
 - 1) 测试对象的保护功能起作用，并终止短路电流；
 - 2) 测试对象外壳温度稳定（温度变化在 2 h 内小于 4℃）后，继续短路至少 1 h。
- d) 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

6.4.15 短路

测试对象为锂离子动力电池系统中两熔断器之间的所有电池（不含熔断器），如果测试对象由于某些原因（如可操作性、安全性等）不适合直接进行短路试验，供需双方协商一致后可以用一个或多个电池包作为测试样品，需要对试验的合理性进行分析论证，并提供相应的分析报告。

试验步骤如下：

- a) 测试对象按 6.3.4 方法充电；
- b) 将测试对象正、负极经外部短路 10 min，外部线路电阻不应大于 $5\text{ M}\Omega$ ；
- c) 观察 1 h。

6.4.16 热失控

测试对象为锂离子电池包或系统，可使用测试用箱体及其他附件，但需证明测试用箱体或其他附件的材料与电池系统箱体或其他附件的材料相同且结构类同，且热失控触发对象周围的设备布置情况与实际系统相同。

试验步骤如下：

- a) 确认试验环境条件：
 - 1) 温度为 $25\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 15%~90%，大气压力为 $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ ；

- 2) 测试对象试验前按 6.3.4 方式充电;
- 3) 试验开始前,所有的试验装置都应正常运行。若选择过充作为热失控触发方法,需关闭过充保护功能;
- 4) 试验应尽可能少地对测试样品进行改动,制造商需提交所做改动的清单;
- 5) 试验应在室内环境或者风速不大于 2.5km/h 的环境下进行。

b) 选择触发对象:

要求热失控触发对象在热失控时产生的热量应非常容易传递至相邻锂离子电池单体。例如,选择锂离子电池包内最靠近中心位置的锂离子电池单体,或者被其它锂离子电池单体包围且很难产生热辐射的锂离子电池单体。

c) 选择热失控触发方法:

考虑到试验的可行性和可重复性,推荐针刺、加热和过充三种方法作为锂离子电池动力锂电池系统热失控试验的候选方法,制造商可以选择其中一种方法。除上述推荐的方法之外,制造商也可自行选择其他方法来触发热失控。

d) 根据选择触发方法和对象进行热失控测试:

1) 针刺触发热失控:

刺针材料: 钢;

刺针直径: 3mm~8mm;

针尖形状: 圆锥形, 角度为 20°~60°; 针刺速度: 10~100mm/s;

针刺位置及方向: 选择可能触发锂离子电池单体发生热失控的位置和方向(例如,垂直于极片的方向)。

如果能够发生热失控,也可以直接从锂离子电池的防爆阀刺入,被针刺穿孔的锂离子电池单体称为触发对象。

2) 加热触发热失控:

使用平面状或者棒状加热装置,并且其表面应覆盖陶瓷,金属或绝缘层;

对于尺寸与锂离子电池单体相同的块状加热装置,可用该加热装置代替其中一个锂离子电池单体;

对于尺寸比锂离子电池单体小的块状加热装置,则可将其安装在模块中,并与触发对象的表面直接接触;

对于薄膜加热装置,则应将其始终附着在触发对象的表面;

在任何可能的情况下,加热装置的加热面积都不应大于锂离子电池单体的表面积;

将加热装置的加热面与锂离子电池表面直接接触,加热装置的位置应与图 3 中规定的温度传感器的位置相对应;

安装完成后,立即启动加热装置,以加热装置的最大功率对触发对象进行加热;加热装置的功率要求见表 3,但不做强制性要求。

3) 过充触发热失控:

以最小 $1/3I_1$ (A)、最大不超过电池厂商规定正常工作范围的最大电流对触发对象进行恒流充电,直至其发生热失控。

e) 电压及温度的监测:

监测触发对象的电压和温度以判定是否发生热失控。监测电压时,不应改动原始的电路;监测温度定义为测试过程中触发对象的最高表面温度。温度数据的采样间隔应小于 1s,准确度要求为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,温度传感器尖端的直径应小于 1mm。

针刺触发时,温度传感器的位置应尽可能接近短路点(如图 3)。

加热触发时,温度传感器布置在远离热传导的一侧,即安装在加热装置的对侧(如图 4)。如果很难直接安装温度传感器,则将其布置在能够探测到触发对象连续温升的位置。

- e) 根据以下三点判断系统是否发生热失控：
- 1) 触发对象产生电压降，且下降值超过初始电压的 25%；
 - 2) 监测点温度达到制造商规定的最高工作温度；
 - 3) 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1^\circ\text{C/s}$ ，且持续 3 s 以上。
- 当 1) & 3) 或者 2) & 3) 发生时，判定发生热失控。
- f) 加热过程中及加热结束 1 h 内，如果发生起火、爆炸现象，则试验终止。

表 3 加热装置功率选择

测试对象能量 E/Wh	加热装置最大功率/W
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1000
$400 \leq E < 800$	300~2000
$E \geq 800$	>600

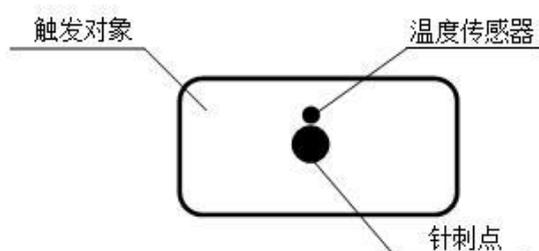


图 3 针刺触发时温度传感器布置位置示意图

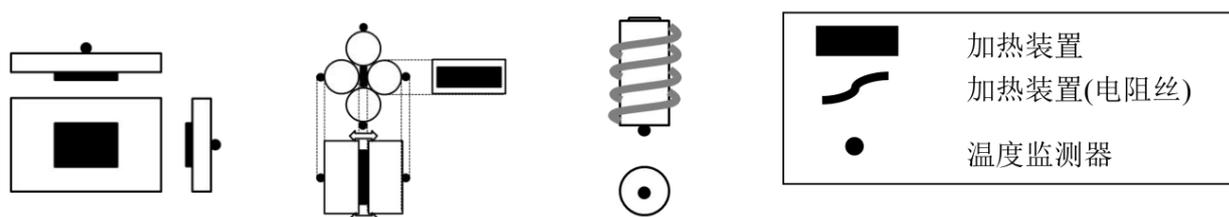


图 4 加热触发时温度传感器的布置位置示意图

6.5 工况验证试验

6.5.1 试验要求

工况验证试验为定制化设计试验（可选），需要由电池应用厂家根据整车技术条件规定用于试验测试的参数，并规定对应测试的性能需求指标，详细参见附录 A。

6.5.2 不同温度及倍率下放电性能

测试对象为锂离子电池包或系统，试验步骤如下：

- a) 锂离子电池包或系统按 6.3.4 方法充电；
- b) 锂离子电池包或系统在温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 下搁置，直至所有监测点温度与环境温度的差值不大于 2°C ，

以适应环境温度；

- c) 温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 下，根据电池类型分别以厂家需求倍率放电至包或系统中任一单体电压达到厂家技术条件中规定的放电终止电压；
- d) 计量可用放电容量和能量（以 Ah 和 Wh 计），并记录放电过程包或系统中所有温度监测点的温升。

注：温度与倍率的正交试验设计方式参考附录表 B.1。

试验时任一温度检测点最高温度不应超过 65°C 或制造商与厂家协商确定的最高温度，最低温度不应超过 -35°C 或制造商与厂家协商确定的最低温度，否则停止试验。

6.5.3 不同温度及倍率下充电性能

测试对象为锂离子电池包或系统，试验步骤如下：

- a) 室温下，锂离子电池包或系统以 $1I_1(\text{A})$ 电流放电，至包或系统中任一单体电压达到厂家技术条件中规定的放电终止电压，静置 1h；
- b) 锂离子电池包或系统在温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 下搁置，直至所有监测点温度与环境温度的差值不大于 2°C ，以适应环境温度；
- c) 温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 下，锂离子电池包或系统根据电池类型分别以厂家需求倍率充电，至厂家规定的充电终止条件，记录充电过程包或系统中所有温度监测点的温升；
- d) 锂离子电池包或系统在室温下充分搁置，直至电池温度恢复至室温；
- e) 室温下，锂离子电池包或系统以 $1I_1(\text{A})$ 电流放电，至包或系统中任一单体电压达到厂家技术条件中规定的放电终止电压；
- f) 计量放电容量和能量，作为该条件下锂离子电池包或系统的有效充入容量和能量（以 Ah 和 Wh 计）。

注：温度与倍率的正交试验设计方式参考附录 B 中表 B.2。

试验时任一温度检测点最高温度不应超过 65°C 或制造商与厂家协商确定的最高温度，最低温度不应超过 -35°C 或制造商与厂家协商确定的最低温度，否则停止试验。

6.5.4 特征工况下的温度及温场分布

测试对象为锂离子电池包或系统，要求有独立的散热单元，散热系统开启，能够模拟整车散热环境。试验步骤如下：

- a) 锂离子电池包或系统按 6.3.4 方法充电；
- b) 锂离子电池包或系统在整车技术条件中规定的最高环境温度下搁置，适应环境温度；
- c) 对锂离子电池包或系统按照厂家规定的用于温度及温场测试的特征工况电流进行充放电，持续循环，循环时间不少于 2h，同时连续两次循环峰值温度变化小于 1°C 时停止，记录该过程中的包或系统中所有温度监测点温度变化；
- d) 计算充放电过程中电池单体最高温度及系统内单体的最大温差。

注：试验时任一温度监测点最高温度不应超过 65°C 或制造商与厂家协商确定的最高温度，否则停止试验。

6.5.5 充放电功率需求验证

测试对象为锂离子电池包或系统，允许带有独立散热单元，散热系统开启。试验步骤如下：

- a) 锂离子电池包或系统按 6.3.4 方法充电；
- b) 常温下，以常温 $1I_1(\text{A})$ 放电容量为基准，调整锂离子电池包或系统至测试 SOC；
- c) 锂离子电池包或系统在温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 下搁置，直至 $|\text{所有监测点温度} - \text{环境温度}| \leq 2^{\circ}\text{C}$ ，以适应环境温度；
- d) 根据厂家规定的 $I-c(\text{SOC}, T, t)$ 电流持续充电时间 t ；
- e) 锂离子电池包或系统在室温下充分搁置，直至电池温度恢复至室温；

- f) 重复步骤 a) ~c) ;
- g) 根据厂家规定的 $I-d(SOC, T, t)$ 电流持续放电时间 t 。

6.5.6 能量效率

测试对象为锂离子电池包或系统，要求有独立的从板控制散热单元，控制及散热系统开启。试验步骤如下：

- a) 锂离子电池包或系统按 6.3.4 方法充电；
- b) 以常温 $1I_1$ (A) 电流放电容量为基准，调整电池到最高工作 SOC；
- c) 锂离子电池包或系统在温度 T (°C) 下搁置，直至 |所有监测点温度—环境温度| $\leq 2^\circ\text{C}$ ，以适应环境温度；
- d) 温度 T (°C) 下根据电池特征工况电流对电池进行充放电，循环 N 次 ($N \geq 1$)，最终电池回到最高工作 SOC；
- e) 计量累计放电能量 E_1 和累计充电能量 E_2 (以 Wh 计)；
- f) 计算规定条件下的能量效率：

$$\eta = \frac{E_1}{E_2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

注：试验时任一温度监测点最高温度不应超过 65°C 或制造商与厂家协商确定的最高温度，否则停止试验。

6.5.7 容量及 SOC 不一致性

测试对象为锂离子电池包或系统，允许带有均衡单元，均衡系统开启，试验步骤如下：

- a) 锂离子电池包或系统按 6.3.4 方法充电；
- b) 以常温 $1I_1$ (A) 电流放电容量为基准，调整电池到最高工作 SOC；
- c) 锂离子电池包或系统在温度 T (°C) 下搁置，直至 |所有监测点温度—环境温度| $\leq 2^\circ\text{C}$ ，以适应环境温度；
- d) 温度 T (°C) 下，锂离子电池包或系统根据厂家规定的用于不一致性测试的电池特征工况电流进行充放电，循环 N 次 (N 为厂家规定循环次数)；
- e) 锂离子电池包或系统在室温下充分搁置，直至电池温度恢复至室温；
- f) 对包或系统内单体进行编号；
- g) 从 1 号单体开始，对包或系统内所有单体进行步骤 h) ~k) 测试；
- h) 室温下，以 $1I_1$ (A) 电流放电达到放电终止电压，静置 1 h，记录放电容量 Q_{1-i} (i 表示电池编号，下同)；
- i) 室温下，以 $1I_1$ (A) 电流充电，至厂家规定的充电截止条件，静置 1h；
- j) 室温下，以 $1I_1$ (A) 电流放电达到放电终止电压，静置 1 h，记录放电容量 Q_{2-i} ；
- k) 计算容量不一致性 R_Q 和 SOC 不一致性 R_{SOC} ：

$$\text{容量不一致性 } R_Q = \frac{\max(Q_{2-i}) - \min(Q_{2-i})}{\min(Q_{2-i})}; \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{SOC 不一致性 } R_{SOC} = \max\left(\frac{Q_{1-i}}{Q_{2-i}}\right) - \min\left(\frac{Q_{1-i}}{Q_{2-i}}\right); \dots\dots\dots (3)$$

7 检验规则

7.1 出厂检验

每批产品出厂前应在该批产品中随机抽样进行出厂检验。并按表 4 的规定进行。

在出厂检验中，若有一项或一项以上不合格时，应将该批产品退回生产部门返修普检，然后再次提交检验。若再次检验仍有一项或一项以上不合格，则判定该批产品为不合格。

7.2 型式检验

7.2.1 应在以下情况进行型式检验

- a) 新产品投产和老产品转产；
- b) 结构、材料、工艺有较大变动时；
- c) 产品停产半年后再进行生产时；
- d) 转厂；
- e) 合同规定。

7.2.2 在型式检验中，若有一项不合格时，应判定为不合格。

表4 电池系统检测项目

检验项目	要求 对应条款	试验方法 对应条款	检验分类		
			出厂检验	型式试验	
标准试验	外观	5.1.1	6.3.1	√	√
	动力线和极性	5.1.2	6.3.2	√	√
	外形尺寸及质量	5.1.3	6.3.3	√	√
	常温放电容量 ^a	5.1.4	6.3.5	√	√
	无负载容量损失	5.1.5	6.3.6	-	√
	储存中容量损失	5.1.6	6.3.7	-	√
	防护等级	5.1.7	6.3.8	-	√
	电磁兼容 ^b	5.1.8	6.3.9	-	√
	绝缘电阻	5.1.9	6.3.10	-	√
	介电强度	5.1.10	6.3.11	-	√
安全试验	机械冲击	5.2.1	6.4.1	-	√
	耐振动	5.2.2	6.4.2	-	√
	模拟碰撞	5.2.3	6.4.3	-	√
	挤压	5.2.4	6.4.4	-	√
	温度冲击	5.2.5	6.4.5	-	√
	湿热循环	5.2.6	6.4.6	-	√
	外部火烧	5.2.7	6.4.7	-	√
	盐雾	5.2.8	6.4.8	-	√
	高海拔	5.2.9	6.4.9	-	√
	过温保护	5.2.10	6.4.10	-	√
	过充电保护	5.2.11	6.4.11	-	√
	过放电保护	5.2.12	6.4.12	-	√
	过流保护	5.2.13	6.4.13	-	√
	短路保护	5.2.14	6.4.14	-	√
	短路	5.2.15	6.4.15	-	√
	热失控	5.2.16	6.4.16	-	√
工况验证 试验	不同温度及倍率下放电性能 ^b	5.3.1	6.5.2	-	√
	不同温度及倍率下充电性能 ^b	5.3.2	6.5.3	-	√
	特征工况下的温升及温场分布 ^b	5.3.3	6.5.4	-	√
	充放电功率需求验证 ^b	5.3.4	6.5.5	-	√
	能量效率 ^b	5.3.5	6.5.6	-	√
	容量及SOC不一致性 ^b	5.3.6	6.5.7	-	√
^a 出厂检验允许1次循环测试； ^b 由供需双方协商选择测试。					

附录 A
(资料性附录)

工况验证试验的测试参数及性能需求指标

A.1 电池应用厂家应根据整车技术条件规定用于工况验证试验的测试参数，具体如下：

- a) 电池工作环境最低温度；
- b) 电池工作环境最高温度；
- c) 用于温度及温场测试的电池工作特征工况；
- d) 用于不一致性测试的电池工作特征工况；
- e) 用于可用容量测试的电池最大持续放电倍率（不同温度下）；
- f) 用于可用容量测试的电池最大持续充电倍率（不同温度下）；
- g) 工况循环测试中电池最高工作 SOC；
- h) 工况循环测试中电池最低工作 SOC；
- i) 单体电池工作最高电压；
- j) 单体电池工作最低电压。

A.2 电池应用厂家应根据整车技术条件规定性能需求指标，具体如下：

- a) 锂离子电池包或系统放电容量需求（特定温度及倍率下）；
- b) 锂离子电池包或系统充电容量需求（特定温度及倍率下）；
- c) 锂离子电池包或系统内最大温升及温差（特定温度及工况下）；
- d) 锂离子电池包或系统能量效率；
- e) 规定循环次数内锂离子电池包或系统最大容量不一致性和 SOC 不一致性；
- f) 特定 SOC、温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 、脉冲持续时间 t 下的最大充放电电流需求： $I-c(SOC, T, t)$ 表示最大充电电流需求， $I-d(SOC, T, t)$ 表示最大放电电流需求。

注：测试项目中的温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 根据电池使用环境确定，一般分为低温、常温和高温，测试中试验数据以检测数据为准。

附录 B
(资料性附录)

不同温度及倍率下充电和放电试验设计参考表

不同温度及倍率下充电和放电试验设计参考表格见表 B.1、B.2。

表 B.1 锂离子电池包和系统放电性能测试温度及倍率参考表

电池类型	放电电流 A	温度 °C		
		LT	RT	HT
低功率电池	最低放电倍率			
	额定放电倍率			
	最高放电倍率			
中功率电池	最低放电倍率			
	额定放电倍率			
	最高放电倍率			
高功率电池	最低放电倍率			
	额定放电倍率			
	最高放电倍率			

表 B.2 锂离子电池包和系统充电性能测试温度及倍率参考表

电池类型	充电电流 A	温度 °C		
		LT	RT	HT
低功率电池	最低充电倍率			
	额定充电倍率			
	最高充电倍率			
中功率电池	最低充电倍率			
	额定充电倍率			
	最高充电倍率			
高功率电池	最低充电倍率			
	额定充电倍率			
	最高充电倍率			