

ICS 点击此处添加 ICS 号  
点击此处添加中国标准文献分类号



# 中华人民共和国国家标准

GB XXXXX—XXXX

## 电动汽车用锂离子动力蓄电池 安全要求

Lithium-ion traction battery used in electrically propelled road vehicles-

Safety specifications

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2017 年 12 月)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语与定义 .....	1
4 符号和缩略语 .....	4
5 安全要求 .....	4
5.1 锂离子电池单体安全要求 .....	4
5.2 锂离子电池包或系统安全要求 .....	4
6 试验条件 .....	5
6.1 一般条件 .....	5
6.2 测量仪器、仪表准确度 .....	6
6.3 测试过程误差 .....	6
6.4 数据记录与记录间隔 .....	6
7 试验准备 .....	6
7.1 锂离子电池单体试验准备 .....	7
7.2 锂离子电池包或系统试验准备 .....	7
8 试验方法 .....	8
8.1 锂离子电池单体安全性试验方法 .....	8
8.2 锂离子电池包或系统安全性试验方法 .....	10
附 录 A（资料性附录） 锂离子电池包或系统的典型结构 .....	21
附 录 B（规范性附录） 锂离子电池包或系统绝缘电阻测试方法 .....	23
附 录 C（规范性附录） 热扩散乘员保护分析与验证报告 .....	25
附 录 D（资料性附录） 热扩散试验 .....	26

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。  
本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。  
本标准由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC 114）归口。  
本标准负责起草单位：  
本标准参加起草单位：  
本标准主要起草人：

## 引 言

本引言旨在介绍本标准的要求所依据的原则，理解这些原则对电动汽车用锂离子电池单体、电池包或系统的设计和应用是很有必要的。需要注意的是本标准仅考虑电动汽车用锂离子电池单体、电池包或系统最基本的安全要求以提供对人身的安全保护，不涉及生产和运输安全，也不涉及性能和功能特性。

随着技术和工艺的进一步发展必然会要求进一步修订本标准。

在本标准范围内电动汽车用锂离子电池单体、电池包或系统导致的危险是指：

- 泄漏，可能导致高压安全、绝缘失效间接造成电击、起火等危险；
- 起火，直接烧伤人体；
- 爆炸，直接危害人体；
- 电击，由于电流流过人体而引起的伤害。

在确定电动汽车用锂离子电池单体、电池包或系统采用何种设计方案时，需遵守以下的优先次序：

——首先，如有可能，优先选择安全性高的材料，尽量避免使用容易出现绝缘失效、热失控或燃烧起火的材料；

——其次，如果无法实行以上原则，那么需制定保护措施，减少或消除危险发生的可能性。

上述原则不能代替本标准的详细要求，只是让设计者了解这些要求所依据的原则。

电动汽车用锂离子电池单体、电池包或系统的安全性与其材料选择、设计及使用条件有关。其中使用条件包含了正常使用条件、可预见的误用条件和可预见的故障条件，还包括影响其安全的环境条件诸如温度、海拔等因素。

# 电动汽车用锂离子动力蓄电池安全要求

## 1 范围

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

本标准适用于装载在电动汽车上的锂离子电池单体、电池包或系统，镍氢电池单体、电池包或系统等可参照执行。

带格式的：段落间距段前：1 行，段后：1 行

## 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，仅所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 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.43 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装

GB/T 2423.56 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动（数字控制）和导则

GB/T 3730.1-2001 汽车和挂车类型的术语和定义

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 28046.1-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定

GB/T 28046.3 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

GB/T 28046.4 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷

带格式的：段落间距段前：1 行，段后：1 行

## 3 术语与定义

GB/T 3730.1-2001、GB/T 19596-2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**锂离子电池单体** lithium-ion cell

利用锂离子作为导电离子，在阳极和阴极之间移动，将化学能与电能进行相互转换的基本单元装置，通常包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子，并被设计成可充电。

带格式的：段落间距段前：1 行，段后：1 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

### 3.2

**锂离子电池模块** lithium-ion battery module

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

将一个以上锂离子电池单体按照串联、并联或串并联方式组合，并作为电源使用的组合体。也称作锂离子电池组。

### 3.3

#### 锂离子电池包 lithium-ion battery pack

通常包括锂离子电池单体、锂离子电池管理系统、锂离子电池箱及相应附件（冷却部件、连接线缆等），具有从外部获得电能并可对外输出电能的单元。

### 3.4

#### 锂离子电池系统 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。

### 3.5

#### 锂离子电池电子部件 lithium-ion battery electronics

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。

### 3.6

#### 电池控制单元 Battery Control Unit; BCU

控制、管理、检测或计算电池系统的电和热相关的参数，并提供电池系统和其他车辆控制器通讯的电子装置。

### 3.7

#### 额定容量 rated capacity

以制造商规定的条件测得的并由制造商标明的电池单体、模块、电池包或系统的容量值。

注：额定容量通常用安时（Ah）或毫安时（mAh）来表示。

### 3.8

#### 可用容量 available capacity

以制造商规定的条件，从完全充电的电池单体、模块、电池包或系统中释放的容量值。

### 3.9

#### 荷电状态 State-of-charge; SOC

当前电池单体、模块、电池包或系统中按照制造商规定的放电条件可以释放的容量占可用容量的百分比。

### 3.10

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

**爆炸 explosion**

电池单体、模块、电池包或系统外壳猛烈破裂，并且有主要组成部分（固体物质）从非泄气口抛射出来。

3.11

**起火 fire**

电池单体、模块、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。

3.12

**泄气 venting**

电池单体、模块、电池包或系统内部压力增加时，气体通过预先设计好的方式释放出来，以防止破裂或爆炸。

3.13

**外壳破裂 housing crack**

由于内部或外部因素引起电池单体、模块、电池包或系统外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出。

3.14

**泄漏 leakage**

液体从电池单体、模块、电池包或系统中漏出。

注：以测试对象外部可见为准。

3.15

**乘用车 passenger car**

在其设计和技术特性上主要用于载运乘客及其随身行李和/或临时物品的汽车，包括驾驶员座位在内最多不超过9个座位。它也可以牵引一辆挂车。

3.16

**商用车 commercial vehicle**

在设计和技术特性上用于运送人员和货物的汽车，并且可以牵引挂车。

乘用车不包括在内。

3.17

**热失控 thermal runaway**

电池单体放热连锁反应引起的电池自温升速率急剧变化的过热、起火、爆炸现象。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

## 3.18

**热扩散** thermal propagation

电池包或系统内由电池单体热失控引发的其余电池单体接连发生温度上升的现象。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

## 3.19

**充电终止电压** end-of-charge voltage

电池单体、模块、电池包或系统正常充电时允许达到的最高电压。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

## 3.20

**放电终止电压** end-of-discharge voltage

电池单体、模块、电池包或系统正常放电时允许达到的最低电压。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

## 4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

$I_1$ : 1 h 率放电电流 (A)，其数值等于1 h 额定容量值。

$I_3$ : 3 h 率放电电流 (A)，其数值等于1 h 额定容量值的1/3。

带格式的：段落间距段前：1 行，段后：1 行

## 5 安全要求

## 5.1 锂离子电池单体安全要求

5.1.1 锂离子电池单体按 8.1.2 进行过放电试验时，应不起火、不爆炸。

5.1.2 锂离子电池单体按 8.1.3 进行过充电试验时，应不起火、不爆炸。

5.1.3 锂离子电池单体按 8.1.4 进行短路试验时，应不起火、不爆炸。

5.1.4 锂离子电池单体按 8.1.5 进行加热试验时，应不起火、不爆炸。

5.1.5 锂离子电池单体按 8.1.6 进行温度循环试验时，应不起火、不爆炸。

5.1.6 锂离子电池单体按 8.1.7 进行挤压试验时，应不起火、不爆炸。

带格式的：段落间距段前：1 行，段后：1 行

## 5.2 锂离子电池包或系统安全要求

5.2.1 锂离子电池包或系统按 8.2.1.1 进行振动试验，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）；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  $\Omega/V$ 。

5.2.2 锂离子电池包或系统电子装置按照 8.2.1.2 进行振动试验，应连接可靠，结构完好，无装机松动，且试验后状态参数测量准确度满足表 1 要求。

5.2.3 锂离子电池包或系统按照 8.2.2 进行机械冲击试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100  $\Omega/V$ 。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行



5.2.4 锂离子电池包或系统按照 8.2.3 进行模拟碰撞试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

5.2.5 锂离子电池包或系统按照 8.2.4 进行挤压试验，应无起火、爆炸现象。

5.2.6 锂离子电池包或系统按照 8.2.5 进行湿热循环试验，应无泄漏、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小于 100 Ω/V。

5.2.7 锂离子电池包或系统按照 8.2.6 进行浸水安全试验。

按方式一进行，应无起火或爆炸现象；

按方式二进行，试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。电池包各电路接插件及箱体内部均应无水浸入。

5.2.8 锂离子电池包或系统按照 8.2.7 进行热稳定性试验，外部火烧试验应无爆炸现象。

5.2.9 锂离子电池包或系统按照 8.2.8 进行温度冲击试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

5.2.10 锂离子电池包或系统按照 8.2.9 进行盐雾试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。

5.2.11 锂离子电池包或系统按照 8.2.10 进行高海拔试验，应无放电电流锐变、电压异常、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 Ω/V。

5.2.12 锂离子电池系统按照 8.2.11 进行过温保护试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

5.2.13 锂离子电池系统按照 8.2.12 进行过流保护试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

5.2.14 锂离子电池系统按照 8.2.13 进行外部短路保护试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

5.2.15 锂离子电池系统按照 8.2.14 进行过充电保护试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

5.2.16 锂离子电池系统按照 8.2.15 进行过放电保护试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象。试验后的绝缘电阻值不小于 100 Ω/V。

## 6 试验条件

### 6.1 一般条件

6.1.1 除非另有规定，试验环境温度为 25℃±5℃，相对湿度为 15~90%，大气压力为 86 kPa~106 kPa。本标准所提到的室温，是指 25℃±2℃。

6.1.2 8.1 条的试验对象为锂离子电池单体，若制造商无法提供可单独工作的锂离子电池单体，可采用锂离子电池模块来进行试验，安全要求仍按照 5.1 条执行。

6.1.3 对于由车体包覆并构成电池包箱体的，应带箱体或车体测试。

带格式的：段落间距段前：1 行，  
段后：1 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，  
段后：0.5 行

6.1.4 锂离子电池包或系统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，包括冷却系统接口，锂离子电池包或系统的典型结构参见附录 A。制造商需要提供锂离子电池包或系统的安全工作限值，以保证整个测试过程的安全。

6.1.5 锂离子电池包或系统在所有测试前进行绝缘电阻测试。测试位置为：正极和外壳，负极和外壳。要求绝缘电阻不小于  $100 \Omega/V$ 。具体测试方法见附录 B。

6.1.6 当测试的目标环境温度改变时，在进行测试前测试对象需要完成环境适应过程：在低温下静置不少于 24 h；在高温下静置不少于 16 h。

6.1.7 如果锂离子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，那么供需双方协商一致后可以用锂离子电池包或系统的子系统代替作为测试对象，进行全部或部分测试，但是作为测试对象的子系统应该包含和整车要求相关的所有部分。

6.1.8 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  $1 I_1$  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。

6.1.9 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。

6.1.10 锂离子电池单体、电池包或系统的额定容量对于测试过程具有重要影响。锂离子电池单体、电池包或系统的实际可用容量与额定容量之差的绝对值不得超过额定容量的 5%。

6.1.11 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。

6.1.12 锂离子电池单体、电池包或系统放电电流符号为正，充电电流符号为负。

## 6.2 测量仪器、仪表准确度

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求：

- a) 电压测量装置：不低于 0.5 级；
- b) 电流测量装置：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) 质量测量装置： $\pm 0.1\%$ 。

## 6.3 测试过程误差

控制值（实际值）与目标值之间的误差要求如下：

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

## 6.4 数据记录与记录间隔

除非在某些具体测试项目中另有说明，否则测试数据的记录间隔需小于等于 1 Hz，如时间、温度、电流和电压等。

## 7 试验准备

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：1 行，段后：1 行

## 7.1 锂离子电池单体试验准备

### 7.1.1 锂离子电池单体标准充电

7.1.1.1 室温下，锂离子电池单体先以  $1 I_1$  电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压，搁置 1 h(或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间)，然后按制造商提供的充电方法进行充电。

7.1.1.2 若制造商未提供充电方法，则依据以下方法充电：

以  $1 I_1$  或制造商规定且不小于  $I_3$  电流恒流充电至锂离子电池单体达制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电电流降至  $0.05 I_1$  时停止充电，充电后搁置 1 h（或制造商提供的不高于 1 h 的搁置时间）。

### 7.1.2 锂离子电池单体预处理测试

7.1.2.1 正式测试开始前，锂离子电池单体需要先进行预处理循环，以确保试验对象的性能处于激活和稳定的状态。预处理循环在室温下进行，其步骤如下：

- a) 按照 7.1.1 对锂离子电池单体进行标准充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定时间；
- c) 以  $1 I_1$  电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压；
- d) 静置 30 min 或制造商规定时间；
- e) 重复步骤 a)~d) 5 次。

7.1.2.2 如果锂离子电池单体连续两次的放电容量变化不高于额定容量的 3%，则认为锂离子电池单体完成了预处理，预处理循环可以中止。

## 7.2 锂离子电池包或系统试验准备

### 7.2.1 状态参数测量准确度

7.2.1.1 正式开始测试前，应先进行锂离子电池包或系统的电子部件或 BCU 的状态参数测量准确度试验，以确保测试时参数的准确性。

7.2.1.2 锂离子电池包或系统的电子部件或 BCU 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

参数	总电压值	温度值	分电压值
准确度要求	$\leq \pm 2\% \text{ FS}$	$\leq \pm 2^\circ\text{C}$	$\leq \pm 0.5\% \text{ FS}$

### 7.2.2 预处理测试

7.2.2.1 正式测试开始前，锂离子电池包或系统需要先进行预处理循环，以确保测试时试验对象的性能处于激活和稳定的状态。预处理循环在室温下进行，其步骤如下：

- a) 以  $1 I_1$  或按照制造商推荐的充电方法充电至制造商规定的充电截止条件；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的时间；
- c) 使用  $1 I_1$  或按照制造商推荐的放电方法放电至制造商规定的放电截止条件；
- d) 静置 30 min 或制造商规定的时间；
- e) 重复步骤 a)~d) 5 次。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

7.2.2.2 如果锂离子电池包或系统连续两次的放电容量变化不高于额定容量的3%，则认为锂离子电池包或系统完成了预处理，预处理循环可以中止。

7.2.2.3 除非在某些具体测试项目中另有说明，否则如果标准循环和一个新的测试项目之间时间间隔大于24 h，则需要重新进行一次标准充电：使用 $1 I_1$ 充电至制造商规定的充电截止条件或按照制造商推荐的充电方法充电，静置30 min。

## 8 试验方法

### 8.1 锂离子电池单体安全性试验方法

#### 8.1.1 一般要求

所有安全试验均在有充分安全保护的环境条件下进行。如果测试对象有附加主动保护线路或装置，应除去。

#### 8.1.2 过放电

8.1.2.1 测试对象为锂离子电池单体。

8.1.2.2 测试对象按7.1.1方法充电后。

8.1.2.3 以 $1 I_1$ 电流放电90 min。

8.1.2.4 试验结束后，应在试验环境温度下观察1 h。

#### 8.1.3 过充电

8.1.3.1 测试对象为锂离子电池单体。

8.1.3.2 测试对象按7.1.1方法充电后。

8.1.3.3 以 $1 I_1$ 或制造商规定且不小于 $I_3$ 的电流恒流充电至制造商规定的充电终止电压的1.2倍或120% SOC后，停止充电。

~~8.1.3.3~~ **注：**针对过充电截止条件，目前尚存在较大分歧，另一备选方案是“以 $1 I_1$ 或制造商规定且不小于 $I_3$ 的电流恒流充电至制造商规定的充电终止电压的1.1倍或115% SOC后，停止充电”，关于该条的具体说明，请参考编制说明。

8.1.3.4 试验结束后，应在试验环境温度下观察1 h。

#### 8.1.4 短路

8.1.4.1 测试对象为锂离子电池单体。

8.1.4.2 测试对象按7.1.1方法充电后。

8.1.4.3 将测试对象正、负极经外部短路10 min，外部线路电阻应小于5 mΩ。

8.1.4.4 试验结束后，应在试验环境温度下观察1 h。

#### 8.1.5 加热

带格式的：段落间距段前：1行，段后：1行

带格式的：段落间距段前：0.5行，段后：0.5行

带格式的：字体：(默认)黑体，(中文)黑体，小五

带格式的：段，段落间距段前：0磅，段后：0磅

带格式的：字体：小五

带格式的：字体：小五，倾斜

带格式的：字体：小五

带格式的：字体：小五，下标

带格式的：字体：小五，倾斜

带格式的：字体：小五，下标

带格式的：字体：小五

带格式的：字体：宋体，小五

- 8.1.5.1 测试对象为锂离子电池单体。
- 8.1.5.2 测试对象按 7.1.1 方法充电后。
- 8.1.5.3 将测试对象放入温度箱，温度箱按照 5 °C/min 的速率由室温升至 130 °C±2 °C，并保持此温度 30 min 后停止加热。
- 8.1.5.4 对于镍氢电池，温度箱按照 5 °C/min 的速率由室温升至 85 °C±2 °C，并保持此温度 2 h 后停止加热。
- 8.1.5.5 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。
- 8.1.6 温度循环
- 8.1.6.1 测试对象为锂离子电池单体。
- 8.1.6.2 测试对象按 7.1.1 方法充电后。
- 8.1.6.3 放入温度箱中，温度箱温度按照表 2 和图 1 进行调节，循环次数 5 次。
- 8.1.6.4 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

表 2 温度循环试验一个循环的温度和时间

温度, °C	时间增量, min	累计时间, min	温度变化率, °C/min
25	0	0	0
-40	60	60	13/12
-40	90	150	0
25	60	210	13/12
85	90	300	2/3
85	110	410	0
25	70	480	6/7

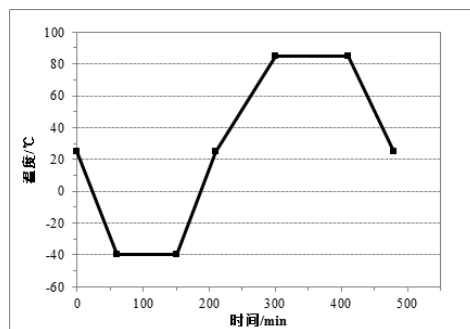


图 1 温度循环试验示意图

- 8.1.7 挤压

带格式的：段落间距段前：1 行，  
段后：1 行

带格式的：段落间距段前：1 行，  
段后：1 行

8.1.7.1 测试对象为锂离子电池单体。

8.1.7.2 测试对象按 7.1.1 方法充电后。

8.1.7.3 按下列条件进行试验：

——挤压方向：垂直于电池单体极板方向施压，或与锂离子电池单体在整车布局上最容易受到挤压的方向相同；

——挤压板形式：半径75 mm的半圆柱体，半圆柱体的长度(L)大于被挤压电池单体的尺寸（参考图2所示）；

——挤压速度：不大于2 mm/s；

——挤压程度：电压达到0 V或变形量达到30%或挤压力达到100 kN后停止挤压；

——保持10 min。

8.1.7.4 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

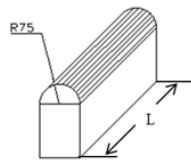


图2 锂离子电池单体挤压板示意图

## 8.2 锂离子电池包或系统安全性试验方法

### 8.2.1 振动

#### 8.2.1.1 锂离子电池包或系统的振动试验

##### 8.2.1.1.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.1.1.2 试验开始前，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%。

8.2.1.1.3 参考 GB/T 2423.43 的要求，将测试对象安装在振动台上。每个方向分别施加随机和定频振动载荷，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，另一垂直于行驶方向的水平方向为 y 轴）。测试过程参照 GB/T 2423.56。

8.2.1.1.4 对于装载在商用车上的电池包或系统，振动测试参数参照表 3 和图 3 进行，对于测试对象存在多个安装方向（x/y/z）时，取 RMS 大者。对于安装在车辆顶部的锂离子电池包或系统，按照制造商提供的不低于表 3 和图 3 的振动测试参数开展振动测试。

8.2.1.1.5 对于装载在乘用车上的电池包或系统，振动测试参数参照表 4 和图 4 进行。

表 3 商用车锂离子电池包或系统的振动测试条件

随机振动			
频率 Hz	z 轴功率谱密度 (PSD) g <sup>2</sup> /Hz	y 轴功率谱密度 (PSD) g <sup>2</sup> /Hz	x 轴功率谱密度 (PSD) g <sup>2</sup> /Hz
5	0.008	0.005	0.002

带格式的：段落间距段前：0.5 行，段后：0.5 行

10	0.042	0.025	0.018
15	0.042	0.025	0.018
40	0.0005	/	/
60	/	0.0001	/
100	0.0005	0.0001	/
200	0.00001	0.00001	0.00001
RMS	0.73 g	0.57 g	0.52 g
时间	12 h	12 h	12 h
正弦定频振动			
定频幅值	±1.5 g	±1.5 g	±2.0 g
定频频率	20 Hz	20 Hz	20 Hz
时间	2 h	2 h	2 h

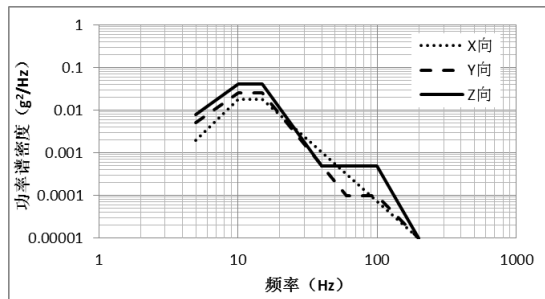


图3 商用车锂离子电池包或系统随机振动测试曲线

表4 乘用车锂离子电池包或系统的振动测试条件

随机振动			
频率 Hz	z 轴功率谱密 (PSD) g <sup>2</sup> /Hz	y 轴功率谱密 (PSD) g <sup>2</sup> /Hz	x 轴功率谱密 (PSD) g <sup>2</sup> /Hz
5	0.015	0.002	0.006
10	/	0.005	/
15	0.015	/	/
20	/	0.005	/
30	/	/	0.006
65	0.001	/	/
100	0.001	/	/
200	0.0001	0.00015	0.00003
RMS	0.64 g	0.45 g	0.50 g
时间	12 h	12 h	12 h
正弦定频振动			
定频幅值	±1.5 g	±1.0 g	±1.0 g

定频频率	24 Hz	24 Hz	24 Hz
时间	1 h	1 h	1 h

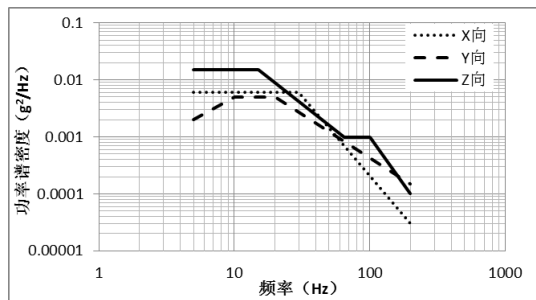


图4 乘用车锂离子电池包或系统随机振动测试曲线

8.2.1.1.6 试验过程中，监控测试对象内部最小监控单元的状态，如电压和温度等。

8.2.1.1.7 试验结束后，应在试验环境温度下观察 2 h。

8.2.1.2 锂离子电池包或系统的电子装置的振动试验

8.2.1.2.1 测试对象为独立安装在整车上的电子电气装置，属于锂离子电池系统的一部分。

8.2.1.2.2 对于安装在车辆悬架之上部位（车身）的测试对象，按照表 5 和图 5 进行随机振动试验；对于其他安装位置的测试对象，参照 GB/T 28046.3 的相关试验进行测试。

表 5 PSD 值和频率

频率, Hz	功率谱密度, $g^2/Hz$
10	0.208
55	0.0676
180	0.0026
300	0.0026
360	0.00145
1000	0.00145
RMS	2.84 g

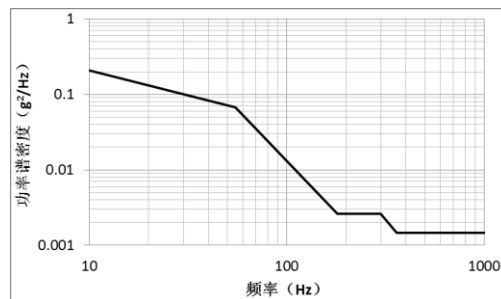




图5 加速度PSD和频率对应关系

8.2.1.2.3 参照 GB/T 2423.56 执行随机振动。测试对象的三个轴向，每个轴向进行 8 h 的振动测试。

8.2.1.2.4 振动过程中测试对象按照 GB/T 28046.1-2011 的要求，工作模式为 3.2。

#### 8.2.2 机械冲击

8.2.2.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.2.2 对测试对象施加 25 g、15 ms 的半正弦冲击波形，z 轴方向冲击 3 次。

8.2.2.3 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，一般应不小于 5 倍冲击脉冲持续时间。

8.2.2.4 试验结束后，应在试验环境温度下观察 2 h。

#### 8.2.3 模拟碰撞

8.2.3.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.3.2 测试对象水平安装在带有支架的台车上，根据测试对象的使用环境给台车施加表 6 和图 6 中规定的脉冲（汽车行驶方向为 x 轴，另一垂直于行驶方向的水平方向为 y 轴）。

8.2.3.3 试验结束后，应在试验环境温度下观察 2 h。

表 6 模拟碰撞试验脉冲参数表

	脉宽 (ms)	≤3.5 t (整车整备质量)		3.5 t~7.5 t (整车整备质量)		≥7.5 t (整车整备质量)	
		x方向加速 度 (g)	y方向加速 度 (g)	x方向加速 度 (g)	y方向加速 度 (g)	x方向加速 度 (g)	y方向加速 度 (g)
A	20	0	0	0	0	0	0
B	50	20	8	10	5	6.6	5
C	65	20	8	10	5	6.6	5
D	100	0	0	0	0	0	0
E	0	10	4.5	5	2.5	4	2.5
F	50	28	15	17	10	12	10
G	80	28	15	17	10	12	10
H	120	0	0	0	0	0	0

带格式的：段落间距段前：1 行，  
段后：1 行

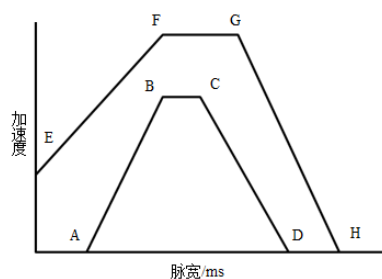


图6 加速度脉冲示意图

## 8.2.4 挤压

8.2.4.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.4.2 按下列条件进行加压：

——挤压板形式：半径75 mm的半圆柱体，半圆柱体的长度大于测试对象的高度，但不超过1 m。

——挤压方向：x和y方向（汽车行驶方向为x轴，另一垂直于行驶方向的水平方向为y轴），为保护试验操作安全，可分开在两个测试对象上执行测试。

——挤压程度：挤压力达到100 kN或挤压变形量达到挤压方向的整体尺寸的30%时停止挤压。

——保持10 min。

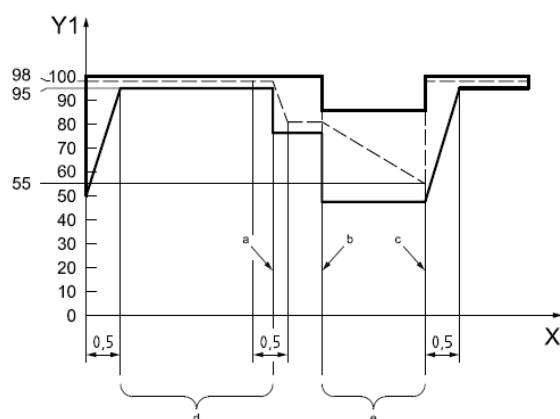
8.2.4.3 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

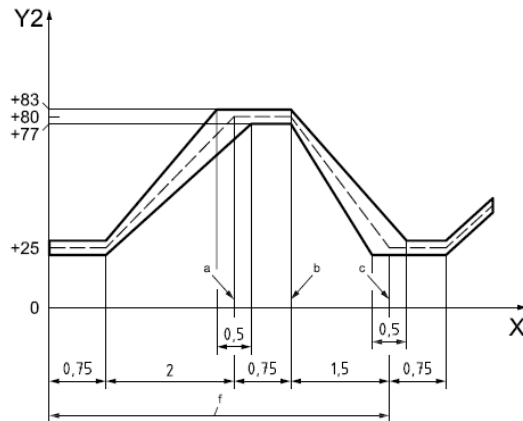
## 8.2.5 湿热循环

8.2.5.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.5.2 参考 GB/T 2423.4 执行试验 Db、变量见图 7。其中最高温度是 80℃，循环 5 次。

8.2.5.3 试验结束后，应在室温下观察 2 h。





说明:

Y1——相对湿度, %; Y2——温度, °C; X——时间, h;

a: 升温结束; b: 降温开始; c: 推荐温湿度值;

d: 冷凝; e: 干燥; f: 一个循环周期;

图7 温湿度循环

## 8.2.6 浸水安全

8.2.6.1 测试对象为通过 8.2.1.1 振动试验后的锂离子电池包或系统。

8.2.6.2 测试对象按照整车连接方式连接好线束、接插件等零部件, 选择以下两种方式中的一种进行试验:

——方式一: 测试对象以实车装配方向置于 3.5%NaCl 溶液(质量分数)中 2 h, 水深要足以淹没测试对象;

——方式二: 测试对象参照 GB/T 4208-2017 中 14.2.7 所述方法和流程进行试验。

8.2.6.3 将电池包取出水面, 在试验环境温度下静置观察 2 h。

## 8.2.7 热稳定性

### 8.2.7.1 外部火烧

8.2.7.1.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.7.1.2 试验环境温度为 0°C 以上, 风速不大于 2.5 km/h。

8.2.7.1.3 测试中, 盛放汽油的平盘尺寸超过测试对象水平尺寸 20 cm, 不超过 50 cm。平盘高度不高于汽油表面 8 cm。测试对象应居中放置。汽油液面与测试对象底部的距离设定为 50 cm。平盘底层注入水。外部火烧示意图如图 8 所示。

8.2.7.1.4 第一阶段：预热。在离测试对象至少 3 m 远的地方点燃汽油，经过 60 s 的预热后，将油盘置于测试对象下方。如果油盘尺寸太大无法移动，可以采用移动测试对象和支架的方式。

8.2.7.1.5 第二阶段：直接燃烧。测试对象直接暴露在火焰下 70 s。

8.2.7.1.6 第三阶段：间接燃烧。将耐火隔板盖在油盘上。测试对象在该状态下测试 60 s。或经双方协商同意，继续直接暴露在火焰中 60 s。耐火隔板由标准耐火砖拼成，具体筛孔尺寸如下图 9 所示，也可以用耐火材料参考此尺寸制作。

8.2.7.1.7 第四阶段：离开火源。将油盘或者测试对象移开，在试验环境温度下观察 2 h 或测试对象外表温度降至 45℃ 以下。

注：对镍氢电池包或系统不做要求。

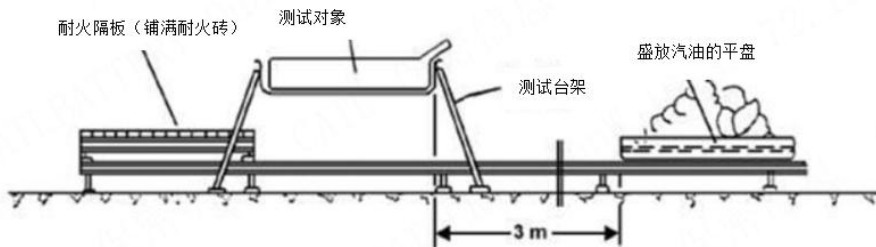
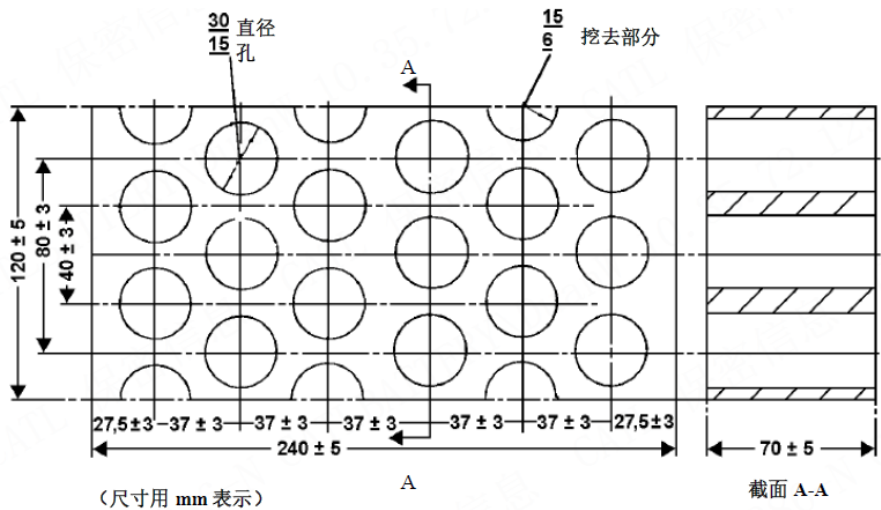


图8 外部火烧示意图



说明：耐火性：SK 30；成分：30-33%  $Al_2O_3$ ；密度：1900-2000  $kg/m^3$ ；有效孔面积：44.18%；开孔率：20-22% 体积比；

图9 耐火隔板的尺寸和技术数据

8.2.7.2 热扩散

锂离子电池包或系统制造商可选择以下两种方式之一进行锂离子电池包或系统热扩散分析或验证：

- 方式一：按照附录C完成热扩散乘员保护分析和验证；
- 方式二：参照附录D完成热扩散试验。

注：对镍氢电池包或系统不做要求。

## 8.2.8 温度冲击

8.2.8.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.8.2 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。测试对象在每个极端温度环境中保持 8 h，循环 5 次。

8.2.8.3 试验结束后，应在室温下观察 2 h。

## 8.2.9 盐雾

8.2.9.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

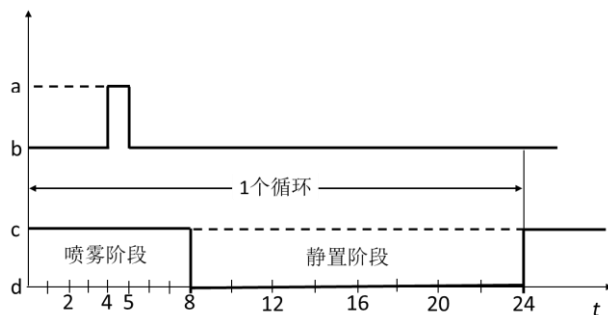
8.2.9.2 参照 GB/T 28046.4 中 5.5.2 的测试方法，按 GB/T 2423.17 测试条件进行试验。

8.2.9.3 盐溶液采用氯化钠（化学纯、分析纯）和蒸馏水或去离子水配制，其浓度为  $(5 \pm 1)\%$ （质量分数）。 $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  下测量 pH 值在 6.5~7.2 之间。

8.2.9.4 将测试对象放入盐雾箱按图 10 所示循环进行，一个循环持续 24 h。在  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  下对测试对象喷雾 8 h，然后静置 16 h，在一个循环的第 4 h 和第 5 h 之间按照 GB/T 28046.1-2011 的要求，工作模式为 3.2。

8.2.9.5 共进行 6 个循环。

8.2.9.6 对于完全放置在乘员舱、行李舱或货舱的测试对象，可不进行盐雾试验。



说明：t—时间，h；a—工作模式为3.2；b—工作模式为1.2；  
c—打开（喷盐雾）；d—关闭（停喷盐雾）。

图10 盐雾试验循环

## 8.2.10 高海拔

8.2.10.1 测试对象为锂离子电池包或系统。

8.2.10.2 测试环境：海拔高度为 4000 m 或等同高度的气压条件（61.2 kPa），温度为室温。

8.2.10.3 在 8.2.10.2 的测试环境下搁置 5 h。

8.2.10.4 对测试对象进行  $1 I_1$  或制造商提供的最大恒流放电电流放电至截止条件。

8.2.10.5 试验结束后，应在试验环境温度下观察 2 h。

#### 8.2.11 过温保护

8.2.11.1 本试验的目的是验证锂离子电池系统运行期间内部过热时，系统不需要借助外部保护措施的情况下可以实现过温保护。

8.2.11.2 试验对象为锂离子电池系统。

8.2.11.3 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。

8.2.11.4 试验对象应由外部充放电设备进行连续充电和放电，使电流在电池系统制造商规定的正常工作范围内尽可能快地升高电池的温度，直到试验结束。

8.2.11.5 室内或温度箱的温度应从  $20 \pm 10^\circ\text{C}$  或更高的温度（如果电池系统制造商要求）开始逐渐升高，直到达到根据 8.2.11.5.1 或下文 8.2.11.5.2（如适用）确定的温度，然后保持在等于或高于此温度，直到试验结束。

8.2.11.5.1 当锂离子电池系统具有内部过热保护措施时，温度应提高到电池系统制造商定义为这种保护措施的工作温度阈值的温度，以确保测试对象的温度将按照 8.2.11.4 的规定升高。

8.2.11.5.2 如果锂离子电池系统没有配备任何具体的内部过热防护措施，那么应将温度升高到电池系统制造商规定的最高工作温度。

8.2.11.6 当符合以下任一条件时，结束试验：

- a) 试验对象自动终止或限制充电或放电。
- b) 试验对象发出终止或限制充电或放电的信号。
- c) 试验对象的温度稳定，温度变化在 2 h 内小于  $4^\circ\text{C}$ 。

注：为保护试验操作安全，制造商应提供试验上限参数，采用此上限参数强制终止的试验判定为失败。

8.2.11.7 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

#### 8.2.12 过流保护

8.2.12.1 本试验的目的是验证直流外部充电过程中的过电流保护的性，以防止锂离子电池系统由于过大充电电流水平（按照电池系统制造商的规定）而引起严重事故。

8.2.12.2 试验对象为可由外部直流电源供电的锂离子电池系统。

8.2.12.3 试验条件：

- a) 试验应在  $20 \pm 10^\circ\text{C}$  的环境温度下进行。
- b) 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，只要锂离子电池系统能够正常运行，可不需要精确的调整。
- c) 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）。

#### 8.2.12.4 按照电池系统制造商的资料进行过电流试验：

- a) 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。
- b) 启动外部直流供电设备，对锂离子电池系统进行充电，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第8.2.12.3(c)所述的过电流水平，并继续进行充电。

#### 8.2.12.5 当符合以下任一条件时，结束试验：

- a) 测试对象自动终止充电电流。
- b) 测试对象发出终止充电电流的信号。
- c) 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，采用此上限参数强制终止的试验判定为失败。

#### 8.2.12.6 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

#### 8.2.13 外部短路保护

##### 8.2.13.1 本试验的目的是验证短路保护的性能，以防止锂离子电池系统由于短路电流而引起严重事故。

##### 8.2.13.2 试验对象为锂离子电池系统。

##### 8.2.13.3 试验条件：

- a) 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。
- b) 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。

##### 8.2.13.4 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。

##### 8.2.13.5 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 mΩ。

##### 8.2.13.6 保持短路状态，直至符合以下任一条件时，结束试验：

- a) 试验对象的保护功能起作用，并终止短路电流。
- b) 试验对象外壳温度稳定（温度变化在2 h内小于4℃）后，继续短路至少1 h。

##### 8.2.13.7 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

#### 8.2.14 过充电保护

##### 8.2.14.1 本试验的目的是验证过充电保护的性能，以防止锂离子电池系统由于过高的 SOC 而引起严重事故。

##### 8.2.14.2 试验对象为锂离子电池系统。

##### 8.2.14.3 试验条件：

- a) 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。
- b) 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。

- c) 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。

#### 8.2.14.4 充电：

- a) 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。
- b) 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。

#### 8.2.14.5 充电应持续进行，直至符合以下任一条件时，结束试验：

- a) 试验对象自动终止充电电流。
- b) 试验对象发出终止充电电流的信号。
- c) 当试验对象的过充电保护控制未起作用，或者如果没有 8.2.14.5 a) 所述的功能。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℃。
- d) 当充电电流未终止且试验对象温度低于最高工作温度 10℃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，采用此上限参数强制终止的试验判定为失败。

#### 8.2.14.6 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。

### 8.2.15 过放电保护

#### 8.2.15.1 本试验的目的是验证过放电保护的性能，以防止锂离子电池系统由于 SOC 过低而引起严重事故。

#### 8.2.15.2 试验对象为锂离子电池系统。

#### 8.2.15.3 试验条件：

- a) 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。
- b) 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，但必须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。
- c) 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。

#### 8.2.15.4 放电：

- a) 外部放电设备应连接到试验对象的主端子。
- b) 应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。

#### 8.2.15.5 放电应持续进行，直至符合以下任一条件时，结束试验：

- a) 试验对象自动终止放电电流。
- b) 试验对象发出终止放电电流的信号。
- c) 当试验对象的自动中断功能未起作用，或者没有 8.2.15.5 a) 所述的功能，则应继续放电，使得试验对象放电到其额定电压的 25% 为止。
- d) 试验对象的温度稳定，温度变化在 2 h 内小于 4℃。

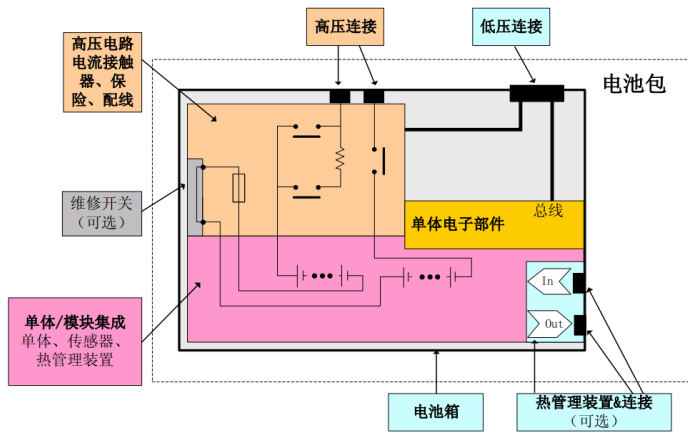
#### 8.2.15.6 试验结束后，应在试验环境温度下观察 1 h。



附录 A  
(资料性附录)  
锂离子电池包或系统的典型结构

A.1 锂离子电池包

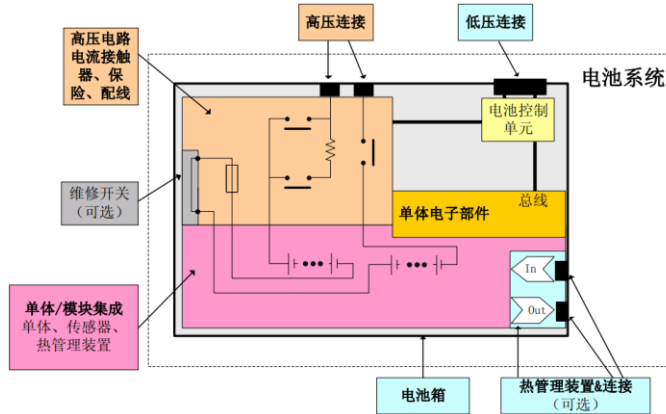
锂离子电池包是能量存储装置，通常包括锂离子电池单体、部件、高压电路、过流保护装置及与其他外部系统的接口（如冷却、高压、辅助低压和通讯等）。图A.1是一个电池包的典型结构。



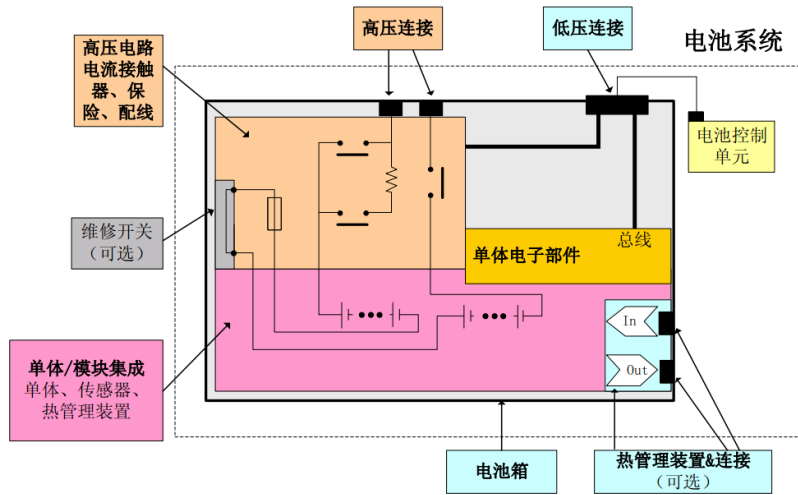
图A.1 锂离子电池包典型结构

A.2 锂离子电池系统

锂离子电池系统是能量存储装置，包括电池单体或电池包、电路和电控单元（如电池控制单元，电流接触器）。锂离子电池系统的典型结构有两种，分别是集成了电池控制单元的锂离子电池系统和带外置电池控制单元的电池系统，分别如图A.2和图A.3所示。



图A.2 含集成电池控制单元的电池系统典型结构



图A.3 外置集成电池控制单元的电池系统典型结构

附 录 B  
(规范性附录)  
锂离子电池包或系统绝缘电阻测试方法

## B.1 目的

明确锂离子电池包或系统的绝缘电阻测量方法。

## B.2 试验条件

锂离子电池包或系统均以制造商规定的满电态进行, 试验环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , 湿度为15%~90%。

电压检测工具的内阻不小于 $10\text{ M}\Omega$ 。此外, 若锂离子电池包或系统有绝缘电阻监测功能, 在测量时应将其关闭或者将绝缘电阻监测单元从B级电压电路中断开, 以免影响测量值。

## B.3 绝缘电阻测试方法:

测量方法可以从以下两种方法中选取:

## B.3.1 方法1:

- a) 使锂离子电池包或系统内的电力、电子开关激活以保证电池系统处于接通状态;
- b) 用相同的两个电压检测工具同时测量锂离子电池包或系统的两个端子和电平台之间的电压, 如图B.1 中所示。较高的一个为 $U_1$ , 较低的一个为 $U_1'$ ;

注: 锂离子电池包或系统的电平台可以是其与整车电平台连接的可导电外壳。

- c) 添加一个已知电阻 $R_0$ , 阻值推荐 $1\text{ M}\Omega$ 。如图B.2 中所示并联在锂离子电池包或系统的 $U_1$ 侧端子与电平台之间。再用B.3.1 b)中的两个电压检测工具同时测量锂离子电池包或系统的两个端子和电平台之间的电压, 测量值为 $U_2$ 和 $U_2'$ ;
- d) 计算绝缘电阻 $R_i$ , 方法如下:

$R_i$ 可以使用 $R_0$ 和四个电压值 $U_1$ 、 $U_1'$ 、 $U_2$ 和 $U_2'$ 以及电压检测设备内阻 $r$ , 代入式(1)或(2)来计算:

$$R_i Pr = R_0 \left( \frac{U_2'}{U_2} - \frac{U_1'}{U_1} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{即 } R_i = \frac{1}{\frac{1}{R_0 \left( \frac{U_2'}{U_2} - \frac{U_1'}{U_1} \right)} - \frac{1}{r}} \dots \dots \dots (2)$$

带格式的: 段落间距段前: 0.5 行, 段后: 0.5 行

带格式的: 段落间距段前: 0.5 行, 段后: 0.5 行

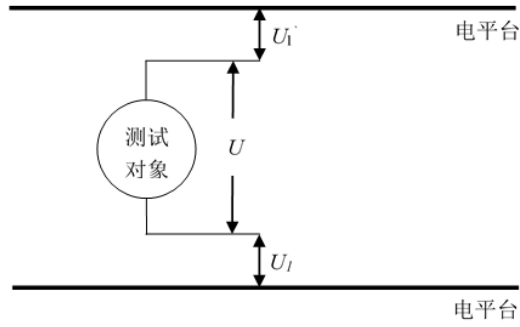


图 B.1 绝缘电阻测量步骤

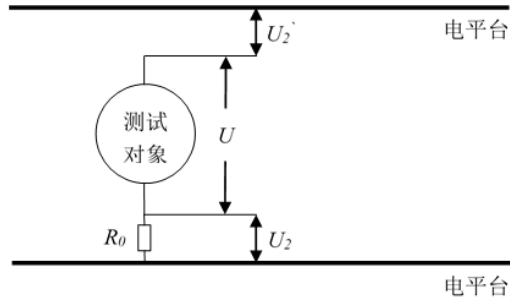


图 B.2 绝缘电阻测量步骤

B.3.2 方法2:

- a) 使锂离子电池包或系统处于接通的状态;
- b) 使用绝缘电阻仪分别测量电池包正极和外壳, 以及负极和外壳之间的绝缘电阻。
  - 测量电压: 使用的测量电压应为锂离子电池包标称电压的 1.5 倍或 500 V (DC) 的电压, 两者取较高值;
  - 测量时间: 施加的电压应该足够长, 以便获得稳定的读数。

根据标准计算方法计算得到的绝缘电阻值除以锂离子电池系统的标称电压U, 所得到值应大于100 Ω/V。

带格式的: 段落间距段前: 0.5 行, 段后: 0.5 行

带格式的: 段落间距段前: 0.5 行, 段后: 0.5 行

带格式的: 段落间距段前: 0.5 行, 段后: 0.5 行

附 录 C  
(规范性附录)  
热扩散乘员保护分析与验证报告

C.1 锂离子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, 应提供一个预先警告信号(服务于整车热事故报警), 提醒乘员疏散。如果热扩散不会产生导致车辆乘员危险的情况, 则认为该要求得到满足。

C.2 锂离子电池包或系统热事故报警信号说明

C.2.1 触发警告的热事件参数(例如温度、温升速率、SOC、电压下降、电流等)和相关阈值水平;

C.2.2 警告信号说明: 描述传感器以及在发生热事件时锂离子电池包或系统控制说明。

C.3 在单个电池热失控引起热扩散的情况下, 在锂离子电池单体、电池包或系统或车辆中应具有保护乘员的功能或特性。制造商应提供以下说明锂离子电池包或系统安全性文件, 包含以下部分:

C.3.1 风险降低分析: 使用适当的行业标准方法记录单个电池热失控导致热扩散所引起的对车辆乘员的风险以及降低风险所采用的缓解功能或特征(例如: IEC 61508、MIL-STD 882E、ISO 26262、AIA G DFMEA、SAE J2929中的故障分析或类似的方法)。

C.3.2 相关物理系统和组件的系统图。相关系统和组件是指有助于保护乘员免受由单个电池热失控引发的热扩散所引起的危害影响的系统和组件。

C.3.3 表示相关系统和组件的功能操作、确认所有风险缓解功能或特性的图表。

C.3.4 对于每个确定的风险缓解功能或特征的说明包括以下部分:

C.3.4.1 对其操作策略的描述;

C.3.4.2 实现功能的物理系统或组件的标识;

C.3.4.3 说明风险缓解功能技术文书: 分析或模拟验证的方法和结果数据;

C.3.4.4 说明风险缓解功能技术文书: 试验验证的方法和结果数据。

a) 试验时间、地点及产品技术参数;

b) 试验程序: 包括试验方法、试验对象、触发对象、监控点布置方案、热失控触发判定条件以及对试验对象所做的改动清单等, 试验方法可参考附录D或由制造商提供的其他方法;

c) 试验结果: 包括系统预警和试验关键事件(热失控触发开启、热失控触发停止、外部烟、火、爆炸)等的试验照片、试验数据和时间等。

C.3.4.5 热扩散乘员保护分析报告需经第三方检测机构核准。

附录 D  
(资料性附录)  
热扩散试验

### D.1 测试对象

测试对象为整车或锂离子电池包或系统。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，  
段后：0.5 行

### D.2 试验条件

试验应在以下条件进行：

- a) 本试验应在温度为0℃以上，相对湿度为15%~90%，大气压力为86~106 kPa的环境中进行。
- b) 试验开始前，测试对象的SOC应调至大于制造商规定的正常SOC工作范围的90%或者95%。
- c) 试验开始前，所有的试验装置应都必须正常运行。
- d) 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。
- e) 试验应在室内环境或者风速不大于2.5 km/h的环境下进行。

注：热扩散试验可能需要在测试开始前对锂离子电池包或系统进行一定程度的改动，导致可能无法进行充电，需在试验开始前确认测试对象的SOC满足要求。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，  
段后：0.5 行

### D.3 试验方法

D.3.1 推荐加热和针刺这两种方法作为锂离子电池系统热扩散试验的候选方法，制造商可以选择其中一种方法，也可自行选择其他方法来触发热失控。

D.3.2 热失控触发对象：试验对象中的锂离子电池单体。选择锂离子电池包内靠近中心位置，或者被其他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。

D.3.3 针刺触发热失控：刺针材料：钢；刺针直径：3 mm~8 mm；针尖形状：圆锥形，角度为20°~60°；针刺速度：10 mm/s ~100 mm/s；针刺位置及方向：选择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）。

D.3.4 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，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；加热装置的加热面积都应不大于锂离子电池单体的表面积；将加热装置的加热面与电池单体表面直接接触，加热装置的位置应与D.3.5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参见表D.1；当发生热失控或者D.3.5定义的监测点温度达到300℃时，停止触发。

带格式的：段落间距段前：0.5 行，  
段后：0.5 行

表D.1 加热装置功率选择

触发对象能量 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

### D.3.5 电压及温度的监测

监测电压时,应不改动原始的电路。监测温度定义为温度 A(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 1 s, 准确度要求为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 温度传感器尖端的直径应小于 1 mm。

针刺触发时, 温度传感器的位置应尽可能接近短路点。

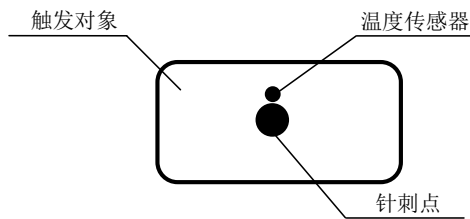


图 D.1 针刺触发时温度传感器的布置位置示意图

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 D.2)。

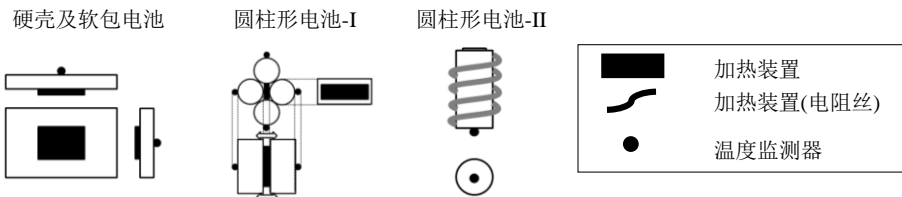


图 D.2 加热触发时温度传感器的布置位置示意图

### D.3.6 判定发生热失控的条件

- 触发对象产生电压降, 且下降值超过初始电压的 25%;
- 监测点温度达到制造商规定的最高工作温度;
- 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1^{\circ}\text{C/s}$ , 且持续 3 s 以上。

当a)和c)或者b)和c)发生时, 判定发生热失控。如果未发生热失控, 为了确保热扩散不会导致车辆乘员危险, 需证明采用D.3.1推荐的加热和针刺方法, 均不会发生热失控。

### D.3.7 热扩散时间记录

如果发生热失控, 记录热事故报警信号发出后试验对象外部发生起火或爆炸的时间 ( $t_1$ ), 如果采用整车进行试验, 还应记录烟气进入乘客舱的时间 ( $t_2$ ), 上述信息应在不拆卸测试样品的前提下通过目视进行判断, 且比较  $t_1$  和  $t_2$  是否大于等于 5 min 并记录比较结果。

### D.4 热扩散试验报告

- 试验时间、地点及产品技术参数;
- 试验程序: 包括试验方法、试验对象、触发对象、监控点布置方案、热失控触发判定条件以及对试验对象所做的改动清单等;
- 试验结果: 包括系统预警和试验关键事件(热失控触发开启、热失控触发停止、外部烟、火、爆炸)等的试验照片、试验数据和时间等。

GB XXXX—XXXX

---