



中国汽车工程学会标准

T/CSAE 60—2017

电池模块测试规范

Battery module test specification

(报批稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

中国汽车工程学会 发布

由中国汽车工程学会发布的本标准,旨在提升产品研发、制造等的水平。标准的采用完全自愿,其对于任何特定用途的可用性和适用性,包括可能的其他风险,由采用者自行负责。

目 次

| | |
|--|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 3.1 电池单体 secondary cell | 1 |
| 3.2 电池模块 battery module | 1 |
| 3.3 能量型蓄电池 high energy density battery | 1 |
| 3.4 绝缘电阻 insulation resistance | 1 |
| 3.5 额定容量 rated capacity | 2 |
| 3.6 实际容量 actual capacity | 2 |
| 3.7 初始容量 initial actual capacity | 2 |
| 3.8 容量恢复能力 capacity recovery | 2 |
| 3.9 充电终止电流 end-of-charge current | 2 |
| 3.10 爆炸 explosion | 2 |
| 3.11 起火 fire | 2 |
| 3.12 扫频循环 sweep cycle | 2 |
| 4 符号 | 2 |
| 5 试验条件、测试设备及试验方法 | 3 |
| 5.1 试验条件 | 3 |
| 5.1.1 环境条件 | 3 |
| 5.1.2 测量仪器、仪表准确度 | 3 |
| 5.2 电池特性试验 | 3 |
| 5.2.1 外观 | 3 |
| 5.2.2 极性 | 3 |
| 5.2.3 外形尺寸和质量 | 3 |
| 5.2.4 绝缘电阻 | 3 |
| 5.2.5 电池模块标准充电 | 3 |
| 5.2.6 开路电压 | 4 |
| 5.2.7 25℃放电容量 | 4 |
| 5.2.8 25℃倍率放电性能 | 4 |
| 5.2.9 低温放电容量 | 4 |
| 5.2.10 高温放电容量 | 4 |
| 5.2.11 常温荷电保持及容量恢复能力 | 4 |
| 5.2.12 高温荷电保持及容量恢复能力 | 5 |
| 5.2.13 耐振动 | 5 |
| 5.2.14 储存 | 5 |
| 5.2.15 工况循环寿命 | 6 |

| | |
|------------------------------|---|
| 5.3 安全性试验 | 6 |
| 5.3.1 过放电 | 6 |
| 5.3.2 过充电 | 6 |
| 5.3.3 短路 | 7 |
| 5.3.4 加热 | 7 |
| 5.3.5 挤压 | 7 |
| 5.3.6 针刺 | 8 |
| 5.3.7 海水浸泡 | 8 |
| 5.3.8 温度冲击 | 8 |
| 6 检验程序 | 9 |
| 6.1 按本程序进行的试验应连续进行。 | 9 |
| 6.2 电池模块试验程序见表 3。 | 9 |
| | |
| 图 1 电池模块挤压板形式和挤压示意图 | 7 |
| 图 2 电池模块针刺示意图 | 8 |
| | |
| 表 1 电池模块工况循环寿命时间和电流分布表 | 6 |
| 表 2 冷热冲击温度和时间 | 8 |
| 表 3 电池模块检验程序 | 9 |

前 言

本规范按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

请注意本规范的某些内容可能涉及专利。本规范的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规范由中国汽车工程学会提出并归口。

本规范起草单位：中国汽车工程研究院股份有限公司、重庆凯瑞电动汽车系统有限公司。

本规范主要起草人：张永生、仇明、赵静炜、张志、唐小晴、张亚明。

本规范为首次发布。

电池模块测试规范

1 范围

本规范规定了下一代纯电动轿车用锂离子电池模块（以下简称电池模块）的检测项目、检测程序、试验方法及检测流程，以指导下一代纯电动轿车用电池模块的检测。为下一代纯电动轿车用动力电池的选型和快速评价，以及电池系统的设计提供依据。

本规范适用于纯电动乘用车用锂离子电池模块。

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 2900.41-2008 电工术语：原电池和蓄电池

3 术语和定义

GB/T 2900.41 中确立的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1 电池单体 secondary cell

直接将化学能转化为电能的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子，并被设计成可充电。

3.2 电池模块 battery module

将一个以上电池单体按照串联、并联或串并混联方式组合，且只有一对正负极输出端子，并作为电源使用的组合体。该组合体允许附带电子控制系统。

3.3 能量型蓄电池 high energy density battery

以高能量密度为特点，主要用于高能量输出的动力电池。

3.4 绝缘电阻 insulation resistance

动力电池端子与金属外壳、电池箱或车体之间的电阻。

3.5 额定容量 rated capacity

企业提供的，在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下，动力电池的 C_2 Ah 数值。

3.6 实际容量 actual capacity

动力电池连续 3 次“ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放电容量”实验数据的平均值（3 次放电容量的最大值与最小值的差异小于额定容量的 3%）。

3.7 初始容量 initial actual capacity

全新动力电池的实际容量 Ah 数值。

3.8 容量恢复能力 capacity recovery

动力电池在一定温度下，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。

3.9 充电终止电流 end-of-charge current

在进行恒压充电时，动力电池终止充电时的电流。

3.10 爆炸 explosion

动力电池外壳猛烈破裂，且有主要成份（固体物质）抛射出来。

3.11 起火 fire

动力电池任何部位发出明火（持续时间长于 1 s），火花及拉弧不属于明火。

3.12 扫频循环 sweep cycle

在规定的频率范围内往返扫描一次，例如： $10\text{ Hz} \sim 55\text{ Hz} \sim 10\text{ Hz}$ 。

4 符号

C_2 —2 小时率额定容量（Ah）。

I_2 —2 小时率放电电流，其数值等于 $C_2/2$ （A）。

5 试验条件、测试设备及试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 环境条件

除另有规定外，试验环境温度为 15 ℃ ~ 35 ℃、相对湿度为 25% ~ 85%、大气压力为 86 kPa ~ 106 kPa 的环境中进行。

5.1.2 测量仪器、仪表准确度

电压测量装置：准确度不低于 0.5 级，其输入阻抗至少为 1 kΩ/V；

电流测量装置：准确度不低于 0.5 级；

温度测量装置：具有适当的量程，其分度值不大于 1 ℃，标定准确度不低于 0.5 ℃；

计时器：按时、分、秒等分度，准确度为 ±0.1%；

测量尺寸的量具：分度值不大于 1 mm；

称量质量的衡器：准确度为 ±0.05% 以上；

绝缘电阻仪：准确度不低于 5%。

5.2 电池特性试验

5.2.1 外观

在良好的光线条件下，用目测法检查电池模块的外观。外观不得有变形及裂纹，表面应平整干燥、无外伤，且排列整齐、连接可靠、标志清晰等。

5.2.2 极性

用电压表检测电池模块的极性。端子极性应正确，并应有正负极的清晰标识。

5.2.3 外形尺寸和质量

用量具和衡器测量电池模块的外形尺寸及质量。外形尺寸及质量应符合生产厂家提供的技术条件。

5.2.4 绝缘电阻

用绝缘电阻仪测量电池模块端子与金属外壳之间的绝缘电阻（若无金属外壳则无需测量），其值应不小于 10 MΩ。

5.2.5 电池模块标准充电

在 25 ℃ ± 2 ℃ 下，电池模块先以 1I₂ (A) 的电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规

定的放电终止电压，静置 60 min（或企业提供的静置时间，不高于 60 min），然后按企业提供的专用规程进行充电。若企业未提供充电规程，则依据以下规程充电：

以 $1I_2$ （A）电流恒流充电至企业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 $0.1I_2$ （A）时停止，若充电过程中有单体蓄电池电压超过充电终止电压 0.1 V 时则停止充电。充电后静置 60 min（或企业提供的静置时间，不高于 60 min）。

5.2.6 开路电压

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下静置 5 h（静置期间电池模块附带的电子控制系统不工作），测量电池模块和单体的开路电压。

5.2.7 25°C 放电容量

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下，以 $1I_2$ （A）电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算容量（以 Ah 计）；重复进行 5 次试验（若连续 3 次试验结果的最大值与最小值的差异小于额定容量的 3%，可提前结束试验），取最后 3 次试验结果的平均值作为放电容量；记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

5.2.8 25°C 倍率放电性能

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下，以 $6I_2$ （A）电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

5.2.9 低温放电容量

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $-20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 温度下储存 24 h 后，以 $1I_2$ （A）电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

5.2.10 高温放电容量

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $55\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 温度下储存 5h 后，以 $1I_2$ （A）电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

5.2.11 常温荷电保持及容量恢复能力

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 温度下储存 28d 后，在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下，以 $1I_2$ （A）电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时

间数据计算荷电保持容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 $1I_2$ (A) 电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算恢复容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

5.2.12 高温荷电保持及容量恢复能力

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下储存 7 d 后，在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下恢复 5 h，以 $1I_2$ (A) 电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算荷电保持容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压、温度变化情况。

电池模块按 5.2.5 方法充电后，在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 $1I_2$ (A) 电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验，用电流值和放电时间数据计算恢复容量（以 Ah 计）；并记录试验过程中电池模块和单体的电压变化情况，以及电池模块表面的温度变化情况。

5.2.13 耐振动

电池模块按 5.2.5 方法充电后，将其紧固到振动试验台上，按下列条件进行线性扫频振动试验：

- a) 放电电流： $1I_2$ (A)；
- b) 振动方向：上下单振动；
- c) 振动频率：10 ~ 55 Hz；
- d) 最大加速度： 30 m/s^2 ；
- e) 扫频循环：10 次；
- f) 振动时间：2 h。

调整振动试验台的振动方向为前后单振动，电池模块按 5.2.5 方法充电后，重复 a) ~ f)，注意 b) 的振动方向改为前后单振动；

调整电池模块的紧固方向（垂直于原紧固方向），电池模块按 5.2.5 方法充电后，重复 a) ~ f)，注意 b) 的振动方向改为前后单振动；

振动试验过程中，观察有无电流锐变、电压异常、漏液、变形、连接松动等异常现象出现。

5.2.14 储存

- a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；
- b) 在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 $1I_2$ (A) 电流放电 60 min；
- c) 在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下储存 21 d；
- d) 在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置 5 h 后，按 5.2.5 方法充电；
- e) 在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 $1I_2$ (A) 电流放电至任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压时停止试验；

f) 用电流值和放电时间数据计算容量（以 Ah 计）；记录试验过程中电池模块和单体的电压、温度变化情况。若容量低于初始容量的 95%，可重复步骤 d) 和 e)，最多可重复 5 次。

5.2.15 工况循环寿命

电池模块工况循环寿命试验按以下步骤进行（除实际容量检查外，试验可以在 25 ℃ ~ 40 ℃ 条件下进行）：

- a) 电池模块按 5.2.5 方法充电（温度范围放宽至 25 ℃ ~ 40 ℃）；
- b) 在 25 ℃ ~ 40 ℃ 条件下，按下表 1 进行工况循环寿命试验，直至电池模块任一单体电压低于企业技术条件中规定的放电终止电压，上述一个充电和若干个工况放电过程定义为 1 个标准循环；
- c) 电池模块按 a) ~ b) 步骤重复标准循环 24 次；
- d) 电池模块按 5.2.7 方法检查实际容量，如果放电容量低于初始容量的 80% 则结束试验；
- e) 重复 a) ~ d) 步骤，直至试验达到结束条件（实际容量低于初始容量的 80%）；
- f) 电池模块工况循环寿命为 a) ~ d) 步骤在规定条件下重复的次数乘以 25。

表 1 电池模块工况循环寿命时间和电流分布表

| 时间增量 [s] | 累计时间 [s] | 电流 [A] | Δ SOC [%] |
|----------|----------|-----------|------------------|
| 5 | 5 | $-6I_2$ | -0.417 |
| 3 | 8 | $2I_2$ | -0.333 |
| 6 | 14 | $2/3I_2$ | -0.278 |
| 40 | 54 | $-2/3I_2$ | -0.648 |
| 30 | 84 | $-1I_2$ | -1.065 |
| 10 | 94 | $-2I_2$ | -1.343 |

5.3 安全性试验

要求每组电池模块由 5 只或以上电池单体串联组成（若电池模块单元采用少于 5 只电池单体串联的形式，则需将电池模块单元进行串联，以达到每组电池模块由 5 只或以上电池单体串联的条件）。

要求用于电池模块安全试验的样品，其 25 ℃ 放电容量测试值，不应低于电池模块的额定容量。

所有安全试验均在有充分环境保护的条件下进行。

5.3.1 过放电

a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；

b) 电池模块以 $1I_2$ (A) 电流放电（若有电子保护线路，应暂时除去电子保护线路）至任一单体电压达到 0V 后继续强制放电 60 min，试验后观察 1 h。

试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

5.3.2 过充电

a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；

b) 电池模块继续以 $1I_2$ (A) 电流充电至任一单体电压达到企业技术条件中规定的充电终止电压的 2 倍或充电容量达到初始容量的 200% 时停止充电，试验后观察 1 h。

试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

5.3.3 短路

- a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；
- b) 将电池模块经外部短路 10 min，外部线路电阻应小于 $5\text{ m}\Omega$ ，试验后观察 1 h。
试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

5.3.4 加热

- a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；
- b) 将电池模块放入加热设备，加热设备按照 $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 $130\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ，并保持此温度 30 min，试验后观察 1 h。
试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

5.3.5 挤压

- a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；
- b) 按下列条件进行试验。

挤压板形式见图 1：一侧是平板，一侧是异形板，异形板的半圆柱形挤压头的典型半径为 75 mm，挤压头间的典型间距为 30 mm。

① 挤压方向：垂直或平行于电池单体排列方向施压。（方形或软包电池单体组成的模块需用 2 组，分别做垂直或平行于电池单体排列方向施压；当测试样品为狭长形时，采用从侧面同时挤压其中 3 个单体的方法）。

② 挤压程度：电池模块变形量达到 30%，或挤压力达到电池模块重量的 1000 倍或达到 500 kN，（以最先达到为准），保持 10 min，试验后观察 1h。

试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

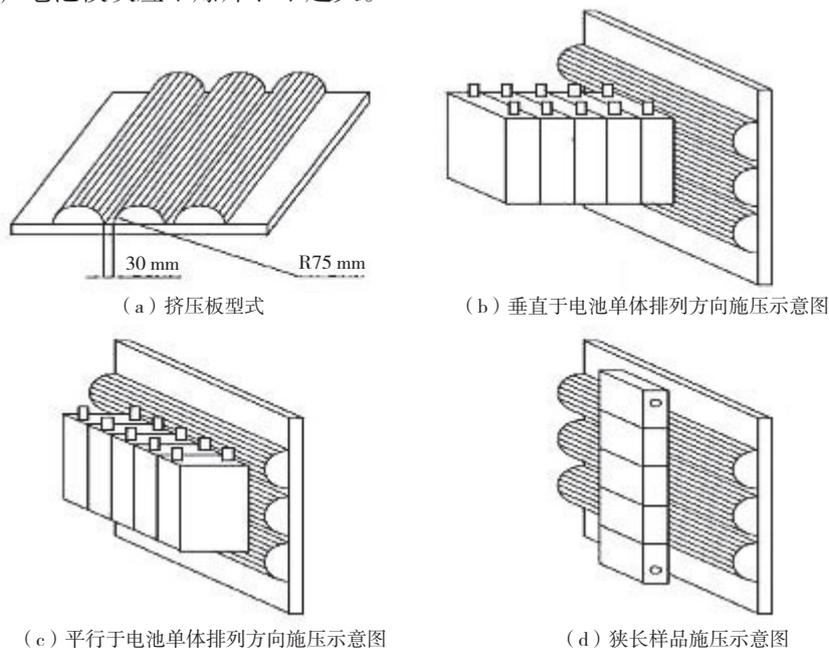


图 1 电池模块挤压板形式和挤压示意图

5.3.6 针刺

a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；

b) 用 $\phi 6 \sim \phi 10 \text{ mm}$ 的耐高温钢针（针尖的圆锥角度为 $45^\circ \sim 60^\circ$ ，针的表面光洁、无锈蚀、氧化层及油污）、以 $20 \sim 30 \text{ mm/s}$ 的速度，从垂直于电池极板的方向且在中心点附近穿过电池单体，直至贯穿 3 个电池单体（钢针停留在电池中），当测试样品为 D 型单体组成的圆筒形模块或狭长形模块时，则用并排的三根钢针垂直从模块侧面依次刺穿三个电池单体（图 2b 和图 2c），试验后观察 1h。

试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

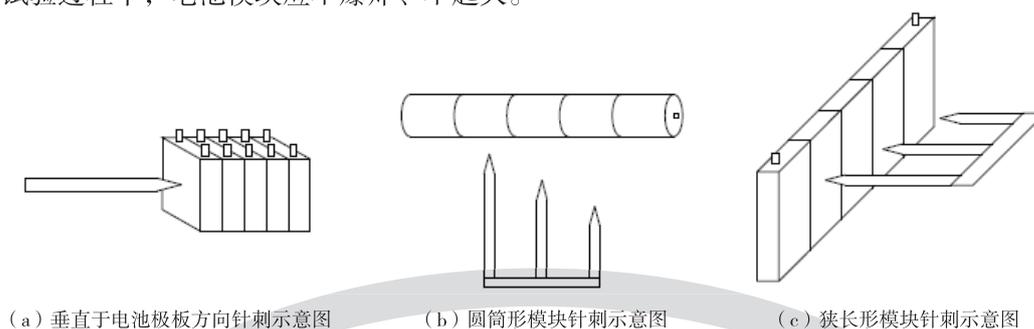


图 2 电池模块针刺示意图

5.3.7 海水浸泡

a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；

b) 将电池模块浸入 3.5%NaCl 溶液（重量百分比，模拟常温下的海水成分；水深应足以完全没过电池模块）中 2 h，或直到所有可见的反应停止。

试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

5.3.8 温度冲击

a) 电池模块按 5.2.5 方法充电；

b) 电池模块在室温下稳定后放入一个自然或循环空气对流的温度箱中。温度箱试验温度按照下表 2 进行调节，温度冲击循环次数 30 次，试验后观察 1 h。

试验过程中，电池模块应不爆炸、不起火。

表 2 冷热冲击温度和时间

| 温度 [$^\circ\text{C}$] | 时间增量 [min] | 累计时间 [min] | 温度变化率 [$^\circ\text{C}/\text{min}$] |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|
| 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 |

6 检验程序

6.1 按本程序进行的试验应连续进行。

6.2 电池模块试验程序见表 3。

表 3 电池模块检验程序

| 序号 | 检验项目 | 检验方法章条号 | 电池模块编号 |
|----|---------------|---------|----------------------------------|
| 1 | 外观 | 5.2.1 | 1 [#] ~ 14 [#] |
| 2 | 极性 | 5.2.2 | |
| 3 | 外形尺寸和质量 | 5.2.3 | |
| 4 | 绝缘电阻 | 5.2.4 | |
| 5 | 开路电压 | 5.2.6 | |
| 6 | 25℃放电容量 | 5.2.7 | |
| 7 | 25℃倍率放电性能 | 5.2.8 | 1 [#] |
| 8 | 低温放电容量 | 5.2.9 | |
| 9 | 高温放电容量 | 5.2.10 | |
| 10 | 常温荷电保持及容量恢复能力 | 5.2.11 | 2 [#] |
| 11 | 高温荷电保持及容量恢复能力 | 5.2.12 | 3 [#] |
| 12 | 耐振动 | 5.2.13 | 2 [#] |
| 13 | 储存 | 5.2.14 | 4 [#] |
| 14 | 工况循环寿命 | 5.2.15 | 5 [#] ~ 6 [#] |
| 15 | 过放电 | 5.3.1 | 7 [#] |
| 16 | 过充电 | 5.3.2 | 8 [#] |
| 17 | 短路 | 5.3.3 | 9 [#] |
| 18 | 加热 | 5.3.4 | 10 [#] |
| 19 | 挤压 | 5.3.5 | 11 [#] |
| 20 | 针刺 | 5.3.6 | 12 [#] |
| 21 | 海水浸泡 | 5.3.7 | 13 [#] |
| 22 | 温度冲击 | 5.3.8 | 14 [#] |