

T/CITSA 08.4-2021

ICS45.060.20

S50

团 体 标 准

T/CITSA 08.4-2021

轨道交通用锂离子动力电池单体和模块 测试规范

Traction battery cell and module for railway application

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 术语和定义	1
4 符号和缩略语	3
5 技术要求	3
6 检验方法	5
7 检测规则	12
附录 A	14
附录 B	15

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、任坤华、彭飞、闫一凡、孙丙香、李明、李克雷、陈吉超。

轨道交通用锂离子动力电池单体和模块测试规范

1 范围

本标准规定了轨道交通用锂离子电池的术语和定义、符号和缩略语、技术要求、检验方法、检验规则。本标准适用于轨道交通用锂离子电池单体/模块，其他类型动力电池应按照其他相应标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 19596—2017 电动汽车术语

GB/T 31485—2015 电动汽车用动力蓄电池安全要求及试验方法

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 锂离子电池单体 Li-ion battery 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。

注：改写自 GB/T 31485—2015，3.1

3.2 锂离子电池模块 Li-ion battery pack

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 额定容量 rated capacity

室温下完全充电的电池以 $1I_f(A)$ 或制造商规定的额定电流放电，达到终止电压时所放出的容量(Ah)。

注：改写自GB/T 31486—2015，3.3

3.4 额定能量 rated energy

室温下完全充电的电池以 $1I_f(A)$ 或制造商规定的额定电流放电，达到终止电压时所放出的能量(Wh)。

注：改写自GB/T 31486—2015，3.4

3.5 初始容量 initial capacity

新出厂的动力电池，在室温下，完全充电后，以 $1I_f(A)$ 或制造商规定的额定电流放电至企业规定的放电终止条件时所放出的容量(Ah)。

注：引自GB/T 31486—2015，3.5

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 功率状态 state-of-power, SOP

当前锂离子电池按照规定充放电条件在一定时间内可以输入或输出的最大功率。

3.9 开路电压 open circuit voltage(off-load voltage) , OCV

锂离子电池在开路条件下的端电压。

注：改写自GB/T 19596-2017，3.3.3.8.2

3.10 荷电保持率 charge retention ratio

锂离子电池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。

3.11 容量恢复能力 charge 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。

3.12 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。

3.13 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)的比值不低于3且低于10的锂离子电池。

3.14 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。

3.15 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。

3.16 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。

3.17 起火 fire

电池单体、模块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。

3.18 外壳破裂 housing crack

由于内部或外部因素引起电池单体或模块外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出。

3.19 泄漏 leakage

液体从电池中漏出。

注：以测试对象外部可见为准。

4 符号和缩略语

下列符号适用于本标准。

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 $C_1/n(A)$

RT: 室温 (room temperature)

LT: 电池工作最低温度 (lowest temperature)

HT: 电池工作最高温度 (highest temperature)

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 外观

外观不应有变形及裂纹, 表面无毛刺、干燥、无外伤、无污物, 且宜有清晰、正确的标志。锂离子电池单体应有清晰和耐久性的标识编码。

5.1.2 极性

电池端子极性标识应正确、清晰。

5.1.3 外形尺寸及重量

外形尺寸及重量应符合企业提供的产品技术条件。

5.1.4 室温放电容量 (初始容量)

测试对象按6.2.5进行室温放电容量试验时, 测试放电容量不应低于额定容量, 并且不超过额定容量的110%, 同时所有测试对象初始容量极差不大于初始容量平均值的5%。

注: 极差是所有样本的最大值和最小值之差。

5.1.5 室温荷电保持与容量恢复能力

测试对象按6.2.6进行室温荷电保持与容量恢复能力试验时, 常温下荷电保持率不应低于初始容量85%, 容量恢复不应低于初始容量的90%。

5.1.6 高温荷电保持与容量保持能力

测试对象按6.2.7进行高温荷电保持与容量保持能力试验时, 高温下荷电保持率不应低于初始容量85%, 容量恢复不应低于初始容量的90%。

5.1.7 储存

测试对象按6.2.8进行储存试验时, 容量恢复不应低于初始容量的90%。

5.1.8 标准循环寿命

测试对象按6.2.9进行标准循环寿命试验时, 循环次数达到500次时放电容量不应低于初始容量的90%, 或者循环次数达到1000次时放电容量不应低于初始容量的80%。

5.2 安全要求

5.2.1 过放电

测试对象按6.3.2进行过放电试验，电池不应爆炸、起火、漏液。

5.2.2 过充电

测试对象按6.3.3进行过充电试验，电池不应爆炸、起火。

5.2.3 短路

测试对象按6.3.4进行短路试验，电池不应爆炸、起火。

5.2.4 跌落

测试对象按6.3.5进行跌落试验时，电池不应爆炸、起火、漏液。

5.2.5 加热

测试对象按6.3.6进行加热试验时，电池不应爆炸、起火。

5.2.6 挤压

测试对象按6.3.7进行挤压试验时，电池不应爆炸、起火。

5.2.7 针刺

测试对象按6.3.8进行针刺试验时，电池不应爆炸、起火。

5.2.8 海水浸泡

测试对象按6.3.9进行海水浸泡试验时，电池不应爆炸、起火。

5.2.9 温度循环

测试对象按6.3.10进行温度循环试验时，电池不应爆炸、起火、漏液。

5.2.10 低气压

测试对象按6.3.11进行低气压试验时，电池不应爆炸、起火、漏液。

5.3 性能要求

5.3.1 发热功率

测试对象按6.4.1进行发热功率试验时，测试得到平均发热功率不应超过厂家规定的锂离子电池单体最大发热功率指标。

5.3.2 不同温度及倍率下放电性能

测试对象按6.4.2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单体放电容量需求指标。

5.3.3 不同温度及倍率下充电性能

测试对象按6.4.3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单体充电容量需求指标。

5.3.4 不同温度下的 SOP 及内阻特性

测试对象按6.4.4进行不同温度下的SOP及内阻特性试验时，实际测试SOP不应低于厂家规定的电池SOP需求指标。

5.3.5 工况循环寿命

测试对象按6.4.5进行工况循环寿命试验时，循环后的容量保持率不应低于厂家设计需求指标。

6 检验方法

6.1 试验条件

6.1.1 环境条件

除另有规定外，试验应在温度 $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、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 $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 测量仪器、仪表准确度

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： $\pm 0.1\%$ ；
- g) 等温量热仪： $\pm 0.5\text{W}$ 。

6.2 标准试验

6.2.1 试验要求

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组来进行试验，试验要求仍按照对应测试项目执行。

6.2.2 外观

测试对象为锂离子电池单体。在良好的光线条件下，用目测法检查锂离子电池单体的外观。

6.2.3 极性

测试对象为锂离子电池单体。用电压表检测锂离子电池单体极性。

6.2.4 外形尺寸及重量

测试对象为锂离子电池单体。用量具和衡器测量锂离子电池单体的外形尺寸及重量。

6.2.5 锂离子电池充电

试验步骤如下：

a) 锂离子电池单体充电

室温下，锂离子电池单体先以 $1I_1$ (A)或制造商规定的额定电流放电至企业技术条件中规定的放电终止电压，搁置1h(或企业提供的不大于1h的搁置时间)，然后按企业提供的充电方法进行充电。

若企业未提供充电方法，则依据以下方法充电：

对于锂离子电池，以 $1I_1$ (A)或制造商规定的额定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 $0.05I_1$ (A)时停止充电，充电后搁置1h(或企业提供的不大于1h的搁置时间)。

b) 锂离子电池模块充电

室温下，锂离子电池模块先以 $1I_1$ (A)或制造商规定的额定电流放电至企业技术条件中规定的放电终止电压，搁置1h(或企业提供的不大于1h的搁置时间)，然后按企业提供的充电方法进行充电。

若企业未提供充电方法，则依据以下方法充电：

以 $1I_1$ (A)或制造商规定的额定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 $0.05I_1$ (A)时停止充电，若充电过程中有锂离子电池单体电压超过充电终止电压0.1V时则停止充电。充电后搁置1h(或企业提供的不大于1h的搁置时间)。

6.2.6 室温放电容量(初始容量)

测试对象为锂离子电池单体或模块。试验步骤如下：

- a) 测试对象按 6.2.5 方法充电；
- b) 室温下，测试对象以 $1I_1$ (A) 或制造商规定的额定电流放电，直到放电至任一单体电压达到企业技术条件中规定的放电终止电压；
- c) 计量放电容量 (以 Ah 计)，计算放电比能量 (以 Wh/kg 计)；
- d) 重复步骤 a) ~c) 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。

6.2.7 室温荷电保持与容量恢复能力

测试对象为锂离子电池单体或模块。试验步骤如下：

- a) 测试对象按 6.2.5 方法充电；
- b) 测试对象在室温下储存 28d；
- c) 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；
- d) 计量荷电保持容量(以 Ah 计)；
- e) 测试对象再按 6.2.5 方法充电；
- f) 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)。

6.2.8 高温荷电保持与容量保持能力

测试对象为锂离子电池单体或模块。试验步骤如下：

- a) 测试对象按 6.2.5 方法充电；
- b) 测试对象在 $55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下储存 7d；
- c) 测试对象在室温下搁置 5h 后，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；
- d) 计量荷电保持容量(以 Ah 计)；
- e) 测试对象再按 6.2.5 方法充电；
- f) 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)。

6.2.9 储存

测试对象为锂离子电池单体或模块。试验步骤如下：

- a) 测试对象按 6.2.5 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；
- c) 测试对象在 $45^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下储存 28d；
- d) 测试对象室温下搁置 5 h；
- e) 测试对象按 6.2.5 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) 计量放电容量(以 Ah 计)。

6.2.10 标准循环寿命

测试对象为锂离子电池单体或模块。试验步骤如下：

- a) 以 $1I_1$ (A) 放电至企业规定的放电终止条件；
- b) 搁置不低于 30 min 或企业规定的搁置条件；
- c) 按照 6.2.4 方法充电；
- d) 搁置不低于 30 min 或企业规定的搁置条件；
- e) 以 $1I_1$ (A) 电流放电至企业规定的放电终止条件，记录放电容量；
- f) 按照 b) ~e) 连续循环 500 次，若放电容量高于初始容量 90%，则终止试验，若放电容量低于初始容量的 90%，则继续循环 500 次；
- g) 计量室温放电容量和放电能量。

注：若使用模块进行测试，可根据实际情况增加散热装置。

6.3 安全试验

6.3.1 试验要求

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，应在试验前除去。

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，安全要求仍按照对应测试项目执行。

测试过程中如出现起火、爆炸等意外情况时需停止试验。

6.3.2 过放电

试验步骤如下：

- a) 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- b) 锂离子电池以 $1I_1$ (A) 电流放电 90 min；
- c) 观察 1h。

6.3.3 过充电

试验步骤如下：

- a) 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- b) 以 $1I_1$ (A) 或制造商规定且不小于 I_3 (A) 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；
- c) 观察 1 h。

6.3.4 短路

试验步骤如下：

- a) 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- b) 将锂离子电池正、负极经外部短路 10 min，外部线路电阻不应大于 5 mΩ；
- c) 观察 1 h。

6.3.5 跌落

试验步骤如下：

- a) 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- b) 锂离子电池正负端子向下从 1.5m 高度处自由跌落到水泥地面上；
- c) 观察 1 h。

6.3.6 加热

试验步骤如下：

- a) 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- b) 将电池置于温度箱内，以 5°C/min 的速率由室温升温到 130°C±2°C 并保温 30min 后停止加热；
- c) 观察 1h。

6.3.7 挤压

试验步骤如下：

- a) 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- b) 按照下列条件进行试验：
 - 1) 挤压方向：垂直于电池极板方向施压，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；
 - 2) 挤压头形式：半径 75mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度 L 大于被挤压电池的尺寸，参见图 1；
 - 3) 挤压速度：不大于 2mm/s；
 - 4) 挤压程度：满足电压达到 0 V、变形量达到 15%、挤压力达到 100 kN、1000 倍试验对象重量 4 种条件中的 1 项后停止挤压。
- c) 观察 1h。

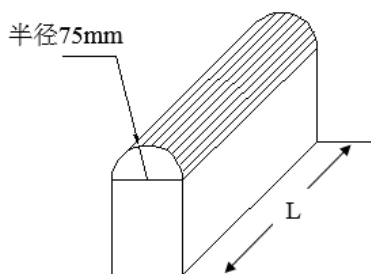


图1 锂离子电池单体挤压板示意图

6.3.8 针刺

试验步骤如下：

- 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- 用 $\Phi 5\text{mm} \times \Phi 8\text{mm}$ 的耐高温钢针，针尖的圆锥角度为 $45^\circ \sim 60^\circ$ ，针的表面应光洁、无锈蚀、无氧化层及油污、以 $25\text{mm/s} \pm 5\text{mm/s}$ 的速度，从垂直于电池极板的方向贯穿，贯穿位置宜靠近所刺面的几何中心，最后钢针停留在锂离子电池中；
- 观察 1h。

6.3.9 海水浸泡

试验步骤如下：

- 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- 将锂离子电池浸入 3.5%NaCl 溶液（质量分数，模拟室温下的海水成分）中 2h；
- 水深应完全没过锂离子电池。

6.3.10 温度循环

试验步骤如下：

- 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- 锂离子电池放入温度箱中，温度箱温度按照表 1 进行调节，循环 5 次；
- 观察 1h。

表 1 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

6.3.11 低气压

试验步骤如下：

- 锂离子电池按 6.2.5 方法充电；
- 锂离子电池放入低气压箱中，调节试验箱内气压为 11.6kPa，温度为室温，静置 6h；
- 观察 1h。

6.4 工况验证试验

6.4.1 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。

6.4.2 发热功率

测试对象为锂离子电池单体。试验步骤如下：

- a) 锂离子电池单体按6.2.5方法充电；
- b) 将锂离子电池放到等温量热仪绝热箱内，并接入充放电回路；
- c) 以室温 $1I_1$ （A）电流放电容量 C_1 为基准，调整电池到最高工作SOC；
- d) 关闭绝热箱，设定绝热箱温度为 T （ $^{\circ}\text{C}$ ），设定冷却箱温度低于绝热箱 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ （根据锂离子电池发热功率大小设定），静置1h，直至等温量热仪功率稳定；
- e) 根据厂家提供的用于发热功率测试的电池工作特征工况电流对锂离子电池进行充放电，持续循环，循环时间不少于1h且循环次数不少于3次，静置2h，测试并记录全过程中电池的发热功率；
- f) 对电池发热功率全区间积分，得到产热量 Q ，根据充放电时间 t 计算平均发热功率 $P_{\text{平均}} = Q/t$ 。

注：绝热箱温度为发热功率的测试温度，由厂家根据电池使用及散热设计需求设定。

6.4.3 不同温度及倍率下放电性能

测试对象为锂离子电池单体。试验步骤如下：

- a) 锂离子电池单体按6.2.5方法充电；
- b) 锂离子电池单体在温度 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）下搁置，直至 $|\text{电池温度}-\text{环境温度}| \leq 2^{\circ}\text{C}$ ，以适应环境温度；
- c) 温度 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）下，根据整车设计的环境及电流需求对锂离子电池单体放电，至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），并记录放电过程电池极耳和表面最高温度点的温升。

注：温度与倍率的正交试验设计方式参考附录B中表B.1。

试验过程中检测点温度不应超过 65°C 或制造商与厂家协商确定的最高温度，否则停止试验。

6.4.4 不同温度及倍率下充电性能

测试对象为锂离子电池单体。试验步骤如下：

- a) 室温下，锂离子电池单体以 $1I_1$ （A）电流放电达到放电终止电压，静置1h；
- b) 锂离子电池单体在温度 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）下搁置，直至 $|\text{电池温度}-\text{环境温度}| \leq 2^{\circ}\text{C}$ ，以适应环境温度；
- c) 温度 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）下，根据整车设计的环境及电流需求对锂离子电池单体充电，至厂家规定的充电终止条件，记录充电过程电池极耳和表面最高温度点的温升；
- d) 锂离子电池单体在室温下充分搁置，直至电池温度恢复至室温；
- e) 室温下，锂离子电池单体以 $1I_1$ （A）电流放电至放电终止电压；
- f) 计量放电容量和能量，作为该条件下锂离子电池单体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。

试验过程中检测点温度不应超过 65°C 或制造商与厂家协商确定的最高温度，否则停止试验。

6.4.5 不同温度下的 SOP 及内阻特性

测试对象为锂离子电池单体。试验步骤如下：

- a) 锂离子电池单体按6.2.5方法充电；
- b) 室温下，以室温 $1I_1$ （A）放电容量为基准，调整电池待测SOC点；
- c) 锂离子电池单体在温度 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）下搁置时间 t ，直至 $|\text{电池温度}-\text{环境温度}| \leq 2^{\circ}\text{C}$ ，以适应环境温度；
- d) 按照表2步骤进行脉冲充放电测试；
- e) 锂离子电池单体在室温下充分搁置，直至电池温度恢复至 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- f) 室温下，以室温 $1I_1$ （A）放电容量为基准，调整电池至下一待测SOC点；
- g) 重复步骤c)～d)；
- h) 在每个测试SOC点，脉冲测试中电流变化如图2，电压随电流变化如图3，根据图3斜率得到直流

内阻R;

i) 按照公式(1)~(2)计算充电 SOP 及放电 SOP:

$$SOP_{cha} = \frac{U_{cha_end} - OCV}{R_{cha}} \dots\dots\dots (1)$$

$$SOP_{dis} = \frac{OCV - U_{dis_end}}{R_{dis}} \dots\dots\dots (2)$$

- OCV——开路电压, 单位为V;
- SOP_{cha}——充电SOP, 单位为A;
- SOP_{dis}——放电SOP, 单位为A;
- U_{cha_end}——充电终止电压, 单位为V;
- U_{dis_end}——放电终止电压, 单位为V;
- R_{cha}——充电直流内阻, 单位为Ω;
- R_{dis}——放电直流内阻, 单位为Ω。

表 2 功率及内阻脉冲测试步骤

步骤	说明	电流/A	步骤时间/s	累计时间/s
1	放电脉冲 1	-I ₁	60	60
2	静置	0	600	660
3	SOC 重置	0.1I ₁	600	1260
4	静置	0	600	1860
5	充电脉冲 1	I ₁	60	1920
6	静置	0	600	2520
7	SOC 重置	-0.1I ₁	600	3120
8	静置	0	600	3720
9	放电脉冲 2	-2I ₁	60	3780
10	静置	0	600	4380
11	SOC 重置	0.1I ₁	1200	5580
12	静置	0	600	6180
13	充电脉冲 2	2I ₁	60	6240
14	静置	0	600	6840
15	SOC 重置	-0.1I ₁	1200	8040
16	静置	0	600	8640
17	放电脉冲 3	-3I ₁	60	8700
18	静置	0	600	9300
19	SOC 重置	0.1I ₁	1800	11100
20	静置	0	600	11700

表 2（续）

步骤	说明	电流/A	步骤时间/s	累计时间/s
21	充电脉冲 3	$3I_1$	60	11760
22	静置	0	600	12360
23	SOC 重置	$-0.1I_1$	1800	14160
24	静置	0	600	14760
25	放电脉冲 4	$-4I_1$	60	14820
26	静置	0	600	15420
27	SOC 重置	$0.1I_1$	2400	17820
28	静置	0	600	18420
29	充电脉冲 4	$4I_1$	60	18480
30	静置	0	600	19080
31	SOC 重置	$-0.1I_1$	2400	21480
32	静置	0	600	22080
33	放电脉冲 5	$-5I_1$	60	22140
34	静置	0	600	22740
35	SOC 重置	$0.1I_1$	3000	25740
36	静置	0	600	26340
37	充电脉冲 5	$5I_1$	60	26400
38	静置	0	600	27000
39	SOC 重置	$-0.1I_1$	3000	30000

注：表 2 中是以中功率电池为例说明功率及内阻脉冲测试步骤，对于低功率电池，电流幅值可根据电池制造商提供信息等比例适当减小，对于高功率电池，电流幅值可根据电池制造商提供信息等比例适当增大。测试过程中的静置阶段可根据厂家规定的搁置时间适当调整。

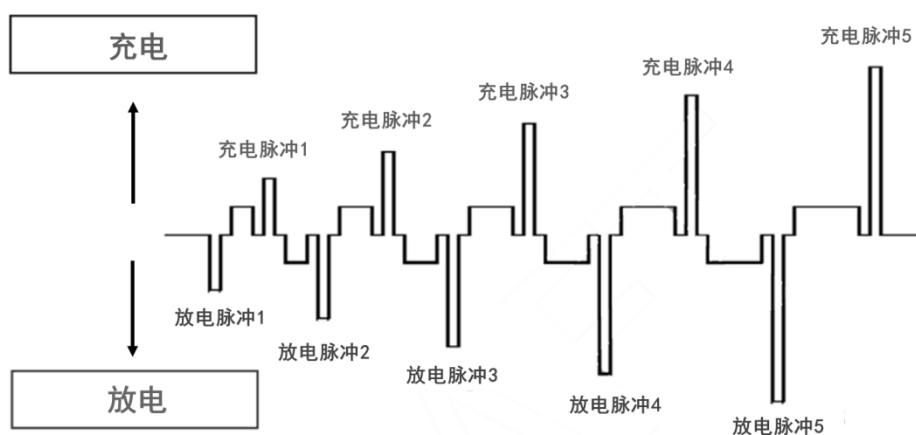


图 2 功率测试电流变化示意图

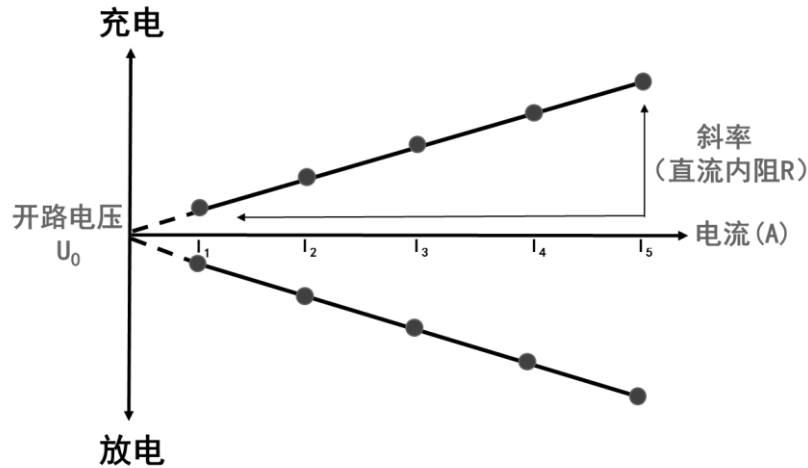


图3 功率测试电压随电流变化示意图

6.4.6 工况循环寿命

测试对象为锂离子电池单体。试验步骤如下：

- 锂离子电池单体按 6.2.5 方法充电；
- 以室温 $1I_1$ (A) 电流放电容量 C_1 为基准，调整电池到最高工作 SOC；
- 锂离子电池单体在温度 T ($^{\circ}\text{C}$) 下搁置，待 $|\text{电池温度} - \text{环境温度}| \leq 2^{\circ}\text{C}$ ，以适应环境温度；
- 温度 T ($^{\circ}\text{C}$) 下，根据厂家提供的用于寿命测试的电池工作特征工况电流对锂离子电池进行充放电，持续循环 N 次 (N 为电池设计使用循环次数)；
- 锂离子电池单体在室温下充分搁置，直至电池温度恢复至室温；
- 室温下锂离子电池单体按 6.2.5 方法充电；
- 室温下以 $1I_1$ (A) 电流放电至厂家规定的放电终止条件，记录放电容量 Q ；
- 容量保持率 = $Q/C_1 \times 100\%$ 。

7 检测规则

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3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 应在下列情况下进行型式检验：

- 新产品投产和老产品转产；
- 结构、材料、工艺有较大变动时；
- 产品停产半年后再进行生产时；
- 转场；
- 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3 锂离子电池单体检验项目

检验项目		出厂检验	型式检验	技术要求 对应条款	检验方法 对应条款	型式检验 样品数量
标准试验	外观	√	√	5.1.1	6.2.2	8
	极性	√	√	5.1.2	6.2.3	8
	外形尺寸及质量	√	√	5.1.3	6.2.4	8
	室温放电容量 ^a	√	√	5.1.4	6.2.6	8
	室温荷电保持与容量恢复能力	-	√	5.1.5	6.2.7	2
	高温荷电保持与容量恢复能力	-	√	5.1.6	6.2.8	2
	储存	-	√	5.1.7	6.2.9	2
	标准循环寿命	-	√	5.1.8	6.2.10	2
安全试验	过放电	-	√	5.2.1	6.3.2	2
	过充电	-	√	5.2.2	6.3.3	2
	短路	-	√	5.2.3	6.3.4	2
	跌落	-	√	5.2.4	6.3.5	2
	加热	-	√	5.2.5	6.3.6	2
	挤压	-	√	5.2.6	6.3.7	2
	针刺	-	√	5.2.7	6.3.8	2
	海水浸泡	-	√	5.2.8	6.3.9	2
	温度循环	-	√	5.2.9	6.3.10	2
	低气压	-	√	5.2.10	6.3.11	2
工况验证试验	发热功率 ^b	-	√	5.3.1	6.4.2	3
	不同温度及倍率下放电性能 ^b	-	√	5.3.2	6.4.3	3
	不同温度及倍率下充电性能 ^b	-	√	5.3.3	6.4.4	3
	不同温度下的 SOP 及内阻特性 ^b	-	√	5.3.4	6.4.5	3
	工况循环寿命 ^b	-	√	5.3.5	6.4.5	3
^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) 用于发热功率测试的电池工作特征工况
- d) 用于寿命测试的电池工作特征工况
- e) 用于可用容量测试的电池持续放电倍率（不同温度下）
- f) 用于可用容量测试的电池持续充电倍率（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) 用于电池峰值功率测试的温度、SOC 点及时间序列

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

- a) 锂离子电池单体最大发热功率（特定温度下）
- b) 锂离子电池单体放电容量需求（特定温度及倍率下）
- c) 锂离子电池单体充电容量需求（特定温度及倍率下）
- d) 电池 SOP 需求表（不同温度及 SOC 下）
- e) 电池 N 次工况循环后容量保持率（N 为电池设计使用循环次数）

注：测试项目中的温度 T(°C) 根据电池使用环境确定，一般分为低温、室温和高温。试验过程中低温环境适应时间不少于 24h，高温环境适应时间不少于 16h。

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格

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、表 B.2。

表 B.1 锂离子电池单体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 锂离子电池单体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			