



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 31467—20XX

代替 GB/T 31467.1—2015, GB/T 31467.2—2015

## 电动汽车用锂离子动力电池包和系统电性能试验方法

Electrical performance test methods for Lithium-ion traction battery pack and system of electric vehicles

(ISO 12405-4:2018, Electrically propelled road vehicles-Test specification for lithium-ion traction battery, NEQ)

(征求意见稿)

(本草案完成时间: 2021-10-20)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 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 .....                  | 2  |
| 5 通用测试条件 .....                  | 2  |
| 5.1 一般条件 .....                  | 2  |
| 5.2 测试仪器准确度要求 .....             | 3  |
| 5.3 数据记录 .....                  | 3  |
| 5.4 试验准备 .....                  | 3  |
| 6 通用测试 .....                    | 3  |
| 6.1 预处理循环 .....                 | 4  |
| 6.2 标准循环 .....                  | 4  |
| 6.3 调整 SOC 至试验目标值 n%的方法 .....   | 4  |
| 7 基本性能 .....                    | 5  |
| 7.1 外观 .....                    | 5  |
| 7.2 极性 .....                    | 5  |
| 7.3 质量和外形尺寸 .....               | 5  |
| 7.4 容量和能量 .....                 | 5  |
| 7.5 功率和内阻 .....                 | 7  |
| 7.6 无负载容量损失 .....               | 16 |
| 7.7 存储中容量损失 .....               | 18 |
| 7.8 高低温启动功率 .....               | 19 |
| 7.9 能量效率 .....                  | 20 |
| 7.10 能量密度 .....                 | 23 |
| 7.11 充电性能 .....                 | 24 |
| 7.12 工况放电 .....                 | 25 |
| 附 录 A （资料性） 电池包和电池系统的典型结构 ..... | 27 |
| A.1 电池包 .....                   | 27 |
| A.2 电池系统 .....                  | 27 |
| 附 录 B （资料性） 电池包和系统测试项目 .....    | 29 |

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替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》及GB/T 31467.2—2015《电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第2部分：高能量应用测试规程》，与GB/T 31467.1—2015及GB/T 31467.2—2015相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修改了测试环境条件（见 5.1.1，GB/T 31467.1—2015 中 5.1.1，GB/T 31467.2—2015 中 5.1.1）；
- b) 修改了测试环境适应条件（见 5.1.3，GB/T 31467.1—2015 中 5.1.3，GB/T 31467.2—2015 中 5.1.3）；
- c) 修改了电池实际容量与额定容量差值范围要求（见 5.1.7，GB/T 31467.1—2015 中 5.1.8，GB/T 31467.2—2015 中 5.1.8）；
- d) 修改了测试数据记录间隔（见 5.3，GB/T 31467.1—2015 中 5.3，GB/T 31467.2—2015 中 5.3）；
- e) 修改了预处理循环、标准循环的试验方法（见 6.1、6.2，GB/T 31467.1—2015 中 6.1、6.2，GB/T 31467.2—2015 中 6.1、6.2）；
- f) 修改了调整 SOC 至试验目标值  $n\%$  的方法（见 6.3，GB/T 31467.1—2015 中 5.1.5，GB/T 31467.2—2015 中 5.1.5）；
- g) 新增外观、极性、质量和外形尺寸（见 7.1、7.2、7.3）；
- h) 修改了室温下的容量和能量的试验方法（见 7.4.2，GB/T 31467.1—2015 中 7.1.2，GB/T 31467.2—2015 中 7.1.2）；
- i) 修改了功率和内阻试验方法（见 7.5，GB/T 31467.1—2015 中 7.2，GB/T 31467.2—2015 中 7.2）；
- j) 修改了无负载容量损失试验方法（见 7.6，GB/T 31467.1—2015 中 7.3，GB/T 31467.2—2015 中 7.3）；
- k) 修改了存储中容量损失的计算公式（见 7.7，GB/T 31467.1—2015 中 7.4，GB/T 31467.2—2015 中 7.4）；
- l) 修改了能量效率试验方法（见 7.9，GB/T 31467.1—2015 中 7.6，GB/T 31467.2—2015 中 7.5）；
- m) 新增能量密度、充电性能、工况放电试验方法（见 7.10、7.11、7.12）。

本文件参考ISO 12405-4:2018《电动道路车辆 锂离子动力电池组和系统试验规范 第4部分：性能测试》起草，一致性程度为非等效。

本文件由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC114）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2015年首次发布为GB/T 31467.1—2015及GB/T 31467.2—2015；

——本次为第一次修订。

# 电动汽车用锂离子动力电池包和系统电性能试验方法

## 1 范围

本文件规定了电动汽车用锂离子动力电池包和系统的电性能测试方法。  
本文件适用于装载在电动汽车上的锂离子动力电池包和系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 19596 电动汽车术语

GB 38031—2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

## 3 术语和定义

GB/T 19596及GB/T 38031—2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**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信的电子装置。

### 3.2

**额定容量** rated capacity

以制造商规定的条件测得的并由制造商声明的电池单体、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。

[来源：GB 38031—2020, 3.7]

### 3.3

**实际容量** practical 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。

[来源：GB 38031—2020, 3.8]

### 3.4

**高能量应用** high energy application

室温下，电池包或系统的最大允许持续输出功率(W)和其在1C倍率放电能量(W·h)的比值低于10的装置特性或应用特性。

### 3.5

**高功率应用** high power application

室温下，电池包或系统的最大允许持续输出功率(W)和其在1C倍率放电能量(W·h)的比值大于或等于10的装置特性或应用特性。

### 3.6

**高压** high voltage

最大工作电压大于30 V a.c. (rms) 且小于或等于1000 V a.c. (rms), 或大于60 V d.c. 且小于或等于1500 V d.c. 的电压。

### 3.7

#### 低压 low voltage

最大工作电压不大于30 V a.c. (rms), 或不大于60 V d.c. (rms) 的电压。

## 4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

FS: 满量程 (full scale)。

$I_1$ : 1 h率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值。

$I_3$ : 3 h率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值的1/3。

$I_{10}$ : 10 h率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值的1/10。

$I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ : 某SOC, 试验环境温度T, 脉冲持续时间t下的最大允许放电电流。

$I_{\max}(T)$ : 某试验环境温度T下最大允许持续放电电流。

RT: 室温 (room temperature)。

SOC: 荷电状态 (state-of-charge)。

$\eta$ : 效率。

## 5 通用测试条件

### 5.1 一般条件

5.1.1 除另有规定外, 测试在温度为室温  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为 10%~90%, 大气压力 86 kPa~106 kPa 的环境下进行。

5.1.2 测试样品交付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, 电池包和电池系统的典型结构参见附录 A。制造商需要提供电池包或系统的安全工作限值, 以保证整个测试的安全。

5.1.3 测试目标环境温度改变时, 在进行测试前试验对象应完成环境适应过程: 单体电池温度与目标环境温度差值不超过  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  且单体电池温度变化率  $< 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。试验对象若包含电池控制单元, 环境适应过程应将其关闭。

5.1.4 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电池包或系统的子系统代替作为试验对象, 进行全部或部分试验。作为试验对象的子系统应包含和整车要求相关的所有部分 (如连接部件或保护部件等)。

5.1.5 测试过程中, 为了电池包或系统的内部反应及温度的平衡, 某些测试步骤之间需要静置一定的时间。静置过程中电池包或系统的低压电控单元正常工作, 如电池电子部件和 BCU 等; 热管理系统根据制造商的规定或 BCU 的指令工作, 充电性能 (7.11)、工况放电 (7.12) 测试宜开启热管理系统。

5.1.6 测试过程中的充放电倍率大小按照本文件的规定执行, 充放电机制和充放电截止条件由制造商提供, 充电和放电截止条件应保持统一。

5.1.7 电池实际容量 (7.4.2.1) 与额定容量之差的绝对值超过额定容量的 3%, 则应在测试报告中明确说明, 并用实际容量代替额定容量作为充放电电流及 SOC 计算的依据。

5.1.8 电池包和电池系统需要进行的测试项目、测试方法章条号、测试条件等信息见附录 B。

5.1.9 电池放电电流符号为正, 充电电流符号为负。

## 5.2 测试仪器准确度要求

### 5.2.1 测量仪器、仪表准确度要求如下：

- 电压测量装置： $\pm 0.5\%FS$ ；
- 电流测量装置： $\pm 0.5\%FS$ ；
- 温度测量装置： $\pm 0.5\text{ }^{\circ}C$ ；
- 时间测量装置： $\pm 0.1\text{ s}$ ；
- 尺寸测量装置： $\pm 0.1\%FS$ ；
- 质量测量装置： $\pm 0.1\%FS$ 。

### 5.2.2 测量过程中，对充放电装置、温控箱等控制仪器的控制精度要求如下：

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

## 5.3 数据记录

除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应不大于100 s，如时间、温度、电流和电压等。

## 5.4 试验准备

### 5.4.1 电池包的准备

- 5.4.1.1 电池包的高压、低压及热管理系统装置和测试平台设备相连，开启电池包的被动保护功能。
- 5.4.1.2 根据电池包制造商的要求和试验测试规程，测试平台检测和控制电池包的工作状态和工作参数，并保证主动保护开启，必要时可以通过断开电池包的主接触器来实现。
- 5.4.1.3 热管理系统装置根据制造商的要求工作。
- 5.4.1.4 电池包测试过程中，电池包和测试平台之间没有信息交换，电池包的参数限值由测试平台直接控制。
- 5.4.1.5 测试平台检测电池包的电流、电压、容量或能量等参数，并将这些数据作为检测结果或计算依据。

### 5.4.2 电池系统的准备

- 5.4.2.1 电池系统的高压、低压、热管理系统装置及 BCU 要和测试平台设备相连，开启电池系统的主动和被动保护。除非另有要求，否则由 BCU 控制热管理系统装置的工作，必要时 BCU 的程序可以由电池系统制造商根据测试规程进行更改。
- 5.4.2.2 测试平台和 BCU 之间实现正常通讯，测试平台保证测试参数、条件与测试规程的要求一致，并保证电池系统工作在合理的限值之内，这些限值由 BCU 通过总线传输至测试平台。
- 5.4.2.3 主动保护应由测试设备平台保证，必要时可以通过断开电池系统的主接触器实现。
- 5.4.2.4 电池系统测试过程中，电池系统通过总线和测试平台通讯，将电池状态参数和工作限值实时传输给测试平台，再由测试平台根据电池状态和工作限值控制测试过程。
- 5.4.2.5 测试平台检测电池系统的电流、电压、容量或能量等参数，并将这些数据作为检测结果和计算依据。

## 6 通用测试

## 6.1 预处理循环

6.1.1 正式测试开始前，电池包或系统需要先进行预处理循环，以确保测试时电池包或系统的性能处于激活和稳定的状态。预处理循环在室温下进行。

6.1.2 高功率电池包或系统预处理循环步骤如下：

- a) 以  $1I_1$  或按照制造商推荐的充电机制充电至制造商规定的充电截止条件；
- b) 静置 30 min；
- c) 以  $1I_1$  或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件；
- d) 按照 5.1.3 在 RT 下进行环境适应；
- e) 重复上述步骤 a) ~d) 5 次。

6.1.3 高能量电池包或系统预处理循环步骤如下：

- a) 以  $1I_3$  或按照制造商推荐的充电机制充电至制造商规定的充电截止条件；
- b) 静置 30 min；
- c) 以  $1I_3$  或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件；
- d) 按照 5.1.3 在 RT 下进行环境适应；
- e) 重复上述步骤 a) ~d) 5 次。

6.1.4 如果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%，则认为电池包或电池系统完成了预处理，预处理循环可以中止。

## 6.2 标准循环

6.2.1 测试过程中按照指定的测试步骤进行，以确保电池包和系统在测试时处于相同的状态。标准循环在室温下进行，按照先后顺序包括一个标准放电过程和标准充电过程。

6.2.2 高功率电池包或系统标准循环步骤如下：

- a) 标准放电：使用  $1I_1$  或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件，静置 30 min；
- b) 标准充电：使用  $1I_1$  或按照制造商推荐的充电机制充电至制造商规定的充电截止条件，静置 30 min。

6.2.3 高能量电池包或系统标准循环步骤如下：

- a) 标准放电：使用  $1I_3$  或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件，静置 30 min；
- b) 标准充电：使用  $1I_3$  或按照制造商推荐的充电机制充电至制造商规定的充电截止条件，静置 30 min。

6.2.4 如果标准循环和一个新的测试之间时间间隔长于 24 h，则需要重新进行一次标准充电。

6.2.5 本文件所提到的“标准循环”的环境温度是室温（RT），而单独提到的“标准放电”和“标准充电”的环境温度按具体条款的规定执行。

## 6.3 调整 SOC 至试验目标值 n%的方法

6.3.1 高功率电池包或系统调整 SOC 至试验目标值 n%的方法：电池包或系统初始 SOC 状态为 m% ( $m > n$ )，以  $1I_1$  恒流放电，放电时间为  $(m-n)/100$  h，或者按照制造商提供的方法调整 SOC。每次 SOC 调整后，新的测试开始前试验对象应静置 30 min。

6.3.2 高能量电池包或系统调整 SOC 至试验目标值 n%的方法：电池包或系统初始 SOC 状态为 m% ( $m > n$ )，以不低于表 1 中  $I_x$  的电流恒流放电，放电时间为  $(m-n)*x/100$  h，或者按照制造商提供的方法调整 SOC。每次 SOC 调整后，新的测试开始前测试样品应静置 30 min。

6.3.3 若上一次 SOC 调整在 24 h 以内，则参照 6.3.1 或 6.3.2 执行，初始 SOC 状态 m% 可为任意值，

否则初始 SOC 状态需从满电状态开始, 即  $m=100$ 。

表1 SOC 调整电流  $I_x$

| 温度                                 | 不小于20%SOC的调整电流 | 小于20%SOC的调整电流 |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| $T \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ | $I_3$          | $I_3$         |
| $T < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$    | $I_3$          | $I_{10}$      |

## 7 基本性能

### 7.1 外观

在良好的光线条件下, 用目测法检查电池包或系统的外观。

### 7.2 极性

用电压测量装置检测电池包或系统的极性。

### 7.3 质量和外形尺寸

7.3.1 用量具测量测试样品的外形尺寸, 单位 m。用衡器测量测试样品的质量, 单位 kg。难以测量时, 可以采用制造商提供的数据和数据测试依据。

7.3.2 若测试样品包含有热管理系统, 则测量其质量和外形尺寸时, 应将热管理系统包括在内, 如冷却管路等。若热管理系统和整车或其他系统集成在一起, 则仅考虑和测试样品相关部分的质量和外形尺寸。

注: 如果热管理系统使用液冷方式, 则冷却液的重量不计算在内, 其他冷却方式参照执行。

### 7.4 容量和能量

#### 7.4.1 通用条件

7.4.1.1 试验对象为电池包或系统。

7.4.1.2 电池包或系统宜测试室温、高温和低温下的容量和能量。

7.4.1.3 每次充电前测试样品静置 30 min, 或者达到室温。

7.4.1.4 测试过程采用恒流放电, 放电过程在制造商制定的截止条件下停止。

7.4.1.5 放电电流对放电时间的积分为电池包或系统的容量, 放电电流和电压的乘积对放电时间的积分为电池包或系统的能量。

7.4.1.6 根据 7.4.1.5 计算高功率电池包或系统  $I_1$ 、 $I_{\max}(T)$  的放电容量和能量, 计算高能量电池包或系统  $I_3$ 、 $I_{\max}(T)$  的放电容量和能量。

7.4.1.7 记录电池包或系统总电压、最高单体电压与时间的曲线, 记录环境温度、样品最高最低监控温度与充放电电流的曲线、放电容量 (Ah) 与功率 (W) 曲线, 放电能量与 SOC 的曲线。

#### 7.4.2 室温下的容量和能量测试

7.4.2.1 测试在室温下按照表 2 的测试步骤进行。步骤 1.5 的放电容量为电池的实际容量。

7.4.2.2 记录步骤 1.5 和步骤 2.5 结束时测试样品的最小监控单元的电压。

表2 室温下容量和能量测试步骤

| 序号  | 电池包或系统状态   | 试验方法章条号  |          | 环境温度 |
|-----|--|----------|----------|------|
|     |  | 高功率应用    | 高能量应用    |      |
| 1.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 1.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   |
| 1.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.5 | 1I <sub>1</sub> 放电 (高功率应用)<br>1I <sub>3</sub> 放电 (高能量应用) | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | RT   |
| 2.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 2.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   |
| 2.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.5 | I <sub>max</sub> (T) 放电                                  | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | RT   |

### 7.4.3 高温下的容量和能量测试

7.4.3.1 电池包或系统应测试 40 °C 环境温度下的容量和能量。按照表 3 的测试步骤进行试验。

7.4.3.2 记录步骤 1.5 和步骤 2.5 结束时测试样品的最小监控单元的电压。

表3 高温下容量和能量测试步骤

| 序号  | 电池包或系统状态   | 试验方法章条号  |          | 环境温度  |
|-----|--|----------|----------|-------|
|     |  | 高功率应用    | 高能量应用    |       |
| 1.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    |
| 1.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT    |
| 1.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT    |
| 1.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 1.5 | 1I <sub>1</sub> 放电 (高功率应用)<br>1I <sub>3</sub> 放电 (高能量应用) | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | 40 °C |
| 2.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    |
| 2.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT    |
| 2.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT    |
| 2.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.5 | I <sub>max</sub> (T) 放电                                  | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | 40 °C |

### 7.4.4 低温下的容量和能量测试

7.4.4.1 电池包或系统需要测试 0 °C 和 -20 °C 环境下的容量和能量。试验在环境箱内完成，按照表 4 的测试步骤进行试验。

7.4.4.2 记录步骤 1.5、步骤 2.5、步骤 3.5 和步骤 4.5 结束时测试样品的最小监控单元的电压。

表4 低温下容量和能量测试步骤

| 序号  | 电池包或系统状态   | 试验方法章条号  |          | 环境温度   |
|-----|--|----------|----------|--------|
|     |  | 高功率应用    | 高能量应用    |        |
| 1.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT     |
| 1.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT     |
| 1.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT     |
| 1.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C   |
| 1.5 | 1I <sub>1</sub> 放电 (高功率应用)<br>1I <sub>3</sub> 放电 (高能量应用) | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | 0 °C   |
| 2.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT     |
| 2.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT     |
| 2.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT     |
| 2.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C   |
| 2.5 | I <sub>max</sub> (T) 放电                                  | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | 0 °C   |
| 3.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT     |
| 3.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT     |
| 3.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT     |
| 3.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 3.5 | 1I <sub>1</sub> 放电 (高功率应用)<br>1I <sub>3</sub> 放电 (高能量应用) | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | -20 °C |
| 4.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT     |
| 4.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT     |
| 4.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT     |
| 4.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.5 | I <sub>max</sub> (T) 放电                                  | 7.4.1.4  | 7.4.1.4  | -20 °C |

## 7.5 功率和内阻

### 7.5.1 通用条件

7.5.1.1 试验对象为电池包或系统。

7.5.1.2 电池包或系统需要测试室温、高温和低温及不同 SOC 下的功率和内阻，某一具体环境温度和 SOC 下的功率和内阻测试工况见 7.5.2，整个测试过程按照 7.5.4 进行。

7.5.1.3 分别按照表 5 和表 7 给定的时间测量高功率、高能量电池包或系统的端电压，并按 7.5.3 计算其相应的充放电功率和内阻。

7.5.1.4 功率和内阻测试工况的采样时间应不大于 100 ms。

### 7.5.2 功率和内阻测试工况

#### 7.5.2.1 高功率电池包或系统

- 7.5.2.1.1 功率和内阻测试工况按照表5和图1进行,测试过程中需要记录的数据如表6和图2所示。
- 7.5.2.1.2 充放电脉冲过程的电流保持为恒流,其中放电电流为测试样品的最大允许脉冲放电电流  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 。不同环境温度和 SOC 下  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  可以不同,  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  由制造商提供。充电过程的电流大小为  $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  或者由制造商提供的其他电流值。
- 7.5.2.1.3 如果进行某温度和 SOC 下的功率和内阻测试时,测试样品电压达到制造商指定的放电电压限值,则停止放电,应适当降低  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  后重新进行该温度和 SOC 下的功率和内阻测试,包括必要的试验准备和温度适应等。降电流方法依据如下:
- a) 如果原电流充/放电时,持续时间小于  $1/2t$  时,调整到原电流值的 50%;
  - b) 如果原电流充/放电时,持续时间在  $1/2t-2/3t$  之间时,调整到原电流值的 75%;
  - c) 如果原电流充/放电时,持续时间大于  $2/3t$  时,调整到原电流值的 90%。
- 7.5.2.1.4 功率和内阻测试分别在 4 个不同温度下进行,分别为 40 °C、RT (25 °C)、0 °C、-20 °C。
- 7.5.2.1.5 功率和内阻测试工况分别在 3 个不同 SOC 下进行,分别为 80% (或制造商规定的最高允许状态)、50%、20% (或制造商规定的最低允许状态)。
- 7.5.2.1.6 试验温度低于电池包或系统可以充电的最低温度,电池包或系统不允许进行充电过程。

表5 高功率电池包或系统功率和内阻测试工况步骤时间

| 时间增加量<br>s | 累计时间<br>s | 电流<br>A                            |
|------------|-----------|------------------------------------|
| 0          | 0         | 0                                  |
| 18         | 18        | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$      |
| 40         | 58        | 0                                  |
| 10         | 68        | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 40         | 108       | 0                                  |

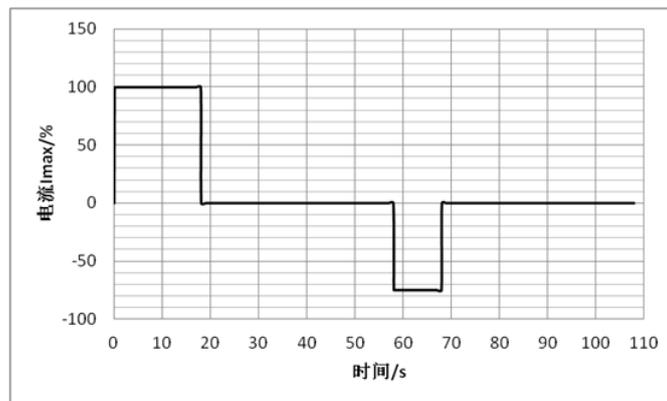


图1 高功率电池包或系统脉冲功率特性曲线-电流示例

表6 高功率电池包或系统需要测试的电压和电流

| 时间<br>s | 电压<br>V | 电流<br>A | 对应电流值<br>A                    |
|---------|---------|---------|-------------------------------|
| 0       | $U_0$   | $I_0$   | 0                             |
| 0.1     | $U_1$   | $I_1$   | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 2       | $U_2$   | $I_2$   | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |

表 6 高功率电池包或系统需要测试的电压和电流 (续)

| 时间<br>s | 电压<br>V | 电流<br>A | 对应电流值<br>A                         |
|---------|---------|---------|------------------------------------|
| 10      | $U_3$   | $I_3$   | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$      |
| 18      | $U_4$   | $I_4$   | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$      |
| 58      | $U_5$   | $I_5$   | 0                                  |
| 58.1    | $U_6$   | $I_6$   | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 60      | $U_7$   | $I_7$   | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 68      | $U_8$   | $I_8$   | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 108     | $U_9$   | $I_9$   | 0                                  |

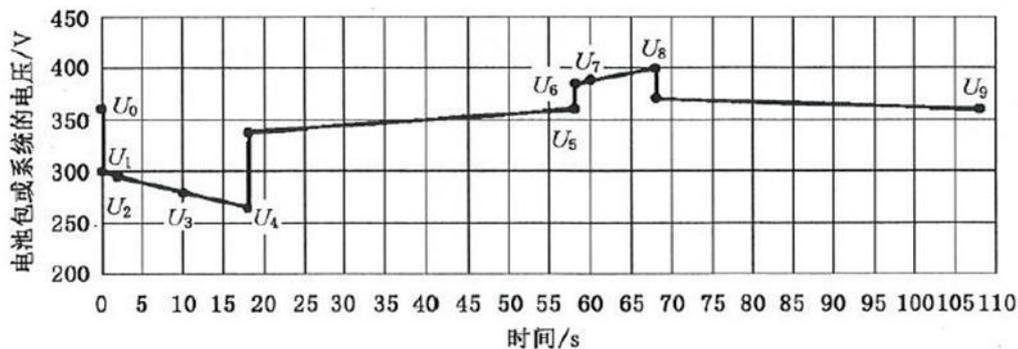


图2 高功率电池包或系统脉冲功率特性曲线-电压示例

### 7.5.2.2 高能量电池包或系统

7.5.2.2.1 功率和内阻测试工况按照表 7 和图 3 进行,测试过程中需要记录的数据如表 8 和图 4 所示。

7.5.2.2.2 放电过程的放电电流保持为恒流,电流大小为电池包或系统的最大允许脉冲放电电流  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 。不同环境温度和 SOC 下  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  可以不同,  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  由制造商提供。如果放电过程电池包或系统端电压或单体电压达到制造商指定的放电电压限值,停止放电,适当降低  $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  后重新进行试验。

7.5.2.2.3 充电过程充电电流保持为恒流,电流大小为  $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 。如果电池包或系统的最大允许脉冲充电电流小于  $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ ,则充电过程按照电池包或系统的最大允许脉冲充电电流进行。如果充电过程中电池包或系统端电压或单体电压达到制造商指定的充电电压限值,停止充电,适当降低  $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  后重新进行试验。降电流方法依据如下:

- 如果原电流充/放电时,持续时间小于  $1/2t$  时,调整到原电流值的 50%;
- 如果原电流充/放电时,持续时间在  $1/2t-2/3t$  之间时,调整到原电流值的 75%;
- 如果原电流充/放电时,持续时间大于  $2/3t$  时,调整到原电流值的 90%。

7.5.2.2.4 功率和内阻测试分别在 4 个不同温度下进行,分别为  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{RT}(25\text{ }^{\circ}\text{C})$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.5.2.2.5 功率和内阻测试工况分别在 3 个不同 SOC 下进行,分别为 90% (或制造商规定的最高允许状态)、50%、20% (或制造商规定的最低允许状态)。

7.5.2.2.6 试验温度低于电池包或系统可以充电的最低温度,电池包或系统不允许进行充电过程。

表7 高能量电池包或系统功率和内阻测试工况步骤时间

| 时间增加量<br>s | 累计时间<br>s | 电流<br>A                            |
|------------|-----------|------------------------------------|
| 0          | 0         | 0                                  |
| 18         | 18        | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$      |
| 102        | 120       | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$  |
| 40         | 160       | 0                                  |
| 20         | 180       | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 40         | 220       | 0                                  |

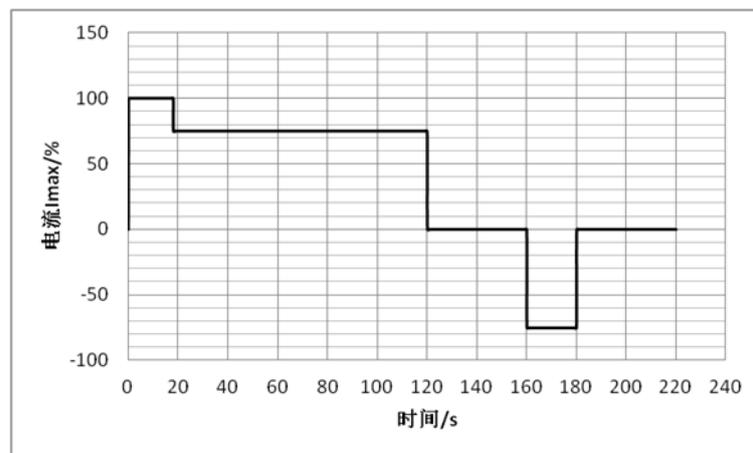


图3 高能量电池包或系统脉冲功率特性曲线-电流示例

表8 高能量电池包或系统需要测试的电压和电流

| 时间<br>s | 电压<br>V  | 电流<br>A  | 对应电流值<br>A                        |
|---------|----------|----------|-----------------------------------|
| 0       | $U_0$    | $I_0$    | 0                                 |
| 0.1     | $U_1$    | $I_1$    | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$     |
| 2       | $U_2$    | $I_2$    | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$     |
| 5       | $U_3$    | $I_3$    | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$     |
| 10      | $U_4$    | $I_4$    | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$     |
| 18      | $U_5$    | $I_5$    | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$     |
| 18.1    | $U_6$    | $I_6$    | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 20      | $U_7$    | $I_7$    | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 30      | $U_8$    | $I_8$    | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 60      | $U_9$    | $I_9$    | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 90      | $U_{10}$ | $I_{10}$ | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 120     | $U_{11}$ | $I_{11}$ | $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 160     | $U_{12}$ | $I_{12}$ | 0                                 |

表 8 高能量电池包或系统需要测试的电压和电流 (续)

| 时间<br>s | 电压<br>V  | 电流<br>A  | 对应电流值<br>A                         |
|---------|----------|----------|------------------------------------|
| 160.1   | $U_{13}$ | $I_{13}$ | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 162     | $U_{14}$ | $I_{14}$ | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 170     | $U_{15}$ | $I_{15}$ | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 180     | $U_{16}$ | $I_{16}$ | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 220     | $U_{17}$ | $I_{17}$ | 0                                  |

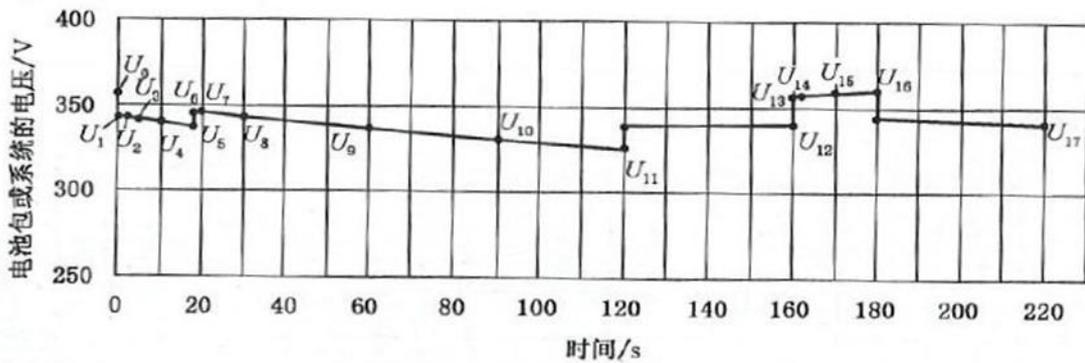


图4 高能量电池包或系统脉冲功率特性曲线-电压示例

7.5.3 功率和内阻计算

7.5.3.1 高功率型应用

7.5.3.1.1 放电内阻计算

放电内阻按照式 (1) - (5) 计算:

0.1 s 放电内阻  $R_{0.1,dch} = \frac{U_0 - U_1}{I_1}$  ..... (1)

2 s 放电内阻  $R_{2,dch} = \frac{U_0 - U_2}{I_2}$  ..... (2)

10 s 放电内阻  $R_{10,dch} = \frac{U_0 - U_3}{I_3}$  ..... (3)

18 s 放电内阻  $R_{18,dch} = \frac{U_0 - U_4}{I_4}$  ..... (4)

全过程放电内阻  $R_{dch} = \frac{U_5 - U_4}{I_4}$  ..... (5)

7.5.3.1.2 充电内阻计算

充电内阻按照式 (6) - (9) 计算:

0.1 s 充电内阻  $R_{0.1,cha} = \frac{U_5 - U_6}{I_6}$  ..... (6)

2 s 充放电内阻  $R_{2,cha} = \frac{U_5 - U_7}{I_7}$  ..... (7)

$$10\text{ s 充电内阻} \quad R_{10,\text{cha}} = \frac{U_5 - U_8}{I_8} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{全过程放电内阻} \quad R_{\text{cha}} = \frac{U_9 - U_8}{I_8} \quad \dots\dots\dots (9)$$

### 7.5.3.1.3 放电功率计算

放电功率按照式 (10) - (13) 计算:

$$0.1\text{ s 放电功率} \quad P_{0.1,\text{dch}} = U_1 \times I_1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$2\text{ s 放电功率} \quad P_{2,\text{dch}} = U_2 \times I_2 \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$10\text{ s 放电功率} \quad P_{10,\text{dch}} = U_3 \times I_3 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$18\text{ s 放电功率} \quad P_{18,\text{dch}} = U_4 \times I_4 \quad \dots\dots\dots (13)$$

### 7.5.3.1.4 充电功率计算

充电功率按照式 (14) - (16) 计算:

$$0.1\text{ s 放电功率} \quad P_{0.1,\text{cha}} = U_6 \times I_6 \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$2\text{ s 放电功率} \quad P_{2,\text{cha}} = U_7 \times I_7 \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$10\text{ s 放电功率} \quad P_{10,\text{cha}} = U_8 \times I_8 \quad \dots\dots\dots (16)$$

## 7.5.3.2 高能量型应用

### 7.5.3.2.1 放电内阻计算

放电内阻按照式 (17) - (28) 计算:

$$0.1\text{ s 放电内阻} \quad R_{0.1,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_1}{I_1} \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$2\text{ s 放电内阻} \quad R_{2,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_2}{I_2} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$5\text{ s 放电内阻} \quad R_{5,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_3}{I_3} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$10\text{ s 放电内阻} \quad R_{10,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_4}{I_4} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$18\text{ s 放电内阻} \quad R_{18,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_5}{I_5} \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$18.1\text{ s 放电内阻} \quad R_{18.1,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_6}{I_6} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$20\text{ s 放电内阻} \quad R_{20,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_7}{I_7} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$30 \text{ s 放电内阻} \quad R_{30,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_8}{I_8} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$60 \text{ s 放电内阻} \quad R_{60,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_9}{I_9} \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$90 \text{ s 放电内阻} \quad R_{90,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_{10}}{I_{10}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$120 \text{ s 放电内阻} \quad R_{120,\text{dch}} = \frac{U_0 - U_{11}}{I_{11}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$\text{全过程放电内阻} \quad R_{\text{dch}} = \frac{U_{12} - U_{11}}{I_{11}} \quad \dots\dots\dots (28)$$

### 7.5.3.2.2 充电内阻计算

充电内阻按照式 (29) - (32) 计算:

$$0.1 \text{ s 充电内阻} \quad R_{0.1,\text{cha}} = \frac{U_{12} - U_{13}}{I_{13}} \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$2 \text{ s 充放电内阻} \quad R_{2,\text{cha}} = \frac{U_{12} - U_{14}}{I_{14}} \quad \dots\dots\dots (30)$$

$$10 \text{ s 充电内阻} \quad R_{10,\text{cha}} = \frac{U_{12} - U_{15}}{I_{15}} \quad \dots\dots\dots (31)$$

$$\text{全过程充电内阻} \quad R_{\text{cha}} = \frac{U_{16} - U_{17}}{I_{16}} \quad \dots\dots\dots (32)$$

### 7.5.3.2.3 放电功率计算

放电功率按照式 (33) - (43) 计算:

$$0.1 \text{ s 放电功率} \quad P_{0.1,\text{dch}} = U_1 \times I_1 \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$2 \text{ s 放电功率} \quad P_{2,\text{dch}} = U_2 \times I_2 \quad \dots\dots\dots (34)$$

$$5 \text{ s 放电功率} \quad P_{5,\text{dch}} = U_3 \times I_3 \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$10 \text{ s 放电功率} \quad P_{10,\text{dch}} = U_4 \times I_4 \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$18 \text{ s 放电功率} \quad P_{18,\text{dch}} = U_5 \times I_5 \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$18.1 \text{ s 放电功率} \quad P_{18.1,\text{dch}} = U_6 \times I_6 \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$20 \text{ s 放电功率} \quad P_{20,\text{dch}} = U_7 \times I_7 \quad \dots\dots\dots (39)$$

$$30 \text{ s 放电功率} \quad P_{30,\text{dch}} = U_8 \times I_8 \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$60 \text{ s 放电功率} \quad P_{60,\text{dch}} = U_9 \times I_9 \quad \dots\dots\dots (41)$$

$$90 \text{ s 放电功率} \quad P_{90,\text{dch}} = U_{10} \times I_{10} \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$120\text{ s 放电功率} \quad P_{120,\text{dch}} = U_{11} \times I_{11} \quad \dots\dots\dots (43)$$

#### 7.5.3.2.4 充电功率计算

充电功率按照式(44) - (48)计算:

$$0.1\text{ s 放电功率} \quad P_{0.1,\text{cha}} = U_{13} \times I_{13} \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$2\text{ s 放电功率} \quad P_{2,\text{cha}} = U_{14} \times I_{14} \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$10\text{ s 放电功率} \quad P_{10,\text{cha}} = U_{15} \times I_{15} \quad \dots\dots\dots (46)$$

$$20\text{ s 放电功率} \quad P_{20,\text{cha}} = U_{16} \times I_{16} \quad \dots\dots\dots (47)$$

$$\text{开路电压} \quad U_{\text{OCV}} = U_{17} \quad \dots\dots\dots (48)$$

#### 7.5.4 测试步骤

室温、高温及低温下的功率和内阻测试分别按照表9、表10、表11进行。

表9 室温下电池包或系统功率和内阻测试测试步骤

| 序号   | 电池包或系统状态                                    | 试验方法章条号  |          | 环境温度 |
|------|---|----------|----------|------|
|      |   | 高功率应用    | 高能量应用    |      |
| 1.1  | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.2  | 标准充电  | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 1.3  | 标准循环  | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   |
| 2.1  | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.2  | 调整SOC至80% (高功率应用)、90% (高能量应用) 或制造商规定的最高允许状态 | 6.3.1    | 6.3.2    | RT   |
| 2.3  | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.4  | 功率和内阻测试工况                                   | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | RT   |
| 2.5  | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.6  | 调整SOC至50%                                   | 6.3.1    | 6.3.2    | RT   |
| 2.7  | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.8  | 功率和内阻测试工况                                   | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | RT   |
| 2.9  | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.10 | 调整SOC至20%或制造商规定的最低允许状态                      | 6.3.1    | 6.3.2    | RT   |
| 2.11 | 环境适应  | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2.12 | 功率和内阻测试工况                                   | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | RT   |

表10 高温下电池包或系统功率和内阻测试测试步骤

| 序号   | 电池包或系统状态                                 | 试验方法章条号  |          | 环境温度  |
|------|--|----------|----------|-------|
|      |  | 高功率应用    | 高能量应用    |       |
| 1.1  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    |
| 1.2  | 标准充电                                     | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT    |
| 1.3  | 标准循环                                     | 6.2.2    | 6.2.3    | RT    |
| 2.1  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.2  | 调整SOC至80%（高功率应用）、90%（高能量应用）或制造商规定的最高允许状态 | 6.3.1    | 6.3.2    | 40 °C |
| 2.3  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.4  | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | 40 °C |
| 2.5  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.6  | 调整SOC至50%                                | 6.3.1    | 6.3.2    | 40 °C |
| 2.7  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.8  | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | 40 °C |
| 2.9  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.10 | 调整SOC至20%或制造商规定的最低允许状态                   | 6.3.1    | 6.3.2    | 40 °C |
| 2.11 | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C |
| 2.12 | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | 40 °C |

表11 低温下电池包或系统功率和内阻测试测试步骤

| 序号   | 电池包或系统状态                                 | 试验方法章条号  |          | 环境温度 |
|------|--|----------|----------|------|
|      |  | 高功率应用    | 高能量应用    |      |
| 1.1  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.2  | 标准充电                                     | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 1.3  | 标准循环                                     | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   |
| 2.1  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C |
| 2.2  | 调整SOC至80%（高功率应用）、90%（高能量应用）或制造商规定的最高允许状态 | 6.3.1    | 6.3.2    | 0 °C |
| 2.3  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C |
| 2.4  | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | 0 °C |
| 2.5  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C |
| 2.6  | 调整SOC至50%                                | 6.3.1    | 6.3.2    | 0 °C |
| 2.7  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C |
| 2.8  | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | 0 °C |
| 2.9  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C |
| 2.10 | 调整SOC至20%或制造商规定的最低允许状态                   | 6.3.1    | 6.3.2    | 0 °C |

表 11 低温下电池包或系统功率和内阻测试测试步骤（续）

| 序号   | 电池包或系统状态                                 | 试验方法章条号  |          | 环境温度   |
|------|--|----------|----------|--------|
|      |  | 高功率应用    | 高能量应用    |        |
| 2.11 | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C   |
| 2.12 | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | 0 °C   |
| 3.1  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | RT     |
| 3.2  | 标准充电                                     | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT     |
| 3.3  | 标准循环                                     | 6.2.2    | 6.2.3    | RT     |
| 4.1  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.2  | 调整SOC至80%（高功率应用）、90%（高能量应用）或制造商规定的最高允许状态 | 6.3.1    | 6.3.2    | -20 °C |
| 4.3  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.4  | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | -20 °C |
| 4.5  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.6  | 调整SOC至50%                                | 6.3.1    | 6.3.2    | -20 °C |
| 4.7  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.8  | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | -20 °C |
| 4.9  | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.10 | 调整SOC至20%或制造商规定的最低允许状态                   | 6.3.1    | 6.3.2    | -20 °C |
| 4.11 | 环境适应                                     | 5.1.3    | 5.1.3    | -20 °C |
| 4.12 | 功率和内阻测试工况                                | 7.5.2.1  | 7.5.2.2  | -20 °C |

## 7.6 无负载容量损失

7.6.1 试验对象仅为电池系统，包括高功率型和高能量型电池系统。

7.6.2 无负载容量损失是指电池系统在车载状态下，长期搁置时的容量损失，包括可恢复容量损失和不可恢复的容量损失两部分。测试按照表 12 和表 13 进行。

表12 室温下动力电池系统无负载容量损失的测试步骤

| 序号  | 电池系统状态      | 试验方法章条号  |          | 环境温度 | 放电容量  |
|-----|-------------|----------|----------|------|-------|
|     |             | 高功率应用    | 高能量应用    |      |       |
| 1.1 | 环境适应        | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   | -     |
| 1.2 | 标准充电        | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   | -     |
| 1.3 | 环境适应        | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   | -     |
| 1.4 | 标准循环        | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   | $Q_0$ |
| 2.1 | 搁置168 h（7天） | 7.6.6    | 7.6.6    | RT   | -     |
| 3.1 | 标准循环        | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   | $Q_1$ |
| 3.2 | 环境适应        | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   | -     |

表 12 室温下动力电池系统无负载容量损失的测试步骤（续）

| 序号  | 电池系统状态        | 试验方法章条号 |       | 环境温度 | 放电容量  |
|-----|---------------|---------|-------|------|-------|
|     |               | 高功率应用   | 高能量应用 |      |       |
| 3.3 | 标准循环          | 6.2.2   | 6.2.3 | RT   | $Q_2$ |
| 4.1 | 搁置720 h (30天) | 7.6.6   | 7.6.6 | RT   | -     |
| 5.1 | 标准循环          | 6.2.2   | 6.2.3 | RT   | $Q_3$ |
| 5.2 | 环境适应          | 5.1.3   | 5.1.3 | RT   | -     |
| 5.3 | 标准循环          | 6.2.2   | 6.2.3 | RT   | $Q_4$ |

表13 高温下动力电池系统无负载容量损失的测试步骤

| 序号  | 电池系统状态        | 试验方法章条号  |          | 环境温度                  | 放电容量  |
|-----|---------------|----------|----------|-----------------------|-------|
|     |               | 高功率应用    | 高能量应用    |                       |       |
| 1.1 | 环境适应          | 5.1.3    | 5.1.3    | RT                    | -     |
| 1.2 | 标准充电          | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT                    | -     |
| 1.3 | 环境适应          | 5.1.3    | 5.1.3    | RT                    | -     |
| 1.4 | 标准循环          | 6.2.2    | 6.2.3    | RT                    | $Q_5$ |
| 2.1 | 搁置168 h (7天)  | 7.6.6    | 7.6.6    | 45 °C或更高（根据供应商和客户的协商） | -     |
| 3.1 | 环境适应          | 5.1.3    | 5.1.3    | RT                    | -     |
| 3.2 | 标准循环          | 6.2.2    | 6.2.3    | RT                    | $Q_6$ |
| 3.3 | 环境适应          | 5.1.3    | 5.1.3    | RT                    | -     |
| 3.4 | 标准循环          | 6.2.2    | 6.2.3    | RT                    | $Q_7$ |
| 4.1 | 搁置720 h (30天) | 7.6.6    | 7.6.6    | 45 °C或更高（根据供应商和客户的协商） | -     |
| 5.1 | 环境适应          | 5.1.3    | 5.1.3    | RT                    | -     |
| 5.2 | 标准循环          | 6.2.2    | 6.2.3    | RT                    | $Q_8$ |
| 5.3 | 环境适应          | 5.1.3    | 5.1.3    | RT                    | -     |
| 5.4 | 标准循环          | 6.2.2    | 6.2.3    | RT                    | $Q_9$ |

7.6.3 搁置过程中电池管理系统由辅助电源供电，工作状态由制造商规定。

7.6.4 无负载容量损失测试中被测电池系统处于制造商规定的满电态。

7.6.5 无负载容量损失在两个不同温度下测得，分别为 RT（25 °C）和 45 °C或更高(根据供应商和客户的协商)。

7.6.6 测试周期为 168 h（7天）、720 h（30天）。

注：测试可以使用单个样品依次进行测试，也可以使用多个样品并行进行测试。

7.6.7 常温搁置 168h（7天）结束后，按照式（49）（50）计算容量保持率 $\eta_1$ 和容量恢复率 $\eta'_1$ （容量恢复能力）。

$$\text{常温搁置 168h (7 天) 后容量保持率} \quad \eta_1 = \frac{Q_1}{Q_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (49)$$

$$\text{常温搁置 168h (7 天) 后容量恢复率} \quad \eta'_1 = \frac{Q_2}{Q_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (50)$$

7.6.8 常温搁置 720h (30 天) 结束后, 按照式 (51) (52) 计算容量保持率 $\eta_2$ 和容量恢复率 $\eta'_2$  (容量恢复能力)。

$$\text{常温搁置 720h (30 天) 后容量保持率} \quad \eta_2 = \frac{Q_3}{Q_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (51)$$

$$\text{常温搁置 720h (30 天) 后容量恢复率} \quad \eta'_2 = \frac{Q_4}{Q_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (52)$$

7.6.9 高温搁置 168h (7 天) 结束后, 按照式 (53) (54) 计算容量保持率 $\eta_3$ 和容量恢复率 $\eta'_3$  (容量恢复能力)。

$$\text{高温搁置 168h (7 天) 后容量保持率} \quad \eta_3 = \frac{Q_6}{Q_5} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (53)$$

$$\text{高温搁置 168h (7 天) 后容量恢复率} \quad \eta'_3 = \frac{Q_7}{Q_5} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (54)$$

7.6.10 高温搁置 720h (30 天) 结束后, 按照式 (55) (56) 计算容量保持率 $\eta_4$ 和容量恢复率 $\eta'_4$  (容量恢复能力)。

$$\text{高温搁置 720h (30 天) 后容量保持率} \quad \eta_4 = \frac{Q_8}{Q_7} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (55)$$

$$\text{高温搁置 720h (30 天) 后容量恢复率} \quad \eta'_4 = \frac{Q_9}{Q_7} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (56)$$

## 7.7 存储中容量损失

7.7.1 试验对象仅为电池系统, 包括高功率及高能量的电池系统。

7.7.2 存储中容量损失是指电池系统长期存储状态下的容量损失。测试在室温下按照表 14 进行。

表14 动力电池系统存储中容量损失的测试步骤

| 序号  | 电池系统状态               | 试验方法章条号  |          | 环境温度  | 放电容量   |
|-----|----------------------|----------|----------|-------|--------|
|     |                      | 高功率应用    | 高能量应用    |       |        |
| 1.1 | 环境适应                 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    | -      |
| 1.2 | 标准充电                 | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT    | -      |
| 1.3 | 环境适应                 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    | -      |
| 1.4 | 标准循环                 | 6.2.2    | 6.2.3    | RT    | $Q'_0$ |
| 1.5 | 环境适应                 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    | -      |
| 2.1 | 调整SOC至50% (或由制造商和客户商 | 6.3.1    | 6.3.2    | RT    | $Q'_1$ |
| 2.2 | 存储720 h (30天)        | 7.7.6    | 7.7.6    | 45 °C | -      |
| 3.1 | 环境适应                 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    | -      |
| 3.2 | 标准循环                 | 6.2.2    | 6.2.3    | RT    | $Q'_2$ |
| 3.3 | 环境适应                 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT    | -      |
| 3.4 | 标准循环                 | 6.2.2    | 6.2.3    | RT    | $Q'_3$ |

- 7.7.3 存储过程中断开电池系统的高压连接、低压连接，关闭冷却系统及其他必要的连接装置。
- 7.7.4 存储过程中，电池系统的 SOC 为 50%（或由制造商和客户商定）。
- 7.7.5 存储温度为 45 °C。
- 7.7.6 存储周期为 720 h（30 天）。
- 7.7.7 存储中容量损失测试按照表 14 进行。
- 7.7.8 搁置 720h（30 天）结束后，按照式（57）（58）计算电池系统的容量保持率 $\eta_5$ 和容量恢复率 $\eta'_5$ （容量恢复能力）。

$$\text{存储 720h (30 天) 后容量保持率} \quad \eta_5 = \frac{Q'_2}{(Q'_0 - Q'_1)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (57)$$

$$\text{存储 720h (30 天) 后容量恢复率} \quad \eta'_5 = \frac{Q'_3}{Q'_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (58)$$

## 7.8 高低温启动功率

- 7.8.1 试验对象为高功率型电池系统。
- 7.8.2 高低温启动功率测试功率型电池系统在低温（或高温）和低 SOC 状态下的功率输出能力，测试按照表 15 进行。
- 7.8.3 高温启动功率测试温度为：-20 °C 或与制造商商定的更低温度  $T_{\min}$ 。
- 7.8.4 低温启动功率的测试温度为：40 °C 或与制造商商定的更高温度  $T_{\max}$ 。

表15 高功率型电池系统高低温启动功率测试的测试步骤

| 序号  | 电池系统状态                 | 试验方法章条号  | 环境温度               |
|-----|------------------------|----------|--------------------|
| 1.1 | 环境适应                   | 5.1.3    | RT                 |
| 1.2 | 标准充电                   | 6.2.2 b) | RT                 |
| 1.3 | 标准循环                   | 6.2.2    | RT                 |
| 1.4 | 环境适应                   | 5.1.3    | RT                 |
| 2.1 | 调整SOC至20%或制造商所允许的最低SOC | 6.3.1    | RT                 |
| 2.2 | 环境适应                   | 5.1.3    | -20 °C/ $T_{\min}$ |
| 2.3 | 恒压放电，持续5s              | 7.8.3    | -20 °C/ $T_{\min}$ |
| 2.4 | 静置10s                  | 5.1.5    | -20 °C/ $T_{\min}$ |
| 2.5 | 重复步骤7~8两次              | -        | -20 °C/ $T_{\min}$ |
| 3.1 | 环境适应                   | 5.1.3    | RT                 |
| 3.2 | 标准充电                   | 6.2.2 b) | RT                 |
| 3.3 | 标准循环                   | 6.2.2    | RT                 |
| 3.4 | 环境适应                   | 5.1.3    | RT                 |
| 3.5 | 调整SOC至20%或制造商所允许的最低SOC | 6.3.1    | RT                 |
| 3.6 | 环境适应                   | 5.1.3    | 40 °C/ $T_{\max}$  |
| 3.7 | 恒压放电，持续5s              | 7.8.3    | 40 °C/ $T_{\max}$  |
| 3.8 | 静置10s                  | 5.1.5    | 40 °C/ $T_{\max}$  |
| 3.9 | 重复步骤16~17两次            | -        | 40 °C/ $T_{\max}$  |

- 7.8.5 高低温启动功率测试时，由制造商提供测试样品在给定条件下的放电截止电压，由测试平台控

制电池系统在此电压下恒压放电（可根据制造商提供的参数设定放电电流上限），同时 BCU 将保证各单体参数在工作限值之内。恒压放电过程的采样时间应不大于 50 ms。

7.8.6 采集恒压放电过程中的测试样品端电压  $U$  和电流  $I$ ，按照式（59）（60）计算电池系统的高低温启动功率。测试报告中应给出放电电流和时间的对应关系曲线。

$$\text{第 } i \text{ 次恒压放电平均功率} \quad P'_i = \frac{\sum U \times I}{n} \quad \dots\dots\dots (59)$$

$$\text{高低温启动功率} \quad P' = \frac{P'_1 + P'_2 + P'_3}{3} \quad \dots\dots\dots (60)$$

## 7.9 能量效率

### 7.9.1 高功率型应用

7.9.1.1 试验对象为高功率型电池系统。

7.9.1.2 能量效率测试旨在测试样品在不同 SOC 状态下的快速充放电效率，测试按照表 16 进行。

7.9.1.3 能量效率测试的目的是通过计算电荷平衡的脉冲曲线来确定电池系统能量往返效率。对于高功率电池系统，电池系统的能量效率对整车效率有显著影响。它直接影响装有高功率电池系统的车辆的油耗和排放水平。

7.9.1.4 测试描述该测试模拟以下驾驶情况：在加速时，例如在高速公路上或在超车过程中，车辆驾驶员要求车辆的最大动力（最大。电池放电功率）。接下来，在假设的 40 秒时间内，有一个无电池性能的巡航阶段。在此之后，假定有一个 10 s 的再生制动时间给电池充电。当然，实际需求是不同的，因为车辆供应商的驱动系统不同。但由于电池组和系统的比较和评价的原因，它是一个共同的基础。

7.9.1.5 测试在三种不同温度下进行，分别为 40 °C、RT（25 °C）、和 0 °C。

表16 高功率型电池系统能量效率测试步骤

| 序号   | 电池系统状态           | 试验方法章条号  | 环境温度 |
|------|------------------|----------|------|
| 1.1  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 1.2  | 标准充电             | 6.2.2 b) | RT   |
| 1.3  | 标准循环             | 6.2.2    | RT   |
| 1.4  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 2.1  | 调整SOC至65%        | 6.3.1    | RT   |
| 2.2  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 2.3  | 能量效率测试工况（65%SOC） | 7.9.1.3  | RT   |
| 2.4  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 2.5  | 调整SOC至50%        | 6.3.1    | RT   |
| 2.7  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 2.8  | 能量效率测试工况（50%SOC） | 7.9.1.3  | RT   |
| 2.9  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 2.10 | 调整SOC至35%        | 6.3.1    | RT   |
| 2.11 | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |
| 2.12 | 能量效率测试工况（35%SOC） | 7.9.1.3  | RT   |
| 3.1  | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |

表 16 高功率型电池系统能量效率测试步骤（续）

| 序号   | 电池系统状态           | 试验方法章条号  | 环境温度  |
|------|------------------|----------|-------|
| 3.2  | 标准充电             | 6.2.2 b) | RT    |
| 3.3  | 标准循环             | 6.2.2    | RT    |
| 3.4  | 环境适应             | 5.1.3    | 40 °C |
| 3.5  | 调整SOC至65%        | 6.3.1    | 40 °C |
| 3.6  | 环境适应             | 5.1.3    | 40 °C |
| 3.7  | 能量效率测试工况（65%SOC） | 7.9.1.3  | 40 °C |
| 3.8  | 环境适应             | 5.1.3    | 40 °C |
| 3.9  | 调整SOC至50%        | 6.3.1    | 40 °C |
| 3.10 | 环境适应             | 5.1.3    | 40 °C |
| 3.11 | 能量效率测试工况（50%SOC） | 7.9.1.3  | 40 °C |
| 3.12 | 环境适应             | 5.1.3    | 40 °C |
| 3.13 | 调整SOC至35%        | 6.3.1    | 40 °C |
| 3.14 | 环境适应             | 5.1.3    | 40 °C |
| 3.15 | 能量效率测试工况（35%SOC） | 7.9.1.3  | 40 °C |
| 4.1  | 环境适应             | 5.1.3    | RT    |
| 4.2  | 标准充电             | 6.2.2 b) | RT    |
| 4.3  | 标准循环             | 6.2.2    | RT    |
| 4.4  | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C  |
| 4.5  | 调整SOC至65%        | 6.3.1    | 0 °C  |
| 4.6  | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C  |
| 4.7  | 能量效率测试工况（65%SOC） | 7.9.1.3  | 0 °C  |
| 4.8  | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C  |
| 4.9  | 调整SOC至50%        | 6.3.1    | 0 °C  |
| 4.10 | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C  |
| 4.11 | 能量效率测试工况（50%SOC） | 7.9.1.3  | 0 °C  |
| 4.12 | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C  |
| 4.13 | 调整SOC至35%        | 6.3.1    | 0 °C  |
| 4.14 | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C  |
| 4.15 | 能量效率测试工况（35%SOC） | 7.9.1.3  | 0 °C  |
| 5.1  | 环境适应             | 5.1.3    | RT    |

7.9.1.6 能量效率测试工况由电量相互中和的放电脉冲和充电脉冲及静置过程组成，如表 17 所示。

注：测试工况中，充电容量和放电容量应相等。测试中可能会出现未达到时间增量提前触发电压或电流限值，应在测试报告中说明。

表17 高功率型电池系统能量效率测试工况

| 时间增加量<br>s | 累计时间<br>s | 电流<br>A                            |
|------------|-----------|------------------------------------|
| 0          | 0         | 0                                  |
| 12         | 12        | $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$      |
| 40         | 52        | 0                                  |
| 16         | 68        | $-0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ |
| 40         | 108       | 0                                  |

7.9.1.7 能量效率测试工况的采样时间应不大于 50 ms。

7.9.1.8 能量效率按下述步骤计算：

- 对表 17 能量效率测试工况电流和电压的乘积对时间积分，分别计算出电池系统放电脉冲输出的能量  $E_o$  和充电脉冲过程输入的能量  $E_i$ ，单位为  $\text{W} \cdot \text{h}$ ；
- 按式 (61) 计算高功率型电池系统能量效率 (%)：

$$\eta = \left| \frac{E_o}{E_i} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (61)$$

## 7.9.2 高能量型应用

7.9.2.1 试验对象为高能量型电池系统。

7.9.2.2 能量效率测试旨在测试电池系统在不同温度不同倍率充电时的性能及能量循环效率。

7.9.2.3 能量效率测试在三种不同温度下进行，分别为 RT (25 °C) 和 0 °C。

7.9.2.4 能量效率测试以二种不同倍率进行，分别为  $1I_1$ 、 $I_{\max}(T)$ 。

注： $1I_1$ 快充为 $1I_1$ 恒流充电或制造商与企业商定的 $1I_1$ 快充策略， $I_{\max}(T)$ 快充为 $I_{\max}(T)$ 恒流充电或制造商与企业商定的 $I_{\max}(T)$ 快充策略。前后两次的充放电策略需保持一致。

7.9.2.5 具体测试步骤如表 18 所示。

表18 高能量型电池系统能量效率测试步骤

| 序号  | 电池系统状态    | 试验方法章条号  | 环境温度 | 充电/放电能量 |
|-----|-----------|----------|------|---------|
| 1.1 | 环境适应      | 5.1.3    | RT   |         |
| 1.2 | 标准充电      | 6.2.3 b) | RT   |         |
| 1.3 | 标准放电      | 6.2.3 a) | RT   |         |
| 1.4 | $1I_1$ 快充 | -        | RT   |         |
| 1.5 | 环境适应      | 5.1.3    | RT   |         |
| 1.6 | 标准 放电     | 6.2.3 a) | RT   | $E_1$   |
| 1.7 | 环境适应      | 5.1.3    | RT   |         |
| 1.8 | $1I_1$ 快充 | -        | RT   | $E_2$   |
| 2.1 | 环境适应      | 5.1.3    | RT   |         |

表 18 高能量型电池系统能量效率测试步骤（续）

| 序号  | 电池系统状态           | 试验方法章条号  | 环境温度 | 充电/放电能量 |
|-----|------------------|----------|------|---------|
| 2.2 | 标准 放电            | 6.2.3 a) | RT   |         |
| 2.3 | $I_{\max}(T)$ 快充 | -        | RT   |         |
| 2.4 | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |         |
| 2.5 | 标准 放电            | 6.2.3 a) | RT   | $E_3$   |
| 2.6 | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |         |
| 2.7 | $I_{\max}(T)$ 快充 | -        | RT   | $E_4$   |
| 3.1 | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |         |
| 3.2 | 标准放电             | 6.2.3 a) | RT   |         |
| 3.3 | $1I_1$ 快充        | 6.2.3 b) | RT   |         |
| 3.4 | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C |         |
| 3.5 | 标准放电             | 6.2.3 a) | 0 °C | $E_5$   |
| 3.6 | $1I_1$ 快充        | -        | 0 °C | $E_6$   |
| 4.1 | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |         |
| 4.2 | 标准放电             | 6.2.3 a) | RT   |         |
| 4.3 | $I_{\max}(T)$ 快充 | -        | RT   |         |
| 4.4 | 环境适应             | 5.1.3    | 0 °C |         |
| 4.5 | 标准 放电            | 6.2.3 a) | 0 °C | $E_7$   |
| 4.6 | $I_{\max}(T)$ 快充 | -        | 0 °C | $E_8$   |
| 5.1 | 环境适应             | 5.1.3    | RT   |         |
| 5.2 | 标准放电             | 6.2.3 a) | RT   |         |
| 5.3 | 标准充电             | 6.2.3 b) | RT   |         |

7.9.2.6 分别按照式（62）（63）（64）（65）计算不同温度不同倍率下的能量效率：

$$25\text{ °C}, 1I_1\text{快充能量效率} \quad \eta_1 = \left| \frac{E_1}{E_2} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (62)$$

$$25\text{ °C}, I_{\max}(T)\text{快充能量效} \quad \eta_2 = \left| \frac{E_3}{E_4} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (63)$$

$$0\text{ °C}, 1I_1\text{快充能量效率} \quad \eta_3 = \left| \frac{E_5}{E_6} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (64)$$

$$0\text{ °C}, I_{\max}(T)\text{快充能量效} \quad \eta_4 = \left| \frac{E_7}{E_8} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (65)$$

## 7.10 能量密度

7.10.1 试验对象为电池包或系统。

7.10.2 能量密度测试旨在测量电池包或系统的能量密度。

7.10.3 室温环境下，具体测试步骤如表 19 所示。

表19 电池包或系统能量密度测试步骤

| 序号 | 电池包或电池系统状态 | 试验方法章条号  |          | 环境温度 |
|----|------------|----------|----------|------|
|    |            | 高功率应用    | 高能量应用    |      |
| 1  | 环境适应       | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 2  | 标准放电       | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT   |
| 3  | 环境适应       | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 4  | 标准充电       | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 5  | 标准放电       | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT   |
| 6  | 重复步骤4~5两次  | -        | -        | RT   |

7.10.4 步骤2和步骤5中，放电电流不小于  $1I_3$ 。

7.10.5 步骤4中，充电时间不大于8 h。

7.10.6 步骤6中，取3次放电能量的平均值  $E_{average}$ （以W·h计）。

7.10.7 按照7.3用衡器测量电池包或系统的质量  $M$ （以kg计）。称重时仅以电池包自身重量为准，不包含电池包外高低压线束、外置电池控制单元、可拆卸金属挂耳、冷却液等；

按照式（66）计算电池包或系统的放电能量密度PED（以Wh/kg计）。

$$PED = E_{average}/M \quad \dots\dots\dots (66)$$

## 7.11 充电性能

7.11.1 试验对象为电池包或系统。

7.11.2 充电性能旨在测试电池包或系统在不同温度下，制造商与整车协定的充电策略模式下的充电性能。

注：充电策略指电池包或系统制造商与整车协定的，应用于车辆与充电装置上执行充电工作状态时充电电流或者功率，依据电池包或系统的温度、荷电状态等变化的充电工作矩阵。

7.11.3 充电性能测试在四种不同温度下进行，依次为RT（25℃）、40℃、0℃和  $T_{min}$ （ $T_{min}$ 由制造商和客户商定）。

7.11.4 充电性能测试步骤按照表20进行。

7.11.5 记录电池包或系统总电压、最高单体电压、充电容量（Ah）与时间曲线，最高和最低监控温度与充电电流的曲线，充电能量与SOC的曲线。

表20 电池包或系统充电性能测试步骤

| 序号  | 电池系统状态 | 试验方法章条号  |          | 环境温度 |
|-----|--------|----------|----------|------|
|     |        | 高功率应用    | 高能量应用    |      |
| 1.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 1.3 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT   |
| 1.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.5 | 策略充电   | 7.11.1.4 | 7.11.1.4 | RT   |
| 1.6 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.7 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT   |

|     |      |          |          |    |
|-----|------|----------|----------|----|
| 2.1 | 环境适应 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT |
| 2.2 | 标准充电 | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT |

表 20 电池包或系统充电性能测试步骤（续）

| 序号  | 电池系统状态 | 试验方法章条号  |          | 环境温度      |
|-----|--------|----------|----------|-----------|
|     |        | 高功率应用    | 高能量应用    |           |
| 2.3 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT        |
| 2.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C     |
| 2.5 | 策略充电   | 7.11.1.4 | 7.11.1.4 | 40 °C     |
| 2.6 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT        |
| 2.7 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT        |
| 3.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT        |
| 3.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT        |
| 3.3 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT        |
| 3.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C      |
| 3.5 | 策略充电   | 7.11.1.4 | 7.11.1.4 | 0 °C      |
| 3.6 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT        |
| 3.7 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT        |
| 4.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT        |
| 4.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT        |
| 4.3 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT        |
| 4.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | $T_{min}$ |
| 4.5 | 策略充电   | 7.11.1.4 | 7.11.1.4 | $T_{min}$ |
| 4.6 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT        |
| 4.7 | 标准放电   | 6.2.2 a) | 6.2.3 a) | RT        |

## 7.12 工况放电

7.12.1 试验对象为电池包或系统。

7.12.2 电池包或系统宜测试不同温度下的工况放电容量和能量。

7.12.3 工况放电测试在四种不同温度下进行，依次为 RT（25 °C）、40 °C、0 °C 和  $T_{min}$ （ $T_{min}$  由制造商和客户商定）。

7.12.4 工况放电测试步骤按照表 21 进行，工况放电谱由制造商与客户共同商定。

7.12.5 记录电池包或系统总电压、最高单体电压与时间的曲线，最高和最低监控温度与充放电电流的曲线，放电容量（Ah）与功率（W）曲线，放电能量与 SOC 的曲线。

表21 电池包或系统工况放电测试步骤

| 序号  | 电池系统状态 | 试验方法章条号  |          | 环境温度 |
|-----|--------|----------|----------|------|
|     |        | 高功率应用    | 高能量应用    |      |
| 1.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |
| 1.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT   |
| 1.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT   |
| 1.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT   |

|     |      |          |          |    |
|-----|------|----------|----------|----|
| 1.5 | 工况放电 | 7.12.4   | 7.12.4   | RT |
| 2.1 | 环境适应 | 5.1.3    | 5.1.3    | RT |
| 2.2 | 标准充电 | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT |
| 2.3 | 标准循环 | 6.2.2    | 6.2.3    | RT |

表 21 电池包或系统工况放电测试步骤 (续)

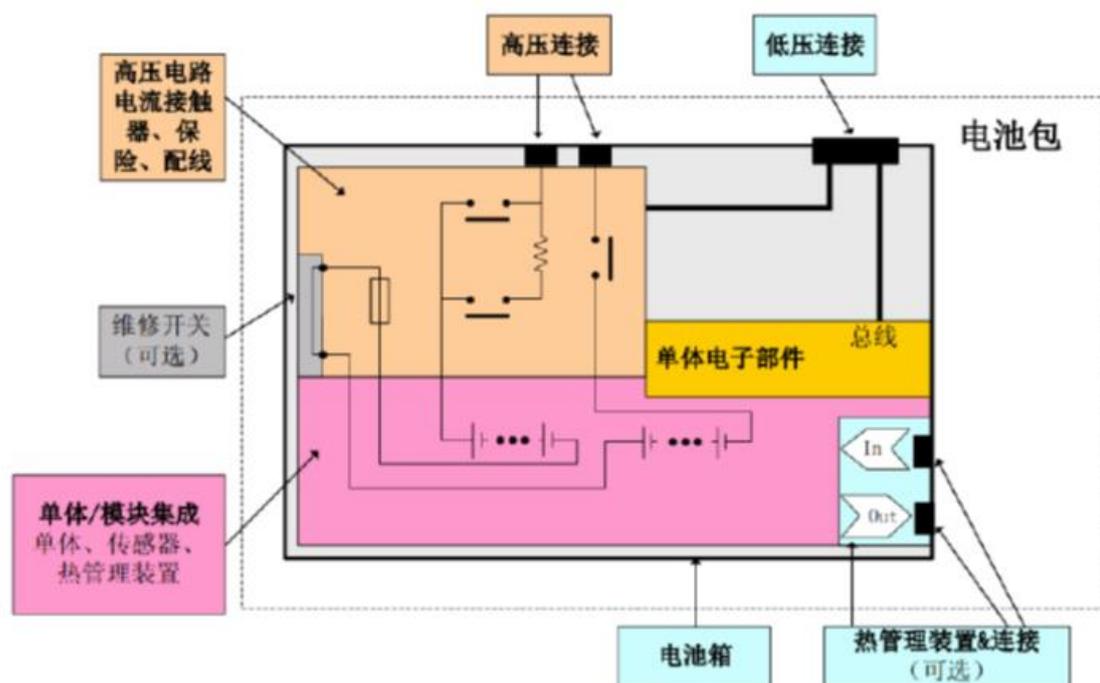
| 序号  | 电池系统状态 | 试验方法条款号  |          | 环境温度       |
|-----|--------|----------|----------|------------|
|     |        | 高功率应用    | 高能量应用    |            |
| 2.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 40 °C      |
| 2.5 | 工况放电   | 7.12.4   | 7.12.4   | 40 °C      |
| 3.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT         |
| 3.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT         |
| 3.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT         |
| 3.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | 0 °C       |
| 3.5 | 工况放电   | 7.12.4   | 7.12.4   | 0 °C       |
| 4.1 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | RT         |
| 4.2 | 标准充电   | 6.2.2 b) | 6.2.3 b) | RT         |
| 4.3 | 标准循环   | 6.2.2    | 6.2.3    | RT         |
| 4.4 | 环境适应   | 5.1.3    | 5.1.3    | $T_{\min}$ |
| 4.5 | 工况放电   | 7.12.4   | 7.12.4   | $T_{\min}$ |

## 附录 A (资料性)

### 电池包和电池系统的典型结构

#### A.1 电池包

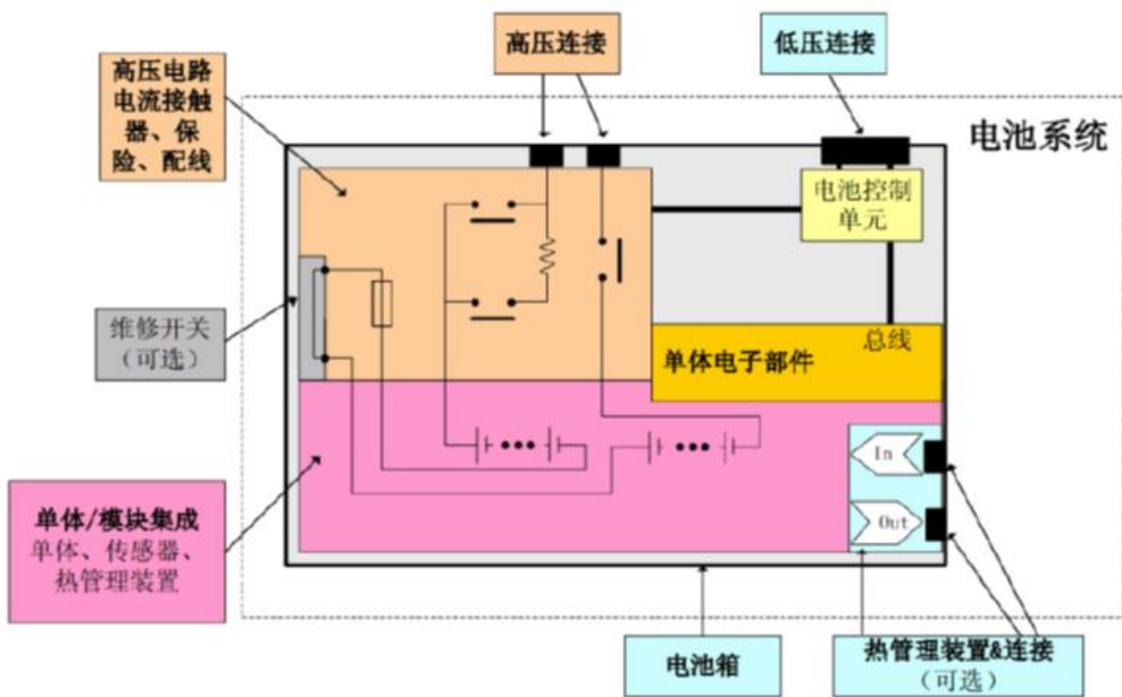
电池包是能量存储装置，包括单体或模块，通常还包括电池电子部件、高压电路、过流保护装置及与其他外部系统的接口（如冷却、高压、辅助低压和通讯等）。对于高于60V d.c. 的电池包，宜包括手动切断功能。所有部件应该被安装在常用防撞电池箱内。图A.1是一个电池包的典型结构。



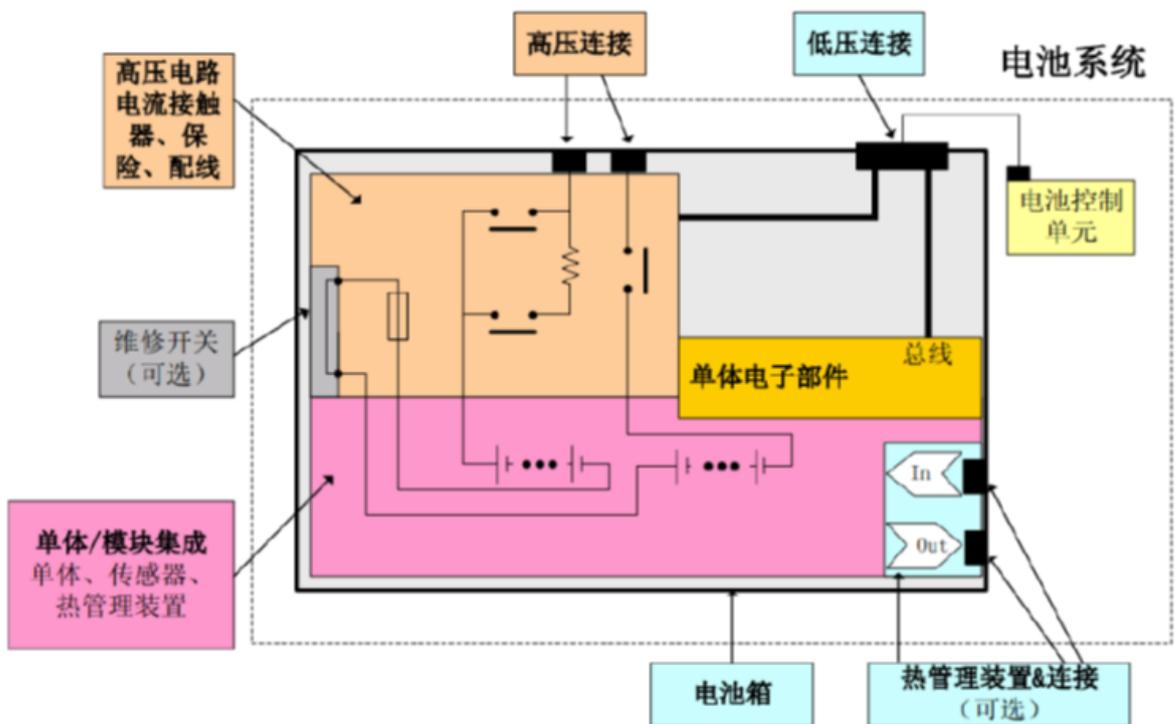
图A.1 电池包典型结构

#### A.2 电池系统

电池系统是能量存储装置，包括单体或模块或电池包，还包括电路和电控单元（如电池控制单元，电流接触器）。对于高于60V d.c. 的电池系统，应该包括手动切断功能。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 外置电池控制单元的电池系统典型结构

附 录 B  
(资料性)  
电池包和系统测试项目

B.1 高功率锂离子动力蓄电池包和系统需要进行的测试项目如表 B.1 所示。

表B.1 高功率锂离子动力蓄电池包和系统需要进行的测试项目

| 试验项目   |              | 适用范围         | 试验方法<br>章条号                       | 试验条件  |   |  |
|--------|--------------|--------------|-----------------------------------|---|---|--|
| 基本性能试验 | 外观           | 电池包、<br>电池系统 | 7.1                               | RT  |   |  |
|        | 极性           |              | 7.2                               | RT  |   |  |
|        | 质量和外形尺寸      |              | 7.3                               | RT  |   |  |
|        | 容量和能量测试      |              | 室温                                | 7.4.2   | RT、 $1I_1$ 、 $I_{max}(T)$                           |  |
|        |              |              | 高温                                | 7.4.3   | 40 °C、 $1I_1$ 、 $I_{max}(T)$                        |  |
|        |              |              | 低温                                | 7.4.4   | 0 °C、-20 °C、 $1I_1$ 、 $I_{max}(T)$                  |  |
|        | 功率和内阻        | 电池系统         | 7.5                               | RT、40 °C、0 °C、-20 °C<br>(或与客户商定)、<br>$I'_{max}(SOC, T, t)$ 、<br>$0.75I'_{max}(SOC, T, t)$ | SOC:80% (或制造商规定的最高允许状态)、<br>50%、20% (或制造商规定的最低允许状态) |  |
|        | 无负载容量损失      |              | 7.6                               | SOC满电态, RT、45 °C或更高 (根据供应商和客户的协商), 168 h (7天)、720 h (30天)                                 |   |  |
|        | 存储中容量损失      |              | 7.7                               | SOC为50% (或由制造商和客户商定)<br>45 °C、720 h (30天)   |   |  |
|        | 高低温启动功率      |              | 7.8                               | 40 °C/ $T_{max}$ 、-20 °C/ $T_{min}$ , 截止电压 (由制造商提供), 放电电流 (由制造商提供), 低SOC状态                |   |  |
|        | 能量效率         |              | 7.9.1                             | RT、40 °C、0 °C、 $T_{min}$<br>SOC: 65%、50%、35%  |   |  |
|        | 能量密度         | 电池包、<br>电池系统 | 7.10                              | RT, 循环3次, 质量  |   |  |
| 充电性能   | 电池包、<br>电池系统 | 7.11         | RT、40 °C、0 °C、 $T_{min}$<br>策略充电  |   |   |  |
| 工况放电   |              | 7.12         | RT、40 °C、0 °C、 $T_{min}$<br>工况放电谱 |   |   |  |

B.2 高能量锂离子动力蓄电池包和系统需要进行的测试项目如表 B.2 所示。

表B.2 高能量锂离子动力蓄电池包和系统需要进行的测试项目

| 试验项目       |             | 适用范围         | 试验方法<br>章条号                       | 试验条件  |  |  |
|------------|-------------|--------------|-----------------------------------|---|--|--|
| 基本性能<br>试验 | 外观          | 电池包、<br>电池系统 | 7.1                               | RT  |  |  |
|            | 极性          |              | 7.2                               | RT  |  |  |
|            | 质量和外形尺寸     |              | 7.3                               | RT  |  |  |
|            | 容量和能<br>量测试 |              | 室温                                | 7.4.2   | RT、 $1I_3$ 、 $I_{max}(T)$                                    |  |
|            |             |              | 高温                                | 7.4.3   | 40 °C、 $1I_3$ 、 $I_{max}(T)$                                 |  |
|            |             |              | 低温                                | 7.4.4   | 0 °C、-20 °C、 $1I_3$ 、 $I_{max}(T)$                           |  |
|            | 功率和内阻       | 电池系统         | 7.5                               | RT、40 °C、0 °C、-20 °C<br>(或与客户商定)、<br>$P_{max}(SOC, T, t)$ 、<br>$0.75P_{max}(SOC, T, t)$ | SOC: 90% (或制造商规定<br>的最高允许状态)、<br>50%、20% (或制造商规定<br>最低允许状态)。 |  |
|            | 无负载容量损失     |              | 7.6                               | SOC满电态, RT、45 °C或更高 (根据供应商和客户的协<br>商), 168 h (7天)、720 h (30天)                           |  |  |
|            | 存储中容量损失     |              | 7.7                               | SOC为50% (或由制造商和客户商定)<br>45 °C、720 h (30天)   |  |  |
|            | 能量效率        |              | 7.9.2                             | RT、0 °C和 $T_{min}$<br>$1I_3$ 、 $I_{max}(T)$   |  |  |
|            | 能量密度        | 电池包、<br>电池系统 | 7.10                              | RT, 循环3次, 质量  |  |  |
|            | 充电性能        | 电池包、<br>电池系统 | 7.11                              | RT、40 °C、0 °C、 $T_{min}$<br>策略充电  |  |  |
| 工况放电       | 7.12        |              | RT、40 °C、0 °C、 $T_{min}$<br>工况放电谱 |   |  |  |