



中华人民共和国国家标准

GB/T 31467—2023

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 packs and systems—Part 4: Performance testing, NEQ)

2023-11-27 发布

2023-11-27 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	III
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	2
5.3 数据记录与记录间隔	3
5.4 试验准备	3
6 通用测试	3
6.1 预处理循环	3
6.2 标准循环	4
6.3 调整 SOC 至试验目标值 $n\%$ 的方法	4
7 基本性能测试	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	8
7.6 无负载容量损失	24
7.7 存储中容量损失	27
7.8 高低温启动功率	28
7.9 能量效率	29
7.10 能量密度	34
7.11 充电性能	35
7.12 工况放电	36
附录 A (资料性) 电池包和电池系统的典型结构	38
A.1 电池包	38
A.2 电池系统	38
附录 B (资料性) 电池包和系统测试项目	40

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》和 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 和 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) 更改了测试环境条件(见 5.1.1, GB/T 31467.1—2015 中的 5.1.1, GB/T 31467.2—2015 中的 5.1.1)；
- b) 更改了测试环境适应条件(见 5.1.3, GB/T 31467.1—2015 中的 5.1.3, GB/T 31467.2—2015 中的 5.1.3)；
- c) 更改了电池实际容量与额定容量差值范围要求(见 5.1.8, GB/T 31467.1—2015 中的 5.1.8, GB/T 31467.2—2015 中的 5.1.8)；
- d) 更改了测试数据记录间隔(见 5.3, GB/T 31467.1—2015 中的 5.3, GB/T 31467.2—2015 中的 5.3)；
- e) 更改了预处理循环、标准循环的试验方法(见 6.1、6.2, GB/T 31467.1—2015 中的 6.1、6.2, GB/T 31467.2—2015 中的 6.1、6.2)；
- f) 更改了调整 SOC 至试验目标值 $n\%$ 的方法(见 6.3, GB/T 31467.1—2015 中的 5.1.5, GB/T 31467.2—2015 中的 5.1.5)；
- g) 增加了外观、极性、质量和外形尺寸的试验方法(见 7.1、7.2、7.3)；
- h) 更改了容量和能量的试验方法(见 7.4, GB/T 31467.1—2015 中的 7.1, GB/T 31467.2—2015 中的 7.1)；
- i) 更改了功率和内阻的试验方法(见 7.5, GB/T 31467.1—2015 中的 7.2, GB/T 31467.2—2015 中的 7.2)；
- j) 更改了无负载容量损失的试验方法(见 7.6, GB/T 31467.1—2015 中的 7.3, GB/T 31467.2—2015 中的 7.3)；
- k) 更改了存储中容量损失的试验方法(见 7.7, GB/T 31467.1—2015 中的 7.4, GB/T 31467.2—2015 中的 7.4)；
- l) 更改了高低温启动功率的试验方法(见 7.8, GB/T 31467.1—2015 中的 7.5)；
- m) 更改了能量效率试验方法(见 7.9, GB/T 31467.1—2015 中的 7.6, GB/T 31467.2—2015 中的 7.5)；
- n) 增加了能量密度、充电性能、工况放电的试验方法(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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本文件起草单位：合肥国轩高科动力能源有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、中创新航科技股份有限公司、蜂巢能源科技股份有限公司、中汽研新能源汽车

检验中心(天津)有限公司、国联汽车动力电池研究院有限责任公司、比亚迪汽车工业有限公司、欣旺达电动汽车电池有限公司、安徽省计量科学研究院、浙江吉利控股集团有限公司、重庆长安新能源汽车科技有限公司、广州小鹏汽车科技有限公司、一汽解放汽车有限公司、同济大学、上海汽车集团股份有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、丰田汽车(中国)投资有限公司、日产(中国)投资有限公司、沃尔沃汽车(亚太)投资控股有限公司、微宏动力系统(湖州)有限公司、惠州亿纬动力电池有限公司、天津力神电池股份有限公司、格力钛新能源股份有限公司、江苏春兰清洁能源研究院有限公司、上海电器设备检测所有限公司。

本文件主要起草人：杨刘倩、郑天雷、王芳、张峥、郝维健、胡建、瞿毅、田瑞生、张放南、廖丰行、邓承浩、刘三兵、吴安平、唐玲、刘仕强、彭晓阳、蓝海龙、王萍、刘琛、杨红新、郝亮、薛玉峰、李宁、杨聪娇、王存、郑昌、王婧雅、戴海峰、邹玉峰、詹园园、刘文娟、王影、杨桃、郭慰问、吴海宁、吴晓燕、张晋杰。

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 和 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

本文件描述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。
本文件适用于电动汽车用锂离子动力电池包和系统的研发和测试。

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 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

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

3.1

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电功率(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。

注:高能量电池一般应用于纯电动汽车和插电式混合动力电动汽车。

3.2

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电功率(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。

注:高功率电池一般应用于混合动力电动汽车。

3.3

能量密度 energy density

电池包或系统平均单位质量所释放出的电能。

注:能量密度单位为瓦时每千克(W·h/kg)。

3.4

能量效率 energy round trip efficiency

电池包或系统在测试过程中的放电总能量与充电总能量的比值。

注:充电总能量和放电总能量单位为瓦时(W·h)。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

BCU: 电池控制单元(Battery Control Unit)

FS: 满量程(Full Scale)

RT: 室温(Room Temperature)

SOC: 荷电状态(State-of-Charge)

$I_{\max}(T)$: 某试验环境温度 T 下最大允许持续放电电流

$I'_{\max}(SOC, T, t)$: 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

n C: 电流倍率, 其数值等于 1 h 放电容量的 n 倍

η : 效率

5 通用测试条件

5.1 一般条件

5.1.1 除另有规定, 测试在温度为室温(RT) $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $10\% \sim 90\%$, 大气压力为 $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 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: 如果在 1 h 内没有主动冷却且电池单体温度与目标温度之间的差值不超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 则完成环境适应。

5.1.4 电池包或系统由于某些原因(如尺寸或质量)不适合进行某些测试, 经供需双方协商一致后可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, 静置时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。

5.1.6 测试过程中, 热管理系统根据制造商的规定或 BCU 的指令工作, 热管理系统开启或关闭状态应在测试报告中明确说明。能量效率(见 7.9)、充电性能(见 7.11)、工况放电(见 7.12)测试宜开启热管理系统, 容量和能量(见 7.4)、功率和内阻(见 7.5)、无负载容量损失(见 7.6)、存储中容量损失(见 7.7)、高低温启动功率(见 7.8)、能量密度(见 7.10)不宜开启热管理系统或供需双方协商后开启。

5.1.7 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在不同试验项目中应保持统一。

5.1.8 电池的实际容量(见 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。

5.1.9 电池包和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。

5.1.10 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、仪表准确度应不低于以下要求:

- 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： $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 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应符合以下要求:

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

5.3 数据记录与记录间隔

除在某些具体测试项目中另有说明,否则测试数据(如时间、温度、电流和电压等)的记录间隔应不大于 100 s。

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,必要时可通过断开电池包的主接触器来实现。

5.4.1.3 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。

5.4.1.4 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 和测试平台设备相连,开启电池系统的主动和被动保护。除另有规定,否则由 BCU 控制热管理系统装置的工作。必要时 BCU 的程序可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 之间实现正常通信,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信,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 RT 下进行。

6.1.2 高功率型电池包或系统预处理循环步骤如下：

- a) 以不小于 1 C 的电流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) 以制造商规定的且不小于 1 C 的电流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 高能量型电池包或系统预处理循环步骤如下：

- a) 以不小于 $1/3$ C 的电流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) 以制造商规定的且不小于 $1/3$ C 的电流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%，则认为电池包或系统完成了预处理，预处理循环可中止。

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，以确保电池包或系统在测试时处于相同的状态。标准循环在 RT 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 高功率型电池包或系统标准循环步骤如下：

- a) 标准放电：以制造商规定的且不小于 1 C 的电流放电至制造商规定的放电截止条件，静置 30 min 或制造商规定的时间；
- b) 标准充电：以不小于 1 C 的电流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，静置 30 min 或制造商规定的时间。

6.2.3 高能量型电池包或系统标准循环步骤如下：

- a) 标准放电：以制造商规定的且不小于 $1/3$ C 的电流放电至制造商规定的放电截止条件，静置 30 min 或制造商规定的时间；
- b) 标准充电：以不小于 $1/3$ C 的电流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，静置 30 min 或制造商规定的时间。

6.2.4 如果标准循环和一个新的测试之间时间间隔大于 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，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 高功率型电池包或系统调整 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 1 C 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静置 30 min。

6.3.2 高能量型电池包或系统调整 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 $1/3$ C 恒流放电，放电时间为 $(m - n) \times 3/100$ 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静置 30 min。

6.3.3 若上一次 SOC 调整在 24 h 以内,则按照 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 $m=100$ 。

7 基本性能测试

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,单位为毫米(mm)。用衡器测量测试样品的质量,单位为千克(kg)。若难以测量时,可采用制造商提供的数据作为测试依据。

7.3.2 称重时仅以电池包自身质量为准,不包含可拆卸且与整车连接的非电池功能零部件,如电池包外高低压线束、外置电池控制单元、可拆卸金属挂耳等,不包含非电池功能零件,如与电池系统集成在一起且不可拆卸的座椅安装支架、整车碰撞防护用横纵梁、脚踏零件、车身连接件等,其他零部件是否包含由制造商和检测机构协商决定,若质量难以测量时,可采用制造商提供的质量说明文件作为测试依据。

7.3.3 若测试样品包含热管理系统,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:液冷方式的冷却液质量不计算在内。

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,放电过程在制造商规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 计算高功率型电池包或系统不小于 1 C 、 $I_{\max}(T)$ 的放电容量和能量,以及高能量型电池包或系统不小于 $1/3\text{ C}$ 、 $I_{\max}(T)$ 的放电容量和能量。

注:一般地, $I_{\max}(T)$ 放电用于测得电池包或系统最大允许放电电流状态下的容量和能量。

7.4.1.7 记录电池包或系统总电压、最高及最低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(A·h)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 1 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 1 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	不小于 1 C 放电(高功率应用) 不小于 1/3 C 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	$I_{\max}(T)$ 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 电池包或系统需要测试 40 °C 环境温度下的容量和能量。试验在环境箱内完成,按照表 2 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 2 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	不小于 1 C 放电(高功率应用) 不小于 1/3 C 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	$I_{\max}(T)$ 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 3 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 3 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	不小于 1 C 放电(高功率应用) 不小于 1/3 C 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	$I_{\max}(T)$ 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	不小于 1 C 放电(高功率应用) 不小于 1/3 C 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	$I_{\max}(T)$ 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 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 高功率型电池包或系统

7.5.2.1.1 功率和内阻测试工况按照表 4 和图 1 进行,测试过程中需要记录的数据如表 5 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 $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 。

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:

- 当原电流充/放电时,如果测试样品电压达到制造商指定的电压限值的时间小于 $1/2t$,调整到原电流值的 50%;
- 当原电流充/放电时,如果测试样品电压达到制造商指定的电压限值的时间在 $1/2t \sim 2/3t$ 之间,调整到原电流值的 75%;
- 当原电流充/放电时,如果测试样品电压达到制造商指定的电压限值的时间大于 $2/3t$,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、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充电的最低温度,电池包或系统不准许进行充电过程。

表 4 高功率型电池包或系统功率和内阻测试工况步骤时间

时间增加量/s	累计时间/s	电流/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

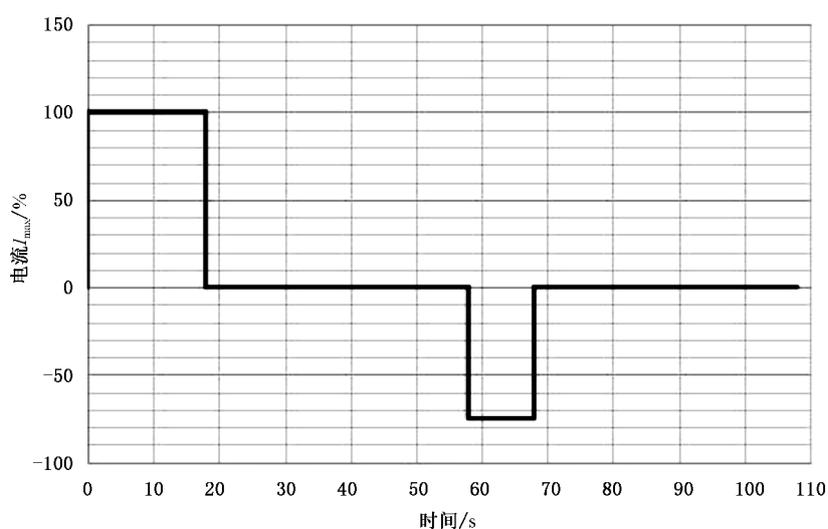


图 1 高功率型电池包或系统脉冲功率特性曲线——电流示例

表 5 高功率型电池包或系统需要测试的电压和电流

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

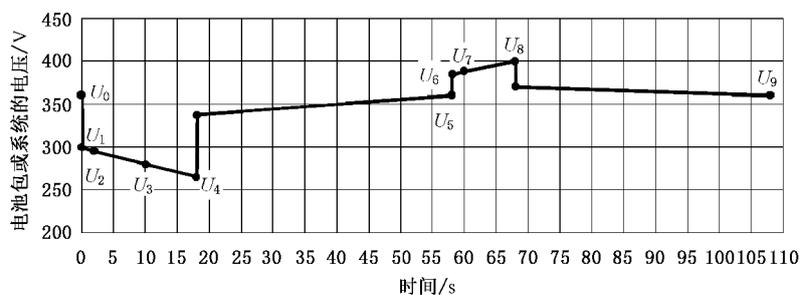


图 2 高功率型电池包或系统脉冲功率特性曲线——电压示例

7.5.2.2 高能量型电池包或系统

7.5.2.2.1 功率和内阻测试工况按照表 6 和图 3 进行,测试过程中需要记录的数据如表 7 和图 4 所示。

7.5.2.2.2 放电过程的放电电流保持为恒流,先以电池包或系统的最大允许脉冲放电电流 $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 放电 18 s,再以 $0.75 I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 放电 102 s。不同环境温度和 SOC 下 $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 可不同, $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 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 $0.75 I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 。如果电池包或系统的最大允许脉冲充电电流小于 $0.75 I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$,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 $0.75 I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 后重新进行试验。降电流方法依据如下:

- a) 当原电流充/放电时,如果测试样品电压达到制造商指定的电压限值的时间小于 $1/2t$,调整到原电流值的 50%;
- b) 当原电流充/放电时,如果测试样品电压达到制造商指定的电压限值的时间在 $1/2t \sim 2/3t$ 之间,调整到原电流值的 75%;
- c) 当原电流充/放电时,如果测试样品电压达到制造商指定的电压限值的时间大于 $2/3t$,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 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 RT 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

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充电的最低温度,电池包或系统不允许进行充电过程。

表 6 高能量型电池包或系统功率和内阻测试工况步骤时间

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

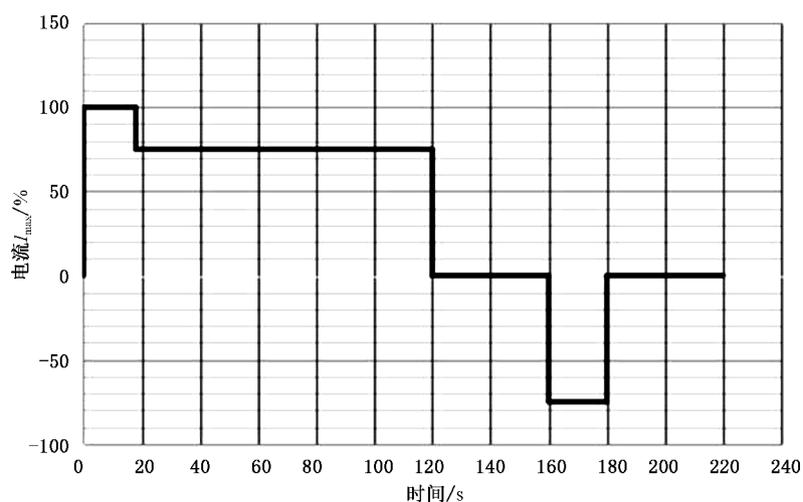


图 3 高能量型电池包或系统脉冲功率特性曲线——电流示例

表 7 高能量型电池包或系统需要测试的电压和电流

时间/s	电压/V	电流/A	对应电流值/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
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

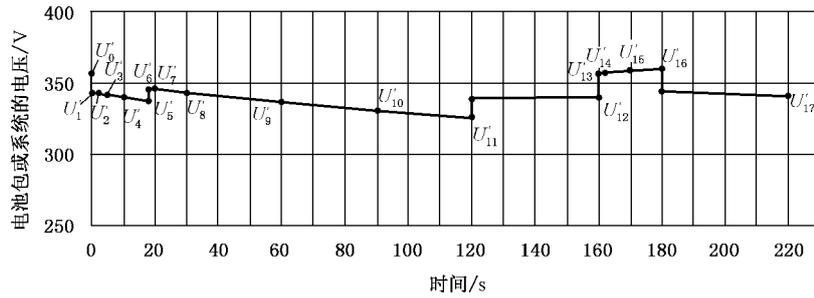


图 4 高能量型电池包或系统脉冲功率特性曲线——电压示例

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

0.1 s 放电内阻按照公式(1)计算：

$$R_{0.1,dch} = \frac{U_0 - U_1}{I_1} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- R_{0.1,dch}——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 0.1 s 放电内阻；
- U₀ ——高功率型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压；
- U₁ ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电压；
- I₁ ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电流。

2 s 放电内阻按照公式(2)计算：

$$R_{2,dch} = \frac{U_0 - U_2}{I_2} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- R_{2,dch}——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 2 s 放电内阻；
- U₀ ——高功率型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压；
- U₂ ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电压；
- I₂ ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电流。

10 s 放电内阻按照公式(3)计算：

$$R_{10,dch} = \frac{U_0 - U_3}{I_3} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- R_{10,dch}——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 10 s 放电内阻；
- U₀ ——高功率型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压；
- U₃ ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电压；
- I₃ ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电流。

18 s 放电内阻按照公式(4)计算：

$$R_{18,dch} = \frac{U_0 - U_4}{I_4} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$R_{18,dch}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 18 s 放电内阻；

U_0 ——高功率型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压；

U_4 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电压；

I_4 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电流。

全过程放电内阻按照公式(5)计算：

$$R_{dch} = \frac{U_5 - U_4}{I_4} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

R_{dch} ——高功率型电池包和系统脉冲功率放电全过程放电内阻；

U_5 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58 秒的电压；

U_4 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电压；

I_4 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电流。

注：全过程放电指高功率型电池包或系统功率和内阻测试工况步骤累计时间 0 s~58 s 测试过程。

7.5.3.1.2 充电内阻计算

0.1 s 充电内阻按照公式(6)计算：

$$R_{0.1,cha} = \frac{U_5 - U_6}{I_6} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$R_{0.1,cha}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电 0.1 s 充电内阻；

U_5 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58 秒的电压；

U_6 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58.1 秒的电压；

I_6 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58.1 秒的电流。

2 s 充电内阻按照公式(7)计算：

$$R_{2,cha} = \frac{U_5 - U_7}{I_7} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$R_{2,cha}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电 2 s 充电内阻；

U_5 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58 秒的电压；

U_7 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电压；

I_7 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电流。

10 s 充电内阻按照公式(8)计算：

$$R_{10,cha} = \frac{U_5 - U_8}{I_8} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$R_{10,cha}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电 10 s 充电内阻；

U_5 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58 秒的电压；

U_8 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 68 秒的电压；

I_8 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 68 秒的电流。

全过程充电内阻按照公式(9)计算：

$$R_{\text{cha}} = \frac{U_9 - U_8}{I_8} \dots\dots\dots(9)$$

式中：

R_{cha} ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电全过程充电内阻；

U_9 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 108 秒的电压；

U_8 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 68 秒的电压；

I_8 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 68 秒的电流。

注：全过程充电指高功率型电池包或系统功率和内阻测试工况步骤累计时间 58 s~108 s 测试过程。

7.5.3.1.3 放电功率计算

0.1 s 放电功率按照公式(10)计算：

$$P_{0.1,\text{dch}} = U_1 \times I_1 \dots\dots\dots(10)$$

式中：

$P_{0.1,\text{dch}}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 0.1 s 放电功率；

U_1 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电压；

I_1 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电流。

2 s 放电功率按照公式(11)计算：

$$P_{2,\text{dch}} = U_2 \times I_2 \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$P_{2,\text{dch}}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 2 s 放电功率；

U_2 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电压；

I_2 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电流。

10 s 放电功率按照公式(12)计算：

$$P_{10,\text{dch}} = U_3 \times I_3 \dots\dots\dots(12)$$

式中：

$P_{10,\text{dch}}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 10 s 放电功率；

U_3 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电压；

I_3 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电流。

18 s 放电功率按照公式(13)计算：

$$P_{18,\text{dch}} = U_4 \times I_4 \dots\dots\dots(13)$$

式中：

$P_{18,\text{dch}}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率放电 18 s 放电功率；

U_4 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电压；

I_4 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电流。

7.5.3.1.4 充电功率计算

0.1 s 充电功率按照公式(14)计算：

$$P_{0.1,\text{cha}} = U_6 \times I_6 \dots\dots\dots(14)$$

式中：

$P_{0.1,cha}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电 0.1 s 充电功率；

U_6 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58.1 秒的电压；

I_6 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 58.1 秒的电流。

2 s 充电功率按照公式(15)计算：

$$P_{2,cha} = U_7 \times I_7 \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$P_{2,cha}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电 2 s 充电功率；

U_7 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电压；

I_7 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电流。

10 s 充电功率按照公式(16)计算：

$$P_{10,cha} = U_8 \times I_8 \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中：

$P_{10,cha}$ ——高功率型电池包和系统脉冲功率充电 10 s 充电功率；

U_8 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 68 秒的电压；

I_8 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 68 秒的电流。

开路电压按照公式(17)计算：

$$U_{OCV} = U_9 \quad \dots\dots\dots(17)$$

式中：

U_{OCV} ——高功率型电池包和系统脉冲功率开路电压；

U_9 ——高功率型电池包和系统脉冲功率第 108 秒的电压。

7.5.3.2 高能量型应用

7.5.3.2.1 放电内阻计算

0.1 s 放电内阻按照公式(18)计算：

$$R'_{0.1,dch} = \frac{U'_0 - U'_1}{I'_1} \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中：

$R'_{0.1,dch}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 0.1 s 放电内阻；

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压；

U'_1 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电压；

I'_1 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电流。

2 s 放电内阻按照公式(19)计算：

$$R'_{0.2,dch} = \frac{U'_0 - U'_2}{I'_2} \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中：

$R'_{0.2,dch}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 2 s 放电内阻；

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压；

U'_2 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电压；

I'_2 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电流。

5 s 放电内阻按照公式(20)计算:

$$R'_{5,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_3}{I'_3} \dots\dots\dots(20)$$

式中:

$R'_{5,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 5 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_3 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 5 秒的电压;

I'_3 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 5 秒的电流。

10 s 放电内阻按照公式(21)计算:

$$R'_{10,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_4}{I'_4} \dots\dots\dots(21)$$

式中:

$R'_{10,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 10 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_4 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电压;

I'_4 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电流。

18 s 放电内阻按照公式(22)计算:

$$R'_{18,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_5}{I'_5} \dots\dots\dots(22)$$

式中:

$R'_{18,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 18 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_5 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电压;

I'_5 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电流。

18.1 s 放电内阻按照公式(23)计算:

$$R'_{18.1,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_6}{I'_6} \dots\dots\dots(23)$$

式中:

$R'_{18.1,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 18.1 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_6 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18.1 秒的电压;

I'_6 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18.1 秒的电流。

20 s 放电内阻按照公式(24)计算:

$$R'_{20,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_7}{I'_7} \dots\dots\dots(24)$$

式中:

$R'_{20,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 20 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_7 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 20 秒的电压;

I'_7 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 20 秒的电流。

30 s 放电内阻按照公式(25)计算:

$$R'_{30,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_8}{I'_8} \dots\dots\dots(25)$$

式中:

$R'_{30,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 30 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_8 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 30 秒的电压;

I'_8 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 30 秒的电流。

60 s 放电内阻按照公式(26)计算:

$$R'_{60,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_9}{I'_9} \dots\dots\dots(26)$$

式中:

$R'_{60,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 60 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_9 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电压;

I'_9 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电流。

90 s 放电内阻按照公式(27)计算:

$$R'_{90,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_{10}}{I'_{10}} \dots\dots\dots(27)$$

式中:

$R'_{90,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 90 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_{10} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 90 秒的电压;

I'_{10} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 90 秒的电流。

120 s 放电内阻按照公式(28)计算:

$$R'_{120,\text{dch}} = \frac{U'_0 - U'_{11}}{I'_{11}} \dots\dots\dots(28)$$

式中:

$R'_{120,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 120 s 放电内阻;

U'_0 ——高能量型电池包和系统脉冲功率 0 秒的电压;

U'_{11} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 120 秒的电压;

I'_{11} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 120 秒的电流。

全过程放电内阻按照公式(29)计算:

$$R'_{\text{dch}} = \frac{U'_{12} - U'_{11}}{I'_{11}} \dots\dots\dots(29)$$

式中:

R'_{dch} ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电全过程放电内阻;

U'_{12} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160 秒的电压;

U'_{11} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 120 秒的电压;

I'_{11} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 120 秒的电流。

注:全过程放电指高能量型电池包或系统功率和内阻测试工况步骤累计时间 0 s~160 s 测试过程。

7.5.3.2.2 充电内阻计算

0.1 s 充电内阻按照公式(30)计算：

$$R'_{0.1,cha} = \frac{U'_{12} - U'_{13}}{I'_{13}} \dots\dots\dots(30)$$

式中：

$R'_{0.1,cha}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率充电 0.1 s 充电内阻；

U'_{12} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160 秒的电压；

U'_{13} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160.1 秒的电压；

I'_{13} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160.1 秒的电流。

2 s 充电内阻按照公式(31)计算：

$$R'_{2,cha} = \frac{U'_{12} - U'_{14}}{I'_{14}} \dots\dots\dots(31)$$

式中：

$R'_{2,cha}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率充电 2 s 充电内阻；

U'_{12} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160 秒的电压；

U'_{14} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 162 秒的电压；

I'_{14} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 162 秒的电流。

10 s 充电内阻按照公式(32)计算：

$$R'_{10,cha} = \frac{U'_{12} - U'_{15}}{I'_{15}} \dots\dots\dots(32)$$

式中：

$R'_{10,cha}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率充电 10 s 充电内阻；

U'_{12} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160 秒的电压；

U'_{15} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 170 秒的电压；

I'_{15} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 170 秒的电流。

20 s 充电内阻按照公式(33)计算：

$$R'_{20,cha} = \frac{U'_{12} - U'_{16}}{I'_{16}} \dots\dots\dots(33)$$

式中：

$R'_{20,cha}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率充电 20 s 充电内阻；

U'_{12} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160 秒的电压；

U'_{16} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 180 秒的电压；

I'_{16} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 180 秒的电流。

全过程充电内阻按照公式(34)计算：

$$R'_{cha} = \frac{U'_{16} - U'_{17}}{I'_{16}} \dots\dots\dots(34)$$

式中：

R'_{cha} ——高能量型电池包和系统脉冲功率充电全过程充电内阻；

U'_{16} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 180 秒的电压；

U'_{17} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 220 秒的电压；

I'_{16} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 180 秒的电流。

注：全过程充电指高能量型电池包或系统功率和内阻测试工况步骤累计时间 160 s~220 s 测试过程。

7.5.3.2.3 放电功率计算

0.1 s 放电功率按照公式(35)计算：

$$P'_{0.1,\text{dch}} = U'_1 \times I'_1 \quad \dots\dots\dots(35)$$

式中：

$P'_{0.1,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 0.1 s 放电功率；

U'_1 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电压；

I'_1 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 0.1 秒的电流。

2 s 放电功率按照公式(36)计算：

$$P'_{2,\text{dch}} = U'_2 \times I'_2 \quad \dots\dots\dots(36)$$

式中：

$P'_{2,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 2 s 放电功率；

U'_2 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电压；

I'_2 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 2 秒的电流。

5 s 放电功率按照公式(37)计算：

$$P'_{5,\text{dch}} = U'_3 \times I'_3 \quad \dots\dots\dots(37)$$

式中：

$P'_{5,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 5 s 放电功率；

U'_3 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 5 秒的电压；

I'_3 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 5 秒的电流。

10 s 放电功率按照公式(38)计算：

$$P'_{10,\text{dch}} = U'_4 \times I'_4 \quad \dots\dots\dots(38)$$

式中：

$P'_{10,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 10 s 放电功率；

U'_4 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电压；

I'_4 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 10 秒的电流。

18 s 放电功率按照公式(39)计算：

$$P'_{18,\text{dch}} = U'_5 \times I'_5 \quad \dots\dots\dots(39)$$

式中：

$P'_{18,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 18 s 放电功率；

U'_5 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电压；

I'_5 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18 秒的电流。

18.1 s 放电功率按照公式(40)计算：

$$P'_{18.1,\text{dch}} = U'_6 \times I'_6 \quad \dots\dots\dots(40)$$

式中：

$P'_{18.1,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 18.1 s 放电功率；

U'_6 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18.1 秒的电压；

I'_6 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 18.1 秒的电流。

20 s 放电功率按照公式(41)计算:

$$P'_{20,\text{dch}} = U'_7 \times I'_7 \quad \dots\dots\dots(41)$$

式中:

$P'_{20,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 20 s 放电功率;

U'_7 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 20 秒的电压;

I'_7 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 20 秒的电流。

30 s 放电功率按照公式(42)计算:

$$P'_{30,\text{dch}} = U'_8 \times I'_8 \quad \dots\dots\dots(42)$$

式中:

$P'_{30,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 30 s 放电功率;

U'_8 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 30 秒的电压;

I'_8 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 30 秒的电流。

60 s 放电功率按照公式(43)计算:

$$P'_{60,\text{dch}} = U'_9 \times I'_9 \quad \dots\dots\dots(43)$$

式中:

$P'_{60,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 60 s 放电功率;

U'_9 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电压;

I'_9 ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 60 秒的电流。

90 s 放电功率按照公式(44)计算:

$$P'_{90,\text{dch}} = U'_{10} \times I'_{10} \quad \dots\dots\dots(44)$$

式中:

$P'_{90,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 90 s 放电功率;

U'_{10} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 90 秒的电压;

I'_{10} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 90 秒的电流。

120 s 放电功率按照公式(45)计算:

$$P'_{120,\text{dch}} = U'_{11} \times I'_{11} \quad \dots\dots\dots(45)$$

式中:

$P'_{120,\text{dch}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率放电 120 s 放电功率;

U'_{11} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 120 秒的电压;

I'_{11} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 120 秒的电流。

7.5.3.2.4 充电功率计算

0.1 s 充电功率按照公式(46)计算:

$$P'_{0.1,\text{cha}} = U'_{13} \times I'_{13} \quad \dots\dots\dots(46)$$

式中:

$P'_{0.1,\text{cha}}$ ——高能量型电池包和系统脉冲功率充电 0.1 s 充电功率;

U'_{13} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160.1 秒的电压;

I'_{13} ——高能量型电池包和系统脉冲功率第 160.1 秒的电流。

2 s 充电功率按照公式(47)计算:

$$P'_{2,\text{cha}} = U'_{14} \times I'_{14} \quad \dots\dots\dots(47)$$

式中：

$P'_{2,cha}$ —— 高能量型电池包和系统脉冲功率充电 2 s 充电功率；

U'_{14} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率第 162 秒的电压；

I'_{14} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率第 162 秒的电流。

10 s 充电功率按照公式(48)计算：

$$P'_{10,cha} = U'_{15} \times I'_{15} \dots\dots\dots(48)$$

式中：

$P'_{10,cha}$ —— 高能量型电池包和系统脉冲功率充电 10 s 充电功率；

U'_{15} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率第 170 秒的电压；

I'_{15} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率第 170 秒的电流。

20 s 充电功率按照公式(49)计算：

$$P'_{20,cha} = U'_{16} \times I'_{16} \dots\dots\dots(49)$$

式中：

$P'_{20,cha}$ —— 高能量型电池包和系统脉冲功率充电 20 s 充电功率；

U'_{16} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率第 180 秒的电压；

I'_{16} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率第 180 秒的电流。

开路电压按照公式(50)计算：

$$U'_{ocv} = U'_{17} \dots\dots\dots(50)$$

式中：

U'_{ocv} —— 高能量型电池包和系统脉冲功率开路电压；

U'_{17} —— 高能量型电池包和系统第 220 秒的电压。

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 8、表 9、表 10 进行。

表 8 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

表 8 室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	
2.6	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 9 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	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	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	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	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	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	40 °C
2.12	功率和内阻测试工况	7.5.2.1	7.5.2.2	40 °C

表 10 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	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	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	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	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	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	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	RT
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	RT
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	RT
4.6	调整 SOC 至 50%	6.3.1	6.3.2	RT

表 10 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	
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	RT
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	RT
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 11 和表 12 进行。

表 11 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 d)	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	—
3.3	标准循环	6.2.2	6.2.3	RT	Q_2
4.1	搁置 720 h(30 d)	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 12 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 d)	7.6.6	7.6.6	45 °C 或更高温度 (由制造商和客户的协商)	—
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 d)	7.6.6	7.6.6	45 °C 或更高温度 (由制造商和客户的协商)	—
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状态。

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

7.6.6 测试周期为 168 h(7 d)、720 h(30 d)。

可使用单个样品依次进行测试,也可使用多个样品并行进行测试。

7.6.7 常温搁置 168 h(7 d)结束后,计算容量保持率 η_1 和容量恢复率 η'_1 (容量恢复能力)。

常温搁置 168 h(7 d)后容量保持率按照公式(51)计算:

$$\eta_1 = \frac{Q_1}{Q_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(51)$$

式中:

η_1 ——常温搁置 168 h(7 d)结束后容量保持率;

Q_1 ——常温搁置 168 h(7 d)结束后第 1 次标准循环的放电容量;

Q_0 ——常温搁置前的标准循环的放电容量。

常温搁置 168 h(7 d)后容量恢复率按照公式(52)计算:

$$\eta'_1 = \frac{Q_2}{Q_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(52)$$

式中：

- η'_1 ——常温搁置 168 h(7 d)结束后容量恢复率；
- Q_2 ——常温搁置 168 h(7 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量；
- Q_0 ——常温搁置前的标准循环的放电容量。

7.6.8 常温搁置 720 h(30 d)结束后,计算容量保持率 η_2 和容量恢复率 η'_2 (容量恢复能力)。

常温搁置 720 h(30 d)后容量保持率按照公式(53)计算：

$$\eta_2 = \frac{Q_3}{Q_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(53)$$

式中：

- η_2 ——常温搁置 720 h(30 d)结束后容量保持率；
- Q_3 ——常温搁置 720 h(30 d)结束后第 1 次标准循环的放电容量；
- Q_2 ——常温搁置 168 h(7 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量。

常温搁置 720 h(30 d)后容量恢复率按照公式(54)计算：

$$\eta'_2 = \frac{Q_4}{Q_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(54)$$

式中：

- η'_2 ——常温搁置 720 h(30 d)结束后容量恢复率；
- Q_4 ——常温搁置 720 h(30 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量；
- Q_2 ——常温搁置 168 h(7 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量。

7.6.9 高温搁置 168 h(7 d)结束后,计算容量保持率 η_3 和容量恢复率 η'_3 (容量恢复能力)。

高温搁置 168 h(7 d)后容量保持率按照公式(55)计算：

$$\eta_3 = \frac{Q_6}{Q_5} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(55)$$

式中：

- η_3 ——高温搁置 168 h(7 d)结束后容量保持率；
- Q_6 ——高温搁置 168 h(7 d)结束后第 1 次标准循环的放电容量；
- Q_5 ——高温搁置前的标准循环的放电容量。

高温搁置 168 h(7 d)后容量恢复率按照公式(56)计算：

$$\eta'_3 = \frac{Q_7}{Q_5} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(56)$$

式中：

- η'_3 ——高温搁置 168 h(7 d)结束后容量恢复率；
- Q_7 ——高温搁置 168 h(7 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量；
- Q_5 ——高温搁置前的标准循环的放电容量。

7.6.10 高温搁置 720 h(30 d)结束后,计算容量保持率 η_4 和容量恢复率 η'_4 (容量恢复能力)。

高温搁置 720 h(30 d)后容量保持率按照公式(57)计算：

$$\eta_4 = \frac{Q_8}{Q_7} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(57)$$

式中：

- η_4 ——高温搁置 720 h(30 d)结束后容量保持率；

Q_6 ——高温搁置 720 h(30 d)结束后第 1 次标准循环的放电容量；

Q_7 ——高温搁置 168 h(7 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量。

高温搁置 720 h(30 d)后容量恢复率按照公式(58)计算：

$$\eta'_4 = \frac{Q_9}{Q_7} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(58)$$

式中：

η'_4 ——高温搁置 720 h(30 d)结束后容量恢复率；

Q_9 ——高温搁置 720 h(30 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量；

Q_7 ——高温搁置 168 h(7 d)结束后第 2 次标准循环的放电容量。

7.7 存储中容量损失

7.7.1 试验对象仅为电池系统,包括高功率型和高能量型电池系统。

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 13 进行。

表 13 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% (或由制造商和客户协商)	6.3.1	6.3.2	RT	Q'_1
2.2	存储 720 h(30 d)	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%(或由制造商和客户协商)。

7.7.5 存储温度为 45 °C。

7.7.6 存储周期为 720 h(30 d)。

7.7.7 搁置 720 h(30 d)结束后,计算电池系统的容量保持率 η_5 和容量恢复率 η'_5 (容量恢复能力)。

存储 720 h(30 d)后容量保持率按照公式(59)计算：

$$\eta_5 = \frac{Q'_2}{Q'_0 - Q'_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(59)$$

式中：

- η_5 —— 存储 720 h(30 d)后容量保持率；
- Q'_2 —— 存储 720 h(30 d)后第 1 次标准循环的放电容量；
- Q'_0 —— 存储前标准循环的放电容量；
- Q'_1 —— 存储前调整 SOC 至 50%的放电容量。

存储 720 h(30 d)后容量恢复率按照公式(60)计算：

$$\eta'_5 = \frac{Q'_3}{Q'_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (60)$$

式中：

- η'_5 —— 存储 720 h(30 d)后容量恢复率；
- Q'_3 —— 存储 720 h(30 d)后第 2 次标准循环的放电容量；
- Q'_0 —— 存储前标准循环的放电容量。

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 14 进行。

7.8.3 低温启动功率测试温度为 -20 °C 或与制造商协商的更低温度 T_{min} 。

7.8.4 高温启动功率测试温度为 45 °C 或与制造商协商的更高温度 T_{max} 。

表 14 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 5 s	7.8.5	-20 °C/ T_{min}
2.4	静置 10 s	5.1.5	-20 °C/ T_{min}
2.5	重复步骤 2.3~步骤 2.4 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	45 °C/ T_{max}

表 14 高功率型电池系统高低温启动功率测试的测试步骤 (续)

序号	电池系统状态	试验方法章条号	环境温度
3.7	恒压放电,持续 5 s	7.8.5	45 °C/ T_{\max}
3.8	静置 10 s	5.1.5	45 °C/ T_{\max}
3.9	重复步骤 3.7~步骤 3.8 两次	—	45 °C/ T_{\max}

7.8.5 高低温启动功率测试时,由测试平台控制电池系统恒压放电,放电电压为制造商提供的在给定条件下的放电截止电压,测试平台需根据制造商提供的参数设定放电电流上限(样品需工作在允许的电流范围内),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 , n 为采样次数,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。

第 i 次恒压放电平均功率按照公式(61)计算:

$$P'_i = \frac{\sum U \times I}{n} \dots\dots\dots (61)$$

式中:

P'_i ——第 i 次恒压放电平均功率;

U ——恒压放电过程中测试样品端电压;

I ——恒压放电过程中测试样品电流;

n ——恒压放电过程中的采样次数。

高低温启动功率按照公式(62)计算:

$$P' = \frac{P'_1 + P'_2 + P'_3}{3} \dots\dots\dots (62)$$

式中:

P' ——低温或高温下的启动功率;

P'_1 ——低温或高温下第 1 次恒压放电平均功率;

P'_2 ——低温或高温下第 2 次恒压放电平均功率;

P'_3 ——低温或高温下第 3 次恒压放电平均功率。

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 状态下充放电的能量效率,测试按照表 15 进行。

注:高功率型电池系统的能量效率直接影响其装载车辆的油耗和排放水平。

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

表 15 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)	7.9.1.4	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)	7.9.1.4	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)	7.9.1.4	RT
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 65%	6.3.1	RT
3.6	环境适应	5.1.3	40 °C
3.7	能量效率测试工况(65%SOC)	7.9.1.4	40 °C
3.8	环境适应	5.1.3	RT
3.9	调整 SOC 至 50%	6.3.1	RT
3.10	环境适应	5.1.3	40 °C
3.11	能量效率测试工况(50%SOC)	7.9.1.4	40 °C
3.12	环境适应	5.1.3	RT
3.13	调整 SOC 至 35%	6.3.1	RT
3.14	环境适应	5.1.3	40 °C
3.15	能量效率测试工况(35%SOC)	7.9.1.4	40 °C
4.1	环境适应	5.1.3	RT

表 15 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
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	RT
4.5	调整 SOC 至 65%	6.3.1	RT
4.6	环境适应	5.1.3	0 °C
4.7	能量效率测试工况 (65% SOC)	7.9.1.4	0 °C
4.8	环境适应	5.1.3	RT
4.9	调整 SOC 至 50%	6.3.1	RT
4.10	环境适应	5.1.3	0 °C
4.11	能量效率测试工况 (50% SOC)	7.9.1.4	0 °C
4.12	环境适应	5.1.3	RT
4.13	调整 SOC 至 35%	6.3.1	RT
4.14	环境适应	5.1.3	0 °C
4.15	能量效率测试工况 (35% SOC)	7.9.1.4	0 °C
5.1	环境适应	5.1.3	RT

7.9.1.4 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 16 所示。

7.9.1.5 0 s~12 s 模拟高速公路上加速或超车过程,此时需要车辆输出最大动力,放电电流为 $I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$; 13 s~52 s 模拟 40 s 零动力输出; 53 s~68 s 模拟 16 s 的制动,反馈电流 $0.75I'_{\max}(\text{SOC}, T, t)$ 给电池充电。高功率型电池系统能量效率特性曲线——电流示例如图 5 所示。

注:测试工况中,充电容量和放电容量相等。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,需在测试报告中说明。

表 16 高功率型电池系统能量效率测试工况

时间增加量/s	累计时间/s	电流/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

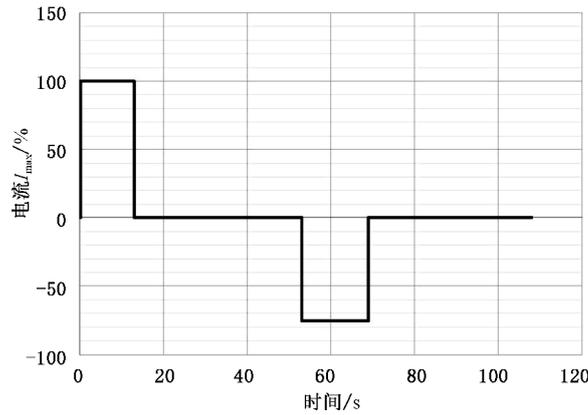


图 5 高功率型电池系统能量效率特性曲线——电流示例

7.9.1.6 能量效率测试工况的采样时间应不大于 50 ms。

7.9.1.7 能量效率按下述步骤计算。

- a) 对表 16 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 ,单位为瓦时(W·h)。
- b) 按照公式(63)计算高功率型电池系统能量效率(%):

$$\eta = \left| \frac{E_o}{E_i} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (63)$$

式中:

- η ——高功率型电池系统能量效率;
- E_o ——放电脉冲输出的能量;
- E_i ——充电脉冲过程输入的能量。

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下快速充电状态的效率。

7.9.2.3 能量效率测试在两种不同温度下进行,分别为 RT 和 0 °C。

7.9.2.4 能量效率测试在 RT 按照两种不同倍率进行,分别为 1 C、 $I_{max}(T)$;能量效率测试在 0 °C 按照一种倍率进行,为 $I_{max}(T)$ 。

注: 1 C 充电为 1 C 恒流充电或制造商与客户协商的 1 C 充电策略, $I_{max}(T)$ 快充为 $I_{max}(T)$ 恒流充电或制造商与客户协商的 $I_{max}(T)$ 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 17 所示。

表 17 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	

表 17 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
1.4	环境适应	5.1.3	RT	
1.5	1 C 充电	7.9.2.4	RT	
1.6	环境适应	5.1.3	RT	
1.7	标准放电	6.2.3 a)	RT	
1.8	环境适应	5.1.3	RT	
1.9	1 C 充电	7.9.2.4	RT	E_1
1.10	环境适应	5.1.3	RT	
1.11	标准放电	6.2.3 a)	RT	E_2
2.1	环境适应	5.1.3	RT	
2.2	$I_{\max}(T)$ 快充	7.9.2.4	RT	
2.3	环境适应	5.1.3	RT	
2.4	标准放电	6.2.3 a)	RT	
2.5	环境适应	5.1.3	RT	
2.6	$I_{\max}(T)$ 快充	7.9.2.4	RT	E_3
2.7	环境适应	5.1.3	RT	
2.8	标准放电	6.2.3 a)	RT	E_4
3.1	环境适应	5.1.3	0 °C	
3.2	$I_{\max}(T)$ 快充	7.9.2.4	0 °C	
3.3	环境适应	5.1.3	0 °C	
3.4	标准放电	6.2.3 a)	0 °C	
3.5	环境适应	5.1.3	0 °C	
3.6	$I_{\max}(T)$ 快充	7.9.2.4	0 °C	E_5
3.7	环境适应	5.1.3	0 °C	
3.8	标准放电	6.2.3 a)	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	标准充电	6.2.3 b)	RT	

7.9.2.6 计算不同温度不同倍率下的能量效率:

RT, 1 C 充电能量效率按照公式(64)计算:

$$\eta_1 = \left| \frac{E_2}{E_1} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (64)$$

式中：

η_1 ——RT 测试条件下,1 C 充电能量效率；

E_2 ——RT 测试条件下,1 C 充电后的标准放电能量；

E_1 ——RT 测试条件下,1 C 充电能量。

RT, $I_{\max}(T)$ 快充能量效率按照公式(65)计算：

$$\eta_2 = \left| \frac{E_4}{E_3} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots(65)$$

式中：

η_2 ——RT 测试条件下, $I_{\max}(T)$ 快充能量效率；

E_4 ——RT 测试条件下, $I_{\max}(T)$ 快充后的标准放电能量；

E_3 ——RT 测试条件下, $I_{\max}(T)$ 快充的充电能量。

0 °C, $I_{\max}(T)$ 快充能量效率按照公式(66)计算：

$$\eta_3 = \left| \frac{E_6}{E_5} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots(66)$$

式中：

η_3 ——0 °C 测试条件下, $I_{\max}(T)$ 快充能量效率；

E_6 ——0 °C 测试条件下, $I_{\max}(T)$ 快充后的标准放电能量；

E_5 ——0 °C 测试条件下, $I_{\max}(T)$ 快充的充电能量。

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 18 所示。

表 18 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	环境适应	5.1.3	5.1.3	RT
6	标准放电	6.2.2 a)	6.2.3 a)	RT
7	重复步骤 3~步骤 6 两次	—	—	—

7.10.4 步骤 4 中,充电时间不大于 8 h。

7.10.5 步骤 7 中,取 3 次放电能量的平均值 E_{average} (以 W · h 计)。

7.10.6 按照 7.3 用衡器测量电池包或系统的质量 M (以 kg 计)。

7.10.7 按照公式(67)计算电池包或系统的放电能量密度 PED(以 W · h/kg 计)。

$$PED = E_{\text{average}}/M \quad \dots\dots\dots(67)$$

式中：

PED —— 电池包或系统的放电能量密度，单位为瓦时每千克(W·h/kg)；

E_{average} —— 3次放电能量的平均值，单位为瓦时(W·h)；

M —— 电池包或系统的质量，单位为千克(kg)。

7.11 充电性能

7.11.1 试验对象为电池系统。

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

注：充电策略指电池系统应用于车辆与充电装置上执行充电工作状态下的充电电流或功率。

7.11.3 充电策略依据电池系统的温度、荷电状态等变化的充电工作矩阵或制造商与客户协商的其他充电策略。

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

7.11.5 充电性能测试步骤按照表 19 进行。

7.11.6 记录电池系统总电压、最高及最低单体电压、充电容量(A·h)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 19 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	充电策略	7.11.3	7.11.3	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
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℃
2.5	充电策略	7.11.3	7.11.3	40℃
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

表 19 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	
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	充电策略	7.11.3	7.11.3	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	充电策略	7.11.3	7.11.3	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 试验对象为电池系统。

7.12.2 电池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、40 °C、0 °C 和 T_{min} (T_{min} 由制造商和客户协商)。

7.12.4 工况放电测试步骤按照表 20 进行,工况放电谱推荐采用按照 CLTC 转化的工况或由制造商与客户协商。

7.12.5 记录电池系统总电压、最高及最低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(A·h)与功率(W)曲线,放电能量与 SOC 的曲线。

表 20 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

表 20 电池包或系统工况放电测试步骤（续）

序号	电池系统状态	试验方法章条号		环境温度
		高功率应用	高能量应用	
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	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}

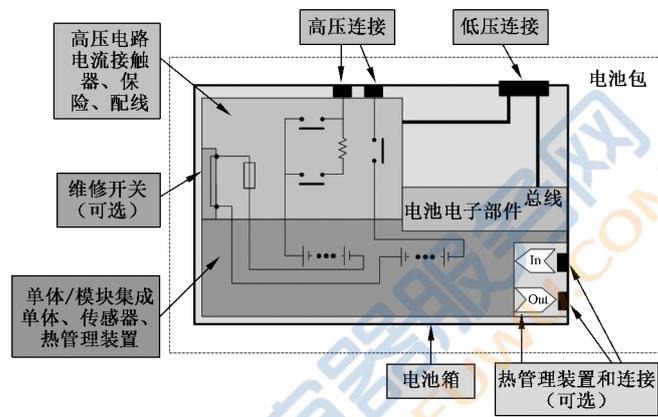
附录 A

(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、过流保护装置及其他外部系统的接口(如冷却、高压、辅助低压和通信等)。对于大于 60 V(d.c.)的电池包,宜包括手动切断功能。所有部件应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。



标引说明:

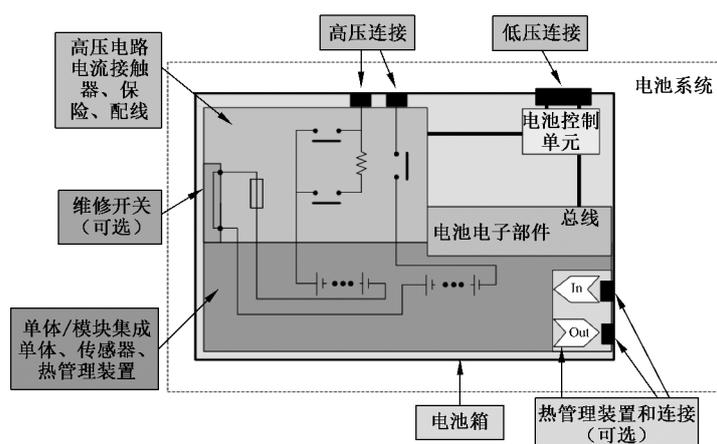
In —— 冷却介质进口;

Out —— 冷却介质出口。

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)。对于大于 60 V(d.c.)的电池系统,应包括手动切断功能。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 和图 A.3 所示。

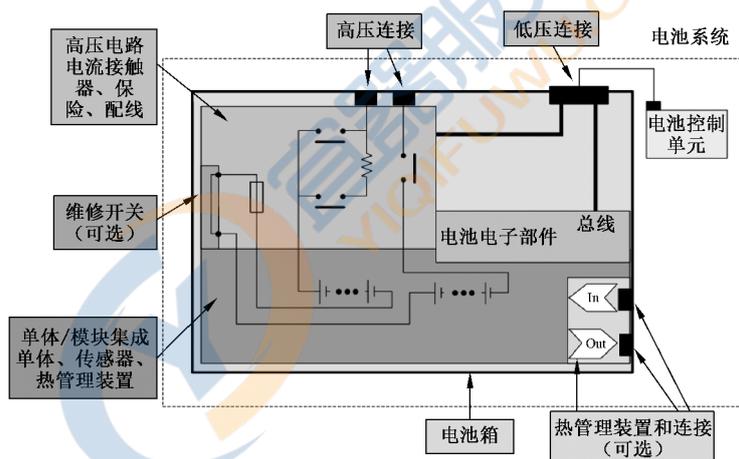


标引说明:

In —— 冷却介质进口;

Out —— 冷却介质出口。

图 A.2 集成了电池控制单元的电池系统典型结构



标引说明:

In —— 冷却介质进口;

Out —— 冷却介质出口。

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 高功率型锂离子动力电池包和系统需要进行的测试项目如表 B.1 所示。

表 B.1 高功率型锂离子动力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 章条号	试验条件	
基本性能 试验	外观	电池包、 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、不小于 $1 C$ 、 $I_{max}(T)$
			高温	7.4.3	40 °C、不小于 $1 C$ 、 $I_{max}(T)$
		低温	7.4.4	0 °C、-20 °C、不小于 $1 C$ 、 $I_{max}(T)$	
	功率和内阻		7.5	RT、40 °C、0 °C、-20 °C、 $I_{max}(SOC, T, t)$ 、 $0.75 I_{max}(SOC, T, t)$ SOC: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)	
	无负载容量损失	电池系统	7.6	SOC 满电状态, RT、45 °C 或更高温度 (由制造商和客户协商), 168 h(7 d)、720 h(30 d)	
	存储中容量损失		7.7	SOC 为 50%(或由制造商和客户协商) 45 °C、720 h(30 d)	
	高低温启动功率		7.8	45 °C/ T_{max} 、-20 °C/ T_{min} 、SOC: 20%或制造商所规定的最低状态	
能量效率	7.9.1		RT、40 °C、0 °C SOC:65%、50%、35%		
能量密度	电池包、 电池系统	7.10	RT, 循环 3 次, 质量		
充电性能	电池系统	7.11	RT、40 °C、0 °C、 T_{min} 充电策略		
工况放电		7.12	RT、40 °C、0 °C、 T_{min} 工况放电谱		

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

表 B.2 高能量型锂离子动力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 章条号	试验条件
基本 性能 试验	外观	电池包、 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
		高温	7.4.3	40 °C、不小于 $1/3 C, I_{\max}(T)$
		低温	7.4.4	0 °C、-20 °C、不小于 $1/3 C, I_{\max}(T)$
	功率和内阻	电池系统	7.5	RT、40 °C、0 °C、-20 °C、 $I'_{\max}(SOC, T, t)$ 、 $0.75 I'_{\max}$ (SOC, T, t) SOC:90%(或制造商规定的最高允许状态)、50%、20%(或 制造商规定最低允许状态)
	无负载容量损失		7.6	SOC 满电状态, RT、45 °C 或更高温度 (由制造商和客户协商), 168 h(7 d)、720 h(30 d)
	存储中容量损失		7.7	SOC 为 50%(或由制造商和客户协商) 45 °C、720 h(30 d)
	能量效率		7.9.2	RT、0 °C $I_{\max}(T)$
	能量密度	电池包、 电池系统	7.10	RT, 循环 3 次, 质量
	充电性能	电池系统	7.11	RT、40 °C、0 °C、 T_{\min} 充电策略
工况放电	7.12		RT、40 °C、0 °C、 T_{\min} 工况放电谱	