

中华人民共和国国家标准

GB/T 38661—2020

电动汽车用电池管理系统技术条件

Technical specifications of battery management system for electric vehicles



2020-03-31 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准起草单位:北京交通大学、中国汽车技术研究中心有限公司、合肥国轩高科动力能源有限公司、上海蔚来汽车有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司坑梓分公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、万向一二三股份公司、惠州市亿能电子有限公司、安徽力高新能源技术有限公司、杭州高特电子设备股份有限公司、东软睿驰汽车技术(沈阳)有限公司、湖南科霸汽车动力电池有限责任公司、华为技术有限公司、惠州市蓝微新源技术有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、中国第一汽车股份有限公司、深圳市科列技术股份有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、上汽大众汽车有限公司、福建星云电子股份有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司。

本标准主要起草人:张维戈、王芳、黄彧、陆春、彭文、范君、张言茹、马芳平、段艳晓、鲍伟、樊彬、倪大军、杨刘倩、徐国昌、盛大双、朱运征、凌和平、许立超、阮旭松、秦学、林辉、张宝东、张骞慧、王清、刘震、赵凯。



电动汽车用电池管理系统技术条件

1 范围

本标准规定了电动汽车用动力蓄电池管理系统(以下简称电池管理系统)的技术要求、试验方法、检验规则等。

本标准适用于电动汽车用锂离子动力蓄电池和镍氢动力蓄电池的管理系统,其他类型动力蓄电池的管理系统可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 4365 电工术语 电磁兼容
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 18384.3—2015 电动汽车 安全要求 第3部分:人员触电防护
- GB/T 18655—2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值 and 测量方法
- GB/T 19596—2017 电动汽车术语
- GB/T 19951 道路车辆 电气/电子部件对静电放电抗扰性的试验方法
- GB/T 21437.2—2008 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分:沿电源线的电瞬态传导
- GB/T 21437.3—2012 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分:除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射
- GB/T 27930 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议
- GB/T 28046.1—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分:一般规定
- GB/T 28046.2—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分:电气负荷
- GB/T 28046.3—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分:机械负荷
- GB/T 28046.4—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分:气候负荷
- GB/T 33014.2 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分:电波暗室法
- GB/T 33014.4 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分:大电流注入(BCD)法
- ISO 11452-8:2015 道路车辆 窄带辐射电磁能量产生的电干扰的部件试验方法 第8部分:磁场抗扰性(Road vehicles—Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—Part 8:Immunity to magnetic fields)

3 术语和定义

GB/T 4365、GB/T 19596—2017、GB/T 28046.1—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文

件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 19596—2017 中的某些术语和定义。

3.1

蓄电池电子部件 battery electronics

采集或者同时监测蓄电池单体或模块的电和热数据的电子装置,必要时可以包括用于蓄电池单体均衡的电子部件。

注:蓄电池电子部件可以包括单体控制器。单体电池间的均衡可以由蓄电池电子部件控制,或者通过蓄电池控制单元控制。

[GB/T 19596—2017,定义 3.3.2.1.5]

3.2

蓄电池控制单元 battery control unit

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

[GB/T 19596—2017,定义 3.3.2.1.4]

3.3

蓄电池管理系统 battery management system

监视蓄电池的状态(温度、电压、荷电状态等),可以为蓄电池提供通信、安全、电芯均衡及管理控制,并提供与应用设备通信接口的系统。

[GB/T 19596—2017,定义 3.3.2.1.10]

3.4

额定容量 rated capacity

在规定条件下测得的并由制造商申明的电池容量值。

[GB/T 19596—2017,定义 3.3.3.4.2]

3.5

可用容量 available capacity

在规定条件下,从完全充电的蓄电池中释放的容量值。

[GB/T 19596—2017,定义 3.3.3.4.5]

3.6

荷电状态 state of charge

当前蓄电池中按照规定放电条件可以释放的容量占可用容量的百分比。

[GB/T 19596—2017,定义 3.3.3.2.5]

3.7

功率状态 state of power

当前蓄电池中按照规定充放电条件在一定时间内可以输入或输出的最大功率。

4 缩略语和符号

4.1 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BCU: 蓄电池控制单元(Battery Control Unit)

BMS: 蓄电池管理系统(Battery Management System)

FS: 满量程(Full Scale)

注: FS 指电池管理系统最大可测量值的绝对值。

SOC: 荷电状态(State of Charge)

SOP:功率状态(State of Power)

4.2 符号

下列符号适用于本文件。

C_1 :1 h 率额定容量(Ah)。

I_1 :1 h 率放电电流(A),其数值等于额定容量值。

5 技术要求

5.1 使用环境

5.1.1 工作温度

—20℃~65℃或者由整车厂和制造商按照 GB/T 28046.4—2011 的规定,根据电池管理系统安装位置协商确定。

5.1.2 贮存温度

—40℃~85℃或者由整车厂和制造商按照 GB/T 28046.4—2011 的规定,根据电池管理系统安装位置协商确定。

5.1.3 工作湿度

5%~95%或者由整车厂和制造商按照 GB/T 28046.4—2011 的规定,根据电池管理系统安装位置协商确定。

5.2 供电电压

供电电压范围见表 1 或者由整车厂和制造商协商确定。

表 1 供电电压

标称电压/V	供电电压/V	
	最小工作电压 U_{Smin}	最大工作电压 U_{Smax}
12	9	16
24	16	32

5.3 基本功能要求

5.3.1 电池管理系统应能监测或者通过其他方式获取蓄电池相关的数据,应包括电池系统总电压、电池单体电压或电芯组电压、电池模块电压(镍氢电池)、电池系统电流、蓄电池包内部温度等参数。

5.3.2 电池管理系统应具有故障诊断、故障信息记录以及故障处理的功能,如故障码上报、实时警示和故障保护等。

5.3.3 电池管理系统应具有自检功能,对电池管理系统主要功能进行初步筛查和识别,对严重影响使用和安全的功能异常给出预警。

5.3.4 电池管理系统应具有与车辆的其他控制器信息交互的功能。

5.3.5 具有充电过程控制和管理功能的电池管理系统应能与车载充电机或者非车载充电机进行实时通信,与非车载充电机的通信协议应符合 GB/T 27930 的要求。

- 5.3.6 具有绝缘电阻值检测功能的电池管理系统应实现对蓄电池系统绝缘电阻的监控。
- 5.3.7 具有充放电高压互锁监控功能的电池管理系统应实现对蓄电池系统充放电高压互锁的监控。
- 5.3.8 电池管理系统应具有防止电池系统过充电、过放电、过流、过温的保护功能。
- 5.3.9 电池管理系统应具有 SOC 估算功能,宜具有 SOP 估算和均衡功能。

5.4 状态参数测量精度

5.4.1 总电压

总电压检测精度应满足 $\pm 1\%$ FS。

5.4.2 总电流

5.4.2.1 对于锂离子动力蓄电池,总电流检测精度应满足 $\pm 2\%$ FS。

5.4.2.2 对于镍氢动力蓄电池,总电流检测精度应满足 $\pm 3\%$ FS。

5.4.3 单体(电芯组)电压

5.4.3.1 对于锂离子动力蓄电池,单体(电芯组)电压检测精度应满足 $\pm 0.5\%$ FS,且最大误差的绝对值应不大于 10 mV。

5.4.3.2 对于镍氢动力蓄电池,单体(电芯组)电压或者模块电压检测精度应满足 $\pm 1\%$ FS。

5.4.4 温度

5.4.4.1 对于锂离子动力蓄电池,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (包含 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$)范围内温度检测精度应满足 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以及 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或电池管理系统标定的最高测量温度)范围内,温度检测精度应满足 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.4.4.2 对于镍氢动力蓄电池,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (包含 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$)范围内温度检测精度应满足 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以及 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或电池管理系统标定的最高测量温度)范围内,温度检测精度应满足 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.4.5 绝缘电阻

具有绝缘电阻值检测功能的电池管理系统,电池总电压(标称)400 V(含)以上,绝缘电阻检测相对误差应为 $-20\%\sim +20\%$;电池总电压(标称)400 V 以下,绝缘电阻检测相对误差应为 $-30\%\sim +30\%$ 。

绝缘电阻小于或等于 50 k Ω 时,检测精度应满足 $\pm 10\text{ k}\Omega$ 。

注:如电池管理系统在低绝缘状态下仅具备绝缘报警功能,可不进行绝缘电阻精度测试。

5.5 SOC 估算

对于纯电动汽车、可外接充电式混合动力电动汽车,电池管理系统 SOC 估算的累积误差应不大于 5%。

对于不可外接充电的混合动力电动汽车,锂离子动力电池管理系统 SOC 估算的累积误差应不大于 15%,镍氢动力电池管理系统 SOC 估算的累积误差应不大于 20%。

5.6 电池故障诊断

电池管理系统对于电池系统进行故障诊断的基本项目和可扩展项目分别见表 2 和表 3。表 2 中所列的故障诊断项目是基本要求。根据整车功能设计和电池系统的具体需要,电池管理系统的具体诊断内容可以不限于表 2 和表 3 所列项目。

表 2 电池系统故障诊断基本项目

序号	故障状态 ^a	电池管理系统的故障诊断项目 ^b
1	电池温度大于温度设定值 1	电池温度高
2	单体(电芯组)电压大于电压设定值 1	单体(电芯组)电压高
3	单体(电芯组)电压小于电压设定值 2	单体(电芯组)电压低
4	单体(电芯组)一致性偏差大于设定条件	单体(电芯组)一致性偏差大
5	充电电流(功率)大于最大充电电流(功率)值	充电电流(功率)大
6	放电电流(功率)大于最大放电电流(功率)值	放电电流(功率)大
^a 电压、电流、温度的设定值由整车厂和制造商协商确定,并且不应超过电池制造商规定的最大工作限值。 ^b 制造商可以自行规定故障项目的具体名称、故障等级划分以及相关故障条件的设定值。		

表 3 可扩展的故障诊断项目

序号	故障状态	电池管理系统的故障诊断项目
1	绝缘电阻小于绝缘电阻设定值	绝缘薄弱
2	电池温度小于温度设定值 2	电池温度低
3	SOC 值大于 SOC 设定值 1	SOC 高
4	SOC 值小于 SOC 设定值 2	SOC 低
5	SOC 值发生不连续变化	SOC 跳变
6	总电压小于总电压设定值 1(与放电电流、温度等参数有关)	总电压低
7	总电压大于总电压设定值 2(与充电电流、温度等参数有关)	总电压高
8	外部通信异常	外部通信故障
9	内部通信异常	内部通信故障
10	电池系统内部温度差大于温度差设定值	电池系统温差大
11	高压回路异常	高压互锁故障

5.7 绝缘性能

5.7.1 绝缘电阻

电池管理系统按 6.5.1 进行绝缘电阻试验,电池管理系统不工作时与动力电池相连的带电部件和其供电电源的端子之间的绝缘电阻值应不小于 10 M Ω ;电池管理系统工作时与动力电池相连的带电部件和其供电电源的端子之间的绝缘电阻值应满足以下要求:在动力电池最大工作电压下,直流电路绝缘电阻应不小于 100 Ω /V,交流电路应不小于 500 Ω /V。

注:电池管理系统不工作指电池管理系统电源关闭。

5.7.2 耐电压

电池管理系统按 6.5.2 进行耐电压试验,漏电流限值由整车厂和制造商协商确定。在试验过程中应无击穿或闪络等破坏性放电现象。

5.8 电气适应性能

5.8.1 直流供电电压

电池管理系统按 6.6.1 进行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.8.2 过电压

电池管理系统按 6.6.2 进行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.8.3 叠加交流电压

电池管理系统按 6.6.3 进行试验,标称电压为 12 V 系统测试严酷等级 2,24 V 系统测试严酷等级为 3,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.8.4 供电电压缓降和缓升

电池管理系统按 6.6.4 进行试验,在供电电压范围内功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级,在供电电压范围外,功能状态至少应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.8.5 供电电压瞬态变化

电池管理系统按 6.6.5 进行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.8.6 反向电压

电池管理系统按 6.6.6 进行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.8.7 短路保护

电池管理系统按 6.6.7 进行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.9 环境适应性能

5.9.1 正弦振动

电池管理系统应能经受 6.7.1 规定的振动试验,在试验后应能正常工作,且满足 5.4 状态参数测量精度的要求,并通过目检不应有零部件脱落。

5.9.2 随机振动

电池管理系统应能经受 6.7.2 规定的振动试验,在试验后应能正常工作,且满足 5.4 状态参数测量精度的要求,并通过目检不应有零部件脱落。

5.9.3 机械冲击

电池管理系统应能经受 6.7.3 规定的冲击试验,在试验后应能正常工作,且满足 5.4 状态参数测量精度的要求,并通过目检不应有零部件脱落。

5.9.4 低温性能

5.9.4.1 电池管理系统按 6.7.4.1 进行低温贮存试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.9.4.2 电池管理系统按 6.7.4.2 进行低温运行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.9.5 高温性能

5.9.5.1 电池管理系统按 6.7.5.1 进行高温贮存试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

5.9.5.2 电池管理系统按 6.7.5.2 进行高温运行试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.9.6 温度梯度

电池管理系统按 6.7.6 进行温度梯度试验,以 5 °C 温度梯度从 20 °C 降到 -20 °C,然后以 5 °C 温度梯度从 -20 °C 升到 65 °C,在 -20 °C 至 65 °C 间的每个温度点,功能状态都应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.9.7 温度循环

电池管理系统按 6.7.7 进行规定变化率的温度循环试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.9.8 耐盐雾

电池管理系统按 6.7.8 进行耐盐雾试验,不得有盐水进入壳体,在 GB/T 28046.1—2011 规定的工作模式 3.2 下功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。对于完全放置在乘员舱、行李舱或货舱的测试对象可不进行耐盐雾试验。对于安装在电池舱内部的受试对象,如果舱体防护等级达到 IP 67,可不进行耐盐雾试验。

5.9.9 湿热循环

电池管理系统按 6.7.9 进行湿热循环试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

5.10 电磁兼容性

5.10.1 传导骚扰

电池管理系统按 6.8.2 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,传导骚扰限值应符合 GB/T 18655—2018 规定的等级 3 要求。

5.10.2 辐射骚扰

电池管理系统按 6.8.3 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,辐射骚扰限值应符合 GB/T 18655—2018 规定的等级 3 要求。

5.10.3 电源线瞬态传导抗扰度

电池管理系统按 6.8.4 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,试验结果功能状态要求见表 4。

表 4 电池管理系统电源线瞬态传导抗扰度性能要求

试验脉冲	1	2a	2b	3a	3b	4
系统功能状态	C	B	C	A	A	B

5.10.4 信号线/控制线瞬态传导抗扰度

电池管理系统按 6.8.5 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,试验结果功能状态应为附录 A 中规定的 A 级。

5.10.5 电快速瞬态脉冲群抗扰度

电池管理系统按 6.8.6 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,试验结果功能状态应为附录 A 中规定的 C 级。

5.10.6 辐射抗扰度

电池管理系统按 6.8.7 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,试验结果功能状态应为附录 A 中规定的 A 级。

5.10.7 静电放电

电池管理系统按 6.8.8 进行试验,如整车厂和制造商无特殊规定,试验结果功能状态应为附录 A 中规定的 A 级。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 环境条件

除另有规定外,试验应在温度为室温 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 15%~90%、大气压力为 86 kPa~106 kPa 的环境中进行。

6.1.2 试验用仪表

所有测试仪表、设备应具有足够的精度和稳定度,其精度应高于被测指标精度一个数量级或误差小于被测参数允许误差的 1/3。

测试过程中若使用电池模拟系统,则模拟仪表、设备需满足以下条件:

- a) 单体电压模拟设备稳压精度小于 1 mV,工频纹波电压小于 0.5 mV;
- b) 总电压模拟设备稳压精度小于 0.1%,工频纹波系数小于 0.05%;
- c) 总电流信号源采样精度 0.2%,响应时间小于 20 ms。

6.2 状态参数测量精度

6.2.1 一般规定

6.2.1.1 将电池系统按正常工作要求装配、连接或者通过模拟系统(模拟系统的纹波系数、精度和稳定度等指标应达到不影响试验结果的相应等级)提供电池管理系统需要监测的电气信号,正确安装布置检测设备的电压、电流、温度、绝缘电阻,接通电池管理系统工作电源。

6.2.1.2 将电池管理系统采集的数据(单体或电芯组电压采集通道不少于一个独立电源供电的采样单元,温度采集通道数不少于 2 个)与检测设备检测的对应数据进行比较。

6.2.1.3 除另有规定外,试验温度均指受试对象电池管理系统所处温度。

6.2.1.4 使用电池系统测试时,如电池系统无法满足测试设定值要求,可由整车厂和制造商协商确定测试点,差异性内容需在试验报告中说明。

6.2.2 总电压

在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或由整车厂和制造商根据实际应用情况协商确定)下,分别检测电池系统满量程总电压 50%、75%、100% 的电压值,将电池管理系统采集数据与检测设备

监测数据进行比较。

6.2.3 总电流

在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或由整车厂和制造商根据实际应用情况协商确定)下,分别检测电池系统满量程总电流 0% 、 $\pm 50\%$ 、 $\pm 100\%$ 的电流值,将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行对比。

6.2.4 单体(电芯组)电压

6.2.4.1 对于锂离子电池,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或由整车厂和制造商根据实际应用情况协商确定)下,分别检测 1.5 V 、 3 V 、 4.5 V 单体电压(通道数不少于一个独立电源供电的采样单元),将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

6.2.4.2 对于镍氢电池,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或由整车厂和制造商根据实际应用情况协商确定)下,分别检测模块电压 $n\times 1.0\text{ V}$ 、 $n\times 1.2\text{ V}$ 、 $n\times 1.6\text{ V}$ (n 为模块内单体串联支数,其中通道数不少于一个独立电源供电的采样单元),将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

6.2.5 温度

在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或由整车厂和制造商根据实际应用情况协商确定)下,将电池管理系统测温装置探头与检测设备传感器探头同时置于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或电池管理系统标定的最高测量温度)下测量温度值,将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

6.2.6 绝缘电阻

在 50% 、 75% 、 100% 满量程电压下,将电池总正对地及总负对地分别接入绝缘电阻阵列,按照 $80\text{ }\Omega/\text{V}$ 、 $100\text{ }\Omega/\text{V}$ 、 $300\text{ }\Omega/\text{V}$ 、 $500\text{ }\Omega/\text{V}$ 和 $2\text{ k}\Omega/\text{V}$ 分别控制绝缘电阻阵列为不同电阻阻值,将电池管理系统采集数据与绝缘电阻阵列实际电阻值进行比较。

6.3 SOC 估算精度

本标准中 SOC 估算精度测试包括 SOC 累积误差试验和 SOC 误差修正速度试验, SOC 累积误差试验按照附录 B 进行, SOC 误差修正速度试验可以参照附录 C 进行。由电池老化或其他因素造成的 SOC 估算误差测试由整车厂和制造商协商进行。

6.4 电池故障诊断

通过模拟系统,建立满足表 2 所列故障项目的触发条件,记录相应故障项目及其触发条件。根据制造商技术规范的要求,对于其他故障诊断项目进行功能确认。

6.5 绝缘性能

6.5.1 绝缘电阻

6.5.1.1 在与动力电池相连的带电部件和其供电电源的端子之间按照表 5 施加直流电压,持续时间 60 s 。

6.5.1.2 在完成 6.7.9 湿热循环试验后,在室温中放置 0.5 h ,在与动力电池相连的带电部件和其供电电源的端子之间按照表 5 施加直流电压,持续时间 60 s 。

6.5.1.3 在测量时若受试对象的绝缘监测功能会对测试结果产生影响,应将绝缘监测功能关闭或者将绝缘电阻监测单元从受试对象中断开。

表 5 绝缘电阻试验电压

电池系统额定电压 U/V	绝缘电阻测试仪器的电压/ V
$U \leq 60$	250
$60 < U \leq 300$	500
$300 < U \leq 950$	1 000

6.5.2 耐电压

在完成 6.7.9 湿热循环试验后,在室温中放置 0.5 h,采用整车厂规定的试验电压(整车厂应提供充足证据证明试验电压可以保证安全)进行测试;如果整车厂没有明确耐电压要求,则按如下要求施加 GB/T 18384.3—2015 中 7.3.3.3.2 规定的交流试验电压(50 Hz~60 Hz),持续时间 60 s。

- 在带有电绝缘的端子间;
 - 在带有电绝缘的端子和带有电传导面的壳体间;
 - 在塑料外壳情况下,在端子和包裹外壳的电极间。
- 也可以施加直流试验电压,等效直流试验电压是交流电压值的 1.41 倍。

6.6 电气适应性能

6.6.1 直流供电电压

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.2 的规定进行直流供电电压试验。

6.6.2 过电压

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.3 的规定进行过电压试验。

6.6.3 叠加交流电压

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.4 的规定进行叠加交流电压试验。

6.6.4 供电电压缓降和缓升

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.5 的规定进行供电电压缓降和缓升试验。

6.6.5 供电电压瞬态变化

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.6 的规定进行供电电压瞬态变化试验。

6.6.6 反向电压

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.7 的规定进行反向电压试验。

6.6.7 短路保护

按照 GB/T 28046.2—2011 中 4.10.2 的规定进行短路保护试验。

6.7 环境适应性能

6.7.1 正弦振动

按照 GB/T 28046.3—2011 的规定进行正弦振动试验,试验方法和试验等级由整车厂和制造商根

据电池管理系统安装位置协商确定。

6.7.2 随机振动

按照 GB/T 28046.3—2011 的规定,根据电池管理系统安装位置进行随机振动试验,试验方法和试验等级由整车厂和制造商协商确定。

6.7.3 机械冲击

按照 GB/T 28046.3—2011 中 4.2.2 的规定进行机械冲击试验。

6.7.4 低温性能

6.7.4.1 低温贮存

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.1.1 的规定进行低温贮存试验。

6.7.4.2 低温运行

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.1.2 的规定进行低温运行试验。

6.7.5 高温性能

6.7.5.1 高温贮存

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.2.1 的规定进行高温贮存试验。

6.7.5.2 高温运行

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.2.2 的规定进行高温运行试验。

6.7.6 温度梯度

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.2 的规定进行温度梯度试验。

6.7.7 温度循环

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.3.1 的规定进行规定变化率的温度循环试验。

6.7.8 耐盐雾

按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.5.2 的规定进行耐盐雾试验。按照 GB/T 28046.4—2011 中表 4 和附录 A 的要求,根据安装位置确定是否进行耐盐雾试验。

6.7.9 湿热循环

按照 GB/T 28046.4—2011 中表 4 和附录 A 的要求,根据安装位置确定按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.6.2.2 的规定进行湿热循环试验,其中最高温度为 65 °C,循环 5 次。

6.8 电磁兼容性能

6.8.1 一般规定

6.8.1.1 应由电池管理系统制造商提供电池,与电池管理系统一起构成基本测试单元模拟实际安装情

况进行试验。

6.8.1.2 试验过程中记录电池管理系统采集的数据(单体或电芯组电压采集通道不少于一个独立电源供电的采样单元,温度采集通道数不少于2个),并与检测设备检测的对应数据进行比较。

6.8.1.3 应使用隔离装置将辅助设备(如上位机及监控软件)进行隔离。

6.8.1.4 充放电电流应不小于电池管理系统电流测量满量程的2%。

6.8.2 传导骚扰

按照 GB/T 18655—2018 中的试验方法,根据具体测试对象选用电压法和电流探头法进行传导骚扰试验。

6.8.3 辐射骚扰

按照 GB/T 18655—2018 中的试验方法进行辐射骚扰试验。

6.8.4 电源线瞬态传导抗扰度

按 GB/T 21437.2—2008 的试验方法进行电源线瞬态传导抗扰度试验,试验严酷等级为Ⅲ级。

6.8.5 信号线/控制线瞬态传导抗扰度

按 GB/T 21437.3—2012 的试验方法进行信号线/控制线瞬态传导抗扰度试验,试验严酷等级为Ⅲ级。

6.8.6 电快速瞬态脉冲群抗扰度

按照 GB/T 17626.4—2018 的试验方法进行电快速瞬态脉冲群抗扰度试验,试验等级为3级,脉冲重复频率为5 kHz。

6.8.7 辐射抗扰度

按照 a)~c)进行辐射抗扰度试验:

- a) 按照 GB/T 33014.2 的试验方法进行辐射抗扰度试验,测试频率范围为400 MHz~2 GHz,测试场强等级30 V/m;
- b) 按照 GB/T 33014.4 的试验方法在电源线以及与外部连接的信号线进行大电流注入试验,测试频率范围1 MHz~400 MHz,注入电流等级为60 mA;
- c) 按照 ISO 11452-8:2015 的试验方法进行磁场抗扰度试验,测试频率范围为15 Hz~150 kHz,试验等级为Ⅲ级。

6.8.8 静电放电

按照 GB/T 19951 中测试及布置相关规定进行静电放电试验,试验等级见表6。

表6 放电电压等级

放电模式	直接接触放电	空气放电
放电电压(不通电) ^a	±6 kV	±15 kV
放电电压(通电)	±7 kV	±14 kV
^a 不通电测试的功能状态 A 为试验后进行判定。		

7 检验规则

7.1 检验对象

检验对象分为蓄电池电子部件、蓄电池控制单元和蓄电池管理系统三种,具体检测项目检验对象见表7。

表7 检测项目检验对象

序号	检验项目	要求章条号	试验方法章条号	检验对象
1	状态参数测量精度	5.4	6.2	蓄电池管理系统
2	SOC 估算精度	5.5	6.3	蓄电池管理系统
3	电池故障诊断	5.6	6.4	蓄电池管理系统
4	绝缘性能	5.7	6.5	安装在电池包内部的蓄电池电子部件和蓄电池控制单元、安装在电池包外部与蓄电池系统有电气连接的蓄电池电子部件和蓄电池系统控制单元(隔离通信接口除外)
5	电气适应性能	5.8	6.6	安装在电池包内部的蓄电池电子部件和蓄电池控制单元、安装在电池包外部与蓄电池系统有电气连接的蓄电池电子部件和蓄电池系统控制单元
6	环境适应性能	5.9	6.7	安装在电池包内部的蓄电池电子部件和蓄电池控制单元、安装在电池包外部与蓄电池系统有电气连接的蓄电池电子部件和蓄电池系统控制单元
7	电磁兼容性能	5.10	6.8	安装在电池包内部的蓄电池电子部件和蓄电池控制单元、安装在电池包外部与蓄电池系统有电气连接的蓄电池电子部件和蓄电池系统控制单元

7.2 检验分类

检验分出厂检验和型式检验,具体检验项目分组见表8或由制造商和检测机构协商确定。

表8 电池管理系统检验项目分组

序号	检验项目 ^a	要求章条号	试验方法章条号	出厂检验	型式检验	型式检验样品分组
1	总电压测量精度 ^b	5.4.1	6.2.2	√	√	全部
2	总电流测量精度 ^b	5.4.2	6.2.3	√	√	
3	单体(电芯组)电压测量精度 ^b	5.4.3	6.2.4	√	√	
4	温度测量精度 ^b	5.4.4	6.2.5	√	√	
5	绝缘电阻测量精度 ^b	5.4.5	6.2.6	√	√	
6	SOC 估算精度	5.5	6.3		√	样品1
7	电池故障诊断	5.6	6.4	√	√	样品1

表 8 (续)

序号	检验项目 ^a	要求 章条号	试验方法 章条号	出厂检验	型式检验	型式检验 样品分组
8	绝缘电阻	5.7.1	6.5.1.1	√		全部
			6.5.1.2		√	样品 2
9	耐电压性能 ^c	5.7.2	6.5.2		√	样品 2
10	直流供电电压	5.8.1	6.6.1		√	样品 3
11	过电压	5.8.2	6.6.2		√	
12	叠加交流电压	5.8.3	6.6.3		√	
13	供电电压缓降和缓升	5.8.4	6.6.4		√	
14	供电电压瞬态变化	5.8.5	6.6.5		√	
15	反向电压	5.8.6	6.6.6		√	
16	短路保护	5.8.7	6.6.7		√	
17	正弦振动 ^d	5.9.1	6.7.1		√	样品 4
18	随机振动	5.9.2	6.7.2		√	
19	机械冲击	5.9.3	6.7.3		√	
20	低温性能	5.9.4	6.7.4		√	样品 2
21	高温性能	5.9.5	6.7.5		√	
22	温度梯度	5.9.6	6.7.6		√	
23	温度循环	5.9.7	6.7.7		√	
24	耐盐雾	5.9.8	6.7.8		√	
25	湿热循环	5.9.9	6.7.9		√	
26	传导骚扰	5.10.1	6.8.2		√	样品 5
27	辐射骚扰	5.10.2	6.8.3		√	
28	电源线瞬态传导抗扰度	5.10.3	6.8.4		√	
29	信号线/控制线瞬态传导抗扰度	5.10.4	6.8.5		√	
30	电快速瞬态脉冲群抗扰度	5.10.5	6.8.6		√	
31	辐射抗扰度	5.10.6	6.8.7		√	
32	静电放电	5.10.7	6.8.8		√	
<p>^a 如果 BMS 具有 SOP 估算和均衡功能,可以参考附录 D 和附录 E 进行测试。</p> <p>^b 状态参数测量精度出厂检验测试温度 25 °C ± 5 °C。</p> <p>^c 如果电池系统额定电压 ≤ 60 V,则耐电压交流试验电压为 500 V。</p> <p>^d 根据电池管理系统具体安装位置,整车厂和制造商可以按照 GB/T 28046.3—2011 的规定协商确定不进行正弦振动试验。</p>						

附录 A
(规范性附录)
系统功能状态等级

A.1 A 级

试验中和试验后,装置/系统基本功能满足设计要求。

A.2 B 级

试验中装置/系统基本功能满足设计要求,但允许有一个或多个超出规定允差。试验后基本功能应自动恢复到规定限值。存储器功能应符合 A 级。

A.3 C 级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求,但试验后基本功能能自动恢复到正常运行。

A.4 D 级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求且试验后不能自动恢复到正常运行,需要对装置/系统通过简单操作重新激活。

A.5 E 级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求且试验后不能自动恢复到规定运行,需要对装置/系统进行修理或更换。



附 录 B (规范性附录)

SOC 累积误差测试方法

B.1 通则

B.1.1 按正常工作要求装配被测电池系统(可以选择电池管理系统适用的最小电池系统)或采用电池模拟系统。

B.1.2 在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 三个温度点分别进行试验,试验时将电池管理系统及其安时积分相关配件放置在选定的试验环境温度条件下,电池包可由整车厂和制造商协商放置于室温。电池系统首先进行 B.2 规定的试验内容,然后进行 B.3 规定的试验内容。

B.1.3 除环境适应过程外,测试过程中静置时,可以根据制造商技术规范来确定电池管理是否处于工作状态。

B.1.4 电池系统在低温下测试或其他不具备条件的情况下,可适当降低充放电倍率,但同时需调整充放电时间保证试验顺利进行。

B.1.5 当测试的目标环境温度改变时,在进行测试前电池系统需完成环境适应过程:受试对象电池管理系统及配件需在新的试验环境下至少静置 1 h;电池包需在新的试验环境温度下静置,直到电池包内单体电池的表面温度与环境温度的差值小于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,则可认为完成电池系统的环境适应过程。过程中,电池管理系统应处于非工作状态。

B.1.6 如 SOC 上报值的计算方式与 SOC 实际定义不同,测试前制造商应说明映射关系。

B.1.7 试验条件的差异性内容需在试验报告中说明。

B.2 可用容量测试

在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下按照以下步骤进行测试:

- a) 以 $1I_1$ (A)电流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;
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间;
- c) 以 $1I_1$ (A)电流充电至制造商规定的充电截止条件或按照制造商推荐的充电机制充电;
- d) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间;
- e) 以与 B.2 a) 同样的放电规范进行放电,记录放电过程总的放电量 Q_{01} (以 Ah 计);
- f) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间;
- g) 重复 c)~f),放电量分别为 Q_{02} 和 Q_{03} ,则三次放电量的算术平均值为 Q_0 。如果 Q_{01} 、 Q_{02} 和 Q_{03} 与 Q_0 的偏差均小于 2%,则 Q_0 为该电池系统的可用容量。如果 Q_{01} 、 Q_{02} 和 Q_{03} 与 Q_0 的偏差有不小于 2%的情况,则需要重复进行可用容量测试过程,直至连续三次的放电量满足可用容量确认的条件。

B.3 SOC 累积误差测试

按照以下步骤进行测试:

- a) 电池系统(或电池模拟系统)按 B.2 中所采用的充电规范充电;
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间,将电池管理系统上报 SOC_{BMS}值修改为 100%;

- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以 $1Q_0$ (A) 放电 12 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 采用特定工况(参见附录 F 或由整车厂和制造商协商确定)循环 N 次, N 是使 $SOC_{\text{真值}}$ 接近 30% 的最大整数, 但循环过程中需保证 SOC 不低于 30%, 否则停止工况循环跳至 g)；
- g) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间(静置过程内不得触发电池管理系统的 SOC 修正)；
- h) 以 B.2 中所采用的充电规范将电池系统(或电池模拟系统)充电至实际 SOC 为 80%；
- i) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间(静置过程内不得触发电池管理系统的 SOC 修正)；
- j) 按 f)~i) 循环 10 次；
- k) 记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；
- l) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_1 (充电为负, 放电为正), 并计算
- $$SOC_{\text{真值}} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\% ;$$
- m) 测试结束后, SOC 累积误差的计算公式为 $|SOC_{\text{真值}} - SOC_{\text{BMS}}|$ 。



附 录 C

(资料性附录)

SOC 误差修正速度测试

C.1 通则

C.1.1 按正常工作要求装配被测电池系统(可以选择电池管理系统适用的最小电池系统)。

C.1.2 在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,由整车厂和制造商根据实际应用情况选取至少3个温度点分别进行测试,原则上需要包含低温($\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)、常温($25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)和高温($\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

C.1.3 除环境适应过程外,测试过程中静置时,可以根据制造商技术规范来确定电池管理是否处于工作状态。

C.1.4 电池系统在低温下进行测试或其他不具备条件的情况下,可适当降低充放电倍率,但同时需调整充放电时间保证试验顺利进行。

C.1.5 当测试的目标环境温度改变时,在进行测试前电池系统需完成环境适应过程;受试对象电池管理系统及配件需在新的试验环境下至少静置1h;电池包需在新的试验环境温度下静置,直到电池包内单体电池的表面温度与环境温度的差值小于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,则可认为完成电池系统的环境适应过程。过程中,电池管理系统应处于非工作状态。

C.1.6 计算 $\text{SOC}_{\text{真值}}$ ($\text{SOC}_{\text{真值}}$)时, Q_0 由B.2可用容量测试获得。如SOC上报值的计算方式与SOC实际定义不同,测试前厂家应说明映射关系。

C.1.7 制造商可以根据电池系统所应用的整车类型、电池的倍率充放电能力以及测试环境温度的不同,选择附录F中或与整车厂协商确定的充放电工况进行测试。不同SOC区间测试时可以选择不同的充放电工况,原则上三个SOC区间的测试都要进行,如存在特殊情况,可由整车厂和制造商根据实际应用协商确定SOC测试区间。

C.1.8 在测试过程中,如果出现电池管理系统故障报警或安全保护的情况,检测机构和制造商需协商确定保证试验正常进行的处理方案。

C.1.9 试验条件的差异性内容需在试验报告中说明。

C.2 SOC 误差修正速度

C.2.1 $\text{SOC}\geq 80\%$

按以下步骤进行测试:

- a) 电池系统按B.2中所采用的充电规范充电;
- b) 静置30min或制造商规定的搁置时间;
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量;
- d) 以 $1Q_0(A)$ 放电6min;
- e) 静置30min或制造商规定的搁置时间;
- f) 将电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值修改为75%;
- g) 采用特定工况(参见附录F或由整车厂和制造商协商确定),放电至实际SOC为30%;
- h) 静置30min或制造商规定的搁置时间;
- i) 以B.2所采用的充电规范将电池系统充电至实际SOC为95%;

- j) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- k) 重复 g)~j) 步骤 2 次；
- l) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；
- m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q₁ (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\%)$ 计；
- n) 计算全测试过程中 SOC 误差, SOC 误差的计算公式为 $|\text{SOC}_{\text{真值}} - \text{SOC}_{\text{BMS}}|$ 。

C.2.2 30% < SOC < 80%

C.2.2.1 按以下步骤测试 SOC 接近 80%, 估计值上偏的误差修正速度和精度:

- a) 电池系统按 B.2 中所采用的充电规范充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以 1Q₀(A) 放电 15 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 将电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值修改为 90%；
- g) 采用特定工况 (参见附录 F 或由整车厂和制造商协商确定), 放电至实际 SOC 为 30%；
- h) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- i) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- j) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- k) 重复 g)~j) 步骤 2 次；
- l) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；
- m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q₁ (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\%)$ 计；
- n) 计算全测试过程中 SOC 误差, SOC 误差的计算公式为 $|\text{SOC}_{\text{真值}} - \text{SOC}_{\text{BMS}}|$ 。

C.2.2.2 按以下步骤测试 SOC 接近 80%, 估计值下偏的误差修正速度和精度:

- a) 电池系统按 B.2 中所采用的充电规范充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以 1Q₀(A) 放电 15 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 将电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值修改为 60%；
- g) 采用特定工况 (参见附录 F 或由整车厂和制造商协商确定), 放电至实际 SOC 为 30%；
- h) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- i) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- j) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- k) 重复 g)~j) 步骤 2 次；
- l) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；
- m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q₁ (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\%)$ 计；
- n) 计算全测试过程中 SOC 误差, SOC 误差的计算公式为 $|\text{SOC}_{\text{真值}} - \text{SOC}_{\text{BMS}}|$ 。

C.2.2.3 按以下步骤测试 SOC 接近 30%，估计值上偏的误差修正速度和精度：

- a) 电池系统按 B.2 中所采用的充电规范充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以 $1Q_0$ (A) 放电 39 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 将电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值修改为 50%；
- g) 采用特定工况(参见附录 F 或由整车厂和制造商协商确定), 放电至实际 SOC 为 30%；
- h) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- i) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- j) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- k) 重复 g)~j) 步骤 2 次；
- l) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；
- m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_1 (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\%)$ 计；
- n) 计算全测试过程中 SOC 误差, SOC 误差的计算公式为 $|SOC_{真值} - SOC_{BMS}|$ 。

C.2.2.4 按以下步骤测试 SOC 接近 30%，估计值下偏的误差修正速度和精度：

- a) 电池系统按 B.2 中所采用的充电规范充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以 $1Q_0$ (A) 放电 39 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 将电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值修改为 20%；
- g) 采用特定工况(参见附录 F 或由整车厂和制造商协商确定), 放电至实际 SOC 为 30%；
- h) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- i) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- j) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- k) 重复 g)~j) 步骤 2 次；
- l) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；
- m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_1 (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\%)$ 计；
- n) 计算全测试过程中 SOC 误差, SOC 误差的计算公式为 $|SOC_{真值} - SOC_{BMS}|$ 。

C.2.3 $SOC \leq 30\%$

按以下步骤进行测试：

- a) 电池系统按 B.2 中所采用的充电规范充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以 $1Q_0$ (A) 放电 48 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 将电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值修改为 35%；

- g) 采用特定工况(参见附录 F 或由整车厂和制造商协商确定),放电至实际 SOC 为 5%;
- h) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间;
- i) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%;
- j) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间;
- k) 重复 g)~j)步骤 2 次;
- l) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值;
- m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_1 (充电为负,放电为正),实时 SOC 真值按 $(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\%)$ 计;
- n) 计算全测试过程中 SOC 误差, SOC 误差的计算公式为 $|SOC_{真值} - SOC_{BMS}|$ 。



附录 D

(资料性附录)

SOP 估算误差测试方法

D.1 通则

D.1.1 按正常工作要求装配被测电池系统(可以选择电池管理系统适用的最小电池系统)。

D.1.2 在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围,0~100%区间内由整车厂和制造商根据实际应用情况选取至少3个温度点,3个SOC点分别进行脉冲充放电试验,原则上温度点需要包含低温($\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)、常温($25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)和高温($\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$),SOC点需要包含高端($\geq 80\%$)、低端($\leq 30\%$)和中间区段($30\% < \text{SOC} < 80\%$)。在选定的试验条件下,进行D.2规定的试验内容。

D.1.3 除环境适应过程外,测试过程中静置时,可以根据制造商技术规范来确定电池管理是否处于工作状态。

D.1.4 当测试的目标环境温度改变时,在进行测试前电池系统需完成环境适应过程:受试对象电池管理系统及配件需在新的试验环境下至少静置1h;电池包需在新的试验环境温度下静置,直到电池包内单体电池的表面温度与环境温度的差值小于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,则可认为完成电池系统的环境适应过程。过程中,电池管理系统应处于非工作状态。

D.1.5 在测试过程中,如果出现电池管理系统故障报警或安全保护的情况,检测机构和制造商需协商确定保证试验正常进行的处理方案。

D.1.6 试验条件的差异性内容需在试验报告中说明。

D.2 SOP 估算误差测试

按以下步骤进行测试:

- a) 在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,电池系统按B.2中所采用的充电规范充电。
- b) 静置30min或制造商规定的搁置时间。
- c) 将电池管理系统上报SOC_{BMS}值修改为100%。
- d) 将电池系统调整至测试的SOC点。
- e) 将电池系统放置于测试温度点下完成环境适应过程。
- f) 采用某一恒定功率 P_1 对电池持续充(放)电,直到达到以下条件之一时终止:电池系统的单体(电芯组)电压保护上(下)限,总电压保护上(下)限,制造商技术规范中规定的倍率等其他限定条件,记录充(放)电时间 t_1 ,如图D.1所示。
- g) 重新将电池系统调整至测试的SOC点。
- h) 静置30min或制造商规定的搁置时间。
- i) 根据 t_1 的大小将电池的充(放)电功率调整至 P_2 开始恒功率充(放)电,直到达到以下条件之一时终止:电池系统的单体(电芯组)电压保护上(下)限,总电压保护上(下)限,制造商技术规范中规定的倍率等其他限定条件,记录充(放)电时间 t_2 。
- j) 重复峰值功率测试5次及以上,至少有2次 $t > T$ (T 为整车厂和制造商协商的峰值功率时间),有2次 $t < T$ 。得到电池在该SOC点的充(放)电峰值功率 P 与充(放)电时间 t 的关系曲线,依据曲线的趋势选择函数类型进行 $\text{SOP} = f(t)$ 的曲线拟合,如图D.2所示。
- k) 从拟合曲线中用查询法可得到电池 $\text{SOP}_{\text{真值}} = f(T)$,则SOP估算误差计算公式为:

$$\frac{SOP_{\text{真值}} - SOP_{\text{BMS}}}{SOP_{\text{真值}}} \times 100\%$$

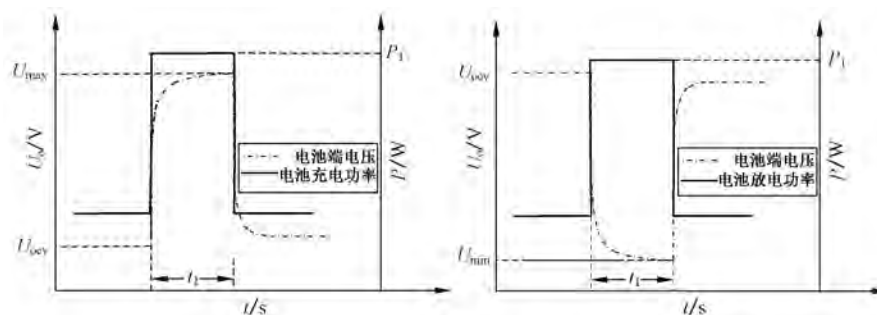


图 D.1 恒功率脉冲充(放)电测试曲线

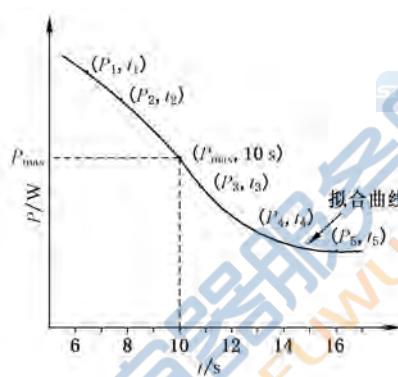


图 D.2 恒功率脉冲充(放)电测试曲线拟合

附 录 E
(资料性附录)
均衡测试方法

均衡测试可以选择锂离子电池管理系统最小均衡管理单元,电池串联数不低于 5 串。 Q_N 为电池额定容量。

- a) 以 $1I_1$ (A) 电流将每只电池恒流充电至制造商规定的充电截止条件。
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间。
- c) 每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流恒流放电,放电容量达到 $0.5Q_N$ 时截止。
- d) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间。
- e) 将其中 4 只单体分别做如下处理:1 只单体电池以 $1I_1$ (A) 放电 4 min,1 只单体以 $1I_1$ (A) 放电 2 min,1 只单体电池以 $1I_1$ (A) 充电 4 min,1 只单体以 $1I_1$ (A) 充电 2 min。
- f) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间。
- g) 接入电池管理系统。
- h) 电池模块按 B.2 中所采用的充电规范充电。
- i) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间。
- j) 以 $1I_1$ (A) 电流放电,达到以下条件之一时终止:电池系统的单体(电芯组)电压保护下限或制造商技术规范中规定的其他放电终止条件。
- k) 静置制造商规定的搁置时间(不大于 T_{rest})。
- l) 电池模块按 B.2 中所采用的充电规范充电。
- m) 静置制造商规定的搁置时间(不大于 T_{rest})。
- n) 重复 j)~m) 步骤 10 次。
- o) 去除模块上的电池管理系统。
- p) 将每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流恒流放电,放电容量达到 $0.1Q_N$ 时截止。静置 30 min 或制造商规定的搁置时间。
- q) 将每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流恒流充电至制造商规定的充电截止条件或按照制造商推荐的充电机制充电,记录每只电池的充电容量 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, 则 SOC 差异为
$$\left(\frac{\max[Q_1, Q_2, \dots, Q_n] - \min[Q_1, Q_2, \dots, Q_n]}{Q_0} \right) \times 100\%$$

注:静置最大时间 T_{rest} 由公式 $(T_{rest} + 1 \text{ h}) \times 20 \times I_{均衡} = 8 \text{ min}/60 \text{ min} \times Q_0$ 确定,其中 $I_{均衡}$ 为电池管理系统设计均衡电流。

附 录 F
(资料性附录)
电池系统典型充放电工况

F.1 充放电工况 1

充放电工况 1 如图 F.1 所示,其时间和充放电倍率关系参见表 F.1。

注:以充放电工况中最大放电电流为基准。

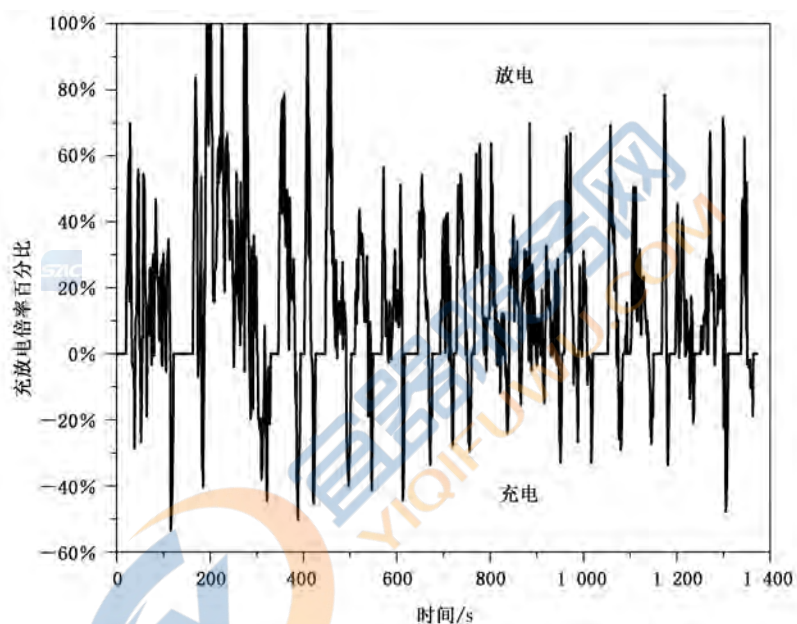


图 F.1 FUDS 充放电工况

表 F.1 FUDS 充放电工况

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
1	0	11	0	21	24.05	31	26.58
2	0	12	0	22	23.67	32	11.51
3	0	13	0	23	38.35	33	-2.15
4	0	14	0	24	46.83	34	-4.43
5	0	15	0	25	52.91	35	-4.43
6	0	16	0	26	58.48	36	-3.16
7	0	17	0	27	15.94	37	-4.17
8	0	18	0	28	23.29	38	-28.73
9	0	19	0	29	69.62	39	-17.97
10	0	20	0	30	32.91	40	4.55

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
41	11.51	74	-0.63	107	16.45	140	0
42	11.77	75	-3.29	108	22.53	141	0
43	15.19	76	13.29	109	30.88	142	0
44	30.12	77	22.4	110	31.51	143	0
45	50.38	78	30	111	34.68	144	0
46	55.82	79	10.25	112	28.86	145	0
47	51.39	80	-0.5	113	20.88	146	0
48	13.54	81	23.16	114	4.81	147	0
49	1.39	82	29.24	115	-3.54	148	0
50	4.81	83	35.57	116	-53.54	149	0
51	-14.43	84	46.7	117	-48.98	150	0
52	-26.83	85	34.81	118	-45.94	151	0
53	-18.35	86	29.74	119	-38.98	152	0
54	-10.37	87	22.53	120	-31.13	153	0
55	4.93	88	22.78	121	-22.91	154	0
56	4.44	89	23.16	122	0	155	0
57	54.55	90	12.78	123	0	156	0
58	52.15	91	4.05	124	0	157	0
59	52.65	92	8.22	125	0	158	0
60	38.22	93	8.22	126	0	159	0
61	21.51	94	16.83	127	0	160	0
62	18.48	95	27.08	128	0	161	0
63	13.29	96	-1.898	129	0	162	0
64	-18.98	97	-3.54	130	0	163	0
65	5.57	98	-1.89	131	0	164	26.32
66	14.93	99	22.15	132	0	165	36.2
67	13.16	100	30.38	133	0	166	45.94
68	5.69	101	26.96	134	0	167	57.08
69	5.57	102	19.36	135	0	168	71.64
70	9.36	103	17.34	136	0	169	83.67
71	25.44	104	8.6	137	0	170	73.16
72	25.94	105	-3.54	138	0	171	70.63
73	13.79	106	-5.31	139	0	172	55.94

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
173	30.5	206	26.32	239	60.88	272	27.84
174	-6.83	207	16.07	240	47.21	273	100
175	-4.68	208	21.89	241	40.63	274	-5.31
176	-1.89	209	15.69	242	28.6	275	100
177	18.6	210	25.69	243	40.25	276	34.93
178	15.44	211	25.69	244	40.25	277	67.97
179	15.57	212	25.69	245	40.25	278	100
180	22.78	213	25.69	246	40.25	279	71.26
181	53.79	214	37.08	247	40.25	280	51.51
182	-6.96	215	37.34	248	33.54	281	66.07
183	-35.18	216	54.55	249	21.01	282	39.36
184	-15.31	217	61.26	250	20.63	283	27.34
185	-40.37	218	62.53	251	-3.92	284	-0.25
186	-17.46	219	51.89	252	5.44	285	-4.3
187	-2.65	220	58.73	253	11.64	286	-11.89
188	25.57	221	65.82	254	24.43	287	-19.87
189	16.96	222	54.81	255	17.46	288	-16.58
190	39.24	223	61.77	256	28.98	289	32.15
191	66.96	224	75.44	257	55.06	290	32.15
192	77.21	225	100	258	42.15	291	8.1
193	100	226	98.98	259	42.27	292	-16.83
194	100	227	69.36	260	35.94	293	25.69
195	100	228	57.08	261	17.59	294	35.82
196	100	229	43.92	262	10.5	295	25.69
197	63.29	230	31.01	263	10.38	296	6.456
198	100	231	18.73	264	9.87	297	24.93
199	75.44	232	36.83	265	2.65	298	29.11
200	100	233	49.87	266	51.89	299	29.11
201	95.82	234	57.59	267	9.11	300	5.94
202	100	235	64.93	268	26.7	301	-0.37
203	73.03	236	51.77	269	21.77	302	-0.5
204	68.73	237	66.32	270	21.39	303	-13.03
205	64.81	238	52.91	271	38.35	304	-20.12

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
305	-20	338	0	371	47.34	404	26.7
306	-22.91	339	0	372	37.08	405	42.65
307	-22.65	340	0	373	16.45	406	58.1
308	-19.62	341	0	374	16.45	407	68.48
309	-22.15	342	0	375	16.45	408	80.63
310	-38.1	343	0	376	16.45	409	100
311	-29.24	344	0	377	16.45	410	89.11
312	-35.56	345	0	378	19.49	411	29.49
313	-25.06	346	0	379	28.73	412	71.01
314	-21.51	347	8.35	380	19.87	413	61.39
315	-14.05	348	26.58	381	12.02	414	46.7
316	-11.77	349	41.77	382	-1.26	415	16.58
317	8.35	350	50.63	383	-13.03	416	7.97
318	-3.54	351	61.51	384	-15.18	417	-0.25
319	-13.29	352	70.63	385	-5.69	418	-1.89
320	-22.53	353	69.62	386	-38.22	419	-3.54
321	-39.49	354	76.96	387	-41.64	420	-9.36
322	-44.68	355	42.27	388	-50.37	421	-44.3
323	-14.93	356	54.43	389	-36.83	422	-45.31
324	-9.49	357	52.53	390	-34.05	423	-38.35
325	-4.05	358	59.24	391	-30.75	424	-30.5
326	-13.16	359	78.73	392	-26.58	425	-22.4
327	-12.02	360	40.63	393	-15.56	426	0
328	-21.39	361	42.02	394	0	427	0
329	-9.62	362	32.78	395	0	428	0
330	0	363	40	396	0	429	0
331	0	364	44.05	397	0	430	0
332	0	365	49.62	398	0	431	0
333	0	366	19.87	399	0	432	0
334	0	367	26.96	400	0	433	0
335	0	368	10.75	401	0	434	0
336	0	369	1.26	402	0	435	0
337	0	370	22.53	403	20.88	436	0

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
437	0	470	28.22	503	0	536	29.49
438	0	471	16.45	504	0	537	15.94
439	0	472	-1.39	505	0	538	16.07
440	0	473	11.26	506	0	539	-18.98
441	0	474	11.13	507	0	540	-18.98
442	0	475	6.32	508	0	541	2.02
443	0	476	15.82	509	0	542	9.62
444	0	477	15.82	510	0	543	9.62
445	0	478	15.82	511	10	544	-4.55
446	0	479	15.82	512	18.86	545	-15.56
447	0	480	15.82	513	16.7	546	-41.26
448	26.32	481	6.2	514	9.11	547	-33.29
449	36.2	482	20.38	515	28.6	548	-26.83
450	45.94	483	20.5	516	17.84	549	0
451	57.08	484	27.72	517	16.58	550	0
452	71.64	485	1.51	518	25.82	551	0
453	83.67	486	6.2	519	39.74	552	0
454	100	487	15.57	520	43.67	553	0
455	100	488	15.57	521	40.88	554	0
456	55.19	489	6.07	522	34.93	555	0
457	54.55	490	5.94	523	33.79	556	0
458	100	491	10.5	524	30.12	557	0
459	71.13	492	-15.06	525	33.41	558	0
460	36.2	493	-25.56	526	36.2	559	0
461	62.15	494	-32.91	527	31.51	560	0
462	27.21	495	-34.68	528	29.49	561	0
463	36.45	496	-37.21	529	21.77	562	0
464	37.21	497	-40	530	13.29	563	0
465	11.64	498	-33.29	531	9.62	564	0
466	19.49	499	-33.29	532	9.62	565	0
467	19.62	500	-26.83	533	9.62	566	0
468	6.83	501	-17.08	534	9.62	567	0
469	1.77	502	0	535	9.62	568	0

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
569	26.32	602	19.24	635	0	668	-3.29
570	36.2	603	11.51	636	0	669	-3.29
571	45.94	604	8.1	637	0	670	-25.44
572	56.45	605	8.1	638	0	671	-28.1
573	33.29	606	13.41	639	0	672	-33.54
574	32.65	607	37.46	640	0	673	-19.74
575	27.59	608	51.26	641	0	674	-15.69
576	5.44	609	38.22	642	0	675	-19.24
577	5.44	610	27.08	643	0	676	0
578	15.82	611	26.2	644	0	677	0
579	10.38	612	-10	645	0	678	0
580	5.44	613	-44.3	646	16.2	679	0
581	0.38	614	-40.63	647	20.5	680	0
582	-2.65	615	-32.78	648	42.91	681	0
583	2.91	616	-24.43	649	34.81	682	0
584	-0.75	617	0	650	41.13	683	0
585	15.69	618	0	651	30.12	684	0
586	8.1	619	0	652	29.24	685	0
587	2.91	620	0	653	50.12	686	0
588	-1.64	621	0	654	54.05	687	0
589	2.78	622	0	655	41.39	688	0
590	5.19	623	0	656	39.36	689	0
591	7.72	624	0	657	38.73	690	0
592	15.69	625	0	658	43.92	691	0
593	18.22	626	0	659	33.79	692	0
594	26.2	627	0	660	19.11	693	0
595	22.4	628	0	661	23.03	694	11.51
596	31.39	629	0	662	14.07	695	15.69
597	27.46	630	0	663	14.3	696	9.74
598	9.87	631	0	664	10.38	697	17.46
599	10	632	0	665	16.45	698	35.06
600	19.36	633	0	666	14.43	699	34.17
601	18.86	634	0	667	10.5	700	40

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
701	25.57	734	43.67	767	24.05	800	23.92
702	40.75	735	47.34	768	26.7	801	28.1
703	12.78	736	43.16	769	44.55	802	63.79
704	0.25	737	54.43	770	60	803	48.48
705	5.19	738	52.4	771	60.5	804	49.49
706	42.15	739	50	772	40.38	805	51.39
707	29.74	740	40.63	773	26.07	806	14.55
708	28.73	741	42.4	774	32.65	807	36.2
709	42.4	742	29.74	775	35.69	808	30.12
710	35.31	743	26.96	776	39.62	809	26.32
711	8.1	744	20.25	777	41.39	810	10.38
712	-2.15	745	24.17	778	63.29	811	5.57
713	25.57	746	21.01	779	57.59	812	14.81
714	26.32	747	11.26	780	42.15	813	10.12
715	14.05	748	-0.37	781	27.46	814	0.88
716	-10.25	749	6.96	782	20.63	815	-3.54
717	-9.11	750	2.91	783	30.75	816	10
718	-11.39	751	-3.54	784	11.51	817	-3.54
719	-27.84	752	-6.58	785	11.51	818	-3.54
720	-27.46	753	-16.96	786	7.34	819	9.24
721	-20.5	754	-26.96	787	-0.37	820	0.12
722	0	755	-25.31	788	3.03	821	8.98
723	0	756	-29.36	789	11.01	822	-11.77
724	0	757	-24.68	790	11.01	823	-5.31
725	0	758	-13.16	791	6.96	824	7.97
726	0	759	-16.83	792	-5.18	825	12.15
727	0	760	0	793	6.7	826	12.15
728	1.13	761	0	794	10.5	827	12.15
729	21.77	762	0	795	10.5	828	-0.25
730	26.7	763	0	796	10.5	829	7.72
731	41.64	764	1.26	797	10.5	830	11.89
732	51.01	765	0	798	10.5	831	3.41
733	30.12	766	0	799	14.55	832	-1.89

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
833	-6.83	866	-15.44	899	-0.5	932	9.62
834	-3.54	867	-8.22	900	-3.54	933	9.62
835	-6.7	868	-3.29	901	-0.5	934	-0.63
836	-20.12	869	18.35	902	6.58	935	1.89
837	-24.05	870	18.73	903	10.5	936	1.89
838	-22.02	871	22.53	904	10.5	937	9.11
839	-16.58	872	15.82	905	2.53	938	14.81
840	-13.16	873	26.7	906	6.32	939	25.31
841	6.07	874	31.39	907	10.38	940	9.62
842	28.73	875	28.86	908	-0.5	941	-1.89
843	27.34	876	20.12	909	-0.5	942	9.36
844	19.87	877	30	910	9.87	943	-3.29
845	22.53	878	30.88	911	19.49	944	21.39
846	25.44	879	17.84	912	6.2	945	28.73
847	26.2	880	7.46	913	-0.63	946	25.94
848	31.89	881	7.46	914	-9.62	947	-3.29
849	39.74	882	7.34	915	-12.02	948	-12.27
850	41.51	883	-2.02	916	-14.93	949	-26.58
851	29.11	884	-2.02	917	-4.43	950	-22.4
852	10	885	69.62	918	7.21	951	-33.03
853	15.82	886	10.886	919	9.87	952	-26.32
854	15.94	887	-2.025	920	32.65	953	-18.35
855	16.2	888	-2.025	921	31.01	954	0
856	29.24	889	-5.06	922	27.34	955	0
857	20.5	890	22.78	923	14.55	956	0
858	34.05	891	26.83	924	14.68	957	0
859	15.17	892	20.12	925	25.19	958	0
860	15.69	893	16.83	926	15.31	959	0
861	15.69	894	2.91	927	13.41	960	16.2
862	7.46	895	16.83	928	13.54	961	24.3
863	-11.13	896	10.88	929	15.69	962	51.39
864	-5.18	897	10.88	930	-0.63	963	55.31
865	-3.54	898	-0.37	931	2.02	964	65.82

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
965	52.15	998	8.22	1 031	0	1 064	33.03
966	31.13	999	8.22	1 032	0	1 065	34.3
967	39.24	1 000	31.13	1 033	0	1 066	39.11
968	33.92	1 001	24.05	1 034	0	1 067	19.24
969	30.63	1 002	28.1	1 035	0	1 068	28.73
970	36.2	1 003	15.06	1 036	0	1 069	27.34
971	52.78	1 004	18.73	1 037	0	1 070	24.17
972	66.83	1 005	22.53	1 038	0	1 071	-0.37
973	47.97	1 006	13.79	1 039	0	1 072	-3.54
974	29.62	1 007	6.07	1 040	0	1 073	-3.54
975	20.75	1 008	-3.29	1 041	0	1 074	10.25
976	15.19	1 009	-9.36	1 042	0	1 075	-6.96
977	11.26	1 010	-1.89	1 043	0	1 076	-24.68
978	11.26	1 011	-3.16	1 044	0	1 077	-25.94
979	-9.24	1 012	-0.75	1 045	0	1 078	-10.5
980	2.78	1 013	-1.89	1 046	0	1 079	-8.73
981	-0.5	1 014	-3.41	1 047	0	1 080	-29.11
982	-2.02	1 015	-2.02	1 048	0	1 081	-27.46
983	-0.5	1 016	-11.39	1 049	0	1 082	-18.73
984	-3.29	1 017	-33.03	1 050	0	1 083	-6.2
985	-0.5	1 018	-28.73	1 051	0	1 084	-1.64
986	-3.29	1 019	-20.75	1 052	0	1 085	0
987	-14.55	1 020	0	1 053	10	1 086	0
988	-26.58	1 021	0	1 054	22.65	1 087	0
989	-3.29	1 022	0	1 055	40.12	1 088	0
990	7.08	1 023	0	1 056	49.24	1 089	1.51
991	15.82	1 024	0	1 057	60.12	1 090	5.57
992	26.83	1 025	0	1 058	69.36	1 091	5.69
993	22.91	1 026	0	1 059	38.35	1 092	0
994	1.39	1 027	0	1 060	41.64	1 093	15.51
995	8.22	1 028	0	1 061	51.89	1 094	0
996	13.67	1 029	0	1 062	41.01	1 095	0
997	-0.75	1 030	0	1 063	37.97	1 096	0

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
1 097	0	1 130	15.69	1 163	0	1 196	0
1 098	0	1 131	19.36	1 164	0	1 197	2.02
1 099	0	1 132	14.05	1 165	0	1 198	10.88
1 100	0	1 133	10.25	1 166	0	1 199	16.58
1 101	1.13	1 134	10.25	1 167	0	1 200	24.43
1 102	4.55	1 135	6.32	1 168	0	1 201	45.44
1 103	8.6	1 136	6.32	1 169	16.96	1 202	37.97
1 104	16.58	1 137	10.12	1 170	26.7	1 203	20.5
1 105	37.84	1 138	-0.5	1 171	40.38	1 204	6.45
1 106	43.29	1 139	6.45	1 172	55.82	1 205	-1.26
1 107	50.63	1 140	-1.89	1 173	66.32	1 206	8.35
1 108	24.81	1 141	-3.29	1 174	78.48	1 207	9.87
1 109	13.67	1 142	-9.62	1 175	68.48	1 208	3.92
1 110	34.68	1 143	-12.02	1 176	60.63	1 209	20.63
1 111	49.74	1 144	-25.31	1 177	23.41	1 210	33.54
1 112	50.38	1 145	-16.2	1 178	-3.16	1 211	36.83
1 113	32.78	1 146	-27.21	1 179	-3.16	1 212	40.88
1 114	13.03	1 147	-12.4	1 180	-30.88	1 213	33.03
1 115	10	1 148	-16.07	1 181	-33.67	1 214	38.86
1 116	10.12	1 149	-19.11	1 182	-27.21	1 215	20
1 117	15.69	1 150	0	1 183	-17.97	1 216	15.82
1 118	29.62	1 151	0	1 184	0	1 217	6.96
1 119	22.91	1 152	0	1 185	0	1 218	-0.75
1 120	31.51	1 153	0	1 186	0	1 219	-0.75
1 121	29.49	1 154	0	1 187	0	1 220	16.2
1 122	25.31	1 155	0	1 188	0	1 221	15.82
1 123	5.82	1 156	0	1 189	0	1 222	12.91
1 124	5.69	1 157	0	1 190	0	1 223	4.05
1 125	15.19	1 158	0	1 191	0	1 224	1.01
1 126	22.4	1 159	0	1 192	0	1 225	1.01
1 127	22.78	1 160	0	1 193	0	1 226	7.08
1 128	16.07	1 161	0	1 194	0	1 227	4.05
1 129	23.41	1 162	0	1 195	0	1 228	-13.67

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
1 229	-4.17	1 262	23.79	1 295	13.79	1 328	0
1 230	-0.88	1 263	28.86	1 296	19.49	1 329	0
1 231	17.34	1 264	10.5	1 297	16.2	1 330	0
1 232	11.89	1 265	0	1 298	34.81	1 331	0
1 233	12.02	1 266	0	1 299	71.26	1 332	0
1 234	-3.03	1 267	0	1 300	-22.4	1 333	0
1 235	-20.88	1 268	16.58	1 301	68.35	1 334	0
1 236	-17.72	1 269	34.68	1 302	15.69	1 335	0
1 237	-18.22	1 270	55.19	1 303	7.46	1 336	0
1 238	0	1 271	67.21	1 304	-12.91	1 337	0
1 239	0	1 272	63.16	1 305	-47.84	1 338	12.27
1 240	0	1 273	43.92	1 306	-44.43	1 339	26.58
1 241	0	1 274	27.72	1 307	-37.84	1 340	44.55
1 242	0	1 275	18.98	1 308	-30	1 341	46.7
1 243	0	1 276	30.38	1 309	-21.77	1 342	41.39
1 244	0	1 277	26.7	1 310	0	1 343	37.59
1 245	0	1 278	24.17	1 311	0	1 344	23.92
1 246	0	1 279	21.39	1 312	0	1 345	65.31
1 247	0	1 280	9.24	1 313	0	1 346	17.72
1 248	0	1 281	-3.29	1 314	0	1 347	35.31
1 249	0	1 282	-3.16	1 315	0	1 348	27.84
1 250	0	1 283	8.73	1 316	0	1 349	7.08
1 251	0	1 284	8.73	1 317	0	1 350	51.89
1 252	8.34	1 285	8.73	1 318	0	1 351	-3.16
1 253	1.26	1 286	8.73	1 319	0	1 352	-2.15
1 254	1.26	1 287	8.73	1 320	0	1 353	-2.02
1 255	1.26	1 288	24.05	1 321	0	1 354	-3.16
1 256	1.26	1 289	12.65	1 322	0	1 355	-4.3
1 257	5.69	1 290	21.39	1 323	0	1 356	-3.16
1 258	11.89	1 291	14.93	1 324	0	1 357	-1.89
1 259	8.98	1 292	18.6	1 325	0	1 358	-10.37
1 260	8.98	1 293	22.4	1 326	0	1 359	-8.73
1 261	11.39	1 294	15.69	1 327	0	1 360	-7.84

表 F.1 (续)

时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %	时间 s	充放电倍率百分比 %
1 361	-7.34	1 364	0	1 367	0	1 370	0
1 362	-10.88	1 365	0	1 368	0	1 371	0
1 363	-18.86	1 366	0	1 369	0	1 372	0

F.2 充放电工况 2

充放电工况 2 如图 F.2 所示,其时间和充放电倍率关系参见表 F.2。

注:以充放电工况中最大放电电流为基准。

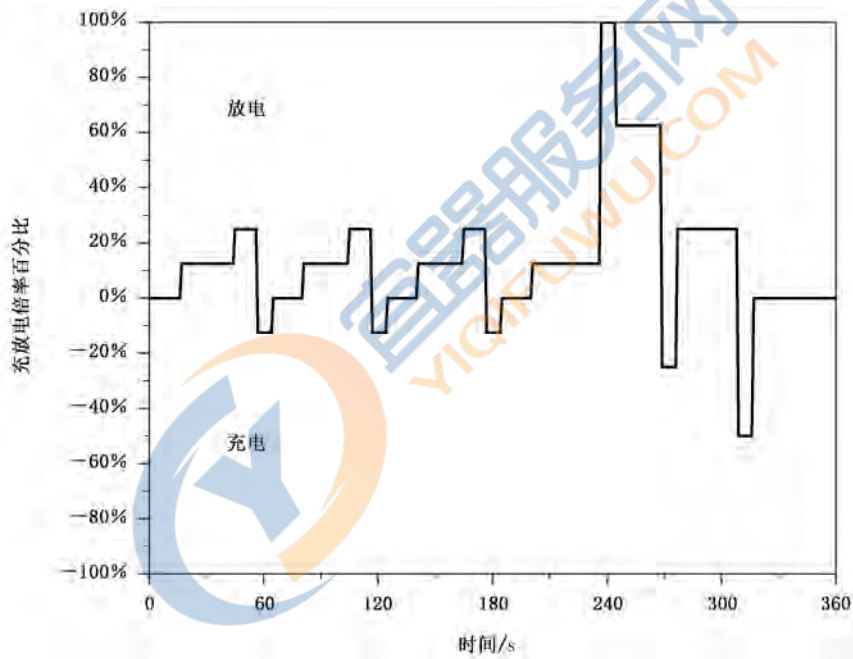


图 F.2 DST 充放电工况

表 F.2 DST 充放电工况

步骤	时间 s	步骤时间 s	充放电倍率百分比 %
1	16	16	0
2	44	28	12.5
3	56	12	25
4	64	8	-12.5
5	80	16	0
6	104	24	12.5

表 F.2 (续)

步骤	时间 s	步骤时间 s	充放电倍率百分比 %
7	116	12	25
8	124	8	-12.5
9	140	16	0
10	164	24	12.5
11	176	12	25
12	184	8	-12.5
13	200	16	0
14	236	36	12.5
15	244	8	100
16	268	24	62.5
17	276	8	-25
18	308	32	25
19	316	8	-50
20	360	44	0