



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

电动汽车用电池管理系统技术条件

Technical specifications of battery management system for electric vehicles

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国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/TC114）归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

引 言

本标准代替QC/T 897—2011《电动汽车用电池管理系统技术条件》。与QC/T 897—2011相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 术语与定义中删除了电池电子部件、电池控制单元、电池管理系统、电池包、电池系统的定义；
- 术语与定义中增加了蓄电池管理系统、额定容量、可用容量、荷电状态、功率状态的定义；
- 增加了使用环境和供电电压的要求；
- 基本功能要求中修改了参数检测（4.3.1）、故障诊断记录（4.3.2）、信息交互（4.3.4）、状态估算（4.3.9）的功能要求；
- 基本功能要求中增加了自检（4.3.3）、绝缘检测（4.3.6）、高压互锁（4.3.7）、安全防护（4.3.8）的功能要求；
- 将状态参数测量精度中单体（模块）电压测量精度修改为单体（电芯组）电压测量精度；
- 修改了总电压、总电流、温度、单体（电芯组）电压测量精度的要求和试验方法；
- 增加了绝缘电阻测量精度的要求与测试方法；
- 修改了SOC估算精度要求和试验方法；
- 将表2电池系统故障诊断基本要求项目中的单体（模块）电压修改为单体（电芯组）电压；
- 修改了表3可扩展的故障诊断项目，删除了内部通信网络故障和电池连接松动故障，新增SOC跳变、电池系统过充故障；
- 修改了绝缘电阻和耐电压的要求与测试方法；
- 删除了耐电源极性反接性能要求；
- 删除了过电压运行、欠电压运行、高温运行、低温运行、耐高温性能、耐低温性能、耐温度变化性能、耐盐雾性能、电磁辐射抗扰性要求与试验方法；
- 增加了电气适应性能、环境适应性能、电磁兼容性能的要求与测试方法；
- 试验方法中删除了试验电压要求，修改了环境条件、试验用仪表要求；
- 检验规则中增加了检验对象的要求，修改了检验分类的要求；
- 删除了产品标志的要求；
- 增加了系统功能状态等级的说明；
- 增加了SOC误差修正速度、SOP、均衡的推荐测试方法；
- 修改了电池系统典型充放电工况。

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)的术语与定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志等。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 4365 电工术语 电磁兼容
- GB/T 17626.4—2008 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 18384.1—2015 电动汽车 安全要求第1部分车载可充电储能系统(REESS)
- 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—2010 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和测量方法
- GB/T 19596 电动汽车术语
- GB/T 19951 道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法
- 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(BCI)法
- GB XXXXX 电动汽车锂离子动力蓄电池安全要求
- 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(Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—Part 8: Immunity to magnetic field)

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

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

3.1.1 蓄电池管理系统 battery management system; BMS

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]

3.1.2 额定容量 rated capacity

在规定条件下测得的并由制造商声明的电池容量值。

[GB/T 19596-2017]

3.1.3 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]

3.1.4 荷电状态 state of charge; SOC

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]

3.1.5 功率状态 state of power; SOP

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/输出的最大功率。

3.2 符号

C_{1h} :1 h 率额定容量(Ah)。

I_{1h} :1 h 率放电电流(A),其数值等于额定容量值。

4 技术要求

4.1 使用环境

4.1.1 工作温度

-20 °C~60 °C或者由整车厂和制造商按照GB/T 28046.4—2011根据电池管理系统安装位置协商确定。

4.1.2 贮存温度

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

4.1.3 工作湿度

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

4.2 供电电压

供电电压范围见表1。

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

4.3 基本功能要求

- 4.3.1 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，应包括电池包总电压、电池单体电压或者并联单体的电压、蓄电池组回路电流、蓄电池包内部温度等参数。
- 4.3.2 电池管理系统应能进行故障诊断并且记录蓄电池系统的故障信息，根据具体故障内容完成相应的故障处理，如故障码上报、实时警示和故障保护等。
- 4.3.3 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。
- 4.3.4 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。
- 4.3.5 具有充电过程控制和管理功能的电池管理系统应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。
- 4.3.6 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。
- 4.3.7 具有充放电高压互锁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。
- 4.3.8 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。
- 4.3.9 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，可以参考附录 D 和附录 E 进行 SOP 估算精度测试和均衡功能测试。

4.4 状态参数测量精度

4.4.1 总电压

总电压检测精度应满足 $\pm 2\%$ FS（满量程），且最大误差应满足 ± 5 V。

4.4.2 总电流

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

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

4.4.3 单体（电芯组）电压

4.4.3.1 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（满量程），且最大误差应满足 ± 10 mV。

4.4.3.2 对于镍氢动力蓄电池，单体（电芯组）电压检测精度应满足 $\pm 1\%$ FS（满量程）。

4.4.4 温度

4.4.4.1 对于锂离子动力蓄电池，在 -20 °C ~ 60 °C 范围内温度检测精度应满足 ± 2 °C，在 -40 °C ~ -20 °C 以及 60 °C ~ 125 °C 范围内，温度检测精度应满足 ± 3 °C。

4.4.4.2 对于镍氢动力蓄电池，在 -20 °C ~ 60 °C 范围内温度检测精度应满足 ± 3 °C，在 -40 °C ~ -20 °C 以及 60 °C ~ 125 °C 范围内，温度检测精度应满足 ± 5 °C。

4.4.5 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，绝缘电阻检测精度应为-20%~+20%；电池总电压（标称）400 V以下绝缘电阻检测精度应为-30%~+30%。

绝缘电阻小于等于50 kΩ时，检测误差要求应满足±10 kΩ。

4.5 SOC估算精度

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估算的累计误差应不大于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%。

4.6 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。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要求

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	电池温度小于温度设定值 2	电池温度低
3	单体（电芯组）电压大于电压设定值 1	单体（电芯组）电压高
4	单体（电芯组）电压小于电压设定值 2	单体（电芯组）电压低
5	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 ^c
6	充电电流（功率）大于最大充电电流（功率）值	充电电流（功率）大
7	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。
^c电池系统具有均衡功能时，该项目不作为基本要求项目。

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	SOC 值大于 SOC 设定值 1	SOC 高
3	SOC 值小于 SOC 设定值 2	SOC 低
4	SOC 值发生不连续变化	SOC 跳变
5	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
6	总电压大于总电压设定值 2（与放电电流、温度等参数有关）	总电压高
7	外部通信接口电路故障	外部通信接口故障
8	内部通信接口电路故障	内部通信接口故障
9	电池系统内部温度差大于温度差设定值	电池系统温差大
10	高压回路异常	高压互锁故障
11	电池系统过充	总电压/单体电压超过充电截止条件

4.7 绝缘性能

4.7.1 绝缘电阻

电池管理系统不工作时与动力电池相连的带电部件和其壳体之间的绝缘电阻值应不小于10 M Ω ，工作时与动力电池相连的带电部件和其壳体之间的绝缘电阻值应满足GB/T 18384.1—2015中 5.1.4的要求。

4.7.2 耐电压

电池管理系统按5.5.2进行耐电压试验，功能状态应达到附录A中规定的C级，在试验过程中应无击穿或闪络等破坏性放电现象。

4.8 电气适应性能

4.8.1 直流供电电压

电池管理系统按5.6.1进行试验，功能状态应达到附录A中规定的A级。

4.8.2 过电压

电池管理系统按5.6.2进行试验，功能状态应达到附录A中规定的C级，或者由整车厂和制造商协商确定达到A级。

4.8.3 叠加交流电压

电池管理系统按5.6.3进行试验，标称电压为12 V的系统严测试酷等级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。

4.8.4 供电电压缓升和缓降

电池管理系统按5.6.4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D级。

4.8.5 供电电压瞬态变化

电池管理系统按5.6.5进行试验，功能状态应达到附录A中规定的C级。

4.8.6 反向电压

电池管理系统按5.6.6进行试验，功能状态应达到附录A中规定的C级。

4.8.7 短路保护

电池管理系统按5.6.7进行试验，功能状态应达到附录A中规定的C级。

4.9 环境适应性能

4.9.1 正弦振动

电池管理系统应能经受5.7.1规定的振动试验，在试验后应能正常工作，且满足4.4状态参数测量精度的要求，并通过目检不应有零部件脱落。

4.9.2 随机振动

电池管理系统应能经受5.7.2规定的振动试验，在试验后应能正常工作，且满足4.4状态参数测量精度的要求，并通过目检不应有零部件脱落。

4.9.3 机械冲击

电池管理系统应能经受5.7.3规定的冲击试验，在试验后应能正常工作，且满足4.4状态参数测量精度的要求，并通过目检不应有零部件脱落。

4.9.4 跌落

电池管理系统应能经受5.7.4规定的跌落试验，在试验后应能正常工作，且满足4.4状态参数测量精度的要求，并通过目检不应有零部件脱落。

4.9.5 低温性能

4.9.5.1 电池管理系统按5.7.5.1进行低温贮存试验，功能状态应达到附录A中规定的C级。

4.9.5.2 电池管理系统按5.7.5.2进行低温运行试验，功能状态应达到附录A中规定的A级。

4.9.6 高温性能

4.9.6.1 电池管理系统按5.7.6.1进行高温贮存试验，功能状态应达到附录A中规定的C级。

4.9.6.2 电池管理系统按5.7.6.2进行高温运行试验，功能状态应达到附录A中规定的A级。

4.9.7 温度梯度

电池管理系统按5.7.7进行温度梯度试验，在-20℃至60℃间的每个温度点，功能状态都应达到附录A中规定的A级。

4.9.8 温度循环

电池管理系统按5.7.8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。

4.9.9 耐盐雾

电池管理系统按5.7.9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被测对象，如果舱体防护等级达到IP 67，可不进行耐盐雾试验。

4.9.10 湿热循环

电池管理系统按5.7.10进行湿热循环试验，功能状态应达到附录A中规定的A级。

4.10 电磁兼容性能

4.10.1 传导骚扰

电池管理系统按5.8.2进行试验，如整车厂和制造商无特殊规定，按照GB/T 18655—2010的规定，传导骚扰限值应符合等级3要求。

4.10.2 辐射骚扰

电池管理系统按5.8.3进行试验，如整车厂和制造商无特殊规定，按照GB/T 18655—2010 的规定，辐射骚扰限值应符合等级3要求。

4.10.3 电源线瞬态传导抗扰度

电池管理系统按5.8.4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 BMS 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

4.10.4 信号线/控制线瞬态传导抗扰度

电池管理系统按5.8.5进行试验，如整车厂和制造商无特殊规定，试验结果功能状态要求为附录A中规定的A级。

4.10.5 电快速瞬态脉冲群抗扰度

电池管理系统按5.8.6进行试验，如整车厂和制造商无特殊规定，试验结果功能状态要求为附录A中规定的C级。

4.10.6 辐射抗扰度

电池管理系统按5.8.7进行试验，如整车厂和制造商无特殊规定，试验结果功能状态要求为附录A中规定的A级。

4.10.7 静电放电

电池管理系统按5.8.8进行试验，如整车厂和制造商无特殊规定，试验结果功能状态要求为附录A中规定的A级。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 环境条件

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

5.1.2 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1%，工频纹波系数小于0.5%。
- c) 总电流信号源稳流精度1%，响应时间小于10 ms。

5.2 状态参数测量精度

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。

将电池管理系统采集的数据（单体或电芯组电压采集通道数不少于5个，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。

5.2.1 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 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （或由制造商和检测机构根据实际应用情况确定）下，用BMS分别检测0%、50%、100%满量程总电压，将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

5.2.2 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 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （或由制造商和检测机构根据实际应用情况确定）下，用BMS分别检测0%、 $\pm 50\%$ 、 $\pm 100\%$ 满量程总电流，将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行对比。

5.2.3 单体（电芯组）电压

5.2.3.1 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 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （或由制造商和检测机构根据实际应用情况确定）下，用BMS分别检测1.5 V、3 V、4.5 V单体电压（通道数不少于10个），将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

5.2.3.2 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 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （或由制造商和检测机构根据实际应用情况确定）下，用BMS分别检测6 V、7.2 V、9.6 V（或者12 V、14.4 V、19.2 V）单体/模块电压（通道数不少于10个），将电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

5.2.4 温度

将BMS置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （或由制造商和检测机构根据实际应用情况确定）下，在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下测量温度值，对电池管理系统采集数据与检测设备监测数据进行比较。

5.2.5 绝缘电阻

在40%，60%，80%，100%电压满量程下，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。记录电池管理系统采集数据和绝缘电阻阵列实际电阻值。

5.3 SOC估算精度

按照附录B进行SOC累计误差试验。

5.4 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。

5.5 绝缘性能

5.5.1 绝缘电阻

- 5.5.1.1 在与动力电池相连的带电部件和其壳体之间按照表5施加直流电压，持续时间60 s。
- 5.5.1.2 在完成5.7.10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壳体之间按照表5施加直流电压，持续时间60 s。
- 5.4.1.3 在测量时若被测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被测对象中断开。

表5 绝缘电阻试验电压

直流额定绝缘电压 U (V)	绝缘电阻测试仪器的电压 (V)
≤60	250
60<U≤300	500
300<U≤700	1 000
700<U≤950	1 000

5.5.2 耐电压

在完成5.7.10湿热循环试验后，在室温中放置0.5 h，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。

5.6 电气适应性能

5.6.1 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。

5.6.2 过电压

按照GB/T 28046.2—2011中4.3的规定进行过电压试验。

5.6.3 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。

5.6.4 供电电压缓升和缓降

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

5.6.5 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。

5.6.6 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。

5.6.7 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。

5.7 环境适应性能

5.7.1 正弦振动

由整车厂和制造商依据GB/T 28046.3—2011的规定,根据电池管理系统具体安装位置协商确定是否进行正弦振动试验。如需进行试验,则按照GB/T 28046.3—2011的规定,以及相应的试验方法和试验等级。

5.7.2 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。

5.7.3 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。

5.7.4 跌落

按照GB/T 28046.3—2011中4.3.2的规定进行跌落试验。

5.7.5 低温性能

5.7.5.1 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。

5.7.5.2 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。

5.7.6 高温性能

5.7.6.1 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。

5.7.6.2 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。

5.7.7 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。

5.7.8 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。

5.7.9 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的表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。

5.7.10 湿热循环

按照GB/T 28046.4—2011的表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60℃,循环5次。

5.8 电磁兼容性能

5.8.1 一般规定

应由BMS生产企业提供电池，与BMS一起构成基本测试单元模拟实际安装情况进行试验。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数不少于2个，温度采集通道数不少于1个），并与检测设备检测的对应数据进行比较。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。充放电电流应不小于电池管理系统电流测量满量程的2%。

5.8.2 传导骚扰

按照GB/T 18655—2010中的规定，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。

5.8.3 辐射骚扰

按照GB/T 18655—2010中的规定进行辐射骚扰试验。

5.8.4 电源线瞬态传导抗扰度

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

5.8.5 信号线/控制线瞬态传导抗扰度

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

5.8.6 电快速瞬态脉冲群抗扰度

按照GB/T 17626.4—2008的规定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。

5.8.7 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 的规定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 的规定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 的规定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。

5.8.8 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	直接放电	空气放电
放电电压（不通电）*	±6 kV	±15 kV
放电电压（通电）	±7 kV	±14 kV
注：不通电测试的功能状态 A 为试验后进行判定。		

6 检验规则

6.1 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，具体试验项目检测对象见表7。

表7 试验项目检验对象

序号	检验项目	要求条文号	检验方法条文号	检验对象
1	状态参数测量精度	4.4	5.2	蓄电池管理系统
2	SOC 估算精度	4.5	5.3	蓄电池管理系统
3	电池故障诊断	4.6	5.4	蓄电池管理系统
4	绝缘性能	4.7	5.5	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	4.8	5.6	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	4.9	5.7	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	4.10	5.8	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

6.2 检验分类

检验分出厂检验和型式检验，具体试验项目分组见表8。

表8 电池管理系统检验项目的分组和顺序

序号	检验项目	要求条文号	检验方法条文号	出厂检验	型式检验	型式检验样品分组
1	总电压测量精度	4.4.1	5.2.1	√	√	全部
2	总电流测量精度	4.4.2	5.2.2	√	√	
3	单体（电芯组）电压测量精度	4.4.3	5.2.3	√	√	
4	温度测量精度	4.4.4	5.2.4	√	√	
5	绝缘电阻测量精度	4.4.5	5.2.5	√	√	
6	SOC 估算精度	4.5	5.3		√	样品 1
7	电池故障诊断	4.6	5.4	√	√	样品 1
8	绝缘电阻	4.7.1	5.5.1.1	√		全部
			5.5.1.2		√	样品 2
9	耐电压性能	4.7.2	5.5.2		√	样品 2
10	直流供电电压	4.8.1	5.6.1		√	样品 3

11	过电压	4.8.2	5.6.2		√	
12	叠加交流电压	4.8.3	5.6.3		√	
13	供电电压缓升和缓降	4.8.4	5.6.4		√	
14	供电电压瞬态变化	4.8.5	5.6.5		√	
15	反向电压	4.8.6	5.6.6		√	
16	短路保护	4.8.7	5.6.7		√	
17	正弦振动	4.9.1	5.7.1		√	样品 4
18	随机振动	4.9.2	5.7.2		√	
19	机械冲击	4.9.3	5.7.3		√	
20	跌落	4.9.4	5.7.4		√	
21	低温性能	4.9.5	5.7.5		√	样品 2
22	高温性能	4.9.6	5.7.6		√	
23	温度梯度	4.9.7	5.7.7		√	
24	温度循环	4.9.8	5.7.8		√	
25	耐盐雾	4.9.9	5.7.9		√	
26	湿热循环	4.9.10	5.7.10		√	
27	传导骚扰	4.10.1	5.8.2		√	
28	辐射骚扰	4.10.2	5.8.3		√	
29	电源线瞬态传导抗扰度	4.10.3	5.8.4			
30	信号线/控制线瞬态传导抗扰度	4.10.4	5.8.5		√	
31	电快速瞬态脉冲群抗扰度	4.10.5	5.8.6		√	
32	辐射抗扰度	4.10.6	5.8.7		√	
33	静电放电	4.10.7	5.8.8		√	

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/系统所有功能满足设计要求。

A.2 B 级

试验中装置/系统所有功能满足设计要求，但允许有一个或多个超出规定允差。试验后所有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，但试验后所有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）。
- B.1.2 在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 三个温度点分别进行试验。在选定的试验环境温度条件下，顺序进行B.2，B.3规定的试验内容。 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 由检测机构在参考制造商技术规范的基础上选做。
- B.1.3 为保证受试对象的实际工作温度在允许温度范围内，在制造商的要求下，可以在测试过程中增加静置时间。除预处理外，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 SOC估算精度试验应进行预处理，当测试的目标环境温度改变时，受试对象需在新的试验环境温度下静置至少16 h，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静置处理预处理过程中，需使电池管理系统处于非工作状态。
- B.1.5 SOC精度误差的计算式为 $|\text{SOC}_{\text{真值}} - \text{SOC}_{\text{BMS}}|$ ，针对BMS对于SOC上报值的计算方式与SOC实际定义不同，测试时厂家需说明映射关系。

B.2 可用容量测试

按照以下步骤进行：

- 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) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- c) 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；
- d) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- 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) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- g) 重复 B.2 c) ~ B.2 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 累计误差测试

按照以下步骤进行：

- a) 以可用容量测试时所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态；
- b) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- c) 以 $1Q_0$ (A) 放电 12 min；
- d) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- e) 采用附录 F 中的工况 1 或工况 2 循环 N 次，N 是使实际 SOC 接近 30% 的最大数。
- f) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- g) 以可用容量测试时所采用的充电规范将电池系统充电至 80%；

- h) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- i) 按 e)~h) 循环 10 次；
- g) 记录电池管理系统上报 SOC 值；
- k) 以可用容量测试时所采用的放电规范将电池系统放电，记录放电量 Q_i ；
- l) SOC 真值按 $(Q_i/Q_0 \times 100\%)$ 计。

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10℃±2℃，25℃±2℃，40℃±2℃三个温度点分别进行试验。40℃由检测机构在参考制造商技术规范的基础上选做。
- C.1.3 为保证受试对象的实际工作温度在允许温度范围内，在制造商的要求下，可以在测试过程中增加静置时间。除预处理外，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 SOC估算精度试验应进行预处理，当测试的目标环境温度改变时，受试对象需在新的试验环境温度下静置至少16 h，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℃，则可认为完成电池系统的静置处理预处理过程中，需使电池管理系统处于非工作状态。
- C.1.5 SOC精度误差的计算式为 $|\text{SOC}_{\text{真值}} - \text{SOC}_{\text{BMS}}|$ ，计算SOC真值时的 Q_0 由B.2可用容量测试获得。针对BMS对于SOC上报值的计算方式与SOC实际定义不同，测试时厂家需说明映射关系。
- C.1.6 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，采用附录F中合适的充放电工况进行测试，在不同SOC范围内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，特殊情况，可由制造商和检测机构根据实际应用情况协商确认。
- C.1.7 在测试过程中，对于因为满足整车系统设计而出现电池管理系统故障报警或者安全保护的情况，检测机构和制造商协商保证试验正常进行的处理方案。
- C.1.8 试验条件的差异性内容需在试验报告中说明。

C.2 SOC误差修正速度和精度

C.2.1 SOC≥80%

- a) 以B.2所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态；
- b) 静置不低于30 min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- c) 以 $1Q_0$ （A）放电6 min；
- d) 静置不低于30min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- e) 将电池管理系统SOC值设定为75%；
- f) 采用附录F中的工况1或工况2，放电到实际SOC为30%；
- g) 静置不低于30 min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- h) 以B.2所采用的充电规范将电池系统充电至实际SOC为95%；
- i) 静置不低于30 min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- g) 重复f)~i)步骤2次；
- k) 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值；

- 1) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_i (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $\frac{Q_0 - Q_i}{Q_0} \times 100\%$ 计。

C.2.2 30% < SOC < 80%

C.2.2.1 按以下测试规程测试SOC接近80%, 估计值上偏的误差修正速度和精度:

- 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 以 $1Q_0$ (A) 放电 15 min;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 将电池管理系统 SOC 值设定为 90%;
- 采用附录 F 中的工况 1 或工况 2, 放电到实际 SOC 为 30%;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 重复 f)~i) 步骤 2 次;
- 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值;
- 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_i (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $\frac{Q_0 - Q_i}{Q_0} \times 100\%$ 计。

C.2.2.2 按以下测试规程测试SOC接近80%, 估计值下偏的误差修正速度和精度:

- 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 以 $1Q_0$ (A) 放电 15min;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 将电池管理系统 SOC 值设定为 60%;
- 采用附录 F 中的工况 1 或工况 2, 放电到实际 SOC 为 30%;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 重复 f)~i) 步骤 2 次;
- 测试过程中实时记录电池管理系统上报 SOC_{BMS} 值;
- 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_i (充电为负, 放电为正), 实时 SOC 真值按 $\frac{Q_0 - Q_i}{Q_0} \times 100\%$ 计。

C.2.2.3 按以下测试规程测试SOC接近30%, 估计值上偏的误差修正速度和精度:

- 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 以 $1Q_0$ (A) 放电 39 min;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);
- 将电池管理系统 SOC 值设定为 50%;
- 采用附录 F 中的工况 1 或工况 2, 放电到实际 SOC 为 30%;
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间 (不高于 60 min);

- h) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- i) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- j) 重复 f)~i) 步骤 2 次；
- k) 测试过程中实时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_i （充电为负，放电为正），实时 SOC 真值按 $\frac{(Q_0 - Q_i) \times 100\%}{Q_0}$ 计。

C.2.2.4 按以下测试规程测试 SOC 接近 30%，估计值下偏的误差修正速度和精度：

- a) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态；
- b) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- c) 以 $1Q_0$ (A) 放电 39 min；
- d) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- e) 将电池管理系统 SOC 值设定为 20%；
- f) 采用附录 F 中的工况 1 或工况 2，放电到实际 SOC 为 30%；
- g) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- h) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- i) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- j) 重复 f)~i) 步骤 2 次；
- k) 测试过程中实时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_i （充电为负，放电为正），实时 SOC 真值按 $\frac{(Q_0 - Q_i) \times 100\%}{Q_0}$ 计。

C.2.3 SOC ≤ 30%

- a) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态；
- b) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- c) 以 $1Q_0$ (A) 放电 48 min；
- d) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- e) 将电池管理系统 SOC 值设定为 35%；
- f) 采用附录 F 中的工况 1 或工况 2，放电到实际 SOC 为 5%；
- g) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- h) 以 B.2 所采用的充电规范将电池系统充电至实际 SOC 为 80%；
- i) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- j) 重复 f)~i) 步骤 2 次；
- k) 测试过程中实时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_i （充电为负，放电为正），实时 SOC 真值按 $\frac{(Q_0 - Q_i) \times 100\%}{Q_0}$ 计。

附 录 D
(资料性附录)
SOP 估算精度测试方法

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 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 三个温度点和80%，50%，30%三个SOC点分别进行脉冲充放电试验。在选定的试验环境温度条件下，进行D.2规定的试验内容。
- D.1.3 为保证受试对象的实际工作温度在允许温度范围内，在制造商的要求下，可以在测试过程中增加静置时间。除预处理外，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 SOP估算精度试验应进行预处理，当测试的目标环境温度改变时，受试对象需在新的试验环境温度下静置至少16 h，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静置处理预处理过程中，需使电池管理系统处于非工作状态。

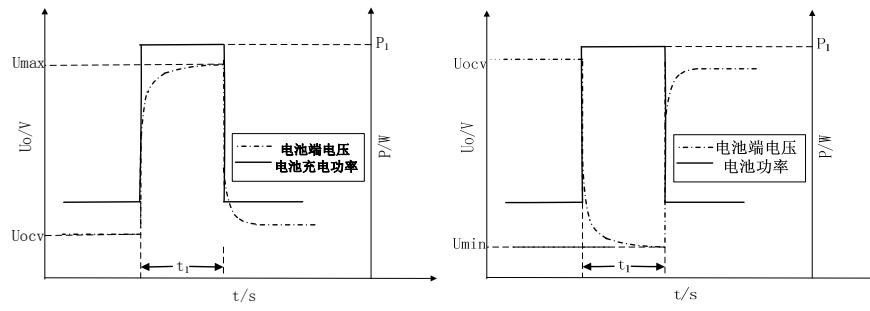
D.2 SOP计算误差测试

在测试过程中，对于因为满足整车系统设计而出现电池管理系统故障报警或者安全保护的情况，检测机构和制造商协商保证试验正常进行的处理方案。

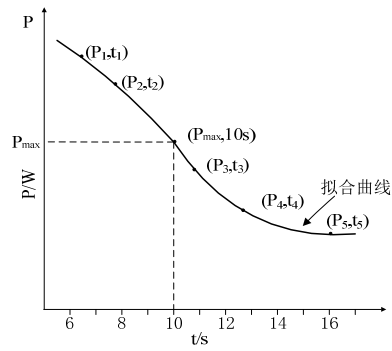
试验条件的差异性内容需在试验报告中说明。

- a) 以B.2所采用的充电规范将电池系统充电至满电状态；
- b) 静置不低于30 min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- c) 将电池管理系统SOC值设定为100%；
- d) 采用 $1I_1$ （A）电流调整至设定SOC点时停止；
- e) 静置不低于30 min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- 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) 以 $1I_1$ （A）充电至设定步骤d）的SOC点；
- h) 静置不低于30min或制造商规定的搁置时间（不高于60 min）；
- i) 根据 t_1 的大小将电池的放电功率调整至 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 $t > 10\text{ s}$ ，有2次 $t < 10\text{ s}$ 。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 $SOP=f(t)$ 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SOP真值 $=f(10\text{s})$ ，则SOP误差计算式为
$$\left| \frac{SOP_{\text{真值}} - SOP_{\text{BMS}}}{SOP_{\text{真值}}} \right| \times 100\%$$
。



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

E.1 通则

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_0 为电池额定容量。

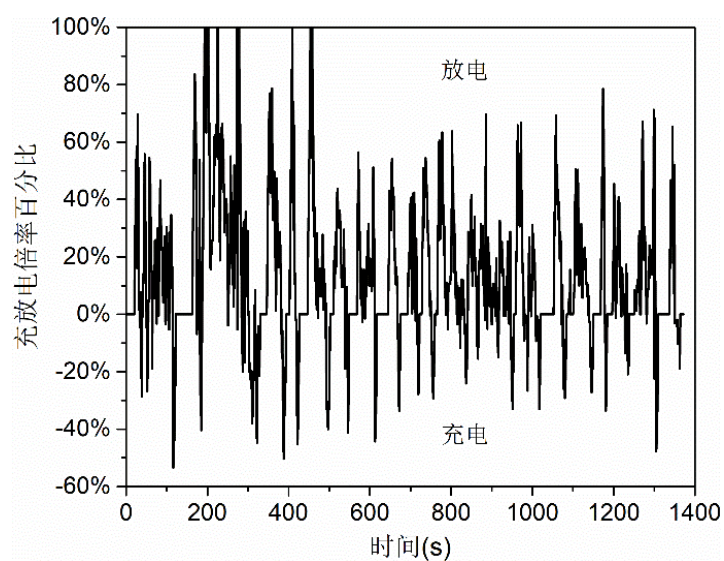
- a) 将每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流恒流放电，至蓄电池电压达到电池制造商技术规范中规定的放电终止条件时停止放电；
- b) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- c) 每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流恒流充电，充电容量达到 $0.5Q_0$ 时截止。
- d) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- e) 将其中 4 只单体分别做如下处理：1 只单体电池以 $1I_1$ (A) 放电 9min，1 只单体以 $1I_1$ (A) 放电 6 min，1 只单体电池以 $1I_1$ (A) 充电 9 min，1 只单体以 $1I_1$ (A) 充电 6 min；
- f) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- g) 将所有单体电池连接成组，接入电池管理系统；
- h) 采用 B.2 c) 将电池系统充到满电；
- i) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- 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) 静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- l) 重复 h)~k)，按照单体电池额定容量循环 $2Q_0$ （取整）次（以均衡电流 30 mA 计算）；
- m) 将每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流恒流充电，充电容量达到 $0.1Q_0$ 时截止。静置不低于 30 min 或制造商规定的搁置时间（不高于 60 min）；
- n) 将每只单体电池以 $1I_1$ (A) 电流单独放电，至蓄电池电压达到电池制造商技术规范中规定的放电终止电压停止。记录每只电池的放电容量 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ，则 SOC 差异为

$$\left(\frac{\max[Q_1, Q_2, \dots, Q_n] - \min[Q_1, Q_2, \dots, Q_n]}{Q_0} \right) \times 100\%$$

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，该工况为美国Federal Urban Driving Schedule (FUDS) 工况。



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	347	8.35	693	0	1039	0
2	0	348	26.58	694	11.51	1040	0
3	0	349	41.77	695	15.69	1041	0
4	0	350	50.63	696	9.74	1042	0
5	0	351	61.51	697	17.46	1043	0
6	0	352	70.63	698	35.06	1044	0
7	0	353	69.62	699	34.17	1045	0
8	0	354	76.96	700	40	1046	0
9	0	355	42.27	701	25.57	1047	0
10	0	356	54.43	702	40.75	1048	0
11	0	357	52.53	703	12.78	1049	0
12	0	358	59.24	704	0.25	1050	0

13	0	359	78.73	705	5.19	1051	0
14	0	360	40.63	706	42.15	1052	0
15	0	361	42.02	707	29.74	1053	10
16	0	362	32.78	708	28.73	1054	22.65
17	0	363	40	709	42.4	1055	40.12
18	0	364	44.05	710	35.31	1056	49.24
19	0	365	49.62	711	8.1	1057	60.12
20	0	366	19.87	712	-2.15	1058	69.36
21	24.05	367	26.96	713	25.57	1059	38.35
22	23.67	368	10.75	714	26.32	1060	41.64
23	38.35	369	1.26	715	14.05	1061	51.89
24	46.83	370	22.53	716	-10.25	1062	41.01
25	52.91	371	47.34	717	-9.11	1063	37.97
26	58.48	372	37.08	718	-11.39	1064	33.03
27	15.94	373	16.45	719	-27.84	1065	34.3
28	23.29	374	16.45	720	-27.46	1066	39.11
29	69.62	375	16.45	721	-20.5	1067	19.24
30	32.91	376	16.45	722	0	1068	28.73
31	26.58	377	16.45	723	0	1069	27.34
32	11.51	378	19.49	724	0	1070	24.17
33	-2.15	379	28.73	725	0	1071	-0.37
34	-4.43	380	19.87	726	0	1072	-3.54
35	-4.43	381	12.02	727	0	1073	-3.54
36	-3.16	382	-1.26	728	1.13	1074	10.25
37	-4.17	383	-13.03	729	21.77	1075	-6.96
38	-28.73	384	-15.18	730	26.7	1076	-24.68
39	-17.97	385	-5.69	731	41.64	1077	-25.94
40	4.55	386	-38.22	732	51.01	1078	-10.5
41	11.51	387	-41.64	733	30.12	1079	-8.73
42	11.77	388	-50.37	734	43.67	1080	-29.11
43	15.19	389	-36.83	735	47.34	1081	-27.46
44	30.12	390	-34.05	736	43.16	1082	-18.73
45	50.38	391	-30.75	737	54.43	1083	-6.2
46	55.82	392	-26.58	738	52.4	1084	-1.64
47	51.39	393	-15.56	739	50	1085	0
48	13.54	394	0	740	40.63	1086	0
49	1.39	395	0	741	42.4	1087	0
50	4.81	396	0	742	29.74	1088	0
51	-14.43	397	0	743	26.96	1089	1.51
52	-26.83	398	0	744	20.25	1090	5.57
53	-18.35	399	0	745	24.17	1091	5.69

54	-10.37	400	0	746	21.01	1092	0
55	4.93	401	0	747	11.26	1093	15.51
56	4.44	402	0	748	-0.37	1094	0
57	54.55	403	20.88	749	6.96	1095	0
58	52.15	404	26.7	750	2.91	1096	0
59	52.65	405	42.65	751	-3.54	1097	0
60	38.22	406	58.1	752	-6.58	1098	0
61	21.51	407	68.48	753	-16.96	1099	0
62	18.48	408	80.63	754	-26.96	1100	0
63	13.29	409	100	755	-25.31	1101	1.13
64	-18.98	410	89.11	756	-29.36	1102	4.55
65	5.57	411	29.49	757	-24.68	1103	8.6
66	14.93	412	71.01	758	-13.16	1104	16.58
67	13.16	413	61.39	759	-16.83	1105	37.84
68	5.69	414	46.7	760	0	1106	43.29
69	5.57	415	16.58	761	0	1107	50.63
70	9.36	416	7.97	762	0	1108	24.81
71	25.44	417	-0.25	763	0	1109	13.67
72	25.94	418	-1.89	764	1.26	1110	34.68
73	13.79	419	-3.54	765	0	1111	49.74
74	-0.63	420	-9.36	766	0	1112	50.38
75	-3.29	421	-44.3	767	24.05	1113	32.78
76	13.29	422	-45.31	768	26.7	1114	13.03
77	22.4	423	-38.35	769	44.55	1115	10
78	30	424	-30.5	770	60	1116	10.12
79	10.25	425	-22.4	771	60.5	1117	15.69
80	-0.5	426	0	772	40.38	1118	29.62
81	23.16	427	0	773	26.07	1119	22.91
82	29.24	428	0	774	32.65	1120	31.51
83	35.57	429	0	775	35.69	1121	29.49
84	46.7	430	0	776	39.62	1122	25.31
85	34.81	431	0	777	41.39	1123	5.82
86	29.74	432	0	778	63.29	1124	5.69
87	22.53	433	0	779	57.59	1125	15.19
88	22.78	434	0	780	42.15	1126	22.4
89	23.16	435	0	781	27.46	1127	22.78
90	12.78	436	0	782	20.63	1128	16.07
91	4.05	437	0	783	30.75	1129	23.41
92	8.22	438	0	784	11.51	1130	15.69
93	8.22	439	0	785	11.51	1131	19.36
94	16.83	440	0	786	7.34	1132	14.05

95	27.08	441	0	787	-0.37	1133	10.25
96	-1.898	442	0	788	3.03	1134	10.25
97	-3.54	443	0	789	11.01	1135	6.32
98	-1.89	444	0	790	11.01	1136	6.32
99	22.15	445	0	791	6.96	1137	10.12
100	30.38	446	0	792	-5.18	1138	-0.5
101	26.96	447	0	793	6.7	1139	6.45
102	19.36	448	26.32	794	10.5	1140	-1.89
103	17.34	449	36.2	795	10.5	1141	-3.29
104	8.6	450	45.94	796	10.5	1142	-9.62
105	-3.54	451	57.08	797	10.5	1143	-12.02
106	-5.31	452	71.64	798	10.5	1144	-25.31
107	16.45	453	83.67	799	14.55	1145	-16.2
108	22.53	454	100	800	23.92	1146	-27.21
109	30.88	455	100	801	28.1	1147	-12.4
110	31.51	456	55.19	802	63.79	1148	-16.07
111	34.68	457	54.55	803	48.48	1149	-19.11
112	28.86	458	100	804	49.49	1150	0
113	20.88	459	71.13	805	51.39	1151	0
114	4.81	460	36.2	806	14.55	1152	0
115	-3.54	461	62.15	807	36.2	1153	0
116	-53.54	462	27.21	808	30.12	1154	0
117	-48.98	463	36.45	809	26.32	1155	0
118	-45.94	464	37.21	810	10.38	1156	0
119	-38.98	465	11.64	811	5.57	1157	0
120	-31.13	466	19.49	812	14.81	1158	0
121	-22.91	467	19.62	813	10.12	1159	0
122	0	468	6.83	814	0.88	1160	0
123	0	469	1.77	815	-3.54	1161	0
124	0	470	28.22	816	10	1162	0
125	0	471	16.45	817	-3.54	1163	0
126	0	472	-1.39	818	-3.54	1164	0
127	0	473	11.26	819	9.24	1165	0
128	0	474	11.13	820	0.12	1166	0
129	0	475	6.32	821	8.98	1167	0
130	0	476	15.82	822	-11.77	1168	0
131	0	477	15.82	823	-5.31	1169	16.96
132	0	478	15.82	824	7.97	1170	26.7
133	0	479	15.82	825	12.15	1171	40.38
134	0	480	15.82	826	12.15	1172	55.82
135	0	481	6.2	827	12.15	1173	66.32

136	0	482	20.38	828	-0.25	1174	78.48
137	0	483	20.5	829	7.72	1175	68.48
138	0	484	27.72	830	11.89	1176	60.63
139	0	485	1.51	831	3.41	1177	23.41
140	0	486	6.2	832	-1.89	1178	-3.16
141	0	487	15.57	833	-6.83	1179	-3.16
142	0	488	15.57	834	-3.54	1180	-30.88
143	0	489	6.07	835	-6.7	1181	-33.67
144	0	490	5.94	836	-20.12	1182	-27.21
145	0	491	10.5	837	-24.05	1183	-17.97
146	0	492	-15.06	838	-22.02	1184	0
147	0	493	-25.56	839	-16.58	1185	0
148	0	494	-32.91	840	-13.16	1186	0
149	0	495	-34.68	841	6.07	1187	0
150	0	496	-37.21	842	28.73	1188	0
151	0	497	-40	843	27.34	1189	0
152	0	498	-33.29	844	19.87	1190	0
153	0	499	-33.29	845	22.53	1191	0
154	0	500	-26.83	846	25.44	1192	0
155	0	501	-17.08	847	26.2	1193	0
156	0	502	0	848	31.89	1194	0
157	0	503	0	849	39.74	1195	0
158	0	504	0	850	41.51	1196	0
159	0	505	0	851	29.11	1197	2.02
160	0	506	0	852	10	1198	10.88
161	0	507	0	853	15.82	1199	16.58
162	0	508	0	854	15.94	1200	24.43
163	0	509	0	855	16.2	1201	45.44
164	26.32	510	0	856	29.24	1202	37.97
165	36.2	511	10	857	20.5	1203	20.5
166	45.94	512	18.86	858	34.05	1204	6.45
167	57.08	513	16.7	859	15.17	1205	-1.26
168	71.64	514	9.11	860	15.69	1206	8.35
169	83.67	515	28.6	861	15.69	1207	9.87
170	73.16	516	17.84	862	7.46	1208	3.92
171	70.63	517	16.58	863	-11.13	1209	20.63
172	55.94	518	25.82	864	-5.18	1210	33.54
173	30.5	519	39.74	865	-3.54	1211	36.83
174	-6.83	520	43.67	866	-15.44	1212	40.88
175	-4.68	521	40.88	867	-8.22	1213	33.03
176	-1.89	522	34.93	868	-3.29	1214	38.86

177	18.6	523	33.79	869	18.35	1215	20
178	15.44	524	30.12	870	18.73	1216	15.82
179	15.57	525	33.41	871	22.53	1217	6.96
180	22.78	526	36.2	872	15.82	1218	-0.75
181	53.79	527	31.51	873	26.7	1219	-0.75
182	-6.96	528	29.49	874	31.39	1220	16.2
183	-35.18	529	21.77	875	28.86	1221	15.82
184	-15.31	530	13.29	876	20.12	1222	12.91
185	-40.37	531	9.62	877	30	1223	4.05
186	-17.46	532	9.62	878	30.88	1224	1.01
187	-2.65	533	9.62	879	17.84	1225	1.01
188	25.57	534	9.62	880	7.46	1226	7.08
189	16.96	535	9.62	881	7.46	1227	4.05
190	39.24	536	29.49	882	7.34	1228	-13.67
191	66.96	537	15.94	883	-2.02	1229	-4.17
192	77.21	538	16.07	884	-2.02	1230	-0.88
193	100	539	-18.98	885	69.62	1231	17.34
194	100	540	-18.98	886	10.886	1232	11.89
195	100	541	2.02	887	-2.025	1233	12.02
196	100	542	9.62	888	-2.025	1234	-3.03
197	63.29	543	9.62	889	-5.06	1235	-20.88
198	100	544	-4.55	890	22.78	1236	-17.72
199	75.44	545	-15.56	891	26.83	1237	-18.22
200	100	546	-41.26	892	20.12	1238	0
201	95.82	547	-33.29	893	16.83	1239	0
202	100	548	-26.83	894	2.91	1240	0
203	73.03	549	0	895	16.83	1241	0
204	68.73	550	0	896	10.88	1242	0
205	64.81	551	0	897	10.88	1243	0
206	26.32	552	0	898	-0.37	1244	0
207	16.07	553	0	899	-0.5	1245	0
208	21.89	554	0	900	-3.54	1246	0
209	15.69	555	0	901	-0.5	1247	0
210	25.69	556	0	902	6.58	1248	0
211	25.69	557	0	903	10.5	1249	0
212	25.69	558	0	904	10.5	1250	0
213	25.69	559	0	905	2.53	1251	0
214	37.08	560	0	906	6.32	1252	8.34
215	37.34	561	0	907	10.38	1253	1.26
216	54.55	562	0	908	-0.5	1254	1.26
217	61.26	563	0	909	-0.5	1255	1.26

218	62.53	564	0	910	9.87	1256	1.26
219	51.89	565	0	911	19.49	1257	5.69
220	58.73	566	0	912	6.2	1258	11.89
221	65.82	567	0	913	-0.63	1259	8.98
222	54.81	568	0	914	-9.62	1260	8.98
223	61.77	569	26.32	915	-12.02	1261	11.39
224	75.44	570	36.2	916	-14.93	1262	23.79
225	100	571	45.94	917	-4.43	1263	28.86
226	98.98	572	56.45	918	7.21	1264	10.5
227	69.36	573	33.29	919	9.87	1265	0
228	57.08	574	32.65	920	32.65	1266	0
229	43.92	575	27.59	921	31.01	1267	0
230	31.01	576	5.44	922	27.34	1268	16.58
231	18.73	577	5.44	923	14.55	1269	34.68
232	36.83	578	15.82	924	14.68	1270	55.19
233	49.87	579	10.38	925	25.19	1271	67.21
234	57.59	580	5.44	926	15.31	1272	63.16
235	64.93	581	0.38	927	13.41	1273	43.92
236	51.77	582	-2.65	928	13.54	1274	27.72
237	66.32	583	2.91	929	15.69	1275	18.98
238	52.91	584	-0.75	930	-0.63	1276	30.38
239	60.88	585	15.69	931	2.02	1277	26.7
240	47.21	586	8.1	932	9.62	1278	24.17
241	40.63	587	2.91	933	9.62	1279	21.39
242	28.6	588	-1.64	934	-0.63	1280	9.24
243	40.25	589	2.78	935	1.89	1281	-3.29
244	40.25	590	5.19	936	1.89	1282	-3.16
245	40.25	591	7.72	937	9.11	1283	8.73
246	40.25	592	15.69	938	14.81	1284	8.73
247	40.25	593	18.22	939	25.31	1285	8.73
248	33.54	594	26.2	940	9.62	1286	8.73
249	21.01	595	22.4	941	-1.89	1287	8.73
250	20.63	596	31.39	942	9.36	1288	24.05
251	-3.92	597	27.46	943	-3.29	1289	12.65
252	5.44	598	9.87	944	21.39	1290	21.39
253	11.64	599	10	945	28.73	1291	14.93
254	24.43	600	19.36	946	25.94	1292	18.6
255	17.46	601	18.86	947	-3.29	1293	22.4
256	28.98	602	19.24	948	-12.27	1294	15.69
257	55.06	603	11.51	949	-26.58	1295	13.79
258	42.15	604	8.1	950	-22.4	1296	19.49

259	42.27	605	8.1	951	-33.03	1297	16.2
260	35.94	606	13.41	952	-26.32	1298	34.81
261	17.59	607	37.46	953	-18.35	1299	71.26
262	10.5	608	51.26	954	0	1300	-22.4
263	10.38	609	38.22	955	0	1301	68.35
264	9.87	610	27.08	956	0	1302	15.69
265	2.65	611	26.2	957	0	1303	7.46
266	51.89	612	-10	958	0	1304	-12.91
267	9.11	613	-44.3	959	0	1305	-47.84
268	26.7	614	-40.63	960	16.2	1306	-44.43
269	21.77	615	-32.78	961	24.3	1307	-37.84
270	21.39	616	-24.43	962	51.39	1308	-30
271	38.35	617	0	963	55.31	1309	-21.77
272	27.84	618	0	964	65.82	1310	0
273	100	619	0	965	52.15	1311	0
274	-5.31	620	0	966	31.13	1312	0
275	100	621	0	967	39.24	1313	0
276	34.93	622	0	968	33.92	1314	0
277	67.97	623	0	969	30.63	1315	0
278	100	624	0	970	36.2	1316	0
279	71.26	625	0	971	52.78	1317	0
280	51.51	626	0	972	66.83	1318	0
281	66.07	627	0	973	47.97	1319	0
282	39.36	628	0	974	29.62	1320	0
283	27.34	629	0	975	20.75	1321	0
284	-0.25	630	0	976	15.19	1322	0
285	-4.3	631	0	977	11.26	1323	0
286	-11.89	632	0	978	11.26	1324	0
287	-19.87	633	0	979	-9.24	1325	0
288	-16.58	634	0	980	2.78	1326	0
289	32.15	635	0	981	-0.5	1327	0
290	32.15	636	0	982	-2.02	1328	0
291	8.1	637	0	983	-0.5	1329	0
292	-16.83	638	0	984	-3.29	1330	0
293	25.69	639	0	985	-0.5	1331	0
294	35.82	640	0	986	-3.29	1332	0
295	25.69	641	0	987	-14.55	1333	0
296	6.456	642	0	988	-26.58	1334	0
297	24.93	643	0	989	-3.29	1335	0
298	29.11	644	0	990	7.08	1336	0
299	29.11	645	0	991	15.82	1337	0

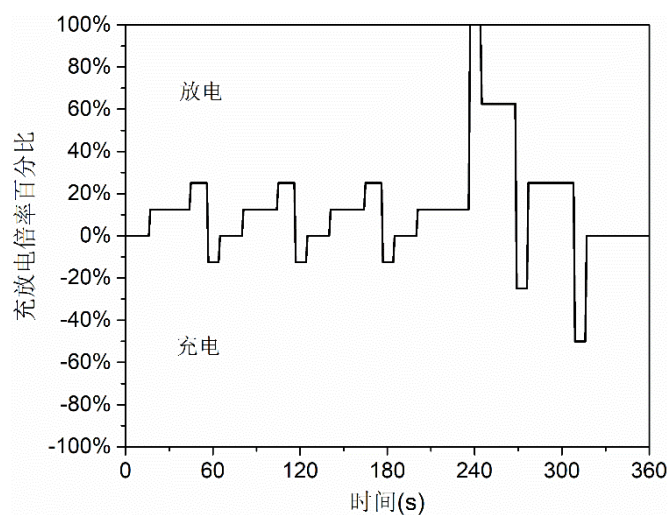
300	5.94	646	16.2	992	26.83	1338	12.27
301	-0.37	647	20.5	993	22.91	1339	26.58
302	-0.5	648	42.91	994	1.39	1340	44.55
303	-13.03	649	34.81	995	8.22	1341	46.7
304	-20.12	650	41.13	996	13.67	1342	41.39
305	-20	651	30.12	997	-0.75	1343	37.59
306	-22.91	652	29.24	998	8.22	1344	23.92
307	-22.65	653	50.12	999	8.22	1345	65.31
308	-19.62	654	54.05	1000	31.13	1346	17.72
309	-22.15	655	41.39	1001	24.05	1347	35.31
310	-38.1	656	39.36	1002	28.1	1348	27.84
311	-29.24	657	38.73	1003	15.06	1349	7.08
312	-35.56	658	43.92	1004	18.73	1350	51.89
313	-25.06	659	33.79	1005	22.53	1351	-3.16
314	-21.51	660	19.11	1006	13.79	1352	-2.15
315	-14.05	661	23.03	1007	6.07	1353	-2.02
316	-11.77	662	14.07	1008	-3.29	1354	-3.16
317	8.35	663	14.3	1009	-9.36	1355	-4.3
318	-3.54	664	10.38	1010	-1.89	1356	-3.16
319	-13.29	665	16.45	1011	-3.16	1357	-1.89
320	-22.53	666	14.43	1012	-0.75	1358	-10.37
321	-39.49	667	10.5	1013	-1.89	1359	-8.73
322	-44.68	668	-3.29	1014	-3.41	1360	-7.84
323	-14.93	669	-3.29	1015	-2.02	1361	-7.34
324	-9.49	670	-25.44	1016	-11.39	1362	-10.88
325	-4.05	671	-28.1	1017	-33.03	1363	-18.86
326	-13.16	672	-33.54	1018	-28.73	1364	0
327	-12.02	673	-19.74	1019	-20.75	1365	0
328	-21.39	674	-15.69	1020	0	1366	0
329	-9.62	675	-19.24	1021	0	1367	0
330	0	676	0	1022	0	1368	0
331	0	677	0	1023	0	1369	0
332	0	678	0	1024	0	1370	0
333	0	679	0	1025	0	1371	0
334	0	680	0	1026	0	1372	0
335	0	681	0	1027	0		
336	0	682	0	1028	0		
337	0	683	0	1029	0		
338	0	684	0	1030	0		
339	0	685	0	1031	0		
340	0	686	0	1032	0		

341	0	687	0	1033	0		
342	0	688	0	1034	0		
343	0	689	0	1035	0		
344	0	690	0	1036	0		
345	0	691	0	1037	0		
346	0	692	0	1038	0		

注：以充放电工况中最大放电电流为基准。

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，该工况为美国Dynamic Stress Test (DST) 工况。



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
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

注：以充放电工况中最大放电电流为基准。
