

ICS 号 17.220.20
中国标准文献分类号 L87

团 体 标 准

T/CPSS 1006—2019

锂离子电池模组测试系统技术规范

Technical standard for test system of lithium ion battery
module

2019-07-31 发布

2019-08-01 实施

中国电源学会 发布

中国电源学会 CPSS 台
全国团体标准信息平台
全国 T/CPSS 团体标准

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	2
5 规格	2
5.1 电池模组测试系统额定电流等级	3
5.2 电池模组测试系统额定电压等级	3
5.3 电池模组测试系统额定功率等级	3
6 技术要求	3
6.1 使用条件	3
6.2 机体和结构质量	4
6.3 功能要求	4
6.4 性能指标	4
6.5 保护功能	5
6.6 通讯	6
6.7 安全	6
6.8 电磁兼容	6
6.9 环境	6
6.10 振动性能	6
7 试验方法	7
7.1 概述	7
7.2 功能试验	9
8 标志、包装、运输和贮存	14
8.1 标志	14
8.2 使用说明书	14
8.3 包装	14
8.4 贮存和保管	14
8.5 装卸和运输	14

前 言

本标准由中国电源学会提出并解释。

本标准起草单位：山东大学、青岛美凯麟科技股份有限公司、中国电子科技集团公司第十八研究所、中国北方车辆研究所、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、中国电力科学研究院有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、国家新能源汽车技术创新中心、上海汽车集团股份有限公司、中国第一汽车股份有限公司、天津力神电池股份有限公司、北京长城华冠汽车科技股份有限公司、山东沃森电源设备有限公司、国轩高科动力能源有限公司、杭州高特电子设备股份有限公司、宁波普瑞均胜汽车电子有限公司。

本标准主要起草人：张承慧、段彬、丁文龙、杨东江、张建国、朱良涛、王庆华、肖成伟、胡道中、王一拓、谢先宇、谢欢、许守平、王刚、闫国丰、杨聪娇、原诚寅、李宁、徐航宇、刘家亮、朱江、左阳、朱运征、李传静、朱传高。

本标准首次发布。

锂离子电池模组测试系统技术规范

1 范围

本标准规定了锂离子电池模组测试系统的术语与定义、技术要求、试验方法、标志、运输和贮存等内容。

本标准适用于直流电压大于等于20V、小于等于750V的电池模组测试设备，被测试对象是锂离子电池模组，以应用于电动汽车的锂离子动力蓄电池包和系统为主。

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 238 汽车零部件的储存和保管
- GB/T 2423 电工电子产品环境试验
- GB/T 2900.41 电工术语 原电池和蓄电池
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 4793.1 测量、控制和试验室用电气设备的安全要求 第一部分：通用要求
- GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 16511 电气和电子测量设备随机文件
- GB/T 17626.4 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 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第一部分：通用要求
- GB/T 19596 电动汽车术语
- GB/T 31484—2015 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法
- GB/T 31485—2015 电动汽车用动力蓄电池安全要求及试验方法
- GB/T 31486—2015 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法
- GB/T 31467—2015 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统
- QC/T 743—2006 电动汽车用锂离子蓄电池
- SJ 3212 电子产品运输包装总技术条件
- IEC 61000-6-2: 2016 电磁兼容性（EMC）第6-2部分：通用标准 工业环境的抗扰度
- IEC 62660-1: 2018 电动道路车辆用二次锂离子电池 第1部分：锂离子电池性能试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂离子电池 lithium-ion battery

锂离子蓄电池。使用非水电解质溶液，并依靠锂离子在正极和负极之间的移动来工作的二次电池。

3.2

电池模组 battery module

将一个以上电池单体按照串联、并联或串并联方式组合，且只有一对正负极端子，并作为电源使用的组合体，也称作电池包。

3.3

电池模组测试系统 battery module test system

由主功率变换及控制模块、上位机及测试软件、辅助数据采集模块等功能单元组成，通过CAN总线、以太网等任何一种或多种通信与其它数据链路互连，实现电池测试程序编程以及电池性能参数自动测试的设备组合。

3.4

电流响应时间 current response time

输出电流从设定值的10%上升到90%所需要的时间，或从设定值的90%下降到10%所需要的时间。

3.5

转换时间 transfer time

输出电流从充电电流设定值的90%转换到放电电流设定值的90%，或从放电电流设定值90%转换到充电电流设定值90%，所需要的最大时间。

3.6

额定功率 rated power

在规定试验条件和方法下，测试系统可长时间工作的最大功率值。

3.7

工步时间 step time

测试系统对电池进行充、放电的任一步骤的持续时间。

3.8

工况模拟测试 Simulated situation test

电动汽车在道路行驶过程中，动力电池输出电流及功率随时间连续变化。将离散化的“时间-平均电流”、“时刻-瞬时电流”、“时间-平均功率”和“时刻-瞬时功率”等数据导入电池模组测试系统，并按照此数据测试电池模组。

4 符号和缩略语

下列符号适用于本文件。

FSR：满量程

FSR VDC：直流电压满量程

FSR ADC：直流电流满量程

测试系统：电池模组测试系统

5 规格

测试系统主要由上位机客户端、实时控制、功率变换、数据采集等功能单元组成，各单元可以分立或集成形式组成设备，功能单元间通过信息、功率流动完成锂离子动力电池模组测试。测试系统功能单

元示意图 1。

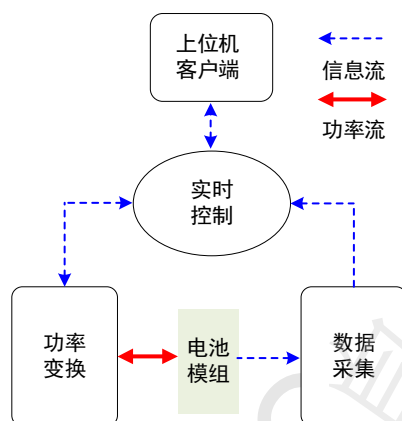


图1 测试系统功能单元示意图

5.1 电池模组测试系统额定电流等级

电池模组测试系统额定电流等级 (A) 优先采用以下系列：50、100、200、300、600、800、1200。

5.2 电池模组测试系统额定电压等级

电池模组测试系统额定电压等级 (V) 优先采用以下系列：20、60、100、150、200、500、750。

5.3 电池模组测试系统额定功率等级

电池模组测试系统额定功率等级 (kW) 优先采用以下系列：1、2、5、10、15、30、50、80、100、150、200、300、400、500。

6 技术要求

6.1 使用条件

6.1.1 正常使用的环境条件

测试系统应在下列环境条件下工作：

- 工作环境温度：0℃~40℃；
- 空气相对湿度：20%~90%（无凝露）；
- 海拔高度小于等于 1000m；当海拔超过 1000m 时，可根据表 1 的导则降额使用；
- 空气中应不含有过量的尘埃、酸、碱、腐蚀性及爆炸性微粒和气体；
- 无剧烈震动冲击，垂直倾斜度 ≤5°。

表1 高海拔使用条件降额导则

海拔高度 m	降额系数
1000	1.0
1500	0.95
2000	0.91
2500	0.86
3000	0.82
3500	0.78
4000	0.74
4500	0.70
5000	0.67

6.1.2 正常使用的电气条件

若无其他规定，符合本文件的测试系统在下列电气条件下，应能以正常方式运行：

- a) 谐波电压应不超过 GB/T 14549 中规定的限制；
- b) 三相电压不平衡度应不超过 GB/T 15543 中规定的限制；
- c) 频率偏差应不超过 GB/T 15945 中规定的限制；
- d) 输入电压幅值偏差应在-15%~+15%范围内。

6.2 机体和结构质量

测试系统的结构和机柜本身的制造质量、主电路连接、电气元件安装等应符合下列要求：

- a) 测试系统有关零部件均应符合各自的技术要求；
- b) 油漆及电镀应牢固、平整，无剥落、锈蚀及裂痕等现象；
- c) 内部框架、结构中不得有对生产和维修人员可能造成危险的尖楞、尖角；
- d) 铭牌、标志、标记应完整清晰、规范、正确；
- e) 各种开关应便于操作，灵活可靠。

6.3 功能要求

测试系统应具有但不限于以下功能：

- a) 充电功能：斜坡充电、恒压充电、恒流充电、恒功率充电功能；
- b) 放电功能：斜坡放电、恒压放电、恒流放电、恒功率放电、恒阻放电功能；
- c) 充放电转换功能：充电放电自动转换、放电充电自动转换功能；
- d) 电池模组内阻测量功能：在充放电转换时，可测量电池模组内阻；
- e) 放电能量回馈电网；
- f) 工况模拟测试功能。

6.4 性能指标

6.4.1 输出电压范围

5%~100%FSR VDC。

6.4.2 输出电流范围

0.2%~100%FSR ADC连续可调。

6.4.3 测量精度

电压测量精度 $\leq 0.1\%$ FSR，分辨率1mV；
电流测量精度 $\leq 0.1\%$ FSR，分辨率1mA；
功率测量精度 $\leq 0.2\%$ FSR，分辨率1mW。

6.4.4 控制精度

恒压控制精度 $\leq 0.1\%$ FSR；
恒流控制精度 $\leq 0.1\%$ FSR；
恒功率控制精度 $\leq 0.2\%$ FSR。

6.4.5 转换时间

转换时间不大于10ms。

6.4.6 电流响应时间

输出电流响应时间不大于5ms。

6.4.7 输入电流总谐波失真度

额定功率工况下，交流输入电流总谐波失真度不超过5%。

6.4.8 功率因数

额定功率工况下，交流输入侧功率因数不小于0.98。

6.4.9 器件允许温升

额定功率工况下，连续工作4h，功率模块器件的最高温升不超过45℃，电磁件磁芯和线包温升不超过70℃。

6.4.10 纹波系数

输出电流纹波的有效值不超过满量程的1%。

6.4.11 噪声

噪声应不大于75dB。

6.4.12 峰值效率

额定功率充电峰值效率不低于90%，额定功率放电回馈效率不低于85%。

6.4.13 最短工步时间

在对电池模组进行测试的过程中，工步最短切换时间不大于10ms，即最短充电时间和最短放电时间均应不大于10ms。

6.4.14 最短采样时间

最短采样时间应不大于2ms。

6.5 保护功能

6.5.1 输入过欠压保护

输入电压超过输入电压额定值的 $\pm 15\%$ 时，停止测试并报警显示。

6.5.2 输入缺相保护

输入三相电缺相时，停止测试并报警显示。

6.5.3 输出过流保护

输出电流大于量程的1.05倍时，停止测试并报警显示。

6.5.4 输出电压保护

输出电压大于量程的1.05倍时，停止测试并报警显示。

6.5.5 输出采样断线保护

系统上电后、测试功能启动前/后，断开其中任意一根输出采样线，测试系统应无法启动/停止测试，并报警显示。

6.5.6 电池模组接线保护

上电过压保护：系统上电后、测试功能启动前，检测电池模组端口电压或测试系统输出电压大于电压满量程的10%以上时或者电池模组负载反接时，测试系统无法启动并报警显示。

反接保护：系统上电后、测试功能启动前，电池模组负载反接时，测试系统无法启动并报警显示。

6.5.7 过热保护

电磁件或功率模块温度超出限值时，停止测试并报警显示。

6.5.8 急停保护

启动前/后按下急停开关时，测试系统无法启动/测试停止，报警并显示。

6.6 通讯

测试系统应具备CAN总线、以太网、RS232/RS485等一种或多种通讯接口，通过通讯接口能够控制设备的启动、停止，测试程序的下发、测试数据的回传、第三方设备的控制和数据读取等。

6.7 安全

6.7.1 绝缘电阻

在正常试验条件下，测试系统输入火线、零线分别与机壳间的绝缘电阻不小于200 M Ω ，测试电压500 V，缓升时间1 min。

6.7.2 抗电强度

在正常试验条件下，测试系统输入火线和零线与机壳间应能承受历时1 min的直流1000 V电压（缓升时间1 min），试验过程中要保证不击穿，不飞弧，漏电流不超过20 mA。

6.7.3 接地导通电阻

在正常试验条件下，测试系统外壳与安全接地线之间接地电阻不大于0.1 Ω （测试电流25 A）。

6.7.4 外壳防护

符合GB/T 4208—2008的规定，外壳防护等级应不低于IP20。

6.8 电磁兼容

6.8.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合GB/T 17626.4—2008试验等级3的要求，试验结果应符合GB/T 17626.4—2008第9章中的b类要求。

6.8.2 静电放电抗扰度

静电放电抗扰度应符合GB/T 17626.2—2006试验等级3的要求，试验结果应符合GB/T 17626.2—2006第9章中的b类要求。

6.8.3 浪涌（冲击）抗扰度

浪涌抗扰度应符合GB/T 17626.5—2008试验等级3的要求，试验结果应符合GB/T 17626.5—2008第9章中的b类要求。

6.8.4 射频场感应的传导骚扰抗扰度

传导骚扰抗扰度应符合GB/T 17626.6—2008试验等级3的要求，试验结果应符合GB/T 17626.6—2008第9章中的b类要求。

6.9 环境

6.9.1 低温性能

低温性能应符合GB/T 2423的要求。

6.9.2 高温性能

高温性能应符合GB/T 2423的要求。

6.9.3 湿度性能

湿度性能应符合GB/T 2423的要求。

6.10 振动性能

应能承受表2所规定的振动要求。

表2 震动性能测试要求

项目		数值
共振搜索	频率范围, Hz	5~55
	扫描速率, oct/min	≤1
	位移幅值, mm	0.15
共振保持	位移幅值, mm	0.15
	时间, min	10
振动循环	频率范围, Hz	5~55~5
	位移幅值, mm	0.15
	扫描速率, oct/min	≤1
	次数	2

7 试验方法

7.1 概述

7.1.1 型式试验

当有下列情况之一时, 应进行型式试验:

- 新产品设计完成后的试验定型鉴定;
- 当产品的设计、工艺或所用材料的改变会影响产品性能时;
- 产品长期停产后恢复生产时;
- 出厂试验结果与上次型式试验有较大差异时;
- 用户提出特殊要求, 经制造商同意时。

试验时, 如果每个产品只有一项不合格, 允许返工重试一次。如复试仍不合格, 则判定该批产品为不合格品。

7.1.2 出厂检验

每台产品都应进行出厂试验。出厂试验时, 只有一项不合格, 允许返修后复试, 如复试仍不合格, 则判定该产品为不合格品。试验合格后, 填写试验记录并出具合格证方能出厂。

7.1.3 试验前准备

7.1.3.1 容差

除有关条文另有说明外, 各项试验数据的容差为±0.1%。

7.1.3.2 外观检查

按照以下要求进行外观检验:

- 表面无腐蚀、涂覆层脱落和起泡现象, 无明显划伤、裂痕、毛刺等机械损伤;
- 紧固部位无松动。

7.1.4 试验项目

试验项目按照表3进行。

表3 试验项目

序号	试验项目		试验方法	型式试验	出厂检验
1	6.4.1	输出电压范围	7.2.1.2、7.2.2.2	√	√
2	6.4.2	输出电流范围	7.2.1.3、7.2.2.3	√	√
3	6.4.3	电压测量精度≤0.1% FSR	7.2.1.2、7.2.2.2	√	√
		电流测量精度≤0.1% FSR	7.2.1.3、7.2.2.3	√	√

表 3 (续)

序号	试验项目		试验方法	型式试验	出厂检验
4	6.4.4	恒压控制精度 $\leq 0.1\%$ FSR	7.2.1.2、7.2.2.2	√	√
		恒流控制精度 $\leq 0.1\%$ FSR	7.2.1.3、7.2.2.3	√	√
		功率控制精度 $\leq 0.2\%$ FSR	7.2.1.4、7.2.2.4	√	√
		恒电阻控制精度 $\leq 0.2\%$ FSR	7.2.2.5、7.2.3.4	√	√
5	6.4.5	转换时间	7.2.3.1	√	√
6	6.4.6	电流响应时间	7.2.3.1	√	√
7	6.4.7	输入电流总谐波失真度	7.2.4 a)	√	√
8	6.4.8	功率因数	7.2.4 a)	√	√
9	6.4.9	温升	7.2.4 e)	√	√
10	6.4.10	纹波	7.2.4 c)	√	√
11	6.4.11	噪声	7.2.4 d)	√	√
12	6.4.12	峰值效率	7.2.4 b)	√	--
13	6.4.13	最短步时间	7.2.3.2、7.2.3.3	√	√
14	6.4.14	最短采样时间	7.2.1.5	√	√
15	6.5.1	输入过欠压保护	7.2.5 a)	√	--
16	6.5.2	输入缺相保护	7.2.5 b)	√	--
17	6.5.3	输出过流保护	7.2.4 f)	√	--
18	6.5.4	输出电压保护	7.2.4 f)	√	√
19	6.5.5	输出采样断线保护	7.2.6 b)	√	√
20	6.5.6	电池模组接线保护	7.2.6 a)	√	√
21	6.5.7	过热保护	7.2.4 e)	√	--
22	6.5.8	急停保护	7.2.6 c)	√	√
23	6.6	通讯	7.2.1.1	√	√
24	6.7	安全	7.2.7	√	√
25	6.8	电磁兼容	7.2.9	√	--
26	6.9	环境	7.2.8	√	--
27	6.10	振动	7.2.11	√	--

注：上表中“√”项为需要完成的试验项目，“--”项为不需要完成的试验项目。

7.1.5 试验条件

除有关条文另有说明外，各项试验均在下述环境条件下进行：

温度：15℃~35℃；

空气相对湿度：25%~75%；

大气压力：86kPa~106kPa。

7.1.6 试验注意事项

输出电流及电压信号采样采用四线制检测方案，功率回路和测量回路分离，如图2所示。

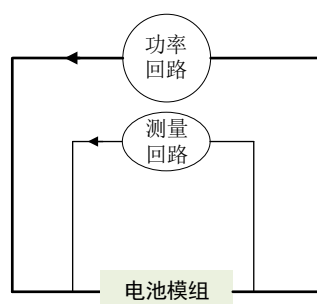


图2 四线制检测连接示意图

7.2 功能试验

7.2.1 充电功能试验

7.2.1.1 斜坡充电试验

上位机客户端编写斜坡充电程序，要求但不限于设置起始电流、斜坡结束电流、斜坡时间三个参数：电流设定值在6.4.2的要求范围之内，斜坡时间设定值在0~14400s范围之内。测试启动，待斜坡充电试验结束，至少选取总斜坡时间的10%、50%、100%三个时刻检测控制精度，即查看对应时刻的电流与按斜坡比例计算得到的电流差值不能超过斜坡结束电流值的0.1%，同时检查通讯功能。

7.2.1.2 恒压充电试验

上位机客户端编写恒压充电程序，要求但不限于设置恒压充电电压，值设定在6.4.1要求范围之内。测试启动，待恒压充电结束。测试系统至少完成三次输出电压量程10%、50%、100%的不同恒压充电试验，用电压表等电工测量分析仪器记录电压数据，测量方法见图3。上位机电压数据与测量数值对比，差值应在6.4.3要求精度之内。电池模组恒压稳定后，上位机设定电压与电压表测量数值对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

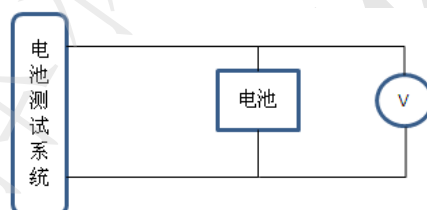


图3 电压测量示意图

7.2.1.3 恒流充电试验

上位机客户端编写恒流充电程序，要求但不限于设置充电电流，值设定在6.4.2要求范围之内。测试启动，待恒流充电结束。测试系统至少完成三次输出电流量程10%、50%、100%的不同恒流充电试验，用分流器及电压表测量记录并分析电流数据，测量方法见图4。上位机电流数据与测量数值对比，差值应在6.4.3要求精度之内。上位机设定电流与测量所得电流数值对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

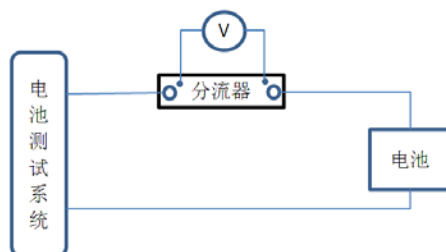


图4 电流测量示意图

7.2.1.4 恒功率充电试验

上位机编写恒功率充电程序，功率值设定在设备标示的0~100%FSR之间。测试时，上位机显示功率与上位机显示的电压电流乘积对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

7.2.1.5 最短采样时间试验

通过上位机编写充电程序，采样时间设置成设备最短采样时间。运行程序，通过上位机记录的所有时间段数据，查看最短采样时间是否符合6.4.14要求。

7.2.2 放电功能试验

7.2.2.1 斜坡放电试验

由上位机设定斜坡放电功能，起始电流、斜坡结束电流设定在6.4.2的要求范围之内，斜坡时间设定范围在0~14400s之内。运行程序，待斜坡结束之后，选取设定的总斜坡时间的三个点：10%、50%、100%，查看对应的时间的电流值，电流值不能超过比例电流的0.1%。

7.2.2.2 恒压放电试验

上位机编写恒压放电程序，电压值设定在6.4.1要求范围之内。测试系统至少完成三次电压量程10%、50%、100%的不同恒压放电试验，用电压表测量，测量方法见图3。上位机显示电压与电压表测量数值对比，差值应在6.4.3要求精度之内。当电池模组恒压稳定后，上位机设定电压与电压表测量数值对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

7.2.2.3 恒流放电试验

上位机编写恒流放电程序，电流值设定在6.4.2要求范围之内。测试系统至少完成三次电流量程10%、50%、100%的不同恒流放电试验，用分流器及电压表测量，测量方法见图4。上位机显示电流与电压表测量换算后得出的数值对比，差值应在6.4.3要求精度之内。当设备恒流稳定后，上位机设定电流与电压表测量换算后得出的数值对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

7.2.2.4 恒功率放电功能试验

上位机编写恒功率发电程序，功率值设定在设备标示0~100%FSR之间。测试时，上位机设定功率与上位机显示的实际功率对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

7.2.2.5 恒电阻放电试验

上位机编写恒电阻放电程序，电阻值设定大于等于 $(U^2/P)\Omega$ 。其中U为FSR VDC，P为设备的最大输出功率。上位机设定阻值与上位机显示的实际数值对比，差值应在6.4.4要求精度之内。

7.2.3 充放电转换功能试验

7.2.3.1 充放电转换试验

通过上位机编写程序，完成对电池模组的静置转充电、静置转放电、充电转放电及放电转充电功能。用示波器、录波仪等电工测量分析仪器，记录由静置转充电、静置转放电、充电转放电、放电转充电的输出电流数据，计算电流响应时间和转换时间，该性能指标应符合表4要求。

表4 电流响应时间与转换时间试验

性能指标	测试方法	符合要求	电流设定值
电流响应时间	静置转充电时间	6.4.6	80%额定电流
电流响应时间	静置转放电时间	6.4.6	80%额定电流
转换时间	充电至放电时间	6.4.5	80%额定电流
转换时间	放电转充电时间	6.4.5	80%额定电流

7.2.3.2 最短工步时间试验

通过上位机设定充电或放电程序，设置工步时间为最小值，用示波器同时抓取实际充电、放电的工步持续时间，计算实际步时间，应符合6.4.13要求。

7.2.3.3 工况模拟试验

工况模拟试验时，输出端接电池模组，试验方法和要求如下：

- 满足并支持《USABC 电动汽车电池试验手册》中规定美国联邦城市驾驶工况 FUDS (federal urban driving schedule)、动态应力工况测试 DST (dynamic stress test) 测试及中国 QC/T 743—2006《电动汽车用锂离子蓄电池》中规定的模拟工况标准测试功能。
- 将工况数据以 EXCEL 或 TXT 等格式直接导入测试系统，测试系统根据工况数据提供的时间、功率、电流等信息对动力电池进行充放电测试。要求可导入的工况数据点数不少于 10000 个，能识别的数据点间的最小时间间隔不大于 10ms。可设置整个工况测试过程中的电压、电流和功率等的全局保护条件，以及电压、电流、功率、容量、能量以及温度等的截止条件。

7.2.3.4 电池模组内阻试验

在上位机内，参照国标测试方法（充电 U_0 转静置，在静置10ms点 U_1 计算内阻值 $|U_1-U_0|/I$ ），编写内阻测试程序。运行程序后，查看测试出来的内阻值，重复以上步骤10次，要求每次测取的内阻值的变化，不能超过平均值的15%。

7.2.4 满载试验

额定功率充放电试验时（下述未特别说明则均为充放电试验），输出端接电池模组试验方法和要求如下：

- 额定功率工况下，用电能质量分析仪测试交流输入端功率因数和输入电流总谐波。三相功率因数都应符合 6.4.8 要求；输入电流总谐波失真度应符合 6.4.7 要求。
- 额定功率工况下，测试输入端及输出端功率，计算充放电效率符合 6.4.12 要求。
- 额定电流工况下，使用示波器的电流探头获取电流纹波的有效值，然后计算纹波系数，即电流纹波的有效值/电流量程。电池模组测试系统的纹波系数应符合 6.4.10 要求。
- 额定功率工况下，环境噪声小于等于 40dB，离地高度 1.2m，与试验设备距离 1m，用噪声计测量满载时的噪声，从前、后、左、右四个方向取平均值，设备噪声测试应符合 6.4.11 要求。
- 额定功率工况下，连续工作 4h，用温度测试仪测量功率模块及电磁件温升等符合 6.4.9 要求，当温升超出 6.5.7 要求时，测试系统停止测试并显示报警信息。
- 通过上位机调整输出电流、电压，当超出 6.5.3/6.5.4 要求时，测试系统停止测试并显示报警信息。

7.2.5 输入保护功能试验

试验方法和要求：

- 工况下，用三相调压器调整三相输入电压，当超过 6.5.1 范围时，测试系统无法启动并显示报警信息。
- 三相输入电断开一相时，测试系统测试停止并显示报警信息。

7.2.6 输出保护功能试验

试验方法和要求：

- 测试系统启动前，电池模组反接/电池模组端口电压或输出电压大于电压满量程的 10%时，测试系统不可启动并显示报警信息，符合 6.5.4/6.5.6 要求。
- 测试系统启动前或启动后，断开其中任意一根电压采样线，测试系统停止测试并显示报警信息，符合 6.5.5 要求。
- 测试系统启动前/启动后，按下急停按钮，测试系统无法启动/停止测试并显示报警信息，符合 6.5.8 要求。

7.2.7 安全试验

7.2.7.1 绝缘试验

试验方法:

- a) 切断测试系统功率变换设备的电源进线;
- b) 闭合电源开关;
- c) 断开实时控制单元和功率变换单元的所有物理连接以及接地连接;
- d) 绝缘测量设备的测量点一端施加在设备机壳, 另一端接触测试系统的输入火线或零线;
- e) 记录检测数据;
- f) 恢复电路, 测试系统能正常工作。

判定标准: 测试系统输入火线、零线与设备机壳间的绝缘电阻大于等于200 M Ω 。

7.2.7.2 抗电强度试验

试验方法:

- a) 切断被测电气设备的电源进线;
- b) 把电源开关闭合;
- c) 清理工作场地;
- d) 在被测电气设备的安全距离处加设安全隔离护栏或安全警戒线;
- e) 检查操作人员的安全防护措施;
- f) 绝缘测量设备的测量点一端施加在设备机壳, 另一端接触测试系统的输入火线或零线;
- g) 记录检测数据;
- h) 恢复电路, 使整个测试系统能正常工作。

验收标准: 测试系统输入火线、零线与机壳间应能承受历时1 min的直流1000 V电压(缓升1 min), 试验过程中不击穿、不飞弧, 漏电流不超过20 mA。

7.2.7.3 接地电阻试验

保护导体端子与规定要采用保护连接的每一个可触及零部件之间的阻抗不得超过0.1 Ω , 电源线的阻抗不构成规定的保护连接阻抗的一部分。

通过施加试验电流1 min, 计算阻抗来检验是否合格。试验电流取下列电流值的较大者:

- a) 直流 25 A 或交流有效值 25 A;
- b) 等于设备额定电流 2 倍的电流(如果设备在电源的所有正负极输出端子上装有过流保护装置, 以及如果在单一故障条件下, 故障保护装置电源一侧的导线不可能变成与可触及导电零部件相连, 则试验电流不必大于内部过流保护装置额定电流的 2 倍)。

7.2.8 环境试验

7.2.8.1 低温试验

将受试系统置于断开状态放入试验箱内, 使箱内温度为 $0\pm 3^{\circ}\text{C}$, 温度变化平均速率为 $0.7\sim 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。温度达到稳定后, 接通电源使系统满载工作2 h。在此时间内, 受试产品工作应正常。

7.2.8.2 高温试验

将受试系统置于断开状态放入试验箱内, 使箱内温度为 $40\pm 3^{\circ}\text{C}$, 温度变化平均速率为 $0.7\sim 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。温度达到稳定后, 接通电源使系统满载工作2 h。在此时间内, 受试产品工作应正常。

7.2.8.3 湿度试验

将受试系统置于断开状态, 放入试验箱内, 使箱内温度为 $40\pm 3^{\circ}\text{C}$, 温度变化平均速率为 $0.7\sim 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。温度达到稳定后, 开始增加湿度, 并在1 h内使湿度升至 $(90\pm 2)\%$, 接通电源使系统满载工作2 h。在此时间内, 受试产品工作应正常。

7.2.9 电磁兼容性试验

7.2.9.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度

7.2.9.1.1 试验方法

电快速瞬变脉冲群抗扰度的试验方法如下：

- a) 测试端口：交流输入和 CAN、以太网及 RS-232 等通信接口。
- b) 峰值电压：交流输入 $\pm 2\text{kV}$ ，以太网通信 $\pm 1\text{kV}$ 。
- c) 脉冲重复频率：5 kHz 和 100 kHz
- d) 测试时间：60 s
- e) 被测设备工作状态：充放电时，输出满载工作；经以太网通讯链接上位机进行监控。

7.2.9.1.2 验收标准

试验过程中被测设备应无损坏。针对功能及性能检验，要求如下：

- a) 恒流控制精度（误差：小于等于 $\pm 0.1\%$ ）：试验过程中，系统性能可暂时降低或丧失；试验结束后，应可自行恢复正常。恒流控制精度应满足标准规定的指标要求。
- b) 可视报警与人机接口：试验过程中性能可暂时降低或丧失，试验结束后应可自行恢复正常。
- c) 数据通信：试验过程中性能可暂时降低或丧失，试验结束后应可自行恢复正常。

7.2.9.2 静电放电抗扰度

7.2.9.2.1 试验要求

静电放电抗扰度的试验要求如下：

- a) 放电电压：按照本标准 6.8.2 设置。
- b) 放电方式：接触放电/空气放电。
- c) 放电部位：门锁/柜体、急停按钮、开关、指示灯。
- d) 放电次数：各极性、各放电部位 10 次。
- e) 放电时间间隔：1 s。
- f) 被测设备工作状态：充电时，输出满载工作；经以太网通讯链接上位机进行监控。

7.2.9.2.2 验收标准

试验过程中被测设备应无损坏。针对功能及性能检验，要求如下：

- a) 恒流控制精度（误差：小于等于 $\pm 0.1\%$ ）：试验过程中，系统性能可暂时降低或丧失；试验结束后，应可自行恢复正常。恒流控制精度应满足标准规定的指标要求。
- b) 可视报警与人机接口：试验过程中性能可暂时降低或丧失，试验结束后应可自行恢复正常。
- c) 数据通信：试验过程中性能可暂时降低或丧失，试验结束后应可自行恢复正常。

7.2.9.3 浪涌抗扰度

试验要求：

- a) 交流输入：线与地之间 $\pm 0.5\text{kV}$ 、 $\pm 1\text{kV}$ 、 $\pm 2\text{kV}$ ；线与线之间 0.5 kV、 $\pm 1\text{kV}$ ；
- b) 以太网通信：屏蔽层与地之间 0.5 kV、 $\pm 1\text{kV}$ 。
- c) 脉冲重复频率：1 次/20 s；
- d) 检验次数：各被试回路、各极性五次；
- e) 被测设备工作状态：充电时，输出满载工作；经以太网通讯链接上位机进行监控。

验收标准：试验过程中被测设备应无损坏；针对功能及性能检验，符合 6.4 的要求。

7.2.10 外壳防护试验（外壳防护）

依据 GB/T 4208 的相关规定，进行试验验证。

7.2.11 振动试验

受试产品应能承受表2所规定的振动要求。在振动试验过程中，受试产品不应有机械上的损坏和机内调整，紧固部件不应有松动现象。振动试验后，受试产品工作应正常。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

测试系统应有明显的标志，应保证铭牌字迹在整个使用期内不易磨灭，铭牌宜放在显著位置，应包含但不限于下列内容：

- a) 产品商标；
- b) 产品型号；
- c) 生产日期（编号）或生产批号；
- d) 生产企业名称；
- e) 中英文警示说明；
- f) 主要参数：输出额定功率、输出电压范围、输出电流范围、输入额定电压、通道数量、防护等级。

8.1.2 包装标志

包装标志的内容包括收发货标志、包装储运标志和警示标志，符合GB/T 191的规定。

8.2 使用说明书

产品使用说明书应包括但不限于以下内容：

- a) 产品型号及名称；
- b) 主要用途；
- c) 使用环境条件；
- d) 原理图及接线图；
- e) 主要参数及性能；
- f) 安装、接线、调试、校准方法；
- g) 软件安装；
- h) 接口、附件；
- i) 运输及贮存；
- j) 常见故障处理。

8.3 包装

产品包装应符合GB/T 13384的规定。

8.4 贮存和保管

产品的贮存和保管应符合GB/T 238的规定。应保持-25℃~+55℃，相对湿度不大于95%的清洁、干燥及通风良好的环境。应避免日晒、火烤、水浸、与腐蚀性物质放在一起。产品应存放在通风、干燥、无有害气体的仓库内，不应与化学药品、酸碱物质等一同存放。

8.5 装卸和运输

产品的运输应符合SJ 3212的要求。运输过程中的温度为-25℃~+55℃，相对湿度不大于95%。产品在搬运时所受的冲击和振动应限制在最小程度。