



中华人民共和国国家标准

GB/T 36276—2023

代替 GB/T 36276—2018

电力储能用锂离子电池

Lithium ion battery for electrical energy storage

2023-12-28 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和符号 1

4 编码 2

5 技术要求 4

6 试验方法 11

7 检验规则 42

8 标志、包装、运输和贮存 48

附录 A（规范性） 电池工作参数 50

附录 B（资料性） 电池规格参数表 53



前 言

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

本文件代替 GB/T 36276—2018《电力储能用锂离子电池》，与 GB/T 36276—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了文件的适用范围(见第 1 章)；
- 删除了术语和定义中与 DL/T 2528 重复的内容(见 2018 年版的 3.1)；
- 更改了相关符号，增加了标称电压的符号(见 3.2, 2018 年版的 3.2)；
- 将“规格”更改为“编码”(见第 4 章, 2018 年版的第 4 章)；
- 将“一般要求”“基本性能”“循环性能”“安全性能”更改为“正常工作环境”“外观、尺寸和质量”“电性能”“环境适应性”“耐久性能”及“安全性能”，更改了技术要求(见第 5 章, 2018 年版的第 5 章)；
- 增加了“功率特性”(见 5.3.2)、“高温适应性”(见 5.4.1)、“低温适应性”(见 5.4.2)、“过载性能”(见 5.6.1.3)、“振动性能”(见 5.6.2.3)、“液冷管路耐压性能”(见 5.6.2.4)、“高海拔绝缘性能”(见 5.6.3.3)、“高海拔耐压性能”(见 5.6.3.4)及“报警和保护功能”(见 5.6.5)技术要求；
- 删除了功率型电池的技术要求(见 2018 年版的 5.2.1.2、5.2.1.4、5.2.2.2、5.3.1.2、5.3.1.4、5.3.2.2)；
- 将“初始充放电能量”更改为“初始充放电性能”，更改了技术要求(见 5.3.1, 2018 年版的 5.2.1.1、5.3.1.1、5.4.1)；
- 将“低气压”更改为“高海拔初始充放电性能”，更改了技术要求(见 5.4.3, 2018 年版的 5.2.3.6)；
- 删除了“加热”技术要求(见 2018 年版的 5.2.3.7)；
- 更改了“倍率充放电性能”技术要求(见 5.3.3, 2018 年版的 5.2.1.2、5.3.1.2)；
- 更改了“能量保持与能量恢复能力”技术要求(见 5.3.4, 2018 年版的 5.2.1.6、5.3.1.5)，删除了“室温能量保持与能量恢复能力”技术要求(2018 年版的 5.2.1.6.1、5.3.1.5.1)；
- 更改了“贮存性能”技术要求(见 5.5.1, 2018 年版的 5.2.1.7、5.3.1.6)；
- 更改了“循环性能”技术要求(见 5.5.2, 2018 年版的 5.2.2、5.3.2)；
- 将“盐雾与高温高湿”更改为“盐雾性能”“交变湿热性能”，更改了技术要求(见 5.6.3.1、5.6.3.2, 2018 年版的 5.3.3.6)；
- 更改了试验设备主要技术指标要求(见 6.1.2, 2018 年版的 A.1.2)；
- 更改了“试验样品准备”的要求(见 6.2.1, 2018 年版的 A.1.3.4)；
- 增加了“试验线路连接”的要求(见 6.2.2)；
- 将“电压和温度限值设定”更改为“试验参数设定”，更改了要求(见 6.2.3, 2018 年版的 A.1.3.3)；
- 将“电池单体试验”“电池模块试验”“电池簇试验”更改为“外观、尺寸和质量检验”“电性能试验”“环境适应性试验”“耐久性能试验”及“安全性能试验”，更改了试验方法(见 6.3、6.4、6.5、6.6、6.7, 2018 年版的 A.2、A.3、A.4)；
- 增加了“功率特性试验”(见 6.4.2)、“高温适应性试验”(见 6.5.1)、“低温适应性试验”(见 6.5.2)、“过载性能试验”(见 6.7.1.3)、“振动性能试验”(见 6.7.2.3)、“液冷管路耐压性能试验”(见 6.7.2.4)、“高海拔绝缘性能试验”(见 6.7.3.3)、“高海拔耐压性能试验”(见 6.7.3.4)及“报警和保护功能试验”(见 6.7.5)的试验方法；
- 将“初始充放电能量试验”更改为“初始充放电性能试验”，更改了试验方法(见 6.4.1, 见 2018 年版

的 A.2.4);

- 将“低气压试验”更改为“高海拔初始充放电性能试验”,更改了试验方法(见 6.5.3,见 2018 年版的 A.2.17);
- 删除了“加热试验”的试验方法(见 2018 年版的 A.2.18);
- 将“盐雾与高温高湿试验”更改为“盐雾性能试验”“交变湿热性能试验”,更改了试验方法(见 6.7.3.1、6.7.3.2,2018 年版的 A.3.18);
- 更改了“出厂检验”“型式检验”的规则(见 7.2、7.3,2018 年版的 6.2、6.3);
- 增加了“抽样检验”规则(见 7.4);
- 更改了“标志、包装、运输和贮存”的要求(见第 8 章,2018 年版的第 7 章);
- 增加了“附录 A(规范性)电池工作参数”(见附录 A)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电力储能标准化技术委员会(SAC/TC 550)归口。

本文件起草单位:中国电力科学研究院有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司坑梓分公司、武汉亿纬储能有限公司、天津力神电池股份有限公司、厦门海辰储能科技股份有限公司、北京理工大学重庆创新中心、广州智光储能科技有限公司、阳光电源股份有限公司、浙江华云清洁能源有限公司、华中科技大学、北京海博思创科技股份有限公司、双登集团股份有限公司、华为数字能源技术有限公司、江苏春兰清洁能源研究院有限公司、国网湖南综合能源服务有限公司、国家能源集团新能源技术研究院有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、上海兰钧新能源科技有限公司、格力钛新能源股份有限公司、蜂巢能源科技股份有限公司、中创新航科技集团股份有限公司、浙江南都能源科技有限公司。

本文件主要起草人:官亦标、郭翠静、沈进冉、周灵刚、刘家亮、江钰锋、苑丁丁、李歆纾、张万财、苏岳锋、付金建、刘庆、杜荣华、樊义兴、瞿毅、周淑琴、许君杰、闫雪生、刘超群、高飞、谢佳、惠东、王萌、刘小锋、刘施阳、王垒、傅凯、胡娟、刘长运、朱静、杨桃、谢学渊、王荣、孙树敏、徐勇、黄海宁、成玲、张俊英、蒙玉宝、陈彬彬、陈国强、谭建国。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 2018 年首次发布为 GB/T 36276—2018;
- 本次为第一次修订。

电力储能用锂离子电池

1 范围

本文件规定了电力储能用锂离子电池(简称“锂离子电池”)外观、尺寸和质量、电性能、环境适应性、耐久性能、安全性能等要求,描述了相应的试验方法,规定了编码、正常工作环境、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于电力储能用锂离子电池的设计、制造、试验、检测、运行、维护和检修。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 4857(所有部分) 包装 运输包装件
- GB/T 5398 大型运输包装件试验方法
- GB/T 16471 运输包装件尺寸与质量界限
- DL/T 2528 电力储能基本术语

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

DL/T 2528 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

额定功率充放电循环次数 **rated power charging-discharging cycles**

规定条件下,电池以额定功率循环充放电时,充放电能量衰减至额定充放电能量时的循环次数保证值。

3.1.2

电池标称电压 **nominal voltage of battery**

标志或识别一种电池的电压值。

3.1.3

初始化充电 **initialized charging**

规定条件下,电池放电至放电截止条件后,再充电至充电截止条件的过程。

3.1.4

初始化放电 **initialized discharging**

规定条件下,电池充电至充电截止条件后,再放电至放电截止条件的过程。

3.1.5

倍率充放电 **rate charging and discharging**

规定条件下,以高于额定功率的功率值对电池进行充放电的过程。

3.1.6

壳体 shell

用于防止电池单体内部材料和组件与外部直接接触的封装部件。

3.1.7

起火 fire

电池任何部位发生持续燃烧的现象。

注：起火不包括火花、闪燃及拉弧现象。

3.1.8

爆炸 explosion

壳体或电池模块外壳破裂，伴随响声，且有固体物质等主要成分抛射的现象。

3.1.9

漏液 liquid leakage

电池内部液体泄漏到壳体外部的现象。

3.1.10

绝热温升 adiabatic temperature rise

电池单体在绝热环境条件下，由其内部产生或从其外部吸收的热量使电池单体表面温度升高的现象。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

E_{ic} ：初始充电能量，电池单体的单位为 $W \cdot h$ ，电池模块的单位为 $kW \cdot h$ ，电池簇的单位为 $kW \cdot h$ 或 $MW \cdot h$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

E_{id} ：初始放电能量，电池单体的单位为 $W \cdot h$ ，电池模块的单位为 $kW \cdot h$ ，电池簇的单位为 $kW \cdot h$ 或 $MW \cdot h$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

E_{rc} ：额定充电能量，电池单体的单位为 $W \cdot h$ ，电池模块的单位为 $kW \cdot h$ ，电池簇的单位为 $kW \cdot h$ 或 $MW \cdot h$ ，数值等于额定充电功率与标称充电时间的乘积，数值小数点后位数不超过 2 位。

E_{rd} ：额定放电能量，电池单体的单位为 $W \cdot h$ ，电池模块的单位为 $kW \cdot h$ ，电池簇的单位为 $kW \cdot h$ 或 $MW \cdot h$ ，数值等于额定放电功率与标称放电时间的乘积，数值小数点后位数不超过 2 位。

t ：标称充电时间，数值小数点后位数不超过 2 位。

t' ：标称放电时间，数值小数点后位数不超过 2 位。

P_{rc} ：额定充电功率，电池单体的单位为 W ，电池模块的单位为 kW ，电池簇的单位为 kW 或 MW ，数值小数点后位数不超过 2 位。

P_{rd} ：额定放电功率，电池单体的单位为 W ，电池模块的单位为 kW ，电池簇的单位为 kW 或 MW ，数值小数点后位数不超过 2 位。

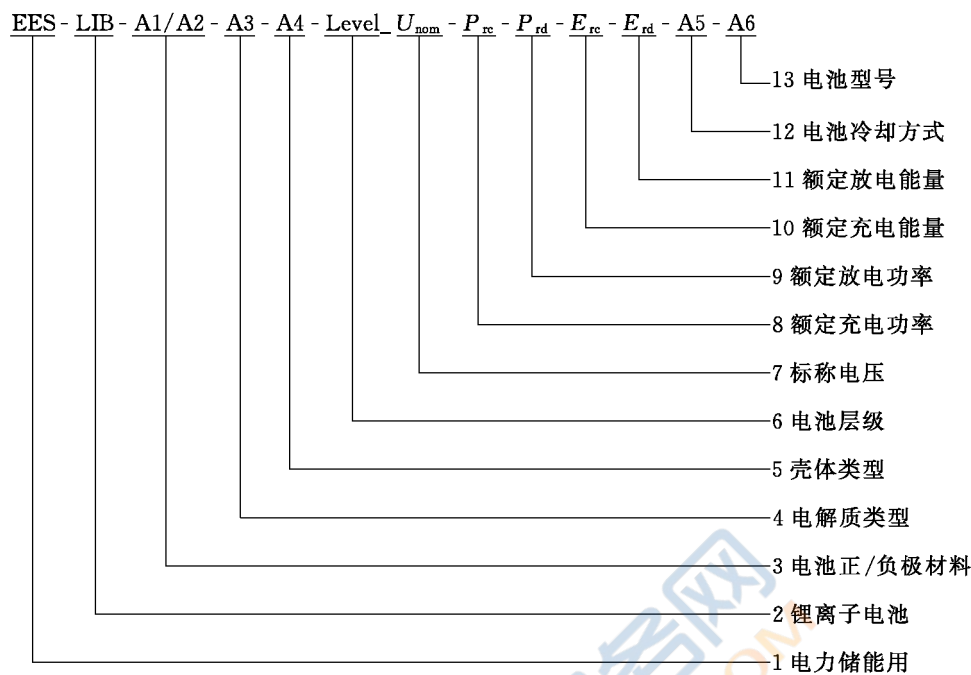
U_{nom} ：标称电压，单位为 V ，数值小数点后位数不超过 2 位。

w_{vd} ：体积能量密度，单位为 $W \cdot h/L$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

w_{gd} ：质量能量密度，单位为 $W \cdot h/kg$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

4 编码

电力储能用锂离子电池编码规则见图 1：



标引序号说明：

- 1 ——“EES”表示电力储能用。
- 2 ——“LIB”表示锂离子电池。
- 3 ——A1 表示电池正极材料，包含：LFP—磷酸铁锂、LMO—锰酸锂类、NCM—镍钴锰酸锂、NCA—镍钴铝酸锂、LFMP—磷酸锰铁锂、LVP—磷酸钒锂、LVO—锂钒氧化物类、Li—金属锂、X—其他；A2 表示电池负极材料，包含：C—石墨及炭类、LTO—钛酸锂、S—硫类、Si—硅类、Air—空气、Li—金属锂、X—其他。
- 4 ——A3 表示电解质类型，包含：L—液态、S—固态、SL—固液混合。
- 5 ——A4 表示壳体类型，仅适用于电池单体，包含：HS—硬壳方形、HC—硬壳圆柱、SP—软包、X—其他。
- 6 ——Level 表示电池层级，包含：Cell—电池单体、Module—电池模块、Cluster—电池簇。
- 7 —— U_{nom} 表示标称电压，由数值和单位组成。
- 8 —— P_{rc} 表示额定充电功率，由数值和单位组成。
- 9 —— P_{rd} 表示额定放电功率，由数值和单位组成。
- 10 —— E_{rc} 表示额定充电能量，由数值和单位组成。
- 11 —— E_{rd} 表示额定放电能量，由数值和单位组成。
- 12 ——A5 表示电池冷却方式，仅适用于电池模块或电池簇，包含：AC—风冷、LC—液冷、ALC—风液组合、X—其他。
- 13 ——A6 表示电池型号，由 4 位～15 位字母、数字或符号组成。

图 1 电力储能用锂离子电池编码规则

示例 1：

电力储能用锂离子电池，以磷酸铁锂为正极材料，石墨为负极材料，液态电解质的硬壳方形电池单体，标称电压 3.2 V，额定充电功率 80 W，额定放电功率 160 W，额定充电能量 320 W·h，额定放电能量 300 W·h，型号为 A1B2C3，编码为：EES-LIB-LFP/C-L-HS-Cell_3.2V-80W-160W-320W·h-300W·h-A1B2C3。

示例 2：

电力储能用锂离子电池，以磷酸铁锂为正极材料，石墨为负极材料，固态电解质的硬壳圆柱形电池单体组成的风冷电池模块，标称电压 48 V，额定充电功率 1.5 kW，额定放电功率 3 kW，额定充电能量 6 kW·h，额定放电能量 5.8 kW·h，型号为 D1E2F3，编码为：EES-LIB-LFP/C-S-Module_48V-1.5kW-3kW-6kW·h-5.8kW·h-AC-D1E2F3。

示例 3：

电力储能用锂离子电池，以磷酸铁锂为正极材料，钛酸锂为负极材料，固液混合电解质的软包电池单体组成的液冷

电池簇,标称电压 650 V,额定充电功率 250 kW,额定放电功率 500 kW,额定充电能量 1 000 kW·h,额定放电能量 950 kW·h,型号为 G1H2I3,编码为:EES-LIB-LFP/LTO-SL-Cluster_650V-250kW-500kW-1000kW·h-950kW·h-LC-G1H2I3。

5 技术要求

5.1 正常工作环境

电池正常工作环境应满足下列要求。

- a) 温度:5℃~45℃。
- b) 带电部位无凝露。
- c) 海拔高度:不大于 2 000 m;当大于 2 000 m 时,满足本文件中高海拔性能要求。
- d) 空气中不含有影响正常工作的沙尘及具有导电性、腐蚀性、爆炸性的颗粒和气体。

5.2 外观、尺寸和质量

5.2.1 电池单体

电池单体外观、尺寸和质量应满足下列要求:

- a) 外观无划痕、变形及破损,正负极无锈蚀,标识正确、清晰;
- b) 厚度绝对偏差不大于 2 mm,其他尺寸相对偏差不大于 1.0%;
- c) 质量相对偏差不大于 1.5%;
- d) 体积能量密度不小于体积能量密度标称值;
- e) 质量能量密度不小于质量能量密度标称值。

5.2.2 电池模块

电池模块外观、尺寸和质量应满足下列要求:

- a) 外观无变形及破损,结构完整,铭牌和标识正确、清晰;
- b) 尺寸绝对偏差满足表 1 的要求;
- c) 质量相对偏差不大于 1.5%;
- d) 体积能量密度不小于体积能量密度标称值;
- e) 质量能量密度不小于质量能量密度标称值。

表 1 外形尺寸偏差要求

单位为毫米

外形尺寸 L	$L \leq 200$	$200 < L \leq 500$	$500 < L \leq 2\,000$	$L > 2\,000$
尺寸绝对偏差	2	5	10	15

5.2.3 电池簇

电池簇外观、尺寸应满足下列要求:

- a) 外观无变形及破损,结构完整,铭牌和标识正确、清晰;
- b) 尺寸绝对偏差满足表 1 的要求;
- c) 体积能量密度不小于体积能量密度标称值。

5.3 电性能

5.3.1 初始充放电性能

5.3.1.1 电池单体

电池单体在额定功率条件下初始充放电性能应满足下列要求：

- a) 初始充电能量不小于额定充电能量；
- b) 初始放电能量不小于额定放电能量；
- c) 5℃条件下初始充放电能量效率不小于80.0%；
- d) 25℃条件下初始充放电能量效率不小于93.0%；
- e) 45℃条件下初始充放电能量效率不小于93.0%；
- f) 25℃条件下初始充电能量极差不大于初始充电能量平均值的4.0%；
- g) 25℃条件下初始放电能量极差不大于初始放电能量平均值的4.0%。

5.3.1.2 电池模块

电池模块在额定功率条件下初始充放电性能应满足下列要求：

- a) 初始充电能量不小于额定充电能量；
- b) 初始放电能量不小于额定放电能量；
- c) 5℃条件下初始充放电能量效率不小于85.0%；
- d) 25℃条件下初始充放电能量效率不小于94.0%；
- e) 45℃条件下初始充放电能量效率不小于94.0%；
- f) 25℃条件下初始充电能量极差不大于初始充电能量平均值的4.5%；
- g) 25℃条件下初始放电能量极差不大于初始放电能量平均值的4.5%。

5.3.1.3 电池簇

电池簇在额定功率条件下初始充放电性能应满足下列要求：

- a) 初始充电能量不小于额定充电能量；
- b) 初始放电能量不小于额定放电能量；
- c) 初始充放电能量效率不小于95.0%；
- d) 充电结束时电池单体电压极差不大于250 mV；
- e) 放电结束时电池单体电压极差不大于300 mV；
- f) 充电结束时电池单体温度极差不大于6℃；
- g) 放电结束时电池单体温度极差不大于6℃；
- h) 充电结束时电池模块电压极差不大于电池模块标称电压的5.0%；
- i) 放电结束时电池模块电压极差不大于电池模块标称电压的5.0%。

5.3.2 功率特性

5.3.2.1 电池单体

电池单体功率特性应满足下列要求：

- a) 不同充放电功率下充电能量不小于额定充电能量；
- b) 不同充放电功率下放电能量不小于额定放电能量；
- c) 不同充放电功率下能量效率不小于93.0%。

5.3.2.2 电池模块

电池模块功率特性应满足下列要求：

- a) 不同充放电功率下充电能量不小于额定充电能量；
- b) 不同充放电功率下放电能量不小于额定放电能量；
- c) 不同充放电功率下能量效率不小于 94.0%。

5.3.3 倍率充放电性能

5.3.3.1 电池单体

电池单体倍率充放电性能应满足下列要求：

- a) $2P_{rc}$ 充电能量相对于 P_{rc} 充电能量的能量保持率不小于 95.0%；
- b) $2P_{rd}$ 放电能量相对于 P_{rd} 放电能量的能量保持率不小于 95.0%；
- c) $2P_{rc}$ 、 $2P_{rd}$ 恒功率充放电能量效率不小于 90.0%。

5.3.3.2 电池模块

电池模块倍率充放电性能应满足下列要求：

- a) $2P_{rc}$ 充电能量相对于 P_{rc} 充电能量的能量保持率不小于 98.5%；
- b) $2P_{rd}$ 放电能量相对于 P_{rd} 放电能量的能量保持率不小于 97.5%；
- c) $2P_{rc}$ 、 $2P_{rd}$ 恒功率充放电能量效率不小于 90.0%。

5.3.4 能量保持与能量恢复能力

5.3.4.1 电池单体

电池单体在 100% 能量状态下静置 30 d 后能量保持与能量恢复能力应满足下列要求：

- a) 能量保持率不小于 95.0%；
- b) 充电能量恢复率不小于 95.0%；
- c) 放电能量恢复率不小于 95.0%。

5.3.4.2 电池模块

电池模块在 100% 能量状态下静置 30 d 后能量保持与能量恢复能力应满足下列要求：

- a) 能量保持率不小于 95.0%；
- b) 充电能量恢复率不小于 95.0%；
- c) 放电能量恢复率不小于 95.0%。

5.4 环境适应性

5.4.1 高温适应性

5.4.1.1 电池单体

电池单体从高温环境恢复至室温后充放电性能应满足下列要求：

- a) 充电能量不小于额定充电能量；
- b) 放电能量不小于额定放电能量；
- c) 能量效率不小于 93.0%。

5.4.1.2 电池模块

电池模块从高温环境恢复至室温后充放电性能应满足下列要求：

- a) 充电能量不小于额定充电能量；
- b) 放电能量不小于额定放电能量；
- c) 能量效率不小于 94.0%。

5.4.2 低温适应性

5.4.2.1 电池单体

电池单体从低温环境恢复至室温后充放电性能应满足下列要求：

- a) 充电能量不小于额定充电能量；
- b) 放电能量不小于额定放电能量；
- c) 能量效率不小于 93.0%。

5.4.2.2 电池模块

电池模块从低温环境恢复至室温后充放电性能应满足下列要求：

- a) 充电能量不小于额定充电能量；
- b) 放电能量不小于额定放电能量；
- c) 能量效率不小于 94.0%。

5.4.3 高海拔初始充放电性能

高海拔环境下,电池单体在额定功率条件下初始充放电性能应满足下列要求：

- a) 初始充电能量不小于额定充电能量；
- b) 初始放电能量不小于额定放电能量；
- c) 能量效率不小于 93.0%。

5.5 耐久性能

5.5.1 贮存性能

5.5.1.1 电池单体

电池单体在 50%能量状态下贮存 30 d 后应满足下列要求：

- a) 充电能量恢复率不小于 96.5%；
- b) 放电能量恢复率不小于 96.5%。

5.5.1.2 电池模块

电池模块在 50%能量状态下贮存 30 d 后应满足下列要求：

- a) 充电能量恢复率不小于 97.0%；
- b) 放电能量恢复率不小于 97.0%。

5.5.2 循环性能

5.5.2.1 电池单体

电池单体在额定功率条件下循环性能应满足下列要求：

- a) 单次循环充电能量损失平均值不大于基于额定充电能量的单次循环充电能量损失平均值；
- b) 单次循环放电能量损失平均值不大于基于额定放电能量的单次循环放电能量损失平均值；
- c) 所有充放电循环能量效率之间的极差不大于 2%。

5.5.2.2 电池模块

电池模块在额定功率条件下循环性能应满足下列要求：

- a) 单次循环充电能量损失平均值不大于基于额定充电能量的单次循环充电能量损失平均值；
- b) 单次循环放电能量损失平均值不大于基于额定放电能量的单次循环放电能量损失平均值；
- c) 所有充放电循环能量效率之间的极差不大于 2%；
- d) 循环充放电过程中，充电结束时电池单体电压极差平均值不大于 250 mV；
- e) 循环充放电过程中，放电结束时电池单体电压极差平均值不大于 350 mV。

5.6 安全性能

5.6.1 电气安全性能

5.6.1.1 过充电性能

5.6.1.1.1 电池单体

电池单体初始化充电后以 P_{rc}/U_{nom} 恒流充电至电压达到其充电截止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h，不应起火，不应爆炸，不应在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.1.1.2 电池模块

电池模块初始化充电后以 P_{rc}/U_{nom} 恒流充电至任一电池单体电压达到电池单体充电截止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h，不应起火，不应爆炸。

5.6.1.2 过放电性能

5.6.1.2.1 电池单体

电池单体初始化放电后以 P_{rd}/U_{nom} 恒流放电至电压达到 0 V 或时间达到 1 h，不应漏液，不应冒烟，不应起火，不应爆炸，不应在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.1.2.2 电池模块

电池模块初始化放电后以 P_{rd}/U_{nom} 恒流放电至任一电池单体电压达到 0 V 或时间达到 1 h，不应漏液，不应冒烟，不应起火，不应爆炸。

5.6.1.3 过载性能

5.6.1.3.1 电池单体

电池单体在 $4P_{rc}$ 、 $4P_{rd}$ 条件下充放电，不应漏液，不应冒烟，不应起火，不应爆炸，不应在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.1.3.2 电池模块

电池模块在 $4P_{rc}$ 、 $4P_{rd}$ 条件下充放电，不应漏液，不应冒烟，不应起火，不应爆炸。

5.6.1.4 短路性能

5.6.1.4.1 电池单体

电池单体初始化充电后以 $1\text{ m}\Omega$ 外部线路短路 10 min , 不应起火, 不应爆炸, 不应在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.1.4.2 电池模块

电池模块初始化充电后以 $1\text{ m}\Omega$ 外部线路短路 10 min 或以 $30\text{ m}\Omega$ 外部线路短路 30 min , 均不应起火, 不应爆炸。

5.6.1.5 绝缘性能

5.6.1.5.1 电池模块

电池模块正极与外部裸露可导电部分之间、电池模块负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻与标称电压的比值均不应小于 $1\,000\ \Omega/\text{V}$ 。

5.6.1.5.2 电池簇

电池簇正极与外部裸露可导电部分之间、电池簇负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻与标称电压的比值均不应小于 $1\,000\ \Omega/\text{V}$ 。

5.6.1.6 耐压性能

5.6.1.6.1 电池模块

在电池模块正极与外部裸露可导电部分之间、电池模块负极与外部裸露可导电部分之间施加相应的电压, 不应发生击穿或闪络现象, 直流耐压漏电流应小于 10 mA 。

5.6.1.6.2 电池簇

在电池簇正极与外部裸露可导电部分之间、电池簇负极与外部裸露可导电部分之间施加相应的电压, 不应发生击穿或闪络现象, 直流耐压漏电流应小于 10 mA 。

5.6.2 机械安全性能

5.6.2.1 挤压性能

5.6.2.1.1 电池单体

电池单体初始化充电后在 50 kN 的挤压力下保持 10 min , 不应漏液, 不应冒烟, 不应起火, 不应爆炸, 不应在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.2.1.2 电池模块

电池模块初始化充电后在 50 kN 的挤压力下保持 10 min , 不应漏液, 不应冒烟, 不应起火, 不应爆炸。

5.6.2.2 跌落性能

5.6.2.2.1 电池单体

电池单体初始化充电后由 1.5 m 高度处自由跌落到水泥地面, 不应冒烟, 不应起火, 不应爆炸, 不应

在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.2.2.2 电池模块

电池模块初始化充电后由 2 m 高度处自由跌落到水泥地面,不应起火、不应爆炸。

5.6.2.3 振动性能

电池模块初始化充电后在 X、Y、Z 轴三个方向随机振动,不应漏液,不应冒烟,不应起火,不应爆炸,绝缘性能应满足 5.6.1.5.1 要求,耐压性能应满足 5.6.1.6.1 要求。

5.6.2.4 液冷管路耐压性能

5.6.2.4.1 电池模块

电池模块液冷管路内压强在达到最大工作压强的 1.2 倍时静置 1 min,管路不应破裂,且气压降应不大于最大工作压强的 0.1%。

5.6.2.4.2 电池簇

电池簇液冷管路内压强在达到最大工作压强的 1.2 倍时静置 1 min,管路不应破裂,且气压降应不大于最大工作压强的 0.2%。

5.6.3 环境安全性能

5.6.3.1 盐雾性能

电池模块初始化充电后经喷雾-贮存循环,外壳不应破裂,不应漏液,不应起火,不应爆炸,绝缘性能应满足 5.6.1.5.1 要求,耐压性能应满足 5.6.1.6.1 要求。

5.6.3.2 交变湿热性能

电池模块初始化充电后经交变湿热循环,外壳不应破裂,不应漏液,不应起火,不应爆炸,绝缘性能应满足 5.6.1.5.1 要求,耐压性能应满足 5.6.1.6.1 要求。

5.6.3.3 高海拔绝缘性能

5.6.3.3.1 电池模块

高海拔环境下,电池模块绝缘性能应满足 5.6.1.5.1 要求。

5.6.3.3.2 电池簇

高海拔环境下,电池簇绝缘性能应满足 5.6.1.5.2 要求。

5.6.3.4 高海拔耐压性能

5.6.3.4.1 电池模块

高海拔环境下,电池模块耐压性能应满足 5.6.1.6.1 要求。

5.6.3.4.2 电池簇

高海拔环境下,电池簇耐压性能应满足 5.6.1.6.2 要求。

5.6.4 热安全性能

5.6.4.1 绝热温升特性

电池单体绝热温升特性应满足下列要求：

- a) 表面温度小于或等于电池单体高温一级报警温度时,温升速率小于 0.02 ℃/min；
- b) 不起火,不爆炸,不在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.4.2 热失控性能

电池单体在全寿命周期内,热失控时表面温度应大于 90 ℃,热失控后不应起火,不应爆炸,不应在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

5.6.4.3 热失控扩散性能

电池模块内任一电池单体温度升高后,不应触发其他电池单体发生热失控,不应起火,不应爆炸,绝缘性能应满足 5.6.1.5.1 要求。

5.6.5 报警和保护功能

电池簇运行过程中电压、电流、温度、电压极差、温度极差、绝缘电阻等参数达到报警值时,应发出报警信号并执行相应保护动作。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境

除另有规定外,试验应在温度 15 ℃~40 ℃,相对湿度≤80%,大气压为 86 kPa~106 kPa 的环境中进行。

6.1.2 试验设备

6.1.2.1 测量仪器

测量仪器主要技术指标应满足表 2 要求。

表 2 测量仪器主要技术指标要求

测量仪器	参数类型	参数范围	精度
量具	尺寸(L) mm	$0 < L < 5$	± 0.02
		$5 \leq L \leq 1\,000$	± 0.07
		$L > 1\,000$	± 0.2
衡器	质量(m) kg	$0 < m < 3$	$\pm 1 \times 10^{-4}$
		$3 \leq m \leq 6$	$\pm 2 \times 10^{-4}$
		$6 < m \leq 15$	$\pm 5 \times 10^{-4}$
		$15 < m \leq 300$	± 0.02
		$m > 300$	± 0.2

表 2 测量仪器主要技术指标要求 (续)

测量仪器	参数类型	参数范围	精度
温度计	环境温度(T) ℃	$-20 \leq T \leq 40$	± 0.5
湿度计	环境相对湿度 %	$0 \sim 100$	± 2

6.1.2.2 充放电装置

充放电装置主要技术指标应满足表 3 要求。

表 3 充放电装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
充放电装置	电压(U) V	—	满量程(F.S.)的 $\pm 0.1\%$
	电流(I) A	—	$\pm 0.1\%$ F.S.
	功率(P) W	—	$\pm 0.1\%$ F.S.
	温度(T) ℃	$-40 \leq T \leq 150$	± 1
	时间(t) s	—	± 0.1

6.1.2.3 环境模拟装置

环境模拟装置主要技术指标应满足表 4 要求。

表 4 环境模拟装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
环境模拟装置	温度(T) ℃	$-40 \leq T \leq 100$	± 2
	温度波动度(T_f) ℃	—	± 1
	温度均匀度(T_u) ℃	—	≤ 2
	环境相对湿度 %	$10 \sim 98$	± 3

6.1.2.4 绝热模拟装置

绝热模拟装置主要技术指标应满足表 5 要求。

表 5 绝热模拟装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
绝热模拟装置	温度(T) ℃	$20 \leq T \leq 300$	± 2
	温度波动度(T_f) ℃	$20 \leq T \leq 150$	± 0.05
		$150 < T \leq 300$	± 0.08
	时间(t) s	—	± 0.1

6.1.2.5 绝缘耐压试验装置

绝缘耐压试验装置主要技术指标应满足表 6 要求。

表 6 绝缘耐压试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
绝缘耐压试验装置	电压(U) V	$0.5 \leq U \leq 6\,000$	$\pm 2\% \text{ F.S.}$
	绝缘电阻(R_i) MΩ	$50 \leq R_i < 1\,000$	$\pm (2\% \text{ rdg} + 0.02)$
		$1\,000 \leq R_i < 1.0 \times 10^4$	$\pm (5\% \text{ rdg} + 0.2)$
		$1.0 \times 10^4 \leq R_i < 5.0 \times 10^4$	$\pm (15\% \text{ rdg} + 2)$
	时间(t) s	—	± 0.1

6.1.2.6 短路试验装置

短路试验装置主要技术指标应满足表 7 要求。

表 7 短路试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
短路试验装置	外部线路电阻(R) mΩ	$0 < R \leq 10$	± 0.2
		$10 < R \leq 50$	± 3
	电压(U) V	$0 \leq U \leq 1\,000$	± 0.1
		$U > 1\,000$	± 0.5
	电流(I) A	$0 \leq I \leq 16\,000$	$\pm 1\% \text{ F.S.}$
		$I > 16\,000$	$\pm 2\% \text{ F.S.}$
	时间(t) s	—	± 0.1
	温度(T) ℃	$0 \leq T \leq 1\,000$	$\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

6.1.2.7 挤压试验装置

挤压试验装置主要技术指标应满足表 8 要求。

表 8 挤压试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
挤压试验装置	挤压速度(v) mm/s	$1\leq v\leq 6$	± 0.5
	挤压力(F) kN	$0\leq F\leq 100$	$\pm 1.0\%$ F.S
	电压(U) V	$0\leq U\leq 1\ 000$	± 0.1
		$U>1\ 000$	± 0.5
	时间(t) s	—	± 0.1
	温度(T) ℃	$0\leq T\leq 1\ 000$	$\pm 2\ ^\circ\text{C}$

6.1.2.8 跌落试验装置

跌落试验装置主要技术指标应满足表 9 要求。

表 9 跌落试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
跌落试验装置	高度(h) mm	—	± 1

6.1.2.9 振动试验装置

振动试验装置主要技术指标应满足表 10 要求。

表 10 振动试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
振动试验装置	频率(f) Hz	$f<100$	± 0.5
		$f\geq 100$	$\pm 0.5\%$
	随机加速度功率谱密度值控制精度 dB	—	± 3

6.1.2.10 气体增压试验装置

气体增压试验装置主要技术指标应满足表 11 要求。

表 11 气体增压试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
气体增压试验装置	气压(p) kPa	$10 \leq p \leq 800$	$\pm 0.5\%$ F.S.
	时间(t) s	—	± 0.1

6.1.2.11 低气压试验装置

低气压试验装置主要技术指标应满足表 12 要求。

表 12 低气压试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
低气压试验装置	气压(p) kPa	$40 \leq p \leq 101$	± 2
	温度(T) ℃	$0 \leq T \leq 100$	± 2
	时间(t) s	—	± 0.1

6.1.2.12 盐雾试验装置

盐雾试验装置主要技术指标应满足表 13 要求。

表 13 盐雾试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
盐雾试验装置	温度(T) ℃	$25 \leq T \leq 60$	± 2
	环境相对湿度 %	10~98	± 3
	喷雾量(u) mL/(80 cm ² · h)	$1 \leq u \leq 2$	—
	时间(t) s	—	± 0.1

6.1.2.13 热失控试验装置

热失控试验装置主要技术指标应满足表 14 要求。

表 14 热失控试验装置主要技术指标要求

试验设备	参数类型	参数范围	精度
热失控试验装置	温度(T) ℃	$0 \leq T \leq 1\,000$	±2
	时间(t) s	—	±0.1

6.2 试验准备

6.2.1 试验样品准备

试验样品准备应满足下列要求：

- a) 电池模块由满足本文件型式检验要求的电池单体组成，电池簇由满足本文件型式检验要求的电池模块组成；
- b) 样品数量满足检验规则要求；
- c) 提供电池规格参数表见附录 B 的表 B.1、表 B.2、表 B.3；
- d) 提供电池单体防爆阀或泄压点位置的书面说明文件；
- e) 电池单体试验过程中，除外观、尺寸和质量、高温适应性、低温适应性、贮存性能、挤压性能、跌落性能及绝热温升特性检验项目外，其他检验项目可选择使用实心钢或铝材质的夹具；
- f) 通过外部连接件与试验设备连接的试验样品，外部连接件能承受试验过程中的最大电流且不熔断；
- g) 试验前针对试验样品的安全风险编制试验方案，制定安全防护措施，电性能试验、环境适应性试验、耐久性能试验过程中试验样品出现膨胀、破裂、漏液、冒烟、起火、爆炸等任一异常现象时终止该试验样品对应的所有检验项目。

6.2.2 试验线路连接

6.2.2.1 电池单体

除另有规定外，电池单体试验线路连接应符合下列规定：

- a) 根据试验温度、湿度以及电池单体尺寸、电压、功率等参数选择试验设备；
- b) 电池单体正负极与试验设备通过输入输出线缆连接，形成电流回路；
- c) 电池单体正负极与试验设备通过电压数据采样线连接，形成电压数据采集回路；
- d) 电池单体温度采样点与试验设备通过温度数据采样线连接，形成温度数据采集回路，对不使用夹具的检验项目，电池单体的温度采样点为电池单体表面面积较大的平面中心位置，对使用夹具的检验项目，电池单体的温度采样点为电池单体侧面中心位置。

6.2.2.2 电池模块

除另有规定外，电池模块试验线路连接应符合下列规定：

- a) 根据试验温度、湿度以及电池模块尺寸、电压、功率等参数选择试验设备；
- b) 电池模块正负极与试验设备通过输入输出线缆连接，形成电流回路；
- c) 电池模块和电池单体的正负极与试验设备通过电压数据采样线连接，形成电压数据采集回路；
- d) 电池模块温度采样点与试验设备通过温度数据采样线连接，形成温度数据采集回路，电池模块

温度采样点包括电池模块正极汇流排、负极汇流排的固定采样点和不少于 2 个有代表性的随机采样点；

- e) 采用液体冷却方式的电池模块，功率特性试验、倍率充放电性能试验和循环性能试验中液冷系统可工作，循环性能试验过程中样品端的进液温度与试验温度保持一致，高温适应性试验、低温适应性试验、贮存性能试验、液冷管路耐压性能试验前放空冷却液，其他试验项目试验前注满冷却液并断开液冷系统。

6.2.2.3 电池簇

除另有规定外，电池簇试验线路连接应符合下列规定：

- a) 根据试验温度、湿度以及电池簇尺寸、电压、功率等参数选择试验设备；
- b) 电池簇正负极与试验设备通过输入输出线缆连接，形成电流回路；
- c) 试验设备与电池簇的电池管理系统通过通信线连接，形成控制保护回路；
- d) 电池簇、电池模块和电池单体的正负极与试验设备通过电压数据采集线连接，形成电压数据采集回路；
- e) 电池簇温度采样点与试验设备通过温度数据采集线连接，形成温度数据采集回路。

6.2.3 试验参数设定

电池试验参数设定应满足下列要求：

- a) 试验参数设定值满足表 A.1 的要求；
- b) 电池单体、电池模块与电池簇的工作参数值唯一，且与电池实际使用时的工作参数值一致；
- c) 除另有规定外，电池单体、电池模块试验过程以充放电电压二级报警值、电池单体高低温二级报警温度作为试验保护设定值；
- d) 除另有规定外，电池簇试验过程以充放电电压二级报警值、充放电电流二级报警值、电池单体高低温二级报警温度、电池簇充放电电压极差二级报警值、电池簇充放电电压极差二级报警值、电池簇充放电电压极差二级报警值作为试验保护设定值。

6.2.4 初始化充放电

6.2.4.1 初始化充电

6.2.4.1.1 电池单体

电池单体初始化充电按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.2.1 要求将试验样品放置于环境模拟装置内并与充放电装置连接；
- b) 设置环境模拟装置温度为 25℃；
- c) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下静置 5 h；
- d) 以 P_{nd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- e) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- f) 初始化充电结束。

6.2.4.1.2 电池模块

电池模块初始化充电按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.2.2 要求将试验样品放置于环境模拟装置内并与充放电装置连接；

- b) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃；
- c) 在 (25 ± 2) ℃ 下静置 5 h；
- d) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- e) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- f) 初始化充电结束。

6.2.4.1.3 电池簇

电池簇初始化充电按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.2.3 要求将试验样品与充放电装置连接；
- b) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池簇放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、电池模块电压极差、电池单体电压极差、电池单体温度极差、放电能量；
- c) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池簇充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、电池模块电压极差、电池单体电压极差、电池单体温度极差、充电能量；
- d) 初始化充电结束。

6.2.4.2 初始化放电

6.2.4.2.1 电池单体

电池单体初始化放电按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.2.1 要求将试验样品放置于环境模拟装置内并与充放电装置连接；
- b) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃；
- c) 在 (25 ± 2) ℃ 下静置 5 h；
- d) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- e) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- f) 初始化放电结束。

6.2.4.2.2 电池模块

电池模块初始化放电按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.2.2 要求将试验样品放置于环境模拟装置内并与充放电装置连接；
- b) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃；
- c) 在 (25 ± 2) ℃ 下静置 5 h；
- d) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- e) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- f) 初始化放电结束。

6.2.4.2.3 电池簇

电池簇初始化放电按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.2.3 要求将试验样品与充放电装置连接；
- b) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池簇充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、电池模块电压极差、电池单体电压极差、电池单体温度极差、充电能量；
- c) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池簇放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、电池模块电压极差、电池单体电压极差、电池单体温度极差、放电能量；
- d) 初始化放电结束。

6.2.5 试验数据记录

试验数据记录应满足下列要求：

- a) 除另有规定外，数据采样周期不大于预估的每个试验步骤的充电或放电时间的 0.5%；
- b) 检测报告内容详实准确，包含电池规格参数表和试验数据记录表。

6.3 外观、尺寸和质量检验

6.3.1 电池单体

电池单体外观、尺寸和质量检验按照下列步骤进行。

- a) 在良好的光线条件下，目测检验电池单体的外观，记录检验结果，包括划痕、变形及破损、正负极锈蚀、标识。
- b) 用量具测量电池单体投影对应部位的最大尺寸，测量范围包含极柱但不包含软包电池的极耳，记录测量结果。
- c) 用衡器测量电池单体的质量，记录测量结果。
- d) 计算每个试验样品各维度的尺寸偏差，按照公式(1)计算厚度绝对偏差，按照公式(2)计算其他尺寸相对偏差：

$$t_a = |t_m - t_n| \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

t_a ——厚度绝对偏差；

t_m ——厚度测量值；

t_n ——厚度标称值。

$$L_r = |L_m - L_n| / L_n \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

L_r ——其他尺寸相对偏差；

L_m ——其他尺寸测量值；

L_n ——其他尺寸标称值。

- e) 计算每个试验样品的体积，按照公式(3)计算每个试验样品的体积能量密度，按照公式(4)计算每个试验样品的质量相对偏差，按照公式(5)计算每个试验样品的质量能量密度，计算所有试验样品的体积能量密度平均值以及质量能量密度平均值：

$$w_{vd} = E_{rd} / v_m \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

w_{vd} ——体积能量密度；

E_{rd} ——额定放电能量；

v_m ——体积。

$$m_r = |m_m - m_n| / m_n \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

m_r ——质量相对偏差；

m_m ——质量测量值；

m_n ——质量标称值。

$$w_{gd} = E_{rd} / m_m \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

w_{gd} ——质量能量密度；

E_{rd} ——额定放电能量；

m_m ——质量测量值。

6.3.2 电池模块

电池模块外观、尺寸和质量检验按照下列步骤进行。

- a) 在良好的光线条件下，目测检验电池模块的外观，记录检验结果，包括变形及破损、结构、铭牌和标识。
- b) 用量具测量电池模块投影对应部位的最大尺寸，记录测量结果。
- c) 用衡器测量电池模块的质量，记录测量结果。
- d) 按照公式(6)计算每个试验样品各维度的尺寸绝对偏差：

$$L_a = |L_m - L_n| \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

L_a ——尺寸绝对偏差；

L_m ——尺寸测量值；

L_n ——尺寸标称值。

- e) 计算每个试验样品的体积，按照公式(3)计算每个试验样品的体积能量密度，按照公式(4)计算每个试验样品的质量相对偏差，按照公式(5)计算每个试验样品的质量能量密度，计算所有试验样品的体积能量密度平均值以及质量能量密度平均值。

6.3.3 电池簇

电池簇外观、尺寸检验按照下列步骤进行：

- a) 在良好的光线条件下，用目测法检验电池簇的外观，记录检验结果；
- b) 用量具测量电池簇投影对应部位的最大尺寸，记录测量结果；
- c) 按照公式(6)计算试验样品各维度的尺寸绝对偏差，按照公式(3)计算试验样品的体积能量密度。

6.4 电性能试验

6.4.1 初始充放电性能试验

6.4.1.1 25℃初始充放电性能试验

6.4.1.1.1 电池单体

电池单体 25℃初始充放电性能试验按照下列步骤进行。

- a) 按照 6.2.4.2.1 进行电池单体初始化放电。
- b) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、初始充电能量。

- c) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、初始放电能量。
- d) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- e) 重复步骤 a)~d)至所有试验样品完成试验。
- f) 以步骤 b)的初始充电能量和步骤 c)的初始放电能量计算每个试验样品初始充放电能量效率;计算所有试验样品的初始充电能量平均值、初始放电能量平均值、初始充放电能量效率平均值、初始充电能量极差、初始放电能量极差;计算初始充电能量极差与初始充电能量平均值的百分比、初始放电能量极差与初始放电能量平均值的百分比。

6.4.1.1.2 电池模块

电池模块 25 °C 初始充放电性能试验按照下列步骤进行。

- a) 按照 6.2.4.2.2 进行电池模块初始化放电。
- b) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、初始充电能量。
- c) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、初始放电能量。
- d) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- e) 重复步骤 a)~d)至所有试验样品完成试验。
- f) 以步骤 b)的初始充电能量和步骤 c)的初始放电能量计算每个试验样品初始充放电能量效率;计算所有试验样品的初始充电能量平均值、初始放电能量平均值、初始充放电能量效率平均值、初始充电能量极差、初始放电能量极差;计算初始充电能量极差与初始充电能量平均值的百分比、初始放电能量极差与初始放电能量平均值的百分比。

6.4.1.1.3 电池簇

电池簇 25 °C 初始充放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.2.3 进行电池簇初始化放电;
- b) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池簇的充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、电流、温度、电池模块电压极差、电池单体电压极差、电池单体温度极差、初始充电能量;
- c) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池簇的放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、电流、温度、电池模块电压极差、电池单体电压极差、电池单体温度极差、初始放电能量;
- d) 断开试验样品和充放电装置的连接,断开电池管理系统与充放电装置的连接;
- e) 以步骤 b)的初始充电能量和步骤 c)的初始放电能量计算初始充放电能量效率,分别计算充放电结束时电池模块电压极差与电池模块标称电压的百分比。

6.4.1.2 45 °C 初始充放电性能试验

6.4.1.2.1 电池单体

电池单体 45 °C 初始充放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.2.1 进行电池单体初始化放电;
- b) 设置环境模拟装置温度为 45 °C,在 (45 ± 2) °C 下静置 16 h;
- c) 在 (45 ± 2) °C 下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- d) 在 (45 ± 2) °C 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电

压、温度、放电能量；

- e) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品；
- f) 重复步骤 a)~e)至所有试验样品完成试验；
- g) 以步骤 c)的充电能量和步骤 d)的放电能量计算每个试验样品的能量效率。

6.4.1.2.2 电池模块

电池模块 45 °C 初始充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.4.2.2 进行电池模块初始化放电；
- b) 设置环境模拟装置温度为 45 °C,在(45±2)°C下静置 16 h；
- c) 在(45±2)°C下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- d) 在(45±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- e) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品；
- f) 以步骤 c)的充电能量和步骤 d)的放电能量计算能量效率。

6.4.1.3 5 °C 初始充放电性能试验

6.4.1.3.1 电池单体

电池单体 5 °C 初始充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.4.2.1 进行电池单体初始化放电；
- b) 设置环境模拟装置温度为 5 °C,在(5±2)°C下静置 20 h；
- c) 在(5±2)°C下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- d) 在(5±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- e) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品；
- f) 重复步骤 a)~e)至所有试验样品完成试验；
- g) 以步骤 c)的充电能量和步骤 d)的放电能量计算能量效率。

6.4.1.3.2 电池模块

电池模块 5 °C 初始充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.4.2.2 进行电池模块初始化放电；
- b) 设置环境模拟装置温度为 5 °C,在(5±2)°C下静置 20 h；
- c) 在(5±2)°C下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- d) 在(5±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- e) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品；
- f) 以步骤 c)的充电能量和步骤 d)的放电能量计算能量效率。

6.4.2 功率特性试验

6.4.2.1 电池单体

电池单体功率特性试验按照下列步骤进行。

- a) 按照 6.2.2.1 要求将试验样品放置于环境模拟装置内并与充放电装置连接。
- b) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃。
- c) 在 (25 ± 2) ℃ 下静置 5 h。
- d) 以 $100\%P_{rd}$ 恒功率放电至电池单体放电截止条件, 静置 10 min。
- e) 以 $100\%P_{rc}$ 恒功率充电至电池单体充电截止条件, 静置 10 min, 记录功率、时间、电压、温度、充电能量。
- f) 以 $100\%P_{rd}$ 恒功率放电至电池单体放电截止条件, 静置 10 min, 记录功率、时间、电压、温度、放电能量。
- g) 以额定充放电功率的 5% 为步长, 逐次递减充放电功率至 5% 额定充放电功率, 重复步骤 d)~f)。
- h) 断开试验样品和充放电装置的连接, 拆除数据采样线, 取出试验样品。
- i) 重复步骤 a)~h) 至所有试验样品完成试验。
- j) 以步骤 e) 的充电能量和步骤 f) 的放电能量计算每个试验样品不同功率充放电能量效率, 计算所有试验样品同一功率条件下的充放电能量效率平均值; 计算所有试验样品同一功率条件下的充电能量平均值、放电能量平均值。
- k) 以步骤 j) 的充电能量平均值分别与额定充电能量的百分比作为不同功率条件下的充电特性特征值, 以步骤 j) 的放电能量平均值分别与额定放电能量的百分比作为不同功率条件下的放电特性特征值。
- l) 以额定功率的百分数为横轴, 以步骤 k) 的充电特性特征值和放电特性特征值、步骤 j) 的充放电能量效率平均值为纵轴, 绘制电池单体的功率特性曲线图。

6.4.2.2 电池模块

电池模块功率特性试验按照下列步骤进行。

- a) 按照 6.2.2.2 要求将试验样品放置于环境模拟装置内并与充放电装置连接。
- b) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃。
- c) 在 (25 ± 2) ℃ 下静置 5 h。
- d) 以 $100\%P_{rd}$ 恒功率放电至电池模块放电截止条件, 静置 10 min。
- e) 以 $100\%P_{rc}$ 恒功率充电至电池模块充电截止条件, 静置 10 min, 记录功率、时间、电压、温度、充电能量。
- f) 以 $100\%P_{rd}$ 恒功率放电至电池模块放电截止条件, 静置 10 min, 记录功率、时间、电压、温度、放电能量。
- g) 以额定充放电功率的 5% 为步长, 逐次递减充放电功率至 5% 额定充放电功率, 重复试验步骤 d)~f)。
- h) 断开试验样品和充放电装置的连接, 拆除数据采样线, 取出试验样品。
- i) 以步骤 e) 的充电能量和步骤 f) 的放电能量计算不同功率充放电能量效率; 计算不同功率充电能量分别与额定充电能量的百分比作为充电特性特征值, 计算不同功率放电能量分别与额定放电能量的百分比作为放电特性特征值。
- j) 以额定功率的百分数为横轴, 以步骤 i) 的充电特性特征值、放电特性特征值和充放电能量效率为纵轴, 绘制电池模块的功率特性曲线图。

6.4.3 倍率充放电性能试验

6.4.3.1 电池单体

电池单体倍率充放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.2.1 进行电池单体初始化放电；
- b) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- c) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- d) 以 $2P_{rc}$ 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- e) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- f) 以 $2P_{rd}$ 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- g) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- h) 以 $2P_{rc}$ 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- i) 以 $2P_{rd}$ 恒功率放电至电池单体放电截止条件，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- j) 断开试验样品和充放电装置的连接，拆除数据采样线，取出试验样品；
- k) 重复步骤 a)~j) 至所有试验样品完成试验；
- l) 以步骤 b) 的充电能量和步骤 d) 的充电能量计算 $2P_{rc}$ 充电能量相对于 P_{rc} 充电能量的能量保持率，以步骤 c) 的放电能量和步骤 f) 的放电能量计算 $2P_{rd}$ 放电能量相对于 P_{rd} 放电能量的能量保持率，以步骤 h) 的充电能量和步骤 i) 的放电能量计算 $2P_{rc}$ 、 $2P_{rd}$ 恒功率充放电能量效率。

6.4.3.2 电池模块

电池模块倍率充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 6.2.4.2.2 进行电池模块初始化放电；
- b) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- c) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- d) 以 $2P_{rc}$ 恒功率充电至电池模块充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- e) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- f) 以 $2P_{rd}$ 恒功率放电至电池模块放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- g) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- h) 以 $2P_{rc}$ 恒功率充电至电池模块充电截止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- i) 以 $2P_{rd}$ 恒功率放电至电池模块的放电截止条件，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- j) 断开试验样品和充放电装置的连接，拆除数据采样线，取出试验样品；
- k) 以步骤 b) 的充电能量和步骤 d) 的充电能量计算 $2P_{rc}$ 充电能量相对于 P_{rc} 充电能量的能量保持率，以步骤 c) 的放电能量和步骤 f) 的放电能量计算 $2P_{rd}$ 放电能量相对于 P_{rd} 放电能量的能

量保持率,以步骤 h) 的充电能量和步骤 i) 的放电能量计算 $2P_{rc}$ 、 $2P_{rd}$ 恒功率充放电能量效率。

6.4.4 能量保持与能量恢复能力试验

6.4.4.1 电池单体

电池单体能量保持与能量恢复能力试验按照下列步骤进行。

- 按照 6.2.4.1.1 进行电池单体初始化充电。
- 设置环境模拟装置温度为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $(45\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 30 d。
- 设置环境模拟装置温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 5 h。
- 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量。
- 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量。
- 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件;记录功率、时间、电压、温度、放电能量。
- 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- 重复步骤 a)~g) 至所有试验样品完成试验。
- 以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初始放电能量和步骤 d) 的放电能量计算每个试验样品能量保持率,以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初始充电能量和步骤 e) 的充电能量计算每个试验样品充电能量恢复率,以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初始放电能量和步骤 f) 的放电能量计算每个试验样品放电能量恢复率。

6.4.4.2 电池模块

电池模块能量保持与能量恢复能力试验按照下列步骤进行:

- 按照 6.2.4.1.2 进行电池模块初始化充电;
- 设置环境模拟装置温度为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $(45\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 30 d;
- 设置环境模拟装置温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 5 h;
- 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- 以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初始放电能量和步骤 d) 的放电能量计算能量保持率,以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初始充电能量和步骤 e) 的充电能量计算充电能量恢复率,以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初始放电能量和步骤 f) 的放电能量计算放电能量恢复率。

6.5 环境适应性试验

6.5.1 高温适应性试验

6.5.1.1 电池单体

电池单体高温适应性试验按照下列步骤进行:

- 按照 6.2.4.1.1 进行电池单体初始化充电;

- b) 设置环境模拟装置温度为 50 °C,在(50±2)°C下静置 24 h;
- c) 设置环境模拟装置温度为 25 °C,在(25±2)°C下静置 12 h;
- d) 在(25±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min;
- e) 在(25±2)°C下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- f) 在(25±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- g) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- h) 重复步骤 a)~g)至所有试验样品完成试验;
- i) 以步骤 e)的充电能量和步骤 f)的放电能量计算每个试验样品的能量效率。

6.5.1.2 电池模块

电池模块高温适应性试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.1.2 进行电池模块初始化充电;
- b) 设置环境模拟装置温度为 50 °C,在(50±2)°C下静置 24 h;
- c) 设置环境模拟装置温度为 25 °C,在(25±2)°C下静置 12 h;
- d) 在(25±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min;
- e) 在(25±2)°C下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- f) 在(25±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- g) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- h) 以步骤 e)的充电能量和步骤 f)的放电能量计算能量效率。

6.5.2 低温适应性试验

6.5.2.1 电池单体

电池单体低温适应性试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.1.1 进行电池单体初始化充电;
- b) 设置环境模拟装置温度为 -30 °C,在(-30±2)°C下静置 24 h;
- c) 设置环境模拟装置温度为 25 °C,在(25±2)°C下静置 24 h;
- d) 在(25±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min;
- e) 在(25±2)°C下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- f) 在(25±2)°C下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- g) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- h) 重复步骤 a)~g)至所有试验样品完成试验;
- i) 以步骤 e)的充电能量和步骤 f)的放电能量计算每个试验样品的能量效率。

6.5.2.2 电池模块

电池模块低温适应性试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.1.2 进行电池模块初始化充电;

- b) 设置环境模拟装置温度为 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $(-30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 24 h;
- c) 设置环境模拟装置温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 24 h;
- d) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min;
- e) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- f) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- g) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- h) 以步骤 e)的充电能量和步骤 f)的放电能量计算能量效率。

6.5.3 高海拔初始充放电性能试验

电池单体高海拔初始充放电性能试验按照下列步骤进行。

- a) 将按照 6.2.4.2.1 完成了初始化放电的电池单体放入低气压试验装置并与充放电装置连接。
- b) 将充放电装置的电压和温度数据采样线分别与电池单体正负极和电池单体的温度采样点连接。
- c) 依据试验样品最大应用海拔高度,按照表 15 设置试验气压值,在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置 6 h。
- d) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、初始充电能量。
- e) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、初始放电能量。
- f) 恢复至正常大气压,断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- g) 重复步骤 a)~f)至所有试验样品完成试验。
- h) 以步骤 d)的初始充电能量和步骤 e)的初始放电能量计算每个试验样品初始充放电能量效率;计算所有试验样品的初始充电能量平均值、初始放电能量平均值、初始充放电能量效率平均值、初始充电能量极差、初始放电能量极差;计算初始充电能量极差与初始充电能量平均值的百分比、初始放电能量极差与初始放电能量平均值的百分比。

表 15 电池最大应用海拔高度对应试验气压值

电池最大应用海拔高度(h) m	试验气压值(p) kPa
$2\,000 < h \leq 4\,000$	62
$h > 4\,000$	54

6.6 耐久性能试验

6.6.1 贮存性能试验

6.6.1.1 电池单体

电池单体贮存性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.1.1 进行电池单体初始化充电;
- b) 以 P_{rd} 恒功率放电至放电能量达到该电池单体初始放电能量的 50%,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;

- c) 设置环境模拟装置温度为 50 ℃,在(50±2)℃下贮存 30 d;
- d) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃,在(25±2)℃下静置 5 h;
- e) 在(25±2)℃下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- f) 在(25±2)℃下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- g) 在(25±2)℃下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- h) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- i) 重复步骤 a)~h)至所有试验样品完成试验;
- j) 以 25 ℃初始充电能量和步骤 f)的充电能量计算每个试验样品充电能量恢复率,以 25 ℃初始放电能量和步骤 g)的放电能量计算每个试验样品放电能量恢复率。

6.6.1.2 电池模块

电池模块贮存性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 6.2.4.1.2 进行电池模块初始化充电;
- b) 以 P_{rd} 恒功率放电至放电能量达到该电池模块初始放电能量的 50%,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- c) 设置环境模拟装置温度为 50 ℃,在(50±2)℃下贮存 30 d;
- d) 设置环境模拟装置温度为 25 ℃,在(25±2)℃下静置 5 h;
- e) 在(25±2)℃下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- f) 在(25±2)℃下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块充电截止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量;
- g) 在(25±2)℃下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块放电截止条件,记录功率、时间、电压、温度、放电能量;
- h) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- i) 以 25 ℃初始充电能量和步骤 f)的充电能量计算充电能量恢复率,以 25 ℃初始放电能量和步骤 g)的放电能量计算放电能量恢复率。

6.6.2 循环性能试验

6.6.2.1 电池单体

电池单体循环性能试验按照下列步骤进行。

- a) 按照 6.2.4.2.1 进行电池单体初始化放电。
- b) 设置环境模拟装置温度为 45 ℃,在(45±2)℃静置 5 h。
- c) 在(45±2)℃下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止电压,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、充电能量。
- d) 在(45±2)℃下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止电压,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、放电能量。
- e) 重复步骤 c)~d)至充放电次数达到 1 000 次。
- f) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- g) 重复步骤 a)~f)至所有试验样品完成试验。

- h) 以步骤 c) 的充电能量和步骤 d) 的放电能量计算每个试验样品每 50 次循环充放电结束时的能量效率, 计算 1 000 次循环充放电的能量效率极差。
- i) 按照公式(7)、公式(8)分别计算每个试验样品单次循环充电能量损失平均值、基于额定充电能量的单次循环充电能量损失平均值:

$$\Delta E_c = (E_{c500} - E_{c1000}) / 1000 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

ΔE_c —— 单次循环充电能量损失平均值;

E_{c500} —— 循环第 500 次充电能量;

E_{c1000} —— 循环第 1 000 次充电能量。

$$\Delta E_{rc} = (E_{c500} - E_{rc}) / (c_r - 1000) \quad \dots\dots\dots (8)$$

ΔE_{rc} —— 基于额定充电能量的单次循环充电能量损失平均值;

E_{c500} —— 循环第 500 次充电能量;

E_{rc} —— 额定充电能量;

c_r —— 额定功率充放电循环次数。

- j) 按照公式(9)、公式(10)分别计算每个试验样品单次循环放电能量损失平均值、基于额定放电能量的单次循环放电能量损失平均值:

$$\Delta E_d = (E_{d500} - E_{d1000}) / 1000 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

ΔE_d —— 单次循环放电能量损失平均值;

E_{d500} —— 循环第 500 次放电能量;

E_{d1000} —— 循环第 1 000 次放电能量。

$$\Delta E_{rd} = (E_{d500} - E_{rd}) / (c_r - 1000) \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

ΔE_{rd} —— 基于额定放电能量的单次循环放电能量损失平均值;

E_{d500} —— 循环第 500 次放电能量;

E_{rd} —— 额定放电能量;

c_r —— 额定功率充放电循环次数。

- k) 以额定充放电能量为起始值, 以额定充放电能量的 5% 为步长, 递增至所有试验样品循环第 500 次充放电能量与 5℃ 初始充放电能量的最小值作为充放电能量系列保证值, 按照公式(11)计算电池单体充放电能量系列保证值对应的额定功率充放电循环次数系列保证值:

$$c_{rx} = (E_{d500} - E_{dx}) / \Delta E_{rd} + 1000 \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

c_{rx} —— 额定功率充放电循环次数系列保证值;

E_{d500} —— 循环第 500 次放电能量;

E_{dx} —— 放电能量系列保证值;

ΔE_{rd} —— 基于额定放电能量的单次循环放电能量损失平均值。

- l) 作电池单体充放电能量系列保证值与额定功率充放电循环次数系列保证值数据表, 作为电池单体循环性能系列保证值特征关系表; 以额定充放电能量的百分数为横轴, 以额定功率充放电循环次数系列保证值为纵轴, 绘制电池单体循环性能系列保证值曲线图, 作为电池单体循环性能系列保证值特征曲线。

6.6.2.2 电池模块

电池模块循环性能试验按照下列步骤进行。

- a) 按照 6.2.4.2.2 进行电池模块初始化放电。
- b) 设置环境模拟装置温度为 45℃,在(45±2)℃下静置 5 h。
- c) 在(45±2)℃下,以 P_{rc} 恒功率充电至电池模块和任一电池单体的充电截止电压中的优先达到值,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、电池单体电压极差、充电能量。
- d) 在(45±2)℃下,以 P_{rd} 恒功率放电至电池模块和任一电池单体的放电截止电压中的优先达到值,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度、电池单体电压极差、放电能量。
- e) 重复步骤 c)~d)至充放电次数达到 1 000 次。
- f) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- g) 以步骤 c)的充电能量和步骤 d)的放电能量计算每 50 次循环充放电结束时的能量效率,计算 1 000 次循环充放电的能量效率极差,计算充放电结束时电池单体电压极差平均值。
- h) 按照公式(7)、公式(8)分别计算单次循环充电能量损失平均值、基于额定充电能量的单次循环充电能量损失平均值。
- i) 按照公式(9)、公式(10)分别计算单次循环放电能量损失平均值、基于额定放电能量的单次循环放电能量损失平均值。
- j) 以额定充放电能量为起始值,以额定充放电能量的 5%为步长,递增至循环第 500 次充放电能量与 5℃初始充放电能量的较小值作为充放电能量系列保证值,按照公式(11)计算电池模块充放电能量系列保证值对应的额定功率充放电循环次数系列保证值。
- k) 作电池模块充放电能量系列保证值与额定功率充放电循环次数系列保证值数据表,作为电池模块循环性能系列保证值特征关系表;以额定充放电能量的百分数为横轴,以额定功率充放电循环次数系列保证值为纵轴,绘制电池模块循环性能系列保证值曲线图,作为电池模块循环性能系列保证值特征曲线。

6.7 安全性能试验

6.7.1 电气安全性能试验

6.7.1.1 过充电性能试验

6.7.1.1.1 电池单体

电池单体过充电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.1 完成了初始化充电的电池单体与充放电装置连接;
- b) 按照 6.2.2.1 将充放电装置的电压和温度数据采样线与电池单体连接;
- c) 以 $I = P_{rc}/U_{nom}$ 恒流充电至电压达到电池单体充电截止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h 时停止充电,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度;
- d) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置;
- e) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- f) 重复步骤 a)~e)至所有试验样品完成试验。

6.7.1.1.2 电池模块

电池模块过充电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块与充放电装置连接;
- b) 按照 6.2.2.2 将充放电装置的电压和温度数据采样线与电池模块连接;
- c) 以 $I = P_{rc}/U_{nom}$ 恒流充电至任一电池单体电压达到电池单体充电截止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h 时停止充电,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度;

- d) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- e) 断开试验样品和充放电装置连接,拆除数据采样线,取出试验样品。

6.7.1.2 过放电性能试验

6.7.1.2.1 电池单体

电池单体过放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.2.1 完成了初始化放电的电池单体与充放电装置连接;
- b) 按照 6.2.2.1 将充放电装置的电压和温度数据采样线与电池单体连接;
- c) 以 $I = P_{rd}/U_{nom}$ 恒流放电至电压达到 0 V 或时间达到 1 h 时停止放电,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度;
- d) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置;
- e) 断开试验样品和充放电装置连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- f) 重复步骤 a)~e) 至所有试验样品完成试验。

6.7.1.2.2 电池模块

电池模块过放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.2.2 完成了初始化放电的电池模块与充放电装置连接;
- b) 按照 6.2.2.2 将充放电装置的电压和温度数据采样线与电池模块连接;
- c) 以 $I = P_{rd}/U_{nom}$ 恒流放电至任一电池单体电压达到 0 V 或时间达到 1 h 时停止放电,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度;
- d) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- e) 断开试验样品和充放电装置连接,拆除数据采样线,取出试验样品。

6.7.1.3 过载性能试验

6.7.1.3.1 电池单体

电池单体过载性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.2.1 完成了初始化放电的电池单体与充放电装置连接;
- b) 按照 6.2.2.1 将充放电装置的电压和温度数据采样线与电池单体连接;
- c) 以 $4P_{rc}$ 恒功率充电至电池单体的充电截止电压,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度;
- d) 以 $4P_{rd}$ 恒功率放电至电池单体的放电截止电压,观察 1 h,记录功率、时间、电压、温度;
- e) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置;
- f) 断开试验样品和充放电装置连接,拆除数据采样线,取出试验样品;
- g) 重复步骤 a)~f) 至所有试验样品完成试验。

6.7.1.3.2 电池模块

电池模块过载性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.2.2 完成了初始化放电的电池模块与充放电装置连接;
- b) 按照 6.2.2.2 将充放电装置的电压和温度数据采样线与电池模块连接;
- c) 以 $4P_{rc}$ 恒功率充电至电池模块或任一电池单体的充电截止电压,静置 10 min,记录功率、时间、电压、温度;
- d) 以 $4P_{rd}$ 恒功率放电至电池模块或任一电池单体的放电截止电压,观察 1 h,记录功率、时间、电压、温度;

- e) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- f) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。

6.7.1.4 短路性能试验

6.7.1.4.1 电池单体

电池单体短路性能试验按照下列步骤进行。

- a) 调节短路试验装置与电池单体正极连接处中心位置到短路试验装置与电池单体负极连接处中心位置之间的试验装置电阻至 $[0.8, 1.0]\text{m}\Omega$,记录试验装置电阻。
- b) 将按照 6.2.4.1.1 完成了初始化充电的电池单体与短路试验装置连接。
- c) 按照 6.2.2.1 将短路试验装置的电压和温度数据采样线与电池单体连接。
- d) 测量电池单体正极极柱中心点到短路试验装置与电池单体正极连接处中心位置之间的正极接触电阻,调整短路试验装置与电池单体正极的连接状态至正极接触电阻小于或等于 $0.1\text{ m}\Omega$,记录正极接触电阻。
- e) 测量电池单体负极极柱中心点到短路试验装置与电池单体负极连接处中心位置之间的负极接触电阻,调整短路试验装置与电池单体负极的连接状态至负极接触电阻小于或等于 $0.1\text{ m}\Omega$,记录负极接触电阻。
- f) 按照公式(12)计算外部线路电阻:

$$R_e = R_t + R_p + R_n \dots\dots\dots (12)$$

式中:

R_e ——外部线路电阻;
 R_t ——试验装置电阻;
 R_p ——正极接触电阻;
 R_n ——负极接触电阻。

- g) 启动短路试验装置,在电池单体正极和负极之间形成电流回路,保持 10 min,断开电流回路,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度。
- h) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置。
- i) 断开试验样品和短路试验装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。
- j) 重复步骤 a)~i)至所有试验样品完成试验。

6.7.1.4.2 电池模块

电池模块短路性能试验按照下列步骤进行:

- a) 调节短路试验装置与电池模块正极连接处中心位置到短路试验装置与电池模块负极连接处中心位置之间的试验装置电阻至 $[0.8, 1.0]\text{m}\Omega$,记录试验装置电阻;
- b) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块与短路试验装置连接;
- c) 按照 6.2.2.2 将短路试验装置的电压和温度数据采样线与电池模块连接;
- d) 测量电池模块正极汇流排中心点到短路试验装置与电池模块正极连接处中心位置之间的正极接触电阻,调整短路试验装置与电池模块正极的连接状态至正极接触电阻小于或等于 $0.1\text{ m}\Omega$,记录正极接触电阻;
- e) 测量电池模块负极汇流排中心点到短路试验装置与电池模块负极连接处中心位置之间的负极接触电阻,调整短路试验装置与电池模块负极的连接状态至负极接触电阻小于或等于 $0.1\text{ m}\Omega$,记录负极接触电阻;
- f) 按照公式(12)计算外部线路电阻;

- g) 启动短路试验装置,在电池模块正极和负极之间形成电流回路,保持 10 min,断开电流回路,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度;
- h) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- i) 断开试验样品和短路试验装置的连接,拆除数据采样线,更换试验样品;
- j) 调节短路试验装置与电池模块正极连接处中心位置到短路试验装置与电池模块负极连接处中心位置之间的试验装置电阻至 $[27.0,32.8]\text{m}\Omega$,记录试验装置电阻;
- k) 重复步骤 b)~f);
- l) 启动短路试验装置,在电池模块正极和负极之间形成电流回路,保持 30 min,断开电流回路,观察 1 h,记录电流、时间、电压、温度;
- m) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- n) 断开试验样品和短路试验装置的连接,拆除数据采样线,取出试验样品。

6.7.1.5 绝缘性能试验

6.7.1.5.1 电池模块

电池模块绝缘性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接,关闭电池模块的绝缘电阻监测功能;
- b) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录正极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接;
- c) 将电池模块的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- d) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接,取出试验样品;
- e) 分别计算正负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻和电池模块标称电压的比值。

表 16 绝缘电阻性能试验电压

试验样品充电截止电压(U) V	试验电压 V
$U<500$	500
$500\leq U<1\,000$	1\,000
$U\geq 1\,000$	2\,500

6.7.1.5.2 电池簇

电池簇绝缘性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.3 完成了初始化充电的电池簇的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接,关闭电池簇的绝缘电阻监测功能;
- b) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录正极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;
- c) 将电池簇的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- d) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接,取出试验样品;
- e) 分别计算正负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻和电池簇标称电压的比值。

6.7.1.6 耐压性能试验

6.7.1.6.1 电池模块

电池模块耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接；
- b) 按表 17 施加直流试验电压，以小于或等于 50% 试验电压开始，10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s，记录试验电压、漏电流，记录试验现象，包括击穿、闪络，断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接；
- c) 将电池模块的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接；
- d) 按表 17 施加直流试验电压，以小于或等于 50% 试验电压开始，10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s，记录试验电压、漏电流，记录试验现象，包括击穿、闪络，断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接；
- e) 将电池模块的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接；
- f) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压，保持 60 s，记录试验电压，记录试验现象，包括击穿、闪络，断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接；
- g) 将电池模块的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接；
- h) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压，保持 60 s，记录试验电压，记录试验现象，包括击穿、闪络，断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接。

表 17 耐压性能试验电压

试验样品充电截止电压(U) V	直流试验电压 V	交流试验电压 V
$U \leq 60$	1 530	1 080
$60 < U \leq 300$	2 010	1 420
$300 < U \leq 690$	2 800	1 970
$690 < U \leq 800$	3 000	2 120
$800 < U \leq 1\,000$	3 390	2 400
$1\,000 < U \leq 1\,500$	4 380	3 100
$U > 1\,500$	5 370	3 800

6.7.1.6.2 电池簇

电池簇耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.1.3 完成了初始化充电的电池簇的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接；
- b) 按表 17 施加直流试验电压，以小于或等于 50% 试验电压开始，10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s，记录试验电压、漏电流，记录试验现象，包括击穿、闪络，断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接；
- c) 将电池簇的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接；
- d) 按表 17 施加直流试验电压，以小于或等于 50% 试验电压开始，10 s 之内增加至试验电压并保

持 60 s,记录试验电压、漏电流,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;

- e) 将电池簇的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- f) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,保持 60 s,记录试验电压,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;
- g) 将电池簇的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- h) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,保持 60 s,记录试验电压,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接。

6.7.2 机械安全性能试验

6.7.2.1 挤压性能试验

6.7.2.1.1 电池单体

电池单体挤压性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.1 完成了初始化充电的电池单体放置于挤压试验装置的挤压台,面积最大的外表面正对挤压头,连接电压和温度数据采样线;
- b) 按图 2 选取半径 R 为 75 mm、长度 L 大于试验样品被挤压面尺寸的半圆柱体挤压头,将挤压速度的初始值设置为 5 mm/s;
- c) 启动挤压试验装置,挤压力达到 50 kN 时保持该挤压力 10 min,停止挤压,观察 1 h,记录电压、温度、挤压力;
- d) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置;
- e) 将挤压试验装置的挤压头复位,拆除数据采样线,取出试验样品;
- f) 重复步骤 a)~e)至所有试验样品完成试验。



图 2 挤压头和电池单体挤压示意图

6.7.2.1.2 电池模块

电池模块挤压性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块以重心最低的摆放方式置于挤压试验装置的挤压台,面积较大的外表面正对挤压头,连接电压和温度数据采样线;
- b) 按图 3 选取半径 R 为 75 mm、长度 L 大于试验样品被挤压面尺寸的半圆柱体挤压头,将挤压速度的初始值设置为 5 mm/s;
- c) 启动挤压试验装置,挤压力达到 50 kN 时保持该挤压力 10 min,停止挤压,观察 1 h,记录电压、温度、挤压力;
- d) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- e) 将挤压试验装置的挤压头复位,拆除数据采样线,取出试验样品。

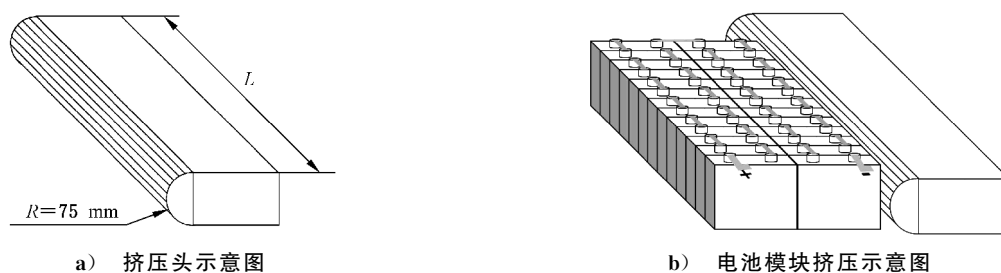


图3 挤压头和电池模块挤压示意图

6.7.2.2 跌落性能试验

6.7.2.2.1 电池单体

电池单体跌落性能试验按照下列步骤进行：

- 将按照 6.2.4.1.1 完成了初始化充电的电池单体置于跌落试验装置的试验台；
- 将试验样品正极或负极朝下从 1.5 m 高度处自由跌落到水泥地面；
- 观察 1 h；
- 记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置；
- 重复步骤 a)～d) 至所有试验样品完成试验。

6.7.2.2.2 电池模块

电池模块跌落性能试验按照下列步骤进行：

- 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块置于跌落试验装置的试验台；
- 将试验样品正极或负极朝下从 2.0 m 高度处自由跌落到水泥地面；
- 观察 1 h；
- 记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸。

6.7.2.3 振动性能试验

电池模块振动性能试验按照下列步骤进行：

- 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块置于振动试验装置上并固定；
- 按表 18 设置随机振动波谱参数，在 X、Y、Z 轴三个方向分别进行随机振动，观察 1 h，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸；
- 取出试验样品，按照 6.7.1.5.1 和 6.7.1.6.1 依次进行绝缘性能试验和耐压性能试验。

表 18 随机振动波谱参数

加速度功率谱密度	频率 Hz	加速度功率谱密度 g^2/Hz
	5	0.003 1
	6	0.000 72
	12	0.000 72
	16	0.003 6
	25	0.003 6

表 18 随机振动波谱参数（续）

加速度功率谱密度	频率 Hz	加速度功率谱密度 g^2/Hz
	30	0.000 72
	40	0.003 6
	80	0.003 6
	100	0.000 36
	200	0.000 018
加速度均方根	0.51	
振动时间	180 min	

6.7.2.4 液冷管路耐压性能试验

6.7.2.4.1 电池模块

电池模块液冷管路耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.2.2 完成了初始化放电的电池模块液冷管路与气体增压试验装置连接；
- b) 向液冷管路增压至压强达到最大工作压强的 1.2 倍，稳压 2 min 后停止充气，记录气压值，静置 1 min 再次记录气压值，按照两次记录值计算气压降，记录试验现象，包括管路破裂；
- c) 恢复至正常大气压，断开与气体增压试验装置的连接。

6.7.2.4.2 电池簇

电池簇液冷管路耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.2.3 完成了初始化放电的电池簇液冷管路与气体增压试验装置连接；
- b) 向液冷管路增压至压强达到最大工作压强的 1.2 倍，稳压 2 min 后停止充气，记录气压值，静置 1 min 再次记录气压值，按照两次记录值计算气压降，记录试验现象，包括管路破裂；
- c) 恢复至正常大气压，断开与气体增压试验装置的连接。

6.7.3 环境安全性能试验

6.7.3.1 盐雾性能试验

电池模块盐雾性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块置于盐雾试验装置内；
- b) 以化学纯或分析纯的氯化钠、蒸馏水或去离子水配置质量浓度为 $(5\pm 1)\%$ 的氯化钠溶液，并注入试验装置的水箱内；
- c) 设置试验温度为 35℃，试验装置内温度达到 $(35\pm 2)^\circ\text{C}$ 时启动喷雾程序，喷雾时间达到 2 h 时停止喷雾；
- d) 设置试验温度为 40℃、相对湿度为 93%，试验装置内温度达到 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(93\pm 3)\%$ 时启动贮存程序，贮存时间达到 22 h 时停止贮存；
- e) 重复步骤 c)～d)至喷雾-贮存循环次数达到 4 次；
- f) 设置试验温度为 23℃、相对湿度为 50%，试验装置内温度达到 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(50\pm 3)\%$ 时启动贮存程序，贮存时间达到 3 d 时停止贮存；

- g) 重复步骤 c)~f)至喷雾-贮存-贮存循环次数达到 4 次;
- h) 观察 1 h;
- i) 记录试验现象,包括外壳破裂、膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- j) 取出试验样品,30 min 内按照 6.7.1.5.1 和 6.7.1.6.1 依次进行绝缘性能试验和耐压性能试验。

6.7.3.2 交变湿热性能试验

电池模块交变湿热性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块置于环境模拟装置内;
- b) 设置试验温度为 50℃、相对湿度为 95%、升温速率为 12.5℃/h,温度达到 $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(95\pm 3)\%$ 时保持当前温湿度,静置 6 h;
- c) 设置试验温度为 25℃、相对湿度为 95%、降温速率为 12.5℃/h,温度达到 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(95\pm 3)\%$ 时保持当前温湿度,静置 6 h;
- d) 重复步骤 b)~c)至交变循环次数达到 6 次;
- e) 设置试验温度为 25℃、相对湿度为 70%,温度达到 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(70\pm 3)\%$ 时保持当前温湿度;
- f) 观察 1 h;
- g) 记录试验现象,包括外壳破裂、膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸;
- h) 取出试验样品,30 min 内按照 6.7.1.5.1 和 6.7.1.6.1 依次进行绝缘性能试验和耐压性能试验。

6.7.3.3 高海拔绝缘性能试验

6.7.3.3.1 电池模块

电池模块高海拔绝缘性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块置于低气压试验装置内;
- b) 将电池模块的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接,关闭电池模块的绝缘电阻监测功能;
- c) 依据试验样品最大应用海拔高度,按照表 15 设置试验气压值,在 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 下,静置 6 h;
- d) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录正极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接;
- e) 将电池模块的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- f) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接,恢复至正常大气压,取出试验样品;
- g) 分别计算正负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻和电池模块标称电压的比值。

6.7.3.3.2 电池簇

电池簇高海拔绝缘性能试验按照下列步骤进行:

- a) 依据试验样品最大应用海拔高度,将按照 6.2.4.1.3 完成了初始化充电的电池簇置于相应低气压试验环境;
- b) 将电池簇的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接,关闭电池簇的绝缘电阻监测功能;
- c) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录正极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;
- d) 将电池簇的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;

- e) 按表 16 施加试验电压,持续 1 min,记录负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻、试验电压,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接,取出试验样品;
- f) 分别计算正负极与外部裸露可导电部分绝缘电阻和电池簇标称电压的比值。

6.7.3.4 高海拔耐压性能试验

6.7.3.4.1 电池模块

电池模块高海拔耐压性能试验按照下列步骤进行:

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的电池模块置于低气压试验装置内;
- b) 将电池模块的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- c) 依据试验样品最大应用海拔高度,按照表 15 设置试验气压值,在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,静置 6 h;
- d) 按表 17 施加直流试验电压,以小于或等于 50%试验电压开始,10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s,记录试验电压、漏电流,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接;
- e) 将电池模块的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- f) 按表 17 施加直流试验电压,以小于或等于 50%试验电压开始,10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s,记录试验电压、漏电流,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接;
- g) 将电池模块的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- h) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,保持 60 s,记录试验电压,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接;
- i) 将电池模块的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- j) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,保持 60 s,记录试验电压,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池模块的连接;
- k) 恢复至正常大气压,取出试验样品。

6.7.3.4.2 电池簇

电池簇高海拔耐压性能试验按照下列步骤进行:

- a) 依据试验样品最大应用海拔高度,将按照 6.2.4.1.3 完成了初始化充电的电池簇置于相应低气压试验环境;
- b) 将电池簇的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- c) 按表 17 施加直流试验电压,以小于或等于 50%试验电压开始,10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s,记录试验电压、漏电流,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;
- d) 将电池簇的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- e) 按表 17 施加直流试验电压,以小于或等于 50%试验电压开始,10 s 之内增加至试验电压并保持 60 s,记录试验电压、漏电流,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;
- f) 将电池簇的正极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- g) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,保持 60 s,记录试验电压,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接;
- h) 将电池簇的负极、外部裸露可导电部分与绝缘耐压试验装置连接;
- i) 按表 17 施加频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,保持 60 s,记录试验电压,记录试验现象,包括击穿、闪络,断开绝缘耐压试验装置与电池簇的连接。

6.7.4 热安全性能试验

6.7.4.1 绝热温升特性试验

电池单体绝热温升特性试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.1.1 完成了初始化充电的试验样品置于绝热模拟装置内,连接温度数据采样线；
- b) 设置绝热模拟装置试验起始温度为 40℃、试验温升步长为 5℃、试验终止温度为 130℃、温度数据采样周期为 0.01 min；
- c) 加热试验样品至表面温度达到 40℃时保持当前温度,静置 5 h,记录时间、温度；
- d) 继续加热试验样品至表面温度达到 45℃时保持当前温度,静置 1 h,记录时间、温度；
- e) 控制试验装置恒定当前温度 20 min,记录时间、温度,计算温升速率；
- f) 以 5℃为步长逐次递增试验样品表面温度至 130℃,重复步骤 d)~e)；
- g) 停止加热,待试验样品表面温度恢复至室温,拆除数据采样线,取出试验样品；
- h) 记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置；
- i) 重复步骤 a)~h)至所有试验样品完成试验。

6.7.4.2 热失控性能试验

6.7.4.2.1 初始热失控性能试验

电池单体初始热失控性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.1.1 完成了初始化充电的试验样品置于热失控试验装置中；
- b) 按表 19 的要求选取加热部件和温度传感器并布置于试验样品表面,设置温度采样周期为 1 s,设定连续监测到三个温升速率值均 $\geq 3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 或起火或爆炸为发生热失控的判定条件；
- c) 连接试验样品与充放电装置及其电压数据采样线；
- d) 以 $I=P_{\text{rc}}/U_{\text{nom}}$ 恒流充电,启动加热,记录时间、电压、电流、温度、温升速率,记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置；
- e) 触发生热失控的判定条件或温度达到 300℃或试验时间达到 4 h 时,停止充电和加热,观察 1 h,记录时间、电压、温度、温升速率,记录试验现象,包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂及破裂位置；
- f) 断开试验样品和充放电装置的连接,拆除加热部件和数据采样线,取出试验样品；
- g) 记录发生热失控时的温度为热失控温度；
- h) 重复步骤 a)~g)至所有试验样品完成试验。

表 19 热失控性能试验加热及采样要求

试验样品额定放电能量(E_{rd}) $\text{W} \cdot \text{h}$	加热部件功率 W	加热部件形状及布置位置		温度传感器规格及布置位置	
		棱柱形或软包 试验样品	圆柱形试验 样品	棱柱形或软包 试验样品	圆柱形试验 样品
$E_{\text{rd}} < 50$	250	片状,布置于试 验样品面积较 大的平面,尺寸 不大于被加热 面尺寸	线状,布置于 试验样品侧 面,覆盖高度 不大于被加热 面高度	感温头直径 $\leq$ 1 mm,布置于被 加热面对侧中 心位置	感温头直径 $\leq$ 1 mm,布置于 试验样品底部 或顶部中心 位置
$5 \leq E_{\text{rd}} < 100$	450				
$100 \leq E_{\text{rd}} < 400$	650				
$400 \leq E_{\text{rd}} < 800$	800				
$800 \leq E_{\text{rd}} < 1\,000$	1\,000				
$E_{\text{rd}} \geq 1\,000$	$> 1\,000$				

6.7.4.2.2 循环后热失控性能试验

将按照 6.6.2.1 完成了循环性能试验的电池单体按照 6.7.4.2.1 进行热失控性能试验。

6.7.4.3 热失控扩散性能试验

电池模块热失控扩散性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将按照 6.2.4.1.2 完成了初始化充电的试验样品置于热失控试验装置中；
- b) 以电池模块中心位置的电池单体或最小并联单元为热失控触发对象，将其正负极与充放电装置及其电压数据采样线连接，并保持热失控触发对象与相邻电池的电气连接；
- c) 将温度传感器布置于触发对象所有电池单体的表面与正负极柱等距且离正负极柱最近的位置，设置温度采样周期为 1 s，设定连续监测到三个温升速率值均 ≥ 3 °C/s 或起火或爆炸为发生热失控的判定条件；
- d) 以与触发对象相邻的两个电池单体为热失控监测对象，将温度传感器布置于紧邻触发对象的监测对象表面的对侧中心位置或监测对象正负极柱所在表面且与正负极柱等距的位置；
- e) 以触发对象的额定功率与其标称电压的比值作为电流值对触发对象进行恒流充电，记录触发对象的时间、电压、电流、温度、温升速率，记录监测对象的时间、电压、温度、温升速率，记录电池模块的试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸；
- f) 当触发对象所有电池单体达到发生热失控的判定条件或温度达到 300 °C 或试验时间达到 4 h 或监测对象达到发生热失控的判定条件时，停止充电，观察 1 h，记录时间、电压、温度、温升速率，记录电池模块的试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸；
- g) 按照 6.7.1.5.1 进行绝缘性能试验；
- h) 断开试验样品和充放电装置的连接，拆除数据采样线，取出试验样品；
- i) 以发生热失控的判定条件判定监测对象是否发生热失控。

6.7.5 报警和保护功能试验

电池簇报警和保护功能试验按照下列步骤进行：

- a) 依次调整电池簇管理系统中电池单体、电池模块与电池簇的充放电电压一级、二级、三级报警设定值，逐一触发电压报警，记录报警信息及对应动作，电池管理系统动作后恢复正常设置；
- b) 依次调整电池簇管理系统中充放电电流一级、二级、三级报警设定值，逐一触发电流报警，记录报警信息及对应动作，电池管理系统动作后恢复正常设置；
- c) 依次调整电池簇管理系统中电池簇充放电电池模块电压极差一级、二级、三级报警设定值，逐一触发电压极差报警，记录报警信息及对应动作，电池管理系统动作后恢复正常设置；
- d) 依次调整电池簇管理系统中电池簇充放电电池单体电压极差一级、二级、三级报警设定值，逐一触发电压极差报警，记录报警信息及对应动作，电池管理系统动作后恢复正常设置；
- e) 依次调整电池簇管理系统中电池单体高低温一级、二级、三级报警温度设定值，逐一触发电压单体高低温报警，记录报警信息及对应动作，电池管理系统动作后恢复正常设置；
- f) 依次调整电池簇管理系统中电池簇充放电电池单体温度极差一级、二级、三级报警设定值，逐一触发电压单体温度极差报警，记录报警信息及对应动作，电池管理系统动作后恢复正常设置；

- g) 依次调整电池簇管理系统中一级、三级报警绝缘电阻设定值,逐一触发绝缘电阻报警,记录报警信息及对应动作,电池管理系统动作后恢复正常设置。

7 检验规则

7.1 检验分类和检验项目

检验分为出厂检验、型式检验及抽样检验,检验分类和检验项目应满足表 20 的要求。

表 20 检验分类和检验项目

序号	检验项目			出厂检验	型式检验	抽样检验
1	外观、尺寸和质量检验			电池单体	✓	✓
				电池模块	✓	✓
				电池簇	✓	✓
2	电性能试验	初始充放电性能试验	25℃初始充放电性能试验	电池单体	✓	✓
				电池模块	✓	✓
				电池簇	✓	✓
			45℃初始充放电性能试验	电池单体		✓
				电池模块		✓
			5℃初始充放电性能试验	电池单体		✓
		电池模块			✓	
3		功率特性试验	电池单体		✓	
			电池模块		✓	
4	电性能试验	倍率充放电性能试验	电池单体		✓	
电池模块				✓		
5		能量保持与能量恢复能力试验	电池单体		✓	
			电池模块		✓	
6	环境适应性试验	高温适应性试验	电池单体		✓	
			电池模块		✓	
低温适应性试验		电池单体		✓		
		电池模块		✓		
8		高海拔初始充放电性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)	电池单体		✓	
9		耐久性能试验	贮存性能试验	电池单体		✓
				电池模块		✓
10	循环性能试验		电池单体		✓	
			电池模块		✓	

表 20 检验分类和检验项目（续）

序号	检验项目				出厂检验	型式检验	抽样检验
11	安全性能 试验	电气安全性能 试验	过充电性能试验	电池单体		√	√
				电池模块		√	√
12			过放电性能试验	电池单体		√	
				电池模块		√	
13			过载性能试验	电池单体		√	√
				电池模块		√	√
14			短路性能试验	电池单体		√	√
				电池模块		√	√
15		机械安全性能 试验	绝缘性能试验	电池模块		√	√
				电池簇		√	√
16			耐压性能试验	电池模块		√	√
				电池簇		√	√
17			挤压性能试验	电池单体		√	
				电池模块		√	
18			跌落性能试验	电池单体		√	
				电池模块		√	
19			振动性能试验	电池模块		√	
20		液冷管路耐压性能试验 （仅适用于采用液体冷却方式 应用的电池）		电池模块		√	√
				电池簇		√	√
21	环境安全性能 试验	盐雾性能试验 （适用于海洋性与非海洋性气 候条件应用的电池）		电池模块		√	
22				电池模块		√	
23	安全性能 试验	环境安全性能 试验	高海拔绝缘性能试验 （仅适用于高海拔条件应用的电池）	电池模块		√	√
				电池簇			√
24			高海拔耐压性能试验 （仅适用于高海拔条件应用的电池）	电池模块		√	√
				电池簇			√
25		热安全性能 试验	绝热温升特性试验	电池单体		√	√
26			热失控性能试验	电池单体		√	√
27			热失控扩散性能试验	电池模块		√	√
28		报警和保护功能试验		电池簇	√	√	√

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验规则

每个生产批次产品出厂前应按检验次序进行出厂检验,出厂检验应满足表 21 的要求。

表 21 出厂检验规则

检验次序	检验项目	技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	检验比例
1	外观检验(电池单体、电池模块、电池簇)	5.2	6.3	100%
2	尺寸检验(电池模块、电池簇)	5.2	6.3	GB/T 2828.1 S-4 级标准
3	25℃初始充放电性能试验(电池单体、 电池模块、电池簇)	5.3.1	6.4.1.1	GB/T 2828.1 II 级标准
4	报警和保护功能试验(电池簇)	5.6.5	6.7.5	GB/T 2828.1 II 级标准

7.2.2 判定规则

出厂检验中,所有试验样品进行的检验项目全部满足要求,判定为出厂检验合格;任一试验样品的任一检验项目不满足要求,判定为出厂检验不合格。

7.3 型式检验

7.3.1 需进行型式检验的情形

有下列情形之一应进行型式检验:

- a) 新产品投产;
- b) 厂址变更;
- c) 停产超过一年后复产;
- d) 结构、工艺或材料有重大改变;
- e) 合同约定。

7.3.2 型式检验规则

电池簇型式检验前应完成电池模块型式检验,电池模块型式检验前应完成电池单体型式检验,型式检验应按检验次序进行,应符合表 22 的检验规则。

表 22 型式检验规则

检验样品 类型	检验 次序	检验项目		技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	样品数量及编号
电池单体	1	外观、尺寸和质量检验		5.2.1	6.3.1	样品数量:33 个
	2	初始充放电 性能试验	25℃初始充放电性能试验	5.3.1.1	6.4.1.1.1	样品编号:1#~33#
			45℃初始充放电性能试验		6.4.1.2.1	1#、2#、3#
			5℃初始充放电性能试验		6.4.1.3.1	4#、5#、6#

表 22 型式检验规则（续）

检验样品 类型	检验 次序	检验项目		技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	样品数量及编号
电池单体	3	高海拔初始充放电性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)		5.4.3	6.5.3	31#、32#、33#
	4	功率特性试验		5.3.2.1	6.4.2.1	7#、8#、9#
	5	倍率充放电性能试验		5.3.3.1	6.4.3.1	10#、11#、12#
	6	能量保持与能量恢复能力试验		5.3.4.1	6.4.4.1	13#、14#、15#
	7	高温适应性试验		5.4.1.1	6.5.1.1	1#、2#、3#
	8	低温适应性试验		5.4.2.1	6.5.2.1	4#、5#、6#
	9	贮存性能试验		5.5.1.1	6.6.1.1	16#、17#、18#
	10	循环性能试验		5.5.2.1	6.6.2.1	19#、20#、21#
	11	过充电性能试验		5.6.1.1.1	6.7.1.1.1	7#、8#、9#
	12	过放电性能试验		5.6.1.2.1	6.7.1.2.1	10#、11#、12#
	13	过载性能试验		5.6.1.3.1	6.7.1.3.1	1#、2#、3#
	14	短路性能试验		5.6.1.4.1	6.7.1.4.1	4#、5#、6#
	15	挤压性能试验		5.6.2.1.1	6.7.2.1.1	22#、23#、24#
	16	跌落性能试验		5.6.2.2.1	6.7.2.2.1	25#、26#、27#
	17	绝热温升特性试验		5.6.4.1	6.7.4.1	28#、29#、30#
	18	热失控性能试验		5.6.4.2	6.7.4.2	31#、32#、33# 19#、20#、21#
电池模块	1	外观、尺寸和质量检验		5.2.2	6.3.2	样品数量:11 个 样品编号:1#~11#
	2	初始充放电 性能试验	25℃初始充放电性能试验	5.3.1.2	6.4.1.1.2	
			45℃初始充放电性能试验		6.4.1.2.2	
			5℃初始充放电性能试验		6.4.1.3.2	
	3	功率特性试验		5.3.2.2	6.4.2.2	3#
	4	倍率充放电性能试验		5.3.3.2	6.4.3.2	4#
	5	能量保持与能量恢复能力试验		5.3.4.2	6.4.4.2	5#
	6	高温适应性试验		5.4.1.2	6.5.1.2	1#
	7	低温适应性试验		5.4.2.2	6.5.2.2	2#
	8	贮存性能试验		5.5.1.2	6.6.1.2	6#
	9	循环性能试验		5.5.2.2	6.6.2.2	7#
	10	绝缘性能试验		5.6.1.5.1	6.7.1.5.1	8#
	11	耐压性能试验		5.6.1.6.1	6.7.1.6.1	
	12	高海拔绝缘性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)		5.6.3.3.1	6.7.3.3.1	
	13	高海拔耐压性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)		5.6.3.4.1	6.7.3.4.1	

表 22 型式检验规则 (续)

检验样品 类型	检验 次序	检验项目	技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	样品数量及编号
电池模块	14	过充电性能试验	5.6.1.1.2	6.7.1.1.2	3 #
	15	过放电性能试验	5.6.1.2.2	6.7.1.2.2	4 #
	16	过载性能试验	5.6.1.3.2	6.7.1.3.2	1 #
	17	短路性能试验	5.6.1.4.2	6.7.1.4.2	2 #、5 #
	18	挤压性能试验	5.6.2.1.2	6.7.2.1.2	6 #
	19	跌落性能试验	5.6.2.2.2	6.7.2.2.2	8 #
	20	振动性能试验	5.6.2.3	6.7.2.3	9 #
	21	液冷管路耐压性能试验 (仅适用于采用液体冷却方式的电池)	5.6.2.4.1	6.7.2.4.1	
	22	盐雾性能试验 (适用于海洋性与非海洋性气候条件应用的电池)	5.6.3.1	6.7.3.1	10 #
		交变湿热性能试验 (仅适用于非海洋性气候条件应用的电池)	5.6.3.2	6.7.3.2	
	23	热失控扩散性能试验	5.6.4.3	6.7.4.3	11 #
电池簇	1	外观、尺寸检验	5.2.3	6.3.3	样品数量:1 个 样品编号:1 #
	2	报警和保护功能试验	5.6.5	6.7.5	
	3	初始充放电性能试验	5.3.1.3	6.4.1.1.3	
	4	绝缘性能试验	5.6.1.5.2	6.7.1.5.2	
	5	耐压性能试验	5.6.1.6.2	6.7.1.6.2	
	6	液冷管路耐压性能试验 (仅适用于采用液体冷却方式的电池)	5.6.2.4.2	6.7.2.4.2	

7.3.3 判定规则

型式检验中,所有试验样品进行的检验项目全部满足要求,判定为型式检验合格;任一试验样品的任一检验项目不满足要求,判定为型式检验不合格。

7.4 抽样检验

7.4.1 需进行抽样检验的情形

有下列情形之一应进行抽样检验:

- 验证工程实际使用产品与对应型式检验产品关键性能的一致性;
- 验证批次产品与对应型式检验产品关键性能的一致性;
- 验证更换产品与对应型式检验产品关键性能的一致性;
- 合同约定。

7.4.2 抽样检验规则

抽样检验应按检验次序进行,应符合表 23 的检验规则及下列规定:

- a) 电池簇抽样检验前完成电池模块抽样检验,电池模块抽样检验前完成电池单体抽样检验;
- b) 不同型号产品均单独进行抽样检验;
- c) 常规抽样检验以表 23 的检验项目和样本量作为必要检验项目和最小样本量,仲裁等其他需进行抽样检验的情形可根据实际需要在表 23 的基础上增加抽样检验项目和样本量;
- d) 电池批量的额定能量总和小于或等于 100 MW·h 时,以该批量为抽样单元,按表 23 要求抽取相应的样本量进行检验;
- e) 电池批量的额定能量总和大于 100 MW·h 时,以 100 MW·h 为一个抽样单元,不足 100 MW·h 的部分按 100 MW·h 计,以表 23 要求的样本量为一个批次,等比例抽取相应的样本量,分批次进行检验。

表 23 抽样检验规则

检验样品类型	检验次序	检验项目		技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	样本量及编号
电池单体	1	外观、尺寸和质量检验		5.2.1	6.3.1	样品数量:15 个
	2	初始充放电性能试验	25℃初始充放电性能试验	5.3.1.1	6.4.1.1.1	样品编号:1#~15#
			45℃初始充放电性能试验		6.4.1.2.1	1#、2#、3#
			5℃初始充放电性能试验		6.4.1.3.1	4#、5#、6#
	3	高海拔初始充放电性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)		5.4.3	6.5.3	13#、14#、15#
	4	倍率充放电性能试验		5.3.3.1	6.4.3.1	7#、8#、9#
	5	高温适应性试验		5.4.1.1	6.5.1.1	1#、2#、3#
	6	低温适应性试验		5.4.2.1	6.5.2.1	4#、5#、6#
	7	过充电性能试验		5.6.1.1.1	6.7.1.1.1	1#、2#、3#
	8	过载性能试验		5.6.1.3.1	6.7.1.3.1	4#、5#、6#
	9	短路性能试验		5.6.1.4.1	6.7.1.4.1	7#、8#、9#
电池模块	10	绝热温升特性试验		5.6.4.1	6.7.4.1	10#、11#、12#
	11	热失控性能试验		5.6.4.2	6.7.4.2.1	13#、14#、15#
	1	外观、尺寸和质量检验		5.2.2	6.3.2	样品数量:5 个
	2	初始充放电性能试验	25℃初始充放电性能试验	5.3.1.2	6.4.1.1.2	样品编号:1#~5#
			45℃初始充放电性能试验		6.4.1.2.2	1#
			5℃初始充放电性能试验		6.4.1.3.2	2#
	3	倍率充放电性能试验		5.3.3.2	6.4.3.2	3#
	4	高温适应性试验		5.4.1.2	6.5.1.2	1#
	5	低温适应性试验		5.4.2.2	6.5.2.2	2#
	6	绝缘性能试验		5.6.1.5.1	6.7.1.5.1	4#

表 23 抽样检验规则（续）

检验样品 类型	检验 次序	检验项目	技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	样本量及编号
电池模块	7	耐压性能试验	5.6.1.6.1	6.7.1.6.1	4 #
	8	高海拔绝缘性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)	5.6.3.3.1	6.7.3.3.1	
	9	高海拔耐压性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)	5.6.3.4.1	6.7.3.4.1	
	10	过充电性能试验	5.6.1.1.2	6.7.1.1.2	1 #
	11	过载性能试验	5.6.1.3.2	6.7.1.3.2	2 #
	12	液冷管路耐压性能试验 (仅适用于采用液体冷却方式的电池)	5.6.2.4.1	6.7.2.4.1	3 #
	13	短路性能试验	5.6.1.4.2	6.7.1.4.2	3 # , 5 #
	14	热失控扩散性能试验	5.6.4.3	6.7.4.3	4 #
电池簇	1	外观、尺寸检验	5.2.3	6.3.3	样本量:1 个 样本编号:1 #
	2	报警和保护功能试验	5.6.5	6.7.5	
	3	初始充放电性能试验	5.3.1.3	6.4.1.1.3	
	4	绝缘性能试验	5.6.1.5.2	6.7.1.5.2	
	5	耐压性能试验	5.6.1.6.2	6.7.1.6.2	
	6	高海拔绝缘性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)	5.6.3.3.2	6.7.3.3.2	
	7	高海拔耐压性能试验 (仅适用于高海拔条件应用的电池)	5.6.3.4.2	6.7.3.4.2	
	8	液冷管路耐压性能试验 (仅适用于采用液体冷却方式的电池)	5.6.2.4.2	6.7.2.4.2	

7.4.3 判定规则

抽样检验中,所有试验样品进行的检验项目全部满足要求,判定为抽样检验合格;任一试验样品的任一检验项目不满足要求,判定为抽样检验不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品铭牌和标识应满足下列要求:

- a) 电池单体外表面包含极性、产品信息唯一识别码等标识;
- b) 电池模块及电池簇的铭牌包含商标、产品名称、分类和编码、制造商名称、出厂编号、生产日期或批号等内容;

- c) 电池模块及电池簇外表面包含极性、高压电、防触电、接地、电池簇内电池模块布置示意图等标识。

8.2 包装

产品包装应满足下列要求：

- a) 图示标志和警示标志满足 GB/T 191 的要求；
- b) 包装内含产品清单、产品说明书、产品合格证、出厂检验报告等随行文件；
- c) 运输包装件满足 GB/T 4857(所有部分)、GB/T 5398 及 GB/T 16471 的要求。

8.3 运输

产品运输过程应满足下列要求：

- a) 电池能量状态为 20%~50%，断开高压回路；
- b) 产品运输过程轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压；
- c) 产品运输过程防止剧烈振动、倒置、冲击、挤压、日晒雨淋。

8.4 贮存

产品贮存满足下列要求：

- a) 初始能量状态宜为 30%~50%，每贮存 6 个月宜进行能量状态维护；
- b) 贮存环境温度宜为 20℃~35℃，且不高于 50℃或低于-30℃；
- c) 贮存环境防止日晒雨淋，保持清洁、干燥、通风，远离火源、热源、腐蚀性介质及重物隐患。

附 录 A
(规范性)
电池工作参数

电池工作参数应满足表 A.1 要求。

表 A.1 电池工作参数表

电池层级	工作参数类型	工作参数要求
电池单体	—	与电池单体规格参数表一致
	电压限值	充电电压一级报警值>充电电压二级报警值>充电电压三级报警值>充电截止电压
		放电电压一级报警值<放电电压二级报警值<放电电压三级报警值<放电截止电压
	温度限值	高温一级报警温度>高温二级报警温度>高温三级报警温度>高温截止温度
		低温一级报警温度<低温二级报警温度<低温三级报警温度<低温截止温度
	充电截止条件	同时设定下列所有条件并监测是否达到下列任一条件： a) 电池单体电压达到电池单体充电截止电压； b) 电池单体温度达到电池单体高温截止温度； c) 电池单体温度达到电池单体低温截止温度
	放电截止条件	同时设定下列所有条件并监测是否达到下列任一条件： a) 电池单体电压达到电池单体放电截止电压； b) 电池单体温度达到电池单体高温截止温度； c) 电池单体温度达到电池单体低温截止温度
电池模块	—	与电池模块规格参数表一致
	额定充放电功率	≤电池单体型式检验报告中额定充放电功率×电池模块中电池单体个数
	额定充放电能量	≤电池单体型式检验报告中额定充放电能量×电池模块中电池单体个数
	电压限值	充电电压限值<电池单体充电电压限值×电池模块中电池单体串联个数
		放电电压限值>电池单体放电电压限值×电池模块中电池单体串联个数
		充电电压一级报警值>充电电压二级报警值>充电电压三级报警值>充电截止电压
		放电电压一级报警值<放电电压二级报警值<放电电压三级报警值<放电截止电压
	电池单体工作参数	与电池单体规格参数表一致
	充电截止条件	同时设定下列所有条件并监测是否达到下列任一条件： a) 电池模块电压达到电池模块充电截止电压； b) 任一电池单体电压达到电池单体充电截止电压； c) 任一电池单体温度达到电池单体高温截止温度； d) 任一电池单体温度达到电池单体低温截止温度

表 A.1 电池工作参数表（续）

电池层级	工作参数类型	工作参数要求
电池模块	放电截止条件	同时设定下列所有条件并监测是否达到下列任一条件： a) 电池模块电压达到电池模块放电截止电压； b) 任一电池单体电压达到电池单体放电截止电压； c) 任一电池单体温度达到电池单体高温截止温度； d) 任一电池单体温度达到电池单体低温截止温度
电池簇	—	与电池簇规格参数表一致
	额定充放电功率	$\leq$ 电池模块型式检验报告中额定充放电功率 $\times$ 电池簇中电池模块个数
	额定充放电能量	$\leq$ 电池模块型式检验报告中额定充放电能量 $\times$ 电池簇中电池模块个数
	电压限值	充电电压限值 $<$ 电池模块充电电压限值 $\times$ 电池簇中电池模块串联个数
		放电电压限值 $>$ 电池模块放电电压限值 $\times$ 电池簇中电池模块串联个数
		充电电压一级报警值 $>$ 充电电压二级报警值 $>$ 充电电压三级报警值 $>$ 充电截止电压
		放电电压一级报警值 $<$ 放电电压二级报警值 $<$ 放电电压三级报警值 $<$ 放电截止电压
	电流限值	充电电流一级报警值 $>$ 充电电流二级报警值 $>$ 充电电流三级报警值 $>$ 充电电流截止值
		放电电流一级报警值 $>$ 放电电流二级报警值 $>$ 放电电流三级报警值 $>$ 放电电流截止值
	电池模块电压极差限值	电池簇充电电池模块电压极差一级报警值 $>$ 电池簇充电电池模块电压极差二级报警值 $>$ 电池簇充电电池模块电压极差三级报警值 $>$ 电池簇充电电池模块电压极差截止值
		电池簇放电电池模块电压极差一级报警值 $>$ 电池簇放电电池模块电压极差二级报警值 $>$ 电池簇放电电池模块电压极差三级报警值 $>$ 电池簇放电电池模块电压极差截止值
	电池单体电压极差限值	电池簇充电电池单体电压极差一级报警值 $>$ 电池簇充电电池单体电压极差二级报警值 $>$ 电池簇充电电池单体电压极差三级报警值 $>$ 电池簇充电电池单体电压极差截止值
		电池簇放电电池单体电压极差一级报警值 $>$ 电池簇放电电池单体电压极差二级报警值 $>$ 电池簇放电电池单体电压极差三级报警值 $>$ 电池簇放电电池单体电压极差截止值
	电池单体温度极差限值	电池簇充电电池单体温度极差一级报警值 $>$ 电池簇充电电池单体温度极差二级报警值 $>$ 电池簇充电电池单体温度极差三级报警值 $>$ 电池簇充电电池单体温度极差截止值
		电池簇放电电池单体温度极差一级报警值 $>$ 电池簇放电电池单体温度极差二级报警值 $>$ 电池簇放电电池单体温度极差三级报警值 $>$ 电池簇放电电池单体温度极差截止值

表 A.1 电池工作参数表（续）

电池层级	工作参数类型	工作参数要求
电池簇	绝缘电阻限值	电池簇一级报警绝缘电阻<电池簇三级报警绝缘电阻
	电池模块工作参数	与电池模块规格参数表一致
	电池单体工作参数	与电池单体规格参数表一致
	充电截止条件	同时设定下列所有条件并监测是否达到下列任一条件： a) 电池簇电压达到电池簇充电截止电压； b) 任一电池模块电压达到电池模块充电截止电压； c) 任一电池单体电压达到电池单体充电截止电压； d) 电池簇电流达到电池簇充电电流截止值； e) 电池簇内电池模块电压极差达到电池簇充电电池模块电压极差截止值； f) 电池簇内电池单体电压极差达到电池簇充电电池单体电压极差截止值； g) 任一电池单体温度达到电池单体高温截止温度； h) 任一电池单体温度达到电池单体低温截止温度； i) 电池簇内电池单体温度极差达到电池簇充电电池单体温度极差截止值
	放电截止条件	同时设定下列所有条件并监测是否达到下列任一条件： a) 电池簇电压达到电池簇放电截止电压； b) 任一电池模块电压达到电池模块放电截止电压； c) 任一电池单体电压达到电池单体放电截止电压； d) 电池簇电流达到电池簇放电电流截止值； e) 电池簇内电池模块电压极差达到电池簇放电电池模块电压极差截止值； f) 电池簇内电池单体电压极差达到电池簇放电电池单体电压极差截止值； g) 任一电池单体温度达到电池单体高温截止温度； h) 任一电池单体温度达到电池单体低温截止温度； i) 电池簇内电池单体温度极差达到电池簇放电电池单体温度极差截止值

附录 B
(资料性)
电池规格参数表

B.1 按照表 B.1 提供电池单体规格参数。

表 B.1 电池单体规格参数表

电池单体型号			
电池单体编码			
项目	符号	单位	数值
最大应用海拔高度	h	m	
电池单体标称充电时间	t	—	
电池单体标称放电时间	t'	—	
电池单体额定充电功率	P_{rc}	W	
电池单体额定放电功率	P_{rd}	W	
电池单体额定充电能量	E_{rc}	W·h	
电池单体额定放电能量	E_{rd}	W·h	
电池单体额定功率充放电循环次数	—	次	
电池单体标称充电容量	C_{rc}	A·h	
电池单体标称放电容量	C_{rd}	A·h	
电池单体标称电压	U_{nom}	V	
电池单体尺寸	—	mm	(长×宽×高):(× ×)/ (长×宽×厚):(× ×)/ (直径×高):(×)
电池单体体积能量密度标称值	—	W·h/L	
电池单体质量	—	kg	
电池单体质量能量密度标称值	—	W·h/kg	
电池单体充电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压二级报警值	—	V	
电池单体充电电压三级报警值	—	V	
电池单体充电截止电压	—	V	
电池单体放电截止电压	—	V	
电池单体放电电压三级报警值	—	V	
电池单体放电电压二级报警值	—	V	
电池单体放电电压一级报警值	—	V	
电池单体高温一级报警温度	—	℃	

表 B.1 电池单体规格参数表（续）

项目	符号	单位	数值
电池单体高温二级报警温度	—	℃	
电池单体高温三级报警温度	—	℃	
电池单体高温截止温度	—	℃	
电池单体低温截止温度	—	℃	
电池单体低温三级报警温度	—	℃	
电池单体低温二级报警温度	—	℃	
电池单体低温一级报警温度	—	℃	
使用夹具项目	☐ 初始充放电性能试验 ☐ 功率特性试验 ☐ 倍率充放电性能试验 ☐ 能量保持与能量恢复能力试验 ☐ 高海拔初始充放电性能试验 ☐ 循环性能试验 ☐ 过充电试验 ☐ 过放电试验 ☐ 过载试验 ☐ 短路试验 ☐ 热失控试验		
泄压方式	☐ 防爆阀 ☐ 泄压点(无防爆阀)		

B.2 按照表 B.2 提供电池模块规格参数。

表 B.2 电池模块规格参数表

电池模块型号			
电池模块编码			
电池单体型号			
电池单体编码			电池模块内单体串并联方式:___并___串
电池管理系统型号			电池管理系统软件版本号
项目	符号	单位	数值
最大应用海拔高度	h	m	
电池模块标称充电时间	t	—	
电池模块标称放电时间	t'	—	
电池模块额定充电功率	P_{rc}	kW	
电池模块额定放电功率	P_{rd}	kW	
电池模块额定充电能量	E_{rc}	kW·h	
电池模块额定放电能量	E_{rd}	kW·h	
电池模块额定功率充放电循环次数	—	次	
电池模块标称充电容量	C_{rc}	A·h	
电池模块标称放电容量	C_{rd}	A·h	
电池模块标称电压	—	V	

表 B.2 电池模块规格参数表（续）

项目	符号	单位	数值
电池模块尺寸(长×宽×高)	—	mm	____×____×____
电池模块体积能量密度标称值	—	W·h/L	
电池模块质量	—	kg	
电池模块质量能量密度标称值	—	W·h/kg	
电池模块充电电压一级报警值	—	V	
电池模块充电电压二级报警值	—	V	
电池模块充电电压三级报警值	—	V	
电池模块充电截止电压	—	V	
电池模块放电截止电压	—	V	
电池模块放电电压三级报警值	—	V	
电池模块放电电压二级报警值	—	V	
电池模块放电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压二级报警值	—	V	
电池单体充电电压三级报警值	—	V	
电池单体充电截止电压	—	V	
电池单体放电截止电压	—	V	
电池单体放电电压三级报警值	—	V	
电池单体放电电压二级报警值	—	V	
电池单体放电电压一级报警值	—	V	
电池单体高温一级报警温度	—	℃	
电池单体高温二级报警温度	—	℃	
电池单体高温三级报警温度	—	℃	
电池单体高温截止温度	—	℃	
电池单体低温截止温度	—	℃	
电池单体低温三级报警温度	—	℃	
电池单体低温二级报警温度	—	℃	
电池单体低温一级报警温度	—	℃	
电池模块液冷管路最大工作压强	—	kPa	

B.3 按照表 B.3 提供电池簇规格参数。

表 B.3 电池簇规格参数表

电池簇型号			
电池簇编码			
电池模块型号			
电池模块编码			
电池单体型号		电池簇内模块串并联方式：___并___串	
电池单体编码		电池模块内单体串并联方式：___并___串	
电池管理系统型号		电池管理系统软件版本号	
项目	符号	单位	数值
最大应用海拔高度	h	m	
电池簇标称充电时间	t	—	
电池簇标称放电时间	t'	—	
电池簇额定充电功率	P_{rcn}	kW	
电池簇额定放电功率	$P_{\text{rdn}'}$	kW	
电池簇额定充电能量	E_{rcn}	kW·h	
电池簇额定放电能量	$E_{\text{rdn}'}$	kW·h	
电池簇标称充电容量	C_{rcn}	A·h	
电池簇标称放电容量	$C_{\text{rdn}'}$	A·h	
电池簇标称电压	—	V	
电池簇尺寸(长×宽×高)	—	mm	___×___×___
电池簇体积能量密度标称值	—	W·h/L	
电池簇充电电压一级报警值	—	V	
电池簇充电电压二级报警值	—	V	
电池簇充电电压三级报警值	—	V	
电池簇充电截止电压	—	V	
电池簇放电截止电压	—	V	
电池簇放电电压三级报警值	—	V	
电池簇放电电压二级报警值	—	V	
电池簇放电电压一级报警值	—	V	
电池模块充电电压一级报警值	—	V	
电池模块充电电压二级报警值	—	V	
电池模块充电电压三级报警值	—	V	
电池模块充电截止电压	—	V	
电池模块放电截止电压	—	V	
电池模块放电电压三级报警值	—	V	
电池模块放电电压二级报警值	—	V	

表 B.3 电池簇规格参数表（续）

项目	符号	单位	数值
电池模块放电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压二级报警值	—	V	
电池单体充电电压三级报警值	—	V	
电池单体充电截止电压	—	V	
电池单体放电截止电压	—	V	
电池单体放电电压三级报警值	—	V	
电池单体放电电压二级报警值	—	V	
电池单体放电电压一级报警值	—	V	
电池簇充电电流一级报警值	—	A	
电池簇充电电流二级报警值	—	A	
电池簇充电电流三级报警值	—	A	
电池簇充电电流截止值	—	A	
电池簇放电电流一级报警值	—	A	
电池簇放电电流二级报警值	—	A	
电池簇放电电流三级报警值	—	A	
电池簇放电电流截止值	—	A	
电池单体高温一级报警温度	—	℃	
电池单体高温二级报警温度	—	℃	
电池单体高温三级报警温度	—	℃	
电池单体高温截止温度	—	℃	
电池单体低温截止温度	—	℃	
电池单体低温三级报警温度	—	℃	
电池单体低温二级报警温度	—	℃	
电池单体低温一级报警温度	—	℃	
电池簇充电电池模块电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇充电电池模块电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇充电电池模块电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇充电电池模块电压极差截止值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差截止值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差一级报警值	—	mV	

表 B.3 电池簇规格参数表（续）

项目	符号	单位	数值
电池簇充电电池单体电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差截止值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差截止值	—	mV	
电池簇充电电池单体温度极差一级报警值	—	℃	
电池簇充电电池单体温度极差二级报警值	—	℃	
电池簇充电电池单体温度极差三级报警值	—	℃	
电池簇充电电池单体温度极差截止值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差一级报警值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差二级报警值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差三级报警值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差截止值	—	℃	
电池簇三级报警绝缘电阻	—	kΩ	
电池簇一级报警绝缘电阻	—	kΩ	
电池簇液冷管路最大工作压强	—	kPa	