ICS XXXXXXX

Z XXX

团体标准

**T/CET** XXX-XXXX

**储能系统梯次利用磷酸铁锂电池**

**技术要求与试验方法**

Technical requirements and test methods of lithium iron phosphate battery for cascade utilization of energy storage system

**(征求意见稿)**

**中国电力技术市场协会**

**中华环保联合会**

**中国电力技术市场协会**

**中华环保联合会**

20 - - 发布 20 - - 实施

发 布

**中国电力技术市场协会**

20 - - 发布

**中国电力技术市场协会**

**中华环保联合会**

**中国电力技术市场协会**

**中华环保联合会**

目 次

[1 范围 4](#_Toc114747890)

[2 规范性引用文件 4](#_Toc114747891)

[3 术语、定义和符号 4](#_Toc114747892)

[4 规格 8](#_Toc114747893)

[5 技术要求 9](#_Toc114747894)

[6 检验规则 14](#_Toc114747895)

[7 标志、包装、运输和储存 17](#_Toc114747896)

[附录A 18](#_Toc114747897)

前 言

本文件根据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》给出的规则起草。

本文件根据国家能源局《关于加强储能技术标准化工作的实施方案（征求意见稿）》精神，中国电力技术市场协会根据行业需求制订。

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这些专利的责任。

本文件由中国电力技术市场协会提出并归口。

本文件充分考虑用户侧储能基本任务和我国动力电池退役规模及可用性而制定。

本文件起草单位：

参编单位：

本标准主要起草人：

储能系统梯次利用磷酸铁锂电池技术要求与试验方法

# 1范围

本文件规定了储能系统梯次利用退役电池的相关术语、定义，以及技术要求与试验方法。

本文适用于充放电倍率小于0.5C的梯次利用磷酸铁锂电池。

# 2规范性引用文件

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

GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T2408-2008 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

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

YD/T 2344.2-2015 通信用磷酸铁锂电池组 第2部分：分立式电池组

# 3术语、定义和符号

3.1.1磷酸铁锂电池

磷酸铁锂电池是指用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池，由电极、电解质、容器、极柱、还有隔离层组成的基本功能单元。

3.1.2电池单体 cell

由一个电解液系统构成的磷酸铁锂电池，实现化学能和电能相互转化的基本单元，标称电压为3.2V。

3.1.3电池模块 battery module

由电池单体采用串联、并联或串并联连接方式，且只有一对正负极输出端子的电池组合体，还宜包括外壳、管理与保护装置等部件。

3.1.4电池簇 battery cluster

由电池模块采用串联、并联或串并联连接方式，且与储能变流器及附属设施连接后实现独立运行的电池组合体，还宜包括电池管理系统、监护和保护电路、电气和通信接口等部件。

3.1.5单体电池额定容量 rated capacity of single battery

单体电池用设定的电流放电到终止电压所能放出的容量，单位安时（Ah）,是放电电流与放电时间的乘积。

3.1.6单体电池标称容量 nominal capacity of single battery

指设计与制造电池时电池厂规定或保证电池在25℃±5℃下，应该放出最低限度的容量。用10h率放电电流、截至电压2.7V时放出的额定容量$C\_{10}$表示，数值1.0$C\_{10}$，单位为安时（Ah）。

3.1.7终止电压 end of voltage

电池单体/电池模块要求停止放电的电压。

3.1.8容量保存率 save rate of capacity

电池模块在规定的环境条件下，存储一定时间后，在规定充放电条件下，电池模块可放出容量的能力。

3.1.9内阻 internal resistance

电流流过电池单体/电池模块时，电池单体/电池模块输出端的电压变化所反应出来的阻值，用Ri表示，单位为欧姆（Ω）或毫欧（mΩ）。

额定充电电流 rated charging current

在规定实验条件和实验方法下，电池可持续工作一定时间的充电电流。

3.1.11额定放电电流 rated discharging current

在规定实验条件和实验方法下，电池可持续工作一定时间的放电电流。

3.1.12额定电流 rated current

在规定实验条件和实验方法下，电池可持续工作一定时间的电流，包括额定充电电流、额定放电电流。

3.1.13额定充电容量 rated charging capacity

在规定试验条件和试验方法下．初始化放电的电池以额定充电电流充电至充电终止电压时的充电容量。

3.1.14额定放电容量 rated discharging capacity

在规定试验条件和试验方法下，初始化充电的电池以额定放电电流放电至放电终止电压时的放电容量。

3.1.15初始充电容量 initial charging capacity

电池在规定试验条件和试验方法下测得的充电容量。

3.1.16初始放电容量 initial discharging capacity

电池在规定试验条件和试验方法下测得的放电容量。

3.1.17容量效率 capacity efficiency

在规定试验条件和试验方法下，电池的放电容量与充电容量的比值，用百分数表示。

3.1.18倍率充放电 rate charging/discharging

在规定试验条件和试验方法下，以额定电流的倍数对电池进行充放电的方式。

3.1.19容量保持率retention rate of capacity

在规定试验条件和试验方法下，电池的充电容量、放电容量分别与初始充电容量、初始放电容量的比值，用百分数表示。

3.1.20壳体 case

将电池单体内部部件封装并防止与外部直接接触的保护部件，是电池单体的容器。

3.1.21起火 fire

电池任何部位发生持续时间大于1 s的燃烧，火花及拉弧不属于燃烧。

3.1.22爆炸 explosion

电池壳体破裂，伴随剧烈响声，且有固体物质等主要成分抛射。

3.1.23热失控 thermal runaway

电池单体内部放热反应引起不可控温升的现象。

3.1.24漏液 leakage

电池内部液体泄漏到电池壳体外部。

3.1.25热失控扩散 thermal runaway diffusion

电池模块内的电池单体发生热失控后触发与其相邻或其他部位的电池单体发生热失控的现象。

3.1.26绝热温升 adiabatic temperature rise

电池单体处于绝热环境中，由其内部产生或从外部吸收的热量使电池单体温度升高的现象。

3.2符号

下列符号适用于本文件。

$C\_{10}$：额定容量，指设计与制造电池时电池厂规定或保证电池在25℃±5℃下，应该放出最低限度的容量。用10h率放电电流、截至电压2.7V时放出的额定容量$C\_{10}$表示，数值1.0$C\_{10}$，单位为安时（Ah）。

$I\_{10}$：10h率放电电流用$I\_{10}$表示，数值为0.1$C\_{10}$，单位为安培（A）。

充放电电流要求(LFP-Gr体系）：

充放电电流范围：0-10$I\_{10}$，充电默认值：1.0$I\_{10}$，放电电流默认值为1.0$I\_{10}$

完全充满电方式：在环境25℃±2℃条件下，以规定电流充电，当电池单体/电池组电压达到规定上限电压时，搁置1h（或企业提供的不高于1h的搁置时间）

实测基准容量（初始容量）：按照规定充放电要求循环5次，当连续3次试验结果的极差小于额定容量的7%，可提前结束试验，取样品后三次测试容量平均值作为该单体电池/电池模块的10小时率实测基准容量Ce

# 4规格

储能系统梯次利用退役电池的规格信息应复合下列规则

Li-Level-EES V-$I\_{P}$-$I\_{P^{'}}$-$C\_{10}$

额定容量

额定放电电流

额定充电电流

标称电压

电力储能用

层级（Cell/Module/Cluster）

锂离子电池

示例1：

锂离子电池单体，电力储能用，标称电压3.2V，额定充电电流20A，额定放电电流20A，额定容量200Ah,标识为：Li-Cell-EES 3.2V-20A-20A-200Ah。

示例2：

锂离子电池模块，电力储能用，标称电压51.2V，额定充电电流20A，额定放电电流20A，额定容量200Ah,标识为：Li-Module-EES 51.2V-20A-20A-200Ah。

示例3：

锂离子电池簇，电力储能用，标称电压512V，额定充电电流20A，额定放电电流20A，额定容量200Ah,标识为：Li-Cluster-EES 512V-20A-20A-200Ah。

# 5技术要求

5.1一般要求

5.1.1外观

电池单体表面应干燥、平整无毛刺、无外伤、无污物，且标识清晰、正确；

电池模块表面应清洁，无明显变形，无机械损伤，接口触点无锈蚀；

电池模块表面应有必需的产品标识，且标识清楚；

电池模块的正、负极端子及极性应有明显标记，便于连接；

电池模块的电源接口、通讯（或告警）接口应有明确标识；

电池单体及电池模块应进行走线布局设计,使电池连接线、控制线布局美观、整齐。

电池簇设备零部件及辅助设施表面应干燥、无外伤、无污物，排列整齐、连接可靠，且标识清晰、正确。

5.2基本性能要求

5.2.1初始充放电容量要求

5.2.1.1电池模块

电池模块初始充放电容量应符合下列要求：

初始充电容量不小于额定充电容量；

初始放电容量不小于额定放电容量；

容量效率不低于90%；

试验样品的初始充电容量的极差平均值不大于初始充电容量平均值的7%;

试验样品的初始放电容量的极差平均值不大于初始放电容量平均值的7%。

5.2.1.2电池簇

电池簇初始充放电容量应符合下列要求：

初始充电容量不小于额定充电容量；

初始放电容量不小于额定放电容量；

能量效率不小于88%。

5.2.2倍率充放电性能

电池模块倍率充放电性能应符合下列要求:

按照A.3.11步骤进行测试，

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 环境温度 | 放电电流 | 电池容量要求 |
| 25℃ | 1.0I10 | 记录放电容量Ce应≥60%原始容量，电池无变形、无爆裂。 |
| 3.3I10 | 放电容量应不低于Ce的95%，电池组外观无变形、无爆裂 |
| 10I10 | 放电容量应不低于Ce的90%，电池组外观无变形无、爆裂 |

5.2.3高温放电性能

按照A.3.12步骤进行测试，55℃±2℃下放电容量不低于初始容量的90%，且电池模块外观不变形、无爆裂；

5.2.4低温放电性能

电池模块低温充放电性能应符合下列要求：

按照A.3.13步骤进行测试，0℃±2℃下放电容量不低于初始容量的80%，且电池模块外观不变形、无爆裂；

-10℃±2℃下放电容量不低于初始容量的70%，且电池模块外观不变形、无爆裂；

5.2.5荷电保持与容量恢复能力

按照A.3.14步骤进行测试电池模块室温荷电保持与容量恢复能力应符合下列要求：

容量保持率不小于90%；

容量恢复率不小于95%；

5.2.6循环性能

电池模块循环性能应符合下列要求：

循环次数达到500次时，容量保持率不小于90%;

5.2.7绝热温升

应提供绝热条件下电池单体不同溫度点对应的温升速率数据表，且应提供根据记录的试验数据作出的温度-温升速率曲线。

5.2.8一致性要求

5.2.8.1电池模块

电池模块内各电芯应为同一原始生产厂家、型号规格相同、材料体系相同的产品，且符合下列要求：

静态开路电压差：电池模块完全充电后，静置1h，单体电池之间的静态开路电压最大值与最小值的差值应≤100mV；

单体容量差：电池模块内单体电池之间容量的最大值、最小值的差值和平均值的比应不大于15% ；

5.2.8.2电池簇

电池簇内各电芯应为同一原始生产厂家、型号规格相同、材料体系相同的产品，且符合下列要求：

静态开路电压差：电池模块完全充电后，静置1h，单体电池之间的静态开路电压最大值与最小值的差值应≤150mV；

电池模块容量差：电池簇内电池模块之间容量的最大值、最小值的差值和平均值的比应不大于20% ；

5.2.9安全性能

5.2.9.1过充电

将电池单体按照A.2.2规定进行试验，不应起火、爆炸；

将电池模块按照A.3.3规定进行试验，不应起火、爆炸。

5.2.9.2过放电

将电池单体按照A.2.3规定进行试验，不应起火、爆炸。

将电池模块按照A.3.4规定进行试验，不应起火、爆炸。

5.2.9.3短路

将电池单体按照A.2.4规定进行试验不应起火 、爆炸。

将电池模块按照A.3.5规定进行试验，不应起火、爆炸。

5.2.9.4挤压

将电池单体按照A.2.5规定进行试验，不应起火、 爆炸。

5.2.9.5跌落

将电池单体按照A.2.6规定进行试验，不应起火、爆炸。

将电池模块按照A.3.6规定进行试验，不应起火、爆炸。

5.2.9.6低气压

将电池单体按照A.2.7规定进行试验，不应起火、爆炸。

5.2.9.7加热

将电池单体按照A.2.8规定进行试验，不应起火、爆炸。

5.2.9.8热失控

触发单体达到热失控的判定条件时，不应起火、爆炸。

5.2.9.9盐雾与高温高湿

在海洋性气候条件下应用的电池模块应满足盐雾性能要求，在喷雾-贮存循环条件下，不应起火、爆炸。

在非海洋性气候条件下应用的电池模块应满足高温高湿性能要求，在高温高湿贮存条件下，不应起火、爆炸。

5.2.9.10绝缘性能

按标称电压计算，将电池模块按照A.3.2规定进行试验，电池模块正极与外部裸露可到店部分之间、电池模块负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻均不应小于1000Ω/V。

按标称电压计算，将电池簇按照A.3.2规定进行试验，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、的绝缘电阻均不应小于l0OOΩ/V。

5.2.9.11耐压性能

将电池模块按照A.3.2规定进行试验，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。

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

5.2.9.12阻燃性能

对于塑料外壳和保护盖的电池模块，按照A.3.10规定进行测试，外壳应符合GB/T2408-2008 中第8.4.1条HB(水平级)和第9.4 条V-0（垂直级）的要求。

5.3内阻要求

在25%SOC下，单体电池放电 DCIR≤出厂值\*4.5 mΩ

DCIR内阻测试方法：

25±5℃，采用15$I\_{10}$ （最高不超过200A）放电30s，精密高内阻仪检验

对电池进行标准充电，搁置30分钟，然后以标准放电至指定荷电态；

将电池在25±5℃储存至少4h；

使用指定的电流15$I\_{10}$ （最高不超过200A）对电池进行充电或者放电，时间为t；

使用数据采集仪器记录过程中电压的变化，频率至少0.2s/次；

通过下式计算其等效电阻：

放电内阻=△V放电/△I放电= - (Vt1-Vt0) / (It1-I0)

充电内阻=△V充电/△I充电= - (Vt3-Vt2) / (It3-I2)

# 6检验规则

6.1检验分类和检验项目

检验分为出厂检验和型式试验，检验分类和检验项目应符合表 l 的规定，试验方法见附录 A 。

表1 检验分类和检验项目

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验样品 | 序号 | 试验项目 | 出厂检验 | 型式试验 |
| 电池单体 | 1 | 外观试验 | √ | √ |
| 2 | 极性检测 | √ | √ |
| 3 | 过充电试验 |  | √ |
| 4 | 过放电试验 |  | √ |
| 5 | 短路试验 |  | √ |
| 6 | 挤压试验 |  | √ |
| 7 | 跌落试验 |  | √ |
| 8 | 低气压试验 |  | √ |
| 9 | 加热试验 |  | √ |
| 10 | 热失控试验 |  | √ |
| 电池模块 | 1 | 外观检验 | √ | √ |
| 2 | 极性检测 | √ | √ |
| 3 | 倍率充放电性能试验 |  | √ |
| 4 | 荷电保持与容量恢复能力试验 |  | √ |
| 5 | 绝缘性能实验 |  | √ |
| 6 | 耐压性能试验 |  | √ |
| 7 | 循环性能试验 |  | √ |
| 8 | 过充电试验 |  | √ |
| 9 | 过放电试验 |  | √ |
| 10 | 短路试验 |  | √ |
| 11 | 跌落试验 |  | √ |
| 12 | 盐雾与高温高湿试验 |  | √ |
| 电池簇 | 1 | 外观检测 | √ | √ |
| 2 | 绝缘性能试验 |  | √ |
| 3 | 耐压性能试验 |  | √ |

注： 电池簇检验根据出厂时是否以电池簇为产品形态来选择。

6.2出厂检验

每一批产品出厂前应进行出厂检验，出厂检验要求和样品数量应符合表2的规定。

表2 出厂检验要求和样品数量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 要求（章条号） | 试验方法（章条号） | 样品抽样比例 |
| 1 | 外观检测（电池单体、电池模块、电池簇） | 5.1.1 | A.2.1、A.3.1 | 100% |
| 2 | 极性检测（电池单体、电池模块） | 5.1.1 | A.2.1、A.3.1 | 100% |
| 3 | 初始充放电容量（电池模块） | 5.2.1.1 | A.3.10 | GB/T 2828.1 级标准 |

6.3型式试验

6.3.1需进行型式试验的情形

有下列情况之一应进行型式试验：

新产品投产；

厂址变更；

停产超过一年后复产；

结构、工艺或材料有重大改变；

合同约定。

6.3.2型式试验要求和样品数量

型式试验要求的样品数量应符合表3的规定。

表3 型式试验要求的样品数量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验样品 | 序号 | 试验项目 | 样品数量及编号 |
| 电池单体 | 1 | 外观试验 | 1#~16# |
| 2 | 极性检测 |
| 3 | 过充电试验 | 1#、2# |
| 4 | 过放电试验 | 3#、4# |
| 5 | 短路试验 | 5#、6# |
| 6 | 挤压试验 | 7#、8# |
| 7 | 跌落试验 | 9#、10# |
| 8 | 低气压试验 | 11#、12# |
| 9 | 加热试验 | 13#、14# |
| 10 | 热失控试验 | 15#、16# |
| 电池模块 | 1 | 外观检验 | 1#~11# |
| 2 | 极性检测 |
| 3 | 倍率充放电性能试验 | 1# |
| 4 | 荷电保持与容量恢复能力试验 | 2#~3# |
| 5 | 绝缘性能试验 | 4# |
| 6 | 耐压性能试验 | 5# |
| 7 | 循环性能试验 | 6# |
| 8 | 过充电试验 | 7# |
| 9 | 过放电试验 | 8# |
| 10 | 短路试验 | 9# |
| 11 | 跌落试验 | 10# |
| 12 | 盐雾与高温高湿试验 | 11# |
| 电池簇 | 1 | 外观检测 | 1# |
| 2 | 绝缘性能试验 |
| 3 | 耐压性能试验 |

注：型式试验共需电池单体16个，电池模块11个，电池簇1个。

6.3.3判定规则

型式试验中，所有试验样品进行的试验项目全部满足要求，则判定为型式试验合格；若有1个试验样品或1项试验项目不满足要求，则判定为型式试验不合格。

# 7标志、包装、运输和储存

除增加在运输过程中须加装阻挡外部火源接触的装置外，均按照标准GB/T36276-2018中第7条“7 标志、包装、运输和存储”实施。

附录A

（规范性附录）

试验方法

1. 试验条件
	1. 试验环境

试验环境应符合下列要求：

1. 除另有规定外,试验应在相对湿度≤90%、大气压力为86 kPa~106 kPa的环境中进行；
2. 试验场地应具备完善的消防和应急措施；
3. 试验人员应配备个人防护用具。
	1. 测量仪表

测量仪表应符合下列要求：

测量仪表要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 要求 |
| 电压表 | 精度应不低于 0.5 级，内阻应不小于 10kΩ/V。 |
| 电流表 | 精度应不低于 0.5 级。 |
| 测量时间的仪表 | 精度应不低于±0.1%。 |
| 恒流源 | 电流连续可调，在充电或放电过程中，其电流变化应在±1%范围内。 |
| 恒压源 | 电压连续可调，其电压变化应在±0.5%范围内。 |
| 电池内阻测试仪 | 精度应不低于 0.1mΩ。 |
| 点温计或者温度计 | 精度应不低于±1℃。 |
| 电池充放电测试仪 | 电压电流连续可调，电压输出和检测精度不低于±0.5%，电流输出和检测精度不低于±0.1%。 |

* 1. 试验准备
		1. 初始化充电

电池的初始化充电按照下列步骤进行：

1. 电池单体初始化充电
2. 在（25±2）℃下搁置5h；
3. 以1.0I10恒流放电至电池单体的放电终止电压，静置30min；
4. 以1.0I10恒流充电至电池单体的充电终止电压，静置30min。
5. 电池模块初始化充电
6. 在（25±2）℃下搁置5h；
7. 以1.0I10恒流放电至任一单体或模块的放电终止电压，静置30min；
8. 以1.0I10恒流充电至任一单体或模块的充电终止电压，静置30min。
	* 1. 初始化放电

 电池的初始化放电应按照下列步骤进行：

1. 电池单体初始化放电
2. 在（25±2）℃下搁置5h；
3. 以1.0I10恒流充电至电池单体的充电终止电压，静置30min；
4. 以1.0I10恒流放电至电池单体的放电终止电压，静置30min。
5. 电池模块初始化放电
6. 在（25±2）℃下搁置5h；
7. 以1.0I10恒流充电至任一单体或模块的充电终止电压，静置30min。
8. 以1.0I10恒流放电至任一单体或模块的放电终止电压，静置30min。
	* 1. 基本要求

电池安全性能试验应在有强制排风条件及防爆措施的装置内进行；

所有电池均应按A.1.3.1规定充满电后，并静置6h后再进行以下试验。

1. 电池单体试验
	1. 外观及极性检验
2. 在良好的光线条件下，用目测法检验电池单体的外观；
3. 用电压表检测电池单体的极性；
	1. 过充电试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，将恒流恒压源电压设定为电压6V，以1.0$I\_{10}$A 电流继续对其充电1h，电池应符合5.2.9.1的要求。

* 1. 过放电试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，以1.0$I\_{10}$A电流放电至0.1V，电池应符合5.2.9.2的要求。

* 1. 短路试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，将电池的正负极用 0.1Ω电阻器短路，试验过程中用具有连续记录功能的点温计监测电池温度变化，当温度下降到低于峰值 10℃时结束试验，应符合5.2.9.3的要求。

* 1. 挤压试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，电池两个最大面积的表面之间进行压缩，压缩力通过一个直径为32mm的液压活塞施加，压缩持续进行直至压力达到17.2Mpa，施加的压力为13kN，当达到最大压力后泄压，应符合5.2.9.4 的要求。（挤压方向参照标准GB/T36276-2008中A.2.15挤压实验）

* 1. 跌落试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，将电池单体的正极或负极端子朝下从1.5 m高度处自由跌落到水泥地面上1次，应符合5.2.9.5的要求。

* 1. 低气压试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，将电池单体放入低气压箱中．将气压调节至11.6 kPa，温度为(25土5)℃，静置6 h。应符合5.2.9.6的要求。

* 1. 加热试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，将电池单体放入加热试验箱。以5℃/min的速率由环境温度升至(130土2)℃并保待30 min。应符合5.2.9.7的要求。

* 1. 热失控

电池单体热失控实验参照标准GB/T36276-2008中A.2.19热失控实验，应符合5.2.9.8的要求。

1. 电池模块试验
	1. 外观及极性检验
2. 在良好的光线条件下，用目测法检验电池模块的外观；
3. 用电压表检测电池模块的极性；
	1. 耐压性能试验
4. 电池模块按A.1.3规定充满电后，将电池模块的电源断开，主电路的开关和控制设备应闭合或旁路；对半导体器件和不能承受规定电压的元件，应将其断升或旁路；安装在带电部件和裸露导电部件之间的抗扰性电容器不应断开；试验开始时施加的电压不应大于规定值的50% ，然后在几秒钟之内将试验电压平稳增加至规定的最大值并保持5 S;
5. 试验电压施加部位应包括电池模块正极与外部裸露可导电部分之间和电池模块负极与外部裸露可导电部分之间；
6. 可采用交流电压或等于规定交流电压峰值的直流电压进行试验，交流或直流试验电压有效值不应大于规定值的5%;
7. 交流电源应具有足够的功率以维持试验电压，可不考虑漏电流，此试验电压应为正弦波， 且频率为45 Hz~62 Hz;
8. 由主电路直接供电的辅助电路，试验电压值应参照标准GB/T36276-2008中A.3.11表A.3选取；不适于由主电路直接供电的辅助电路，应参照标准GB/T36276-2018中A.3.11表A.4选取。
9. 记录是否有击穿或闪络现象。
	1. 过充电试验

电池模块按A.1.3规定充满电后，以1.0$I\_{10}$A 电流继续对其充电1h，电池应符合5.2.9.1的要求。

* 1. 过放电试验

电池模块按A.1.3规定充满电后，以1.0$I\_{10}$A电流放电时间达到90 min或任一电池单体电压达到0.1V时停止放电，电池模块应符合5.2.9.2的要求。

* 1. 短路试验

电池模块按A.1.3规定充满电后，将电池的正负极用 0.1Ω电阻器短路，试验过程中用具有连续记录功能的点温计监测电池温度变化，当温度下降到低于峰值 10℃时结束试验，应符合5.2.9.3的要求。

* 1. 跌落试验

电池单体按A.1.3规定充满电后，将电池模块的正极或负极端子朝下从1.2 m高度处自由跌落到水泥地面上1次，应符合5.2.9.5的要求。

* 1. 盐雾试验
1. 电池模块按A.1.3规定充满电；
2. 采用氯化钠（化学纯或分析纯）和蒸馏水（或去离子水）配置盐溶液，浓度为(5土0.1)％（质量分数），温度为(20士2)℃时，溶液的pH俏应为6.5~7.2;
3. 将电池模块放入盐雾箱，在15℃~35℃下喷盐雾2 h;
4. 喷雾结束后，将电池模块转移到湿热箱中贮存20 h~22 h，完成1次喷雾-贮存循环，湿热箱温度设定为(40士2)℃、相对湿度设定为(93士3)%；
5. 将步骤3)~4)共循环4次；
6. 将电池模块在温度为(23土2)℃、相对湿度为45%~55％的条件下贮存3d;
7. 将步骤3)~6)共循环4次；
8. 应符合5.2.9.9的要求。

注：此实验适用于海洋气候条件下的应用场景。

* 1. 高温高湿试验

电池模块按A.1.3规定充满电，将电池模块放入湿热箱中，在温度为(45士2)℃、相对湿度为(93士3)％的条件下贮存3d;应符合5.2.9.9的要求。

注：此实验适用于非海洋气候条件下的应用场景。

* 1. 绝缘性能试验

电池模块电池模块按A.1.3规定充满电后，将电池模块的正、负极与外部装置断开，如电池模块内部有接触器应将其处于吸合状态；如电池模块附带绝缘电阻检测系统，应将其关闭；对不能承受绝缘电压的元件，测量前应将其短接或拆除；按照标准GB/T36276-2008中A.3.10绝缘性能实验中表A.2选择合适电压等级的绝缘电阻测量仪进行测试，试验电压施加部位应包括电池模块正极与外部裸露可导电部分之间和电池模块负极与外部裸露可导电部分之间；记录实验结果。

* 1. 阻燃性能试验

对于有塑料外壳和保护盖的电池模块按下列步骤进行试验：

1. 按GB/T 2408-2008标准中的第6 章进行取样制备；
2. 被试样品应在温度（15～35）℃、相对湿度45%～75%条件下放置24h 开始试验；
3. 水平法按GB/T 2408-2008 中的第8 章进行；
4. 垂直法按GB/T 2408-2008 中的第9 章进行；
5. 试验结果应符合5.2.9.12的要求。
	1. 初始充放电容量试验

在（25±2）℃下，电池模块初始充放电容量试验按照下列步骤进行：

1. 电池模块初始化放电；
2. 电池模块以1.0$I\_{10}$恒流充电至单体的充电终止电压，静置60min;
3. 电池模块以1.0$I\_{10}$恒流充电至单体的充电终止电压，静置60min;
4. 重复步骤2)-3)5次，按照规定充放电要求循环5次，当连续3次试验结果的极差小于额定容量的7%，可提前结束试验，取样品后三次测试容量平均值作为该电池模块的10小时率实测基准容量Ce。
	1. 倍率充放电试验

在（25±2）℃下，电池模块倍率充放电试验按照下列步骤进行：

1. 电池模块按照A.3.11方法充电；
2. 电池模块以1.0$I\_{10}$电流放电至任何一单体电池电压达到放电终止电压；
3. 重复1）-2)步骤，2）步骤电流分别用3.3$I\_{10}$、10$I\_{10}$放电，计量放电容量（以Ah计），记录实验结果。
	1. 高温放电试验
4. 25℃±2℃环境下搁置6h，电池模块按照A.3.11方法充电；
5. 在（55±2）℃的低温箱中静置4h，电池模块以1.0$I\_{10}$电流放电至任何一单体电池电压达到放电终止电压或者电池模块下限截止电压停止测试，记录放电容量（以Ah计）。
	1. 低温放电试验
6. 25℃±2℃环境下6h，电池模块按照A.3.11方法充电；
7. 在（0±2）℃下6h（建议适当延长），电池模块以1.0$I\_{10}$电流放电至任何一单体电池电压达到放电终止电压或者电池模块下限截止电压停止测试；
8. 25℃±2℃环境下搁置6h，电池模块按照A.3.10方法充电后，在（-10±2）℃的低温箱中静置6h，电池模块以1.0$I\_{10}$电流放电至任何一单体电池电压达到放电终止电压或者电池模块下限截止电压停止测试，记录放电容量（以Ah计）。
	1. 荷电保持与容量恢复能力试验

电池模块荷电保持与容量恢复能力试验按照下列步骤进行：

1. 电池模块初始化充电,按照A.3.11方法充电；
2. 电池模块在（25±2）℃储存28d；
3. 在（25±2）℃下，电池模块以1.0$I\_{10}恒$流放电至电池单体的放电终止电压，静置60min；
4. 在（25±2）℃下，电池模块以1.0$I\_{10}恒$流充电至电池单体的充电终止电压，静置60min；
5. 在（25±2）℃下，电池模块以1.0$I\_{10}$恒流放电至电池单体的放电终止电压；记录放电容量（以Ah计）。
	1. 循环性能试验

在(25士2)℃下，电池模块循环性能试验按照下列步骤进行：

1. 电池模块初始化放电；
2. 电池模块以2.5$I\_{10}$恒流充电至任一单体或模块的充电终止电压，静置60 min；
3. 电池模块以2.5$I\_{10}$恒流放电至任一单体或模块的放电终止电压，静置60 min；
4. 按照 2)~3)连续循环500次；
5. 根据试验数据作容量、容量保持率及库伦效率随循环次数变化的曲线图。
6. 电池簇试验
	1. 绝缘性能试验

电池簇绝缘性能试验按照下列步骤进行：

1. 电池簇初始化充电；
2. 将电池簇的正、负极与外部装置断开，如电池簇内部有接触器应将其处于吸合状态；如电池簇附带绝缘电阻监测系统，应将其关闭；对不能承受绝缘电压试验的元件，测量前应将其短接或拆除；
3. 按照标准GB/T36276-2018中A.4.3绝缘性能实验中表A.5选择合适电压等级的绝缘电阻测量仪进行测试，试验电压施加部位应包括电池簇正极与外部裸露可导电部分之间和电池簇负极与外部裸露可导电部分之间；
	1. 耐压性能试验

电池簇耐压性能试验按照下列步骤进行：

1. 电池簇初始化充电，将电池簇的电源断开，主电路的开关和控制设备应闭合或旁路；对半导体器件和不能承受规定电压的元件，应将其断升或旁路；安装在带电部件和裸露导电部件之间的抗扰性电容器不应断开；试验开始时施加的电压不应大于规定值的50% ，然后在几秒钟之内将试验电压平稳增加至规定的最大值并保持5 S;
2. 试验电压施加部位应包括电池簇正极与外部裸露可导电部分之间和电池簇负极与外部裸露可导电部分之间；
3. 可采用交流电压或等于规定交流电压峰值的直流电压进行试验，交流或直流试验电压有效值不应大于规定值的5%;
4. 交流电源应具有足够的功率以维持试验电压，可不考虑漏电流，此试验电压应为正弦波， 且频率为45 Hz~62 Hz;
5. 由主电路直接供电的辅助电路，试验电压值应按照标准GB/T36276-2018中A.4.4耐压性能实验中表A.6选取；不适于由主电路直接供电的辅助电路，应按照标准GB/T36276-2018中A.4.4耐压性能实验中表A.7选取。
6. 记录是否有击穿或闪络现象。