



中华人民共和国国家标准

GB/T 36276—2018

电力储能用锂离子电池

Lithium ion battery for electrical energy storage

2018-06-07 发布

2019-01-01 实施

国家市场监督管理总局
中国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 规格 4

5 技术要求 5

6 检验规则..... 12

7 标志、包装、运输和储存..... 15

附录 A（规范性附录） 试验方法 17

附录 B（资料性附录） 试验数据记录表 35

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电力储能标准化技术委员会(SAC/TC 550)归口。

本标准起草单位: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、中国南方电网有限责任公司调峰调频发电公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、银隆新能源股份有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国联汽车动力电池研究院有限责任公司、天津力神电池股份有限公司、中航锂电(洛阳)有限公司、山东圣阳电源股份有限公司。

本标准主要起草人:官亦标、惠东、刘家亮、黄世霖、江文锋、胡娟、李勇琦、廖云浩、陈翔、蔡惠群、钟国彬、卢世刚、张娜、张瑞、隋延波、刘超群、张红波、戴伟杰、唐玲、邹友生、张俊英、袁中直、李海军、陈满、汪免伶、魏增福、谈作伟、王志军。

电力储能用锂离子电池

1 范围

本标准规定了电力储能用锂离子电池的规格、技术要求、试验方法和检验规则等内容。
本标准适用于电力储能用锂离子电池。

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 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

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

电池单体 cell

实现化学能和电能相互转化的基本单元,由正极、负极、隔膜、电解质、壳体 and 端子等组成。

3.1.2

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。

3.1.3

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、监测和保护电路、电气和通讯接口等部件。

3.1.4

电池管理系统 battery management system

监测电池的电压、电流、温度等参数信息,并对电池的状态进行管理和控制的装置。

3.1.5

标称电压 nominal voltage

标志或识别一种电池或一种电化学体系的适当的电压近似值。

3.1.6

额定充电功率 rated charging power

在规定试验条件和试验方法下,电池可持续工作一定时间的充电功率。

3.1.7

额定放电功率 **rated discharging power**

在规定试验条件和试验方法下,电池可持续工作一定时间的放电功率。

3.1.8

额定功率 **rated power**

在规定试验条件和试验方法下,电池可持续工作一定时间的功率,包括额定充电功率、额定放电功率。

3.1.9

能量型电池 **energy type battery**

根据高能量应用需求设计,以大于 1 小时率额定功率工作的电池。

3.1.10

功率型电池 **power type battery**

根据高功率应用需求设计,以小于或等于 1 小时率额定功率工作的电池。

3.1.11

初始化充电 **initial charge**

在规定试验条件和试验方法下,使电池的充电状态初始化的过程。

3.1.12

初始化放电 **initial discharge**

在规定试验条件和试验方法下,使电池的放电状态初始化的过程。

3.1.13

额定充电能量 **rated charging energy**

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功率充电至充电终止电压时的充电能量。

3.1.14

额定放电能量 **rated discharging energy**

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功率放电至放电终止电压时的放电能量。

3.1.15

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功率充电至充电终止电压时的充电容量。

3.1.16

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功率放电至放电终止电压时的放电容量。

3.1.17

初始充电能量 **initial charging energy**

电池在规定试验条件和试验方法下测得的充电能量。

3.1.18

初始放电能量 **initial discharging energy**

电池在规定试验条件和试验方法下测得的放电能量。

3.1.19

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。

3.1.20

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。

3.1.21

能量效率 energy efficiency

在规定试验条件和试验方法下,电池的放电能量与充电能量的比值,用百分数表示。

3.1.22

倍率充放电 rate charging/discharging

在规定试验条件和试验方法下,以额定功率的倍数对电池进行充放电的方式。

3.1.23

能量保持率 retention rate of energy

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

3.1.24

能量恢复率 recovery rate of energy

电池储存后,在规定试验条件和试验方法下测得的充电能量、放电能量分别与初始充电能量、初始放电能量的比值,用百分数表示。

3.1.25

质量能量密度 gravimetric energy density

在规定试验条件和试验方法下,电池的初始充电能量、初始放电能量分别与电池质量的比值。

3.1.26

体积能量密度 volumetric energy density

在规定试验条件和试验方法下,电池的初始充电能量、初始放电能量分别与电池体积的比值。

3.1.27

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。

3.1.28

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。

3.1.29

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。

3.1.30

漏液 leakage

电池内部液体泄漏到电池壳体外部。

3.1.31

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。

3.1.32

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。

3.1.33

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。

n :电池的额定充电小时率,其数值等于电池的额定充电能量/额定充电功率,并应从下列数值中选取:8、4、2、1、0.5、0.25。

n' :电池的额定放电小时率,其数值等于电池的额定放电能量/额定放电功率,并应从下列数值中选取:8、4、2、1、0.5、0.25。

C_{icn} : n 小时率初始充电容量,单位为 $A \cdot h$ 。

$C_{idn'}$: n' 小时率初始放电容量,单位为 $A \cdot h$ 。

C_{rcn} : n 小时率额定充电容量,单位为 $A \cdot h$ 。

$C_{rdn'}$: n' 小时率额定放电容量,单位为 $A \cdot h$ 。

E_{icn} : n 小时率初始充电能量,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 $MW \cdot h$ 。

$E_{idn'}$: n' 小时率初始放电能量,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 $MW \cdot h$ 。

E_{rcn} : n 小时率额定充电能量,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 $MW \cdot h$ 。

$E_{rdn'}$: n' 小时率额定放电能量,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 $MW \cdot h$ 。

P_{rcn} : n 小时率额定充电功率,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 。

$P_{rdn'}$: n' 小时率额定放电功率,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 。

ω_{gc} :基于初始充电能量的质量能量密度,单位为 $W \cdot h/kg$ 。

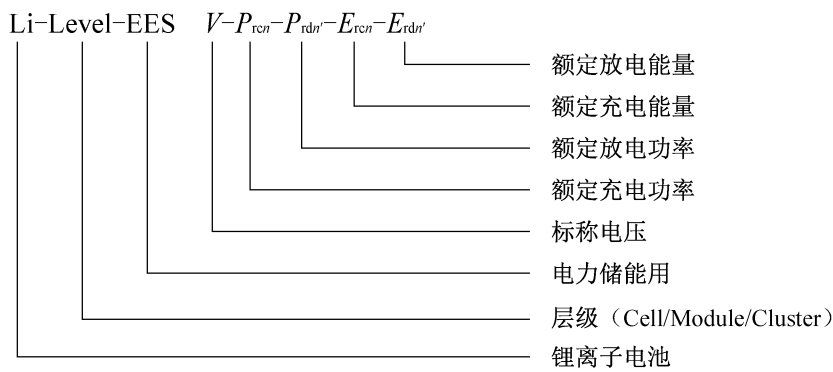
ω_{gd} :基于初始放电能量的质量能量密度,单位为 $W \cdot h/kg$ 。

ω_{vc} :基于初始充电能量的体积能量密度,单位为 $W \cdot h/L$ 。

ω_{vd} :基于初始放电能量的体积能量密度,单位为 $W \cdot h/L$ 。

4 规格

电力储能用锂离子电池的规格信息应采用易识别易读取的编码或文本形式标示于产品外观或铭牌,规格的标识应符合下列规则:



示例 1:

锂离子电池单体,电力储能用,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,标识为:Li-Cell-EES 3.2 V-80 W-160 W-320 W·h-300 W·h。

示例 2:

锂离子电池模块,电力储能用,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,标识为:Li-Module-EES 48 V-1.5 kW-3 kW-6 kW·h-5.8 kW·h。

示例 3:

锂离子电池簇,电力储能用,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 MW·h,额定放电能量 950 kW·h,标识为:Li-Cluster-EES 650 V-250 kW-500 kW-1 MW·h-950 kW·h。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 外观

5.1.1.1 电池单体

外观应无变形及裂纹,表面应干燥、平整无毛刺、无外伤、无污物,且标识清晰、正确。

5.1.1.2 电池模块

外观应无变形及裂纹,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。

5.1.1.3 电池簇

设备、零部件及辅助设施外观应无变形及裂纹,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。

5.1.2 极性

5.1.2.1 电池单体

端子极性标识应正确、清晰。

5.1.2.2 电池模块

端子极性标识应正确、清晰。

5.1.3 外形尺寸及质量

5.1.3.1 电池单体

外形尺寸、质量应与电池单体技术规格数据一致。

5.1.3.2 电池模块

外形尺寸、质量应与电池模块技术规格数据一致。

5.2 电池单体性能

5.2.1 基本性能

5.2.1.1 初始充放电能量

电池单体初始充放电能量应符合下列要求：

- 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 90%；
- d) 试验样品的初始充电能量的极差平均值不大于初始充电能量平均值的 6%；
- e) 试验样品的初始放电能量的极差平均值不大于初始放电能量平均值的 6%。

5.2.1.2 倍率充放电性能

电池单体倍率充放电性能应符合下列要求：

a) 能量型电池单体倍率充放电性能

- 1) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 95%；
- 2) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 95%；
- 3) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 90%；
- 4) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 90%；
- 5) P_{rcn} 和 $P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 90%；
- 6) $2P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 85%；
- 7) $4P_{rcn}$ 和 $4P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 80%。

b) 功率型电池单体倍率充放电性能

- 1) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 90%；
- 2) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 90%；
- 3) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 87%；
- 4) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小

于 87%；

- 5) P_{rcn} 和 $P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 90%；
- 6) $2P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 86%；
- 7) $4P_{rcn}$ 和 $4P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 80%。

5.2.1.3 高温充放电性能

电池单体高温充放电性能应符合下列要求：

- a) 充电能量不小于初始充电能量的 98%；
- b) 放电能量不小于初始放电能量的 98%；
- c) 能量效率不小于 90%。

5.2.1.4 低温充放电性能

电池单体低温充放电性能应符合下列要求：

- a) 能量型电池单体低温充放电性能
 - 1) 充电能量不小于初始充电能量的 80%；
 - 2) 放电能量不小于初始放电能量的 75%；
 - 3) 能量效率不小于 75%。
- b) 功率型电池单体低温充放电性能
 - 1) 充电能量不小于初始充电能量的 65%；
 - 2) 放电能量不小于初始放电能量的 60%；
 - 3) 能量效率不小于 75%。

5.2.1.5 绝热温升

应提供绝热条件下电池单体不同温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。

5.2.1.6 能量保持与能量恢复能力

5.2.1.6.1 室温能量保持与能量恢复能力

电池单体室温能量保持与能量恢复能力应符合下列要求：

- a) 能量保持率不小于 90%；
- b) 充电能量恢复率不小于 92%；
- c) 放电能量恢复率不小于 92%。

5.2.1.6.2 高温能量保持与能量恢复能力

电池单体高温能量保持与能量恢复能力应符合下列要求：

- a) 能量保持率不小于 90%；
- b) 充电能量恢复率不小于 92%；
- c) 放电能量恢复率不小于 92%。

5.2.1.7 储存性能

电池单体储存性能应符合下列要求：

- a) 充电能量恢复率不小于 90%；
- b) 放电能量恢复率不小于 90%。

5.2.2 循环性能

5.2.2.1 能量型电池单体循环性能

能量型电池单体循环性能应符合下列要求：

- a) 循环次数达到 1 000 次时，充电能量保持率不小于 90%；
- b) 循环次数达到 1 000 次时，放电能量保持率不小于 90%。

5.2.2.2 功率型电池单体循环性能

功率型电池单体循环性能应符合下列要求：

- a) 循环次数达到 2 000 次时，充电能量保持率不小于 80%；
- b) 循环次数达到 2 000 次时，放电能量保持率不小于 80%。

5.2.3 安全性能

5.2.3.1 过充电

将电池单体充电至电压达到充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h，不应起火、爆炸。

5.2.3.2 过放电

将电池单体放电至时间达到 90 min 或电压达到 0 V，不应起火、爆炸。

5.2.3.3 短路

将电池单体正、负极经外部短路 10 min，不应起火、爆炸。

5.2.3.4 挤压

将电池单体挤压至电压达到 0 V 或变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN，不应起火、爆炸。

5.2.3.5 跌落

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，不应起火、爆炸。

5.2.3.6 低气压

将电池单体在低气压环境中静置 6 h，不应起火、爆炸、漏液。

5.2.3.7 加热

将电池单体以 5 °C/min 的速率由环境温度升至 (130 ± 2) °C并保持 30 min，不应起火、爆炸。

5.2.3.8 热失控

触发电池单体达到热失控的判定条件，不应起火、爆炸。

5.3 电池模块性能

5.3.1 基本性能

5.3.1.1 初始充放电能量

电池模块初始充放电能量应符合下列要求：

- 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%；
- d) 试验样品的初始充电能量的极差平均值不大于初始充电能量平均值的 7%；
- e) 试验样品的初始放电能量的极差平均值不大于初始放电能量平均值的 7%。

5.3.1.2 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：

- a) 能量型电池模块倍率充放电性能
 - 1) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 95%；
 - 2) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 95%；
 - 3) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 90%；
 - 4) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 90%；
 - 5) P_{rcn} 和 $P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 93%；
 - 6) $2P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 91%；
 - 7) $4P_{rcn}$ 和 $4P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 88%。
- b) 功率型电池模块倍率充放电性能
 - 1) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 92%；
 - 2) $2P_{rcn}$ 、 $2P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 92%；
 - 3) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下充电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下充电能量的能量保持率不小于 90%；
 - 4) $4P_{rcn}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下放电能量相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下放电能量的能量保持率不小于 90%；
 - 5) P_{rcn} 和 $P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 92%；
 - 6) $2P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 88%；
 - 7) $4P_{rcn}$ 和 $4P_{rdn'}$ 条件下能量效率不小于 82%。

5.3.1.3 高温充放电性能

电池模块高温充放电性能应符合下列要求：

- a) 充电能量不小于初始充电能量的 98%；
- b) 放电能量不小于初始放电能量的 98%；

- c) 能量效率不小于 90%。

5.3.1.4 低温充放电性能

电池模块低温充放电性能应符合下列要求：

- a) 能量型电池模块低温充放电性能
 - 1) 充电能量不小于初始充电能量的 80%；
 - 2) 放电能量不小于初始放电能量的 75%；
 - 3) 能量效率不小于 75%。
- b) 功率型电池模块低温充放电性能
 - 1) 充电能量不小于初始充电能量的 65%；
 - 2) 放电能量不小于初始放电能量的 60%；
 - 3) 能量效率不小于 75%。

5.3.1.5 能量保持与能量恢复能力

5.3.1.5.1 室温能量保持与能量恢复能力

电池模块室温能量保持与能量恢复能力应符合下列要求：

- a) 能量保持率不小于 90%；
- b) 充电能量恢复率不小于 92%；
- c) 放电能量恢复率不小于 92%。

5.3.1.5.2 高温能量保持与能量恢复能力

电池模块高温能量保持与能量恢复能力应符合下列要求：

- a) 能量保持率不小于 90%；
- b) 充电能量恢复率不小于 92%；
- c) 放电能量恢复率不小于 92%。

5.3.1.6 储存性能

电池模块储存性能应符合下列要求：

- a) 充电能量恢复率不小于 90%；
- b) 放电能量恢复率不小于 90%。

5.3.1.7 绝缘性能

按标称电压计算,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均不应小于 1 000 Ω/V 。

5.3.1.8 耐压性能

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。

5.3.2 循环性能

5.3.2.1 能量型电池模块循环性能

能量型电池模块循环性能应符合下列要求：

- a) 循环次数达到 500 次时,充电能量保持率不小于 90%;
- b) 循环次数达到 500 次时,放电能量保持率不小于 90%。

5.3.2.2 功率型电池模块循环性能

功率型电池模块循环性能应符合下列要求:

- a) 循环次数达到 1 000 次时,充电能量保持率不小于 80%;
- b) 循环次数达到 1 000 次时,放电能量保持率不小于 80%。

5.3.3 安全性能

5.3.3.1 过充电

将电池模块充电至任一电池单体电压达到电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h,不应起火、爆炸。

5.3.3.2 过放电

将电池模块放电至时间达到 90 min 或任一电池单体电压达到 0 V,不应起火、爆炸。

5.3.3.3 短路

将电池模块正、负极经外部短路 10 min,不应起火、爆炸。

5.3.3.4 挤压

将电池模块挤压至变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN,不应起火、爆炸。

5.3.3.5 跌落

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,不应起火、爆炸。

5.3.3.6 盐雾与高温高湿

5.3.3.6.1 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、漏液,外壳应无破裂现象。

5.3.3.6.2 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、漏液,外壳应无破裂现象。

5.3.3.7 热失控扩散

将电池模块中特定位置的电池单体触发达到热失控的判定条件,不应起火、爆炸,不应发生热失控扩散。

5.4 电池簇性能

5.4.1 初始充放电能量

电池簇初始充放电能量应符合下列要求:

- 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 92%。

5.4.2 绝缘性能

按标称电压计算,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 $1\,000\,\Omega/\text{V}$ 。

5.4.3 耐压性能

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。

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 1 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	外观检验	✓	✓
	2	极性检测	✓	✓
	3	外形尺寸和质量测量		✓
	4	初始充放电能量试验	✓	✓
	5	倍率充放电性能试验		✓
	6	高温充放电性能试验		✓
	7	低温充放电性能试验		✓
	8	绝热温升试验		✓
	9	能量保持与能量恢复能力试验		✓
	10	储存性能试验		✓
	11	循环性能试验		✓
	12	过充电试验		✓
	13	过放电试验		✓
	14	短路试验		✓
	15	挤压试验		✓
	16	跌落试验		✓
	17	低气压试验		✓
	18	加热试验		✓
	19	热失控试验		✓
电池模块	1	外观检验	✓	✓
	2	极性检测	✓	✓
	3	外形尺寸和质量测量	✓	✓
	4	初始充放电能量试验		✓
	5	倍率充放电性能试验		✓
	6	高温充放电性能试验		✓

表 1（续）

试验样品	序号	试验项目	出厂检验	型式试验
电池模块	7	低温充放电性能试验		✓
	8	能量保持与能量恢复能力试验		✓
	9	储存性能试验		✓
	10	绝缘性能试验		✓
	11	耐压性能试验		✓
	12	循环性能试验		✓
	13	过充电试验		✓
	14	过放电试验		✓
	15	短路试验		✓
	16	挤压试验		✓
	17	跌落试验		✓
	18	盐雾与高温高湿试验		✓
	19	热失控扩散试验		✓
电池簇	1	外观检验	○	✓
	2	初始充放电能量试验	○	✓
	3	绝缘性能试验		✓
	4	耐压性能试验		✓
注：○表示可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	外观检验(电池单体、 电池模块、电池簇)	5.1.1.1, 5.1.1.2, 5.1.1.3	A.2.1, A.3.1, A.4.1	100%
2	极性检测 (电池单体、电池模块)	5.1.2.1, 5.1.2.2	A.2.2, A.3.2	100%
3	外形尺寸测量 (电池模块)	5.1.3.2	A.3.3	GB/T 2828.1 S-4 级标准
4	初始充放电能量试验 (电池单体、电池簇)	5.2.1.1, 5.4.1	A.2.4, A.4.2	GB/T 2828.1 II 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：

- 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。

6.3.2 型式试验要求和样品数量

型式试验要求和样品数量应符合表 3 的规定。

表 3 型式试验要求和样品数量

试验样品	序号	试验项目	要求(章条号)	试验方法(章条号)	样品数量及编号
电池单体	1	外观检验	5.1.1.1	A.2.1	1#~28#
	2	极性检测	5.1.2.1	A.2.2	
	3	外形尺寸和质量测量	5.1.3.1	A.2.3	
	4	初始充放电能量试验	5.2.1.1	A.2.4	
	5	倍率充放电性能试验	5.2.1.2	A.2.5	1#、2#
	6	高温充放电性能试验	5.2.1.3	A.2.6	
	7	低温充放电性能试验	5.2.1.4	A.2.7	
	8	绝热温升试验	5.2.1.5	A.2.8	3#、4#
	9	能量保持与能量恢复能力试验	5.2.1.6	A.2.9.1、A.2.9.2	5#、6#、7#、8#
	10	储存性能试验	5.2.1.7	A.2.10	9#、10#
	11	循环性能试验	5.2.2	A.2.11.1 或 A.2.11.2	11#、12#
	12	过充电试验	5.2.3.1	A.2.12	13#、14#
	13	过放电试验	5.2.3.2	A.2.13	15#、16#
	14	短路试验	5.2.3.3	A.2.14	17#、18#
	15	挤压试验	5.2.3.4	A.2.15	19#、20#
	16	跌落试验	5.2.3.5	A.2.16	21#、22#
	17	低气压试验	5.2.3.6	A.2.17	23#、24#
	18	加热试验	5.2.3.7	A.2.18	25#、26#
	19	热失控试验	5.2.3.8	A.2.19	27#、28#

表 3（续）

试验样品	序号	试验项目	要求(章条号)	试验方法(章条号)	样品数量及编号
电池模块	1	外观检验	5.1.1.2	A.3.1	1#~8#
	2	极性检测	5.1.2.2	A.3.2	
	3	外形尺寸和质量测量	5.1.3.2	A.3.3	
	4	初始充放电能量试验	5.3.1.1	A.3.4	
	5	倍率充放电性能试验	5.3.1.2	A.3.5	1#
	6	高温充放电性能试验	5.3.1.3	A.3.6	
	7	低温充放电性能试验	5.3.1.4	A.3.7	
	8	能量保持与能量恢复能力试验	5.3.1.5	A.3.8.1、A.3.8.2	2#、3#
	9	储存性能试验	5.3.1.6	A.3.9	4#
	10	绝缘性能试验	5.3.1.7	A.3.10	5#
	11	耐压性能试验	5.3.1.8	A.3.11	6#
	12	循环性能试验	5.3.2	A.3.12.1 或 A.3.12.2	7#
	13	过充电试验	5.3.3.1	A.3.13	1#
	14	过放电试验	5.3.3.2	A.3.14	2#
	15	短路试验	5.3.3.3	A.3.15	3#
	16	挤压试验	5.3.3.4	A.3.16	4#
	17	跌落试验	5.3.3.5	A.3.17	5#
	18	盐雾与高温高湿试验	5.3.3.6	A.3.18.1 或 A.3.18.2	6#
	19	热失控扩散试验	5.3.3.7	A.3.19	8#
电池簇	1	外观检验	5.1.1.3	A.4.1	1#
	2	初始充放电能量试验	5.4.1	A.4.2	
	3	绝缘性能试验	5.4.2	A.4.3	
	4	耐压性能试验	5.4.3	A.4.4	
注：型式试验共需电池单体 28 个,电池模块 8 个,电池簇 1 个,试验样品出厂日期建议为试验开始前 3 个月以内。					

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

7.1 标志

产品上应有下列标志：

- a) 制造商名称；

- b) 产品标识;
- c) 制造日期;
- d) 商标;
- e) 极性符号;
- f) 警示标识;
- g) 高压电、防触电标识;
- h) 重心、堆叠、向上、小心轻放标志。

7.2 包装

产品包装应符合下列要求:

- a) 产品有外包装,包装后放置在干燥、防尘、防潮、防振的包装箱内;外包装箱上标志包括:“小心轻放”“向上”“防雨”“防晒”“重心”“堆码层数极限”“禁止翻滚”以及“第九类危险品标识”;重量超过 50 kg 以上时,包装外箱上有“重心标识”;包装储运图示标志符合 GB/T 191 的规定;
- b) 包装箱上信息包括:品名、型号、数量、地址、邮编;执行标准编号;净重和毛重;
- c) 包装箱内随机文件包括:装箱单,产品合格证,产品使用说明书、出厂检验报告。

7.3 运输

产品运输时应符合下列要求:

- a) 产品包装成箱后再运输,运输过程中电池的荷电状态为 20%~50%或符合指定要求;
- b) 运输过程中防止剧烈振动、冲击、挤压,防止日晒雨淋,不得倒置;
- c) 在装卸过程中,轻搬轻放,严防摔掷、翻滚、重压。

7.4 储存

产品储存时应符合下列要求:

- a) 产品宜以 40%~50%荷电状态储存在环境温度为 5℃~35℃、相对湿度不大于 95%的清洁、干燥及通风良好的室内;
- b) 产品储存时不得倒置,并避免机械冲击和重压;
- c) 产品储存时不受阳光直射,避免与腐蚀性介质接触,远离火源及热源;
- d) 从出厂之日起,每贮存 6 个月宜按指定要求补充电。

附 录 A

(规范性附录)

试验方法

A.1 试验条件

A.1.1 试验环境

试验环境应符合下列要求：

- a) 除另有规定外,试验应在相对湿度 $\leq 90\%$ 、大气压力为 86 kPa~106 kPa 的环境中进行；
- b) 试验场地应具备完善的消防和应急措施；
- c) 试验人员应配备个人防护用具。

A.1.2 试验装置

试验装置应符合下列要求：

- a) 充放电装置:电压、电流、功率的准确度 0.1%FS；
- b) 环境模拟装置:温度准确度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度准确度 $\pm 3\%$,温度波动度 $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度波动度 $\leq 5\%$ ；
- c) 电池管理系统:电压、电流准确度 0.5%FS,温度准确度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 时间测量装置:准确度 $\pm 0.1\text{ s}$ ；
- e) 尺寸测量装置:准确度 $\pm 1\text{ mm}$ ；
- f) 质量测量装置:准确度 0.1%FS,样品测量误差 $\leq 0.5\%$ 。

A.1.3 试验准备

A.1.3.1 初始化充电

电池的初始化充电应按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电：
 - 1) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5 h；
 - 2) 以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
 - 3) 以 P_{ren} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min。
- b) 电池模块初始化充电：
 - 1) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5 h；
 - 2) 以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
 - 3) 以 P_{ren} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min。
- c) 电池簇初始化充电：
 - 1) 在 $(25\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5 h；
 - 2) 以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至任一单体、任一模块或簇的放电终止电压,静置 30 min；
 - 3) 以 P_{ren} 恒功率充电至任一单体、任一模块或簇的充电终止电压,静置 30 min。

A.1.3.2 初始化放电

电池的初始化放电应按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电：

- 1) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h;
 - 2) 以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min;
 - 3) 以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min。
- b) 电池模块初始化放电:
- 1) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h;
 - 2) 以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min;
 - 3) 以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min。
- c) 电池簇初始化放电:
- 1) 在 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h;
 - 2) 以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体、任一模块或簇的充电终止电压,静置 30 min;
 - 3) 以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体、任一模块或簇的放电终止电压,静置 30 min。

A.1.3.3 电压和温度限值设定

电池的电压和温度限值设定应符合下列要求:

除另有规定外,试验过程中电池单体、电池模块和电池簇的充电终止电压、放电终止电压、充电告警电压、放电告警电压、充电保护电压、放电保护电压及电池单体的告警温度、保护温度的设定值应唯一,且应与电池正常使用时的设定值一致。

A.1.3.4 试验样品准备

试验样品准备应符合下列要求:

- a) 电池模块和电池簇在进行基本性能或循环性能试验时,应将试验装置与电池的高压、低压装置连接,开启电池的被动保护功能,电、热管理装置可根据需要工作;
- b) 电池模块在进行安全性能试验时,附加的主动保护线路或装置应在试验前断开或除去;
- c) 试验装置应检测和控制电池的工作状态和电压、电流等工作参数。

A.1.3.5 试验数据记录

试验数据记录应符合下列要求:

- a) 试验开始前,应记录试验样品信息,参见附录 B 的电池技术规格数据记录表;
- b) 试验过程中,除另有规定外,试验装置设定的数据采集周期不应大于预估的每个试验步骤的充电或放电时间的 1%;
- c) 试验结束时,应记录试验的过程数据和结果数据,参见附录 B 的试验数据记录表。

A.2 电池单体试验

A.2.1 外观检验

电池单体外观检验按照下列步骤进行:

- a) 在良好的光线条件下,用目测法检验电池单体的外观;
- b) 记录检验结果。

A.2.2 极性检测

电池单体极性检测按照下列步骤进行:

- a) 用电压表检测电池单体的极性;
- b) 记录检测结果。

A.2.3 外形尺寸和质量测量

电池单体外形尺寸和质量测量按照下列步骤进行：

- a) 用量具和衡器测量电池单体的外形尺寸及质量；
- b) 记录测量结果。

A.2.4 初始充放电能量试验

在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,电池单体初始充放电能量试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电；
- b) 电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- c) 电池单体以 $P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- d) 重复步骤 b)~c) 2 次,以 3 次试验的均值作为结果；
- e) 参见附录 B 表 B.2 记录步骤 b)、c) 的初始充电能量、初始放电能量、充电时间、放电时间、所有测试样本初始充电能量的极差、所有测试样本初始放电能量的极差、初始充电容量、初始放电容量；计算质量能量密度、体积能量密度、能量效率、初始充电能量的极差平均值占所有测试样本初始充电能量平均值的百分比、初始放电能量的极差平均值占所有测试样本初始放电能量平均值的百分比。

A.2.5 倍率充放电性能试验

在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,电池单体倍率充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电；
- b) 电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- c) 电池单体以 $P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- d) 电池单体以 $2P_{\text{rcn}}$ 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- e) 电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- f) 电池单体以 $2P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- g) 电池单体以 $P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- h) 电池单体以 $4P_{\text{rcn}}$ 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- i) 电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- j) 电池单体以 $4P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- k) 电池单体以 $P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- l) 电池单体以 $2P_{\text{rcn}}$ 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- m) 电池单体以 $2P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- n) 电池单体以 $P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- o) 电池单体以 $4P_{\text{rcn}}$ 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- p) 电池单体以 $4P_{\text{rdn'}}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压；
- q) 参见附录 B 表 B.3 记录步骤 b)、c)、d)、f)、h)、j)、l)、m)、o)、p) 的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电容量、放电容量；根据步骤 b)、c)、d)、f)、h)、j) 的数据分别计算 $2P_{\text{rcn}}$ 、 $4P_{\text{rcn}}$ 和 $2P_{\text{rdn'}}$ 、 $4P_{\text{rdn'}}$ 条件下的充电能量、放电能量分别相对于 P_{rcn} 、 $P_{\text{rdn'}}$ 条件下的充电能量、放电能量的能量保持率；根据步骤 b)、c)、l)、m)、o)、p) 的数据分别计算 P_{rcn} 和 $P_{\text{rdn'}}$ 、 $2P_{\text{rcn}}$ 和 $2P_{\text{rdn'}}$ 、 $4P_{\text{rcn}}$ 和 $4P_{\text{rdn'}}$ 条件下的能量效率。

A.2.6 高温充放电性能试验

电池单体高温充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电；
- b) 电池单体在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h；
- c) 在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- d) 在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压；
- e) 参见附录 B 表 B.4 记录步骤 c)、d) 的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电容量、放电容量；计算能量效率；计算充电能量、放电能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量保持率。

A.2.7 低温充放电性能试验

电池单体低温充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电；
- b) 电池单体在 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 20 h；
- c) 在 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- d) 在 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压；
- e) 参见附录 B 表 B.5 记录步骤 c)、d) 的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电容量、放电容量；计算能量效率；计算充电能量、放电能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量保持率。

A.2.8 绝热温升试验

电池单体绝热温升试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电；
- b) 将绝热加速量热装置的起始温度设定为 40°C 、终止温度设定为 130°C ,启动装置,待温度达到 40°C 时保持温度恒定,将电池单体放入绝热腔体搁置 5 h；
- c) 加热装置以 $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温,加热幅度每达到 10°C 时保持当前温度恒定 20 min,装置的温度准确度推荐为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$,升温速率准确度推荐为 $\pm 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ ；
- d) 实时监测电池单体表面中心点的温度,温度数据采样周期不应大于 10 ms,温度传感器准确度应为 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ ；
- e) 参见附录 B 表 B.6 记录不同温度恒定阶段的温度点对应的电池单体温升速率；根据记录的试验数据作温度-电池单体温升速率曲线。

A.2.9 能量保持与能量恢复能力试验

A.2.9.1 室温能量保持与能量恢复能力试验

电池单体室温能量保持与能量恢复能力试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电；
- b) 电池单体在 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下储存 28 d；
- c) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min；
- d) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min；
- e) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池单体以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压；
- f) 参见附录 B 表 B.7 记录步骤 c) 的保持能量和步骤 d)、e) 的充电恢复能量、放电恢复能量；计算保持能量相对于初始放电能量的能量保持率；计算充电恢复能量、放电恢复能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量恢复率。

A.2.9.2 高温能量保持与能量恢复能力试验

电池单体高温能量保持与能量恢复能力试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电；
- b) 电池单体在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下储存 7 d；
- c) 电池单体在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h；
- d) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压，静置 30 min；
- e) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压，静置 30 min；
- f) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压；
- g) 参见附录 B 表 B.7 记录步骤 d) 的保持能量和步骤 e)、f) 的充电恢复能量、放电恢复能量；计算保持能量相对于初始放电能量的能量保持率；计算充电恢复能量、放电恢复能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量恢复率。

A.2.10 储存性能试验

电池单体储存性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电；
- b) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 $P_{\text{rdn}'}$ 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%；
- c) 电池单体在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下储存 28 d；
- d) 电池单体在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h；
- e) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压，静置 30 min；
- f) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压，静置 30 min；
- g) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，电池单体以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压；
- h) 参见附录 B 表 B.8 记录步骤 f)、g) 的充电恢复能量、放电恢复能量；计算充电恢复能量、放电恢复能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量恢复率。

A.2.11 循环性能试验

A.2.11.1 能量型电池单体循环性能试验

在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，能量型电池单体循环性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电；
- b) 电池单体以 $0.5 \times n \times P_{\text{rcn}}$ 恒功率充电至电池单体的充电终止电压，静置 30 min；
- c) 电池单体以 $0.5 \times n' \times P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压，静置 30 min；
- d) 按照 b)~c) 连续循环 1 000 次；
- e) 参见附录 B 表 B.9 记录首次及每循环 50 次时步骤 b)、c) 的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间；计算每 50 次循环结束时的充电能量、放电能量相对于首次循环结束时的充电能量、放电能量的能量保持率及对应的能量效率；根据试验数据作充电能量保持率、放电能量保持率及能量效率随循环次数变化的曲线图；循环 500 次时出具循环性能试验中期测试报告。

A.2.11.2 功率型电池单体循环性能试验

在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，功率型电池单体循环性能试验按照下列步骤进行（数值 M 由产品规格确定， M 为整数，且 $M \geq 2$ ）：

- a) 电池单体初始化放电；

- b) 电池单体以 $M \times n \times P_{rcn}$ 恒功率充电至电池单体的充电终止电压,静置 30 min;
- c) 电池单体以 $M \times n' \times P_{rdn'}$ 恒功率放电至电池单体的放电终止电压,静置 30 min;
- d) 按照 b)~c)连续循环 2 000 次;
- e) 参见附录 B 表 B.10 记录首次及每循环 100 次时步骤 b)、c)的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间;计算每 100 次循环结束时的充电能量、放电能量相对于首次循环结束时的充电能量、放电能量的能量保持率及对应的能量效率;根据试验数据作充电能量保持率、放电能量保持率及能量效率随循环次数变化的曲线图;循环 1 000 次时出具循环性能试验中期测试报告。

A.2.12 过充电试验

电池单体过充电试验按照下列步骤进行:

- a) 电池单体初始化充电;
- b) 电池单体以恒流方式充电至电压达到电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h 时停止充电,充电电流取 $1C_{rcn}$ 与产品的最大持续充电电流中的较小值;
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.2.13 过放电试验

电池单体过放电试验按照下列步骤进行:

- a) 电池单体初始化充电;
- b) 电池单体以恒流方式放电至时间达到 90 min 或电压达到 0 V 时停止放电,放电电流取 $1C_{rdn'}$ 与产品的最大持续放电电流中的较小值;
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.2.14 短路试验

电池单体短路试验按照下列步骤进行:

- a) 电池单体初始化充电;
- b) 将电池单体正、负极经外部短路 10 min,外部线路电阻应小于 5 m Ω ;
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.2.15 挤压试验

电池单体挤压试验按照下列步骤进行:

- a) 电池单体初始化充电;
- b) 按下列条件试验:
 - 1) 挤压方向:垂直于电池单体极板方向施压(参见图 A.1);
 - 2) 挤压板形式:半径为 75 mm 的半圆柱体,半圆柱体的长度(L)大于被挤压电池的尺寸;
 - 3) 挤压速度:(5 ± 1) mm/s;
 - 4) 挤压程度:电压达到 0 V 或变形量达到 30%或挤压力达到(13 ± 0.78)kN 时停止挤压;
 - 5) 保持 10 min。
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

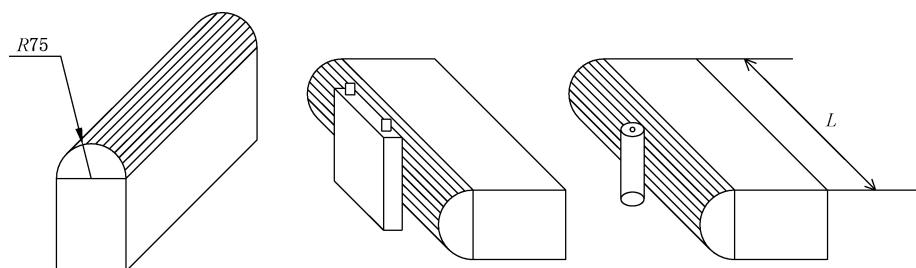


图 A.1 电池单体挤压板和挤压示意图

A.2.16 跌落试验

电池单体跌落试验按照下列步骤进行：

- 电池单体初始化充电；
- 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；
- 观察 1 h；
- 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.2.17 低气压试验

电池单体低气压试验按照下列步骤进行：

- 电池单体初始化充电；
- 将电池单体放入低气压箱中,将气压调节至 11.6 kPa,温度为 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$,静置 6 h；
- 观察 1 h；
- 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.2.18 加热试验

电池单体加热试验按照下列步骤进行：

- 电池单体初始化充电；
- 将电池单体放入加热试验箱,以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率由环境温度升至 $(130 \pm 2)^\circ\text{C}$,并保持此温度 30 min 后停止加热；
- 观察 1 h；
- 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.2.19 热失控试验

A.2.19.1 试验步骤

电池单体热失控试验按照下列步骤进行：

- 使用平面状或棒状加热装置,并且其表面应覆盖陶瓷,金属或绝缘层,加热装置加热功率应符合表 A.1 的规定。完成电池单体与加热装置的装配,加热装置与电池应直接接触,加热装置的尺寸规格不应大于电池单体的被加热面;安装温度监测器,监测点温度传感器布置在远离热传导的一侧,即安装在加热装置的对侧(参见图 A.2),温度数据的采样间隔不应大于 1 s,准确度应为 $\pm 2^\circ\text{C}$,温度传感器尖端的直径应小于 1 mm；
- 电池单体初始化充电后,再用 $1C_{\text{ren}}$ 恒流继续充电 12 min；
- 启动加热装置,并以其最大功率对测试对象持续加热,当发生热失控或监测点温度达到 300°C

- 时,停止触发,关闭加热装置;
d) 记录试验结果。

A.2.19.2 判定方法

- 是否发生热失控应按下列条件判定:
- a) 测试对象产生电压降;
 - b) 监测点温度达到电池的保护温度;
 - c) 监测点的温升速率 $\geq 1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$;
 - d) 当 a)+c)或 b)+c)发生时,判定电池单体发生热失控;
 - e) 加热过程中及加热结束 1 h 内,如果发生起火、爆炸现象,试验应终止并判定为发生热失控。

表 A.1 加热装置功率选择

测试对象能量 E $\text{W} \cdot \text{h}$	加热装置最大功率 W
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1 000
$400 \leq E < 800$	300~2 000
$E \geq 800$	> 600

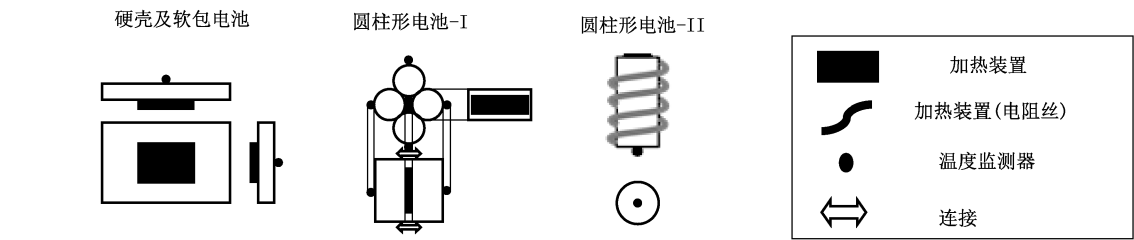


图 A.2 热失控试验加热示意图

A.3 电池模块试验

A.3.1 外观检验

- 电池模块外观检验按照下列步骤进行:
- a) 在良好的光线条件下,用目测法检验电池模块的外观;
 - b) 记录检测结果。

A.3.2 极性检测

- 电池模块极性检测按照下列步骤进行:
- a) 用电压表检测电池模块的极性;
 - b) 记录检测结果。

A.3.3 外形尺寸和质量测量

- 电池模块外形尺寸和质量测量按照下列步骤进行:

- a) 用量具和衡器测量电池模块的外形尺寸及质量；
- b) 记录测量结果。

A.3.4 初始充放电能量试验

在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,电池模块初始充放电能量试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化放电；
- b) 电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- c) 电池模块以 $P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- d) 重复步骤 b)~c)2 次,以 3 次试验的均值作为结果；
- e) 参见附录 B 表 B.12 记录步骤 b)、c)的初始充电能量、初始放电能量、充电时间、放电时间、所有测试样本初始充电能量的极差、所有测试样本初始放电能量的极差、初始充电容量、初始放电容量；计算质量能量密度、体积能量密度、能量效率、初始充电能量的极差平均值占所有测试样本初始充电能量平均值的百分比、初始放电能量的极差平均值占所有测试样本初始放电能量平均值的百分比。

A.3.5 倍率充放电性能试验

在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下,电池模块倍率充放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化放电；
- b) 电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- c) 电池模块以 $P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- d) 电池模块以 $2P_{rcn}$ 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- e) 电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- f) 电池模块以 $2P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- g) 电池模块以 $P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- h) 电池模块以 $4P_{rcn}$ 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- i) 电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- j) 电池模块以 $4P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- k) 电池模块以 $P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- l) 电池模块以 $2P_{rcn}$ 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- m) 电池模块以 $2P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- n) 电池模块以 $P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min；
- o) 电池模块以 $4P_{rcn}$ 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min；
- p) 电池模块以 $4P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压；
- q) 参见附录 B 表 B.13 记录步骤 b)、c)、d)、f)、h)、j)、l)、m)、o)、p)的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电容量、放电容量；根据步骤 b)、c)、d)、f)、h)、j)的数据分别计算 $2P_{rcn}$ 、 $4P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn'}$ 、 $4P_{rdn'}$ 条件下的充电能量、放电能量分别相对于 P_{rcn} 、 $P_{rdn'}$ 条件下的充电能量、放电能量的能量保持率；根据步骤 b)、c)、l)、m)、o)、p)的数据分别计算 P_{rcn} 和 $P_{rdn'}$ 、 $2P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn'}$ 、 $4P_{rcn}$ 和 $4P_{rdn'}$ 条件下的能量效率。

A.3.6 高温充放电性能试验

电池模块高温充放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化放电；
- b) 电池模块在 $(45\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5 h；

- c) 在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min;
- d) 在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压;
- e) 参见附录 B 表 B.14 记录步骤 c)、d) 的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电容量、放电容量;计算能量效率;计算充电能量、放电能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量保持率。

A.3.7 低温充放电性能试验

电池模块低温充放电性能试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化放电;
- b) 电池模块在 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 20 h;
- c) 在 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min;
- d) 在 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压;
- e) 参见附录 B 表 B.15 记录步骤 c)、d) 的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电容量、放电容量;计算能量效率;计算充电能量、放电能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量保持率。

A.3.8 能量保持与能量恢复能力试验

A.3.8.1 室温能量保持与能量恢复能力试验

电池模块室温能量保持与能量恢复能力试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 电池模块在 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下储存 28 d;
- c) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min;
- d) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min;
- e) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压;
- f) 参见附录 B 表 B.16 记录步骤 c) 的保持能量和步骤 d)、e) 的充电恢复能量、放电恢复能量;计算保持能量相对于初始放电能量的能量保持率;计算充电恢复能量、放电恢复能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量恢复率。

A.3.8.2 高温能量保持与能量恢复能力试验

电池模块高温能量保持与能量恢复能力试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 电池模块在 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下储存 7 d;
- c) 电池模块在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下搁置 5 h;
- d) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min;
- e) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min;
- f) 在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,电池模块以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压;
- g) 参见附录 B 表 B.16 记录步骤 d) 的保持能量和步骤 e)、f) 的充电恢复能量、放电恢复能量;计算保持能量相对于初始放电能量的能量保持率;计算充电恢复能量、放电恢复能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量恢复率。

A.3.9 储存性能试验

电池模块储存性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块初始化充电；
- b) 在 $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，电池模块以 $P_{\text{rdn}'}$ 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%；
- c) 电池模块在 $(45 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下储存 28 d；
- d) 电池模块在 $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5 h；
- e) 在 $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，电池模块以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压，静置 30 min；
- f) 在 $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，电池模块以 P_{ren} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压，静置 30 min；
- g) 在 $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，电池模块以 $P_{\text{rdn}'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压；
- h) 参见附录 B 表 B.17 记录步骤 f)、g) 的充电恢复能量、放电恢复能量；计算充电恢复能量、放电恢复能量分别相对于初始充电能量、初始放电能量的能量恢复率。

A.3.10 绝缘性能试验

电池模块绝缘性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块初始化充电；
- b) 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；
- c) 按表 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；
- d) 记录试验结果。

表 A.2 绝缘电阻测量仪电压等级

电池模块最大工作电压 U_{max} V	测量仪的电压等级 V
$U_{\text{max}} < 500$	500
$500 \leq U_{\text{max}} < 1\,000$	1\,000

A.3.11 耐压性能试验

电池模块耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块初始化充电；
- b) 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，应将其断开或旁路；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；
- c) 按下列条件试验：
 - 1) 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；
 - 2) 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%；

- 3) 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;
- 4) 由主电路直接供电的辅助电路,试验电压值应按表 A.3 选取;不适于由主电路直接供电的辅助电路,应按表 A.4 选取。
- d) 记录是否有击穿或闪络现象。

表 A.3 由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池模块最大工作电压 $U_{\max}$ V	试验电压(交流有效值) V	试验电压(直流有效值) V
$U_{\max} \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_{\max} \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_{\max} \leq 690$	1 890	2 570
$690 < U_{\max} \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_{\max} \leq 1\ 000$	2 200	3 110

表 A.4 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池模块最大工作电压 $U_{\max}$ V	试验电压(交流有效值) V
$U_{\max} \leq 12$	250
$12 < U_{\max} \leq 60$	500
$60 < U_{\max}$	见表 A.3

A.3.12 循环性能试验

A.3.12.1 能量型电池模块循环性能试验

在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,能量型电池模块循环性能试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化放电;
- b) 电池模块以 $0.5 \times n \times P_{\text{ren}}$ 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 30 min;
- c) 电池模块以 $0.5 \times n' \times P_{\text{rdn}}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 30 min;
- d) 按照 b)~c)连续循环 500 次;
- e) 参见附录 B 表 B.18 记录首次及每循环 20 次时步骤 b)、c)的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电结束时和放电结束时电池单体的电压极差;计算每 20 次循环结束时的充电能量、放电能量相对于首次循环结束时的充电能量、放电能量的能量保持率及对应的能量效率;计算循环试验结束时电池单体电压极差的平均值;根据试验数据作充电能量保持率、放电能量保持率及能量效率随循环次数变化的曲线图。

A.3.12.2 功率型电池模块循环性能试验

在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,功率型电池模块循环性能试验按照下列步骤进行(数值 M 由产品规格确定, M 为

整数,且 $M \geq 2$):

- a) 电池模块初始化放电;
- b) 电池模块以 $M \times n \times P_{ren}$ 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压,静置 1 h;
- c) 电池模块以 $M \times n' \times P_{rdn'}$ 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压,静置 1 h;
- d) 按照 b)~c)连续循环 1 000 次;
- e) 参见附录 B 表 B.19 记录首次及每循环 50 次时步骤 b)、c)的充电能量、放电能量、充电时间、放电时间、充电结束时和放电结束时电池单体的电压极差;计算每 50 次循环结束时的充电能量、放电能量相对于首次循环结束时的充电能量、放电能量的能量保持率及对应的能量效率;计算循环试验结束时电池单体电压极差的平均值;根据试验数据作充电能量保持率、放电能量保持率及能量效率随循环次数变化的曲线图。

A.3.13 过充电试验

电池模块过充电试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 电池模块以恒流方式充电至任一电池单体电压达到电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h 时停止充电,充电电流取 $1C_{ren}$ 与产品的最大持续充电电流中的较小值;
- c) 观察 1 h;
- d) 观察是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.3.14 过放电试验

电池模块过放电试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 电池模块以恒流方式放电至时间达到 90 min 或任一电池单体电压达到 0 V 时停止放电,放电电流取 $1C_{rdn'}$ 与产品的最大持续放电电流中的较小值;
- c) 观察 1 h;
- d) 观察是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.3.15 短路试验

电池模块短路试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 将电池模块正、负极经外部短路 10 min,外部线路电阻应小于 5 m Ω ;
- c) 观察 1 h;
- d) 观察是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.3.16 挤压试验

电池模块挤压试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 按下列条件试验:
 - 1) 挤压方向:与电池模块在储能系统布局上最容易受到挤压的方向相同。如果最容易受到挤压的方向不可获得,应垂直于电池单体排列方向施压(参见图 A.3);
 - 2) 挤压板形式:半径为 75 mm 的半圆柱体,半圆柱体的长度(L)大于被挤压电池的尺寸,但不大于 1 m;
 - 3) 挤压速度:(5 ± 1)mm/s;

- 4) 挤压程度:电池模块变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN 时停止挤压;
- 5) 保持 10 min。
- c) 观察 1 h;
- d) 观察是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

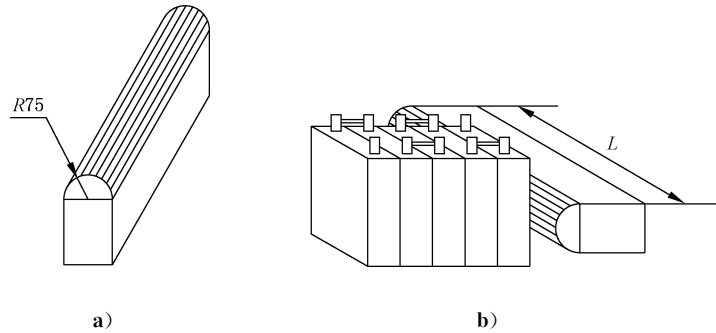


图 A.3 电池模块挤压板和挤压示意图

A.3.17 跌落试验

电池模块跌落试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 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;
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

A.3.18 盐雾与高温高湿试验

A.3.18.1 盐雾试验

电池模块盐雾试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 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 $(5\pm0.1)\%$ (质量分数),温度为 $(20\pm2)^{\circ}\text{C}$ 时,溶液的 pH 值应为 6.5~7.2;
- c) 将电池模块放入盐雾箱,在 $15^{\circ}\text{C}\sim35^{\circ}\text{C}$ 下喷盐雾 2 h;
- d) 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 $(40\pm2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度设定为 $(93\pm3)\%$;
- e) 将步骤 c)~d) 共循环 4 次;
- f) 将电池模块在温度为 $(23\pm2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 45%~55%的条件下贮存 3 d;
- g) 将步骤 c)~f) 共循环 4 次;
- h) 观察 1 h;
- i) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

注 1: 此试验适用于海洋性气候条件下的应用场合。

A.3.18.2 高温高湿试验

电池模块高温高湿试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 将电池模块放入湿热箱中,在温度为 $(45\pm2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(93\pm3)\%$ 的条件下贮存 3 d;

- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

注 2: 此试验适用于非海洋性气候条件下的应用场合。

A.3.19 热失控扩散试验

A.3.19.1 试验步骤

电池模块热失控扩散试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电;
- b) 按下列条件试验:
 - 1) 热失控触发方式: 可从过充和加热两种方式中选择一种作为热失控触发方式;
 - 2) 热失控触发对象: 选择可实现热失控触发的电池单体作为热失控触发对象, 其热失控产生的热量应非常容易传递至相邻电池单体, 例如, 选择电池模块内最靠近中心位置的电池单体, 或被其他电池单体包围且很难产生热辐射的电池单体。
- c) 选择过充触发热失控: 以最小 $1/3C_{\text{ren}}$ 、最大不大于产品能持续工作的最大电流对触发对象进行恒流充电, 直至其发生热失控或触发对象的荷电状态达到 200% SOC; 过充触发要求在触发对象上连接额外的导线以实现过充, 电池模块中的其他电池单体不应过充; 如果未发生热失控, 继续观察 1 h;
- d) 选择加热触发热失控: 使用平面状或棒状加热装置, 其表面应覆盖陶瓷、金属或绝缘层。对于尺寸与电池单体相同的块状加热装置, 可用该加热装置代替其中一个电池单体; 对于尺寸比电池单体小的块状加热装置, 则将其安装在模块中, 并与触发对象的表面直接接触; 对于薄膜加热装置, 则应将其始终附着在触发对象的表面; 加热装置加热面积不应大于电池单体的表面积; 将加热装置的加热面与电池表面直接接触, 加热装置的位置应与下一步骤 e) 中规定的温度传感器的位置相对应; 安装完成后, 启动加热装置, 以加热装置的最大功率对触发对象持续加热; 加热装置功率宜符合表 A.1 的规定; 当发生热失控或步骤 e) 定义的监测点温度达到 300 °C 时, 停止触发; 如果未发生热失控, 继续观察 1 h;
- e) 电压及温度的监测应符合下列要求:
 - 1) 监测触发对象及与其相邻最近的两只电池单体的电压和温度以判定触发对象及相邻电池单体是否发生热失控, 从而判断电池模块是否发生热失控扩散; 监测电压时, 不应改动原始的电路; 温度数据的采样间隔不应大于 1 s, 准确度应为 ± 2 °C, 温度传感器尖端的直径应小于 1 mm;
 - 2) 过充触发时, 温度传感器应布置在电池单体表面与正负极柱等距且离正负极柱最近的位置(参见图 A.4);
 - 3) 加热触发时, 温度传感器布置在远离热传导的一侧, 即安装在加热装置的对侧(参见图 A.2), 如果难以直接安装温度传感器, 应布置在能探测到触发对象连续温升的位置。
- f) 记录试验结果。

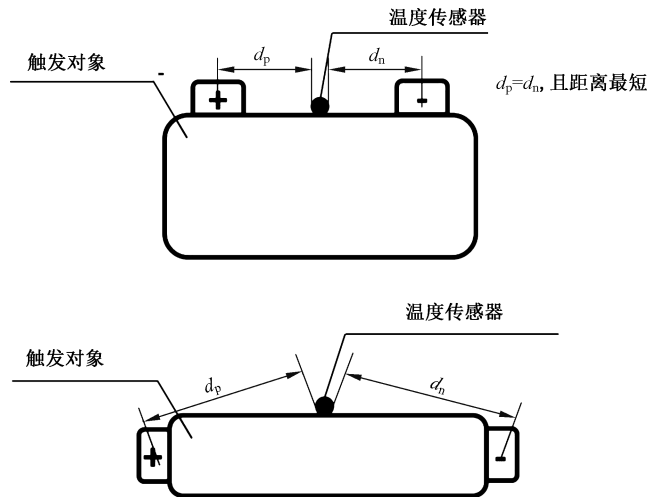


图 A.4 过充触发时温度传感器的布置位置示意图

A.3.19.2 判定方法

是否发生热失控扩散应按下列条件判定：

- 测试对象产生电压降；
- 监测点温度达到电池的保护温度；
- 监测点的温升速率 $\geq 1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ ；
- 当 a)+c) 或 b)+c) 发生时，判定电池单体发生热失控；
- 当与触发对象相邻的电池单体发生热失控时，判定为电池模块发生热失控扩散；热失控触发过程中及触发结束 1 h 内，如果发生起火、爆炸现象，试验应终止并判定为电池模块发生热失控扩散。

A.4 电池簇试验

A.4.1 外观检验

电池簇外观检验按照下列步骤进行：

- 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。

A.4.2 初始充放电能量试验

在 $(25\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下，电池簇初始充放电能量试验按照下列步骤进行：

- 电池簇初始化放电；
- 电池簇以 P_{ren} 恒功率充电至任一单体、任一模块或簇的充电终止电压，静置 1 h；
- 电池簇以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体、任一模块或簇的放电终止电压，静置 1 h；
- 重复步骤 b)~c) 2 次，以 3 次试验的均值作为结果；
- 参见附录 B 表 B.21 记录步骤 b)、c) 的初始充电能量、初始放电能量、充电时间、放电时间、电池单体的电压极差、电池模块的电压极差、电池单体的温度极差、初始充电容量、初始放电容量；记录整个试验过程中相对于试验开始时电池单体的最大温升；计算能量效率；功率测量点在直流侧，不计辅助电源功耗。

A.4.3 绝缘性能试验

电池簇绝缘性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池簇初始化充电；
- b) 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；
- c) 按表 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；
- d) 记录试验结果。

表 A.5 绝缘电阻测量仪电压等级

电池簇最大工作电压 $U_{\max}$ V	测量仪的电压等级 V
$U_{\max} < 500$	500
$500 \leq U_{\max} < 1\,000$	1\,000
$U_{\max} \geq 1\,000$	2\,500

A.4.4 耐压性能试验

电池簇耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池簇初始化充电；
- b) 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，应将其断开或旁路；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；
- c) 按下列条件试验：
 - 1) 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；
 - 2) 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%；
 - 3) 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；
 - 4) 由主电路直接供电的辅助电路，试验电压值应按表 A.6 选取；不适于由主电路直接供电的辅助电路，应按表 A.7 选取。
- d) 记录是否有击穿或闪络现象。

表 A.6 由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池簇最大工作电压 $U_{\max}$ V	试验电压(交流有效值) V	试验电压(直流有效值) V
$U_{\max} \leq 300$	1\,500	2\,120
$300 < U_{\max} \leq 690$	1\,890	2\,570

表 A.6 (续)

电池簇最大工作电压 $U_{\max}$ V	试验电压(交流有效值) V	试验电压(直流有效值) V
$690 < U_{\max} \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_{\max} \leq 1\ 000$	2 200	3 110
$1\ 000 < U_{\max} \leq 1\ 500$		3 820

表 A.7 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池簇最大工作电压 $U_{\max}$ V	试验电压(交流有效值) V
$U_{\max} \leq 12$	250
$12 < U_{\max} \leq 60$	500
$60 < U_{\max}$	见表 A.6

附 录 B
(资料性附录)
试验数据记录表

B.1 电池单体技术规格数据记录见表 B.1。

表 B.1 电池单体技术规格数据记录表

项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	n		
额定放电小时率	n'		
n 小时率额定充电功率	P_{ren}	W	
n' 小时率额定放电功率	$P_{rdn'}$	W	
n 小时率额定充电能量	E_{ren}	W · h	
n' 小时率额定放电能量	$E_{rdn'}$	W · h	
n 小时率额定充电容量	C_{ren}	A · h	
n' 小时率额定放电容量	$C_{rdn'}$	A · h	
电池单体标称电压		V	
电池单体尺寸(长×宽×高)		mm	
电池单体质量		kg	
电池单体充电终止电压		V	
电池单体放电终止电压		V	
电池单体充电告警电压		V	
电池单体放电告警电压		V	
电池单体充电保护电压		V	
电池单体放电保护电压		V	
电池单体告警温度		℃	
电池单体保护温度		℃	
注： n 、 n' 从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。			

B.2 电池单体初始充放电能量试验数据记录见表 B.2。

表 B.2 电池单体初始充放电能量试验数据记录表

项目	符号	单位	试验次数	电池 1 #	电池 2 #	电池 3 #	...	电池 28 #
质量		kg						
质量平均值		kg						
体积		L						
体积平均值		L						

表 B.2 (续)

项目	符号	单位	试验次数	电池 1 #	电池 2 #	电池 3 #	…	电池 28 #
初始充电能量	E_{icn}	$W \cdot h$	①					
			②					
			③					
			均值					
充电时间	t_c	h	①					
			②					
			③					
			均值					
初始放电能量	$E_{idn'}$	$W \cdot h$	①					
			②					
			③					
			均值					
放电时间	t_d	h	①					
			②					
			③					
			均值					
能量效率＝初始放电能量 均值/初始充电能量均值×100％		％						
初始充电能量平均值		$W \cdot h$						
初始放电能量平均值		$W \cdot h$						
初始充电能量极差		$W \cdot h$	①					
			②					
			③					
初始放电能量极差		$W \cdot h$	①					
			②					
			③					
初始充电能量极差平均值		$W \cdot h$						
初始放电能量极差平均值		$W \cdot h$						
初始充电能量均值/额定充电能量×100％		％						
初始放电能量均值/额定放电能量×100％		％						
初始充电能量极差平均值/初 始充电能量平均值×100％		％						
初始放电能量极差平均值/初 始放电能量平均值×100％		％						

表 B.2 (续)

项目	符号	单位	试验次数	电池 1 #	电池 2 #	电池 3 #	...	电池 28 #
充电质量能量密度=初始充电能量平均值/质量平均值	τW_{gc}	W · h/kg						
放电质量能量密度=初始放电能量平均值/质量平均值	τW_{gd}	W · h/kg						
充电体积能量密度=初始充电能量平均值/体积平均值	τW_{vc}	W · h/L						
放电体积能量密度=初始放电能量平均值/体积平均值	τW_{vd}	W · h/L						
初始充电容量	C_{icn}	A · h	①					
			②					
			③					
			均值					
初始放电容量	C_{idn}'	A · h	①					
			②					
			③					
			均值					

B.3 电池单体倍率充放电性能试验数据记录见表 B.3。

表 B.3 电池单体倍率充放电性能试验数据记录表

倍率	项目	单位	电池 1 #	电池 2 #
P_{rcn} 和 P_{rdn}'	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电容量	A · h		
	放电容量	A · h		
	能量效率	%		
$2P_{rcn}$ 和 $2P_{rdn}'$	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电容量	A · h		
	放电容量	A · h		
	充电能量保持率	%		
	放电能量保持率	%		
	能量效率	%		

表 B.3 (续)

倍率	项目	单位	电池 1 #	电池 2 #
$4P_{rcn}$ 和 $4P_{rdn'}$	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电容量	A · h		
	放电容量	A · h		
	充电能量保持率	%		
	放电能量保持率	%		
	能量效率	%		

B.4 电池单体高温充放电性能试验数据记录见表 B.4。

表 B.4 电池单体高温充放电性能试验数据记录表

项目[(45±2)℃]	符号	单位	电池 1 #	电池 2 #
充电能量	E_{cn}	W · h		
放电能量	$E_{dn'}$	W · h		
充电时间	t_c	h		
放电时间	t_d	h		
充电容量	C_{cn}	A · h		
放电容量	$C_{dn'}$	A · h		
能量效率 = $E_{dn'}/E_{cn} \times 100\%$		%		
充电能量保持率 = $E_{cn}(45\text{℃})/E_{icn}(25\text{℃}) \times 100\%$		%		
放电能量保持率 = $E_{dn'}(45\text{℃})/E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$		%		

B.5 电池单体低温充放电性能试验数据记录见表 B.5。

表 B.5 电池单体低温充放电性能试验数据记录表

项目[(5±2)℃]	符号	单位	电池 1 #	电池 2 #
充电能量	E_{cn}	W · h		
放电能量	$E_{dn'}$	W · h		
充电时间	t_c	h		
放电时间	t_d	h		
充电容量	C_{cn}	A · h		
放电容量	$C_{dn'}$	A · h		
能量效率 = $E_{dn'}/E_{cn} \times 100\%$		%		
充电能量保持率 = $E_{cn}(5\text{℃})/E_{icn}(25\text{℃}) \times 100\%$		%		
放电能量保持率 = $E_{dn'}(5\text{℃})/E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$		%		

B.6 电池单体绝热温升试验数据记录见表 B.6。

表 B.6 电池单体绝热温升试验数据记录表

温度 ℃	电池单体温升速率 ℃/min	
	电池 3 #	电池 4 #
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		
130		

B.7 电池单体能量保持与能量恢复能力试验数据记录见表 B.7。

表 B.7 电池单体能量保持与能量恢复能力试验数据记录表

项目(室温)	单位	电池 5 #	电池 6 #	项目(高温)	单位	电池 7 #	电池 8 #
保持能量	W·h			保持能量	W·h		
充电恢复能量	W·h			充电恢复能量	W·h		
放电恢复能量	W·h			放电恢复能量	W·h		
能量保持率=保持 能量/ $E_{\text{idn}}'(25\text{℃})\times 100\%$	%			能量保持率=保持 能量/ $E_{\text{idn}}'(25\text{℃})\times 100\%$	%		
充电能量恢复率=充电恢复 能量/ $E_{\text{icn}}(25\text{℃})\times 100\%$	%			充电能量恢复率=充电恢复 能量/ $E_{\text{icn}}(25\text{℃})\times 100\%$	%		
放电能量恢复率=放电恢复 能量/ $E_{\text{idn}}'(25\text{℃})\times 100\%$	%			放电能量恢复率=放电恢复 能量/ $E_{\text{idn}}'(25\text{℃})\times 100\%$	%		

B.8 电池单体储存性能试验数据记录见表 B.8。

表 B.8 电池单体储存性能试验数据记录表

项目	单位	电池 9 #	电池 10 #
充电恢复能量	W·h		
放电恢复能量	W·h		
充电能量恢复率=充电恢复能量/ $E_{\text{icn}}(25\text{℃})\times 100\%$	%		
放电能量恢复率=放电恢复能量/ $E_{\text{idn}}'(25\text{℃})\times 100\%$	%		

B.9 电池单体循环性能试验数据记录见表 B.9。

表 B.9 电池单体循环性能试验数据记录表(能量型)

循环次数	项目	单位	电池 11 #	电池 12 #
1	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电能量保持率	%	100	100
	放电能量保持率	%	100	100
	能量效率=放电能量(1次)/充电能量(1次)×100%	%		
50	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电能量保持率=充电能量(50次)/充电能量(1次)×100%	%		
	放电能量保持率=放电能量(50次)/放电能量(1次)×100%	%		
	能量效率=放电能量(50次)/充电能量(50次)×100%	%		
.....				
.....				
1 000	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电能量保持率=充电能量(1 000次)/充电能量(1次)×100%	%		
	放电能量保持率=放电能量(1 000次)/放电能量(1次)×100%	%		
	能量效率=放电能量(1 000次)/充电能量(1 000次)×100%	%		

B.10 电池单体循环性能试验数据记录见表 B.10。

表 B.10 电池单体循环性能试验数据记录表(功率型)

循环次数	项目	单位	电池 11 #	电池 12 #
	M 值			
1	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电能量保持率	%	100	100
	放电能量保持率	%	100	100
	能量效率=放电能量(1次)/充电能量(1次)×100%	%		

表 B.10 (续)

循环次数	项目	单位	电池 11 #	电池 12 #
100	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电能量保持率=充电能量(100 次)/充电能量(1 次)×100 %	%		
	放电能量保持率=放电能量(100 次)/放电能量(1 次)×100 %	%		
	能量效率=放电能量(100 次)/充电能量(100 次)×100 %	%		
.....				
.....				
2 000	充电能量	W · h		
	放电能量	W · h		
	充电时间	h		
	放电时间	h		
	充电能量保持率=充电能量(2 000 次)/充电能量(1 次)×100 %	%		
	放电能量保持率=放电能量(2 000 次)/放电能量(1 次)×100 %	%		
	能量效率=放电能量(2 000 次)/充电能量(2 000 次)×100 %	%		

B.11 电池模块技术规格数据记录见表 B.11。

表 B.11 电池模块技术规格数据记录表

项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	n		
额定放电小时率	n'		
n 小时率额定充电功率	P_{rcn}	kW	
n' 小时率额定放电功率	$P_{rdsn'}$	kW	
n 小时率额定充电能量	E_{rcn}	kW · h	
n' 小时率额定放电能量	$E_{rdsn'}$	kW · h	
n 小时率额定充电容量	C_{rcn}	A · h	
n' 小时率额定放电容量	$C_{rdsn'}$	A · h	
电池模块标称电压		V	
电池模块尺寸(长×宽×高)		mm	
电池模块质量		kg	
电池单体充电终止电压		V	
电池单体放电终止电压		V	
电池模块充电终止电压		V	

表 B.11（续）

项目	符号	单位	数值
电池模块放电终止电压		V	
电池单体充电告警电压		V	
电池单体放电告警电压		V	
电池单体充电保护电压		V	
电池单体放电保护电压		V	
电池模块充电告警电压		V	
电池模块放电告警电压		V	
电池模块充电保护电压		V	
电池模块放电保护电压		V	
电池单体告警温度		℃	
电池单体保护温度		℃	
注：n、n' 从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。			

B.12 电池模块初始充放电能量试验数据记录见表 B.12。

表 B.12 电池模块初始充放电能量试验数据记录表

项目	符号	单位	试验次数	电池 1#	电池 2#	电池 3#	…	电池 8#
质量		kg						
质量平均值		kg						
体积		L						
体积平均值		L						
初始充电能量	E_{icn}	W·h	①					
			②					
			③					
			均值					
充电时间	t_c	h	①					
			②					
			③					
			均值					
初始放电能量	$E_{idn'}$	W·h	①					
			②					
			③					
			均值					

表 B.12 (续)

项目	符号	单位	试验次数	电池 1 #	电池 2 #	电池 3 #	…	电池 8 #
放电时间	t_d	h	①					
			②					
			③					
			均值					
能量效率=初始放电能量 均值/初始充电能量均值×100 %		%						
初始充电能量平均值		W·h						
初始放电能量平均值		W·h						
初始充电能量极差		W·h	①					
			②					
			③					
初始放电能量极差		W·h	①					
			②					
			③					
初始充电能量极差平均值		W·h						
初始放电能量极差平均值		W·h						
初始充电能量均值/额定充电能量×100 %		%						
初始放电能量均值/额定放电能量×100 %		%						
初始充电能量极差平均值/初 始充电能量平均值×100 %		%						
初始放电能量极差平均值/初 始放电能量平均值×100 %		%						
充电质量能量密度=初始充 电能量平均值/质量平均值	τw_{gc}	W·h/kg						
放电质量能量密度=初始放 电能量平均值/质量平均值	τw_{gd}	W·h/kg						
充电体积能量密度=初始充 电能量平均值/体积平均值	τw_{vc}	W·h/L						
放电体积能量密度=初始放 电能量平均值/体积平均值	τw_{vd}	W·h/L						
初始充电容量	C_{icu}	A·h	①					
			②					
			③					
			均值					

表 B.12（续）

项目	符号	单位	试验次数	电池 1 #	电池 2 #	电池 3 #	...	电池 8 #
初始放电容量	$C_{\text{idn}'}$	$A \cdot h$	①					
			②					
			③					
			均值					

B.13 电池模块倍率充放电性能试验数据记录见表 B.13。

表 B.13 电池模块倍率充放电性能试验数据记录表

倍率	项目	单位	电池 1 #
P_{rcn} 和 $P_{\text{rdn}'}$	充电能量	$W \cdot h$	
	放电能量	$W \cdot h$	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电容量	$A \cdot h$	
	放电容量	$A \cdot h$	
	能量效率	%	
$2P_{\text{rcn}}$ 和 $2P_{\text{rdn}'}$	充电能量	$W \cdot h$	
	放电能量	$W \cdot h$	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电容量	$A \cdot h$	
	放电容量	$A \cdot h$	
	充电能量保持率	%	
	放电能量保持率	%	
	能量效率	%	
$4P_{\text{rcn}}$ 和 $4P_{\text{rdn}'}$	充电能量	$W \cdot h$	
	放电能量	$W \cdot h$	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电容量	$A \cdot h$	
	放电容量	$A \cdot h$	
	充电能量保持率	%	
	放电能量保持率	%	
	能量效率	%	

B.14 电池模块高温充放电性能试验数据记录见表 B.14。

表 B.14 电池模块高温充放电性能试验数据记录表

项目[(45±2)℃]	符号	单位	电池 1 #
充电能量	E_{cn}	kW·h	
放电能量	$E_{dn'}$	kW·h	
充电时间	t_c	h	
放电时间	t_d	h	
充电容量	C_{cn}	A·h	
放电容量	$C_{dn'}$	A·h	
能量效率= $E_{dn'}/E_{cn} \times 100\%$		%	
充电能量保持率= $E_{cn}(45\text{℃})/E_{icn}(25\text{℃}) \times 100\%$		%	
放电能量保持率= $E_{dn'}(45\text{℃})/E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$		%	

B.15 电池模块低温充放电性能试验数据记录见表 B.15。

表 B.15 电池模块低温充放电性能试验数据记录表

项目[(5±2)℃]	符号	单位	电池 1 #
充电能量	E_{cn}	kW·h	
放电能量	$E_{dn'}$	kW·h	
充电时间	t_c	h	
放电时间	t_d	h	
充电容量	C_{cn}	A·h	
放电容量	$C_{dn'}$	A·h	
能量效率= $E_{dn'}/E_{cn} \times 100\%$		%	
充电能量保持率= $E_{cn}(5\text{℃})/E_{icn}(25\text{℃}) \times 100\%$		%	
放电能量保持率= $E_{dn'}(5\text{℃})/E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$		%	

B.16 电池模块能量保持与能量恢复能力试验数据记录见表 B.16。

表 B.16 电池模块能量保持与能量恢复能力试验数据记录表

项目(室温)	单位	电池 2 #	项目(高温)	单位	电池 3 #
保持能量	kW·h		保持能量	kW·h	
充电恢复能量	kW·h		充电恢复能量	kW·h	
放电恢复能量	kW·h		放电恢复能量	kW·h	
能量保持率=保持 能量/ $E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$	%		能量保持率=保持 能量/ $E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$	%	
充电能量恢复率=充电恢复 能量/ $E_{icn}(25\text{℃}) \times 100\%$	%		充电能量恢复率=充电恢复 能量/ $E_{icn}(25\text{℃}) \times 100\%$	%	
放电能量恢复率=放电恢复 能量/ $E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$	%		放电能量恢复率=放电恢复 能量/ $E_{idn'}(25\text{℃}) \times 100\%$	%	

B.17 电池模块储存性能试验数据记录见表 B.17。

表 B.17 电池模块储存性能试验数据记录表

项目	单位	电池 4 #
充电恢复能量	kW · h	
放电恢复能量	kW · h	
充电能量恢复率 = 充电恢复能量 / E_{icv} (25 °C) × 100 %	%	
放电能量恢复率 = 放电恢复能量 / E_{idv} (25 °C) × 100 %	%	

B.18 电池模块循环性能试验数据记录见表 B.18。

表 B.18 电池模块循环性能试验数据记录表(能量型)

循环次数	项目	单位	电池 7 #
1	充电能量	kW · h	
	放电能量	kW · h	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电能量保持率	%	100
	放电能量保持率	%	100
	能量效率 = 放电能量(1 次) / 充电能量(1 次) × 100 %	%	
	充电结束时电池单体电压极差	mV	
	放电结束时电池单体电压极差	mV	
20	充电能量	kW · h	
	放电能量	kW · h	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电能量保持率 = 充电能量(20 次) / 充电能量(1 次) × 100 %	%	
	放电能量保持率 = 放电能量(20 次) / 放电能量(1 次) × 100 %	%	
	能量效率 = 放电能量(20 次) / 充电能量(20 次) × 100 %	%	
	充电结束时电池单体电压极差	mV	
	放电结束时电池单体电压极差	mV	
.....			
.....			
500	充电能量	kW · h	
	放电能量	kW · h	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电能量保持率 = 充电能量(500 次) / 充电能量(1 次) × 100 %	%	

表 B.18 (续)

循环次数	项目	单位	电池 7 #
500	放电能量保持率=放电能量(500 次)/放电能量(1 次)×100%	%	
	能量效率=放电能量(500 次)/充电能量(500 次)×100%	%	
	充电结束时电池单体电压极差	mV	
	放电结束时电池单体电压极差	mV	
	充电结束时电池单体电压极差平均值(1 次~500 次)	mV	
	放电结束时电池单体电压极差平均值(1 次~500 次)	mV	

B.19 电池模块循环性能试验数据记录见表 B.19。

表 B.19 电池模块循环性能试验数据记录表(功率型)

循环次数	项目	单位	电池 7 #
	M 值		
1	充电能量	kW·h	
	放电能量	kW·h	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电能量保持率	%	100
	放电能量保持率	%	100
	能量效率=放电能量(1 次)/充电能量(1 次)×100%	%	
	充电结束时电池单体电压极差	mV	
	放电结束时电池单体电压极差	mV	
50	充电能量	kW·h	
	放电能量	kW·h	
	充电时间	h	
	放电时间	h	
	充电能量保持率=充电能量(50 次)/充电能量(1 次)×100%	%	
	放电能量保持率=放电能量(50 次)/放电能量(1 次)×100%	%	
	能量效率=放电能量(50 次)/充电能量(50 次)×100%	%	
	充电结束时电池单体电压极差	mV	
	放电结束时电池单体电压极差	mV	
.....			
.....			
1 000	充电能量	kW·h	
	放电能量	kW·h	
	充电时间	h	

表 B.19（续）

循环次数	项目	单位	电池 7 号
1 000	放电时间	h	
	充电能量保持率=充电能量(1 000 次)/充电能量(1 次)×100%	%	
	放电能量保持率=放电能量(1 000 次)/放电能量(1 次)×100%	%	
	能量效率=放电能量(1 000 次)/充电能量(1 000 次)×100%	%	
	充电结束时电池单体电压极差	mV	
	放电结束时电池单体电压极差	mV	
	充电结束时电池单体电压极差平均值(1 次~500 次)	mV	
	放电结束时电池单体电压极差平均值(1 次~500 次)	mV	

B.20 电池簇技术规格数据记录见表 B.20。

表 B.20 电池簇技术规格数据记录表

项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	n		
额定放电小时率	n'		
n 小时率额定充电功率	P_{rcn}	kW	
n' 小时率额定放电功率	$P_{rdn'}$	kW	
n 小时率额定充电能量	E_{rcn}	kW·h	
n' 小时率额定放电能量	$E_{rdn'}$	kW·h	
n 小时率电池额定充电容量	C_{rcn}	A·h	
n' 小时率电池额定放电容量	$C_{rdn'}$	A·h	
电池簇标称电压		V	
电池单体充电终止电压		V	
电池单体放电终止电压		V	
电池模块充电终止电压		V	
电池模块放电终止电压		V	
电池簇充电终止电压		V	
电池簇放电终止电压		V	
电池单体充电告警电压		V	
电池单体放电告警电压		V	
电池单体充电保护电压		V	
电池单体放电保护电压		V	
电池模块充电告警电压		V	
电池模块放电告警电压		V	
电池模块充电保护电压		V	

表 B.20 (续)

项目	符号	单位	数值
电池模块放电保护电压		V	
电池簇充电告警电压		V	
电池簇放电告警电压		V	
电池簇充电保护电压		V	
电池簇放电保护电压		V	
电池单体告警温度		℃	
电池单体保护温度		℃	
注：n、n'从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。			

B.21 电池簇初始充放电能量试验数据记录见表 B.21。

表 B.21 电池簇初始充放电能量试验数据记录表

项目	符号	单位	试验次数	电池 1#
初始充电能量	E_{icn}	W·h	①	
			②	
			③	
			均值	
充电时间	t_c	h	①	
			②	
			③	
			均值	
初始放电能量	$E_{idn'}$	W·h	①	
			②	
			③	
			均值	
放电时间	t_d	h	①	
			②	
			③	
			均值	
能量效率=初始放电能量均值/初始充电能量均值×100%		%		
初始充电能量均值/额定充电能量×100%		%		
初始放电能量均值/额定放电能量×100%		%		
充电结束时电池单体电压极差		mV	①	
			②	
			③	
			均值	

表 B.21（续）

项目	符号	单位	试验次数	电池 1 #
放电结束时电池单体电压极差		mV	①	
			②	
			③	
			均值	
充电结束时电池单体温度极差		℃	①	
			②	
			③	
			均值	
放电结束时电池单体温度极差		℃	①	
			②	
			③	
			均值	
充电结束时电池模块电压极差		V	①	
			②	
			③	
			均值	
放电结束时电池模块电压极差		V	①	
			②	
			③	
			均值	
电池单体最大温升		℃		
初始充电容量	C_{icn}	A · h	①	
			②	
			③	
			均值	
初始放电容量	C_{idn}'	A · h	①	
			②	
			③	
			均值	