

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

电动车辆用全固态钠离子电池

All-solid-state sodium-ion battery for electric vehicles

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号、缩略语和型号编制 3

 4.1 符号 3

 4.2 缩略语 3

 4.3 型号编制 3

5 技术要求 4

 5.1 基本要求 4

 5.2 电池单体性能 5

 5.3 电池模块性能 7

6 试验方法 9

 6.1 试验通用条件 9

 6.2 基本要求试验方法 9

 6.3 电池单体性能试验方法 9

 6.4 电池模块性能试验方法 13

7 检验规则 13

 7.1 检验分类 14

 7.2 出厂检验 14

 7.3 型式检验 14

8 标志、包装、运输和贮存 14

 8.1 标志 14

 8.2 包装 15

 8.3 运输 15

 8.4 贮存 15

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。

本文件由湖北双环科技股份有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

电动车辆用全固态钠离子电池

1 范围

本文件规定了电动车辆用全固态钠离子电池的术语和定义、符号、缩略语和型号编制、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
本文件适用于电动汽车、电动自行车、电动摩托车等电动车辆用全固态钠离子电池单体和电池模块。

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 包装储运图形符号标志
- 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 2900.4.1 电工术语 原电池和蓄电池
- GB/T 31486 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法
- GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求
- T/CI 255 钠离子电池性能要求和测试方法
- T/CIAPS 0011 锂离子电池制造术语
- CNESA 1006 钠离子蓄电池通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

全固态钠离子电池 all solid-state sodium-ion cell

依靠钠离子在正极和负极之间通过固态电解质迁移实现化学能与电能相互转化的装置，电池内部不含任何液态电解液，通常包括正极、固态电解质、负极、外壳和端子等。

3.2

电池单体 battery cell

将化学能与电能进行转化的全固态钠离子电池基本单元装置，内部不含任何液态电解液。

3.3

电池模块 battery module

将一个以上全固态钠离子电池单体按照串联、并联或串并联方式组合，且只有一对正负极输出端子，内部不含任何液态电解液，并作为电源使用的组合体。

3.4

固态电解质 solid state electrolyte, SSE

在全固态钠离子电池中，为钠离子提供传输通道，同时具备电子绝缘特性的固态材料，分为氧化物型、硫化物型、卤化物型、聚合物型、复合型等类别。

3.5

额定容量 rated capacity

在制造商规定的充放电条件下测得的，并由制造商声明的全固态钠离子电池单体、模块的容量值。单位为安时（Ah）或毫安时（mAh）。

3.6

初始容量 initial capacity

新出厂的全固态钠离子电池，在室温下完全充满电后，以1 In (A) 电流放电至企业规定的放电终止条件时所释放的容量值。

3.7

充电终止电压 end-of-charge voltage

全固态钠离子电池单体、模块正常充电时允许达到的最高电压。

3.8

放电终止电压 end-of-discharge voltage

全固态钠离子电池单体、模块正常放电时允许达到的最低电压。

3.9

标称电压 nominal voltage

用以标识全固态钠离子电池或电池模块的适宜电压近似值。

3.10

容量保持能力 capacity retention

完全充电的全固态钠离子电池在规定温度下储存规定时间后，放电至终止电压时的容量与初始容量的比值。

3.11

容量恢复能力 capacity recovery

完全充电的全固态钠离子电池在规定温度下储存规定时间后，经标准充放电循环再次充满电，放电至终止电压时的容量与初始容量的比值。

3.12

破裂 rupture

由于内部或外部因素引起全固态钠离子电池单体或模块外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出，但没有喷出。

3.13

泄漏 leakage

固态电解质、电极材料等可见物质从全固态钠离子电池单体或模块内部漏出至试验对象外部的现象。

3.14

爆炸 explosion

电池内部能量突然释放产生压力波或高速喷射物，对周边区域造成结构或物理破坏的现象。

3.15

起火 fire

全固态钠离子电池单体或模块任何部位发生持续燃烧（单次火焰持续时间大于1s）的失效现象。火花及拉弧不属于燃烧。

3.16

热失控扩散 thermal runaway diffusion

电池模块内的电池单体发生热失控后，触发相邻或其他部位的电池单体接连发生热失控的现象。

4 符号、缩略语和型号编制

4.1 符号

4.1.1 下列符号适用于本文件：

- I_n ：n小时率放电电流，数值等于电池额定容量值的1/n，单位为A；
- Ah：安时，电池容量单位；
- V：伏特，电压单位。

4.1.2 除非另有说明，不同应用领域全固态钠离子电池单体和模块充放电电流 I_n 的 n 值选取按表 1 执行。

表 1 钠离子电池单体和模块的充放电电流标准

应用领域	电池单体		电池模块	
	充电n取值	放电n取值	充电n取值	放电n取值
电动汽车	3	3	3	3
电动自行车	2	2	2	2
电动摩托车	1	1	1	1
其他电动车辆	2	2	2	2

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

- SSE：固态电解质（solid state electrolyte）；
- CCD：临界电流密度（critical current density）；
- SOC：荷电状态（state of charge）。

4.3 型号编制

4.3.1 电池单体型号编制

全固态钠离子电池单体型号按图1形式命名，由钠离子电池标识、全固态标识、正极体系代号、负极体系代号、固态电解质体系代号、电池形状代号、电池尺寸、电池标称电压和电池额定容量组成。

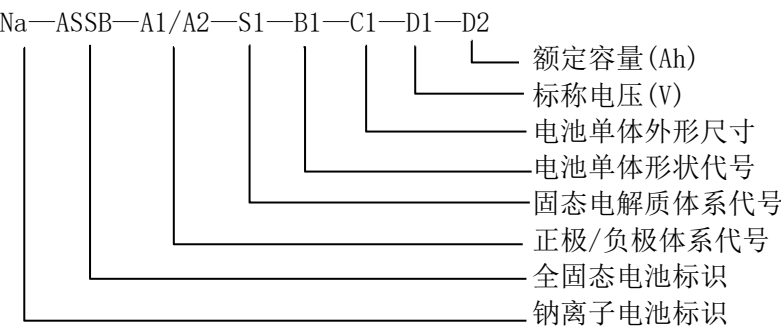


图 1 钠离子电池单体编码规则

各代号含义如下：

- 正极体系代号：包括过渡金属氧化物类、聚阴离子类、普鲁士蓝类、有机类四大类；
- 负极体系代号：包括无定形碳材料、合金类、有机类、钛基类四大类；
- 固态电解质体系代号按表2执行；硫化物、卤化物、聚合物
- 电池形状代号：PR-刚性金属外壳方形电池
PR'-塑料外壳方形电池
SP-柔性层压薄膜外壳方形电池
CY-圆柱形电池

X-其他形状。

表 2 固态电解质体系代号表

代号	体系类别
OX	氧化物型
SU	硫化物型
HA	卤化物型
PO	聚合物型
HY	复合型

示例 1：Na-ASSB-CFM/HC-HA-CY46145-3.1-22，代表直径为 46mm、高度为 145mm、标称电压为 3.1V、额定容量为 22Ah，采用铜铁锰基三元过渡金属氧化物正极、硬碳负极、卤化物型固态电解质的圆柱形全固态钠离子电池单体。

4.3.2 电池模块型号编制

全固态钠离子电池模块型号按图2形式命名，由钠离子电池标识、模块标识、全固态标识、正极体系代号、负极体系代号、固态电解质体系代号、电池单体形状代号、标称电压和额定容量组成。

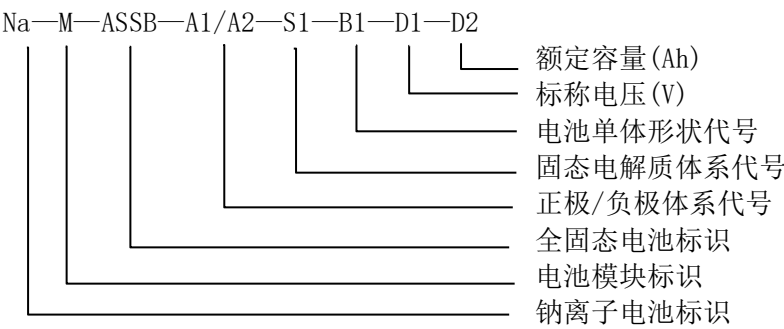


图 2 钠离子电池模块编码规则

示例 2：Na-M-ASSB-NFM/HC-HA-PR-48-20，代表采用镍铁锰基三元过渡金属氧化物正极、硬碳负极、卤化物型固态电解质的方形金属外壳全固态钠离子电池单体组成的 48V、20Ah 电池模块。

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 原材料

- 5.1.1.1 电池核心原材料应符合机动车辆用动力电池相关标准要求，其中正极材料用碳酸钠原料纯度应≥99.2%，固态电解质用钠盐原料纯度应≥99.5%。
- 5.1.1.2 固态电解质材料应满足本文件 5.2.1.9 的专项性能要求，批次稳定性极差应不大于平均值的 3%。
- 5.1.1.3 正负极材料、集流体、外壳等原材料应符合制造商技术文件要求，且满足机动车辆用电池的环境适应性与安全性能要求。

5.1.2 外观

5.1.2.1 电池单体

外观应无变形及裂纹，表面干燥平整无毛刺、无外伤、无污物，标识清晰正确，无固态电解质泄露现象。

5.1.2.2 电池模块

外观不得有变形及裂纹，表面干燥、无外伤，排列整齐、连接可靠、标识清晰，无固态电解质泄露现象。

5.1.3 极性

电池单体、模块的端子极性标识应正确、清晰，与实际极性一致。

5.1.4 外形尺寸及质量

电池单体、模块的外形尺寸及质量应符合制造商提供的产品技术文件要求，尺寸偏差应不超过±0.5%，质量偏差应不超过±1%。

5.2 电池单体性能

5.2.1 电性能

5.2.1.1 室温放电容量

在室温条件下测试，电池单体第三次及之前的放电容量应不低于额定容量，且不超过额定容量的110%；所有测试对象初始容量极差应不大于初始容量平均值的4%，能量效率不小于92%。

5.2.1.2 室温倍率放电容量

电池单体室温倍率放电容量应符合表3要求，表中容量要求均相对于初始容量。

表 3 电池单体室温倍率放电容量

应用领域	1 In	2 In	3 In	4 In
电动汽车	100%	≥95%	≥90%	≥85%
电动自行车	100%	≥90%	≥85%	—
电动摩托车	100%	≥95%	≥90%	—
其他电动车辆	100%	≥90%	≥85%	—
4In为非工作电流则不作要求。				

5.2.1.3 室温倍率充电性能

电池单体室温倍率充电后，放电容量应符合表4要求，表中容量要求均相对于初始容量。

表 4 电池单体室温倍率充电性能

应用领域	2 In	3 In
电动汽车	—	≥90%
电动自行车	≥90%	—
电动摩托车	≥90%	—
其他电动车辆	≥90%	—
注：“—”		

5.2.1.4 高温放电容量

电池单体在55℃±2℃条件下测试，放电容量不应小于初始容量的97%。

5.2.1.5 低温放电容量

电池单体在-20℃±2℃条件下测试，放电容量不应小于初始容量的85%；-40℃±2℃条件下测试，放电容量不应小于初始容量的60%。

5.2.1.6 容量保持与容量恢复能力

电池单体按规定试验后，室温及高温容量保持率不应小于初始容量的90%，容量恢复率不应小于初始容量的97%。

5.2.1.7 循环性能

电池单体室温循环性能应符合表5要求，循环过程中电池应无起火、爆炸、泄露现象。

表 5 电池单体循环性能

应用领域	循环次数	放电容量保持率	备注
电动汽车	1000 次	≥90%	满足一项即可
	3000 次	≥80%	
电动自行车	1500 次	≥80%	
电动摩托车	1000 次	≥90%	满足一项即可
	2000 次	≥80%	
其他电动车辆	1200 次	≥80%	

5.2.1.8 储存性能

电池单体按规定试验后，室温储存 90 天的容量恢复率不应小于初始容量的 95%；45℃±2℃储存 28 天的室温容量恢复率不应小于初始容量的 90%。

5.2.1.9 固态电解质专项性能

电池单体所用固态电解质应满足表6要求。

表 6 固态电解质专项性能

项目	技术指标	测试条件
离子电导率	$\geq 1 \times 10^{-4}$ S/cm	25℃
电化学窗口	≥ 4.5 V (vs Na/Na ⁺)	25℃
电子电导率	$\leq 1 \times 10^{-8}$ S/cm	25℃
临界电流密度	≥ 0.5 mA/cm ²	25℃，恒流充放电

5.2.2 环境适应性

5.2.2.1 环境试验通用要求

所有环境试验后，电池单体应满足以下要求：

- a) 不变形、不破裂、不鼓胀，外壳尺寸不超过制造商规定的容差范围；
- b) 试验前后电压变化不超过 ±0.3 V；
- c) 不爆炸、不起火、不泄露固态电解质。

5.2.2.2 恒定湿热试验

电池单体按规定进行恒定湿热试验后，应满足本文件5.2.2.1的要求，且满充电后放电容量不应小于初始容量的92%。

5.2.2.3 机械冲击试验

电池单体按规定进行机械冲击试验后，应满足本文件5.2.2.1的要求。

5.2.2.4 温度循环试验

电池单体按规定进行温度循环试验后，应满足本文件5.2.2.1的要求。

5.2.2.5 低气压试验

电池单体按规定进行低气压试验后，应满足本文件5.2.2.1的要求。

5.2.2.6 机械振动试验

电池单体按规定进行机械振动试验后，应满足本文件5.2.2.1的要求。

5.2.3 安全性能

电池单体按规定进行各项安全试验，应满足表7对应的要求。

表 7 电池单体安全性能

序号	试验项目	技术要求
----	------	------

1	过充电	不爆炸、不起火
2	过放电	不爆炸、不起火、不泄露，满充电后放电容量≥初始容量的95%
3	外部短路	不爆炸、不起火
4	跌落	不爆炸、不起火、不泄露
5	加热	不爆炸、不起火
6	挤压	不爆炸、不起火
7	针刺	不爆炸、不起火
8	海水浸泡	不爆炸、不起火
9	重物冲击	不爆炸、不起火

5.3 电池模块性能

5.3.1 电性能

5.3.1.1 室温放电容量

在室温条件下测试，电池模块第三次及之前的放电容量应不低于额定容量，且不超过额定容量的110%；所有测试对象初始容量极差应不大于初始容量平均值的6%，能量效率不小于90%。

5.3.1.2 室温倍率放电容量

电池模块室温倍率放电容量应符合表8要求，表中容量要求均相对于初始容量。

表 8 电池模块室温倍率放电容量

应用领域	1 In	2 In	3 In	4 In
电动汽车	100%	≥93%	≥88%	≥82%
电动自行车	100%	≥88%	≥83%	—
电动摩托车	100%	≥93%	≥88%	—
其他电动车辆	100%	≥88%	≥83%	—
4 In为非工作电流则不作要求，最大测试电流不超过400 A。				

5.3.1.3 室温倍率充电性能

电池模块室温倍率充电后，放电容量应符合表9要求，表中容量要求均相对于初始容量。

表 9 电池模块室温倍率充电性能

应用领域	2 In	3 In
电动汽车	—	≥88%
电动自行车	≥88%	—
电动摩托车	≥88%	—
其他电动车辆	≥88%	—
注：“—”		

5.3.1.4 高温放电容量

电池模块在 55℃±2℃条件下测试，放电容量不应小于初始容量的92%。

5.3.1.5 低温放电容量

电池模块在-20℃±2℃条件下测试，放电容量不应小于初始容量的80%。

5.3.1.6 容量保持与容量恢复能力

电池模块按规定试验后，室温及高温容量保持率不应小于初始容量的85%，容量恢复率不应小于初始容量的92%。

5.3.1.7 循环性能

电池模块室温循环性能应符合表10要求，循环过程中电池应无起火、爆炸、泄露现象。

表 10 电池模块循环性能

应用领域	循环次数	放电容量保持率	备注
电动汽车	800次	≥90%	满足一项即可
	2000 次	≥80%	
电动自行车	1000 次	≥75%	
电动摩托车	800 次	≥90%	满足一项即可
	1500 次	≥80%	
其他电动车辆	1000 次	≥75%	

5.3.1.8 储存性能

电池模块按规定试验后，室温储存90天的容量恢复率不应小于初始容量的90%；45℃±2℃储存 28 天的室温容量恢复率不应小于初始容量的85%。

5.3.2 环境适应性

5.3.2.1 环境试验通用要求

- 所有环境试验后，电池单体应满足以下要求：
- a) 不变形、不破裂、不鼓胀，外壳尺寸不超过制造商规定的容差范围；
 - b) 不爆炸、不起火、不泄露固态电解质；
 - c) 结构完整、连接可靠，无放电电流锐变、电压异常现象。

5.3.2.2 恒定湿热试验

电池模块按规定进行恒定湿热试验后，应满足本文件5.3.2.1的要求，且满充电后放电容量不应小于初始容量的90%。

5.3.2.3 机械冲击试验

电池模块按规定进行机械冲击试验后，应满足本文件5.3.2.1的要求。

5.3.2.4 温度循环试验

电池模块按规定进行温度循环试验后，应满足本文件5.3.2.1的要求。

5.3.2.5 低气压试验

电池模块按规定进行低气压试验后，应满足本文件5.3.2.1的要求。

5.3.2.6 机械振动试验

电池模块按规定进行耐振动试验后，应满足本文件5.3.2.1的要求。

5.3.2.7 盐雾试验

电池模块按规定进行盐雾试验后，应满足本文件5.3.2.1的要求。

5.3.3 安全性能

电池模块按规定进行各项安全试验，应满足表11对应的要求。

表 11 电池单体安全性能

序号	试验项目	技术要求
1	过放电	不爆炸、不起火、不泄露
2	外部短路	不爆炸、不起火
3	跌落	不爆炸、不起火、不泄露
4	挤压	不爆炸、不起火
5	海水浸泡	不爆炸、不起火
6	热失控扩散	不爆炸、不起火、不泄露

6 试验方法

6.1 试验通用条件

6.1.1 环境条件

除另有规定外，试验应在温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为10%~90%、大气压为86 kPa~106 kPa的环境中进行；本文件所指室温，为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 测量仪器精度要求

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求：

- a) 电压测量装置： $\pm 0.5\%$ FS；
- b) 电流测量装置： $\pm 0.5\%$ FS；
- c) 温度测量装置： $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 时间测量装置： $\pm 0.1\text{ s}$ ；
- e) 尺寸测量装置： $\pm 0.1\%$ FS；
- f) 质量测量装置： $\pm 0.1\%$ FS；
- g) 电导率测量装置： $\pm 1\%$ FS。

6.1.3 标准充电方法

6.1.3.1 电池单体标准充电

室温下，电池单体先以制造商规定且不小于 1 In (A) 的电流放电至制造商技术文件规定的放电终止电压，静置1 h（或制造商规定的不大于1 h的静置时间）；然后以 1 In (A) 电流恒流充电至制造商规定的充电终止电压，转恒压充电至电流降至 0.05 In (A) 时停止充电，充电后静置1 h（或制造商规定的不大于1 h的静置时间）。若制造商有明确充电方法，优先采用制造商提供的方法。

6.1.3.2 电池模块标准充电

室温下，电池模块先以制造商规定且不小于 1 In (A) 的电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压，静置1 h（或制造商规定的不大于1 h的静置时间）；然后以 1 In (A) 电流恒流充电至制造商规定的模块充电终止电压，转恒压充电，若充电过程中有单体电压超过充电终止电压 0.1 V 则停止充电，至充电电流降至 0.05 In (A) 时停止充电，充电后静置1 h（或制造商规定的不大于1 h的静置时间）。若制造商有明确充电方法，优先采用制造商提供的方法。

6.2 基本要求试验方法

6.2.1 外观检测

在良好光线条件下，采用目测法检查电池单体、模块的外观，判定是否符合 5.1.2 的要求。

6.2.2 极性检测

采用电压表检测电池单体、模块的端子极性，判定是否符合 5.1.3 的要求。

6.2.3 外形尺寸及质量检测

采用符合精度要求的量具和衡器，测量电池单体、模块的外形尺寸及质量，判定是否符合 5.1.4 的要求。

6.2.4 原材料检测

6.2.4.1 碳酸钠原料纯度采用电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）检测，判定是否符合 5.1.1.1 的要求。

6.2.4.2 固态电解质离子电导率、电子电导率采用交流阻抗法测试，电化学窗口采用线性扫描伏安法（LSV）测试，临界电流密度采用恒流充放电法测试，判定是否符合 5.2.1.9 的要求。

6.3 电池单体性能试验方法

6.3.1 电性能试验方法

6.3.1.1 室温放电容量试验

按以下步骤进行：

- 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压；
- 计量放电容量；
- 重复步骤 a)～c) 5 次，当连续 3 次试验结果极差小于额定容量的 3%，可提前结束试验，取最后 3 次试验结果平均值；
- 判定是否符合 5.2.1.1 的要求。

6.3.1.2 室温倍率放电容量试验

按以下步骤进行：

- 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- 室温下，按表 3 规定的倍率电流放电至制造商规定的放电终止电压；
- 计量放电容量，计算相对于初始容量的占比；
- 判定是否符合 5.2.1.2 的要求。

6.3.1.3 室温倍率充电性能试验

按以下步骤进行：

- 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压，静置 1 h；
- 按表 4 规定的倍率电流恒流充电至制造商规定的充电终止电压时停止充电，静置 1 h；
- 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压，计量放电容量，计算相对于初始容量的占比；
- 判定是否符合 5.2.1.3 的要求。

6.3.1.4 高温放电容量试验

按以下步骤进行：

- 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- 在 $55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 条件下静置 5 h；
- 在相同温度下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压；
- 计量放电容量，计算相对于初始容量的占比；
- 判定是否符合 5.2.1.4 的要求。

6.3.1.5 低温放电容量试验

按以下步骤进行：

- 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- 在 $-20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ (或 $-40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) 条件下静置 16 h；
- 在相同温度下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压 (不低于室温放电终止电压的 80%)；
- 计量放电容量，计算相对于初始容量的占比；
- 判定是否符合 5.2.1.5 的要求。

6.3.1.6 容量保持与容量恢复能力试验

6.3.1.6.1 室温容量保持与恢复

按以下步骤进行：

- 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- 室温下静置 28 天；

- c) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量保持容量;
- d) 电池单体再按 6.1.3.1 方法充电;
- e) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量恢复容量;
- f) 计算容量保持率、恢复率, 判定是否符合 5.2.1.6 的要求。

6.3.1.6.2 高温容量保持与恢复

按以下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电;
- b) 在 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下静置 7 天;
- c) 室温下静置 5 h, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量保持容量;
- d) 电池单体再按 6.1.3.1 方法充电;
- e) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量恢复容量;
- f) 计算容量保持率、恢复率, 判定是否符合 5.2.1.6 的要求。

6.3.1.7 循环性能试验

按以下步骤进行:

- a) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 静置不低于 30 min;
- b) 按 6.1.3.1 方法充电, 静置不低于 30 min;
- c) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量放电容量;
- d) 重复步骤 b)~c) 进行循环, 当连续两次循环放电容量低于表 5 规定的要求时, 停止试验并记录循环次数;
- e) 循环过程中观察电池状态, 判定是否符合 5.2.1.7 的要求。

6.3.1.8 储存性能试验

按以下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电;
- b) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电 30 min;
- c) 在室温条件下储存 90 天, 或 $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下储存 28 天;
- d) 室温下静置 5 h, 按 6.1.3.1 方法充电;
- e) 室温下, 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量放电容量;
- f) 计算容量恢复率, 判定是否符合 5.2.1.8 的要求。

6.3.2 环境适应性试验方法

6.3.2.1 恒定湿热试验

按以下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电;
- b) 在 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $90\% \pm 3\%$ RH 恒温恒湿箱中静置 48 h;
- c) 在 $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 、 $45\% \pm 3\%$ RH 环境下静置 2 h;
- d) 观察 1 h, 检查外观;
- e) 以 $1 I_n$ (A) 电流放电至制造商规定的放电终止电压, 计量放电容量;
- f) 判定是否符合 5.2.2.2 的要求。

6.3.2.2 机械冲击试验

按以下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电;
- b) 将电池固定在冲击试验台上, 进行半正弦脉冲冲击试验: 峰值加速度 $150 \text{ g} \pm 25 \text{ g}$, 脉冲持续时间 $6 \text{ ms} \pm 1 \text{ ms}$, 最初 3 ms 内最小平均加速度 75 g; 圆柱形电池轴向、径向各冲击 3 次, 方形电池三个互相垂直轴的正反方向各冲击 3 次;
- c) 观察 1 h, 检查外观与电压;

d) 判定是否符合 5.2.2.3 的要求。

6.3.2.3 温度循环试验

按以下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 将电池放入温度箱，按表 12 参数进行温度循环，共循环 5 次；
- c) 观察 1 h，检查外观与电压；
- d) 判定是否符合 5.2.2.4 的要求。

表 12 温度循环试验参数

温度, °C	时间增量, min	累计时间, min	温度变化率, °C/min
25	0	0	0
-40	60	60	13/12
-40	90	150	0
25	60	210	13/12
85	90	300	2/3
85	110	410	0
25	70	480	6/7

6.3.2.4 低气压试验

按以下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 将电池放入低气压箱，调节气压至 $11.6\text{ kPa} \pm 0.4\text{ kPa}$ ，室温保持 6 h；
- c) 升压至正常大气压，观察 1 h，检查外观与电压；
- d) 判定是否符合 5.2.2.5 的要求。

6.3.2.5 机械振动试验

按以下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 将电池固定在振动台上，施加振幅 0.76 mm（双振幅 1.52 mm）的正弦振动，频率 10 Hz~55 Hz，扫频速率 1 Hz/min，一次往复振动 $95\text{ min} \pm 5\text{ min}$ ；圆柱形电池轴向、径向各振动 1 次，方形电池三个互相垂直方向各振动 1 次；
- c) 观察 1 h，检查外观与电压；
- d) 判定是否符合 5.2.2.6 的要求。

6.3.3 安全性能试验方法

6.3.3.1 所有安全试验均在防爆箱内进行，试验后观察 1 h，判定是否符合表 7 的要求。

6.3.3.2 过充电试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 以 1 In (A) 电流充电至电压达到制造商规定充电终止电压的 1.5 倍，或充电时间达到 1 h 后停止；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.3.3.3 过放电试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 以 1 In (A) 电流放电至电压达到 0 V，搁置 30 min；
- c) 按 6.1.3.1 方法充电后，以 1 In (A) 电流放电至终止电压，计量放电容量；
- d) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸、泄露。

6.3.3.4 外部短路试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 将电池正负极经电阻小于 $5\text{ m}\Omega$ 的线路外部短路 10 min；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.3.3.5 跌落试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 从 1.5 m 高度自由跌落到水泥地面：圆柱形电池两个端面各跌落 1 次、圆柱面跌落 2 次，方形电池每个面各跌落 1 次；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸、泄露。

6.3.3.6 加热试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 放入温度箱，以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 速率升温至 $130^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ ，保持 30 min 后停止加热；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.3.3.7 挤压试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 采用半径 75 mm 的半圆柱体挤压板，垂直于电池极板方向，以不大于 2 mm/s 的速度施压，至电压达到 0 V、或变形量达到 15%、或挤压力达到 100 kN 后停止，保持 10 min；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.3.3.8 针刺试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 采用直径 5 mm~8 mm 的耐高温钢针，以 $25\text{ mm/s}\pm 5\text{ mm/s}$ 的速度，从电池中央垂直于电极面贯穿电池，钢针停留在电池内；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.3.3.9 海水浸泡试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 浸入 3.5% 氯化钠水溶液中 2 h，水深完全淹没电池；
- c) 观察 1 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.3.3.10 重物冲击试验

- a) 电池单体按 6.1.3.1 方法充电；
- b) 将直径 $15.8\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 的金属棒横置在电池几何中心，用 $9.1\text{ kg}\pm 0.1\text{ kg}$ 的重物从 $610\text{ mm}\pm 25\text{ mm}$ 高度自由落体撞击电池；
- c) 观察 6 h，记录是否发生起火、爆炸。

6.4 电池模块性能试验方法

6.4.1 电池模块的电性能、环境适应性、安全性能试验方法，除以下特殊规定外，均参照 6.3 对应条款执行，试验对象替换为电池模块，充放电终止条件按模块技术文件执行。

6.4.2 热失控扩散试验

按以下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.3.2 方法充电；
- b) 采用过充或加热方式，触发模块中心位置的单体发生热失控；
- c) 监测触发单体及相邻单体的电压、温度，持续观察 1 h；
- d) 按 GB 38031-2020 的判定规则，确认是否发生热失控扩散，判定是否符合 5.3.3.6 的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验、型式检验两类，检验项目按表13执行。

表 13 检验项目

试验样品	序号	试验项目	出厂检验	型式试验	对应技术要求章条号
电池单体	1	外观	√	√	5.1.2
	2	极性	√	√	5.1.3
	3	外形尺寸及质量	√	√	5.1.4
	4	室温放电容量	√	√	5.2.1.1
	5	室温倍率放电容量	—	√	5.2.1.2
	6	室温倍率充电性能	—	√	5.2.1.3
	7	高温放电容量	—	√	5.2.1.4
	8	低温放电容量	—	√	5.2.1.5
	9	容量保持与恢复能力	—	√	5.2.1.6
	10	循环性能	—	√	5.2.1.7
	11	储存性能	—	√	5.2.1.8
	12	固态电解质专项性能	—	√	5.2.1.9
	13	环境适应性试验	—	√	5.2.2
	14	安全性能试验	—	√	5.2.3
电池模块	1	外观	√	√	5.1.2
	2	极性	√	√	5.1.3
	3	外形尺寸及质量	√	√	5.1.4
	4	室温放电容量	√	√	5.3.1.1
	5	倍率性能试验	—	√	5.3.1.2~5.3.1.3
	6	高低温放电容量	—	√	5.3.1.4~5.3.1.5
	7	容量保持与恢复能力	—	√	5.3.1.6
	8	循环性能	—	√	5.3.1.7
	9	储存性能	—	√	5.3.1.8
	10	环境适应性试验	—	√	5.3.2
	11	安全性能试验	—	√	5.3.3
注：“√” “—”					

7.2 出厂检验

- 7.2.1 每批产品应经生产企业质量检验部门逐批检验，检验合格并出具产品合格证后方可出厂。
- 7.2.2 组批规则：同一批次原材料、同一生产线、同一规格型号、同一生产班次生产的产品为一个检验批。
- 7.2.3 抽样方案：按 GB/T 2828.1 执行，一般检验水平 II，接收质量限 AQL 1.0。
- 7.2.4 判定规则：所有检验项目均符合本文件要求，判定该批产品出厂检验合格；若有项目不合格，允许加倍抽样复检，复检仍不合格，判定该批产品不合格。

7.3 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品投产前；
- 产品设计、原材料、生产工艺发生重大变更，可能影响产品性能时；
- 停产 6 个月以上恢复生产时；
- 正常生产每 2 年进行 1 次；
- 国家市场监管部门、行业主管部门或第三方认证机构提出型式检验要求时。

7.3.1 补充抽样、组批以及判定规则。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 电池产品上应有下列标志：

- a) 产品名称、型号；
- b) 商标；
- c) 极性符号；
- d) 生产日期；
- e) 制造厂名；
- f) 固态钠离子电池安全注意事项及警示。

8.1.2 电池包装箱外壁应有下列标志：

- a) 产品名称、型号或规格、数量；
- b) 出厂日期；
- c) 制造厂家；
- d) 产品执行标准编号；
- e) 每箱的净重及毛重；
- f) 防潮、不准倒置、小心轻放、向上等必要标志，其包装储存图示应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

8.2.1 产品包装应具备防潮、防震、防腐蚀功能，包装材料应符合环保要求。

8.2.2 电池单体应采用独立防静电包装，再放入专用包装箱内，箱内应有固定结构，防止运输过程中发生碰撞、移位。

8.2.3 包装箱内应附带产品合格证、产品说明书、装箱单等技术文件。

8.2.4 包装尺寸与质量应符合 GB/T 16471 要求。

8.3 运输

8.3.1 产品运输过程中应避免日晒、雨淋、剧烈碰撞、挤压和抛摔，远离热源、火源、腐蚀性物质。

8.3.2 运输环境温度应控制在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 80\%$ 。

8.3.3 产品装卸过程应轻拿轻放，严禁翻滚、倒置，符合运输部门相关安全规定。

8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在通风、干燥、清洁、无腐蚀性气体的库房内，远离热源、火源，避免阳光直射。

8.4.2 贮存环境温度应控制在 $-5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 75\%$ 。

8.4.3 产品贮存时应处于 30%~50%SOC 状态，每 6 个月应进行 1 次补电维护，检查产品状态。

8.4.4 产品正常贮存期不超过 1 年，超过贮存期应重新进行全项性能检验，合格后方可使用。