

ICS 29.220.01
CCS K82

团体标准

T/CIAPS0031—2023

钠离子电池通用规范

General Specification for Sodium-ion Battery

2023年11月2日发布

2023年11月30日实施

中国化学与物理电源行业协会 发布

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号	3
4 型号编制	3
4.1 电池单体	3
4.2 电池模块	6
5 技术要求	6
5.1 基本要求	6
5.2 电池单体性能	7
5.3 电池模块性能	9
6 试验方法	12
6.1 试验条件	12
6.2 电池单体试验	13
6.3 电池模块试验	20
7 检验规则	27
7.1 检验分类和检验项目	27
7.2 出厂检验	29
7.3 型式检验	29
8 标志、包装、运输和贮存	31
8.1 标志	31
8.2 包装	32
8.3 运输	32
8.4 贮存	32
参考文献	33

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。

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。

本文件由中国化学与物理电源协会提出并归口。

本文件主编单位：浙江华宇钠电新能源科技有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司。

本文件副主编单位：溧阳中科海钠科技有限责任公司、浙江钠创新能源有限公司、福建猛狮新能源科技有限公司。

本文件编制单位：安徽吉厚智能科技有限公司、常州千沐新能源有限公司、多助科技（武汉）有限公司、佛山市金银河智能装备股份有限公司、合肥国轩高科动力能源有限公司、河南福森新能源科技有限公司、湖南丰日电源电气股份有限公司、湖南立方新能源科技有限责任公司、湖南钠能时代科技发展有限公司、江苏传艺钠电科技有限公司、江苏海四达电源有限公司、江苏众钠能源科技有限公司、江西明冠锂膜技术有限公司、钠坤碳源（天津）科技有限公司、欧赛新能源科技股份有限公司、陕西顷刻能源科技有限公司、山西华钠芯能科技有限责任公司、深圳华钠新材有限责任公司、深圳市贝特瑞新能源技术研究院有限公司、深圳中芯能科技有限公司、深圳华钠新材有限责任公司、双登集团股份有限公司、苏州新能量能源科技有限公司、维科技术股份有限公司、武汉正峰新能源科技有限公司、香河昆仑新能源材料股份有限公司、星恒电源股份有限公司、雅迪科技集团有限公司、钇威汽车科技有限公司、浙江昌意钠电储能有限公司、浙江南都电源动力股份有限公司、中比新能源、中科（马鞍山）新材料科创园有限公司。

本文件主要起草人：陈建、单海鹏、尹小强、廖乾勇、康利斌、方东林、车海英、张自惠、沈剑辉、郭宏刚、蔡先玉、蔡伟华、杜晨树、戴平平、范崇昭、冯海兰、冯建林、贺四清、胡铭昌、黄飞、康书文、李成利、李芳芳、李国钦、李良、李子坤、梁冲、梁家琛、刘舒龙、刘启明、吕洲、邵乐、苏金然、孙春胜、谈亚军、滕彦梅、屠芳芳、韦士富、王保峰、王东、王萍、王明菊、王硕、王义飞、王志斌、吴昊、相佳媛、徐爱琴、徐亮、徐雄文、杨丰艺、杨时峰、杨水根、杨学林、杨欢、易宇、张俊、张路路、张启发、赵德悦、赵建庆、赵建明、赵政威、朱庆权、朱文、左华通、周波。

本文件首次发布。

钠离子电池通用规范

1 范围

本文件规定了钠离子电池的术语、定义和符号、型号编制、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存的通用要求。

本文件适用于电动汽车、轻型动力和储能等领域用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 包装储运图示标志

GB/T 2423.56 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fh：宽带随机振动和导则

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 31486-2015 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法

3 术语、定义和符号

下列术语和定义适用于本文件

3.1 术语和定义

GB/T 2900.4.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

钠离子电池（以下简称电池） sodium-ion battery

依靠钠离子在正极和负极之间往返移动实现化学能与电能相互转化的装置。

注：通常包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子等，并且可进行充放电。

3.1.2

电池单体 cell

将化学能与电能进行转化的基本单元装置。

注：通常包含电极、隔膜、电解质、外壳和端子，并被设计成可充放电。

[来源：GB 38031-2020，3.1，有修改]

3.1.3

电池模块 battery module

将一个以上电池单体按照串联、并联或串并联方式组合，且只有一对正负极输出端子，并作电源使

用的组合体。

[来源：GB/T 31486—2015，3.2]

3.1.4

额定容量 rated capacity

以制造商规定的条件测得的并由制造商申明的电池单体、模块的容量值。

注：单位为安时（Ah）或毫安时（mAh）。

[来源：GB 38031-2020，3.7，有修改]

3.1.5

初始容量 initial capacity

新出厂的电池，在室温下，完全充满电后，以 $1 I_n$ （A）电流放电至制造商规定的放电终止条件时所测得的容量值。

[来源：GB/T 31486—2015，3.5，有修改]

3.1.6

充电终止电压 end-of-charge voltage

电池单体、模块正常充电时允许达到的最高电压。

[来源：GB 38031-2020，3.16，有修改]

3.1.7

放电终止电压 end-of-discharge voltage

电池单体、模块正常放电时允许达到的最低电压。

[来源：GB 38031-2020，3.17，有修改]

3.1.8

标称电压 nominal voltage

用以标识电池或电池模块的适宜的电压近似值。

[来源：GB/T 2900.41—2008，482-03-31，有修改]

3.1.9

容量恢复能力 capacity recovery

完全充电的电池在一定温度下储存一定时间后，放电至终止电压，然后再次充满电继续放电至终止电压时的放电容量与初始容量之比。

[来源：GB/T 31486-2015，3.8]

3.1.10

破裂 rupture

由于内部或外部因素引起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。

[来源：GB 38031-2020，3.12，有修改]

3.1.11

泄漏 leakage

有可见物质从电池单体或模块中漏出至试验对象外部的现象。

[来源：GB 38031—2020，3.13，有修改]

3.1.12

爆炸 explosion

突然释放足量的能量产生压力波或者喷射物，可能会对周边区域造成结构或物理上的破坏。

[来源：GB 38031—2020，3.10]

3.1.13

起火 fire

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。

[来源：GB 38031—2020，3.11，有修改]

3.1.14

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。

[来源：GB 38031—2020，3.15]

3.2 符号

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。

除非另有说明，本文件中不同应用领域钠离子电池单体和模块充放电电流 I_n 的 n 值如表 1。

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
轻型动力	电动自行车	2	2	2	2
	电动摩托车	1	1	1	1
储能		2	2	2	2
其他		2	2	2	2

注：应用领域其他包含家用电器、电动滑板车等。

4 型号编制

4.1 电池单体

电池型号应按图 1 形式命名，由正极体系代号、负极体系代号、电池形状代号、电池尺寸、电池标称电压和电池额定放电容量组成，型号代号含义见表 2，3 和 4。

方形电池尺寸代号一般依次由表示长度、宽度和高度的数字组成。前三位数字表示电池的长度，单

位：mm，取整数，不足三位时在数字前面用0补齐。中间两位数字表示电池的宽度，单位：mm，取整数，不足两位时在数字前面用0补齐。其余数字表示电池的高度，单位：mm，取整数。当长度尺寸大于或等于1000 mm时，在表示长度和宽度的数字之间添加分隔符“/”，同时该尺寸数字的位数相应增加。当宽度尺寸大于或等于100 mm时，在表示宽度和高度的数字之间添加分隔符“/”，同时该尺寸数字的位数相应增加。

圆柱形单体电池尺寸代号一般依次由表示直径和高度的数字组成。前两位数字表示电池的直径，单位：mm，取到下一个整数。当直径尺寸大于或等于100 mm时，在表示直径的数字和表示高度的数字之间添加分隔符“/”，同时该尺寸数字的位数相应增加。其余数字表示电池的高度，单位：mm，取到下一个整数。

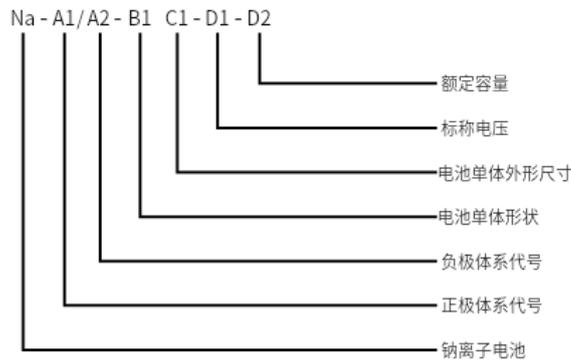


图 1 钠离子电池单体型号组成结构

表 2 正极材料体系分类表

代号		类目
TMO（过渡金属氧化物类）	C	铜（Cu）基
	M	锰（Mn）基
	F	铁（Fe）基
	V	钒（V）基
	N	镍（Ni）基
	T	钛（Ti）基
	C'	铬（Cr）基
	C''	钴（Co）基
PMO（聚阴离子类）	P	磷酸盐类
	MP	混合磷酸盐类
PMO（聚阴离子类）	SiO	硅酸盐类
	VO	钒酸盐类
	S	硫酸盐类
	P'	焦磷酸盐类
	F'	氟取代类
	F'O	氟氧取代类
	M'O	钼酸盐类

表 2 正极材料体系分类表（续）

代号	类目	代号
HCF（普鲁士蓝类）	FHCF	铁基普鲁士蓝类
	MHCF	锰基普鲁士蓝类
	NHCF	镍基普鲁士蓝类
	CHCF	铜基普鲁士蓝类
	C' ' HCF	钴基普鲁士蓝类
ORG（有机类）	CP	导电聚合物类
	OH	共轭羟基化合物类

表 3 负极材料体系分类表

代号		类目
AC（无定形碳材料）	HC	硬碳材料
	SC	软碳材料
	HS	复合无定形材料
	SVC	筛分型碳
AM（合金类）	P	磷
	Sn	锡
	Sb	锑
	Bi	铋
	Ge	锗
	Si	硅
ORG（有机类）	CO	羰基化合物
	RCN	席夫碱化合物
	OFR	有机自由基化合物
	CS	有机硫化物
NTO（钛基类）	$\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7/\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$	钛酸钠

示例 1：Na-CFM/SC-CY46145-3.2-20 表示直径为 46 mm，高度为 145 mm，标称电压为 3.2 V，额定容量为 20 Ah，采用铜、铁、锰基三元过渡金属氧化物正极材料体系和软碳负极材料体系的圆柱形钠离子电池。

示例 2：Na-NFM/HC-SP16109227-3.0-26 表示长度为 161 mm，宽度为 9 mm，高度为 227 mm，标称电压为 3.0 V，额定容量为 26 Ah，基于镍、铁、锰基三元过渡金属氧化物正极材料体系和硬碳负极材料体系的柔性层压薄膜外壳方形钠离子电池。

表 4 电池单体形状分类表

代号	类型
PR	采用刚性金属外壳的方形电池
PR'	采用塑料外壳的方形电池
SP	采用柔性层压薄膜外壳方形电池
CY	圆柱形电池
X	其他形状

4.2 电池模块

如图 2 所示，电池模块型号由电池类别符号、正极材料体系代号、负极材料体系代号、钠离子电池形状代号、标称电压和额定容量等几部分组成。

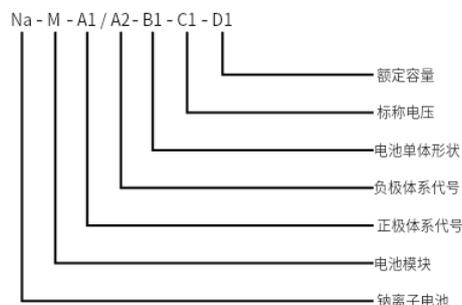


图 2 电池模块型号组成结构

表 5 电池模块部分型号代号含义

序号	名称	型号代号说明
1	钠离子电池	Na
2	电池模块	M
3	标称电压	单位为 V
4	额定容量	单位为 Ah

示例 1: Na-M-CFM/SC-CY-12.8-24 表示采用基于铜、铁、锰基三元过渡金属氧化物正极材料体系和软碳负极材料体系的圆柱形钠离子电池组成的 12.8 V, 24 Ah 电池模块。

示例 2: Na-M-NFM/HC-PR-48-20 表示采用基于镍、铁、锰基三元过渡金属氧化物正极材料体系和硬碳负极材料体系的方形金属外壳钠离子电池组成的 48 V, 20A h 电池模块。

示例 3: Na-M-MHCF/SC-SP-48-24 表示采用基于锰基普鲁士蓝类正极材料体系和软碳负极材料体系的软包钠离子电池组成的 48 V, 24 Ah 电池模块。

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 外观

5.1.1.1 电池单体

按 6.2.1.1 检验时，外观应无变形，表面应干燥平整无毛刺、无外伤、无污物、无电解液腐蚀等，且标识清晰、正确。

5.1.1.2 电池模块

按 6.3.1.1 检验时，外观不得有变形，表面干燥、无外伤，且排列整齐、连接可靠、标识清晰等。

5.1.2 极性

5.1.2.2 电池单体

按 6.2.1.2 检验时，端子极性标识应正确、清晰。

5.1.2.2 电池模块

按 6.3.1.2 检验时，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

按 6.2.1.3 检验时，电池单体外形尺寸及重量应符合制造商提供的产品技术条件。

5.1.3.2 电池模块

按 6.3.1.3 检验时，模块外形尺寸及重量应符合制造商提供的产品技术条件。

5.2 电池单体性能

5.2.1 基本性能

5.2.1.1 室温放电容量（初始容量）

电池单体按 6.2.2.1 规定方法进行测试，第三次或者之前的放电容量应不低于额定容量，并且不超过额定容量的 110%，同时所有测试样品初始容量极差应不大于初始容量平均值的 5%。

注：极差是所有样本的最大值和最小值之差。

5.2.1.2 室温倍率放电容量

电池单体按 6.2.2.2 规定进行试验时，室温倍率放电容量应符合表 6 要求。

表 6 电池单体室温倍率放电容量要求

应用领域	$2 I_n$ (A)	$3 I_n$ (A)	$4 I_n$ (A)
电动汽车	-	$\geq 90\%$	-
电动自行车	$\geq 95\%$	-	$\geq 90\%$
储能	$\geq 95\%$	-	$\geq 90\%$
电动摩托车	-	$\geq 90\%$	-
其他	$\geq 90\%$	-	-

注 1： $4 I_n$ (A) 为非工作电流不作要求；
注 2： $\geq 95\%$ 表示不应小于初始容量的 95%，其余表述类推。

5.2.1.3 室温倍率充电性能

电池单体按 6.2.2.3 规定进行试验时，室温下放电容量应符合表 7 要求。

表 7 电池单体室温倍率充电性能要求

应用领域	$2 I_n$ (A)	$3 I_n$ (A)
电动汽车	-	$\geq 90\%$
电动自行车	$\geq 90\%$	-

表7 电池单体室温倍率充电性能要求（续）

应用领域	$2 I_n$ (A)	$3 I_n$ (A)
储能	$\geq 90\%$	-
电动摩托车	$\geq 90\%$	-
其他	$\geq 90\%$	-

注： $\geq 90\%$ 表示不应小于初始容量的90%。

5.2.1.4 高温放电容量

电池单体按 6.2.2.4 规定进行试验，55 °C 下放电容量不应小于初始容量的 95%。

5.2.1.5 低温放电容量

电池单体按 6.2.2.5 规定进行试验，-20 °C 下放电容量不应小于初始容量的 80%。

5.2.1.6 低温充电性能

电池单体按 6.2.2.6 规定进行试验，-10 °C 下充电后的室温放电容量不应小于初始容量的 80%。

注：-10 °C 为非工作温度不做要求。

5.2.1.7 容量保持与容量恢复能力

电池单体按 6.2.2.7 规定进行试验，a) 室温容量保持不应小于初始容量的 85%，恢复容量不应小于初始容量的 90%；b) 高温容量保持不应小于初始容量的 85%，恢复容量不应小于初始容量的 90%。

5.2.1.8 循环性能

电池单体按 6.2.2.8 规定进行试验时，室温循环性能应符合表 8 要求。

表8 电池单体循环性能要求

应用领域		循环次数	放电容量保持能力	备注
电动汽车		500	$\geq 90\%$	符合一项即可
		1000	$\geq 80\%$	
电动自行车		1000	$\geq 70\%$	-
储能	电力储能	1000	$\geq 90\%$	符合一项即可
		2000	$\geq 80\%$	
	其他	800	$\geq 90\%$	符合一项即可
		1600	$\geq 80\%$	
摩托车	电动	500	$\geq 90\%$	符合一项即可
		1000	$\geq 80\%$	
摩托车	启动	500	$\geq 80\%$	-
其他		1000	$\geq 70\%$	-

注： $\geq 90\%$ 表示不应小于基准容量的90%，其余表述类推。

5.2.1.9 储存性能

电池单体按 6.2.2.9 规定进行试验，室温储存后的容量恢复不应小于初始容量的 90%，45℃ 储存后的室温容量恢复不应小于初始容量 85%。

5.2.2 环境适应性

环境试验后应满足下列要求：

- a) 电池单体不变形、不破裂、不鼓胀，外壳尺寸不应超过制造商规定的外形尺寸允差范围；
- b) 电池单体试验前后电压变化不超过 ± 0.5 V；
- c) 电池单体不爆炸、不起火、不泄漏。

5.2.2.1 电池单体按 6.2.3.1 规定进行恒定湿热试验，应满足 5.2.2 的要求，且电池满充电后放电容量不应小于初始容量的 90%。

5.2.2.2 电池单体按 6.2.3.2 规定进行机械冲击试验，应满足 5.2.2 的要求。

5.2.2.3 电池单体按 6.2.3.3 规定进行温度循环试验，应满足 5.2.2 的要求。

5.2.2.4 电池单体按 6.2.3.4 规定进行低气压试验，应满足 5.2.2 的要求。

5.2.2.5 电池单体按 6.2.3.5 规定进行机械振动试验，应满足 5.2.2 的要求。

5.2.3 安全性能

5.2.3.1 电池单体按 6.2.4.1 规定进行过充电试验时，应不爆炸、不起火。

5.2.3.2 电池单体按 6.2.4.2 规定进行过放电试验时，应不爆炸、不起火、不泄漏，且电池满充电后放电容量不应小于初始容量的 95%。

5.2.3.3 电池单体按 6.2.4.3 规定进行外部短路试验时，应不爆炸、不起火。

5.2.3.4 电池单体按 6.2.4.4 规定进行跌落试验时，应不爆炸、不起火、不泄漏。

5.2.3.5 电池单体按 6.2.4.5 规定进行加热试验时，应不爆炸、不起火。

5.2.3.6 电池单体按 6.2.4.6 规定进行挤压试验时，应不爆炸、不起火。

5.2.3.7 电池单体按 6.2.4.7 规定进行针刺试验时，应不爆炸、不起火。该项目仅适用于电动自行车用钠离子电池。

5.2.3.8 电池单体按 6.2.4.8 规定进行海水浸泡试验时，应不爆炸、不起火。

5.2.3.9 电池单体按 6.2.4.9 规定进行重物冲击试验时，应不爆炸、不起火。

5.3 电池模块性能

5.3.1 基本性能

5.3.1.1 室温放电容量（初始容量）

电池模块按 6.3.2.1 规定进行试验，其第三次或者之前的放电容量不低于额定容量，并且不超过额定容量的 110%，同时所有测试样品初始容量极差不大于初始容量平均值的 7%。

5.3.1.2 室温倍率放电容量

电池模块按 6.3.2.2 规定进行试验，室温倍率放电容量应符合表 9 要求。

表 9 电池模块室温倍率放电容量要求

应用领域	$2 I_n$ (A)	$3 I_n$ (A)	$4 I_n$ (A)
电动汽车	-	$\geq 90\%$	-
电动自行车	$\geq 95\%$	-	$\geq 90\%$
储能	$\geq 95\%$	-	$\geq 90\%$
电动摩托车	-	$\geq 90\%$	-
其他	$\geq 95\%$	-	-

注 1: $4 I_n$ (A) 为非工作电流不作要求;
注 2: $\geq 95\%$ 表示不应小于初始容量的 95%，其余表述类推。

5.3.1.3 室温倍率充电性能

电池模块按 6.3.2.3 规定进行试验，室温下放电容量应符合表 10 要求。

表 10 电池模块室温倍率充电性能要求

应用领域	$2 I_n$ (A)	$3 I_n$ (A)
电动汽车	-	$\geq 90\%$
电动自行车	$\geq 90\%$	-
储能	$\geq 90\%$	-
电动摩托车	$\geq 90\%$	-
其他	$\geq 90\%$	-

注: $\geq 90\%$ 表示不应小于初始容量的90%。

5.3.1.4 高温放电容量

电池模块按 6.3.2.4 规定进行试验，55 °C 放电容量不低于初始容量的 90%。

5.3.1.5 低温放电容量

电池模块按 6.3.2.5 规定进行试验，-20 °C 放电容量不低于初始容量的 80%。

5.3.1.6 低温充电性能

电池模块按 6.3.2.6 规定进行试验，-10 °C 下充电后的室温放电量不应小于初始容量的 80%。

注: -10 °C 为非工作温度不做要求。

5.3.1.7 容量保持与容量恢复能力

电池模块按 6.3.2.7 规定进行试验，a) 室温容量保持不应小于初始容量的 85%，恢复容量不应小于初始容量的 90%；b) 高温容量保持不应小于初始容量的 85%，恢复容量不应小于初始容量的 90%。

5.3.1.8 循环性能

电池模块按 6.3.2.8 规定进行试验，室温循环性能应符合表 11 要求

表 11 电池模块循环性能要求

应用领域		循环次数	放电容量保持能力	备注
电动汽车		300	$\geq 90\%$	符合一项即可
		600	$\geq 80\%$	
电动自行车		700	$\geq 70\%$	-
储能		500	$\geq 90\%$	符合一项即可
		1000	$\geq 80\%$	
摩托车	电动	300	$\geq 90\%$	符合一项即可
		600	$\geq 80\%$	
	启动	300	$\geq 80\%$	-
其他		700	$\geq 70\%$	-

注： $\geq 90\%$ 表示不应小于基准容量的90%，其余表述类推。

5.3.1.9 储存性能

电池模块按 6.3.2.9 规定进行试验，室温储存后的容量恢复应不低于初始容量的 90%，45℃储存后的室温容量恢复不应小于初始容量的 85%。

5.3.2 环境适应性

环境试验后应满足下列要求：

- a) 电池模块不变形、不破裂、不鼓胀，外壳尺寸不应超过制造商规定的外形尺寸允差范围；
- b) 电池不起火、不爆炸、不泄漏。

5.3.2.1 电池模块按 6.3.3.1 规定进行恒定湿热试验，应满足 5.3.2 的要求，且满充电后放电容量不低于初始容量的 90%。

5.3.2.2 电池模块按 6.3.3.2 规定进行机械冲击试验，应满足 5.3.2 的要求。

5.3.2.3 电池模块按 6.3.3.3 规定进行温度循环试验，应满足 5.3.2 的要求。

5.3.2.4 电池模块按 6.3.3.4 规定进行低气压试验，应满足 5.3.2 的要求。

5.3.2.5 电池模块按 6.3.3.5 规定进行耐振动试验，应满足 5.3.2 的要求，且不允许出现放电电流锐变、电压异常等异常现象，并保持连接可靠、结构完整。

5.3.2.6 电池模块按 6.3.3.6 规定进行盐雾试验，应满足 5.3.2 的要求。

5.3.3 安全性能

5.3.3.1 电池模块按 6.3.4.1 进行过放电试验，应不爆炸、不起火、不泄漏。

5.3.3.2 电池模块按 6.3.4.2 进行外部短路试验，应不爆炸、不起火。

5.3.3.3 电池模块按 6.3.4.3 进行跌落试验，应不爆炸、不起火、不泄漏。

5.3.3.4 电池模块按 6.3.4.4 进行挤压试验，应不爆炸、不起火。

5.3.3.5 电池模块按 6.3.4.5 进行海水浸泡试验，应不爆炸、不起火。

5.3.3.6 电池模块按 6.3.4.6 进行热失控扩散试验，a) 储能领域：热失控触发过程中及触发结束后 1 h 内应不爆炸、不起火；b) 非储能领域：热失控触发过程中及触发结束后 5 min 内应不爆炸、不起火。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 环境条件

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

6.1.2 测量仪器、仪表准确度

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求：

- 电压测量装置： $\pm 0.5\%$ FS；
- 电流测量装置： $\pm 0.5\%$ FS；
- 温度测量装置： $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 时间测量装置： $\pm 0.1\text{ s}$ ；
- 尺寸测量装置： $\pm 0.1\%$ FS；
- 质量测量装置： $\pm 0.1\%$ FS。

6.1.3 电池模块

测试用电池模块样品应满足如下条件：

- a) 总电压不低于电池单体电压的 5 倍；
- b) 额定容量不低于 20 Ah，或者与实际应用电池组（系统）额定容量一致。

注：测试用电池模块可由实际模块串并联组成。

6.1.4 标准充电

6.1.4.1 电池单体充电

室温下搁置 5h 后，电池单体先以制造商规定且不小于 $1 I_n$ (A) 的电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压，搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间），然后按制造商提供的充电方法进行充电，充电后搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间）。

若制造商未提供充电方法，则依据以下方法充电：室温下搁置 5h 后，电池单体先 $1 I_n$ (A) 的电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压，搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间），然后以 $1 I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电电流降至 $0.05 I_f$ (A) 时停止充电，充电后搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间）。

6.1.4.2 电池模块充电

室温下搁置 5h 后，电池模块先以制造商规定且不小于 $1 I_n$ (A) 的电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压，搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间），然后按制造商提供的充电方法进行充电，充电后搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间）。

若制造商未提供充电方法，则依据以下方法充电：室温下搁置 5h 后，电池模块先以 $1 I_n$ (A) 的电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压，搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间），然后以 $1 I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电电流降至 $0.05 I_n$ (A) 时停止充电。若充电过程中有电池单体电压超过充电终止电压 $0.1 V$ 则停止充电。充电后搁置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的搁置时间）。

6.2 电池单体试验

6.2.1 基本要求

6.2.1.1 外观检测

在良好的光线条件下，用目测法检查电池单体的外观。

6.2.1.2 极性检测

用电压表检测电池单体极性。

6.2.1.3 外形尺寸和质量检测

用量具和衡器测量电池单体的外形尺寸及质量。

6.2.2 基本性能

6.2.2.1 室温放电容量

按照如下步骤测试室温放电容量：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 室温下，电池以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- c) 计量放电容量（以 Ah 计）；
- d) 重复步骤 a) ~ c) 5 次，当连续 3 次试验结果的极差小于额定容量的 3%，可提前结束试验，取最后 3 次试验结果的平均值。

6.2.2.2 室温倍率放电容量

按照如下步骤测试室温倍率放电容量：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 室温下，以 $2 I_n$ (A) 电流放电或 $3 I_n$ (A) 或 $4 I_n$ (A)，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- c) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.2.3 室温倍率充电性能

按照如下步骤测试室温倍率充电性能：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- c) 以 $2 I_n$ (A) 或 $3 I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时停止充电，搁置 1 h；
- d) 以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；

- e) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.2.4 高温放电容量

按照如下步骤测试高温放电容量：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置 5 h；
- c) 在与 b) 相同温度下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- d) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.2.5 低温放电容量

按照如下步骤测试低温放电容量：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置 16 h；
- c) 在与 b) 相同温度下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压（该电压值不低于室温放电终止电压的 80%）；
- d) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.2.6 低温充电性能

按照如下步骤测试低温充电性能：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- c) 在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置 16 h；
- d) 在与 c) 相同温度下，以 $0.1\ I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件规定的充电终止电压；
- e) 在室温条件下搁置 5 h；
- f) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- g) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.2.7 容量保持与容量恢复能力

6.2.2.7.1 室温容量保持与容量恢复能力

按照如下步骤测试室温容量保持与容量恢复能力：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 在室温下搁置 28 天；
- c) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- d) 计量保持容量（以 Ah 计）；
- e) 电池单体再按 6.1.4.1 方法充电；
- f) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- g) 计量恢复容量（以 Ah 计）。

6.2.2.7.2 高温容量保持与容量恢复能力

按照如下步骤测试高温容量保持与容量恢复能力：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下搁置 7 天；
- c) 室温下搁置 5 h，以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- d) 计量保持容量（以 Ah 计）；
- e) 电池单体再按 6.1.4.1 方法充电；
- f) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- g) 计量恢复容量（以 Ah 计）。

6.2.2.8 循环性能

按照如下步骤测试常温循环性能：

- a) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 放电至生产厂商技术条件中规定的放电终止电压；
- b) 搁置不低于 30 min 或生产厂商规定的搁置时间；
- c) 按制造商提供的充电方法进行充电；若生产厂商未提供充电方法，则以 $1 I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电终止电流降至 $0.05 I_c$ (A) 时停止充电；
- d) 搁置不低于 30 min 或生产厂商规定的搁置时间；
- e) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 放电至生产厂商技术条件中规定的放电终止电压，计量放电容量；
- f) 按照 b)~e) 重复进行充放电循环，当连续两次循环的放电容量低于技术要求时，停止试验并记录循环次数。

上述测试中，电动摩托车用电池单体在步骤 c) 中 I_n 的 n 取 3。

注：循环开始时，前五次循环中，当连续三次测试容量极差小于这三次测试平均容量的 3% 时，这三次测试容量的平均值即为基准容量。

6.2.2.9 储存性能

按照如下步骤测试储存性能：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电 $(30 \times n)$ min；
- c) 在 6.1.1 条件下储存 90 天或 $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 中储存 28 天；
- d) 室温下搁置 5 h；
- e) 电池单体再按 6.1.4.1 方法充电；
- f) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；
- g) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.3 环境适应性

6.2.3.1 恒定湿热

恒定湿热试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 在 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $90\% \pm 3\%$ RH 恒温恒湿箱中搁置 48 h；
- c) 在 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $45\% \pm 3\%$ RH 环境下搁置 2 h；
- d) 观察 1 h，目测外观是否符合 5.1.1.1 要求；
- e) 以 $1 I_n$ (A) 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；

f) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.2.3.2 机械冲击

机械冲击试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 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实验，在最初的 3 ms 内，最小平均加速度为 75 g，峰值加速度为 $150\text{ g} \pm 25\text{ g}$ ，脉冲持续时间 $6\text{ ms} \pm 1\text{ ms}$ 。圆柱形电池在轴向和径向两个方向上进行试验，方形电池在相互垂直的三个轴上，每个轴的正反两个方向上各冲击 3 次。
- c) 观察 1 h。

6.2.3.3 温度循环

温度循环试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 电池单体放入温度箱中，温度箱温度按照表 12 进行调节，循环 5 次；
- c) 观察 1 h。

表 12 温度循环试验一个循环的温度和时间

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

注：电动汽车的T值取85，非电动汽车领域取70。

6.2.3.4 低气压

低气压试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 电池放入低气压箱中，调节箱中气压为 $11.6\text{ kPa} \pm 0.4\text{ kPa}$ ，温度为室温，保持 6 h；
- c) 升压至正常大气压；
- d) 观察 1 h。

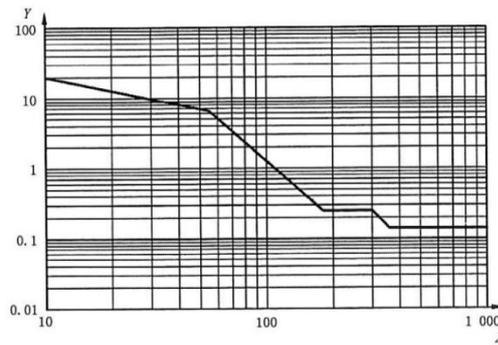
6.2.3.5 机械振动

机械振动试验按照如下步骤进行：

- 1) 电动汽车应用领域：
 - a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
 - b) 参照 GB/T 2423.56 执行随机振动。测试对象的每个平面都进行 8 h 的振动测试。最小加速度应为 27.8 m/s^2 。功率谱密度如图 3 和表 13 所示。最大频率应为 2000 Hz。

2) 非电动汽车应用领域:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 用适当的夹具将电池固定在振动台上,对电池施以振幅为 0.76 mm (双振幅 1.52 mm) 的正弦振动,其振动频率为 10 Hz~55 Hz,从 10 Hz 到 55 Hz 再返回到 10 Hz,频率变化速率为 1 Hz/min,一次往复振动 95 min±5 min。圆柱形电池在轴向和径向两个方向上,方形电池在相互垂直的三个方向上,进行振动试验;
- c) 观察 1 h。



说明:
Y——PSD[(m/s²)²/Hz];
X——频率(Hz)。

图 3 加速度 PSD 和频率对应关系

表 13 PSD 值和频率

频率 Hz	功率谱密度 (m/s ²) ² /Hz
10	20
55	6.5
180	0.25
300	0.25
360	0.14
1000	0.14
2000	0.14

6.2.4 安全性能

6.2.4.1 过充电

过充电试验按照如下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 以制造商规定且不小于 1 I_n (A) 电流充电至电压达到制造商技术条件规定的充电终止电压的 1.5 倍或继续充电时间达到 1 h 后停止充电;
- c) 观察 1 h。

6.2.4.2 过放电

过放电试验按照如下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 以 $1 I_T$ (A) 放电至电压达到 0 V, 搁置 30 min;
- c) 以 $1 I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电, 至充电电流降至 $0.05 I_T$ (A) 时停止充电, 充电后搁置 0.5 h;
- d) 以 $1 I_n$ (A) 电流放电, 直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压;
- e) 计量放电容量 (以 Ah 计)。

6.2.4.3 外部短路

外部短路试验按照如下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 将电池单体的正极端子和负极端子经外部短路 10 min, 外部线路电阻应小于 $5 \text{ m}\Omega$;
- c) 观察 1 h。

6.2.4.4 跌落

跌落试验按照如下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 从 1.5 m 高度处自由跌落到水泥地面上。圆柱形电池两个端面各跌落 1 次, 圆柱面跌落 2 次, 共计进行 4 次跌落试验。方形电池每个面各跌落 1 次, 共计进行 6 次跌落试验。
- c) 观察 1 h。

6.2.4.5 加热

加热试验按照如下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 放入温度箱, 温度箱按照 $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率由室温升至 $130 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, 并保持此温度 30 min 后停止加热;
- c) 观察 1 h。

6.2.4.6 挤压

挤压试验按照如下步骤进行:

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电;
- b) 按下列条件进行试验:
 - 挤压方向: 垂直于电池单体极板方向施压 (参考图 4), 或与电池单体在整车布局上最容易受到挤压的方向相同;
 - 挤压板形式: 半径 75 mm 的半圆柱体, 半圆柱体的长度 (L) 大于被挤压电池单体的尺寸;
 - 挤压速度: 不大于 2 mm/s ;
 - 挤压程度: 电压达到 0 V 或变形量达到 15% 或挤压力达到 100 kN 或 1000 倍试验对象重量后停止挤压, 保持 10 min;
- c) 观察 1 h。

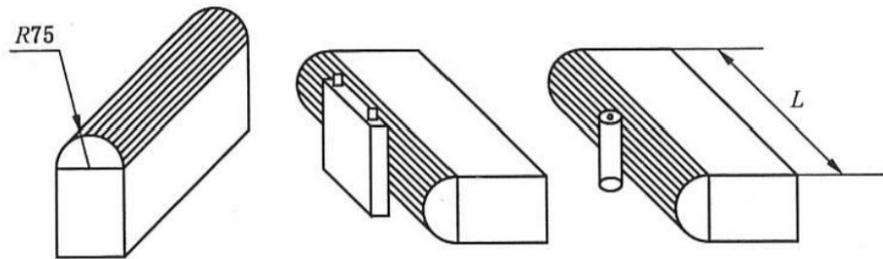


图4 单体挤压板和挤压示意图

6.2.4.7 针刺

针刺试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 用直径为 5 mm~8 mm 的耐高温钢针（针尖的圆锥角度为 45° ~ 60° ，针的表面光洁、无锈蚀、无氧化层及无油污），以 $25\text{ mm/s} \pm 5\text{ mm/s}$ 的速度，在电池中央部位沿与电极面垂直的方向贯穿电池（参考图 5），钢针停留在电池中。
- c) 观察 1 h。

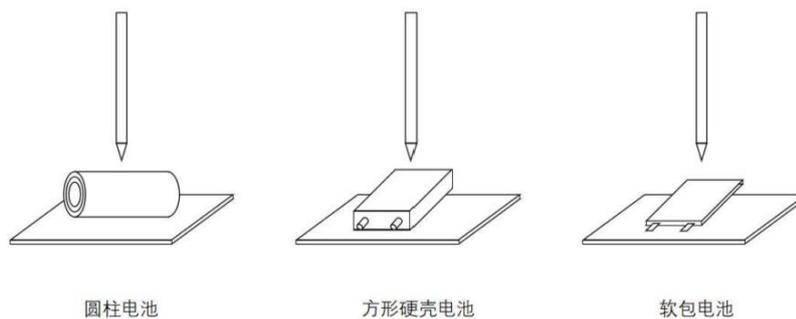


图5 电池单体针刺示意图

6.2.4.8 海水浸泡

海水浸泡试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 浸入 $3.5\% \pm 0.1\%$ 氯化钠水溶液中 2 h，水深应完全淹没电池单体；
- c) 观察 1 h。

6.2.4.9 重物冲击

重物冲击试验按照如下步骤进行：

- a) 电池单体按 6.1.4.1 方法充电；
- b) 置于平台表面，将直径为 $15.8\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 的金属棒横置在电池几何中心上表面，采用重量为 $9.1\text{ kg} \pm 0.1\text{ kg}$ 的重物从 $610\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$ 的高处以自由落体状态撞击放有金属棒的电池表面；

c) 观察 6 h。

6.3 电池模块试验

测试用电池模块样品应满足如下条件：

——总电压不低于电池单体电压的 5 倍；

——额定容量不低于 20 Ah，或者与实际应用电池组（系统）额定容量一致。

注：测试用电池模块可由实际模块串并联组成。

6.3.1 基本要求

6.3.1.1 外观检测

在良好的光线条件下，用目测法检查电池模块的外观。

6.3.1.2 极性检测

用电压表检测电池模块极性。

6.3.1.3 外形尺寸和质量检测

用量具和衡器测量电池模块的外形尺寸及质量。

6.3.2 基本性能

6.3.2.1 室温放电容量

按照如下步骤测试室温放电容量：

a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；

b) 室温下，电池模块以 $1 I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；

c) 计量放电容量（以 Ah 计）；

d) 重复步骤 a)~c) 5 次，当连续 3 次试验结果的极差小于额定容量的 3%，可提前结束试验，取最后 3 次试验结果的平均值。

6.3.2.2 室温倍率放电容量

按照如下步骤测试室温倍率放电容量：

a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；

b) 室温下，电池模块以 $2 I_n$ (A) 或 $3 I_n$ (A) 或 $4 I_n$ (A)（最大电流不超过 400 A）电流放电，直至任意一个单体电压达到放电终止电压；

c) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.3.2.3 室温倍率充电性能

按照如下步骤测试室温倍率充电性能：

a) 室温下，电池模块以 $1 I_n$ (A) 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；

b) 室温下，电池模块以 $2 I_n$ (A) 或 $3 I_n$ (A)（最大电流不超过 400 A）电流充电，直至任意一个单体电压达到充电终止电压，或达到制造商规定的充电终止条件，并且总充电时间不超过 $(30 \times n)$ min，静置 1 h；

c) 室温下，电池模块以 $1 I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；

d) 计量放电容量(以 Ah 计)。

6.3.2.4 高温放电容量

按照如下步骤测试高温放电容量：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置不少于 5 h；
- c) 在与 b) 相同温度下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- d) 计量放电容量 (以 Ah 计)。

6.3.2.5 低温放电容量

按照如下步骤测试低温放电容量：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置 24 h；
- c) 在与 b) 相同温度下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压 (该电压值不低于室温放电终止电压的 80%)；
- d) 计量放电容量 (以 Ah 计)。

6.3.2.6 低温充电性能

按照如下步骤测试低温充电性能：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- c) 在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下搁置 16 h；
- d) 在与 c) 相同温度下，以 $0.1\ I_f$ (A) 电流恒流充电至任一单体电池或电池模块电压达到充电终止电压；
- e) 在室温条件下搁置 5 h；
- f) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- g) 计量放电容量 (以 Ah 计)。

6.3.2.7 容量保持与容量恢复能力

6.3.2.7.1 室温容量保持与容量恢复能力

按照如下步骤测试室温容量保持与容量恢复能力：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 在室温下搁置 28 天；
- c) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- d) 计量容量保持容量 (以 Ah 计)；
- e) 电池模块再按 6.1.4.2 方法充电；
- f) 室温下，以 $1\ I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- g) 计量恢复容量 (以 Ah 计)。

6.3.2.7.2 高温容量保持与容量恢复能力

按照如下步骤测试高温容量保持与容量恢复能力：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下搁置 7 天；
- c) 室温下搁置 5h，以 $1\text{ } I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- d) 计量容量保持容量（以 Ah 计）；
- e) 电池模块再按 6.1.4.2 方法充电；
- f) 室温下，以 $1\text{ } I_n$ (A) 电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- g) 计量恢复容量（以 Ah 计）。

6.3.2.8 循环性能

按照如下步骤测试室温循环性能：

- a) 室温下，以 $1\text{ } I_n$ (A) 放电至电池任一单体电压达到生产厂商技术条件中规定的放电终止电压；
- b) 搁置不低于 30 min 或生产厂商规定的搁置时间；
- c) 按制造商提供的充电方法进行充电；若生产厂商未提供充电方法，则以 $1\text{ } I_n$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电终止电流降至 $0.05\text{ } I_l$ (A) 时停止充电；
- d) 搁置不低于 30 min 或生产厂商规定的搁置时间；
- e) 室温下，以 $1\text{ } I_n$ (A) 放电至电池模块任一单体电压达到生产厂商技术条件中规定的放电终止电压，计量放电容量；
- f) 按照 b)~e) 重复进行充放电循环，当连续两次循环的放电容量低于技术要求时，停止试验并记录循环次数；

上述测试方法中，电动摩托车用电池模块在步骤 c) 中 I_n 的 n 取 3。

注：循环开始时，前五次循环中，当连续三次测试容量极差小于这三次测试平均容量的 3% 时，这三次测试容量的平均值即为基准容量。

6.3.2.9 储存性能

按照如下步骤测试储存性能：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 室温下以 $1\text{ } I_n$ (A) 电流放电 $(30 \times n)$ min；
- c) 在 6.1.1 条件下储存 90 天或 $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 中储存 28 天；
- d) 室温下搁置 5 h；
- e) 电池模块再按 6.1.4.2 方法充电；
- f) 室温下，以 $1\text{ } I_n$ (A) 电流放电至电池模块任一单体电压达到生产厂商技术条件中规定的放电终止电压；
- g) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.3.3 环境适应性

6.3.3.1 恒定湿热

恒定湿热试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 在 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、90% RH 恒温恒湿箱中搁置 48 h；
- c) 在 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、45% RH 环境下搁置 2 h；

- d) 观察 1 h，目测外观是否符合 5.1.1.2 要求；
- e) 室温下，以 $1 I_n$ (A) 电流放电至电池模块任一单体电压达到生产厂商技术条件中规定的放电终止电压；
- f) 计量放电容量（以 Ah 计）。

6.3.3.2 机械冲击

机械冲击试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 按下列条件进行冲击：
 - 1) 用刚性固定的方法将电池模块固定在设备上。在电池模块三个互相垂直的方向上各承受三次等值的冲击，至少保证一个方向与水平面垂直；
 - 2) 每次冲击在最初的 3 ms 内，最小平均加速度为 75g，峰值加速度在 125g 和 175g 之间。
- c) 观察 1 h。

6.3.3.3 温度循环

温度循环试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 放入温度箱中，温度箱温度按表 12 进行调节，循环 5 次；
- c) 观察 1 h。

6.3.3.4 低气压

低气压试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 将电池模块放置在真空箱中，逐渐减少其内部气压不大于 11.6 kPa，并保持 6 h；
- c) 目检电池外观。

6.3.3.5 耐振动

耐振动试验按照如下步骤测试：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；
- b) 将电池模块紧固到振动试验台上，按下述要求进行线性扫频振动试验：
 - 放电电流： $1/3 I_l$ (A)；
 - 振动方向：上下单振动；
 - 振动频率：10 Hz~55 Hz；
 - 最大加速度：30 m/s^2 ；
 - 扫频循环：10 次；
 - 振动时间：3 h。
- c) 振动试验过程中，观察有无异常现象出现。

6.3.3.6 盐雾

盐雾试验按照如下步骤测试：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 方法充电；

- 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 $5\% \pm 0.1\%$ （质量分数），并注入试验装置的水箱内；
- c) 设置试验温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，试验装置内温度达到 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时启动喷雾程序，喷雾时间达到 2h 时停止喷雾；
- d) 设置试验温度为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、试验相对湿度为 95%，试验装置内温度达到 $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达到 $95\% \pm 3\%$ 时启动贮存程序，贮存时间达到 20 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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、试验相对湿度为 50%，试验装置内温度达到 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达到 $50\% \pm 3\%$ 时启动贮存程序，贮存时间达到 3 天时停止贮存；
- 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；

注：此试验适用于海洋气候条件下的应用场景。

6.3.4 安全性能

6.3.4.1 过放电

过放电试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 以 $1\ I_1$ (A) 电流放电至电池模块任一单体电压达到 0 V，静置 10 min；
- c) 观察 1 h。

6.3.4.2 外部短路

外部短路试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 将电池模块的正极端子和负极端子经外部短路 10 min，外部线路电阻应小于 $5\text{ m}\Omega$ ；
- c) 观察 1 h。

6.3.4.3 跌落

跌落试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 正负端子向下从 1.2 m 高度处自由跌落到水泥地面上。；
- c) 观察 1 h。

6.3.4.4 挤压

挤压试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 按下列条件进行试验
 - 挤压方向：与电池模块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，则垂直于电池单体排列方向施压（参考图 6）；
 - 挤压板形式：半径 75 mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度（L）大于被挤压电池单体的尺寸，但不超过 1 m；
 - 挤压速度： $5\text{ mm/s} \pm 1\text{ mm/s}$

——挤压程度：电池模块变形量达到 30%或挤压力达到电池模块重量的 1000 倍和表 14 中较大值；

——保持 10 min；

c) 观察 1 h。

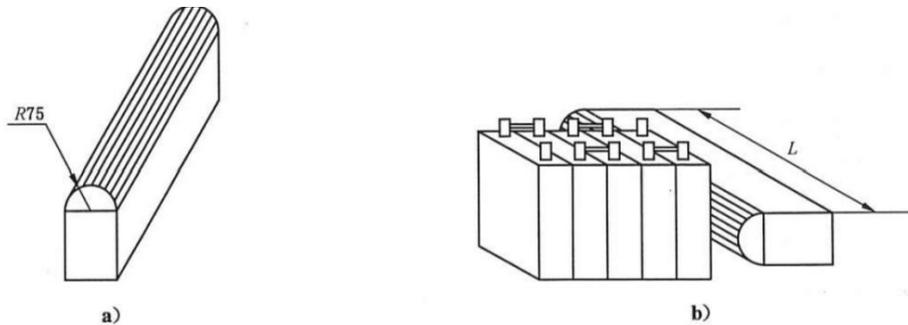


图 6 模块挤压板和挤压示意图

表 14 挤压力选取表格

挤压面接触单体数 n	挤压力 kN
1	200
2~5	$100 \times n$
>5	500

6.3.4.5 海水浸泡

海水浸泡试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 浸入 $3.5\% \pm 0.1\%$ 氯化钠水溶液中 2 h，水深应完全淹没电池模块；
- c) 观察 1 h。

6.3.4.6 热失控扩散

6.3.4.6.1 试验步骤

电池模块热失控扩散试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块按 6.1.4.2 规定的方法充电；
- b) 按下列条件试验：
 - 1) 热失控触发方式：推荐过充或加热作为热失控触发的可选方法，制造商可选择其中一种方法，也可自行选择其他方法来触发热失控。
 - 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：以电池模块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，则可将其安装在模块中，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 15 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 7）；
 - 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 8），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。

表 15 加热装置功率选择

试验对象电能 E Wh	加热装置最大功率 W
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1000
$400 \leq E < 800$	300~2000
$E \geq 800$	>600

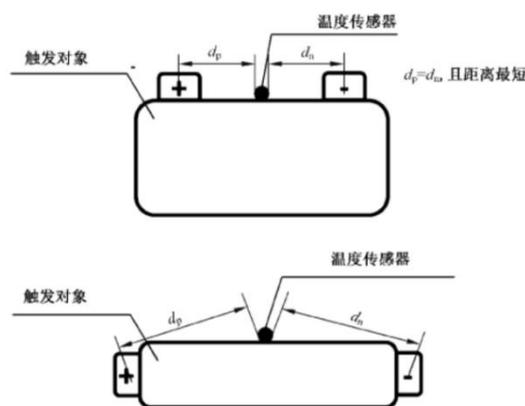


图 7 过充触发时温度传感器的布置位置示意图

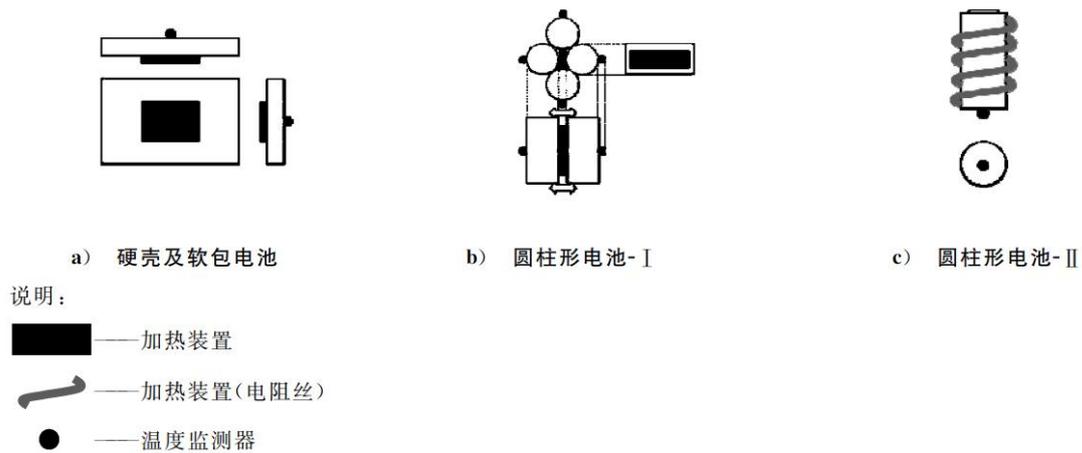


图8 加热触发时温度传感器的布局位置示意图

6.3.4.6.2 判定方法

是否发生热失控触发条件判定：

- 1) 触发对象产生电压降，且下降值超过初始电压的 25%；
- 2) 监测点温度达到电池厂商规定的最高工作温度；
- 3) 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ，且持续 3 s 以上；
- 4) 当 1 和 3 或者 2 和 3 发生时，判定电池单体发生热失控；
- 5) a) 储能领域：观察热失控触发过程中及触发结束后 1 h 内电池模块的状态；b) 非储能领域：观察热失控触发过程中及触发结束后 5 min 内电池模块的状态。如果发生起火、爆炸现象，试验应终止。

7 检验规则

7.1 检验分类和检验项目

检验分为出厂检验和型式检验，检验分类和检验项目应符合表 16 的规定。

表 16 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	√	√
	2	极性	√	√
	3	外形尺寸及质量	√	√
	4	室温放电容量	√	√
	5	室温倍率放电容量	-	√
	6	室温倍率充电性能	-	√
	7	高温放电容量	-	√
	8	低温放电容量	-	√

表 16 检验分类和检验项目（续）

试验样品	序号	试验项目	出厂检验	型式试验
电池单体	9	低温充电性能	-	√
	10	容量保持与容量恢复能力	-	√
	11	循环性能	-	√
	12	储存性能	-	√
	13	恒定湿热	-	√
	14	机械冲击	-	√
	15	温度循环	-	√
	16	低气压	-	√
	17	机械振动	-	√
	18	过充电	-	√
	19	过放电	-	√
	20	外部短路	-	√
	21	跌落	-	√
	22	加热	-	√
	23	挤压	-	√
	24	针刺	-	√
25	海水浸泡	-	√	
26	重物冲击	-	√	
电池模块	1	外观	√	√
	2	极性	√	√
	3	外形尺寸及质量	√	√
	4	室温放电容量	√	√
	5	室温倍率放电容量	-	√
	6	室温倍率充电性能	-	√
	7	高温放电容量	-	√
	8	低温放电容量	-	√
	9	低温充电性能	-	√
	10	容量保持与容量恢复能力	-	√
	11	循环性能	-	√
	12	储存性能	-	√
	13	恒定湿热	-	√
	14	机械冲击	-	√
	15	温度循环	-	√

表 16 检验分类和检验项目（续）

试验样品	序号	试验项目	出厂检验	型式试验
电池模块	16	低气压	-	√
	17	耐振动	-	√
	18	盐雾	-	√
	19	过放电	-	√
	20	外部短路	-	√
	21	跌落	-	√
	22	挤压	-	√
	23	海水浸泡	-	√
	24	热失控扩散	-	√

7.2 出厂检验

每批次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 17 的规定。

表 17 出厂检验要求和样品数量

试验样品	序号	试验项目	要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	样品抽样比例
电池单体	1	外观	5.1.1.1	6.2.1.1	100%
	2	极性	5.1.2.1	6.2.1.2	100%
	3	外形尺寸及质量	5.1.3.1	6.2.1.3	100%
	4	室温放电容量	5.2.1.1	6.2.2.1	100%
电池模块	1	外观	5.1.1.2	6.3.1.1	100%
	2	极性	5.1.2.2	6.3.1.2	100%
	3	外形尺寸及质量	5.1.3.2	6.3.1.3	GB/T 2828.1 规定抽检
	4	室温放电容量	5.3.1.1	6.3.2.1	GB/T 2828.1 规定抽检

7.3 型式检验

7.3.1 需要进行型式试验的情况

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。

7.3.2 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 18 的规定，制造商也可根据应用场景进行部分试验项目选择。

表 18 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	5.1.1.1	6.2.1.1	1#~40#
	2	极性	5.1.2.1	6.2.1.2	
	3	外形尺寸及质量	5.1.3.1	6.2.1.3	
	4	室温放电容量	5.2.1.1	6.2.2.1	
	5	室温倍率放电容量	5.2.1.2	6.2.2.2	1#, 2#
	6	室温倍率充电性能	5.2.1.3	6.2.2.3	3#, 4#
	7	高温放电容量	5.2.1.4	6.2.2.4	1#, 2#
	8	低温放电容量	5.2.1.5	6.2.2.5	
	9	低温充电性能	5.2.1.6	6.2.2.6	5#, 6#
	10	容量保持与容量恢复能力	5.2.1.7	6.2.2.7	7#, 8#, 9#, 10#
	11	循环性能	5.2.1.8	6.2.2.8	11#, 12#
	12	储存性能	5.2.1.9	6.2.2.9	13#, 14#, 15#, 16#
	13	恒定湿热	5.2.2.1	6.2.3.1	1#, 2#
	14	机械冲击	5.2.2.2	6.2.3.2	3#, 4#
	15	温度循环	5.2.2.3	6.2.3.3	17#, 18#
	16	低气压	5.2.2.4	6.2.3.4	19#, 20#
	17	机械振动	5.2.2.5	6.2.3.5	21#, 22#
	18	过充电	5.2.3.1	6.2.4.1	23#, 24#
	19	过放电	5.2.3.2	6.2.4.2	25#, 26#
	20	外部短路	5.2.3.3	6.2.4.3	27#, 28#
	21	跌落	5.2.3.4	6.2.4.4	29#, 30#
	22	加热	5.2.3.5	6.2.4.5	31#, 32#
	23	挤压	5.2.3.6	6.2.4.6	33#, 34#
	24	针刺	5.2.3.7	6.2.4.7	35#, 36#
	25	海水浸泡	5.2.3.8	6.2.4.8	37#, 38#
	26	重物冲击	5.2.3.9	6.2.4.9	39#, 40#
电池模块	1	外观	5.1.1.2	6.3.1.1	1#~18#
	2	极性	5.1.2.2	6.3.1.2	
	3	外形尺寸及质量	5.1.3.2	6.3.1.3	
	4	室温放电容量	5.3.1.1	6.3.2.1	
	5	室温倍率放电容量	5.3.1.2	6.3.2.2	1#
	6	室温倍率充电性能	5.3.1.3	6.3.2.3	2#

表 18 型式试验要求和样品数量（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	7	高温放电容量	5.3.1.4	6.3.2.4	1#
	8	低温放电容量	5.3.1.5	6.3.2.5	
	9	低温充电性能	5.3.1.6	6.3.2.6	3#
	10	容量保持与容量恢复能力	5.3.1.7	6.3.2.7	4#, 5#
	11	循环性能	5.3.1.8	6.3.2.8	6#
	12	储存性能	5.3.1.9	6.3.2.9	7#, 8#
	13	恒定湿热	5.3.2.1	6.3.3.1	1#
	14	机械冲击	5.3.2.2	6.3.3.2	2#
	15	温度循环	5.3.2.3	6.3.3.3	9#
	16	低气压	5.3.2.4	6.3.3.4	10#
	17	耐振动	5.3.2.5	6.3.3.5	11#
	18	盐雾	5.3.2.6	6.3.3.6	12#
	19	过放电	5.3.3.1	6.3.4.1	13#
	20	外部短路	5.3.3.2	6.3.4.2	14#
	21	跌落	5.3.3.3	6.3.4.3	15#
	22	挤压	5.3.3.4	6.3.4.4	16#
	23	海水浸泡	5.3.3.5	6.3.4.5	17#
	24	热失控扩散	5.3.3.6	6.3.4.6	18#

7.3.3 判定规则

型式试验中，所有试验样品进行的项目全部满足要求，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。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

产品应有下列标志：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 产品名称与型号；
- c) 标称电压与额定容量；
- d) 正负极性标志；
- e) 制造日期或批号；
- f) 环保标志（回收标志）（电池模块）；

- g) 必要的安全警示说明（电池模块）；
- h) 最大工作电流（电池模块）。

8.1.2 外包装标志

产品外包装应有以下标志：

- a) 制造厂名与厂址；
- b) 产品名称；
- c) 型号规格；
- d) 标准编号、名称（也可标在产品或说明书上）；
- e) 箱体尺寸（长×宽×高）以及体积；
- f) 数量；
- g) 每箱净重与毛重；
- h) “小心轻放”“怕湿”等储运图示标志；
- i) 出厂日期；
- j) 邮编与联系电话。

8.1.3 其他

合同环境下可按需方要求标志。

8.2 包装

产品包装应符合下列要求：

- a) 出厂产品应附有产品合格证、装箱单、产品说明资料；
- b) 每只产品都应采用单个小包装，外用纸箱或其他箱体包装，捆扎牢固。特殊情况，可根据需方（合同）要求确定。

8.3 运输

装有产品的包装箱标识应符合 GB/T 191 的要求。搬运时应轻拿轻放，不应抛掷。在运输过程中应防止剧烈振动、冲击或挤压，不应日晒、雨淋，严禁与易燃物品和活性化学品混装运输。

8.4 贮存

产品贮存应符合下列要求：

- a) 产品应贮存在环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于75%的清洁、干燥、通风的，并能防雨、雪的室内，不应与酸、碱等腐蚀性物质或起尘物品存放在一起。不应受阳光直射，离火源和热源（暖气设备等）不得少于2 m。
- b) 装有产品的箱体应放妥垫起，距地面不应小于100 mm，堆垛高度不应超过2 m。
- c) 产品的贮存期通常为2年。

参考文献

- [1] GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池
 - [2] GB/T 36672-2018 电动摩托车和电动轻便摩托车用锂离子电池
 - [3] GB/T 36972-2018 电动自行车用锂离子蓄电池
-