

团体标准

T/CIAPS 0032—2024

储能用固态铅电池

Solid State Lead Battery For Energy Storage

2024-05-10 发布

2024-06-01 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号	2
4 型号编制	3
5 分类、规格和使用条件	3
5.1 产品规格	3
5.2 应用条件	4
6 技术要求	5
6.1 结构要求	5
6.2 安全性要求	6
6.3 使用性要求	8
6.4 电气一致性要求	9
6.5 耐久性要求	9
7 试验方法	9
7.1 测量仪器	9
7.2 试验前的准备	10
7.3 电池单体试验	10
7.4 电池簇试验	20
7.5 电池系统试验	21
8 检验规则	23
8.1 检验分类	23
8.2 型式试验	24
8.3 检验项目和样品数量	24
8.4 检验判定准则	25
9 包装、标志、运输和贮存	25
9.1 包装	25
9.2 标志	26
9.3 运输	26
9.4 贮存	26

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。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国化学与物理电源行业协会提出并归口

本文件由中国化学与物理电源行业协会联合会提出。

本标准牵头起草单位：衡阳瑞达电源有限公司

本标准参与起草单位：华中科技大学、江苏欧力特能源科技有限公司、广东奥克莱集团有限公司、苏州新能量能源科技有限公司、山东圣阳电源股份有限公司、东营昆宇电源科技有限公司、广东汤浅蓄电池有限公司、清华四川能源互联网研究院、埃克塞德电源（上海）有限公司、杭州柯林电气股份有限公司、安徽理士电源技术有限公司、上海派能能源科技股份有限公司、湖南丰日电源电气股份有限公司、中国化学与物理电源行业协会储能应用分会。

本文件主要起草人：刘兆勇、刘毅、谢佳、谭乃云、蒋齐明、杨丰艺、苗壮、秦东年、董立明、闫长富、张骥小、崔福星、董捷、陈佰爽、张安强、吴冬冬。

本文件首次发布。

储能用固态铅电池

1 范围

本文件规定了储能用固态铅电池（以下简称蓄电池）的分类、规格和应用条件、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存。

本文件适用储能用固态铅电池。

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 2408 塑料 燃烧性能的测定水平法和垂直法
- GB/T 2900.41 电工术语原电池和蓄电池
- GB/T 5048 防潮包装
- GB/T 8166 缓冲包装设计
- GB/T 9969 工业产品使用说明书总则
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14436 工业产品保证文件 总则
- GB/T 19638.1 固定型阀控式铅酸蓄电池第1部分：技术条件
- GB/T 19638.2 固定型阀控式铅酸蓄电池第2部分：产品品种和规格
- GB/T 22473 储能用铅酸蓄电池
- GB/T 36280 电力储能用铅碳电池
- YD/T 1360 通信用阀控式密封胶体蓄电池

3 术语、定义、符号和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 2900.41界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

固态铅电池

在全生命周期内，电池内部固态电解质在充放电过程中，固态电解质不会发生任何形态变化且固态电解质也不会发生任何液体析出。

3.1.2

标称电压 nominal voltage

用以标志或识别一种蓄电池或一个电化学体系的适当的电压近似值。

3.1.3

标称容量 nominal capacity

用以标志或识别蓄电池容量的适当的近似值。

3.1.4

额定容量 rated capacity

在规定条件下测得的并由制造商宣称的蓄电池的容量值。

3.1.5

蓄电池单体 cell

由极板、电解质、电池槽、端子，通常还有隔离层组成，将化学能转化为电能的基本功能单元。

3.1.6

电池簇 battery cluster

由单体电池采用串联、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。

3.1.7

蓄电池内阻 battery internal resistance

在规定条件下通过蓄电池的电压与相应的放电电流推导出的单位为欧姆的数值，又被称为表观内阻。蓄电池内阻根据测量方法的不同分为实验室测量内阻和现场测量内阻。

注1：实验室测量内阻采用 7.3.20 规定的方法，测量结果与短路电流的参考值相关。

注2：现场测量内阻的测量仪器为内阻测试仪，测量结果用于辅助评估蓄电池的健康状态，也称为评估内阻。

3.1.8

完全充电 full charge

蓄电池所有可用的活性物质已经转变为满荷电状态。

3.1.9

蓄电池组表面温度 surface temperature of battery string

蓄电池组中每只蓄电池负极端子处测量温度的平均值。

3.2 符号

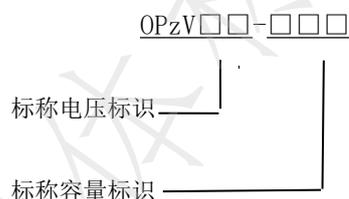
下列符号和缩略语适用于本文件。

C_{10} ——10小时率标称容量，数值为1.00 C_{10} ，单位为安时（Ah）；

- C_5 ——5小时率标称容量，数值为0.85 C_{10} ，单位为安时（Ah）；
 C_4 ——4小时率标称容量，数值为0.80 C_{10} ，单位为安时（Ah）；
 C_3 ——3小时率标称容量，数值为0.75 C_{10} ，单位为安时（Ah）；
 C_a ——基准温度25℃时容量，单位为安时（Ah）；
 C_t ——放电开始时蓄电池组表面温度为t时的实测容量，单位为安时（Ah）；
 C_{ast} ——静止后换算成基准温度25℃时容量，单位为安时（Ah）；
 I_{10} ——10小时率放电电流，数值为0.10 C_{10} ，单位为安培（A）；
 I_5 ——5小时率放电电流，数值为0.17 C_{10} ，单位为安培（A）；
 I_4 ——4小时率放电电流，数值为0.20 C_{10} ，单位为安培（A）；
 I_3 ——3小时率放电电流，数值为0.25 C_{10} ，单位为安培（A）；
 U ——蓄电池或蓄电池组的充电电压，单位为伏特（V）；
 U_{f10} ——蓄电池或蓄电池组浮充电电压，数值为(2.20V~2.27V)/单体，单位为伏特（V）；
 Ge ——168h±0.1h析出的修正气体量，单位为毫升（ml）；
 Ge' ——48h±0.1h析出的修正气体量，单位为毫升（ml）；
 U_{dc} ——蓄电池或蓄电池组的直流侧电压，单位为伏特（V）；
 R_{rf} ——荷电保持率，单位为百分比（%）。

4 型号编制

蓄电池型号的编制宜采用以下规则：



示例：6个单体串联的标称容量为100Ah的蓄电池的型号可命名为OPzV12-100。

5 分类、规格和使用条件

5.1 产品规格

产品的品种规格如表1所示。

表1 蓄电池的品种规格

型号	额定电压/V	10h 率额定容量/Ah	最大外形尺寸/mm		
			长	宽	高
OPzV12-60	12	60	260	169	216
OPzV12-80	12	80	328	172	220
OPzV12-100	12	100	407	177	225

表1 蓄电池的品种规格（续）

型号	额定电压/V	10h 率额定容量/Ah	最大外形尺寸/mm		
			长	宽	高
OPzV12-120	12	120	483	170	241
OPzV12-140	12	140	532	207	219
OPzV12-160	12	160	532	207	219
OPzV12-180	12	180	522	240	224
OPzV12-200	12	200	521	268	225
OPzV2-200	2	200	103	206	390
OPzV2-250	2	250	124	206	390
OPzV2-300	2	300	145	206	390
OPzV2-350	2	350	124	206	505
OPzV2-420	2	420	145	206	505
OPzV2-500	2	500	166	206	505
OPzV2-600	2	600	145	206	680
OPzV2-770	2	770	210	254	505
OPzV2-800	2	800	191	210	680
OPzV2-1000	2	1000	233	210	680
OPzV2-1200	2	1200	276	210	680
OPzV2-1500	2	1500	275	210	830
OPzV2-2000	2	2000	399	214	805
OPzV2-2500	2	2500	487	212	805
OPzV2-3000	2	3000	576	212	805

5.2 应用条件

产品的应用条件如表2所示。

表2 蓄电池的应用条件

适宜使用温度	湿度	适宜储运温度	海拔高度	安装使用位置
-20℃~50℃	小于90%	-20℃~50℃	不超过4500m	室内 室内屏柜内 有温度控制的室外机柜 或预制舱内

蓄电池在环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下正常使用，应达到 C_{10} 额定容量。当温度低于上述温度时，蓄电池的 C_{10} 容量随温度下降，不同温度下的容量修正系数见表3。

表3 不同温度下的容量修正系数（参考考温度 20℃）

产品规格	-20℃	-10℃	0℃	5℃	10℃	20℃	25℃	30℃	40℃	50℃
2V	50%	70%	74%	80%	88%	100%	101%	103%	105%	106%
6V、12V	60%	75%	80%	85%	90%	100%	102%	104%	106%	107%

6 技术要求

6.1 结构要求

6.1.1 外观与极性

单体蓄电池、电池簇及电池系统设备、零部件外观应无变形、漏液、裂纹及污迹，排列整齐、连接可靠，且规格、警示标志清晰、正确。

正负电极极性正确、标志清晰、便于连接。

6.1.2 隔板

应采用固态铅电池专用PVC隔板或符合生产企业规定的隔板。

6.1.3 极板

固态铅电池应采用管式正极板和涂膏式负极板。

2V蓄电池正极板的厚度不低于8.5mm，12V蓄电池正极板厚度不低于5.0mm。

6.1.4 蓄电池槽

蓄电池槽、盖、安全阀、极柱、极柱封口剂材料应符合产品图纸要求。

6.1.5 固态电解质

应采用加入纳米级气相二氧化硅等材料的乳化状电解质，电解质应符合HG/T2692标准规定。

6.1.6 重量

蓄电池的重量应不超出同组蓄电池平均值的±5%。

6.1.7 端子

端子与连接条的接触面应平整光滑、表面无凹凸、毛刺和脏污。

端子与连接条的连接表面应与蓄电池壳面平行，端子的轴线应与蓄电池壳面垂直。

2V固态铅电池端子螺栓丝牙的深度应不低于20mm，其他电压等级固态铅电池端子螺栓丝牙的深度应不低于16mm。

6.1.8 密封性

固态铅电池2V应能承受35kPa的正压或负压而不破裂、不开胶，压力释放后壳体无残余变形。

固态铅电池其他标称电压应能承受50kPa的正压或负压而不破裂、不开胶，压力释放后壳体无残余变形。

6.2 安全性要求

6.2.1 电池单体

6.2.1.1 气体析出量

蓄电池按7.3.6试验, 单体蓄电池平均每安时·小时对外释放出的气体量 G_e 、 G_e' 在标准状态下应符合下述规定值:

- a) 在25°C及单体蓄电池电压为2.30V的充电条件下, G_e 应不超过0.04ml;
- b) 在25°C及单体蓄电池电压为2.40V的均衡充电条件下, G_e' 应不超过1.70ml。

6.2.1.2 大电流放电

蓄电池按7.3.7试验, 试验后蓄电池的开路电压应不低于其标称电压, 端子、极柱及汇流排不应熔化或熔断, 槽、盖不应熔化或变形。

6.2.1.3 防爆能力

蓄电池按7.3.8试验, 当外遇明火时其内部不应发生燃烧或爆炸。

6.2.1.4 安全阀

蓄电池按7.3.9试验, 安全阀应在5kPa~35 kPa的范围内可靠开启, 在3kPa~30 kPa的范围内可靠关闭。

蓄电池开阀压力最高值与最低值的差值应不大于10 kPa, 蓄电池闭阀压力最高值与最低值的差值应不大于10 kPa。

6.2.1.5 耐接地短路能力

蓄电池按7.3.10试验, 试验过程中对地短路电流不应大于12mA, 试验后蓄电池不应有渗电解质腐蚀、烧灼迹象, 不应有槽、盖的碳化区域。

6.2.1.6 材料的阻燃能力

蓄电池按7.3.11试验, 蓄电池槽、盖应符合GB/T 2408中的8.4.1HB(水平级)和9.4V-0(垂直级)的要求。

6.2.1.7 抗机械破损能力

蓄电池按7.3.12试验, 槽体不应有破损及电解质泄漏。

6.2.1.8 耐寒耐热能力

蓄电池按7.3.13试验, 在环境温度为-30°C和+65°C的环境中分别贮存6h, 试验后槽、盖之间无分离迹象, 槽盖封合处和端子与盖封合处无裂纹、渗漏及溢流。

6.2.2 电池簇

6.2.2.1 绝缘性能

电池簇各部分绝缘性能均不应小于2000Ω/V。

6.2.2.2 耐压性能

电池簇不应发生绝缘击穿或闪络现象。

6.2.3 电池系统

6.2.3.1 绝缘性能

电池簇电池系统绝缘性能的较小值不应小于 $500\Omega/V$ ，正、负极接口分别对电池系统金属外壳的绝缘性能，按设备标称电压计算不应小于 $500\Omega/V_0$ 。

6.2.3.2 耐压性能

电池系统漏电流不应大于1 mA，不应发生绝缘击穿或闪络现象。

6.2.3.3 电池管理系统监控与告警保护功能

6.2.3.3.1 监控功能

电池管理系统监控系统应显示但不限于下列监测信息：

- a) 电池系统：电压、电流、通讯状态、充电/放电状态、荷电状态（SOC）、健康状态（SOH）、绝缘状态、充/放电终止电压设定值、告警电压/电流设定值、保护电压/电流设定值、电池单体最大电压、电池单体最小电压电池单，电池单体最大温度、电池单体最低温度、异常告警状态等；
- b) 电池簇：电压、电流、通讯状态、充电/放电状态、荷电状态（SOC）、健康状态（SOH）、绝缘状态、充/放电终止电压设定值、告警电压/电流设定值、保护电压/电流设定值、电池单体最大电压、电池单体最小电压电池单，电池单体最大温度、电池单体最低温度、异常告警状态等；
- c) 电池单体：电压、温度、充/放电终止电压设定值、告警电压/电流设定值、保护电压/电流设定值、告警温度设定值、保护温度设定值等。

6.2.3.3.2 过压充电告警保护功能

电池系统中任一电池单体的电压分别达到充电告警电压限值和充电保护电压限值时，电池管理系统应分别发出过压充电告警信息/信号和过压充电保护信息/信号。

6.2.3.3.3 过流充电告警保护功能

电池系统中任一电池簇的电流分别达到充电告警电流限值和充电保护电流限值时，电池管理系统应分别发出过流充电告警信息和过流充电保护信息/信号。

6.2.3.3.4 欠压放电告警保护功能

电池系统中任一电池单体的电压分别达到放电告警电压限值和放电保护电压限值时，电池管理系统应分别发出欠压放电告警信息/信号和欠压放电保护信息/信号。

6.2.3.3.5 过流放电告警保护功能

电池系统中任一电池簇的电流分别达到放电告警电流限值和放电保护电流限值时，电池管理系统应分别发出过流放电告警信息/信号和过流放电保护信息/信号。

6.2.3.3.6 过温告警保护功能

电池系统中任一电池单体的温度分别达到告警温度限值和保护温度限值时,电池管理系统应分别发出过温告警信息/信号和过温保护信息/信号。

6.2.3.3.7 通信功能

电池系统应具有通信接口,通讯协议应采用基于CAN、Modbus、IEC101、IEC104、IEC61850等通信协议。

6.3 使用性要求

6.3.1 充电管理

应在充电管理范围内优先采用制造商推荐的充电参数。如表4所示。

表4 蓄电池的充电管理

类型	充电电流 A	25℃时充电电压 V·单体	25℃时均衡充电电压 V·单体	充电温度补偿系数 mV/℃·单体
范围	不大于 $3.0I_{10}$	2.25~2.35	2.35~2.45	-3~-7
参考值	$2.0I_{10}$	2.30	2.4	-4

注:制造商提供的数据无法获得时,可采用参考值。

6.3.2 容量性能

蓄电池组按7.3.14试验,在第一次循环时10h率容量应不低于 $0.95C_{10}$,第3次循环时应达到 $1.0C_{10}$;5小时率容量应达到 $1.0C_5$;3小时率容量应达到 $1.0C_3$ 。

不同放电率的放电电流和放电终止电压应符合表5规定。

表5 蓄电池的容量性能参数

放电率	放电电流 (A)	容量(Ah)	放电终止电压	
			标称电压为2V	标称电压为12V
3小时率	$2.5I_{10}$	$0.75C_{10}$	1.75	10.5
4小时率	$2.0I_{10}$	$0.8C_{10}$	1.75	10.5
5小时率	$1.7I_{10}$	$0.85C_{10}$	1.75	10.5
10小时率	$1.0I_{10}$	$1.00C_{10}$	1.80	10.8

6.3.3 荷电保持性能

蓄电池组按7.3.15试验,贮存28天后其荷电保持率 $R_{r,t}$ 应不低于96%。

6.3.4 再充电性能

蓄电池按7.3.16试验, $U(V)$ 恒压充电24h的再充电能力因素 $R_{br,24h}$ 应不低于85%,恒压充电168h的再充电能力因素 $R_{br,168h}$ 应不低于100%。

6.3.5 低温敏感性

蓄电池按7.3.17试验时,10h率放电容量应 $\geq 0.9C_{10}$;外观不应有破裂、过度膨胀及槽与盖分离现象。

6.3.6 蓄电池间连接性能

电池簇按7.3.18试验，布置在同一平面的蓄电池间连接条电压降应不大于10mV。

6.4 电气一致性要求

6.4.1 端电压均衡性

电池簇按7.3.19试验，电池簇电压一致性应符合下列要求

- a) 电池簇开路时，电池之间的端电压差值不应大于 30mV (2V)、100mV (12V)；
- b) 电池簇放电时，电池之间的端电压差值不应大于 200mV (2V)、600mV (12V)。

6.4.2 内阻

蓄电池组按7.3.20试验，同组蓄电池内阻与平均值的偏差应不超过±10%，内阻上限宜由用户与制造商协商确定。

6.5 耐久性要求

6.5.1 加速寿命试验一

蓄电池按 7.3.21试验时，蓄电池放电容量衰减不大于首次容量的 25%。

6.5.2 加速寿命试验二

蓄电池按 7.3.22试验时，对于2V蓄电池循环次数应不低于 2000 次，其他电压等级的蓄电池循环次数应不低于1200次。

6.5.3 高温加速浮充寿命试验

蓄电池按 7.3.23试验，2V蓄电池高温浮充加速寿命应不低于10次，其他电压等级的蓄电池高温浮充加速寿命应不低于8次。

注：上述电池寿命性试验为加速寿命试验，可任选其一进行试验。

6.5.4 过放电敏感性

蓄电池按7.3.23试验，充电168h过程中负极端子表面温度不超出60℃，充电后10h率容量Caoc应不低于标称容量的100%。

6.5.5 热失控敏感性

蓄电池按7.3.24试验，充电168h过程中负极端子表面温度不超出60℃，每24h之间电流的增长率 ΔI 应不超出50%。

6.5.6 标志、标记耐久性

蓄电池按7.3.25试验，标志、标记应耐久显示。

7 试验方法

7.1 测量仪器

7.1.1 仪器要求

所用测量仪器的量程应满足测量需要，仪器引入的扩展不确定度（包含概率 $p=0.95$ ）应不大于被测量允差绝对值的 $1/3$ 。

7.1.2 内阻测量

测量对地短路电流和实验室测量内阻的仪器应具有0.1级精度或6位半显示。

7.1.3 电流测量

电流测量用的仪表准确度等级应不低于0.5级。

7.1.4 温度测量

温度测量用的温度计应具有适当的量程，其分度值应不大于 1°C ，精度应不低于 0.5°C 。

7.1.5 时间测量

时间测量用的仪表应按时、分、秒分度，至少应具有 $\pm 1\%$ 的准确度。

7.1.6 尺寸测量

尺寸测量用的量具，其分度值应不大于 1mm 。

7.1.7 密封性能测量

密封性能测量用的仪表，精度应不低于0.25级。

7.2 试验前的准备

7.2.1 样品要求

样品应是近三个月内生产的合格产品，贮存条件应符合10.7的规定，检验前应将其完全充电。

7.2.2 充电要求

样品在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境温度下，以每单体 2.4V 限压、 $1.0I_{10}$ 限流，充电至电流在3h内不大于 $0.1I_{10}$ ，认为样品已经完全充电。

7.2.3 试验要求

样品在试验前或试验过程中，不应进行任何维护。

7.3 电池单体试验

7.3.1 外观与极性检查

目视检查蓄电池的外观与极性，应符合6.1.1的要求。

7.3.2 内部检查

- a) 目视检查蓄电池的隔板，应符合6.1.2的要求；
- b) 目视检查蓄电池的极板，应符合6.1.3的要求；
- c) 用符合精度的量具测量蓄电池的正极板厚度，宜符合6.1.3的要求。

7.3.3 重量检查

用符合精度的磅秤称量并记录每只蓄电池的质量。

测量结果应符合 6.1.6 的要求。

7.3.4 端子检查

7.3.4.1 端子要求

目视检查蓄电池的端子，应符合6.1.7的要求。

7.3.4.2 连接条要求

安装连接条，扭矩扳手按照制造商规定的端子扭矩，对连接条进行紧固。

7.3.4.3 螺丝要求

用符合精度的量具测量端子螺栓丝牙的深度，应符合6.1.7的要求。

7.3.5 密封性检查

通过蓄电池安全阀的孔内充入（或抽出）气体，2V固态铅电池当正压力（或负压力）为35kPa，其他电压等级为50 kPa，压力计指针应稳定5s，当压力释放后，蓄电池壳体应无变形、无破裂和开胶，应符合7.1.8的要求。

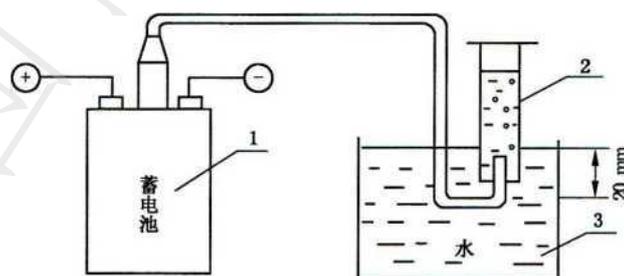
7.3.6 气体析出量试验

7.3.6.1 电解质泄漏检测

经 7.3.17 容量试验达到额定容量值的蓄电池完全充电后，在 20℃~25℃的环境中，每个单体以 $U \pm 0.1 \text{ V}$ 的充电电压充电 $72\text{h} \pm 0.1\text{h}$ ，记录蓄电池电压值并检查蓄电池封合处有无电解质泄漏。

7.3.6.2 气体收集

充电72 h后在充电状态下按图1所示方法收集气体并持续 $168\text{h} \pm 0.1\text{h}$ （收集气体的量筒浸入水中的深度不应超过20 mm）。



说明：

1：蓄电池

2：量筒

3：水

图 1 收集气体装置

7.3.6.3 气体总体积

测量并记录168 h±0.1 h积累收集的气体总体积V_a (mL)，在气体收集期间，每天测记一次环境温度T_a(°C)和环境大气压力P_a(kPa)。

7.3.6.4 修正气体 V_n

按式(1)计算其标准状态下(20 °C，101.3 kPa)的修正气体V_n (水蒸气压力忽略不计)。

$$V_n = \frac{V_a \times T_r}{(T_a + 273)} \times \frac{P_a}{101.3} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- V_n——修正气体量, mL;
- V_a——累计收集的气体总体积, mL;
- T_a——收集气体期间的环境平均温度, °C;
- T_r——标准温度, 293K;
- P_a——收集气体期间的环境平均大气压, kPa;
- 101.3——标准大气压, kPa;
- 273——绝对温标, K。

7.3.6.5 按式(2)计算出 168h ± 0.1 h 充电状态下每单体蓄电池每安时·小时对外析出的修正气体量 G_e°。

$$G_e = \frac{V_n}{n \times 168 \times C_{10}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- G_e—— 168 h±0.1 h析出的修正气体量, mL;
- V_n—— 每单体蓄电池排放的总气体, mL;
- n —— 单体蓄电池数;
- 168—— 收集气体小时数;
- C₁₀—— 10小时率额定容量。

7.3.6.6 将蓄电池充电电压提高到每单体 2.40V±0.01V 充电 24 h, 开始收集气体并持续 48 h±0.1h。

7.3.6.7 按式(1) 计算其标准状态下(20°C，101kPa)的修正气体量 V_n 。

7.3.6.8 按式(3) 计算每单体蓄电池每安时·小时对外析出的修正气体量 G_e'

$$\frac{V_n}{N \times 48 \times C_{10}} = G_e' \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- G_e' ——48 h±0.1 h析出的修正气体量, mL;
- V_n——每单体蓄电池排放的总气体, mL;
- n —— 单体蓄电池数;
- 48——收集气体小时数;
- C₁₀——10小时率额定容量。

7.3.7 大电流放电试验

7.3.7.1 经 7.3.14 容量试验达到额定容量值的蓄电池完全充电后,在 20℃~25℃的环境中,以 30I₁₀ 的电流放电 3min。

7.3.7.2 放电结束 5min 后,测记蓄电池的开路电压,应符合 6.2.1.2 的要求。

7.3.7.3 目视检查蓄电池的内部和外部,应符合 6.2.1.2 的要求。

注:试验期间应采取措施防备蓄电池爆炸,电解质飞溅的危险。

7.3.8 防爆能力试验

试验应在确认安全措施得以保证后进行。以 0.5I₁₀ (A) 电流对完全充电状态下的蓄电池进行过充电 1h,保持过充电状态下,在蓄电池排气孔附近,用直流 24V 电源,熔断 1A~3A 保险丝(保险丝距排气孔 2mm~4mm)反复试验两次,试验结果应符合 6.2.1.3 的要求。

7.3.9 安全阀试验

7.3.9.1 按图 2 所示方法将完全充电的蓄电池连接到测量装置,并置于水槽中,水槽液面至安全阀顶部的距离不超过 5cm。

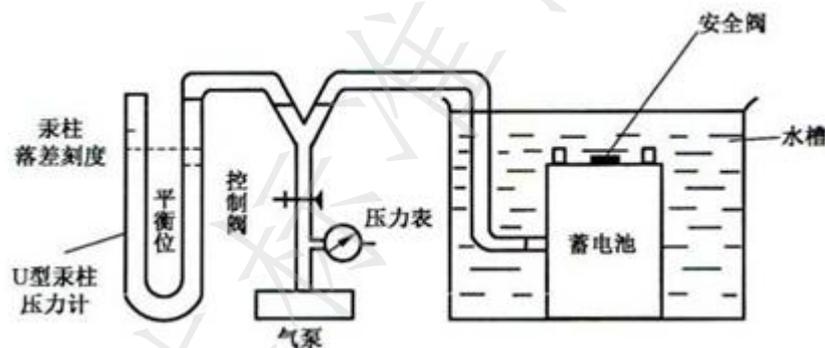


图 2 安全阀动作测量系统图

7.3.9.2 试验在 25℃±5℃的环境中进行,先测记 U 形汞柱压力计的平衡位刻度值,启动气泵,将压力控制在 1 个大气压力,缓慢打开控制阀给蓄电池内部加压,这时 U 形汞柱压力计内的汞柱分别偏离平衡值,当加压至安全阀部位冒出气泡时刻,测记汞柱压力计连通大气压侧的刻度值,然后关闭控制阀及气泵,通过自然减压法观察安全阀处气泡产生情况,当无气泡冒出时,测记 U 形汞柱压力计汞柱连通大气压侧的刻度值。

7.3.9.3 开阀压力、闭阀压力的计算,见式(4)、式(5)。

$$\text{开阀压力} = (P_1 - P_0) \times 2 \times 0.1332 \text{ (kPa)} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{闭阀压力} = (P_2 - P_0) \times 2 \times 0.1332 \text{ (kPa)} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P₀——平衡位汞柱刻度值, mm;

P₁——开阀时汞柱刻度值, mm;

P₂——闭阀时汞柱刻度值, mm;

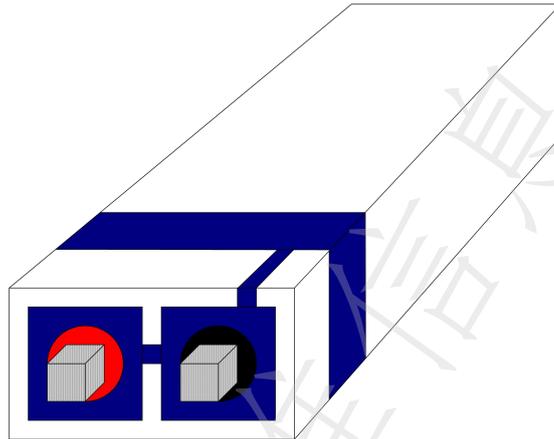
0.1332 (kPa) 1mm ——汞柱 (Hg) 压力值, kPa。

7.3.9.4 记录每只蓄电池的开阀压力和闭阀压力,测量结果应符合 6.2.1.4 的要求。

7.3.10 耐接地短路能力试验

7.3.10.1 蓄电池完全充电后,在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下静置 1h~24h。

7.3.10.2 待蓄电池表面温度与环境温度基本一致时,将蓄电池表面擦净,按图 3 所示的方法在蓄电池外壳上缠绕金属铅带或导电铝箔胶带。在不影响绝缘的情况下,槽盖封合处和端子与盖封合处应尽可能直接接触到金属铅带或导电铝箔胶带。

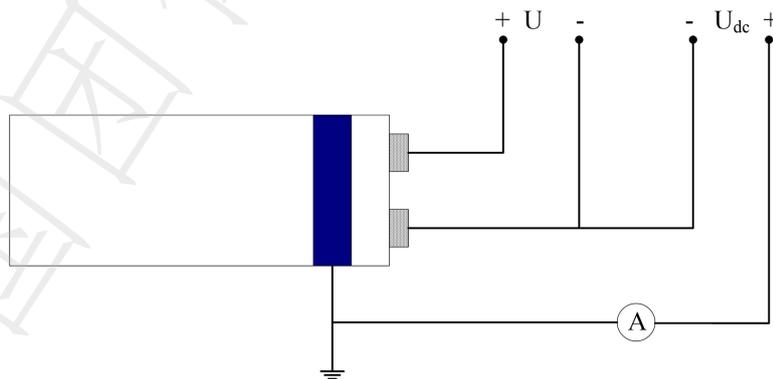


说明:

图中深蓝色部分为金属铅带或导电铝箔胶带。

图 3 金属铅带或导电铝箔胶带的缠绕方式

7.3.10.3 将蓄电池水平放置,按图 4 所示方法,将蓄电池连接到端子与金属铅带或导电铝箔胶带间能施加直流电压 U_{dc} 的回路中,直流电压 U_{dc} 的负极与蓄电池端子连接,直流电压 U_{dc} 的正极与金属铅带或导电铝箔胶带连接,并使金属铅带或导电铝箔胶带保持接地状态。



说明:

U ——充电电压, V;

U_{dc} ——直流电压, V;

图中深蓝色部分为金属铅带或导电铝箔胶带。

图 4 接地短路试验装置

7.3.10.4 蓄电池端子与金属铅带或导电铝箔胶带间的直流电压 U_{dc} 应符合表6的规定。

表6 耐接地短路能力试验施加的直流电压

蓄电池标称电压V	试验施加直流电压 U_{dc} V
2	122
12	127

7.3.10.5 在干燥环境中,施加直流电压 U_{dc} 并以 U 对受试验蓄电池充电。

7.3.10.6 在此状态下保持30天,每天观测一次对地短路电流,应符合6.2.1.5的要求。

7.3.10.7 30天结束后,目视检查蓄电池的外壳及金属铅带或导电铝箔胶带,应符合6.2.1.5的要求。

注:试验期间应采取措施防备高压触电,蓄电池爆炸和起火的危险。

7.3.11 材料的阻燃能力试验

电池单体材料的阻燃能力试验按照下列步骤进行:

- 按 GB/T 2408 规定的方法进行取样制备;
- 水平法按 GB/T 2408 规定的方法试验记录试验的过程数据和结果数据;
- 垂直法按 GB/T 2408 规定的方法试验记录试验的过程数据和结果数据。

7.3.12 抗机械破损能力试验

7.3.12.1 完全充电的蓄电池在 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 的环境中按以下规定的高度向坚固、平滑的水泥地面以直立状态自由跌落二次,检查并记录蓄电池是否有破损及泄漏,具体要求如下:

- 小于或等于50kg的蓄电池跌落高度为100mm;
- 大于50kg小于或等于100kg的蓄电池跌落高度为50mm;
- 大于100kg的蓄电池跌落高度为25mm。

7.3.12.2 试验结果,应符合6.2.1.7的要求。

7.3.13 耐寒耐热能力试验

7.3.13.1 将3只蓄电池完全充电后,在 $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下静置1h~24h。

7.3.13.2 待蓄电池表面温度与环境温度基本一致时,将3只蓄电池在恒温箱内水平放置,用连接条连接,并扭矩扳手按照制造商规定的端子扭矩,对连接条进行紧固。

7.3.13.3 将恒温箱的温度设置为 $-30^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 并保持6h。6h结束后,待恒温箱的温度恢复至 -5°C 温度,在1min内目视检查封口剂是否有裂纹及槽、盖之间是否有分离现象,应符合6.2.1.8的要求。

7.3.13.4 将恒温箱的温度设置为 65°C 并保持6h。6h结束后从恒温箱内取出蓄电池。目视检查蓄电池的槽盖封合处和端子与盖封合处是否有裂纹、渗漏及溢流现象,应符合6.2.1.8的要求。

7.3.14 容量性能试验

7.3.14.1 蓄电池组完全充电后,在 $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 温度下静置1h~24h。

7.3.14.2 待蓄电池组表面温度与环境温度基本一致时,以表5规定的放电电流 I 持续放电。

7.3.14.3 测记放电开始时的蓄电池组开路电压和表面温度。在放电期间,测记蓄电池组端电压,测记间隔应符合表7的规定。

表 7 容量性能试验测记间隔

放电率	测记间隔 min
3小时率	15
4小时率	15
5小时率	30
10小时率	60

7.3.14.4 在放电期间，放电电流 I 的波动不得超过规定放电电流值的 $\pm 1\%$ 。

7.3.14.5 放电末期要随时测记每只蓄电池的端电压，以便确定蓄电池放电到终止电压的准确时间。

7.3.14.6 放电至蓄电池组中有一只蓄电池的端电压降至表 10 规定的放电终止电压时，放电终止，记录放电持续时间 T 。

7.3.14.7 用放电电流值 I (A) 乘以放电持续时间 T (h) 计算实测容量 C_t (Ah)。

7.3.14.8 当放电开始时蓄电池组的表面温度不是基准 25°C 时，应按式 (6) 换算成基准温度 25°C 时容量 C_a 。

$$C_a = \frac{C_t}{1 + \lambda(t - 25)} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

C_a ——基准温度 25°C 时容量，Ah；

C_t ——放电开始时蓄电池组表面温度为 t 时的实测容量，Ah；

λ ——温度系数， $1/^\circ\text{C}$ ； $\lambda = 0.006$ ；

t ——放电开始时蓄电池组表面温度， $^\circ\text{C}$ 。

7.3.14.9 基准温度 25°C 时容量 C_a 应符合 6.3.2 的要求

7.3.14.10 放电结束后，静置 1h~2h，对蓄电池组完全充电。

7.3.14.11 根据测记数据，绘制不同放电率的电压-时间曲线和充电的电压-电流-时间曲线。

7.3.15 荷电保持性能试验

7.3.15.1 经 7.2.15 容量性能试验达到标称容量的蓄电池组完全充电后，在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 温度下静置 28 天。

7.3.15.2 在静置期间应保持蓄电池组表面清洁干燥，并每天测记一次蓄电池组的开路电压和表面温度。

7.3.15.3 28 天结束后，蓄电池组不充电，按 8.3.14 进行 10h 率容量试验，得出此时换算成基准温度 25°C 时容量 C_{ast} 。按式 (7) 计算荷电保持率 R_{rf} 。

$$R_{rf} = C_{ast} / C_a \dots\dots\dots (7)$$

式中:

R_{rr} —— 荷电保持率, %;

C_{ast} —— 静止后换算成基准温度25℃时容量, Ah;

C_a —— 静置前换算成基准温度25℃时容量, Ah。

7.3.15.4 荷电保持率 R_{rr} 应符合6.3.3的要求。

7.3.16 再充电性能试验

7.3.16.1 经7.3.14容量试验达到额定容量值的蓄电池完全充电后在25℃±5℃的环境中,以 I_{10} (A)电流放电至单体平均电压为1.80V时终止,将所得的容量值修正至25℃容量 C_a 。

7.3.16.2 放电结束后,蓄电池静置保持1h±0.1h,以 U (V)电压限流 $2.0I_{10}$ (A)进行再充电24h;

然后以 I_{10} (A)电流放电至单体蓄电池平均电压为1.80V时终止,将所得的容量值修正至25℃容量 C_a 24h。

7.3.16.3 计算蓄电池再充电能力因素 $R_{br24h} = (C_{a24h} \times 100) / C_a$ (%)。

7.3.16.4 蓄电池进行完全充电后再次以 I_{10} (A)电流放电至单体蓄电池平均电压为1.80V时终止,将所得的容量值修正至25℃容量 C_a 。

7.3.16.5 放电结束后蓄电池静置保持1h±0.1h,以 U (V)电压限流 $2.0I_{10}$ (A)进行再充电168h。

然后以 I_{10} (A)电流放电至蓄电池单体平均电压为1.80V时终止,将所得的容量值修正至25℃容量值 C_{a168h} 。

7.3.16.6 计算蓄电池再充电能力因素 $R_{bf168h} = (C_{a168h} \times 100) / C_a$ (%)。

7.3.16.7 试验结果,应符合6.3.4的要求。

7.3.17 低温敏感性试验

7.3.17.1 按照7.3.14中10h率容量试验达到额定容量的蓄电池,经完全充电后,在(25℃±5℃)的环境中以 I_{10} 电流放电至单体蓄电池平均电压为1.80V时终止,蓄电池不经再充电置于(-18℃±2℃)的冷冻机(室)中静置72h。

7.3.17.2 72h后将蓄电池从冷冻机(室)中取出在室温下开路静置24h,然后在(25℃±5℃)的环境中以 U 电压(限流 $2.0I_{10}$)连续充电168h。

7.3.17.3 蓄电池按7.3.14进行10h率容量试验,将所得的实测容量修正至25℃时的 C_e 与10h率容量相比,其值应符合6.3.2的要求。

7.3.17.4 在冲击放电时,测记蓄电池组的端电压,应符合6.3.5的要求。

7.3.18 蓄电池间连接性能试验

7.3.18.1 蓄电池之间用连接条连接,扭矩扳手按照制造商规定的端子扭矩,对连接条进行紧固。

7.3.18.2 蓄电池组完全充电后,在25℃±5℃温度下静置1h~24h。

7.3.18.3 待蓄电池组表面温度与环境温度基本一致时，以 $1.0I_3$ (A) 的电流持续放电。

7.3.18.4 在放电期间，在蓄电池端子根部测记两蓄电池之间的连接条电压降，应符合 6.3.6 的要求。

7.3.19 端电压均衡性试验

7.3.19.1 开路端电压均衡性试验

7.3.19.1.1 蓄电池组完全充电后，在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 温度下静置 12h~36h。

7.3.19.1.2 待蓄电池组表面温度与环境温度基本一致，蓄电池的开路端电压基本不变时，分别测记每只蓄电池的开路端电压，开路端电压最高值与最低值的差值应符合 6.4.1 的要求。

7.3.19.2 充电端电压均衡性试验

7.3.19.2.1 蓄电池组完全充电后，在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 温度下静置 1h~24h。

7.3.19.2.2 待蓄电池组表面温度与环境温度基本一致时，以 U 对蓄电池组进行充电。

7.3.19.2.3 充电运行 24h 后，分别测记每只蓄电池的充电端电压，充电端电压最高值与最低值的差值应符合 6.4.1 的要求。

7.3.19.2.4 充电运行 3 个月后，分别测记每只蓄电池的充电端电压，充电端电压最高值与最低值的差值应符合 6.4.1 的要求。

注：出厂试验和验收试验仅进行充电运行 24h 后的充电端电压均衡性试验。

7.3.19.3 放电端电压均衡性试验

7.3.19.3.1 蓄电池组按 7.3.14 进行 10h 率容量性能试验，在放电期间，每小时测记一次每只蓄电池的放电端电压，在放电末期随时测记，直至放电结束。

7.3.19.3.2 每次测记中放电端电压最高值与最低值的差值应符合 6.4.1 的要求。

7.3.20 内阻试验

7.3.20.1 蓄电池组完全充电后，在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 温度下静置 1h~24h。

7.3.20.1.1 待蓄电池组表面温度与环境温度基本一致时，通过两点测定法测定 $U=f(I)$ 放电特性曲线。

a) 第一点 (U_{an}, I_a) :

以电流 $I_a=4I_{10}$ 对蓄电池组放电 20s，测记每只蓄电池的端电压 U_{an} (n 为蓄电池编号)，间断 5min，不充电确定第二点。

b) 第二点 (U_{bn}, I_b) :

以电流 $I_b=20I_{10}$ 对蓄电池组放电 5s，测记每只蓄电池的端电压 U_{bn} 。

7.3.20.1.2 用测定的两点电压值 (U_{an} 、 U_{bn}) 和电流值 (I_a 、 I_b) 通过式 (8) 计算得出内阻 R_{in} 。

$$R_{in} = \frac{U_{an} - U_{bn}}{I_b - I_a} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

R_{in} ——内阻， Ω ；

U_{an} 、 U_{bn} ——两点测定法测定电压值，V；

I_a 、 I_b ——两点测定法测定电流值，A；

n ——蓄电池编号。

7.3.20.1.3 按式(8)计算每只蓄电池的内阻。

7.3.20.1.4 每只蓄电池的内阻应符合6.4.2的要求。

注：验收试验仅进行评估内阻的一致性试验。

7.3.21 加速寿命试验一

7.3.21.1 试验用的蓄电池是按7.3.14条规定进行过 C_{10} 容量试验，并已达到额定容量值。

7.3.21.1.1 容量-电流标定

在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境中，对电池进行限流 I_{10} 、恒压(2.40V/单体)充电，当电压达到2.40V/单体之后，恒压充电12小时。此时，电池为完全充电。电池再以 $2I_{10}$ 放电到1.80V/单体(SOC=0%)，搁置1小时后，电池再次进行限流 I_{10} 、恒压(2.40V/单体)充电，直到充电容量等于上一步骤的放电容量(此时SOC=100%)。连续记录充电电流，根据电流和充电容量计算SOC，做出充电电流-SOC曲线。

7.3.21.1.2 确定充电方法

首先确定SOC，SOC=100%，在充电电流-SOC曲线上读取100%SOC对应的充电电流值，然后充电方法就确定为限流 I_{10} 、恒压2.40V/单体，直到电流小于100%SOC对应的充电电流值停止充电。

7.3.21.1.3 循环测试

按上面方法充电完成后，以 $2I_{10}$ 放电至1.80V/单体，不断重复，进行50次循环。

7.3.21.1.4 判定

循环试验后，蓄电池容量衰减应符合6.5.1要求

7.3.22 加速寿命试验二

7.3.22.1 按照7.3.14中10h率容量试验达到额定容量的蓄电池，经完全充电后，在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境中以 $2I_{10}$ 的电流放电2h(电流偏差不得超过 $\pm 1\%$)后，立即用厂家规定的电压(限流 $2I_{10}$)充电8h，测量并记录放电2h及充电8h时蓄电池的电压、电流值及表面温度值。

7.3.22.2 放电2h、充电8h构成一个循环，每49次循环后，第50次按8.3.14进行一次10h率容量试验，计算获得的实际容量，容量试验结束蓄电池经完全充电后转入下一次循环，当容量试验所获得实际容量值低于 $0.80C_{10}$ 经再次确认容量仍低于 $0.80C_{10}$ 时，循环耐久性试验终止，最后50次循环不计入循环次数之内，其试验结果应满足6.5.2的要求。

7.3.23 高温加速浮充寿命试验

7.3.23.1 按照7.3.14中10h率容量试验达到额定容量的蓄电池，经完全充电后，在 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 环境中，以 U_n 电压连续充电30d；

7.3.23.2 将蓄电池取出，放置24h~36h，在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境中按7.3.14规定的方法进行一次3h率容量试验，作为一个试验循环，折合寿命1年；

7.3.23.3 重复7.3.23.1、7.3.23.2，直至蓄电池容量低于3h率额定容量的80%并再次试验，确认仍低于80%时结束试验，试验结果应符合6.5.3的要求。

注：在试验过程，允许对电池施加安全保护措施。

7.3.24 过放电敏感性

- 7.3.24.1 蓄电池完全充电后，在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 温度下静置 1h~24h。
- 7.3.24.2 待蓄电池表面温度与环境温度基本一致时，将蓄电池输出端与一个电阻连接，其阻值应使蓄电池的初始放电电流达到 $1I_{10}$ ，并保持 30 天。
- 7.3.24.3 30 天结束后，在开路状态下静置 1h~2h，然后以每单体 2.35V 限压、 $1.0I_{10}$ 限流，恒压充电 168h。
- 7.3.24.4 在充电过程中，每 1h 测记一次负极端子的表面温度，应符合 6.5.4 的要求。
- 7.3.24.5 按 7.3.14 进行 10h 率容量试验，得出此时换算成基准温度 25°C 时容量 C_{aoc} 。
- 7.3.24.6 基准温度 25°C 时容量 C_{aoc} 应符合 6.5.4 的要求。

7.3.25 热失控敏感性试验

- 7.3.25.1 经 7.3.14 容量试验达到额定容量值的蓄电池完全充电后在 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 的环境中每个单体以 $2.45 \text{ V} \pm 0.1 \text{ V}$ 的恒定电压（不限流）连续充电 168 h。
- 7.3.25.2 充电过程中每隔 2h 测记一次充电电流值和蓄电池表面温度值（测量点在端子部位）。
- 7.3.25.3 计算充电电流在任一 24h 之内的增长率 ΔI 和蓄电池的温度值；当 ΔI 大于 50%（例如由 200mA 增大到 300mA）和温度值大于 60°C ，则认为蓄电池存在热失控的条件。
- 7.3.25.4 试验结果应符合 6.5.5 的要求。

7.3.26 标志、标记耐久性试验

- 7.3.26.1 对标记的存在进行目测检查。
- 7.3.26.2 完全充电的蓄电池擦净表面在室温下用下述试剂进行试验：
- 用浸有水的软布擦拭标签和标记 15s，再用浸有石油溶剂（汽油等）的软布擦拭 15s，然后用目视检查。
注：用于试验的石油溶剂应为：正乙烷（ C_6H_{14} -烷烃 C_6 ），初始沸点为 65°C ；干点为 69°C ；密度为 0.7kg/L ；最大芳香族化合物含量为 0.1% /体积。
 - 用浸有碳酸钠（ Na_2CO_3 ）或碳酸氢钠（ NaHCO_3 ）饱和水溶液的软布擦拭标签和标记 15s，在空气中晾干，然后用目视检查。
 - 用浸有密度为 1.300g/cm^3 （ 25°C ）硫酸溶液的软布擦拭标签和标记 15s，然后用水冲洗，在空气中晾干，然后用目视检查。
- 7.3.26.3 记录图示、图片标签和标记使用试剂前、后的状态，应符合 6.5.6 的要求。

7.4 电池簇试验

7.4.1 外观检验

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，应符合 6.1.1 的要求。

7.4.2 极性检测

用电压表检测电池簇的极性，记录检测结果，应符合 6.1.1 的要求。

7.4.3 绝缘性能试验

电池簇绝缘性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池簇按初始化充电的方法充电；
- 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 8 选择合适电压等级的绝缘电阻测量仪测试，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，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 7.2.2.1 的要求。

表 8 绝缘性能测量仪电压等级

电池簇最大工作电压 U^*	测量仪的电压等级
V	V
$U_{\max} \leq 500$	500
$500 < U_{\max} < 1000$	1000
$U_{\max} > 1000$	2500

7.4.4 耐压性能试验

电池簇耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池簇按初始化充电的方法充电；
- 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 5s，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 7.2.2.2 的要求。
- 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 45Hz ~ 62Hz；
 - 4) 由主电路直接供电的辅助电路，试验电压值应按表 9 选取；不适于由主电路直接供电的辅助电路，应按表 10 选取。

表 9 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}	试验电压（交流有效值）	试验电压（直流有效值）
V	V	V
$U_{\max} \leq 300$	1500	2120
$300 < U_{\max} \leq 690$	1890	2570
$690 < U_{\max} \leq 800$	2000	2830
$800 < U_{\max} \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_{\max} \leq 1500$		3820

表 10 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}	试验电压（交流有效值）
V	V
$U_{max} \leq 12$	250
$12 < U_{max} \leq 60$	500
$60 < U_{max}$	见表 10

7.5 电池系统试验

7.5.1 外观检验

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，应符合6.1.1的要求。

7.5.2 极性检测

用电压表检测电池簇的极性，记录检测结果，应符合6.1.1的要求。

7.5.3 绝缘性能试验

电池系统绝缘性能试验按照下列步骤进行：

- 断开电池系统与电网的连接；
- 用于试验的外部电源电压取电池系统电压 1.5 倍或直流 500V 电压较高值；
- 将外部电源分别与电池系统的正极、壳体连接，测试时间为 1min, 记录电阻值 $R_1(\Omega)$ ；
- 将外部电源分别与电池系统的负极、壳体连接，测试时间为 1min, 记录电阻值 $R_2(\Omega)$ ；
- 计算电池系统的绝缘阻抗=外部电源/电阻值，绝缘阻抗的较小值不应小于 $500\Omega/V$ ；
- 电池系统采用一个至少为电池系统标称电压 1.5 倍或者直流 500 V 电压，两者取较高值，电池系统正、负极接口分别对电池系统金属外壳的绝缘性能不小于 $500\Omega/V$ （按照设备的标称电压计算），记录试验的过程数据和结果数据，应符合 6.2.3.1 的要求。

7.5.4 耐压性能试验

电池系统耐压性能试验按照下列步骤进行：

- 断开电池系统与电网的连接；
- 采用频率为 50 Hz~60 Hz 的 1500 V 的交流电压作为试验的外部电源；
- 将外部电源施加在电路的不同区段和电池系统外部可见的可导电部件之间，测试时间为 1 min，系统内有的电子原件不能承受试验电压，判定为失效；
- 电池系统采用耐压机直流 $2U+1000$ （最小为 1500 V, U 是设备的最大工作电压）的测试电压，对被测单元电池系统正负极端子对单元电池系统外壳测试，试验期间不应发生绝缘材料的击穿或跳火，测试漏电流不应大于 1 mA, 记录试验的过程数据和结果数据，应符合 7.2.3.2 的要求。

7.5.5 电池管理系统监控功能检查

启动系统进入正常运行模式，用目测法检查显示屏显示的监控内容以及信息采集及记录情况，记录试验的过程数据和结果数据，应符合6.2.3.3.1的要求。

7.5.6 过压充电告警保护功能试验

电池系统过压充电告警保护功能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池系统准备：以正常工作状态试验（仅由电池管理系统进行控制的电池系统，闭合终端接触器），电池系统有散热系统，应将其开启；
- b) 电池系统按初始化充电的方法充电；
- c) 用规定的最大充电功率充电至电池系统中任一电池单体的电压超过其上限值系统自动停止；
- d) 重复测试 2 次，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 7.2.3.3.2 的要求；
- e) 实际保护值由各厂家自定。

7.5.7 过流充电告警保护功能试验

电池系统过流充电告警保护功能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池系统准备：以正常工作状态进行试验（仅由电池管理系统进行控制的电池系统，闭合终端接触器），电池系统有散热系统，应将其开启；
- b) 电池系统按初始化充电的方法充电；
- c) 逐步提高充电电流，直至到达设定保护电流值，系统自动停止；
- d) 重复测试 2 次，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 6.2.3.3.3 的要求；
- e) 实际保护值由各厂家自定。

7.5.8 欠压放电告警保护功能试验

电池系统欠压放电告警保护功能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池系统准备：以正常工作状态进行试验（仅由电池管理系统进行控制的电池系统，闭合终端接触器），电池系统有散热系统，应将其开启；
- b) 电池系统按初始化放电的方法放电；
- c) 通过负载设备用指定规定的最大放电功率放电至电池系统总电压低于设定保护值或系统中任一电池单体的电压低于其放电终止电压时系统自动停止；
- d) 重复测试 2 次，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 6.2.3.3.4 的要求；
- e) 实际保护值由各厂家自定。

7.5.9 过流放电告警保护功能试验

电池系统过流放电告警保护功能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池系统准备：以正常工作状态进行试验（仅由电池管理系统进行控制的电池系统，闭合终端接触器），电池系统有散热系统，应将其开启；
- b) 电池系统按初始化放电的方法放电；
- c) 通过负载设备用逐步提高放电电流，直至放电电流至设定最大放电电流时，系统自动停止；
- d) 重复测试 2 次，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 6.2.3.3.5 的要求；
- e) 实际保护值由各厂家自定。

7.5.10 过温告警保护功能试验

电池系统过温告警保护功能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池系统准备：以正常工作状态进行试验（仅由电池管理系统进行控制的电池系统，闭合终端接触器），电池系统有散热系统，应将其关闭；
- b) 电池系统按初始化放电的方法放电；
- c) 电池系统按初始化充电的方法充电至 50% 能量状态；

- d) 使电池单体的温度上升至比最高工作温度高 5℃在此高温下继续充电，直至电池系统有任一单体电池温度到达设定温度保护值时，系统自动停止；
- e) 重复测试 2 次，记录试验的过程数据和结果数据，应符合 6.2.3.3.6 的要求；
- f) 实际保护值由各厂家自定。

7.5.11 通信功能检查

电池系统正常运行状态下，通过现场观察系统显示屏，对通信功能进行检查，记录检查结果，应符合 6.2.3.3.7 的要求。

8 检验规则

8.1 检验分类

- 8.1.1 检验分为型式试验、出厂试验和验收试验 3 种。
- 8.1.2 型式试验合格后方可批量生产。
- 8.1.3 出厂试验合格后方可配发产品保证文件，准许出厂。
- 8.1.4 验收试验合格后方可交接。

8.2 型式试验

- 8.2.1 进行型式试验的产品应是出厂试验合格的产品。
- 8.2.2 正常生产的产品，应每 3 年进行一次型式试验。遇到下列情况之一时，应进行型式试验：
 - a) 试制的新产品；
 - b) 产品停产后，又恢复生产；
 - c) 转厂试制的产品；
 - d) 产品的设计、配方、材料、工艺或生产流程存在变更时。

8.3 检验项目和样品数量

- 8.3.1 型式试验、出厂试验和验收试验的检验项目及受检样品数量见表 11。

表 11 检验项目

试验样品	序号	检验项目	样本	型式试验	出厂试验	验收试验	技术要求	试验方法
			单位					
电池单体	1	外观与极性检查	6 只	√	√	√	6.1.1	7.3.1
	2	内部检查	1 只	√	√		6.1.2~ 6.1.5	7.3.2
	3	重量检查	6 只	√	√	√	6.1.6	7.3.3
	4	端子检查	6 只	√	√	√	6.1.7	7.3.4
	5	密封性检查	6 只	√	√		6.1.8	7.3.5
	6	气体析出量试验	1 只	√			6.2.1.1	7.3.6
	7	大电流放电试验	1 只	√			6.2.1.2	7.3.7
	8	防爆能力试验	1 只	√			6.2.1.3	7.3.8
	10	安全阀试验	6 只	√			6.2.1.4	7.3.9

表 11 检验项目（序）

电池 单体	11	耐接地短路能力试验	1 只	√			6.2.1.5	7.3.10
	12	材料的阻燃能力试验	1 只	√			6.2.1.6	7.3.11
	13	抗机械破损能力试验	1 只	√			6.2.1.7	7.3.12
	14	耐寒耐热性能试验	3 只	√			6.2.1.8	7.3.13
	15	容量性能试验	6 只	√	√	√	6.3.2	7.3.14
	16	荷电保持性能试验	1 只	√			6.3.3	7.3.15
	17	再充电性能试验	1 只	√			6.3.4	7.3.16
	18	低温敏感性试验	1 只	√			6.3.5	7.3.17
	19	蓄电池间连接性能试验	6 只	√		√	6.3.6	7.3.18
	20	端电压均衡性试验	6 只	√	√	√	6.4.1	7.3.19
	21	内阻试验	1 只	√	√	√	6.4.2	7.3.20
	22	加速寿命试验一	3 只	√			6.5.1	7.3.21
	23	加速寿命试验二	1 只	√			6.5.2	7.3.22
	24	高温加速浮充寿命试验	1 只	√			6.5.3	7.3.23
	25	过放电敏感性试验	1 只	√			6.5.4	7.3.24
	26	热失控敏感性试验	1 只	√			6.5.5	7.3.25
	27	标志、标记耐久性试验	整组	√			6.5.6	7.3.26
电池 簇	1	外观检验	1 个	√	√	√	6.1.1.1	7.4.1
	2	极性检测	1 个	√	√	√	6.1.1.2	7.4.2
	3	绝缘性能试验		√			6.2.2.1	7.4.3
	4	耐压性能试验		√			6.2.2.2	7.4.4
电池 系统	1	外观检验		1 个	√	√	√	6.1.1.1
	2	极性检测	√		√	√	6.1.1.2	7.5.2
	3	绝缘性能试验	√				6.2.3.1	7.5.3
	4	耐压性能试验	√				6.2.3.2	7.5.4
	5	监控功能检查试验	√				6.2.3.3.1	7.5.5
	6	过压充电告警保护功能 试验	√				6.2.3.3.2	7.5.6
	7	过流充电告警保护功能 试验	√				6.2.3.3.3	7.5.7
	8	欠压放电告警保护功能 试验	√				6.2.3.3.4	7.5.8

9	过流放电告警保护功能试验	√			6.2.3.3.5	7.5.9
10	过温告警保护功能试验	√			6.2.3.3.6	7.5.10
11	通信功能试验	√			6.2.3.3.7	7.5.11

8.4 检验判定准则

8.4.1 依检验现象判定的检验项目，以检验现象进行判定。

8.4.2 依检验数据判定的检验项目，以样本单位中全部参试蓄电池的测试数据作为该项目的判定数据，若有一只参试蓄电池的测试数据不符合本标准要求时，对于型式试验，则判定结论为不合格；对于出厂试验、验收试验，可在同批次产品进行数量加倍复测，如仍有一只达不到要求，则判定该批产品不合格。

9 包装、标志、运输和贮存

9.1 包装

9.1.1 包装分为蓄电池包装和配件包装。

9.1.2 不属于同一组的蓄电池，不应在同一蓄电池包装内混装。

9.1.3 包装方式应符合防潮、防震的要求。

9.1.4 包装应能避免雨淋造成的蓄电池短路。

9.1.5 包装应能避免运输、装卸和堆放过程中的机械损伤。尤其重要的是，蓄电池包装应能避免粗暴装卸造成的蓄电池短路或壳体破裂。

9.1.6 包装箱上应有下列信息：品名、型号、数量、制造单位地址、邮编；执行标准编号；净重和毛重。蓄电池包装宜随行下列文件：

- a) 产品合格证
- b) 产品使用说明书；
- c) 产品出厂检验记录；
- d) 装箱清单；
- e) 产品安装示意图
- f) 其他相关技术资料。

注：每组产品可提供一份出厂检验记录。

9.2 标志

9.2.1 蓄电池产品应有下列标志：

- a) 产品型号或规格；
- b) 极性符号；
- c) 商标；；
- d) 其他管理部门规定的标志。

9.2.2 包装箱外壁应有下列标志：

- a) 产品名称、型号或规格、数量；
- b) 产品执行标准号；
- c) 每箱的净重、毛重及尺寸；
- d) 出厂日期；；
- e) 制造厂名称、厂址；
- f) 标明“防湿”“小心轻放”“向上”等文字或符号；；
- g) 蓄电池应标明“可回收利用”“含铅,不可将电池等同生活垃圾处理”等文字或符号。

9.3 运输

9.3.1 在运输过程中,产品不得受剧烈冲撞和曝晒雨淋,不得倒置。

9.3.2 在装卸过程中,产品应轻放,禁止摔掷、滚翻、重压。

9.3.3 若蓄电池包装被挤坏、戳穿或撕裂,露出内装蓄电池时,不能启运。应将此类包装与其他蓄电池包装隔离,征询托运人的意见后,拆开检查,并重新包装。

9.4 贮存

9.4.1 蓄电池的贮存应符合下列条件:

- a) 产品宜以 100%荷电状态贮存在环境温度为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 90%的清洁仓库内;
- b) 应不受阳光直射,离热源(暖气设备等)不得少于 2m;
- c) 应避免与任何有毒气体、有机溶剂接触;
- d) 不得倒置,不得受任何机械冲击及重压;

9.4.2 蓄电池的贮存补电时间不应超出制造商推荐的时间,贮存期间的每次充电应予以记录。
