



中华人民共和国国家标准

GB/T 46460—2025

无人驾驶航空器用 锂离子电池和电池组规范

Specifications of lithium ion cells and batteries used in unmanned aerial vehicles

2025-10-05 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验条件	3
4.1 试验的适用性	3
4.2 环境条件	4
4.3 参数测量公差	4
4.4 温度测量方法	4
4.5 测试用充放电程序	4
4.6 型式试验要求	4
5 标识和警示说明	6
5.1 标识	6
5.2 警示说明	6
6 电池和电池组性能试验	7
6.1 初始容量	7
6.2 高温容量	7
6.3 低温容量	7
6.4 倍率放电	8
6.5 荷电保持能力	8
6.6 恢复容量	8
6.7 循环寿命	8
6.8 高温储存	9
7 电池安全	9
7.1 外部短路	9
7.2 过充电	9
7.3 强制放电	10
7.4 跌落	11
7.5 挤压	11
7.6 热滥用	12
8 电池组安全	12
8.1 静电放电	12
8.2 过压充电保护	12
8.3 过流充电保护	13
8.4 外部短路保护	13
8.5 反向充电保护	13

8.6 过温保护	13
8.7 过载	14
8.8 低气压	14
8.9 温度循环	14
8.10 振动	15
8.11 翻转	15
8.12 跌落	16
参考文献	19



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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、深圳赛西信息技术有限公司、欣旺达电子股份有限公司、西安瑟福能源科技有限公司、深圳美团低空物流科技有限公司、应急管理部天津消防研究所、宁德新能源科技有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、厦门新能安科技有限公司、惠州市德赛电池有限公司、深圳北斗天芯科技有限公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、天能电池集团股份有限公司、浙江锂威能源科技有限公司、深圳市豪鹏科技股份有限公司、杭州力奥科技有限公司、中国科学技术大学、深圳市神通天下科技有限公司、广东粤电信息科技有限公司。

本文件主要起草人：王晓冬、刘冉冉、何鹏林、万猛、卓萍、何显峰、贾佳、谈时、王壺、李悦兴、肖质文、陈顺通、詹园园、张海源、龚永锋、周辉、韩晓辉、黄镇财、徐业明、陈筱、王昭领。

无人驾驶航空器用 锂离子电池和电池组规范

1 范围

本文件规定了无人驾驶航空器(以下简称“无人机”)用锂离子电池和电池组的性能要求和安全要求,描述了相应的试验方法,不涉及功能特性。

本文件适用于无人机用锂离子电池和电池组。

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 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验M:低气压

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂离子电池 lithium ion cell

依靠锂离子在正极和负极之间移动实现化学能与电能相互转化的装置,并被设计成可充电。

注1:该装置通常包括电极、隔膜、电解质、容器和端子等。

注2:本文件中简称“电池”。

3.2

锂离子电池组 lithium ion battery

包含有保护电路的由任意数量的锂离子电池组合而成准备使用的组合体。

注1:锂离子电池组还可能含有封装材料、连接器、保护器件等部件或材料。

注2:保护电路可能是独立的,也可能在充电器或无人机(含其配件)中。

注3:本文件中简称“电池组”。

3.3

标称电压 nominal voltage

用以标识电池或电池组电压的适宜的近似值。

3.4

额定容量 rated capacity

C

制造商标明的电池或电池组容量。

注:单位为安时(Ah)或毫安时(mAh)。

3.5

额定能量 nominal energy

由制造商标明的在规定条件下确定的电池或电池组的能量值。

注：通过标称电压乘以额定容量计算得出，可向上取整，单位为瓦时(Wh)或毫瓦时(mWh)。

3.6

参考试验电流 reference test current

I_t

数值与额定容量(C)相同的试验电流。

注：单位为安(A)或毫安(mA)。

3.7

充电上限电压 upper limited charging voltage

U_{up}

制造商规定的电池或电池组能承受的最高安全充电电压。

3.8

充电限制电压 limited charging voltage

U_{cl}

制造商规定的电池或电池组的额定最大充电电压。

3.9

放电终止电压 end of discharge voltage

U_{de}

制造商推荐的电池或电池组放电结束时的电压。

3.10

放电截止电压 discharge cut-off voltage

U_{do}

制造商规定的电池或电池组安全放电的最低负载电压。

3.11

最大充电电流 maximum charging current

I_{cm}

制造商规定的最大的恒流充电电流。

3.12

过流充电保护电流 over current for charge protection

I_{cp}

制造商规定的大电流充电时的保护电路动作电流。

3.13

最大放电电流 maximum discharging current

I_{dm}

制造商规定的最大持续放电电流。

注：持续电流指持续 1 min 以上。

3.14

过流放电保护电流 over current for discharge protection

I_{dp}

制造商规定的大电流放电时的保护电路动作电流。

3.15

推荐放电电流 recommendation discharging current I_{dr}

制造商推荐的持续放电电流。

3.16

上限充电温度 upper limited charging temperature T_{cm}

制造商规定的电池或电池组充电时的最高温度。

3.17

上限放电温度 upper limited discharging temperature T_{dm}

制造商规定的电池或电池组放电时的最高温度。

3.18

下限放电温度 lower limited discharging temperature T_{dl}

制造商规定的电池或电池组放电时的最低温度。

3.19

荷电保持能力 charge retention

电池或电池组在规定的温度下,储存规定的时间后,在不进行充电的情况下,所能放出的容量与初始容量的比值的百分数。

3.20

恢复容量 recovery capacity

电池或电池组在荷电保持能力测试后,进行充电,并再次放电的容量。

3.21

漏液 leakage

可见的液体电解质的漏出。

3.22

爆炸 explosion

电池或电池组的外壳剧烈破裂并且主要成分抛射出来。

3.23

起火 fire

从电池或电池组发出火焰。

注:火焰是由燃烧产生的,燃烧是一种发光发热的化学反应。火花不能称为火焰。

[来源:GB/T 28164—2011,1.3.13,有修改]

4 试验条件

4.1 试验的适用性

如因受产品设计、构造或功能上的制约而无法对电池或电池组进行试验,可连同使用该电池或电池组的无人机、该无人机附属的充电器或构成无人机一部分的零部件,与电池或电池组一起进行相关试验。

注:无人机及其附带的充电器或者构成其一部分的零部件来自该电池或电池组的制造商或者无人机的制造商,并由该制造商提供操作说明。

4.2 环境条件

除另有规定外,各项试验应在下列条件下进行。

- a) 温度: $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 相对湿度: 不大于 75%。
- c) 气压: $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

4.3 参数测量公差

相对于规定值或实际值,所有控制值或测量值的准确度应在以下公差范围内。

- a) 电压: $\pm 0.2\%$ 。
- b) 电流: $\pm 1\%$ 。
- c) 温度: $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- d) 时间: $\pm 0.1\%$ 。
- e) 容量: $\pm 1\%$ 。

4.4 温度测量方法

采用热电偶法来测量样品的表面温度。温度测试点选取温度最不利点作为试验判定条件。

注: 建议使用辅助方式寻找最不利点,如红外设备。

4.5 测试用充放电程序

4.5.1 测试用充电程序

电池或电池组可采用下列方法之一进行充电:

- a) 制造商规定的方法;
- b) 以 $0.2I_t$ A 充电,当电池或电池组端电压达到充电限制电压(U_{cl})时,改为恒压充电,直到充电电流小于或等于 $0.02I_t$ A,停止充电。

在充电前电池或电池组先按照 4.5.2 规定的方法进行放电,并静置 30 min。

除另有规定,优先推荐采用方法 a),当不可获得方法 a)的信息时,可采用方法 b)。

4.5.2 测试用放电程序

电池或电池组以推荐放电电流(I_{dr})恒流放电至放电终止电压(U_{dc})。

4.6 型式试验要求

4.6.1 样品的要求

除非另有规定,被测试样品应是客户将要接受的产品代表性样品,包括小批量试产样品或是准备向客户交货的产品。本文件试验仅针对生产不超过 12 个月的样品。

若试验需要引入导线测试或连接时,引入导线测试或连接产生的总电阻应小于 $20\text{ m}\Omega$ 。

4.6.2 样品的数量

除特殊说明外,每个试验项目的样品为 3 个。按照试验顺序对样品进行编号。

4.6.3 样品预处理

电池或电池组按照 4.5 规定的充放电程序进行两个充放电完整循环,充放电程序之间静置 30 min。

注: 在预处理过程中如发生起火、爆炸、漏液等现象也认为是符合本文件要求。

4.6.4 样品容量测试

电池或电池组样品的实际容量应大于或等于其额定容量,否则不能作为型式试验的典型样品。

电池或电池组实际容量值按照 6.1 测试。

进行安全室试验的样品可先按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,静置 10 min,再按照 4.5.2 规定的放电程序放电,放电时所提供的容量即为样品的实际容量。

当对容量测试结果有异议时,可依据 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度作为仲裁条件重新测试。

注:如无特殊规定,上述要求仅针对型式试验。

4.6.5 试验项目

表 1 为电池和电池组的性能试验项目,表 2 为电池安全试验项目,表 3 为电池组安全试验项目。

表 1 电池和电池组性能试验项目

序号	试验项目	要求及试验方法	样品编号	
			电池	电池组
1	样品预处理	4.6.3	1~16	1~5
2	初始容量	6.1	1~16	1~5
3	高温容量	6.2	1~3	1
4	低温容量	6.3	4~6	2
5	倍率放电	6.4	7~9	3
6	荷电保持能力	6.5	10	4
7	循环寿命	6.7	11~13	5
8	高温储存	6.8	14~16	—

注:如无特殊规定,型式试验不含恢复容量项目。

表 2 电池安全试验项目

序号	试验项目	要求及试验方法	样品编号
1	样品预处理	4.6.3	1~18
2	初始容量	6.1	1~18
3	外部短路	7.1	1~3
4	过充电	7.2	4~6
5	强制放电	7.3	7~9
6	跌落	7.4	10~12
7	挤压	7.5	13~15
8	热滥用	7.6	16~18

表 3 电池组安全试验项目

序号	试验项目	要求及试验方法	样品编号
1	样品预处理	4.6.3	1~7
2	初始容量	6.1	1~7
3	静电放电	8.1	1~4 ^a
4	过压充电保护	8.2	1~3
5	过流充电保护	8.3	
6	外部短路保护	8.4	
7	反向充电保护	8.5	
8	过温保护	8.6	
9	过载	8.7	4
10	低气压	8.8	5~7
11	温度循环	8.9	
12	振动	8.10	

^a 样品进行静电放电试验后再进行 8.2~8.6 试验。

4.6.6 试验判据

只有当某项试验的受试样品全部测试合格,才可判定该项试验合格。

5 标识和警示说明

5.1 标识

电池和电池组的标识应清晰可辨,且不应出现混淆。

使用中文标明以下标识:

- a) 产品名称、型号;
- b) 额定容量、额定能量、充电限制电压、标称电压;
- c) 正负极性,使用“正、负”字样,或“+、-”符号,或红色、黑色表示;
- d) 生产厂;
- e) 生产日期或批号。

额定能量的标识值应满足额定能量的定义。

对于电池,额定容量、生产厂(或生产厂代码)、生产日期或批号、型号和正负极性应在电池本体上标明,其余标识允许在包装或规格书上标明。

对于电池组,标识均应在电池组本体上标明。“型号、额定容量、额定能量、充电限制电压、标称电压、生产厂”等中文引导词应标出并与具体内容对应。产品名称、生产日期或批号可不使用引导词。

生产厂代码含义应在最小包装或规格书进行说明。批号的含义应在最小包装或规格书进行说明,且含有生产日期信息。

5.2 警示说明

电池组的本体或最小包装上应有中文警示说明。

示例 1: 禁止拆解、撞击、挤压或投入火中。

示例 2: 若出现严重鼓胀,切勿继续使用。

示例 3: 切勿置于高温环境中。

示例 4: 浸水后禁止使用。

6 电池和电池组性能试验

6.1 初始容量

6.1.1 要求

电池或电池组的初始容量应不低于额定容量。

6.1.2 测试方法

电池和电池组的初始容量测试方法如下:

- a) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下静置 1 h;
- b) 按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,静置 30 min;
- c) 按照 4.5.2 规定的放电程序进行放电,测量放电容量。

注: 当对容量测试结果有异议时,依据 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度作为仲裁条件重新测试。

6.2 高温容量

6.2.1 要求

电池高温容量应不低于初始容量的 98%,电池组应不低于初始容量的 95%。

6.2.2 测试方法

电池或电池组的高温容量测试方法如下:

- a) 按照 4.5.1 规定的充电程序充满电;
- b) 在制造商规定的上限放电温度(T_{dm})环境下静置 6 h;
- c) 按照 4.5.2 规定的放电程序放电,测量放电容量;
- d) 在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,静置 4 h;
- e) 重复步骤 a)~d) 3 次。

取步骤 c) 测量得到的最小值作为电池或电池组的高温容量。

6.3 低温容量

6.3.1 要求

电池或电池组的低温容量应不低于初始容量的 80%。

6.3.2 测试方法

电池或电池组的低温容量测试方法如下:

- a) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,按照 4.5.1 规定的充电程序充满电;
- b) 在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或制造商规定的下限放电温度(T_{dl})中较大值的环境下静置 24 h;
- c) 按照 4.5.2 规定的放电程序放电,测量放电容量;
- d) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,静置 4 h;

e) 重复步骤 a)~d)3 次。

取步骤 c)测量得到的最小值作为电池或电池组的低温容量。

6.4 倍率放电

6.4.1 要求

电池倍率放电容量应不低于初始容量的 95%，电池组应不低于初始容量的 90%。

6.4.2 测试方法

电池或电池组的倍率放电测试方法如下：

- a) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,静置 1 h;
- b) 以 $3I_1$ A 放电至放电终止电压,测量放电容量,静置 2 h;
- c) 重复步骤 a)、步骤 b)3 次。

取步骤 b)测量得到的最小值作为电池或电池组的倍率放电容量。

注：对于设计最大放电电流小于 $3I_1$ A 的样品,步骤 b)使用最大放电电流进行试验。

6.5 荷电保持能力

6.5.1 要求

电池的放电容量应不低于初始容量的 90%，电池组的放电容量应不低于初始容量的 88%。

6.5.2 测试方法

电池或电池组的荷电保持能力测试方法如下：

- a) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,储存 28 d;
- b) 按照 4.5.2 规定的放电程序放电,测量放电容量。

注 1：如果电池组具有功能开关,进行本条试验时可以断开开关。

注 2：具有主动放电或类似功能的电池组,本条不适用。

6.6 恢复容量

6.6.1 要求

电池的恢复容量应不低于初始容量的 92%，电池组的恢复容量应不低于初始容量的 90%。

6.6.2 测试方法

电池和电池组的恢复容量测试方法如下：

- a) 按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,并在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下储存一年;
 - b) 在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下静置 1 h,再按照 4.5.2 规定的放电程序放电;
 - c) 按照 4.5.1 规定的充电程序充满电;
 - d) 在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下静置 1 h,再按照 4.5.2 规定的放电程序放电,测量放电容量。
- 步骤 c)、步骤 d)共进行 5 次,取第 3 次~第 5 次步骤 d)测量得到的最小值。

注：如果电池组功能具有断路开关或省电模式等,存储时可以将其开启。

6.7 循环寿命

6.7.1 要求

电池 400 次循环后容量应不低于初始容量的 80%，电池组 300 次循环后容量应不低于初始容量的 80%。

6.7.2 测试方法

电池或电池组的循环寿命测试方法如下：

- a) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,静置时间 30 min;
- b) 按照 4.5.2 规定的放电程序放电,静置时间 30 min;
- c) 重复步骤 a)、步骤 b)。

若在规定的循环次数完成之前,电池或电池组任意一次放电容量低于初始容量的 80%,停止试验。

注:为缩短测试时间,制造商可规定更大的充放电电流,但循环次数和容量仍需满足上述要求。

6.8 高温储存

6.8.1 要求

电池的高温恢复容量应不低于初始容量的 90%。

6.8.2 测试方法

电池高温恢复容量测试方法如下：

- a) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中存储 21 d;
- b) 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下静置 4 h,按照 4.5.2 规定的放电程序放电,静置 30 min;
- c) 按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,静置 30 min;
- d) 按照 4.5.2 规定的放电程序放电,得到放电容量。

取步骤 d)测量得到的放电容量作为电池的高温恢复容量。

7 电池安全

7.1 外部短路

7.1.1 要求

电池应不起火、不爆炸。

7.1.2 测试方法

将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后,放置在 $57\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中,待电池表面温度达到 $57\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,再静置 30 min。然后在此环境温度下用导线连接电池正负极端,并确保全部外部电阻为 $80\text{ m}\Omega\pm 20\text{ m}\Omega$ 。试验过程中监测电池温度变化,当出现以下两种情形之一时,试验终止:

- a) 电池温度下降值达到温度最大值的 20%;
- b) 短接时间达到 24 h。

当有争议时,a)和 b)选较严者。

电池应不起火、不爆炸。

7.2 过充电

7.2.1 要求

电池应不起火、不爆炸、不漏液。

7.2.2 测试方法

电池按照 4.5.2 规定的放电程序放电,以最大充电电流(I_{cm})充电至表 4 的试验电压,继续以该电压

值恒压充电。

试验过程监测电池温度变化,当出现以下两种情形之一时,试验终止:

- a) 电池持续充电时间达到 7 h;
- b) 电池温度下降值达到温度最大值的 20%。

表 4 过充电试验电压

充电限制电压 U_{cl}/V	过充电试验电压 U_1/V
$U_{cl} < 4.25$	$U_{cl} + 0.4$
$4.25 \leq U_{cl} < 4.45$	4.65
$U_{cl} \geq 4.45$	$U_{cl} + 0.2$

7.3 强制放电

7.3.1 要求

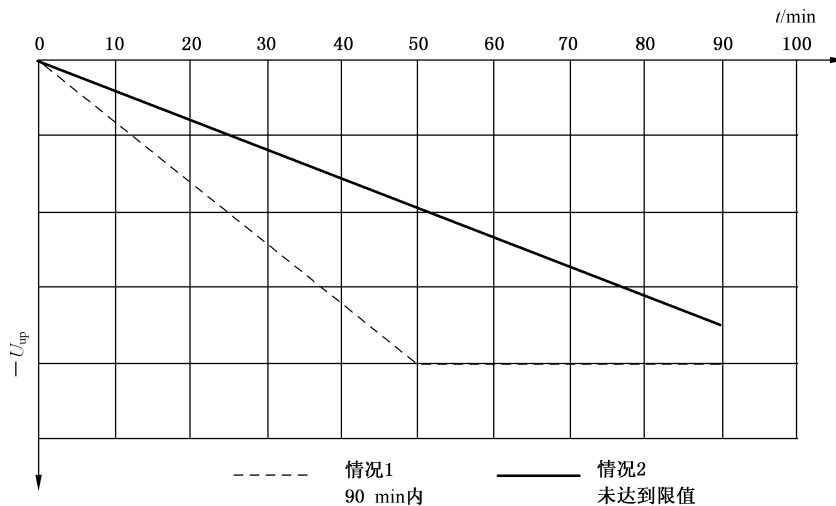
电池应不起火、不爆炸。

7.3.2 测试方法

将电池按照 4.5.2 规定的试验方法放完后,以 $1I_1$ A 电流进行反向充电至负的充电上限电压,反向充电时间共计 90 min。

如果在反向充电 90 min 内,电压达到负的电池充电上限电压,应通过减小电流保持该电压继续进行反向充电,反向充电共计 90 min 后终止试验,如图 1 情况 1 所示。

如果在反向充电 90 min 内,电压未达到负的电池充电上限电压,则反向充电共计 90 min 后终止试验,如图 1 情况 2 所示。



注：图中的线仅作示例,实际情况(除水平线部分)不一定是线性或直的。

图 1 反向充电时间图

7.4 跌落

7.4.1 要求

电池应不起火、不爆炸。

7.4.2 测试方法

电池按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,按 1 m 高度自由落体跌落于混凝土板上。

对圆柱型电池两个端面各跌落一次,圆柱面跌落两次,共进行 4 次跌落试验;对方型电池(含软包装电池)每个面各跌落一次,共进行 6 次试验。

7.5 挤压

7.5.1 要求

电池应不起火、不爆炸。

7.5.2 测试方法

将电池按照 4.5.1 规定的充电程序充满电后,将电池置于两个平面内,垂直于极板方向进行挤压,两平板间施加 $13.0\text{ kN} \pm 0.78\text{ kN}$ 的挤压力,挤压电池的速度为 0.1 mm/s 。一旦压力达到最大值或电池的电压下降三分之一,即可停止挤压试验。试验过程中电池应防止发生外部短路。

圆柱型电池挤压时使其纵轴向与两平板平行,扣式电池采用电池上下两面与两平板平行的方式进行挤压试验,方型电池(含软包装电池)采用半圆柱体挤压,其他类型电池只对电池的宽面进行平面挤压试验。对于方型电池(含软包装电池),需将直径 25 mm 的钢质半圆柱体置于电池宽面上进行挤压,半圆柱体纵轴经过宽面几何中心且与电池极耳方向垂直,长度需大于被挤压电池尺寸,挤压力达到表 5 中软包装电池宽度对应挤压力后截止。

试验中电池放置方式参照图 2 所示。1 个样品只做一次挤压试验。挤压过程中,挤压达到截止条件和挤压装置停止的时间间隔应不大于 100 ms。

注:一般情况下,软包装电池长度:平行于极耳方向。软包装电池宽度:垂直于极耳方向。

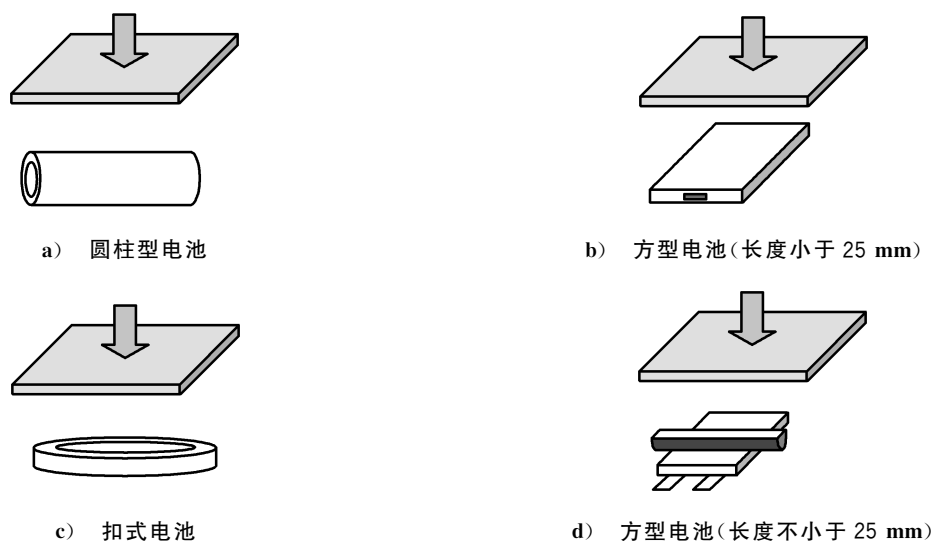


图 2 挤压试验中电池放置示意图

表 5 方型电池半圆柱体挤压试验挤压力

电池宽度 mm	挤压力 kN
(0,25]	1
(25,30)	3
[30,40)	4
[40,50)	5
[50,60)	6
[60,65]	7
(65,70)	8
[70,75]	10
(75,∞)	13

7.6 热滥用

7.6.1 要求

电池应不起火、不爆炸、不漏液。

7.6.2 测试方法

电池按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,将电池放入试验箱中。试验箱以 5 °C/min 的温升速率进行升温,当箱内温度达到 130 °C±2 °C 后恒温 30 min。

8 电池组安全

注: 电池组保护电路能够发现电池的电压、温度和电流的异常状态,需要遵照无人机保护策略作出控制或向无人机发出信号,在特殊情况下需待无人机降落并停止运转后再执行电安全保护动作。

8.1 静电放电

8.1.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.1.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,按照 GB/T 17626.2 的规定对电池组每个输出端子进行 4 kV 接触放电测试(±4 kV 各 10 次)和 8 kV 空气放电测试(±8 kV 各 10 次)。

注: 样品进行静电放电试验后再进行 8.2~8.6 试验。

8.2 过压充电保护

8.2.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液,应能启动保护动作。

8.2.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,继续以最大充电电流(I_{cm})恒流充电至 1.2 倍充电上限电压($1.2U_{up}$),并保持该电压进行恒压充电。

当出现以下两种情形之一时,试验终止:

- a) 恒压持续充电时间达到 1 h;
- b) 保护电路动作。

8.3 过流充电保护

8.3.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液,应能启动保护动作。



8.3.2 测试方法

电池组按照 4.5.2 规定的放电程序放电,继续以 1.5 倍的过流充电保护电流($1.5 I_{cp}$)恒流充电至充电上限电压(U_{up})。

8.4 外部短路保护

8.4.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液,应能启动保护动作。

8.4.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,短路电池组的正负极端子,外部短路总电阻不大于 10 mΩ。

8.5 反向充电保护

8.5.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液,应能启动保护动作。

8.5.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,以最大充电电流(I_{cm})反向充电 90 min。

注:具有防反接功能或类似设计的电池组,本条不适用。

8.6 过温保护

8.6.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液,应能启动保护动作。

8.6.2 测试方法

电池组高低温保护测试方法如下。

将电池组按照 4.5.2 规定的放电程序放电结束后,在高于制造商规定的上限充电温度 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{cm} + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 的环境下静置 6 h,以最大充电电流(I_{cm})恒流充电至充电上限电压(U_{up})。

将电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,在低于制造商规定的下限放电温度 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{dl} - 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

的环境下静置 8 h,以最大放电电流(I_{dm})恒流放电至放电终止电压(U_{de})。

注:电池组保护电路能够发现电池的电压、温度和电流的异常状态,遵照无人机保护策略做出控制或向无人机发出信号,在特殊情况下需待无人机降落并停止运转后再执行电安全保护动作。

8.7 过载

8.7.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.7.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,以 1.5 倍的过流放电保护电流($1.5I_{dp}$)恒流放电至放电截止电压(U_{do})。

注:电池组保护电路能够发现电池的电压、温度和电流的异常状态,遵照无人机保护策略做出控制或向无人机发出信号,在特殊情况下需待无人机降落并停止运转后再执行电安全保护动作。

8.8 低气压

8.8.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.8.2 测试方法

将电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电后,将电池放置于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的真空箱中,抽真空将箱内压强降低至 11.6 kPa(模拟海拔 15 240 m),并保持 6 h。

具体试验方法按照 GB/T 2423.21 中的相关条款。

8.9 温度循环

8.9.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.9.2 测试方法

将充满电的电池组放置在温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的可控温的箱体中进行如下步骤。

a) 将试验箱温度升高为 $72\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,并保持 6 h。

b) 将试验箱温度降为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,并保持 6 h。

c) 重复步骤 a)、步骤 b),共循环 10 次。

d) 在室温 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下静置 8 h。按照 4.5 规定的进行一次放电充电循环。

试验过程中每两个温度之间的转换时间不大于 30 min,步骤示意图见图 3。

具体试验方法按照 GB/T 2423.22 中的相关条款。

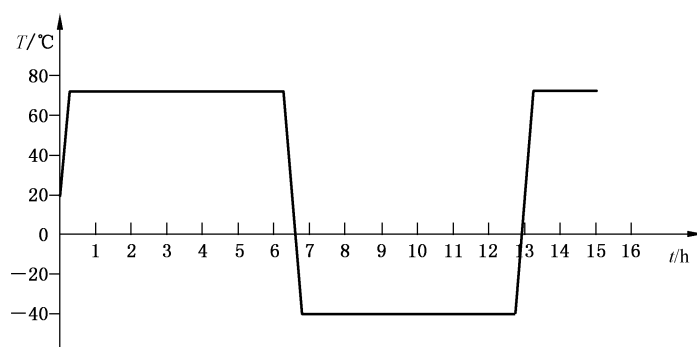


图3 温度循环流程示意图

8.10 振动

8.10.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.10.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,紧固在振动试验台上,按照 3 个相互垂直的方向依次进行振动试验,每个方向进行 12 个循环,每个方向循环时间共计 3 h 的振动,试验参数见表 6。

对 12 kg 及更大的电池组,表 6 试验参数中的 $a_1=2g_n$, $a_2=2g_n$ 。

振动后电池组在 $20\text{ }^\circ\text{C}\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 环境下静置 2 h,按照 4.5 规定进行一次放电充电循环。

具体试验方法可按照 GB/T 2423.10 中的相关条款。

表6 振动波形(正弦曲线)

频率		振动参数	对数扫频循环时间 (7 Hz~200 Hz~7 Hz)	轴向	振动周期数
起始	至				
$f_1=7\text{ Hz}$	f_2	$a_1=1g_n$	15 min	X	12
f_2	f_3	$S=0.8\text{ mm}$		Y	12
f_3	$f_4=200\text{ Hz}$	$a_2=8g_n$		Z	12
返回至 $f_1=7\text{ Hz}$				总计	36
<p>f_1, f_4——下限、上限频率; f_2, f_3——交越点频率($f_2\approx 17.62\text{ Hz}$, $f_3\approx 49.84\text{ Hz}$); a_1, a_2——加速度幅值; S ——位移幅值。</p>					
注: 振动参数是指位移或加速度的最大绝对数值,例如:位移量为 0.8 mm 对应的峰-峰值的位移量为 1.6 mm。					

8.11 翻转

8.11.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.11.2 测试方法

电池组按照 4.5.1 规定的充电程序充满电,电池组以 $6(^{\circ})/s$ 的速率进行翻转试验,对样品 3 个互相垂直的方向进行翻转,每个方向旋转 360° 。对于圆柱体等只有两个对称轴的电池组,只需对两个互相垂直的方向进行翻转。

8.12 跌落

8.12.1 要求

电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

8.12.2 测试方法

8.12.2.1 一般要求

将电池组按照 4.5.1 的充电程序充满电后,按表 7 和图 4 的跌落高度及方式自由落体跌落于混凝土板或金属板上,如果是金属板,通过合适的措施避免电池组的外部短路。

试验后需观察 1 h。

表 7 跌落测试方式和条件

样品质量 ^a (m) kg	测试方式	方向	跌落高度 ^b (h) cm
$m < 0.5$	整体	自由	150
$0.5 \leq m < 7$	整体	自由	100
$7 \leq m < 20$	整体	底面向下 ^c	50
$20 \leq m < 50$	整体	底面向下 ^c	$50 - 1.5 \times (m - 20)$
$50 \leq m < 100$	边和角	—	5
$m \geq 100$	边和角	—	2.5

^a 质量为 3 个样品的实测值的平均值。
^b 试验的跌落高度以样品的实测质量,根据线性内插法计算得到,见图 4。
^c 样品的底面由制造商规定。

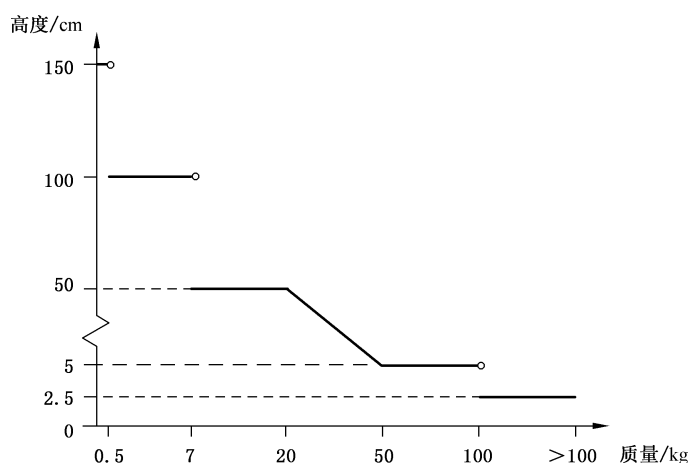


图4 跌落高度与样品质量关系图

8.12.2.2 整体跌落试验



质量小于 50 kg 的样品,采用整体跌落试验。

充满电的样品以 $0.2I_n$ A 恒流放电至制造商规定的安装或维护的荷电状态。若制造商未规定,充电后样品不进行放电。

样品按照表 7 中规定的高度 1 次跌落在混凝土板或金属地板上,如果是金属板,通过合适的措施避免电池或电池组系统的外部短路。

小于 7 kg 的样品进行自由跌落,7 kg 及以上,50 kg 以下的样品进行底面向下方向跌落,由制造商规定测试单元的底面。

测试完成后样品至少静置 1 h 并目测检查。

8.12.2.3 边和角跌落测试

质量在 50 kg 及以上的样品,采用边和角跌落试验。

充满电的样品,按照表 7 中规定的高度 2 次跌落在混凝土板上。跌落测试条件根据图 5、图 6 和图 7 所示,选择最短边缘以及对应的角为跌落点。

充满电的样品以 $0.2 I_n$ A 恒流放电至制造商规定的安装或维护的荷电状态。若制造商未规定,充电后样品不进行放电。

样品按照表 7 中规定的高度两次跌落在混凝土板或金属地板上,跌落测试应保证如图 5、图 6 和图 7 所示的最短边跌落和角跌落可重复的撞击点。每种撞击类型的两次撞击应位于同一角落和同一最短边。对于角和边跌落,样品的放置方向应确保穿过待撞击角/边的直线,且试验装置几何中心大致垂直于撞击表面。测试完成后样品静置至少 1 h 并目测检查。

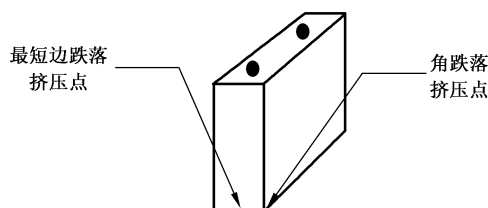


图5 跌落位置

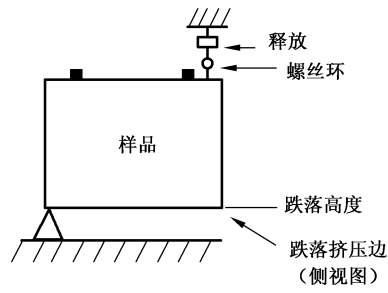
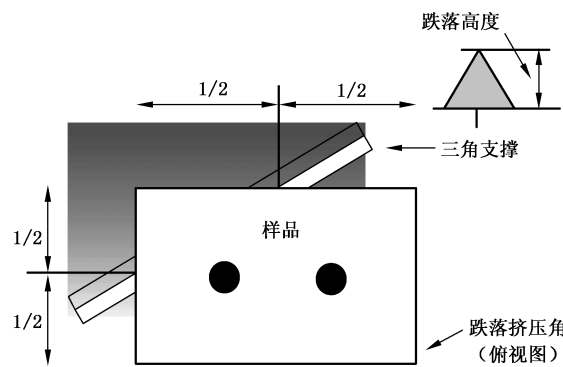


图 6 最短边跌落试验



注：样品通过手持位置跌落，如果使用起重释放装置，则释放时，不向装置施加旋转或侧向力。

图 7 角跌落试验



参 考 文 献

- [1] GB/T 28163—2011 含碱性或其它非酸性电解质的蓄电池及蓄电池组 便携式密封蓄电池和蓄电池组的机械试验
- [2] GB/T 28164—2011 含碱性或其它非酸性电解质的蓄电池和蓄电池组 便携式密封蓄电池和蓄电池组的安全性要求
- [3] GB 31241—2022 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范
- [4] GB/T 38031—2025 电动汽车用动力蓄电池安全要求
- [5] GB/T 38058—2019 民用多旋翼无人机系统试验方法
- [6] MH/T 1052—2013 航空运输锂电池测试规范
- [7] UN38.3(第7版) Recommendations on the transport of dangerous goods—Manual of tests and criteria—38.3 lithium metal and lithium batteries
-

