

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX—XXXX

危险品航空运输特定要求
大型锂电池测试方法

Special requirements for the transport of dangerous goods by air—
Test for large lithium batteries or cells

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国民用航空局 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 测试条件 1

 4.1 环境条件 1

 4.2 测量仪器仪表准确度 2

5 运输条件测试 2

 5.1 一般要求 2

 5.2 测试项目 2

 5.3 测试样品 3

 5.4 测试程序 3

 5.5 测试要求 4

6 热安全性测试 8

 6.1 一般要求 8

 6.2 测试样品 9

 6.3 测试要求 9

7 包装件测试 10

 7.1 一般要求 10

 7.2 测试样品 10

 7.3 测试要求 10

8 测试报告 11

参考文献 13

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。

本文件由中国民用航空局运输司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民航科学技术研究院等。

本文件主要起草人：杨强等。

危险品航空运输特定要求 大型锂电池测试方法

1 范围

本文件规定了大型锂电池航空运输的运输条件测试、热安全性测试以及测试报告等要求。

本文件适用于锂电池生产厂家、检验检测机构等单位开展须经特殊批准的质量超过35 kg的大型锂电池航空运输所需的测试。

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。

MH/T 1020 锂电池航空运输规范

MH/T 1052 航空运输锂电池测试规范

3 术语和定义

MH/T 1020和MH/T 1052界定的以及以下术语和定义适用于本文件。

3.1

电池模块 battery module

将一个以上电池芯按照串联、并联或串并联方式组合，并作为电源使用的组合体。

[来源：GB/T 44240—2024，3.4，有修改]

3.2

电池包 battery pack

由一个或多个电池或电池模块构成的能量存储装置。

注：通常包括电池、电池管理模块（不含电池控制单元）、电池箱及相应附件（冷却部件、连接线缆等）。

[来源：GB 44240—2024，3.5，有修改]

3.3

电池组合体 battery assembly

电池系统 battery system

由一个或多个电池、电池模块或电池包及相应附件（包括管理系统、高压电路、低压电路及机械总成等）构成的能量存储装置。

[来源：GB 44240—2024，3.6，有修改]

3.4

热失控 thermal runaway

电池芯放热连锁反应引起电池温度不可控上升的现象。

[来源：GB/T 38031—2020，3.14，有修改]

3.5

热扩散 thermal propagation

电池包或系统内由一个电池芯热失控引发的其余电池芯接连发生热失控的现象。

[来源：GB/T 38031—2020，3.15，有修改]

4 测试条件

4.1 环境条件

除另有规定外，试验应在以下条件下进行：

- a) 温度：20 °C ± 5 °C；
- b) 相对湿度：不大于 85%；
- c) 大气压力：86 kPa ~ 106 kPa。

4.2 测量仪器仪表准确度

测量仪器仪表准确度不应低于以下要求：

- a) 电压测量装置：±0.5% FS；
- b) 电流测量装置：±0.5% FS；
- c) 温度测量装置：±0.5 °C；
- d) 时间测量装置：±0.1% FS；
- e) 尺寸测量装置：±0.1% FS；
- f) 质量测量装置：±0.1% FS。

注：FS为满量程，即Full scale。

5 运输条件测试

5.1 一般要求

大型锂电池在交付航空运输前应通过本章规定的运输条件测试，如果不符合一项或多项测试要求，则视为未通过测试。

5.2 测试项目

5.2.1 测试项目包括：

- a) T.1 高度模拟；
- b) T.2 温度循环；
- c) T.3 振动；
- d) T.4 冲击；
- e) T.5 外部短路；
- f) T.6 撞击、挤压；
- g) T.7 过度充电；
- h) T.8 强制放电。

5.2.2 大型锂电池应进行 T.1~T.5 测试，除不带过度充电保护装置的单一电池芯电池之外的可充电电池还应进行 T.7 测试。大型锂电池的电池芯应进行 T.1~T.6 和 T.8 测试。

5.2.3 若大型锂电池由于某些原因（如尺寸或质量）不适合进行运输条件测试，经制造商和检测机构协商一致后宜根据电池的结构选用具有代表性的电池模块或电池包代替作为试验对象，进行全部或部分的运输条件测试项目。

5.2.4 对于使用已经经过所有适用测试的电池组成的电池组合体，当电池组合体在完全充电时所有阳极的合计锂含量小于或等于 500 g，或者标称能量小于或等于 6 200 Wh 时，应对处于完全充电状态的电池组合体进行 T.3~T.5 测试，对于可充电的电池组合体还应进行 T.7 测试。

5.2.5 对于使用已经经过所有适用测试的电池组合体，当电池组合体在完全充电时所有阳极的合计锂含量大于 500 g，或者标称能量大于 6 200 Wh 时，该电池组合体如经过验证可防止出现下列情况，则无需进行试验：

- a) 过度充电；
- b) 短路；
- c) 电池之间过度放电。

5.2.6 电池芯或电池如果在以下方面与已测试型号不同，应被视为新的型号并进行所要求的测试：

- a) 对不可充电的电池芯和电池，阴极、阳极或电解液质量变化超过 0.1 g 或 20%；
- b) 对可充电的电池芯和电池，标称能量变化超过 20%或标称电压增加超过 20%；
- c) 会导致任一测试失败的变化。

注：与已测试型号的区别包括但不限于以下各项：

- 1) 阳极、阴极、隔膜或电解液材料的改变;
- 2) 保护装置的改变, 包括硬件和软件;
- 3) 电池芯或电池安全设计的改变, 如排气阀;
- 4) 组成电池芯数目的改变;
- 5) 组成电池芯连接方式的改变;
- 6) 可导致以小于 150 gn 峰值加速度进行的 T. 4 试验失败的电池质量改变。

5.3 测试样品

5.3.1 锂电池芯测试项目及样品数量和状态见表 1。

表1 锂电池芯测试项目及样品数量和状态汇总表

测试项目	不可充电电池芯	可充电电池芯
T. 1~T. 5	10 (未放电状态)	5 (第1个充放电周期, 完全充电状态)
	10 (完全放电状态)	5 (第25个充放电周期, 完全充电状态)
T. 6	5 (未放电状态)	5 (第1个充放电周期, 50%完全充电状态)
	5 (完全放电状态)	5 (第25个充放电周期, 50%完全充电状态)
T. 8	10 (完全放电状态)	10 (第1个充放电周期, 完全放电状态)
		10 (第25个充放电周期, 完全放电状态)

5.3.2 锂电池测试项目及样品数量和状态见表 2。

表2 锂电池测试项目及样品数量和状态汇总表

测试项目	不可充电电池		可充电电池		
	电池/电池模块/电池包	与经过测试的电池组成的电池组合体或电池系统≤500 g锂	质量>12 kg的电池/电池模块/电池包	质量≤12 kg的电池/电池模块/电池包	与经过测试的电池组成的电池组合体或电池系统≤6 200 Wh或≤500 g锂
T. 1~T. 5	4 (未放电状态)	1 (未放电状态)	2 (第1个充放电周期, 完全充电状态)	4 (第1个充放电周期, 完全充电状态)	1 (完全充电状态)
	4 (完全放电状态)		2 (第25个充放电周期, 完全充电状态)	4 (第25个充放电周期, 完全充电状态)	
T. 7	/	/	2 (第1个充放电周期, 完全充电状态)	4 (第1个充放电周期, 完全充电状态)	1 (完全充电状态)
			2 (第25个充放电周期, 完全充电状态)	4 (第25个充放电周期, 完全充电状态)	

5.4 测试程序

测试项目的流程见图1。对于同一电池芯或电池/电池模块/电池包, T. 1~T. 5测试应按顺序进行, T. 6、T. 7和T. 8试验顺序无要求。T. 6和T. 8测试应使用未测试过的电池芯进行, T. 7测试可使用T. 1~T. 5测试中使用过未损坏的电池/电池模块/电池包进行, 也可使用未测试过的电池/电池模块/电池包进行。

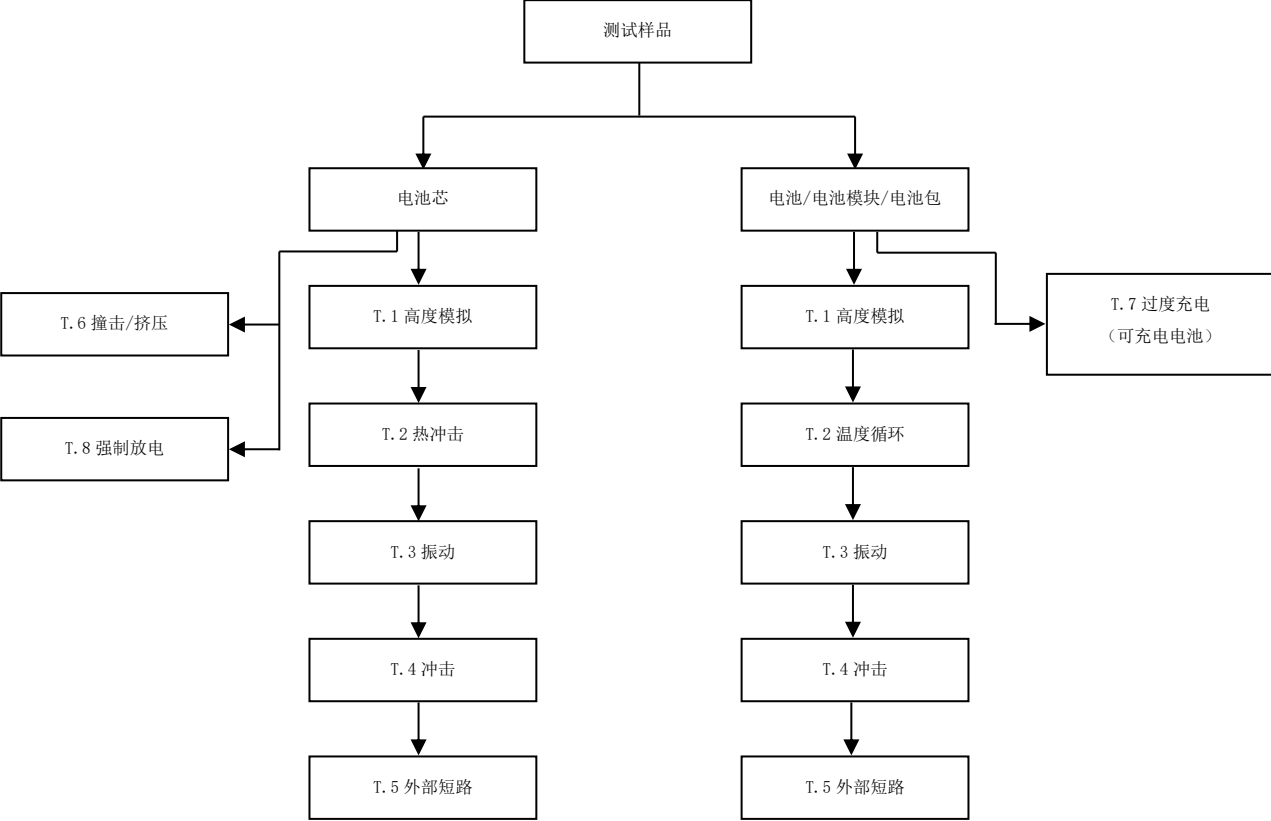


图1 测试流程图

5.5 测试要求

5.5.1 T.1 高度模拟

5.5.1.1 目的

本试验评估测试对象承受空运中低压环境的能力。

5.5.1.2 试验过程

将试验样品放置于（20±5）℃的真空箱中，抽真空将箱内压强降低至小于或等于11.6 kPa，并保持6 h。

5.5.1.3 合格判据

被测样品未发生泄漏、排气、解体、破裂、起火现象，并且试验后每个被测样品的开路电压不低于试验前的90%。

本文件中的判断泄漏的标准为可见的电解液或其他物质从被测样品漏出，或被测样品质量损失不超过限值，被测样品质量损失计算公式见公式（1），不同质量的电池芯或电池的质量损失限值见表3。

$$\Delta M = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔM ——电池芯或电池中物质的质量损失；

M_1 ——试验前的质量；

M_2 ——试验后的质量。

表3 质量损失限值表

电池芯或电池的质量（ <i>M</i> ）	质量损失限值
1 g≤ <i>M</i> ≤75 g	0.2%
<i>M</i> >75 g	0.1%

5.5.2 T.2 温度循环

5.5.2.1 目的

本试验通过温度循环的方法评估测试对象的密封完善性和内部电连接。

5.5.2.2 试验过程

试验步骤如下：

- a) 将试验样品在试验箱温度（72±2）℃下按存储时间要求进行储存，其中大电池芯和大电池的存储时间为12 h，除大电池芯和大电池外的其他样品存储时间为6 h；
- b) 将试验箱温度降低至（-40±2）℃，在该试验温度下按 a）中规定的存储时间要求进行储存，两个极端试验温度之间最大时间间隔为30 min；
- c) 重复步骤 a）和 b），直至10个完整循环结束；
- d) 将所有试验样品在环境温度（20±5）℃下储存24 h。

5.5.2.3 合格判据

被测样品未发生泄漏、排气、解体、破裂、起火现象，并且试验后每个被测样品的开路电压不低于试验前的90%。

5.5.3 T.3 振动

5.5.3.1 目的

本试验评估测试对象承受运输中振动的能力。

5.5.3.2 试验过程

将被测样品紧固在振动设备的平台上。

注：紧固程度不能造成被测样品变形。

对不超过12 kg的样品按表4要求进行正弦波振动，对超过12 kg的样品按表5要求进行正弦波振动。

在三个相互垂直固定的方位上每个方位各进行12次循环，每个方位循环时间共计3 h。其中的一个方位应垂直于电池的极端面。

表4 不超过 12kg 样品的正弦振动条件

频率 Hz		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 (次)
起始	至				
7	18	$a_1=1\ g_n$	15 min	X	12
18	50	$S=0.8\ mm$		Y	12
50	200	$a_2=8\ g_n$		Z	12
返回至7 Hz				总计	36
注1：振动参数是指位移或者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。 注2： a_1 、 a_2 ——加速度幅度。 注3： S ——位移幅度。					

表5 超过 12kg 样品的正弦振动条件

频率 Hz		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 (次)
起始	至				
7	18	$a_1=1\ g_n$	15 min	X	12
18	25	$S=0.8\ mm$		Y	12
25	200	$a_2=2\ g_n$		Z	12
返回至7 Hz				总计	36
注1：振动参数是指位移或者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。 注2： a_1 、 a_2 ——加速度幅度。 注3： S ——位移幅度。					

5.5.3.3 合格判据

试验期间和试验后被测样品均未发生泄漏、排气、解体、破裂、起火现象，并且试验后每个被测样品的开路电压不低于试验前的90%。

5.5.4 T.4 冲击

5.5.4.1 目的

本试验评估测试对象对累积冲击效应的耐受程度。

5.5.4.2 试验过程

用能支撑样品所有固定面的刚性支座将被测样品固定在试验设备上。
每个被测样品应分别在三个垂直面的正向各承受3次冲击，负向再各承受3次冲击。
每个被测样品应基于自身质量承受相应峰值加速度的半正弦波冲击，试验量级如下：
a) 小于或等于 500 g 的电池芯应进行峰值加速度 150 g_n ，脉冲时间 6 ms 的半正弦波冲击试验；
b) 大于 500 g 的电池芯应进行峰值加速度 50 g_n ，脉冲时间 11 ms 的半正弦波冲击试验；
c) 电池/电池模块/电池包或电池组合体的半正弦波冲击试验条件应按表 6 执行。

表6 半正弦波冲击试验条件

被测样品	最低峰值加速度		脉冲时间
质量 (M) 不超过12 kg的样品	150 g_n	取数值较小者	6 ms
	加速度 (g_n) = $\sqrt{\frac{100850}{M}}$		
质量 (M) 超过12 kg的样品	50 g_n	取数值较小者	11 ms
	加速度 (g_n) = $\sqrt{\frac{30000}{M}}$		

5.5.4.3 合格判据

被测样品未发生泄漏、排气、解体、破裂、起火现象，并且试验后每个被测样品的开路电压不低于试验前的90%。对完全放电状态的被测样品不做电压要求。

5.5.5 T.5 外部短路

5.5.5.1 目的

本试验评估测试对象承受外部短路的能力。

5.5.5.2 试验过程

试验步骤如下：

- 被测样品应加热至外壳温度稳定为 $(57 \pm 4)^\circ\text{C}$ ，加热时间应基于样品的大小和设计进行评估和记录；如无法评估，则质量小于或等于 500 g 的电池芯和质量不超过 12 kg 的被测样品加热时间应为 6 h，其他样品加热时间应为 12 h；
- 在环境温度下，对外壳温度稳定至 $(57 \pm 4)^\circ\text{C}$ 的样品进行短路，外电路的总阻值应小于 $0.1\ \Omega$ ；
- 在环境温度下，持续短路至样品的外壳温度回落到 $(57 \pm 4)^\circ\text{C}$ 后至少再继续短路 1 h，或质量超过 12 kg 的外壳温度下降至试验中所观察到的最高温度的一半，并持续低于该温度；
- 继续观察被测样品 6 h。

5.5.5.3 合格判据

试验期间和试验后 6 h 内，被测样品的外壳温度小于或等于 170°C ，并且未发生解体、破裂或起火现象。

5.5.6 T.6 撞击、挤压

5.5.6.1 目的

本试验评估测试对象对由于撞击或挤压引起的机械滥用的耐受程度。

5.5.6.2 撞击试验

撞击试验适用于直径大于或等于 18.0 mm 的圆柱形电池芯。

注：直径为设计直径，例如 18650 电池芯的直径为 18.0 mm。

将电池芯试样放在平坦光滑的表面上。

把一根直径为 $(15.8 \pm 0.1)\text{ mm}$ 的 316 型不锈钢棒横放在试样中心。钢棒的长度至少为 60 mm，或电池芯的最长尺寸，取两者中较大的值。

用一个几乎没有摩擦的、对下落重物阻力最小的垂直轨道或管道控制，将一块质量为 $(9.1 \pm 0.1)\text{ kg}$ 的重物同水平支撑面保持 90° ，从 $(610 \pm 25)\text{ mm}$ 的高度落在钢棒和试样的交叉处。

接受撞击试验的试样的纵轴应与水平面平行并与横放在试样中心的直径棒的弯曲表面的纵轴垂直，撞击试验电池放置示意图见图 2。每个样品应只经受一次撞击。

撞击后继续观察被测电池芯 6 h。

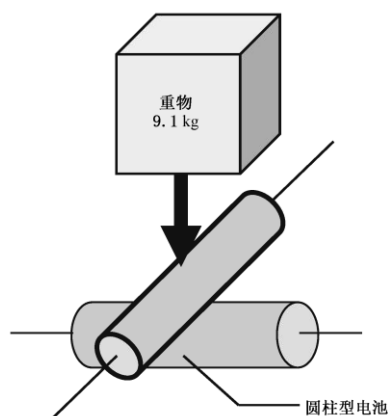


图2 撞击试验电池放置示意图

5.5.6.3 挤压试验

挤压试验适用于直径不超过 18 mm 的圆柱形电池芯以及棱柱形、袋形和纽扣形电池芯。

被测电池芯应在两个平面间进行挤压，挤压平面的尺寸应大于被测样品的最宽边。挤压在第一个接触点以约 15 mm/s 的速度进行，直到出现以下三种情况之一后应停止试验，并解除压力：

- 作用力达到 $(13 \pm 0.78)\text{ kN}$ ；

示例：利用活塞直径为 32 mm 的液压油缸施力，直至液压油缸压力达到 17 MPa，此时作用力为 13 kN。

- b) 电池芯电压下降 100 mV;
- c) 电池芯厚度和最初比较, 变形达到 50%;
- d) 继续观察被测电池芯状态 6 h。

对棱柱形或袋形电池芯, 应仅对最宽面进行挤压。对纽扣电池芯, 应对平面进行挤压。对圆柱形电池芯, 应在纵轴的垂直方向进行挤压。

每个测试电池芯应只经受一次挤压。

5.5.6.4 合格判据

被测样品外部温度小于或等于170 ℃并且在试验中和试验后6 h内无解体或起火现象。

5.5.7 T.7 过度充电

5.5.7.1 目的

本试验评估测试对象承受过度充电条件的能力。

5.5.7.2 试验过程

在环境温度下, 应以制造商建议的最大持续充电电流的2倍对电池充电24 h。

试验的最小电压为:

- a) 当制造商建议的充电电压小于或等于 18 V 时, 试验的最小电压应是被测样品最大充电电压的 2 倍或 22 V 两者中的较小者;
- b) 当制造商建议的充电电压大于 18 V 时, 试验的最小电压应为最大充电电压的 1.2 倍;
- c) 试验结束后观察被测电池 7 d。

5.5.7.3 合格判据

被测样品在试验期间和试验后7 d观察期内未发生解体或起火现象。

5.5.8 T.8 强制放电

5.5.8.1 目的

本试验评估测试对象受强制放电条件的能力。

5.5.8.2 试验过程

电池芯应在环境温度下与12 V的直流电源串联连接, 以制造商规定的最大持续放电电流作为初始电流强制放电。

规定的放电电流通过用合适尺寸和额定值的负载和被测电池芯串联在一起获得。

每个电池芯强制放电的时间按公式 (2) 计算。

$$T = \frac{C_r}{I} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- T ——每个电池芯的强制放电时间;
 - C_r ——额定容量;
 - I ——初始试验电流。
- 强制放电结束后观察被测电池7 d。

5.5.8.3 合格判据

被测样品在试验期间和试验后7 d内未发生解体或起火现象。

6 热安全性测试

6.1 一般要求

大型锂电池在交付运输前应通过热安全性测试。若实际运输为电池芯或单一电池芯电池，则应通过热失控试验；若实际运输为电池模块/电池包/电池组合体，则应通过热扩散试验。所有热安全性测试均应在有充分安全保护的环境条件下进行。

6.2 测试样品

热失控试验样品数量为3个，热扩散试验样品数量1个。

环境条件下，样品应以 $1I_t$ 电流放电至制造商规定的放电终止电压，搁置1 h（或制造商规定的不大于1 h的搁置时间），然后按照制造商提供的充电方法进行充电。

注： I_t 为参考试验电流，其数值与制造商标明的电池芯或电池容量相同，单位为安(A)或毫安(mA)。

若制造商未提供充电方法，则由检测机构和制造商协商确定合适的充电方法，或依据以下方法充电：以 $1I_t$ 电流恒流充电至制造商规定的充电终止电压时转至恒压充电，至充电电流降至 $0.05I_t$ 时停止充电。充电后搁置1 h（或制造商规定的不大于1 h的搁置时间）。

6.3 测试要求

6.3.1 热失控

6.3.1.1 目的

本试验测试对象的热安全性。

6.3.1.2 试验过程

热失控触发方法宜采用GB 38031中规定的针刺触发热失控方法或加热触发热失控方法，或外部加热触发热失控方法。外部加热触发热失控的试验应按照如下步骤进行。

- 样品按 6.2 规定的方法充电。
- 使用平面状或者棒状加热装置，加热装置表面应覆盖陶瓷、金属或绝缘层，加热装置的功率应按表 7 的要求进行选择。
- 将加热装置布置于试验样品表面，加热装置与试验样品直接接触，加热装置的尺寸规格不大于被测样品的被加热面。
- 将温度传感器布置于试验样品表面远离热传导的一侧，即安装在加热装置的对侧（示意见图 3），温度数据的采样间隔应小于 1 s，准确度为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度传感器尖端的直径应小于 1 mm。
- 启动加热装置，并以其推荐功率对被测样品进行持续加热，当发生热失控或者监测点温度达到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，停止触发，关闭加热装置，观察 2 h。热失控触发判定条件如下，当 1) 和 3) 或者 2) 和 3) 同时发生时，判定发生热失控。
 - 被测样品产生电压降，且下降值超过初始电压的 25%。
 - 监测点温度达到电池厂商规定的最高工作温度。
 - 监测点的温升速率大于或等于 $1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ ，且持续 3 s 以上。
- 加热过程中及加热结束 2 h 内，如果发生起火或爆炸现象，则试验终止。
- 所有监测点温度不高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，结束试验。

表7 加热装置功率选择

试验对象电能 <i>E</i> (Wh)	加热功率 (W)
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1000
$400 \leq E < 800$	300~2000
$E \geq 800$	>600

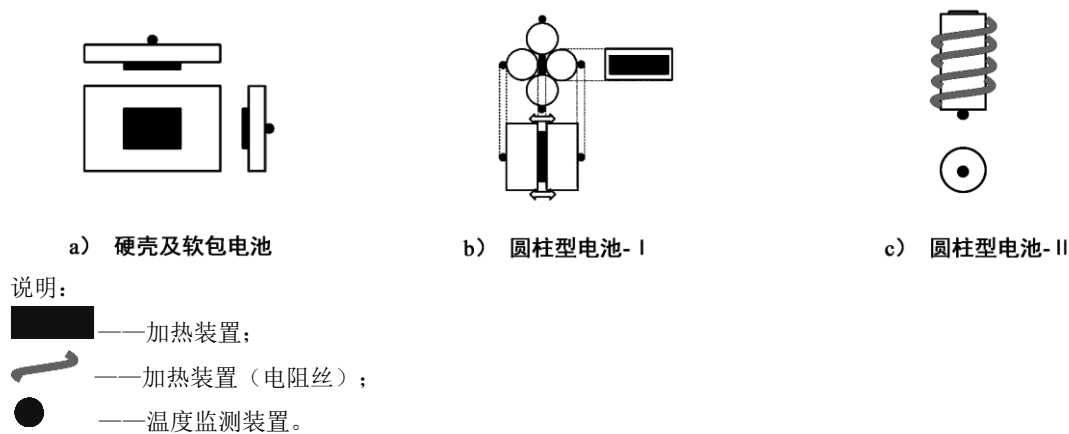


图3 外部加热触发时温度传感器的布置位置示意图

6.3.1.3 合格判据

被测样品未发生爆炸或起火现象。

6.3.2 热扩散

6.3.2.1 目的

本试验评估测试对象在其电池芯热失控时的安全性。

6.3.2.2 试验过程

试验应按照如下步骤进行:

- a) 样品按 6.2 规定的方法充电;
- b) 选择样品内靠近中心位置的电池芯, 或者被其他电池芯包围的电池芯作为触发对象, 以与触发对象相邻的两个电池芯为监测对象;
- c) 在样品及监测对象表面上(紧邻触发对象的监测对象表面的对侧中心位置)放置温度传感器测量表面温度, 宜使用多个温度传感器进行冗余数据采集;
- d) 按照 6.3.1.2 规定的试验过程对触发对象进行热失控试验;
- e) 按照 6.3.1.2 e) 中热失控触发判定条件评定监测对象是否发生热失控。

6.3.2.3 合格判据

被测样品未发生热扩散, 被测样品未发生爆炸或起火现象。

7 包装件测试

7.1 一般要求

大型锂电池包装件在交付航空运输前应通过本章规定的跌落和堆码测试。

7.2 测试样品

按照实际运输时拟采取的包装件形式进行包装, 跌落测试样品数量为1个, 堆码测试样品数量为1个。

7.3 测试要求

7.3.1 跌落

7.3.1.1 目的

本试验评估测试对象承受跌落测试的能力。

7.3.1.2 试验过程

将测试样品从1.2 m的高度自由跌落至冲击板上。应按表8规定的跌落朝向对测试样品的重点部位进行测试以模拟在实际运输过程中可能出现的情况。

表8 跌落测试方式和条件

包装容器	跌落朝向
圆桶、方桶	第一次跌落：包装应以凸边斜着撞击在冲击板上，如包装无凸边，则撞击在周边接缝或一棱边上 第二次跌落：包装应以第一次跌落未试验过的最薄弱部位撞击在冲击板上，例如封口或桶体的纵向焊缝
箱	第一次跌落：以箱底平落 第二次跌落：以箱顶平落 第三次跌落：以一长侧面平落 第四次跌落：以一短侧面平落 第五次跌落：以一个角跌落 第六次跌落：以接头粘合或箱钉钉合的一条棱跌落

除平面着地的跌落外，测试对象中心所做垂线应通过撞击点。如果在一次跌落测试中可能有一种以上的可选部位，应选择最易使测试对象损坏的跌落部位。

冲击板应满足如下要求：

- 为一个厚重的整体，不易移动；
- 水平表面平坦、无弹性，且表面无可能影响试验结果的局部缺陷；
- 坚硬（如水泥板或钢板），在试验条件下不变形，不会因试验造成损坏；
- 面积大小应保证试验样品完全落在其表面上。

7.3.1.3 合格判据

测试样品未出现以下现象：

- 内装电池发生破裂或泄漏；
- 电池之间（或电池芯之间）接触或发生短路；
- 内装物外漏。

7.3.2 堆码测试

7.3.2.1 目的

本试验评估测试对象承受堆码测试的能力。

7.3.2.2 试验过程

向被测样品上表面施加压力并保持24 h，压力值相当于同样包装件垛高3 m（包括被测样品）的总重量。压力值的计算公式见公式（3）。

$$P = K \times \left(\frac{H-h}{h} \right) \times M \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- P ——施加的压力值，单位为千克（kg）；
 K ——劣变系数，值为1；
 H ——堆码高度（不少于3 m），单位为米（m）；
 h ——单个包装件的高度，单位为米（m）；
 M ——单个包装件的毛重，单位为千克（kg）。

7.3.2.3 合格判据

被测样品无任何内装物的渗漏、无任何影响运输安全的损坏、无降低包装件其强度的变形、无影响包装件堆码稳定性的变形。

8 测试报告

8.1 测试报告应包含以下内容：

- a) 报告的名称，例如锂电池测试报告；
- b) 报告的唯一性标识；
- c) 委托测试单位全称；
- d) 测试机构全称、地址、电话号码、电子邮箱地址和网址；
- e) 锂电池的相关信息，包括锂电池的类型、名称、规格、型号、额定参数、外观描述、电池制造商、产品制造商等；
- f) 测试的相关说明，包括测试依据、测试项目、样品编号和状态、测试数据、测试结论、测试的分包情况和测试起止日期等，其中外部短路试验应记录每个样品详细的最高温升数据，不应仅做定性描述；
- g) 锂电池芯和锂电池描述，关键部件/元件/材料清单（例如：正极材料、负极材料、电解液、隔膜、保护电路板、导线、PCB 板材、绝缘材料等）；
- h) 样品的外观照片（正面、背面、侧面等），对于电池样品还应提供其内部照片（包括但不限于关键部件/元件/材料的细节照片）；
- i) 含锂电池设备的相关信息；（需要时列出）
- j) 报告日期，相关人员的签字，如编制人、审核人、批准人等。

8.2 所有 2003 年 6 月 30 日以后生产的锂电池芯进行航空运输时还应提供满足 MH/T 1052 要求的锂电池芯的 UN38.3 试验概要。

参 考 文 献

- [1] GB/T 36276—2023 电力储能用锂离子电池
 - [2] GB 38031—2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求
 - [3] GB 40559—2024 电动平衡车、滑板车用锂离子电池和电池组 安全技术规范
 - [4] GB 44240—2024 电能存储系统用锂蓄电池和电池组 安全要求
 - [5] ICAO Doc 9284 Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air
 - [6] ST/SG/AC.10/11/Rev.8 Manual of Tests and Criteria
-