

# 中汽协会《电动飞行汽车用锂金属蓄电池和电池组规范》

## 团体标准编制说明

### 一、工作简要过程

#### (一) 任务来源

随着电动垂直起降飞行器（以下简称“eVTOL”）技术的快速发展，其中，以电动飞行汽车为代表的电动垂直起降飞行器，其在城市交通、物流运输等领域的应用前景广阔，电动飞行汽车的研发与应用逐渐成为全球科技发展的新趋势。作为电动飞行汽车的关键部件，电池的性能与安全性直接影响到电动飞行汽车的可靠性和安全性。然而，现有针对电池的安全标准大多适用于地面车辆，不适合电动飞行汽车。与传统锂离子电池相比，锂金属电池采用锂金属作为负极材料，具有更高的储能密度和更长的循环寿命，锂金属蓄电池是解决电动飞行汽车动力源各种问题的重要技术方案。目前，锂金属蓄电池的设计、制造和使用环节缺乏统一的安全标准。通过制定该标准，可以为行业提供一个统一的规范，指导锂金属蓄电池的生产和使用，减少因锂金属蓄电池安全隐患带来的事故风险，提升整个行业的技术水平。其在空中运行过程中锂金属蓄电池的性能稳定性、耐高温性能、抗震性能等要求更加严苛。一旦锂金属蓄电池出现故障，可能导致严重的安全事故。通过制定专门的安全规范，能够有效规避锂金属蓄电池故障带来的安全风险，为电动飞行汽车的日常运营提供安全保障。通过标准化规范，可以促进锂金属蓄电池技术的提升，推动其在电动飞行汽车领域的广泛应用，进而加快电动飞行汽车产业化进程，推动新兴产业的快速发展。

根据中国汽车工业协会于 2024 年印发的关于《乘用车座舱内饰灯视觉安全要求》等十四项团体标准立项公示的函（中汽协函字〔2024〕041 号），《电动飞行汽车用锂金属蓄电池产品性能和安全测试规范》标准计划正式下达。该标准是中国汽车工业协会的团体标准计划，由中国民航科学技术研究院牵头并组织起草，项目计划号 2025-06。

#### (二) 主要起草单位及任务分工

成立了标准起草工作组，主编单位由中国民航科学技术研究院、深圳欣界能源科技有限公司和国联汽车动力电池研究院有限责任公司组成，副主编单位由安徽天铁锂电新能源有限公司和广州集泰化工股份有限公司组成，主要参编单位包括重庆太蓝新能源有限公司、中汽新能电池科技有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、中国建筑科学研究院有限公司建筑防火研究所、北京慧安建筑工程有限公司等组成，任务分工见表 1。

表 1 标准起草单位任务分工

序号	标准研制任务	参与单位
1	标准主要内容起草组织研讨	中国民航科学技术研究院、深圳欣界能源科技有限公司
2	标准草案讨论、意见反馈、技术内容测试	国联汽车动力电池研究院有限责任公司、安徽天铁锂电新能源有限公司和广州集泰化工股份有限公司组成，主要参编单位包括重庆太蓝新能源有限公司、中汽新能电池科技有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、中国建筑科学研究院有限公司建筑防火研究所、北京慧安建筑工程有限公司。

### (三) 标准研讨情况

2024 年 10 月，完成标准立项草案编写，向中汽协会动力电池专委会提出立项申请。

2024 年 12 月，在关于召开动力电池专业委员会 2024 年第三次标准工作会议的通知工作会议上通过立项专家评审，与会专家一致同意标准立项，于 2025 年 2 月 12 日正式立项。

2025 年 10 月 23 日，召开标准启动会，起草组对团体标准逐项审查，确定了标准修改内容。

2025 年 10 月 30 日，召开第一次研讨会，介绍了标准制定的背景、主要参与单位及标准起草工作组人员分工、讨论标准适用范围、性能要求、试验方法等

关键条款采用国际标准、国外标准情况、关键指标的确立及试验验证情况、后期开展宣贯实施的措施、保障等、广泛征集各单位意见建议，凝聚行业共识。

2025年12月10日，召开标准第二次研讨会，介绍了标准制定的背景、主要参与单位及标准起草工作组人员分工。同时介绍了按照第一次研讨会后标准修改的情况，最后对标准的章节进行了逐条审查。

## 二、标准编制原则和主要内容

### 1. 标准编制原则

#### (1) 规范性原则

标准文本符合 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》的要求，标准内容与框架依据 GB/T 20001.8-2023《标准起草规则 第8部分：评价标准》给出的规则起草。

#### (2) 协调一致原则

本标准术语与 GB/T 19596《电动汽车术语》、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》中有关术语相协调。

### 2. 标准主要内容

本标准包括范围、规范性引用文件、术语和定义、试验条件、标识和警示说明、电池和电池组电性能测试、电池安全测试、电池组安全测试等。

#### (1) 范围

本文件规定了电动飞行汽车用锂金属蓄电池和电池组试验条件、标识和警示说明、电性能测试和安全性测试。

本文件适用于电动飞行汽车用锂金属蓄电池和电池组技术规范，其他电池可参考实施。

#### (2) 规范性引用文件

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

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

SJ/T 11797 锂金属蓄电池及电池组总规范

#### (3) 术语和定义

本部分给了主体术语“电动飞行汽车”的定义，并给出了“推荐放电电流”、“循环寿命”等电性能术语的定义。

#### (4) 标识和警示说明

本部分给出了电池和电池组的标识以及电池组的警示说明。

#### (5) 电池和电池组电性能测试

本部分包括电池和电池组的初始容量、高温放电容量、低温放电容量、倍率放电容量、短时高温快速放电、室温和高温荷电保持与容量恢复能力、循环寿命、能量密度、瞬态功率密度、持续功率密度、绝缘电阻等指标的性能要求和测试方法。

#### (6) 电池安全测试

本部分包括电池的外部短路、过充电、过放电、挤压、热失控、加速度冲击、高温使用、温度循环、剪切、低气压等指标的性能要求和测试方法。

#### (7) 电池组安全测试

本部分包括电池组的静电放电、外部短路保护、外部短路、过压充电保护、过流充电保护、反向充电保护、欠压放电保护、欠压放电、温度循环、湿度、雷电感应瞬态敏感性、坠撞安全、热蔓延、翻转、浸泡、过温保护、热蔓延、低气压、振动、浸泡等指标的性能要求和测试方法。

综上，本标准的先进性和创新性体现在锂金属蓄电池的性能可满足电动飞行汽车要求，同时针对电动飞行汽车的工况提出了能量密度、功率密度、安全性方面性能要求和测试方法，安全性方面提出了适合航空领域应用场景的测试方法和安全要求。经济性体现在可规范锂金属蓄电池制造企业，保障电池的技术要求和安全性能，保证飞行服务品质和安全，同时为测试机构提供参考标准。

### 三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准采用了 RTCA/DO-160G 中温度循环、振动、湿度、坠撞安全、雷电感应瞬态敏感性测试部分的相关内容和 RTCA/DO-311A 标准中热失控、热蔓延、绝缘电阻。国外标准缺少针对电动飞行汽车用锂金属蓄电池的选型、性能要求和安全性能指标。

### 四、主要关键指标及试验验证情况

作为低空交通体系的关键载体，主要面向城市内短途应用场景，其动力系统

蓄兼顾垂直起降阶段的高功率与巡航阶段的持久续航能力需求，因此确定了能量密度和功率密度两个重要指标，为保障电动飞行汽车在各种极端工况下无灾难性故障风险，确定了电池必须通过热失控、过充电、外部短路、加速度冲击、挤压、振动、高低温使用、低气压、浸泡等一系列测试。

## 1. 高低温放电容量

### 1) 高温放电容量测试方法

电池或电池组的高温容量测试方法如下：

- 在环境温度下，按照 4.5.1 方法充电；
- 电池或电池组在 55 °C 下进行环境适应 2 h；
- 电池或电池组在 55 °C 下， $I_t$  恒流放电，直到放电至制造商技术条件下规定的放电终止电压；计量放电容量（以 Ah 计）；
- 步骤 a)~c) 共进行 3 次，取 3 次放电容量的平均值作为电池的高温放电容量；
- 用  $I_t$  电流值和放电时间数据计算容量，并表达为初始容量的百分数。

### 2) 低温放电容量测试方法

- 在环境温度下，按照 4.5.1 规定的充电程序充满电；
- 将被测电池置于 -20 °C 下储存 2 h；
- 被测电池以  $1I_t$  恒流放电至制造商规定的放电终止电压，测量放电容量；
- 步骤 a)~c) 共进行 3 次，取 3 次放电容量的平均值作为电池的低温放电容量；
- 用  $I_t$  电流值和放电时间数据计算容量，并表达为初始容量的百分数。

### 3) 测试结果

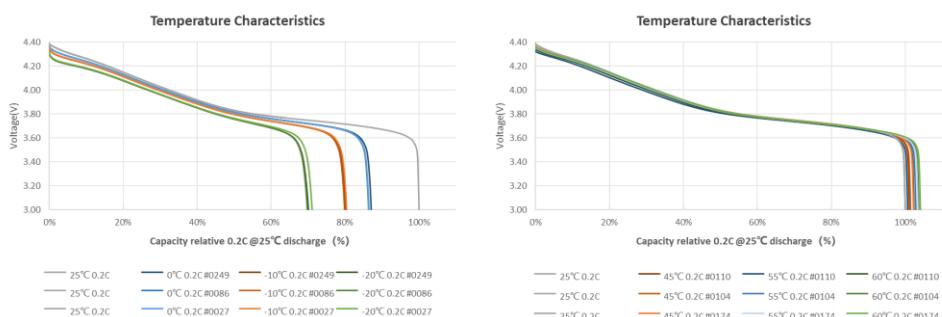


图 1 高低温放电容量曲线

表 1 高低温放电容量

Discharge Temperature Characteristics							
Temperature °C	-20	-10	0	25	45	55	60
Ratio % vs. 0.2C discharge	70%	80%	86%	100%	102%	102%	103%
Ratio % vs. nominal capacity	76%	87%	94%	109%	111%	111%	112%

## 2. 外部短路

### 1) 测试方法

- a) 将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后，在制造商建议的最高工作温度和 55°C 两者最高值为稳定；
- b) 在测试过程中外部电源需要和电池连接；
- c) 用导线连接电池正负极端短接，确保全部外部电阻值小于等于 0.5 倍电池内阻，但不低于 2 mΩ；
- d) 为了避免对高温箱的污染，可以将电池从高温箱中移除，电池温度比步骤 a) 中规定稳定温度下降 5°C 之前，应执行步骤 c)；
- e) 在受测电池外部温度恢复到指定温度后，继续施加短路至少 1h，然后移除外部短路；
- f) 继续监测电池的状态 3 h；
- g) 在整个测试过程中，记录电池电压、电池电流、电池外部温度、短路电池的温度以及被测电池排气温度。

### 2) 测试结果

电池系统外没有释放碎片和火焰逸出；电池系统未排放气体、烟雾、烟尘或液体，未破裂；短路保护按预期工作。



图 2 外部短路测试

## 3. 过充电

### 1) 测试方法

常温下，将试验对象按照标准充放电流程放电并充电至充电终止电压，静置1小时；随后以不小于试验对象规定1C的电流恒流充电至充电终止电压的1.1倍或115%停止充电；充电完成后，搁置并观察1小时。

### 2) 测试结果

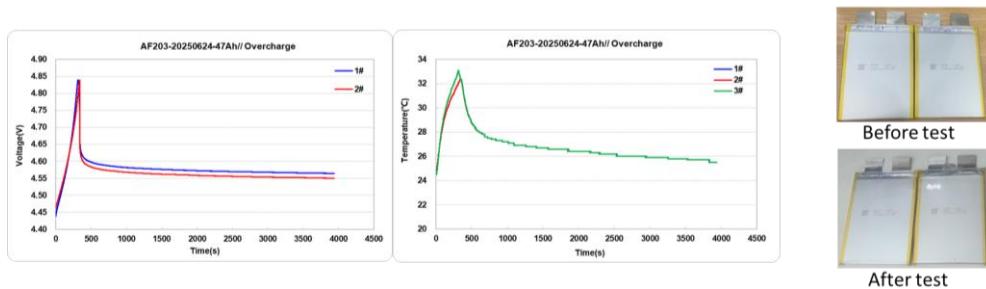


图 3 过充过程中电池电压和温度曲线

表 2 过充电试验结果

过充电	Voltage		Resistance		Fire	Explode
1#	Before test	4.38	Before test	0.64	NO	NO
	After test	4.52	After test	1.38		
2#	Before test	4.38	Before test	0.61	NO	NO
	After test	4.50	After test	1.40		

### 3. 温度循环

#### 1) 测试方法

- a) 按照 4.5.2 中方法进行充电；
- b) 将样品放置在温度为环境温度的可控温的箱体中进行如下步骤（见表 2 和图 2）进行调节，循环次数 5 次；
- c) 完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 1 h。

#### 2) 测试结果

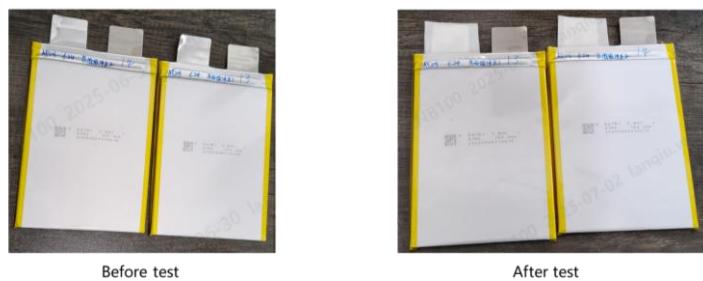


图 4 温度循环电池形貌前后对比

表 3 温度循环后电池电压和结果

温度循环	Voltage		Resistance		Fire	Explode
1#	Before test	4.31	Before test	0.79	NO	NO
	After test	4.26	After test	0.78		
2#	Before test	4.34	Before test	0.72	NO	NO
	After test	4.27	After test	0.98		

#### 4. 低气压

##### 1) 测试方法

常温下, 将试验对象按照标准充电流程充满电后, 将试验对象放置在真空箱中, 抽真空将箱内压强降低至 11.6 kPa(模拟 15240m),

##### 2) 测试结果



图 5 低气压试验前后对比

表 4 低气压测试电压和现象

高空模拟(低气压)	Voltage		Resistance		Fire	Explode
1#	Before test	4.38	Before test	0.62	NO	NO
	After test	4.36	After test	0.59		
2#	Before test	4.38	Before test	0.62	NO	NO
	After test	4.36	After test	0.59		

#### 5. 挤压

##### 1) 测试方法

- 将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后, 将其固定于挤压台上;
- 挤压方向: 垂直于电池单体极板方向施压, 或与电池单体在飞行汽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(如图 3 所示);
- 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 倍试验对象质量后停止挤压;
- 保持当前位置 10 min, 完成以上试验后, 在试验环境温度下观察 1 h。

## 2) 测试结果

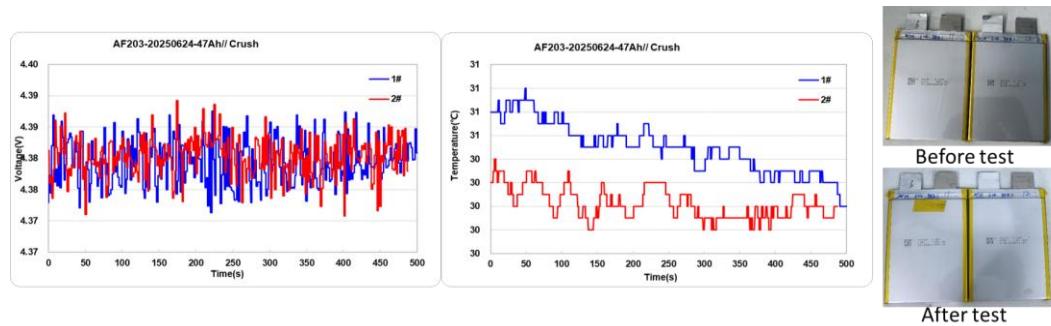


图 6 挤压过程电池电压和温度曲线

表 5 挤压测试电池电压和现象结果

挤压	Voltage		Resistance		Fire	Explode
1#	Before test	4.38	Before test	0.58	NO	NO
	After test	4.37	After test	0.61		
2#	Before test	4.38	Before test	0.59	NO	NO
	After test	4.37	After test	0.61		

## 6. 热失控

### 1) 测试方法

将试验对象按标准充电方式满充，放入温控箱中，箱体以(5 ± 2) °C/min 升温，当温度到达 130°C 后恒温存储 60min。



图 7 热滥用情况下电池形貌

表 6 热滥用下电池电压和现象

Thermal abuse	Voltage		Resistance		Fire	Explode
1#	Before test	4.37	Before test	0.60	NO	NO
	After test	4.30	After test	4.54		
2#	Before test	4.36	Before test	0.60	NO	NO
	After test	4.29	After test	4.92		

## 五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

符合现行法律、法规、政策及相关强制性标准要求。

## **六、贯彻标准的要求和措施建议**

标准发布后，将组织标准宣贯培训会，解读标准主要技术内容，同时开展电动飞行汽车用锂金属蓄电池性能和安全试验的测试服务，以标准引领企业产品质量提升，引导行业健康发展。

## **七、其他需要说明的事项**

无