

ICS:

CCS:

团体标准

T/AOPA XXXX—XXXX

航空可充电力锂金属电池技术规范

Technical Specification of Aerospace Rechargeable Lithium

Metal Batteries

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国航空器拥有者及驾驶员协会 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 符号和缩略语	2
4.1 符号	2
4.2 缩略语	2
5 技术要求	3
5.1 性能要求	3
5.2 安全性要求	5
5.3 环境适应性要求	5
6 检测规则	6
6.1 总则	6
6.2 环境条件	6
6.3 测量公差	6
6.4 温度测量方法	6
6.5 样品数量要求	6
7 试验方法	6
7.1 性能试验	6
7.2 安全性试验	12
7.3 环境适应性试验	13
8 标识、包装、运输和储存	13
8.1 标识	13
8.2 包装	14
8.3 运输	14
8.4 储存	14
9 装机设计要求	14
10 持续适航文件要求	14
附录 A（规范性） 电池系统装机设计指南	15
附录 B（规范性） 持续适航文件要求	16

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。

本文件由中国航空器拥有者及驾驶员协会（中国AOPA）提出并归口。

本文件起草单位：安徽盟维新能源科技有限公司、中国民航大学、航天科工惯性技术有限公司、广东汇天航空航天科技有限公司、沃飞长空科技（成都）有限公司、欣旺达动力科技股份有限公司。

本文件主要起草人：

航空可充电动力锂金属电池技术规范

1 范围

本文件规定了航空可充电动力锂金属电池单体、电池包或系统的性能要求、安全性要求、环境适应性要求和各项要求的试验方法。

本文件适用于航空可充电动力锂金属电池的研制、生产、验收和装机。

2 规范性引用文件

本节规定了本标准所引用的规范性文件。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2900.41 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

GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

SJ/T 11797-2022 锂金属蓄电池及电池组总规范

RTCA DO-160G 机载设备环境条件和试验程序

RTCA DO-311A 可充电锂电池和电池系统最低运行性能标准

3 术语和定义

GB/T 2900.41中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂金属电池 lithium metal cell

以金属锂或金属锂基复合物作为负极材料，实现化学能与电能相互转化的装置，包括电极、隔膜、电解质、容器和端子等，并可充电。

3.2

锂金属电池包 lithium metal pack

电池包是能量存储装置，通常包括电池单体、部件、高压电路、过流保护装置及与其他外部系统的接口（如冷却、高压、辅助低压和通信等）。

3.3

锂金属电池系统 lithium metal battery system

一个或一个以上的电池包及相应附件（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。

3.4

初始容量 initial capacity

新出厂的电池，在室温下，完全充电后，以 $1I_1$ 电流放电至制造商规定的放电终止条件时所放出的容量（Ah）。

3.5

额定容量 rated capacity

室温下完全充电的电池以 $1I_1$ 电流放电，达到终止电压时放出的容量（Ah）。

3.6

直流内阻 direct current resistance

工作条件下电池的电压变化与相应的放电电流变化之比，通常用欧姆（ Ω ）来表示。

3.7

荷电保持能力 charge retention

电池在规定的条件下开路时保持荷电的能力。

3.8

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，再完全充电，其后放电容量与初始容量之比。

3.9

破裂 rupture

由于内部或外部因素引起电池单体外壳或电池包壳体的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出，但没有喷出。

3.10

过放电 overdischarge

电池放电到0%SOC以下，通常低于EPV（欠压）。

3.11

过充电 overcharge

电池的充电超过制造商推荐的充电电压限制（过电压）。

3.12

截止电压 end point voltage

由制造商声明的电池单体与电池系统安全放电的最低电压。

3.13

被测设备 equipment under test

符合本标准的电池单体或电池系统的代表性样品。

3.14

荷电状态 state of charge

电池的可用容量与其完全充电状态相比，通常表示为百分比值（0%至100%）。

3.15

额定能量 rated energy

室温下完全充电的电池包或系统以 I_{I_1} 电流放电，达到终止电压时放出的能量（Wh）。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

I_1 : 1小时倍率放电电流，其数值等于额定容量值。

I_5 : 5小时倍率放电电流，其数值等于额定容量值的1/5。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

Ah: 安时 (Ampere-hour)

DCR: 直流内阻 (Direct Current Resistance)

EPV: 截止电压 (End Point Voltage)

EUT: 被测设备 (Equipment Under Test)

SOC: 电池的荷电状态 (State of Charge)

5 技术要求

5.1 性能要求

5.1.1 电池单体

5.1.1.1 外观

电池单体按7.1.1.1检验时,外观不得有变形及裂纹,表面无毛刺、干燥、无外伤、无污物,且宜有清晰、正确的标志。

5.1.1.2 极性

电池单体按7.1.1.2检验时,端子极性标识应正确、清晰。

5.1.1.3 外形尺寸及质量

电池单体按7.1.1.3检验时,锂金属电池外形尺寸、质量应符合制造商提供的产品技术条件。

5.1.1.4 容量测试

电池单体按7.1.1.4 a) 试验时,室温放电容量不低于额定容量,并且不超过额定容量的110%。

电池单体按7.1.1.4 b) 试验时,低温放电容量应不低于初始容量的75%或不低于制造商声明的最低容量标准。

电池单体按7.1.1.4 c) 试验时,高温放电容量应不低于初始容量的95%或不低于制造商声明的最低容量标准。

5.1.1.5 室温高倍率放电

电池单体按7.1.1.5试验时,放电容量应不低于初始容量的85%或制造商声明的放电容量标准。

5.1.1.6 室温高倍率充电

电池单体按7.1.1.6试验时,放电容量应不低于初始容量的80%或制造商声明的放电容量标准。

5.1.1.7 荷电保持与容量恢复能力

电池单体按7.1.1.7试验时,室温与高温荷电保持率应不低于初始容量的90%或制造商声明的最低容量保持能力,容量恢复应不低于初始容量的95%或制造商声明的最低容量恢复能力。

5.1.1.8 额定功率放电能力

电池单体按7.1.1.8试验时,额定功率放电能力应满足制造商声明的放电时间。

5.1.1.9 低电量高倍率放电能力

电池单体按7.1.1.9试验时,低电量高倍率放电能力应满足制造商声明的放电时间。

5.1.1.10 存储寿命

电池单体按7.1.1.10试验时,容量恢复率不低于初始容量的90%或制造商声明的最低容量恢复标准。

5.1.1.11 循环寿命

电池单体按7.1.1.11试验时，循环后的放电容量不低于制造商声明的最低容量标准。

5.1.1.12 直流内阻

电池单体按7.1.1.12试验时，0%至100%SOC状态下的DCR应满足制造商声明的数值。

5.1.2 电池包或系统

5.1.2.1 外观

电池包或系统按7.1.2.1检验时，外观不得有变形及裂纹，表面干燥、无外伤，且排列整齐、连接可靠、标志清晰等。

5.1.2.2 极性

电池包或系统按7.1.2.2检验时，端子极性标识应正确、清晰。

5.1.2.3 外形尺寸及质量

电池包或系统按7.1.2.3检验时，外形尺寸及质量应符合制造商的产品技术条件。

5.1.2.4 绝缘电阻

电池包或系统的电触点之间的绝缘电阻应防止在承受高直流电压时发生过大的泄漏电流，并应符合下列要求：

- a) 60 s标志处的绝缘电阻值不得小于10 M Ω 。
- b) 经过7.3的环境测试后，60 s标记处的绝缘电阻值不得小于2兆欧。

5.1.2.5 容量测试

电池包或系统按7.1.2.5 a) 试验时，室温放电容量不低于额定容量，并且不超过额定容量的110%。

电池包或系统按7.1.2.5 b) 试验时，低温放电容量应不低于初始容量的75%或不低于制造商声明的最低容量标准。

电池包或系统按7.1.2.5 c) 试验时，高温放电容量应不低于初始容量的95%或不低于制造商声明的最低容量标准。

5.1.2.6 室温高倍率放电

电池包或系统按7.1.2.6试验时，放电容量应不低于初始容量的80%或制造商声明的放电容量标准。

5.1.2.7 室温高倍率充电

电池包或系统按7.1.2.7试验时，放电容量应不低于初始容量的85%或制造商声明的放电容量标准。

5.1.2.8 荷电保持与容量恢复能力

电池包或系统按7.1.2.8试验时，室温与高温荷电保持率应不低于初始容量的90%或制造商声明的最低容量保持能力，容量恢复应不低于初始容量的95%或制造商声明的最低容量恢复能力。

5.1.2.9 额定功率放电能力

电池包或系统按7.1.2.9试验时，额定功率放电能力应满足制造商声明的放电时间。

5.1.2.10 低电量高倍率放电能力

电池包或系统按7.1.2.10试验时，低电量高倍率放电能力应满足制造商声明的放电时间。

5.1.2.11 存储寿命

电池包或系统按7.1.2.11试验时，容量恢复率不低于初始容量的90%或制造商声明的最低容量恢复标准。

5.1.2.12 循环寿命

电池包或系统按7.1.2.12试验时，循环后的放电容量不低于初始容量的80%。

5.2 安全性要求

5.2.1 电池单体

电池单体的安全性要求参考GB38031-2020第5.1节的要求。

5.2.2 电池包或系统

5.2.2.1 短路保护

当电池包或系统处于外部短路状态时，短路保护功能应按预期工作（如果存在），且电池系统外无碎片释放，无火焰逸出，不排放气体、烟雾、烟尘或液体，且电池系统无破裂。

5.2.2.2 过放电保护

当电池包或系统处于过放电状态时，过放电保护功能应按预期工作（如果存在），且电池系统外无碎片释放，无火焰逸出，不排放气体、烟雾、烟尘或液体，且电池系统无破裂。

5.2.2.3 过充电保护

当电池包或系统处于过充电状态时，过充电保护功能应按预期工作（如果存在），且电池系统外无碎片释放，无火焰逸出，不排放气体、烟雾、烟尘或液体，且电池系统无破裂。

5.2.2.4 短时高温快速放电

当在短时高温下进行快速放电时，电池系统外无碎片释放，无火焰逸出，不排放气体、烟雾、烟尘或液体，电池系统无破裂，且完全放电到EPV而不激活电池热切断保护。

5.3 环境适应性要求

在最有可能出现不利影响的运行模式下，对锂金属电池单体、电池包或系统进行环境适应性试验。运行模式应考虑充电、放电和所有其他预期功能。环境条件包括有温度、高度、温度变化、湿度、工作冲击、振动、电磁兼容和静电放电。

按照7.2.2规定进行环境适应性试验时，需满足以下要求：

- a) 无碎片释放；
- b) 无火焰逸出；
- c) 无气体、烟雾、烟尘或液体排放；

- d) 无破裂;
- e) 变形不得超过规定的尺寸公差限制;
- f) 没有影响性能的物理损坏;
- g) 可持续安全运行;
- h) 电解液泄漏不会导致电池腐蚀或损坏;
- i) 应报告输出电压或电流的任何不规则变化。

6 检测规则

6.1 总则

本章规定了试验测试的环境条件、测量公差、温度测量方法和样品数量要求等。

6.2 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：23 °C ± 2 °C（室温）；
- b) 相对湿度：不大于75%；
- c) 气压：86 kpa~106 kpa。

6.3 测量公差

相对于规定值，所有控制值或测通值的准确度应在下述公差范围内：

- a) 电压：±1%。
- b) 电流：±1%；
- c) 温度：±2 °C；
- d) 时间：±1%(1 min以上)，±5%(1 min以下)；
- e) 容量：±1%；
- f) 质量：±1%。

上述公差包含了所用测量仪器的准确度、所采用的测试力法以及测试过程中引入的所有其他误差。

6.4 温度测量方法

测量锂金属电池单体、电池包或系统的表面温度过程中，温度测试点应位于锂金属电池单体、电池包或系统的表面与正负极耳端或按照制造商规定的温度采集位置。选取温度最高值作为试验判定依据。

6.5 样品数量要求

除特殊说明外，每个试验项目的样品至少为3个。

7 试验方法

7.1 性能试验

7.1.1 电池单体性能试验

7.1.1.1 外观

在良好的光线条件下，目视检查电池单体的外观。

7.1.1.2 极性

用电压表检测电池单体极性。

7.1.1.3 外形尺寸及质量

用量具和衡器测量电池单体的外形尺寸及质量。

7.1.1.4 容量测试

容量测试分别在室温、高温和低温环境条件下进行，具体如下：

a) 室温放电容量。电池单体的室温放电容量测试方法如下：

- 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- 2) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量；
- 3) 重复步骤1)~2) 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次试验结果平均值。
- 4) EUT的放电容量应满足5.1.1.4的要求。

b) 低温放电容量。电池单体的低温放电容量测试方法如下：

- 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- 2) 参考RTCA/DO-160G第4节，根据制造商声明的类别选择工作低温值，将EUT稳定在工作低温下，不通电，静置不低于30 min；
- 3) 在工作低温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量；
- 4) EUT的放电容量应满足5.1.1.4的要求。

c) 高温放电容量。电池单体的高温放电容量测试方法如下：

- 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- 2) 参考RTCA/DO-160G第4节，根据制造商声明的类别选择工作高温值，将EUT稳定在工作高温下，不通电，静置不低于30 min；
- 3) 在工作高温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量；
- 4) EUT的放电容量应满足5.1.1.4的要求。

7.1.1.5 室温高倍率放电

电池单体的室温高倍率放电测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 在室温下，以 $10I_1$ 电流放电至EPV；
- c) 静置不低于30 min，记录容量；
- d) EUT的放电容量应满足5.1.1.5的要求。

7.1.1.6 室温高倍率充电

电池单体的室温高倍率充电测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 在室温下，以制造商声明的最大持续充电电流充电直至制造商规定的充电截止条件；
- c) 静置不低于30 min，记录容量；
- d) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量；

e) EUT的放电容量应满足5.1.1.6的要求。

7.1.1.7 荷电保持与容量恢复能力

荷电保持与容量恢复能力测试分别在室温、高温环境条件下进行，具体如下：

a) 室温荷电保持与容量恢复能力。电池单体的室温荷电保持与容量恢复能力测试方法如下：

- 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- 2) 在室温下，不通电，存储28天；
- 3) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量 C_1 ，用于计算荷电保持能力；
- 4) EUT的荷电保持容量应满足5.1.1.7的要求；
- 5) 室温下静置不低于30 min，然后按照制造商的说明充满电；
- 6) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV。记录容量 C_2 ，用于计算容量恢复能力；
- 7) EUT的恢复容量应满足5.1.1.7的要求。

b) 高温荷电保持与容量恢复能力。电池单体的高温荷电保持与容量恢复能力测试方法如下：

- 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- 2) 参考RTCA/DO-160G第4节，根据制造商声明的类别选择工作高温值，将EUT稳定在工作高温下，不通电，存储7天；
- 3) 室温下静置不低于30 min，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量 C_1 ，用于计算荷电保持能力；
- 4) EUT的荷电保持容量应满足5.1.1.7的要求；
- 5) 室温下静置不低于30 min，然后按照制造商的说明充满电；
- 6) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV，记录容量 C_2 ，用于计算容量恢复能力；
- 7) EUT的恢复容量应满足5.1.1.7的要求。

7.1.1.8 额定功率放电能力

电池单体的额定功率放电能力测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 静置不低于30 min；
- c) 以制造商声明的额定功率值放电至EPV，记录放电时间；
- d) EUT的额定功率放电能力应满足5.1.1.8的要求。

7.1.1.9 低电量高倍率放电能力

电池单体的低电量高倍率放电能力测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 静置不低于30 min；
- c) 以制造商声明的额定功率值放电至30%SOC荷电状态；
- d) 以制造商声明的高倍率放电电流放电至EPV，记录放电时间；
- e) EUT的低电量高倍率放电能力应满足5.1.1.9的要求。

7.1.1.10 存储寿命

电池单体的存储寿命测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电30 min；
- c) 在室温下，不通电，存储90天；
- d) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至EPV；

- e) 静置不低于30 min, 然后按照制造商的说明充满电;
- f) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电至EPV, 记录容量;
- g) EUT的放电容量应满足5.1.1.10的要求。

7.1.1.11 循环寿命

电池单体的循环寿命测试方法如下:

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电;
- b) 静置不低于30 min;
- c) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电或制造商声明的放电电流放电至EPV;
- d) 静置不低于30 min;
- e) 按照a)~d)步骤执行制造商声明的循环次数, 若充电容量高于初始容量的110%, 则终止试验; 若放电容量低于初始容量的80%, 则终止试验; 若充放电效率低于95%, 则终止试验。

7.1.1.12 直流内阻

电池单体的直流内阻测试方法如下:

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电;
- b) 静置不低于30 min;
- c) 以制造商声明的放电倍率和放电时间对EUT进行放电, 计算DCR值;
- d) 对EUT进行恒流充电, 恢复至步骤d)的初始SOC值;
- e) 以 $1I_1$ 电流放电 6 min;
- f) 重复步骤 c)~e)循环9次;
- g) 记录0%至100%SOC状态下的DCR值;
- h) EUT的DCR应满足5.1.1.12的要求。

7.1.2 电池包或系统性能试验

7.1.2.1 外观

在良好的光线条件下, 目视检查电池包或系统的外观。

7.1.2.2 极性

用电压表检测电池包或系统的极性。

7.1.2.3 外形尺寸及质量

用量具和衡器测量电池包或系统的外形尺寸及质量。

7.1.2.4 绝缘电阻

电池包或系统的绝缘电阻测试方法如下:

- a) 在EUT的电气连接器上对下列测试点施加两倍 (+/-10%) 的电池标称电压至少60 s:
 - 1) 在加热器引脚和电源触点之间;
 - 2) 在每个电力触点和外壳的导电部分之间(所有正极端子到外壳, 所有负极端子到外壳)。

注: 如果 EUT 具有非金属外壳, 则不需要步骤 a) 2)。如果 EUT 盒上有电源触点, 则该触点不需要步骤 a) 2)。
- b) 绝缘电阻测量值应满足5.1.2.4的要求。

7.1.2.5 容量测试

容量测试分别在室温、高温和低温环境条件下进行，具体如下：

- a) 室温放电容量。电池包或系统的室温放电容量测试方法如下：
 - 1) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV；
 - 2) 静置1小时（或制造商提供的不大于1小时的静置时间）；
 - 3) 然后按制造商提供的充电方法进行充电；
 - 4) 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV，记录容量；
 - 5) EUT的额定容量值应满足5.1.2.5的要求。
- b) 低温放电容量。电池包或系统的低温放电容量测试方法如下：
 - 1) EUT应按照制造商指导的要求进行维护并充满电；
 - 2) 参考RTCA/DO-160G第4节，根据制造商声明的类别选择工作低温值，将EUT稳定在工作低温下，不通电；
 - 3) 对于带加热器的电池，在放电开始前向EUT通电15 min，并在放电开始时切断所有电源；
注：对于带有自供电加热器的电池，加热器不会被禁用；
 - 4) 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV，记录容量；
 - 5) EUT的额定容量值应满足5.1.2.5的要求。
- c) 高温放电容量。电池包或系统的高温放电容量测试方法如下：
 - 1) EUT应按照制造商指导的要求进行维护并充满电；
 - 2) 参考RTCA/DO-160G第4节，根据制造商声明的类别选择工作高温值，将EUT稳定在工作高温下，不通电；
 - 3) 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV，记录容量；
 - 4) EUT的额定容量值应满足5.1.2.5的要求；
 - 5) 报告EPV的最高外部温度。

7.1.2.6 室温高倍率放电

电池包或系统的室温高倍率放电测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 在室温下，以 $10I_1$ 电流放电至EPV，静置1小时（或制造商提供的不大于1小时的静置时间），记录容量；
- c) EUT的放电容量应满足5.1.2.6的要求。

7.1.2.7 室温高倍率充电

电池包或系统的室温高倍率充电测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 在室温下，以制造商声明的最大持续充电电流充电直至制造商规定的充电截止条件，静置1小时，记录容量；
- c) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV，记录容量；
- d) EUT的放电容量应满足5.1.2.7的要求。

7.1.2.8 荷电保持与容量恢复能力

荷电保持与容量恢复能力测试分别在室温、高温环境条件下进行，具体如下：

- a) 室温荷电保持与容量恢复能力。电池包或系统的室温荷电保持与容量恢复能力测试方法如下：
 - 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
 - 2) 在室温下，不通电，存储28天；

- 3) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV, 记录容量 C_1 , 用于计算荷电保持能力;
 - 4) EUT的荷电保持容量应满足5.1.2.8的要求;
 - 5) 静置1小时(或制造商提供的不大于1小时的静置时间), 然后按照制造商的说明充满电;
 - 6) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电至EPV, 记录容量 C_2 , 用于计算容量恢复能力;
 - 7) EUT的恢复容量应满足5.1.2.8的要求。
- b) 高温荷电保持与容量恢复能力。电池包或系统的高温荷电保持与容量恢复能力测试方法如下:
- 1) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电;
 - 2) 参考RTCA/DO-160G第4节, 根据制造商声明的类别选择工作高温值, 将EUT稳定在工作高温下, 不通电, 存储7天;
 - 3) 室温下静置1小时(或制造商提供的不大于1小时的静置时间), 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV。记录容量 C_1 , 用于计算荷电保持能力;
 - 4) EUT的荷电保持容量应满足5.1.2.8的要求;
 - 5) 静置1小时(或制造商提供的不大于1小时的静置时间), 然后按照制造商的说明充满电;
 - 6) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV。记录容量 C_2 , 用于计算容量恢复能力;
 - 7) EUT的恢复容量应满足5.1.2.8的要求。

7.1.2.9 额定功率放电能力

电池包或系统的额定功率放电能力测试方法如下:

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电;
- b) 静置1小时(或制造商提供的不大于1小时的静置时间);
- c) 以制造商声明的额定功率值放电至任一单体达到EPV, 记录放电时间;
- d) EUT的放电时间应满足5.1.2.9的要求。

7.1.2.10 低电量高倍率放电能力

电池包或系统的低电量高倍率放电能力测试方法如下:

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电;
- b) 静置1小时(或制造商提供的不大于1小时的静置时间);
- c) 以制造商声明的额定功率值放电至30%SOC荷电状态;
- d) 以制造商声明的高倍率放电电流放电至任一单体达到EPV, 记录放电时间;
- e) EUT的放电时间应满足5.1.2.10的要求。

7.1.2.11 存储寿命

电池包或系统的存储寿命测试方法如下:

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电;
- b) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电30 min;
- c) 在室温下, 不通电, 存储90天;
- d) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV;
- e) 静置1小时(或制造商提供的不大于1小时的静置时间), 然后按照制造商的说明充满电;
- f) 在室温下, 以 $1I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV, 记录容量;
- g) EUT的放电容量应满足5.1.2.11的要求。

7.1.2.12 循环寿命

电池包或系统的循环寿命测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 静置1小时（或制造商提供的不大于1小时的静置时间）；
- c) 在室温下，以 $1I_1$ 电流放电或制造商声明的放电电流，直到放电至任一单体达到EPV；
- d) 静置1小时（或制造商提供的不大于1小时的静置时间）；
- e) 按照a)～d)步骤执行制造商声明的循环次数，若充电容量高于初始容量的110%，则终止试验；若放电容量低于初始容量的80%，则终止试验；若充放电效率低于95%，则终止试验。

7.2 安全性试验

7.2.1 电池单体安全性试验

电池单体的安全性试验参考 GB38031-2020 第 8.1 节执行。

7.2.2 电池包或系统安全性试验

7.2.2.1 短路保护

电池包或系统的短路保护测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 短路其正负极1小时，短路导线电阻 $5\text{m}\Omega$ ；
- c) 移除短路，继续监测1小时；
- d) EUT应满足5.2.2.1的要求。

7.2.2.2 过放电保护

电池包或系统的过放电保护测试方法如下：

- a) EUT以 $1I_5$ 电流放电至任一单体达到EPV；
- b) 外接 $(n \times 30)\Omega$ 负载放电至EUT电压低于EPV的5%， “n”表示单体电池的串联个数；
- c) EUT应满足5.2.2.2的要求。

7.2.2.3 过充电保护

电池包或系统的过充电保护测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 外接电源电压设定为2倍的标称电压，电流设定为 $2I_1$ ，持续加载7小时；
- c) 停止充电后，继续监测1小时；
- d) EUT应满足5.2.2.3的要求。

7.2.2.4 短时高温快速放电

电池包或系统的短时高温快速放电测试方法如下：

- a) EUT应按照制造商的说明进行维护并充满电；
- b) 参考RTCA/DO-160G第4节，根据制造商声明的类别选择高温短时工作温度，将EUT稳定在短时高温运行；
- c) 以 $10I_1$ 电流放电至任一单体达到EPV，放电持续时间不得超过30 min。如果在EPV之前达到热保护切断，则EUT未通过该测试；
- d) 在步骤c)之后，可将EUT从试验箱中取出或在试验箱中冷却；

- e) 继续监视EUT 3小时；
- f) 在整个试验过程中，记录EUT的外部温度。此外，建议监测部分或全部电池的温度；
- g) 报告EUT代表性外表面的最高温度；
- h) EUT应满足5.2.2.4的要求。

7.3 环境适应性试验

参考 RTCA/DO-160G《机载设备的环境条件和试验程序》完成环境适应性试验程序，或按照制造商声明的运行环境条件进行适应性试验。

8 标识、包装、运输和储存

8.1 标识

8.1.1 单体

每个电池单体上应用简体至少标明以下信息：

- a) 制造商名称或代码；
- b) 产品厂商件号；
- c) 制造商序列号和制造日期；
- d) 电池极性；
- e) 电池类别：可充电锂金属电池；
- f) 如采购文件或当地条例所规定，可要求附加标记；
- g) 如果电池或电池组太小或以其他不切实际，无法标记本节要求的任何信息，制造商可以使用其他方法进行识别(例如条形码或包装上的标签)。

8.1.2 电池包或系统

每个电池包或系统上应用简体至少标明以下信息：

- a) 制造商名称或代码；
- b) 产品厂商件号；
- c) 制造商序列号和制造日期；
- d) 以瓦特小时为单位的额定能量；
- e) 以安培小时为单位的额定容量；
- f) 电池极性，除非使用键控连接器；

如果电池包或系统上没有足够的空间，则应在电池包或系统文件或规格书中包含以下信息：

- a) 额定电压；
- b) 充电限制电压；
- c) 执行标准编号；
- d) 警示说明。

此外，如适用，还应包括以下信息：

- a) 资格标志；
- b) 改版编号或字母；
- c) 如采购文件或当地条例所规定，可要求附加标记；
- d) 如果电池或电池组太小或以其他不切实际，无法标记本节要求的任何信息，制造商可以使用其他方法进行识别(例如条形码，或包装上的标签)。

8.2 包装

电池单体、电池包或系统的包装应符合ATA300的规定。

包装箱应标明产品名称和型号规格、产品部件号和序列号、制造日期和产品批号、制造商名称和地址。

8.3 运输

电池单体或电池包应包装成箱进行运输，在运输过程中应防止剧烈振动、冲击或挤压，防止日晒雨淋。

8.4 储存

电池单体或电池包应贮存在环境温度为 -5°C - 35°C 、相对湿度不大于75%的清洁、干燥、通风的室内，应避免与腐蚀性物质接触，应远离火源及热源。

9 装机设计要求

航空可充电力锂金属电池系统的装机设计要求，包括装机设计要求、安装测试程序、安装人员注意事项等信息，应符合附录 A 的要求。

10 持续适航文件要求

航空动力锂金属电池持续适航文件要求，应符合附录 B 的要求。

附录 A
(规范性)
电池系统装机设计指南

本附录规定了航空可充电力锂金属电池系统的装机设计要求，包括装机设计要求、安装测试程序、安装人员注意事项等。

A.1 设计注意事项

A.1.1 航空器警告系统

任何使用可充电锂电池系统的航空器，其功能对安全运行是必要的，可要求安装一个监测和警告功能，当电池的充电状态低于可接受的水平时，该功能将向适当的航空器机组人员提供准确的指示派遣航空器。

A.1.2 机上环境

可充电锂电池系统应与安装设备的航空器特定位置的环境条件兼容。这些环境条件包括但不限于温度、海拔、湿度、冲击、振动、防水、电磁干扰和电磁兼容。

A.1.3 失效保护

失效保护应考虑接口设备故障对电池系统的影响。

A.2 设备安装的测试程序

实验室的鉴定试验并不总是足以证明符合安装的规定要求。当无法通过实验室测试充分确定性能时，需要对已安装的设备进行测试。安装设备测试通常在两种情况下进行：

- 航空器在地面，使用模拟或操作系统输入。
- 航空器在飞行中使用与被测设备相适应的操作系统输入。

地面和飞行测试可用于演示预期操作环境中的功能性能。该测试也可用于证明由于电磁效应对其他系统不产生干扰。

A.3 安装人员注意事项

A.3.1 有害电池排放物

可充电锂电池在有缺陷或受到物理或操作滥用（如过充、过热或内部电池短路）时，能够产生有害排放物。有害排放物在一定浓度下可能是易燃、易爆、腐蚀性或有毒的。安装人员应与制造商合作，根据电池系统的通风类型量化和减轻有害排放物的影响。

A.3.2 安装设计

安装人员应审查电池系统的测试数据和任何相关视频记录，以确保安装设计能够减轻任何可能对飞机造成影响的报告结果。

附 录 B
(规范性)
持续适航文件要求

航空动力锂金属电池持续适航文件必须包括维护要求，以确保电池按照电池制造商和设备制造商所规定的适当间隔对电池单体或电池系统进行充分充电。以确保电池单体或电池系统容量不会衰减至规定的安培小时水平，保证其足以为飞机系统提供电量，满足预期的应用。

航空动力锂金属持续适航说明必须包含储存状态的备件电池的维修程序，防止由于长期处于低电荷状态下长期储存而导致电荷保持能力下降或产生其他损伤。用于替换的电池必须是适航管理部门批准的同一制造商和件号。

航空动力锂金属持续适航文件中还应包含预防措施，以防止对电池单体或电池系统的处理不当，避免导致短路或其他因跌落、破坏性方式造成的无意撞击损伤，导致人员伤亡或财产损失。
