

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—2026

低空飞行器用高安全锂离子电池隔膜

High-safety lithium-ion battery separator for low-altitude aircraft

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

前 言

本文件按照GB/T1.1—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。

本文件由提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

低空飞行器用高安全锂离子电池隔膜

1 范围

本文件规定了低空飞行器用高安全锂离子电池隔膜（以下简称“隔膜”）的术语和定义、规范性引用文件、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于低空飞行器（含无人驾驶航空器、电动垂直起降飞行器等）用高安全锂离子电池隔膜，其他对安全性有严苛要求的航空类锂离子电池隔膜可参照执行。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2918 塑料试样状态调节和试验的标准环境

GB/T 13542.2 电气绝缘用薄膜 第2部分：试验方法

GB/T 36363—2018 锂离子电池用聚烯烃隔膜

GB/T 46460—2025 无人驾驶航空器用锂离子电池和电池组规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

透气度 air permeability

在测试温湿度、常压环境中，在1.21kPa压力下，100ml空气通过面积为6.45cm²隔膜所需要的时间，又称Gurley值。

3.2

孔隙率 porosity

隔膜内部孔隙的体积占隔膜总体积的百分率。

3.3

穿刺强度 puncture strength

在规定试验条件下，用直径为（1.0±0.01）mm的标准穿刺针，以（100±10）mm/min的速率垂直穿刺隔膜试样时，试样发生破裂所承受的最大力，单位为克力（gf）。

3.4

拉伸强度 tensile strength

在规定的试验条件下，对隔膜试样沿纵向（MD）或横向（TD）施加匀速拉伸力直至断裂，试样单位原始横截面积上所承受的最大拉伸应力，单位为兆帕（MPa）。

3.5

离子导电率 ionic conductivity

隔膜在电解液浸润状态下传导锂离子的能力，反映隔膜离子导通性能。

3.6

涂层厚度（涂覆隔膜） coating thickness (coated separator)

涂覆隔膜表面复合的陶瓷或聚合物涂层的单面厚度，单位为微米（ μm ）。

3.7

涂层附着力（涂覆隔膜） coating adhesion (coated separator)

涂覆隔膜涂层与基材隔膜间的结合牢固程度，以 180° 剥离试验测得的单位宽度剥离力表示，单位为牛每米（ N/m ）。

3.8

热闭孔温度 thermal shutdown temperature

隔膜受热时微孔开始闭合、阻断离子传导的起始温度，通过差示扫描量热法（DSC）测定，单位为摄氏度（ $^\circ\text{C}$ ）。

3.9

膜卷弦高 membrane roll camber height

隔膜膜卷端面偏离基准平面的最大高度差，用于评估膜卷卷绕松紧与端面平整度，单位为毫米（ mm ）。

4 技术要求

低空飞行器用高安全锂离子电池隔膜的各项性能要求见表1。其中基材隔膜为未涂覆聚烯烃微孔膜，涂覆隔膜为基材表面复合陶瓷/聚合物涂层的隔膜；厚度规格指基膜厚度，分为 $4\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 三类，适配低空飞行器电池超薄化、高能量密度及高安全需求。

表1 性能指标

序号	项目	指标		
1	基膜外观	白色或灰色薄膜；表面无针孔、裂纹、异物、褶皱、破损、气泡及明显色差；膜卷端面平整，无翘边、毛刺、凹陷，卷绕松紧均匀，无局部凸起或塌缩；膜卷弦高 $\leq 3\text{mm}$		
2	基膜厚度， μm	≤ 4.4	4.5~5.5	≥ 5.6
3	孔隙率，%	$28\pm 5\%$	$30\pm 5\%$	$32\pm 5\%$
4	透气度， $\text{s}/100\text{mL}$	100 ± 30	130 ± 30	160 ± 30
5	穿刺强度， gf	≥ 400	≥ 450	≥ 500
6	拉伸强度， Mpa	纵向	≥ 450	≥ 400
		横向	≥ 400	≥ 350
7	热收缩率（ 105°C ，1h）	纵向	$\leq 5\%$	$\leq 3\%$
		横向	$\leq 4\%$	$\leq 2\%$
8	最小电气强度， $\text{V}/\mu\text{m}$	≥ 30	≥ 30	≥ 30
9	平均电气强度， $\text{V}/\mu\text{m}$	≥ 50	≥ 50	≥ 50
10	离子导电率	由供需双方协商确定		
11	涂层厚度（涂覆隔膜）， μm	≤ 2 （单面）	≤ 2 （单面）	≤ 2 （单面）
12	涂层附着力（涂覆隔膜）， N/m	≥ 50	≥ 50	≥ 50
13	热闭孔温度， $^\circ\text{C}$	130~145	130~145	130~145

5 试验方法

5.1 取样方法

取样隔膜包装应完好无损，无受潮、污染。在膜卷上去掉表面三层，沿隔膜宽度方向均匀截取试样（零张力状态），分别用于外观、尺寸、物理性能及电性能测试；试样密封包装，置于干燥器中备用，避免环境干扰。

5.2 外观试验

5.2.1 检测项目

检测隔膜表面针孔、裂纹、异物、褶皱、条纹、破损、气泡、色差，膜卷端面平整度、翘边、毛刺、凹陷，膜卷弦高。

5.2.2 检测方法

5.2.2.1 隔膜的针孔应用瑕疵机检测。

5.2.2.2 隔膜的膜卷弦高按照 GB/T 36363—2018 的方法执行。

5.2.2.3 隔膜的其余外观检测项目均采用目测方法。其中异物、机械损伤目测不可见，没有硬皱，膜卷端面卷绕无可见毛刺，无翘边。

5.3 试样状态调节和试验环境

5.3.1 试样状态调节

按GB/T 2918规定的下列条件进行状态调节：

- a) 温度为 (23 ± 2) °C；
- b) 相对湿度为 (50 ± 10) %；
- c) 状态调节时间不少于 4h。

5.3.2 试验的标准环境

试验的标准环境如下：

- a) 温度为 (23 ± 2) °C；
- b) 相对湿度为 (50 ± 10) %。

5.4 厚度试验

隔膜的厚度按照GB/T 36363—2018中6.4的规定进行试验。

5.5 孔隙率试验

隔膜的孔隙率按照GB/T 36363—2018中6.5.5的规定进行试验。

5.6 透气度试验

隔膜的透气度按照GB/T 36363—2018中6.5.4的规定进行试验。

5.7 穿刺强度试验

隔膜的穿刺强度按照GB/T 36363—2018中6.5.3的规定进行试验。

5.8 拉伸强度试验

隔膜的拉伸强度按照GB/T 36363—2018中6.5.1的规定进行试验。

5.9 收缩率试验

隔膜的收缩率试验按照GB/T 36363—2018中6.5.2的规定进行试验。

5.10 电性能试验

5.10.1 电气强度

隔膜的电气强度按照GB/T 13542.2的规定进行试验。

5.10.2 离子导电率

隔膜的离子导电率按照GB/T 36363—2018中6.6.2的规定进行试验。

5.11 涂层厚度试验（涂覆隔膜）

采用马尔测厚仪测试，随机选取隔膜5个不同位置测量涂覆隔膜总厚度并记录，将试样浸入无水乙醇中浸泡10 min，完全去除表面涂层后取出晾干，在原5个位置测量基膜厚度并记录，涂层厚度为涂覆隔膜总厚度与基膜厚度的差值，取5次结果的算术平均值。

5.12 涂层附着力试验（涂覆隔膜）

采用180°剥离法测定：将宽度为25 mm的胶带平整粘贴在涂覆隔膜的涂层表面，用2 kg压辊以300 mm/min的速度往复滚压3次，确保胶带与涂层完全贴合。静置5 min后，以300 mm/min的速度进行180°剥离试验，记录剥离过程中的平均力值，换算为单位宽度的附着力（N/m）。取3次测试结果的平均值作为涂层附着力。

5.13 热闭孔温度试验

采用电阻法（电流法）测定，将隔膜试样充分浸润电解液后置于两电极之间夹紧，以10℃/min的升温速率匀速升温，实时监测回路电阻变化，当回路电阻急剧增大时对应的温度，即为热闭孔温度。

6 检验规则

6.1 组批

以相同原料、同一工艺条件、同一设备连续生产的相同规格的产品为一批，每批产品连续生产时间不超过一周。

6.2 抽样

采用GB/T 2828.1规定的进行抽样。样本单位为卷，从每个样本单位中截取满足实验需要的试样。物理性能和电性能从每批中任抽取一卷，并从中截取满足实验需要的试样。

6.3 检验分类

6.3.1 出厂检验

每批产品都要经过出厂检验合格后方可出厂，并附出厂检验合格证明。出厂检验由厂品保部门进行检验，检验项目由供需双方协商。

6.3.2 型式检验

型式检验的项目为第4章所列的全部项目。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试验定型鉴定；
- b) 正式生产后，如材料、工艺、设备有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品长期停产超过半年后，恢复生产时；
- d) 正常生产时，每年进行一次检验；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时；
- g) 用户提出进行型式检验的要求时；
- h) 需符合 GB/T 46460 相关安全检验要求时。

6.4 判定规则

产品经抽查检验，符合产品文件规定，判该批产品合格。检验中出现不合格项，允许对该批产品加倍抽样复检，复检仍不合格项，则判该批产品为不合格。合格产品附产品合格证方可出厂。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

7.1.1 产品应有合格证，并且包装标志上包含但不限于下列内容：

- a) 产品名称、型号、商标；
- b) 产品执行标准编号；
- c) 数量；
- d) 生产日期、保质期；
- e) 厂名、厂址。

7.1.2 外包装应有“远离热源”“小心轻放”等标志，标志应符合 GB/T 191 的规定。

7.2 包装

每卷隔膜两端面用衬垫保护，定位后用塑料薄膜袋包装好后装入箱内。包装应能保证隔膜在运输、贮存过程中，不受损坏，不受外来物污染。包装材料应易于回收。特殊包装由供需双方协商。

7.3 运输

产品运输、搬运过程中应轻拿轻放，严禁抛掷，防止损坏包装，注意防水防潮。堆叠层数应符合包装标识规定。

7.4 贮存

隔膜应贮存在通风、阴凉、干燥、温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不高于75%的仓库内，允许72 h内贮存温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，远离热源，不受阳光直接照射。
