

团 体 标 准

T/GDEIIA 6—2020

小型无人机环境条件与试验程序 Environmental Conditions and Test Procedures for Minitype UAV

（征求意见稿）

2020 – ** – **发布

2020 –** – ** 实施

广东省电子信息行业协会 发 布

目 次

目次 I

前言 II

小型无人机环境条件和试验程序 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

 3.1 设备温度稳定 1

 3.2 不工作 2

4 通用要求 2

 4.1 标准大气条件 2

 4.2 试验条件的容差 2

 4.3 检测仪器仪表 2

 4.4 一般的试验程序 2

 4.5 试验中断处理 3

 4.6 试验设备 4

5 环境试验条件及试验方法 4

 5.1 低温贮存和低温工作 4

 5.2 高温贮存和高温工作 6

 5.3 低气压试验 8

 5.4 恒定湿热 9

 5.5 交变湿热 10

 5.6 霉菌 11

 5.7 盐雾 14

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。
本标准由广东省电子信息行业协会提出并归口。
本标准起草单位：待定
本标准主要起草人：待定
本标准是首次发布。

小型无人机环境条件和试验程序

1 范围

本文件适用的小型无人机范围包括中国民用航空局发布的AC-91-FS-2015-31《轻小无人机运行规定（试行）》中规定的 I、II、III、IV类无人机，即可在视距内或视距外操作的、空机重量小于等于116千克、起飞全重不大于150千克的无人机，校正空速不超过100千米每小时；

表1 适用无人机分类

分类	空机重量（千克）	起飞全重（千克）
I	$0 < W \leq 1.5$	
II	$1.5 < W \leq 4$	$1.5 < W \leq 7$
III	$4 < W \leq 15$	$7 < W \leq 25$
IV	$15 < W \leq 116$	$25 < W \leq 150$

本文件为小型无人机定义了一系列最低标准气候类环境（低温、高温、高度、湿热、霉菌、盐雾）试验条件和相应的试验方法。这些试验的目的是为确定小型无人机及其机载设备的使用过程中会遇到的典型气候环境条件下的性能特性提供试验室方法。

本文件列出的标准环境试验条件和试验方法，结合相应的无人机设备性能标准，可作为在该环境条件下的最低性能规范。这一规范保证设备工作期间性能方面有足够的可信度。

本文件所列的某些环境条件和试验方法并不一定适用于所有的无人机，特定无人机性能指标编写者有责任选择适当的和附加的环境条件和试验方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所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。

AC-91-FS-2015-31	轻小无人机运行规定（试行）
GB 4797.1	电工电子产品自然环境条件 温度和湿度
HB 6167.1-2014	民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第1部分：总则
HB 6167.2-2014	民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第2部分：温度和高度试验
HB 6167.4-1989	民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第4部分：湿热试验
HB 6167.11-2014	民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第11部分：霉菌试验
HB 6167.12-2014	民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第12部分：盐雾试验
GB/T 2423.3-2006	电工电子产品环境试验 第2部分试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

3 术语和定义

3.1 设备温度稳定

a. 不工作

当设备功能部件的热惯性最大处温度与规定的试验温度在3℃以内，则认为设备达到温度稳定。当无法测量内部温度时，最低可接受温度稳定时间为3h。

b. 工作

当设备功能部件的热惯性最大温度变化不超过2℃时，则认为设备达到温度稳定。当无法测量内部温度时，最低可接受温度稳定时间为2h。

3.2 不工作

除非另有规定，不工作是指不给设备提供动力源。

4 通用要求

4.1 标准大气条件

4.1.1 试验标准大气条件

温度：15℃~35℃；

相对湿度：不大于 85%；

气压：试验场地的气压。

4.2 试验条件的容差

若无其他规定，试验条件的容差如下：

a. 温度：样品附近的温度应在试验温度的 $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内，其温度梯度不超过 $1^\circ\text{C}/\text{m}$ ，或总的最大值为 2.2°C （样品不工作）；

b. 相对湿度：控制传感器附近空气的相对湿度应在被测值的 $\pm 5\%$ 以内；

c. 气压： $\pm 5\%$ ；

4.3 检测仪器仪表

用于控制或监测试验参数的仪器仪表和测试装置的精度在试验前必须检验，并符合国家规定的有功标准或计量部门的检定规程。其误差不应低于试验条件容差的三分之一。当此精度与本标准中任一试验方法中的规定不一致时，以试验方法规定为准。

4.4 一般的试验程序

4.4.1 预处理

在试验开始之前，为了消除或部分消除样品过去所受的影响。需要对样品进行预处理，如果有要求时，预处理作为试验程序的第一步骤。

4.4.2 初始检测

在进行任何环境试验之前，样品应在试验的正常的试验大气条件下进外观检查，并记录检测结果。本标准中规定的低温、高温、高度、湿热、盐雾试验前，还应进行初始性能检查，并记录检测结果。

4.4.3 试验样品在试验设备中的安装

除另有规定外，被试品的安装应尽可能模拟实际使用状况，并按需要进行被试品连接和测试仪器连接。具体要求如下：

- 1) 为检测被试品防护装置的有效性，应确保服役中使用的插头、外罩和检测板处在便于测试的位置，且在操作时处于正常（防护或未加防护）方式；
- 2) 在被试品上的正常电气连接和机械连接，若试验中不需要（例如试件不工作），则用模拟接头（按现场/载体使用进行连接和防护）代替，以确保试验真实；
- 3) 若被试品包括数个具有完整功能的独立单元，则可对各单元分别进行试验。若对各单元一并进行试验，且机械、电气和射频连接接口允许时，则各单元间及单元与试验箱内壁间至少应保持 150mm 的距离，以确保空气能正常循环；
- 4) 保护被试品不受无关的环境污染物影响；
- 5) 霉菌试验时，将被试品水平放置在试验箱内搁物架上，并处于试验箱的有效容积内。被试品之间、以及与箱壁、箱底及箱顶之间最小间隔距离应不小于 100mm，保证箱内空气能自由流动；
- 6) 盐雾试验时，将被试品水平放置在试验箱内搁物架上，并处于试验箱的有效容积内，被试品距试验箱壁距离以及被试品之间间隔距离均不小于 150mm，同时也未与其它金属和吸水性材料接触，盐雾能自由地沉降在其受试表面上；

4.4.4 试验

对被试品施加规定的环境试验条件。

4.4.5 中间检测

在试验期间要求试验样品工作时，应进行中间检测。中间检测应在规定的环境条件下进行，被试产品不应从试验箱（室）中取出。

4.4.6 恢复

在试验之后，应在试验的正常大气条件下进行产品恢复处理。

4.4.7 最后检测

恢复期结束后，试验样品应按相关规范规定进行外观检查及电气和机械性能检查。

4.5 试验中断处理

a. 容差范围内的中断：当中断期间试验条件没有超出允许误差范围时，中断时间应作为总试验持续时间的一部分。

b. 欠试验条件中断：当试验条件低于允许误差下限时，应从低于试验条件的点重新达到预先规定的试验条件，恢复试验，一直进行到完成预定的试验周期。

c. 过试验条件中断：当出现过度的试验条件时，最好停止此试验，用新的样品重做。如果过试验条件不会直接造成影响样品特性的损坏，或者此样品可以修复，则可按以上 b 条处理。如果以后试验中出现样品失效，则应认为此试验结果无效。

4.6 试验设备

试验时用的所有激励和试验设备都应标有牌号、型号、编号和校准日期。所有试验设备的标准应能追溯到国家或国际标准。

5 环境试验条件及试验方法

5.1 低温贮存和低温工作

5.1.1 试验目的

本试验用于考核在规定的低温条件下的性能特性。

低温贮存是指产品贮存或暴露于气候极值期间，设备预期通常会暴露于其中的最低地面温度，在此温度极值下，不要求设备工作，但要求设备能耐受此温度而不被损坏。

低温工作用于检查产品在低温环境下的工作情况。

5.1.2 试验条件

温度推荐值：-55℃、-50℃、-45℃、-40℃、-35℃、-25℃、-20℃、-15℃、-10℃、-5℃、+5℃

注：1、可从上列推荐值中选择严酷等级

2、当产品使用环境另有规定时，也可根据相关产品规范和试验要求，选取其他值；

3、低温工作温度为产品正常暴露于其中并要求工作的最低温度，可根据相关产品规范和试验要求而定；

4、世界范围内贮存和使用产品时，低温温度的选择不但要考虑极端低温，还要考虑该极端低温出现的频度，多数情况下采用20%的频度。即中国范围内低温贮存试验温度选取-45℃，世界范围低温贮存试验温度选取-55℃；

5.1.3 试验方法

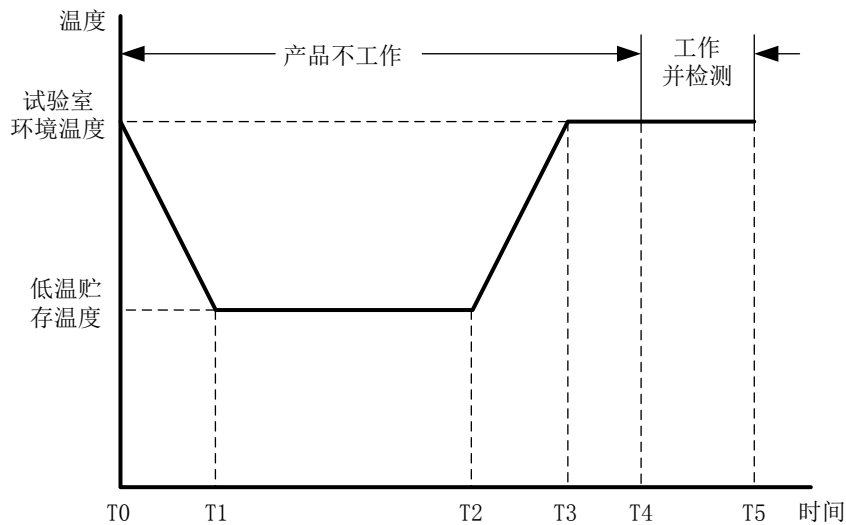
5.1.3.1 低温贮存

试验程序说明：

- 1) 除非有特殊规定，在标准大气条件下，产品处于非工作状态置于试验箱内；
- 2) 调节试验箱温度至 5.1.2 中选定的试验条件相应的低温贮存温度，达到温度稳定后至少保持 3h；
- 3) 试验结束后对样品进行恢复；
- 4) 恢复结束后，根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测

试，确定其是否符合产品的性能要求。

试验剖面见图 5.1-1。



- 注：1) 从 T0 到 T1，从 T2 到 T3 温度变化速率不作规定；
2) T1 到 T2 为设备达到温度稳定时间再加上至少 3h；
3) T3 到 T4 为设备达到温度稳定时间；

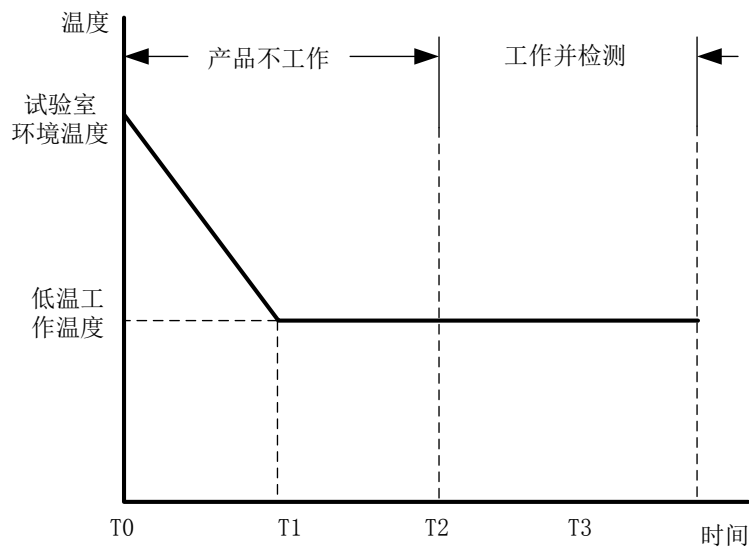
图 5.1-1 低温贮存试验

5.1.3.2 低温工作

试验程序说明：

- 1) 除非有特殊规定，在标准大气条件下，产品处于非工作状态置于试验箱内；
- 2) 调节试验箱温度至 5.1.2 中选定的试验条件相应的低温工作温度，达到温度稳定；
- 3) 开机工作至少 20min，按相关规范规定进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。
- 4) 试验结束后对样品进行恢复；

试验剖面见图 5.1-2。



注：1) 从 T0 到 T1 温度变化速率不作规定；
2) T1 到 T2 为设备达到温度稳定时间；
3) T2 到 T3 至少 20min；

图 5.1-2 低温工作试验

5.2 高温贮存和高温工作

5.2.1 试验目的

本试验用于考核产品在规定的低温条件下的性能特性。

高温贮存是指产品贮存或暴露于气候极值期间，产品预期通常会暴露于其中的最高地面温度，在此温度极值下，不要求产品工作，但要求产品能耐受此温度而不被损坏。

高温工作用于检查产品在高温环境下的工作情况。高温工作温度是指产品正常暴露于其中并要求工作的最高温度。

5.2.2 试验条件

温度推荐值：+70℃、+65℃、+60℃、+55℃、+50℃、+45℃、+40℃、+35℃、+30℃

注：1、中国范围内高温贮存试验温度推荐选取+65℃，世界范围高温贮存试验温度选取+70℃；
2、由于产品工作会发热，且同一区域的其他产品工作也会使被考核产品周围温度升高，因此非控温区域产品工作环境的温度一般都高于地面温度，因此，高温工作温度的选取建议采用实测法，测量产品在预期地面高温环境下工作时产品附件的温度；
3、当无法实测时，本标准建议，非控温区域产品高温工作温度选取 70℃，控温区域产品高温工作温度选取 55℃，也可从上列温度推荐值中选择严酷等级；

5.2.3 试验方法

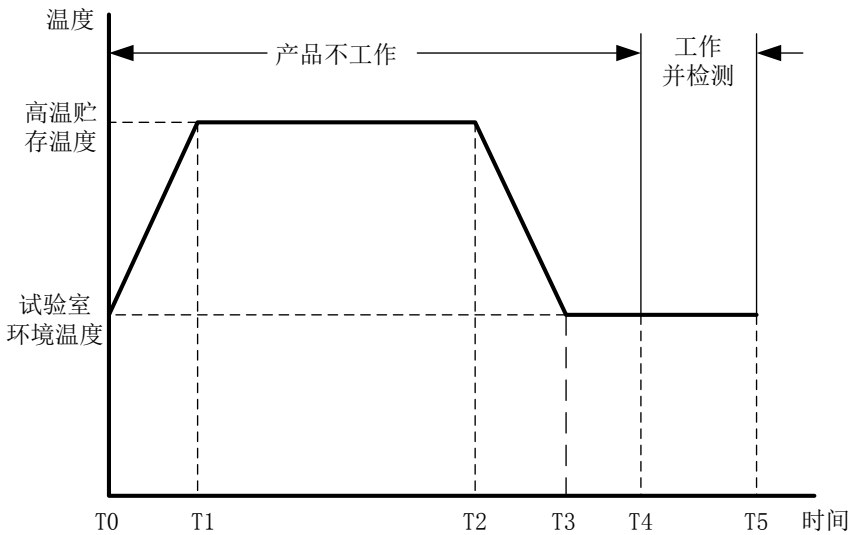
5.2.3.1 高温贮存

试验程序说明：

1) 除非有特殊规定，在标准大气条件下，产品处于非工作状态置于试验箱内；

- 2) 调节试验箱温度至 5.2.2 中选定的试验条件相应的高温贮存温度, 达到温度稳定后至少保持 3h;
- 3) 试验结束后对样品进行恢复;
- 4) 恢复结束后, 根据相关规范规定, 对产品的外观进行检查, 并进行必要电气和机械性能测试, 确定其是否符合产品的性能要求。

试验剖面见图 5.2-1.



- 注: 1) 从 T0 到 T1, 从 T2 到 T3 温度变化速率不作规定;
- 2) T1 到 T2 为产品达到温度稳定时间再加上至少 3h;
- 3) T3 到 T4 为产品达到温度稳定时间;

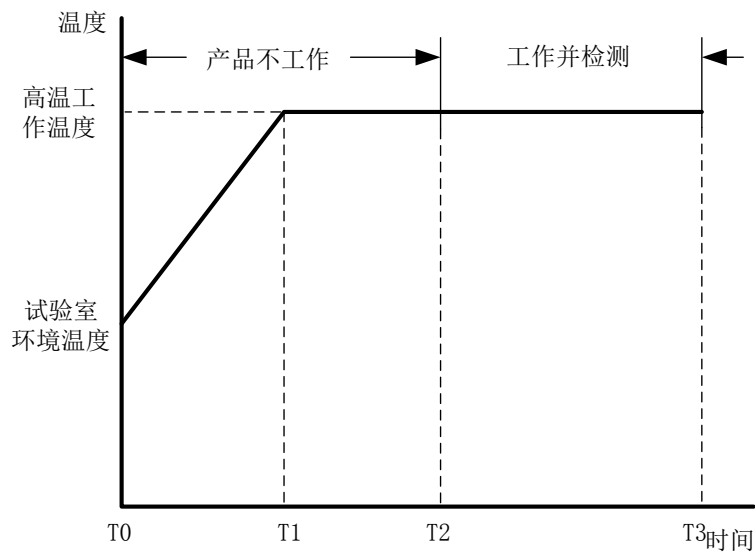
图 5.2-1 高温贮存试验

5.2.3.2 高温工作

试验程序说明:

- 1) 除非有特殊规定, 在标准大气条件下, 产品处于非工作状态置于试验箱内;
- 2) 调节试验箱温度至 5.2.2 中选定的试验条件相应的高温工作温度, 达到温度稳定后至少保持 3h;
- 3) 开机工作至少 20min, 按相关规范规定进行必要电气和机械性能测试, 确定其是否符合产品的性能要求。
- 4) 试验结束后对样品进行恢复;
- 5) 恢复结束后, 根据相关规范规定, 对产品的外观进行检查, 并进行必要电气和机械性能测试, 确定其是否符合产品的性能要求。

试验剖面见图 5.2-2。



注：1) 从 T0 到 T1 温度变化速率不作规定；
2) T1 到 T2 为产品达到温度稳定时间；
3) T2 到 T3 至少 20min；

图 5.2-2 高温工作试验

5.3 低气压试验

5.3.1 试验目的

本部分适用于室温条件下的低气压试验。
目的是用于确定产品在低气压条件下贮存、运输或使用的适应性。

5.3.2 试验条件

低气压试验高度（气压）值=产品预期运行地域的最高海拔高度+小型无人机产品的最高飞行高度。
也可从下表 2 中选取试验的高度（气压）值，其容差为±5%或±0.1 kPa（取较大值），84 kPa 时的容差为±2 kPa。

表 2 低气压试验推荐高度（气压）值

气压		近似海拔高度/m
kPa	mbar	
28.5	28.5	9500
40	400	7200
54	540	5000
55	550	4850
70	700	3000
84	840	（见注 1、注 2）
注 1：从 86 kPa~106 kPa 的标准大气条件，覆盖了海拔 1000m 以下的高度。		
注 2：84 kPa 的气压值适用于要求在标准大气条件的下限值对样品进行的试验		

5.3.3 试验方法

试验程序说明：

- 1) 除非有特殊规定，在标准大气条件下，产品以最大负荷循环工作置于试验箱内；
- 2) 调整试验箱内高度（气压）值降至 5.3.2 中选定的试验条件，保持此压力至少 0.5h；
- 3) 在条件试验期间，按相关规范规定进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。
- 4) 试验结束后对样品进行恢复；
- 5) 恢复结束后，根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。

5.4 恒定湿热

5.4.1 试验目的

本部分适用于确定小型无人机产品、元件在高湿度的条件下使用、贮存和运输时的适应性。对于存在细小裂纹或含有多孔材料的固体试验样品，例如塑料封装的试验样品，水汽的吸收或扩散起主导作用，建议采用本部分试验方法。

5.4.2 试验条件

试验的温度湿度推荐表 3。

表3 试验的温度、相对湿度推荐表

$(30 \pm 2) ^\circ\text{C}$	$(93 \pm 3) \% \text{RH}$
$(30 \pm 2) ^\circ\text{C}$	$(85 \pm 3) \% \text{RH}$
$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$	$(93 \pm 3) \% \text{RH}$
$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$	$(85 \pm 3) \% \text{RH}$

推荐的持续时间为：12h、16h、24h和2d、4d、10d、21d或56d。

5.4.3 试验条件

试验程序说明：

- 1) 除非有特殊规定，将无包装、不通电的试验样品，在“准备使用”状态下，置于试验箱内，试验箱和试验样品均处于标准大气环境条件下；
- 2) 调整试验箱内温度至 5.4.2 中选定的温度条件，使样品达到温度稳定；
- 3) 2h 内，调整试验箱内湿度达到 5.4.2 中选定的湿度条件，持续时间为 5.4.2 中选定的试验时间；
- 4) 如需中间检测，在条件试验期间或结束时，按相关规范规定检测的项目完成测试。测试时，试验样品不应取出箱外。
- 5) 试验结束后对样品进行恢复，最少为 1h；
- 6) 恢复结束后，根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试。

试，确定其是否符合产品的性能要求。

5.5 交变湿热

5.5.1 试验目的

本试验的目的是确认产品耐受自然的或诱发的潮湿大气的能力。预期主要的有害影响是：

- a. 腐蚀。
- b. 吸收湿气引起设备性能的改变。

例如：机械性能（金属）；电性能（导体和绝缘体）；化学性能（吸湿的元件）；热性能（隔热体）。

5.5.2 严酷等级

表4 湿热环境严酷等级分类

严酷等级	适用范围
A类-标准湿热环境	标准湿热环境一般对打算安装在无人机环境控制舱内的设备提供适当的试验环境。在这些无人机的环境控制舱内通常不会遇到严酷的湿热环境。
B类-严酷的湿热环境	要求安装在无人机内部的设备，能在更严酷的大气潮湿环境的条件下工作，且工作时间超过标准湿热环境规定的时间
C类-外部湿热环境	外部湿热环境试验一般对在直接接触外界空气的条件下工作的设备提供适当的环境条件。

5.5.3 试验方法

5.5.3.1 A类-标准湿热环境

试验程序说明：

- 1) 将受试产品按实际使用状态安装在试验箱内；
- 2) 受试产品在 $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $85\pm 4\%$ 条件下保持稳定；
- 3) 在 $2\text{h}\pm 10\text{min}$ 内，将试验箱温度升到 $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度升到 $95\pm 4\%$ ；
- 4) 保持试验箱温度 $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $95\pm 4\%$ ，时间至少 6h；
- 5) 在之后的 $16\text{h}\pm 15\text{min}$ 内，将温度逐渐降到 $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。在此期间，保持尽可能高的相对湿度，且不允许低于 85%；
- 6) 步骤 3)~5) 构成一个循环，重复这些步骤直至共完成 2 个循环（暴露 48h）。
- 7) 暴露期结束时，从试验箱中取出产品并排除冷凝水（不能擦干）。在 2 个循环完成以后的 1h 内，给受试产品通电并启动工作。产品通电预热时间最多允许 15min。预热结束后，立即根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。

5.5.3.2 B类-严酷的湿热环境

试验程序应按下列步骤进行：

- 1) 将受试产品按实际使用状态安装在试验箱内。
- 2) 受试产品在 $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $85\pm 4\%$ 条件下保持稳定；
- 3) 在 $2\text{h}\pm 10\text{min}$ 内，将试验箱温度升到 65°C ，相对湿度升到 $95\pm 4\%$ ；
- 4) 保持试验箱温度 65°C 、相对湿度 $95\pm 4\%$ ，时间至少 6h；
- 5) 在之后的 $16\text{h}\pm 15\text{min}$ 内，将温度逐渐降到 $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。在此期间，保持尽可能高的相对湿度，且不允许低于 85%。
- 6) 步骤 3)~5) 构成一个循环，重复这些步骤直至共完成 10 个循环（暴露 240h）。
- 7) 暴露期结束时，从试验箱中取出产品并排除冷凝水（不能擦干）。在 10 个循环完成以后的 1h 内，给受试产品通电并启动工作。产品通电预热时间最多允许 15min。预热结束后，立即根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。

注：受试产品在第 6 个循环或 10 个循环结束时的适当时候工作，时间不能超过 15min。如果要将受试产品拿出试验箱外进行抽样检查，拿出的时间不应超过 20min。

5.5.3.3 C 类-外部湿热环境

试验程序应按下列步骤进行：

- 1) 将受试产品按实际使用状态安装在试验箱内。
- 2) 受试产品在 $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $85\pm 4\%$ 条件下保持稳定；
- 3) 在 $2\text{h}\pm 10\text{min}$ 内，将试验箱温度升到 $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度升到 $95\pm 4\%$ ；
- 4) 保持试验箱温度 55°C 、相对湿度 $95\pm 4\%$ ，时间至少 6h；
- 5) 在之后的 $16\text{h}\pm 15\text{min}$ 内，将温度逐渐降到 $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。在此期间，保持尽可能高的相对湿度，且不允许低于 85%。
- 6) 步骤 3)~5) 构成一个循环，重复这些步骤直至共完成 6 个循环（暴露 144h）
- 7) 暴露期结束时，从试验箱中取出产品并排除冷凝水（不能擦干）。在 10 个循环完成以后的 1h 内，给受试产品通电并启动工作。产品通电预热时间最多允许 15min。预热结束后，立即根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。

注：受试产品在第 6 个循环或 10 个循环结束时的适当时候工作，时间不能超过 15min。如果要将受试产品拿出试验箱外进行抽样检查，拿出的时间不应超过 20min。

5.6 霉菌

5.6.1 试验目的

本试验用于确认产品上的材料在有利于霉菌生长的条件下，即高湿、温暖空气及无机盐存在的条件下霉菌对产品生产的有害影响。

注：本试验不应在盐雾或砂尘试验之后进行。高浓度的盐会影响霉菌生长，砂和尘能够提供营养物质，因而损害到霉菌试验的真实性。

5.6.2 试验条件

温度：(30±1)℃

相对湿度：(97±2)%

试验菌种：

黑曲霉 (<i>Aspergillus niger</i>)	AS3.3928
黄曲霉 (<i>Aspergillus flavus</i>)	AS3.3950
杂色曲霉 (<i>Aspergillus versicolor</i>)	AS3.3885
绳状青霉 (<i>Penicillium funiculosum</i>)	AS3.3875
球毛壳霉 (<i>Chaetomium globosum</i>)	AS3.4254

5.6.3 试验方法和试验程序

5.6.3.1 无机盐溶液的制备

磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)	0.7g
磷酸氢二钾 (K_2HPO_4)	0.7g
七水硫酸镁 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.7g
硝酸铵 (NH_4NO_3)	1.0g
氯化钠 (NaCl)	0.005g
七水硫酸亚铁 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.002g
七水硫酸锌 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.002g
单水硫酸锰 ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	0.001g
蒸馏水	1000ml

无机盐溶液在 121℃ 高压蒸汽下灭菌 20min。加入 0.01N 的氢氧化钠溶液，调节无机盐溶液的 PH 值，使其灭菌后的 PH 值在 6.0~6.5 之间。制备的无机盐溶液要足以满足试验的需要。

5.6.3.2 混合孢子悬浮液的制备

- 1) 使用无菌技术制备至少包含 5.5.2 中规定试验菌种的孢子悬浮液；
- 2) 将菌种分别培养在合适的培养基上（如马铃薯葡萄糖琼脂），而球毛壳霉应在无机盐琼脂表面的滤纸上进行培养；
- 3) 试验前检查菌种的纯度；
- 4) 制备保藏纯菌种的次级培养菌种，并在 (30±1)℃ 培养 10d~20d；
- 5) 向每种次级培养菌种的试管中注入 0.05g/L 无毒湿润剂（如二辛基硫代丁二酸钠或十二烷基硫酸钠）的水溶液 10ml；
- 6) 用无菌玻璃棒、铂丝或镍铬丝在试验菌种的表面轻刮；
- 7) 将孢子提取液注入 125ml 带盖锥形瓶，瓶内装 45ml 水、50~70 粒直径为 5mm 的实心玻璃

球；

- 8) 剧烈振荡锥形瓶，以打碎孢子块并使孢子从菌丝体中释放出来；
- 9) 用装有 6mm 厚玻璃棉的玻璃漏斗，将霉菌孢子悬浮液过滤到锥形瓶中，以去除大的菌丝体碎片和琼脂块；
- 10) 将过滤后的孢子悬浮液离心，弃掉上层液；
- 11) 在剩余物中加入 50ml 水重新悬浮并离心。将获得的每种霉菌孢子以这种方法至少离心 3 次（直到上层液变清）；
- 12) 用无机盐溶液稀释已离心的最后剩余物，通过计数器计算，最终使得每毫升孢子悬浮液含有 $(1.0 \times 10^6 \pm 2 \times 10^5)$ 个孢子；
- 13) 对试验用的每一种菌种重复 3)~12) 的操作；
- 14) 按照 5.5.3.3 对每种菌种孢子进行活力检验；
- 15) 将相等容积的每种孢子悬浮液混合，得到最后的混合孢子悬浮液。

5.6.3.3 菌种的活力检查

对于每一次试验，都需要将三块无菌滤纸条分别放在不同的培养皿中凝固的无机盐琼脂上。用无菌喷雾器将孢子悬浮液接种在滤纸条上直至液滴开始凝聚为止。将接种的滤纸条置于 30℃，相对湿度不低于 85% 的条件下培养并在 7 天后进行检查。三滤纸对比样件上均应大量长霉，若无大量长霉则要求重新试验。

5.6.3.4 对照产品

除菌种活力检验外，为促进霉菌生长，确保培养箱具有适宜的条件，还应将已知易长霉的基质与试验品一起接种。对照产品是宽 3.2cm 重 234g 的易吸水棉条（未漂白），棉条在含有 10% 甘油、0.1% 的硝酸铵、0.025% 的硫酸镁和 0.05% 的酵母萃膏的溶液（pH 值 5.3）中浸过，并除去多余液体。棉条在接种并放入试验箱之前应悬挂在空气中晾干。

5.6.3.5 试样和对照产品的接种

- a. 将试验产品和对照产品安装在适当的产品架或悬挂到挂钩上。
- b. 将试验箱及箱内产品在 30℃ 和 97%±2% 的相对湿度条件下预处理至少 4h。
- c. 对试验产品和对照产品接种，用预先灭菌的喷雾器或雾化器以雾化的形式将混合孢子悬浮液喷到试验产品和对照产品上。在向试验产品和对照产品喷菌时，应注意将孢子悬浮液布满整个表面。如表面不湿润，则一直喷到液滴凝聚为止。接种后应立即开始培养。

5.6.3.6 培养

- a. 在整个试验期间保持试验箱温度在 30℃ 和 97%±2% 的相对湿度（最小值）。除检查期间或装入其他试验产品，在培养期间都应关闭试验箱。
- b. 7 天后，检查对照产品上霉菌的生长情况，以确定环境条件是否适宜霉菌生长。如果检查表

明环境条件不适宜霉菌生长，则整个试验应重做。

c. 如果对照产品上霉菌生长良好，则继续试验，时间从接种时算起 28 天或按产品规范的有关
规定执行。

5.6.3.7 检查

培养期结束后，立即对试验产品进行检查。如果有可能，在试验箱内对产品进行检查。

假如检查在 8h 内没有完成则应将试验产品放回湿热环境条件下最少 12h。除了密封产品外，
应打开产品外壳检查其内外表面的劣化迹象。试验结束后整机产品按照相关规范规定，进行必要电
气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。

5.6.3.8 结果分析

试验结束后，记录霉菌长霉情况，根据下表 5 判定长霉等级。

表 5 长霉等级评判表

生 长 程 度	等 级	试 验 样 品 生 霉 情 况
无	0	材料无霉菌生长
微量	1	分散、稀少或非常局限的霉菌生长
轻度	2	材料表面霉菌断续蔓延或菌落松散分布，或整个表面有菌丝连续伸延，但 霉菌下面的材料表面依然可见
中度	3	霉菌大量生长，材料可出现可视的结构改变
严重	4	厚重的霉菌生长

5.7 盐雾

5.7.1 试验目的

本试验用于确定长期暴露在盐雾试验大气中或正常使用中所经受的盐雾环境对产品的影响。预
期的主要有害影响是：

- a. 金属的腐蚀；
- b. 由于盐的沉积引起活动部件的阻塞或卡死；
- c. 绝缘失效；
- d. 接触器和无涂覆导线的损坏。

5.7.2 严酷等级

表6 盐雾条件严酷等级分类

严酷等级	适用范围
A 类-常规盐雾条件	当产品装在小型无人机正常使用过程中所能遭受腐蚀大气影响的部位时，此类产品划 为 A 类。
B 类-严酷盐雾条件	当产品安装在能遭受严酷盐雾大气环境的位置时，例如：在海边停放或使用的小型无 人机上直接暴露于未经过滤的外界空气中的产品，此类产品划为 B 类

5.7.3 试验条件

表7 盐雾试验条件

试验温度	盐溶液				盐雾沉降率 ml/80cm ² ·h
温度℃	成分	浓度%	允差%	pH 值	
35	NaCl	5	±1	6.5~7.2	1~3
注：干燥期间，温度保持在 15℃~35℃，相对湿度≤50%					

5.7.4 试验方法

5.7.4.1 常规盐雾试验的实施（A 类）

- 1) 将试验产品放置在试验箱内，按规定的盐溶液进行 24h 的连续喷雾。在整个暴露周期内，至少每间隔 12h 就应测量盐雾沉降率和沉降溶液的 pH 值，以保证沉降率符合要求；
- 2) 试验产品在标准大气环境温度和相对湿度不大于 50%条件下干燥 24h。在干燥期间不应触动试验产品或对其机械特性进行任何调整；
- 3) 干燥结束，检查试验产品的腐蚀情况，必要时，可用温度不高于 38℃的流动水轻轻冲洗；
- 4) 对产品进行恢复后，根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。

5.7.3.6 严酷盐雾试验的实施（B 类）

- 1) 将试验产品放置在试验箱内，按规定的盐溶液进行 24h 的连续喷雾。在整个暴露周期内，至少每间隔 12h 就应测量盐雾沉降率和沉降溶液的 pH 值，以保证沉降率符合要求。
- 2) 试验产品在标准大气环境温度和相对湿度不大于 50%条件下干燥 24h。在干燥期间不应触动试验产品或对其机械特性进行任何调整。
- 3) 干燥结束后将产品放回盐雾箱内并按 1) 和 2) 重复一次。
- 4) 二次干燥结束后，检查试验产品的腐蚀情况，必要时，可用温度不高于 38℃的流动水轻轻冲洗；
- 5) 对产品进行恢复后，根据相关规范规定，对产品的外观进行检查，并进行必要电气和机械性能测试，确定其是否符合产品的性能要求。