

深圳市无人机行业协会团体标准

T/ SZUAVIA 001.9-20XX

多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第 9 部分：振动试验

Laboratory environmental test methods for unmanned aircraft systems with
multi-rotors Part 9: Vibration test

(工作组讨论稿)

2019.04.24

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

深圳市无人机行业协会

发布

前 言

T/SZUAV 001《多旋翼无人机系统实验室环境试验方法》是系列标准，分为若干部分。T/SZUAV 001 包含以下部分：

- T/SZUAV 001.1-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第1部分：通用要求
- T/SZUAV 001.2-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第2部分：抗风试验
- T/SZUAV 001.3-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第3部分：低气压试验
- T/SZUAV 001.4-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第4部分：低温试验
- T/SZUAV 001.5-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第5部分：高温试验
- T/SZUAV 001.6-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第6部分：湿热试验
- T/SZUAV 001.7-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第7部分：温度变化试验
- T/SZUAV 001.8-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第8部分：温度—湿度—低气压试验
- T/SZUAV 001.9-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第9部分：振动试验
- T/SZUAV 001.10-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第10部分：冲击试验
- T/SZUAV 001.11-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第11部分：盐雾试验
- T/SZUAV 001.12-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第12部分：淋雨试验
- T/SZUAV 001.13-20XX 多旋翼无人机系统实验室环境试验方法 第13部分：砂尘试验

本部分为 T/SZUAV 001 的第 9 部分。

本部分按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本部分由深圳无人机行业协会提出并归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电子第五研究所、深圳市无人机行业协会。

本部分主要起草人：

本部分于 20XX 年 XX 月首次发布。

标准名称

1 范围

本部分规定了三类民用无人机的振动试验方法过程，用以确定不同类型无人机产品（下文称样品）经受振动的能力。

本部分的目的是确定样品的机械薄弱环节和特性降低情况。用这些资料，结合有关规范用以判定样品是否可以接收。在某些情况下，本试验方法可用于论证三类无人机样品的机械结构完好性和（或）研究它们的动态特性。

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。

GB/T 2423.10-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.43-1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 元件、设备和其他产品在冲击（Ea）、碰撞（Eb）、振动（Fc和Fd）和稳态加速度（Ga）等动力学试验中的安装要求和导则

GB/T 2423.56-2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动（数字控制）和导则

GJB 150.16A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第16部分：振动试验

RTCA DO-160F 机载设备的环境条件和试验程序(RTCA DO-160F Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment)

3 术语和定义

3.1

固定点 fixing point

样品与夹具或振动台面接触的部分，在使用中通常是固定样品的地方。如果是实际安装结构的部分作夹具使用，则应取安装结构和振动台面接触的部分作固定点，而不应取样品和振动台面接触的部分作固定点。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.1]

3.2

检测点 check point

位于夹具、振动台或样品上的点。并且要求尽可能接近于一个固定点，而且在任何情况下都要和固定点刚性连接。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.2.1]

3.3

参考点 reference point

从检测点中选定的点，为了满足本部分的要求，该点上的信号用于控制试验。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.2.2]

3.4

单点控制 single point control

单点控制是通过使用来自参考点上传感器的信号，使该参考点保持在所规定的振动量级上来实现。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.3.1]

3.5

多点控制 multipoint control

多点控制是将来自各个检测点上每个传感器的信号，按有关规范的要求，进行连续的算术平均或采用比较技术处理来实现的。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.3.2]

3.6

扫频循环 sweep cycle

在每个方向按规定的频率范围往返。例如10Hz到150Hz到10Hz。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.4]

3.7

信号容差 single tolerance

$$T = \left(\frac{NF}{F} - 1 \right) \times 100\%$$

式中：

NF——未经滤波的信号r.m.s值；

F——经滤波的信号r.m.s值。

注：指用于控制试验的信号如加速度、速度、位移。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.5]

3.8

危险频率 critical frequencies

下列情况下的频率：

——由振动引起的，样品呈现出不正常和（或）性能变坏；

——机械共振和（或）其他作用的响应，如颤振。

[GB/T 2423.10-2008，定义3.9]

4 试验设备

4.1 特性要求

由功率放大器、振动发生器、试验夹具、试验样品和控制系统组成完成的振动系统要求的特性。振动系统的基本特性需满足GJB/T 2423.56-2006中的相关要求。

4.2 振幅容差

在所要求轴线上的检测点和参考点上的基本运动幅值应等于规定值，并应在下列容差范围内。这些容差包括仪器误差。

对于大尺寸样品或大质量的样品达到要求的容差如果比较困难，在该情况下需采用较宽的容差或采用可替代的方法。应在有关规范中规定，并记录在试验报告中。

4.3 参考点

参考点的控制信号容差： $\pm 15\%$ 。

对于多点控制的试验，应明确是将各检测点上信号的平均值控制到规定值，还是将所选择的一个点（例如最大振幅点）上的信号控制到所规定的值。

4.4 检测点

在每个检测点上：

低于或等于500Hz：	$\pm 25\%$ ；
高于500Hz：	$\pm 50\%$ 。

4.5 频率容差

提供下列频率容差。

4.6 扫频耐久

低于或等于0.25Hz：	$\pm 0.05\text{Hz}$ ；
从0.25Hz到5Hz：	$\pm 20\%$ ；
从5Hz到50Hz：	$\pm 1\text{Hz}$ ；
高于50Hz：	$\pm 2\%$ 。

4.7 定频耐久

a) 固定频率：	$\pm 2\%$ ；
b) 近固定频率：	
低于或等于0.25Hz：	$\pm 0.05\text{Hz}$ ；
从0.25Hz到5Hz：	$\pm 20\%$ ；
从5Hz到50Hz：	$\pm 1\text{Hz}$ ；
高于50Hz：	$\pm 2\%$ 。

4.8 危险频率的测量

在比较耐久性试验前后的危险频率时，即在振动相应检查期间，采用下列容差：

低于或等于0.5Hz：	$\pm 0.05\text{Hz}$ ；
-------------	-----------------------

从0.5Hz到5Hz:	$\pm 10\%$;
从5Hz到100Hz:	$\pm 0.5\text{Hz}$;
高于100Hz:	$\pm 0.5\%$ 。

4.9 扫频

扫频应是连续的，且频率应随时间按指数规律编号。扫频的速率应为每分钟一个倍频程，容差为 $\pm 10\%$ 。

4.10 安装

开展振动试验所需的试验夹具不应成为被试无人机的附加质量，即利用夹具装卡无人机进行振动试验时，不会导致被测无人机固有频率测量值的降低。

在条件试验期间，样品安装按它的正常安装方法安装到冲击试验机的台面或夹具上。其安装方法按GB/T 2423.43-1995中的规定。

5 振动试验准备

5.1 试验前准备

试验开始前，根据有关文件确定试验程序、受试样品技术状态、试验量级、试验持续时间、振动台控制方法、失效判据、受试样品功能要求、测量仪器要求、试验设备能力及夹具等。此外还需要：

- 选择合适的振动台和夹具；
- 选择合适的数据采集系统（仪器、电缆、信号调节器、记录仪和分析设备等）；
- 在没有安装受试样品前，对振动设备进行预调试，以确认工作正常；
- 保证数据采集系统的功能符合技术要求。

5.2 初始检查

所有受试样品都应在标准大气条件下进行试验前检测，以得到原始基准数据。检测按以下步骤进行：

- 检查受试样品的外观是否有物理损伤，功能是否满足技术要求，并记录结果；
- 检查受试样品、夹具与振动台的组合是否符合样品和技术文件的要求。

6 振动试验程序

- 受试样品在无包装和开机状态下，紧固在振动台上（受试样品和夹具综合重心的垂线应位于振动台面的中心附近），避免紧固受试样品的装置件（螺栓、压板、压条等）在振动试验中产生自身共振。
- 分别沿受试样品三个正交轴向方向进行正弦扫频试验，其中一个正弦扫频方向与受试无人机的飞行前进方向一致，扫描频率范围为10Hz~150 Hz，其中10Hz~55Hz 频率范围内正弦振动为定位移，振动位移幅值大小为0.075mm；55Hz~150Hz 频率范围内正弦振动为定加速度，加速度值为10m/s²，振动曲线见图9-1所示。
- 对受试样品进行正弦扫频循环，扫频时在整个频率范围中改变振动频率，使其最低频率到最高频率（上扫），再到最低频率（下扫），扫描频率不超过1倍频程/分钟，正弦扫频循环次数为5次，扫频时间为40分钟。

- d) 分别在三个相互垂直的方向进行扫频试验时,记录每个振动方向上的危险频率点,并进行定频耐久试验,试验时间为 10 分钟。

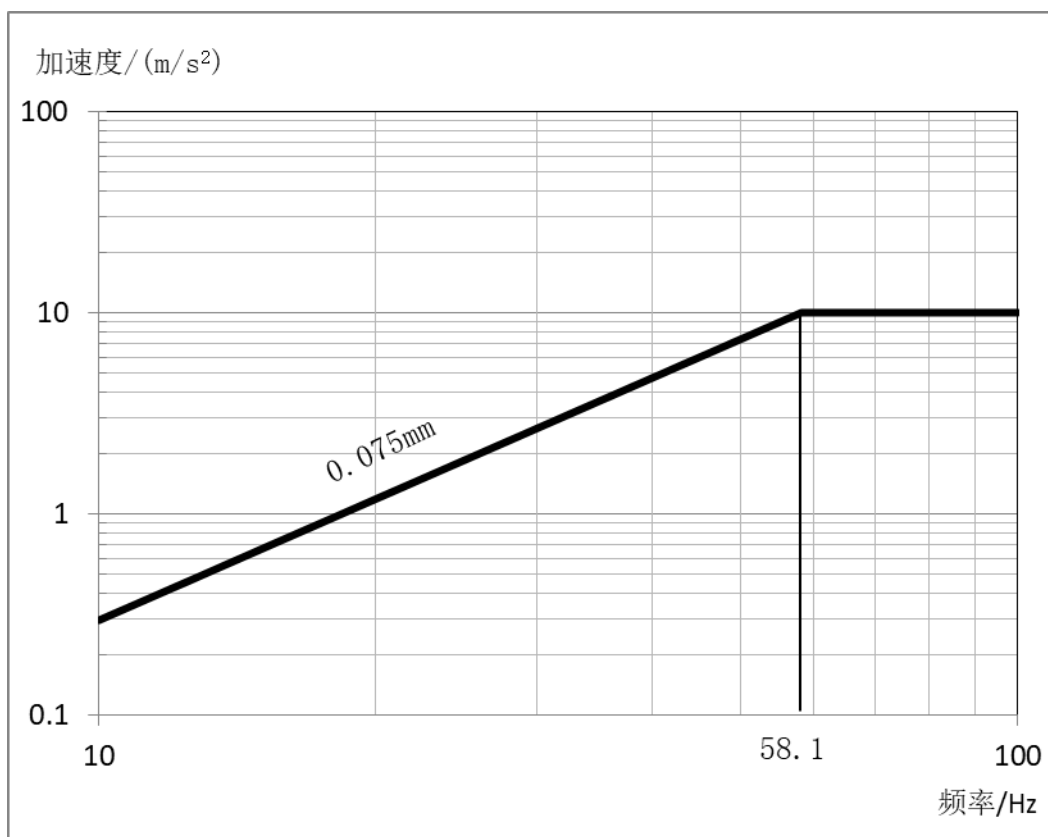


图1 低频振动试验曲线

7 中间检测

试验过程中对受试样品的功能性能进行检测,记录受试样品的功能性能状况。

8 最后检测

试验结束过,给出一段恢复时间,使受试样品处于与初始检测时相同的条件,对受试样品进行外观和功能性能的检查,并与初始检查结果相比较。