

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 3213—2023

NY/T 3213—2018

植保无人驾驶航空器  
质量评价技术规范

Technical specification of quality evaluation for crop protection UAS

2023-12-22 发布

中华人民共和国农业农村部 发布





## 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。

本文件代替 NY/T 3213—2018《植保无人飞机 质量评价技术规范》。与 NY/T 3213—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了型号编制规则(见第 4 章,2018 年版的第 4 章)；
- b) 更改了主要技术参数核测表(见表 1,2018 年版的表 1)；
- c) 更改了主要仪器设备测量范围和准确度要求(见表 2,2018 年版的表 2)；
- d) 增加了防水性能要求及其检测方法(见 6.1.3、7.2.3)；
- e) 更改了药液箱要求(见 6.1.9,2018 年版的 6.1.10)；
- f) 删除了手动控制模式飞行性能要求及其检测方法(见 2018 年版的表 3、7.3.1)；
- g) 更改了自动控制模式飞行精度要求(见 6.2.2,2018 年版的表 3)；
- h) 更改了续航能力要求(见 6.2.4,2018 年版的表 3)；
- i) 更改了防滴性能要求(见 6.2.7,2018 年版的表 3)；
- j) 更改了喷雾性能的喷雾量分布均匀性变异系数要求(见 6.2.8,2018 年版的表 3)；
- k) 增加了喷雾自适应控制功能要求及试验方法(见 6.2.9、7.3.9)；
- l) 增加了断点续喷功能要求及其检测方法(见 6.2.12、7.3.12)；
- m) 增加了仿地飞行功能要求及其检测方法(见 6.2.13、7.3.13)；
- n) 删除了最大起飞重量限制要求及其检测方法(见 2018 年版的 6.3.3、7.4.3)；
- o) 更改了避障功能要求及其检测方法(见 6.3.7、7.4.7,2018 年版的 6.3.7、7.4.7)；
- p) 增加了锂电池要求及其检测方法(见 6.3.9、7.4.9)；
- q) 更改了可靠性要求(见 6.6,2018 年版的 6.6)；
- r) 更改了作业幅宽测试方法(见 7.3.10,2018 年版的 7.3.8)；
- s) 更改了地理围栏检测方法(见 7.4.5,2018 年版的 7.4.5)；
- t) 更改了电磁兼容性检测方法(见 7.4.8,2018 年版的 7.4.8)；
- u) 更改了检验项目及不合格分类(见表 7,2018 年版的表 7)。

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。

本文件由农业农村部农业机械化推广司提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会农业机械化分技术委员会(SAC/TC 201/SC 2)归口。

本文件起草单位：农业农村部南京农业机械化研究所、中国农业机械化协会、华南农业大学、中国农业机械化科学研究院集团有限公司、中国农业科学院植物保护研究所、广州极飞科技股份有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、南京南机智农农机科技研究院有限公司、苏州极目机器人科技有限公司、安阳全丰航空植保科技股份有限公司、无锡汉和航空技术有限公司。

本文件主要起草人：薛新宇、顾伟、杨林、兰玉彬、刘燕、杨学军、袁会珠、孙竹、彭斌、陈海雄、张毅、王新宇、王志国、孙向东、徐阳。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1——2018 年首次发布为 NY/T 3213—2018；
- 2——本次为第一次修订。





# 植保无人驾驶航空器 质量评价技术规范

## 1 范围

本文件规定了植保无人驾驶航空器的型号编制规则、基本要求、质量要求、试验方法和检验规则。

本文件适用于植保无人驾驶航空器的质量评定。

注：植保无人驾驶航空器也称为植保无人飞机或遥控飞行喷雾机。

## 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 2828.11—2008 计数抽样检验程序 第11部分：小总体声称质量水平的评定程序

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 5262 农业机械试验条件 测定方法的一般规定

GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机电磁兼容 第1部分：发射要求

GB/T 9480 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 使用说明书编写规则

GB 10396 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 安全标志和危险图形 总则

GB/T 13306 标牌

GB/T 20085 植物保护机械 词汇

GB/T 38058—2019 民用多旋翼无人机系统试验方法

GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语

GB/T 38909 民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法

JB/T 9782—2014 植物保护机械 通用试验方法

## 3 术语和定义

GB/T 20085、GB/T 38152 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**飞行控制系统 flight control system** 对植保无人驾驶航空器的航迹、姿态、速度等飞行参数进行单项或多项控制的系统。

### 3.2

**地面控制系统 ground control system**

由中央处理器、通讯系统地面端、监测显示终端、遥控器、控制软件等组成，能对接收到的植保无人驾驶航空器的各种参数进行分析处理，并能对植保无人驾驶航空器的航迹进行修改和操控的系统。简称地面站。

### 3.3

**作业模式 application mode**

植保无人驾驶航空器进行作业所采取的飞行控制方式。作业模式分为手动控制模式和自动控制模式两种。

### 3.4

**手动控制模式 manual control mode**

通过人工操作完成对植保无人驾驶航空器控制的模式，包括辅助人工模式。

3.5

**自动控制模式 autonomous control mode**

根据预先设定的飞行参数、路径坐标及作业任务等进行自动作业的模式。

3.6

**空机重量 net weight**

不包含药液、燃料和地面设备的植保无人驾驶航空器整机重量,包含电池、药液箱、燃料箱等固态装置  
的重量。

3.7

**(药液箱)额定容量 nominal tank capacity**

制造商明示的且能正常作业的药液箱载液容积值。

3.8

**作业高度 application altitude**

植保无人驾驶航空器作业时喷头与靶标顶端的竖直距离。

3.9

**作业幅宽 application width**

植保无人驾驶航空器航向的垂直方向上,雾滴覆盖密度不小于 20 滴/cm<sup>2</sup> 的两侧边界之间的距离。

3.10

**单架次 single flight for pesticide application**

自起飞至返航降落的一次完整作业过程。

3.11

**连续喷雾作业时间 continuous application time**

植保无人驾驶航空器装载额定容量药液,单架次内自开始喷雾至喷完所有药液的时间。

3.12

**续航时间 endurance time**

植保无人驾驶航空器装载额定容量药液,单架次内自起飞至喷完所有药液后,直至其发出燃油(电量)  
不足报警返航降落,能维持的最长飞行时间。

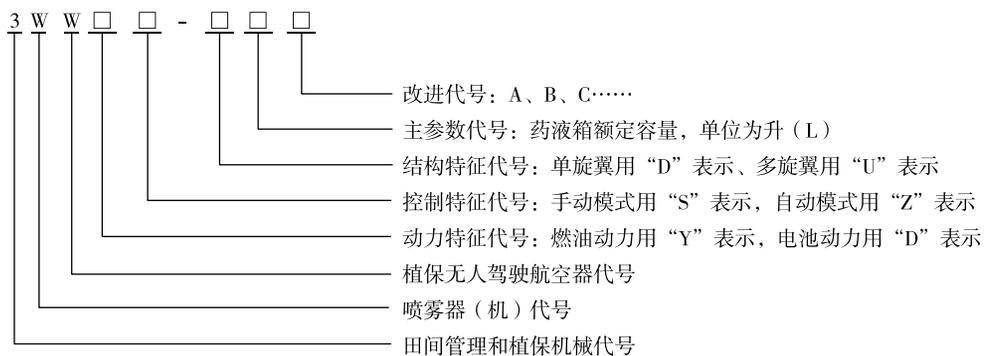
3.13

**地理围栏 geo fence**

为限制植保无人驾驶航空器飞入特定区域(包含机场禁空区、重点区、人口稠密区等),在相应电子地  
理范围中划出特定区域,并配合飞行控制系统、保障区域安全的软硬件系统。

4 型号编制规则

植保无人驾驶航空器产品型号由分类代号、特征代号和主参数代号等组成,表示方法为:



注:同时具备两种作业控制模式的植保无人驾驶航空器,以自动控制模式代号表示。

示例:3WWDZ-U20B 表示电动多旋翼自动型植保无人驾驶航空器,药液箱额定容量为 20 L,第二次改进型。

## 5 基本要求

### 5.1 质量评价所需的文件资料

所需文件资料应包括：

- a) 产品规格表(如附录 A 所示)；
- w) 产品执行标准或产品制造验收技术条件；
- x) 产品使用说明书；
- y) 三包凭证；
- z) 样机照片 4 张(正前方、正侧方、正前上方 45°、俯视各 1 张,产品铭牌照片 1 张)；
- f) 其他所需的文件资料。

### 5.2 主要技术参数核对与测量

依据产品使用说明书、铭牌和其他技术文件,对样机的主要技术参数按表 1 的要求进行核对或测量。

表 1 主要技术参数核对与测量项目及方法

序号	项目		单位	方法	
1	型号名称		/	核对	
2	飞行控制系统		/	核对	
3	空机重量		kg	测量	
4	整机额定工作压力		MPa	核对	
5	工作状态下的外形尺寸(长×宽×高)		mm	测量(不含旋翼、喷杆,含天线)	
6	旋翼	材质	/	核对	
		主旋翼数量	个	核对	
		直径	mm	核对	
7	药液箱	材质	/	核对	
		额定容量	L	核对	
		数量	个	核对	
8	喷头	型式	/	核对	
		数量	个	核对	
9	喷杆长度		mm	测量(喷幅方向最远喷头之间的距离)	
10	液泵	型式	/	核对	
		额定流量	L/min	核对	
		数量	个	核对	
11	配套动力	发动机	额定功率/转速	kW/(r/min)	核对
		电动机	KV 值	(r/min)/V	核对
			额定功率	W	核对
12	电池	型号名称	/	核对	
		型式	/	核对	
		电压	V	核对	
		容量	mAh	核对	
		数量	个	核对	
13	充电器	型号名称	/	核对	
		型式	/	核对	
		输入电压	V	核对	
		输出电压	V	核对	
		输出电流	A	核对	

### 5.3 试验条件

#### 5.3.1 试验介质

试验介质为不含固体杂质的常温清水。

### 5.3.2 试验环境

除特殊要求外,室内外试验环境的温度应为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度应为 $20\%\sim 95\%$ ;室外试验环境的海拔高度应为 $0\text{ m}\sim 800\text{ m}$ ,环境平均风速应不大于 $3\text{ m/s}$ ,最大风速应不大于 $5.4\text{ m/s}$ 。室外试验应选取空旷的露天场地,场地表面有植被覆盖。

### 5.3.3 试验样机

试验样机应按使用说明书的规定,进行安装和调试,达到正常状态后,方可进行试验。

### 5.3.4 主要仪器设备

试验用仪器设备应经过计量检定或校准且在有效期内。仪器设备的测量范围和准确度/最大允许误差应不低于表2的规定。

表2 主要仪器设备测量范围和准确度/最大允许误差要求

序号	测量参数	测量范围	准确度/最大允许误差
1	长度	$0\text{ m}\sim 5\text{ m}$	1 mm
		$5\text{ m}\sim 200\text{ m}$	1 cm
2	转速	$0\text{ r/min}\sim 10\ 000\text{ r/min}$	0.5%
3	时间	$0\text{ h}\sim 24\text{ h}$	1 s/d
4	质量	$0\text{ kg}\sim 200\text{ kg}$	0.05 kg
5	体积(容积)	$0\text{ mL}\sim 100\text{ mL}$	1 mL
		$0\text{ L}\sim 100\text{ L}$	0.2 L
6	压力	$0\text{ MPa}\sim 1.6\text{ MPa}$	0.4级
7	风速	$0\text{ m/s}\sim 10\text{ m/s}$	3% FS
8	温度	$-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	1 $^{\circ}\text{C}$
9	湿度	$10\%\text{ RH}\sim 95\%\text{ RH}$	5% RH
10	水平定位	$0\text{ m}\sim 200\text{ m}$	0.05 m
11	高度定位	$0\text{ m}\sim 50\text{ m}$	0.05 m

## 6 质量要求

### 6.1 一般要求

- 6.1.1 植保无人驾驶航空器在 $(60\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度 $(95\%\pm 2\%)$ 的环境下静置4 h后,应能正常工作。
- 6.1.2 植保无人驾驶航空器应具有良好的抗风性能,可在 $(6\pm 0.5\text{ m/s})$ 风速的环境中正常工作。
- 6.1.3 植保无人驾驶航空器的防水性能应不低于GB/T 4208规定的防水等级IPX5,防水性能试验后,植保无人驾驶航空器应能正常工作。
- 6.1.4 植保无人驾驶航空器应具有药液和燃料(或电量)剩余量显示功能,且应便于操作者观察。
- 6.1.5 植保无人驾驶航空器应配备飞行信息存储系统,实时记录并保存飞行作业信息。信息至少应包括:植保无人驾驶航空器的位置、海拔、速度信息,以及制造商、产品型号、产品编号信息。
- 6.1.6 植保无人驾驶航空器应具备远程通信功能,发送飞行作业信息至远程管理系统。信息至少应包括植保无人驾驶航空器的位置、海拔、速度信息,以及操控员身份、制造商、产品型号、产品编号信息。
- 6.1.7 燃油动力植保无人驾驶航空器按使用说明书规定的操作方法起动3次,其中成功次数应不少于2次。
- 6.1.8 承压管路系统,包括仪表、压力计管路和所有承压软管,应能承受不小于规定最高工作压力1.5倍的压力而无泄漏。承压软管上应有永久性标志,标明制造商和最高允许工作压力。
- 6.1.9 药液箱总容量与其额定容量之比应不小于1.05且不大于1.1。加液口直径应不小于10 cm。配置多个药液箱的,各药液箱应能互相连通。

### 6.2 性能要求

- 6.2.1 自动控制模式的植保无人驾驶航空器应具有手动控制模式功能,飞行过程中两种模式应能自由切

换,且切换时飞行状态应无明显变化。

6.2.2 植保无人驾驶航空器在自动控制模式下飞行,水平匀速运动的速度误差应不大于 0.4 m/s;百米水平飞行航迹误差在水平和竖直方向上均应不大于 0.4 m。

6.2.3 植保无人驾驶航空器空载和满载悬停时,不应出现掉高或坠落等现象。

6.2.4 植保无人驾驶航空器连续喷雾作业时间应满足表 3 的要求。植保无人驾驶航空器续航时间与连续喷雾作业时间之比应不小于 1.2。

表 3 连续喷雾作业时间要求

药液箱额定容量 V,L	连续喷雾作业时间,min
$V < 10$	$\geq 5$
$10 \leq V \leq 15$	$\geq 7$
$V > 15$	$\geq 9$

6.2.5 植保无人驾驶航空器作业后,药液箱内药液残留量应不大于 30 mL。

6.2.6 植保无人驾驶航空器加液口应设置过滤网,应保证加液畅通、无液体溢出。植保无人驾驶航空器至少应具有二级过滤装置,过滤装置应便于清洗。加液口过滤网网孔尺寸应不大于 1 mm,末级过滤网网孔尺寸应不大于 0.7 mm。

6.2.7 植保无人驾驶航空器喷雾系统应具有良好的防滴性能,停止喷雾 5 s 后,出现漏滴现象的喷头不应超过 1 个,且其漏滴的液滴数应不大于 2 滴/min。

6.2.8 植保无人驾驶航空器喷雾量偏差不应超过设定值的 $\pm 5\%$ ,沿喷幅方向上喷雾量分布均匀性变异系数应不大于 35%。

6.2.9 植保无人驾驶航空器在自动控制模式下作业,转弯、掉头、悬停时不得喷雾。

6.2.10 植保无人驾驶航空器作业幅宽应符合使用说明书中明示值。

6.2.11 植保无人驾驶航空器纯作业小时生产率应符合使用说明书中明示值。

6.2.12 具有断点续喷功能的植保无人驾驶航空器,结束喷雾作业的断药点与续喷点之间水平距离应不大于 1 m,且植保无人驾驶航空器到达续喷点后,应能立刻开始喷雾作业。

6.2.13 具有仿地飞行功能的植保无人驾驶航空器,仿地飞行作业时应避免与不大于 20°坡道发生碰撞,且竖直方向与坡道的实际距离和设定作业高度之间的偏差应不大于 0.6 m。

### 6.3 安全要求

6.3.1 可产生高温的外露部件(包括发动机、排气管等)对人员易产生伤害的部位,应设置防护装置,避免人手或身体触碰。

6.3.2 存在潜在风险的部位附近应固定永久性的符合 GB 10396 规定的安全标志,在机体的明显位置还应有警示操作者使用安全防护用具的安全标识。

6.3.3 植保无人驾驶航空器应具有良好的密封性能,各零部件及连接处应密封可靠,除喷头外,不应出现药液或其他液体渗漏现象。

6.3.4 植保无人驾驶航空器应具有限高、限速、限距功能。限高值、限速值、限距值均应不大于制造商的明示值。

6.3.5 植保无人驾驶航空器在地理围栏外飞行,不得触碰围栏边界;在地理围栏内,不得启动。

6.3.6 植保无人驾驶航空器对通讯链路中断、燃料或电量不足、全球导航卫星系统信号丢失等异常情形应具有报警和失效保护功能。

6.3.7 植保无人驾驶航空器应具有避障功能。在制造商明示的最大作业速度下不得与垂直于地面的直径 $(2\pm 0.5)$ cm的管状障碍物碰撞。植保无人驾驶航空器离开障碍物,应能重新可控。

6.3.8 植保无人驾驶航空器的射频电场辐射抗扰度应不低于表 4 的 B 级要求。通讯与控制系统辐射骚

扰限值应满足表 5 要求。

表 4 电磁兼容-射频电场辐射抗扰度

等级	试验样品功能丧失或性能降级程度	试验样品功能丧失或性能降低现象
A	各项功能和性能正常	①测控信号传输中断或丢失； ②对操控信号无响应或飞行控制性能降低； ③喷洒设备对操控信号无响应； ④其他功能的丧失或性能的降低
B	未出现现象①或②。出现现象③或④，且在干扰停止后 2 min (含)内自行恢复，无需操作者干预	
C	未出现现象①或②。出现现象③或④，且在干扰停止 2 min 后仍不能自行恢复，在操作者对其进行复位或重新启动操作后可恢复	
D	出现现象①或②；或未出现现象①或②，但出现现象③或④，且因硬件或软件损坏、数据丢失等原因不能恢复	

表 5 电磁兼容-辐射骚扰限值

频率 $f$	测量值	限值, dB( $\mu$ V/m)
30 MHz $\leq f <$ 230 MHz	准峰值	40
230 MHz $\leq f <$ 1 GHz	准峰值	47
1 GHz $\leq f <$ 3 GHz	平均值/峰值	56/76
3 GHz $\leq f <$ 6 GHz	平均值/峰值	60/80

6.3.9 锂离子电池或电池组应有过放电、过充电保护功能和短路保护功能；跌落至水泥地面上，应不起火、不爆炸。

6.4 装配和外观质量

6.4.1 装配应牢固可靠，旋翼应有紧固措施。

6.4.2 外观应整洁，不应有毛刺和明显的伤痕、变形等缺陷。

6.5 操作方便性

6.5.1 保养点设计应合理，便于操作，过滤装置应便于清洗。

6.5.2 药液箱设计应合理，加液方便。外表面应有容量刻度标记，操作者应能方便清晰观察到液位。在不使用工具情况下能方便、安全排空，不污染操作者。

6.5.3 电池、旋翼和喷头等零部件应便于更换。

6.6 可靠性

植保无人驾驶航空器首次故障前平均作业时间应不小于 60 h。

6.7 使用信息

6.7.1 使用说明书

植保无人驾驶航空器的制造商或供应商应随机提供使用说明书，使用说明书的编制应符合 GB/T 9480 的规定。使用说明书应规定操作和维修保养的安全注意事项，至少应包括以下内容：

- a) 适用范围；
- b) 型号规格；
- c) 安装、调整、校准及相关安全功能使用调试；
- d) 起动和停止步骤；
- e) 整机装配示意图；
- f) 地面控制站介绍；
- g) 运输状态布置；
- h) 安全停放步骤；
- i) 维护和保养要求；
- j) 有关安全使用规则的要求；
- k) 故障处理说明；
- l) 制造商名称、地址和电话。

### 6.7.2 三包凭证

植保无人驾驶航空器应有三包凭证,至少应包括以下内容:

- a) 产品名称、型号规格、产品编号;
- b) 制造商名称、地址、电话和邮编;
- c) 销售者和修理者的名称、地址、电话和邮编;
- d) 三包项目;
- e) 三包有效期(包括整机三包有效期、主要部件质量保证期,以及易损件和其他零部件的质量保证期,其中整机三包有效期和主要部件质量保证期不得少于1年);
- f) 主要部件清单;
- g) 销售记录(包括销售日期、购机发票号码);
- h) 修理记录(包括送修时间、送修故障、修理情况、退换货证明);
- i) 不承担三包责任的情况说明。

### 6.7.3 铭牌

植保无人驾驶航空器上应安装牢固的产品铭牌。铭牌应符合 GB/T 13306 的规定,内容至少应包括:

- 型号、名称;
- 空机重量、整机药液箱额定容量;
- 发动机功率或电机功率和电池容量等主要技术参数;
- 产品执行标准编号;
- 生产日期和出厂编号;
- 制造商名称、地址。

## 7 试验方法

### 7.1 试验条件测定

按照 GB/T 5262 的规定测定温度、湿度、大气压力、海拔、风速等气象条件。

### 7.2 一般要求试验

#### 7.2.1 环境适应性试验

将植保无人驾驶航空器安装成工作状态,放置在温度 $(6\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C})$ 、相对湿度 $95\%\pm 2\%$ 的试验箱内,机体任意点与试验箱壁(除底面)距离不小于0.3 m,静置4 h后取出,在室温下再静置1 h。然后,加注额定容量试验介质,按照使用说明书规定进行飞行作业,观察植保无人驾驶航空器工作是否正常。

#### 7.2.2 抗风性能试验

植保无人驾驶航空器加注额定容量试验介质,置于风向稳定、风速为 $(6\pm 0.5)\text{ m/s}$ 的自然风或人工模拟风场中,手动操控其起飞、前飞、后飞、侧飞、转向、悬停、着陆,观察其是否正常工作。

#### 7.2.3 防水性能试验

按照 GB/T 4208 的 IPX5 防水试验方法对整机进行试验。试验时,植保无人驾驶航空器应处于通电状态,试验结束后,静置30 min,加注额定容量的试验介质进行喷雾作业,观察其是否能正常工作。

#### 7.2.4 药液和燃料(或电量)剩余量显示功能检查

检查植保无人驾驶航空器的地面控制系统是否能实时显示药液箱药液剩余量、燃料或电量剩余量、地面控制系统电量剩余量。

#### 7.2.5 飞行信息存储系统检查

操控植保无人驾驶航空器在测量场地内模拟田间作业5 min以上。待返航着陆后,检查其是否将本次飞行数据进行了加密存储。读取本次飞行作业过程的记录数据。检查加密存储数据内容是否包括本次飞行的位置、海拔、速度信息,是否包括制造商、产品型号、产品编号信息。

#### 7.2.6 远程监管通信功能检查

按7.2.5试验结束后,检查远程监管系统中是否有本次飞行的位置、海拔、速度信息和操控员信息,是

否包括制造商、产品型号、产品编号信息。

7.2.7 起动性能试验(适用燃油动力机型)

试验前,燃油动力植保无人驾驶航空器在室温下静置 1 h。按使用说明书规定的操作方法起动,试验进行 3 次,每次间隔 2 min。

7.2.8 承压性能试验

目测检查承压软管标志。承压管路系统耐压试验按 JB/T 9782—2014 中 4.10.2 规定的方法进行。

7.2.9 药液箱检查

向药液箱加注试验介质至溢出,测量箱内试验介质体积,记录总容量。计算药液箱总容量与额定容量之比。

测量药液箱加液孔直径,若配有漏斗等转接装置,则测量转接装置的加液口直径。

7.3 性能要求试验

7.3.1 作业控制模式切换稳定性试验

植保无人驾驶航空器在正常飞行状态下,控制其在手动控制模式和自动控制模式间进行自由切换,观察切换过程中植保无人驾驶航空器的飞行姿态是否平滑,是否出现偏飞、掉高或坠落等失控现象。

7.3.2 自动控制模式飞行精度测试

在试验场地内预设飞行航线,航线长度不小于 120 m,飞行高度不大于 5 m,飞行速度为 3 m/s~5 m/s。

植保无人驾驶航空器加注额定容量试验介质,以自动控制模式沿航线飞行,同时以不大于 0.1 s 的时间间隔对植保无人驾驶航空器空间位置进行连续测量和记录,如图 1 所示。试验重复 3 次。

将记录的航迹经纬度坐标按 CGCS2000 或 WGS84 的格式进行直角坐标转换;植保无人驾驶航空器的空间位置坐标记为  $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ; 其中,  $i = 0$  时为飞行过程中剔除加速区段间的稳定区开始位置,  $i = n$  时为飞行过程中剔除减速区段间的稳定区终止位置。整条航线的平面位置坐标记为  $ax + by + c = 0$ ,  $a, b, c$  系数依据航线方向和位置而定,按公式(1)~公式(3)分别计算偏航距(水平) $L_i$ 、偏航距(高度) $H_i$ 和速度偏差  $V_i$ , 测量值应为测量区间内计算的最大值。

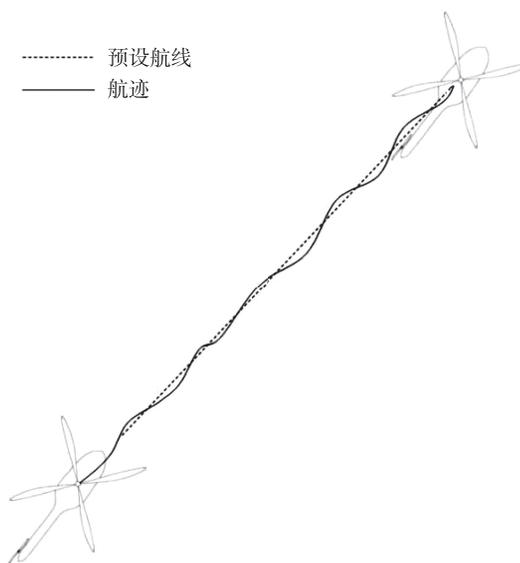


图 1 自动控制模式飞行精度测试

$$L_i = \frac{ax_i + by_i + c}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$L_i$ ——偏航距(水平)的数值,单位为米(m);

$x_i$ ——采集航迹点位置的的东西方向坐标值的数值,单位为米(m);

$y_i$ ——采集航迹点位置的南北方向坐标值的数值,单位为米(m)。

$$H_i = |z_i - z_{set}| \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$H_i$ ——偏航距(高度)的数值,单位为米(m);

$z_i$ ——采集航迹点位置的高度坐标值的数值,单位为米(m);

$z_{set}$ ——预设航线的高度坐标值的数值,单位为米(m)。

$$V_i = |v_i - v_{set}| \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$V_i$ ——速度偏差的数值,单位为米每秒(m/s);

$v_i$ ——采集航迹点位置的飞行速度的数值,单位为米每秒(m/s);

$v_{set}$ ——预设的飞行速度的数值,单位为米每秒(m/s)。

### 7.3.3 悬停性能试验

注满燃油(使用满电电池),分别在空载和满载条件下,操控植保无人驾驶航空器在一定飞行高度保持悬停,直至其发出燃油(电量)不足报警后立即(不超过 10 s)着陆,观察其飞行状态是否正常。

### 7.3.4 续航能力测试

注满燃油(使用满电电池),加注额定容量的试验介质。操控植保无人驾驶航空器在测试场地内以 4 m/s 飞行速度、2 m~3 m 飞行高度及合理的喷雾流量模拟田间施药,在其发出药液耗尽的提示信息后,保持机具继续飞行或悬停,直至其发出燃油(电量)不足报警后立即(不超过 10 s)着陆。记录续航时间与连续喷雾作业时间。

### 7.3.5 残留液量测试

按 7.3.4 试验结束后,将药液箱内残留液体倒入量杯或其他量具中,计量其容积。

### 7.3.6 过滤装置测试

检查过滤装置设置情况,并用显微镜或专用量具测出过滤网的网孔尺寸,圆孔测量直径,方形孔测量最大边长。

### 7.3.7 防滴性能试验

植保无人驾驶航空器在额定工况下喷雾,停止喷雾 5 s 后计时,观察出现滴漏现象的喷头数,记录各喷头 1 min 内滴漏的液滴数。

### 7.3.8 喷雾性能试验

7.3.8.1 喷雾量偏差试验。在额定工况下喷雾,用容器收集雾液,每次测量时间 1 min~3 min,重复 3 次,计算每分钟平均喷雾量,再根据额定喷雾量计算实际喷雾量偏差。

7.3.8.2 喷雾均匀性试验。试验宜在室内进行,如在室外进行,环境风速应不大于 2 m/s。将植保无人驾驶航空器以正常作业姿态固定于集雾槽上方,集雾槽的承接雾流面作为受药面应覆盖整个雾流区域,植保无人驾驶航空器机头应与集雾槽排列方向垂直。以制造商明示的作业高度进行喷雾,若制造商未给出作业高度,则在 2 m 作业高度喷雾。使用量筒收集集雾槽内沉积的试验介质,当其中任一量筒收集的喷雾量达到量筒标称容量的 90% 时或喷完所有试验介质时,停止喷雾。记录喷幅范围内每个量筒收集的喷雾量,并按公式(4)~公式(6)计算喷雾量分布均匀性变异系数。

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\bar{q}$ ——喷雾量平均值的数值,单位为毫升(mL);

$q_i$ ——各量筒收集的喷雾量的数值,单位为毫升(mL);

$n$ ——喷幅范围内的量筒总数。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$s$ ——喷雾量标准差的数值,单位为毫升(mL)。

$$V = \frac{s}{\bar{q}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$V$ ——喷雾量分布均匀性变异系数,单位为百分号(%)。

### 7.3.9 喷雾自适应控制功能测试

在试验场地内预设往返飞行航线,单程航线长度不小于 120 m。植保无人驾驶航空器加注额定容量试验介质,以制造商明示的作业参数进行自动控制模式喷雾作业;若制造商未给出作业参数,则设置 2 m 作业高度、3 m/s 飞行速度。在航线起点、往返航线切换点和航线终点观察,分别记录在 3 个位置的转弯、掉头、悬停状况及是否喷雾。

7.3.10 作业幅宽测试

将尺寸为(75±5)mm×(25±5)mm 的采样卡(水敏纸或卡罗米特纸等)水平夹持在 0.5 m 高的支架上,在植保无人驾驶航空器预设飞行航线的垂直方向(即沿喷幅方向),间隔不大于 0.2 m 或连续排列布置。试验介质应为清水,必要时可加染色剂。

植保无人驾驶航空器加注额定容量试验介质,以制造商明示的作业参数进行自动控制模式喷雾作业;若制造商未给出作业参数,则设置 2 m 作业高度、3 m/s 飞行速度。在采样区前 50 m 开始喷雾,后 50 m 停止喷雾。

计数各测点采样卡收集的雾滴数,计算各测点的单位面积雾滴数,从采样区两端逐个测点进行检查,两端首个单位面积雾滴数不小于 20 滴/cm<sup>2</sup>的测点位置作为作业喷幅两个边界。作业喷幅边界间的距离为作业幅宽。试验至少重复 3 次,取平均值,同时记录作业参数。一次试验中可布置 3 行采样卡代替 3 次重复试验,采样卡行距不小于 5 m。

7.3.11 纯作业小时生产率测试

计算纯作业小时生产率应确保植保无人驾驶航空器在额定每公顷施药量下测定,按公式(7)计算。

$$W_s = \frac{U}{T_s} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$W_s$ ——纯喷药小时生产率的数值,单位为公顷每小时(hm<sup>2</sup>/h);

$U$ ——班次作业面积的数值,单位为公顷(hm<sup>2</sup>);

$T_s$ ——纯喷药时间的数值,单位为小时(h)。

7.3.12 断点续喷试验(若适用)

植保无人驾驶航空器加注额定容量的试验介质,以制造商明示的作业参数进行自动控制模式喷雾作业,若制造商未给出作业参数,则设置 2 m 作业高度 3 m/s 飞行速度。当植保无人驾驶航空器喷完药液或燃料(电量)不足悬停时,记录断药点位置坐标。操控植保无人驾驶航空器返回,重新加燃料(更换电池)、加入额定容量的试验介质,继续喷雾作业。当植保无人驾驶航空器回到断药点附近悬停时,记录续喷点位置坐标。观察植保无人驾驶航空器到达续喷点后是否立刻喷雾。计算断药点与续喷点之间的水平距离。

7.3.13 仿地飞行试验(若适用)

在试验场地设置标准坡道台面,坡道角度为 20°±1°,长度不少于 15 m。植保无人驾驶航空器加注额定容量的试验介质,操控植保无人驾驶航空器以仿地飞行模式沿坡道台面中轴线飞行,设定仿地飞行高度不大于 5 m、飞行速度不低于 2 m/s。观察植保无人驾驶航空器是否能避免与坡道发生碰撞,测量植保无人驾驶航空器与坡道台面在竖直方向上的距离,按公式(8)计算仿地飞行偏差。

$$\Delta H_i = |H_i - H| (i = 0, 1, 2 \dots n) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$\Delta H_i$ ——仿地飞行偏差的数值,单位为米(m);

$H_i$ ——植保无人驾驶航空器与坡道台面在竖直方向上距离的数值,单位为米(m);

$H$ ——植保无人驾驶航空器仿地飞行设置高度的数值,单位为米(m)。

7.4 安全要求试验

7.4.1 安全防护装置检查

目测检查发动机、排气管的安装位置是否处于人体易触碰的区域。目测检查机体上其他对人员易产生伤害的部位是否设置了防护装置。

7.4.2 安全标志和标识检查

目测检查植保无人驾驶航空器的旋翼、发动机、药液箱、排气管、电池等对操作者有风险的部位附近是否有永久性安全标志。

目测检查植保无人驾驶航空器机身明显位置是否具有警示操作者使用安全防护用具的安全标识。

#### 7.4.3 整机密封性能试验

植保无人驾驶航空器加注额定容量试验介质,在最高压力下喷雾,直至耗尽试验介质,检查零部件及连接处、各密封部位有无松动,是否有试验介质和其他液体泄漏现象。

#### 7.4.4 限高、限速和限距功能测试

##### 7.4.4.1 限高测试

在手动控制模式下操控植保无人驾驶航空器持续提升飞行高度,直至其无法继续向上飞行,并保持该状态 5 s 以上,测量此时植保无人驾驶航空器相对起飞点的飞行高度,即为限高值。

##### 7.4.4.2 限速测试

在手动控制模式下操控植保无人驾驶航空器平飞,逐渐增加飞行速度,直至其无法继续加速,并保持该速度 5 s 以上,测量此时植保无人驾驶航空器飞行速度,即为限速值。

##### 7.4.4.3 限距测试

在手动控制模式下操控植保无人驾驶航空器平飞,逐渐远离起飞点,直至其无法继续前进,测量此时植保无人驾驶航空器相对于起飞点的飞行距离,即为限距值。

#### 7.4.5 地理围栏测试

在试验场地内设置  $30\text{ m} \times 30\text{ m} \times 20\text{ m}$  的空间区域为地理围栏的禁飞区。

操控植保无人驾驶航空器以  $2\text{ m/s}$  飞行速度、 $5\text{ m}$  飞行高度接近直至触碰地理围栏,如图 2 所示。目测植保无人驾驶航空器与地理围栏发生接触前后采取的措施,具体包括报警提示、自动悬停、自动返航、自动着陆等。

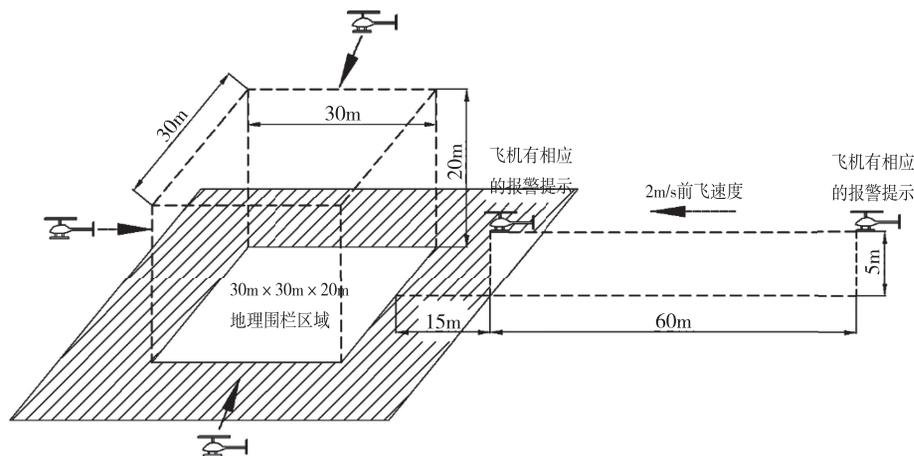


图 2 地理围栏测量过程图

将植保无人驾驶航空器搬运进地理围栏区域,目测其是否有报警提示且无法启动。

#### 7.4.6 报警和失效保护功能测试

##### 7.4.6.1 链路中断的失效保护试验

正常飞行状态下,操控植保无人驾驶航空器持续飞行,过程中适时中断通讯链路,目测其是否悬停、自动返航或自动着陆。

##### 7.4.6.2 低燃油(低电量)失效保护试验

正常飞行状态下,操控植保无人驾驶航空器持续飞行,目测其电池电量过低时,是否具有制造商声明的失效保护功能。

##### 7.4.6.3 失效报警功能检查

目测检查植保无人驾驶航空器在触发失效保护时,是否能发出声、光或振动的报警提示。

7.4.7 避障功能测试

植保无人驾驶航空器加注额定容量试验介质,在自动控制模式下,以 2 m 的飞行高度,制造商明示的最大作业速度飞向直径(2±0.5)cm、高度 4 m 的镀锌管(垂直于地面),目测是否能自动避免与障碍物碰撞。操作植保无人驾驶航空器离开障碍物,目测是否重新可控。

7.4.8 电磁兼容性试验

7.4.8.1 射频电场辐射抗骚扰度试验

按照 GB/T 38909 的规定对植保无人驾驶航空器整机的射频电场辐射抗骚扰度能力进行评估,试验结果根据试验样品的功能丧失或性能降级程度分为 A、B、C、D4 个等级,见表 4。

7.4.8.2 辐射骚扰限值试验

按照 GB/T 9254.1 的规定对植保无人驾驶航空器整机的辐射电磁骚扰水平进行评估。

7.4.9 锂电池试验

7.4.9.1 过充电、过放电试验

按照 GB/T 38058—2019 中 6.5.5 和 6.5.6 规定的方法进行试验。

7.4.9.2 短路试验

按照 GB/T 38058—2019 中 6.5.7 规定的方法进行试验。

7.4.9.3 跌落试验

按照 GB/T 38058—2019 中 6.5.9 规定的方法进行试验。

7.5 装配和外观质量检查

目测检查是否符合 6.4 的要求。

7.6 操作方便性检查

通过实际操作,检查样机是否符合 6.5 的要求。

7.7 可靠性试验

7.7.1 故障分级

故障类别见表 6。

表 6 故障类别表

故障类别	故障示例
致命故障	坠机、爆炸、起火
严重故障	发动机/电机/电池等动力故障
	控制失效或控制执行部件故障
	作业时机上任意部件飞出
一般故障	旋翼损坏
	紧固件松动
	施药控制设备故障
	无线电通讯设备故障
	地面控制系统设备故障
轻微故障	罩壳松动
	喷头或管路堵塞

7.7.2 首次故障前平均作业时间考核

按累计 80 h 定时截尾进行考核,记录植保无人驾驶航空器发生首次严重故障和一般故障(轻微故障不计)前的作业时间,计算首次故障前平均工作时间。

在全部性能试验和可靠性试验过程中,出现致命故障时,判定可靠性不合格。

## 7.8 使用信息检查

### 7.8.1 使用说明书检查

按照 6.7.1 的要求逐项检查。

### 7.8.2 三包凭证检查

按照 6.7.2 的要求逐项检查。

### 7.8.3 铭牌检查

按照 6.7.3 的要求逐项检查。

## 8 检验规则

### 8.1 不合格项目分类

检验项目按其对产品的影响程度,分为 A、B 两类。不合格项目分类见表 7。

表 7 检验项目及不合格分类

项目分类	序号	项目名称	对应的质量要求条款号	对应的试验方法条款号
A	1	安全防护装置	6.3.1	7.4.1
	2	安全标志和标识	6.3.2	7.4.2
	3	整机密封性能	6.3.3	7.4.3
	4	限高、限速、限距功能	6.3.4	7.4.4
	5	地理围栏	6.3.5	7.4.5
	6	报警和失效保护功能	6.3.6	7.4.6
	7	避障功能	6.3.7	7.4.7
	8	电磁兼容性	6.3.8	7.4.8
	9	锂电池	6.3.9	7.4.9
B	1	环境适应性	6.1.1	7.2.1
	2	抗风性能	6.1.2	7.2.2
	3	防水性能	6.1.3	7.2.3
	4	药液和燃料(电量)剩余量显示功能	6.1.4	7.2.4
	5	飞行信息存储系统	6.1.5	7.2.5
	6	远程通讯功能	6.1.6	7.2.6
	7	起动性能	6.1.7	7.2.7
	8	承压性能	6.1.8	7.2.8
	9	药液箱	6.1.9	7.2.9
	10	作业模式切换稳定性	6.2.1	7.3.1
	11	自动控制模式飞行精度	6.2.2	7.3.2
	12	悬停性能	6.2.3	7.3.3
	13	续航能力	6.2.4	7.3.4
	14	残留液量	6.2.5	7.3.5
	15	过滤装置	6.2.6	7.3.6
	16	防滴性能	6.2.7	7.3.7
	17	喷雾性能	6.2.8	7.3.8
	18	喷雾自适应控制功能	6.2.9	7.3.9
	19	作业幅宽	6.2.10	7.3.10
	20	纯作业小时生产率	6.2.11	7.3.11
	21	断点续航功能	6.2.12	7.3.12
	22	仿地飞行功能	6.2.13	7.3.13
	23	装配和外观质量	6.4	7.5
	24	操作方便性	6.5	7.6
	25	可靠性	6.6	7.7
	26	使用信息	6.7	7.8

### 8.2 抽样方案

8.2.1 抽样方案按 GB/T 2828.11—2008 中附录 B 表 B.1 的规定制订,见表 8。

表 8 抽样方案

检验水平	0
声称质量水平(DQL)	1
检查总体(N)	10
样本量(n)	1
不合格品限定数(L)	0

8.2.2 采用随机抽样,在制造单位 6 个月内生产的合格产品中或正销售的产品中随机抽取 2 台,其中 1 台用于检验,另 1 台备用。由于非质量原因造成试验无法继续进行,启用备用样机。抽样基数应不少于 10 台,市场或使用现场抽样不受此限。

### 8.3 判定规则

#### 8.3.1 样机合格判定

对样机的 A、B 类检验项目逐项进行考核和判定。当 A 类不合格项目数为 0(即  $A=0$ )、B 类不合格项目数不超过 1(即  $B \leq 1$ )时,判定样机为合格品;否则,判定样机为不合格品。

#### 8.3.2 综合判定

若样机为合格品(即样本的不合格品数不大于不合格品限定数),则判定通过;若样机为不合格品(即样本的不合格品数大于不合格品限定数),则判定不通过。

附 录 A  
(规范性)  
产品规格表

产品规格表见表 A.1。

表 A.1 产品规格表

序号	项目		单位	设计值
1	型号名称		/	
2	飞行控制系统		/	<input type="checkbox"/> 无 RTK <input type="checkbox"/> 单基站 RTK(整机销售 配套基站) <input type="checkbox"/> 网络 RTK <input type="checkbox"/> 其他: <input type="checkbox"/> 前避障 <input type="checkbox"/> 前后避障 <input type="checkbox"/> 绕障 <input type="checkbox"/> 其他:
3	空机重量		kg	
4	整机额定工作压力		MPa	
5	工作状态下的外形尺寸(长×宽×高)		mm	
6	旋翼	材质	/	
		主旋翼数量	个	
		直径	mm	
7	药液箱	材质	/	
		额定容量	L	
		数量	个	
8	喷头	型式	/	<input type="checkbox"/> 液力式 <input type="checkbox"/> 离心式 <input type="checkbox"/> 其他:
		数量	个	
9	喷杆长度		mm	
10	液泵	型式	/	<input type="checkbox"/> 蠕动泵 <input type="checkbox"/> 隔膜泵 <input type="checkbox"/> 其他:
		额定流量	L/min	
		数量	个	
11	配套 动力	发动机	额定功率/转速	kW/(r/min)
		电动机	KV 值	(r/min)/V
			额定功率	W
12	电池	型号名称	/	
		型式	/	<input type="checkbox"/> 智能电池 <input type="checkbox"/> 非智能电池
		电压	V	
		容量	mAh	
		数量	个	
13	充电器	型号名称	/	
		型式	/	<input type="checkbox"/> 智能充电器 <input type="checkbox"/> 非智能充电器
		输入电压	V	
		输出电压	V	
		输出电流	A	

注:RTK 的全称是 real time kinematic,指利用载波相位差分技术实现实时动态定位。