



# 团 体 标 准

T/ZZB 1936—2025

代替 T/ZZB 1936—2020

多旋翼植保无人飞机

Multi-rotor crop protection UAV

DEFINED

QUALITY

2025 - 12 - 19 发布

2026 - 01 - 19 实施



## 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 型号及基本参数 .....	2
5 基本要求 .....	3
6 技术要求 .....	3
7 试验方法 .....	7
8 检验规则 .....	14
9 标志、包装、运输和贮存 .....	16
10 质量承诺 .....	17
附录 A（规范性） 基本参数确认表 .....	18

## 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T/ZZB 1936—2020《多旋翼植保无人飞机》，与T/ZZB 1936—2020相比，除机构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了型号编码规则（见 4.1，2020年版的 4.1）；
- 增加了喷雾自适应控制功能及其试验方法（见 6.1.14、7.2.14）；
- 增加了仿地飞行功能及试验方法（见 6.1.15、7.2.15）；
- 更改了电池组安全要求（见 6.7，2020年版的 6.7）；
- 更改了电池组安全要求的试验方法（见 7.8，2020年版的 7.8）；
- 增加了可靠性要求及试验方法（见 6.9、7.10）；
- 更改了检验项目（见表 5，2020年版的表 4）。

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。

本文件由浙江省质量协会提出并归口。

本文件主要起草单位：杭州启飞智能科技有限公司。

本文件参与起草单位（排名不分先后）：浙江方圆检测集团股份有限公司、浙江驭云航空科技有限公司、杭州瓦屋科技有限公司、台州添翼航空科技有限公司、浙江工业大学、中国计量大学。

本文件主要起草人：陈如城、周杭超、钟永盛、刘琛、吕冰海、徐润统、陈玮宇、姚欣、任佳琦、陈勇、沈焱炯、邵振程、李步升、郑恩辉、陈彬翔、翁海舟。

本文件评审专家组长：施进。

本文件及其所替代文件的历次版本发布情况为：

- 2020年首次发布为 T/ZZB 1936—2020；
- 本次为第一次修订。

# 多旋翼植保无人飞机

## 1 范围

本文件规定了多旋翼植保无人飞机的术语和定义、型号及基本参数、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、质量承诺。

本文件适用于多旋翼植保无人飞机（以下简称植保无人飞机）。

## 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 191 包装储运图示标志

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

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/T 10111 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序

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 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 18678 植物保护机械 农业喷雾机（器）药液箱额定容量和加液孔直径

GB/T 38058-2019 民用多旋翼无人机系统试验方法

GB/T 43071-2023 植保无人飞机

NY/T 3213-2023 植保无人驾驶航空器质量评价技术规范

## 3 术语和定义

NY/T 3213-2023界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**多旋翼植保无人飞机** multi-rotor crop protection UAV

具有四个及以上旋翼的植保无人飞机称为多旋翼植保无人飞机。

### 3.2

**断点续喷功能** function of breakpoint continue spraying

具有自主飞行控制模式的植保无人飞机在作业过程中因故需要离开作业点（称为“断点”），如返回到起飞点加注农药、燃料或更换电池等，然后再自动返回到断点处继续进行作业的功能。

### 3.3

**视距内飞行** visual line of sight flying

植保无人飞机在驾驶员或观测员与植保无人飞机保持直接目视视觉接触的范围内运行，该范围为目视视距内半径不大于500 m，且人、机相对高度不大于120 m。

### 3.4

**扩展视距** extended visual line of sight

借助或使用视觉延展装置（如望远镜、FPV等）能够看到的视距范围。 3.5

### 3.5

**扩展视距飞行** extended visual line of sight flying

植保无人飞机在目视视距以外运行，驾驶员或者观测员借助视觉延展装置操控植保无人飞机，属于超视距运行的一种。

3.6

飞行真高 true flight altitude

植保无人机飞行时距离其正下方地平面的垂直距离，即以植保无人机正下方地平面为基准的高度。

3.7

操作密钥 operation key

解锁植保无人机前需要进行的认证信息。

3.8

载波相位差分技术 real-time kinematic, RTK

全球卫星导航定位技术与数据通信技术相结合的载波相位实时动态差分定位技术，它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果。

3.9

规划避障 planning obstacle avoidance

在航线规划时标注地形障碍及其他影响飞行的危险，并利用飞控系统引导植保无人机躲避，以实现安全机动飞行。

3.10

主动避障 automatic obstacle avoidance

植保无人机飞行过程中利用传感器主动探测并发现交通冲突、地形障碍以及其他影响正常飞行的危险且自动躲避，以实现安全机动飞行。

3.11

全天时避障功能 function of all-time obstacle avoidance

在符合正常作业条件的简单气象条件下的昼间和夜间，植保无人机在飞行过程中能够看见、察觉或发现交通冲突、地形障碍以及其他影响正常飞行的危险并做出适当行动（如悬停或绕开等）的能力。

3.12

防重喷漏喷功能 function of preventing over dispersal and blank dispersal

有效防止对已喷施过的目标区域再次进行不需要的、过多的喷洒以及喷洒目标区局部地段没有雾滴覆盖的功能。

3.13 防农药漂移功能 function of preventing pesticide drift

有效防止施撒的部分农药受气流的影响在目标区域外运动或沉降的功能。

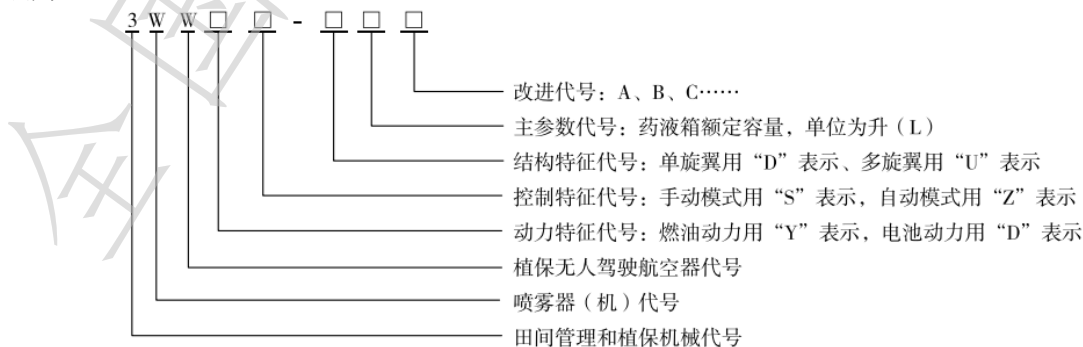
3.14 定位误差 positioning error

植保无人机向指定点定位时的实际位置坐标和指定位置坐标之间的误差。

4 型号及基本参数

4.1 型号编制

植保无人机产品型号由植保无人机分类代号、特征代号和主参数代号等组成，产品型号表示方法为：



注：同时具备两种作业控制模式的植保无人机，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机，药液箱额定容量为 20L，第二次改进型。

## 4.2 基本参数

基本参数见附录A。

## 5 基本要求

### 5.1 制造商的研发设计

- 5.1.1 应采用计算机分析软件对机身主要结构部件进行受力和疲劳分析。
- 5.1.2 应具备人机交互方式及工艺连线标准接口的设计能力。
- 5.1.3 应具备无人机运动模型建模和运动算法的研发能力。
- 5.1.4 应具备无人机喷洒模型的建模能力。

### 5.2 主要零件材料

- 5.2.1 药箱、机身外壳应无毒、耐腐蚀、不脱落，不产生微粒，不与药物或有要求的工艺介质发生化学反应或向药物中释放有毒有害物质。
- 5.2.2 电机、飞控均需要有 IP67 以上的防尘防水处理。

### 5.3 制造商的工艺装备

采用3D打印机对小批量研发的部件进行生产加工。

### 5.4 制造商的检测能力

- 5.4.1 应具备高低温试验检测设备。
- 5.4.2 应具备雷击浪涌测试设备和 ESD 静电检测设备。
- 5.4.3 应具有电子水平仪和角度检测能力。

## 6 技术要求

### 6.1 一般要求

#### 6.1.1 环境适应性

植保无人机在温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $95\% \pm 2\%$ 环境条件下，进行4h的耐候试验后，应能正常作业。

#### 6.1.2 抗风性能

植保无人机应能在 $6\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$ 风速的自然环境中正常飞行。

#### 6.1.3 起动性能

植保无人机在常温条件下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。

#### 6.1.4 药液和燃料（电量）显示功能

植保无人机应具有药液剩余量（或使用量）和燃料（电量）剩余量显示功能，且应便于操作者观察。

#### 6.1.5 悬停性能

植保无人机空载和满载悬停时，不应出现掉高或坠落等现象，且满载悬停时间不小于10min。

#### 6.1.6 作业控制模式切换稳定性

同时具备手动控制模式和自主控制模式的植保无人机，应能确保飞行过程中两种模式的自由切换，且切换时飞行状态应无明显变化。

#### 6.1.7 飞行信息存储系统

植保无人机应配备飞行信息存储系统，每秒至少存储1次，实时记录并保存飞行作业情况。存储系统记录的内容至少应包括：植保无人机身份信息、位置坐标、飞行速度、飞行高度。

#### 6.1.8 远程监管系统通信功能

植保无人机应具备远程监管系统通讯功能。

#### 6.1.9 喷洒作业功能

- 6.1.9.1 植保无人机应具有断点续喷功能。
- 6.1.9.2 植保无人机应具有防重喷漏喷功能。
- 6.1.9.3 植保无人机应具有防农药漂移功能。

#### 6.1.10 承压性能

承压管路应能承受不小于植保无人机最高工作压力1.5倍的压力而无渗漏。

#### 6.1.11 药液箱

药液箱总容量和加液口直径应符合GB/T 18678的要求。

#### 6.1.12 停放稳定性

植保无人机在空载和满载条件下，以纵向、横向2个方向停放在坡度为10°的坚硬地面上应保持稳定。

#### 6.1.13 密封性能

正常工作时，各零部件及连接处应密封可靠，不应出现药液和其他液体泄漏现象。

#### 6.1.14 喷雾自适应控制功能

植保无人机在自动控制模式下作业，转弯、掉头、悬停时不得喷雾。

#### 6.1.15 仿地飞行功能

具有仿地飞行功能的植保无人机，仿地飞行作业时应避免与不大于 20° 坡道发生碰撞，且垂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0.6m。

### 6.2 性能要求

植保无人机主要性能指标应符合表1的规定。

表1 性能指标要求

序号	项目		质量指标
1	手动控制模式飞行性能		应能够控制在视距内或扩展视距内飞行，操控灵活，动作准确，飞行状态平稳
2	自主控制模式飞行精度	偏航距（水平）	≤0.4 m
		偏航距（高度）	≤0.4 m
		速度偏差	≤0.3 m/s
3	定位误差（水平）		≤0.3 m
4	定点悬停精度	水平方向	≤0.25 m
		高度方向	≤0.25 m
5	续航能力		最大续航时间与单架次最大作业时间之比应不小于 1.2
6	残留液量		≤30 mL
7	过滤装置	过滤级数	≥3

表1 (续)

序号	项目		质量指标
7	过滤装置	加液口过滤网网孔尺寸	$\leq 1 \text{ mm}$
		末级过滤网网孔尺寸	$\leq 0.7 \text{ mm}$
8	防滴性能		喷雾关闭5s后每个喷头的滴漏数应不大于5滴
9	喷雾性能	喷雾量偏差	$\leq 5 \%$
		喷雾量均匀性变异系数	$\leq 40 \%$
10	作业喷幅		不低于企业明示值
11	纯作业小时生产率		不低于企业明示值

### 6.3 安全要求

#### 6.3.1 安全防护装置

外露的发动机、排气管等可能产生高温的部件或其他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 安全标志

对操作者有危险的部位，应固定永久性的安全标识，在机具的明显位置还应有警示操作者使用安全防护用具的标识，安全标识应符合GB 10396的规定。

#### 6.3.3 设计飞行真高和设计飞行速度

植保无人机最大设计飞行速度应不大于15 m/s，最大设计飞行真高不超过20 m。

#### 6.3.4 最大起飞质量限值

植保无人机空机质量应不大于116 kg，最大起飞质量应不大于150 kg。

#### 6.3.5 限高、限速、限距功能

植保无人机应具有限高、限速、限距功能。

#### 6.3.6 电子围栏

植保无人机应配备电子围栏系统。

#### 6.3.7 操作密钥

植保无人机应具有操作人员身份密钥接入装置，经密钥连接后才能够控制植保无人机飞行。

#### 6.3.8 报警和失效保护功能

植保无人机对通信链路中断、燃料(电量)不足等情形应具有报警和失效保护功能。

#### 6.3.9 避障功能

植保无人机应具有主动避障功能，能实现全天时避障功能。当采用主动避障功能时，无人机应在距离障碍物（直径不小于2.5 cm）3 m以外能自动识别障碍物并自动悬停或者绕行避让。

#### 6.3.10 环境噪声

植保无人机运行时的噪声 $\leq 85 \text{ dB (A)}$ 。

#### 6.3.11 电磁兼容性

植保无人机应具有电磁兼容能力，其通信与控制系统辐射骚扰限值应满足表2的要求；其射频电场辐射抗扰度应达到表3的A级要求。

表2 电磁兼容-辐射骚扰限值

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

表3 电磁兼容-射频电场辐射抗扰度

等级	功能丧失或性能降低的程度	备注
A	各项功能和性能正常	试验样品功能丧失或性能降低现象有： 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或现象②。出现现象③或现象④，且在干扰停止后2min(含)内自行恢复，无需操作者干预	
C	未出现现象①或现象②。出现现象③或现象④，且在干扰停止2min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或现象②，或未出现现象①或现象②，但出现现象③或现象④，且因硬件或软件损坏、数据丢失等原因不能恢复	

#### 6.4 装配和外观质量

- 6.4.1 装配应牢固可靠，容易松脱的零部件应装有防松装置。
- 6.4.2 药箱安装平稳，有固定的药箱安装位置和唯一匹配紧固件，同一机型药箱相同。
- 6.4.3 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，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。
- 6.5.4 喷雾系统可切换使用压力喷头或离心喷头。

#### 6.6 防护等级

防尘防水等级应不低于GB/T 4208中规定的IP56。

#### 6.7 电池组安全要求

- 6.7.1 锂离子电池或电池组应有过放电、过充电保护功能。
- 6.7.2 锂离子电池或电池组应有短路保护功能。
- 6.7.3 锂离子电池组从1m高度跌落，电池不应起火、爆炸。

#### 6.8 使用信息

使用信息应符合9.1、9.2.6、9.2.7的规定。

#### 6.9 可靠性

植保无人飞机首次故障前作业时间应不小于80h，在80h内不应出现致命故障、严重故障和一般故障。

## 7 试验方法

### 7.1 试验条件

#### 7.1.1 试验介质

除特殊要求外，试验介质为常温下不含固体杂质的清水。

#### 7.1.2 试验环境

7.1.2.1 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 $0\text{ m}\sim 800\text{ m}$ ，环境平均风速应为 $0\text{ m/s}\sim 3\text{ m/s}$ ，最大风速应不超过 $5.4\text{ m/s}$ 。

7.1.2.2 室外试验应选取空旷的露天场地，场地面积应满足植保无人机日常作业要求，场地表面有植被覆盖。

#### 7.1.3 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。

#### 7.1.4 设备和仪器仪表

用于产品检验的仪器设备（包括专用设备）应经检定或校准并在有效期内，陪试设备应检验合格。所用测试仪器应满足预期的使用要求，其测量不确定度或最大允许误差应小于被测参数最大允许误差的三分之一。

### 7.2 一般要求试验

#### 7.2.1 环境适应性测试

将植保无人机放置在温度 $(60\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(95\pm 2)\%$ 的试验箱内，机体任意点与试验箱壁距离不小于 $0.3\text{ m}$ ，静置 $4\text{ h}$ 后取出，在室温下再静置 $1\text{ h}$ 。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，观察植保无人机工作是否正常。

#### 7.2.2 抗风性能测试

植保无人机在额定起飞质量条件下置于风向稳定，风速为 $(6\pm 0.5)\text{ m/s}$ 的自然风或人工模拟风场中，操控起飞、前飞、后飞、侧飞、转向、悬停、着陆等，观察其是否正常工作。

#### 7.2.3 起动性能测试

试验前，植保无人机在室温下静置 $1\text{ h}$ 。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 $2\text{ min}$ 。每次起动前，在不更换零件的条件下允许做必要的调整。

#### 7.2.4 药液和燃料（电量）显示功能检查

检查植保无人机的地面控制端是否能实时显示药液箱药液剩余量（或使用量）、燃料（电量）剩余量、地面控制端电量剩余量。

#### 7.2.5 悬停性能测试

注满燃油（使用满电电池），分别在空载和满载条件下，操控植保无人机在 $3\text{ m}$ 飞行高度保持悬停，直至其发出燃油（电量）不足报警后着陆，观察其飞行状态是否正常，记录起飞至着陆总时间。

#### 7.2.6 作业控制模式切换稳定性检查

植保无人机在正常飞行状态下，控制其在手动控制模式和自主控制模式间进行自由切换，观察切换过程中机具的飞行姿态是否平滑，是否出现坠落、偏飞等失控现象。

#### 7.2.7 飞行信息存储系统检查

操控植保无人机在测试场地内模拟田间施药飞行作业 $5\text{ min}$ 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。取本次飞行作业过程的 $5\text{ min}$ 的记录数据。检查加密存储数据内容是否涵

盖了本次飞行的速度、高度、位置信息，是否涵盖了其制造商、型号、编号信息。检查飞行数据的更新频率。

#### 7.2.8 远程监管通信功能检查

按 7.2.7 试验结束后，检查机具远程监管系统中是否有本次飞行的位置信息、飞行速度、飞行高度及操作者的身份信息。

#### 7.2.9 喷洒作业功能检查

##### 7.2.9.1 断点续喷功能检查

植保无人飞机通电，航线规划完成后，加注少量清水，操控其以自主控制模式作业，在喷洒完清水后，离开作业点（断点），返回到起飞点加注清水，同时对植保无人飞机断电后重新通电，然后观察其是否返回到断点处继续进行作业。再操控植保无人飞机以自主控制模式作业，手动设定断点，返回到起飞点，同时对其断电后重新通电，然后观察其是否返回到断点处继续进行作业。

##### 7.2.9.2 防重喷漏喷功能检查

核查植保无人飞机是否具有自主控制模式，如无，则判定其不符合要求；如具有自主控制模式以及配备RTK系统或者自主控制模式飞行精度满足表1要求，则判定机具符合要求。

##### 7.2.9.3 防农药漂移功能检查

核查植保无人飞机喷头的安装位置，如喷头位置位于旋翼正下方，则判定机具符合要求；如喷头位置不在旋翼正下方，则在额定起飞质量条件下，操控植保无人飞机在3 m高度悬停，开启喷雾功能，观察植保无人飞机喷幅范围内的雾滴是否受风场影响，雾场是否紊乱。

#### 7.2.10 承压性能测试

将喷头用无孔的圆片堵塞，将另一端与泵连接的胶管拔出与耐压试验台相连，启动试验台，缓慢升压至规定的压力（其中压力至少为1.5倍的植保无人飞机最高工作压力），保持1min，观察各处有无渗漏，试验前允许对连接部位进行调整。

#### 7.2.11 药液箱总容量和加液孔直径测试

7.2.11.1 向药液箱加注试验介质至溢出，测量箱内试验介质体积，即药液箱总容量。

7.2.11.2 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。

7.2.11.3 按 GB/T 18678 的规定检查药液箱总容量与药液箱额定容量关系及加液口直径是否满足要求。

#### 7.2.12 停放稳定性测试

选择一个坡度为10°表面平整的斜坡面，分别将空载和满载药液的植保无人飞机纵向和横向停放在斜坡上，观察植保无人飞机有无倾倒。

#### 7.2.13 密封性能测试

植保无人飞机加注额定容量试验介质，在植保无人飞机最高工作压力下喷雾，直至耗尽试验介质，检查过程中零部件及连接处、各密封部位有无松动，是否有药液和其他液体泄漏现象。

#### 7.2.14 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120m。植保无人飞机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2m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。

#### 7.2.15 仿地飞行功能测试

在试验场地设置标准坡道台面,坡道角度为  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$ ,长度不少于 15 m。植保无人机加注额定容量的试验介质,操控植保无人机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 2m/s。观察植保无人机是否能避免与坡道发生碰撞,测量植保无人机与坡道台面在竖直方向上的距离,按公式(1)计算仿地飞行偏差。

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

式中:

$\Delta H_i$ ——仿地飞行偏差的数值,单位为米(m);

$H_i$ —— 植保无人机与坡道台面在竖直方向上距离的数值,单位为米(m);

$H$ —— 植保无人机仿地飞行设置高度的数值,单位为米(m)。

### 7.3 性能试验

#### 7.3.1 手动控制模式飞行性能测试

7.3.1.1 在额定起飞质量条件下,手动控制模式下,目视视距内,向植保无人机发送单独的前飞、后飞、左移、右移控制指令,观察植保无人飞机动作跟随是否正确,是否姿态平稳、高度可控。

7.3.1.2 如机具配有视觉延展装置,则手动控制模式下,向植保无人机发送单独的前飞、后飞、左移、右移控制指令,植保无人机是否在扩展视距内可操作视觉延展装置飞行,观察植保无人飞机动作跟随是否正确,是否姿态平稳、高度可控。

#### 7.3.2 自主控制模式飞行精度测试

自主控制模式飞行精度试验按NY/T 3213-2023中7.3.2规定的方法进行。

#### 7.3.3 定位误差测试

在试验场地内,将植保无人机停放于某一水平地面处,将该点设置为目标点。在额定起飞质量条件下,操控植保无人机在自主飞行控制模式下向指定目标点定位,测量植保无人机实际定位点和设定目标点的位置误差值,重复3次,取平均值。

#### 7.3.4 定点悬停精度测试

在额定起飞质量条件下,操控植保无人机起飞,保持其在2m高度悬停30s,依据随机搭载的专用定位系统对植保无人机空间位置进行连续测量和记录,测得水平最大偏差和高度最大偏差,测试3次,取平均值。

#### 7.3.5 续航能力测试

注满燃油(使用满电电池),加入额定容量的试验介质。操控植保无人机在测试场地内以 3 m/s 飞行速度、3m 飞行高度及制造商明示喷药量的最小值模拟田间施药,在其发出药液耗尽的提示信息后,选取离起飞点较近的合适位置,保持机具悬停,直至其发出燃油(电量)不足报警后着陆,记录单架次最大作业时间为  $t_1$ 、起飞至着陆总时间  $t_2$ 。计算  $t_2/t_1$  数值,重复3次,取最小值。

#### 7.3.6 残留液量测试

按7.3.5试验结束后,测量残留液量,取平均值。

#### 7.3.7 过滤装置检查

检查过滤装置设置情况,并用视频测量仪或专用量具测出过滤网的网孔尺寸(圆孔测直径、方形孔测量最大边长),重复3次,取平均值。

#### 7.3.8 防滴性能测试

植保无人机在额定工作压力下进行喷雾,停止喷雾5 s后计时,观察出现滴漏现象的喷头数,计数各喷头1 min内滴漏的液滴数。

7.3.9 喷雾性能测试

7.3.9.1 喷雾量偏差测试

在额定工作压力下以容器承接雾液，每次测量时间1min~3min，重复3次，计算每分钟平均喷雾量，再根据喷雾量明示值计算喷头喷雾量偏差。

7.3.9.2 喷雾量均匀性变异系数测试

7.3.9.2.1 将植保无人机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，植保无人机机头应与集雾槽排列方向垂直。

7.3.9.2.2 植保无人机加注额定容量试验介质，在旋翼静止状态下，以制造商明示的最佳作业高度进行喷雾作业。若制造商未给出最佳作业高度，则以2 m作业高度喷雾。

7.3.9.2.3 使用量筒收集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。

7.3.9.2.4 记录喷幅范围内每个量筒收集的喷雾量，并按式（2）~式（4）计算喷雾量均匀性变异系数。

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

式中：

- $\bar{q}$ ——喷雾量平均值，单位为毫升（mL）；
- $q_i$ ——各测点的喷雾量，单位为毫升（mL）；
- $n$ ——喷幅范围内的测点总数。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $S$ ——喷雾量标准差，单位为毫升（mL）。

$$V = \frac{S}{\bar{q}} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $V$ ——喷雾量分布均匀性变异系数，单位为百分率（%）。

7.3.10 作业喷幅测试

喷幅试验按NY/T 3213-2023中7.3.8规定的方法进行。

7.3.11 纯作业小时生产率

注满燃油（使用满电电池），加入额定容量的试验介质，操控植保无人机以制造商明示的最佳作业工况模拟田间施药（应确保植保无人机每亩施药量不低于0.8 L），记录纯喷药时间 $T_s$ 和作业面积 $U$ ，按式（5）计算纯作业小时生产率。

$$W_s = \frac{U}{T_s} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$W_s$ ——纯喷药小时生产率,单位为公顷每小时( $\text{hm}^2/\text{h}$ );

$U$ ——作业面积,单位为公顷( $\text{hm}^2$ );

$T_s$ ——纯喷药时间,单位为小时(h)。

## 7.4 安全性能试验

### 7.4.1 安全防护装置检查

7.4.1.1 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。

7.4.1.2 检查机体上其他对人员易产生伤害的部位(除旋翼外)是否设置了防护装置。

7.4.1.3 检查机体上是否设置了四面避障雷达保护装置。

### 7.4.2 安全标识检查

7.4.2.1 检查植保无人飞机的旋翼、发动机、药液箱、排气管、电池等对操作者有危害的部位是否有永久性安全标识。

7.4.2.2 检查植保无人飞机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 设计飞行真高和设计飞行速度检查

检查植保无人飞机飞控系统可设置的最大的设计飞行真高和最大的设计飞行速度。

### 7.4.4 最大起飞质量限值确认

7.4.4.1 植保无人飞机使用满电电池在机身加挂配重至其总质量达到 150 kg,加挂配重时应考虑机身重心偏移,必要时可在起落架底部钩挂系留绳索,操控植保无人飞机起飞,若其无法离地升空,则判定其最大起飞质量小于 150 kg。

7.4.4.2 若植保无人飞机离地升空,则重新加挂配重至总质量 151 kg,重复起飞动作,观察其能否再次离地升空,判定其最大起飞质量是否超过 150 kg

### 7.4.5 限高、限速和限距功能测试

#### 7.4.5.1 限高测试

在手动控制模式下操控植保无人飞机持续提升飞行高度,直至其无法继续向上飞行,并保持该状态 5s 以上即认定为达到限高值,测量此时机具相对起飞点的最大飞行高度。

#### 7.4.5.2 限速测试

在手动控制模式下操控植保无人飞机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 5s 以上即认定为达到限速值,测量此时机具相对于地面的飞行速度。

#### 7.4.5.3 限距测试

在手动控制模式下操控植保无人飞机平飞,逐渐远离起飞点,直至其无法继续前进即认定为达到限距值,测量此时其相对于起飞点的飞行距离。

### 7.4.6 电子围栏测试

电子围栏试验按 NY/T 3213-2023 中 7.4.5 规定的方法进行。

### 7.4.7 操作密钥测试

机具通电,在未输入操作密钥条件下,操控遥控器,观察机具是否起飞;输入操作密钥,操控遥控器,观察机具是否起飞。

### 7.4.8 报警和失效保护功能测试

#### 7.4.8.1 链路中断的失效保护测试

正常飞行状态下，操控植保无人飞机持续飞行，过程中适时中断通信链路，目测其是否悬停、自动返航或自动着陆。

#### 7.4.8.2 低电量失效保护测试

正常飞行状态下操控植保无人飞机持续飞行，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。

#### 7.4.8.3 失效报警功能检查

检查植保无人飞机在触发失效保护时，是否能发出声、光或振动的报警提示。

#### 7.4.9 避障功能测试

##### 7.4.9.1 规划避障功能测试

植保无人飞机通电，在航线规划时标注地形障碍，操控机具以自主控制模式作业，目测是否具备能绕开标注障碍物的功能，即是否具有规划避障功能。

##### 7.4.9.2 主动避障功能测试

在自主控制模式下，操控植保无人飞机以2m的飞行高度，制造商明示的正常作业速度飞向直径2.5cm的障碍物，观察机具能否避免与障碍物碰撞，并记录避让方式。当机具识别障碍物悬停或将绕行避让时，操控机具原地降落，测量旋翼最外端至障碍物的距离。

##### 7.4.9.3 全天时避障功能测试

分别在符合正常作业条件要求的昼间和夜间的简单气象条件下，操控植保无人飞机以2 m/s的速度飞向电线杆、树木、草垛等任一障碍物，观察机具能否避免与障碍物碰撞，并记录避让方式。操控机具远离障碍物，测定机具是否能重新可控。

#### 7.4.10 环境噪声测试

在额定起飞质量条件下，操控植保无人飞机在3 m高度悬停，开启喷雾功能，在离植保无人飞机悬停中心点7.5米处插标杆，声级计置于标杆离地高度1.5 m处，记录此时噪声测试结果，测3次，取最大值。

#### 7.4.11 电磁兼容测试

##### 7.4.11.1 辐射骚扰限制测试

整机产生的电磁骚扰不应超过其预期使用场合允许的水平，对使用环境中其他植保无人飞机、农林机械、人和可燃物等的电磁影响可控。按照GB/T 9254的规定对植保无人飞机整机的辐射电磁骚扰水平进行评估。试验频率范围和限值见表2，试验前应确保电波暗室环境噪声电平至少比规定限值低6 dB。

##### 7.4.11.2 射频电场辐射抗骚扰度测试

按照GB/T 17626.3的规定对植保无人飞机整机的射频电磁场辐射抗扰度能力进行评估。试验设备用1 kHz正弦波对未调制信号进行80%的幅度调制来模拟射频辐射干扰情况，其中未调制信号的场强为10 V/m，扫描80 MHz~6GHz频率范围，发射分别在天线的水平极化和垂直极化方向上进行。

试验结果根据试验样品的功能丧失或性能降低程度分为A、B、C、D4个等级，见表3。

#### 7.5 装配和外观质量检查

用目测法检查是否符合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 防护等级试验

按GB/T 4208中规定的试验方法进行：

- a) 防尘试验在防尘试验箱内进行,被试设备按正常位置放入试验箱内,不与真空泵连接(被试设备内气压与周围大气压力相同),试验持续 8 h。试验结束,检查是否符合:壳内未进尘或如果壳内进尘,进尘不足以影响设备的正常操作或安全;
- b) 防水试验被试设备经受用带喷嘴的软管从各方向喷水 3min,喷嘴直径为 12.5mm,喷嘴离样品距离应保持 2.5m~3m,喷嘴处的水压使出水速率达到 100L/min±5L/min。试验结束,检查是否符合:壳内未进水或如果壳内进水,进水不足以影响设备的正常操作或安全。

## 7.8 电池组安全要求测试

7.8.1 过充电过放电按照 GB/T 38058-2019 中 6.5.5、6.5.6 规定的方法进行试验。试验过程中,电池应无爆炸、着火漏液现象发生。

7.8.2 短路试验按照 GB/T 38058-2019 中 6.5.7 规定的方法进行试验。试验过程中,电池应无过热、破裂、爆炸着火现象发生。

7.8.3 跌落试验按照 GB/T 38058-2019 中 6.5.9 规定的方法进行试验。试验过程中,电池应无爆炸、着火现象。

## 7.9 使用信息检查

7.9.1 铭牌按照 9.1 的要求逐项检查。

7.9.2 使用说明书按照 9.2.6 的要求逐项检查。

7.9.3 三包凭证按照 9.2.7 的要求逐项检查。

## 7.10 可靠性试验

### 7.10.1 故障分级

故障分级见表4

表4 故障分级

故障级别	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
一般故障	作业时机上任意部件飞出
	旋翼损坏
	施药控制设备故障
	无线电通信设备故障
轻微故障	地面控制端设备故障
	紧固件松动
	罩壳松动
	喷头堵塞
	30 min 内用随机工具排除的故障(可更换易损件)

### 7.10.2 可靠性

可靠性按累计100 h 定时截尾进行考核,记录植保无人机发生首次致命故障、严重故障或一般故障

(轻微故障不计)前的作业时间,按照公式(6)计算首次故障前平均工作时间。

$$MTTF = \frac{1}{\gamma} \left( \sum_{i=1}^{\gamma} t_i + \sum_{j=1}^{n-\gamma} t_j \right) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

MTTF——首次故障前平均工作时间，单位为小时(h)；

n ——试验台数；

γ ——发生首次故障的台数（当γ= 0 时，按γ= 1 计）；

t<sub>i</sub> ——第 i 台植保无人飞机发生首次故障的累计工作时间，单位为小时（h）；

t<sub>j</sub> ——试验结束时，未发生故障的第 j 台植保无人飞机工作累计时间，即100 h。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

### 8.2 出厂检验

8.2.1 植保无人飞机出厂前需由制造单位的质量检查机构按表 5 的检验项目逐台检验合格，并附有产品合格证明资料方可交付使用。

表5 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	环境适应性	6.1.1	7.2.1	—	√
2	抗风性能	6.1.2	7.2.2	—	√
3	起动性能	6.1.3	7.2.3	√	√
4	药液和燃料（电量）显示功能	6.1.4	7.2.4	√	√
5	悬停性能	6.1.5	7.2.5	—	√
6	作业控制模式切换稳定性	6.1.6	7.2.6	√	√
7	飞行信息存储系统	6.1.7	7.2.7	—	√
8	远程监管系统通信功能	6.1.8	7.2.8	—	√
9	喷洒作业功能	6.1.9	7.2.9	—	√
10	承压性能	6.1.10	7.2.10	—	√
11	药液箱	6.1.11	7.2.11	—	√
12	停放稳定性	6.1.12	7.2.12	—	√
13	密封性能	6.1.13	7.2.13	√	√
14	喷雾自适应控制功能	6.1.14	7.2.14	—	√
15	仿地飞行功能	6.1.15	7.2.15	—	√
16	手动控制模式飞行性能	6.2	7.3.1	√	√
17	自主控制模式飞行精度	6.2	7.3.2	—	√
18	定位误差（水平）	6.2	7.3.3	—	√
19	定点悬停精度	6.2	7.3.4	—	√
20	续航能力	6.2	7.3.5	—	√

表5（续）

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验	
21	性能 要求	残留液量	6.2	7.3.6	—	√
22		过滤装置	6.2	7.3.7	—	√
23		防滴性能	6.2	7.3.8	—	√
22		喷雾性能	6.2	7.3.9	—	√
23		作业喷幅	6.2	7.3.10	—	√
24		纯作业小时生产率	6.2	7.3.11	—	√
25	安全 要求	安全防护装置	6.3.1	7.4.1	√	√
26		安全标志	6.3.2	7.4.2	√	√
27		设计飞行真高和设计飞行速度	6.3.3	7.4.3	√	√
28		最大起飞质量限值	6.3.4	7.4.4	—	√
29		限高、限速、限距功能	6.3.5	7.4.5	—	√
30		电子围栏	6.3.6	7.4.6	—	√
31		操作密钥	6.3.7	7.4.7	√	√
32		报警和失效保护功能	6.3.8	7.4.8	—	√
33		避障功能	6.3.9	7.4.9	—	√
34		环境噪声	6.3.10	7.4.10	—	√
35		电磁兼容性	6.3.11	7.4.11	—	√
36	装配和外观质量	6.4	7.5	√	√	
37	操作方便性	6.5	7.6	√	√	
38	防护等级	6.6	7.7	—	√	
39	电池组安全要求	6.7	7.8	√	√	
40	使用信息	6.8	7.9	√	√	
41	可靠性	6.9	7.10	—	√	

注：“√”表示要进行的检验项目，“—”表示不要进行的检验项目。

8.2.2 每台植保无人飞机在检验过程中，如发现不合格项，允许退回修整。如仍不合格，则判定该台产品为不合格，不予出厂。

### 8.3 型式检验

#### 8.3.1 检验条件

植保无人飞机在下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定或老产品转厂生产时；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品停产1年以上恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

#### 8.3.2 检验项目

按表4规定的检验项目进行检验，若制造单位不具备测试条件，则允许在产品使用现场进行。

### 8.3.3 抽检规则

型式检验的样机是在出厂检验合格的产品中按 GB/T 10111 规定的方法抽取 3 台，其中 1 台样机用于检验，其余样机备用。

### 8.3.4 判定规则

型式检验中，若一般要求、安全要求试验项目中有一项不合格，则判定该产品型式检验不合格。若其他项有不合格时，允许在已抽取的样机中加倍复验不合格项；仍不合格时，则判定该产品型式检验不合格。

## 9 标志、包装、运输和贮存

### 9.1 标志

在植保无人飞机醒目位置应有铭牌。铭牌内容应清晰耐久，至少应包括以下内容：

- a) 型号、名称；
- b) 空机质量、药液箱额定质量、最大起飞质量；
- c) 发动机功率或电动机功率和电池容量（电池能量）等主要技术参数；
- d) 产品执行标准编号；
- e) 生产日期和出厂编号；
- f) 制造商名称和地址。

### 9.2 包装

9.2.1 植保无人飞机使用时应使用专业包装箱运输，同时根据实际情况进行保护，确保其不受污损；包装时，周围环境及包装箱内应清洁、干燥、无有害气体、无异物。

9.2.2 动力电池可拆卸，并可与植保无人飞机分开包装和运输；装箱后，其包装件重心应尽量靠下且居中，机具在箱内必须予以支撑、垫平、卡紧，并加以固定。

9.2.3 包装箱上的包装储运图示标志按 GB/T 191 的规定选择使用。

9.2.4 在包装箱外应标明：

- a) 制造企业名称、地址；
- b) 产品名称及型号；
- c) 包装箱总重量、体积；
- d) 注明“小心轻放”、“易碎品”、“向上”、“防潮”等字样及指示标记；
- e) 收货单位及详细地址；
- f) 产品执行标准。

9.2.5 随机提供的技术资料（产品出厂合格证、使用说明书、三包凭证等）应完整无缺，装入袋中，并放置在包装箱内。

9.2.6 植保无人飞机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，至少应包括以下内容：

- a) 起动和停止步骤；
- b) 地面控制端介绍；
- c) 安全停放步骤；
- d) 运输状态机具布置；
- e) 清洗、维护和保养要求；
- f) 有关安全使用规则的要求；
- g) 在处理农药时，应当遵守农药生产厂所提供的安全说明；
- h) 安装、故障处理说明；
- i) 危险与危害一览表及应对措施；
- j) 制造商名称、地址和电话。

9.2.7 植保无人飞机应有三包凭证，至少应包括以下内容：

- a) 产品名称、型号规格、购买日期、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一年)；
- f) 主要部件清单；
- g) 销售记录(包括销售者、销售地点、销售日期、购机发票号码)；
- h) 修理记录(包括送修时间、交货时间、送修故障、修理情况、换退货证明)；
- i) 不承担三包责任的情况说明。

### 9.3 运输

9.3.1 机具出厂装运时，对附件、工具、及运输过程中必须拆下的零件另行装箱，保证正常运输中无损。

9.3.2 机具在运输过程中，应有防雨措施，不得与易燃、易爆、易腐蚀物品同车混装；吊运要平整，应小心轻放，严禁抛郑，按照包装箱上的标记防治，不得翻转和倒置。

### 9.4 贮存

包装入库的植保无人飞机采用防尘措施，应贮存在干燥、通风和无腐蚀气体、防晒的室内，露天存放时应有防雨、防潮和防碰撞的措施。不得与易燃、易爆物品同贮。

## 10 质量承诺

### 10.1 培训

供方负责提供专门的培训材料，对需方相关人员进行安全、工作原理、结构、操作、安装调试过程的注意事项、设备日常维护保养、易损件更换及维修等内容进行培训。

### 10.2 售后服务

10.2.1 自产品出厂之日起 12 个月内，在符合产品使用说明书要求，合规的储运、保养、使用条件下，因产品的制造质量问题而不能正常使用时（易损件除外）提供免费更换或维修服务。

10.2.2 用户有产品质量诉求时，在对应的代理区域内，应在 5 h 内做出响应，8 h 内提供解决处理方案；在非代理区域内，应在 12 h 内做出响应，24 h 内提供解决处理方案。

附录 A  
(规范性)  
基本参数确认表

试验报告应至少包含以下基本参数，基本参数见表A.1。依据产品使用说明书、铭牌和其他技术文件，对样机的主要基本参数按表A.1进行核对或测量。

表A.1 基本参数

序号	项目		单位	方法	
1	机具名称		-	核对	
2	整机型号		-	核对	
3	飞行控制系统		-	核对	
4	空机质量		kg	测量	
5	额定起飞质量		kg	测量	
6	工作压力		MPa	核对	
7	工作状态下的外型尺寸(长×宽×高)		mm	测量(不含旋翼、喷杆, 含天线)	
8	旋翼	材质	-	核对	
		主旋翼数量	个	核对	
		直径	mm	测量	
9	药液箱	材质	-	核对	
		额定容量	L	核对	
10	喷头	型式	-	核对	
		数量	个	核对	
11	喷杆长度		mm	测量(沿喷幅方向最远喷头之间的距离)	
12	液泵	型式	-	核对	
		流量	L/min	核对	
		数量	个	核对	
13	配套动力	电动机	KV值	r/(min·V)	核对
		电动机	额定功率	W	核对
	发动机	功率	kW	核对	
		转速	r/min	核对	
		油箱容量	L	核对	
14	电池	电压	V	核对	
		容量	mAh	核对	
		单台配备电池数量	组	核对	
15	充电器	型号名称	-	核对	
		充电电流	A	核对	
		输入电压	V	核对	
		输出电压	V	核对	
16	定位系统		-	核对	