

ICS 65.060.40

B 91

团 体 标 准

T/ZJNJ 0008—2020

电动植保无人飞机

Electrical crop protection UAS

2020-01-15 发布

2020-01-15 实施

浙江省农业机械学会 发布

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 型号与基本参数	3
5 技术要求	3
6 试验方法	7
7 检验规则	14
8 标志、包装、运输和贮存	16
附录 A（规范性附录） 基本参数确认表	19
附录 B（资料性附录） 平均首次故障前工作时间测定	20

前 言

本标准按GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由浙江省农业机械学会提出。

本标准由浙江省农业机械标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：浙江方圆检测集团股份有限公司、广州极飞科技有限公司、浙江大学、浙江省农业农村厅农业机械化管理处、浙江省农业机械试验鉴定推广总站、浙江省现代农业装备设计研究院、浙江省农业科学院农业装备研究所、浙江智天科技有限公司、极翼机器人（上海）有限公司、杭州启飞智能科技有限公司、衡阳云雁航空科技有限公司、浙江省机械工业情报研究所。

本标准主要起草人：周杭超、何勇、陈锋、张豪、林墩、马梁、赵树武、周延锁、武萌、陈灵峰、陈壮坚、陈如城、王国初、王恪聿、金义坤。

本标准为首次发布。

电动植保无人飞机

1 范围

本标准规定了电动植保无人飞机的术语和定义、型号与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于电动植保无人飞机（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 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

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 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 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

NY/T 3213—2018 植保无人飞机 质量评价技术规范

3 术语和定义

NY/T 3213—2018中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

3.2

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500m，且人、机相对高度不大于120m。

3.3

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。

3.4

扩展视距飞行 extended visual line of sight flying

植保无人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机，属于超视距运行的一种。

3.5

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。

3.6

操作密钥 operation key

解锁植保无人机前需要进行的认证信息。

3.7

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。

3.8

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。

3.9

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。

3.10

全天候避障功能 function of all-weather 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。

3.11

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。

3.12

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。

3.13

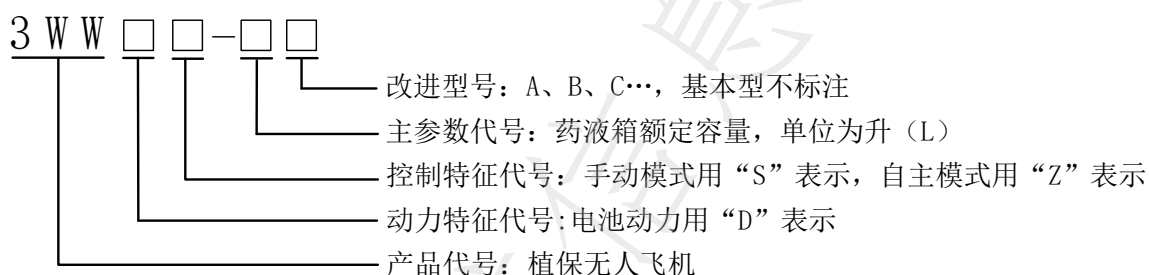
定位误差 positioning error

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 型号与基本参数

4.1 型号

植保无人机产品型号由产品代号、动力特征代号、控制特征代号、主参数代号和改进型号组成，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主控制模式代号表示。

示例：3WWDZ-16A 表示电动自主型植保无人机，药液箱额定容量为16L，第一次改进型。

4.2 基本参数

基本参数见附录A。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 环境适应性

植保无人机在温度60℃和相对湿度95%环境条件下，进行4h的耐候试验后，应能正常作业。

5.1.2 抗风性能

植保无人机应能在6m/s±0.5m/s风速中正常飞行。

5.1.3 起动性能

植保无人机在常温条件下按使用说明书规定进行起动试验，应能成功起动。

5.1.4 药液和电量显示功能

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

5.1.5 悬停性能

植保无人机空载和满载悬停时，不应出现掉高、坠落、机身晃动等现象，且满载悬停时间不小于10min。

5.1.6 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飞机，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。

5.1.7 飞行信息存储系统

植保无人飞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：植保无人飞机身份信息、位置坐标、飞行速度、飞行高度。

5.1.8 远程监管系统通讯功能

植保无人飞机应具备远程监管系统通讯功能。

5.1.9 喷洒作业功能

5.1.9.1 植保无人飞机应具有断点续喷功能。

5.1.9.2 植保无人飞机应具有防重喷漏喷功能。

5.1.9.3 植保无人飞机应具有防农药漂移功能。

5.1.10 承压性能

承压管路应能承受不小于植保无人飞机最高工作压力1.5倍的压力而无渗漏。

5.1.11 药液箱

药液箱的总容量至少应比额定容量大5%，药液箱加液口直径应符合GB/T 18678的要求。

5.1.12 停放稳定性

植保无人飞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。

5.1.13 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。

5.1.14 使用信息

使用信息应符合8.1、8.2.5、8.2.6的规定。

5.2 性能要求

植保无人飞机主要性能指标应符合表1的规定。

表1 性能指标

项目		性能指标
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。
自主控制模式飞行精度	偏航距（水平），m	≤0.5
	偏航距（高度），m	≤0.5
	速度偏差，m/s	≤0.5

表 1 性能指标（续）

项目		性能指标
定位误差（水平），m		≤0.3
定点悬停精度	水平方向，m	≤0.25
	高度方向，m	≤0.25
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
残留液量，mL		≤30
过滤装置	过滤级数，级	≥2
	加液口过滤网网孔尺寸，mm	≤1
	末级过滤网网孔尺寸，mm	≤0.7
防滴性能		喷雾关闭 5s 后每个喷头的滴漏数应不大于 5 滴
喷雾性能	喷雾量偏差，%	≤5
	喷雾量均匀性变异系数，%	≤40
作业喷幅		不低于企业明示值
纯作业小时生产率		不低于企业明示值

5.3 安全要求

5.3.1 安全防护

对人员易产生伤害的部位，应设置防护。

5.3.2 安全标识

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。

5.3.3 设计飞行真高和设计飞行速度

植保无人飞机的最大设计飞行速度应不大于15m/s，最大设计飞行真高应不超过20m。

5.3.4 最大起飞质量限值

植保无人飞机空机质量应不大于116 kg，最大起飞质量应不大于150 kg。

5.3.5 限高、限速、限距功能

植保无人飞机应具有限高、限速、限距功能。

5.3.6 电子围栏

植保无人飞机应配备电子围栏系统。

5.3.7 操作密钥

植保无人飞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飞机飞行。

5.3.8 报警和失效保护功能

植保无人机对通信链路中断、电量不足、起飞姿态角度超出企业明示值等情况应具有报警和失效保护功能。

5.3.9 避障功能

植保无人机应具有规划避障功能和主动避障功能，能实现全天候避障功能。当采用主动避障功能时，植保无人机应能在距离障碍物（直径不小于2.5cm）3m以外自动识别障碍物并自动悬停或者绕行避让。

5.3.10 环境噪声

植保无人机运行时声压级噪声应不大于85dB（A）。

5.3.11 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按GB/T 9254的规定，应满足表2的要求；其射频电场辐射抗扰度按GB/T 17626.3方法试验后应达到表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, $\mu\text{V}/\text{m}$
30MHz~230MHz	准峰值	40
230MHz~1GHz	准峰值	47
1GHz~3GHz	平均值/峰值	56/76
3GHz~6GHz	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	

5.4 装配和外观质量

5.4.1 装配应牢固可靠，容易松脱的零部件应装有防松装置。

5.4.2 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。

5.4.3 外观应整洁，不应有毛刺和明显的伤痕、变形等缺陷。

5.5 操作方便性

5.5.1 保养点设计应合理，便于操作，过滤装置应便于清洗。

5.5.2 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。

5.5.3 电池、旋翼和喷头等零部件应便于更换。

5.6 防尘防水等级

防尘防水等级应不低于GB/T 4208—2017中规定的IP56。

5.7 电池组要求

- 5.7.1 电池组应有牢固的手提装置，以防止用户直接借助输出线移动，发生使用危险。
- 5.7.2 电池组应有防护外壳，对外的接口应加防护罩。
- 5.7.3 电池组应具有电量指示功能和智能休眠功能。
- 5.7.4 电池组应具有充电智能报警功能，能对充电过压、过电流、超温进行报警提示。
- 5.7.5 电池组应具有通讯功能，能主动把电池信息准确反馈给飞控。
- 5.7.6 电池组应有方便用户查询电池能量的功能。
- 5.7.7 电池组应有记录其使用过程的数据信息的功能，且数据可被方便地获取和展示。
- 5.7.8 电池组使用说明书中应提供电池组的维护或更换信息。
- 5.7.9 电池组必须有防错接装置。

5.8 可靠性

植保无人飞机平均首次故障前工作时间应不小于40h。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 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。

6.1.2 试验环境

6.1.2.1 除特殊要求外，室内外试验环境的温度应为5℃~45℃，相对湿度应为20%~95%；室外试验环境的海拔高度应为0m~800m，环境平均风速应为0m/s~3 m/s，最大风速应不超过5.4 m/s。

6.1.2.2 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飞机日常作业要求，场地表面有植被覆盖。

6.1.3 试验样机

试验样机应按使用说明书的规定安装和调试，达到正常状态后，方可进行试验。

6.2 一般要求试验

6.2.1 环境适应性测试

将植保无人飞机放置在温度60℃、相对湿度95%的试验箱内，机体任意点距试验箱壁不小于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，观察植保无人飞机工作是否正常。

6.2.2 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 $6\text{m/s}\pm 0.5\text{m/s}$ 的自然风或人工模拟风场中,如为人工模拟风场,有效风场直径需大于植保无人机工作状态下的外型尺寸(含旋翼尺寸,不含喷杆尺寸),操控植保无人机起飞,前飞、后飞、侧飞、转向、悬停、着陆等,观察其是否正常工作。

6.2.3 起动性能测试

试验前,植保无人机在室温下静置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。每次起动前,在不更换零件的条件下允许做必要的调整。

6.2.4 药液和电量显示功能检查

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)、电量剩余量、地面控制端电量剩余量。

6.2.5 悬停性能测试

使用满电电池(依据制造商规定的充电方法进行完全充电),分别在空载和满载条件下,操控植保无人机在一定飞行高度保持悬停,直至其发出电量不足(制造商规定的放电终止条件)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。

6.2.6 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顺,是否出现坠落、偏飞等失控现象。

6.2.7 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5min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5min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。

6.2.8 远程监管系统通讯功能检查

按6.2.7试验结束后,检查植保无人机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。

6.2.9 喷洒作业功能检查

6.2.9.1 断点续喷功能检查

植保无人机通电,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。

6.2.9.2 防重喷漏喷功能检查

核查植保无人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。

6.2.9.3 防农药漂移功能检查

核查植保无人飞机喷头的型式及喷头的安装位置，如喷头为压力喷头且位置位于旋翼正下方，则判定机具符合要求；如喷头为其他型式的喷头或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3m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下压，雾场是否紊乱。

6.2.10 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，缓慢升压至不低于植保无人飞机最高工作压力1.5倍的压力，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。

6.2.11 药液箱总容量和加液孔直径测试

6.2.11.1 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。

6.2.11.2 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。

6.2.11.3 按 GB/T 18678 的规定检查药液箱加液口直径是否满足要求。

6.2.12 停放稳定性测试

选择一个坡度为10°表面平整的坚硬斜坡面，分别将空载和满载药液的植保无人飞机以纵向和横向2个方向停放在斜坡上，观察植保无人飞机有无倾倒。

6.2.13 密封性能测试

植保无人飞机加注额定容量试验介质，在其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。

6.2.14 使用信息检查

6.2.14.1 铭牌按照 8.1 的要求逐项检查。

6.2.14.2 使用说明书按照 8.2.5 的要求逐项检查。

6.2.14.3 三包凭证按照 8.2.6 的要求逐项检查。

6.3 性能试验

6.3.1 手动控制模式飞行性能测试

6.3.1.1 在额定起飞质量条件下，手动控制模式下，目视视距内，向植保无人飞机发送单独的前飞、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。

6.3.1.2 如机具配有视觉延展装置，则手动控制模式下，向植保无人飞机发送单独的前飞、后飞、左移、右移控制指令，植保无人飞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。

6.3.2 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—2018 中 7.3.2 规定的方法进行。

6.3.3 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。

6.3.4 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，保持其在某一高度悬停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。

6.3.5 续航能力测试

使用满电电池（依据制造商规定的充电方法进行完全充电），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，直至其发出电量不足（制造商规定的放电终止条件）报警后着陆，记录单架次最大作业时间为 t_1 、起飞至着陆总时间为 t_2 。计算 t_2/t_1 数值，重复3次，取最小值。

6.3.6 残留液量测试

按6.3.5试验结束后，测量残留液量，取平均值。

6.3.7 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。

6.3.8 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5s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。

6.3.9 喷雾性能测试

6.3.9.1 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~3 min，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。

6.3.9.2 喷雾量均匀性变异系数测试

6.3.9.2.1 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。

6.3.9.2.2 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2m作业高度喷雾。

6.3.9.2.3 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。

6.3.9.2.4 记录喷幅范围内每个量筒收集的喷雾量，并按式（1）~式（3）计算喷雾量均匀性变异系数。

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

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。

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

式中：

S ——喷雾量标准差，单位为毫升（mL）。

$$V = \frac{S}{\bar{q}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

V ——喷雾量分布均匀性变异系数，单位为百分率（%）。

6.3.10 作业喷幅测试

喷幅试验按NY/T 3213—2018中7.3.8规定的方法进行。

6.3.11 纯作业小时生产率

使用满电电池（依据制造商规定的充电方法进行完全充电），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公顷施药量不低于12L），记录纯喷药时间 T_s 和作业面积 U ，按式（4）计算纯作业小时生产率。

$$W_s = \frac{U}{T_s} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

W_s ——纯喷药小时生产率，单位为公顷每小时（ hm^2/h ）；

U ——作业面积，单位为公顷（ hm^2 ）；

T_s ——纯喷药时间，单位为小时（h）。

6.4 安全性能试验

6.4.1 安全防护检查

检查机体上对人员易产生伤害的部位（除旋翼外）是否设置了防护措施。

6.4.2 安全标识检查

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

6.4.2.2 检查植保无人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。

6.4.3 设计飞行真高和设计飞行速度检查

检查植保无人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。

6.4.4 最大起飞质量限值确认

- a) 植保无人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。
- b) 若植保无人机离地升空, 则重新加挂配重至总质量 151kg, 重复起飞动作, 观察其能否再次离地升空, 如果再次离开地面, 则判定其最大起飞质量超过 150kg。

6.4.5 限高、限速和限距功能测试

6.4.5.1 限高测试

在手动控制模式下操控植保无人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。

6.4.5.2 限速测试

在手动控制模式下操控植保无人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。

6.4.5.3 限距测试

在手动控制模式下操控植保无人机平飞, 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。

6.4.6 电子围栏测试

电子围栏试验按 NY/T 3213—2018 中 7.4.5 规定的方法进行。

6.4.7 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。

6.4.8 报警和失效保护功能测试

6.4.8.1 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。

6.4.8.2 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。

6.4.8.3 起飞姿态角度超限保护检查

检查植保无人飞机起飞姿态角度值超出制造商明示值时，是否具有制造商声明的保护功能。

6.4.8.4 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。

6.4.9 避障功能测试

6.4.9.1 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，操控其以自主控制模式作业，目测其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。

6.4.9.2 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/s的速度飞向直径2.5cm的障碍物，观察其能否避免与障碍物碰撞，并记录避让方式。当植保无人飞机识别出障碍物，并悬停或将绕行避让时，操控其原地降落，测量旋翼最外端至障碍物的距离。

6.4.9.3 全天候避障功能测试

分别在符合正常作业条件的简单气象条件下的昼间和夜间，操控植保无人飞机以2m/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。

6.4.10 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3m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1.5m处，记录此时噪声测试结果，测3次，取最大值。

6.4.11 电磁兼容测试

6.4.11.1 辐射骚扰限值测试

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6dB。

6.4.11.2 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80MHz~2GHz频率范围，对数天线应分别安放在垂直极化位置和水平极化位置。

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、D共4个等级，见表3。

6.5 装配和外观质量检查

用目测法检查是否符合5.4的要求。

6.6 操作方便性检查

通过实际操作，检查样机是否符合5.5的要求。

6.7 防尘防水等级试验

按GB/T 4208—2017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8h。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2.5 m~3m,喷嘴处的水压使出水速率达到100L/min±5 L/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。

6.8 电池组安全要求检查

采取目测检查和信息核对,检查电池组是否符合5.7的要求。

6.9 可靠性试验

6.9.1 按累计60h进行定时截尾试验(可与田间生产作业相结合),植保无人机按使用说明书中规定的正常作业条件进行飞行喷雾作业(或试验)。时间测定精确到“min”。

6.9.2 在正常工作状态下累计飞行作业60h,记录统计试验植保无人机发生首次故障(轻微故障除外)前累计工作时间(见附录B中表B.1)。按式(5)计算平均首次故障前工作时间。

$$MTTF = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^n t_i + (N-n)t_0 \right) \cdots \cdots (5)$$

式中:

$MTTF$ ——平均首次故障前工作时间,单位为小时(h);

N ——试验植保无人机的架数;

n ——试验期间,植保无人机首次出现故障的架数;

t_i ——第*i*架植保无人机出现首次故障时累计工作时间,单位为小时(h);

t_0 ——定时截尾试验时间,单位为小时(h)。

6.9.3 故障分级见表4。

表4 故障分级表

故障级别	故障示例
致命故障	坠机、爆炸、起火
严重故障	电机等动力故障
	控制失效或控制执行部件故障
	旋翼损坏
一般故障	作业时机上任意部件飞出
	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

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 植保无人机出厂前需由制造商的质量部门检验合格，并附有产品合格证明资料后方可出厂。

7.2.2 植保无人机出厂检验项目见表 5。

7.2.3 植保无人机在检验过程中，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。

表5 检验项目

项目分类		检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
类	项					
A	1	承压性能	5.1.10	6.2.10	—	√
	2	停放稳定性	5.1.12	6.2.12	—	√
	3	密封性能	5.1.13	6.2.13	√	√
	4	安全防护	5.3.1	6.4.1	√	√
	5	安全标识	5.3.2	6.4.2	√	√
	6	设计飞行真高和设计飞行速度	5.3.3	6.4.3	√	√
	7	最大起飞质量限值	5.3.4	6.4.4	—	√
	8	限高、限速、限距功能	5.3.5	6.4.5	—	√
	9	电子围栏	5.3.6	6.4.6	—	√
	10	操作密钥	5.3.7	6.4.7	√	√
	11	报警和失效保护功能	5.3.8	6.4.8	—	√
	12	避障功能	5.3.9	6.4.9	—	√
	13	环境噪声	5.3.10	6.4.10	—	√
	14	电磁兼容性	5.3.11	6.4.11	—	√
	15	防尘防水等级	5.6	6.7	—	√
	16	可靠性	5.8	6.9	—	√
B	1	环境适应性	5.1.1	6.2.1	—	√
	2	抗风性能	5.1.2	6.2.2	—	√
	3	起动性能	5.1.3	6.2.3	√	√
	4	药液和电量显示功能	5.1.4	6.2.4	√	√
	5	悬停性能	5.1.5	6.2.5	—	√
	6	作业控制模式切换稳定性	5.1.6	6.2.6	√	√
	7	飞行信息存储系统	5.1.7	6.2.7	√	√
	8	远程监管系统通讯功能	5.1.8	6.2.8	√	√
	9	喷洒作业功能	5.1.9	6.2.9	√	√
	10	药液箱	5.1.11	6.2.11	—	√
	11	使用信息	5.1.14	6.2.14	√	√

表 5 检验项目（续）

项目分类		检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
类	项					
B	12	手动控制模式飞行性能	5.2	6.3.1	√	√
	13	自主控制模式飞行精度	5.2	6.3.2	—	√
	14	定位误差	5.2	6.3.3	—	√
	15	定点悬停精度	5.2	6.3.4	—	√
	16	续航能力	5.2	6.3.5	—	√
	17	残留液量	5.2	6.3.6	—	√
	18	过滤装置	5.2	6.3.7	—	√
	19	防滴性能	5.2	6.3.8	√	√
	20	喷雾性能	5.2	6.3.9	—	√
	21	作业喷幅	5.2	6.3.10	—	√
	22	纯作业小时生产率	5.2	6.3.11	—	√
	23	装配和外观质量	5.4	6.5	√	√
	24	操作方便性	5.5	6.6	√	√
	25	电池组要求	5.7	6.8	√	√

注：“√”表示应检项目，“—”表示不检项目。

7.3 型式检验

7.3.1 植保无人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。

7.3.2 型式检验项目见表 5。

7.3.3 型式检验的样机在出厂检验合格的产品中随机抽取 2 台，其中 1 台样机全项目检验，另 1 台样机仅用于可靠性检验。

7.3.4 型式检验所检项次存在下列情况不符合标准要求时，判定检验结论为“不合格”：

- 有一项次或一项次以上 A 类不合格项目不符合标准要求；
- 有二项次或二项次以上 B 类不合格项目不符合标准要求；

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

在植保无人机醒目位置应有永久性铭牌。铭牌内容应清晰可见，至少应包括以下内容：

- 型号、名称；

- b) 空机质量、药液箱额定质量、最大起飞质量；
- c) 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。

8.2 包装

8.2.1 植保无人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。

8.2.2 动力电池可拆卸，并可与植保无人机分开包装和运输；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。

8.2.3 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) 出厂日期；
- g) 产品执行标准。

8.2.4 随机提供的技术资料（产品合格证、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。

8.2.5 使用说明书

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。

8.2.6 三包凭证

植保无人机应有三包凭证，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。

8.3 运输

8.3.1 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。

8.3.2 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,严禁抛掷,按照包装箱上的标记放置,不得翻转和倒置。

8.4 贮存

包装入库的植保无人飞机应采用防尘措施,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。

附 录 A
(规范性附录)
基本参数确认表

A.1 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	设计值
1	机具名称		/	企业明示值
2	整机型号		/	
3	飞行控制系统		/	
4	空机质量		kg	
5	额定起飞质量		kg	
6	工作压力		MPa	
7	工作状态下的外型尺寸(长×宽×高)		mm	
8	旋翼	材质	/	
		主旋翼数量	个	
		直径	mm	
9	药液箱	材质	/	
		额定容量	L	
10	喷头	型式	/	
		数量,	个	
11	喷杆长度		mm	
12	液泵	型式	/	
		流量	L/min	
		数量	个	
13	电动机	KV 值	r/(min·V)	
		额定功率	W	
14	电池	电压	V	
		容量	mAh	
		单台配备电池数量	组	
15	充电器规格		/	
16	定位系统		/	

附 录 B
(资料性附录)
平均首次故障前工作时间测定

B.1 平均首次故障前工作时间测定

平均首次故障前工作时间测定见表B.1。

表B.1 平均首次故障前工作时间测定

植保无人机型号：

生产企业：

试验植保 无人机 编号	作业日期	作业地点	作业内容	作业时间记录			故障情况	首次故障前累计工作时间	备注
				作业架次	每架次作业时间 (h)	当日作业时间 (h)			
				1					
				2					
				3					
								
					1				
					2				
					3				
								
.....									