ICS 65.100
CCS G 23

团　体　标　准

T/CAPDA 063-2024

植保无人飞机通用技术要求

General technical requirements for crop protection UAVsystems

CAPDA 团体标准

2024-09-16 发布　　2024-09-16 实施

中国农药发展与应用协会

辽宁省农药工业协会　　发 布

前　　言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《文件化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

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。

本文件由中国农药发展与应用协会提出并归口。

本文件起草单位：赤天化科技集团有限公司、中国农业大学。

本文件主要起草人：何雄奎、祝春华、侯春青、宋坚利、刘亚佳、王昌陵、徐妍、白乃茂、刘墁、吴康康。

CAPDA 团体标准

植保无人飞机通用技术要求

1. 范围

本文件规定了植保无人机的型号与参数、技术要求、检验规则、标志、包装、使用说明书、运输和储存，描述了植保无人机的试验方法。

本文件适用于起飞全重不大于200 kg、相对地面飞行速度不大于15 m/s、飞行真高不大于20 m的植保无人飞机。

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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

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 10395.6-2006 农林拖拉机和机械 安全技术要求 第6部分：植物保护机械

GB/T 13306 标牌

GB/T 20085 植物保护机械 词汇

JB/T 8574 农机具产品 型号编制规则

JB/T 9782-2014 植物保护机械 通用试验方法

MH/T 0017 农业航空技术术语

3. 术语和定义

GB/T 20085、MH/T 0017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

植保无人飞机（ Plant Protection Unmanned Aerial Vehicle (UAV)）

用于农林植保作业任务的无人飞机，一般包括飞行平台、飞行控制系统、机载农药喷洒系统（或机载喷雾装置）和其他附件等。

3.2

油动旋翼植保无人机（Fuel Powered Rotor Plant Protect UAV）

以发动机为驱动力的旋翼植保无人机，一般分为油动单旋翼带尾桨式植保无人机、油动双桨共轴式植保无人机、油动双桨纵列式植保无人机、油动双桨横列式植保无人机和油动多旋翼植保无人机等。

3.3

油动单旋翼带尾桨式植保无人机(Fuel Powered Single-Rotor Plant Protect UAV with Wail Rotor)

以发动机为驱动力，且只有一副主旋翼和一副尾桨的植保无人机。

3.4

油动双桨共轴式植保无人机(Fuel Powered Twin-propeller Co-axial Plant Protect UAV)

以发动机为驱动力，且在旋翼轴上安装上、下两副旋转方向相反旋翼的植保无人机。

3.5

油动双桨纵列式植保无人机(Fuel Powered Twin-propeller Vertical Plant Protection UAV)

以发动机为驱动力，且在无人机前后纵列布置两副旋转方向相反旋翼的植保无人机。

3.6

油动双桨横列式植保无人机(Fuel Powered Twin-propeller Horizontal Plant Protect UAV)

以发动机为驱动力，且在无人机横向并排布置两副旋转方向相反旋翼的植保无人机。

3.7

油动多旋翼植保无人机(Fuel Powered Multi-rotor Plant Protect UAV)

以发动机为驱动力，有三个或以上旋翼轴的植保无人机。

3.8

电动旋翼植保无人机(Electric Rotor Plant Protect UAV)

以电动机为驱动力、电池（锂电池、燃料电池等）为动力源的旋翼植保无人机，一般分为电动单旋翼带尾桨式植保无人机、电动双桨共轴式植保无人机、电动双桨纵列式植保无人机、电动双桨横列式植保无人机和电动多旋翼植保无人机等。

3.9

电动单旋翼带尾桨式植保无人机(Electric Single-Rotor Plant Protect UAV with Wail Rotor)

以电动机为驱动力、电池（锂电池、燃料电池等）为动力源的且只有一副主旋翼和一副尾桨的农用植保无人机。

3.10

电动双桨共轴式植保无人机(Electric Twin-propeller Co-axial Plant Protect UAV)

以电动机为驱动力、电池（锂电池、燃料电池等）为动力源的且在旋翼轴上安装上、下两副旋转方向相反旋翼的农用植保无人机。

3.11

电动双桨纵列式植保无人机 (Electric Twin-propeller Vertical Plant Protect UAV)

以电动机为驱动力、电池（锂电池、燃料电池等）为动力源的且在无人机前后纵列布置两副转向相反旋翼的农用植保无人机。

CAPDA 团体标准

3.12

电动双桨横列式植保无人机(Electric Twin-propeller Horizontal Plant Protect UAV)

以电动机为驱动力、电池（锂电池、燃料电池等）为动力源的且在无人机横向并排布置两副旋转方向相反旋翼的植保无人机。

3.13

电动农用多旋翼植保无人机(Electric Multi-rotor Plant Protect UAV)

以电动机为驱动力、电池（锂电池、燃料电池等）为动力源，且有三个或以上旋翼的农用植保无人机。

3.14

遥控(Remote Control)

借助一定技术和手段，非接触对被控对象进行通过通信链路远距离无线控制的技术，一般包括遥控器、信号发射/接收装置、编码装置、译码装置和执行机构等。

3.15

飞行控制系统(Flight Control System)

飞行控制系统（简称“飞控系统”）是指所有用来传递操纵指令，控制植保无人机飞行航迹、飞行姿态或飞行状态、农药施用系统等的总和，一般分为机载控制器和地面站两部分。

3.16

地面站(Ground Station)

负责对接收到的植保无人机飞行数据进行分析处理，并在需要的情况下对植保无人机的航迹、姿态及农药施用作业等进行修改和操控。地面站主要由中央处理器系统、监测显示系统、遥控系统和通讯系统等组成。

3.17

控制模式(Control Mode)

操控者可以控制或引导植保无人机飞行及动作的方式，一般分为自主飞行控制模式、半自主飞行控制模式和人工手动控制模式三种。

3.18

自主飞行控制模式(Automatic Flight Control Mode)

植保无人机能根据预先设定好的航线、高度、作业任务等命令、无需人工干预的自动飞行及作业模式。

3.19

半自主飞行控制模式(Semi-automatic Flight Control Mode)

CAPDA 团体标准

植保无人机在预设的飞行指令下，人工操控者可以部分修改控制命令，使其能按照操控者的意愿完成作业任务的飞行模式。例如广泛使用的一种半自主飞行控制模式是：植保无人机姿态由计算机或控制器自动控制，飞行高度、速度和位置由操控者手动通过遥控器进行控制的模式。

3.20

人工手动控制模式(Manual Control Mode)

通过遥控器，由操控者手动完成对植保无人机的飞行控制，包括对航向、姿态、速度、高度、施药动作、施药量等等的控制。

3.21

悬停(Hover)

植保无人机在一定高度上保持空间位置基本不变的飞行状态。

3.22

最长悬停时间(Maximum Hover Time)

植保无人机一次升空所能在空中悬停飞行的最长时间，分为满载悬停时间和空载悬停时间。

3.23

施药有效宽度(Effective Spray Width)

植保无人机在一定高度上以一定作业速度飞行作业时垂直于作业航线方向上的有效农药施用宽度，以下简称“喷幅”。

3.24

最大爬升率(Maximum Rate of Climb)

植保无人机在单位时间内能上升的最大垂直距离，分为满载最大爬升率和空载最大爬升率。

3.25

速度波动(Speed Fluctuation)

自主飞行控制模式下的植保无人机在匀速飞行时的实际速度瞬时值和速度设定值之间的误差。

3.26

航迹误差(Flight Track Error)

自主飞行控制模式下的植保无人机飞行时偏离航线的距离误差。

3.27

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。

3.28

CAPDA 团体标准

断点续航功能(Breakpoint Resumption Function)

具有自主飞行控制模式的植保无人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。

3.29

空机重量(Unladen Mass)

不包含载荷（农药药液）和燃油的植保无人机的重量。

3.30

起飞重量(Take-off Quality)

能够正常起飞作业的植保无人机全部重量。

3.31

飞行真高(Real Flight Height)

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。

3.32

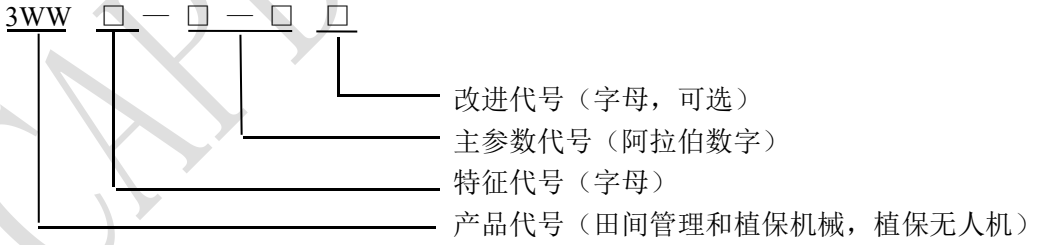
电子围栏功能(Electronic Fence Function)

在相应电子地图进行区域设定，为防止植保无人机飞入或者飞出特定区域。

4. 型号与参数

4.1 产品型号编制

农用旋翼植保无人飞机（以下简称“植保无人飞机”）的产品型号编制参照 JB/T 8574 的规定进行，由产品代号、特征代号、主参数代号和改进代号组成。



4.2 产品代号

用“3WW”表示，其中阿拉伯数字“3”代表田间管理和植保机械，第一个“W”代表喷雾器（机具），第二个“W”代表无人机。

4.3 特征代号

反映植保无人机的动力和特征型式，油动农用旋翼植保无人机（以下简称“油动植保无人机” ）用“Y”表示，其中，油动单旋翼带尾桨式植保无人机用“YW”表示、油动双桨共轴式植保无人机用“YG”

CAPDA 团体标准

表示、油动双桨纵列式植保无人机用“YZ”表示、油动双桨横列式植保无人机用“YH”表示、油动多旋翼植保无人机用“YD”表示；电动农用旋翼植保无人机（以下简称“电动植保无人机”）用“D”表示，其中，电动单旋翼带尾桨式植保无人机用“DW”表示、电动双桨共轴式植保无人机用“DG”表示、电动双桨纵列式植保无人机用“DZ”表示、电动双桨横列式植保无人机用“DH”表示、电动多旋翼植保无人机用“DD”表示。

4.4 主参数代号

反映油动植保无人机的发动机功率及药箱额定容量（或额定载荷），或电动植保无人机的驱动电机总功率和药箱额定容量（或额定载荷），两个参数之间用“—”隔开。

4.5 代号分隔

特征代号与主参数代号之间用“—”隔开。

4.6 改进代号

改进产品的型号在原型号后加注字母表“A、B、C、D、……”依次表示。

示例 1：3WWYW—40—20 表示发动机功率 40 kW，药箱额定容量 20 L 的油动单旋翼带尾桨式植保无人机。

示例 2：3WWDD—15—10 表示电动机功率 15 kW，药箱额定容量 10 L 的电动多旋翼植保无人机。

示例 3：3WWYW—40—20B 表示发动机功率 40 kW，药箱额定容量 20 L 的油动单旋翼带尾桨式植保无人机进行了第二次改进。

5. 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 植保无人机应按经规定程序批准的产品图样及技术文件制造和装配。

5.1.2 植保无人机的外观不应有明显的伤痕、变形、油污和毛刺等缺陷。

5.1.3 焊接件的焊接部位应光滑平整、牢固，无烧穿、漏焊等缺陷。

5.1.4 植保无人机应具有良好的密封性能，机载喷雾装置、发动机壳体、油箱和齿轮箱等无渗漏现象。

5.1.5 植保无人机的旋翼、尾翼、发动机排气管等部位应牢固标有安全警示标志，安全标志应符合 GB 10395.6 中第 6 章的规定。

5.1.6 植保无人机的各紧固件连接应牢固并有必要的防松措施。

5.1.7 植保无人机装配后，各活动构件之间的动作应灵活、无卡滞。

5.1.8 植保无人机的起飞全重≤200 kg。

5.2 性能要求

5.2.1 植保无人机的飞控系统中应设置有控制或限定其最大飞行速度的软件或功能，其相对于地面的最大飞行速度应≤15 m/s。

5.2.1.1 植保无人机的飞控系统中应设置有控制或限定其最大飞行高度的软件或功能，其最大飞行真高应≤20 m。

5.2.1.2 满载爬升率≤0.5 m/s。

5.2.1.3 续航时间由生产商提供，实测值≥产品使用说明书中续航时间明示值（明示值为范围值时取下限数值）的 90%。

5.2.1.4 当风速≤3 m/s 时，自主飞行控制模式下的植保无人机水平匀速运动速度波动最大值≤其设定值（或平均速度值）的 5%。
5.2.1.5 当风速≤3 m/s 时，自主飞行控制模式下：
5.2.1.5.1 油动植保无人机百米水平直线飞行航迹误差在水平方向上设定横向偏差≤0.5 m，垂向偏差≤0.8 m；
5.2.5.1.2 电动植保无人机百米水平直线飞行航迹误差在水平方向上设定横向偏差≤0.3 m，垂向偏差≤0.5 m。
5.2.1.6 当风速≤3 m/s 时，自主飞行控制模式下：
5.2.1.6.1 油动植保无人机与给定目标点的定位误差，在水平方向上≤0.5 m，在垂直方向上≤0.8 m；
5.2.1.6.2 电动植保无人机与给定目标点的定位误差，在水平方向上≤0.3 m，在垂直方向上≤0.5 m。
5.2.1.7 具有自主飞行控制模式的植保无人机应具有断点续航能力，即植保无人机返回起飞点加载后能自动返回断点位置，其返回时的定位误差应符合 5.2.7)的要求。

5.3 机载喷雾装置及喷雾性能要求

5.3.1 药箱额定容量应≥10L，且其实际容量应≥额定容量（或使用说明书明示容量）的 95%。
5.3.2 药箱应具有一定的刚度、强度和抗冲击性能，经连续 3 次坠落试验后不应出现渗漏和破裂。
5.3.3 药箱固定应牢固，作业过程中无松动。
5.3.4 药箱外表面应有容量刻度线，方便操控者清晰观察到液位，刻度线标识值与实际容量偏差≤5%。
5.3.5 若安装药箱的数量多于 1 个，各药箱中的药液应互相连通。
5.3.6 机载喷雾装置应设有足够过滤面积不少于 3 级过滤装置，至少最后一级过滤网的孔径≤喷孔最小孔径。
5.3.7 机载喷雾装置在额定工作压力下喷雾时，各喷头的喷雾量变异系数≤15%。
5.3.8 机载喷雾装置或喷头应具有良好的防滴性能，在额定工作压力下停止喷雾 5s 后，出现漏滴现象的喷头不超过一个，且其漏滴的液滴数≤10 滴/min。
5.3.9 机载喷雾装置的喷雾量偏差（单位时间内实际喷雾量和产品使用说明书中喷雾量明示值之间的偏差，当明示值为范围值时，取中间数值）≤喷雾量明示值的 10%。
5.3.10 机载喷雾装置的喷雾幅宽可由生产商提供，其实测值与产品使用说明书中喷雾幅宽明示值（明示值为范围值，取中间数值）之间的偏差≤喷雾幅宽明示值的 10%。
5.3.11 机载喷雾装置在植保无人机匀速运动时沿喷杆的沉积分布均匀性变异系数≤50%。

5.4 飞控系统要求

5.4.1 植保无人机应具有人工手动控制模式及至少以下两种控制模式中的一种：
5.4.1.1 自主飞行控制模式；
5.4.1.2 半自主飞行控制模式。
5.4.2 植保无人机的控制模式之间应能方便快速切换，切换过程中，植保无人机的飞行姿态和飞行状态不发生明显变化。
5.4.3 飞行控制系统的发射器、接收机工作频率和功率大小应符合国家相关部门的有关规定和要求。

5.5 安全要求

5.5.1 植保无人机在空载和满载条件下，应能稳定地以纵向和横向停放在水平角度≤10 ° 的平整坡面上。

5.5.2 植保无人机应配置记录飞行数据信息（如起飞点的坐标信息，航迹信息，作业高度信息等）的装置，所记录的信息应至少保存 12 个月。

5.5.3 植保无人机应安装有电子围栏，以设置其禁飞区域。

5.5.4 植保无人机经连续 3 次坠落试验后，不应出现药箱破裂、液泵和喷雾软管脱落，发动机油箱破裂和主机架断裂等严重故障。

5.5.5 在自主或半自主飞行控制模式下，当植保无人机出现失稳、失控等紧急情况时，控制模式应能切换至人工手动控制模式。

5.5.6 在自主或半自主飞行控制模式下，当植保无人机和地面站（或遥控器）通信发生中断，植保无人机应能够就地悬停，或自动返回预先设定的地点悬停或降落。

5.5.7 地面站（或遥控器）应设置声/光报警装置，在下列情况之一出现时应有报警提示：

5.5.7.1 发动机燃油≤设定值；

5.5.7.2 电池电量≤设定值；

5.5.7.3 药箱药液≤设定值；

5.5.7.4 通讯中断。

5.6 可靠性要求

5.6.1 植保无人机在高温高湿条件下（温度 60 ℃，相对湿度为 95%）存放 4 h，取出后应能正常工作。

5.6.2 植保无人机的首次故障前工作时间平均不低于 40 h。

6. 试验方法

6.1 试验设备

主要包括：风速及风向测量仪、压力测量仪、计时器、直尺/刻度尺、皮尺、量杯、温度计、湿度计、频谱仪、功率测量仪、激光粒谱仪、专用定位系统、专用高温高湿试验箱、功率测试台架、信号采集与分析系统、计算机及其他专用通信设备等。各主要仪器设备的准确度要求见表 1。

表 1 被测参数及测试仪器设备要求

序号	测试仪器设备	被测参数	准确度要求
1	专用定位系统	位置	水平方向：≤±15 mm 垂直方向：≤±25 mm
2	刻度尺/直尺	距离/长度（＜1000 mm）	±1 mm
	直尺/皮尺	距离/长度（≥1000 mm）	±3 mm
3	电子秤/磅秤	质量	±0.1 kg
4	计时器	时间	±1 s
5	风速测量仪	风速	±1%
6	风向测量仪	风向	±3 °
7	压力计	压力（＜10 kPa）	±0.5%
		压力（≥10 kPa）	±1.5%
8	温度计	温度	±1 ℃
9	湿度计	相对湿度	±2%
10	量杯/量筒	容积/容量	±0.5%
11	功率测量仪	功率	±2%
12	频谱仪	频率	±5%

13	显微镜/量规	孔径	±0.1 mm
14	坡度测量仪	坡度	±0.5°
15	激光粒谱仪	雾滴直径/粒径	±5%
16	功率测试台	发动机功率	±2%
17	高温高湿试验箱	高温高湿环境	温度波动≤±3 ℃ 相对湿度波动≤±4%

6.2 试验条件

6.2.1 除另有规定外，试验应按照产品技术条件或使用说明书中所规定的额定工况条件进行。
6.2.2 除另有规定外，试验环境和条件应符合：距离地面高度 2m 处风速≤3 m/s；温度 10 ℃～35 ℃；相对湿度 10%～90%。
6.2.3 除另有规定外，试验场地应选择室外平整空旷地面，起降点周围 5 m 范围内无障碍物。
6.2.4 试验介质为不含杂质、温度在 10 ℃～35 ℃的清水（比重按 1 kg/L 计算），清水中允许添加一定量的示踪剂。
6.2.5 所有试验均应在有环境保护和安全保护的条件下进行。

6.3 试验前准备

6.3.1 试验用植保无人机应按使用说明书的规定安装和调试、试运转至少 8 min，待植保无人机达到正常状态后，方可进行试验。
6.3.2 应测试试验用植保无人机的基本技术参数，包括整机尺寸（长×宽×高）、空机重量、动力及结构型式等，并记录于表 A.1 中。
6.3.3 应测定试验场所的气象条件（温度、相对湿度、大气压力、风速、风向、经纬度等），并记录于表 A.2 中。
6.3.4 油动植保无人机试验用燃油符合使用说明书的要求，油箱加入额定容量的燃油。
6.3.5 电动植保无人机试验用电池（锂电池、燃料电池等）由生产商提供，电池充满电量。

6.4 一般要求试验

6.4.1 外观质量、焊接质量、密封性能及安全警示标志采用视测方法进行检查。
6.4.2 防松装置、活动构件运动灵活性（各构件间无卡滞、触碰、松动现象）使用手动及视测方法检查。
6.4.3 起飞全重使用磅秤进行称重测量。

6.5 性能要求试验

6.5.1 最大水平飞行速度试验

6.5.1.1 在空载条件下启动植保无人机升空距离地面一定高度，待飞行姿态稳定后，在自主飞行控制模式或半自主飞行控制（或人工手动控制）模式下操控植保无人机沿水平直线飞行并逐渐加速至其最大飞行速度，使用激光测速仪或机载专用定位系统的记录数据确定速度最大值。
6.5.1.2 试验重复 3 次，取平均值并记录于表 A.3 中。

6.5.2 飞行真高试验

6.5.2.1 在空载条件下启动植保无人机升空距离地面一定高度（不超过 20m），待飞行姿态稳定后，在自主飞行控制模式或半自主飞行控制（人工手动控制）模式下操控植保无人机沿垂直方向逐渐升高至其极限高度，利用激光测距仪或机载专用定位系统的记录数据确定其相对地面最大高度值。

6.5.2.2 试验重复 3 次，取平均值并记录于表 A.3 中。

6.5.3 爬升率试验

6.5.3.1 分别在空载和满载条件下启动植保无人机升空距离地面一定高度，待飞行姿态稳定后，操控植保无人机沿垂直方向升高并逐渐加速至其最大上升速度（相对地面最大高度≤20 m），利用机载专用定位系统的记录数据绘制植保无人机的上升速度曲线，确定速度最大值。
6.5.3.2 试验重复 3 次，取平均值并记录于表 A.4 中。

6.5.4 续航时间试验

6.5.4.1 续航时间试验分满载续航时间试验和空载续航时间试验，按照产品使用说明书中规定的工况和类型进行。
6.5.4.2 满载续航时间试验前应按产品使用说明书的规定给植保无人机药箱加入额定载荷的清水。
6.5.4.3 在满载（或空载）条件下，操控植保无人机处于悬停状态，高度≥3 m。记录从起飞到燃油报警响起的时间（油动植保无人机），或从起飞到电池电量报警响起的时间（电动植保无人机），作为植保无人机该次试验的续航时间（飞行时间）。
6.5.4.4 试验重复 3 次，取平均值并记录于表 A.5 中。

6.5.5 匀速运动速度波动和百米水平直线飞行航迹误差试验

6.5.5.1 在空载条件下启动植保无人机，待飞行姿态稳定后，操控植保无人机在自主飞行控制模式下保持距离地面一定高度（如 3 m～5 m），并以固定速度（3 m/s～10 m/s，或正常作业速度（产品使用说明书中的推荐值，推荐值为范围值时取中间数值）匀速通过 100 m 的水平直线距离。
6.5.5.2 利用机载专用定位系统的记录数据（需剔除加速段和减速段数据）绘制植保无人机的速度曲线，计算植保无人机匀速飞行速度的平均值和速度波动最大值。
6.5.5.3 利用机载专用定位系统的记录数据绘制植保无人机三维航迹曲线，计算植保无人机直线飞行时在水平方向和垂直方向上的航迹误差最大值。
6.5.5.4 试验重复 3 次，取平均值并记录于表 A.6 中。

6.5.6 定位误差试验

6.5.6.1 在空载情况下，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，依据随机搭载的专用定位系统数据计算比较植保无人机在水平方向和垂直方向上的定位误差值。
6.5.6.2 至少选择 3 个不同的目标点进行试验，取平均值并记录于表 A.7 中。

6.5.7 断点续航功能试验

6.5.7.1 给药箱加入 5 L 的清水，启动并操控植保无人机按自主飞行控制模式进行模拟喷洒作业。
6.5.7.2 依据随机搭载的专用定位系统记录植保无人机的“断点”位置坐标，即药箱药液喷洒完（或药箱药液报警响起）自动返回起飞点时的位置坐标。
6.5.7.3 给植保无人机的药箱再加入一定量的清水后，启动植保无人机在自主飞行控制模式下自动返回前述“断点”位置继续进行模拟作业，用随机搭载的专用定位系统记录“返回点”的位置坐标，比较“断点”位置坐标和“返回点”位置坐标在水平方向和垂直方向上的误差值。
6.5.7.4 试验重复 3 次，取平均值，并记录于表 A.8 中。

6.6 机载喷雾装置及喷雾性能要求试验

6.6.1 质量称量

分别称量药液箱空箱质量和盛满清水后的质量，根据两次质量差计算药液箱的容积及额定容量。

6.6.2 药箱坠落试验

6.6.2.1 拆除和药箱相连的喷射附件等，堵死出水口，给药箱加入额定容量的清水，拧紧加液口，按 1 m 高度（药箱底部距离地面高度）自由坠落于平整混凝土地面上。

6.6.2.2 试验重复 3 次，试验后使用视测方法检查药箱是否出现渗漏和破裂。

6.6.2.3 药箱安装固定、过滤装置使用手动及视测方法检查。其中，滤网孔径可用显微镜或量规等工具测量（若过滤网孔为方孔，则测量其对角线）。

6.6.2.4 药箱刻度线、连通性使用视测方法检查。

6.6.3 各喷头喷雾量和喷雾量偏差试验

6.6.3.1 试验应在植保无人机旋翼静止不动时进行。

6.6.3.2 在机载喷雾装置的额定工作压力下测量每个喷头的喷雾量。用量杯盛接雾流时，应避免雾滴飞溅和外流。

6.6.3.3 测定时间≥1 min，测量结果记录于表 A.9 中，按式（1）～式（4）计算喷头喷雾量变异系数。

$$q = q_1 + q_2 + \cdots + q_n \quad (1)$$

$$\bar{q} = \frac{q}{n} \quad (2)$$

$$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{q} - q_i)^2}{n-1}} \quad (i = 1, 2, \cdots, n) \quad (3)$$

$$CV_1 = \frac{S_q}{\bar{q}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

q_1、q_2、…、q_n ——— 测试带上每个有效测试区间内的雾滴密度，个/cm²；

n ——— 测试带上有效测试小区间的个数，个；

$\bar{q}$ ——— 有效测试小区间的平均雾滴密度，个/cm²；

S_q ——— 标准差，个/cm²；

CV_1 ——— 喷雾量分布均匀性变异系数，%。

1) 计算植保无人机的喷雾量在 1min 内的实际流量（实测值）q 与喷雾量明示值之间的偏差，并记录于表 A.9 中。
2) 试验重复 3 次，取平均值。

CAPDA 团体标准

6.6.4 喷头漏滴性能测定

使用视测计数方法进行。

6.6.5 雾滴体积中值直径测定

6.6.5.1 试验应在室内，且植保无人机旋翼静止不动时进行。
6.6.5.2 采用激光粒谱仪测定雾滴体积中值直径，绘制雾滴分布曲线，具体方法和步骤按 JB/T 9782 的 4.1.2 规定进行。
6.6.5.3 试验重复 3 次，取平均值并记录于表 A.10 中。

6.6.6 喷雾幅宽和喷雾量分布均匀性试验

6.6.6.1 试验应在室内无风条件下，或平均自然风速≤0.3m/s，最大风速小于 0.5m/s 的室外平整空旷地面进行。
6.6.6.2 在地面标记出长度≥60 m 的直线段，作为植保无人机模拟喷洒作业的航线。
6.6.6.3 从距离标记直线段的起点 15 m 处开始，每隔 15 m，用雾滴接收器在地面铺设 3 条测试带，每条测试带均垂直于该标记直线且对称布置，测试带的长度根据试验用植保无人机的喷雾幅宽而定（一般≥喷雾幅宽明示值的 1.5～2 倍）。
6.6.6.4 给药箱加入一定容量的已添加示踪剂的清水，启动植保无人机，当姿态稳定后，保持设定的作业高度，以正常作业速度（产品使用说明书中的推荐值，若推荐值为范围值，则取中间数值）沿标记直线段水平匀速模拟作业飞行 60 m。
6.6.6.5 从测试带的中间位置向两侧将测试带每隔 100 mm（或一张水敏纸的长度）分成一个小区间，测量每个小区间内的药液沉积量，并将结果记录于表 A.11 中。
6.6.6.6 根据测试带上各小区间内的,有效喷雾幅宽判定以测试带两端小区间内平均雾滴密度少于雾滴密度最大值 50%为界限，取 3 条测试带的平均值为本次试验的喷雾幅宽值，并记录于表 A.11 中。
6.6.6.7 测试带上位于有效喷雾幅宽以内的测试小区间称为有效测试区间,喷雾量分布均匀性变异系数的计算以每条测试带上有效测试区间内的雾滴密度数据为依据，按式（5）～式（7）计算，取 3 条测试带的变异系数平均值为本次试验的变异系数值，并记录于表 A.12 中。

$$\bar{p}=\frac{p_1+p_2+\cdots+p_m}{m} \quad \cdots\cdots (5)$$

$$S_p=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(\bar{p}-p_i)^2}{m-1}}\ (i=1,2,\cdots,m) \quad \cdots\cdots (6)$$

$$CV_2=\frac{S_p}{\bar{p}}\times 100\% \quad \cdots\cdots (7)$$

式中：

p_1、p_2、$\cdots$、p_m ——— 测试带上每个有效测试区间内的雾滴密度，个/cm^2；

m ——— 测试带上有效测试小区间的个数，个；

$\bar{p}$ ——— 有效测试小区间的平均雾滴密度，个/cm^2；

S_p ———— 标准差，个/cm^2；

CV_2 ———— 喷雾量分布均匀性变异系数，%。

8）喷雾幅宽和喷雾量分布均匀性试验重复 3 次，取平均值并分别记录于表 A.11 和表 A.12 中。

6.7 飞控系统要求试验

6.7.1 操控植保无人机起飞且姿态稳定后，以 3 m/s～5 m/s 的速度水平飞行，在植保无人机的控制模式之间切换，使用视测方法检查植保无人机飞行姿态是否有明显变化。

6.7.2 飞行控制系统的发射器、接收机工作频率和功率使用专用仪器或设备（如频谱仪、功率测量仪等）进行检查。

6.8 安全要求试验

6.8.1 稳定性测验

选择一个水平角度为 10 ° 、表面平整的混凝土斜坡面，分别将空载和满载药液的植保无人机纵向和横向停放在斜坡上，使用手动及视测方法检查植保无人机的稳定性。

6.8.2 数据记录保存

使用专用仪器或设备（如计算机等）进行检查。

6.8.3 电子围栏功能测验

使用专用仪器设备（如计算机等）检查植保无人机是否具有电子围栏功能，并通过电子围栏在试验场地设置某一禁止植保无人机飞入或飞出的空间区域，然后操控植保无人机与该空间区域发生接触，目测检查植保无人机的飞行状态变化和电子围栏的限制作用及功效。

6.8.4 整机坠落试验

6.8.4.1 试验前，油动植保无人机应排空油箱中的燃油，电动植保无人机应卸除动力电池。

6.8.4.2 给植保无人机的药箱加入额定容量的清水，拧紧加液口，保持植保无人机水平，按 2 m 高度（植保无人机机身，不包含支架的最低点距离地面高度）自由坠落于平整松软地面（可在混凝土地面铺垫 20 cm 厚的细沙来代替）上。

6.8.4.3 试验重复 3 次，每次试验时应采取相应的安全保护措施并保证坠落时产生的撞击力一致。试验后使用手动及视测方法检查药箱是否破裂、液泵或喷雾软管是否脱落、发动机油箱是否破裂、主机架是否断裂等。

6.8.5 通信中断安全性试验

6.8.5.1 操控植保无人机起飞并飞离至起飞点 20 m 以外随机位置，切断地面站（或遥控器）与植保无人机的通讯联系。

6.8.5.2 当植保无人机在通讯中断后，植保无人机应能进入悬停等待状态，或自动返回到预先设定的地点悬停或降落。

6.8.5.3 试验重复 3 次，在试验过程中检查地面站（或遥控器）的通讯中断报警信号是否正常。

6.8.6 报警装置检查

在试验过程中，检查地面站（或遥控器）的燃油报警、电池电量报警、药箱药液报警、非视距内运行报警装置是否正常工作。

6.9 可靠性要求试验

6.9.1 高温高湿环境试验

6.9.1.1 把植保无人机（电动植保无人机应拆除电池）放置在专用试验箱中，关闭箱门后将试验箱内温度调至 60 ℃，相对湿度调至 95%（温度波动范围≤2 ℃，相对湿度波动范围≤3%），静置 4 h 后再打开箱门使试验箱内温度及相对湿度和箱外一样，然后静置 30 min 进行恢复。

6.9.1.2 取出植保无人机，给药箱加入一定量清水进行短时模拟喷雾飞行，使用视测方法检查植保无人机是否能够正常飞行和喷雾作业。

6.9.2 首次故障前工作时间测定

6.9.2.1 按累计 40 h 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”。

6.9.2.2 在正常工作状态下累计飞行作业 40 h，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（表 A.13）。按公式（8）计算植保无人机首次故障前平均工作时间。

$$MTTFF=\frac{1}{N}(\sum_{i=1}^{n}t_i+\sum_{j=1}^{N-n}t_j) \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：

$MTTFF$———— 首次故障前工作时间，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，小时（h）；

t_j————试验结束时，未发生故障的第 j 架植保无人机工作累计时间(40 h)。

6.9.3 密封性和渗漏检查:

6.9.3.1 在植保无人机全部试验项目完成后，及时对植保无人机的密封性和渗漏进行检查，要求静结合面手摸无湿润，动结合面视测无滴漏和流痕。

6.9.3.2 检查部位包括齿轮箱、油箱、通气孔、油管接头处、各结合面、油堵、水箱、水封、水管接头处、发动机缸体、缸盖、缸垫、进排气管结合部、药箱及药箱盖、喷雾软管和药箱、喷嘴、液泵等的连接处等。

7. 检验规则

7.1 出厂检验

每架品出厂前均应进行出厂检验，并附有质量检验合格证才能入库或出厂，出厂检验项目见表2。

表 2 出厂检验及型式检验项目表

项目分类		项　目	对应条款	出厂检验	型式检验
类	项				

A	1	安全警示标志	5.1.5）	√	√
	2	数据记录与保存	5.5.2）	—	√
	3	电子围栏	5.5.3）	—	√
	4	整机抗坠性能	5.5.4）	—	√
	5	通讯中断安全性	5.5.6）	—	√
	6	报警功能	5.5.7）	—	√
	7	首次故障前平均工作时间	5.6.2）	—	√
B	1	最大飞行速度	5.2.1）	—	√
	2	最大飞行高度	5.2.2）	—	√
	3	续航时间	5.2.4）	—	√
	4	匀速飞行速度波动	5.2.5）	—	√
	5	水平直线飞行航迹误差	5.2.6)	—	√
	6	定位误差	5.2.7）	—	√
	7	断点续航能力	5.2.8）	—	√
	8	药箱抗坠性能	5.3.2)	—	√
	9	喷头变异系数	5.3.7)	—	√
	10	喷雾量偏差	5.3.9)	—	√
	11	雾滴体积中值直径偏差	5.3.10)	—	√
	12	喷雾量分布均匀性	5.3.12)	—	√
	13	控制模式	5.4.1)	—	√
	14	控制模式切换	5.4.2）、5.5.5)	√	√
	15	抗高温高湿性能	5.6.1）	—	√
C	1	外观质量	5.1.2）	√	√
	2	焊接质量	5.1.3）	√	√
	3	密封与渗漏	5.1.4）	—	√
	4	联接与防松	5.1.6)	√	√
	5	运动灵活性	5.1.7)	√	√
	6	爬升率	5.2.3)	—	√
	7	药箱容量	5.3.1）	—	√
	8	药箱固定	5.3.3）	√	√
	9	药箱刻度线	5.3.4)	—	√
	10	药箱连通性	5.3.5）	√	√
	11	过滤装置	5.3.6）	—	√
	12	喷头防滴性能	5.3.8）	—	√
	13	喷雾幅宽偏差	5.3.11）	—	√
	14	飞控系统工作频率	5.4.3）	—	√
	15	发射器、接收机功率	5.4.3)	—	√
	16	起飞全重	5.5.1）	—	√
	17	停放稳定性	5.5.2）	—	√
	18	标牌	8.1	√	√
	19	使用说明书	8.3	—	√

CAPDA团体标准

带“√”的项目应为检验项目，带“—”的项目为不检验项目。

7.2 型式检验

7.2.1 正常生产时每三年进行一次型式检验，在下列情况之一时，应进行型式检验：

a) 新产品鉴定；
b) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
c) 产品的结构、材料和工艺有较大改进，可能影响产品性能时；
d) 停产一年以上恢复生产时；
e) 国家质量监督部门或机构提出进行型式检验要求时。

7.2.2 型式检验按照 GB/T 2828.1 规定的正常检验一次抽样方案，采用特殊检验水平 *S*-1。

7.2.3 型式检验采用简单随机抽样方法，抽取的样本应是企业未经使用的出厂检验合格产品，批量≥8架，抽样 2 架。抽样时还应考虑增抽 1 架备用样本，备用样本在因非机器本身质量问题导致无法正确判断时使用。

7.2.4 型式检验按本标准的技术要求和试验方法进行，检验项目见表 2。

7.3 判定规则

7.3.1 出厂检验须所有检验项目合格，方能判为合格。

7.3.2 型式检验被测项目不符合本标准要求的均称为不合格项目，按其对产品使用影响程度分为 A、B、C 三类，检验项目分类及对应条款要求见表 2。

7.3.3 型式检验抽样及判定规则见表 3，表中 AQL 为接收质量限，Ac 为接收数，Re 为拒收数。

表 3 抽样方案及判定规则

抽样方案	项目分类	*A*	*B*	*C*
	样本数项目数	2×7	2×15	2×19
	样本量字码	*A*		
	检查水平	*S*-1		
合格判定	*AQL*	6.5	25	40
	A_c R_e	0 1	1 2	3

8. 标志、包装、使用说明书、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 每架植保无人机应在明显位置固定清晰的产品标牌，标牌应符合 GB/T 13306 的规定。

8.1.2 产品标牌中至少包括以下内容：

a) 产品名称、型号；
b) 主要技术参数（发动机排量或电动机功率、药箱额定容量或额定有效载荷、续航时间等）；
c) 执行标准；
d) 出厂编号及日期；
e) 生产企业名称、地址。

8.2 包装

8.2.1 植保无人机可进行单独包装，也可以由生产商和订货方协商，采用简易包装或其他散件防护措施。
8.2.2 包装箱外应标明：

a) 产品名称和型号；
b) 生产企业名称和地址；
c) 外形尺寸（长×宽×高），单位为 mm×mm×mm；
d) 总重量，单位为 kg；
e) 生产日期；
f) 产品执行标准号；
g) “向上”、“小心轻放”等字样或标志。

8.3 使用说明书

每架植保无人机应提供详细的产品使用说明书，使用说明书的编制应符合GB/T 9480的规定，并附有下列内容说明：

1) 产品名称、型号；
2) 主要技术参数（发动机排量或电动机功率、空机重量、药箱额定容量（或额定有效载荷）、续航时间、喷雾幅宽、作业速度范围等）；
3) 运输状态时的布置要求；
4) 维护和清洗要求；
5) 安装、调整和使用的一般方法；
6) 启动和停止步骤；
7) 常见故障类型和简单故障排除方法；
8) 有关安全使用规则和要求，包括使用环境和条件、注意事项说明等；
9) 在处理农药时，应当遵守农药生产厂商所提供的安全说明；
10) 生产企业名称、地址及电话。

8.4 运输和储存

8.4.1 出厂装运时，对附件、工具及运输中必须拆下的零部件另行装箱或包装，保证正常运输中不发生损伤。
8.4.2 在运输过程中，吊运要平整，按包装箱上的标记放置，不得翻转和倒置。
8.4.3 运输和储存过程中，应避免淋雨、受潮和碰撞，不得接触酸、碱、腐蚀性物质及有机溶剂。
8.4.4 产品储存时应置于干燥通风和无腐蚀气体的室内。

CAPDA 团体标准

AA

附　录　A（资料性）
植保无人机主要技术参数测定

A.1　植保无人机主要技术参数测定见表A.1。

表 A.1　植保无人机主要技术参数测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

序号	项目			测定数据	备注
1	名称：				
2	型号：				
3	动力与结构型式	油动单旋翼	带尾桨式		
			双桨共轴式		
			双桨纵列式		
			双桨横列式		
		油动多旋翼	旋翼个数		
		电动单旋翼	带尾桨式		
			双桨共轴式		
			双桨纵列式		
			双桨横列式		
		电动多旋翼	旋翼个数		
		其他：			
4	药箱		数量（个）		
			材料		
			总容量（L）		
5	喷头		型式		
			数量（个）		
6	液泵		型式		
			额定转速（r/min）		
			额定流量（L/min）		
			额定压力（MPa）		
7	过滤装置		数量（个）		
			过滤网孔径（mm）		
8	整机尺寸(长×宽×高)（mm）		工作状态（mm）		
			运输状态（mm）		
9	空机重量（kg）				
10	发动机功率/电动机功率（kW）				
11	起飞全重（kg）				

测定人：

CAPDA 团体标准

A.2　气象及环境条件测定见表A.2。

表 A.2　气象及环境条件测定

试验地点　　试验日期

序号	项目	测定结果
1	环境温度(℃)	
2	环境相对湿度(%)	
3	大气压力(kPa)	
4	风速(m/s)	
5	风向	
6	海拔高度(m)	
7	经纬度	

测定人：

A.3　最大水平飞行速度、飞行真高测定见表A.3。

表 A.3　最大水平飞行速度、飞行真高测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	最大水平飞行速度(m/s)	相对地面最大飞行高度(m)	备注
1			空载条件下进行试验： 空机重量：　　kg 发动机/电动机功率：　　kW 自然风速：　　m/s 风向：
2			
3			
平均值			

测定人：

A.4　爬升率测定见表A.4。

表 A.4　爬升率测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	爬升率(m/s)		备注
1	空载：		自然风速：　　m/s；　　风向： 发动机/电动机功率：　　kW 空机重量：　　kg 满载总质量：　　kg
	满载：		
2	空载：		
	满载：		
3	空载：		
	满载：		
4	空载：		
	满载：		

测定人：

CAPDA 团体标准

A.5　续航时间测定见表A.5。

表 A.5　续航时间测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	续航时间(min)		备注
1	满载：		在满载（或空载）条件下进行试验： 空机重量：　kg 有效载荷：　kg/L　满载总质量：　kg 发动机功率：　kW　油箱容量：　L 电动机功率：　kW　电池容量：　mAh 自然风速：　m/s；　风向： 悬停高度：　m
	空载：		
2	满载：		
	空载：		
3	满载：		
	空载：		
4	满载：		
	空载：		

测定人：

A.6　匀速飞行速度波动和百米水平直线飞行航迹误差测定见表A.6。

表 A.6　匀速飞行速度波动和百米水平直线飞行航迹误差测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	测定结果			备注
1	速度设定值（或匀速飞行速度平均值）(m/s)			自主飞行控制模式及空载条件下进行试验： 空机重量：　kg 自然风速：　m/s　风向： 第1次试验起点坐标： 终点坐标： 第2次试验起点坐标： 终点坐标： 第3次试验起点坐标： 终点坐标：
	匀速飞行速度波动最大值(m/s)			
	百米水平直线飞行航迹误差最大值(m)	水平方向：		
		垂直方向：		
2	速度设定值（匀速飞行速度平均值）(m/s)			
	匀速飞行速度波动最大值(m/s)			
	百米水平直线飞行航迹误差最大值(m)	水平方向：		
		垂直方向：		
3	速度设定值（匀速飞行速度平均值）(m/s)			
	匀速飞行速度波动最大值(m/s)			
	百米水平直线飞行航迹误差最大值(m)	水平方向：		
		垂直方向：		
平均值	匀速运动速度波动最大值(m/s)			
	百米水平直线飞行航迹误差最大值(m)	水平方向：		
		垂直方向：		

测定人：

A.7　定位误差测定见表A.7。

表 A.7　定位误差测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	定位误差(m)		备注
1	水平方向：		自主飞行控制模式及空载条件下进行试验： 空机重量：　　kg 自然风速：　　m/s　　风向： 第1次试验目标点坐标：　　实际位置点坐标： 第2次试验目标点坐标：　　实际位置点坐标： 第 3 次试验目标点坐标：　　实际位置点坐标：
	垂直方向：		
2	水平方向：		
	垂直方向：		
3	水平方向：		
	垂直方向：		
平均值	水平方向：		
	垂直方向：		

测定人：

A.8　断点续航能力测定见表A.8。

表 A.8　断点续航能力测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	“返回点：和”断点“的位置误差(m)		备注
1	水平方向：		自主飞行控制模式下进行实验。 自然风速：　　m/s　　风向： 第1次“断点”位置坐标：　　“返回点”位置坐标： 第2次“断点”位置坐标：　　“返回点”位置坐标： 第 3 次“断点”位置坐标：　　“返回点”位置坐标：
	垂直方向：		
2	水平方向：		
	垂直方向：		
3	水平方向：		
	垂直方向：		
平均值	水平方向：		
	垂直方向：		

测定人：

CAPDA 团体标准

A.9　喷头喷雾量和总喷雾量测定见表A.9。

表 A.9　喷头喷雾量和总喷雾量测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

<table>
<tr><td rowspan="3">试验次数</td><td colspan="7">喷头喷雾量
(q/L/min)</td></tr>
<tr><td colspan="7">喷头序号</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>……</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>总喷雾量
(L/min)</td><td colspan="5" rowspan="3">$q = q_1 + q_2 + \cdots\cdots + q_n$</td><td colspan="2">第 1 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 2 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 3 次试验：</td></tr>
<tr><td>平均值
(L/min)</td><td colspan="5" rowspan="3">$\overline{q} = \frac{q}{n}$</td><td colspan="2">第 1 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 2 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 3 次试验：</td></tr>
<tr><td>标准差
(L/min)</td><td colspan="5" rowspan="3">$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\overline{q} - q_i)^2}{n-1}}$</td><td colspan="2">第 1 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 2 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 3 次试验：</td></tr>
<tr><td rowspan="2">各喷头喷雾量变异系数
(%)</td><td colspan="5" rowspan="3">$CV_1 = \frac{S_q}{\overline{q}} \times 100\%$</td><td colspan="2">第 1 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 2 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 3 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="7">变异系数平均值：</td></tr>
<tr><td rowspan="3">总喷雾量偏差</td><td colspan="5">喷雾量明示值：</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="3">总喷雾量 q 与明示值之差：</td><td colspan="2">第 1 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 2 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="2">第 3 次试验：</td></tr>
<tr><td colspan="7">平均值喷雾量偏差：</td></tr>
<tr><td>备注</td><td colspan="7">喷头个数：　　个；　　喷头工作压力：　　kPa
测量时间：　　min</td></tr>
</table>

CAPDA 团体标准

测定人：

A.10　雾滴直径和雾滴谱宽度测定见表A.10。

表 A.10　雾滴直径和雾滴谱宽度测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数	测试结果		备注
1	体积中径(μm)		在旋翼静止时进行试验： 额定工作压力：　　kPa 试验压力：　　kPa
	雾滴谱宽度(μm)		
2	体积中径(μm)		
	雾滴谱宽度(μm)		
3	体积中径(μm)		
	雾滴谱宽度(μm)		
平均值	体积中径(μm)		
	雾滴谱宽度(μm)		
体积中径明示值(μm)			
体积中径偏差(μm)			
雾滴谱宽度明示值(μm)			
雾滴谱宽度偏差(μm)			

测定人：

A.11　喷雾幅宽测定见表A.11。

表 A.11　喷雾幅宽测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数		测试小区间雾滴密度（个/cm^2） 测试小区间序号									最大雾滴密度
		1	2	3	4	5	6	7	8	……	
1	测试带 1										
	测试带 2										
	测试带 3										
2	测试带 1										
	测试带 2										
	测试带 3										

CAPDA 团体标准

3	测试带 1										
	测试带 2										
	测试带 3										

表 A.11　喷雾幅宽测定(续)

试验次数	测试小区间雾滴密度 (个/cm²)									最大雾滴密度
	测试小区间序号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	……	
第 1 次试验	测试带 1 的喷雾幅宽(m)：									平均喷雾幅宽(m)：
	测试带 2 的喷雾幅宽(m)：									
	测试带 3 的喷雾幅宽(m)：									
第 2 次试验	测试带 1 的喷雾幅宽(m)：									平均喷雾幅宽(m)：
	测试带 2 的喷雾幅宽(m)：									
	测试带 3 的喷雾幅宽(m)：									
第 3 次试验	测试带 1 的喷雾幅宽(m)：									平均喷雾幅宽(m)：
	测试带 2 的喷雾幅宽(m)：									
	测试带 3 的喷雾幅宽(m)：									
3 次试验的平均喷雾幅宽(m)：										
喷雾幅宽明示值(m)：　　喷雾幅宽偏差：										
备注：	室内：□　室外：□　自然风速：　m/s；　风向： 喷雾幅宽明示值：　m； 相对地面飞行高度：　m；　额定工作压力：　kPa；　试验压力：　kPa									

测定人：

A.12　喷雾量分布均匀性测定见表A.12。

表 A.12　喷雾量分布均匀性测定

植保无人机型号：　　生产企业：　　试验地点：　　试验日期：

试验次数		有效测试区间雾滴密度 (p/个/cm²)									区间个数（m/个）
		有效测试小区间序号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	……	
1	测试带 1										
	测试带 2										

CAPDA 团体标准

	测试带 3										
2	测试带 1										
	测试带 2										
	测试带 3										

表 A.12　喷雾量分布均匀性测定（续）

试验次数		有效测试区间雾滴密度 (p/个/cm²)									区间个数 m/个
		有效测试小区间序号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	……	
3	测试带 1										
	测试带 2										
	测试带 3										

平均雾滴密度 (个/cm²)	$\overline{p}=\frac{p_1+p_2+\cdots+p_m}{m}$	第 1 次试验	测试带 1：	
			测试带 2：	
			测试带 3：	
		第 2 次试验	测试带 1：	
			测试带 2：	
			测试带 3：	
		第 3 次试验	测试带 1：	
			测试带 2：	
			测试带 3：	
标准差 (个/cm²)	$S_p=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\overline{p}-p_i)^2}{m-1}}$	第 1 次试验	测试带 1：	
			测试带 2：	
			测试带 3：	
		第 2 次试验	测试带 1：	
			测试带 2：	
			测试带 3：	
		第 3 次试验	测试带 1：	
			测试带 2：	
			测试带 3：	
喷雾量分布均匀性变异系数 (%)	$CV_2=\frac{S_p}{\overline{p}}\times 100\%$	第 1 次试验	测试带 1：	平均值：
			测试带 2：	
			测试带 3：	
		第 2 次试验	测试带 1：	平均值：
			测试带 2：	
			测试带 3：	
		第 3 次试验	测试带 1：	平均值：
			测试带 2：	

CAPDA 团体标准

			测试带 3：	
3 次试验平均值：				
备注：	室内：□　　室外：□　　自然风速：　　m/s；　　风向： 匀速飞行速度：　　m/s；　　相对地面（测试带）飞行高度：　　m；　　试验喷雾压力：　　kPa			

测定人：

A.13　首次故障前平均工作时间测定见表A.13。

表 A.13　首次故障前平均工作时间测定

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(h)	备注
				作业架次	每架次作业时间(h)	当日作业时间(h)			
1				1					
				2					
				3					
				……					
				1					
				2					
				3					
				……					
	……								
2				1					
				2					
				3					
				……					
				1					
				2					
				3					
				……					
	……								
……									
试验植保无人机架数 N/架									
$MTTFF=\frac{1}{N}(\sum_{i=1}^{n}t_i+\sum_{j=1}^{N-n}t_j)$									

测定人：

CAPDA 团体标准

BB

附　录　B（资料性附录）
植保无人机试验测试报告

B.1　试验数据汇总

在试验过程中应及时计算、整理有关试验数据，试验结束后，将试验测定、计算和分析的结果核实、整理和汇总。

B.2　试验报告内容

B.2.1 试验概述

试验样机名称、数量、规格型号、出厂编号、生产单位和提供单位，参加试验单位、人员，试验时间、地点，试验技术条件、环境条件描述（参考附录表 A.1、A.2）。

B.2.2 试验样机技术参数

试验样机的主要技术（结构）参数、必要时附照片（参考附录表 A.1）。

B.2.3 试验依据

试验依据的标准、合同等有效文件。

B.2.4 试验数据记录

试验数据记录表（或汇总表），含绘制的性能特性曲线（参考附录表 A.3～A.13）。

B.2.5 试验结果判定

将试验结果（数据）与标准、合同等有效文件规定进行比较，做出判定（判定项目参照表 B.1）。

B.2.6 试验结果分析

必要时概述试验中测定的数据、观察到的现象，对试验样机进行全面的分析和评论。

表 B.1　植保无人机测试项目、结果及判定表

序号	检测项目	对应条款及指标要求		试验方法对应条款	测试结果	结论	备注
		条款	要求				
1	外观质量	5.1.2)	无明显伤痕、变形、油污和毛刺等	6.4.1)			
2	焊接质量	5.1.3)	光滑平整、牢固，无烧穿、漏焊等	6.4.1)			
3	密封与渗漏	5.1.4)	机载喷雾装置渗漏	6.9.3			
			发动机渗漏				

CAPDA 团体标准

			油箱、齿轮箱渗漏				
4	安全警示标志	5.1.5)	危险部位有安全警示标志	6.4.1)			
5	联接与防松	5.1.6)	联接牢固并有防松措施	6.4.2)			
6	运动灵活性	5.1.7)	动作灵活、无卡滞	6.4.2)			
7	起飞全重	5.1.8）	≤200 kg	6.4.3)			
8	最大水平飞行速度(m/s)	5.2.1)	≤25 m/s	6.5.1			

表 B.1　植保无人机测试项目、结果及判定表（续）

序号	检测项目	对应条款及指标要求		试验方法对应条款	测试结果	结论	备注
		条款	要求				
9	最大飞行真高（m）	5.2.2)	≤20 m	6.5.2			
10	爬升率(m/s)	5.2.3)	空载：≥1.5 m/s	6.5.3			
			满载：≥0.5 m/s				
11	续航时间(min)	5.2.4)	≥明示值×90%	6.5.4	满载测试值：		
					空载测试值：		
12	匀速飞行速度波动（m/s）	5.2.5)	≤速度平均值×5%	6.5.5			
13	百米水平直线飞行航迹误差（m）	5.2.6)	油动：水平方向≤±0.5 m 垂直方向≤±0.8 m	6.5.5	水平方向： 垂直方向：		
			电动：水平方向≤±0.3 m 垂直方向≤±0.5 m		水平方向： 垂直方向：		
14	定位误差（m）	5.2.7)	油动：水平方向≤±0.5 m 垂直方向≤±0.8 m	6.5.6	水平方向： 垂直方向：		
			电动：水平方向≤±0.3 m 垂直方向≤±0.5 m		水平方向： 垂直方向：		
15	断点续航能力	5.2.8)	油动：水平方向≤±0.5 m 垂直方向≤±0.8 m	6.5.7	水平方向： 垂直方向：		
			电动：水平方向≤±0.3 m 垂直方向≤±0.5 m		水平方向： 垂直方向：		
16	药箱容量(L)	5.3.1)	≥10 L	6.6.1			
17	药箱抗坠性能	5.3.2)	连续 3 次坠落试验不出现破裂和渗漏	6.6.2			
18	药箱固定	5.3.3)	固定牢固，无松动	6.6.3			
19	药箱刻度线	5.3.4)	有容量刻度线	6.6.4			
20	药箱连通性	5.3.5)	药液互相连通	6.6.4			

CAPDA 团体标准

21	过滤系统	5.3.6)	2 级过滤系统	6.6.3			
22	喷头喷雾量变异系数（%）	5.3.7)	≤15%	6.6.5			
23	喷头防滴性能	5.3.8)	漏滴喷头≤1 个	6.6.6			
			漏滴液滴数≤10 滴/min				
24	喷雾量偏差（L/min）	5.3.9)	≤明示值×10%	6.6.5	喷雾量测试值：		
					喷雾量偏差：		

表 B.1　植保无人机测试项目、结果及判定表（续）

序号	检测项目	对应条款及指标要求		试验方法对应条款	测试结果	结论	备注
		条款	要求				
25	雾滴体积中值直径偏差（μm）	5.3.10)	≤明示值×10%	6.6.6	体积中径测试值：		
					体积中径偏差：		
					雾滴谱宽度偏差：		
26	喷雾幅宽偏差（%）	5.3.11)	≤明示值×10%	6.6.6	幅宽测试值：		
					幅宽偏差：		
27	喷雾量分布均匀性变异系数（%）	5.3.12)	≤50%	6.6.6			
28	控制模式	5.4.1)	两种控制模式	6.7.1)			
29	控制模式切换	5.4.2) 5.5.5)	控制模式切换，姿态和状态无明显变化；失稳失控应能切换至人工控制模式	6.7.1)			
30	飞控系统工作频率	5.4.3)	符合有关规定和要求	6.7.2)			
31	发射器、接收机功率	5.4.3)	符合有关规定和要求	6.7.2)			
32	停放稳定性	5.5.1)	≤10° 的平整坡面	6.8.1			
33	数据记录与保存	5.5.2)	≥12 个月	6.8.2			
34	电子围栏	5.5.3)	有电子围栏	6.8.3			
35	整机抗坠性能	5.5.4)	连续 3 次坠落，不出现药箱油箱破裂和主机架断裂	6.8.4			
36	通讯中断安全性	5.5.6)	通信中断，就地悬停，或自动返回悬停或降落	6.8.5			
37	报警功能	5.5.7)	燃油报警提示	6.8.6			
			电池电量报警提示				
			药液量报警提示				
			通讯中断报警提示	6.8.5			
38	抗高温高湿性能	5.6.1)	高温高湿环境 4 h 无故障	6.9.1			
39	首次故障前平均工作时	5.6.2)	≥40 h	6.9.2			

	间(h)						
40	标牌	8.1	符合 GB/T 13306 规定	—			
41	使用说明书	8.3	符合 GB/T 9480 规定	—			
其他说明：							

CAPDA 团体标准