

# 团 体 标 准

T/NJ 1500—202X

## 设施农业装备 植保机器人

Facility agriculture equipment—Crop protection robot

(公示稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国农业机械学会 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。

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。

本文件由中国农业机械学会提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会（SAC/TC 201）归口。

本文件起草单位：浙江省农业科学院农业装备研究所、浙江省农业机械试验鉴定总站、浙江省农业机械工业协会。

本文件主要起草人：俞国红、郑航、索利利、武萌、石晓燕、叶云翔、张秋声、顾钰婷、刘恬、余文胜、王亚飞。



# 设施农业装备 植保机器人

## 1 范围

本文件规定了设施农业装备植保机器人的术语和定义、产品型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于以锂电池或铅酸电池为动力源，可进行变量施药，通过自主导航功能在设施内实现自动喷雾作业的喷杆式植保机械（以下简称“植保机器人”）。

## 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 3098.1—2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.2—2015 紧固件机械性能 螺母
- GB/T 3766 液压传动系统及其元件的通用规则和安全要求
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 5667—2008 农业机械 生产试验方法
- GB 8897.4—2008 原电池 第 4 部分：锂电池的安全要求
- 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 10395.1 农林机械 安全 第 1 部分：总则
- GB 10395.6 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 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 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB 19517 国家电气设备安全技术规范
- GB/T 20085 植物保护机械 词汇
- GB/T 20183.2—2006 植物保护机械 喷雾设备 第 2 部分：液力喷雾机试验方法
- GB/T 20183.3—2006 植物保护机械 喷雾设备 第 3 部分：农业液力喷雾机每公顷施液量调节系统试验方法
- GB/T 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- GB/T 24677.2—2009 喷杆喷雾机 试验方法
- GB/T 24680 农用喷雾机 喷杆稳定性 试验方法
- GB/T 25296 电气设备安全通用试验导则
- GB/T 30464 农林拖拉机和机械 道路行驶用照明、光信号和标志装置的安装规定
- GB/T 32242.2 植物保护机械 吸入式加药装置 第 2 部分：一般要求与性能限值
- GB/T 32250.2—2022 农林机械 在用喷雾机的检测 第 2 部分：水平喷杆式喷雾机
- GB/T 32504 民用铅酸蓄电池安全技术规范
- GB/T 37164 自走式农业机械导航系统作业性能要求及评价方法

GB/T 38244 机器人安全总则  
HG/T 3043 农业喷雾用橡胶软管  
JB/T 5673—2015 农林拖拉机及机具涂漆 通用技术条件  
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  
JB/T 9802 喷雾机、清洗机用三缸柱塞泵、活塞泵  
JB/T 9806 喷雾机用隔膜泵  
JB/T 9832.2—1999 农林拖拉机及机具 漆膜 附着性能测定方法 压切法  
JB/T 13854—2020 自走式喷杆喷雾机

### 3 术语和定义

GB/T 20085、GB/T 37164 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**植保机器人** **crop protection robot**

以锂电池或铅酸电池为动力源，进行变量施药，通过自主导航功能在农业设施内实现自动喷雾作业的喷杆式植保机械。

#### 3.2

**直线行驶精度** **straight-line driving accuracy**

植保机器人以额定速度沿直线行走，实际路径与地面直线之间的偏差。

#### 3.3

**停车位置偏差** **parking position deviation**

植保机器人沿直线运动，发出停车指令后，所在停车点与停车线的距离偏差。

#### 3.4

**越障通过性** **climbing obstacle trafficability**

植保机器人在遇到障碍物后，不改变预期行进路径并通过障碍的能力。

#### 3.5

**避障距离** **obstacle avoidance**

植保机器人感知障碍物后，主动停止运动并报警的距离。

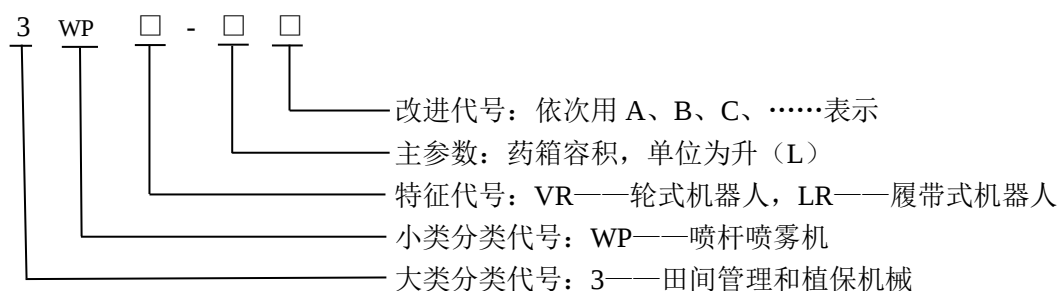
#### 3.6

**续航时间** **battery life**

植保机器人以额定速度行驶，从满电直至电量耗尽所消耗所用的时间。

### 4 产品型号

植保机器人的产品型号按 JB/T 8574 的规定编制，主要由分类代号、特征代号、主参数和改进代号组成，表示方法如下：



标记示例：药箱容积为 30 L，经过首次改进的轮式植保机器人型号表示为 3WPVR-30A。

## 5 技术要求

### 5.1 安全要求

- 5.1.1 植保机器人应采取 GB 10395.1 和 GB 10395.6 规定的适用安全要求和/或措施，并应按照 GB 10395.1 规定的设计原则，通过充分的风险减少措施达到可接受的风险水平。
- 5.1.2 植保机器人的外露运动件、喷杆折叠机构及其他存在危险部件应设置符合 GB 10395.1 规定的安全防护装置；防止上下肢触及危险区的安全距离应符合 GB/T 23821 的规定；在存在遗留风险的部件附近明显位置应设置符合 GB 10396 规定的安全标志，安全标志应在使用说明书中重现。
- 5.1.3 植保机器人的高压管路应设置符合 JB/T 13854—2020 中 5.3.5 规定的限压安全装置。
- 5.1.4 在操作者可触及区域内应配备停止喷雾、行走的手动控制装置，以便安全停止喷雾作业。
- 5.1.5 植保机器人应安装防撞保护装置。
- 5.1.6 植保机器人电气系统的安全应符合 GB 19517 的规定，电气装置及线路应连接正确，接头可靠，不应与发热部件接触，不应发生短路或断路，并具有过载、短路、漏电保护功能和可靠的接地装置，动力电路和保护接地电路之间的绝缘电阻不应小于 20 MΩ。
- 5.1.7 植保机器人开孔处应有防尘、防水、防潮措施，外壳防护等级应符合 GB/T 4208—2017 中 IP35 的规定。
- 5.1.8 植保机器人稳定性应能符合 JB/T 13854—2020 中 5.3.1 的规定。
- 5.1.9 植保机器人制动性能应能符合 JB/T 13854—2020 中 5.3.2 的规定。
- 5.1.10 植保机器人信息安全、控制系统安全和其它安全要求应符合 GB/T 38244 的规定。

### 5.2 一般要求

- 5.2.1 植保机器人制造应符合本文件的规定，并按照经规定程序批准的产品图样和技术文件制造。
- 5.2.2 植保机器人所用的原材料、零部件应符合产品图样和技术文件的规定，并经质量检验部门检验合格，外购件、外协件应有合格证明文件或质量等级证明。
- 5.2.3 冲压件不应有毛刺、裂纹以及明显残缺和折皱。
- 5.2.4 焊接件应牢固可靠、焊缝平直均匀，不应有漏焊、假焊、虚焊、脱焊、烧穿、夹渣、气孔缺陷。
- 5.2.5 植保机器人的零部件采用紧固件连接时，应牢固可靠，不应有松动现象。重要连接部位的紧固件性能等级，螺栓不应低于 GB/T 3098.1—2010 中规定的 8.8 级，螺母不应低于 GB/T 3098.2—2015 中规定的 8 级，其拧紧力矩应符合产品图样及技术文件的规定。
- 5.2.6 内部电气线路应排列整齐、固定牢固，便于安装、维护，并用颜色和标志加以区分。
- 5.2.7 与农药接触的零件应具有良好的防腐性能，镀锌、镀铬零件镀层应均匀、牢靠。
- 5.2.8 植保机器人的开关、按钮及手柄等操控机构应设置在操作者容易触及的范围内，操作应方便，并有清晰的指示标志或标牌，其内容应反映出装置的基本功能。

5.2.9 具有远程监控及操控作业系统或遥控系统，通过操控系统实现远程前进、后退时，转向轮应灵活可靠。机械驱动的植保机器人、传动系统等传动部件的温升不应超过 35℃；液压驱动的植保机器人，液压驱动系统内的液压油温度不应超过 80℃。

5.2.10 各部件及连接处应密封可靠，不得出现药液和其他液体渗漏现象。

5.2.11 植保机器人使用说明书的编制应符合 GB/T 9480 的规定。

5.3 运动性能

植保机器人运动性能应符合表 1 的规定。

表 1 运动性能

| 序号 | 运动性能   | 单位  | 运动性能指标         |
|----|--------|-----|----------------|
| 1  | 最高行驶速度 | m/s | ≤3.0           |
| 2  | 直线行驶精度 | mm  | ≤50            |
| 3  | 停车位置偏差 | mm  | ≤100           |
| 4  | 爬坡能力   | °   | ≥10            |
| 5  | 最小转弯半径 | /   | ≤本身长度的2倍       |
| 6  | 续航时间   | h   | ≥3             |
| 7  | 避障距离   | mm  | 停止运动后距离障碍物≥300 |
| 8  | 越障通过性  | /   | 应能通过说明书明示的障碍物  |

5.4 作业性能

5.4.1 喷头防滴性能

在额定工作压力下，停止喷雾5 s后，出现滴漏现象的喷头数量不应大于喷头总数的10%，且单个滴漏喷头漏的液滴数不应大于10 滴/min。

5.4.2 喷雾性能

喷雾机在额定工作压力下喷雾时，药液应雾化良好、雾形完整，雾流应连续、均匀，单位面积施药液量实际值与设定值之间的偏差不应超过±10%；喷杆上各喷头之间的喷雾量变异系数不应大于10%；沿喷杆方向的药液分布均匀性变异系数不应大于10%。

5.4.3 防碰撞成功率

防碰撞成功率应大于98%。

5.4.4 防跌落成功率

防跌落成功率应大于98%。

5.4.5 遥控距离

如采用遥控操作时，可遥控距离应大于120 m。

5.4.6 作业效率

作业效率应大于使用说明书中明示值。

## 5.5 可靠性

### 5.5.1 有效度

植保机器人使用有效度不应低于 96%。

### 5.5.2 首次故障前平均工作时间

植保机器人的首次故障前平均工作时间不应小于 120 h。

## 5.6 主要零部件要求

### 5.6.1 电池

电池表面应平整、光滑、无裂纹、划伤、缺损或变形缺陷，极端应无锈蚀、贯通性夹杂物或熔接不良，锂电池应符合GB 8897.4的规定，铅酸电池应符合GB/T 32504的规定。

### 5.6.2 液泵

5.6.2.1 配用的三缸柱塞泵、活塞泵应符合 JB/T 9802 的规定，隔膜泵应符合 JB/T 9806 的规定；配用其它型式液泵，其流量和工作压力应符合说明书的规定。出口位置处压力脉动不应大于工作压力的 10 %。

5.6.2.2 如有空气室，其隔膜不应有损坏，在植保机器人制造商推荐的最高工作压力下操作时，不应有液体泄漏。空气室充气压力应为植保机器人制造商推荐压力，或在喷头工作压力的 30%~70%。耐压性能符合 GB 10395.6 的规定。

### 5.6.3 过滤装置

过滤装置应符合JB/T 13854—2020中5.2.4的规定。

### 5.6.4 喷杆

喷杆应符合 JB/T 13854—2020 中 5.2.7 的规定。

### 5.6.5 药液箱

药液箱应符合JB/T 13854—2020中5.2.8的规定。如有吸入式加药装置应符合GB/T 32242.2的规定。

### 5.6.6 液压系统

液压操纵系统及驱动系统应密封可靠、动作灵活，作业过程中无渗漏现象。液压系统各油路油管固定牢靠，油管表面不允许有裂纹、擦伤和明显压扁缺陷。避免与发热部件相接触，液压系统的设计、制造、安装事项应符合 GB/T 3766 的规定。

### 5.6.7 承压管路

承压管路上应有永久性标志，标明其制造商和最高允许工作压力；承压管路应能承受不小于最高工作压力 1.5 倍的压力而无渗漏。植保机器人用承压管应符合 GB/T 14976 的规定，喷雾胶管应符合 HG/T 3043 的规定。

## 5.7 装配质量要求

5.7.1 植保机器人零部件应完整、齐全，连接应牢固可靠，容易松脱的零部件应装有防松装置。

5.7.2 液压系统、发动机和传动箱之间、油管接头及油箱等处各动、静结合面应无渗漏。

5.7.3 装配后，各运动件应动作灵活，不应有磕碰、卡滞等现象。各操纵机构应轻便，自动回位的操纵件在操纵力去除后应能自动回位，非自动回位的操纵件应能可靠地停在操纵位置。

5.7.4 液压软管、喷雾胶管应布置整齐有序，曲处弯曲内径不应过小，并应避免扎瘪、压扁现象。

5.7.5 整机装配后，外露零件表面应涂防锈漆，摩擦表面应涂润滑油或润滑脂。

5.7.6 每台植保机器人经制造厂检验部门总装检验合格后，应在额定工况下进行 30 min 空运行试验，各运动部件应运行平稳、无异常声响和卡滞现象；各操纵和调节机构操纵灵活、准确、可靠，无异常响声；不应出现漏油、漏水、漏气、漏电现象。

## 5.8 外观质量要求

5.8.1 涂漆膜应符合 JB/T 5673—2015 表 1 中 TQ-1-1-DM 的规定，漆膜附着性能不应低于 JB/T 9832.2—1999 表 1 中 II 级的规定；涂漆层表面应均匀，不应有漏漆、起皱、流挂和剥落现象。

5.8.2 植保机器人外观表面应整洁平整、颜色均匀、无污损，不应有毛刺、锈斑、油污、划痕、裂痕、剥落和磕碰伤。

## 5.9 使用环境要求

植保机器人应能在下列环境条件下稳定运行：

- a) 环境温度：0℃~40℃；
- b) 相对湿度：5%~90%；
- c) 工作电源：AC220 V（1±10%）；
- d) 周围无粉尘，无易燃、易爆、腐蚀性气体和影响车体正常运行的电磁波等干扰。

## 5.10 功能要求

5.10.1 具备远程监控系统或操控作业系统或遥控系统，监控系统显示屏应清晰稳定。

5.10.2 具有药液和电量剩余量显示功能，安装位置应便于操作者观察。

5.10.3 具有在环境地图上能够识别或分辨的位姿，根据定位和环境地图能进行路径规划，并控制运动方向的功能。

5.10.4 具有通过按钮、操作杆或除自动操作外等方式对机器人进行操作的手动模式。

5.10.5 具有基于当前状态和感知信息，无需借助人为干预完成预期任务的自主模式。

5.10.6 具有在工作过程中遇到缺药液、电量不足、碰撞等特殊情况时，能够自主做出返航决断并按特定轨迹实现自主返航。

## 6 试验方法

### 6.1 试验准备

性能试验样机1台，可靠性试验样机1台，试验样机应与制造厂提供的说明书相符，其技术状态良好，试验样机表面应干燥，药液箱药剂量应符合试验用量和要求。试验前应测定并记录试验用植保机器人的主要技术参数。按使用说明书的规定进行调试，确认达到正常状态后，并能完成一个作业周期方可进行试验。试验介质为常温下不含固体杂质的清洁水。

### 6.2 安全要求检查

#### 6.2.1 限压安全装置性能试验

试验前，使压力调节装置处于低压位置。启动植保机器人，使液泵在额定转速下运转，然后操作压力调节装置使喷雾压力逐渐升高，直至限压安全装置动作/开启，记录限压安全装置动作/开启时的压力值，与制造厂技术文件明示的最高工作压力值进行对比。

### 6.2.2 绝缘电阻

用绝缘电阻测试仪（或兆欧表）施加 500 V 的电压，测量带电部分与机壳间的绝缘电阻。

### 6.2.3 外壳防护等级测试

外壳防护等级测试按 GB/T 4208—2017 中 11、12、13、14 的规定执行。

### 6.2.5 稳定性能测试

植保机器人在空载和满载条件下，以纵向上下和横向左右方向停放在坡度为 8.5° 的坚硬地面上目测是否能保持稳定且无液体泄漏。

### 6.2.6 制动性能测试

制动性能测试按照 JB/T 13854—2020 中 6.3.16 的规定执行。

### 6.2.7 其他项目检查

对 5.1 规定的其他项目按 GB 10395.1、GB 10396、GB/T 23821、GB/T 38244 和 GB/T 25296 规定，采用目测、手感、手动操作和/或常规量具测量方式逐项进行检查。

## 6.3 一般要求检查

6.3.1 零部件材料性能核查其材料采购文件；零部件核查有无检测报告或合格证明文件。目测检查主要紧固件的强度等级标记，并核查其采购文件；用扭矩扳手测量占总数至少三分之一的紧固件拧紧力矩。

6.3.2 漆膜厚度按 JB/T 5673—2015 第 5 章的规定测定，选取 3 个主要覆盖件，每个覆盖件测 5 点，取平均值，漆膜附着力按 JB/T 9832.2—1999 第 5 章的规定测定。

6.3.3 机械驱动的植保机器人，试验前后测定传动箱外表面温度；液压驱动的植保机器人，试验前后测定液压油箱内的液压油温度，并计算温升。

6.3.4 对 5.2 规定的其他项目，采用目测、手感、手动操作和/或常规量具测量方式逐项进行检查。

## 6.4 运动性能试验

### 6.4.1 最高行驶速度

在坡度不大于 1% 的干硬道路上划 30 m 的测区，两端留有适当的预备区，植保机器人以最快速度通过测区，记录通过的时间，按照公式（1）计算最高行驶速度，往返各测 2 次，取平均值。

$$v = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$v$ ——最高行驶速度，单位为米每秒（m/s）；

$L$ ——测试距离，单位为米（m）；

$T$ ——通过时间，单位为秒（s）

### 6.4.2 直线行驶精度

在试验场地内，预先在地面画一条长度为10 m的直线AB，在植保机器人前端中部位位置悬挂沙漏，车身与直线平行且沙漏位于A点上方，植保机器人以0.5 m/s的速度自主直线行驶，驶过B点后，测量沙漏留下痕迹与AB线垂直距离x，取不少于10个检测点按公式（2）计算直线行驶精度。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

S ——直线行驶精度，单位为毫米（mm）；

n ——检测点的数量；

$x_i$ ——检测点距离AB的垂直距离，单位为毫米（mm）。

#### 6.4.3 停车位置偏差

在试验场地内，预先设置间距 10 m 以上的出发点与停车线，植保机器人按照 0.5 m/s 的速度行驶至停车线时向其发出停车指令，植保机器人执行停车指令后，测量停车点与停车线的垂直距离，反复 10 次，取最大值作为停车位置偏差。

#### 6.4.4 爬坡能力

在工作状态时，测试植保机器人能稳定、顺利的通过最大爬坡度，若不小于10° 则判定植保机器人达到爬坡能力要求。

#### 6.4.5 最小转弯半径

在植保机器人最外侧悬挂沙漏，空载状态下以最低运行速度打满方向转弯，在地面形成一整圆后驶离测区，测定沙漏圆形轨迹的直径，均匀测量3处，取平均值的二分之一即为最小转弯半径。

#### 6.4.6 续航时间

在植保机器人空载时，以额定速度行驶，记录续航时间，测量 3 次，取平均值。

#### 6.4.7 避障距离

设置长度是植保机器人机器宽度的一半，宽度不限制，高度范围为 300 mm~500 mm 的障碍物。植保机器人以额定速度行驶，前端或后端逐渐接近障碍物，测量植保机器人停止运动并报警后时前端或后端与障碍物的距离，测试 3 次，取平均值。

#### 6.4.8 越障通过性

植保机器人在工作状态时，在其行走方向放置说明书明示的障碍物，观测能否顺利越过。

### 6.5 作业性能试验

#### 6.5.1 喷头防滴性能的测量

喷头防滴性能的测量按照 GB/T 24677.2—2009 中 5.4 的规定执行。

#### 6.5.2 喷雾性能测试

试验应在额定工作压力下进行，单位面积施药液量按 GB/T 20183.3—2006 中 5.3 规定的方法测定；喷杆上各喷头的喷雾量变异系数按照 GB/T 24677.2—2009 中 5.3 的规定执行；沿喷杆喷雾量分布匀性的测量方法按照 GB/T 24677.2—2009 中 5.6 的规定执行。

### 6.5.3 防碰撞成功率

在试验场地 50 m 测量区间内植保机器人行走路线前方设置统一的障碍物（长度是植保机器人机器宽度的一半，宽度不限制，高度范围为 300 mm~500 mm），观察植保机器人行走过程中遇到前方障碍物是否及时停止，及时停止视为防碰撞成功，至少重复 50 次，按式（3）计算防撞成功率。

$$F = \frac{C}{E} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$F$ ——防碰撞成功率；

$C$ ——防碰撞成功的次数，单位为次；

$E$ ——防碰撞试验总次数，单位为次。

### 6.5.4 防跌落成功率

在试验场地内植保机器人行走路线前方设置下行台阶（高 100 mm×长 300 mm），植保机器人按照预设路线行走，观察植保机器人行走过程中遇到台阶是否及时停止，至少重复 50 次，按式（4）计算防跌落成功率。

$$G = \frac{H}{Z} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$G$ ——防跌落成功率；

$H$ ——防跌落成功的次数，单位为次；

$Z$ ——防跌落试验总次数，单位为次。

### 6.5.5 遥控距离

在测试场地内，用遥控器操纵植保机器人启动、行走和停止，检查遥控器在植保机器人作业全过程内控制的灵敏性、有效性，不断增大遥控器与植保机器人之间的距离，直至操纵无效，记录遥控距离。试验不少于 3 次，取其中最小值为试验结果。

### 6.5.6 作业效率

按 GB/T 5667—2008 中 6.1.2 的规定进行试验。

## 6.6 可靠性试验

### 6.6.1 有效度

有效度应考核至少 1 台样机，有效度单机考核累计工作时间不应少于 120 h，试验过程中除易损件外，不允许更换其它零件。有效度按公式（5）计算：

$$K = \frac{\sum T_z}{\sum T_g + \sum T_z} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$K$ ——使用有效度，%；

$T_z$ ——可靠性考核期间的班次作业时间，单位为小时（h）；

$T_g$ ——可靠性考核期间的班次故障排除时间，单位为小时（h）。

### 6.6.2 首次故障前平均工作时间

试验样机至少2台，试验采用定时截尾试验方法，试验时间为120 h，测定植保机器人首次故障前工作时间，然后计算平均值。平均首次故障前工作时间按公式（6）计算：

$$MTTF = \frac{1}{r} \left[ \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_0 \right] \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$r$ ——故障台数；

$t_i$ ——第 $i$ 台出现首次故障时累计工作时间，单位为小时（h）；

$n$ ——抽样试验台数，单位为台；

$t_0$ ——定时截尾试验时间，单位为小时（h）。

## 6.7 主要零部件试验

### 6.7.1 电池

锂电池检验按 GB 8897.4—2008 中 6 的规定进行，铅酸电池检验按 GB/T 32504 的规定进行。

### 6.7.2 液泵

6.7.2.1 植保机器人泵性能测的按照 JB/T 9782—2014 中 4.2 的规定进行测试，流量按 GB/T 32250.2—2022 中 5.2 的规定进行测定，工作压力采用压力计测量 3 次，计算平均值。

6.7.2.2 液泵耐压性测试时将空气室安装在耐压试验台上，缓慢升压至 2 倍的最高工作压力，保持 1 min，观察空气室有无破裂、渗漏等现象。

### 6.7.2 过滤网孔径测定

使用工具显微镜进行测量，圆孔过滤网测量圆孔直径，矩形过滤孔过滤网测量矩形短边长度。

### 6.7.3 喷杆

采用目测、手感、手动操作或常规量具测量方式检查喷杆是否符合 JB/T 13854—2020 中 5.2.7 的规定。

### 6.7.4 药液箱

药液箱盖联结牢固性通过操作者在戴手套，不用工具的情况下试验能否打开或能牢固地拧紧。残留液量按 JB/T 13854—2020 中 6.3.11 的规定进行试验；箱内药液搅拌均匀性按照 GB/T 20183.2—2006 中 8.9.1 的规定测量。

### 6.7.5 液压系统

采用目测、手感、手动操作或常规量具测量方式检查液压系统有无渗漏现象、有无裂纹、擦伤、明显缺陷等。

### 6.7.6 承压管路

6.7.6.1 植保机器人承压管试验按 GB/T 14976 的规定进行。

6.7.6.2 对植保机器人的承压管路分别采用水和药液作为试验介质，施加 1.5 倍的额定压力，并保压不小于 2 min 进行耐压试验，目测试验期间有无泄露。安装旋转喷头的，连续工作至少 30 min，目测观察旋转平稳状况及有无卡滞和异响。

6.7.6.3 喷雾胶管试验按 HG/T 3043 的规定进行。

6.8 装配和外观质量检查

按 JB/T 5673、JB/T 9832.2 的规定测量漆膜厚度、附着力，其它项目采用目测法检查。

6.9 功能要求检查

与装配质量同步进行，在植保机器人稳定运行情况下，通过系统操作确定其各项功能是否符合要求。

7 检验规则

7.1 出厂检验

每台植保机器人出厂前应进行出厂检验，检验项目见表 2，全部检验项目均应合格。如有不合格项目允许修复、调整，并重新提交复检，复检仍不合格则判定该产品不合格。

7.2 型式检验

7.2.1 有下列情况之一时，需要进行型式检验：

- 新产品定型鉴定和老产品转厂生产；
- 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- 工装、模具的磨损可能影响产品性能；
- 长期停产后，恢复生产；
- 批量生产，周期性检验（一般每 2 年进行 1 次）；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异。

7.2.2 型式检验项目按表 2 规定。

7.2.3 采取随机抽样，在工厂抽样时，应在制造厂近 6 个月内生产的合格产品中随机抽取，检查批量不应少于 5 台，在用户和经销部门抽样不受此限，抽取样本为 1 台。样机抽取封存后至检验工作结束期间，除按使用说明书规定进行保养和调整外，不应再进行其他调整、修理和更换。

7.2.4 型式检验项目分类见表 2，按其对产品的影响程度，分为 A、B、C 三类。A 类为对产品质量有重大影响的项目，B 类为对产品质量有较大影响的项目，C 类为对产品质量影响一般的项目。

表 2 检验项目分类

| 项目分类 |   | 检验项目           | 对应条款   | 出厂检验 | 型式检验 |
|------|---|----------------|--------|------|------|
| 类    | 项 |                |        |      |      |
| A    | 1 | 安全要求           | 5.1    | √    | √    |
|      | 2 | 密封性            | 5.2.10 | √    | √    |
|      | 3 | 直线行驶精度         | 5.3    | —    | √    |
| B    | 1 | 运动性能（除直线行驶精度外） | 5.3    | —    | √    |
|      | 2 | 喷头防滴性能         | 5.4.1  | —    | √    |
|      | 3 | 喷雾性能           | 5.4.2  | —    | √    |

表 2 检验项目分类（续）

| 项目分类                     |    | 检验项目         | 对应条款   | 出厂检验 | 型式检验 |
|--------------------------|----|--------------|--------|------|------|
| 类                        | 项  |              |        |      |      |
| B                        | 4  | 防碰撞成功率       | 5.4.3  | —    | √    |
|                          | 5  | 防跌落成功率       | 5.4.4  | —    | √    |
|                          | 6  | 遥控距离         | 5.4.5  | —    | √    |
|                          | 7  | 作业效率         | 5.4.6  | —    | √    |
|                          | 8  | 可靠性          | 5.5    | —    | √    |
|                          | 9  | 主要零部件要求      | 5.6    | —    | √    |
|                          | 10 | 功能要求         | 5.10   | —    | √    |
| C                        | 1  | 装配质量要求       | 5.7    | —    | √    |
|                          | 2  | 外观质量要求       | 5.8    | √    | √    |
|                          | 3  | 产品图样和技术文件    | 5.2.1  | √    | √    |
|                          | 4  | 零部件检验/合格证明文件 | 5.2.2  | —    | √    |
|                          | 5  | 冲压件          | 5.2.3  | —    | √    |
|                          | 6  | 焊接件          | 5.2.4  | —    | √    |
|                          | 7  | 紧固件          | 5.2.5  | —    | √    |
|                          | 8  | 电气线路         | 5.2.6  | —    | √    |
|                          | 9  | 防腐性能         | 5.2.7  | √    | √    |
|                          | 10 | 开关、按钮        | 5.2.8  | —    | √    |
|                          | 11 | 温升           | 5.2.9  | —    | √    |
|                          | 12 | 使用说明书        | 5.2.11 | √    | √    |
|                          | 13 | 使用环境要求       | 5.9    | —    | √    |
|                          | 14 | 标牌           | 8.1    | √    | √    |
| 注：“√”表示应检验项目，“—”表示不检验项目。 |    |              |        |      |      |

7.2.5 抽样判定方案按表 3 的规定。表中接收质量限 AQL、接收数 Ac、拒收数 Re 均按计点法（即不合格项次数）计算。采用逐项考核，按类别判定的原则，若各类不合格项次小于或等于接收数 Ac 时，判定该产品（批）合格；若不合格项次大于或等于该拒收数 Re 时，判定该产品（批）不合格。

表 3 抽样判定方案

|            |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|
| 检验项目类别     | A        | B        | C        |
| 检验项目数      | 3        | 10       | 14       |
| 样本量 $n$    | 2        |          |          |
| AQL        | 6.5      | 25       | 40       |
| Ac      Re | 0      1 | 1      2 | 2      3 |

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 植保机器人上应安装牢固的产品标牌。标牌应符合 GB/T 13306 的规定，内容至少应包括：

- a) 制造商名称及地址；

- b) 产品型号与名称;
- c) 产品主要技术参数;
- d) 产品出厂编号;
- e) 产品制造日期;
- f) 产品执行标准编号。

8.2 植保机器人出厂装运时,对附件、备件、工具及运输中应拆下的零部件,应进行分类包装、标识,应保证植保机器人(包括备件、附件和随机工具)在正常运输中不致发生损坏和丢失。

8.3 出厂的植保机器人应按照产品技术文件的规定配齐全套备件、附件和随机工具,并应随机提供至少下列文件:

- a) 使用说明书;
- b) 零件目录(零件图册)和技术文件;
- c) 合格证和保修单;
- d) 备件、附件和随机工具清单;
- e) 三包文件;
- f) 装箱单。

8.4 植保机器人的运输应符合公路、铁路、水路运输的规定。在运输、装卸过程中应可靠固定,防止翻倒、碰撞、重压,并采取防雨、防潮措施。

8.5 植保机器人应贮存在干燥、通风和无腐蚀物质的场所,需露天存放时,应采取防风、防晒、防雨雪和防碰撞等措施,并避免有害物质的侵蚀。

---