

# 团 体 标 准

T/CAMA 119—2025

## 插秧机无人驾驶作业功能评价技术规范

Technical Specifications for Evaluating the Operational Functions of Unmanned Rice Transplanters

2025-05-07 发布

2025-07-01 实施

## 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化协会提出并归口。

本文件起草单位：黑龙江农垦农业机械试验鉴定站、深圳市维尔科技有限公司、北京市农林科学院智能装备技术研究中心、上海联适导航技术股份有限公司、黑龙江惠达科技股份有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、北大荒集团黑龙江创业农场有限公司、北大荒集团黑龙江七星农场有限公司

本文件主要起草人：柳春柱、贺佳贝、高嵩、柳铮、崔少宁、梅鹤波、高广智、刘威、孟庆山、李保忠、初海波、李由。

本文件为首次制定。

# 插秧机无人驾驶作业功能评价技术规范

## 1 范围

本文件规定了插秧机无人驾驶的术语和定义、安全要求、作业功能、评价方法和评价规则。本文件适用于插秧机无人驾驶作业功能的评价。

## 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 16754 机械安全急停设计原则

GB/T 20864-2021 水稻插秧机技术规范

GB/T 35381.1 农林拖拉机和机械串行控制和通信数据网络 第1部分：数据通信通用标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**插秧机无人驾驶** unmanned rice transplanter

基于集成北斗系统并兼容GPS的精准定位技术，结合环境感知、远程通信和智能控制等系统，使插秧机在限定作业场景中具备自主路径规划与执行能力，无需人工操作即可完成自动导航和插秧作业的智能化管理技术。

### 3.2

**环境感知** environmental perception

利用视觉技术、传感器技术对插秧机周边环境进行全方位或对特定物体进行探测甄别。

### 3.3

**路径规划** path planning

根据道路、地块情况和作业要求，规划用于插秧机自动行驶和作业的路径。路径规划包括全局路径规划和局部路径规划。

### 3.4

**全局路径规划** global path planning

依据已获取的全区域环境信息，规划出从起始点至终点的一条安全的作业路径。

### 3.5

**局部路径规划** local path planning

插秧机通过对当前的局部环境信息进行探测，获取障碍物的位置与几何尺寸等信息，找到一条从当前位置到目标位置的安全可行进的路径。

### 3.6

**人工驾驶模式** manual driving mode

由操作者驾驶插秧机掌控其行走、转向、作业控制的操作模式。

### 3.7

**遥控模式** remote control mode

由操作者远程控制运行的操控模式（可采用遥控器、手机应用软件及管控云平台等方式操作）。

### 3.8

**自动模式** automatic mode

运行时无需人员控制的模式。

### 3.9

### CAN总线 CAN bus

CAN是控制器局域网(Controllor Area Network)的简称。车载计算机控制系统和嵌入式工业控制局域网组成的标准总线。

#### 3.10

#### 管控云平台management and control cloud platform

以大数据、云计算、人工智能、互联网等技术为支撑,完成对各种信息的处理、存储、分析、智能识别、学习、推理和决策,最终形成各种作业指令、命令下达,并具有各种终端的可视化展示、用户管理基础功能的管控平台。

#### 3.11

#### 自主作业autonomous operation

插秧机按规划的路径行驶,自动完成插秧、停车、秧台升降、倒车、转弯差速、栽植臂工作启停。

## 4 安全要求

- 4.1 插秧机的安全防护、安全信息应满足 GB/T 20864-2021 中 4.4 的规定。
- 4.2 具有自动预警系统。插秧机在发生缺油、断电、高温时,能够实时监测,采集信息且能及时传输到管控云平台,同时能够自动停机并报警。
- 4.3 插秧机应具有急停装置(如紧急开关)和远程控制熄火装置,并具有意外偏离规划路径的急停功能、无线遥控急停功能。急停装置应易见、易识别,在插秧机的两侧均易触碰。急停功能应满足 GB/T 16754 的要求。
- 4.4 具有自动模式下自主停车功能。当自动模式情况下卫星导航信号、网络或电台信号丢失超过规定时限时,插秧机应立即停车并通过设备本身、手机应用软件、管控云平台同时报警。
- 4.5 在故障排除和维护时,只能在人工驾驶模式下进行。
- 4.6 当插秧机遇到障碍物时,应能自动识别,并绕行或停止前行。
- 4.7 管控云平台或手机应用软件上应具有显示插秧机当前状态(关闭、开启或运行)的功能,显示的屏幕或页面应在使用说明书中描述。
- 4.8 插秧机在自动模式下进行作业时,启动前应自动发出声音提示,且起始行走速度在限定范围内。
- 4.9 在发动机启动时,自动模式应处于关闭状态。
- 4.10 遥控器、手机应用软件及管控云平台应具备改变以下状态的功能:
  - 在关闭和开启状态之间切换;
  - 从开启状态切换到运行状态;
  - 从运行状态切换到关闭状态。
- 4.11 当插秧机进入或离开运行状态时,管控云平台或手机应用软件应能发出声音提示。
- 4.12 插秧机需要操作者的命令才能从开启状态变为运行状态。
- 4.13 在以下任何一种情况下,插秧机应解除自动模式并报警:
  - a) 有人为现场驾驶操作时;
  - 对于仅依靠卫星导航信号的系统,当卫星导航信号提供的数据不足以保证作业定位精度时;
  - 对于不仅依靠卫星导航信号的系统,当卫星导航信号全部丢失时。

## 5 作业功能

### 5.1 工况数字化监测功能

- 5.1.1 具有自身状态识别功能,具有发动机转速监测、油温监测。
- 5.1.2 具有故障智能诊断功能,插秧机发动机、变速箱等发生故障时应能进行诊断。
- 5.1.3 具有智能健康维护管理功能,插秧机通过管控云平台将自身的使用时间、发动机运行状态等及时向用户提供需要维修保养的提示。

### 5.2 智能信息感知功能

- 5.2.1 具有环境感知功能,插秧机具有感知作业环境温湿度、土壤电导率、泥浆层深度、田埂位置等

情况的功能。

5.2.2 具有插秧质量感知功能，能感知漏插等信息。

5.2.3 具有感知秧台存秧不足的功能。

5.2.4 具有障碍物感知功能，能感知移动障碍物。

### 5.3 数据处理功能

5.3.1 可将本机采集的数据实时统计、存储并上传，包括作业状态和故障代码。

5.3.2 可实现多机数据共享，路径信息共享。

5.3.3 具有本地路径保存功能。

5.3.4 具有断点续传功能。

### 5.4 导航控制功能

5.4.1 具有开机初始化与自检功能。

5.4.2 具有人工驾驶模式、遥控模式、自动模式切换的功能。

5.4.3 具有定位精度自动校准功能。

5.4.4 具有自动创建作业任务、载入历史任务和对作业任务的管理功能。

5.4.5 具有后台通信和远程系统维护功能。

5.4.6 具有显示器日间显示、夜间显示及亮度调节功能。

5.4.7 具有 CAN 总线通信网络，搭载的虚拟终端符合 GB/T 35381.1 规定。

5.4.8 具有 A-B 线设定功能。

5.4.9 具有衔接行设定功能。

5.4.10 具有电子围栏功能。

5.4.11 具有作业起点可选功能。

5.4.12 具有自动模式下断点续航功能。

5.4.13 具有全局路径规划功能。

5.4.14 具有局部路径规划功能。

5.4.15 具有自动规划路径的系统，并能按规划路径进行作业，包括直线作业、直线和转弯作业、衔接行作业。

### 5.5 自主作业功能

5.5.1 能根据环境感知信息实现自动调控工作参数，至少包含转弯速度、作业速度等。

5.5.2 秧台自动升降换行时应自动停止插秧，秧台抬起；换行入线后秧台自动降落开始作业。

5.5.3 具有自动作业、停车功能。

5.5.4 具有变量侧深施肥功能，具有生成施肥图谱的软件系统；能实时根据土壤肥力情况自动变量侧深施肥或按处方图自动变量侧深施肥。

5.5.5 具有自动倒车功能。

5.5.6 具有转弯差速功能。

5.5.7 具有栽植臂工作启停功能。

## 6 评价方法

### 6.1 试验条件

环境温度：0℃~40℃；环境湿度不大于90%；远离大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站等），其距离不小于200m；远离高压输电线和微波无线电信号通道，其距离不应小于50m；附近不应有强烈反射卫星导航信号的物件（如大型建筑物等）。试验地长度应不少于40m，宽度不少于四个作业幅宽，泥碎田平、打浆后沉淀良好的水田测试。

### 6.2 安全性评价

6.2.1 检查插秧机的安全防护、安全信息是否满足 GB/T 20864-2021 中 4.4 的规定。

- 6.2.2 检查是否具有自动预警系统。插秧机在发生缺油、断电、高温时是否能够实时监测，采集信息且能及时传输到管控云平台，同时能够自动停机并报警。
- 6.2.3 检查插秧机是否具有急停装置（如紧急开关）和远程控制熄火装置，并具有意外偏离规划路径的急停功能、无线遥控急停功能。急停装置是否易见、易识别，是否在插秧机的两侧均易触碰。
- 6.2.4 检查是否具有自动模式下自主停车功能。当自动模式情况下卫星导航信号、网络或电台信号丢失超过规定时限，插秧机是否能立即停车并通过设备本身、手机应用软件、管控云平台同时报警。
- 6.2.5 检查在故障排除和维护时，只能在人工驾驶模式下进行，远程不能控制插秧机。
- 6.2.6 检查插秧机遇到障碍物时，是否能自动识别，并绕行或停止前行。
- 6.2.7 检查管控云平台或手机应用软件上是否具有显示插秧机当前状态（关闭、开启或运行）的功能，显示的屏幕或页面应在使用说明书中描述。
- 6.2.8 检查插秧机在自动模式下进行作业时，启动前是否自动发出声音提示，且起始行走速度在限定范围内。
- 6.2.9 检查在发动机启动时，自动模式是否处于关闭状态。
- 6.2.10 检查遥控器、手机应用软件及管控云平台是否具备改变以下状态的功能：
- 在关闭和开启状态之间切换；
  - 从开启状态切换到运行状态；
  - 从运行状态切换到关闭状态。
- 6.2.11 检查当插秧机进入或离开运行状态时，管控云平台或手机应用软件是否能发出声音提示。
- 6.2.12 检查插秧机是否需要远程操作者的命令才能从开启状态变为运行状态。
- 6.2.13 检查在以下任何一种情况下，插秧机是否能解除自动模式并报警：
- 有人为现场驾驶操作时；
  - 对于仅依靠卫星导航信号的系统，当卫星导航信号提供的数据不足以保证无人作业定位精度时；
  - 对于不仅依靠卫星导航信号的系统，当卫星导航信号全部丢失时。

### 6.3 作业功能评价

- 6.3.1 检查是否具有自身状态识别功能，是否具有发动机转速监测、油温监测。
- 6.3.2 检查是否具有故障智能诊断功能，插秧机发动机、变速箱等发生故障时是否能进行诊断。
- 6.3.3 检查是否具有智能健康维护管理功能，插秧机通过管控云平台将自身的使用时间、发动机运行状态等及时向用户提供需要维修保养的提示。
- 6.3.4 检查是否具有环境感知功能，插秧机是否具有感知土壤电导率、泥浆层深度、田埂位置等情况的功能。
- 6.3.5 检查是否具有插秧质量感知功能，是否能感知漏插等信息。
- 6.3.6 检查是否具有感知秧台存秧不足的功能。
- 6.3.7 检查是否具有障碍物感知功能，能感知移动障碍物。
- 6.3.8 检查是否可将本机采集的数据实时统计、存储并上传，包括作业状态和故障预警代码。
- 6.3.9 检查是否可实现多机数据共享，路径信息共享。
- 6.3.10 检查插秧机是否具有本地路径保存功能。
- 6.3.11 检查是否具有断点续传功能。
- 6.3.12 检查是否具有开机初始化与自检功能。
- 6.3.13 检查是否具有人工驾驶模式、遥控模式、自动模式切换的功能。
- 6.3.14 检查是否具有系统自动校准功能。
- 6.3.15 检查是否具有自动创建作业任务、载入历史任务和对作业任务的管理功能。
- 6.3.16 检查是否具有后台通信和远程系统维护功能。
- 6.3.17 检查是否具有显示器日间显示、夜间显示及亮度调节功能。
- 6.3.18 检查是否具有 CAN 总线通信网络，搭载的虚拟终端符合 GB/T 35381.1 规定。
- 6.3.19 检查是否具有 A-B 线设定功能。
- 6.3.20 检查是否具有衔接行设定功能。
- 6.3.21 检查是否具有电子围栏功能。

- 6.3.22 检查是否具有作业起点可选功能。
- 6.3.23 检查自动模式下是否具有断点续航功能。
- 6.3.24 检查是否具有全局路径规划功能。选定具有代表性的正方形或矩形的地块，将地块4个顶点坐标信息输入控制系统，进行作业路径规划，导出作业点及作业路径，形成完整的作业任务。
- 6.3.25 检查是否具有局部路径规划功能。在已完成的规划路径中，人为设置障碍物，插秧机在自动模式下作业，遇到障碍物时是否能绕行，完成局部路径规划。
- 6.3.26 检查是否具有自动规划路径的系统，是否能按规划路径进行作业，包括直线作业、直线和转弯作业、衔接行作业和插秧结束前最后一圈的封圈作业。
- 6.3.27 检查是否能根据状态和环境感知信息实现自动调控工作参数，至少包含转弯速度、作业速度等。
- 6.3.28 检查换行时是否能自动停止插秧，秧台抬起；换行入线后秧台是否能自动降落开始作业。
- 6.3.29 检查是否能按照作业实际需求自动作业和停车。
- 6.3.30 检查是否具有生成施肥图谱的软件系统；是否能实时根据土壤肥力情况自动变量侧深施肥或按处方图自动变量侧深施肥。
- 6.3.31 检查是否具有自动倒车功能。
- 6.3.32 检查是否具有转弯差速功能。
- 6.3.33 检查是否具有栽植臂工作启停功能。

## 7 评价规则

### 7.1 评价项目内容

考核项目分为A、B两类，A类为基础考核项目，共35项；B类为附加考核项目，共13项。评价项目内容分类见表1。

表1 评价项目内容分类

分类	序号	项目	对应条款
A	1	插秧机的安全防护、安全信息	4.1
	2	自动预警系统	4.2
	3	插秧机应具有急停装置（如紧急开关）和远程控制熄火装置，并具有意外偏离规划路径的急停功能、无线遥控急停功能。急停装置应易见、易识别，在插秧机的两侧均易触碰	4.3
	4	自动模式下自主停车功能	4.4
	5	在故障排除和维护时，只能在人工驾驶模式下进行，远程不能控制插秧机。	4.5
	6	当插秧机遇到障碍物时，应能自动识别，并绕行或停止前行	4.6
	7	管控云平台或手机应用软件上应具有显示插秧机当前状态（关闭、开启或运行）的功能	1.7
	8	插秧机在自动模式下进行作业时，启动前应自动发出声音提示，且起始行走速度在限定范围内	4.8
	9	在发动机启动时，自动模式应处于关闭状态	4.9
	10	遥控器、手机应用软件及管控云平台应具备改变以下状态的功能： (a) 在关闭和开启状态之间切换；(b) 从开启状态切换到运行状态；(c) 从运行状态切换到关闭状态。	4.10
	11	当插秧机进入或离开运行状态时，管控云平台或手机应用软件应能发出声音提示	4.11
	12	插秧机需要远程操作者的命令才能从开启状态变为运行状态	4.12
	13	在以下任何一种情况下，插秧机应解除自动模式并报警。 (a) 有人为现场操作时 (b) 对于仅依靠卫星导航信号的系统，当卫星导航信号提供的数据不足以保证无人作业定位精度时 (c) 对于不仅依靠卫星导航信号的系统，当卫星导航信号全部丢失时。	4.13
	14	插秧机通过管控云平台将自身的使用时间及时向用户提供需要维修保养的提示。	5.1.3
	15	具有环境感知功能，插秧机具有感知作业环境温度湿度的功能。	5.2.1
	16	可将本机采集的数据实时统计、存储并上传，包括作业状态和故障代码	5.3.1
	17	插秧机可实现多机数据共享，路径信息共享	5.3.2

表1 评价项目内容分类(续)

分类	序号	项目	对应条款
A	18	具有本地路径保存功能	5.3.3
	19	具有断点续传功能	5.3.4
	20	开机初始化与自检功能	5.4.1
	21	人工驾驶模式、遥控模式、自动模式切换的功能	5.4.2
	22	系统自动校准功能	5.4.3
	23	自动创建作业任务、载入历史任务和对作业任务的管理功能	5.4.4
	24	后台通信和远程系统维护功能	5.4.5
	25	显示器具有日间显示、夜间显示及亮度调节功能	5.4.6
	26	A-B线设定功能	5.4.8
	27	衔接行设定功能	5.4.9
	28	作业起点可选功能	5.4.11
	29	断点续航功能	5.4.12
	30	全局路径规划功能	5.4.13
	31	自动规划路径的系统,并能按规划路径进行作业,包括直线作业、直线和转弯作业、衔接行作业。	5.4.15
	32	实现自动调控工作参数	5.5.1
	33	秧台自动升降功能	5.5.2
	34	自动作业、停车功能	5.5.3
35	栽植臂工作启停功能	5.5.7	
B	36	自身状态识别功能	5.1.1
	37	故障智能诊断功能	5.1.2
	38	插秧机通过管控云平台将自身的发动机运行状态等及时向用户提供需要维修保养的提示。	5.1.3
	39	具有环境感知功能,插秧机具有感知土壤电导率、泥浆层深度、田埂等情况的功能。	5.2.1
	40	插秧质量感知功能	5.2.2
	41	感知秧台存秧不足的功能	5.2.3
	42	移动障碍物感知功能	5.2.4
	43	CAN总线通信网络	5.4.7
	44	电子围栏功能	5.4.10
	45	局部路径规划功能	5.4.14
	46	变量侧深施肥功能	5.5.4
	47	自动倒车功能	5.5.5
	48	转弯差速功能	5.5.6

## 7.2 评价项目方法

对样机中A、B各类项目逐项评价,单项评价项目符合要求得10分,不符合要求不得分。基础分为A类35项得分总和,得分不小于350分;附加分为B类13项得分总和,总分130分,满分为480分。

## 7.3 评价项目标准

评价等级分为一级、二级、三级和等外,共四级,评价项目标准见表2。

表2 评价项目标准

等级	评价标准
一级	基础分=350分,附加分 $\geq 110$ 分,总分 $\geq 460$ 分
二级	基础分=350分,附加分 $\geq 40$ 分,总分 $\geq 390$ 分
三级	基础分=350分,附加分 $\geq 0$ 分,总分 $\geq 350$ 分
等外	基础分 $< 350$ 分