

团 体 标 准

T/NJ 1396—202X/T/CAAMM XXX—202X

收获机与运输车作业协同系统

Master-slave collaborative system of the harvesting machinery and transport vehicle

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械学会 发布
中国农业机械工业协会

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。

本文件由中国农业机械学会和中国农业机械工业协会联合提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会（SAC/TC201）归口。

本文件起草单位：中国一拖集团有限公司、洛阳拖拉机研究所有限公司。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

收获机与运输车作业协同系统

1 范围

本文件规定了收获机与运输车作业协同系统的术语和定义、系统组成、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于收获机与运输车作业协同系统。

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

GB/T 4269.1 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其它显示装置用符号 第1部分：通用符号

GB/T 4269.2 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其它显示装置用符号 第2部分：农用拖拉机和机械用符号

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 21398—2008 农林机械 电磁兼容性 试验方法和验收规则

GB/T 37164—2018 自走式农业机械导航系统作业性能要求及评价方法

T/NJ 1123 拖拉机 自动辅助驾驶系统 导航精度要求和试验方法

T/NJ 1139 拖拉机 自动辅助驾驶系统 性能试验方法

3 术语和定义

GB/T 37164 界定及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主机 master

作业协同系统中位于领航位置能给运输车下发任务指令的收获机。

3.2

从机 slave

作业协同系统中位于跟随位置，能执行主机任务指令且在出现障碍物等突发情况时可实现自动停机的运输车。

3.3

作业协同系统 master-slave collaborative system

由一台收获机作为主机，一台运输车作为从机，能进行自主协同作业的系统。

3.4

跟随型作业 FOLLOW work

从机按主机速度、相对距离和航向角度自动跟随主机进行作业的工作方式。

3.5

命令型作业 GO TO work

主机命令从机去进行相应作业任务的工作方式。

3.6

作业协同车距 distance between master and slave cooperative operation vehicles

主从协同作业过程中，主机和从机间的相对特定位置。

3.7

作业协同机间通信延时 delay of master-slave collaborative communication

主机与从机在进行主从协同机间无线通信时，数据传输的延迟时间。

3.8

前向碰撞预警 forward collision warning

实时监测主机和从机前方作业环境，并在可能发生前向碰撞危险时发出警告。

3.9

自动紧急制动 advanced emergency breaking

实时监测主机和从机作业环境，并在可能发生碰撞危险时自动启动制动系统使机器减速停车，以避免碰撞或减轻碰撞后果。

3.10

1. 远程操作员 remote operator

不在操控座位上，仍可以实时操控机器的操作员。

4 系统组成

收获机和运输车作业协同系统主要组成部分见表1。

表 1 收获机和运输车作业协同系统组成

系统	主要组成
作业协同系统	主机和从机
	机载监控终端设备
	导航系统
	主从协同机间无线通信设备
	远程控制终端

5 要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 作业协同系统产品表面应无凹痕、划伤、裂缝、变形、锈蚀、霉斑、灌注物溢出等缺陷。
- 5.1.2 作业协同系统产品的涂（镀）层应无气泡、龟裂或脱落。
- 5.1.3 作业协同系统产品的文字符号及标志应清晰、美观。
- 5.1.4 作业协同系统产品各部件的装配应完好、紧固、无松动和无干涉，调节应方便自如。
- 5.1.5 作业协同系统电气线路的连接应可靠，电气线路的布置应避免摩擦和接触发热及运动部件。
- 5.1.6 作业协同系统的电磁兼容性应符合 GB/T 21398—2008 中 5.2、6.1、6.2、6.3、6.7、6.8 的规定。

5.2 安全要求

- 5.2.1 作业协同系统的操纵标志应符合 GB/T 4269.1 和 GB/T 4269.2 的规定。
- 5.2.2 作业协同系统的安全标志应符合 GB 10396 的规定。
- 5.2.3 作业协同系统的使用说明书应符合 GB/T 9480 的规定，并应至少规定以下内容：
- a) 安全操作和维护保养的措施和方法；
 - b) 收获机和运输车作业协同时，应配置远程操作员；
 - c) 收获机和运输车在公共道路上行驶时，应禁止使用作业协同系统；
 - d) 在发动机启动时，作业协同系统应处于关闭状态。
- 5.2.4 显示器的安装位置应便于操作，且不影响操作员进入驾驶室。
- 5.2.5 作业协同系统应向远程操作员提供改变系统状态的手段，如遥控装置、远程控制终端远程控制、手动切换模式等。
- 5.2.6 当主机和从机的通信中断时，作业协同系统应在确保安全的情况下，退出作业协同模式。
- 5.2.7 当遇到静态或动态障碍物时，作业协同系统应及时作出前向碰撞预警或自动紧急制动处理。

5.3 作业协同系统的功能要求

作业协同系统应具备数据采集与传输、GNSS 定位、数据存储、数据处理、人机交互、机间无线通信、远程无线通信、跟随型和命令型作业的功能，见表 2 所示。

表 2 作业协同系统功能

基本功能	功能描述
数据采集与传输功能	各传感器、控制执行机构、通信电台等与机载监控终端可进行串口数据通信
GNSS 定位功能	GNSS 定位设备实时获取当前的位置、速度和时间等信息
数据存储功能	机载监控终端软件可以存储导航作业信息，包括农田信息、实时位姿、作业路径、通信数据、偏差信息等
数据处理功能	机载监控终端软件可以对导航作业信息进行数据处理，包括数据解析、信息配准、参数设置、路径规划、图像处理、通信质量评估、机距（包括：纵向、横向距离，航向与主机偏角等）计算以及主、从机自动导航决策控制
人机交互功能	机载监控终端作为人机交互设备，应以数据或图形的方式，实时显示主、从机的 GNSS 定位参数和图像位置信息、作业状态、作业路径、作业面积、行进速度、通信质量等作业信息，方便驾驶员对这些作业信息进行查看，并完成作业参数设置等操作
机间无线通信功能	主机、从机无线通信模块应保持稳定的数据通信，使主、从机能得知对方的实时位姿、作业路径等信息，协同完成作业任务，并且当出现预定的速度，相对距离和航向角度偏差超出预设值时自动报警
远程无线通信功能	远程控制终端及主机无线通信模块应保持稳定的数据通信，远程控制终端应实时监控主机的实时位姿、作业路径等信息，协同完成田间作业任务，远程操作员应能远程控制终端改变作业协同系统的状态
跟随型作业功能	跟随型主从导航模式，能创建作业实现主从自主跟随导航，并保持车间安全距离，协同完成田间作业任务
命令型作业功能	命令型主从导航模式，从机能够接收并执行主机发送的任务指令，协同完成田间作业任务，并可在预定的速度、相对距离和航向角度偏差超出预设值可实现自动停机

5.4 作业协同系统的性能要求

5.4.1 初始化时间

作业协同系统在室外，且在定位装置（PD）接收天线安装面水平方向 10° 以上的范围无遮挡的条件下，初始化时间应不超过 3 min。

5.4.2 定位精度

定位精度应符合 T/NJ 1123 的规定。

5.4.3 定位更新率

基于GNSS的实时动态载波相位差分（RTK）定位的位置更新率应符合T/NJ 1123的规定。

5.4.4 作业协同机间通信延时

作业协同系统在协同作业过程中，主机和从机机间无线通信的延迟时间应不大于100ms。

5.4.5 作业协同机间通信距离

作业协同系统主机和从机机间无线通信的距离应不小于5km。

5.4.6 主机导航系统作业性能

作业协同系统主机所安装的导航系统的作业性能指标应符合GB/T 37164—2018中表1的规定。

5.4.7 作业性能

作业协同系统在协同作业过程中，作业协同车距的纵向（行驶方向）偏差应不大于30cm，横向（垂直于行驶方向）偏差应不大于10cm。

6 试验方法

6.1 一般要求

- 6.1.1 用目测法检查作业协同系统各部件的表面质量。
- 6.1.2 用目测法检查涂（镀）层。
- 6.1.3 用目测法检查文字符号及标志。
- 6.1.4 用目测法和量具检查系统部件的安装。
- 6.1.5 用目测法检查电气线路的连接与布置。
- 6.1.6 电磁兼容性试验按GB/T 21398—2008中5.2、6.1、6.2、6.3、6.7、6.8的规定进行。

6.2 安全要求

- 6.2.1 按 GB/T 4269.1 和 GB/T 4269.2 的规定检查操纵标志。
- 6.2.2 按 GB 10396 的规定检查安全标志。
- 6.2.3 按 GB/T 9480 的规定检查使用说明书的格式及涉及安全要求的内容。
- 6.2.4 用目测法检查显示器的安装位置。
- 6.2.5 用目测法检查作业协同系统是否配置有供远程操作员改变系统状态的手段，按使用说明书规定的流程和方法检查这些手段的效果。
- 6.2.6 人为中断主机和从机的通信，观察作业协同系统是否能在确保安全的情况下，退出作业协同模式。
- 6.2.7 在作业性能试验过程中，分别在主机和从机的行驶航线上用角反射器或其它经标定的真实反射器设置障碍物，观察记录系统的响应情况。

6.3 作业协同系统的功能要求

- 6.3.1 启动作业协同系统，在开机初始化及自检过程完成后，按以下规定进行检查：
 - a) 目视检查车载监控终端的显示界面，记录数据采集与传输、GNSS定位、数据存储、数据处理、机间无线通信、远程无线通信等功能是否正常；

- b) 按使用说明书规定的流程和方法进行系统配置、新建、实施和保存作业任务的操作，目视检查人机交互、数据存储、数据处理、机间无线通信、远程无线通信等功能是否正常。

6.3.2 再次启动作业协同系统，在开机初始化及自检过程完成后，按以下规定进行检查：

- a) 按使用说明书规定的流程和方法设定作业任务，进行跟随型作业试验，检查机载监控终端的显示主界面上的实际作业线路与规划线路偏差的指示情况，检查从机跟随作业情况；
- b) 按使用说明书规定的流程和方法设定作业任务，进行命令型作业试验，检查机载监控终端的显示主界面上的实际作业线路与规划线路偏差的指示情况，检查从机作业情况。

6.4 作业协同系统性能要求

6.4.1 试验仪器设备

6.4.1.1 所有试验设备性能应满足被测技术性能指标的要求。除另有规定外，其精度应优于被测指标精度一个数量级或三分之一。

6.4.1.2 所有试验设备应经过计量校准，并在有效期内。

6.4.1.3 跟踪传感器的测量精度应达到被测对象测量水平的 10 倍，采样率应至少为 10 Hz。

6.4.2 试验条件

6.4.2.1 作业协同系统安装可靠，完成系统调试工作，各项指标正常。被试收获机和运输车的状态应符合使用说明书要求。

6.4.2.2 试验环境条件：除另有规定外，试验环境条件为：温度 0℃～40℃、相对湿度25%～75%、大气压力86 kPa～106 kPa。

6.4.2.3 试验场地条件应符合下列要求：

- a) 试验场地应为平整的熟地，宽度不小于 50 m，长度不小于 150 m，平整度不大于 GB/T 37164—2018 中 5.1 规定的二类平整度，测试路线垂直方向的坡度(收获机的横滚角)不大于 3°，沿测试路线的高度变化应不大于 1m；
- b) 试验场地在定位装置(PD) 接收天线水平线 10° 以上，行进航线上任何一点都不得有干扰或阻挡卫星信号的可见障碍物。在行进航线 50 m 范围内，不应存在可能引起多径传输干扰的金属或其他干扰面。

6.4.2.4 导航卫星信号条件：利用卫星信号及便携式移动基站进行测试，接收卫星的数量应不少于 6 颗。

6.4.2.5 试验样机的调整应按使用说明书的要求进行，达到正常工作状态后方可进行试验，试验时观测数据的采集应在系统正常工作的情况下进行。

6.4.2.6 作业协同系统试验时应按照使用说明书的规定配备操作员，操作员应能够熟练驾驶收获机和运输车及操作作业协同系统，试验过程中无特殊情况不允许更换操作员。

6.4.2.7 在每次试验前，作业协同系统稳定运行时间应不少于 10 s。

6.4.3 试验准备

6.4.3.1 使用固定基站或便携式移动基站，启动接收机，接收机可以通过网络或者电台模式接收基准站发出的RTK差分信息。通过显示器完成系统的校准工作，完成相应设置。

6.4.3.2 在收获机和运输车上设置醒目的参考点，该参考点应能正确反映实际作业过程产生的误差。除非特别说明，收获机和运输车的参考点一般选择驾驶室正前方中心下方的点。

6.4.3.3 在参考点安装跟踪传感器。

6.4.4 初始化时间

打开作业协同系统电源开关，用秒表进行计时，在显示器初始化界面上观察初始化信息，当系统的实时动态载波相位差分（RTK）、执行机构等所有初始化项目全部成功完成，进入自动驾驶主界面，主机和从机无线通讯正常，主机和远程控制终端无线通讯正常时，结束秒表计时，记录初始化时间。

6.4.5 定位精度

按T/NJ 1123的规定进行。

6.4.6 定位更新率

按T/NJ 1123的规定进行。

6.4.7 作业协同机间通信延时

6.4.7.1 在试验室（内场）进行测试，使用机载无线自组网电台作为测试设备，将两台自组网设备分别作为收发端，分别以1Hz，5Hz，10Hz频率发送数据，检查并记录发送和接收数据的时间差；

6.4.7.2 在安装自组网设备的收获机和运粮车上，以1Hz，5Hz，10Hz三种频率中任何一种工作频率记录发送通信数据和接收通信数据的时间，计算通信延时。

6.4.8 作业协同机间通信距离

打开收获机和运粮车的自组网通信，正常通信时可收发通信数据。将两车距离不断加大，直到接收不到通信时，可认为达到通信距离极值，记录两车的距离。测量3次，取平均值作为协同机间通信距离。

6.4.9 主机导航系统作业性能

按GB/T 37164—2018中6.2的规定进行。

6.4.10 作业性能

在符合6.4.2.3的试验场地上，将粮仓装有粮食的收获机与运输车按照路径规划进行协同试验，同时收获机按照实际作业、有序打开或关闭作业过程中涉及的所有工作装置，进行3次协同卸粮测试。根据跟踪传感器记录的位置数据，计算作业协同车距的纵向（行驶方向）偏差、横向（垂直于行驶方向）偏差。

7 检验规则

7.1 出厂检验

作业协同系统装配完成后，应进行出厂检验，检验项目全部合格后方可交付用户。检验项目见表3。

7.2 型式检验

7.2.1 检验时机

有下列情况之一时应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的批量投产鉴定；
- 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变而可能影响产品性能；
- 成批或大量生产的产品每两年不少于一次；
- 停产一年以上，恢复生产；
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异；
- 国家监督机构提出进行型式检验的要求。

7.2.2 检验项目

型式检验项目见表3。

表 3 检验项目

不合格分类		项目	出厂检验	型式检验
A类	1	安全要求	√	√
	2	功能要求	√	√
	3	定位精度	—	√
	4	主机导航系统作业性能	—	√
	5	作业性能	—	√
	6	作业协同机间通讯延时	—	√
B类	1	初始化时间	√	√
	2	一般要求（除电磁兼容性外）	√	√
	3	作业协同机间通讯距离	—	√
	4	定位更新率	—	√
	5	电磁兼容性	—	√（抽检）
注：带“√”的项目为必检项目，带“—”的项目为不检项目。				

7.2.3 抽样方案

按GB/T 2828.1规定的正常检验一次抽样方案。采用特殊检查水平S-1，样本量字码为A，样本数为2台。具体抽样方案见表2，AQL为接收质量限，Ac为接收数，Re为拒收数。

7.2.4 判定规则

评定结果按表 4 规定进行判定。样本中各类项目不合格数小于或等于接收数Ac时，则判该产品为合格，否则判该产品为不合格。

表4 抽样和判定方案

项目类别	A	B
检验水平	S-1	
样本数	2	
AQL	6.5	25
Ac	0	1
Re	1	2
注：AQL值为每百单位产品的不合格数。		

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

作业协同系统的标志至少应标明：
——制造厂名称或商标；

- 产品型号或名称；
- 检验标志；
- 制造日期；
- 产品执行标准编号。

8.2 包装和运输

8.2.1 作业协同系统各部件应单独包装后再集装。集装箱内不允许窜动。包装箱应坚固。

8.2.2 包装箱外壁应标明：

- 发货单位名称及地址；
- 产品名称或型号、规格及数量；
- 每箱总质量；
- “防震”、“防潮”、“小心轻放”、“不许倒置”等字样或标志。

8.2.3 随同装箱的产品文件：

- 产品合格证；
- 产品说明书；
- 装箱单。

8.2.4 运输过程中应小心轻放、禁止倒置、避免碰撞，并有防潮措施。

8.3 贮存

作业协同系统的各部件应贮存在无有害气体、通风、干燥的室内，且不应与化学药品、酸、碱物质一同存放。