201×-××-××实施

201×-××-××发布

拖拉机主从协同导航系统通用技术规范

General Technical Specification of master-slave collaborative navigation system for agricultural machinery

（征求意见稿）

1. **T/NJ XX—2019**

团体标准

**ICS**

|  |  |
| --- | --- |
| 中国农业机械学会 | 发布 |

前 言

本标准按照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。

本标准由中国农业机械学会提出。

本标准由全国农业机械标准化技术委员会（SAC/TC 201）归口。

本标准起草单位: 中国农业大学等

本标准主要起草人：张漫 李世超 曹如月 张振乾 李寒 季宇寒 徐弘祯等

拖拉机主从协同导航系统通用技术规范

* 1. 范围

本标准规定了拖拉机主从协同导航系统的术语和定义、系统组成、一般要求、安装要求、功能要求、性能要求和试验方法。

本标准适用于拖拉机主从协同导航系统(以下简称主从导航系统)。

* 1. 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 9390-2017 导航术语

JB/T 6697-2006 机动车及内燃机电气设备 基本技术条件

[GB19517-2009 国家电气设备安全技术规范](http://www.baidu.com/link?url=kwmTjfMZNpCBz2cTVIOoCGY7p5Qj9EqgIwjslN8AFDBtfteX5RdOyWxghKay68kl4YFJo--QA3YCJBw_f6Ftw8WyNppmKWtGVSNjgErhiby)

T/NJ 1138-2018 拖拉机自动辅助驾驶系统通用技术条件

T/NJ 1139 拖拉机自动辅助驾驶系统性能试验方法

JB/T 11971-2014 拖拉机用线束

YD/T 1050 800MHz CDMA数字蜂窝移动通信网设备总测试规范:移动台部分

YD/T 1214 900/1800 MHz TDMA数字蜂窝移动通信网通用分组无线业务(GPRS)设备技术要求:移动台

YD/T 1558 2GHz CDMA2D0数字蜂窝移动通信网设备技术要求:移动台

QC/T 730-2005 汽车用薄壁绝缘低压电线

GB/T 19056-2012 汽车行驶记录仪

QC/T 420-1999 汽车熔断器

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**主机 master**

主从协同导航系统中位于领航位置或能给其他农机下发任务指令的农机。

3.2

**从机 slave**

主从协同导航系统中位于跟随位置或能执行主机任务指令的农机。

3.3

**主从协同导航系统 master-slave collaborative navigation system**

由一台农机作为主机，另一台或多台农机为从机，从机装备自动辅助驾驶系统并可以自主导航协同作业的农机系统。

3.4

**跟随型作业 FOLLOW work**

一个或多个从机以预定的速度、相对距离和航向角度自动跟随主机并完成相应作业任务。

3.5

**命令型作业 GO TO work**

主机命令从机去到与当前作业位置相距一定距离的特定位置并完成相应作业任务。

3.6

**车载监控终端 vehicle monitoring terminal**

对农机自身状态进行数据获取、分析处理并生成导航决策指令及完成外部通讯的控制设备。

3.7

**农机主从协同远程管理平台 agricultural machinery master-slave collaborative remote management platform**

对区域农田内主从农机协同任务进行远程作业管理和调度管理的平台，包括作业信息监测、作业轨迹显示、作业进度分析、作业质量评估、主从协同任务规划和路径规划等。

3.8

**主从协同车间无线通信 master-slave collaborative inter-vehicle communication**

应用无线传输模块进行的农机之间的数据通信，通信内容包括自身状态信息、作业指令信息等。

3.9

**主从协同远程无线通信 master-slave collaborative remote communication**

应用无线传输模块进行的多农机与农机主从协同远程管理平台之间多对一的数据通信，通信内容包括农机自身状态信息、作业模式、监控指令等信息。

* 1. 系统组成

农业机械主从协同导航系统主要组成部分见表1。

**表1 农业机械主从协同导航系统组成**

|  |  |
| --- | --- |
| 系统 | 主要组成 |
| 农业机械主从协同导航系统 | 主机和从机 |
| 车载终端设备 |
| 导航定位装置 |
| 转向控制装置 |
| 转角检测结构 |
| 主从协同车间无线通信设备 |
| 主从协同远程无线通信设备 |
| 农机主从协同远程管理平台 |
| 电源 |

要求

5.1 一般要求

5.1.1 电源要求

主从导航系统电源一般使用车载电瓶，同时应有备用电源，并应满足下列要求：

1. 有过载保护措施；
2. 工作状态有指示；
3. 当电源在额定电压（12V）的85%~110% 范围变化时，通过稳压模块，车载终端与各传感器等设备能正常工作。

5.1.2 工作环境

在农机上搭建的主从导航系统各电气部件的环境适应性应满足JB/T 6697-2006的有关规定，应能适应农机的作业环境，在环境变化或天气变化时应无零部件损坏，无电气故障，无紧固部件松脱现象，无插头、通信接口等接插件脱落或接触不良现象，其各项功能等应保持正常。

5.1.3 可靠性

为满足主从协同导航作业需求，车间通信和远程通信的可靠性与实时性效果需要特别重视，包括通信设备的选型、通信协议的设计以及软件通信功能的实现。

5.1.4 安全性

1. 电气设备按照GB 19517-2009进行安全检验；
2. 控制系统应设置防火、防水、静电接地、漏电及过载保护等安全装置。使用的电器元器件、电器导线、电器连线、控制装置安全设计应符合有关标准的规定。

### 5.2 安装要求

主从导航系统中的每个农机均应符合T/NJ 1138-2018的规定，进行整机配置及自动导航系统的安装，包括定位装置、转向机构和转角检测结构的安装，此外针对主从导航系统还需做如下规定：

1. 设备紧固件应装配牢固无松动现象；
2. 所用线束应符合JB/T 11971-2014的规定，线路都应保证整齐安全地连接、固定，线路用线夹或扎带固定好，走线固定在波纹管里。安装完毕后，电线没有外露，并达到防护要求；
3. 车载终端应安装于驾驶室内，便于驾驶人员操作，并远离碰撞、过热、阳光直射、水和灰尘；
4. 转向控制单元装于驾驶室内，电器控制线路应连接无误，电缆、电线接头牢固可靠，系统应工作正常，控制准确无误；
5. 车间通信和远程通信的设备装于驾驶室内，其天线应安装于高处、无遮挡，远离其他敏感的电子设备，与卫星定位天线信号应互不干扰，保证信号的正常接收与传输；
6. 以上设备线缆安装就绪，应由专门的技术人员进行检查测试，保证各项功能正常，再进行协同作业。

### 5.3 功能要求

5.3.1 主从协同导航基本功能要求

拖拉机主从协同导航作业应具备串口数据通信、界面显示、存储、处理、人机交互、车间无线通信、远程无线通信以及实现跟随型和命令型作业的功能：

——各传感器、控制执行机构、通信电台等与车载终端的串口数据通信功能。

——车载终端应具备能够对农机作业状态进行实时监控的功能，能显示主、从机的GPS定位参数、作业状态、作业路径、作业面积、行进速度、通信质量等详细的实时作业信息，包括数据显示与图形显示，且应具有人机交互功能。

——车载终端应具备对导航作业信息的数据存储功能，包括农田信息、实时位姿、作业路径、通信数据、偏差信息等。

——车载终端软件应具备对导航作业信息处理分析的功能，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、车距计算以及单机自动导航决策与主从导航控制决策。

——主、从农机各自车载终端之间应能保持稳定的数据通信，使得主、从农机能得知对方的实时位姿、作业路径等信息，协同定位完成数据共享。

——车载终端应能至少支持基于通用TD-LTE、FDD-LTE或其他无线通信网络传输机制下的通信模式之一，实现与远程监控平台的信息通信，应支持数据批量接受与发送功能、断点续传功能，接收任务指令与上传自身作业信息。

——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。

——命令型主从导航模式，从机能够接收并执行主机或远程监控平台发送的任务指令，协同完成田间作业任务。

5.3.2拖拉机主从协同远程管理平台功能要求

拖拉机主从协同远程管理平台应具备远程作业管理、主从协同任务规划和主从协同路径规划的功能：

——远程作业管理：实现作业信息远程监测、作业进度实时分析、作业质量在线评估等功能，主要包括位置信息、航姿信息的监测和作业轨迹显示，实时作业面积和剩余作业面积的计算，作业重叠率、作业遗漏率和转弯消耗率的评估等功能。

——主从协同任务规划：建立效率高、资源配置合理的区域农机综合调度模型，实现作业区域内主从机间协同作业农机供需配对、任务分配、调度协同运筹、协同信息管理等功能。

——主从协同路径规划：底层局部路径规划由车载终端软件导航决策实时完成，远程全局路径规划由农机主从协同远程管理平台实现。

### 5.4 性能要求

5.4.1 GPS动态精度

GPS移动站直线移动的定位偏差标准差应低于5cm，其定位精度应满足农机自动导航作业需求。

5.4.2 车间无线通信性能

1. 车间通信在不同车距下，通信频率为5Hz，系统的丢包率均应不超过0.3%，应能够保证系统稳定可靠工作。车间通信系统应具有较高的稳定性和实时性，数据接收延时应不超过1s，使其满足主从导航自主跟随作业的车间通信需求。
2. 通信模块的误码率或误块率等无线信道质量参数应符合YD/T 1214、YD/T 1050、YD/T 1558及其他相关标准的要求。
3. 通信模块的最大发射功率应符合YD/T 1214、YD/T 1050、YD/T 1558及其他相关标准的要求。

5.4.3 远程无线通信性能

多个并发用户连接的情况下，远程通信通信频率为5Hz，系统的丢包率均应不超过0.3%，系统应能够稳定可靠工作。远程通信系统应具有较好的实时性，通信延时应不超过1s，使其满足主从导航作业远程通信需求。

5.4.4 主从协同作业控制精度

主从导航系统控制精度应满足田间协同作业需求，其性能要求如下：

1. 导航均方根误差应不大于7cm。
2. 轨迹跟踪平均误差：≤2.5cm（直线跟踪精度）
3. 作业轨迹间距平均误差：≤5.0cm
4. 上线距离：≤5.0m
5. 停机起步误差：≤2.5cm
6. 作业速度：0.5Km/h——15Km/h
7. 主从导航距离保持误差：≤50cm
8. 遥控距离：≥200m

5.4.5 农机主从协同远程管理平台

农机主从协同远程管理平台应具有较好的实时性，以确保系统稳定性和安全性，作业管理和调度管理延时不超过1s，使其满足主从导航作业远程管理需求。

5.4.6 电气性能

在按表2给出的电源电压波动范围进行电压适应性试验时，试验后终端各项功能均应正常。

**表2 电气性能试验参数**  单位为伏特

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标称电源电压 | 电源电压  波动范围 | 极性反接  试验电压 | 过电压 |
| 12 | 9～16 | 14±0.1 | 24 |
| 24 | 18～32 | 28±0.2 | 36 |

1. 耐电源极性反接性能

在表2规定的标称电源电压极性反接试验下，终端应能承受1min的极性反接试验，除熔断器外（允许更换烧坏的熔断器）不应有其他电气故障。试验后终端各项功能均应正常。

1. 耐电源过电压性能

在表2规定的过电压下，应能承受1min的电源过电压试验。试验后终端各项功能均应正常。

1. 连接线

连接线性能应符合QC/T 730的相关要求。终端的连接线要整齐布置，并用线夹、电缆套、电缆圈等固定，线束内的导线要有序编扎。导线颜色应符合GB/T 19056的要求。电源导线上应串联熔断器，熔断器性能应符合QC/T 420的相关要求。

* 1. 试验方法

6.1 主从协同导航系统各部件安装用目测法和测量量具检查。

6.2 主从协同导航系统的电压范围及功耗的试验按JB/T 6697的规定进行。

6.3 主从协同导航系统的功能试验按产品使用手册的要求进行。

6.4 主从协同导航系统的性能试验按T/NJ 1139的规定进行。

6.5 主从协同导航系统的耐环境性能实验按JB/T 6697的规定进行。