

# 团体标准

T/NJ 1222—2020/T/CAAMM XXXX—2020

---

## 农业拖拉机 主从协同导航系统技术规范

**Agricultural tractor—Technical Specification of  
master-slave collaborative navigation system**

(公示稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

**中国农业机械学会  
中国农业机械工业协会**

发布



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

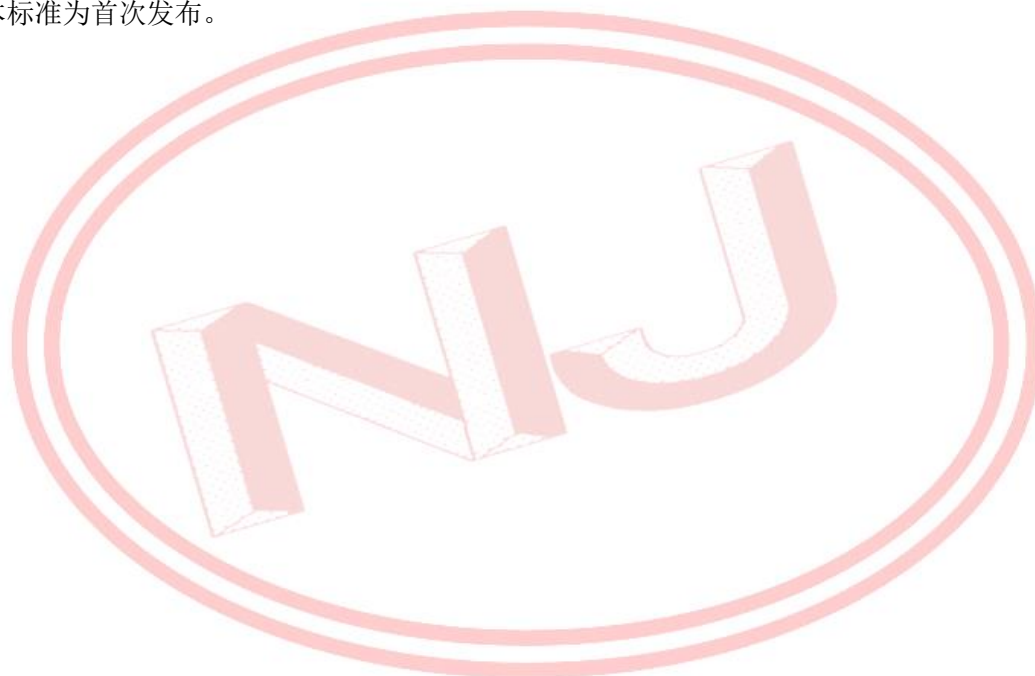
本标准件由中国农业机械学会和中国农业机械工业协会联合提出。

本标准由全国拖拉机标准化技术委员会（SAC/TC 140）归口。

本标准起草单位：中国农业大学、中国农业机械化科学研究院、华南农业大学、河南科技大学。

本标准主要起草人：张漫、伟利国、张智刚、李世超、曹如月、张振乾、李寒、季宇寒、徐弘祯、刘阳春，高宏峰。

本标准为首次发布。





# 农业拖拉机 主从协同导航系统技术规范

## 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、系统组成和技术要求。

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)。

## 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 19056 汽车行驶记录仪

GB 19517 国家电气设备安全技术规范

JB/T 6697 机动车及内燃机电气设备 基本技术条件

JB/T 11971 拖拉机用线束

YD/T 1214 900/1800MHz 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 800MHz/2GHz CDMA2000数字蜂窝移动通信网设备技术要求 移动台（含机卡一体）

T/NJ 1138 拖拉机 自动辅助驾驶系统 通用技术条件

## 3 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能给其他拖拉机下发任务指令的拖拉机。

### 3.2

**从机 slave**

主从协同导航系统中位于跟随位置能执行主机任务指令且出现障碍物等突发情况可实现自动停机的拖拉机。

### 3.3

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

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

### 3.4

**跟随型作业 FOLLOW work**

拖拉机从机按主机速度、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

**机载监控终端 tractor monitoring terminal**

包含图像显示和输入控制的电子控制单元，为拖拉机提供信息显示的能力，这些信息包括拖拉机自身状态、拖拉机发送或者接收的信息。

3.7

**自动辅助驾驶系统 automated driving assistance system**

由机载监控终端、导航定位设备、转向控制装置和转角检测结构组成，可以辅助驾驶员进行拖拉机自动导航行驶的系统。

3.8

**主从协同机间无线通信 master-slave collaborative inter- tractor communication**

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

3.9

**主从协同作业机距 distance between master and slave cooperative operation tractors**

主从协同作业相对特定位置，即主机与从机、从机与从机之间按预定的速度，相对距离和航向角度作业过程中的相对特定位置。

3.10

**主从协同作业机间通信延时 delay of master-slave collaborative inter- tractor communication**

主机与从机在进行主从协同机间无线通信时，数据传输总延时，包括数据丢包造成的接收延时、数据传输延时、器件之间电气传导延时。

**4 系统组成**

拖拉机主从导航系统基本组成见表1。

表 1 拖拉机主从导航系统组成

系统	组成
拖拉机主从导航系统	主机和从机
	机载监控终端设备
	导航定位设备
	转向控制装置
	转角检测结构
	主从协同机间无线通信设备

5 技术要求

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机载电瓶，同时应有备用电源，并应满足下列要求：

- a) 有过载保护措施；
- b) 工作状态有指示；
- c) 当电源电压在标称电压的85%~110%范围变化时，机载监控终端与各传感器等设备应能正常工作。

5.1.2 环境适应性

在拖拉机上搭建的主从导航系统各电气部件的环境适应性应符合JB/T 6697的规定，并适应拖拉机的作业环境，包括起垄、开沟、犁地、播种、植保、施肥、除草和收获等田间作业环境。在环境变化或天气变化时应无零部件损坏、电气故障、紧固部件松脱现象，并应无插头、通信接口等接插件脱落或接触不良现象，且各项功能保持正常。

5.1.3 安全性

每台拖拉机的主从导航系统及其装置，均应满足如下规定：

- a) 电气设备按照GB 19517进行安全检验，电源应能通、断或控制；
- b) 控制系统应设置防火、防水、防静电、接地、漏电及过载保护等安全装置。所用电气元器件、导线、电气连线、控制装置的安全设计应符合GB 19517的规定。

5.2 功能要求

拖拉机主从导航系统应具备数据通信、界面显示、存储、处理、人机交互、机间无线通信、远程无线通信以及实现跟随型和命令型作业的功能，详见表2。

表 2 拖拉机主从导航系统功能

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
全球导航卫星系统（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、误差信息等
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）计算以及主机、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，可以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、行驶速度、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

表 2 拖拉机主从导航系统功能（续）

基本功能	功能描述
机间通信功能	主、从机无线通信模块应能保持稳定的数据通信，使得主、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误差超出预设值时自动报警
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，并保持机间安全距离，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误差超出预设值时实现自动停机

5.3 性能要求

5.3.1 GNSS 定位误差

拖拉机在农田中进行实际作业时，将GNSS移动站安装至拖拉机机体中心，其定位误差应满足拖拉机自动导航作业需求，具体见表3。

表 3 GNSS 定位误差

拖拉机行驶速度	GNSS 定位误差
速度<1.5 m/s	±4 cm
1.5 m/s≤速度<2.5 m/s	±5 cm
2.5 m/s≤速度<3.0 m/s	±9 cm

5.3.2 机间无线通信性能

机间无线通信的性能应满足下列规定：

- a) 根据主从协同导航自主跟随作业的实际情况，机间通信应能保证系统稳定可靠工作，具有较高的稳定性和实时性，并符合表4和表5的规定；
- b) 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 1558及其他相关标准的规定；
- c) 通信模块的最大发射功率应符合YD/T 1214、YD/T 1558的规定。

表 4 机距为 2 m 至 20 m 内机间无线通信性能

主从协同作业机距	拖拉机行驶速度	设定通信频率	系统丢包率	主从协同作业机间通信延时
2 m≤机距≤20 m	速度<1.5 m/s	频率≤5 Hz	≤0.5%	≤0.7 s
		5 Hz<频率≤10 Hz	≤0.8%	
	1.5 m/s≤速度<2.5 m/s	频率≤5 Hz	≤0.5%	≤0.5 s
		5 Hz<频率≤10 Hz	≤0.8%	
	2.5 m/s≤速度<3.0 m/s	频率≤5 Hz	≤0.5%	≤0.3 s
		5 Hz<频率≤10 Hz	≤0.8%	



表 5 机距为 20 m 至 50 m 内机间无线通信性能

主从协同作业机距	拖拉机行驶速度	设定通信频率	系统丢包率	主从协同作业机间通信延时
20 m≤机距≤50 m	速度<1.5 m/s	频率≤5 Hz	≤0.8%	≤1.0 s
		5 Hz<频率≤10 Hz	≤1%	
	1.5 m/s≤速度<2.5 m/s	频率≤5 Hz	≤0.8%	≤0.8 s
		5 Hz<频率≤10 Hz	≤1%	
	2.5 m/s≤速度<3.0 m/s	频率≤5 Hz	≤0.8%	≤0.6 s
		5 Hz<频率≤10 Hz	≤1%	

5.3.3 主从协同作业控制准确度

主从导航系统控制准确度应满足田间协同作业需求，并满足下列要求：

- a) 根据拖拉机不同的行驶速度，主从导航直线跟踪过程中，以预定的参考路径为导航目标跟踪路径，从机中心参考点位置与跟踪路径之间的横向误差应符合表6的规定；
- b) 拖拉机地头转弯后重新回到导航线并且误差稳定在要求范围内的上线距离应不大于5 m；
- c) 主从导航跟随模式下，主机与从机应保持主机在前方行驶、从机在后方（包括正后方和斜后方）行驶的队形，机间距离保持误差应符合表7的规定。

表 6 跟踪路径横向误差

拖拉机行驶速度	跟踪路径横向误差
速度<1.5 m/s	±4 cm
1.5 m/s≤速度<2.5 m/s	±6 cm
2.5 m/s≤速度<3.0 m/s	±10 cm

表 7 机间距离保持误差

主从协同作业机距	拖拉机行驶速度	机间距离保持误差
20 m≤机距≤50 m	速度<1.5 m/s	±10 cm
		±5 cm
	1.5 m/s≤速度<2.5 m/s	±20 cm
		±12 cm
	2.5 m/s≤速度<3.0 m/s	±18 cm
		±25 cm

5.3.4 电气性能

在按表8给出的电源电压波动范围进行电压适应性试验，试验后主从导航系统各项功能均应正常。

表 8 电气性能试验参数

单位为伏特

电源标称电压	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

主从导航系统的电气性能应满足下列规定：

a) 耐电源极性反接性能：在表8规定的电源标称电压极性反接试验下，主从导航系统应能承受1 min的极性反接试验，除熔断器外（允许更换烧坏的熔断器）应无其他电气故障。试验后主从导航系统各项功能均应正常。

b) 耐电源过电压性能：在表8规定的过电压下，主从导航系统应能承受1 min的电源过电压试验。试验后主从导航系统各项功能均应正常。

c) 连接线：主从导航系统的连接线应整齐布置，并用线夹、电缆套、电缆圈等固定，线束内的导线应有序编扎。导线颜色应符合GB/T 19056的规定。

5.4 安装要求

5.4.1 每台拖拉机主从导航系统的安装应满足下列要求：

- a) 按T/NJ 1138的规定整机配置自动辅助驾驶系统；
- b) 机载监控终端应安装于驾驶室内，便于驾驶人员操作，并避免碰撞、过热、阳光直射、水和灰尘等；
- c) 转向控制单元应安装于驾驶室内，电气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；
- d) 机间通信和远程通信的主要设备装于驾驶室内，其室外天线应安装于高处、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；
- e) 所用线束应符合JB/T 11971的规定，线束应用线夹或扎带固定好、整齐安全地连接、固定，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；
- f) 紧固件应牢固，无松动现象。

5.4.2 主从导航系统的全部设备、线缆安装就绪，应由专门的技术人员进行检查测试，确认各项功能正常，才能进行协同作业。