

# 北斗导航农机自动驾驶系统研究

杨振东 刘文龙 张继峰 张昕 赵忭 刘彦昌

(东北石油大学秦皇岛校区,河北 秦皇岛 066004)

**摘要:**农机自动驾驶系统是智能化农机装备的重要组成部分,是实现精准农业的前提与关键。本文从增强作业安全,提高作业效率和质量角度出发,提出北斗卫星导航与惯性导航相结合的北斗导航农机自驾系统,将定位信息与高精度北斗卫星导航、捷联惯性导航相结合,由控制器控制农机液压转向系统,使农机按规划路线自动行驶,能够实现农机对预定路径的精确跟踪。为了便于驾驶员观察农机运行状态、标定农机结构参数,设置跟踪控制参数和记录各种相关数据,设计了人机界面旨在使操作更加简洁。田间测试结果表明,此系统直线作业横向偏差与交接行误差均不大于 2.5cm,作业速度范围(0.6~12)km/h,有效提高了土地资源利用率和作业管理效率,在农业生产领域具有较高的推广应用价值。

**关键词:**北斗导航;自动驾驶;智能化农机

**中图分类号:**S220

**文献标识码:**A

**文章编号:**2096-4390(2021)20-0047-03

农业是国民经济的基础。为了确保粮食供应和安全,关键是要推动农业生产技术进步。智能化农机装备代表着农业先进生产力,是增强农业综合生产能力的物质基础。随着我国农业现代化的快速发展,农村劳动力老龄化问题加剧,土地规模化经营逐步成型,对智能化农机设备的需求也越来越迫切。农机自动驾驶系统是智能化农机装备的重要组成部分,是实现精准农业的前提与关键,其主要功能是根据各种导航传感器信息,引导农机按照预定的作业技术路线进行精确跟踪行驶。农机自动

驾驶作业相比传统人工手动驾驶作业具有如下优点:(1)作业直线度大幅度提高并且不重不漏,能提高农业机械作业质量和土地利用效率;(2)能够进行全时段作业,提高了时间利用率;(3)减轻了驾驶员的劳动强度,提高了作业标准化程度。

我国农机自动驾驶技术基础研究存在不足,总体水平同国外相比还有一定的差距,农机自动驾驶的关键技术在于农机导航定位和路径跟踪控制。农机导航定位大多采用组合导航定位的方式,即将两种或两种以上不同导航系统以适当的方式组合起来,采用信息融合算法,使得优势互补、取长补短,获得比使用单一导航系统更加精准的定位信息。从提高定位精度和可靠性角度出发,目前组合导航定位技术存在大量的创新和改进空间。现代农业对田间作业速度的要求越来越快,对作业质量的要求越来越高。因此,不断深入研究农机自动驾驶方法,进一步提升农业机械装备的智能化水平和高效可靠性,支撑现代农业精准化发展具有重大意义。

## 1 系统整体结构

北斗导航农机自动驾驶系统包括移动基准站组件和车载自动驾驶系统组件两部分构成,如图 1 所示。

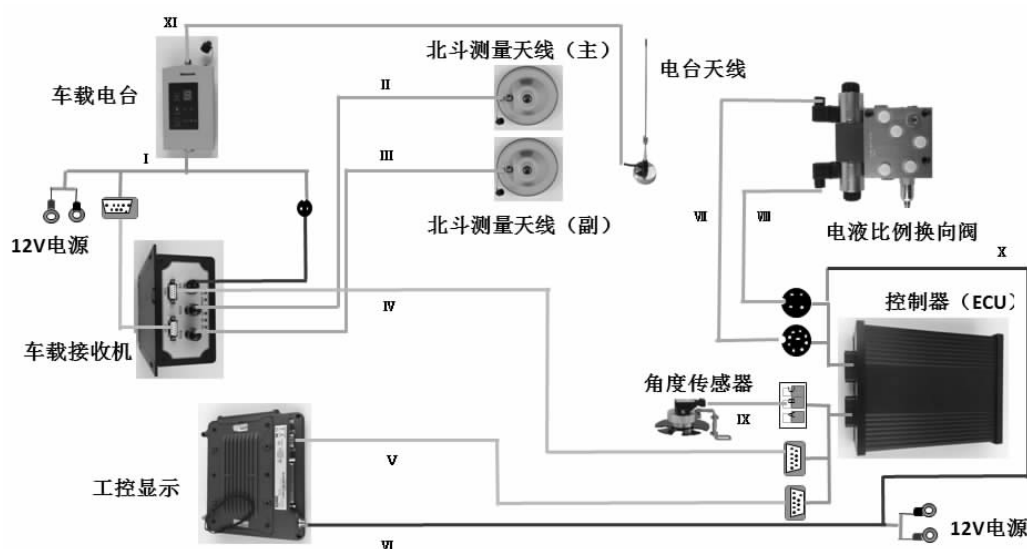


图 1 系统架构设计

### 1.1 移动基准站

移动基准站由北斗卫星测量天线、北斗卫星接收机、电台发射天线、电台、12V 铅酸蓄电池组成。北斗卫星接收机通过北斗卫星测量天线接收处理结算卫星定位信息,再由电台发射差分定位信息(RTK)。移动基准站信号覆盖范围 $\leq 5\text{km}$ ,

移动基准站无线电发射设备功率 1W,无线电发射设备频率(230~235)MHz。

### 1.2 车载自动驾驶系统

车载自动驾驶系统该系统主要包括以下部件:北斗测量卫星主天线(以下简称卫星主天线)、北斗测量卫星副天线(以下简称卫星副天线)、车载电台天线、车载电台、车载北斗/GNSS 接收机、工控显示屏、控制器(ECU)、电磁比例换向液压阀和角度传感器组成。卫星主天线作用接收卫星定位和速度信息。卫星副天线与卫星主天线配合实现定向。车载北斗/GNSS 接收机接收卫星和移动基站信号并输出高精度定位信息(RTK),实现定位误差 $\leq 2.5\text{cm}$ 。控制器(ECU)接收车载北斗/GNSS 接收机高精度定位信息(RTK)、运动姿态传感器(MEMS)和角度传感器的信号(检测农机前轮转向角度值),经信息融合运算后向液压阀实

**基金项目:**秦皇岛市科学技术研究与发展计划(202004A008)。

**作者简介:**杨振东(1979,8-),男,籍贯:黑龙江大庆,实验师,研究方向:电子工程。

时发送指令,驱动农机的转向机构,使农机按照规划的路线进行高精度自适应自动驾驶。此系统直线作业横向偏差与交接行误差均不大于 2.5cm,作业速度范围(0.6-12)km/h,表 1。

表 1 系统主要参数

| 参数名称        | 参数值                  |
|-------------|----------------------|
| 直线度自动驾驶误差   | 2.5cm                |
| 衔接行间距误差     | 2.5cm                |
| 作业速度范围      | (0.6-12) km/h        |
| 定位精度        | 水平方向≤1 cm, 垂直方向≤2 cm |
| 姿态测量误差      | 航向角≤1°, 俯仰/横滚角≤0.5°  |
| 移动基准站信号覆盖范围 | ≤5km                 |
| 无线电发射设备频率   | (230~235) MHz        |
| 有效度         | ≥98%                 |

2 系统控制方法

基于北斗导航的农机自动驾驶控制系统,由北斗卫星导航定位系统(BDS)、捷联惯性导航系统(SINS)、角度传感器、控制器(ECU)、电液比例换向阀和工控显示屏组成。如图 2 所示。

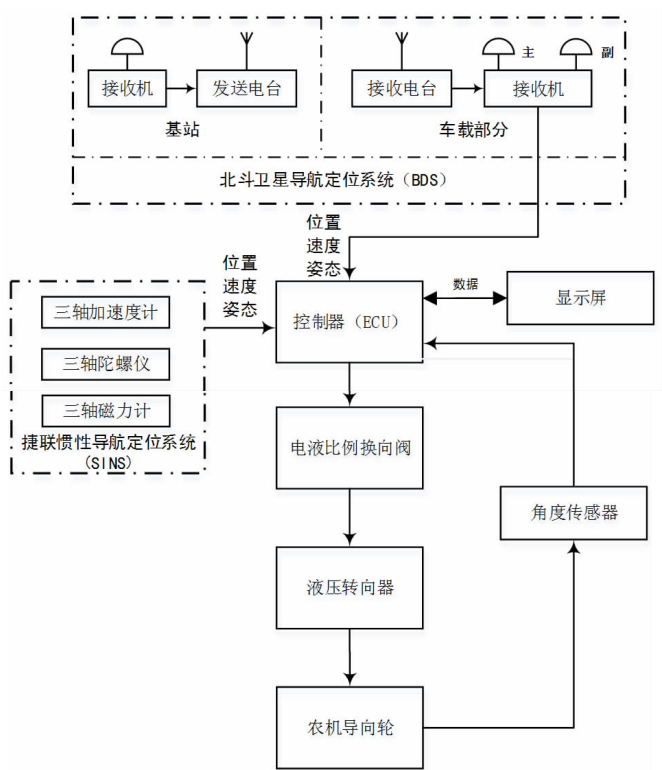


图 2 控制系统

北斗卫星导航定位系统(BDS)由基站和车载部分组成。基站测量天线与基站接收机衔接,基站接收机与基站发射台衔接,基站发送电台连接基站发送电台天线,基站发送电台天线发送实时动态(RTK)位置信息。车载接收电台天线接收基站发送电台实时动态(RTK)位置信息,车载接收电台、车载测量主天线和车载测量副天线分别连接车载接收机,车载接收机输出农机位置、速度和姿态信息。

捷联惯性导航系统(SINS)由三轴加速度计、三轴陀螺仪和三轴磁力计组成。捷联惯导系统输出农机的位置、速度和姿态信息。控制器(ECU)分别连接车载接收机、捷联惯性导航系统(SINS)、角度传感器、电液比例换向阀和显示屏。电液比例换向

阀连接液压转向器,液压转向器连接农机导向轮,农机导轮与角度传感器衔接,角度传感器检测农机导轮的角度值。控制器(ECU)接收车载接收机、捷联惯性导航系统(SINS)与角度传感器信号,并对车载接收机和捷联惯性导航系统(SINS)的位置、速度和姿态信息进行融合处理得到高精度的农机位置、速度与姿态数据,然后根据作业线的位置和方位,以及当前农机的位置、方位与导向轮转角值,计算出控制信号送至电液比例换向阀,从而驱动农机液压转向器改变导向轮转角,实现农机按照预定路线精确追踪。工控显示屏用于观察显示农机运行工作状态,标定农机结构参数,设置跟踪控制参数和记录各种相关数据。

3 系统软件设计

为了便于驾驶员观察农机运行状态、标定农机结构参数,设置跟踪控制参数和记录各种相关数据,设计了人机界面旨在使操作更加简洁。北斗导航农机自动驾驶系统软件主要包含:车辆配置与标定、田块配置与管理、车辆作业监控、定位系统诊断、系统参数设置和系统管理等。其中,车辆配置与标定部分负责完成农机自动驾驶所需车辆参数的标定、配置和记录工作;田块配置与管理部分用于完成农机自动驾驶所需田块与作业信息的配置和管理任务;车辆作业监控部分负责以动态图形界面的形式监控农机作业过程;定位系统诊断部分用于监测 BDS 定位系统的运行状态;系统参数设置部分用于设置和显示整个自动驾驶系统的一些参数信息;系统管理部分主要用于整个自动驾驶系统的调试。

3.1 系统总结构  
3.1.1 系统框架

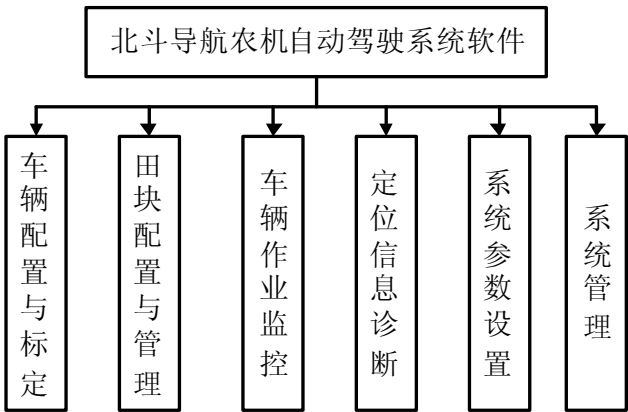


图 3 系统结构框架

北斗导航农机自动驾驶系统软件共包括 6 个组成部分,分别为:车辆配置与标定、田块配置与管理、车辆作业监控、定位系统诊断、系统参数设置和系统管理。北斗导航农机自动驾驶系统软件能够配合下位机控制器实现农机车辆自动按照预定航线高精度行驶,实现了翻地、耙地、旋耕、起垄、播种、喷药等各个环节的精准管理作业。其结构框架如图 3 所示。

3.1.2 系统流程(图 4)

系统启动后,自动载入上次作业的车辆田块信息,随后通过人工操作进行 BDS 定位信息诊断。若定位信息不存在异常,可以根据需要有选择地进行如下操作:(1)设置或查看系统参数信息;(2)调试整个自动驾驶系统;(3)新建车辆;(4)重新创建、编辑、管理田块和作业。然后,手动操作进入车辆作业监控子系统,启动自动驾驶,实时监视车辆的运行过程。

3.2 系统管理

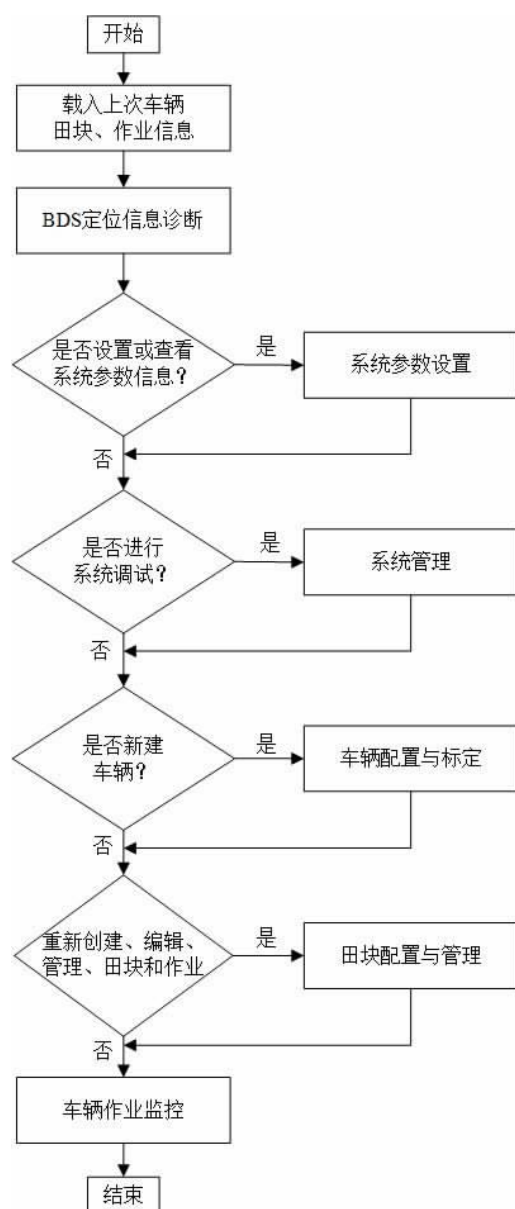
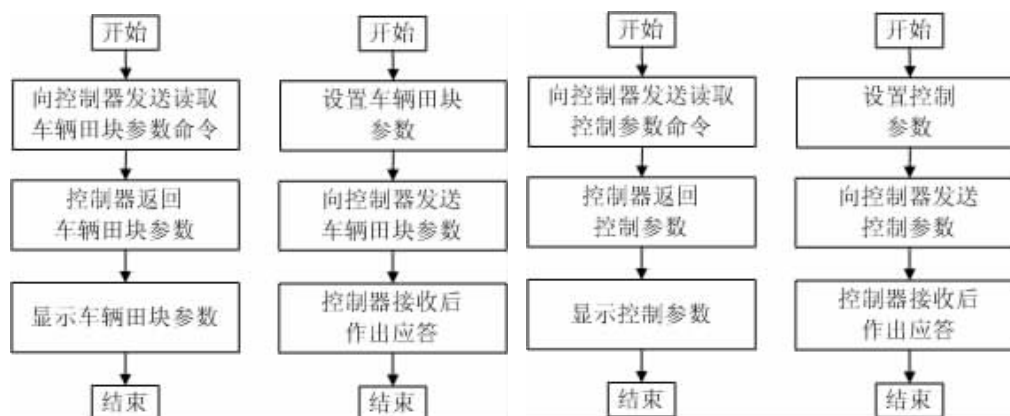


图4 系统总体流程

系统管理部分现仅提供整个自动驾驶系统的调试功能,具体包括车辆田块信息的上传与下载和控制参数信息的上传与下载(流程详见图5),以及数据库记录数据的显示等子功能。系



a) 车辆田块信息上传与下载

b) 控制参数信息上传与下载

图5 系统管理流程

统管理部分前两项子功能用于完成控制器中车辆田块信息与控制参数信息的读取和写入,从而能验证出本上位机软件与下位机控制器之间信息传递是否正常,以及双方数据是否一致;第三项子功能用于读取和显示数据库中所存储的车辆参数、田块信息与控制参数等数据内容,在方便用户查阅的同时,也能验证出数据库运行是否正常。

### 3.2.1 车辆配置与标定

车辆配置与标定部分用于建立车辆参数信息,包括车辆基本参数配置、车辆瞬时轮角检测、液压阀死区与最大控制脉宽标定三项内容。其中,车辆基本参数配置具体完成车辆名称输入、天线高度设置、天线偏移设置、轮角极限标定和姿态偏差校准五项功能。

### 3.2.2 田块配置与管理

田块配置与管理部分负责管理田块和作业,主要包括创建田块、选择田块、新建作业、编辑作业、删除作业、选择作业和显示田块作业信息等内容。

### 3.2.3 车辆作业监控

车辆作业监控部分主要完成车辆运行过程的动态监控任务,具体包括手动操控切换、控制参数修改、作业面积计算、车辆运行数据实时显示和车辆运行过程动态监视等内容。

### 结束语

北斗导航农机自动驾驶系统,是集北斗卫星接收、定位、多传感器信息融合等控制于一体的综合性系统,利用高精度的北斗卫星导航定位信息,由控制器对农机的液压转向系统进行控制,使农机按照规划的路线进行自动驾驶,能够实现农机对预定路径的精确跟踪。田间测试结果表明,此系统直线作业横向偏差与交接行误差均不大于2.5cm,作业速度范围(0.6-12)km/h,有效提高了土地资源利用率和农机作业效率,在农业生产领域具有较高的推广应用价值。

### 参考文献

- [1]张漫,季宇寒,李世超,等.农业机械导航技术研究进展[J].农业机械学报,2020,51(04):1-18.
- [2]刘健,曹冲.全球卫星导航系统发展现状与趋势[J].导航定位学报,2020,8(01):1-8.
- [3]段友青,高广智.农机GPS导航技术的发展[J].现代化农业,2015,2:61-62.
- [4]李广源,花向红,贺小星.北斗卫星导航系统空间信号测距误差评估[J].测绘科学,2020,45(05):1-6.
- [5]林汝景.北斗卫星导航系统应用终端检测技术探究[J].信息通信,2020,(03):72-73.
- [6]刘晓光,胡静涛,白晓平,等.插秧机多传感器组合导航方法研究[J].农机化研究,2014,36(05):24-30.
- [7]刘军,袁俊,蔡骏宇,等.基于GPS/INS和线控转向的农业机械自动驾驶系统[J].农业工程学报,2016,32(01):46-53.
- [8]黎永键,赵祚喜,高俊文.基于GPS/SINS组合的农业导航定位系统设计研究[J].农机化研究,2014,36(03):16-22.