

农业机械精确播种系统的优化设计与应用研究

孙玉豹

内蒙古自治区赤峰市克什克腾红山子乡综合执法大队

DOI:10.12238/as.v8i10.3369

[摘要] 本文主要就农业机械精确播种系统的优化设计与应用进行了研究分析。首先通过资料搜集、理论分析,阐述农业机械精确播种系统的定义、功能等;然后在系统优化设计部分,围绕排种系统优化设计、控制系统优化设计、三维度数字化管理平台构建、适应性设计进行具体化分析;在文章最后部分,就案例分析、应用方法、应用效果三部分内容展开实践探究,总结农业机械精确播种系统的优化设计成果,肯定精确播种系统在实际应用中的价值,有效提升了播种精度、效率,并为其他相关研究提供可靠参考。

[关键词] 农业机械精确播种系统; 优化设计; 应用

中图分类号: S23 文献标识码: A

Optimization design and application research of precision sowing system for agricultural machinery

Yubao Sun

Comprehensive Law Enforcement Brigade, Hongshanzi Township, Keshiketeng, Chifeng City, Inner Mongolia Autonomous Region

[Abstract] This study investigates the optimization design and practical application of precision seeding systems for agricultural machinery. Through systematic data collection and theoretical analysis, it defines the system's operational principles and functional capabilities. The optimization framework specifically addresses seed distribution system design, control system refinement, three-dimensional digital management platform development, and adaptive design methodologies. The concluding section presents case studies demonstrating implementation approaches and effectiveness metrics, highlighting the system's proven value in enhancing sowing accuracy and efficiency. These findings provide actionable insights for agricultural machinery engineering and establish a reliable reference for related research endeavors.

[Key words] agricultural machinery precision sowing system; optimization design; application

引言

进入新时期后,农业机械精确播种系统因其在自动化、有效性等方面的优势,实现了广泛应用,但因各地农业播种在土壤、气候等方面的不同,使得精确播种系统很难发挥其根本作用。基于此,探究农业机械精确播种系统的优化设计与应用方法,在实践中总结经验,优化播种系统结构、应用方式等,为精确播种赋能。

1 农业机械精确播种系统概述

1.1 定义

精确播种系统是依据智能控制技术实现种子数量、深度、株距精准调控的现代化控制系统,其应用价值主要在于:利用数字化技术突破传统农业播种的粗放模式,实现从依赖经验种植到数据驱动的转变,如精确播种系统利用RS、GIS、GPS等先进技术,综

合物联网传感器,实时采集土壤肥力、墒情等参数,灵活调整播种参数,让种子在种植空间中的分布达到ms级精度,提升种植效果^[1]。

1.2 功能

精确播种系统功能主要集中在以下几种:自动调节功能,综合多传感器融合技术,实现播种数据的动态调节,具体包括株距调节、深度控制、变量播种等;缺种检测功能,通过视觉识别、声学监测、闭环补偿等功能,及时检测缺种问题,并加以针对性的补种,保障栽种质量、产量;作业监测功能,监测作业流程,减少人为失误。

2 农业机械精确播种系统的优化设计

2.1 排种系统优化设计

(1) 排种合格率影响机制分析。排种合格率是精确播种系统的关键性能指标,在对其加以优化设计时,需考虑农业机械结

构、控制参数的协同作用,分析齿距、滑道夹角、输送频率,对排种性能的调控作用,其中齿距控制种子分离间距,影响单粒率,滑道夹角关系到种子滑落轨迹,若角度过大,会提升种子碰撞概率,输送频次关系到种子输送节奏,频率过低造成漏播,频率过高,造成种子堆积。构建排种性能评价体系,以高清摄像头采集排种过程数据^[2]。

(2)排种参数交互效应。对齿距、滑道夹角、输送频率三项指标进行离散元-多体动力学耦合仿真分析,设置齿距固定值10mm时,输送频率、滑道夹角之间的交互作用呈明显的上凸型曲面特征,排种合格率较高;齿距、输送频率之间的交互作用同样明显,进行重复组合设计,确定最终组合,控制多粒率<3%。

(3)排种性能优化设计。一是构建以多粒率、空粒率、单粒率为目标的响应面模型,确定齿距、滑道夹角、输送频率指标在不同作物播种中的最佳参数组合,在作物生产现场进行重复实验,检验最优参数组合在平均播种合格率、多粒率控制、空穴率等方面的表现。二是智能控制系统集成,将最终组合参数嵌入PLC控制系统,实现缺种检测与补种功能、滑道夹角自动补偿、基于地轮转速的实时频率调节等。

2.2 控制系统优化设计

(1)行距控制设计。一是地轮转速检测,布置光电编码器,监测地轮转速变化,通过滤波、换算后,计算播种机前进速度。二是叶轮驱动调节,播种行距、农业机械前进速度之间呈线性关系,控制器结合预设行距换算步进电机转速,并以脉冲信号驱动叶轮,达到行距精准控制目的^[3]。

(2)补种控制设计。通过电容传感器或者光电开关监测种子下落状态,精准识别空穴或者漏播。一是机器视觉识别系统,配置200万像素全局快门工业相机、850nm红外补光系统等,在播种速度达到8km/h时仍能以500fps的速度播种排种轨迹。二是声学传感器监测,准备3组压电陶瓷传感器,呈120°分布,采样补种数据;构建含大豆、玉米、小麦等多类作物的声纹特征库,再以动态时间规整算法,支持声纹精准匹配,并能精准识别双粒碰撞等异常声纹。三是电磁铁执行,在识别到缺种问题时,控制器触发补种电磁铁拉动开关,直接完成补种。

(3)系统集成与智能化。一是PLC控制核心,选择S7-200系列PLC,集成精确播种控制系统各项核心参数,如播种速度、排种逻辑、误差项、补种控制等^[4]。二是传感器融合,结合土壤墒情传感器、GPS导航等系统,实现播种路径规划、变量播种等功能。

2.3 三维度数字化管理平台构建

(1)过程监控系统。一是数据采集层,布置ISO11783标准CAN总线协议,集中各类传感器阵列,直接提取播种数据;播种速度监测,布置GPS-RTK定位系统,控制播种精度 $\geq \pm 2\text{cm}$;深度检测,布置激光位移传感器,分辨率 $\geq 0.1\text{mm}$ 。二是数据处理层,通过边缘计算节点实时处理各类播种数据,控制延迟 $\leq 50\text{ms}$;生成作业热力图,各项播种故障一目了然。

(2)质量追溯体系构建。一是区块链架构,部署Hyperledger Fabric联盟链,实现对每平方米播种数据的定位、标记,生成唯

一哈希值。二是数据存储,采用分布式账本,记录播种品种、时间、深度等参数;设置农事档案,其中包括气象、土壤墒情等关联数据。

(3)远程诊断平台设置。一是5G传输,引入基于5G切片机制的MEC边缘计算,实时上传农业机械设备的状态数据^[5]。二是专家系统,引入排种器磨损预测模型,辅以LSTM神经网络,实现对播种设备的定期维护保养、维修等,降低故障率;构建故障知识库,纳入典型故障模式,提供处理建议。

2.4 适应性设计

(1)作物适配系统设计。一是模块化排种器设计,将排种器设计为快拆结构,支持油菜、玉米、花生等不同种子规格的快速更换;为每个排种模块配置适用的RFID芯片,智能识别作物类型、需求,加载预设参数,降低操作难度;控制更换时间 $\leq 3\text{min}$,支持快速作业所需。二是智能参数匹配,内置包括多种农艺参数的作物数据库,根据种子粒径,智能调节排种器转速。

(2)土壤自适应系统设计。一是动态调压技术,布置2组土壤硬度传感器,持续采集土壤硬度,根据硬度变化调节播种参数,保证播种速度稳定;部署液压系统,调节镇压轮压力^[6]。二是深度控制算法应用,构建基于PID系统的闭环系统,在沙壤土、黏土等各类土壤中作业时,控制作业深度差异 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。

3 农业机械精确播种系统的应用研究

3.1 案例分析

以某地的农作物播种为例展开具体化研究,已知该地土壤有机质含量较高,但长期的传统耕作方式,造成黑土层持续流失,土壤板结状况日益严重,已经严重影响到了农业播种效率,播种出苗率仅有65%左右,缺苗断垄情况频发,降低了作物产量与质量。据此,在当地相关农业部门的支持下,开始小范围地引入农业机械精确播种系统,并结合当地的土壤条件、经济因素等,对精确播种系统加以优化设计,使其契合当地的播种需求。

3.2 应用方法

(1)播种设备配套优化。选择型号为2BMQF-6的气力式精量播种机,代替传统播种机,并进行配套设施优化,如表1所示。

表1 2BMQF-6气力式精量播种机配套设施优化应用表

模块组成	原设计	优化设计	效果
开沟器	直刀式	改用波纹式	避免扰动土壤,提升适应性
镇压轮	钢制实心轮	弹性胶轮	适宜板结土壤中作业
排种器	机械式	气吸式	作业精度大幅提升

(2)土壤适应性改造。一是引入分层播种技术,针对0-5cm的表层土壤,播种深度从原本的3cm调整到2cm,避免种子直接接触到板结层;5-10cm深层播种,深松铲预破土,降低牵引阻力。二是变量播种控制,结合土壤的不同硬度区间灵活调整播种量,如表2所示。

表2 变量播种控制表

序号	硬度区间/MPa	株距/cm	播种量/(粒/亩)
1	0.8-1.0	18	3000
2	1.0-1.2	20	2800
3	>1.2	22	2500

(3)智能监测系统集成。一是缺苗检测系统优化,进行算法选型与改进,如灵活应用改进型YOLOv5模型,配合四尺度特征融合结构,实现对小尺度缺苗区域的灵活检测;集成通道注意力机制,让检测模型能聚焦种子分布系数区域,提升漏播准确率。为保障缺苗检测效果,配置2000万像素全局快门摄像头、NVIDIA Jetson AGX边缘计算单元,提升播种图像实时采集能力、数据处理速度。二是闭环补偿系统设计,电磁阀通过PID算法控制,缩短响应时间;协同控制,具体流程包括:缺苗检测触发信号、位置坐标确定、电磁阀精准启闭、种子下落轨迹矫正。

3.3应用效果

(1)效率与产量提升。对比传统播种方式,引入农业机械精确播种系统,并作出优化设计,其在作业效率、出苗率、亩产等方面均有质地提升,如表3所示。

表3 精确播种效率与产量提升表

指标	传统播种方式	精确播种模式	提升率
作业效率/(亩/h)	3	8	16.70%
出苗率	65%	90%	38.50%
亩产/kg	570	730	28.10%

(2)生态效益。在精确播种系统得到广泛应用后,黑土层流失速度减缓,对周边环境的负面干扰进一步降低。此外,因种子栽种精度提升,减少了种子浪费。

4 结语

综上,文章就农业机械精确播种系统的优化设计与应用展开了深入探究,提出的各类优化设计观点等在落实中具备较大可行性,其在一定程度上改善了播种环境,提升了播种精度、效率。但本次研究仍存在不足之处,如部分模块论述相对简略,降低了其参考价值,需在后续研究中予以丰富、完善,并着力于引入其他先进智能技术,保障精确播种系统的先进性。

[参考文献]

- [1]王豫.农业机械电气自动化在精准农业中的应用与前景[J].农机使用与维修,2024(5):129-131.
- [2]裴建军.数控技术在农业机械自动化生产中的应用[J].农机使用与维修,2024(3):91-93.
- [3]张鹏鹏,杜明珠.基于PID技术的农业机械电气自动化控制方法[J].南方农机,2025(15):79-8190.
- [4]黄志艳,王霞.农业机械智能化控制系统的设计与实现[J].南方农机,2024(13):75-76.
- [5]邵志刚,刘重阳,王向春.棉花精量穴播器播种信息采集系统研究[J].中国农机化学报,2025(5):43-49.
- [6]郭倩,谢宁.农业机械智能化技术在农业生产中的应用[J].中国农机装备,2025(1):45.

作者简介:

孙玉豹(1978--),男,汉族,内蒙古自治区赤峰市克什克腾旗芝瑞镇上贵村二八地组,本科,副高级工程师,研究方向:农业机械化及其自动化。