

小区大豆数控排种器的设计与试验

赵举文¹, 高陆思², 王金星², 张维耀², 曲梦楠²

(1. 黑龙江省农业机械工程科学研究院绥化分院, 黑龙江 绥化 152000;

2. 黑龙江省农业科学院绥化分院, 黑龙江 绥化 152000)

摘要:为能够实现投种、预充种、精密播种和清种的功能,设计一种小区大豆数控排种器。采用Pro/E对排种体进行结构设计和建模,通过编码器对作业速度进行采集,对可编程逻辑控制器(programmable logic controller,PLC)和触摸屏进行编写程序,使步进电机带动排种体的排种速度与作业前进速度同步,实现精密播种和小区大豆数控排种器的设计要求。经过田间实际运行试验,设定播种作业长度40 m,行进速度分别为1 km/h、3 km/h和5 km/h,在每个播种速度下的播种粒距分别为50 mm、80 mm、100 mm进行播种试验。实验表明,实现无级调整粒距,可完成投种、预充种、精密播种和清种作业,重播指数<1.25%,漏播指数<1.13%,清种率达到100%,始粒距<73 mm,达到小区大豆数控排种器的使用要求。

关键词:小区大豆播种;预充种;清种;无级调整粒距;数控排种器

中图分类号:TP273;S223.2⁺6 文献标识码:A 文章编号:1003-7241(2025)05-0010-05

Design and Experiment of Computer Numerical Control Seed Metering Device for Soybeans in Community

ZHAO Ju-wen¹, GAO Lu-si², WANG Jin-xing², ZHANG Wei-yao², QU Meng-nan²

(1. Suihua Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Machinery Sciences, Suihua 152000 China;

2. Suihua Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Suihua 152000 China)

Abstract: In order to design a community soybean computer numerical control seed metering device which can achieve functions such as seeding, pre filling, precision seeding, and seed cleaning. Pro/E is used to design and model the structure of the seeding system, collect the operating speed through an encoder, and program the PLC controller and touch screen to synchronize the seeding speed of the seeding system driven by a stepper motor with the advancing speed of the operation, achieve the design requirements of precision sowing and community soybean computer numerical control seed metering device. After actual field operation experiments, the sowing operation length is set to 40 meters, and the walking speeds are 1 km/h, 3 km/h, and 5 km/h. The sowing distance at each sowing speed is 50 mm, 80 mm, and 100 mm for sowing experiments. Experiments show that achieving stepless adjustment of seed spacing can complete seed placement, pre filling, precision sowing, and seed cleaning operations. The replaying index is less than 1.25%, the missed sowing index is less than 1.13%, the seed cleaning rate is 100%, and the initial seed spacing is less than 73 mm, meeting the requirements for the use of a community soybean computer numerical control seed metering device.

Keywords: soybean sowing in the community; pre filled seeds; clearing seeds; stepless adjustment of particle spacing; computer numerical control seed metering device

0 引言

目前,黑龙江省大豆育种在田间播种过程中,采用小区垄作播种,小区长度一般在2 m至6 m左右,垄距在65 cm左右,有垄上单行或垄上双行品字型两种播种模式。小区长度短,各个小区的种子又各不相同,在播完一个小区后,需要更换下一小区的大豆种子。我国在播种小区大

豆种子时,一般采用人工播种或机械播种两种方式^[1]。人工播种成本高,人员雇佣困难,粒距间距难以控制,劳动强度大;种子入土深浅不一,效率低,易错过播种时机。机械精密播种速度快,播种深浅一致,能够提高育种试验准确性、提高工作效率、减轻劳动强度^[1-3]。

国内小区大豆排种器研制起步比较晚,多采用播种大田的排种器播种小区大豆,工作效率极低,一台机器需要8个人配合,需要人工充种和清种,用工多,劳动强度大。目前在小区大豆播种作业中没有专用的播种机械设备,小区大豆育种精量播种机的排种器基本处于空白状态。国内现有小区播种机的排种器存在着需要人工充种

*基金项目:黑龙江省农业科学院绥化分院优秀青年项目(A)类(SHFY2022-10);黑龙江省农业科学院绥化分院科技创新基础项目(B)类(SHFY2022-09);中国种子集团有限公司农业生物育种重大项目(2022ZD0400702-2)

收稿日期:2024-02-20

和清种,清种不彻底、粒距调整档位少和精度不高等问题。随着国家对粮食安全提高到了战略地位^[4-5],对种业发展越来越重视,大豆育种投入不断加大,各行业人士不断加入这一领域。同时育种科研单位和公司迫切需要成形的小区大豆排种器,为小区大豆排种器的研发提供了广阔的市场前景和良好的发展空间,推动中国育种机械的发展^[2]。中国育种机械研制较晚,机器都由大田播种机改制而来,育种试验多为人工和半机械化播种,专门用于育种试验的排种器研究较少。如东北农业大学研制的2BXJ系列插装式大豆小区播种机,排种器通过插接齿轮完成充种,可倾倒掉剩余的种子,还可通过插接齿轮将护种板内剩余的种子排掉,具有充种和排种功能的创新性和实用性。

国外的小区播种机械始于上世纪30年代,至今已经有90多年的历史,发展过程长,大豆育种精量播种机发展比较成熟^[3]。近年,国外的播种机械技术不断提高,在过去单纯机械的基础上,结合液压、气动、电动、卫星导航等技术。如,美国的Almaco公司和德国的Haldrup公司等生产的小区播种机。以我国引进的奥地利Wintersteiger公司生产小区大豆播种机为代表,可实现自动导航,小区连续作业等优势。国外的大豆小区播种机智能化和自动化程度比较高。但现在欧美的小区育种试验用的小区专用播种机械多为免耕平播,不适合我国大豆垄上播种,多为单苗带,不适合我国目前小区大豆播种的农艺要求。而且价格昂贵,操作技术水平要求较高,需要严格的培训;另外配件短缺,维修困难;所以不符合我国现有小区大豆播种的需求状况。

排种器作为小区播种机械的重要工作部件^[6-8],被越来越多地使用在不同地区的播种中,其具备机械化、高效率的特点^[9-11],相较于人工播种,需要的人力更少,可以更快地完成播种目标,但市面上的排种器在小区大豆播种的使用中产生了许多相关的技术难题,操作员难以掌握播段的准确位置,易造成错位;虽然在播种精度、质量和用工数量较人工播种有较大优势,但从整体播种作业效率来讲,需要人工充种、清种,工作效率不高,易贻误农时。小区播种已成为运行规模化、田间标准化大豆育种试验工作的一个重要限制性因素。

针对现况,设计了一种小区大豆数控排种器。根据小区大豆播种的农艺要求,采用小区机械播种与自动化控制相结合的思路,使用电机驱动^[12-13]。采用编码器测速,PLC程序化控制充种、播种和清种,将整体提高小区大豆播种的精准度,有利于提高小区播种机械推广和应用和作物育种效果^[14-16]。在阐述总体结构设计和工作原理的基础上,介绍了关键部件的设计与工作流程,对排种器的结构进行计算机建模和控制程序编写。田间播种试验

表明,排种器达到了作业农艺要求,取得了良好的作业效果。小区大豆数控排种器应用到大豆育种作业中,不但可以占领行业制高点,填补行业空白,还可以有效提升大豆育种的基础实力,助力我国大豆产业发展。

1 整机结构及工作过程

小区大豆数控排种器主要由排种体、编码器、步进电机、PLC控制器、触摸屏、遥控器、接收器、指示灯和语音播放器组成。遥控器与接收器无线连接;接收器和编码器与PLC控制器的输入端连接;触摸屏通过串口与PLC控制器连接;PLC控制器输出端与指示灯、语音播放器和步进电机连接。

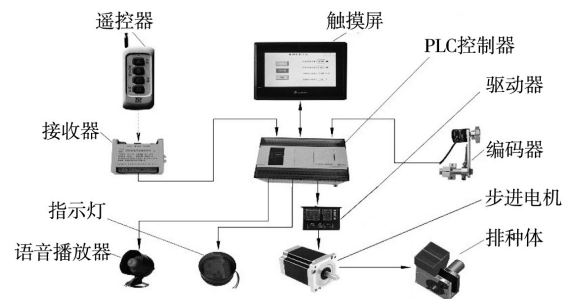


图1 小区大豆数控排种器系统结构

小区大豆数控排种器分为自动工作模式和手动工作模式如图2所示。

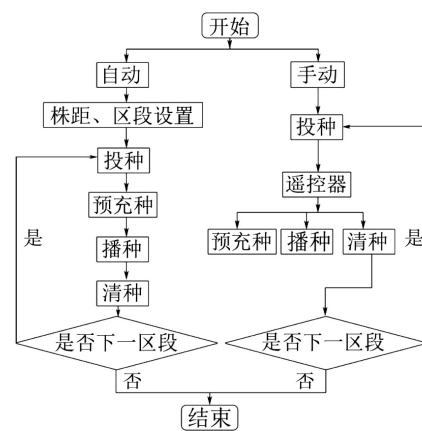


图2 工作流程图

表1 排种器的主要技术参数

项目	单位	数值
工作电压	v	24
粒距	mm	30 ~ 200
行距	cm	60 ~ 80
作业速度	km/h	0.5 ~ 5

手动模式工作过程是:在触摸屏选择手动模式作业;当排种器处于小区播段起始位置时,在触摸屏上的粒距输入框输入粒距值,在种盒内放入本小区待播的大豆种子,种子从种盒进入到种室内,按下遥控器或触摸屏的充

种按钮后,步进电机带动排种轮正转,排种轮的种窝内的种子随排种轮转动到护种板内,达到临界待播状态;拖拉机牵引播种机向行进方向运动,播种机的地轮带动编码器转动,编码器向PLC控制器输送脉冲信号,PLC控制器按照触摸屏上设定的粒距值参数向电机驱动器输出脉冲,使电机与编码器按定比随动转动,保证排种器的播种粒距,接在驱动器上的电机接收信号后,通过链传动带动毛刷轮和排种轮转动,种子进入排种轮的窝孔内,转动的毛刷轮将窝孔外的种子留在种室内,排种轮的窝孔内种子转到下方时,落入土中,进行播种作业。当排种器在小区播段末端位置时,播种操作人员按下遥控器或触摸屏的停止按钮,电机停止转动。按下清种按钮,电推杆缩回,带动排种门打开,同时电机反转,排种轮反转将排种器内剩余的种子从排种门排除,剩余种子清除干净后,电推杆复位,电机停止转动,清种门关闭。

自动模式工作过程是:在触摸屏选择自动模式作业;当排种器处于小区播段起始位置时,在触摸屏上的粒距输入框输入粒距值,区段长度和过道长度,在种盒内放入本小区待播的大豆种子,种子进入到种室内,按下遥控器触摸屏的启动按钮后,步进电机带动排种轮正转,排种轮的种窝内的种子随排种轮转动到护种板内,达到临界待播状态;拖拉机牵引播种机向行进方向运动,到达区段位置,排种轮带动种子进行播种,到区段末端时,电推杆缩回,带动排种门打开,同时电机反转,排种轮反转将种室内剩余的种子从排种门排除,剩余种子清除干净后,电推杆复位,步进电机停止转动,排种门关闭;自动循环重复播种过程。

2 关键部件结构设计

2.1 清种体的结构设计

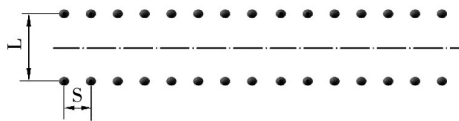


图3 垄上单行模式

小区大豆数控排种器的排种体的结构应满足小区播种农艺要求,小区大豆播种分垄上单行模式和垄上双行模式,垄上单行模式如图3所示,垄上双行模式如图4所示: L 为垄距, S 为单排粒距。根据小区播种农艺要求,排种体包括:左壳体、右壳体、毛刷轴、毛刷轮、步进电机、右种室、右种盒、左种盒、左种室、排种轮轴、护种板、排种轮、电磁拉杆、排种门、清种刀。如图5和图6所示,排种器分为左右两部,每部分可独立完成播种过程,当垄上单行播种时,可选择一边工作;垄上双行播种时,左右两边

同时工作。

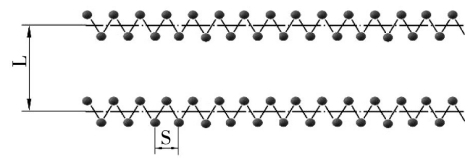


图4 垄上双行模式

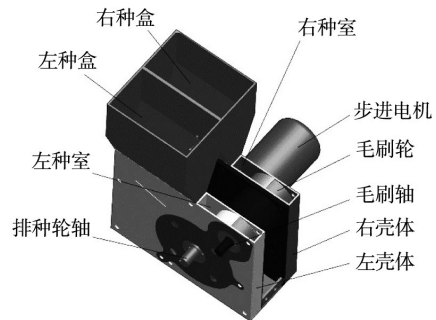


图5 排种体结构

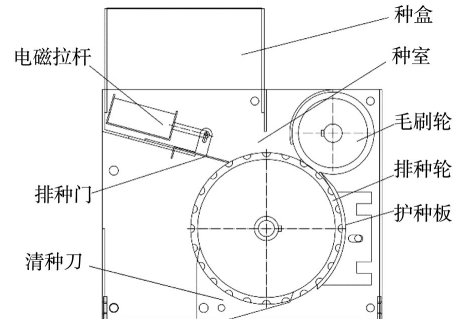


图6 排种体示意图

如图6所示,种室由排种门、排种轮、毛刷轮和壳体围成,在种室上方插有种盒;排种门通过电磁拉杆打开关闭;排种轮侧面设有护种板,保证窝内的种子能够持续转到排种轮下方;排种轮下方装有清种刀,在播种和清种时,能保证种窝内的种子顺利脱离排种轮。

2.2 电源电路设计

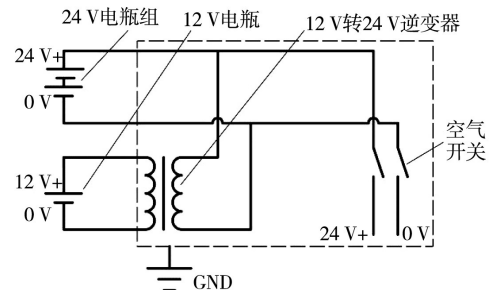


图7 电源电路

小区大豆数控排种器的电源电路如图7所示,小区大豆数控排种器的电器元件由编码器、步进电机、PLC控制器、触摸屏、遥控器、接收器、指示灯和语音播放器组成。这些电器元件在工作中,需要24V电压,中小马力拖拉机配备12V直流电瓶,12V直流电瓶由拖拉机发电机持续

充电供电。小区大豆数控排种器的用电利用变压器将电瓶12V直流电压转换成24V直流电压;也有中大马力拖拉机配备两块12V直流电瓶,两块12V蓄电池串联的方式提供24V电压。

2.3 电机转速控制系统设计

电机转速控制系统包括:地轮、地轮传导轮、编码器传导轮、编码器、PLC控制器、驱动器和步进电机,电路接线和连接结构如图8所示,地轮转动行进时,地轮上的传导轮带动编码器传导轮转动,编码器上产生的脉冲信号;PLC控制器通过高速计数端口实时采集编码器的脉冲频率,通过采集的脉冲频率计算出编码器和地轮转速,即可计算出播种速度;通过PLC控制器的播种速度和设定的播种粒距,实时计算出排种轮转速和步进电机转速,计算出步进电机所需的脉冲频率,PLC控制器向步进驱动器不断发送可变的脉冲频率,保持稳定的粒距。PLC控制器的转速控制程序如图9所示。

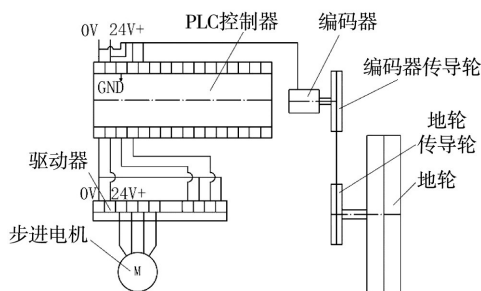


图8 电机转速控制系统

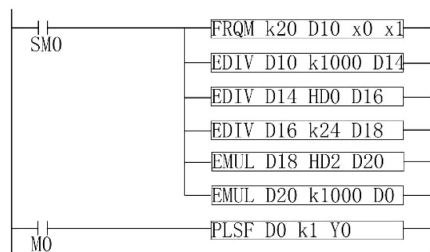


图9 转速控制程序

3 试验

3.1 试验设计

试验按照NY/T503—2015单粒(精密)播种机作业质量,选择粒距、重播指数、漏播指数作为小区大豆数控排种器性能检测指标。实验中还需检验清种率和始粒距(始粒距为充种后第一粒种子距离起始播种位置不大于100mm)。仪器设备包括:4行垄作播种机1台,小区大豆数控排种器4套,504拖拉机1台,12V直流蓄电池1个,5m卷尺1个,30cm钢板尺2个。试验种子选用“绥农35”大豆籽粒。试验设定播种作业长度40m,行进速度分别为1km/h、3km/h和5km/h,在每个播种速度下的

播种粒距分别为50mm、80mm、100mm进行播种试验。小区大豆数控排种器田间播种试验如图10所示。



图10 小区大豆数控排种器田间播种试验

3.2 试验结果与分析

试验数据处理结果如表2所示。

表2 田间试验数据

粒距/mm	指标	作业速度/km/h		
		1	3	5
50	重播/%	0	1.25	0.6
	漏播/%	0	1.25	0.6
	清种/%	100	100	100
100	始粒距/mm	25	48	73
	重播/%	0	0.25	0.5
	漏播/%	0	0.25	0.5
150	清种/%	100	100	100
	始粒距/mm	35	52	68
	重播/%	0	1.13	1.12
	漏播/%	0	1.13	1.12
	清种/%	100	100	100
	始粒距/mm	18	44	65

试验取得播种数据如表2可知,播种漏播指数、重播指数满足NY/T503—2015单粒(精密)播种机作业质量的要求,始粒距小于73mm。在实际应用中,小区大豆播种出苗效果如图11,具有良好的播种均匀性。在设定粒距下的不同播种作业速度下,始粒距随速度增大而增大,电路、程序和排种器结构满足作业要求,播种效果良好。



图11 小区播种出苗效果

对小区大豆数控排种器进行了田间播种试验,始粒距小于73mm,重播指数在1.25%以内,漏播指数在1.13%以内,清种率达到100%,田间试验数据表明,小区大豆数控排种器通过PLC的程序化控制设计,其传动结构简单、工作可靠,播种精度高,满足作业质量标准要求。

(下转第37页)