

Design and Simulation Research on Key Components of No Till Planter

Jing Chen Hongqi Luo* Kexin Cao Na Li

School of Computer and Artificial Intelligence, Beijing Technology and Business University, Beijing, 102488, China

Abstract

A no till planter works in soil that has not been plowed and is covered with crop residues and straw. The working environment is harsh, and the sowing quality is difficult to ensure. It is necessary to design a suitable no till planter to improve the sowing quality. A three-dimensional modeling was conducted on the key components of the no till planter, such as the frame, trenching device, and compactor. The movement of the compaction wheel was analyzed, and the seeding compaction process of the planter was simulated through computer simulation. This is beneficial for improving the compaction effect of the no till planter, making the contact between the seeds and the soil more tight, and improving the seed emergence rate. By designing and analyzing key components, support is provided for the development of corresponding no till seeders, making their use more convenient.

Keywords

no till planter; suppressor; computer simulation

免耕播种机关键件设计与仿真研究

陈静 罗红旗* 曹可心 李娜

北京工商大学计算机与人工智能学院, 中国·北京 102488

摘要

免耕播种机是在未经翻耕且有作物残茬和秸秆覆盖的土壤中工作, 工作环境恶劣, 播种质量难以保证, 需要通过设计合适的免耕播种机提高播种质量。对免耕播种机的机架、开沟器、镇压器等关键部件进行三维建模, 分析了镇压轮的运动情况, 通过计算机模拟仿真播种机的播种镇压过程, 有利于提高免耕播种机的镇压效果, 使种子与土壤接触更为严实, 提高种子出苗率。通过关键部件设计与分析, 为开发相应免耕播种机提供支撑, 使运用起来更加便捷。

关键词

免耕播种机; 镇压器; 计算机模拟仿真

1 引言

目前其他国家免耕播种机开发较快, 研发出了可以完成一系列功能的免耕机具。其他国家免耕播种机的特点是工作幅宽较宽、体型大、质量大、种肥混施、价格高等。其他国家免耕技术虽然比较成熟, 却与中国农村小动力、小地块的国情不完全适应, 需要设计合适的中小型免耕播种机。由于免耕播种机的耕作条件相对比较差需要能够满足少耕播种、留茬免耕播种以及覆盖式播种等技术。免耕播种机的

技术建立在传统的播种机技术基础之上, 目前中国很多农村地区已经开始应用免耕播种技术, 主要使用的是中小型播种机, 采用被动式根茬处理装置时, 依靠播种机自重难以入土, 根茬处理效果差, 甚至不能进行有效作业^[1]。现行的其他根茬处理方法, 都各自存在不同的问题, 如动力消耗大、跑墒严重、机具堵塞等^[1-3]。本研究针对存在的问题, 开发窄小型的开沟装置, 确保动土量小; 设计具有覆土和镇压效果的镇压器, 确保播种效果。

2 免耕播种机总体方案设计和工作原理

针对传统播种机动土量大、能耗大, 免耕播种出苗率较低等问题, 设计方案中拟开发窄小型的开沟装置, 有利于减少动土量和能耗, 并设计具有覆土和镇压效果的镇压器, 有利于改善种子的吸水效果, 提高出苗率。设计主要结合三维软件的仿真功能对免耕播种机的关键部件进行研究 with 理论分析, 通过建模机架、开沟器、播种器等, 装配成完整的免耕播种机^[4]。充分了解关键部件的结构功能与参数计算,

【基金项目】北京市大学生科研与创业行动计划项目(项目编号: X029)。

【作者简介】陈静(2004-), 女, 中国福建莆田人, 在读本科生, 从事农业机械设计研究。

【通讯作者】罗红旗(1977-), 男, 中国湖南邵阳人, 博士, 副教授, 从事农业机械装备设计与检测研究。

最大可能符合实际,做到真真切切的现代化农业机械,增加理论到实际的可行性与便捷性,可以顺利完成切断耕作地残茬、实现精密播种、工作结束后覆土镇压等功能^[1]。

免耕播种机的前部设计有适合牵引的结构,它能够借助拖拉机的动力来牵拉免耕播种机,通过地轮上的齿轮和链条系统将动力传递到播种箱上,同时,外槽轮开始转动以执行播种操作。种子放置于外槽轮内侧的黄色凹槽中,通过调整外槽轮的宽度,可以设定播种的数目。在播种过程中,开沟器克服土壤阻力和由运动产生的摩擦,向前移动,并在土壤中开出一定深度的沟槽,为种子的播种和萌发创造条件,最后装置后部的镇压轮利用其自身重力与土壤的摩擦力,对形成的沟槽进行覆土和压实处理,完成整个工作流程。

3 镇压器设计与仿真

3.1 镇压器设计

本研究设计的镇压器具有一定的覆土功能,能够往播种带输送土壤覆盖种子,有利于保证播种深度,通过镇压确保种子与土壤紧密接触。镇压器主要由两个镇压轮、镇压轮支臂、镇压轴、轴承座、主动链轮、张紧轮等零部件构成。镇压轮支臂与机具相连接,因镇压轮的自身重量不足以达到所需的镇压力,所以机具上装有弹簧装置,给镇压支臂施加一定的弹力,以满足镇压需要的压力。镇压轮支臂上装有轴承座,使用螺栓连接,然后再通过轴承与镇压轴连接在一起。镇压轴与镇压轮使用平键连接,镇压轴上装有链轮,当镇压轮转动的同时,链轮随其转动,带动播种传送带运动,从而达到自动播种的效果。

新建一个草图(图1),然后以黑色的中轴线为旋转轴线,使用旋转特征进行旋转,得到的三维模型,使用加强筋特征建立加强筋,再使用圆形阵列对加强筋进行阵列,最后使用拉伸特征中的去除材料模块、螺纹等做最后的修改。



图1 镇压器三维模型

创建三维实体部件使用用户可以清楚地了解零件是否合理组装在一起。在装配中,还融入了设计视图、运动部件的位置参数等选项。Inventor也提供了装配明细数据处理功能,可以管理产品结构中的外购件,参考件和虚拟零部件等,可以对部件中的零件进行完整的属性编辑。将以上三维模型进行装配,得到装配部件如图1所示。

3.2 镇压器运动仿真

将装配好的装配部件导入仿真环境中,然后将装配约束转换成运动约束,检查不合理的约束,修改运动约束,直到整个部件中没有冗余约束。其次,给镇压器施加外载荷,

并在运动输出图示器中定义部件的运动情况,为了实现压轮的纯滚动,压轮水平位移与滚动位移要相等^[4]。假设播种机播种时的速度为 $V=3.6\text{km/h}=1000\text{mm/s}$,则压轮滚动的转速为 $\omega=267\text{deg/s}$ 。将压轮与地面的作用力转移到压轮中心,得到一个垂直向上的支持力 N 和一个水平的阻力 f 以及一个力矩 M ,如图2所示。

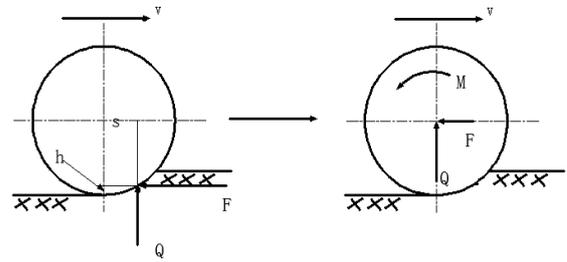


图2 压轮力的平移

经过计算得到, $s=106\text{mm}$, $h=13.2\text{mm}$ 。其中, $Q=2396\text{N}$, $F=670\text{N}$ 。

所以阻力矩为:

$$M=Q \times s - F \times (r-h) = 180946\text{N} \cdot \text{mm} \quad (1)$$

在两个压轮上分别施加力矩 $M=0.5M$ 与最后打开仿真播放器,运行仿真。从运动仿真中可以看出,镇压器的运动平稳,不会出现滑移现象。图3为仿真过程。

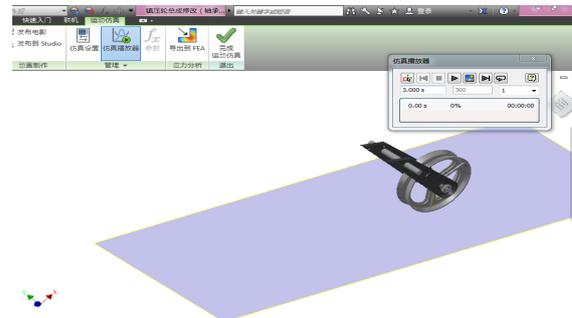


图3 仿真过程

3.3 应力分析

镇压器在镇压的过程中,有可能会因运动载荷过大,造成构件失效,所以需要对其进行强度校核。在仿真环境中,点击“导入FEA”命令,选择进行应力分析的零件,以镇压轮为例,然后选择连接的承载面,最后在输出图示器中选择需要进行应力分析的时间点,退出仿真环境。

进入应力分析界面,新建一应力分析,默认情况下,选择静态分析,并在运动载荷分析的选框前打钩,单击确定,仿真状态下所受的载荷会继承过来。镇压轮所使用的材料是灰铸铁TH200,其最低抗力强度为200MPa。然后进行网格化,最后运行应力分析。在等效应力分析状态下,危险点在于链槽与键的接触面,最大应力达到158.2MPa,小于材料的屈服强度。所以压轮的强度符合要求。

4 播种机其他关键件的设计

4.1 播种机机架与地轮结构设计

常见播种机是单根横梁安装开沟器等部件，相邻开沟器之间的横向距离较小，覆盖的秸秆与杂草容易挂在两开沟器之间造成堵塞。为了满足设计目标中对机架的疲劳强度和预期使用寿命的要求，并确保其能够被安全组装到装置中正常运行，设计了框架式机架结构，设计两根横梁，相邻开沟器错开安装在不同横梁上，增大相邻开沟器之间的距离，有利于防止堵塞，如图4所示。机架在前面配置了牵引装置，并且采用了左右对称设计的空心正方体钢管构成。前后两部分的机架是通过两根空心正方体钢管，配合螺栓连接和焊接来实现固定和配合，这样的结构具有了合适的力学性能和工艺性能，同时通过焊接两个支撑梁，形成了免耕播种机的牵引机架。此外设计了安装在播种箱上的机架，其主要作用是确保播种箱与开沟器之间的稳固连接，由两段钢管焊接而成。

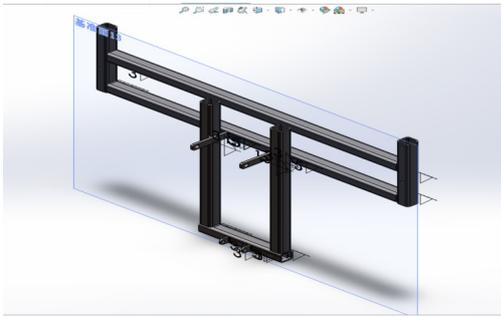


图4 机架

4.2 开沟器设计

开沟器是免耕播种机的关键部件之一，主要功能是在待播种区域开挖沟渠。它无需单独的动力，可以依靠机构的前进进行工作。其上方通常连接排种管以利于种子播种。同时在其工作过程中必须避免泥土黏附，否则将会堵塞开沟器并影响种子生长，甚至可能导致设备损坏并危害人身安全。

开沟器分为锐角和钝角两种类型，而在草多或有残茬的土地上，尖锐的锐角开沟器尤为重要。开沟宽度是开沟器的重要指标，较窄的宽度能够更好地进入土壤，因此应尽量窄以提高播种效果。针对农艺情况，开沟器设计成锄铲式，具有体积小、开沟速度快、安装方便等优点，如图5所示。

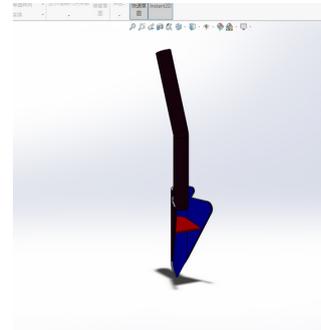


图5 开沟器

5 结论

免耕播种机可以一次性完成开沟、排肥以及播种等多道工序，提高了机具的工作效率，利用虚拟样机技术对免耕播种机关键件进行研究，有利于提高农业机械设计的效率和精确性。通过结合仿真软件，能够在计算机上完成播种器的设计、仿真和分析，避免了传统设计方法中的时间和成本消耗，有助于提升农业机械的性能，还能够推动农业机械化和现代化的发展。

参考文献

- [1] 陈永亮.高速免耕播种机单体设计与试验研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2020.
- [2] 项德响.大豆窄行密植平作高速气吸式精密播种机关键部件的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2010.
- [3] 罗红旗,孟宇,李晓晴,等.垄作免耕播种机三维模型研究[J].农村经济与科技,2019,30(1):60-62.
- [4] 李海亮,梁琦,于珍珍.宽幅播种机折叠式机架的改进设计与优化[J].农机化研究,2018,40(6):59-64.