

4GX-100 型小区小麦种子收获机改进设计与试验

戴 飞 赵武云 韩正晟 李兴凯 高爱民 刘小龙

(甘肃农业大学工学院, 兰州 730070)

摘要: 为进一步提升自行研制的小区小麦种子收获机工作性能,降低和改进一代样机采用梳脱割台所造成的籽粒飞溅损失大,脱粒装置喂料口及其罩壳内部易滞种、堵塞等问题,对 4GX-100 型小区小麦种子收获机进行改进设计。结合样机传动系统方案,对其双层收获割台、伸缩拨指式锥型脱粒装置进行设计,确定锥型滚筒结构参数(喂入段、脱粒段长度,大、小段面尺寸),对脱粒元件结构参数、数量及周向分布进行计算,获得锥型滚筒转速在 406 ~ 610 r/min 之间,伸缩拨指长度为 172.5 mm,其偏心距为 40 mm。为降低样机收获作业时的滞种率,利用离散元软件 EDEM 建立脱粒物料颗粒模型(小麦籽粒、短茎秆),对锥型脱粒装置内脱粒物料的运动迁移过程进行模拟仿真与特征解析,分析研究脱粒物料中小麦籽粒的平均速度、位移随脱输时间的变化规律。改进样机田间作业性能试验表明,当样机喂入量达到 0.52 kg/s 时,整机总损失率为 1.18%,种子破碎率为 0.13%,含杂率为 0.64%,滞种率为 0.02%,生产率可达 0.18 hm²/h,仅需短暂空转便可快速清机;整机运行平稳,脱粒装置喂料口及罩壳内部无堵塞现象,伸缩拨指式锥型脱粒装置能够有效抓取、脱输喂入物料,具有较强的适应性,作业机各项性能指标符合设计要求与技术标准的规定。

关键词: 小区育种; 小麦; 收获机; 伸缩拨指式脱粒装置; 双层收获割台

中图分类号: S225.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)S0-0196-07

Improvement and Experiment on 4GX-100 Type Wheat Harvester for Breeding Plots

Dai Fei Zhao Wuyun Han Zhengsheng Li Xingkai Gao Aimin Liu Xiaolong

(School of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Mechanization of seed industry is a precondition of seed industry's modernization, and in order to improve the efficiency and quality of crop breeding, speeding up the development of breeding mechanization is the inevitable trend. For further promoting performance of the team developed cropland plot wheat seeds harvester, also reducing and improving the sample generation harvester which used stripping header to cause the big grain spatter loss, and the threshing unit feeding mouth and its cover internal easily remained and blocked issues, so the 4GX-100 type cropland plot wheat seeds harvester was improved designed. By combining prototype transmission system solutions, the double harvest header and conical threshing unit with telescoping lever were designed, and determined the structural parameter of conical threshing unit (length of feeding section and threshing section, big small section size). Meanwhile, the threshing component structure parameters were designed and calculated, including quantity and the circumferential distribution completely. Analyzed of conical roller speed between 406 r/min and 610 r/min, the length of telescoping lever was 172.5 mm and the eccentricity was 40 mm. In order to reduce the seed remain rate, the threshing material particle model (wheat grain and short stalks) was established by EDEM software, and carried out simulation analysis of the movement migration process of

收稿日期: 2016-07-20 修回日期: 2016-08-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(51365003)和甘肃省农业科技成果转化资金项目(1305NCNA142)

作者简介: 戴飞(1987—),男,讲师,主要从事北方旱区作物生产装备工程研究,E-mail: daifei@gsau.edu.cn

通信作者: 韩正晟(1956—),男,教授,博士生导师,主要从事旱区农业工程技术与装备研究,E-mail: hanzhengsheng@gsau.edu.cn

threshing material in conical threshing unit body. Field performance experiment of the improvement harvester showed that when the prototype feed quantity was 0.52 kg/s, the total loss rate was 1.18%, the seed broken rate was 0.13%, the impurity rate was 0.64% and the seed remain rate was 0.02%, and the productivity could reach 0.18 hm²/h, which taking only a brief idling could rapidly clear the machine. The machine was in smooth operation, which was no blocking phenomenon in threshing unit feeding mouth and cover internal. The conical threshing unit with telescoping lever could grab, thresh and convey the feeding material, which had strong adaptability, also met the demands of the design and the stipulation of the correlation technique. This study can provide a reference for the development of the cropland plot wheat seeds harvester, and will have a promising prospect of application and spreading in the seed industry mechanization equipment in China.

Key words: breeding plots; wheat; harvester; threshing unit with telescoping lever; double harvest header

引言

育种产业的发展对于提高粮食产量、保障粮食安全起着非常重要的作用^[1]。为提高作物育种的效率和质量,必须发展育种机械化,提高机械化育种作业水平。小区种子的精准收获是育种试验获得正确结果的重要环节^[2]。然而,育种小区收获与大田收获不同,除满足大田收获作业要求外,还必须达到机器内种子滞留少、不混种、便清机的特殊要求,因此,田间育种小区种子收获一直是一个难题^[3-4]。

国外对小区育种收获机械的研究较早,主要以德国黑格公司、奥地利温特斯泰格公司、丹麦霍尔公司等设计生产的小区种子收获机械为代表,样机作业性能稳定,技术成熟。但国外育种试验小区的规划与国内有很大差异,国外试验小区面积大、隔离带宽,所用收获机械体积大、结构复杂、价格昂贵,难以适应我国育种试验小区面积小、隔离带窄的现状^[4-5]。我国小区种子收获机械研究起步晚,产品少、关键技术相对不成熟,主要以固定式小区种子脱粒机为主,小区联合收获机的研制基本处于科研阶段,尚无成熟的定型产品^[1,6]。

为此,结合上述发展现状,针对自行研制一代样机采用梳脱割台所造成籽粒飞溅损失大、脱粒装置喂料口及其罩壳内部易滞种、堵塞等问题^[7],对4GX-100型小区小麦种子收获机进行改进设计,分析确定其关键部件结构参数,并进行田间作业性能试验。以高脱净、低破碎、滞种少、便清机为改进目标,以期为小区小麦种子收获机械化技术及装备的研发应用提供参考与借鉴。

1 结构与工作原理

1.1 整机结构与技术参数

改进的4GX-100型小区小麦种子收获机结构

如图1所示,主要由分禾器、拨禾装置、双层收获割台、伸缩拨指式锥型脱粒装置、分离-清选装置、集粮箱、操作扶手、行走轮、尾轮等部件组成。整机主要技术参数如表1所示。

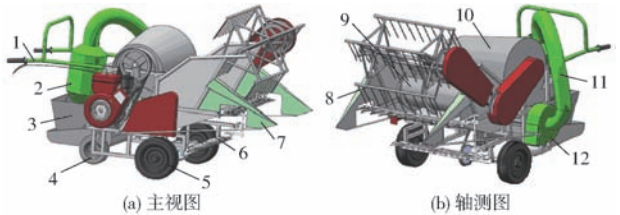


图1 4GX-100型小区小麦种子收获机结构示意图
Fig.1 Schematic diagram of 4GX-100 type cropland plot wheat seeds harvester

1. 操作扶手 2. 旋风分离器 3. 集粮箱 4. 尾轮 5. 行走轮
6. 双层收获割台 7. 分禾器 8. 拨禾轮 9. 输送器 10. 伸缩拨指式锥型脱粒装置 11. 吸杂管道 12. 吸杂风机

表1 样机主要技术参数

Tab.1 Main technical parameters of prototype harvester

参数	设计值
外形尺寸(长×宽×高)/(mm×mm×mm)	1 980×1 060×1 120
割幅/mm	1 000
配套动力/kW	5.0
整机质量/kg	112
喂料方式	半喂入
喂入量/(kg·s ⁻¹)	0.40~0.60
总损失率/%	≤1.26
种子破碎率/%	≤0.16
含杂率/%	≤1.8
滞种率/%	0
生产率/(hm ² ·h ⁻¹)	0.16~0.20

1.2 工作原理

当小区小麦种子收获机在田间作业时,育种小麦穗头在拨禾轮、双层收获割台及输送器的共同作用下进入伸缩拨指式锥型脱粒装置,伸缩拨指在锥型滚筒的带动下作变角速度转动,实现对脱粒物料

的快速抓取与输送;此时,小麦穗头上部分易脱粒的籽粒在伸缩拨指的转动打击作用下实现初步脱粒。随后,脱粒物料沿锥型滚筒横向输送,在短纹杆-板齿锥型脱粒滚筒与上罩壳脱粒纹杆的共同作用下进一步将育种小麦脱粒且向后螺旋作横轴流输送,在后置扬谷器的高速气流作用下经扬升管道抛入旋风分离器,并在吸杂风机、吸杂管道的配合下完成脱粒物料的气流清选,实现集粮箱内育种小麦籽粒的自动装料,脱粒杂余物(短茎秆、麸皮及颖壳)则通过吸杂风机排出。

2 关键部件设计与参数分析

2.1 传动系统

4GX-100 型小区小麦种子收获机传动系统设计应满足结构紧凑、低功耗、动力分配合理的原则,不仅使得作业机获得适宜的工作速度,还需保证各装置工作协调,满足小区小麦种子的收获要求。样机传动系统路线配置见图 2。

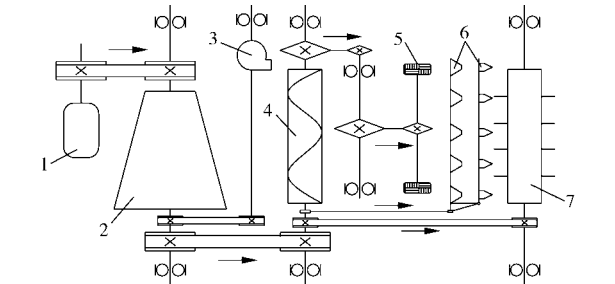


图 2 小区小麦种子收获机传动系统示意图
Fig.2 Schematic of transmission system for cropland plot wheat seeds harvester

1. 柴油机 2. 伸缩拨指式锥型脱粒装置 3. 吸杂风机 4. 输送机 5. 行走轮 6. 双层收获割台 7. 拨禾轮

动力从柴油机输出,经带传动机构传递使伸缩拨指式锥型脱粒装置转动作业;同时通过带传动将动力传递至吸杂风机与输送机轴上。输送机轴右侧同轴连接有小带轮将动力分别传递至拨禾轮及双层收获割台切割器上,输送机进一步通过其左侧链轮将动力传输至中间轴上,并借助链传动机构将动力传递至样机行走轮轴上。

2.2 双层收获割台

为避免一代样机采用梳脱割台对育种小麦穗头梳刷产生飞溅损失,考虑到伸缩拨指式锥型脱粒装置结构特点,在借鉴相关收获割台设计方法的基础上选用能够减轻脱粒、清选系统负荷,提高分离、清选质量的双层收获割台,结构如图 3 所示^[8-9]。

当样机工作时,发动机动力经多级减速传输至曲柄处(转速为 560 r/min),此时与其相连接的连杆机构驱动上层割刀往复运动(行程为 76.2 mm),在

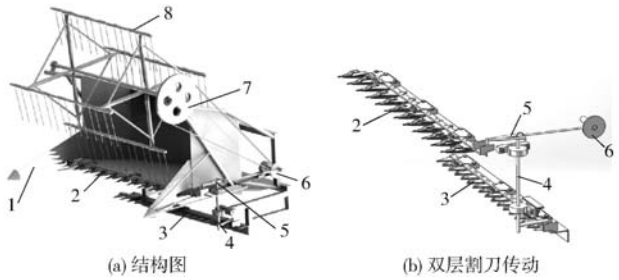


图 3 双层收获割台结构图
Fig.3 Structure of double harvest header
1. 分禾器 2. 上层割刀 3. 下层割刀 4. 摇杆机构 5. 连杆机构 6. 曲柄 7. 带轮 8. 拨禾轮

分禾器的辅助作用下完成对割幅内育种小麦穗头的切割,并在拨禾轮的配合下实现半喂入式收获;在双层收获割台上割刀运动的同时,与其连杆相连接的摇杆机构同步驱动下层割刀运动,对育种小麦茎秆留茬部位进行切割,使得上、下割刀间的茎秆直接覆盖还田,育种小麦秸秆留茬高度控制在 80 ~ 130 mm 之间。

2.3 伸缩拨指式锥型脱粒装置

伸缩拨指式锥型脱粒装置是小区小麦种子收获机的重要组成部分,其性能优劣直接影响到整机的作业效果,主要由伸缩拨指与短纹杆-板齿式脱粒元件相结合的锥型脱粒滚筒、带有纹杆脱粒元件的上罩壳、光滑下罩壳及后置扬谷器组成,如图 4 所示^[10]。

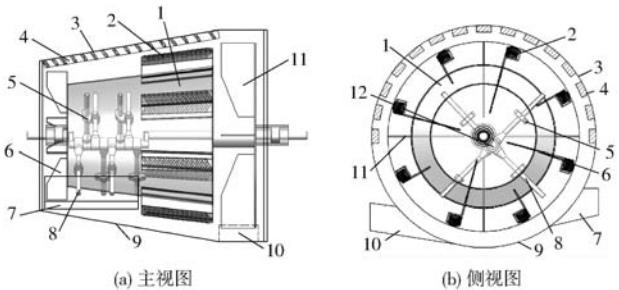


图 4 伸缩拨指式锥型脱粒装置结构图
Fig.4 Structure of conical threshing unit with telescoping lever

1. 锥型滚筒 2. 短纹杆-板齿元件 3. 上罩壳 4. 罩壳纹杆 5. 拨指驱动块 6. 气流导板 7. 喂料口 8. 伸缩拨指 9. 下罩壳 10. 扬升管道 11. 扬谷器 12. 曲轴

2.3.1 锥型滚筒结构设计

如图 5 所示,锥型脱粒装置滚筒主体结构设计为圆台型,由喂入段和脱粒段组成,其直径和长度与脱粒装置的作业性能密切相关。

锥型滚筒脱粒段长度 L_2 为^[11]

$$L_2 \geq q/q_0 \tag{1}$$

式中 q_0 ——滚筒脱粒段单位长度允许承担的喂入量,一般取 $1.5 \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ^[11]
 q ——脱粒装置的喂入量, kg/s

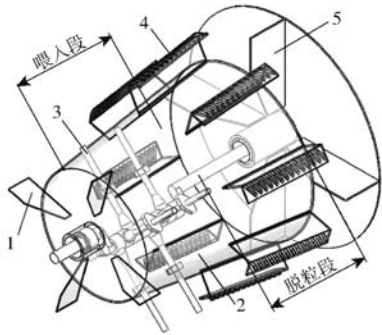


图5 锥型滚筒结构示意图

Fig. 5 Schematic diagram of conical threshing unit body with telescoping lever

1. 气流导板 2. 滚筒主体 3. 伸缩拨指 4. 短纹杆-板齿元件 5. 扬谷器

设计收获机最大喂入量为 0.6 kg/s, 得出锥型滚筒脱粒段长度 $L_2 \geq 400$ mm, 设计取 410 mm。

由图 4a 可以看出, 设计的锥型滚筒喂入段长度 L_1 主要由 8 组伸缩拨指在曲轴上的纵向安装尺寸决定, 依照每组伸缩拨指指根宽度为 20 mm 计算并兼顾安装空间, 取 $L_1 = 170$ mm。锥型滚筒总体长度 L 为

$$L = L_1 + L_2 \tag{2}$$

得出锥型滚筒总长度 $L = 580$ mm; 根据相关试验可知, 当滚筒锥角 α 为 13° 时脱粒装置罩壳内部滞种现象相对不明显^[2], 根据几何关系确定出锥型滚筒小端面直径 $D_1 = 166$ mm, 锥型滚筒大端面直径 $D_2 = 434$ mm。

2.3.2 脱粒元件设计

选取的短纹杆-板齿脱粒元件在脱粒滚筒作业时能够依靠纹杆揉搓和板齿打击的双重作用实现对育种小麦穗头的脱粒, 脱粒作用柔和, 能兼顾脱净和减少破碎的要求^[12-13]。其短纹杆表面向后倾斜的螺纹既可增强脱粒元件对物料的抓取和搓擦能力, 又可以加快物料向后输送, 降低罩壳内部种子残留量。

对于滚筒脱粒元件而言, 其数量与结构尺寸应当适中。当脱粒元件数量少、结构尺寸较小时, 不能对小麦穗头形成有效揉搓, 育种收获脱粒损失较大, 导致试验数据失真; 当脱粒元件数量过多、结构尺寸较大时, 滚筒作业功耗大、易缠结和堵塞, 引起脱粒装置罩壳内部滞种, 且脱粒物料不宜膨胀, 增加脱出物后续分离清选作业的负担。锥型滚筒脱粒段纹杆组数 Z 为^[11]

$$Z = \pi D / S \tag{3}$$

其中 $D = D_2 - L_2 \tan \alpha$ (4)

式中 D ——锥型滚筒脱粒段大、小端面直径的平均值, mm

S ——脱粒元件间距, 取 140 mm

由式(4)可得 $D = 339.3$ mm; 由式(3)可得 $Z = 7.6$; 考虑到锥型滚筒脱粒段较短, 为增加脱粒物料揉搓、击打频率, 满足育种脱粒要求且兼顾滚筒动平衡, 锥型滚筒短纹杆-板齿脱粒元件取偶数值(共 8 组)。其中, 脱粒元件板齿高 45 mm, 厚 2 mm; 短纹杆宽 30 mm, 厚 6 mm, 表面螺纹向后倾斜, 沿锥型滚筒脱粒段周向均匀排列。

2.3.3 脱粒滚筒转速

锥型滚筒转速是影响伸缩拨指式小区小麦种子锥型脱粒装置作业性能的关键因素之一。滚筒转速较小时, 滚筒喂入段拨指伸缩频率均匀、便于脱粒物料拨送喂入, 避免装置喂料口回草, 但滚筒生产率低, 易出现堵塞与滞种现象; 当滚筒转速较高, 其喂入段拨指伸缩频率过快时, 脱粒装置未脱净损失较大, 功耗高。

综合考虑上述两因素, 计算出锥型滚筒转速^[11]

$$n = \frac{60q}{ZL_2\mu_0} \tag{5}$$

式中, 依照 4GX-100 型小区小麦种子收获机喂入量, q 取 $0.4 \sim 0.6$ kg/s; μ_0 为短纹杆脱粒元件单位长度脱粒能力, 取 0.018 kg/m^[11]。得出锥型滚筒转速 n 为 $406 \sim 610$ r/min。

2.3.4 伸缩拨指设计

由图 4 可以看出, 8 组伸缩拨指在曲轴上纵向两两交错 90° 安装, 每组伸缩拨指指根宽度为 20 mm, 伸缩拨指长度 L_3 及偏心距 e 依据图 6 分析确定。

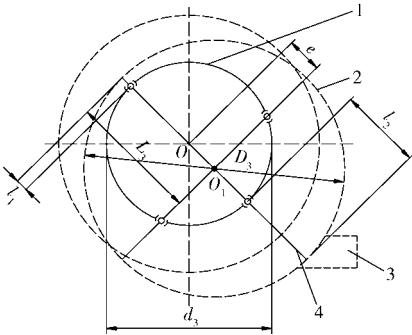


图6 伸缩拨指运动分析示意图

Fig. 6 Schematic diagram of kinematic analysis of telescoping lever

1. 锥型滚筒外径 2. 拨指螺旋外径 3. 喂料口 4. 伸缩拨指

伸缩拨指随着锥型滚筒转动作伸缩运动, 当拨指转到喂料口位置时, 此时伸出长度 l_2 最大(一般取 $40 \sim 50$ mm), 以达到一定的抓取能力; 当拨指转到离喂料口相对 180° 位置时应缩回滚筒内, 但为防止拨指端部磨损, 拨指在滚筒外应留有 $10 \sim 13$ mm 余量^[11]。在综合考虑脱粒装置总体位于种子收获机

上的安装空间,计算出伸缩拨指长度及其偏心距 e 为^[14-15]

$$\begin{cases} L_3 = (D_3 + d_3)/4 + 25 \\ e = (D_3 - d_3)/4 + 15 \end{cases} \quad (6)$$

其中
$$d_3 = D_2 - 2L_2 \tan \alpha \quad (7)$$

式中 D_3 ——拨指螺旋外径,mm
 d_3 ——滚筒外径,mm,取锥型滚筒喂入段大端面直径(即滚筒脱粒段小端面直径)

由式(7)计算得出滚筒外径 $d_3 = 245$ mm;由图6分析得出拨指螺旋外径 $D_3 = 2L_3$,则伸缩拨指长度 $L_3 = 172.5$ mm;伸缩拨指偏心距 $e = 40$ mm。

3 脱粒物料迁移过程仿真分析

3.1 脱粒物料离散元模型建立

伸缩拨指式锥型脱粒装置内的农业脱粒物料主要由小麦籽粒、短茎秆和颖壳组成,为便于模拟和减少计算量,离散元颗粒系统建立时仅考虑小麦籽粒和短茎秆。其中,将小麦籽粒简化为具有同体性质的均匀线弹性材料、三轴尺寸为 $7.52\text{ mm} \times 3.54\text{ mm} \times 3.48\text{ mm}$ 的椭球体(图7a);按照短茎秆实际形状和尺寸,将其简化为由20个等半径($r = 2.25\text{ mm}$)的球颗粒叠加而成、长度为 30 mm 的圆柱体(图7b)。籽粒、短茎秆和脱粒装置的物理参数如表2所示^[16]。

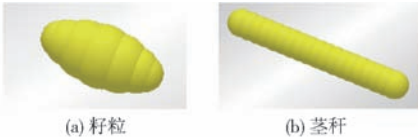


图7 物料颗粒模型
Fig.7 Model of material particles

表2 物料及脱粒装置的力学特性

Tab.2 Mechanical properties of materials and threshing unit			
	泊松比	剪切模量/MPa	密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
籽粒	0.3	2.6	1 350
短茎秆	0.4	1	100
装置(钢)	0.3	700	7 800

选用 Hertz - Mindlin 无滑动接触模型对脱粒装置内物料的运动规律进行分析。各物料组分之间的恢复因数、静摩擦因数和滚动摩擦因数设置如表3所示。

3.2 物料迁移过程仿真分析

依据脱粒装置作业部件的运动特征,设定锥型滚筒及扬谷器在仿真过程中为动态线性同轴旋转^[17]。按照实际脱粒物料草谷比,设定颗粒工厂产生籽粒

表3 物料相互作用参数			
Tab.3 Physical parameters of material contact			
类型	恢复因数	静摩擦因数	滚动摩擦因数
籽粒-籽粒	0.2	1.0	0.01
籽粒-短茎秆	0.2	0.8	0.01
籽粒-装置	0.5	0.58	0.01
短茎秆-短茎秆	0.2	0.9	0.01
短茎秆-装置	0.2	0.8	0.01

的速率为 $7\,281$ 个/s、短茎秆为 388 个/s,产生物料颗粒的时间为 2 s ,仿真总时间为 5 s 。颗粒产生在滚筒喂料口处,相对于滚筒轴线的喂入速度为 2.5 m/s ,模型设定计算时间步长为 Rayleigh 时间步长的 10% ,其输出时间步长为 0.01 s ,网格尺寸设置为最小颗粒尺寸的 2 倍。

在离散元仿真计算过程中小麦籽粒和短茎秆在脱粒装置内的详细运动过程和分布情况可实时动态显示,装置中脱粒物料迁移过程仿真如图8所示(其中,棕黄色椭球形颗粒代表小麦籽粒,红色长圆柱颗粒代表小麦短茎秆)。由迁移仿真动态过程可以看出,当仿真时间为 0.2 s 时脱粒混合物料(籽粒和短茎秆)以一定的初速度从喂料口进入伸缩拨指式锥型脱粒装置内部;随着仿真时间 $0.4 \sim 0.6\text{ s}$ 的不断增加,混合物料在装置壳体内不断生成,由少变多,在脱粒滚筒和后置扬谷器的共同作用下做不规则的轴向圆周螺旋运动;在 $0.6 \sim 5\text{ s}$ 时间内籽粒与短茎秆在迁移过程中不断与喂入导板、滚筒表面、脱粒元件和罩壳发生接触碰撞,同时颗粒之间由于运动方向与速度等发生变化而相互挤碰作用,脱粒物料无序地混杂在一起,并在锥型滚筒的带动下不断向后轴向输送,最终在后置扬谷器的旋转作用下经扬升管道抛出,完成脱输作业过程。待 5 s 仿真过程结束后,脱粒混合物料几乎均从脱粒装置中输出,仅有个别籽粒与短茎秆滞留在罩壳内,图8与实际试验效果基本符合。

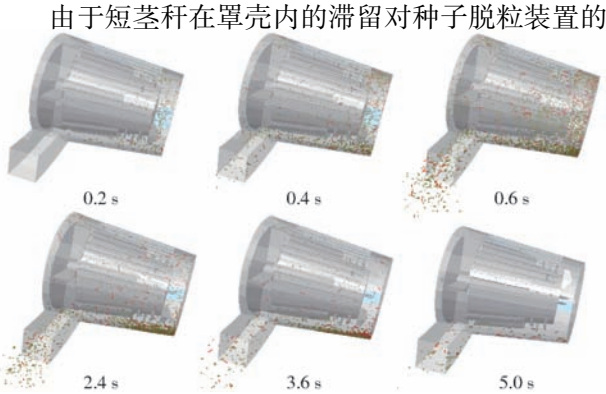


图8 脱粒装置中物料运动迁移过程仿真结果
Fig.8 Simulation process of threshing material movement

试验结果统计影响不大,且在混合物料中所占比重相对较小,因此仅分析装置内部小麦籽粒的平均速度、位移随脱输时间的变化规律,结果如图 9 所示^[18]。

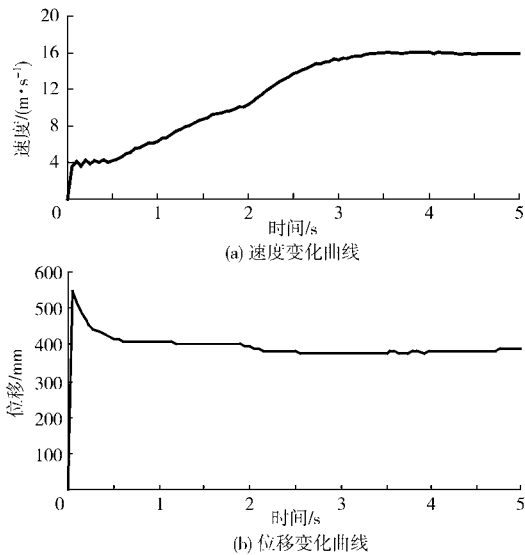


图 9 小麦籽粒平均速度、位移随脱输时间变化曲线
Fig. 9 Change curve of wheat grain average velocity and displacement with time of threshing and transporting

由图 9a 可以看出,在 0~2 s 内小麦籽粒在脱粒装置喂料口不断生成,在锥型滚筒转动作用下,小麦籽粒平均速度呈增加趋势,且增幅较大;在 2~3 s 内小麦籽粒速度持续增加,这主要是由于罩壳内籽粒运动至扬谷器附近,其机械转动进一步加速了籽粒迁移速度;待 3 s 后籽粒平均速度相对达到一个稳定值,基本保持在 16 m/s 左右,获得进入分离、清选系统的有效初速度。由图 9b 可以看出,籽粒的平均位移仅在籽粒刚生成时有显著变化(0.2 s 内),这是由于伸缩拨指对生成籽粒的直接接触作用所造成,此后基本呈稳定迁移状态(400 mm),可有效保证脱粒物料从扬升管道至旋风分离器中的有序进入,降低分离、清选作业负荷。

4 田间试验与分析

4.1 试验材料与方法

试验在甘肃省榆中甘肃农业大学小区小麦育种试验田中进行(图 10),试验收获作物为西早 3 号条播育种小麦,株高 1 031 mm,麦粒千粒质量 36.2 g,平均密度 368 株/m²,茎秆基部平均直径 4.8 mm,籽粒含水率 18.9%,茎秆含水率 36.6%,蜡熟期,无倒伏,田间风力 1~2 级。依据 GB/T 8097—2008《收获机 联合收割机 试验方法》及 GB/T 5262—2008《农业机械 试验条件测定方法的一般规定》对 4GX-100 型小区小麦种子收获机进行作业性能试验,作



图 10 作业机田间试验
Fig. 10 Field experiment of harvester

业速度为 0.50 m/s。

4.2 试验结果分析

主要从脱粒总损失(包括夹带损失和未脱净损失)、种子破碎率、含杂率、滞种率和生产率方面进行试验结果测定与评价,样机试验结果如表 4 所示^[3,19]。

表 4 作业性能试验结果
Tab. 4 Test results of harvester performance

作业性能参数	试验结果
喂入量/(kg·s ⁻¹)	0.52
总损失率/%	1.18
种子破碎率/%	0.13
含杂率/%	0.64
滞种率/%	0.02
生产率/(hm ² ·h ⁻¹)	0.18

由试验结果可以看出,作业机仅需短暂空转便可快速清机,各项性能指标均符合设计要求与相关技术标准的规定。

样机进行育种小麦收获试验过程中发现,适当增加机器前进速度时,作业喂入量增大,机器收获性能没有明显下降,整机运行平稳,没有出现脱粒装置喂料口及罩壳内部堵塞现象,表明伸缩拨指式锥型脱粒装置能够有效抓取、脱输喂入物料,具有较强的适应性。

5 结论

(1)为降低和改进自行研制一代育种收获机采用梳脱割台所造成的籽粒飞溅损失大,脱粒装置喂料口及其罩壳内部易滞种、堵塞等问题,为进一步提升工作性能,对 4GX-100 型小区小麦种子收获机进行改进设计。通过结合样机传动系统方案,分别对其双层收获割台、伸缩拨指式锥型脱粒装置进行设计,确定了各关键作业部件结构与运动参数。

(2)利用离散元软件 EDEM 建立了脱粒物料颗粒模型(小麦籽粒、短茎秆),对伸缩拨指式锥型脱粒装置内脱粒物料的运动迁移过程进行模拟仿真与特征解析,探知脱粒物料中小麦籽粒平均速度、位移

随脱输时间的变化规律。

(3)样机田间作业性能试验表明,当喂入量达到0.52 kg/s时,整机总损失率为1.18%,种子破碎率为0.13%,含杂率为0.64%,滞种率为0.02%,生产率可达0.18 hm²/h,机器仅需短暂空转便可快速

清机;整机运行平稳,没有出现脱粒装置喂料口及罩壳内部堵塞现象,伸缩拨指式锥型脱粒装置能够有效抓取、脱输喂入物料,具有较强的适应性,作业机各项性能指标均符合设计要求与相关技术标准的规定。

参 考 文 献

- 1 朱明,陈海军,李永磊. 中国种业机械化现状调研与发展分析[J]. 农业工程学报,2015,31(14):1-7.
ZHU Ming, CHEN Haijun, LI Yonglei. Investigation and development analysis of seed industry mechanization in China[J]. Transactions of the CSAE,2015,31(14):1-7. (in Chinese)
- 2 常建国,刘兴博,叶彤,等. 农业小区田间育种试验机械的现状与发展[J]. 农机化研究,2011,33(2):238-241.
CHANG Jianguo, LIU Xingbo, YE Tong, et al. Agricultural plot field trial breeding status and development of machinery[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(2): 238-241. (in Chinese)
- 3 戴飞,高爱民,孙伟,等. 纵轴流锥型滚筒脱粒装置设计与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(1):74-78.
DAI Fei, GAO Aimin, SUN Wei, et al. Design and experimental on longitudinal axial conical cylinder threshing unit [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(1):74-78. (in Chinese)
- 4 高爱民,戴飞,孙伟,等. 小区小麦种子收获机锥型脱粒滚筒性能试验[J]. 农业工程学报,2011,27(10):22-26.
GAO Aimin, DAI Fei, SUN Wei, et al. Experiment on conical threshing cylinder performance of plot wheat breeding seed combine harvester[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(10): 22-26. (in Chinese)
- 5 张海军,韩正晟,王丽维. 小区种子收获机械的研究现状与发展[J]. 湖南农业科学,2008(6):102-104,139.
ZHANG Haijun, HAN Zhengsheng, WANG Liwei. Present researching status and development of plot seed harvesting machinery [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2008 (6): 102-104, 139. (in Chinese)
- 6 戴飞,韩正晟,张锋伟,等. 小区育种纵轴流脱粒分离装置试验研究[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(3):274-278.
DAI Fei, HAN Zhengsheng, ZHANG Fengwei, et al. Experiment on longitudinal axial conical cylinder threshing separation unit for plot breeding[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2012, 30(3): 274-278. (in Chinese)
- 7 戴飞,张锋伟,高爱民,等. 4GX-100型小区小麦种子联合收获机关键作业参数优化[J]. 农业工程学报,2012,28(增刊2):53-58.
DAI Fei, ZHANG Fengwei, GAO Aimin, et al. Optimization of key operating parameters in 4GX-100 type cropland plot wheat seed combine harvester[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(Supp.2): 53-58. (in Chinese)
- 8 刘正怀,郑一平,王志明,等. 微型稻麦联合收获机气流式清选装置研究[J]. 农业机械学报,2015,46(7):102-108.
LIU Zhenghuai, ZHENG Yiping, WANG Zhiming, et al. Design on air-flowing cleaning unit of micro rice-wheat combine harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015,46(7): 102-108. (in Chinese)
- 9 谢方平,王修善,任述光,等. 4LZ-0.8型小型水稻联合收割机的设计[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2015,41(4):435-439.
XIE Fangping, WANG Xiushan, REN Shuguang, et al. Design of 4LZ-0.8 type mini rice combined harvester[J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2015,41(4): 435-439. (in Chinese)
- 10 戴飞. 伸缩拨指式小区育种小麦锥型脱粒装置: 中国,201520004957.3[P].2015-6-10.
- 11 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:下册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- 12 李耀明,李洪昌,徐立章,等. 短纹杆-板齿式轴流脱粒分离装置性能试验[J]. 农业机械学报,2009,40(7):88-92.
LI Yaoming, LI Hongchang, XU Lizhang, et al. Performance test of short-rasp-bar of axial flow threshing and separating unit[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7): 88-92. (in Chinese)
- 13 ELSAIED G H, ELFATIH A, ARIF E M. Studying a new combine threshing rotor design[J]. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2009, 3(4): 4085-4093.
- 14 王庆杰,何进,李洪文,等. 免耕播种机开沟防堵单元体设计与试验[J]. 农业工程学报,2012,28(1):27-31.
WANG Qingjie, HE Jin, LI Hongwen, et al. Design and experiment on furrowing and anti-blocking unit for no-till planter[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1): 27-31. (in Chinese)
- 15 宗望远,廖庆喜,黄鹏,等. 组合式油菜脱粒装置设计与物料运动轨迹分析[J]. 农业机械学报,2013,44(增刊2):41-46.
ZONG Wangyuan, LIAO Qingxi, HUANG Peng, et al. Design of combined rape threshing device and analysis of rape cane movement trail[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp.2): 41-46. (in Chinese)
- 16 李洪昌,李耀明,唐忠,等. 风筛式清选装置振动筛上物料运动CFD-DEM数值模拟[J]. 农业机械学报,2012,43(2):79-84.
LI Hongchang, LI Yaoming, TANG Zhong, et al. Numerical simulation of material motion on vibrating screen of air-and-screen cleaning device based on CFD-DEM[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(2): 79-84. (in Chinese)
- 17 MIU P I, KUTZBACH Heinz-Dieter. Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units—Part I. [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 60(1): 96-104.
- 18 LI Hongchang, LI Yaoming, GAO Fang, et al. CFD-DEM simulation of material motion in air-and-screen cleaning device[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2012, 88: 111-119.
- 19 徐立章,李耀明,王成红,等. 切纵流双滚筒联合收获机脱粒分离装置[J]. 农业机械学报,2014,45(2):105-108.
XU Lizhang, LI Yaoming, WANG Chenghong, et al. A combinational threshing and separating unit of combine harvester with a transverse tangential cylinder and an axial rotor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(2): 105-108. (in Chinese)