

新型小区大豆脱粒机的设计

范传辉¹,连瑞瑞²,余永昌¹,任 源¹,段远坤¹,赵彬彬¹,李 赫¹

(1. 河南农业大学 机电工程学院,河南 郑州 450002; 2. 河南机电职业学院 电气工程学院,河南 新郑 451191)

摘 要:目前国内小区育种收获主要以人工收割、普通脱粒机脱粒、清选机清选的分段式收获方式为主,这种收获方式存在收获周期长、大豆损失率高等缺点,而且普通大豆脱粒机籽粒破碎率高、易混种、难清机、容易导致育种试验数据失真。因此,本研究设计了一种新型小区大豆脱粒机,该脱粒机主要由传动部分、喂入部分、脱粒部分、清选部分组成,由交流电动机作为动力源提供动力输出,通过传动带将动力传递到板式脱粒滚筒,设置摩擦轮机构,实现脱粒机无极变速调节。大豆通过脱粒凹版实现籽粒与秸秆的分离,秸秆从一端通过稿草挡板排出机外,籽粒下落进入负压式气力清选机构,饱满的籽粒由于较重,落在第一个收集箱内,不饱满的籽粒会落在第二个收集箱内,从而实现了大豆籽粒的精度分选。

关键词:大豆脱粒机;板式脱粒滚筒;无级变速;负压分级清选

中图分类号:S226.6 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.01.0138

Optimization Design of a Soybean Thresher

FAN Chuan-hui¹, LIAN Rui-rui², YU Yong-chang¹, REN Yuan¹, DUAN Yuan-kun¹, ZHAO Bin-bin¹, LI He¹
(1. Mechanical and Electrical Engineering College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Electrical Engineering, Henan Mechanical and Electrical Vocation College, Xinzheng 451191, China)

Abstract: The main way of domestic breeding district harvest includes artificial harvesting, common thresher threshing and machine cleaning, and this kind of harvesting is time consuming and have high loss rate. The common soybean thresher have high seed breakage rate, difficult to clean and easy to mix, and result to high error of breeding data. Therefore, we designed a new type of small soybean thresher, the threshing machine is mainly composed of transmitting, feeding, threshing and cleaning parts, by AC motor as a power source to provide power output through a transmission belt transmits the power to the plate cylinder, set the friction wheel mechanism to realize stepless regulation of threshing machine, to realize the separation of soybean grain and straw by straw from the end of the threshing intaglio, straw baffle is discharged out of the machine, falling into the negative pressure type pneumatic grain cleaning mechanism, full grain due to relatively falls on the first collection box, not full grain will fall in the second collection box, so as to realize the precise separation of soybean grain.

Keywords: Soybean thresher; Plate cylinder; Infinitely variable speed; Negative pressure type classification

大豆育种是保证大豆生产安全的重要条件,同时也是一项耗费巨大的农业系统工程^[1]。大豆脱粒是育种工作最关键环节之一。育种用小区种子脱粒不同于大田脱粒,每个育种小区面积小,而且整个试验田内又包含多个试验小区和试验品种,所以既要防止多品种收获带来的混杂,又要保证作业效率。目前用于育种的试验种子脱粒以人工脱粒和普通脱粒机脱粒两种方式为主,采用人工脱粒,收获期较长,贻误农时,间接损失大,试验数据可比性差;采用普通大豆脱粒机脱粒,籽粒破碎率和夹带损失率较高,作业结束后机器内部清理困难,籽粒残留量大,导致品种之间混杂,造成试验数据失真。现有的专用大豆育种脱粒机普遍存在不能快速清理、易混种、结构复杂、体积庞大、机动性差、脱

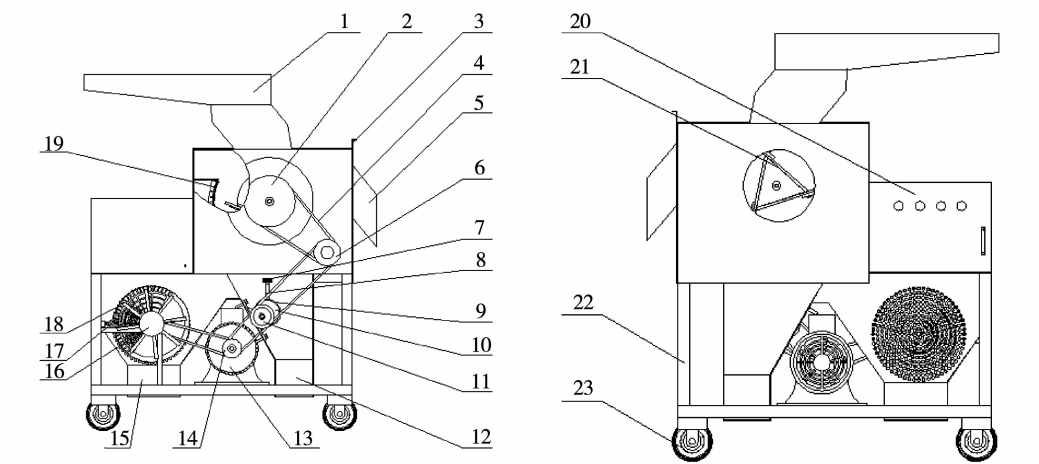
出物含杂率与破碎率高等问题,制约了专用育种脱粒机的推广^[2-4]。为此,初步设计了一种工作连续效率高、操作简单的大豆育种脱粒机,以满足长周期室内科研试验要求和田间生产作业。

1 总体设计

1.1 整机结构

该小区大豆脱粒机主要由喂入机构、脱粒机构、筛选分离机构、分级清选机构、传动收集部分、机架部分等组成^[5],该脱粒机采用板式脱粒滚筒装置,轴流风机负压分级清选,能够实现籽粒的精度分选,为大豆育种选种提供了更加可行的措施,整机结构见图1。

收稿日期:2016-11-08
基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-04-PS23)。
第一作者简介:范传辉(1989-),男,硕士,主要从事农业机械化研究。E-mail: 15515645169@163.com。
通讯作者:李赫(1972-),男,博士,副教授,主要从事农业机械化研究。E-mail: chungbuk@163.com。



1:喂入口; 2:滚筒带轮; 3:稿草挡板; 4:V带; 5:稿草出口; 6:惰轮; 7:无极变速调节旋钮; 8:无极变速调节杆; 9:偏心轮套; 10:偏心轮; 11:摩擦轮; 12:第一收集箱; 13:电机; 14:主动轮; 15:第二收集箱; 16:轴流风机; 17:风量调节齿轮; 18:风量调节板; 19:栅格凹版; 20:电路控制箱; 21:脱粒滚筒; 22:机架; 23:橡胶滚轮。

1:Feed inlet; 2:Roller belt wheel; 3:Draft grass baffle; 4:V-belt; 5:Draft grass export; 6:Idler whell; 7:Infinitely variable speed adjusting knob; 8:Infinitely variable speed regulating pole; 9:Eccentric sleeve; 10:Eccentric wheel; 11:Friction wheel; 12:First collection box; 13:The motor; 14:Driving wheel; 15:Second collection box; 16:Axial flow fan; 17:Air regulation gear; 18:Air volume adjustment plate; 19:Grid gravure; 20:Circuit control box; 21:Threshing cylinder; 22:Mechanical rack; 23:Rubber roller.

图 1 小区大豆脱粒机结构

Fig.1 Structure of soybean threshing machine

1.2 工作原理及技术参数

交流电动机作为动力源提供动力输出,通过传动带将动力传递到脱粒滚筒,清选机构,中间通过摩擦轮实现无极变速调节;大豆通过脱粒凹版实现籽粒与秸秆的分离,秸秆从一端通过稿草挡板排出

机外,籽粒下落进入清选机构,清选机构采用轴流式对籽粒进行精量分级,饱满的籽粒由于较重落在第一个收集箱内,不饱满的籽粒会落在第二个收集箱内,从而实现了大豆籽粒的精量分选。

表 1 小区大豆脱粒机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of soybean thresher

名称 Name	参数 Parameter
整机尺寸(长×宽×高)/mm The whole machine size (length/width/height)	1100×600×1200
整机重量 The whole machine weight/kg	249
功率 Power/kW	2.1
额定电压 The rated voltage/V	220
脱粒滚筒转速 Threshing cylinder rotation speed/(r·min ⁻¹)	600
风机转速 The fan speed/(r·min ⁻¹)	3000

2 关键部件的设计

农业试验小区的种子收获一直是一个难题,小区大豆脱粒机不但要满足普通脱粒机的要求还要满足农业试验小区种子收获的农艺要求,即小区大豆育种脱粒机要求脱净率高、破碎率低、无混种、便清机^[5]。由于是育种籽粒脱粒装置,为保证育种试

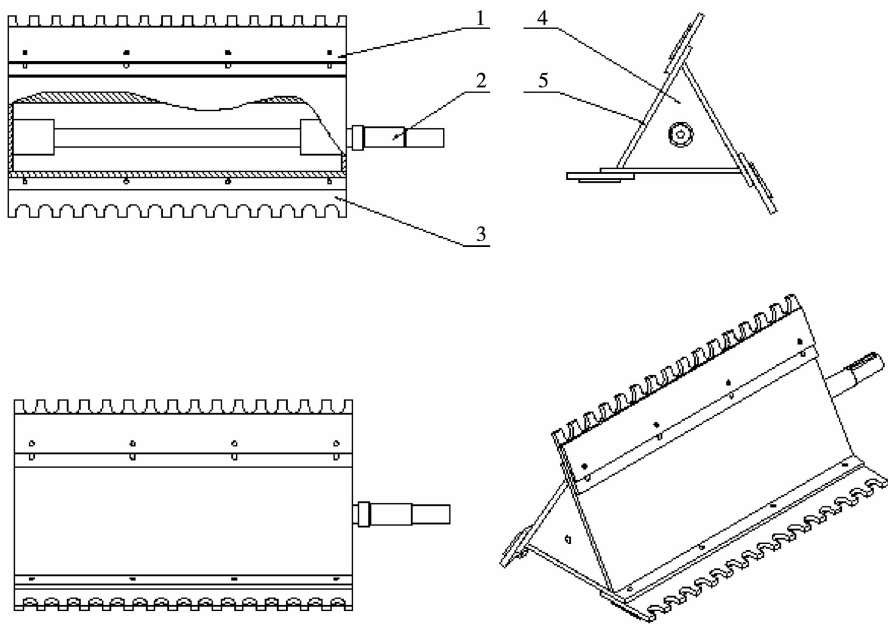
验数据的可靠性,小区大豆脱粒机必须在保证无混种(装置内部无籽粒残留)的前提下兼顾育种籽粒脱净率高、破碎率及含杂率低的性能要求^[6]。因此对小区大豆脱粒机的脱粒机构、筛选分离机构、传动收集部分、机体结构 4 个方面进行了设计。

2.1 脱粒滚筒的设计

2.1.1 板式脱粒滚筒的结构设计 以往的脱粒滚

筒都有一些缺点,例如钉齿滚筒秸秆断碎多、能耗大、分离难度较大,弓齿滚筒分离性能较差,双滚筒结构复杂、清选负荷大,难以满足小区脱粒要求。因此,在普通纹杆滚筒的基础上做了一些改进,克服以往纹杆滚筒的易堵塞、脱不净的缺点^[7]。改进后的板式滚筒如图 2 所示,板式滚筒的横截面是正三角样式的支撑,不像以往纹杆滚筒的横截面近乎圆形。新型板式滚筒大大简化了滚筒构造,在保留

了原来纹杆滚筒优点的基础上,又克服了纹杆滚筒易堵塞、脱不净的缺点,另外橡胶纹杆采用硬质橡胶,用螺栓固定,如有发生失效,只需更换橡胶纹板。采用正三角支撑的板式滚筒是为了保证滚筒的稳固和滚筒在脱粒时受力均匀,橡胶纹杆的螺栓孔采用 U 型槽孔,通过沿螺栓的径向移动橡胶纹杆来改变滚筒与凹版之间的脱粒间隙,操作简单,性能可靠^[8]。



1:压紧板;2:滚筒传动轴;3:橡胶纹板;4:滚筒支撑架;5:滚筒支撑板。
1:Compressed plate; 2:Roller transmission shaft; 3:Rubber plate; 4:Roller support frame; 5:Roller support frame.

图 2 板式脱粒滚筒

Fig. 2 Plate cylinder

2.1.2 板式脱粒滚筒的参数确定 育种试验所培育的大豆品种植株高度一般在 500 ~ 1 000 mm,收获时茎秆湿度在 19% 左右,如果脱粒滚筒直径设计过小可能产生缠绕现象,过大又使及其体积骤然加大,滚筒直径计算公式如下:

$$D = \frac{MS}{\pi} + 2h \tag{1}$$

式中: D 为滚筒直径/mm; M 为纹板数; S 为相邻两钉齿的中心距/mm,取 $S = 32.5$ mm; h 为钉齿的高度/mm,取 $h = 20$ mm;由此可计算滚筒直径 $D = 362$ mm。

全喂入式切流滚筒和轴流滚筒的转速相差不大,一般大豆脱粒机的滚筒转速在 500 ~ 800 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,本研究的大豆脱粒机滚筒转速初步设定为 600 $\cdot \text{min}^{-1}$ ^[9]。脱粒间隙是指脱粒滚筒与脱粒凹版之间的间隙,分为入口间隙和出口间隙。入口间隙和出口间隙的比值一般在 3 ~ 4,出、入口间隙小则

凹版分离能力强,但过小易产生堵塞。入口间隙过大(大于 30 mm),则滚筒抓取作物能力和凹版前端分离能力减弱。脱粒间隙主要随谷物种类及脱粒装置的厚度而定,本研究设计的大豆脱粒机的滚筒与凹版之间的脱粒间隙可在 10 ~ 35 mm 调节。

2.2 带传动无极变速的设计

2.2.1 摩擦轮结构的设计 在传统的 V 带变速中仅依靠改变轮槽达到变速目的,而本研究设计的大豆脱粒机的传动无极变速结构在原来的基础进行了调整,即通过在主动轮与滚筒带轮之间增加一级传动,增加的传动装置采用摩擦轮(图 3)代替普通的 V 带轮。摩擦轮由 2 个摩擦片和 1 个中间轮等组成,工作时还是通过 V 带传动,摩擦轮通过改变相互之间的摩擦力大小改变两轮之间的滑差率,从而实现新型的无极变速。摩擦轮的设计优化了以往改变轮槽达到变速目的的装置,使变速更加稳定,扩大了无极变速范围,大幅简化了变速步骤。

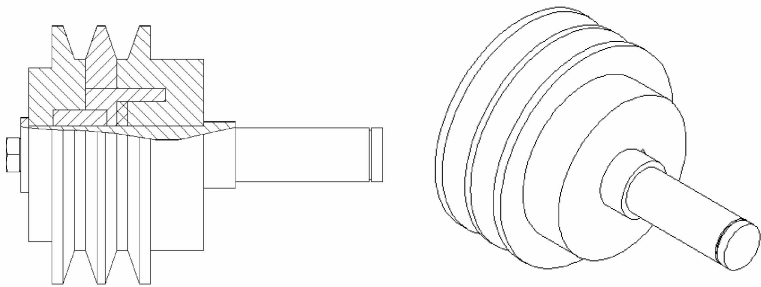


图 3 摩擦轮结构示意图

Fig. 3 Friction wheel structure diagram

2.2.2 偏心轮的设计 在摩擦轮上设计了 1 个偏心轮机构(图 4),摩擦轮置于偏心机构上,偏心机构内置滚动轴承,通过搬动调节手柄移动摩擦轮的位置,实现与相连机构的带轮张紧程度的调节,控制 V 带传动的带速大小。当调节手柄向下扳动时,滚筒转速就会变小,当调节手柄向上扳动时,滚筒转速就会变大。另外,可以通过改放 V 带在阶梯式 V 带轮上的位置实现滚筒在 3 个转速范围之间选择。当需要更换转速范围时,取下调节手柄,将偏心机构向外移动,一直到调节缝隙上的第二个螺纹孔出现为止,然后将调节手柄拧入第二个螺纹孔里。

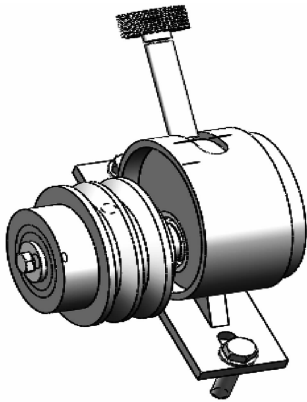
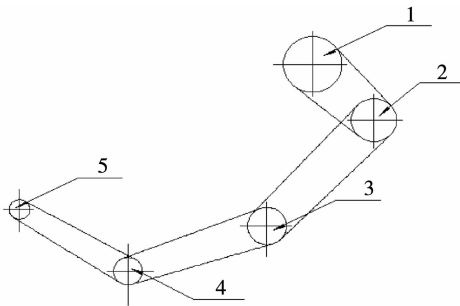


图 4 无极变速传动装置

Fig. 4 Infinitely variable speed drive



1: 滚筒带轮;2: 惰轮;3: 摩擦轮;4: 电机带轮;5: 风机。
1: Roller belt wheel; 2: Idler; 3: Friction wheel; 4: The motor pulley; 5: The fan pulley.

图 5 传动系统简图

Fig. 5 The transmission system diagram

2.3 籽粒分级的设计

2.3.1 轴流风机分离原理 脱下的大豆籽粒及细小杂物通过栅格凹板孔下落,在下落过程中由负压风机将细小杂物吸入风机,由风机口排出机外;较轻的籽粒则随负压风机的作用落入第二个收集箱内,较重的大豆籽粒落入第一个收集箱内。从凹板孔下落的籽粒及细小杂物不断得到负压风机清选作用,清选干净的大豆籽粒沿籽粒滑板不断落入收集箱。机盖与吸风口连接处,有一个可调节吸风口大小的风量调节齿轮,调节旋钮,改变负压大小^[9]。

2.3.2 气力清选装置 气力清选装置是将脱粒机经凹版筛分离出来的大豆籽粒经过负压分级清选实现精量分级的一种机构(图 6)。该装置由风量调节板、风量调节齿轮、风量调节啮合齿轮、调节旋钮、滑动轴承、轴流风机、压缩弹簧等组成,吸风口采用冲压制成,吸风口是大小均匀分布的小圆孔,紧挨风量调节板^[10]。

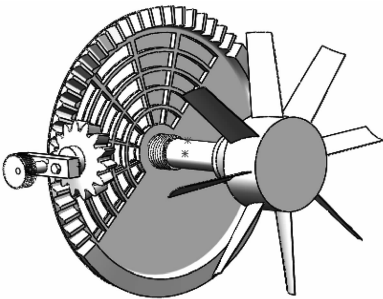


图 6 气力清选装置

Fig. 6 Pneumatic cleaning device

2.3.3 风量调节 风量调节板分为定板和动板,动板边沿制成锥齿轮,与风量调节啮合齿轮配合,扭动风量调节旋钮,风量调节板动板也随着旋转,当动板和定板的弧形孔完全重合时,此为风量最大处,既是里面的负压最大;当动板和定板的弧形孔完全错开时,不能与里面的空间形成流通,即也不能形成负压,装置就不能完成对大豆籽粒及细小杂物的分离清选;当动板和定板成某一夹角时,风

机就会对里面的空间形成某一负压,调节夹角大小来改变负压大小,将其调到一个合适的负压值上,满足对大豆籽粒分级的需要。

2.4 机体结构设计

2.4.1 喂入口的防护 喂入口是脱粒机最容易发生事故的部位,有一半以上事故发生在喂入口,所以在喂入口处设置了防护装置。增设防护罩,一方面保证籽粒不会通过喂入口飞溅出来,另一方面可防止操作者的手误入喂入口。防护罩采用复位弹簧自动回弹机构,喂入大豆秸秆后的防护罩可以在回位弹簧的作用下快速复位,将喂入口罩住。

2.4.2 脱粒滚筒、风力分选装置的防护 本研究设计的大豆脱粒机除了在主要结构上做了优化,而且在脱粒滚筒和风力分选装置前面各有一块大的、容易取下来的透明玻璃,透明玻璃采用钢化结构制成,取代传统机器钣金结构这样可以清楚地观察脱粒和分选过程,并且能够完全看到脱粒滚筒和分选装置里面。

2.4.3 传动部位的防护 脱粒机采用V带传动,电机安装在滚筒的下面。增设V带防护罩,既可防止稻草缠绕,影响工作的正常进行,又能防止传动部分伤人。皮带罩制做很简单,用薄铁板通过钣金折弯,罩住传动装置。

3 结 论

本研究设计的大豆脱粒机是全喂入板式滚筒小区大豆精量脱粒机械,专业性好,可以很好地解决小区育种收获仍然依靠人工操作的落后局面,而且操作更加简单,无需人工清机。此产品也有一些不足之处,比如缺少对单株大豆籽粒的计量装置,设计的机器结构还不够紧凑,这些有待进一步优化;但与一些传统大豆脱粒机相比有很大优势,将会在小区大豆育种收获中得到广泛应用。今后将进一步完善小区大豆脱粒机的性能,融合更多的智能设备,使小区大豆脱粒机能更好的为大豆育种收获机械化作业服务。

参考文献

[1] 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 H J, Han Z S, Wang L W. Present researching status and development of pot seed harvesting machinery [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2008(6):102-104,139.)

[2] 王长春. 田间育种试验机械化的发展[J]. 世界农业,2001(4):43-44. (Wang C C. The development of the breeding experiment mechanization [J]. World Agriculture, 2001(4): 43-44.)

[3] 王帅. 脱粒机的工作原理及类型概述[J]. 农业科技与装备, 2012(11): 11-14,119. (Wang S. Threshing machine type and working principle of the overview [J]. Journal of Agricultural Science and Technology and Equipment, 2012 (11): 11-14,119.)

[4] 张强,毛志怀. 大豆脱粒机的研究[J]. 大豆科技,2008,5(2): 28-29. (Zhang Q, Mao Z H. Soybean thrasher research [J]. Journal of Soybean Science and Technology, 2008, 5 (2) : 28-29.)

[5] Antonella P, Candan U S, Heidi D, et al. Comparative feeding ecology of shortfin mako, blue and thresher sharks in the California current[J]. Environmental Biology of Fishes,2012,951: .

[6] 侯守印. 立式轴流式大豆育种专用脱粒机的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012,10(6):38-49. (Hou S Y. Vertical axial-flow soybean breeding special thrasher research [D]. Harbin: Northeast Agricultural University,2012,10(6):38-49.)

[7] 张向昆,郑德英,李强. 螺旋板式大豆脱粒机滚筒的设计研究[J]. 山东农机,1995(3):17-43. (Zhang X K, Zheng D Y, Li Q. Soybean threshing cylinder spiral plate design research [J]. Journal of Shandong Agricultural Machinery, 1995(3):17-43.)

[8] 申德超. 双风道清选装置试验研究[J]. 农业机械学报,1991, 22(4):38-45. (Shen D C. Double air duct cleaning device experimental study [J]. Journal of Agricultural Machinery, 1991, 22 (4): 38-45.)

[9] 焦维鹏,赵学观. 弓齿滚筒梳刷式大豆脱粒机的设计[J]. 农业科技与装备,2012(6):40-42. (Jiao W P, Zhao X G. Bow cylinder comb brush type soybean sheller design [J]. Journal of Agricultural Science And Technology and Equipment, 2012 (6): 40-42.)

[10] 赵学观,徐丽明,高连兴,等. 基于 Fluent 的大豆脱粒机旋风分离器模拟与优化[C]//国际农业与生物系统工程学会第十八届世界大会暨中国农业机械学会第十次全国会员代表大会论文集,2014:80-87. (Zhao X G, Xu L M., Gao L X, et al. Based on fluent simulation and optimization of soybean thresher cyclone separator [C]// International Agricultural and Biological Systems Engineering Society the 18th Annual World Congress and the Chinese Society of Agricultural Machinery Proceedings of the Tenth National Member Congress, 2014:80-87.