

纵轴流锥型滚筒脱粒装置设计与试验*

戴 飞 高爱民 孙 伟 张锋伟 魏宏安 韩正晟

(甘肃农业大学工学院, 兰州 730070)

【摘要】 为了降低功耗,加快脱粒滚筒轴向物料输送速度,提高小区育种小麦种子收获机清机效率,设计了一种纵轴流锥型滚筒脱粒装置,滚筒采用锥型短纹杆-板齿结构。试验结果表明,该纵轴流锥型滚筒脱粒装置在作业时小麦脱粒混合物料轴向输送速度快、功耗低,罩壳内部种子残留量小,无需人工清机,适用于以旋风分离器为气流清选装置的半喂入式小区育种小麦种子收获机。

关键词: 脱粒装置 轴流 锥型滚筒 短纹杆-板齿 设计 试验

中图分类号: S225.39 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)01-0074-05

Design and Experiment on Longitudinal Axial
Conical Cylinder Threshing Unit

Dai Fei Gao Aimin Sun Wei Zhang Fengwei Wei Hongan Han Zhengsheng

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

Abstract

In order to lower power consumption, speed up the axial conveying of materials in threshing cylinder and improve the efficiency of machine cleaning of wheat breeding plot seed combine harvester, a longitudinal axial conical cylinder threshing unit with conical short-rasp-bar tooth structure was designed. The experimental results showed that the new device could speed up the conveying of materials in threshing cylinder and lower power consumption while threshing wheat, and the amount of wheat seed residued in the shell internal was little and there was no need to do manual clearing. The threshing unit can be applied to half-feeding breeding plot wheat seed combine harvester with cyclone air cleaning devices.

Key words Threshing unit, Axial flow, Conical cylinder, Short-rasp-bar tooth, Design, Experiment

引言

目前,我国小区育种小麦种子收获仍以人工收割、普通脱粒机脱粒、清选机清选的分段收获方式为主,收获期较长、间接损失大^[1]。近年来,所使用的小区小麦种子脱粒机的脱粒装置大多采用轴流式钉齿滚筒,其功耗大,籽粒的破损率较高,脱出的茎秆较碎,脱出混合物中杂余含量高,使得后续的清选负荷增加,脱粒机内部清理困难,种子残留量大,造成

种子易混杂,导致试验数据失真^[2]。本文设计一种结构紧凑,符合半喂入式小区育种小麦种子收获机的纵轴流锥型滚筒脱粒装置,并进行试验。

1 脱粒装置的整体结构及工作原理

1.1 整体结构

纵轴流锥型滚筒脱粒装置主要由短纹杆-板齿式锥型脱粒滚筒、带有纹杆脱粒元件的上罩壳、光滑下罩壳及扬谷器组成,脱粒装置结构如图1所

收稿日期: 2010-07-30 修回日期: 2010-08-23

* 甘肃省农牧厅资助项目(0703-06)和甘肃省教育厅资助项目(0802-03)

作者简介: 戴飞,硕士生,主要从事农业工程技术与装备研究, E-mail: 442670867@qq.com

通讯作者: 韩正晟,教授,博士生导师,主要从事农业工程技术与装备研究, E-mail: hanzhengsheng@gsau.edu.cn

示^[3-4]。由于该纵轴流锥型滚筒脱粒装置适用于半喂入式,因此在结构设计上省去了传统脱粒滚筒所带有的凹板结构,增加了与锥型脱粒滚筒相配合使用的滚筒罩壳,罩壳结构分为上下两部分,为增强装置脱粒能力,上罩壳安装有数根螺纹杆;下罩壳内部光滑便于脱粒物料的输送及装置内部的清机。纵轴流锥型滚筒脱粒装置整体结构紧凑,省去了传统联合收获机的机械输送部分,设置了扬谷器,主要利用其高速旋转的叶片将脱粒混合物料抛出。

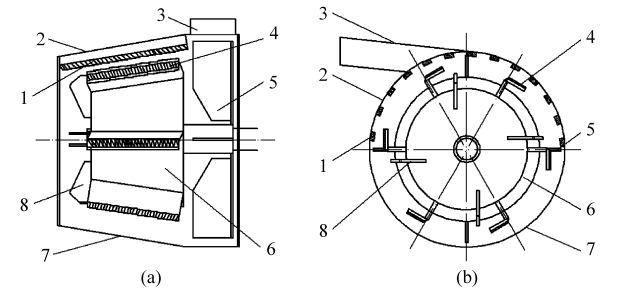


图 1 纵轴流锥型滚筒脱粒装置结构图
Fig.1 Structural diagram of the longitudinal axial conical cylinder threshing unit
(a) 侧视图 (b) 正视图

1. 罩壳纹杆 2. 上罩壳 3. 扬升管道 4. 短纹杆-板齿 5. 扬谷器 6. 锥型脱粒滚筒 7. 下罩壳 8. 喂入导板

1.2 工作原理

由于该纵轴流锥型滚筒脱粒装置结构设计适用于半喂入式小区育种小麦种子收获机,因此,该装置主要作用是将成熟、饱满、易脱粒的小麦穗头在锥型滚筒喂入导板的作用下快速进入脱粒装置内部,通过短纹杆-板齿式锥型脱粒滚筒与上罩壳脱粒纹杆的共同作用将小麦脱粒,脱出混合物料在锥型滚筒的作用下向后螺旋轴向输送,并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进行气流清选。

2 脱粒装置重要部件设计

2.1 锥型脱粒滚筒

锥型脱粒滚筒结构采用短纹杆-板齿式,如图 2 所示,主要由锥型滚筒、喂入导板、短纹杆-板齿 3 部分构成。

滚筒直径是影响小麦脱粒和分离能力的重要因素之一^[3]。滚筒直径变大,喂入量可增大,麦穗脱粒和分离能力也增强;但直径过大,必然引起脱粒机整体尺寸增大,质量增加,功耗升高。为了使脱粒装置罩壳内部的脱粒混合物料无滞留,便于轴向快速输送,将脱粒滚筒设计成锥型,长度为 210 mm,锥型滚筒小端面直径为 220 mm,大端面直径为 300 mm,滚筒锥角为 10°。锥型脱粒滚筒旋转作业时便于物

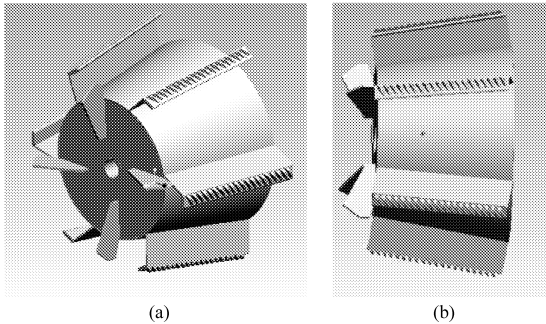


图 2 短纹杆-板齿式锥型脱粒滚筒结构图
Fig.2 Structural diagram of conical threshing cylinder with short-rasp-bar tooth

料的螺旋输送,使得脱粒谷物在罩壳内无堵塞、滞留,育种小麦得以最大程度的脱粒清选。

锥型脱粒滚筒的平均转速 (r/min) 为^[5]

$$n_g = 6 \times 10^4 \frac{v_g}{\pi D_g}$$

式中 D_g ——锥型滚筒平均直径,mm
 v_g ——锥型滚筒线速度,m/s

适宜脱粒小麦的滚筒线速度 $v_g = 20 \sim 23 \text{ m/s}$ ^[6], 锥型滚筒直径取大、小端面平均直径 $D_g = 260 \text{ mm}$, 求得锥型脱粒滚筒转速 $n_g = 1\,470 \sim 1\,690 \text{ r/min}$ 。

如图 2a 所示,锥型脱粒滚筒小端面联接有喂入导板,在滚筒小端面圆周上相间隔 90°均等分布。当滚筒高速旋转作业时,喂入导板对小麦穗头产生的强烈冲击不但能起到对穗头的脱粒作用,同时还能实现物料的强制喂入;喂入导板旋转时罩壳内产生的吸气流有利于外界物料进入脱粒装置并向内输送,增加了对已脱粒物料的轴向推送能力,减少了物料在罩壳内的滞留。

滚筒脱粒元件,共 6 组短纹杆-板齿结构,在锥型脱粒滚筒上均匀排列,板齿高 45 mm,厚 2 mm;短纹杆长 210 mm,宽 30 mm,厚 6 mm,表面螺纹向后倾斜。脱粒滚筒作业时,依靠纹杆揉搓和板齿打击的双重作用实现对小麦穗头的脱粒,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^[3]。

2.2 扬谷器

在脱粒装置中,与锥型脱粒滚筒相配合使用的后置扬谷器结构如图 3 所示,扬谷器直径 350 mm,叶片长 140 mm,两端部宽度分别为 60、45 mm,厚度为 3 mm,中置轴套的长度为 80 mm。扬谷器可随锥型脱粒滚筒的旋转将小麦脱粒混合物经叶片产生的高速气流快速扬送,使脱粒装置内部无小麦脱粒物料的堆积堵塞,提高了该脱粒装置的物料喂入速率与谷物脱粒效率,便于装置罩壳内部清机,符合小区

育种小麦种子收获机理的要求。

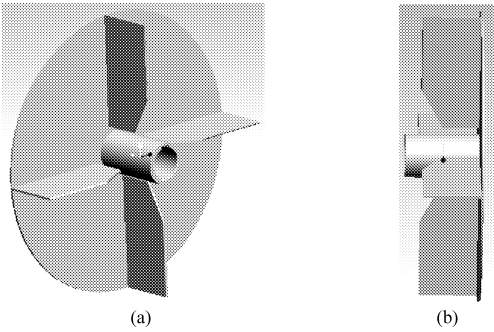


图 3 扬谷器结构图

Fig. 3 Structural diagram of winnower

2.3 罩壳

由于设计的纵轴流锥型滚筒脱粒装置适合于半喂入式小区育种小麦种子收获机,进入装置罩壳内脱粒物料所含长草少,因此在该脱粒装置中省去了传统脱粒滚筒所带有的凹板结构,改为上、下罩壳,两罩壳包角均为 180°,上、下罩壳结构如图 4、5 所示。由于短纹杆-板齿脱粒元件较大,脱粒过程中小麦不易膨胀,同时脱粒小麦在短纹杆-板齿滚筒中停留的时间较短,物料流出快,使得籽粒来不及分离就随颖壳、麸皮被抛出,造成其脱粒损失增加^[7-8]。为降低由此而造成的小麦脱粒损失,在脱粒滚筒顶部的罩壳上焊接了若干短纹杆,纹杆间距为 15 mm,增强了锥型滚筒脱粒装置的脱粒能力。

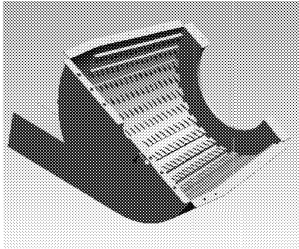


图 4 上罩壳结构
Fig. 4 Structure of top cover

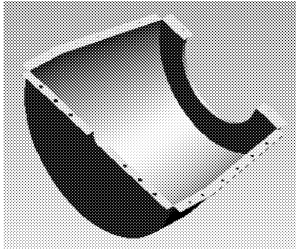


图 5 下罩壳结构
Fig. 5 Structure of under cover

为便于扬谷器将小麦脱粒物料抛出直接进入旋风分离器进行气流清选,装置采用脱粒物料倾斜扬送方式。在上罩壳顶部圆弧段的切线方向联接有扬升管道,管道采用等截面方形管,可减少脱粒物料对管壁的摩擦,管口尺寸与旋风分离器进料口相配套。脱粒装置下罩壳内部表面加工光滑,可加快脱粒物料输送,方便脱粒装置内部清机^[9]。

3 试验与分析

3.1 试验材料

试验材料为甘肃省农科院育种小区小麦,品种为陇春 23 号,籽粒千粒质量 41.2 g,籽粒含水率

37.4%。由于该纵轴流锥型滚筒脱粒装置适合于半喂入式小区小麦种子收获机,因此,试验时喂入滚筒的物料均为小麦麦穗,穗头长度在 12 ~ 15 cm。

3.2 试验方法

试验参照 GB/T5262—2008《农业机械 试验条件测定方法的一般规定》和 GB/T5982—2005《脱粒机 试验方法》的要求进行^[7]。根据喂入量的要求,将小麦穗头均匀铺放在喂入输送带上,经输送槽输送进入锥型脱粒滚筒,物料脱粒分离后,脱出混合物随着锥型滚筒向后输送并在扬谷器高速气流的作用下进入旋风分离器进行气流清选,谷物喂入量分别为 0.3 kg/s 和 0.5 kg/s,滚筒转速为 1 500 r/min 和 1 600 r/min,试验重复 3 次。

3.3 试验结果分析

对旋风分离器为气流清选装置的半喂入式小区育种小麦种子收获机的脱粒装置而言,首先应便于脱粒装置内部无脱粒混合物料滞留,加快脱粒物料轴向输送,防止堵塞;滚筒罩壳内部种子残留率低,无需人工清机;在此基础上,可降低育种小麦脱粒损失率和种子破碎率,减轻清选负担,同时尽量降低功耗,节约能源。因此从脱粒总损失(包括夹带损失和未脱净损失)、种子破碎率、脱粒滚筒功耗、罩壳内部种子残留率、脱出混合物分布等进行试验与分析^[10-12]。

从表 1 可以看出,纵轴流锥型滚筒脱粒装置在相同转速下其脱粒损失率、种子破碎率和消耗功率都会随着滚筒喂入量的增加呈增长趋势;当喂入量相同,滚筒转速提高时,由于短纹杆-板齿式脱粒元件较大,作物不宜膨胀,且滚筒纵轴向长度短,当转速增加时脱粒小麦混合物在轴向输送时停留时间缩短,物料流出速度加快,使得小麦籽粒来不及分离就被排出机外,该装置的脱粒损失率较高。

表 1 不同喂入量、不同转速下纵轴流锥型滚筒脱粒装置性能检测结果

Tab. 1 Test results of longitudinal axial conical cylinder threshing unit performance at different feed rates and threshing rotation speeds				
喂入量 /kg·s ⁻¹	滚筒转速 /r·min ⁻¹	脱粒损 失率/%	种子破 碎率/%	功耗 /kW
0.3	1 500	0.36	0.34	1.76
0.5	1 500	0.41	0.56	2.51
0.3	1 600	0.32	0.48	2.34
0.5	1 600	0.43	0.72	2.57

但从表 1 可以看出,当锥型滚筒脱粒装置的喂入量由 0.3 kg/s 升至 0.5 kg/s,转速由 1 500 r/min 增

至 1 600 r/min 时,滚筒脱粒损失率增加了 0.07 个百分点,种子破碎率也仅增加了 0.38 个百分点,功耗增加了 0.81 kW。因此,锥型脱粒滚筒在一定范围内对喂入量和转速不很敏感,也就是说这种滚筒适应性较强,物料喂入的不均匀及滚筒转速的波动对其脱粒及滚筒功耗影响不大^[2];滚筒所采用的短纹杆-板齿式脱粒元件对小麦籽粒打击较弱,有利于种子破碎率的降低。

设计的纵轴流锥型滚筒脱粒装置作业时短纹杆-板齿式锥型脱粒滚筒便于小麦的脱粒与轴向输送,后置扬谷器提高了对小麦脱粒混合物的输出速率。由表 2 可看出,当锥型脱粒滚筒喂入量由 0.3 kg/s 升至 0.5 kg/s,转速由 1 500 r/min 增至 1 600 r/min 时,滚筒内部种子残留率在 0.12% ~ 0.33%,不易造成混种,滚筒脱粒装置内部无需人工清机,保证了育种试验数据的可靠性,提高了作业效率,符合小区育种小麦种子收获机的作业要求。

试验中将扬升管道抛出的脱出混合物散落区域按离扬升管口由近至远划分为 6 个区域,并对同一

表 2 不同喂入量、不同转速下纵轴流锥型滚筒脱粒装置内部种子残留率
Tab.2 Residual rate of wheat seed in longitudinal axial conical cylinder threshing unit at different feed rates and threshing rotation speeds

喂入量 /kg·s ⁻¹	滚筒转速 /r·min ⁻¹	滚筒内部种子 残留率/%
0.3	1 500	0.12
0.5	1 500	0.19
0.3	1 600	0.21
0.5	1 600	0.33

区域内脱出混合物料称量。

对应育种小麦喂入总量为 1.2、1.5 kg 时纵轴流锥型滚筒脱粒装置脱出混合物分布图线,如图 6 所示。由图 6 可以看出该脱粒装置的脱出混合物分布均匀性好,能够减轻旋风分离器清选装置的负荷,提高了小区育种小麦种子收获机的工作效率和作业质量^[2,7]。

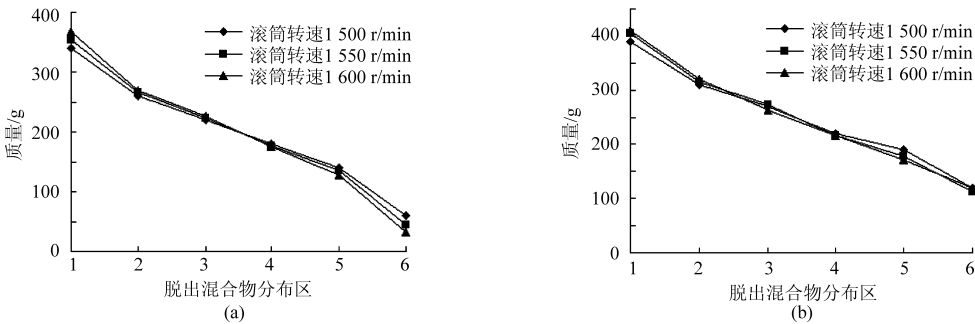


图 6 纵轴流锥型滚筒脱粒装置脱出混合物分布
Fig.6 Distribution of the mixture of longitudinal axial conical cylinder threshing unit
(a) 喂入量 0.3 kg/s,喂入总量 1.2 kg (b) 喂入量 0.5 kg/s,喂入总量 1.5 kg

4 结论

(1) 设计了一种适用于以旋风分离器进行气流清选的半喂入式小区小麦种子收获机新型脱粒装置——纵轴流锥型滚筒脱粒装置。该脱粒装置可加快育种小麦脱粒混合物的轴向输送速度,使得脱粒装置内部无小麦脱粒物料的堆积堵塞,不易造成混种,脱粒装置罩壳内部无需人工清机,保证了育种试验数据的可靠性,符合小区育种小麦种子收获机的要求。

(2) 锥型脱粒滚筒在一定范围内对喂入量和转

速不很敏感,也就是说这种滚筒适应性较强,物料喂入的不均匀及滚筒转速的波动对其脱粒和功耗影响不大;后置扬谷器能够减轻清选装置负荷,从整体来看提高了整机的工作效率和作业质量;滚筒所采用的短纹杆-板齿式脱粒元件对小麦籽粒打击较弱,有利于种子破碎率的降低。

(3) 由于脱粒滚筒采用短纹杆-板齿脱粒元件,脱粒过程中作物不易膨胀,同时在短纹杆-板齿式锥型滚筒中脱粒物料停留的时间较短,在后置扬谷器的作用下物料抛出快,使籽粒来不及分离就随茎秆被排出机外,致使脱粒损失较大。

参 考 文 献

1 王长春. 田间育种试验机械化的发展[J]. 世界农业,2001(4):43 ~ 44.
2 李耀明,李洪昌,徐立章. 短纹杆-板齿与钉齿脱粒滚筒的脱粒对比试验研究[J]. 农业工程学报,2008,24(3):139 ~ 142.

- Li Yaoming, Li Hongchang, Xu Lizhang. Comparative experiments on threshing performance between short-rasp-bar tooth cylinder and spike tooth cylinder[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(3):139~142. (in Chinese)
- 3 张海军. 小区小麦种子联合收获机的研究与设计[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009.
Zhang Haijun. The research and design of plot wheat seed combine harvester [D]. Lanzhou:Gansu Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- 4 赵春花,韩正晟,曹致中. 育种小区手扶气吸梳脱清选式种子联合收获机的研制[J]. 中国农机化,2010(4):64~67.
Zhao Chunhua, Han Zhengsheng, Cao Zhizhong. Development of the hand supporting combine harvester of seeds with air suction stripping and cleaning on breeding plot [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2010(4):64~67. (in Chinese)
- 5 徐立章,李耀明,马朝兴,等. 横轴流双滚筒脱粒分离装置设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(11):55~58.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Ma Chaoxing, et al. Design and experiment of threshing and separating unit with double axial cylinder [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(11):55~58. (in Chinese)
- 6 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- 7 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)
- 8 李耀明,乔明光,徐立章,等. 纵轴流复脱分离装置设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(11):50~54.
Li Yaoming, Qiao Mingguang, Xu Lizhang, et al. Development and performance experiments on axial-rethreshing with axial feeding [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(11):50~54. (in Chinese)
- 9 徐立章,李耀明,李洪昌,等. 纵轴流脱粒分离-清选试验台设计[J]. 农业机械学报,2009,40(12):76~79,134.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Li Hongchang, et al. Development on test-bed of longitudinal axial threshing-separating-cleaning unit [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12):76~79,134. (in Chinese)
- 10 李耀明,贾毕清,徐立章,等. 纵轴流联合收割机切流脱粒分离装置的研制与试验[J]. 农业工程学报,2009,25(12):93~96.
Li Yaoming, Jia Biqing, Xu Lizhang, et al. Development and experiments on tangential flow threshing and separating device of axial flow combine [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12):93~96. (in Chinese)
- 11 徐立章,李耀明,张立功,等. 轴流式脱粒-清选装置试验台的设计[J]. 农业机械学报,2007,38(12):85~88.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Zhang Ligong, et al. Development on test-bed of axial threshing and cleaning unit [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(12):85~88. (in Chinese)
- 12 李耀明,徐立章,杨秀景,等. 油菜轴流脱粒滚筒性能对比试验[J]. 农业机械学报,2007,38(8):86~89.
Li Yaoming, Xu Lizhang, Yang Xiujing, et al. Comparative experiment on axial threshing cylinder of rape [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(8):86~89. (in Chinese)
- 13 杨方飞,阎楚良. 谷物在纵向轴流滚筒脱粒空间中的运动状态分析[J]. 农业机械学报,2008,39(11):48~50.
Yang Fangfei, Yan Chuliang. Movement analysis of cereal in axial flow threshing roller space [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(11):48~50. (in Chinese)
- 14 李杰,阎楚良,杨方飞. 纵向轴流脱粒装置的理论模型与仿真[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2006,27(4):299~302.