

小型全喂入双滚筒轴流联合收获机设计与试验*

熊永森¹ 王金双¹ 陈德俊¹ 徐中伟² 胡华东²

(1. 金华职业技术学院机电工程学院, 金华 321007; 2. 浙江四方集团公司, 永康 322000)

【摘要】 为分析小型全喂入双滚筒轴流联合收获机脱粒分离能力与夹带损失,进行整机总结设计并自行设计了双滚筒轴流脱粒装置,分析了结构参数选取,并与同型收获机的单滚筒轴流脱粒装置进行对比试验,测定了两装置的未脱净率与夹带损失率。结果表明:单滚筒未脱净率为0.18%,双滚筒未脱净率接近0;双滚筒夹带损失率平均值0.45%,比单滚筒夹带损失率平均值0.74%降低了39%,新开发的小型全喂入双滚筒联合收获机能有效地解决脱不净与夹带损失等问题。

关键词: 水稻 联合收获机 双滚筒 轴流 设计

中图分类号: S225 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0035-04

Design and Experiment of Small Combine Harvester with Double Axial Cylinder

Xiong Yongsen¹ Wang Jinshuang¹ Chen Dejun¹ Xu Zhongwei² Hu Huadong²

(1. Mechanical and Electrical Engineering College, Jinhua Polytechnic, Jinhua 321007, China

2. Zhejiang Sifang Group Corp, Yongkang 322000, China)

Abstract

In order to analyze the rate of unthreshing and cleaning loss of small combine harvester with double axial cylinder, double axial cylinder was designed. Parameters of this small combine harvester's structure were analyzed. The experiment showed that the unthreshing rate of small combine harvester with double axial cylinder was nearly 0, rate of cleaning loss reduce by 39% compared with the single axial cylinder. Small combine with double axial cylinder effectively solves the problem of separating and threshing.

Key words Rice, Combine harvester, Double cylinder, Axial flow, Design

引言

水稻联合收获机是水稻生产机械化中最主要的作业装备之一,我国南方山区、丘陵地区因田块小、泥脚深只适用小型联合收获机^[1]。历年来,日本国内农户主要用2行半喂入联合收获机收获水稻,2010年占联合收获机总产量50%以上^[2]。国内现有小型水稻联合收获机均为横置轴流单滚筒联合收获机,有手扶式和自走式等,存在着脱粒分离不净和夹带损失大等问题,双滚筒轴流脱粒装置能解决上述问题,但目前只在中型联合收获机上采用^[3~9]。

随着高产水稻在南方逐步普及,喂入量增大造成的脱粒分离不净和夹带损失大问题将更加严重,开发小型轴流双滚筒收获机十分必要,因此本文研究小型全喂入双滚筒联合收获机,实现双滚筒轴向流动脱粒,以提高脱粒分离能力和降低夹带损失。

1 小型轴流双滚筒联合收获机总体设计

1.1 主要参数设计计算

1.1.1 割幅 B

(1)根据作物产量计算

计算公式为

收稿日期: 2011-08-15 修回日期: 2011-08-29

* 浙江省科技厅 2010 年公益技术研究工业项目(2010C31070)

作者简介: 熊永森,副教授,主要从事收获机械研究,E-mail: jhxy@163.com

$$B = \frac{10\,000q\beta}{Av_m} \quad (1)$$

式中 q ——设计喂入量,取 1.5 kg/s

β ——割下作物谷粒率(籽粒质量与总质量之比),取 0.5

A ——作物平均产量,取 7 500 kg/hm²

v_m ——机器平均作业速度,取 0.8 m/s

将各参数代入得 $B = 1\,250$ mm。

(2) 根据开道要求计算

按设计要求机器需自行开道,割幅 B 应满足

$$B > L + 2\Delta + b \quad (2)$$

式中 L ——轨距,取 780 mm

b ——履带宽度,取 280 mm

Δ ——防止履带压倒未割作物的保护区宽度,取 120 mm

将各数据代入,得 $B > 1\,300$ mm。

(3) 根据割台配置计算

该型联合收获机一般在割台左侧配置传动机构和切割器驱动机构(左侧伸出割幅 $\delta = 240$ mm),割台总宽为 $B + \delta$,配置时,其中心即 $(B + \delta)/2$ 与机器中心线(而非割幅中心线)重合。因此,为防止因 δ 值引起割台右移而使左侧 Δ 值丢失,割幅 B 应增大 $\delta/2$,即 120 mm, $B > 1\,300 + 120 = 1\,420$ mm。

根据上述计算, B 取最大值为 1 430 mm。

1.1.2 作业速度 v_m

作业速度影响工作效率,在拨禾轮结构确定以后,作业速度首先应考虑减少拨禾轮籽粒损失,要求拨禾弹齿尖线速度 $v_B < 1.8$ m/s(粳稻)和 $v_B = 1.3 \sim 1.5$ m/s(籼稻),其次要考虑拨禾轮速比 λ ,对应以上 v_B 值,分别为 $\lambda = 1.8 \sim 2.5$ 和 $\lambda = 1.5 \sim 2.0$,而对应要求作业速度收获籼稻时取 0.6 ~ 0.9 m/s,收获粳稻或小麦时取 0.9 ~ 1.2 m/s,再次,作业速度选择还要根据水稻的谷草比、单位产量、田块大小和土壤含水率等因素来决定。综合以上几个方面的因素,选用作业速度为 0.8 ~ 1.2 m/s。

1.1.3 生产率 W

计算公式为

$$W = 0.36\eta B v_m \quad (3)$$

式中 η ——田间收获时间利用系数(稻田 0.4 ~ 0.8,麦田 0.7 ~ 0.8)

η 取 0.6, v_m 取 0.6 m/s, $B = 1.44$ m, 代入得 $W = 0.18$ hm²/h; η 取 0.8, v_m 取 0.95 m/s, $B = 1.44$ m, 代入得 $W = 0.39$ hm²/h。故 $W = 0.18 \sim 0.39$ hm²/h。

1.1.4 所需功率 N

联合收获机的功率消耗随土壤状况、行走速度和作物情况(品种、湿度)而变化,以最大值配备,参

照小麦自走式全喂入联合收获机 1 kg/s 喂入量配 15 ~ 20 kW 的配套功率,水稻联合收获机的结构比较简单、整机质量轻(如脱粒和分离机构合一),故本机按 1 kg/s 喂入量 18kW 配备,并考虑功率储备系数 1.2,因此, $N = 18 \times 1.5 \times 1.2 = 32.4$ kW。联合收获机负荷变化较大,要求负荷变化时发动机转速变化在额定转速的 5% ~ 10% 范围内,故可选用 490Q 型柴油机作为动力,故额定功率和相应转速分别为 37 kW 和 2 650 r/min。

1.2 主要技术指标的确定

根据以上技术参数设计计算,确定本机主要技术指标:收割台割幅,1 440 mm;生产率,0.1 ~ 0.2 hm²/h;总损失率(水稻), $\leq 2.5\%$;总损失率(小麦), $\leq 1.5\%$;含杂率, $\leq 2\%$;破碎率, $\leq 1\%$;使用可靠度, $\geq 90\%$;通过性(泥脚深), ≤ 18 cm。

2 双滚筒脱粒机构设计

2.1 结构设计

整机主要由收割台、中间输送装置、清选装置、底盘、发动机、液压及电气与操纵系统等 8 大部件系统组成,结构如图 1 所示。

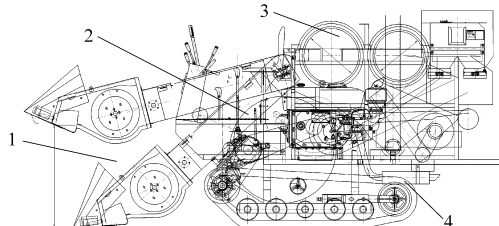


图 1 全喂入双滚筒轴流式收获机结构示意图

Fig.1 Structure of double axial cylinder combine harvester

1. 收割台 2. 中间输送装置 3. 脱粒分离装置 4. 底盘

全喂入双滚筒轴流联合收获机核心部件双滚筒轴流脱粒装置,采用径向喂入径向排出,脱粒元件采用杆齿,滚筒借助导向板沿轴向流动,导向板安装在滚筒上部顶盖的内壁。为防止缠绕作物,提高分离能力,滚筒直径在 400 ~ 650 mm 范围内^[10~11],本机前滚筒直径为 500 mm,后滚筒直径为 450 mm。

双滚筒轴流脱粒装置主要由前横置轴流滚筒 + 栅格式凹板以及后横置轴流滚筒 + 栅格式凹板构成(图 2)。

2.2 工作参数与结构参数

2.2.1 滚筒转速

轴流滚筒对作物脱粒时间比较长,故轴流滚筒线速度比切流滚筒稍低些,滚筒线速度麦类为 20 ~ 26 m/s,水稻为 18 ~ 28 m/s,本机采用双滚筒,第一滚筒线速度比单滚筒脱粒装置降低 1/2 ~ 1/3,第二滚筒线速度比第一滚筒低 2 ~ 3 m/s,双滚筒轴流脱

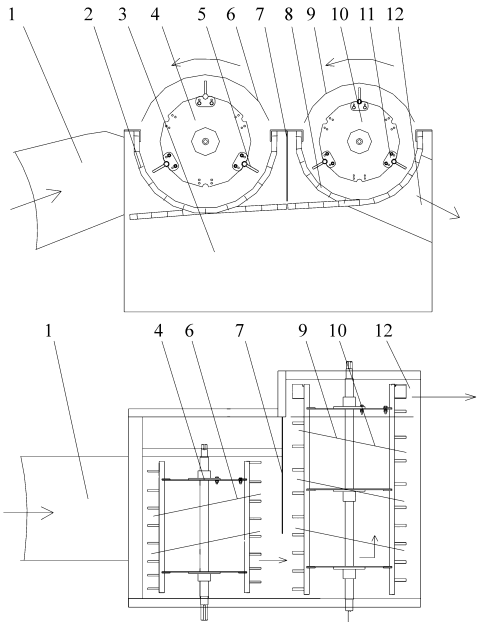


图2 双滚筒轴流脱粒装置结构示意图

Fig.2 Structure of threshing with double axial cylinder
1. 输送槽 2. 前凹板筛 3. 脱粒机体 4. 前脱粒滚筒 5. 前脱粒杆齿 6. 前导向条 7. 前后挡板 8. 后凹板筛 9. 后导向条 10. 后脱粒滚筒 11. 后脱粒杆齿 12. 排草口

粒装置滚筒线速度取两种作物的小值,为21 m/s。前滚筒转速 $n_1 = v_1 / (\pi D_1) = 802 \text{ r/min}$,圆整后 n_1 取 800 r/min;同理后滚筒转速 n_2 取 900 r/min。

2.2.2 凹板包角

为有利于作物喂入第一滚筒,第一滚筒凹板包角选取 50°,后滚筒包角为 186°,符合双滚筒轴流脱粒分离要求。

2.2.3 前后滚筒配置

根据农机设计手册,双滚筒脱粒装置第一滚筒大多采用钉齿滚筒,此型脱粒装置主要用于大中型脱粒装置上,本机是小型双滚筒轴流脱粒装置,为提高脱粒能力双滚筒都采用杆齿式脱粒元件,在滚筒长度减小的情况下,可提高第一滚筒抓取作物能力和双滚筒脱粒能力。

因后滚筒采用杆齿元件,其脱粒能力优于纹杆式脱粒元件,但分离能力降低,因此后脱粒滚筒长度在排草口处增加 30 mm,以提高其分离能力。

因前滚筒直径为 500 mm,后滚筒直径为 450 mm,前、后凹板间距 30 mm,前滚筒出口脱粒间隙与后滚筒入口脱粒间隙之和为 50 mm,得前、后滚筒轴距为 550 mm。

2.2.4 杆齿式滚筒

滚筒上的杆齿采用螺旋线排列,齿排数一般为 6~8,螺线头数一般为 2、3、4,因本机双滚筒都采用杆齿元件,选齿排数为 6,螺线头数为 2;齿迹距一般为 25~50 mm,选 40 mm;杆齿工作高度 50~

100 mm,取 70 mm,杆齿直径 10~14 mm,取 12 mm。

3 对比试验

3.1 试验条件

试验水稻品种为协优-9308,植株自然高度 1.2 m,单产 7 500 kg/hm²,籽粒含水率 26.8%,茎秆含水率 67.2%。单滚筒脱粒装置与双滚筒脱粒装置对比试验数据如表 1、2 所示。

表 1 单滚筒脱粒装置未脱净率与夹带损失率 Tab.1 Rate of unthreshing and cleaning loss of single axial cylinder %						
参数	试验序号					平均值
	1	2	3	4	5	
未脱净率	0.20	0.18	0.23	0.16	0.12	0.18
夹带损失率	0.74	0.63	0.80	0.62	0.90	0.74
两项总和	0.94	0.81	1.03	0.78	1.02	0.92

从表 1 可以看出,单滚筒脱粒装置进行了 5 次未脱净率与夹带损失率测定,未脱净率平均值 0.18%;夹带损失率平均值 0.74%,未脱净率与夹带损失率两项总和平均值 0.92%。

表 2 双滚筒脱粒装置未脱净率与夹带损失率 Tab.2 Rate of unthreshing and cleaning loss of double axial cylinder %						
参数	试验序号					平均值
	1	2	3	4	5	
未脱净率	0.02	0	0	0.04	0	0.01
夹带损失率	0.45	0.52	0.29	0.48	0.49	0.45
两项总和	0.47	0.52	0.29	0.52	0.49	0.46

从表 2 可以看出,双滚筒脱粒装置进行了 5 次未脱净率与夹带损失率测定,未脱净率平均值 0.01%;夹带损失率平均值 0.45%,未脱净率与夹带损失率两项总和平均值 0.46%。

3.2 试验分析

在相同作物品种、株高、产量、含水率、喂入量与脱粒间隙等脱粒条件下,进行了单滚筒脱粒装置与双滚筒脱粒装置对比试验。结果表明,5 次试验中每次未脱净率与夹带损失率双滚筒脱粒装置均低于单滚筒脱粒装置,其中未脱净率显著低于单滚筒脱粒装置;从 5 次试验平均值看,双滚筒脱粒装置夹带损失率低于单滚筒 0.29 个百分点(降低了 39%);而双滚筒未脱净率仅 0.01%;从两项总和看,双滚筒脱粒装置低于单滚筒 0.46 个百分点(降低近 50%)。试验表明,双滚筒脱粒装置未脱净损失与夹带损失均低于单滚筒脱粒装置,未脱净率降低非常显著,夹带损失率降低显著,两项目损失率总和和降

低非常显著。

4 结束语

单滚筒联合收获机分离不净、夹带损失过高与未脱净率偏高等问题;本机较好地适应了南方地区高产水稻收获。

小型双滚筒轴流联合收获机有效地解决了该型

参 考 文 献

- 1 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:391.
- 2 Hitoshi Samuraki. Combine harvester[J]. 農業機械學會誌,2010,72(5):24~28.
- 3 杨方飞,阎楚良. 谷物在纵向轴流脱粒空间中的运动状态分析[J]. 农业机械学报,2008,39(11):48~50,25.
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):48~50,25. (in Chinese)
- 4 王成芝,葛永久. 轴流滚筒试验研究[J]. 农业机械学报,1982,13(1):55~72.
Wang Chengzhi,Ge Yongjiu. A research on axial-flow threshing cylinder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1982,13(1):55~72. (in Chinese)
- 5 许大兴,杨健明. 卧式轴流脱粒分离装置研究[J]. 农业机械学报,1984,15(3):57~66.
Xu Daxing,Yang Jianming. Study of horizontal axial-flow thrash-separating unit characteristics[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1984,15(3):57~66. (in Chinese)
- 6 市川友彦,杉山隆夫. 汎用コンバインの開発研究(第1報)[J]. 農業機械學會誌,1996,58(3):77~86.
- 7 衣淑娟,陶佳香,毛欣. 两种轴流脱粒分离装置脱出物分布规律对比试验研究[J]. 农业工程学报,2008,24(6):154~156.
Yi Shujuan,Tao Guixiang, Mao Xin. Comparative experiment on the distribution regularities of threshed mixtures for two types of axial flow threshing and separating installation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2008,24(6):154~156. (in Chinese)
- 8 李昇揆,川村登. 轴流スリッシャに関する研究(第2報)[J]. 農業機械學會誌,1986,48(1):33~41.
- 9 张认成,桑正中. 轴流脱粒空间谷物运动仿真研究[J]. 农业机械学报,2000,31(1):55~57,85.
Zhang Rencheng ,Sang Zhengzhong. Simulation research on the motion of celeration in axial threshing space[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2000,31(1):55~57,85. (in Chinese)
- 10 陈德俊,龚永坚,黄东明,等. 履带式全喂入稻麦联合收获机新型工作装置研究设计[J]. 农业机械学报,2007,38(8):82~85.
Chen Dejun, Gong Yongjian, Huang Dongming, et al. Development on some apparatus of Chinese model caterpillar rice-wheat combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(8):82~85. (in Chinese)
- 11 张兰星,何月娥. 谷物收割机机械理论与计算[M]. 长春:吉林人民出版社,1980:109~110.
- 12 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,2007:946~951.

(上接第 47 页)

- 6 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)
- 7 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)
- 8 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 Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008,24(3):139~142. (in Chinese)