

玉米收获机割台性能试验*

耿爱军^{1,2} 李汝莘¹ 刘双喜¹ 张 姬¹ 赵科卫³

(1. 山东农业大学机械与电子工程学院, 泰安 271018; 2. 山东农业大学山东省园艺机械与装备重点实验室, 泰安 271018;
3. 洛阳中收机械装备有限公司, 洛阳 471003)

摘要: 玉米收获机割台工作部件结构及运动参数对玉米收获机工作性能有显著影响。通过试验研究了拉茎辊空转功率与工作功率的关系以及拉茎辊转速、摘穗板间隙对断茎率、果穗损失率、损伤率的影响。结果显示:拉茎辊纯摘穗功率远小于拉茎辊空转所消耗功率;果穗损伤率、果穗损失率随拉茎辊转速升高而减小,拉茎辊、传动轴高速工作时,较大的摘穗板间隙使果穗损伤率、损失率较低;断茎率、断穗率随拉茎辊转速升高而降低;较大的摘穗板间隙使断穗率减小、断茎率较大。

关键词: 玉米收获机 割台 性能检测 空转试验 田间试验

中图分类号: S225.5⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)S2-0027-05

Performance Experiment of Corn Harvester Header

Geng Aijun^{1,2} Li Ruxin¹ Liu Shuangxi¹ Zhang Ji¹ Zhao Kewei³

(1. *Mechanical and Electronic Engineering College, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China*
2. *Shandong Provincial Key Laboratory of Horticultural Machineries and Equipments, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China*
3. *Luoyang Zhongshou Machinery and Equipment Co., Ltd., Luoyang 471003, China*)

Abstract: The structure and motion parameters of corn header have clear influence on working performance of corn harvesting machine. The relationship between picking corn-cob power and idling power of ejector roller and the influences of ejector roller speed, auger speed and picking board gap distance on broken rate of corn stalk were studied by field test. The results showed that idling power of ejector roller was larger than its picking corn-cob power. The field test also showed that with the increase of ejector roller speed, the lose rate and damage rate of corn ear decreased. When the ejector roller worked in a high speed, the lose rate and damage rate were lower at a larger picking board gap distance. With the increase of ejector roller speed, both broken rate of corn ear and corn stalk decreased. The broken rate of corn ear was lower and broken rate of corn stalk was higher at a larger picking board gap distance.

Key words: Corn harvester Header Performance test Idling experiment Field test

引言

玉米割台结构及运动参数对玉米收获质量有显著影响,国内外多家高校和科研机构对摘穗过程中影响摘穗质量的因素进行了研究^[1~10]。本试验在

YZ4650WH 型玉米收获机割台上加装玉米割台性能检测系统,通过改变割台传动轴转速、摘穗板间隙等参数,进行玉米收获试验,分析拉茎辊转速、摘穗板间隙对果穗损失率、损伤率、断穗率和断茎率等的影响。

收稿日期: 2013-06-25 修回日期: 2013-07-10

* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B04-03)和国家自然科学基金资助项目(51205239)

作者简介: 耿爱军,博士后,主要从事农业机械设计及理论研究,E-mail: zhilan@ yeah. net

通讯作者: 李汝莘,教授,博士生导师,主要从事机械化农业生产工艺与装备研究,E-mail: rxli@ sdau. edu. cn

1 检测系统

1.1 玉米割台检测系统结构及工作原理

玉米割台检测系统如图 1 所示,主要由半轴 I、半轴 II、扭矩传感器和联轴器组成。传感器选用 LKN-205 型扭矩传感器,量程 0~500 N·m,精度 ±0.2%。传感器有内置数据采集板卡,数据线由 USB 接口连接到计算机,可实时显示扭矩、功率、转速,并能将数据生成 EXCEL 表格和曲线存储到计算机。

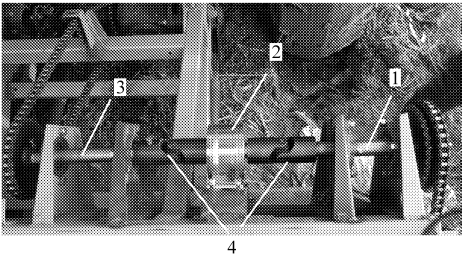


图 1 玉米割台检测系统

Fig.1 Corn header testing system

1. 半轴 I 2. 扭矩传感器 3. 半轴 II 4. 联轴器

试验时,拆掉玉米割台左传动轴(需驱动螺旋输送机的一侧),将检测系统安装在此位置,发动机的输出动力经检测系统传到割台,计算机实时采集数据并储存。

1.2 传感器调试

调试装置组成如图 2 所示。将调速电动机、传感器、卷轴安装在工作台上,连接固定。卷轴上的拉绳下端挂接一重物(质量已知)。调速电动机速度由调速器调节,另在卷轴合适位置贴一窄条锡纸,用转速表测量转速。计算机通过数据线采集传感器数据并存储,将计算机采集的转速和扭矩分别与转速表实测值和计算扭矩相比较,检验传感器输出准确性。调试结果如表 1 所示。

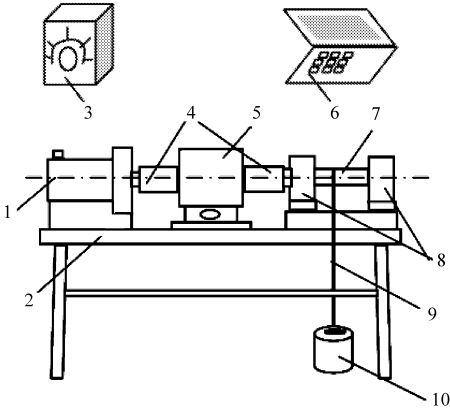


图 2 检测系统调试原理

Fig.2 Adjustment schematic diagram of testing system

1. 工作台 2. 调速电动机 3. 调速器 4. 轴套 5. 传感器
6. 计算机 7. 卷轴 8. 轴承座 9. 拉绳 10. 重物

表 1 传感器调试结果

Tab.1 Adjusting results of sensor

参数	试验结果					
	1	2	3	4	5	6
卷轴半径/mm	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
重物质量/kg	5	5	5	10	10	10
输出转速/r·min ⁻¹	251	349	473	248	350	475
转速表转速/r·min ⁻¹	251	349	473	248	350	475
计算功率/W	16.43	22.84	30.96	32.46	45.82	62.18
输出功率/W	17	23	32	33	48	63

2 玉米割台空转试验

玉米割台空转试验在洛阳中收机械装备有限公司样机试验车间进行。

试验主要测试玉米割台空转总功率、拉茎辊空转功率、螺旋输送机空转功率随传动轴转速的变化。

2.1 试验方法

(1)控制收获机油门由小到大、由大到小变化,割台检测系统实时采集传动轴转速与功率数据,传感器输出的功率即为割台空转总功率。

(2)测试拉茎辊和螺旋输送机功率特性时,分别摘掉螺旋输送器和拉茎辊传动链,使螺旋输送机或拉茎辊停止工作。

2.2 拉茎辊和螺旋输送机功率计算

传动轴与螺旋输送机通过链传动连接,与拉茎辊通过链传动和锥齿轮传动连接,所以计算螺旋输送器和拉茎辊空转功率时需要考虑传动损失。

$$P_j = K_1 P_0 \tag{1}$$

$$P_g = K_1 K_2 P'_0 \tag{2}$$

$$n_j = i_1 n_0 \tag{3}$$

$$n_g = i_2 i_3 n'_0 \tag{4}$$

式中 P_j ——螺旋输送机功率

P_g ——拉茎辊功率

P_0 ——摘掉拉茎辊传动链时传感器输出功率

P'_0 ——摘掉螺旋输送机传动链时传感器的输出功率

K_1 ——链传动效率

K_2 ——锥齿轮传动效率

n_j ——螺旋输送机转速

n_g ——拉茎辊转速

n_0 ——摘掉螺旋输送机传动链时传感器输出转速

n'_0 ——摘掉拉茎辊传动链时传感器输出转速

i_1 ——传动轴与螺旋输送器的链传动比

i_2 ——传动轴与拉茎辊齿轮箱输入轴链传动比

i_3 ——拉茎辊齿轮箱锥齿轮传动比

由功率计算公式 $P_e = nM_e/9\ 550$ 可知,当扭矩不变时,功率与转速呈正比关系。玉米割台空转功率与传动轴转速、拉茎辊空转功率与转速、螺旋输送机空转功率与转速的关系分别如图 3~5 所示。

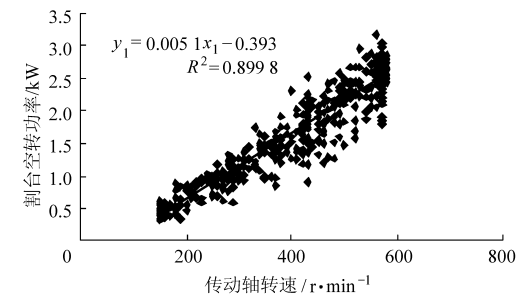


图 3 割台空转功率与传动轴转速的关系

Fig. 3 Relationship between idling power of corn header and rotating speed of drive shaft

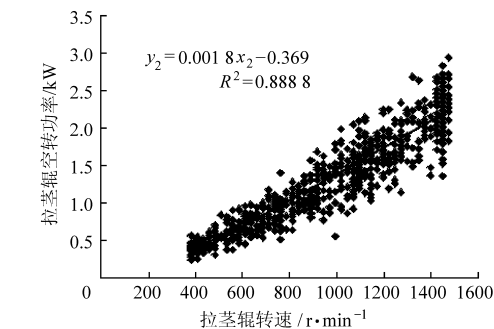


图 4 拉茎辊空转功率与拉茎辊转速的关系

Fig. 4 Relationship between idling power of ejector roller and rotating speed

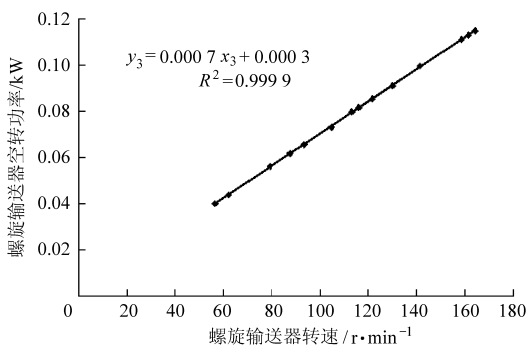


图 5 螺旋输送机空转功率与转速的关系

Fig. 5 Relationship between idling power of auger and rotating speed

3 玉米割台田间试验

玉米割台田间试验主要测试割台功率、摘穗功率与转速的关系;测试断茎率、果穗损失率、损伤率与拉茎辊转速、摘穗板间隙的关系。

测果穗损失率时,首先数出某一地段内的所有果穗总数,待此段收获结束,数出果穗箱里的果穗个数,两者差值便是损失的果穗。

测试摘穗功率时,将螺旋输送机传动断开。

测试断茎率、果穗损伤率时,将螺旋输送机传动断开,收获完毕将堆积在割台上的果穗、断茎分别计数,找出损伤的果穗,分别计算果穗损伤率、断茎率(与摘穗功率同时测试),并分析传动轴转速、摘穗板间隙对果穗损伤率、断茎率的影响。

试验条件:试验地块玉米平作种植,行距 30~50 cm,株距 20~60 cm,玉米株高 2 333 mm,结穗高度 1 021 mm,秸秆直径 18 mm。其他条件如表 2 所示。

表 2 试验地块玉米状况		
Tab. 2 Corn status of test field		
参数	平均值/%	备注
植株折弯率	14	在试验区内,取 10 个有代表性的点,每点连续测 50 株
果穗下垂率	19.6	
植株倒伏率	3.6	
籽粒含水率	33.21	

拉茎辊工作功率与转速、拉茎辊摘穗功率与空转功率的关系分别如图 6、7 所示。

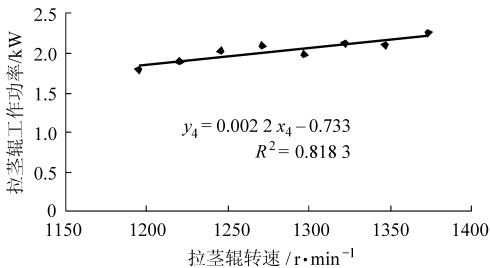


图 6 拉茎辊工作功率与转速的关系

Fig. 6 Relationship between working power of ejector roller and rotating speed

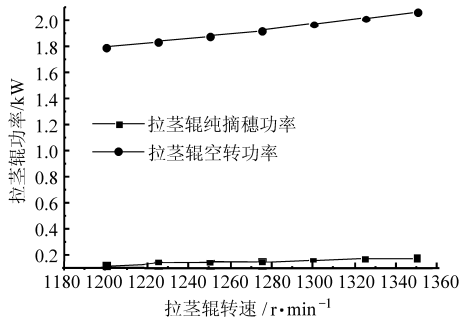


图 7 拉茎辊纯摘穗功率与空转功率的比较

Fig. 7 Comparison between picking corn-cob power of ejector roller and idling power

由图 7 可以看出,玉米摘穗所消耗的功率远小于驱动拉茎辊本身的空转功率。因此,在设计玉米割台时,应合理设计拉茎辊结构,减少自身运转消耗的功率。

玉米割台工作试验和摘穗部件性能试验数据分别如表 3、4 所示。

表 3 玉米割台试验结果

Tab.3 Experiment data of corn header

传动轴转速	摘穗板	果穗总数	收获果穗	试验区	所用时间
$/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	间隙/mm	/个	/个	长度/m	/s
500	25	434	400	33.8	56.44
500	30	392	352	28.8	47.92
520	25	400	367	30.1	47.03
520	30	387	355	28.4	44.38
540	25	348	322	27.3	39.68
540	30	419	390	32.4	47.09
570	25	301	281	24.8	32.97
570	30	393	381	28.9	38.15

表 4 玉米摘穗试验结果

Tab.4 Experiment data of picking corn ear

拉茎辊转速	摘穗板	收获果穗	断裂果穗	损伤果穗	断茎根数
$/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	间隙/mm	/个	/个	/个	/根
1 449	25	77	8	1	20
1 402	25	83	7	1	20
1 351	25	95	6	2	20
1 300	25	78	3	2	15
1 271	25	149	5	4	26
1 449	30	58	1	0	17
1 402	30	125	2	1	33
1 351	30	133	2	2	34
1 300	30	72	1	2	17
1 271	30	69	1	3	14

图 8 为传动轴不同转速下割台工作功率与摘穗板间隙关系曲线。图 9 ~ 12 为不同摘穗板间隙下果穗损失率与传动轴转速、果穗损伤率与拉茎辊转速、断穗率与拉茎辊转速、断茎率与拉茎辊转速的关系曲线。

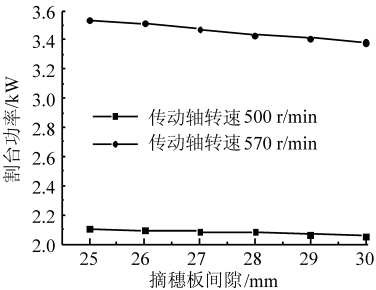


图 8 割台工作功率与摘穗板间隙的关系
Fig. 8 Relationship between corn header working power of ejector roller and gap distance of picking board

由图 8 可以看出,摘穗板间隙为 30 mm 时玉米割台消耗功率较摘穗板间隙为 25 mm 时稍有降低;传动轴转速高,功率消耗大。

由图 9 可以看出,果穗损失率随传动轴转速升高而减小;传动轴在高速转动时,较大的摘穗板间隙果穗损失率小且对转速敏感。

由图 10 可以看出,果穗损伤率随拉茎辊转速升高而降低;拉茎辊在高速工作时,较大的摘穗板间隙果穗损伤率低。

由图 11 可以看出,断穗率随拉茎辊转速升高而

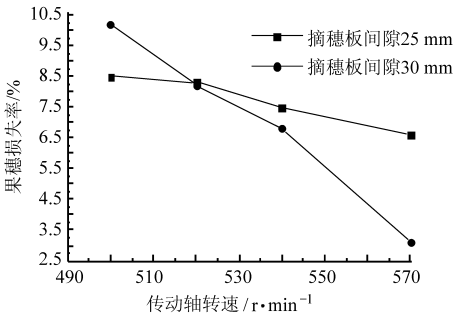


图 9 果穗损失率与传动轴转速的关系
Fig. 9 Relationship between lose rate of corn ear and rotating speed of drive shaft

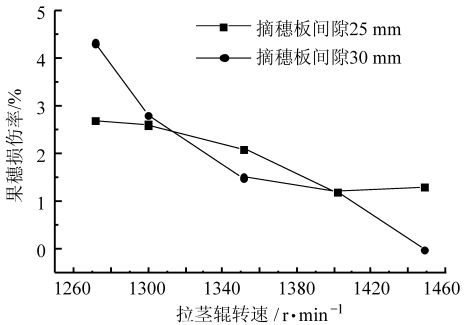


图 10 果穗损伤率与拉茎辊转速的关系
Fig. 10 Relationship between damage rate of corn ear and ejector roller rotating speed

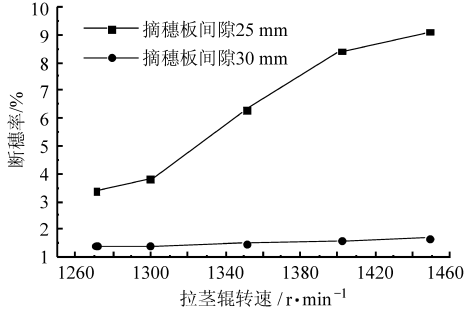


图 11 断穗率与拉茎辊转速的关系
Fig. 11 Relationship between broken rate of corn ear and ejector roller rotating speed

增大;摘穗板间隙为 30 mm 比 25 mm 时断穗率明显减少;较小的摘穗板间隙断穗率对拉茎辊转速敏感。由图 12 可以看出,断茎率随拉茎辊转速升高而

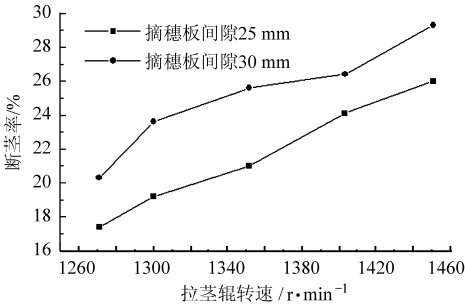


图 12 断茎率与拉茎辊转速的关系
Fig. 12 Relationship between broken rate of corn stalk and ejector roller rotating speed

增大;较小的摘穗板间隙断茎率小。

4 结论

- (1)拉茎辊纯摘穗功率远小于拉茎辊空转所消耗功率,可对摘穗部件进行优化设计,减小自身转动的功率消耗。
- (2)玉米割台工作功率与摘穗板间隙和拉茎辊

转速有关,随摘穗板间隙增大而减小,随拉茎辊转速提高消耗功率增大。

- (3)果穗损伤率、损失率随拉茎辊、传动轴转速升高而减小,拉茎辊、传动轴高速工作时,较大的摘穗板间隙使果穗损伤率、损失率较低。
- (4)断茎率、断穗率随拉茎辊转速升高而增大;较大的摘穗板间隙使断穗率小、断茎率较大。

参 考 文 献

1 范国昌,王惠新,籍俊杰,等. 影响玉米摘穗过程中籽粒破碎和籽粒损失率的因素分析[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 72 ~ 74.
Fan Guochang, Wang Huixin, Ji Junjie, et al. Analysis of influence factor on seed damage rate and loss rate during picking corn-cob[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(4): 72 ~ 74. (in Chinese)

2 常树堂,许兴华,张少杰. 应重点解决玉米收获机械化中最突出的问题[J]. 农业机械, 2005(11): 65.

3 周桂莲,王广来. 玉米摘穗机构的改进可行性分析[J]. 农业机械, 2010(1): 73 ~ 74.

4 张明涛,吕新民. 玉米摘穗装置的理论分析与仿真研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
Zhang Mingtao, Lü Xinmin. Theoretics analysis and imitation research of corn snapping bars[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2008. (in Chinese)

5 曹文,丁俊华,李在臣. 玉米摘穗装置的设计研究[J]. 农业装备与车辆工程, 2009(1): 20 ~ 27.
Cao Wen, Ding Junhua, Li Zaichen. Research and design on corn snapping bars[J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering, 2009(1): 20 ~ 27. (in Chinese)

6 贺俊林. 低损伤玉米摘穗部件表面仿生技术和不分行喂入机构仿真[D]. 长春:吉林大学, 2007.

7 李鲁予. 玉米收获机械创新原理与应用初探[J]. 农业机械, 2007(6B): 33 ~ 34.

8 Mahmoud A R, Buchele W F. Corn ear orientation effects on mechanical damage and forces on concave[J]. Transactions of the ASAE, 1975, 18(3): 444 ~ 447.

9 Runia W T. Hears offer more than meets the eye[J]. Agriculture Book Magazine, 1991, 17(3): 15 ~ 16.

10 Brass R W, Marley S J. Roller shelter: low damage corn shelling cylinder[J]. Transactions of the ASAE, 1973, 16(1): 64 ~ 66.

(上接第 56 页)

7 谢方平,罗锡文,卢向阳,等. 柔性杆齿滚筒脱粒机理[J]. 农业工程学报,2009,25(8):110 ~ 114.
Xie Fangping, Luo Xiwen, Lu Xiangyang, et al. Threshing principle of flexible pole-teeth roller for paddy rice[J]. Transactions of the CSAE,2009,25(8):110 ~ 114. (in Chinese)

8 刘辉,刘鹏程,张建军,等. 轴流式脱粒装置脱粒性能的试验研究[J]. 农机化研究,2012(3):176 ~ 179.
Liu Hui, Liu Pengcheng, Zhang Jianjun, et al. Experimental research on threshing performance of axial flow threshing device[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2012(3):176 ~ 179. (in Chinese)

9 陈度,王书茂,康峰,等. 联合收割机喂入量与收获过程损失模型[J]. 农业工程学报,2011,27(9):18 ~ 21.
Chen Du, Wang Shumao, Kang Feng, et al. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester[J]. Transactions of the CSAE,2011,27(9):18 ~ 21. (in Chinese)

10 李耀明,贾毕清,徐立章,等. 纵横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 Bqing, Xu Lizhang, et al. Development and experiment on tangential flow threshing and separation device of axial flow combine[J]. Transactions of the CSAE,2009,25(12):93 ~ 96. (in Chinese)

11 陈霓,余红娟,陈德俊,等. 半喂入联合收获机同轴差速脱粒滚筒设计与研究[J]. 农业机械学报,2011,42(增刊):39 ~ 42.
Chen Ni, Yu Hongjuan, Chen Dejun, et al. Design and test on coaxial differential threshing rotor of head-feed combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(Supp.):39 ~ 42. (in Chinese)

12 胡勇克,黛莉莉,皮亚男. 螺旋输送器的原理与设计[J]. 南昌大学学报:工科版,2000,22(4):29 ~ 33.
Hu Yongke, Dai Lili, Pi Ya'nan. Theories and calculation of the auger-type conveyer[J]. Journal of Nanchang University: Engineering & Technology,2000,22(4):29 ~ 33. (in Chinese)

13 郭炎,李耀明,李洪昌,等. 纵轴流脱粒分离装置脱出物的径向分布规律[J]. 农机化研究,2011(12):110 ~ 112.
Guo Yan, Li Yaoming, Li Hongchang, et al. The radial distribution regularities of emerging of object with longitudinal axial flow threshing and separating device[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2011(12):110 ~ 112. (in Chinese)