

不同滚筒转速轴流装置籽粒运动和碰撞对比分析^{*}

姜楠¹ 衣淑娟² 张昆¹

(1. 黑龙江八一农垦大学工程学院, 大庆 163319; 2. 黑龙江八一农垦大学信息技术学院, 大庆 163319)

【摘要】 借助高速摄像技术,对钉齿式轴流脱粒与分离装置在不同滚筒转速条件下自由籽粒运动过程和碰撞过程进行了对比试验研究,得出滚筒转速变化时自由籽粒的运动规律和自由籽粒与钉齿碰撞后的运动规律。结果表明:滚筒转速增加,自由籽粒的运动速度随之增大,多数自由籽粒处于中速运动状态,受钉齿碰撞后呈加速运动趋势。

关键词: 轴流装置 自由籽粒 滚筒转速 运动 碰撞 对比分析

中图分类号: S225.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0048-04

Comparative Analysis of Grain Movement and Collision for Different Drum Speeds Axial Flow Device

Jiang Nan¹ Yi Shujuan² Zhang Kun¹

(1. College of Engineering, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China

2. College of Information Technology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract

Comparative experiments of free grain movement and collision under different drum speeds were carried out by using high-speed video camera on a self-designed axial flow threshing and separating device with nails teeth. The movement discipline of free grain and the movement discipline after the collision of free grain and nail tooth under different drum speeds were obtained. The results showed that the free grains movement speed increased with the increasing of drum speed. Most of the free grains moved in a medium-speed and showed a tendency of accelerating motion after crashed by the nail teeth.

Key words Axial flow device, Free grain, Drum speed, Movement, Collision, Comparative analysis

引言

轴流脱粒与分离装置是轴流式联合收获机的核心部件,是影响整机性能的关键装置。近年来,国内外学者对轴流装置的工作机理和性能参数等进行了深入的研究^[1~2]。本文在前人研究的基础上,借助高速摄像技术,对钉齿式轴流脱粒与分离装置在不同滚筒转速情况下,自由籽粒的运动过程和碰撞过程进行对比试验研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用水稻为丰原2号,籽粒千粒质量24.57 g,谷草比1:1.18,籽粒含水率19.25%,茎秆含水率39.48%,脱粒前测得作物平均茎秆长度75.4 cm,平均穗长15 cm。

1.2 试验设备

试验设备为自行研制的钉齿式轴流脱粒与分离试验装置,如图1所示。该装置配套动力40 kW,喂

收稿日期: 2011-08-15 修回日期: 2011-08-27

^{*} 黑龙江省自然科学基金资助项目(E200942)和黑龙江省农垦总局“十一五”重点科技攻关项目(HNKXIV-10-05)

作者简介: 姜楠,讲师,主要从事水稻收获机械化研究,E-mail: jiangnan2074@163.com

通讯作者: 衣淑娟,教授,博士生导师,主要从事水稻收获机械化研究,E-mail: yishujuan_2005@126.com

入量 0 ~ 4 kg/s, 滚筒转速 0 ~ 800 r/min, 输送带线速度 0 ~ 4 m/s。装置上安装有 4 个转速传感器, 2 个扭矩传感器, 可实现对输送胶带的线速度、强制喂入装置的转速、喂入主动轴的转速和扭矩、脱粒滚筒的转速和扭矩的实时控制和检测。试验前对所有传感器进行现场校定^[3]。

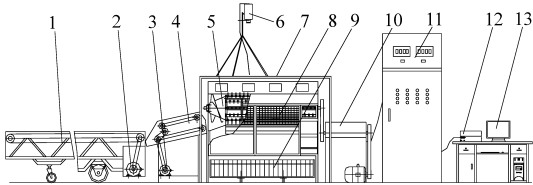


图 1 钉齿式轴流脱粒与分离装置试验台结构示意图
Fig. 1 Schematic of axial flow threshing and separating test bed with nails teeth

1. 输送胶带 2. 输送带电动机 3. 强制喂入装置电动机 4. 强制喂入装置 5. 轴流脱粒分离装置 6. 高速摄像采集系统
7. 支撑架 8. 凹板 9. 接料车 10. 动力台 11. 电源控制柜
12. 数据采集监控系统 13. 计算机

1.3 试验方法

根据喂入量要求, 将称量好的水稻均匀铺放在输送胶带上, 由强制喂入装置输送进入脱粒与分离装置, 经高速旋转钉齿打击作用后, 籽粒、杂余等脱出物经凹板筛分离落入接料车, 茎秆则由排草口排出机外。试验过程中借助架在脱粒与分离装置前端的 V5. 1 型高速摄像机(拍摄频率为 500 帧/s, 分辨率为 1 024 × 1 024), 实现对装置脱分空间内自由籽粒运动与碰撞过程的在线拍摄^[4]。为了有效减少外界因素对试验结果和拍摄效果的影响, 试验选在黑龙江八一农垦大学工程学院收获试验室进行, 试验前进行大量的试拍摄^[5-6]。

1.4 试验条件

谷物喂入量 0.3 kg/s, 钉齿间距 16 cm, 顶距 30 mm, 导向板导角 45°, 栅格式凹板, 凹板包角 180°, 凹板间隙 30 mm, 凹板栅格尺寸 16 mm × 50 mm,

滚筒转速为 500、600 和 700 r/min。

2 高速摄像观察结果与分析

2.1 不同滚筒转速籽粒的运动过程分析

从滚筒转速分别为 500、600 和 700 r/min 的装置内各采集 10 个自由籽粒进行分析, 其运动轨迹如图 2a、3a、4a 所示。由图可知: 在无外界干扰的情况下, 多数自由籽粒在脱分空间内近似作直线运动, 运动方向与轴线呈一定夹角, 但夹角各不相同, 差异较大。与轴线的夹角越大, 该籽粒沿轴线方向的运动能力就越弱。

自由籽粒的合成速度如图 2b、3b、4b 所示。由图可知: 脱分空间内自由籽粒的运动速度互不相同。根据运动速度的大小可将自由籽粒划分为 3 种运动状态: 高速运动状态; 中速运动状态; 低速运动状态。在脱分空间内多数籽粒处于中速运动状态, 而处于其他两种状态的自由籽粒数量相对较少。当滚筒转速发生变化时, 自由籽粒运动速度的变化范围也有所不同: 当滚筒转速 500 r/min 时, 自由籽粒的运动速度为 4 ~ 21 m/s, 多数籽粒运动速度集中在 9 ~ 15 m/s 之间; 当滚筒转速 600 r/min 时, 自由籽粒运动速度为 5 ~ 26 m/s, 多数籽粒运动速度集中在 12 ~ 17 m/s 之间; 当滚筒转速 700 r/min 时, 自由籽粒运动速度为 10 ~ 29 m/s, 多数籽粒运动速度集中在 14 ~ 18 m/s 之间。随着滚筒转速的增加, 脱分空间内自由籽粒的运动速度随之增大。

2.2 不同滚筒转速籽粒的碰撞过程分析

滚筒转速 500 r/min 条件下单个自由籽粒与钉齿碰撞轨迹如图 5a 所示。碰撞前该籽粒近似作直线运动, 运动方向与轴线方向的夹角 θ 为 46.85°, 碰撞后运动轨迹线出现拐点, 运动方向有所偏转, 运动方向与轴线方向的夹角 θ 为 34.51°, 但运动轨迹仍然为直线。

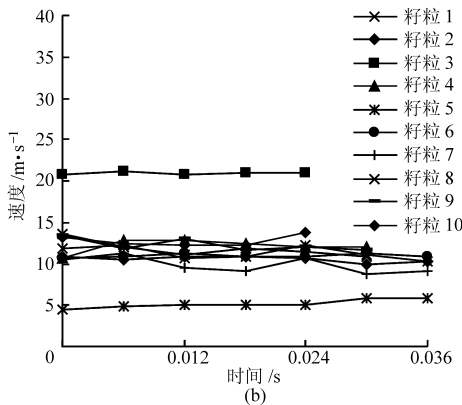
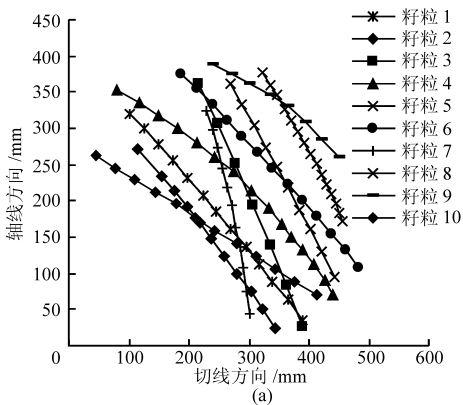


图 2 滚筒转速 500 r/min 时自由籽粒运动轨迹与速度

Fig. 2 Motion trace and velocity of free grain with cylinder's rotating speed of 500 r/min

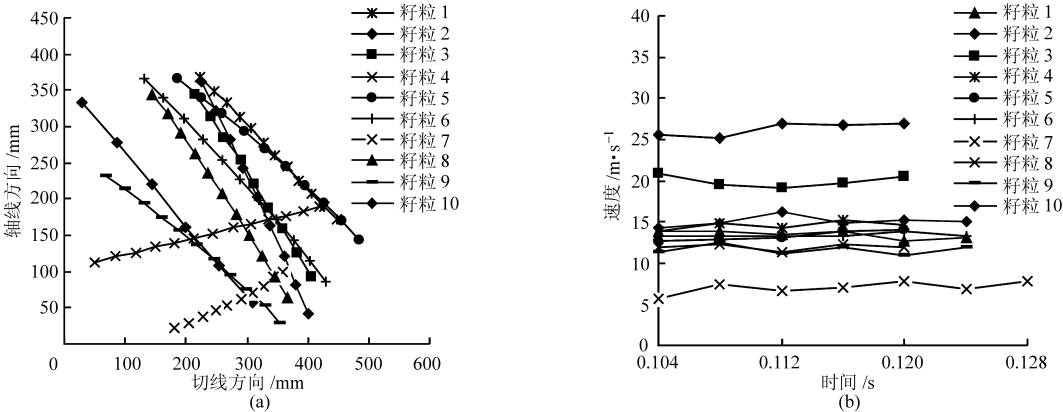


图3 滚筒转速600 r/min时自由籽粒运动轨迹与速度

Fig.3 Motion trace and velocity of free grain with cylinder's rotating speed of 600 r/min

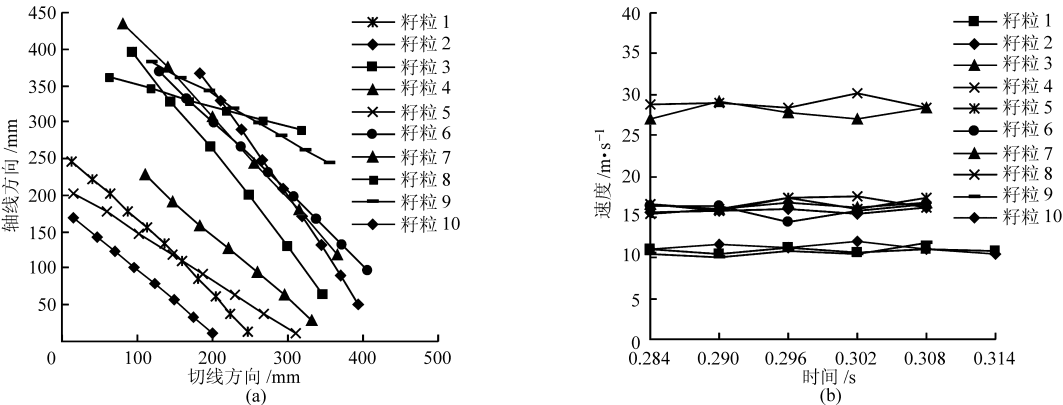


图4 滚筒转速700 r/min时自由籽粒运动轨迹与速度

Fig.4 Motion trace and velocity of free grain with cylinder's rotating speed of 700 r/min

自由籽粒运动速度如图5b所示,由图可知:碰撞前,该籽粒切向分速度 v_t 与轴向分速度 v_z 数值很小且较为接近,说明该籽粒碰撞前沿切线和轴线两个方向的运动能力均较弱,当籽粒与钉齿碰撞后, v_z 由5.33 m/s变化至37.33 m/s,而 v_t 由-5 m/s变化至-25.67 m/s, v_z 变化幅度大于 v_t ,数值约是 v_t 的1.5倍, v_z 是影响碰撞后合成速度 v 的主要因素,该籽粒在碰撞后作加速运动。

滚筒转速600 r/min条件下自由籽粒与钉齿碰撞轨迹如图6a所示。碰撞前籽粒作直线运动,碰撞后运动轨迹仍然为直线。碰撞前运动方向与轴线方向的夹角 θ 为37.69°,碰撞后 θ 为83.76°,碰撞前

后夹角明显发生了变化。

自由籽粒运动速度如图6b所示,由图可知:碰撞前该籽粒轴向分速度 v_z 略大于切向分速度 v_t ,说明该自由籽粒沿轴线方向的运动能力略大于切线方向的运动能力。随着时间的增加 v_t 、 v_z 几乎没有变化,说明籽粒近似作匀速运动。当籽粒与钉齿碰撞后, v_t 显著变化,由-7.5 m/s变化到-64 m/s,而 v_z 则先有所减小后稍有增加,由9.5 m/s减小至7 m/s后增加至11 m/s。 v_t 的变化幅度远大于 v_z ,说明碰撞发生后该籽粒沿切线方向运动的能力要远大于沿轴线方向运动的能力,因此 v_t 是影响撞后 v 的主要因素,碰撞后该籽粒处于加速运动状态。

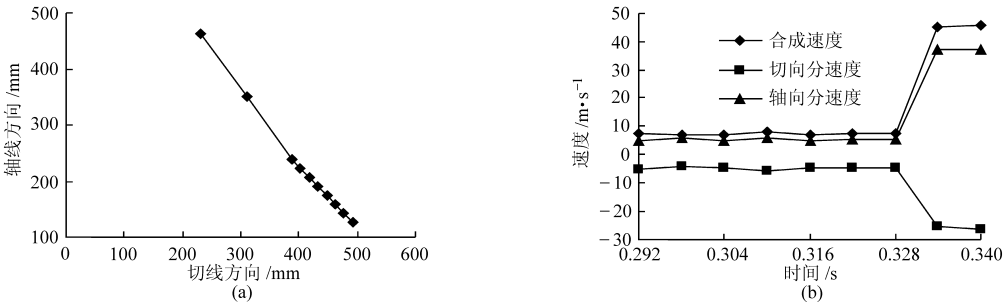
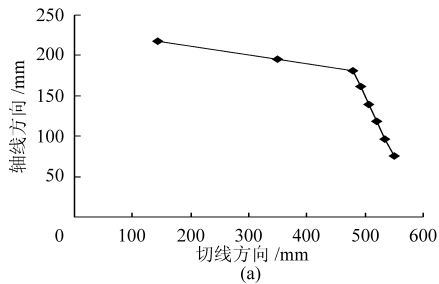


图5 滚筒转速500 r/min时自由籽粒碰撞后的运动轨迹与速度

Fig.5 Motion trace and velocity of free grain after collision with cylinder's rotating speed of 500 r/min

滚筒转速 700 r/min 条件下自由籽粒与钉齿碰撞轨迹如图 7a 所示。碰撞前该籽粒沿滚筒轴向近似作直线运动,碰撞后受钉齿作用力的影响,籽粒运动方向发生明显改变,呈反向运动但轨迹依然为直线。碰撞前运动方向与轴线方向的夹角 θ 为 30.60° ,碰撞后 θ 为 117.69° ,碰撞前后夹角发生显著变化。

自由籽粒运动速度如图 7b 所示,由图可知:该籽粒切向分速度 v_t 和轴向分速度 v_z 初始数值接近,



说明籽粒沿切线方向运动能力与轴线方向运动能力相当。当籽粒与钉齿碰撞后 v_t 显著变化, v_t 由 -12 m/s 变化到 -82 m/s ,而 v_z 由 11 m/s 变化至 -14 m/s ,说明碰撞后籽粒沿切线方向的运动能力增强,而沿轴线方向运动的方向发生偏转。 v_t 变化幅度大于 v_z ,说明籽粒在碰撞后沿切线方向的运动能力大于轴线方向的运动能力, v_t 是碰撞后影响合成速度 v 的主要因素。碰撞后,该籽粒呈现加速运动趋势。

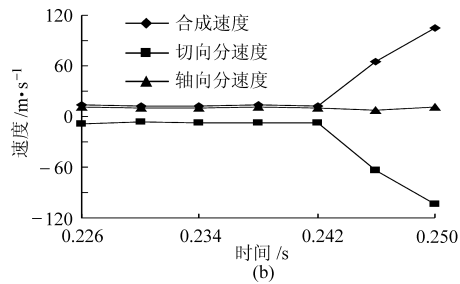


图 6 滚筒转速 600 r/min 时自由籽粒碰撞后的运动轨迹与速度

Fig. 6 Motion trace and velocity of free grain after collision with cylinder's rotating speed of 600 r/min

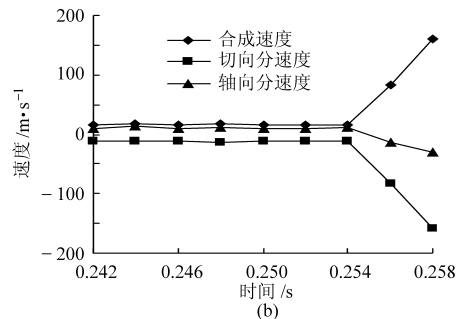
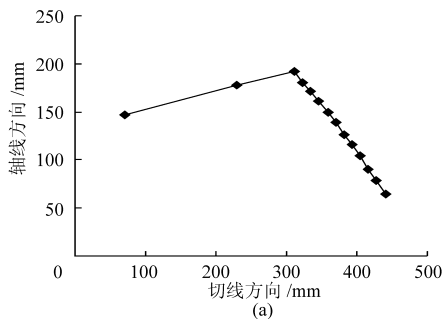


图 7 滚筒转速 700 r/min 时自由籽粒碰撞后的运动轨迹与速度

Fig. 7 Motion trace and velocity of free grain after collision with cylinder's rotating speed of 700 r/min

3 结论

(1) 当滚筒转速发生变化时,自由籽粒运动速度的变化范围也随之变化。滚筒转速增加,自由籽粒的运动速度随之增大。多数籽粒处于中速运动状态,而处于高速运动和低速运动状态的自由籽粒数量相对较少。

(2) 自由籽粒在运动过程中经常会与脱粒部

件、茎秆等发生碰撞。碰撞前,籽粒在脱分空间中近似作直线运动,碰撞后,其运动轨迹线出现拐点,运动方向发生偏转,但仍然作直线运动。

(3) 多数自由籽粒受钉齿碰撞后呈加速运动趋势。碰撞后自由籽粒运动速度的大小与运动方向取决于碰撞前籽粒的运动状况以及钉齿等外界打击力作用于自由籽粒的位置。

参 考 文 献

1 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)

2 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)

参 考 文 献

- 1 衣淑娟. 螺旋叶片板齿组合式轴流装置理论与试验研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2007.
Yi Shujuan. Study on assembled plank-tooth and helical vanes axial flow device theory and experiment[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- 2 王岳,马骥. 轴流装置脱粒和茎叶破碎机理的研究[J]. 农业机械学报,1987,18(1):81~90.
Wang Yue, Ma Ji. Research on principle of grain threshing and straw breaking in the axial-flow threshing apparatus[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1987, 18(1): 81~90. (in Chinese)
- 3 万霖,衣淑娟. 纵置单轴流钉齿滚筒功耗性能的试验研究[J]. 农机化研究,2005(9):108~109.
Wan Lin, Yi Shujuan. Experimental study on longitudinal single axial flow threshing and separating unit power consumption performance[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(9): 108~109. (in Chinese)
- 4 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)
- 5 衣淑娟,李敏,孟臣. 谷物脱粒与分离装置试验数据采集系统[J]. 农业机械学报,2005,36(1):100~103.
Yi Shujuan, Li Min, Meng Chen. Computer data acquisition system of grain threshing and separating installation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(1): 100~103. (in Chinese)
- 6 任文涛,董滨,崔红光,等. 水稻种子与斜面碰撞后运动规律的试验[J]. 农业工程学报,2009,25(7):103~106.
Ren Wentao, Dong Bin, Cui Hongguang, et al. The test of rice seeds after the collision with the movement of slope[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(7): 103~106. (in Chinese)
- 7 杨方飞,阎楚良,杨炳南,等. 联合收获机纵向轴流脱粒谷物运动仿真与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(12):68~71.
Yang Fangfei, Yan Chuliang, Yang Bingnan, et al. Grain motion simulation and test on vertical axial flow combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(12): 68~71. (in Chinese)
- 8 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)
- 9 衣淑娟,蒋恩臣. 轴流脱粒与分离装置脱粒过程的高速摄像分析[J]. 农业机械学报,2008,39(5):52~55.
Yi Shujuan, Jiang Enchen. High-speed photography analysis on process of threshing of axial flow threshing and separating installation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5): 52~55. (in Chinese)

(上接第 51 页)

- 3 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)
- 4 衣淑娟,汪春,毛欣,等. 轴流滚筒脱粒后自由籽粒空间运动规律的观察与分析[J]. 农业工程学报,2008,24(5):136~139.
Yi Shujuan, Wang Chun, Mao Xin, et al. Free kernel in threshing and separating space movement observation and analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(5): 136~139. (in Chinese)
- 5 衣淑娟,蒋恩臣. 轴流脱粒与分离装置脱粒过程的高速摄像分析[J]. 农业机械学报,2008,39(5):52~55.
Yi Shujuan, Jiang Enchen. High-speed photography analysis on process of threshing of axial flow threshing and separating installation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5): 52~55. (in Chinese)
- 6 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)