

油菜联合收获机不同脱粒元件对脱离性能的影响试验*

黄 鹏 廖庆喜 宗望远 李海同 李 平

(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

摘要: 利用自行研制的纵轴流脱离试验台及切纵轴流联合收获机,对钉齿、钉齿-短纹杆组合、短纹杆、长纹杆4种不同脱粒元件进行了油菜脱离性能对比试验。试验结果表明,短纹杆脱粒元件对应的脱前损失率为4.58%,筛下脱出率为95.38%,其综合脱离性能较优,能有效地减轻清选负荷。

关键词: 油菜 联合收获 脱粒元件 脱离性能

中图分类号: S225.99 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2013)S2-0047-05

Effect of Different Threshing Elements on Threshing and Separating Performance for Rape Combine Harvester

Huang Peng Liao Qingxi Zong Wangyuan Li Haitong Li Ping

(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: The longitudinal axial threshing and separating unit and the tangential-longitudinal axial combine harvester were used to conduct comparative experiment on spike tooth, combination of spike tooth and short rasp bar, short rasp bar and long rasp bar. The experimental results showed that the loss ratio before threshing and the threshing rate of short rasp bar were 4.58% and 95.38%, respectively. Comprehensive threshing and separating performance were better than other threshing units and could relieve cleaning load effectively.

Key words: Rape Combine harvester Threshing unit Threshing and separating performance

引言

脱离装置是油菜联合收获机的关键部件之一,对清选装置的清选效果影响较大,直接关系到整机的工作性能。现有油菜联合收获机的脱离装置主要借鉴稻麦联合收获机的脱粒原理,通过脱粒元件对油菜果荚的作用,使得油菜籽粒从开裂或炸口的果荚中分离。目前,众多学者主要从4个方面进行了研究:①各种脱粒元件在不同的喂入量、脱粒间隙、滚筒转速等条件下的脱离效果、筛下脱出物沿滚筒轴线方向的分布特性^[1~5],以期获得脱离装置较好的脱粒性能。②脱粒滚筒的功耗最小^[6~11]。③新

型脱粒元件的设计并对不同脱粒元件综合脱离性能的比较分析^[12~13]。④脱粒过程中脱粒元件与谷物间作用力的分析^[14~17],为脱粒元件的设计提供理论基础。

本文选择钉齿、钉齿-短纹杆组合、短纹杆和长纹杆4种不同脱粒元件的脱离性能对比试验,研究不同脱粒元件对脱离性能的影响,为油菜切纵轴流联合收获机脱粒装置的结构设计和参数确定提供依据。

1 试验材料

油菜样品取自华中农业大学农业科技试验示范

收稿日期: 2013-06-24 修回日期: 2013-07-10

* 国家油菜产业技术体系专项资助项目(CARS-13)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2010BAD01B06)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2011PY021)和华中农业大学自主科技创新基金资助项目(2013SC)

作者简介: 黄鹏,硕士生,主要从事油菜收获机械研究,E-mail: huangpeng1989@webmail.hzau.edu.cn

通讯作者: 廖庆喜,教授,博士生导师,主要从事油菜播种机械与高粗茎秆作物收获机械研究,E-mail: liaoxq@mail.hzau.edu.cn

基地,油菜品种为甘蓝型油菜华油杂 62,种植方式为机械直播,油菜基本特性参数如表 1 所示。试验地点为华中农业大学农业机械实验室。

表 1 油菜基本特性参数
Tab.1 Parameter values of basic characteristics of rape

参数	数值
株高/mm	1 362 ~ 1 704
植株分枝处离地高度/mm	379 ~ 639
植株重心高度/mm	686 ~ 811
植株分枝数/个	5 ~ 9
主茎秆离地 350 mm 处直径/mm	11.35 ~ 18.69
单株质量/g	250 ~ 442

2 试验装置与仪器

采用自行研制的纵轴流脱离试验台及切纵轴流联合收获机,其结构示意图和实物图如图 1、2 所示。

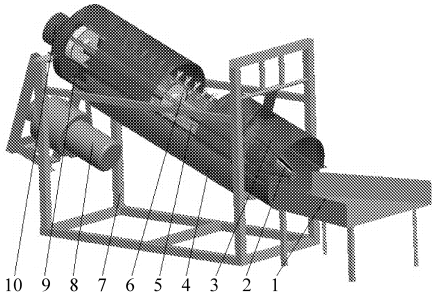


图 1 纵轴流脱离试验台结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of longitudinal axial threshing and separating unit

1. 喂料台 2. 抓取喂入头 3. 滚筒壳体 4. 物料滑板 5. 凹板筛 6. 脱粒滚筒 7. 脱粒滚筒支架 8. 电磁调速电动机 9. 排草口 10. 脱粒滚筒驱动带轮

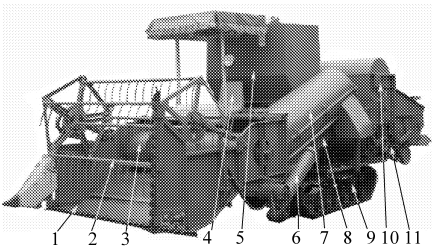


图 2 切纵轴流油菜联合收获机

Fig.2 Tangential-longitudinal axial rape combine harvester

1. 通用割台 2. 拨禾轮 3. 切流脱离装置 4. 驾驶室 5. 粮箱 6. 切流脱离装置筛下物提升螺旋输送器 7. 纵轴流脱离装置 8. 刮板输送器 9. 动力及行走系统 10. 清选装置 11. 传动系统

试验时切流脱粒滚筒和纵轴流脱粒滚筒采用相同的编织凹板筛和导向顶盖。切流脱粒滚筒为螺旋导向板-切刀组合式,滚筒直径 400 mm,长度 1 800 mm。

纵轴流脱粒元件为钉齿、钉齿-短纹杆组合、短纹杆和长纹杆,滚筒辐盘直径 260 mm,长度 1 850 mm,滚

筒轴线倾角 20°,其中短纹杆长 25 mm,长纹杆长 600 mm,短纹杆或钉齿呈螺旋排列在滚筒上,齿间距为 50 mm,长纹杆直接通过螺栓固定在齿杆上。纵轴流滚筒上钉齿或短纹杆呈三线头螺旋排列在齿杆上,其中安装钉齿-短纹杆组合脱粒元件时,钉齿和短纹杆分别安装在齿杆 1、3、5 和 2、4、6 上。脱粒元件的实物图如图 3 所示。

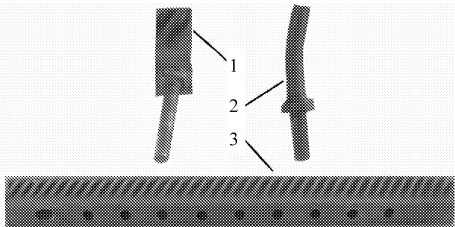


图 3 脱粒元件

Fig.3 Threshing units

1. 短纹杆焊合 2. 钉齿焊合 3. 长纹杆

其他试验仪器:MB45 型卤素水分测定仪(奥豪斯国际贸易(上海)有限公司)、BS 型电子天平、HG-50 型数显拉力计、DT-2234C 型光电式转速表、剪刀、直尺、分离筛、塑料盆等。

3 试验与结果分析

3.1 纵轴流脱离装置综合性能对比试验

3.1.1 试验方法

每次试验取油菜 2 kg 将其喂入滚筒进行脱粒,待脱粒结束将筛下物及其中的籽粒称量并分别记为 M_1 和 m_1 ,收集未脱或未全脱果荚并人工脱粒,将籽粒称量记为 m_3 ,将排草口处物料及其中夹带的籽粒分别称量并记为 M_2 和 m_2 。其中籽粒筛下脱出率 φ_1 为 $m_1/(m_1 + m_2 + m_3)$,夹带损失率 φ_2 为 $m_2/(m_1 + m_2 + m_3)$,未脱净率 φ_3 为 $m_3/(m_1 + m_2 + m_3)$,筛下脱出物所占比例 φ_4 为 $M_1/2$,筛下脱出物中籽粒所占比例 φ_5 为 m_1/M_1 ,排草口排出物所占比例 φ_6 为 $M_2/2$,装置内残留物所占比例为 $1 - \varphi_4 - \varphi_6$,每次试验重复 3 次,结果取平均值,试验在纵轴流滚筒转速 800 r/min 时进行,数据如表 2 所示。

3.1.2 试验结果分析

试验中发现未脱或未全脱的果荚较少,籽粒含量为零。分析原因主要是由于试验用油菜样品处于成熟后期,脱粒较为容易,果荚受到脱粒元件的作用后籽粒即可完全脱出,同时也表明设计的试验装置满足脱粒性能要求。分析表 2 可得,收集的筛下物和排草口物料质量之和未达到 2 kg,所缺部分残留在脱离装置内,籽粒脱出率和夹带损失率以及各部分物料所占比例如图 4 所示。

由图 4 可知,不同脱粒元件脱粒时,钉齿脱粒得

表 2 纵轴流脱离装置综合性能对比

Tab. 2 Comparative of longitudinal axial threshing and separating comprehensive performance g

脱粒元件	筛下物 质量	筛下籽粒 质量	排草口 物料质量	排草口夹带 籽粒质量
钉齿	1 335. 3	548. 9	519. 9	1. 2
	1 309. 2	583. 8	539. 0	1. 1
	1 322. 6	508. 9	552. 6	0. 8
钉齿-短纹杆	1 146. 7	461. 3	676. 2	1. 8
	1 096. 3	440. 6	615. 5	1. 5
	1 046. 1	490. 3	621. 6	1. 3
短纹杆	1 169. 2	525. 4	745. 2	1. 6
	1 139. 7	589. 2	767. 1	1. 5
	1 198. 2	578. 6	756. 8	2. 0
长纹杆	931. 3	434. 1	619. 5	2. 4
	929. 2	427. 4	755. 6	2. 7
	1 016. 3	517. 3	660. 5	2. 1

到的脱出率最大、夹带损失率最小，短纹杆次之，钉

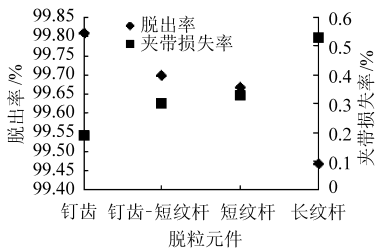


图 4 纵轴流脱离装置综合性能对比试验结果

Fig. 4 Comparative experiment results of longitudinal axial threshing and separating comprehensive performance

表 3 切纵轴流脱离装置综合性能对比

Tab. 3 Comparative of tangential-longitudinal axial threshing and separating comprehensive performance g

脱粒元件	切流滚筒筛 下物质量	切流滚筒筛 下籽粒质量	纵轴流滚筒筛 下物质量	纵轴流滚筒筛 下籽粒质量	排草口物料 质量	排草口物料夹 带籽粒质量	脱前损失 物料质量	脱前损失 籽粒质量
钉齿	865. 8	538. 2	261. 8	5. 3	445. 8	0. 4	148. 9	33. 1
	664. 7	331. 9	308. 3	2. 8	564. 8	0. 3	111. 3	33. 2
	615. 2	339. 9	418. 0	12. 4	402. 8	0. 1	151. 2	23. 7
钉齿-短纹杆	747. 1	453. 6	353. 4	11. 9	515. 4	0. 1	87. 1	27. 0
	755. 2	441. 4	250. 7	8. 9	633. 2	0. 4	84. 4	31. 3
	663. 1	340. 4	392. 5	22. 2	405. 4	0. 3	118. 2	16. 3
短纹杆	687. 3	459. 3	360. 5	19. 6	681. 5	0. 1	88. 5	22. 5
	691. 0	429. 9	360. 9	12. 1	529. 7	0. 1	101. 4	19. 5
	574. 8	360. 1	380. 1	28. 9	595. 9	0. 2	137. 5	20. 7
长纹杆	547. 5	275. 1	384. 7	26. 0	452. 6	0. 8	119. 6	27. 0
	568. 9	237. 8	275. 6	10. 5	574. 4	0. 5	99. 8	18. 0
	557. 2	295. 5	380. 2	29. 7	635. 9	0. 6	82. 3	23. 4

3. 2. 2 试验结果分析

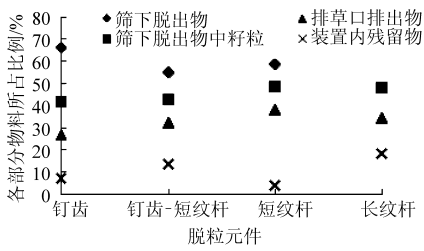
试验中发现切流滚筒能实现对油菜茎秆的切断和一次脱离且能防止茎秆缠绕，纵轴流滚筒具备抓取喂入、倾斜输送及二次脱离等功能，筛下物中较少未脱或未全脱的果荚，籽粒含量为零。分析表 3 可得，收集的筛下物、排草口物料和脱前损失物料质量

齿-短纹杆组合对应指标值同短纹杆的指标值较接近，表明钉齿滚筒打击作用强；短纹杆滚筒以揉搓为主，打击为辅，脱粒效果同钉齿滚筒较接近。短纹杆脱粒滚筒对应的筛下脱出物中籽粒含量和排草口排草均最多，装置内残留物最少，所占比例仅为 3. 73%，表明物料在短纹杆脱粒滚筒内运动时流动性最好，有利于减轻清选负荷。

3. 2 切纵轴流脱离装置综合性能对比试验

3. 2. 1 试验方法

试验方法及试验指标计算公式同纵轴流脱离试验台对比试验方法类似，其中将切流滚筒旋转运动中抛至割台前的物料及其中的籽粒分别称量并记为 M_4 和 m_4 ，脱前损失率 φ_7 为 $m_4/(m_1 + m_2 + m_3 + m_4)$ ，脱前损失物料所占比例 φ_8 为 $M_4/2$ ，装置内残留物所占比例 φ_9 为 $1 - \varphi_4 - \varphi_6 - \varphi_8$ ，每次试验重复 3 次，结果取平均值，试验在切流滚筒转速 300 r/min，纵轴流滚筒转速 800 r/min 时进行，数据如表 3 所示。



之和未达到 2 kg，所缺部分残留在切纵轴流装置内，籽粒脱出率、夹带损失率、脱前损失率、各部分物料所占比例和排草口排出茎秆切碎程度（以排草口最长 10 根茎秆平均长度来衡量）如图 5 所示。

由图 5 可知，短纹杆作为脱粒元件时脱出率最大，夹带损失率及脱前损失率最小，表明短纹杆滚筒

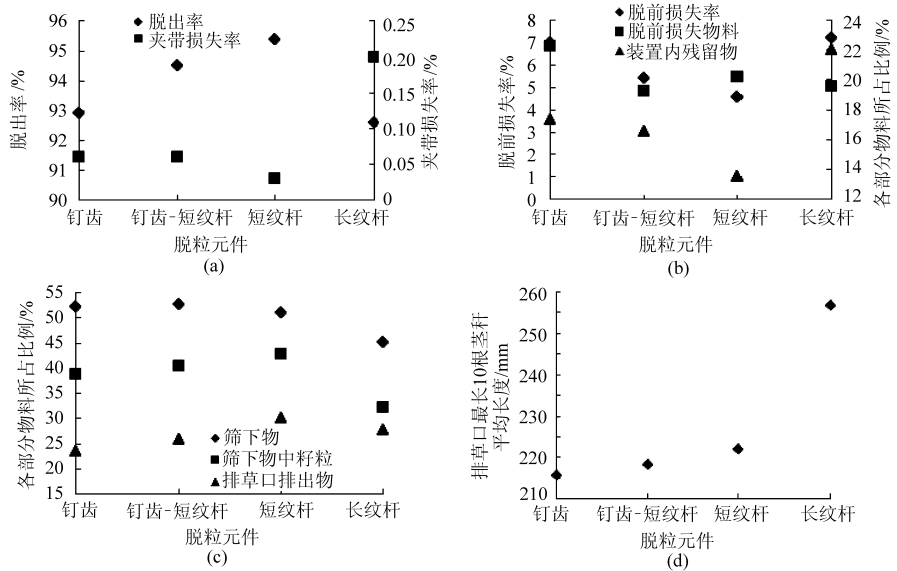


图5 切纵轴流脱离装置综合性能对比试验结果

Fig.5 Comparative experiment results of tangential-longitudinal axial threshing and separating comprehensive performance

对应的损失率最小。排草口排出物所占比例最大，装置内残留物所占比例最小，表明物料在短纹杆滚筒内运动时流动性能最好，能将茎秆等大杂余尽可能排出机外还田。筛下物中籽粒所占比例最大，表明在将籽粒脱净的前提下，筛下物中含杂最少，有利于减轻清选负荷。油菜脱粒时，茎秆受到脱粒元件的打击等作用而切碎，它所消耗的能量比从果荚中分离籽粒所需的能量更大，即茎秆切碎程度越小其消耗的能量越小。排草口排出茎秆切碎程度按照高低顺序排列依次为钉齿滚筒、钉齿-短纹杆组合滚筒、短纹杆滚筒、长纹杆滚筒，表明钉齿滚筒消耗的功率最大。

4 结论

(1) 钉齿、钉齿-短纹杆组合、短纹杆、长纹杆等

4 种不同脱粒元件的纵轴流脱离性能表明，短纹杆脱粒滚筒对应的筛下物中籽粒含量和排草口排草最多，装置内残留物所占比例最小为 3.73%，有利于减轻清选负荷。

(2) 4 种不同脱粒元件的切纵轴流脱离性能对比试验结果表明，短纹杆滚筒对应的脱前损失率最小为 4.58%，筛下脱出率最大为 95.38%，筛下物中籽粒含量和排草口排草最多；钉齿滚筒对应的排草口最长 10 根茎秆平均长度最短，为 215.9 mm，表明切碎程度最高。

(3) 切流滚筒能实现对油菜茎秆的切断和一次脱离且能防止茎秆缠绕；纵轴流滚筒具备抓取喂入、倾斜输送及二次脱离等功能。

参 考 文 献

1 宗望远,黄鹏,李海同,等. 完熟期油菜的脱粒特性与分析[J]. 华中农业大学学报,2013,32(2):128~133.
Zong Wangyuan, Huang Peng, Li Haitong, et al. Threshing characteristic and analysis of full ripeness period rape[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2013, 32(2): 128~133. (in Chinese)

2 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)

3 衣淑娟,陶桂香,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 CSAE, 2008, 24(6): 154~156. (in Chinese)

4 李耀明,周金芝,徐立章,等. 油菜联合收割机脱粒分离装置的试验研究[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2005,26(4):281~284.
Li Yaoming, Zhou Jinzhi, Xu Lizhang, et al. Experimental study on threshing and separating unit of rape combine[J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2005, 26(4): 281~284. (in Chinese)

5 Tado C J M, Wacker P, Kutzbach H D, et al. Development of stripper harvesters: a review[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1998, 71(2): 103~112.

6 宗望远,廖庆喜,陈立,等. 完熟期油菜果荚不同脱粒方式的脱粒效果[J]. 农业工程学报,2012,28(9):29~34.
Zong Wangyuan, Liao Qingxi, Chen Li, et al. Threshing effect of ripe rape by different methods[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(9): 29~34. (in Chinese)

7 陈立,廖庆喜,宗望远,等. 油菜联合收获机脱出物空气动力学特性测定[J]. 农业机械学报,2012,43(增刊):125~130.

Chen Li, Liao Qingxi, Zong Wangyuan, et al. Aerodynamic characteristics measurement of extraction components for rape combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(Supp.): 125 ~ 130. (in Chinese)

8 万霖,衣淑娟,马永财. 纵置单轴流滚筒脱粒与分离装置功耗性能试验研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2005,17(2): 56 ~ 58.

Wan Lin, Yi Shujuan, Ma Yongcai. Study on power consumption of single axial flow threshing and separating unit of paddy[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2005, 17(2): 56 ~ 58. (in Chinese)

9 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. Test study on power consumption experiments of single axial flow threshing and separating unit of paddy[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(9): 108 ~ 109. (in Chinese)

10 李渤海,张义峰,张贵宏. 螺旋叶片带板齿式轴流脱粒与分离装置试验台功耗的试验研究[J]. 农机化研究,2006(12): 165 ~ 166,170.

Li Bohai, Zhang Yifeng, Zhang Guihong. Study on power consumption about the axial flow threshing and separating installation with helical blade plate[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(12): 165 ~ 166, 170. (in Chinese)

11 张认成,桑正中. 轴流脱粒滚筒功耗模型的研究[J]. 农业工程学报,1999,15(4):121 ~ 125.

Zhang Rencheng, Sang Zhengzhong. Research on the power consumption model of axial threshing cylinder[J]. Transactions of the CSAE, 1999, 15(4): 121 ~ 125. (in Chinese)

12 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 experiment 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)

13 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 Xiuqing, 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)

14 徐立章,李耀明,丁林峰. 水稻谷粒与脱粒元件碰撞过程的接触力学分析[J]. 农业工程学报,2008,24(6):146 ~ 149.

Xu Lizhang, Li Yaoming, Ding Linfeng. Contacting mechanics analysis during impact process between rice and threshing component[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(6): 146 ~ 149. (in Chinese)

15 谭小力,张洁夫,杨莉,等. 油菜角果裂角力的定量测定[J]. 农业工程学报,2006,22(11):40 ~ 43.

Tan Xiaoli, Zhang Jiefu, Yang Li, et al. Quantitive determination of the strength of rapeseed pod dehiscence[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 40 ~ 43. (in Chinese)

16 Bruce D M, Hobson R N, Morgan C L, et al. Threshability of shatter-resistant seed pods in oilseed rape [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2001, 80(4): 343 ~ 350.

17 王显仁,李耀明. 脱粒原理与脱粒过程的研究现状与趋势[J]. 农机化研究,2010(1):218 ~ 221.

Wang Xianren, Li Yaoming. Actualities of researches and developing trends of threshing mechanism and threshing process[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010(1): 218 ~ 221. (in Chinese)

(上接第 74 页)

13 刘锦阳,马易志. 柔性多体系统多点碰撞的理论和实验研究[J]. 上海交通大学学报,2009,43(10):1 667 ~ 1 671.

Liu Jinyang, Ma Yizhi. Investigation on modeling theory and experiment technique for flexible multi body system with multiple-point impact[J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University, 2009,43(10): 1 667 ~ 1 671. (in Chinese)

14 刘晶波,杜修力. 结构动力学[M]. 北京:机械工业出版社,2005:152 ~ 176.

15 陆佑方. 柔性多体系统动力学[M]. 北京:高等教育出版社,1996:109 ~ 155.

16 王志华. 基于 ADAMS 的油菜收获机清选装置的虚拟设计与试验研究[D]. 镇江:江苏大学,2003.

Wang Zhihua. Virtual design of cleaning plant of cole harvester based on ADAMS and test research[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2003. (in Chinese)

17 王国强. 实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践[M]. 西安:西北工业大学出版社,1998:90 ~ 93.

18 Kim S W, Misra A K, Modi V J. Contact dynamics and force control of space manipulator systems[J]. Phil. Trans. R_ Soc A: Mathematical Physical and Engineering Sciences, 2001,359(1788): 2 271 ~ 2 286.

19 洪光辉. 框架传动机构集成优化动力平衡研究[D]. 长沙:湖南大学,2007.

20 饶剑. 基于 ADAMS 的悬挂架系统动力学仿真分析与优化设计[D]. 武汉:武汉理工大学,2005.

21 GB/T 5262—2008 农业机械 试验条件测定方法的一般规定[S]. 2008.

GB/T 5262—2008 Agricultural machinery tseting conditions general rules for measuring methods[S]. 2008. (in Chinese)

22 NY/T 2082—2011 农业机械试验鉴定术语[S]. 2011.

NY/T 2082—2011 Terms of test and evaluation for agricultural machinery [S]. 2011. (in Chinese)

23 NY/502—2002 花生收获机作业质量[S]. 2002.

NY/502—2002 Operating quality for peanut harvesters[S]. 2002. (in Chinese)