

新型农业收割设备多级破碎分离机的设计与研究

郝志勇, 刘 伟, 闫 闯

(辽宁工程技术大学 机械工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要:设计的多级破碎分离机是集破碎和分离于一体的新型机器,现主要介绍了该新型机器的结构和功能。并通过把 Pro/E 建立的三维实体模型导入到 ANSYS 中,对其固有特性进行分析,应用所得到的数据对模型进行细微改造,使其结构更加合理,功能更加完善。通过 Simulink 计算振动方程,研究了 3 个筛板的振动情况。并通过理论计算和虚拟仿真技术研制了模型样机,对模型样机进行试验分析,结果表明该多级破碎分离机达到了预期设计目标。

关键词:多级破碎分离机;固有特性;模型样机;试验分析

中图分类号:S220.2

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)03-0143-04

目前,农业收割机中所用到的破碎机和分离机都比较多,破碎机主要把农业产品较大物料按照一定粒度进行破碎^[1];分离机完成对破碎后物料的筛选分离^[2]。破碎机和分离机通常是单独运行和工作,导致设备占用空间较大,功率消耗大,噪声和污染较多,所需劳动者的数量多。针对这种情况,急需设计一种破碎机和分离机于一体的设备,既能实现破碎物料,同时还能对破碎后的物料进行分离,不仅节省设备所需功率,减小设备占地面积,而且提高了整台设备的工作效率,减轻了劳动强度。该文介绍的新型农业收割设备多级破碎分离机,在农业收割过程中,同时实现了破碎和分离两种功能,解决了破碎和分离单独运行的问题。对提高农业收割效率,减少设备投资等方面能起到非常大的推动作用。该新型设备实现破碎分离一体化,充分利用三级破碎滚筒,并与分离机相结合共同实现多次破碎和分离,减少中间环节,既能提高收割设备的整机效率,又节省能源。

1 多级破碎分离机结构组成和工作原理

1.1 结构组成

多级破碎分离机主要由机架、破碎桶、传动装置、筛网等部分组成,总体结构见图 1。

1.2 工作原理

多级破碎分离机主要工作过程为:输送装置进行给料,物料从一级破碎滚筒落下,被破碎成粒度不等的物料,粒度较小物的料经过分离机被筛

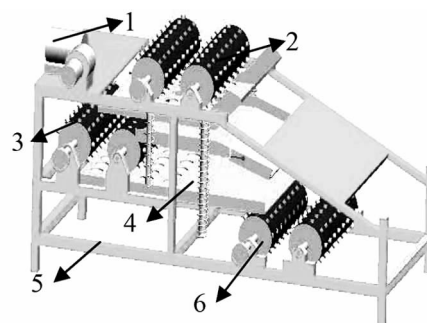


图 1 多级破碎分离机组成

1. 驱动部; 2. 一级破碎滚筒; 3. 二级破碎滚筒;
4. 中间筛板; 5. 机架; 6. 三级破碎滚筒

Fig. 1 Composition picture of multistage broken and separator
1. Drive department; 2. First-level broken rollers; 3. Second level broken rollers; 4. Intermediate sieve; 5. Frame; 6. Three level broken rollers

选,粒度较大的物料进入二级破碎滚筒,二次被破碎成粒度不等的物料,其中粒度较小的物料经过分离机被筛选,粒度较大的物料进入三级破碎滚筒,三级破碎滚筒进一步对物料进行破碎和分离。

1.3 破碎分离机节能激振原理

输送物料落到上筛板,由于上筛板、中间筛板和下筛板的固定弹簧都与机架相连,利用物料下落的冲击力使带有斜度的筛板产生振动,从而使不同粒度的物料通过筛板进行分离。

由于物料与筛板的撞击力成为激振源,形成自激激振,因此不需额外提供激振设备,节省能源,与以往单独破碎和分离机相比较,省去了分离设备单独的激振环节,其激振结构组成见图 2。

2 多级破碎分离机振动分析

2.1 机架和筛板模态分析

物料分离依靠筛板振动,筛板振动频率不能与

收稿日期:2011-10-25

第一作者简介:郝志勇(1979-),男,山西省代县人,博士,讲师,从事机械结构力学分析、机械优化设计等方面的教学和科研工作。E-mail:chinaren_1314@126.com。

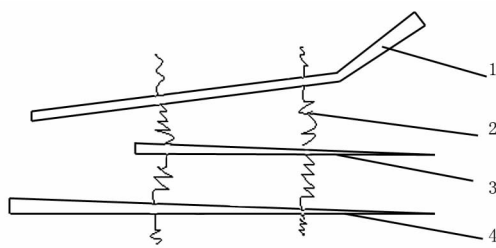


图2 物料分离示意图

1. 上筛板;2. 弹簧;3. 中间筛板;4. 下筛板

Fig.2 Material separation schematic diagram

1. Upper sieve;2. Spring;3. Intermediate sieve;

4. Down sieve

机架固有频率相等或接近,否则会发生共振,影响多级破碎分离机正常工作,损坏机器,缩短零部件使用寿命^[3]。因此,在多级破碎分离机设计初期,必须对机架振动问题进行分析研究,计算其固有频率,避免产生共振,提高设备使用寿命。通过ProE建立机架三维模型,并运用ANSYS Workbench对机架模态进行分析。由于实际工作过程中,多级破碎分离机必须与基础可靠连接,因此只分析添加约束机架的前六阶模态,具体分析过程见图3。

利用ANSYS Workbench对机架模态进行分析,同时计算机架和3个筛板的固有频率(见表1)。从中可以看出机架和3个筛板频率大小。从振动模态图可以观察到,在某个自然共振频率下机架结构变形的趋势。从图3中可以观察到机架的一、三、五阶固有频率发生共振时会产生较大的变形,对破碎分离机的正常工作有较大影响。

因此,在设计多级破碎分离机之初,可以根据

表1 固有频率

Table 1 Natural frequency

Hz

阶次 Order	机架频率 Rack frequency	上筛板频率 Upper sieve frequency	中间筛板频率 Intermediate sieve frequency	下筛板频率 Down sieve frequency
1	25.145	3.296	5.735	5.296
2	29.498	5.667	7.367	8.611
3	37.362	10.227	10.938	15.774
4	38.606	19.669	18.553	27.877
5	39.953	27.639	28.574	28.234
6	49.792	44.005	43.667	44.302

2.2 筛板振动仿真

根据农业收割设备多级破碎分离机工作特点,以及上筛板、中间筛板和下筛板的振动情况,可以确定多级破碎分离机产生的振动属于随机振动,是一种非确定性振动。随机振动与确定性振动有本质区别,是不能用时间确定性函数来描述的一种振

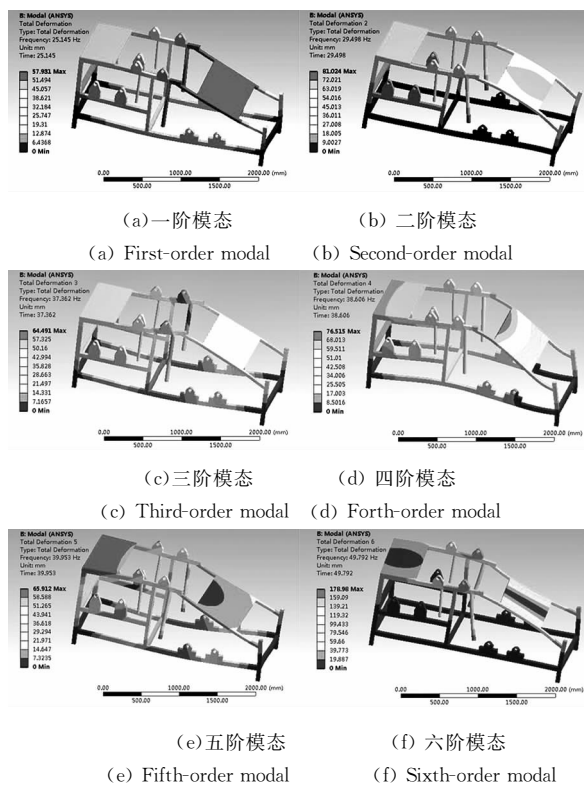


图3 机架前六阶模态

Fig.3 Modal figure of rack of the former six orders

模态分析图,对机架结构进行有限元优化设计,避免机架产生过早的振动疲劳损坏。

由表1可知,五、六阶模态的机架频率与上筛板频率、中间筛板频率和下筛板频率比较接近,多级破碎分离机工作过程中容易产生共振,会导致机架和筛板损坏,因此设计时应尽量避免机架和筛板的频率接近。

均方根加速度是施加给筛板的总能量标志^[5]。根据多级破碎分离机机架、筛板等的连接方式和结构组成,以及设计采用的弹簧刚度和弹簧工作方式,可以对其振动模型进行简化^[6](见图 4)。

根据 3 个筛板产生的振动都是受迫振动,可以建立振动方程为公式(1)。

$$\begin{pmatrix} m_1 & & \\ & m_2 & \\ & & m_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2k & -k & 0 \\ -k & 2k & -k \\ 0 & -k & 2k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中 F_1 、 F_2 和 F_3 是物料作用在筛板上的随机激励,通过确定 3 个随机激励大小以及筛板质量,可以在 MATLAB/Simulink 环境下对方程(1)进行求解^[7],并对其振动过程进行仿真,求解过程见图 5,并得到各筛板的位移变化(见图 6)。

从图 6 中可以观察到,上筛板、中间筛板和下筛

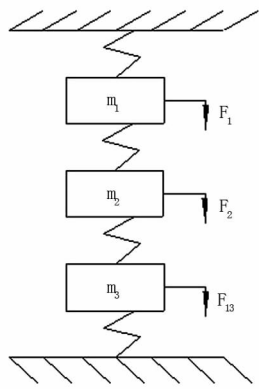


图 4 简化分析图
Fig. 4 The simplify analysis picture

板工作时的最大振动位移,设计过程中可以针对最大振动位移,对各个筛板的刚度进行优化设计。

3 样机试验

根据相似理论,按照一定比例研制了一个小型样机(见图 7)。通过样机实际破碎和分离工作,

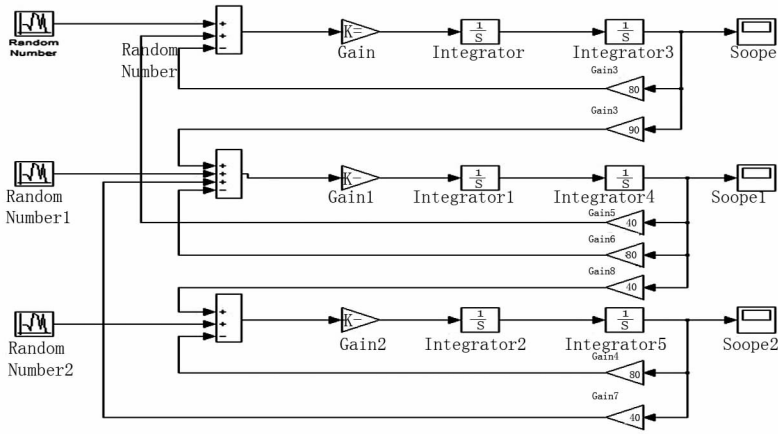
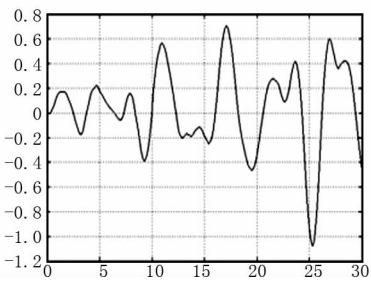
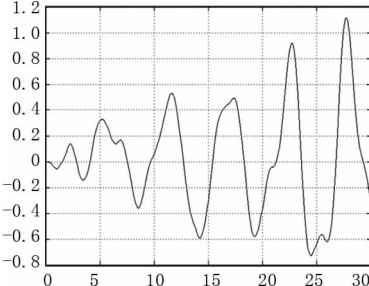


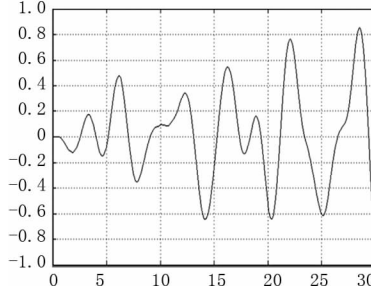
图 5 振动求解过程
Fig. 5 Vibration solving process



(a) 上筛板振动位移图
(a) Vibration displacement map of upper sieve



(b) 中间筛板振动位移图
(b) Vibration displacement map of intermediate sieve



(c) 下筛板振动位移图
(c) Vibration displacement map of down sieve

图 6 筛板振动位移图
Fig. 6 Sieve vibration displacement map

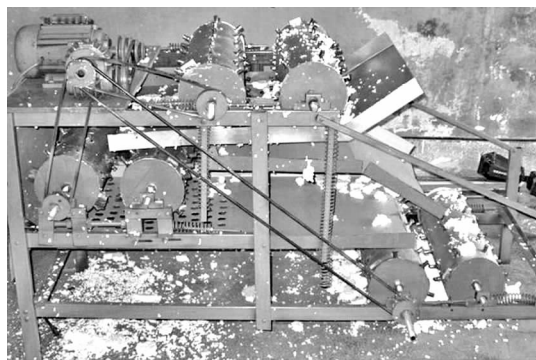


图7 多级破碎分离机样机

Fig. 7 Multistage broken and separator prototype

对新型多级破碎分离机进行了试验分析,样机试验表明:理论分析和样机试验较吻合,整机结构合理,具有很好的破碎和分离效果。由于破碎与分离采用同一驱动装置,减小了能源消耗,采用的有限元优化设计,有效避免了机架和筛板发生振动,提高了设备使用寿命,达到了预期设计目标。各种试验统计数据表明:新型多级破碎分离机不仅能解决目前农业生产的需求,而且大大提高了农业收割效率,节省经济成本,对促进农业收割设备向现代化迈进具有非常重要的理论和实际指导意义。

4 结论

新型农业收割设备采用特殊结构设计,集破碎机和分离机于一体,破碎和分离两种功能可以

在一台设备中实现,解决了破碎和分离单独运行的问题。

分析了多级破碎分离机激振机理,运用 ANSYS Workbench 对机架前六阶模态进行分析,得出各自对应的模态图,计算机架与上筛板、中间筛板和下筛板的频率幅值,可以避免设备工作过程中出现共振现象,影响设备正常运行。建立筛板振动方程,运用 Simulink 对振动方程进行求解,求得上筛板、中间筛板和下筛板位移变化曲线。通过对多级破碎分离机模态分析和筛板振动过程分析,可有效解决设备工作时因随机振动导致的疲劳破坏,避免按照静力学设计出现的动态应力破坏。

参考文献:

- [1] 张静,张凯,赵卫兵. 锤击式破碎机的结构及主要参数设计[J]. 农机化研究,2009(11):165-168.
- [2] 王丽红,陈绍杰,窦凤玲,等. 番茄种子分离机分离系统的设计[J]. 石河子大学学报,2009,27(1):97-99.
- [3] 马文哲. 最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 关广丰,丛大成,韩俊伟,等. 6 自由度随机振动控制算法[J]. 机械工程学报,2008,44(9):215-219.
- [5] 闻邦椿,李以农,张义民,等. 振动利用工程[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [6] 凯利 S M. 机械振动[M]. 贾启芬,刘习军,译. 北京:科学出版社,2006.
- [7] 周建兴,岂兴明. MATLAB 从入门到精通[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.

Design and Research of Multistage Broken and Separator Machine of New Agricultural Harvest Equipment

HAO Zhi-yong, LIU Wei, YAN Chuang

(Mechanical Engineering College of Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000)

Abstract: The designed multistage broken and separator machine is a new integrity machine including broken splitter crusher and separator, the structure and function of this new machine were described, its inherent characteristics were analyzed through guiding Pro/E 3D model into the ANSYS software, the analysis data was applied to modify its subtle structure for making the structure more reasonable and achieving better function. The vibration equation through the Simulink was calculated and the vibration situation of three sieve plates was studied, the prototype model through theoretical calculation and simulation technology was manufactured, analyzing model prototype through experimental analysis. The results showed that the design of multistage broken and separator machine reached the expected goal.

Key words: multistage broken and separator machine; inherent characteristics; model prototype; experimental analysis