

一种移动式组合清理筛的设计

符 记¹,王明旭¹,高倬霖¹,晏 丽¹,李永祥¹,马传国²

(1. 河南工业大学 机电工程学院, 郑州 450001; 2. 小麦和玉米深加工国家工程实验室, 郑州 450001)

摘要:油料作物在机械化收获后,由于处理不当而导致的含杂率高和受污染等问题致使在仓储及加工过程中出现损失和清理困难的现象。为确保油料作物从收获到仓储过程不落地、含杂率满足国标要求,基于模块化集成设计理念,设计了一种集斗式提升机、高效清理筛、风机、旋风除尘器、风网管道和移动机架等于一体的新型移动式组合清理筛。利用动力学分析手段,对组合清理筛的薄弱支撑部位结构参数进行了优化,获得了该部位的钢板厚度合适尺寸。研究提高了油料产后清理筛分效率和仓储安全。

关键词:组合清理筛;油料产后;关键部位;模块化设计

中图分类号:TS223.2;TQ643 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)10-0150-05

Design of a mobile combination cleaning screen

FU Ji¹, WANG Mingxu¹, GAO Ruolin¹, YAN Li¹, LI Yongxiang¹, MA Chuanguo²

(1. School of Mechanical & Electrical Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China; 2. National Engineering Laboratory for Deep Processing of Wheat and Corn, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: For the high impurity rate and pollution of oil crops after mechanized harvesting due to the improper handling, the phenomenon of loss and difficult cleanup during storage and processing is caused. In order to ensure that oil crops do not fall from the harvest to the storage process, and the impurity rate meets the requirements of the national standard, a new type of mobile combination cleaning screen with bucket elevator, high-efficiency vibrating screen, fan, cyclone dust collector, wind screen pipe, and movable frame was designed based on the modular integrated design concept. Using dynamic analysis methods, the structural parameters of the weak support site of the combination cleaning screen were optimized, and the appropriate size of the steel plate thickness at this site was obtained. The mobile combination cleaning screen improved the screening efficiency and storage safety of post-production cleanup of oil crops.

Key words: combination cleaning screen; post-production of oil crop; key part; modular design

近年来,随着农业机械化作业水平的不断提高,大豆、花生等油料作物的生产、收获方式逐步向机械化方向发展^[1]。对于我国农作物家庭承包制的种植方式,大量油料作物在收获后,仅能得到简单的晾晒以及无规则的除杂处理,致使油料作物在处理过

程中部分损失而且极易混入石子、泥沙等杂质^[2-3]。这些高含杂油料作物不仅给其加工和仓储带来很大困难以及提高清理成本,同时也给油脂加工厂的工作环境及设备造成污染和破坏,同时在一定程度上影响压榨后油脂的质量。因此,一种便捷、高效、节能和环保的清理设备已经成为广大农民以及中小型油脂加工厂的迫切需求。

目前国内外农作物除杂主要以筛分技术为主,我国粮油食品工业在筛分技术上也得到较快发展,特别是针对大杂和黏湿物料难筛分、筛分效率低及筛孔堵塞等问题^[4]。毛根武等^[5]为解决原粮入库

收稿日期:2018-03-06;修回日期:2018-06-22

基金项目:河南省教育厅重点科技攻关项目(18A460012);河南省重点科技攻关项目(182102210096)

作者简介:符 记(1996),男,在读本科,专业为机械设计制造及其自动化(E-mail)1966272845@qq.com。

通信作者:王明旭,副教授,博士(E-mail)wmx20032002@163.com。

过程中存在水分高、杂质含量高的问题,研制了TFSQ型高效环保组合式粮食杂质清理筛,该清理筛具有清理效率高、粉尘污染小、可靠性强、维护方便等特点。张新州等^[6]针对粮油清理设备提出了一种综合计算程序,该程序利用计算机的BASIC语言快速计算出颗粒的振动体制参数、下滑体制参数等9种振动状态参数,且该程序可通过对大量数据进行分析、计算、对比,从而确定出最优化参数组合。在国外,Sergio等^[7]运用数值有限元分析的方法针对重载荷振动筛的动态性能和结构载荷提出一种优化策略,并通过实验验证了有限元分析结果。目前筛分设备主要致力于提高筛分效率、筛分能力以及稳定性等方面的研究。对于从源头上对油料进行筛

分进而根本解决从机械化收获后到仓储及加工过程中油料污染及损失等问题的研究却很少。

鉴于此,本文基于模块化设计理念,设计一种移动式组合清理筛,并从清理筛的整体组合结构设计、工作原理设计、有限元模型建立、整体结构的模态及应力分析以及支撑部位优化设计等方面进行展开,以实现移动式组合清理筛整体结构的设计。

1 移动式组合清理筛的结构和工作原理

1.1 移动式组合清理筛的结构

移动式组合清理筛的结构主要包括斗式提升机、清理筛、风机、旋风除尘器、风网管道和移动机架。其整体结构见图1。

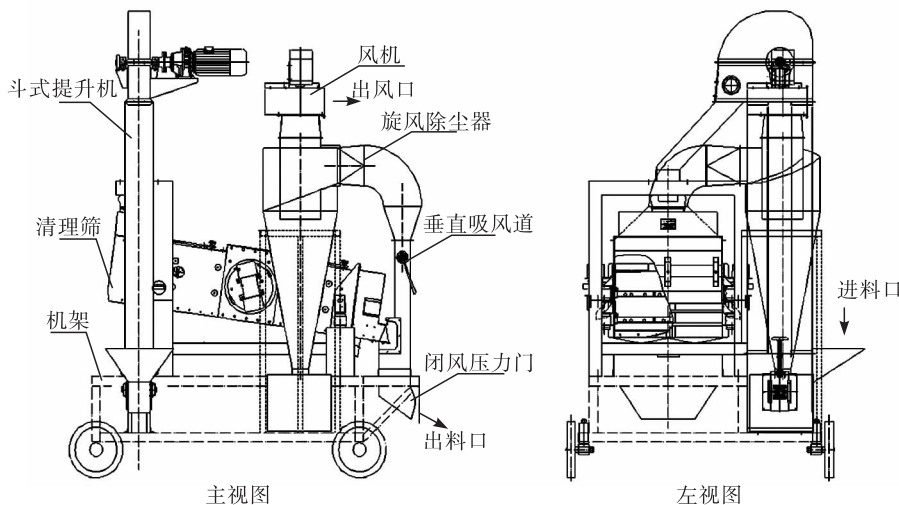


图1 移动式组合清理筛结构

1.1.1 斗式提升机

斗式提升机主要由机头、机筒、机座、传动装置、螺旋张紧装置、畚斗带和畚斗等部分组成。进料口设计成专用大口进粮斗,以保证移动式组合清理筛匀速提料。

(1) 机头

由驱动头轮、传动机构、逆止器、机头外壳和可调回流淌板等组成。机头外壳设有观察窗,以便观察调整回流淌板的位置,防止物料回流。驱动头轮采用覆胶轮,头轮轴装有双列球面滚子轴承,并配有轴承座高度调节垫片,以保证水平面的平行度要求。

(2) 机筒

钢板采用咬边结构,以增强机筒刚性和密封性。机筒两端焊有联接法兰,各段法兰之间加密封垫,当用螺栓紧固后可保证机壳的密封性能。检修机筒有螺栓联接两边均可拆开检修,检修方便。

(3) 机座

由张紧底轮、螺旋张紧装置、机座外壳和进料口等

组成。底轮轴通过两个支座安装在张紧装置的滑板上。

(4) 传动装置

由电机、减速器及尼龙柱销联轴器来传动头轮轴。

(5) 螺旋张紧装置

为螺杆式结构,通过转动螺杆带动底轮轴的上下移动,从而使畚斗带的松紧度及跑偏现象得到调整。

(6) 畚斗带

畚斗带是提升机的牵引构件,环绕于头轮和底轮之间,畚斗按一定距离固定在畚斗带上,用外壳将畚斗带密封起来。

1.1.2 清理筛

清理筛主要由进料机构、带有两层筛面的筛体、振动电机、出料装置、机架、垂直吸风道(根据需要选配)等组成^[8]。

(1) 进料机构

进料机构(进料箱体)以钢板为材料焊接和螺

栓联接而成,起到接收分布物料及纵向压紧筛格作用。向下翻转进料箱即可装拆筛格。

(2) 筛体

筛体是由综合性能优异的钢板焊接及用螺栓联接而成。二层筛格装于其中,振动电机驱动装置位于机器中心,抛掷角可在 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的范围内调节。筛格上下方向由侧面夹紧装置固定,筛体由空心的橡胶弹簧支撑。

(3) 振动电机

振动电机是筛体作直线振动的动力,使用可靠,结构简单,对振幅、抛掷角的调节十分方便。

(4) 出料装置

钢板焊接结构,通过螺栓与筛体联接,起到出料及分配杂质作用。

(5) 机架

带有横梁的钢结构架,支撑筛体及整机,横梁能上下移动,以便能在 $0^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 范围内调节筛面倾角。

(6) 垂直吸风道

垂直吸风道的风门可通过旋转外置手柄至任意角度满足其实际风道口大小的调节。其轻杂的分离效果可通过风道后板所装的有机玻璃窗口观察^[9]。

1.1.3 风机

风机位于旋风除尘器的后方,主要由风轮、机壳和电机组成。对筛子进行吸风,抽走一部分轻杂及粉尘,并使之体内形成负压,防止粉尘外扬。

1.1.4 旋风除尘器及风网管道

旋风除尘器采用下旋55型沉降风机来吸出轻杂及粉尘,除尘效果好^[10]。

1.1.5 机架

机架下方四角设置有行走轮,其中两只为万向轮,方便该机组的牵引与移动。

1.2 移动式组合清理筛的工作原理

油料作物收获后导入斗式提升机的接料斗,然后被斗式提升机匀速提至清理筛的进料口,物料通过进料管进入偏心锥形漏斗,再通过输料管进入喂料箱的散料板上,锥形漏斗可以旋转使得物料准确地落在散料板中间,进料箱随着筛体的振动,物料均匀地撒在进料箱底板上,并沿底板流到筛面的整个宽度,若进料在整个进料箱底板上不均匀,调节分料板使喂料达到理想状态。

在喂料箱与筛面的联接处安装了一个压力门,使物料流能均匀分散成同一高度,物料通过压力门后布满第一层筛面,第一层筛面的筛下物落到第二层筛面上,筛上物(大杂质)由旁边的出料口导出。第二层筛面的筛下物(小杂质)落到底板上,从位于

清理筛中部的出料口导出。第二层筛面的筛上物(筛后产物)经过压力门导出到垂直吸风分离器进行风选。垂直吸风道可通过调节手柄使风门板旋转至合适位置,达到最佳分离状态。其中一部分轻杂及部分粉尘则由风机吸走,经过旋风除尘器沉降后排出。

2 移动式组合清理筛结构动力学分析

2.1 模态分析

根据实际建立有限元分析模型如图2所示,共划分53 975个单元,26 660个节点。定义材料属性,弹性模量 2.1×10^{11} ,密度 $7 800 \text{ kg/m}^3$,泊松比0.3,外框架板材取10 mm厚度时的前10阶模态及应力云图如图3~图12所示。表1为该条件下移动式组合清理筛前10阶模态频率及最大应力值。

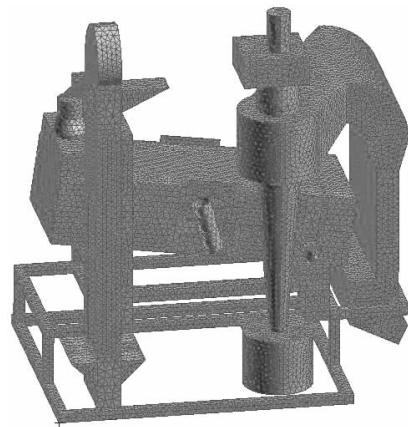


图2 移动式组合清理筛的有限元模型

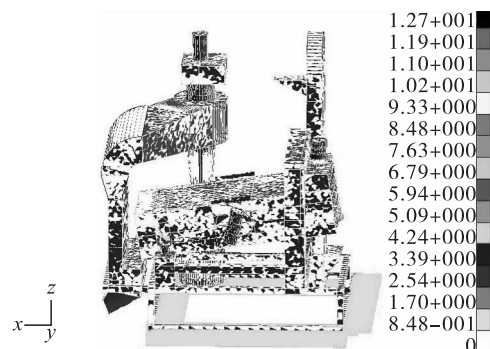


图3 移动式组合清理筛的第一阶模态及应力云图

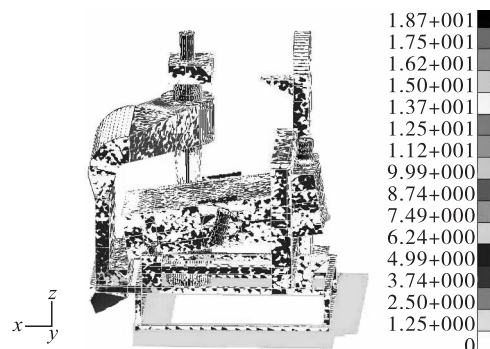


图4 移动式组合清理筛的第二阶模态及应力云图

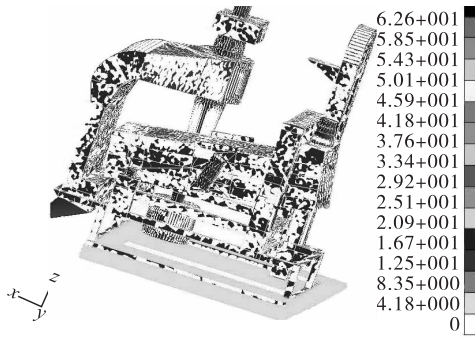


图5 移动式组合清理筛的第三阶模态及应力云图

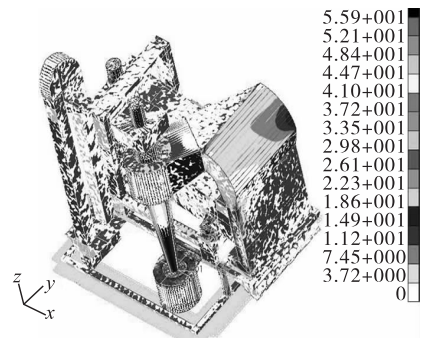


图10 移动式组合清理筛的第八阶模态及应力云图

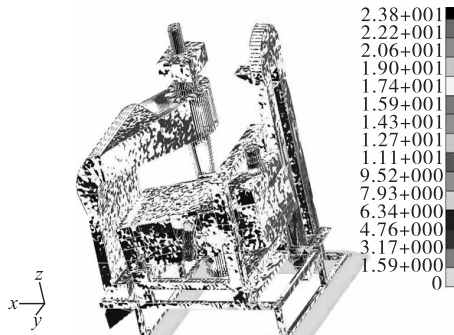


图6 移动式组合清理筛的第四阶模态及应力云图

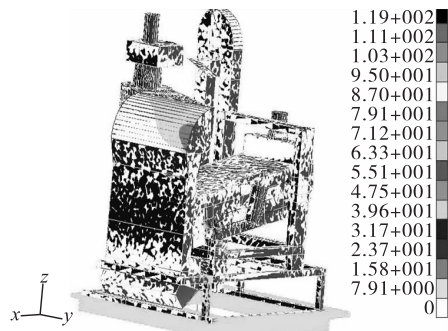


图11 移动式组合清理筛的第九阶模态及应力云图

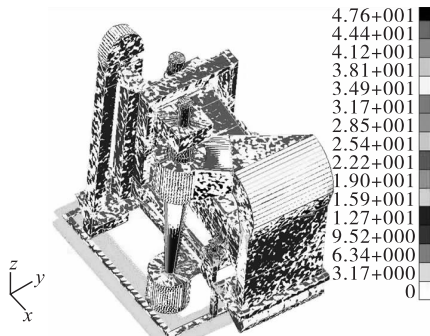


图7 移动式组合清理筛的第五阶模态及应力云图

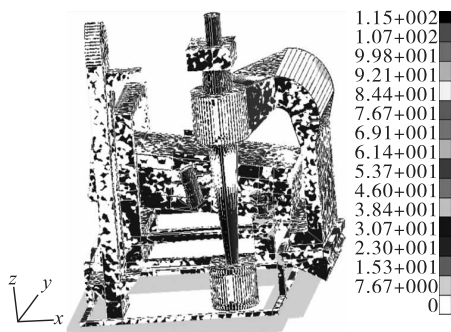


图12 移动式组合清理筛的第十阶模态及应力云图

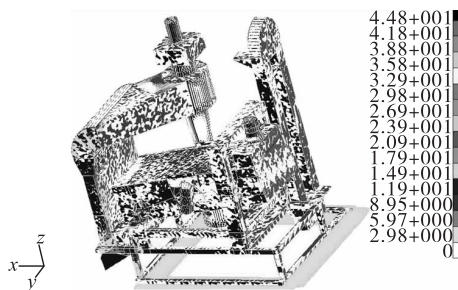


图8 移动式组合清理筛的第六阶模态及应力云图

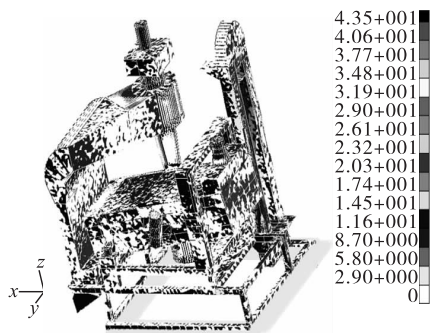


图9 移动式组合清理筛的第七阶模态及应力云图

表1 移动式组合清理筛前10阶模态频率及最大应力值

模态阶数	频率/Hz	最大应力/MPa	模态阶数	频率/Hz	最大应力/MPa
第一阶	1.90	12.7	第六阶	14.37	44.8
第二阶	5.90	18.7	第七阶	19.35	43.5
第三阶	11.99	62.6	第八阶	22.75	55.9
第四阶	12.12	23.8	第九阶	26.61	119
第五阶	12.89	47.6	第十阶	27.76	115

由表1知,结构发生的最大应力值为119 MPa。结构所选用的材料为Q235,能够满足要求。最大应力多集中在弹簧橡胶垫的支撑部位,因此需要加厚与橡胶连接的清理筛支撑部位,其局部放大如图13所示,局部加强厚度取15~25 mm。

增厚移动式组合清理筛的4个支撑立柱,厚度增加为15~20 mm,提高其稳定性和抗变形能力。

旋风除尘器的连接部位适当增加板材厚度,厚度最佳取值在10 mm左右。

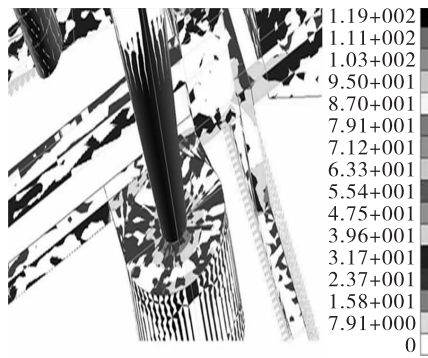


图 13 移动式组合清理筛应力集中的局部放大云图

外框板材厚度取 5 mm 时的前 10 阶应力及频率如表 2 所示。

表 2 外框板材厚度取 5 mm 时的结构前 10 阶应力及频率

模态阶数	频率/Hz	最大应力/MPa	模态阶数	频率/Hz	最大应力/MPa
第一阶	1.09	11.1	第六阶	12.42	31.8
第二阶	4.90	17.6	第七阶	16.76	64.8
第三阶	9.10	86.0	第八阶	18.49	155
第四阶	10.83	107	第九阶	18.83	88
第五阶	11.64	31.7	第十阶	19.06	209

由表 2 和表 1 移动式组合清理筛外框厚度分别取 5 mm 和 10 mm 时,结构的各阶模态频率变化不大,结构最大应力大小在结构外框厚度取 5 mm 时明显比 10 mm 时大,尤其是第四阶模态下最大应力的最大,因此移动式组合清理筛外框厚度取 10 mm,以保证整体结构的稳定性和抗振性。

3 结论

(1)本文主要从移动式组合清理筛整体结构设计、工作原理设计、清理筛有限元模型建立等进行展开,最终实现了对新型移动式组合清理筛的整体结构的模块化设计。其组合式结构设计和高度集成化

的特点不仅能够对大小轻杂以及对灰尘、泥沙、石子等杂质都具有良好的去除效果,同时能够提高油料筛分效率以及达到环保、低能耗和节省成本等效果。

(2)通过对清理筛的结构力学模型进行模态分析,获得了清理筛的弹簧橡胶垫的支撑部位、支撑组合清理筛的 4 个支撑立柱、旋风除尘器连接部位和外框架等薄弱部位。

(3)对薄弱支撑部位进行了优化设计,获得了薄弱环节的最优尺寸,确保了移动式组合清理筛的筛分效率、筛分稳定性以及安全性。

参考文献:

- [1] 黄和祥. 农业机械化发展过程、影响因素及对策[J]. 农机化研究, 2005(3):10-12.
- [2] 赵二朋. 稻农参与粮食合作社效益与行为分析[D]. 杭州:浙江大学, 2011.
- [3] 姚克恒, 彭卓敏, 朱继平, 等. 我国粮食晾晒收集现状与机械化发展对策分析[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11):417-420.
- [4] 朱珊珊, 武文斌. 粮食清理筛分技术的研究现状及发展趋势[J]. 粮食加工, 2015(4):50-53.
- [5] 毛根武, 董德良, 肖红, 等. TFSQ 型高效环保组合式粮食杂质清理筛的性能测试和应用[J]. 粮油仓储科技通讯, 2014(1):33-35.
- [6] 张新州, 张庆州. 粮食清理设备振动参数的综合计算程序[J]. 粮食流通技术, 2005(2):29-31, 34.
- [7] SERGIO B, FRANCESCO V. A dynamic optimization theoretical method for heavy loaded vibrating screens[J]. Non-linear Dyn, 2014, 78:609-612.
- [8] 赵丹. 高效振动清理筛振动系统的设计与研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2016.
- [9] 张建军. 循环风分离器和垂直吸风道的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2004(2):6-7.
- [10] 高黎明. 新型高效旋风除尘器[J]. 机械工程师, 2004(9):55.

告
读
者

为更好地服务于广大读者,《中国油脂》杂志社常年办理《中国油脂》逾期补订和过刊订阅业务;常年办理油脂专业书籍邮购业务,书目、代号、价格请查阅近期《中国油脂》杂志社专业书籍征订广告。

订阅、邮购地址:西安市劳动路 118 号,《中国油脂》杂志社读者服务部
邮编:710082 电话:029-88653162 联系人:潘亚萍