

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2024.06.030

智能组合秤主振机给料装置模态分析

孙菁, 黄晓萍, 林红艳, 李路娜

(南京机电职业技术学院, 江苏 南京 211300)

摘要:介绍主振机的工作原理,设计主振机给料装置的结构,采用 SolidWorks 进行 3D 建模,导入 ANSYS Workbench 软件建立有限元模型;采用四面体网格划分方式并在圆角处进行加密划分;设置全约束的定义方式,采用模态求解器进行模态分析,得到主振机给料装置的结构模型、有限元模型、前 5 阶固有频率值及各阶振型图。主振机给料装置固有频率从 1 阶—5 阶,呈现稳定上升趋势,其中第 3 阶固有频率为 51.056 Hz,与激励频率接近,处于亚共振状态,因此主振机可利用共振原理保证其振动稳定性;振型主要是绕 y 轴的转动及沿 y 轴轴向的上下振动,符合物料输送时的实际工况,证明了此模型建立和激励频率设定的准确性。

关键词:包装机械;智能组合秤;主振机;有限元模型;固有频率

中图分类号:TP391.9 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2024)06-0151-04

Modal Analysis of Feeding Device for Main Vibrator of Intelligent Combination Scale

SUN Jing, HUANG Xiaoping, LIN Hongyan, LI Luna

(Nanjing Vocational Institute of Mechatronic Technology, Nanjing 211300, China)

Abstract: Introduces the working principle of the main vibrator and designs the structural form of the feeding device of main vibrator. By SolidWorks, the 3D modeling is carried out, and the finite element model is established with ANSYS Workbench software. Tetrahedral mesh is adopted and the rounded corner is divided with encryption, and the definition of full constraint is set. The modal analysis is carried out by using the modal solver, obtaining the structure model, finite element model, natural frequency of the first to fifth orders and the vibration mode diagram of each order. The natural frequency of the feeding device of the main vibrator rises steadily from the first to the fifth order, among which the third natural frequency is 51.056 Hz, which is close to the excitation frequency and in a sub-resonant state. Therefore, the vibration stability of the main vibrator can be ensured by the resonance principle, and the vibration mode is mainly the rotation around y axis and up-down vibration along y axis, which conforms the actual working conditions of material transportation, and proves the accuracy of the model establishment and the excitation frequency setting.

Keywords: packaging industry; intelligent combination scale; main vibrator; finite element model; natural frequency

0 引言

近些年,电商行业如雨后春笋般兴起,各式各样的商品出现于市场上,个性化包装需求日益增加^[1]。据调查,中国市场流通的商品约有 75% 采用了定量包装方式,食品、化妆品的定量包装方式更是高达 95%^[2]。智能组合秤又被称为多头称重机,有一套完整的计算机控制系统,因其自动化程度高、称量准确性强的优势,逐渐取代了传统称量设备^[3-5]。组合秤由给料系统、缓存斗、称料斗、卸料斗等多个系统组成^[6],位于前端的为给料系统,在主振机振动作用下,将物料运送给缓存斗,其结构强度的优劣性直接决定了智能组合秤

能否顺利称料。因此对主振机在工作过程中的模态分析具有重要意义。

1 主振机给料装置介绍及结构模型

1.1 主振机工作原理

主振机给料装置主要是通过激振力作用,将不同大小、形状、状态的物料从送料装置中准确、迅速地运送到缓存漏斗中,特别适合应用于机械化程度高的流水线作业,具有工作平稳、可靠性强、物料自由度高、适用范围广等优势,其工作原理如图 1 所示^[7-8]。运送物料 2 位于料槽 1 上,整体由主振弹簧 3 提供支撑,主振弹簧与衔铁 4 连接在一起。通过电磁线圈 5 的电流需经过单相半

波处理。当通过电磁线圈的电流为正半周时,晶闸管导通,铁芯 6 产生磁场吸引衔铁 4,此时槽体被迫向下移动压缩主振弹簧,积攒大量势能;当通过电磁线圈的电流为负半周时,此时电流消失,电磁线圈与衔铁之间无电磁力产生,主振弹簧复位,迫使主振盘向上运动。在迅速变化周期电流的作用下,主振机给料装置会以 3 000 次/min(50 Hz)进行往复运动。由于槽体平面与激振力之间存在一定角度,因此在振动过程中,物料将以抛物线的形式向前连续输送,物料输送料的调节由电流大小控制^[9]。

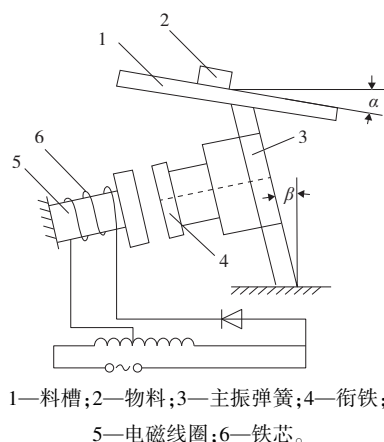


图1 主振机给料装置工作原理图

1.2 主振机给料装置结构模型

作为智能组合秤重要的运料部件之一,由于主振机给料装置长期与物料接触,其结构设计尤为重要。兼顾电磁振动给料器的结构形式和组合秤的喂料方式,最终主振机给料装置设计如图2所示。整个给料装置近似为伞状结构,在可以满足物料分布均匀性的同时,又可满足给料稳定性、及时性^[10]。整个系统包含主振盘、主振机底板、电磁线圈、振动杆、主振弹簧等。

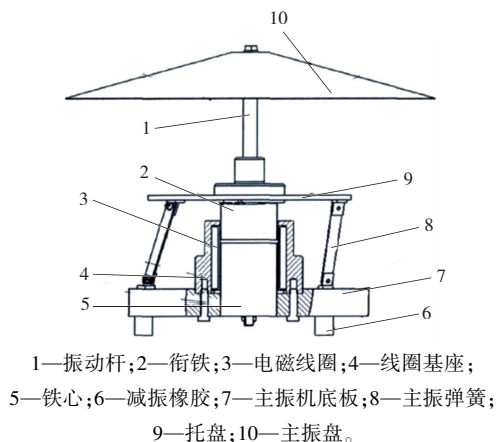


图2 主振机给料装置结构模型示意图

2 主振机有限元模型建立及模态响应分析

2.1 模态分析简介

模态分析是研究结构动力特性的一种方法,是系统辨别方法在工程振动领域中的应用。模态是机械结构的固有振动特性,每一个模态具有特定的固有频率、阻尼比和模态振型。采用模态分析的方法可以得到结构件在受影响频率范围内的各阶模态特性参数,同时预估在此频段区内产生的实际振动情况,从而使所设计结构件避免共振或利用共振。因此,模态分析是结构动态设计及设备故障诊断的重要方法^[11-12]。主振机给料系统是一个振动模型,对其模态参数的分析对智能组合秤系统实现迅速给料、精确称重有重要意义。本文采用有限元 ANSYS Workbench 软件来分析主振机给料系统的模态参数,其分析流程如图3所示。

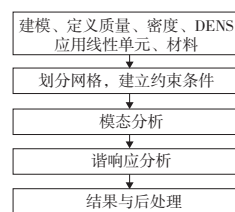


图3 主振机给料装置模态分析流程图

2.2 主振机有限元模型建立

1) 三维模型导入: ANSYS Workbench 虽自带建模功能,但相对于专业软件(SolidWorks、Proe)还是有所不足;由于主振机给料装置模型较为复杂,因此先用 SolidWorks 建立图2所示的三维模型后,保存为 Step 格式再导入 ANSYS Workbench 中。由于主振机卸料装置含有较多零件,在不影响有限元仿真结果的前提下,将螺栓件、孔类、圆角都进行了简化。

2) 参数定义:有限元模型建立完毕后,需对材料参数进行设定,材料参数的定义如表1所示^[13]。

表1 材料参数定义表

名称	材料	弹性模量/ (N/mm ²)	材料密度/ (kg/mm ³)	泊松比
主振盘	304	2.10×10 ⁵	7.85×10 ⁻⁴	0.30
基础底座	可锻铸铁	1.52×10 ⁵	7.30×10 ⁻⁶	0.25
主振弹簧	硅锰钢 (60Si2Mn)	2.00×10 ⁵	7.85×10 ⁻⁶	0.30
减振橡胶	聚氨酯橡胶	32.32	1.50×10 ⁻⁶	0.47

3)有限元网格划分:三维模型导入后需进行网格划分。本文进行的是模态分析,网格划分参照 Mechanical 类型。采用四面体网格划分方式,同时为保证倒角和圆角处网格划分更加密集,采用 Pach conforming 算法,单部件逐级划分从而减小网格密集对计算机 CPU 性能的影响。最终建立起的主振机给料系统有限元网格划分模型如图 4 所示。



图 4 主振机给料装置有限元网格划分模型

4)约束条件建立:采用约束条件来限制结构件的自由度,最终使节点限制在设定的方向上运动。此处采用全约束(Fixed Support)条件进行设置,图 5 为定义约束好后的三维模型。



图 5 主振机给料装置定义约束模型

2.3 主振机给料装置模态响应分析

在实际工作过程中,针对结构件,低阶模态振动频率相对于高阶模态振动频率更容易发生振动耦合现象,决定了结构件的动态特性^[14]。采用 ANSYS Workbench14.5 自带默认的模式求解器对前文建立的主振机给料装置有限元模型进行模态求解。本文只针对主振机给料装置的前 5 阶固有模态进行解析。固有频率计算结果如表 2 所示,振型图如图 6—图 10 所示。

表 2 主振机给料装置 5 阶固有频率

阶数	1	2	3	4	5
频率/Hz	36.442	36.445	51.056	66.685	67.165

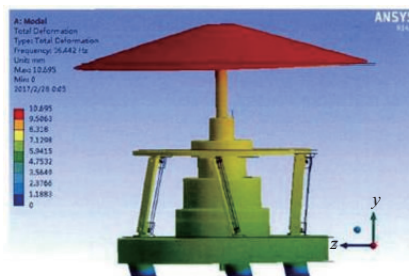


图 6 主振机给料装置 1 阶振型

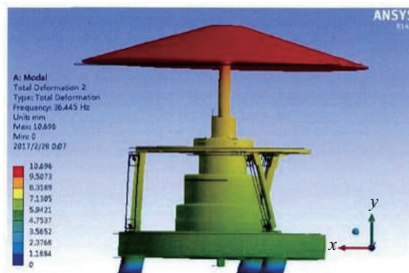


图 7 主振机给料装置 2 阶振型

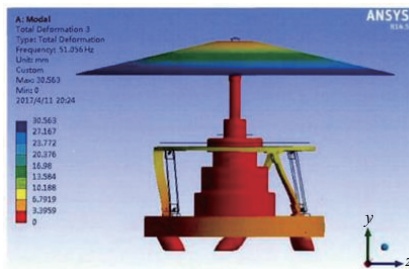


图 8 主振机给料装置 3 阶振型

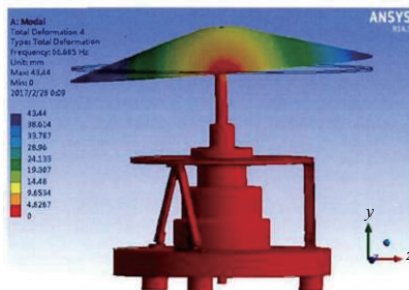


图 9 主振机给料装置 4 阶振型

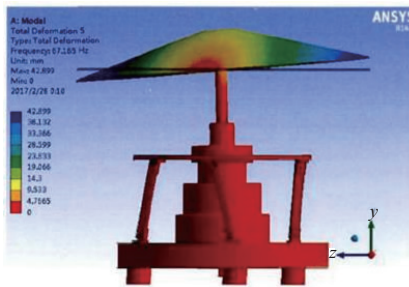


图 10 主振机给料装置 5 阶振型

从表2中模态分析数据可以看出,主振机给料装置5阶固有频率均较小,其中1阶和2阶接近,4阶和5阶接近;整体上1阶—5阶呈现逐步上升趋势,2阶振型为沿 x 向移动和绕 y 轴方向转动,4阶振型为绕 z 轴的左右摆动。

由1.1小节可知主振机给料装置的激振力频率为50 Hz,其3阶固有频率为51.056 Hz,二者接近,频率比为 $50/51.056=0.98$,处于亚振动工作状态。因此,可利用共振原理保证主振机在整个加料送料过程中的振幅稳定性,更好地完成送料过程。从3阶振型图可看出此时主振机给料装置振型主要是绕 y 轴的转动及沿 y 轴轴向的上下振动,符合物料输送时的实际工况,证明此模型建立和激振频率设定的准确性。

3 结语

智能组合秤在包装产业的应用日益增多,本文设计了智能组合秤重要运料部件主振机给料装置的机械结构,采用SolidWorks软件进行3D建模;采用ANSYS Workbench软件进行网格划分;约束定义得到主振机给料装置的有限元模型。通过模型可知:所设计的主振机给料装置的3阶振动频率与激振频率一致,其振型方式亦符合实际物料输送工况,证明了主振机结构设计和所建立模型的合理性。通过对该模型的结构振动分析,可以为主振机不同参数设计(振幅、频率等)提供理论指导,进而对提高称重系统的生产效率、精确称重具有指导意义。同时,该模型也为给料机安装工艺(安装角度、振动倾角、振幅设置等)和故障分析提供了一些建议。

参考文献:

- [1] 蔡晴,沈晓民,王京宏. 定量包装商品净含量智能化计量检验探讨[J]. 工程技术研究, 2018(12): 160-161.
- [2] 李银平. 基于STM32的动态称重分选系统的研发与实现[D]. 重庆:重庆大学, 2016:31-33.
- [3] BERETTA A, SEMERARO Q, DEL CASTILLO E. On the multihead weigher machine setup problem[J]. Packaging Technology and Science, 2016, 29(3): 175-188.
- [4] FOULDS M. Consumer curiosity drives trends: snacks & confectionary[J]. South African Food Review, 2014, 41(11): 24-26.
- [5] 李翠梅,王均国,张连生. 电脑组合秤与传统定量自动包装秤之比较[J]. 衡器, 2005, 34(增刊1): 10-11.
- [6] PULIDO-ROJANO A, GARCÍA-DÍAZ J C, GINER-BOSCH V. A multiobjective approach for optimization of the multihead weighing process[C]//2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM). Seville, Spain: IEEE, 2015: 426-434.
- [7] 宋井玲. 自动机械设计[M]. 北京:国防工业出版社, 2011:17-22.
- [8] 骆有东. 电磁振动给料器的性能及控制研究[J]. 包装工程, 2005, 26(4): 54-55, 61.
- [9] 顾平灿. 电磁振动给料器给料速度的研究[J]. 机电工程, 2012, 29(7): 790-794.
- [10] 包装机械结构编写组. 包装机械结构参考图册[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1981:297-299.
- [11] 张琳琳. 电磁振动给料系统结构动力学研究[D]. 秦皇岛:燕山大学, 2006:17-18.
- [12] 杨家武,何璐璐,刘宝全,等. 基于ANSYS的振动盘给料器动态分析[J]. 现代科学仪器, 2011(6): 87-90.
- [13] 成大先. 机械设计手册[M]. 上海:上海交通大学出版社, 1985: 76-78.
- [14] 张洪松,胡仁暮,康士廷. ANSYS Workbench 12.0有限元分析从入门到精通[M]. 北京:机械工业出版社, 2010: 46-52.

收稿日期:2023-07-19