

[文章编号] 1003—4684(2022)05-0062-04

包装机移袋机构设计与模态分析

艾宝生, 夏军勇, 陈长兴, 孙 颖, 田 原

(湖北工业大学机械工程学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 针对传统的包装机移袋机构存在传动不平稳、同步率低和贴合效果较差等问题,设计一种热封良好的新型移袋结构。首先利用三维建模软件对移袋机构进行了虚拟建模,然后添加相关连接和运动副,使其能够真实模拟实际移袋动作,最后根据仿真得到运动循环图对机构进行微调,以提高热封效果。将热封效果最好的结构导入到 ANSYS 中进行模态分析,分析结果表明,机构的前六阶固有振动频率在合理范围之内,不会出现共振的情况,移袋功能得到充分保障。

[关键词] 包装机; 虚拟建模; 移袋结构; 模态分析

[中图分类号] TB486 [文献标识码] A

回转式给袋包装机能够取代手工包装,实现企业的包装自动化,降低企业成本,提高生产效率^[1-2]。操作工人只需将若干袋子放在取袋装置上,回转式给袋包装机会自动完成取袋、撑袋、落料、移袋、热封、整型输出等工序^[3-4]。移袋机构是回转式给袋包装机功能实现的主要机构之一,是包装机完成自动包装的基础,需要设计出优良的结构才能保证目标设计的 60 袋/min 的包装速度^[8]。

本文从移袋机构的工作原理出发,对一种新型移袋机构移袋上摆臂和同步大摆臂的位移、速度运动特性曲线进行分析。为验证振动因素不会对移袋效果产生较大影响,对移袋结构做了模态分析。仿真分析结果表明,移袋机构在工作过程中不会出现共振,移袋效率和精度也不会受到影响。

1 移袋机构工作原理及模型

移袋机构主要是由移袋上摆臂、辅助连杆、同步大摆臂、移袋上拉杆、同步上拉杆、移袋旋转臂、同步旋转臂、移袋下拉杆、同步下拉杆、移袋凸轮摆臂、同步凸轮摆臂、移袋凸轮和同步凸轮等组成。本文的移袋机采用空间凸轮连杆组合式结构,具有结构紧凑、运行稳定、制造方便和适用范围较广等优点。末端执行器移袋夹板的运动实现移袋动作,可通过其轨迹的仿真来改善移袋装置的移袋机构。而移袋机构是回转式给袋包装机移袋装置最为核心的部件,其设计的好坏会对整个包装机的工作性能产生直接

影响。

回转式给袋包装机的工作原理是:当真空旋转转盘以给定的速度做旋转运动时,发动机带动移袋凸轮和同步凸轮转动,分别带动与之相连的摆臂;移袋凸轮摆臂和同步凸轮摆臂都实现往复摆动,将动力传递给同步和移袋下拉杆;两个下拉杆分别使移袋旋转臂和同步旋转臂转动,分别与相对应的上拉杆连接;移袋上拉杆带动移袋上摆臂运动,使之能够做往复转动,同步上拉杆则连接同步大摆臂和辅助连杆,使同步大摆臂能同时向真空转配转盘以及移袋机构做进给运动;同步大摆臂接有移袋夹板,其末端执行器移袋夹板做往复摆动;当同步大摆臂在靠近真空旋转转盘时,给袋夹板也正好与转盘上的工作面贴合,送出包装袋,进而最终实现包装的工作。

移袋机构是回转式给袋包装机的核心执行部件。移袋夹板夹取机夹转盘装置上的包装袋,将包装袋夹取到做匀速转动的旋转真空室,然后移袋夹板和旋转真空室贴合做匀速转动。待上述工序完成后,移袋夹板回到初始位置准备下一次的移袋动作,同时,运输装置将成品送至装箱处。移袋装置的移袋动作如图 1 所示,末端执行器移袋夹板的运动轨迹如图 2 所示。

移袋夹板的运动轨迹主要分为三个部分:AB 段为移袋段,移袋夹板抓取机夹转盘装置上充满物品的包装袋,然后运输到做匀速转动的旋转真空室;BC 段为同步段,移袋夹板和旋转真空室一起匀速

[收稿日期] 2021-08-03

[第一作者] 艾宝生(1995—),男,湖北咸宁人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为智能轻工装备

[通信作者] 夏军勇(1976—),男,湖北北京山人,湖北工业大学教授,研究方向为轻工智能装备

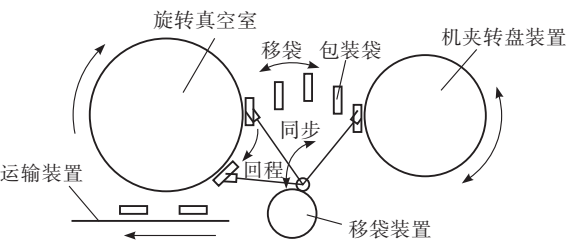


图 1 移袋装置移袋动作

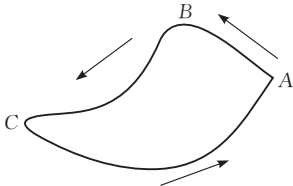


图 2 移袋夹板的运动轨迹

运动,保持相对静止状态,待包装袋和真空室固定;CA 段为回程段,包装袋和真空室固定后,移袋夹板回到开始取袋位置,开始新一轮的循环工作。

移袋夹板在取袋的过程中可能出现夹持不稳、易脱落、空袋和漏气等问题,对后续热封工作造成重大影响,影响包装袋的包装质量。针对这些问题,对移袋机构中的移袋凸轮、同步凸轮和空间连杆机构进行设计,得到一种新型的空间凸轮组合式移袋机构,并对其进行运动特性分析。本设计通过保持回程段的运动轨迹不变,将移袋段(AB 段)和同步段(BC 段)的轨迹进行改良,对移袋机构中的凸轮轮廓曲线进行优化,得到优化后的凸轮轮廓曲线(图 3)。通过解决上述问题,提高新型给袋式包装机在移袋过程中的同步率和贴合率。

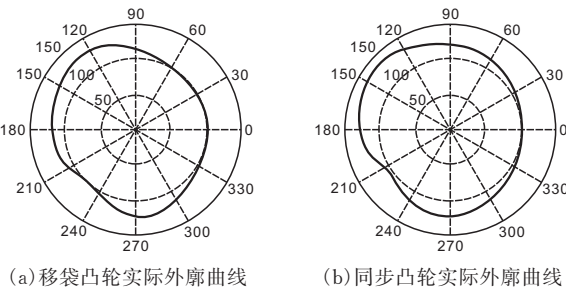
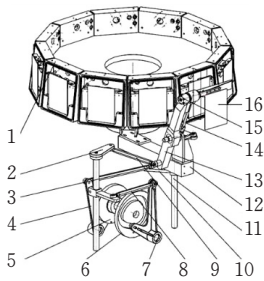


图 3 凸轮实际外廓

根据末端执行器的轨迹要求,采用空间凸轮连杆组合式的结构设计了一种新型的移袋同步机构,使用 UG 软件对移袋同步机构进行完整建模,得到的虚拟模型如图 4 所示。

本文主要是对移袋机构进行设计和模态分析,主要的目的是:验证本次设计是否能够实现预期的移袋给袋运动;移袋运动实现之后,考察移袋过程是否满足实际生产要求的同步率和贴合率,并对机构进行模态分析;验证设计的机构是否发生影响移袋装置工作性能的共振;验证机构的可行性。



- 1—真空包装室;2—移袋旋转臂;3—同步下拉杆;
- 4—同步凸轮摆臂;5—同步凸轮;6—移袋凸轮;
- 7—移袋凸轮摆臂;8—移袋下拉杆;9—移袋上拉杆;
- 10—同步上拉杆;11—同步旋转臂;12—同步大摆臂;
- 13—移袋上摆臂;14—辅助连杆;15—移袋旋转气缸;
- 16—移袋夹板

图 4 移袋机构三维模型

2 移袋机构运动分析

将模型简化后在 UG 中打开,并添加相关的运动副和约束。真空旋转转盘一共设置 12 个工位,每秒钟旋转 30°,也就是 12 s 刚好能够转一圈,故其移袋速度为 60 袋/min。

移袋机构的动力由电机驱动,电机后接有减速机,驱动电机选用额定转速 $n_e=750\text{ r/min}$,实际工作转速 $n=600\text{ r/min}$,减速机的减速比 $i=1/10$,则其所连的凸轮的转速为 $n_i=1\text{ r/s}$ 。

对移袋机构中移袋上摆臂和同步大摆臂位移和速度进行分析,了解移袋夹板的加速度瞬时变化,知道移袋夹板何时发生急停,是否发生抖动影响给袋式包装机的正常工作。根据运动仿真得到位移曲线如图 5、图 6 所示。

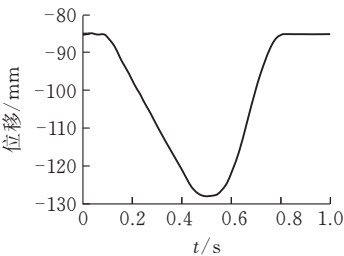


图 5 同步大摆臂位移曲线

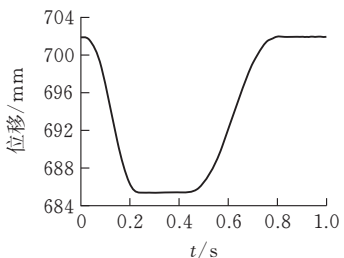


图 6 移袋上摆臂位移曲线

图 5、图 6 可见,移袋上摆臂和同步大摆臂的位移运动特性曲线呈周期性变化,没有发生突变,移袋机构中移袋上摆臂和同步大摆臂一起做往复运动,

驱动移袋夹板实现移袋、同步和回程三个动作,符合预期移袋机构做往复运动的移袋动作。其中,曲线的周期性变化说明了在贴合率上表现优异。

对移袋机构中移袋上摆臂和同步大摆臂进行位置分析,了解每一个构件在工作时发生的位置变化,在安装过程中需要预留多大的安装空间,同时也知道移袋装置中的构件不会和其它构件发生干涉,证明了移袋机构设计的合理性。

对移袋机构中移袋上摆臂和同步大摆臂进行速度分析,了解移袋夹板的速度和位移变化。移袋夹板的工作速度也满足实际生产要求,工作速度过大可能导致生产安全问题,过小会影响给袋式包装机的生产效率。通过运动仿真得到的同步大摆臂和移袋上摆臂的速度运动曲线如图 7、图 8 所示。

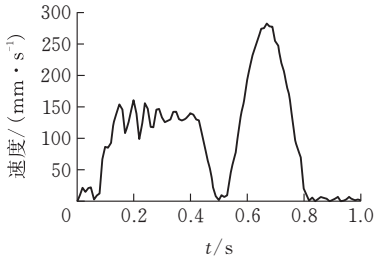


图 7 同步大摆臂速度曲线

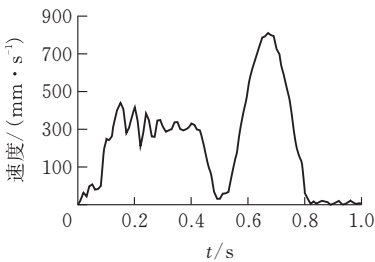


图 8 移袋上摆臂速度曲线

移袋上摆臂和同步大摆臂的速度运动特性曲线变化较大,且变化时间短,说明移袋上摆臂和同步大摆臂在运行过程中出现加速度突变。该突变主要是机构在运行过程中出现摩擦和抖动问题,对机构的运动性能会产生一定影响。但根据实际生产要求,移袋机构中的移袋夹板完成移袋和同步动作后,移袋夹板迅速回到初始位置取袋,满足企业的设计要求。因其振动反应明显,故有必要对其进行模态分析,验证机构的可行性。

3 移袋机构模态分析

对移袋同步机构进行模态分析可以得到该装置振动时所对应的固有频率,进行动态性能评价,使移袋机构的工作频率避开固有频率,避免产生安全事故。

将优化后得到的移袋机构进行数值仿真。运用 Workbench 软件和 UG 软件对移袋机构进行模拟

求解,按照下述步骤得到移袋机构的前六阶模态。

1)模型简化:为了更好地得到移袋装置的模态分析结果,减少计算量,在不影响最后模态结果的前提下,对优化后的移袋机构简化处理。具体简化为: a)忽略对模态结果影响不大的结构性倒角和圆角; b)忽略移袋机构中微小螺纹孔和通孔; c)忽略移袋机构中对结果影响不大的小零件、轴承和套筒等。

2)参数设置:将简化后的移袋机构三维模型导入 Workbench 软件,对移袋机构的材料属性进行定义。具体参数主要包括移袋机构的材料、弹性模量、密度和泊松比,见表 1。

表 1 移袋同步机构材料参数

材料	40Cr
弹性模量/ $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	2.10×10^{11}
密度/ $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-3}$	7.87×10^{-6}
泊松比	0.3

3)添加约束:为了贴近真实工况,对移袋机构添加相应的约束条件,通过求解器求解,得到移袋装置前六阶固有频率(图 9)。

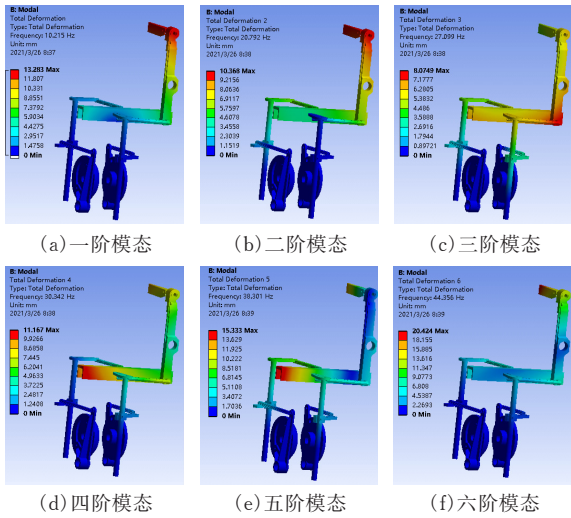


图 9 移袋同步机构前六阶模态

4)结果分析。移袋机构前六阶的固有频率分别为 10. 215、20. 792、27. 099、30. 342、38. 301 和 44.356 Hz。当工作频率和固有频率相等或者相近时,移袋机构极有可能发生共振现象,移袋机构前六阶模态和振型具体情况如表 2 所示。

表 2 移袋机构前六阶固有频率和振型特点

阶数	频率/Hz	振型
一	10.215	沿 z 轴扭动
二	20.792	沿 z 轴扭动
三	27.099	沿 z 轴扭动
四	30.342	沿 y 轴摆动
五	38.301	沿 y 轴摆动
六	44.356	沿 x 轴摆动

对移袋机构的模态结果进行评估时,需要对移

袋机构的振源进行分析。其主要振源来源于传动装置的惯性力、轴和连杆转动的惯性力、机构之间的冲击力。如果固有频率和移袋机构的工作频率相等时,极有可能产生共振,对整个移袋装置的性能造成影响,甚至对本机构的结构造成破坏。本文得到移袋机构的固有频率集中在 10~45 Hz 之间,分布比较密集。因此,为了保证移袋机构的移袋速度,移袋机构的工作频率应该大于 45 Hz 比较合适。给袋式包装机的技术要求选用电机的工作转速为 600 r/min,得到机构的工作频率为 95 Hz 左右,故机构的工作频率和固有频率相差较大,不会相等,故不可能导致移袋机构发生共振,不会影响移袋机构整体的移袋效率。

4 结论

通过分析末端执行器移袋夹板的轨迹,对凸轮轮廓曲线进行设计,得到凸轮外廓曲线,并对移袋机构的移袋上摆臂和同步大摆臂进行了运动学分析,以确保移袋装置的热封效果。对机构的可行性进行验证,仿真分析移袋机构的振动特性,其模态分析结果表明,移袋机构工作频率与固有频率相差较大,机构设计良好,不会产生共振的情况,可行性较高,移袋效果能得到充分保障。

[参 考 文 献]

[1] 李晓飞.关于包装机械技术发展探讨[J].科技展望,2006,26(13):64.

[2] 邓卫斌,易薇.当下包装工业技术发展趋势探讨[J].设计,2016(10):116-117.

[3] 杨传民,刘铭宇,汪浩,等.给袋式包装机取袋机构的运动学分析[J].农业机械学报,2013,44(S2):161-166.

[4] BARYSHEV I N,EGOROV I A.Bagging and packaging machines[J].Chemical and Petroleum Engineering,1996,32(5):427-430.

[5] 赵淮,林泽梅,张世荣.我国包装机械行业现状和提高技术水平思路[J].中国机械工程,2003,14(5):446-449.

[6] 杜文华,赵慧文,段能全,等.一种颗粒包装机摆动式充填机构的设计[J].包装工程,2013,34(3):77-79.

[7] 倪云.国内给袋式包装机现状[N].中国包装报,2011-02-15(2).

[8] 刘铭宇.蔬菜复合材料全自动多列填充包装机[D].天津:河北工业大学,2014.

[9] 张浩,张有林.我国食品包装材料现状及其安全性分析[J].食品与包装机械,2017,35(6):53-57.

[10] 张竹青.连续高速取袋给袋技术研究[D].无锡:江南大学,2014.

Design and Modal Analysis of Bag-moving Mechanism of Packaging Machine

AI Baosheng,XIA Junyong,CHEN Changxing,SUN Ying,TIAN Yuan

(School of Mechanical Engineering,Hubei Univ. of Tech.,Wuhan 430068,China)

Abstract: Through the research on the bag-moving mechanism of the packaging machine, it is concluded that the traditional packaging machine has the problems of unstable transmission, low synchronization rate and poor fitting effect. The mechanism was virtually modeled, and related connections and kinematic pairs were added to enable it to simulate the movement of the bag, optimize the mechanism according to its simulation effect, and finally import the optimized structure into ANSYS for modal analysis. The analysis results show that The first six-order natural vibration frequency of the mechanism is within a reasonable range and there will be no resonance, so the bag-moving effect can be fully guaranteed.

Keywords: packing machine; bag transfer mechanism; modal analysis

[责任编辑:张 众]