

机械与过程控制

机电集成式开盒机构运动设计与研究

黄旺兴, 张锁怀, 安磊
(上海应用技术大学, 上海 201418)

摘要: **目的** 简化药品包装线开盒机, 提高开盒机的控制精度、运行速度和工作效率, 完成一种机电集成式开盒机构运动设计。**方法** 分析开盒机的工作流程, 设计一种机电集成式开盒机构, 并对各构件进行运动学分析, 建立开盒机构的运动学模型, 确定影响开盒机构运动轨迹的关键参数。利用 SolidWorks 软件及 Adams 软件对该机构进行三维建模和运动仿真, 通过仿真结果与理论分析结果进行比较, 相互校对, 从而验证机构运动的合理性。**结果** 仿真结果与理论分析一致, 运动合理, 机构能够按照设计的轨迹进行开盒。**结论** 该开盒机构吸盒、开盒、放盒动作稳定、可靠, 机构简单, 运行维护便利, 通过伺服电机控制, 有效地提高了开盒机的控制精度、运行速度和工作效率。

关键词: 开盒机构; 运动轨迹; 机电集成

中图分类号: TB486; TH112 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)17-0153-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.17.025

Motion Design and Research of Electromechanical Integrated Box Opener

HUANG Wang-xing, ZHANG Suo-huai, AN Lei
(Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China)

ABSTRACT: The work aims to simplify the box opener of drug packaging machine and improve the box opener's control accuracy, running speed and working efficiency, thus realizing the kinematic design of an electromechanical integrated box opener. The working flow of box opener was analyzed, an electromechanical integrated box opener was designed and the kinematics of each member was analyzed. The kinematic model of the box opener was established to determine the key parameters affecting the motion trajectory of the box opener. Solidworks software and Adams software were used to conduct 3D modeling and motion simulation of the box opener. The simulation results were compared with the theoretical analysis results to verify the motion rationality of the box opener. The simulation results and theoretical analysis were consistent. The motion was reasonable. The box opener could open the box according to the designed trajectory. The box opener sucks, opens and releases the box stably and reliably, the opener is simple, and the operation and maintenance are convenient. Through the control by servo motor, the control accuracy, running speed and working efficiency of box opener are effectively improved.

KEY WORDS: box opener; motion trajectory; electromechanical integrated

随着生活水平的提高, 纸盒包装因其外观雅致、堆放方便逐渐成为主流的包装方式, 纸盒包装不仅应用于药品、保健品领域, 而且还广泛地用于食品、化工、电子等产品的包装^[1-3]。随着机电一体化技术的发展与应用, 为满足生产过程的需要, 包装行业在生产效率、稳定性与可靠性等方面对包装机械的要求越

来越高, 如何实现包装机械的自动化、智能化、高效化和多功能化已成为国内外包装机械研究的主要方向^[4-5]。

开盒机构作为包装机械上的 1 个重要组成部分, 它首先从纸盒料仓将纸盒吸取下来, 在运动的过程中将纸盒拨开, 最后将完全打开的纸盒平稳地放在传送

收稿日期: 2017-12-21

基金项目: 国家自然科学基金 (51475311)

作者简介: 黄旺兴 (1993—), 男, 上海应用技术大学硕士生, 主攻机械制造及其自动化。

通信作者: 张锁怀 (1962—), 男, 博士, 上海应用技术大学教授, 主要研究方向为机械系统动力学、系统仿真等。

带上,供后续装盒工序使用^[6]。国内外,开盒机普遍采用纯机械式凸轮—连杆结构实现取盒、开盒功能,这种机构结构复杂、机构柔性差、控制精度和开盒效率较低^[7-9]。为简化开盒机构,提高开盒机的运行速度和开盒效率以及控制精度,文中提出一种机电复合式开盒机构运动方案。

1 开盒机工作流程

纸盒未打开前处于扁平状态,放置在纸盒料仓中。典型开盒机构工作过程见图1。

1) 吸盒阶段。此阶段吸盘和开盒板从放盒点转动到纸盒料仓位置。吸盘和开盒板绕回转中心转动,两者保持相对静止,当转动到纸盒料仓位置时,真空吸盘从纸盒料仓中吸取出纸盒见图1a。

2) 开盒阶段。吸盘吸出纸盒后,吸盘和开盒板继续绕回转中心转动,在绕回转中心转动过程中开盒板与吸盘发生相对运动,见图1b,开盒板与纸盒平面接触,通过相对运动迫使纸盒面折线转动实现开盒功能,当开盒板与吸盘相对位置达到最大转角时开盒结束,见图1c。

3) 放盒阶段。纸盒被打开后,开盒板开始回程,在到达放盒点之前复位,吸盘与开盒板到达传送带正上方时,真空吸盘停止工作,将打开的纸盒放入传送带卡槽中,见图1d。

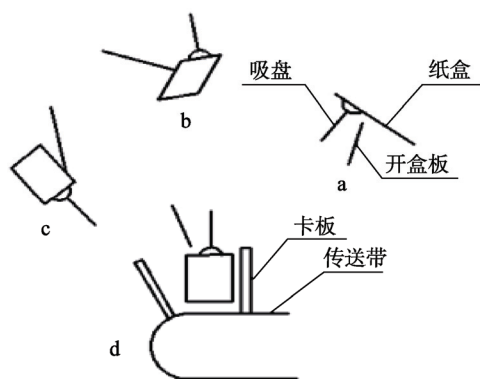


图1 开盒机构工作过程
Fig.1 Working process of box opener

从开盒机构工作流程分析可得,工作过程主要分为取盒—开盒—放盒等3个运动阶段,3个运动过程合理分配在开盒运动周期中。其中吸盒处的工作点在整个开盒运动过程中最为重要,吸盘在吸盒点处吸住纸盒,由于纸盒会受到纸盒料仓上下表面的限制,所以吸盘需将纸盒往下抽拉,使得纸盒与纸盒料仓分离。

在高速开盒的过程中,开盒的动作流程需具备连续性,而且整个开盒运动轨迹需紧凑从而使得开盒机构能平稳运行,在满足开盒运动要求的情况下,开盒运动轨迹可以设计成圆形、正三角形、内摆线轨迹^[10-11]。圆形轨迹运动连续性和稳定性好,但由于纸盒会受到纸盒料仓上下表面的限制,不能很好地将纸盒抽出;正

三角形轨迹3个开盒关键点明显而且运动紧凑,但是吸盒前后角度固定为60°,影响吸盒的时间^[12]。内摆线轨迹吸盘吸取纸盒后有个向下拉的运动趋势,很好地避开了纸盒料仓对纸盒的限制,而且运动轨迹紧凑,吸盒前后的角度可调,综合了圆形轨迹和正三角形轨迹的优点,因此综合考虑将开盒运动轨迹设计为三角内摆线形轨迹^[13-15]。

2 机构组成及原理

机电集成式开盒机是文中在上述机械式开盒工艺的基础上,首次提出的一种新型开盒机,其运动原理见图2。伺服电机M1驱动转盘转动,转盘将带动齿轮Z1和小转盘公转。齿轮Z1通过1个旋转副约束在转盘上,与固定的内齿圈Z0相互啮合,所以齿轮Z1公转得同时将会产生自转,小转盘与齿轮Z1固联,齿轮Z1将带动小转盘做同步运动;齿轮Z3与小转盘套接,可以相对旋转;齿轮Z3、齿轮Z2和转盘组成1个行星传动机构,齿轮Z3做行星运动,电动机M3的底座与齿轮Z3固定连接。齿轮Z5、齿轮Z4与小转盘组成个行星传动机构,齿轮Z5做行星运动,电动机M4的底座与齿轮Z5固定连接。伺服电机M2与伺服电机M3分别驱动齿轮Z2和齿轮Z4,通过相应的电机转速比使得齿轮Z3和齿轮Z5能保持平动,以避免伺服电机M3和伺服电机M4的安装,使其只做平动,避免电缆缠绕。伺服电机M4直接驱动拨盒杆,吸盒杆固接在齿轮Z1上,通过拨盒杆和吸盒杆之间相对运动完成开盒动作。

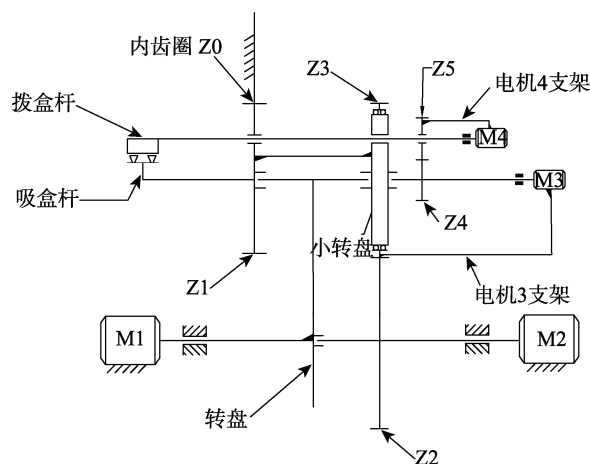


图2 开盒机运动原理
Fig.2 Motion principle of box opener

3 机构运动分析

3.1 吸盒杆

转盘、内齿圈Z0、齿轮Z1组成行星轮系,转盘为行星轮系行星架,转速为 ω_H ,齿轮Z1为行星轮,转速为 ω_1 。设内齿圈Z0、齿轮Z1的齿数分别为 Z_0, Z_1 。

$$\omega_1 = i_{1H} \omega_H = \left(1 - \frac{Z_0}{Z_1} \right) \omega_H \quad (1)$$

转盘由伺服电机 M1 直接驱动，伺服电机 M1 的转速为 ω_{M1} ，转盘转速 $\omega_H = \omega_{M1}$ ，吸盒杆与齿轮 Z1 固联，吸盒杆的转速 $\omega_X = \omega_1$ 。

$$\omega_x = \omega_1 = \left(1 - \frac{Z_0}{Z_1} \right) \omega_{M1} \quad (2)$$

3.2 齿轮 Z2 与 Z3

齿轮 Z3、齿轮 Z2 和转盘组成 1 个行星轮系，转盘为行星架，转速 ω_H ，设齿轮 Z2、齿轮 Z3 转速分别为 ω_2, ω_3 。

在转盘转动的过程中，根据运动原理：

$$\omega_2 = \omega_{M2} \quad (3)$$

$$\frac{\omega_3 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H} = -\frac{Z_2}{Z_3}$$

$$\omega_3 = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_3} \right) \omega_H - \frac{Z_2}{Z_3} \omega_2 = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_3} \right) \omega_{M1} - \frac{Z_2}{Z_3} \omega_{M2}$$

为使得齿轮 Z3 只做平动，齿轮 Z3 的转速应为 0，即： $\omega_3 = 0$ ，可得：

$$\omega_{M2} = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_3} \right) \omega_{M1} \frac{Z_3}{Z_2} = \left(1 + \frac{Z_3}{Z_2} \right) \omega_{M1} \quad (4)$$

3.3 齿轮 Z4 与 Z5

小转盘与齿轮 Z4、Z5 组成行星传动系统，小转盘为系杆，与齿轮 Z1 固联，因此其转速为 ω_1 。设齿圈 Z4、齿轮 Z5 的齿数分别为 Z_4, Z_5 。

$$\omega_4 = \omega_{M3}$$

$$\frac{\omega_5 - \omega_1}{\omega_4 - \omega_1} = -\frac{Z_4}{Z_5}$$

$$\omega_5 = \left(1 + \frac{Z_4}{Z_5} \right) \omega_1 - \frac{Z_4}{Z_5} \omega_4 \quad (5)$$

为使得齿轮 Z5 只做平动，齿轮 Z5 的转速应为 0，即： $\omega_5 = 0$ ，可得：

$$\omega_{M3} = \left(1 + \frac{Z_4}{Z_5} \right) \omega_1 \frac{Z_5}{Z_4} = \left(1 + \frac{Z_5}{Z_4} \right) \omega_1 = \left(1 + \frac{Z_5}{Z_4} \right) \cdot \left(1 - \frac{Z_0}{Z_1} \right) \omega_{M1} \quad (6)$$

3.4 拨盒杆

拨盒杆由电机 M4 直接驱动，其转速为电机 M4 转速 ω_{M4} ，当电机 M4 转速为 0 时，拨盒杆随电机 M4 一起平动。吸盒杆吸取纸盒之前，电机 M4 提供拨盒杆 1 个与吸盒杆保持相对静止的转速，吸取纸盒后，电机 M4 转速随时间发生变化，与吸盒杆形成相对运动，完成开盒。纸盒打开后，电机 M4 将驱动拨盒杆做回程运动，在到达放盒点时拨盒杆复位。

综合上述分析可知，电机 M4 单独控制拨盒杆的转速，根据设计需求配合吸盒杆完成开盒。从式(4)，式(6)可以看出，为了保证电动机 M3 和电动机 M4 的基座保持平动，电动机 M2 和 M3 转速取决于电动机 M1 的转速，并与各个行星传动机构齿轮的齿数有关。其转速比为：

$$\omega_{M1} : \omega_{M2} : \omega_{M3} = 1 : \left(1 + \frac{Z_3}{Z_2} \right) : \left(1 + \frac{Z_5}{Z_4} \right) \cdot \left(1 - \frac{Z_0}{Z_1} \right) \quad (7)$$

4 开盒机运动轨迹分析

纸盒打开是通过拨盒杆与吸盒杆之间的相对运动完成的，综合前述内容可知，拨盒杆是由电机 M4 直接驱动，只要保证电机 M4 驱动拨盒杆转动的角度能达到开盒角度即可，所以拨盒杆的运动轨迹对开盒运动无影响。吸盒杆伴随整个开盒过程，对吸盒杆进行运动轨迹分析，其运动模型见图 3。

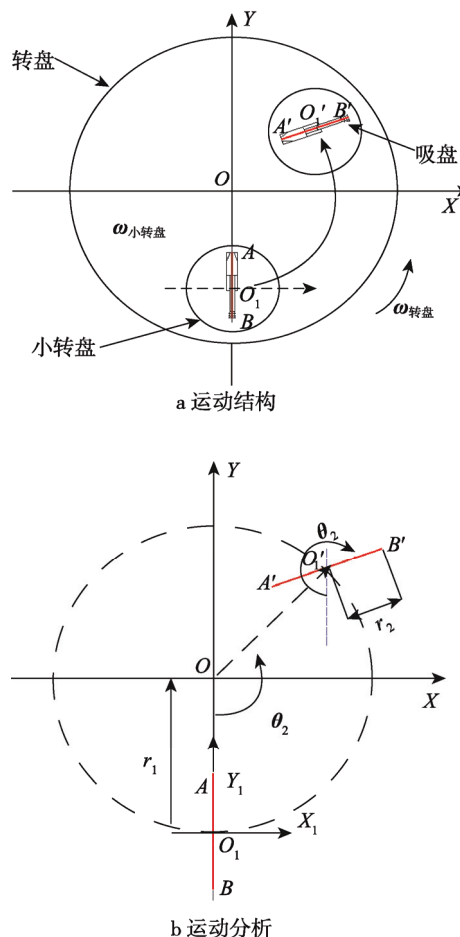


图 3 运动模型
Fig.3 Motion model

以转盘中心为坐标原点建立坐标系 XOY ，以小转盘中心建立坐标系 $X_1O_1Y_1$ ， r_1 为转盘中心到小转盘中心的距离， r_2 为吸盘到小转盘中心的距离， B 点为吸

盘与纸盒接触点。

初始位置时,小转盘中心 O_1 的坐标为 $(0, -r_1)$, 吸盘 B 点的位置为 $(0, -(r_1+r_2))$, 当转盘逆时针旋转 θ_1 角度时, 此时小转盘中心 O_1' 的坐标为:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -r_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \sin\theta_1 \\ -r_1 \cos\theta_1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

在转盘转动的过程中,小转盘公转的同时还会发生自转。当转盘逆时针转动 θ_1 角度时,小转盘顺时针旋转 θ_2 角度,则吸盘 B 点在动坐标系的位置为:

$$\begin{bmatrix} X'_B \\ Y'_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & \sin\theta_2 \\ -\sin\theta_2 & \cos\theta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_2 \sin\theta_2 \\ -r_2 \cos\theta_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

将吸盘的动坐标系变为定坐标系时,吸盘 B 点的位置为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'_B \\ Y'_B \end{bmatrix} \quad (10)$$

由式(8—10)可得:

$$\begin{cases} x = r_1 \sin\theta_1 + r_2 \sin(\theta_1 - \theta_2) \\ y = -r_1 \cos\theta_1 - r_2 \cos(\theta_1 - \theta_2) \end{cases} \quad (11)$$

综合前述内容可得小转盘自转转速 ω_z :

$$\omega_z = \omega_1 - \omega_{M1} = -\frac{Z_0}{Z_1} \omega_{M1} \quad (12)$$

设 $Z_0/Z_1=n, (n=2, 3, 4\dots)$, 则 $\theta_2=n\theta_1$, 齿轮传动比一般并不需要等于整数,但在这里采用整数传动比,是为了满足工位数的要求,即在转盘旋转1周的过程中,吸盒杆有 n 个工位,因此,吸盘 B 点的运动方程为:

$$\begin{cases} x = r_1 \sin\theta_1 + r_2 \sin(1-n)\theta_1 \\ y = -r_1 \cos\theta_1 - r_2 \cos(1-n)\theta_1 \end{cases} \quad (13)$$

从运动方程中可以看出,吸盒杆吸盘 B 点的运动轨迹是关于 θ_1 的函数,轨迹的大小形状由参数 r_1, r_2, n 来确定。 r_1, r_2 将会影响开盒运动轨迹的内摆线弧度的大小,而 n 将会影响运动轨迹的工位。

代入原始设计数据, $r_1=195 \text{ mm}, r_2=85 \text{ mm}$, 当 n 取不同值时,利用 Matlab 软件对上述运动方程进行仿真得到吸盘不同的运动轨迹见图4。

由图4分析可知,当 $n=3$ 时,满足三角内摆线形轨迹,3个开盒关键点明显而且运动轨迹紧凑不会相交,符合设计需要。吸盘 B 点运动轨迹方程为:

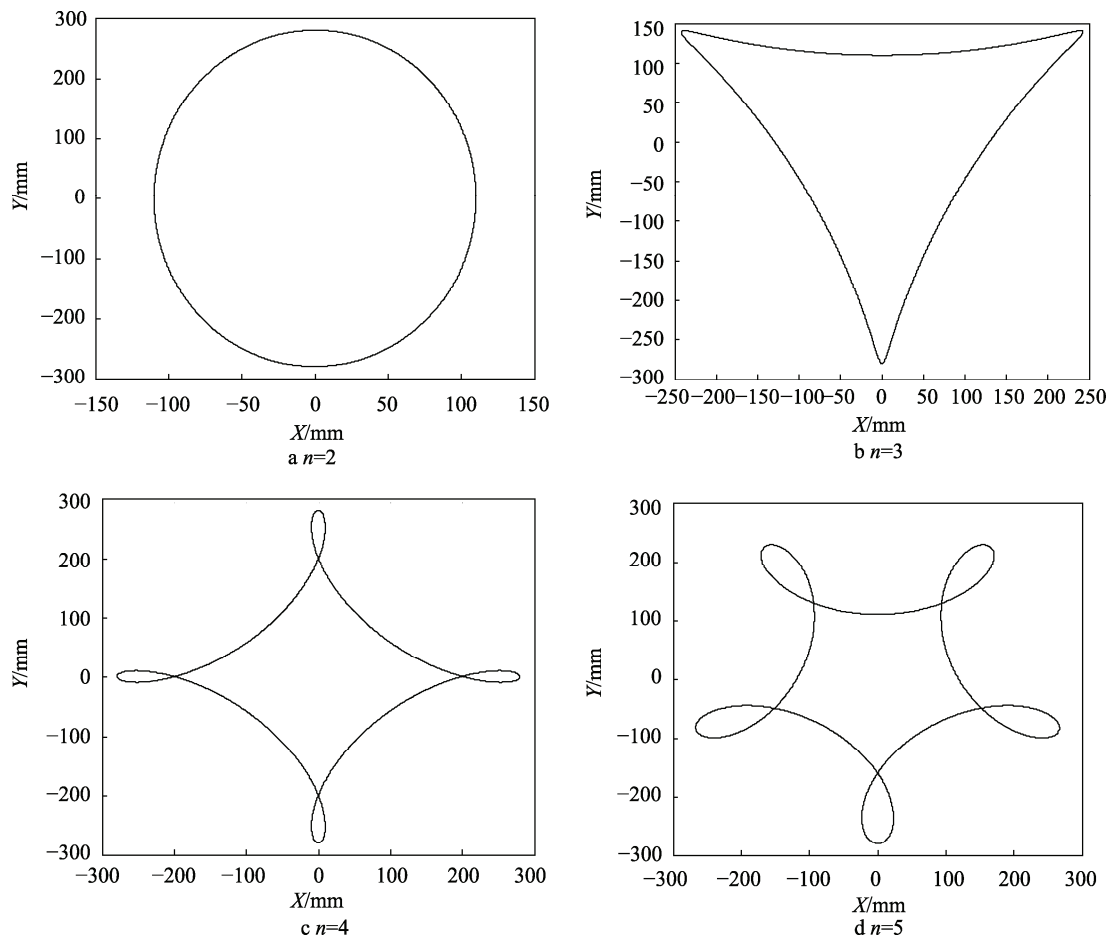


图4 运动轨迹
Fig.4 Motion trajectory

$$\begin{cases} x = r_1 \sin \theta_1 - r_2 \sin(2\theta_1) \\ y = -r_1 \cos \theta_1 - r_2 \cos(2\theta_1) \end{cases} \quad (14)$$

对该运动方程式(13)进行 1 次求导，得到吸盘 B 点的速度 v ：

$$v = \sqrt{X_{B'}'^2 + Y_{B'}'^2} = \sqrt{r_1^2 + 4r_2^2 - 4r_1r_2 \cos(3\theta_1)}$$

对该运动方程式(13)2 次求导，得到吸盘 B 点的加速度 a ：

$$a = \sqrt{X_{B''}''^2 + Y_{B''}''^2} = \sqrt{r_1^2 + 16r_2^2 + 8r_1r_2 \cos(3\theta_1)}$$

当 $\cos 3\theta_1 = 1$ 时，在 $\theta_1 = 0^\circ, 120^\circ, 240^\circ$ 时加速度最大，速度最小。刚好对应开盒过程中，取盒、完成开盒、放盒的 3 个关键点。吸盘的运动方程为连续的三角函数，其速度、加速度也为连续函数，即该机构在理论上能平稳的运行。

5 机构运动仿真分析

利用 SolidWorks 软件对该机构进行三维建模，各齿轮都为模数 $m=2$ 的直齿轮，压力角为 20° ，各齿轮齿数分别为： $Z_0=285, Z_1=95, Z_2=95, Z_3=95, Z_4=37, Z_5=37$ ，转盘中心到小转盘中心的距离 $r_1=295$ mm，吸盘到小转盘中心的距离 $r_2=85$ mm，通过 Adams 对机构的构件材料属性进行设置，其中各齿轮材质设置为钢，吸盒杆和拨盒杆材质设置为铝，设置 $\omega_{M1}=60(^\circ)/s$ ，根据式 (7) 转速比，则 $\omega_{M1}=-120(^\circ)/s, \omega_{M2}=240(^\circ)/s$ 。通过 Adams 运动仿真，得到吸盘仿真运动轨迹图、速度和加速度变化曲线图，各齿轮角速度变化图以及吸盒杆和拨盒杆角速度变化图，见图 5—8。

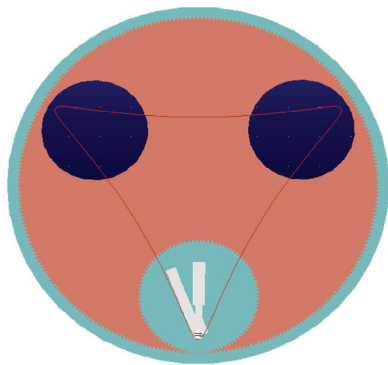


图 5 吸盘 B 点仿真运动轨迹
Fig.5 Simulated motion trajectory of sucker B point

由图 5、图 6 可知仿真结果与理论分析结论一致，吸盘的运动轨迹是准确的，速度、加速度曲线连续平滑，机构开盒运动的过程中不会产生冲击。

电机 M1, M2, M3 转速在式(7)转速比设置下，各齿轮的转速见图 7， $\omega_3=\omega_5=0(^\circ)/s, \omega_1=120(^\circ)/s, \omega_2=-120(^\circ)/s, \omega_4=240(^\circ)/s$ ，仿真转速与理论分析结果一致，从而验证机构运动分析的正确性。

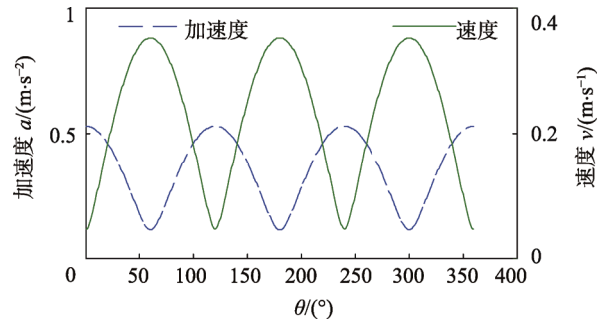


图 6 吸盘 B 点速度和加速度变化曲线
Fig.6 Curve of velocity and acceleration of sucker B point

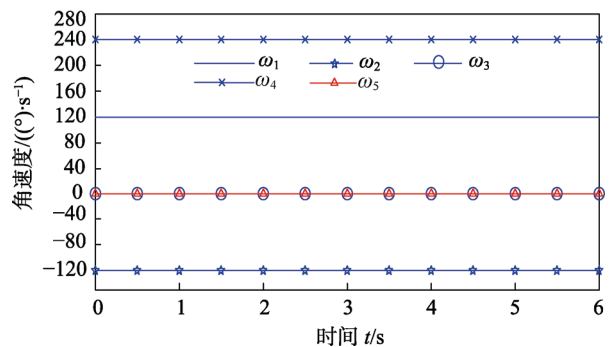


图 7 各齿轮的角速度
Fig.7 Angular velocity of each gear

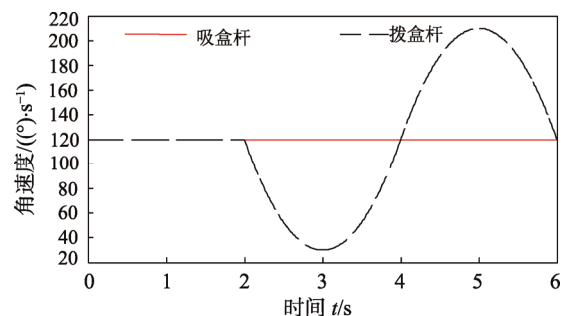


图 8 吸盒杆和拨盒杆角速度的变化
Fig.8 Change in angular velocity of the taking box pole and opening box pole

从图 8 可以看出，在 1 个周期内吸盒杆做匀速圆周运动。吸盒杆吸取纸盒之前，电机 M4 提供拨盒杆 1 个与吸盒杆保持相对静止的转速，吸取纸盒后，电机 M4 的转速随时间发生变化，拨盒杆与吸盒杆之间将会产生相对运动，从而完成开盒动作。完成开盒后，电机 M4 将驱动拨盒杆做回程运动，在到达放盒点时拨盒杆复位。由于拨盒杆角速度变化不是均匀变化，避免不了会产生冲击，为避免角速度突变产生冲击，可以通过对控制开盒杆角速度变化的电机 M4 加以合理的速度分配与控制，从而使得开盒杆的角速度均匀变化而不产生冲击。

6 结语

该开盒机构实现了三角内摆式的运动轨迹，通过

运动建模得到开盒机吸盘的运动方程,并分析得到影响开盒机运动轨迹的关键参数。通过 Solidworks 及 Adams 软件对开盒机进行 3 维建模和运动仿真,确定了机构运动的合理性,通过仿真运动轨迹及速度、加速度变化曲线和拨盒杆与吸盒杆角位移变化曲线分析确定了机构运行过程中的稳定性以及实现开盒动作的可行性。开盒机上运用伺服电机控制其开盒运动,大大简化开盒机构,运行维护便利,更重要的是有效地提高开盒机控制精度、运行速度和工作效率。

参考文献:

- [1] 3AlliedFled 技术公司. 软包装必将大显身手[J]. 现代包装, 2007(9): 36—37.
3AlliedFled Technology Company. Soft Packing will Certainly Show off[J]. Modern Packaging, 2007(9): 36—37.
- [2] 刘恒珍, 吴秀梅. 全自动装盒机泡罩下料机构的设计[J]. 包装工程, 2008, 29(4): 12—14.
LIU Heng-zhen, WU Xiu-mei. Design for Loading Device of Automatic Blister Cartoner[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 12—14.
- [3] 李杰. 硬盒包装机封口机构设计[D]. 西安: 陕西科技大学, 2011.
LI Jie. Sealing Structure Design for Hard Box Packing Machine[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2011.
- [4] 梁存仙. 电子凸轮技术在包装机械中的应用[D]. 山东: 山东科技大学, 2014.
LIANG Cun-xian. Application Research of Electronic Cam[D]. Shandong: Shandong University of Science and Technology, 2014.
- [5] MI Jin-tai, MENG Yong-gang. Numerical Analyses of Hydrodynamic Lubrication and Dynamics of the Rolling Piston and Crankshaft in a Rotary Compressor[J]. Tribology Transactions, 2014(6): 1136—1147.
- [6] 李龙, 曹巨江, 田晓鸿. 行星轮式取盒机构的研究与分析[J]. 机械传动, 2011, 35(12): 60—62.
LI Long, CAO Ju-jiang, TIAN Xiao-hong. Research and Analysis of Planet Gear Style Box Taking Mechanism[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2011, 35(12): 60—62.
- [7] 董伟, 李克天, 李启定. 自动装盒机推料机构设计与仿真[J]. 包装工程, 2015, 36(19): 89—92.
DONG Wei, LI Ke-tian, LI Qi-ding. Designing and Simulation of Pusher Mechanism for Automatic Cartoning Machine[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(19): 89—92.
- [8] 曾克俭, 刘玉生, 李光. 组合推料机构的优化设计[J]. 机械设计与制造, 2000(2): 17—18.
ZENG Ke-jian, LIU Yu-sheng, LI Guang. Optimum Design of the Combination Pusher Mechanism[J]. Machinery Design & Manufacture, 2000(2): 17—18.
- [9] 向飞, 李克天, 何卫峰. 自动装盒机推料机构凸轮的设计及运动仿真[J]. 制造业自动化, 2014(10): 137—139.
XIANG Fei, LI Ke-tian, HE Wei-feng. Design and Kinematic Simulation of Pusher Mechanism in Automatic Cartoning Machine[J]. Manufacturing Automation, 2014(10): 137—139.
- [10] 李龙, 田晓鸿, 曹巨江. 高速取盒机构运动轨迹设计与研究[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(3): 28—30.
LI Long, TIAN Xiao-hong, CAO Ju-jiang. Design and Research of Motion Path for High-speed Box-taking Mechanism[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(3): 28—30.
- [11] 王洪欣, 段雄. 行星轮点轨迹的图形特征与应用研究[J]. 设计与研究, 2005, 32(7): 24—25.
WANG Hong-xin, DUAN Xiong. Figure Feature and Application Research of Point Locus on Planetary Gear[J]. Design and Research, 2005, 32(7): 24—25.
- [12] 王宏祥, 赵凯凤, 王仁蛟. 药品纸盒包装机取盒机构优化设计[J]. 机械设计与制造, 2015(5): 69—71.
WANG Hong-xiang, ZHAO Kai-feng, WANG Ren-jiao. Optimum Design of Box-taking Mechanism for Medicine Cartoning Machine[J]. Machinery Design & Manufacture, 2015(5): 69—71.
- [13] 白海清, 彭玉海, 戴俊平. 新型三尖摆线泵及其结构研究[J]. 机械设计, 2006, 23(6): 16—18.
BAI Hai-qing, PENG Yu-hai, DAI Jun-ping. Research on the New Type Three-pointed Cycloidal Pump and Its Structure[J]. Machinery Design, 2006, 23(6): 16—18.
- [14] 张朱青, 陆佳平. 实现旋轮线轨迹的取袋机构设计和参数分析[J]. 机械设计, 2015, 32(3): 82—85.
ZHANG Zhu-qing, LU Jia-ping. Mechanism Design and Parameter Optimization for High-speed Bagtaking Device with Cycloid Trajectory[J]. Machinery Design, 2015, 32(3): 82—85.
- [15] 陈莹, 陆佳平, 陈永清, 等. 自动装袋机连续供袋运动轨迹的分析[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 92—95.
CHEN Ying, LU Jia-ping, CHEN Yong-qing, et al. Transportation Trajectory of Continuous Filling Machine for Supplying Bags[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 92—95.