

药品纸盒包装机取盒机构优化设计

王宏祥¹ 赵凯凤¹ 王仁蛟²

(1.辽宁工业大学 机械工程与自动化学院 辽宁 锦州 121001 2.辽宁春光包装机械有限公司 辽宁 锦州 121001)

摘要:为了解决高速包装机取盒机构存在掉盒漏吸问题,对取盒机构进行结构优化与动态设计。通过对取盒工艺及取盒机构工作原理分析,建立机构运动规律的数学模型,利用 Matlab 软件以轨迹面积为目标进行优化设计,确定影响取盒运动轨迹的关键参数,利用 Solidworks 软件对机构进行了三维建模及运动仿真,通过对速度与加速度的分析确定了机构的稳定性。分析了不同结构参数对取盒可靠性的影响,确定了机构关键参数的最优值,完成了取盒机构的结构设计。

关键词:包装机;取盒机构;优化设计;行星轮系

中图分类号:TH16 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3997(2015)05-0069-03

The Optimum Design of Box-Taking Mechanism for Medicine Cartoning Machine

WANG Hong-xiang¹, ZHAO Kai-feng¹, WANG Ren-jiao²

(1.Liaoning University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Automation, Liaoning Jinzhou 121001, China;

2.Liaoning Spring Packaging Machinery Company, Liaoning Jinzhou 121001, China)

Abstract: In order to solve the problem of dropping boxes about the high-speed medicine cartoning machine, it does structural optimization and dynamic design for the Box-taking mechanism. It establishes the mathematical model of the mechanism motion by analyzing the principle and structure of the box-taking mechanism. It uses Matlab software to calculate the impact parameter and Solidworks software to model three-dimensional of the entire mechanism after finishing all the designation calculation, and then assembles all the parts and simulations them. It determines the stability by analyzing the velocity and analyzes the different parameters' influence on reliability. Finally, completes the design of the box-taking mechanism by determining the optimum parameters.

Key Words: Cartoning Machine; Box-Taking Mechanism; Optimal Design; Planetary Gear

1 引言

随着科学技术的不断发展,对食品药品包装技术和设备都提出了新的要求。我国制药行业的不断发展和强大,药品种类数目的不断增多,对药品包装的要求也不断地增强,特别是对药品装盒机的要求也不断提高,各种多功能全自动装盒机也开始逐步进入各制药企业中使用^[1]。自动装盒机是将药瓶、药板、药膏和说明书等自动装入折叠纸盒中,并完成盖盒动作^[2]。目前国内的自动装盒机与国外相比在技术方面还有一定的差距,从运行速度看也仅仅处于中高速阶段。国外包装机械产量稳定增长,产品门类齐全,品种繁多,并且生产自成体系,向专业化发展。例如瑞典的 TETRAPAK 公司的无菌包装机、美国 ANCELUS 公司的封罐机^[3]。英国伯恩茅斯大学的梵克特旭·N·杜贝和英国伦敦大学的戴建生共同设计了一种用于折叠复杂集合形状的多功能包装机械系统。对于说明的折叠系统可配置性高但关键制约因素在于取盒模块。取盒机构是装盒机上一个重要的部件,它需要完成吸盒-撑盒-放盒三个动作,将折叠纸盒撑

开并送到下一工位。目前,当高速运行时,取盒机构会出现掉盒及漏吸的现象,是装盒机的“瓶颈”。针对这个问题,对机构进行分析、优化,确定最佳设计参数,为取盒机构设计提供依据。

2 取盒工艺流程及装置设计

2.1 取盒动作流程分析

取盒机构动作分三部分:吸盒—撑盒—放盒。一些装盒机将这三个工位布置在一条直线上,使得整个机型占用空间过大,且效率过低。为减少空间,采用将三工位布置在同一圆线上,如图1所示。工艺流程:旋转的真空吸盘从供盒架位置吸住纸盒表面并将纸盒取出,逆时针旋转120°后,到撑盒位置,固定吸盘吸气使纸盒打开,当吸盘继续旋转120°到达正下方时,吸盘与外界通气,释放纸盒,纸盒落到传送链上。这样既可以减少占用空间,还能提高取盒效率。

2.2 取盒轨迹

整个取盒过程中最重要的动作就是吸盒,吸盘在接触到纸

来稿日期:2014-10-22

作者简介:王宏祥(1966-)男,辽宁兴城人,硕士,教授,主要研究方向:机械动态设计与机械振动

盒表面后 会有一个挤压的过程来确保吸盘可以稳稳的将纸盒吸住^[4]。但由于供盒架对纸盒的上下两侧都有限制 因此吸盘吸住纸盒后应将其向下拉动以脱离供盒架的束缚 这就需要吸盘在拉盒时形成一个避让供盒架的轨迹。高速装盒机自动取盒机构的运动轨迹必须是连续的 而且为了增加机构的稳定性 整个运动轨迹也要紧凑。通过对取盒动作的分析可知轨迹必须有三个工位 且三工位位于同一圆周上 这样可供选择的轨迹就有圆形轨迹 等边三角形轨迹及三角内摆线轨迹 但圆形轨迹不能克服供盒架的限制 而等边三角形轨迹的 60°不能调节影响了吸盒时间 综合考虑最优的轨迹为三尖瓣式的内摆线轨迹^[5-7](可通过行星轮系运动的轨迹来实现)。这样可以克服吸盒时供盒架的限制 整个结构也非常紧凑 更重要的是吸盒前后的角度是可以调节圆弧的半径进行改变 从而确定影响取盒质量的关键参数。

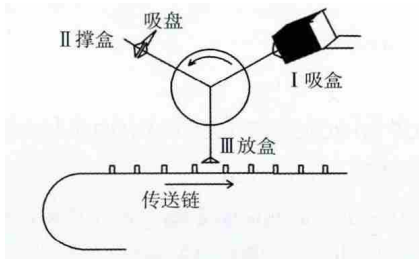
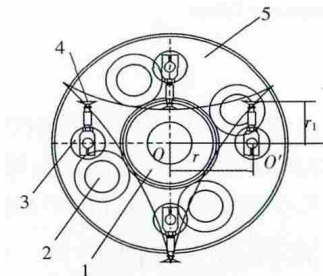


图 1 取盒动作流程
Fig.1 The Process of Taking a Box

2.3 装置原理分析及设计

行星轮系取盒装置系统原理 如图 2 所示。太阳轮 1 与行星介轮 2 啮合 行星介轮 2 与行星轮 3 啮合 形成行星轮系 行星介轮 2 和行星轮 3 安装在旋转盘 5 上 当旋转盘逆时针转动时 行星介轮 2 与行星轮 3 进行公转的同时进行自转。真空吸盘 4 固定在行星轮上 所以吸盘既公转也进行自转。公转可以完成圆周运动而自转可以让吸盘在指定的工位上完成指定的动作。



1.太阳轮 2.行星介轮 3.行星轮 4.真空吸盘 5.旋转盘
图 2 取盒装置原理图

Fig.2 The Schematic Diagram of Box-Taking Mechanism

3 取盒机构建模分析

针对图 2 所显示的取盒装置对其进行数学建模 如图 3 所示 以太阳轮的中心为坐标原点建立坐标系 XOY 以行星轮的中心为原点建立动坐标系 X'O'Y' 其中 r 为太阳轮中心到行星轮中心的距离 r₁ 为吸盘细杆的长度^[8]。

原始位置时 吸盘细杆与 XOY 坐标系的原点处在同一条直线上(与水平线成 30°) ρ' 与吸盘的位置用矢量表示:

$$\begin{cases} \left(r \cos \frac{\pi}{6} \quad r \sin \frac{\pi}{6} \right)^T \\ \left((r+r_1) \cos \frac{\pi}{6} \quad (r+r_1) \sin \frac{\pi}{6} \right)^T \end{cases} \quad (1)$$

当旋转盘逆时针转过 θ 时 吸盘顺时针转过 φ ρ' 与吸盘的位置表示:

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \cos \frac{\pi}{6} \\ r \sin \frac{\pi}{6} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} (r+r_1) \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \\ (r+r_1) \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \end{bmatrix} \end{cases} \quad (2)$$

吸盘在动坐标系中的位置:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \\ r_1 \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} - \varphi \right) \\ r_1 \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} - \varphi \right) \end{bmatrix} \quad (3)$$

将其转化到定坐标系中:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \\ r \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} - \varphi \right) \\ r \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} - \varphi \right) \end{bmatrix} \quad (4)$$

最终化简得:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) + r_1 \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} - \varphi \right) \\ r \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) + r_1 \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} - \varphi \right) \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中 太阳轮齿数与行星轮齿数为 3:1 因此转过角度 φ=3θ 将其带入上面公式最终得到吸盘的运动轨迹方程:

$$\begin{cases} x = r \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) + r_1 \cos \left(\frac{\pi}{6} - 2\theta \right) \\ y = r \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) + r_1 \sin \left(\frac{\pi}{6} - 2\theta \right) \end{cases} \quad (6)$$

由方程可知吸头运动形成的轨迹是关于 θ 的函数 轨迹的大小形状由参数 r 和 r₁ 决定 是形成摆线轨迹的关键参数。

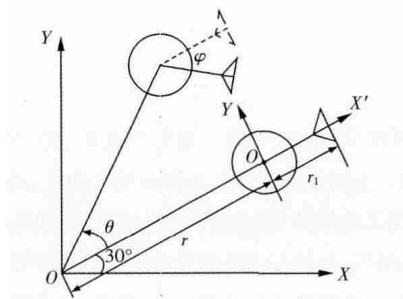


图 3 坐标系建立

Fig.3 Establish the Coordinate System

4 机构优化计算及仿真分析

根据某现有机型的参数值在 Matlab 中绘制轨迹图 如图 4 所示。轨迹经放大后可发现尖角处有交叉现象 虽然整个过程也是连续的 但在电机高速旋转时 吸盒处容易造成滑移现象 既在吸盘与纸盒表面接触时 会沿其表面移动一定距离 而传感器在吸盘与纸盒接触的瞬间就传出信号开始吸气 吸盘在移动的过程中会出现漏气的现象 这样就造成吸盘吸附力度不够 纸盒掉落的现象。如果运动轨迹的尖角处过于圆滑也容易造成空吸的现象。所以最优的运动轨迹即为尖角处可以无限逼近但不能相交。

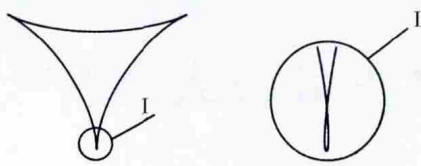


图4 取盒机构运动轨迹
Fig.4 The Trajectory of Box-Taking Mechanism

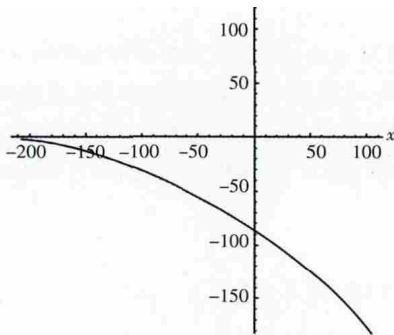


图5 曲线坐标
Fig.5 The Curvilinear Coordinates

因此可以以面积为目标函数进行优化计算^[9]。将图2所显示的轨迹以整体逆时针旋转30°后,取 $(\frac{5}{6}\pi, \frac{3}{2}\pi)$ 区域的运行轨迹进行分析,如图5所示。面积 $s=xy$ 进行积分计算,约束条件: $X=r\cos(\theta+\frac{\pi}{6})+r_1\cos(\frac{\pi}{6}-2\theta)<0$,同时满足 $r\geq 142, r_1<75$,运行 Mathematica 软件进行面积最优化得到最优数值组,其运动轨迹,如图6所示。

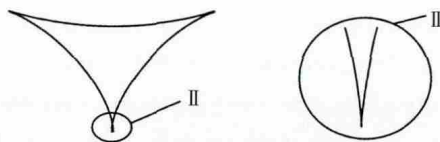


图6 最优值运动轨迹
Fig.6 The Optimal Value Trajectory

随着 r 取值的增大,所得内摆线轨迹的尖点渐渐圆滑,只改变 r_1 时,所得轨迹尖点有交叉现象,由此可知 r 与 r_1 会有一组最优的组合值。

运用 Solidworks 对取盒机构进行三维建模^[10],该机构的转速设为 80r/min,因该机构共有四个吸盘,所以取盒效率可达到 320 盒/min。运用 Solidworks Motion 插件得到吸盘运动的速度曲线与加速度曲线,如图7所示。从仿真的运动过程看,运动轨迹为三尖瓣的内摆线,且尖点处没有相交的现象,由速度曲线分析可知,机构运行速度均匀,在关键工位处速度没有跳跃运行平稳;从加速度曲线来看,整个运动过程加速度曲线变化符合摆线的运动规律,没有突变点,完全符合设计要求也说明了曲线设计的合理性,证明了 r 与 r_1 的这组取值可以使机构平稳运行,不会存在冲击现象。

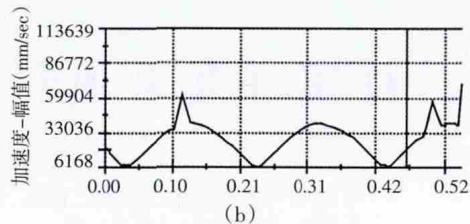
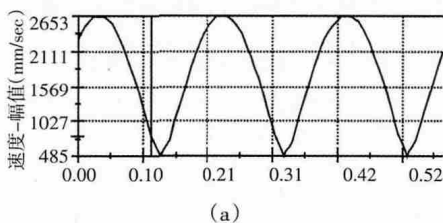


图7 速度与加速度曲线
Fig.7 The Curve of Velocity and Acceleration

5 总结

取盒机构最优运动轨迹为三尖瓣式的内摆线,根据轨迹图形建立了数学模型,分析得到了影响轨迹的关键参数。利用 Mathematica 软件进行了面积最优化得到了关键参数最优值。利用 Solidworks 软件对整个机构的零件进行三维建模、装配并仿真,确定了机构的合理性,最后用 Motion 插件对机构进行运动学仿真得到运动轨迹曲线,利用速度曲线和加速度曲线确定了机构的运动稳定性。

参考文献

- [1] 田耀华.药品装盒机的基本要求和前景[J].机电信息,2005(12):36-38.
(Tian Yao-hua.The basic requirement and development prospects of pharmaceutical cartoning [J].Mechanical and Electrical Information 2005 (12) 36-38.)
- [2] 陈靖菲,钱炜,熊磊.间歇式药瓶自动装盒机的设计[J].包装与食品机械,2009,27(6):5-7.
(Chen Jing-fei, Qian Wei, Xiong Lei.Design of an automatic intermittent motion bottle machine [J].Packaging and Food Machinery 2009 27(6):5-7.)
- [3] 周卫江.纸盒包装机的结构设计和分析[D].杭州:浙江工业大学,2011.
(Zhou Wei-jiang.The mechanical design and analyze of the carton packing machinery[D].Hangzhou Zhejiang University of Technology, 2011.)
- [4] 陈闽.自动装盒机纸盒打开机构运动方案设计与分析[J].机械传动,2010,34(6):76-78.
(Chen Min.Design and analysis of the box-open mechanism in the automatic cartoner[J].Mechanical Drive 2010 34(6):76-78.)
- [5] 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.)
- [6] 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.The new three tip cycloid pump and structure[J].Journal of Machine Design 2006 23(6):16-18.)
- [7] 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.)
- [8] 杨绍绪.利用运动坐标系求摆线的参数方程[J].中学教学,1984(13):35-37.
(Yang Shao-xu.To get the parametric equation of cycloid by the sport coordinate system[J].The Middle School Teaching, 1984(13):35-37.)
- [9] 黄大明,杨春兰,蒋顺梅.基于 MATLAB 的破碎机动力学参数优化设计[J].机械设计与制造,2012(3):28-30.
(Huang Da-ming, Yang Chun-lan, Jiang Shun-ming.Optimal design of the dynamical parameter of the crusher based on MATLAB [J].Machinery Design & Manufacture 2012(3):28-30.)
- [10] 边巍.连续式药瓶装盒机结构优化设计[J].机电技术,2013(6):10-12.
(Bian Wei.The optimum design of box-taking mechanism for medicine cartoning machine [J].Mechanical & Electrical Technology 2013(6):10-12.)