

纸杯机卷封凸轮机构参数化设计与运动仿真

王莹

(河北联合大学, 唐山 063009)

摘要:以机械机构的参数化设计为启示,论述了全自动纸杯成型机卷封机构的工作原理,分析了卷封凸轮机构的运动规律。在此基础上,提出了利用 ADAMS 的参数化功能,对纸杯机卷封凸轮机构进行了参数化设计,以达到设计过程简单化,同时也对基于 ADAMS 的纸杯机卷封凸轮机构进行了运动仿真。

关键词: ADAMS; 机构; 参数化; 运动; 仿真

中图分类号: TB486⁺.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0073-03

Operation Seaming Cam Mechanism of Paper Glass Machine Parametric Design and Movement Simulation

WANG Ying

(Hebei United University, Tangshan 063009, China)

Abstract: The operating principle of seaming mechanism of automatic paper cup machine was introduced and the motion law of the cam mechanism was analyzed. The application of ADAMS parametric function was put forward to carry out parametric design of seaming mechanism of automatic paper cup machine. This method simplified the design process. The simulation three-dimension movement of operation seaming cam mechanism was introduced.

Key words: ADAMS; mechanism; parameter; movement; simulation

全自动纸杯成型机主要由杯身成型机构、杯底成型机构、滚花、压边机构和成型杯顶出机构等几部分组成,其动作均由典型的四连杆机构(曲柄、摇杆机构)、链传动机构、凸轮机构、机械气动机构等完成^[1-2]。纸杯机卷封凸轮机构是全自动纸杯成型机杯身系统中一个非常重要的机构,运动轨迹直接影响到纸杯成型质量^[2]。传统的凸轮设计主要是图解法和解析法,图解法简单、直观,但是精度较差;解析法虽然解决了凸轮精度问题,但要得到完整的凸轮轮廓需要编制复杂的程序^[3]。笔者借助美国 MDI 公司开发的机械系统动力学仿真分析软件 ADAMS,对卷封凸轮机构进行参数化建模,并对其进行了运动仿真,以满足纸杯机的设计要求。

1 卷封机构的工作原理及工艺过程

全自动纸杯成型机是一种多工位全自动机械,通

过自动送纸、杯身成型、纵缝封合、杯底成型、杯底内壁滚花、杯口成型等工序,完成纸杯的制作过程,其中卷封机构主要是将供纸机构送来的纸先进行卷曲成型,然后进行热封,工作原理见图 1。杆 1 与杆 3 连接

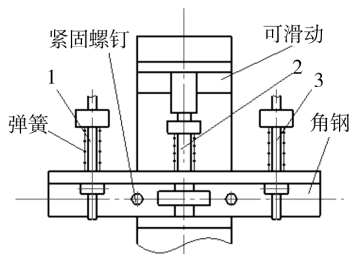


图 1 卷封机构示意

Fig. 1 Schematic of operation seaming mechanism

着抱合器,杆 2 连接着托板,起到固定纸的作用,以便于卷封。当凸轮在推动过程中,滑块整体向上移动,由于角钢通过紧固螺钉与滑块相连,也将向上移动,

收稿日期: 2011-06-08

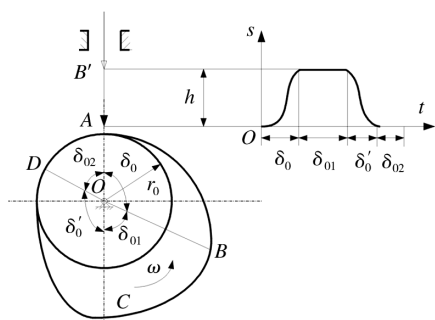
作者简介: 王莹(1981—),女,河北唐山人,硕士,河北联合大学讲师,主要从事包装机械及包装工程专业的教学科研工作。

因此将给弹簧一个向上的力,在弹簧力的作用下,3个杆也将向上运动;杆2先运动到顶部,将送过来的纸卡住,但此时从动件仍然在推动过程中,滑块将继续上移,而杆2将停止不动,杆1和杆3在弹簧力的作用下继续上移,直到将纸卷曲完毕,进行热封;之后杆1和杆3将下移,即从动件开始进入回程运动中,但杆2仍停止不动,随后在弹簧的作用下杆2才开始下降,这样就完成一个工作循环,即一个纸杯的卷封。

2 卷封机构凸轮轮廓曲线设计

2.1 凸轮参数

根据全自动纸杯机的卷封凸轮机构特点和所要实现的运动,可知该凸轮机构从动件的运动规律:推一回一停^[2]。凸轮机构的参数见图2^[4-5],其基本参



δ_0 —推程运动角; δ_{01} —远休止角; δ_0' —回程运动角; δ_{02} —近休止角;
 h —行程; r_0 —基圆半径

图2 凸轮机构的参数

Fig. 2 The parameter of cam mechanism

数如下:凸轮基圆半径 $r_0 = 70$ mm;滚子半径 $r_r = 10$ mm。在凸轮转过角 $\delta_0 = 120^\circ$ 的过程中,推杆按正弦加速度规律上升 $h = 50$ mm 对纸进行卷封;凸轮再回转角度 $\delta_0' = 120^\circ$ 时,推杆又按正弦加速度运动规律下降至起始位置,完成杯身的卷曲成型;凸轮转过一周的其余角度时,推杆保持静止不动。即: $\delta_{01} = 0^\circ$, $\delta_{02} = 120^\circ$ 。

2.2 凸轮轮廓曲线计算

由纸杯机的工作原理,可知该卷封凸轮机构是一个低速轻载的机构,它的速度是 40 r/min,为正弦加速度运动^[4-6]。

根据正弦加速度运动规律,其推程时的运动方程为^[4]:

$$\begin{cases} s = h[(\delta/\delta_0) - \sin(2\pi\delta/\delta_0)/2\pi] \\ v = h\omega[1 - \cos(2\pi\delta/\delta_0)]/\delta_0 \\ a = 2\pi h\omega^2 \sin(2\pi\delta/\delta_0)/\delta_0^2 \end{cases} \quad (1)$$

回程时的运动方程为:

$$\begin{cases} s = h[1 - (\delta/\delta_0') + \sin(2\pi\delta/\delta_0')/2\pi] \\ v = h\omega[\cos(2\pi\delta/\delta_0') - 1]/\delta_0' \\ a = -2\pi h\omega^2 \sin(2\pi\delta/\delta_0')/\delta_0'^2 \end{cases} \quad (2)$$

静止时: $s=0$; $v=0$; $a=0$ 。

3 卷封机构凸轮参数化设计

3.1 凸轮设计

进入 ADAMS/View,设置工作环境^[7-8]:在重力名称(Gravity)栏中选择"Earth Normal (-Global Y)";在单位名称(Units)栏中选择"MMKS - mm, kg, N, s, deg"。

为方便设计凸轮轮廓曲线,先创建2个球形观察点,位置分别在原点(0,0,0)和点(0,70,0),因为凸轮基圆半径 $r_0 = 70$ mm;然后添加合适的约束和驱动,原点处的球体是相对机架的旋转副和旋转驱动,点(0,70,0)处的球体添加相对于原点处球体的移动副和移动驱动,见图3。

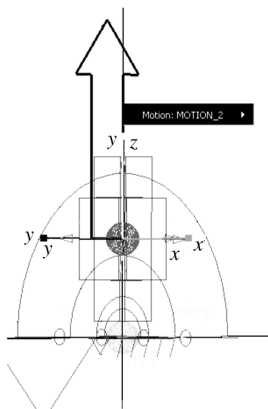


图3 添加约束和驱动

Fig. 3 The addition of constraint and motion

利用升程表创建凸轮机构,使用 ADAMS 的 IF 函数功能,具体步骤是将图3中移动驱动 MOTION_2 进行修改,在 Function Builder 对话框输入以下函数:IF(time-1/3:50*(3*time-1/(2*pi))*sin(3*2*pi*time)), 50, IF(time-2/3:50*(2-3*time+1/(2*pi))*sin(3*2*pi*time)), 0, 0));然后仿真,利用 Review 下拉菜单中的 Create Trace

Spline 命令,生成凸轮的轨迹曲线,见图 4;最后拉伸出凸轮实体。

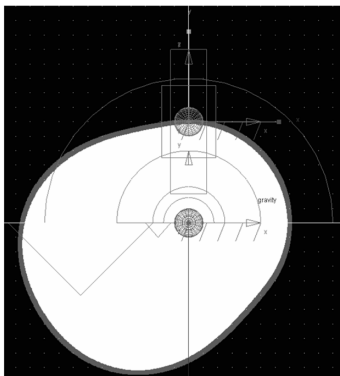


图 4 凸轮轮廓曲线

Fig. 4 Profile curve of cam mechanism

3.2 其他部件设计

卷封凸轮机构是由凸轮体、直动从动件、机架以及附属装置组成的,删除前步创建的 2 个球形观察点,根据滚子半径创建滚子。直动从动件的设计也是采用参数化方式,其长度和形状都可以根据卷封机构实际情况设置。

3.3 添加约束与驱动

为了使机构完成特定的动作,要选择正确的虚拟约束与驱动方式,首先在建好的凸轮与滚子之间创建凸轮连接,在滚子和从动件之间建立销钉连接;然后在凸轮驱动位置添加转动驱动,转速为 $240 (^{\circ})/\text{s}$ 即 40 r/min ;最后得卷封凸轮机构仿真模型,见图 5。

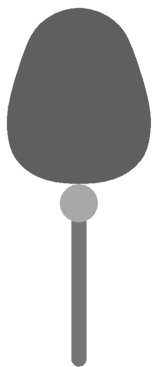


图 5 卷封凸轮机构仿真模型

Fig. 5 The simulation model of operation seaming cam mechanism

4 卷封机构凸轮运动仿真

ADAMS 软件是美国 MDI 公司开发的机械系统

动力学仿真分析软件,在机构运动分析中,可以选择机构中关键的运动对象来加以分析,看其运动是否符合设计要求^[8]。设计的纸杯机卷封凸轮机构,从动件的位移和速度曲线见图 6,其中:实线表示为凸轮从

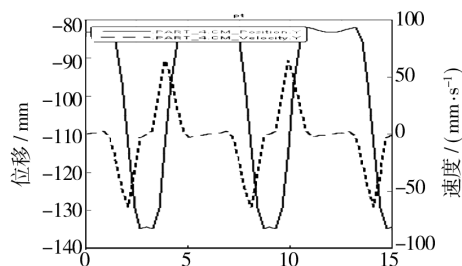


图 6 凸轮从动件的位移、速度曲线

Fig. 6 The displacement and velocity curve of driven link

动件的位移曲线;虚线表示为凸轮从动件的速度曲线。

现有卷封机构抱成型器的实测位移曲线见图 7。在 A~B 阶段,抱合器的两翼从最低位置向抱合

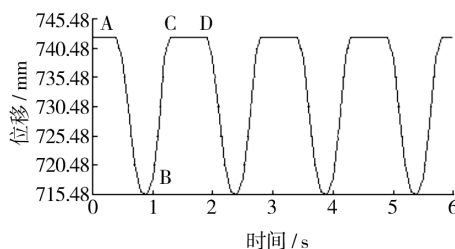


图 7 卷封机构的位移曲线

Fig. 7 Displacement curve of operation seaming mechanism

位置运动;然后抱合器的两翼达到抱合位置,并由凸轮带动逐渐打开,即 B~C 阶段;位移曲线位于最高位置时,凸轮处于休止阶段,抱合器打开至最大位置不动,即 C~D 阶段;每一阶段经历时间均为 0.5 s 。由卷封机构工作原理,抱合器的运动规律应该符合凸轮的设计规律,即推一回一停,对比图 6 和图 7,所建立的卷封凸轮机构的模型是正确的。

5 结语

利用 ADAMS 软件对纸杯机卷封凸轮机构进行参数化设计和运动仿真,可以较好地解决该机构在理

(下转第 101 页)

参考文献:

- [1] 刘锦芳. 数字打样质量控制要点[J]. 印刷杂志, 2005(9): 46—49.
- [2] 李文育, 顾恒, 李和伟. 基于 Best 专业打样系统的数码打样仿真技术[J]. 包装工程, 2006, 27(4): 105—107.
- [3] 许天亮. 六色打印机彩色特性检测与校正技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008.
- [4] 梁静. 基于 Printopen 的数码打样色彩管理实施方案[J]. 包装工程, 2006, 27(5): 118—120.
- [5] 张东林. 分段最小二乘曲线拟合[J]. 沈阳大学学报, 1994(2): 80—83.

- [6] 蔡山, 张洁, 陈洪辉, 等. 基于最小二乘法分段三次曲线拟合方法研究[J]. 科学技术与工程, 2007(3): 352—355.
- [7] 李小东, 陈路, 龚修端. 数字喷墨打印机质量控制分析[J]. 包装工程, 2010, 31(4): 86—88.
- [8] 胡维友. 喷墨数码印刷品网点扩大值和标定网点面积率间关系的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 74—75.
- [9] MARTINEZ W L, MARTINEZ A R. Computational Statistics Handbook with Matlab[K]. Chapman & Hall/CRC, 2002.

(上接第 69 页)

参考文献:

- [1] 李跃进, 樊宁, 李炳贤. 一种新颖连杆机构在包装机械中的应用[J]. 包装工程, 1998, 19(4): 41—43.
- [2] 易启伟. 椭圆齿轮机构及其在包装机械中的应用分析[J]. 包装与食品机械, 1999, 17(4): 23—25.
- [3] 毛中彦. 包装机械中常用间歇转动机构[J]. 机电信息, 2003, 22(58): 25—26.
- [4] 吴若梅, 刘玉生, 谭理刚, 等. 基于反求工程的包装机械机构创新设计[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 35—37.
- [5] 耿武帅, 齐元胜, 王晓华, 等. 平压平模切机驱动机构创

新设计及理论分析[J]. 包装工程, 2011, 32(11): 61—64.

- [6] 杨廷力, 刘安心, 罗玉峰, 等. 机器人机构结构综合方法的基本思想、特点及其发展趋势[J]. 机械工程学报, 2010, 46(9): 1—11.
- [7] 杨廷力. 机械系统基本理论: 结构学—运动学—动力学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [8] 卢开澄, 卢华明. 清华大学出版社图论及其应用[M]. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 1996.

(上接第 75 页)

论分析与设计方法中, 繁琐容易出错的问题; 同时, 首次对凸轮机构从建模到仿真单独利用 ADAMS 软件设计, 省去了从其他三维建模软件(如 Pro/E)导入 ADAMS 软件进行仿真的一些接口问题^[9-10]。此外, ADAMS 带有的强大的函数功能, 可以对不同轮廓曲线的凸轮机构进行设计, 只需要根据从动件的运动规律, 输入已知条件和运动方程, 自动生成凸轮轮廓, 从而得到三维实体模型。在 ADAMS 环境下进行运动仿真, 分析其仿真结果, 如发现问题可以直接对凸轮模型进行改进, 与传统方法相比, 提高了设计效率和质量, 缩短了开发周期。

参考文献:

- [1] 王莹. 纸杯机典型机构的运动分析与仿真[J]. 包装工程, 2006, 27(5): 136—138.
- [2] 孙娜娜. 全自动纸杯成型机机构设计与运动仿真研究

[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2010.

- [3] 崔彦彬. 基于 Pro/E 的凸轮参数化设计及 ADAMS 运动仿真[J]. 机械传动, 2007, 31(5): 56—58.
- [4] 安子军. 机械原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [5] 申永胜. 机械原理教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [6] 石永刚. 凸轮机构设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995.
- [7] 郑建荣. ADAMS——虚拟样机技术入门与提高[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [8] 陈文华. ADAMS2007 机构设计与分析范例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [9] 崔彦彬. 基于 Pro/E 的凸轮参数化设计及 ADAMS 运动仿真[J]. 机械传动, 2007, 31(5): 56—58.
- [10] 刘飞. 基于 Pro/E 和 Adams 的共轭凸轮设计与仿真[J]. 机械研究与应用, 2011(1): 60—62.