

基于 ADAMS 的包裹机推料机构凸轮轮廓曲线设计

刘 静¹, 汪中厚¹, 黄德杰²

(1. 上海理工大学, 上海 200093; 2. 山东科技大学泰安校区, 泰安 271019)

摘要: 针对包裹机推料机构结构复杂和求解凸轮轮廓曲线困难的问题, 提出了采用 ADAMS 设计凸轮轮廓曲线的方法。通过机构分析, 建立了推料机构的虚拟样机模型; 然后进行了推料板的轨迹规划, 通过 ADAMS 的自动动力学和逆动力学解算得到了摆杆的运动曲线, 在此基础上利用反转法和 ADAMS 的 create trace spline 功能, 得到了凸轮的轮廓曲线; 对设计出的凸轮机构进行了正动力学仿真, 通过对推料板的运动轨迹和规划轨迹进行一致性比较, 验证了该方法的可行性。

关键词: 包裹机; 推料机构; 凸轮轮廓; 虚拟样机; ADAMS

中图分类号: TB486⁺.03; TH112.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)13-0014-03

Cam Contour Curve Design of Packaging Machine Pusher Mechanism Based on ADAMS

LIU Jing¹, WANG Zhong-hou¹, HUANG De-jie²

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Tai'an Campus of Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China)

Abstract: A new design method of cam contour curve based on ADAMS was put forward to solve the difficult problem of designing cam contour curve for the complicated structure of packaging machine pusher mechanism. The virtual prototype of the pusher mechanism was built according to mechanism analysis of the pusher. The trajectory of the pusher plate was planned based on the virtual pusher mechanism model and the kinetic curves of two swing stems were obtained through the automatic dynamic and inverse dynamic solving of ADAMS. Then the cam contour curves can be obtained through the rollback method and the create trace spline function of ADAMS. The feasibility of this method was verified through consistence comparison between the planned trajectory and the forward dynamic simulation trajectory.

Key words: packaging machine; pusher mechanism; cam contour; virtual prototype; ADAMS

在自动包裹机中, 根据包装工艺的要求, 执行机构需要按照某种平面曲线轨迹运动, 并且工作行程速度应接近匀速, 以保证推料过程平稳、无冲击。这种机构由于移动副多、结构复杂, 无论用传统的作图方法还是用解析法确定凸轮的轮廓曲线, 都会由于精度低或动力学方程推导过于复杂, 而很难根据执行机构从动件的运动规律精确地描述出凸轮复杂的外形轮廓曲线; 并且即使得到了特定运动轨迹下的凸轮轮廓曲线, 而一旦运动规律改变, 需要重新进行推导设计

凸轮的轮廓曲线, 设计周期长, 工作量大。为此, 提出一种采用多体动力学仿真软件 ADAMS 进行凸轮的轮廓曲线设计的方法, 利用其强大的建模、动力学及逆动力学分析功能, 根据从动件的运动规律, 方便、快速、高精度地设计凸轮轮廓曲线。

1 推料机构虚拟样机建模

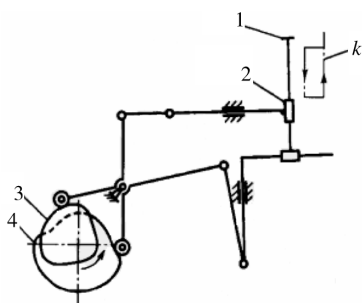
直角坐标型推料机构^[1]由凸轮和连杆机构组合

收稿日期: 2011-04-13

基金项目: 上海市教育委员会重点学科建设项目资助(J50503); 上海市高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金(354103); 上海市第三批本科教育高地建设项目资助(5208304101)

作者简介: 刘静(1977—), 女, 山东聊城人, 工学博士, 上海理工大学讲师, 主要研究方向为虚拟样机技术、CAD/CAE 技术。

而成,见图 1,利用 2 个凸轮 3 和 4 分别驱动推料板完



1—推料板;2—可动滑轨;3,4—凸轮

图 1 2 个凸轮分别驱动的直角坐标型推料机构

Fig. 1 Diagram of Cartesian pusher mechanism actuated respectively by two cams

成水平和垂直 2 个方向的运动,其合成运动轨迹为任意的平面曲线 k ,并且运动速度也可任意给定。

ADAMS 是集建模、求解、可视化技术于一体的虚拟样机分析软件,是目前世界上使用范围最广、最负盛名的机械系统仿真分析软件^[2]。利用该软件可以创建复杂机械系统的虚拟样机,真实地仿真其运动过程,并且可以快速分析和比较多种参数方案,直至获得最优的工作性能,从而大大减少昂贵的物理样机制造费用和实验次数,提高产品设计质量,大幅度缩短产品研制周期和费用^[3-5]。ADAMS 包括多个功能模块,在 ADAMS 的基本 VIEW 模块中,利用其中丰富的建模和约束工具,根据推料机构的相对约束和运动关系,建立了包括 8 个铰接约束和 4 个移动约束的推料机构的虚拟样机模型,见图 2。

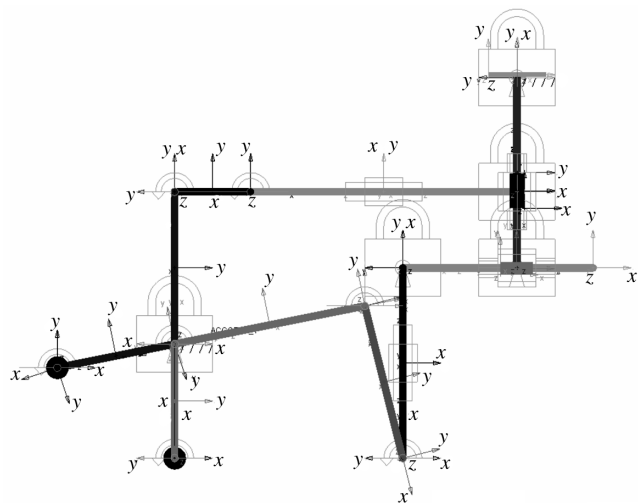


图 2 推料机构虚拟样机模型

Fig. 2 Virtual prototype of pusher mechanism

2 轨迹规划及逆动力学求解

为了求解凸轮轮廓曲线,需要先得到 2 个摆杆的运动曲线,然后根据反转法求得凸轮的轮廓曲线。2 个摆杆的运动曲线是由推料板的运动轨迹决定的,需要在运动轨迹确定后再根据逆动力学求解得到。给定推料板一个任意的运动轨迹,利用 ADAMS 的动力学及逆动力学自动求解功能^[6],可以快速得到摆杆的角位移、角速度或角加速度曲线,作为求解凸轮轮廓曲线的依据。

给推料板一个矩形轨迹曲线。在 ADAMS 编写 MOTION 函数 $\text{if}(\text{time}-100:0,-0.6,\text{if}(\text{time}-160:-0.6,-0.6,\text{if}(\text{time}-260:0,0.6,\text{if}(\text{time}-320:0.6,0,0))))$ 和 $\text{if}(\text{time}-100:0.6,0,\text{if}(\text{time}-160:0,-0.6,\text{if}(\text{time}-260:-0.6,0,0)))$,使得推料板以匀速走出矩形轨迹,推料板走过的 x 和 y 方向的运动位移和速度曲线见图 3。

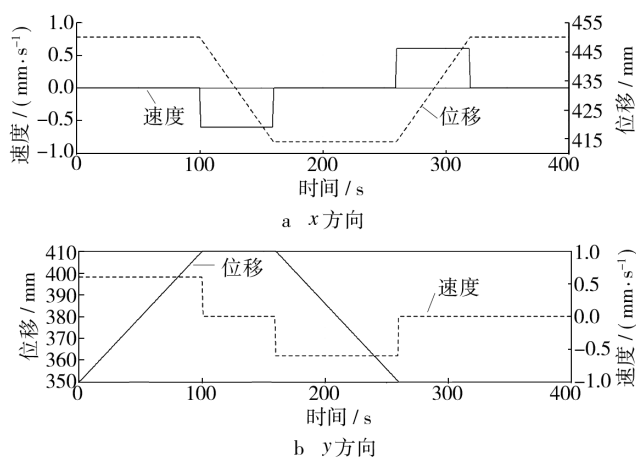


图 3 推料板的 x, y 方向运动曲线

Fig. 3 x and y axial motion curves of pusher plate

推料板走过的轨迹见图 4。

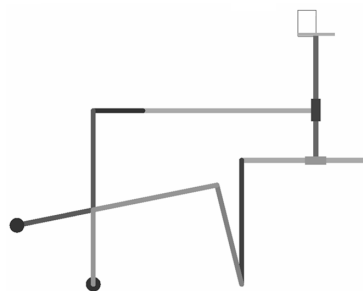


图 4 推料板的路径轨迹

Fig. 4 Trajectory of pusher plate

通过 ADAMS 的逆动力学求解,可以得到 2 个摆杆的角位移曲线,见图 5。

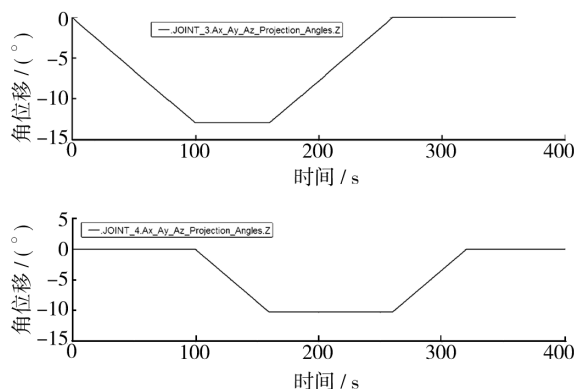


图 5 2 个摆杆的角位移曲线

Fig. 5 Angular displacement of two swing stems

3 凸轮轮廓曲线创建

在 ADAMS 中求解凸轮轮廓曲线,根据反转法^[7]得到,凸轮不动,摆杆以预定轨迹运动,摆杆端部的滚子中心走过的轨迹就是凸轮的理论轮廓曲线。凸轮创建模型见图 6,其中,左下角小球的中心即为凸轮

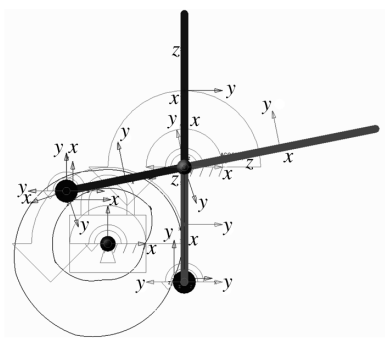


图 6 凸轮轮廓曲线创建过程

Fig. 6 Building of cam contour curves

回转中心,右上角的小球中心代表摆杆的转动中心,它们的距离就是凸轮回转中心与摆杆中心之间的距离,2 个摆杆中心线与 2 个转动中心连线的初始夹角也是根据机构的要求来确定的。在添加相应的约束后,让摆杆转动中心小球以与凸轮回转方向相反的方向,绕凸轮回转中心做匀速圆周运动,同时将上一步得到的 2 个摆杆的运动曲线创建成 2 条 SPLINE 样条曲线,通过插值函数 CUBSPL() 把它们分别写入到 2 个摆杆和小球的 MOTION 函数中。进行仿真设置:时间 400 s,步数为 500,然后运行仿真,可以让摆

杆回转中心小球绕凸轮中心转动一周,刚好模拟一次凸轮回转 1 周的逆过程。仿真运行结束后,利用 ADAMS 中 review 菜单下的 create trace spline 命令,便可得到凸轮的 2 条理论轮廓曲线。求解实际轮廓线时,再建立滚子与凸轮内切模型并运行仿真^[8],同样再利用 create trace spline 命令来生成滚子中心的轨迹曲线,即凸轮的 2 条实际轮廓曲线,见图 6。

得到的 2 个凸轮分别驱动的直角坐标型推料机构的虚拟样机模型见图 7,在滚子和凸轮之间加上

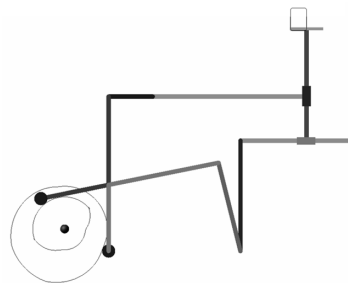


图 7 凸轮驱动推料机构的运动轨迹

Fig. 7 Trajectory of pusher plate activated by cams

CONTACT 约束后,可以进行正动力学分析,让凸轮以角速度 0.9 rad/s 逆时针转动,可以得到推料板的矩形轨迹,验证了该方法的准确。

4 结论

针对包装机推料机构结构复杂、求解凸轮轮廓曲线困难的问题,提出了从执行推料板的轨迹开始,采用 ADAMS 的自动动力学及逆动力学解算设计凸轮轮廓曲线的方法,可以省去传统求解凸轮轮廓时多进行的大量计算,求解快速、精确,并可进一步对设计出的凸轮机构进行虚拟仿真和验证。不仅为包装机推料机构的设计和优化提供基础,而且为其他类型凸轮机构的设计提供了一种通用的参考方法。

参考文献:

- [1] 高德. 包装机械设计[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 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.
- [3] 邱显焱,孙晓. ADAMS 及其在包装设计中的应用[J]. 包装工程,2004,25(5):42—44.
- [4] 贺兵. 基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究[J]. 包装工程,2008,29(2):47—49.

弹性刚度越来越大,在跌落高度和静应力相同的情况下,所显现出来的缓冲效率就越低。与静态压缩实验结果不同的是:随着充气量的增加,原材料厚度对最大冲击加速度和最小动态缓冲系数的影响并未出现明显变化,这是因为动态实验的速度远大于静态实验压缩速度,使气垫内部气压也在冲击瞬间完成从上升到最大又恢复到初始状态的全过程,使原材料薄膜还没来得及在气压增大的作用下出现塑性变形,气压已随冲击的结束恢复到初始状态。

实验中也发现,充气量的范围必须与充气袋的尺寸相适应,如果充气量太少,例如实验所用充气袋,在充气量小于 452 cm^3 时,由于气垫高度不够,在瞬间冲击过程中,会出现产品触底的现象;如果充气量过大,例如实验所用充气袋,在充气量多于 $2\ 035\text{ cm}^3$ 时,由于在瞬间冲击过程中,内部气压瞬间超过原材料的塑性屈服点,则会出现气垫破裂的现象。

2.3 充气缓冲包装垫的实际应用分析

由实验可知,充气袋的充气量在 $452\sim 1\ 017\text{ cm}^3$ 时,充气包装垫的静态缓冲性能较好,但在受到瞬间冲击时可能会出现产品触底现象,因此适合用做多气室组合的充气缓冲包装垫,可以弥补其气垫缓冲厚度的缺陷。

充气袋的充气量在 $1\ 470\sim 2\ 035\text{ cm}^3$ 时,充气包装垫可以承受较大的应力,可做成中型充气缓冲材料,气泡尺寸较大,适合快速填充各种异形内装物与纸箱之间的空当;还可以将充气包装垫薄膜与其他薄膜复合后制成复合袋,将产品放入袋内后充气并密封,形成全面缓冲包装,对产品进行全面保护。

3 结论

通过对充气量不同的充气包装垫进行缓冲性能试验研究和分析发现:随着充气量的增加,最小静态缓冲系数和最小动态缓冲系数都会有所增大,但充气量的范围必须与充气袋的尺寸相适应。由此可以看

出,随着充气量的变化,充气包装垫的适用范围比气泡包装膜更广阔,因此充气包装垫既可用于小型、轻型产品的包装,又可用于中型产品包装;既可用于部分缓冲包装,又可用于全面缓冲包装。在实际应用中,用户可根据被包装物的重量和缓冲包装设计的要求选择合适充气量的充气包装垫;考虑到绿色环保、节约能源以及对被包装物的保护功能,也可以通过改变原材料厚度和气垫结构尺寸来调节其缓冲性能。

参考文献:

- [1] 徐人平. 包装新材料与新技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 张书彬,肖梦兰. 浅谈缓冲包装材料[J]. 包装工程,2002,23(3):111-112.
- [3] 沈剑锋,卢立新,任冬远. 柱状塑膜空气垫承载与缓冲性能的试验研究[J]. 包装工程,2008,29(6):6-7.
- [4] 刘功,宋海燕,刘占胜,等. 空气垫缓冲包装性能的研究[J]. 包装与食品机械,2005,23(2):18-20.
- [5] 杨嫣红,王志伟. 缓冲材料及其性能研究进展[J]. 包装工程,2002,23(4):96-99.
- [6] 明星,赵艳,卢杰,等. 基于静态压缩试验的缓冲包装材料性能对比分析[J]. 包装工程,2006,27(2):59-61.
- [7] 巩桂芬,刘乘. 缓冲包装材料性能的研究[J]. 陕西科技大学学报,2006,24(3):77-80.
- [8] 彭国勋,宋宝丰. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社,2006.
- [9] 王青. 包装用缓冲材料性能分析[J]. 中国包装,2007(3):76-78.
- [10] 张安宁,童小燕,刘效云,等. 不同速率下蜂窝纸板静态压缩特性的试验研究[J]. 包装工程,2004,25(3):19-20.
- [11] 吴丽娟,姜帅. 三种常见缓冲材料的动态压缩缓冲性能[J]. 中国水运,2006,6(11):62-64.
- [12] 雷杰,李鑫,李杰. 新型充气式防震包装的研究[J]. 温州大学工业工程学院,2007(3):34-35.
- [13] 苏远,汤伯森. 缓冲包装理论基础与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

(上接第16页)

- [5] 朱皞,葛正浩,苏鹏刚,等. 基于 ADAMS 的平行分度凸轮机构的动力学仿真[J]. 包装工程,2009,30(6):1-4.
- [6] 潘双夏,刘静,冯培恩. 基于虚拟样机的挖掘机器人轨迹规划控制仿真和优化技术研究[J]. 中国机械工程,2001,16(21):1926-1930.

- [7] 邹慧君,张春林,李杞仪. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,2005.
- [8] 赵雷,梅顺齐,付方波. 基于 ADAMS 的剑杆织机打纬共轭凸轮轮廓计算的新方法[J]. 现代机械,2008(4):40-43.