

基于 ADAMS 模切机新型间歇机构的性能分析

吴同喜¹, 仲梁维¹, 黄一晴¹, 范斐然²

(1. 上海理工大学, 上海 200093; 2. 上海亚华印刷机械有限公司, 上海 201104)

摘要: 主要利用 Pro/E 和 ADAMS 软件平台, 建立了模切机的间歇机构和其工作系统的三维数字化样机, 并对间歇机构进行了系统的运动学和动力学仿真分析。实现了间歇机构按预定运动规律工作时, 计算机对机构输出轴的运动规律及凸轮与扇形齿轮滚子随时间变化过程中的接触力的仿真模拟; 验证了此种间歇机构替代传统间歇机构的可行性。

关键词: 模切机; 间歇机构; ADAMS 仿真; Pro/E

中图分类号: TS803 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)07-0101-04

Performance Analysis of New Intermittent Mechanism of Die-cutting Machine Based on ADAMS

WU Tong-xi¹, ZHONG Liang-wei¹, HUANG Yi-qing¹, FAN Fei-ran²

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Shanghai Yawa Printing Machinery Co., Ltd., Shanghai 201104, China)

Abstract: Three-dimensional digital prototype of intermittent mechanism of die-cutting machine and its work system were established mainly using software platform of Pro/E and ADAMS. Kinematics and dynamics simulation analysis of intermittent mechanism was carried out systematically. Computer simulation of motion rule of the intermittent mechanism output shaft and the contact force between cam and roller of sector gear during working phase of the intermittent mechanism were realized. The feasibility of replacing traditional intermittent mechanism with the new intermittent mechanism was verified.

Key words: die-cutting machine; intermittent mechanism; ADAMS simulation; Pro/E

模切机是印刷、包装行业压制纸盒、纸箱等纸制品的专用设备, 是印刷包装行业中重要的表面整饰加工设备。模切机主要包括定位纸张、模切、烫印和清废四大工艺, 间歇输纸机构是实现夹纸到定位功能的核心部件, 其工作性能的好坏直接影响着模切机的工作精度。因此, 若要实现高速模切的工况, 对间歇输纸机构的工作稳定性进行必要的仿真分析和控制显得尤为重要。

虚拟样机是一种基于真实产品的计算机仿真模型, 其模拟范围包括外观、功能和行为方面。利用虚拟样机取代物理样机对产品进行仿真设计、测试和评估, 不仅可缩短开发周期, 降低产品成本, 改进设计质量, 而且提高了面向客户与市场需求的能力^[1-2]。

本文以 MW1050 全自动平压模切机的间歇机构

为研究对象, 将国外的最新技术运用到对间歇输纸机构运动规律的研究上, 设计了由共轭凸轮和扇形齿轮组成的间歇机构, 以此代替传统的平行分度凸轮机构和传动齿轮组。将 CAD 技术和虚拟样机技术运用到共轭凸轮的设计过程中, 首先在 Pro/E 中建立了间歇机构三维实体模型, 并通过公共的软件接口导入到多体动力学仿真软件 MSC. ADAMS 中, 进行动力学和运动学分析。

1 新型间歇机构的运动特性

模切机间歇机构的示意图见图 1。该机构包括曲轴、端面凸轮、共轭凸轮、小齿轮、扇形齿轮、离合器连杆和压杆、输出轴。通过键连接, 使共轭凸轮与曲

收稿日期: 2012-02-09

作者简介: 吴同喜(1987—), 男, 河南人, 上海理工大学硕士生, 主攻 CAD/CAM 和动力学仿真。

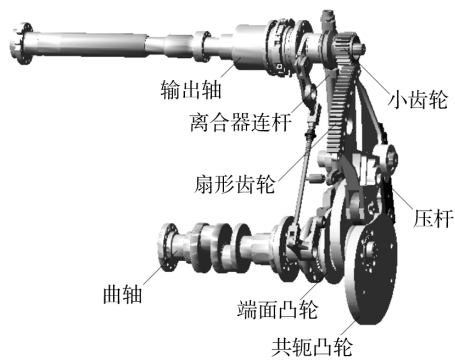


图1 PRO/E 中的间歇机构三维建模

Fig. 1 Three-dimensional modeling of intermittent mechanism in PRO/E

轴一起运动。共轭凸轮的作用是控制扇形齿轮往复运动,扇形齿轮与印刷机机身、小齿轮与离合器均通过轴承连接。离合器连杆一端带有滚子,该滚子与固定在曲轴上的端面凸轮接触,另一端与离合器接触。

印刷机的传动系统中,共轭凸轮与扇形齿轮通过滚子接触,曲轴带动两个共轭凸轮旋转,因为滚子与共轭凸轮为高副机构,从而共轭凸轮旋转后带动扇形齿轮进行往复运动,并通过扇形齿轮与小齿轮啮合运动将运动传递给输出轴。离合器连杆通过滚子与端面凸轮接触,曲轴转动时带动端面凸轮一起旋转,进而实现离合器的分离。输出轴的旋转运动与离合器的分离运动配合实现输出轴的动静功能,符合印刷机的工作要求。

2 间歇输纸机构的创新设计^[3-5]

设计的主要目的是寻找一种新型模切机间歇输纸机构来取代传统的平行分度凸轮间歇机构,这种创新模切机间歇输纸机构消除了传统机构在高速模切下不稳定的缺点,同时使得模切机在保证原有模切速度和精度的情况下,便于制造和装配。间歇输纸机构是模切机中的重要机构之一,它带动链轮、链条及夹纸牙排实现“动—停—动”的运动规律,同时在速度上也要实现“加速—减速—停”的运动状况,模切机的模切精度能否达到要求将直接取决于间歇机构设计的好坏。

目前,企业生产的大部分模切机,都是采用平行分度凸轮间歇机构完成间歇输纸的过程,其机构简图见图 2。

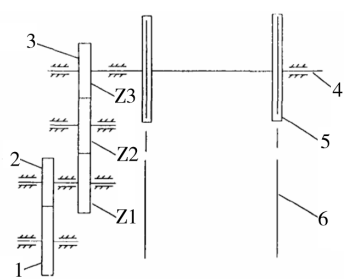


图2 平行分度凸轮间歇机构

Fig. 2 Parallel indexing cam of intermittent mechanism

图 2 中,1 为平行分度凸轮,始终保持匀速运动。2 为从动滚子转盘,作间歇旋转运动,从而带动齿轮组 3 中的 Z1 作间歇运动。Z1 通过齿轮组 3 中的 Z2 和 Z3 将间歇运动传递给主链轮轴 4,带动链轮 5 和链条 6 作间歇运动,从而实现输出轴的间歇运动。

这种传统的间歇输纸机构存在着许多缺点,如零件数量太多,制造成本、加工难度和装配难度都比较大。平行分度凸轮在高速工况下,动力学性能已经成为人们关注的焦点,因此凸轮和齿轮的加工精度加大,同时受国内制造业水平的限制,会直接影响模切机的工作性能。传统模切机间歇输纸机构设计框图见图 3,通过对传统间歇机构的研究,设计的新机构框图见图 4。

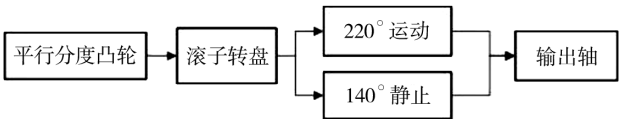


图3 传统间歇机构设计框图

Fig. 3 Simplified sketch of traditional intermittent mechanism

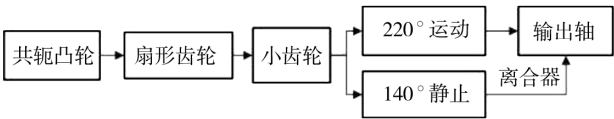


图4 新间歇机构设计框图

Fig. 4 Simplified sketch of new intermittent mechanism

为了满足模切机模切速度高于 7500 印张/h 的要求,同时保证输纸机构在高速运转时能够正常工作,采用共轭凸轮和扇形齿轮的设计。由于在共轭凸轮-扇形齿轮型的间歇输纸机构中,共轭凸轮作为主

动件,决定着扇形齿轮的运动规律,因此共轭凸轮的设计作为重点研究对象。凸轮机构是使从动件按预定规律运动的高副机构,主要分为力锁合凸轮机构和几何形状锁合机构。几何锁合式凸轮机构是通过凸轮或从动件的特殊几何结构,使从动件和凸轮轮廓始终保持接触,共轭凸轮机构则属于此类凸轮机构。使用这类机构有以下优点:安装时,可以调节从动件上接触原件的相对位置,使机构的工作间隙发生改变,甚至可以完全不存在间隙;在高速工况下,力锁合机构从动件易与凸轮脱离接触而导致运动不受控制,该问题也可以通过采用几何形状锁合机构得到解决;同时由于不采用锁合弹簧,机构受锁合外力而增加的负荷影响也就消失了。因此,采用共轭凸轮机构可以使工作准确可靠,适用于高速重载。

在扇形齿轮与输出轴之间采用齿轮啮合传动机构具有良好的传动比,可确保模切机的精度。同时,滚子在齿轮和凸轮之间以及离合器连杆和端面凸轮之间的传动中,保证了良好的受力情况,从而使输出轴的运动具有工作平稳、效率高、振动小等特点。

3 间歇机构虚拟样机的建立

虚拟样机技术是一种基于虚拟样机的数字化设计方法,在机械系统开发过程中,其以机械系统的运动学、动力学和控制理论为核心,结合先进建模和仿真技术,改变传统的设计思想,同时结合成熟的图形用户界面技术和三维计算机图形技术,将虚拟性能测试应用到分散的零部件设计和分析(如零部件的 CAD 设计和 FEA 有限元分析)^[6]。

3.1 建立实体模型

在共轭齿轮-扇形齿轮机构设计中,动力学研究占有重要的地位。机械系统动力学研究的核心在于动力学模型,其建立的精确与否,在很大程度上将影响着间歇机构的输出特性。

根据机构的原始数据,采用 Pro/E 建模软件完成了机构的实体模型。通过 Pro/E 和 ADAMS 的接口软件 mechpro2005,把装配好的实体模型导入 ADAMS2005 中,这样不仅提高了仿真效率,同时避免了通过公共格式(如 x_t,igs 等)导入到 ADAMS 中时引起的曲面缺失等问题。

3.2 添加约束

在 ADAMS/View 中添加各个运动副,根据机构

的实际工作原理,将曲轴和端面齿轮、两个共轭凸轮合并为一个物体。共轭凸轮和扇形齿轮的滚子之间以及离合器连杆滚子和端面齿轮之间添加接触副,扇形齿轮和小齿轮之间添加齿轮副,曲轴、扇形齿轮、输出轴都分别和地面添加旋转副,离合器和离合器连杆与地面之间添加圆柱副。

3.3 添加驱动

在曲轴端部中心添加旋转驱动,研究模切机输入的驱动函数为 STEP(time,0,-750 d,15,-750 d)。

3.4 虚拟样机

该机构在 ADAMS 中建立动力学模型及添加约束和驱动后的虚拟样机见图 5。

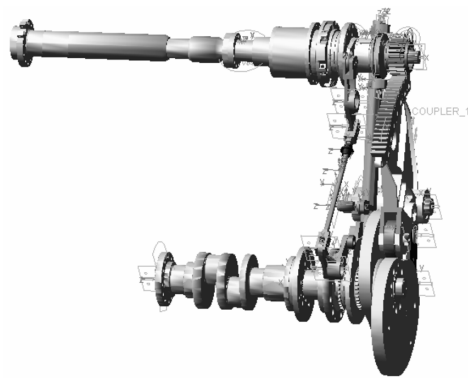


图 5 间歇机构的虚拟样机

Fig. 5 Virtual prototype of intermittent mechanism

4 间歇机构仿真分析

4.1 模切机间歇机构运动学特性分析

模切机间歇机构的平稳性是影响运动特性的最重要性能,决定模切机的加工精度。输出轴的角速度和角度决定着整个模切机的工作精度,理想状态下,间歇机构的输出轴在整个模切过程中只做旋转运动和静止运动,同时运动和静止的时间比为 $220^{\circ}/140^{\circ}$,这个比值是根据模切工艺制定的,一般不会改变。对模型进行运动学仿真,并利用 ADAMS/View 中的测量(Measure)工具,测得输出轴绕 z 方向的角速度和绕 z 方向的角度,见图 6。

从图 6 可以看出,在间歇机构完成静止工作的过程中,输出轴的角速度基本为 0,同时输出轴角度的大小基本保持不变。当输出轴角加速度变化时,角度随之也继续增加。从仿真结果导出数据计算来看,输出轴的动静比约为 1.51,与理论的动静比相比,误差为 3.8%,在工程误差 5% 以内。这说明间歇输纸机

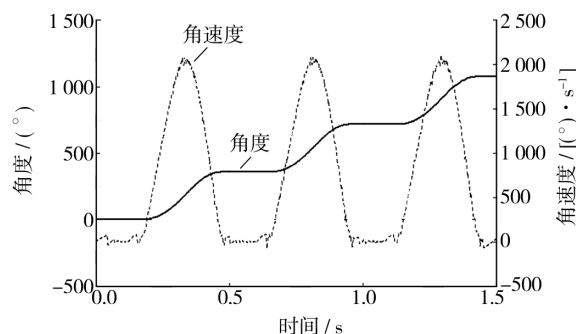


图6 输出轴运动学特征

Fig. 6 Kinematics characteristics of output shaft

构在模切机整个夹纸、定位和模切过程中,输出轴的运动基本保持理想的动静状态,满足印刷机实际工作理论设计要求。

4.2 模切机间歇机构动力学特性分析

随着企业生产效率的提高,模切机对共轭凸轮机构动作频率的要求也越来越高。但是凸轮和从动件滚子之间碰撞接触以及间歇机构的稳定性等方面,将因为电动机转速的提高而受到许多负面影响^[7]。下面主要对扇形齿轮上的滚子与共轭凸轮的接触力,以及摇摆机构上的滚子与共轭凸轮的接触力进行分析,见图7。

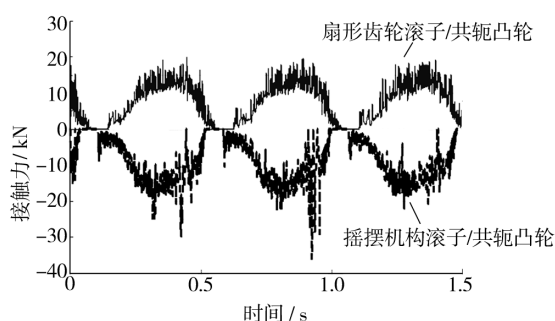


图7 凸轮与滚子的接触力曲线

Fig. 7 Contact force curves of cam and roller

从图7中可以看出,随着扇形齿轮转速的提高,凸轮和从动件滚子之间的接触力基本上呈连续增加。由此可见,间歇输纸机构在运动过程中,输出轴是先加速后减速的,这将会造成凸轮和从动件滚子之间碰撞磨损程度加大,严重影响凸轮机构的工作寿命。从机构工作的平稳性考虑,扇形齿轮上的滚子与凸轮机构接触力较平稳,没有出现异常的冲击力;而摇摆机构上的滚子与凸轮的接触力,出现了少量的异常冲击力。

在高速工况下,与凸轮构成的从动件系统是一组复杂的振动系统,由于各种因素,将产生许多有害的振动,从而导致异常冲击力的出现,这些都会大大缩短凸轮机构的寿命。为了避免这种冲击引起的危害,在设计机构时,必须严格控制滚子与凸轮的接触间隙量,或者对相互接触的原件之间施加足够大的预压力。在共轭凸轮-扇形齿轮机构中,笔者采用了装有弹簧的压杆,以此来增大预压力。同时为了降低元件接触力增大对共轭凸轮机构寿命的影响,在凸轮加工时,要保证凸轮轮廓的几何尺寸误差、表面质量以及控制凸轮轮廓表面的局部缺陷。

5 结语

以某企业 MW1050 型模切机间歇输纸机构为研究对象,应用 ADAMS 软件和 Pro/E 联合,实现了机构的动态仿真,并避免了复杂的数学推导。重点介绍了在 ADAMS 中对间歇输纸机构进行动态仿真的方法,并对仿真结果进行详细分析。分析表明,机构在模切的过程中,输出轴动静比基本接近理想值,验证了此种间歇机构代替传统间歇机构的可行性。对滚子与凸轮之间的接触力进行分析,为避免凸轮振动和凸轮寿命分析提供了依据。通过提取仿真曲线的边界条件,获得各种运动学和动力学数据,作为分析工况,从而缩短模切机开发时间,提高产品开发效率。

参考文献:

- [1] 熊光楞,李伯虎,柴旭东. 虚拟样机技术[J]. 系统仿真学报, 2011(1): 114-116.
XIONG Guang-leng, LI Bo-hu, CHAI Xu-dong. Virtual Prototyping Technology[J]. Journal of System Simulation, 2011(1): 114-116.
- [2] 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.
HE Bing. Simulation Study of Packaging Machine Based on Virtual Prototyping[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 47-49.
- [3] 王芳,王丽君. 模切机传纸部分创新设计研究[J]. 包装工程, 2006, 27(6): 179-181.
WANG Fang, WANG Li-jun. Innovative Design of Sheet Transfer Mechanism of Die-cutter Machine[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 179-181.

(下转第 107 页)

耗用时间 600 ms; 阈值 M 为 10 000 时, 拼接图像较好的完成, 耗用时间 1 100 ms。

试验数据分析: 根据上述试验表明, 基于序贯相似度检测匹配法进行多个 CCD 图像拼接, 阈值的选择具有两面性。准确性方面, 为满足准确要求需要将阈值根据经验设定为较大值; 速度性方面, 对于在线检测实时性的要求, 阈值取值不宜过大。

4 结语

经过理论和实验证明, 算法能够有效地拼接多个 CCD 采集的图像。在本算法中, 多个 CCD 采集图像的匹配是根据最小序贯累差之和的 M 阈值决定, 图像采集数据的准确性对 M 值影响较大。当采集的数据准确性较大时, 需要改变 M 值。为了保证拼接的精度和速度, 阈值的确定至关重要。在以后的研究中, 应该考虑角度图像间的角度差异问题。

参考文献:

- [1] 龚修瑞, 刘昕. 印刷品质实时检测技术[J]. 包装工程, 2003, 24(6): 45—46.
GONG Xiu-rui, LIU Xin. The Living Detection Technology of the Printing Quality [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(6): 45—46.
- [2] 章毓晋, 黄翔宇. 自动检测精细印刷品缺陷的初步方案[J]. 中国体视学与图像分析, 2001, 6(2): 109—112.
ZHANG Yu-jin, HUANG Xiang-yu. Initial Program for the Automatic Detection of the Fine Print[J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2001, 6(2): 109—112.
- [3] 陈显毅. 图像配准技术及其 MATLAB 编程实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
CHEN Xian-yi. Image Registration and MATLAB Programming of It[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2009.
- [4] 华新星. 基于线阵 CCD 的印刷品缺陷在线检测方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
HUA Xin-xing. Research of the Detection Method in the Print Based on the Line CCD [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2006.
- [5] KAWANISHI T, KUROSUMI T, KASHINO K, et al. A Fast Template Matching Algorithm with Adaptive Skipping Using Inner Subtemplates' Distances [C]. Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, Cambridge UK IEEE, 2004: 654—657.
- [6] 钟星, 徐向斌. 钎焊环检测中的图像拼接方法研究[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 110—114.
ZHONG Xing, XU Xiang-hong. Image Stitching Method of the Brazing Ring Detection[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 110—114.
- [7] 孙鑫, 余安萍. VC++ 深入详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
SUN Xin, YU An-ping. VC++ Detailed In-depth [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2008.
- [8] 杨淑莹. 图像模式识别: VC++ 技术实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2005.
YANG Shu-ying. Image Pattern Recognition: Compile by VC++ [M]. Beijing: Tsinghua University Press, Beijing Traffic University Press, 2005.

(上接第 104 页)

- [4] 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.
GENG Wu-shuai, QI Yuan-sheng, WANG Xiao-hua, et al. Creative Design and Theoretical Analysis of Drive Mechanism of Plane Die-cutting Machine[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11): 61—64.
- [5] 张义智, 郭连考. 给纸机递纸吸嘴机构共轭凸轮设计[J]. 包装工程, 2007, 28(1): 104—105.
ZHANG Yi-zhi, GUO Lian-kao. Design of the Conjugated Cams in Suction Nozzle of Paper-feeding Mechanism of Feeding Machine[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1): 104—105.
- [6] 陈立平, 张云清, 任卫群, 等. 机械系统动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
CHEN Li-ping, ZHANG Yun-qing, REN Wei-qun. Dynamics Analysis of Mechanical System and ADAMS Application Tutorial [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [7] 朱峰, 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.
ZHU Hao, GE Zheng-hao, SU Peng-gang, et al. Dynamic Simulation of Parallel Indexing Cam Mechanism Based on Adams[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6): 1—4.