

共轭凸轮机构参数化仿真设计技术的研究

刘庆立¹, 蔡昌蔚², 申雷³, 刘昌祺¹, 张淳¹

(1. 陕西科技大学, 西安 710021; 2. 苏州瀚川机电有限公司, 苏州 215126; 3. 庆安集团有限公司, 西安 710000)

摘要: 共轭凸轮机构以其高速、高精度、高可靠性等诸多优点, 在自动机械尤其是自动包装机中得到了广泛应用。运用参数化运动仿真技术对共轭凸轮机构进行了设计, 并介绍了共轭凸轮三维建模的步骤及机构运动仿真的基本原理。该方法运用图解反转法和解析法原理, 结合 Creo Parametric 软件的运动仿真和自动生成轨迹的功能, 能够快速生成共轭凸轮的理论轮廓和实际轮廓。

关键词: 共轭凸轮机构设计; 凸轮轮廓曲线; Creo Parametric 软件; 运动仿真

中图分类号: TB486+.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)23-0080-04

Study on Parametric Simulation Design Technology of Conjugate Cams

LIU Qing-li¹, TSAI Albert², SHEN Lei³, LIU Chang-qi¹, ZHANG Chun¹

(1. Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China; 2. Harmontronic Machinery & Electronics Group, Suzhou 215126, China; 3. Qing'an Group, Xi'an 710000, China)

Abstract: As a commonly used mechanism in automatic machine, especially in the field of automatic packaging machine, conjugate cams have the advantages of high efficiency, high accuracy and high reliability. Parametric simulation technology was used in conjugate cam mechanism design. The 3D modeling processes of conjugate cam and principle of mechanism motion simulation were introduced. The theoretical and practical profiles of conjugate cam can be created quickly using graphical reverse method and analytical method based on the motion simulation and trace generation functions of Creo Parametric software.

Key words: conjugate cam mechanism; cam profile curve; Creo Parametric software; motion simulation

共轭凸轮机构被广泛应用于高速、高精度的自动包装机械中。传统共轭凸轮的设计主要采用图解法和解析法, 图解法根据反转法的基本原理, 通过作图方式逐点拟合凸轮轮廓; 解析法是通过机构几何关系, 利用公式计算凸轮轮廓坐标。解析法较图解法更加精确, 但是在实际机构设计过程中, 共轭凸轮的轮廓形状及运动规律主要取决于机构终端从动件的运动规律, 中间从动件往往是由连杆等机构组合而成。计算凸轮轮廓曲线时, 需要根据终端从动件的运动推导到凸轮的直接从动件, 计算过程较为复杂。

本文提出一种利用 Cero Parametric 软件进行共轭凸轮设计的方法, 该方法结合了反转图解法和解析法的优点, 利用机构虚拟运动仿真, 模拟机构反向运动, 并通过轨迹跟踪的方法直接生成凸轮轮廓, 进而

获得凸轮的三维实体模型。该方法可以快速生成凸轮的轮廓曲线, 同时, 当中间杆件的尺寸发生变化时, 可以快速变更凸轮轮廓, 从而大大提高了共轭凸轮的设计效率。

1 共轭凸轮机构

通常, 复杂的自动包装机械系统, 都包含多组共轭凸轮连杆机构, 凸轮轮廓的形成依赖于连杆机构末端从动件的运动规律。图 1 为一组共轭凸轮机构的模型示意图, 机构原理见图 1a, 一组共轭凸轮驱动连杆机构完成预定的机械动作; 图 1b 为利用 Cero Parametric 软件构建的三维实体模型示意图。连杆机构末端从动件位移时序的运动循环图见图 2, 详细的时序及对应的运动规律见表 1。

收稿日期: 2012-09-02

基金项目: 第四代高速插针机校企合作项目(苏州瀚川机电有限公司资助)

作者简介: 刘庆立(1978-), 男, 山东人, 博士研究生, 陕西科技大学讲师, 主要从事装备自动化技术的研究。

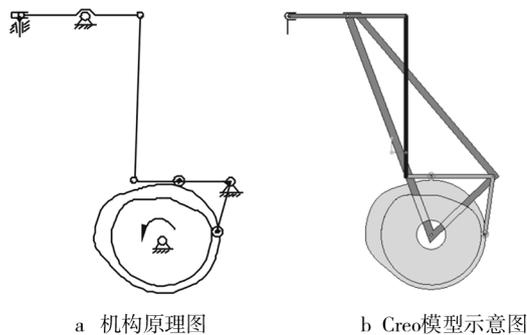


图 1 共轭凸轮机构模型示意图

Fig. 1 Typical conjugate cam system

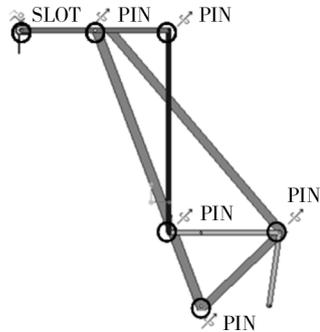


图 3 从动连杆机构的虚拟装配

Fig. 3 Virtual assembly of driven linkage mechanism

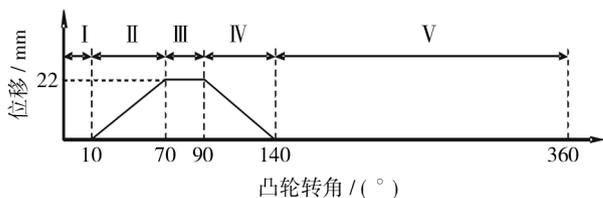


图 2 运动循环图

Fig. 2 Motion circulation

表 1 运动规律的定义

Tab. 1 Detailed description of motion law

序号	运动规律	起始角/(°)	终止角/(°)
I	停留	0.0	10.0
II	修正正弦 MS	10.0	70.0
III	停留	70.0	90.0
IV	修正正弦 MS	90.0	140.0
V	停留	140.0	360.0

2 设计方法与步骤

利用 Creo Parametric 软件的运动仿真功能,根据逆向原理,凸轮从动摆杆和连杆机构需要反方向绕着凸轮中心旋转,同时末端从动件按照要求的规律运动,两个运动同时开始并且同时结束,在同一时间内完成一个周期的运动。下面,简述模拟仿真轨迹法生成共轭凸轮轮廓的过程。

(1)虚拟装配。按照实际的构件尺寸和连接关系,构件从动连杆机构和凸轮机架的三维模型,见图 3, SLOT 为“槽连接”, PIN 为“销钉连接”。

(2)设置“电机”参数。凸轮旋转中心设置为“旋转电机”(ServoMotor1),连杆末端设置为“直线电机”(ServoMotor2),见图 4。为了方便起见,我们设置整



图 4 设置虚拟“电机”

Fig. 4 Setting virtual servomotor

个运动持续时间为 1 s,设置运动步数为 100 步。

“直线电机”参数设置是关键步骤,因为“直线电机”直接驱动连杆机构末端沿直线运动,且必须符合凸轮机构运动规律。“直线电机”(ServoMotor2)的参数设置见图 5。



图 5 直线运动电机选项

Fig. 5 Options of line motion servomotor

在设置“直线电机”(ServoMotor2)时,在“表达式”选项输入凸轮曲线的位移公式,在“域”选项输入时间间隔。根据设计要求,凸轮运动段(升程和回程)均采用了修正正弦(MS)运动规律,由于采用无量纲

的设计方法,运动段表达式采用“修正正弦”公式,停留段表达式为常数, t 的取值范围为 $[0,1]$ 。单击“图形”按钮,可以验证输入公式的正确性。输入的公式和 Creo Parametric 根据公式自动生成的位移曲线见图 6。与图 2 对比可以看出,“直线电机”的运动规律与设计要求的完全相符。

表达式	域
22	0.194444 ($\leq t \leq 0.25$)
$22 - (22 / (4 * \pi)) * (\pi * 360 * (t - 0.25) / 50 - 1) / 4 * \sin(4 * \pi * 360 * (t - 0.25) / 50 * 180 / \pi)$	$0.25 < t < 0.267361$
$22 - (22 / (4 * \pi)) * (2 * \pi * 360 * (t - 0.25) / 50 - 9) / 4 * \sin((\pi / 3 - 4 * \pi * 360 * (t - 0.25) / (3 * 50)) * 180 / \pi)$	$0.267361 < t < 0.371528$
$22 - (22 / (4 * \pi)) * (4 * \pi * 360 * (t - 0.25) / 50 - \sin(4 * \pi * 360 * (t - 0.25) / 50 * 180 / \pi) / 4)$	$0.371528 < t < 0.388889$
0	$0.388889 < t \leq 1$

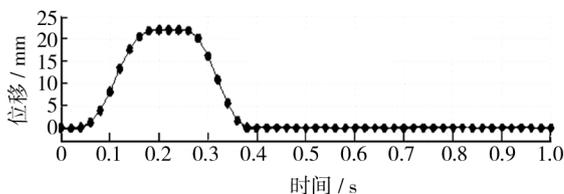


图 6 位移公式和位移曲线

Fig. 6 Displacement formula and curves

(3) 逆向运动仿真。选择“机构”/“机构分析”选项,在分析定义中设置类型为位置,首选项终止时间为 1 s,帧频为 99,系统自动计算出帧数为 100。单击“运行”按钮,机构会按照指定运动规律反向运动,见图 7。

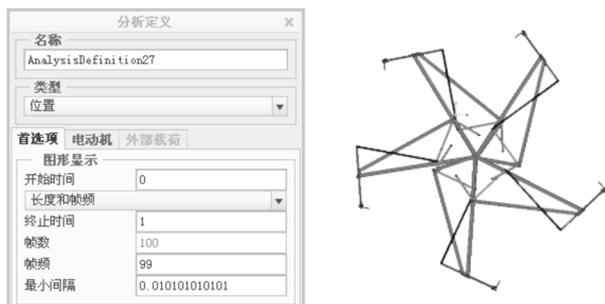


图 7 反向运动仿真

Fig. 7 Reverse motion simulation

(4) 生成运动轨迹。单击“机构”、“分析”、“轨迹曲线”,选择摆杆上安装滚子处的中心点,单击“确定”按钮即可生成凸轮理论轮廓曲线,见图 8。

(5) 生成凸轮三维实体模型。自动生成的轨迹曲线是凸轮的理论轮廓曲线,需要做一些变换才能得到凸轮的实际轮廓曲线,做法是将该曲线向内偏移滚子半径值,即得实际轮廓曲线。将实际轮廓曲线链接并拉伸得到凸轮实体,所得凸轮实体见图 9。

(6) 正向运动仿真验证。为了验证逆向仿真结

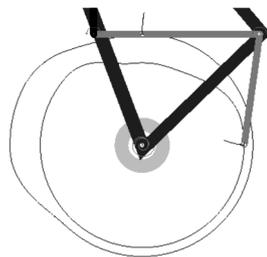


图 8 自动生成的轨迹曲线

Fig. 8 Trace curves by automatic generation

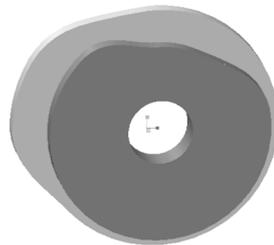


图 9 凸轮实体模型

Fig. 9 Final 3D model of cam

果,将生成的共轭凸轮实体模型、从动滚子和连杆机构按照机器实际运行情况进行重新装配,并将“旋转电机”设置在共轭凸轮中心,见图 10。正向运动仿真的过程见图 11。

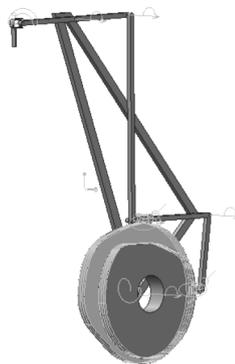


图 10 虚拟装配

Fig. 10 Virtual assembly

(7) 仿真结果对比验证。利用“机构分析”功能,检测凸轮机构末端直线运动的规律,见图 12。对比发现,检测结果逆向仿真时设置的运动规律曲线(见图 6)结果一致,方向正好相反。

(8) 数控加工。三维模型构建完成后,可以直接输入到数控仿真软件进行数控加工模拟,并自动生成凸轮的数控代码。共轭凸轮模型输入到 MasterCAM

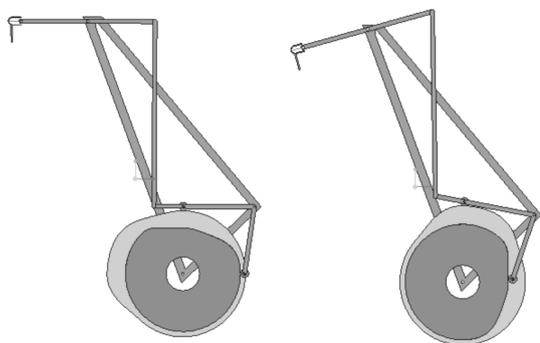


图 11 运动仿真过程

Fig. 11 The process of motion simulation

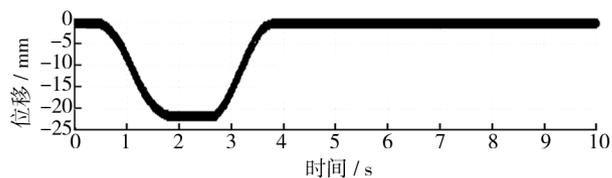


图 12 正向运动仿真的机构分析

Fig. 12 Mechanism analysis of positive motion simulation

软件后,进行数控加工模拟的过程见图 13,加工后的零件实物见图 14。



图 13 共轭凸轮的数控加工模拟

Fig. 13 NC simulation of conjugate cam



图 14 加工的零件

Fig. 14 Processed machining part

方法,将凸轮轮廓的设计、验证、运动仿真、模拟数控加工结合起来,可以方便快捷地完成共轭凸轮机构的设计开发。同时,利用 Creo Parametric 软件的尺寸“再生”功能,根据终端执行构件的不同行程要求,可以随时变更从动件运动规律和各构件的结构尺寸,从而快速实现共轭凸轮机构的参数化和系列化设计。

参考文献:

- [1] 牧野洋. 自动机械机构学[M]. 北京:科学出版社,1980.
HIROSHI Makino. Automatic Mechanism[M]. Beijing: Science Press,1980.
- [2] 刘昌祺,牧野洋. 凸轮机构设计[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
LIU Chang-qi, HIROSHI Makino. Cam Mechanism Design [M]. Beijing: China Machine Press,2005.
- [3] NORTON R L. Cam Design and Manufacturing Handbook [M]. New York: Industrial Press,2009.
- [4] ROTHBART H A. Cam Design Handbook [K]. New York: McGRAW-HILL,2004.
- [5] 沈韶华,张晓玲. 共轭凸轮机构的计算机辅助设计[J]. 包装工程,2005,26(1):43-45.
SHEN Shao-hua, ZHAN Xiao-ling. The CAD of Conjugating Cams Mechanism[J]. Package Engineering,2005,26(1):43-45.
- [6] 张继忠,赵梅. 包装机切纸机构的计算机辅助设计及运动分析[J]. 包装工程,2004,25(4):43-45.
ZHANG Ji-zhong, ZHAO Mei. Computer Aided Design and Kinematic Analysis for Paper Cutting Mechanism of Packaging Machine[J]. Package Engineering,2004,25(4):43-45.
- [7] 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]. Package Engineering,2007,28(1):104-105.
- [8] 贺兵. 基于 MATLAB 固定凸轮与连杆组合机构的优化设计[J]. 包装工程,2009,30(9):96-98.
HE Bing. Optimum Design of Fixed Cam and Connecting Bar Mechanism Based on MATLAB[J]. Package Engineering,2009,30(9):96-98.
- [9] 郭利锋,郭顺生. 摆动式递纸机构凸轮的仿真设计[J]. 包装工程,2005,26(4):51-53.
GUO Li-feng, GUO Shun-sheng. Simulation and Design of Cam of Swinging Gripper Mechanism [J]. Package Engineering,2005,26(4):51-53.

3 结论

利用 Cero parametric 软件,通过反转运动仿真的