

基于Solidworks的共轭凸轮的二次开发*

杜浣飞,袁嫣红*

(浙江理工大学 现代纺织装备技术教育部工程研究中心, 浙江 杭州 310018)

摘要: 共轭凸轮机构是纺织机械中常用的一种机构,凸轮轮廓线需要根据不同工作要求而改变。针对通用三维软件SolidWorks存在专业建模程度不高以及使用效率低的问题,指出了对其进行二次开发的必要性,并采用其自带的VBA进行了共轭凸轮参数化建模程序的开发。简要介绍了其所使用的API接口函数的功能、含义及用法,并结合凸轮实例验证了该开发程序的正确性。使用时,将选定的合理参数和运动规律输入后,即可生成共轭凸轮构件;然后,建立了机构装配体的三维模型;最后,运用其Motion模块对该机构进行了运动仿真。仿真实例结果表明,其主、副摆臂相应的运动曲线与设计研究采用的运动规律基本吻合,从而可判断所设计的轮廓线满足工作要求;该结果也为其他复杂的专业零件参数化设计提供参考。

关键词: 共轭凸轮; SolidWorks; VBA; 二次开发; Motion

中图分类号: TH132.47; TS1; TH122; TP391.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4551(2012)09-1028-04

Secondary development of conjugated cam based on SolidWorks

DU Huan-fei, YUAN Yan-hong

(Engineering Research Center of Modern Textile Machinery Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Conjugated cam is a common mechanism used in textile machinery, and cam contour line changes as the requirements change. Aiming at the low professional modeling degree and low efficiency of 3D software SolidWorks, the necessity of secondary development was pointed out and conjugate cam parametric modeling program was developed using the VBA. The function meaning and usage of API function were introduced briefly and the correctness of program was verified by the cam example. Conjugated cam was completed when the reasonable parameters and motion principle were input and debugged, then 3D model of mechanism assembly was built, the cam was simulated using the Motion at last. The results of simulation example indicate that the motion curves of main and vice pendulum rods meet the theoretical design principle basically, which judges the design of the contour line meet the requirements, and also provides reference for other complex professional part parametric design at the same time.

Key words: conjugated cam; SolidWorks; VBA; secondary development; Motion

0 引 言

共轭凸轮作为高速凸轮机构的形式之一,具有两组完整的凸轮轮廓,其同类构件相互刚性连接,分别控制同一从动件运动规律中的推程和回程,只要凸轮轮廓线设计合理,便能很好地控制从动件按任意给定的规律运动^[1-3]。

目前,国内许多专家学者在SolidWorks平台上开

发出了不同凸轮类型参数化建模的系统软件,如南京航空航天大学郑晓虎^[4]博士采用Visual Basic语言开发了直动滚子盘形凸轮参数化设计系统,中南大学罗新俊^[5]硕士也采用VB开发了滚子摆动从动件圆柱凸轮CAD/CAM系统,还有陕西科技大学陈桦^[6]教授提出了基于Delphi语言工具开发出可网络共享的凸轮图形库系统,等等。

凸轮机构型式繁多,其工作特点和设计方法随机

收稿日期: 2012-05-02

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Z1110750)

作者简介: 杜浣飞(1986-),男,浙江东阳人,主要从事纺织机械设计 & 虚拟样机仿真技术方面的研究. E-mail: jihualigong@126.com

通信联系人: 袁嫣红,女,教授,硕士生导师. E-mail: yyh@zstu.edu.cn

构的型式而异。本研究提出运用SolidWorks自带的VBA编程语言来开发能自动创建共轭凸轮模型的二次建模界面。最后,通过其Motion运动仿真模块来验证设计的正确性,进而提高所设计机构的可靠性。

1 共轭凸轮轮廓线设计

1.1 设计初始条件

本研究选取正弦加速度运动规律为从动件规律,推/回程阶段的运动方程如下^[7-8]:

$$\Phi_s = \Phi_m \left[\frac{\varphi}{\Phi} - \frac{1}{2} \sin \left(\frac{2\pi}{\Phi} \varphi \right) \right] \quad (1)$$

$$\Phi_s = \Phi_m - \Phi_m \left[\frac{\varphi}{\Phi} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\Phi} \varphi \right) \right] \quad (2)$$

式中: Φ_s —从动件摆动角度, Φ_m —从动件摆角冲程, φ —凸轮转过的角度, Φ —凸轮的运动范围。

同时为设计和加工方便,本研究以获得主副凸轮轮廓形状相同为设计目标,为此应满足以下条件^[9]:

- (1) 主副摆臂长度 $L_1 = L_2$;
- (2) 两滚子半径 $R_1 = R_2$;
- (3) 主副凸轮基圆半径相等;
- (4) 凸轮的远近休止角相等。

共轭凸轮初始状态时的示意图如图1所示。

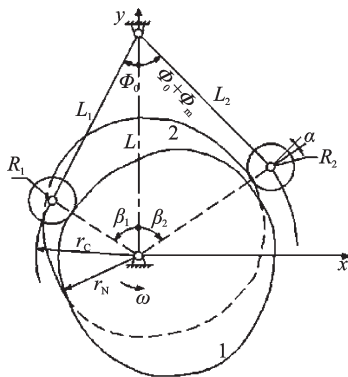


图1 共轭凸轮设计示意图

1,2—主、副凸轮; L —中心距距离; L_1, L_2 —主副摆臂长度; β_1, β_2 —主副凸轮安装角; R_1, R_2 —主副滚子半径; Φ_0 —主摆臂初始角; Φ_m —摆臂冲程; r_c —理论轮廓半径; r_n —工作轮廓半径; α —压力角

1.2 初始安装位置

为使机构安装位置唯一确定,本研究以主副摆臂长度、凸轮和摇臂之间的中心距和基圆半径 R_b 等为已知条件,求出主副摆臂和主副凸轮的安装角,由三角定理得:

$$\Phi_0 = \arccos \frac{L_1^2 + L^2 + R_b^2}{2L_1L} \quad (3)$$

$$\beta_1 = \arccos \frac{L^2 + R_b^2 - L_1^2}{2R_bL} \quad (4)$$

1.3 凸轮理论轮廓线设计

已知主摆臂起始摆角为 Φ_0 ,主凸轮起始转角为 β_1 ,本研究设 Φ_1 为主摆臂摆角, β 为主凸轮转角, $\Delta\beta$ 是主凸轮转过的角度, $\Delta\Phi$ 是主摆臂随主凸轮旋转的变化角,由从动件运动规律为正弦加速度规律建立两者的关系如下:

$$\Delta\Phi = \Phi_m \left[\frac{\Delta\beta}{\Phi} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\Phi} \Delta\beta \right) \right] \quad (5)$$

$$\Phi_1 = \Phi_0 + \Delta\Phi \quad (6)$$

$$\beta = \beta_1 + \Delta\beta \quad (7)$$

则主凸轮理论轮廓点在如图1中的坐标值为:

$$x_1 = -L \sin(\Delta\beta) - L_1 \sin(\Phi_1 - \Delta\beta) \quad (8)$$

$$y_1 = L \cos(\Delta\beta) - L_1 \cos(\Phi_1 - \Delta\beta) \quad (9)$$

已知凸轮的中心坐标为 $O_1(x_0, y_0)$,求得主凸轮的理论轮廓半径为:

$$r_c = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} \quad (10)$$

由共轭条件可知,本研究把副摆臂起始角和副凸轮起始转角代入,同理可得副凸轮的理论轮廓线。

1.4 压力角及曲率半径计算

压力角值是随着凸轮转角的变化而变化的,为使其有良好的受力情况且适应高速要求,研究者须校核所得主、副凸轮压力角,其值必须小于许用压力角 $\alpha \leq [40^\circ]$,从而保证设计的合理。压力角在任意位置的表达式为:

$$\alpha = \arctan \frac{L \cos(\Phi_0 + \Phi_s) + L_1(\nu - 1)}{L \sin(\Phi_0 + \Phi_s)} \quad (11)$$

式中: Φ_s, ν —由所选的从动件运动规律决定。

为了避免凸轮表面过大的接触应力,凸轮理论廓线上任意一点的曲率半径 ρ_B 和滚子半径的差值不应小于3 mm~5 mm,因此应有:

$$\rho_{B_{\min}} \geq R + 3 \text{ mm} \quad (12)$$

凸轮理论廓线任意一点的曲率半径 ρ_B 为:

$$\rho_B = \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}{\ddot{x}\dot{y} - \dot{x}\ddot{y}} \quad (13)$$

本研究通过上述各式确定凸轮基本参数,为参数确定和仿真验证提供可靠的数据,其选择流程如图2所示。

2 二次开发界面设计

本研究将上节设计的共轭凸轮的参数分为输入参数和输出参数。输入参数又可分为形状输入参数和特征输入参数。外形输入参数有:基圆半径、中心距、主副摆杆长度、滚子半径、角度冲程、推/回程角和远近休止角。特征输入参数有:拉伸长度和轮毂直径。输出参数有:主副摆臂与垂直方向的夹角。以上

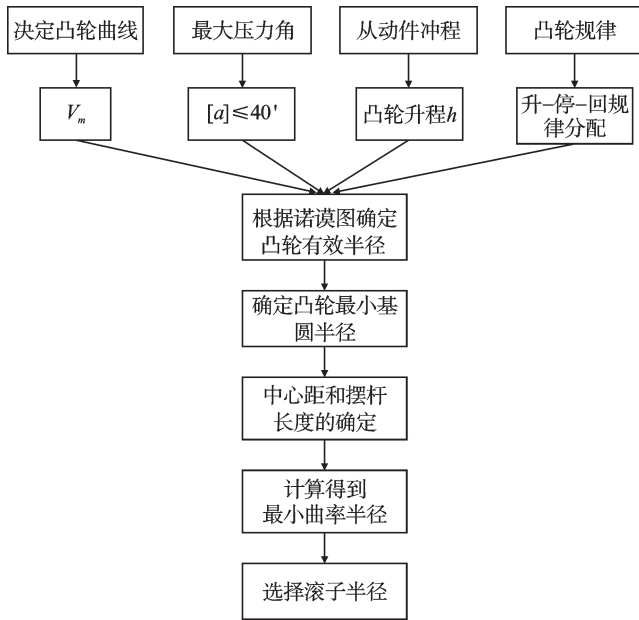


图2 凸轮基本参数选择流程

输入/输出参数界面和控制按钮的实现需由研究者在 VBA 程序中的工具箱中选用命令按钮、列表框、文字框等放入主窗体中,就完成了共轭凸轮外形界面的设计,其界面如图 3 所示。



图3 共轭凸轮二次开发界面

程序界面设计好后如何将输入参数有效利用并且能使 SolidWorks 软件按照要求自动建模该零件是设计中主要考虑的问题,以下本研究对程序代码内容进行简要的说明:

(1) 进行变量的声明。在每个程序开头都添加 Option Explicit 语句,如果使用了这个语句并且项目没有包含常量类型库,编辑器会警告程序员枚举值不存在,这样就可以立即知道项目没有包含 SolidWorks 常量类型库,否则程序会自动将枚举值初始化或者为空,到时难以发现错误^[10-11]。

本程序其余变量声明如表 1 所示。

表 1 变量声明及作用

代码	作用
Dim swApp As SldWorks.	声明 sldworks 对象,这是 SolidWorks 中的最顶层对象,提供对 API 中所有其他对象的访问。
Dim Part As Object Set part=swApp.ActiveDoc	用来存储稳定对象指针的变量,使应用程序对象和文档对象被实例化,这些对象的成员就可以被访问了。
Dim boolstatus As Boolean	可以使某些 APIs 调用返回值。

(2) 设置程序入口点。这里是函数开始运行的地方,每个程序必须建立一个入口点。本程序的入口代码是:

```
Private Sub JM1_Click()
```

JM1 就是在界面中的命令按钮“凸轮建模”的名称,用户只要点击这个按钮,程序就可以运行。

(3) SolidWorks 应用程序对象。这个程序代码是通用的,代码如下:

```
Set swApp = Application.SldWorks
```

这行代码开始一个新的 SolidWorks 进程或连接一个正在运行的 SolidWorks 进程,没有它则用户程序就无法运行。

(4) SolidWorks API 调用。这里根据执行某特定任务的不同而调用相应的 API。主要用到的 API 接口如表 2 所示,本研究通过调用完成共轭凸轮的草图绘制、曲线光滑和切除建模等操作。最后本研究将程序加载到 SolidWorks 界面上,用户点击该自定义按钮插件,然后设定输入参数运行程序,就可以完成零件的自动建模。

本研究给定基圆半径 $R_b = 56 \text{ mm}$, 中心距 $L =$

表 2 主要 API 接口调用

代码	作用
Part.SketchManager.InsertSketch True	在 SolidWorks 零件建模中插入草图
boolstatus=Part.Extension.SelectByID2(“前视基准面”,“PLANE”,0,0,0,False,0,Nothing,0)	选择前视基准面作为草图绘制平面
SetskPoint=Part.SketchManager.CreatePoint(x2,y2,0#)	将求得的凸轮点绘制在草图平面上
SetskSegment=Part.SketchManager.CreateSpline(point Array)	绘制好某平面的所有凸轮点后,用样条曲线将其光滑连接
SetmyFeature=Part.FeatureManager.FeatureCut (True, False, False, 1, 0, 0.01, 0.01, False, False, False, False, 0, 0, False, False, False, False, False, True, True)	根据所选的轮廓外形,进行完全贯穿切除建模

120 mm, 摆臂 $L_1=L_2=96$ mm, 滚子半径 $R_1=R_2=15$ mm, 角度冲程 $\Phi_m=30^\circ$, 推程角 120° , 近休止角 60° , 回程角 120° , 长度拉伸 20 mm, 轮毂直径为 40 mm。本研究将这些参数输入到共轭凸轮设计界面上, 点击“凸轮建模”按钮, 零件就自动建模完成。

3 基于 Motion 模块的运动学分析

本研究利用 SolidWorks 软件中的 Motion 仿真模块对共轭凸轮机构进行运动学分析, 输出运动件的运动性能曲线^[12], 如角位移、角速度及角加速度曲线等, 进而得到凸轮曲线的动态性能指标, 判断其优劣性。由程序界面上得到主、副摆臂的安装角为 36° 和 66° , 为接下来的运动学仿真建立提供了主、副摆臂的安装位置信息, 对于基座、摆臂的建模和最后的装配, 这里不再赘述。

研究者进入 Motion 运动仿真功能模块, 设置凸轮马达转速为 100 r/min, 然后在凸轮和滚子间添加实体接触, 仿真结束后点击 Motion 分析中的结果和图解获得主、副从动件运动的角位移、角速度以及角速度等参数, 输出曲线如图 4、图 5 所示。

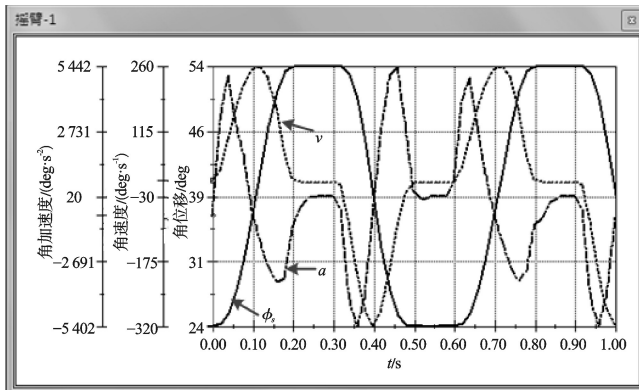


图4 主摆臂运动仿真结果

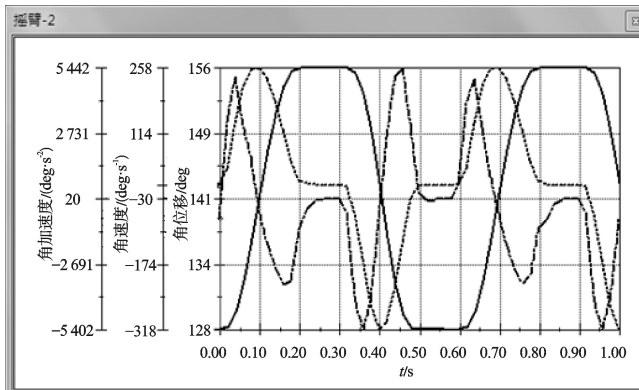


图5 副摆臂运动仿真结果

主、副摆臂的角位移、角速度及角加速度反映了凸轮轮廓线的相应点的位移、速度以及加速度的性能。由图 4 和图 5 可知, 仿真结果与本研究采用的运动规律相近, 其角位移、角速度曲线都比较平缓, 只有

角加速度略有突变尖角, 但是变化值比较小, 冲击较小, 说明此处设计的凸轮轮廓线合乎设计要求, 可以在速度较大的场合中使用。

4 结束语

本研究开发的参数化设计系统在 SolidWorks 软件平台上采用其自带的 VBA 语言工具进行二次开发, 在界面中输入参数后自动绘制出形状复杂的共轭凸轮理论廓线, 并建立三维模型。同时, 本研究通过实例验证了该开发程序的有效性, 运用其 Motion 模块对凸轮机构进行了运动仿真模拟, 从而预见了该机构的实际运行效果, 进一步提高了所设计机构的可靠性。

该研究对复杂的零件进行建模界面的二次开发, 使得通用软件更具专业化的功能, 具有一定的可推广性和应用价值。

参考文献(References):

- [1] 彭国勋, 肖正扬. 自动机械的凸轮机构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [2] 刘善林, 胡鹏浩, 王会生. 基于 SolidWorks 二次开发的凸轮廓线精确设计及运动仿真[J]. 机械传动, 2008, 32(5): 46-48.
- [3] DEMEULENAERE B, SPAEPEN P, SCHUTTER J. Input torque balancing using a cam-based centrifugal pendulum: design procedure and example[J]. *Journal of Sound and Vibration*, 2005, 283(1-2): 21-46.
- [4] 郑晓虎, 刘远伟. 基于 Solidworks 的凸轮 CAD 系统的开发[J]. 轻工机械, 2005, 23(1): 63-65.
- [5] 罗新俊, 刘德福, 易文. 基于 SolidWorks 的圆柱凸轮 CAD/CAM 系统的研究[J]. 现代制造工程, 2011(7): 54-57.
- [6] 陈桦, 韩艳艳. 凸轮三维图形库系统的构建研究[J]. 机械设计与制造, 2007(11): 66-67.
- [7] 周巍松, 李志祥, 赵匀. 高速无梭织机共轭凸轮开口的开发设计[J]. 丝绸, 2004(9): 36-38.
- [8] 魏法明, 年四甜, 何雪明. 基于 VC++ 的经编机共轭凸轮参数优化设计[J]. 机电工程技术, 2010, 39(12): 24-27.
- [9] 庄幼敏, 华大年. 主回凸轮轮廓相同的织机共轭凸轮开口机构[J]. 纺织学报, 1999, 20(10): 12-15.
- [10] SolidWorks Corporation. SolidWorks 2005 API Help [M]. SolidWorks Corporation, 2005.
- [11] XIA Tian, LIU Peng, JIANG Xiang-yang, et al. Parametric design of parallel indexing CAM based on VB [C]. *Advanced Materials Research*, 2012: 50-53.
- [12] WANG Song-tao, LI Ai-jun. Parameterizedly design cam based on excel and SolidWorks and finite element analysis and simulation by COSMOS [C]. *International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment*, 2010: 1-4.

[编辑: 张翔]