

基于 Creo Parametric“轨迹曲线”的袋成型 包装机热封凸轮廓线设计

Design of heat sealing cam of forming packaging machine based on
“trace curve” of creo parametric

韩 炬 曹利杰 张宏宇

HAN Ju CAO Li-jie ZHANG Hong-yu

(华北理工大学,河北 唐山 063009)

(North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063009, China)

摘要:通过对热封机构工作原理的分析,将凸轮坯作为“纸零件”,摆杆滚子中心点作为参考,基于 Creo Parametric 机构模块的“轨迹曲线”功能,绘制给定从动件运动规律下的凸轮轮廓线(凸轮轮廓线即为从动件与主动件相对运动的公共曲线的等距曲线),进而精确、快捷地构建袋成型包装机热封凸轮三维模型,并以某型号包装机热封凸轮为例对该方法进行了验证。该方法操作简单、直观,只要将热封机构中凸轮与摆杆两部件的运动规律表达清楚,便可应用运动分析结果进行凸轮轮廓等距曲线的绘制,结合 Creo 强大的参数化功能,还可方便再生模型。该方法可推广应用获取所有完成相对运动的两部件之间的关键曲线,如刀具加工产品的轮廓曲线。

关键词:袋成型包装机;热封凸轮;Creo Parametric;轨迹曲线

Abstract: Based on working principle of forming packaging machine, it can be concluded that the profile of cam is the equidistant curve of the relative motion curve of driving and driven parts. Taking the cam blank as “paper part” and the center of the pulley as the reference, the equidistant curve of heat sealing cam will be created more conveniently and rapidly by using “Trace Curve” function of Creo Parametric. The method is applied to a certain type of forming packaging machine as an example. This method can be more regenerative by using parametric function of Creo, and it will be effectual in the condition of providing the motion principal of cam and swing link clearly. The method can be applied to obtain the key curve of two relative motion components, taking the profile curve of product manufactured by cutting tools in example.

Keywords: forming packaging machine; heat sealing cam; Creo Parametric; trace curve

作者简介:韩炬(1982—),男,华北理工大学副教授,硕士。
E-mail: hanju3721@163.com

收稿日期:2015-12-15

袋成型自动包装机是集制袋、计量、充填等功能为一体的包装设备,在食品、医药等领域应用广泛。目前,中国自主研发的自动包装机已经比较成熟,市场占有率不断攀升,但与国外先进技术相比,中国包装机还存在工作效率低、热封质量不高等问题。制约袋成型包装机工作效率的主要构件是热封机构。热封机构常采用凸轮进行传动,随着凸轮转速提高,凸轮受到的冲击加大,工作可靠性变小。因此,针对包装机热封机构的数字化设计、有限元分析及其运动学和动力学分析非常关键,能否精确、便捷的构建凸轮的三维实体模型将直接影响以上分析结果。

以应用 Creo、Solidworks 等三维建模平台构建凸轮模型为例,在已知从动件运动规律的前提下,现有的创建方式主要有 3 种:① 在 Matlab 或 VB 中编制凸轮曲线设计程序,生成凸轮轮廓曲线后将其导入 Creo 或 Solidworks 构建凸轮三维模型^[1-3];② 应用三维建模软件提供的方程曲线建模功能,根据凸轮轮廓与从动件接触点的位移方程构建凸轮轮廓曲线,进而完成三维模型的创建;③ 应用 Creo Parametric 提供的“图形”功能,作出从动件的位移曲线,再应用“扫描”命令结合关系式将位移曲线作为扫描截面影响参数,最终创建出精确的凸轮轮廓曲线^[4-6]。

以上 3 种方法避免了图解法与解析法^[7-9]的繁琐,可以较为便捷、精确地构建凸轮的三维模型,前述设计方法虽采用的设计软件不同,但设计思路是一致的,属于凸轮廓线的正向设计,首先通过解析法或作图法得到凸轮廓线的方程式,然后结合相应软件的特定功能实现凸轮廓线设计,但在凸轮轮廓曲线的创建过程中,需要进行推导及大量编程,尤其对于本研究中涉及的摆动凸轮的廓线设计时,相对难度较高。本研究拟以凸轮机构运动原理为基础,利用 Creo Parametric 机构模块的“轨迹曲线”^[10]功能,构建给定从动件运动规律下的凸轮轮廓线方法。该方法属于凸轮廓线的反向设

计,只需要分别给出主动件与从动件的运动规律,然后进行运动仿真,应用“轨迹曲线”功能绘制出从动件与主动件相对运动的公共曲线,操作更加直观且容易掌握,而且结合 Creo 强大的参数化功能,可以方便再生新的模型,为精确构建热封凸轮的三维实体模型提供一种新的有效途径。

1 热封机构工作原理

袋成型包装机的热封机构简图如图 1 所示,主要由凸轮 2/8、滚子 3、摆杆 4 和热封板 5 组成,一对热封凸轮 2 固定在主轴 1 上,当主轴 1 转动时,凸轮 2 推动摆杆 4,进而完成热封板 5 的张合运动,热封板闭合时进行热封,凸轮对转动 1 圈完成 1 次热封。

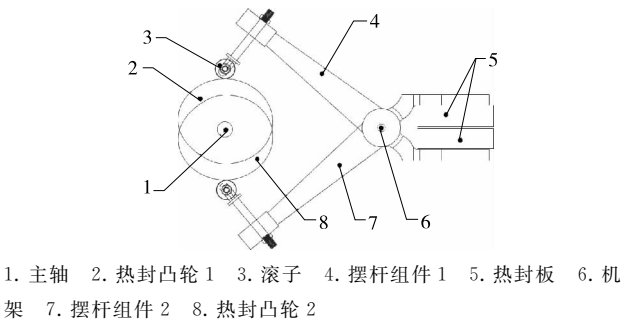


图 1 热封机构简图

Figure 1 Schematic diagram of heat sealing mechanism

图 2 中, P_1 点为摆杆组件 1 上的固定点, P_2 点为热封机构动作过程中,热封凸轮 1 上与 P_1 点重合的点,显然有: $\overrightarrow{O_2O_1} = \overrightarrow{O_2P_2} + \overrightarrow{P_1O_1}$ 。其中 $\overrightarrow{O_2O_1}$ 为常矢量,模长为 $|\overrightarrow{O_2O_1}|$, $\overrightarrow{P_1O_1}$ 为定长矢量,模长为 $|\overrightarrow{P_1O_1}|$ 。

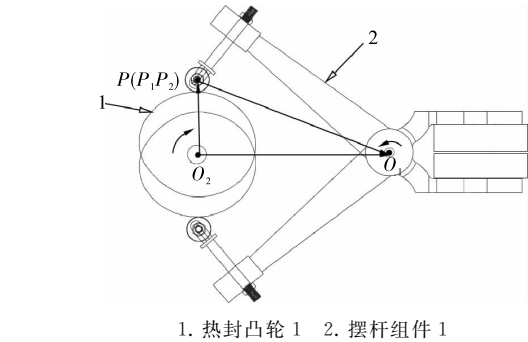


图 2 热封机构运动原理简图

Figure 2 Schematic diagram of motion of heat sealing mechanism

以图 2 所示位置为起始位置,热封凸轮 1 的转角 θ 在 $0 \sim 360^\circ$ 变化时,摆杆组件 1 的摆角 φ 完成 $0 - \varphi_{\max} - 0$ 的一个热封周期的变化,矢量 $\overrightarrow{O_2P_2}$ 对应的曲线即为凸轮轮廓线的等距曲线。

根据上述分析,在 Creo 中创建出摆杆组件以及凸轮坯,并使其各自按照热封机构的运动要求完成相对运动,应用 Creo 机构模块提供的“轨迹曲线”功能,可以自动绘制出凸轮的轮廓曲线。

2 基于 Creo 机构模块构建热封凸轮三维模型的方法

基于 Creo 机构模块进行热封凸轮三维模型的创建主要应用了“轨迹曲线”功能,该功能是将相对运动的两个零件(组件)中的一个作为“纸零件”,另一零件(组件)上的点或线作为“笔”(参考),这样在相对运动过程中,“笔”将在“纸零件”上绘制出相应曲线。只要两零件(组件)之间的相对运动满足特定要求,绘制出的曲线即为目标曲线,本研究应用该功能绘制了凸轮轮廓曲线的等距线。

热封凸轮三维模型的具体创建步骤:

(1) 创建热封机构主要部件(如摆杆、凸轮坯等)模型,并进行装配。在创建模型时,可以对零件进行适当简化,凸轮坯的模型为一圆盘即可。

(2) 在机构模块中,对热封机构进行运动仿真^[11-12],并生成仿真结果。该部分需要对凸轮坯及摆杆组件分别添加伺服电动机,其中凸轮坯上添加一个速度为常量的伺服电动机,摆杆组件上添加的伺服电动机的速度需要满足热封机构的要求,如热封时间、摆角范围等。为使得模型再生性强,可以在 Creo 中创建热封机构的相应参数,以方便对摆杆组件上伺服电动机的速度进行重新设定。

(3) 根据分析结果,应用“轨迹曲线”功能,在凸轮坯上绘制出凸轮轮廓线的等距曲线。

(4) 根据绘制的等距曲线,在凸轮坯模型上构建热封凸轮三维模型。

该方法的难点在于如何确定添加在摆杆组件上伺服电动机的速度,该速度是由摆杆的运动规律决定的,摆杆的运动规律可以作为已知条件。

3 实例分析

以某公司的 DXDF60C 自动包装机的热封机构为例,介绍热封凸轮三维模型的创建方法。

3.1 系统精度设置

Creo 系统的精度相对其他三维设计软件较低,因此,在创建高精度实体模型时需要对系统精度进行设置。系统精度包括绝对精度与相对精度,其中绝对精度用于精密产品设计和数据交换,修改绝对精度首先需要对配置文件进行设置,在【选项】/【配置编辑器】中查找“enable_absolute_accuracy”,并将其值改为“yes”,再在【模型属性】/【精度】中将绝对精度由“0.001 2”设置为“0.000 1”即可。

3.2 创建热封机构主要零件并装配

图 3 为创建的热封机构装配图,其中凸轮坯为圆盘,APNT1、APNT2 分别为两组摆杆上的滚子中心点,这两个点将作为“轨迹曲线”绘制时的“笔”(参考),在相应的“纸零件”(凸轮坯)上绘制曲线。

3.3 创建热封机构运动模型

3.3.1 热封凸轮参数关系 表 1 中所列参数之间存在如下关系:

$$T = 60 / N, \tag{1}$$

$$I_\theta = 6 N, \tag{2}$$

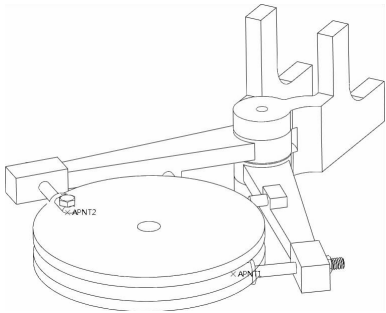


图 3 热封机构装配图

Figure 3 Assembly drawing of heat sealing mechanism

表 1 热封凸轮相关设计参数

Table 1 Design parameters of heat sealing cam

参数名称	参数	参数名称	参数
从动件摆角	φ	凸轮转角	θ
推程与回程比	ζ	凸轮每分钟转数	N
从动件摆角极值	$\varphi_{\max}$	凸轮单位时间转角	I_{θ}
推程角度	θ_r	凸轮转一圈用时	T
回程角度	θ_b	推程周期	T_r
热封时间	t_h	回程周期	T_b

$$\theta_r = \frac{6N\zeta}{1+\zeta}(T-t_h), \tag{3}$$

$$\theta_b = \frac{6N}{1+\zeta}(T-t_h). \tag{4}$$

3.3.2 摆杆运动规律分析 摆杆的运动规律可以根据实际需要进行设定,本研究以摆杆在推程、回程期间按余弦规律运动为例,推程与回程分别为半个周期,图 4 为热封机构的摆杆 1 的运动规律曲线。

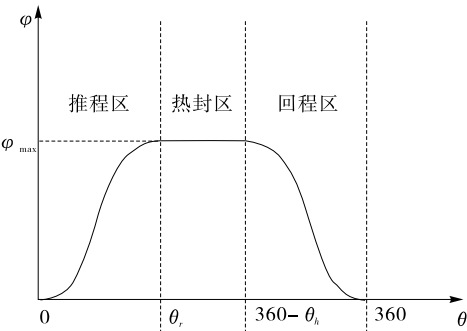


图 4 摆杆 1 运动曲线

Figure 4 Motion curve of swing link 1

通过推导,可知摆杆 1 的摆角 φ 与凸轮转角 θ 之间的关系如下:

$$\varphi = \begin{cases} \frac{\varphi_{\max}}{2} \cos[\frac{\pi}{\theta_r}(\theta - \theta_r)] + \frac{\varphi_{\max}}{2}, \theta \in [0, \theta_r] \\ \varphi_{\max}, \theta \in [\theta_r, \theta_r + t_h * I_{\theta}] \\ \frac{\varphi_{\max}}{2} \cos[\frac{\pi}{\theta_b}(\theta - (\theta_r + t_h * I_{\theta}))] + \frac{\varphi_{\max}}{2}, \theta \in [\theta_r + t_h * I_{\theta}, 360] \end{cases} \tag{5}$$

由热封机构的工作原理可知,摆杆 2 与摆杆 1 的运动方

向相反。为提高运动模型的再生性能,可以在 Creo 中创建热封机构的相关设计参数(见图 5),并按照上述分析添加各参数之间的关系式,如下:

```
T0=60/N /* 凸轮旋转一圈用时
ITHETA=6 * N /* 凸轮单位时间转角
THETAR= ITHETA * XITA * (T0 - TH)/(1 +
XITA) /* 推程角度
THETAB=ITHETA * (T0 - TH)/(1 + XITA) /*
回程角度
T=T+1
IF T>360
T=0
ENDIF
T1=THETAR * T /* 凸轮推程转角
PHIR=0.5 * PHIM * COS(180 * (T1 - THETAR)/
THETAR)+0.5 * PHIM /* 摆杆推程摆角
T2= THETAR+ ITHETA * TH * T /* 凸轮热封
转角
PHIH=PHIM
T3= THETAR+ ITHETA * TH+ THETAB * T /*
凸轮回程转角
PHIB=0.5 * PHIM * COS(180 * (T3 - (THETAR +
ITHETA * TH))/THETAB)+0.5 * PHIM /* 摆杆回程
摆角
```

3.3.3 伺服电动机的定义 在热封机构运动模型的创建时,需要添加两个伺服电动机,在凸轮坯上添加的伺服电动机的速度为常量,在此设为 1。在摆杆组件 1 上添加的伺服电动机,其“轮廓”的规范为“位置”,模的方式选择“用户定义”,见图 6。图 6 中表达式为 $XITA = 1, TH = 0.2, PHIM = 6, N = 60$ 时的形式。该伺服电动机的位置一时间曲线见图 7。由图 7 可知,添加的伺服电动机的运动规律与前述摆杆组件的运动规律一致。



图 5 创建热封机构参数

Figure 5 Create parameters of heat sealing cam

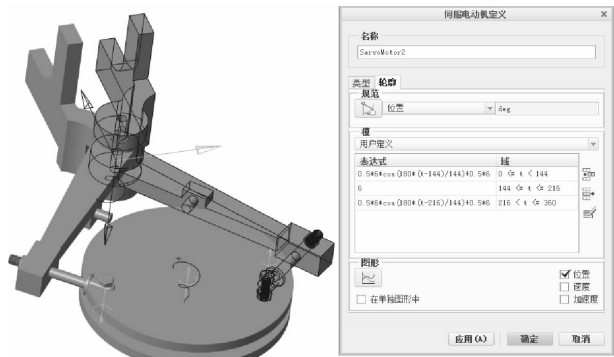


图 6 摆杆 1 伺服电动机定义

Figure 6 Motor definition of swing link 1

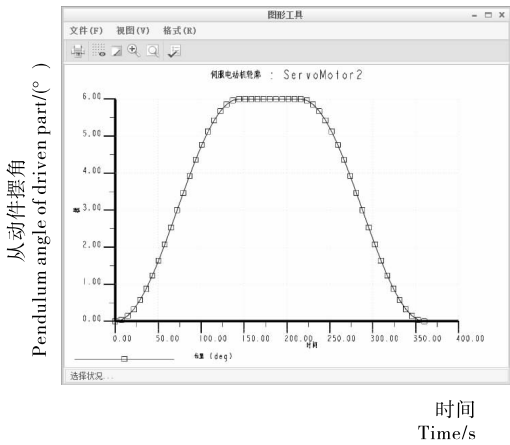


图 7 伺服电动机位置—时间曲线

Figure 7 Displacement-time curve of motor

3.3.4 完成机构分析并绘制“轨迹曲线”设置机构分析的时间为 360 s,完成机构分析后,打开“轨迹曲线”命令,选择“凸轮坯”为纸零件,选择相应摆杆上的点 APNT1 为参考点,得到图 8 所示的轨迹曲线。

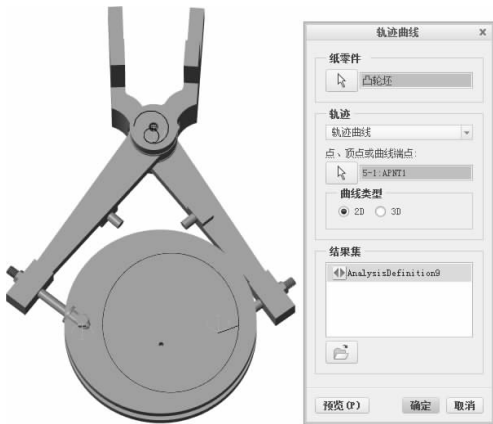


图 8 绘制的轨迹曲线

Figure 8 Trace curve of motion model

3.3.5 完成凸轮的创建 得到的轨迹曲线会自动置为凸轮坯上的特征,该轨迹曲线是凸轮轮廓的等距曲线,凸轮轮廓曲线与该曲线相差一个滚子半径,应用 Creo 提供的建模工具,结合得到的轨迹曲线便可得到热封凸轮的精确模型。

4 结论

本研究在分析热封机构工作原理的基础上,利用 Creo 机构模块的分析功能创建了凸轮轮廓曲线的方法。该方法无需复杂的编程或绘图,只需准确定义从动件的运动规律,便可便捷地得到热封凸轮的轮廓曲线,进而构建热封凸轮的三维精确模型。本研究介绍的实例,在应用“轨迹曲线”功能时,是以点作为参考的,因为曲线也可以作为参考,所以该方法可以推广应用到其他复杂相对运动如齿轮啮合运动中,通过刀具边创建相应的齿廓曲线。

参考文献

[1] 陈韵. 基于 Matlab 和 Pro/E 的凸轮轮廓曲线精确设计[J]. 装备制造技术, 2011(4): 77-78.

[2] 韩炬, 王莹, 郭亚楠. 袋成型包装机热封机构的动力学分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 146-148.

[3] 许海峰, 周靖, 唐伟强. 高速纸箱成型机展开成型机构的设计与仿真分析[J]. 食品与机械, 2009, 25(4): 156-159.

[4] 王东. 基于 Pro/E 关系式的凸轮轮廓曲线精确设计[J]. 机械设计, 2010, 27(8): 31-34.

[5] 刘兵, 程婧瑶, 张蓓. 基于 Pro/E 的凸轮外轮廓参数化设计方法[J]. 机械工程师, 2012(12): 94-95.

[6] 刘永霞. 基于 Pro/E 参数化建模技术的凸轮轮廓线精确设计[J]. 南华大学学报: 自然科学版, 2011, 25(3): 35-38.

[7] 贺伟, 曹巨江, 杨芙莲. 我国凸轮机构研究回顾与展望[J]. 机械工程学报, 2005, 41(6): 1-6.

[8] 李建功. 机械设计基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012: 43-46.

[9] REJAB M R M, RAHMAN M M, HAMEDON Z, et al. An evaluation of profiles for disk cams with in-line roller followers[J]. Proceedings of MSTC08, 2008(12): 608-614.

[10] 韩炬, 曹利杰, 王宝中. 中文版 Creo2.0 完全自学教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013: 655.

[11] 乔峰丽, 苗鸿宾. 包装机横封机构仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 75-77.

[12] 李光. 基于 COSMOSMotion 的包装机横封机构运动仿真[J]. 包装工程, 2010, 31(3): 83-85.