

基于 Matlab/Simulink 的送标机构运动仿真分析

康迎新^{1,2}, 帅词俊¹, 贺兵²

(1. 中南大学机电工程学院, 湖南长沙 410012; 2. 湖南工业大学机械工程学院, 湖南株洲 412008)

摘要: 针对六连杆作为贴标机的送标机构, 基于几何矢量相等建立了其数学模型, 利用 Matlab/Simulink 对该模型进行计算和仿真。通过对比标盒所处不同位置的运动轨迹, 获得了最优结果, 并在此结果基础上探讨了吸标辊的安装尺寸。

关键词: 送标机构; 运动轨迹; 运动仿真; Matlab/Simulink

中图分类号: TB486+.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2010)02-0040-03

Kinematics Simulation of Label Delivering Mechanism Based on Matlab/Simulink

Kang Yingxin^{1,2}, Shuai Cijun¹, He Bing²

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410012, China;

2. School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: Based on geometric vector equal to vector, the mathematical model of a six-bar linkage used for delivering label on labeling machine is established. Its calculation and kinematics simulation is processed with Matlab/Simulink software. The optimal results are obtained by comparing the position of label boxes in different trajectories. Moreover, the installation size of suction roll is investigated based on the results.

Key words: label delivering mechanism; trajectory; kinematics simulation; Matlab/Simulink

贴标机是包装生产线上的一种重要设备, 而送标机构是其关键环节之一, 送标机构的主要功能是将安放在机构上的标签送到吸标的橡胶轮上。在送标过程中, 送标机构的选择及运动轨迹的设计非常重要。为保证送标机构能连续、准确、稳定、可靠、逐张地将标签取出, 常采用六连杆机构作为送标机构的传动基础^[1-2]。本文在分析六连杆送标机构影响贴标精度因素的基础上, 推导出相应的运动学矩阵数学模型, 编制了相应的 Matlab 的 M 函数, 搭建了 Simulink 模型, 并对送标过程进行运动仿真分析, 以确定吸标辊的安装位置, 从而为连杆机构的参数化设计与控制提供切实可行的方法。

1 吸标精度的影响因素分析

吸送标机构的结构示意图见图 1, 主要由标盒、吸标辊和送标辊 3 部分组成。吸送标运动过程为, 吸标辊从标盒中吸取标纸, 然后送给送标辊传入其它机构。吸标精度是指吸标辊从标盒中吸取标纸的位置误差, 因此, 如何保证送标和吸标的可靠性和平稳性(即吸、送标的准确性)是保证吸、送标精度的关键。

对吸标机构的运动进行分析可知, 标签在吸标辊上的位置精度由 2 个主要因素决定: 1) 吸标辊从标盒中吸取标签的初始位置是否准确; 2) 吸标辊在吸取标签的过程中, 两者是否产生相对滑动。只有当每张标

收稿日期: 2010-03-15

基金项目: 湖南工业大学“教学之星和教学新秀”专项基金资助项目(09C07), 湖南工业大学教学改革基金资助项目(08D14)

作者简介: 康迎新(1981-), 男, 湖南娄底人, 湖南工业大学教师, 中南大学硕士生, 主要研究方向为包装机械,

E-mail: zhuzit@qq.com

签在吸标辊上的初始位置相同, 且标签在吸标辊上无滑动的条件下, 其吸标精度才能得到保证。其中第一个条件, 即准确可靠的初始位置, 由吸标辊和标盒的结构尺寸保证, 也就是由两部件的位置精度和本身的尺寸精度来保证。第二个条件即标签在吸附过程中是否产生滑动, 主要由吸标辊和标盒的相对运动精度保证, 即在吸标盘与标签相对吸附的任意瞬间, 吸标辊上相应点的线速度应与标签上相应点的速度大小相等、方向一致^[1,3]。取标段要求标盒与吸标辊圆柱面作相对纯滚动, 即在任一时刻两者在法向方向无作用力接触, 在切向方向线速度相等。可通过合理设计六连杆机构使标盒的运动轨迹满足这一要求——D点的轨迹与吸标辊的圆轨迹相切, 且运动平稳。

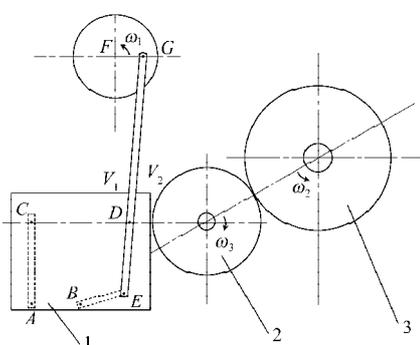


图1 吸送标机构结构示意图

Fig. 1 Structure profile of label-inserting-delivering mechanism

2 送标机构取标点运动轨迹曲线仿真

根据吸送标机构的结构示意图绘制六连杆机构结构简图, 如图2所示。其中A,B,F为机架, FG为原动件(作匀角速度圆周运动), 标盒安装在CD上, D为标盒中第一张标签所在位置, 即取标点。

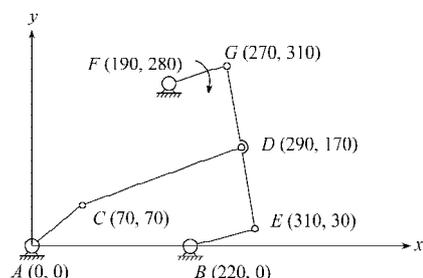


图2 六连杆机构结构简图

Fig. 2 Structure diagram of 6-link mechanism

2.1 数学模型的建立

分析六连杆机构的结构简图可知, D点的运动轨迹只与六连杆机构中的F,G,E,B四杆机构有关, 不受AC和CD杆的影响。为方便用 Matlab/Simulink对D点

的运动进行仿真, 建立F,G,E,B四杆机构的矢量图, 如图3所示。

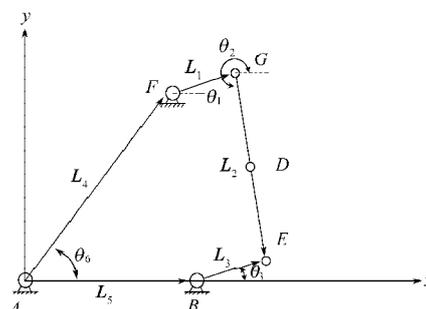


图3 送标机构矢量图

Fig. 3 Vectogram of label delivering mechanism

根据图3建立如下矢量方程:

$$L_4 + L_1 + L_2 = L_5 + L_3, \quad (1)$$

$$L_{AD} = L_4 + L_1 + L_{GD}, \quad (2)$$

其中: L_{AD} 为由A指向D的矢量。

将式(1)分解为标量形式得:

$$\begin{cases} L_4 \cos \theta_6 + L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 = L_5 + L_3 \cos \theta_3, \\ L_4 \sin \theta_6 + L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 = 0 + L_3 \sin \theta_3, \end{cases}$$

对时间t求导(其中 $\omega_1 = \theta_1'$, 余同), 得

$$\begin{cases} L_1 \sin \theta_1 \omega_1 + L_2 \sin \theta_2 \omega_2 = L_3 \sin \theta_3 \omega_3, \\ L_1 \cos \theta_1 \omega_1 + L_2 \cos \theta_2 \omega_2 = L_3 \cos \theta_3 \omega_3 \end{cases}$$

整理可得如下矩阵方程形式:

$$\begin{bmatrix} L_1 \sin \theta_1 & L_2 \sin \theta_2 \\ L_1 \cos \theta_1 & L_2 \cos \theta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_3 \sin \theta_3 \cdot \omega_3 \\ L_3 \cos \theta_3 \cdot \omega_3 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

式(3)为贴标机构连杆点轨迹仿真的主函数数学模型, 用于计算连杆及从动杆的角速度等。

将式(2)分解为标量形式, 得:

$$\begin{cases} x_D = L_4 \cos \theta_6 + L_1 \cos \theta_1 + L_{GD} \cdot \cos \theta_2, \\ y_D = L_4 \sin \theta_6 + L_1 \sin \theta_1 + L_{GD} \cdot \sin \theta_2, \end{cases}$$

将上式化为矩阵方程式:

$$\begin{bmatrix} x_D \\ y_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_4 \cos \theta_6 + L_1 \cos \theta_1 + L_{GD} \cdot \cos \theta_2 \\ L_4 \sin \theta_6 + L_1 \sin \theta_1 + L_{GD} \cdot \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

式(4)为贴标机构连杆点轨迹仿真的辅函数数学模型, 用于根据连杆机构各杆位置求出连杆点D的坐标值。

2.2 计算函数的编制^[4]

为在 Matlab/Simulink 中进行轨迹仿真, 根据需要编制3个函数文件, 其中, 依据式(4)编制的 Hypofun_fourbar 函数用于计算连杆点D的坐标轨迹。

Hypofun_fourbar.m

function [x]=hypofun_fourbar(u)

% u(1)=theta-2

% u(2)=theta-1

% k为D点在GE杆上的位置比例, 即 $k = \overline{GD}/\overline{DE}$

$$L4=0.338\ 378\ 5; L1=0.085\ 440\ 0; L2=0.282\ 842\ 7;$$

$$x=[L4*\cos(0.974\ 6)+L1*\cos(u(2))+L2*\cos(u(1))/k;$$

$$L4*\sin(0.974\ 6)+L1*\sin(u(2))+L2*\sin(u(1))/k]$$

2.3 仿真模型的建立与仿真结果

应用 Matlab 的 Simulink 仿真技术建立仿真模型。根据图 2 中各点的坐标可得仿真初始值如下：

构件尺寸 $L_1=85.440\ 0\ \text{mm}$ 、 $L_2=282.842\ 7\ \text{mm}$ 、 $L_3=94.868\ 3\ \text{mm}$ ； $\theta_1=0.358\ 8\ \text{rad}$ ，经辛普森公式计算得 $\theta_2=4.854\ 3\ \text{rad}$ ， $\theta_3=0.321\ 8\ \text{rad}$ ， $\theta_6=0.974\ 6\ \text{rad}$ 。
原动件 FG 以 $\omega_1=0.523\ 6\ \text{rad/s}$ 的角速度作匀速转动。贴标机送标机构运动仿真模型框图如图 4 所示。

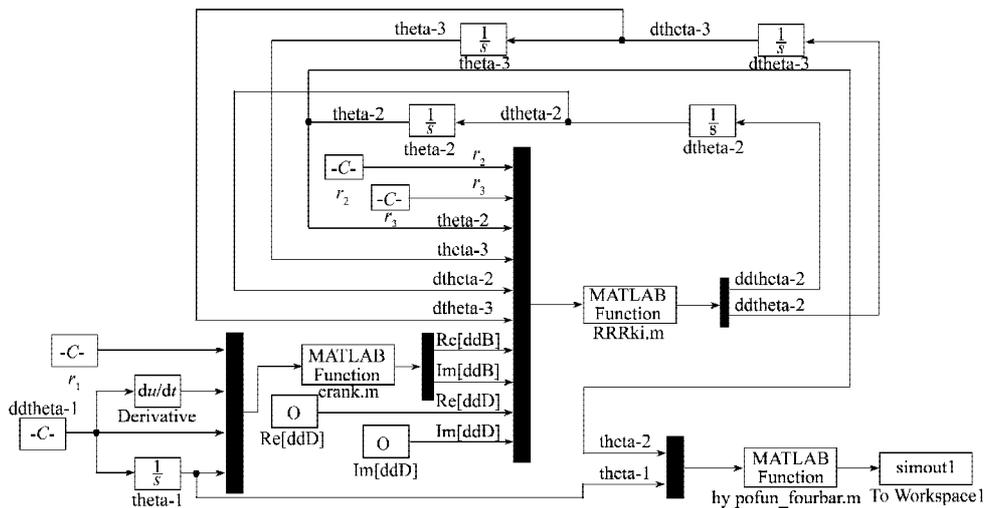


图 4 送标机构运动仿真模型框图

Fig. 4 Model block diagram of emulational label delivering

在 Hypofun_fourbar 函数中，取不同的 k 值（即 D 点位于 GE 杆不同位置处）进行仿真，得到 D 点（取标点）的运动轨迹如图 5 所示。

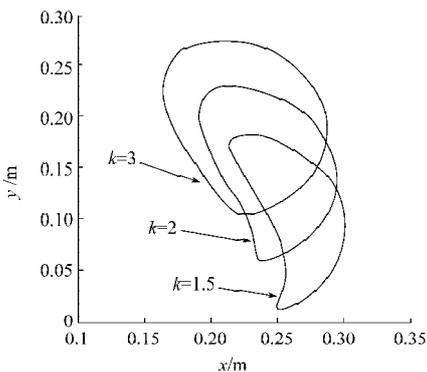


图 5 D 点运动轨迹
Fig. 5 D point trajectory

由图 5 可看出，随着 k 值的增大，运动轨迹从月牙形逐渐向椭圆形发展。根据贴标过程的需要，选取 k 等于 2 (D 点位于 GE 中点) 的运动轨迹。该运动轨迹由近似圆弧段和近似直线段组成。近似圆弧段为取标点与吸标辊接触进行吸标的过程，可视同 2 个圆进行纯滚动。因此，取标点在每个瞬时的运动都与吸标辊相切。选择适当的传动系统，即可保证二者线速度大小相等、方向一致，有利于保证吸标运动精度。轨

迹的直线段为标盒的回程段，可保证吸标动作完成后，标盒能尽可能快地返回原位置，以缩短运行周期，提高吸、送标速度，提升贴标生产率。

为保证吸标精度，需要确定准确可靠的初始位置，其中重要的一环是吸标辊和标盒的相对安装尺寸。采用试凑的方法，调整参数绘制出如图 6 所示的圆。

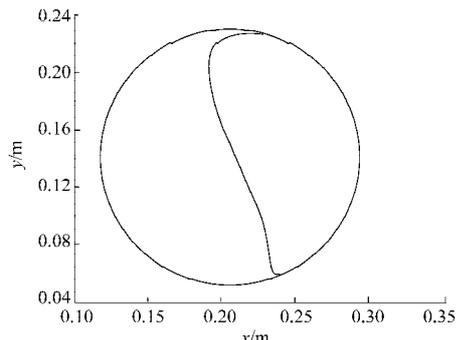


图 6 试凑结果
Fig. 6 Matching test result

由图 6 可看出，圆与 D 点运动轨迹有近 1/3 段大致重叠。该圆半径即为 D 点运动轨迹圆弧段的半径，为 90 mm，圆心坐标相对于 A 点为 (205,140)，由此可计算出吸标辊的安装位置。

(下转第 51 页)