

# 基于 Matlab/Simulink 的送标机构运动仿真分析

康迎新<sup>1,2</sup>, 帅词俊<sup>1</sup>, 贺兵<sup>2</sup>

(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<sup>1,2</sup>, Shuai Cijun<sup>1</sup>, He Bing<sup>2</sup>

(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<sup>[1-2]</sup>。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<sup>[1,3]</sup>。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。

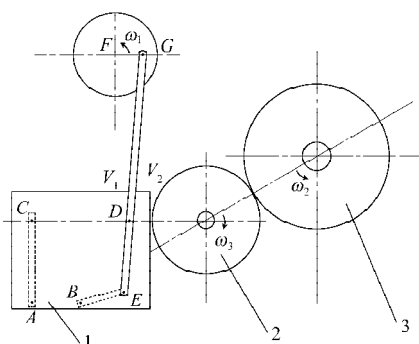


图1 吸送标机构结构示意图  
Fig. 1 Structure profile of label-inserting-delivering mechanism

## 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。

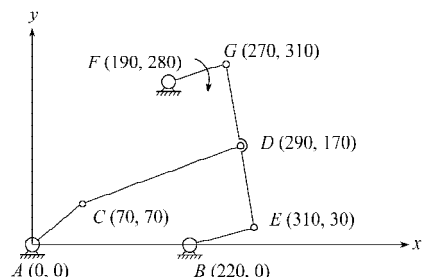


图2 六连杆机构结构简图  
Fig. 2 Structure diagram of 6-link mechanism

### 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。

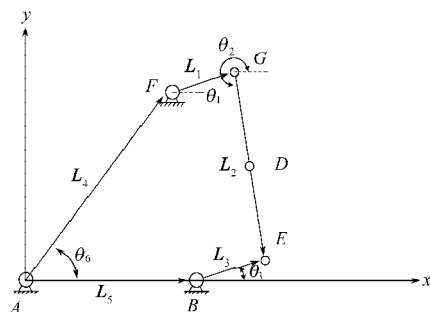


图3 送标机构矢量图

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<sup>[4]</sup>

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。

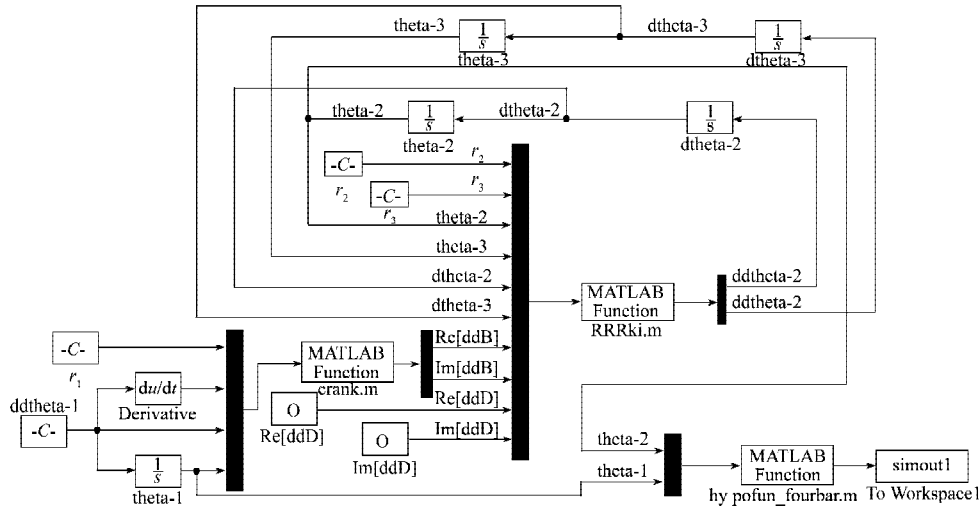


图 4 送标机构运动仿真模型框图

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。

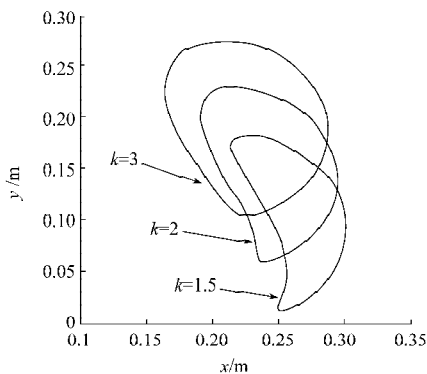


图 5 D 点运动轨迹  
Fig. 5 D point trajectory

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。

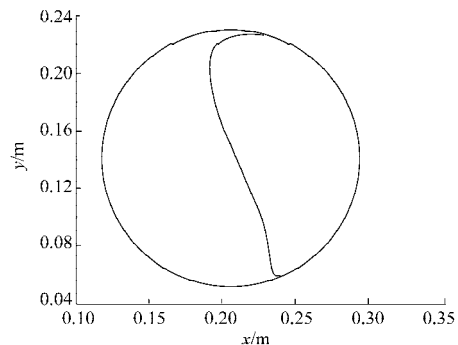


图 6 试凑结果  
Fig. 6 Matching test result

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)