

# 电流变柔性微致动器致动过程研究

苑伟政 胡晓江

(西北工业大学飞行器制造工程系, 西安, 710072)

## STUDY ON THE FLEXIBLE MICRO-ACTUATING PROCESS WITH ELECTRO-RHEOLOGICAL FLUID

Yuan Weizheng, Hu Xiaojiang

(Department of Aeronautic Manufacturing Engineering,  
Northwestern Polytechnical University, Xi an, 710072)

**摘 要** 利用电流变液体阻尼阀效应设计了原型电流变柔性微致动器,建立了相应的力学模型,进行了柔性微致动器致动过程实验研究和三维致动过程的计算机图形仿真,并对电流变柔性微致动过程的位移、速度和加速度等运动学和动力学特征进行了分析研究。

**关键词** 电流变体 柔性微致动器 微机械

**中图分类号** O37

**Abstract** The principles of flexible actuation are offered and a mechanical model of the flexible micro-actuator is established. A prototype of ER flexible micro-actuator is designed based on the damping valve effect of ERF. By analysis of the actuator motion process of the FMA, a simulation of the actuating process in three dimensions of the FMA is formed. Then, some kinematic and dynamic parameters of the ER flexible actuating process, such as displacement, velocity and acceleration, are analysed.

**Key words** electro rheological fluids, flexible micro-actuators, micro-electro-mechanical system

### 1 电流变液体柔性微致动器工作原理

柔性微致动器的致动主要靠作用于微致动器工作头的 ERF 的有效压力<sup>[1,2]</sup>。微致动器的变形参数用:中心轴线所在平面与坐标平面的投影与坐标轴的夹角  $H$  (或微致动器工作头的伸长量);致动器中心轴线的曲率半径  $R$ ;弯曲向心角  $K$  来加以描述。使 3 个子腔的有效压力产生差异的原因是各腔在不同的电场作用下造成的压力损失部分的不同,即使各腔的流体的粘度不同,从而产生电流变体的阻尼阀效应,在各腔中造成压力差,形成致动。

### 2 柔性微致动器致动过程的动态观察

柔性微致动器致动过程实验设计为用压缩空气将 ERF 压入微致动器工作头,通过控制微致动器工作头上的电场强度的方法,来控制微致动器工作头。实验条件为:压缩空气压力  $P_0 = 0.8 \text{ MPa}$ , 微致动器工作头 1 腔外加电场强度  $E_1 = 0 \text{ kV/mm}$ , 2 腔外加电场强度  $E_2$  从  $0 \text{ kV/mm}$  连续变化到  $3.0 \text{ kV/mm}$ 。在微致动器工作头上安置有一探针,用于指示微致动器工作头的位置变化,变化量由探针头在网格纸上相对于纸上坐标原点移动的格数来确定,网

格纸上单元格为 0.7mm × 0.7mm。用照相记录下探针的初始至终止点的各个位置便可记录工作头的致动位置参数。

### 3 柔性微致动器的致动过程仿真及分析

(1) 微致动器仿真模型的建立 电场强度变化与位置坐标变化的矩阵关系式为<sup>[1]</sup>

$$\begin{pmatrix} dx/dt \\ dy/dt \\ d(z - L_0)/dt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 2.66 & -2.66 \\ 3.07 & -1.54 & -1.54 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_0 - 114.6 \times 10^{-3}V_1 - 0.464dE_1^2/dt \\ P_0 - 114.6 \times 10^{-3}V_2 - 0.464dE_2^2/dt \\ P_0 - 114.6 \times 10^{-3}V_3 - 0.464dE_3^2/dt \end{pmatrix}$$

由欧拉法仿真可以得到变形参数、运动参数与电场强度的关系。

(2) 微致动器工作头的变形参数随电压的变化 在本实验条件下微致动器工作头变形参数,如工作头的伸长量、弯曲曲率半径以及弯曲弧线的向心角等的变化趋势分别如图 1~图 3 所示。由图中可见,当电场强度低于某一值时(1.5 kV/mm),微致动器工作头伸长量随电场强度的降低而增加;曲率半径随电场强度降低而减小,曲线近似为双曲线;向心角随电场强度降低而近似为线性增加。

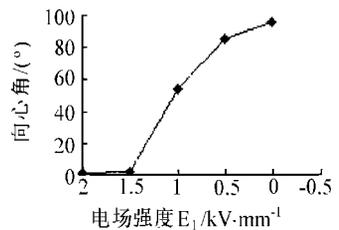
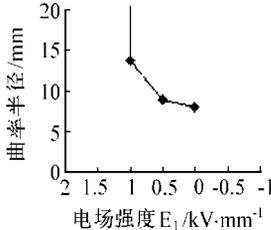
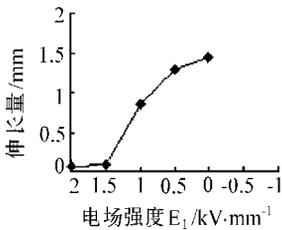


图1 工作头伸长量变化曲线

图2 曲率半径变化曲线

图3 弯曲弧线的向心角变化曲线

子腔电极上所加电压越小,压力损失就越小,这样微致动器3腔之间存在的压力差就成为使微致动器工作头的弯曲变形的主要作用力。由于加在第1腔微致动器电极上的电压  $E_1 = 0$ ,第2、第3腔电压  $E_2 = E_3$ ,所以第1腔的压力大,使微致动器工作头向 y 轴的负方向弯曲。

(3) 运动参数与电场强度的关系 在  $E_2 = E_3 = 2 kV/mm$ ,仅改变电场强度  $E_1$  的条件下,微致动器工作头在不同电场强度下沿 3 个坐标轴方向的致动速度和加速度曲线如图 4、图 5 所示。

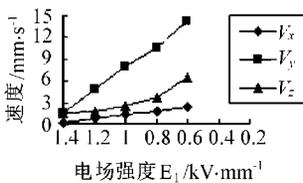


图4 致动速度曲线

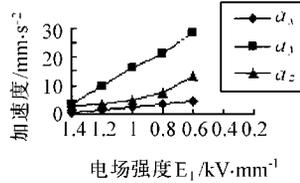


图5 加速度曲线

### 参 考 文 献

- 刘荣,宗光华.三自由度人工肌肉驱动器的静力学研究( $\alpha = 0^\circ$ 的条件下).机器人,1994,16(3):160~164
- 田中丰,坪江宏明.人工肌肉驱动用粘性流体传动装置的开发.日本机械学会论文集.1994.296~301