

# 仿生型步进式直线驱动器的研究<sup>†</sup>

杨宜民 李传芳 程良伦

(广东工学院机器人研究室 广州 510090)

**摘要** 本文提出一种新型直线驱动器的仿生动作原理,并设计出两种机械结构及其控制器.实验表明,这类驱动器具有精度高、步距可变、输出力大、行程长、结构简单、体积小、内藏传感器、具有极好输出特性等特点.这类驱动器适用于一切超高精度的直接驱动.

**关键词** 仿生型,直线驱动器,压电元件

## 1 引言

在 3A 装置中,直线运动是主要运动方式之一.如果采用旋转式电机驱动,则需要通过蜗轮蜗杆之类的传动装置,将旋转运动方式变为直线运动方式.这样就带来了体积大、精度和效率低等问题.可见对于提高 3A 装置的精度、效率和减小体积而言,直接无隙驱动(DD)是一种理想的驱动方式.因此,几十年来人们积极地从事各种直线驱动器的研究,并开发出直线感应、直线脉冲、直线直流…等各种电磁式直线驱动器,气压和液压直线驱动器,超声波、超导、橡胶、形状记忆合金、金属氢等各种特殊型直线驱动器.

上述各种直线驱动器存在的突出缺点是精度不高,结构复杂,有的寿命短,有的还未实用化.虽然采用压电元件带放大机构的驱动器解决了精度低和结构复杂的问题,但又带来了行程短的矛盾,不能满足某些应用要求.所以我们从事仿生型步进式直线驱动器的研究和开发.

## 2 仿生型直线驱动器的动作原理及结构

### 2.1 直线驱动器的动作原理

这种新型直线驱动器的动作原理是根据自然界爬虫类爬行的方法而提出的,如图 1 所示.首先是左右端膨胀固定,如图 1(a)所示;接着是右端复原,中间部膨胀伸出,如图 1(b)所示,然后是右端膨胀固定,左边和中间部复原,如图 1(c)所示;最后是左右端固定,回到图 1(a)状态,完成向右爬行一步的动作.重复上述步骤,则继续向右爬行.显然把左端理解为右端,或中间部的膨胀变为收缩,则都能向左运动.

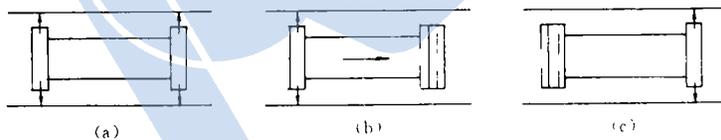


图 1 直线驱动器的仿生动作原理示意图

### 2.2 直线驱动器的机械结构

仿生型步进式直线驱动器的机械结构如图 2 和图 3 所示.

<sup>†</sup> 广东省“八·五”机电一体化重点攻关项目,已申请专利.收稿时间:1993-03-30

在图2中,仿生型步进式直线驱动器(I型)由导轨、可动件、输出轴等三个零部件所组成.可动件采用带压电元件的圆弧缺口的一体化机构,由线切割机加工而成.可动件的左右端的抓爪上贴有摩擦材料,目的是增加可动件和导轨间的摩擦力,从而提高驱动器的带载能力.可动件中间腔的圆弧缺口处贴有应变电阻片,作为检测步长和温度补偿之用.

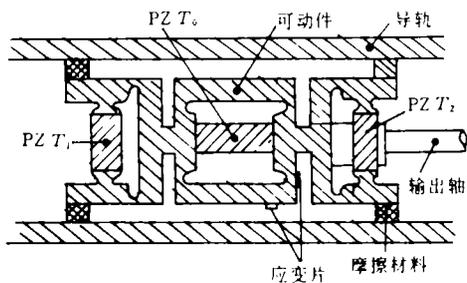


图2 仿生型步进式直线驱动器结构示意图(I型)

可动件中间腔的圆弧缺口处贴有应变电阻片,作为检测步长和温度补偿之用.

在图3(a)中,仿生型步进式直线驱动器(I型)由可动件、电磁制动件、肋片和底座所组成.可动件采用类似I型直线驱动器可动件的结构,并且与输出轴一体化,如图3(b)所示.电磁制动件如图3(c)所示,由铁芯、线圈和衔铁组成.肋片压住电磁制动件的铁芯,嵌在底座上.衔铁和肋片对着可动件处贴有摩擦材料,其目的是增加对可动件的制动力.

上.衔铁和肋片对着可动件处贴有摩擦材料,其目的是增加对可动件的制动力.

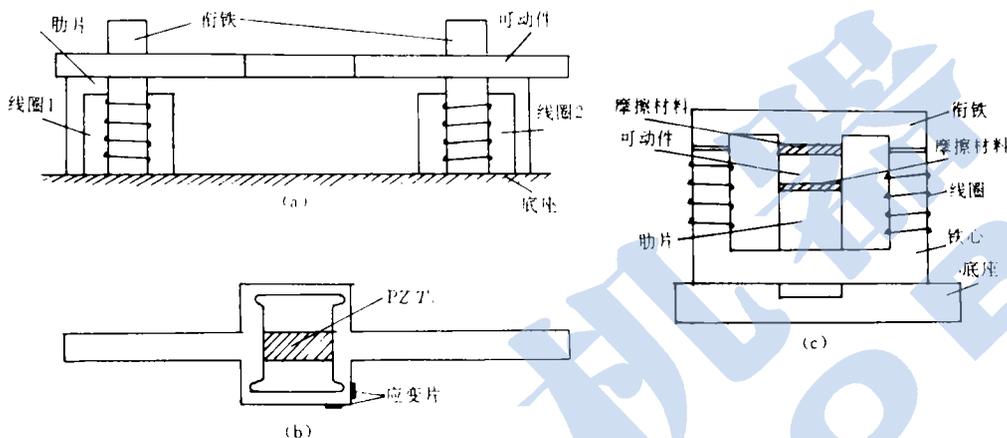


图3 仿生型步进式直线驱动器结构示意图(I型)

### 3 仿生型直线驱动器的控制

仿生型步进式直线驱动器的控制系统及信号波形如图4所示.在图4(a)中,由单片机产

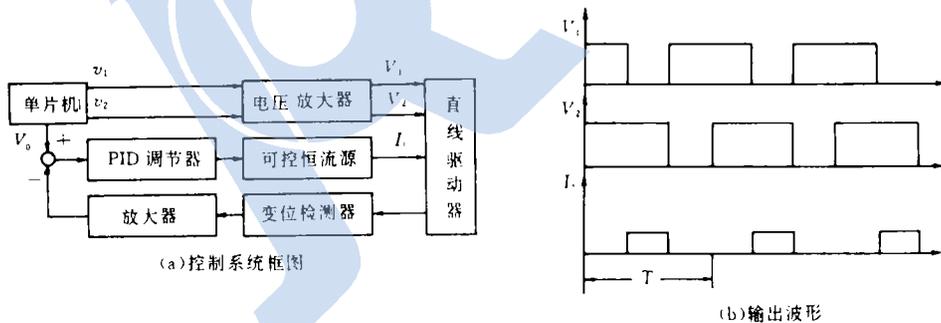


图4 仿生型步进式直线驱动器的控制系统框图和输出波形

生控制直线驱动器所需的逻辑信号  $v_1$ 、 $v_2$  和  $v_0$ . 逻辑信号  $v_1$ 、 $v_2$  经电压放大器放大后产生  $v_1$ 、 $v_2$  控制信号. 中间的压电元件 PZT<sub>0</sub> 采用可控恒流、变位反馈进行控制,以消除 PZT 的迟滞现

象,并保证步距的精度和提高带载能力.控制系统的输出信号波形如图 4(b)所示.当  $v_1$ 、 $v_2$  分别用于控制压电元件 PZT<sub>1</sub> 和 PZT<sub>2</sub>(或线圈 1 和线圈 2), $I_0$  用于控制压电元件 PZT<sub>0</sub> 时,则驱动器的可动件往某一方向作步进运动.当  $v_1$ 、 $v_2$  分别用于控制 PZT<sub>2</sub> 和 PZT<sub>1</sub>(或线圈 2 和线圈 1)时,则驱动器的可动件作反向步进运动.

从图 4 可看出,改变单片机中的程序,可控制直线驱动器的运动方向、步进频率和步距.

#### 4 仿生型直线驱动器的外观及技术参数

从理论分析和实践表明,这类仿生型步进式直线驱动器的技术参数主要取决压电元件的性能.据目前压电元件的性能及机械加工的技术水平,这类直线驱动器的主要技术参数如下:

- 步距:0.1~16  $\mu\text{m}$
- 步距误差:<0.05  $\mu\text{m}$
- 行程:5~1000 mm
- 最大输出力:3500 N
- 最快速度:40 step/s

#### 5 结束语

从上面的论述可以看到,我们研制的这种直线驱动器的最大特点是精度高、步距可变、输出力大、行程长、结构简单、体积小、内藏传感器,有极好的输出特性.《中小电机》1988 第 6 期介绍国外各种先进驱动器,其中谈到国外生产的四相直线电机的最高定位精度为 2.54~5.08  $\mu\text{m}$ .可见我们研究的这种直线驱动器的优点是相当突出的.它们适用于低速自动控制装置中的超高精度的定位和驱动.

#### 参 考 文 献

- 1 世界专利索引.1979~1992;(25).
- 2 杨宜民等.FZ 系列仿生型直线驱动器及其控制器.BICM.91 国际机电一体化学术会议论文集,北京,1991:369~372.
- 3 杨宜民等.新型两坐标微型驱动器的研究.广东工学院学报,1992,9(4):1~7.
- 4 荻田充二,リニアモータ.最先端のアクチュエータ.技术调查会,日本,1986:71~77.

## STUDY ON BIONIC-TYPE STEPING LINEAR ACTUATOR

YANG Yimin, LI Chuanfang, CHENG Lianglun

(Robotic Research Laboratory, Guangdong Institute of Technology Guangzhou 510090)

**Abstract** A new bionic action principle of linear actuator is presented. The two prototypes of linear actuator on this action principle and its controller are designed. Experiment results show that the actuator functions and performs with ultrahigh accuracy, changeable steplength, large drive force, long stroke and best output, characteristic due to built-in sensor, although it is simple in structure, small in volume. These actuators are applied to all ultrahigh accuracy direct drive.

**Key words:** Bionic-type, linear actuator, piezoelectrical element

(杨宜民,男,47岁,教授.研究领域:自动化、机器人.)