

# 机器人握力模糊控制系统

刘红霞 杨开明 黄明生  
(郑州工业学院机电一体化研究所)

**摘 要:**本文介绍一种实现机器人握力自适应最优控制系统。该系统是通过检测机器人手臂上安装的压觉、滑觉传感器的信号,建立起模糊控制集合,确定控制规则,使物体无滑动而被用最小的临界力握住。

**关键词:**机器人、握力、模糊控制

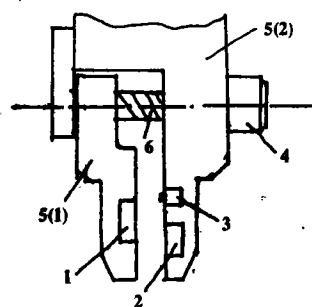
**中图分类号:**TP242

普通机器人的握力大都采用大安全系数的办法确定,这对于质地为刚性或表面要求不高的物体来说还是实用的。但对易变形,易碎物体或对表面要求较高的物体就可能造成变形、破碎或对表面造成损伤。机器人的握力究竟多大才合适?其临界条件应是使物体既不产生滑动而该握力又最小,而这正是我们要解决的问题。

## 1 控制系统机构组成及原理<sup>[1]</sup>

该控制系统机构简图如图一所示。在机器人手臂的夹持体上装有与物体接触的传感器微动开关、检测对物体施加夹持力大小的压觉传感器以及检测物体与夹持体相对运动的滑觉传感器。

在上图中,滑觉传感器采用光电编码<sup>[2]</sup>,结构如图二。



1.滑觉传感器;2.压觉传感器;3.接触传感器;  
4.电机;5.夹持体;6.传动体(丝杠)

图1

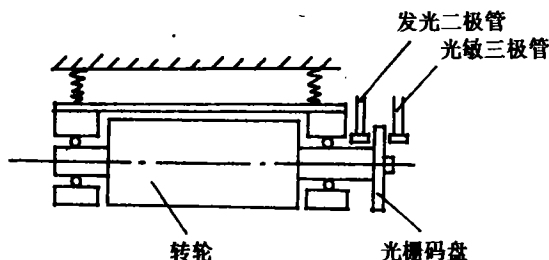
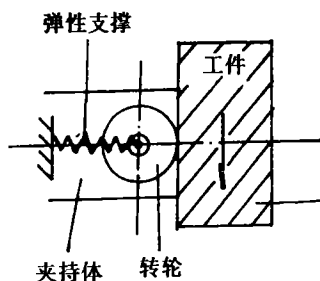


图2

在图二中,当物体相对夹持体有滑动时,带动转轮转动,光栅码盘也随之转动。码盘、发光二极管和光敏三极管三者结合,通过适当的硬件电路就可得到滑动信号和该信号的大小。图中弹性支持主要是保证转轮与物体保持接触而又不影响对物体的夹持。

压觉传感器采用压电晶体传感器,当物体与夹持体接触后,对于不同重量和不同表面的

物体,施以力的大小是不定的。假如机器人搬运的物体重量范围是一定的,那么可以根据这一范围来确定压觉传感器量程,并可据此量程选购或制作。压电晶体传感器应用已经比较广泛,其原理和结构本文不再赘述。

接触传感器采用微动开关,它主要用来检测物体与夹持体是否接触,以通知压觉和滑觉传感器开始工作或停止工作。

综上所述,通过防滑的滑觉传感器、控制握力的压觉传感器和检测物体的触觉传感器三者的结合,确定出一个电机的运动量,来控制夹持力。由于在夹持过程中滑动量和压力是实时的,须实时检测滑动和压力信号,以确定最优临界握力。

## 2 握力模糊控制系统

由于物体重量,表面要求和质地的不同,在机器人对其夹持过程中的受力状态也不同,该力为一未知的参数,是预先无法设定的,无论采用经典的或是现代的控制方式,所建立的控制模型都难于整定,不能取得预期的效果。近年来对于难于实现自动控制的生产过程,采用微机和模糊理论来实现自动控制,都有很好的效果<sup>[3]</sup>。同样,我们对机器人临界握力的控制,采用了模糊控制技术,用模糊理论的语言变量去替代附合予数学变量,同模糊条件语句来刻划变量间的简单关系,用不太精确推理产生确定的结论。

该模糊控制器为二维模糊控制器,即用系统中滑动量的变化率和压力变化率作为系统输入信号<sup>[4]</sup>,形式为两输入单输出,其控制模型如图三所示。

图中 $\tilde{A}$ 为滑动量变化率模糊集合, $\tilde{B}$ 为压力变化率模糊集合, $\tilde{G}$ 为控制量模糊集合。

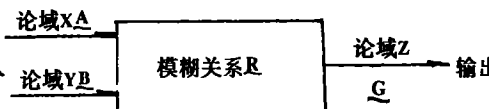


图3

其中

$$A = \frac{df}{dt} \quad B = \frac{dp}{dt}$$

式中: $f$ —滑动量值

$p$ —压力值

控制系统中, $\tilde{A}$ 、 $\tilde{B}$ 都是精确的量,当采用模糊控制器进行模糊控制时,由于控制器自身不会思维,需将精确量转化为模糊量,或将模糊量转化为精确量。也就是要将系统中 $A$ 、 $B$ 和 $G$ 转换成模糊量,构成模糊集,把模糊化的量输给模糊算法器进行处理。算法器输出的控制量又是一个模糊集合,经过模糊判断给出控制量的确切值去控制被控对象。

精确量的模糊化涉及模糊集合中隶属度出数的求取。如果将 $A$ 的变化范围定为 $[-X_A, X_A]$ , $B$ 的变化范围定为 $[-X_B, X_B]$ , $G$ 的变化范围定为 $[-X_G, X_G]$ ,将这一连续的精确量离散化,将其分为 $m$ 档,每一档对应一个模糊集,然后进行模糊处理。 $m$ 由控制对象应用场合来定,要求高时 $m$ 取大些,反之则取小些,这样既经济实用又满足了要求。

$m$ 档对应 $m$ 个模糊子集<sup>[5]</sup>,集合元素的隶属度可以根据人们的思维习惯或者统计概率的角度出发采用正态形式或者其它分布形式,这样即可以得到元素隶属度,当然这只能得到一个粗略的隶属度表,实际中应根据具体情况加以修正。

二维输入—维输出的模糊控制语言表达式为

若 $\tilde{A}$ 且 $\tilde{B}$ 则 $\tilde{G}$

或者写成

IF  $\tilde{A}$  and  $\tilde{B}$  then  $\tilde{G}$

但对于一个工业控制过程来说,控制经验总结起来会有很多条,因而对应的推理语言就

有很多条:

IF  $\tilde{A}_1$  and  $\tilde{B}_1$  then  $\tilde{G}_1$

IF  $\tilde{A}_2$  and  $\tilde{B}_2$  then  $\tilde{G}_2$

.....

IF  $\tilde{A}_n$  and  $\tilde{B}_n$  then  $\tilde{G}_n$

每条推理语言均可得相应的模糊关系  $R_i (i=1, 2, \dots, n)$ 。

总控制规则  $R$  通常取  $R_i (i=1, 2, \dots, n)$  的并集来得到, 即

$$\tilde{R} = \bigcup_{i=1}^n R_i$$

那么, 若已知输入  $A_1$  且  $B_1$ , 可按下法求输出  $G_1$ 。

$$\tilde{G}_1 = (\tilde{A}_1 \times \tilde{B}_1)^T \cdot \tilde{R}$$

由于  $\tilde{R}$  是一个较大的矩阵, 所需运算时间较长, 我们可以脱机用 PC 机仿真根据模糊规则运算出控制表, 将表存贮于微机中, 通过查表来求得输出量  $G$ , 这样易于用单片机来实现。系统的模糊控制器示意图见图 4。

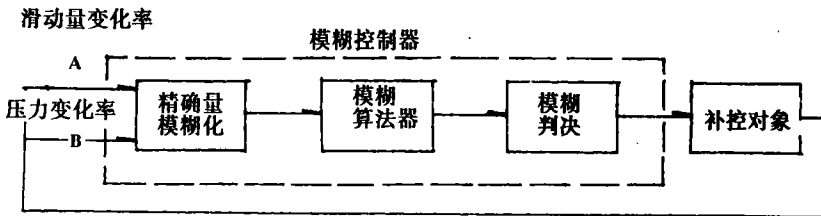


图 4

### 3 结束语

本文所介绍的模糊控制系统, 其控制算法建立在合理的模糊控制理论和方法的基础上。控制方案实用、简洁, 系统响应时间快、精度高, 很容易用单片机构成简单的实现系统。

### 参 考 文 献

- 1 李欣生等 《机电控制学》大连理工大学出版社 P130~139 1993 年
- 2 周远清等 《智能机器人系统》清华大学出版社 P409~429 1989 年
- 3 陈贻源等 《模糊数学》华中工学院出版社 P127~138 1984 年
- 4 大石楔 ファジィ加速度制御系なにてーシン制御

### Fuzzy Control system on Rebot Holding Power

Liu Hongxia Yang Kaiming Huang Mingsheng  
(Mechatronics Reserach Institute of ZUT)

**Abstract:** An adaptive optimization control system on rebot holding power is introduced, this system established fuzzy control assemble, determined control method by measuring the signal of pressure—sensory sensor and slide—sensory sensor and make the object unslide using minimum holding power.

**Keywords:** rebot. holding power. fuzzy control