

机械手模型控制及轨迹定位精度测试^{*}

蒋 少 茵

(华侨大学机电工程系, 泉州 362011)

摘要 论述四关节机械手模型运动轨迹的控制方法, 包括硬件线路设计和软件程序设计. 用于实现对机械手终端运动轨迹定位精度的测试, 为分析和研究机器人动态特性提供实验数据. 结果表明, 该模型的控制灵活、方便. 介绍了机械手终端轨迹定位精度的测试方法, 利用现有的实验设备, 把机械手终端运动的空间曲线转化为平面曲线运动, 测量出其坐标值, 用于分析机械手终端轨迹的定位精度.

关键词 机械手, 模型控制, 定位精度测试

分类号 TP 241.2

定位精度是机械手的一个重要指标, 它可以通过机械手终端运动轨迹来反映. 末端执行器由于振荡而影响了机械手的工作精度. 于是要求对终端运动轨迹进行精确规划, 以提高终端运动的稳定性和动态精度, 改善控制效果, 提高控制质量. 为此, 采用实验测试方法, 是一种有效分析机器人运动轨迹的方法, 并为理论分析提供实验依据. 本文通过对一台自制的四关节机械手模型^[1], 运用坐标测量仪对其运动轨迹进行测试. 该模型结构简单, 控制灵活, 测试方便, 为有效地分析和研究机器人动态特性提供了实验数据.

1 机械手运动轨迹控制

我们自制的是一台具有四个关节^[2]的机械手. 即臂绕柱身旋转, 大臂、小臂的俯仰及末端的抓握装置. 为此, 需要四台电机分别驱动四个关节的动作. 根据模型的实际情况, 选择了四台步进电机来实现. 步进电机的旋转运动经机械传送到各部位后, 即可实现机械手的工作. 机械手终端运动轨迹的生成既可以各个关节单独进行, 也可以组合或同时进行, 这可由计算机发出不同的控制命令来实现. 所以, 在我们的模型设计并自制好了以后, 对机械手运动轨迹的控制即是由对步进电机的控制来完成的.

步进电机^[3]是一种把脉冲信号转化成角位移信号的电机. 按绕组通电顺序的不同, 可实现电机的正、反转. 这可以利用软件的方法来灵活地控制电机的工作状态, 用软件获得的脉冲信号经接口电路, 放大后分别接到电机的各相绕组, 驱动电机旋转, 从而使机械手按要求工作. 电机的运行方向、速度和行程都可以通过修改相应的参数方便地实现.

1.1 硬件电路设计

1.1.1 接口电路设计 利用 PC 计算机对机械手模型进行控制, 也就是对各步进电机的控制。在 PC 机与各电机之间必须经过一定的接口电路才能实现。我们设计的接口电路充分利用了 PC 机的总线, 经可编程的 I/O 口, 为四块 74LS373 提供片选信号。四块 74LS373 驱动从数据总线输出的数据, 为步进电机提供脉冲控制信号。脉冲由软件实现, 其电路如图 1 所示。

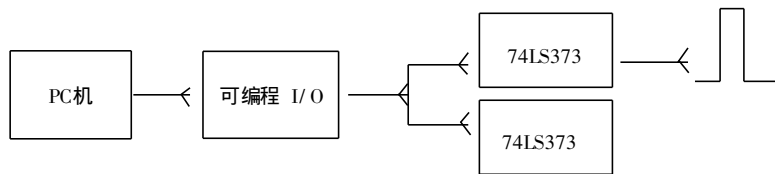


图1 接口电路

1.1.2 步进电机驱动电源的设计 考虑到机械手的性能指标、模型的重量及尺寸等因素, 我们选择了两台 90BF006 五相步进电机分别驱动臂绕柱身的旋转和大臂的俯仰。另选两台三相步进电机分别驱动小臂俯仰及手爪握紧、松开的动作^[1]。根据它们的主要参数并综合考虑运行特性及经济性, 我们采用了单电源驱动, 其电路如图 2 示。图中利用两级三极管对来自计算机输出的脉冲信号进行放大, 光电耦合器隔离外电路, 防止干扰对 PC 机的影响。

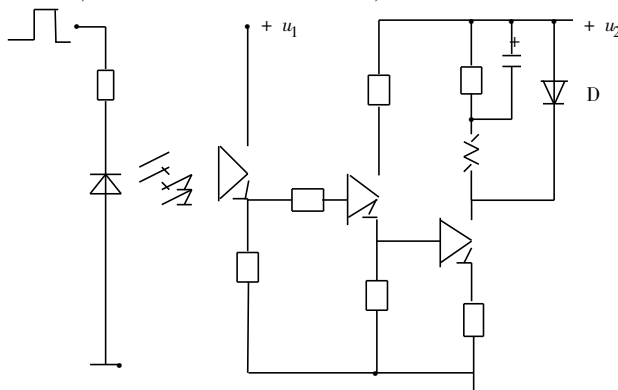


图2 电机驱动电源电路

1.2 软件设计

脉冲信号是步进电机工作的一个重要因素。脉冲频率的大小决定了电机的转速, 脉冲数的多少决定了电机旋转的角位移, 也即机械手的行程。

1.2.1 速度的控制 设电机的步距角为 θ , 即一个脉冲信号电机转过的角度, 脉冲频率为 f , 电机的速度为 n 。根据

$$\theta = 360^\circ / CmZ, \quad n = 60f / CmZ, \quad (1)$$

则 $n = f \cdot \theta / 6 (r \cdot \min^{-1})$ 。在式 (1) 中 Z 为步机电机转子齿数, m 为相数, C 为与分配方式有关的系数。可见 n 与 f 成正比。脉冲频率的产生可用延时程序来获得, 改变延时的时间常数即可得到不同的运行速度。

1.2.2 行程的控制 脉冲数目决定了机械手的运动行程, 为此先确定脉冲当量 δ , 即每一脉冲负载所转过的角位移量。除了手爪外其余三个关节均为旋转运动。根据步距角 θ 的定义, 脉冲当量 $\delta = \theta \cdot i / 360^\circ$; i 为转动比, 则负载角位移行程 $L = K \cdot \delta$, K 为脉冲数目。为此, 根据负载行程的要求, 在程序中预先置入决定步长的脉冲数目 K , 每输出一个脉冲, K 减一次 1, 到 K

= 0 时,机械手正好到位.

1. 2. 3 运行方向的控制 电机的运行方式选择单、双拍工作方式,正转相序为 A AB B BC C CD D DE E EA A(对五相电机而言,三相为 A AB B BC C CA A). 反转与此相反. 据此把各脉冲控制字依序输出,电机则按所要求的方向旋转起来.

1. 2. 4 主程序 主程序对机械手的运动要求进行初始化,并给出各电机的运动行程参数,速度的时间常数和运行的方向.

2 机械手运动轨迹测试

本节着重介绍点的轨迹测试. 由于实验设备的限制,我们在轨迹测试中使用的 19JA 万能工具显微镜只能实现两坐标的测量,要进行三坐标测量, Z 坐标用千分表来测定. 而机械手末端点的运动轨迹是三维曲线,即图 3 中机械手末端由 P 点到 Q 点的轨迹是一空间曲线. 为此,我们采取的方法是先在 XOY 平面上(或平行于 XOY 平面)测出由 P 点到 R 点的平面运动轨迹. 即相当于机械手臂绕柱身的旋转,再测出沿着与 XOY 平面垂直由 R 点到 Q 点的平面轨迹,也相当于臂的俯仰运动. 实际上就是把末端的轨迹运动分解成先旋转后俯仰. 另外该测试只能实现相对坐标的测试,从单纯测量定位精度的角度来讲是可行的.

实测时,机械手的末端(即手爪)夹住一定位半球体,在规定的空间范围内,输入机械手的各种参数. 按上述方法,半球体的运动轨迹是先由 P 点到 R 点,再由 R 点到 Q 点,然后由 Q 到 R 到 P 即机械手返回起始点. 静态的测出 P, R, Q 的坐标,并重复进行,以测试其定位精度. 实测数据如表 1 所示.

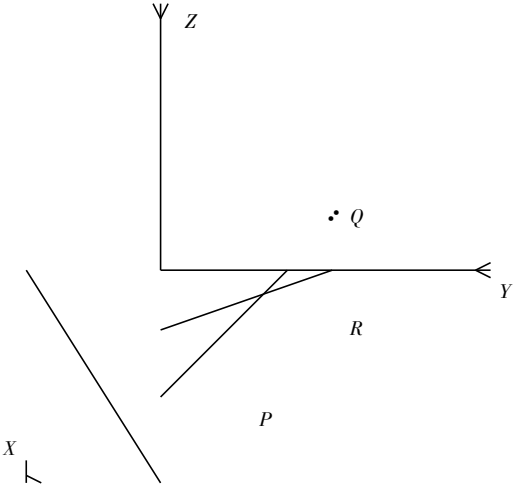


图3 机械手末端运动轨迹示意图

表 1 实验数据(mm)

点	第 1 次			第 2 次		
	X	Y	Z	X	Y	Z
P	79.538	94.872	2.00	79.568	94.625	2.00
R	73.504	41.574	2.00	73.563	41.212	2.00
Q	74.052	42.180	10.42	74.063	42.180	10.40
Q	74.052	42.180	10.42	74.063	42.180	10.40
R	73.292	41.412	2.00	73.386	41.102	2.00
P	79.568	94.652	2.00	79.540	94.702	2.00

3 结束语

由机械手运动轨迹(点轨迹)测试结果的参数可看,数据显示机械手的运动精度存在一定的误差,这主要是由于机械误差如振动、机械制造中的精度误差等原因引起。另外,测试条件所限也存在着一一定的测量误差。但是,上述误差都是在允许的范围内^[1],这就为我们对机械手末端点的运动轨迹提出的“机械手逆动力学计算”的理论,提供了实验的依据。

参 考 文 献

- 1 林瑞麟,郭新跃,蒋少茵.机器人的动态特性试验研究.华侨大学学报(自然科学版),1995,16(4):424~427
- 2 蒋少茵.机械手模型设计.华侨大学学报(自然科学版),1998,19(4):470~471
- 3 杨渝钦.控制电机.北京:机械工业出版社,1981.163~167

Control of a Manipulator Model and Test of Positioning Accuracy of Its Trajectory

Jiang Shaoyin

(Dept. of Electromech. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract A method including circuit design and program design is presented for a manipulator model with four joints to control its motion trajectory. A test of positioning accuracy of motion trajectory is realized on the manipulator terminal, from which experimental data are offered for analysing and studying dynamic performance of a robot. As shown by the results, the model is flexibly and conveniently controlled. The test starts from converting the spatial curve of the motion of manipulator terminal into plain curve; and then, turns to the measurment of coordinate value which are applicable to the analysis of positioning accuracy of its motion trajectory.

Keywords manipulator, model control, test of positioning accuracy