

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。

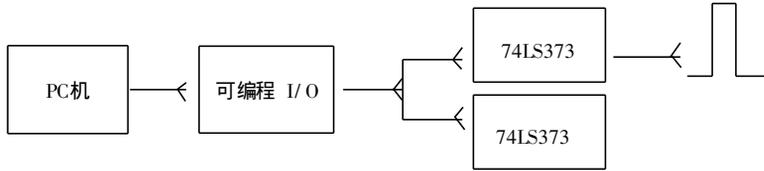


图1 接口电路

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。

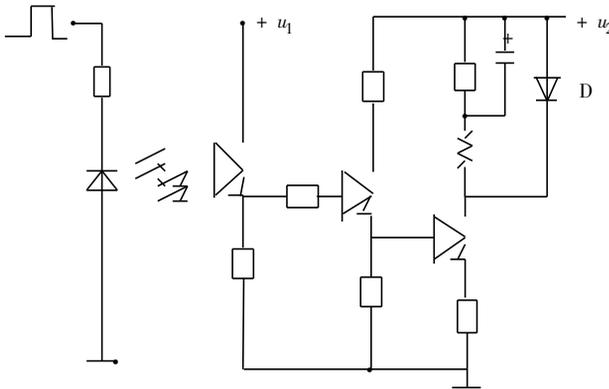


图2 电机驱动电源电路

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 $n = f \cdot \theta / 6 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ 。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 i , 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。

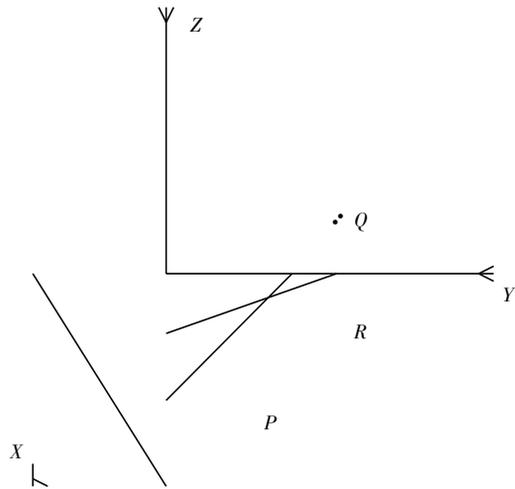


图3 机械手末端运动轨迹示意图

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定的测量误差。但是,上述误差都是在允许的范围内^[2],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):470~410
- 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 measurement of coordinate value which are applicable to the analysis of positioning accuracy of its motion trajectory.

Keywords manipulator, model control, test of positioning accuracy