

机械手模型与设计^{*}

蒋 少 茵

(华侨大学机电工程系, 泉州 362011)

摘要 介绍一种四自由度机械手模型的设计, 它包括总体结构、机械传动系统和伺服控制系统. 该模型具有结构简单、控制灵活、调整方便、性能稳定等特点, 并可用于机器人的动态特性测试.
关键词 机械手, 机械传动系统, 伺服控制系统
分类号 TP 241

机器人的运动学和动力学研究, 是机器人设计和控制的十分重要的环节. 现代工业生产, 要求机器人的工作必须达到高速运行和高的轨迹精度. 但在实际工作中, 机器人手腕末端执行器的运行及其到位时, 常会发生振荡而影响其速度和定位精度的提高. 因此, 很有必要深入探讨机器人结构的动态特性. 我们自制的一台四自由度机械手模型, 它主要是用来进行机器人动态特性的测试——测振实验和运动轨迹测试, 为机器人动态分析提供一些实验数据. 本文主要介绍该机械手模型的设计和控制.

1 机械手的结构方案

在制定机械手结构的方案中^[1], 必须设定机械手的主要技术指标. 这些技术指标包括: (1) 可搬重量, 即夹持重为 1 kg; (2) 终端合成速度的最大值为 $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; (3) 工作空间, 其球体半径 $R = 320 \text{ mm}$; (4) 重复定位精度为 $\pm 0.5 \text{ mm}$; (5) 机械手本体重量为 27 kg. 根据机械手的总体方案及其主要技术指标的要求, 设计时不考虑力矩的交叉耦合(即按常规的单轨运动进行设计)^[2].

根据机械手工作空间的要求采用四自由度关节型机械手, 其总体机械结构如图 1 所示. 它由旋转台、肩、大臂、小臂、抓握装置所组成, 是一个具有四种动作的关节型机械手, 并能够模拟接近于人们手臂的动作. 机械手运动的坐标可采用简单的关节型坐标, 因此对它的四种动作需要有一些规定. (1) 机械手的旋转角度设为 α . 由上向下看, 相对旋转台的基准线, 顺时针为正, 逆时针为负, 可在 360° 范围内旋转. (2) 大臂的旋转是相对于水平线, 其旋转角度为 γ . 由水平位置向下旋转为正, 向上为负, 在 $\pm 90^\circ$ 范围内旋转. 该大臂的旋转轴称为第一关节. (3) 小臂的旋转是相对于大臂的轴线, 其旋转轴称为第二关节. 设其旋转角度为 β , 向下旋转为正, 向上为负, 旋转范围为 $\pm 90^\circ$. (4) 抓握装置, 可抓紧或松开物体.

对于所设计的机械手有四轴需要动作,其动作的方式可以单独运行,也可以组合或同时进行.单独运行即旋转台先旋转,而后大、小臂分别进行俯仰.到位后,再进行手爪的抓握或松开.也可采用确定空间位置的关节和确定手爪姿态的运动轴,同时进行控制.当手爪到位后,

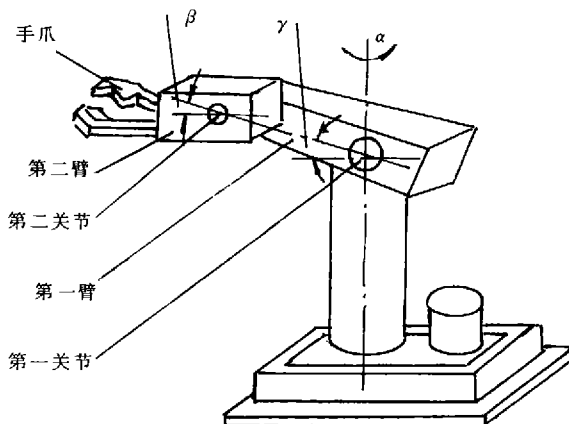


图1 机械手总体机械结构图

再进行抓握或松开的控制.可以根据需要,由控制装置来选择控制方法.机械手的执行器采用步进电机,选择开环控制.由于有四个自由度,所以共需四台步进电机.

2 机械手机电结构方案的设计

2.1 机械传动系统

为了能使机械手的臂转动,所需要的最大转矩是当臂呈水平状态(图2).机械传动系统的各部分尺寸,按机械手工作空间的要求为准.各部分重量的分配,原则上是在机械手传动结构



图2 臂成水平状态

和电机安放位置允许的条件下,离第一关节越远的部分,按其重量越轻越好、重心越靠近关节越好这两个原则来分配各部分的重量.这些重量要求越小越好,因此在结构设计上要考虑增加刚度.对于旋转台(即肩)的旋转是使机械手整体旋转,故电机要安装在机械手的基座上.大、小臂都有一定的俯仰角度,这种机构图形的变化必然引起机械手在运动中部分重心位置的改变,必须考虑其重力负荷的平衡.因此,驱动大、小臂的电机均安装在肩上,起着平衡臂的重量,也使电机的重心靠近第一关节.

机械手所进行的最终工作是反映在其手部末端即手腕的运动上,这种运动的实现是通过传动链来获得的.手部端点的重复定位精度是机械手设计中一个十分重要的指标,它的实现主要依靠机械传动链的精度和伺服系统的精度这两个方面的因素.对于传动系统,传动链越短越直接,精度自然越高,但实际上还必须要有中间环节的传动.谐波减速齿轮具有可以实现大的减速比,结构紧凑,自身重量轻的特点,这对于机器人的结构设计是十分重要的,因为减速装

置重量的增加将严重地影响机器人的动力学特性。但是, 由于谐波减速器运动精度低、回差大, 因而极大地影响了手部的重复定位精度的要求。至于蜗轮蜗杆和齿轮传动, 在保证加工精度的条件下, 通过啮合间隙调整到足够小, 可以满足手部重复定位精度的要求。因此, 在机械手模型传动设计中均采用齿轮传动进行速度的传递, 即根据需选择合适的传动比, 其简单示意图如图 3 所示。

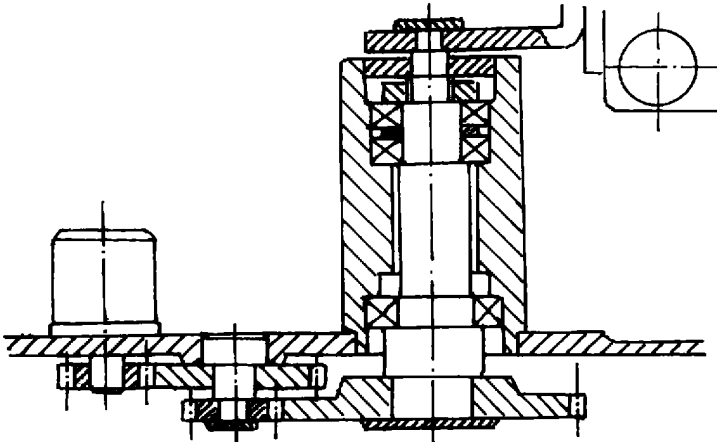


图 3 旋转轴的传动示意图

抓握电机安装在第二关节处, 通过一对齿轮, 带动螺杆伸缩起抓取、放松作用, 如图 4 所示。脉冲控制信号由软件实现。

2. 2 电机的选择和伺服系统的设计

2. 2. 1 电机的选择 上述四台电动机因考虑其指标、模型的重量、尺寸等因素, 选择了两台 90BF006 五相步进电机、一台 55BF00 和一台 45BF005 三相步进电机, 分别驱动臂旋转以及大、小臂俯仰和手爪的抓握松开。它们的主要参数如表 1 (U_e 为额定电压; I_e 为额定电流; θ 为步距角) 所示。运行方式采用五相十拍和三相六拍方式。正转相序为 $A \ AB \ B \ BC \ C \ CD$

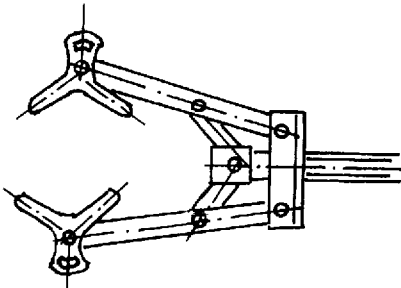


图 4 手爪的传动示意图

$D \ DE \ E \ EA \ A \dots$ (五相), $A \ AB \ B \ BC \ C \ CA \ A \dots$ (三相); 反转则与正相序相反。

表 1 电机主要参数

型号	相数	U_e/V	I_e/A	$\theta/(^\circ)$
90BF006	5	24	3	0.36/0.7
55BF00	3	27	3	1.5/3
45BF00	3	27	1.5	1.5/3

2. 2. 2 伺服系统的设计 整个机械手控制框图如图 5 所示^[6]。机械手控制属于点位控制。它按要求确定机械手在空间的几个位置, 并换算成相应的脉冲数, 键入计算机。计算机根据控制程序执行, 通过 I/O 接口, 输出相应脉冲, 经驱动电源放大后带动各相应的步进电机动作,

使得机械手运动起来(图6).

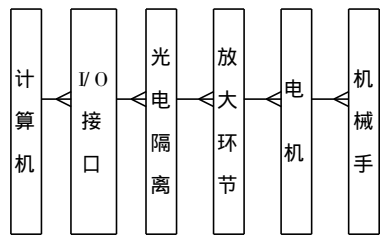


图5 机械手控制框图

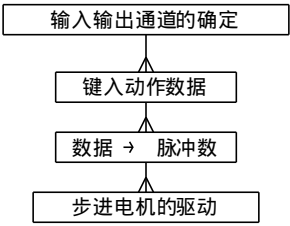


图6 流程图

3 结束语

我们自行设计和制造的四自由度机械手模型,已完成机器人动力学与运动学快速算法、机械手终端运动轨迹规划这两个项目的实验任务,其内容包括动态特性实验和运动轨迹测试.实验表明,该模型具有结构简单,控制灵活,调速方便,性能稳定,技术经济指标合理等特点.

参 考 文 献

1 林瑞麟, 郭新跃, 蒋少茵. 机械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 熊世和. 机电系统的计算机控制技术. 成都: 成都电子科技出版社, 1993. 198~212

3 张奕鑫. 活塞环槽定位销自动装配技术的研究. 华侨大学学报(自然科学版), 1995, 16(3): 375~380

A Model of Manipulator and Its Design

Jiang Shaoyin

(Dept. of Mech. & Electr. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract A model of manipulator with four degrees of freedom is designed. The model includes global structure, mechanical driving system and servo control system. It is characterized by simple in structure, flexible in control, convenient in adjustment and stable in performance. It can be used for testing dynamic characteristic of robot.

Keywords manipulator, mechanical driving system, servo control system