

# 120kg 负载工业机器人的开发<sup>①</sup>

于殿勇<sup>②</sup> 李瑞峰 孙立宁 高晓辉

(哈尔滨工业大学机器人研究所 哈尔滨 150001)

**摘要** 研制开发了 120kg 负载的工业机器人,并对其运动性能进行了分析。阐述了研制该机器人需要考虑的几个关键问题,如腰转设计,大臂设计,小臂和腕转设计等。这对工业机器人研制开发具有一定的意义。

**关键词** 机器人,点焊,搬运

## 0 引言

工业机器人是典型的机电一体化的高技术产品,在许多生产领域对提高生产的自动化水平,提高劳动生产率、产品质量、经济效益,及改善工人作业条件等方面起到不可替代的作用<sup>[1]</sup>。许多劳动条件恶劣,要求生产质量稳定的场合使用工业机器人是社会发展的必然趋势。国外工业机器人技术已经趋于成熟,应用领域相当普及,已制作出各种型号的机器人,可完成点焊,弧焊,切割,搬运,装配等各种工作<sup>[2,3]</sup>。但在我国,工业机器人的应用还只在起步阶段,离工业机器人在我国工业生产中广泛应用还有较长的一段距离。为尽快缩短与工业先进国家在工业机器人应用方面的差距,目前许多大专院校和科研单位不断地进行着研究、探索和实践,经过多年的努力已经研制出几种不同负荷的工业机器人样机,有的在工业生产中得到了部分应用,但都没有达到能够进行工业化生产的程度。1999 年哈尔滨工业大学机器人研究所承担了国家科委“863”计划智能机器人主题——工业机器人自动化应用工程专题项目,研制可以搬运负载质量为 120kg 的 6 自由度关节式工业机器人——HT120 点焊机器人,并实现其产业化。经过一年多的努力,完成了该机器人设计,制作,调试试验的全过程。目前,该机器人已经在一汽集团红旗轿车焊装线中得到应用。本文对该项研究成果进行了总结。

## 1 机器人总体描述

HT120 点焊机器人是以一汽红旗轿车焊装线

为应用背景,面向负载 120kg 工业机器人通用产品对象。设计开发时主要考虑机器人的合理性,实用性,可靠性,先进性,经济性等因素,使机器人应用达到更高水平。如图 1 所示为该机器人的机构原理简图,图中 S 轴为机器人的腰转运动,L 轴驱动机器人大臂前后摆动,U 轴驱动机器人小臂上下摆动,L 轴和 U 轴复合运动使机器人末端点达到其工作空间内同一平面上的任意一点。再加上 S 轴的转动可以使末端点达到机器人工作空间内的任意一点。R 轴沿小臂轴转动,为腕转运动,B 轴垂直小臂轴摆动,为腕摆运动,T 轴沿 B 轴转动以后的轴线转动,为手转运动。R 轴,B 轴和 T 轴轴线互相正交于大臂和小臂轴线所确定的平面内一点。此种传动方式为典型的欧拉腕结构。R 轴,B 轴和 T 轴复合运动实现机器人末端点空间任意姿态。

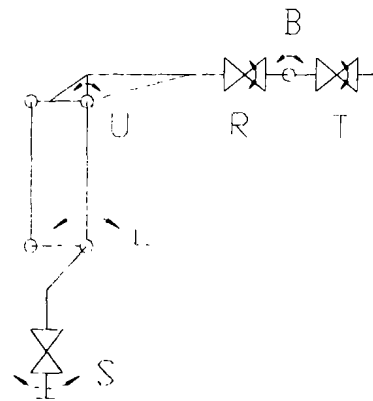


图 1 机器人机构原理简图

图 1 中小臂驱动电机和减速机安装在 L 轴上通过一平行四连杆机构将运动和动力传递到小臂上。这种设计的优点是将小臂驱动安装在大臂下

<sup>①</sup> 863 计划(863-512-9802-03)资助项目。

<sup>②</sup> 男,1963 年生,博士,副研究员;研究方向:工业机器人技术,特种机器人技术;联系人。

(收稿日期:2000-12-19)



## 2 机器人设计中的几个关键技术

### 2.1 腰转部分

腰转部件是机器人的基础,它支撑着大臂和小臂上的各运动部件,机器人末端执行器与腰转部件间的距离最大。所以,腰转部件的惯性负载最大,当机器人水平安装时腰转电机对重力不做功,不能靠重力消除运动中的回程间隙。但重力负载使腰转轴承受倾覆力矩,并且腰转轴承受到倾覆力矩作用引起微小变形时,其变形量  $\delta$  与机器人末端位移误差  $\Delta$  之间有如下关系(此时,假设机器人大臂和小臂为刚性杆件)。

$$\frac{\delta}{\Delta} = \frac{r}{R} \quad (1)$$

式中:  $r$  为腰转轴承半径,  $R$  为腰转轴承中心到机器人末端的距离。

在实际机器人设计中,  $r$  的数值远远小于  $R$  值,当机器人运动到大臂和小臂水平伸出时  $R$  值达到最大,机器人运动部件对腰转轴承产生的倾覆力矩最大,此时机器人末端位移误差  $\Delta$  达到最大值。为了减小机器人末端位移误差  $\Delta$ ,需要使用具有大刚度的腰转支撑轴承。

### 2.2 大臂部分

大臂部件主要完成带动大臂前后摆动,并且驱动小臂上下摆动的功能。大臂部件主要由大臂和小臂驱动单元,机器人大臂,连杆,小臂配种块,拉杆和平衡弹簧缸等组成。大臂靠平衡弹簧实现重力平衡,其平衡原理简述如下。

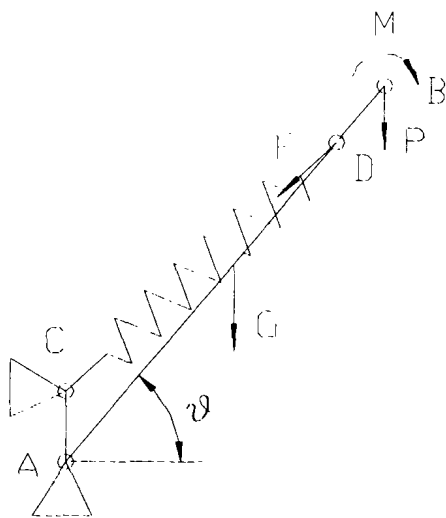


图4 大臂平衡简图

如图4所示,将大臂简化为一倒立杆 AB,其上作用一拉伸弹簧 CD, A 点和 C 点固定不动, C 点在 A 点的正上方, D 点随着大臂转角  $\theta$  的变化而摆动,弹簧被拉长。 $\theta$  的转角范围是  $[20^\circ, 160^\circ]$ , 当  $\theta = 90^\circ$  时,弹簧处于恢复状态,弹簧拉伸量为零。在任意  $\theta$  角位置时,大臂受自身重力  $G$  (假设作用在其中心点上),小臂对其作用力  $P$  和转矩  $M$ ,作用在 B 点,弹簧拉力  $F$  沿 CD 方向作用于 D 点,并处于平衡状态,于是有:

$$CD = \sqrt{AC^2 + AD^2 - 2AC \cdot AD \cdot \sin\theta} \quad (2)$$

弹簧变形量  $\Delta L$  为:

$$\Delta L = CD - AB + BD + AC \quad (3)$$

大臂受力平衡,则

$$F = \frac{\left(P + \frac{1}{2}G\right) \cdot AB \cdot \cos\theta + M}{AC \cdot \cos\left[\theta - \sin^{-1}\left(\frac{AC \cdot \cos\theta}{CD}\right)\right]} \quad (4)$$

弹簧刚度为:

$$K = \frac{F}{\Delta L} \quad (5)$$

根据以上计算可以确定弹簧刚度和弹簧的最大变形量等参数。

### 2.3 小臂和腕部

小臂和腕部处于机器人的末端,为了提高机器人的动态响应速度,希望将小臂设计得精巧,重量尽量减轻,同时具有比较大的刚度。由于 R 轴, B 轴和 T 轴的驱动电机位于小臂的后部,而腕摆和手转运动在小臂前端完成,所以, B 轴和 T 轴的传动链比较长,并且为了减小结构尺寸, B 轴和 T 轴的传动从电机输出到 RV 轴输入都是采用高速传动。为此,要求各传动件运动精度高,几根细长轴需要做动平衡试验,否则,机器人运动时其末端振动和机械噪声都会加大,影响机器人的整体性能。实际做出的机器人通过运行试验测得机器人的运行噪声小于 75 分贝。

## 3 机器人的主要性能指标

实际做出的 HT120 点焊机器人经过试验测得其主要性能指标如下:

- (1) 构造:6 自由度垂直多关节型;
- (2) 最大回转半径:2500mm;
- (3) 最大负荷质量:120kg;
- (4) 重复定位精度:  $\pm 0.4$ mm;
- (5) S 轴(回转)运动范围:  $\pm 180^\circ$ ; S 轴最大速

- 度:90°/s;
- (6) L轴(大臂)运动范围:±70°;L轴最大速度:90°/s;
- (7) U轴(小臂)运动范围: +35°, -70°;U轴最大速度:90°/s;
- (8) R轴(腕转)运动范围:±350°;R轴最大速度:110°/s;
- (9) B轴(腕摆)运动范围:±130°;B轴最大速度:110°/s;
- (10) T轴(手转)运动范围:±355°;T轴最大速度:200°/s。

负载大,属于大负载搬运机器人。通过作者的研究表明,国内可以实现大负荷关节型机器人的产业化。采用交流伺服电机驱动,新型RV减速器传动,具有结构简单,传动精度高,重复定位精度好等特点,完全可以满足点焊,搬运机器人工业应用的要求。

#### 参考文献:

- [1] Hajimu I. *Journal of the Robotics Society of Japan*, 1999, 17(5): 637
- [2] Hiyoshi S. Heavy duty handling robot SC-F series. *Robot*, 1998,(121): 43
- [3] Yoshiaki H. NACHI ROBOT in the '97 International Robot Exhibition. *Robot*, 1998,(120): 34

## 4 结束语

HT120点焊机器人运动范围大,转动惯量大,

## Development of an Industrial Robot for Load of 120kg

Yu Dianyong, Li Ruifeng, Sun Lining, Gao Xiaohui

(Robot Research Institute, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

#### Abstract

The development of an industrial robot for load of 120kg is presented. The motion performance of the robot is analyzed. Some key problems developing such robot are discussed (such as waist, arm and wrist design). This research is important for industrial robot.

**Key words:** Robot, Spot welding, Carry

(上接第78页)

## Moving Object Tracking and Grasping Based on Visual Guiding and Ultrasonic Measurement

Peng Gang, Huang Xinhan, Wang Min, Xiong Chunshan

(Control Science and Engineering Department, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

#### Abstract

The tracking and grasping method of moving object based on visual guiding and ultrasonic measurement in assembly robot system is presented. Above all, the tracking principle of moving object is introduced. According to image Jacobian matrix, robot is controlled to track the moving object. After that, the method of tracking moving object is discussed in detail. The position and orientation is can be obtained based on visual guiding, therefore the planar motion tracking of object is implemented, and the depth of the object is easily acquired through ultrasonic measurement. The experimental platform of eye on hand robot vision tracking system is proposed lastly. The feasibility and validity of the method is validated in experiment result.

**Key words:** Visual servo, Visual guiding, Ultrasonic measurement, Tracking, Grasping