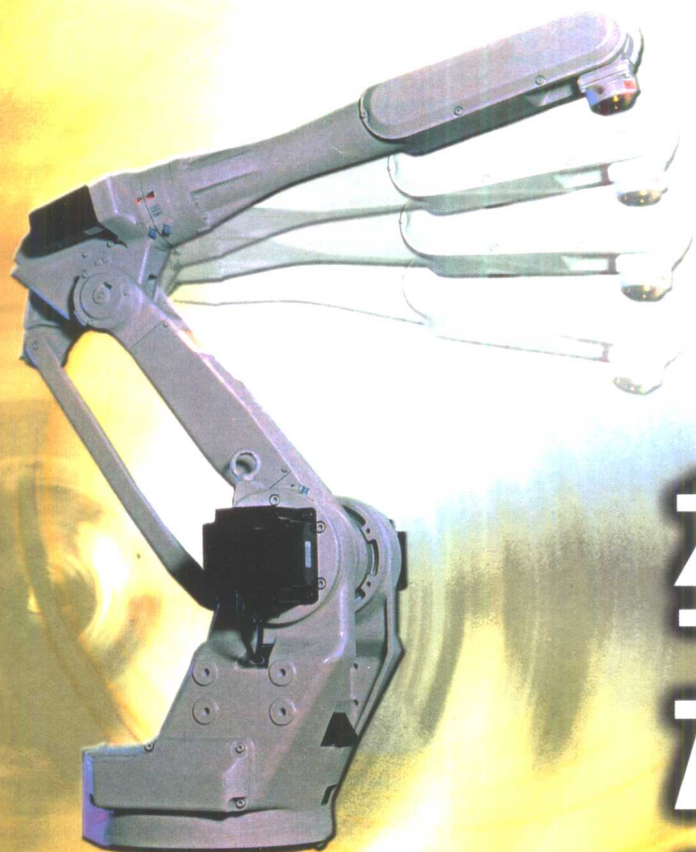


柳洪义 宋伟刚 编著



机  
器  
人

技  
术  
基  
础

*JIQIREN JISHU JICHU*

冶金工业出版社



# 机器人技术基础

柳洪义 宋伟刚 编著

北 京

冶金工业出版社

2002

## 内 容 简 介

全书共 10 章,第 1 章叙述了机器人的概况和基本结构;第 2~3 章讨论了机器人运动学和动力学问题;第 4~5 章论述机器人基本控制方法和现代控制技术;第 6~7 章讨论了机器人传感技术与感觉信息的处理;第 8 章论述了机器人人工智能的相关问题;第 9 章介绍了机器人编程技术;第 10 章介绍了移动机器人的结构、引导方法和步行机器人的控制与设计方法。

本书可作为高等学校本科生和研究生的机器人技术相关课程的教材,也可供从事机器人研究、开发和应用的科技人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机器人技术基础 / 柳洪义等编著. —北京:冶金工业出版社, 2002. 11

ISBN 7-5024-3137-3

I. 机… II. 柳… III. 机器人技术 IV. TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 085119 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 方茹娟 美术编辑 熊晓梅 责任校对 刘倩 责任印制 李玉山

北京才智印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2002 年 11 月第 1 版, 2002 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 12.75 印张; 304 千字; 195 页; 1-3000 册

23.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 前 言

机器人技术一直是人们最关注的科学研究领域之一。机器人学集力学、机械工程学、电子学、计算机科学和自动控制为一体,是一门综合性技术学科。机器人的产生和发展与其他事物一样,都是从低级到高级的演变过程。目前机器人在其发展历程中尚处于低级阶段。今后机器人将逐渐发展成为完全智能化的机器。由于机器人技术的发展,提高了机器人可靠性和智能化程度,其应用领域正在不断扩大。在越来越多的工程技术领域,我们将看到越来越多的机器人在神奇绝妙地工作。机器人产业将随着机器人技术的发展和机器人需求的增加而稳步发展。由于机器人产业的发展,需要越来越多的机器人的研究及开发人才,机器人应用领域的扩大也需要更多的人懂得机器人的应用技术。所以提高技术人员的机器人技术水平和普及机器人应用知识是十分必要的。目前在高等工科大学相继开设了机器人技术方面的课程。本书就是为了适应上述需要,将我们多年从事机器人领域的科研和教学经验加以总结,在校内教材的基础上编写而成的。

在本书编写和出版过程中,得到了东北大学教务处、机械工程与自动化学院和机械电子工程研究所的大力支持,我们表示衷心的感谢;对本书引用文献的作者表示诚挚的谢意。本书由中国科学院院士闻邦椿教授担任主审。东北大学博士生导师刘杰教授和中国科学院沈阳自动化研究所赵明扬研究员也详细审查了本书的内容,对他们提出的宝贵意见和辛勤的劳动深表感谢。

本书可以作为理工科大学本科教材,也可供相关领域的工程技术人员和研究生参考。

由于作者水平有限,时间仓促,疏漏之处恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2002年8月于沈阳

2-A (7) - 19

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 机器人概述 .....	1
1.2 机器人结构与分类 .....	3
1.3 机器人的研究领域 .....	14
习题 .....	15
<b>2 机器人运动学</b> .....	16
2.1 引言 .....	16
2.2 机器人位置与姿态的描述 .....	16
2.3 机器人运动学逆问题 .....	27
2.4 机器人的雅可比矩阵 .....	30
习题 .....	36
<b>3 机器人动力学</b> .....	38
3.1 机器人静力学 .....	38
3.2 机器人动力学正问题 .....	39
3.3 机器人动力学逆问题 .....	44
3.4 惯量张量 .....	47
习题 .....	48
<b>4 机器人基本控制方法</b> .....	49
4.1 机器人控制系统结构和工作原理 .....	49
4.2 机器人关节伺服控制 .....	52
4.3 轨迹控制 .....	54
4.4 机器人的力控制 .....	56
习题 .....	61
<b>5 机器人现代控制技术</b> .....	62
5.1 变结构控制 .....	62
5.2 自适应控制 .....	67
5.3 学习控制 .....	72
习题 .....	75
<b>6 机器人感觉</b> .....	76
6.1 内部传感器 .....	76
6.2 触觉传感器 .....	81

6.3	力觉传感器	86
6.4	接近与距离觉传感器	89
6.5	视觉传感器	93
	习题	100
<b>7</b>	<b>机器人感觉信息的处理</b>	<b>101</b>
7.1	传感器与计算机的接口设计	101
7.2	触觉信息的处理	106
7.3	机器人的二维图像处理	109
7.4	三维视觉的分析	113
7.5	机器人的语音	116
	习题	125
<b>8</b>	<b>机器人人工智能</b>	<b>126</b>
8.1	概述	126
8.2	机器人系统的描述	129
8.3	机器人行为规划	133
8.4	机器人知识的获取	138
	习题	141
<b>9</b>	<b>机器人编程</b>	<b>142</b>
9.1	机器人语言的特点	142
9.2	机器人语言的功能	147
9.3	机器人编程语言 AL 和 VAL	151
9.4	机器人离线编程	159
	习题	162
<b>10</b>	<b>移动机器人</b>	<b>165</b>
10.1	概述	165
10.2	移动机器人的机构	166
10.3	移动机器人的引导与控制	173
10.4	步行机器人	175
10.5	四足步行机力的分布	180
10.6	多足步行机器人的设计实例	185
	习题	193
	<b>参考文献</b>	<b>194</b>

# 1 绪 论

## 1.1 机器人概述

机器人是现代科学技术发展的必然产物,因为人们总是设法让机器来代替人的繁重工作,从而发明了各种各样的机器。机器的发展和其他事物的发展一样,遵循着由低级到高级的发展规律,机器发展的最高形式必然是机器人。

虽然现在机器人的能力还是非常有限的,但是它正处在迅速发展过程中,并开始对整个工业生产、太空和海洋探索以及人类生活的各方面产生越来越大的影响。

### 1.1.1 机器人的定义

目前,对机器人尚未有统一的定义,关于机器人的定义主要有以下几种:

(1) 美国机器人协会(RIA)的定义:机器人是“一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置,通过程序动作来执行各种任务,并具有编程能力的多功能操作机”。由此定义可知,这里的机器人指的是工业机器人。

(2) 日本工业机器人协会(JIRA)的定义:工业机器人是“一种装备有记忆装置和末端执行装置的、能够完成各种移动来代替人类劳动的通用机器”。进而有如下两种定义:

1) 工业机器人是“一种能够执行与人的上肢类似动作的多功能机器”。

2) 智能机器人是“一种具有感觉和识别能力,并能够控制自身行为的机器”。

(3) 国际标准化组织(ISO)的定义:“机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能操作机,这种操作机具有几个轴,能够借助可编程操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置,以执行各种任务”。

根据上述的各种定义,我们可以理解机器人具有以下特性:

(1) 机器人是模仿人或动物肢体动作的机器,能像人那样使用工具和机械,因此,数控机床和汽车不是机器人;

(2) 机器人具有智力或感觉与识别能力。一般玩具机器人没有感觉和识别能力,不属于真正的机器人;

(3) 直接对外界工作。机器人要完成一定的工作,对外界产生作用。

机器人集中了机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论以及人工智能等多学科的最新研究成果,代表了机电一体化最高成就,是当代科学技术发展最活跃的领域之一。

### 1.1.2 机器人的发展概况

第一代遥控机械手 1948 年诞生于美国的阿贡实验室,当时用来对放射性材料进行远距

离操作,以保护原子能工作者免受放射线照射。第一台工业机器人诞生于1956年,是英格尔博格(J. Engelberger)将数字控制技术与机械臂相结合的产物。当时,主要是为了克服串联机构累积的系统误差,以便达到较高的空间定位精度,提出了示教再现的编程方式,从而使重复定位精度差不多比绝对定位精度提高了一个数量级。至今绝大部分使用中的工业机器人仍采用这种编程方式。第一台工业机器人的商用产品诞生于1962年,当时,其作业仅限于上、下料。尔后的发展比预想中的要慢。20世纪60年代,美、英等国很多学者,把机器人作为人工智能的载体,来研究如何使机器人具有环境识别、问题求解以及规划能力,祈望使机器人具有类似人的高度自治功能,结果是始终停留在实验室阶段。其中美国著名的斯坦福研究所的眼车计划,虽然形式上实现了心理学中典型的猴子和香蕉问题的求解,然而由于距离解决实际中的复杂问题太远,因而得不到进一步的支持,只好于1972年中止。20世纪60年代末至70年代中,世界上很多著名的实验室、大学和研究所,如英国的爱丁堡大学人工智能实验室,美国的斯坦福大学、斯坦福研究所、麻省理工学院,以及日本的日立中央研究所等,都在致力于机器人装配作业的研究,单纯从技术出发模仿人进行的作业,或实现看图装配,或自动装配顺序生成等。由于当时的工业水平还没有发展到相应的阶段,无法解决所遇到的技术难题,另一方面因耗费巨大而无法得到应用部门的支持。至20世纪70年代中,由于所订目标过高,除了局部单元技术方面取得不少有意义的成果外,整体上说大部分研究没有取得有意义的实际结果。

1968年,日本川崎重工引进美国Unimation公司的Unimate机器人制造技术,开始了日本机器人的时代,经过近十年的努力,开发了点焊、弧焊及各种上、下料作业的简易经济型机器人。成功地把机器人应用到汽车工业、铸塑工业、机械制造业……,从而大大地提高了制成品的一致性及质量,形成了一定规模的机器人产业。

20世纪70年代,出现了更多的机器人商品,并在工业发达国家的工业生产中逐步推广应用。1979年Unimation公司推出了PUMA系列工业机器人,它的关节由电动机驱动,可配置视觉、触觉、力觉传感器,是技术较为先进的机器人。到1980年,全世界有2万余台机器人在工业中应用。

20世纪80年代工业机器人产业得到了巨大的发展,但是所开发的四大类型机器人(点焊、弧焊、喷涂、上下料)主要用于汽车工业。工业化国家的机器人产值,以年均20%~40%的增长率上升。1984年全世界机器人使用总台数为8万台,到1985年底,已达14万台,到1990年已有30万台左右,其中高性能的机器人所占比例不断增加,特别是各种装配机器人的产量增加较快,和机器人配套使用的机器视觉技术和装备也得到迅速发展。1985年前后,FANUC和GMF公司又先后推出了交流伺服驱动的工业机器人产品。随着以提高质量为目的的装配机器人及柔性装配线的开发成功,1989年机器人产业首先在日本,之后在各主要工业国呈发展趋势。进入20世纪90年代后,装配机器人及柔性装配技术将进入大发展时期。

日本一直拥有全世界机器人总数的60%左右。到1998年,美国拥有机器人8万台,德国为7万多台,分别占世界机器人总数的15%和13%左右。到2000年,服役的机器人总数约100万台。

机器人大都工作于结构性环境中,即工作任务、完成工作的步骤、工件存放的位置、工作对象等都是事先已知的,而且定位精度也是完全确定的,所以机器人完全可以按事先示教编好的程序重复不断地工作。当自动化进一步向建筑、采掘、运输等行业扩展时,其环境则是非结构化的,不能事先确定,或至少不能完全确定,总任务虽可事先确定,但如何去完成,要



根据当时的实际情况来确定与制订。因此,研究具有感知、思维,能在非结构环境中自主式工作的机器人就成了机器人学研究的长远目标。实践证明,要达到这一目标,还需经过长期的努力,等待一些重要技术有所突破,特别是机器视觉、环境建模、问题求解、规划等智能问题上。因此,20世纪80年代末,各国把发展的目标调整到更现实的基础上来,即把以多传感器为基础的计算机辅助遥控加上局部自治作为发展非结构环境机器人的主要方向,而把智能自治式机器人作为一个更长远的科学问题去探索。

另外一个值得注意的方向是传统机械的机器人化。目前,数控机床、工程机械、采掘机械等已开始向这一方向发展,进一步的发展将会带来这些机械本身的革命。

综上所述,机器人的发展已不局限于机器人本身,而将作为新一代整个机器的发展方向。

## 1.2 机器人结构与分类

### 1.2.1 机器人的结构

机器人系统是由机器人和作业对象及环境共同构成的。机器人由机器人本体、控制器和软件三大部分构成。为获取作业对象及环境信息还需要传感器系统。机器人系统的基本结构如图 1-1 所示。

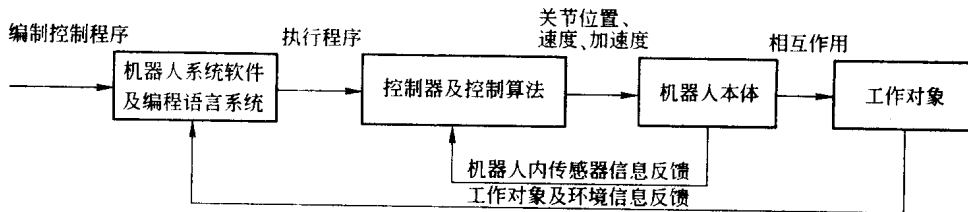


图 1-1 机器人系统的基本结构

#### 1.2.1.1 机器人本体

机器人的本体由机械手(Manipulator)和移动机构(Mobile Mechanism, Locomotion Mechanism)两部分组成,单独存在的机械手或移动机构也称为机器人。

机械手是由手臂(arm)和末端执行器(end effector)组成。手臂通过关节的运动使末端执行器进行预定的运动或达到预定的位置。末端执行器直接作用于任务对象,它是手部(Hand)、抓持机构(grasping Mechanism)、手爪(gripper)及固定于手臂末端的工具等的总称。

机器人的移动机构有轮式、足式及特殊机构等各种类型。

#### 1.2.1.2 计算机硬件系统及系统软件

现在,几乎所有的机器人都采用微型计算机进行控制。从机器人控制角度要求微型计算机具有数据处理能力强、灵活可靠、易于配置、价格低廉、体积小等特性。随着微电子技术的发展,微型机性能不断提高,为实现机器人复杂的控制奠定了物质基础。

为实现对机器人的控制,除了具有强有力的计算机硬件系统支持外,还必须有相应系统软件。通过系统软件的支持,可以方便地给机器人控制程序,让机器人完成某一具体任务。

系统软件使编程时不必规定机器人运动时的各种细节。系统软件越完善,编制控制程序越方便,机器人所处的级别越高。系统软件通过机器人语言把人与机器人联系起来,机器人语言可以是编制控制程序的语言,也可以以声音的形式进行人机交互。

#### 1.2.1.3 输入-输出设备及装置

输入-输出设备是人与机器人交互的工具。用于机器人控制器的输入-输出设备主要有:CRT显示器、键盘、示教盒、打印机、网络接口等。示教盒用于示教机器人时手动引导机器人及在线作业编程。通过键盘可向控制器输入控制程序或命令。CRT及打印机可以输出系统的状态信息。通过网络接口可使控制器与远程计算机系统通信,接收计算机传来的控制程序或运行、停止控制程序命令。

#### 1.2.1.4 驱动器

驱动器用于驱动机构本体各关节的运动功率。目前驱动方式主要有气动、液压和伺服电机三种。气动驱动具有成本低、控制简单的特点,但噪声大、输出小,难以准确地控制位置和速度。液压驱动具有输出功率大、低速平稳、防爆等特点,但需要液压动力源。漏油及油性变化将影响系统特性,各轴耦合较强,成本较高。采用伺服电机驱动具有使用方便、易于控制的特点,大多数工业机器人采用伺服电机驱动。伺服电动机还可分为直流伺服电机和交流伺服电机。使用伺服电机驱动时,控制系统中还要有为伺服电机供电的电源。


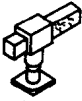
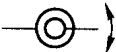




#### 1.2.1.5 传感器系统

机器人传感器按功能可分为内部状态和外部状态传感器两大类。内部状态传感器用于检测各关节的位置、速度等变量,为闭环伺服控制提供反馈信息。常用的内部传感器为光电码盘,也有采用电位器、旋转变压器、测速发电机的。外部状态传感器用于检测机器人与周围环境之间的一些状态变量,如距离、接近程度和接触情况等,用于机器人引导和物体识别及处理。使用外部传感器可使机器人以灵活的方式对它所处的环境做出反应,赋予机器人以一定的智能。常用的外部传感器有视觉、接近觉、触觉、力/力矩传感器等。

### 1.2.2 机器人的机构

机器人手臂是由杆件和运动副构成的。有单自由度(degree of freedom)运动副和多自由度运动副。工业机器人手臂的关节常为单自由度主动运动副,即每一个关节均由一个驱动器驱动。表1-1给出了常见的单自由度运动副的符号和运动方向。由杆件和运动副构成机器人手臂的方法可分为两种。一种是串联,构成串联杆件机械手臂,或称开链机械手臂;一种为并联,构成并联机构机械手臂,或称闭链机械手臂。

表1-1 单自由度运动副

名称	符号	举例	名称	符号	举例
平 移			旋转(1)		
回 转			旋转(2)		

为了使机器人手部在机器人的工作空间内到达任意位置并实现任意姿态,机器人必须至少有6个自由度,以便实现位置和姿态的控制。对于某些专用机器人不需要6个自由度,应在满足要求的前提下尽量减少机器人的自由度数,以便减少机器人的复杂程度,降低机器人制造成本。有些机器人的工作环境复杂,在工作时需回避障碍,可能需要具有7个或7个以上的自由度。这种机器人称为具有“冗余性”的机器人。

将表 1-1 的平移副(Prismatic pair)、回转副和旋转副(Revolute)组合,可以有直角坐标型、圆柱坐标型、极坐标型和关节型 4 种机器人。机器人的结构形式由用途决定,即由所完成工作的性质选取。

1.2.2.1 直角坐标型

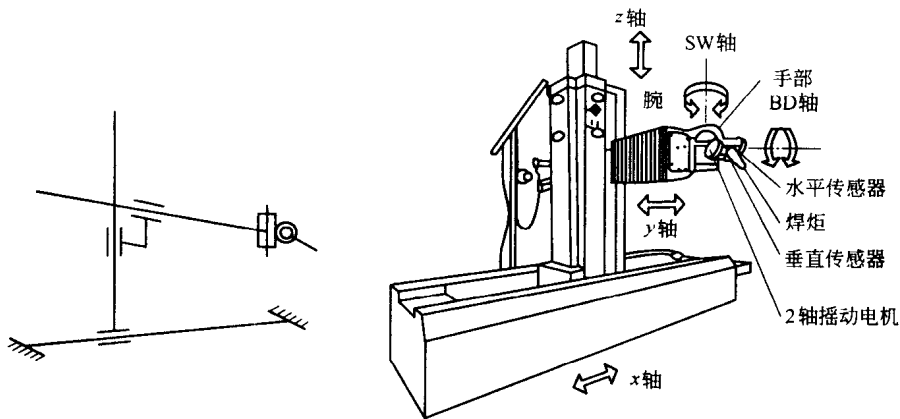


图 1-2 直角坐标型机器人

直角坐标型机器人由 3 个独立平移自由度组成。这种类型的机器人结构和控制算法简单,应用于弧焊和装配等场合,但工作空间较小,不适合运动速度过高的场合。图 1-2 是采用直角坐标型的弧焊机器人,图 1-3 是其变形,为“门”型结构。

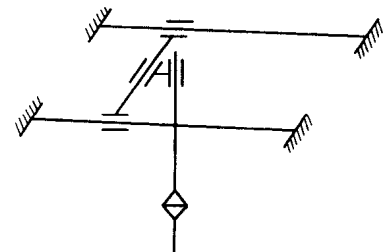


图 1-3 “门”型结构机器人

1.2.2.2 圆柱坐标型

圆柱坐标型机器人是由一个回转和两个平移自由度组合构成。这种机器人适用于用回转动作进行物料的转载。图 1-4 是采用圆柱坐标型的搬运用机器人。

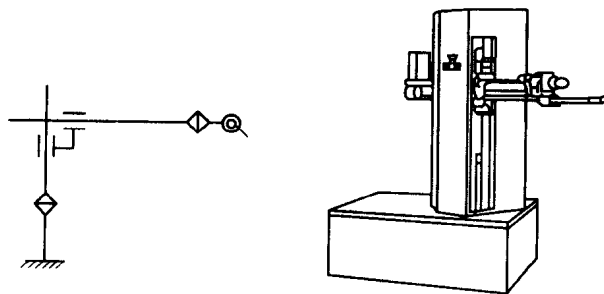


图 1-4 圆柱坐标型机器人

1.2.2.3 极坐标型

极坐标型机器人是由回转、旋转和平移自由度组合构成,如图 1-5 所示。

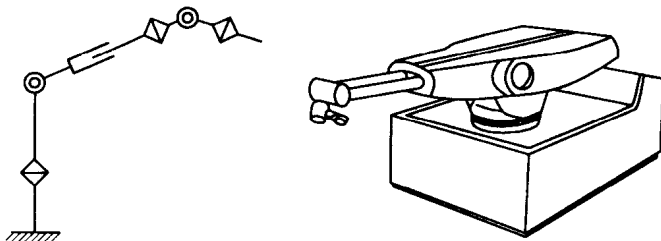


图 1-5 极坐标型机器人

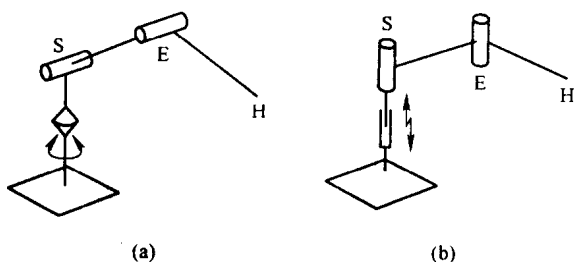


图 1-6 关节型机器人  
(a)立式;(b)卧式

1.2.2.4 关节型结构

关节型机器人常由回转和旋转自由度构成,与坐标型机器人相比具有工作空间大的特点,它有多种形态和驱动方式。从形态上,可以区分为关节绕水平轴旋转的“立式”(图 1-6(a))和绕垂直轴旋转的“卧式”(图 1-6(b))。从驱动方式上,可以区分为每个关节单独驱动的直接驱动方式和用连杆机构间接驱动方式。

A 关节型圆柱坐标机器人

关节型圆柱坐标机器人有 2 个转动轴, 1 个移动轴,如图 1-7(a)所示,图 1-7(b)是其应用实例,此机器人用于装配作业。图 1-8 为其关节的驱动方式。

图 1-7(b)所示的机器人在手部设有导轨轴,同样结构的机器人也有将导轨设在臂上(图 1-6(b))。他们属于臂在水平面内伸缩的“卧式”结构,与垂直方向的结构比较它是在水平方向顺应性好的结构。

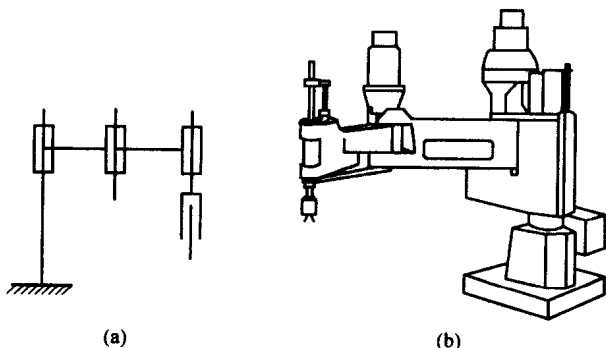


图 1-7 关节型圆柱坐标机器人  
(a)结构图;(b)应用实例

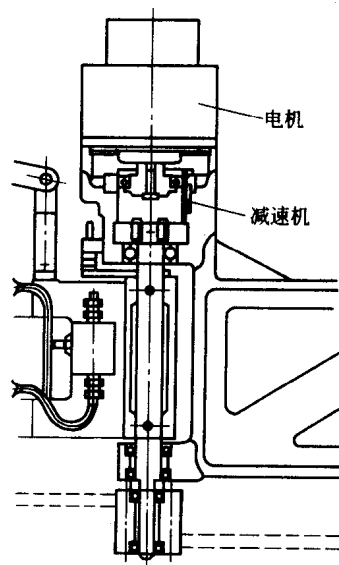


图 1-8 关节的驱动方式

B 关节型极坐标机器人

关节型极坐标机器人由 2 个回转轴和 1 个旋转轴构成,如图 1-6(a)所示,它主要应用于焊接和喷漆。从驱动方式上,可将其区分为下列两类:

(1) 直接驱动方式。关节型极坐标机器人的直接驱动方式主要采用液压驱动,图 1-9 是其典型构造,在基础上安装 2 个油缸,每个油缸驱动相应的臂。直接驱动方式机器人的示例如图 1-10。

SCARA 机器人(图 1-7)和 PUMA 机器人(图 1-11)是电动直接驱动方式的机器人。PUMA (Pro-

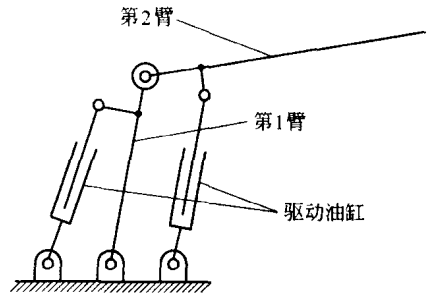


图 1-9 直接驱动的关节型极坐标机构

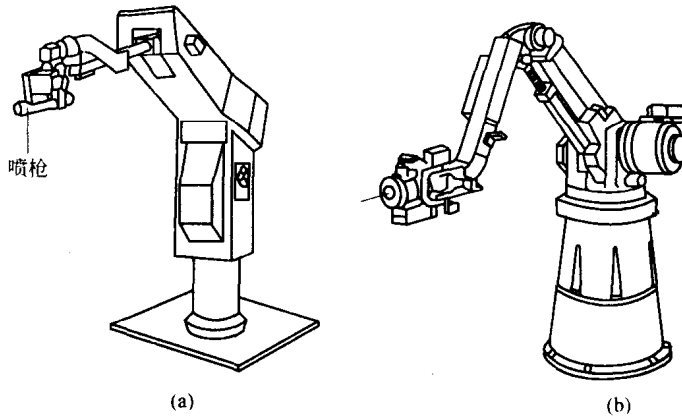


图 1-10 关节型极坐标机器人的直接驱动方式实例  
(a)日立公司的喷漆机器人;(b)Cincinnati Milacron 的 T<sup>3</sup>

grammable Universal Manipulator for Assembly)机器人是通过齿轮副的回转将电机的驱动传到关节上,每个杆分别直接转动。

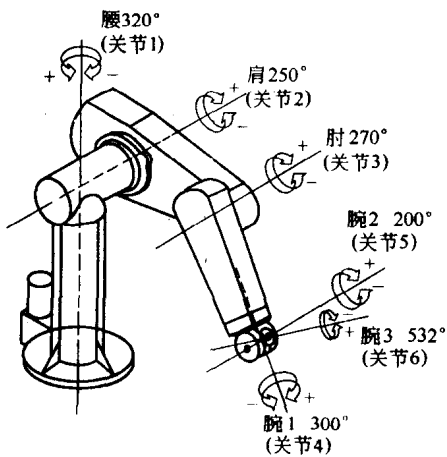


图 1-11 Unimation 公司的 PUMA

(2) 平行连杆驱动方式。在间接驱动方式中最常采用的是平行连杆方式。这种方式主要应用于电机驱动方式的机器人,部分液压驱动机器人也有采用。

图 1-12 是液压式机器人的结构,在基础上设两个油缸,第 1 个杆直接通过活塞驱动,第 2 个杆采用平行连杆机构驱动,这种方式将驱动器全部设在基础上,具有控制容易的优点。图 1-13 是这种机器人的外观。图 1-14 是将液压驱动改换为电机驱动的机器人,它是把电机的旋转运动通过丝杠等机构变换为直线运动,再通过连杆变换为转动。图 1-15 是用电动机通过减速器驱动连杆使臂转动。这种机构可以将手部的驱动在连杆的内部通过传动装置传递,因而具有可以实现整个系统小型化的优点。

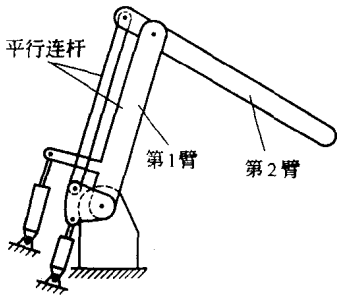


图 1-12 平行连杆驱动关节型极坐标构造

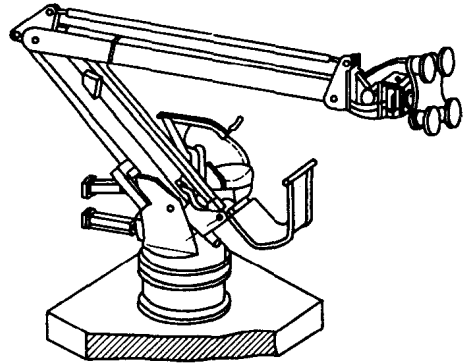


图 1-13 GE 液压机器人

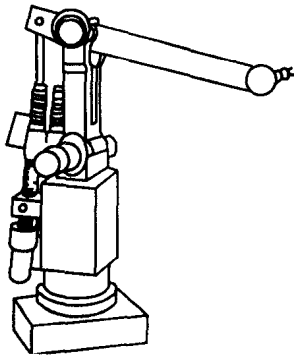


图 1-14 ASEA IRb-6

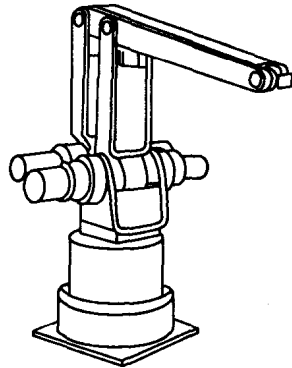


图 1-15 日立加工机器人

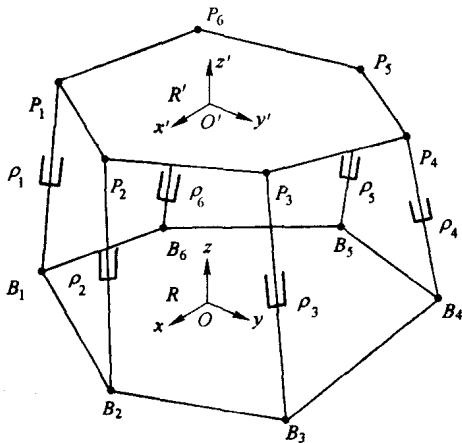


图 1-16 一般六自由度 Stewart 机构

### 1.2.2.5 并联机器人结构

澳大利亚著名机构学教授 Hunt 在 1978 年应用六自由度的 Stewart 平台机构作为机器人机构。这种机构在 1965 年由 D. Stewart 提出,故俗称 Stewart 机构。根据这种机构的结构特点,人们把它称为并联机构。并联机构从结构上是用 6 根支杆将上下两平台联接而形成的。这 6 根支杆都可以独立地自由伸缩,它分别用球铰和虎克铰与上下平台联接,这样上平台与下平台就可进行 6 个独立运动,即有 6 个自由度,在三维空间可以作任意方向的移动和绕任何方向的轴线转动,如图 1-16。并联机器人是一类全新的机器人,并联机器人机构问题属于空间多自由度多环机构学理论的新分支,这个分支是随着对并联

机器人的研究而发展起来的。

并联机器人与已经用的很好、很广泛的串联机器人相比往往使人感到它并不适合用作

机器人,它没有那么大的活动区间,它的活动上平台远远不如串联机器人手部来得灵活。但并联式与串联式相比也具有很多优点。并联式结构在其末端件上平台同时经由6根杆支承,与串联的悬臂梁相比,刚度大,而且结构稳定;并联式较串联式在相同的自重或体积下有高得多的承载能力;串联式末端件上的误差是各个关节误差的积累和放大,因而误差较大,并联式没有那样的积累和放大关系,误差较小。

并联式与串联式确实形成了鲜明的对比。串联的优点恰是并联的缺点,而并联的优点又恰是串联的缺点。由于串联并联在结构上和性能上的对偶关系,串联并联之间在应用上不是替代作用而是互补关系,且并联机器人有它的特殊应用领域,因此可以说并联机构的出现,扩大了机器人的应用范围。

并联机构适用于如下领域:

- (1) 模拟运动,如飞行员三维空间训练模拟器、驾驶模拟器;
- (2) 对接动作,如宇宙飞船的空间对接,汽车装配线上的车轮安装;
- (3) 承载运动,如大扭矩螺栓紧固,短距离重物搬运;
- (4) 金属切削加工,可应用于各类铣床、磨床、钻床,图 1-17 是 Index 公司的三立柱机床的结构简图;
- (5) 可用于测量机,用来作为其他机构的误差补偿器;
- (6) 用于微动机构或微型机构,图 1-18 为手术机器人。

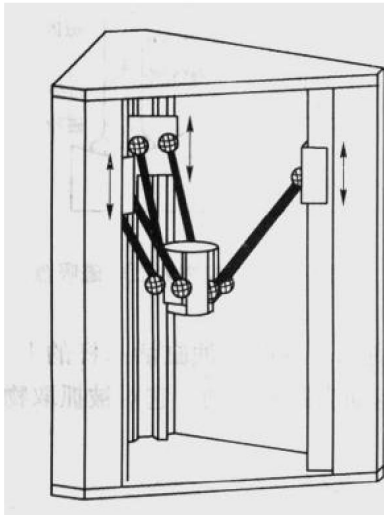


图 1-17 三立柱机床的结构简图

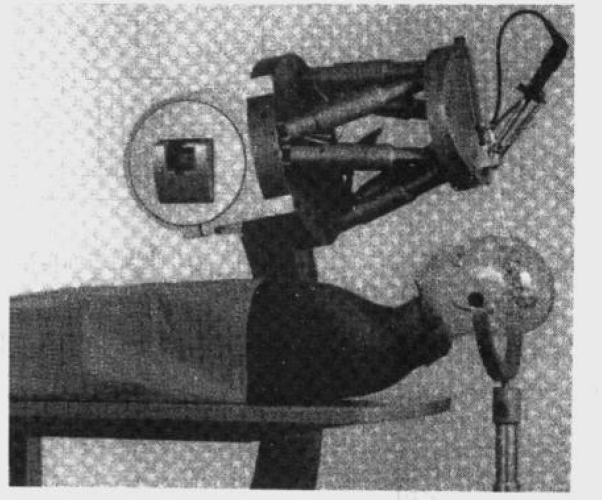


图 1-18 手术机器人

#### 1.2.2.6 机器人手部机构

人手的结构是非常复杂的,把机器人的手做成和人手一样是非常困难的。由于工业机器人常常是专用的,如点焊机器人、弧焊机器人、喷漆机器人等,它们的手部只是相应的工具而已。对于通用工业机器人,其手部采用能方便更换不同工具的结构,如图 1-19 所示的机构。连杆连接钩柄与气动活塞杆。当活塞杆向上拉时,钩子将工具联接套中的销子勾住;当活塞杆向下推时,钩子与销子脱开,以完成更换工具的动作。

工具一般放在工具架上,有固定且精确的位置,经对确定点的示教和对更换工具过程编程,机器

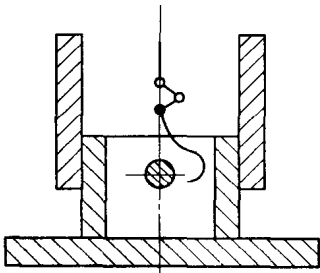


图 1-19 手部工具更换机构

人可自动更换工具。根据工作的特点,机器人有各种各样的工具。除了各种焊具、喷枪等专门工具外,还有如下常用工具。

(1) 气体吸盘。吸嘴的结构如图 1-20 所示。根据被搬运物品的重量和每只吸嘴的吸力,在一个吸盘上可装不同数量的吸嘴。由于生产车间常备有压力气源,常用的吸盘采用压力气源,而不采用真空源。具有一定压力的气体经电磁控制阀以很高的速度流过孔 1,橡胶碗内的空气经孔 2 被抽出,在橡胶碗内形成负压,吸住被搬运物。显然,吸盘只适合搬运表面平整的物品。为了增加吸盘与物品接触时的柔顺性,在吸盘上安装有弹簧。

(2) 电磁吸盘。适合表面平整的铁磁性物品搬运的电磁吸盘如图 1-21 所示。对于具有固定表面的工件,可根据其表面形状设计专门的电磁吸盘。

图 1-22 所示的吸盘适合表面不规则铁磁性物品的搬运。该吸盘的磁性吸附部分为内装磁粉的口袋。在励磁前将口袋压紧在异形物品的表面上,然后使电磁线圈通电。电磁铁励磁后,口袋中的磁粉就变成有固定形状的块状物。这种吸盘可适应不同形状表面的物品。

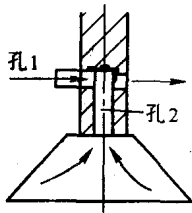


图 1-20 吸嘴结构

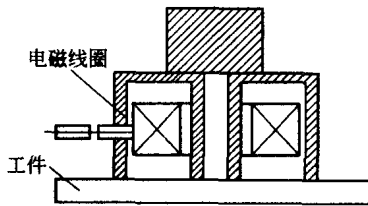


图 1-21 规则表面电磁吸盘

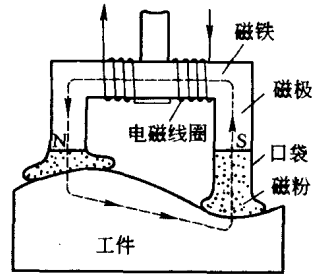


图 1-22 不规则表面电磁吸盘

(3) 圆弧开闭式手部。圆弧开闭式手部机构如图 1-23 所示。气缸或油缸活塞杆的上、下运动使手指产生开、闭运动。由图可见,手指绕其支点的运动为圆弧运动。它对被抓取物

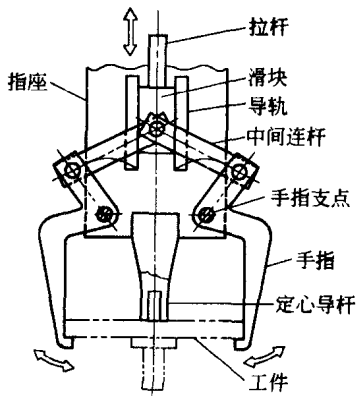


图 1-23 圆弧开闭式手部

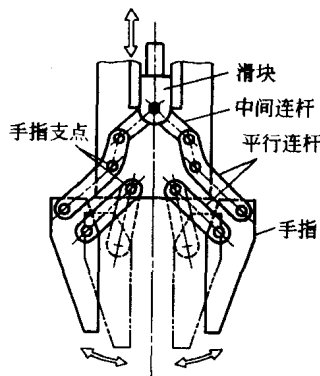


图 1-24 平行开闭式手部



品夹持力的大小由活塞杆上的力决定。

(4) 平行开闭式手部。如图 1-24,此手部利用转动副构成平行连杆机构,从相对手指来看,它们完成的是平行开闭运动。它对被抓取物品夹持力的大小也由活塞杆上的力决定。

### 1.2.3 机器人的分类

机器人种类繁多,可以从不同的角度对其分类。例如,机器人的结构形式、控制方式、信息输入方式、智能程度、用途、移动性等。这里仅按用途和技术等级来说明。

#### 1.2.3.1 按用途分类

(1) 工业机器人。主要工作在柔性生产线上,如点焊、弧焊、加工、搬运、装配及喷漆机器人等。

(2) 自主车。其行走机构多为四个轮子,用在自动化生产车间运送零部件,也可作为服务机器人用在医院、机场等处。

(3) 水下机器人。用于海底探测。

(4) 建筑机器人。砌墙、贴瓷砖等。

(5) 外星探测机器人。其行走机构常为 6 个轮子或 8 个轮子,用于外星探测时,常称其为漫游车。

(6) 服务机器人。酒店及家庭服务、汽车自动加油等。

(7) 林业机器人。其行走机构常为履带式、腿式及轮腿结合式。用于运输木料、挖掘树根、栽种树苗及采集树果等。

(8) 农业机器人。用于田间作业。

#### 1.2.3.2 按技术等级分类

(1) 第一代机器人主要以“示教-再现”的方式工作。目前已商品化、实用化的工业机器人大都属于第一代机器人。“示教”是工作人员通过“示教盒”将机器人开到某些希望的位置上,按“示教盒”上的“记忆键”,并定义这些位置的名字,让机器人记忆这些位置。工作人员利用机器人编程语言编制机器人工作程序时,就可利用这些已定义的位置。在机器人运行工作程序时,可再现这些位置。第一代机器人具有完备的内部传感器,检测机器人各关节的位置及速度,并反馈这些信息,控制机器人的运动。

(2) 第二代机器人拥有外部传感器,对工作对象、外界环境具有一定的感知能力。感知的信息参加控制运算。例如,装备几个摄像机的机器人可以确定散放在工作台上的零件位置,准确地将它们拿起并放到规定的位置上去。第二代机器人正在越来越多地用在工业生产中。

(3) 第三代机器人拥有多种高级传感器,对工作对象、外界环境具有高度适应性和自治能力,可以进行复杂的逻辑思维和决策,是一种高度智能化的机器人。目前,第三代机器人处于研究及发展阶段。

### 1.2.4 工业机器人的技术参数

技术参数是各种机器人制造商在产品供货时所提供的技术数据,表 1-2 是从工业机器人产品样本摘录的主要技术参数。