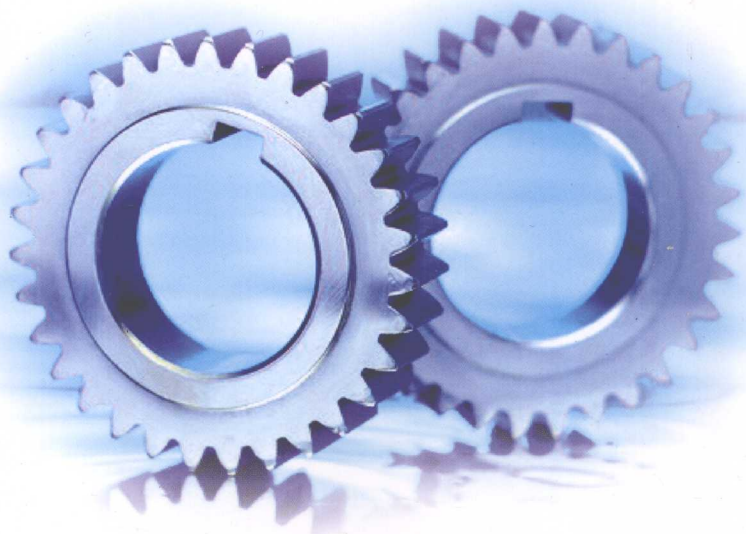



Technology
实用技术

机 电 一 体 化 技 术

工业机器人运用技术

郭洪红 编



 科学出版社
www.sciencep.com

机电一体化技术

工业机器人运用技术

郭洪红 编

TP242.2
G1-1

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是“机电一体化技术”丛书之一,主要内容包括工业机器人的基础知识、工业机器人的机械结构、工业机器人控制、工业机器人的传感器及其应用、工业机器人的编程以及生产线和 workstation。本书的编写按照由浅入深的原则,介绍了工业机器人的基础知识和实际应用,结合大量图表,力求达到易读易懂。

本书可作为高等院校机电一体化、自动化、电子工程等专业的教材,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人运用技术/郭洪红编. —北京:科学出版社,2008
(机电一体化技术)

ISBN 978-7-03-022230-5

I. 工… II. ①郭… III. 工业机器人 IV. TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080772 号

责任编辑:刘红梅 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:郝晓燕

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 7 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008 年 7 月第一次印刷 印张: 12 1/2

印数: 1—4000 字数: 212 000

定 价: 27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

机电一体化技术丛书

编委会名单

主 编 方 新

委 员 (以姓氏笔画为序):

王淑芳 田宏宇 刘晓彤

刘长青 刘 健 赵林惠

郭洪红 席 巍

前 言

机器人是现代一种典型的光机电一体化产品,工业机器人技术是近年来新技术发展的重要领域之一,是以微电子技术为主导的多种新兴技术与机械技术交叉、综合而成的一种综合性高新技术,它涉及计算机科学、机械学、电子学、自动控制、人工智能等多个学科。工业机器人从出现到现在的短短几十年中,已经广泛地应用于国民经济的各个领域,成为现代工业生产不可或缺的好帮手,对提高产品质量、加快产品更新、提高生产效率、促进制造业的柔性化、增强企业和国家的竞争力等方面都有举足轻重的地位;在航空航天、海底探险、核工业中完成人类难以完成的工作。因此,工业机器人不但在许多学校被列为机电一体化专业的必修课程,而且也成为广大工程技术人员和机电爱好者迫切需要掌握的知识。

本书主要内容包括工业机器人的基础知识、工业机器人的机械结构、工业机器人的控制、工业机器人的传感器、工业机器人的编程以及工业机器人生产线和工作站。本书适合机电一体化、自动化等专业教学之用,也可作为机器人爱好者及开发人员的参考书。

本书由郭洪红编写。在编写过程中,参考并引用了大量有关机器人方面的论著、资料,限于篇幅,不能在书中一一列举,在此一并对其作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中内容难免存在不足和纰漏之处,恳请读者给予批评指正。最后,对支持本书编写和出版的所有人表示衷心的感谢。

编 者



24 2.3.1 垂直的取料手

24 2.3.2 并排的取料手

28 2.3.3 倾斜的取料手

28 2.3.4 复合的取料手

目 录

第 1 章 绪 论 1

 1.1 工业机器人的应用、发展和分类 1

 1.1.1 工业机器人的应用 1

 1.1.2 工业机器人的发展 7

 1.1.3 工业机器人的分类 8

 1.2 工业机器人的基本组成及技术参数 15

 1.2.1 工业机器人的基本组成 15

 1.2.2 工业机器人的技术参数 18

 思考与练习 23

第 2 章 工业机器人的机械结构 25

 2.1 机器人末端操作器 26

 2.1.1 夹钳式取料手 26

 2.1.2 吸附式取料手 31

 2.1.3 专用操作器及转换器 34

 2.1.4 仿生多指灵巧手 37

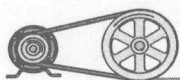
 2.1.5 其他手 38

 2.2 机器人手腕 40

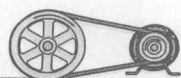
 2.2.1 手腕的典型结构 41

 2.2.2 柔顺手腕结构 42

 2.3 机器人手臂 44



2.3.1	手臂的直线运动机构	45
2.3.2	手臂的回转运动机构	45
2.3.3	手臂的俯仰运动机构	48
2.3.4	手臂的复合运动机构	48
2.4	机器人机座	51
2.4.1	固定式机器人	51
2.4.2	移动式机器人	51
2.5	工业机器人的传动	55
2.5.1	直线传动机构	56
2.5.2	旋转传动机构	58
2.5.3	工业机器人的制动器	60
2.5.4	传动方式的应用举例	61
	思考与练习	64
第3章 工业机器人的控制		65
3.1	工业机器人控制基础	65
3.1.1	工业机器人控制系统的特点	65
3.1.2	工业机器人控制系统的主要功能	66
3.1.3	工业机器人的控制方式	68
3.2	工业机器人的驱动器	69
3.2.1	步进电机驱动器	69
3.2.2	直流电机驱动器	72
3.2.3	交流电机驱动器	77
3.2.4	液压驱动器	79
3.2.5	气动驱动器	82
3.2.6	新型驱动器	84
3.3	工业机器人控制系统的基本组成	87
	思考与练习	88
第4章 工业机器人的传感器及其应用		89
4.1	工业机器人传感器的分类及要求	89



741	4.1.1	工业机器人传感器的分类	89
841	4.1.2	对工业机器人传感器的要求	90
941	4.2	常用工业机器人传感器	91
140	4.2.1	机器人的接触觉	91
130	4.2.2	机器人的接近觉	94
120	4.2.3	机器人的压觉	95
121	4.2.4	机器人的滑觉	97
125	4.2.5	机器人的力觉	99
125	4.2.6	工业机器人的运动特性检测传感器	101
123	4.2.7	陀螺仪	108
125	4.3	机器人传感器应用系统	112
126	4.3.1	机器人多传感器手爪系统	112
128	4.3.2	装配机器人传感系统	113
121	4.3.3	焊接机器人传感系统	120
123	4.3.4	污水管道机器人传感系统	125
126		思考与练习	129
121			
127	第 5 章	工业机器人编程	131
120	5.1	机器人编程语言的基本要求和类别	131
121	5.2	编程语言的应用	133
120	5.2.1	AL 语言	133
123	5.2.2	VAL-II 语言	138
124	5.2.3	AML 语言	139
124	5.2.4	AUTOPASS 语言	140
127	5.3	工业机器人的编程过程	141
120	5.3.1	工业机器人的编程方式	141
124	5.3.2	工业机器人程序设计过程	142
126		思考与练习	146
128			
128	第 6 章	工业机器人生产线及工作站	147
121	6.1	在生产中引入工业机器人系统的方法	147



08	6.1.1	可行性分析	147
09	6.1.2	机器人工作站和生产线的详细设计	148
10	6.1.3	制造与试运行	149
10	6.1.4	交付使用	149
10	6.2	工程工业机器人和外围设备	150
20	6.2.1	工业机器人和外围设备的任务	150
70	6.2.2	外围设备的种类及注意事项	151
00	6.3	机械加工作业的机器人系统	152
101	6.3.1	轴类加工自动化系统	152
801	6.3.2	电动机轴加工生产线的自动化	153
111	6.4	装配作业的机器人系统	155
111	6.4.1	吊扇电机自动装配作业系统	156
111	6.4.2	装配系统的外围设备	158
120	6.4.3	装配系统的安全措施	161
121	6.5	焊接作业的机器人系统	162
021	6.5.1	用于点焊作业的机器人系统	162
	6.5.2	用于弧焊作业的机器人系统	164
131	6.6	搬运码垛机器人工作站	166
131	6.6.1	工件分析	166
131	6.6.2	工作站总体布局	167
133	6.6.3	部件及组成设备	169
133	6.7	多种作业组成的生产线	173
138	6.7.1	配电高压开关机器人生产线的构成	174
031	6.7.2	成形和焊接生产线	174
140	6.7.3	电极加工生产线	177
141	6.7.4	电极组装生产线	179
141	6.7.5	成品喷漆生产线	184
141	6.8	FMS 和工业机器人	186
141	6.8.1	加工变速箱的 FMS	186
		思考与练习	188
741		参考文献	189



第 1 章

绪 论

机器人的英文名称是“Robot”，最早的意义是像奴隶那样进行劳动的机器。由于受影视宣传和科幻小说的影响，人们往往把机器人想象成外貌与人相似的机器人和电子装置。但现实并非如此，特别是工业机器人，与人的外貌毫无相似之处，所以在工业应用场合，经常被称为“机械手”。有关机器人的定义随着时代发展不断发生着变化，但工业机器人的定义已经被基本确定，根据国家标准，工业机器人被定义为“其操作机是自动控制的，可重复编程、多用途，并可对 3 个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式。在工业自动化应用中使用”，其中操作机被定义为“是一种机器，其机构通常由一系列互相铰接或相对滑动的构件所组成，它通常有几个自由度，用以抓取或移动物体（工具或工件）”。所以工业机器人可以认为是一种拟人手臂、手腕和手功能的机械电子装置，它可把任一物件或工具按空间位置姿态的要求进行移动，从而完成某一工业生产的作业要求。如夹持焊枪，对汽车或摩托车车体进行点焊或弧焊；末端安装手钳，给压铸机或成型机上下料或装配机械零部件；末端安装喷枪进行喷涂作业。

机器人自 20 世纪 60 年代问世以来，经过了 40 多年的发展，已广泛应用于各个领域，成为航天航空、深海探密，及制造业生产自动化的主要机电一体化设备。本章将主要介绍机器人的应用和发展以及工业机器人的分类情况。

1.1 工业机器人的应用、发展和分类

1.1.1 工业机器人的应用

机器人最早应用于汽车制造工业，常用于焊接、喷漆、上下料和搬运。工业机器人延伸和扩大了人的手足和大脑功能，它可代替人从事危险、有害、有毒、低温和高热等恶劣环境中的工作；代替人完成繁重、单调重复劳动，提高劳动生产率，保证



产品质量。工业机器人与数控加工中心,自动搬运小车以及自动检测系统可组成柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS),实现生产自动化。目前,机器人主要用于以下几个方面。

1. 恶劣的工作环境和危险工作

压铸车间及核工业等领域的作业对人体健康有害或危及生命或不安全因素大,不宜于人进行作业,适合用机器人代替工作。

在核电领域,因为反应堆内部件运行后具有较强放射性,为保护维修操作人员的安全,许多操作需要在水下进行。核反应堆每次吊出堆内构件,反应堆的水下位置都需要直观地监测操作过程,特别是每次大修吊出上部堆内构件时,需要在水下确认所有控制棒组件已和燃料组件脱扣。屏蔽水层一般不低于 3m,最深可达 25m,加上水池面积又很大,在维护过程中难以杜绝异物落入水池,此时就可以用清除核废料的机器人。图 1.1 所示为大亚湾核电站清除核废料机器人,该机器人长 42cm,宽 19.8cm,高 13.8cm,体重 13.8kg。装备了一个水下爬行机、一个电视摄像系统、一只机械手、一个二维云台、清扫机、水下吸泵和操控器等。它可以潜到 22m 深的弱酸性、低辐射的水中工作,用六轮驱动,有较强的运载能力。机器人身上的设备分工明确,机械手主要拾取落入水池的螺丝刀、扳手等相对较大的异物;清扫机主要扫取螺钉、螺母及垫片等体积相对小的异物;水下吸泵用来吸取类似玻璃、油漆碎片等粉渣类异物。这样,就可以把落到核反应堆水中比较难打捞的小于 1kg 的异物全部打捞出来,保证了操作人员的安全。

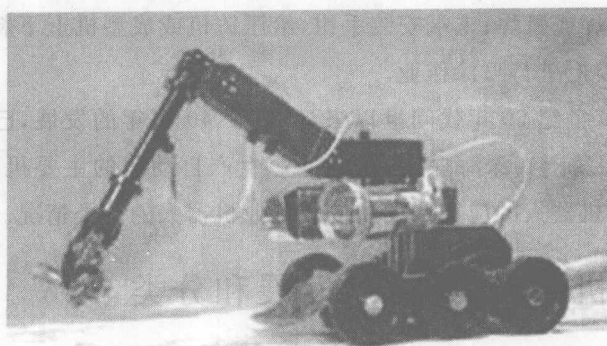
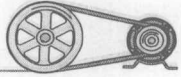


图 1.1 大亚湾核电站清除核废料机器人

2. 在特殊作业场合进行极限作业

火山探险、深海探密、极地探索及空间探索等领域对人类来说是力所不能的,



只有应用机器人。如图 1.2 所示为俄罗斯科学家为空间站安装的一部机器人机械臂,它伸展时的总长度为 11m。在被安装到国际空间站后,它将能够搬运最重达 8t 的物资并可对空间站的外表面进行监测。此外,ERA 上还装备有摄像机,可以准确地将执行太空行走任务的宇航员送往指定区域。

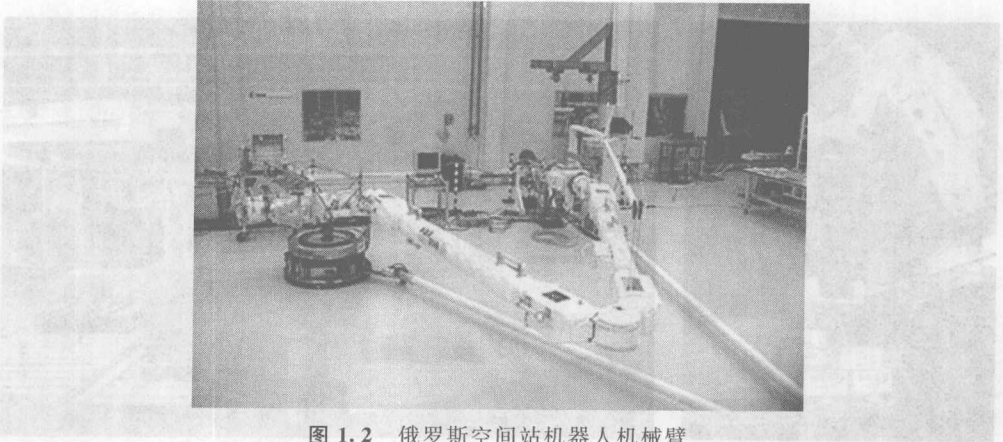


图 1.2 俄罗斯空间站机器人机械臂

图 1.3 所示为一种螃蟹机器人,可以在陆地上任意移动,未来的开发设计将计划将它用于完全的水下勘测任务操作,也可用于石油天然气勘测、海洋搜寻以及水下任意要求的独立性操作。这款机器人非常接近于螃蟹的身体结构,两侧有四个腿,非常稳定,能够执行相应的指令,能够避免多足之间的不协调冲突。这个机器人可通过改变步幅长度来改变行走速度,能够自如地攀爬越过鹅卵石和小碎石。

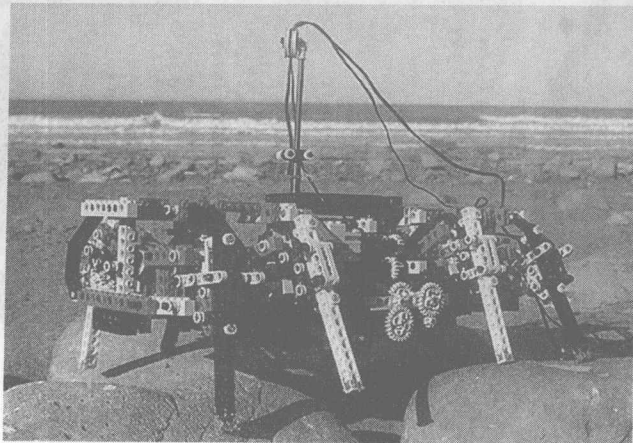


图 1.3 螃蟹机器人



3. 自动化生产领域

早期的工业机器人在生产上主要用于机床上下料、点焊和喷漆。随着柔性自动化的出现,机器人在自动化生产领域扮演了更重要的角色。

图 1.4、图 1.5、图 1.6 和图 1.7 为几个机器人在工业上应用的例子。



图 1.4 搬运机器人

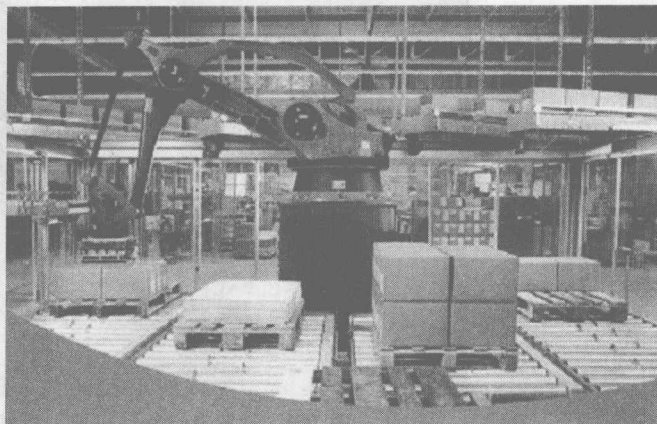


图 1.5 码垛机器人

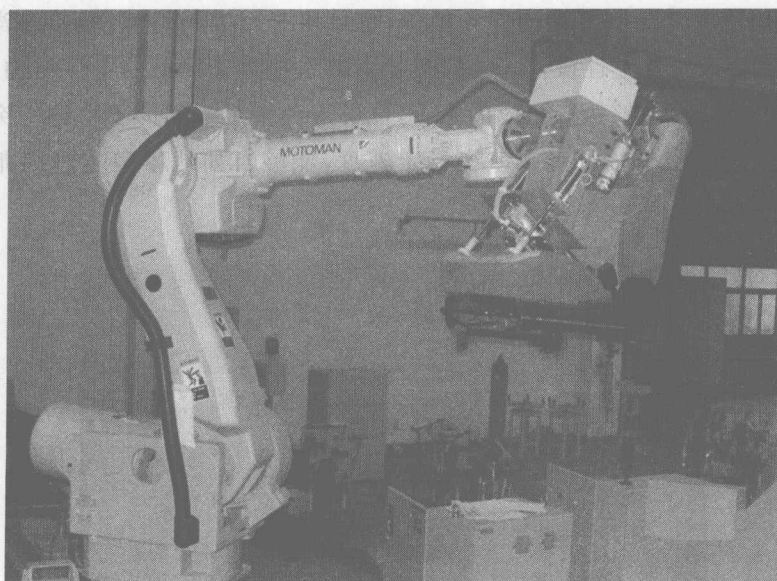


图 1.6 汽车座椅装配机器人

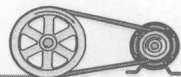


图 1.7 点胶机器人

4. 农业生产

图 1.8 所示为美国伊利诺大学开发出的太阳能农用机器人。该机器人装有超声波探测器、全球定位系统和两台小型摄像机,可轻易地找到隐藏在农作物中的杂草,能定时清除杂草。该机器人的内置电脑采用微软操作系统,配备了 80GB 的硬盘,可通过无线上网从数据库中获取信息。一旦机器人的视觉系统发现有别于农作物的植物,便借助因特网与信息中心取得联系,利用数据库提供的植物特性与目标进行比照,若最终确定目标为杂草,就会立即启动机器人前部的机械臂,先切断

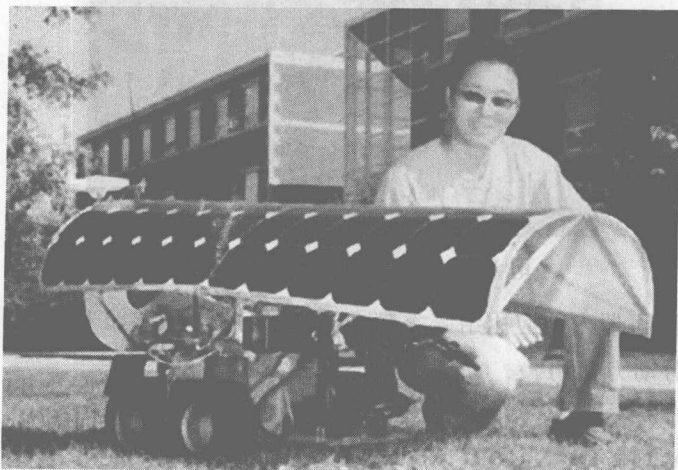
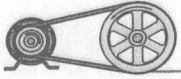


图 1.8 太阳能农用机器人



杂草,然后再洒上除草剂,彻底灭除杂草。由于机器人的除草方式有的放矢,不仅除草效率大为提高,而且避免了大面积喷洒除草剂对环境造成的危害。该新型农用机器人长 1.52m,宽 0.71m,高 0.61m,顶部覆盖有拱形太阳能电池板,底部备有四个轮子,行动便捷,每小时能移动 5000m。如设法为机器人添加其他的探测器和传感器,未来的农用机器人不但能够有效对付杂草,还能够进行田间管理、观测农作物生长状况及采集分析土壤样品。

5. 军事应用

图 1.9 所示为美国在伊拉克的持枪机器人,大大降低了军人执勤的危险,给这种机器人配备有 M249 式机枪,主要用于清除炸弹。

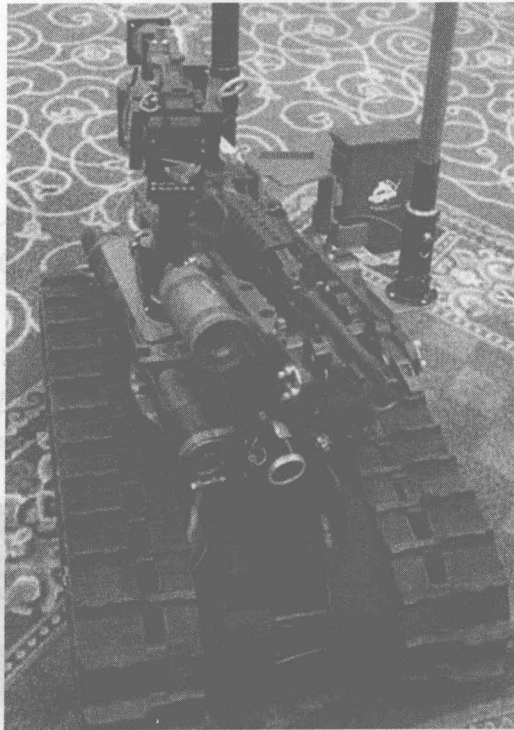


图 1.9 美国在伊拉克的持枪机器人

综上所述,机器人的应用给人类带来了许多好处,总结如下:

- ① 减少劳动力费用。
- ② 提高生产率。
- ③ 改进产品质量。
- ④ 增加制造过程柔性。



- ⑤ 减少材料浪费。
- ⑥ 控制和加快库存的周转。
- ⑦ 降低生产成本。
- ⑧ 消除了危险和恶劣的劳动岗位。

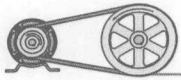
1.1.2 工业机器人的发展

1954年,美国人 George C. Devol 在他申请的专利“Programmed article transfer”中,首次提出了“示教再现机器人的概念”。1958年,被誉为“工业机器人之父”的 Joseph F. Engel Berger 创建了世界上第一个机器人公司——Unimation (Universal Automation)公司,并参与设计了第一台 Unimate 机器人(图 1.10)。与此同时,另一家美国公司——AMF 公司也开始研制工业机器人,即 Versatran (Versatile Transfer)机器人,如图 1.11 所示,它主要用于机器之间的物料运输。1970年4月,在伊利诺斯工学院召开了全美第一届工业机器人会议。此时,美国已经有 200 余台工业机器人工作在自动化生产线上。

日本机器人的发展,经过了 20 世纪 60 年代的摇篮期、70 年代的实用化时期以及 80 年代的普及、提高期 3 个基本阶段。在 1967 年,日本东京机械贸易公司首次从美国 AMF 公司引进 Versatran 机器人。1968 年,日本川崎重工业公司与美国 Unimation 公司缔结国际技术合作协议,引进 Unimation 机器人,1970 年实现国产化。从此日本进入了开发和应用机器人技术时期。几年后,美国反而要从日本进口机器人。1980 年,机器人技术在日本取得了极大的成功与普及,所以 1980 年被日本人称为“日本的机器人元年”。1983 年,美国从日本进口的机器人占美国进口机器人总数的 78%。现在,日本拥有的工业机器人的台数约占世界总台数的 65%,而且其制造技术也处于领先地位,日本的专业和业余的机器人爱好者的比例也为世界之首,每年有各类机器人比赛也促进了机器人的普及与发展。

我国工业机器人起步于 20 世纪 70 年代初期,经过 20 多年的发展,大致经历了 3 个阶段:70 年代的萌芽期、80 年代的开发期和 90 年代的适用化期。目前,我国研制的工业机器人已达到了工业应用水平。现在,国家更加重视机器人工业的发展,也有越来越多的企业和科研人员投入到机器人的开发研究中。

当然,随着计算机技术、人工智能技术及先进制造技术的飞速发展,机器人在功能和技术层次上也有了很大的提高,移动机器人(如两轮机器人、飞行机器人、水下游泳机器人)和机器人的视觉和触觉等就是先进技术的代表。由于这些技术的发展,推动了机器人概念的延伸。20 世纪 80 年代,将具有感觉、思考、决策和动作



能力的系统称为智能机器人。后来,水下机器人、空间机器人、地面机器人、微小型机器人等各种用途的机器人相继问世,将机器人的技术(如传感技术、智能技术、控制技术)扩散和渗透到各个领域,形成了各式各样的新机器——机器人化机器。当前,与信息技术的交互和融合又产生了“软件机器人”、“网络机器人”等名称,充分说明了机器人技术始终代表最流行最前沿的技术。

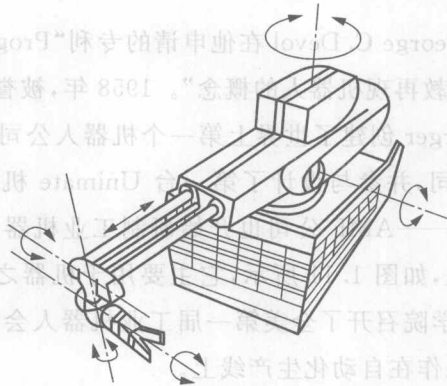


图 1.10 Unimate 机器人

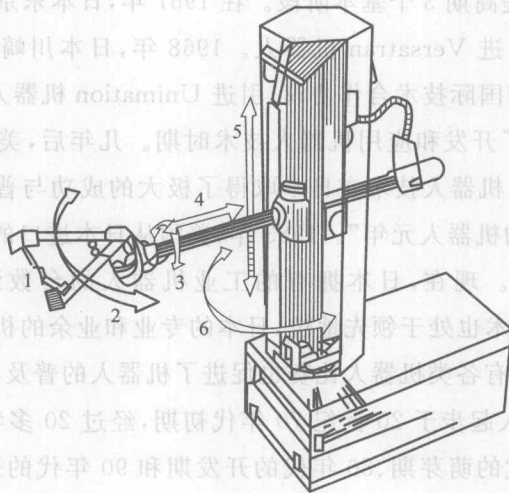


图 1.11 Versatran 机器人

1.1.3 工业机器人的分类

工业机器人有很多种分类方法,目前还没有统一的机器人分类标准。本节按机器人的结构坐标系特点、驱动方式和用途进行分类。