

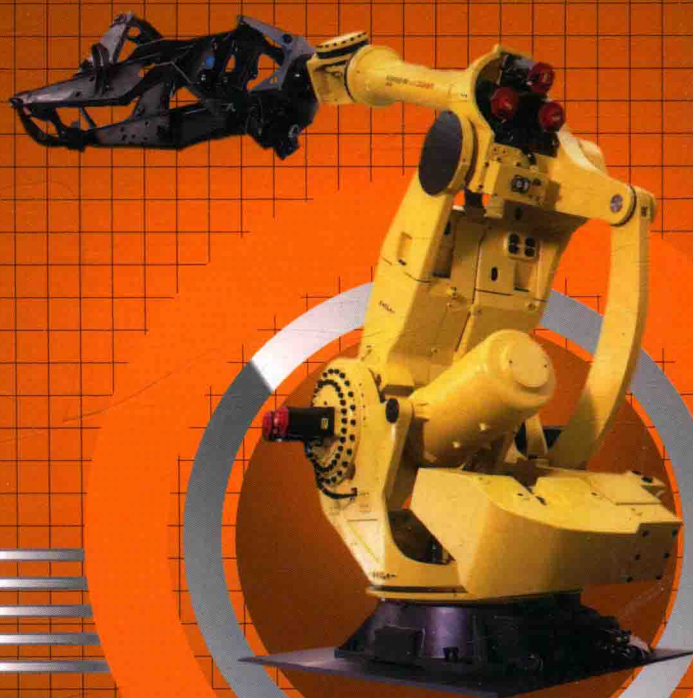


INDUSTRIAL ROBOT

工业机器人

装调与维修

韩鸿鸾 编著



化学工业出版社



INDUSTRIA



工业机器人 装调与维修

韩鸿鸾 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工业机器人装调与维修/韩鸿鸾编著. —北京: 化学工业出版社, 2018. 3

ISBN 978-7-122-31580-9

I. ①工… II. ①韩… III. ①工业机器人-安装②工业机器人-调试方法③工业机器人-维修 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 038003 号

责任编辑: 贾 娜
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 371 千字 2018 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究



近年来,我国机器人行业在国家政策的支持下,顺势而为,发展迅速,保持着35%的高增长率,远高于德国的9%、韩国的8%和日本的6%。我国已连续两年成为世界第一大工业机器人市场。

我国工业机器人市场之所以能有如此迅速的增长,主要源于以下三点。

① 劳动力的供需矛盾。主要体现在劳动力成本的上升和劳动力供给的下降。在很多产业,尤其在中低端工业产业,劳动力的供需矛盾非常突出,这对实施“机器换人”计划提出了迫切需求。

② 企业转型升级的迫切需求。随着全球制造业转移的持续深入,先进制造业回流,我国的低端制造业面临产业转移和空心化的风险,迫切需要转变传统的制造模式,降低企业运行成本,提升企业发展效率,提升工厂的自动化、智能化程度。而工业机器人的大量应用,是提升企业产能和产品质量的重要手段。

③ 国家战略需求。工业机器人作为高端制造装备的重要组成部分,技术附加值高,应用范围广,是我国先进制造业的重要支撑技术和信息化社会的重要生产装备,对工业生产、社会发展以及增强军事国防实力都具有十分重要的意义。

随着机器人技术及智能化水平的提高,工业机器人已在众多领域得到了广泛的应用。其中,汽车、电子产品、冶金、化工、塑料、橡胶是我国使用机器人最多的几个行业。未来几年,随着行业需要和劳动力成本的不断提高,我国机器人市场增长潜力巨大。尽管我国将成为当今世界最大的机器人市场,但每万名制造业工人拥有的机器人数量却远低于发达国家水平和国际平均水平。工信部组织制订了我国机器人技术路线图及机器人产业“十三五”规划,到2020年,工业机器人密度达到每万名员工使用100台以上。我国工业机器人市场将高倍速增长,未来十年,工业机器人是看不到天花板的行业。

虽然多种因素推动着我国工业机器人行业不断发展,但应用人才严重缺失的问题清晰地摆在我们面前,这是我国推行工业机器人技术的最大瓶颈。中国机械工业联合会的统计数据表明,我国当前机器人应用人才缺口20万,并且以每年20%~30%的速度持续递增。

工业机器人作为一种高科技集成装备,对专业人才有着多层次的需求,主要分为研发工程师、系统设计与应用工程师、调试工程师和操作及维护人员四个层次。其中,需求量最大的是基础的操作及维护人员以及掌握基本工业机器人应用技术的调试工程师和更高层次的应用工程师,工业机器人专业人才的培养,要更加着力于应用型人才。

本书由韩鸿鸾编著,本书在撰写过程中还得到了张朋波、孔伟、王树平、阮洪涛、刘曙光、汪兴科、徐艇、孔庆亮、王勇、丁守会、李雅楠、梁典民、赵峰、张玉东、王常义、田震、谢华、安丽敏、孙杰、柳鹏、丛志鹏、马述秀、褚元娟、陈青、宁爽、梁婷、姜兴道、荣志军、王小方等的帮忙。本书在撰写过程中得到了山东省、河南省、河北省、江苏省、上海市等技能鉴定部门的大力支持,在此深表谢意。

由于水平所限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

编著者



第 1 章 工业机器人装调与维修基础 / 1

1.1 工业机器人概述	2
1.1.1 工业机器人的应用领域	2
1.1.2 机器人的分类	5
1.2 机器人的组成与工作原理	12
1.2.1 工业机器人的基本组成	12
1.2.2 机器人的基本工作原理	15
1.3 机器人的基本术语与符号	17
1.3.1 机器人的基本术语	17
1.3.2 机器人的图形符号体系	18
1.3.3 工业机器人的安全符号	23

第 2 章 工业机器人的整机安装与维护 / 28

2.1 ABB 工业机器人的安装	28
2.1.1 装运和运输姿态	28
2.1.2 工业机器人本体安装	31
2.1.3 机器人控制箱的安装	38
2.2 工业机器人的校准	40
2.2.1 校准范围和正确轴位置	40
2.2.2 转动盘适配器	42
2.2.3 准备转动盘适配器	42
2.2.4 校准	49
2.2.5 更新转数计数器	50
2.2.6 检查校准位置	51
2.3 工业机器人的维护	52
2.3.1 维护标准	52
2.3.2 检查	53
2.3.3 换油	58

第 3 章 工业机器人机械部件的装调与维修 / 61

3.1 工业机器人机械装调与维修的基础	61
3.1.1 泄漏测试操作步骤	61
3.1.2 轴承安装	61

3.1.3	密封件安装	62
3.1.4	工业机器人机械装调与维修工具	62
3.2	底座的装调与维修	65
3.2.1	底座的位置	65
3.2.2	底座的更换	66
3.3	转动盘的装调与维修	69
3.3.1	转动盘的位置	69
3.3.2	更换转动盘	69
3.4	倾斜机壳装置的装调与维修	71
3.4.1	位置	71
3.4.2	倾斜机壳装置的内部结构	72
3.4.3	更换倾斜机壳装置	73
3.5	工业机器人机械臂的装调与维修	79
3.5.1	更换上臂	79
3.5.2	联动装置的装调与维修	84
3.5.3	更换平行杆	91
3.5.4	更换整个下机械臂系统	97
3.5.5	更换平行臂	102
3.6	齿轮箱的装调与维修	106
3.6.1	更换轴 1 齿轮箱	106
3.6.2	更换轴 2 齿轮箱	109
3.6.3	更换轴 3 齿轮箱	112
3.6.4	更换轴 6 齿轮箱	113

第 4 章 工业机器人强电装置的装调与维修 / 116

4.1	更换电缆	116
4.1.1	更换下端电缆线束（轴 1~3）	116
4.1.2	更换上端电缆线束（包括轴 6）	119
4.2	更换 SMB 单元与制动闸释放装置	122
4.2.1	更换 SMB 单元	122
4.2.2	更换制动闸释放装置	123
4.3	更换工业机器人的电机	124
4.3.1	更换轴 1 电机	124
4.3.2	更换轴 2 和轴 3 电机	126
4.3.3	更换轴 6 电机	130

第 5 章 工业机器人弱电装置的装调与维修 / 133

5.1	IRC5 Compact controller 的组成与维护	133
5.1.1	IRC5 Compact controller 的组成	133
5.1.2	IRC5 Compact controller 的维护	133
5.2	控制器的整体安装与调试	138
5.2.1	安装步骤	138

5.2.2	现场安装	139
5.2.3	安装外部操作员面板	140
5.2.4	在 IRC5 Compact 外部安装接口装置	141
5.2.5	安装天线	142
5.2.6	连接	144
5.2.7	I/O 装置的定义	148
5.3	IRC5 Compact controller 的维修	149
5.3.1	打开 IRC5 Compact controller	149
5.3.2	更换安全台	150
5.3.3	更换 I/O 装置	151
5.3.4	更换备用能源组	151
5.3.5	更换主板	151
5.3.6	更换主板上的 DDR SDRAM 内存	156
5.3.7	更换 DeviceNet Lean 板	157
5.3.8	更换 PCI 板	158
5.3.9	更换现场总线适配器	159
5.3.10	更换 Compact 闪存	161
5.3.11	更换驱动装置	161
5.3.12	更换轴计算机 DSQC 668	162
5.3.13	更换系统风扇	164
5.3.14	更换制动电阻泄流器	165
5.3.15	更换 Remote Service 箱	167
5.3.16	更换电源	167
5.3.17	更换线性过滤器	168

第 6 章 工业机器人常见故障的处理 / 170

6.1	工业机器人故障处理的基础	170
6.1.1	限位开关链	170
6.1.2	信号 ENABLE1 和 ENABLE2	170
6.1.3	电源	171
6.1.4	熔丝	175
6.1.5	指示	176
6.1.6	故障排除期间的安全性	187
6.1.7	提交错误报告	188
6.1.8	安全处理 USB 存储器	189
6.1.9	安全地断开 Drive Module 电气连接器	190
6.1.10	串行测量电路板	190
6.2	工业机器人常见故障的处理	191
6.2.1	典型单元故障的排除方法	191
6.2.2	间歇性故障	192
6.2.3	控制器死机	193
6.2.4	控制器性能低	193

6.2.5	FlexPendant 死机	194
6.2.6	所有 LED 熄灭	195
6.2.7	FlexPendant 无法通信	196
6.2.8	FlexPendant 的偶发事件消息	196
6.2.9	维修插座中无电压	197
6.2.10	控制杆无法工作	198
6.2.11	更新固件失败	199
6.2.12	不一致的路径精确性	199
6.2.13	油脂沾污电机和（或）齿轮箱	200
6.2.14	机械噪声	200
6.2.15	关机时操纵器损毁	201
6.2.16	机器人制动闸未释放	201

附录 工业机器人英汉词汇 / 203

参考文献 / 211

第1章

工业机器人装调与维修基础

工业机器人（Industrial Robot, IR）是用于工业生产环境的机器人总称。用工业机器人替代人工操作，不仅可保障人身安全、改善劳动环境、减轻劳动强度、提高劳动生产率，而且还能够起到提高产品质量、节约原材料消耗及降低生产成本等多方面作用，因而，它在工业生产各领域的应用也越来越广泛。

第二次世界大战期间，由于核工业和军事工业的发展，美国原子能委员会的阿尔贡研究所研制了“遥控机械手”，用于代替人生产和处理放射性材料。1948年，这种较简单的机械装置被改进，开发出了机械式的主从机械手（见图1-1）。它由两个结构相似的机械手组成，主机机械手在控制室，从机械手在有辐射的作业现场，两者之间有透明的防辐射墙相隔。操作者用手操纵主机机械手，控制系统会自动检测主机机械手的运动状态，并控制从机械手跟随主机机械手运动，从而解决对放射性材料的远距离操作问题。这种被称为主从控制的机器人控制方式，至今仍在很多场合中应用。

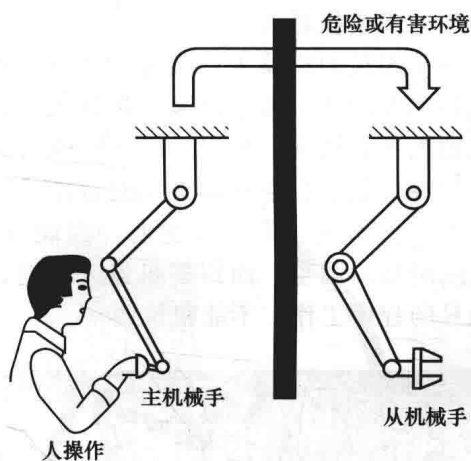


图 1-1 主从机械手

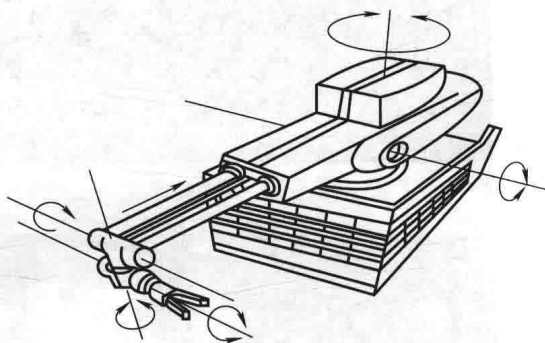


图 1-2 Unimate 机器人

由于航空工业的需求，1952年美国麻省理工学院（MIT）成功开发了第一代数控机床（CNC），并进行了与 CNC 机床相关的控制技术及机械零部件的研究，为机器人的开发奠定了技术基础。

1954年，美国人乔治·德沃尔（George Devol）提出了一个关于工业机器人的技术方案，设计并研制了世界上第一台可编程的工业机器人样机，将之命名为“Universal Automation”，并申请了该项机器人专利。这种机器人是一种可编程的零部件操作装置，其工作方式为首先移动机械手的末端执行器，并记录下整个动作过程；然后，机器人反复再现整个动作过程。后来，在此基础上，Devol 与 Engerlberge 合作创建了美国万能自动化公司（Unimation），于1962年生产了第一台机器人，取名 Unimate（见图1-2）。这种机器人采用极坐标式结构，外形完全像坦克炮塔，可以实现回转、伸缩、俯仰等动作。

在 Devol 申请专利到真正实现设想的这8年时间里，美国机床与铸造公司（AMF）也在

从事机器人的研究工作，并于 1960 年生产了一台被命名为 Versation 的圆柱坐标型的数控自动机械，并以 Industrial Robot（工业机器人）的名称进行宣传。通常认为这是世界上最早的工业机器人。

Unimate 和 Versation 这两种型号的机器人以“示教再现”的方式在汽车生产线上成功地代替工人进行传送、焊接、喷漆等作业，它们在工作中反映出来的经济效益、可靠性、灵活性，令其他发达国家工业界为之倾倒。于是，Unimate 和 Versation 作为商品开始在世界市场上销售。

1.1 工业机器人概述

1.1.1 工业机器人的应用领域

(1) 喷漆机器人

如图 1-3 所示，喷漆机器人能在恶劣环境下连续工作，并具有工作灵活、工作精度高等特点，因此喷漆机器人被广泛应用于汽车、大型构件等喷漆生产线，以保证产品的加工质量、提高生产效率、减轻操作人员劳动强度。



图 1-3 喷漆机器人

(2) 焊接机器人

用于焊接的机器人一般分为图 1-4 所示的点焊机器人和图 1-5 所示的弧焊机器人两种。弧焊机器人作业精确，可以连续不知疲劳地进行工作，但在作业中会遇到部件稍有偏位或焊缝形状有所改变的情况，人工作业时，因能看到焊缝，可以随时作出调整，而焊接机器人，因为是按事先编号的程序工作，不能很快调整。

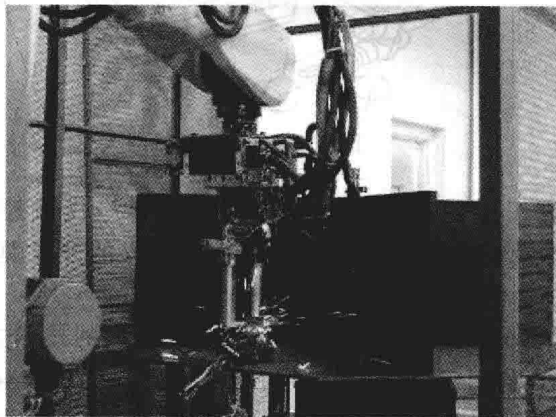


图 1-4 Fanuc S-420 点焊机器人

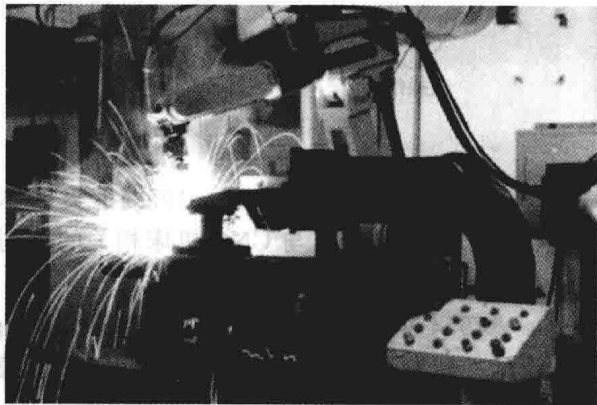


图 1-5 弧焊机器人实例

(3) 上下料机器人

如图 1-6 所示，目前我国大部分生产线上的机床装卸工件仍由人工完成，其劳动强度大，生产效率低，而且具有一定的危险性，已经满足不了生产自动化的发展趋势，为提高工作效率，降低成本，并使生产线发展为柔性生产系统，应现代机械行业自动化生产的要求，越来越

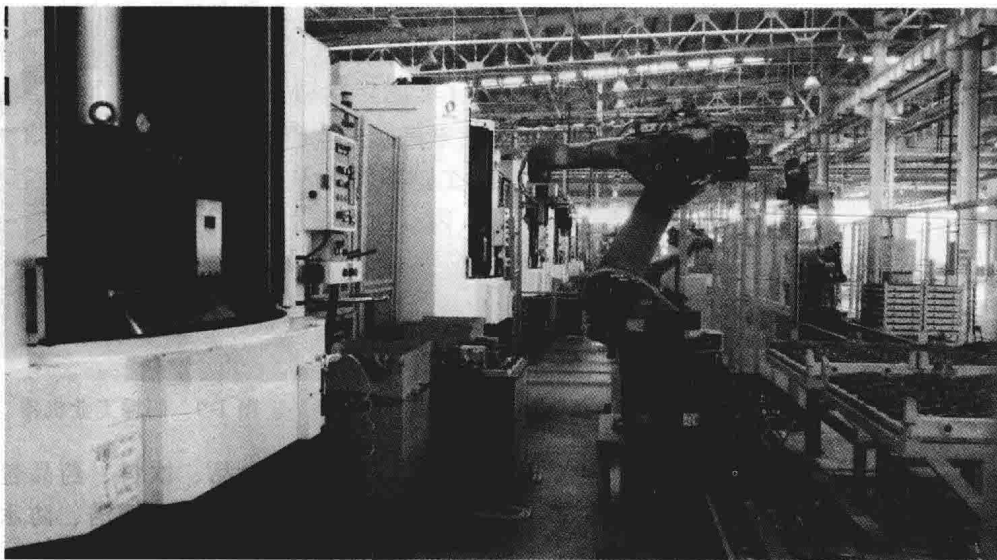


图 1-6 数控机床用上下料机器人

多的企业已经开始利用工业机器人进行上下料了。

(4) 装配工业机器人

如图 1-7 所示，装配工业机器人是专门为装配而设计的工业机器人，与一般工业机器人比较，它具有精度高、柔顺性好、工作范围小、能与其他系统配套使用等特点。使用装配机器人可以保证产品质量，降低成本，提高生产自动化水平。

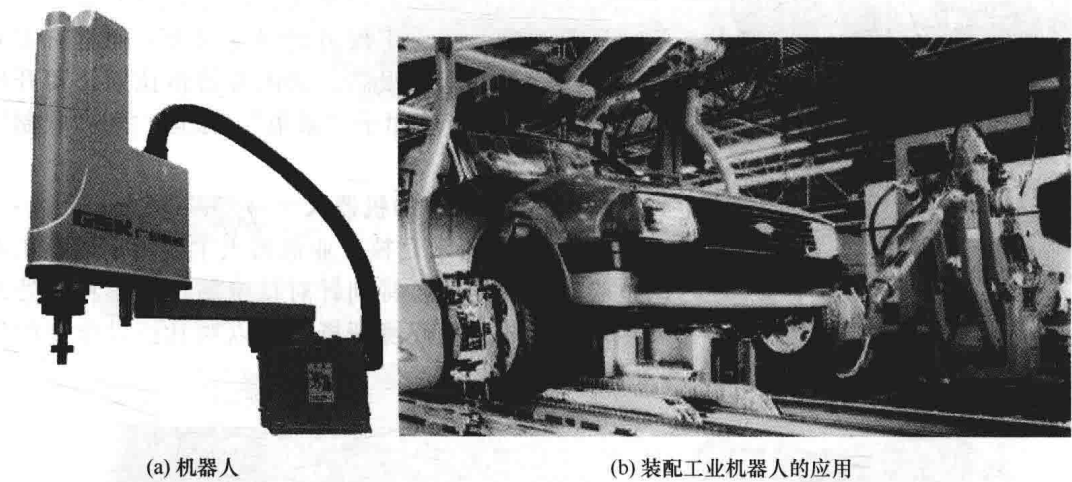


图 1-7 装配工业机器人

(5) 搬运机器人

在建筑工地，在海港码头，总能看到大吊车的身影，应当说吊车装运比起早起工人肩扛手抬已经进步多了，但这只是机械代替了人力，或者说吊车只是机器人的雏形，它还得完全依靠人操作和控制定位等，不能自主作业。图 1-8 所示的搬运机器人可进行自主的搬运。

(6) 码垛工业机器人

如图 1-9 所示，码垛工业机器人主要用于工业码垛。

(7) 包装机器人

计算机、通信和消费性电子行业（3C 行业）和化工、食品、饮料、药品工业是包装机器人的主要应用领域，图 1-10 是应用包装机器人在工作。3C 行业的产品产量大、周转速度快，



图 1-8 搬运机器人

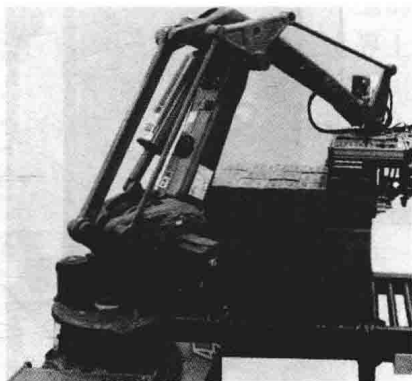


图 1-9 码垛工业机器人



图 1-10 包装机器人在工作

成品包装任务繁重；化工、食品、饮料、药品包装由于行业特殊性，人工作业涉及安全、卫生、清洁、防水、防菌等方面的问题。

(8) 喷丸机器人

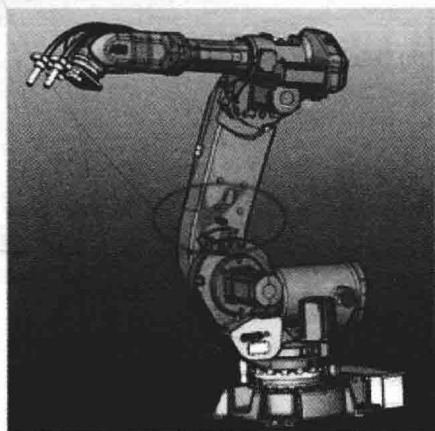
如图 1-11 所示的喷丸机器人比人工清理效率高出 10 倍以上，而且工人可以避开污浊、嘈杂的工作环境，操作者只要改变计算机程序，就可以轻松改变不同的清理工艺。

(9) 吹玻璃机器人

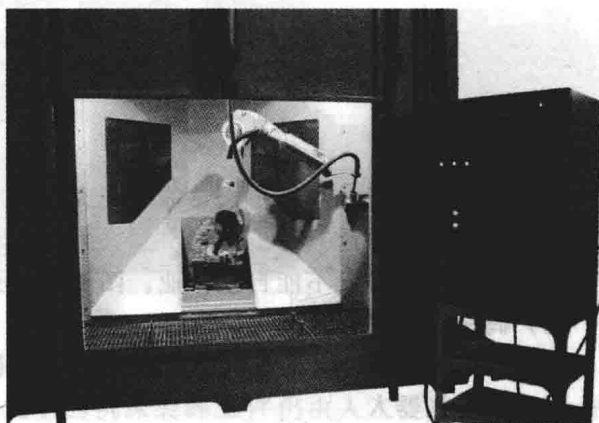
类似灯泡一类的玻璃制品，都是先将玻璃熔化，然后人工吹起成形的，熔化的玻璃温度高达 1100°C 以上，无论是搬运，还是吹制，工人不仅劳动强度很大，而且有害身体，工作的技术难度要求还很高。法国赛博格拉斯公司开发了两种 6 轴工业机器人，应用于“采集”（搬运）和“吹制”玻璃两项工作。

(10) 核工业中的机器人

如图 1-12 所示，核工业机器人主要用于以核工业为背景的危险、恶劣场所，特别针对核电站、核燃料后处理厂及三废处理厂等放射性环境现场，可以对其核设施中的设备装置进行检查、维修和简单事故处理等工作。



(a) 机器人



(b) 喷丸机器人的应用

图 1-11 喷丸机器人

(11) 机械加工工业机器人

这类机器人具有加工能力，本身具有加工工具，比如刀具等，刀具的运动是由工业机器人的控制系统控制的。主要用于切割（图 1-13）、去毛刺（图 1-14）、抛光与雕刻等轻型加工。这样的加工比较复杂，一般采用离线编程来完成。这类工业机器人有的已经具有了加工中心的某些特性，如刀库等。图 1-15 所示的雕刻工业机器人的刀库如图 1-16 所示。这类工业机器人的机械加工能力是远远低于数控机床的，因为刚度、强度等都没有数控机床好。

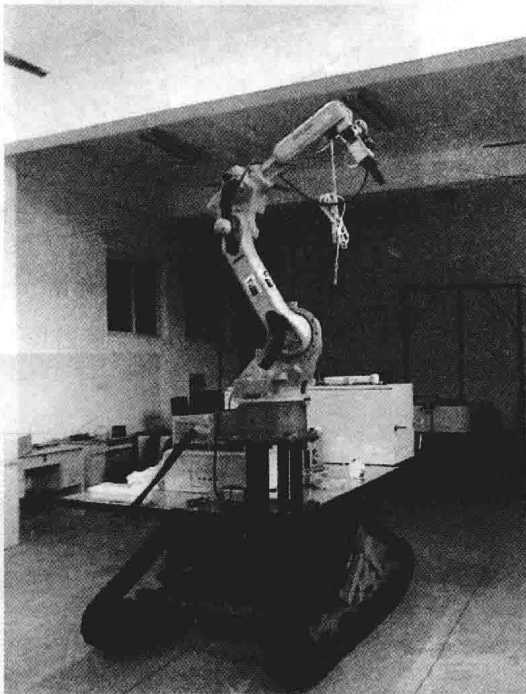


图 1-12 核工业中的机器人

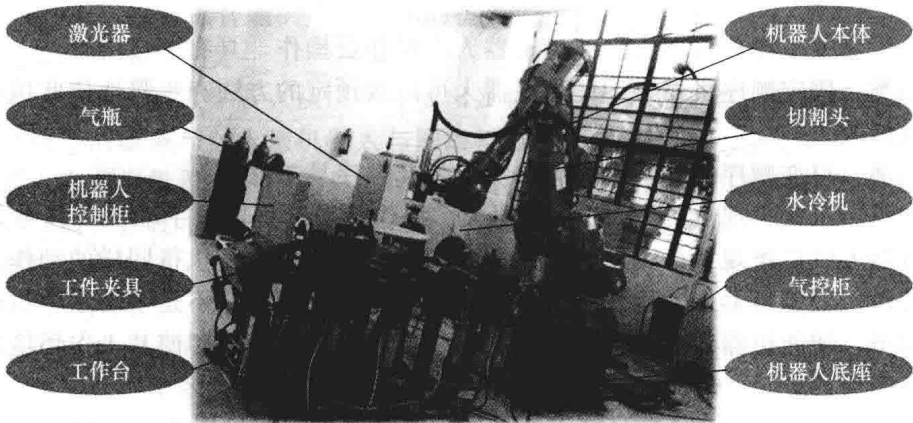


图 1-13 激光切割机器人工作站

1. 1. 2 机器人的分类

机器人的分类方式很多，并已有众多类型机器人。关于机器人的分类，国际上没有制定统一的标准，从不同的角度可以有不同的分类。

按照日本工业机器人学会（JIRA）的标准，可将机器人进行如下分类：



图 1-14 去毛刺机器人工作站



图 1-15 雕刻工业机器人



图 1-16 雕刻工业机器人的刀库

第一类：人工操作机器人。此类机器人由操作员操作，具有多自由度。

第二类：固定顺序机器人。此类机器人可以按预定的方法有步骤地依此执行任务，其执行顺序难以修改。

第三类：可变顺序机器人。同第二类，但其顺序易于修改。

第四类：示教再现（playback）机器人。操作员引导机器人手动执行任务，记录下这些动作并由机器人以后再现执行，即机器人按照记录下的信息重复执行同样的动作。

第五类：数控机器人。操作员为机器人提供运动程序，并不是手动示教执行任务。

第六类：智能机器人。机器人具有感知外部环境的能力，即使其工作环境发生变化，也能够成功地完成任务。

美国机器人学会（RIA）只将以上第三类至第六类视作机器人。

法国机器人学会（AFR）将机器人进行如下分类：

类型 A：手动控制远程机器人的操作装置。

类型 B：具有预定周期的自动操作装置。

类型 C：具有连续性轨迹或点轨迹的可编程伺服控制机器人。

类型 D：同类型 C，但能够获取环境信息。

(1) 按照机器人的发展阶段分类

① 第一代机器人——示教再现型机器人 1947 年，为了搬运和处理核燃料，美国橡树岭

国家实验室研发了世界上第一台遥控的机器人。1962年美国又研制成功PUMA通用示教再现型机器人,这种机器人通过一个计算机,来控制一个多自由度的机械,通过示教存储程序和信
息,工作时把信息读取出来,然后发出指令,这样机器人可以重复地根据人当时示教的结果,再现出这种动作。比方说汽车的点焊机器人,它只要把这个点焊的过程示教完以后,它总是重复这样一种工作。

② 第二代机器人——感觉型机器人 示教再现型机器人对于外界的环境没有感知,这个操作力的大小,这个工件存在不存在,焊接的好与坏,它并不知道,因此,在20世纪70年代后期,人们开始研究第二代机器人,叫感觉型机器人,这种机器人拥有类似人在某种功能的感觉,如力觉、触觉、滑觉、视觉、听觉等,它能够通过感觉来感受和识别工件的形状、大小、颜色。

③ 第三代机器人——智能型机器人 20世纪90年代以来发明的机器人。这种机器人带有多种传感器,可以进行复杂的逻辑推理、判断及决策,在变化的内部状态与外部环境中,自主决定自身的行为。

(2) 按照控制方式分类

① 操作型机器人 能自动控制,可重复编程,多功能,有几个自由度,可固定或运动,用于相关自动化系统中。

② 程控型机器人 按预先要求的顺序及条件,依次控制机器人的机械动作。

③ 示教再现型机器人 通过引导或其他方式,先教会机器人动作,输入工作程序,机器人则自动重复进行作业。

④ 数控型机器人 不必使机器人动作,通过数值、语言等对机器人进行示教,机器人根据示教后的信息进行作业。

⑤ 感觉控制型机器人 利用传感器获取的信息控制机器人的动作。

⑥ 适应控制型机器人 机器人能适应环境的变化,控制其自身的行动。

⑦ 学习控制型机器人 机器人能“体会”工作的经验,具有一定的学习功能,并将所“学”的经验用于工作中。

⑧ 智能机器人 以人工智能决定其行动的机器人。

(3) 从应用环境角度分类

目前,国际上的机器人学者,从应用环境出发将机器人分为三类:制造环境下的工业机器人、非制造环境下的服务与仿人型机器人与网络机器人。

网络机器人有两类机器人,一类是把标准通信协议和标准人一机接口作为基本设施,再将它们与有实际观测操作技术的机器人融合在一起,即可实现无论何时何地,无论是谁都能使用的远程环境观测操作系统,这就是网络机器人。这种网络机器人基于Web服务器的网络机器人技术以Internet为构架,将机器人与Internet连接起来,采用客户端/服务器(C/S)模式,允许用户在远程终端上访问服务器,把高层控制命令通过服务器传送给机器人控制器,同时机器人的图像采集设备把机器人运动的实时图像再通过网络服务器反馈给远端用户,从而达到间接控制机器人的目的,实现对机器人的远程监视和控制。

如图1-17所示,另一类网络机器人是一种特殊的机器人,其“特殊”在于网络机器人没有固定的“身体”,网络机器人本质是网络自动程序,它存在于网络程序中,目前主要用来自动查找和检索互联网上的网站和网页内容。

(4) 按照机器人的运动形式分类

① 直角坐标型机器人 这种机器人的外形轮廓与数控镗铣床或三坐标测量机相似,如图1-18所示。3个关节都是移动关节,关节轴线相互垂

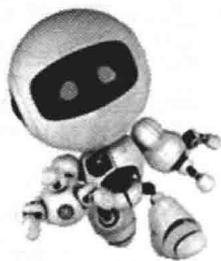


图 1-17 网络机器人