

新技术普及丛书



工业机器人

史美功 俞学廉 上海科学技术出版社

2R35/27

工 业 机 器 人

史美功 俞学廉

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张5.75 字数126,000

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

印数: 1—2700

统一书号: 15119·2514 定价: 0.91 元

出版说明

有人说,机器人是新技术革命的宠儿。确实,说到新技术革命,说到现代科学技术,必然会想到机器人。机器人技术作为现代科技的一种突出代表,已经在许多不同的领域中显露了非凡的身手。由于机器人技术,集机械-电子为一体,融汇了多门科学技术的成果,兼备高效率、高精度、高自动化、通用性强、环境适应性强,能够从事复杂作业等多方面的长处,因此,目前它在工业上的应用极为广泛,发展极为迅速。

在我国,机器人技术作为新技术革命的象征之一,给予很大重视。为了帮助广大读者对日新月异的机器人技术有比较全面的了解,使机器人技术知识尽快地在中国普及,我们组织编写了这本读物。

本书是《新技术普及丛书》之一。为适应工业和科研部门读者的需要,本书以介绍工业机器人为主,也适当地介绍了机器人在其他一些领域中的应用和发展。在概括地介绍工业机器人的分类、功能和发展简史之后,根据我国的国情,按照通俗、实用,由简单到复杂的原则,介绍了初级的机械手和简易机器人,重复型机器人,高级智能机器人等各种机器人的结构和控制原理;本书对于工业机器人的各种应用也有比较全面的介绍;对于工业机器人的研究、发展趋向也有大致的预测。

为了使本书在推广应用机器人技术方面有所帮助,书中汇集了大量的实例图片和数据,具有一定的参考价值。

目 录

一、自动化的新兴力量	1
二、机器人发展简史	9
“罗伯特”及其设想	9
机器人的出现	10
机器人的发展	12
三、机械手	17
机械手的组成	17
机械手的执行系统	19
机械手的驱动系统	39
机械手的控制系统	43
四、重复型工业机器人	51
简易机器人	52
能干的“尤尼梅特”(Unimate)	56
万能的搬运者——“沃莎特兰”(Versatran)	63
用吸盘的“脱兰塞”(Transer)	71
耐高温的“尤尼曼”(Uniman)	74
五、形形色色的工业机器人	77
多关节机器人	77
有触觉的机器人	87
机器人触觉的控制和识别	89
装箱用触觉机器人	96
有视觉的机器人	99
计算机控制的机器人	103

操纵型机器人	115
六、工业机器人的应用	121
应用的分类和效益	121
高效的助手	123
确保安全生产	127
高质量的焊接	130
灵活的搬运	132
精密插入装配	134
空间作业和天体探测	138
海洋开发的尖兵	141
盲人的引路人	144
机器人“矿工”	147
七、机器人发展趋向	150
智能机器人	150
人造手和步行机	159
拟人机器人	166
工业机器人的发展趋向	175

一、自动化的新兴力量

一提起机器人，许多人就会想到科学幻想小说和电影中那些形态与人一模一样的角色。但是，你认识图 1-1 中的机器人吗？你也许会感到失望——这怎么能算机器人呢？确实，它一点也不象人，但却是个货真价实的机器人。

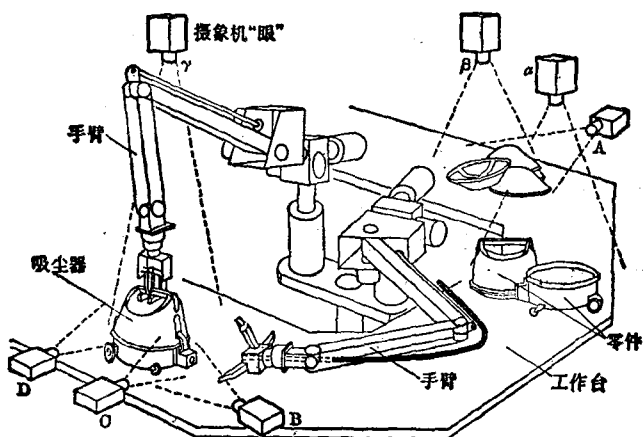


图 1-1 具有眼睛和手臂的机器人在装配吸尘器

机器人是一种模仿人的某些功能的机器。这些功能指的是看、听、走、拿、记忆、分析等等。具备了这些功能，机器人就可用手足的动作对外界作出反应(能走、能拿)；完成人交给的任务(适应多种环境的工作)；具有不同程度的智能(感觉、识

别、记忆、判断等)。由于目前技术水平的限制,还不能制造出具有上述全部功能的完善的机器人,因此,现有的机器人都只是具有部分上述功能。也就是说,凡是具有全部或部分上述功能(特别是在三维空间中能够进行多种动作)的机械装备都称为机器人,而不管它们的外形是否象人。事实上,出于实用和经济上的考虑,绝大多数工业机器人在外形上都与人有很大差异。图 1-1 就是一台工业机器人。它有两条手臂(具有触觉和力的感觉),七只眼睛(摄像机);两台计算机,能在计算机控制下自动完成吸尘器的装配工作。由图可见,机器人的手臂下边是约一米宽的工作台。机器人用三只眼睛(A、 α 、 β)观察工作台右侧各种零部件的位置和姿势,然后在另外四只眼睛(B、C、D、 γ)的监视下,在工作台左侧用两只手将这些零部件装配成吸尘器。

工业机器人一般是指在各工矿企业等产业部门中实用的或者不久将来能够实用的机器人。工业机器人从不同的角度可有不同的分类。大体可分为两大类:一类称为动作机器人,另一类称为智能机器人。前者是具有类似人体上肢(手臂、手)动作功能、可进行各种动作的机器人,后者是具有感觉和识别

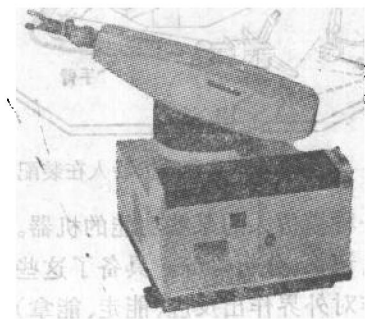


图 1-2 广泛应用的重复型机器人“尤尼梅特”

功能、可自行决定动作的机器人。工业机器人如果按照控制性能分类,又可以分为重复型机器人、操纵型机器人及智能机器人。

重复型机器人指能够按照预先编制的程序或者通过示教输入信息,自动地进行重复操作的机器人(图 1-2)。它能在恶劣的生产环境以及重复性工作场合代替人的工作。操纵型机器人指能够在操纵者(人)的指令下,利用某种信息联系的方式从事操作的遥控机器(图 1-3)。它的特点是在工作进行中要求人通过遥控给予指令信号。操纵型机器人能在一些危险的工作环境代替人的工作。重复型和操纵型机器人都可进行各种各样的动作。智能机器人的特点是具有感觉和人工智能,它能完成一些高级自动化的工作(图 1-4)。

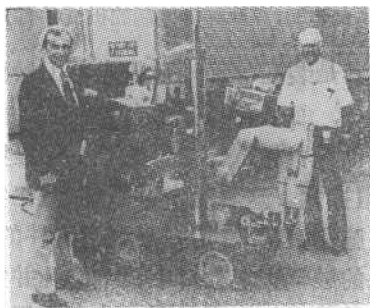


图 1-3 原子能工业应用的操纵型机器人“霍曼”,身高 1.8 米,具有电视摄象机、移动用小车和能抓 70 公斤重物的多关节机械手臂。1979 年三月它曾在美国三里岛原子能电站事件中参加营救工作

工业机器人的出现是由于生产实际的需要。在机械、汽车、电子等工业中,生产过程是不连续的。生产中的上下料、

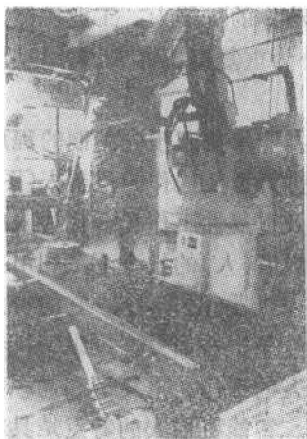


图 1-4 自动装配用的智能机器人“康赛特”（具有电视摄像机“眼”；计算机“大脑”以及计算机控制的机械手臂）

搬运、包装、尤其是装配等工作多数靠手工操作，费力、费时，劳动生产率不高，而且容易发生人身事故。然而要实现这些工序的自动化也不容易。譬如要把一个螺栓穿过一块板上的孔，然后用螺帽拧紧。这看起来很简单，但在实际操作中却需要人的手、眼、脑紧密配合，用视觉判断零件的位置和姿势，依靠视觉和手上的触觉把螺栓对准板上的孔并穿过去，最后还要用手依靠力的感觉把螺帽拧紧。为了能用机器自动完成这类操作过程，需要研制一种很灵活的能代替人的自动机械，这就产生了工业机器人。机器人问世以后，由于它的高度灵活和多方面的才能，很快成为自动化的一支生力军，活跃在许多特殊的工作环境，应用在许多工业部门。

现在，工业机器人已经能够代替人做许多重复单调的工作，如汽车工业中的焊接，机械工业中的冲压、压铸、焊接、电

镀、机加工等,既可提高劳动生产率,又能保证产品质量,减轻工人的劳动强度。

例如,意大利菲亚特汽车公司的汽车装配线上车身的焊接工作已经实现无人化,全部由机器人完成。自动焊接工段装备了 23 台“尤尼梅特”重复型机器人。它们按照预定的程

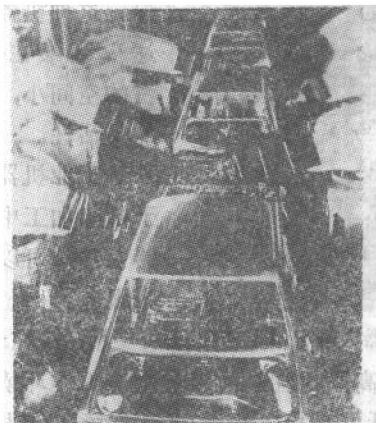


图 1-5 “尤尼梅特”机器人正在焊接汽车车身

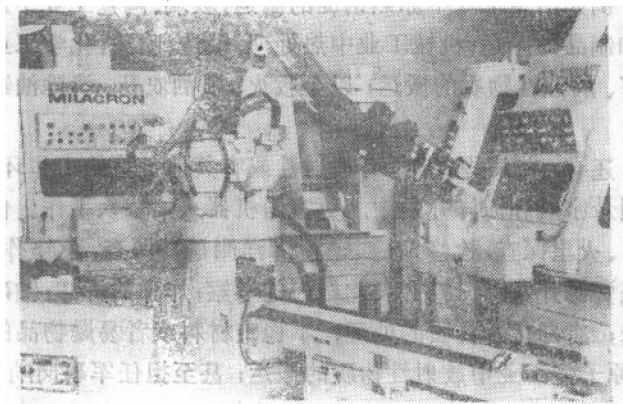


图 1-6 工业机器人轮流为几台加工机床装卸工件

序对车身上 562 个焊接点进行焊接。整条装配线上机器人代替了 36 名焊接工人的工作。由于这些机器人工作性能良好, 全厂已使用了一百多台工业机器人。



图 1-7 工业机器人进行锻造作业

日本川崎公司将多手臂的“尤尼梅特”机器人用于点焊。这种机器人的手臂可多达八个, 装在一个门形架上, 占的空间小, 而且具有很大的灵活性。

工业机器人也广泛应用于机床加工中, 一台工业机器人常常可以同时为几台机床服务。

另外, 在许多恶劣环境, 如高温、低温、高压、高湿度、多粉尘等工作环境下采用机器人代替人工作, 既可提高生产率, 又能保障工作人员的健康和安全。例如冶金工业中赤热钢锭的搬运; 玻璃、陶瓷工业中原材料和制品的搬运; 机械工业中热处理、锻造、喷漆; 化学工业中有害、腐蚀性物质的搬运; 以至救火、喷洒农药、清除油罐等等。

还有, 在某些有毒、有放射性或有其他危险的工作环境, 特别是宇航和海洋开发中, 更宜用机器人代替人工作。例如登月、火星探查, 检修人造卫星; 海洋测量与调查, 水下作业、海底资源开发、打捞沉船、北极海的考察; 炸弹的拆卸; 铀矿的开采; 有毒化学物质的处理; 不稳定材料或者易爆物品的搬运; 原子能工业中放射性物质的搬运; 甚至担任军事岗哨, 等等。

机器人开始应用于海洋开发的过程，说来还很有戏剧性呢。

1966年1月，美国人因轰炸机失事，将一颗氢弹失落到七百多米深的海底。为了将这颗氢弹安全地打捞起来，使用了一具名叫“科沃”的机器人。这是一具电缆控制的操纵型机器人。它装有电视摄像机、专用机械手以及其他装备。工作人员在海面的母船上通过遥控进行操纵，一面看着水下电视传来的

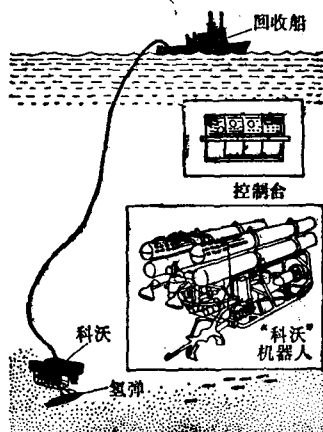


图 1-8 “科沃”机器人打捞氢弹
的海底情况，一面指挥水下的“科沃”机器人移动到氢弹附近，用机械手小心地抓住氢弹，然后再由“科沃”机器人把氢弹送到回收船上。这次轰动一时的危机的平安解决，引起了全世界对水下机器人的注意。

此外，人类如果长时间进行快速的、高精度或者要求较高的工作时往往容易感到紧张和疲劳，很需要有机来代劳。例如快速检查印刷线路板的缺陷、快速拧螺栓、间隙很小的孔与轴的精密装配等工作，采用机器人就比较合适。一些高级的工业机器人还可完成过去只有人才能进行的工作，如集成电路的装配、布线、分选；电器机械产品的检验；水泵和光纤元件的装配等复杂工作。

总之，工业机器人已经在许多部门中发挥了很大作用，它们可以不停地工作而不怕劳累，它们可以长期留在危险的工作环境中而毫无惧色。工业机器人不但帮助人完成许多繁重

的体力劳动,而且还能帮助人做部分脑力工作,大大提高工业自动化水平。机器人这支自动化的新兴力量的出现和发展,使得人们可以提出这样的口号:让机器人做机器应该做的工作,让人生活在更为协调的环境中从事更富于创造性的工作。

工业机器人是一种精密、复杂的装备,它的研究涉及到自动控制、机械、电子等各项工程技术,并涉及控制论、人工智能、计算机等各部门学科。二十多年来,随着工业机器人迅速发展,已经形成了一门独立学科——机器人学,在工业上形成了一个机器人产业,成为自动化领域中一支前途无量的新兴力量。

下面,我们将按机器人发展的历史顺序,由简单到复杂,由低级到高级地介绍各种机器人的结构、功能以及它们在各种工作环境中的广泛应用。

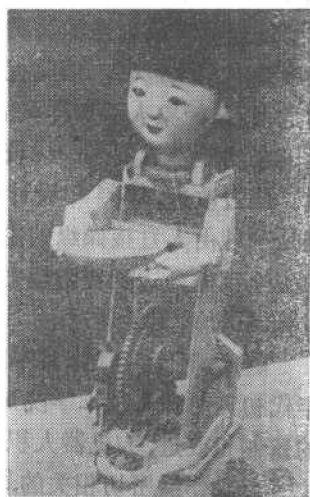
二、机器人发展简史

“罗伯特”及其设想

机器人在国外叫做“罗伯特”(Robot)。这个名称来源于捷克斯洛伐克作家恰佩克在1920年写的一个讽刺戏剧《罗莎姆万能机器人公司》。在戏剧中第一次使用了“罗伯塔”(Robota)一词来称呼机器人。在捷克语中，“罗伯塔”一词意味着劳动的奴隶。“罗伯特”就是从“罗伯塔”衍生而来的。

不过，有关机器人的原始设想却要早得多。在瑞士的博物馆里还保留着十八世纪中期西欧制作的三个会动作的木偶人。它们分别能够完成弹琴、写字和画画等简单动作。

一百七十多年前，日本人也曾设计过一个颇为有趣的“端茶人”。这是一种木制机器人玩具。当来客在指定的椅子



坐下后，“端茶人”在桌子上开始向客人走去。当“端茶人”到达客人面前，客人拿起它双手捧着的茶盘上的茶杯时，“端茶人”就停止移动。在客人饮茶期间，“端茶人”伫立等候着。当客人把饮完的茶杯放回茶盘后，

图 2-1 复制的“端茶人”模型

“端茶人”又自动地走个半圆回到原来的地方(图2-1)。

“端茶人”利用发条的动力，通过木制齿轮的传动完成向前移动的动作。茶杯从茶盘上拿起或放回时则产生一个停止或重新开始移动的信号。动作虽不复杂，但结构轻巧、设想周到。

机器人的出现

“端茶人”虽然精巧，但只是个玩具。真正机器人的出现则是二、三十年前的事。二次世界大战以后，科学技术的迅猛发展，特别是数控技术和操作器的研究发展为机器人打下了基础。四十年代后期和五十年代，由于原子能研究的需要，常常要处理具有放射性的物质。人直接接触这种物质会对身体健康造成很大危害，因此促使人们研制一种既能防止对人体的危害，又能象人手那样灵活操作的操作器。1947年美国阿贡国家实验室试制了一种较简单的操作器用于拿取放射性物质。经过改进，1954年设计出M8型供实际使用。这种操作器是一种由人直接操纵的主从式操作装置。有了它，人可以在安全区内一边隔着防辐射玻璃窗进行观察，一边操纵操作机构，移动放射性物质。

随后，五十年代末日本东京大学试制了人造手1号，六十年代初美国麻省理工学院试制了“MH-1”型操作器。操作器的研制和改进，为机器人积累了技术基础。

与操作器密切相关的是假肢技术的进展。二次世界大战后，由于残废军人的需要，假肢的需求量大增。1950年美国国际商用机器公司开始研究电动假手。以后许多大学和大医院都着手研究各种假肢。假肢技术的发展对机器人研究也具有很大促进作用。

另一方面，在机械工业中为了提高机械加工中工件装卸工序的效率，发展起了专用的机械手。但这是一类专用的、附属主机、动作程序固定、没有独立的控制系统的抓取装置，不能适应多品种产品的生产要求。这就促使人们设想一种通用的机械手。1954年美国人丹伏尔发表了第一个关于工业机器人的专利，提出了一个“对重复作业具有通用性的工业机器人”的设想。由于这种技术难度较高，直到1958年美国联合控制公司才发表了一个利用数控技术的机器人原型。这是工业机器人开发的第一步。

经过了几年的研制以及数控技术的不断完善，解决了工业机器人中机械和伺服系统等技术关键，1962年联合控制公司研制出第一台实用的工业机器人，商品名称叫“尤尼梅特”(Unimate)，原意是万能自动。它用磁鼓作存储装置，液压驱动，手臂和手腕的运动具有五个自由度(水平旋转；上下俯仰；水平伸缩；手腕的摆动和转动)，采用极坐标型式。同年，美国另一家机械铸造公司也研制出另一种工业机器人，商品名称叫“沃沙特兰”(Uersatran)，原意是灵活搬运。它的手臂能水平旋转、垂直和水平移动；手腕也能摆动和转动，特别适宜于搬运重物。它也是液压驱动，采用圆柱坐标型式。

这两种工业机器人都是一个独立的装置(包括多自由度

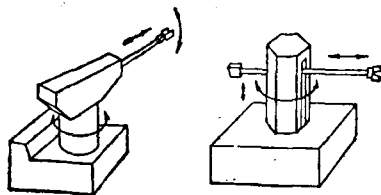


图 2-2 “尤尼梅特”机器人(左)与“沃沙特兰”机器人(右)

的机械手臂、驱动系统、控制系统、示教装置等)。使用者只要用专用的象饭盒大小的示教盒预先示教一遍动作,它们就能记住,以后自动地重复这些动作。由于示教非常方便,在要求机器人改变动作时,只要重新示教一遍即可,因而具有一定的通用性,可以适应多种工作环境。这两种工业机器人都具有记忆能力和初级的判断能力;能通过手的灵活动作,完成人交给的多种任务。一般公认一九六二年出现的这两种机器人是第一代机器人,它们奠定了工业机器人的基础。其他各国以后相继开展的研究几乎都以此为蓝本,如瑞典在1963年研制的“可编程序操作机1号”。1967年“沃沙特兰”机器人在日本东京展出,以后日本又引进“尤尼梅特”机器人,并很积极地开展机器人的研究工作。这样,机器人就从幻想到现实,得到了很快的发展。

机器人的发展

自1962年“尤尼梅特”和“沃沙特兰”问世以来,到1982年统计,全世界约制造了二万八千多台工业机器人,而且数量和品种还在不断地增加。机器人的研究工作也蓬勃开展,国际学术交流活动非常活跃。

在这个过程中,国际上在六十年代开始的两大开发计划(宇宙和海洋开发)促使远距离操纵型机器人得到了很快的进展。1961年美国首先在潜水艇“脱里埃斯特”号装上机械手臂;1963年美国开始执行深海发展计划,在许多潜水调查船上安装机械手臂;1966年用水下机器人成功地打捞起了氢弹。在宇航方面,1963年美国宇航局就开始试制月球用机器人。1967年4月把“勘探者三号”机器人送上月球。它有一个特殊的长约一米半的手(采样器)可以上下、左右、前后移动,