

国外工业机器人专辑

科学技术文献出版社重庆分社

.853
11

国外工业机器人专辑

中国科学技术情报研究所重庆分所	编辑
一机部机械工业自动化研究所	
科学技术文献出版社重庆分社	出版
重庆市市中区胜利路91号	
四川省新华书店重庆发行所	发行
重庆印制第一厂	印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 20万
1980年12月第一版 1980年12月第一次印刷
科技新书目: 179—147 印数: 1—3,900册

书号: 15176·435

定价: 0.95元

目 录

国外工业机器人	(1)
机 器 人	(15)
第一届英国机器人展览会	(26)
工业机器人型谱的编制	(30)
工业机器人结构的发展	(41)
具有连杆机构的工业机器人	(46)
操作机和工业机器人抓取机构的设计准则	(51)
多功能手指系统	(58)
机器人用传感器的研制现状及微型计算机的应用	(65)
工业机器人手爪传感器	(71)
通用机器人软手爪的研制	(75)
工业机器人试验台	(80)
机器人的技术评议	(86)
采用微型机的机器人控制器的简单机器人语言	(90)
微处理机在工业机器人中的应用	(94)
以工业机器人为基础建成柔性自动线	(99)
采用机器人群控的加工自动线的集成生产系统 (综合生产系统)	(101)
操作非定向零件 (毛坯) 的智能机器人	(107)
以柔性配合取代传感反馈的机器人在精密零件装配中的应用	(111)
机器人在汽车制造厂中的应用实例	(118)
机器人进入全自动操作系统	(125)
第三代工业机器人	(129)

国外工业机器人

常 维 治

一、一般情况

工业机器人是一种具有若干运动轴、程序可编、能单独工作的自动机。它执行任务时的方式近似于人的臂和手；与传统自动化装置的区别是，它具有通用性、灵活性，能迅速改变其工作程序以适应不同的作业，可以实现中、小批量的生产自动化，乃至整个车间、工厂的综合自动化。

机器人技术是一门新型的综合性科学技术，内容包含机械制造到由它来实现自动化的生产；涉及的问题包括工艺、组织、社会经济以致仿生学等各个方面。设计机器人时，不能用机床或仪表制造方面的老办法，不能从一般自动化的角度看待机器人化，也不能用现行的机械制造方面的指标来衡量机器人的经济效果。

实现自动化以求生产合理化和质量均一化，这是赋予所有自动机器的主要使命，而把工人从恶劣环境作业中或单调的作业中解放出来并确保人身安全，这是所有企业都很关心的问题。此外，随着产品的多样化和使用周期的缩短，人们愈来愈要求设备的价格低廉，以便适应生产系统的变动。

世界上工业发达的国家，很重视工业机器人的研究、设计、制造和应用问题，并认为工业机器人必将成为解决生产、经济和社会一系列问题的有效手段之一。

当前，机器人的研究、开发明显地分为两大派别。一个派别是所谓“机器人=人工智能机”，这属于基础领域。这个领域所追求的目的，是利用图形识别，概念构成和启

发式方法等主要理论和计算机来研究新型的智能机器。发表这类代表性研究成果的主要场所是“国际人工智能联合会”IJCAI

(International Joint Conference on Artificial Intelligence)。另一派别的重点是放在实用上，所考虑的是“机器人=自动搬运机”。工业机器人就属于这一类。国际上发表这类代表性文章的主要场所是“国际工业机器人会议”ISIR (International Symposium on Industrial Robot)。

国外有人断言，要想使机器人具备同人一样的高度智能和复杂的动作功能，这是永远也不可能实现的梦想，特别是对工业机器人来说，不一定需要具有那样全面的能力，只要有其中一部分功能，便于人们使用，利于提高劳动生产率和改善福利事业，也就很好了。

机器人主要用来作为生产自动化的工具，其应用任务本质上不同于新型机床或工艺设备的应用任务，因为机器人最终的目的在于建立新型的工艺和生产，即完全排除人直接参与生产过程，这意味着要对现代生产的基础，包括工艺、设备、组织和管理来一番全面的改造。国外有人估计，在那些发达的国家，未来10—15年内工业机器人将把今天从事手工劳动的大部分工人解放出来。

机器人技术的发展同某些新技术的发展密切相关，它与这些相关技术的演进过程大致如下：

四十年代出现了数字计算机，与此同时有了可搬运材料用的机械手和主从式操作

* 特请一机部机械工业自动化研究所马丹
审校

机：五十年代初期开始研制机床的数字控制（数控），中期发展到数控自动编程序，与此同时开始研究文字识别，人工智能语言等。

六十年代初期开始研制过程控制用的全电子式的检测仪表，数控进入实用阶段，与此同时出现了工业机器人（如 Unimate 和 Versatran），出现了操作机的计算机控制方式并开始研究物体识别技术。中期开始研制机器人（操作机）的程序设计系统和智能机器人。

七十年代初期出现了微处理机，同时研制出了工业用的智能机器人。图 1 示出了这一演进过程。

目前世界上从事工业机器人生产的公司有 200 多个，其中欧美和日本就有 140 多个，现有工业机器人类型 300 多种，其中日本最多，有 200 种左右，苏联 30 多种。至于全世界现有的工业机器人总台数，则由于统计方法和对机器人所下定义不同，统计数字很不一致。据一篇关于 1978 年第八届国际机器人

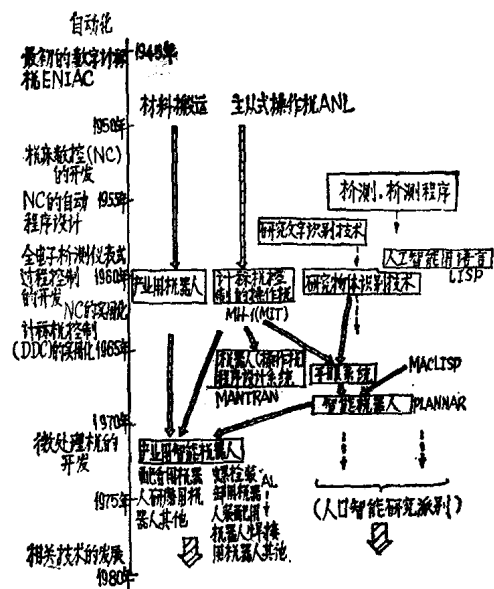


图 1 工业机器人及相关技术的演变

会议的报导说，全世界工业机器人的总台数到 1978 年底可达到 15000—16000 台，预计到 1980 年为 35000—40000 台。现将一份 1977 年的统计资料列表如下。

表 1

国 名	机 器 人 台 数								
	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1980年	1990年	2000年
美 国	200	500	850	1,200	1,800	2,500	12,000	25,000	45,000
日 本	300	700	1,500	1,800	2,500	4,000	18,000	35,000	60,000
西 欧	150	200	300	500	800	1,200	5,000	10,000	25,000
全 世 界	700	1,500	2,800	3,700	5,500	8,300	40,000	90,000	150,000

全世界所有工业机器人的类型，按其工作机构基本动作的坐标系类别来分，大致为：23 种类型的工业机器人为平面坐标系；12 种类型为直角三坐标系；20 种是复杂极坐标系；2 种为平面极坐标系；140 种类型为圆柱坐标系；25 种类型为球面坐标系。

全世界所有工业机器人的类型，按自由度的数目来分，大致为：13 种类型的工业机器人为 2 自由度；51 种类型为 3 自由度；

113 种类型为 4 自由度；78 种为 5 自由度；21 种为 6 自由度；4 种为 7 自由度。

在所有工业机器人类型中，电传动占 8%；液压传动占 48%；气动传动占 40%，定位精度在 0.02—5 毫米范围以内，多数（75%）类型机器人的定位精度不低于 ±1 毫米。37—40% 的工业机器人属于简单结构的机器人，循环控制系统，一个人工手，自由度 ≤ 4。

从结构形式看，现代的大部分类型的工业机器人，都是由四种基本类型改变而来，这四种基本类型是：Unimate型，Versatran型，ПИРИН型和KUKA型。

为了探索各国在机器人技术方面的发展

动向，有人对各国在国际会议上发表的论文做了一番分析和调查，即对各国在第一届至第六届国际工业机器人会议(ISIR)和第一届至第三届工业机器人技术会议(CIRT)上所发表的论文件数作了分析并列表如下。

表 2

国 名	发表论文篇数 (%)	论文作者所属单位		论 文 内 容		
		大 学、 研究机关	民间企业	调查与分析	基础与开发	实 用 例
英 国	38 (28%)	27	11	7	20	11
西 德	31 (23%)	13	18	11	11	9
瑞 士	10 (8%)	4	6	8	1	1
意 大 利	9 (7%)	2	7	2	2	5
法 国	2	1	1	1	1	0
瑞 典	21 (16%)	3	18	6	1	14
挪 威	4	0	4	0	0	4
保 加 利 亚	4	4	0	0	2	2
波 兰	2	2	0	0	2	0
匈 牙 利	4	4	0	0	4	0
南 斯 拉 夫	5	5	0	0	5	0
苏 联	4	4	0	0	4	0
日 本	41			7	22	12
美 国	73			35	23	15
加 拿 大	1			0	1	0

工业机器人从六十年代末期开始在工业各部门的应用范围不断扩大，服务对象也从当初最简单的材料搬运发展到复杂动作的焊接作业和喷漆作业。特别是近几年来，随着微型计算机的发展和普及，机器人可以用计算机控制了，于是正在研制连续轨迹可控的高功能机器人，以实现弧焊和去飞边作业的自动化。

目前，工业机器人已经应用在国民经济的许多部门，如：汽车工业，钢铁工业，化工部门、石油部门，机械制造工业，金属加

工部门，等等。工业机器人用在生产自动线上自动抓取和搬运工件，也用于压力加工、热处理和压铸等作业。

装配作业是今后机器人大有作为的一个领域。前些年，许多公司曾试图用机器人进行装配工作，但由于投资大，周期长，而且电视摄像管扫描单个零件的问题难以解决，于是都告失败了。现在看来问题基本解决了。例如1979年在华盛顿举办的展览会上就展出一种叫Puma的机器人，它造价低（2.5—3.0万美元），动作快而灵敏，容易与视

觉传感器接口,能识别出零件的位置和方向。当然,总的说来,工业机器人在自动装配作业中的应用,还只是刚刚开始,还没有很引人注目的应用实例,关键问题是图象识别技术尚有待进一步改进,但可以肯定地说,前景是宽广的。

各国在应用工业机器人方面,积累了不少经验,收到了良好的经济效果。据一份材料报导,机床采用了工业机器人可以提高产量,劳动生产率可以提高100—150%,每个机器人平均可节省1—1.5个劳动力,废品率降低,质量提高,追加的工作量减少。在辅助性作业中使用了工业机器人后,由于缩短装卸作业的辅助性时间而可以提高工艺设备的生产率,还可提高设备运行的技术利用系数和换班率,此外,应用了工业机器人可以解决一些社会问题,如减少辅助性工人的数量,从而减少其培训费;确保劳动安全,提高生产文明水平等。

但是,在不同的条件下,机器人的使用效果也不一样。这主要取决于机器人的工艺结构特点和它所处的生产管理条件。所以,在引进工业机器人之前,必须针对具体生产情况,对各种类型的机器人进行技术经济分析并得出机器人的最优利用条件。

为使工业机器人正常发挥作用,外界的可变性,即外界可能遇到的各种情况,不得大于工业机器人的可变性。如果工业机器人的动作速度大于同类作业中人的动作速度,那么工业机器人的应用效果就好。

据苏联一篇文章介绍,在备料车间和机加工车间内采用Универсал-50M型的工业机器人(价值33,100卢布)和Универсал-15工业机器人(价值39,200卢布),一年可节省3000卢布。当用一台Универсал-5型工业机器人(价值26,000卢布)进行工艺设备上、下料,工序间存放零件和机床间传送零件时,一年可节省5000卢布。

一个工厂在引进工业机器人时,除了要付出机器人的购置费用外,还需花出一定的

附加费用,如为设备的接口,生产房屋的改建和生产组织的需要等的费用。用在单机上的这类费用取决于两个因素:一个是用在生产上的“工艺设备——机器人”综合设备的数量;另一个是与机器人接口的工艺过程和设备的种类。机器人的购置费与采用时的附加费的比例,不尽相同。例如西德IRB6型工业机器人的价值是18.5万马克,而把它用于涂漆作业时的附加费用是1.5万马克(相当于机器人价值的8%)。据报导,这两项费用三年即可收回。又如Unimate型工业机器人的附加费用为1.5—16.5万马克(相当于机器人价值的14—143%)。根据国外的经验,只引进一台工业机器人时的费用最高,而在车间内安装几台机器人时的费用(以一台机器人计)最小。费用的大小还取决于以工业机器人实现自动化的工艺过程的种类和设备。

在工业机器人应用方面,也还存在不少问题和困难。据德国一篇介绍喷漆机器人的应用经验时指出,机器人的电子控制设备容易受干扰,机器人停车(随机中断)次数中有70%是属于控制系统中断。一粒尘埃落在磁带或磁盘上,都会导致程序再现不准确,以致使控制系统失去作用,而后果是:烧结损耗达130%;产量降低约50%;废品率提高,每月补工约100%。为了提高机器人的使用效率,必须培训职工。一个有经验的程序设计员编一个程序用20—30秒钟,这相当于每班喷涂800个零件,而由没有经验的人编程序需要3分钟,这相当于每班喷涂200个零件。在使用机器人时,应保证其连续可用性(Dauerverfügbarkeit),即连续使用的时间应尽量长,因为所节省的劳动力从一开始使用机器人起就处理掉了,要想再改回到手工喷涂,无论是人力还是技术条件,都是不可能的了。这就要求维修部门、生产部门和工艺部门必须密切合作,通过有计划的预修使停机次数最少。

目前,研究和应用工业机器人的国家很

多,情况各不相同,下面仅就欧美、日本和苏联的情况,分别加以介绍。

二、欧美情况

本世纪二十年代,美国汽车公司研制了自动机床、自动线上、下料的机械手。第二次世界大战后期出现了由人远距离控制的操作机(Manipulator)。1959年美国研制成独立的自动化的操作装置,即机器人(Robot)。Unimate和Versatran是当时美国的两种主要类型的机器人,后来其他国家研制的工业机器人,大多以这两个产品为蓝本。

美国大约有15个生产厂家,如万能自动公司(Unimate),机械铸造公司,埃里工程公司,国际商业机械公司,自动定位公司等。美国从事机器人研究的单位也很多,著名的如斯坦福大学和麻省理工学院。这两个院校分别进行了智能手—眼系统的研究,这种机器人的眼就是一个电视摄像管,脑就是一台电子计算机,使机器人具有一定的智能,另外有类似人手臂结构的机械手,它具有肩、肘和腕关节。这个机器人能够用电眼识别零件,能够把零件抓起并按预先安排的指令进行装配工作。

斯坦福研究所为机器人触觉智能研制出有触觉的力感元件,体积很小,在一个手指上能装上百个,这种装置采用了压电晶体,它可以在畸变和压力下产生微小的电流。

美国Cincinnati Milacron公司生产的“6CH Arm”型机器人在市场上很有声望。它的手为活动关节式结构,有6个自由度。负荷达135公斤,定位精度 ± 1.27 毫米。每个回转油缸装设有反馈装置,后者包括测速器和计算装置。该公司研制的“Acramatic”型控制系统,由集成元件的逻辑电路和小型电子计算机构成。程序用穿孔卡输入,但也可以用示教法编程序,此外,还可以用示教法校正程序。控制系统中包括有能把程序状态信息反应到荧光屏上的显示装

置,以及输入和校正程序用的键盘。该公司研制的集成化机床——机器人系统的生产率比手工系统高50%,能够用两台机床——一个机器人的系统来代替两台机床——三个人的系统,如果按美国每小时的劳动价格为8.25美元计算,则投资可在一年半收回。

美国Unimate公司、斯坦福大学和麻省理工学院联合研制一种Unimation-Vicarm型工业机器人,它曾于1978年举办的展览会上展出过,用于装配作业。是电气机械式,6个自由度,由装有显示装置的小型电子计算机进行控制。重量不到10公斤,负荷1.5公斤;工作区半径450毫米;定位误差小于 ± 1 毫米。

美国很注意提高机器人使用的可靠性,改进结构,降低成本,如Unimate公司建立了8种机器人试验台,对机器人性能进行各种试验,试验的时间为60—120小时。目前机器人平均故障率为400小时,今后准备提高到1200小时—1500小时。准备把精度提高到 ± 0.1 毫米。

美国Auto-Place50系列机器人是一种检验用的机器人,它装备有视觉系统,能进行简单的视觉检验。还可以检测零件的部位和方向,因此可以抓到突然出现的零件。早期曾用这种系统对General Motors公司的V-6-engine发动机在每小时1200转的情况下检验汽车阀盖。阀盖放在三点记号台上进行试漏,然后用眼睛检查一下表面有无毛病,如洞孔等,最后由机器人拿走并把阀盖分成四级:优良,良好,明显缺陷和泄漏缺陷。

在欧洲,尽管工业机器人技术问世近二十年了,但是生产部门的工程师们认识到它的实际意义并认真地把它看作是一个能解决问题的潜在技术,还只是近五年的事。最近开始重视的原因有这么几点:1. 能源危机;2. 出现了竞争能力更强的工业化国家;3. 要求高生活标准的呼声。鉴于这几个因素,增加了必须降低成本和提高生产率的压

力。而工业机器人正好是可以解决这个问题的重要因素。

在英国,上述压力更大些,英国在研制和应用工业机器人方面已落后于其他工业化国家。许多大学在积极开展这方面的研究工作,如牛津大学、伯明翰大学、爱丁堡大学、诺丁汉大学、伦敦大学等。Binks Bul-lows-Hall Automation和Nordson两种类型的喷漆机器人在市场上有一定的地位。Hall Automation公司研制的一种新型的喷漆机器人采用了微处理机,不但保证系统的可靠性,而且使用了新型的非易失性固体程序存储器,从而解决了在工业环境中使用时磁带和活动磁盘程序存储器所产生的一些问题。

西德机器制造业从1970年开始应用工业机器人。1971年不到50台,而到1978年底全国总台数是350台。预计到1980年各种作业的工业机器人将超过500台。西德汽车制造业中用的机器人最多。从服务的对象看,以起重运输,焊接和设备上下料居多。

西德所应用的机器人,除本国的,还有来自英国、瑞士、挪威、日本、美国等几个国家的计9家公司30种类型257台。详见表8。

西门子和富士通公司合作设计了两种不同的工业用机器人,现已在市场上出售。这两种型号是Sirobot I和Sirobot II。Sirobot II型机器人能照管五台机床;Sirobot I型能照管一台数控机床。两者的控制中心是由一台带有示教程序的微处理机控制系统组成,不需要纸带。

西德Kuka公司生产的“Kuka-Famulus”型点焊机器人,在同类装置中是一种比较先进的机种。手臂采用活动关节式结构,由肩肘、腕组成。抓重60公斤,定位精度 ± 1 毫米。控制系统由机械部件构成,存储点为700,程序存储器是磁鼓,可存储7个程序。有8条输入和6条输出通道供与外界联系。

意大利Oliyetti公司的“Sigma/MTG”

型机器人,是以组合原理制成,用在电子、电气和其他工业中进行装配作业。负荷5公斤,两只手,以直角坐标系移动,两手彼此动作无关。两手沿座标轴移动量为 $1010 \times 400 \times 400$ 毫米。位移速度2800毫米/分。手是由步进电动机通过齿轮—齿条传动系统来驱动。机器人的结构能够在装配循环内自动更换手爪。定位精度 ± 0.1 毫米。控制系统采用小型电子计算机,可同时控制8个座标。机器人装备有6个位移应力传感器,可将不相宜的或不良的零件在装配过程中挑选出来。

瑞士RETAB公司生产一种涂漆用的Coat-A-Matic型机器人,它可以为池槽涂釉,为厨房用炉涂釉,为洗涤机和照明灯具涂釉和涂漆。手为活动关节结构,6个自由度,最大速度2000毫米/秒,负荷15公斤,用示教法编程序:操作人员教机器人的手来执行工艺过程所要求的全部动作。该系统的工作原理是:将手的运动轨迹的实际座标以一定的时间间隔记入磁带。当从磁头读出时,信息就传送给传动装置的伺服系统,于是手就按记录的轨迹运动。

瑞典安莎公司制成了气动、圆柱座标式机器人,分高级型、简易型两档,部件组合化,可按工作需要任选标准部件,组合成所需的运动自由度,直线速度可达1000毫米/秒,用档块定位,精度为 ± 0.1 毫米。

瑞典已经用安莎(ASEA)公司的机器人进行铸造修整,去毛刺和研磨等作业。1979年在英国诺丁汉召开的英国机器人展览会上展出了安莎的机器人为铝制齿轮箱铸件去毛刺的技术。这种机器人的控制系统具有自适应特性,因此它的工作效率很高。传感器能够检测毛刺的大小并选定机器人的工作速度(与毛刺大小成反比)。如果在工序路径上不存在毛刺时,则机器人能够迅速地移动到下一个研磨工序。

瑞典政府对开发工业机器人技术给予大量资金援助。瑞典生产技术研究所等国家机

表 3

公司-制造者或供应者	机 器 人 类 型	主 要 技 术 资 料			一台工业机 器人价格 千马克	已制成的 工业机器人 台数
		负 荷 公斤	定位精度 毫米	自 由 度 数		
ASEA (瑞士)	IRB 6	6	± 0.2	6	150—185	9
	IRB60	60	± 0.4	6	150—225	4
Robert Bosch GmbH (西德)	MHV-senior	15	± 0.1	5	60	13
	MHV-junior	5	± 0.1	6	42	2
Devilbiss(英国-西德- 挪威)	TR2000	—	± 5.0	5	—	48
	TR3000	—	± 3.0	6	—	24
商务代办 IWKA (西 德、日本等)	1310	10	± 1.0	5	75—100	12
	1320	10	± 1.0	5	75—100	3
	4/150	80	± 0.5	4	—	1
	4/25	10	± 1.0	4	250	1
	6/60	60	± 1.5	6	—	2
	4500	10	± 0.25	5	150—230	6
	AH 3	5	± 0.1	4	—	11
	PM12	10	± 1.0	5	70—100	2
	座标机床	200	± 0.2	4	—	13
Rhein-Nadel Auto- mation GmbH(西德)	ZE6075	1	± 0.6	6	—	1
	Varlomat	0.5	± 0.1	3	—	5
Unimateion Inc.(美国)	Unimate2000	15	± 1.27	6	82—140	30
	Unimate2005	15	± 0.5	6	150	1
	Unimate2100	15	± 1.27	6	90—110	24
	Unimate4000	75	± 2.0	6	140—160	6
VFW-Fokker GmbH (西德)	Transferautomat L	3	± 0.1	1	20—22	3
	Transferautomat E	20	± 1.0	3—4	85—95	12
	Sonderkonstrukt	15	± 0.1	2	40	1
Volkswagenwerk AG (西德)	L15	15	± 2.5	3	—	7
	K15	15	± 1.0	5	—	2
	R30	30	± 1.0	6	—	6
	R100	100	± 2.5	5	—	2
Zahnradfabrik Fried- richshafen AG(西德)	ZF Bankasten	20	± 0.2	3	70—80	3
	Automater	35	± 1.0	5	90—140	3

关同民间企业共同协作从事机器人的研究工作。

芬兰的一个机器人制造商 Rosenlew, 制造了能进行各种搬运业务的组合式机器人, 其目的是向欧洲电视制造工业销售。他首先在芬兰电视管制造厂家 Valco Oy 的 Im-

tra 彩色管厂取得了经验, 于1978年安装好了总数为44台气动和液压式机器人, 用它们在传送带、加工机床和装配机之间传送显象管。据说这是欧洲最自动化的一个电视管厂。

加拿大通用电气公司也采用一台 Versa-

tran型机器人进行显象管的传送工作，机器人由微型机控制，装于两个传送装置之间；一个是圆盘状回转分度传送装置，它是间歇运动的。另一条是直线连续运动的传送带。机器人接到回转装置的指令后将显象管抓住并翻转使荧光屏向下，然后回转到直线传送带的上方，根据光电信号的指令，在传送带上找到一个空位，再把显象管放在空位上，在放置之前，先要与传送带同步运动。机器人每小时放置1000个显象管，规格是13—25吋。这条线的特点是利用机器人把一个步进的传送装置和一条连续运动的传送带连接起来。这样的工作使用较简单的机械手是难以实现的。

洛桑的瑞士联邦工艺研究所，使用一种教学软件定向的方法来解决零件重叠问题，使用图象识别技术来辨别零件外貌特征和轮廓，从而认出一堆零件中最上面的一个零件并测定其位置和方向。但由于这种方法需要的时间长，所以还不能用于工厂的生产线。

1978年在布尔诺举办的“78年机器人”展览会上，保加利亚展出的 Beroe 210 型喷涂机器人很引人注目。它用的是日本的控制系统，可以执行全部工艺任务。该机器人由机械、液压和电气三部分组成。机械由胯骨、肩、肘和一个手腕构成，可作垂直和水平运动。每个腕关节上装有一个电子变换器，在一定的相位移和相位延迟情况下测出腕关节的角度，并传递给一个磁带。磁带是电子装置的核心部分，它能在短的时间内去磁，或者用另外一盘已预先编好的磁带来代替。运动指令存储在相位模拟系统中，当转换到再现 (Play-Back) 时，运动指令就再次得到执行。可编程序带可以存档，也可以从档案中取出重新编程序。因此用起来很方便，但是机器人本身却是相当复杂的，它由12,000到15,000个零件构成。

波兰大力研制和推广使用各种作业用的工业机器人。PRO是主要的一种类型。PRO型机器人用的是NUMS406P型的数字程序

控制装置，能控制6个自由度，存储装置用的是磁盘。以示教记忆法编制运动的程序。存储容量为6千字节。PRO30和PRO80型工业机器人是两种用于金属切削机床装卸料用的机器人。它安装在可转动底座上，为固定式机器人。这两类机器人以直角坐标系工作，有两只手爪，装卸料的效率高。

波兰还研制了锻压设备用的 RIMP400 和 RIMP600 型工业机器人，以及焊接用的 RIMP1000型工业机器人。RIMP400是按日本Aide机器人原理制成的，而RIMP1000型机器人是按美国Unimate机器人制成的。波兰电工联合公司研制了PR-02组件系统，它可组合不同数量自由度的机器人，即可满足用户的各种需求。

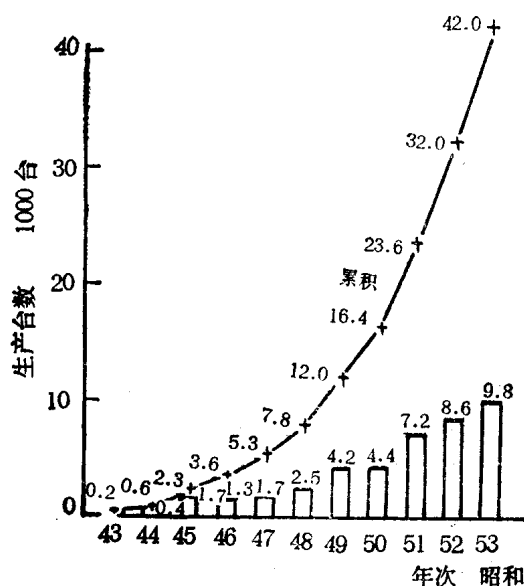
三、日本情况

日本于1967年从美国引进了Unimate和Versatran两种类型的工业机器人。到1970年，总计生产了2300台工业机器人；1978年总台数达到42,000台，工业机器人的总产值1970年为49亿日元，1978年为247亿日元。各年度的台数和产值情况见图2。

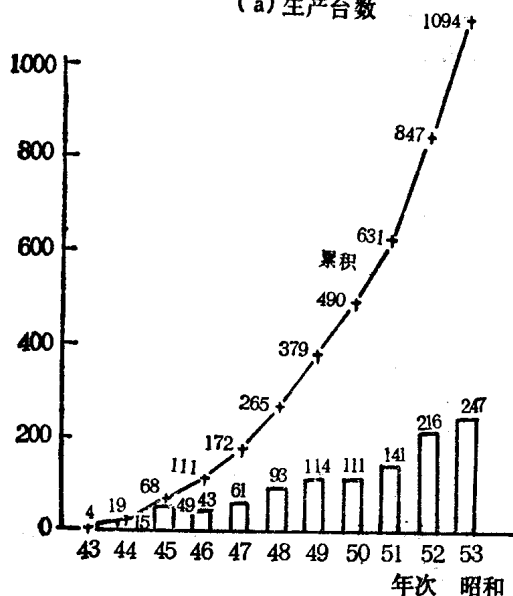
1979年从事工业机器人研究工作的大专院校研究机关有50多个；研究人员300多人。1976年各大学和国家研究部门，用在机器人研究方面的经费约占总研究费用的42%。据1978年的统计，制造工业机器人的厂家有47个；市场上出售的工业机器人类型约100种左右。

1978年各种类型工业机器人生产台数和生产总值的百分比大致为：

生产台数百分比	生产总值百分比
a. 手控操作机15%	6%
b. 固定程序机器人47%	46%
c. 可编程序机器人27%	16%
d. 再现式机器人5%	19%
e. 数字控制机器人	1%
f. 智能机器人6%	12%



(a) 生产台数



(b) 生产额

图2 工业机器人生产台数及产值

据1976年的统计,各工业部门对工业机器人的需要量所占的百分比,大致如下:

汽车工业	31%
精密机器	5%
电机电器业	12%
金属制品业	5%
树脂成形加工业	13%
金属加工机器制造业	4%
石油和煤制品业	3%

钢铁业	3%
纤维工业	2%
土木建筑机械制造业	1%
化学工业	1%
非铁金属制造业	3%
窑业和土石制品业	1%
锅炉、原动机制造业	1%
其他机器制造业	2%
自行车、生产用车辆制造业	1%
其他制造业	5%
其他	3%
出口	4%

从上述百分数可看出,汽车制造业占的比例最大。工业机器人在这个部门主要用于焊接,冲压、零部件装配和热处理等。

现将工业机器人在日本工业各部门的应用情况简要介绍如下。

1. 在金属切削加工方面。日本机械工业和金属加工工业安装有大约51万台机床,其中装备有自动装卸设备(包括工业机器人)的机床近6万台。预计到1985年配备材料自动运输设备的机床数量,将增加到13—16万台,而机器人的总台数可达7—10万台。这方面比较典型的机器人有日本富士通ファナック公司的“Fanac Robot”型的机器人。它是为数控系统的、自动化工段的金属切削机床服务的。可以服务于数控的三台车床或者四台钻床,这些机床呈圆形布置在机器人的周围。最多能为五台机床服务。

2. 金属热处理方面。目前约有300台机器人用于热处理。例如川崎 Unimate 2000型机器人,可以把加热好的齿轮从炉中取出,然后放到淬火压床上,加工后再把齿轮送到传送带上。由于采用了机器人,使工人脱离了高温而繁重的工作,节省了劳动力,原来一天三班需6个工人,用了机器人后只用1.5人,产品质量稳定,效果很好。日本总计约有1300—1400个热处理工厂,预计在今后一些年内将需要5000—10000台机器人。

3. 压铸作业方面。日本约有500—600

家压铸厂，然而大部分产量为十家大公司所垄断，它们使用着2400台机器人，其中1700台用于浇铸熔化金属，700台用于卸零件的作业。日本目前很少用机器人进行切边修整工序。

4. 压力加工方面。压力加工是固定程序式机器人最广泛应用的领域。日本目前安装的压力机约20万台，压力加工用的机器人有6000台。例如日本富士电气公司的プレスハンド型机器人，适用于小批量生产的板材冲压机和冲切机（每班可重调5次）。它具有高速的气动传动（位移速度1000毫米/秒），具有同步动作的两个手，水平行程400毫米，垂直行程为20毫米，控制系统为固定位置式，定位精度 ± 0.1 毫米，一个存储器可存6个程序。从一个程序转到另一程序，靠转换开关和重调制动器来实现。重调一个新零件只需10分钟，负荷为0.7公斤。预计到1985年工业机器人总台数可达到36,000台。

5. 涂漆方面。在日本，工业机器人在喷漆过程中还没有得到广泛应用。这类机器人将主要用于辅助喷涂过程和喷涂具有复杂外形的零件。在前一种情况下，待喷涂的各种零件经常处于不定向流动中；在后一种情况下，往复式喷涂运动装置和活塞式固定喷枪都不宜应用。喷涂机器人预计到1985年可达到4000台。

6. 焊接方面。焊接机器人能进行点焊和弧焊。由于机器人能进行点焊而扩大了它的需要量，预计到1985年焊接机器人可望达到5,000台。

7. 塑料模压方面。日本采用塑料模压法的有一万多个工厂，共45,000台塑料注射成形机，其中使用工业机器人（包括老式机械手）达17,000台。

日本在利用系统工程学的研究成果使无人化生产达到最优化方面，也做了不少工作。如川崎重工与日立电器公司搞了一条由计算机控制的大型群控线，由十台数控车床，二台带有手爪自动更换系统的机器人，

自动化立体仓库和排屑装置等组成无人化生产线。又如由川崎重工和富士通公司合搞的农田用小发动机装配车间，车间原有25个工人采用24道工序进行装配，现在改为用十台机器人、12道工序进行装配。

日本在七十年代里解决了机器人技术方面的不少问题。例如：解决了自动装配机器人位置和形状的识别技术问题；解决了工业机器人的群控技术问题；汽车体粗涂和精涂用机器人技术等。

据预测：1980年和1985年的工业机器人总产值将分别达到870亿日元和2900亿日元；八十年代中期，机床—机器人技术和中批量中品种产品的装配自动化技术等将得到开发；组合式机器人七十年代末研制成功，八十年代中期将得到应用和推广。

四、苏联情况

苏联从六十年代末期开始发展工业机器人。1971年开始使用其本国制造的第一批机器YM-IT防热式操作机和YM-1Π防尘式操作机。这种数控的机种从研究到制成了2.5—3年的时间。到1975年已经设计和研制了30多种工业机器人，主要服务对象包括：机床、冲压机、铸造机、电镀装置等，同时，也用于涂漆和焊接、装配等作业。到1977年底，苏联工业中和实验用的工业机器人共有500多台，其中一半是本国产的，另一半是进口的，如美国的Unimate Mark II和Mark II-FLR型和Versatran-Serie E；瑞典的A-3；日本的Trans RMB-100；ROKS II，IRA50等。

在苏联，工业机器人应用推广的重点对象是那些机械化、自动化程度低、繁重单调、有害健康的辅助性工作和服务工作。这是因为这类工作的技术装备太陈旧了，而且这方面还存在大量的传统的手工劳动工种，其中包括繁重的体力劳动。

苏联对繁重劳动规定了如下的准则：凡

是费力的劳动,或者说,凡是在一个整班内搬移6—16公斤的物体、在多半班内搬移16—32公斤物体、在少半班内搬移32—50公斤物体、以及在三分之一班内搬移50公斤物体的劳动,均属于繁重的劳动。据估计,苏联有80,000种工作对人不利,或者有害。大致有60—70%的工人从事单调、疲惫的工作。

苏联1976—1980年五年计划规定,繁重的起重搬运、装卸和仓库工作机械化设备的生产要翻一翻,工业部门将有200—250万人转入机械化、自动化劳动。苏联目前从事手工劳动者有4500万人,其中1200万人工作在工业部门。辅助性作业的工人总数中,搞设备维修的占37%,搞仓库、搬运、装卸工作的占26%,搞产品质量技术检验的占8%。

基于上述情况,在完成第十个五年计划时,用于机器制造业中搬运工作的工业机器人将占总数的50%;成形方面占17%;铸造占6%,剩下的用于其他工种,如焊接、装配、涂漆等。

机器人技术在苏联是根据统一的计划而发展的。第九个五年计划中研制了30种型号的工业机器人;第十个五年计划中预定研制出19种新型的工业机器人,其中包括自适应控制的第二代机器人。负责成批生产工业机器人的是机床工业部和仪表工业部,具体的牵头单位有列宁格勒工业研究所。到1980年底,预计将有3000台机器人与ESER计算机配套使用,即与现代的苏联计算机МНЧК-32和М-6000或者М-7000联机。在第十个五年计划中,除研制20种工业机器人外,还将研制机器人用的统一化元件;建立三套机器人化的成套设备;并在机器人技术领域内进行统一化和标准化的工作。

苏联从事工业机器人研制工作的单位比较多,所以最初提出来的类型和方案也很多,据估计,大约提出过100多种类型,而经过选择和工业试验,最后只剩下30种投入成批生产。仅列宁格勒工业研究所一个单位就研制了10种类型的机器人。

苏联制造的主要类型的工业机器人的特性数据列于表4内。其中最简单的是循环控制式的气动机器人。这种机器人主要用于冲压、金属切削机床和铸造作业等。例如气动机器人“Циклон-3Б”是用于拖拉机“Кировец”零件的冷冲压和机械加工。这种机器人大多采用电气控制系统,但也有的是基于射流控制原理的气动工业机器人,可用在有爆炸危险的条件下。

仪表制造和电气工业用的电动式工业机器人,是另一类机器人,如:通用的机器人(如制造相机零件用的МП-9)和专用的机器人(综合自动化时成组地使用)。

循环控制系统的工业机器人的传动装置,通常为气动的,也有电动的,这取决于对机器人的某些特殊要求,如电气机械式机器人МП-4是用于搬运易碎物品的,即玻璃、陶瓷等,因此就要求限制它的速度。

液压式机器人也得到广泛的应用,它多为通用式的,只一只手,负荷25-50公斤,点位式或连续轨迹式的控制系统,用于机床和压力机,以及点焊和涂漆。УМ-1就属于圆柱坐标系的液压式工业机器人。

电气机械式的机器人在苏联正在迅速发展,如Универсал-5,活动机器人“Спорт-1”和МП-1。

苏联的第一台由电子计算机控制的实验型的感觉机器人,是由列宁格勒工业研究所等一些单位共同于1968年制成的。第一批工业机器人,如Универсал-50和УПК-1等,是1971年制成的。莫斯科切削机床研究中心与有关单位合作于1974年研制出该工业部门的第一套“机床—机器人”工艺综合设备。

目前,苏联现有的工业机器人,多数为第一代;第二代者是少数。总的来说,第二代和第三代机器人技术还处于研究阶段。为协调全苏联二、三代机器人的研制工作,苏联科学院设立了一个科学咨询委员会(Совет),该委员会的主席是科学院院士И. И. Артоболевский。据说,具有

表 4

主要用途	型 号	负 荷	定位精度	自由度数	传动	控制系统	坐标系	特 点
机 械 加 工	Универсал—5	5	± 2	6	气动	点位式	圆柱	—
	ПР—4	6	± 0.1	6	气动	循环式	圆柱	—
	МР—5	10	± 0.5	4	气动	循环式	圆柱	双手爪
	МР—1	15	± 2	6	电气	点位式	复合式	在轨道上移动
	Универсал—15	15	± 2	7	液压	点位式	球面	—
	Спорт—1	15	± 2	6	电气	点位式	复合式	在轨道上移动
	ПР—35	35	± 1.2	6	液压	点位式	球面	—
	УМ—1, 1Т, 1П	35	± 2	5	液压	点位式	圆柱	1Т—防热 1П—防尘
	Универсал—50	50	± 3	5	液压	点位式	球面	—
	РВ—50М	50	± 0.2	5	液压	循环式	圆柱	—
	ЦРВ—50	50	± 0.7	4	液压	点位式	复合式	轨道上移动
	УПР—11	50	± 1	9	液压	循环式	球面	—
冲 压	ЦИКЛОН—3Б	3	± 0.1	4	液压	循环式	球面	—
	МР—4	5	± 0.5	3	电气	循环式	球面	—
	3380	5	± 0.1	5	气动	循环式	球面	—
	ПР—10И	10	± 0.1	4	气动	循环式	球面	—
	ПР—10С	10	± 0.1	4	气动	循环式	球面	射流控制装置
	ПРЦ—1	10	± 0.5	4	气动	循环式	球面	—
	РЦШ—1	10	± 0.3	4	气动	循环式	球面	防热
铸 造	ПРЗ—2	3	± 1	3	电气	循环式	圆柱	液体金属 计量器
	5100系列	40	± 2	6	液压	循环式	圆柱	—
电 镀	П. 022. 000	2×300	± 50	2	电气	循环式	圆柱	沿轨道运动
	Т. 001. 000	450	± 50	2	电气	循环式	圆柱	轨道活动式
搬 运	М—901	20	± 5	3	电气	点位式	圆柱	—
	И4. 094. 0061	25	± 2	3	电气	循环式	圆柱	射流控制装置
	И4. 094. 0063	25	± 5	4	电气	点位式	圆柱	—
	СПРУТ—1	250	± 10	2	电气	循环式	圆柱	轨道活动式
涂 漆	МП—3	0.5	± 0.4	6	气动	循环式	圆柱	射流控制装置
	ПРК—20	20	± 3	6	液压	点位式	球面	轨道活动式
点 焊	К—60	14	± 0.6	5	电气	点位式	球面	轨道活动式

学习过程元件的“眼-手”系统已制成模型。第二代的机器人装备有人工感觉器官和先进的算法系统。其中主要的任务是研制带感觉的手爪，建立传感器信息的处理算法，并在此基础上建立机器人的自适应控制系统。从控制论观点看，这类机器人是相当复杂的多参量的递阶自组织系统。苏联的这类机器人应用了以超声波元件矩阵（表面）为基本构件的人工视觉系统。

据苏联的经验，利用了工业机器人后，劳动生产率平均提高2—3倍，个别情况可达6—7倍，换班率提高一倍，改善了设备运行的节奏性，提高了产品的质量和生产的文明度。

从苏联举办的机床展览会上的展品来看，机器人大部分与其所服务的工艺设备配套展出，据说这是因为由制造厂家供应“机器人—工艺设备”综合设备要比只提供工业机器人优越，原因是只提供机器人的情况下，用户尚须做一系列的附加工作。

在研制工业机器人方面，苏联有如下的倾向：

1. 结构组合化；
2. 控制系统从机械部分分出来；
3. 在引进工业机器人时，也同时配备以辅助设备，如料台、料箱等，借以完成工业机器人的部分功能；
4. 研制多只手的工业机器人和双手爪的手；
5. 研制活动式的结构，以便于为几台工艺设备服务；
6. 工业机器人装备以自适应系统。

有的专家认为，苏联要想顺利地研制和推广工业机器人，还必须采取一系列措施，如：做好工业机器人成批生产的组织工作；研制专用的数字程序控制系统；工业机器人样机的验收和试验工作应集中化，以便于择优投入成批生产；编制工艺综合设备“机床—机器人”的系列型谱等。

五、发展趋势

对国外机器人技术的现状加以分析后，可以看出以下几种倾向：

1. 工业机器人的产量在迅速增长，原因是劳动力价值提高了；高工资的工人数目增多了，还有社会的和其他的一些因素；
2. 工业机器人方面的工作向集中化方向发展，纳入国家的计划框框内（如日本）；建立一些专门的组织来协调全国的工作（如美国，意大利等国的全国协会）。
3. 在研究新型机器人的同时，提高简单结构工业机器人的产量，原因是用户还不能充分利用通用机器人可能发挥的全部功能；
4. 研制出组件式的结构以降低通用工业机器人的制造费用；
5. 研究工业机器人群的组建原理；
6. 研制具有多自由度、装备有复杂多功能电子计算机控制系统和自适应系统的工业机器人；
7. 研制自动化的工艺综合设备（如机床—机器人或机器人—机床组）
8. 利用辅助性设备来扩大工业机器人的功能，并用来与其配套（如升降平台，座标台和升降回转台）。
9. 在建立柔性（可调）生产系统方面，研制人员把更多的精力集中在自动化工段，自动化作业线和自动化车间的综合设计方面。在发展机器人技术的最初阶段，主要把机器人用于现有的生产岗位上。大致包括三项任务：a)为主要生产作业建立标准的自动化（用机器人实现）工位（这里一个机器人为一个或几个工艺设备单元服务；或者由一个机器人完成主要工艺作业）；b)在此基础上为主要生产项目建立标准的自动化工段；c)建立由电子计算机控制的综合自动化车间。
10. 在机器人控制系统方面，微处理机很有使用前途；机器人化工程的多处理机控

制系统也有发展前途。有发展前途还有：由机器人和数控机床等加工机械组成的无人管理加工系统；精加工过程中用的高度再现控制机器人，以及装配用机器人。

为使机器人今后能迅速地发展与普及，必须大量研究新技术。作为机器人今后需要研究的新技术，包括：视觉和触觉等感觉信息的处理技术；机械臂的驱动控制技术；对象物的处理技术以及有关机器人本体形态结构学技术等。

当前许多国家在大力开展工业机器人感觉系统的研究工作，其中包括人工视觉系统，触觉系统，以及操作人员与机器人之间的语言交流系统等。视觉系统关系着工业机器人今后能否扩大应用范围的问题。特别是为了建立更稳定、更高速的视觉识别技术以便使三维物体的立体感达到实用化和颜色识别技术的实用化，则必须研究快速处理多值（放弃过去二值化技术）图象的并行运算处理装置，小型固体摄像元件以及能处理图象变化因素的识别算法等技术。

此外，在机械臂的驱动控制技术方面，可望能研制出体积小重量轻的执行机构，即利用微型计算机根据感觉信息能任意改变控制形式，灵活性较强的伺服机构，而且能得到较高的瞬态输出。

综上所述，过去专门以大批量生产为对象而发展起来的自动化技术，对今后以多品种中、小批量产品为对象，特别是以预定一种产品为对象的柔性自动化来说，不管愿意与否，都是无法适应的。因此，无论作为一种有力的手段，还是作为提高人类福利的措施，工业机器人所承担的使命都是重要的，而作为一门技术，它是很有发展前途的。

国际工业机器人会议ISIR的召开年分和地点：

第一 届，1970年	美国芝加哥
第二 届，1972年	美国芝加哥
第三 届，1973年	瑞士苏黎世
第四 届，1974年	日本

第五 届，1975年	美国芝加哥
第六 届，1976年	英国
第七 届，1977年	日本东京
第八 届，1978年	西德斯图加特
第九 届，1979年	美国华盛顿
第十 届，1980年	定在意大利米兰
第十一届，1981年	定在日本
第十二届，1982年	定在法国

参 考 文 献

1. Зарубежные промышленные роботы—«Станки и инструмент», 1977, № 7, 30—33 (俄文)
2. Промышленные роботы—«Станки и инструмент», 1977, №11, 6—8 (俄文)
3. ヨーロッパにおける工業用ロボット研究のウラ勢—«日本机械学会志», 1977, Vol. 80, №702, 420—423 (日文)
4. Современное состояние и перспективы развития робототехники—«Вестник машиностроения», 1978, № 3, 9—11 (俄文)
5. Состояние и перспективы робототехники в СССР—«Станки и инструмент», 1978, № 8, 3—5 (俄文)
6. Stand der Entwicklung der Industrierobotertechnik in der Ud SSR—«Fertigungstechnik und Betrieb», 1978, Jahrgang 28, № 8, 468—472 (德文)
7. 产业用ロボットの最近の动向—«计測と制御», 1979, Vol. 18, № 1, 100—106 (日文)
8. Международные совещания по промышленным роботам—«Станки и инструмент», 1979, № 1, 37—38 (俄文)
9. Всесоюзное совещание по робототехническим системам—«Станки и инструмент», 1979, № 2, 35—36 (俄文)
10. Industrial robots. The state of the Art—«Engineering», 1979, Vol. 219, № 6, 744—747 (英文)
11. Erfahrungen bei der Anwendung von Industrierobotern—«Fertigungstechnik und Betrieb», 1979, Jahrgang 29, № 8, 464—468 (德文)
12. Промышленные роботы ФРГ—«Станки и инструмент», 1979, №10, 24—25 (俄文)
13. Промышленные Роботы ПНР—«Станки и инструмент», 1979, №10, 25—27 (俄文)
14. Показатели экономической эффективности использования промышленных роботов—«Известия высших учебных за-