

机电工程系列教材

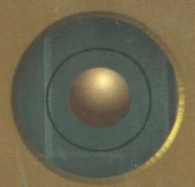
机器人学

● 张 铁 谢存禧 编

华南理工大学出版社



J
I
Q
I
R
E
N
X
N
E



3

机电工程系列教材

机器人学

张 铁 谢存禧 编

华南理工大学出版社
·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人学/张铁, 谢存禧编. —广州: 华南理工大学出版社, 2001.5
(机电工程系列教材)
ISBN 7-5623-1660-0

I. 机… II. ①张…②谢… III. 机器人学 IV. TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 88407 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn

<http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 吴兆强

印刷者: 华南理工大学印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.625 字数: 290 千

版次: 2001 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1—1000 册

定价: 20.00 元

版权所有 盗版必究

编辑委员会

顾问：刘正义 李元元 黄石生 谢存禧

陈统坚 郑时雄

主任：朱敏

副主任：曾志新 梁耀能 林颖

委员：夏伟 李杞仪 朱文坚 黄平

邹日荣 李尚周 曾美琴 肖晓玲

刘桂雄 王丹平 张铁 汤勇

黄镇昌 阮锋 许纪

策划编辑：吴兆强 赖淑华

出版说明

为了适应高等学校专业调整后教学改革的需要，我社在华南理工大学机电工程系的协助下，组织出版了这套“机电工程类系列教材”。根据教育部新实施的引导性专业目录，按照拓宽专业口径、增强适应性的原则，采用重组、整合、交叉、优化等手段，对本系列教材的课程体系、教学内容、教学方法进行了改革和探索，重构 21 世纪机电类专业人才应具备的能力与知识结构，以适应社会主义市场经济和科学技术发展的需要。

首批出版的教材有：

《机器人学》（张铁主编）

《机械工程材料》（梁耀能主编）

《机械原理》（李杞仪主编）

《机械设计》（朱文坚主编）

《机械设计基础》（黄平主编）

《创新思维与实践》（李杞仪主编）

《ISO9000 族系列标准与实施》（李杞仪主编）

《机械控制工程基础》（许纪、汤勇主编）

《互换性与测量技术》（黄镇昌主编）

华南理工大学出版社

2001 年 4 月

前 言

机器人学是当今机电工程学科极为活跃的研究领域之一,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,代表了机电一体化的最高成就。

机器人从出现到现在的短短几十年中,已经广泛应用于国民经济的各个领域,在现代工业生产中,机器人已成为人类不可或缺的好帮手;在航空航天、海底探险中,机器人更是能完成人类所难以完成的工作。作为机械工程专业和自动化专业的学生,有必要学习机器人学方面的知识。

在我们从事机器人教学的过程中,深深感到缺少一本适合使用的教材。近年来,陆续有一些机器人学方面的书籍面世,但其中大部分的内容偏深或偏难,过于专业,学生较难掌握;有的仅对机器人工程中某一个或几个方面进行论述,不够全面,均不适用于机械工程专业和自动化专业本科生的教学。有鉴于此,我们选编了这本机器人学教材。

本书介绍机器人的机械结构、驱动方法、运动学分析、控制及感觉系统、机器人语言等多个方面的原理及研究成果。在编写过程中,我们参考并引用了大量有关机器人方面的论著、资料,限于篇幅,不能在文中一一列举,在此一并致歉,并致衷心的感谢。

本书适合机械工程、自动化专业本科生、大专生的教学之用。作为研究生用书时,部分章节应适当加深。

编 者

2000年12月

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 机器人的发展历史	(1)
第二节 机器人发展的现状和趋势	(7)
第二章 机器人本体的机械结构	(9)
第一节 机器人的概念和分类	(9)
第二节 机器人的外形结构与运动	(11)
第三节 机身和臂部机构	(15)
第四节 驱动机构	(17)
第五节 手部机构	(24)
第六节 机器人的行走能力	(35)
第七节 机器人机械设计的基本要求及影响因素	(38)
第三章 驱动方法	(42)
第一节 液压驱动	(42)
第二节 气压驱动	(44)
第三节 直流电动机驱动	(45)
第四节 步进电动机驱动	(52)
第五节 直流电源和功率放大器	(55)
第四章 齐次变换	(59)
第一节 概述	(59)
第二节 齐次坐标	(59)
第三节 齐次(H)变换	(60)
第四节 变换方程的建立	(66)
第五节 广义转动变换	(67)
第六节 RPY角与欧拉角	(70)
第五章 机器人机构运动学分析	(74)
第一节 概述	(74)
第二节 D—H坐标系的确定、A 矩阵	(74)
第三节 建立机器人机构运动学方程的实例	(76)
第四节 机器人位移分析的逆问题	(81)

第五节 机器人的微分运动和微分变换	(85)
第六章 机器人的控制	(93)
第一节 概述	(93)
第二节 二阶线性系统控制规律的分解	(96)
第三节 伺服系统的基本概念	(99)
第四节 单关节机器人的建模与控制	(102)
第五节 多关节机器人的控制	(107)
第六节 机器人控制系统的硬件结构及接口	(111)
第七章 机器人感觉系统	(115)
第一节 机器人传感器的选择要求	(115)
第二节 位置传感器和位移传感器	(122)
第三节 机器人的视觉传感系统	(124)
第四节 机器人的接近觉传感器	(135)
第五节 机器人的触觉、力觉和压觉传感器	(138)
第八章 机器人语言	(143)
第一节 概述	(143)
第二节 机器人编程语言的基本要求和类别	(144)
第三节 动作级语言	(146)
第四节 对象级语言	(153)
第九章 工业机器人系统的设计	(157)
第一节 概述	(157)
第二节 工业机器人及其外围设备	(160)
第三节 用于焊接作业的机器人系统	(162)
第四节 用于机械加工作业的机器人系统	(166)
第五节 用于装配作业的机器人系统	(170)
第六节 FMS 和工业机器人	(175)
参考文献	(178)

第一章 概 论

机器人学是近 40 年来迅速发展起来的综合性学科,它综合了机械学、电子学、计算机科学、自动控制工程、人工智能、仿生学等多个学科的最新研究成果,代表了机电一体化最高成就,是当今世界科学技术发展最活跃的领域之一。

机器人的研究、制造和应用,正受到许多国家的广泛重视,是一个国家科技水平和经济实力的象征。近十几年来,机器人技术的发展极为迅猛,各种用途的机器人纷纷面世,并广泛应用。计算机控制的机器人由于具有高度的可靠性、灵活性、快速的反应能力以及巨大的信息储存和处理能力,赢得了人们的普遍欢迎。它能够连续地、不知疲倦地完成艰苦繁重的劳动,减轻工人的劳动强度,极大地提高劳动生产率;它的环境适应能力很强,能够在水下、太空、真空、辐射以及剧毒等危险环境中工作,使人类的生命安全和健康得到保障;在现代化的工业生产中,机器人能够适应现代的中小批量生产方式。

在日常生活中,一提起机器人,人们往往首先联想到的是人形的机械装置。但实际并非如此。机器人的外表并不一定像人,有的根本不像人。人们制造机器人是为了让机器人代替人的工作,因此希望机器人具有人的劳动机能。既然要求机器人能够代替人的劳动,人们就希望它有一双像人一样灵巧的手、能行走的双脚,具有人类的感官功能(视觉、触觉、听觉、味觉、嗅觉、痛觉等),具有理解人类语言、用语言表达的能力,具有思考、学习和决策的能力。

机器人在社会生活的各个领域造福于人类,同时也正在对人们的生产、生活甚至心理意识产生深远的影响,从而向人们提出了一系列新的课题。

本书作为工业机器人学方面的教材,主要介绍机器人学的基本概念和基础理论,同时对机器人学所涵盖的各个领域,包括机械结构、驱动系统、控制方法、计算机硬件、机器人语言以及传感系统等作一定深度的阐述。

第一节 机器人的发展历史

一、早期的自动机

早在 1770 年,美国科学家就发明了一种报时鸟,一到整点,这只鸟的翅膀、头和喙便开始运动,同时发出叫声。图 1-1 为报时鸟的机械结构简图,它的主弹簧驱动齿轮转动,使活塞压缩空气而发出叫声,同时齿轮转动时带动凸轮转动,从而驱动翅膀、头运动。

1738 年, Jacques de vaucanson 在巴黎展示了一个能吹口哨的机械。它的核心结构是一个滚轮,就像现在的音乐盒一样,其示意图见图 1-2。

机器人(Robot)一词由一位名叫 Karal Capak 的原捷克斯洛伐克剧作家首先使用。在捷克语中,Robot 这个词是指一个赋役的奴隶。1921 年 Capak 写了一出戏剧,名叫《洛桑万能机器人公司》(Rossm's Universal Robots)。在这出剧中,机器人是洛桑和他的儿子研制的

类人生物,用来作为人类的奴仆。随后,一位名叫 Isaac Asimov 的科学幻想小说家首先使用了机器人学(Robotics)这个词来描述与机器人有关的科学。他还提出了“机器人学”的三个原则,值得今天的机器人设计者和使用者的注意。这三个原则的原语如下:

(1) A robot must not harm a human being or, through inaction, allow one to come harm.

(2) A robot must always obey human beings unless that is conflict with the first law.

(3) A robot must protect itself from harm unless that is in conflict with the first or second laws.

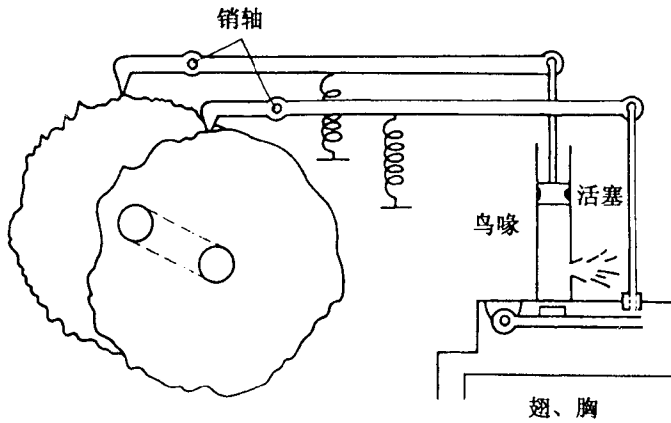


图 1-1 报时鸟筒图

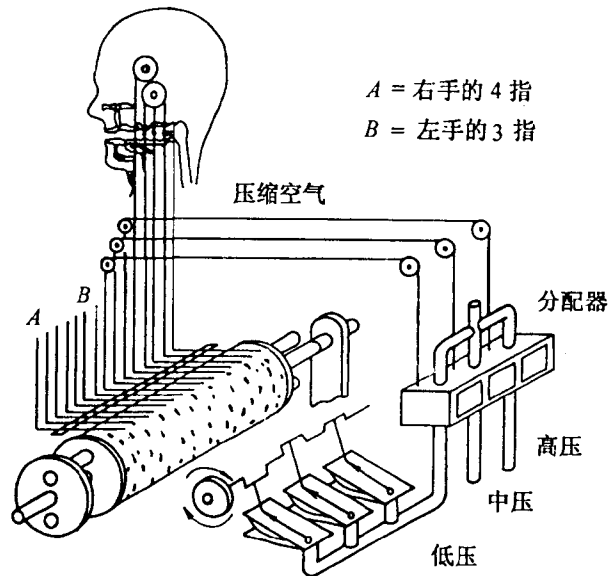


图 1-2 吹口哨的机械

二、近似与机器人相关的装置

1. 操作机(Manipulators)

它是目前仍然大量使用的、由机械控制的操作机。它的各个关节由机械直接控制。它具有和人类手臂相似的功能,可在空间抓放物体或进行其他操作。

2. 远程操作手(Teleoperators)

远程操作手又称主从操作手,它是在操作机之后发展起来的。1966年,Edwin Johnson最先使用了这种装置,远程操作手的本质是由非直接相连的伺服控制的操作机,通过控制杆、轮子、控制键盘或其他装置进行遥控。它们通常被用于危险的工作环境,例如海底、有辐射物质的场合或宇宙空间,由无线电天线、光学天线甚至卫星通讯提供控制信号。远程操作手上一一般配备有录像机以提供视觉。

三、机器人的创始

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。这是一台用于压铸的五轴液压驱动机器人,手臂的控制由一台专用计算机完成。它采用分离式固体数控元件,并装有存储信息的磁鼓,能够记忆完成 180 个工作步骤。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。它主要用于机器之间的物料运输,采用液压驱动。该机器人的手臂可以绕底座回转,沿垂直方向升降,也可以沿半径方向伸缩。一般认为 Unimate 和 Versatran 机器人是世界上最早的工业机器人(参见图 1-3 和图 1-4)。

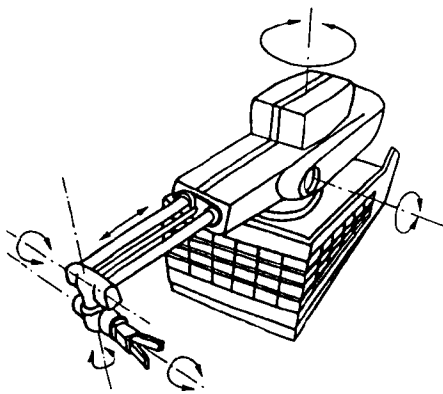


图 1-3 Unimate 机器人

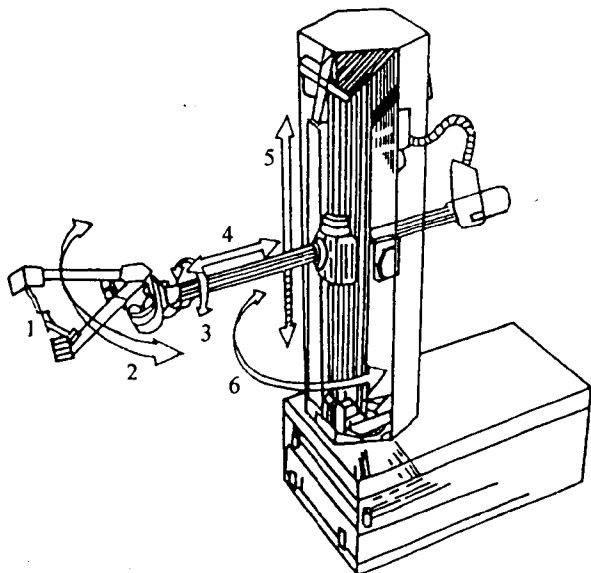


图 1-4 Versatran 机器人

1—手抓的运动方向;
2,3,4,5,6—各关节的运动方向

四、机器人技术的发展情况

(一) 机器人技术发展编年表

表 1-1 机器人技术发展编年表

年代	领域	事 件
1955	理论	Denavit 和 Hartenberg 发展了齐次变换(D-H矩阵)
1961	工业	美国专利 2,998,237, George devol 的“编程技术”,“传输”(基于 Unimate 机器人)
1961	工业	第一台 Unimate 机器人安装,用于压铸
1961	技术	有传感器的机械手 MH-1,由 Ernst 在麻省理工学院发明
1961	工业	Versatran 圆柱坐标机器人商业化
1965	理论	L. G. Roberts 将齐次变换矩阵应用于机器人
1968	技术	斯坦福研究院发明带视觉的由计算机控制的行走机器人 Shakey
1969	技术	V. C. Sheinman 及其助手发明斯坦福臂
1969	理论	用于行走机器人导向的机器人视觉在斯坦福研究院展出
1970	技术	ETL 公司发明带视觉的自适应机器人
1971	工业	日本工业机器人协会(JIRA)成立
1972	理论	R. P. Paul 用 D-H 矩阵计算轨迹
1972	理论	D. E. Whitney 发明操作机的协调控制方式
1975	工业	美国机器人研究院成立
1975	工业	Unimate 公司公布其第一次利润
1976	技术	在斯坦福研究院完成用机器人的编程装配
1978	工业	C. Rose 及其同事成立了机器人智能公司,生产第一个商业视觉系统

(二) 美国机器人发展“三起三落”的曲折道路

美国的机器人技术一直处于世界领先水平。但是,从技术与社会相互作用的角度来看,呈现出“三起三落”的过程,经历了五个阶段,见表 1-2。

1. 第一阶段: 技术储备

机器人作为自动化领域的高级综合技术,经历了长达 150 多年的技术储备阶段。1801 年, J. Jacquard 发明了一台由穿孔机操纵的“可编程序织布机”,并很快投入批量生产。1830 年, Christopher Spencer 设计了凸轮机构的可编程序自动机。1892 年, Seward Babbit 研制成第一台机械手,它实际上是电力传动的吊车,上有一个机械手爪,用来在炼

表 1-2 美国机器人发展的五个阶段

时 间	发展过程
19 世纪初~1954 年	技术储备阶段
1955~1960 年	产生阶段
1961~1974 年	缓慢阶段
1975~1984 年	高潮阶段
1985~1987 年	低潮阶段

钢过程中搬运钢锭,这是美国机器人发展史上重要的一步。

2. 第二阶段: 机器人诞生

经过长时间的技术储备,世界上最早的工业机器人 Unimate 和 Versatran 机器人于 20 世纪 60 年代诞生。机器人在美国产生,有它的社会经济原因。

(1)解决劳动力不足的需要。20 世纪 50 年代,美国人口达 2 亿,但适龄劳动力人数不能满足社会生产的需要,尤其是劳动力高龄化问题严重。据统计,从 1920 年到 1960 年的 40 年间,美国劳动力高龄化率从 20% 上升到 34%。为了解决劳动力的不足,需要一种能部分地代替人的体力和脑力劳动的工具。

(2)提高劳动生产率的需要。在美国,各大工厂为了在竞争中立于不败之地,必须不断提高生产率,而随着现代化生产的发展,影响劳动力增长的各种因素中技术因素所占的比重越来越大。

(3)工业机器人比人力劳动便宜。自 1960 年起,美国人力劳动每小时的费用已增长 4 倍以上,而使用机器人的费用仍然保持在原来的价格。从经济角度而言,使用机器人更合算。

(4)提高企业市场竞争能力的需要。根据有关资料统计,80% 的机械产品中属于多品种中小批量生产的产品,原有的单一品种大批量生产即刚性自动化不能适应这种需要。因此美国极力发展柔性生产线,即以数控机床、机器人和计算机为主要工具的柔性加工系统,这种系统改变产品品种和批量都比较容易,市场竞争能力强。

(5)机器进化的结果。人在与自然界的相互作用中创造出人工自然力,于是有了机器,人在与机器的相互作用中又不断改进机器和发明新的机器,使机器不断进化,从简单到复杂,由低级到高级。机器人的诞生是技术发展的内在规律。

3. 第三阶段: 缓慢发展

从 1967~1974 年的几年时间里,美国机器人技术的发展进入了缓慢时期,只有少数几家大公司生产和使用机器人。1969 年,销售额才达 15000 万美元,共 375 台。到 1974 年美国工业机器人应用台数为 1200 台,机器人总数为 2500 台。

美国机器人发展缓慢的原因如下:

(1)美国政府对机器人发展的重视不够,战略失误。由于美国政府担心发展机器人会造成更严重的失业,因此政府不予投资,更不组织研制机器人,从而造成了战略性的错误。

(2)美国各大大厂商目光短浅,错过良机。由于他们长期使用刚性自动化加工方式,其工时成本低,可使企业获得丰厚的利润,因此他们不愿意投入大量资金使用机器人,这对机器人的发展造成了较大的障碍。

(3)机器人发展初期,售价昂贵。现在售价为 4 万~6 万美元一台的机器人,当时售价一般为 12 万~18 万美元。

(4)美国工业机器人结构复杂,功能多,适用性不强,不易被厂商接受。

(5)当时没有利用分级计算机控制机器人手臂、视觉、工作站和装配,因而早期机器人的可靠性低,企业投资兴趣不高。

4. 第四阶段: 高潮时期

这一时期,美国机器人技术迅速发展,主要有以下几个原因:

(1)1962~1979 年,美国产品在知识密集型产品的世界总产量中所占比重从 31% 降至

21%。1967年,日本从美国引进了第一台机器人,几年后,美国反而要从日本进口机器人。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%。这些情况使美国政府和厂商意识到自己在国际市场竞争中受到的威胁,在高新技术领域受到的挑战,迫使美国东山再起,使美国机器人得到迅速发展。

(2)20世纪70年代,大量的企业由于经济危机关门破产,剩下的企业为了维持生存就必须高效生产,适应市场多变的需要,以机器人为核心的柔性自动化生产线恰好具有这样的优点。

(3)在美国,通货膨胀长期存在,人工工时成倍增长。

(4)美国机器人协会、制造工程师协会积极主动地进行机器人技术推广工作。

5. 第五阶段:低潮时期

1985~1987年,世界机器人的发展出现低潮,美国也未能幸免,而且首当其冲,这是美国机器人发展史上的第二个低潮阶段。第一次低潮主要是由于美国主观上忽视了机器人的发展,没有认识到发展机器人的重要性,而第二次低潮主要在于美国现实的客观上的原因:首先,美国机器人市场的需求量下降,销售额减少,积压严重;其次,由于客户需求量下降,机器人总数虽然有所增加,但年增长率下降;第三,美国一些机器人制造公司产量下降或转产。

通过以上对机器人发展历史的回顾,可以看出美国机器人发展历史的特点是:

(1)道路曲折。曲折的根本原因并不在于美国机器人技术不先进,而在于技术性能和社会需求结合不好。

(2)政府对工业机器人支持较少,机器人研制生产的计划制订和投资主要依靠企业。由于各企业往往从自身利益出发,忽视机器人的长期战略发展,从而造成缺乏组织性和统一性。

(3)重视基础研究,忽视应用。作为机器人技术的诞生地,美国的机器人基础研究居于世界领先地位,但美国忽视了机器人的应用研究,其机器人产量屈居第二。

(4)机器人性能复杂、价格高。由于美国的机器人技术先进,所以设计得很复杂,研制、生产时间长,价格昂贵,难以被用户接受。

(5)重视军用机器人。当时美苏军备竞赛促使两国大量投资支持军用机器人的研制,从而提高了美国机器人技术水平。

3. 日本机器人发展的“实用型”模式

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、提高期三个基本阶段。

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Unimate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的时期。日本发展机器人的主要动力是:①提高劳动生产率;②防止劳动事故和职业病,提高劳动福利;③解决技术工人的不足;④稳定和提高产品质量;⑤降低废品率,提高设备利用率,节省资源和能源,改善生产管理等。

进入20世纪70年代后,日本工业生产的高速发展和劳动力的严重短缺,为工业机器人的发展创造了有利的客观条件,工业机器人很快受到了日本政府和工业界的广泛重视。日本政府对机器人产业采取了特殊的税收政策,并对机器人研制单位和使用单位给予财政补

贴,从而有力地促进了日本工业机器人的研究和生产。日本的机器人技术人员积极引进美国的机器人先进技术,并在日本迅速将其实用化,研制出受用户欢迎的经济实用的工业机器人,为工业机器人的进一步普及应用奠定了坚实的基础。20世纪70年代是日本工业机器人的迅速发展时期,日本的工业机器人拥有量一跃超过美国,成为当今世界第一的“机器人王国”。

20世纪80年代,日本工业机器人又进入了一个新的发展阶段。这是由于机器人产值大幅度上升,而且日本政府为了促进工业机器人的普及,给予了一系列的政策支持。

第二节 机器人发展的现状和趋势

据有关资料统计,到1993年末,全世界安装的工业机器人总数为61万台,其中日本占60%,美国占8%,欧洲占17%,俄罗斯和东欧占12%,具体数据见表1-3。

表 1-3 各国 1993 年末工业机器人安装量

国 别	安装量(台)	国 别	安装量(台)
日本	368054	瑞典	4802
美国	50000	瑞士	2500
比利时、荷兰、卢森堡	3000	英国	8189
法国	11795	西班牙	3974
德国	43715	俄国	65000
意大利	19568	捷克斯洛伐克	6700
总数	610705		

一、我国的机器人研究及应用现状

我国是从20世纪80年代开始涉足机器人领域的研究和应用的。1986年,我国开展了“七五”机器人攻关计划,1987年,我国的“863”高技术计划将机器人方面的研究开发列入其中。目前我国从事机器人研究和应用开发的主要是高校及有关科研院所等。最初我国在机器人技术方面研究的主要目的是跟踪国际先进的机器人技术,随后,我国在机器人技术及应用方面取得了很大的成就,主要研究成果有:哈尔滨工业大学研制的两足步行机器人,北京自动化研究所1993年研制的喷涂机器人,1995年完成的高压水切割机器人,国家开放实验和研究单位沈阳自动化研究所研制完成的有缆深潜300m机器人、无缆深潜机器人、遥控移动作业机器人,2000年国防科技大学研制的两足类人机器人,北京航空航天大学研制的三指灵巧手,华南理工大学研制的点焊、弧焊机器人及各种机器人装配系统等等。

截止至1999年,全世界的机器人保有量为83万台,其中绝大部分为日、美等工业发达国家所有。我国目前拥有机器人4000台左右,主要在工业发达地区应用。在机器人的应用方面,与发达国家还有一定的差距。

二、机器人的智能化发展

通常可将机器人分为三代。第一代是可编程机器人。这类机器人一般可以根据操作员所编的程序,完成一些简单的重复性操作。这一代机器人从 20 世纪 60 年代后半期开始投入使用,目前它在工业界得到了广泛应用。第二代是感知机器人,即自适应机器人,它是在第一代机器人的基础上发展起来的,具有不同程度的“感知”能力。这类机器人在工业界已有应用。第三代机器人将具有识别、推理、规划和学习等智能机制,它可以把感知和行动智能化结合起来,因此能在非特定的环境下作业,故称之为智能机器人。目前,这类机器人处于试验阶段,将向实用化方向发展。

智能机器人与工业机器人的根本区别在于:智能机器人具有感知功能与识别、判断及规划功能。感知本身就是人类和动物所具有的低级智能,所以可以将第二代机器人看作是第一代智能机器人。智能机器人所具有的触觉和视觉传感是它们的两个重要传感系统。

目前,随着控制系统等其他学科的迅速发展,具有感知、思维和决策功能,对环境有较强的自适应性的机器人也得到了充分发展。智能机器人技术的发展还包括人机交互技术等的发展。近年来,遥控自主技术和虚拟现实技术的应用也为智能机器人技术的发展另辟蹊径。

三、机器人技术的应用领域扩大

机器人的应用以前仅仅限于工业方面,而且具有初级智能的机器人主要是装配机器人,它们都带有视觉系统,能够识别零件的种类、位置、姿态,并按要求装配。

实际上,第一、第二产业才是智能机器人的主要用武之地。因为第一产业工作于自然环境中,不能像第二产业那样按预先要求准备好工作条件,工作对象是自然界的物品,形状、大小往往不能保持一致。第三产业要同人密切交往,服务对象千差万别,服务对象因人而异。所以,随着智能机器人水平的不断提高,机器人将不断地扩大其应用领域。

第二章 机器人本体的机械结构

目前可供实用的工业机器人,几乎都是“悬臂梁”式的结构,即在手臂自由端可加5~10kg(包括手部的结构)或更大的负荷。手臂可在一面伸缩1m左右,另一面保持0.5~2.0m悬伸长度的情况下,进行回转及升降。这一点在以往的机械中很少见到,是应该注意的特征。尽管工业机器人在某些方面与传统机械有相同之处,但并不能说目前的工业机器人在结构上所构成的机械零件和使用的材料已经十分完善。例如1m长的手臂旋转180°时,如果按1mm精度控制其位置的话,那么控制精度就要达到位置精度的3%左右,为此就需采用精度小于0.1mm的位置检测元件,而且该元件是在相当恶劣的条件下使用。此外,悬伸1m的手臂端部加上20kg负荷时,也会产生较大的弯曲。

第一节 机器人的概念和分类

一、机器人的概念

关于机器人有各种不同的定义,比较统一的定义是联合国标准化组织(ISO)采纳的美国机器人协会的“机器人”定义:“一种可以反复编程和多功能的,用来搬运材料、零件、工具的操作机;或者为了执行不同的任务而具有可改变的和可编程的动作的专门系统”(A reprogrammable and multifunctional manipulator, devised for the transport of materials, parts, tools or specialized systems, with varied and programmed movements, with the aim of carrying out varied tasks.)。

二、工业机器人常用的图形符号

工业机器人的结构与传统的机械相比,虽在某种程度上有所不同,但是所用的零件和材料以及装配的方法等,与现有的各种机械完全相同。机器人各关节有移动、旋转运动副,常用的图形符号见表2-1。

三、机器人的分类

机器人的分类方法很多,这里主要按机器人的控制方法和功能进行分类。

(一)按机器人的控制方法分类

1. 点位控制机器人(Point to Point Control Robots)

点位控制机器人是指只能从一个特定点移动到另一个特定点、移动的路径不限的机器人。这些特定点通常是一些机械定位点。这种机器人是一种最简单、最便宜的机器人。

2. 连续轨迹控制机器人(Continuous Path Control Robots)

连续轨迹控制机器人能够在运动轨迹的任意特定数量的点处停留,但不能在这些特定