

# 机器人学



JQ

RX

四川科学技术出版社

李自茂 编译

# 机器人学

JIQI REN XUE

李自茂 编译



四川科学技术出版社

责任编辑:杨佛章

封面设计:黄 薇

技术设计:翁宜氏

责任校对:汪 鸿

## 机器人学

李自茂 编译

---

四川科学技术出版社出版 (成都盐道街三号 邮政编码 610016)

四川科学技术出版社电脑照排部排版 四川科学技术出版社资中印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 8.5 插页 4 字数 160 千

1990 年 11 月第一版 1990 年 11 月第一次印刷 印数 1—2000 册

---

ISBN 7-5364-1329-7/TP·24

定价:3.60 元

## 编译前言

机器人正在闯入我们的生活。

发展迅猛的机器人已经在许多工业领域中大显身手,接手一些过去由人所从事的危险而艰苦的工作,并把人从简单、单调、重复性的工作中解放出来,让人们有可能去干那些更具挑战性,更令人心满意足的工作。机器人还势必走进家庭和办公室,改观我们的生活与工作。一门崭新的学科——“机器人学”已经诞生。

什么是机器人?它能干些什么?它会对我们的社会带来哪些影响?这些无疑都是许许多多的人关心着的问题。本书将就这些问题给出解答。

摆在读者面前的这本书是一本机器人学的入门读物。书中以通俗易懂的语言介绍了机器人的发展史、机器人的基本部件和工作方式,阐述了智能机器人的特点与感觉器,列举了工业机器人的典型应用。在未来的岁月中,机器人将象钟表和汽车一样成为大众机器,因此,不仅工程师需要了解机器人,

各行各业,各种层次的人也都需要认识机器人。着眼于此,本书中没有使用任何数学公式,并尽量避开过于专门化的技术词汇与语言。读者在阅读本书之前不需要任何预备知识。凡具有中等以上文化水平的人均可开卷得益。

本书可作为工科大学“机器人导论”的教材,也适于作为中学生和青少年的课外读物。对于愿意迎接机器人挑战的读者,本书将把他们带入当代最重要、最激动人心的科技领地。作为介绍新技术的科普读物,本书对工程技术人员、企业管理人员、各级领导干部、工人以及社会科学工作者都有很好的参考价值。

本书以美国 CBS 学院出版社 1985 年版的《Robotics——A User - Friendly Introduction》为蓝本编译,结合我国实际与需求而增删了部分内容。原作者欧内斯特·霍尔与贝蒂·霍尔是美国辛辛那提大学从事机器人学教育与研究的教授。书中应用实例取材于 33 家美国研制机器人的公司,因而在很大程度上能够反映美国对机器人研究与应用的现状,也基本反映了当今世界机器人的研究和应用进展。书中花了一定的篇幅讨论了对机器人的经济评价、机器人对社会的政治与经济的影响,展望了机器人的发展前景。我们相信,这部份内容读来不仅不会令人枯燥,反而会颇具启发意义。

我们要特别感谢本书的责任编辑,感谢他的许多宝贵意见与辛勤劳动,我们还要向四川科学技术出版社的领导同志致谢,没有他们深邃的目光,没有他们对机器人学的热情,本

书是不可能问世的。

限于编译者水平,差错在所难免。我们唯一的心愿是希望在迎接机器人时代到来的前夜,本书能成为一块引玉之砖。

本书一部分内容由黄胜兴翻译,谨此感谢。

编译者

1987年3月

# 目 录

---

第一章	什么是机器人.....	1
第二章	历史的简短回顾 .....	16
第三章	机器人结构和基本部件 .....	36
第四章	机器人是怎样工作的 .....	64
第五章	智能机器人 .....	85
第六章	机器人的感觉器.....	123
第七章	工业机器人的应用.....	161
第八章	机器人的经济效益.....	188
第九章	重大的技术,深刻的影响 .....	216
第十章	机器人的今天与明天.....	242

---

## 第一章 什么是机器人

谈起机器人,人们并不感陌生。但是,我们对机器人的了解很可能多半来自于科幻小说、故事或电影。

这并不奇怪,因为“机器人”这个词就得之于作家的笔端。在本世纪 20 年代初,捷克作家卡雷尔·查培克写过一部剧本,第一次把“罗伯特”(Robot)这个词用到文学作品中。剧本的主要情节描述的是一个象人样的机器人反抗他的主人的故事。在捷克语中,“罗伯特”一词的含义为“劳役”或“苦工”。从此“机器人”的形象便进入了人们的文化生活中。今天,机器人已成群结队地走进人类社会,忠心耿耿地为人类工作、服务,的的确确成为人类的“劳役”。幻想成了科学的现实。

1942 年,美国著名的科幻小说家伊萨克·阿西莫夫在其科幻小说《徘徊》中创造了“机器人学”这个新词汇。不过,对机器人作认真地研究仅仅是最近四分之一世纪的事。如果从美国尤尼美森公司推出第一台伺服控制机器人算起,不过 25 年。从那时起,机器人才开始从虚构变成现实,真实的机器人才从大学的实验室走进工厂的车间。



科学与技术的发展正在不断加快步伐。今天,机器人学已荟集了机械工程、电气工程、计算机工程、工业工程和制造工程的基础知识、创造性和最新成果,发展成一门独立的学科。“机械—电子”或“机电一体化”已被当作是机器人的同义语。机器人实质上正是机械装置与电子设备的系统组合。虽然在当今的世界上还没有哪个机器人具有幻想小说中所描绘的那种超凡出世的神力,但机器人技术已经取得的成就是令人振奋的,并能激发更美妙的幻想。机器人学的各个领域正在被人们深入地开发着。科学之得以发展,不是靠证实习以为常的经验,而是靠抓住与众不同的见解,努力探索未知的领域。机器人学正是充满着无穷奥妙而引人入胜的科技新领域,它在向我们每个人发出热烈的呼唤。

正因为“机器人”与“机器人学”的概念源于科幻小说,在深入谈论机器人学时,我们应当意识到,我们的许多想法可能不自觉地受着幻想的影响或约束,诸如什么是机器人,机器人是什么样子,机器人能干些什么等等。在小说和电影中,机器人不仅能驾驶宇宙飞船上天入地,还能看护孩子,甚至能与人类争霸星球。这种具有人一样思维能力乃至人的情感的机器人现在并没有,可能永远也不会有。在现实世界中,我们将看到,机器人做的都是些切切实实的工作,如汽车焊接或喷漆,处理放射性材料等等。当然,机器人现在能干的或将能从事的工作远不止于此。我们想指出的是,机器人是人类创造活动的产物。人类只需要帮助自己更快、更好、更有效工作的机器,使

生活更充满,更愉快,更丰富多彩。即便有一天,人们能够赋予机器人以超凡的能力,人也一定能够控制机器人,因为我们并不需要和自己作对的力量。人永远高于自己创造的产物。

简言之,学习机器人学,研究开发机器人的功能,目的不是要人去为机器服务,而是让机器永远为人服务。今天还在课堂里学习的学生,明天必将和机器人打交道,成为机器人专家、设计师、程序员、教师或使用者。机器人是继计算机之后现代最伟大的发明。不管人们情愿与否,我们都将生活在一个新的时代——机器人的时代中。时代要求我们了解机器人。

让我们回到题目上来,看一看非幻想的现实的机器人是什么。

## 一、什么叫机器人

如果你的头脑里仍印有科幻小说中机器人的形影,当你走进现代自动化工厂,想一睹机器人的丰采的话,你一定会大失所望。现代机器人,特别是工业机器人的尊容实在不敢恭维,不仅没有鼻子眼睛,甚至也没有胳膊和腿。它们的真实形貌撕破了“机器人”这个名称构织的美丽面纱。它们的样子根本不象“人”倒更象一台普普通通的机器。本来嘛,机器人本身就是机器。

请看图 1 这幅照片。这就是一台正在工作中的机器人,它的名字是辛辛那提米拉克隆 T3—746 机器人。照片中机器

人正把汽车的塑料仪表盘送到一台大功率激光机下,由激光机对其修边。仪表盘经修边后,机器人把它移放到左侧的传送皮带上,送入下一个工位。

“哦,原来是台修边机”。读者或许会这样想。是的,这台机器人眼下所干的事与自动修边机并无差别。那么,为什么我们把它叫作

“机器人”,而不叫作“仪表盘自动修边机”呢?或者问,机器人与一般的自动机器有什么不同呢?我们可以这样回答:机器人是一种特殊类型的自动机。上面这台 T3—746 机器人不仅能修边,经过编程和重新调整后,它也能做许多种不同性质的工作。可以说,机器人是具有万能性的自动机。所有的机器人都是自动机,但自动机却不都是机器人。

应当承认,说到这里我们并没有把什么是机器人的问题

• 4 •

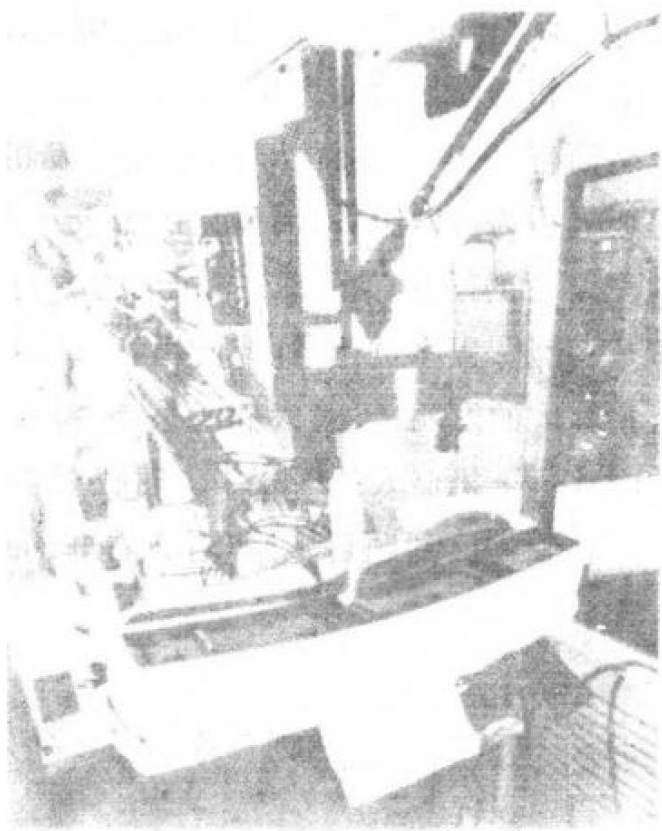


图 1 辛辛那提米拉克隆 T3—746

说清楚。为什么不给机器人下个清楚明了的定义呢？很抱歉，因为目前并没有一个为人们普遍接受的关于一般机器人的定义，多是仁者见仁，智者见智之说。这个事实本身也说明机器人学作为一门科学的幼稚。不过，关系不大，因为我们有关于“工业机器人”的定义，而我们将主要讨论的也是工业机器人。尽管对此也有种种见解，但目前国际上较普遍接受“美国机器人工业协会”（简称 RIA）所作的定义。RIA 对机器人所作的定义如下：

“工业机器人是可以重新编程的、多功能的机械手。它通过一系列编程运动来移动材料、零件、工具或专用器具，以完成各种不同的任务。”

为深入理解计，我们来对这个定义做些简要解释。

定义中“可重新编程”是个关键词语，它指明，机器的程序不是固定不变的，而是可重新编制的，想编多少次就编程多少次。

对于“程序”，我们相信读者并不陌生。计算机科技的发展已把“程序”的概念普及到大众之中。日益增多的家电产品也已把“程序”带入了我们的日程生活中。数字显示式钟表、全自动洗衣机、电子音响中心等集成块里均写进了程序，但这类程序却不能轻易改变，用户尤其是无能为力的。当你对手表每天都用同一首军歌曲调把你从睡梦中唤醒感到厌倦时，你试图换成一段轻音乐，这时你将发现自己毫无办法：制造厂已把定时鸣响军歌曲调的程序固化到手表的集成块内。这程程序

就是不可编程的。可编程序与此不同,这种程序可按使用者要求改变,既可增加,也可删除、改写。一台机器人可以有很多程序,能按任意选定的次序去做许多不同的工作。当然,机器人要能够可编程,就必须有一台计算机,通过计算机来输入新的指令和信息,来存贮程序。计算机可由机器人“随身携带”,即计算机装在机器人本体上;计算机也可以是“遥控式”的,即计算机不装在机器人本体上,但必须与机器人接通,保持通讯联系。总之,“可重新编程”这个限定词把机器人与自动机,包括普通程序固定的机械手区别开来。

在机器人的定义中还有一个关键词汇是“多功能”,这表明机器人是个多面手。图1中的工业机器人的本领就不止用于修边,只需简单地给它更换别的附属工具(或称为手端工具),它也可以成为焊工、喷漆工或装配工。

“机械手”无疑也是定义中的关键词。机器人首先是个机械手,而不是别的什么东西。可以认为,早期普通机械手与计算机的结合诞生了现代的机器人。这里所谓的“机械手”是广义的,它可以完全不具备人手的形状,但必须能够代替人的手做某种动作。这也就表明,机器人必须具有某种机构,能够执行完成任务所必要的动作。就大多数机器人的外观形态和机械结构来说,工业机器人更象个人工臂,而不象个人工手。但我们不必纠缠于此。应当说,正因为有机械手,机器人才不同于一台计算机。不妨这样看:机器人与计算机的差别就在于他们的输出形式不同。计算机输出或者是由打印机打印出来的

印刷品,即硬拷贝,或者是显示在阴极射线管(CRT)上的画面,即软拷贝;机器人输出的都是进行“制造”、“搬运”、“行走”等动作。换句话说,计算机是没有手足的机器人——电脑,机器人是有效地利用手足的计算机。

最后一个关键词语是“一系列编程运动”,就是说,机械手的整套运动是由一系列连续动作组成的,各动作次序与动作类型、幅度等均由程序规定。

通过以上解释我们会看出,上述对工业机器人的定义是较为严谨科学的。首先,这个定义既把工业机器人与程序不变的自动机械区别开来,也把它与具有多种功能的机器,例如食品加工机,区别了开来,只要更换零部件后者也能干不同的工作。其次,这个定义也把机器人从科学幻想的世界中解放到人间。科幻小说中的机器人都具有拟人性,然而工业机器人并不要求它非拟人不可。前已述及,在外观上,工业机器人完全不象人,而象一台普通机器。相反,历史上曾出现的许多所谓“机器人”并不是今天意义的机器人,而应视为是“拟人机器”。

对于工业机器人还有另外的定义。“日本工业机器人工业会”经过四年多的研究后得出了统一的见解,认为凡具有下述两种特点之一的,便可称之为工业机器人:

1. 有象人的上肢那样高度灵活、能做复杂动作的机械;
2. 有视觉,听觉等感觉功能,有能力识别对象、能行动的装置。

以后我们将会看到,具备第二种特点的机器人属于智能

机器人,是真正意义上的机器人。如果抛开这一类的不谈,日本对工业机器人的定义也可以简单地说成是“能代替人的手腕做复杂动作的装置”。推敲起来,这样定义并不与 RIA 定义相悖,但涵盖面却较宽,既包括了 RIA 定义中的工业机器人,也包括简单机械手和固定程序式机器人。比较起来,我们青睐于美国 RIA 的定义,因为它较为明确而较少含糊。

从以上的简短议论中,我们不难看出,机器人是自动机器发展进程中的一个重大进步,一个伟大飞跃,一个必然方向。从前的机器需要人的控制,仅能做一种工作,今天的机器不需人的控制就能干很多种不同的工作。第一次工业革命开创了广泛采用动力机的时代,而机器人的出现和普遍应用则开创了前所未有的崭新时代。在这个新的时代里,人们制造出的机器不仅能用来制造出别的机器和产品,而且能够自我适应环境,自我调整,自我维护和自我复制,甚至将具有学习功能,能根据本身行动结果所积累的经验,来修改行动准则以正确完成任务。机器人技术是一门新的使人们的手工操作和智力活动向机械化、自动化发展的科学技术,它是当代控制论、自动控制技术、电子学与电子计算机技术、传感技术及人工智能等高度发展的综合成果,是人类迄今为止创造出来的最先进、最现代化的生产工具。

说到这里,读者或许会问,为什么我们需要如此高级的机器?我们不是有各种各样的自动机吗?好,让我们就来回答这个问题。

## 二、人类为什么需要机器人

无论是在制造技术方面,还是在推广应用方面,工业机器人都是与工业自动化密切相关的。

50年代,电子技术与机构学在自动控制理论的指导下成功地结合起来,诞生了自动机床。1955年,美国制成100台数控车床。1958年,美国又研制出能自动更换工具的自动加工中心。它在机床内放着几十把刀具,根据预定的程序把选配的刀具装到机床主轴上,这样一台机床一次就可以连续地完成几十道工序的加工。自动机床的进一步发展,出现了自动生产线和无人车间,即由自动机床进行加工,机器人和自动搬运装置运送,计算机控制的生产系统。机器人与自动机床的配合极大地提高了生产率,进一步推动了省力化。

机器人一经问世便显示出了它强大的威力。机器人技术对生产和社会的影响引起世界各国的高度重视,尤其是日本、美国和西欧各国,都在争先恐后地大力发展,力图取得领先地位。今天,工业机器人在国外已得到普遍应用。进入80年代以来,机器人技术的发展可谓是突飞猛进,平均以每年30%以上的速度持续增长。虽然美国研制开发最早,但日本后来居上,在许多方面已处于领先地位,被人们认为是当今世界上的机器人王国。截止1984年底,全世界拥有按美国RIA标准的工业机器人101814台,其中日本就占67300台,占三分之二,



美国 14500 台, 仅占 14% 强\*。

人们如此看重机器人, 主要的原因在于它的工作多样性和可编程性。这可以从以下几方面来加以说明。

由于机器人具有可编程性和工作多样性, 它比有固定程序的自动机器更能适应产品需求多变的市场。一般说来, 花在机器人重新编程和更换手端器具上的费用要比重新制造自动机器低得多。不仅如此, 机器人还允许对产品较小改动做出迅速反应, 因而表现出强大的灵活多变性, 更能适应竞争激烈的市场。外国把由机器人和自动搬运装置组成的由计算机控制的生产系统称为柔性制造系统, 道理正在于此。

在不适于人工作的恶劣环境中, 用机器人代替人从事有害、危险、艰苦的工作, 可以改善人的劳动条件。美国的工业机器人是从 50 年代后期发达起来的。当时发展机器人的主要目的就是为了把人们从所谓的“三 D”环境中解放出来。“三 D”指的是公害、危险、单调(它们的英文第一个字母均是“D”)。有了机器人, 人不仅可以减少伤亡, 也可以进入到人们想去而去不了的地方, 例如空间和海底, 从而扩大了人的活动领域。

机器人干起活来始终如一, 具有高度的准确性、可靠性、一致性, 因而产品质量高而稳定。用机器人生产, 生产率能够

---

\* 1987 年底的数目如下: 全世界近 20 万台, 其中日本为 10.6 万台、美国 2.9 万台、西欧 4 万台、除日本外的亚洲和太平洋地区为 1500 台。