

AN INTRODUCTION TO

ROBOT

TECHNOLOGY

【法】F. 科依费特 M. 奇罗兹

机器人技术导论

匡兴华 陈元兴 译 · 国防科技大学出版社

[法] F·科依费特 M·奇罗兹

机器人技术导论

匡兴华 陈元兴 译

机械工业出版社

内 容 简 介

机器人技术是世界范围内最引人注目的技术之一。本书作为机器人技术的导引性著作,介绍了机器人技术的发展现状、机器人的自由度、机器人的控制、计算机在机器人中的应用、机器人的执行机构、机器人的传感器、机器人的运动轨迹、机器人的性能及应用等内容,是较全面地了解机器人学的不可多得的概论性著作。

机器人技术导论

[法] 菲利普·科依费特 著

[法] 米歇尔·奇罗兹 著

匡兴华 陈元兴 译

张 彭 审校

责任编辑: 钟 平

国际科技大学出版社出版发行

邮政编码: 410073

新华书店总店科技发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 5.75 字数: 137千

1991年5月第1版第1次印刷 印数: 1—2600册

ISBN 7-81024-122-2/TP·18

定价: 4.45元

译 序

机器人技术是世界范围内正在迅速发展的重要的高技术领域。机器人技术涉及机械工程、电气技术、电子技术、传感器技术、计算机科学、人工智能、控制理论和数学等众多的科学技术门类，是高度综合化的先进技术。全面了解机器人技术的有关问题，对于我国从事机器人技术研究的科研人员、高等学校的有关教师和学生都是十分必要的，这正是翻译和出版此书的目的。

《机器人技术导论》系统地介绍了机器人技术的发展现状、机器人的自由度、机器人的控制、计算机在机器人中的应用、机器人的执行机构、机器人的传感器、机器人的运动轨迹、机器人的性能及应用等内容，是较全面了解机器人学的不可多得的概论性著作。

《机器人技术导论》是由法国著名机器人专家菲利普·科依费特和米歇尔·奇罗兹编写的。菲利普·科依费特是法国国家科学研究中心主任和以研究工业机器人著称的蒙波利埃大学自动化专业的教授。他是国际公认的机器人学的主要著作《机器人技术丛书》（共八卷）的主编和顾问。米歇尔·奇罗兹是蒙波利埃大学自动化研究实验室信息与技术服务部主任和高级工程师。他们合著的《机器人技术导论》实际上是近二百万字的《机器人技术丛书》的缩编或总论，因而具有重要的参考价值。

《机器人技术导论》初版为法文本，1983年在英国伦敦出

版英译本，本书是根据英译本译成中文的。第一章至第九章由副研究员匡兴华翻译，第十章至第十五章及附录由研究员陈元兴翻译，全书由机器人专家张彭副教授审校。

译 者

一九八九年六月于国防科技大学

序 言

机器人学现在是工业界和科技界都在努力开创的一个领域。机器人学这一名词可能有被滥用的危险。所以最重要的是，要确切地了解机器人是什么，机器人是怎样控制的，以及机器人是怎样能够在一些特定领域内得到应用的。

本书作者不仅是机器人研制中的革新家，而且还是德高望重的教育家。本书结构严谨、文笔精炼、内容丰富，深入浅出地探讨了机器人工作和应用的基本原理。书中内容既有广度，又达到了必要的深度，工业家、教师和大学生都将从中获益匪浅。

伊戈 亚历山大

1983年7月

目 录

第一章	机器人学：导论	(1)
	机器人学的应用领域	(3)
	新的工业革命	(5)
	本书的宗旨	(5)
第二章	机器人及常用的机器人	(7)
	“机器人”一词的由来	(7)
	“机器人”一词的定义	(7)
	机器人的性能特点	(8)
	机器人的一般结构	(8)
	机器人的环境	(10)
	任务的描述	(10)
	计算机的作用	(10)
	典型的工业机器人	(11)
	机器人的分类	(12)
	机器人的发展阶段	(13)
	现有的机器人和机器人市场	(14)
第三章	机器人的表示方法	(16)
	功能表示法	(16)
	图形表示法	(18)
	机械臂：实用的结构	(20)
	末端执行机构的结构	(21)
第四章	机器人的自由度	(23)
	刚体的自由度	(23)
	机器人的自由度	(23)

	工具特有的自由度	(25)
	自由度与灵活性	(25)
第五章	机器人控制的基本原理	(27)
	操作变量	(28)
	控制的主要层次	(29)
第六章	以几何学模型为基础的控制	(33)
	几何学模型: 简化的机器人模型	(33)
	几何学控制或位置控制	(42)
第七章	以运动学模型为基础的控制	(49)
	运动学模型: 简化的机器人	(49)
	偏差控制	(53)
	运动学控制的特点	(58)
	模型和动力学控制	(59)
第八章	执行机构的伺服控制	(60)
	伺服控制的原理	(60)
	伺服系统的数学研究方法	(68)
	与机器人伺服系统应用有关的几个实际问题	(73)
第九章	机器人的执行机构	(77)
	气动执行机构	(78)
	液压执行机构	(80)
	伺服控制的液压系统	(84)
	电动执行机构	(85)
	伺服控制电动机	(91)
	传动系统	(97)
	结论	(99)
第十章	内部传感器	(100)
	位移传感器或位置传感器	(100)
	速度传感器	(109)
	应力传感器	(110)
	加速度传感器	(113)
第十一章	外部传感器	(115)

外部传感器的应用	(115)
触觉传感器	(116)
应力传感器	(117)
接近传感器	(120)
视觉传感器	(121)
第十二章 计算机控制	(124)
模数和数模转换器	(125)
机器人使用的其它几种转换器	(126)
程序	(126)
结论	(131)
第十三章 机器人的训练和运动轨迹产生的方法	(132)
记录运动轨迹的方法	(132)
训练中采用的手动控制方法	(135)
轨迹的产生方法	(137)
任务空间和关节变量空间的轨迹	(139)
控制语言	(141)
结论	(142)
第十四章 机器人的性能和标准	(143)
机器人的性能	(143)
作业任务性质	(144)
人在机器人控制中的作用	(147)
经济性能	(148)
性能标准	(149)
第十五章 机器人的应用	(151)
应用实例	(151)
末端执行机构组件	(154)
结论	(154)
附录 I 机器人学中的矩阵运算：概述	(155)
矩阵运算的用途	(155)
实元素矩阵的计算：概述	(156)
附录 II 数学概述：坐标系的变换	(160)

	直角坐标系中向量的分量	(160)
	坐标系的变换	(161)
	机器人建模和控制常用的几个特例	(162)
	逆变换	(164)
附录 III	液流原理概述	(164)
	定义和方程式	(164)
附录 IV	直流电机	(166)
	基本工作原理	(166)
	感应控制电机	(167)
	电枢控制电机	(168)
附录 V	动力学模型	(169)
	有关动力学控制的几个问题	(169)
	动力学控制	(171)
	重力的影响	(171)

第一章 机器人学:导论

由于近年来技术上的巨大进步,许多工业生产过程已大量地实现了自动化,操作人员的作用日益减小。全自动化和无人工厂的出现看来可能只需要几十年时间了。

虽然全面自动化并不是新的概念,但在几年前它并没有被认为是切实可行的。自动控制的研究和自动化系统的运用可追溯到第二次世界大战,但是在战争结束几年之后,自动化系统的设计才取得巨大的进展。第一个工业机器人的问世是这一巨大进展的里程碑。此后,人们就开始应用机器人学这一术语来描述这一新兴学科和工业门类。

自动化系统演变为机器人系统经历了两个阶段,至少就工

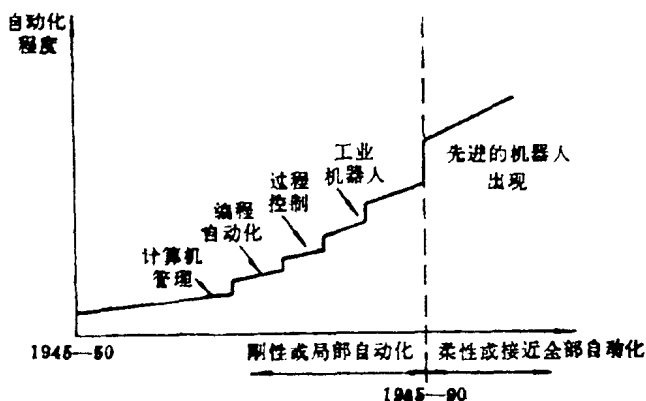


图 1.1 机器人学发展曲线图

业机器人的应用来说是这样的（见图1.1）。

第一阶段，除开已有的自动化机器之外，机器人系统的显著特点是其通用性和灵活性。可以认为，大量的体力劳动，特别是那些重复进行的体力劳动，可以委托给机器人，并且已有的大量机器，以及操作人员，也可由机器人取代。这样的机器人，以及目前使用的大多数此类机器人，是作为程序自动化的一种形式而发展的。然而，它们不能对环境有反应；更为重要的是，它们不能适应环境的变化。现在我们来说明机器人发展第二阶段初期的机器人，即能够认识和对实际的环境变化具有适应能力的交互式机器人。

需要这样一些新的技术先进的装置是基于如下理由：

1. 可编程序机器人的应用范围是有限的，而这一范围可以通过采用传感器和其它装置予以广泛扩充。

2. 认为由操作人员所完成的许多工作是重复的，当然并不是每个工作细节均如此。环境的轻微变化都要求对过程进行不断的调节。因此，机器人必须能够考虑环境的这些变化，以取代操作人员。

3. 机器人虽然是一种技术高度先进的装置，但它自己并不能解决操作人员所能解决的所有问题，因此必须与一些辅助技术相结合，例如计算机辅助制造(CAM)技术。

机器人学现在有两种普遍接受的含义：

1. 严格地说，它意味着通过改进我们现在所知道的机器人而进一步发展自动化；

2. 从广义上讲，它不仅包括机器人本身的发展，而且也包括与机器人有关的技术的发展，例如，计算机辅助设计(CAD)；或者将机器人看成为一种与别的机器相结合的具有特殊性能的机器（例如CAM、柔性工厂等）。

1.1 机器人学的应用领域

机器人的应用可以分为三个主要应用领域，即生产、勘探作业领域和辅助残疾人。实际上这几个领域之间彼此大量交叉，因此不应认为进行这种区分是必须的。

1.1.1 生产

工厂使用机器人大多是为了减少工人的数量。同其它的机器人或机器一道使用的生产用机器人与传统的加工机器比较有两个主要优点。它们是：

1. 生产过程的全面自动化将导致最终产品的高质量和更好的质量管理，以及增加对各种不同要求的适应性；

2. 增加生产设备的适应性，能使生产线迅速地从一种产品的生产转换为另一种类似产品的生产，例如从生产一种型号的小汽车转换为生产另一种型号的小汽车；或者当生产设备的某一部件出现故障时迅速进行替换。

如在2中所提到的那些适应性强的生产设备被称为柔性制造系统。柔性设备由少量机器人和与之一道使用的机器所组成（例如为开车床而设计的机器人与车床本身一道可以称为柔性设备）。大量柔性设备集中使用则称为柔性加工车间。当大量的机器和机器人一起使用时也称为柔性加工车间。

1.1.2 勘探作业

在勘探作业时，工作是在危险的环境中进行的，例如在水下、在太空、在有放射性的环境中，或在高温环境中。因此，机器人可以作为自主式机器人或者作为遥控系统使用。

1.1.2.1 自主式机器人

将这类机器人置于危险环境中可以完成预定的任务。例

如，机器人可用于从火星表面采集矿石、检修核反应堆、海底采掘和辅助铸造作业。目前，自主式机器人还只能完成简单的任务，而不要以为它们能“思考”，即它们不能对其本身所处的环境进行解释。事实上，正是基于这一原因，大多数勘探作业主要采用遥控操作系统。

1.1.2.2 遥控操作系统

这种方法是将机器人（常称为从动机械手）置于危险的环境中，而操作人员通过远距离控制来引导其操作。用遥控方法处理放射性物质是这一技术广为人知的实际运用。因为操作者要控制从动机械手运动，就必须将有关从动机械手环境变化的信息传送给操作者。最直接的方法是使用摄像机传送光学图像，但是也必须监控作用于从动机械手的机械应力。该系统被称为传感器反馈系统。

1.1.3 帮助残疾人的机器人

通常在电影中所描绘的类人型机器人，可帮助或代替人从事使人不愉快的、困难的或有危险性的工作。这一类机器人现在还属于科学幻想。今天可以见到的最近似于人的机器人是家用机器人，这种机器人可以避免家具清扫地面，但其价格昂贵，且影响有限。然而，在医学机器人学之中，为帮助残疾人而研制的机器人则使瘫痪者（下身麻痹者和四肢瘫痪者）和截肢者的生活状况获得了极大的改善。医学机器人主要用于：

假肢：人造手和人造腿等。

矫正医疗：在瘫痪的肢体周围设置刚性的机动结构对肢体进行运动功能训练。

遥控医疗：用于四肢瘫痪者。此时，由残疾人自己控制机器人，即利用身体内仍具有自由活动能力的部分（舌、口、眼睛等）操纵机器人。

1.2 新的工业革命

如果在二十或三十年期间，消费品的生产和服务工作已经高度自动化，就会对经济、社会和政治产生深远的影响。正如在本章开头所指出的，自动化系统的发展，以实现某些工业生产完全“机器人化”为标志，现已迈出了重要的一步，“机器人化”的实现已具有技术基础，亦已具有经济学的理论依据。

1.2.1 技术基础

1. 与数据处理、微电子学和自动化密切相关的“机器人化”所必需的技术，已获得加速发展；
2. 出现了具有新性能的新设备（例如与计算机辅助设计和计算机辅助制造系统有关的适应性强的机器人）。

1.2.2 经济基础

研究和发展机器人技术所必需的投资是工业化国家根据经济状况决定的。经济危机引起了对劳动力费用的重视，而自动化被认为是提高生产率的一种有效方法。将来的投资大概是优先支持发展机器人技术，而不是发展传统的工业生产方法。

1.3 本书的宗旨

本书是从最狭义的角度来研究机器人学的，所阐述和讨论的只是被称为机器人的装置，而不是可以采用机器人的大型系统。本书是为以下对象撰写的：

1. 研制实际上是数学算法的控制模型和不同控制形式的

自动化科学家：

2. 装配机器人各组成部分的生产者；
3. 需要训练机器人做必须完成的作业任务和利用机器人提高生产率以及改善工人工作条件的用户；
4. 需要指导理工科学生掌握机器人学基本原理的教师。

第二章 机器人及常用的机器人

2.1 “机器人”一词的由来

在许多语言中都存在“机器人”一词这一事实证明，尽管它是一个新创造的词，但它表明了人们长期以来要实现的一种愿望：制造一种装置，能够代替人做他自己不能做或不愿做但却仍然需要做或想要做的任何事情，而又不给人的权利带来任何威胁。

这一单词的最早使用始于1920年至1930年期间在捷克作家凯勒尔·凯佩克(Karel Capek)的名为“罗萨姆的万能机器人”(R·U·R)的幻想剧出现以后。在这一戏剧中，一些小的人造的和拟人的傀儡绝对地服从其主人的命令。这些傀儡被称为“机器人”。该单词起源于捷克语 *robota*，意思是“强制劳动”。

2.2 “机器人”一词的定义

两种可能的定义是：

1. 简明牛津词典所给的定义：

“近似于人的自动、智慧与服从，而并非是人的机器”。

然而，这一定义不可能是完全准确的，因为在应用中既不存在也不期望有完全类似于人的机器人。

2. 美国机器人研究所给出的定义：

“可重编程序的多功能的为搬运材料、工件、工具而设计