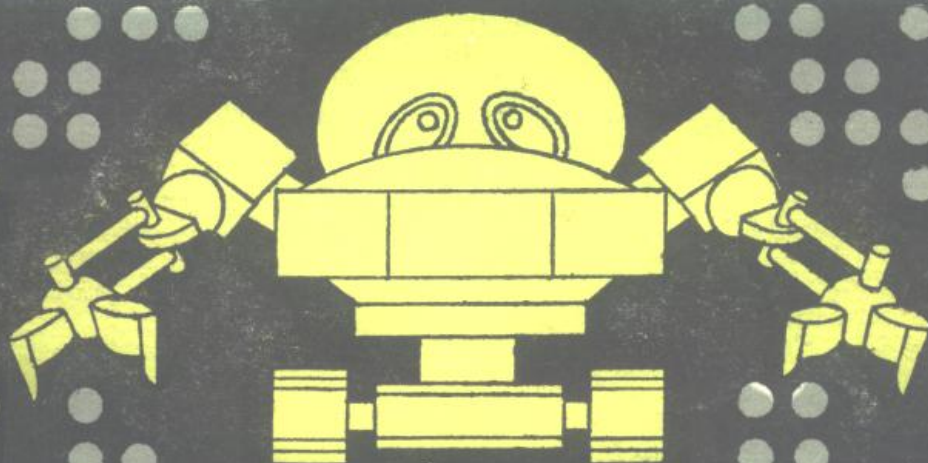


机器人学入门

[美] 尔尼 L. 贺尔 贝蒂 C. 贺尔 著

刘又午 等校译

彭泽民 审订



天津大学出版社

机器人学入门

[美] 尔尼 L. 贺尔 贝蒂 C. 贺尔著

刘又午 等校译

彭泽民 审 订

天津大学出版社

273560

内 容 简 介

本书可作为工业机器人的启蒙教材。其主要内容包括：工业机器人的部件和操纵、程序编制、传感器、智能机器人、应用和发展，还介绍了经济分析和效益评价，以及社会和政治影响。机器人学是一门新兴的前沿学科，体现了现代科学技术的最新成就，理应引起人们足够的重视。本书通俗易懂、妙趣横生，既包括最新资料的介绍，又有基本概念的阐述；既适于工程技术人员参考，又能满足管理人员、领导干部以至广大读者了解最新技术的需要。

ERNEST L. HALL BETTIE C. HALL

ROBOTICS

A USER-FRIENDLY INTRODUCTION

Holt, Rinehart and Winston

机器人学入门

[美] 尔尼L·贺尔 贝蒂C·贺尔 著

刘又午 等 校译

彭泽民 审 订

※

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

※

开本：850×1168毫米1/32 印张：9¹³/₁₆ 字数：250千字

1987年11月第一版 1987年11月第一次印刷

印数：1—5000

ISBN 7-5618-0022-3

统一书号：15401·14

定 价：2.70 元

致中国读者

过去几年中，作者有幸与来自中华人民共和国，到过辛辛那提大学机器人学研究中心的刘又午教授，以及曹作良、黄毓瑜等杰出的访问学者们共同工作，殊感欣慰。对远方的尊敬的同事齐永顺教授和俞欣荣工程师合作促成本书的出版，尤感愉快。我们由衷赞扬他们为《机器人学入门》中译本的出版所付出的时间、精力和辛勤的劳动。我们还要向审定与安排本书出版的彭泽民教授致以诚挚的谢意。我们高度评价他们热情、智慧，特别是深厚的友谊。

我们很高兴能以世界上最广泛使用的语言——汉语出版这本书。我们希望这本书的出版有可能使读者对机器人学这一新兴的振奋人心的领域，及有关科学技术问题的兴趣得到提高。考虑到这本书的出版或许能为我们两国的学术界、工业界和广大人民所促成的中美合作友谊添砖加瓦，更是我们高兴的事。

写作这本书的目的是以通俗易懂的方式介绍工业机器人的基本概念。我们把这本书作为在辛辛那提大学开设第一门机器人学课程的教材，学生都能很好地吸收。这样就能够在更多的后续课中增添进一步详尽研究机器人控制、机器人设计、机器人传感器以及机器人智能等方面的内容。我们依然认为但凡研究一个科目，最好先统观其貌。不仅局限于考察其技术状况和问题，还应考察任何一种新兴技术所必然引起的经济的、社会的形势和问题。

显然，用外文写作的书不能使读者感到十分亲切。所以我们非常感激编辑和有学术素养的译者们为使读者对它感到亲切所做的努力。我们设想，即便本书内容颇

每一个工程师、科学工作者以及热心技术的经理们轻而易举地掌握的。我们希望它能鼓励读者去进一步深入探索这门令人注目的新兴技术。

机器人学目前已成为名符其实的国际学科。然而，鉴于机器人学领域既要求机械的，也要求电气的工业技术知识，要理解这个新学科，掌握其原理，并确定如何有效地应用它，恐怕还得格外地努力。机器人是一种新型的“万能机器”，我们预期有朝一日它的重要地位将与计算机并驾齐驱。当今，它仅在工业应用上有所发展，且局限于被确认为可靠的技术范围。但是我们确信，在未来廿年内，它将被广泛应用于农业、医疗以及家庭等许多方面。



我们祝愿您在工业机器人的现代世界中进行一次愉快的旅行。

尼尔L.贺尔与贝蒂C.贺尔

工美国俄亥俄州辛辛那提市

1986

译者的话

机器人这种令人神往的机器，综合运用了机械、电气、电子技术、计算机科学、控制论以及信息论等学科的内容，集中荟萃了现代科学成果的结晶。其影响之所及，已经和正在改变着我们的工业生产方式，正在和即将进入我们的办公室和家庭。机器人是我国七、五规划的重点课题。即将置身于拥有千百万机器人的世界之中的读者，即使不是专业工作者，恐怕也应该对它有个基本概念。至今，无论专业书籍抑或科普读物，都不能满足社会的需要。

译者有幸访问辛辛那提大学，与尔尼 L. 贺尔教授一起工作。为了促进中美友谊，为了扩大两国学者的合作，贺尔教授愿将其最新著作推荐给中国人民。拜读之后，深感本书内容新颖，深入浅出，可兼顾各方面读者之需要，故决定把本书译为中文，献给所有对机器人技术感兴趣的读者。

本书第一、二、三、十章由刘又午译，俞欣荣校。第四章由齐永顺译，刘又午校。第五章由俞欣荣译，齐永顺校。第六、七章由曹作良译，刘又午校。第八、九章由黄毓瑜译，刘又午校。曹作良还承担了与作者联络磋商的工作。全书由刘又午统稿。特请林圣灿教授校订、彭泽民教授审阅全书。限于译者水平，错误在所难免，欢迎指正。

刘又午

1986年12月于天津大学

前 言

本书旨在浅介机器人学的入门知识，这是一个令人注目且又引人入胜的知识领域。在未来的岁月中，机器人定将对我们的生活、在经济、社会以及政治等方面产生深远影响。目前，它们即已变革着我们在工厂里习以为常的工作方式，还指望有朝一日也将变革我们在家庭和办公室里的工作方式。它们已经开始刺激我们工业的生产率以及我们的产品在国际市场的竞争能力。

众多机器人正在承担许多本由人类操作的危险而又艰辛的作业，这是机器人所奉献的最大利益之一。既然有机器人承担危险环境的作业，则至今仍使工人备受折磨的一切职业病症便或可祛除。使用机器人所带来的另一种好处是促使我们确定人类应该从事什么样的工作才恰如其份。机器人远比人类更能胜任简易、单调而又重复不已的作业，因为它不会厌倦又不知疲劳。人类则从不安于此类作业，否则，在我们的天赋中便不可能练就如此完善的灵感、智慧和识别能力。反之，机器人原本便是专为承担此类作业而设计，以使人类得以从中解脱，而从事前程更远大也更顺心遂意的事业。

本书面向志在迎接机器人挑战的读者；面向关注现代自动化冲击社会的读者；也面向有朝一日将会在拥有千百万机器人的世界中生活的读者。作者期望通过解说、举例、图表及像片向读者概述什么是机器人，它们怎样工作，它们之所能及其所不能。人们对它们的反应如何，它们现在怎样影响我们，将来又会怎样影响我们等。尽管我们多半专注于工业机器人（因为这是当今使用最多又是众所周知的品种），但也要涉及智能机器人的应用及其影

响。这类机械与计算机机能的巧妙组合所具备的潜力和本领，足可促使我们最美好的科学梦幻变成现实。

当今绝大多数机器人学的教科书都使用高度严谨和专门的工程数学语言写作。倘若唯独工程师才需懂得机器人知识，这种写法倒也恰当。然而，这种万能机械影响之所及，已经孕育出一种跨越学科简介机器人学入门知识的需求，正是这种需求推动了本书的写作。

我们衷心感谢辛辛那提大学、田纳西大学、辛辛那提米拉克龙、奥克利基国家实验室的朋友们以及为本书收集资料的机器人学教学与研究机构所给予的帮助和鼓励。

我们特别感谢辛辛那提大学Ivan Morse、Ronald Huston Richard Shell诸位教授和Lewis Laushy院长对本书的鼓励和支持。我们也深切赞赏辛辛那提米拉克龙的James Geier、Richard Messinger、James Gavin、Alfred Scheide、Dick Carrico、Mertin Corwin和Richard Hohn，让我们分享他们的机器人学专门知识。我们真挚地感谢辛辛那提米拉克龙的Ronald Tarvin向我们无偿地提供他的机器人学课程笔记，还提出建议并评阅了本书手稿。最后，我们要感谢田纳西大学的June Adawson和Michael Keene教授的启发和推心置腹的通信，没有他们的鼓励，我们绝不会想到要写出这本书。

还应感谢审稿诸君所提出的尖锐意见和实事求是的批评，使我们在领会他人对本书的看法上受益匪浅。他们还纠正了若干错误，也弥补了遗漏的细节。若尚有不当之处，应由作者自负文责。

还应指出，我们的编辑John Beck先生在本书写作的过程中自始至终给予指导和鼓励，谨致以衷心的感谢。

Ernest L. Hall

Bettie C. Hall

寄语教师

本书意在供作机器人学导论课程的通用教材。它取材于辛辛那提大学和田纳西大学开设的一组机器人学课程。稍为留心，你就会注意到书中运用了精心融汇贯通的专业和教学素材，力求清晰易懂，其中还包括不少断言和推测，以引导学生去领会某些必须认真思考而在正规的机器人学教材中又极少提到的疑点、争执和难题。

若作为技术导论课为本科一、二年级开设，就需精讲第一、二、四、五章。第二章的内容可供研讨机器人的历史及其演变，进而理解现代工业机器人如何臻于完善。本书还特别在第四章中提供一些编程的知识。

但若是作为常识导论课为这些年级开设，则可指定学生自己通读教材，再从教材和习题中选定若干专题组织课堂讨论。

若是用作为技术类和计算机类专业的三、四年级学生和研究生开设的一门只修一季度的课程的教材，则只取其第一、二、三、六及七章的内容，用大约30课时便可全部讲完。若再延长至下一季度，便可以第四、五、八、九及十章为基础，并着重于智能机器人的应用和智能地使用机器人。这本教材也可在一门三个季度修完的课程，特别是每季度都规定要作课程设计的课程中使用。例如，在第一季度便可指定如第七章所指出的关于论证机器人经济价值的设计课题。第二季度，便可做以机器人及感觉系统为基础构成智能机器人的设计题目。在第三季度，则可指定机器人及其大规模应用的设计课题，或者仅对此作些研究工作。

若是两个学期修完的课程，则第一、二、三、四与七章可在第一学期学完。再作一个论证工业机器人经济价值的课程设计便恰到好处。第二学期内，再学完第五、六、八、九和十章，着重

于智能机器人，同时，也应注意机器人的编程和仿真技术。

课程的录相带之类的教学辅助材料可从其总部设在1 SEM Drive, Dearborn, Michigan的国际机器人学协会或其设在各地的分会购买。我们还得知绝大多数制造厂家都乐于协助组织到现场参观本厂的实验研究所（室）。若有幸能亲临装备优良的机器人实验室定可受益匪浅。另外，还可从作者处购买本书全套插图的幻灯片。

目 录

前言

寄语教师

第一章 绪论.....	(1)
§ 1.1 什么是机器人.....	(2)
§ 1.2 为什么需要机器人.....	(5)
§ 1.3 机器人应用综述.....	(6)
§ 1.4 各章内容预习.....	(9)
第二章 机器人学发展史.....	(11)
2.1 通用机械.....	(11)
2.2 工业革命.....	(12)
2.3 假肢器官.....	(13)
2.4 遥控机械手.....	(15)
2.5 机器人学近代史中的关键事件.....	(23)
第三章 机器人的部件与操纵.....	(31)
3.1 基本部件.....	(31)
机械手.....	(32)
腕部.....	(40)
终端执行器.....	(47)
控制装置.....	(58)
能源装置.....	(59)

3.2	工业机器人的操作.....	(64)
	非伺服机器人的操作.....	(66)
	伺服操作.....	(69)
3.3	运动控制方法.....	(71)
	连续路径运动.....	(72)
	点到点操作.....	(73)
	接点插补运动.....	(74)
	可控路径运动.....	(75)
3.4	机器人控制的层次.....	(77)
3.5	工业机器人在线跟踪.....	(80)
3.6	模块式机器人.....	(81)

第四章 智能机器人的程序编制..... (85)

4.1	人工智能.....	(86)
4.2	机器智能.....	(94)
	机器人下跳棋.....	(96)
	机器人解魔方.....	(98)
4.3	机器人的声控.....	(102)
4.4	机器人的程序编制.....	(102)
	一级机器人语言.....	(107)
	示教程序编制.....	(120)
	脱机编程.....	(133)

第五章 机器人传感器..... (135)

5.1	机器人传感器的分类.....	(138)
5.2	机器人视觉的图象处理.....	(139)
5.3	机器人视觉特性.....	(143)
	照明系统.....	(145)
	摄象机定位、焦距、变焦和光圈控制.....	(145)
	摄象机选择.....	(145)

图象的数字化.....	(147)
处理实例.....	(150)
15.4 商品化机器人视觉系统.....	(157)
剪影机器人视觉.....	(157)
灰度机器人视觉系统.....	(160)
三维机器人视觉.....	(163)
5.5 测距和接近传感器.....	(164)
5.6 触觉传感器.....	(165)
5.7 运动机器人的传感器.....	(168)
5.8 传感器与集成控制.....	(176)
第六章 工业机器人的应用.....	(177)
6.1 制造工程的基础工业.....	(177)
6.2 材料加工和装配的基本工艺.....	(186)
机械加工.....	(186)
原材料加工.....	(189)
铸造工艺.....	(190)
热处理.....	(190)
机器人在焊接中的应用.....	(192)
装配工艺.....	(199)
精整工艺中的应用.....	(202)
6.3 机器人在材料传送和贮运中的应用.....	(206)
机械上下料.....	(206)
集装.....	(211)
拣箱.....	(212)
第七章 工业机器人的经济分析和论证.....	(213)
7.1 经济分析.....	(213)
7.2 机器人的经济论证.....	(223)
7.3 工作单元的经济论证.....	(232)

7.4	自动化工厂的经济性探讨	(235)
第八章 工业机器人的社会效益 (238)		
8.1	对教育和训练的新要求	(239)
8.2	机器人对就业的影响	(243)
8.3	机器人对工人的影响	(246)
	不完全就业与对工作的满意	(248)
	机器人与工会	(254)
8.4	对变革的阻力	(254)
第九章 可信赖的技术 (259)		
9.1	机器人对经济及政治的影响	(259)
9.2	机器人在其它国家的发展	(262)
9.3	美国机器人市场的扩大	(265)
9.4	预期效益	(269)
9.5	选择	(271)
9.6	结论	(272)
第十章 机器人的今天和明天 (274)		
10.1	机器人的发展	(274)
	自动化工厂	(274)
	标准化的必要性	(274)
10.2	正进行的研究和将来的应用	(276)
	机器人智能技术的进步	(276)
	军事方面	(276)
	家用和服务的机器人	(277)
	机器人在医疗和看护患者方面的应用	(282)
	遥控和恶劣环境中的机器人	(283)
	教学用机器人	(285)
	农业用机器人	(287)

移动式机器人.....	(289)
10.3 结论.....	(291)
参考文献.....	(293)

第一章 绪论

揭示自然的奥秘、行星的轨道、植物和动物的演化，首先需要超凡的辨识能力。科学进步并非由于对日常经验的确信，而在于抓住与常识迥异的实质，进入未知探索真理。…否则，就没有比认为地球静止不动，而我们处于宇宙的中心更为明显的了。

D. J. Boorstin (1983)

机器人学是设计、建造和应用机器人的科学。本章将解释什么是机器人，以及人们为什么需要了解它们。按理说，机器人至今已可谓家喻户晓，然而说起机器人的形象和本领，则我们的想象恐怕多半来源于某些小说、故事和电影。例如，机器人(robot)这个字就来源于捷克语的奴隶一字，是早在20世纪20年代，由Karel capek在他创作的一个关于机械人反抗其主人的剧目中，引入我们的文化的。著名科学普及读物作家 Isaac Asimov 在1942年撰写的科学幻想小说故事“流浪者”(“Runabout” Asimov 1982)中又创造了机器人学(robotics)这个字。但仅仅在近25年以来，真正的机器人及对机器人的认真研究才从小说领域转移到大学的实验室和工业界的工厂。

现今，机器人学已经发展成为一门综合运用机械、电气、计算机、产业和制造业等多种工程学科基础知识和创造能力的举足轻重的学科。无需夸张其特殊地位，机器人学也不愧为引人入胜、前途无量的研究领域。今日莘莘学子，明日即成机器人学专家、设计师、程序编制员、用户或教师。现在攻读机器人学的学生将为最大限度地开发机器人性能作出重要贡献。从工程学到社

会学所有学科的学生都有机会投身于这项自从计算机问世以来堪称我们劳动手段的最彻底的革新之中。

学习机器人学时，务必记住我们有许多关于什么是机器人及其所能、所不能的设想原本是虚构的。在冒险小说里，机器人会驾驶宇宙飞船，会看护儿童，还与人类争霸星系。而在现实世界里，机器人却只做些诸如给汽车喷漆、焊接或搬运放射性物质之类的具体工作。即便虚构的机器人并非法定必不存在，但绝大多数专家总会同意幻想出一件神奇机器毕竟远比制成一件能够工作的机器省事得多。再者我们并不需要也不想要与我们争斗的机器人。我们只需要那种帮助我们工作得更快、更有效的机器人，以使人类能够享受尤其美好的生活。重要的是：我们学习机器人和开发其性能的目的是要开创一个机器为人类服务，而不是人为机器服务的社会。

1.1 什么是机器人

如果你走进设在田纳西州New Smyrna的Nissan卡车工厂，期待能看到象C3PO*那样神采奕奕的偶人(androids)在装配零件，然而你会大失所望。现代工业机器人更象普通的机器而远不象人。很显然，因为机器人毕竟就是机器。图1-1所示，即是一个机器人在做工的实例。这个机器人正在用大功率激光器修整塑料仪表盘组件。这个机器人与任何其它自动化机器区别何在呢？我们为什么叫它“机器人”，而不称之为“仪表盘自动修整器”呢？因为机器人是一种特殊的自动化机器。一个机器人不仅能做这种特定的修整工作，而且可以重新调整和编程以完成很多不同的工作。这种可编程性和多功能适应性正好说明为什么所有

* C3PO是在著名电影“星球大战”中那个样子像人的机器人的名字。

——译者注