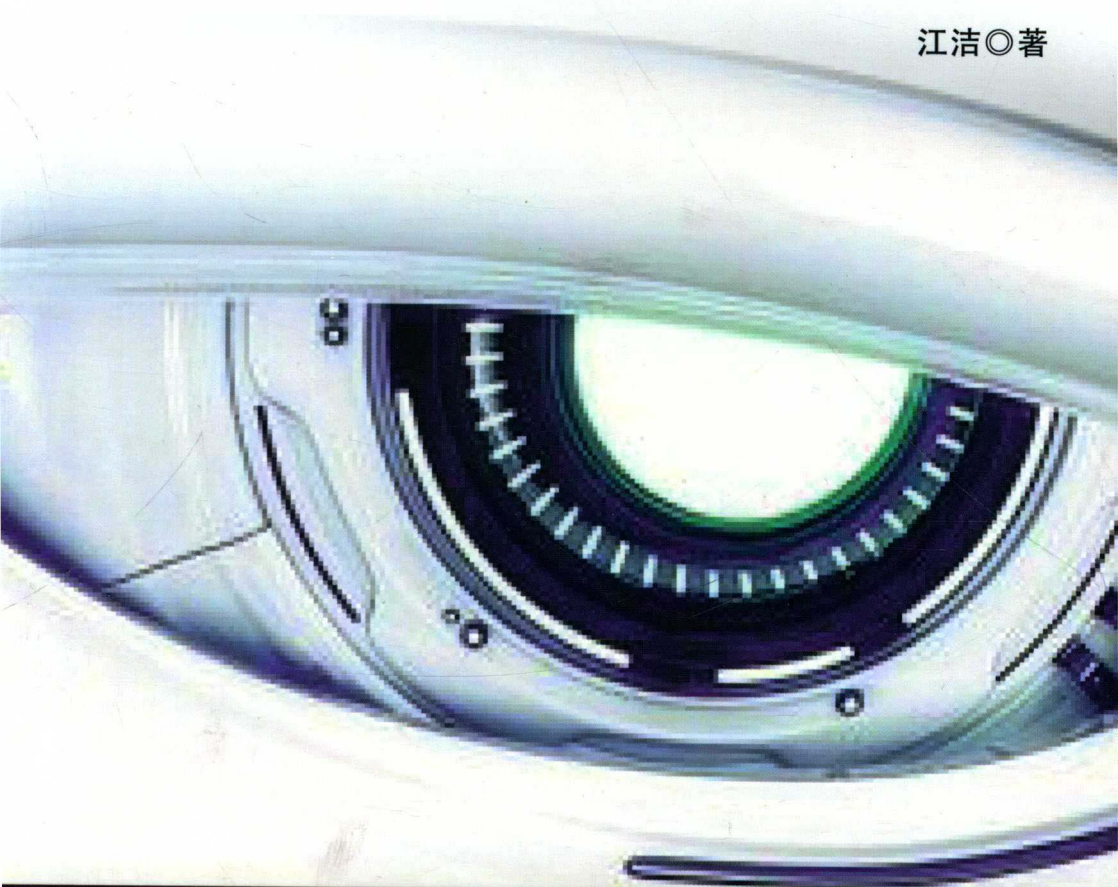


现代机器人学基础与控制研究

XIANDAI JIQIRENXUE JICHU YU
KONGZHI YANJIU

江洁◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

现代机器人学基础与控制研究

江洁 著

常州大学图书馆
藏书章



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

基于机器人应用发展的需要,本书对现代机器人学的理论与控制进行了系统的探究。本书以机器人学的相关理论为基础,详细论述了机器人的控制方法,对机器人现代控制技术进行了解构,向读者呈现出了更加直观的机器人控制技术。本书的一大亮点就是理论与应用相结合,不仅详细阐述了机器人的感知系统、驱动控制、操作臂控制与视觉控制等具体的控制理论,而且还对不同领域中的机器人的具体应用进行了相关探究。

本书可供高校机器人相关专业学习与阅读,也可供机器人爱好者参考与使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代机器人学基础与控制研究 / 江洁著. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2018.3
ISBN 978-7-5170-6355-1

I. ①现… II. ①江… III. ①机器人学-研究 IV.
①TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 051929 号

责任编辑: 陈 洁

封面设计: 王 伟

书 名	现代机器人学基础与控制研究 XIANDAI JIQIRENXUE JICHU YU KONGZHI YANJIU
作 者	江洁 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市同力彩印有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 13.25印张 234千字
版 次	2018年3月第1版 2018年3月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	53.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

Preface

前言

现代控制技术不断的发展为很多学科的研究提供了新的可能性，其中就包括了关于机器人的研究。以前，大多数的都是需要人力完成的，但是，随着人类进入 21 世纪，机器人取代人工已经成为可能，这不仅在一定程度上提高了社会劳动生产率，而且还方便了人们的日常生活，这其中就有机器人科学家以及研究者为此做出的突出贡献。更重要的是，机器人的到来还开辟了一些人所不能亲自完成的事业，比如登录月球。在机器人不断发展的过程中，一门新兴的学科诞生了，该学科就是机器人学，机器人学虽然仅仅只有几十年的历史，但是，它也在曲折发展中取得了许多可喜的成果。目前，全世界有大量的机器人被应用在人们的工作与生活中，在可预见的将来，机器人技术一定能够发展成为一个非常有前景的产业。机器人不仅在人们日常生活中发挥着作用，而且还对国民经济的发展有一定的影响力，因此，面对当今世界经济的严峻挑战，机器人学应该为更多的人所重视。

在西方发达国家，工业机器人的理论不仅成熟，其应用也得到了广泛的推广，尤其是关于机器人控制的研究，机器人控制是一项融合了多种学科的技术，它不仅囊括了计算机技术，而且还包括了自动控制技术等学科的内容。基于计算机科学与人工智能等理论的发展，在机器人控制的研究中，控制方法于技术等内容越来越重要，成为解决当前机器人问题的一剂良药。因为机器人控制涉及了多种学科，其控制策略已经在其应用中显示出了较大的现实意义，尤其是当前智能机器人控制研究的火热发展，使得自适应控制、鲁棒控制等都得到了前所未有的发展。

虽然中国的机器人研究曾经出现了一些不景气的情况，但是，最近已经有了复苏之势，因为机器人的应用得到了大力的推广，随之也带来了研究界的研究风潮，一系列关于机器人学与控制的著作相继出版，为机器人研究的发展做

出了不小的贡献。其中，作者结合自己丰富的教学经验以及前人研究的基础上凝聚而成的本书就是研究浪潮中的一颗宝石，推动着机器人研究的不断进步与发展。本书提出了关于机器人学起源、发展以及研究的相关思考，同时对机器人控制的方法与技术也进行了具体的探究，最重要的是，本书还立足实践，对机器人的应用问题也进行了必要的分析与探讨。本书指明了机器人学研究的发展方向，明确了机器人的发展目标，给出了机器人应用的发展方向，相信在本书的指导下，中国的机器人学与控制研究事业必定会迎来一个辉煌的明天。

本书内容丰富又很全面，不仅对机器人学与控制的基础相关理论进行了系统性的研究，而且还在借鉴众多研究成果的前提下汇聚成了一套关于机器人学与控制的基础研究体系，该研究体系既有理论研究，也有应用分析，既揭示了机器人学的研究现状与发展方向，也介绍了机器人控制的技术与方法，从该层面来说，本书的确内容丰富又全面。当然，该体系并不能完全反映机器人研究领域的所有成果，只是将所有的重点放在控制方面，但仍仍然希望本书能够为机器人学与控制的相关研究人员提供參考。

本书最大的一个亮点就是对机器人应用领域的探讨。机器人学与控制的理论性研究最终还是要通过实践的检验，本书在结合理论研究的基础上，对工业机器人、仿生机器人、医用机器人以及家用机器人的相关应用进行了具体的剖析，这同样是本书的创新所在。

机器人学与控制研究的路还很长，本书的研究如果能為机器人整体性的研究做出一份贡献那就再好不过了。由于作者水平有限，书中的诸多观点可能会存在一些不当之处，恳请各位专家批评指正。

作者

2017年12月

第六章 机器人现代控制技术	131
第一节 机器人变结构控制与自适应控制	131
第二节 机器人鲁棒控制	138
第三节 机器人最优控制与自学习控制	143
第七章 机器人智能控制研究	148
第一节 智能控制的分类与基本特征	148
第二节 机器人模糊控制	158
第三节 机器人神经网络控制	165
第四节 机器人智能控制技术的融合	171
第八章 移动机器人控制技术	174
第一节 移动机器人概述	174
第二节 移动机器人的路径规划技术	180
第三节 移动机器人刚性编队控制与群集运动控制	184
第九章 机器人在不同领域中的应用	189
第一节 工业机器人	189
第二节 仿生机器人	193
第三节 医用机器人	196
第四节 家用机器人	199
参考文献	204

人一两的起源。在该剧本中，凯佩克把斯洛伐克语“Robota”解释为凯瑟琳的奴隶，并由此引申为机器人。该剧在布拉格首演后，引起人们的广泛关注。

第一章 机器人学概述

“机器人”已是家喻户晓的“大明星”，它正在迅速崛起，并对整个工业生产、太空和海洋探索以及人类生活的各方面产生越来越大的影响。在机器人的不断发展中逐渐形成了一门学科，这就是机器人学，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。

第一节 机器人学的起源与发展

进入近代之后，人类关于发明各种机械工具和动力机器，协助甚至代替人们从事各种体力劳动的梦想更加强烈。18世纪发明的蒸汽机开辟了利用机器动力代替人力的新纪元。随着动力机器的发明，出现了第一次工业和科学革命，各种自动机器、动力机和动力系统相继问世，机器人也开始由幻想时期转入自动机械时期，各种精巧的机器人玩具和工艺品应运而生。这些机器人玩具和工艺品的出现，标志着人类在机器人从梦想到现实这一漫长道路上，前进了一大步。进入20世纪之后，机器人已躁动于人类社会和经济的母胎之中，人们含有几分不安地期待着它的诞生。他们不知道即将问世的机器人将是个宠儿，还是个怪物。1920年，捷克剧作家卡雷尔·凯培克在他的幻想情节剧《罗萨姆的万能机器人》中，第一次提出了“机器人”这个名词。1950年，美国著名科学幻想小说家阿西摩夫在他的小说《我是机器人》中，提出了有名的“机器人三守则”：

- (1) 机器人必须不危害人类，也不允许它眼看人将受害而袖手旁观；
- (2) 机器人必须绝对服从于人类，除非这种服从有害于人类；
- (3) 机器人必须保护自身不受伤害，除非为了保护人类或者是为人类做

出牺牲。

这三条守则给机器人社会赋以新的伦理性，并使机器人概念通俗化，更易于为人类社会所接受。

多连杆机构和数控机床的发展和应用于机器人技术打下重要基础。

美国人乔治·德沃尔于1954年设计了第一台可编电子程序的工业机器人，并于1961年发表了该项机器人专利。1962年，美国万能自动化（Unimation）公司的第一台机器人Unimate在美国通用汽车公司（GM）投入使用，这标志着第一代机器人的诞生。从此，机器人开始成为人类生活中的现实。

一、机器人学的起源

（一）机器人的萌芽

人类长期以来存在一种愿望，即创造出一种像人一样的机器或“人造人”，以便能够代替人去进行各种工作。这就是“机器人”出现的思想基础。机器人的概念在人类的想象中已存在3000多年了。早在我国西周时代（公元前1066年至公元前771年），就流传有关巧匠偃师献给周穆王一个艺伎（歌舞机器人）的故事。作为第一批自动化动物之一的能够飞翔的木鸟是在公元前400年至公元前350年间制成的。公元前3世纪，古希腊发明家戴达罗斯用青铜为克里特岛国王迈诺斯塑造了一个守卫宝岛的青铜卫士塔罗斯。在公元前2世纪出现的书籍中，描写过一个具有类似机器人角色的机械化剧院，这些角色能够在宫廷仪式上进行舞蹈和列队表演。我国东汉时期（公元2—220年），张衡发明的指南车是世界上最早的机器人雏形。

（二）机器人的诞生

近代之后，人类关于发明各种机械工具和动力机器，协助以至代替人们从事各种体力劳动梦想更加强烈。18世纪发明的蒸汽机开辟了利用机器动力代替人力的新纪元。随着动力机器的发明，人类社会出现了第一次工业和科学革命。各种自动机器、动力机和动力系统的问世，使机器人开始由幻想时期转入自动机械时期，许多机械式控制的机器人应运而生。比如，1893年，加拿大摩尔设计出了一种以蒸汽为动力、可平稳行走的步行装置。

20世纪初期，机器人已躁动于人类社会和经济的母胎之中，人们含有几分不安地期待着它的诞生。他们不知道即将问世的机器人将是个宠儿，还是种怪物。1920年，捷克剧作家卡雷尔·凯佩克在他的科幻情节剧《罗萨姆的万能机器人》（R. U. R）中，第一次提出了“机器人”这个名词，被当成了机器

人一词的起源。在该剧本中，凯佩克把斯洛伐克语“Robota”理解为奴隶或劳役的意思。该剧忧心忡忡地预告了机器人的发展对人类社会产生的悲剧性影响，引起人们的广泛关注。

1959年真正的机器人诞生了。当时，美国人英格伯格和德沃尔制造出了世界上第一台工业机器人，标志着机器人正式诞生。当时，英格伯格和德沃尔都供职于一家汽车公司，他们认为，汽车工业最适合于机器人干活，这样不但可以代替工人的一些简单重复劳动，而且更重要的是，它们不要吃饭，不知疲倦，不要报酬，始终任劳任怨。于是，他们分工进行研制，由英格伯格负责设计机器人的“手”“脚”“身体”，德沃尔设计“头脑”“神经系统”。这台机器人研制出来后，只有手臂功能与人相似，外形像一个坦克的炮塔，基座上有一个大机械臂，大臂上又伸出一个可以伸缩和转动的小机械臂，能进行一些简单的操作，代替人做一些诸如抓放零件的工作。与其说它是一台机器人，不如说是一只断手臂。但它的诞生，开创了机器人研究的新纪元。此后，精明的英格伯格和德沃尔创办世界上第一家机器人制造工厂，并生产出一批名叫“尤里梅特”的工业机器人，从而把科幻剧本的罗萨姆万能机器人公司从虚幻变成了现实，他们因此获得“世界工业机器人之父”的殊荣。1984年，当英格伯特离开从事了20多年研究的机器人公司时，他说，如有可能，他还要改造他的“尤里梅特”机器人，使它们能够擦地板、做饭，走到门外去洗刷汽车和进行安全检查等。

二、机器人学的发展

工业机器人问世后头10年，从20世纪60年代初期到70年代初期，机器人技术的发展较为缓慢，许多研究单位和公司所作的努力均未获得成功。这一阶段的主要成果有美国斯坦福国际研究所（SRI）于1968年研制的移动式智能机器人夏凯（Shakey）和辛辛那提·米拉克龙（Cincinnati Milacron）公司于1973年制成的第一台适于投放市场的机器人T3等。

20世纪70年代，人工智能学界开始对机器人产生浓厚兴趣。他们发现，机器人的出现与发展为人工智能的发展带来了新的生机，提供了一个很好的试验平台和应用场所，是人工智能可能取得重大进展的潜在领域。这一认识，很快为许多国家的科技界、产业界和政府有关部门所赞同。随着自动控制理论、电子计算机和航天技术的迅速发展，到了20世纪70年代中期，机器人技术进入了一个新的发展阶段。到70年代末期，工业机器人有了更大的发展。进入80年代后，机器人生产继续保持70年代后期的发展势头。到80年代中期机器人制造业成为发展最快和最好的经济部门之一。

到 20 世纪 80 年代后期, 由于传统机器人用户应用工业机器人已趋饱和, 从而造成工业机器人产品的积压, 不少机器人厂家倒闭或被兼并, 使国际机器人学研究和机器人产业出现不景气。到 20 世纪 90 年代初, 机器人产业出现复苏和继续发展迹象。但是, 好景不长, 1993—1994 年又跌入低谷。全世界工业机器人的数目每年在递增, 但市场是波浪式向前发展的, 1980 年至 20 世纪末, 出现过三次马鞍形曲线。1995 年后, 世界机器人数量逐年增加, 增长率也较高, 机器人学以较好的发展势头进入 21 世纪。

进入 21 世纪, 工业机器人产业发展速度加快, 年增长率达到 30% 左右。其中, 亚洲工业机器人增长速度高达 43%, 最为突出。

据联合国欧洲经济委员会 (UNECE) 和国际机器人联合会 (IFR) 统计, 全球工业机器人 1960—2006 年底累计安装 175 万多台; 1960—2011 年累计安装超过 230 万台。工业机器人市场前景看好。

近年来, 全球机器人行业发展迅速, 2007 年全球机器人行业总销售量比 2006 年增长 10%。人性化、重型化、智能化已经成为未来机器人产业的主要发展趋势。现在全世界服役的工业机器人总数在 100 万台以上。此外, 还有数百万服务机器人在运行。

根据 IFR 统计, 2011 年是工业机器人产业蓬勃发展的一年, 全球市场同比增长 37%。其中, 中国市场的增幅最大, 销售量达 22577 台, 较 2010 年增长 50.7%; 2012 年达到 26902 台, 同比增长 19.2%。到 2015 年, 中国的工业机器人拥有量将达到十万台 (套)。2011—2012 年, 中国和全球市场对工业机器人的需求创下新高。预测数据还表明, 中国有望于 2014 年或 2015 年成为世界最大的机器人市场。德国 KUKA 机器人、日本川崎机器人等世界 500 强的机器人制造公司, 近年来已将市场重点转到中国, ABB 公司甚至把全球总部搬到中国。

在过去的几十年间, 机器人学和机器人技术获得引人注目的发展, 具体体现在: ①机器人产业在全世界迅速发展; ②机器人的应用范围遍及工业、科技和国防的各个领域; ③形成了新的学科——机器人学; ④机器人向智能化方向发展; ⑤服务机器人成为机器人的新秀而迅猛发展。

现在工业上运行的 90% 以上的机器人, 都不具有智能。随着工业机器人数量的, 快速增长和工业生产的发展, 对机器人的工作能力也提出更高的要求, 特别是需要各种具有不同程度智能的机器人和特种机器人。这些智能机器人, 有的能够模拟人类用两条腿走路, 可在凹凸不平的地面上行走移动; 有的具有视觉和触觉功能, 能够进行独立操作、自动装配和产品检验; 有的具有自主控制和决策能力。这些智能机器人, 不仅应用各种反馈传感器, 而且还运用

人工智能中各种学习、推理和决策技术。智能机器人还应用许多最新的智能技术,如临场感技术、虚拟现实技术、多真体技术、神经网络技术、遗传算法和遗传编程、仿生技术、多传感器集成和融合技术以及纳米技术等。

机器人学与人工智能有十分密切的关系。智能机器人的发展是建立在人工智能的基础上的,并与人工智能相辅相成。一方面,机器人学的进一步发展需要人工智能基本原理的指导,并采用各种人工智能技术;另一方面,机器人学的出现与发展又为人工智能的发展带来了新的生机,产生了新的推动力,并提供一个很好的试验与应用场所。也就是说,人工智能想在机器人学上找到实际应用,并使知识表示、问题求解、搜索规划、机器学习、环境感知和智能系统等基本理论得到进一步发展。粗略地说,由机器来模仿人类的智能行为,就是人工智能,或称为机器智能。而应用各种人工智能技术的新型机器人,就是智能机器人。

移动机器人是一类具有较高智能的机器人,也是智能机器人研究的一类前沿和重点领域。智能移动机器人是一类能够通过传感器感知环境和自身状态,实现在有障碍物的环境中面向目标的自主运动,从而完成一定作业功能的机器人系统。移动机器人与其他机器人的不同之处就在于强调了“移动”的特性。移动机器人不仅能够生产、生活中起到越来越大的作用,而且还是研究复杂智能行为的产生、探索人类思维模式的有效工具与实验平台。21世纪的机器人的智能水平,将提高到令人赞叹的更高水平。

三、机器人学的发展趋势

1. 传感型智能机器人发展较快

作为传感型机器人基础的机器人传感技术有了新的发展,各种新型传感器不断出现。例如超声波触觉传感器、静电电容式距离传感器、基于光纤陀螺惯性测量的三维运动传感器,以及具有工件检测、识别和定位功能的视觉系统等。

多传感器集成与融合技术在智能机器人上获得应用。由于单一传感信号难以保证输入信息的准确性和可靠性,不能满足智能机器人系统获取环境信息及系统决策能力。采用多传感器集成和融合技术,利用各种传感信息,获得对环境正确理解,使机器人系统具有容错性,保证系统(尤其是移动机器人系统)信息处理的快速性和正确性。在多传感集成和融合技术研究方面,神经网络的应用特别引人注目,成为一个研究热点。

2. 开发新型智能技术

智能机器人有许多诱人的研究新课题,对新型智能技术的概念和应用研究

正酝酿着新的突破。

临场感技术能够测量和估计人对预测目标的拟人运动和生物学状态，显示现场信息，用于设计和控制拟人机构的运动。

多媒体和虚拟现实（Virtual Reality, VR）技术是新近研究的智能技术，它是一种对事件的现实性从时间和空间上进行分解后重新组合的技术。这一技术包括三维计算机图形学技术、多功能传感器的交互接口技术以及高清晰度的显示技术。虚拟现实技术可应用于遥控机器人和临场感通讯等。

形状记忆合金（SMA）被誉为“智能材料”。SMA 的电阻随温度的变化而改变，导致合金变形，可用来执行驱动动作，完成传感和驱动功能。

多智能机器人系统（MARS）是近年来开始探索的又一项智能技术。它是在单体智能机器人发展到需要协调作业的条件下产生的。多个机器人主体具有共同的目标，完成相互关联的动作或作业。MARS 的作业目标一致，信息资源共享，各个局部（分散）运动的主体在全局前提下感知、行动、受控和协调，是群控机器人系统的发展。

在诸多新型智能技术中，基于人工神经网络的识别、检测、控制和规划方法的开发和应用占有重要的地位。基于专家系统的机器人规划获得新的发展，除了用于任务规划、装配规划、搬运规划和路径规划外，又被用于自动抓取规划。遗传算法和进化编程已成为机器人系统的新型优化、编程和控制技术。

3. 采用模块化设计技术

智能机器人和高级工业机器人的结构要力求简单紧凑，其高性能部件甚至全部机构的设计已向模块化方向发展，其驱动采用交流伺服电机，向小型和高输出方向发展；其控制装置向小型化和智能化发展，采用高速 CPU 和 32 位芯片、多处理器和多功能操作系统，提高机器人的实时和快速响应能力。机器人软件的模块化则简化了编程，发展了离线编程技术，提高了机器人控制系统的适应性。

4. 微型机器人的研究有所突破

微型机器人和微型机器人是 21 世纪的尖端技术之一。已经开发出手指大小的微型移动机器人，可用于进入小型管道进行检查作业。预计将生产出毫米级大小的微型移动机器人和直径为几百微米甚至更小（纳米级）的医疗机器人，可让它们直接进入人体器官，具有纳米分辨率表面成像和渗透能力，进行各种疾病的诊断和治疗，而不伤害人的健康。

微型驱动器是开发微型机器人的基础和关键技术之一，将对精密机械加工、现代光学仪器、超大规模集成电路、现代生物工程、遗传工程和医学工程产生重要影响。微型机器人在上述工程中将有大有用武之地。

在大中型机器人微型机器人系列之间,还有小型机器人。小型化也是机器人发展的一个趋势。小型机器人移动灵活方便,速度快,精度高,适于进入大中型工件进行直接作业。已开发出一种能够模拟动物意识的小型机器人软件体系结构,控制机器人实现有意识的运动。比微型机器人还要小的超微型机器人,应用纳米技术,将用于医疗和军事侦察目的。

5. 应用领域向非制造业和服务业扩展

为了开拓机器人新市场,除了提高机器人的性能和功能,以及研制智能机器人外,向非制造业扩展也是一个重要方向。开发适应于非结构环境下工作的机器人将是机器人发展的一个长远方向。这些非制造业包括航天、海洋、军事、建筑、医疗护理、服务、农林、采矿、电力、煤气、供水、下水道工程、建筑物维护、社会福利、家庭自动化、办公自动化和灾害救护等。

6. 开放式网络机器人技术初见端倪

利用现代网络技术对机器人系统进行远程控制与操作,已成为最新的机器人研究方向之一。所谓网络机器人技术就是经过 Internet 等网络对机器人进行公开和快捷的研究、开发操作和实验,以实现高度的资源共享和技术交流。由于网络技术和网点的迅速发展,网络机器人技术必将获得快速发展,并促进机器人技术的进一步发展。

网络通信和通信协议可在移动机器人系统中起到重要作用。通过改进, TCP 网络协议可用于移动机器人系统,并在用户数据图协议顶层进行开发,提供一种基于信息的可靠的传输服务。还可以用一个阶段层协议来支持多个网站之间的多平台控制。网络技术也在多智能体机器人系统中得到应用。针对分散在办公室的智能机器人环境,提出了基于浏览器、Java 语言、Socket 通信等 Web 技术的通信和控制方案。用户通过手提式计算机和 Web 服务器就能对机器人读取,进行机器人观测和控制。Wall 技术提供了机器人控制、人-机器人通讯和网页读取的综合框架。此框架为 Internet 在机器人智能办公室系统开辟一个新的研究和应用领域。

第二节 机器人的特点、结构与分类

一、机器人的定义与特征

(一) 机器人的定义

至今还没有机器人的统一定义。要给机器人下一个合适的并为人们普遍接受的定义是困难的。专家们采用不同的方法来定义这个术语。它的定义还因公众对机器人的想象以及科学幻想小说、电影和电视中对机器人形状的描绘而变得更为困难。为了规定技术、开发机器人新的工作能力和比较不同国家和公司的成果,就需要对机器人这一术语有某些共同的理解。

1. 国际上对于机器人的定义

关于机器人的定义,国际上主要有如下几种:

(1) 英国简明牛津字典的定义。

机器人是“貌似人的自动机,具有智力的和顺从于人的但不具人格的机器”。

这一定义并不完全正确,因为还不存在与人类相似的机器人在运行。这是一种理想的机器人。

(2) 美国机器人协会(RIA)的定义。

机器人是“一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的,通过可编程序动作来执行种种任务的,并具有编程能力的多功能机械手(manipulator)”。

尽管这一定义较实用些,但并不全面。这里指的是工业机器人。

(3) 日本工业机器人协会(JIRA)的定义。

工业机器人是“一种装备有记忆装置和末端执行器(end effector)的,能够转动并通过自动完成各种移动来代替人类劳动的通用机器”。或者分为两种情况来定义:①工业机器人是“一种能够执行与人的上肢类似动作的多功能机器”。②智能机器人是“一种具有感觉和识别能力,并能够控制自身行为的机器”。前一定义是工业机器人的一个较为广义的定义,后一种则分别对工业机器人和智能机器人进行定义。

(4) 美国国家标准局 (NBS) 的定义。

机器人是“一种能够进行编程并在自动控制下执行某些操作和移动作业任务的机械装置”。

这也是一种比较广义的工业机器人定义。

(5) 国际标准组织 (ISO) 的定义。

机器人是“一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手，这种机械手具有几个轴，能够借助于可编程序操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置，以执行种种任务”。

显然，这一定义与美国机器人协会的定义相似。

(6) 关于我国机器人的定义。

随着机器人技术的发展，我国也面临讨论和制订关于机器人技术的各项标准问题，其中包括对机器人的定义。我们可以参考各国的定义，结合我国情况，对机器人做出统一的定义。

2. 我国国内对机器人的定义

我国科学家对机器人的定义是：“机器人是一种自动化的机器，所不同的是这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力，如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力，是一种具有高度灵活性的自动化机器”。在研究和开发未知及不确定环境下作业的机器人的过程中，人们逐步认识到机器人技术的本质是感知、决策、行动和交互技术的结合。

《中国大百科全书》对机器人的定义为：能灵活地完成特定的操作和运动任务，并可再编程序的多功能操作器。而对机械手的定义为：一种模拟人手操作的自动机械，它可按固定程序抓取、搬运物件或操持工具完成某些特定操作。

机器人 (Robot) 是自动执行工作的机器装置。它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领行动。它的任务是协助或取代人类工作的工作，例如生产业、建筑业或是危险的工作。机器人是高级整合控制论、机械电子、计算机、材料和仿生学的产物。在工业、物流、医学、农业、建筑业甚至军事等领域中均有重要用途。

随着机器人的发展，国际上对机器人的概念已经基本趋近一致。一般来说，人们都可以接受这种说法，即机器人是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。联合国标准化组织采纳了美国机器人协会给机器人下的定义：“一种可编程和多功能的操作机；或是为了执行不同的任务而具有可用电脑改变和可编程动作的专门系统。”它能为人类带来许多方便之处。

机器人技术已从传统的工业领域快速扩展到其他领域，如医疗康复、家政

服务、外星探索、勘测勘探等。而无论是传统的工业领域还是其他领域，对机器人性能要求的不断提高，使机器人必须面对更极端的环境、完成更复杂的任务。因而，社会经济的发展也为机器人技术进步提供了新的动力。

(二) 机器人的特征

1. 通用性

机器人的通用性 (versatility) 取决于其几何特性和机械能力。通用性指的是某种执行不同的功能和完成多样的简单任务的实际能力。通用性也意味着机器人具有可变的几何结构，即根据生产工作需要变更的几何结构；或者说，在机械结构上允许机器人执行不同的任务或以不同的方式完成同一工作。现有的大多数机器人都具有不同程度的通用性，包括机械手的机动性和控制系统的灵活性。

必须指出，通用性不是由自由度单独决定的。增加自由度一般能提高通用性程度。不过，还必须考虑其他因素，特别是末端装置的结构和能力，如它们能否适用不同的工具等。

2. 适应性

机器人的适应性 (adaptivity) 是指其对环境的自适应能力，即所设计的机器人能够自我执行未经完全指定的任务，而不管任务执行过程中所发生的没有预计到的环境变化。这一能力要求机器人认识其环境，即具有人工知觉。在这方面，机器人使用它的下述能力：

- (1) 运用传感器感测环境的能力；
- (2) 分析任务空间和执行操作规划的能力；
- (3) 自动指令模式能力。

二、机器人的结构

一个机器人系统由下列四个互相作用的部分组成：机械手、环境、任务和控制器，如图 1-1 (a) 所示，图 1-1 (b) 为其简化形式。