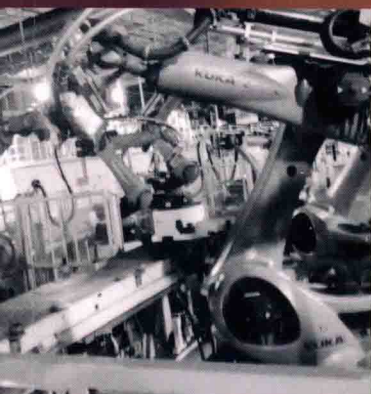


“十三五”国家重点出版物出版规划项目
现代机械工程系列精品教材



Theory and Application of Robotics

机器人技术及其应用

第②版

张宪民 ◎ 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三五
现

页目

机器人技术及其应用

第2版

主 编	张宪民				
副主编	谢存禧	黄沿江			
参 编	张 铁	李 琳	翟敬梅	杨丽新	
主 审	王国利				

机械工业出版社

本书详细地介绍了机器人技术的基本原理及其应用。全书共分 10 章, 内容涉及机器人的研究现状和发展趋势、机器人的机构分类与设计、机器人运动学、机器人的动力学初步、机器人的控制基础、机器人的感觉、机器人视觉及其应用、机器人的智能化与智能控制、机器人示教与操作以及工业机器人系统集成与典型应用等。

本书对第 1 版进行了全面的修订与补充, 更新了机器人的研究现状和发展趋势, 修改了机器人的机构分类与设计, 增加了机器人传感器的选择、机器人路径规划和机器人操作等内容。

本书适合机械工程、自动化专业本科生、大专生的教学之用, 也适合从事机器人研究、开发和应用的有关科技人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人技术及其应用/张宪民主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2017. 2

“十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材
ISBN 978-7-111-55715-9

I. ①机… II. ①张… III. ①机器人技术-高等学校-教材 IV. ①TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 306572 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 刘小慧 责任编辑: 刘小慧 安桂芳 王小东

责任校对: 张 征 封面设计: 张 静

责任印制: 李 昂

三河市宏达印刷有限公司印刷

2017 年 4 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·379 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-55715-9

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版



张宪民

1993年毕业于北京航空航天大学机器人所，获工学博士学位，现任华南理工大学机械与汽车工程学院院长（2013—）、教授（1998—）、博士生导师，国家杰出青年科学基金获得者（2008）、新世纪百千万人才工程国家级人选（2006）、全国模范教师（2001）。兼任国际机构与机器科学联合会（IFToMM）中国委员会主席（2016—）、机械工程学会机构学专业委员会副主任委员（2009—）、中国智能学会智能制造专业委员会副主任委员（2011—）、广东省机械工程学会副理事长（2010—）等；美国机械工程师学会（ASME）会刊Journal of Mechanism and Robotics（机构与机器人期刊2013—2016）副主编；机械工程学报、振动工程学报、中国机械工程等刊物编委。研究领域涉及机器人技术、机构运动学与动力学、精密制造装备等领域。发表SCI、EI索引论文300余篇，其中在国际重要期刊上发表论文100多篇；出版专著1部，主编出版《机械工程概论》《机器人技术及其应用》等教材4部；授权国内外各类专利100余件。部分成果获省部级科技一等奖2次、二等奖6次，广东省专利金奖1次，中国优秀专利奖2次。



Theory and Application of Robotics

第2版前言

机器人是“制造业皇冠顶端的明珠”，其研发、制造和应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。“机器人革命”有望成为“第三次工业革命”的一个切入点和重要增长点，将影响全球制造业的格局。因此，机器人技术和机器人学得到了各国政府和学者的广泛关注。

机器人是多学科交叉和集成的光机电一体化产品，它涉及机械学、电子学、计算机科学、传感技术、人工智能等多个学科。自从第一台机器人问世以来的50多年间，机器人技术已经取得了飞速的发展。各类机器人已经广泛应用于国民经济的各个领域。在现代工业生产中，机器人已经成为人类不可或缺的好帮手；在航空航天、深海探测、核电站救灾等危险环境中，机器人更是能胜任人类难以完成的工作。

随着机器人在生产和生活中的不断普及，作为机械工程专业和自动化专业的学生，很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，深深感到需要有一本适合当前使用的教材。鉴于此，我们修订了这本《机器人技术及其应用》教材。在内容的编排方面，我们充分考虑到初学者的困难，努力做到理论与实际有机结合，同时也充分考虑当今机器人领域的研究和发展情况，力求反映国内外机器人开发研究领域的最新进展。

全书共分10章，涉及机器人的发展概况、机械结构、运动学、动力学、控制技术、传感技术、视觉技术、智能化和机器人示教等多方面的原理及研究成果。第1章概要介绍了机器人的研究和应用现状；第2章主要讲述了机器人的机械结构原理和设计；第3章至第9章分别讲述了机器人运动学的初步知识、机器人动力学的初步知识、机器人控制的基础知识、机器人传感技术的原理和应用、机器人视觉技术的原理和应用、机器人的智能化与智能控制、机器人的示教方法及机器人语言的分类；第10章介绍了机器人在不同领域的应用实例。

本书是在《机器人技术及其应用》第1版的基础上经过全面改编和补充而成的，特别适合机械工程、自动化专业本科生、大专生的教学之用。作为研究生的教材时，教师可补充一些反映最新研究进展的学术论文和专题研究资料。本书也适合作为从事机器人研发和应用的科技人员的参考书。

全书由张宪民教授任主编并统稿，由谢存禧、黄沿江任副主编。王国利



教授任主审。张铁、李琳、翟敬梅、杨丽新参与各章的编写。同时，本书第1版的主编谢存禧老师对本书的编写提出了宝贵的意见。郑养龙、崔超宇等对本书的排版和图片编辑付出了辛勤的劳动。

在编写过程中，我们参考了大量有关机器人方面的论著和资料，限于篇幅，不能在文中一一列举，在此一并对其作者致以衷心的感谢。

本书虽然已对第1版做了较大修改，但由于作者水平有限和编写时间仓促，书中内容难免存在不足，恳请广大读者给予批评指正。最后我们对支持本书编写和出版的所有人员表示衷心的感谢。

编 者

第1版前言

本教材是高等学校机械电子工程规划教材之一。

机器人是现代一种典型的光机电一体化产品，机器人学也是当今世界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。

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难以完成的工作。随着计算机、人工智能和光机电一体化技术的迅速发展，机器人已经不仅仅局限于在工业领域的应用，它还将发展成具有人类智能的智能型机器人，具有一定的感觉思维能力和自主决策能力。

作为机械工程专业和自动化专业的学生，有必要学习一点机器人学方面的知识。在我们从事机器人教学的过程中，深深感到需要有一本适合使用的教材。鉴于此，我们编写了这本《机器人技术及其应用》教材。在内容的编排方面，我们充分考虑到初学者的困难，努力做到理论和实际有机结合，同时也充分考虑到当今机器人领域的研究和发展情况，力求反映当今国内外机器人开发研究领域的新进展。

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。全书共分10章，第一章概要介绍了机器人的研究和应用现状、第二章主要讲述机器人的机械结构原理和特点，第三章讲述机器人运动学的初步知识，第四章讲述机器人动力学的初步知识，第五章讲述机器人控制基础，第六章讲述机器人的感觉，第七章讲述机器人的视觉技术，第八章讲述智能机器人与智能控制，第九章讲述机器人语言的一些基本特点，第十章讲述机器人在不同领域的应用实例。

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，部分章节内容应适当加深。

全书由谢存禧、张铁主编，邵明主审。第一章、第二章、第十章由翟敬梅编写，第三章、第四章和第七章由李琳编写，第五章、第六章、第八章和第九章由张铁编写。

在编写过程中，我们参考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，在此一并对其作者致以衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中内容难免存在不足和错误之处，恳请读者给予批评指正。最后我们对支持本书编写和出版的所有人员表示衷心的感谢。

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 章 概论	1
1.1 概述	1
1.2 机器人的发展史	1
1.3 机器人研究内容与发展趋势	4
1.4 小结	6
习题	6

第 2 章 机器人的机构分类与设计	7
2.1 机器人的组成和分类	7
2.2 机器人的主要技术参数	14
2.3 机器人设计和选用准则	17
2.4 机器人的机械结构	20
2.5 机器人的驱动机构	42
2.6 小结	47
习题	48

第 3 章 机器人运动学	49
3.1 概述	49
3.2 机器人运动学的基本问题	50
3.3 机器人的雅可比矩阵	64
3.4 小结	68
习题	69

第 4 章 机器人的动力学初步	70
4.1 概述	70
4.2 机器人的静力学	71
4.3 机器人动力学方程式	74
4.4 小结	78
习题	78

第 5 章 机器人的控制基础	79
5.1 概述	79

5.2 伺服电动机的原理与特性	83
5.3 伺服电动机调速的基本原理	88
5.4 电动机驱动及其传递函数	90
5.5 单关节机器人的伺服系统建模与 控制	94
5.6 交流伺服电动机的调速	103
5.7 机器人控制系统的硬件结构及 接口	107
5.8 机器人控制系统举例	121
5.9 小结	123
习题	123

第 6 章 机器人的感觉	124
6.1 机器人传感技术	124
6.2 机器人内部传感器	127
6.3 机器人外部传感器	132
6.4 多传感器的信息融合	140
6.5 机器人传感器的选择要求	143
6.6 小结	148
习题	149

第 7 章 机器人视觉及其应用	150
7.1 概述	150
7.2 机器人视觉系统的组成及其原理	151
7.3 视觉信息的处理	155
7.4 数字图像的编码	169
7.5 双目视觉和多目视觉	170
7.6 手眼视觉系统	172
7.7 机器人视觉伺服系统	179
7.8 机器人视觉系统应用举例	181
7.9 小结	186
习题	187

第 8 章 机器人的智能化与智能 控制	188
8.1 概述	188



8.2 机器人运动规划	190	9.6 典型示教与操作案例	233
8.3 机器人智能控制基础	193	9.7 小结	235
8.4 机器人智能控制方法	196	习题	236
8.5 机器人智能控制系统举例	211		
8.6 机器人学习	216	第 10 章 工业机器人系统集成与典型	
8.7 小结	217	应用	237
习题	217	10.1 工业机器人工作站的构成及设计	
		原则	237
第 9 章 机器人示教与操作	218	10.2 工业机器人生产线的构成及设计	
9.1 概述	218	原则	242
9.2 机器人示教类别与基本特征	218	10.3 工业机器人的典型应用	245
9.3 机器人编程语言的类别和基本		10.4 小结	251
特性	220	习题	252
9.4 动作级语言和对象级语言	222		
9.5 机器人遥操作	231	参考文献	253

A grayscale background image showing a complex industrial scene with various mechanical parts, pipes, and structural elements, typical of a manufacturing or assembly environment.

第1章

概论

1.1 概述

机器人是“制造业皇冠顶端的明珠”，其研发、制造和应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。进入21世纪10年代以来，人们谈论最多的一个话题就是“机器人”。“机器人革命”有望成为“第四次工业革命”的切入点和增长点。本书将着重讨论工业机器人的结构、控制和应用等问题，希望读者通过对本书的学习，能够对工业机器人的基本知识有一个较全面的了解和掌握。

1.2 机器人的发展史

1.2.1 机器人概述

“机器人(robot)”作为专有名词进入人们的视野已经将近100年。1920年捷克作家Karel Capek编写了一部科幻剧《Rossums Universal Robots》。该剧中描述了一家公司发明并制造了一大批能听命于人，能劳动且形状像人的机器。这些机器在初期阶段能按照其主人的指令工作，没有感觉和感情，只能以呆板的方式从事繁重的、不公正的劳动。后来的研究使这些机器有了感情，进而导致它们发动了反对主人的暴乱。剧中的人造机器取名为robota(捷克语，意为农奴、苦力)，robot是由其衍生而来的。

随着科技的发展，20世纪60年代出现了可实用的机器人，机器人逐渐从科幻世界走进现实世界，进入到人们的生产与生活当中。但是，现实生活中的机器人并不像科幻世界中的机器人那样具有完全自主性、智能性和自我繁殖能力。那么，现实中是怎么定义



机器人的呢？到目前为止，国际上还没有对机器人做出明确统一的定义。根据各个国家对机器人的定义，总结各种说法的共同之处，机器人应该具有以下特性：

- 1) 一种机械电子装置。
- 2) 动作具有类似于人或其他生物体的功能。
- 3) 可通过编程执行多种工作，具有一定的通用性和灵活性。
- 4) 具有一定程度的智能，能够自主地完成一些操作。

1940年，一位名叫 Isaac Asimov 的科幻作家首次使用了 Robotics（机器人学）来描述与机器人相关的科学，并提出了“机器人学三原则”。这三条原则如下：

- 1) 机器人不得伤害人或由于故障而使人遭受不幸。
- 2) 机器人必须服从于人的指令，除非这些指令与第一原则相矛盾。
- 3) 机器人必须能保护自己的生存，只要这种保护行为不与第一或第二原则相矛盾。

这三条原则给机器人社会赋予了新的伦理性，并使机器人概念通俗化，更易于为人类社会所接受。至今，它仍为机器人研究人员、设计制造厂商和用户，提供了十分有意义的指导方针。

机器人的大量应用是从工业生产的搬运、喷涂、焊接等方面开始的，目的是希望能够将人类从繁重的、重复单调的、危险的生产作业中解放出来。随着机器人技术的不断发展，机器人应用领域也在不断扩展。如今机器人已经逐渐进入人们生产与生活的方方面面。除了工业机器人得到广泛应用外，医疗机器人、家政服务机器人、救援机器人、娱乐机器人等也得到了长足发展。另外，除了在民用领域，军事领域也在广泛使用机器人。各发达国家研发了许多海、陆、空战用机器人，以显示军事现代化的实力。进入21世纪以来，机器人的应用已经随处可见，它正在影响和改变着人们的生活。

1.2.2 机器人的发展历程

世界上第一台机器人于20世纪50年代诞生于美国，虽然它是一台试验的样机，但是它体现了现代工业广泛应用的机器人的主要特征。因此，它的诞生标志着机器人从科幻世界进入到现实生活。20世纪60年代初，工业机器人产品问世。然而，在工业机器人问世后的最初十年，机器人技术的发展较为缓慢，主要停留在大学和研究所的实验室里。虽然在这一阶段也取得了一些研究成果，但是没有形成生产力，且应用较少。代表性的机器人有美国 Unimation 公司的 Unimate 机器人和美国 AMF 公司的 Versatran 机器人等。

20世纪70年代，随着人工智能、自动控制理论、电子计算机等技术的发展，机器人技术进入了一个新的发展阶段，机器人进入工业生产的实用化时代。最具代表性的机器人是美国 Unimation 公司的 PUMA 系列工业机器人和日本山梨大学牧野洋研制的 SCARA 机器人。到了20世纪80年代，机器人开始大量在汽车、电子等行业中使用，从而推动了机器人产业的发展。机器人的研究开发，无论水平和规模都得到迅速发展，工业机器人进入普及时代。然而，到了20世纪80年代后期，由于工业机器人的应用没有得到充分的挖掘，不少机器人厂家倒闭，机器人的研究跌入低谷。



20 世纪 90 年代中后期, 机器人产业出现复苏。世界机器人数量以较快增长率逐年增加, 并以较好的发展势头进入 21 世纪。近年来, 机器人产业发展迅猛。据国际机器人联合会 (IFR) 数据, 2014 年全球新装机器人 10 万台, 比 2013 年增加了 43%, 世界工业机器人的市场前景看好。

目前, 世界上机器人无论是从技术水平上, 还是从已装备的数量上来看, 优势都集中在以欧美日为代表的国家和地区。但是, 随着中国等新兴国家的发展, 世界机器人的发展和需求格局正在发生变化。

美国是最早研发机器人的国家, 也是机器人应用最广泛的国家之一。近年来, 美国为了强化其产业在全球的市场份额以及保护美国国内制造业持续增长的趋势, 一方面鼓励工业界发展和应用机器人, 另一方面制订计划, 增加机器人科研经费, 把机器人看成美国再次工业化的象征, 迅速发展机器人产业。美国的机器人发展道路虽然有些曲折, 但是其在性能可靠性、机器人语言、智能技术等方面一直都处于领先水平。

日本的机器人产业虽然发展晚于美国, 但是日本善于引进与消化国外的先进技术。自 1967 年日本川崎重工业公司率先从美国引进工业机器人技术后, 日本政府在技术、政策和经济上都采取措施加以扶持。日本的工业机器人迅速走出了试验应用阶段, 并进入到成熟产品大量应用的阶段, 20 世纪 80 年代就在汽车与电子等行业大量使用工业机器人, 实现工业机器人的普及。

德国引进机器人的时间比较晚, 但是由于战争导致劳动力短缺以及国民的技术水平比较高等因素, 促进了其工业机器人的快速发展。20 世纪 70 年代德国就开始了“机器人”的过程。同时, 德国政府通过长期资助和产学研结合扶植了一批机器人产业和人才梯队, 如德系机器人厂商 KUKA 机器人公司。随着德国工业迈向以智能生产为代表的“工业 4.0”时代, 德国企业对工业机器人的需求将继续增加。

我国工业机器人的起步比较晚, 开始于 20 世纪 70 年代, 大体可以分为四个阶段, 即理论研究阶段、样机研发阶段、示范应用阶段和产业化阶段。理论研究阶段开始于 20 世纪 70 年代至 80 年代初期。这一阶段主要由高校对机器人基础理论进行研究, 在机器人机构学、运动学、动力学、控制理论等方面均取得了可喜进展。样机研发阶段开始于 20 世纪 80 年代中期。随着工业机器人在发达国家的大量使用和普及, 我国工业机器人的研究得到政府的重视与支持, 机器人步入了跨越式发展时期。1986 年, 我国开展了“七五”机器人攻关计划。1987 年, “863”高技术发展计划将机器人方面的研究开发列入其中, 进行了工业机器人基础技术、基础元器件、几类工业机器人整机及应用工程的开发研究。在完成了示教再现式工业机器人及其成套技术的开发后, 又研制出了喷涂、弧焊、点焊和搬运等作业机器人整机, 几类专用和通用控制系统及关键元器件, 其性能指标达到了 20 世纪 80 年代初国外同类产品的水平。20 世纪 90 年代是工业机器人示范应用阶段。为了促进高技术发展与国民经济发展的密切衔接, 国家确定了特种机器人与工业机器人及其应用工程并重、以应用带动关键技术和基础研究的发展方针。这一阶段共研制出 7 种工业机器人系列产品, 并实施了 100 余项机器人应用工程。同时, 为了促进国产机器人的产业化, 到 20 世纪 90 年代末期建立了 9 个机器人产业化基地和 7 个科研基地。进入 21 世纪, 我国工业机器人进入了产业化阶段。在这一阶段先后涌现出以新松机器人为代表的



多家从事工业机器人生产的企业，自主研制了多种工业机器人系列，并成功应用于汽车点焊、货物搬运等任务。经过 40 多年的发展，我国在工业机器人基础技术和工程应用上取得了快速的发展，基本奠定了独立自主发展机器人产业的基础。

机器人技术的发展，一方面表现在机器人应用领域的扩大和机器人种类的增多，另一方面表现在机器人的智能化趋势。进入 21 世纪以来，各个国家在机器人的智能化和拟人智能机器人上投入了大量的人力和财力。从近几年国际上知名企业推出和正在研制的产品来看，新一代工业机器人正在向智能化、柔性化、网络化、人性化和编程图形化方向发展。

1.3 机器人研究内容与发展趋势

1.3.1 机器人研究内容

机器人系统的基本组成如图 1-1 所示。

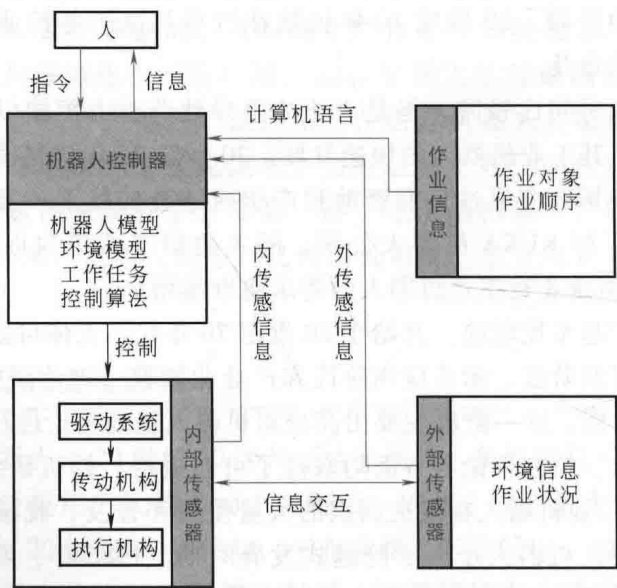


图 1-1 机器人系统的基本组成

一般来说，一个机器人系统由机械结构、控制器、传感器、驱动系统和作业信息等几部分组成。机械结构包括机器人本体、传动机构和执行机构，主要实现机器人运动和力的传递；控制器主要是对机器人模型、环境模型、工作任务和控制算法的分析与实现，以及实现人机的交互；传感器包括内部传感器和外部传感器，主要实现对机器人内部状态和外部环境的监控；驱动系统包括驱动器和伺服系统，驱动器是机器人的动力源，可以是气动的、液压的或电动的；作业信息主要实现对作业对象、作业顺序等信息的分析与处理。由图 1-1 可知，机器人技术是集机械工程学、计算机科学、控制工程、电子技术、传感器技术、人工智能、仿生学等学科为一体的综合技术，它是多学科交叉与多学



科科技革命的必然结果。每一台机器人，都是一个知识密集和技术密集的高科技机电产品。工业机器人研究涉及的主要研究内容包括：

- 1) 机器人机构学、运动学与动力学：机器人构型综合、尺度综合、运动学与动力学分析等。
- 2) 驱动与传动：驱动方式、驱动器性能和减速器等驱动、传动系统。
- 3) 传感器与感知系统：传感器技术、多传感器系统和传感器信息融合；传感数据采集、传输与处理以及机器视觉技术等。
- 4) 机器人建模与控制：控制理论（包括经典控制、现代控制和智能控制）；控制系统结构、模型和算法；多机器人协同控制；控制接口设计等。
- 5) 机器人规划与调度：环境建模、任务规划、路径规划、机器人导航、机器人调度和协作等。
- 6) 人工智能计算机科学：机器人中的人工智能技术，人机接口、人机交互、机器人语言、计算机网络、并行处理、大数据处理与云计算等。

1.3.2 机器人技术的发展趋势

随着科学技术的发展，未来机器人技术的发展趋势主要表现在以下几个方面。

1. 机器人操作机构设计

通过对机器人机构的创新，进一步提高机器人的负载-自重比。同时，机构向模块化、可重构方向发展，包括伺服电动机、减速器和检测系统三位一体化，以及机器人和数控技术一体化等。

2. 机器人控制技术

开放式、模块化控制系统，机器人驱控一体化技术等。基于 PC 网络式控制器以及 CAD/CAM/机器人编程一体化技术已经成为研究的热点。

3. 多传感融合技术

机器人感觉是把相关特性或相关物体特性转换为执行某一机器人功能所需要的信息。这些信息由传感器获得，是机器人顺利完成某一任务的关键。多种传感器的使用和信息融合已成为进一步提高机器人智能性和适应性的关键。

4. 人机共融技术

人与机器人能在同一自然空间里紧密地进行协调工作，人与机器人可以相互理解、相互帮助。人机共融技术已成为机器人研究的热点。

5. 机器人网络通信技术

机器人网络通信技术是机器人由独立应用到网络化应用、由专用设备到标准化设备发展的关键。以机器人技术和物联网技术为主体的工业 4.0 被认为是第四次工业革命，而网络实体系统及物联网则是实现工业 4.0 的技术基础。因此，机器人网络通信与大数据、云计算以及物联网技术的结合成为机器人领域发展的主要方向之一。

6. 机器人遥操作和监控技术

随着机器人在太空、深水、核电站等高风险环境中应用的推广，机器人遥操作和监



控技术已成为机器人在这些危险环境中正常工作的保障。

7. 机器人虚拟现实技术

基于多传感器、多媒体、虚拟现实以及临场感应技术,实现机器人的虚拟遥操作和人机交互。目前虚拟现实技术在机器人中的作用已从仿真、预演发展到过程控制,能够使操作者产生置身于远端作业环境中的感觉来操作机器人。

8. 微纳机器人和微操作技术

微纳机器人和微操作技术被认为是21世纪的尖端技术之一,已成为机器人技术重点发展的领域和方向。微纳机器人具有移动灵活方便、速度快、精度高等特点,可以进入微小环境以及人体器官,进行各种检测和诊断。该领域的发展将对社会进步和人类活动的各方面产生巨大影响。

9. 多智能体协调控制技术

多智能体系统是由一系列相互作用的智能体构成的,内部的各个智能体之间通过相互通信、合作、竞争等方式,完成单个智能体不能完成的、大量而又复杂的工作。机器人作为智能体已经广泛出现在多智能体系统中,多智能体的协调控制已经成为机器人领域研究的重要方向之一。

10. 软体机器人技术

软体机器人是一种新型柔性机器人,其设计灵感主要是模仿植物或动物的构造,在医疗、救援等领域有广阔的应用前景,引起了机器人学者的广泛兴趣。

1.4 小结

作为本书的开篇,本章首先讨论了机器人的概念。虽然国际上对机器人尚未有明确统一的定义,但是大部分学者还是对机器人有较统一的认识。本章对机器人的发展历程、研究领域与研究内容进行了介绍,最后对机器人未来发展趋势进行讨论。



习题

1. 什么是工业机器人?什么是智能机器人?它们各有什么特点?
2. 机器人系统主要由哪些部分组成?
3. 论述国内外机器人发展的现状和发展动态。
4. 机器人学主要包含哪些研究内容?
5. 机器人学与哪些学科有密切关系?机器人学的发展对这些学科的发展有什么影响?
6. 未来,机器人技术将向哪些方向发展?



第2章

机器人的机构分类与设计

2.1 机器人的组成和分类

2.1.1 机器人的组成

虽然机器人的机械、电气和控制结构千差万别，但机器人一般都由四个主要部分组成：①机械系统；②传感系统；③驱动系统；④控制系统。

机械系统包括传动机构和由连杆集合形成的开环或闭环运动链两部分。连杆类似于人类的大臂、小臂等，关节通常为移动关节和转动关节。移动关节允许连杆做直线移动，转动关节允许构件之间产生旋转运动。由关节-连杆所构成的机械结构一般有三个主要部件，即臂、腕和手，它们可根据要求在相应的方向运动，这些运动就是机器人在“做工”。

使各种机械构件产生运动的装置为驱动器，驱动方式可以是气动的、液压的或电动的。驱动器可以直接与臂、腕或手上的连杆或关节连接在一起，也可以通过齿轮等传动系统与运动构件相连。传感系统的作用是将机器人运动学、动力学、外部环境等信息传递给机器人的控制器，控制器通过这些信息确定机械系统各部分的运行轨迹、速度、加速度和外部环境，使机械系统的各部分按预定程序在规定的开始和结束动作。

2.1.2 机器人的分类

机器人有多种分类方法，本节分别按机器人的控制方式、结构坐标系特点、机器人组成结构进行分类。

1. 按机器人的控制方式分类

按照控制方式可把机器人分为非伺服控制机器人和伺服控制机器人两种。