

普通高等教育“十三五”规划教材

Robot 机器人技术 Technology

第2版

张玫 邱钊鹏 诸刚 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

机器人技术

第 2 版

张 玫 邱钊鹏 诸 刚 编



机械工业出版社

随着机器人技术的飞速发展,工业机器人已广泛应用于各个领域的工作现场。为了适应岗位的需求,机器人技术也应该在工程类学生中普及。本书共7章,包括绪论、机器人的机械结构、传感器在机器人上的应用、机器人的驱动系统、机器人控制系统、机器人编程语言、机器人的应用。本书立足于机器人理论知识和实际应用技术的恰当结合,强调工程实际应用,体现了当前机器人领域的最新技术,并以典型应用实例为主线,将其贯穿于整个理论教学和实验教学的全过程,把理论与实践教学有机地结合起来,充分发掘学生的创造潜能,提高学生解决实际问题的综合能力。

本书主要作为各高等院校机械工程类、自动化类及其他相关专业的教材,也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

机器人技术/张玫,邱钊鹏,诸刚编. —2版.

—北京:机械工业出版社,2016.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-52206-5

I. ①机… II. ①张…②邱…③诸… 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(2015)第278999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:贡克勤 责任编辑:贡克勤 徐凡

责任校对:刘秀丽 责任印制:乔宇

北京京丰印刷厂印刷

2016年1月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·11.5印张·278千字

标准书号:ISBN 978-7-111-52206-5

定价:25.00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

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

机器人技术在短短几十年中,已经广泛应用于国民经济的各个领域。在现代化的工业生产中,机器人从事焊接、喷涂、装配、搬运、加工、检验等工作,已经成为生产中不可缺少的得力助手。在其他领域,如医疗、服务、深海、外太空等方面,机器人也在不断发展,发挥着巨大作用。

机器人是典型的机电一体化设备,涉及机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论以及人工智能等多门学科的知识。作为一名 21 世纪的工程师、理工科学生,有必要学习并掌握一些机器人方面的知识。特别是自动化类和机械工程类专业的学生,更应该把机器人技术作为必修课来学习。

本书共分 7 章,以机器人技术的基本理论、基本方法、典型工程应用为主线展开介绍,具体内容如下:

第 1 章:简单介绍了机器人的产生、发展、定义、分类和其研究的主要内容,目的是使读者对机器人有一个初步的认识和了解,为后续内容的学习奠定基础。

第 2 章:主要介绍了机器人的基本结构、组成特点及主要技术参数,在此基础上,对工业机器人的基本结构、分类、应用及发展趋势做了简单介绍;还重点介绍了工业机器人的机身、臂部、腕部、手部及移动机构的相关结构特点、应用形式以及机器人的位姿问题。

第 3 章:主要对机器人常用的传感器的基本分类、功能与要求及选择条件等做了简单介绍;另外对机器人的内部传感器、外部传感器的工作原理和常用类型做了介绍;重点介绍了机器人常用的几种典型内部传感器和外部传感器的原理及应用;最后介绍了多传感器信息融合技术的概念、分类、结构形式和发展趋势。

第 4 章:主要介绍了各种驱动方式的应用特点,其次对各种机器人常用的驱动方式如液压驱动、气压驱动、步进电动机驱动、直流伺服电动机驱动、交流伺服电动机驱动等做了详尽介绍,同时还介绍了一些新型驱动器的应用情况。

第 5 章:主要介绍了机器人控制系统的分类、机器人位置控制、运动轨迹规划、力(力矩)控制、工业机器人控制方式等内容。

第 6 章:主要介绍了机器人常用编程语言、工业机器人的编程方式及应用实例。

第 7 章:主要介绍了机器人在不同领域的应用,重点介绍了几种典型应用,包括工业用的焊接机器人、装配机器人、农业常用机器人和服务业常用机器人等,并对机器人技术未来的发展趋势及发展方向做了介绍。

本书在第 1 版的基础上,总结了最近几年该教材的使用情况及在教学中的需求,做了适当的修订。本次修订注重理论与实践结合,强调实际应用,突出教材的实用性和先进性。

本次主要修订了第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 6 章和第 7 章的内容。第 1 章增加了近几年国内工业机器人的应用情况;第 2 章修订了机器人的最新发展趋势;第 3 章对多信息融合的典型应用做了补充说明;第 6 章增加了机器人自主编程的内容;第 7 章结合近年来的新趋势和新技术,修订了机器人应用概述及机器人的发展趋势这两部分内容。

本书可作为应用型本科、高职高专机械工程类、自动化类专业及其他相关专业的教材，也适用于有关工程技术人员作为参考。

本书由张玫、邱钊鹏、诸刚编写，由张玫统稿。

由于编者水平有限和时间仓促，书中难免有错误和不足，恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第1章 绪论 1

1.1 机器人的产生与发展 1

1.2 机器人的定义 3

1.3 机器人的分类 4

1.4 机器人技术的主要内容 11

小结 12

思考题 12

第2章 机器人的机械结构 13

2.1 机器人的基本结构 13

2.2 机器人主要技术参数 14

2.3 工业机器人机械结构及应用 19

2.4 机器人的位姿问题 29

小结 33

思考题 33

第3章 传感器在机器人上的应用 34

3.1 机器人常用传感器简介 34

3.2 机器人传感器的要求与选择 36

3.3 常用机器人内部传感器 38

3.4 常用机器人外部传感器 43

3.5 多传感器信息融合 55

小结 58

思考题 58

第4章 机器人的驱动系统 59

4.1 机器人的驱动方式 59

4.2 液压驱动系统 62

4.3 气压驱动系统 68

4.4 电气驱动系统 73

4.5 新型驱动器 82

小结 87

思考题 87

第5章 机器人控制系统 88

5.1 控制系统概述 88

5.2 工业机器人控制的分类 93

5.3 工业机器人的位置控制 94

5.4 工业机器人的运动轨迹控制 95

5.5 智能控制技术 100

小结 111

思考题 112

第6章 机器人编程语言 113

6.1 机器人编程要求与语言类型 113

6.2 机器人语言系统结构和基本功能 115

6.3 常用机器人编程语言 117

6.4 机器人的离线编程和自主编程 139

小结 145

思考题 145

第7章 机器人的应用 146

7.1 机器人应用概述 146

7.2 机器人的典型应用 148

7.3 机器人应用的发展趋势 171

小结 174

思考题 174

参考文献 175

第1章 绪 论

1.1 机器人的产生与发展

1.1.1 机器人的由来

尽管在几十年前“机器人”一词才出现,但实际上机器人的概念早在三千多年前就已经存在了。我国西周时期,能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的伶人,这是我国最早记载的机器人。春秋后期,我国著名的木匠鲁班,在机械方面也是一位发明家,据《墨经》记载,他曾制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日不下”,体现了我国劳动人民的聪明智慧。我国东汉时期的大科学家张衡不仅发明了地动仪,而且发明了计里鼓车。计里鼓车每行一里,车上木人击鼓一下,每行十里击钟一下,是最早的机器人雏形。三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地发明“木牛流马”,并用其运送军粮,支援前方战争。1662年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪的道顿堀演出。1738年,法国天才技师杰克·戴·瓦克逊发明了一只机器鸭,它会嘎嘎叫,会游泳和喝水,还会进食和排泄。瓦克逊的本意是想把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析。在当时的自动玩偶中,最杰出的要数瑞士的钟表匠杰克·道罗斯和他的儿子利·路易·道罗斯制造的玩偶。1773年,他们连续推出了自动书写玩偶(如图1-1所示)、自动演奏玩偶等,他们创造的自动玩偶是利用齿轮和发条原理制成的。它们有的拿着画笔和颜色绘画,有的拿着鹅毛蘸墨水写字,结构巧妙,服装华丽,在欧洲风靡一时。由于受当时技术条件的限制,这些玩偶其实只是身高一米的巨型玩具。现在保留下来的最早的机器人是瑞士努萨蒂尔历史博物馆里的少女玩偶,它制作于二百年前,两只手的十个手指可以按动风琴的琴键而弹奏音乐,现在还定期演奏供参观者欣赏。



图1-1 自动书写玩偶

1920年,捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中,根据Robota(捷克文,原意为“劳役、苦工”)和Robotnik(波兰文,原意为“工人”),创造出“机器人”(Robot)这个词。1950年,美国著名科学幻想小说家阿西莫夫在他的小说《我是机器人》中,首次使用了Robotics(机器人学)来描述与机器人有关的科学,并提出了著名的“机器人三原则”:

- 1) 机器人不能伤害人类,也不能眼见人类受到伤害而袖手旁观。
- 2) 机器人应服从人类的命令,但不能违反第一条原则。
- 3) 机器人应保护自身的安全,但不能违反第一条和第二条原则。

这三条原则目前已成为机器人研究人员与研制厂家共同遵守的指导方针。

1.1.2 现代机器人的发展史

现代机器人的研究始于 20 世纪中期,其技术背景是计算机和自动化技术的发展以及原子能的开发利用。1954 年,美国人乔治·德沃尔制造出世界上第一台可编程的机器人(可编程关节传送装置),它第一次使用示教—再现的控制方式。1959 年,德沃尔与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台真正意义的工业机器人——Unimate,随后,成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation 公司。由于英格伯格对工业机器人的研发和宣传,他也被称为“工业机器人之父”。1962 年,美国 AMF 公司生产出 VERSTRAN(万能搬运),与 Unimation 公司生产的 Unimate 一样成为真正商业化的工业机器人,并出口到世界各国,掀起了全世界对机器人使用和研究的热潮。

1965 年,MIT 的 Roberts 演示了第一个具有视觉传感器的、能识别与定位简单积木的机器人系统。1967 年,日本成立了人工手研究会(现改名为仿生机构研究会),同年召开了日本首届机器人学术会议。1970 年,在美国召开了第一届国际工业机器人学术会议。1970 年以后,机器人的研究得到迅速广泛的普及。1973 年,辛辛那提·米拉克隆公司的理查德·豪恩制造了第一台由小型计算机控制的工业机器人,它是液压驱动的,能提升的有效负载达 45 千克。

直到 1980 年,工业机器人才真正在日本普及,故称该年为“机器人元年”。随后,工业机器人在日本得到了巨大发展,日本也因此而赢得了“机器人王国的美称”。随着计算机技术和人工智能技术的飞速发展,机器人在功能和技术层次上有了很大的提高,移动机器人和机器人的视觉和触觉等技术就是典型的代表。由于这些技术的发展,推动了机器人概念的延伸。20 世纪 80 年代,出现了智能机器人的概念。具有感觉、思考、决策和动作能力的系统称为智能机器人,这是一个概括的、含义广泛的概念。这一概念不但指导了机器人技术的研究和应用,而且又赋予了机器人技术向深广发展的巨大空间,水下机器人、空间机器人、空中机器人、地面机器人、微小型机器人等各种用途的机器人相继问世,许多梦想成为了现实。

我国机器人研究起步较晚。先是 20 世纪 70 年代的萌芽期,随后是 80 年代的开发期和 90 年代的快速发展时期。1972 年,中国科学院沈阳自动化研究所开始了机器人的研究工作。1985 年 12 月,我国第一台水下机器人“海人一号”首航成功,开创了机器人研制的新纪元。1997 年,南开大学机器人与信息自动化研究所研制出我国第一台用于生物实验的微操作机器人系统。

中国机器人示范工程中心从 1987 年开始,先后制造了三台水下机器人。

1994 年 11 月,中科院沈阳自动化所等单位研制成功的我国第一台无缆水下机器人“探索者号”首航成功,最大潜水深度为 1000m。它的研制成功,标志着我国水下机器人技术已走向成熟。

1995 年 5 月,我国第一台高性能精密装配智能型机器人“精密一号”在上海交通大学诞生,它的诞生标志着我国已具有开发第二代工业机器人的技术水平。

1995 年中科院沈阳自动化所研制成功的 6000m 无缆自治水下机器人,是我国 863 计划中的重中之重项目,获得 1997 年国家十大科技进展之一。2005 年 4 月,中科院沈阳自动化所又研制成功星球探测机器人。2006 年,我国又研制成功世界最大潜深载人潜水器“海极

一号”，7000m的工作潜深，比世界上另外5台同类产品深500m，可以达到世界99.8%的海底。

经过几十年的发展，我国机器人的研究有了很大的发展，有的方面已达到世界先进水平，但与先进的国家相比还有较大差距，从总体上来看，我国机器人研究仍然任重道远。

目前，国内工业机器人的使用仍较多集中于汽车行业。就全球平均水平来看，汽车行业的应用约占工业机器人总量的40%，而在中国，这一数字目前在70%左右。随着市场对机器人产品认可度的不断提高，机器人应用正从汽车工业向一般式业延伸。和全球工业机器人市场类似，我国的工业机器人的三大主要种类为焊接、搬运和喷涂，三大应用行业为汽车及零部件、电子电器和化工（塑料和橡胶），只是所占比例略有不同。近几年，除汽车工业外，电子、物流等行业的机器人安装数量增长也很快。

据统计，2014年，我国工业机器人销量已经超过日本成为全球第一机器人销售大国。尽管如此，我国机器人数量使用密度较发达国家而言依然较低。国际上通常以制造业机器人密度（指每一万名工人中所拥有的多功能机器人数量）来衡量一个国家的自动化水平。我国的制造业机器人密度仅为30台/万人，不到日本的十分之一（见图1-2所示），与世界平均水平的55台/万人也有较大差距。从这个方面来看，我国工业机器人的市场需求依然十分广阔。

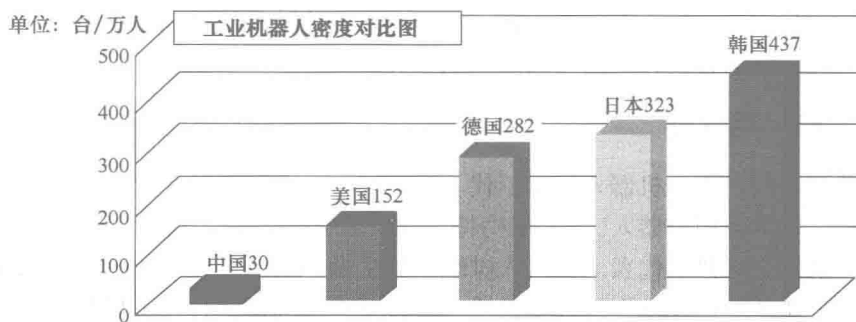


图 1-2 工业机器人使用密度对比图

1.2 机器人的定义

至今，世界上对机器人还没有统一的定义，各国有自己的定义，这些定义之间差别较大。国际上，关于机器人的定义主要有如下几种：

1) 英国简明牛津字典的定义：机器人是“貌似人的自动机，具有智力的和服从于人的但不具人格的机器”。

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）”。

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”。

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”。

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”。

6) 我国的定义: 随着机器人技术的发展, 我国也面临讨论和制定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。蒋新松院士曾建议把机器人定义为“一种拟人功能的机械电子装置” (a mechatronic device to imitate some human functions)。

我们可以参考各国的定义, 结合我国情况, 对机器人作出统一的定义。上述各种定义有共同之处, 即认为机器人①像人或人的上肢, 并能模仿人的动作; ②具有智力或感觉与识别能力; ③是人造的机器或机械电子装置。我国国家标准 GB/T 12643—1990 的定义: 工业机器人是一种能自动定位控制、可重复编程的、多功能的、多自由度的操作机, 能搬运材料、零件或操持工具, 用以完成各种作业。

1.3 机器人的分类

机器人如何分类, 国际上没有制定统一的标准, 有的按发展时期分类, 有的按控制方式分类, 有的按几何结构分类, 有的按应用领域分类。

1.3.1 按发展时期分类

按照从低到高的发展, 机器人分为三代。

第一代是示教再现型机器人。“尤尼梅特”和“沃尔萨特兰”这两种最早的工业机器人是示教再现型机器人的典型代表。它由人操纵机械手做一遍应当完成的动作或通过控制器发出指令让机械手臂动作, 在动作过程中机器人会自动将这一过程存入记忆装置。当机器人工作时, 能再现人教给它的动作, 并能自动重复地执行。这类机器人不具有外界信息的反馈能力, 很难适应变化的环境。

第二代是有感觉的机器人。它们对外界环境有一定感知能力, 并具有听觉、视觉、触觉等功能。机器人工作时, 根据感觉器官 (传感器) 获得的信息, 灵活调整自己的工作状态, 保证在适应环境的情况下完成工作。如: 有触觉的机械手可轻松自如地抓取鸡蛋, 具有嗅觉的机器人能分辨出不同饮料和酒类。

第三代是具有智能的机器人。智能机器人是靠人工智能技术决策行动的机器人, 它们根据感觉到的信息, 进行独立思维、识别、推理, 并作出判断和决策, 不用人的参与就可以完成一些复杂的工作。日本研制的能演奏数首曲目的“瓦伯特2号机器人, 已达到5岁儿童的智能水平。目前, 智能机器人已在许多方面具有人类的特点, 随着机器人技术不断发展与完善, 机器人的智能水平将越来越接近人类。

1.3.2 按几何结构分类

机器人的机械配置多种多样, 按坐标形式的不同可分为直角坐标机器人、圆柱坐标机器人、球坐标机器人和关节型机器人等几类。

1. 直角坐标机器人

直角坐标机器人由三个线性关节组成,这三个关节可确定末端执行器的位置,通常还带有附加的旋转关节用来确定末端执行器的姿态。如图 1-3 所示,这一类机器人位置精度高,控制无耦合、简单,但结构复杂,占地面积大。因末端操作工具的不同,直角坐标机器人可以非常方便地用作各种自动化设备,完成如焊接、搬运、上下料、包装、码垛、拆垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、打码、软仿形喷涂、目标跟随、排爆等一系列工作,特别适用于多品种、变批量的柔性化作业,对于稳定、提高产品质量,提高劳动生产率,改善劳动条件和产品的快速更新换代起着十分重要的作用。

2. 圆柱坐标机器人

圆柱坐标机器人由两个滑动关节和一个旋转关节来确定末端执行器的位置,如图 1-4 所示,也可再附加一个旋转关节来确定部件的姿态。其位置精度仅次于直角坐标机器人,控制简单,但结构庞大,移动轴的设计复杂。

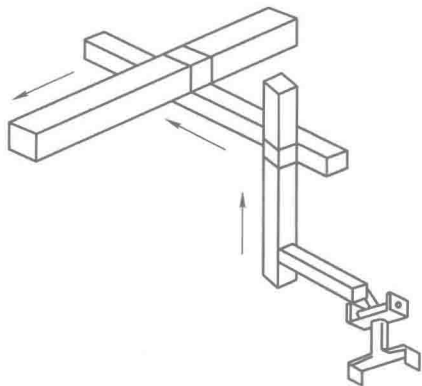


图 1-3 直角坐标机器人

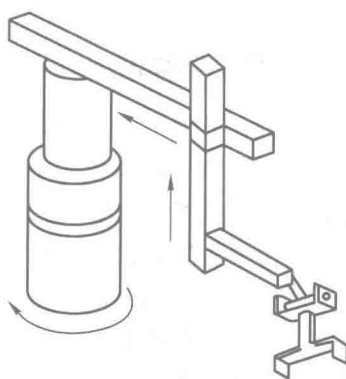


图 1-4 圆柱坐标机器人

3. 球坐标型机器人

球坐标机器人采用球坐标系,它用一个滑动关节和两个旋转关节来确定部件的位置,再用一个附加的旋转关节确定部件的姿态,如图 1-5 所示,也可再附加一个旋转关节来确定部件的姿态。这类机器人占地面积较小,结构紧凑,但有平衡问题,位置误差与臂长有关。

4. 关节型机器人

关节型机器人的结构类同人的手臂,由几个转动轴、摆动轴和手爪等 5~7 个自由度组成,如图 1-6 所示,该类机器人结构紧凑,占地面积小,工作空间大,是当今工业领域中最常见的工业机器人形态之一,适合用于诸多工业领域的机械自动化作业,比如,自动装配、喷漆、搬运、焊接等工作。

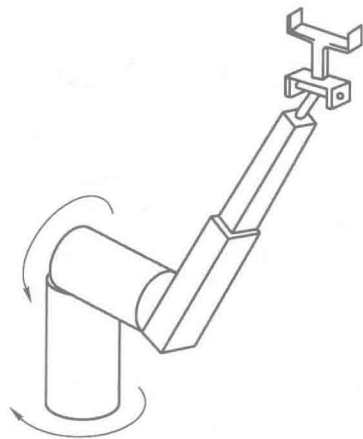


图 1-5 球坐标机器人

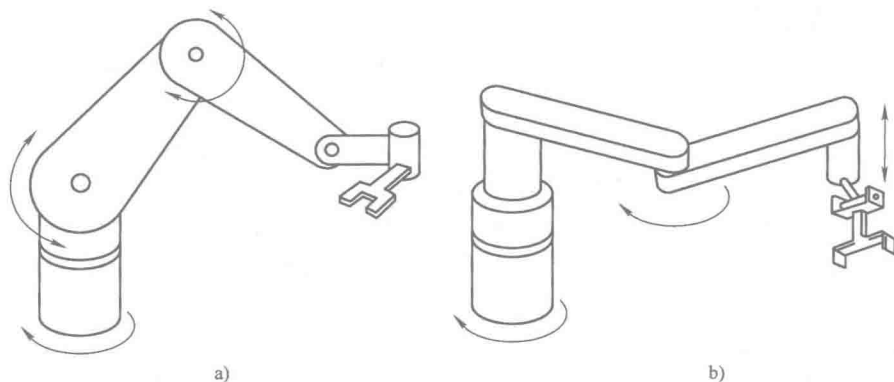


图 1-6 关节型机器人

a) 链式关节机器人 b) 平面关节机器人

1.3.3 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。

非伺服控制机器人按照预先编好的程序进行工作，使用定序器、插销板、终端限位开关、制动器来控制机器人的运动。

与非伺服控制机器人比较，伺服控制机器人具有较为复杂的控制器、计算机和机械结构，带有反馈传感器，拥有较大的记忆存储容量。这意味着能存储较多点的地址，运行可更为复杂平稳，编制和存储的程序可以超过一个，因而该机器人可以有不同用途，并且转换程序所需的停机时间极短。

伺服控制机器人又可分为点位伺服控制机器人和连续轨迹伺服控制机器人。点位伺服控制机器人一般只对其一段路径的端点进行示教，而且机器人以最快和最直接的路径从一个端点移到另一个端点，点与点之间的运动总是有些不平稳。这种控制方式简单，适用于上下料、点焊等作业。连续轨迹伺服控制机器人能够平滑地跟随某个规定的轨迹，它能较准确地复原示教路径。

1.3.4 按机器人的驱动方式分类

机器人按驱动方式可以分为电力驱动、液压驱动、气压驱动及新型驱动。

电力驱动的驱动器件可以是步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机，它是目前采用最多的一种，具有无环境污染、运动精度高、成本低等特点。

液压驱动可以获得很大的抓取能力，抓取力可高达上千牛，传动平稳，结构紧凑，防爆性好，动作也较灵敏，但对密封性要求高，不宜在高、低温现场工作，需配备一套液压系统，成本较高。

气压驱动的机器人结构简单，动作迅速，空气来源方便，价格低，但由于空气可压缩而使工作速度稳定性差，抓取力小，一般只有几十牛至百牛。

随着应用材料科学的发展，一些新型材料开始应用于机器人的驱动，如形状记忆合金驱动、压电效应驱动、磁致伸缩驱动、人工肌肉及光驱动等。

1.3.5 按机器人的用途分类

1. 工业机器人

目前,工业机器人主要应用在汽车制造、机械制造、电子器件、集成电路、塑料加工等较大规模生产企业。工业机器人常以用途命名,如,焊接机器人,是到现在为止应用最多的工业机器人,包括点焊和弧焊机器人,用于实现自动化焊接作业;装配机器人,比较多地用于电子部件或电器的装配;喷漆机器人,代替人进行各种喷漆作业;搬运、上下料、码垛机器人,它们的功能都是根据工况要求的速度和精度,将物品从一处运到另一处;还有很多机器人,如将金属溶液浇到压铸机中的浇铸机器人等。图 1-7 所示为机器人焊接生产线。

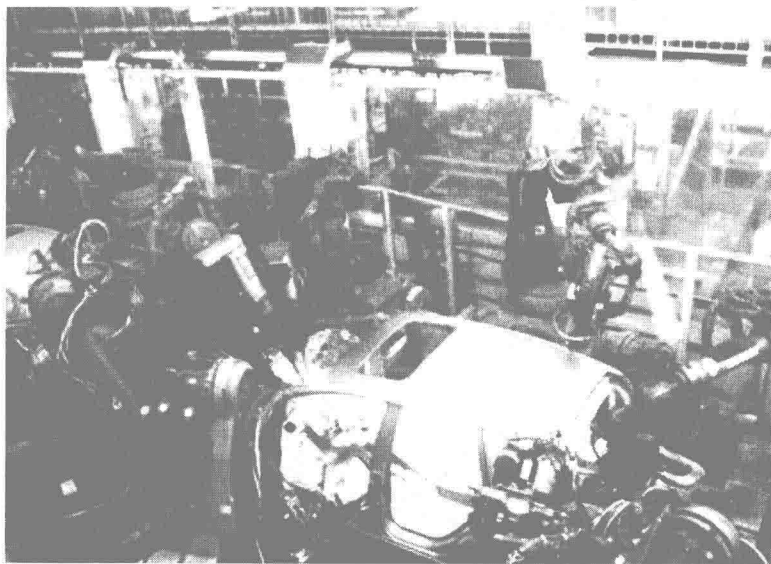


图 1-7 机器人焊接生产线

2. 农业机器人

如图 1-8 所示,是六足伐木机器人。伐木的工作量很大,但是很多传统的重型机械却不方便进入到林区,即使勉强进去了,活动也不够灵活,所以就有厂家开发出了这样一款六足伐木机器人。

除了具有传统伐木机械的功能之外,它最大的特点就在于其巨型的昆虫造型,因此它能够更好的适应复杂的路况,而不至于像轮胎或履带驱动的产品那样行动不便。

如图 1-9 所示是可以采摘草莓的机器人。这款机器人内置有能够感应色彩的摄像头,可以轻而易举地分辨出草莓和绿叶,利用事先设定的色彩值,再配合独特的机械结构,就可以判断出草莓的成熟度,并将符合要求的草莓采摘下来。

3. 军事机器人

军用机器人按应用的环境不同又分为地面军用机器人、空中军用机器人、水下军用机器人和空间军用机器人几类。



图 1-8 六足伐木机器人

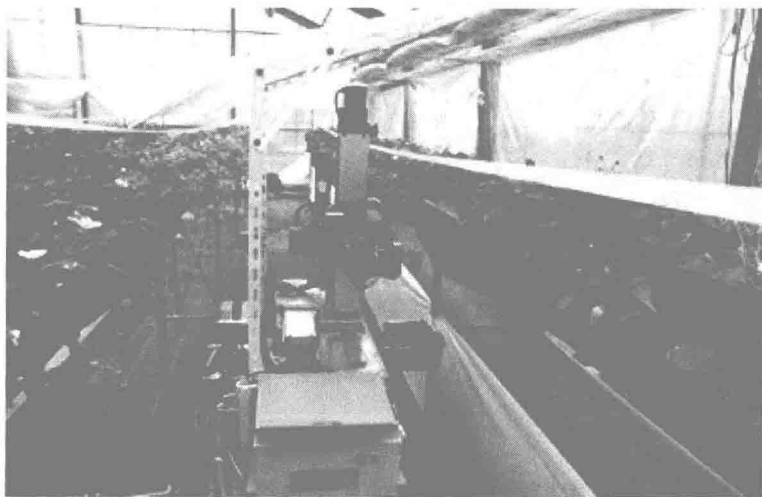


图 1-9 采摘草莓的机器人

(1) 地面军用机器人

所谓地面军用机器人是指在地面上使用的机器人系统，它们不仅在平时可以帮助民警排除炸弹、完成要地保安任务，在战时还可以代替士兵执行扫雷、侦察和攻击等各种任务，今天美国、英国、德国、法国、日本等国均已研制出多种型号的地面军用机器人。如图 1-10 所示为新型无人驾驶武器系统 SWORDS，SWORDS 是“特种武器观测侦察探测系统”的英文简写，因与“剑”的英文拼写相同，所以称它为“剑”机器人。“剑”机器人携带有威力强大的自动武器，每分钟能发射 1000 发子弹，它们是美国军队历史上第一批参与敌方面对面作战的机器人。

(2) 空中军用机器人(无人机)

空中军用机器人一般是指无人驾驶飞机,是一种以无线电遥控或由自身程序控制为主的不载人飞机,机上无驾驶舱,但安装有自动驾驶仪、程序控制装置等设备,广泛用于空中侦察、监视、通信、反潜、电子干扰等。与载人飞机相比,它具有体积小、造价低、使用方便、对作战环境要求低、战场生存能力较强等优点,备受世界各国军队的青睐。如图 1-11 所示为诺斯罗普·格鲁曼公司的 rq-4a “全球鹰”无人驾驶机,是美国空军乃至全世界最先进的无人机之一。

(3) 水下机器人

水下机器人,也称无人遥控潜水器,是一种工作于水下的极限作业机器人,能潜入水中代替人完成某些操作。水下环境恶劣危险,人的潜水深度有限,所以它已成为开发海洋的重要工具。无人遥控潜水器主要有有缆遥控潜水器和无缆遥控潜水器两种,其中有缆遥控潜水器又分为水中自航式、拖航式和能在海底结构物上爬行式三种。如图 1-12 所示为美国的“水下龙虾”机器人。

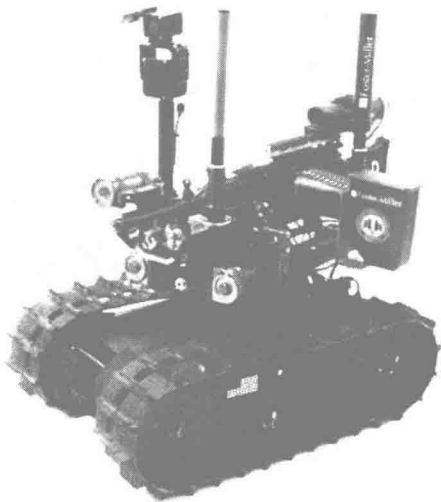


图 1-10 “剑”军用机器人

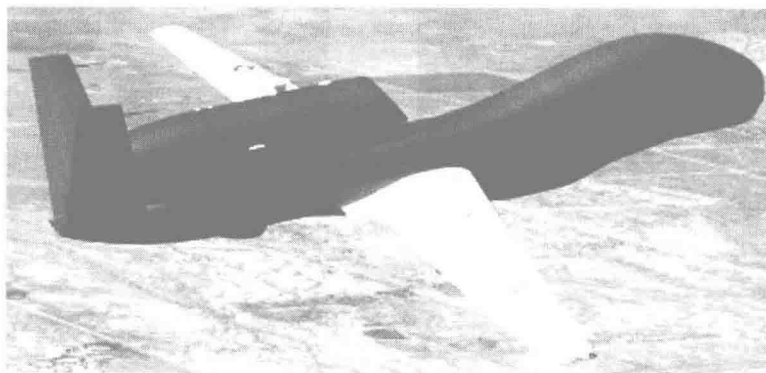


图 1-11 全球鹰无人机

(4) 空间机器人

开发和利用太空的前景无限美好,可是恶劣的空间环境给人类在太空的生存活动带来了巨大的威胁。要使人类在太空停留,需要有庞大而复杂的环境控制系统、生命保障系统、物质补给系统和救生系统等,这些系统的耗资十分巨大。

在未来的空间活动中,将有大量的空间加工、空间生产、空间装配、空间科学实验和空间维修等工作要做,这样大量的工作不可能仅仅只靠宇航员去完成,还必须充分利用空间机器人。如图 1-13 所示为美国的火星探测机器人。

4. 服务机器人

服务机器人是一种以自主或半自主方式运行,能为人类健康提供服务的机器人,或者是能对设备运行进行维护的一类机器人。这里的服务工作指的不是为工业生产物品而从事的服

务活动，而指的是为人和单位完成的服务工作。广泛应用于医疗、娱乐、维护、保养、修理、运输、清洗、保安、救援、监护等工作，如图 1-14、图 1-15、图 1-16 以及图 1-17 所示分别是不同应用场合的服务机器人。

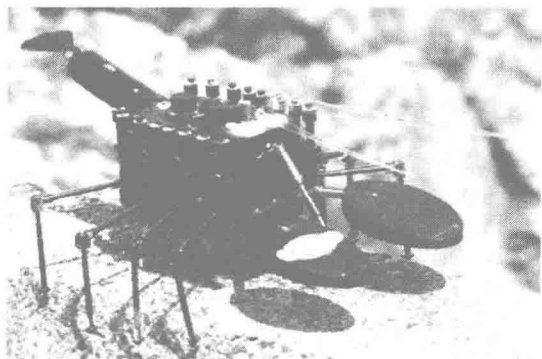


图 1-12 “水下龙虾”机器人



图 1-13 美国的火星探测器



图 1-14 手术机器人



图 1-15 导游机器人

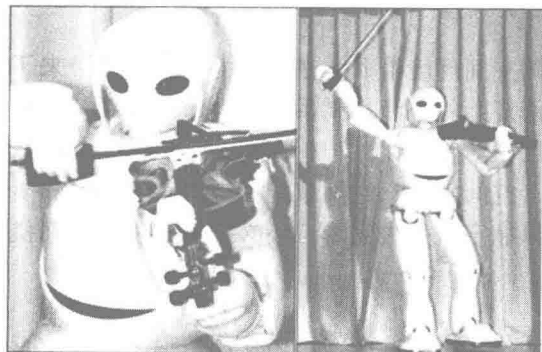


图 1-16 演奏机器人

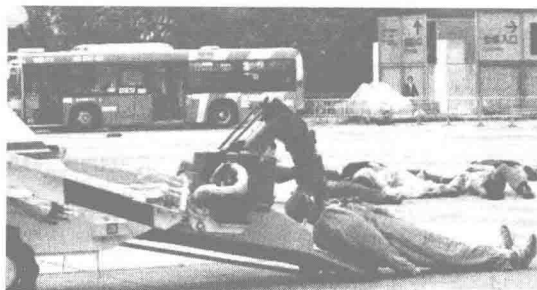


图 1-17 日本的救援机器人

1.4 机器人技术的主要内容

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多学科交叉、结合的综合性技术。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一体化产品。从某种意义上讲,一个国家的机器人技术水平的高低反映了这个国家综合技术实力的高低。

1.4.1 基础理论知识

1) 机器人机构:包括机器人机身和臂部的机构,机器人手部的机构,机器人行走机构,机器人关节机构等内容。

2) 机器人传感器:包括机器人常用传感器的分类及应用,机器人传感器的要求与选择,机器人内部传感器,机器人外部传感器等内容。

3) 机器人的驱动系统:包括机器人的各种驱动方式,电气驱动,气压驱动系统,电液伺服系统驱动等内容。

4) 机器人控制系统:包括控制系统概述,机器人控制方式的分类,工业机器人的位置控制,工业机器人的运动轨迹控制,智能控制技术等内容。

5) 机器人编程语言:包括机器人的编程要求,机器人语言类型及应用,常用机器人编程语言,工业机器人的示教与编程等内容。

6) 机器人的应用:包括机器人在各个领域的应用情况,机器人在不同行业的应用实例等内容。

1.4.2 理论与实践相结合

机器人学同时也是一门实践性很强的学科,因此,理论与实践的结合是很重要的。

学生通过感性认识,加深对所学理论的理解、培养学生实践动手能力的重要环节,以激发学生学习兴趣,培养学生理论联系实际的能力、实践能力和创新能力为主要目标,本着精讲多练,强化实验,提倡研究性学习的基本设计思想,在教学过程中教师边讲解、边演示,学生边学习、边实践、边提问,使学生在“教、学、做”一体的教学环境下,较快地掌握机器人的控制原理,掌握机器人的控制理论知识。最后学生能够运用所学知识自行设计满足一定性能指标要求的机器人控制系统,进而培养学生分析问题、解决问题的能力及其创新能力。主要考虑以下几种方式:

(1) 多学科结合

以机器人为核心,贯穿自动化专业机电控制模块知识结构,注重学生能力的培养。由于机器人控制技术是一项跨学科的综合性技术,其控制技术涉及相关理论知识和实际项目较多,在实践教学环节中,在强调本课程重要知识点的同时,将机电一体化技术、运动控制技术、传感器技术、微机原理与接口技术、C语言及其编程等相关课程的内容融入本课程的教学,达到了相关课程学以致用目的。

(2) 开放的实验环境

开放教学和科研实验室,使学生在课上课下均得到指导。学生在教师的指导下到教学和