

“东北林业大学优秀教材及学术专著
出版与奖励专项资金”资助出版



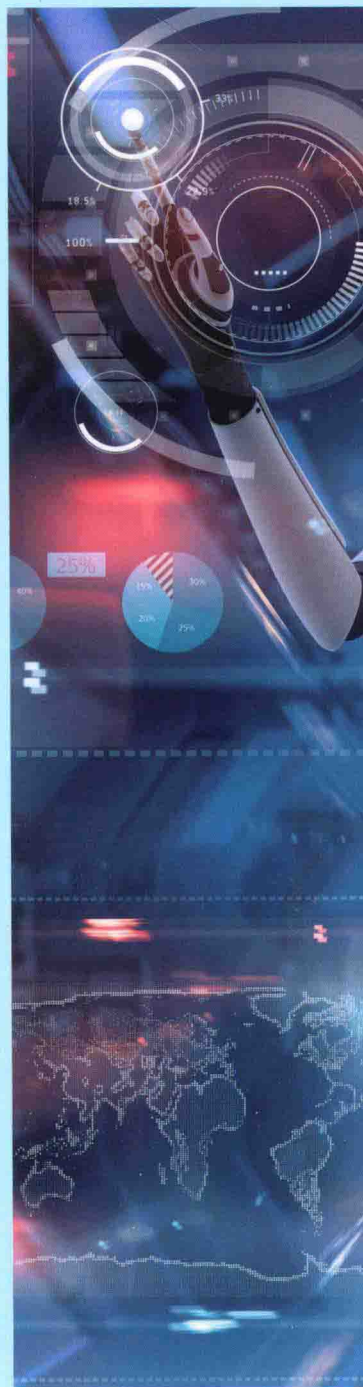
机器人综合实训教程

JIQIREN ZONGHE SHIXUN JIAOCHENG

主 编 辛 颖 狄海廷 王 俭
主 审 薛 伟



东北林业大学出版社
Northeast Forestry University Press



“东北林业大学优秀教材及学术专著
出版与奖励专项资金”资助出版

机器人综合实训教程

主 编 辛 颖 狄海廷 王 俭
主 审 薛 伟

东北林业大学出版社
Northeast Forestry University Press

• 哈尔滨 •

版权专有 侵权必究

举报电话：0451-82113295

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人综合实训教程 / 辛颖, 狄海廷, 王俭主编. —
哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-5674-0931-6

I. ①机… II. ①辛… ②狄… ③王… III. ①智能
机器人-教材 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 261803 号

责任编辑: 倪乃华

责任校对: 许 然

封面设计: 乔鑫鑫

出版发行: 东北林业大学出版社

(哈尔滨市香坊区哈平六道街 6 号 邮编: 150040)

印 装: 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 7.75

字 数: 176 千字

版 次: 2016 年 10 月第 1 版

印 次: 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 16.00 元

前 言

机器人技术是一门多学科综合交叉的边缘学科,它涉及机械、电子、运动学、动力学、控制理论、传感检测、计算机技术等知识,是机械、电子、控制、检测、通信和计算机技术的有机融合。近年来,我国在机器人教育方面有了很大的发展,机器人技术课程逐步成为高校综合性实践课程。在传统的教学过程中,我国在机器人教育方面普遍存在着重视知识传授、轻视能力培养,重视理论教学、轻视实践环节的问题,机器人理论教学内容较多而实践操作很少,综合性的整体实验更少,学生的独立动手能力和综合分析问题、解决问题的能力培养没有得到充分的重视。基于这种情况,本教材强调动手实践、机电控制、传感技术和自主创意,旨在培养学生的综合实践能力,提高学生的动手能力和解决问题的能力,具有一定的启发性和实用性。

本书是作者总结多年教学实践经验,并与“机械工程控制基础”“机电一体化技术”“机器人技术基础”等课程衔接编写的高年级本科生实验教材。在实验项目的开发与配置方面,改革原有的验证性实验项目,开发设计性、创新性实验项目,实现实验内容由单一型、局部型向综合型、整体型的转变;在实验方法方面,实现由演示型、验证型向参与型、开发型转变;实验测试手段向计算机辅助测试的方向拓展。通过相关的实验项目教学,不仅可以使学生在掌握理论知识的基础上,增强感性认识,而且能够培养学生的动手能力以及分析问题、解决问题的能力。

本书共包括六章:第一章为绪论,包括机器人的定义、特点以及分类;第二章为 SCARA 教学机器人实训系统,包括运动学分析、程序编制与装配实验;第三章为可拆装模块化教学机器人实训系统,包括模块化装配实验、传感器及控制信号实验、电机控制实验、关节控制实验、示教控制实验;第四章为机器人二维驱动平台实训系统,包括插补原理、8255 芯片的原理及应用、步进电机驱动等实验;第五章为六维机器人平台实训系统,包括使用软件控制机器人,机器人搬运物件、装配、搭积木实验;第六章主要介绍慧鱼机器人创新实训系统,包括硬件系统、软件系统、典型机器人构建与创意组合实验及机器人的运动控制等。

我们编写本书的目的是通过让学生学习动手组装模型机器人和建造自己设计的有一定功能的机器人模型产品,使学生体会创意设计的方法和意义;同时通过创意实验,使

学生了解计算机控制、软件编程、机器人技术等方面的基础知识，加深对机器人相关知识的学习和理解。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。

编 者

2015 年 12 月

目 录

1	绪论	(1)
1.1	机器人的由来与发展史	(1)
1.2	机器人的定义与特点	(3)
1.3	机器人的分类	(4)
1.4	机器人的组成与技术参数	(10)
1.5	教学机器人	(14)
2	SCARA 教学机器人实训系统	(16)
2.1	SCARA 教学机器人简介	(16)
2.2	实验必备知识	(18)
2.3	SCARA 教学机器人运动学分析实验	(20)
2.4	高级语言编程控制 SCARA 机器人实验	(24)
2.5	SCARA 教学机器人装配实验	(29)
3	可拆装模块化教学机器人实训系统	(32)
3.1	实训系统简介	(32)
3.2	机器人的机械系统模块化装配实验	(34)
3.3	机器人的平台传感器及控制信号实验	(36)
3.4	机器人的电机控制系统实验	(38)
3.5	关节控制实验	(41)
3.6	示教控制实验	(42)
3.7	机器人定位误差与重复定位精度的测量实验	(45)
4	机器人二维驱动平台实训系统	(49)
4.1	机器人二维驱动平台	(49)
4.2	系统的硬件及软件	(50)
4.3	KLD-B2 步进数控平台系统的使用及基本操作实验	(51)
4.4	集成定时器/计数器 8253 的原理及应用实验	(52)
4.5	可编程并行接口芯片 8255 的原理及应用实验	(55)
4.6	混合式步进电动机及其驱动装置实验	(58)
4.7	经济型数控机床的组成原理及结构实验	(60)
4.8	直线及圆弧插补原理实验	(62)

5	六维机器人平台实训系统	(65)
5.1	六维机器人	(65)
5.2	使用软件控制机器人	(69)
5.3	编程指南	(76)
5.4	六维教学机器人搬运物件实验	(80)
5.5	六维教学机器人装配实验	(82)
5.6	六维教学机器人搭积木实验	(84)
6	慧鱼机器人创新实训系统	(86)
6.1	慧鱼机器人	(86)
6.2	慧鱼机器人的硬件系统	(89)
6.3	慧鱼机器人的软件系统	(98)
6.4	慧鱼自动烘手机的制作与软件学习	(104)
6.5	慧鱼机器人的构建与创意组合实验	(106)
6.6	慧鱼机器人模型的装拆	(110)
6.7	机器人的运动控制——VB 实现慧鱼工业机器人的运动控制(一)	(112)
6.8	机器人的运动控制——VB 实现慧鱼工业机器人的运动控制(二)	(114)
	参考文献	(116)

1 绪 论

“机器人”这个名称对许多人来说并不陌生。从古代的神话传说到现代的科学幻想小说、戏剧、电影和电视，都有许多关于机器人的精彩描绘。但是，现实世界中的机器人既不像神话和文艺作品所描写的那样智勇双全，也没有某些企业家和媒体所宣扬的那样多才多艺。目前，机器人的本领还是非常有限的。不过，它正在迅速发展，并开始对整个工业生产、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。

1.1 机器人的由来与发展史

“机器人”一词最早出现在 1920 年捷克斯洛伐克作家雷尔·卡佩克所写的科幻剧《罗萨姆的万能机器人》中。在剧本中，卡佩克把捷克语“Robota”写成了“Robot”，“Robota”是苦力、农奴的意思。英语的“Robot”一词就是由此而来的，以后世界各国都用“Robot”作为机器人的代名词。

“机器人”一词虽然出现得较晚，然而这一概念在人类的想象中却早已出现。它体现了人类长期以来的一种愿望，即创造出一种像人一样的机器或人造人，以便让其能够代替人类去从事各种工作。自古以来，就有不少科学家和杰出工匠制造出了具有人类特点或模拟动物特征的机器人雏形。

西周时期，中国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的“伶人”，这是中国最早记载的机器人。春秋后期，中国著名的木匠鲁班在机器人方面也是一位发明家，据《墨经》记载，他曾经制造过一只木鸟，能在空中飞行“三日而不下”，体现了中国劳动人民的聪明才智。

东汉时代，著名科学家张衡不仅发明了地动仪、计里鼓车，还发明了指南车，这些发明都是具有机器人构想的装置。计里鼓车每行进 1 里^①，车上的木人击鼓一下，每行 10 里，车上的木人击钟一下。具有复杂轮系装置指南车，若车上木人运动起始指向南方，则该车无论左转右转、上坡下坡，指向始终不变，可谓精巧绝伦。

三国时期，蜀国丞相诸葛亮成功地制造了木牛流马，用其运送粮草，并用其中的机关“牛舌头”巧胜司马懿，被后人传为佳话。木牛流马虽已失传，但其明显具有机器人的结构和功能。

^① 里为非法定计量单位，1 里=0.5 km。——编者注

1662 年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪地道顿崛演出。

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机械化,以进行医学上的分析。

公元 1768~1774 年间,瑞士钟表匠德罗斯父子三人合作制造出三个像真人一样大小的机器人——写字偶人、绘图偶人和弹风琴偶人。它们是靠弹簧驱动、由凸轮控制的自动机器。至今它们还作为国宝保存在瑞士纳切尔市艺术和历史博物馆内。

1920 年之后,机器人成为很多科幻电影、科幻小说的主人公。20 世纪 30 年代末,纽约世界交易会上放映的德国电影《大都市》中的步行机器人 Eleitro 和机器狗 Spardo,70 年代拍摄的电影《星球大战》中的 C3P 机器人,使人们进一步加深了机器人具有人类一样的外形、情感的这种看法。人类对机器人寄予很高的期望,而这些在当时的科学技术条件下是无法实现的。即使是现在,要造出有类似人的智慧、感情的机器人仍然是科学家的梦想和追求。

现代机器人的研究始于 20 世纪中期。第二次世界大战期间(1938~1945 年),由于核工业和军事工业的发展,人们研制出了“遥控操纵器”,这种机器主要用于放射性材料的生产和处理过程。1947 年,他们又对这种较简单的机械装置进行了改进,采用电动伺服方式,使其从动部分能跟随主动部分运动,称为“主从机械手”。

1949~1953 年,由于制造先进飞机的需要,美国麻省理工学院辐射实验室(MIT Radiation Laboratory)开始研制数控铣床。1953 年他们研制成功能按照模型轨迹做切削动作的多轴数控铣床。

1954 年,美国人乔治·德沃尔(George C. Devol)研制出第一台电子可编程序的工业机器人——可编程关节传送装置,它第一次采用了示教再现的控制方式,这种机器人在 20 世纪的后几十年中得到惊人的发展。随后应运而生的数控技术和机械手将工业机器人推上了历史舞台,工业机器人现成为现代加工制造业的中坚力量。

1960 年,美国“联合控制公司”(Consolidated Control Inc.)根据 Devol 的专利技术,研制出第一台真正意义上的工业机器人,并成立了 Unimation 公司,开始定型生产名为 Unimate 的工业机器人。两年后,美国“机床与铸造公司”(AMF)也生产了另一种可编程工业机器人 Versatran。

20 世纪 70 年代,机器人产业得到蓬勃发展,机器人技术发展成为专门学科,称为机器人学。机器人的应用领域进一步扩大,不同的应用场所,导致了不同坐标系统、不同结构的机器人相继出现,大规模集成电路和计算机技术飞跃发展使机器人的控制性能大大提高,成本不断下降。

20 世纪 80 年代,不同结构、不同控制方法和不同用途的工业机器人在工业发达国家真正进入了实用化的普及阶段。特别是随着传感器技术和智能技术的发展,智能机器人开始进入研究阶段。机器人视觉、触觉、力觉、听觉、接近觉等项目的研究和应用,大大提高了机器人的适应能力,扩大了机器人的应用范围,促进了机器人的智能化进程。

目前,对全球机器人技术发展最有影响的国家应该是美国和日本。美国在机器人技术的综合研究水平上仍处于世界领先地位,而日本生产的机器人在数量、种类方面则居世界首位。机器人技术的发展推动了机器人学的建立,许多国家成立了机器人协会,美国、日本、英国、瑞典等国家设立了机器人学学位。

20 世纪 70 年代以来,许多大学开设了机器人课程,开展了机器人学的研究工作,美国的 MIT, PPI, Stanford, Carnegie-Mellon, Conell, Purdue, University of California 等大学都是研究机器人学富有成果的著名学府。随着机器人学的发展,相关的国际学术交流活动也日渐增多,目前最有影响的国际会议是美国电气和电子工程师协会(IEEE)每年举行的机器人学及自动化国际会议。此外,还有国际工业机器人会议(ISIR)和国际工业机器人技术会议(CIRT)等。

中国的机器人技术起步较晚,于 20 世纪 70 年代末、80 年代初开始。20 世纪 90 年代中期,6 000 m 以下深水作业机器人试验成功,以后的近 10 年中,我国在步行机器人、精密装配机器人、多自由度关节机器人的研制等方面与国际先进水平的差距正在逐渐缩小,其中部分技术已处于领先水平。

1.2 机器人的定义与特点

1.2.1 机器人的定义

至今国际上还没有合适的和为人们普遍接受的机器人定义。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、电视和网络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,原有的这些定义之间差别较大。

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伤害而袖手旁观;
- (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,除非为保护人类或者是人类命令它做出牺牲。

这三条守则,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。

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,具有智力的和顺从于人的但不具人格的机器”。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各种任务的,并具有编程能力的多功能机

械手”。

(3) 日本工业机器人协会的定义：工业机器人是“一种装备有记忆装置和末端执行器的，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”。

(4) 美国国家标准局的定义：机器人是“一种能够进行某些操作和移动作业任务的机械装置”。

(5) 国际标准化组织（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”。

综上所述，概括各种机器人的性能，可以按以下特征来描述机器人：

(1) 机器人的动作机构具有类似于人或其他生物体某些器官（肢体、感官等）的功能；

(2) 机器人具有通用性，工作种类多样，动作程序灵活易变，是柔性加工的主要组成部分；

(3) 机器人具有不同程度的智能，如记忆、感知、推理、决策、学习等；

(4) 机器人具有独立性，完整的机器人系统在工作中可以不依赖于人的干预。

1.2.2 机器人的主要特点

1.2.2.1 机器人的通用性

机器人的通用性是指机器人执行不同的功能和完成多样的简单任务的实际能力。机器人的通用性取决于其几何特性和机械能力。机器人的通用性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。

1.2.2.2 机器人的适应性

机器人的适应性是指机器人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所处的环境，即具有人工知觉。

1.3 机器人的分类

机器人的分类方法很多，也相当复杂，几乎没有一种分类可以完全将各类机器人包括在内。目前多数的机器人是按各种特征、性能来进行分类的。

1.3.1 按照坐标形式分类

通常机器人依据坐标形式和运动形态的不同可分为直角坐标型、圆柱坐标型、球坐标型、关节坐标型和平面关节型。

1.3.1.1 直角坐标型 (3P)

直角坐标型也称为笛卡儿坐标型或台架型。这种机器人由三个线性关节组成,这三个关节用来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。这种机器人在 X 、 Y 、 Z 轴上的运动是独立的,运动方程可独立处理,且方程是线性的,因此,很容易通过计算机控制实现。它可以两端支撑,对于给定的结构长度刚性最大。它的精度和位置分辨率不随工作场合的变化而变化,容易达到高精度。但是,它的操作范围小,手臂收缩的同时又向相反的方向伸出,既妨碍工作,占地面积又大,运动速度低,密封性不好。图 1.1 所示为直角坐标型机器人示意图。

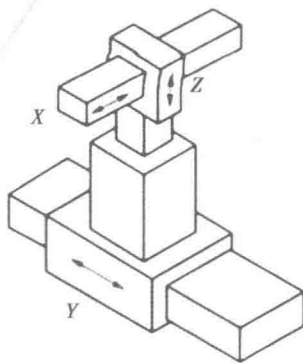


图 1.1 直角坐标型机器人示意图

1.3.1.2 圆柱坐标型 (R2P)

圆柱坐标型机器人依靠两个滑动关节和一个转动关节来确定部件的位置,再附加一个旋转关节来确定部件的姿态。优点:可以绕中心轴旋转,工作范围可以扩大,且计算简单;直线部分可采用液压驱动,输出的动力大,能够伸入型腔内工作。缺点:手臂到达的空间受限,不能达到近立柱或近地面的空间;直线部分难以密封、防尘;后臂工作时,手臂后端会碰到工作范围的其他物体。图 1.2 所示为圆柱坐标型机器人示意图。

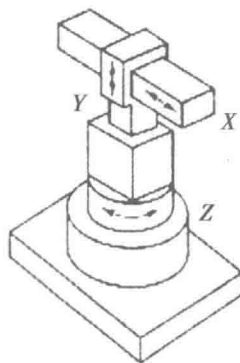


图 1.2 圆柱坐标型机器人示意图

1.3.1.3 球坐标型 (2RP)

球坐标机器人采用球坐标系,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。这种机器人可以绕中心轴旋转,中心架附近

的工作范围大，两个转动驱动装置容易密封，覆盖空间较大。但该坐标型机器人比较复杂，难以控制，且直线驱动装置仍存在密封和工作死区问题。球坐标型机器人的工作范围呈球缺状。图 1.3 为球坐标型机器人示意图。

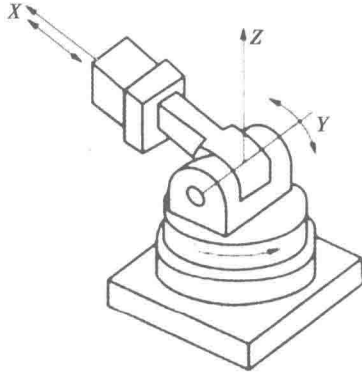


图 1.3 球坐标型机器人示意图

1.3.1.4 关节坐标型 (3R)

关节坐标型机器人的关节全部都是旋转的，类似于人的手臂，是工业机器人中最常见的结构，工作范围比较复杂。图 1.4 为关节坐标型机器人示意图。

1.3.1.5 平面关节型

这种机器人可看作是关节坐标型机器人的特例，只有平行的肩关节和肘关节，关节轴线共面。如 SCARA 机器人有两个并联的旋转关节，可以使机器人在水平面上运动，此外，再用一个附加的滑动关节做垂直运动。SCARA 机器人常用于装配作业，最显著的特点是它们在 X - Y 平面有较大柔性， Z 轴有较大刚性。所以，它具有选择性的柔性。这种机器人在装配作业中获得了较好的应用。图 1.5 为平面关节型机器人示意图。

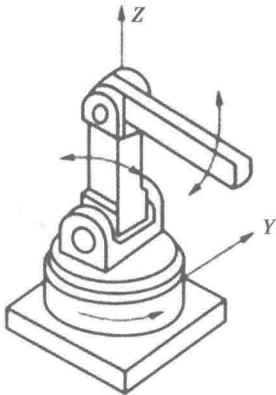


图 1.4 关节坐标型机器人示意图

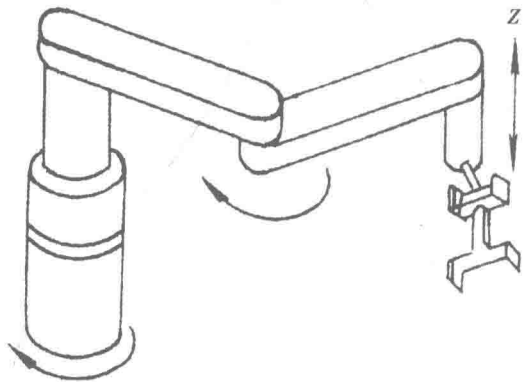


图 1.5 平面关节型机器人示意图

1.3.2 按照发展程度分类

通常机器人按照从低级到高级的发展程度可分为三代。

1.3.2.1 第一代机器人

第一代机器人主要指只能以示教—再现方式工作的机器人，亦称示教—再现型机器人。示教内容为机器人操作结构的空间轨迹、作业条件、作业顺序等。

所谓示教，即由人教机器人运动的轨迹、停留点位、停留时间等，然后机器人依照人教给它的行为、顺序和速度重复运动，即所谓的再现。示教可由操作员手把手地进行。例如，操作人员抓住机器人上的喷枪把喷涂时要走的位置走一遍，机器人记住了这一连串运动，工作时自动重复这些运动，从而完成给定的喷涂工作。这种方式是手把手示教，而比较普遍的示教方式是通过控制面板来完成的。操作人员利用控制面板上的开关或键盘控制机器人一步一步地运动，机器人自动记录下每一步，然后重复。目前在工业现场应用的机器人大多采用这一方式。

1.3.2.2 第二代机器人

第二代机器人装备有一定的传感装置，能获取作业环境、操作对象的简单信息，通过计算机处理、分析，能做出简单的推理，对动作进行反馈的机器人，通常称为低级智能机器人。例如，焊缝自动跟踪技术。在机器人焊接的过程中，一般通过编程或示教方式先给出机器人的运动曲线，机器人携带焊枪按照这个曲线进行焊接。这就要求工件的一致性，也就是说工件被焊接的位置必须十分准确，否则机器人行走的曲线和工件上的实际焊缝位置将产生偏差。在实际生产过程中，由于受热或其他原因，被焊工件易发生变形，因而，跟踪所要焊的焊缝是十分重要的。焊缝跟踪技术是通过机器人上的传感器感知焊缝位置的，通过反馈控制，机器人自动跟踪焊缝，从而对示教或编程的位置进行修正。即使实际焊缝相对于原始设定的位置有变化，机器人仍然可以很好地完成焊接工作。

1.3.2.3 第三代机器人

第三代机器人是智能机器人，它具有多种感知功能，可进行复杂的逻辑推理、判断及决策，可在作业环境中独立行动，具有发现问题且能自主地解决问题的能力。

这类机器人带有多种传感器，使机器人可以知道其自身的状态。例如，在什么位置，自身的系统是否有故障等；且可通过装在机器人身上或者工作环境中的传感器感知外部的状态。例如，发现道路与危险地段，测出与协作机器的相对位置与距离以及相互作用的力等。机器人能够根据得到的这些信息进行逻辑推理、判断、决策，在变化的内部状态与外部环境中自主决定自身的行为。但是，在已应用的机器人中，机器人的自适应技术仍十分有限，高级智能机器人是今后研究发展的方向。

1.3.3 按照机器人的性能指标分类

机器人按照负载能力和作业空间可分为五类。

1.3.3.1 超大型机器人

超大型机器人的负载能力为 1 000 kg 以上。

1.3.3.2 大型机器人

大型机器人的负载能力为 100~1 000 kg，作业空间为 10 m² 以上。

1.3.3.3 中型机器人

中型机器人的负载能力为 10~100 kg, 作业空间为 1~10 m²。

1.3.3.4 小型机器人

小型机器人的负载能力为 0.1~10 kg, 作业空间为 0.1~1 m²。

1.3.3.5 超小型机器人

超小型机器人的负载能力为 0.1 kg 以下, 作业空间为 0.1 m² 以下。

1.3.4 按照开发内容和目的分类

机器人按照开发内容和目的可分为三类。

1.3.4.1 工业机器人

工业机器人是在工业生产中使用的机器人的总称。这种机器人主要用于完成工业生产中的某些作业。依据具体应用目的的不同, 又常常以其主要用途命名。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(电阻焊)机器人和电弧焊机器人, 用途是实现自动焊接作业; 装配机器人, 比较多地用于电子部件的装配; 喷漆机器人, 用途是代替人进行喷漆作业; 搬运、上下料、码垛机器人, 它们的功能都是根据一定的速度和精度要求, 将物品从一处运到另一处。另外, 还有很多其他用途的机器人, 如将金属溶液浇到压铸机中的浇铸机器人等。应该说, 并不是只有机器人可以完成这些工作, 很多工作都可以用专门的机器完成。

工业机器人的优点在于它可以通过程序的更改, 方便、迅速地改变工作内容或方式, 以满足生产要求的变化。比如, 改变焊缝轨迹、改变喷漆位置、变更装配部件或位置等。所以, 随着对工业生产线的柔性要求越来越强, 对各种机器人的需求量也就越来越大。

1.3.4.2 操纵机器人

操纵机器人主要用于非工业生产的各种作业, 又可分为服务机器人与特种作业机器人等。

服务机器人通常是可移动的, 在多数情况下, 可由一个移动平台构成, 平台上装有一只或几只手臂, 代替或协助人完成为人类提供服务和安全保障的各种工作。清洗玻璃机器人如图 1.6 所示。爬缆索机器人如图 1.7 所示。森林采伐机器人如图 1.8 所示。这些机器人都是根据某种特殊目的而设计的特种作业机器人, 目的是帮助人类完成一些高强度、高危险或人类无法完成的工作等。

特种作业机器人主要包括水下机器人、空间机器人等。水下机器人又称水下无人深潜器, 如图 1.9 所示。它可以代替人在水下危险的环境中作业。人类借助潜水器潜入到大海之中探秘已有很长的历史, 现在已可以利用深海潜水器潜入深海。由于潜入深海危险很大, 而且费用极高, 所以人类积极寻找可以代替人类进行危险作业的技术, 水下机器人便成了十分受关注的发展方向。空间机器人如图 1.10、图 1.11 所示, 是指在大气层内和大气层外从事各种作业的机器人, 包括在内层空间飞行并进行观测、可完成多种作业的飞行机器人, 到外层空间其他星球上进行探测作业的星球探测机器人和在各种航天器里使用的机器人。

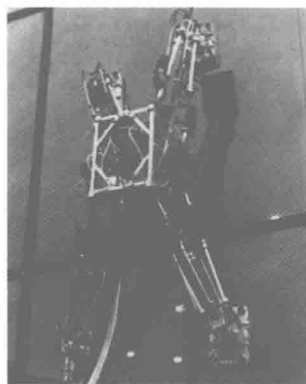


图 1.6 清洗玻璃机器人

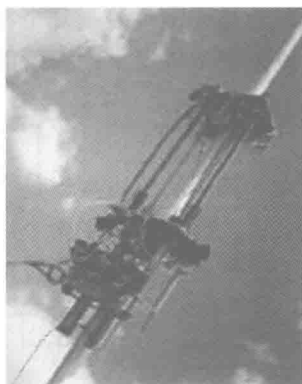


图 1.7 爬绳索机器人



图 1.8 森林采伐机器人



图 1.9 水下机器人

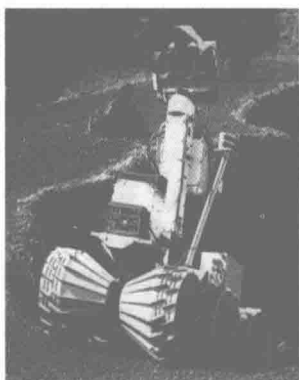


图 1.10 空间机器人——月球车

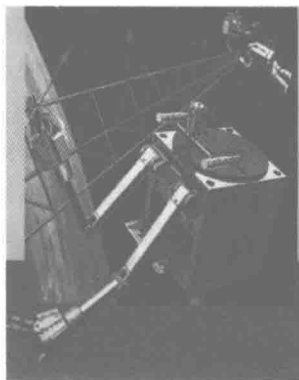


图 1.11 空间机器人——太空操作臂

1.3.4.3 智能机器人

智能机器人具有多种由内、外部传感器组成的感觉系统，它不仅可以感知内部关节的运行速度、力的大小等参数，还可以通过外部传感器（如视觉传感器、触觉传感器等）对外部环境信息进行感知、提取、处理并做出适当的决策，在结构或半结构化环境中自主完成某项任务。目前，智能机器人尚处于研究和发展阶段。2002 年，日本本田公司在东京展示了其最新研制的“Asimo”智能机器人（如图 1.12 所示）。“Asimo”机器人高 1.2m，不仅可以行走、爬楼梯，识别各种各样的声音，还能够通过头部照相机捕捉到的画面和事先设计好的程序识别人类的各种手势运动以及 10 种不同的脸型。

1.3.5 按照控制方式分类

1.3.5.1 点位控制

按点位方式进行控制的机器人，其运动的空



图 1.12 “Asimo” 智能机器人

间为点到点之间的直线运动，在作业过程中只控制几个特定工作点的位置，不对点与点之间的运动过程进行控制。在点位控制的机器人中，所能控制点数的多少取决于控制系统的复杂程度。

1.3.5.2 连续轨迹控制

按连续轨迹方式控制的机器人，其运动轨迹可以是空间的任意连续曲线。机器人在空间的整个运动过程都处于控制之下，能同时控制两个以上的运动轴，使得手部位置可沿任意形状的空间曲线运动，而手部的姿态也可以通过腕关节的运动得以控制，这对于焊接和喷涂作业是十分有利的。

1.3.6 按照驱动方式分类

1.3.6.1 气力驱动方式

机器人以压缩空气来驱动执行机构。这种驱动方式的优点是空气来源方便，动作迅速，结构简单，造价低；缺点是空气具有可压缩性，致使工作速度的稳定性较差。因气源压强一般只有 60 MPa 左右，故此类机器人通常适用于抓举力要求较小的场合。

1.3.6.2 液力驱动方式

相对于气力驱动来说，液力驱动的机器人具有大得多的抓举能力，抓举重量高达上百千克。液力驱动式机器人具有结构紧凑、传动平稳且动作灵敏等优点，但是对密封性的要求较高，不宜在高温或低温的场合工作，且制造精度要求高、成本高。

1.3.6.3 电力驱动方式

目前越来越多的机器人采用电力驱动，这不仅是因为有多种电动机可供选择，更因为电驱动可以采用多种灵活的控制方法。

电力驱动是利用各种电动机产生的力或力矩，直接或经过减速机构驱动机器人，以获得所需的位置、速度、加速度。电力驱动具有无环境污染、易于控制、运动精度高、成本低、驱动效率高等优点，因此，现在越来越多的机器人采用电力驱动方式驱动。

电力驱动可分为步进电动机驱动、直流伺服电动机驱动、无刷伺服电动机驱动等。

1.3.6.4 新型驱动方式

伴随着机器人技术的发展，出现了利用新的工作原理制造的新型驱动器，如静电驱动器、压电驱动器、形状记忆合金驱动器、人工肌肉及光驱动器等。

1.4 机器人的组成与技术参数

1.4.1 机器人的基本组成

不同类型机器人的机械、电气和控制结构千差万别，但是作为一个机器人系统，通常由三部分六个子系统组成，如图 1.13 所示。这三部分是机械部分、传感部分、控制部分；六个子系统是驱动系统、机械系统、感知系统、人机交互系统、机器人—环境交