

普通高等院校“十一五”规划教材  
普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

# 工业机器人

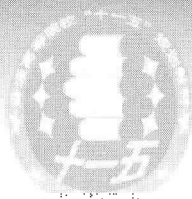
GONGYE JIQIREN

韩建海 主编

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

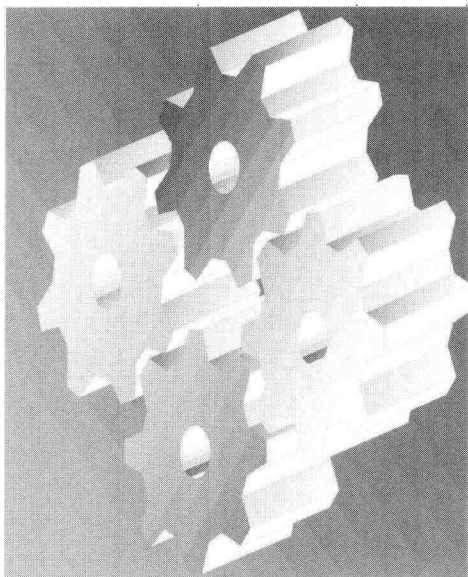




普通高等院校“十一五”规划教材  
普通高等院校机械类精品教材

顾问 杨叔子 李培根

# 工业机器人



主 编 韩建海

副主编 吴斌芳 杨 萍

华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人/韩建海 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2009年9月  
ISBN 978-7-5609-5577-3

I. 工… II. 韩… III. 工业机器人 IV. TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 133921 号

工业机器人

韩建海 主编

策划编辑:刘 锦

责任编辑:姚同梅

责任校对:李 琴

封面设计:潘 群

责任监印:周冶超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉众心图文激光照排中心

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:13.25 插页:2

字数:257 000

版次:2009年9月第1版

印次:2009年9月第1次印刷

定价:23.80元

ISBN 978-7-5609-5577-3/TP·693

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

# 普通高等院校“十一五”规划教材

## 普通高等院校机械类精品教材

### 编审委员会

顾问: 杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编: 吴昌林 华中科技大学

委员: (按姓氏拼音顺序排列)

崔洪斌 河北科技大学

冯浩 景德镇陶瓷学院

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 黄石理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉科技学院

孟远 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

闫占辉 长春工程学院

杨振中 华北水利水电学院

尹明富 天津工业大学

张华 南昌大学

张建钢 武汉科技学院

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程科技学院

郑清春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技学院

## 内 容 简 介

本书为普通高等院校“十一五”规划教材、普通高等院校机械类精品教材。

全书共 8 章,内容包括工业机器人的基本概念和基础理论、工业机器人的机械结构、运动学和动力学分析、控制技术、与机器人相关的传感技术、轨迹规划、机器人语言,以及机器人在制造业和非制造业中的应用。每章均附有习题。

本书的编写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,以典型案例教学为主线,并将其贯穿于整个理论教学和实验教学的全过程。本书内容全面、丰富,重点突出,层次清楚,既注意基础理论,又强调知识的综合应用,注重反映当今机器人技术发展的新成就和新动向,力求体现先进性、实用性。

本书可作为地方普通工科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机械电子工程等机械类专业的教材,也适合作为自学者的自学用书及工程技术人员的培训用书,对从事机器人技术研究工作的科技人员也有一定的参考价值。

# 序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循、有规可依、有鉴可借、有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士  
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

## 前 言

机器人技术代表了机电一体化技术的最高研究成果,涉及机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论及人工智能等多门学科,是当代科学技术发展最活跃的领域之一。机器人的研究、制造和应用程度,是一个国家或公司科技水平和经济实力的象征。目前,国际上许多大公司都在竞相研制各类先进机器人,向人们展示其科技实力。

在传统的制造领域,工业机器人经过诞生、成长、成熟期后,已成为不可缺少的核心自动化装备,目前世界上约有近百万台工业机器人正在各种生产现场工作。在非制造领域,上至太空舱、宇宙飞船、月球探险,下至极限环境作业、医疗手术、日常生活服务,机器人技术的应用已拓展到社会经济发展的诸多领域。同时,开展机器人课外制作活动是培养大学生创新精神和实践能力的最佳实践活动形式之一,是进行专业知识综合训练的最佳平台。因此,机器人技术课程成为机械类专业学生的必修课程,机器人技术也成为广大工程技术人员迫切需要掌握的一门技术。为了适应这种发展的需要,根据高等院校应用型本科人才培养定位的要求,我们在普通高等院校机械类精品教材编委会的指导下,编写了这本教材,希望为读者提供一本通俗易懂、深入浅出、融汇了机器人最新技术的读本。

机器人技术虽然涉及多门学科,但许多知识点在其他课程中已经学过,所以该门课程除了坐标变换等基础知识以外,重点不在理论分析上,而在多学科知识的综合应用方面,以满足机械类应用型高级人才的培养要求。

本书编写的指导思想是以学生的能力驱动为目的,将典型案例教学这一主线贯穿于整个教学内容、实验和创新实践过程中。本书以工业界、高校院所广泛使用的 MOTO-MAN SV3 型机器人为典型教学案例,对该型机器人的机械结构、电机驱动、运动学分析、运动规划,以及编程控制和应用等方面进行了系统讲解,并结合实验教学,使学生从机器人实体和实际工程上对课程内容进行消理解,以提高教学效果。

本书共分 8 章。首先从人们身边的机器人谈起,然后分别介绍了机器人的基本概念和基础理论,同时对机器人技术所涵盖的各个知识领域,包括机械结构、运动学和动力学分析、控制技术、传感系统、轨迹规划、机器人语言及机器人的典型应用等内容作了深入的阐述。

参加本书编写的有河南科技大学韩建海(第 1 章部分内容、第 5 章),长江大学钱玉宝(第 2 章),兰州理工大学杨萍(第 3 章),湖北工业大学张铮(第 4 章),河南科技大学郭冰菁(第 1 章部分内容、第 6 章),河南科技大学赵书尚(第 7 章),上海师范大学王丽慧(第 8 章)。本书由韩建海担任主编并负责全书统稿工作。湖北工业大学吴斌芳在大纲制订、内容安排、协助统稿等方面做了大量工作。



作者在编写本书过程中参阅了同行专家学者和一些院校的教材、资料和文献,在此向文献作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处和错误,敬请广大读者指正。

编者  
2009年5月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	(1)
1.1 机器人概述 .....	(1)
1.2 机器人的分类 .....	(4)
1.3 工业机器人的组成与技术参数 .....	(9)
1.4 本书主要内容与教学要求.....	(14)
习题 .....	(16)
<b>第 2 章 工业机器人机械系统设计</b> .....	(17)
2.1 工业机器人总体设计.....	(17)
2.2 驱动机构.....	(20)
2.3 机身和臂部设计.....	(26)
2.4 腕部设计.....	(33)
2.5 手部设计.....	(37)
2.6 行走机构设计.....	(44)
习题 .....	(49)
<b>第 3 章 工业机器人运动学</b> .....	(50)
3.1 概述.....	(50)
3.2 物体在空间中的位姿描述.....	(50)
3.3 齐次坐标变换.....	(51)
3.4 变换方程的建立.....	(56)
3.5 RPY 角与欧拉角 .....	(58)
3.6 机器人连杆 D-H 参数及其坐标变换 .....	(61)
3.7 建立机器人运动学方程实例.....	(63)
3.8 机器人逆运动学.....	(70)
习题 .....	(75)
<b>第 4 章 工业机器人静力计算及动力学分析</b> .....	(77)
4.1 速度雅可比矩阵与速度分析.....	(77)
4.2 力雅可比矩阵与静力计算.....	(82)
4.3 工业机器人动力学分析.....	(86)

4.4 机器人动力学建模和仿真	(92)
习题	(94)
<b>第5章 工业机器人控制</b>	<b>(95)</b>
5.1 机器人控制系统与控制方式	(95)
5.2 单关节机器人模型和控制	(98)
5.3 基于关节坐标的控制	(104)
5.4 基于作业空间的伺服控制	(107)
5.5 机器人末端操作器的力/力矩控制	(108)
习题	(113)
<b>第6章 工业机器人感觉系统</b>	<b>(115)</b>
6.1 工业机器人传感器概述	(115)
6.2 位置和位移传感器	(118)
6.3 速度传感器	(123)
6.4 接近觉传感器	(125)
6.5 触觉传感器	(131)
6.6 工业机器人视觉技术	(138)
6.7 其他外部传感器	(150)
习题	(151)
<b>第7章 工业机器人轨迹规划与编程</b>	<b>(152)</b>
7.1 工业机器人轨迹规划	(152)
7.2 关节空间法	(154)
7.3 直角坐标空间法	(161)
7.4 轨迹的实时生成	(163)
7.5 工业机器人编程	(164)
7.6 工业机器人编程语言	(169)
7.7 工业机器人离线编程	(177)
习题	(183)
<b>第8章 机器人的应用</b>	<b>(185)</b>
8.1 工业机器人的应用准则和步骤	(185)
8.2 机器人在制造业中的应用	(186)
8.3 机器人在非制造业中的应用	(192)
8.4 六足机器人课外科技制作	(200)
习题	(203)
<b>参考文献</b>	<b>(204)</b>

# 第 1 章 绪 论

机器人技术集中了机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论及人工智能等多学科的最新研究成果,代表了机电一体化的最高成就,是当代科学技术发展最活跃领域之一。自 20 世纪 60 年代初机器人问世以来,机器人技术经历 40 多年的发展,已取得了实质性的进步和成果。

在传统的制造领域,工业机器人经过诞生、成长、成熟期后,已成为不可缺少的核心自动化装备,目前世界上约有近百万台工业机器人正在各种生产现场工作。在非制造领域,上至太空舱、宇宙飞船、月球探险,下至极限环境作业、医疗手术、日常生活服务,机器人技术的应用已拓展到社会经济发展的诸多领域。

科学技术的不断进步,推动着机器人技术不断发展和完善;机器人技术的发展和广泛应用,又促进了人民生活的改善,推动着生产力的提高和整个社会的进步。机器人技术作为当今科学技术发展的前沿学科,将成为未来社会生产和生活中不可缺少的一门技术。

本章首先从人们身边的机器人谈起,然后分别介绍机器人的定义、发展历史、机器人的分类、应用、组成与技术参数等,以及本书主要内容、特色、教与学的要求。

## 1.1 机器人概述

并非只是在工业自动化生产线、太空探测、高科技实验室、科幻小说或电影里面才有机器人,现实生活中机器人无处不在,在人们的生活中起着重要的作用,并已经完全融入了人们的生活。例如,能够双足行走的仿人型机器人 ASIMO,可以逼真地表达喜怒哀乐情感的机器小狗 AIBO,打扫房间的吸尘器机器人,为残疾人服务的就餐辅助机器人,应用于易于医院的看护助力机器人等,都已成为我们生活不可分割的一部分。

虽然在我们的身边活跃着各种类型的机器人,但不是每一个机电产品都属于机器人,不能把看到的每一个自动化装置都叫做机器人,机器人有它的特征和定义。

### 1.1.1 机器人的定义

虽然机器人问世已有几十年,但目前关于机器人仍然没有一个统一、严格、准确的定义。其原因之一是机器人还在发展,新的机型不断涌现,机器人可实现的功能不断增多;而根本原因则是机器人涉及了人的概念,这就使什么是机器人成为一个难以回答的哲学问题。就像“机器人”一词最早诞生于科幻小说中一样,人们对机器人充满了幻想。也许正是机器人定义的模糊,才给了人们充分的想象和创造空间。

目前大多数国家倾向于美国机器人工业协会(RIA)给出的定义:机器人是一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置,通过可编程序动作来执行各种任务并具有编程能力的多功能机械手。这个定义实际上针对的是工业机器人。

日本工业机器人协会(JIRA)给出的定义:一种带有存储器件和末端操作器的通用机械,它能够通过自动化的动作替代人类劳动。

日本著名学者加藤一郎提出了机器人三要件:①具有脑、手、脚等要素的个体;②具有非接触传感器(眼、耳等)和接触传感器;③具有用于平衡和定位的传感器。

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。

一般来说,机器人应该具有以下三大特征。

(1) 拟人功能 机器人是模仿人或动物肢体动作的机器,能像人那样使用工具。因此,数控机床和汽车不是机器人。

(2) 可编程 机器人具有智力或具有感觉与识别能力,可随工作环境变化的需要而再编程。一般的电动玩具没有感觉和识别能力,不能再编程,因此不能称为真正的机器人。

(3) 通用性 一般机器人在执行不同作业任务时,具有较好的通用性。比如,通过更换机器人手部末端操作器(手爪、工具等)便可执行不同的任务。

### 1.1.2 机器人的发展历史

机器人技术一词虽出现得较晚,但这一概念在人类的想象中却早已出现。制造机器人是机器人技术研究者的梦想,它体现了人类重塑自身、了解自身的一种强烈愿望。自古以来,有不少科学家和杰出工匠都曾制造出具有人类特点或具有模拟动物特征的机器人雏形。

在我国,西周时期的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的伶人,这是我国最早的涉及机器人概念的文字记录;春秋后期,著名的木匠鲁班曾制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日而不下”,体现了我国劳动人民的聪明才智。

机器人(Robot)一词是1920年由捷克作家卡雷尔·恰佩克(Karel Capek)在他的讽刺剧“罗莎姆的万能机器人”中首先提出的。剧中描述了一个与人类相似,但能不知疲倦工作的机器奴仆Robot。从那时起,Robot一词就被沿用下来,中文译成机器人。

1942年,美国科幻作家埃萨克·阿西莫夫(Isaac Asimov)在他的科幻小说《我,机器人》中提出了“机器人三定律”,这三定律后来成为学术界默认的研发原则。

现代机器人出现于20世纪中期,当时数字计算机已经出现,电子技术也有了长足的发展,在产业领域出现了受计算机控制的可编程的数控机床,与机器人技术相关的控制技术和零部件加工也已有了扎实的基础。另外,人类需要开发自动机械,替代人去从事一些

恶劣环境下的作业。正是在这一背景下,机器人技术的研究与应用得到了快速发展。

以下列举了现代机器人工业史上的几个标志性事件。

1954年:美国人戴沃尔(G. C. Devol)制造出世界上第一台可编程的机械手,并注册了专利。这种机械手能按照不同的程序从事不同的工作,因此具有通用性和灵活性。

1959年:戴沃尔与美国发明家英格伯格(Ingerborg)联手制造出第一台工业机器人。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富有成效的研发和宣传,他被称为“工业机器人之父”。

1962年:美国AMF公司生产出万能搬运(Versatran)机器人,与Unimation公司生产的万能伙伴(Unimate)机器人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和机器人研究的热潮。

1967年:日本川崎重工公司和丰田公司分别从美国购买了工业机器人Unimate和Verstran的生产许可证,日本从此开始了对机器人的研究和制造。20世纪60年代后期,喷漆弧焊机器人问世并逐步开始应用于工业生产。

1968年:美国斯坦福研究所公布他们研发成功的机器人Shakey。它带有视觉传感器,能根据人的指令发现并抓取积木,不过控制它的计算机有一个房间那么大。Shakey可以称为世界上第一台智能机器人,由此拉开了第三代机器人研发的序幕。

1969年:日本早稻田大学加藤一郎实验室研发出第一台以双脚走路的机器人。加藤一郎长期致力于研究仿人机器人,被誉为“仿人机器人之父”。日本专家一向以研发仿人机器人和娱乐机器人的技术见长,后来更进一步,催生出本田公司的ASIMO机器人和索尼公司的QRIO机器人。

1973年:世界上机器人和小型计算机第一次携手合作,诞生了美国Cincinnati Milacron公司的机器人T3(见图1-1)。

1979年:美国Unimation公司推出通用工业机器人PUMA(见图1-2),这标志着工

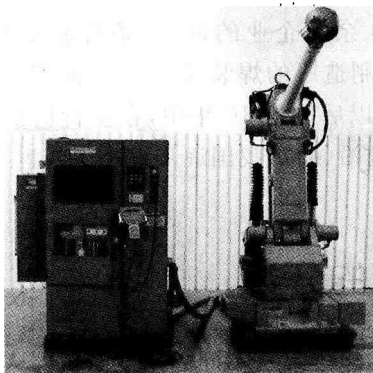


图 1-1 机器人 T3

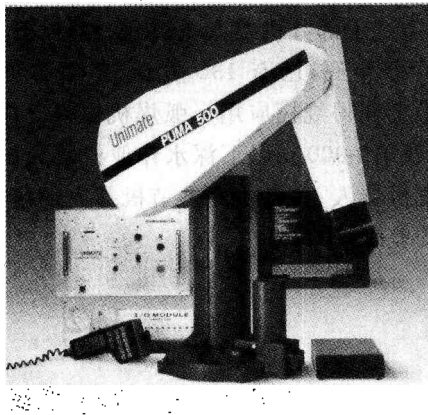


图 1-2 机器人 PUMA

业机器人技术已经完全成熟。PUMA 至今仍然工作在生产第一线,许多机器人技术的研究都以该机器人为模型和对象。

1979年:日本山梨大学牧野洋发明了平面关节型 SCARA 机器人,该型机器人在此后的装配作业中得到了广泛应用。

1980年:工业机器人在日本开始普及。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。

1984年:英格伯格再次推出机器人 Helpmate,这种机器人能在医院里为病人送饭、送药、送邮件。同年,英格伯格还预言:我要让机器人擦地板、做饭、出去帮我洗车、检查安全。

1996年:本田公司推出仿人型机器人 P2,使双足行走机器人的研究达到了一个新的水平。随后许多国际著名企业争相研制代表自己公司形象的仿人型机器人,以展示公司的科研实力。

1998年:丹麦乐高公司推出机器人 Mind-storms 套件,让机器人制造变得跟搭积木一样,相对简单又能任意拼装,使机器人开始走入个人世界。

1999年:日本索尼公司推出机器人狗爱宝(AIBO),当即销售一空,从此娱乐机器人迈进普通家庭。

2002年:美国 iRobot 公司推出了吸尘器机器人 Roomba,它是目前世界上销量最大、商业化最成功的家用机器人。

2006年:微软公司推出 Microsoft Robotics Studio 机器人,从此机器人模块化、平台统一化的趋势越来越明显。比尔·盖茨预言,家用机器人很快将席卷全球。

我国的机器人技术起步较晚,从20世纪80年代初才开始。我国在“七五”计划中把机器人列入国家重点科研规划内容,在863计划的支持下,机器人基础理论与基础元、器件研究全面展开。全国第一个机器人研究示范工程1986年在沈阳建立。目前我国已基本掌握了机器人的设计制造技术、控制系统硬件和软件设计技术、运动学和轨迹规划技术,生产了部分机器人关键元、器件,开发出喷漆、弧焊、点焊、装配、搬运等机器人。截至2007年年底,已有130多台/套喷漆机器人在20余家企业的近30条自动喷漆生产线(站)上获得规模应用。弧焊机器人已应用在汽车制造厂的焊装线上。20世纪90年代中期,我国6000m以下深水作业机器人试验成功。以后的近10年中,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国际前沿领域,我国逐步缩小了与世界先进水平的差距。

## 1.2 机器人的分类

关于机器人如何分类,国际上没有制定统一的标准。从不同的角度看机器人,就会有不同的分类方法。下面介绍几种具有代表性的分类方法。

### 1.2.1 机器人的分类

#### 1. 按机器人发展的程度分类

按从低级到高级的发展程度,机器人可分为以下几类。

(1) 第一代机器人 第一代机器人是指只能以示教-再现方式工作的工业机器人。

(2) 第二代机器人 第二代机器人带有一些可感知环境的装置,可通过反馈控制使其在一定程度上适应变化的环境。

(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,具有发现问题并自主地解决问题的能力。这类机器人具有高度的适应性和自治能力。

(4) 第四代机器人 第四代机器人为情感型机器人,它具有人类式的情感。具有情感是机器人发展的最高层次,也是机器人科学家的梦想。

#### 2. 按控制方式分类

按控制方式可将机器人分为操作机器人、程序机器人、示教-再现机器人、数值控制机器人和智能机器人等。

(1) 操作机器人 操作机器人(operating robot)是指人可在一定距离处直接操纵其进行作业的机器人。通常采用主、从方式实现对操作机器人的遥控操作。

(2) 程序机器人 程序机器人(sequence control robot)可按预先给定的程序、条件、位置等信息进行作业,其在工作过程中的动作顺序是固定的。

(3) 示教-再现机器人 示教-再现机器人(playback robot)的工作原理是:由人操纵机器人执行任务,并记录下这些动作,机器人进行作业时按照记录下的信息重复执行同样的动作。示教-再现机器人的出现标志着工业机器人广泛应用的开始。示教-再现方式目前仍然是工业机器人控制的主流方法。

(4) 数控机器人 数控机器人(numerical control robot)动作的信息由编制的计算机程序提供,机器人依据这一信息进行作业。

(5) 智能机器人 智能机器人(intelligent robot)具有感知和理解外部环境信息的能力,即使其工作环境发生变化,也能够成功地完成作业任务。

在实际应用中所用的机器人多是这些类型机器人的组合。

#### 3. 按机器人的应用领域分类

按机器人的应用领域,机器人可分为三大类:产业用机器人、极限作业机器人和服务型机器人。

(1) 产业用机器人 按照服务产业种类的不同,机器人又可分为工业机器人、农业机器人、林业机器人和医疗机器人等,本书所涉及的主要是工业机器人。按照用途的不同,产业用机器人还可分为搬运机器人、焊接机器人、装配机器人、喷漆机器人、检测机器



人等。

(2) 极限作业机器人 极限作业机器人是指应用于人们难于进入的极限环境,如核电站、宇宙空间、海底等,在这些特殊环境完成作业任务的机器人。

(3) 服务型机器人 服务型机器人是指用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人,包括娱乐机器人、福利机器人、保安机器人等。目前服务型机器人发展速度很快,代表着机器人未来的研究和方向。

#### 4. 按机器人关节连接布置形式分类

按机器人关节连接布置的形式,机器人可分为串联机器人和并联机器人两类。

串联机器人的杆件和关节是采用串联方式进行连接(开链式)的,并联机器人的杆件和关节是采用并联方式进行连接(闭链式)的。本书所涉及的主要是串联机器人。

并联机器人是指运动平台和基座间至少由两根活动连杆连接,具有2个或2个以上自由度闭环机构的机器人。

并联机器人的并联布置类型可分为 Stewart 平台型和 Stewart 变异结构型两种。1965年英国高级工程师 Stewart 提出了用于飞行模拟器的6自由度并联机构——Stewart 平台(见图1-3),推动了对并联机构的研究。Stewart 机构可作为6自由度的闭链操作臂,运动平台(上平台)的位置和姿态由6个直线油缸的行程长度决定,油缸的一端与基座(下平台)由2自由度的万向联轴器(胡克铰)相连,另一端(连杆)由3自由度的球-套关节(球铰)与运动平台相连。

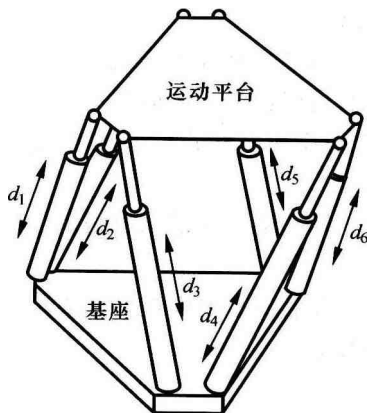


图 1-3 Stewart 平台

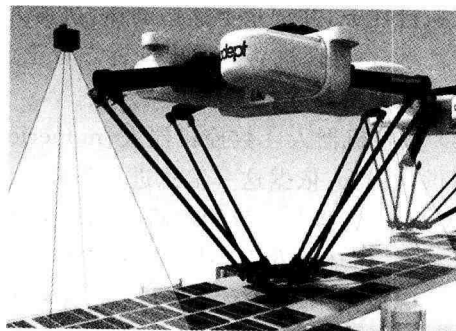


图 1-4 6-DOF 并联机器人

1978年澳大利亚著名机构学教授 Hunt 提出把6自由度的 Stewart 平台机构作为机器人机构以来,并联机器人技术得到了推广与应用。图1-4为 Adept 公司的6-DOF 并联机器人。目前,并联机器人技术与机床结构技术结合的产物-并联机床(parallel machine tool)已成为新型机床研究的热点之一。