



国家教育部提升专业服务能力项目
机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

机器人 设计与制作

主 编 ● 丘柳东 朱顺兰
主 审 ● 易 谷

JIQIREN SHEJI YU

ZHIZUO



西南交通大学出版社



中国美术学院美术考级教材
中国美术学院美术考级教材

机器人 设计与制作

主编：王明远、王明远

副主编：王明远

中国美术学院美术考级教材

ZHIZUL

中国美术学院美术考级教材



国家教育部提升专业服务能力项目
机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

机器人 设计与制作

主 编◎丘柳东 朱顺兰
主 审◎易 谷

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内容简介

本书以项目为导向,以提高知识技能综合运用能力为目标,按照从简单到复杂的难度设计了3个项目,涵盖了机器人的运动机构、路径规划、信息获取、控制算法等主要技术内容,以“项目—任务—实施”的方式进行讲解,淡化了理论教学,强化了实践应用,降低了机器人技术课程的教学难度。

本书可作为高等职业教育相关课程与工程实践的教材或参考书,也可供高等院校相关专业师生和个人自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

机器人设计与制作 / 丘柳东, 朱顺兰主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.1

国家教育部提升专业服务能力项目 机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

ISBN 978-7-5643-3592-2

I. ①机… II. ①丘… ②朱… III. ①机器人—设计—高等学校—教材②机器人—制作—高等学校—教材
IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 285565 号

国家教育部提升专业服务能力项目

机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

机器人设计与制作

主编 丘柳东 朱顺兰

责任编辑	张华敏
特邀编辑	鲁会茹 鲁世钊 唐建明
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都勤德印务有限公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	12
字 数	314 千字
版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 次	2015 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3592-2
定 价	36.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

机器人领域综合运用了基础科学和应用工程技术的最新成果，是 21 世纪发展最为迅速、应用前景最为广阔的科学技术领域之一。机器人技术是一个国家科技发展水平和国民经济现代化、信息化的重要标志，是世界强国重点发展的高新技术之一。近年来，机器人技术飞速发展，除了在先进制造领域发挥着重要作用之外，已经越来越接近人们的日常生活，以家庭服务机器人为代表的各类服务型机器人已经在全世界范围内被广泛应用。如今，为了适应社会发展的需要，机器人技术已经越来越多地被以培养高素质技能型人才为目标的高等职业院校应用来开展工程综合实践和创新教育。

本书首先介绍了机器人技术的发展概况以及典型的机器人竞赛项目，让读者对机器人的组成、分类及应用有一个粗略的了解；在此基础上，进一步以模块化机器人套件为对象，利用搬运机器人、巡逻机器人、全向运动机器人三个项目，逐渐深入、细致地介绍了机器人的主流知识与技术。在机器人运动方式方面，主要介绍了关节式、普通轮式、全向轮式等运动方式；在机器人感知信息获取方面，涉及了开关量、灰度、光强、红外测距、视觉、语音等传感器技术；在控制算法方面，详细讲解了轨迹控制、目标跟随等典型控制算法；在程序设计方面，既有较为简单的图形化编程，也有基于 C 语言的程序设计。

本书的编写内容淡化了理论知识，以工程应用为主，力求使读者能够较为全面地掌握机器人技术，并从中得到工程实践和自主创新的训练，旨在提高读者的系统思维、项目分析与实现的能力以及知识与技术的综合运用能力。

本书适合高等职业学校的机电、电子、电气、控制等专业高年级学生阅读，也可供开发机器人科技项目或参加机器人竞赛的人员阅读参考。

本书由丘柳东、朱顺兰主编。绪论及附录由朱顺兰编写，项目 1~项目 3 由丘柳东编写。全书由丘柳东统稿，易谷主审。

在本书的编写过程中，重庆大学智能自动化研究所王牛副教授、中国电子科技集团公司 26 所李瑞峰工程师、北京博创兴盛科技有限公司李松工程师，给予了很大的支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

在本书的编写过程中，我们还参考了相关领域专家及同行的部分著作和文献资料，在此也表示衷心的感谢。

本书在内容组织方面进行了大胆的创新和尝试，但由于作者水平有限，加之经验不足，书中难免存在欠妥甚至错误之处，恳请同行专家批评指正。

编 者

2014 年 9 月

目 录

绪 论	1
项目 1 搬运机器人的设计与制作	20
项目说明	20
项目要求	20
项目分析与任务分解	21
任务 1 基本机械结构的搭建	23
任务 2 舵机调试与参数设置	27
任务 3 多关节机械手的运动控制	39
任务 4 简易扫描雷达的设计与实现	50
任务 5 完成搬运机器人的设计与制作	62
项目 2 巡逻机器人的设计与制作	71
项目说明	71
项目要求	71
项目分析与任务分解	72
任务 1 轮式机器人直行运动控制	74
任务 2 轮式机器人运动轨迹控制	86
任务 3 基于红外测距传感器的直线跟随机器人	91
任务 4 基于光强传感器的光源跟随运动控制	99
任务 5 基于灰度传感器的路径跟随	108
任务 6 完成巡逻机器人的设计与制作	116
项目 3 全向运动机器人的设计与制作	122
项目说明	122
项目要求	123
项目分析与任务分解	123
任务 1 三轮全向运动平台的搭建及方向控制	125
任务 2 四轮全向运动平台的搭建及方向控制	133
任务 3 基于视觉的目标跟随机器人的搭建	139
任务 4 简易视觉云台及在目标定位中的应用	152
任务 5 基于语音的机器人控制	160
任务 6 完成全向运动机器人的设计与制作	169
附 录	178
参考文献	186

绪 论

1. 机器人的产生与发展

在 20 世纪工业革命技术和生产快速发展的背景下，捷克斯洛伐克作家卡雷尔·卡佩克（Karel Capek）根据 robota（古代斯拉夫语，原意为“劳役、苦工”）和 Robotnik（波兰语，原意为“工人”），造出具有“奴隶机器”含义的新词 robot，是指具有人的外表、特征和功能的机器，是一种人造的劳力。1920 年在其剧本《罗萨姆的万能机器人》（R.U.R, Rossum's Universal Robots）中第一次公开使用“robot”一词。

1.1 机器人技术产生与发展的原因

首先，机器人技术的产生与发展，是人类自身发展的必然结果。随着人类探索、认知、改造自然的过程不断深入，需要一种工具代替人类去从事复杂和繁重的体力劳动，实现人类对不可达世界的认知和改造。机器人可以做重复性的劳动，减少人类的劳动强度；机器人可以做人类不愿意做的事情，把人类从有毒、有害、高温或危险等环境中解放出来；机器人可以做人类做不了的事情，比如对外太空的认知，对海底世界的探索，以及在微观环境下，对原子、分子进行搬运，都是现在人类依靠自身无法完成的工作。

其次，机器人技术的产生与发展，得益于第二次世界大战后世界经济的快速发展。由于战后人力资源缺乏，迫切需要一种工具代替工人进行大批量的生产制造活动，在提高生产效率的同时，降低人的劳动强度，以恢复和促进本国经济的发展。因此，机器人技术的产生与发展是社会本身的一种需求。

另外，机器人技术的产生与发展，是科学技术共同发展的综合性结果。机械、制造、材料、电子、计算机、自动控制以及人工智能等相关理论与技术的发展，促使多学科交叉领域不断被发掘，这些多学科交叉领域需要一个综合载体进行检验与促进。一方面，这些相关理论与技术为现代机器人技术的产生和发展提供了强大的技术保证；另一方面，这些相关理论与技术的综合发展水平决定了机器人技术的发展水平。

综上所述，机器人技术的产生和发展是人类与社会、科技发展的共同需要，是汇集了众多主流学科、对社会经济发展产生重大影响的最新研究成果，是当代科学技术发展最活跃的领域之一。学习机器人技术，有利于了解与掌握当今科学技术的研究成果及其应用，适应当代科技与社会发展的需要。

1.2 古代机器人技术

制造机器人是机器人技术研究者的梦想，代表了人类塑造自身、了解自身的一种强烈愿望。机器人技术虽然出现得比较晚，然而这一概念在人类的想象中却早已出现。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能模拟动物特征的机器人雏形。

西周时期，我国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的伶人，这是我国记载最早的具有机器人概念的文字资料。

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“三日而不下”。

东汉时期，我国著名科学家张衡不仅发明了地动仪、记里鼓车（见图 1），而且发明了指南车（见图 2）。记里鼓车每行进 1 里，车上的木人击鼓一下，每行 10 里，击钟一下；具有复杂轮系装置的指南车，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。

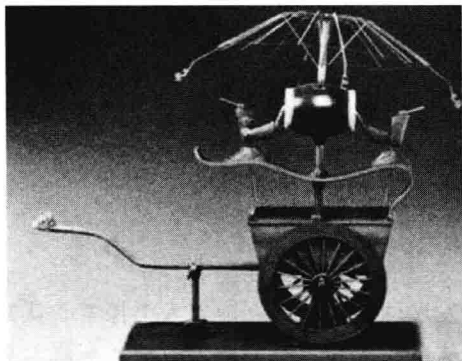


图 1 记里鼓车



图 2 指南车

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，为了实现把生物的功能机械化以进行医学上的分析，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。

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，至今还作为国宝保存在瑞士切尔市艺术和历史博物馆内。

古代科学家制造的玩偶至今还有其价值：

首先，它是现代玩具制造业乃至电子游戏业的先驱。如今，在美国迪斯尼乐园里的有声活动电子玩具展览中，还有被塑造成林肯和其他美国历史人物形象的玩偶为观众表演，虽然相关的技术已经有了很大进步（用电器或电子装置代替了钟表机构），但其设计思想和 18 世纪的自动机器并没有太大的区别。

其次，它为现代机器人的制造开创了先河。1913 年，美国福特汽车公司为了解决自动机床的上料、下料问题，首次研制了类似古代玩偶的上料机。1948 年，美国制造出第一台能处理核原料的机器人。

再次，它启示着人们将科学理论转化为实用技术。20 世纪 40 年代，美国数学家维纳等提出了控制论。40 年代末、50 年代初，不少国家的科技人员根据控制论原理制造出了机器动物，如机器龟、机器狐狸、机器狗等。美国工程师香农制作的机器老鼠，能在迷宫中择路而走，从最短的路线通过迷宫。这些机器动物模型事实上是科学理论通向实际应用的桥梁。

1.3 近现代机器人技术的发展

继 20 世纪 20 年代之后，机器人成为许多科幻电影以及科幻小说的主人公，例如，30 年代

末纽约世界交易会上放映的德国电影《大都市》中的 Eleitro 步行机器人和机器狗 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。人们对机器人寄予很高的期望, 而这在当时的科学技术条件下是无法实现的。即使是现在, 要造出类似人的智慧、感情的机器人仍然是科学家的梦想和追求。

进入 20 世纪 40 年代中后期, 机器人的研究与发展得到了更多人的关注。20 世纪 50 年代以后, 美国橡树岭国家实验室 (ORNL, Oak Ridge National Laboratory) 开始研究能搬运核原料的遥控操纵机械手。这是一种主从型控制系统, 系统中加入力反馈, 可使操作者获知施加力的大小, 主、从机械手之间有防护墙隔开, 操作者可以通过观察窗或闭路电视对从机械手操作进行有效的监督。主、从机械手系统的出现为机器人的产生以及近代机器人的设计与制造作了铺垫。

在此前后, 美国的戴沃尔 (George.G.Devol) 设想了一种可控制的机械手。1954 年, 他依据这一想法设计制作了世界上第一台机器人实验装置, 发表了《适用于重复作业的通用性工业机器人》一文, 并获得了美国专利。戴沃尔设计的机械人系统, 其数控机床的伺服轴与遥控操纵器的连杆机构连接在一起, 预先设定的机械手动作经编程输入后, 系统就可以离开人的辅助而独立运行。这种机器人工作的各个位置按序列全部记录在储存器内, 在任务的执行过程中, 机器人的各个关节在伺服驱动下依次再现上述位置, 故这种机器人的主要技术功能被称为可编程和示教-再现功能。

在此期间, 一些实用化的机器人相继问世, 1959 年, 第一台工业机器人在美国诞生, 开创了机器人发展的新纪元。

当今, 机器人技术正向着具有行走能力、多种感觉能力以及对作业环境的较强自适应能力的方向发展。美国贝尔科尔公司已成功地将神经网络装配在芯片上, 其分析速度比普通计算机快千万倍, 可更快、更好地完成语音识别、图像处理等工作。

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, 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, 目前最有影响力的国际会议是 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。出版的相关期刊有《Robotics Research》、《Robotics and Automation》等。

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, 如美国的 MIT、Stanford、Conell、Purdue 等大学都是研究机器人学富有成果的著名学府。美国、日本、英国、瑞典等国家相继设立了机器人学学位。

目前, 对全球机器人技术的发展最具影响力的国家是美国和日本。其中, 美国在机器人技术的综合研究水平上处于领先地位, 而日本生产的机器人在数量、种类方面则居世界首位。

2. 现代机器人的定义

机器人问世已有几十年, 虽然已经被广泛应用, 且越来越受到人们的重视, 但是对于机器人这一概念, 目前还没有一个统一、严格、准确的定义。原因之一是机器人技术还在发展之中, 另一原因是因为机器人涉及了人的概念, 成为一个难以回答的哲学问题。也许正是由于机器人定义的模糊, 才给了人们充分的想象和创造空间。

目前不同国家、不同研究领域的学者对机器人的定义不尽相同, 虽然定义的基本原则大体一致, 但仍有较大区别, 其中欧美国家的定义限定多一些, 日本给出的定义宽松一些。

美国机器人协会: 一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的, 通过程序动作来执行各种任务并具有编程能力的多功能操作机。

3.1 感知部分

感知部分是机器人与内外界环境联系和交流的重要一环。机器人的感知部分类似于人体中的各种感觉或者它们的综合,例如视觉、听觉等都属于感知部分。机器人可以根据感知信息合理地下达执行指令,也可以根据感知信息随时修正执行指令。

(1) 信息检测系统

信息检测系统主要由传感器(及其数据转换处理)模块组成,其功能是获取环境状态中有意义的信息。它可以分为内部传感器模块和外部传感器模块。内部传感器模块主要检测机器人的状态,例如速度、加速度、能量等;外部传感器模块主要检测机器人工作环境的状态,例如温度、场景分布等。检测到的信息可以直接被控制部分利用,并由控制系统直接作出判断(类似于人的条件或无条件反射);但检测到的信息更多的是经过信息融合系统,经过信息的综合处理后再传送至控制部分(类似于人的慎思活动)。

(2) 信息融合系统

机器人身上一般会安装多个传感器,以便检测各种有用的自身与环境状态信息。有些状态信息只需要单一的传感器进行检测,例如温度、湿度等状态;而有些状态信息的检测需要多个传感器进行配合,将多个检测信息进行融合处理后才能成功得到,例如,检测轮式机器人的速度,需要先检测到各个轮子的速度,然后再按照相应的速度合成算法进行计算,最后才能得到机器人的速度。信息融合系统的作用就是将相互独立的检测信息融合成更高级的感知信息,帮助机器人更好地认知自身与外部环境。

3.2 执行部分

执行部分相当于人的躯干与血液系统,反映的是机器人最终的执行结果。缺少了执行部分的机器人,事实上只相当于一个信息处理器。执行部分的执行效果直接体现了机器人的控制智能,也在一定程度上影响机器人的总体智能。

(1) 驱动系统

驱动系统主要是指驱动机械系统的驱动设置,是机器人的动力来源。根据驱动源的不同,驱动系统可分为电动、液压、气动三种以及把它们结合起来应用的综合系统,驱动系统可以与机械系统直接相连,也可通过传动装置与机械系统间接相连。驱动系统影响到机器人反应的快速性与准确性。

(2) 机械系统

除了安装感知、控制部分与其他必要结构的机械机构外,机械系统主要是指机器人的运动结构,常见的运动结构有关节式、轮式、复合式等。关节式结构的机器人常见的有工业机器人(典型关节式)、类人型机器人(足式)。轮式机器人常见的有服务机器人、巡逻机器人等,轮式机器人的运动控制相对于足式机器人来说,控制简单,所以在服务领域应用广泛。复合式运动结构主要应用在复杂地形中,例如救援机器人,既要能在平地与低坡度表面运动,又能够做上下楼梯等升降运动。

3.3 控制部分

控制部分的重要性如同人的大脑。控制部分包括人机交互系统与决策系统两部分。

（1）人机交互系统

人机交互系统是使操作人员参与机器人控制并与机器人进行联系交流的子系统，人机交互系统涉及如何获取外部控制命令以及如何表达自身的状态等。简单的人机交互可能只是一个报警信号，复杂的人机系统则可能涉及许多学科，例如通信技术（如何获取远程甚至是超远程的命令信息）、自然语言处理（如何分析操作人员的语言命令）等。

人机交互系统也有可能会借助感知部分获取必要的信息，例如在接收语音命令时，需要感知部分进行语音的检测与信号的转换以及语音命令的分析等。

（2）决策系统

控制系统的任务是根据感知部分提供的感知信息以及执行任务要求，进行合理的分析与决策，提供执行指令给执行部分完成指定的运动和功能。感知部分如果对执行部分不进行监测的话，如一般工业机器人末端的移动，这样的控制方式称为开环控制；如果进行信息的反馈，如具有跟踪功能的机器人，这样的控制方式称为闭环控制。

控制系统可以很简单，如温度报警，只需要在温度一旦超过警戒温度时立刻报警；也可以很复杂，美国 IBM 公司生产的深蓝超级国际象棋计算机，有 32 个微处理器，每秒钟可以计算 2 亿次。1997 年生产的深蓝国际象棋计算机可搜寻及估计随后的 12 步棋，而一名人类象棋高手大约可估计随后的 10 步棋。

4. 机器人的分类

机器人可按照其不同的功能、目的、用途、规模、结构、坐标、驱动方式等分成很多类型。本书主要讲解以下三种分类方式。

4.1 按机器人的开发内容与应用分类

按开发内容与应用，机器人可分为三大类：工业机器人、操纵型机器人与智能机器人。

（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，主要用于完成工业生产中的某些作业。依据具体应用目的不同，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，包括电焊和弧焊机器人，用于实现自动化焊接作业；装配机器人较多用于电子部件或电器的装配；喷涂机器人代替人进行各种喷涂作业；搬运、上料、下料及码垛机器人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；还有很多其他用途的机器人，如将金属溶液浇到压铸机中的浇注机器人等。

工业机器人的优点在于它可以通过更改程序，方便迅速地改变工作内容或方式，以满足生产要求的变化，例如，改变焊缝轨迹及喷涂位置，变更装配部件或位置等。随着对工业生产越来越高的柔性要求，各种工业机器人的应用也越来越广泛。

（2）操纵型机器人

操纵型机器人主要用于非工业生产的特殊场合，所以操纵型机器人大多数都是特种作业机器人。如水下机器人，又称水下无人深潜器，代替人在水下危险的环境作业。人类借助潜水器具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具潜入深海。然而，由于危险性很大，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

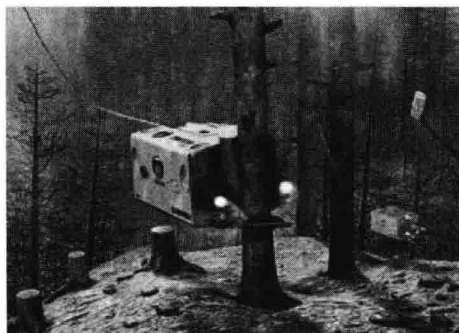
人变成了十分受关注的发展方向。

还有一些特种作业机器人,如图4(a)所示的管道检测机器人、图4(b)所示的水下伐木机器人等,这些机器人都是根据某种特殊目的设计的特种作业机器人,为帮助人类完成一些高强度、高危险或无法完成的工作提供了很大方便。

在机器人技术还未能提供与人类相当的感知能力时,需要借助人的感知帮助机器人进行工作,这样的场合使操纵型机器人有存在的必要,当感知理论与技术发展一定程度时,操纵型机器人也可以转换成智能机器人,完全解放人类自身。



(a) 管道机器人



(b) 水下伐木机器人

图4 特种作业机器人

(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,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,大多数智能机器人尚处于研究和发展阶段,技术还未成熟,还不能大规模使用。

智能机器人的发展大致有两种,一种是类人型智能机器人,这是人类梦想的机器人;另一种外形并不像人,但具有机器智能。在后面介绍的典型机器人中大部分都属于智能机器人。

4.2 按机器人的发展程度分类

按照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

第一代机器人主要是指只能以示教-再现方式工作的工业机器人,称为示教-再现型。示教内容为机器人操作结构的运动轨迹、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,机器人依照教给的行为、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,从而完成给定位置的喷涂工作。这种方式是手把手示教,但是比较普通的示教方式是通过控制面板完成的。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。

（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，通过反馈控制，使机器人能在一定程度上适应环境的变化。这样的技术现在正越来越多地应用在机器人上，例如，焊缝跟踪技术，在机器人焊接的过程中，一般通过示教方式给出机器人的运动曲线，机器人携带焊枪重复走这个曲线进行焊接。这就要求工作的一致性，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作上的实际焊缝位置将产生偏差。焊缝跟踪技术是在机器人身上加一个传感器，通过传感器感知焊缝的位置，再通过反馈控制，机器人自动跟踪焊缝，从而对示教的位置进行修正，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。

（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，可以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；它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。这类机器人具有高度的适应性和自治能力，这是人们努力使机器人达到的目标。经过科学家多年来不懈的研究，已经出现了很多各具特色的试验装置和大量的新方法、新思想。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，该技术是机器人今后发展的方向。

4.3 按驱动方式分类

按驱动方式，机器人可以分为气压驱动、液压驱动、电力驱动和新型驱动式机器人等。

（1）气压驱动式机器人

这类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。因气源压力一般只有 60 MPa 左右，故此类机器人适宜举力要求较小的场合。

（2）液压驱动式机器人

相对于气压驱动，液压驱动的机器人具有大得多的抓举能力，可高达上百千克。液压驱动式机器人结构紧凑，传动平衡且动作灵敏，但对密封性要求较高，且不宜在高温或低温的场合工作，成本较高，要求的制造精度也较高。

（3）电力驱动式机器人

目前越来越多的机器人采用电力驱动式，这不仅是因为电动机品种众多可供选择，更因为可以运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，其应用最为广泛。

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。

(4) 新型驱动式机器人

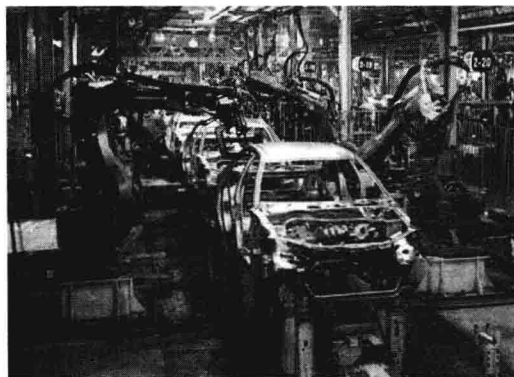
伴随着机器人技术的发展,出现了利用新的工作原理制造的新型驱动器式机器人,如静电驱动器、压电驱动器、形状记忆合金驱动器、人工肌肉及光驱动器等。

5. 典型机器人

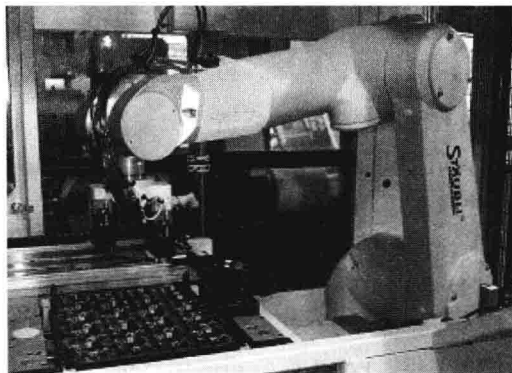
在发达国家,机器人已广泛地应用于工业、国防、科技、生活等各个领域。在工业部门应用最多的是汽车工业和电子工业,在机械制造行业也有普遍的应用,并逐渐向纤维加工、食品工业、家用产品制造等行业发展。

5.1 工业机器人

工业机器人技术日趋成熟,已经成为一种标准设备而得到工业界广泛应用,从而也造就了一批在国际上较有影响力的、著名的工业机器人制造公司,它们生产的有代表性的工业机器人如图 5 所示。



(a) ABB 公司的焊接机器人



(b) Staubli 公司的装配机器人



(c) FANUC 公司的搬运机器人



(d) KUKA 公司的食品包装机器人

图 5 典型工业机器人

（1）瑞典 ABB Robotics 公司

ABB 公司是世界上最大的机器人制造公司。1974 年, ABB 公司研发了全球第一台全电控式工业机器人——IRB6, 主要应用于工件的取放和物料的搬运。1975 年, ABB 公司生产出第一台焊接机器人。到 1980 年 ABB 公司兼并 Trallfa 喷漆机器人公司后, 某机器人产品趋于完备。至 2002 年, ABB 公司销售的工业机器人已经突破 10 万台, 是世界上第一个销售机器人突破 10 万台的厂家。ABB 公司制造的工业机器人广泛应用在焊接、装配、铸造、密封涂胶、材料处理、包装、喷漆、水切割等领域。

（2）瑞士 Staubli 公司

Staubli 公司将其在机械运动控制方面的经验和优势应用在工业机器人上, 先成功开发并生产了以坚固、可靠和修正尺寸而著称的 TX、RX 系列机器人手臂后, 又拥有了高速、精确、安全的新一代 SCARARS 系列工业机器人。Staubli 公司现在生产的机器人与过去相比, 具有更快的速度、更高的精度、更好的灵活性和更友好的用户环境。Staubli 公司采用了创造性的专利技术, 集成了无间隙的齿轮减速系统, 结合了高性能的控制器, 从而保证了精确的轨迹控制和最佳的过程参数管理。Staubli 公司根据各行业的需求而设计出一系列不同应用范围的专业机器人, 可以直接集成到各个生产设备中, 其主要应用领域包括: 镭射和水注入切割, 抛光打磨, 装配搬运, 喷涂, 精加工等。

（3）日本 FANUC 公司

FANUC 公司的前身致力于数控设备和伺服系统的研制和生产。1972 年, 从日本富士通公司的计算机控制部门独立出来, 成立了 FANUC 公司。自 1974 年 FANUC 公司的首台机器人问世以来, FANUC 公司致力于机器人技术上的领先与创新, 机器人产品系列多达 240 种, 负重从 0.5 kg 到 1.35 t, 广泛应用在装配、搬运、焊接、铸造、喷涂、码垛等不同生产环节, 能满足客户的不同需求。2008 年 6 月, FANUC 公司成为世界上第一个销售突破 20 万台机器人的厂家; 2011 年, FANUC 公司的全球机器人装机量已超 25 万台, 市场份额稳居世界第一。

（4）德国 KUKA Roboter GmbH 公司

KUKA Roboter GmbH 公司位于德国奥格斯堡, 是世界几家顶级工业机器人制造商之一, 1973 年, 该公司研制开发了自己的第一台工业机器人。目前该公司工业机器人年产量接近 1 万台, 至今已在全球安装了 6 万台工业机器人。这些机器人广泛应用在仪器、汽车、航天、食品、制药、医学、铸造、塑料等工业中, 主要进行材料处理、机床装料、装配、包装、堆垛、焊接、表面修整等作业。

5.2 BigDog

美国研制的 BigDog——大狗机器人——是由波士顿动力学工程公司 (Boston Dynamics) 专门为美国军队研究设计的, 是一种形似机械狗的四足机器人, 如图 6 所示。

Boston Dynamics 公司曾经测试过 BigDog, 这只机器狗与真狗一般大小, 它能够在战场上发挥重要作用: 为士兵运送弹药、食物和其他物品。其原理是: 由汽油机驱动的液压系统能够带动其有关节的四肢运动, 陀螺仪和其他传感器帮助机载计算机规划每一步的运动, 机器人依靠感觉来保持身体的平衡, 如果有一条腿比预期更早地碰到了地面, 计算机就会认为它可能踩到了岩石或是山坡, 然后 BigDog 就会相应地调节自己的步伐。

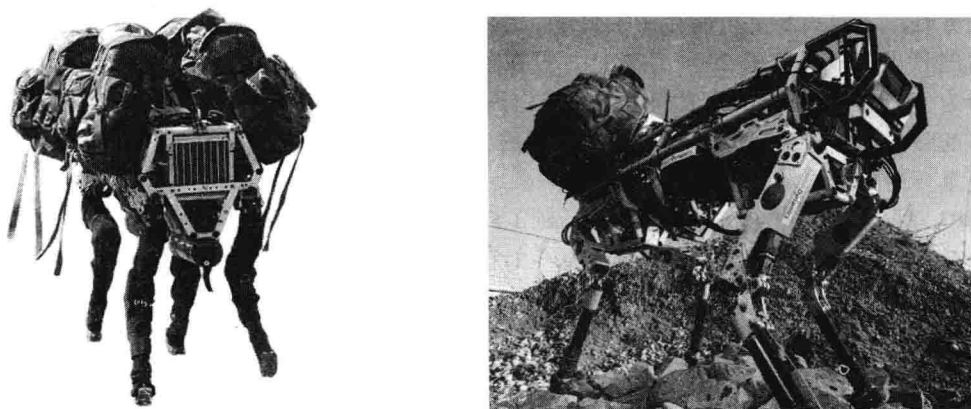


图6 BigDog

波士顿动力公司主席兼项目经理马可·雷波特说：“内力传感器可探测到地势变化，根据情况做出调整。而当我们‘骚扰’它时，BigDog的主动平衡性使其可以保持稳定。”这种平衡性通过四条腿维持，每条腿有三个靠传动装置提供动力的关节，并有一个“弹性”关节，这些关节由一个机载计算机处理器控制。

BigDog项目由美国国防部高级研究计划署（DARPA）资助，该机构希望BigDog可以在那些军车难以出入的险要地势助士兵一臂之力。雷波特说，最新款BigDog可以攀越 35° 的斜坡，其液压装置由单缸两冲程发动机驱动，它可以承载40多kg的装备，约相当于其重量的30%。BigDog还可以自行沿着简单的路线行进或是被远程控制。

英国索尔福德大学的机器人技术专家达尔文·考德威尔说：“它的确看上去非常引人注目——行动迅速、反应灵敏、动力和智能自动化，且看上去坚固耐用。这是我看到的性能最优越的机器人。不过，从视频中可以看到，有些方面需谨慎对待。”BigDog的设计者们表示，将在未来一款BigDog V3的每一条腿上多安装一个动力关节，因此，BigDog V3将能够以更快的速度攀越更陡的斜坡以及地势更险峻的路段。

目前BigDog还没有正式加入美国陆军，不过Boston Dynamics公司已经在开发的下一代名为Alpha Dog的机器人的体积比之前的大了一大圈，与其说像狗，不如说像牛。Alpha Dog有大约32 km的航程，到目前为止还处于模拟测试阶段。

5.3 火星探测器

最早发射火星探测器的是苏联。火星探测器是一种用来探测火星的人造卫星，主要用来探测火星的地质结构、探寻生命迹象。到目前为止，比较出名的火星探测器有勇气号、机遇号和好奇号。

（1）勇气号火星探测器

2003年6月10日，名为“勇气号”的火星登陆探测器（见图7）从美国的卡纳维拉尔角空军基地发射升空，在运载火箭的推动下，它深入太空中的未知领域，这个智能机器人降落在火星表面后要完

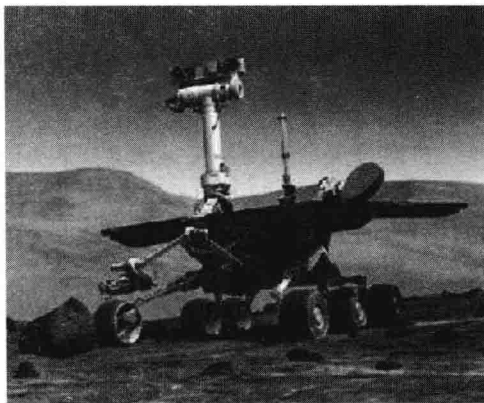


图7 勇气号火星探测器