

 普通高等教育“十三五”规划教材暨智能制造领域人才培养规划教材

机器人技术基础

JIQIREN JISHU JICHU

主编 黄俊杰 张元良 闫勇刚



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十三五”规划教材暨智能制造领域人才培养规划教材

机器人技术基础

主 编 黄俊杰 张元良 闫勇刚
副主编 张业明 代 军 朱文亮
李艳琴 绳 飘

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书主要介绍机器人技术的内涵和技术体系、本体结构、运动学分析、动力学分析、感知系统、控制系统、运动规划、语言与编程、应用及发展趋势等内容。本书可供高等学校机械电子工程、机械设计制造及其自动化、测控技术与仪器、自动化控制和计算机应用等专业作为本科生和研究生专业课程的教材,同时也可从事机器人制造业研究的科研人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

机器人技术基础/黄俊杰,张元良,闫勇刚主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2018. 8
普通高等教育“十三五”规划教材暨智能制造领域人才培养规划教材
ISBN 978-7-5680-4148-5

I. ①机… II. ①黄… ②张… ③闫… 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(2018)第 191354 号

机器人技术基础

黄俊杰 张元良 闫勇刚 主编

Jiqiren Jishu Jichu

策划编辑:汪 富

责任编辑:吴 晗

封面设计:刘 婷

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.75

字 数:362千字

版 次:2018年8月第1版第1次印刷

定 价:42.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

21 世纪是一个科技引领世界的世纪,而在广泛的科学领域,机器人的发展总是引人注目的。上到空间机器人,下至水下探险机器人,遍及工业、农业、服务业等诸多领域,随着行业间的深度融合,机器人应用范围将不断得到拓展。

机器人的研发、制造、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。要大力围绕汽车、机械、国防军工等工业机器人、特种机器人,医疗健康、教育娱乐等服务机器人应用需求,积极研发新产品,促进机器人标准化、模块化发展,扩大市场应用。

青年一代,特别是在校的本科生和研究生,是实现科技强国的主力军。机器人技术的相关课程实质上是培养人才并迎接未来挑战的强有力武器。机器人技术涉及力学、机械、电子、控制技术与自动化、传感与检测等学科,是一门跨学科的综合技术,本书旨在较系统地介绍串联和并联机器人本体结构、运动及动力分析、控制以及发展趋势等基础知识,能够作为机械电子工程、机械设计制造及其自动化、测控技术与仪器、自动化控制和计算机应用等专业本科生教材,也适合这些专业研究生中的初学者使用。

全书共分九章。第 1 章介绍机器人的发展、分类与基本参数,结合学科和科技的发展探讨了机器人的发展趋势;第 2 章介绍串联、并联和移动机器人的本体结构,给出结构设计要点和常用的结构形式,并分析典型的结构原理和特点,重点分析了常用的传动机构,介绍机器人的定位、消隙等关键技术;第 3 章讨论机器人坐标系及其位姿在坐标系内的描述,齐次坐标及其变换, D-H 表示法,正向运动学和逆向运动学;第 4 章分析机器人的速度和速度雅克比矩阵,介绍拉格朗日方法和牛顿-欧拉方法两种常用的动力学分析方法,对 Stewart 并联机器人进行了动力学分析;第 5 章讨论机器人内部和外部传感器的类型、工作原理及技术,多传感器信息融合技术及应用实例;第 6 章介绍机器人控制系统,包括电动机驱动的系统动力学建模,单关节位置控制、多关节位置控制,四种基于位置控制的力控制方式,力/位混合控制,神经网络 PID 控制和滑模变结构控制;第 7 章讨论在关节空间和笛卡儿空间运动的轨迹规划和轨迹生成方法,插补方式的分类、插补算法,移动机器人的全局规划方法和局部规划方法;第 8 章阐述机器人编程要求、编程语言系统与功能,常用编程语言,示教编程、离线编程的组成与特点;第 9 章结合最新的行业动态介绍常用机器人的类型和应用情况,以及未来发展趋势及特点。

本书是编者在积累多年的教学、科研实践的基础上编写而成的。本书由河南理工大学黄俊杰、闫勇刚、张业明、代军、李艳琴、绳飘,淮南工学院张元良、朱文亮编写,其中第 1 章、第 3 章和第 8 章由黄俊杰和绳飘编写,第 2 章、第 4 章和第 9 章由代军、李艳琴编写,第 5 章由闫勇刚编写,第 6 章由张业明编写,第 7 章由张元良、朱文亮编写。本书的编写得到了河南省教研教改重点项目(2017SJLX039)的资助。

机器人是一门常更常新的技术,许多问题有待进一步探讨,也有待继续发展,加上编者的水平和时间有限,本书的疏漏和不当之处在所难免,恳切希望读者不吝指正,不胜感激。

编者

2018年4月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机器人发展及定义	(1)
1.1.1 机器人发展简史	(1)
1.1.2 机器人的定义	(5)
1.2 机器人的组成与分类	(6)
1.2.1 机器人的组成	(6)
1.2.2 机器人的分类	(7)
1.3 机器人的技术参数	(11)
1.3.1 机器人的主要技术参数	(11)
1.3.2 ABB IRB1600-6/1.2 技术参数	(13)
1.4 机器人的发展趋势	(13)
1.4.1 发展趋势	(13)
1.4.2 发展特点和涵盖内容	(14)
本章小结	(15)
习题	(15)
第 2 章 机器人的本体结构	(16)
2.1 串联机器人的结构	(16)
2.1.1 机座	(17)
2.1.2 臂部	(17)
2.1.3 腕部	(20)
2.1.4 末端执行器	(23)
2.1.5 机器人的驱动与传动	(28)
2.1.6 传动机构的定位与消隙技术	(39)
2.2 并联机器人的结构	(42)
2.2.1 并联机构概述	(42)
2.2.2 并联机器人的发展	(43)
2.2.3 并联机器人的应用	(44)
2.3 移动机器人的结构	(45)
2.3.1 车轮式移动机构	(45)
2.3.2 履带式移动机构	(46)
2.3.3 步行机器人	(46)

本章小结	(47)
习题	(47)
第3章 机器人运动学分析	(49)
3.1 机器人坐标系	(49)
3.1.1 固定坐标系	(49)
3.1.2 运动坐标系	(50)
3.1.3 位置描述	(50)
3.1.4 姿态描述	(50)
3.2 齐次坐标及变换	(50)
3.2.1 齐次坐标	(50)
3.2.2 齐次坐标变换	(51)
3.3 机器人位姿描述	(57)
3.3.1 连杆的位姿描述	(57)
3.3.2 手部的位姿描述	(59)
3.4 机器人位姿分析	(60)
3.4.1 连杆坐标系与连杆参数	(60)
3.4.2 连杆坐标变换矩阵	(61)
3.4.3 运动方程	(62)
3.5 串联机器人运动学分析	(62)
3.5.1 正向运动学	(62)
3.5.2 逆向运动学	(66)
3.5.3 运动学反解讨论	(69)
3.6 并联机器人机构位置分析	(70)
3.6.1 位置反解	(70)
3.6.2 位置正解	(71)
本章小结	(76)
习题	(76)
第4章 机器人动力学分析	(79)
4.1 串联机器人速度雅可比矩阵与速度分析	(79)
4.1.1 串联机器人速度雅可比矩阵	(79)
4.1.2 串联机器人速度分析	(81)
4.2 串联机器人静力学分析	(83)
4.2.1 机器人手臂的静力学	(83)
4.2.2 串联机器人力雅可比	(85)
4.2.3 串联机器人静力学的两类问题	(86)
4.3 机器人动力学分析	(87)
4.3.1 拉格朗日方程	(87)
4.3.2 牛顿-欧拉方程	(91)

4.3.3 关节空间和操作空间及动力学	(94)
4.4 并联机器人动力学分析	(95)
4.4.1 并联机器人动力学	(95)
4.4.2 RPY 角描述方法	(95)
4.4.3 雅可比矩阵	(96)
4.4.4 并联机器人模型的建立	(96)
本章小结	(101)
习题	(101)
第 5 章 机器人传感器	(103)
5.1 机器人传感器分类和性能指标	(103)
5.1.1 机器人传感器定义	(103)
5.1.2 机器人传感器的分类	(104)
5.1.3 传感器性能指标	(105)
5.1.4 机器人传感器的要求与选择	(107)
5.2 机器人内部传感器	(108)
5.2.1 位置和角度传感器	(109)
5.2.2 速度(角速度)传感器	(114)
5.2.3 加速度传感器	(116)
5.2.4 倾斜角传感器	(117)
5.3 机器人外部传感器	(118)
5.3.1 视觉传感器	(118)
5.3.2 听觉传感器	(120)
5.3.3 触觉传感器	(122)
5.3.4 接近觉传感器	(128)
5.3.5 其他传感器	(131)
5.4 传感器融合	(132)
5.4.1 多传感器信息融合技术	(132)
5.4.2 多传感器融合应用实例	(132)
本章小结	(133)
习题	(134)
第 6 章 机器人控制系统	(135)
6.1 概述	(135)
6.2 机器人控制系统组成	(137)
6.3 驱动与运动控制系统	(138)
6.3.1 电动机驱动的系统动力学	(138)
6.3.2 运动控制系统	(142)
6.4 机器人位置控制	(144)
6.4.1 单关节位置控制	(145)

6.4.2	单关节控制器增益参数确定	(148)
6.4.3	单关节控制器误差分析	(150)
6.4.4	多关节位置控制	(151)
6.5	机器人力控制	(152)
6.5.1	基本概念	(153)
6.5.2	机器人手臂及环境的建模	(156)
6.5.3	基于位置控制的力控制方式	(157)
6.5.4	作业约束与控制策略	(160)
6.5.5	力/位混合控制	(162)
6.6	并联机器人控制	(164)
6.6.1	6-SPS 平台机构分析和建模	(164)
6.6.2	6-SPS 平台机构的神经网络 PID 控制	(166)
6.7	机器人变结构控制	(167)
6.7.1	变结构控制原理	(167)
6.7.2	机器人滑模变结构控制器	(169)
	本章小结	(171)
	习题	(171)
第 7 章	工业机器人运动规划	(173)
7.1	机器人轨迹规划概述	(173)
7.1.1	机器人轨迹的概念	(173)
7.1.2	轨迹规划的一般性问题	(173)
7.1.3	轨迹的生成方式	(175)
7.1.4	轨迹规划涉及的主要问题	(175)
7.2	插补方式分类	(176)
7.2.1	插补方式分类	(176)
7.2.2	机器人轨迹控制过程	(176)
7.3	机器人轨迹插值计算	(177)
7.3.1	直线插补	(177)
7.3.2	圆弧插补	(178)
7.3.3	定时插补与定距插补	(180)
7.3.4	关节空间插补	(181)
7.4	机器人手部路径的轨迹规划	(189)
7.4.1	操作对象的描述	(189)
7.4.2	作业的描述	(189)
7.5	移动机器人路径规划	(191)
7.5.1	移动机器人路径规划技术	(191)
7.5.2	移动机器人全局规划方法	(192)
7.5.3	移动机器人局部规划方法	(193)

本章小结	(194)
习题	(195)
第8章 机器人语言与编程	(196)
8.1 概述	(196)
8.2 机器人编程要求与语言类型	(196)
8.2.1 机器人编程要求	(196)
8.2.2 机器人编程语言类型	(198)
8.3 编程语言系统和基本功能	(198)
8.3.1 机器人语言系统	(198)
8.3.2 机器人语言系统的基本功能	(198)
8.4 常用的机器人编程语言	(200)
8.4.1 AL 语言	(201)
8.4.2 VAL 3 语言	(202)
8.4.3 IML 语言	(205)
8.5 机器人的示教编程	(205)
8.5.1 示教编程特点	(205)
8.5.2 示教编程举例	(206)
8.6 机器人离线编程及其系统	(210)
8.6.1 机器人离线编程的特点	(211)
8.6.2 机器人离线编程系统的组成	(211)
8.6.3 离线编程系统的发展	(213)
本章小结	(214)
习题	(214)
第9章 机器人应用及发展趋势	(215)
9.1 机器人应用	(215)
9.1.1 工业机器人应用	(215)
9.1.2 服务机器人应用	(216)
9.1.3 空中机器人应用	(216)
9.1.4 医疗及康复机器人应用	(217)
9.1.5 教育机器人应用	(217)
9.1.6 救援机器人应用	(218)
9.2 未来机器人发展趋势	(219)
本章小结	(221)
习题	(221)
参考文献	(222)

第1章 绪论

21世纪是一个科技引领世界的世纪,科技的快速发展使得各领域不断涌现新的发现,取得新的成就,而在广泛的科学领域中,机器人的发展总是非常引人注目的。上到空间机器人,下至水下探险机器人,遍及工业、农业、服务业等诸多领域,机器人技术的发展已经成为衡量国家高科技发展水平的重要标志。机器人的发展、研究和应用深刻影响着工业制造模式的变革以及人类文明的发展。随着科学技术水平的提高和时代的进步,机器人将向着智能化、柔性化及与人类社会更加融合的方向发展。

1.1 机器人发展及定义

1.1.1 机器人发展简史

1. 机器人的由来与起源

自古以来,有不少科学家和杰出工匠制造出了具有人类特点或具有动物特征的机器人雏形,以代替人来完成各种各样的工作,体现了人类长期以来以机器代替人的一种愿望。

早在西周时期,我国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的机器人,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曾制造过一只能在空中飞行“三日而不下”的木鸟。东汉时期,著名科学家张衡发明了地动仪、计里鼓车和指南车,这些发明都是具有机器人构想的装置。三国时期,蜀国丞相诸葛亮制造了“木牛流马”,用来运送粮草,并利用其中的机关“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功能和结构。

第一次工业革命后,随着各种自动机器、动力机械的问世,制造机器人开始由梦想转入现实,机械式控制的机器人——各种精致的玩具和工艺品便应运而生。

1662年日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶。1738年法国天才技师杰克·戴·瓦克逊发明的机器鸭,不仅会叫、喝水和游泳,还会进食和排泄。1768—1774年间瑞士钟表匠罗斯父子三人设计制造了三个像真人一样大小的写字偶人、绘图偶人和弹琴偶人,这三个偶人是由弹簧驱动和凸轮控制的自动机器,至今还保存在瑞士纳切特尔市艺术和历史博物馆。1770年美国科学家发明一种报时鸟,每到整点,该鸟的翅膀、头和喙就会运动,靠活塞压缩空气而发出叫声,报时鸟由主弹簧驱动齿轮转动,带动凸轮转动,从而实现翅膀和头的驱动。1893年加拿大的摩尔设计制造了以蒸汽为动力的能行走机器偶人“安德罗丁”。这些事例标志着人类制造机器人从梦想到现实前进了一大步。

1920年捷克作家卡雷尔·卡佩克(Karel Capek)在其剧本 *Rossum's Universal Robots* (《罗萨姆的万能机器人》)中把具有人的外表、特征和功能的机器人描写成能充当劳力代替人类劳动。根据剧中 Robota(捷克文,原意为“劳役、苦工”)和 Robotnik(波兰文,原意为“工人”)而创造出“Robot(机器人)”一词。

1942年著名科普作家艾萨克·阿西莫夫(Isaac Asimov)在科幻小说《流浪者》中提出了机器人学(Robotics)一词,预测了机器人所涉及的科学领域及其存在的问题。

1950年 Asimov 在小说《我是机器人》中,提出了有名的“机器人三原则”:

- (1) 机器人必须不危害人类,也不能眼看着人类受害而袖手旁观;
- (2) 机器人必须绝对服从人类,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,除非为了保护人类或者人类命令它做出牺牲。

上述三条原则给机器人赋以新的伦理观,至今仍被研究人员、研制厂家和用户共同遵守。

20世纪40年代中后期,机器人的研究与发明得到了更多国家和学者的关注。第二次世界大战期间,美国橡树岭国家实验室为搬运放射性材料研制出了连杆结构的遥控主从式操作器,如图1-1所示。该系统为主从式控制系统,系统中加入力反馈,使操作员可感觉到从机械手与环境之间产生的力。主从式机械手系统的出现为机器人的产生及近代机器人的设计与制造奠定了基础。1949年由于研制新型飞机对零件加工的需求,美国空军发起了对数控铣床的研制,并于1953年由麻省理工学院研制出将伺服技术与数字技术相结合的数控铣床。

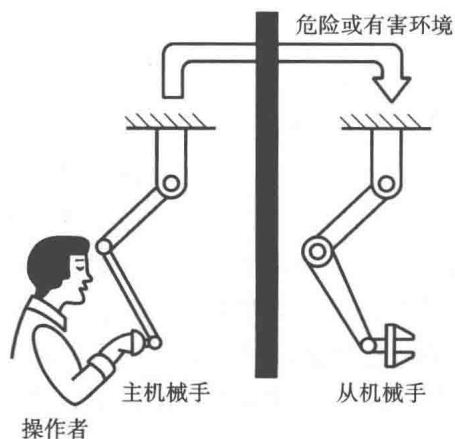


图 1-1 遥控主从式操作器

2. 机器人的发展和现状

1954年美国的戴沃尔(George Devol)提出机器人不一定要像人的样子,但要能做人的工作,并具体描述了如何建造能由人控制的机械手。依据这一想法,他于1961年研制了世界上第一台采用伺服控制技术的工业机器人——一台将遥控操作器的连杆机构与数控技术结合的装置。借助伺服技术控制机器人的关节,利用人手对机器人进行动作示教,机器人能实现动作的记录和再现,现有的机器人几乎都采用这种控制方式。1958年,被誉为“工业机器人之父”的 Joseph Engelberger 创建了世界上第一个机器人公司——Unimation,他还参与设计了第一台 Unimate 机器人,如图1-2所示为一台用于压铸的五轴液压驱动的 Unimate 机器人,手臂的运动由计算机控制完成。

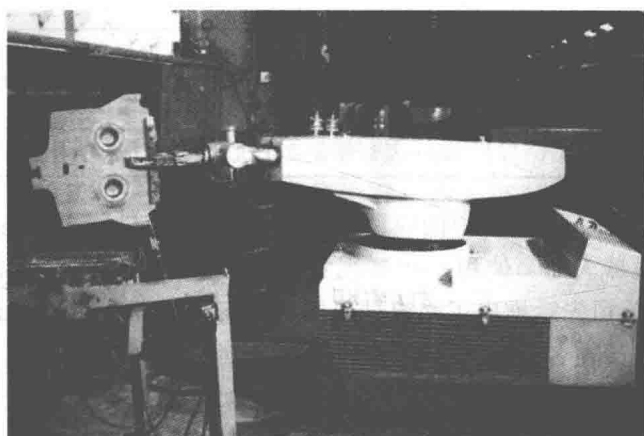


图 1-2 Unimate 机器人

20 世纪 60 年代,工业机器人进入成长期,机器人开始向实用化方向发展,被用于焊接和喷涂作业。1967 年,日本的川崎重工与 Unimation 公司谈判,购买了机器人专利。70 年代,出现了更多的机器人商品,机器人进入实用化时代,日本成为“机器人王国”。1969 年,机器人出现了不寻常的新发展,美国通用电气公司研制了试验性步行车,同年和次年分别研制出了“波士顿”机械手和“斯坦福”机械手等。1974 年 Cincinnati Milacron 推出了第一台计算机控制的工业机器人,可举起质量为 100 lb(1 lb \approx 0.45 kg)的物体,能够跟踪装配线上的工件。

20 世纪 60 年代和 70 年代是机器人发展最快、最好的时期,这期间的各项研究发明有效地推动了机器人技术的发展和推广。这一时期发生的推动机器人技术发展的事件如表 1-1 所示。

表 1-1 机器人技术发展编年表

年份	领域	与机器人发展有关的事件
1961	技术	有传感器的机械手 MH-1,由 Emst 在麻省理工学院发明
1961	工业	Versatran 圆柱坐标机器人商业化
1965	理论	L. C. Roberts 将齐次变换矩阵应用于机器人
1968	技术	斯坦福研究院发明带视觉的计算机控制的行走机器人 Shakey
1969	技术	V. C. Sheinman 及其助手发明斯坦福臂
1969	理论	用于行走机器人导向的机器人视觉在斯坦福研究院展开
1970	技术	发明出带视觉的机器人
1971	工业	日本工业机器人协会(JIRA)成立
1972	理论	Paul 用 D-H 矩阵计算轨迹
1972	理论	D. E. Whitney 发明操作机的协调控制方式
1975	工业	美国机器人研究院成立
1975	工业	Unimation 公司发布其第一次利润

续表

年份	领域	与机器人发展有关的事件
1976	技术	在斯坦福研究院完成用机器人的编程装配
1978	工业	C. Rose 及同事成立了机器人智能公司,生产了第一个商业视觉系统

20 世纪 80 年代机器人在工业中的应用开始普及,高性能机器人所占比例不断增加,尤其是各种装配机器人、机器人配套使用的机器视觉技术和装置正在迅速发展。1985 年前后,日本 FANUC 和 GMF 公司先后推出了交流伺服驱动的工业机器人产品。此时日本工业机器人进入鼎盛时期,日本开始在各个领域使用机器人,极大地缓解了国内劳动力短缺的现象。

20 世纪 80 年代后期,传统工业机器人市场趋于饱和,许多厂家被兼并或倒闭,国际机器人研究和全球机器人行业进入萧条期。直到 1995 年,全球工业机器人市场才开始复苏。90 年代后期,丹麦乐高公司推出了机器人套件,让机器人制造像搭积木一样相对简单又能任意拼装,使机器人开始进入个人世界;2002 年丹麦 iRobot 公司推出了吸尘器机器人 Roomba,它能避开障碍,自行设计路线,自动驶向充电器完成充电,为目前销量最大、最商业化的家用机器人。

我国的机器人研究较晚,约为 20 世纪 70 年代末 80 年代初才开始研究。2012 年点焊机器人和弧焊机器人等四种新型工业机器人在哈尔滨研制成功,标志着我国已掌握了第一代工业机器人的生产技术,新的机器人产业已经在我国诞生。2017 年《机器人商业评论》公布了 2016 年全球最具影响力 50 家机器人企业,我国的沈阳新松机器人自动化股份有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司等名列其中。同时在国家多项科技计划的资助下,精密装配机器人、仿生机器人、特种机器人和微型机器人等的研制及其关键技术与世界先进水平的差距进一步缩小。

进入 21 世纪后,全球机器人技术与产业步入新的阶段。第三代机器人涌现,人工智能、仿生、柔性材料等技术被更加广泛地应用。同时工业机器人产业发展速度加快,年增长率达到了 30% 左右。

国际数据公司(IDC)预测,在全球机器人区域分布中,亚太市场处于绝对领先地位,预计其 2020 年支出将达 1330 亿美元,全球占比达 71%;欧洲、中东和非洲为第二大市场;美洲是第三大市场。近年来,我国各地发展机器人积极性较高,行业应用快速推广,市场规模明显增速。2017 年,我国机器人市场规模达到 62.8 亿美元,2020 年预计超过 100 亿美元。

2017 年国产机器人应用范围持续增加,已服务于国民经济 37 个行业大类 102 个行业中类,工业机器人继汽车制造和电子信息行业后,正深度融入制造业,在家居、化工、食品、制药等行业取得应用;服务机器人、特种机器人大量用于医疗康复、抢险救援等专业场景,并可提供情感娱乐、家庭陪护等服务。

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。随着机器人学的发展,相关的国际学术交流活动也日趋增多,目前最有影响的国际会议是 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(CITR)等。

当前,世界正掀起新一轮科技革命和产业革命,在大数据、云计算、认知科学和人工智能等科技的深度融合下,机器人不断进入新行业并形成新的发展形态,而且智能化的发展方向日益

突出。

1.1.2 机器人的定义

机器人是机构学、控制论、电子和信息技术等现代科学综合应用的产物,虽问世将近百年,目前更是被广泛应用,且越来越受重视,但至今还没有机器人统一的定义,原因之一是机器人仍在发展,新的机型和功能等不断涌现。不同国家、不同研究领域的学者给出的定义不尽相同,为了规范技术、开发机器人的工作能力、比较不同国家和公司的成果,其定义的基本原则大体一致,但之间仍有较大差别。

关于机器人的定义,国际上主要有如下几种。

1. 英国牛津字典定义

机器人是“貌似人的自动机,具有智力和顺从于人类的但不具有人格的机器”。这一定义并不完全准确,因为还不存在与人类相似的机器人在运行,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任务,并具有编程能力的多功能机械手”。这一定义较实用,偏向工业机器人。美国国家标准局(NBS,现更名为国家标准和技术研究所(NIST))的定义为: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。

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,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械。或分两种定义:

- ①工业机器人是一种能够执行与人的上肢类似动作的多功能机器。
- ②智能机器人是一种具有感觉和识别能力,能够控制自身行为的机器。

4. 联合国标准化组织(ISO)的定义

机器人为:一种可编程和多功能的操作机;或是为了执行不同的任务而具有可用电脑改变和可编程动作的专门系统。

5. 我国对机器人的定义

《中国大百科全书》对机器人的定义:能灵活地完成特定的操作和运行任务,并可以再编程序的多功能操作器。而对机械手的定义为:一种模拟人手操作的自动机械,它可以按固定的程序抓取、搬运物件或操持工具完成某种特定操作。

我国科学家对机器人的定义:机器人是一种自动化的机器,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,可将机器人定义为由程序控制,具有人或生物的某些功能,可替代人进行工作的机器。

这里所定义的机器人主要指具备传感器、智能控制系统、驱动系统等要素的机械。随着数字化的进展、云计算等网络平台的充实和人工智能技术的进步,一些机器人能通过独立的智能控制系统驱动,联网访问现实世界的各种物体或人类。下一代机器人将会涵盖更广泛的概念。

1.2 机器人的组成与分类

1.2.1 机器人的组成

一般来说,作为一个系统,机器人由三个部分六个子系统组成,如图 1-3 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、控制系统、机器人-环境交互系统和人机交互系统。

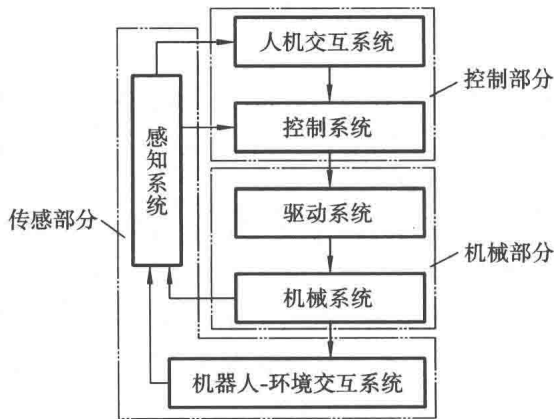


图 1-3 机器人的基本组成

1. 机械部分

机械部分为机器人的本体部分,也称为被控对象,这部分可分为两个子系统。

1) 机械系统

机械系统又称操作机或执行机构系统,由一系列连杆、关节或其他形式的运动副组成。工业机器人的机械系统由机身、手臂、末端执行器三大件组成,每一大件都有若干自由度,从而构成一个多自由度的机械系统。

2) 驱动系统

驱动系统主要指驱动机械系统的装置。根据驱动源的不同,驱动系统可分为电力、液压、气动系统三种以及把它们结合起来应用的综合系统。驱动系统可与机械系统直接相连,也可通过同步带、链条、齿轮、减速器等传动部件与机械系统间接相连。

伴随着科技发展,出现了按新的工作原理制造的新型驱动器,如压电驱动器、静电驱动器、人工肌肉及光驱动器等。

2. 控制部分

控制部分相当于机器人的大脑,可直接或通过人工对机器人的动作进行控制,控制部分也分为两个子系统。

1) 控制系统

控制系统根据机器人的作业指令程序以及从传感器反馈回来的信号,支配机器人的执行机构完成规定的动作。工业机器人被控输出端和控制输入端不具备信息反馈系统或装置的称

为开环控制系统;否则称为闭环控制系统。

根据运动的形式,控制可分为点位控制和轨迹控制。点位控制中,控制的运动是空间点到点之间的运动,在作业过程中只设定和控制几个特定工作点的位置,不需对点与点之间的运动过程进行控制;轨迹控制中,控制的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中,且能同时控制两个以上的运动轴,这对焊接和喷涂作业是十分有利的。

2) 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的装置,如计算机的标准终端、信息显示板及危险信号报警器等。简单地说,此系统具备两大功能,即指令给定功能和信息显示功能。

3. 传感部分

传感部分好比人类的五官,为机器人工作提供感知,使机器人的工作过程更加精准。这部分主要可分为两个子系统。

1) 感知系统

感知系统由内部传感器模块和外部传感器模块组成,用以获得内部和外部环境状态中有意义的信息。内部传感器主要是用来检测机器人本身状态的传感器,如位置传感器、角度传感器等;外部传感器主要是用来检测机器人所处环境及状况的传感器,如力传感器、距离传感器等。智能传感器是传感器与微处理机相结合的系统,具有采集、处理、交换信息的能力,它的使用提高了机器人的机动性、适应性和智能化水平。

2) 机器人-环境交互系统

该系统是实现机器人与外部环境中的设备之间相互联系和协调的系统。工业机器人与外部设备可集成为一个功能单元如加工制造单元、装配单元、焊接单元等,多台机器人、多台机床或设备和多个零件存储装置等也可以集成为一个执行复杂任务的功能单元。

1.2.2 机器人的分类

机器人按照其功能、结构、驱动方式等分成多种类型,目前国内外尚无统一的分类标准。参考国内外有关资料和发展现状,对机器人的分类进行探讨如下。

1. 按应用环境不同分类

国际上将机器人分为工业机器人和服务机器人两大类。

工业机器人是集先进技术于一体的现代制造业的自动化装备,主要用于完成工业生产过程中的某些作业。依据具体应用目的的不同,常常以其主要用途命名,如焊接机器人、装配机器人、搬运机器人和码垛机器人等。

服务机器人是机器人家族中的年轻成员,通常通过在一个移动平台上安装一只或几只手臂构成,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,又分为专业领域服务机器人如医用机器人(如图 1-4 所示的达·芬奇手术机器人)、物流用机器人(见图 1-5)和个人/家庭服务机器人(如图 1-6 所示的智能扫地机器人)、残障辅助机器人(见图 1-7)等。

中国的机器人专家从应用环境出发将机器人分为工业机器人和特种机器人两大类。所谓