

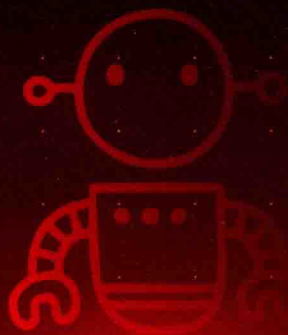


“十三五”国家重点出版物
出版规划项目



焊接机器人技术

陈茂爱 任文建 闫建新 等编著



化学工业出版社



“十三五”国家重点出版物
出版规划项目



“中国制造2025”
出版工程

焊接机器人技术

陈茂爱 任文建 闫建新 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从焊接生产应用的角度简要介绍了工业机器人基本原理,系统介绍了工业机器人本体结构组成、焊接机器人传感技术、焊接机器人系统配置及要求、焊接机器人应用操作技术、维护及维修技术以及常用机器人焊接工艺,并结合具体工程结构的焊接制造给出了焊接机器人的典型应用实例。本书力求避开深奥难懂的理论推导和说明,仅对理解机器人工作原理所必需的基础理论进行了深入浅出的介绍,重点突出实用性、新颖性和先进性。采用图表和文字融合的表达方式进行说明和阐述,便于读者理解掌握。

本书适用于从事焊接机器人系统开发及应用的工程技术人员、技术管理人员和焊接机器人操作工人等,也可供高校材料成型及控制工程专业的本科生和高职院校焊接专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

焊接机器人技术/陈茂爱等编著. —北京:化学工业出版社,
2019.6

“中国制造 2025”出版工程

ISBN 978-7-122-34078-8

I. ①焊… II. ①陈… III. ①焊接机器人 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 049586 号

责任编辑:张兴辉 金林茹

装帧设计:尹琳琳

责任校对:王 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张17 字数317千字 2019年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:89.00 元

版权所有 违者必究

《“中国制造 2025”出版工程》

编委会

主任

孙优贤（院士）

副主任（按姓氏笔画排序）

王天然（院士） 杨华勇（院士） 吴澄（院士）

陈纯（院士） 陈杰（院士） 郑南宁（院士）

桂卫华（院士） 钱锋（院士） 管晓宏（院士）

委员（按姓氏笔画排序）

马正先	王大轶	王天然	王荣明	王耀南	田彦涛
巩水利	乔非	任春年	伊廷锋	刘敏	刘延俊
刘会聪	刘利军	孙长银	孙优贤	杜宇雷	巫英才
李莉	李慧	李少远	李亚江	李嘉宁	杨卫民
杨华勇	吴飞	吴澄	吴伟国	宋浩	张平
张晶	张从鹏	张玉茹	张永德	张进生	陈为
陈刚	陈纯	陈杰	陈万米	陈长军	陈华钧
陈兵旗	陈茂爱	陈继文	陈增强	罗映	罗学科
郑南宁	房立金	赵春晖	胡昌华	胡福文	姜金剛
费燕琼	贺威	桂卫华	柴毅	钱锋	徐继宁
郭彤颖	曹巨江	康锐	梁桥康	焦志伟	曾宪武
谢颖	谢胜利	蔡登	管晓宏	魏青松	

序

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。近十年来，我国制造业持续快速发展，综合实力不断增强，国际地位得到大幅提升，已成为世界制造业规模最大的国家。但我国仍处于工业化进程中，大而不强的问题突出，与先进国家相比还有较大差距。为解决制造业大而不强、自主创新能力弱、关键核心技术与高端装备对外依存度高等制约我国发展的问题，国务院于2015年5月8日发布了“中国制造2025”国家规划。随后，工信部发布了“中国制造2025”规划，提出了我国制造业“三步走”的强国发展战略及2025年的奋斗目标、指导方针和战略路线，制定了九大战略任务、十大重点发展领域。2016年8月19日，工信部、国家发展改革委、科技部、财政部四部委联合发布了“中国制造2025”制造业创新中心、工业强基、绿色制造、智能制造和高端装备创新五大工程实施指南。

为了响应党中央、国务院做出的建设制造强国的重大战略部署，各地政府、企业、科研部门都在进行积极的探索和部署。加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，推动我国制造模式从“中国制造”向“中国智造”转变，加快实现我国制造业由大变强，正成为我们新的历史使命。当前，信息革命进程持续快速演进，物联网、云计算、大数据、人工智能等技术广泛渗透于经济社会各个领域，信息经济繁荣程度成为国家实力的重要标志。增材制造（3D打印）、机器人与智能制造、控制和信息化技术、人工智能等领域技术不断取得重大突破，推动传统工业体系分化变革，并将重塑制造业国际分工格局。制造技术与互联网等信息技术融合发展，成为新一轮科技革命和产业变革的重大趋势和主要特征。在这种中国制造业大发展、大变革背景之下，化学工业出版社主动顺应技术和产业发展趋势，组织出版《“中国制造2025”出版工程》丛书可谓勇于引领、恰逢其时。

《“中国制造2025”出版工程》丛书是紧紧围绕国务院发布的实施制造强国战略的第一个十年的行动纲领——“中国制造2025”的一套高水平、原创性强的学术专著。丛书立足智能制造及装备、控制及信息技术两大领域，涵盖了物联网、大数

据、3D 打印、机器人、智能装备、工业网络安全、知识自动化、人工智能等一系列核心技术。丛书的选题策划紧密结合“中国制造 2025”规划及 11 个配套实施指南、行动计划或专项规划，每个分册针对各个领域的一些核心技术组织内容，集中体现了国内制造业领域的技术发展成果，旨在加强先进技术的研发、推广和应用，为“中国制造 2025”行动纲领的落地生根提供了有针对性的方向引导和系统性的技术参考。

这套书集中体现以下几点特点：

首先，丛书内容都力求原创，以网络化、智能化技术为核心，汇集了许多前沿科技，反映了国内外最新的一些技术成果，尤其使国内的相关原创性科技成果得到了体现。这些图书中，包含了获得国家与省部级诸多科技奖励的许多新技术，因此，图书的出版对新技术的推广应用很有帮助！这些内容不仅为技术人员解决实际问题，也为研究提供新方向、拓展新思路。

其次，丛书各分册在介绍相应专业领域的新技术、新理论和新方法的同时，优先介绍有应用前景的新技术及其推广应用的范例，以促进优秀科研成果向产业的转化。

丛书由我国控制工程专家孙优贤院士牵头并担任编委会主任，吴澄、王天然、郑南宁等多位院士参与策划组织工作，众多长江学者、杰青、优青等中青年学者参与具体的编写工作，具有较高的学术水平与编写质量。

相信本套丛书的出版对推动“中国制造 2025”国家重要战略规划的实施具有积极的意义，可以有效促进我国智能制造技术的研发和创新，推动装备制造业的技术转型和升级，提高产品的设计能力和技术水平，从而多角度地提升中国制造业的核心竞争力。

中国工程院院士

潘云鹤

前言

焊接机器人是从事焊接作业的工业机器人，是工业生产中重要的自动化设备。近年来，随着工业技术的发展，特别是传感技术的发展，焊接机器人技术越来越成熟，其成本也越来越低，在工业领域的应用范围急剧增大。目前，焊接机器人已广泛地应用于汽车制造、工程机械、电子通信、航空航天、国防军工、能源装备、轨道交通、海洋重工等多个领域，发展势头迅猛。焊接机器人技术已成为焊接领域最热门的技术之一，它融合了材料、控制、机械、计算机等交叉学科知识，焊接机器人也从单一的示教再现型向智能化方向发展。当前，劳动力的日益缺乏以及工人对劳动环境条件要求的日益提高使得焊接机器人替代人的必要性迅速提升。且随着“中国制造 2025”规划的发布，国家对工业机器人国产化支持力度逐渐加大，国内机器人制造技术将会日益成熟，焊接机器人的成本还会进一步下降，未来焊接机器人必将全面代替焊接工人。在这种形势下，从事焊接的技术人员和操作工人迫切需要学习焊接机器人的相关知识和技术。

本书旨在系统性地介绍焊接机器人技术，在简要阐述机器人基本理论知识的基础上，详细介绍了工业机器人本体结构组成、机器人传感技术、焊接机器人系统配置及要求、焊接机器人应用操作技术和维护维修技术以及常用机器人焊接工艺，并结合具体工程结构的制造给出了弧焊机器人系统和点焊机器人系统的典型应用实例。本书力求避开深奥难懂的理论推导和说明，对焊接机器人所必需的基础理论知识进行了深入浅出的介绍，重点突出实用性、新颖性和先进性。本书可供从事焊接工作的技术人员和操作工人参考，也可供高校材料成型及控制工程专业的本科生和高职院校焊接专业学生学习使用。

参加本书编写的人员有陈茂爱、任文建、闫建新、姜丽岩、张振鹏、陈东升、张栋、高海光、王娟、齐勇田、高进强、杨敏、楼小飞。

由于作者水平有限，书中难免出现不当之处，恳请广大读者批评指正。

陈茂爱

1 第1章 焊接机器人概述

- 1.1 机器人 / 2
 - 1.1.1 机器人概述 / 2
 - 1.1.2 工业机器人 / 3
 - 1.1.3 焊接机器人 / 10
- 1.2 机器人运动学基础 / 12
 - 1.2.1 位置与姿态描述方法 / 12
 - 1.2.2 坐标变换 / 14
 - 1.2.3 机器人运动学简介 / 22
 - 1.2.4 机器人动力学简介 / 27
- 1.3 焊接机器人的应用及发展 / 28
 - 1.3.1 焊接机器人的应用现状 / 28
 - 1.3.2 焊接机器人的发展趋势 / 30

31 第2章 焊接机器人本体的结构及控制

- 2.1 焊接机器人本体结构 / 32
 - 2.1.1 机器人机身 / 33
 - 2.1.2 机器人臂部 / 35
 - 2.1.3 腕部及其关节结构 / 37
- 2.2 焊接机器人关节及其驱动机构 / 38
 - 2.2.1 关节 / 38
 - 2.2.2 驱动装置 / 39
 - 2.2.3 传动装置 / 44
- 2.3 焊接机器人运动控制系统 / 48

56 第3章 焊接机器人传感技术

- 3.1 内部传感器 / 57
 - 3.1.1 位置传感器 / 57
 - 3.1.2 速度传感器和加速度传感器 / 61
- 3.2 外部传感器 / 62
 - 3.2.1 接近传感器 / 62
 - 3.2.2 电弧电参数传感器 / 68
 - 3.2.3 焊缝跟踪传感器 / 69

77 第4章 焊接机器人系统

- 4.1 电阻点焊机器人系统 / 78
 - 4.1.1 电阻点焊机器人系统组成及特点 / 78
 - 4.1.2 电阻点焊机器人本体及控制系统 / 79
 - 4.1.3 点焊系统 / 81
- 4.2 弧焊机器人系统 / 84
 - 4.2.1 弧焊机器人系统组成 / 84
 - 4.2.2 弧焊机器人本体及控制器 / 86
 - 4.2.3 弧焊机器人的焊接系统 / 88
- 4.3 特种焊机器人 / 90
 - 4.3.1 激光焊机器人系统结构 / 90
 - 4.3.2 搅拌摩擦焊机器人系统结构 / 91
- 4.4 焊接机器人变位机 / 92
 - 4.4.1 单轴变位机 / 93
 - 4.4.2 双轴变位机 / 95
 - 4.4.3 三轴变位机 / 96
 - 4.4.4 焊接工装夹具 / 96

99 第5章 机器人焊接工艺

- 5.1 电阻点焊工艺 / 100
 - 5.1.1 电阻点焊原理及特点 / 100
 - 5.1.2 电阻点焊工艺参数 / 103
- 5.2 熔化极气体保护焊 / 105
 - 5.2.1 熔化极气体保护焊基本原理及特点 / 105
 - 5.2.2 熔化极气体保护焊的熔滴过渡 / 107
 - 5.2.3 熔化极氩弧焊工艺参数 / 110
 - 5.2.4 高效熔化极气体保护焊工艺 / 112

- 5.3 钨极惰性气体保护焊 (TIG 焊) 工艺 / 121
 - 5.3.1 钨极惰性气体保护焊的原理、特点及应用 / 121
 - 5.3.2 钨极惰性气体保护焊焊接工艺参数 / 124
 - 5.3.3 高效 TIG 焊 / 127
- 5.4 激光焊 / 131
 - 5.4.1 激光焊原理、特点及应用 / 131
 - 5.4.2 激光焊接系统 / 133
 - 5.4.3 激光焊焊缝成形方式 / 136
 - 5.4.4 激光焊工艺参数 / 137
- 5.5 搅拌摩擦焊工艺 / 139
 - 5.5.1 搅拌摩擦焊原理、特点及应用 / 139
 - 5.5.2 搅拌摩擦焊焊头 / 140
 - 5.5.3 搅拌摩擦焊焊接参数 / 141

145 第 6 章 焊接机器人的应用操作技术

- 6.1 机器人的示教操作技术 / 146
 - 6.1.1 示教器及其功能 / 146
 - 6.1.2 程序操作 (创建、删除、复制) / 154
 - 6.1.3 常用编程指令 / 160
 - 6.1.4 焊接机器人示教 / 178
 - 6.1.5 编程示例 / 187
 - 6.1.6 程序运行模式 / 189
- 6.2 机器人离线编程技术 / 191
 - 6.2.1 机器人离线编程特点 / 192
 - 6.2.2 离线编程系统组成 / 194
 - 6.2.3 离线编程仿真软件及其使用 / 196

213 第 7 章 典型焊接机器人系统应用案例

- 7.1 弧焊机器人系统 / 214
 - 7.1.1 工程机械行业-抽油机方箱、驴头焊接机器人工作站 / 214
 - 7.1.2 建筑工程行业-建筑铝模板焊接机器人工作站 / 218
 - 7.1.3 电力建设行业-电力铁塔横担焊接机器人工作站 / 222
 - 7.1.4 农业机械行业-玉米收获机焊接机器人工作站 / 225
 - 7.1.5 建筑钢结构行业-牛腿部件焊接机器人工作站 / 228
- 7.2 点焊机器人系统 / 232

7.2.1 汽车行业-座椅骨架总成点焊机器人工作站 / 233

7.2.2 汽车行业-车体点焊机器人工作站 / 234

237 第8章 焊接机器人的保养和维修

8.1 焊接机器人的保养 / 238

8.1.1 机器人本体的保养 / 238

8.1.2 焊接设备的保养 / 240

8.2 焊接机器人的维修 / 243

8.2.1 控制柜的维修 / 244

8.2.2 脉冲编码器的维修 / 246

8.2.3 机器人本体电缆的维修 / 246

8.2.4 伺服放大器的维修 / 248

8.2.5 维修安全注意事项 / 250

8.3 机器人点焊钳维护 / 250

255 参考文献

257 索引

1.1 机器人

1.1.1 机器人概述

(1) 机器人的概念

机器人是集机械、自动控制、计算机技术、人工智能技术等多学科于一体的自动化装备。机器人(Robot)目前还没有一个统一的、精确的定义,这不仅是因为不同的科学家、不同的国家从不同的角度来定义机器人,更重要的是机器人本身也在进化和发展。Robot一词是捷克剧作家卡雷尔·恰佩克在其科幻戏剧《Rossum's Universal Robots(罗萨姆的万能机器人)》中首先提出的。在捷克语中,Robot的意思是“人类奴仆”,而戏剧中Robot是罗萨姆制造的为人类工作的类人机器。

美国机器人协会对机器人的定义是“机器人是一种可重复编程的、多功能的、用于搬运物料、零件或工具的操作机;或者是具有可改变或可编程动作的、用于执行多种任务的专门系统”。美国国家标准局的定义是“机器人是一种可编程的,并能够在程序控制下自动执行规定操作或动作的机械装置”。日本工业机器人协会给出的定义是“机器人是一种装有记忆装置和末端执行器的、能够自动移动并能通过所进行的移动来代替人类劳动的通用机器”。国际标准化组织的定义是“机器人是一种自动控制的、可重复编程(可对三个或三个以上的轴进行编程控制)的多用途操作机,在工业应用过程中它可能是位置固定的,也可能是移动的”。韦伯斯特词典中的定义是“机器人是由计算机控制的、貌似人或动物的机器;或者是由计算机控制的、能够自动执行各种任务的机器”。

外观类似于人的机器人称为类人型机器人。大部分机器人外貌并不像人或动物,而是形似于人的手臂。图1-1给出了类似于人手臂的机器人和类人型机器人的典型图例。无论是哪种形状的机器人,其最基本的特点是能模仿人的动作,代替人类进行重复性工作,具有感知和识别能力,甚至具有智能。机器人既可用于工农业生产,又可用于教育、家庭,甚至军事。

(2) 机器人的分类

根据应用环境来分,机器人可分为工业机器人和特种机器人两大类。

工业机器人指工业中应用的具有多个关节和手臂的多自由度机器人。特种机器人指除工业机器人之外的所有其他机器人,通常用于危险环境或服务业,如水下机器人、爆破机器人、搜救机器人、军用机器人、农业机器人、教育机器人、家务机器人等。

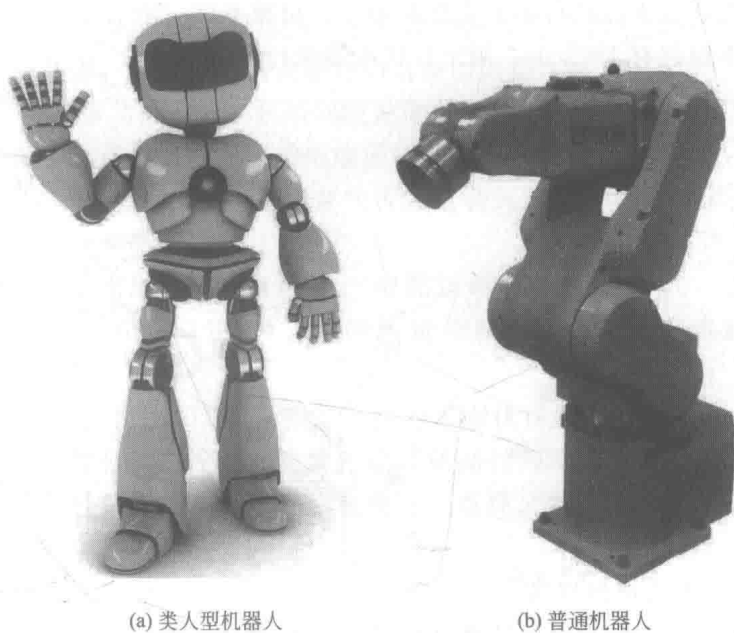


图 1-1 机器人的典型图例

1.1.2 工业机器人

工业机器人仅指面向工业领域的机器人,自 20 世纪 60 年代在美国问世以来,已在汽车及其零部件、工程机械、电子电器、橡胶及塑料、食品、金属加工等制造业中获得了广泛应用。基于工业机器人的自动化生产线已经成为日本等发达国家的主流自动化装备,也逐渐成为我国自动化装备的发展方向 and 主流。工业机器人主要用于焊接、搬运、刷漆、组装等工作。

(1) 工业机器人的构成

工业机器人通常由机器人本体、驱动系统、传感系统和控制系统四个基本部分组成。

1) 机器人本体 机器人本体通常由机座、臂部、腕部和手部(末端执行器)等构成,如图 1-2 所示。机器人本体又称机械手,若没有其他

部分,它本身并不能称为机器人。它的任务是精确地保证末端执行器所要求的位置、姿态和运动轨迹。根据运动合成类型的不同,机器人机械本体有直角坐标型、极坐标型、圆柱坐标型、关节型等多种,其中关节型居多。关节型机器人的机座、臂部、腕部和手部通过关节连接起来,关节处安装直流伺服电动机,驱动关节转动。工作时通过各个关节的运动合成末端执行器的位置和姿态。机械本体一般有3~6个自由度,其中手腕部有1~3个,用来合成末端执行器姿态。

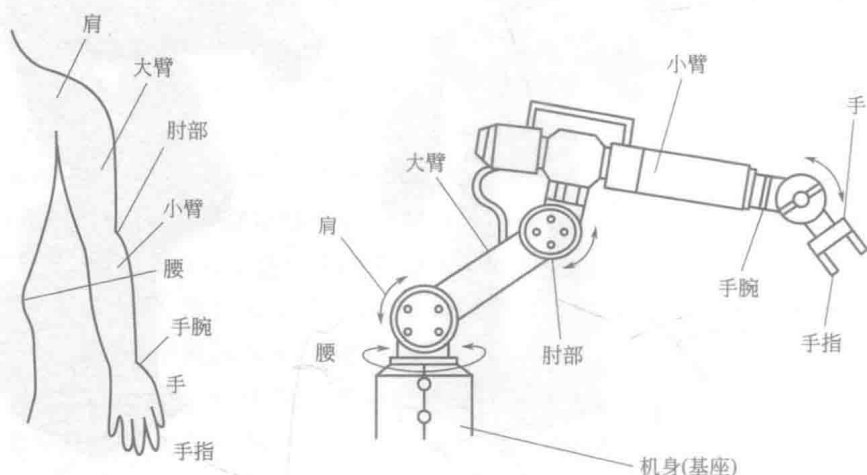


图 1-2 工业机器人机械本体的构成

2) 驱动系统 通常由动力装置和传动机构组成,用来驱动执行机构执行并完成相应的动作。常用的动力装置有电动、液动和气动三种类型。无论是用伺服电动机还是用液压缸或用气缸作为动力装置,一般都要求通过传动机构与执行机构相连。传动机构类型有齿轮传动、谐波齿轮传动、链传动、螺旋传动和带传动等。

3) 传感系统 是机器人的感知系统,由内部传感器和外部传感器两大部分组成。内部传感器的作用是检测机器人本身的状态(如位置、速度等)并提供给控制系统。而外部传感器则用来监测机器人所处的工作环境。常用的传感器有视觉传感器、接近传感器和力传感器等。

4) 控制系统 是机器人的指挥中心,由中央处理控制单元、记忆单元、伺服控制单元、传感控制单元等组成。它负责接收操作人员的作业指令和内外环境信息的采集,并能根据预定策略进行判断和决策,向各个运动执行机构输出相应的控制信号。各个运动执行机构在其控制下执行规定的运动,完成特定的作业。

(2) 工业机器人的分类

工业机器人的分类方法有多种,可按照驱动方式、运动轨迹控制方式、控制方法、坐标系类型和智能程度等进行分类。

1) 按照驱动方式 按照驱动方式,工业机器人可分为电驱动、液压驱动和气压驱动三大类。

① 电驱动机器人 利用伺服电动机或步进电动机进行驱动,这类机器人应用最多,焊接机器人大部分为电驱动机器人。

② 液压驱动机器人 利用伺服控制的液压缸进行驱动,某些重型机器人如搬运、点焊机器人等采用液压驱动方式。

③ 气压驱动机器人 利用空气压缩机和气缸进行驱动,其控制精度较低,在工业中应用较少。

2) 按照运动轨迹控制方式 按照运动轨迹控制方式,工业机器人可分为点位控制(PTP)、连续轨迹控制(CP)、可控轨迹机器人三种。

① 点位控制(PTP)机器人 仅对末端执行器在一次运动过程中的始点和终点进行编程控制,而其移动具体路径通常为最直接、最经济的路径。这种机器人结构简单,价格便宜。点焊、搬运机器人通常为PTP型机器人。

② 连续轨迹控制(CP)机器人 又称为可控轨迹机器人,这类机器人可控制末端执行器在一次运动过程中通过某一轨迹上特定数量的点并作一定时间的停留,并对这些点之间的移动轨迹做平滑处理,使得末端操作器能够沿着规定的路径平稳地行走。要经过的这些点需要事先编程确定。

③ 可控轨迹机器人 又称计算轨迹机器人,这类机器人可根据任务要求精确地计算出满足要求的运动轨迹,而且运动精度很高,使用时只需设定起点和终点坐标,机器人控制系统自己计算出最佳轨迹。

弧焊机器人通常为连续轨迹控制(CP)机器人,电阻点焊机器人通常为点位控制机器人。

3) 按照控制方法 按照控制方法分类,工业机器人可分为程控型机器人、示教型机器人、数控型机器人、自适应控制型机器人和智能控制机器人等。

① 程控型机器人 又称顺序控制机器人,这种机器人根据预先设置的程序完成一系列特定的动作,动作顺序通常采用逻辑控制装置、可编程控制器或单片机发送指令并进行逻辑控制,利用限位开关、凸轮、挡

块、矩阵插销板、步进选线器、顺序转鼓等机械装置来设置工作顺序、位置等,实现位置控制。这种机器人结构简单,成本低廉,适合于大批量生产中的简单、重复作业。

② 示教型机器人 又称再现型机器人,这种机器人通过人工示教过程对工作任务进行编程。人工示教过程就是利用示教盒控制末端执行器沿着预定路径行走,并在若干关键节点上设置加工工艺参数,模拟完成指定的任务;存储器将位置传感器发送的信息记录下来并保存为程序。机器人在工作过程中通过执行该程序再现示教的路径和工艺参数。

③ 数控型机器人 又称可控轨迹机器人,这种机器人也要进行示教,但示教过程不是手动示教,而是通过编程来确定关键点之间的运动轨迹,操作人员仅需指定这些关键点以及各点之间的曲线类型。

④ 自适应控制型机器人 能够自动感知周围工作条件的变化,并做出调整以适应这种变化,更好地完成工作任务。

⑤ 智能控制机器人 不仅能够感知周围条件的变化并做出调整,而且能够在信息不充分的情况下和环境迅速变化的条件下进行深入分析,更好地完成工作任务。这种机器人更接近于人,但要它和我们人类思维一模一样还是很难的。

4) 按照坐标系类型 按照机械手的坐标特性,工业机器人可分为直角坐标机器人、球面坐标机器人、圆柱坐标机器人、关节型机器人等,如图 1-3 所示。

直角坐标型机器人也称机床型机器人,其手部可沿直角坐标三个坐标轴方向平移,如图 1-3(a) 所示。球坐标型机器人的手部能回转、俯仰和伸缩运动,如图 1-3(b) 所示。圆柱坐标型机器人的手部可作升降、回转和伸缩动作,如图 1-3(c) 所示。多关节型机器人的臂部有多个转动关节,如图 1-3(d) 所示。

5) 按照机器人的智能程度 按照机器人的智能程度,工业机器人可分为示教再现型机器人和智能机器人。

① 示教再现型机器人 通常称为示教机器人,属于第一代机器人。这类机器人需要操作者用示教盒引导机器人末端执行器沿着预定运动轨迹行走,对一些关键节点、姿态、运动速度、作业顺序等进行编程并存储在机器人存储器中,即进行所谓的示教。将示教的过程通过程序存储在控制器的存储单元中。工作过程中,机器人执行存储的程序,以很高的精度不断重复再现所示教的内容。

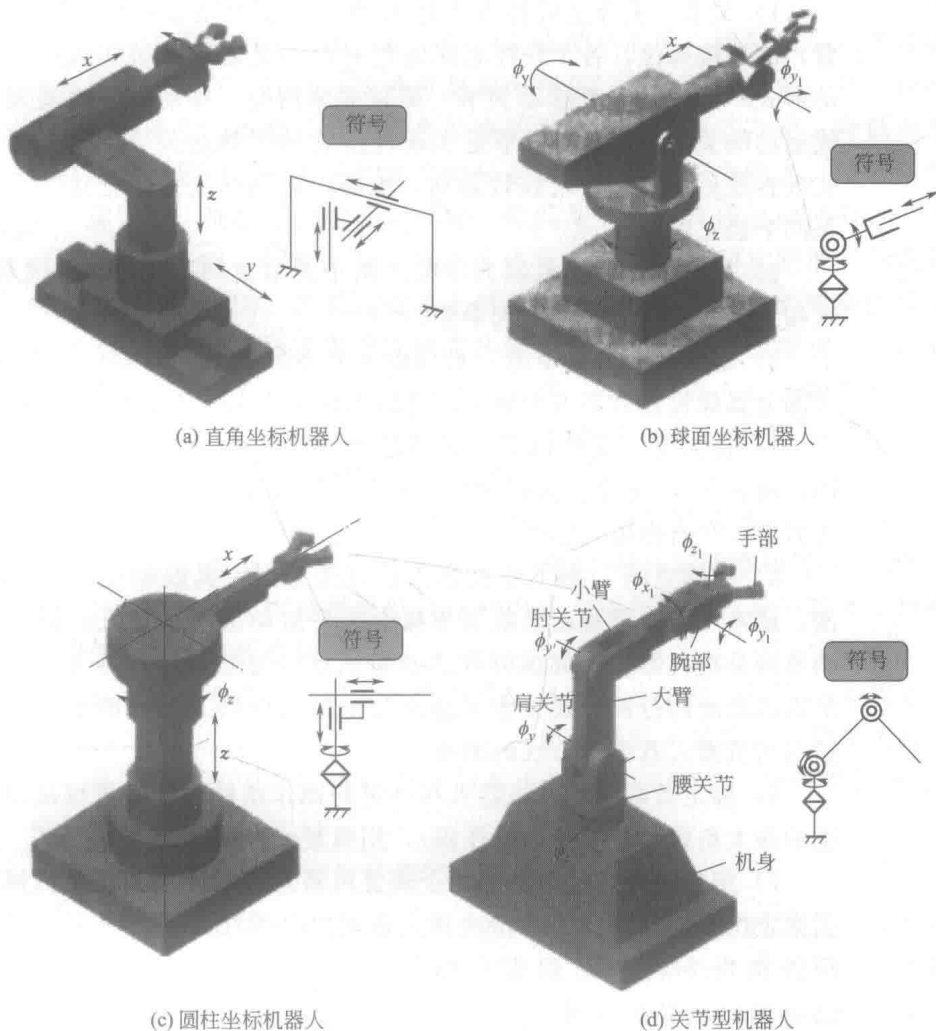


图 1-3 工业机器人按照坐标特性分类

② 智能机器人 又可分为传感型机器人和自主型机器人等。传感型机器人装有外部传感器，能够感知外部环境的变化，并根据这种变化进行适当的修正，以更好地完成预定的任务。自主型机器人具有一定的决策能力，能够对感知的复杂信息进行分析，并基于分析的结果对任务进行规划或决策。

除以上分类方法外，工业机器人还可按照应用领域进行分类，例如工业机器人分为焊接机器人、搬运机器人、装配机器人等。