

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

工业机器人应用技术

GONGYE JIQIREN YINGYONG JISHU



工业机器人应用技术

工业机器人技术专业人才培养精品教材

北京邮电大学出版社

X-A



定价: 46.00元

策划编辑: 侯琳
责任编辑: 汪丹
封面设计: 许胜文

工业机器人技术专业人才培养精品教材

▶ “互联网+”创新型教材

AR (增强现实)

GONGYE JIQIREN YINGYONG JISHU

工业机器人应用技术

主编 王晶 罗运才



将“互联网+”思维融入教材

纸质教材与数字资源有机整合

通过扫描书中标识图片呈现

采用AR技术打造最强立体化教材

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书以切合职业教育的培养目标、侧重技能、强化实训为指导思想和出发点。本书主要内容包括机器人应用技术概述、机器人的基础知识、机器人的机械结构、机器人的驱动系统、机器人的控制系统、机器人的操作与编程以及工业机器人的应用。本书编写按照由浅入深的原则,介绍了工业机器人的基础知识和实际应用,结合大量图表,力求易读易懂。

本书可作为高等院校、高等职业院校工业机器人技术、制造大类和电子信息大类及其相关专业的教材,也可作为机器人爱好者及开发人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人应用技术 / 王晶,罗运才主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2017.4(2023.1重印)

ISBN 978-7-5635-5094-4

I. ①工… II. ①王… ②罗… III. ①工业机器人—高等职业学校—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 079852 号

策划编辑:侯琳 责任编辑:汪丹 封面设计:许胜文

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.25 插页 1

字 数:395 千字

版 次:2017 年 5 月第 1 版

印 次:2023 年 1 月第 8 次印刷

ISBN 978-7-5635-5094-4

定 价:46.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233



模块一

机器人应用技术概述

单元提要

本模块为机器人应用技术概述。本模块讲述了机器人的定义、特性、历史、发展；讲解了机器人的主要部件、结构、工作原理；介绍了机器人应用技术的应用领域、应用现状与发展趋势。

学习要求

学习完本模块的内容后，学生应能够了解机器人的定义、历史，了解机器人应用技术的现状与发展趋势，掌握机器人的部件、结构、特性；能够分析机器人的组成与工作原理；能够运用上述所学讲述机器人应用技术的内容，并强化学好本门课程的决心。

学习单元一 机器人的定义、特性与发展

机器人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、计算机技术和人机工程。机器人是典型的机电一体化装置，它不是机械、电子的简单组合，而是机械、电子、控制、检测、通信和计算机的有机融合。

计算机技术的不断发展使机器人技术发展到了一个新的水平。上至宇宙飞船、下至深海开发，大到空间站、小到微型机器人，机器人技术已拓展到全球经济发展的诸多领域，成为高科技中极为重要的组成部分。人类文明的发展、科技的进步已和机器人的研究、应用产生了密不可分的关系。人类社会的发展已离不开机器人技术，而机器人技术的进步又对推动科技发展起着不可替代的作用。

通过本书的学习，读者能了解机器人的组成、特性和应用，掌握机器人的基本知识和基

本应用技能,能够将从本书学到的知识和技能,运用于对实际机器人的安装、调试、运行与维护等工作中。

一、机器人的定义与特性

一提起机器人,人们往往联想起科幻电影和电视中虚构的人形机器形象,它们外形如人,智能超群。那么,什么是机器人呢?一般来说,机器人是由程序控制的、具有人或生物的某些功能的、可以代替人进行工作的机器。

1. 机器人的定义

1) 机器人名词的来源

“机器人”一词源于一个科幻的形象。1920年,捷克作家 Karel Capek 发表了一个科幻剧“Rossums Universal Robots”(罗萨姆的万能机器人),robot 是由捷克文 robota(意为农奴、苦力)衍生而来的。剧中描述了一家发明类人机器 robot 的公司,该公司将 robot 作为工业产品推向市场,让它们去充当劳动力。它们按照主人的指令工作,没有感觉和感情,以呆板的方式从事繁重的劳动。

目前现实生活中应用的机器人,外形和人毫无相似之处,通常是按照人们设定的程序重复一些看似简单的动作,设计人员往往只重视机器人的功能。随着科学技术的发展,各国都在致力于研制具有完全自主能力、拟人化的智能机器人。目前研制的最先进的仿人机器人,如日本本田公司研制的 ASIMO 双足步行机器人,其活动能力和智能与人还相差很远。

2) 国际上机器人的定义

虽然机器人现在已被广泛应用,且越来越受到人们的重视,但是“机器人”这一名词却还没有一个统一、严格、准确的定义。不同国家、不同研究领域的学者给出的定义不尽相同,虽然定义的基本原则大体一致,但仍有较大区别。欧美国家的定义限定更多一些,日本给出的定义宽松一些,这样就使得机器人的定义范围大小不同,以致在统计机器人的数量时,由于定义限定的差异,各种统计数字会有很大出入,故经常要进行特殊说明。

国际上,关于机器人的定义主要有以下 3 种:

(1)英国牛津字典的定义:机器人是貌似人的自动机,具有智力且顺从于人,但不具备人格。

(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,通过可编程序操作来执行各种任务的,并具有编程能力的多功能机械手。

(3)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,以执行各种任务。

3) 我国对机器人的定义

我国科学家对机器人的定义为: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。

在研究和开发未知及不确定环境下作业的机器人的过程中,人们逐步认识到机器人技术的本质是感知、决策、行动和交互技术的结合。

上述各种定义有共同之处,即认为机器人:像人或人的某一部分,并能模仿人的动作;具有智力、感觉与识别能力;是人造的机器或机械电子装置。

随着机器人的进化和机器人智能的发展,这些定义都有修改的必要,甚至需要对机器人进行重新定义。

4)对工业机器人的定义

1987年,国际标准化组织对工业机器人进行了定义:工业机器人是一种具有自动控制的操作和移动功能,能完成各种作业的可编程操作机。

目前,部分国家倾向于美国机器人协会所给出的机器人的定义:一种可以反复编程和多功能的,用来搬运材料、零件、工具的操作机;为了执行不同的任务而具有可改变的和可编程的动作的专门系统。

2. 机器人的特性

1967年,在日本召开的第一届机器人学术会议上,提出了两个代表机器人特性的定义。一是森政弘与合田周平提出的:机器人是一种具有移动性、个体性、智能性、通用性、半机械半人性、自动性、奴隶性7个特征的柔性机器。从这一定义出发,森政弘又提出了用自动性、智能性、个体性、半机械半人性、作业性、通用性、信息性、柔性、有限性、移动性10个特性来表示机器人。二是加藤一郎提出的机器人的3个特性:具有脑、手、脚三要素的个体;具有非接触传感器(用眼、耳接受远方信息)和接触传感器;具有平衡觉和固有觉的传感器。

根据国际标准化组织(ISO)给出的机器人定义,机器人的特性如下:

- (1)机器人具有类人性,其动作机构具有类似于人或其他生物体某些器官的功能。
- (2)机器人具有通用性,其工作种类多样,动作程序灵活易变。
- (3)机器人具有智能性,如记忆、感知、推理、决策、学习等,其智能程度不同。
- (4)机器人具有独立性,完整的机器人系统中可以不依赖于人的干预。

为了防止机器人伤害人类,1940年,一位名叫阿西莫夫的科幻作家首次使用了robotics(机器人学)来描述与机器人有关的科学,并提出了“机器人学三原则”,这3个原则如下:

- (1)机器人不得伤害人类或由于故障而使人遭受不幸。
- (2)机器人应执行人们下达的命令,除非这些命令与第一原则相矛盾。
- (3)机器人应能保护自己的生存,只要这种保护行为不与第一或第二原则相矛盾。

这是给机器人赋予的伦理性纲领。机器人学学术界一直将这三原则作为机器人开发的准则。

二、机器人的历史与发展

1. 机器人的历史

1)古代的机器人

“机器人”一词虽然出现得较晚,但是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,代表了人类重塑自身、了解自身的一种强烈愿望。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具有模拟动物特征的机器人雏形。

《列子·汤问》记载,西周时期周穆王在位时,能工巧匠偃师制造出一个逼真的机器人,

它和人一样能歌善舞,这是我国最早记载的具备机器人概念的文字资料。据《墨经》记载,春秋后期,木匠鲁班在机械方面也是一位发明家,他曾制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日而不下”。

三国时,又出现了能替人搬东西的“机器人”。它是由蜀汉丞相诸葛亮发明的,能替代人运输物资的机器——“木牛流马”,也就是现代的步行机机器人。它在结构和功能上相当于今天运输用的工业机器人。

1662年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪演出。18世纪末,人们通过改进,制造出了端茶玩偶。它是木质的,发条和弹簧是用鲸鱼须制成的,它双手捧着茶盘,如果把茶杯放在茶盘上,它便会向前走,把茶端给客人,客人取茶杯时,它会自动停止行走,客人喝完茶把茶杯放回茶盘上时,它就又转回原来的地方。

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。

1768—1774年,瑞士钟表匠德罗斯父子三人合作制造出3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纳切尔市艺术和历史博物馆内。

1890年,在美国芝加哥的小实验室里,Archibald Campion教授制造出了一个称为机器人锅炉的装置,可以自动向外输出所需温度的热水,这个装置曾经参加了1893年的哥伦比亚世界博览会。

1901年,为了迎接新世纪的到来,有人制造出了一个机器人战士,尽管那时汽车和飞机还没有被发明,但是对多功能人工机械人的研发,让人不得不刮目相看。

2) 近代的机器人

进入20世纪40年代后期,机器人的研究与发明得到了更多人的关心或关注。20世纪50年代以后,美国橡树岭国家实验室开始研究能搬运核原料的遥控操纵机械手,如图1-1所示。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、从机械手之间由防护墙隔开,操作者可通过观察窗或闭路电视对从机械手操作机进行有效的监视,主、从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做了铺垫。

1954年,美国德沃尔(George G. Devol)最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。该专利的要点是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。这就是所谓的示教再现机器人。现有的机器人差不多都采用这种控制方式。

3) 现代的机器人

机器人是以控制论和信息论为指导,综合了机械学、微电子技术、计算机、传感技术等学

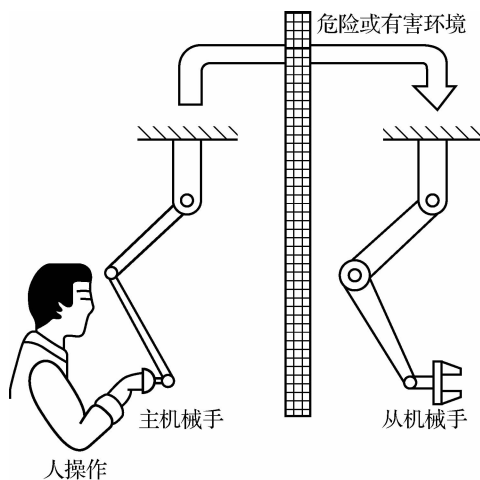


图 1-1 主从型遥控操纵机械手

科的成果而诞生的。因此,随着这些学科,特别是计算机技术的发展,现代机器人的出现已经是顺理成章的事了。

1959年,德沃尔的 Unimate 公司制造出世界上第一台工业机器人——Unimate 机器人(见图 1-2),现代机器人的历史才真正开始。这种机器人外形有点儿像坦克炮塔,基座上有一个大机械臂,大臂可绕轴在基座上转动,大臂上又伸出一个机械臂,它相对大臂可以伸出或缩回。小臂上有一个腕,可绕小臂转动,进行俯仰和侧摇。腕前端是“手”,即操作器。这个机器人的功能和人的手臂功能相似。现在的 Unimate 机器人是球坐标机器人,它由 5 个关节串联的液压驱动,可完成近 200 种示教再现动作。

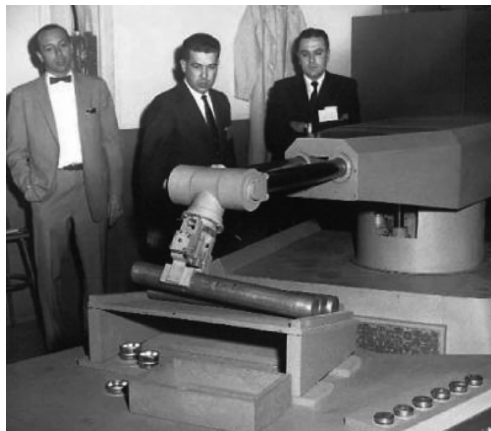


图 1-2 Unimate 机器人

随后,美国 AMF 公司制造出 Versatran 机器人。Versatran 机器人(见图 1-3)主要用于机器之间的物料运输,机器人手臂可以绕底座回转,沿垂直方向升降,也可以沿半径方向伸缩。因此,一般认为 Unimate 机器人和 Versatran 机器人是世界上最早的工业机器人。



图 1-3 Versatran 机器人

2. 机器人的发展

1) 美、日、欧机器人的发展

美国机器人从诞生起,在相当长的一段时期内,主要停留在大学和研究所的实验室里,虽然做出了一系列研究成果,但是没有形成生产能力,且应用较少,因而也很难得到充裕的经费支持。与此同时,工业生产和应用部门对机器人技术的效益持观望态度,因此研究开发、生产和应用脱节的现象延缓了这一新技术在美国的发展。直到 20 世纪 70 年代中期,鉴于机器人技术的发展和日本在工业机器人方面所取得的成就,美国才意识到问题的紧迫性并采取多方面措施。

日本开始进行机器人研究并不算早,日本的机器人技术人员首先引进了美国机器人技术,经过技术消化并在日本迅速将其实用化。1967 年,日本东京机械贸易公司首次从美国引进 Versatran 机器人;1968 年,日本川崎重工业公司从美国引进 Unimate 机器人,并对它进行改进,增加了视觉功能,使其成为一种具有智能的机器人。这一成就引起了日本产业界和政府的高度重视,为了推广应用这一新技术,日本政府在技术政策和经济上都采取措施加以扶植,因此,日本的工业机器人迅速走出了从试验应用到成熟产品应用的阶段,工业机器人得以大量生产和应用。20 世纪 70 年代是日本机器人的迅速发展时期,日本在机器人的产品开发和应用两个方面超过美国,成为当今世界第一的“机器人王国”。

1979 年,Unimate 公司又推出 PUMA 系列工业机器人,它是一种全电动驱动,关节式结构,多 CPU 二级微处理器控制,采用 VAL 专用语言,可配置视觉、触觉和力传感器的较为先进的机器人;同年,日本山梨大学的牧野洋研制出了具有平面关节的 SCARA 型机器人。1985 年,发那科公司又推出了交流伺服驱动的工业机器人产品。这一时期,各种装配机器人的产量增长较快,与机器人配套使用的装置和视觉技术也在迅速发展。

近十几年来,欧洲的德国、瑞典、法国及英国的机器人产业发展较快。目前,世界上的机器人无论是从技术水平上,还是从已装备的数量上,其优势集中在以日、欧、美为代表的少数几个发达的工业化国家和地区。

2) 我国机器人的发展

我国工业机器人起步于 20 世纪 70 年代初,大致可分为 70 年代的萌芽期、80 年代的开发期、90 年代及以后的实用化期 3 个阶段。

我国于 1972 年开始研制工业机器人,数十家研究单位和院校分别开发了固定程序、组合式、液压伺服型通用机器人,并开始了机构学、计算机控制和应用技术的研究。20 世纪 80 年代,我国机器人技术的发展得到政府的重视和支持,机器人步入了跨越式发展时期。1986 年,我国开展了“七五”机器人攻关计划。1987 年,我国的 863 高技术计划将机器人方面的研究开发列入其中,进行了工业机器人基础技术、基础元器件、工业机器人整机及应用工程的开发研究。在完成了示教再现式工业机器人及其成套技术的开发后,我国研制出了喷涂、弧焊、点焊和搬运等工业机器人整机,多类专用和通用控制系统及关键元器件,并在生产中经过实际应用考核,其性能指标达到 20 世纪 80 年代初国外同类产品的水平。

为了跟踪国外高技术,在国家高技术计划中安排了智能机器人的研究开发,包括水下无缆机器人、多功能装配机器人和各类特种机器人等,并进行了智能机器人体系结构、机构、控制、人工智能、机器视觉、高性能传感器及新材料等的应用研究。20 世纪 90 年代,由于市场

竞争加剧,一些企业认识到必须用机器人等自动化设备来改造传统产业,从而使机器人进一步走向产业化。在喷涂机器人、点焊机器人、弧焊机器人、搬运机器人、装配机器人和矿山、建筑、管道作业的特种工业机器人技术和系统应用的成套技术方面继续开发与完善,进一步开拓市场,扩大应用领域,从汽车制造业逐步扩展到其他制造业,并渗透到非制造业领域。例如,机器人化柔性装配系统的研究充分发挥工业机器人在未来计算机集成制造系统(CIMS)中的核心技术作用。

3. 机器人的发展方向

如今机器人发展的特点可概括为:横向上,应用面越来越宽,由工业应用扩展到更多领域的非工业应用,如做手术、采摘水果、剪枝、巷道掘进、侦查、排雷等,只要能想到的,就可以去创造实现;纵向上,机器人的种类越来越多,像进入人体的微型机器人,已成为一个新方向,可以小到一颗米粒般大小;机器人智能化将得到加强,机器人会更加聪明。

1) 智能化

人工智能是关于人造物的智能行为,它包括知觉、推理、学习、交流和在复杂环境中的行为,人工智能的长期目标是发明出可以像人类一样能更好地完成以上行为的机器。

2) 微型化

微型机器人又称为“明天的机器人”。它是机器人研究领域的一颗新星,它同智能机器人一起成为科学追求的目标。

在微电子机械领域,尺寸为 $1\sim 100\text{ mm}$ 的为小型机械,尺寸为 $10\ \mu\text{m}\sim 1\text{ mm}$ 的机械为微型机械, $10\text{ nm}\sim 10\ \mu\text{m}$ 的机械为超微型机械。微型机器人的体积可以缩小到微米级甚至亚微米级,重量轻至纳克,加工精度为微米级或纳米级。

发展微型和超微型机器人的指导思想非常简单:某些工作若用一台结构庞大、价格昂贵的大型机器人去做,不如用成千上万个低廉、微小、简单的机器人去完成。这正如用一大群蝗虫去“收割”一片庄稼,要比使用一台大型联合收割机快。

图 1-4 所示的 FR-II 微型机器人轻巧地从现场设置的桌子上起飞后,能在 3 m 左右的高度盘旋飞行。在现场设置的投影机上投出了安装在机器人上的 CMOS 摄像头拍摄到的图像。比起其前代来,新的机器人更轻盈也更高级,具有独立的飞行能力且可采用无线蓝牙进行操控。



图 1-4 FR-II 微型机器人

微型机器人的发展依赖于微加工工艺、微传感器、微驱动器和微结构 4 方面的基础研

究。这4个方面的基础研究有器件开发阶段、部件开发阶段、装置和系统开发阶段3个阶段。现已研制出直径为 $20\ \mu\text{m}$ 、长为 $150\ \mu\text{m}$ 的铰链连杆, $200\ \mu\text{m}\times 200\ \mu\text{m}$ 的滑块结构,以及微型的齿轮、曲柄、弹簧等。贝尔实验室已开发出一种直径为 $400\ \mu\text{m}$ 的齿轮,在一张普通邮票上可放6万个齿轮和其他微型器件。德国卡尔斯鲁厄核研究中心的微型机器人研究所研究出一种新型微加工方法,这种方法是X射线深刻蚀、电铸和塑料模铸的组合。深刻蚀厚度为 $10\sim 1\ 000\ \mu\text{m}$ 。



图 1-5 星球大战中的机器人 C-3PO(左)和 R2-D2(右)

微型机械的发展是建立在大规模集成电路制作设备与技术的基础上的。微驱动器、微传感器都是在集成电路技术基础上用标准的光刻和化学腐蚀技术制成的,不同的是,集成电路大部分是二维刻蚀的,而微型机械则完全是三维的。微型机械和微型机器人已逐步形成牵动众多领域向纵深方向发展的新兴学科。

3) 仿生化

直至近来,大多数机器人才被认为属于生物纲目之一。工具型机器人保持了机器人应有的基本元素,如装备了爪形机械、抓具和轮子,但不管怎么看,它都像是台机器,如图 1-5 中的 R2-D2 所示。相比之下,类人形机器人则最大限度地与创造它们的人类相似,它们的运动臂上有自己的双手,下肢有真正的脚,有人类一样的脸,如图 1-5 中的 C-3PO 所示。介于这两种极端情况之间的是少数具备动物特征的机器人,它们通常

常被制作成宠物的模样,如图 1-6 中的索尼机器狗 AIBO,但事实上,它们只不过是供娱乐的玩具。

有动物特征的机器人一直以来都在迅猛发展。现在,工程师们的仿生对象不仅有狗,还包括会游泳的七鳃鳗、爪力十足的章鱼、善于攀爬的蜥蜴和穴居蛤等。他们甚至在努力模仿昆虫,研发可以振翅高飞的蚊虫机器人,如图 1-7 所示。这就导致工具型机器人和类人形机器人研究逐渐受到冷落,而动物形态仿生机器人的研究则不断取得进展。



图 1-6 索尼机器狗 AIBO



图 1-7 机器蚊子

学习单元二 机器人的组成与分类

一、机器人的组成

通常来讲,按照机器人各个部件的作用,一个机器人系统一般由 3 个部分、6 个子系统组成,如图 1-8 和图 1-9 所示。这 3 个部分是机械部分、传感部分和控制部分;6 个子系统是驱动系统、机械结构系统、感受系统、人-机交互系统、机器人-环境交互系统和控制系统。

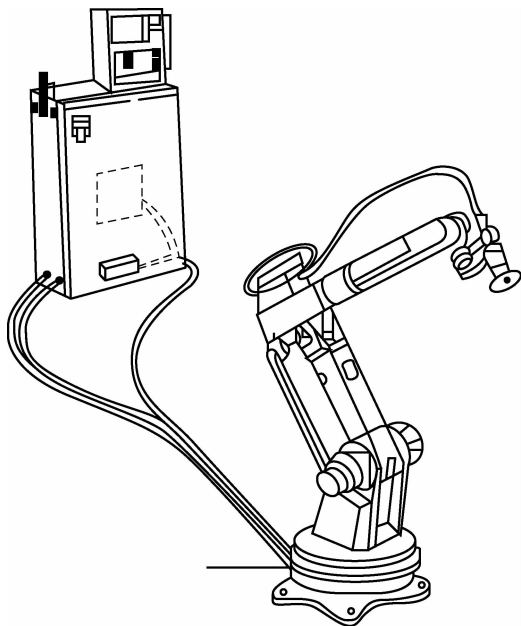


图 1-8 机器人的三个组成部分

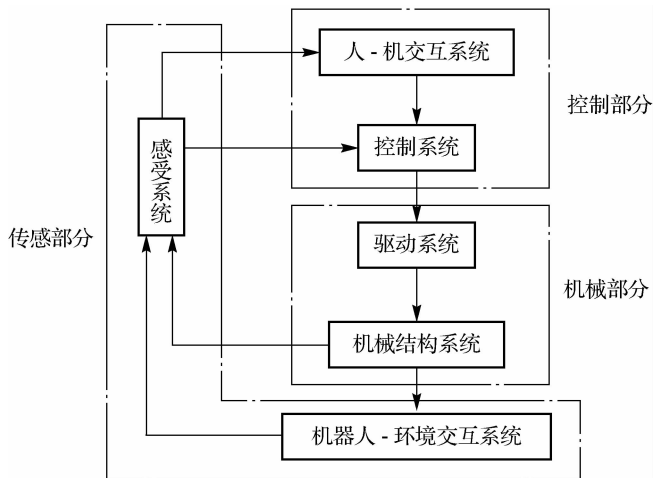


图 1-9 机器人的 6 个子系统

1. 机械部分

1) 驱动系统

要使机器人运行起来,需给各个关节(每个运动自由度)安装传动装置,这就是驱动系统。其作用是提供机器人各部位、各关节动作的原动力。

根据驱动源的不同,驱动系统可分为电动、液压和气动3种,也包括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,也可通过同步带、链条、齿轮、谐波传动装置等与机械系统间接相连。

2) 机械结构系统

机械结构系统又称为操作机或执行机构系统,是机器人的主要承载体,它由一系列连杆、关节等组成。机械结构系统通常包括机身、手臂、关节和末端执行器,具有多自由度,如图1-10所示。

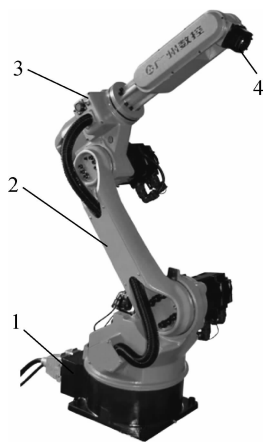


图 1-10 机器人的机械结构系统

1—机身；2—手臂；3—关节；4—末端执行器

(1) 机身。如同机床的床身结构一样,机器人的机身构成了机器人的基础支撑。有的机身底部安装有机器人行走机构,构成行走机器人;有的机身可以绕轴线回转,构成机器人的“腰”;若机身不具备行走及回转机构,则构成单机器人臂。

(2) 手臂。手臂一般由上臂、下臂和手腕组成,用于完成各种简单或复杂的动作。

(3) 关节。关节通常分为滑动关节和转动关节,以实现机身、手臂、末端执行器之间的相对运动。

(4) 末端执行器。末端执行器是直接装在手上的一个重要部件,它通常是模拟人的手掌和手指的,可以是两手指或多手指的手爪末端操作器,有时也可以是各种作业工具,如焊枪、喷漆枪等。

2. 传感部分

1) 感受系统

感受系统通常由内部传感器模块和外部传感器模块组成,用于获取内部和外部环境中有意义的信息。

智能传感器的使用提高了机器人的机动性、适应性和智能化。人类的感受系统对外部世界信息的感知是极其灵巧的,然而,对于一些特殊的信息,传感器比人类的感受系统更有效率。

2) 机器人-环境交互系统

机器人-环境交互系统是实现机器人与外部环境中的设备相互联系和协调的系统。

工业机器人往往与外部设备集成为一个功能单元,如加工制造单元、焊接单元、装配单元等;工业机器人也可以是多台机器人、多台机床或设备、多个零件存储装置等集成为一个去执行复杂任务的功能单元。

3. 控制部分

1) 人-机交互系统

人-机交互系统是人与机器人进行联系和参与机器人控制的装置,如计算机的标准终端、指令控制台、信息显示板及危险信号报警器等。该系统归纳起来实际上就是两大类,即指令给定装置和信息显示装置。

2) 控制系统

控制系统的任务是根据机器人的作业指令程序及从传感器反馈回来的信号,控制机器人的执行机构去完成规定的动作。

若机器人不具备信息反馈特征,则该控制系统为开环控制系统;若具备信息反馈特征,则该控制系统为闭环控制系统。控制系统根据控制原理可分为程序控制系统、适应性控制系统和人工智能控制系统。控制系统根据控制运动的形式可分为点位控制系统和连续轨迹控制系统。

二、机器人的分类

应用于不同领域的机器人可按照不同的功能、目的、用途、规模、结构、坐标、驱动方式等分成很多类型,目前国内外尚无统一的分类标准。参考国内外有关资料,本书将从多个角度对机器人进行分类。

(一) 按机器人的应用领域分类

我国的机器人专家从应用领域出发,将机器人分为两大类,即工业机器人和操纵型机器人。

1. 工业机器人

工业机器人(industrial robot)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。依据具体应用目的的不同,工业机器人常以其主要用途命名。

焊接机器人是目前应用最多的工业机器人,包括点焊机器人和弧焊机器人,用于实现自动化焊接作业;装配机器人比较多地用于电子部件或电器的装配;喷涂机器人可以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,如改变焊缝轨迹及喷涂位置,变更装配部件或位置等。随着工业生产线越来越高的柔性要求,对各种工业机器人的需求也越来越广泛。

2. 操纵型机器人

操纵型机器人(teleoperator robot)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。

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,如清洁、护理、娱乐和执勤等。

除以上服务机器人外,还有一些其他种类的特种作业机器人。例如,水下机器人又称为水下无人深潜器,可以代替人在水下危险的环境中作业;另外,还有橱窗清洗机器人(见图 1-11)、爬缆索机器人(见图 1-12)及管内移动机器人等。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,可以帮助人类完成一些高强度、高危险性或无法完成的工作。



图 1-11 橱窗清洗机器人



图 1-12 爬缆索机器人

(二)按机器人的驱动方式分类

机器人按驱动方式可分为气动式机器人、液动式机器人、电动式机器人、新型驱动方式机器人等。

1. 气动式机器人

气动式机器人以压缩空气来驱动其执行机构。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,故此类机器人适宜对抓举力要求较小的场合。

2. 液动式机器人

相对于气力驱动,液力驱动的机器人具有大得多的抓举能力,抓举质量可高达上百千克。液动式机器人结构紧凑,传动平稳且动作灵敏,但对密封的要求较高,且不宜在高温或低温的场合工作,要求的制造精度较高,成本较高。

3. 电动式机器人

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可供选择的品种众多,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。电力驱动具有无污染,易于控制,运动精度高,成本低,驱动效率高优点,其应用最为广泛。

电力驱动又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. 新型驱动方式机器人

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。

(三)按机器人的智能方式分类

机器人按智能方式可分为一般型机器人、传感机器人、智能机器人。

1. 一般型机器人

一般型机器人是第一代机器人,又称为示教-再现型机器人,主要指只能以示教-再现方式工作的工业机器人。示教内容为机器人操作结构的运动轨迹、作业条件和作业顺序等。示教指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。现在比较普遍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. 传感机器人

传感机器人是第二代机器人,又称为感觉机器人,它带有一些可感知环境的传感器,对外界环境有一定感知能力。工作时,根据感觉器官(传感器)获得的信息,通过反馈控制,使机器人能在一定程度上灵活调整自己的工作状态,保证在适应环境的情况下完成工作。

这样的技术现在正越来越多地应用在机器人身上。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,机器人携带焊枪走这个曲线进行焊接。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。焊缝跟踪技术是在机器人上加一个传感器,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. 智能机器人

智能机器人是第三代机器人,它不仅具有感觉能力,还具有独立判断和行动的能力,并具有记忆、推理和决策的能力,因而能够完成更加复杂的动作。智能机器人的“智能”特征就在于它具有与外部世界(对象、环境和人)相适应、相协调的工作机能。从控制方式看,智能机器人是以一种“认知-适应”的方式自律地进行操作。

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,如在什么位置、自身的系统是否有故障等。这类机器人可通过装在机器人身上或工作环境中的传感器感知外部的状态,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。

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点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。

智能机器人的发展方向大致有两种: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。

(四)按机器人的控制方式分类

按照机器人的控制方式可分为以下两类:

1. 非伺服机器人

非伺服机器人按照预先编好的程序顺序进行工作,使用限位开关、制动器、插销板和定序器来控制机器人的运动。插销板用来预先规定机器人的工作顺序,且往往是可调的。定序器按照预定的正确顺序接通驱动装置的动力源。驱动装置接通动力源后,就带动机器人的手臂、腕部和手部等装置运动。

当它们移动到由限位开关所规定的位置时,限位开关切换工作状态,给定序器送去一个工作任务已经完成的信号,并使终端制动器动作,切断驱动能源,使机器人停止运动。非伺服机器人工作能力比较有限。

2. 伺服控制机器人

伺服控制机器人把通过传感器取得的反馈信号与来自给定装置的综合信号比较后,得到误差信号,经过放大后用于激发机器人的驱动装置,进而带动手部执行装置以一定规律运动,到达规定的位置或速度等,这是一个反馈控制系统。伺服系统的被控量可以是机器人手部执行装置的位置、速度、加速度和力等。伺服控制机器人比非伺服机器人有更强的工作能力。

伺服控制机器人按照控制的空间位置不同又可以分为点位伺服控制机器人和连续轨迹伺服控制机器人。

1) 点位伺服控制机器人

点位伺服控制机器人的受控运动方式为:从一个点位目标移向另一个点位目标,只在目标点上完成操作。机器人可以以最快和最直接的路径从一个端点移到另一个端点。

按点位方式进行控制的机器人的运动为空间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。在点位伺服控制机器人中,所能控制点数的多少取决于控制系统的复杂程度。

通常,点位伺服控制机器人适用于只需要确定终端位置而对编程点之间的路径和速度不做主要考虑的场所。点位控制主要用于点焊、搬运机器人。

2) 连续轨迹伺服控制机器人

连续轨迹伺服控制机器人能够平滑地跟随某个规定的路径,其轨迹往往是某条不在预编程端点停留的曲线路径。

按连续轨迹方式进行控制的机器人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可以进行控制,能同时控制两个以上的运动轴,使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。

连续轨迹伺服控制机器人具有良好的控制和运行特性,由于数据是依时间采样,而不是依预先规定的空间采样的,因此,机器人的运行速度较快、功率较小、负载能力也较小。连续轨迹伺服控制机器人主要用于弧焊、喷涂、打飞边毛刺和检测机器人等。

(五) 按机器人的坐标系统分类

机器人按结构形式可分为关节型机器人和非关节型机器人两大类,其中关节型机器人的机械本体部分一般为由若干关节与连杆串联组成的开式链机构。

通常关节型机器人依据坐标型式的不同可分为直角坐标型、圆柱坐标型、极坐标型和多关节坐标型和平面关节坐标型等,如图 1-13 所示。

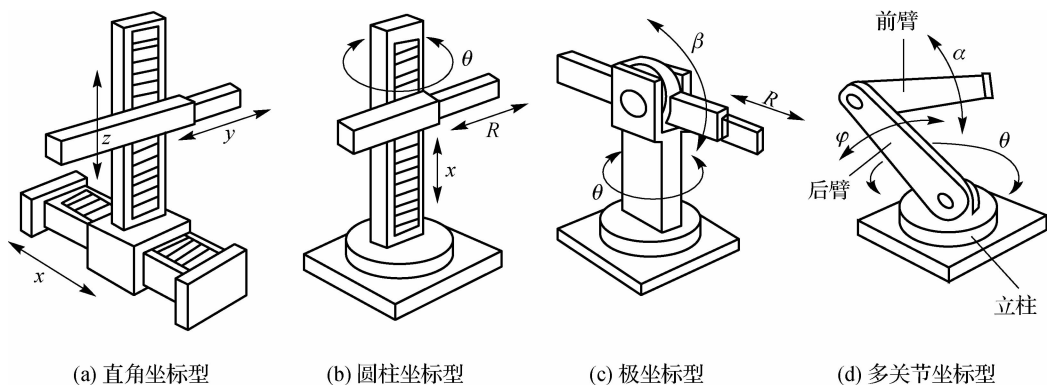


图 1-13 不同坐标结构的机器人

1. 直角坐标型机器人

直角坐标型机器人如图 1-13(a)所示,它在 x 、 y 、 z 轴上的运动是独立的。机器人手臂的运动将形成一个立方体表面。直角坐标型机器人又称为笛卡儿坐标型机器人或台架型机器人。

直角坐标型机器人手部空间位置的改变通过沿 3 个互相垂直的轴线的移动来实现,即沿着 x 轴的纵向移动、沿着 y 轴的横向移动及沿着 z 轴的升降移动。

直角坐标型机器人的位置精度高,控制简单,无耦合,避障性好,但结构庞大,动作范围

小,灵活性差,难与其他机器人协调。DENSO 公司的 XYC 机器人、IBM 公司的 RS-1 机器人是该类型机器人的典型代表。

2. 圆柱坐标型机器人

圆柱坐标型机器人如图 1-13(b)所示, R 、 θ 和 x 为坐标系的 3 个坐标。其中, R 是手臂的径向长度, θ 是手臂的角位置, x 是垂直方向上手臂的位置。如果机器人手臂的径向坐标尺保持不变,那么机器人手臂的运动将形成一个圆柱面。

这种机器人通过两个移动和一个转动运动实现手部空间位置的改变,机器人手臂的运动是由垂直立柱平面内的伸缩、沿立柱的升降、手臂绕立柱的转动复合而成的。圆柱坐标型机器人的位置精度仅次于直角坐标型,控制简单,避障性好,但结构也较庞大,难与其他机器人协调工作,两个移动轴的设计较复杂。AMF 公司的 Versatran 机器人是该类型机器人的典型代表。

3. 极坐标型机器人

极坐标型机器人如图 1-13(c)所示,其又称为球坐标型机器人, R 、 θ 和 β 为坐标系的三个坐标。其中, θ 是绕手臂支撑底座铅垂轴的转动角, β 是手臂在铅垂面内的摆动角。这种机器人运动所形成的轨迹表面是半球面。

这类机器人手臂的运动由一个直线运动和两个转动所组成,即沿手臂方向 x 的伸缩,绕 y 轴的俯仰和绕 z 轴的回转。极坐标型机器人占地面积较小,结构紧凑,位置精度尚可,能与其他机器人协调工作,重量较轻,但避障性差,有平衡问题,其位置误差与臂长有关。Unimation 公司的 Unimate 机器人是其典型代表。

4. 多关节坐标型机器人

多关节坐标型机器人主要由立柱、前臂和后臂组成,如图 1-13(d)所示,它是以相邻运动部件之间的相对角位移 θ 、 α 和 φ 为坐标系的坐标。其中, θ 是绕底座铅垂轴的转角, φ 是过底座的水平线与第一臂之间的夹角, α 是第二臂相对于第一臂的转角。这种机器人手臂可以达到球形体积内的绝大部分位置,所能达到区域的形状取决于两个臂的长度比例,因此又称为拟人型机器人。

这类机器人的运动由前、后臂的俯仰及立柱的回转构成,其结构最紧凑,灵活性大,占地面积最小,工作空间最大,能与其他机器人协调工作,避障性好,但位置精度较低,有平衡问题,控制存在耦合,故比较复杂,这种机器人目前应用得最多。

Unimation 公司的 PUMA 型机器人、瑞士 ABB 公司的 IRB 型机器人、德国 KUKA 公司的 IR 型机器人是该类型机器人的典型代表。

5. 平面关节坐标型机器人

平面关节坐标型机器人可以看成多关节坐标型机器人的特例。平面关节坐标型机器人类似于人的手臂的运动,它用平行的肩关节和肘关节实现水平运动,关节轴线共面;用腕关节实现垂直运动,在平面内进行定位和定向,是一种固定式的工业机器人,如图 1-14 所示。

这类机器人的特点为:其在 x - y 平面上的运动有较大的柔性,而沿 z 轴的运动有很强的刚性。因此,它具有选择性的柔性,在装配作业中获得了较好的应用。

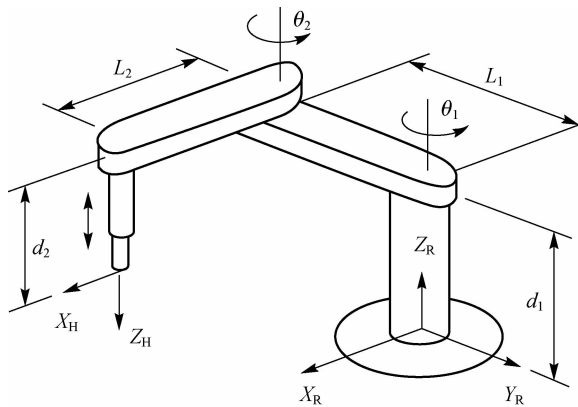


图 1-14 平面关节坐标型机器人

这类机器人结构轻便、响应快,有的平面关节坐标型机器人的运动速度可达 10 m/s,比一般的多关节坐标型机器人快数倍。它能实现平面运动,全臂在垂直方向的刚度大,在水平方向的柔性大。

德国 KUKA 公司的 KR-5 系列 SCARA 机器人、日本日立公司的 SCARA 机器人、深圳众为兴的 SCARA 机器人是该类型机器人典型代表。

6. 不同坐标型机器人的性能比较

对于不同坐标型式的机器人,其特点、工作范围及性能也不同。

1) 直角坐标型机器人的性能

特点:在直线方向上移动,运动容易想象;通过计算机控制实现,容易达到高精度;占地面积大,运动速度低;直线驱动部分难以密封、防尘,容易被污染。

直角坐标型机器人的工作空间如图 1-15 所示。

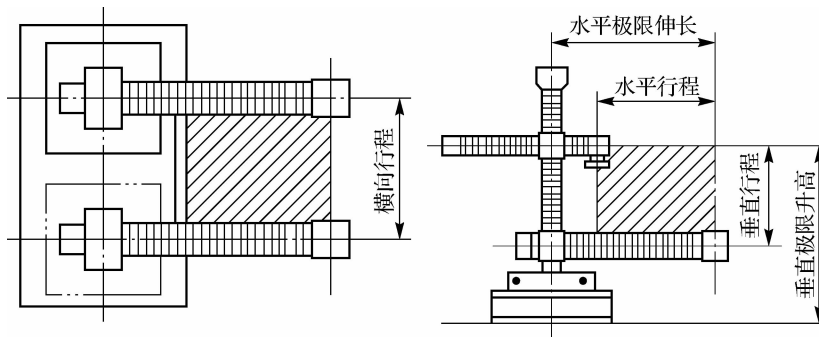


图 1-15 直角坐标型机器人的工作空间

2) 圆柱坐标型机器人的性能

特点:运动容易想象和计算,直线部分可采用液压驱动,可输出较大的动力;能够伸入型腔式机器内部,它的手臂可以到达的空间受到限制,不能到达近立柱或近地面的空间;直线驱动部分难以密封、防尘;后臂工作时,手臂后端会碰到工作范围内的其他物体。

圆柱坐标型机器人的工作空间如图 1-16 所示。

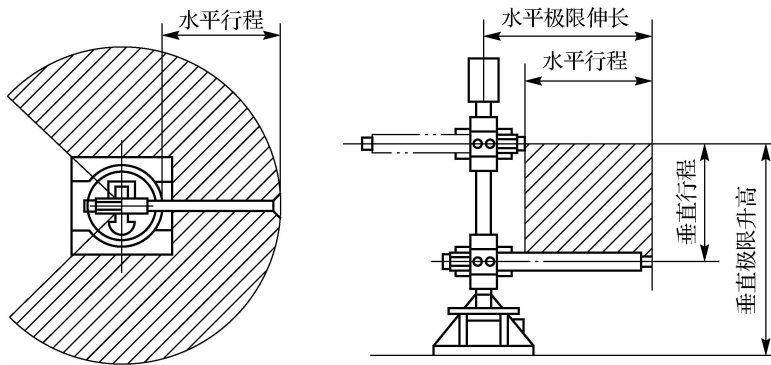


图 1-16 圆柱坐标型机器人的工作空间

3) 极坐标型机器人的性能

特点:中心支架附近的工作范围大,两个转动驱动装置容易密封,覆盖工作空间较大;坐标复杂,难于控制;直线驱动装置仍存在密封及工作死区的问题。

极坐标型机器人的工作空间如图 1-17 所示。

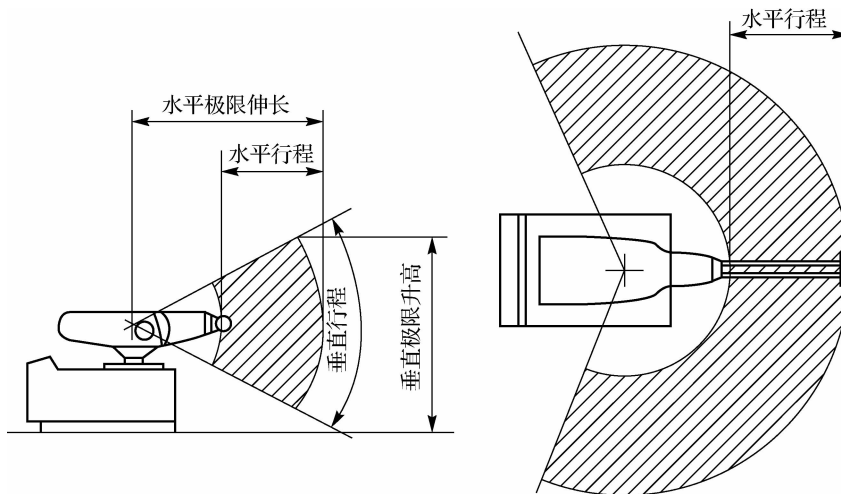


图 1-17 极坐标型机器人的工作空间

4) 多关节坐标型机器人的性能

特点:关节全都是旋转的,类似于人的手臂,是工业机器人中最常见的结构;它的工作范围较为复杂。

多关节坐标型机器人的工作空间如图 1-18 所示。

5) 平面关节坐标型机器人的性能

特点:前两个关节(肩关节和肘关节)都是平面旋转的,最后一个关节(腕关节)是工业机器人中最常见的结构;它的工作范围较为复杂。

平面关节坐标型机器人的工作空间如图 1-19 所示。

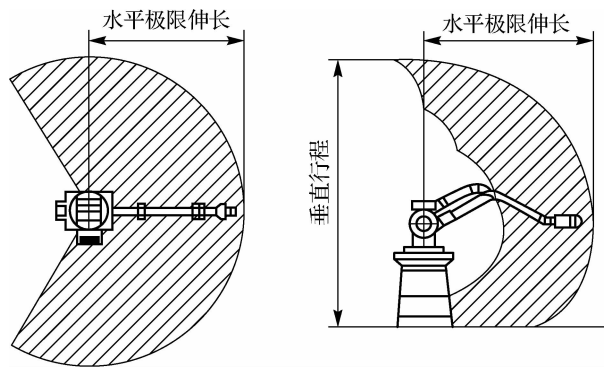


图 1-18 多关节坐标型机器人的工作空间

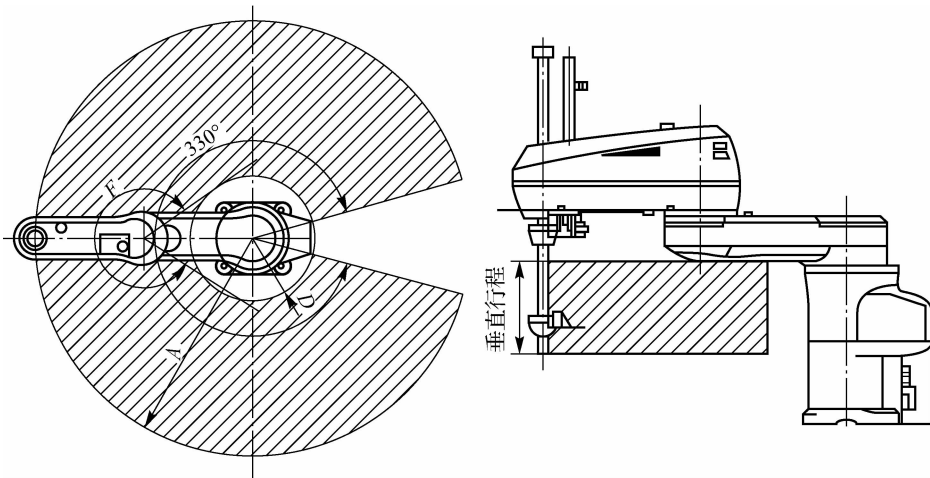


图 1-19 平面关节坐标型机器人的工作空间

学习单元三 机器人的应用范围

随着工业机器人发展的深度、广度和机器人智能水平的提高,工业机器人已在众多领域得到了应用。目前,工业机器人已广泛应用于汽车制造业、机械加工行业、电子电气行业、橡胶及塑料工业、食品工业、木材与家具制造业等领域中。在工业生产中,弧焊机器人、点焊机器人、分配机器人、装配机器人、喷漆机器人及搬运机器人等工业机器人都已被大量应用。

汽车制造是一个技术和资金高度密集的产业,也是工业机器人应用最广泛的行业,占到整个工业机器人的一半以上。在我国,工业机器人最初也是被应用于汽车和工程机械行业中。在汽车生产中,工业机器人是一种主要的自动化设备,在整车及零部件生产的弧焊、点焊、喷涂、搬运、涂胶、冲压等工艺中大量使用。据预测,我国正在进入汽车拥有率上升的时期,机器人在我国汽车行业的应用将得到快速发展。

工业机器人除了在汽车行业的广泛应用外,在电子、食品加工、非金属加工、日用消费品和木材家具加工等行业的需求也快速增长。机器人在石油方面也有广泛的应用,例如,

海上石油钻井、采油平台、管道的检测,炼油厂、大型油罐和储罐的焊接等均可使用机器人来完成。

在未来几年,传感技术、激光技术、工程网络技术将会被广泛应用在工业机器人工作领域,这些技术会使工业机器人的应用更高效、高质,运行成本更低。

我国工业机器人已开始关注新兴行业,在一般工业应用的新领域,如光伏产业、动力电池制造业、食品工业、化纤行业、玻璃纤维行业、砖瓦制造行业、五金打磨行业、冶金浇铸行业、医药行业等,都有工业机器人代替人工的环节和空间。

总之,工业机器人的广泛应用,可以逐步改善劳动条件,使企业得到更强与可控的生产能力,加快产品的更新换代,提高生产效率,保证产品质量,消除枯燥无味的工作,节约劳动力,提供更安全的工作环境,降低工人的劳动强度,减少劳动风险,减少工艺过程中的工作量,降低停产时间,有利于提高企业竞争力。

在我国,工业机器人的市场份额大部分被国外工业机器人企业占据着。在国际强手面前,国内的工业机器人企业面临着相当大的竞争压力。如今,我国正从一个制造大国向制造强国迈进,中国制造业面临着与国际接轨、参与国际分工的巨大挑战,对我国工业自动化水平的提高迫在眉睫,政府务必会加大对机器人的资金投入和政策支持,会给工业机器人产业发展注入新的动力。

练习与思考

1. 简述机器人的定义。
2. 说明机器人的主要特征。
3. 机器人的系统结构有哪些?
4. 机器人的发展方向有哪些?
5. 机器人应用设计的领域有哪些?