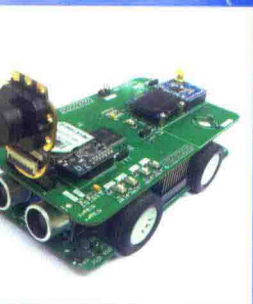
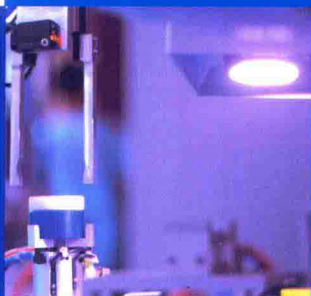


/// 工业机器人专业人才“十三五”规划教材



工业机器人 应用系统



邵 欣 檀盼龙 李云龙 编 著
张方杰 主 审



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

/// 工业机器人专业人才“十三五”规划教材

工业机器人应用系统

邵 欣 檀盼龙 李云龙 编 著

张方杰 主 审

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以常用的工业机器人为学习对象,共分为8个项目27个任务。本书从应用需求出发,分别介绍了汇川 SCARA 工业机器人、KUKA 轻型承载六轴工业机器人和 ABB 小型六轴工业机器人的主要参数、结构特点及其在相应实训平台中的应用。通过对基于 SCARA 工业机器人的自动装配工作站、基于 KUKA 六轴工业机器人的搬运工作站和基于 ABB 六轴工业机器人的智能制造生产线三类实训平台的学习,使读者了解工业机器人在应用中的要点和难点,从而掌握常用工业机器人的应用技能。为了便于广大教师开展教学工作,本书配有详细的教学多媒体课件,读者可以发送邮件至 goodtextbook@126.com 索取。

本书适用于电气类、自动化类及机电类专业本科学生教学使用,适度删减部分内容后可作为电气类、机电类专业高职高专学生教学用书,也可作为控制类研究生教材或工程技术人员培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人应用系统 / 邵欣, 檀盼龙, 李云龙编著

—北京: 北京航空航天大学出版社, 2017.7

ISBN 978-7-5124-2484-5

I. ①工… II. ①邵… ②檀… ③李… III. ①工业机器人—应用—高等学校—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 185635 号

版权所有,侵权必究。

工业机器人应用系统

邵 欣 檀盼龙 李云龙 编 著

张方杰 主 审

责任编辑 蔡 喆 李丽嘉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:17.75 字数:454 千字

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2484-5 定价:39.00 元

前 言

随着全球化速度的不断加快,制造业逐渐走向数字化、智能化,智能软件、新材料、工业机器人和新的制造方法形成合力,产生足以改变经济社会进程的巨大力量。随着“工业 4.0”概念在德国的提出,以“智能工厂,智慧制造”为主导的第四次工业革命已经悄然来临。在此背景下,我国提出了“中国制造 2025”国家战略,将使制造业的基本模式由集中式控制向分散式增强型控制转变。

工业机器人是现代制造业中非常重要的一种自动化生产设备,工业机器人的发展水平和应用水平在一定程度上反映一个国家的制造业水平和国际竞争力,对国家的经济竞争力和未来发展具有重要的战略意义。当前,随着“机器换人”工业技术改造的广泛开展,机器人产业的发展对掌握工业机器人编程与操作的技能型人才的需求越来越紧迫。按照工信部关于工业机器人的发展规划,到 2020 年,国内工业机器人总装机量将达到 100 万台,至少需要 20 万工业机器人应用相关的从业人员。工业机器人教材,主要依靠机器人企业的产品手册和培训教材,虽然市场上有一些关于工业机器人的教材,但是普遍偏向于理论学习或者只针对某个公司的某款产品,适合职业教育进行多种机器人教学和对比学习的教材尚不多见。

本书共分为八个项目,其中项目一重点介绍工业机器人的发展历程、结构特点和主要参数;项目二和项目三以自动装配工作站为载体,介绍了 SCARA 工业机器人的特点与编程调试方法;项目四和项目五以自动搬运工作站为对象,讲解了 KUKA 六轴工业机器人的使用方法;项目六、项目七和项目八基于北京赛佰特科技有限公司的智能制造生产线实训平台,分析了 ABB 六轴工业机器人的功能特点以及编程调试方法,包括在 RobotStudio 软件中建立仿真工作站和进行调试运行的方法。本书教学内容着重展示了三种不同工业机器人在实训平台的编程与应用,突出了实用的原则,使读者通过实践本书设计的实训任务,逐步掌握工业机器人的使用方法和应用技能。

本书以高职课程为主,注重任务实施,按照技术技能人才培养的规律,由浅入深引导学生完成实训任务,为培养“强基础、善应用、勇创新”的高素质电气、自动化、机器人技术人才服务。本书由教学经验丰富的一线高校教师策划编写,并由企业专家担任顾问。在编写时,编者兼顾日常教学与技术培训功能,力求使本书内容贴近实际,提高学习者的实践技术应用能力。

本书由天津中德应用技术大学邵欣、檀盼龙、李云龙、马晓明、王峰共同编著,北京赛佰特科技有限公司副总经理张方杰担任主审、唐冬冬高级工程师协助校稿。参编人员具体负责的章节如下:天津中德应用技术大学邵欣(项目一、项目二和项目三,约 18 万字)、檀盼龙(项目四和项目五,约 12 万字)、李云龙(项目七,约 10 万字)、马晓明(项目六,约 6 万字)、王峰(项目八,约 4 万字)。

编纂期间,作者参考了同类专业书籍及相关教材,并且获得了北京赛佰特科技有限公司的大力支持,编写人员在此对他们表示真诚感谢!

由于作者水平有限,书中疏漏之处,万望广大读者朋友斧正,可以将建议与意见发送邮件至:shaoxinme@126.com。

编 者

2017 年 6 月

目 录

项目一 认识工业机器人	1
任务1 工业机器人的定义及发展	1
任务2 工业机器人的分类及应用	6
任务3 工业机器人结构与主要参数	12
项目二 SCARA 工业机器人应用基础	23
任务1 SCARA 工业机器人系统认识及硬件接线	23
任务2 SCARA 工业机器人示教器配置与使用	30
任务3 SCARA 工业机器人基本编程指令使用	44
项目三 SCARA 机器人装配系统应用	67
任务1 自动装配工作站系统组成	67
任务2 PLC 控制程序	73
任务3 人机界面设计及视觉系统的使用	79
任务4 SCARA 工业机器人程序设计与运行调试	90
项目四 KUKA 工业机器人	98
任务1 认识 KUKA 工业机器人	98
任务2 KUKA 工业机器人的基本操纵	106
任务3 KUKA 工业机器人的程序编写	116
任务4 KUKA 工业机器人参数设定及程序管理	130
项目五 KUKA 工业机器人搬运工作站应用	139
任务1 KUKA 搬运工作站组成	139
任务2 KUKA 搬运工作站安装	148
任务3 KUKA 搬运工作站程序设计	156
项目六 ABB 工业机器人基本使用	161
任务1 认识 ABB 工业机器人	161
任务2 ABB 工业机器人的示教操作	167
任务3 ABB 工业机器人的基本指令应用	173



任务 4	ABB 工业机器人的自动运行	179
项目七	ABB 工业机器人智能制造生产线系统应用	194
任务 1	认识智能制造生产线	194
任务 2	PLC 控制程序及人机界面设计	214
任务 3	工业机器人程序设计与运行调试	234
项目八	ABB 工业机器人离线编程	248
任务 1	RobotStudio 安装与使用	248
任务 2	RobotStudio 几何体的导入与导出	259
任务 3	RobotStudio 仿真工作站的建立	265
参考文献		278

项目一 认识工业机器人

工业机器人是一种模拟人的手臂、手腕和手功能的机电一体化设备,可对物体运动的位置、速度和加速度进行精确的控制,从而完成某一工业生产的作业要求。它具有可再编程、自动控制、多功能等特点。工业机器人主要由机器人机械本体、伺服驱动系统、传动系统、控制器和传感检测装置构成,综合了机构学、控制理论、计算机技术、人工智能、仿生学和信息传感技术等多学科,目前已广泛用于汽车制造行业、陶瓷卫浴行业、机械生产加工行业、3C 行业等诸多领域。工业机器人已经成为衡量一个国家科技制造水平的重要标志之一,其正向智能化、模块化和系统化的方向发展。本项目要达成的目标就是认识工业机器人,了解工业机器人的定义和发展,掌握工业机器人的分类与应用、结构与主要性能指标。

任务 1 工业机器人的定义及发展

【任务描述】

工业机器人是机器人的一种,主要应用于工业领域,一般从事工业产品的生产作业。本任务的目的是了解工业机器人的定义及其发展。

【知识储备】

工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人,可以自动执行工作,一般靠自身动力和控制能力来实现各种功能。它可以接受人的指挥,也可以按照预先编排的程序运行,部分工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领做自主行动。

一、工业机器人的由来

1920 年,捷克作家卡雷尔查培克在其剧本《罗萨姆的万能机器人》中最早使用机器人一词,剧中机器人 Robot 这个词的本意是苦力,即剧作家笔下的一个具有人的外表、特征和功能的机器,是一种人造的劳力。它是最早的工业机器人设想。

20 世纪 40 年代中后期,关于机器人的研究得到了更多人的关注。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,可以做主从机械手的运动。该系统中加入了力觉传感器,操作者凭借这些传感器就可以获知施加力的大小。主从机械手之间有防护墙隔开,操作者可通过观察窗或闭路电视对从机械手操作机进行有效监视,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奠定了基础。

1954 年,美国戴沃尔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。1959 年,



UNIMATION 公司的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。

目前,工业机器人无论是在技术水平上还是已装配的数量上都取得了巨大进步,但优势集中在以日、美为代表的少数几个发达的工业化国家。工业机器人已经成为一种在工业界广泛应用的标准设备。国际上具有影响力的、著名的工业机器人公司主要分为日系和欧系两大系列,日系中主要有安川、OTC、松下、FANUC、川崎等公司的产品;欧系中主要有德国的 KUKA、CLOOS、瑞典的 ABB、意大利的 COMAU 及奥地利的 IGM 公司。工业机器人已成为柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(OMS)、工厂自动化(FA)的自动工具。专家预测,工业机器人产业是继汽车、计算机之后出现的一种新的大型高技术产业。

现在,我国从事机器人研究的单位有 200 多家,专业从事机器人产业开发的企业有 50 家以上。经过众多专家的建议和规划,“七五”期间,由原国家机电部主持,中央各部委、中科院及地方科研院所和大学参加,国家投入相当资金,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。“九五”期间,在国家“863”高技术计划项目的支持下,沈阳新松机器人自动化股份有限公司、哈尔滨博实自动化设备有限责任公司、上海机电一体化工程公司、北京机械工业自动化所、四川绵阳思维焊接自动化设备有限公司等被确立为智能机器人主题产业基地。此外,上海富安工厂自动化公司、哈尔滨焊接研究所、国家机械局机械研究院及北京机电研究所、首钢莫托曼公司、安川北科公司、奇瑞汽车股份有限公司等都以其研发生产的特色机器人或应用工程项目而活跃在我国当今的工业机器人市场上。

全球现役工业机器人共有 98 万台,在过去的 10 年中,工业机器人的技术水平取得了惊人的进步,传统的功能型工业机器人已趋于成熟,各国科学家正致力于研制具有完全自主能力的、拟人化的智能机器人。机器人的价格降低约 80%,现在仍继续下降,而欧美劳动力成本上涨了 40%。现役机器人的平均寿命在 10 年以上,有的甚至高达 15 年以上,并且易于重新使用。由于机器人及自动化成套装备对提高制造业自动化水平,提高产品质量、生产效率、增强企业市场竞争力和改善劳动条件等起到了重大的作用,加之成本大幅度降低和性能的高速提升,其增长速度较快。在国际上,工业机器人技术在制造业应用范围越来越广阔,其标准化、模块化、智能化和网络化的程度也越来越高,功能越来越强,正向着成套技术和装备的方向发展,工业机器人自动化生产线成套装备已成为自动化装备的主流及未来的发展方向。与此同时,随着工业机器人向更深更广的方向发展以及智能化水平的提高,工业机器人的应用已从传统制造业推广到其他制造业,进而推广到诸如采矿、农业、建筑、灾难救援等非制造行业,而且在国防军事、医疗卫生、生活服务等领域,机器人的应用也越来越多。如无人侦察机(飞行器)、警备机器人、医疗机器人、家用服务机器人等均有应用实例。机器人正在为提高人类的生活质量发挥着越来越重要的作用,机器人技术也已经成为世界各国抢占的高科技制高点。

二、工业机器人的研究趋势

工业机器人按照其关键技术发展过程可分为以下三代。

第一代是示教再现机器人,主要由机器人本体、运动控制器和示教器组成,操作过程比较简单。第一代机器人使用示教器在线示教编程,并保存示教信息。当机器人自动运行时,由运动控制器解析并执行存储的示教程序,使机器人实现预定动作。这类机器人通常采用点到点运动,连续轨迹再现的控制方法可以完成直线和圆弧的连续轨迹运动,然而复杂曲线的运动则



由多段圆弧和直线组合而成。由于操作简单、可视性强,在当前工业中应用最多。

第二代是离线编程机器人,该机器人编程系统采用离线式计算机实体模型仿真技术。首先建立机器人及其工作环境的实体模型,再采用实际的逆解算法,通过对实体模型的控制和操作,在离线的情况下进行路径规划,然后通过编程对实体模型进行三维动画仿真,以检验编程的正确性,最后将正确的代码传递给机器人控制柜,以控制机器人运动,完成离线编程。

第三代是智能机器人,它除了具有第一代和第二代的特点外,还带有各种传感器。这类机器人对外界环境不但具有感觉能力,而且具有独立判断、记忆、推理和决策的能力。它能适应外部对象、环境协调地工作,能完成更加复杂的动作。在工作时通过传感器获得外部的信息,并进行信息反馈,然后灵活调整工作状态,保证在适应环境的情况下完成工作。此机器人用在弧焊和搬运工作中较多。在我国,由于机器人技术及研发的落后,工业机器人主要应用在制造业,如汽车制造行业和工程机械行业,主要用于汽车及工程机械的喷涂、焊接及搬运岗位。

随着工业机器人应用范围的扩大,建筑、农业、采矿、灾难救援等非制造业行业、国防军事领域、医疗领域、日常生活领域等对机器人的需求越来越大。因此,适合应用的更为智能的机器人技术必将成为未来的研究热点,其研究趋势如下。

① 工业机器人的应用领域将会由传统的制造业,如冶金、石油、化学、船舶、采矿等领域扩大到航空、航天、核能、医药、生化等高科技领域,同时工业机器人也会逐步走向家庭,成为家庭机器人。一些高危行业也会逐步引入工业机器人代替人来完成危险的任务,如消防、排雷、修理高压线、下水道清洁等。人类的生活将会越来越离不开工业机器人,它们将会丰富人们的文化生活。

② 工业机器人可能会有向小型化发展的趋势。ABB公司的一款小型机器人 IRB 120 自重只有 25 kg,但是工作能力位居业内领先水平,其工作范围可达 580 mm,每公斤物料拾取节拍仅需 0.58 s,定位精度高达 0.01 mm,投入市场后非常受欢迎。按照以往的思路,机器人往往要比它加工的部件大,但随着航空、航天、核电等技术的发展,工件尺寸越来越大,继续扩大工业机器人尺寸的成本太高,因此,可以换一种思路将工业机器人做小,直接在工件上实施加工。

③ 工业机器人将会有和新发展的技术结合的趋势,如搅拌摩擦焊、高能激光切割、变速箱装配、板金属变形等。一些传统的加工过程也会由工业机器人来执行,如激光切割、激光焊接、粘接、去毛刺、测量等。

④ 同时,降低工业机器人的生产成本,提高高端工业机器人的质量,增强机器人的灵活性,增强产品可靠性,降低机器人整个生命周期的维护费用,简化机器人的安装过程、系统集成及编程设置依旧是工业机器人的发展方向。

三、典型的工业机器人

1. 核工业机器人

核工业机器人是在核电站中应用于辐射环境下的特种机器人。核电站是核能利用的一个重要方面,受到了世界各国的重视,目前全世界核能发电量占总发电量的 17 %。但是这些核电站在建造阶段没有考虑机器人遥控作业技术的应用,因此,现有的核电站在应用机器人时必须以其定型的格局为前提,选择合适的机器人来完成某些任务。机器人在核电站中的工作



不是在生产线的规定位置完成已经安排好的任务,它要完成的是位置不定的多种多样的变化的工作。

随着核工业和机器人技术的发展,不少国家成功研制出真正的远距离控制的核工业机器人。例如美国的 SAMSIN 型、德国的 EMSM 系列、法国的 MA23-SD 系列等。大多数核工业机器人采用的是车轮、履带或车轮和履带相结合的行走方式,只有少数机器人采用多足或两足行走方式。为了实现远距离控制,核工业机器人具有各种各样的传感器设备。目前研制成功的核工业机器人一般都携带有照明灯、摄像机和导航设备,并且通过一根很柔软的电线连接到它的机械手上,这样它就可以顺利地到现场行走,达到目的地。

核工业机器人是一种十分灵活、能做各种姿态运动以及可以操作各种工具的设备,对危险环境有着极好的应变能力。一般的核工业机器人有以下几个特点。

① 可靠性:机器人在核电站内进行工作时,多半是操作高放射性物质,一旦发生故障,不仅本身将受到放射性污染,而且还会造成污染范围扩大。所以为了保证核工业机器人有很强环境适应能力和很高的可靠性,使它在工作时不会发生故障。

② 通用性强:核电站内的设备很多,各种管道错综复杂,通道狭隘,工作空间小。因此,要求核工业机器人能顺利通过各种障碍物和狭隘的通道,并且最好能根据需要来操作不同的设备。

③ 耐环境性:核电站环境内存在放射性物质,堆内结构表面剂量为 10^4 R/H,因此要求核电站机器人具有耐环境性。现在世界上的核工业机器人已经有几百台了,然而这些机器人大多缺乏感知功能(如视觉,听觉,触觉等),手的灵巧性也不够。其应对核工业恶劣环境影响的能力还有待提高。这些都是发展新型核工业机器人所要克服的困难。

2. 自动去毛刺机

自动去毛刺机是典型的机电一体化装置,它综合运用了机械与精密机械、微电子与计算机、自动控制与驱动、传感器与信息处理以及人工智能等多学科的最新研究成果。随着经济的发展和各行各业对自动化程度要求的提高,自动去毛刺机技术得到了迅速发展,出现了各种各样的去毛刺机产品。自动去毛刺机产品的实用化,既解决了许多单靠人力难以解决的实际问题,又促进了工业自动化的进程。

自动去毛刺机就是将机器视觉及数字图像处理技术应用于自动化去毛刺系统中,采用机器视觉对孔位进行探测,对摄像机内外参数标定的计算方法进行了详细的论述,并根据标定进行物像变换,将目标点在摄像机坐标系下的坐标变换到去毛刺机器人坐标系中,从而获取了空间目标点的三维空间坐标,然后再采用两步法对去毛刺机器人进行导引控制。自动去毛刺机的典型零件有:铝轮毂、变频器壳、同步器壳、同步器齿毂、轴承盖、缸体、阀体、阀盖、输出轴、发动机齿轮。

机械手是一种利用模仿人手和臂的某些动作来实现按固定程序抓取、搬运物件或操作工具的自动操作装置。机械手是最早出现的工业机器人,也是最早出现的现代机器人,它可代替人的繁重劳动以实现生产的机械化和自动化,能在有害环境下操作以保护人身安全,因而广泛应用于机械制造、冶金、电子、轻工和原子能等部门。



3. 外科手术机器人

外科手术机器人是集临床医学、生物力学、机械学、材料学、计算机科学、微电子学、机电一体化等诸多学科为一体的新型医疗器械,是当前医疗器械信息化、程控化、智能化的一个重要发展方向。之所以将机器人引入医疗,是因为在微创手术中,它们可以实现对外科仪器前所未有的精准控制,在临床微创手术以及战地救护、地震海啸救灾等方面有着广泛的应用前景。目前为止,这些机器已经用来定位内窥镜、进行胆囊手术以及胃灼热和胃食管反流的矫治。机器人手术领域的最终目标是设计一种机器人来进行不开胸口的的心脏手术。

达芬奇机器人微创外科手术系统(Da Vinci Si Surgical System)是目前在世界范围内应用广泛的一种智能化手术平台,如图 1-1 所示。

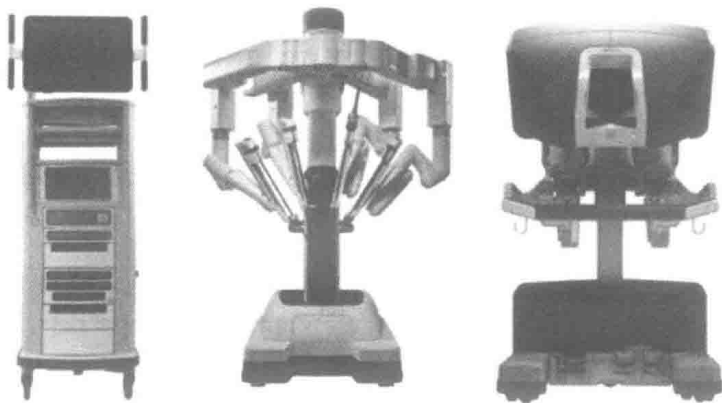


图 1-1 达芬奇机器人微创外科手术系统

2000 年,该系统获得美国食品与药品监督管理局(FDA)批准,成为进入临床外科的智能内窥镜微创手术系统。相较于传统外科手术,该系统使用的技术使其可以到达肉眼看不到的外科手术点,这样外科医生就可以利用其更精确地进行工作。系统的手术操作部分可完成 7 个自由度的操作,由外科医师在远程工作站进行遥控,具有整合三维成像、触觉反馈和宽带远距离控制等功能。达芬奇系统由三个主要部件组成。

① 外科医生控制台:主刀医生坐在控制台中,位于手术室无菌区之外,使用双手(通过操作两个主控制器)及脚(通过脚踏板)来控制器械和一个三维高清内窥镜。正如在立体目镜中看到的那样,手术器械尖端与外科医生的双手同步运动。

② 床旁机械臂系统:床旁机械臂系统(Patient Cart)是外科手术机器人的操作部件,其主要功能是为器械臂和摄像臂提供支撑。助手医生在无菌区内的床旁机械臂系统旁工作,负责更换器械和内窥镜,协助主刀医生完成手术。为了确保患者安全,助手医生比主刀医生对于床旁机械臂系统的运动具有更高优先控制权。

③ 成像系统:成像系统(Video Cart)内装有外科手术机器人的核心处理器以及图像处理设备,在手术过程中位于无菌区外,可由巡回护士操作,并可放置各类辅助手术设备。外科手术机器人的内窥镜为高分辨率三维(3D)镜头,对手术视野具有 10 倍以上的放大倍数,能为主刀医生带来患者体腔内三维立体高清影像,使主刀医生较普通腹腔镜手术更能把握操作距离及辨认解剖结构,提升了手术精确度。

除了应用比较广泛的达芬奇机器人外,国外还有宙斯(ZEUS)机器人手术系统、伊索(AE-



SOP)机器人手术系统和国内手术机器人黎元、妙手 A 等。

【任务实施】

该任务的任务书见表 1-1,任务完成报告书见表 1-2。

表 1-1 任务书

任务名称	工业机器人的定义及发展		
小组成员			
姓 名		班 级	
任务内容和学习目标			
通过对工业机器人的发展现状和发展趋势的介绍,描述了工业机器人的特点,以及工业机器人在各行业中的应用; 学习目标: ① 掌握工业机器人的定义;② 了解工业机器人的发展趋势			
任务分配			
工具与资料	① IRB 120 工业机器人说明书; ② 智能制造实训平台实验指导书; ③ 智能制造实训平台		

表 1-2 任务完成报告书

任务名称	工业机器人的定义及发展		
小组成员			
姓 名		班 级	
任务分工		实际用时	
备 注			
任务记录			
任务总结			

任务 2 工业机器人的分类及应用

【任务描述】

工业机器人的种类繁多,适用于不同的应用场合。关于工业机器人的分类,国际上也没有制定统一的标准,有的按负载分,有的按控制方式分,有的按自由度分,有的按结构分,有的按应用领域分。本任务将详细讲述工业机器人的分类及其应用情况。



【知识储备】

工业机器人的特点是:多功能,多运动自由度,能操持工具,能搬运工件、材料,可自动控制和重复编程。

工业机器人与其他专用自动化设备的主要区别在于:专用自动化设备是适用于大量工业生产的固定程式的生产设备,而工业机器人是一种具有多自由度动作功能且能适应产品种类经常变更的柔性自动化设备。

一、工业机器人的分类

关于工业机器人分类,国际上没有制定统一的标准,可按负载重量、控制方式、自由度、结构、应用领域等来进行划分。下面介绍按照技术等级和结构特征来划分的两种工业机器人分类法。

1. 按机器人的技术等级划分

按照机器人的技术发展水平可以将工业机器人分为三代。

(1) 示教再现机器人

这是第一代工业机器人,这类工业机器人能够按照人类预先示教的轨迹、行为、顺序和速度重复作业,示教可由操作人员通过示教器完成。操作人员利用示教器上的开关或按键来控制机器人一步一步的运动,机器人记录下运动过程中的点,然后机器人重复上述运动。

(2) 感知工业机器人

这是第二代工业机器人,具有环境感知装置,能在一定程度上适应环境的变化,目前已经进入应用阶段。如焊接机器人在焊接的过程中一般是通过示教的方式给出机器人的运动曲线,机器人携带焊枪沿着该曲线进行焊接,这个曲线轨迹必须十分精确,否则机器人所走的曲线和实际的焊缝位置会有偏差。第二代工业机器人采用焊缝跟踪技术,通过传感器感知焊缝的位置,再通过反馈控制,机器人就能够自动跟踪焊缝,从而对示教的位置进行实时修正,使机器人更好地完成焊接任务。

(3) 智能工业机器人

这是第三代工业机器人,或称为智能机器人,具有发现问题并且能自主地解决问题的能力,目前尚处于实验研究阶段。这种机器人具有多种传感器,不仅可以感知自身的状态,如自身所处的位置、故障信息等,而且可以感知外部环境的状态,如自动发现路况,测出协作机器人的相对位置、相互作用力等,还能根据获得的信息进行逻辑推理、判断决策,在变化的内部状态和外部环境中,自主决定自身的行为。

2. 按工业机器人的结构特征划分

工业机器人的机械结构形式多种多样,按照基本动作机构,工业机器人通常分为直角坐标机器人、柱面坐标机器人、球面坐标机器人和关节型机器人。

(1) 直角坐标机器人

直角坐标机器人具有空间上相互垂直的多个直线移动轴,通过直角坐标方向的3个独立



自由度确定其手部的空间位置,其动作空间为一长方体。直角坐标机器人结构简单、定位精度高、空间轨迹易于求解,但其动作范围较小、设备的空间因数低。

(2) 柱面坐标机器人

柱面坐标机器人主要由旋转基座、垂直移动轴和水平移动轴构成,具有一个回转和两个平移自由度,其动作空间呈圆柱体。这种机器人结构简单、刚性好,但缺点是在机器人的动作范围内必须沿轴线前后方向移动,空间利用率较低。

(3) 球面坐标机器人

球面坐标机器人空间位置分别由旋转、摆动和平移 3 个自由度确定,动作空间形成球面的一部分。其特点是结构紧凑,所占空间体积小于直角坐标和柱面坐标机器人,但仍大于多关节型机器人。

(4) 多关节坐标机器人

多关节坐标机器人结构紧凑、工作范围空间大、动作最接近人的动作,对涂装、装配、焊接等多种作业都有良好的适应性,应用范围广。由于其摆动方向主要有垂直方向和水平方向两种,因此,这类机器人又可分为垂直多关节机器人和水平多关节机器人。目前工业界使用最多的是 SCARA 型水平多关节型机器人和串联关节型垂直 6 轴机器人。

① 垂直多关节机器人。其模拟人类的手臂功能,由垂直于地面的腰部旋转轴、带动小臂旋转的肘部旋转轴以及小臂前端的手腕等组成。其优点是可以自由的实现三维空间的各种姿势及生成各种复杂形状的轨迹。

② 水平多关节机器人。其结构具有串联配置的两个能够在水平面内旋转的手臂,自由度可依据用途选择 2~4 个,动作空间为一圆柱体。水平多关节机器人的优点是在垂直方向上的刚性好,能方便地实现二维平面上的动作,在装配作业中得到普遍的应用。

二、工业机器人的应用

目前工业机器人已得到了广泛的应用,最有代表性的是在汽车制造业中,其在焊接、喷漆、装配、搬运等工序中都大显身手,其次是在金属加工制造业、电器制造业、塑料加工业等方面。随着现代科学技术的发展,机器人功能和性能不断提高,应用领域也进一步扩大,除上述制造业外,还用于海洋及太空开发、原子能工业、医疗及农业、林业、交通等方面。本节着重介绍搬运、码垛、焊接、喷涂等工业机器人的应用。

1. 机器人搬运

搬运机器人用途很广泛,一般只需要点位控制,即被搬运工件无严格的运动轨迹要求,只要求起始点和终点的位姿准确。最早的搬运机器人出现在 1960 年的美国, Versatran 和 Unimate 两种机器人首次用于搬运作业。搬运作业是指用一种设备握持工件,从一个加工位置移到另一个加工位置。搬运机器人可安装不同的末端执行器来完成各种不同形状和状态的工件搬运,减少了人类繁重的体力劳动。目前世界上使用的搬运机器人超过 10 万台,被广泛应用于机床上下料、冲压机自动化生产线、自动装配流水线、码垛搬运以及集装箱等的自动搬运。部分发达国家已制定相应标准,规定了人工搬运的最大限度,超过限度的必须由搬运机器人来



完成,机器人搬运如图 1-2 所示。

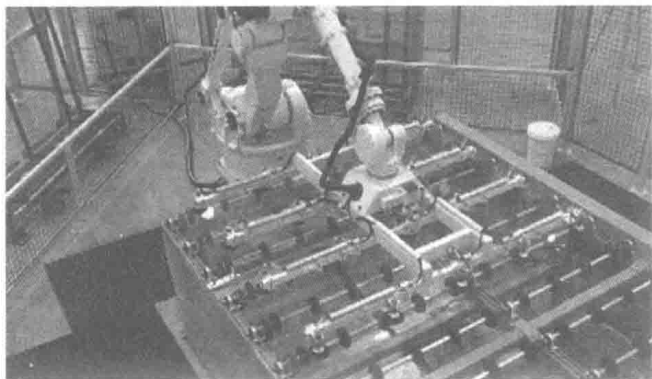


图 1-2 机器人搬运

2. 机器人码垛

码垛机器人可以按照要求的编组方式和层数,完成对料袋、胶块、箱体等各种产品的码垛作业。机器人码垛作业可以迅速提高企业的生产效率和产量,同时减少人工搬运带来的错误,其可以全天候作业,每年可节省大量的人力资源成本,达到减员增效。码垛机器人广泛应用于化工、饮料、食品、啤酒、塑料等生产企业,对纸箱、袋装、罐装以及瓶装等各种形式的包装成品均适用,码垛机器人如图 1-3 所示。

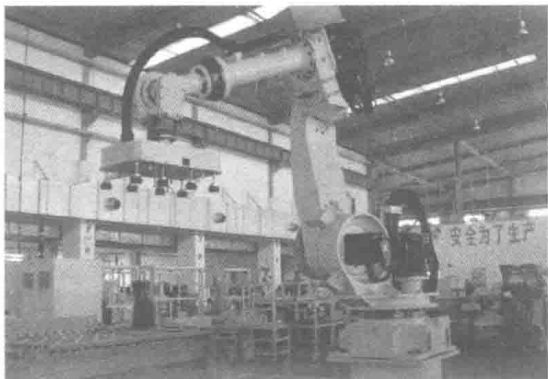


图 1-3 码垛机器人

3. 机器人焊接

这是目前应用最广泛的一种机器人,它又分为电焊和弧焊两类。电焊机器人负荷大、动作快,工作的位置和姿态要求严格,一般有 6 个自由度。弧焊机器人负载小、速度低。弧焊对机器人的运动轨迹要求严格,必须实现连续路径控制,即在运动轨迹的每个点都必须实现预定的位置和姿态要求。弧焊机器人的 6 个自由度中,一般 3 个自由度用于控制焊接工具跟随焊缝的空间轨迹,另外 3 个自由度保持焊接工具与工件表面有正确的姿态关系,这样才能保证良好的焊缝质量。目前汽车制造厂已广泛使用焊接机器人进行承重大梁和车身的焊接,焊接机器人作业如图 1-4 所示。

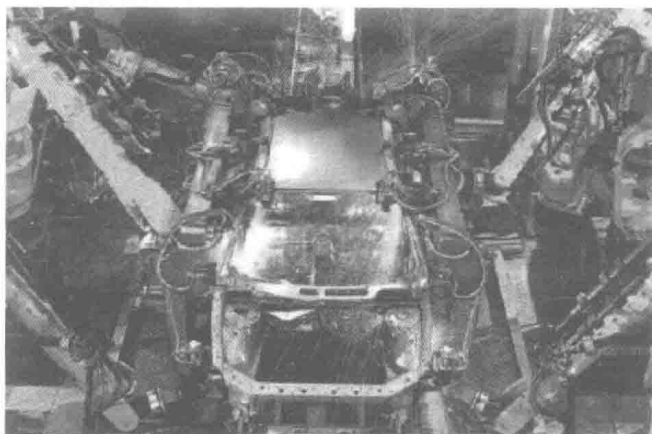


图 1-4 焊接机器人作业

4. 机器人装配

装配机器人要求具有较高的位姿精度,手腕具有较大的柔性,如图 1-5 所示。因为装配是一个复杂的作业过程,不仅要检测装配作业过程中的误差,而且要纠正这种误差。因此,装配机器人采用了许多传感器,如接触传感器、视觉传感器、接近传感器、听觉传感器等。与一般工业机器人相比,装配机器人具有精度高、柔顺性好、工作范围小、能与其他系统配套等特点,主要用于各种电器制造行业及流水线产品的组装作业,具有高效、精确、可不间断工作等特点。

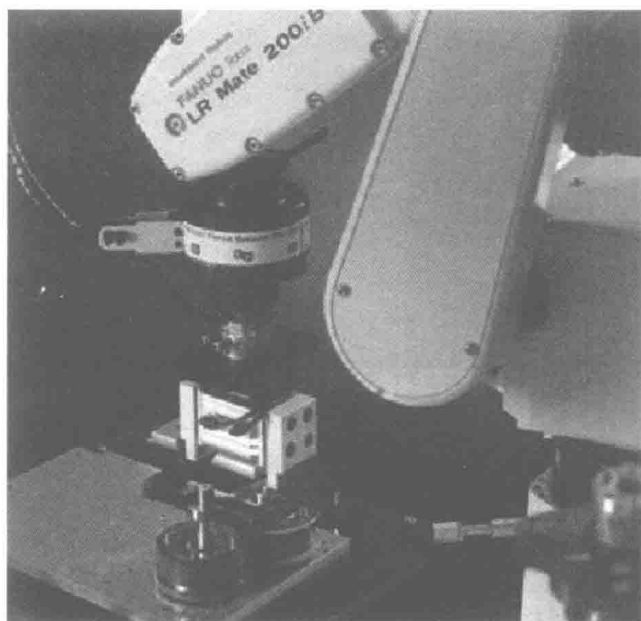


图 1-5 机器人装配

5. 机器人涂装

喷漆机器人主要由机器人本体、计算机和相应的控制系统组成。液压驱动的喷漆机器人还包括液压油源,如油泵、油箱和电机等。其多采用 5 或 6 个自由度关节式结构,手臂有较大



的运动空间,并可做复杂的轨迹运动,其腕部一般有 2~3 个自由度,可灵活运动。较先进的喷漆机器人腕部采用柔性手腕,既可向各个方向弯曲,又可转动,其动作类似人的手腕,能方便地通过较小的孔伸入工件内部,喷涂其内表面。喷漆机器人一般采用液压驱动,具有动作速度快、防爆性能好等特点,可通过手把手示教或点位示教来实现示教。这种工业机器人多用于喷涂生产线上,重复定位精度不高。另外由于漆雾易燃,驱动装置必须防燃防爆。喷漆机器人广泛用于汽车、仪表、电器、搪瓷等工艺生产部门。喷涂机器人作业如图 1-6 所示。



图 1-6 喷涂机器人

【任务实施】

本任务的任务书见表 1-3,任务完成报告书见表 1-4。

表 1-3 任务书

任务名称	工业机器人的分类与应用		
小组成员			
姓 名		班 级	
任务内容与学习目标			
根据工业机器人不同的结构、特点以及应用领域,学习工业机器人的分类方式,根据实际需求查询和选择对应的机器人。 学习目标: ① 了解工业机器人的常见类型;② 掌握工业机器人的基本分类 ③ 理解工业机器人的各种用途;④ 认识工业机器人的工作原理			
任务分配			
工具与资料	① ABB 工业机器人选型手册; ② KUKA 弧焊机器人产品手册		