

职业教育工业机器人技术应用专业规划教材

工业机器人 操作与编程

杨杰忠 王振华◎主 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

职业教育工业机器人技术应用专业规划教材

工业机器人操作与 编程

主 编	杨杰忠	王振华		
副主编	邹火军	禹鑫焱	刘继红	
参 编	陈国栋	关文涛	李 胡	刘国磊
	马国鹏	周海燕	魏玉红	潘协龙
	李仁芝	韦文杰	姚天晓	赵月辉
	刘 伟	韦日祯		

常州大学图书馆
藏书章

本书以任务驱动教学法为主线,以应用为目的,以具体的项目任务为载体,主要项目任务有:认识工业机器人、工业机器人的机械结构和运动控制、工业机器人工具坐标系的标定与测试、工业机器人绘图单元的编程与操作、工业机器人轨迹描图单元的编程与操作、工业机器人水平搬运单元的编程与操作、工业机器人斜面搬运单元的编程与操作、工业机器人工件装配单元的编程与操作、工业机器人零件码垛单元的编程与操作、工业机器人车窗涂胶单元的编程与操作、工业机器人排列检测单元的编程与操作、工业机器人自动流水线单元的编程与操作、工业机器人视觉搬运单元的编程与操作、工业机器人的管理、工业机器人本体的保养与维护。

本书可作为职业院校、技工院校、技师学院工业机器人相关专业教材,也可作为工业机器人安装、使用、维修等岗位培训教材。

为便于教学,本书配套有电子教案、助教课件、教学视频等教学资源,选择本书作为教材的教师可来电(010-88379195)索取,或登录www.cmpedu.com网站注册、免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人操作与编程/杨杰忠,王振华主编. —北京:机械工业出版社,2017.5

职业教育工业机器人技术应用专业规划教材

ISBN 978-7-111-57071-4

I. ①工… II. ①杨… ②王… III. ①工业机器人-操作-高等职业教育-教材②工业机器人-程序设计-高等职业教育-教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第131177号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:高倩 责任编辑:柳瑛 责任校对:王延

封面设计:马精明 责任印制:常天培

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2017年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.75印张·332千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-57071-4

定价:37.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前言

为贯彻全国职业院校坚持以就业为导向的办学方针，实现以课程对接岗位、教材对接技能的目的，更好地适应“工学结合、任务驱动模式”教学的要求，满足项目教学的需要，特编写此书。本书依据国家职业标准编写，知识体系由基础知识、相关知识、专业知识和操作技能知识4部分构成，知识体系中各个知识点和操作技能都以任务的形式出现。本书精心设计教学任务，对专业技术理论及相关知识并没有追求面面俱到，也没有过分强调学科的理论性、系统性和完整性，但力求涵盖了国家职业标准中必须掌握的和具备的技能。

本书共分为三大模块，即工业机器人的基础知识、工业机器人的编程与操作、工业机器人的管理与维护。每个模块又划分为不同的任务。在任务的选择上，以典型的工作任务为载体，坚持以能力为本位，重视实践能力的培养；在内容的组织上，整合相应的知识和技能，实现理论和操作的统一，有利于实现“做中学”和“学中做”，充分体现了认知规律。

本书是在充分吸收国内外职业教育先进理念的基础上，总结了众多学校一体化教学改革的经验，集众多一线教师多年的教学经验和企业实践专家的智慧完成的，在编写过程中，力求实现内容通俗易懂，既方便教师教学，又方便学生自学。特别是在操作技能部分，图文并茂，侧重于对程序设计、电路安装、通电试车过程和故障检修内容的细化，以提高学生在实际工作中分析和解决问题的能力，实现职业教育与社会生产实际的紧密结合。

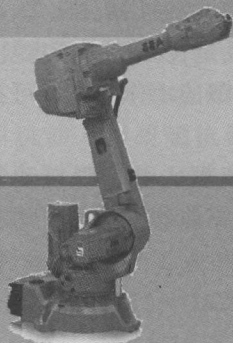
本书在编写过程中得到了广西机电技师学院、柳州第一职业学校、青海省工业职业技术学校、江苏汇博机器人技术股份有限公司、广西柳州钢铁集团、上汽通用五菱汽车有限公司、柳州九鼎机电科技有限公司的同行们的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中若有错漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言	
模块一 工业机器人的基础知识	1
任务一 认识工业机器人	1
任务二 工业机器人的机械结构和运动控制	16
模块二 工业机器人的编程与操作	41
任务一 工业机器人工具坐标系的标定与测试	41
任务二 工业机器人绘图单元的编程与操作	50
任务三 工业机器人轨迹描图单元的编程与操作	63
任务四 工业机器人水平搬运单元的编程与操作	78
任务五 工业机器人斜面搬运单元的编程与操作	91
任务六 工业机器人工件装配单元的编程与操作	100
任务七 工业机器人零件码垛单元的编程与操作	116
任务八 工业机器人车窗涂胶单元的编程与操作	126
任务九 工业机器人排列检测单元的编程与操作	139
任务十 工业机器人自动流水线单元的编程与操作	153
任务十一 工业机器人视觉搬运单元的编程与操作	163
模块三 工业机器人的管理与维护	178
任务一 工业机器人的管理	178
任务二 工业机器人本体的保养与维护	188
附录 ABB 机器人实际应用中的指令说明	202
参考文献	213





模块一

工业机器人的基础知识

任务一 认识工业机器人

学习目标

知识目标：1. 掌握工业机器人的定义。

2. 熟悉工业机器人的常见分类及其行业应用。

3. 了解工业机器人的发展现状和趋势。

能力目标：1. 能结合工厂自动化生产线说出搬运机器人、码垛机器人、装配机器人、涂装机器人和焊接机器人的应用场合。

2. 能进行简单的机器人操作。

工作任务

机器人技术是综合了计算机、控制论、机构学、信息和传感技术、人工智能、仿生学等多种学科而形成的高新技术，是当代研究十分活跃、应用日益广泛的领域。而且，机器人的应用情况是反映一个国家工业自动化水平的重要标志。本次任务的主要内容就是了解工业机器人的现状和发展趋势；通过现场参观，了解工业机器人相关企业；现场观摩或在技术人员的指导下操作工业机器人，了解其基本组成。

相关知识

一、工业机器人的定义及特点

1. 工业机器人的定义

国际上对机器人的定义有很多。

美国机器人协会（RIA）将工业机器人定义为：工业机器人是用来搬运材料、零部件、工具等的可再编程的多功能机械手，或通过不同程序的调用来完成各种工作任务的特种装置。

日本工业机器人协会（JIRA）将工业机器人定义为：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器。

在我国 1989 年的国际草案中，工业机器人被定义为：一种自动定位控制，可重复编程、多功能的、多自由度的操作机。操作机被定义为：具有和人手臂相似的动作功能，可在空间抓取物体或进行其他操作的机械装置。

国际标准化组织（ISO）曾于 1984 年将工业机器人定义为：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，能够借助于可编程的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。

2. 工业机器人的特点

(1) 可编程

生产自动化的进一步发展是柔性自动化。工业机器人可随其工作环境变化的需要而再编程，因此它在小批量、多品种、具有均衡高效率的柔性制造过程中能发挥很好的功用，是柔性制造系统中的一个重要组成部分。

(2) 拟人化

工业机器人在机械结构上有类似人的足、腰、大臂、小臂、手腕、手等部分。此外，智能化工业机器人还有许多类似人类的“生物传感器”，如皮肤型接触传感器、力传感器、负载传感器、视觉传感器、声觉传感器、语音功能传感器等。

(3) 通用性

除了专用的工业机器人外，一般机器人在执行不同的作业任务时具有较好的通用性。例如，更换工业机器人手部末端执行器（手爪、工具等）便可执行不同的作业任务。

(4) 机电一体化

第三代智能机器人不仅具有获取外部环境信息的各种传感器，而且还具有记忆能力、语言理解能力、图像识别能力、推理判断能力等人工智能，这些都是微电子技术的应用，特别是与计算机技术的应用密切相关。机器人与自动化成套技术，集中并融合了多项学科，涉及多项技术领域，包括工业机器人控制技术、机器人动力学及仿真、机器人构建有限元分析、激光加工技术、模块化程序设计、智能测量、建模加工一体化、工厂自动化及精细物流等先进制造技术，技术综合性强。

二、工业机器人的历史和发展趋势

1. 工业机器人的诞生

“机器人”（Robot）这一术语是在 1921 年由捷克斯洛伐克著名剧作家、科幻文学家、童话寓言家卡雷尔·恰佩克首创的，它成了“机器人”的起源，此后一直沿用至今。不过，人类对于机器人的梦想却已延续数千年之久，如古希腊古罗马神话中冶炼之神用黄金打造的机械仆人、希腊神话《阿鲁哥探险船》中的青铜巨人泰洛斯、犹太传说中的泥土巨人、我国西周时代能歌善舞的木偶“倡者”和三国时期诸葛亮的“木牛流马”传说等。到了现代，从机器人频繁出现在科幻小说和电影中已不难看出，人类对于机器人的向往，而科技的进步让机器人不仅停留在科幻故事里，而且正一步步“潜入”人类生活的方方面面。1959 年，美国发明家英格伯格与德沃尔制造了世界上第一台工业机器人 Unimate，这个外形类似坦克炮塔的机器人可实现回转、伸缩、俯仰等动作，如图 1-1-1 所示，它被称为现代机器人的开端。之后，不同功能的工业机器人也相继出现并且活跃在不同的领域。



2. 工业机器人的发展现状

机器人技术作为 20 世纪人类最伟大的发明之一，自 20 世纪 60 年代初问世以来，从简单机器人到智能机器人，机器人技术的发展已取得了长足进步。2005 年，日本 YASKAWA 推出能够从事此前由人类完成组装及搬运作业的工业机器人 MOTOMAN-DA20 和 MOTOMAN-IA20，如图 1-1-2 所示。DA20 是一款在仿造人类上半身的构造物上配备 2 个六轴驱动臂型“双臂”机器人。上半身构造物本身也具有绕垂直轴旋转的关节，尺寸与成年男性大体相同，可直接配置在此前人类进行作业的场所。可实现接近人类两臂的动作及构造，因此可以稳定地搬运工件，还可以从事紧固螺母以及部件的组装和插入等作业。另外，与协调控制 2 个臂型机器人相比，设置面积更小。单臂负重能力为 20kg，双臂可最多搬运 40kg 的工件。

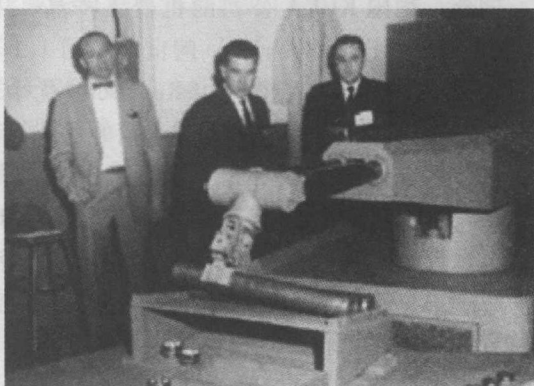


图 1-1-1 世界上第一台工业机器人 Unimate

图 1-1-2 展示了 YASKAWA 公司的两款工业机器人。图 a) 是双臂机器人 MOTOMAN-DA20，它拥有两个类似人类手臂的机械臂，安装在一个人形上半身的底座上。图 b) 是七轴机器人 MOTOMAN-IA20，它是一个典型的工业机械臂，具有七个关节，末端带有工具头。

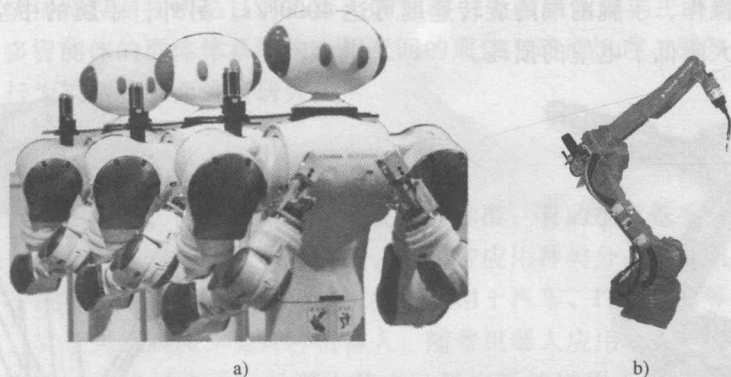


图 1-1-2 YASKAWA 机器人

a) 双臂机器人 MOTOMAN-DA20 b) 七轴机器人 MOTOMAN-IA20

IA20 是一款通过七轴驱动、再现人类肘部动作的臂型机器人。在工业机器人中也是全球首次实现七轴驱动，因此更加接近人类动作。一般来说，人类手臂具有 7~8 个关节。此前的六轴机器人，可再现手臂的 3 个关节，以及手腕的 3 个关节。而 IA20 则进一步增加了肘部的 1 个关节，这样就可以实现肘部折叠或伸出手臂的动作。六轴机器人由于动作上的制约，胸部成为“死区”，而七轴机器人可将胸部作为动作区域来使用，另外还可以实现绕开靠近机身障碍物的动作。

2010 年意大利柯马 (COMAU) 宣布 SMART5 PAL 码垛机器人研制成功，如图 1-1-3 所示，该机器人专为码垛作业设计，采用新的控制单元 C5G 和无线示教，有效载荷范围为 180~260kg，作业半径 3.1m，同时共享机器人家族的中空腕技术和机械配置选项。该机器人符合人体工程学，采用一流的碳纤维杆，整体轻量化设计，线速度高，能有效减少和优化时间节拍。该机器人能满足一般工业部门客户的高质量要求，主要应用在装载/卸载、多个产品拾取、堆垛和高速操作等场合。



同年，德国 KUKA 公司的机器人产品——气体保护焊接专家 KR 5arc HW (Hollow Wrist) 问世，如图 1-1-4 所示，赢得了全球著名的红点奖，并且获得了“Red Dot: 优中之优”杰出设计奖。其机械臂和机械手上有一个 50mm 宽的通孔，可以保护机械臂上的整套气体软管的敷设。由此不仅可以避免气体软管组件受到机械性损伤，而且可以防止其在机器人改变方向时随意甩动。此款产品既可敷设抗扭转软管组件，也可使用无限转动的气体软管组件，对用户来说，这不仅意味着提高了构件的可接近性，保证了对整套软管的最佳保护，而且使离线编程也得到了简化。

日本 FANUC 公司也推出过 Robot M-3iA 装配机器人。M-3iA 装配机器人可采用四轴或六轴模式，具有独特的平行连接结构，并且还具备轻巧便携的特点，承重极限 6kg，如图 1-1-5 所示。此外，M-3iA 装配机器人在同等级机器人 (1350mm×500mm) 中的工作行程最大。六轴模式下的 M-3iA 具备一个三轴手腕，用于处理复杂的生产线任务，还能按要求旋转零件，几乎可与手工媲美。四轴模式下的 M-3iA 具备一个单轴手腕，可用于简单快速的拾取操作，手腕前端的旋转速度可达 4000°/s。另外，手腕的中空设计使电缆可在内部缠绕，大大降低了电缆的损耗。



图 1-1-3 COMAU 码垛机器人 SMART5 PAL

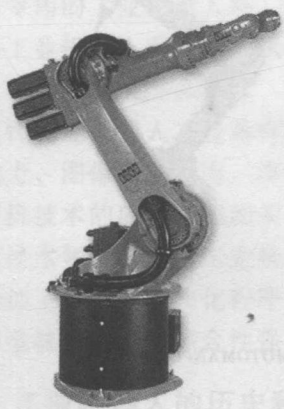


图 1-1-4 KUKA 焊接机器人 KR 5arc HW

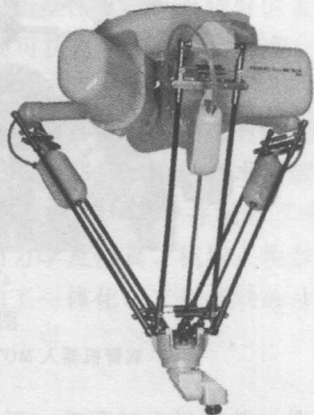


图 1-1-5 FANUC 装配机器人 Robot M-3iA

3. 工业机器人的发展趋势

从近几年推出的产品来看，工业机器人技术正向高性能化、智能化、模块化和系统化方向发展，其发展趋势主要为：结构的模块化和可重构化；控制技术的开放化、PC 化和网络化；伺服驱动技术的数字化和分散化；多传感器融合技术的实用化；工作环境设计的优化和作业的柔性化等。

(1) 高性能

工业机器人技术正向高速度、高精度、高可靠性、便于操作和维修方向发展，且单机价格不断下降。

(2) 机械结构向结构的模块化、可重构化发展

例如，关节模块中的伺服电动机、减速机、检测系统三位一体化；由关节模块、连杆模



块用重组方式构造机器人整机；国外已有模块化装配机器人产品问世。

(3) 本体结构更新加快

随着技术的进步，机器人本体近 10 年来发展变化很快。以安川 MOTOMAN 机器人产品为例，L 系列机器人持续 10 年时间，K 系列机器人持续 5 年时间，SK 系列机器人持续 3 年时间。1998 年年底安川公司推出了 UP 系列机器人，其最突出的特点是：大臂采用新型的非平行四边形的单连杆机构，工作空间有所增加，本体自重进一步减少，变得更加轻巧。

(4) 控制系统向基于 PC 的开放型控制器方向发展

控制系统向基于 PC 的开放型控制器方向发展，便于标准化、网络化，器件集成度提高，控制柜越来越小巧。

(5) 多传感器融合技术的实用化

机器人中的传感器作用日益重要，除采用传统的位置、速度、加速度等传感器外，装配、焊接机器人还应用了视觉、力觉等传感器，而遥控机器人则采用视觉、声觉、力觉、触觉等传感器的融合技术来进行环境建模及决策控制，多传感器融合配置技术在产品化系统中已有成熟应用。

(6) 多智能体系统协调控制技术

多智能体系统协调控制技术是目前机器人研究的一个崭新领域，主要对多机器人协作、多机器人通信、多智能体的群体体系结构、相互间的通信与磋商机理、感知与学习方法、建模和规划、群体行为控制等方面进行研究。

三、工业机器人的分类

关于工业机器人的分类，国际上没有制定统一的标准，有的按负载重量分，有的按控制方式分，有的按自由度分，有的按结构形式分，有的按应用种类分。例如机器人首先在制造业大规模应用，所以机器人曾被简单地分为两类，即用于汽车、IT、机床等制造业的机器人称为工业机器人，其他的机器人称为特种机器人。随着机器人应用的日益广泛，这种分类显得过于粗糙。现在除工业领域之外，机器人技术已经广泛地应用于农业、建筑、医疗、服务、娱乐，以及空间和水下探索等多种领域。依据具体应用领域的不同，工业机器人又可分为物流、码垛等搬运型机器人和焊接、车铣、修磨、注塑等加工型机器人。可见，机器人的分类方法和标准很多。本书主要介绍以下两种工业机器人的分类方法。

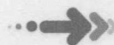
1. 按机器人的技术等级划分

按照机器人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

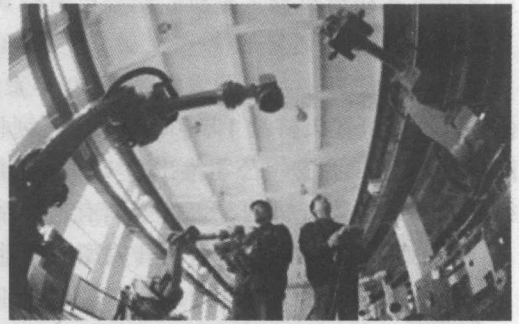
第一代工业机器人是示教再现型。这类机器人能够按照人类预先示教的轨迹、行为、顺序和速度重复作业。示教可以由操作员手把手地进行，比如操作人员握住机器人上的喷枪，沿喷漆路线示范一遍，机器人动作记住这一连串运动，工作时，自动重复这些运动，从而完成给定位置的涂装工作。这种方式即所谓的直接示教，如图 1-1-6a 所示。但是，比较普遍的方式是通过示教器示教，如图 1-1-6b 所示。操作人员利用示教器上的开关或按键来控制机器人一步一步运动，机器人自动记录，然后重复。目前在工业现场应用的机器人大多属于第一代。

(2) 感知机器人





a)



b)

图 1-1-6 示教再现工业机器人

a) 直接示教 b) 示教器示教

第二代工业机器人为感知机器人，它具有环境感知装置，能在一定程度上适应环境的变化，目前已进入应用阶段，如图 1-1-7 所示。以焊接机器人为例，机器人焊接的过程一般是通过示教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。这就要求工件的一致性要好，即工件被焊接之间十分准确。否则，机器人携带焊枪所走的曲线和工件的实际焊缝之间会有偏差。为解决这个问题，第二代工业机器人（应用于焊接作业时），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。类似的技术正越来越多地应用于工业机器人。

(3) 智能机器人

第三代工业机器人称为智能机器人，如图 1-1-8 所示，具有发现问题，并且能自主地解决问题的能力，尚处于实验研究阶段。这类机器人具有多种传感器，不仅可以感知自身的状态，比如所处的位置、自身的故障等，而且能够感知外部环境的状态，如自动发现路况、测出协作机器的相对位置和相互作用的力等。更重要的是，能够根据获得的信息，进行逻辑推理、判断决策，在变化的内部状态与变化的外部环境中，自主决定自身的行为。这类机器人

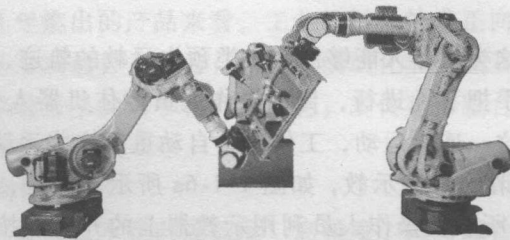


图 1-1-7 感知机器人



图 1-1-8 智能机器人

不但具有感觉能力，而且具有独立判断、行动、记忆、推理和决策的能力，能与外部对象、环境协调地工作，能完成更加复杂的动作，还具备故障自我诊断及修复能力。

2. 按机器人的机构特征划分

工业机器人的机械配置形式多种多样，典型机器人的机构运动特征是用其坐标特征来描述的。按基本动作机构，工业机器人通常可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等类型。

(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，通常为3个，如图1-1-9所示，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，但其动作范围相对较小，设备的空间因数较低，实现相同的动作空间要求时，机体本身的体积较大。

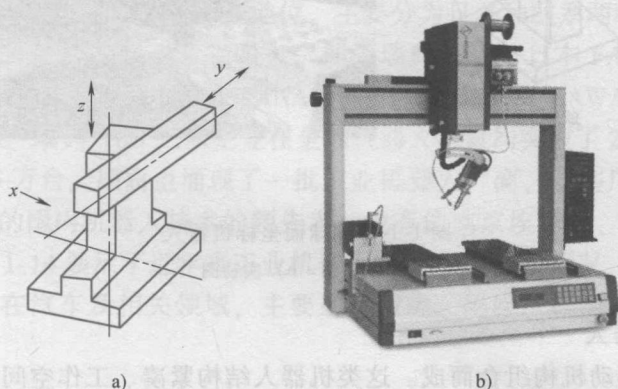


图 1-1-9 直角坐标机器人
a) 示意图 b) 实物图

(2) 柱面坐标机器人

柱面坐标机器人的空间位置机构主要由旋转基座、垂直移动轴和水平移动轴构成，如图1-1-10所示。其具有一个回转和两个平移自由度，动作空间成圆柱体。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，必须有沿轴线前后方向的移动空间，空间利

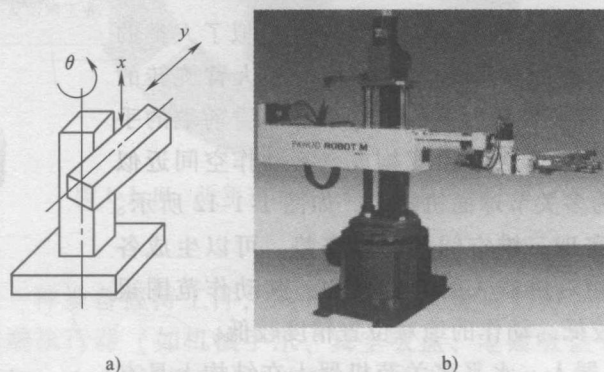


图 1-1-10 柱面坐标机器人
a) 示意图 b) 实物图

用率较低。

(3) 球面坐标机器人

如图 1-1-11 所示, 其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。其机械手能够做前后伸缩移动、在垂直平面上摆动以及绕底座在水平面上移动。著名的 Unimate 机器人就是这种类型, 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, 但仍大于多关节机器人。

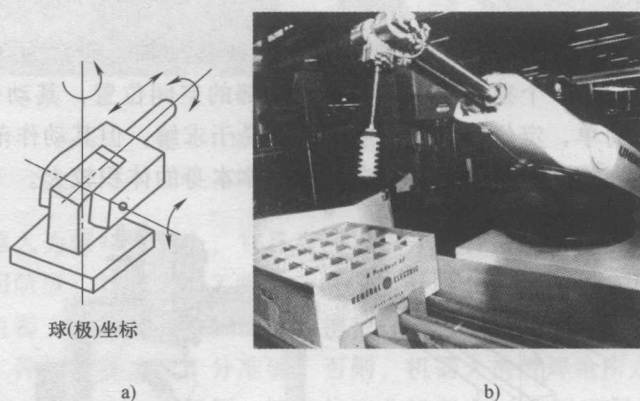


图 1-1-11 球面坐标机器人
a) 示意图 b) 实物图

(4) 多关节机器人

由多个旋转和摆动机构组合而成。这类机器人结构紧凑、工作空间大、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, 应用范围越来越广。不少著名的机器人厂商都采用了这种形式, 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。如美国 Unimation 公司在 20 世纪 70 年代末推出的机器人 PUMA 就是一种垂直多关节机器人, 而日本由梨大学研制的机器人 SCARA 则是一种典型的水平多关节机器人。目前世界工业领域装机较多的工业机器人是 SCARA 型四轴机器人和串联关节型垂直六轴机器人。

1) 垂直多关节机器人。垂直多关节机器人模拟了人类的手臂功能, 由垂直于地面的腰部旋转轴 (相对于大臂旋转的肩部旋转轴)、带动小臂旋转的肘部旋转轴以及小臂前端的手腕等构成。手腕通常由 2~3 个自由度构成, 其动作空间近似一个球体, 所以也称为多关节球面机器人, 如图 1-1-12 所示。其优点是可以自由地实现三维空间的各种姿势, 可以生成各种复杂形状的轨迹。相对机器人的安装面积, 其动作范围很宽; 缺点是结构刚度较低, 动作的绝对位置精度较低。

2) 水平多关节机器人。水平多关节机器人在结构上具有串联配置的两个能够在水平面内旋转的手臂, 其自由度可以根据用途选择 2~4 个, 动作空间为一圆柱体, 如图 1-1-13 所

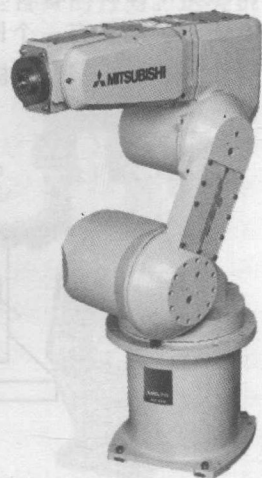


图 1-1-12 垂直多关节机器人

示。其优点是在垂直方向上的刚性好，能方便地实现二维平面的动作，在装配作业中得到普遍应用。

四、工业机器人的应用

工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等多学科先进技术于一体的现代制造业重要的自动化装备。

1969年，美国通用汽车公司用21台工业机器人组成了焊接轿车车身的自动生产线后，自此，各工业发达国家都非常重视研制和应用工业机器人，进而也相继形成一批在国际上较有影响力的著名的工业机器人厂商。这些公司目前在中国的工业机器人市场也处于领先地位，主要分为日系和欧系两种。具体来说，又可分为“四大”和“四小”两个阵营：“四大”即为瑞典ABB、日本FANUC及YASKAWA、德国KUKA；“四小”为日本OTC、PANASONIC、NACHI及KAWASAKI。其中，日本FANUC与YASKAWA、瑞典ABB三家企业在全世界机器人销量均突破了20万台，KUKA机器人的销量也突破了15万台。国内也涌现了一批工业机器人厂商，这些厂商中既有像沈阳新松、安徽埃夫特这样的国内机器人技术的领先者，也有像南京埃斯顿、广州数控这些伺服、数控系统厂商。图1-1-14展示了近年来工业机器人行业应用分布情况，当今世界近50%的工业机器人集中使用在汽车及相关领域，主要进行搬运、码垛、焊接、涂装和装配等复杂作业。

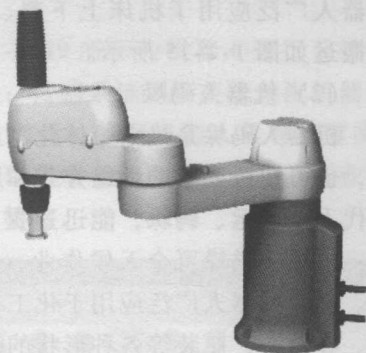


图 1-1-13 水平多关节机器人

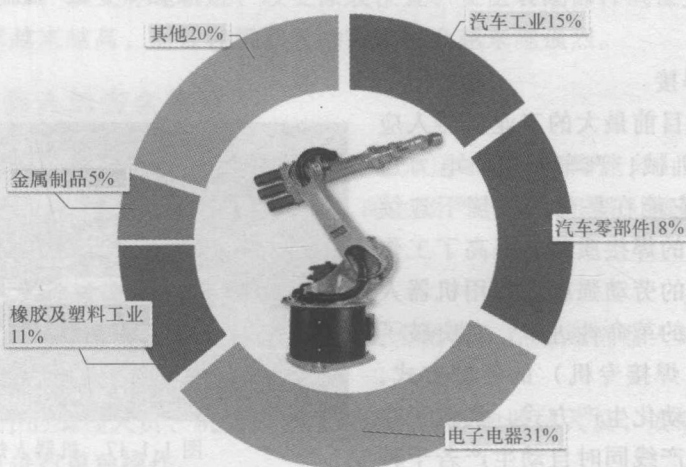


图 1-1-14 近年来工业机器人行业应用分布

(1) 机器人搬运

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（如机械手爪、真空吸盘、电磁吸盘等）以完成各种不同形状和状态的工件搬运，大大减轻了人类繁重的体力劳动，通过编程控制，可以让多台机器人配合各个工序不同设备的工作时间，实现流水线作业的最优化。搬运机器人具有定位准确、工作节拍可调、工作空间大、性能优良、运行平稳和维修方便等特点。搬运

机器人广泛应用于机床上下料、自动装配流水线、码垛搬运、集装箱等自动搬运，机器人搬运如图 1-1-15 所示。

(2) 机器人码垛

机器人码垛是机电一体化高新技术应用，如图 1-1-16 所示。它可满足中低量的生产需要，也可按照要求的编组方式和层数，完成对料带、胶块、箱体等各种产品的码垛。机器人替代人工搬运、码垛，能迅速提高企业的生产效率和产量，同时能减少人工搬运造成的错误；机器人码垛可全天候作业，由此每年能节约大量的人力资源成本，达到减员增效的目的。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、啤酒箱、瓶装等各种形状的包装成品都适用。

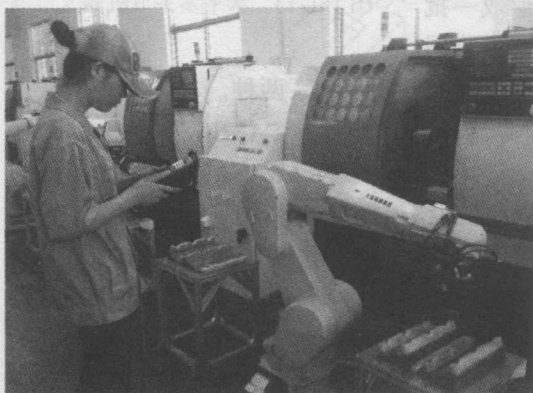


图 1-1-15 机器人搬运机床上下料



图 1-1-16 机器人码垛

(3) 机器人焊接

机器人焊接是目前最大的工业机器人应用领域（如工程机械、汽车制造、电力建设、钢结构等），它能在恶劣的环境下连续工作并能提供稳定的焊接质量，提高了工作效率，减轻了工人的劳动强度。采用机器人焊接是焊接自动化的革命性进步，它突破了焊接刚性自动化（焊接专机）的传统方式，开拓了一种柔性自动化生产方式，实现了在一条焊接机器人生产线同时自动生产若干种焊件，如图 1-1-17 所示。

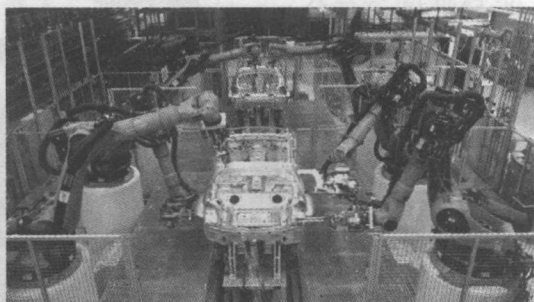


图 1-1-17 机器人焊接

(4) 机器人涂装

机器人涂装工作站或生产线充分利用了机器人灵活、稳定、高效的特点，适用于生产量大、产品型号多、表面形状不规则的工件外表面涂装，广泛应用于汽车，汽车零配件（如发动机、保险杠、变速器、弹簧、板簧、塑料件、驾驶室等），家电（如电视机、电冰箱、洗衣机、计算机等外壳），建材（如卫生陶瓷）、机械（如电动机减速器）等行业，如图 1-1-18 所示。



(5) 机器人装配

机器人装配工作站是柔性自动化系统的核心设备。图 1-1-19 所示为机器人进行手机装配。其末端执行器为适应不同的装配对象而设计成各种手爪；传感系统用于获取装配机器人与环境和装配对象之间相互作用的信息。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、能与其他系统配套使用等特点，主要应用于各种电器的制造行业及流水线产品的组装作业，具有高效、精确、可不间断工作的特点。

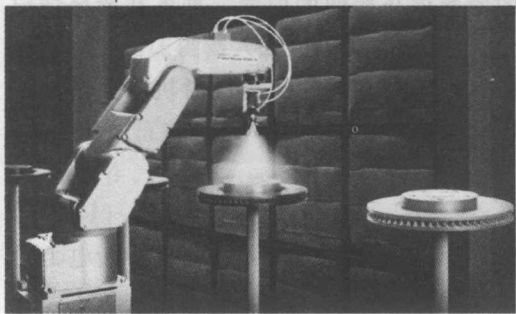


图 1-1-18 机器人涂装

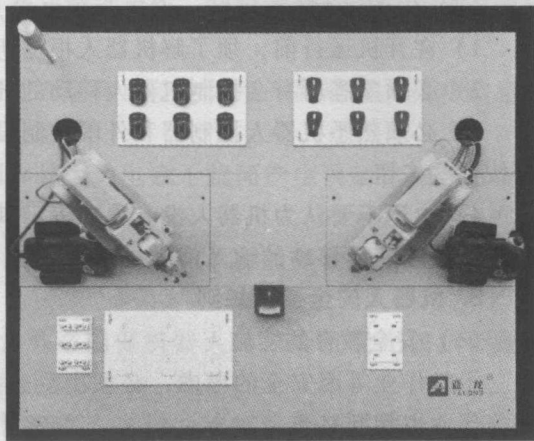


图 1-1-19 机器人进行手机装配

综上所述，在工业生产中应用机器人，可以方便迅速地改变作业内容或方式，以满足生产要求的变化，比如，改变焊缝轨迹、改变涂装位置、变更装配部件或位置等。随着对工业生产线柔性的要求越来越高，对各种机器人的需求也会越来越强烈。

五、工业机器人的安全使用

机器人与一般的自动化设备不同，可在动作区域范围内高速自由运动，机器人最高的运行速度可以达到 4m/s ，所以在操作机器人时必须严格遵守机器人操作规程，并且熟知机器人安全注意事项。

1. 工业机器人安全注意事项

1) 工业机器人所有操作人员必须对自己的安全负责，在使用机器人时必须遵守所有的安全条款，规范操作。

2) 机器人程序的编程人员、机器人应用系统的设计和调试人员、安装人员必须接受专业的操作培训才可进行单独操作。

3) 在进行机器人的安装、维修和保养时切记要关闭总电源。带电操作容易造成电路短路，损坏机器人，操作人员也有触电危险。

4) 在调试与运行机器人时，机器人的动作具有不可预测性，所有的动作都有可能产生碰撞而造成伤害，所以除调试人员以外的所有人员要与机器人保持足够的安全距离，一般应与机器人工作半径保持 1.5m 以上的距离。

2. 安全操作规程

(1) 示教和手动控制机器人

- 1) 请不要佩戴手套操作示教盘和操作盘。
- 2) 在点动操作机器人时要采用较低的倍率速度，以增加对机器人的控制机会。
- 3) 在按下示教盘上的点动键之前要考虑到机器人的运动趋势。
- 4) 要预先考虑好避让机器人的运动轨迹，并确认该线路不受干涉。
- 5) 机器人周围区域必须清洁，无油、水及杂质等。
- 6) 必须确认现场人员情况，安全帽、安全鞋、工作服是否备齐。

(2) 生产运行

- 1) 在开机运行前，须了解机器人根据所编程序将要执行的全部任务。
- 2) 必须熟悉所有会控制机器人移动的开关、传感器和控制信号的位置和状态。
- 3) 必须熟悉机器人控制器和外围控制设备上的紧急停止按钮的位置，准备在紧急情况下按下这些按钮。

4) 永远不要认为机器人没有移动表示其程序就已经执行完成。因为此时机器人可能是在等待让它继续移动的输入信号。

3. 机器人安全使用规则

(1) 安全教育的实施

示教作业等因安全的考虑，必须由受过操作教育训练的人员操作使用（无切断电力的保养作业也相同）。

(2) 作业规程的制作

请将示教作业依据机器人的操作方法及手册、异常时再起动的处理方法等作成相关作业规程、并遵守规章内容（无切断电力的保养作业也相同）。

(3) 紧急停止开关的设定

示教作业请设定为可立即停止运转的装置（无切断电力的保养作业亦相同）。

(4) 示教作业中的标识

示教作业中请将 [示教作业中] 的标识放置在起动开关上（无切断电力的保养作业亦相同）。

(5) 安全栅栏的设置

运转中请确认使用围栏或栅栏将操作人员与机器人做隔离，防止直接接触机台。

(6) 运转开始的信号

运转开始，对于相关人员的信号有固定的方法，请依此进行。

(7) 维护作业中的标识

维护作业原则上须中断电力进行，并将 [保养作业中] 的标识放置在起动开关上。

(8) 作业开始前的检查

作业开始前请详细检查，确认机器人及紧急停止开关、相关装置等无异常状况。

4. 机器人操作注意事项

1) 使用附属的控制器（GOT、PLC、按钮开关）控制机器人自动运转时，各控制器操作权等的 Interlock 请客户端自行设计。

2) 请在规格范围内的环境中使用机器人，除此之外的环境容易造成机台故障（温度、湿度、空气、噪声环境等）。

3) 请依照机器人指定的搬运姿势进行搬运或移动机器人，指定以外的搬运方式有可能