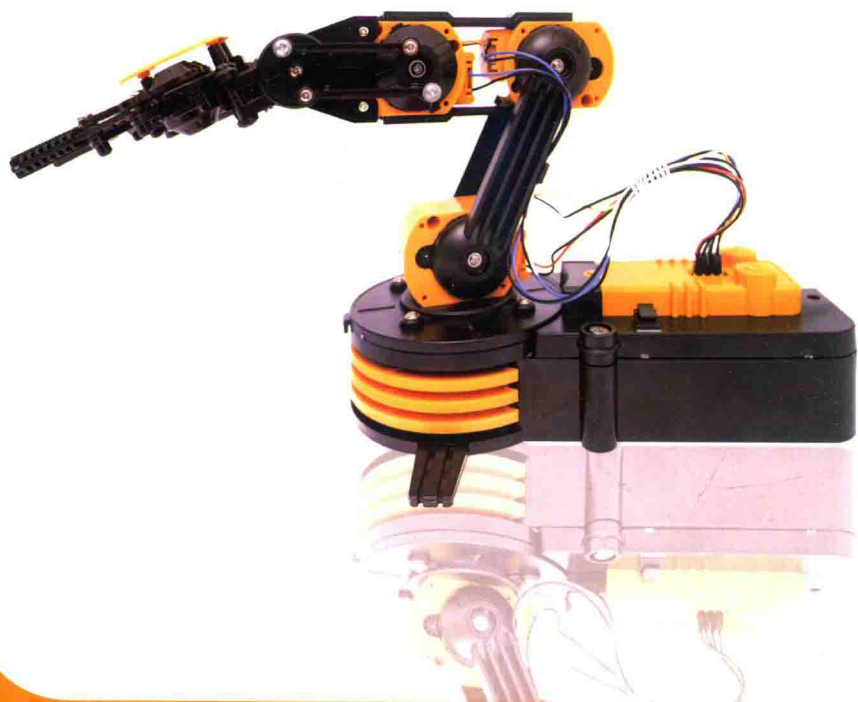




普通高等院校『新工科』创新教育精品课程系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材



工业机器人

操作与编程

王素娟◎主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等院校“新工科”创新教育精品课程系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材

工业机器人操作与编程

主 编 王素娟
副主编 秦 琴 曹建清
参 编 徐 涛 屠子美
王 桐 胡 玲

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书共分为5个章节,第1章介绍了工业机器人的基础知识,包括工业机器人的概念、分类、组成和主要参数,从第2章开始,以ABB工业机器人为对象,详细介绍了工业机器人的手动操作、输入/输出设置、编程以及ABB的离线仿真软件RobotStudio的基本应用,包括在仿真软件中建立模型、工作站及离线编程操作等,使读者对ABB工业机器人及其操作和编程有一个较为全面而且翔实的了解。

本书深入浅出,贴近现场应用,既可作为应用型本科院校和高职院校工业机器人技术、机电一体化、电气自动化等相关专业的教材,又可作为工业机器人应用的培训教学用书,还可供从事工业机器人操作与编程的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人操作与编程/王素娟主编. —武汉:华中科技大学出版社,2018.7

普通高等院校“新工科”创新教育精品课程系列教材

教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材

ISBN 978-7-5680-4297-0

I. ①工… II. ①王… III. ①工业机器人-操作-高等学校-教材 ②工业机器人-程序设计-高等学校-教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第161012号

工业机器人操作与编程

王素娟 主编

Gongye Ji qi ren Caozuo yu Biancheng

策划编辑:赵 格

责任编辑:刘 飞

封面设计:杨玉凡

责任校对:张会军

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:11.25

字 数:289千字

版 次:2018年7月第1版第1次印刷

定 价:32.80元



华中出版

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

普通高等院校“新工科”创新教育精品课程系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材

编审委员会

顾问：李培根(华中科技大学) 段宝岩(西安电子科技大学)
杨华勇(浙江大学) 赵继(东北大学)
顾佩华(汕头大学)

主任：奚立峰(上海交通大学) 刘宏(哈尔滨工业大学)
吴波(华中科技大学) 陈雪峰(西安交通大学)

秘书：俞道凯 万亚军

出版说明

为深化工程教育改革,推进“新工科”建设与发展,教育部于2017年发布了《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》,其中指出“新工科”要体现五个“新”,即工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量、分类发展的新体系。教育部高等学校机械类专业教学指导委员会也发出了将“新”落实在教材和教学方法上的呼吁。

我社积极响应号召,组织策划了本套“普通高等院校‘新工科’创新教育精品课程系列教材”,本套教材均由全国各高校处于“新工科”教育一线的专家和老师们编写,是全国各高校探索“新工科”建设的最新成果,反映了国内“新工科”教育改革的前沿动向。同时,本套教材也是“教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材”。我社成立了以李培根院士、段宝岩院士、杨华勇院士、赵继教授、顾佩华教授为顾问,奚立峰教授、刘宏教授、吴波教授、陈雪峰教授为主任的“‘新工科’视域下的课程与教材建设小组”,为本套教材构建了阵容强大的编审委员会,编审委员会对教材进行审核认定,使得本套教材从形式到内容上保持高质量。

本套教材包含了机械类专业传统课程的新编教材,以及培养学生大工程观和创新思维的新课程教材等,并且紧贴专业教学改革的新要求,着眼于专业和课程的边界再设计、课程重构及多学科的交叉融合,同时配套了精品数字化教学资源,综合利用各种资源灵活地为教学服务,打造工程教育的新模式。希望借由本套教材,能将“新工科”的“新”落地在教材和教学方法上,为培养适应和引领未来工程需求的人才提供助力。

感谢积极参与本套教材编写的老师们,感谢关心、支持和帮助本套教材编写与出版的单位和同志们,也欢迎更多对“新工科”建设有热情、有想法的专家和老师们加入到本套教材的编写中来。

华中科技大学出版社

2018年7月

前 言

机器人对于高强度、重复性、恶劣环境的工作岗位具有更好的适应性,也是填补劳动力不足的最佳选择。工业机器人已经能够替代人类从事分拣、搬运、上下料、焊接、机械加工、装配、检测、码垛等制造业中绝大部分的工作。尤其是,制造业劳动力成本的持续上升和机器人价格的下降增强了机器人工业应用的性价比。目前,汽车产业、电子制造产业的大规模量产技术中,各种机器人被大量采用。而未来,制造业的各个行业都将大规模采用机器人。

工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置,它能自动执行工作,是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥,也可以按照预先编排的程序运行,现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。因此,其编程和操作是工业机器人操作、调试、维修人员必须掌握的基本技能。

本书着重培养读者对工业机器人的操作与编程能力,在系统介绍了工业机器人手动操作、示教编程、再现运行的方法和步骤后,详细阐述了机器人的数据类型、编程指令和程序建立要点,还对 ABB 仿真软件 RobotStudio 的使用进行了深入说明。它可为企业工业机器人程序设计、使用、调试人员及高校相关专业师生提供参考。

第 1 章介绍了工业机器人的概念、产生和发展;工业机器人的组成和技术性能;工业机器人的分类及特点;工业机器人的主要参数。

第 2 章详细阐述了工业机器人的坐标系和动作模式;工业机器人示教器的使用;机器人系统的设置;机器人手动操作的方法和步骤。

第 3 章介绍了 ABB 工业机器人输入/输出信号的分类及连接方式;深入介绍了输入/输出信号的设置方法和步骤。

第 4 章系统介绍了 RAPID 程序的结构、数据类型、常见编程指令,并通过实例介绍了编程步骤。

第 5 章深入介绍了 RobotStudio 的基本使用方法,包括软件的安装、机器人系统的配置、各种模型的创建、机器人工作站的构建,并通过实例介绍了离线编程方法和步骤。

本书所有的操作都是在 RobotStudio 6.01 软件中模拟仿真的。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和缺点,敬请广大读者批评指正,以进一步提高本书的质量。

编 者

2018 年 5 月

目 录

第 1 章 工业机器人概述	(1)
1.1 工业机器人的概念	(1)
1.2 工业机器人的发展	(1)
1.3 工业机器人的组成	(4)
1.4 工业机器人的分类	(8)
1.5 工业机器人的主要参数.....	(12)
习题	(15)
第 2 章 工业机器人的手动操作	(16)
2.1 工业机器人的安全机制.....	(16)
2.2 机器人坐标系和动作模式.....	(17)
2.3 示教器.....	(21)
2.4 手动操纵机器人.....	(24)
习题	(38)
第 3 章 机器人的输入/输出	(40)
3.1 机器人输入/输出信号的分类	(40)
3.2 ABB 机器人常用标准 I/O 板	(41)
3.3 设定 I/O 信号	(43)
3.4 系统输入/输出	(50)
3.5 练习.....	(53)
习题	(54)
第 4 章 工业机器人编程	(56)
4.1 认识机器人程序.....	(56)
4.2 RAPID 应用程序结构	(57)
4.3 程序数据类型.....	(58)
4.4 基本编程指令.....	(71)
4.5 建立一个可运行的 RAPID 程序	(79)
习题	(91)
第 5 章 RobotStudio 仿真与离线编程	(97)
5.1 RobotStudio 软件安装	(97)
5.2 RobotStudio 简介	(99)
5.3 构建基本仿真工业机器人工作站	(102)
5.4 离线编程	(128)
5.5 构建搬运工作站	(133)

习题.....	(157)
附录 A RAPID 程序指令与功能简述	(158)
参考文献.....	(169)

第 1 章 工业机器人概述

学习目标：

- (1) 掌握工业机器人的概念及特点；
- (2) 了解工业机器人的发展历程；
- (3) 熟悉工业机器人的常见分类及其行业应用。

1.1 工业机器人的概念

工业机器人是自动执行工作的机器装置,是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥,也可以按照预先编排的程序运行,现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。由于机器人技术还在发展,新的机型、新的功能仍在不断涌现,因此目前世界各国对机器人还没有一个统一的定义。

美国机器人协会(RIA)对机器人的定义是:“所谓工业机器人,是为了完成不同的作业,根据种种程序化的运动来实现材料、零部件、工具或特殊装置的移动并可重新编程的多功能操作机”。

日本工业机器人协会(JIRA)的定义是:“所谓工业机器人,是在三维空间具有类似人体上肢动作机能及其结构,并能完成复杂空间动作的多自由度的自动机械”。

国际标准化组织(ISO)于 1987 年对工业机器人给出了定义:“工业机器人是一种具有自动控制的操作和移动功能,能够完成各种作业的可编程操作机”。

我国有关标准将工业机器人定义为“一种能自动控制、可重复编程、多功能、多自由度的操作机,能搬运材料、工件或操持工具,用以完成各种作业”。

广义地说:工业机器人是一种在计算机控制下的可编程的自动机器。它具有四个基本特征:①特定的机械机构,其具有类似于人或其他生物的某些器官(肢体、感受等)的功能;②通用性,可从事多种工作,可灵活地改变程序;③不同程度的智能,如记忆、感知、推理、决策、学习等;④独立性,完整的机器人系统中可不依赖于人的干预。实际上,工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器人。

1.2 工业机器人的发展

1.2.1 工业机器人的历史沿革

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,机器人技术的发展取得了长足进步。

世界上第一台工业机器人是“Unimate”(尤尼梅特,见图 1-1),意思是“万能自动”,是由美国人德沃尔和英格伯格于 1961 年生产出来的。英格伯格负责设计机器人的“手”“脚”“身体”,即机器人的机械部分和完成操作部分;由德沃尔设计机器人的“头脑”“神经系统”“肌肉系统”,即机器人的控制装置和驱动装置。Unimate 重达两吨,通过磁鼓上的一个程序来控制。它采用液压执行机构驱动,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。小臂顶有一个腕子,可绕小臂转动,进行俯仰和侧摇。腕子前部是手,即操作器。这个机器人的功能和人手臂的功能相似。Unimate 的精确率达 1/10000 英寸。同年,这台工业机器人在美国通用汽车公司安装运行,用于生产汽车的门、车窗把柄、换挡旋钮、灯具固定架,以及汽车内部的其他硬件等。

1962 年,美国机械与铸造公司(American Machine and Foundry, AMF)制造出世界上第一台圆柱坐标型工业机器人,命名为 Verstran(沃尔萨特兰,见图 1-2),意思是“万能搬动”。AMF 制造的 6 台 Verstran 机器人应用于美国坎顿(Canton)的福特汽车生产厂。

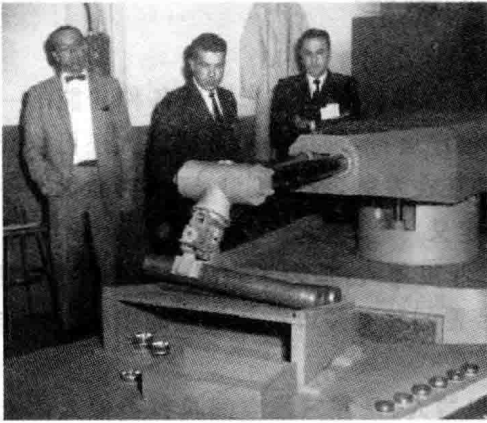


图 1-1 世界上第一台工业机器人 Unimate

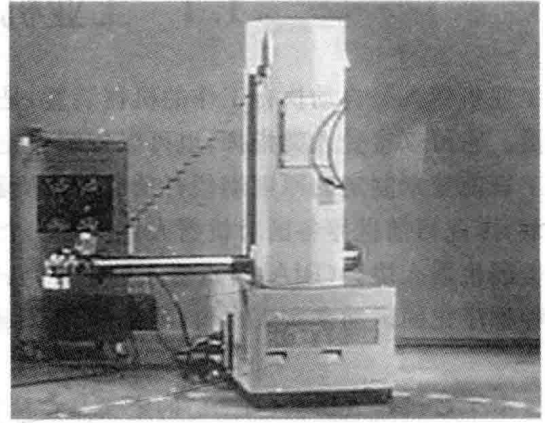


图 1-2 世界上第一台圆柱坐标型工业机器人 Verstran

1969 年,通用汽车公司在其洛兹敦(Lordstown)装配厂安装了首台点焊机器人。90% 以上的车身焊接作业可通过机器人来自动完成,只有 20%~40% 的传统生产厂的焊接工作由人工完成。挪威 Trallfa 公司提供了第一个商业化应用的喷漆机器人。Unimation 公司的工业机器人进入日本市场。Unimation 公司与日本川崎重工(Kawasaki Heavy Industries)签订许可协议,生产 Unimate 机器人专供亚洲市场销售。川崎重工公司成功开发了 Kawasaki-Unimate 2000 机器人,这是日本生产的第一台工业机器人。

1973 年,第一台机电驱动的 6 轴机器人面世。德国库卡公司(KUKA)将其使用的 Unimate 机器人研发改造成其第一台工业机器人,命名为 Famulus,这是世界上第一台机电驱动的 6 轴机器人(见图 1-3)。日本日立公司(Hitachi)开发出为混凝土桩行业使用的自动螺栓连接机器人。这是第一台安装有动态视觉传感器的工业机器人。它在移动的同时能够识别浇铸模具上螺栓的位置,并且和浇铸模具的移动同步,完成螺栓拧紧和拧松工作。

1974 年,第一台弧焊机器人在日本投入运行。日本川崎重工公司将用于制造川崎摩托车车架的 Unimate 点焊机器人改造成弧焊机器人。同年,川崎还开发了世界上首款带精密插入控制功能的机器人,命名为“Hi-T-Hand”,该机器人还具备触摸和力学感应功能。这款机器人手腕灵活并带有力反馈控制系统,因此它可以插入一个约 10 μm 间隙的机械零件。瑞典通用电机公司(ASEA, ABB 公司的前身)开发出世界上第一台全电力驱动、由微处理器控制的工业机器人 IRB 6。IRB 6 主要应用于工件的取放和物料的搬运,首台 IRB 6 运行于瑞典南部的

一家小型机械工程公司。

1975年, Olivetti 公司开发出直角坐标机器人“西格玛(SIGMA)”, 它是一个应用于组装领域的工业机器人(见图 1-4), 在意大利的一家组装厂安装运行。

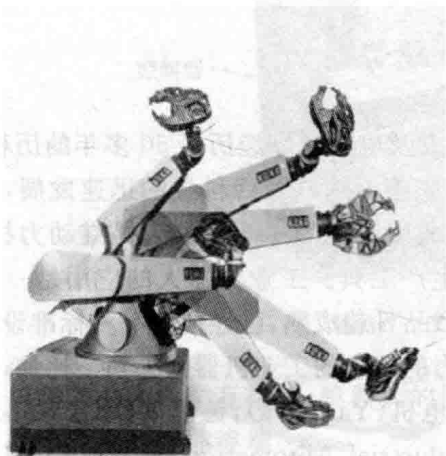


图 1-3 第一台机电驱动的 6 轴机器人 Famulus

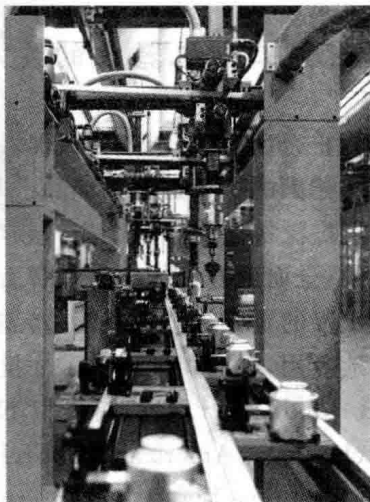


图 1-4 直角坐标机器人 SIGMA

1985年, 德国库卡公司开发出一款新的 Z 形机器人手臂(见图 1-5), 它的设计摒弃了传统的平行四边形造型。该 Z 形机器人手臂可实现 3 个平移运动和 3 个旋转运动共 6 个自由度的运动维度, 可大大节省制造工厂的场地空间。

2004年, 日本安川机器人公司开发了改进的机器人控制系统(NX100), 它能够同步控制四台机器人, 可达 38 轴。NX100 机器人控制系统的示教编程由触摸屏显示并采用基于 WindowsCE 的操作系统。

2009年, 瑞典 ABB 公司推出了世界上最小的多用途工业机器人 IRB120(见图 1-6)。IRB 120 是 ABB 机器人部于 2009 年 9 月推出的最小机器人和速度最快的 6 轴机器人, 是由 ABB (中国) 机器人研发团队首次自主研发的一款新型机器人。IRB120 仅重 25 kg, 荷重 3 kg(垂直腕为 4 kg), 工作范围达 580 mm, IRB120 的问世使 ABB 新型第四代机器人产品系列得到进一步延伸, 其卓越的经济性与可靠性, 具有低投资、高产出的优势。

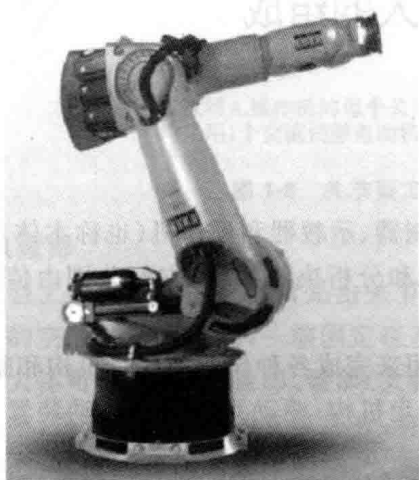


图 1-5 Z 形机器人手臂



图 1-6 IRB120

2010年,日本发那科(FANUC)公司推出“学习控制机器人(Learning Control Robot)”R-2000iB。学习控制机器人R-2000iB无须任何复杂操作,操作人员只需启动机器人动作程序,机器人就能自动进行循环学习,也无须要求操作人员技能的高低,任何人都可以实现操作。

1.2.2 工业机器人的发展现状和趋势

迄今为止,世界上对于工业机器人的研究、开发及应用已经经历了50多年的历程。日本、美国、法国、德国的工业机器人产品已日趋成熟和完善。随着现代科技的迅速发展,工业机器人技术已经广泛地应用于各个生产领域。在制造业中诞生的工业机器人是继动力机、计算机之后出现的,全面延伸人的体力和智力的新一代生产工具。工业机器人的应用是一个国家工业自动化水平的重要标志。在国外,工业机器人产品日趋成熟,已经成为一种标准设备而被工业界广泛地应用,从而相继形成了一批具有影响力的著名的工业机器人公司。比如,跨国集团公司ABB Robotics,日本发那科(FANUC)、安川电机(Yaskawa),德国KUKA Roboter,美国Adept Technology、American Robot、Emerson Industrial Automation,意大利COMAU,英国AutoTech Robotics,加拿大Jcd International Robotics等,这些公司已经成为它们所在国家和地区的支柱性产业。

工业机器人的发展过程可以分为以下三个阶段:第一代机器人为目前工业中大量使用的示教再现机器人,通过示教存储信息,工作时读出这些信息,向执行机构发出指令,执行机构按指令再现示教的操作,广泛应用于焊接、上下料、喷漆和搬运等。第二代机器人是带感觉的机器人,机器人带有视觉、触觉等功能,可以完成检测、装配、环境探测等作业。第三代机器人即智能机器人,它不仅具备感觉功能,而且能根据人的命令,按所处环境自行决策,规划出行动。

在普及第一代工业机器人的基础上,第二代工业机器人已经推广,成为主流安装机型,第三代智能机器人已占有一定比重。从近几年推出的机器人产品来看,工业机器人技术正在向智能化、模块化和系统化的方向发展,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以及系统的网络化和智能化等方面。

1.3 工业机器人的组成

1.3.1 工业机器人的一般组成

第一代工业机器人主要由以下几部分组成:控制器、示教器和操作机(也称本体),如图1-7所示。第二代及第三代工业机器人还包括感知系统和分析决策系统,它们分别由传感器及软件实现。

机器人操作机是工业机器人的机械主体,包括用来完成各种作业的执行机构和驱动系统。执行机构包括臂部、腕部和手部,有的机器人还有行走机构;驱动系统包括驱动装置和传动机构,用以使执行机构产生相应的动作。

机器人的控制系统按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出指令信号,并进行控制。

示教器亦称示教编程器或示教盒,主要由液晶屏幕和操作按键组成,可由操作者手持移

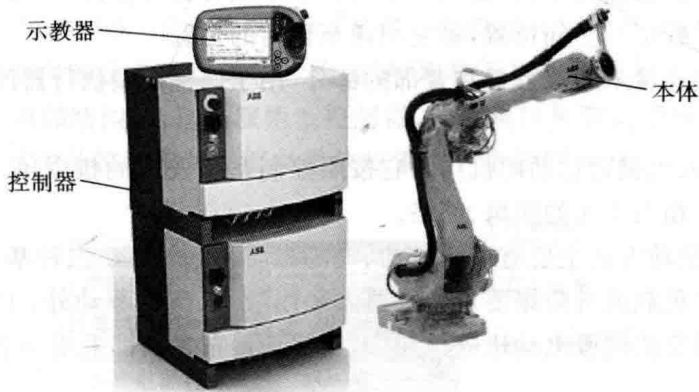


图 1-7 工业机器人的组成

动。它是机器人的人机交互接口，机器人的所有操作基本上都是通过它来完成的。示教器实质上就是一个专用的智能终端。

1.3.2 机器人本体

机器人本体是工业机器人的机械主体，是用来完成各种作业的执行机构和驱动系统。它主要由机械臂、驱动装置、传动单元及内部传感器等部分组成，如图 1-8 所示。

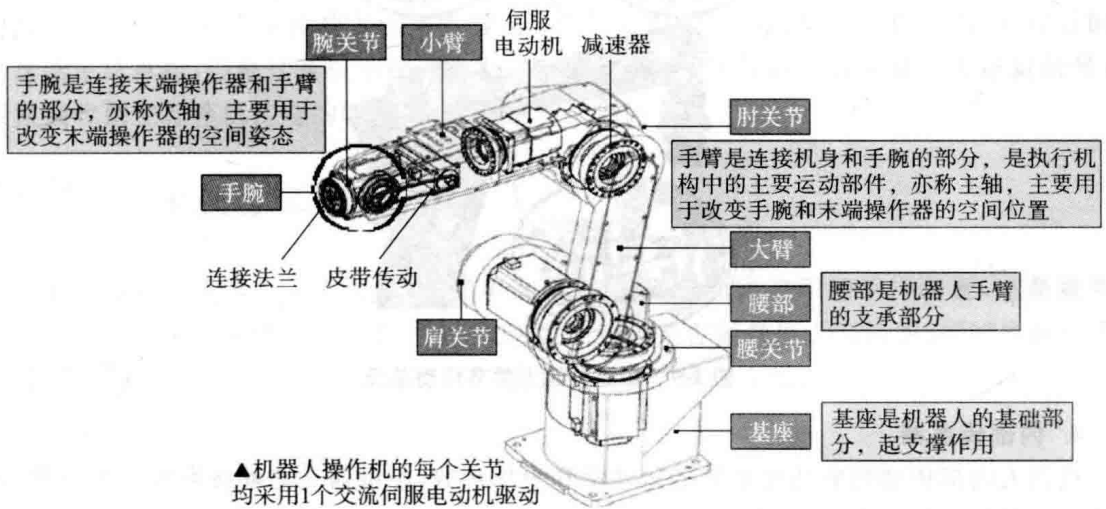


图 1-8 关节型工业机器人操作机的基本结构

1. 机械臂

关节型工业机器人的机械臂是由关节连在一起的许多机械连杆的集合体。实质上是一个拟人手臂的空间开链式机构，一端固定在基座上，另一端可自由运动，由关节-连杆结构所构成的机械臂大体可分为基座、腰部、臂部（大臂和小臂）和手腕 4 部分（见图 1-8）。

①基座，是整个机器人的支撑部分，有固定式和移动式两种。

②腰部，是连接臂部和基座的部件，通常可以回转。臂部和腰部的共同作用使得机器人的手腕可以做空间运动。

③臂部,用以连接腰部和手腕,是支承手腕和末端执行器的部件,由动力关节和连杆组成,承受负荷,改变工件或工具空间位置,将它们送至预定的位置。

④手腕,腕部是连接末端执行器和臂部的部分,用于调整末端执行器的姿态和方位。

2. 驱动装置

驱使工业机器人机械臂运动的机构。它按照控制系统发出的指令信号,借助于动力元件使机器人产生动作,相当于人的肌肉、筋络。

机器人常用的驱动方式主要有液压驱动、气压驱动和电气驱动三种基本类型。目前,除个别运动精度不高、重负载或有防爆要求的机器人采用液压、气压驱动外,工业机器人大多采用电气驱动,而其中属交流伺服电动机应用最广,且驱动器布置大都采用一个关节一个驱动器。

3. 传动单元

目前工业机器人广泛采用的机械传动单元是减速器,应用在关节型机器人上的减速器主要有两类:RV 减速器和谐波减速器(见图 1-9)。一般将 RV 减速器放置在基座、腰部、大臂等重负载的位置(主要用于 20 kg 以上的机器人关节);将谐波减速器放置在小臂、腕部或手部等轻负载的位置(主要用于 20 kg 以下的机器人关节)。此外,机器人还采用齿轮传动、链条(带)传动、直线运动单元等。

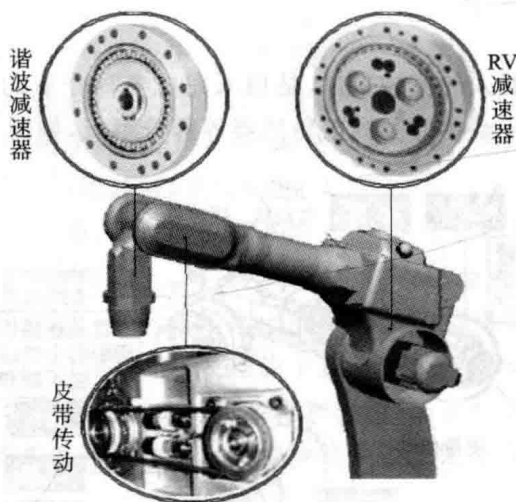


图 1-9 工业机器人关节传动单元

4. 内部传感器

机器人内部传感器的功能是测量运动学和力学参数,使机器人能够按照规定的位置、轨迹和速度等参数进行工作,感知自己的状态并加以调整和控制。内部传感器通常由位置传感器、角度传感器、速度传感器、加速度传感器等组成。

1.3.3 控制器

控制器是机器人的“大脑”,它是根据指令以及传感信息控制机器人完成一定动作或作业任务的装置,是决定机器人功能和性能的主要因素,也是机器人系统中更新和发展最快的部分,其基本功能有:示教功能、记忆功能、位置伺服功能、坐标设定功能、与外围设备联系的功能、传感器接口、故障诊断安全保护功能等。

控制器分控制模块和驱动模块,如系统中含多台机器人,需要1个控制模块及对应数量的驱动模块。一个系统最多包含36个驱动单元(最多4台机器人),一个驱动模块最多包含9个驱动单元,可处理6个内轴及2个普通轴或附加轴(取决于机器人型号)。图1-10是ABB机器人的IRC5控制器内部结构图,这是双柜型控制器,控制模块和驱动模块分别放在两个控制柜里,而单柜型控制器中的控制模块和驱动模块放置在一个控制柜内。

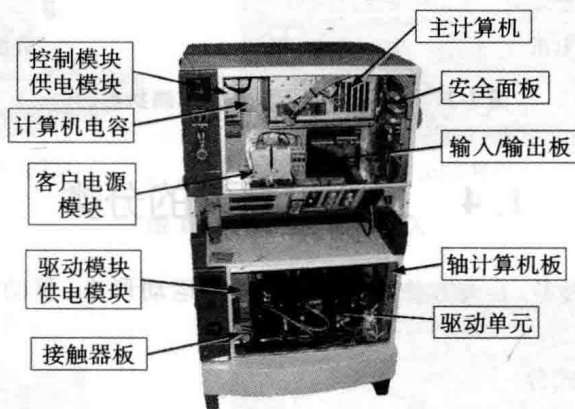


图 1-10 IRC5 控制器内部结构图

其中,主计算机接收、处理机器人运动数据和外围信号,并将处理的信号发送到其他各单元;控制柜操作面板上的急停开关、TPU上的急停按钮和外部的安全信号由安全面板处理;供电模块给电源分配器提供24V DC,再由电源分配器给主计算机、安全面板、轴计算机板等分配24V DC;机器人本体的零位和机器人当前位置的数据都由轴计算机处理,处理后的数据传送给主计算机,但轴计算机不保存数据;接触器板给接触器提供电源及相关逻辑信号;驱动装置接收到主计算机传送的驱动信号后,驱动机器人本体。

1.3.4 示教器

示教器是进行机器人的手动操作、程序编写、参数配置和监控用的手持装置,也是最常交道的机器人空盒子装置。在示教器上,大多数的操作是在触摸屏上完成的,同时也保留了必要的按钮和操作装置。ABB机器人的示教器将在2.3节详细介绍。

1.3.5 末端执行器

为了适应不同的用途,机器人操作机最后一个轴的机械接口通常为一连接法兰,可接装不同的机械操作装置,这些装置称为末端执行器(见图1-11),用以直接执行不同的工作任务。根据作业任务的不同,它可以是夹持器或专用工具等。夹持器是具有夹持功能的装置,如吸盘、机械手爪、托持器等;专用工具是完成某项作业所需要的装置,如用于完成焊接作业的气焊枪、点焊钳等。

注:末端执行器不是工业机器人的组成部分,但在机器人任务执行中至关重要。

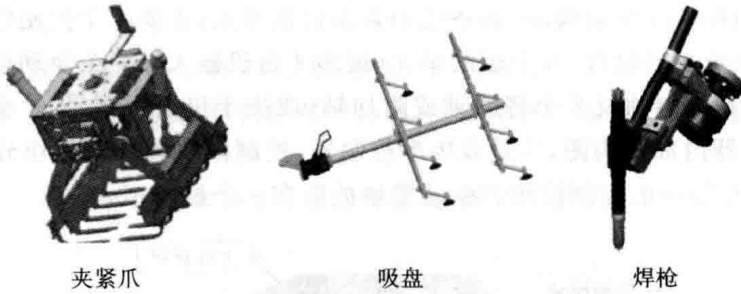


图 1-11 工业机器人操作机末端执行器

1.4 工业机器人的分类

工业机器人的种类繁多,分类方法也不统一,可按运动形态、驱动方式、输入信息方式、应用领域等进行分类。

1. 按臂部的运动形式分

按臂部的运动形式工业机器人分为六类。

①直角坐标型,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(见图1-12)。其优点是结构简单、定位精度高、空间轨迹易于求解,缺点是动作范围小,机体体积大。

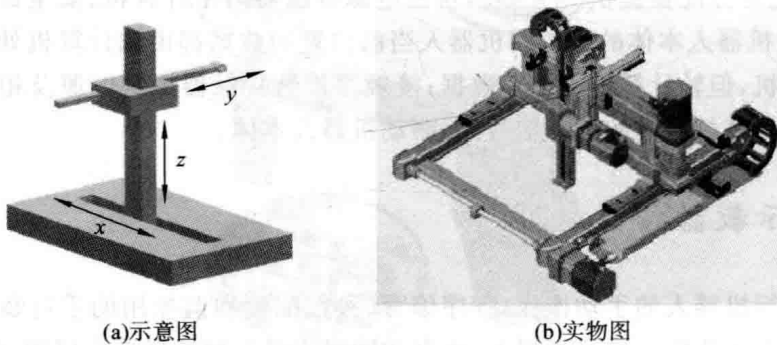


图 1-12 直角坐标机器人

②圆柱坐标型,主要由旋转基座、垂直移动和水平移动轴构成,具有一个回转和两个平移自由度,其动作空间呈圆柱形(见图1-13)。其优点是结构简单,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,空间利用率低。

③球坐标型,球坐标型机器人由回转、旋转、平移的自由度组合构成(见图1-14)。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圆柱坐标机器人。球坐标机器人和极坐标机器人由于具有中心回转自由度,所以它们都有较大的动作范围,其坐标计算也比较简单。

④多关节型,由多个旋转和摆动机构组合而成(见图1-15)。多关节机器人模拟人的手臂功能,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,手腕通常有2~3个自由度,其动作空间近似一个球体。其优点是可以自由地实现三维空间的各种姿势,生成复杂形状的轨迹,缺点是动作的绝对位置精度较低。

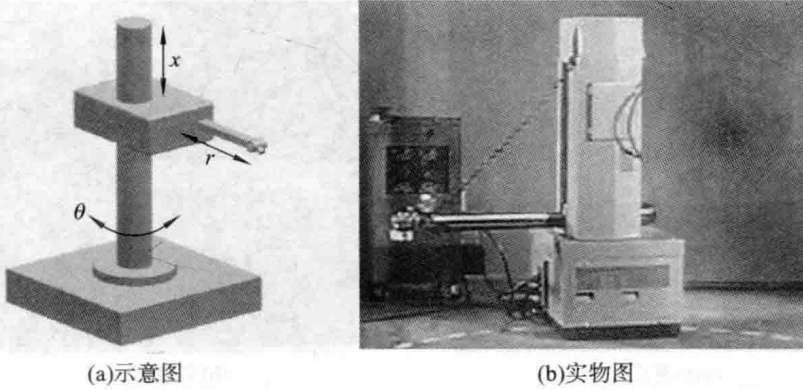


图 1-13 圆柱坐标机器人

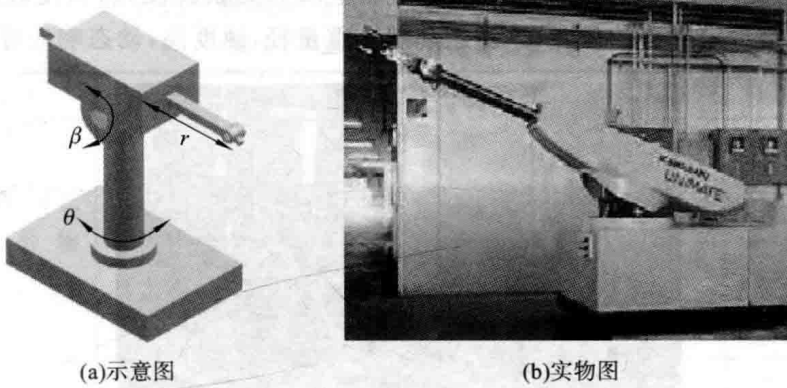


图 1-14 球坐标机器人

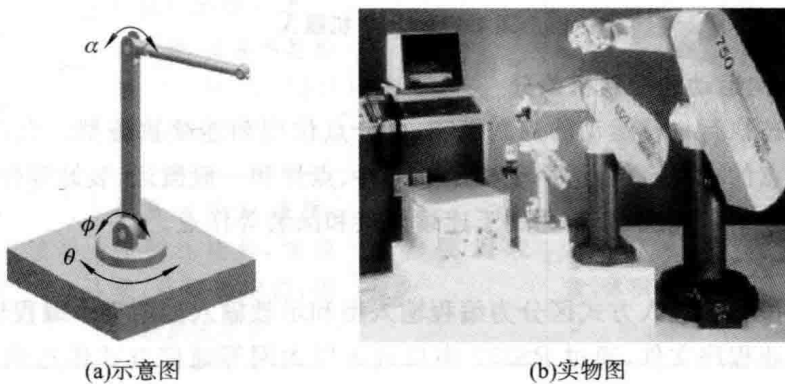


图 1-15 多关节机器人

⑤ SCARA, SCARA 是 selective compliance assembly robot arm 的缩写,意思是一种应用于装配作业的机器人手臂(见图 1-16)。它有 3 个旋转关节,其轴线相互平行,在平面内进行定位和定向;另一个关节是移动关节,用于完成末端件垂直于平面的运动。这类机器人的结构轻便、响应快,例如 Adept1 型 SCARA 机器人运动速度可达 10 m/s,比一般关节式机器人快数倍。它最适用于平面定位,在垂直方向进行装配的作业。

⑥ Delta, Delta 机器人也称为并联机器人(parallel mechanism, PM),它的动平台和定平台通过至少两个独立的运动链相连接,其机构具有两个或两个以上自由度,它是以并联方式驱动