工业机器人操作与编程

程晓峰主编



重庆大学出版社

内容提要

本书共13个项目，内容包括认识工业机器人、工业机器人硬件安装与调试、启动和关闭工业机器人、示教器操作环境的基本配置、手动控制工业机器人、认识工业机器人仿真软件、构建基本仿真工业机器人工作站、机器人的仿真建模、创建机器人离线轨迹曲线及路径、工业机器人的I/O通信设定、工业机器人描轨实例应用、机器人搬运实例应用及工业机器人维护与保养等。

本书可作为职业院校工业机器人技术专业教材，也可作为从事工业机器人应用的相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人操作与编程 / 程晓峰主编. -- 重庆 : 重庆大学出版社, 2021.9

工业机器人技术专业系列教材

ISBN 978-7-5689-2910-3

Ⅰ. ①工… Ⅱ. ①程… 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(2021)第170779号

工业机器人操作与编程

主　编　程晓峰

副主编　黄加明　肖玉红　周　鑫

甘沐阳　周旺发

策划编辑：荀荟羽

责任编辑：李定群　　版式设计：荀荟羽

责任校对：刘志刚　　责任印制：张　策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人：饶帮华

社址：重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编：401331

电话：(023) 88617190　88617185(中小学)

传真：(023) 88617186　88617166

网址：http://www.cqup.com.cn

邮箱：fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆荟文印务有限公司印刷

*

开本：787mm×1092mm　1/16　印张：15　字数：377千

2021年9月第1版　2021年9月第1次印刷

印数：1—2 000

ISBN 978-7-5689-2910-3　定价：45.00元

本书如有印刷、装订等质量问题，本社负责调换

版权所有，请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书，违者必究

前　言

随着《中国制造2025》的颁布实施，信息化、工业化的不断融合，以机器人科技为代表的智能产业蓬勃兴起，成为当代科技创新的一个重要标志，工业机器人应用已在我国形成了“井喷”的局面。习近平总书记指出，中国将机器人和智能制造纳入了国家科技创新的优先重点领域，推动机器人科技研发和产业化进程，使机器人科技及其产品更好为推动发展、造福人民服务。

工业机器人是生产过程中的关键设备，可用于安装、制造、检测、物流等环节，广泛应用于汽车整车及汽车零部件、电气电子、化工等领域。近年来，工业机器人应用范围逐渐扩大，逐步覆盖到工程机械、轨道交通、低压电器、电力、IC装备、军工、烟草、金融、医药、冶金及印刷出版等行业。广泛采用工业机器人不仅可有效提高产品质量，而且对保障人身安全、改善劳动环境、减轻劳动强度、提高劳动生产率、节约材料耗材及降低生产成本都有十分重要的意义。在当今世界，工业机器人的应用水平已成为衡量一个国家制造业和科技水平的重要标志。然而，能熟练掌握工业机器人操作、编程的复合型应用技术人才却大量短缺。

本书以国内职业院校使用较普遍的ABB机器人为案例对象，按照工业机器人技术专业人才培养目标中工业机器人现场操作、编程与调试、维修与保养等职业岗位（群）的任职要求，参照工业机器人系统操作员职业资格标准，以培养学生职业能力为本位，构建以典型工作任务为载体，采用“创设情境—小组合作学习—模拟演练—实际操作—总结反馈”融教、学、做一体的任务驱动教学模式。旨在引领读者熟悉工业机器人分类、特点、组成、工作原理等基本理论和技术，并能根据工作要求实现工业机器人的简单控制，通过工业机器人安装调试、工业机器人的示教操作、工业机器人的示教编程，最终让读者掌握工业机器人的基本操作以及描轨、搬运、码垛、涂胶等典型应用。

本书共13个项目，遵循“任务驱动、项目导向”，采用以图为主的编写形式，力求文字叙述深入浅出，内容编排循序渐进。项目1概要地介绍了工业机器人的基础知识，包括工业机器人的概念、组成、分类及主要技术参数；项目2至项目5讲解了工业机器人的操作装置（示教器和控制面板）、示教编程，并再现过程中手动操作工业机器人的步骤和方法；项目6至项目10对ABB公司的RobotStudio软件的操作、建模、轨迹离线编程、动画效果的制作及模拟工作站的构建进行了讲解；项目11和项目12创建了机器人典型应用的案例，包括机器人描轨和搬运，详细讲述了这些案例所用的编程指令和操作编程的步骤和方法；项目13对工业机器人的日常维护和保养以及常见的故障诊断与分析进行了讲述。

本书开发了丰富的配套教学资源，包括教学课件（PPT）、教学视频、微课、动画及习题等，

并在书中相应位置做了资源标记，读者可通过手机等移动终端扫码或访问重庆大学出版社网站观看。

本书由湖北工程职业学院与天津博诺机器人技术有限公司校企共同编写。湖北工程职业学院的程晓峰副教授担任主编，湖北工程职业学院的黄加明教授、肖玉红老师、周鑫老师、甘沐阳老师以及天津博诺机器人有限公司的周旺发担任副主编。编写人员及具体分工如下：程晓峰编写项目1、项目11和项目12，黄加明编写项目2、项目3，肖玉红编写项目6—项目9，周鑫编写项目4、项目5，甘沐阳编写项目10，周旺发编写项目13。全书由程晓峰统稿。在编写过程中，参阅了部分相关教材及技术文献内容，在此对文献作者表示衷心的感谢。

由于机器人技术的发展日新月异、应用领域广泛，编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编　者

2021年5月

目　录

项目1　认识工业机器人 …… 1
任务1.1　工业机器人的发展历史与定义 …… 2
任务1.2　工业机器人的分类与应用 …… 5
任务1.3　工业机器人的基本组成及主要技术参数 …… 9

项目2　工业机器人硬件安装与调试 …… 16
任务2.1　认识ABB工业机器人 …… 17
任务2.2　熟悉工业机器人安全操作规程 …… 20
任务2.3　认识工业机器人控制柜 …… 22
任务2.4　工业机器人本体和控制器连接 …… 27

项目3　启动和关闭工业机器人 …… 31
任务3.1　启动工业机器人 …… 32
任务3.2　示教器的结构认知 …… 33
任务3.3　示教器的使用方法 …… 35
任务3.4　重启和关闭工业机器人 …… 37

项目4　示教器操作环境的基本配置 …… 40
任务4.1　工业机器人运行模式的切换 …… 41
任务4.2　示教器语言和系统时间的设置 …… 41
任务4.3　查看ABB机器人常用信息与事件日志 …… 44

项目5　手动控制工业机器人 …… 48
任务5.1　机器人单轴运动的手动操作 …… 49
任务5.2　机器人线性运动的手动操作 …… 51
任务5.3　机器人3个关键程序数据的设定 …… 54
任务5.4　机器人重定位运动操作 …… 69
任务5.5　ABB机器人的程序及常用指令 …… 71

任务 5.6　建立一个可运行的基本 RIPID 程序 …… 86

项目 6　认识工业机器人仿真软件 …… 106
任务 6.1　安装工业机器人仿真软件 RobotStudio …… 107
任务 6.2　RobotStudio 的软件授权管理 …… 110
任务 6.3　RobotStudio 的软件界面介绍 …… 111

项目 7　构建基本仿真工业机器人工作站 …… 116
任务 7.1　布局工业机器人基本工作站 …… 117
任务 7.2　建立工业机器人系统与手动操作 …… 123
任务 7.3　创建工业机器人工件坐标与轨迹编程 …… 131
任务 7.4　仿真运行机器人及录制视频 …… 138

项目 8　机器人的仿真建模 …… 143
任务 8.1　RobotStudio 建模功能的基本使用 …… 144
任务 8.2　RobotStudio 测量工具的使用 …… 146
任务 8.3　创建机械装置 …… 148

项目 9　创建机器人离线轨迹曲线及路径 …… 155
任务 9.1　创建机器人离线轨迹曲线及路径 …… 156
任务 9.2　机器人目标点调整及轴配置参数 …… 158
任务 9.3　机器人离线轨迹编程辅助工具 …… 162

项目 10　工业机器人的 I/O 通信设定 …… 169
任务 10.1　机器人 I/O 通信的种类 …… 170
任务 10.2　标准 I/O 板 DSQC651 的配置 …… 175
任务 10.3　I/O 信号的监控与操作 …… 183

项目 11　工业机器人描轨实例应用 …… 188
任务 11.1　工业机器人描轨工作站的组成 …… 189
任务 11.2　描轨工作站信号说明及信号配置 …… 189
任务 11.3　轨迹程序编写 …… 190

项目 12　机器人搬运实例应用 …… 197
任务 12.1　工业机器人 I/O 版的配置 …… 198

任务 12.2 搬运工作站的组成 …… 199
任务 12.3 搬运工作站信号说明及信号配置 …… 201
任务 12.4 搬运工作站程序编写 …… 202

项目 13 工业机器人维护与保养 …… 212
任务 13.1 工业机器人的定期检修 …… 213
任务 13.2 工业机器人本体电池的检测与更换 …… 216
任务 13.3 机器人各轴同步带的检修 …… 218
任务 13.4 机器人常见故障处理 …… 220

参考文献 …… 232

项目 1

认识工业机器人

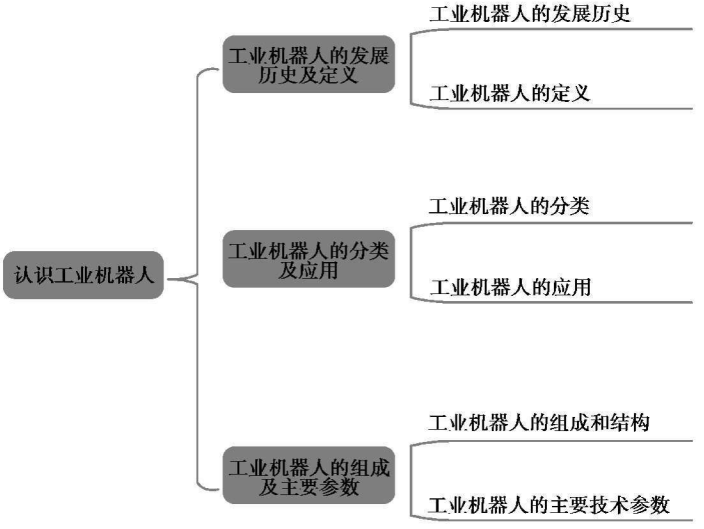
学习目标

知识目标：

1. 熟悉工业机器人的发展历史，掌握工业机器人的定义。
2. 熟悉工业机器人的应用和常用类型。
3. 熟悉工业机器人的组成以及主要技术参数。

技能目标：

1. 能描述工业机器人的发展的主要阶段。
2. 能认知各种类型的工业机器人及其产品应用。
3. 能识别工业机器人的组成、结构以及不同机器人的主要技术参数。



任务 1.1　工业机器人的发展历史与定义

1.1.1　工业机器人的发展历史



工业机器人的发展历史与定义

1)国外工业机器人的发展状况

1920 年,捷克剧作家卡雷尔·卡佩克在科幻剧本《罗萨姆的万能机器人》(*Rossum's Universal Robots*)中把捷克语“Robota”写成了“Robot”,其意思是“不知疲倦的劳动”,这引起了大家的广泛关注,后成了机器人一词的起源。

1950 年,美国科幻小说作家埃萨克·阿西莫夫在他的科幻小说《我,机器人》(*I*,*Robot*)中首次使用了“Robotics”,即“机器人学”。阿西莫夫提出了“机器人三原则”:

①机器人不应伤害人,也不得见人受到伤害而袖手旁观。

②机器人应服从人的一切命令,除非违反第一定律。

③机器人应保护自身安全,除非违反第一及第二定律。

机器人学术界一直将这三原则作为机器人开发的准则,阿西莫夫因此被称为“机器人学之父”。

1954 年,美国人 George C. Devol 提出了第一个工业机器人技术方案,设计出世界上第一台可编程的工业机器人样机,并在 1956 年获得“通用机器人”专利。

1961 年,Unimation 公司(通用机械公司)成立,生产和销售了第一台工业机器“Unimate”(见图 1.1)。这种机器人外形完全像坦克炮塔,可实现回转、伸缩、俯仰等动作。

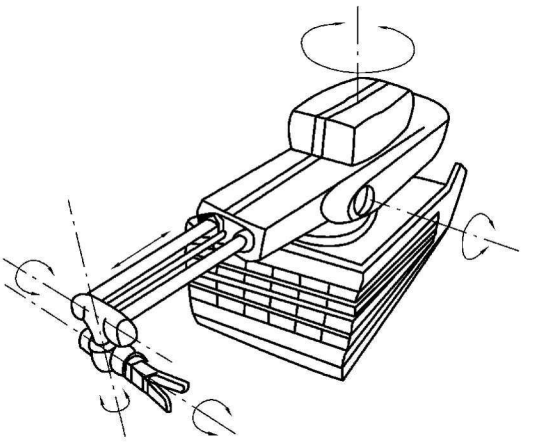


图 1.1　Unimate 机器人

1962 年,美国机械与铸造公司(AMF)研制出一台数控自动通用机,取名“Versatran”(见图 1.2),即多用途搬运之意,并以“Industrial Robot”(工业机器人)为商品广告投入市场。

Unimate 和 Versatran 这两种工业机器人是以“示教再现”的方式在汽车生产线上成功地代替工人进行传送、焊接、喷漆等作业,它们在工作中反映出非常显著的经济效益、可靠性和灵活性。因此,Unimate 和 Versatran 作为商品开始在世界市场上销售。

1974 年出现了用计算机控制的机器人。日本,西欧各国,以及苏联也相继引进或自行研

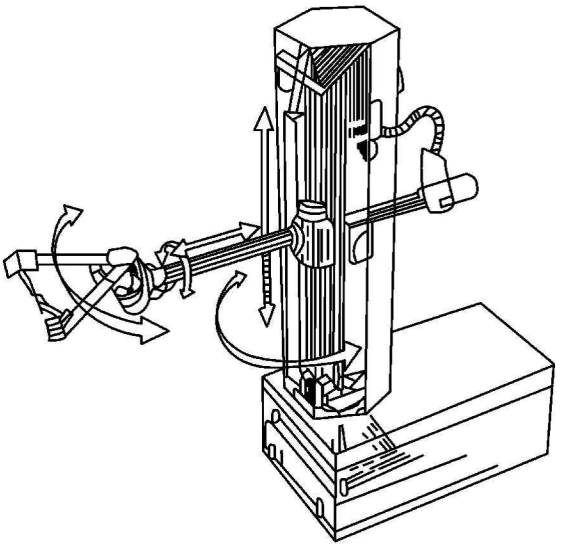


图1.2　Versatran机器人

制工业机器人。20世纪六七十年代是机器人技术获得巨大发展的阶段。

20世纪80年代,机器人在发达国家的工业生产中大量普及应用,如焊接、喷漆、搬运及装配,并向各个领域拓展,如航天、水下、排险、核工业等,机器人的感知技术得到相应的发展,产生了第二代机器人。

20世纪90年代,机器人技术在军用、医疗、服务及娱乐等领域延伸,并开始向智能型(第三代)机器人发展。

2)我国工业机器人的发展状况

我国工业机器人起步于20世纪70年代初期,大致经历了3个发展阶段:70年代的萌芽期、80年代的开发期和90年代的适用化期。

20世纪60—70年代是世界科技发展的一个里程碑:人类登上了月球,实现了金星、火星的软着陆。我国也发射了人造卫星。世界范围内工业机器人的应用掀起了一个高潮,尤其在日本发展更为迅猛,它补充了日益短缺的劳动力。在这种背景下,我国于1972年开始研制自己的工业机器人。

从20世纪90年代初期起,我国的国民经济进入实现两个根本转变时期,掀起了新一轮的经济体制改革和技术进步热潮。我国的工业机器人又在实践中迈进了一大步,先后研制出了点焊、弧焊、装配、喷漆、切割、搬运、包装及码垛等各种用途的工业机器人,并实施了一批机器人应用工程,形成了一批机器人产业化基地,为我国机器人产业的腾飞奠定了基础。

1.1.2　工业机器人的基本概念

虽然机器人已被广泛使用,越来越受到人们的重视,但到底什么是机器人,每个国家的说法都不一样。目前,机器人这一名词还没有一个统一、严格、准确的定义。原因之一是机器人还在发展,新的机型、新的功能不断出现。同时,由于机器人涉及人的概念,成为一个难以回答的哲学问题,就像机器人一词最早诞生在科幻小说之中一样,人们对机器人充满了幻想。

也许正是机器人的定义模糊,才给人们充分的想象和创造的空间。以下给出一些具有代表性的定义:

1)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,通过可编程动作来执行各种任务的,并具有编程能力的多功能机械手。这个定义叙述更适用于工业机器人的定义。

2)美国国家标准局(NBS)的定义

机器人是一种能进行编程并在自动控制下执行某些操作和移动作业任务的机械装置。这是一种比较广义的工业机器人的定义。

3)日本工业机器人协会(JIRA)的定义

机器人的定义分为两类:工业机器人和智能机器人。工业机器人是一种装备有记忆装置和末端执行器的,能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。智能机器人是一种能具有感觉和识别能力,并能控制自身行为的机器。

4)国际标准化组织(ISO)的定义

国际标准化组织(ISO)给出的机器人定义较为全面和准确,其定义涵盖以下内容:

①机器人的动作机构具有类似于人或其他生物体某些器官(肢体、感官等)的功能。

②机器人具有通用性,工作种类多样,动作程序灵活易变。机床、车床、机器人不一样,同一个机器人可以干不同的事,如人手可以写字、弹琴等。机器人的通用性不是漫无边际的,是受结构制约的。

③机器人具有不同程度的智能性,如记忆、感知(对温度敏感的机器人有温度传感器)、推理、决策、学习等。

④机器人具有独立性,完整的机器人系统在工作中可不依赖人的干预。

5)我国对机器人的定义

蒋新松院士曾建议把机器人定义为一种拟人功能的机械电子装置(a mechantronic device to imitate some human functions)。

上述关于机器人的定义的共同属性:

①像人或人的一部分,并模仿人的动作。

②具有智能或感觉与识别能力。

③是人制造的机器或机械电子装置。

工业机器人是机器人这个大家族中的一种,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。

工业机器人的优点在于它可通过更改程序,方便、迅速地改变工作内容或方式,以满足生产要求的变化。例如,改变焊缝轨迹及喷涂位置,以及变更装配部件或位置等。随着人们对工业生产线的柔性要求越来越高,对各种工业机器人的需求也越来越广泛。

任务1.2　工业机器人的分类与应用

1.2.1　工业机器人的分类



工业机器人的分类及应用

工业机器人(后面也简称“机器人”)的分类方法很多,也相当复杂,国际上没有一种分类方法可满意地将各类机器人都包括在内。目前,多数的机器人是按照不同的功能、目的、用途、规模、结构、坐标及驱动方式等进行分类的。

1)按坐标形式分类

通常机器人根据坐标形式的不同,可分为直角坐标型机器人、圆柱坐标型机器人、球坐标型机器人、关节坐标型机器人、平面关节型机器人及并联机器人。

(1)直角坐标型机器人

这一类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。该形式机器人的位置精度高,控制无耦合、简单,避障性好,但结构较庞大,动作范围小,灵活性差,难与其他机器人协调;移动轴的结构较复杂,且占地面积较大,如图1.3所示。



图1.3　直角坐标型机器人



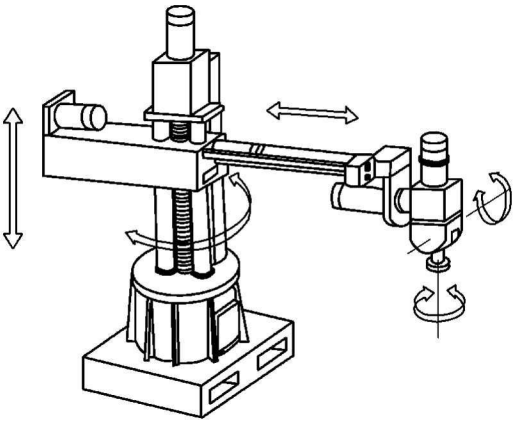
直角坐标型机器人

(2)圆柱坐标型机器人

这种机器人通过两个移动和一个转动实现手部空间位置的改变,如图1.4所示。机器人手臂的运动系由垂直立柱平面内的伸缩和沿立柱的升降两个直线运动及手臂绕立柱的转动复合而成。圆柱坐标型机器人的位置精度仅次于直角坐标型机器人,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。

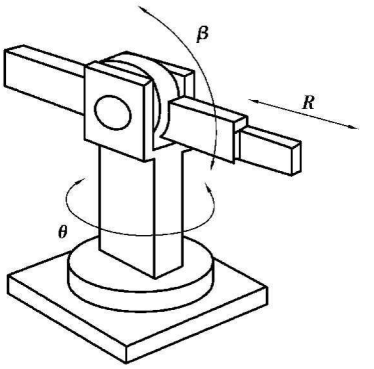
(3)球坐标型机器人

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,如图1.5所示,即沿手臂方向X的伸缩、绕Y轴的俯仰和绕Z轴的回转。UNIMATE机器人是其典型代表。这类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,质量较小,但避障性差,有平衡问题,位置误差与臂长有关。



圆柱坐标型机器人

图 1.4　圆柱坐标型机器人



球坐标型机器人

图 1.5　球坐标型机器人

(4)关节坐标型机器人

如图 1.6 所示,关节坐标型机器人主要由立柱、前臂和后臂组成,PUMA 机器人是其代表。机器人的运动由前后臂的俯仰及立柱的回转构成。其结构紧凑,灵活性大,占地面积小,工作空间大,能与其他机器人协调工作,避障性好,但位置精度较低,控制存在耦合,故比较复杂。目前,这种机器人应用得最多。



图 1.6　关节坐标型机器人

(5)平面关节型机器人

如图 1.7 所示,平面关节型机器人可看成关节坐标型机器人的特例。类似人的手臂的运动,它用平行的肩关节和肘关节实现水平运动,关节轴线共面;腕关节可实现垂直运动,在平面内进行定位和定向,是一种固定式的工业机器人。这类机器人结构轻便,响应快且比一般的关节型机器人快数倍。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,具有柔顺性。



图1.7　平面关节型机器人

平面关节型机器人

(6)并联机器人

并联机器人是一种动平台和定平台通过至少两个独立的运动链相连接,机构具有两个或两个以上自由度,且以并联方式驱动的闭环机构。并联机器人形式多样,常见的并联机器人多为Delta并联机器机构形式。如图1.8所示为ABB的IRB360系列并联机器人。并联机器人具有高刚度、高负载等优点,但工作空间相对较小,结构较为复杂。这正好与串联机器人形成互补,从而扩大了机器人的选择及应用范围。



图1.8　ABB的IRB360并联机器人

2)按驱动方式分类

(1)气力驱动式

机器人以压缩空气来驱动执行机构。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。其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,故此类机器人适用于抓举力要求较小的场合。

(2)液力驱动式

相对于气力驱动,液力驱动的机器人具有较强的抓举能力。液力驱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)电力驱动式

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品种众多可供选择,更因为可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、速度和加速度。电力驱动具有无环境污染、易于控制、运动精度高、成本低、驱动效率高等优点,其应用最为广泛。电力驱动可分为步进电动机驱动、直流伺服电动机驱动和无刷伺服电动机驱动等。

(4)新型驱动方式

伴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。

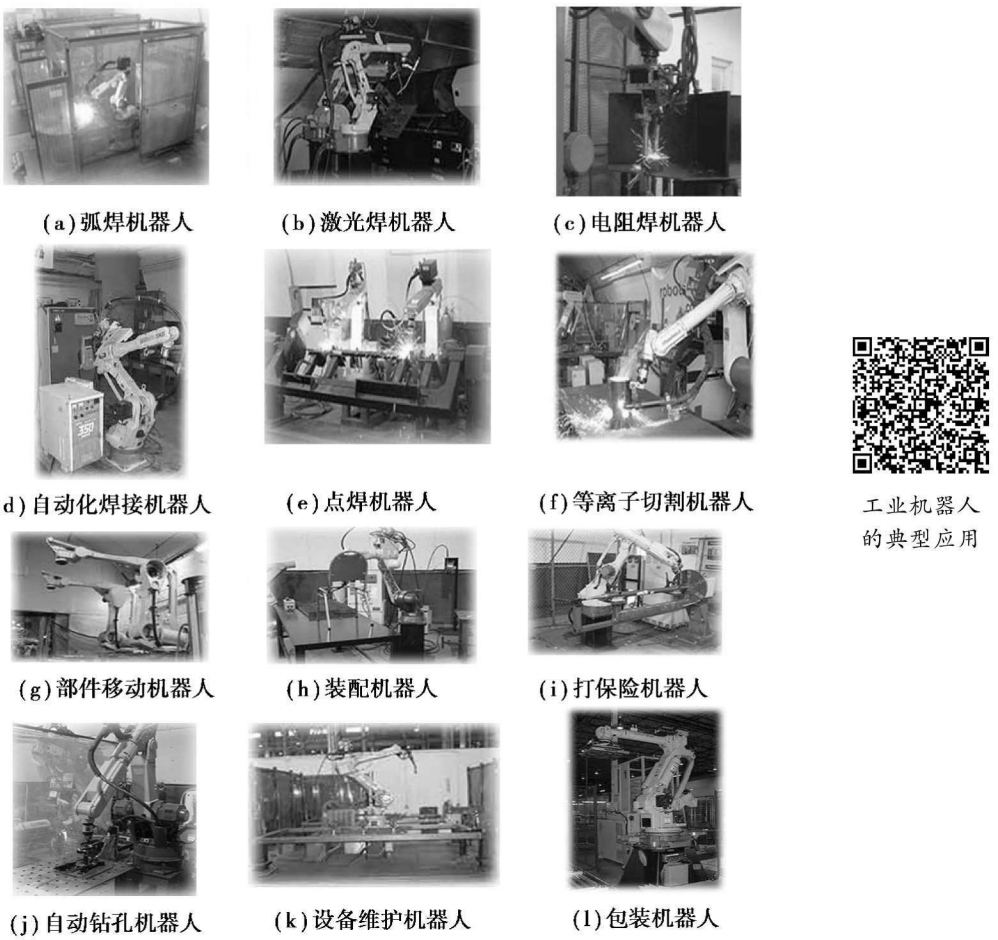
3)按机器人的主要用途分类

工业机器人按用途可分为焊接机器人、装配机器人和喷涂机器人等。

焊接机器人是到现在为止应用最多的工业机器人,包括点焊(主要是针对汽车生产线,提高生产效率,提高汽车焊接的质量,降低工人的劳动强度的一种机器人)和弧焊机器人(如对汽车的后桥进行焊接时,它可以连续焊接,其特点是连续轨迹控制,故轨迹精度要求非常高),用于实现自动化焊接作业;装配机器人较多地用于电子部件或电器的装配;喷涂机器人代替人进行各种喷涂作业;搬运、上料、下料及码垛机器人是根据工况要求的速度和精度,将物品从一处运到另一处。应该说,并不是只有机器人可完成这些工作,很多工作都可用专门的机器完成。

1.2.2 工业机器人的应用

工业机器人最早应用于汽车制造工业,常用于焊接、喷漆、上下料及搬运。工业机器人延伸和扩大了人的手足和大脑功能,它可代替人从事有毒、低温及高热等危险或恶劣环境中的工作;代替人完成繁重、单调的重复劳动,提高劳动生产率,保证产品质量。工业机器人与数控加工中心、自动搬运小车以及自动检测系统可组成柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS),实现生产自动化。工业机器人的典型应用如图 1.9 所示。



工业机器人的典型应用

图 1.9 工业机器人的典型应用

综上所述,工业机器人的应用给人类带来了许多好处。例如:

①减少劳动力费用。

②提高生产率。

③改进产品质量。

④增加制造过程的柔性。

⑤减少材料浪费。

⑥控制和加快库存的周转。

⑦降低生产成本。

⑧消除危险和恶劣环境中的劳动岗位。

任务1.3　工业机器人的基本组成及主要技术参数

1.3.1　工业机器人的组成



工业机器人的基本组成及主要技术参数

工业机器人由三大部分6个子系统组成。三大部分是机械部分、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、机器人-环境交互系统、人机交互系统及控制系统,如图1.10和图1.11所示。

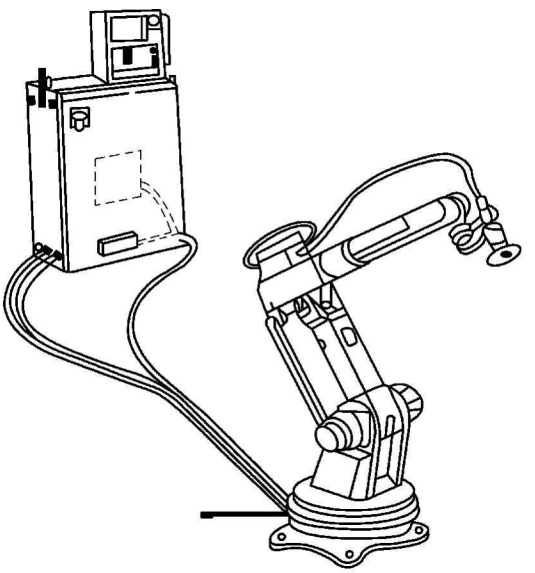


图1.10　机器人三大组成部分

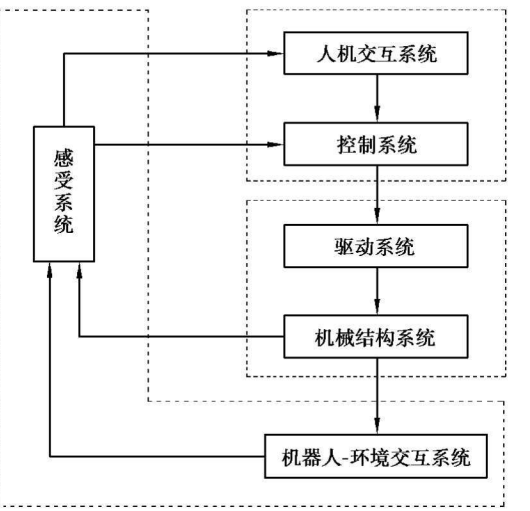


图1.11　机器人的6个子系统

工业机器人的6个子系统的作用分述如下:

1)驱动系统

要使机器人运行起来,需给各个关节(即每个运动自由度)安装传动装置,这就是驱动系统。驱动系统可以是液压传动、气动传动和电动传动,或将它们结合起来应用的综合系统,也可以是直接驱动或通过同步带、链条、轮系、谐波齿轮等机械传动机构进行的间接驱动。

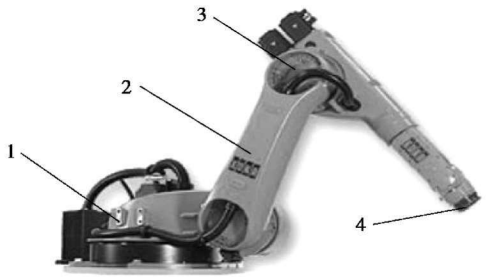


图 1.12　机器人的机械结构系统

1—基座;2—手臂;3—关节;4—末端夹持器

2)机械结构系统

工业机器人的机械结构系统由基座、手臂和末端操作器三大件组成,如图 1.12 所示。每一大件都有若干自由度,构成一个多自由度的机械系统。若基座具备行走机构,则构成行走机器人;若基座不具备行走及腰转机构,则构成单机器人臂。手臂一般由上臂、下臂和手腕组成。末端操作器是直接装在手腕上的一个重要部件,它可以是二手指或多手指的手爪,也可以是喷漆枪、焊具等作业工具。

3)感受系统

感受系统由内部传感器模块和外部传感器模块组成。它用来获取内部和外部环境状态中有意义的信息。智能传感器的使用提高了机器人的机动性、适应性和智能化水平。人类的感受系统对感知外部世界信息是极其灵巧的,然而对一些特殊的信息,传感器比人类的感受系统更有效。

4)机器人-环境交互系统

机器人-环境交互系统是实现工业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、焊接单元和装配单元等。当然,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。

5)人机交互系统

人机交互系统是使操作人员参与机器人控制并与机器人进行联系的装置。例如,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。该系统归纳起来分为两大类:指令给定装置和信息显示装置。

6)控制系统

控制系统的任务是根据机器人的作业指令程序以及从传感器反馈回来的信号,支配机器人的执行机构去完成规定的运动和功能。如果机器人不具备信息反馈特征,则为开环控制系统;如果机器人具备信息反馈特征,则为闭环控制系统。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。根据控制运动的形式,可分为点位控制和连续轨迹控制。机器人控制系统的组成如图 1.13 所示。

1.3.2　工业机器人的基本工作原理

工业机器人的基本工作原理是示教再现。示教也称导引,即由用户导引机器人,一步步按实际任务操作一遍。机器人在导引过程中,自动记忆示教的每个动作的位置、姿态、运动参数及工艺参数等,并自动生成一个连续执行全部操作的程序。完成示教后,只需给机器人一个启动命令,机器人将精确地按照示教动作,一步步完成全部操作,如图 1.14 所示。