

全国高等教育财务会计类专业规划教材

校企合作开发教材

合作企业：江苏天圣达集团

江苏天衡会计师事务所有限公司

无锡分所

企业财务会计

第二版

朱光明 主编

Financial

Accounting for Enterprise

 东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

全国百佳图书出版单位

ABB 工业机器人实操与应用

主 编 翟东丽 谭小蔓 周 华
副主编 龙建飞 毕天昊
参 编 叶 晖 黄莉莉 王承勇 罗子健 黄旭胜

重庆大学出版社

内容提要

本书以 ABB 工业机器人综合实训平台为载体,围绕着从认识 ABB 工业机器人到熟练操作 ABB 工业机器人这一主线展开,以项目式教学的方法,用详细的操作步骤及图文对 ABB 工业机器人示教器的基本操作、坐标系的设定、通信配置、基础编程等进行详细的讲解,让读者了解与 ABB 工业机器人操作及编程相关的每一种具体的操作方法。

本书适合作为职业院校工业机器人技术专业、机电一体化专业、自动化专业的学生用书,也适合作为从事 ABB 工业机器人应用的操作及编程人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

ABB 工业机器人实操与应用 / 翟东丽,谭小蔓,周华主编. --重庆:重庆大学出版社,2019.4

ISBN 978-7-5689-1328-7

I. ①A… II. ①翟… ②谭… ③周… III. ①工业机器人—操作—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 191225 号

ABB 工业机器人实操与应用

主 编 翟东丽 谭小蔓 周 华

副主编 龙建飞 毕天昊

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:刘 刚 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

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

重庆俊蒲印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18 字数:440 千

2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5689-1328-7 定价:59.50 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

自工业革命以来,人力劳动已经逐渐被机械所取代,而这种变革为人类社会创造出巨大的财富,极大地推动了人类社会的进步。随着“工业 4.0”的到来,中国提出了《中国制造 2025》,其中主要包括了十个重点领域,即新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械等。因此,工业机器人作为自动化技术的集大成者,是其重要的组成单元。当前机器人产业的发展规划是到 2020 年国内工业机器人装机量达到 100 万台,这至少需要 20 万工业机器人应用相关从业人员,并且以每年 20%~30% 的速度持续递增。为解决迫切的人才需求问题,中高职、应用型本科院校相继开设了工业机器人专业、工业机器人相关的机电一体化课程。

本书以广东省机械研究所设计生产的 ABB 工业机器人综合实训平台为载体,以 ABB 工业机器人为研究对象,以项目式教学的方法详细介绍了实训平台的各组成部分,工业机器人的本体控制柜的组成,工业机器人的基本操作、通信配置、编程维护等,力求让读者掌握 ABB 工业机器人的基础操作与简单编程。

本书由翟东丽、谭小蔓、周华任主编,龙建飞、毕天昊任副主编,叶晖、黄莉莉、王承勇、罗子健、黄旭胜任参编。本书内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂,适合作为职业院校工业机器人技术专业、机电一体化专业、自动化专业的学生用书,也适合作为从事 ABB 工业机器人应用的操作及编程人员的学习参考用书。

由于编者水平有限,难免出现疏漏之处,欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

编 者

2019 年 1 月

安全警告

在正式学习 ABB 机器人的操作之前,先来了解一下安全操作的注意事项,我们要始终记住的是在操作过程中一定要注意安全。

1. 记得关闭总电源

在进行机器人的安装、维修、保养时切记要将总电源关闭。带电作业可能会产生致命性后果。如果不慎遭高压电击,可能会导致心跳停止、烧伤或其他严重伤害。在得到停电通知时,要预先关断机器人的主电源及气源。突然停电后,要在来电之前预先关闭机器人的主电源开关,并及时取下夹具上的工件。

2. 与机器人保持足够的安全距离

在调试与运行机器人时,它可能会执行一些意外的或不规范的运动。并且,所有的运动都会产生很大的力量,从而严重伤害个人或损坏机器人工作范围内的任何设备。所以要时刻与机器人保持足够的安全距离。

3. 静电放电危险

ESD (静电放电)是电势不同的两个物体间的静电传导,它可以通过直接接触传导,也可以通过感应电场传导。搬运部件或部件容器时,未接地的人员可能会传递大量的静电荷。这一放电过程可能会损坏敏感的电子设备。所以在有此标识的情况下,要做好静电放电防护。

比如说对在电气控制柜内的电气元件进行操作时,要佩戴上柜内配置的静电手环。

4. 紧急停止

紧急停止优先于任何其他机器人控制操作,它会断开机器人电动机的驱动电源,停止所有运转部件,并切断由机器人系统控制且存在潜在危险的功能部件的电源。出现下列情况时请立即按下任意紧急停止按钮:

机器人运行时,工作区域内有工作人员;
机器人伤害了工作人员或损伤了机器设备。

5. 灭火

发生火灾时,应在确保全体人员安全撤离后再进行灭火,优先处理受伤人员。当电气设备(例如机器人或控制器)起火时,使用二氧化碳灭火器灭火,切勿使用水或泡沫灭火。

6. 工作中的安全

如果在保护空间内有工作人员,请手动操作机器人系统。



当进入保护空间时,请准备好示教器,以便随时控制机器人。

注意旋转或运动的工具,例如切削工具。确保在接近机器人之前,这些工具已经停止运动。

注意工件和机器人系统的高温表面。机器人电动机长期运转后温度很高。

注意夹具并确保夹好工件。如果夹具打开,工件会脱落并导致工作人员人身伤害或设备损坏。夹具非常有力,如果不按照正确方法操作,将会导致工作人员伤害。机器人停机时,夹具上不应置物,必须空机。

注意液压、气压系统以及带电部件。即使断电,这些电路上的残余电量也很危险。

7. 示教器的安全

小心操作。不要摔打、抛掷或重击,这样会导致示教器破损或故障。在不使用该设备时,应将它挂到专门存放它的支架上,以防意外掉到地上。

示教器的使用和存放应避免被人踩踏电缆。

切勿使用锋利的物体(例如螺钉、刀具或笔尖)操作触摸屏。这样可能会使触摸屏受损。应用手指或触摸笔去操作示教器触摸屏。

定期清洁触摸屏。灰尘和小颗粒可能会挡住屏幕造成故障。

切勿使用溶剂、洗涤剂或擦洗海绵清洁示教器,使用软布蘸少量水或中性清洁剂清洁。

没有连接 USB 设备时务必盖上 USB 端口的保护盖。如果 USB 端口暴露在灰尘中,那么它会中断或发生故障。

8. 手动模式下的安全

在手动减速模式下,机器人只能进行减速操作。只要在安全保护空间内工作,就应始终以手动速度进行操作。

在手动全速模式下,机器人以程序预设速度移动。手动全速模式应仅用于所有人员都处于安全保护空间之外时,且操作人必须经过特殊训练,熟知其潜在的危險。

9. 自动模式下的安全

控制柜有 4 个独立的安全保护机制,分别为常规模式安全保护停止(GS,在任何操作模式下都有效)、自动模式安全保护停止(AS,在自操作模式下有效)、上级安全保护停止(SS,在任何操作模式下都有效)和紧急停止(ES,在急停按钮被按下时有效)。

自动模式用于在生产中运行机器人程序。在自动模式操作情况下,常规模式安全保护停止(GS)机制、自动模式安全保护停止(AS)机制和上级安全保护停止(SS)机制都将处于活动状态。

10. 安全守则

1) 紧急情况处理

① 万一发生火灾,请使用二氧化碳灭火器。

② 急停开关不允许被短接。

③机器人在发生意外或运行不正常等情况下,均可使用急停开关停止运行。

2) 关机及停电

①机器人长时间停机时,夹具上不应置物,必须空机。

②在得到停电通知时,要预先关闭机器人的主电源及气源。

③突然停电后,要在再次来电之前预先关闭机器人的主电源开关,并及时取下夹具上的工件。

④维修人员必须保管好机器人钥匙,严禁非授权人员在手动模式下进入机器人软件系统,严禁随意翻阅或修改程序及参数。

3) 使用注意

①机器人处于自动模式时,不允许任何人员进入其运动所及的区域。

②因为机器人在自动状态下,即使运行速度非常低,其动量仍很大,所以在进行编程、测试及维修等工作时,必须将机器人置于手动模式。

③在手动模式下调试机器人,如果不需要移动机器人时,必须及时释放使能器。

④调试人员进入机器人工作区域时,必须随身携带示教器,以防他人误操作。

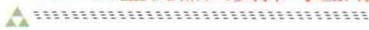
⑤示教器不使用时,必须将其放置于控制柜上固定座内。

⑥在触碰控制柜或驱动柜内电子元件前,请先戴上静电手环。

⑦严禁踩踏电缆,并注意避免尖锐物穿刺及高温对电缆造成的损伤。

目 录

项目一 了解工业机器人	1
任务 1-1 综合实训平台机械结构认知	1
任务 1-2 工业机器人的定义和分类	6
任务 1-3 工业机器人系统组成及主要技术参数	13
任务 1-4 工业机器人使用安全注意事项	18
练习题	20
项目二 工业机器人示教器基本操作	21
任务 2-1 工业机器人的开、关机	21
任务 2-2 认识机器人示教器	25
任务 2-3 示教器语言切换、数据备份恢复及信息查看	31
任务 2-4 重启机器人系统	37
练习题	40
项目三 工业机器人手动操作	41
任务 3-1 认识 ABB 工业机器人坐标系	41
任务 3-2 手动操纵工业机器人	44
任务 3-3 设定工具坐标系	55
任务 3-4 设定工件坐标系	65
任务 3-5 设定机器人有效载荷	70
任务 3-6 工业机器人转数计数器更新	74
练习题	81
项目四 ABB 工业机器人通信	82
任务 4-1 认识工业机器人通信	82
任务 4-2 配置工业机器人通信板	87
任务 4-3 模拟信号的说明	108
任务 4-4 I/O 信号的监控	116



任务 4-5 系统输入/输出与 I/O 信号的关联	118
任务 4-6 可编程按键的配置	125
练习题	128
项目五 ABB 工业机器人简单编程及程序数据	129
任务 5-1 认识 RAPID 程序的架构	129
任务 5-2 认识程序数据的类型与分类	132
任务 5-3 建立程序数据	136
任务 5-4 工业机器人运动指令讲解	139
任务 5-5 基础轨迹练习	153
任务 5-6 RAPID 程序编程调试	179
任务 5-7 管理机器人例行程序	198
任务 5-8 管理机器人程序模块	205
练习题	215
项目六 工业机器人高级编程	216
任务 6-1 条件逻辑判断指令	216
任务 6-2 I/O 控制指令	234
任务 6-3 使用中断指令 TRAP	237
任务 6-4 使用 FUNCTION 功能	243
任务 6-5 其他常用指令介绍	247
练习题	256
项目七 附件	258
实验一 学会点动机器人	258
实验二 工具坐标系设置	262
实验三 工件坐标系设置	264
实验四 I/O 信号设置	266
实验五 程序编辑及手动执行程序	269
实验六 逻辑编程	271
实验七 码垛练习	275
参考文献	278

项目一

了解工业机器人

项目目标：

- 了解综合实训平台的机械结构与组成。
- 了解工业机器人的定义和分类。
- 了解工业机器人系统组成及主要技术参数。
- 了解工业机器人使用安全注意事项。

任务描述：

在简单了解综合实训平台机械结构与组成的基础上,了解机器人的定义、分类、主要技术参数及学习这门课程所必备的能力和所需安装的软件,知道在使用机器人的过程中需要注意的安全事项。

任务 1-1 综合实训平台机械结构认知



综合实训平台
机械结构认知

任务描述：

了解综合实训平台的机械结构与组成部分,掌握各组成部分的作用,了解综合实训平台使用的相关软件。

知识学习：

1.综合实训平台装置介绍

综合实训平台由 ABB IRB 120 六自由度工业机器人、气压控制单元、轨迹路线功能模块、



井式送料和传送带模块、搬运码垛模块、模拟压铸模块、工件检测模块、可编程控制器(PLC)单元、触摸屏等部分组成,可实现码垛应用、压铸取件、轨迹类应用、TCP 标定等教学练习。综合实训平台实物图如图 1-1 所示,各组成装置介绍见表 1-1。

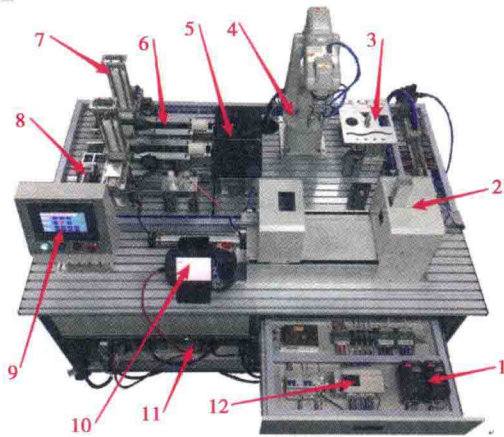
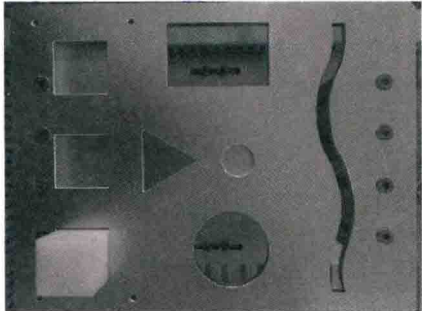
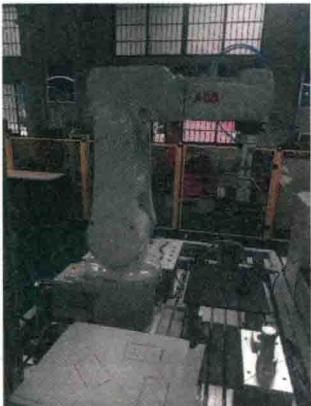
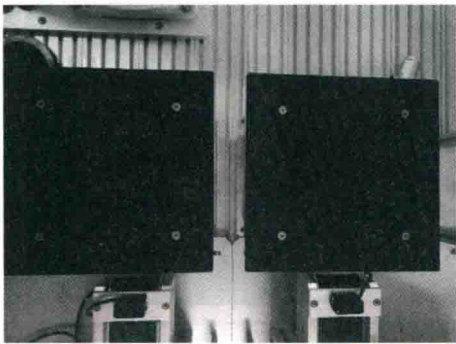
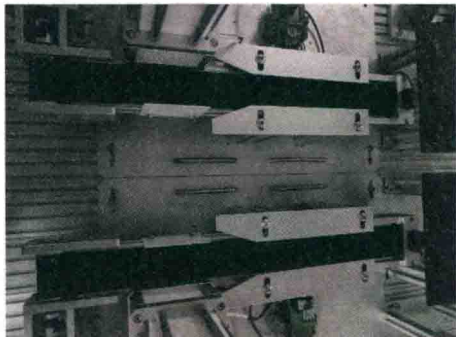


图 1-1 综合实训平台实物图

表 1-1 综合实训平台各组成装置介绍

序号	名称	图片	说明
1	三菱变频器		采用型号为 D700 的变频器,通过改变电机工作电源频率的方式来控制交流电动机实现变频调速,从而控制传送带的运动速度
2	压铸装置		模拟压铸的过程:送料、压铸、脱模、检测、摆放

续表

序号	名称	图片	说明
3	走轨迹平台		走轨迹平台:模拟机器人完成焊接轨迹:三角形轨迹、方形轨迹、圆形轨迹和曲线轨迹
4	机器人本体		ABB IRB120 机器人,是 ABB 制造的最小的机器人。具有以下优点: ①紧凑轻量 ②精准、敏捷
5	码垛平台		物料码垛摆放平台
6	物料传送带		将物料通过传送带从传送带末端传输到传送带前端,实现机器人完成码垛工序

续表

序号	名称	图片	说明
7	料井		存储物料并能够通过气缸进行推料
8	交流电动机		控制传送带运动
9	操控面板		操控面板由人机交互界面、急停、蜂鸣器、指示灯等组成,通过人机交互界面可触发信号控制实训平台的整体运动
10	示教器		操纵机器人和编写程序

续表

序号	名称	图片	说明
11	IRC5 紧凑型控制柜		工业机器人的控制系统
12	总控系统		总控系统采用型号为 FX3U-48MR/ES-A 的三菱 PLC, 用于控制机器人、电机、气缸等执行机构动作, 处理各单元检测信号等任务

2. 相关软件介绍

综合实训平台使用了 RobotStudio 仿真软件、GX Works2 三菱编程软件、TouchFinder for PC 欧姆龙视觉调试软件等 3 个软件。

(1) RobotStudio

RobotStudio 是 ABB 机器人专用编程调试仿真软件, 其功能包括各种常见 CAD 模型导入、自动路径生成、自动分析伸展功能、碰撞检测、在线作业、模拟仿真、行业应用功能包等, 覆盖了工业机器人完整的生命周期。同时, 该软件提供底层驱动接口函数, 可供用户进行二次开发使用及进行深层次机器人控制技术的研究。

(2) GX Works2

GX Works2 是三菱可编程控制器程序编写调试软件, 可对设备中的三菱 PLC 进行程序编写和调试。

(3) TouchFinder for PC

TouchFinder for PC 是欧姆龙智能视觉系统专用软件, 可对欧姆龙 FQ2 系列智能相机进行程序编写和调试。

任务 1-2 工业机器人的定义和分类

任务描述:

了解工业机器人的定义和分类,了解工业机器人典型的应用。

知识学习:

1. 工业机器人的定义

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。它是自动执行工作的机器装置,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。工业机器人是一门多学科交叉的综合学科,涉及机械、电子、运动控制、传感检测、计算机技术等领域,它不是现有机械、电子技术的简单组合,而是这些技术有机融合的一体化装置。

目前,工业机器人技术的应用非常广泛,可上至宇宙开发,下至海洋探索,各行各业都离不开机器人的开发和应用。工业机器人的应用程度是衡量一个国家工业自动化水平的重要标志。虽然机器人面世已有几十年的时间,但仍然没有一个统一的定义。其原因之一就是机器人还在不断发展,新的机型、新的功能不断涌现。各组织及群体对工业机器人的定义见表 1-2。

表 1-2 各组织及群体对工业机器人的定义

组织及群体	定义
美国机器人协会	一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的,通过程序动作来执行种种任务的,并具有编程能力的多功能操作机
日本机器人协会	工业机器人是一种带有存储器件和末端操作器的通用机械,它能够通过自动化的动作替代人类劳动
中国科学家	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
国际标准化组织	工业机器人是一种仿生的、具有自动控制能力的、可重复编程的多功能、多自由度的操作机械

由此不难发现,工业机器人是由机械结构、伺服电动机、减速机和控制系统组成的,用于从事工业生产,能够自动执行工作指令的机械装置。现代工业机器人还可以根据人工智能技术制订的原则和纲领行动。

一般情况下工业机器人具有以下 4 个特征:

(1) 可编程

生产自动化的进一步发展是柔性启动化。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行走、腰转、大臂、小臂、手腕、手爪等部分,在控制上有计算机。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、语言功能传感器等。

(3) 通用性

除了专门设计的专用工业机器人外,一般工业机器人在执行不同的作业任务时具有较好的通用性。比如,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) 智能化

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。工业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、工厂自动化以及精细物流等先进制造技术,技术综合性强。

2. 工业机器人的分类

工业机器人的分类没有统一的规定,常见分类方法有按智能程度、按结构坐标系等。

(1) 按智能程度分类

按智能程度分类,机器人可以分为以下3种:

1) 示教再现型机器人

示教再现型机器人具有记忆能力,能够按照人类预先示教的轨迹、行为、顺序和速度重复作业。示教分为两种形式:

①由操作员手把手示教。操作人员握住机器人上的喷枪,沿喷漆路线示范一遍,机器人动作中记住这一连串运动,工作中,自动重复这些运动,从而完成给定位置的涂装工作。

②通过示教器示教。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。

2) 感知机器人

感知机器人具有环境感知装置,对外界环境有一定感知能力,并具有听觉、视觉、触觉等功能。工作时,根据感觉器官(传感器)获得的信息,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。目前已进入应用阶段。例如,具有触觉的机械手可轻松自如地抓取皮球,具有嗅觉的机器人能分辨出不同饮料和酒类。

3) 智能机器人

智能机器人具有高度的适应性,能自行学习、推理、决策等,现处于研究阶段。

(2) 按机器人结构坐标系分类

按机器人结构坐标系分类可分为直角坐标机器人、圆柱坐标机器人、极坐标机器人和多关节坐标机器人等类型。

1) 直角坐标机器人

直角坐标机器人的手部在空间3个相互垂直的X、Y、Z方向移动,构成一个直角坐标系,



运动是独立的(有3个独立自由度),其动作空间为一长方体。如图1-2所示,其特点是控制简单、运动直观性强、易达到高精度,但操作灵活性差、运动的速度较低、操作范围较小而占据的空间相对较大。

2) 圆柱坐标机器人

圆柱坐标机器人机座上具有一个水平转台,在转台上装有立柱和水平臂,水平臂能上下移动和前后伸缩,并能绕立柱旋转,在空间构成部分圆柱面(具有一个回转和两个平移自由度),如图1-3所示,其特点是其工作范围较大、运动速度较高,但随着水平臂沿水平方向伸长,其线位移分辨率越来越低。著名的 Versatran 机器人就是典型的圆柱坐标机器人。

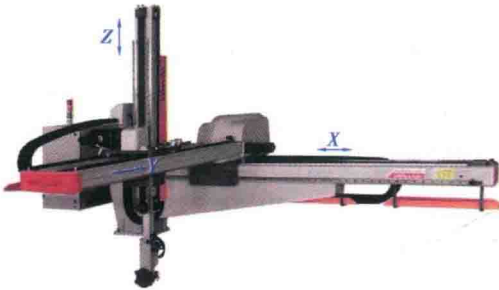


图 1-2 直角坐标机器人



图 1-3 圆柱坐标机器人

3) 极坐标机器人(球坐标型)

极坐标机器人工作臂不仅可绕垂直轴旋转,还可绕水平轴做俯仰运动,且能沿手臂轴线做伸缩运动(其空间位置分别有旋转、摆动和平移3个自由度),如图1-4所示,著名的 Unimate 机器人就是这种类型的机器人。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,但仍大于多关节坐标机器人,操作比圆柱坐标机器人更为灵活。

4) 多关节坐标机器人

多关节坐标机器人由多个旋转和摆动机构组合而成。其特点是操作灵活性好、运动速度高、操作范围大,对喷涂、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。摆动方向主要有铅垂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。目前世界工业界装机最多的多关节机器人是串联关节垂直六轴机器人和 SCARA 型四轴机器人,如图1-5所示。

①垂直多关节机器人:操作机由多个关节连接的机座、大臂、小臂和手腕等构成,大、小臂既可在垂直于机座的平面内运动,也可实现绕垂直轴的转动。模拟了人类的手臂功能,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。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。