



普通高等教育智能制造类专业“十三五”规划教材

GONGYE JIQIREN SHICAO JI YINGYONG

工业机器人实操及应用

主编 黄锦添 戴幸平



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

普通高等教育智能制造类专业“十三五”规划教材

工业机器人实操及应用

主 编 黄锦添 戴幸平

副主编 周志强 赵伟雄



武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书根据南大机器人系统,按照项目式教学方式的教学内容安排与整合。项目以实际工程案例为主,分解为若干任务,由任务驱动,体现了理论与实践一体的教学原则。大部分项目最后辅以趣味性或综合性环节作为拓展练习,以提高学习者的学习兴趣和参与度,培养其发散思维。全书共分八个项目,分别为认识工业机器人、工业机器人基础操作、工业机器人编程准备、南大机器人初级编程、码垛机器人应用、焊接机器人应用、工业机器人跟踪应用、工业机器人视觉应用。通过项目式教学,读者可以系统学习南大机器人系统的操作、编程、智能应用、轨迹编程、多功能实训平台在线编程调试等,内容涵盖机器人工作站创建、通信板卡设置、I/O 设置、示教器操作、坐标系设置、工具安装、轨迹目标点示教、常用编程指令讲解等工业机器人编程操作过程的基本环节。

本书可作为工业机器人应用技术及自动化类专业的教材,也可供从事工业机器人开发、调试、维护的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人实操及应用/黄锦添,戴幸平主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2018.8
ISBN 978-7-5629-5873-4

I. ①工… II. ①黄… ②戴… III. ①工业机器人 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 177422 号

项目负责人:杨万庆 王利永

责任校对:刘 凯

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.75

字 数:400 千字

版 次:2018 年 8 月第 1 版

印 次:2018 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000 册

定 价:45.00 元

责 任 编 辑:王 思

封 面 设 计:博壹臻远

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87785758 87384729 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

目录

P 前言

reface

面对即将来袭的以人工智能为特征的中国制造 2025 时代,操作的扁平化、产品的标准化、工艺的模块化等生产模式对高等教育人才培养模式提出了新挑战。高校要未雨绸缪,积极探索能力化教育理念、模块化培养体系、合作研学教学模式、移动化教学形式,彻底改变现行的按照工业 2.0 甚至是工业 1.8 思维方式构建的高职教育教学模式,以适应智能化时代人才的思维模式、能力类型和素质特征。

本书从教学方式入手,对教育目标和旧教学模式进行改革,针对业内备受欢迎的一款国产工业机器人——南大机器人及其系统,按照项目式教学方式的教学内容进行安排与整合,体现了理论与实践一体的教育教学原则,具有以下几方面的特点:

(1) 体系架构新颖,编写形式体现应用型教育特色。本书打破了以原理为主线的教材章节体例,建立以工作任务为主线的编写体系。项目以实际工程案例为主,分解为若干任务,大部分项目最后辅以趣味性或综合性环节作为拓展练习,以提高读者的学习兴趣和参与度,培养其发散思维和综合运用能力,体现了教师教学引导和学生自主学习的统一。

(2) 采用来自生产一线的典型案例,融入应用能力培养的相关要求。本书采用来自生产一线的案例或工作任务,融入技能鉴定的相关内容和要求,体现了课程内容的职业适应性和职业导向性。

(3) 体系架构灵活,便于教学安排。本书各项目相对独立,在教学中可根据相关专业教学要求及实际设备情况选择部分项目进行教学,可选择部分项目中的部分任务进行教学,体现了教学组织的科学性和灵活性的统一。

(4) 项目按由易到难的方式编排,符合认知规律。本书各项目编排由易到难,注重实践练习和能力培养,符合学生的特点及认知规律。

(5) 教学资源丰富。本书配套了丰富的仿真模型、应用案例、视频录像、源程序等教学资源。

本书由黄锦添、戴幸平任主编,周志强、赵伟雄任副主编。具体编写分工如下:广东南大机器人有限公司周志强编写项目 1、项目 7;广东南方职业学院戴幸平编写项目 2、项目 3;广东南方职业学院黄锦添编写项目 4、项目 5、项目 6;广东南大机器人有限公司赵伟雄编写项目 8。本书由黄锦添提出编写提纲并进行统稿。

书中难免有错漏之处,欢迎广大读者批评指正,并提出宝贵修改意见和建议。

编者

2018 年 5 月

C 目 录

Contents

项目 1 认识工业机器人	(1)
1.1 工业机器人的组成和分类	(1)
1.1.1 工业机器人的组成	(1)
1.1.2 工业机器人的分类	(2)
1.2 中国南大机器人	(6)
1.2.1 广东南大机器人有限公司简介	(6)
1.2.2 南大机器人的选型	(7)
1.3 工业机器人安全注意事项	(8)
1.3.1 危险	(8)
1.3.2 注意	(8)
1.3.3 强制	(9)
项目 2 工业机器人基础操作	(10)
2.1 工业机器人系统介绍	(10)
2.1.1 南大机器人控制柜	(10)
2.1.2 南大机器人控制系统主控机	(10)
2.1.3 南大机器人专用端子板	(12)
2.1.4 南大机器人 I/O 转接板	(12)
2.1.5 南大机器人系统电气互联	(13)
2.2 认识示教器——配置必要的操作环境	(14)
2.2.1 示教器外观及布局介绍	(14)
2.2.2 示教器的画面介绍	(16)
2.3 机器人系统界面介绍	(24)
2.4 程序备份和恢复	(30)
2.4.1 文件保存到 U 盘	(31)
2.4.2 从 U 盘导入	(32)
2.5 示教模式	(34)
2.5.1 示教模式下能进行的操作	(34)
2.5.2 简单手动运动	(34)
2.5.3 示教盒正确操作姿势	(35)
2.5.4 简单手动	(35)
项目 3 工业机器人编程准备	(37)
3.1 零点标定	(37)
3.1.1 机器人零点设置	(37)
3.1.2 机器人标定	(37)

3.2 坐标系	(39)
3.2.1 关节坐标系	(39)
3.2.2 直角坐标系	(39)
3.2.3 用户坐标系	(40)
3.2.4 工具坐标系	(40)
3.3 坐标系设置	(41)
3.3.1 用户坐标系设置	(41)
3.3.2 工具坐标系设置	(45)
3.4 坐标系的切换与调用	(48)
3.4.1 坐标系图标说明	(48)
3.4.2 坐标系切换	(49)
3.4.3 坐标系调用	(49)
3.5 系统变量	(53)
3.5.1 全局 P 变量	(54)
3.5.2 局部 P 变量	(55)
3.5.3 全局 I 变量	(57)
3.5.4 局部 I 变量	(58)
3.5.5 全局 D 变量	(59)
3.5.6 局部 D 变量	(59)
3.6 I/O 信号	(60)
3.7 新建程序	(67)
3.7.1 程序列表编辑功能	(67)
3.7.2 程序编辑界面的编辑功能	(70)
3.8 程序编辑	(77)
3.8.1 改变指令	(77)
3.8.2 运动	(78)
3.8.3 逻辑	(78)
3.8.4 打开工艺	(78)
3.8.5 上一条指令	(79)
3.8.6 保存	(79)
3.8.7 关闭	(79)
课后练习	(80)
项目 4 南大机器人初级编程	(81)
4.1 编程指令介绍	(81)
4.2 运动指令	(85)
4.2.1 关节运动指令 MOVJ	(85)
4.2.2 直线运动指令 MOVL	(86)
4.2.3 圆弧运动指令 MOVCA	(88)
4.2.4 整圆运动指令 MOVCA	(90)
4.3 逻辑指令	(91)

4.3.1	数字量输出 DOUT	(91)
4.3.2	模拟量输出 AOUT	(91)
4.3.3	条件等待 WAIT	(91)
4.3.4	延时指令 TIME	(92)
4.3.5	暂停 PAUSE	(92)
4.3.6	条件跳转 JUMP	(93)
4.3.7	子程序调用 CALL	(94)
4.3.8	注释	(95)
4.3.9	跳转标号	(95)
4.3.10	子程序返回	(95)
4.4	运算指令	(95)
4.4.1	加法运算 ADD	(95)
4.4.2	减法运算 SUB	(96)
4.4.3	乘法运算 MUL	(96)
4.4.4	除法运算 DIV	(97)
4.4.5	加一运算 INC	(97)
4.4.6	减一运算 DEC	(98)
4.4.7	赋值 SET	(98)
4.4.8	取余数 MOD	(99)
4.5	辅助指令	(99)
4.5.1	速度改变指令 SPEED	(99)
4.5.2	条件判断 IF	(100)
4.5.3	循环指令 WHILE	(101)
4.5.4	条件选择 SWITCH	(103)
4.5.5	切换工具坐标 CHANGETOOL	(105)
4.5.6	改变用户坐标 CHANGEUSE	(105)
4.6	示教编程	(105)
4.6.1	手动控制机器人准备工作	(106)
4.6.2	新建文件	(108)
4.6.3	编辑程序	(111)
4.6.4	焊接示教编程	(113)
4.6.5	搬运示教编程	(115)
4.7	示教试运行	(118)
4.7.1	相关参数	(118)
4.7.2	其他准备	(119)
4.7.3	程序试运行步骤	(119)
4.8	再现模式	(120)
4.8.1	准备工作	(120)
4.8.2	打开程序	(120)
4.8.3	启动	(121)

4.8.4 暂定(终止)	(121)
4.8.5 调速、运行模式及工作模式切换	(122)
4.8.6 停止后再启动	(123)
4.8.7 紧急停止	(125)
4.9 远程模式	(125)
4.9.1 远程(REMOTE)运行方式	(125)
4.9.2 准备工作	(126)
4.9.3 程序调用	(126)
4.9.4 远程运行	(128)
课后练习	(129)
项目 5 码垛机器人应用	(130)
5.1 码垛功能准备	(130)
5.1.1 码垛基本概念	(130)
5.1.2 变量说明	(130)
5.2 码垛工艺设置步骤	(131)
5.2.1 准备工作	(131)
5.2.2 码垛工艺设置	(135)
5.3 码垛举例	(146)
5.3.1 单线单垛	(146)
5.3.2 单线双垛	(147)
5.3.3 双线双垛	(149)
5.3.4 单双层单线单垛	(151)
5.3.5 单双层单线双垛	(154)
5.3.6 单双层双线双垛	(164)
项目 6 焊接机器人应用	(183)
6.1 与焊接电源的匹配	(183)
6.2 焊接指令	(185)
6.3 焊机参数设置	(187)
6.3.1 基本参数	(188)
6.3.2 功能选项	(188)
6.3.3 焊接电流匹配设置	(189)
6.3.4 焊接电压匹配设置	(190)
6.4 焊接工艺设置	(191)
6.4.1 设置焊接的基本参数	(191)
6.4.2 设置焊接摆弧参数	(193)
6.5 焊接编程举例	(195)
6.5.1 程序举例	(195)
6.5.2 程序示教步骤	(195)
6.5.3 程序试运行验证	(205)
6.5.4 程序再现	(206)

项目 7 工业机器人跟踪应用	(210)
7.1 准备工作	(210)
7.1.1 设备要求	(210)
7.1.2 硬件连接	(210)
7.1.3 硬件连接说明	(210)
7.1.4 Counter 接口引脚定义	(211)
7.2 跟踪工艺设置	(212)
7.2.1 跟踪标定前准备工作	(212)
7.2.2 设置跟踪参数	(213)
7.2.3 参数项详解	(214)
7.3 标定过程	(216)
7.4 编程运行	(218)
7.4.1 跟踪指令	(218)
7.4.2 跟踪相关变量	(219)
7.4.3 跟踪程序举例	(220)
7.5 跟踪标定和编程时注意事项	(221)
项目 8 工业机器人视觉应用	(223)
8.1 基本情况说明	(223)
8.1.1 基本概念	(223)
8.1.2 视觉系统工作思路	(223)
8.1.3 视觉参数详细说明	(223)
8.2 视觉标定	(231)
8.2.1 准备工作	(231)
8.2.2 相机调试	(231)
8.2.3 机器人系统视觉参数设置	(232)
8.2.4 视觉系统通信设置	(235)
8.2.5 机器人系统通信设置	(238)
8.3 相机标定	(240)
8.4 建立相机与机器人之间的坐标关系	(241)
8.4.1 校准视觉坐标系	(241)
8.4.2 像素比设置	(242)
8.4.3 重置视觉坐标系零点	(242)
8.4.4 建立用户坐标系	(244)
8.4.5 检验视觉引导精度	(249)
8.5 实物标定	(251)
8.6 程序编辑	(252)
8.6.1 指令说明	(252)
8.6.2 变量说明	(252)
8.6.3 程序举例	(253)
参考文献	(257)

项目 1 认识工业机器人

1.1 工业机器人的组成和分类

在日常生活中，一提到机器人，人们往往首先联想到的是人形的机械装置，但实际并非如此。机器人的外表并不一定像人，有的根本不像人。人们制造机器人是为了让机器人代替人的工作，因此希望机器人具有人的劳动能力，即希望它有像人一样灵巧的双手、能行走的双脚，具有人类的感觉功能，具有理解人类语言、用语言表达的能力，具有思考、学习和决策的能力。

1.1.1 工业机器人的组成

工业机器人，一般由两大部分组成：一部分是机器人执行机构，一般称作机器人操作机 (Robot Manipulator)，它负责机器人的操作和作业；另一部分是机器人控制系统，它主要负责信息的获取、处理、作业编程、规划、控制以及整个机器人系统的管理等。机器人控制系统是机器人中最核心的部分，机器人性能的优劣主要取决于控制系统的品质。机器人控制系统集中体现了各种现代高新技术和相关学科的最新进展。当然，要想机器人进行作业，除去机器人以外，还需要相应的作业机构及配套的周边设备，这些与机器人一起形成了一个完整的工业机器人作业系统。工业机器人的系统结构如图 1-1 所示。

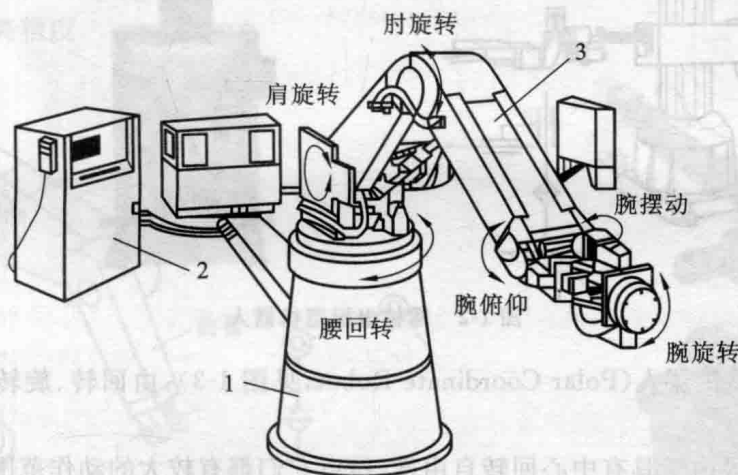


图 1-1 工业机器人的系统结构

1,3—执行机构;2—控制系统

(1) 机器人操作机

操作机具有与人手臂相似的功能，是可在空间抓放物体或进行其他操作的机械装置，包括机座、手臂、手腕和末端执行器。迄今为止，典型的工业机器人仅实现了人类胳膊和手的

某些功能,所以机器人操作机也称作机器人手臂或机械手。机器人机构可以视为一种杆件机构,它的基本结构是将机构学中的杆件和运动副相互连接而构成的开式运动链。

在机器人中,连杆可称为手臂,运动副称作关节,关节分为平移关节和转动关节。机器人的末端称为手腕,它一般由几个转动关节组成。机器人的手臂决定机器人达到的位置,而手腕则决定机器人的姿态。

(2) 机器人控制系统

控制系统是机器人的关键和核心部分,它类似于人的大脑,控制着机器人的臂部动作。机器人功能的强弱以及性能的优劣,主要取决于控制系统。

控制系统用来控制工业机器人按规定要求动作,可分为开环控制系统和闭环控制系统。多数工业机器人采用计算机控制,一般分为决策级、策略级和执行级:决策级的功能是识别环境,建立模型,将作业任务分解为基本动作序列;策略级的功能是将基本动作变为关节坐标协调变化的规律,并将各关节伺服系统的执行指令分配给各关节的伺服系统;执行级给出各关节伺服系统执行给定的指令。

1.1.2 工业机器人的分类

工业机器人的分类方法很多,可以按其坐标形式、控制方式和功能等进行分类。

1.1.2.1 按坐标形式分类

(1) 圆柱坐标型机器人(Cylindrical Coordinate Robot,见图 1-2):由一个回转和两个平移的自由度组合构成。

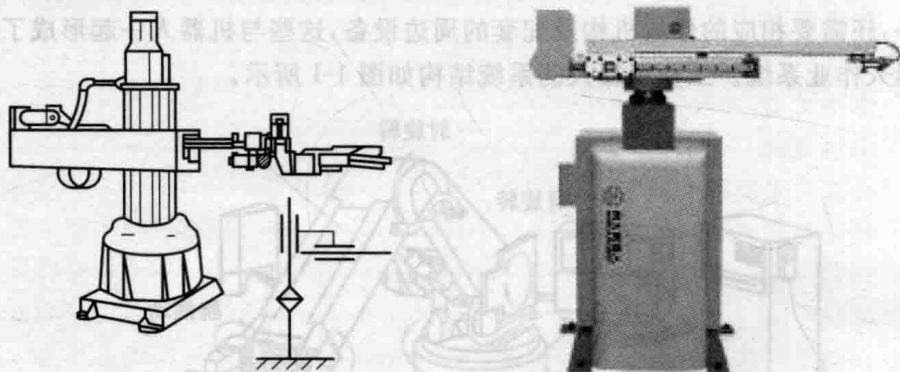


图 1-2 圆柱坐标型机器人

(2) 球坐标型机器人(Polar Coordinate Robot,见图 1-3):由回转、旋转、平移的自由度组合构成。

这两种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。世界上最初实用化的工业机器人“Versatran”和“Unimate”,分别采用圆柱坐标型和球坐标型。

(3) 直角坐标型机器人(Cartesian Coordinate Robot,见图 1-4):由独立沿 X、Y、Z 轴的自由度构成。其结构简单,精度高,坐标计算和控制也都极为简单。

(4) 关节型机器人(Articulated Robot,见图 1-5):主要由回转和旋转自由度构成。它可以看成是仿人手臂的结构,具有肘关节的连杆关节结构,如图 1-5 所示。从肘至手臂根部

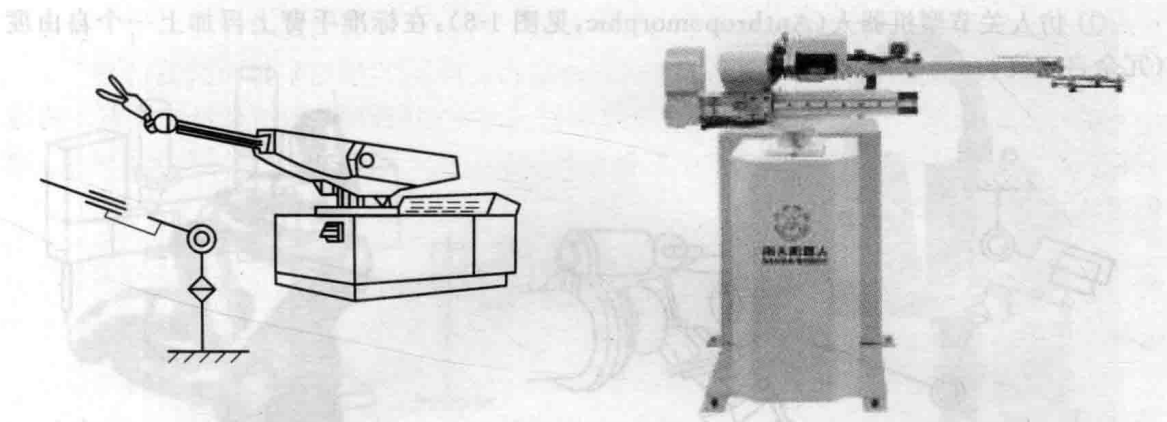


图 1-3 球坐标型机器人

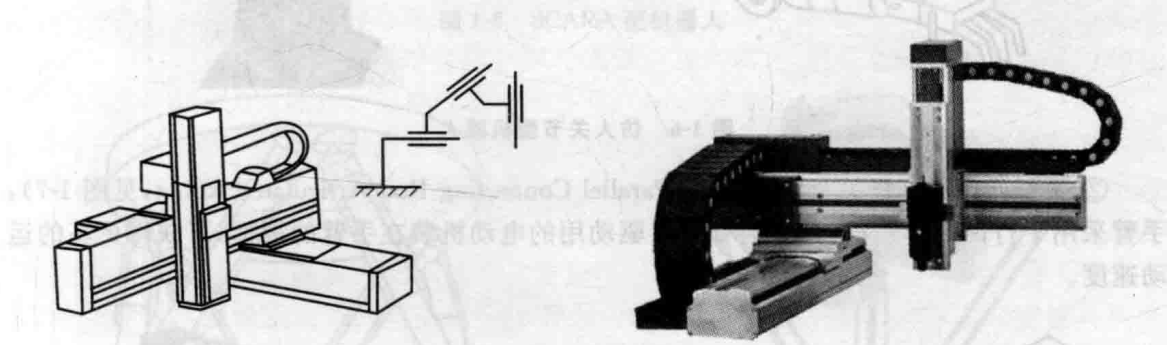


图 1-4 直角坐标型机器人

的部分称为上臂,从肘到手腕的部分称为前臂。这种结构对于确定三维空间上的任意位置和姿态是最有效的,对于各种各样的作业都有良好的适应性,但其坐标计算和控制比较复杂,且难以达到高精度。

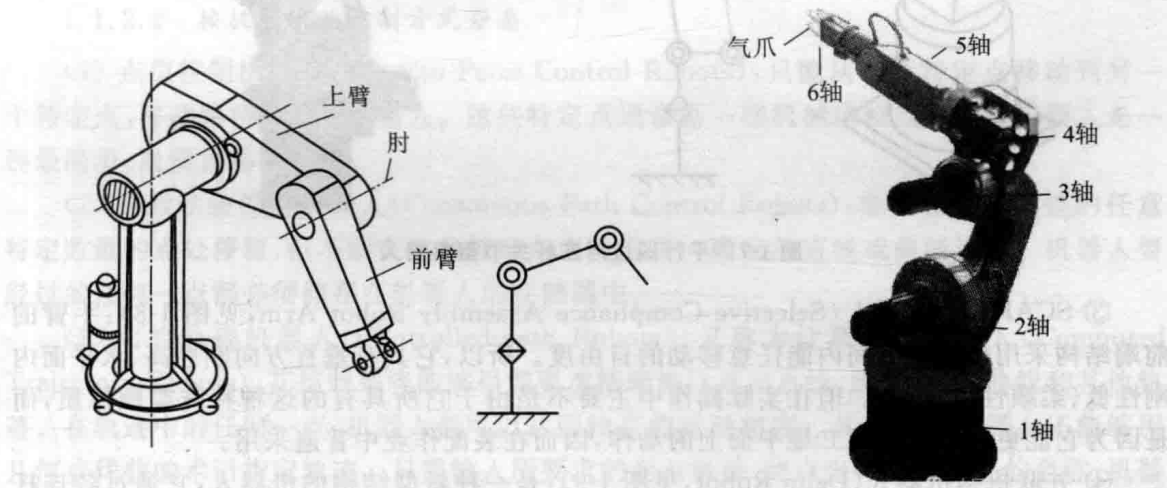


图 1-5 关节型机器人

一般关节型机器人手臂采用回转、旋转的自由度结构,如图 1-5 所示。关节型机器人根据其自由度的构成方法,可再进一步分成以下几类:

① 仿人关节型机器人(Anthropomorphic, 见图 1-6): 在标准手臂上再加上一个自由度(冗余自由度)。

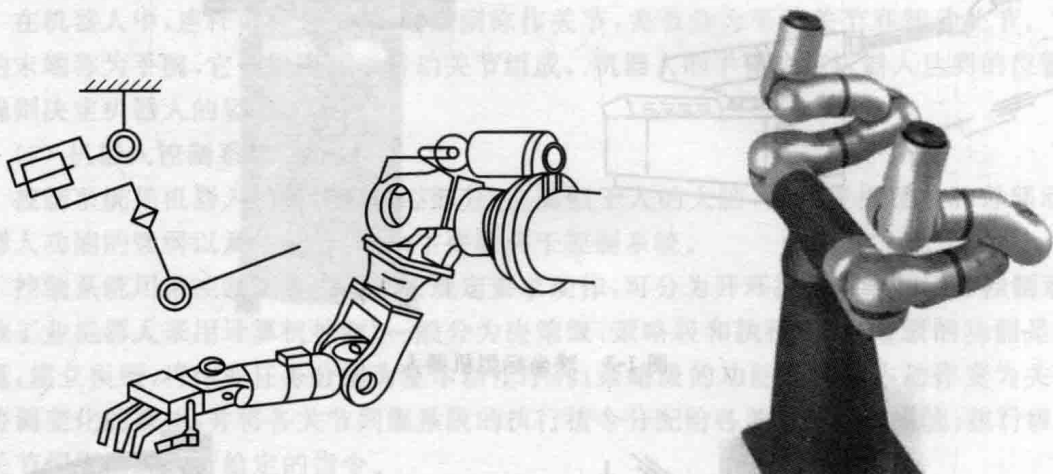


图 1-6 仿人关节型机器人

② 平行四边形连杆关节型机器人(Parallel Connecting Rod Articulated Robot, 见图 1-7): 手臂采用平行四边形连杆, 并把前臂关节驱动用的电动机装在前臂的根部, 可获得更高的运动速度。

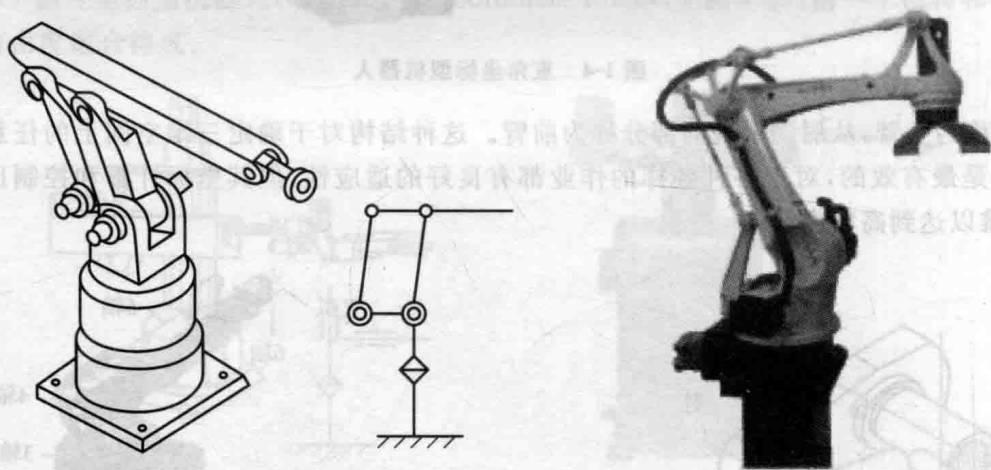


图 1-7 平行四边形连杆关节型机器人

③ SCARA 型机器人(Selective Compliance Assembly Robot Arm, 见图 1-8): 手臂的前端结构采用在二维空间内能任意移动的自由度。所以, 它具有垂直方向刚性高、水平面内刚性低(柔顺性)的特征。但在实际操作中主要不是由于它所具有的这种特殊柔顺性质, 而是因为它能更简单地实现二维平面上的动作, 因而在装配作业中普遍采用。

④ 并联机构机器人(Delta Robot, 见图 1-9): 是一种新型结构的机器人, 它通过各连杆的复合运动, 给出末端的运动轨迹, 以完成不同类型的作业。该结构的机器人特点在于刚性好, 可用来完成数控机床的一些功能, 因此也称为并联机床。目前已有这方面的样机, 它可完成复杂曲面的加工, 既是数控机床的一种新的结构形式, 也是机器人功能的一种拓展。其不足是控制复杂, 工作范围比较小, 精度也比数控机床低一些。

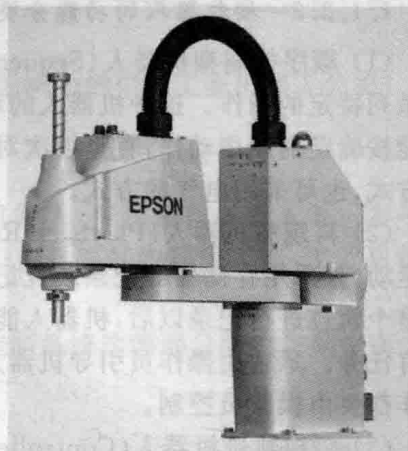
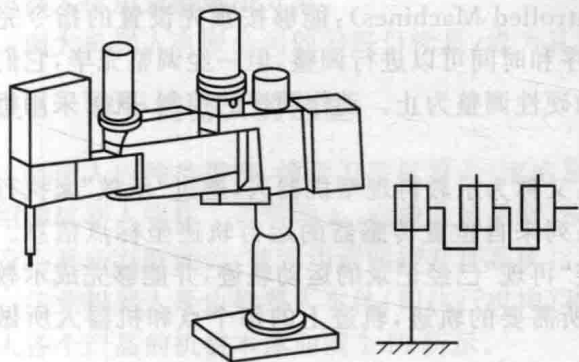


图 1-8 SCARA 型机器人

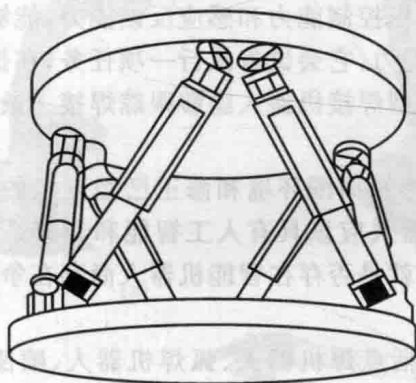


图 1-9 并联机构机器人

1.1.2.2 按机器人的控制方式分类

(1) 点位控制机器人(Point to Point Control Robots):只能从一个特定点移动到另一个特定点,移动路径不限的机器人。这些特定点通常是一些机械定位点。这种机器人是一种最简单、最便宜的机器人。

(2) 连续轨迹控制机器人(Continuous Path Control Robots):能够在运动轨迹的任意特定数量的点处停留,但不能在这些特定点之间沿某一确定的直线或曲线运动。机器人要经过的任何一点都必须储存在机器人的存储器中。

(3) 可控轨迹机器人(Controlled-path Robots):又称为计算轨迹机器人(Computed Trajectory Robots),其控制系统能够根据要求精确地计算出直线、圆弧、内插曲线和其他轨迹。在轨迹中的任何一点,机器人都可以达到较高的运动精度。其中有些机器人还能够用几何或代数的术语指定轨迹。只需输入所要求的起点坐标、终点坐标以及轨迹的名称,机器人就可以按指定的轨迹运行。

(4) 伺服型与非伺服型机器人(Servo Versus Non-servo Robots):伺服型机器人可以通过某些方式感知自己的运动位置,并把所感知的位置信息反馈回来控制机器人的运动;非伺服型机器人则无法确定自己是否已经到达指定的位置。

1.1.2.3 按机器人的功能分类

(1) 顺序控制型机器人(Sequence-Controlled Machines):能够按预先设置的指令完成一系列特定的动作。这种机器人的动作顺序和时间可以进行调整,但一经调整完毕,它们就只能按确定的顺序动作,直至再次对它们做硬性调整为止。动作顺序的控制,既可采用机械的方式,也可采用电气的方式。

(2) 再现型机器人(Playback Robots):又称为示教再现型机器人,通过“示教”来执行各种运动,并采用存储器等记录装置记录一系列来自位置传感器的运行轨迹坐标点信息。在对整个轨迹进行记录以后,机器人能够直接“再现”已经记录的运动轨迹,并能够完成示教的所有任务。示教由操作员引导机器人走过所需要的轨迹,轨迹上的每个点和机器人所做的动作都要由操作员控制。

(3) 可控轨迹机器人(Controlled-Path Robots):可通过编程沿若干特定点之间的确定轨迹运动,用户只需指定某些点和计算轨迹必须使用的点集名称,如内插曲线、光滑曲线等。这种机器人又称为数控机器人,因为它与数控机床较为类似。

(4) 自适应机器人(Adaptive Robots):具有计算机控制能力和感应反馈能力,能够反映周围环境的变化。这种机器人大多具有可控轨迹的能力,它会试着执行一项任务,在执行过程中不断修正自己的轨迹和动作。例如,一台自适应型焊接机器人能够跟踪焊接一条焊缝,并且允许这条焊缝轨迹与预定的轨迹有所不同。

(5) 智能机器人(Intelligent Robots):不仅能够感知周围环境和修正已经设定的动作,而且具有知识库和对周围环境建模的能力。这种机器人应该具有人工智能和专家系统,具有一整套感觉系统,具有大容量的信息存储器。目前就是否存在智能机器人尚存在争论,智能机器人的最终实现还有待人们的进一步研究。

另外,人们还习惯于按照机器人的用途命名,包括点焊机器人、弧焊机器人、喷漆机器人、装配机器人,以及搬运、上下料、码垛机器人等。

1.2 中国南大机器人

1.2.1 广东南大机器人有限公司简介

广东南大机器人有限公司是一家集工业机器人研发、锂电池设备生产、非标自动化设计生产、教育机器人研发、工业自动化软件开发应用及产品销售为一体的高科技企业,也是与广东南方职业学院有深度合作的产学研一体化企业。

工业机器人是中国智能制造发展战略规划的重要组成部分,南大机器人以推动中国工业机器人民族产业发展为目标,充分发挥公司已有智能控制系统和交流伺服系统产品的技术,拓展下游产业发展空间,开发自主核心控制技术和高性价比的系列化工业机器人产品及成套设备,致力于工业机器人产业规模化和国产化,争取通过数年的努力,建立一个具有国际知名度的工业机器人品牌和业界著名公司。

南大机器人公司现拥有一支高水平的专业研发团队,公司有多名研究生和博士后,具有与世界工业机器人技术同步发展的技术优势;公司已经拥有全系列工业机器人产品,包括六轴通用机器人、四轴码垛机器人、SCARA 机器人、DELTA 机器人、伺服机械手、智能成套设备系列。应用领域包括焊接、机械加工、搬运、装配、分拣、喷涂等领域的智能化生产。同时,

公司拥有一支强大的工业机器人工程应用设计团队,致力于客户价值最大化,为客户提供工业机器人应用完整解决方案。

南大机器人有限公司的发展目标是:成为具有国际影响力的中国工业机器人公司!

1.2.2 南大机器人的选型

机器人的种类很多,像学习型机器人、家庭服务型机器人、深水工作机器人等。本书所介绍的机器人叫作工业机器人,它像人的手臂,根据人们预先编好的程序工作,工业机器人本身不具备判断能力,技术用语叫作开环系统。

工业机器人是由机器人本体(即执行机构)和电气控制系统这两部分组成。其中南大机器人各个产品的机械本体如图 1-10 所示。

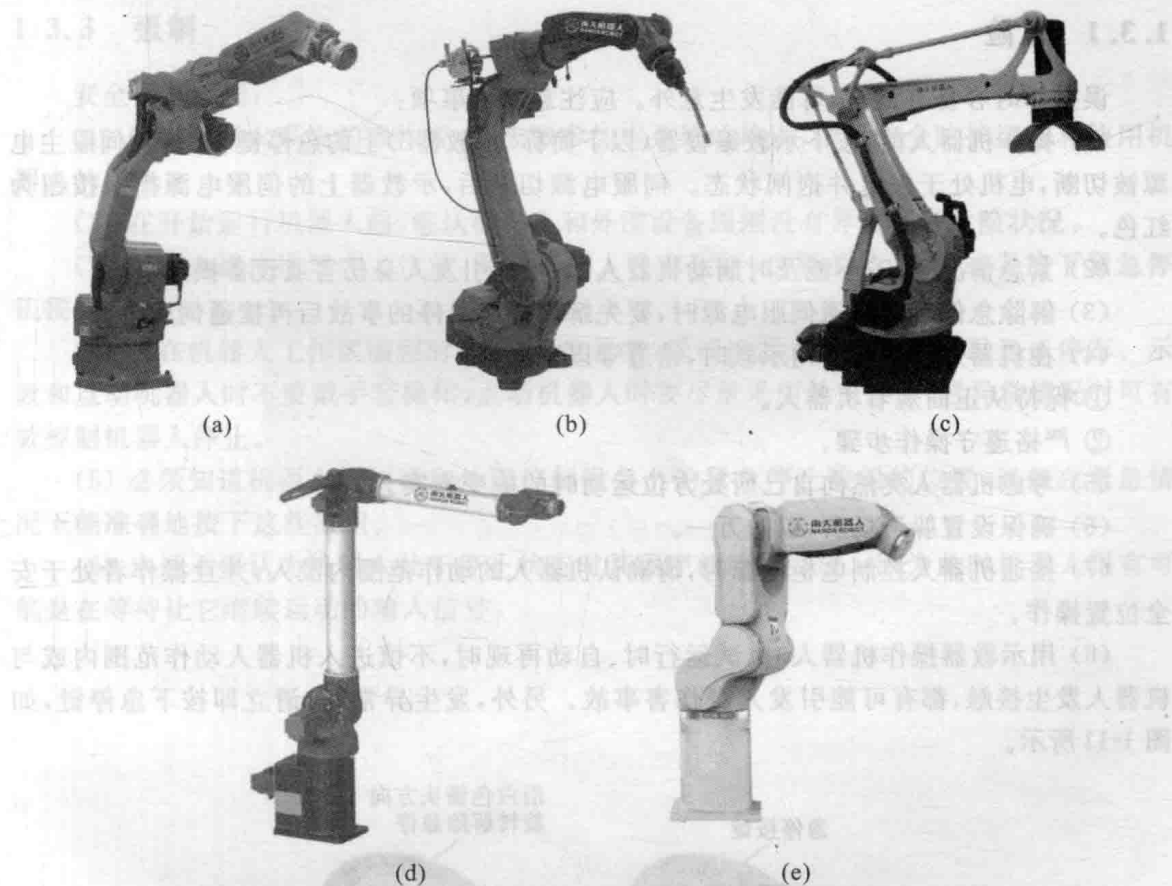


图 1-10 南大机器人产品图

图中的几款机器人分别为:

图 1-10(a)所示为 ND-608 六轴机器人,臂长 1.4 m,负载 8 kg,用于喷涂、上下料、搬运等领域。

图 1-10(b)所示为 ND-H606 焊接机器人,臂长 1.4 m,同轴电缆内藏,结构优化,支持各种焊接模式。

图 1-10(c)所示为 ND-410 四轴机器人,臂长 1.38 m,负载 10 kg,适用于搬运、码垛、冲压等领域。

图 1-10(d)所示为 ND-R606 六轴机器人,臂长 1.22 m,负载 6 kg,适用空间狭小、节拍要求高的工作。

图 1-10(e)所示为 ND-603 小六轴机器人,臂长 0.7 m,负载 3 kg,适用于 3C 行业的应用,教育平台。

1.3 工业机器人安全注意事项

使用南大机器人前,请务必熟读并全部掌握该机器人对应的说明书和其他附属资料,在熟知全部设备知识、安全知识及注意事项后再开始使用。本书中的安全注意事项分为“危险”“注意”“强制”三类分别记载。

1.3.1 危险

误操作时容易有危险,可能发生意外。应注意以下事项:

(1) 操作机器人前,按下示教编程器(以下简称“示教器”)上的急停键,并确认伺服主电源被切断,电机处于失电并抱闸状态。伺服电源切断后,示教器上的伺服电源指示按钮为红色。

(2) 紧急情况下,若不能及时制动机器人,则可能引发人身伤害或设备损坏事故。

(3) 解除急停后再接通伺服电源时,要先解除造成急停的事故后再接通伺服电源。

(4) 在机器人动作范围内示教时,请遵守以下原则:

① 保持从正面观看机器人。

② 严格遵守操作步骤。

(5) 考虑机器人突然向自己所处方位运动时的应变方案。

(6) 确保设置躲避场所,以防万一。

(7) 接通机器人控制电柜电源时,请确认机器人的动作范围内没人,并且操作者处于安全位置操作。

(8) 用示教器操作机器人时、试运行、自动再现时,不慎进入机器人动作范围内或与机器人发生接触,都有可能引发人身伤害事故。另外,发生异常时,请立即按下急停键,如图 1-11 所示。



图 1-11 急停键

1.3.2 注意

操作机器人必须确认:

(1) 操作人员是否接受过机器人操作的相关培训。

(2) 对机器人的运动特性有足够的认识。