

第1章

工业机器人及工作站概述

知识目标

1. 了解工业机器人的定义和基本组成。
2. 了解工业机器人的分类和典型应用。

能力目标

1. 能区分工业机器人典型工作站。
2. 能区分工业机器人典型生产线。

素质目标

培养学生的安全操作意识。



工业机器人概述

1.1 工业机器人认知

1.1.1 工业机器人的定义及发展

robot(机器人)这个词源自 1920 年捷克剧作家 K. 凯比克发表的科幻戏剧《罗萨姆的万能机器人》(*Rossum's Universal Robots*), robot 就是“机器人”,是作家根据捷克语 robota(苦工、奴役)创造出来的。现在 robot 已被人们作为机器人的专用名词。

1954 年乔治·德沃尔设计了第一台可编程机器人,如图 1-1-1 所示,于 1961 年获得美国专利。该专利的要点是借助伺服技术控制机器人的关节,利用人手对机器人进行动作示教,机器人能实现动作的记录和再现。这就是所谓的示教再现机器人。现有的机器人大都采用这种控制方式。

机器人产品最早的实用机型(示教再现)是 1962 年美国 AMF 公司推出的 VERSTRAN 和 UNIMATION 公司推出的 UNIMATE。这些工业机器人的控制方式与数控机床大致相似,但外形特征迥异,主要由类似人的手和臂组成,在美国通用汽车公司投入使用,标志着第一代机器人的诞生,如图 1-1-2 所示。

1965 年,麻省理工学院(MIT)演示了第一个具有视觉传感器、能识别与定位简单积木的机器人系统。

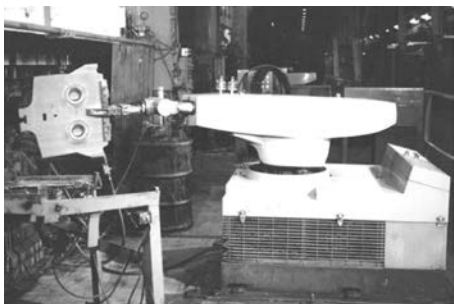


图 1-1-1 第一台可编程机器人

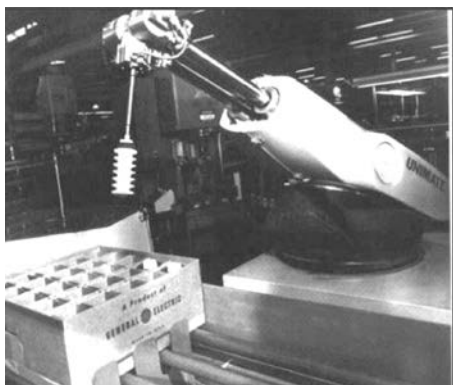


图 1-1-2 第一代机器人

1973 年,辛辛那提·米拉克隆公司的理查德·豪恩制造了第一台由小型计算机控制的工业机器人,它是液压驱动的,能提升的有效负载达 45kg。

随着计算机技术和人工智能技术的飞速发展,使机器人在功能和技术层次上有了很大的提高,移动机器人和机器人的视觉和触觉等技术就是典型的代表。这些技术的发展推动了机器人概念的延伸。20 世纪 80 年代,人们将具有感觉、思考、决策和动作能力的系统称为智能机器人,这是一个概括的、含义广泛的概念。这一概念不但指导了机器人技术的研究和应用,而且赋予了机器人技术向深广发展的巨大空间,水下机器人、空间机器人、空中机器人、地面机器人、微小型机器人等各种用途的机器人相继问世。

1.1.2 工业机器人的基本组成

通常来讲,一个工业机器人系统主要由工业机器人本体、控制柜、示教器、配电箱和连接电缆组成,其中连接电缆主要有电源电缆、示教器电缆、编码器电缆和动力电缆。

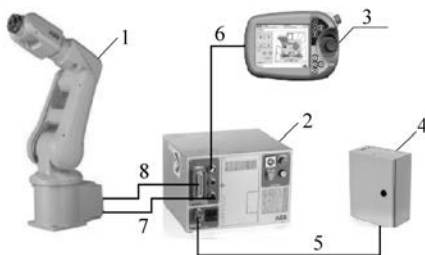


图 1-1-3 工业机器人系统组成

1—工业机器人本体；2—控制柜；3—示教器；4—配电箱；5—电源电缆；
6—示教器电缆；7—编码器电缆；8—动力电缆

1. 工业机器人本体

工业机器人本体是机器人的执行机构,它由驱动器、传动机构、手臂、关节、末端执行器以及内部传感器等组成。它的任务是精确地保证末端执行器所要求的位置、姿态并实现其运动。如图 1-1-4 所示为工业机器人本体。

2. 控制柜

控制柜是机器人的大脑,它由计算机硬件、软件和一些专用电路构成,其软件包括控制系统软件、机器人运动学和动力学软件、机器人控制软件、机器人自诊断和自保护功能软件等,它处理机器人工作过程中的全部信息并控制其全部动作。如图 1-1-5 所示为机器人控制柜。



图 1-1-4 工业机器人本体



图 1-1-5 机器人控制柜

3. 示教器

示教器是机器人和人的交换接口,在示教过程中控制机器人的全部动作,并将其全部信息输送到控制柜的存储器,它实质上是一个专用的智能终端。如图 1-1-6 所示是机器人的示教器。



图 1-1-6 机器人示教器

1.1.3 工业机器人的技术参数

工业机器人的技术参数反映了机器人能够完成的工作,以及具有的最佳操作性能等情况,是选择设计、应用机器人所必须考虑的重要因素。工业机器人的主要参数一般包含自由度、定位精度和重复定位精度、工作范围、最大工作速度、承载能力、分辨率等。

1. 自由度

自由度是指机器人所具有的独立坐标轴运动的数目,手部(末端执行器)的开合自由度不包括在内。机器人自由度表示机器人动作灵活的尺度,一般以轴的直线运动、摆动或旋转动作的数目来表示。在三维空间中描述一个物体的位置和姿态需要 6 个自由度。如图 1-1-7 所示为物体的自由度。工业机器人的自由度根据用途而定,可能小于或大于 6 个自由度。如图 1-1-8 所示为 6 自由度工业机器人。

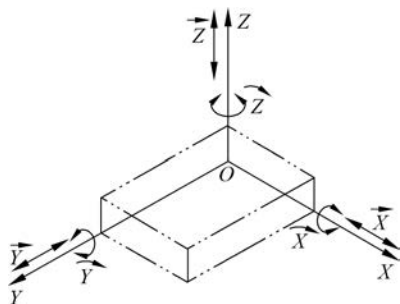


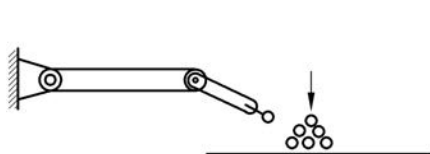
图 1-1-7 物体的自由度



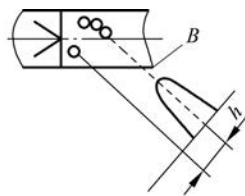
图 1-1-8 6 自由度工业机器人

2. 定位精度和重复定位精度

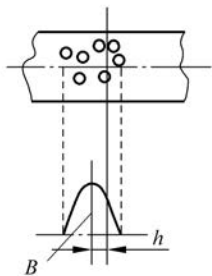
工业机器人运动精度包括定位精度和重复定位精度。定位精度指机器人末端执行器的实际位置与目标位置之间的差异；重复定位精度是指机器人末端执行器重复于同一目标位置的精度。重复定位精度尤为重要。如图 1-1-9 所示是工业机器人定位精度和重复定位精度测试的典型情况。



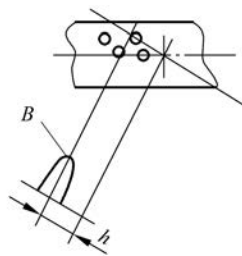
(a) 重复定位精度的测试



(b) 合理的定位精度，良好的重复定位精度



(c) 良好的定位精度，较差的重复定位精度



(d) 很差的定位精度，良好的重复定位精度

图 1-1-9 工业机器人定位精度和重复定位精度测试的典型情况

3. 工作范围

工作范围是指机器人手臂末端所能到达所有点的集合,也叫工作区域。

由于末端执行器的形状和尺寸是多种多样的,为了真实地反映机器人的特征参数,因此工作范围是指不安装末端执行器的工作区域。工作范围的大小和形状十分重要,机器人在执行某作业时可能会因为手部不能到达的作业死区而完不成任务。如图 1-1-10 所示为新松 SR6C/SR10C 机器人的工作范围。

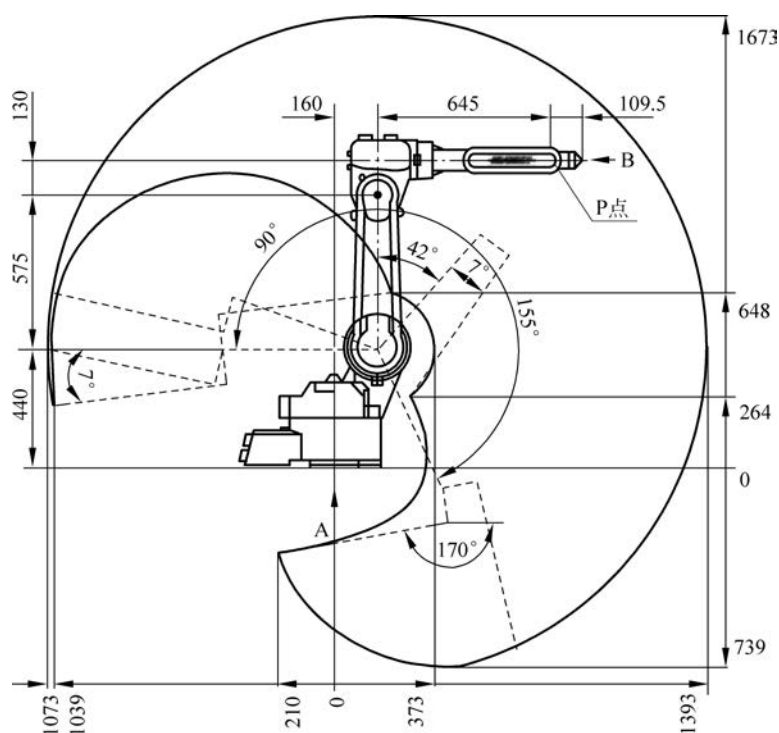


图 1-1-10 新松 SR6C/SR10C 机器人的工作范围

4. 最大工作速度

最大工作速度通常指工业机器人手臂末端的最大速度,是影响生产效率的一个重要指标。很明显工作速度越高,工作效率就越高。

5. 承载能力

工业机器人腕部既是连接末端执行器的部位,也是衡量机器人在运动时,尤其是最大运动速度时所具有的承载能力。承载能力不仅仅是指负载,也包括工业机器人末端执行器的质量。

6. 分辨率

分辨率是指机器人每个关节所能实现的最小移动距离或最小转动角度。工业机器人的分辨率分为编程分辨率和控制分辨率两种。表 1-1-1 为新松 SR6C 和 SR10C 工业机器人的主要技术参数。

表 1-1-1 新松 SR6C 和 SR10C 工业机器人的主要技术参数

型号	SR6C	SR10C
结构形式	垂直关节机器人	垂直关节机器人
负载能力/kg	6	10
重复定位精度/mm	±0.06	±0.06
自由度	6	6

续表

运动范围/(°)	S	± 170	± 170
	L	$+90, -155$	$+90, -155$
	U	$+190, -170$	$+190, -170$
	R	± 180	± 180
最大运动速度/(°/s)	S	150	125
	L	160	150
	U	170	150
	R	340	300
	B	340	300
	T	520	400
手腕允许力矩/(N·m)	R	12	15
	B	9.8	12
	T	6	6
手腕允许惯量/(kg·m ²)	R	0.24	0.32
	B	0.16	0.2
	T	0.06	0.06

1.1.4 工业机器人的分类

1. 按结构特征分类

1) 直角坐标机器人

直角坐标机器人通过在空间三个相互垂直的 X 、 Y 、 Z 方向做移动运动,构成一个直角坐标系,运动是独立的(有 3 个自由度),其动作空间为一长方体,如图 1-1-11 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。

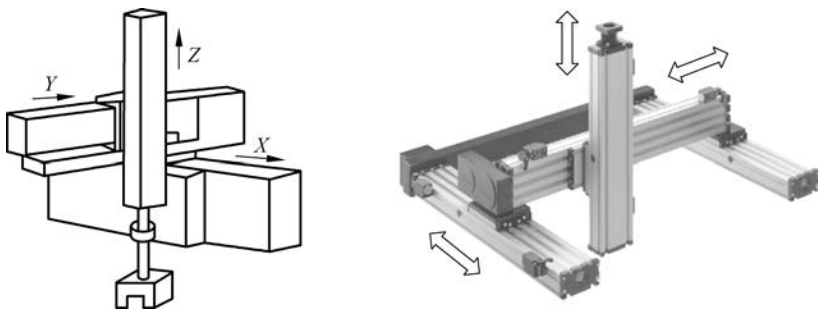


图 1-1-11 直角坐标机器人

2) 圆柱坐标机器人

圆柱坐标机器人基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 1-1-12 所示。其特点是工作范围较大、运动速度较高,但随着水平臂水平方向的伸长,其线位移精度越来越低。

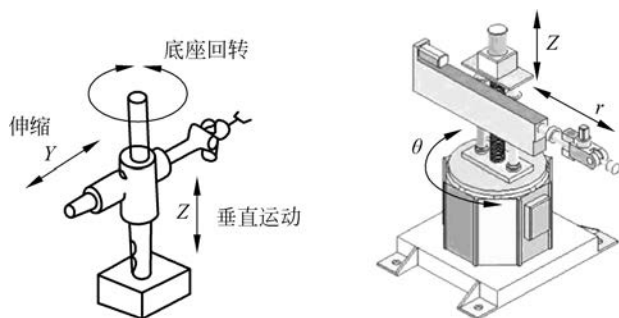


图 1-1-12 圆柱坐标机器人

3) 球坐标机器人

机器人机构的运动是球坐标运动,因此机器人被称为球坐标机器人。由于机械和驱动连线的限制,机器人的工作包络范围是球体的一部分,如图 1-1-13 所示。球坐标机器人特点如下。

- (1) 其臂可以伸缩(r),类似可伸缩的望远镜套筒。
- (2) 在垂直面内绕轴回转(ϕ)。
- (3) 在基座水平面内转动(θ)。

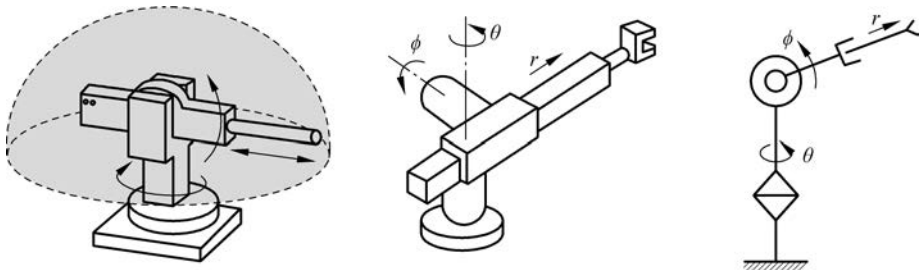


图 1-1-13 球坐标机器人

4) 多关节机器人

关节机器人也称关节手臂机器人或关节机械手臂,是当今工业领域应用最为广泛的一种机器人。多关节机器人按照关节的构型不同,又可分为垂直多关节坐标机器人和水平多关节坐标机器人。

(1) 垂直多关节机器人。垂直多关节机器人主要由机座和多关节臂组成,目前常用的关节臂数是 3~6 个,如图 1-1-14 所示。

(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,自由度可以根据用途选择 3~5 个,动作空间为一圆柱体,如图 1-1-15 所示。水平多关节机器人可以应用于需要高效率的装配、焊接、密封、搬运和码垛等众多场景中,具有高刚性、高精度、高速度、安装空间小、设计自由度大的优点。

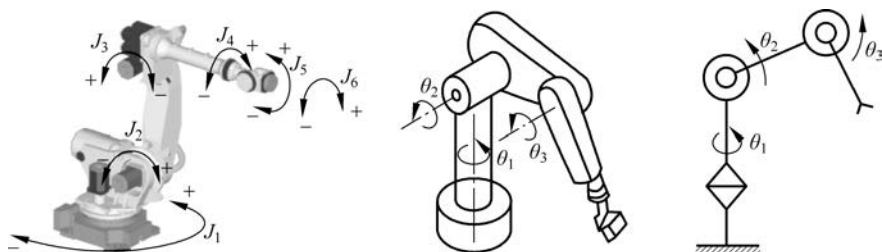


图 1-1-14 垂直多关节机器人

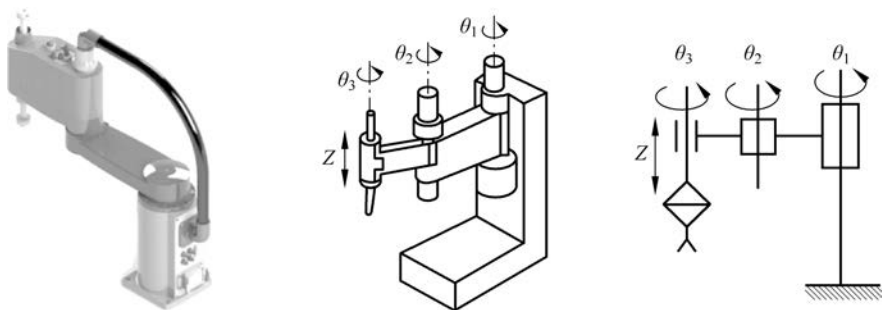


图 1-1-15 水平多关节机器人

5) 并联机器人

并联机器人属于高速、轻载的机器人,一般通过示教编程或视觉系统捕捉目标物体,由三个并联的伺服轴确定抓具中心(TCP)的空间位置,实现目标物体的运输、加工等操作,如图 1-1-16 所示。并联机器人主要用于加工食品、药品和装配电子产品等。

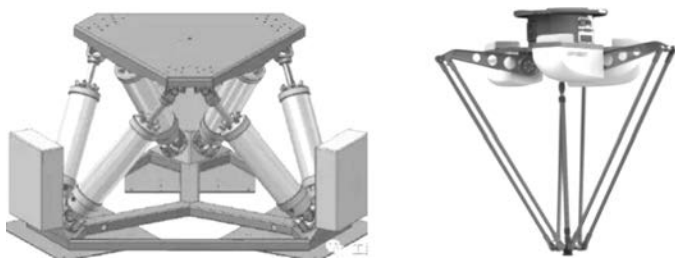


图 1-1-16 并联机器人

2. 按机器人的驱动方式分类

1) 气压驱动

气压驱动系统利用空压机把电动机或其他原动机输出的机械能转换为空气的压力能,然后在控制元件的作用下,通过执行元件把压力能转换为直线运动或回转运动形式的机械能,从而完成各种动作,并对外做功。如图 1-1-17 所示为气压驱动装置。气压驱动机器人是以压缩空气为动力来驱动机器人执行机构。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;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 60MPa 左右,故此类机器人适用于抓举力要求较小的场合。

2) 液压驱动

液压驱动是利用油液作为传递的工作介质。电动机带动液压泵输出压力油,将电动机输出的机械能转换成油液的压力能,压力油经过管道及一些控制调节装置等进入油缸,推动活塞杆运动,从而使机械臂产生伸缩、升降等运动,将油液的压力能又转换成机械能。如图 1-1-18 所示为液压驱动装置。相对于气压驱动,液压驱动机器人具有强大的抓举能力,可达上百千克。液压驱动结构紧凑,传动平稳且动作灵敏,但液压驱动装置对密封的要求和制造精度的要求都较高,且不宜在高温或低温的场合工作,因此成本较高。



图 1-1-17 气压驱动装置



图 1-1-18 液压驱动装置

3) 电力驱动

目前越来越多的机器人采用电力驱动,这不仅是因为电动机可供选择的品种众多,更因为可以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、加速度。电力驱动具有无污染、易于控制、运动精度高、成本低,驱动效率高等优点,其应用最广泛。如图 1-1-19 所示为电动机。

4) 新型驱动

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,如压电晶体驱动器、形状记忆合金驱动器、静电驱动器、人工肌肉及光驱动器等。如图 1-1-20 所示为新型驱动装置。

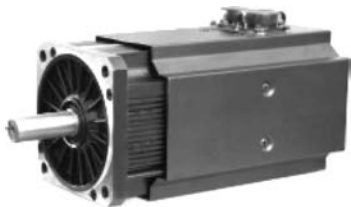


图 1-1-19 电动机



图 1-1-20 新型驱动装置

3. 按机器人的控制方式分类

1) 操作机器人

操作机器人的典型代表是在核电站处理放射性物质时远距离进行操作的机器人。在这

种场合下,相当于人手操纵的部分成为主动机械手,而操作机器人基本上和主动机械手类似,只是要比主动机械手大一些,作业时的力量也更大。

2) 程序机器人

计算机上已编好的作业程序文件通过 RS-232 串口或者以太网等通信方式传送到机器人控制柜,程序机器人按预先给定的程序、条件、位置进行作业。目前大部分机器人都采用这种控制方式工作。

3) 示教再现机器人

示教再现机器人的使用过程类似于盒式磁带的录制和播放过程,它可将所教的操作过程自动记录在存储器中,当需要再现操作时,便可重复所教过的操作过程。

示教再现机器人的示教方法有两种:一种是由操作者通过手动控制器(示教操纵盒)将指令信号传给驱动系统,使执行机构按要求的动作顺序和运动轨迹操演一遍;另一种是由操作者直接带领执行机构,按要求的动作顺序和运动轨迹操演一遍。在示教过程中,工作程序的信息自动存入程序存储器中,机器人自动工作时,控制系统从程序存储器中提取相应信息,将指令信号传给驱动系统,使执行机构再现示教的各种动作。

4) 智能机器人

智能机器人不仅可以预先设定动作,还可以根据工作环境的变化改变动作。

5) 综合机器人

综合机器人是由操作机器人、示教再现机器人、智能机器人组合而成的机器人,如火星机器人。

1.1.5 工业机器人典型应用

1. 焊接机器人

焊接机器人是能将焊接工具按要求送到预定空间位置,并按要求的轨迹及速度移动焊接工具的工业机器人。目前,焊接机器人的使用量约占全部工业机器人总量的 30%。如图 1-1-21 所示为机器人进行弧焊作业。如图 1-1-22 所示为机器人进行点焊作业。

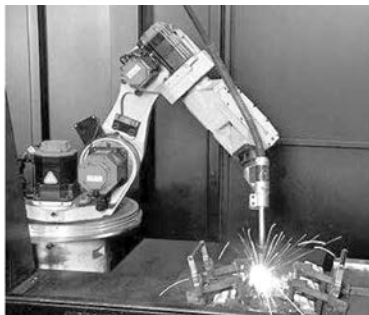
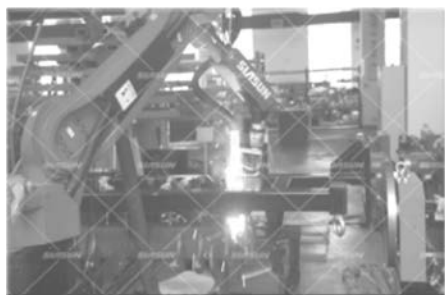


图 1-1-21 机器人进行弧焊作业

2. 装配机器人

装配机器人是工业生产中在装配生产线上对零件或部件进行装配的工业机器人。装配机器人是柔性自动化装配系统的核心设备,由机器人、控制器、末端执行器和传感系统组成。其中机器人的结构类型有水平关节型、直角坐标型、多关节型和圆柱坐标型等。装配机器人主要