

工业机器人与数控加工的集成

威海职业学院教授 韩鸿鸾

工业机器人的定义

1987年国际标准化组织对工业机器人的定义：一种具有自动控制操作和移动功能的、能完成各种作业的编程操作机。

通俗的说法就是：工业机器人是能模仿人体某些器官的功能（主要是动作功能）、有独立的控制系统、可以改变工作程序和编程的多用途自动操作装置。

因此，实际上具有机械手换刀功能的加工中心也是广义上的工业机器人，也可说工业机器人是一种广义的数控机床。

工业机器人的组成

工业机器人由控制系统、本体、执行机构、检测系统及示教盒等组成。

1. 控制系统

如图1所示，控制系统一般由控制计算机和伺服控制器组成。控制计算机发出指令，协调各关节驱动之间的运动，同时还要完成编程、示教/再现以及其他环境状态（传感器信息）、工艺要求及外部相关设备（如电焊机）之间的信息传递和协调工作。伺服控制各个关节驱动器，使各杆按一定的速度、加速度和位置要求进行运动，从而使执行

系统按照规定的要求进行工作。

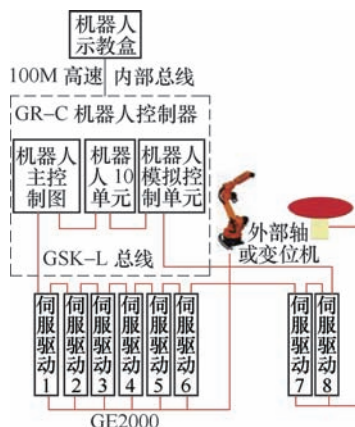


图1 工业机器人的组成

2. 工业机器人本体

工业机器人的本体如图2所示。



图2 工业机器人本体

1.底座 2.转盘 3.平衡配重
4.连杆臂 5.手臂 6.手

3. 执行机构

工业机器人通过执行机构来完成规定的动作，通常执行机构有以下几个部分：

(1) 手部。手部是工业机器

人用来握持工件或工具的部位，直接与工件或工具接触。有些工业机器人直接将工具（如电焊枪、油漆喷枪及容器等）固定在手部，不再另外安装手部。

(2) 腕部。腕部是将手部和臂部联接在一起的部件。它的作用是调整手部的方位和姿态，并可扩大臂部的活动范围。

(3) 臂部。臂部支承着手部和腕部，使手部活动的范围扩大。无论是手部、腕部或是臂部都有许多孔，孔内有轴，轴和孔之间形成一个关节，机器人有一个关节就有了一个自由度。

4. 检测系统

检测系统主要用来检测自己的执行系统所处的位置、姿势，并将这些情况及时反馈给控制系统，控制系统根据这个反馈信息再发出调整动作的信号，使执行机构进一步动作，从而使执行系统的精度到达规定的位置和姿势。

5. 示教盒

如图3所示，操作者通过示教盒进行手动示教，控制机器人到达不同位姿，并记录各个位姿点坐标，利用机器人语言进行在线编程，实现程序再现，让机器人执行程序要求的轨迹运动。



图3 示教盒

工业机器人的分类

工业机器人常按以下方式分类：

1. 按几何结构来分类

(1) 串联机器人。直角坐标机器人(见图4)：这一类机器人其手部空间位置的改变，通过沿3个互相垂直的轴线移动来实现，即沿着X轴的纵向移动、沿着Y轴的横向移动和沿着Z轴的升降。

柱面坐标机器人(见图5)：手臂可伸缩(沿 r 方向)；滑动架(托板)可沿柱上下移动(Z 轴方向)；水平臂和滑动架组合

件可作为基座上的一个整体而旋转(绕 Z 轴)。一般不允许旋转 360° ，这是因为有液压、电气或气动联结机构或连线造成的约束。

球面坐标机器人(见图6)：球面坐标机器人采用球坐标系，用一个滑动关节和两个旋转关节来确定部件的位置，再用一个附加的旋转关节确定部件的姿态。

关节坐标机器人(见图7)：关节机器人的关节全部都是旋转的，类似于人的手臂，主要由立柱、前臂和后臂组成。

(2) 并联机器人(见图8)。并联机器人可以定义为动平台和定平台通过至少两个独立的运动链相联接，机构具有两个或两个以上自由度，且以并联方式驱动的一种闭环机器人。

2. 按驱动形式来分类

按驱动形式来分，可以分为气压驱动、液压驱动及电驱动(步进驱动、直流伺服驱动与交

流伺服驱动)等形式。

3. 按用途来分类

按用途来分，工业机器人可分为焊接机器人、搬运机器人(上下料机器人)、装配机器人、喷涂机器人、机械加工机器人与码垛工业机器人等。

(1) 焊接机器人(见图9)。焊接机器人是工业机器人应用最为广泛的一种类型。

(2) 上下料机器人(见图10)。目前，我国大部分生产线上的机床装卸工件仍由人工完成，其劳动强度大，生产效率低，而且具有一定的危险性，已经满足不了生产自动化的发展趋势，为提高工作效率，降低成本，并使生产线发展为柔性生产系统，应现代机械行业自动化生产的要求，越来越多的企业已经开始利用工业机器人进行上下料了。

(3) 喷涂机器人(见图11)。喷涂机器人能在恶劣环境

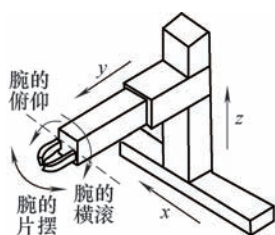


图4 直角坐标机器人

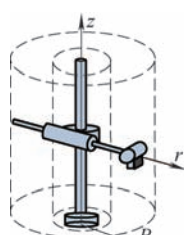


图5 柱坐标机器人

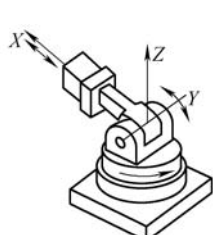


图6 球面坐标机器人



图7 关节坐标机器人



图8 并联机器人



图9 焊接机器人

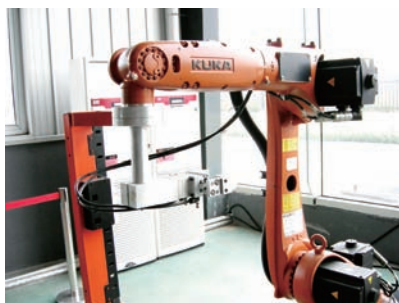


图10 上下料机器人

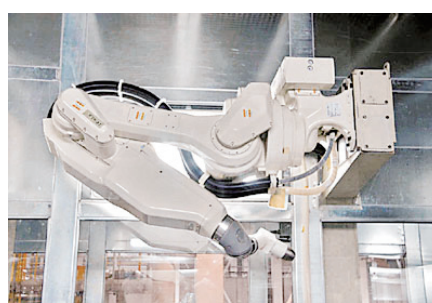


图11 喷涂机器人

下连续工作，并具有工作灵活、工作精度高等特点，因此喷漆机器人被广泛应用于汽车、大型结构件等喷漆生产线，以保证产品的加工质量，提高生产效率，减轻操作人员劳动强度。

(4) 装配机器人（见图12）。随着机器人智能程度的提高，使得它可对复杂产品如汽车发动机、电动机等进行自动装配，并可大大提高产品质量和生产效率。

(5) 机械加工工业机器人（见图13）。机械加工机器人是指具有机械加工能力的工业机器人。

(6) 码垛工业机器人（见图14）。码垛工业机器人主要用于工业码垛。

工业机器人与数控加工的集成

机器人与数控加工的集

成主要集中在两个方面：一是机器人与数控机床集成为工作站；二是工业机器人具有加工能力，即机械加工工业机器人。

1. 机器人与数控机床集成为工作站

机器人与数控机床的集成主要应用在柔性制造单元（FMC）或柔性制造系统（FMS）中，图15所示加工中心上的工件，由机器人来装卸，加工完毕的工件与毛坯放在传送带上。当然，也有不用传送带的，如图16所示，所用到的工业机器人一般为上下料机器人，其编程较为简单，只要示教编程后再现就可以了。但机器人与数控机床各有独立的控制系统，机器人与数控机床、传送带之间都要进行数据通信。

图17所示为某工作站的数据通信关系图，LD上料工位通过Asi总线连接滚道上的传感器和执

行元件，数控机床与LD通过硬件FIELD I/O模块与FANUC ROBOT通信。

(1) 硬件。①MC（加工中心）的I/O通过点对点接入FIELD I/O模块，与LD通过PROFIBUS DP总线通信。②ROBOT（工业机器人）与LD通过PROFIBUS DP总线通信。③滚道附件（传感器和气缸等执行元件）通过Asi总线接入LD。④MC与ROBOT通信通过LD中转实现。

MC与ROBOT的通信是通过LD来中转的，所以它们之间的接口由两部分内容构成：LD与MC的接口；LD与ROBOT的接口，传递关系如图18所示。

(2) 接口信号。MC到LD的接口部分信号：①机床状态：有无报警、紧停。②机床运行方式选择：手动、自动及空运转。③上下料的状态：使能上下料状态、上下料请求、机床门打开、



图12 装配工业机器人



图13 机械加工机器人



图14 码垛工业机器人

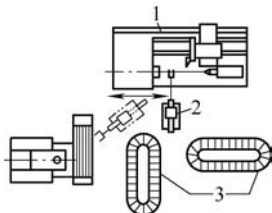


图15 带有机人的FMC
1.车削中心 2.机器人 3.物料传送装置

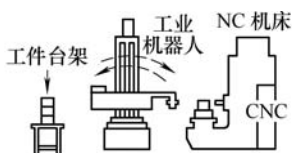


图16 以铣削为主的带有机人的FMC

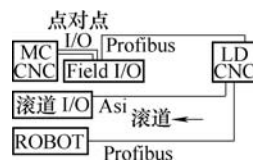


图17 某工作站的数据通信关系图



图18 LD与ROBOT的接口

工件夹具状态及机床内有无工件的记忆状态。④机器人的手动操作，如回零、去维修位和机器人夹爪的手动操作。⑤工件类型选择等。

LD到MC的接口信号：①机器人和滚道状态：无报警、运行状态准备好。②运行模式、自动状态。③位置状态：机器人在HOME位置、REPAIR位置。④工作完成状态：上下料完成状态、机器人夹爪状态。⑤工件状态：滚道上下料位置有无工件、滚道上下料托盘位置状态、工件在机器人夹爪上等。

LD到ROBOT的接口信号：

①机器人标准输入信号。②运行模式：空运转、自动等。③上下料条件：机床工件托盘上有无工件、滚道上下料位置有无工件、滚道上下料托盘位置状态、MC上料门打开。④来自于MC的机器人手动操作，打开、关闭夹爪。

ROBOT到LD的接口信号：

①机器人标准输出信号。②机器人位置状态：机器人在HOME位置、REPAIR位置。③工作完成状态：上下料完成状态、机器人夹爪状态。④机器人报警状态等。

2. 机械加工工业机器人

这类机器人具有加工能力，本身具有加工工具，比如刀具等，刀具的运动是由工业机器人的控制系统控制的。主要用于切

割（见图19）、去毛刺（见图20）、抛光与雕刻等轻型加工，这样的加工比较复杂，一般采用离线编程来完成。这类工业机器人有的已经具有了加工中心的某些特性，如刀库等。图21所示的雕刻工业机器人的刀库如图22所示，这类工业机器人的机械加工能力是远远低于数控机床的，因为刚度、强度等都没有数控机床好。

参考文献：

- [1] 叶伯生. 数控机床实用手册[M]. 北京：劳动社会保障出版社，2006.
- [2] 韩鸿鸾. 数控机床的应用[M]. 北京：机械工业出版社，2008.



图19 激光切割机器人工作站

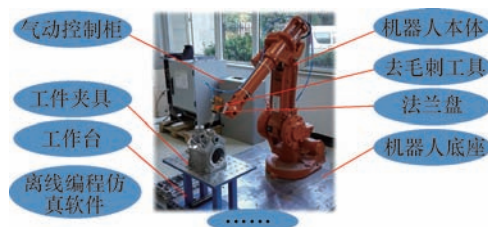


图20 去毛刺机器人工作站



图21 雕刻工业机器人



图22 雕刻工业机器人的刀库