

第 1 章 工业机器人概述

1.1 工业机器人发展概述

机器人英文为 Robot，实际是由捷克文 Robota（意为苦力，劳仆）而来，1920 年由捷克的一个科幻内容的话剧而得名。机器人是可编程的，具有人的某些功能，可以代替人进行某些工作。对于机器人的定义相当多，不同国家不同组织都有其定义。美国机器人工业协会给出的定义：机器人是一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置，通过可编程序动作来执行各种任务并具有编程能力的多功能机械手。日本工业机器人协会给出的定义：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。我国科学家对机器人的定义：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智能能力，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。

1954 年，美国戴沃尔最早提出了工业机器人的概念，并申请了专利。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。这就是示教再现机器人。现有的机器人差不多都采用这种控制方式。1959 年，Unimation 公司的第一台机器人在美国诞生，开创了机器人发展的新纪元，如图 1.1 所示。



图 1.1 第一台机器人 Unimate

虽然中国的工业机器人产业在不断进步中，但和国际同行相比，差距依旧明显。从市场占有率来说，更无法相提并论。工业机器人有很多核心技术，当前我们尚未掌握，这是影响我国机器人产业发展的一个重要瓶颈。

在世界范围内，机器人的占有量常常被用来评估一个国家的制造业的实力，目前日本机器人数量占世界第一。从技术进步的角度，机器人可分为不同类型，到现在为止，人们把机器人研究的最高目标定位智能型机器人。因此，可以将机器人分为三代。

第一代工业机器人：通常是指目前国际上商品化与使用化的“可编程的工业机器人”，又称“示教再现工业机器人”，即为了让工业机器人完成某项作业，首先由操作者将完成该作业所需要的各种知识（如运动轨迹、作业条件、作业顺序和作业时间等），通过直接或间接手段，对工业机器人进行“示教”，工业机器人将这些知识记忆下来后，即可根据“再现”指令，在一定精度范围内，忠实地重复再现各种被示教的动作，如图 1.2 所示。但是，有的喷涂车间所用的 Eisenmann（艾斯曼）喷涂机器人采用了离线编程技术，也就是不再采用“示教再现”这种方式，这种离线编程首先是将被喷绘的对象数字化。比如轿车，首先给出汽车的数字化模型，然后借助 CATIA 或者 AutoCAD 等软件进行数字化编程，在类似的仿真软件上不断修改路径与停留点，然后通过总线把这些编程结果传送给 Eisenmann 机器人控制器。1962 年，美国万能自动化公司的第一台 Unimate 工业机器人在美国通用汽车公司投入使用，标志着第一代工业机器人的诞生。



(a) 示教器示教



(b) 手把手示教

图 1.2 工业机器人示教

第二代工业机器人：是指具有一些简单智能（如视觉、触觉、力感觉等）的工业机器人。这种机器人能够了解环境，对环境的变化能够得以适应。最典型的莫过于对焊缝的跟踪技术。采用两个传感器就可以保证感知到焊缝的位置，并对运动进行反馈，使得焊接工件的一致性很好。由于对示教位置可以进行修正，即使实际位置有所改变，也使得机器人能很好地完成焊接任务，如图 1.3 所示。



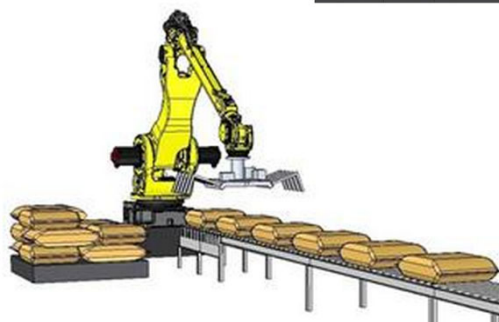
第三代工业机器人：即智能机器人或自治机器 图 1.3 配备视觉系统的工业机器人

人。它不仅具有感知功能，而且还有一定的决策及规划能力。这些机器人具有多种传感器，对环境的信息能够及时反映到主控制器中，机器人能够判断自身所处的环境与状态。例如，机器人发现前方有障碍，它能够通过各方面的信息综合判断做出决策，以便避障，以及综合分析取最优策略。

目前，机器人已被广泛应用于工业、农业、医疗卫生和人民生活诸多领域。如图 1.4 所示，在制造业中，工业机器人在焊接、装配、搬运、装卸、铸造、材料加工、喷漆等领域的应用，已取得了显著的经济效益和社会效益。另外，机器人在众多新领域中获得了应用，如农林水产、土木建筑、运输、矿山、通信、煤气、自来水、原子能发电、宇宙开发、医疗福利以及服务等行业。现在，国内出现了机器人辅助外科治疗系统——射波刀、采摘机器人等。



(a) 焊接机器人



(b) 码垛机器人

图 1.4 工业机器人的应用

在未来的 100 年中，科学与技术的发展将会使机器人技术提升到一个更高的水平。机器人将会成为人类多才多艺、聪明伶俐的“伙伴”，更加广泛地参与人类各方面的生产活动和社会生活。

(1) 机器人将更加广泛地代替人从事各种生产作业。

机器人将从目前已广泛应用的汽车、机械制造、电子工业及塑料制品等生产领域扩展到核能、采矿、冶金、石油、化学、航空、航天、船舶、建筑、纺织、制衣、医药、生化、食品等工业领域，进而应用在非工业领域中，如农业、林业、畜牧业和养殖业等方面。

机器人将会成为人类社会生产活动的“主劳力”，人类将从繁重的、重复单调的、有害健康和危险的生产劳动中解放出来，从而有更多的时间去学习、研究和创造。

(2) 如图 1.5 所示，特种机器人将成为人类探索与开发宇宙、海洋和地下未知世界的有力工具。

将人送入太空进行宇宙探索非常危险和昂贵，机器人将代替人从事空间作业和太空探索。目前，航天飞机已经将舱外作业机器人带入太空进行太空作业，火星探测车已被送到火星表面上，并成功地完成了预定的探测任务。



(a) 美国“勇气号”火星车



(b) 中国“CR02”水下机器人

图 1.5 特种机器人应用

水下和地底作业对于人来说是一项危险作业，也是人类未解决的难题。水下和地下机器人将解决这个问题，被用于海底和地底的探索与开发、海洋和地下资源的利用、水下作业与救生等。

(3) 机器人将在未来战争中发挥重要作用。

军用机器人可以是一种武器系统，如机器人坦克、自主式地面车辆、扫雷机器人等，也可以是武器装备上的一个系统或装置，如军用飞机的“副驾驶员”系统、舰船作战管理系统、武器装备的自动故障诊断与排除系统、坦克炮装弹机器人系统等。

如图 1.6 所示，将来可能出现机器人化部队或兵团，在未来战争中将出现机器人对机器人的战斗。



图 1.6 美国军用机器人“big dog”

(4) 机器人将用于提高人类健康水平与生活质量。

改善生活条件，提高生活水准始终是人类面临的一个重要课题。在 21 世纪，服务机器人将进入家庭和服务产业。

家庭服务机器人可以从事清洁卫生、园艺、炊事、垃圾处理、家庭护理与服务等作业。

在医院，机器人可以从事手术、化验、运输、康复及病人护理等作业。

在商业和旅游业中，导购导游机器人和表演机器人都将得到发展。

智能机器人玩具和智能机器人宠物的种类将不断增加，各种机器人体育运动比赛和文艺表演将层出不穷。机器人不再只是用于生产作业的工具，大量的服务机器人、表演机器人、科教机器人、机器人玩具和机器人宠物将进入人类社会，使人类社会更加丰富多彩。

1.2 工业机器人主要名词术语

(1) 机械手：也可称为操作机。它具有和人臂相似的功能，是一种可在空间抓放物体或进行其他操作的机械装置。

(2) 驱动器：将电能或流体能转换成机械能的动力装置。

(3) 末端操作器：位于机器人腕部末端、直接执行工作要求的装置。如夹持器、焊枪、焊钳等。

(4) 位置与姿态：工业机器人末端操作器在指定坐标系中的位置和姿态。

(5) 工作空间（见图 1.7）：工业机器人执行任务时，其腕轴交点能在空间活动的范围。

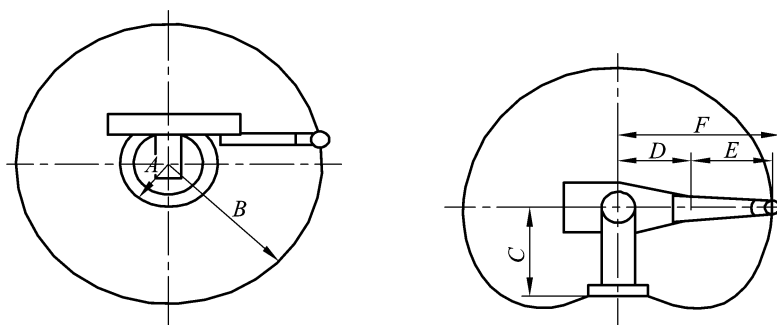


图 1.7 机器人工作空间

(6) 机械原点：工业机器人各自由度共用的机械坐标系中的基准点。

(7) 工作原点：工业机器人工作空间的基准点。

(8) 速度：机器人在额定条件下，匀速运动过程中，机械接口中心或工具中心点在单位时间内所移动的距离或转动的角度。

(9) 额定负载：工业机器人在限定的操作条件下，其机械接口处能承受的最大负载（包括末端操作器），用质量或力矩表示。

(10) 定位精度（见图 1.8）：指机器人末端参考点实际到达的位置与所需要到达的

理想位置之间的差距。

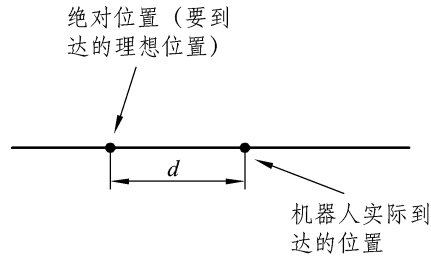


图 1.8 定位精度

(11) 重复精度 (见图 1.9): 指机器人重复到达某一目标位置的差异程度。或在相同的位置指令下, 机器人连续重复若干次其位置的分散情况。它是衡量一系列误差值的密集程度, 即重复度。

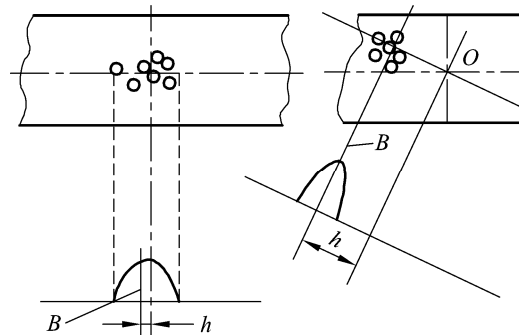


图 1.9 重复定位精度

(12) 点位控制: 控制机器人从一个位置与姿态到另一个位置与姿态, 其路径不限。

(13) 连续轨迹控制: 控制机器人的机械接口, 按编程规定的位置与姿态和速度, 在指定的轨迹上运动。

(14) 存储容量: 计算机存储装置中可存储的位置、顺序、速度等信息的容量, 通常用时间或位置点数来表示。

(15) 外部检测功能: 机器人所具备对外界物体状态和环境状况等的检测能力。

(16) 内部检测功能: 机器人对本身的位置、速度等状态的检测能力。

(17) 自诊断功能: 机器人判断本身全部或部分状态是否处于正常的的能力。

1.3 工业机器人的基本原理

工业机器人由主体、驱动系统和控制系统 3 个基本部分组成。主体即机座和执行机构, 包括臂部、腕部和手部, 有的机器人还有行走机构。大多数工业机器人有 3~

6个运动自由度，其中腕部通常有1~3个运动自由度；驱动系统包括动力装置和传动机构，用以使执行机构产生相应的动作；控制系统是按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出指令信号，并进行控制。工业机械人系统实物图、结构图如图1.10和图1.11所示。

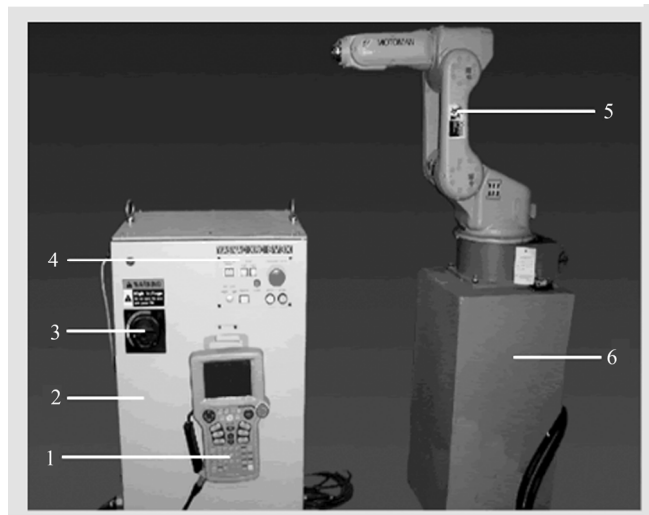


图 1.10 工业机器人系统实物图

1—编程控制器；2—控制柜系统；3—电源开关；4—显示控制面板；5—机械手；6—安装底座

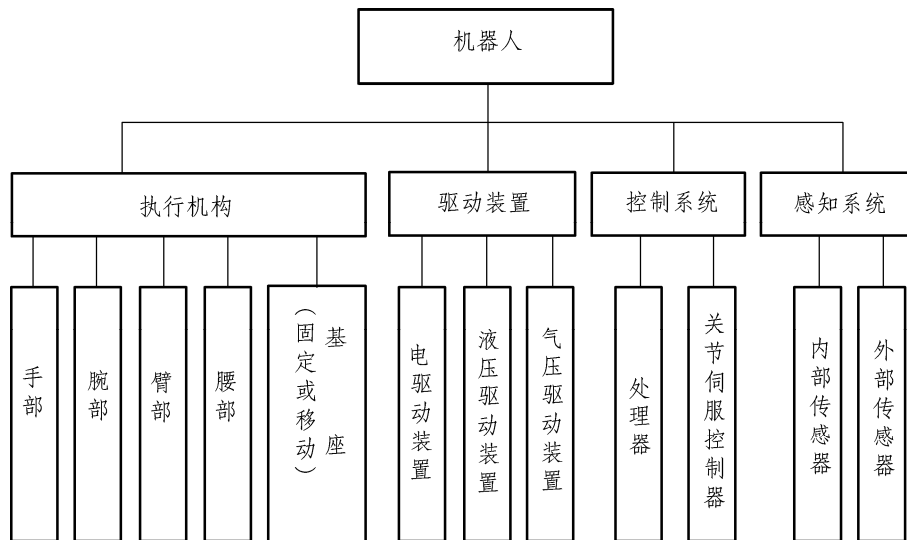


图 1.11 工业机器人系统结构图

工业机器人按臂部的运动形式分为4种。直角坐标型的臂部可沿3个直角坐标移动；圆柱坐标型的臂部可做升降、回转和伸缩动作；球坐标型的臂部能做回转、俯仰和伸缩动作；关节型的臂部有多个转动关节。工业机器人按执行机构运动的控