

# 欧美日工业机械人

[西德] H. J. 瓦尔奈克 著  
R. D. 施拉夫特



第一机械工业部情报所

## 出版说明

“机械人”最初出现在科学幻想小说里，现在工业中已经开始应用“工业机械人”了。国外关于“工业机械人”、“机械手”、“操作机”这几种东西有时也混淆不清，但从最近的趋向看，大体上有这样的区分：

操作机 (Manipulator) 一般指由人工操纵的抓取装置，如锻造、处理放射性材料、装配火工品等用的操作机。

机械手 (Mechanical hand) 一般指附属于主机的或固定程序的上下工件或工具的装置；如自动机床、自动线上下工件用的，加工中心自动换刀用的机械手。

工业机械人 (Industrial robot) 一般指程序可变的独立的抓取装置；国内也称工业机器人或通用机械手。

本书所讲的就是后一种。

“工业机械人”是近十几年来，国外新发展起来的一种机械，是中小批生产自动化的一种新手段，主要用在危险、高温、低温、水下、粉尘、噪音的环境下代替人做一些搬运、上下料以及喷漆、热处理、焊接之类的工作。目前在国外已有工业机械人 2500~3000 台，在工业机械人的研究和生产方面投放力量较多的是美国、日本、西德、英国、瑞典、挪威等国。

本书的两作者是西德斯图加特大学生产自动化研究所的研究人员，其中 H.J. 瓦尔奈克是第三次国际机械人会议 (1973 年 5 月在瑞士苏黎世举行) 的两主席之一。书中除对工

业机械人的结构、应用、发展趋势等做了一般论述之外，更主要的是对于 1973 年欧美各国和日本已有的 170 多种工业机械人一种一种地做了概略的介绍，还附有外形图或照片。这对于掌握欧、美、日工业机械人发展的总面貌是有帮助的。

从这本书所提供的材料，可以得出有关工业机械人发展现状的一些总概念，例如现有工业机械人中，

圆柱坐标结构的占 70% 左右；

点位控制的占 90% 左右；

用插销板编制程序的近 50%；

用停档进行行程检测的近 60%；

驱动方式用液压的占 55%，用气动的占 40%；

负荷重量平均为 10 公斤；30 公斤以下的占 90% 以上；

定位精度在  $\pm 1.0$  毫米以上的占 50%；线速度大多低于 1000 毫米/秒；

二直线运动、一回转运动的三自由度工业机械人占 70% 以上。

带传感器的工业机械人实际上还没有。

.....

这个总概念说明，欧、美、日搞了十几年工业机械人，其成就不过尔尔。

毛主席教导我们说：“我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济上和科学文化上的落后状况，迅速达到世界上的先进水平。”在毛主席无产阶级革命路线指引下，在批林批孔运动的推动下，我国工农业战线的形势一派大好，我国工人阶级破除迷信，解放思想，在群众性技术革新运动中已经在工业机械人（工业机器人、通用机械手）的研制生产方面取得了可喜的成就，今后将会以更高

的速度，高水平地向前发展，努力赶超世界水平。我们节译出版这本书的目的，一方面是介绍一些国外的发展情况，另一方面是为选型、设计提供一点参考资料。

围绕着工业机械人的应用，在资本主义国家产生了一系列社会问题，这是资本主义制度固有矛盾的产物。原书作者的资产阶级世界观在技术论述中必然有所反映，请读者注意分析批判。

1974.9

## 原作者序（节译）

“机械人”现在已经成了一个常用的、用滥了的名词。公众对于机械人的观念往往来自科学幻想小说，它们同工业部门真正使用的机械人相差很远。工业机械人是自动化的上下料设备，是在运动、传动和控制方面已有技术的基础上发展起来的。工业机械人的发展约在 1954 年左右从美国开始，随后日本也进行研究，现在欧洲也对之发生了很大兴趣。原因之一是危险工作和单调工作需要加速实现自动化。

本书将介绍工业机械人的结构，采用工业机械人必须考虑的一些问题，以及在世界范围供应工业机械人的主要厂家，可供从事上下料设备研制、设计和从事生产合理化、自动化的专业人员参考。

汉斯-约根 瓦尔奈克  
劳尔夫-狄特 施拉夫特  
1973年4月 斯图加特

# 目 录

出版说明

原作者序

第一章 导论 .....	1
一、工业机械人的定义和范围 .....	1
二、工业机器人应用扩大的原因 .....	5
三、工业机械人的适用范围 .....	5
第二章 工业机械人的结构 .....	7
一、运动系统 .....	7
轴的表示方法 .....	8
二、手爪的工作范围 .....	9
三、驱动系统 .....	12
1. 气压驱动 .....	12
2. 液压驱动 .....	13
3. 电力驱动 .....	14
四、控制系统 .....	15
1. 点位控制 .....	15
2. 连续轨迹控制 .....	15
五、行程检测系统 .....	16
六、程序编制方式 .....	17
1. 气动控制器 .....	17
2. 插销板 .....	17
① 各运动轴不联动的插销板 .....	17
② 各运动轴联动的插销板 .....	19
3. 插件板 .....	19
4. 凸轮转鼓 .....	20
5. 穿孔带 .....	20

6. 穿孔卡 .....	21
7. 示教存贮 .....	21
8. 手把手示教 .....	22
第三章 工业机械人的应用 .....	23
采用工业机械人的筹划工作 .....	23
第四章 发展趋势 .....	25
第五章 欧美日工业机械人简介 .....	27
索引 (按额定负重排列) .....	27
简介 .....	36
附录 I 型号索引 .....	278
附录 J 厂家索引 .....	285
附录 III 本简介未列的工业机械人生产厂家 .....	293

# 第一章 导 论

## 一、工业机械人的定义和范围

“机械人”这个名词已经出现在我们的语言当中，有必要给它一个准确的解释。“机械人”这个词来源于斯洛伐克语“Robota”，原意是沉重的工作，在一般用语中“机械人”的意思是：象人的机器，有时它的外表也象人，至少能够完成人能够完成的一部分功能。一部理想的机械人似乎应当是一部这样的机器，它能做的事情至少与一个人相当或超过一个人，但却没有人所具有的弱点；也就是说，这部机器的能力等于或高于人本身，同时还具备象人那样的自适应能力。然而，这只不过是一种一厢情愿的幻想，是目前在技术上不能实现的，恐怕在可予见的将来也是不能实现的。

为了制造“机械人”进行了很多项研究工作。有一个时期，人们认真地开始研究用一个机械装置来代替人的手臂。但是，终于弄清楚，所遇到的技术困难极大，要在技术上模仿人的手臂的全部功能，经济上花费之大是无谓支付的，只好把事情搞的简单些。

常常被人误称为“机械人”的一种最简单的装置是上料机。

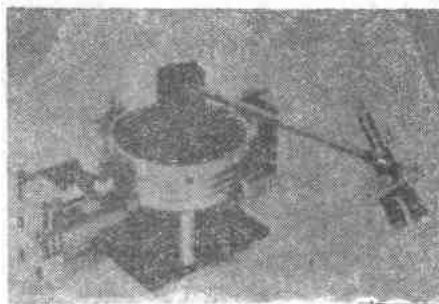


图1 上料机



见图 1。

上料机大部分是装有抓取装置、按予先规定的固定程序工作的机械设备。这种设备最好不要称为“机械人”。已经获得公认的“工业机械人”是另一种设备。

工业机械人是具有可自由改变程序的多个运动轴，装备有手爪或工具、在工业中应用的自动化上下料设备。

这种设备已经在市场上大量供应，本书后面有详细介绍。

在某些文献中常常把遥控操作机称为机械人。这种说法也不妥当，因为遥控操作机没有独立工作的能力。

遥控操作机是一种在远处控制的操作机，它本身没有运动控制系统。在它的控制回路中总要有人，由人做出决定，发出运动信号，以及亲自操作。遥控操作机在负荷能力、动作范围和操作耐久性方面都有一定优越性。而且，只要在人与遥控操作机之间有一套适当的通信系统，就可以把遥控操作机摆在一个离人任意远的距离之外进行工作。

如果把这类设备都算作“机械人”，那么，每一台建筑起



图 2 美国海军拟人式遥控操作机 (NAC)

重机，每一台挖掘机，以及诸如此类的东西也就同样都可以称为“机械人”了。

当然，对所有的机器来说都有一个界限；它不可能提出和解决新课题，而是只能独立地完成预先编好程序的一系列功能以及从一系列解决方案中选择其中的一种。

工业机械人在目前和可予见的将来还不会自己学习。

有一些朝制造真正“机械人”方向前进的实例，当然，还不是采取所谓复杂的形式，而是把个别的课题分离出来进行实验研究。

美国加利福尼亚州的斯坦福研究所研制了一台“机械人”，它能走，并通过无线电与一台电子计算机相联系，这台设备能够在它熟悉的房间内独立运动，并完成工作任务，当遇到意料之外的未知障碍时，它能为完成原定任务而改变方案，通过试验选取一个最佳的解决办法，然后照这个办法执行。所获得的经验被存贮起来，一旦再碰到相同的情况，这种经验就可以重复使用。这台设备装有许多传感器，以便检测它周围的环境和障碍，并确定所在的位置。

设备的行走运动是按速度和方向记忆的，因此，设备总是知道它所处的位置。每隔一定时间，这种计算出来的位置就要与电视所获得的图象（例如一个屋角）进行比较。通过这两种信息的比较重新确定当时所处的位置，见图3。

另一个“机械人”的实例是无人驾驶月球车“行月者”，这辆车子在月球上执行地面站发给它的命令。地面站人员包括指挥员、驾驶员、通讯员、领航员和机械师。地面站人员向月球车发出工作任务和运动方向的指示。地面站不断收到有关月球车的信息，就好象地面站人员亲自坐在车里一样。这种遥控的好处是，无需在完成工作任务之后送人回地球。

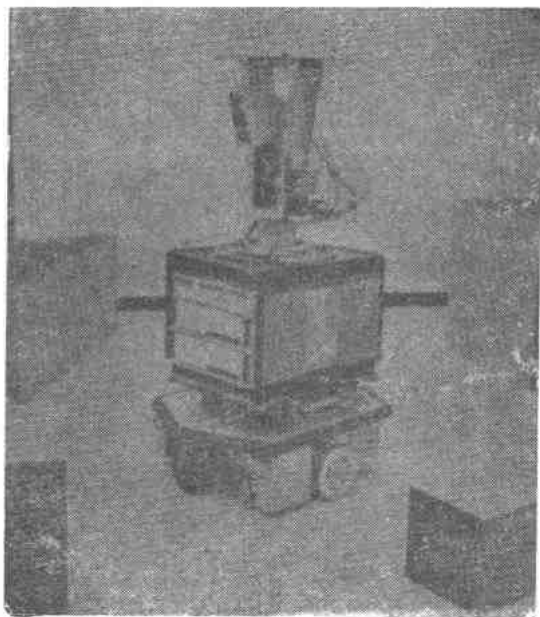


图3 美国斯坦福研究所的计算机控制机械人

此外，还可以省去人所必需的全部供应系统。这种月球车的一个突出特点是它能自己判断指令是否正确，如果给它的指令会造成故障，它能够拒绝执行。因此，这辆月球车不只是执行指令，而且能对收集到的信息进行评价，并独立判断接收到的指令应不应当执行，对于能引起破坏性后果的指令，例如在条件不具备的情况下进行越野，它予以驳回，地面站人员对此无可奈何。

## 二、工业机械人应用扩大的原因

技术方面的原因：

人的能力在许多工作中在下述各方面已经显得不够用：

——工作准确性；

——工作速度；

——负荷能力；

——耐久力；

——前后一致性。

社会、经济方面的原因有：

——代替人在有害环境下（如污浊、高温、噪音）工作；

——工作安全；

——从重复、单调的工作中把人解放出来；

——昂贵设备，如数控机床及数控生产系统，需最大限度的利用，用工业机器人三班工作。

### 三、工业机械人的适用范围

人的臂、手和手指有 27 个运动自由度。人要进行抓取工作，同时还有重要的感觉功能配合，如触觉、视觉、听觉。此外，人善于学习，能够很快地改换新的工作任务。用技术手段只能模仿人的部分功能。工业机械人的发展就是其中的一种。工业机器人从十年前左右流行起来，近年有很大的发展，在专业部门和一般公众当中都引起了很大注意。

由于工业机器人可以改变工作程序，所以适于中小批和成批生产的自动化，其适用范围如图 4 所示。该图说明运动速度、负荷重量和工作持续时间的相互关系。大量生产中，专用设备仍然将占统治地位；与此相反，在单件生产中，没有人的参加是不可想象的。在这两者之间有一个广大的批量生产的领域，这个领域里，新发展起来的工业机器人有广阔的前途。当然，除了上面讲到的三个因素之外，影响工业机

械人应用的还有其他因素，如定位精度，运动的均匀性等

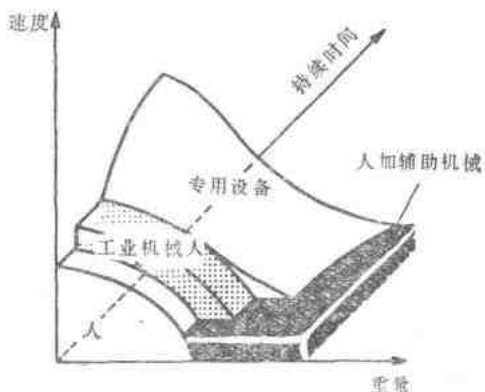


图4 工业机器人的应用范围

## 第二章 工业机械人的结构

工业机械人的结构中包括驱动系统，控制系统，行程检测系统，运动系统，手爪，有时还带有传感器。手爪大部分是为特定的工件设计的，改变工件时手爪也要更换。传感器目前只有很少的情况下使用，但在将来，传感器的意义必将越来越重要，例如用传感器识别图象。

运动系统、控制系统、行程检测系统和驱动系统的结构部件是通用的，可以单独使用，也可以装为一个整体使用。

图 5 表示各个结构部件之间的相互关系。

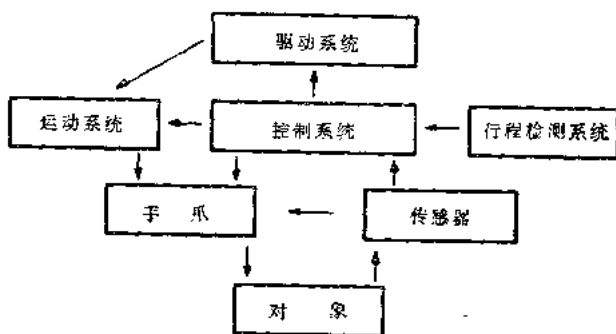


图 5 工业机械人各组成部分

### 一、运动系统

要达到空间一个任意点，原则上需要三个运动轴（自由度）。从这一点出发，要把一件工具送达相对于工件的一定位

置又需要三个运动轴。因此，一个能够到达空间任意点、能够将工具送达相对于工件的任意位置的通用抓放装置，最低限度需要有六个运动轴。

### 轴 的 表 示 方 法

根据 EIA 标准 (美国工程学会标准)RS267-A 规定，直线运动用  $X$ 、 $Y$  和  $Z$  表示。

这是以装置为基准的座标系统，见图 7。对于工件在空间的独立运动也要进行描述，因此还需要一个以空间为基准的座标系统 ( $X_s, Y_s, Z_s$ )，见图 7。

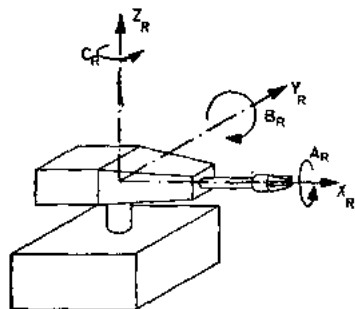


图 6 工业机器人  
运动轴标志

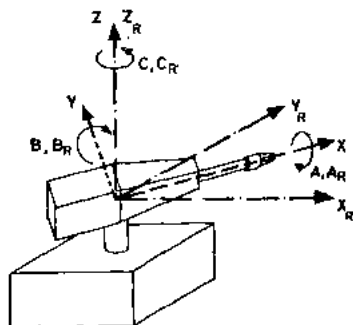


图 7 工业机器人  
运动轴标志

$X$  轴在臂所在的平面内，经常处于水平中立位置。  
 $Y$  轴也经常处于水平状态，永远垂直于  $X$  轴和  $Z$  轴。  
 $Z$  轴经常处于铅垂状态，垂直于  $X$  轴和  $Y$  轴。  
 围绕这些轴的旋转运动用  $A$ 、 $B$  和  $C$  来表示。  
 绕  $X$  轴的旋转  $A$ ，称为回转；  
 绕  $Y$  轴的旋转  $B$ ，称为俯仰；  
 绕  $Z$  轴的旋转  $C$ ，称为摆动。

这套坐标系可以与以空间为基准的坐标系重合。当装置处于基准状态时，这两套坐标系是一致的，见图6。

如果要把一台工业机械人装备到完全通用的程度，那么它的整机、本体、臂和手爪就都得有三个直线运动和三个旋转运动，总共就要有24个自由度。但是把运动搞得那么复杂而且彼此严重重叠，是完全不必要的。

## 二、手爪的工作范围

下列各图说明，什么样的自由度可以达到什么样的工作范围：

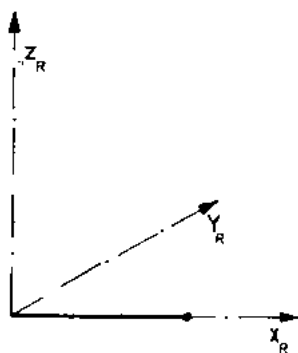


图8 一个直线运动

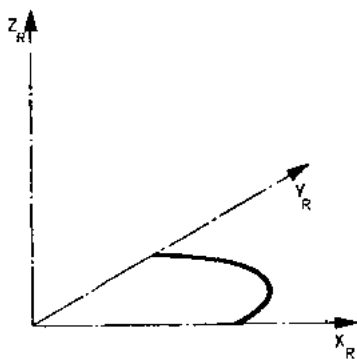


图9 一个旋转运动



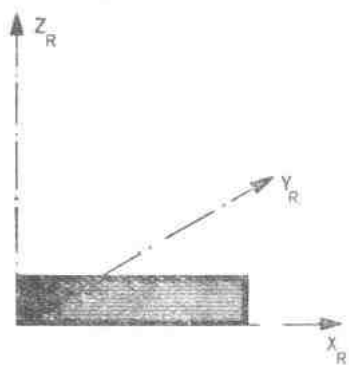


图10 二个直线运动

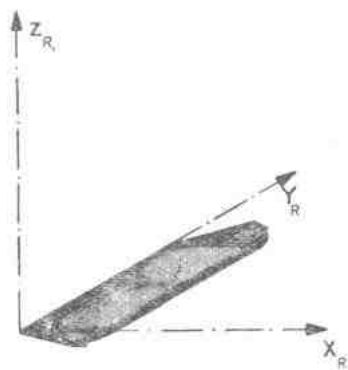


图11 一个直线运动加一个在直线运动所在平面内的旋转运动

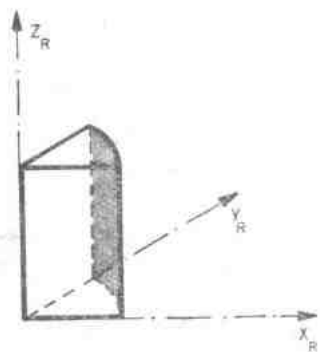


图12 一个直线运动加一个不在直线运动所在平面内的旋转运动

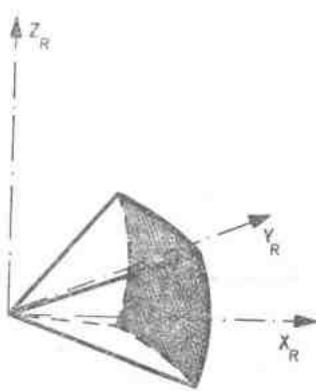


图13 二个旋转运动