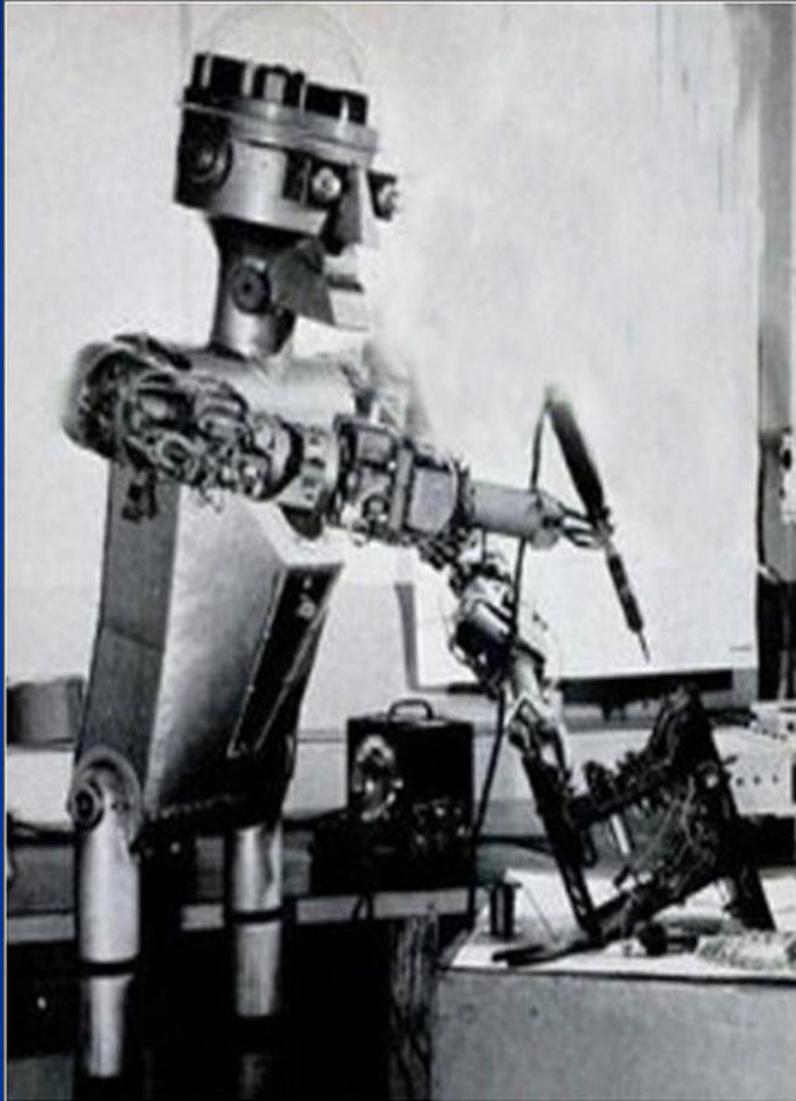


南昌理工学院

Nanchang Institute of Technology



工业机器人

机电工程学院

课程引入---什么是机器人学

- ◆ 机器人学是人们设计和应用机器人的技术和知识
- ◆ 机器人系统不仅由机器人组成，还需要其他装置和系统连同机器人一起来共同完成任务
- ◆ 机器人学是一门**多学科交叉的综合性学科**包括：矩阵理论、自动控制、计算机、传感器、人工智能、电子技术和机械工程等

课程引入---为什么要发展机器人?

- ❖ 机器人可以做人不愿意做的工作，把人从有毒的、有害的、高温的或危险的环境中解放出来，
- ❖ 机器人可以做人做不好的工作，例如在汽车生产线上机器人可以代替工人做重复性的劳动，而不感觉累，产品的质量又好；
- ❖ 机器人可以做人做不了的任务，例如人们对太空、海洋的探索，可以用机器人代替；在医学上可以进入到人体的小机器人，以及在微观环境下，对原子分子进行搬迁的机器人，都是人们不可达的工作。

学习目的

- 1、了解工业机器人的基本结构，掌握工业机器人的基本知识，对机器人及其控制系统有一个完整的理解
- 2、在机器人技术方面有一定的分析解决问题的能力及动手能力，为从事相关工作打下必要的技术基础

课时安排及考核方法

一、课时安排

学时安排：32学时

二、考核方法

平时成绩（30%）+ 期末考试成绩（70%）

注：平时成绩包括作业和考勤

第1章 绪论

1.1 机器人概述

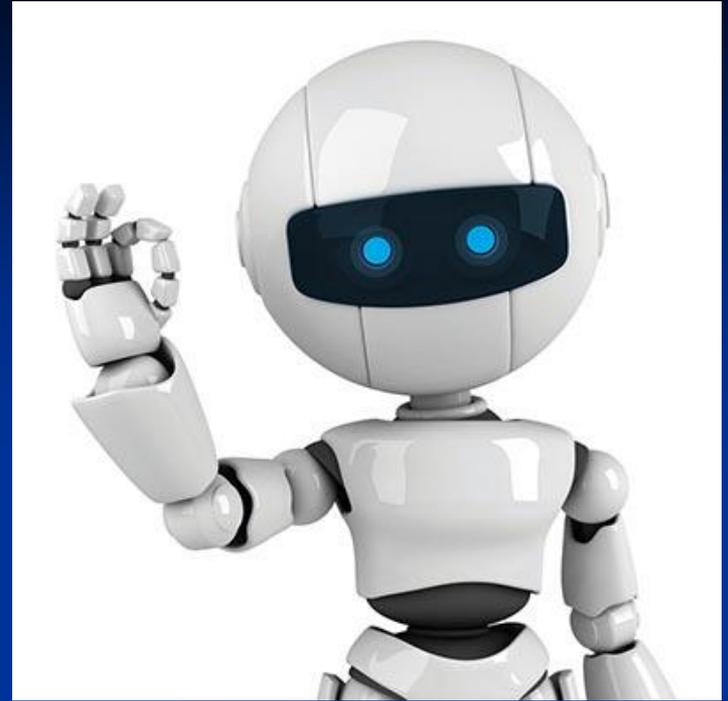
1.2 机器人的分类

1.3 工业机器人的组成及技术参数

1.1 机器人概述

1.1.1 机器人的定义

美国机器人工业协会（RIA）给出的定义



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

1.1 机器人概述

1.1.1 机器人的定义

日本工业机器人协会（JIRA）给出的定义

机器人是一种带有**存储器件**和**末端操作器**（手部，包括手爪、工具等）的通用机械，它能够通过自动化的动作替代人类劳动

1.1 机器人概述

1.1.1 机器人的定义

国际标准化组织（ISO）给出的定义

机器人是一种**自动的**、**位置可控的**、**具有编程能力**的多功能操作机。这种操作机具有几个轴，能够借助可编程操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置以执行各种任务。

1.1 机器人概述

1.1.1 机器人的定义

中国给出的定义

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，是一种具有高度灵活性的自动化机器

这些智能能力有感知能力、规划能力、动作能力和协同能力等

1.1 机器人概述

◆根据上述的各种定义，我们可以把具有下述性质的机械看作是机器人：

1、代替人进行工作，能像人那样使用工具和机械。

因此，数控机床和汽车不是机器人

2、可编程

机器人可随工作情况的变化，通过再编程相应地进行工作；一般的玩具机器人没有感觉和识别能力，不能再编程，不属于机器人。

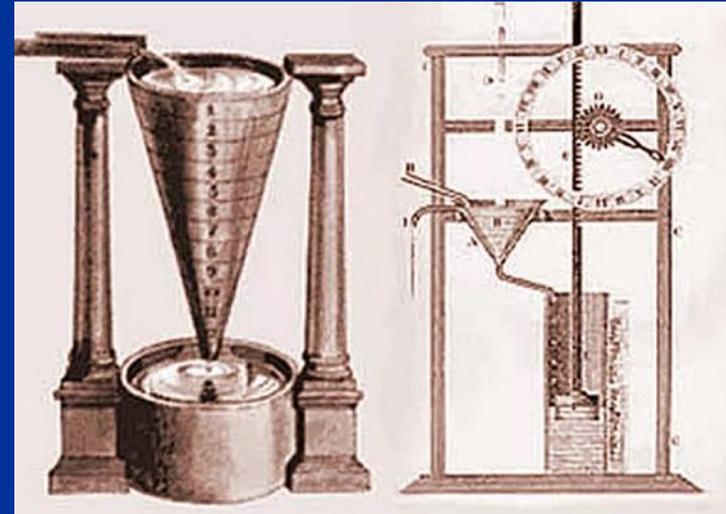
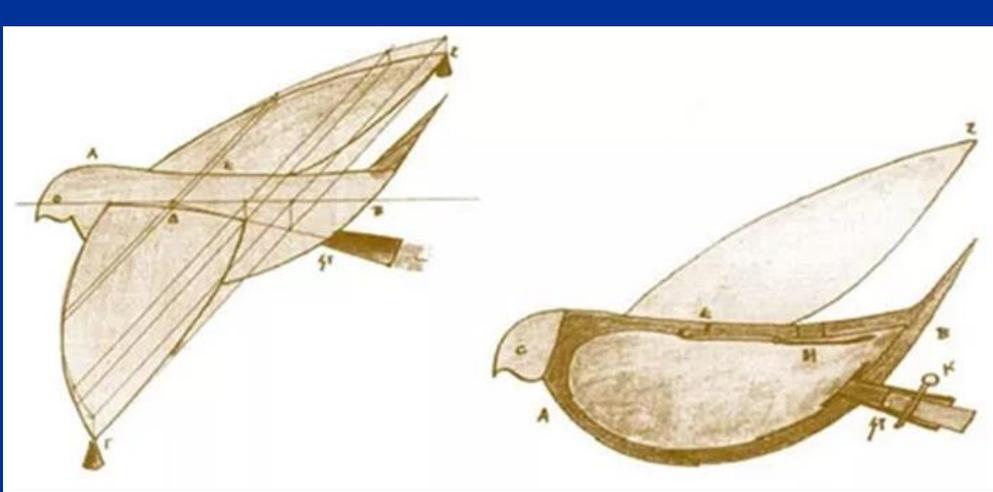
3、具有通用性。

机器人执行不同作业任务时，具有较好的通用性。

1.1 机器人概述

1.1.2 机器人的发展历史

◆古代机器人：阿契塔的鸽子，特西比乌斯的漏壶



虽然“机器人”（robot）一词在1921年才由卡雷尔·恰佩克（Karel Čapek）正式引入，但人类早在公元前4世纪就致力于创建**自动机器**。

1.1.2 机器人的发展历史

◆古代机器人：为周穆王跳舞的机器人



有关中国古代自动机的记载也很多，就像公元前3世纪《列子》“偃师献计”故事中，描述了一个为周穆王表演唱歌和歌舞的机器人，该机器人是偃师用木材和皮革制造的。

1.1.2 机器人的发展历史

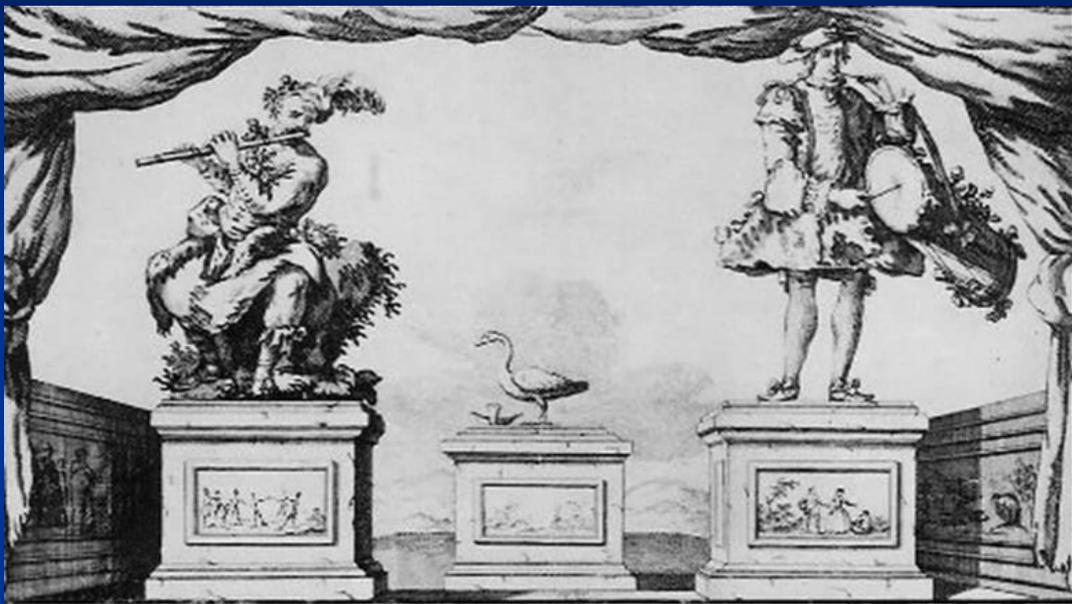
◆11世纪到15世纪：人形机器人和达芬奇的骑士



在1495年，达芬奇这位意大利著名艺术家和画家设计了一个自主骑士，其中设有一系列滑轮和齿轮，使其能够移动其胳膊和下巴，还能坐起来。

1.1.2 机器人的发展历史

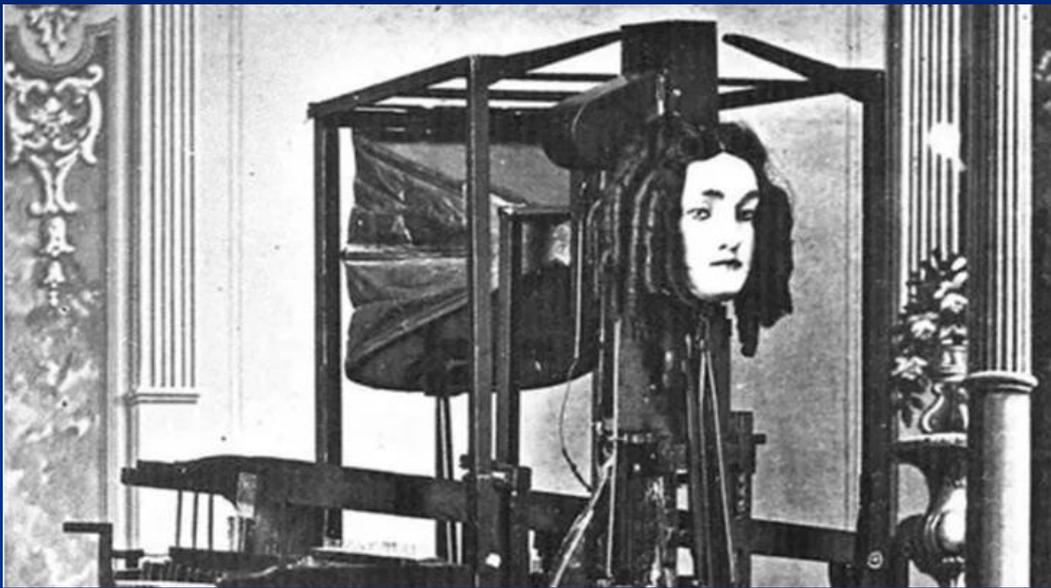
◆16世纪到18世纪：音乐机器人



- ◆ 1737年，雅克·德·沃坎森创作了**长笛演奏者**，这是一个真人大小的类人机器人，可以演奏长笛上的12首不同的歌曲。该机器人使用一系列波纹管“呼吸”，并有一个移动的嘴和舌，可以改变气流，使其能够演奏乐器。
- ◆ 他最令人难忘的成就是**觅食鸭（Digesting Duck）**。这只鸭子不仅能吃，还能拉（下蛋），而且它也常常被认为是**利用橡皮管的第一个装置**。

1.1.2 机器人的发展历史

◆十九世纪：早期的语言实验



Euphonia是由奥地利数学家和发明家奥西弗·费伯创造的。这台机器的特点是，有一个与键盘相连的人形女性脸，面部的嘴唇、下巴和舌头可以被控制。一根风箱和一根象牙白的芦苇提供了机器的声音，音调和口音可以通过鼻子上的螺丝来改变。

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪早期：埃尔·阿杰德雷西, Eric和伽金梭



El Ajedrecista

在1912年由列奥纳多·托雷斯·Y·奎维多建造的El Ajedrecista(“棋手”)是第一个真正的国际象棋机器人，它被一些人认为是视频游戏的先驱。该装置能够和人对弈，通过电路和一个磁铁系统来移动棋子。

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪早期：埃尔·阿杰德雷西, Eric和伽金梭



英国第一个机器人Eric



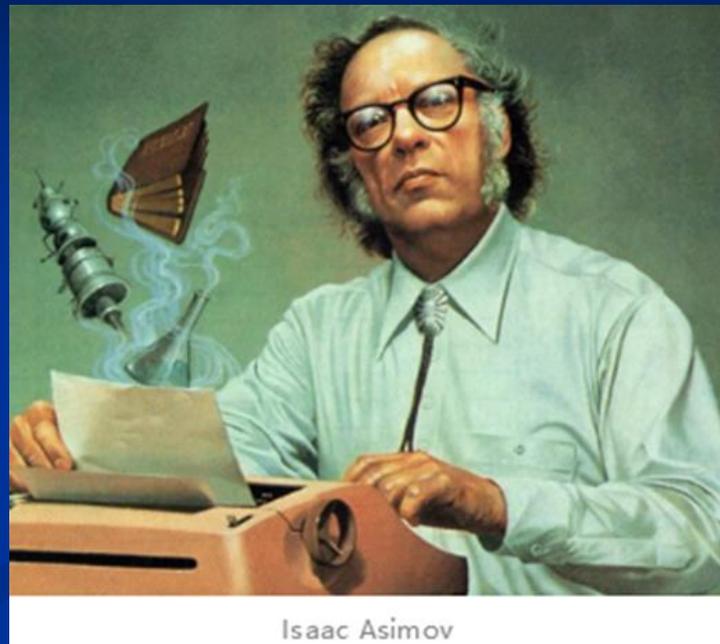
日本第一个机器人Gakutensoku

- ※ 1928年，英国第一个机器人Eric问世。它由两个人操作，可以移动头部和手臂，并通过无线电信号进行通话。它的动作由一系列齿轮、绳索和滑轮控制，据报道，机器人能从嘴里喷出火花。
- ※ 1929年，生物学家Nishimura西村建造了Gakutensoku，身高超过7英尺(2.1米)，可以通过齿轮和弹簧的运动来改变面部表情。它具有书写汉字的能力。

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪40年代：艾萨克·阿西莫夫机器人定律和第一个人工神经网络

- ◆1942年，Isaac Asimov的短篇小说Runaround问世后，才出现了“robotics”这个词。在小说中，Asimov列出了他著名的机器人三定律。

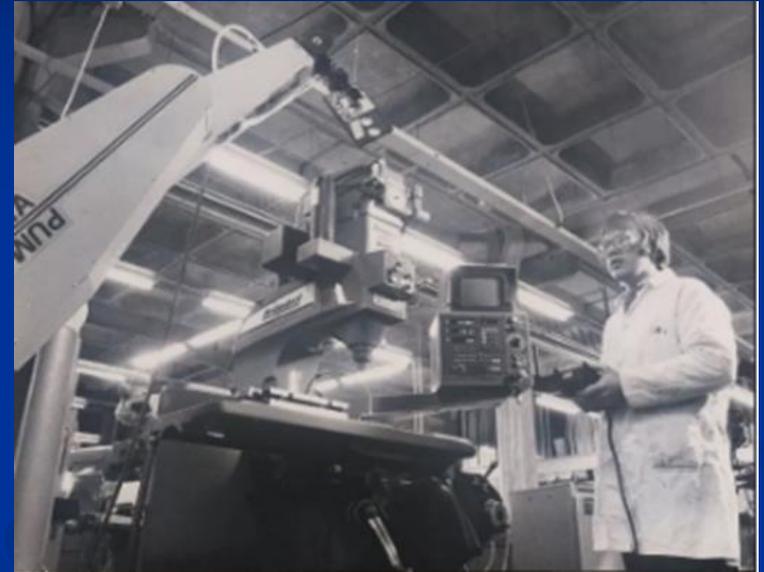


- ◆20世纪40年代也出现了第一个人工神经网络。沃伦·麦卡洛克和瓦尔特·皮茨创建了一个使用电路的基本神经网络，以更好地理解神经元是如何在大脑中运作的。由于使用了人工神经网络，他们的实验为能够显示复杂行为的自主机器人铺平了道路。

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪50年代：图灵测试和Unimate

- 机器人历史上的一个里程碑时刻发生在1950年，阿兰·图灵概述了他对机器人人工智能的测试。图灵测试已经成为人工智能的基准，因为它可以测量机器的智能与人类的智能相同还是无法区分的程度。



Unimate

- 20世纪50年代还出现了第一个工业机器人——Unimate。Unimate是由乔治·德沃尔在1954年提出的，它的特点是一个机械手臂能够运送压铸件并将其焊接到位。这种革命性的装置将永远改变制造业的面貌。

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪60年代：工业机器人革命

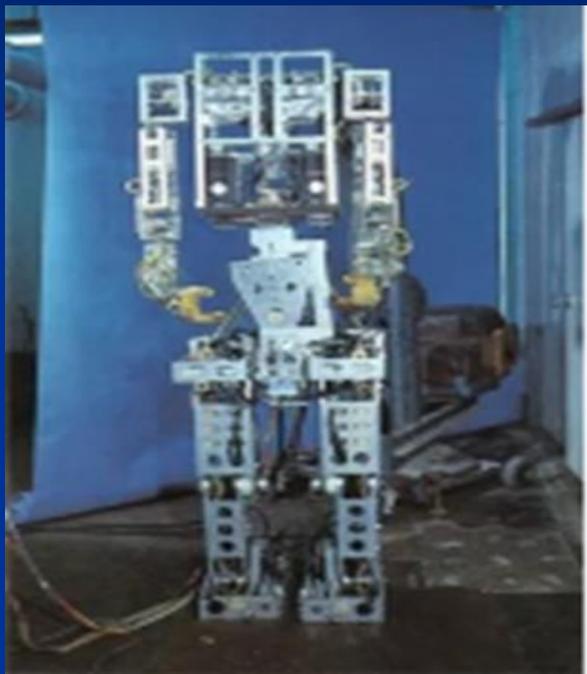
- ✓ 1961年，乔治·德沃尔获得 Unimate 专利后，机器人在工业环境中的应用进展迅速。
- ✓ 1969年，维克托·谢曼发明了斯坦福机械臂，这是一个机器人手臂，被认为是最早由电脑控制的机器人之一。斯坦福手臂标志着可通过计算机控制的工业机器人的重大突破。



斯坦福机械臂

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪70年代：WABOT-1和太空机器人



20世纪70年代初，世界上第一个全面拟人化机器人——WABOT-1问世。它的智力与18个月大的人类相当，标志着人形机器人技术的重大突破。



第一批登陆火星的机器人是维京1号和维京2号，它们于1976年登陆火星。

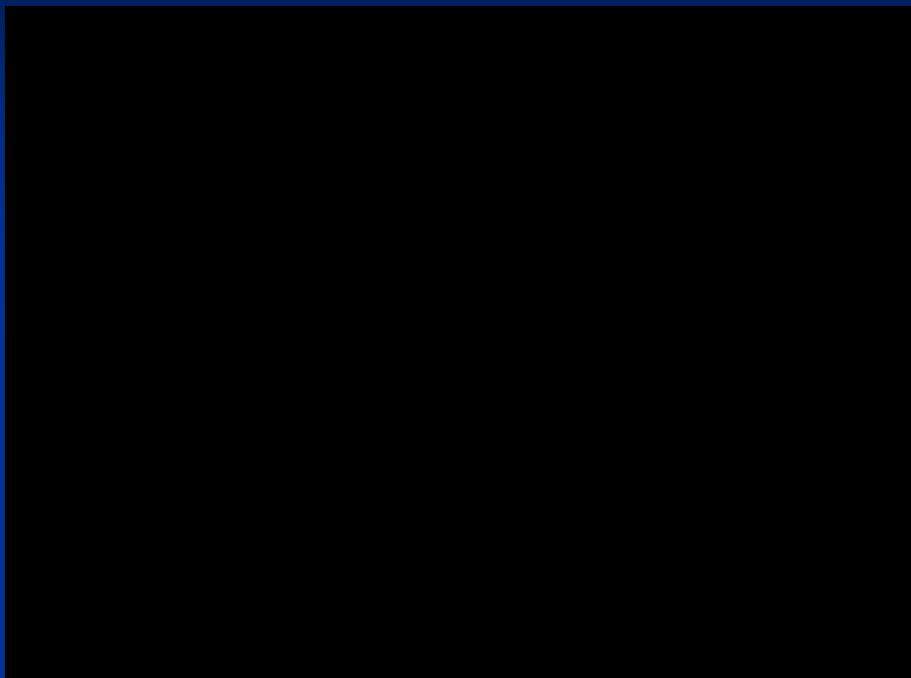
1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪80年代：家庭机器人和Genghis。



Omnibot 2000

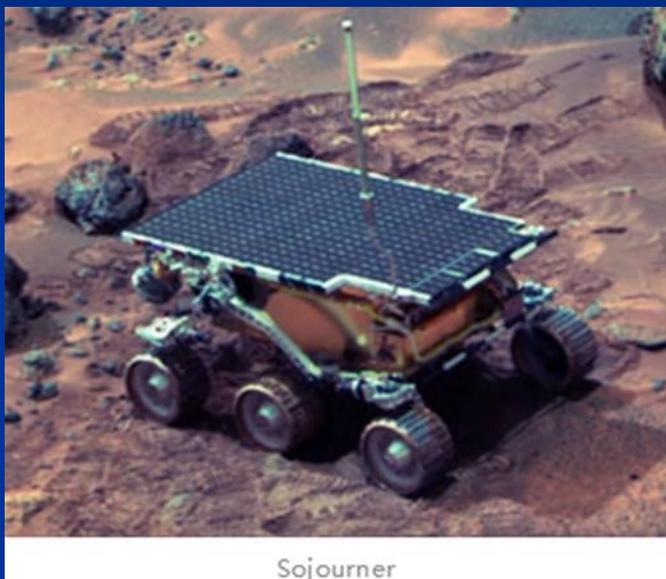
□ 在20世纪80年代，机器人正式进入了主流消费市场，尽管大多是简单的玩具。其中最受欢迎的机器人玩具是欧姆尼波特2000，它是遥控的，并配有一个托盘用来供应饮料和零食。



□ 1989年,麻省理工学院制造的六足机器人根格斯，通常被认为是**现代历史上最重要的机器人之一**。由于其体积小，材料便宜，Genghis被认为缩短了未来空间机器人设计的生产时间和成本。

1.1.2 机器人的发展历史

◆20世纪90年代：射波刀Cyberknife, Sojourner旅居者和爱宝



- ✘ 20世纪90年代初，使用Cyberknife：一种可以手术治疗肿瘤的放射手术系统，机器人进入手术室。
- ✘ 1996年，Sojourner成为第一个被送往火星的火星车。
- ✘ 90年代末，出现了20世纪最具标志性的机器人之一——索尼的爱宝（AIBO）机器狗。AIBO于1999年发布，是首批进入消费者市场的机器宠物之一。AIBO可以对语音指令做出回应。

1.1.2 机器人的发展历史

◆21世纪：今天的机器人状态



✘ 索菲娅的人工智能是基于云的，她能够深度学习，可以识别和复制各种各样的人类面部表情。索菲娅成为第一个获得国家公民身份的机器人。

✘ 现代机器人技术的引领下，波士顿动力公司一直被媒体视为在引领潮流，这要归功于它们的自主创新。“波士顿动力狗 (Big Dog)，军用机器人，能以每小时4英里(6.4千米/小时)的速度奔跑。SpotMini是一种自主机器人狗，它可以自己打开门。Atlas是一个复杂的类人机器人，能够跑动和跳过障碍。



1.1 机器人概述

1.1.2 机器人的发展历史

想象

工业应用

商业应用

个人应用

古希腊

叙事诗《伊利亚特》

世界上第一家机器人公司
Unimate 与1962年
为真正商业化的工业
掀起了全世界对机器人的

1998年丹麦乐高公司推出机器人（Mindstorms）套件，让机器人制造变得跟搭积木一样，相对简单又能任意拼装，使机器人开始走入个人世界。

1.1 机器人概述

机器人三定律

- 1、机器人不得伤害人或由于故障使人受到伤害
- 2、机器人应执行人人们所下达的指令，除非这些指令与第一定律相矛盾
- 3、机器人应能保护自己，除非这种保护行为与第一第二定律相矛盾

上面三条是学术界默认的研发机器人的原则

1.2 机器人的分类

1.2.1、机器人的分类

1、按机器人的发展的程度分类

第一代机器人——示教——再现机器人



1959年美国的英格伯格和德沃尔制造出世界上第一台工业机器人，机器人的历史才真正开始。

1.2.1、机器人的分类

1、按机器人的发展的程度分类

第二代机器人——带感觉的机器人



对外界环境有一定**感知能力**，并具有听觉、视觉、触觉等功能。机器人工作时，根据感觉器官（传感器）获得的信息，**灵活调整自己的工作状态**，保证在适应环境的情况下完成工作。

第二代机器人代表SONY公司研发的abio

1.2.1、机器人的分类

1、按机器人的发展的程度分类



第三代机器人—智能机器人

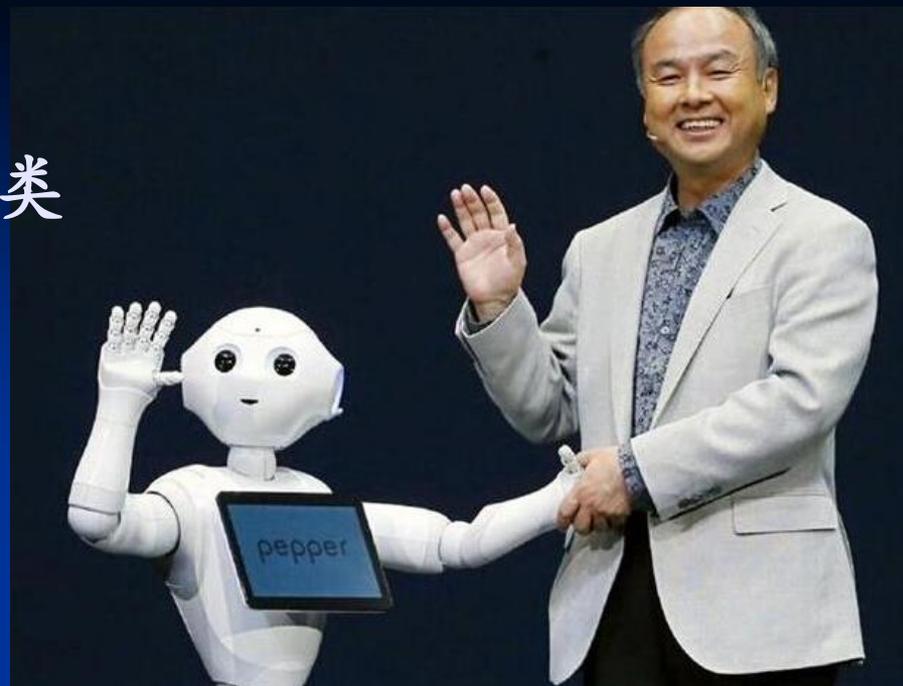
智能机器人不仅具有感觉能力，而且还具有独立判断和行动的能力

图为餐饮服务类智能机器人。

1.2.1、机器人的分类

1、按机器人的发展的程度分类

第四代机器人—情感机器人



Pepper是一款人形机器人，由日本软银集团和法国Aldebaran Robotics研发

1.2.1、机器人的分类

2、按控制方式分类

- ❖ 操作机器人
- ❖ 程序机器人
- ❖ 示教—再现机器人
- ❖ 数控机器人
- ❖ 智能机器人



广州数控机器人操作演示图

1.2.1、机器人的分类

3、从应用环境上分类：

* 我国从应用环境上把机器人分两类：

■ 工业机器人

■ 特种机器人

* 国际上从应用环境出发将机器人也分为两类：

■ 制造环境下的工业机器人

■ 非制造环境下的服务与仿人型机器人

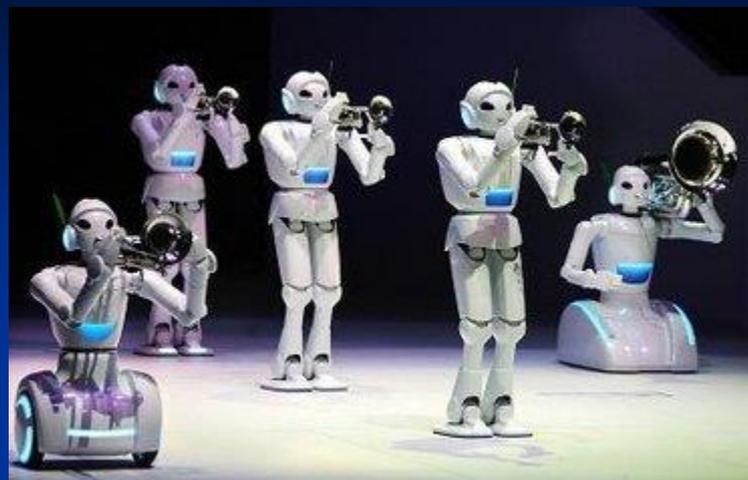
工业机器人

- 所谓工业机器人就是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人。如：**机械手**。



特种机器人

- 特种机器人则是除工业机器人之外的、用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人。包括：服务机器人、水下机器人、微操作机器人、娱乐机器人、军用机器人、农业机器人、机器人化机器等。



娱乐机器人



护理机器人

1.2 机器人的分类

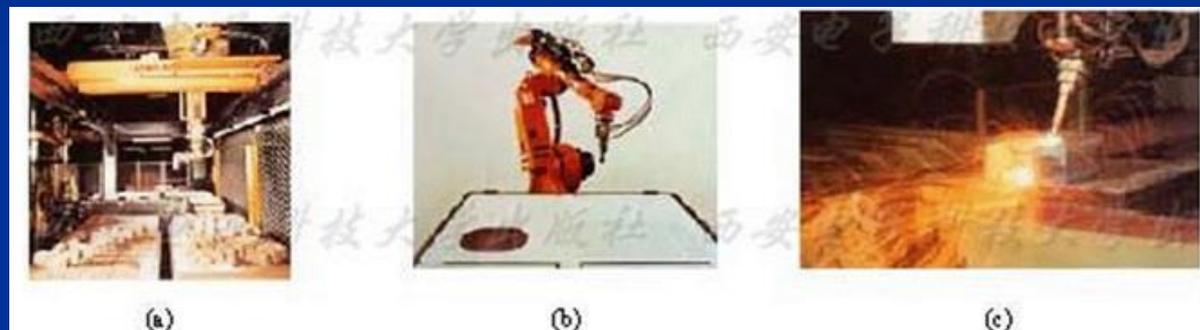
1.2.1、机器人的分类

3、按机器人的应用领域分类

- 产业用机器人

- 极限作业机器人

- 服务型机器人



搬运、涂料、焊接机器人

4、按机器人关节连接布置形式分类

- 串联机器人（开链式）和并联（闭链式）机器人两类

1.2.2、工业机器人的分类

工业机器人的关节

机身、臂部、手腕和末端操作器组成了机器人的操作臂

操作臂是由一系列的连杆通过关节顺序相串联而成。

机器人最常用的两种关节是**移动关节**（prismatic joint 通常用**P**表示）和**回转关节**（revolute joint 通常用**R**表示）

1.2.2、工业机器人的分类

工业机器人的关节

- 机器人的运动由**臂部**和**手腕**的运动组合而成
- 通常臂部有三个关节，用于改变手腕参考点的位置，称为**定位机构**
- 手腕部分也有三个关节，这三个关节的轴线相互垂直相交，用来改变末端操作器的姿态，称为**定向机构**
- 整个操作臂是由**定位机构连接定向机构**而构成的

按结构分类

基本坐标式结构

模块结构

冗余自由度结构

直角坐标式机器人

圆柱坐标式机器人

球坐标式机器人

关节坐标式机器人

平面关节式机器人

整体控制机器人

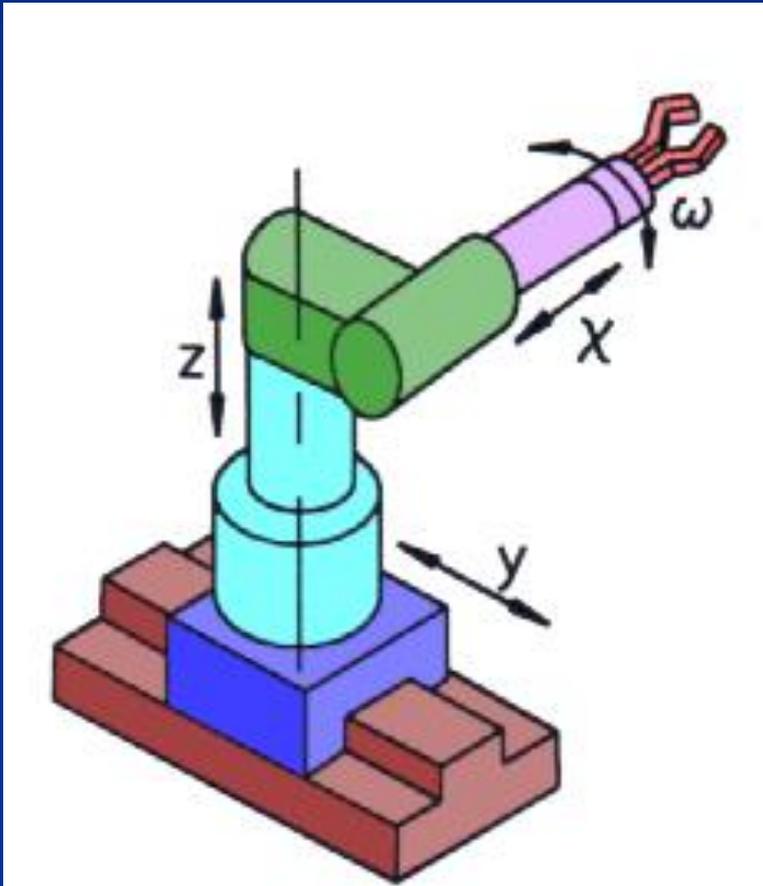
每关节独立控制机器人

工业机器人的分类

1.2.2 工业机器人的分类

五种坐标形式的机器人

1、直角坐标型机器人

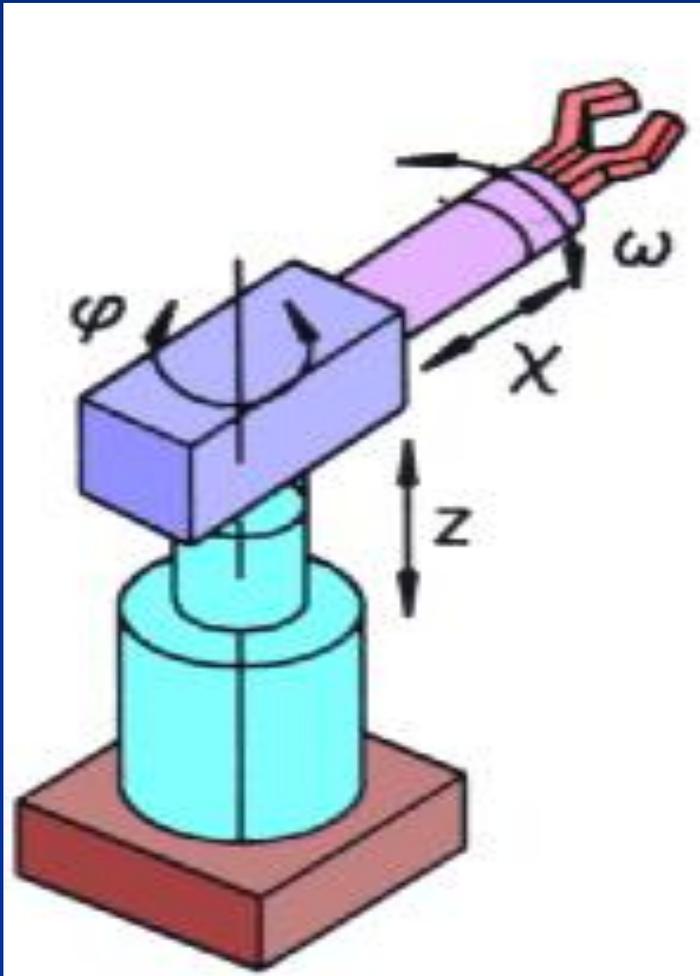


- ❖ 这类操作机的手部在空间三个相互垂直的方向X、Y、Z上作移动运动，运动是独立的。
- ❖ 其控制简单，运动直观性强，易达到高精度，但操作灵活性差，运动的速度较低，操作范围较小而占据的空间相对较大。

1.2.2 工业机器人的分类

五种坐标形式的机器人

2、圆柱坐标型机器人



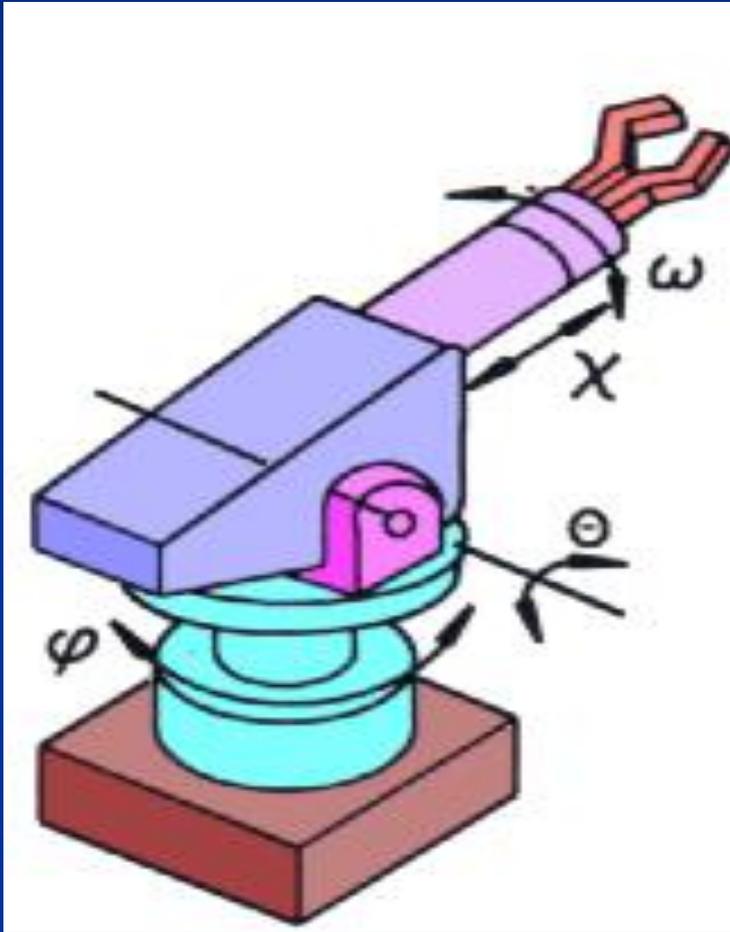
机器人通过两个移动和一个转动来实现末端操作器空间位置的改变

- ❖ 这类操作机在水平转台上装有立柱，水平臂可沿立柱上下运动并可在水平方向伸缩。
- ❖ 其工作范围较大，运动速度较高，但随着水平臂沿水平方向伸长，其线位移分辨精度越来越低。

1.2.2 工业机器人的分类

五种坐标形式的机器人

3、球（极）坐标型机器人

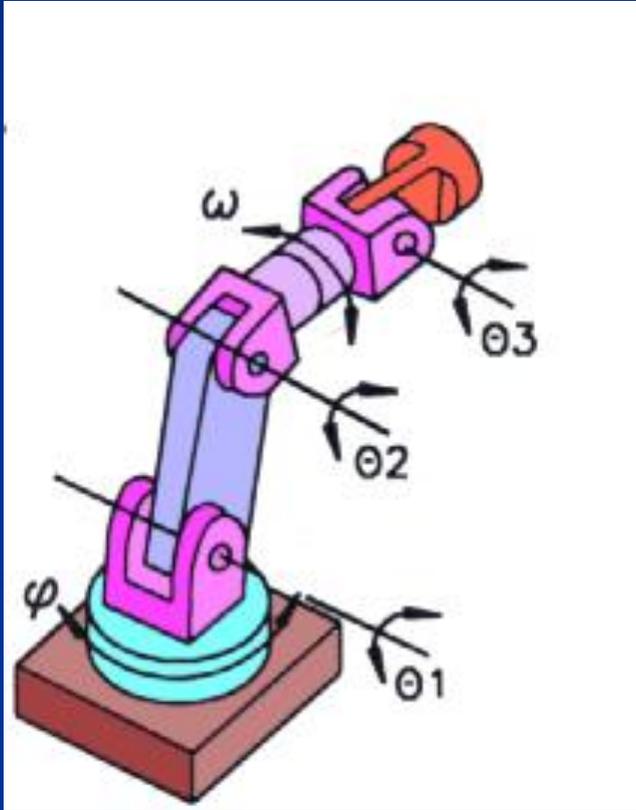


- ❖ 也称极坐标型操作机，工作臂不仅可绕垂直轴旋转，还可绕水平轴作俯仰运动，且能沿手臂轴线作伸缩运动。
- ❖ 其操作比圆柱坐标型更为灵活，并能扩大机器人的工作空间，但旋转关节反映在末端执行器上的线位移分辨率是一个变量。

1.2.2 工业机器人的分类

五种坐标形式的机器人

4、关节坐标型机器人



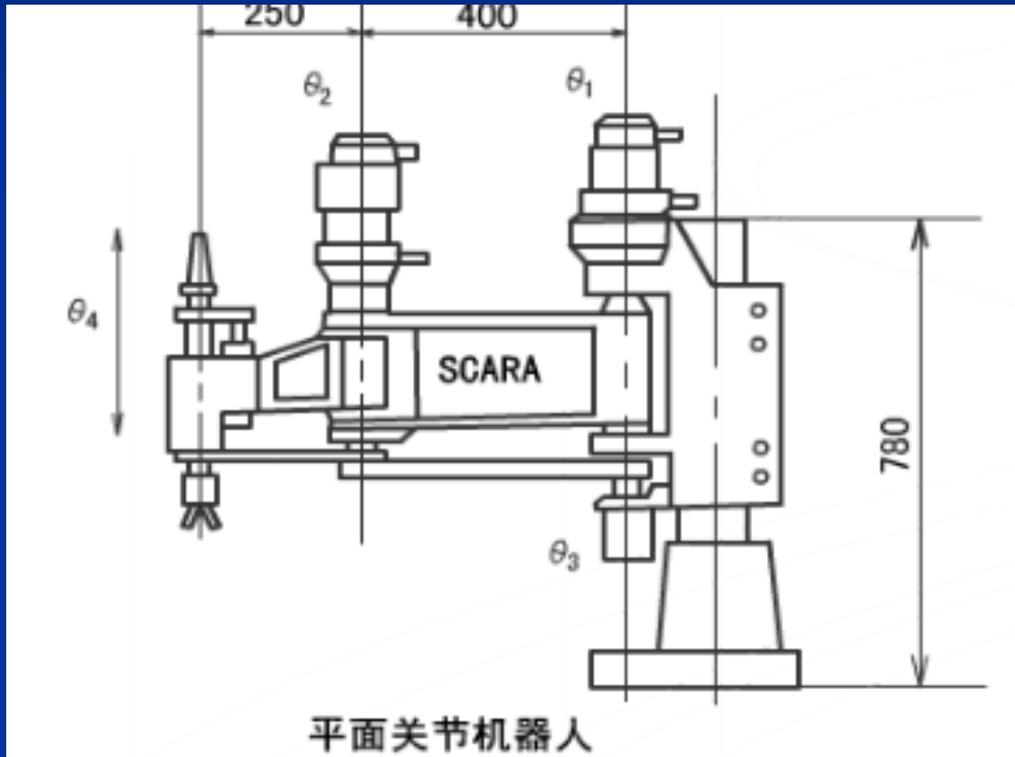
- 关节机器人的关节全都是旋转的，类似于人的手臂，是工业机器人中最常见的结构。
- 机器人由立柱和大、小臂组成。
- 支柱绕z轴旋转，形成腰关节，立柱与大臂通过肩关节相连接，大臂与小臂形成肘关节，可使大臂作回转和俯仰，小臂作俯仰。

- ◆ 其操作灵活性最好，运动速度较高，操作范围大，但精度受手臂位姿的影响，实现高精度运动较困难。

1.2.2 工业机器人的分类

五种坐标形式的机器人

5、SCARA型机器人



平面关节式机器人可看作是关节坐标式机器人的特例。

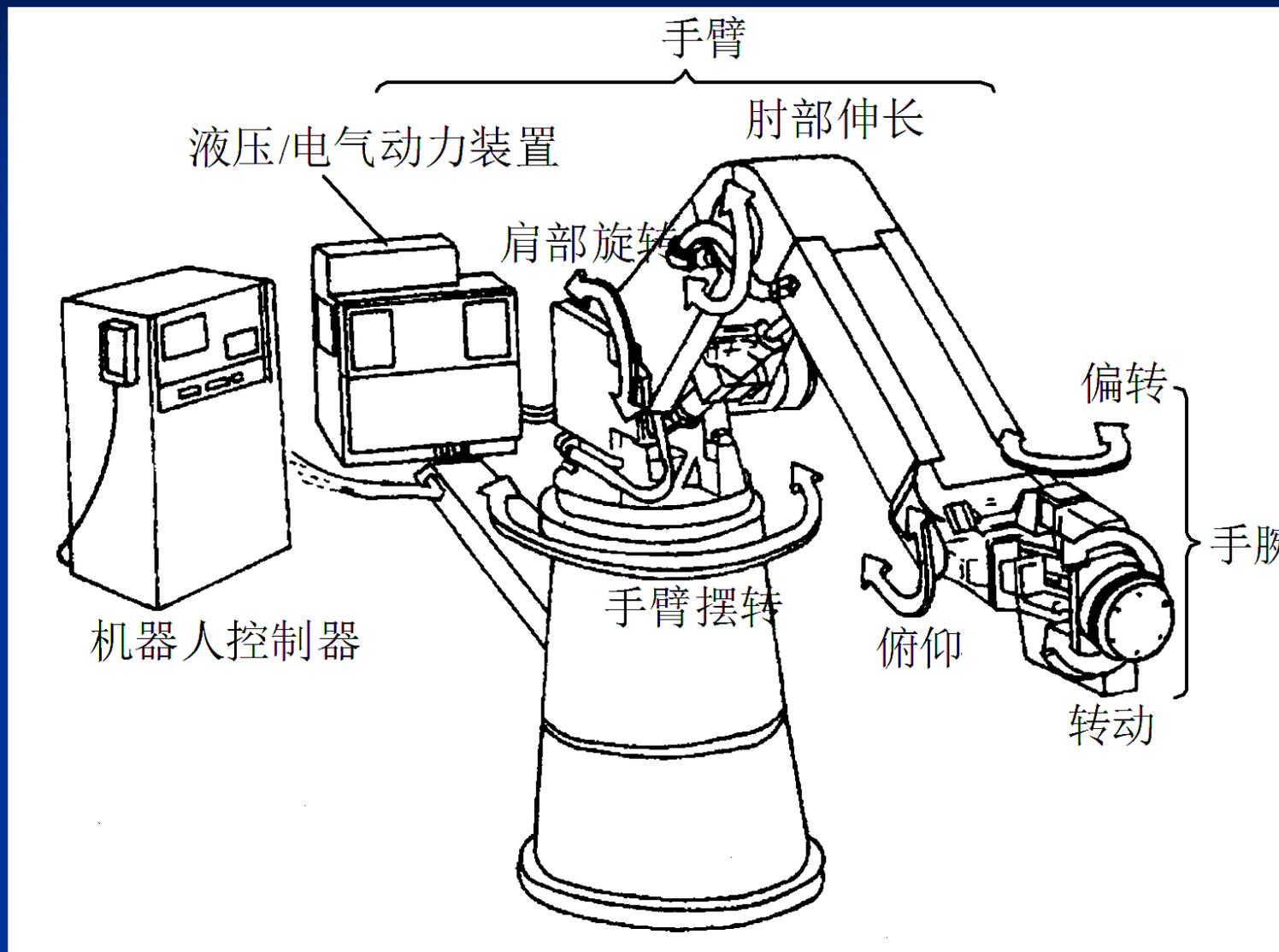
它只有平行的肩关节和肘关节，关节轴线共面

1.3 工业机器人的组成与技术参数

工业机器人一般由以下几部分构成：

- **机身部分：**如同机床的床身结构一样，机器人机身构成机器人的基础支撑。有的机身底部安装有机器人行走机构；有的机身可以绕轴线回转，构成机器人的腰。
- **手臂部分：**分为大臂、小臂和手腕，完成各种动作。
- **关节：**分为滑动关节和转动关节。实现机身、手臂各部分、末端操作器之间的相对运动。
- **末端操作器：**可以是拟人的手掌和手指，也可以是各种作业工具，如焊枪、喷漆枪等。

1.3 工业机器人的组成与技术参数



1.3.1 工业机器人系统的组成

工业机器人由机器人、作业对象和环境共同构成，包括四大部分：

- ✘ 机械系统
- ✘ 驱动系统
- ✘ 控制系统
- ✘ 感知系统

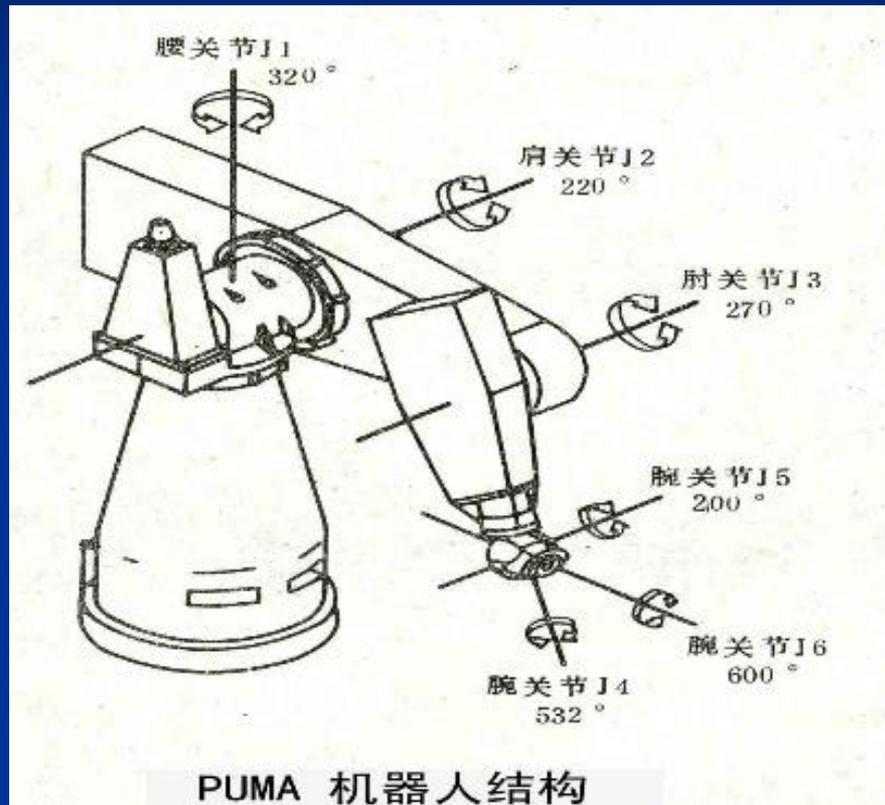


1.3.1 工业机器人系统的组成

1、机械系统

机械系统的作用相当于人的身体（骨骼、手、臂、腿等）

工业机器人的机械系统一般包括机身、臂部、手腕、末端操作器等部分，每一部分都有若干个自由度，构成一个多自由度的机械系统



1.3.1 工业机器人系统的组成

2、驱动系统

驱动系统的作用相当于人的肌肉；

工业机器人的驱动系统主要指驱动机械系统动作的驱动装置。可分为电气驱动、液压驱动和气压驱动三种以及把它们结合起来应用的综合系统

1.3.1 工业机器人系统的组成

3、控制系统

控制系统是机器人的大脑

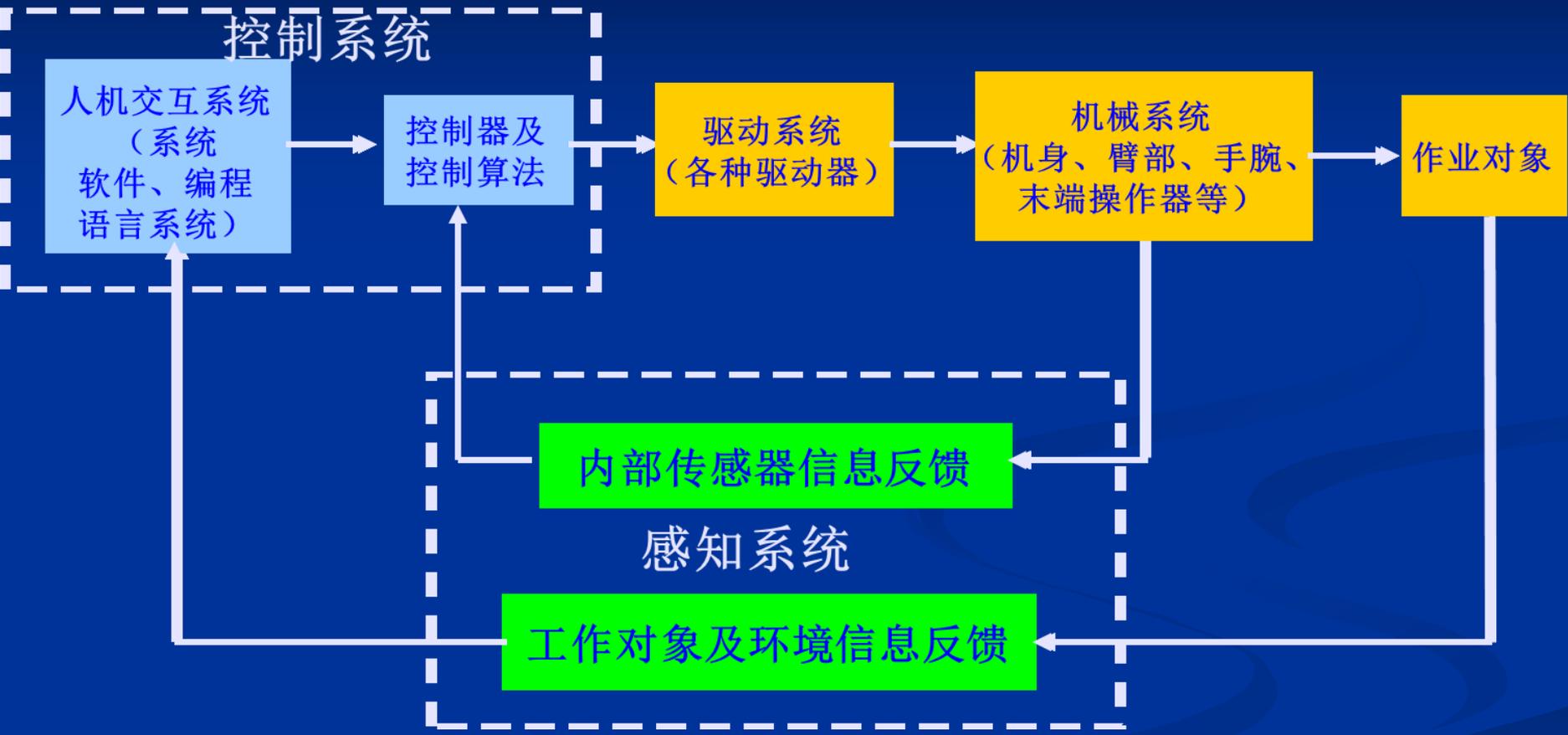
它支配着机器人按规定的程序运动，并记忆人们给予的指令信息，同时按其控制系统的信息对执行机构发出执行命令

1.3.1 工业机器人系统的组成

4、感知系统

感知系统是由内部传感器和外部传感器组成，其作用是获取机器人内部和外部环境信息，并把这些信息反馈给控制系统，**该部分的作用相当于人的五官**

1.3.1 工业机器人系统的组成

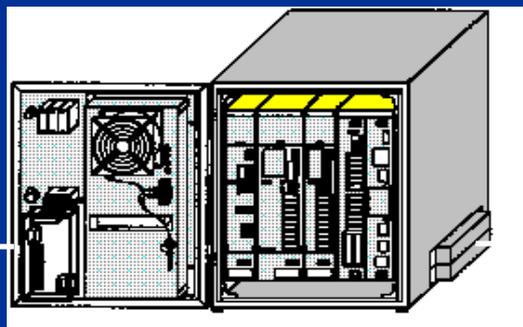


机器人系统组成及各部分之间的关系

1.3.1 工业机器人系统的组成

认识机器1

工业机器人的组成



示教板
用于输入控制命令
或控制程序

控制系统
用于控制操作机各关
节内伺服电机的运动

操作机
在控制系统的控制下，实
现各种复杂运动。每个关
节内有电动机和减速器

1.3 工业机器人的组成与技术参数

1.3.2 工业机器人的技术参数

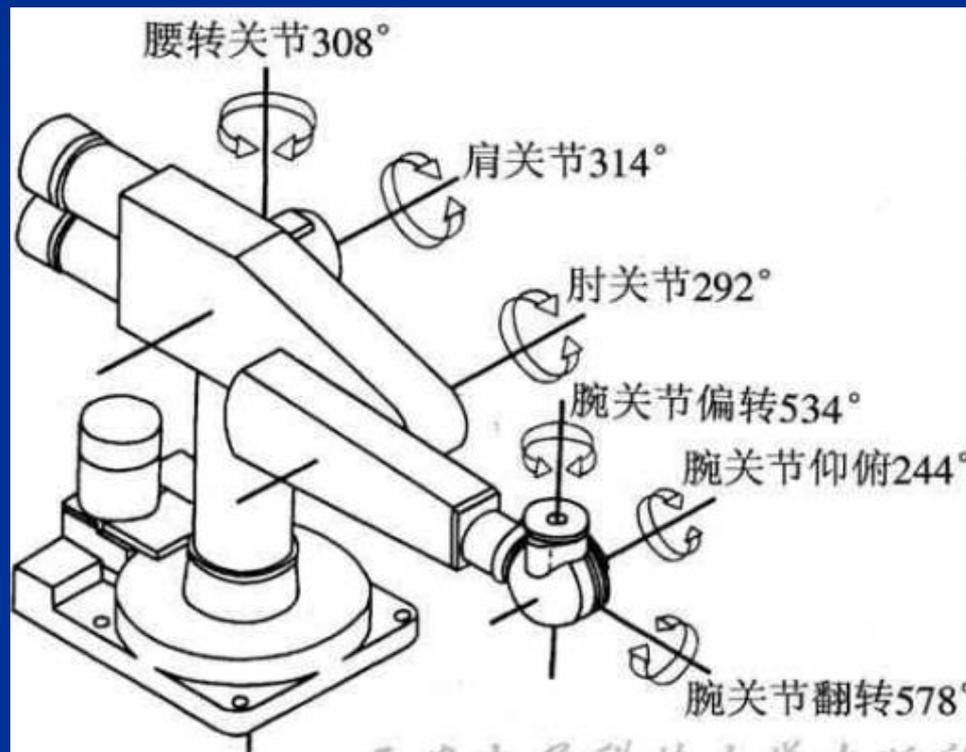
技术参数是机器人制造商在产品供货时所提供的技术数据。

一般有：

- 1、自由度
- 2、定位精度和重复定位精度
- 3、工作范围
- 4、最大速度
- 5、承载能力

1.3.2 工业机器人的技术参数

1、自由度



PUMA562工业机器人

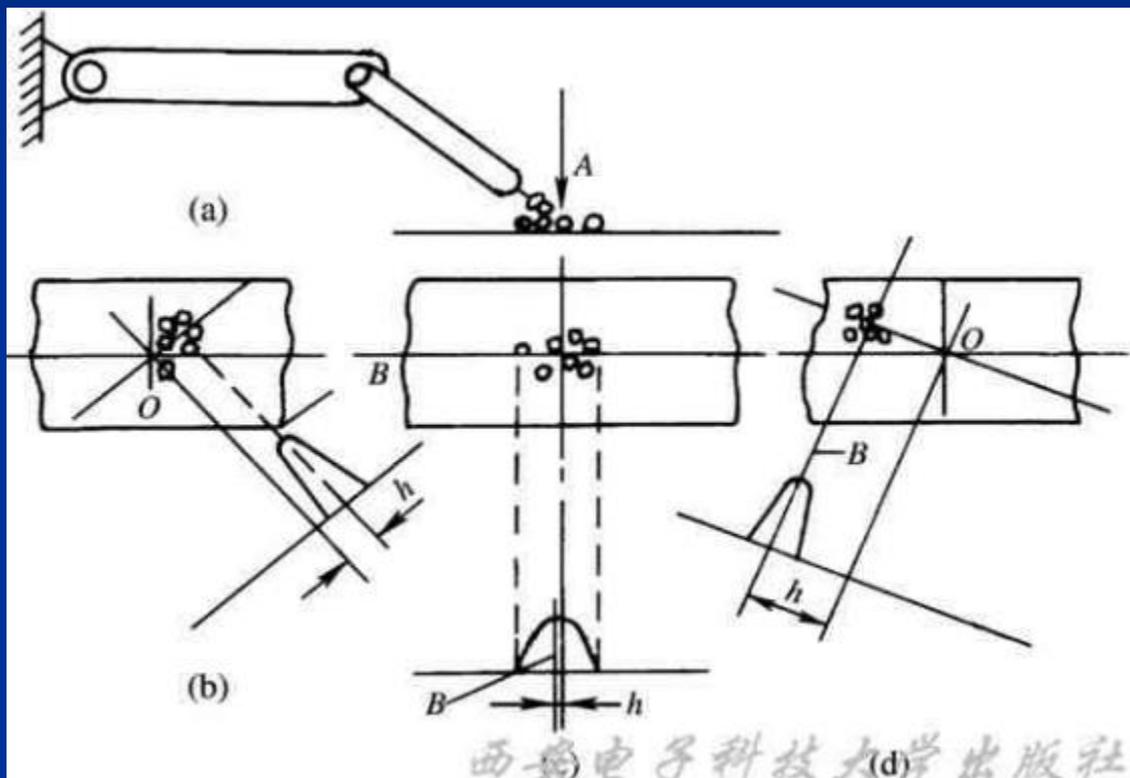
自由度是指机器人所具有的独立的坐标轴运动的数目，末端操作器的开合自由度除外。

自由度是机器人的一个重要技术指标，它是由机器人的结构决定的，并直接影响到机器人是否能完成与目标作业相适应的动作

机器人自由度一般在三至六个之间，大于六个的自由度称为**冗余自由度**。

1.3.2 工业机器人的技术参数

2、定位精度和重复定位精度



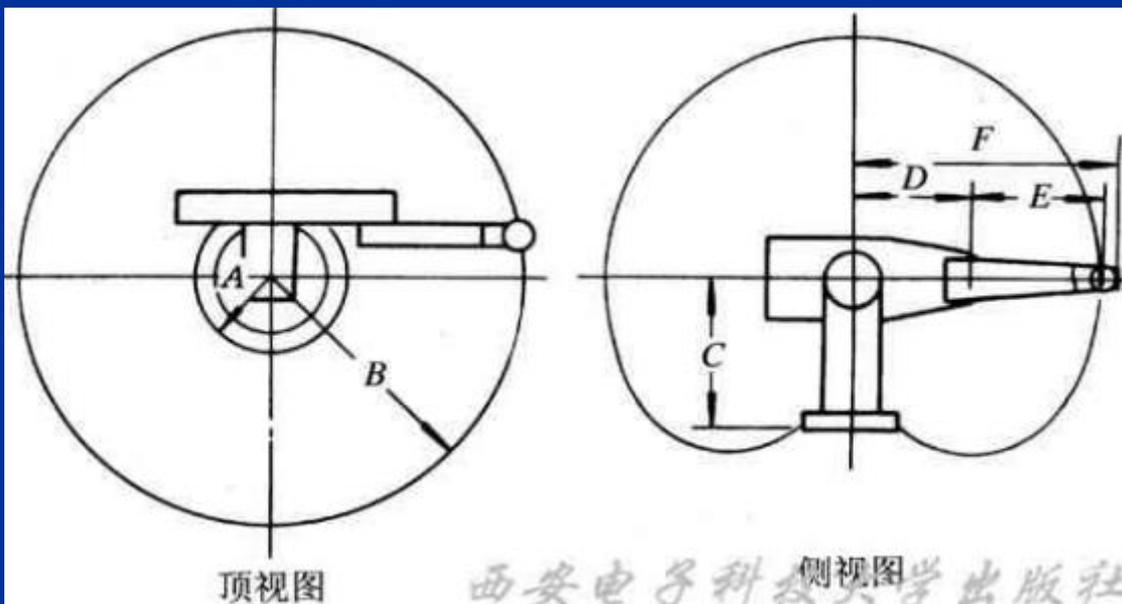
定位精度是指机器人末端操作器的实际位置与目标位置之间的偏差。

重复定位精度是指在相同条件下，机器人连续重复运动若干次时，其位置的分散情况。

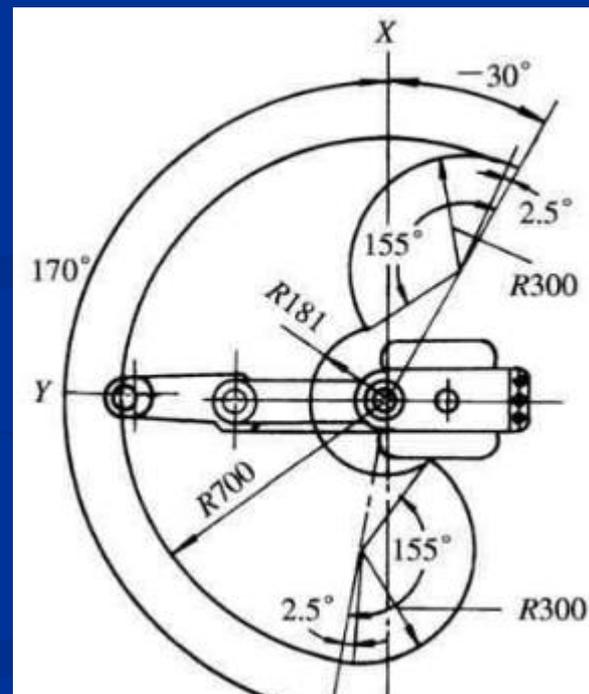
1.3.2 工业机器人的技术参数

3、工作范围

作业范围是机器人运动时手臂末端或手腕中心所能达到的所有点的集合。



PUMA562工业机器人工作范围



A4020型SCARA机器人工作范围

1.3.2 工业机器人的技术参数

4、速度

◆ 机器人运动速度反映了机器人的作业水平，运动速度的快慢与它的驱动方式、定位方式、抓取质量大小和行程距离有关。作业机器人手部的运动速度应根据生产节拍、生产过程的平稳性和定位精度等要求来决定。

◆ 目前 工业机器人的最大直线运行速度大部分为1000mm/s左右。最大回转速度为120度/秒左右。

◆ 作为机器人规格参数的运动速度是指全程的平均速度，实际使用速度可在一定范围内调节。

1.3.2 工业机器人的技术参数

5、承载能力

- 承载能力是指机器人在工作范围内的任何位姿上所能承受的最大质量。
- 承载能力不仅决定于负载的质量,而且还与机器人运行的速度和加速度的大小和方向有关。
- 为了安全起见,承载能力这一技术指标是指高速运行时的承载能力。通常,承载能力不仅指负载,而且还包括了机器人末端操作器的质量。

作业

P17: 1—2、4、6