

第1章： 概述



主讲：许璟、周家乐

单位：信息科学与工程学院

邮箱：jingxu@ecust.edu.cn

办公：徐汇校区 实验19楼1213室

上课要求

几点要求/建议

- ❖ 不迟到, 不缺课
- ❖ 按时提交作业
- ❖ 上课不看手机, 认真听课
- ❖ 重视理解和掌握基本概念、思想和方法

期末成绩：48学时，平时30%（作业、课堂练习），
期末考试（闭卷）70%，**满分80分**

课程实验：48学时（10个实验），**满分20分**

机器人起源

- Robot起源：三国时期诸葛亮—**木牛流马**（移动机器人）
- Robot起源：捷克语robota-强迫劳动，1920年**捷克作家萨佩克**的剧本《洛桑万能机器人公司》。
- Robot含义：洛桑万能机器人公司生产劳动的那些家伙取名“**Robot**”，**捷克语为奴隶——萨佩克把机器人的地位确定为只管埋头干活、任由人类压榨的奴隶**，它们存在的价值只是服务于人类。它们没有思维能力，不能思考，只是类似人的机器，很能干，以便使人摆脱劳作。



机器人发展历史

- 第一次工业革命时期，**机械式控制机器人**出现。
- 1920年，**咋雷尔·凯培克**在幻想情节剧《**罗萨姆的万能机器人**》中，第一次提出了名词“**机器人**”；
- 1950年，美国科学幻想小说家**阿西摩夫**在小说《**我是机器人**》中，提出了“**机器人三守则**”。
- 1962年，美国**万能自动化公司**的第一台机器人**Unimate**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。

机器人三原则

□ 1940年：科幻作家Asimov《我是机器人》——机器人三原则：

- 机器人不得伤害人类，也不能坐视不管人类受到伤害；
- 机器人必须服从人类的命令，但不能违背上述原则；
- 机器人必须保护自己，但不能违背上述两原则。



1961年，美国研制首台商用机器人Unimate



2015年，大众Kuka机器人杀人事件

机器人的应用

机器人应用于工业制造和海洋探测开发

工业机器人



汽车焊接机器人



汽车喷涂机器人



物流搬运机器人



电子装配机器人

水下机器人



载人潜水器



有缆水下机器人



自主水下机器人



混合水下机器人

机器人的应用

机器人应用于空间勘测与开发

空间机器人



好奇号火星车



空间机器人



空间机械臂



机器人航天员

陆地机器人



无人驾驶汽车



极地勘察机器人



电站巡检机器人



足式机器人

机器人的应用

机器人在国家重要工业和国防装备制造中，能够高效完成测量、焊接、加工、装配、检测等工作。



大型舰船



轨道交通装备



航空航天装备



新能源汽车



机器人是强国制造的重要工具！

本章提纲

1.1 机器人的内涵

1.2 机器人的应用与发展

1.3 机器人学的研究展望

1.4 机器人学：建模、控制与视觉



1.1 机器人内涵

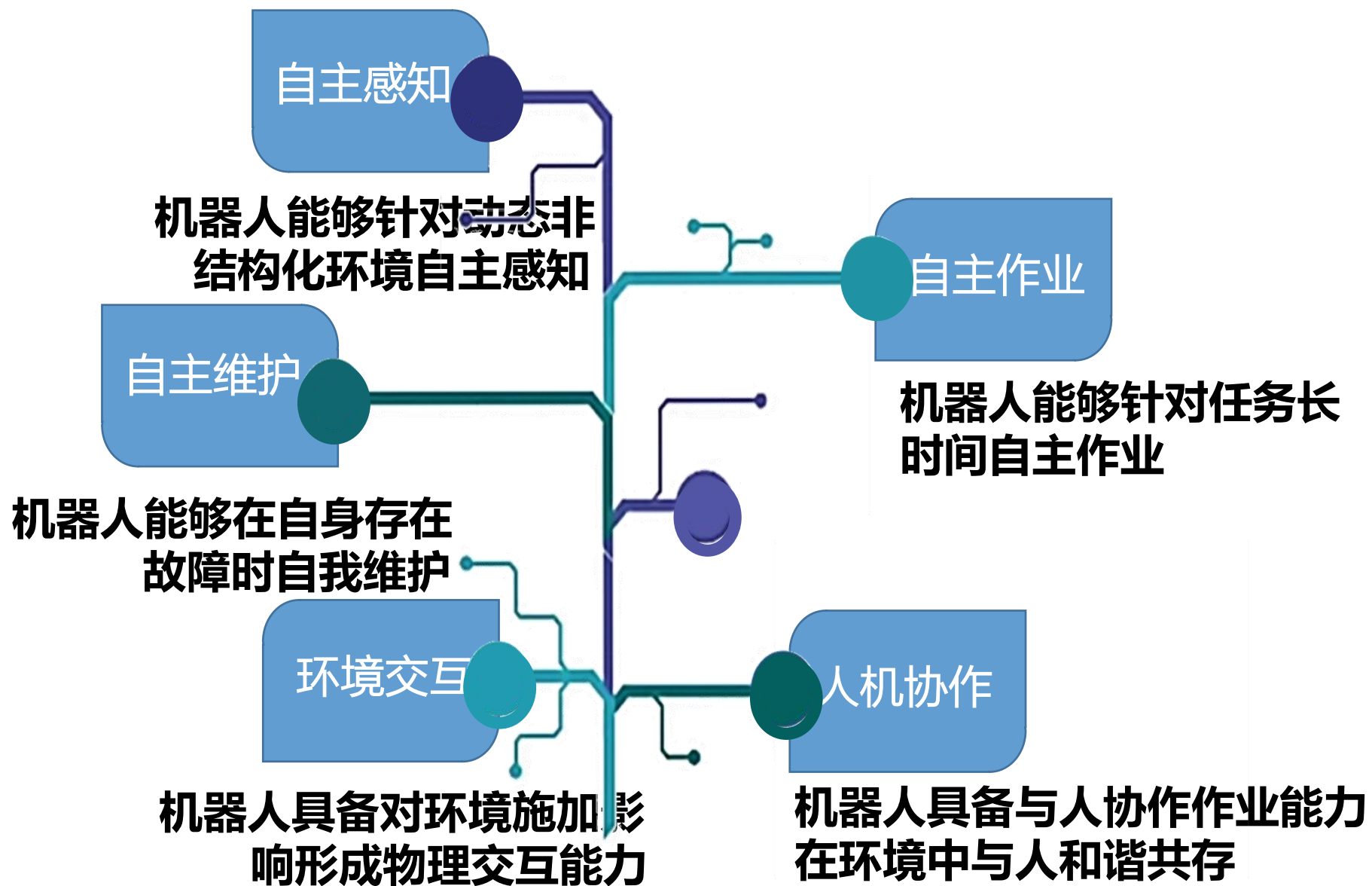
□ 熊有伦院士提出：操作臂、海陆空、人机共融（10个字）

$\{\text{机器人}\} = \{\text{操作臂}\} \cup \{\text{海陆空}\} \cup \{\text{人机共融}\}$

三个子集之并集！

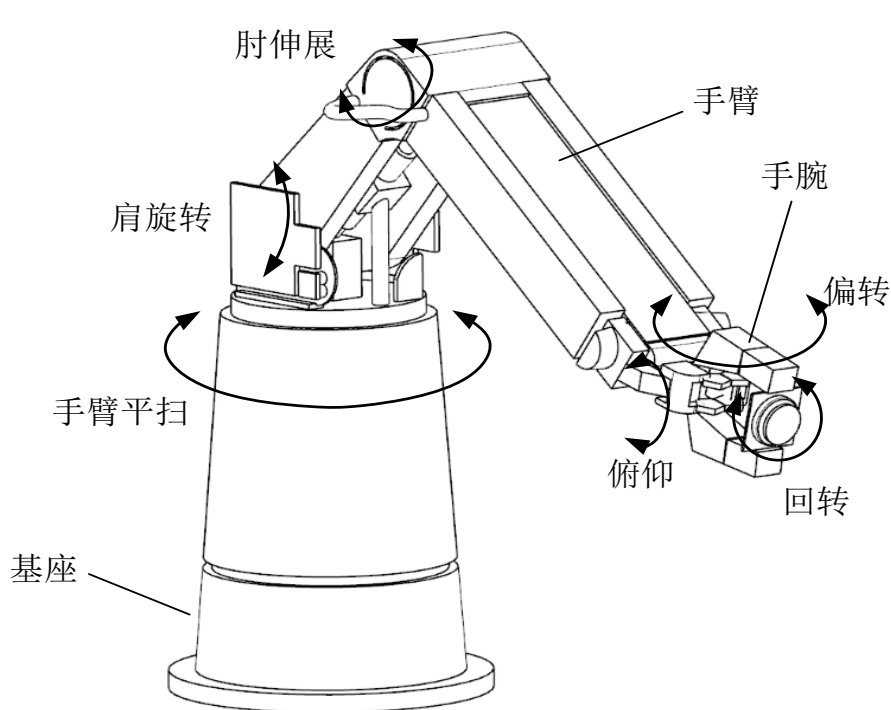
- 操作臂代表传统工业机器人
- 海陆空代表无人机、智能车和水下机器人
- 人机共融涵盖服务机器人、仿生/类生机器人、拟人机器人、康复医疗（上肢/下肢外骨骼）机器人等

1.1 机器人内涵

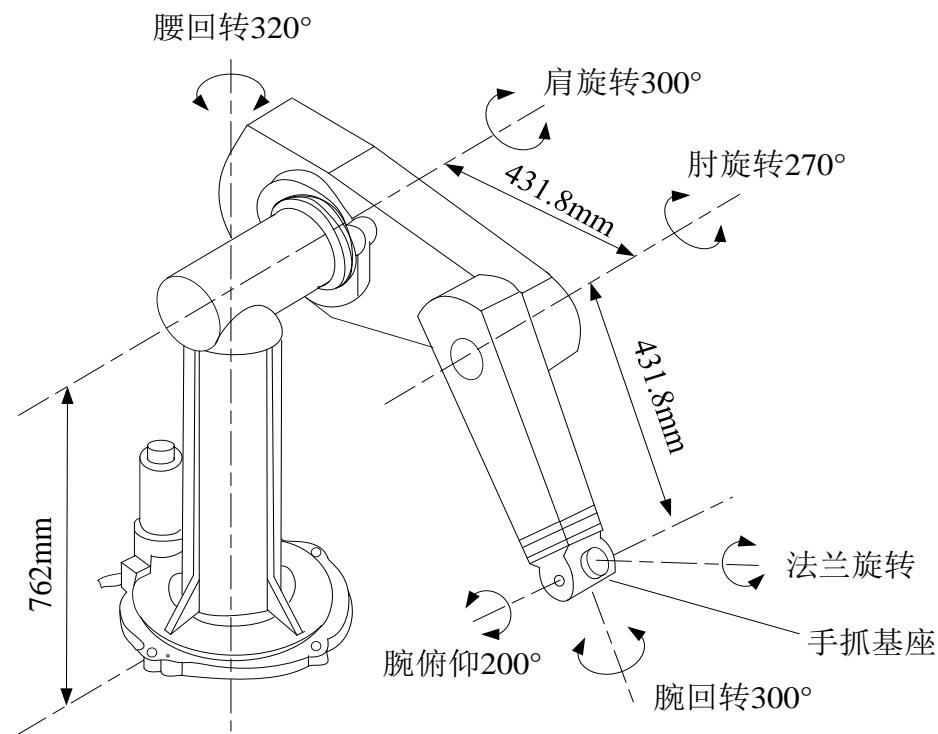


1.1 机器人的内涵

□ 由一系列**连杆和关节**顺序连接而成的**开链机构**。这些连杆类似人体胸(chest)、上臂(upper arm)和下臂(fore arm)，关节相当于人的肩关节(shoulder)、肘关节(elbow)和腕关节(wrist)。操作臂的前端装有末端执行器(end-effector)或相应的工具(tool)，也常称为手(hand)或手爪(gripper)



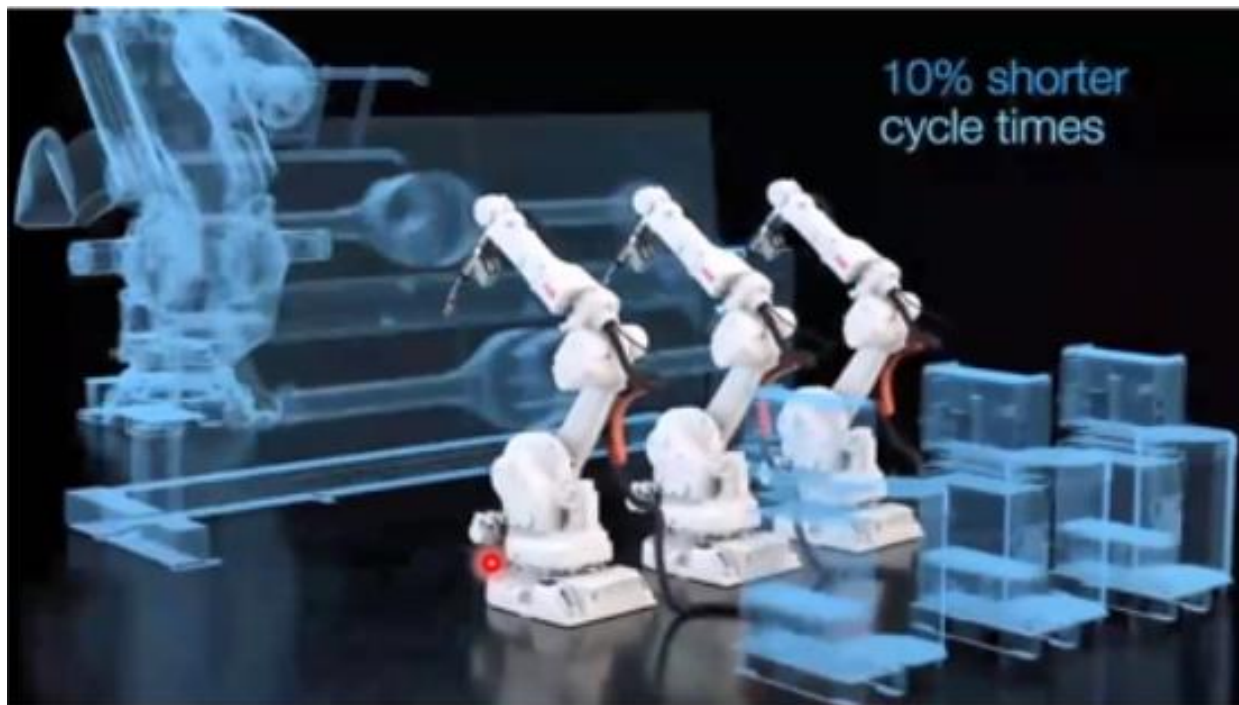
(a) Cincinnati Milacron T³机器人



(b) PUMA 560 系列机器人

1.1 机器人的内涵

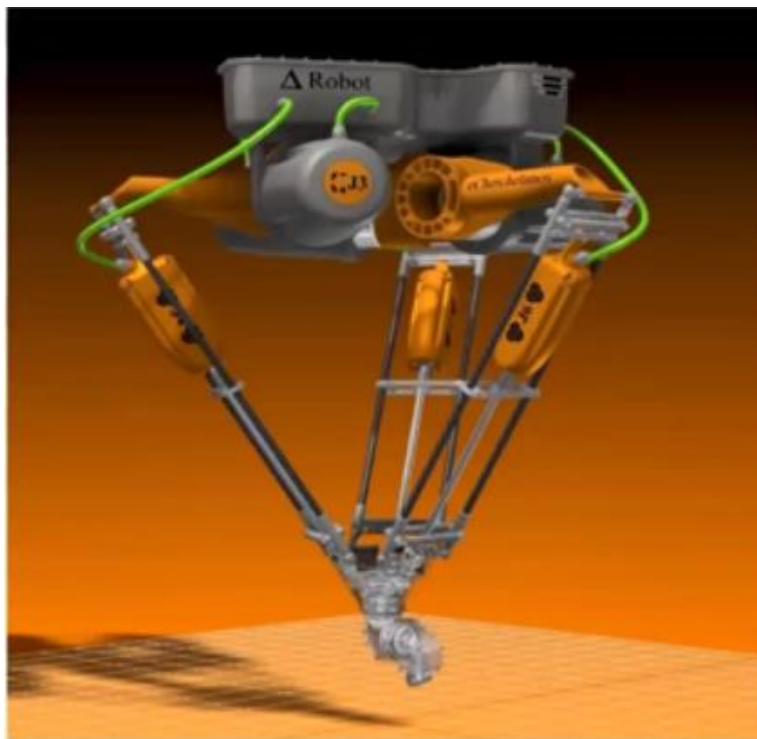
串联操作臂



- 多个连杆首位连接，操作空间大，灵活；
- 多用于焊接、打磨、装配的场合。

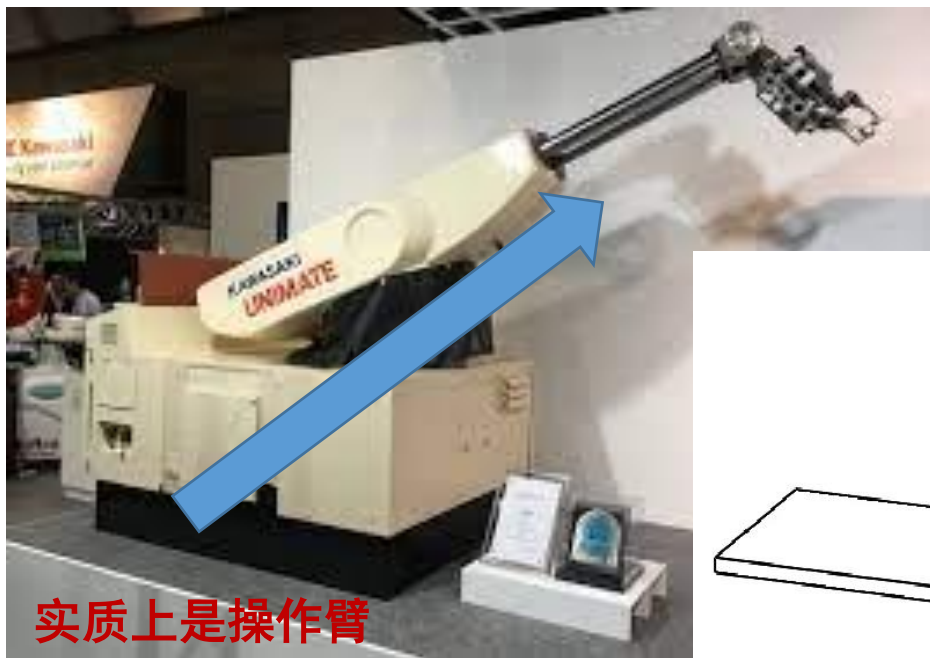
1.1 机器人的内涵

并联操作臂



- Delta机器人，3个自由度（3个电机、3个驱动）；
- 多用于分拣（惯性小、速度快、精度高）的场合；
- 操作空间小，刚度大（受外力时变形小）。

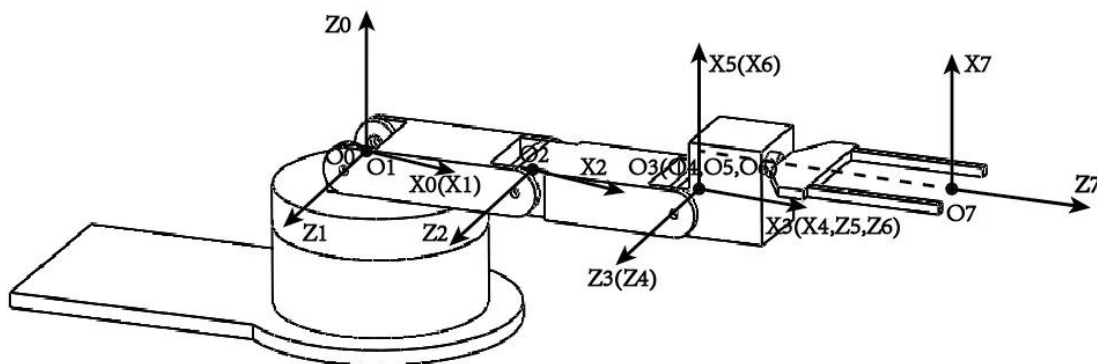
1.1 机器人的内涵



实质上是操作臂

首台商用机器人Unimate

- 用于压铸作业的五自由度液压驱动的机器人操作臂



蒸汽时代

电气时代

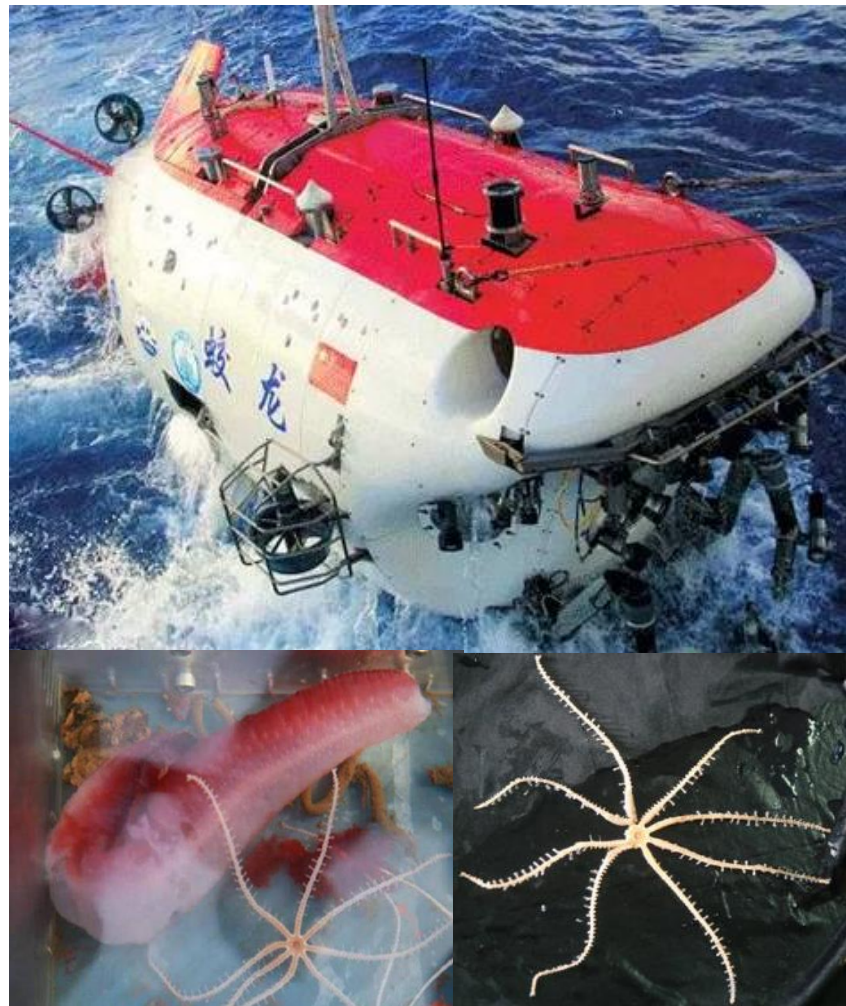
数字时代

工业机器人的出现和发展，使得自动化、数字化的**柔性生产**模式逐步取代传统的**刚性生产**！

1.1 机器人的内涵



“金枪鱼” 水下机器人



“蛟龙” 号载人潜水器

1.1 机器人的内涵



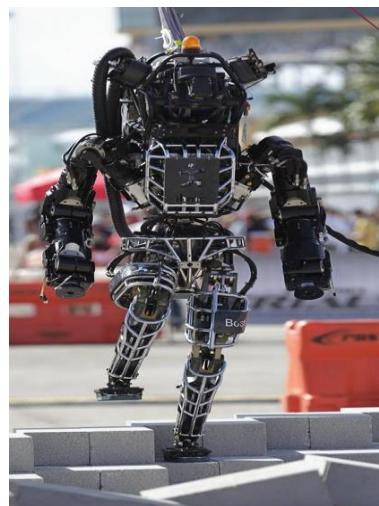
无人驾驶汽车



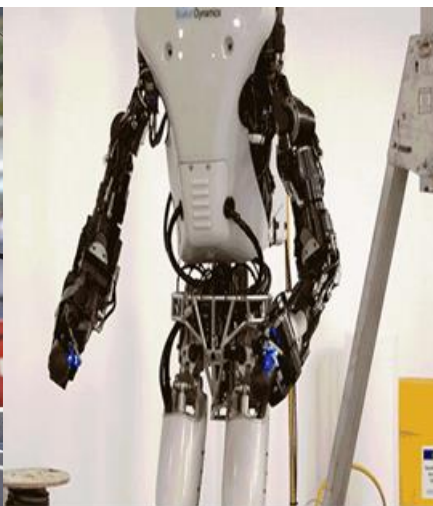
智能车间AGV小车



大狗腿式移动机器人



Atlas大力神机器人



1.1 机器人的内涵

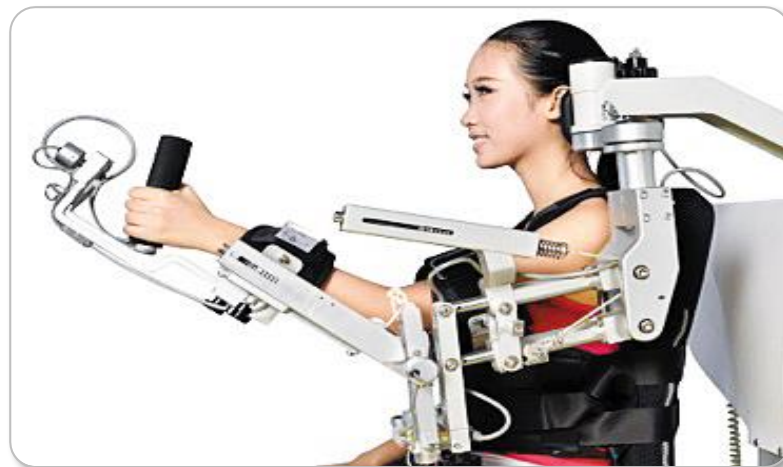


机器人集群协同作战/侦查

1.1 机器人的内涵



老人护理



康复医疗



生活服务



人工智能（拟人）

1.2 机器人的应用与发展

□ 为什么要使用和发展机器人？

对人体造成伤害的工作——喷漆、重物搬运等

质量要求高，时间长——汽车焊接、精密装配等

人无法身临其境——火山探险、深海探密、空间探索等

不适合人干——恶劣的环境、枯燥单调的重复性劳作等

服务机器人还可以为您治病保健、保洁保安

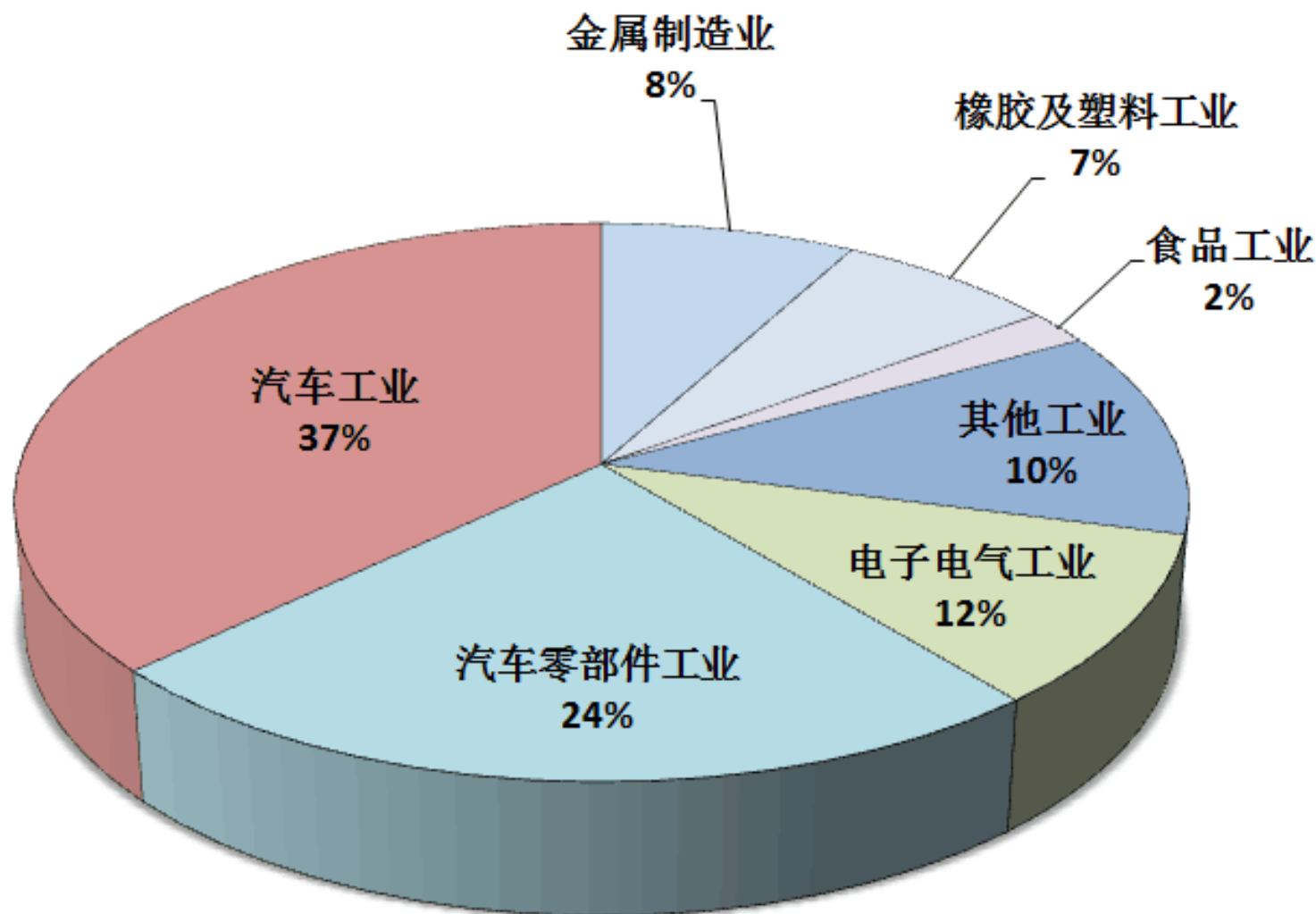
水下机器人可以帮助打捞沉船、铺设电缆

工程机器人可以上山入地、开洞筑路

农业机器人可以耕耘播种、施肥除虫

军用机器人可以冲锋陷阵、排雷排弹

1.2 机器人的应用与发展



工业机器人的应用领域和比例分配

1.2 机器人的应用与发展

海陆空机器人：海里



“金枪鱼”水下机器人



“蛟龙”号载人潜水器

1.2 机器人的应用与发展

海陆空机器人：陆地



无人驾驶汽车



智能车间AGV小车



大狗腿式移动机器人



Atlas机器人

1.2 机器人的应用与发展

海陆空机器人：空中



机器人集群协同作战/侦查

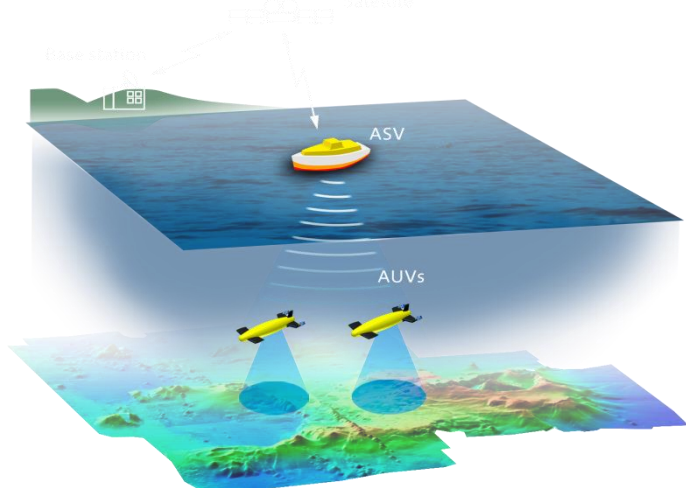
1.2 机器人的应用与发展



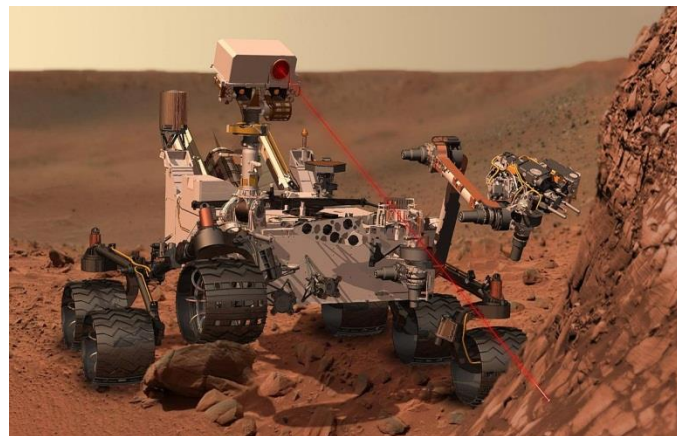
达芬奇手术机器人

1.2 机器人的应用与发展

□ 极端环境作业机器人



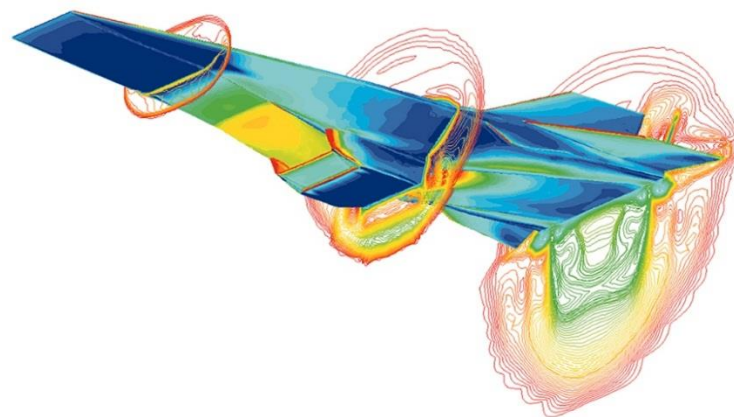
水下航道测绘



火星车



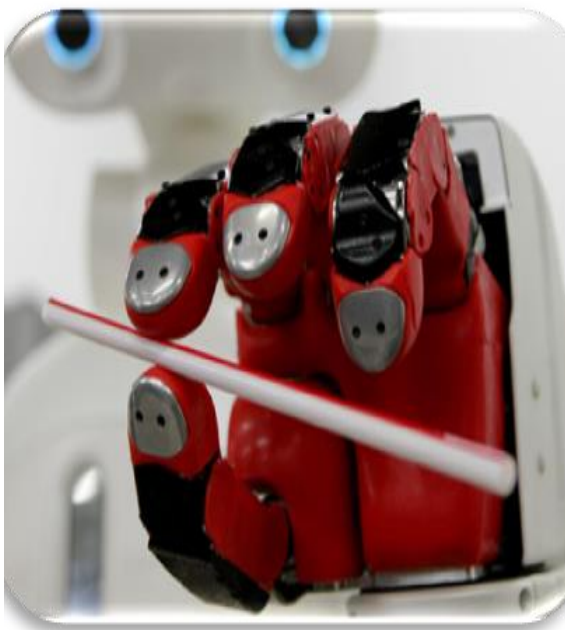
无人驾驶矿车



高超声速飞行器

1.3 机器人学的研究展望

□ 机动性和可操作性：衡量机器人实现所要求的运动功能和作业的能力，设计操作臂的可达性、奇异性，多指手的灵巧性、抓取的封闭性，步行机器人的步态、步行的稳定性，多臂协调、多指协调、手眼协调、顺应控制，移动机器人视觉伺服、多传感器集成、信息融合与环境场景建立等



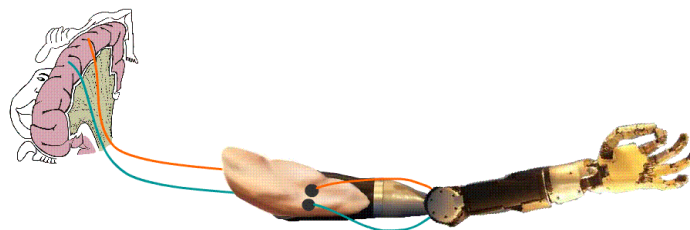
1.3 机器人学的研究展望

□ 智能驾驶与智能互联：智能汽车的初级阶段是辅助驾驶，最终目标是代替人。融合激光雷达、摄像机、GPS、惯性导航和人工智能，使汽车具有环境感知能力，自动分析自身运行状态、判断危险倾向、安全执行驾驶操作。汽车的智能化主要包括智能驾驶和智能互联两个方面。



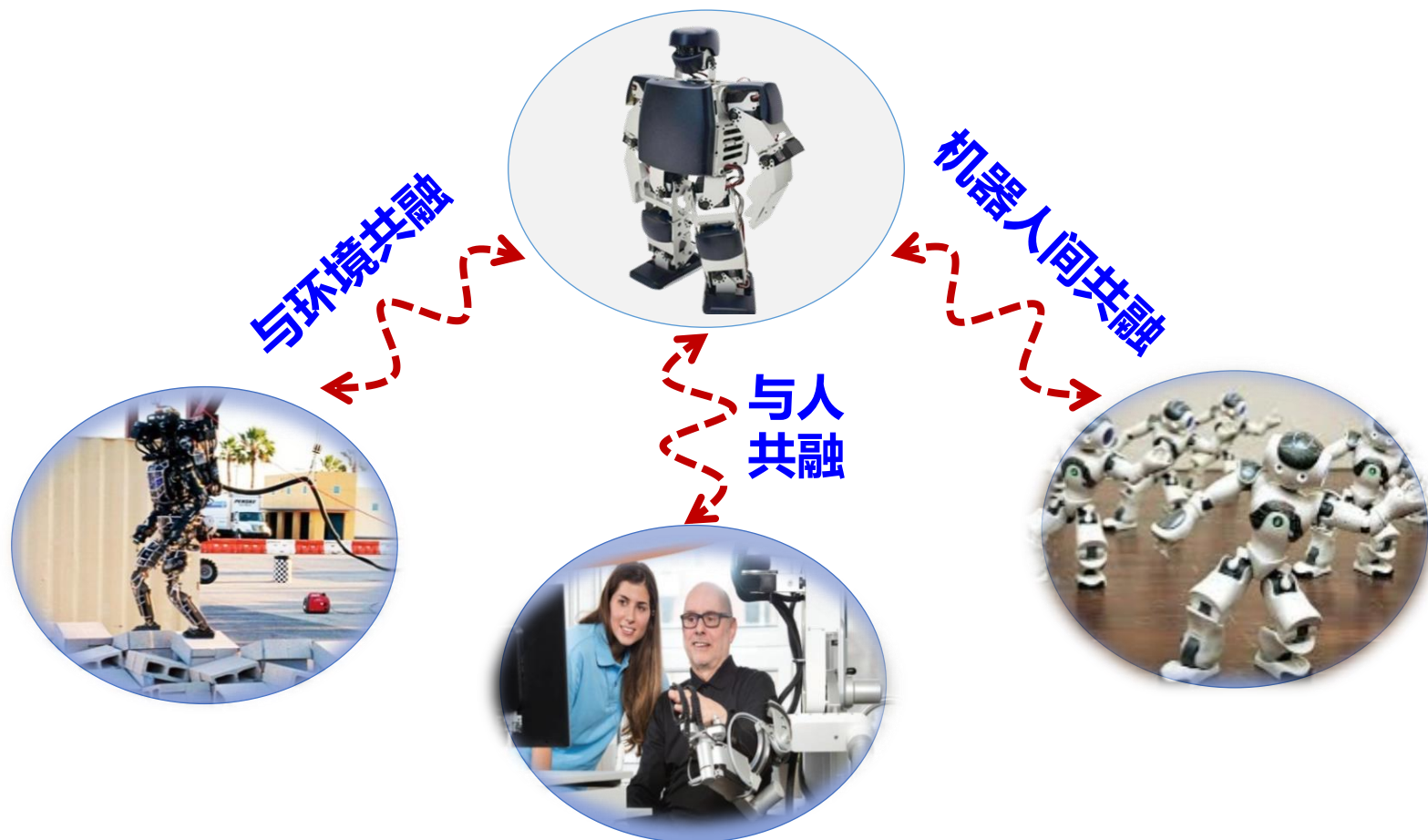
1.3 机器人学的研究展望

- **感知与智能**：是计算机科学、信息论、控制论、神经生理学、心理语言学等多学科交叉融合发展起来的综合性学科。
- **人体模型与脑模型**：人体骨架由形态、功能各异的骨骼通过人体关节连接而成，不同于传统的球面副、旋转副和移动副等机械关节，人体关节具有转动中心漂移、接触面滑移等运动学特性，以及自适应变化的刚度、阻尼、惯性、黏度等动力学特性。人体由视觉、听觉、触觉、味觉和嗅觉等感知外部世界，人体神经系统为感知的产生与传导提供物质基础。



1.3 机器人学的研究展望

□ **人-机-环境共融(共融机器人)**：能够与作业环境、操作者和其它机器人之间自然交互，自主适应复杂任务和动态环境。

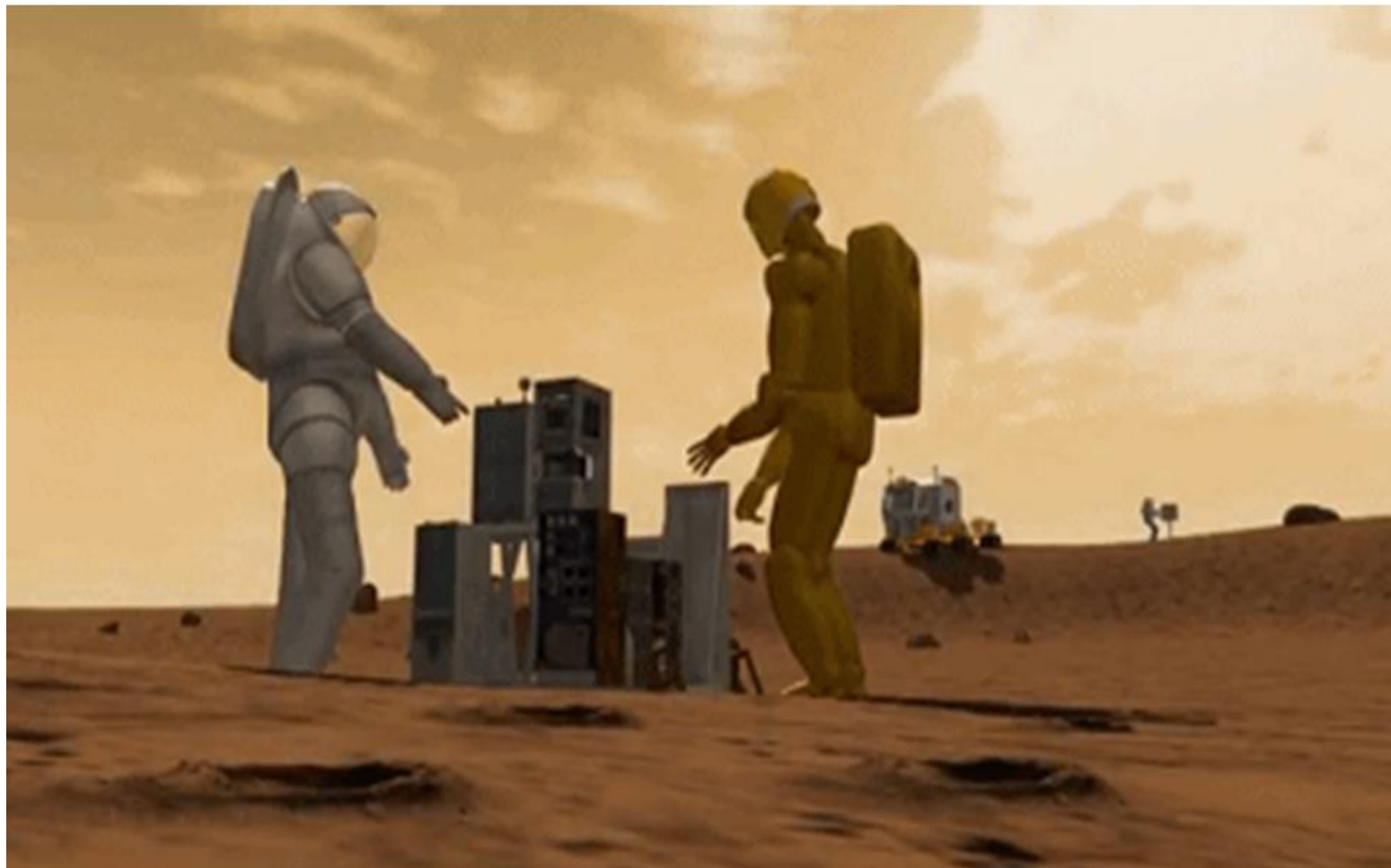


1.3 机器人学的研究展望

想象空间

探索空间

应用空间



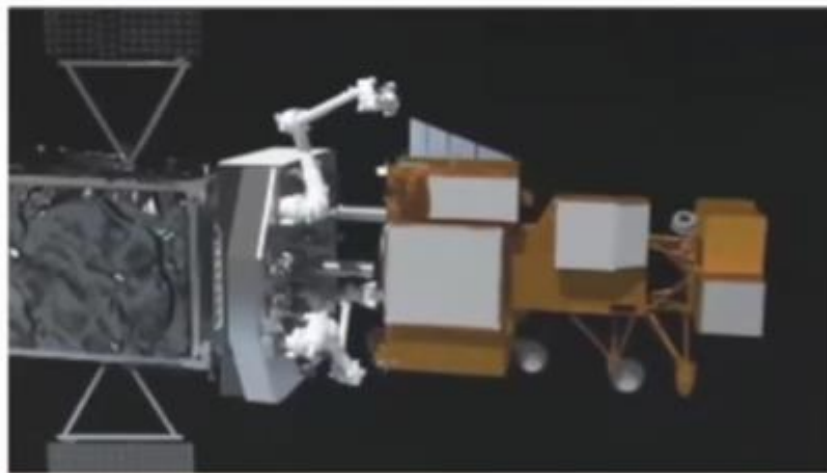
1.3 机器人学的研究展望

太空探索-自主空间作业



火星探测器“好奇”号

美国国家宇航局为探寻火星上的生命元素研制的火星探测车，可自主规划并完成对火星气候与地质的勘测作业任务。



在轨服务机器人“Restore-L”

美国国家宇航局开发的**地球同步轨道卫星自主服务**机器人，机器人可自主完成对卫星的维修和升级功能。

自主技术的应用减少了航天器对于地面站的依赖，能够自主地进行任务的规划、调度和执行，实现极端环境下的安全作业。

1.3 机器人学的研究展望

虽然自主作业机器人已应用到各领域，但仍面临：**泛自主理论欠缺、环境非结构动态、任务复杂多样**等多方面挑战



适用机器人的泛自主性理论



机器人面临非结构化动态场景



机器人面临作业任务复杂多样

1.3 机器人学的研究展望

当前，自主作业机器人所面临的挑战：**非结构动态环境中的自主感知、理解与作业**，这对现有理论技术提出了挑战。



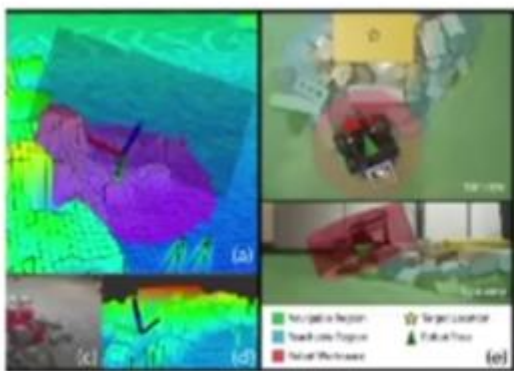
地下隧道洞穴自主作业



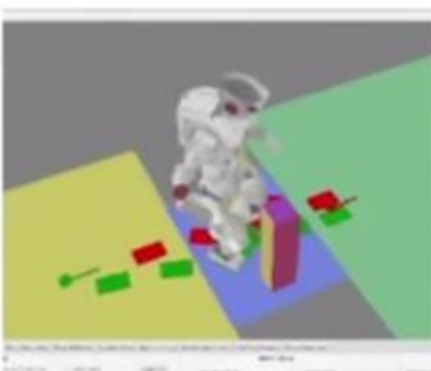
废弃建筑环境自主协同作业



废弃建筑环境自主协同作业



动态环境下自主作业



未知环境自主探索



DARPA机器人挑战赛失败集锦

1.3 机器人学的研究展望

关键技术路线概况



1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

- 按机器人的坐标结构分类
- 按机器人的应用场合分类
- 按机器人的控制方式分类
- 按机器人的驱动系统分类

1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的坐标结构分类

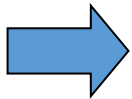
笛卡尔坐标机器人 (3P)

圆柱坐标机器人 (PRP)

球面坐标机器人 (P2R)

全旋转关节式机器人 (3R)

选择性柔性装配机器人 (SCARA)

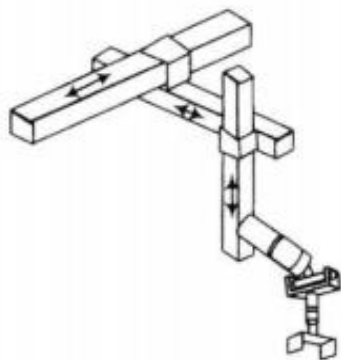


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的坐标结构分类

笛卡尔坐标机器人 (3P)

机械臂在由 x 、 y 、 z 组成的右手直角坐标内做直线运动,分别表示机械臂的行程、高度和手臂伸出长度,该坐标系则称为笛卡尔坐标。

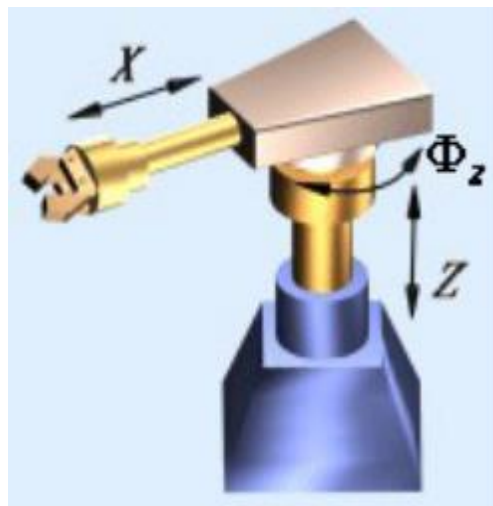
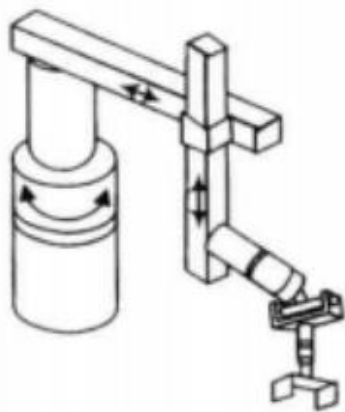


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的坐标结构分类

圆柱坐标机器人 (PRP)

主要采用安装在底座上的旋转关节和臂杆上两个平移关节组成，坐标参数主要是底座旋转角度、立柱高度和臂长半径。

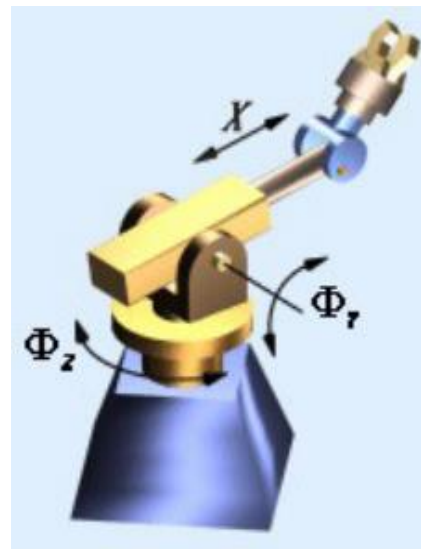
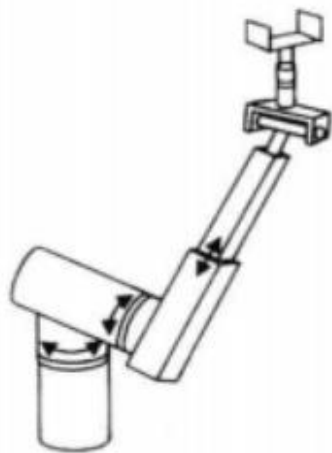


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的坐标结构分类

球面坐标机器人 (P2R)

采用两个旋转关节和一个平移关节组成，操作空间在球型坐标系的参数为底座旋转角度、俯仰角度和臂杆半径。

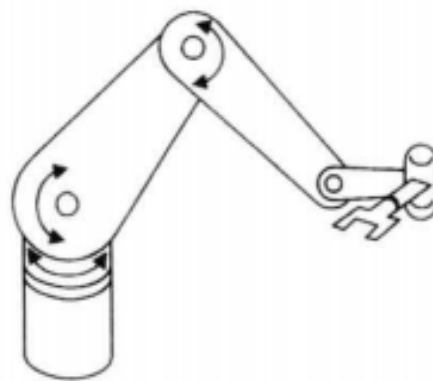
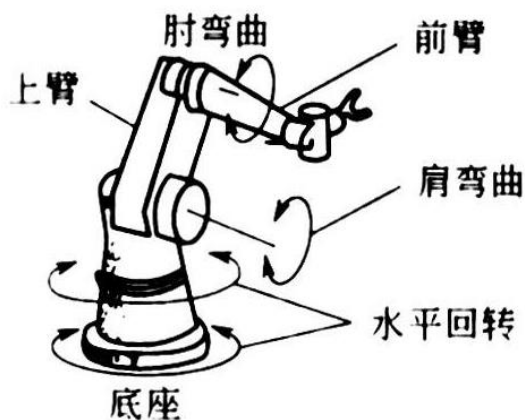


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的坐标结构分类

全旋转关节式机器人 (3R)

运动关节全部采用旋转关节，这种机器人主要由底座、上臂和前臂构成。

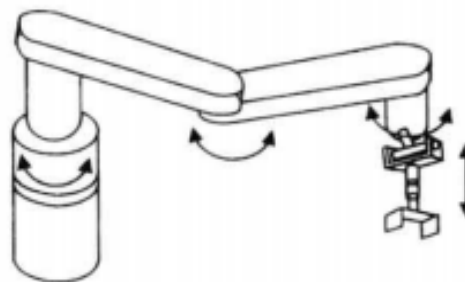


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的坐标结构分类

选择性柔性装配机器人 (SCARA)

有3个旋转关节和1个平动关节，其中的两个旋转关节使机器人在水平面上灵活运动，平动关节完成垂直运动。

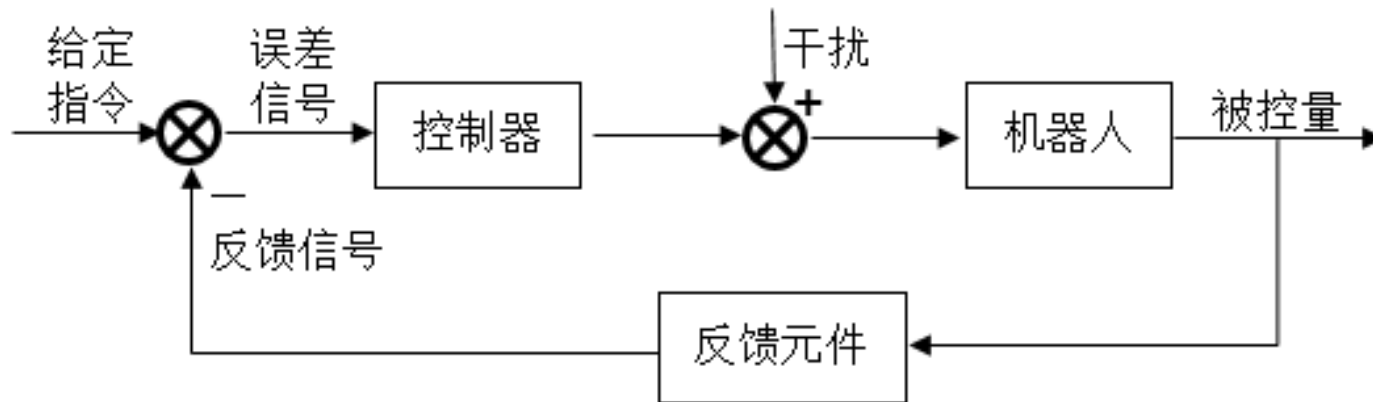


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的控制方式分类

伺服控制机器人

采用伺服闭环控制，因此相比非伺服机器人有更强的工作能力，精度更高，但结构复杂，价格较贵。

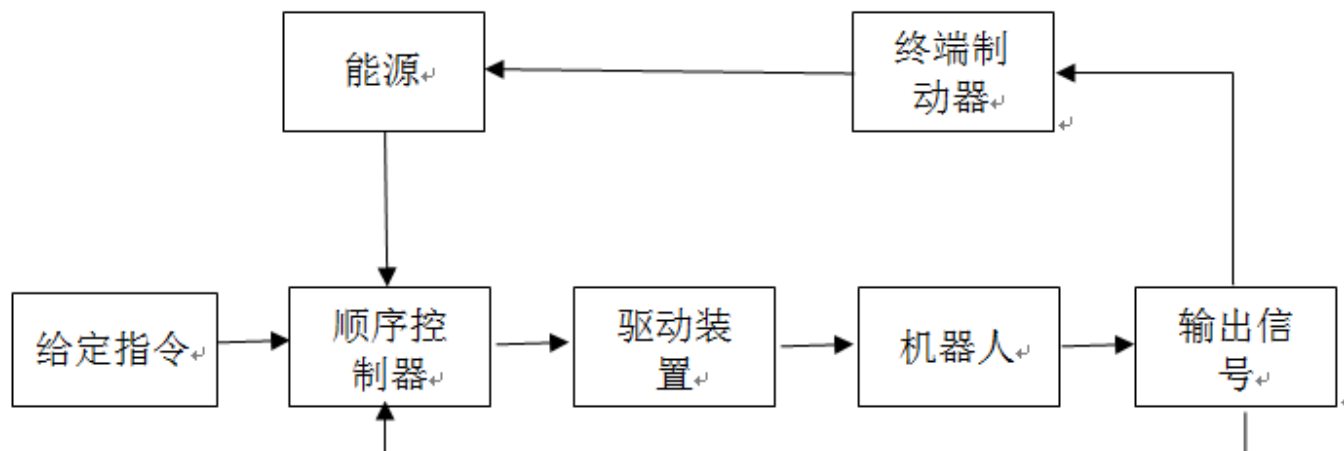


1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的控制方式分类

非伺服机器人

采用开环控制，应用场合有限。控制结构简单，价格低廉，控制系统比较稳定。



1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的应用场合分类

工业机器人

服务机器人

空间机器人

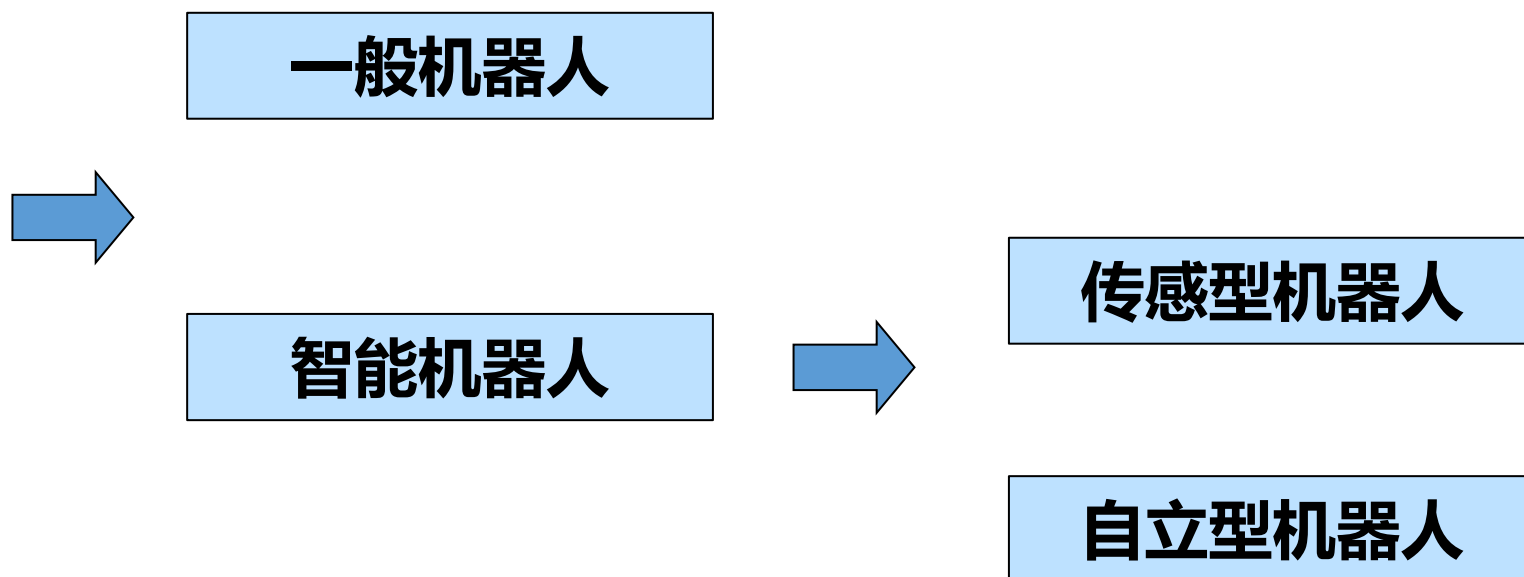
水下机器人

军事机器人

特种机器人

1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 按机器人的智能程度分类



1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 自由度(Degrees of Freedom)

工业机器人的自由度是指机器人操作臂所**具有独立坐标轴运动的数目**,不包括手爪开合自由度以及手指关节自由度,一般以轴的直线移动、摆动或旋转动作的数目来表示。



反映了机器人**动作灵活的尺度**

1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 工作空间

是指操作臂末端所能达到的所有点的集合。机器人所具有的自由度数目及其组合不同，其工作范围的形状和大小也不同，自由度的变化量(即直线运动的距离和回转角度的大小)则决定着运动图形的大小。

□ 工作速度

工作速度指机器人在工作载荷条件下及匀速运动过程中，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。

1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 承载能力

又叫工作载荷，指操作臂机械接口处**在工作范围内的任何位姿上所能承受的最大负载**，一般用质量、力矩、惯性矩表示。

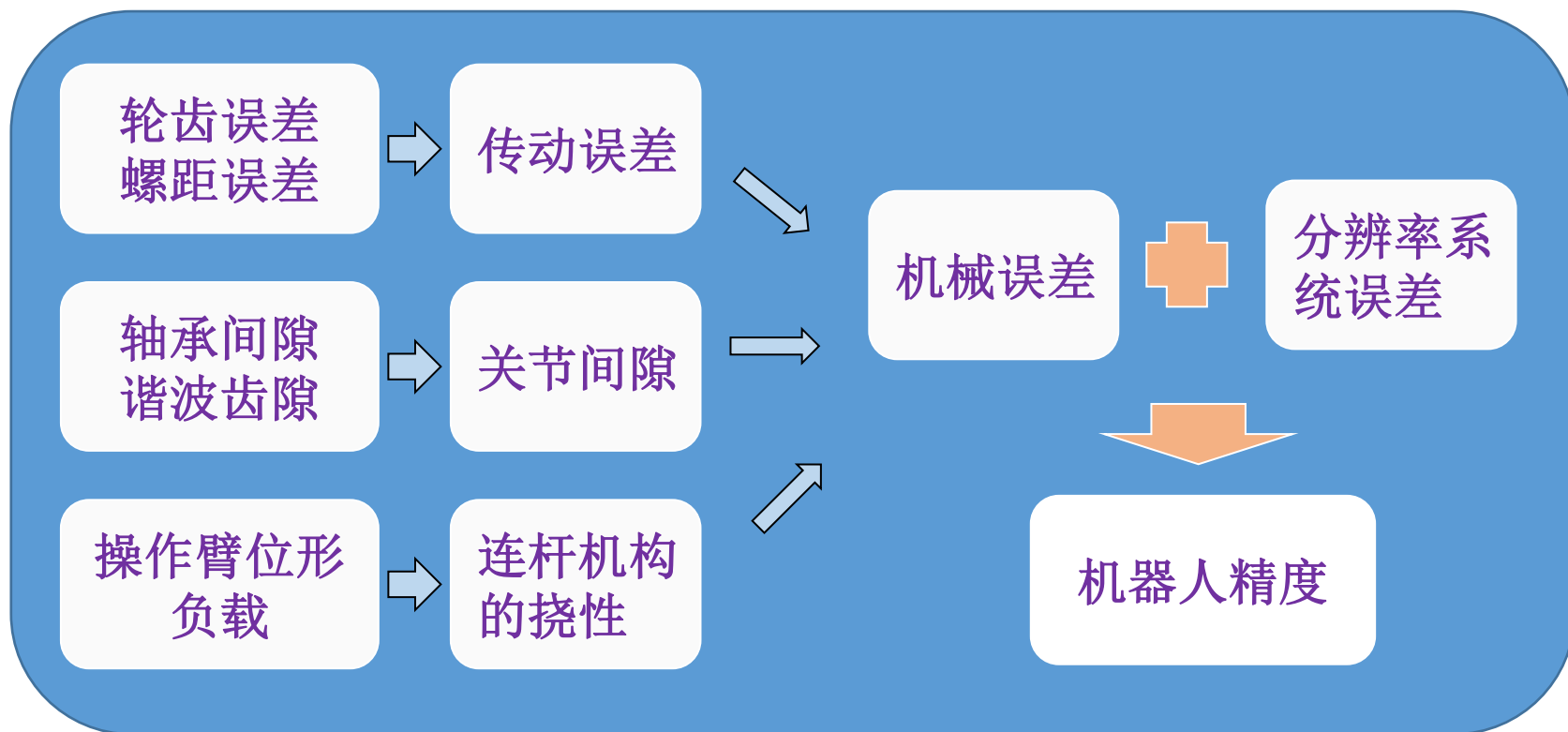
□ 分辨率

分辨率是指机器人**每根轴能够实现的最小移动距离或最小转动角度**。分为编程分辨率与控制分辨率,统称为系统分辨率。

1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 定位精度

定位精度是指机器人手部实际到达位置与目标位置之间的差异。



1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 重复定位精度

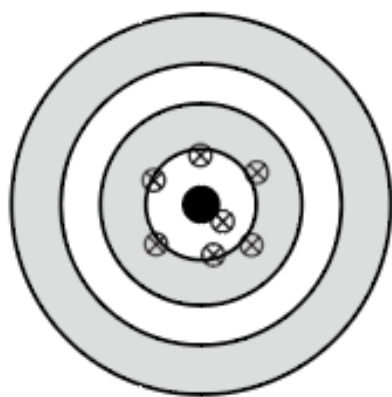
指机器人在相同的运动位置命令下,连续若干次重复定位其手部于同一目标位置的能力,可以用标准偏差这个统计量来表示,它是衡量一系列误差值的密集度(即重复度)。

重复精度规定了定位随机误差的范围

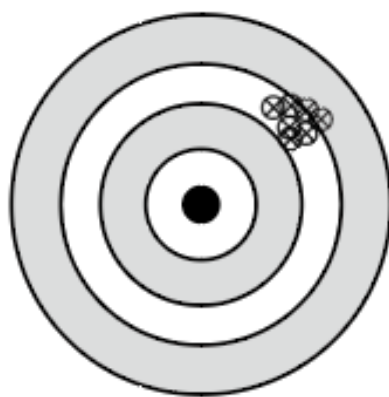
1.4 机器人系统的分类和系统性能指标

□ 重复定位精度

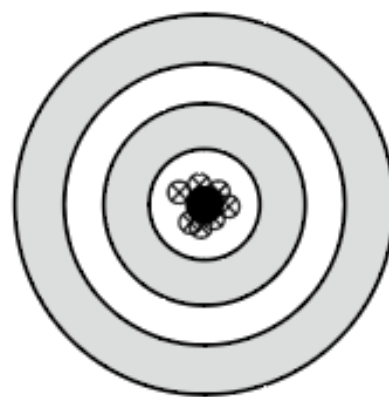
定位精度、重复定位精度都用来定义机器人手部的定位能力。



(a)



(b)



(c)