



# 机器人学(第三版)

蔡自兴 主编

中南大学

2016



## 1.1 机器人学的起源与发展

### 1.1.1 机器人学的起源

- 第一次工业革命时期，机械式控制机器人出现；
- 1920年，卡雷尔 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”；



## 1.1.1 机器人学的起源

- 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”：
  - 机器人必须不危害人类，也不允许它眼看人将受害而袖手旁观；
  - 机器人必须绝对服从于人类，除非这种服从有害于人类；
  - 机器人必须保护自身不受伤害，除非为了保护人类或者是人类命令它作出牺牲。
- 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。



## 1.1.2 机器人学的发展

- 20世纪70年代以来，机器人学的发展特点
  - 机器人偿还期理论促进对机器人产业的投资；
  - 日本后来居上，成为“机器人王国”；
  - 机器人产业在全世界迅速发展；
  - 应用范围遍及工业、科技和国防的各个领域；
  - 形成了新学科——机器人学；
  - 机器人向智能化方向发展。



## 1.2 机器人的定义和特点

### 1.2.1 机器人的定义

#### ■ 定义一

机器人是“貌似人的自动机，具有智力的和顺从于人的但不具人格的机器”。——英国简明牛津字典

#### ■ 定义二

机器人是“一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的，通过可编程序动作来执行种种任务的，并具有编程能力的多功能机械手”。——美国机器人协会（RIA）



## 1.2.1 机器人的定义

### ■ 定义三

工业机器人是“一种装备有记忆装置和末端执行器的，能够转动并通过自动完成各种移动来代替人类劳动的通用机器”。——日本工业机器人协会（JIRA）

### ■ 定义四

机器人是“一种能够进行编程并在自动控制下执行某些操作和移动作业任务的机械装置”。——美国国家标准局（NBS）



## 1.2.1 机器人的定义

### ■ 定义五

“机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手，这种机械手具有几个轴，能够借助于可编程序操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置，以执行种种任务”。——国际标准组织（ISO）

### ■ 定义六

机器人（1）像人或人的上肢，并能模仿人的动作；  
（2）具有智力或感觉与识别能力；（3）是人造的机器或机械电子装置。——中国



## 1.2.2 机器人的主要特征

- 通用性（versatility）

通用性指的是某种执行不同的功能和完成多样的简单任务的实际能力，它取决于其几何特性和机械能力。

- 适应性（adaptivity）

适应性是指其对环境的自适应能力，即所设计的机器人能够自我执行未经完全指定的任务，而不管任务执行过程中所发生的没有预计到的环境变化。



## 1.3 机器人的构成与分类

### 1.3.1 机器人系统的构成

- 一个机器人系统，一般由机械手、环境、任务和控制器四个互相作用的部分组成

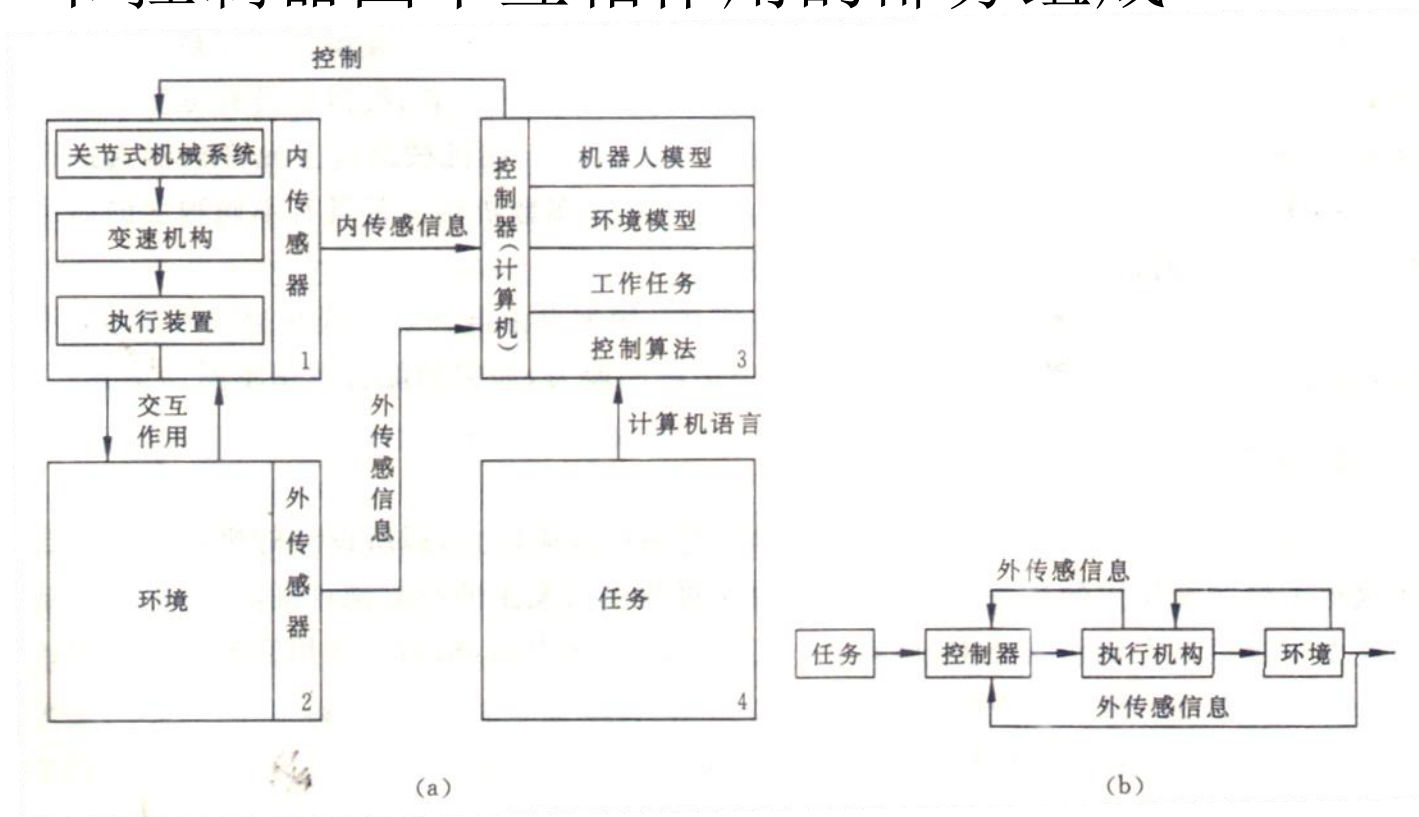


图1.1 机器人系统的基本结构

## 1.3.1 机器人系统的构成

### ■ 机械手

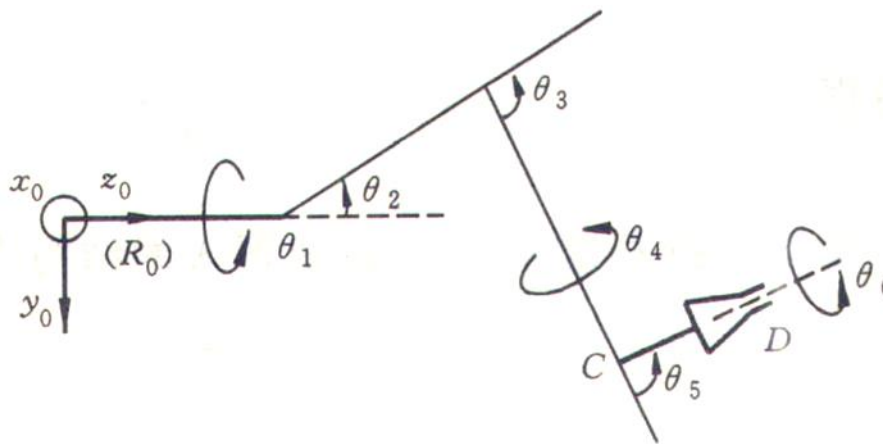


图1.2 机械手的几何结构简图

### ■ 环境

环境即指导机器人所处的周围环境。环境不仅由几何条件（可达空间）所决定，而且由环境和它所包含的每个事物的全部自然特性所决定的。



## 1.3.1 机器人系统的构成

- 任务

任务定义为环境的两种状态（初始状态和目标状态）间的差别。

- 控制器

机器人接收来自传感器的信号，对之进行数据处理，并按照预存信息、机器人的状态及其环境情况等，产生出控制信号去驱动机器人的各个关节。

## 1.3.2 机器人的自由度

- 刚体的自由度

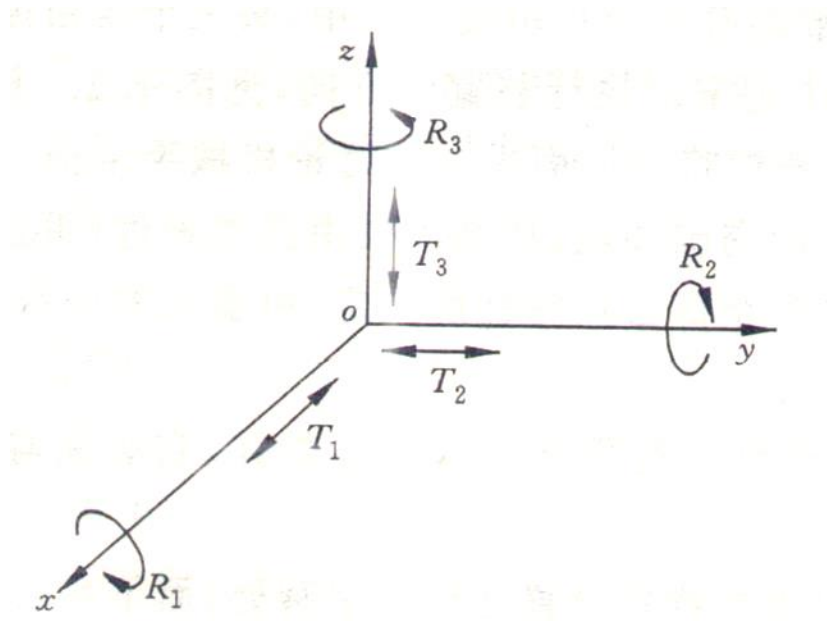


图1.3 刚体的六个自由度

## 1.3.2 机器人的自由度

### ■ 机器人的自由度

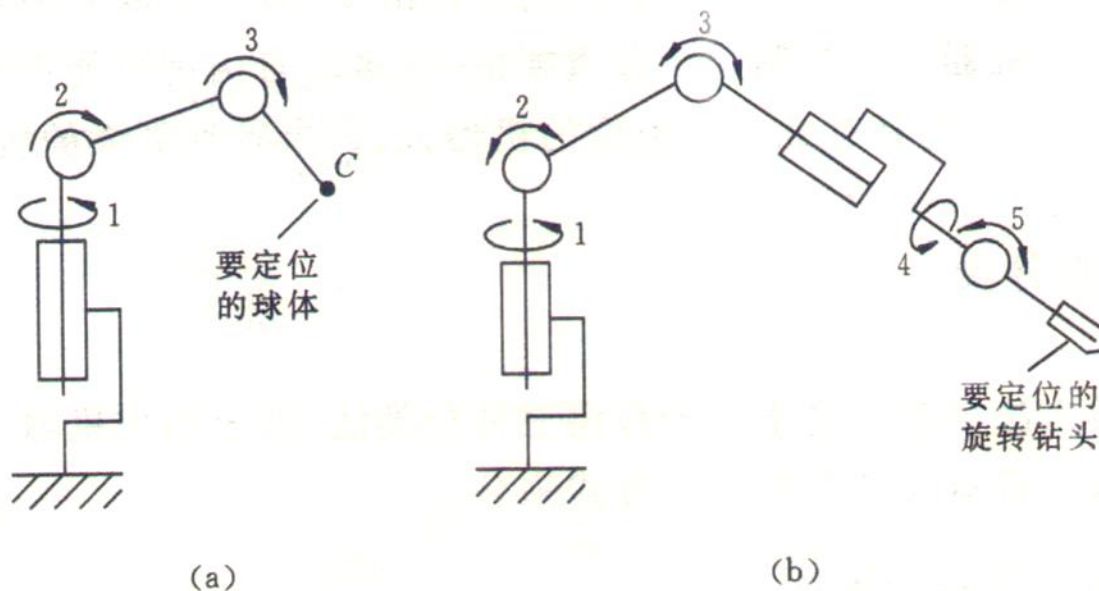


图1.4 机器人自由度举例

## 1.3.2 机器人的自由度

### ■ 自由度与机动性

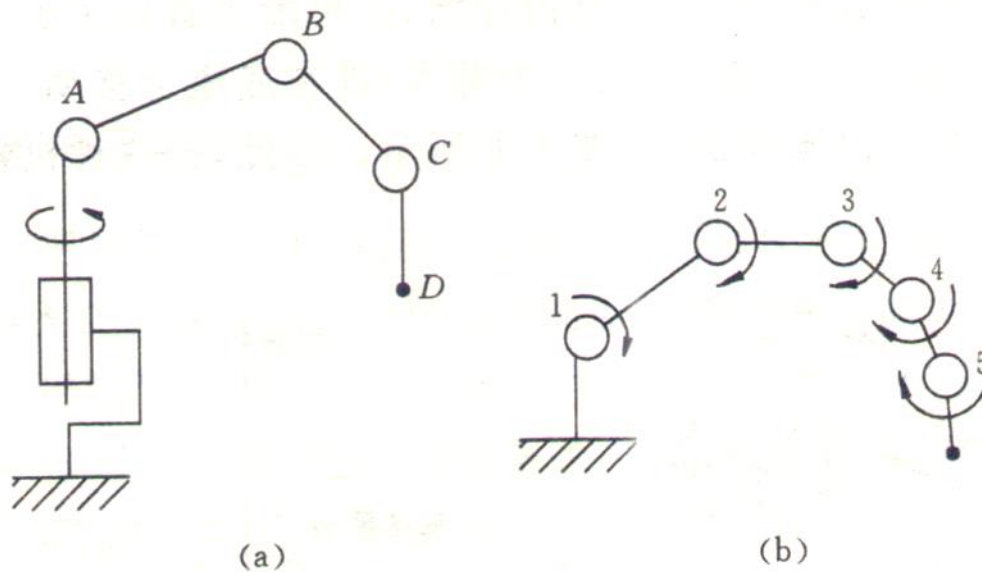
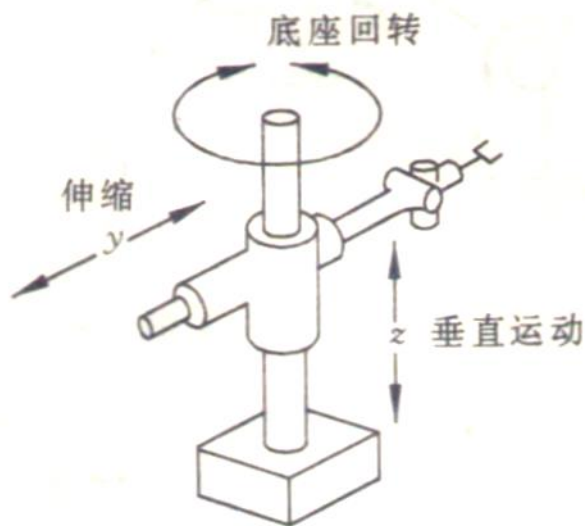


图1.5 自由度与机动度

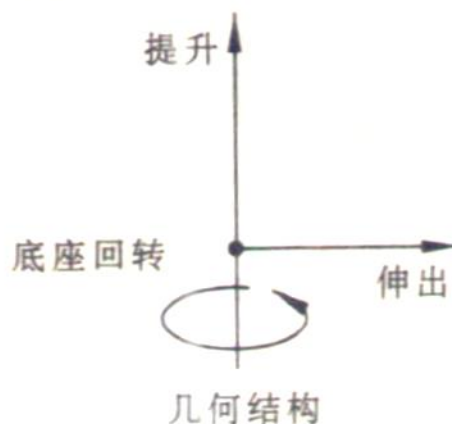
### 1.3.3 机器人的分类

#### 1. 按机械手的几何结构分类

##### ■ 柱面坐标机器人



(a)



(b)

图1.6 柱面坐标机器人

# 1. 按机械手的几何结构分类

## ■ 球面坐标机器人

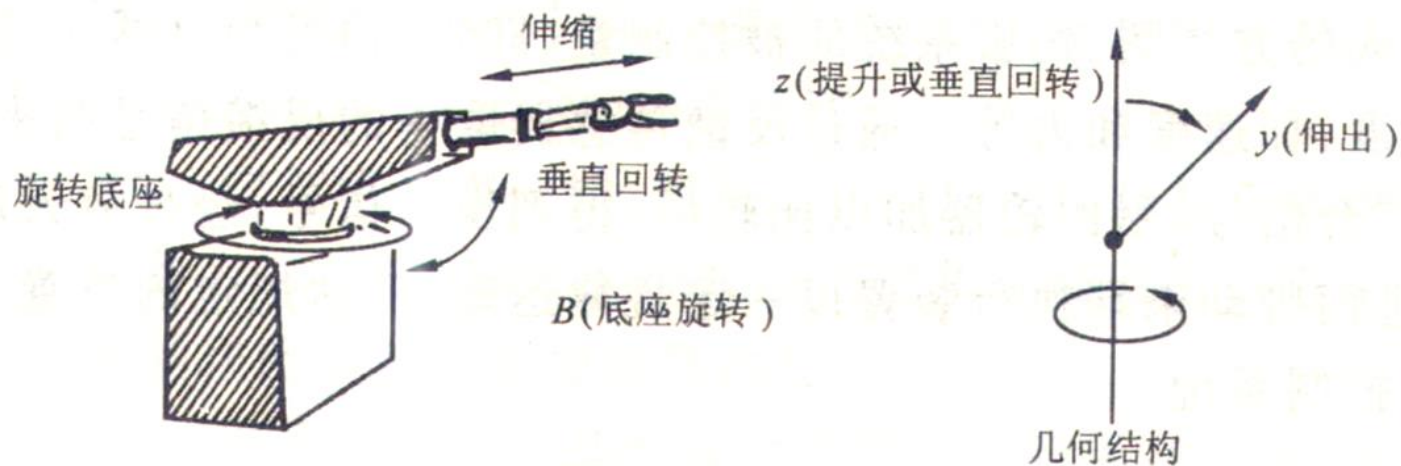


图1.7 球面坐标机器人



# 1. 按机械手的几何结构分类

## ■ 关节式球面坐标机器人

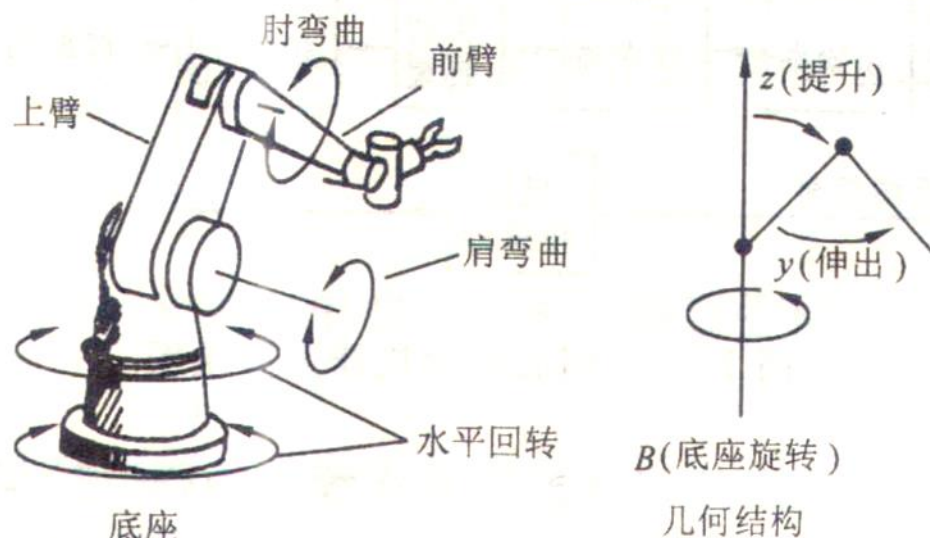


图1.8 关节式球面机器人

## 2. 按机器人的控制方式分类

### ■ 非伺服机器人（Non-servo robots）

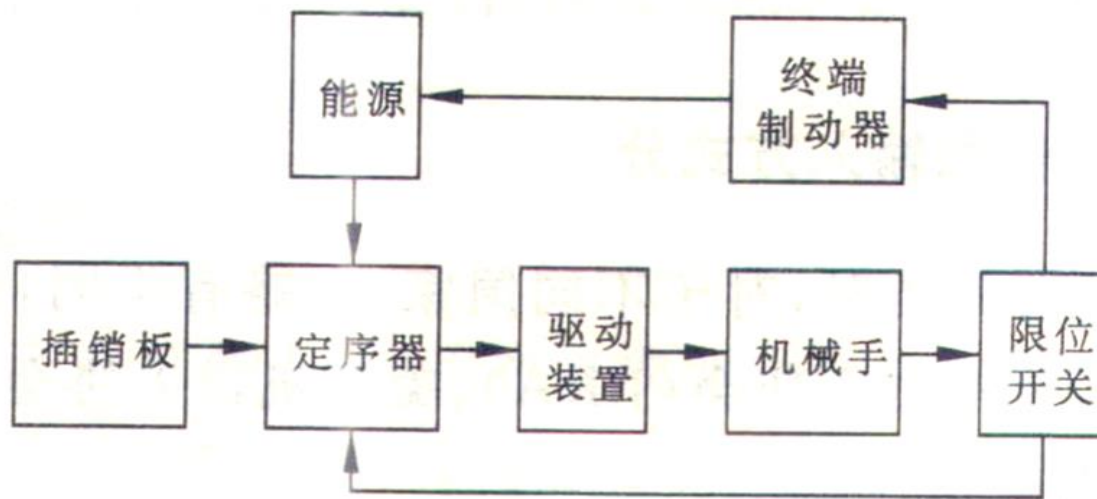


图1.9 有限顺序机器人方块图

## 2. 按机器人的控制方式分类

- 伺服控制机器人（Servo-controlled robots）

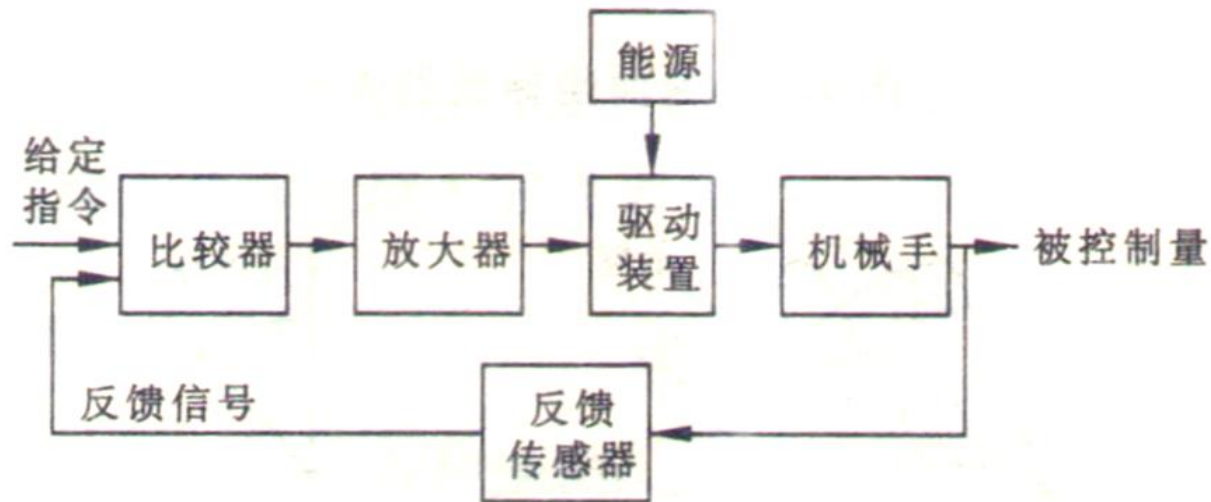


图1.10 伺服控制机器人方块图



### 3. 按机器人控制器的信息输入方式分类

- 日本工业机器人协会（JIRA） 分类法
  - 手动操作手
  - 定序机器人
  - 变序机器人
  - 复演式机器人
  - 程控机器人
  - 智能机器人



### 3. 按机器人控制器的信息输入方式分类

- 美国机器人协会（**RIA**） 分类法

把JIRA分类法中的后四种机器：变序机器人、复演式机器人、程控机器人、智能机器人当作机器人。

- 法国工业机器人协会（**AFRI**） 分类法

- A型：手控或遥控加工设备。
- B型：具有预编工作周期的自动加工设备。
- C型：程序可编和伺服机器人，具有点位或连续路径轨迹，称为第一代机器人。
- D型：能获取一定的环境数据，称为第二代机器人。



### 1.3.3 机器人的分类

#### 4.按机器人的智能程度分类

- 一般机器人，不具有智能，只具有一般编程能力和操作功能。
- 智能机器人，具有不同程度的智能
  - 传感型机器人
  - 交互型机器人
  - 自立型机器人



### 1.3.3 机器人的分类

#### 5.按机器人的用途分类

- 工业机器人或产业机器人
- 探索机器人
- 服务机器人
- 军事机器人

#### 6.按机器人移动性分类

- 固定式机器人
- 移动机器人



## 1.4 机器人学的研究领域

- 传感器与感知系统
- 驱动、建模与控制
- 自动规划与调度
- 计算机系统
- 应用研究
- .....



## 1.5 本书概要



1. 简述机器人学的起源与发展，讨论机器人学的定义，分析机器人的特点、结构与分类，探讨机器人学与人工智能的关系和机器人学的研究领域；
2. 讨论机器人学的数学基础，包括空间任意点的位置和姿态变换、坐标变换、齐次坐标变换、物体的变换和逆变换，以及通用旋转变换等；
3. 阐述机器人运动方程的表示与求解；
4. 涉及机器人动力学方程、动态特性和静态特性；



- 5.研究了机器人的控制原则和各种控制方法;
- 6.讨论机器人规划问题;
- 7.阐述机器人传感器的特点与分类;
- 8.比较概括地论述机器人的程序设计;
- 9.探讨机器人应用问题;
- 10.分析机器人学的现状, 展望机器人学的未来。



## 1.6 小结

- 介绍机器人的由来、定义和发展;
- 分析机器人的特点、组成结构和分类方法
  - 机器人具有通用性和适应性的特点;
  - 一个机器人系统一般由执行机构、环境、任务和控制器四个部分组成;
  - 按照机械手的几何结构和机器人的控制方式、信息输入方式、智能程度、用途、移动性等进行机器人的分类;
- 机器人学有着十分广阔的研究领域。