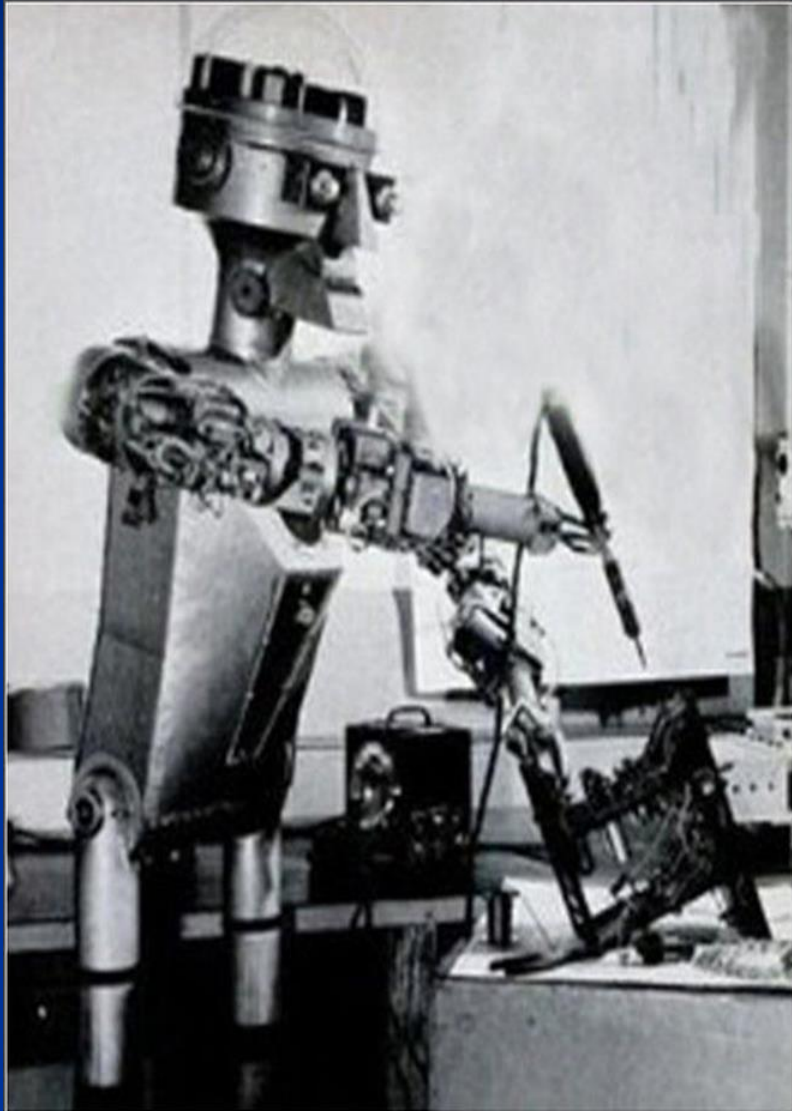


# 南昌理工学院

Nanchang Institute of Technology



## 工业机器人

机电工程学院

# 第六章 工业机器人感觉系统

## 6.1 工业机器人传感器概述

## 6.2 位置和位移传感器

## 6.3 速度传感器

## 6.4 机器人的触觉

## 6.5 机器人的接近觉

## 6.6 机器人的视觉

## 6.7 机器人的听觉

## 6.8 多传感器信息融合

## 6.1.1 传感器的功能、定义

人类熟悉的五种感觉：视觉、嗅觉、味觉、听觉和触觉。

**视觉** 最重要的功能是选择合适的安全的运动路径。

眼睛供给我们大部分信息。双目视觉和其它知觉的刺激，使我们能辨别物体的距离。彩色视觉可以很快辨别明暗不同的光线和颜色。视觉给人们提供空间鉴别力，能在适宜的光线下分辨尘埃微粒。

据估计，传给大脑的信息中，有70%来自视觉器官。

## 6.1.1 传感器的功能、定义

**听觉** 也是立体的，可使我们判断声音的方向和距离。

我们可用听觉做出判断。例如，很多富有经验的汽车维修工，仅凭发动机运转的声音，即可正确的辨别是否存在问题。

当视觉丧失或视线受阻时，我们可以利用听觉来选择适当的运动方式。

**嗅觉** 无须再用任何其他器官，嗅觉就能区分很多物体和现象。嗅觉能辨别看不见的或隐藏的东西，如气体。

## 6.1.1 传感器的功能、定义

**味觉** 在确定食物可饮用性时很重要。可用味觉去识别和区分很多物体。

**触觉** 敏感度很高。人的皮肤中有很多的的压力、温度和疼痛传感器。当其他感官失效或受到干扰时，可用触觉去区分物体和现象。例如，无需其他感官，就可以辨识我们背上的一只毛虫，并采取相应行动。

还有，**动觉感官**：位于关节、肌肉等处的感觉接受器可以告知大脑整个身体的位置和运动；**平衡的感官**。

## 6.1.1 传感器的功能、定义

**传感器的定义：**传感器是利用物体的物理、化学变化，并将这些变化变换成电信号（如电压、电流和频率等）的装置，通常由敏感元件、转换元件和基本转换电路组成。

国际上，传感器技术被列为六大核心技术（计算机、激光、通讯、半导体、超导和传感）之一。

传感技术也是现代信息技术的三大基础（传感技术、通讯技术、计算机技术）之一。

## 6.1.2 工业机器人用传感器的分类

传感器可按不同的方式进行分类。

按工业机器人用传感器的功能可分为**内部传感器**和**外部传感器**两大类。

1、**内部传感器**：用于测量机器人自身状态参数的功能元件。安装在机器人坐标轴中，用来感知机器人自身的状态，以调整和控制机器人的行动。

多为检测位置和角度的传感器。通常由**位置、速度和加速度传感器**等组成。

## 6.1.2 工业机器人用传感器的分类

2、**外部传感器**：用于测量与机器人作业有关的外部信息，这些外部信息通常与机器人的目标识别和作业安全有关。

具体有物体识别传感器、物体探伤传感器、接近觉传感器、距离传感器、力觉传感器，听觉传感器等

用来检测机器人所处环境（如是什么物体，离物体的距离有多远等）及状况（如抓取的物体是否滑落）的传感器。

**具有多种外部传感器是先进机器人的重要标志。**



## 几种主要的机器人传感器简介

**视觉** 20世纪50年代后期出现，发展十分迅速，是机器人中最重要的传感器之一。机器视觉从20世纪60年代开始首先处理积木世界，后来发展到处理室外的现实世界。20世纪70年代以后，实用性的视觉系统出现了。**视觉一般包括三个过程：图像获取、图像处理和图像理解。**相对而言，图像理解技术还很落后。

**力觉** 机器人力传感器就安装部位来讲，可以分为关节力传感器、腕力传感器和指力传感器。国际上对腕力传感器的研究是从20世纪70年代开始的，主要研究单位有美国的DRAPER实验室、SRI研究所、IBM公司和日本的日立公司、东京大学等单位。

**触觉** 作为视觉的补充，触觉能感知目标物体的表面性能和物理特性：柔软性、硬度、弹性、粗糙度和导热性等。对它的研究从20世纪80年代初开始，到20世纪90年代初已取得了大量的成果。

**接近觉** 研究它的目的是使机器人在移动或操作过程中获知目标（障碍）物的接近程度，移动机器人可以实现避障，操作机器人可避免手爪对目标物由于接近速度过快造成的冲击。

## 6.1.3 传感器的性能指标

为评价或选择传感器，通常需要确定传感器的性能指标

- 1、灵敏度
- 2、线性度
- 3、测量范围
- 4、精度
- 5、重复性
- 6、分辨率
- 7、响应时间
- 8、抗干扰能力

# 传感器类型的选择

## 1、从机器人对传感器的需要来选择

机器人对传感器的一般要求是：

- ① 精度高，重复性好
- ② 稳定性好，可靠性高。
- ③ 抗干扰能力强。
- ④ 重量轻，体积小，安装方便可靠。
- ⑤ 价格便宜。

# 传感器类型的选择

## 2、从加工任务的要求来选择

- 在现代工业中，机器人被用于执行各种加工任务，其中比较常见的加工任务有物料搬运、装配、喷漆、焊接、检验等。
- 不同加工任务对机器人提出了不同的要求

# 传感器类型的选择

## 3、从机器人控制的要求来选择

- 机器人控制需要采用传感器检测机器人的运动位置、速度和加速度。
- 除了较简单的开环控制机器人外，多数机器人都采用了位置传感器作为闭环控制的反馈元件。机器人根据位置传感器反馈的位置信息，对机器人的运动误差进行补偿。
- 不少机器人还装备有速度和加速度传感器。速度检测用于预测机器人的运动时间，计算和控制由离心力引起的变形误差；加速度传感器可以检测机器人构件受到的惯性力，使控制能够补偿惯性力引起的变形误差。

# 传感器类型的选择

## 4、从辅助工作的要求来选择

- ◆ 工业机器人在从事某些辅助工作时，也要求有一定的感觉能力。这些辅助工作包括产品的检验和工件的准备等。
- ◆ 机器人在外观检验中的应用日益增多。机器人在这方面的主要用途有检查毛刺，裂缝或孔洞的存在，确定表面粗糙度和装饰质量，检查装配体的完成等。在外观检验中，机器人主要需要视觉能力，有时也需要其他类型的传感器。

# 传感器类型的选择

## 5、从安全方面的要求来选择

- 从安全方面考虑，机器人对传感器的要求包括以下两个方面：
  - 为了使机器人安全地工作而不受损坏，机器人的各个构件都不能超过其受力极限。
  - 从保护机器人使用者的安全出发，也要考虑对机器人传感器的要求。



# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

6.7 机器人的听觉

6.8 多传感器信息融合

## 6.2.1 电位器式位移传感器

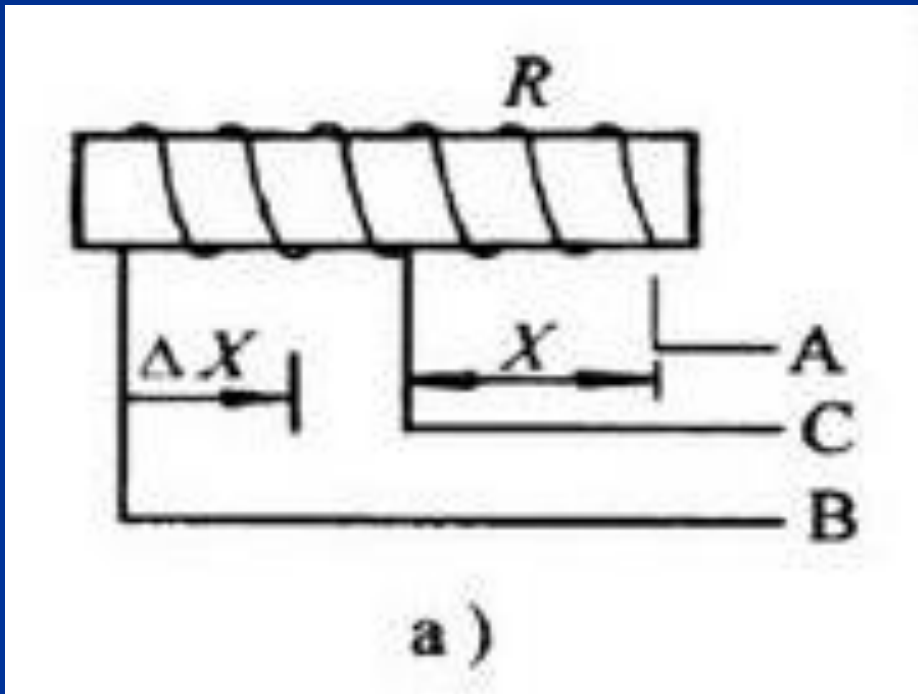
工业机器人关节的位置控制是机器人最基本的控制要求，而对位置和位移的检测也是机器人最基本的感觉要求。

电位器式位移传感器由一个线绕电阻（或薄膜电阻）和一个滑动触点组成。

按照传感器的结构，电位器式位移传感器可分成两大类：直线型电位器式位移传感器和旋转型电位器式位移传感器。

## 6.2.1 电位器式位移传感器

### 1、直线型电位器式位移传感器



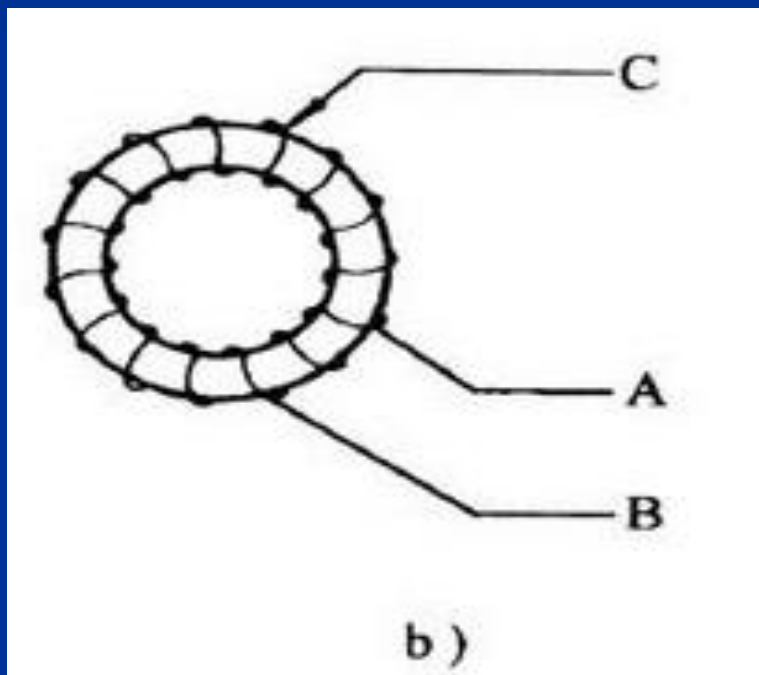
直线型电位器式位移传感器主要用于检测直线位移。

其工作范围和分辨率受电阻器长度的限制，线绕电阻、电阻丝本身的不均匀性会造成传感器的输入、输出关系的非线性。

## 6.2.1 电位器式位移传感器

### 2、旋转型电位器式位移传感器

电阻元件为圆弧状，滑动触点在电阻元件上做圆周运动。



电位器式传感器结构简单，性能稳定，使用方便，但分辨率不高，且当电刷和电阻之间接触面磨损或有尘埃附着时会产生噪声。

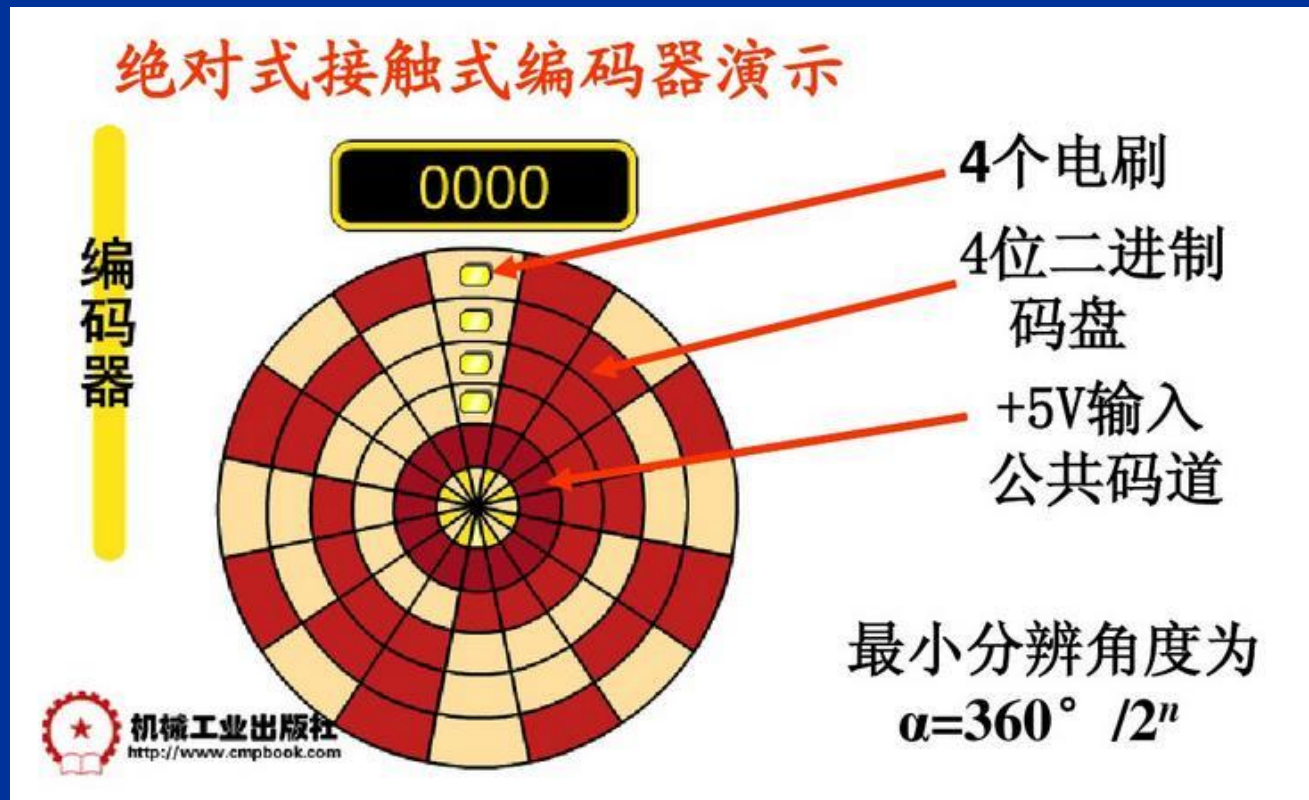
## 6.2.2 光电编码器

光电编码器是集光、机、电技术于一体的数字化传感器，它利用光电转换原理将旋转信息转换为电信息，并以数字代码输出，可以高精度地测量转角或直线位移。

- ◆ 根据检测原理，编码器可分为接触式和非接触式两种。
- ◆ 根据测量方式，编码器可分为直线型和旋转型两种。
- ◆ 根据测出的信号，编码器可分为绝对式和增量式。

## (1) 绝对式光电编码器

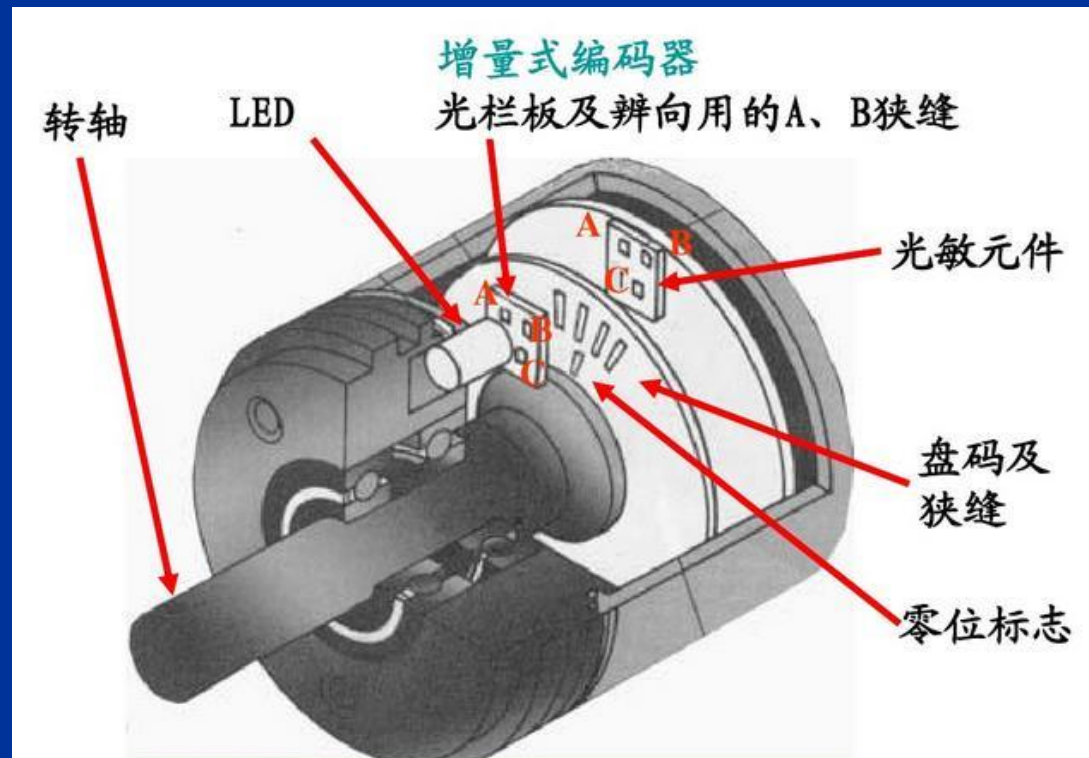
绝对式光电编码器是一种直接编码式的测量元件，它可以直接把被测转角或位移转化成相应的代码，指示的是绝对位置而无绝对误差，在电源切断时不会失去位置信息。但其结构复杂、价格昂贵，且不易做到高精度和高分辨率。

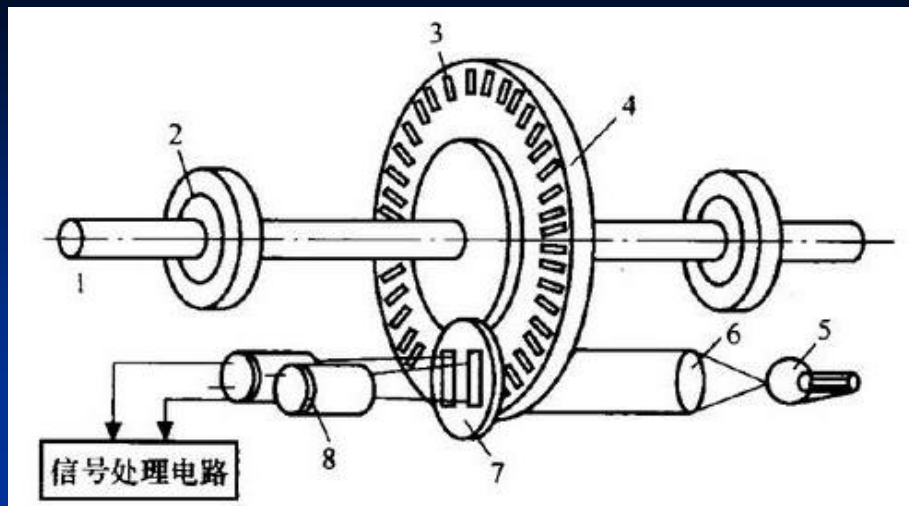


## (2) 增量式光电编码器

增量式光电编码器能够以数字形式测量出转轴相对于某一基准位置的瞬时角位置，此外还能测出转轴的转速和转向。

增量式光电编码器主要由光源、码盘、检测光栅、光电检测器件和转换电路组成。





通过计数器计量脉冲的数目，  
即可测定旋转运动的角位移；  
通过计量脉冲的频率，即可测定  
旋转运动的转速。

当光栅盘随被测工作轴一起转动时，每转过一个缝隙，光电管就会感受到一次光线的明暗变化，使光电管的电阻值改变，这样就把光线的明暗变化转变成电信号的强弱变化，而这个电信号的强弱变化近似于正弦波的信号，经过整形和放大等处理，变换成脉冲信号。



# 增量式光电编码器的优缺点及适用场合

**优点：**原理结构简单，易于实现；机械平均寿命长，可达到几万小时以上；分辨率高；抗干扰能力较强，信号传输距离较长，可靠性较高；价格便宜。

**缺点：**无法直接读出转动轴的绝对位置信息。

广泛应用于数控机床、回转台、伺服传动、机器人、雷达、军事目标测定仪器等需要检测角度的装置和设备中。

# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

6.7 机器人的听觉

6.8 多传感器信息融合

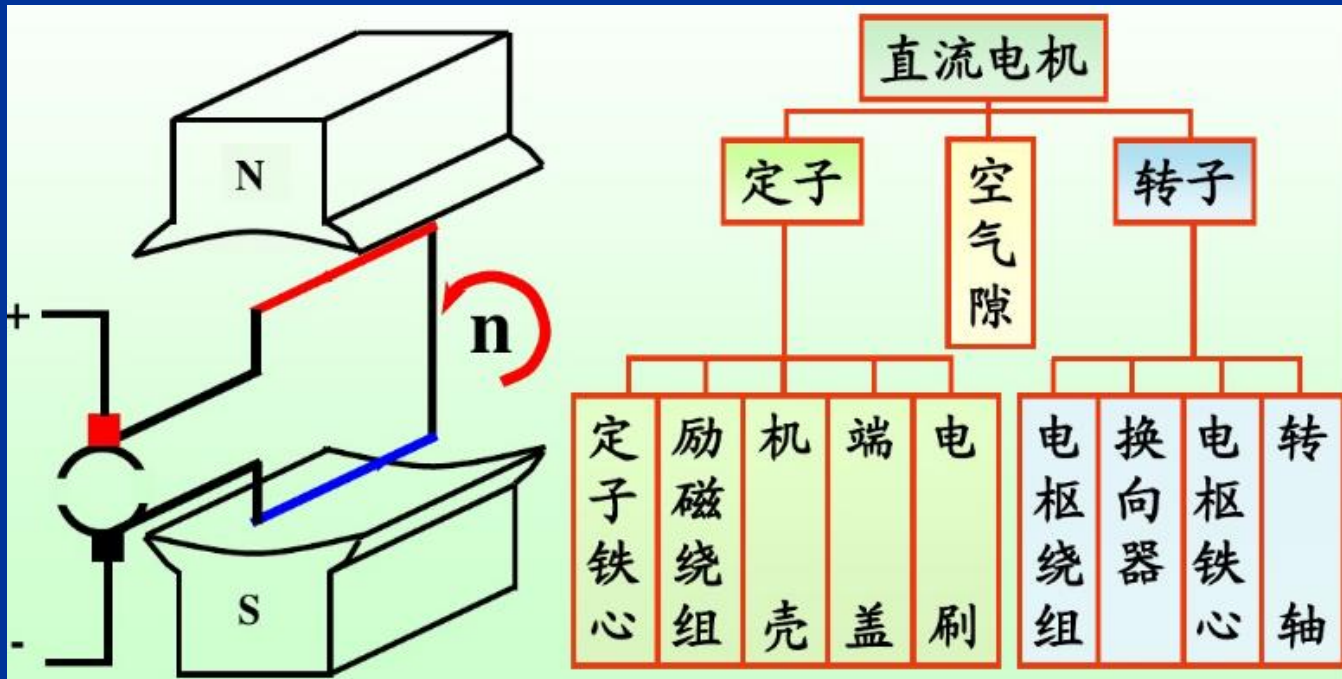
## 6.3 速度传感器

### ■ 定义:

- 能感受被测速度并转换成可用输出信号的传感器。
- 单位时间内位移的增量就是速度。速度包括线速度和角速度，与之相对应的就有线速度传感器和角速度传感器，我们都统称为速度传感器。
- 机器人中主要需测量的是机器人关节的运行速度。本节主要介绍角速度传感器。目前应用最广泛的角速度传感器有测速发电机和增量式光电编码器。

## 6.3.1 测速发电机

测速发电机是一种用于检测机械转速的电磁装置，它能把机械转速变换成电压信号，其输出电压与输入转速成正比。根据输出信号形式分为交流测速发电机和直流测速发电机。机器人中常用的是直流测速发电机。



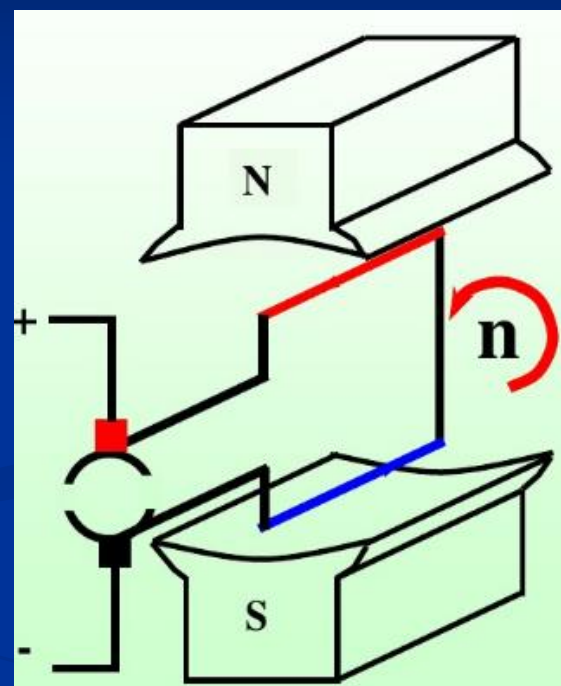
直流测速发电机的结构

电刷两端的感应电势：

$$E_a = C_e \phi n = K_e n$$

直流测速发电机的工作原理是基于法拉第电磁感应定律，当通过线圈的磁通量恒定时，位于磁场中的线圈旋转，使线圈两端产生的电压与线圈的转速成正比。

直流发电机能把转速信号换成电势信号，从而用来测速。



直流测速发电机的结构

# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

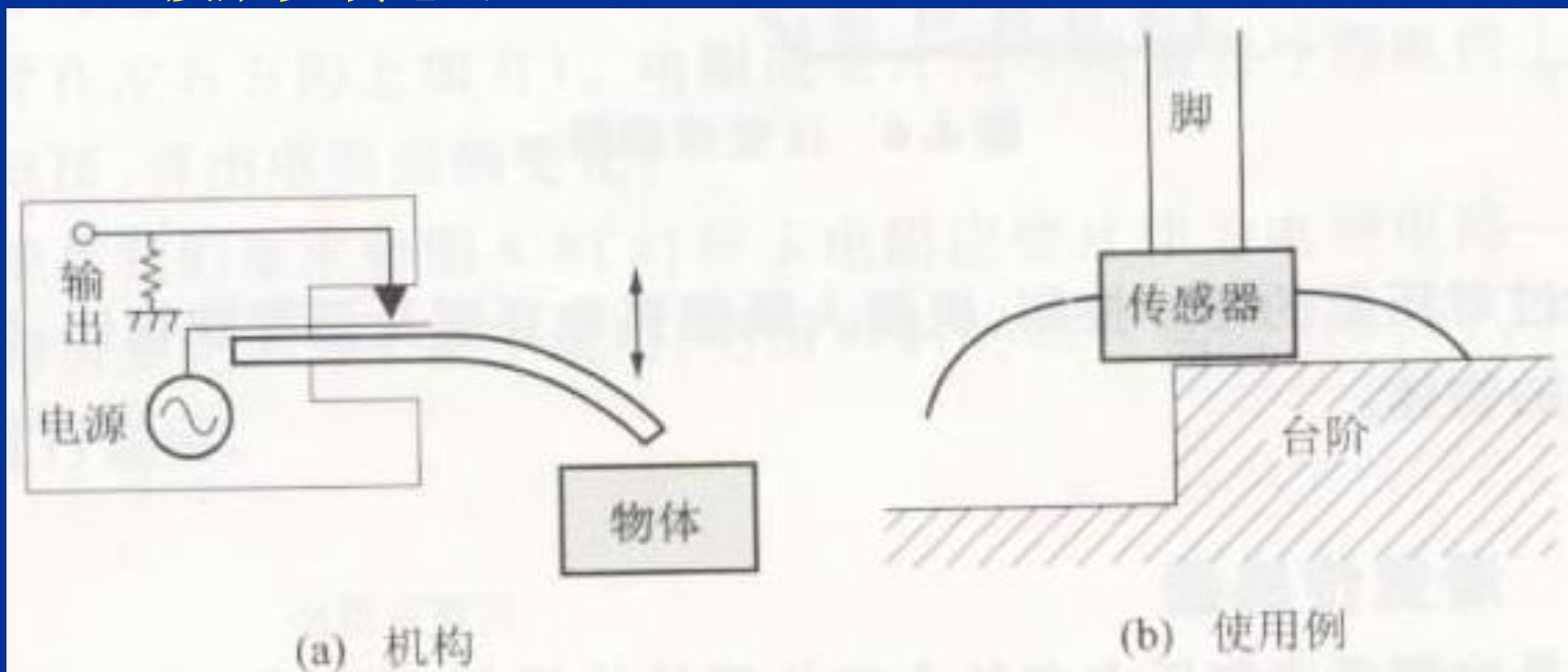
6.7 机器人的听觉

6.8 多传感器信息融合

## 6.4 机器人的触觉

一般认为触觉包括接触觉、压觉、滑觉、力觉四种，狭义的触觉按字面上来看是指前三种感知接触的感觉。

### 1. 接触觉传感器



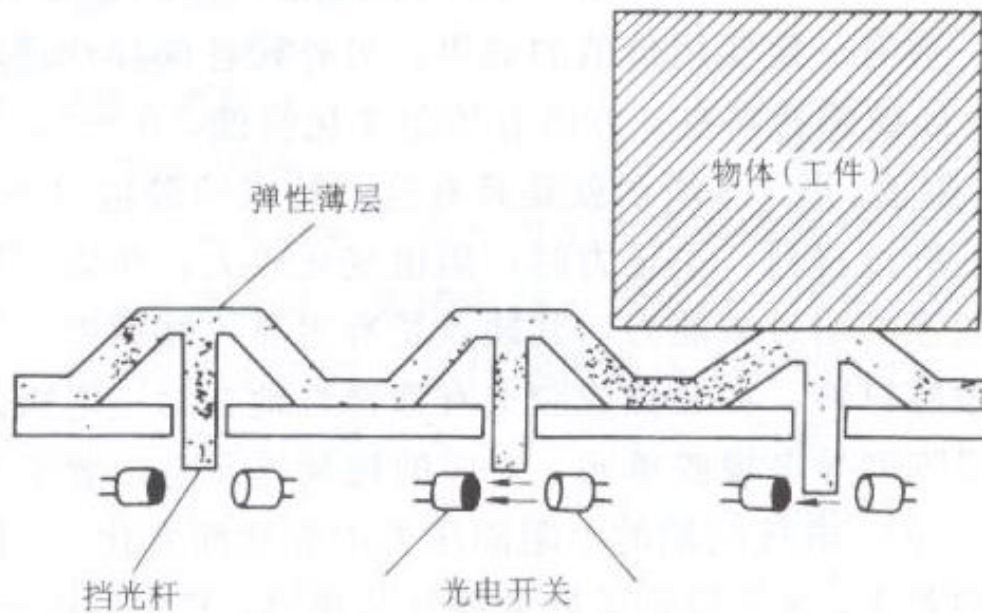
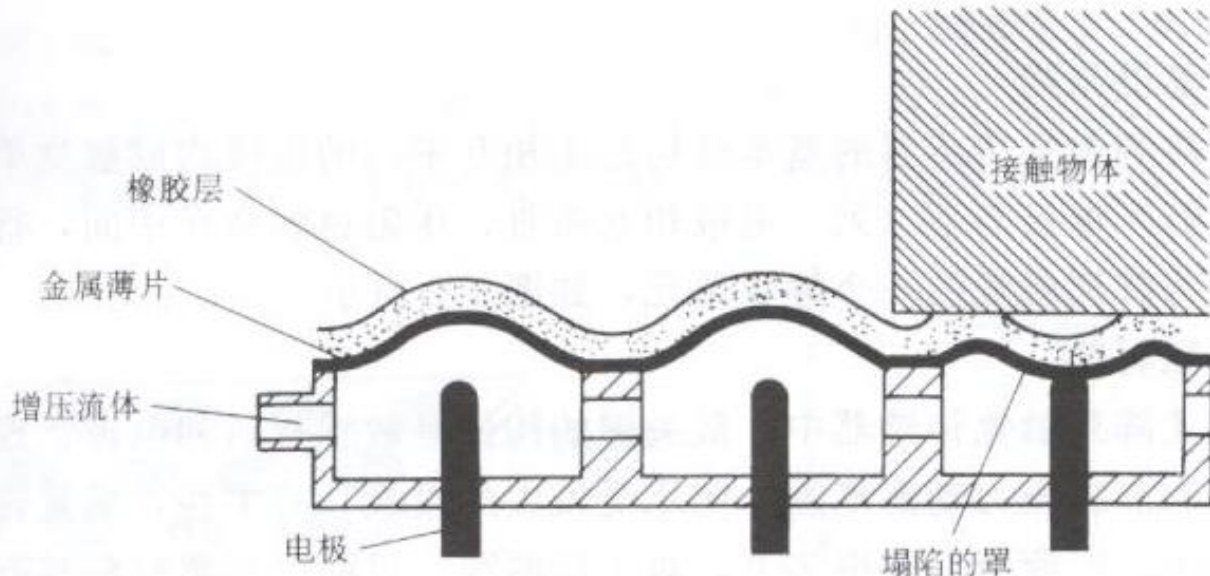
猫须传感器

# 开关式触觉传感器

## 特点:

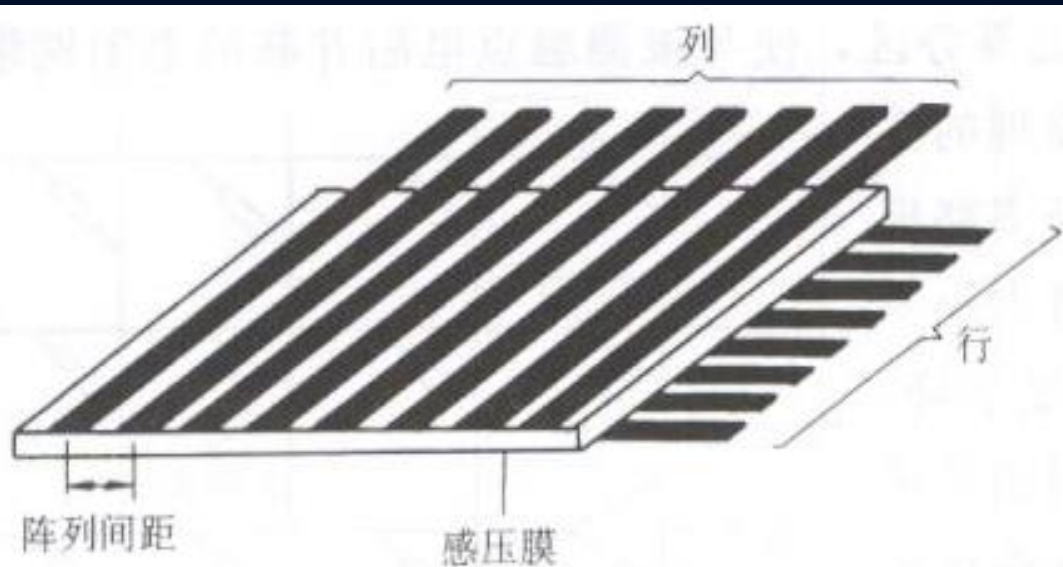
- 外形尺寸十分大
- 空间分辨率低

利用阵列这一概念已开发了许多重要的传感器。

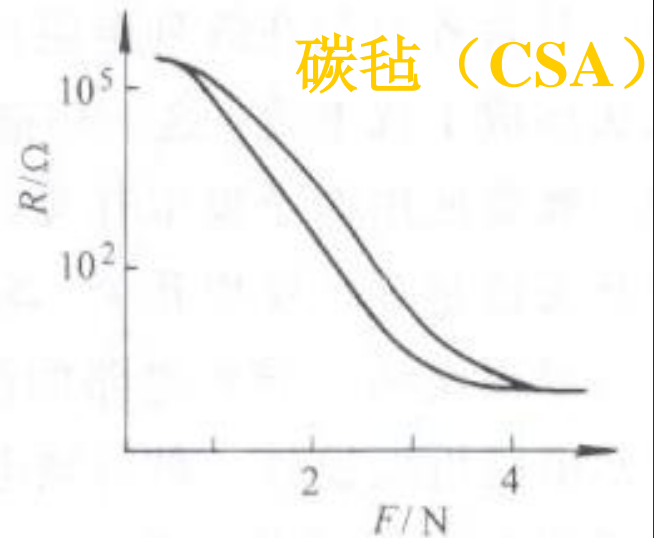


开关式触觉传感器的例子





压阻式阵列触觉传感器的基本结构



CSA 的压阻特性

## 压阻式阵列触觉传感器

**碳毡 (CSA)** 灵敏度高，具有较强的耐过载能力。缺点是有迟滞，线性差。

**导电橡胶** 的电阻也会随压力的变化而变化，因此也常用来作为触觉传感器的敏感材料。

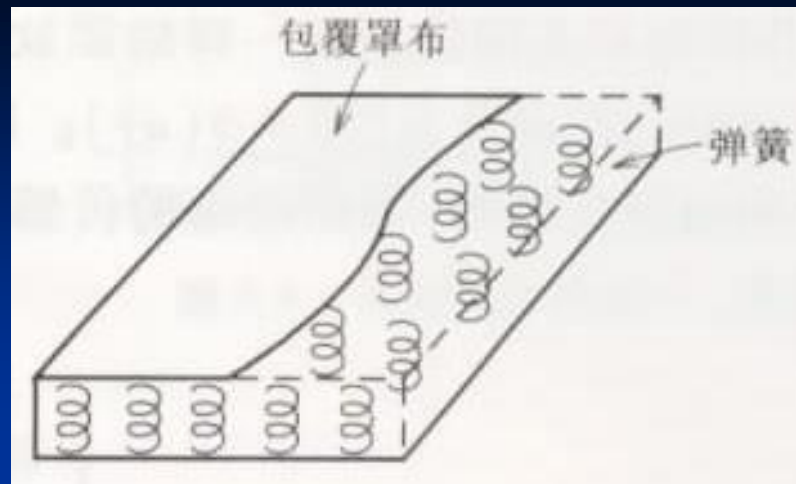


它利用一种具有压电和热释电性的高分子材料研制而成。

另外还有光学式触觉传感器、电容式阵列触觉传感器等。

## 2. 压觉传感器

压觉传感器（pressure sensor）安装于机器人手指上、用于感知被接触物体压力值大小的传感器。压觉传感器又称为压力觉传感器，可分为单一输出值压觉传感器和多输出值的分布式压觉传感器。



- ◆ 压觉传感器大多处于实验室研究阶段，目前普遍关注的是利用材料物性原理去开发传感器。
- ◆ 常见的碳素纤维便是其中一种。当受到某一压力作用时，纤维片阻抗发生变化，从而达到测量压力的目的。这种纤维片具有重量小、丝细、机械强度高特点。
- ◆ 另一种典型材料是导电硅橡胶，利用其受压后阻抗随压力变化而变化达到测量目的。导电硅橡胶具有柔性好、有利于机械手抓握等优点，但灵敏度低、机械滞后性大。

### 3. 力觉传感器

力觉传感器使用的主要元件是电阻应变片。

通常我们将机器人的力传感器分为三类：

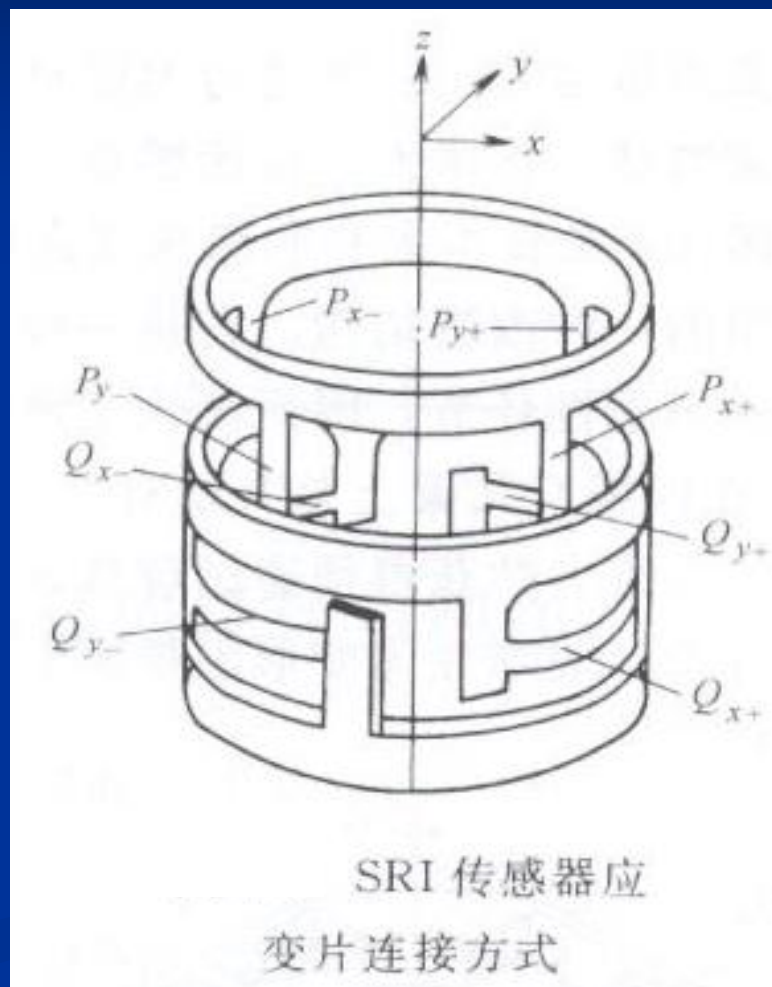
(1) 装在关节驱动器上的力传感器，称为关节力传感器。用于控制中的力反馈。

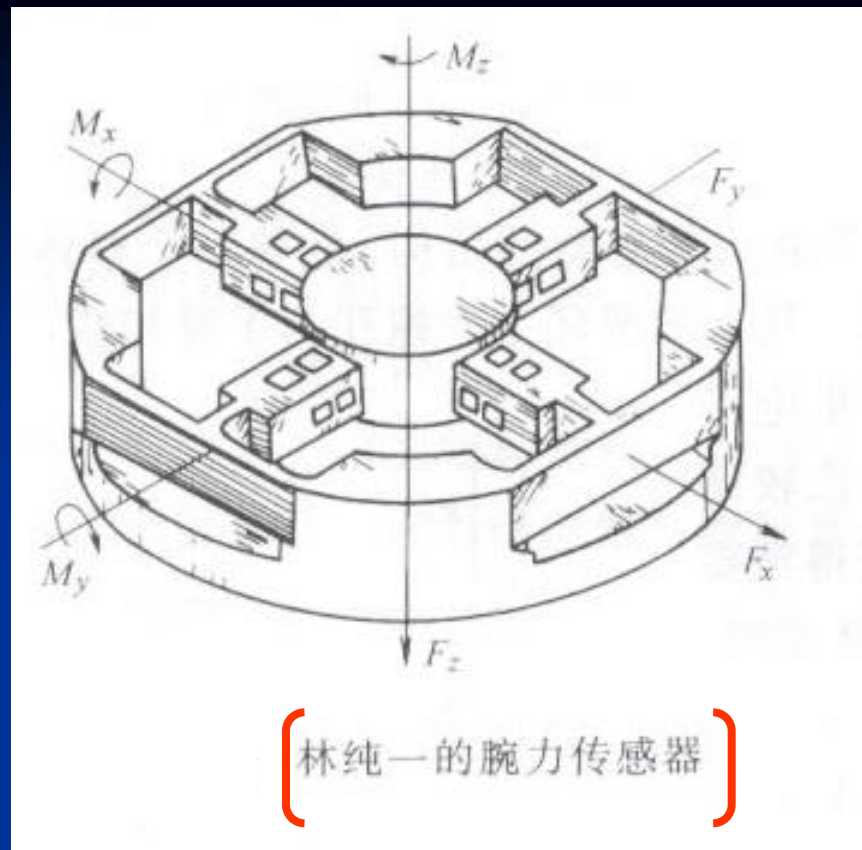
(2) 装在末端执行器和机器人最后一个关节之间的力传感器，称为腕力传感器。

(3) 装在机器人手爪指关节（或手指上）的力传感器，称为指力传感器。

## SRI传感器

SRI (Stanford Research Institute) 研制的六维腕力传感器，如图所示。它由一只直径为75mm的铝管铣削而成，具有八个窄长的弹性梁，每个梁的颈部只传递力，扭矩作用很小。梁的另一头贴有应变片。图中从 $P_{x+}$ 到 $Q_{y-}$ 代表了8根应变梁的变形信号的输出。





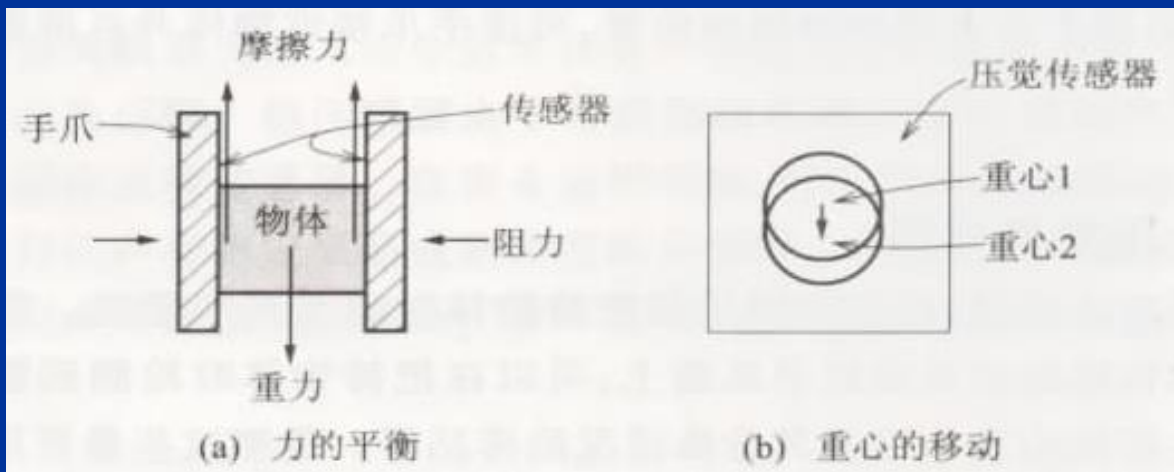
日本大和制衡株式会社林纯一研制的腕力传感器。它是一种整体轮辐式结构，传感器在十字梁与轮缘联结处有一个柔性环节，在四根交叉梁上共贴有32个应变片（图中以小方块），组成8路全桥输出。

传感器的内圈和外圈分别固定于机器人的手臂和手爪，力沿与内圈相切的三根梁进行传递。每根梁上下、左右个贴一对应变片，三根梁上共有6对应变片，分别组成六组半桥，对这6组电桥信号进行解耦可得到六维力（力矩）的精确解。

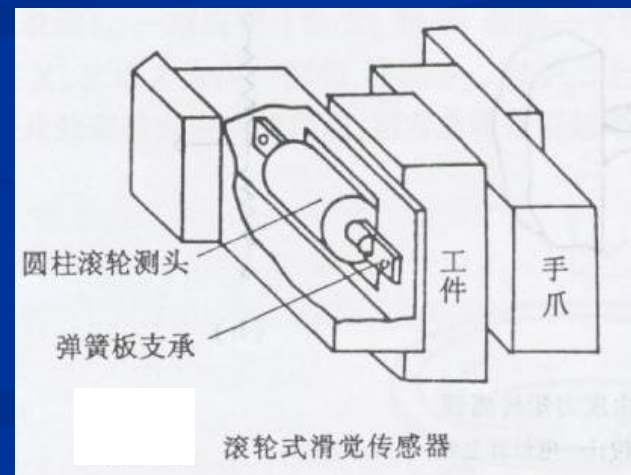


## 4. 滑觉传感器

机械手一般采用两种抓取方式：**硬抓取**（无感知时采用）：末端执行器利用最大的夹紧力抓取工件。**软抓取**（有滑觉传感器时采用）：末端执行器使夹紧力保持在能稳固抓取工件的最小值，以免损伤工件。

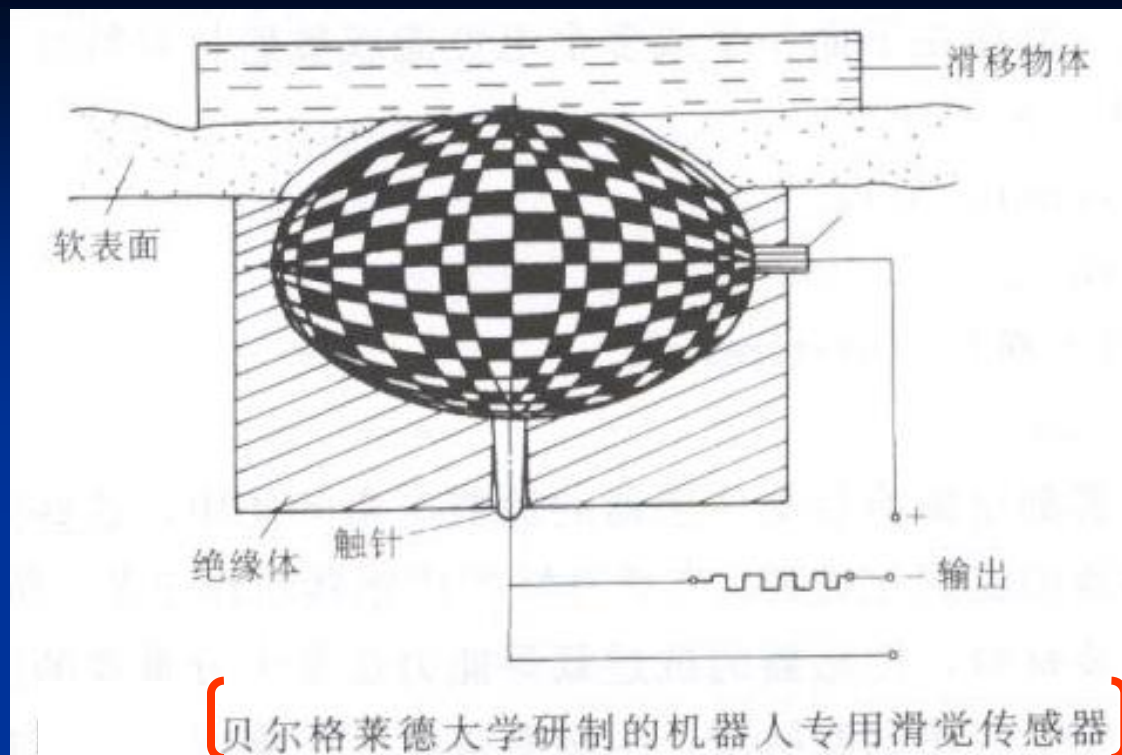


采用压觉传感器实现滑觉感知

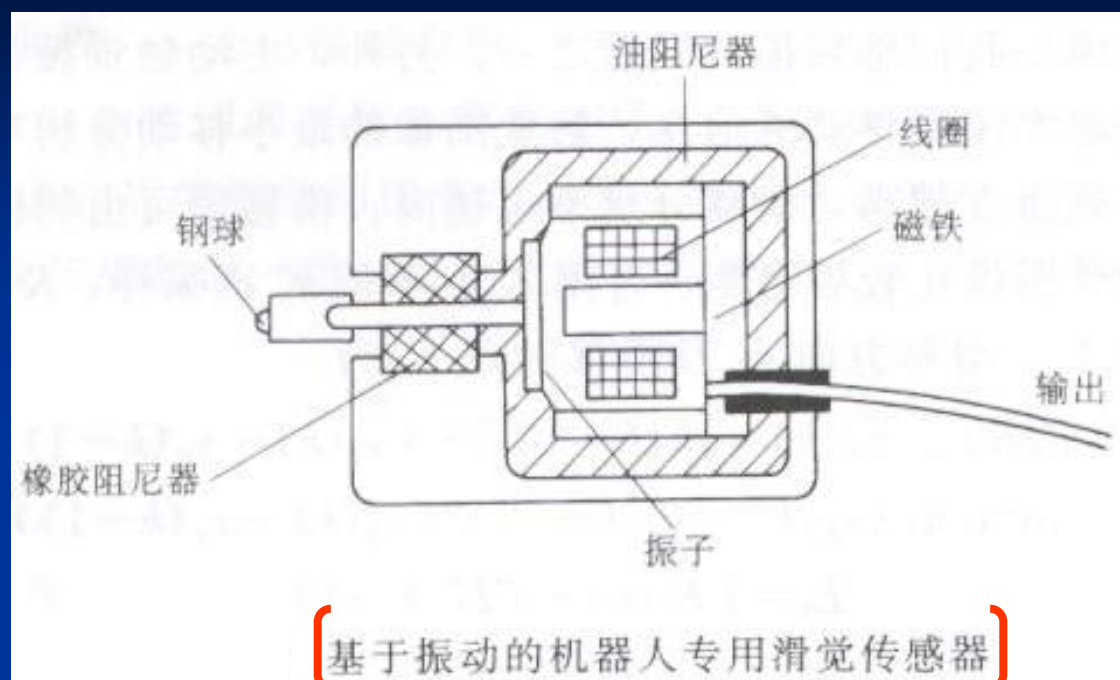


滚轮式滑觉传感器





它由一个金属球和触针组成，金属球表面分成许多个相间排列的导电和绝缘小格。触针头很细，每次只能触及一格。当工件滑动时，金属球也随之转动，在触针上输出脉冲信号，脉冲信号的频率反映了滑移速度，个数对应滑移的距离。



根据振动原理制成的滑觉传感器。钢球指针与被抓物体接触。若工件滑动，则指针振动，线圈输出信号。

# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

6.7 机器人的听觉

6.8 多传感器信息融合

## 6.5 机器人的接近觉

**接近觉**主要感知传感器与对象物之间的接近程度。

- ◆ 接近是机器人能感知相距几毫米到几十厘米内对象物或障碍物的距离、对象物的表面性质等的传感器。
- ◆ 其目的是在接触对象前得到必要的信息，以便后续动作，这种感觉是非接触的，实质上可以认为是介于触觉之间的感觉。这种传感器，是有检测全部信息的视觉和力觉信息的触觉的综合功能的传感器。它对于实用的机器人控制方面，具有非常重要的作用。
- ◆ 接近觉传感器有电磁式、光电式、电容式、气动式、超声波式和红外线式等类型

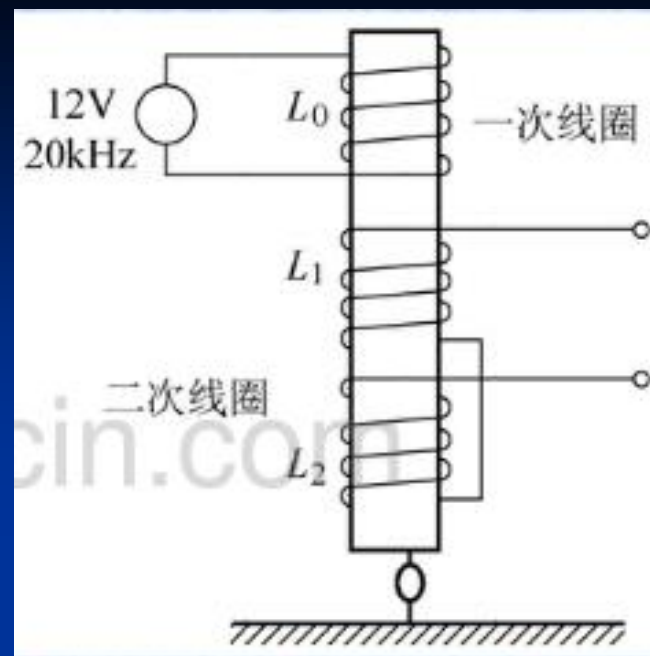
# 接近觉传感器的检测方法

- ◆ 触针法：检测出安装于机器人手前端的触针位移
- ◆ 电磁感应法：根据金属对象物体表面上的涡流效应，检测出阻抗的变化，进而测出线圈电压的变化
- ◆ 光学法：通过光的照射，检测出反射光的变化、反射时间等
- ◆ 气压法：根据喷嘴与对象物体表面之间间隙的变化，检测出压力的变化
- ◆ 超声波、微波法：检测出反射波的滞后时间、相位偏移。

下面介绍其中几种接近觉传感器

# 电感式接近觉传感器

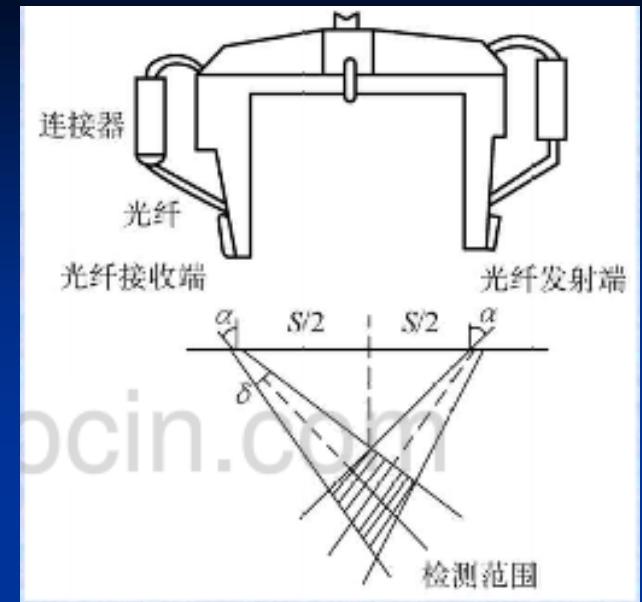
- ◆ 以金属表面为对象的焊接机器人大多采用电磁感应法，如图所示为利用涡流原理的接近觉传感器的原理图。
- ◆ 在激磁线圈中有高频电流通过，用连接成差动的测量线圈就可测出由涡流引起的磁通变化。
- ◆ 这种传感器具有优良的温度特性，抗干扰能力强等特点。当温度在 $200^{\circ}\text{C}$ 以下时，其测量范围为 $0\text{-}8\text{mm}$ ，精度为 $4\%$ 以下。



电感式接近觉传感器

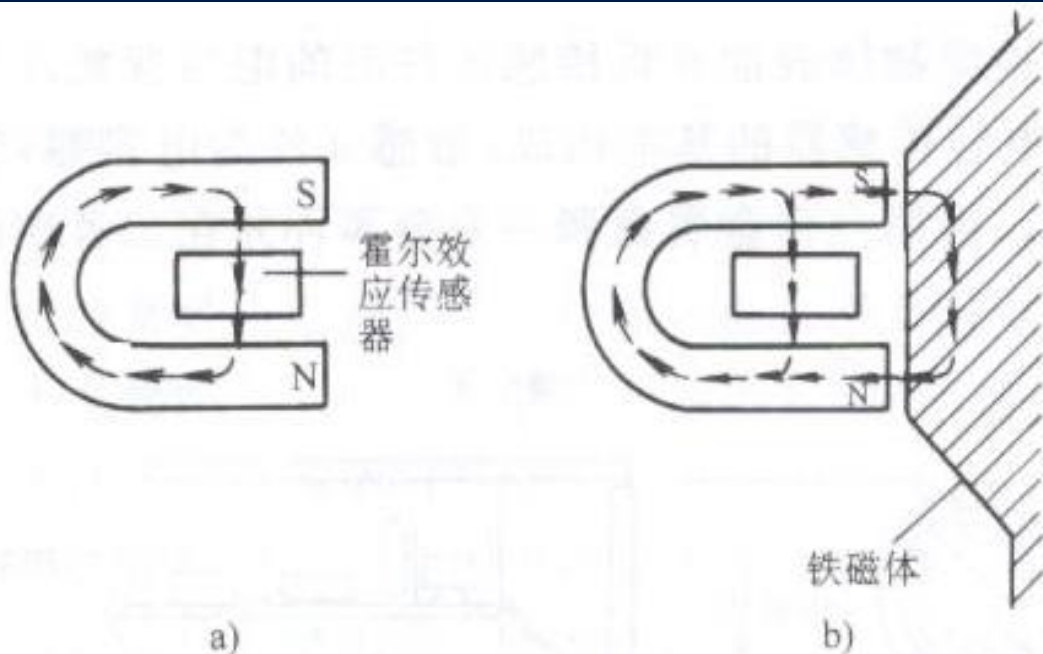
# 反射光接近觉传感器

- ◆ 利用光电二极管的接近觉传感器是将发光元件和感光元件的光轴相交而构成的。
- ◆ 反射光量（接受信号的强弱）表示了某一距离的点（光轴的交点）的峰值特性。利用这种特性的线性部分来测定距离，测出峰值点就可确定物体的位置



反射光接近觉传感器

# 霍尔接近觉传感器



霍尔效应传感器与永久磁铁组合使用的工作原理

a) 传感器未接近物体时    b) 传感器接近铁磁体

霍尔效应指的是金属或半导体片置于磁场中，当有电流流过时，在垂直于电流和磁场的方向上产生电动势。霍尔传感器单独使用时，只能检测有磁性物体。当与用磁体联合使用时，可以用来检测所有的铁磁物体。传感器附近没有铁磁物体时，霍尔传感器感受一个强磁场；若有铁磁物体时，由于磁力线被铁磁物体旁路，传感器感受到的磁场将减弱。

其它还有气压接近觉、超声波接近觉传感器等。

另外还有接触觉、滑觉和接近觉三种感觉组合为一体的传感器。



# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

6.7 机器人的听觉

6.8 多传感器信息融合

## 6.6 机器人的视觉

### 1. 人的视觉

有研究表明，视觉获得的感知信息占人对外界感知信息的**80%**。

人类视觉细胞数量的数量级大约为 $10^8$ ，是听觉细胞的300多倍，是皮肤感觉细胞的100多倍。

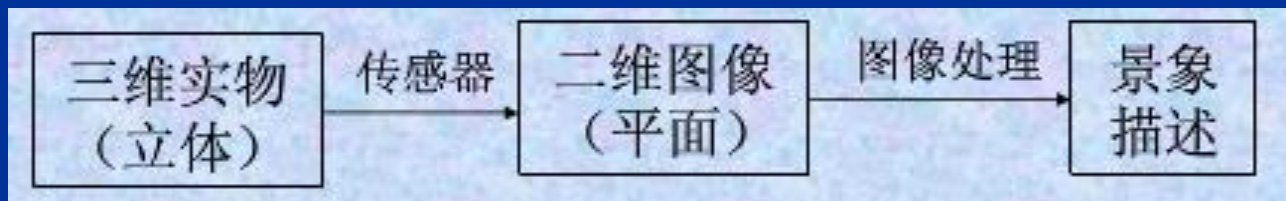


## 2. 机器人的视觉

机器人的视觉系统通常是利用光电传感器构成的。多数是用电视摄像机和计算机技术来实现的，故又称计算机视觉。

视觉传感器的工作过程可分为检测、分析、描绘和识别四个主要步骤

客观世界中三维实物经由传感器（如摄像机）成为平面的二维图像，再经处理部件给出景象的描述，应该指出，实际的三维物体形态和特征是相当复杂的，特别是由于识别背景千差万别，而机器人上视觉传感器的视角又在时刻变化，引起图像时刻发生变化，所以**机器人视觉在技术上难度是较大的**



机器人视觉作用的过程

### 3. 机器人视觉传感器---超声波传感器

从广义上讲，我们也把它算成机器人视觉中的一种。

超声波探测原理比较简单，一般是采用时差法。

$$d = c \Delta t / 2$$

其中  $c$  ( $T$  的函数) 为超声波波速， $T$  为环境摄氏温度。

#### 超声波传感器主要用途：

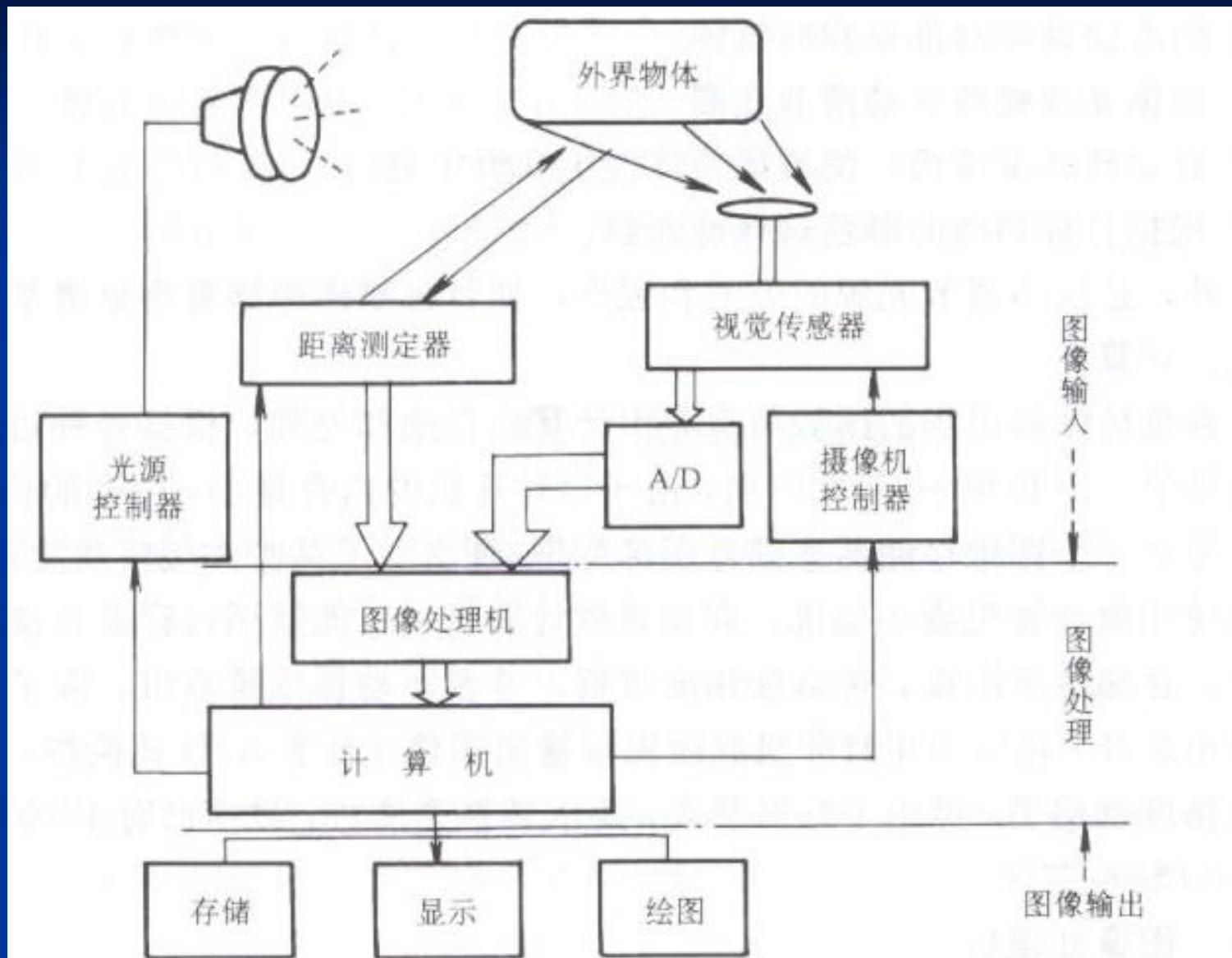
- (1) 实时地检测自身所处空间的位置，用以进行自定位；
- (2) 实时地检测障碍物，为行动决策提供依据；
- (3) 检测目标姿态以及进行简单形体的识别；
- (4) 用于导航目标跟踪。

多个超声波传感器组成线阵或面阵形成多传感器



MDARS-E型室外保安机器人

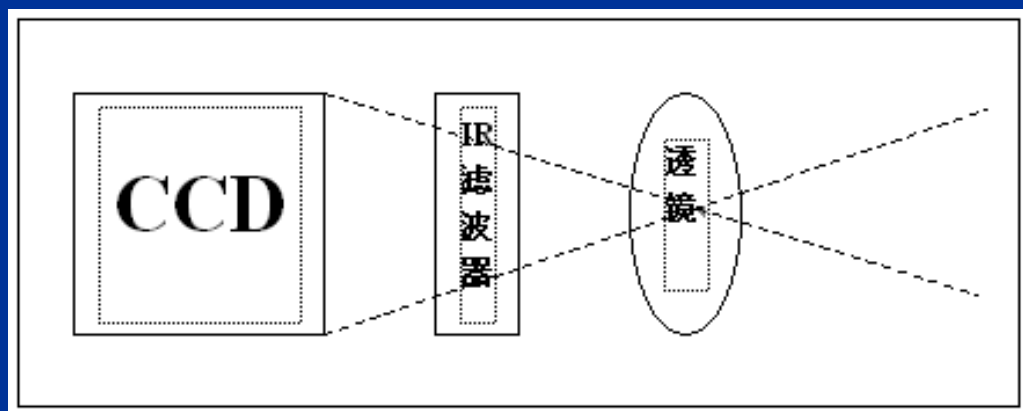
## 4. CCD (电荷耦合器件: charge coupled devices)



视觉系统的硬件组成

## (1) 基本原理

CCD（电荷耦合器件）的基本结构是一个间隙很小的光敏电极阵列，即无数个CCD单元组成，也称为像素点（如 $448 \times 380$ ）。它可以是一维的线阵，也可以是二维的面阵。



**优点：**体积小、质量轻、寿命长、抗冲击、耗电极少，一般只需几十毫瓦就可以启动。

## (2) 图像处理

### a) 分辨率变化对图像的影响

共256级灰度，从图 (a) 到 (f) 分辨率依次为 $512 \times 512$ ， $256 \times 256$ ， $128 \times 128$ ， $64 \times 64$ ， $32 \times 32$ ， $16 \times 16$ 。





## b) 灰度变化对图像的影响

从图 (a) 到 (f) 分辨率依次为 $512 \times 512$ ，灰度级依次为 256, 64, 16, 8, 4, 2。



### c) 分辨率和灰度同时变化对图像的影响

从图 (a) 到 (f) 依次为:  $256 \times 256$ , 128级灰度;  $181 \times 181$ , 64级灰度;  $128 \times 128$ , 32级灰度;  $90 \times 90$ , 16级灰度;  $64 \times 64$ , 8级灰度;  $45 \times 45$ , 4级灰度。



# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

6.7 机器人的听觉

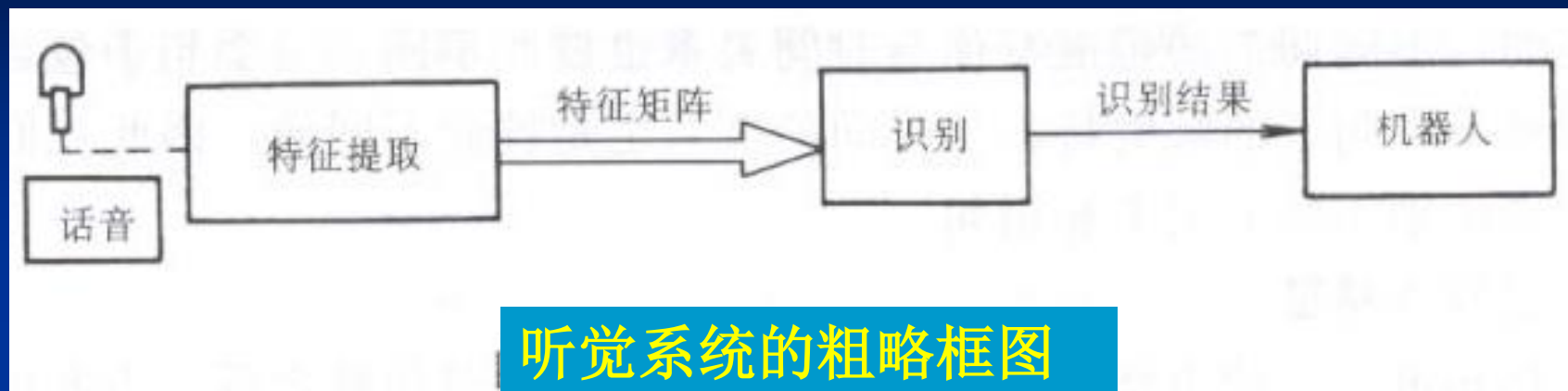
6.8 多传感器信息融合

## 6.7 机器人的听觉

---

- ◆ 机器人由听觉传感器实现“人机”对话。一台高级的机器人不仅能听懂人讲的话，而且能讲出人能听懂的语言，赋予机器人这些智慧与技术统称语言处理技术，前者为语言识别技术，后者为语音合成技术。
- ◆ 具有语音识别功能，能检测出声音或声波的传感器称为听觉传感器，通常用话筒等振动检测器作为检测元件。
- ◆ 机器人听觉系统中的听觉传感器的基本形态与传声器相同，所以在声音的输入端方面问题较少，其工作原理多为利用压电效应、磁电效应等。

## 6.7 机器人的听觉



### 特定人的语音识别系统

特定人语音识别方法是将事先指定的人的声音中的每一个字音的特征矩阵存储起来，形成一个标准模板（或叫模板），然后再进行匹配。它首先要记忆一个或几个语音特征，而且被指定人讲话的内容也必须是事先规定好的有限的几句话。特定人语音识别系统可以识别讲话的人是否是事先指定的人，讲的是哪一句话。

# 非特定人的语音识别系统

---

非特定人的语音识别系统大致可以分为语言识别系统，单词识别系统，及数字音（0~9）识别系统。

非特定人的语音识别方法则需要对一组有代表性的人的语音进行训练，找出同一词音的共性，这种训练往往是开放式的，能对系统进行不断的修正。在系统工作时，将接收到的声音信号用同样的办法求出它们的特征矩阵，再与标准模式相比较。看它与哪个模板相同或相近，从而识别该信号的含义。

# 第六章 工业机器人感觉系统

6.1 工业机器人传感器概述

6.2 位置和位移传感器

6.3 速度传感器

6.4 机器人的触觉

6.5 机器人的接近觉

6.6 机器人的视觉

6.7 机器人的听觉

6.8 多传感器信息融合

## 6.8 多传感器信息融合

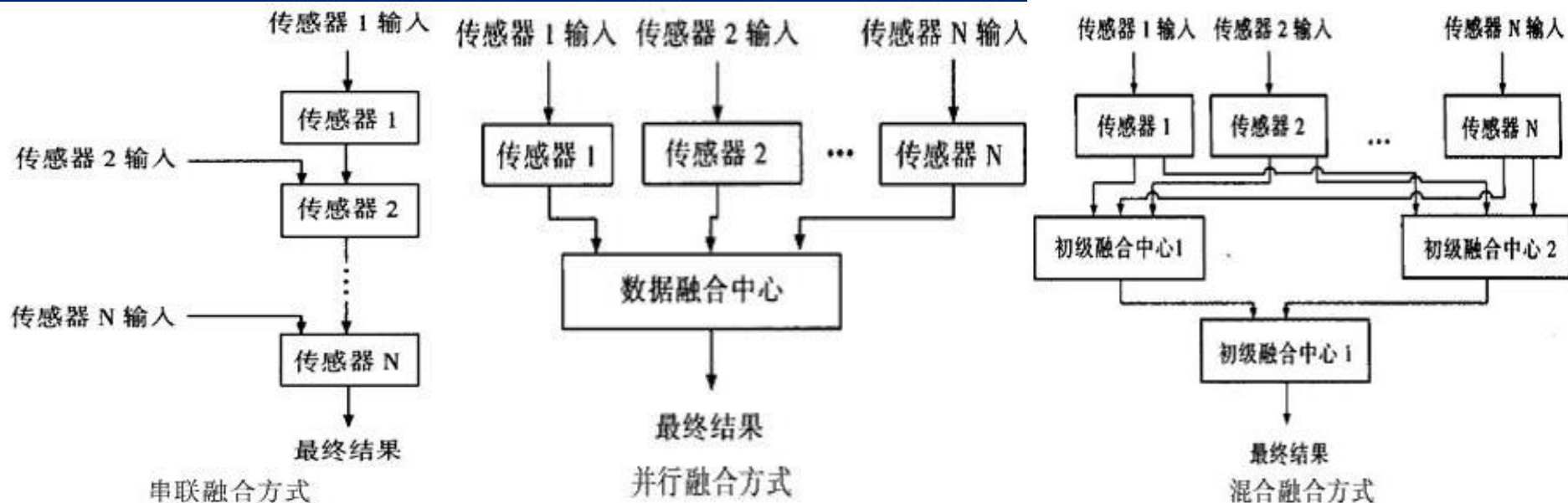
**多传感器信息融合技术**是通过对这些传感器及其观测信息的合理支配和使用，把多个传感器在时间和空间上的冗余或互补信息依据某种准则进行组合，以获取被观测对象的一致性解释或描述。

**多传感与单传感的比较：**多传感器数据融合系统可更大程度获取被探测目标和环境的信息量。单传感器信号处理或低层次的数据处理方式只是对人脑信息处理的一种低水平模仿。

**多传感器融合系统主要特点是：**（1）提供了冗余、互补信息。（2）信息分层的结构特性。（3）实时性。（4）低代价性。

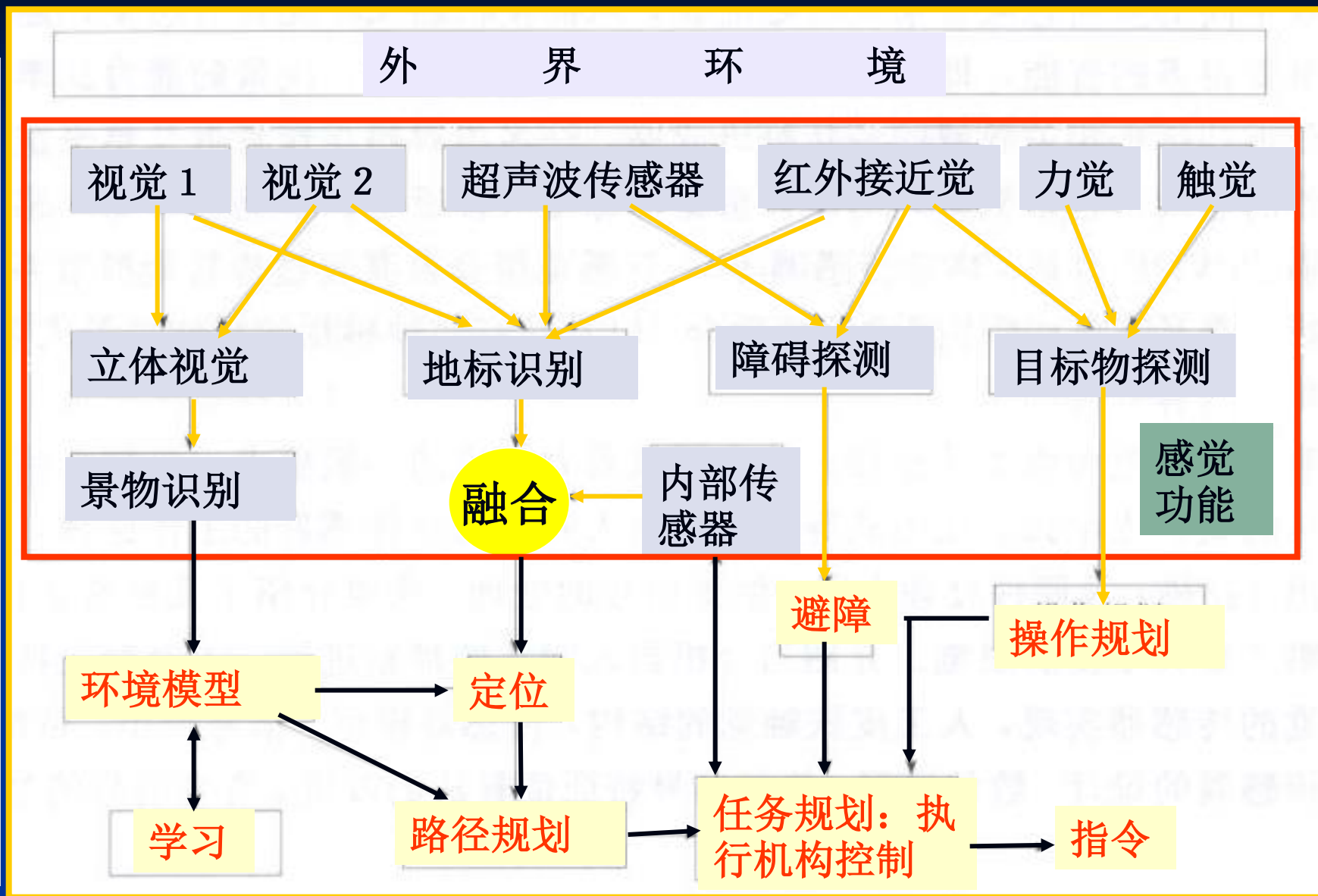


## 三种结构形式：串联、并联和混合融合形式。



多传感器融合常用的方法有：加权平均法、贝叶斯估计、卡尔曼滤波、DS证据推理、模糊逻辑、产生式规则、人工神经网络等方法。

多传感器在移动机器人中的应用



# 作业

6-1, 2, 3