

## 机器人学 课程教案

授课时间	第 14 周                      第 14 节	课次	2
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>	课时 安排	2
授课题目（教学章、节或主题）： <b>第 6 章 工业机器人感觉系统</b> 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			
主要教学方法 与手段	教学方法：启发式教学、实例引导法教学 教学手段：板书+多媒体		
本课次教学目的、要求（分掌握、熟悉、了解三个层次）： 1、了解传感器的定义；工业机器人传感器的分类及性能指标 2、了解工业机器人位置和位移传感器 3、了解常用工业机器人传感器的工作原理及应用 4、了解工业机器人视觉技术。			
教学重点及难点： 重点：工业机器人传感器的分类及性能指标；工业机器人传感器的工作原理及应用 难点：工业机器人位置和位移传感器重点：常用几种工业机器人传感器的工作原理			
教学基本内容及过程			
<b>6.1 工业机器人传感器概述</b>			
6.1.1 传感器的定义 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 工业机器人传感器的分类

按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

定义：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

分类：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。

#### 2、外部传感器

定义：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。

分类：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

### 6.1.3 传感器的性能指标

1、灵敏度--灵敏度是指传感器的输出信号达到稳定时，输出信号变化与输入信号变化的比值。

2、线性度--线性度反映传感器输出信号与输入信号之间的线性程度。

3、测量范围--测量范围是指被测量的最大允许值和最小允许值之差。

4、精度--精度是指传感器的测量输出值与实际被测量值之间的误差。

5、重复性--重复性是指传感器在对输入信号按同一方式进行全量程连续多次测量时，相应测试结果的变化程度。测试结果的变化越小，传感器的测量误差就越小，重复性越好。对于多数传感器来说，重复性指标都优于精度指标。

6、分辨率--分辨率是指传感器在整个测量范围内所能辨别的被测量的最小变化量，或者所能辨别的不同被测量的个数。

7、响应时间--响应时间是传感器的动态特性指标，是指传感器的输入信号变化后，其输出信号随之变化并达到一个稳定值所需要的时间。

8、抗干扰能力--通常抗干扰能力是通过单位时间内发生故障的概率来定义的，因此它是一个统计指标。

#### 传感器类型的选择

1、从机器人对传感器的需要来选择

2、从加工任务的要求来选择

- 3、从机器人控制的要求来选择
- 4、从辅助工作的要求来选择
- 5、从安全方面的要求来选择

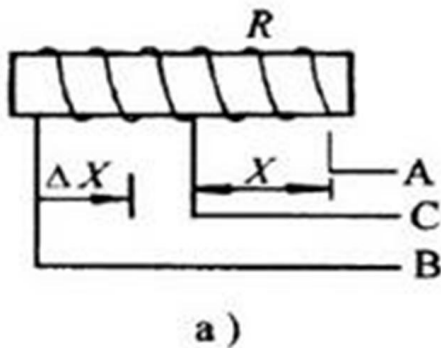
## 6.2 位置和位移传感器

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。

### 6.2.1 电位器式位移传感器

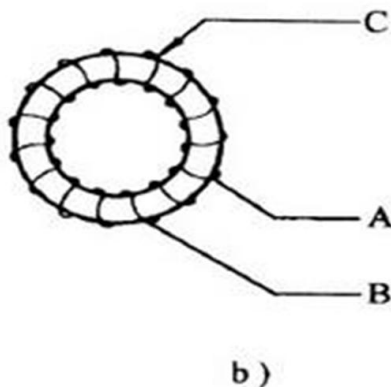
电位器式位移传感器由一个线绕电阻（或薄膜电阻）和一个滑动触点组成。

#### 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。

#### 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。

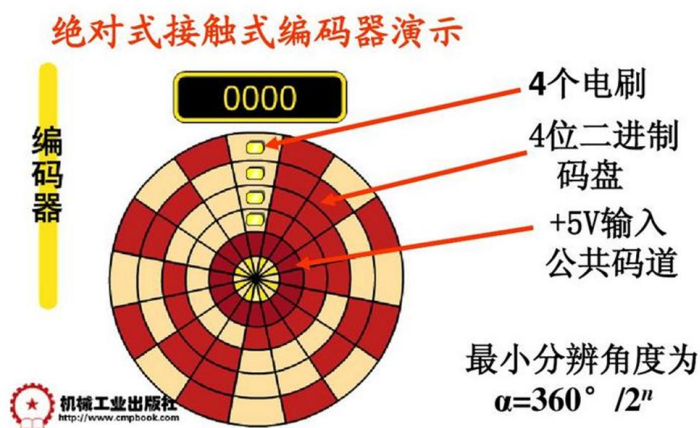
光电编码器的分类：

- (1) 根据检测原理，编码器可分为接触式和非接触式两种。
- (2) 根据测量方式，编码器可分为直线型和旋转型两种。
- (3) 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

定义：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绝对位置信息。但其结构复杂、价格昂贵，且不易做到高精度和高分辨率。

构成：多路电源、光敏元件、编码盘。



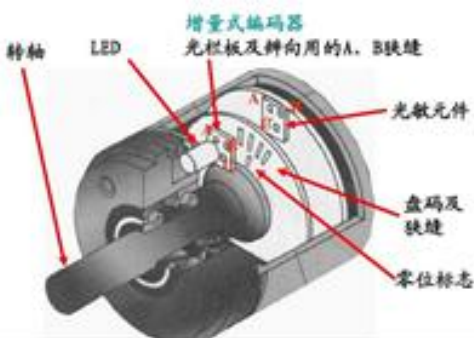
### 2、增量式光电编码器

(1) 增量式光电编码器的工作原理

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。

(2) 增量式光电编码器的细分技术

(3) 工业机器人中使用的位置传感器



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。

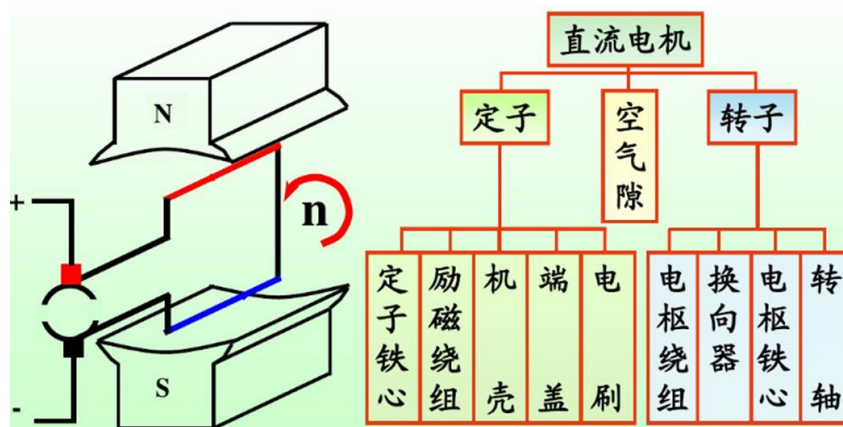
### 6.3 速度传感器

速度传感器是机器人中较重要的内部传感器之一。由于在机器人中主要测量的是机器人关节的运行速度，所以本书只介绍角速度传感器。目前广泛使用的角速度传感器有测速发电机和增量式光电编码器两种。

#### 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，它能把机械转速转换成电压信号，其输出电压与输入的转速成正比。

按输出信号的形式分类：交流测速发电机；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

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。

#### 6.3.2 增量式光电编码器

- 1、模拟方式
- 2、数字方式

#### 6.3.3 微硅陀螺仪

微硅陀螺仪是一种新型的电子式陀螺仪（角速度传感器），可以检测移动平台绕轴倾斜的角速度。

### 6.4 机器人的触觉

触觉信息的获取是机器人对环境信息直接感知的结果。

分类：从广义上来说，包括触觉、压觉、滑觉、冷热觉等与接触有关的感觉；从狭义上来说，它是机械手与对象接触面上的力感觉。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。

#### 6.4.1 接触觉传感器：

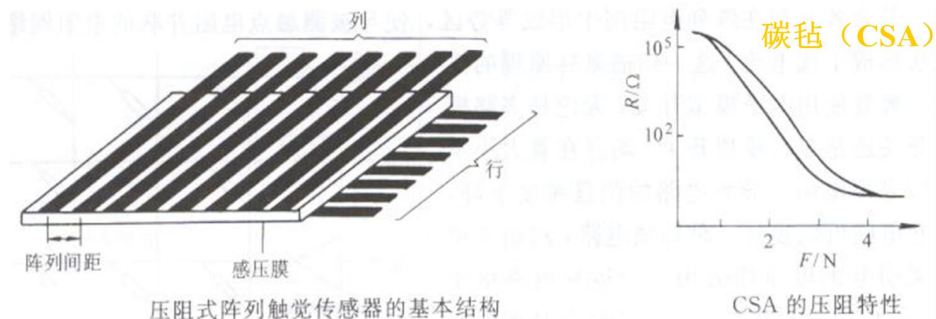
##### 1、微动开关

- (1) 触须式触觉传感器
- (2) 接触棒触觉传感器

开关式触觉传感器

特点：外形尺寸十分大；空间分辨率低。

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。

##### 2、柔性触觉传感器

- (1) 柔性薄层触觉传感器
- (2) 导电橡胶传感器
- (3) 气压式触觉传感器

##### 3、触觉传感器阵列

- (1) 成像触觉传感器
- (2) TIR 触觉传感器

##### 4、仿生皮肤

#### 6.4.2. 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、机械强度高等特点。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。

#### 6.4.3. 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。

#### 6.4.4. 滑觉传感器

机械手一般采用两种抓取方式：硬抓取和软抓取。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。

### 6.5 机器人的接近觉

1、基本概念：接近觉主要感知传感器与对象物之间的接近程度。接近觉传感器主要用于物体抓取或避障类近距离工作的场合。接近觉传感器通常只有二值输出，用来判断在一规定距离范围内是否有物体存在，因此，接近觉传感器通常又称为接近开关。

接近觉传感器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。

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。

2、分类：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。

3、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。

#### 4、举例说明几种接近觉传感器

(1) 电感式接近觉传感器

(2) 反射光接近觉传感器

(3) 霍尔接近觉传感器

## 6.6 机器人的视觉

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。

为了使机器人能够胜任更复杂的工作，机器人不但要有更好的控制系统，还需要更多地感知环境地变化。机器人视觉可获取地信息量大、信息完整，是机器人最重要地感知功能。

### 6.6.1 机器视觉技术

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。机器视觉系统地特点：精度高；连续性；灵活性；标准性。

### 6.6.2 机器视觉系统地组成

- 1、视觉传感器
- 2、图像采集/处理卡
- 3、光源
- 4、计算机

### 6.6.3 图像处理技术

图像处理技术又称为计算机图像处理技术，是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理地技术。

常用地图像处理方法：图像增强；图像平滑；边缘锐化；图像分割；图像识别；图像编码与压缩。

### 6.6.4 工业机器人视觉伺服系统

目前，机器人视觉伺服控制系统有以下几种分类方式：

- 1、按摄像机地数目，可以分为单目视觉伺服系统，双目视觉伺服系统及多目视



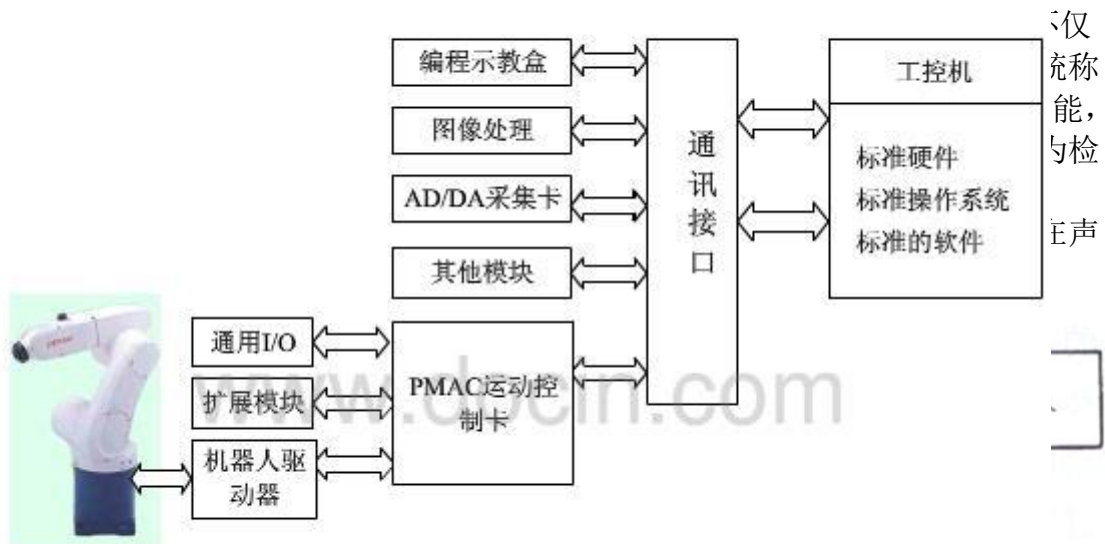
觉伺服系统；

- 2、按摄像机放置的位置，可以分为手眼系统和固定摄像机系统；
- 3、按机器人的空间位置或图像特征，可以分为基于位置的视觉伺服系统和基于图像的视觉伺服系统。
- 4、机器人视觉传感器——超声波传感器。
- 5、机器人视觉传感器——CCD（电荷耦合器件）。

### 6.6.5 机器人视觉技术的应用

- 1、轴承滚动体及铆钉缺失检测

#### 开放式机器人控制系统



- 2、特定人的语音识别系统

对于特定人语音，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。

- 3、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。

## 6.8 多传感器信息融合

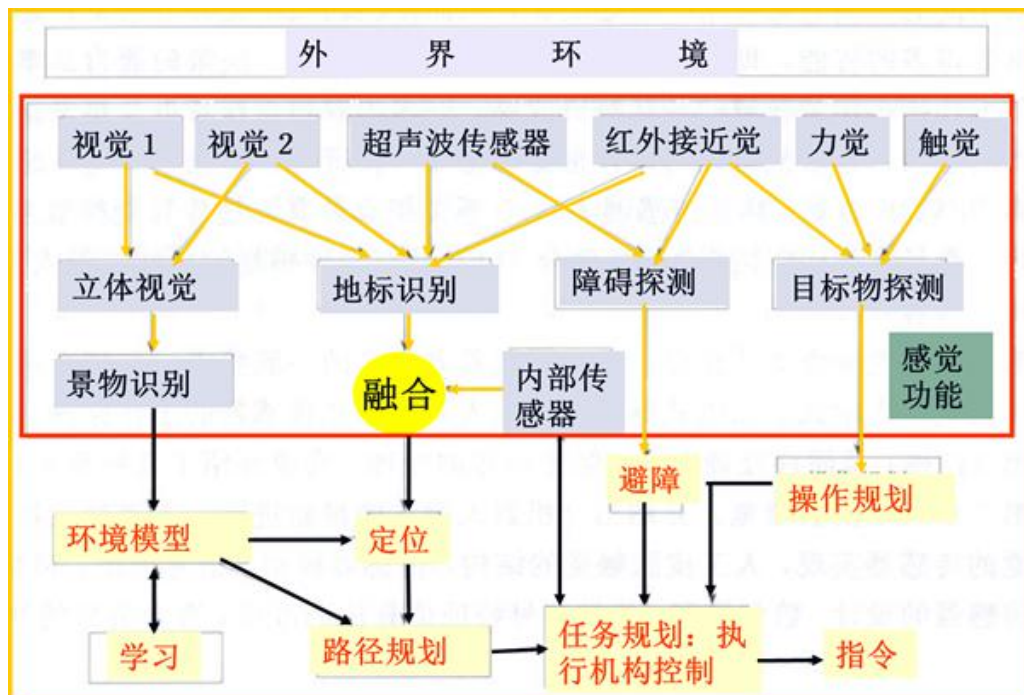
1、基本概念：多传感器信息融合技术是通过对这些传感器及其观测信息的合理支配和使用，把多个传感器在时间和空间上的冗余或互补信息依据某种准则进行组合，以获取被观测对象的一致性解释或描述。

2、优点：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。

3、特点：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。

4、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。

5、多传感器在移动机器人中的应用。



作业和思考题：

P169 6-1；6-2；6-3

课后小结：

传感器的定义；

工业机器人用传感器的分类及性能指标；

工业机器人常用的位置和位移传感器；

电位器式位移传感器的工作原理及优缺点；

速度传感器的作用及常用速度传感器的工作原理；

接近觉传感器的作用及几种典型的接近觉传感器的工作原理；

触觉传感器的作用及几种典型触觉传感器的工作原理；

机器人视觉系统的组成及视觉传感器的工作原理。