

传感器是一种将非电量转换成电量的器件,它应用广泛,尤其在机电和电气设备中经常会用到,比如一辆现代汽车中的传感器就有很多种,分别用以检测车速、方位、负载、振动、油压、油量、温度、燃烧过程等。又比如生活中常用的家用电器中也有很多传感器,用于检测温度、气体、湿度、压力等,所以了解传感器的分类和主要性能指标,掌握传感器的定义、组成和作用非常重要。

任务1 认识传感器



任务书

知识目标

1. 掌握传感器的定义和作用。
2. 掌握传感器的组成。
3. 了解传感器的分类和主要性能指标。
4. 初步熟悉传感器的一般应用场合。

技能目标

1. 认识各类传感器。
2. 初步了解各类传感器的作用。



任务描述

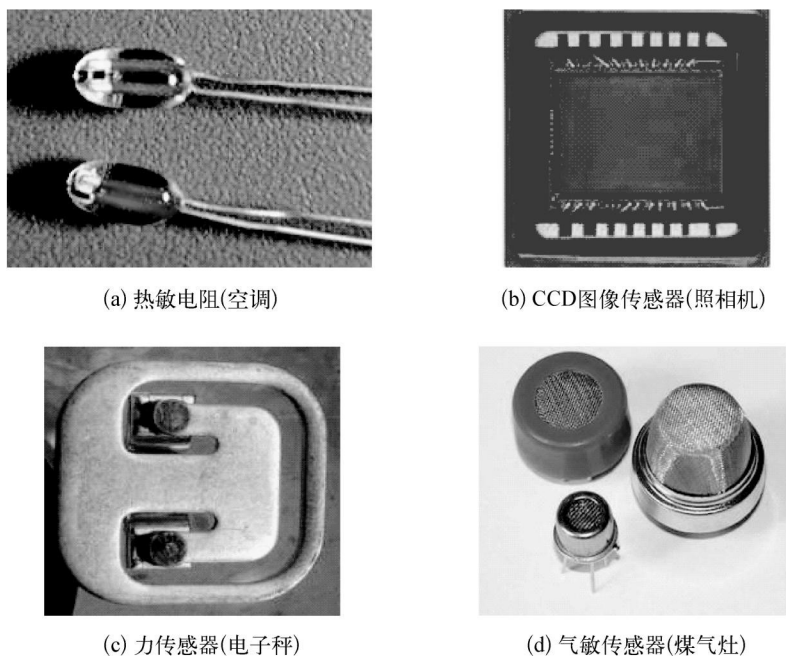
通过查阅相关资料,寻找在生产生活中五个工作原理不同的传感器,例如图 1-1 所示热敏电阻、CCD 图像传感器等。了解你所找到的传感器的工作原理、优缺点,并找到其应用场合。



知识链接

一、传感器的定义

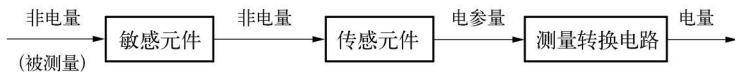
传感器(Sensor/Transducer)是一种以一定的精确度把被测量转换为与之有确定对应关系的、便于应用的某种物理量的测量装置。它的输入量是某一被测量,可能是物理量,也可能是化学量、生物量等。它的输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理、显示等,主要是电量。传感器输入输出的转换规律(对应关系)已知,转换精度要满足测控系统的应用要求。



▲图 1-1 生活中的传感器

二、传感器的组成

传感器通常由敏感元件、传感元件及测量转换电路三部分组成,如图 1-2 所示。敏感元件是直接感受被测量,并输出与被测量成确定关系的物理量。转换元件把敏感元件的输出作为它的输入,转换成电路参量,电路参量接入测量转换电路,便可转换成电量输出。



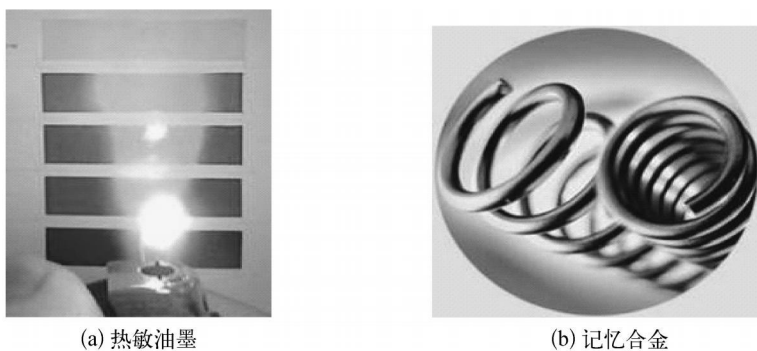
▲图 1-2 传感器的组成

1. 敏感元件

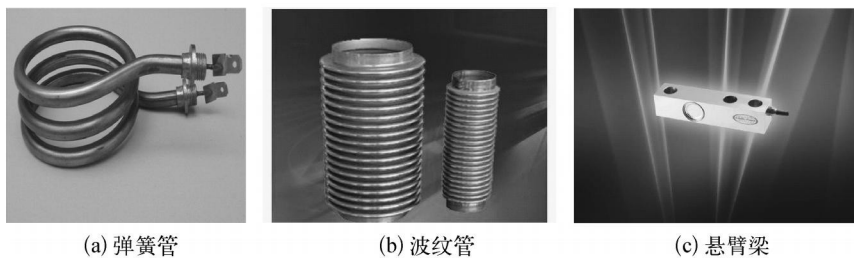
敏感元件是传感器中能够直接感受或者感应被测量的部分。不同的传感器有不同的敏感元件。例如测量温度的传感器就必须要有对温度敏感的材料做成的敏感元件,如图 1-3 就列举两种对温度敏感的材料,热敏油墨和在医疗方面应用广泛的记忆合金。如图 1-4 所示的是对压力敏感的弹性元件波纹管、弹簧管,以及对力敏感的悬臂梁。

2. 转换元件

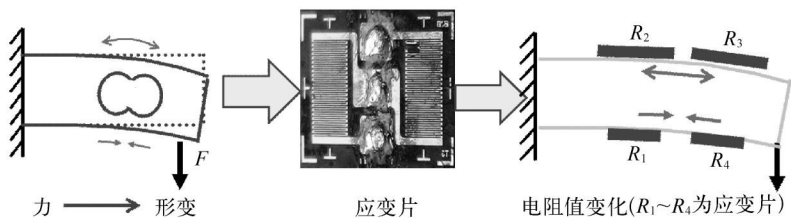
转换元件能将敏感元件感受或者响应的被测量转换成电路参量。如图 1-5 所示,将电阻应变片贴在悬臂梁上,当悬臂梁受力发生形变时,电阻应变片也随之发生形变,引起电阻应变片电阻的变化,即电阻应变片将力的变化转换成电阻的变化,是力变化的转换元件。



▲图 1-3 对温度敏感的材料



▲图 1-4 对压力、力敏感的弹性元件



▲图 1-5 力变化转换元件——电阻应变片

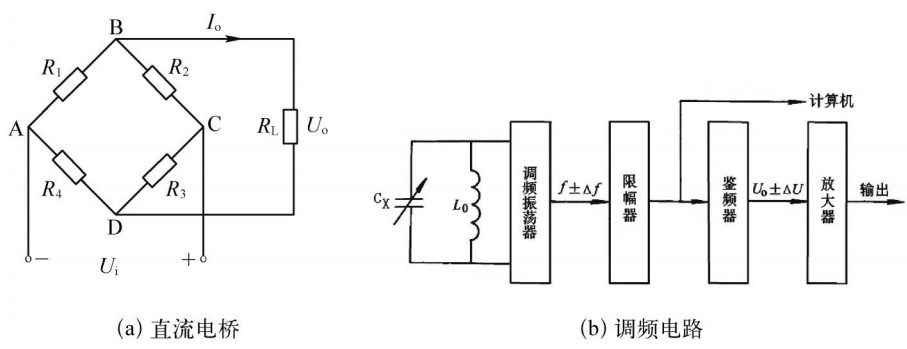
要注意的是,不是所有的传感器都有敏感元件和传感元件,如果某传感器的敏感元件直接输出的是电量,说明该敏感元件同时兼做传感元件。或者某传感元件能够直接感受被测量的变化并输出与之成一定关系的电量,则该传感元件同时也是敏感元件,所以有些传感器的敏感元件和传感元件是合二为一的,如图 1-6 所示的压电晶体、热电偶、光电池等。

3. 测量转换电路

测量转换电路是把转换元件转换后的电路参量变换成易于处理、显示、记录、控制和传输的电信号。常见的测量转换电路有直流电桥、调频电路等,如图 1-7 所示。直流电桥可以将电阻的微小变化转换成输出电压的变化,可以作为如图 1-5 所示电阻应变片的测量转换电路。图中 1-7(b)中所示调频电路可以将电容的变化转换成频率的变化,适用于那些将被测量的变化转换成电容量变化的传感器。



▲图 1-6 敏感元件和传感元件合二为一的传感器



▲图 1-7 常见的测量转换电路

三、传感器的分类和命名

基于某种原理制作的传感器可以测量不同的物理量,同一个物理量可以使用不同的传感器来测量,所以传感器有多种分类方法。常见的有以下三类:

1. 按被测物理量性质(输入量)分类

如位移传感器、速度传感器、负荷传感器、压力传感器、流量传感器、温度传感器……适合于根据被测量选择相对应的传感器(图 1-8)。



▲图 1-8 按被测物理量性质分类的各种传感器

2. 按工作原理(转换原理)分类

如电阻式传感器、电感式传感器、电容式传感器、磁电式传感器、压电传感器……能够

从基本原理上归纳传感器的共性和特性(图 1-9)。

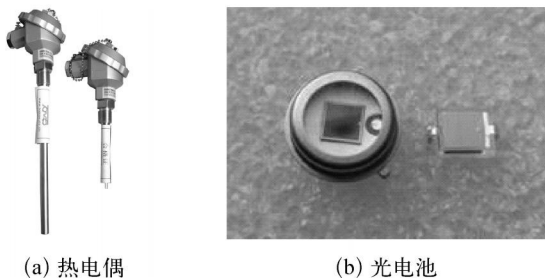


▲图 1-9 按工作原理分类的各种传感器

3. 按能量的传递方式分类

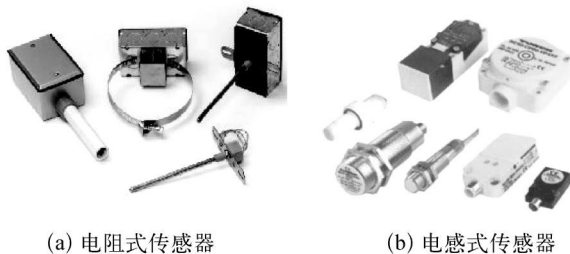
将非电量转换成电量的转换元件均可分为两类——有源元件和无源元件。

① 有源元件是一种能量转换器,可将非电能量转换成电能量。如图 1-10(a)中热电偶可将热能转换成热电动势,(b)图中的光电池可将光能转换成光电动势等。有些具有可逆特性,当输入机械能时,通过它可转换成电能;反之,可将电能转换成机械能,如压电传感器、磁电式传感器等。



▲图 1-10 有源元件

② 无源元件本身不是一个换能器。被测量直接或间接的作用引起该元件的某一电参数(电阻、电容、电感、电阻率、介电常数……)的变化,要想获得电压和电流的变化值,必须匹配测量电路和辅助电源。由于它不进行能量转换,因此一般是不可逆的。



▲图 1-11 无源元件

四、传感器的主要性能指标

传感器的特性一般指输入、输出特性,有静态和动态之分。下面仅介绍传感器的静态

1. 灵敏度

$$k = \frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-1)$$

(a) 传感器的输入—输出特性

(b) 灵敏度的表示

▲图 1-12 传感器的灵敏度

传感器的线性度是指传感器的输出与输入之间数量关系的线性程度。输出与输入关系可分为线性特性和非线性特性。大部分的传感器是非线性的,所以实际使用中,为了标定和数据处理的方便,引入了非线性补偿电路或者计算机软件法等补偿环节,以求得到线性关系。当非线性的误差不是很大且输入量变化范围较小时,可用一条直线(切线或割线)近似地代表实际曲线的一段以使传感器输出—输入特性线性化,这种直线称为拟合直线。采用拟合直线线性化时,传感器输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离拟合直线

$$\gamma_L = \frac{\Delta L_{\max}}{y_{\max} - y_{\min}} \times 100\% \quad (1-2)$$

 $y_{\max}$ —传感器的最大输出值;

$y_{\min}$ —传感器的最小输出值。

▲图 1-13 传感器的线性度

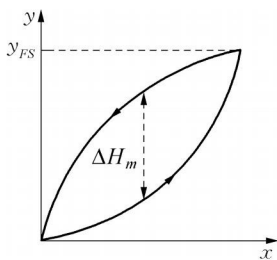
传感器在输入量由小到大(正行程)及输入量由大到小(反行程)变化期间其输入输出特性曲线不重合的现象称为迟滞。

$$\gamma_H = \frac{\Delta H_m}{y_{FS}} \times 100\%$$

式中: ΔH_m —正反行程之间的最大差值;

y_{FS} —传感器的满量程输出。

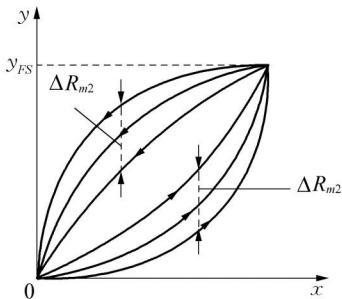
产生迟滞现象的主要原因为传感器敏感元件材料的物理性质和机械部分存在不可避免的缺陷,如磁滞、弹性元件的弹性滞后、电元件的单向特性等,以及轴承摩擦、间隙、紧固件松动、材料的内摩擦、积尘等。



▲图 1-14 迟滞特性

4. 重复性

重复性是指传感器在输入量按同一方向作全量程连续多次变化时,所得特性曲线不一致的程度。



▲图 1-15 重复性

$$\gamma_R = \pm \frac{\Delta R_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: $\Delta R_{\max}$ —正反行程的最大误差;

y_{FS} —传感器的满量程输出。

5. 分辨力与分辨率

分辨力是指传感器能够测量到的最小输入变化值,它代表了传感器的最小量程,与输入量同量纲。对于数字式仪表,其分辨力通常为该表最后一位数字所表示的数值。一般的模拟式仪表,则是用仪表最小刻度分格值的一半。分辨率表示传感器的分辨能力,用分辨力除以仪表满量程得到,主要用于说明其分辨质量。

五、常见的传感器

在生产生活中有很多传感器,较常见的有位移传感器、速度传感器、加速度传感器、力传感器等几大类传感器,下面分别介绍这几类比较常见的传感器。

1. 位移传感器

位移是指物体的某个表面或某点相对于参考表面或参考点位置的变化。位移有线位移和角位移两种。线位移是指物体沿着某一条直线移动的距离;角位移是指物体绕着某一定点旋转的角度。根据测量的位移不同,位移传感器可以分成直线型和回转型两大类。如图 1-16 所示的是直线型位移传感器,图 1-17 所示是回转型位移传感器。

2. 速度、加速度传感器

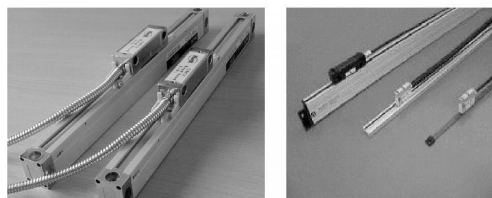
(1) 速度传感器

单位时间内位移的增量就是速度。用于检测物体运动速度的传感器称为速度传感器,如图 1-18 所示为常见的速度传感器。速度包括线速度和角速度,与之相对应,速度

传感器分成线速度传感器和角速度传感器两大类。

(2) 加速度传感器

加速度传感器是一种能够测量物体加速度的传感器。如图 1-19 所示的为两类常见的加速度传感器。



(a) 长光栅位移传感器

(b) 磁尺

▲图 1-16 直线型位移传感器



(a) 圆光栅位移传感器

(b) 光电编码器

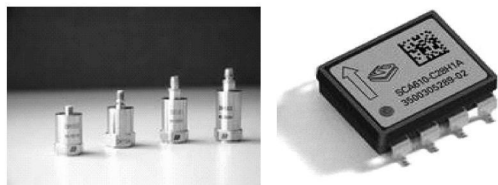
▲图 1-17 回转型位移传感器



(a) 磁电式速度传感器

(b) 光电式速度传感器

▲图 1-18 常见的速度传感器



(a) 压电式加速度传感器

(b) 电容式加速度传感器

▲图 1-19 常见的加速度传感器

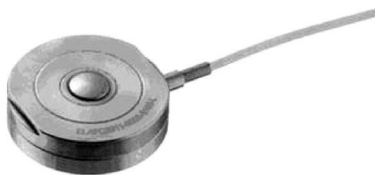
3. 力、扭矩传感器

(1) 力传感器

力传感器能感受外力并转换成可用输出信号的传感器,如图 1-20 所示。



(a) 张力传感器



(b) 称重传感器

▲图 1-20 常见的力传感器

(2) 扭矩传感器

扭矩传感器是对各种旋转或非旋转机械部件上对扭转力矩感知的检测元器件。扭矩传感器将扭力的物理变化转换成精确的电信号,如图 1-21 所示。



(a) 扭紧式扭矩传感器



(b) 法兰式扭矩传感器

▲图 1-21 常见的扭矩传感器

**任务实施****技能训练 1-1: 认识传感器****训练步骤**

Step 1 通过查阅各种文献资料、网络搜寻等多种方式,收集各类传感器的信息,初步认识一些常用的传感器。

Step 2 选出 5 个工作原理不同的传感器,并将它们的类别、特点和应用场合填入表 1-1 中。

▼表 1-1 传感器的信息表

类 别	工 作 原 理	特 点	应 用 场 合

想一想: 按照本书介绍的另两种分类方法对所找到的 5 个传感器进行分类,看看它们分别属于哪一类传感器?

**任务评价**

1. 能够找到 5 个工作原理不同的传感器。(10 分)
2. 了解并简单介绍所找到的传感器的工作原理。(25 分)
3. 能够对所找到的传感器进行正确分类。(15 分)
4. 能够写出该传感器的特点。(10 分)

5. 能够写出 5 个传感器的应用场合。(10 分)
6. 完成拓展训练。(20 分)

▼项目 1 任务 1 技能评分表

班 级		姓 名			
开始时间		结束时间			
序号	考核项目	考 核 要 求	配 分	评 分 标 准	得 分
1	正确性 (90 分)	找到 5 个工作原理不同的传感器	10	查阅资料找到 5 个工作原理不同传感器,少一个扣 5 分,不超过 10 分	
2		介绍 5 个传感器的工作原理	25	错一个扣 5 分,不超过 25 分	
3		对 5 个传感器正确分类	15	错一个扣 5 分,不超过 15 分	
4		写出 5 个传感器的特点	10	错一个扣 5 分,不超过 10 分	
5		写出 5 个传感器的应用场合	10	错一处扣 5 分,不超过 10 分	
6		拓展训练	20	系统框图三个组成部分错一个扣 8 分,不超过 20 分	
7	职业与安全 意识 (10 分)	完成工作任务的所有操作是否符合安全操作规程	5	符合要求 5 分,基本符合要求 3 分,一般符合要求 1 分(同时可以一项否决)	
8		工具摆放、包装物品、导线线头等的处理,是否符合职业岗位的要求	3	符合要求 3 分,有 2 处错 1 分,2 处以上错 0 分	
9		尊重教师,遵守实训纪律,爱惜实训室的设备和器材,保持工位的整洁	2	做到 2 分	
10	违规	违规成绩扣分	考勤 50 分;值日 20 分;不符合职业规范的行为,视情节扣 5~10 分		
教师签字		总得分			

拓展训练

在你所找到的 5 个传感器中选出一个传感器,通过自学其工作原理,找出该传感器的敏感元件、传感元件和测量转换电路,并绘制出该传感器的系统框图。