

第1章 传感器概述



本章主要内容

1. 传感器基础知识;
2. 传感器的基本特性;
3. 传感器的标定与校准;
4. 传感器的应用与发展趋势。



教学目标及重点、难点

教学目标

1. 了解传感器的定义、作用、特性及发展趋势;
2. 掌握传感器的组成、分类及标定方法。

重点: 传感器的定义、作用、组成、分类、特性。

难点: 传感器的标定与校准方法。

1.1 传感器基础知识

1.1.1 传感器的定义及作用

1. 传感器的定义

传感器是指能感受规定的被测量并按一定规律转换成可用输出信号的器件或装置,所以传感器又称敏感元件、检测器件、转换器件等。传感器的输出量通常是电信号,它便于传输、转换、处理、显示等。电信号有很多形式,如电压、电流等,输出信号的形式通常由传感器的原理确定。

如在电子技术中的热敏元件、磁敏元件、光敏元件及气敏元件,在机械测量中的转矩、转速测量装置,在超声波技术中的压电式换能器等都可以统称为传感器。

根据中华人民共和国国家标准《传感器通用术语》(GB/T 7665—2005),传感器(transducer/sensor)的定义是:能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成,如图 1-1 所示。

2. 传感器的作用

世界已经进入信息时代,传感器是构成现代信息技术的三大支柱之一,人们在利用信息的过程中,首先要获取信息,而传感器是获取信息的主要手段和途径。构成现代信息技术的三大支柱:

传感器技术—信息采集——“感官”;

通信技术—信息传输——“神经”;

计算机技术—信息处理——“大脑”。

目前,传感器涉及的领域有:现代大工业生产、基础学科研究、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、资源调查、医学诊断、智能建筑、汽车、家用电器、生物工程、商检质检、公共安全甚至文物保护等。

传感器的作用和功能可以概括为:

- 测量与数据采集;
- 检测与控制;
- 诊断与监测;
- 辅助观测仪器;
- 资源探测;
- 环境保护;
- 家用电器;
- 医疗卫生。

1.1.2 传感器的组成与分类

1. 传感器的组成

传感器的基本功能是检测信号和进行信号转换,因此传感器通常由敏感元件、转换元件和其他辅助件构成,有时也将信号调节与转换电路、辅助电源作为传感器的组成部分,如图 1-1 所示。

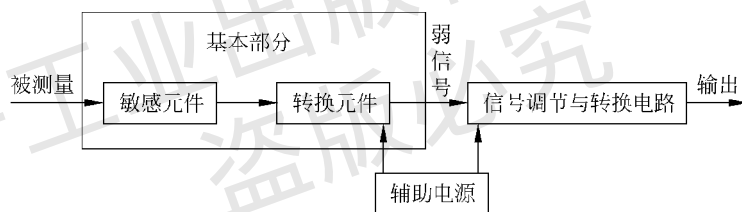


图 1-1 传感器的基本组成

(1) 敏感元件

敏感元件一般指直接感受被测量(一般为非电量),并输出与被测量成确定关系的其他量(一般为电量)的元件。如应变式压力传感器的弹性膜片就是敏感元件,它的作用是将压力转换为弹性膜片的变形。敏感元件如果直接输出电量(热电偶),它就同时兼为转换元件了。还有些传感器的敏感元件和转换元件合为一体,如压阻式压力传感器。

(2) 转换元件

转换元件又称变换器、传感元件,一般情况下,它不直接感受被测量,而是将敏感元件的输出量转换为电量输出,如应变式压力传感器中的应变片就是转换元件,它的作用是将弹性膜片的变形转换为电阻值的变化。转换元件有时也直接感受被测量而输出与被测量成确定关系的电量,如热电偶和热敏电阻。

(3) 信号调节与转换电路

信号调节与转换电路是指能把转化元件输出的电信号转换为便于显示、记录、处理和控

制的有用电信号的电路。信号调节与转换电路的种类要视转换元件的类型而定,常用的电路有电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器等。

2. 传感器的分类

一般情况下,对某一物理量的测量可以使用不同的传感器,而同一传感器又往往可以测量不同的多种物理量。所以,传感器从不同的角度有许多分类方法。

目前一般采用两种分类方法:

一种是按被测参数分类,如对温度、压力、位移、速度等的测量,相应的有温度传感器、压力传感器、位移传感器、速度传感器等。

另一种是按传感器的转换原理分类,易于从原理上认识传感器的变换特性。每一种传感器需要配以原理上基本相同的测量电路,如果再配上不同的敏感元件,就可以实现多种非电量的测量,有利于扩大传感器的应用范围。按转换原理分类,把传感器分为两大类,第一类为能量控制型传感器,第二类为能量转换型传感器。前一类需要外附电源,传感器才能工作,因而是无源的,它能用于静态和动态的测量;后一类能把非电量直接变为电量,一般不需要电源,是有源的,因而又称发电式传感器,它主要用于动态的测量。

- ① 按检测对象: 温度、压力、位移等传感器。
- ② 按传感器原理或反应效应: 光电、压电、热阻等传感器。
- ③ 按传感器材料分类: 半导体、有机、无机材料,生物材料传感器。
- ④ 按应用领域: 化工、纺织、电力、交通等传感器。
- ⑤ 按输出信号形式: 模拟和数字传感器。

1.2 传感器的基本特性

在检测控制系统和科学实验中,需要对各种参数进行检测和控制,而要达到比较优良的控制性能,则必须要求传感器能够感测被测量的变化并且不失真地将其转换为相应的电量,这种要求主要取决于传感器的基本特性。传感器的基本特性主要分为静态特性和动态特性。

1.2.1 传感器的静态特性

传感器的静态特性指传感器的输入为不随时间变化的恒定信号或缓慢变化时,传感器的输出与输入之间的关系。传感器的静态特性可以用代数方程和其特性指标来描述。

1. 数学描述

如果不考虑迟滞及蠕变效应,其静态特性可用下列代数方程来表示。

蠕变: 固体材料在保持应力不变的条件下,应变随时间延长而增加的现象。

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n \quad (1-1)$$

式中, x ——传感器的输入量;

y ——传感器的输出量;

$a_0, a_1, \cdots, a_n$ ——决定特性曲线的形状和位置的系数,一般通过传感器的校准试验数据经曲线拟合求得,可正可负。

理想线性情况下: $y = a_1 x$ 。

传感器的静态特性指标主要是通过校准试验来获取的。所谓校准试验,就是在规定的试验条件下,利用一定等级的校准设备,给传感器加上标准的输入量而测出其相应的输出量,如此进行反复测试,得到输出-输入数据,一般用表列出或用曲线画出。

2. 特性指标

特性指标主要包括线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨力、漂移、稳定性、阈值等。

(1) 线性度

其反映传感器输出量与输入量之间数量关系的线性程度,指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的程度,定义为在全量程范围内实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差值 $\Delta_{\max}$ 与满量程输出值 Y_{FS} 之比,如图 1-2 和图 1-3 所示。在实际使用中,为了标定和数据处理方便,希望得到线性关系,因此引入各种非线性补偿环节,如采用非线性补偿电路或计算机软件进行线性化处理,从而使传感器的输出与输入关系为线性或接近线性。但如果传感器非线性的方次不高,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,使传感器输入输出特性线性化,所采用的直线称为拟合直线。线性度也称非线性误差,用 γ 表示即

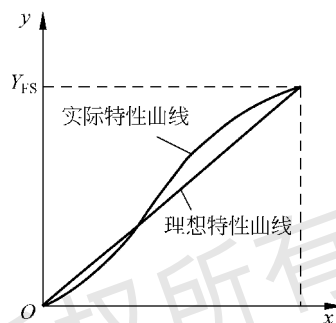


图 1-2 线性度(一)

$$\gamma = \pm \frac{\Delta_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-2)$$

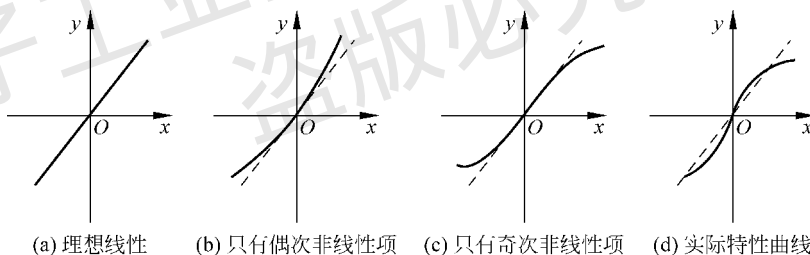


图 1-3 线性度(二)

(2) 灵敏度

灵敏度是传感器静态特性的一个重要指标,其定义为输出量的增量 Δy 与引起该增量的相应输入量增量 Δx 之比。用 S 表示灵敏度,即 $S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$,它表示单位输入量的变化所引起传感器输出量的变化。显然,灵敏度 S 值越大,表示传感器越灵敏,如图 1-4 所示。

对线性传感器, S 是一个常数,对非线性传感器, S 是个变量 $S = \frac{dy}{dx}$,表示某一工作点的灵敏度。

从灵敏度的定义可知,传感器的灵敏度通常是一个有因次的量,因此表述某一传感器的灵敏度时,必须说明它的因次。

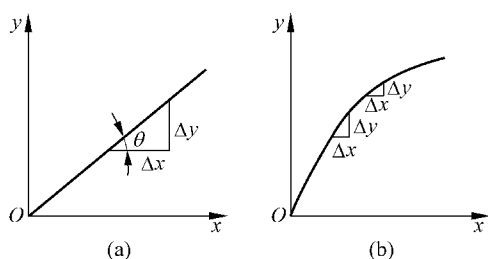


图 1-4 灵敏度

(3) 迟滞

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,如图 1-5 所示。

对于同一大小的输入信号,传感器的正反行程输出信号大小不相等,这个差值称为迟滞差值。

迟滞误差:传感器在全量程范围内最大的迟滞差值 $\Delta H_{\max}$ 与满量程输出值 Y_{FS} 之比,用 γ_H 表示,即

$$\gamma_H = \frac{\Delta H_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-3)$$

产生迟滞现象主要是传感器敏感元件材料的物理性质和机械零部件的缺陷所造成的。例如,弹性敏感元件弹性滞后、运动部件摩擦、传动机构的间隙、紧固件松动等。迟滞误差又称回差或变差。

(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,如图 1-6 所示。

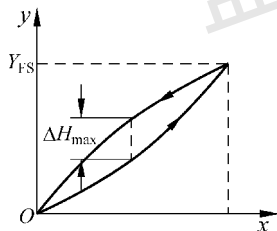


图 1-5 迟滞特性

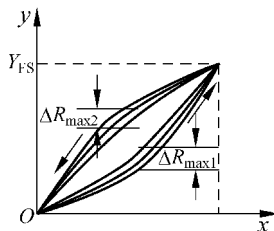


图 1-6 重复性

重复性误差:属于随机误差,常用标准差 σ 计算,也可用正反行程中最大重复差值 $\Delta R_{\max}$ 计算,即

$$\gamma_R = \pm \frac{(2-3)\sigma}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-4)$$

或

$$\gamma_R = \pm \frac{\Delta R_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-5)$$

式(1-4)中分别求出全部校准数据与其相应行程的标准偏差 σ ,然后计算。 σ 前的系数

取 2 时,误差完全依正态分布,置信率为 95%;取 3 时置信率为 99.73%。

(5) 分辨力

分辨力用来表示传感器或仪表装置能够检测被测量最小变化量的能力,通常以最小量程的单位值表示。当被测量变化值小于分辨力时,传感器无反应。

(6) 漂移

在输入量不变的情况下,传感器输出量随着时间而变化,此现象称为漂移。

产生漂移的原因有两方面:一是传感器自身结构参数,二是周围环境(如温度、湿度等)。最常见的漂移是温度漂移,即周围环境温度变化而引起输出量的变化,温度漂移主要表现为温度零点漂移和温度灵敏度漂移。

温度漂移通常用传感器工作环境温度偏离标准环境温度(一般为 20℃)时的输出值的变化量与温度变化量之比(ξ)来表示,即

$$\xi = \frac{y_t - y_{20}}{\Delta t} \quad (1-6)$$

式中, Δt ——工作环境温度 t 与标准环境温度 t_{20} 之差,即 $\Delta t = t - t_{20}$;

y_t ——传感器在环境温度 t 时的输出;

y_{20} ——传感器在环境温度 t_{20} 时的输出。

(7) 稳定性

是指传感器在相当长的时间内仍保持其性能的能力,即在室温条件下,经过规定的时间间隔后,传感器的输出与起始标定时的输出之间的差异。

(8) 阈值

是指传感器产生可测输出变化量时的最小被测输入量值。

1.2.2 传感器的动态特性

动态特性是指传感器的输入为随时间变化的信号时,传感器的输出与输入之间的关系。传感器的动态特性可通过动态数学模型和动态特性指标来描述。

在实际检测中大量的被测量是随时间变化的动态信号,传感器的输出不仅需要能精确测量被测量的大小,而且能显示被测量随时间变化的规律。评价一个传感器的优劣,须从静态和动态两方面的特性来衡量。

1. 动态数学模型的描述

由于被测量是随时间变化的动态信号,用线性常系数微分方程来描述传感器输出量 $y(t)$ 与输入量 $x(t)$ 的动态关系:

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x \quad (1-7)$$

式中, $a_0, a_1, \cdots, a_n; b_0, b_1, \cdots, b_m$ 是与传感器的结构特性有关的常系数。

对于常见的传感器,其动态模型通常可用零阶、一阶、二阶的常微分方程来描述,分别称为零阶系统、一阶系统、二阶系统。

(1) 零阶系统

当式(1-7)中除了 a_0, a_1 外,其他系数均为零,则 $a_0 y = b_0 x$, 即 $y(t) = k \cdot x(t)$, $k = \frac{b_0}{a_0}$ 为

传感器静态灵敏度或放大系数,系统为零阶系统。

(2) 一阶系统

当式(1-7)中除了 a_0, a_1, b_0 外,其他系数均为零,则 $a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_0 x$, 即 $\tau \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t)$, 系统为一阶系统或惯性系统。 τ 为时间常数, k 为静态灵敏度。例如,不带套管热电偶测温系统可看做一阶系统。

(3) 二阶系统

二阶系统的微分方程:

$$a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_0 x$$

改写为

$$a_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\xi\omega_n \frac{dy(t)}{dt} + \omega_n^2 y(t) = \omega_n^2 kx(t) \quad (1-8)$$

式中, ξ ——阻尼比;

k ——静态灵敏度;

ω_n ——系统的固有频率。

二阶系统分为两种情况:二阶惯性系统(特征方程为两个负实根)和二阶振荡系统(特征方程为一对带实部的共轭复根)。

例如带有套管的热电偶、RLC 振荡电路均可看做二阶系统。

用微分方程作为传感器的数学模型的优点是:通过求解微分方程容易分清暂态分量和稳态分量。

求解微分方程很麻烦,通常用传递函数来研究传感器的动态特性。

2. 动态特性的主要指标

研究传感器的动态特性有时需要从时域对传感器的响应和过渡过程进行分析,在进行时域分析时常用的标准输入信号有阶跃信号和脉冲信号。

其主要指标有时域单位阶跃响应性能指标和频域频率特性性能指标。

(1) 单位阶跃响应性能指标

① 二阶传感器。

二阶传感器的单位阶跃响应在很大程度上取决于阻尼比 ξ 和固有频率 ω_n 。

$$\xi \begin{cases} = 0, \text{无阻尼,等幅振荡} \\ > 1, \text{过阻尼,不振荡的衰减过程} \\ = 1, \text{临界阻尼,不振荡的衰减过程} \\ (0, 1), \text{衰减的振荡过程,}\xi \text{值不同,衰减快慢就不同} \end{cases}$$

ω_n 由传感器结构参数决定,它是等幅振荡的频率, ω_n 越高,传感器的响应越快。

如图 1-7(a)所示为衰减振荡的二阶传感器输出的单位阶跃响应曲线,单位阶跃响应的主要性能指标如下。

峰值时间 t_p ——振荡峰值所对应的时间;

最大超调量 σ_p ——响应曲线偏离稳态值的最大值;

上升时间 t_r ——响应曲线从稳态值的 10% 上升到稳态值的 90% 所需的时间;

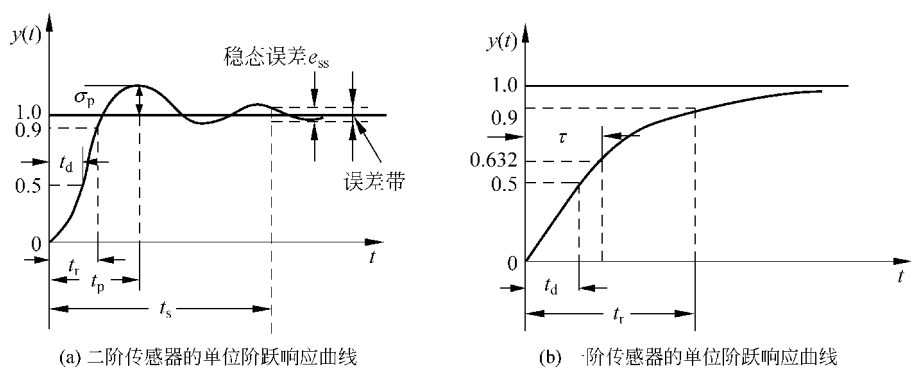


图 1-7 一、二阶传感器时域动态响应特性

延迟时间 t_d ——响应曲线上升到稳态值的 50% 所需的时间；

调节时间 t_s ——响应曲线进入并且不再超出误差带所需要的时间，误差带通常规定为稳态值的 $\pm 5\%$ 或 $\pm 2\%$ ；

稳态误差 e_{ss} ——系统响应曲线的稳态值与希望值之差。

② 一阶传感器。

如图 1-7(b) 所示为一阶传感器输出的单位阶跃响应曲线，单位阶跃响应的主要性能指标如下。

时间常数 τ ——一阶传感器输出上升到稳态值的 63.2% 所需的时间；

延迟时间 t_d ——传感器输出达到稳态值的 50% 所需的时间；

上升时间 t_r ——传感器输出达到稳态值的 90% 所需的时间。

(2) 频域频率特性性能指标

一阶传感器频率特性如图 1-8 所示，主要指标有时间常数 τ 、截止频率。

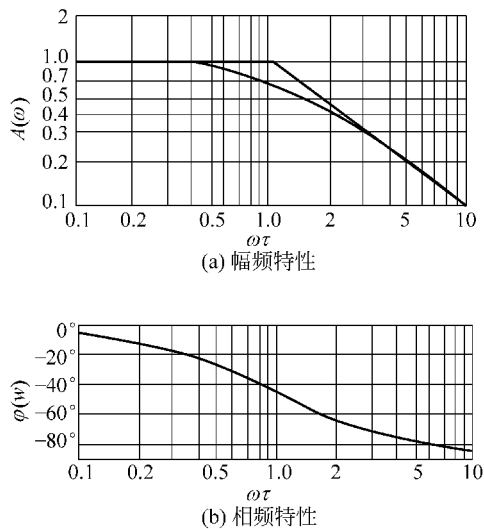


图 1-8 一阶传感器的频率特性

截止频率：它反映传感器的响应速度，截止频率越高，传感器的响应速度越快。对一阶传感器，其截止频率为 $1/\tau$ 。

二阶传感器频率特性如图 1-9 所示，主要指标有通频带、工作频带、时间常数、固有频率、相位误差、跟随角。

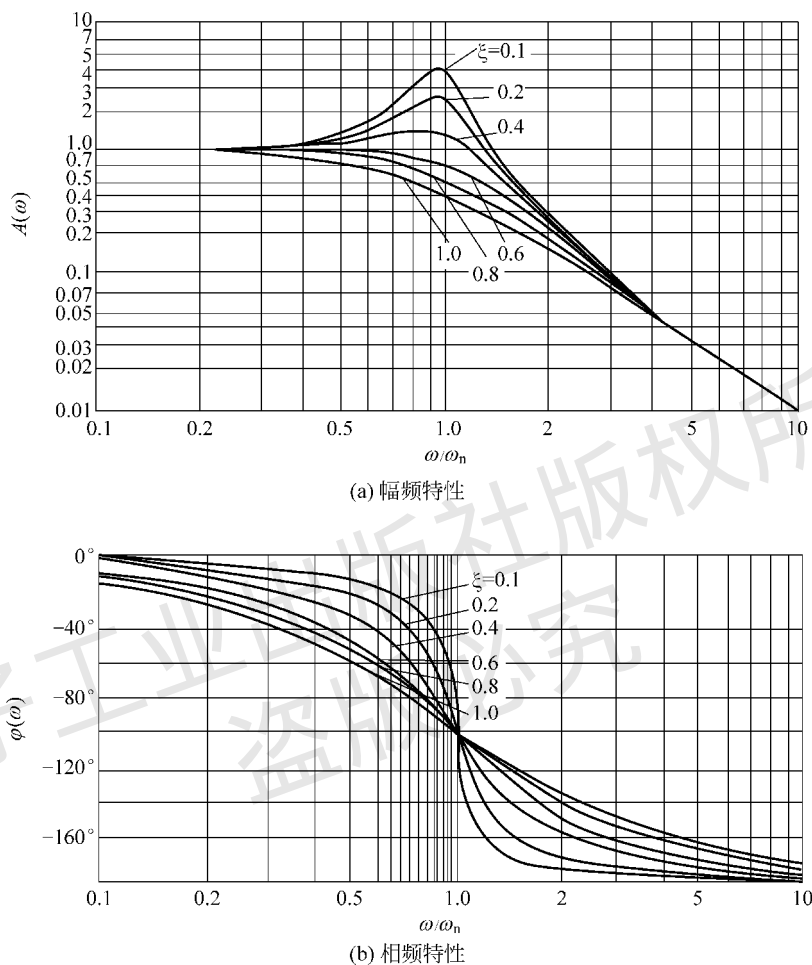


图 1-9 二阶传感器的频率特性

- 通频带($\omega_{0.707}$)：传感器在对数幅频特性曲线上衰减 3dB 时所对应的频率范围。
- 工作频带 $\omega_{0.95}$ ($\omega_{0.90}$)：当传感器的幅值误差为 $\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$ 时其增益保持在一定值内的频率范围。
- 固有频率 ω_n ：二阶传感器的固有频率 ω_n 表征其动态特性。
- 相位误差：在工作频带范围内，传感器的实际输出与所希望的无失真输出间的相位差值。
- 跟随角 $\omega_{0.707}$ ：当 $\omega = \omega_{0.707}$ 时，对应于相频特性上的相角。
- 时间常数：表征一阶传感器的动态特性，其值越小，频带越宽。

1.2.3 选择传感器的注意事项

1. 与测量条件有关的事项

- ① 测量目的；
- ② 被测量；
- ③ 测量范围；
- ④ 超标准过大输入信号的出现次数；
- ⑤ 输入信号的带宽；
- ⑥ 测量的精度；
- ⑦ 测量所需的时间。

2. 与性能有关的事项

- ① 传感器精度；
- ② 传感器稳定度；
- ③ 响应速度；
- ④ 模拟量或数字量；
- ⑤ 输出量及其数量级；
- ⑥ 对信号获取对象所产生的负载效应；
- ⑦ 校正周期；
- ⑧ 超标准过大输入信号的保护。

3. 与使用条件有关的事项

- ① 设置场所；
- ② 环境条件(如温度、湿度、振动等)；
- ③ 测量全过程所需要的时间；
- ④ 传感器与其他设备的距离及连接方式；
- ⑤ 传感器所需的功率容量。

4. 与购买和维修有关的事项

- ① 价格；
- ② 交货日期；
- ③ 服务与维修制度；
- ④ 零配件的储备；
- ⑤ 保修期限。

1.3 传感器的标定与校准

1. 基本概念

(1) 标定

标定是指利用某种标准器具对新研制或生产的传感器进行全面的技术检定和标度。

(2) 校准

校准是指对传感器在使用中和储存后进行的再次性能测试。

标定的基本方法是利用标准仪器产生已知的非电量并输入待标定的传感器中,然后将传感器的输出量与输入的标准量进行比较从而得到一系列标准数据或者曲线。实际应用中输入的标准量可以用标准传感器检测得到,即将待标定的传感器与标准传感器进行比较。

传感器的标定是通过实验建立传感器输入量与输出量之间的关系,同时确定出不同使用条件下的误差关系。

2. 传感器的标定工作分类

① 新研制的传感器须进行全面技术性能的检定,用检定数据进行量值传递,同时检定数据也是改进传感器设计的重要依据。

② 经过一段时间的储存或使用后对传感器的复测工作。

对传感器进行标定,是根据实验数据确定传感器的各项性能指标,实际上也可确定传感器的测量精度。标定传感器时,所用的测量仪器的精度至少要比被标定的传感器的精度高一个等级。这样,通过标定确定的传感器的静态性能指标才是可靠的,所确定的精度才是可信的。

3. 静态标定

静态标定是指在输入信号不随时间变化的静态标准条件下,对传感器的静态特性,如灵敏度、线性度、滞后和重复性等指标的检定。

静态标定的目的是确定传感器的静态特性指标,如线性度、灵敏度、滞后和重复性等。

4. 动态标定

动态标定主要是研究传感器的动态响应。常用的标准激励信号源是正弦信号和阶跃信号。动态标定的目的是确定传感器的动态特性参数,如频率响应、时间常数、固有频率和阻尼比等。

5. 标定过程步骤

① 将传感器全量程(测量范围)分成若干等间距点。

② 根据传感器量程分点情况,由小到大逐渐一点一点地输入标准量值,并记录下与各输入值相对应的输出值。

③ 将输入值由大到小一点一点地减小,同时记录下与各输入值相对应的输出值。

④ 按②和③所述过程,对传感器进行正、反行程往复循环多次测试,将得到的输出与输入测试数据用表格列出或画成曲线。

⑤ 对测试数据进行必要的处理,根据处理结果就可以确定传感器的线性度、灵敏度、滞后和重复性等静态特性指标。

1.4 传感器的应用与发展趋势

1. 传感器的应用

我国的传感器技术及产业在国家“大力加强传感器的开发和在国民经济中的普遍应用”等一系列政策导向和资金的支持下,近年来取得了较快发展。目前,有 1688 家传感器研发

机构,产品约 6000 种,年产量 13.2 亿多支,其中约 1/2 产品销往国外。

传感器技术大体可分三代:

第一代是结构型传感器,它利用结构参量变化来感受和转化信号。

第二代是 20 世纪 70 年代发展起来的固体型传感器,这种传感器由半导体、电介质、磁性材料等固体元件构成,利用材料某些特性制成。例如,利用热电效应、霍尔效应、光敏效应,分别制成热电偶传感器、霍尔传感器、光敏传感器。

第三代传感器是刚刚发展起来的智能型传感器,是微型计算机技术与检测技术相结合的产物,使传感器具有一定的人工智能。

现代传感器利用新的材料、新的集成加工工艺使传感器技术越来越成熟,传感器种类越来越多,除了早期使用的半导体材料、陶瓷材料外,光纤以及超导材料的发展为传感器的发展提供了物质基础。未来还会有更新的材料,如纳米材料,更有利于传感器的小型化。目前,现代传感器正从传统的分立式,朝着集成化、智能化、数字化、系统化、多功能化与网络化,并向着低功耗、高精度、高可靠性、高信噪比、宽量程的方向发展。

现代传感器具有全集成化、智能化、高精度、高性能、高可靠性和低价格等显著优点。只有通过计算机与传感器的协调发展,现代科学技术才能有所突破。可以说传感器技术已成为现代技术进步的重要因素之一。

2. 传感器的发展趋势

(1) 向高精度发展

随着自动化生产程度的不断提高,对传感器的要求也在不断提高,必须研制出具有灵敏度高、精确度高、响应速度快、互换性好的新型传感器以确保生产自动化的可靠性。目前,能生产精度在万分之一以上的传感器的厂家为数很少,其产量也远远不能满足要求。

(2) 向高可靠性、宽温度范围发展

传感器的可靠性直接影响到电子设备的抗干扰等性能,研制高可靠性、宽温度范围的传感器将是永久性的方向。提高温度范围历来是大课题,大部分传感器其工作范围都在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$,在军工系统中要求工作温度在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$,而汽车锅炉等场合要求传感器工作在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$,在冶炼、焦化等方面对传感器的温度要求更高,因此发展新兴材料(如陶瓷)的传感器将很有前途。

(3) 向微型化发展

各种控制仪器设备的功能越来越强大,各个部件体积所占位置越小越好,因而传感器本身体积也是越小越好,这就要求发展新的材料及加工技术,目前利用硅材料制作的传感器体积已经很小。例如,传统的加速度传感器是由重力块和弹簧等制成的,体积较大、稳定性差、寿命也短,而利用激光等各种微细加工技术制成的硅加速度传感器体积非常小,互换性和可靠性都较好。

(4) 向低功耗及无源化发展

传感器一般都是非电量向电量的转化,工作时离不开电源,在野外现场或远离电网的地方,往往是用电池供电或用太阳能等供电,开发低功耗的传感器及无源传感器是必然的发展方向,这样既可以节省能源又可以提高系统寿命。目前,低功耗的芯片发展很快,例如 TI2702 运算放大器,静态功耗只有 1.5mA,而工作电压只需 $2 \sim 5\text{V}$ 。

(5) 向智能化、数字化发展

随着现代化技术的发展,传感器的功能已突破传统的功能,其输出不再是一个单一的模拟信号(如 $0\sim 10\text{mV}$),而是经过微型计算机处理好的数字信号,有的甚至带有控制功能,这就是所说的数字传感器。

本章小结

本章主要分别从传感器的基本概念、传感器的一般特性、传感器的标定方法等方面介绍了传感器的基本知识。

① 传感器是指能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置,一般处于研究对象或检测控制系统的最前端,是感知、获取与检测信息的窗口。传感器由敏感元件、转换元件、信号调理电路三部分组成。

② 传感器的静态特性是指检测系统的输入为不随时间变化的恒定信号时,系统的输出与输入之间的关系,主要包括线性度、灵敏度、迟滞、重复性、漂移等。

③ 为得到精确的测量结果,须对测量数据进行处理,测量数据须经过系统误差的发现和消除、粗大误差的发现和消除、正态性检验后才能对随机误差进行处理并得到可信的测量结果。

④ 传感器中的弹性敏感元件是指具有弹性变形特性的物体。弹性敏感元件的基本特性有刚度、灵敏度、弹性滞后、固有振荡频率等。

思考题与习题 1

- 1-1 什么是传感器? 传感器在自动测控系统中起什么作用?
- 1-2 传感器通常由哪几部分组成? 通常传感器可以分成哪几类? 若按转换原理分类,可以分成哪两类?
- 1-3 传感器的静态性能指标有哪些? 单位阶跃响应性能指标有哪些?
- 1-4 采用哪些措施可以提高传感器的技术性能?
- 1-5 什么是传感器的标定? 标定的基本方法是什么?
- 1-6 选用传感器时要注意哪些问题?