



# 《传感器技术》

主讲人：李刚

# 02

# 传感器的 性能与评价

# 2.1 传感器的特性概述

### 1 传感器的特性概述

#### 1) 传感器的总特性

主要包括传感器与被测对象和后接仪器装置组成的测量系统的输入输出的匹配、传感器的机械特性和工作特性等。

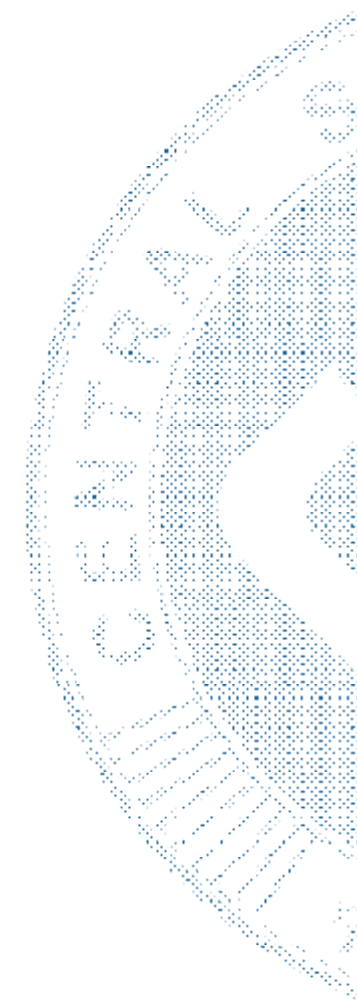
#### 2) 机械特性

与储运、安装、对外连接（电源、机械、流体等）相关的（材料、力学等）特性和（环境、密封等）条件。

#### 3) 工作特性

包括**静态特性**、**动态特性**、**环境特性**（施加特定外部条件时与施力后的性能表现）。

## 2.2 传感器的误差



### 2.2 传感器的误差

- ✚ **误差**：对被测量的测量值(结果)与其真值(真实值)之差。
- ✚ **理想传感器**应具备的性能：仅敏感特定输入；输出与输入呈唯一且稳定的关系（最好是线性）；输出量可真实反映输入量的变化。此外，还包括其他方面的理想目标特征。

#### ✚ 实用中的局限

传感器的特性受制于制作工艺、结构特征、电子器件、实际环境等因素。理想性能不可能达到、也不必都需要，但在实际中应尽可能接近。

### 2.2 传感器的误差—补充知识\*

真值一般未知，实际中用约定真值或标准(测量)值替代。

**绝对误差：**测量值与真值或标准值之差，简称误差；

**相对误差：**测量值的绝对误差与标准值之比的百分数；

**引用误差：**仪表测量示值误差与其测量范围上限的百分比。

**系统误差：**在相同条件下，对同一被测量进行多次重复测量时，某种保持恒定或按一定规律变化的误差。

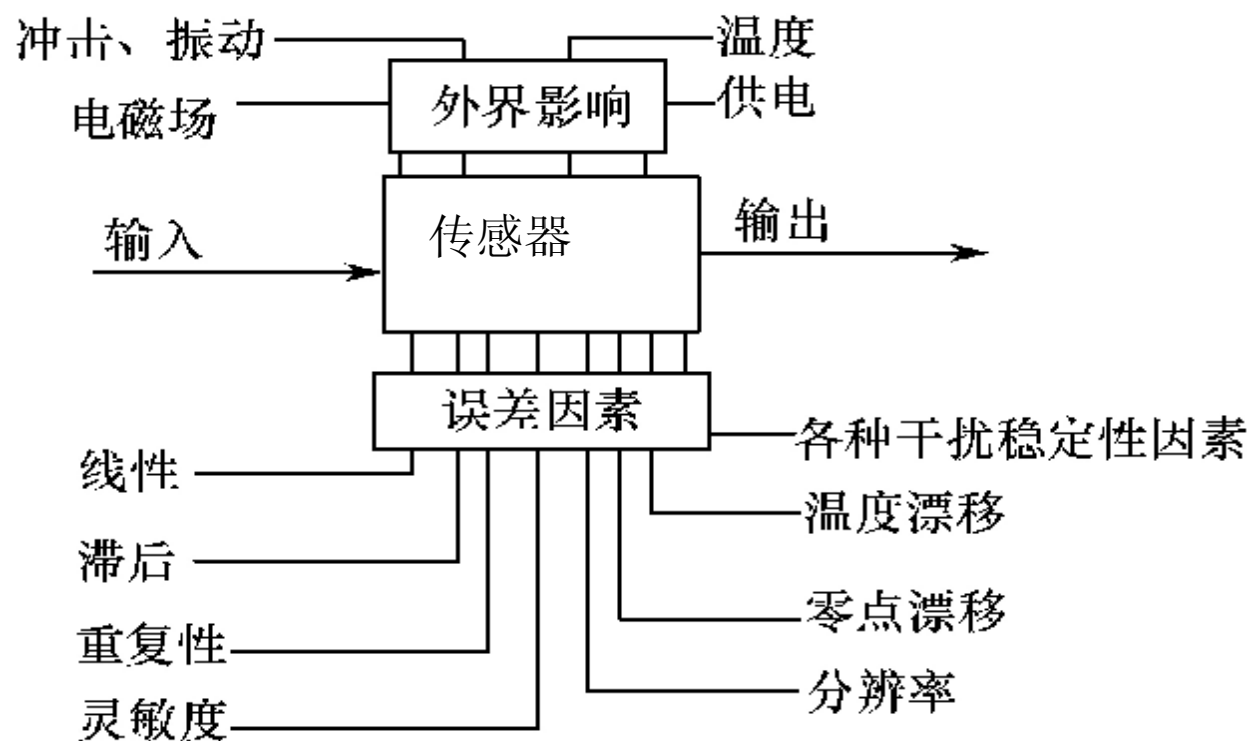
**随机误差：**在相同条件下，对同一被测量进行多次重复测量时，受偶然因素影响而出现的其绝对值和符号以不可知方式变化的误差

**粗大误差：**在测量结果中有明显错误的误差。含此误差的测量数据称为坏值，应予以剔除。

### 2. 传感器的误差

#### Y 影响传感器性能的因素

- 1) 传感器本身的误差，由原理、结构、制作工艺等决定；
- 2) 在应用过程中引入的。





### 2 传感器的误差

#### Y 五类误差

介入误差- 来源? , 特点: 不可避免, 影响程度不同;

应用误差- 原因: 原理或设计的缺陷等;

特性参数误差- 原因: 固有; 影响使用及有效工作范围;

动态误差- 原因: 对快变信号的响应滞后;

环境误差- 原因: 环境参量变化或外界因素;

对策: 在产品选用和应用方式上充分考虑, 尽量避免或设法减小上述误差!

## 2.3 传感器的静态特性

### 3.1 传感器的静态特性

**静态特性：**传感器在被测量处于稳定状态时的输出-输入(静态函数关系)。

这种输出量随输入量变化的关系特性表征传感器的工作质量，并且是由传感器内部结构参数决定的。

传感器的输出-输入静态函数关系：

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \mathbf{L} + a_nx^n$$

式中， $a_0$ 为零输入时的输出值； $a_1$ 为线性输出系数，或称作理论灵敏系数； $a_2, \dots, a_n$ 为非线性项系数。当 $a_0=0$ 时，零输入时传感器为零输出。

静态函数关系常用下面三种特殊情况下的表达式。

### 3.1 传感器的静态特性

#### ① 理想线性关系

$a_0$ 和各非线性项系数 $a_2, \dots, a_n$ 均为零, 此时:  $y=a_1x$   
即用直线方程拟合输出-输入关系曲线所得最简函数关系。

#### ② 非线性项中仅有奇次项

$a_0$ 和各非线性偶次项系数 $a_2, a_4, a_6, \dots$ 均为零, 此时有

$$y = a_1x + a_3x^3 + a_5x^5 \mathbf{L}$$

有此特性的传感器, 在 origin 附近大范围内的输出-输入近似线性, 有 $y(x)=-y(-x)$ 的对称性。

#### ③ 非线性项中仅有偶次项

$a_0$ 和各非线性奇次项系数 $a_3, a_5, \dots$ 均为零, 此时有

$$y = a_1x + a_2x^2 + a_4x^4 + a_6x^6 \mathbf{L}$$

有此特性的传感器的非线性部分有 $y(x)=y(-x)$ 的对称性。

### 3.1 传感器的静态特性

**差动技术**：将两个相同特性的传感器差动组合，可有效消除偶次非线性项，从而改善传感器特性。

设两个传感器具有相同的输出-输入特性：

$$y_1 = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \mathbf{L} + \dots$$

$$y_2 = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \mathbf{L} + \dots$$

若被测量使传感器1有输入 $x$ 、使传感器2输入为 $-x$ ，

此时 $y_1=y+\Delta y$ ， $y_2=y-\Delta y$ 。使 $y_1$ 和 $y_2$ 作差，即差动组合输出，有：

$$y_1 - y_2 = a_1[x - (-x)] + a_3[x^3 - (-x^3)] + \dots = 2\Delta y$$

消除偶次非线性项，仅有奇次项，改善了传感器特性。

**线性特性的益处**：①简化传感器的理论分析和设计计算；

②方便标定和数据处理；

③避免非线性补偿；

④方便安装、调试

### 3.2 传感器的静态特性评价指标

#### (1) 线性度（非线性误差）

**原因：**为方便传感器使用和数据处理，常用直线或多段折线替代标准测试条件下所测得的实际特性曲线(校准曲线),把这种通过拟合得到的直线作为**工作直线**，由此引入误差。

**线性度**表征传感器的校准曲线与拟合直线的偏差程度，其定义为：

$$r_L = \pm \frac{D_{L\max}}{y_{FS}} \cdot 100\%$$

式中， $D_{L\max}$ 为最大偏差； $y_{FS}$ 为满量程时的输出值。

测量下限与测量上限的区间称为**量程**，测量上限时的输入量为**满量程输入值**，对应的输出为**满量程输出值**（参见下图），其中虚线为拟合直线。

## 第二章 传感器的性能与评价

### 3.2 传感器的静态特性评价指标

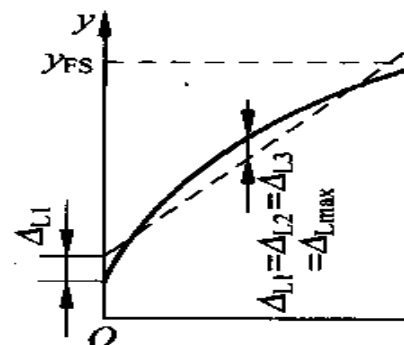
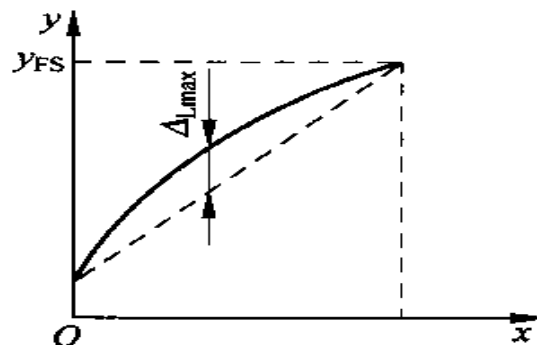
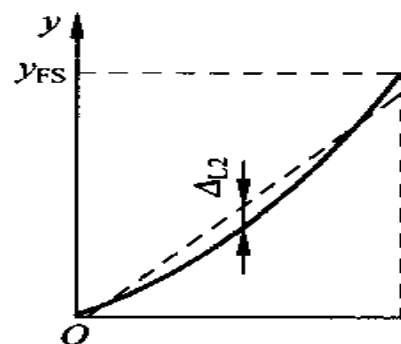
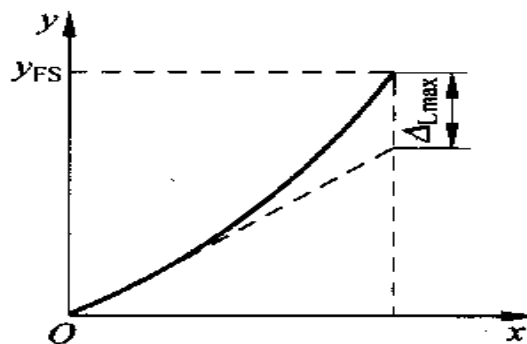
#### (1) 线性度（非线性误差）

非线性误差与所选拟合直线有关，拟合的方式不同，非线性误差不同。

给出非线性误差时，应说明所用的是何种拟合直线。

**选择拟合直线的原则：**

使非线性误差最小，并考虑使用方便，计算简单。



### 3.2 传感器的静态特性评价指标

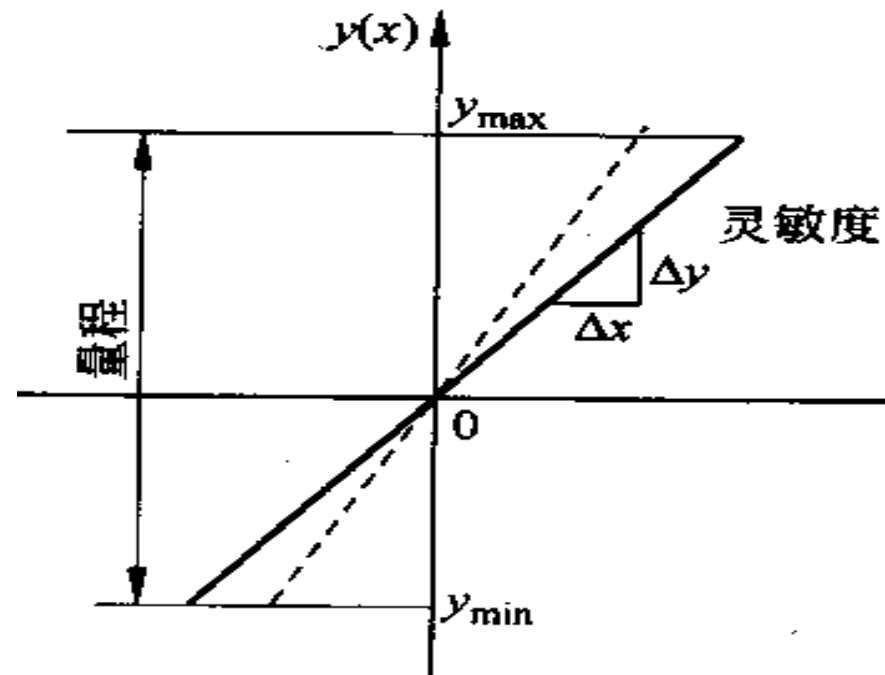
(2) 灵敏度：传感器的输出增量与相应的输入增量之比。  
对于线性传感器或非线性传感器的近似线性段，灵敏度是传感器特性直线段的斜率，即

$$s = \Delta y / \Delta x$$

非线性传感器的灵敏度为：

$$s = dy/dx$$

传感器产品一般都会为用户提供线性度和灵敏度指标，如某位移传感器的灵敏度为100mV/mm；血压传感器的灵敏度为10mV/(V · mmHg)



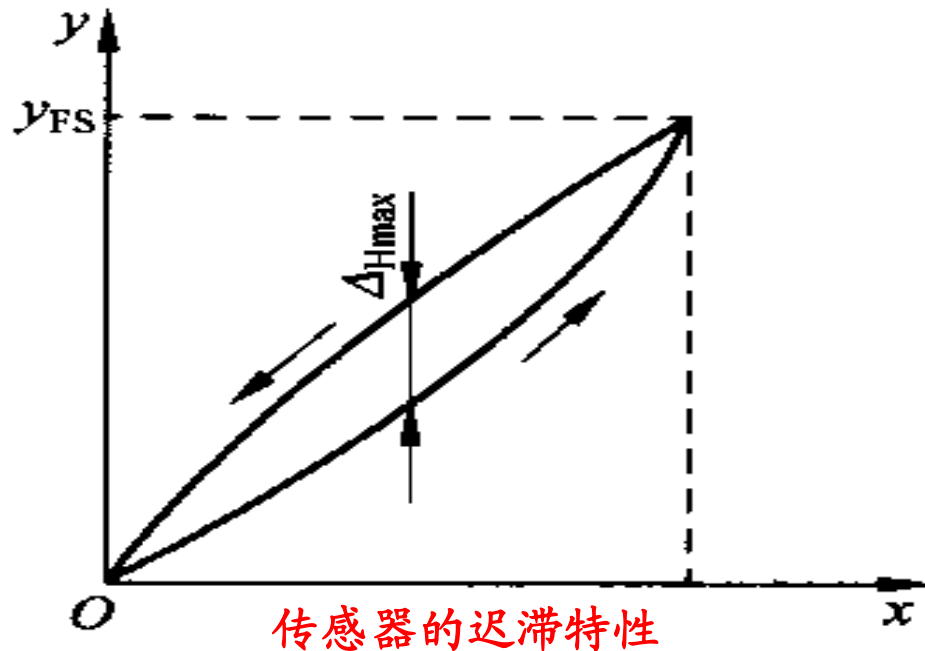


### 3.2 传感器的静态特性评价指标

#### 1) 迟滞与重复性

**迟滞**：传感器对正向(输入增大)和反向(输入减小)输入(对应同一幅值的实际响应特性曲线的不重合程度。对同幅值的输入量，正、反行程对的输出大小并不相等，产生**迟滞误差**；正、反向特性曲线形成的闭环称为**迟滞环**。迟滞误差大小定义为正、反行程最大输出差值与满量程输出值 $y$ 之比：

$$r_H = \pm \frac{DH_{\max}}{y_{FS}} \cdot 100\%$$



## 第二章 传感器的性能与评价

### 3.2 传感器的静态特性评价指标

#### 3) 迟滞与重复性

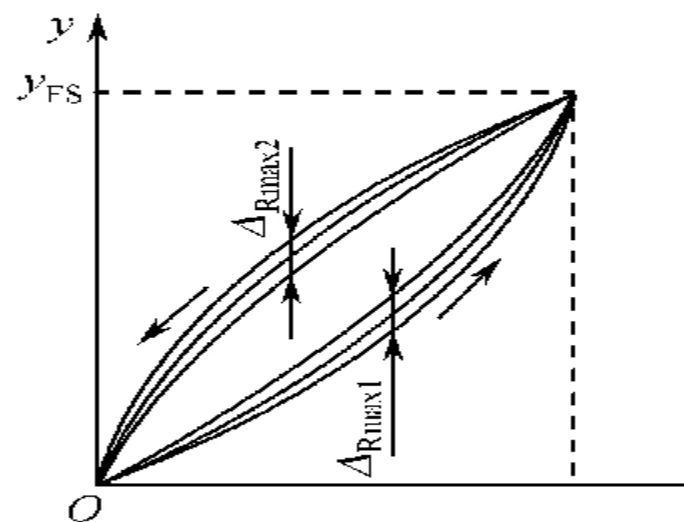
**重复性：**传感器在同一工作条件下，输入按同方向作连续多次变化时得的多个特性曲线的不重合程度；

重复性误差为输出量最大不重复误差 $DR_{\max}$ 与 $y_{FS}$ 之比： $r_R = \pm \frac{DR_{\max}}{y_{FS}}$

$r_R$ 反映数据的离散程度，属随机误差，可用校准数据的标准偏差来计算

$$r_R = \pm \frac{3s}{y_{FS}} \cdot 100\%$$

式中  $\sigma$  为标准偏差，服从正态分布，可按贝塞尔公式计算。



传感器的重复性

### 3.2 传感器的静态特性评价指标

#### 4) 分辨力与阈值

**分辨力：**传感器能检测到的最小输入增量。只有当传感器的输入变化到一定程度时，输出才能被察觉，用分辨力(或分辨率)来评价传感器的这一能力。当输入连续变化时，传感器的输出只作阶梯变化时，对应输出量每个“阶梯”的输入量为分辨力。

**分辨率：**分辨力与满量程输入之比。

**阈值：**当输入量小到某一值时，观察不到输出变化，这时的输入量称为传感器的**阈值**。它是传感器的**零位分辨力**。

### 3.2 传感器的静态特性评价指标

#### (5) 稳定性

指传感器系统在相当长时间内保持性能的能力。

一般以室温条件下经过规定时间间隔后，系统输出与起始标定的输出之差表示，有时也用标定有效期表示。

稳定性涉及的原因较多：时效性、温度、外力影响等。

常见的三个主要指标，

- ① 时间零漂：传感器的输出零点随时间漂移的情况。
- ② 零点温漂：传感器的输出零点随温度变化漂移的情况。
- ③ 灵敏度温漂：传感器的灵敏度随温度变化漂移的情况。

若达不到一定的稳定程度，传感器不能使用。

### 3.2 传感器的静态特性评价指标

#### 1) 综合误差(精度):

传感器的示值与被测量真值之间的最大偏差。

它可用绝对误差表示,也可用绝对误差相对于满量程的百分比式表示。

通常是综合考虑室温下传感器的线性度 $r_L$  (非线性误差)、迟滞 $r_H$ 和重复性误差 $r_R$ 这三项;若它们是随机的、独立的、正态分布的,该项误差一般可按下式计算:

$$r = \sqrt{r_L^2 + r_H^2 + r_R^2}$$

### 3 传感器的静态特性与评价

#### 静态性能指标小结:

✧ 量程（测量范围）、灵敏度、分辨力是衡量传感器基本功能特性的指标，决定其工作能力；

✧ 线性度、重复性、迟滞、漂移、稳定性、综合误差是反映精度特性的指标，决定传感器在何种程度上能完成其测量。

**传感器的静态综合误差的评定要考虑哪些误差？**

# 2.4 传感器的动态特性

## 第二章 传感器的性能与评价



### 2.4 传感器的动态特性

**动态特性：**传感器对随时间变化的输入量的响应特性；

它反映传感器的输出能真实再现变化的输入量的能力。

**分析方法：**

在**时域内**研究传感器对“标准”输入信号的响应特性，获得时域评价指标参数，**主要参数是时间常数**；

在**频域内**借助传递函数研究传感器对正弦输入的响应特性，按幅频特性和相频特性来描述，**主要参数为保持幅频特性幅值稳定的响应带宽**。（如何理解→后面续讲）按**线性时不变系统理论**，常用**高阶常系数微分方程**作为传感器的数学模型；一般根据微分方程的阶数划分传感器模型，通常只讨论零阶、一阶、二阶的响应情况。



## 第二章 传感器的性能与评价

### 4.1 传感器的频响特性与动态品质评价

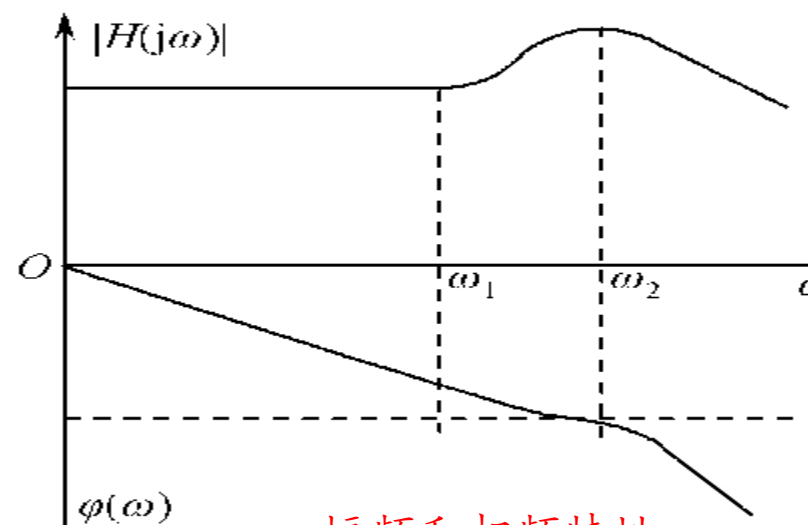
#### (1) 频率响应特性与动态品质的关系

**幅频特性：**线性系统在正弦输入下的输出幅值与输入幅值之比，以  $|H(j\omega)|$  表示；

**相频特性：**输出与输入之间随频率而变的相位特性，以  $\varphi(\omega)$  表示。两者统称**频率特性**，用于评价传感器在波形复杂的周期输入下的复现误差。

如图，传感器在  $0 < \omega < \omega_1$  内幅频特性稳定，即灵敏度基本不变，由输出值与静态灵敏度计算所得动态输入的误差不大。

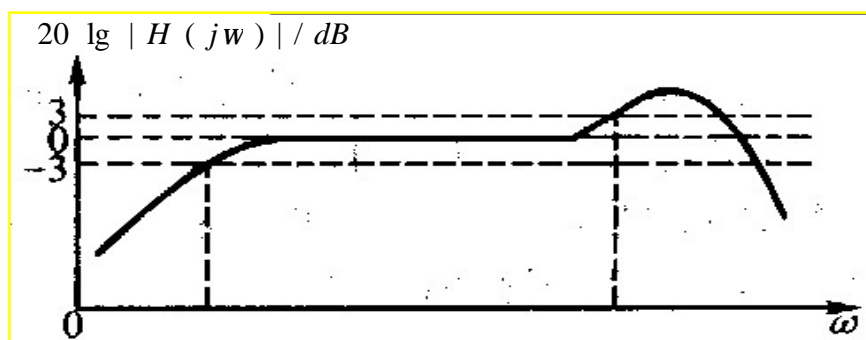
线性相频特性可保证对输入的、由各种谐波组成的任意复杂波形都能被精确复现。



幅频和相频特性

### 4.1 频率响应特性与动态品质的关系

拓宽固有频率，则在指定精度下的平坦区间也将拓宽。因此改变传感器的固有频率可改变动态测量范围。



频率特性与时间响应之间有着确定的关系，通过频率特性可算暂态响应。

从典型环节的频率特性，可了解结构参数对它的影响及暂态应之间的关系。

## 第二章 传感器的性能与评价

### 4.1 传感器的频响特性与动态品质评价

#### (2) 一阶传感器的幅频、相频特性

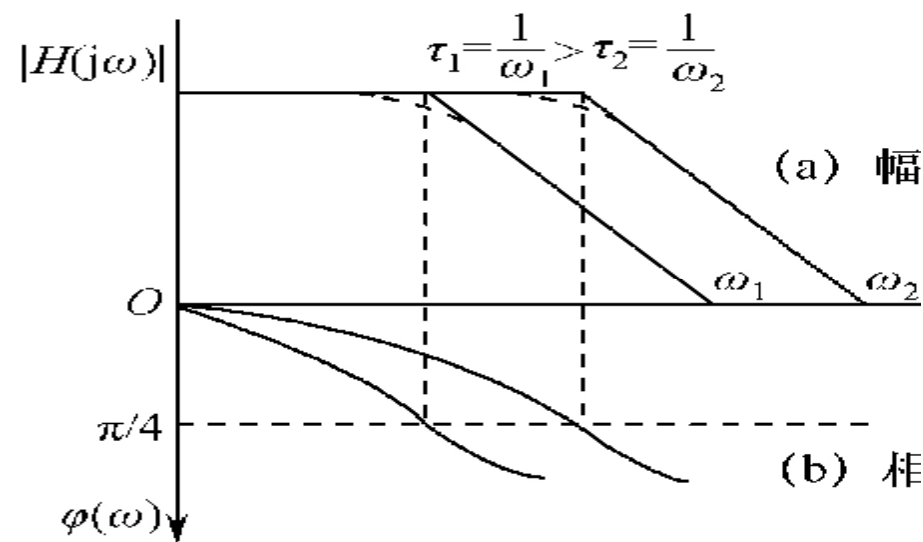
典型一阶传感器的频率特性： $H(j\omega) = A / (1 + j\omega t)$

相应的幅频和相频特性为：

$$\left. \begin{aligned} |H(j\omega)| &= \frac{A}{\sqrt{1 + (\omega t)^2}} \\ \varphi(\omega) &= \arctan(-\omega t) \end{aligned} \right\}$$

一阶频率特性有最简形式，其特征参数可用3dB频率 $\omega_c$ 表示，即： $\omega_c = 1/t$ 。此处 $t$ 称为传感器的时间常数。

可见， $t$  越小，3dB频率 $\omega_c$ 越高，动态响应越好(时间常数越小，响应越快)。



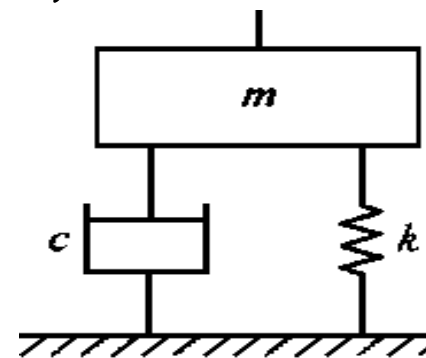
## 第二章 传感器的性能与评价

### 4.1 传感器的频响特性与动态品质评价

#### (3) 二阶传感器的幅频、相频特性

具有阻尼、质量和弹簧的单自由度二阶系统的频率特性为

$$\left. \begin{aligned} |H(j\omega)| &= \frac{1/k}{\sqrt{(1-c^2)^2 + (2zc)^2}} \\ \angle H(j\omega) &= -\arctan \frac{2zc}{1-c^2} \end{aligned} \right\}$$



式中，频率比  $c = \omega / \omega_0$ ， $\omega_0 = \sqrt{k/m}$  为系统无阻尼时的固有频率； $z = c / (2\sqrt{km})$  为阻尼比系数。

求得幅频特性和相频特性为

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + ky = F(t)$$

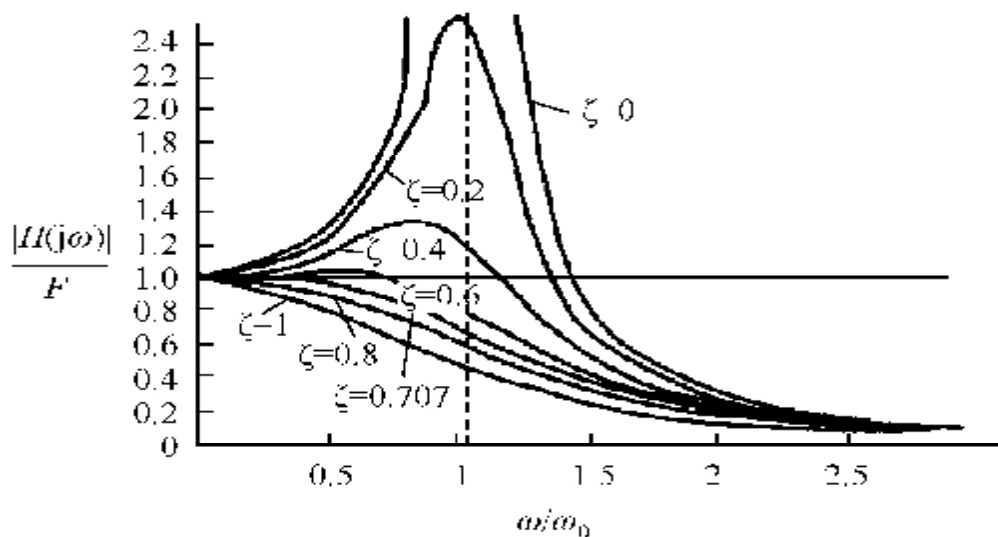
## 第二章 传感器的性能与评价

### 4.1 传感器的频响特性与动态品质评价

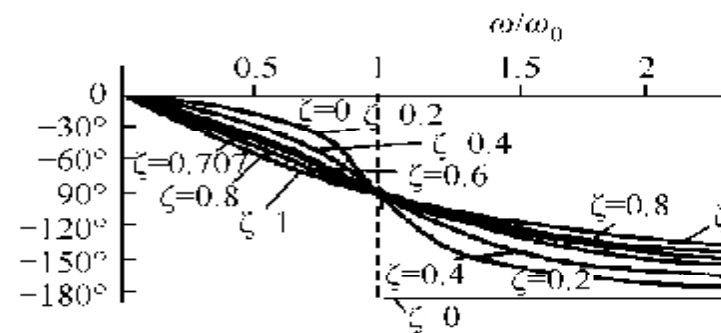
#### (3) 二阶传感器的幅频、相频特性

其频率特性与无阻尼固有频率 $\omega_0$  ( $\zeta=1$ 处) 和阻尼比系数 $\zeta$ 有关, 谐振大小和谐振频率 $\omega_n$ 随 $\zeta$ 变化。

**结论:** 二阶传感器或系统的频率特性用 $\omega_0$ 和 $\zeta$ 评估, 相同 $\zeta$ 下的 $\omega_0$  (固有频率) 越高, 动态性越好; 工程中常以 $\omega_0 / \omega_{\max}^{33}$ 为选择传感器的一个依据; 在确定的固有频率下,  $\zeta=0.707$ 时幅频特性平坦区最宽, 称0.707为最佳阻尼比。



(a) 幅频特性



(b) 相频特性

### 4.1 传感器的频响特性与动态品质评价

为理解二阶系统幅值误差和相位误差的概念，可参考下题：

例1：一个二阶系统的力传感器，其固有频率  $\omega_n=800\text{rad/s}$ ，阻尼比  $\zeta=0.4$ ，用它测频率  $\omega=400\text{rad/s}$  的正弦变化力，求振幅误差及相位误差？若用  $\omega_n'=1000\text{rad/s}$ ， $\zeta=0.6$  的力传感器，测量结果有多大改变？

解：二阶系统的幅频响应和相频响应分别为

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \quad (4.1)$$

$$f(\omega) = -\tan^{-1} \frac{2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

将  $\omega_n=800\text{rad/s}$ ,  $\zeta=0.4$  代入 (1) 和 (2) 式中, 得

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{400}{800}\right)^2\right)^2 + \left(2 \times 0.4 \times \frac{400}{800}\right)^2}} = 1.18$$

即幅值误差为 18%, 相位滞后为  $28^\circ$ 。

若改选传感器的  $\omega_n' = 1000\text{rad/s}$ ,  $\zeta = 0.6$ , 则有

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{400}{1000}\right)^2\right)^2 + \left(2 \times 0.6 \times \frac{400}{1000}\right)^2}} = 1.03$$

即振幅误差降低为 3%, 相位滞后增为  $30^\circ$ 。一般, 相位误差对测量结果无影响, 故测量结果得到较大改善。

### 4.1 传感器的时域响应与动态品质评价

#### (1) 时间响应特性与动态品质的关系

动态输出含两个分量：一是稳态分量，像静态特性一样与输入保持确定关系；二是输入引起的暂态分量，即动态误差。

**暂态分量**反映传感器中储能过程和消耗（摩擦等）过程之间的**动态平衡关系**。

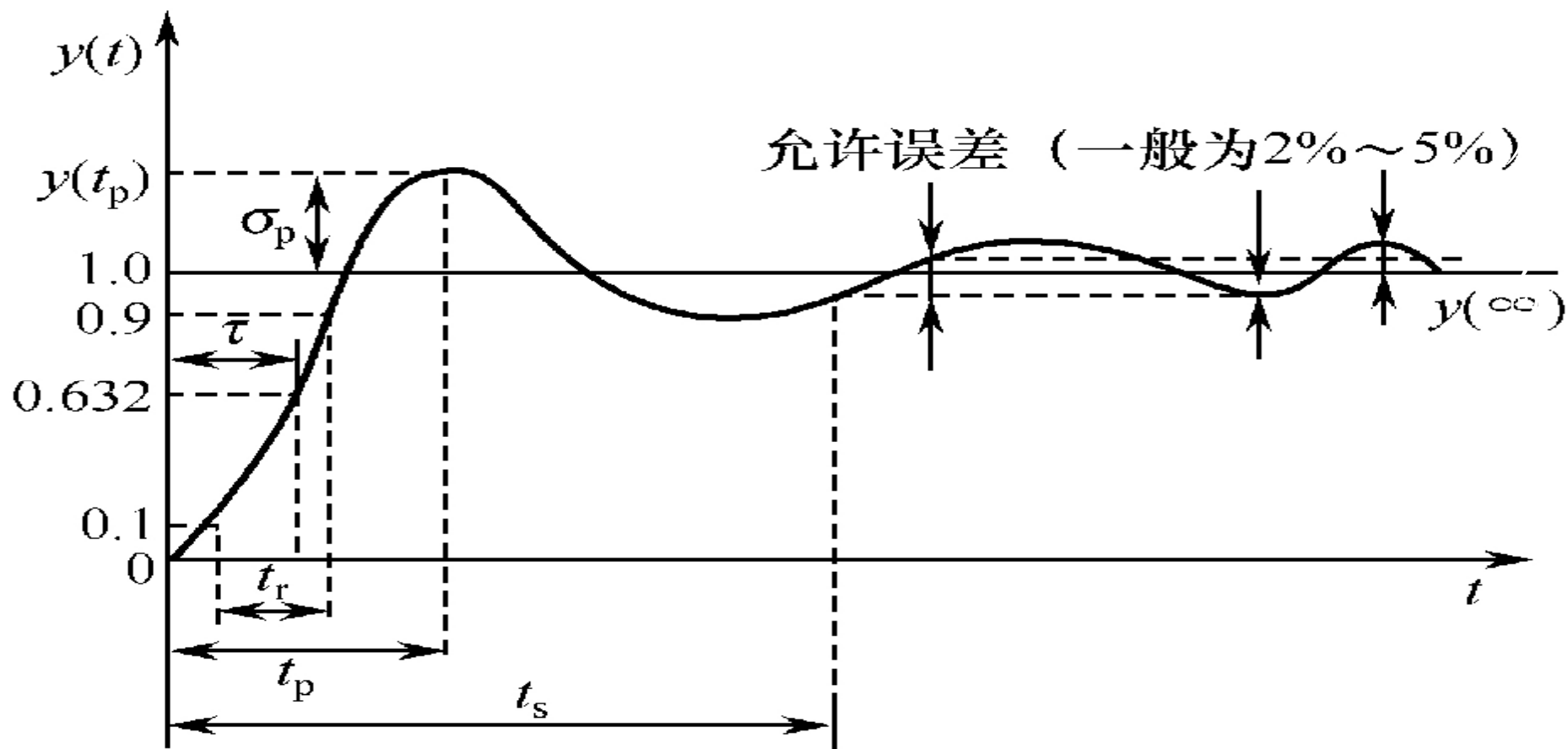
以阶跃函数为输入来观察上述动态平衡关系(零初始条件下的阶跃响应曲线，见下图)。

由图可知，**暂态分量的影响只在前沿部分显现**，传感器的动态品质可用阶跃响应的前沿部分的某些特征表示。



### 4.1 传感器的时域响应与动态品质评价

#### (1) 时间响应特性与动态品质的关系



### 4.1 传感器的时域响应与动态品质评价

#### (1) 时间响应特性与动态品质的关系

- **时间常数  $t$** 。传感器输出值由零上升到稳定值的63.2%所需时间。
- **上升时间  $t_r$** 。响应从最初稳态值的5%或10%上升，第一次达到稳态值的90%或95%所需的时间。
- **响应时间  $t_s$** 。输入量开始起作用到输出进入规定的稳定值范围所需的时间，一般与规定误差一同给出。(读数等待的时间)
- **超调量  $\sigma_p$** 。指输出第一次达到稳定值又超出稳定值而出现的最大偏差，用相对稳定值的百分比来表示，如 $\sigma_p = y_m / y(\infty)$ 为20%
- **峰值时间  $t_p$** 。传感器输出值由零上升超过稳定值，到达第一峰值所需要的时间。

### 4.1 传感器的时域响应与动态品质评价

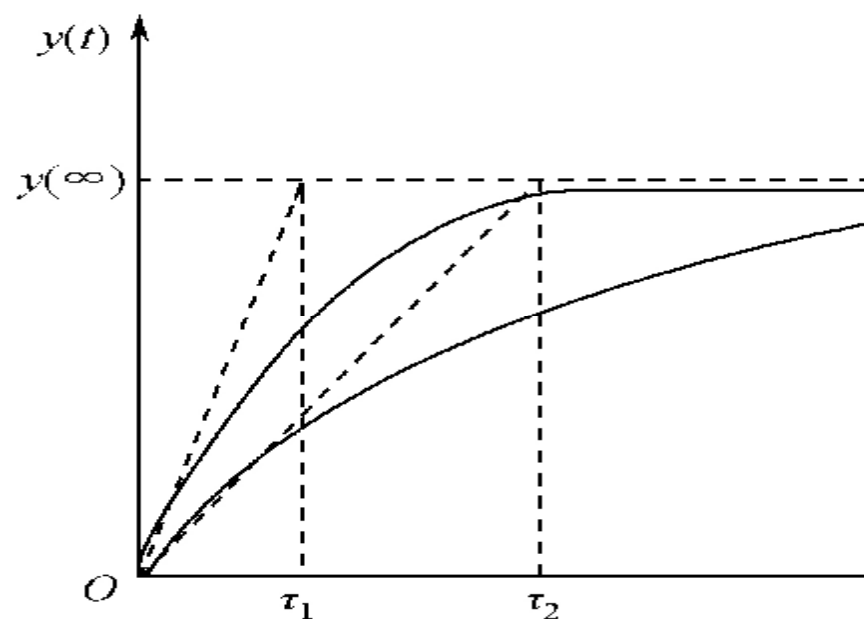
#### (2) 单调变化的阶跃响应

多个惯性环节组成的开环系统的阶跃响应呈单调变化，可用上升时间或阶跃响应时间或稳定时间之一描述其性能。

对于简单的只有一个惯性环节的系统，只给出时间常数，即可完全确定阶跃响应：

$$y(t) = y(\infty)[1 - \exp(-t/\tau)]$$

可见， $\tau$  越小，响应时间和稳定时间越短，动态性能越好。 $\tau$  变小意味着频带变宽，响应时间变短。



一阶系统的阶跃响应

### 4.1 传感器的时域响应与动态品质评价

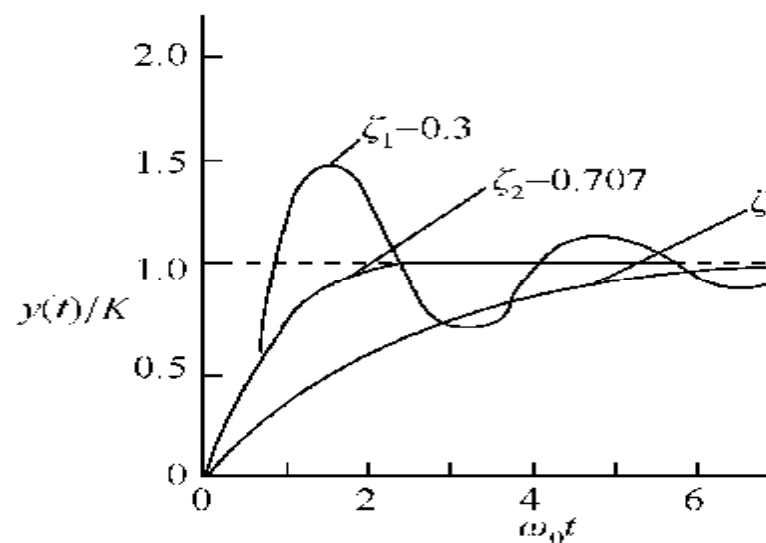
#### (3) 二阶系统的阶跃响应

二阶系统的传递函数为：

$$H(s) = \frac{K\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2}$$

二阶系统阶跃响应曲线如图， $\zeta=1$ 的曲线表临界阻尼状态。

此时的系统有最小的稳定时间； $\zeta$  越小上升时间越短。从响应时间看，临界阻尼并非最佳状态。分析表明： $\zeta$  越小则瞬时过冲量越大，因此实际中一般选  $\zeta$  为0.5~0.7，以便能在允许过冲量条件下得到最小的响应时间。较小的 $\zeta$  有较宽的3dB带宽，故上升时间与带宽有关。



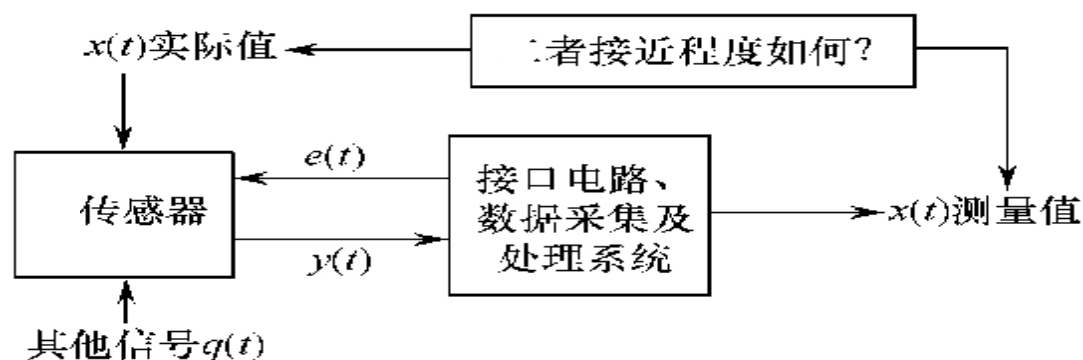
# 2.5 | 传感器的标定



### 5 传感器的标定

#### 1) 基本概念

- ✚ **标定**：利用已知量输入到传感器，测量其相应输出量，进而得到传感器输出-输入特性的过程。
- ✚ **校准**：传感器使用或存储后的性能复测。校准与标定本质相同。
- ✚ **目的**：通过实验和实验数据处理得到传感器数学模型及性能指标
- ✚ **标定系统**：标定实际是针对整个传感器系统的实验，需构建相应系统。



传感器的标定过程及系统结构

### 5 传感器的标定

#### 1) 基本概念

##### ✧ 标定的一般步骤

- ① 确定一个表达传感器输出-输入信号关系的数学模型;
- ② 设计一个标定实验, 对传感器施加输入, 测量相应输出; 其中需特别注意控制其他信号 $[q(t)]$ 的影响;
- ③ 用回归分析法处理标定实验所得数据, 确定步骤①中数学模型的参数及测量误差;
- ④ 确定模型是否合适。若不合适, 则修正或考虑新模型。

##### ✧ 标定分类

根据参考基准(技术基准、已标传感器)不同, 可分两类:

**绝对标定**- 将传感器输出与真实的固定输入相比较;

**相对标定**- 将传感器输出与已标定的传感器输出相比较。

### 5 传感器的标定

#### 1) 基本概念

##### ✧ 静态标定与动态标定

静态标定是评定传感器指标的基本方式，传感器的大部分技术参数都是通过静态标定取得的。

动态标定一般用于对传感器动态响应特性有要求的场合。

##### ✧ 实际标定操作时需考虑的共性问题\*

传感器系统每个模块的标准特性参数；

标定系统的可操作性；

标定系统的成本；

标定工艺的人工成本；

标定数据的整理及传感器系统软硬件调整方案。



### 5 传感器的标定

#### 2) 传感器涉及的精度，精密度、不确定度概念

- ✧ **精度**：即精确度 (accuracy)，指测量被测量得到的某一测量值与该被测量真值的符合程度。真值已知时才有意义。
- ✧ **精密度**：指测量的重复程度，即对某一稳定的被测量，由同一测量者，在相同条件下，连续重复测量多次得到测量结果的分散程度。精密度不需知道被测量的真值。
- ✧ **不确定度**：指对应于某一测量值的一个区间，任何重复性的测量结果将出现在这一区间内。

不确定度区间通过对实验结果进行**不确定度估计**得到。用不确定度表达测量结果时，应尽可能将不确定度的区间缩小，再加上置信概率(测量值落在该区间的可能程度)。

### 5 传感器的标定

#### 3) 传感器的标定数据处理\*

- ✧ 为找出传感器输出与输入之间的函数关系，需要对标定数据进行处理，内容包括所采用的回归处理曲线、标定点的数量及分布位置、标定点的重复次数等。
- ✧ 若已知传感器模型，则选取标定曲线较简单，处理标定数据常用最小二乘法进行估计，也有许多成熟软件可用。

### 5 传感器的标定

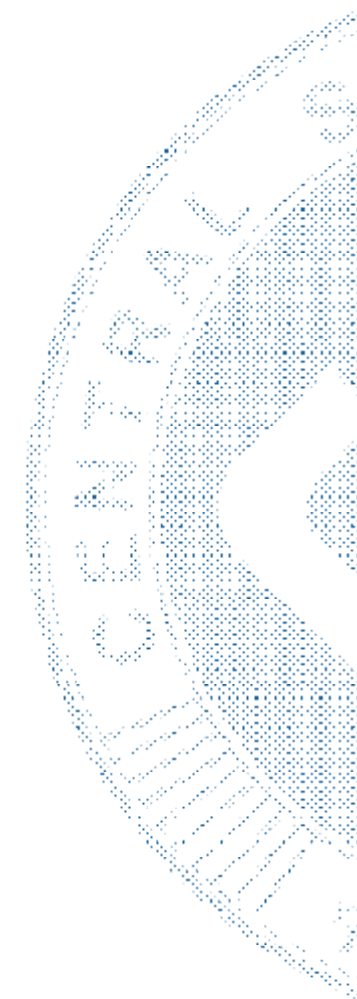
#### 4) 传感器标定实验设计的考虑因素\*

✧ 标定实验设计除了要考虑控制输入量的变化外，还需考虑  
如下几点：

- ① 必须有一个与标定系统对应的数学模型，用来表达输入输出之间的关系。
- ② 实验中对输入参量进行控制的同时，尽量屏蔽可能影响标定结果的其他干扰因素。
- ③ 通过对标定数据的回归分析得到数学模型的参数的同时，还需分析模型的适用性。

随着各种传感器标准的不断完善，传感器标定方法一般都有相应的国家标准或行业标准。

# 2.6 传感器的选用



### 6传感器的合理选用

#### 1)传感器设计和选用的三条原则

✧ 为设计和选用符合测量需求的传感器，要遵循三条原则：

##### ①整体需要原则

即按测量系统的整体设计要求进行选择，使所选传感器和测量方法适合于具体应用场合。

##### ②高可靠性原则

即把可靠性列为首要考虑，在满足性能指标的前提下，尽可能采用元器件少的简单构成方案，使可靠性高。

##### ③高性价比原则

即在符合性能要求的同时注重经济性，除了传感器造价低外，其使用和维护成本也要低。

### 6传感器的合理选用

#### 2)合理选择的方法

##### (1) 依据测量对象和使用条件确定传感器类型

因对同一被测量，常有多种原理的传感器可选。具体测量工作前，先要确定采用的传感原理和类型。这需要：

- ①了解被测量特点，如被测量的状态、性质，测量要求。
- ②了解使用条件，即应用的现场环境条件和现有基础条件（财力、物力、人力即技术水平等）。

##### (2) 线性范围与量程

传感器的线性范围与量程和灵敏度密切相关。确定传感器种类后，先看其量程是否满足要求，并考虑使用过程中使传感器尽可能处在最佳工作段（一般为满量程的 $2/3$ 以上处）和过载量。

### 6传感器的合理选用

#### 2)合理选择的方法

##### (3) 灵敏度

通常希望在线性范围内传感器的灵敏度足够高，使得相同输入下的输出较大，有利于后续处理。但灵敏度太高，外界混入噪声容易，幅度也大，容易使测量系统进入非线性区，影响测量精度。

##### (4) 精度

考虑传感器的精度时以能满足测量要求为原则，选择性价比较高的传感器。

### 6传感器的合理选用

#### 2)合理选择的方法

##### (5) 频率响应特性

频率响应范围宽，允许被测量的频率变化范围就宽，在此范围内，保持不失真的测量条件。同时希望传感器的响应延迟越短越好。

##### (6) 稳定性

一方面要选环境适应能力强的传感器；另一方面应选可通过适当措施（恒定环境条件或补偿技术）减小环境影响的传感器。



### 6传感器的合理选用

#### 2)合理选择的方法

##### (7) 正确使用

- ✧ 在应用中确保传感器的性能并增强其适应性,
- ✧ 除了要遵循常规使用守则外, 还要特别注意以下事项:
  - ① 使用前认真阅读使用说明书, 熟悉掌握传感器要求的环境条件、事前准备、操作程序、安全事项、应急处理等。
  - ② 正确选择测试点并正确安装。
  - ③ 保证被测信号的有效、高效传输。传感器的传输电缆要符合规定。
  - ④ 传感器测量系统必须良好的接地, 有抵抗不同干扰源的对应措施。
  - ⑤ 非接触式传感器必须在使用前进行现场标定, 否则可能造成较大的测量误差。
- ✧ 对定量测试系统使用的传感器, 为保证精度稳定和可靠, 需按规定进行定期检验。

### 思考问题（课内或课外）

- 1、选用传感器时，对产品性能参数中的线性度指标需要关注哪些相关因素？
- 2、传感器的静特性主要考虑了两个方面的性能指标？这些指标参数是如何得到的？
- 3、在具有静、动态测试能力的传感器产品的性能指标中，为何只给出了静态灵敏度？什么情况下传感器的静态灵敏度可以用动态灵敏度？

02

END



# THANK



## 《传感器技术》

主讲人：李刚