



石家庄铁道大学
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

测试系统的基本特性

测试系统及其标定

主讲：任彬

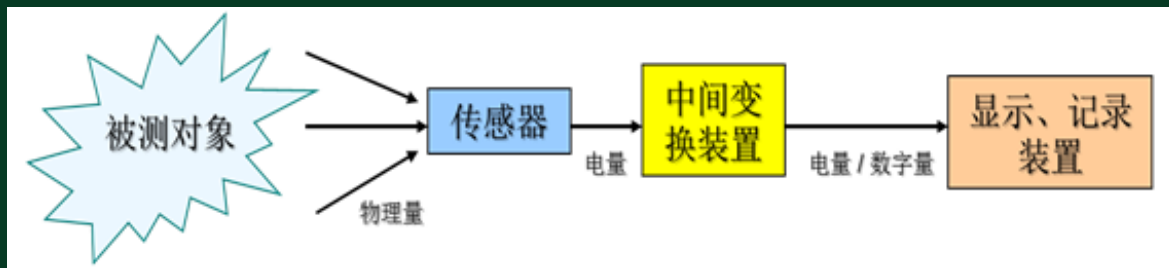
目录

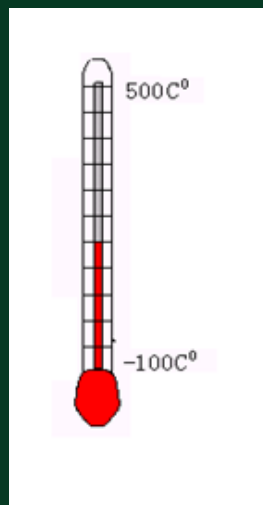
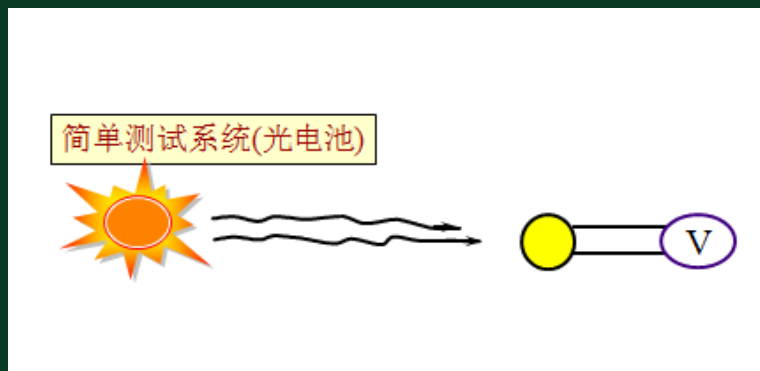
1 概述

2 测试系统的标定

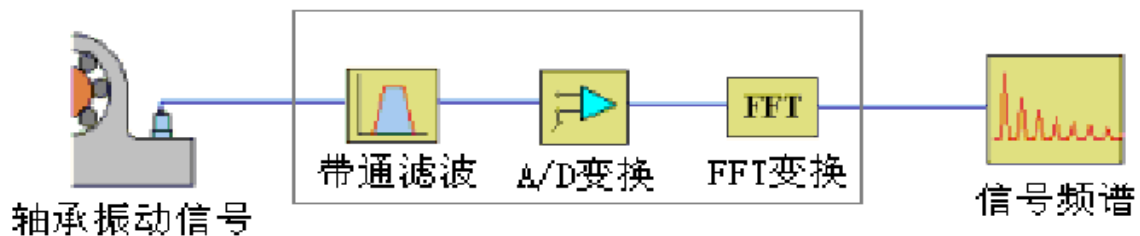
1 概述

(1) 测试系统是指由传感器、信号调理电路、信号处理电路、记录显示设备组成，并具有获取某种信息功能的整体。





复杂测试系统(轴承缺陷检测)



(2) 测试系统基本要求

测试系统的输出信号能够真实地反映被测物理量

(输入信号) 的变化过程, 不使信号发生畸变,
即实现不失真测试。

(3) 线性系统及其特性

系统输入 $x(t)$ 和输出 $y(t)$ 间的关系可以用常系数线性微分方程来描述:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y \\ = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x \end{aligned}$$

式中 $a_n, a_{n-1} \dots a_0, b_m, b_{m-1} \dots b_0$ 是与测试装置结构有关的系数。

线性系统主要性质：

①叠加性：

$$\begin{aligned} &\text{若 } x_1(t) \rightarrow y_1(t); \quad x_2(t) \rightarrow y_2(t) \\ &\text{则 } [x_1(t) \pm x_2(t)] \rightarrow [y_1(t) \pm y_2(t)] \end{aligned}$$

②比例特性：

$$kx(t) \rightarrow ky(t)$$

③微分特性：

$$\frac{dx(t)}{dt} \rightarrow \frac{dy(t)}{dt}$$

④积分特性：

$$\int_0^t x(t)dt \rightarrow \int_0^t y(t)dt$$

⑤频率保持特性：若输入为某一频率的简谐信号，则其稳态输出是同一频率的简谐信号。

$$x_i(t) = X_i \sin(\omega_i t + \theta_x) \rightarrow$$
$$y_i(t) = Y_i \sin(\omega_i t + \theta_y)$$

线性系统的这些主要特性，特别是符合叠加原理和频率保持性，在测量工作中具有重要作用。

(4) 测量误差

①定义：测量结果 x 与被测量真值 μ 之差

$$\Delta x = x - \mu$$

②测量误差分类

- a. 系统误差
- b. 随机误差
- c. 粗大误差

a.系统误差

相同条件下，多次重复测量同一量时，绝对值和符号固定不变，或改变条件时按一定规律变化的误差。

b.随机误差

相同条件下，多次重复测量同一量时，绝对值和符号变化无常，但随着测量次数的增加又符合统计规律的误差。

c.粗大误差

明显超出规定条件下的预期值的误差。

(5) 误差表示方法

a. 绝对误差

$$\Delta x = x - \mu$$

b. 相对误差

$$r = \frac{x - \mu}{\mu} \times 100\% \approx \frac{x - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$$

c. 引用误差

$$r_n = \frac{x - \mu}{\mu_n} \times 100\% \approx \frac{x - \bar{x}}{x_n} \times 100\%$$

d. 分贝误差

$$20 \times \lg \frac{x}{\mu}$$

(6) 测量精度和不确定度

- a. 测量精密度 (反映随机误差大小)
- b. 测量正确度 (反映系统误差大小)
- c. 测量准确度 (综合影响大小)
- d. 测量不确定度 (不能肯定误差范围评定)

2 测试系统的标定

标定定义：利用某种标准仪器或高精度标准表对被测试系统进行全量程比对性测量。

测试系统的标定分为：静态标定、动态标定

(1) 测试系统的静态标定

静态标准条件：指没有加速度、振动、冲击(除非这些参数本身就是被测物理量)及环境温度一般为 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于85%，大气压力为 $101\pm 7\text{kPa}$ 的情况。

(2) 标定设备精度等级的确定

静态标定可分为标准器件法和标准仪器法两种。

(3) 静态特性标定的方法

- ①将测试系统全量程分成若干等间距点(一般至少均匀地选择五个以上的标定点，其中应包括起始点和终点)；
- ②由小到大逐一增加输入标准量值，并记录下被标定测试系统与标准设备相对应的输出值；
- ③将输入值由大到小逐一顺序减小，同时记录下与各输入值相对应的输出值；

④按照②、③所述过程，对传感器进行正、反行程反复循环多次测试，将得到的输出——输入测试数据用表格列出或作出曲线；

⑤对测试数据进行必要的处理，根据处理结果就可以确定被标定测试系统的线性度、灵敏度、回程误差和重复性等静态特性指标。

(4) 测试系统的动态标定

①必须具备能充分覆盖被标定传感器或测试系统频宽的**动态激励信号发生器**，才能将被标定系统的主要模态激发出来

②获取动态响应参数

一阶系统：时间常数 τ

二阶系统：固有频率 ω 和阻尼比 ζ

小结

- (1) 测试系统的定义及主要性质
- (2) 测试系统的测量误差和测量精度
- (3) 测试系统的标定