

# 《传感与检测》期中练习作业

## (第1章, 第2章及第3章3.1节)

时间: 2023.11

### 一、单项选择题:

- 1) 热电偶检测元件的电势本质上表征的关于 ( C ) 方面的信息。  
A. 热端温度 B. 冷端温度 C. 工作端和自由端间的温度差
- 2) 光电池是利用\_\_\_\_\_制成的器件。( C )  
A. 光电导效应 B. 外光电效应 C. 光生伏特效应 D. 电离和激发
- 3) 下列何种效应即可用于静态(慢速)测量也用于动态(快速)测量? ( BA )  
A. 压阻效应 B. 压电效应 C. 压磁效应
- 4) 当平板电容式检测元件极板间  $d$  减小时, 将引起相应电容测量值的 ( A )。  
A. 增加 B. 减小 C. 不变 D. 不确定
- 5) 下列何种检测元件可以不需要辅助电源即可输出反映被测量信息的电信号? ( C )  
A. 电阻式检测元件 B. 电容式检测元件 C. 磁电式检测元件 D. 机械式检测元件
- 6) 希望远距离传送信号时, 下列那种信号传输标准最为合适? ( D )  
A. 0-2V B. 0-5V C. 0-10mV D. 4-20mA
- 7) 金属电阻应变片在测量某一构件的应变时, 其电阻的相对变化主要由 ( D ) 引起的。  
A. 贴片位置的温度变化; B. 相应电路的电阻测量灵敏度;  
C. 电阻材料的电阻率的变化 D. 拉伸或压缩时引起的几何尺寸效应
- 8) 采用标准表法获取“真值”, 标准表基本误差应小于被检定仪表基本误差的 ( B )。

- A. 2/3    B. 1/3    C. 1/2    D. 3/4

9) 下列选项中属于超声波为 ( D )。

- A. 6Hz 的声波    B. 160Hz 的声波    C. 16kHz 的声波    D. 26kHz 的声波

10) 下列选项中不属于红外传感器的“大气窗口”为 ( D )。

- A. 2~2.6  $\mu\text{m}$     B. 3~5  $\mu\text{m}$     C. 8~14  $\mu\text{m}$     D. 18~20  $\mu\text{m}$

## 二、简答题

1. “差动式”和“参比式”两种检测仪表设计方法有何异同点?

同: ① 都使用了两个性能完全相同的仪器元件进行检测, 并使用二者结果的差值作为输出。

② 都可以有效减小甚至消除环境因素对参数检测的影响。

异: 差动式: ① 用两个性能相同的转换元件, 把输出量转换成两个性质相同但变化方向相反的物理量并将差值输出。

② 可以提高仪表的灵敏度, 改善了线性度    ③ 只有在输入量与干扰量成正比时才可以完全消除干扰量的影响。

参比式: ① 用两个性能相同的检测元件, 一个作为主通道感受被测量和环境条件量, 另一个作为补偿通道只感受环境条件量。② 参比式完全消除了环境干扰量的影响, 但是, 非线性与灵敏度没有得到改善。

③ 需要根据干扰量相对于被测量的作用效果, 来确认两个检测元件输出信号的补偿操作处理形式。

2. 请结合超声波换能器解释一下何谓正压电效应和逆压电效应?

① 超声波换能器是用作超声波发射与接收的压电晶体。

② 正压电效应是指某些电介质在沿一定方向受外力(压力或拉力)作用时, 其内部会产生极化现象, 同时在它的两个相对表面上出现正负相反的电荷。当作用力去掉后, 又恢复到不带电的状态。

在超声波接收方面用到了正压电效应, 当超声波撞击到压电材料上时, 它在材料上产生机械压力, 压力导致材料产生电压, 形成电信号, 因此在超声波接收时, 正压电效应将超声波转化为电能。

③ 逆压电效应是指在电介质的极化方向上施加电场时, 这些电介质也会发生变形, 电场去掉后, 电介质的变形也随之消失。在超声波发射方面, 施加电场到压电材料上时, 材料会发生形变产生振动, 这些振动以超声波的形式传播出去。因此在超声波发射换能器中, 逆压电效应将电能转化为超声波(机械能)。

3. 常用的非线性补偿的方法主要有哪些?

① 直接串联法: 在需要补偿的测量环节后面直接串联具有相反非线性特性的元件或非线性补偿器以达到非线性补偿的效果。

② 非线性负反馈法: 在反馈环节中串联一个非线性负反馈环节, 并使反馈通道具有与被测元件相同的非线性特性。

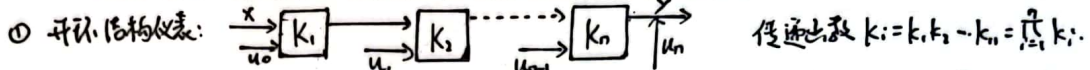
③ 软件线性化法: 利用微计算机的存储和计算功能来实现非线性补偿。

(a) 若存在明确函数关系, 则可编写运算求解。

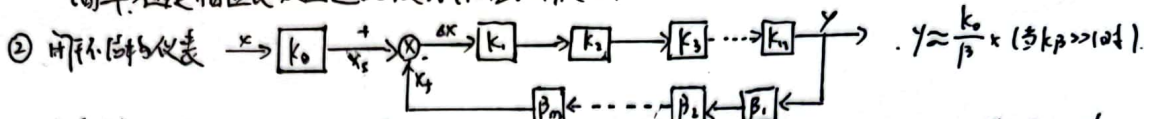
(b) 若难以用明确函数关系表示, 则用查表法实现。查表法可分为整段校正法和分段校正法两大类。



4. 比较分析一下开环结构和闭环结构仪表各自的特点。(友情提醒：第一章和第三章的相关内容要一起考虑，并从自动控制原理的角度来进行分析。)



仪表的误差是各环节传递误差之和。相较于闭环结构，其稳定性高，灵敏度高，结构简单，但是相应地反应速度慢，线性差，精度低



仪表误差  $\delta = \delta k_0 - \delta \beta$ ，仪表特性主要取决于反馈通道的特性，正向通道各环节的性能对仪表输出影响较小，因此可以精心制作反馈通道以获得较高的精度和灵敏度。相对于开环结构而言，①其稳定性较差，因为仪表容易因设计不当而产生振荡，因而稳定性较差，②灵敏度较差，因为反馈环带加入，系统对变化不太敏感，③线性与精度高，因为它们可以不断调整以维持输出和输入之间的精确关系，④反应速度快，由于反馈环带加入，系统能更快地处理输入与输出间的偏差信号从而快速响应，⑤结构简单性高，(因为有反馈环带和各种控制环带)

5. 请列出测量信号均值和标准差的定义公式，并简要论述一下这两个重要统计量在系统误差和粗大误差判别中的作用。

均值:  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$       标准差  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$       样本标准差  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

一. 系统误差判别: ① 残余误差判断法: (用到均值),  $v_i = x_i - \bar{x}$ , 可以根据测量列中各数据残余大小和符号的变化规律, 直接由误差数据或曲线来判断是否存在系统误差。

② 标准差判断法: 用 Bessel 公式:  $\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}}$  和 Peters 公式:  $\sigma_P = 1.253 \frac{\sum_{i=1}^n |v_i|}{\sqrt{n(n-1)}}$ 。比较二者是否存在显著差别。当无系统误差时，二者应该相近；当存在系统误差时，二者相差较远。

二. 粗大误差判别: ① 拉依达法:  $|v_i| > 3\sigma$  可以认为该测量值含有粗大误差，应予剔除，剔除后应重新计算  $\bar{x}$  和  $\sigma$ 。直至无粗大误差。② 格拉布斯法:  $|v_i| > \lambda(\alpha, n) \sigma$ , 其中  $\lambda(\alpha, n)$  为格拉布斯系数，剔除后同样需重新计算。

6. 现有一台温度传感器，量程为 0~100℃，其准确度（精度）等级为 1.0。请问该传感器在量程范围内可能出现的最大绝对误差的合理估计值和可能出现的最大标准差的合理估计值分别为多少？为什么？（友情提醒：仔细看一下教材 P13 页）。

① 最大绝对误差:  $100^\circ\text{C} \times 1\% = 1^\circ\text{C}$

② 最大标准差: 假设误差分布是正态的，则误差出现在  $[-3\sigma, 3\sigma]$  范围内的概率达到 99.73%，因此可以近似认为该仪器最大可能的绝对误差等于  $3\sigma$ 。

即  $3\sigma = 1^\circ\text{C}$        $\sigma = \frac{1}{3}^\circ\text{C}$

一般用标准差近似描述实验标准差

因此认为最大标准差的合理估计值为  $\frac{1}{3}^\circ\text{C}$

三、计算题：为了保证测量准确度，在压力检测表选型时，一般要求最大工作压力不应超过仪表满量程的  $\frac{3}{4}$ ，最小工作压力不应低于满量程的  $\frac{1}{3}$ 。目前我国出厂的压力（包括差压）检测仪表有统一的量程系列，它们是 1、1.6、2.5、4.0、6.0kPa 以及它们的  $10^n$  倍数（ $n$  为整数）。

某压力容器正常工作时压力范围为 1.0~1.5Mpa，要求测量误差不大于被测压力的 5%，试确定该表的量程和准确度等级。

设量程为  $A$

$$\begin{cases} \frac{1}{3}A \leq 1.0 \text{ Mpa} \\ 1.5 \text{ Mpa} \leq \frac{3}{4}A \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2 \text{ Mpa} \leq A \leq 3 \text{ Mpa}$$

对照量程系列知，量程应为 2.5 Mpa

最大测量误差： ~~$0.05 \times \max\{1.0 \sim 1.5 \text{ Mpa}\} = 0.05 \text{ Mpa}$~~   ~~$0.05 \times 1.5 \text{ Mpa} = 0.075 \text{ Mpa}$~~

~~仪表基本误差为  $0.075 \text{ Mpa}$~~

~~$\therefore$  准确度为  $\frac{0.075 \text{ Mpa}}{2.5 \text{ Mpa}} \times 100 = 3$~~

~~满刻度相对误差  $\frac{0.075 \text{ Mpa}}{2.5 \text{ Mpa}} \times 100\% = 3\%$~~

~~$\therefore$  准确度为 3~~

~~准确度等级为 4.0~~

~~即实际相对误差应小于 3%，故选择准确度等级为 2.5~~

最大 仪表基本误差  $\leq 0.05 \times \min\{1.0 \sim 1.5 \text{ Mpa}\} = 0.05 \times 1 \text{ Mpa} = 0.05 \text{ Mpa}$

$\therefore$  仪表满刻度相对误差  $= \frac{0.05 \text{ Mpa}}{2.5 \text{ Mpa}} \times 100\% = 2\%$

$\therefore$  准确度等级为 1.5