

杭州电子科技大学学生考试卷 样卷和答案

考试课程	测试技术与传感器			考试日期			成 绩	
课程号		教师号		任课教师姓名				
考生姓名		学号（8 位）		年 级		专 业		

一、 填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. 对于测量方法，从不同角度有不同的分类方法。根据测量方式，可以分为偏差式测量、零位式测量和微差式测量。
2. 传感器在正（输入量增大）行程和反（输入量减小）行程期间，输出-输入特性曲线不重合的现象称为迟滞。
3. 导体或半导体材料在外界力的作用下产生机械变形时，其电阻值相应发生变化的现象，称应变效应。
4. 差动变压器式传感器的基本工作原理是把被测的非电量变化转换为线圈互感量的变化。
5. 对于变极距型电容式传感器，初始极距为 d_0 越小，传感器灵敏度越高。
6. 传感器的输出量对于随时间变化的输入量的响应特性称为传感器的动态特性。
7. 磁电式传感器根据电磁感应完成测量，一般在被测物运动时才有输出，所以是一种速度传感器。
8. 在光线作用下，物体的电导性能改变或产生光生电动势的现象，称内光电效应。
9. 氯化锂湿敏电阻是利用吸湿性盐类潮解，离子导电率发生变化而制成的测湿元件。
10. 按气体作用于半导体的深度，半导体气敏传感器可分为表面控制型和体控制型。
11. 设结点温度为 T 、 T_0 ，则用导体 A、B 组成的热电偶产生的热电势等于导体 A、C 组成的热电偶和导体 C、B 组成的热电偶产生的热电势的代数和。
12. 光纤的数值孔径 NA 越大，表明它的集光能力越强，耦合效率越高。

二、 选择题（每题 1 分，共 20 分）

1. 按敏感元件与被测对象之间的能量关系，传感器可分为（**D**）传感器。
A. 温度型和速度型 B. 物性型和结构型 C. 机械型和电子型 D. 能量转换型和能量控制型
2. 对同一被测量进行多次重复测量时，绝对值和符号不可预知地随机变化，但总体上误差服从一定的统计规律，这种误差称为（**B**）。
A.相对误差 B.随机误差 C.绝对误差 D.系统误差

3. 二阶传感器系统中，属于其动态特性的表征参数是（**C**）。
A. 线性度 B. 灵敏度 C. 超调量 D. 漂移
4. 以下哪种方法可用来判别和剔除粗大误差？（**A**）
A.3 σ 准则 B.实验对比法 C.残差观察法 D. 马利科夫判据
5. 为了减小非线性误差，采用差动变隙式电感传感器，其灵敏度和单线圈式传感器相比，（**D**）。
A. 降低二倍 B. 降低一倍 C. 提高二倍 D. 提高一倍
6. 电感式传感器采用变压器式交流电桥作为测量电路时，如想分辨出衔铁位移的方向，则应在电路 中加（**C**）电路。
A. 加法器 B. 检波 C. 相敏检波 D. 鉴频
7. 若两个应变变量变化完全相同的应变片接入测量电桥的相对桥臂，则电桥的输出将（**A**）。
A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 可能增大，也可能减小
8. 压电传感器的等效电路，（**D**）。
A. 可以等效为电压源，不可等效为电荷源 B. 可以等效为电压源，不可等效为电荷源
C. 既不可等效为电压源，也不可等效为电荷源 D. 既可等效为电压源，也可等效为电荷源
9. 直的电阻丝绕制成敏感栅后，长度不变，则其灵敏系数 K 比电阻丝的灵敏系数 K_0 （**B**）。
A. 大 B. 小 C.相等 D.不确定
10. 某自感式传感器线圈的匝数为 W ，磁路的磁阻为 R_m ，则其自感 L 为（**B**）
A. $\frac{W}{R_m}$ B. $\frac{W^2}{R_m}$ C. $\frac{R_m}{W}$ D. $\frac{W^2}{R_m^2}$
11. 天然石英晶体受到机械轴（Y-Y 轴）方向的作用力时，（**A**）压电效应。
A. 法线 x 方向的平面产生 B. 法线 y 方向的平面产生 C. 不产生 D. 导致逆向
12. 电涡流在金属导体中的形成范围为（**D**）
A. 传感器线圈外径附近 B. 传感器线圈内径附近 C. 表面 D. 表面且传感器线圈外径附近
13. 光电耦合器件由发光元件和光电接收元件组成，（**C**）。
A. 可实现电路隔离，不可进行电平转换 B. 不可实现电路隔离，可进行电平转换
C. 可实现电路隔离，可进行电平转换 D. 不可实现电路隔离，不可进行电平转换
14. 光敏二极管接入反向偏压的电路中，能把光信号转换成电信号，在其敏感的光谱范围内，光的照 度越大，光电流（**A**）。
A. 越大 B. 越小 C. 不变 D. 变化方向不确定
15. 压电陶瓷与天然石英的压电性能比较，通常（**A**）。
A. 压电常数大，居里点低 B. 压电常数小，居里点高 C. 压电常数大，居里点高
D. 压电常数和居里点都差不多

16. 霍尔灵敏度与霍尔常数 R_H 成_____比, 与霍尔片厚度 d 成_____比。(B)。
A. 反, 正 B. 正, 反 C. 正, 正 D. 反, 反

17. 应变式传感器用电桥做转换电路, 理论上电桥输出带有非线性误差的是(A)
A. 单臂电桥 B. 半桥 C. 全桥 D. 半桥和全桥

18. 对热电偶传感器, 形成热电势的必要条件是: (A)
A. 两种导体材料不同; 节点所处的温度不同 B. 两种导体材料相同; 节点所处的温度不同;
C. 两种导体材料不同; 节点所处的温度相同 D. 两种导体材料相同; 节点所处的温度相同

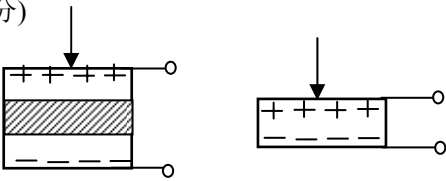
19. 下列被测物理量中, 适合使用红外传感器进行测量的是(C)。
A. 压力 B. 力矩 C. 温度 D. 厚度

20. 在差动变压器实验中, 当衔铁过零位时, 输出电压(D)。
A. 幅值: 变小, 相位: 不变 B. 幅值: 大→小→大, 相位: 不变
C. 幅值: 变大, 相位: 反相 D. 幅值: 大→小→大, 相位: 反相

三、简答题(共 25 分)

1、压电传感器分别用两片完全相同的压电元件串联(不同极性端互联)和单片使用, 如图所示, 所受压力相同, 试比较其输出电压、电荷、电容的关系。(3 分)

答:



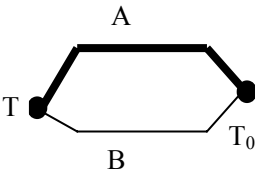
$$q' = q$$

输出电压、电荷、电容的关系为: $U' = 2U$ (P107)

$$C' = \frac{1}{2}C$$

2、何为热电偶的热电效应? 如图所示的热电偶, 试问热电动势的组成, 并写出回路总电势的表达式。(5 分)

答:



如上图所示, 两种不同性质的导体或半导体材料 A、B 串接成一个闭合回路, 如果两接合点处的温度不同, 即 $T \neq T_0$, 则在两导体间产生热电势, 也称热电动势。同时在回路中有一定大小的电流, 这种现象称为热电效应。

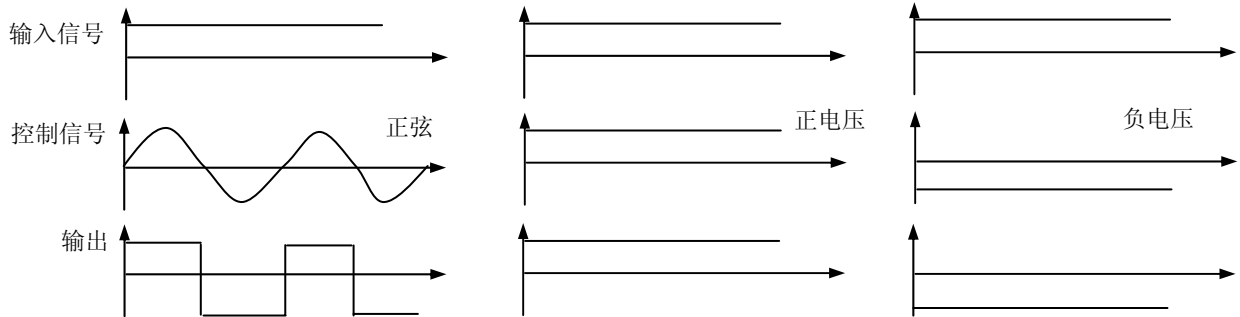
热电动势组成: 两导体的接触电势 + 单一导体的温差电势。

表达式:

$$\begin{aligned} E_{AB}(T, T_0) &= e_{AB}(T) + e_B(T, T_0) + e_{BA}(T_0) + e_A(T_0, T) \\ &= e_{AB}(T) + e_B(T, T_0) - e_A(T, T_0) - e_{AB}(T_0) \end{aligned}$$

3、应变片交流电桥实验中, 相敏检波和移相组合整形电路的作用是什么? 当相敏检波器的输入为直流时, 画出当控制信号分别为正弦、正直流电压、负直流电压时的相敏检波输出(5 分)

答: 作用: 将交流信号转化为直流输出, 如果相敏检波输入与控制信号同相, 输出正电压, 相敏检波输入与控制信号反相, 输出负电压。



4、简述光纤数值孔径 NA 的物理意义。计算 $n_1=1.46$ 和 $n_2=1.45$ 的阶跃折射率光纤的数值孔径。当光纤外部是空气, 即 $n_0=1$ 时, 光纤的最大入射角 θ_{\max} 是多少?(4 分)

答:

光纤数值孔径 NA 的物理意义:

$\arcsin NA$ 是一个临界角。当入射角大于 $\arcsin NA$ 时, 光线进入光纤不能传播, 在包层消失; 当入射角小于 $\arcsin NA$ 时, 光线进入光纤后被全反射传播。

光纤的数值孔径为:

$$NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1.46^2 - 1.45^2} = 0.1706$$

最大入射角 θ_{\max} 为:

$$\theta_{\max} = \arcsin NA = 9.8^\circ$$

5、霍尔片不等位电势是如何产生的? 减小不等位电势可以采用哪些方法?(4 分)

答:

不等位电势的产生:

霍尔电极难以保证焊接在同一等位面上, 当控制电流 I 流过元件时, 即使磁感应强度等于零, 在霍尔电极上仍有电势存在, 此电势即为不等位电势。

减小不等位电势常采用的方法:

机械修磨, 化学腐蚀, 选用补偿网络。

6、说明差动变压器传感器零点残余电压产生的原因, 并列举两种消除残余电压的方法。(4 分)

答: 产生原因:

(a) 两个次级绕组不完全一致; (b) 导磁材料磁化曲线的非线性

消除方法:

(1) 从结构和工艺上保证结构对称性

(2) 选用合适的测量电路: 如相敏检波电路

(3) 采用补偿线路

四、综合题（共 40 分）

1、压电式加速度传感器与电荷放大器联接，电荷放大器又与函数记录仪联接。已知：传感器的电荷灵敏度 $k_q = 100(pC/g)$ ，反馈电容 $C_f = 0.001(\mu F)$ ，被测加速度 $a = 0.5g$ 。求：

- (1) 电荷放大器的输出电压是多少？电荷放大器的灵敏度（每库仑输出的电压）是多少？
(2) 若函数记录仪的灵敏度 $k_g = 2mm/mV$ ，求测量系统总灵敏度 k_0 。（10 分）

（题中，单位 g 是重力加速度）

解：(1) 电荷放大器输出电压： $U_0 = \frac{Q}{C_f} = \frac{k_q a}{C_f} = \frac{100 \times 10^{-12} \times 0.5}{0.001 \times 10^{-6}} = 0.05(V) = 50(mV)$

电荷放大器灵敏度： $k_u = \frac{U_0}{Q} = \frac{1}{C_f} = \frac{1}{0.001 \times 10^{-6}} = 10^9 V/C$

(2) 系统总灵敏度： $k_0 = k_q k_u k_g = 100 \times 10^{-12} \times 10^9 \times 2 = 0.2 (m/g)$

2、要测量 $80^\circ C$ 的温度，现有 0.5 级、测量范围 $0 \sim 300^\circ C$ 和 1.0 级、测量范围 $0 \sim 100^\circ C$ 的两种温度计，试分析各自产生的示值误差。问选用哪一个温度计更合适？（10 分）

解：(1) 对 0.5 级温度计，可能产生的最大绝对值误差为：

$$\Delta x_{m_1} = \gamma_{m_1} \cdot x_{m_1} = (\pm 0.5\%) \times 300^\circ C = \pm 1.5^\circ C$$

按照误差整量化原则，认为该量程内的绝对误差为： $\Delta x_1 = \Delta x_{m_1} = \pm 1.5^\circ C$

所以示值相对误差为： $\gamma_{x_1} = \frac{\Delta x_1}{x_1} \times 100\% = \frac{\pm 1.5^\circ C}{80^\circ C} \times 100\% = \pm 1.875\%$

(2) 对 1.0 级温度计，可能产生的最大绝对值误差为：

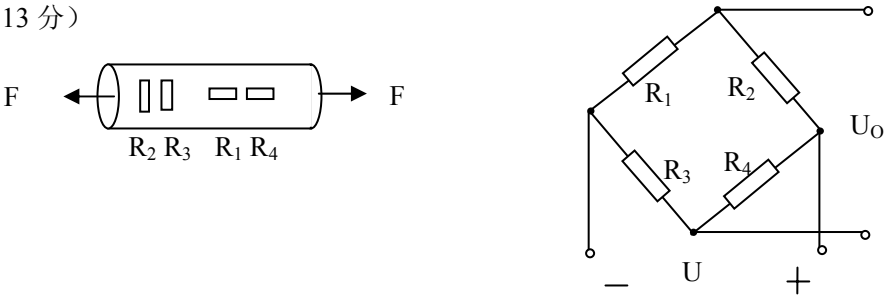
$$\Delta x_{m_1} = \gamma_{m_1} \cdot x_{m_1} = (\pm 1.0\%) \times 100^\circ C = \pm 1.0^\circ C$$

按照误差整量化原则，认为该量程内的绝对误差为： $\Delta x_2 = \Delta x_{m_2} = \pm 1.0^\circ C$

所以示值相对误差为： $\gamma_{x_2} = \frac{\Delta x_2}{x_2} \times 100\% = \frac{\pm 1.0^\circ C}{80^\circ C} \times 100\% = \pm 1.25\%$

(3) 结论：用 1.0 级小量程的温度计测量所产生的示值相对误差反而比选用 0.5 级的较大量程的温度计测量所产生的示值相对误差小，因此选用 1.0 级小量程的温度计更合适。

3、图示为圆形实芯铜试件，四个应变片粘贴方向为 R_1 、 R_4 轴向粘贴， R_2 、 R_3 圆周向粘贴，应变片的初始值 $R_1=R_2=R_3=R_4=100\Omega$ ，灵敏系数 $k=2$ ，铜试件的泊松系数 $\mu = 0.285$ ，不考虑应变片电阻率的变化，当试件受拉时测得 R_1 的变化 $\Delta R_1 = 0.2\Omega$ ，如电桥供压 $U = 2V$ ，试求 ΔR_2 、 ΔR_3 、 ΔR_4 和输出电压 U_o 。（13 分）



$$\Delta R_4 = \Delta R_1 = 0.2\Omega$$

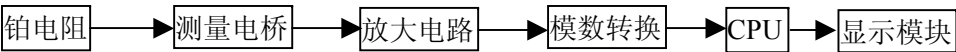
①轴向应变 $\epsilon_x = (\Delta R_1 / R_1) / k = 1 \times 10^{-3}$

②圆周方向应变 $\epsilon_r = \frac{2\pi \Delta r}{2\pi r} = \epsilon_r = -\mu \epsilon_x = -2.85 \times 10^{-4}$ $\Delta R_2 = \Delta R_3 = k \epsilon R_2 = -0.057\Omega$

$$U_0 = U \left[\frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + \Delta R_1 + R_2 + \Delta R_2} - \frac{R_3 + \Delta R_3}{R_3 + \Delta R_3 + R_4 + \Delta R_4} \right]$$
$$= 2 \left[\frac{100 + 0.48}{100 + 0.2 + 100 - 0.057} - \frac{100 - 0.057}{100 + 0.2 + 100 - 0.057} \right] \approx 0.00537 V$$

4、利用热电阻设计一温度（如， $0 \sim 100^\circ C$ ）测量显示系统。要求：选一种热电阻，绘制系统框图，并论述测温过程和系统的标定过程。（10 分）

解：
系统框图：



测温过程：
温度变化，引起传感器阻值变化，从而使电桥失衡，电桥的不平衡输出经放大电路放大，再由模数转换器变成数字量，传送给 CPU，再由 CPU 控制显示器显示。

系统的标定：
零点：调整电桥的平衡电阻，在测温范围的最低点，使电桥平衡，即输出为零。
满量程点：调整放大器的放大倍数，在测温范围的最高点，使模数转换器满量程输出。