

### 传感器与检测技术自测题及答案

#### 一、 选择题（将正确答案写在题后的括号内，每题 2 分，共 20 分）

- 1、误差按表示方法分为绝对误差和相对误差，其中不属于相对误差表示形式的是（ B ）。  
A、实际相对误差      B、基本相对误差  
C、标称相对误差      D、引用相对误差
- 2、工业上应用金属热电阻传感器进行温度测量时，为了消除或减少引线电阻的影响，通常采用（ C ）。  
A、文氏电桥法      B、双线制连接法  
C、三线制连接法      D、混合连接法
- 3、（ B ）不可以改变电感式传感器的电容。  
A、改变极板间距离      B、改变极板间电压  
C、改变极板面积      D、改变介电常数
- 4、在热电偶传感器中，热电偶回路的主要性质不包括（ C ）。  
A、中间导体定律      B、中间温度定律  
C、欧姆定律      D、标准电极定律
- 5、在下列元件中不属于光电元件的是（ A ）。  
A、光纤      B、光敏电阻  
C、光电池      D、光敏晶体管
- 6、在信号远距离传输中，常采用调制方法，当高频振荡的频率受缓慢变化信号控制时，称为（ A ）。  
A、调频      B、调相  
C、调幅      D、鉴相
- 7、在有源滤波器的组成中，把（ A ）接入运放的负反馈回路中，即可组成有源 BEF。  
A、无源的 BPF      B、无源的 BEF  
C、无源的 LPF      D、无源的 HPF
- 8、在传感器信号的非线性校正中，下列那一项属于数字量的非线性校正的常用方法的是（ C ）  
A、估值法      B、转化法  
C、插值法      D、中值法
- 9、随着集成技术的发展，经常把传感器和一部分处理电路集成在一起，其中，（ D ）不能和传感器集成在电路中。  
A、补偿电路      B、阻抗变换电路  
C、信号数字化电路      D、液体电容器
- 10、下列哪一项不属于检测仪表的组成部分（ A ）  
A、控制部分      B、传感部分  
C、显示记录部分      D、转换放大部分
- 11、下列那一项不属于隔离放大器的隔离指标的是（ D ）。  
A、绝缘阻抗      B、绝缘电压抑制比  
C、绝缘电压范围      D、增益范围
- 12、当超声波在一种介质中传播到界面或遇到另一种介质，其方向不垂直于界面时，将产生声波的反射、折射及\_\_\_D\_\_\_现象。  
A.表面波      B.兰姆波  
C.驻波      D.波型转换

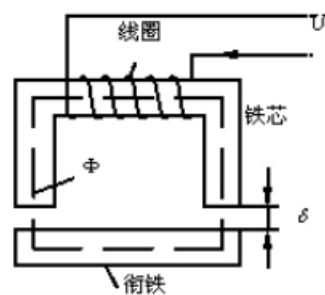
13、改变电感传感器的引线电缆后，\_\_C\_\_。

- A.不必对整个仪器重新标定
- B. 必须对整个仪器重新调零
- C. 必须对整个仪器重新标定
- D. 不必对整个仪器重新调零

15、在光的作用下，电子吸收光子能量从键合状态过渡到自由状态，引起物体电阻率的变化，这种现象称为\_\_D\_\_。

- A.磁电效应
- B.声光效应
- C.光生伏特效应
- D.光电导效应

16、如图所示的结构由线圈、铁芯、衔铁三部分组成的。线圈套在铁芯上的，在铁芯与衔铁之间有一个空气隙，空气隙厚度为 $\delta$ 。传感器的运动部分与衔铁相连。当外部作用力作用在传感器的运动部分时，衔铁将会运动而产生位移，使空气隙 $\delta$ 发生变化。这种结构可作为传感器用于\_\_C\_\_。



结构原理示意图

- A. 静态测量
- B. 动态测量
- C. 静态测量和动态测量
- D. 既不能用于静态测量，也不能用于动态测量

17、下列被测物理量适合于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

18、属于传感器动态特性指标的是（ D ）

- A. 重复性
- B. 线性度
- C. 灵敏度
- D. 固有频率

19、按照工作原理分类，固体图象式传感器属于（ A ）

- A. 光电式传感器
- B. 电容式传感器
- C. 压电式传感器
- D. 磁电式传感器

20、测量范围大的电容式位移传感器的类型为（ D ）

- A. 变极板面积型
- B. 变极距型
- C. 变介质型
- D. 容栅型

21、利用相邻双臂桥检测的应变式传感器，为使其灵敏度高、非线性误差小（ C ）

- A. 两个桥臂都应当用大电阻值工作应变片
- B. 两个桥臂都应当用两个工作应变片串联
- C. 两个桥臂应当分别用应变变化相反的工作应变片

- D. 两个桥臂应当分别用应变变量变化相同的工作应变片
- 22、影响压电式加速度传感器低频响应能力的是 ( D )
- A. 电缆的安装与固定方式      B. 电缆的长度  
C. 前置放大器的输出阻抗      D. 前置放大器的输入阻抗
- 23、固体半导体摄像元件 CCD 是一种 ( C )
- A. PN 结光电二极管电路      B. PNP 型晶体管集成电路  
C. MOS 型晶体管开关集成电路      D. NPN 型晶体管集成电路
- 24、将电阻  $R$  和电容  $C$  串联后再并联到继电器或电源开关两端所构成的  $RC$  吸收电路，其作用是 ( D )
- A. 抑制共模噪声      B. 抑制差模噪声  
C. 克服串扰      D. 消除电火花干扰
- 25、在采用限定最大偏差法进行数字滤波时，若限定偏差  $\Delta Y \leq 0.01$ ，本次采样值为 0.315，上次采样值为 0.301，则本次采样值  $Y_n$  应选为 ( A )
- A. 0.301      B. 0.303      C. 0.308      D. 0.315
- 26、若模/数转换器输出二进制数的位数为 10，最大输入信号为 2.5V，则该转换器能分辨出的最小输入电压信号为 ( B )
- A. 1.22mV      B. 2.44mV      C. 3.66mV      D. 4.88mV
- 27、周期信号的自相关函数必为 ( A )
- A. 周期偶函数      B. 非周期偶函数  
C. 周期奇函数      D. 非周期奇函数
- 28、已知函数  $x(t)$  的傅里叶变换为  $X(f)$ ，则函数  $y(t)=2x(3t)$  的傅里叶变换为 ( B )
- A.  $2X(\frac{f}{3})$       B.  $\frac{2}{3}X(\frac{f}{3})$       C.  $\frac{2}{3}X(f)$       D.  $2X(f)$
- 29、对压电式加速度传感器，希望其固有频率 ( C )
- A. 接近零      B. 尽量低些  
C. 尽量高些      D. 任意
- 30、( C ) 传感器可用于医疗上  $-50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$  之间的温度测量。
- A. 金属辐射式      B. 热电偶  
C. 半导体三极管      D. 比色计
- 31、信号传输过程中，产生干扰的原因是 ( C )
- A. 信号是缓变的      B. 信号是快变的  
C. 干扰的耦合通道      D. 信号是交流的
- 32、差动电桥由环境温度变化引起的误差为 ( D )
- A.  $\frac{1}{2} \frac{\Delta R_1}{R_1}$       B.  $\frac{1}{4} \frac{\Delta R_1}{R_1}$   
C.  $\frac{1}{2} \frac{\Delta R_1}{R_1} E$       D. 0
- 33、概率密度函数提供了随机信号 ( B ) 的信息。
- A. 沿频率轴分布      B. 沿幅值域分布  
C. 沿时域分布      D. 沿尺度分布
- 34、非线性度是表示校准曲线 ( B ) 的程度。
- A. 接近真值      B. 偏离拟合直线  
C. 正反行程不重合      D. 重复性
- 35、非周期信号的频谱是 ( A )
- A. 连续的      B. 离散的

- C.基频的整数倍 D.脉冲函数
- 36、莫尔条纹光栅传感器的输出是( A )
- A.数字脉冲式 B.调幅式
- C.调频式 D.正弦波
- 37、半导体应变片具有( A )等优点。
- A.灵敏度高 B.温度稳定性好
- C.可靠性高 D.接口电路复杂
- 38、一阶系统的动态表征参数是( D )
- A.线性度 B.固有频率
- C.阻尼比 D.时间常数
- 39、常用于测量大位移的传感器有( A )
- A.感应同步器 B.应变电阻式
- C.霍尔式 D.涡流式
- 40、将电阻应变片贴在( C )上,就可以分别做成测力、位移、加速度等参数的传感器。
- A.质量块 B.导体
- C.弹性元件 D.机器组件
- 41、半导体热敏电阻率随着温度上升,电阻率( B )
- A.上升 B.迅速下降
- C.保持不变 D.归零
- 42、结构型传感器是依靠传感器( C )的变化实现信号变换的。
- A.材料物理特性 B.体积大小
- C.结构参数 D.电阻值
- 43、阻抗头是测量振动系统( D )的拾振器。
- A.振动位移 B.振动加速度
- C.激振力 D.激振力及其响应
- 44、产生应变片温度误差的主要原因有( A )
- A 、电阻丝有温度系数 B 、试件与电阻丝的线膨胀系数相同
- C 、电阻丝承受应力方向不同 D 、电阻丝与试件材料不同
- 45、为了使螺线管式差动变压器式传感器具有较好的线性度,通常是( A )
- A. 取测量范围为线圈骨架的  $1/10 \sim 1/4$  B. 取测量范围为线圈骨架的  $1/2 \sim 2/3$
- C. 激励电流频率采用中频 D. 激励电流频率采用高频
- 46 光敏电阻的性能好、灵敏度高,是指给定电压下( C )
- A、暗电阻大 B、亮电阻大
- C、暗电阻与亮电阻差值大 D、暗电阻与亮电阻差值小
- 47、光敏二极管工作时,其上( B )
- A、加正向电压 B、加反向电压
- C、不需加电压 D、加正向、反向电压都可以
- 48、影响金属导电材料应变灵敏度  $k$  的主要因素是( B )
- A 、导电材料电阻率的变化 B 、导电材料几何尺寸的变化
- C 、导电材料物理性质的变化 D 、导电材料化学性质的变化
- 49、用电容式传感器测量固体或液体物位时,应该选用( B )
- A 、 变间隙式 B 、 变介电常数式
- C 、 变面积式 D 、 空气介质变间隙式
- 50、差动螺线管式电感传感器的配用测量电路有( B )

- A、直流电桥  
B、变压器式交流电桥  
C、带相敏整流的交流电桥  
D、运算放大器电路

20、光敏三极管的结构，可以看成普通三极管的（C）用光敏二极管代替。

- A、集电极  
B、发射极  
C、集电结  
D、发射结

## 二、填空题

- 按能量角度分析，典型的传感器构成方法有三种，即 自源型、带激励源型 以及 外源型，前两者属于能量 转换型，后者是能量 控制型。
- 将温度转换为电势大小的热电式传感器是 热电偶 传感器，而将温度变化转换为电阻大小的热电式传感器是 热电阻（金属材料）或 热敏电阻（半导体材料）。
- 光纤传感器由 光源、光纤 和 光探测器 三部分组成，光纤传感器一般分为两大类，即 传光型 光纤传感器，也称为 非功能性 光纤传感器，另一类是 传感性 光纤传感器，也称为 功能型 光纤传感器，前者多使用 多模 光纤，而后者只能用 单模 光纤。
- 实际使用中的传感器，其特性要受到环境变化的影响，为消除环境干扰的影响，广泛采用的线路补偿法包括 相同传感器 补偿型、不同传感器 补偿型、差动结构 补偿型。
- 电感式传感器也称为 变磁阻式 传感器，它是利用 电磁感应 原理将被测物理量转换成线圈 自感系数 和 互感系数 的变化，再由测量电路转换为电压或电流的变化，从而实现非电量到电量的转换。
- 容栅传感器实际上是多个 差动 式 变面积 型电容传感器的并联，它具有 误差平均 效应，测量精度很高。
- 热电偶传感器的工作基础是 热电效应，其产生的热电势包括 接触 电势和 温差 电势两部分。热电偶的 连接导体 定律是工业上运用补偿导线法进行温度补偿的理论基础；中间温度 定律为制定分度表奠定了理论基础；根据 中间导体 定律，可允许采用任意的焊接方式来焊接热电偶。
- 用于制作压电传感器的常用压电材料是 石英晶体 和 压电陶瓷。
- 在磁敏式传感器中，霍尔 传感器和 磁敏电阻 传感器属于体型磁敏传感器，磁敏二极管 和 磁敏三极管 属于结型磁敏传感器。
- 为克服电容式传感器的边缘效应，可采用 减小极板厚度 方法和 带保护环 结构。为消灭寄生电容的影响可采用 驱动电缆法、整体屏蔽法 以及采用 组合式与集成技术 方法。
- 基于外光电效应的器件有 光电管 和 光电倍增管；基于内光电效应的器件有 光敏电阻、光电池、光敏二极管 和 光敏晶体管 等。
- 传感器的输入输出特性指标可分为 静态 和动态指标两大类，线性度和灵敏度是

- 传感器的\_\_静态\_\_指标,而频率响应特性是传感器的\_\_动态\_\_指标。
13. 对传感器进行动态\_\_标定(或校准或测试)\_\_\_\_的主要目的是检测传感器的动态性能指标。
14. 传感器的过载能力是指传感器在不致引起规定性能指标永久改变的条件下,允许超过\_\_测量范围\_\_\_\_的能力。
15. 传感检测系统目前正迅速地由模拟式、数字式,向\_\_智能化\_\_方向发展。
16. 已知某传感器的灵敏度为  $K_0$ , 且灵敏度变化量为  $\Delta K_0$ , 则该传感器的灵敏度误差计算公式为  $r_s = \frac{\Delta K_0}{K_0} \times 100\%$  \_\_\_\_\_。
17. 为了测得比栅距  $W$  更小的位移量, 光栅传感器要采用\_\_细分\_\_\_\_技术。
18. 在用带孔圆盘所做的光电扭矩测量仪中, 利用孔的透光面积表示扭矩大小, 透光面积减小, 则表明扭矩\_\_增大\_\_\_\_。
19. 电容式压力传感器是变\_\_极距(或间隙)\_\_\_\_型的。
20. 一个半导体应变片的灵敏系数为 180, 半导体材料的弹性模量为  $1.8 \times 10^5 \text{ Mpa}$ , 其中压阻系数  $\pi_L$  为  $20.1 \times 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$ 。
21. 图像处理过程中直接检测图像灰度变化点的处理方法称为\_\_微分法\_\_\_\_。
22. 热敏电阻常数  $B$  大于零的是\_\_负\_\_\_\_温度系数的热敏电阻。
23. 若测量系统无接地点时, 屏蔽导体应连接到信号源的\_\_对地低阻抗端(或接地端)\_\_\_\_。
24. 交流电桥各桥臂的复阻抗分别为  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ , 各阻抗的相位角分别为  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ , 若电桥平衡条件为  $Z_1/Z_4 = Z_2/Z_3$ , 那么相位平衡条件应为  $\varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2 + \varphi_4$  \_\_\_\_\_。
25. 导电丝材的截面尺寸发生变化后其电阻会发生变化, 用这一原理可制成的传感器 称为\_\_电阻应变式\_\_\_\_式传感器, 利用有材料具有磁致伸缩效应可制成的\_\_压磁式\_\_\_\_传感器也可用以测量力, 而压电式传感器则利用了一些具有离子型晶体电介质的\_\_压电\_\_\_\_效应, 它敏感的最基本的物理量也是力。
26. 热电式传感器中, 能将温度变化转换为\_\_电阻\_\_\_\_变化的一类称为热电阻, 而能将温度变化转换为电势的称为\_\_热电偶\_\_\_\_, 其中\_\_热电偶\_\_\_\_式传感器在应用时需要做温度补偿(冷端补偿)。
27. 旋转式编码器用以测量转轴的角位移, 其中\_\_绝对式编码器\_\_\_\_在任意位置都有固定的数字编码与位置对应, 线数为 360 线的增量式编码器分辨力为\_\_1\_\_\_\_(角)度。
28. 光电效应分为\_\_内光电效应\_\_和\_\_外光电效应\_\_两大类。
29. 光纤的核心是由折射率\_\_较大的纤芯\_\_和折射率\_\_较小的包层\_\_构成的双层同心圆柱结构。
30. 如果仅仅检测是否与对象物体接触, 可使用\_\_ON-OFF 型微动开关\_\_\_\_作为传感器。
31. 红外图像传感器由红外敏感元件和\_\_电子扫描\_\_\_\_电路组成。
32. 在电阻应变片公式,  $\frac{dR}{R} = (1 + 2\mu) \epsilon + \lambda E \epsilon$  中,  $\lambda$  代表\_\_材料压阻系数\_\_\_\_。
33. 利用电涡流位移传感器测量转速时, 被测轴齿盘的材料必须是\_\_金属\_\_\_\_。
34. 当磁头相对于磁尺不动时, 仍有感应电动势输出的是静态磁头, 且输出电势的幅值由\_\_磁头所处的位置\_\_\_\_所决定。
35. 动态标定的目的, 是检验测试传感器的\_\_动态性能\_\_\_\_指标。
36. 确定静态标定系统的关键是选用被测非电量(或电量)的标准信号发生器和\_\_标准测试系统\_\_\_\_。
37. 传感器的频率响应特性, 必须在所测信号频率范围内, 保持\_\_不失真测量\_\_\_\_条件。
38. 热电偶电动势由\_\_温度差\_\_\_\_电动势和接触电动势两部分组成。
39.  $\text{SnO}_2$  型半导体气敏器件非常适宜检测浓度较\_\_低\_\_\_\_的微量气体。

- 40、有源滤波器由集成运放和 RC 网络 组成。
- 41、采用 交流 电源供电的电桥称为交流电桥。
- 42、多路模拟开关由 地址译码器 和多路双向模拟开关组成。
- 43、为了提高检测系统的分辨率，需要对磁栅、容栅等大位移测量传感器输出信号进行 细分。
- 44、若随机信号  $x(t)$ 、 $y(t)$  的均值都为零，当  $\tau \rightarrow \infty$  时，它们的互相关函数  $R_{xy}(\tau) =$  0。
- 45、通常传感器由 敏感元件、转换元件、基本转换电路 三部分组成，  
是能把外界 非电量 转换成电量的器件和装置。
- 46、金属丝在外力作用下发生机械形变时它的电阻值将发生变化，这种现象称 应变效应；固体受到作用力后电阻率要发生变化，这种现象称 压阻效应。直线的电阻丝绕成敏感栅后长度相同但应变不同，圆弧部分使灵敏度  $K$  下降了，这种现象称为 横向效应。
- 47、差动变压器式传感器理论上讲，衔铁位于中心位置时输出电压为零，而实际上差动变压器输出电压不为零，我们把这个不为零的电压称为 零点残余电压；利用差动变压器测量位移时，如果要求区别位移方向（或正负）可采用 相敏检波电路。
- 48、把一导体（或半导体）两端通以控制电流  $I$ ，在垂直方向施加磁场  $B$ ，在另外两侧会产生一个与控制电流和磁场成比例的电动势，这种现象称 霍尔效应，这个电动势称为霍尔电势。外加磁场使半导体（导体）的电阻值随磁场变化的现象成 磁阻效应。
- 49、某些电介质当沿一定方向对其施力而变形时内部产生极化现象，同时在它的表面产生符号相反的电荷，当外力去掉后又恢复不带电的状态，这种现象称为 正压电效应；在介质极化方向施加电场时电介质会产生形变，这种效应又称 逆压电效应。
- 50、在光线作用下电子逸出物体表面向外发射称 外光电效应；入射光强改变物质导电率的现象称 光电导效应；半导体材料吸收光能后在 PN 结上产生电动式的效应称 光生伏特效应。
- 51、块状金属导体置于变化的磁场中或在磁场中作切割磁力线运动时，导体内部会产生一圈圈闭合的电流，利用该原理制作的传感器称 电涡流传感器；这种传感器只能测量金属物体。
- 52、不同的金属两端分别连在一起构成闭合回路，如果两端温度不同，电路中会产生电动势，这种现象称 热电效应；若两金属类型相同两端温度不同，加热一端时电路中电动势  $E = 0$ 。
- 53、噪声一般可分为（ ）和（ ）两大类。  
外部噪声、内部噪声
- 54、差模干扰又称（ ）干扰、正态干扰、（ ）干扰、横向干扰等。  
串模、常态
- 55、光纤是由（ ）和（ ）组成，按照的传播模式分类，光纤可以分为（ ）光纤和（ ）光纤。  
纤芯、包层、多模、单模
- 56、光纤的数值孔径是衡量光纤（ ）的一个主要参数。  
集光性能
- 57、实际上光在传播过程中存在损耗，主要有（ ）损耗、（ ）损耗、（ ）损耗及（ ）损耗。

费涅尔反射、光吸收、全反射、弯曲

58、热电偶中热电势的大小仅与（ ）的性质、（ ）有关，而与热电极尺寸、形状及温度分布无关。

热电极材料、两端点温度

59、霍尔效应是导体中的载流子在磁场中受（ ）作用产生（ ）的结果。

洛伦茨力、霍尔电动势

60、石英晶体（ ）压电效应产生的电荷量与晶片的几何尺寸无关，而（ ）压电效应产生的电荷量与

晶片的几何尺寸有关；压电陶瓷是一种（ ）铁电体。

纵向、横向、多晶

61、通常传感器由（ ）、（ ）、（ ）三部分组成，是能把外界（ ）转换成（ ）的器件和装置。

敏感元件、转换元件、基本转换电路、非电量、电量

62、金属丝在外力作用下发生机械形变时它的电阻值将发生变化，这种现象称（ ）效应；固体受到作用力后电阻率要发生变化，这种现象称（ ）效应。直线的电阻丝绕成敏感栅后长度相同但应变不同，圆弧部分使灵敏度  $K$  下降了，这种现象称为（ ）效应。

应变、压阻、横向

63、差动变压器式传感器理论上讲，衔铁位于中心位置时输出电压为零，而实际上差动变压器输出电压不为零，我们把这个不为零的电压称为（ ）电压；利用差动变压器测量位移时如果要求区别位移方向（或正负）可采用（ ）电路。

零点残余、相敏检波

64、把一导体（或半导体）两端通以控制电流  $I$ ，在垂直方向施加磁场  $B$ ，在另外两侧会产生一个与控制电流和磁场成比例的电动势，这种现象称（ ）效应，这个电动势称为（ ）电势。外加磁场使半导体（导体）的电阻值随磁场变化的现象称（ ）效应。

霍尔、霍尔、磁阻

65、某些电介质当沿一定方向对其施力而变形时内部产生极化现象，同时在它的表面产生符号相反的电荷，当外力去掉后又恢复不带电的状态，这种现象称为（ ）效应；在介质极化方向施加电场时电介质会产生形变，这种效应又称（ ）效应。

正压电、逆压电

66、在光线作用下电子逸出物体表面向外发射称（ ）效应；入射光强改变物质导电率的现象称（ ）效应；半导体材料吸收光能后在 PN 结上产生电动式的效应称（ ）效应。

外光电、光电导、光生伏特

67、块状金属导体置于变化的磁场中或在磁场中作切割磁力线运动时，导体内部会产生一圈圈闭合的电流，利用该原理制作的传感器称（ ）传感器；这种传感器只能测量（ ）物体。

电涡流、金属

68、不同的金属两端分别连在一起构成闭合回路，如果两端温度不同，电路中会产生电动势，这种现象称（ ）效应；若两金属类型相同两端温度不同，加热一端时电路中电动势  $E =$ （ ）。

热电、0

69、可以进行位移测量的传感器有（ ）、（ ）、（ ）。

光纤传感器、差动变压器、电阻传感器

70、可以完成温度测量的有（ ）、（ ）、（ ）。

热电偶、热敏电阻、热释电

71、半导体式传感器是（ ）、（ ）、（ ）、（ ）。

磁敏、霍尔元件、气敏传感器、压阻传感器

72、光电传感器有（ ）、（ ）、（ ）、（ ）。



光电耦合器、色敏传感器、光纤传感器、光电二极管

73、用于磁场测量的传感器 ( )、( )。

霍尔器件、磁敏晶体管

74、进行振动（或加速度）测量的传感器 ( )、( )。

磁电传感器、压电传感器

75、利用物体反射进行非电量检测的传感器 ( )、( )。

超声波传感器、红外传感器

76、传感器一般由 ( )、( )、( ) 和 ( ) 四部分组成。

敏感元件、转换元件、测量电路、辅助电源

77、电阻应变片由 ( )、( )、( )、和 ( ) 等部分组成。

敏感栅、基片、覆盖层、引线

78、电容式传感器中，变面积式常用于较大的 ( ) 的测量。

位移

79、单线圈螺线管式电感传感器主要由线圈、( ) 和可沿线圈轴向 ( ) 的 ( ) 组成。

铁心、移动、衔铁

80、压电式传感器的工作原理是基于某些 ( ) 材料的压电效应。

介质

81、光敏二极管的结构与普通 ( ) 类似，它是在 ( ) 电压下工作的。

二极管、反向

82、霍尔效应是导体中的 ( ) 在磁场中受 ( ) 作用产生 ( ) 的结果。

载流子、洛伦兹力、霍尔电动势

83、热敏电阻可分为 ( ) 和 ( ) 型两大类。

负温度系数热敏电阻、正温度系数热敏电阻

三、判断题（正确的在题后的括号内打“√”，错误的打“×”，每题 2 分，共 20 分）

1、测量的输出值与理论输出值的差值即为测量误差。（√）

2、在实际电路中，只要差分变压器中两个二次线圈的电气参数、几何尺寸或磁路参数做的足够精确，就可以消除零点残余电压。（×）

3、电涡流的产生必然消耗一部分磁场能量。（√）

4、在霍尔式传感器中，霍尔电势反比于磁场强度。（×）

5、在光线作用下，物体电导性能发生变化或产生一定方向的电动势的现象，称为内光电效应。（√）

6、光栅式传感器实际上是光电式传感器的一个特殊应用。（√）

7、在传感器信号预处理的采样/保持电路中，采样时间越长越好，保持时间越短越好。（×）

8、在调制与解调电路中，控制高频振荡的缓变信号称为调制信号。（√）

9、把无源的带通滤波器接入运放的正反馈回路中可组成有源的带阻滤波器。（×）

10、电磁干扰的途径通常分为通过“路”的干扰和通过“场”的干扰两种。（√）

11、测量的约定真值与理论输出值的差值即为测量误差。（×）

12、金属导体置于变化的磁场中，导体内就会有感应电流产生，这种电流在金属体内自行闭合，通常称为电涡流。（√）

13、在光线作用下，电子从物体表面逸出的物理现象，称为外光电效应，也称光电发射效应。（√）

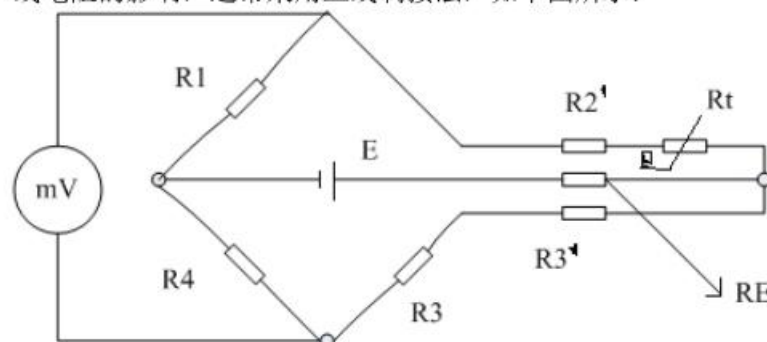
14、任意两个变量 x 和 y 之间的真实关系均可用一元线性回归方程来描述。（×）

- 15、相关函数和相关系数一样都可以用它们数值的大小来衡量两函数的相关程度。(×)
- 16、对多次测量的数据取算数平均值,就可以减少随机误差的影响。(√)
- 17、对一个具有有限频谱(0~ $f_c$ )的连续信号采样,若满足  $2f_c T_s \geq 1$ ,采样后得到的输出信号能恢复为原来的信号。(×) [ $T_s$  为采样频率]
- 18、设某周期信号  $x(t)$  之单位为 $\mu$ ,则其均方根谱之单位为 $\mu^2$ ,其功率谱之单位为 $\mu$ 。(×)
- 19、测量系统的固有频率越高,其灵敏度也越高。(×)
- 20、A/D 转换就是把模拟信号转换成连续的数字信号。(×)
- 21、接触式测温是基于热平衡原理进行的,非接触式测温是基于热辐射原理进行的(√)
- 22、同一材料构成的热电偶,即使两端点温度不等,也不会形成热电势。(√)
- 23、只要信号一经截断,就不可避免地引起混叠。(×)
- 24、一台仪器的重复性很好,但测得的结果并不准确,这是由于存在系统误差的缘故。(√)
- 25、交流电桥的输出信号经放大后,直接记录就能获得其输入信号的模拟信号了。(×)
- 26、测量小应变时,应选用灵敏度高的金属丝应变片,测量大应变时,应选用灵敏度低的半导体应变片。(√)
- 27、传递函数表征了系统的固有特性,并反映了物理结构,因此,凡传递函数相同的系统,其物理结构必然相同。(×)
- 28、固有频率  $f_n=400\text{Hz}$  的振动子的工作频率范围为  $f > 400\text{Hz}$ 。(×)
- 29、信号在时域上波形有所变化,必然引起频谱的相应变化。(×)
- 30、一台仪器的重复性很好,但测得的结果并不准确,这是由于存在随机误差的缘故。(×)
- 31、一般来说测量系统的固有频率越高,则其灵敏度就越低。(√)
- 32、作为温度补偿的应变片应和工作应变片作相邻桥臂且分别贴在与被测试件相同的置于同一温度场的材料上。(√)

#### 四、问答题

1、金属热电阻为什么要进行三线制接线?并画出其接线图

答:用金属热电阻传感器进行温度测量时,用电桥作为测量电路。在进行测量时总要采用导线连接,由于金属电阻本身阻值很小,所以引线电阻及其变化不能忽略。为了消除或减少引线电阻的影响,通常采用三线制接法,如下图所示:

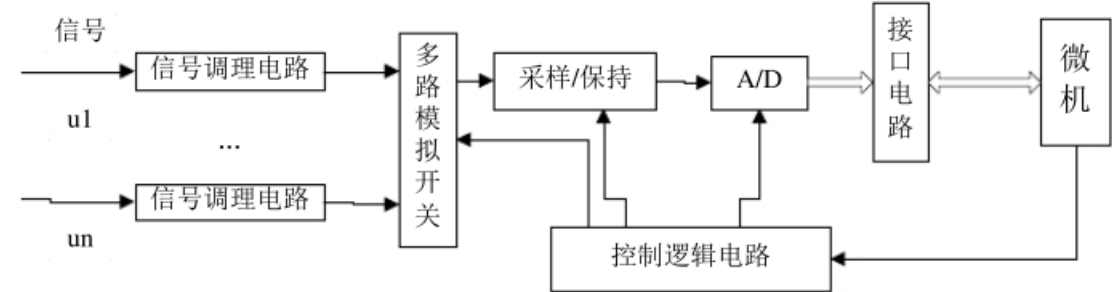


2、简述传感器信号的预处理方法

答: 1) 阻抗变换电路 2) 放大电路 3) 电流电压转换电路 4) 频率电压转换电路 5) 电桥电路 6) 电荷放大电路 7) 交直流转换电路 8) 滤波电路 9) 非线性校正电路 10) 对数压缩电路

3、数据采集系统常由哪几部分组成？画出数据采集系统的典型构成。

答：数据采集系统常由信号调理电路（包括放大器、滤波器等）、多路模拟开关、采样保持电路、A/D 转换器以及接口控制逻辑电路所组成。典型系统框图如下：



4、简述压电陶瓷的压电机理。

解：

（1）极化处理：一定温度下施加强直流电场  $E$ ，使压电陶瓷的自发极化方向与外电场一致。当  $E$  去掉后，存在剩余极化强度，即陶瓷片的两端出现束缚电荷。

（2）压电特性：加与极化方向相同的外力  $F$ ，自由电荷放电，撤销外力，出现充电现象，放电电荷为

$$q = d_{33} \cdot F$$

其中， $d_{33}$  为压电系数。

5、举例说明结构型传感器与物性型传感器的区别。

解：见下表：

|            | 结构型       | 物性型         | 分值 |
|------------|-----------|-------------|----|
| 基于不同的物理定律  | 场的定律      | 物质定律        | 1  |
| 传感器特性的决定因素 | 由结构参数决定   | 构成传感器的物质的性质 | 1  |
| 性能         | 稳定        | 将迅速提高       | 1  |
| 成本         | 较高        | 将大大降低       |    |
| 应用         | 广泛        | 发展方向之一      |    |
| 传感器组成      | 敏感元件+传感元件 | 没有敏感元件环节    | 1  |
| 举例         | 电容传感器     | 压电传感器       | 1  |

6、简述应变计横向效应的产生原因、横向效应系数的定义及减小横向效应的方法。

解：在单向应力、双向应变情况下，横向应变总是起着抵消纵向应变的作用，应变计既敏感

纵向应变，又同时受横向应变的影响，使灵敏系数降低。

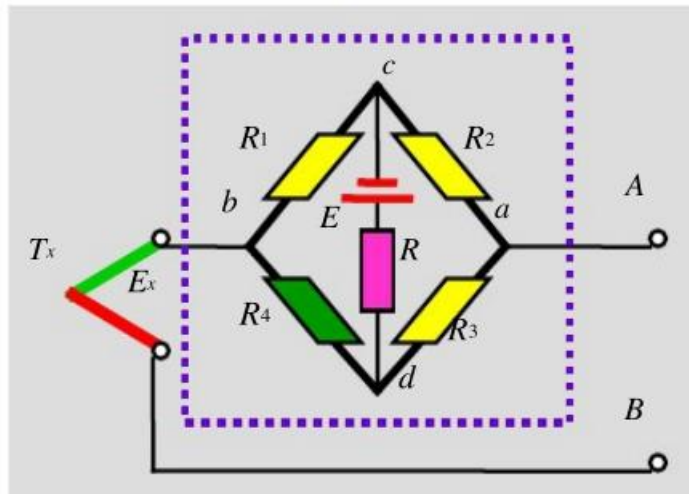
$$H = \frac{K_y}{K_x} \times 100\%$$

横向效应系数  $K_x, K_y$  为双向灵敏系数。

减小横向效应的方法：增长纵栅，减小横栅；采用直角横栅；采用箔式应变计。

7、给出热电偶传感器冷端电桥补偿法的结构，并说明其原理。

解：如图所示，其中  $R_1, R_2, R_3$  温度系数为零， $R_4$  正温度系数

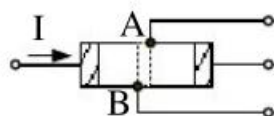


(1) 参考端  $T=20^\circ\text{C}$  时，电桥平衡， $U_{ab}=E_x$

(2) 参考端  $T$  升高  $R_4$  增大， $E_x$  降低，电桥失衡， $U_{ab} \neq 0$ ，若  $U_{ab}$  增量等于  $E_x$  减小量，则  $U_{AB}=U_{ab}+E_x$  不变。

8、分析霍尔传感器产生不等位电势的原因及其补偿方法。

解：

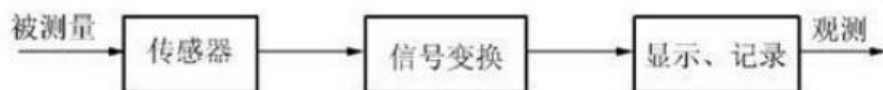


(1) 产生不等位电势原因：工艺上难以保证两个霍尔电极在同一等位面上，当有  $I$  时，即使  $B=0$ ， $AB$  之间仍存有电位差。

(2) 补偿方法：采用电桥原理，根据  $A$ 、 $B$  电位高低，在阻值较大的桥臂上并联电阻。

9、画出测试系统的组成框图，并说明各组成部分的作用。

答案要点：



传感器作为测试系统的第一环节，将被测量转化为人们所熟悉的各种信号，通常传感器将被测量转换成电信号；信号变换部分是对传感器所送出的信号进行加工，如信号的放大、滤波、补偿、校正、模数转换、数模转换等，经过处理使传感器输出的信号便于传输、显示或记录；显示与记录部分将所测信号变为便于人们理解的形式，以供人们观测和分析。

10、粘贴到试件上的电阻应变片，环境温度变化会引起电阻的相对变化，产生虚假应变，这种现象称为温度效应，简述产生这种现象的原因。

答案要点：

- ①环境温度变化时，由于敏感栅材料的电阻温度系数的存在，引起应变片电阻相对变化；
- ②环境温度变化时，敏感栅材料和试件材料的膨胀系数不同，应变片产生附加的拉长(或压缩)，引起电阻的相对变化。

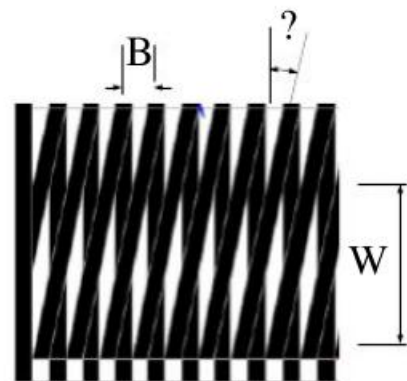
11、简述压电式传感器分别与电压放大器和电荷放大器相连时各自的特点。

答：传感器与电压放大器连接的电路,其输出电压与压电元件的输出电压成正比,但容易受电缆电容的影响。

传感器与电荷放大器连接的电路,其输出电压与压电元件的输出电荷成正比,电缆电容的影响小。

12、简要说明光栅尺的原理。

光栅是基于莫尔条纹现象的。当两组间隔  $B$  相同，并有一夹角  $\theta$  的光栅相互错动时，会形成明暗相间的移动条纹，称为莫尔条纹。莫尔条纹的宽度  $W$  可表示为： $W=B/\theta$ ，当  $\theta$  角很小时，即活动光栅每移动一个  $W$  距离，莫尔条纹能移动一个  $B$  的距离，由于  $\theta$  角很小，因此， $W$  比  $B$  要大的多，有放大的作用。光栅式传感器就利用了这一原理。



13、在静态测量中，根据测量系统输入量与对应输出值所绘制的定度曲线可以确定那些静态特性？

在静态测量中，根据绘制的定度曲线，可以确定测量系统的三个静态特性：灵敏度，非线性度，回程误差。



14、简述应变片在弹性元件上的布置原则，及哪几种电桥接法具有温度补偿作用。

布置原则有：

(1)贴在应变最敏感部位，使其灵敏度最佳；

(2)在复合载荷下测量，能消除相互干扰；

(3)考虑温度补偿作用；

单臂电桥无温度补偿作用，差动和全桥方式具有温度补偿作用。

15、简述两类扭矩的测量原理及举例说明相应的扭矩传感器

1)轴类零件受扭矩作用时，在其表面产生切应变，可通过测量该应变检测扭矩，如电阻应变式扭矩传感器。

2)弹性转轴受扭后，两端面的相对转角只与所承受的扭矩有关，且呈比例关系，可通过测量扭转角测量扭矩，如电容式或光电式扭矩传感器。

16、涡流式传感器测量位移与其它位移传感器比较，其主要优点是什么？涡流传感器能否测量大位移量？为什么？

优点：能实现非接触测量，结构简单，不怕油等介质污染。

涡流传感器不能测量大位移量，只有当测量范围较小时，才能保证一定的线性度。

16、压力传感器测量砝码数据如下，试解释这是一种什么误差，产生这种误差的原因是什么。

N(g) 012345

正行程

|        |     |   |     |   |     |
|--------|-----|---|-----|---|-----|
| (mv) 0 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 |
|--------|-----|---|-----|---|-----|

反行程

|        |     |   |   |     |     |
|--------|-----|---|---|-----|-----|
| (mv) 0 | 0.5 | 1 | 2 | 2.5 | 3.5 |
|--------|-----|---|---|-----|-----|

解：迟滞误差；静态误差；传感器本身材料的缺陷造成。

17、什么是传感器动态特性和静态特性，简述在什么频域条件下只研究静态特就能够满足通常的需要，而在什么频域条件下一般要研究传感器的动态特性？

答：传感器的特性是指传感器所特有性质的总称。而传感器的输入输出特性是其基本特性，一般把传感器作为二端网络研究时，输入输出特性是二端网络的外部特性，即输入量和输出量的对应关系。由于输入量的状态（静态、动态）不同分静态特性和动态特性。静态特性是指当输入量为常量或变化极慢时传感器输入-输出特性。动态特性指当输入量随时间变化时传感器的输入-输出特性。可以从时域和频域来研究动态特性

18、简述霍尔电势产生的原理。

答：一块半导体薄片置于磁感应强度为  $B$  的磁场(磁场方向垂直于薄片)中，当有电流  $I$  流过时，电子受到洛伦兹力作用而发生偏转。结果在半导体的后端面上电子有所积累。而前端面缺少电子，因此后端面带负电，前端面带正电，在前后端面形成电场，该电场产生的力阻止电子继续偏转当两力相平衡时，电子积累也平衡，这时在垂直于电流和磁场的方向上将产生电场，相应的电势称为霍尔电势  $U_H$ 。

19、分析应变片式传感器在使用单臂电桥测量电路时由于温度变化而产生测量误差的过程。

答：在外界温度变化的条件下，由于敏感栅温度系数  $\alpha_t$  及栅丝与试件膨胀系数 ( $\beta_s$  与  $\beta_j$ ) 之差异性而产生虚假应变输出有时会产生与真实应变同数量级的误差。

19、测量仪表静态特性非线性校正方法有哪些？

答案：

一种是开环节式非线性校正法，另一种是非线性反馈校正法。

20、在自动检测系统中，利用多种传感器把各种被测量转换成电信号时，大多数传感器的输出信号和被测量之间的关系并非线性关系。要解决这个问题，在模拟量自动检测系统中可采用什么方法？

答案：

- ①缩小测量范围，取近似值。
- ②采用非均匀的指示刻度。
- ③增加非线性校正环节。

21、振弦式传感器的结构及各组件的功能是什么？

答案：

振弦式传感器主要由膜片、振弦、夹紧块、激励器和拾振器组成。膜片将待测力转变成振弦的张紧力；振弦将待测力的变化转换成自振频率的变化；激励器供给弦激励力使弦自由振动；拾振器将弦的机械振动转换成同频率的电信号输出。

22、简述振弦式传感器的工作原理。

答案：

振弦式传感器以被拉紧的钢弦作为敏感元件。一根定长的弦，其横向固有振动频率与其所受的张紧力的平方根成正比。所以弦的固有振动频率的变化量可以反映张紧力的变化量。当待测力作用在膜片上时，待测力的变化量就引起张紧力的变化，从而弦固有频率的变化又能表征待测力的大小。

23、简述振筒式传感器的工作原理？

答案：

振筒式传感器中的振筒受激励振动起来后，由于磁性材料的振筒是拾振器永久磁铁磁路中的一部分，它的振动改变了磁路中空气隙的大小，引起磁通的变化，从而在拾振器中产生感应电动势信号。该信号经放大后，一部分供输频率信号；一部分供给激励线圈，用于补充振筒

的阻尼损耗，维持其等幅振动。

24、为什么热电偶多用合金热电极？

答案：纯金属热电极易复制，但热电势小；非金属热电极热电势大、熔点高，但复制性和稳定性差；合金热电极的热电特性和工艺性能介于上述两者之间，所以多用合金热电极。

25、简述热电偶测温原理？

答案：热电偶回路中的热电势与两热电极材料和两接触点温度有关。当热电极材料选定后，热电势仅与热电偶冷、热端温度有关。若保持冷端温度一定，则热电势就与热端温度呈单值函数关系。它的大小反映了被测温度值。

26、试述霍尔元件的简单结构。

答案：霍尔元件是 N 型半导体制成的扁平长方形的磁敏元件。扁平的两对侧面各引出一对电极。其中一对激励电极用于引入激励电流，另一对霍尔电极用于引出霍尔电势。

27、由光电效应方程式得出的两个基本概念是什么？

答案：（1）入射光频谱不变时，被照射物体单位时间内发出的光电子数与入射光强度成正比。  
（2）对某种物体产生光电效应有最低频率单色光的限制称红限。高于物体红限的入射光，不论多弱，被照射物体也能产生光电发射。低于物体红限的入射光，不论多强，被照射物体也不能产生光电发射。

28、半导体内光电效应与光强和光频率的关系是什么？

答案：每种半导体材料产生内光电效应有一个临界光波长的限制，只有小于临界光波长的光才能使该半导体产生内光电效应。随着照射光强度的增加，内光电效应增强。

29、简述压电陶瓷的结构及其特性？

答案：压电陶瓷是人工制造的多晶体，具有电畴结构。电畴是分子自发形成的区域，有一定的极化方向。经过极化处理的压电陶瓷内部仍存在很强的剩余极化。沿着压电陶瓷极化方向加力时，其极化强度发生变化，引起垂直于极化方向的平面上电荷的变化，这种变化的大小与压电陶瓷的压电系数和作用力的大小成正比。

30、试述电容式传感器的特点和关键问题。

答案：电容式传感器具有高阻抗、小功率、动态范围较大、动态响应较快、几乎没有零漂、结构简单和适应性强等特点。

电容式传感器的关键问题是分布电容的电容量与传感器电容量相比不仅不能忽视，而且影响还极其严重，其后果是造成传输效率降低、灵敏度下降、测量误差增加及稳定性变差。

31、解释下列磁敏传感器：

- ①、磁敏电阻与磁敏晶体管有哪些不同？
- ②、磁敏晶体管与普通晶体管的不同之处是什么？
- ③、磁敏电阻与霍尔元件属同一类磁电转换元件，在本质上有什么不同？

答案：①磁敏晶体管有放大作用；

②普通晶体管无磁灵敏度；

③磁敏电阻不能区别磁极性。



32、在用光开关检测物体的系统中，指出输出电压的大小。

答案：光进入受光器输出电压为 0V，光不进入，输出 6V。

33、由光电二极管二维阵列组成面型传感器进行图像检测，对图像的分辨率由光电二极管的个数决定，试说明理由。

答案：面型传感器由许多小的单元构成二维平面，其中每一个小单元都是一个光电二极管，称为像素。用面型传感器测量物体的形状所得的图像的分辨率最高只能是一个像素。如果所测得图像长为  $l$ ，对应  $N$  个像素，分辨率为  $l/N$ 。假设  $N$  为 200，则分辨率最高只能使  $1/200$ 。

34、高温加热的钢板为红色，当温度继续升高时变为白色，试说明原因。

答案：与温度相对应，物体放射出具有一定波长分布的光，高温时，所有波长的能量增大，波长分布的峰值向短波长方向移动。对应于黑体的波长分布可由普朗克分布规则求得。1000°C 的钢板，波长分布的峰值在近红外区域，发出的光波长在  $0.6\mu\text{m}$  以上，属于可见光的红光区域，因此看到的光呈现红色。温度升高使得波长分布的峰值向短波方向移动。可见光的短波成分增加，可见光所有波长成分混合使钢板颜色接近白色。

35、已知某压力传感器的测定范围为  $0\sim 10000\text{Pa}$ ，输入特性表示为  $y=10(x-0.00007x^2+2000)$  请问这种传感器能使用吗？

答案： $dy/dx=1-0.00014x$ 。微分值在  $x<7143\text{Pa}$  时为正， $x>7143\text{Pa}$  时为负，故不能使用。

36、为了实现以下目的，试从低通、高通、带通和带阻滤波中选择最合适的一种：

除去麦克风中混入的广播电波信号；

从天线接收的电视波中仅选择第三频道；

除去混入所取出的脑电波信号中的电力线频率（频率为 50Hz）干扰。

答案：（1）因为要除去高频成分，故选用低通滤波器。

（2）要消除第二通道以下和第三通道以上的频率成分，故选用带通滤波器。

（3）要消除特定成分的频率成分，故选用带阻滤波器。

37、直接测量方法有几种？它们的定义是什么？

答案：直接测量方法中有零位法、偏差法和微差法。

零位法是指被测量与已知标准量在比较仪器中进行比较，当指零机构平衡（指零）时，确定被测量就等于已知标准量。

偏差法是指用测量仪表的指针相对于表盘上刻度线的位移来直接表示被测量的大小。

微差法是零位法和偏差法的组合。先将被测量与一个已知标准量进行比较，当然该标准量尽量接近被测量，这相当于不彻底的零位法。不足部分，也就是被测量与已知标准量之差，再用偏差法测出。

38、传感器的静态特性的技术指标及其定义是什么？

答案

传感器静态特性技术指标有线性度、灵敏度、迟滞和重复性。

线性度：指实际输出 — 输入特性曲线和理论曲线两者之间的偏差与输出满度值之比。

灵敏度：指传感器在稳定标准条件下，输出变化量与与之相对应的输入变化量的比值。

迟滞：输入量增大行程期间和输入量减小行程期间，输出—输入特性曲线不重合的程度。

重复性：输入量在同一方向〈增加或减少〉做全量程内连续重复测量，所得输出—输入特性曲线不一致的程度。

39、什么叫热电阻效应？金属热电阻效应的特点和形成的原因。

答案

物质的电阻率随温度变化而变化的物理现象叫热电阻效应。

金属热电阻效应的特点是其电阻 - 温度特性曲线为正斜率。即金属材料的电阻率随温度的升高而增加。产生上述特点的原因是由于金属材料的载流子为自由电子，当温度在一定范围内升高时，虽然自由电子的总数基本保持不变，但是，每个自由电子的动能将增加，造成自由电子作定向运动的阻力增加，这就是形成金属热电阻效应的原因。

39、试述电容式传感器的工作原理与分类。

答案

以平板电容传感器为例，说明电容式传感器的工作原理与分类。平板电容器的电容量  $C = \epsilon S/d$ ，由该式不难看出，当改变极板间隙  $d$ 、极板间介电常数  $\epsilon$  或两极板的重叠面积  $S$  时，都可以改变电容量  $C$ 。因此，只要保持  $d$ 、 $S$ 、 $\epsilon$  中任何两个参量为定值，即可建立  $C$  与第三个参量的单一函数关系，测量  $C$  的变化，即可知道该参量的变化，这就是电容式传感器的工作原理。根据以上分析，电容式传感器可分为  $\epsilon$ 、 $S$  为定值的变隙式； $S$ 、 $d$  为定值的变介电常数式和  $\epsilon$ 、 $d$  为定值的变面积式。

40、电感式传感器测量电路的主要任务是什么？变压器电桥和带相敏整流的交流电桥谁能更好地完成这一任务？为什么？

答案

电感式传感器测量电路的主要任务是将传感器输出的电感量，转换成与此电感成一定关系的电信号（电压、电流、频率等），以使用电测仪表进行测试。

带相敏整流的交流电桥能更好地完成上述任务，因为该电桥不仅消除了零点残余电压，而且其基本特性既能反映位移的大小，又能反映位移的方向。

41、何谓零点残余电压？说明该电压的产生原因及消除方法。

答案

差动变压器在零位移时的输出电压称为零点残余电压，或称为零位输出电压，简称零位电压。对零点残余电压进行频谱分析，发现其频谱主要由基波和三次谐波组成。基波产生的原因主要是传感器两个次级绕组的电气参数与几何尺寸不对称，三次谐波产生的原因主要是磁性材料磁化曲线的非线性（磁饱和、磁滞）所造成的。

消除或减小零点残余电压的主要方法有：

(1) 尽可能保证传感器几何尺寸、线圈电气参数和磁路的相互对称，这是减小零点残余电压的最有效方法。

(2) 传感器设置良好的磁屏蔽，必要时再设置静电屏蔽。

(3) 将传感器磁回路工作区域设计在铁芯磁化曲线的线性段。

(4) 采用外电路补偿。

(5) 配用相敏检波测量电路。

42、什么叫电涡流效应？什么叫线圈——导体系统？

答案

块状金属导体置于变化着的磁场中，或在磁场中作切割磁力线运动时，导体内将产生呈涡旋状的感应电流，此电流叫电涡流，以上产生电涡流的现象称为电涡流效应。

电涡流式传感器的测试系统由电涡流式传感器和被测金属体两部分组成。该系统是一个电磁过程十分复杂、难以用基本方法建立数学模型的实际系统，因此，为便于对其工作原理和基本特性进行分析，往往将电涡流式传感器用传感器线圈代替（这是符合实际的），将被测金属体等效成短路环（假设电涡流仅仅分布于该环内），构成上述系统的简化模型，简称线圈——导体系统。

43、石英晶体 X 、 Y 、 Z 轴的名称及特点是什么？

答案

石英晶体的右旋直角坐标系中，Z 轴称光轴，该方向上没有压电效应；X 轴称电轴，垂直于 X 轴的晶面上压电效应最显著。沿 X 轴施加力时，在力作用下的两晶面上产生异性电荷称纵向压电效应；Y 轴称机械轴，沿 Y 轴方向上的机械变形最显著。沿 Y 轴施加力时，受力的两晶面上不产生电荷，而在沿 X 轴加力的两个晶面上产生异性电荷称横向压电效应。

44、简述压电陶瓷的结构及其特性？

答案

压电陶瓷是人工制造的多晶体，具有电畴结构。电畴是分子自发形成的区域，有一定的极化方向。经过极化处理的压电陶瓷内部仍存在很强的剩余极化。沿着压电陶瓷极化方向加力时，其极化强度发生变化，引起垂直于极化方向的平面上电荷的变化，这种变化的大小与压电陶瓷的压电系数和作用力的大小成正比。

45、为什么霍尔元件不用金属制作，而用半导体，且用 N 型半导体制作？

答案

霍尔电势的大小与霍尔常数  $R_H$  成正比，而霍尔常数与载流子的电阻率和迁移率成正比。金属因自由电子密度太大，迁移率太小，而且电阻率很低其霍尔常数太小而不适宜制作霍尔元件。半导体材料的载流子浓度相对地小很多，且电阻率较大，迁移率也较大，因而其霍尔常数大，加上 N 型半导体中电子迁移率高于 P 型半导体，所以霍尔元件都用 N 型半导体制作。

46、简述热电偶能够工作的两个条件是什么？

答案

热电偶两电极材料必须不同；两接点温度必须不同，这就是热电偶能够工作的两个条件。

## 五、分析计算题

1、用压电式加速度计及电荷放大器测量振动，若传感器的灵敏度  $K_P$  为  $7.6 \text{ pC/g}$ （g 为重力加速度），电荷放大器的灵敏度  $K_A$  为  $0.1 \text{ V/pC}$ ，输入加速度为  $a$ 。试写出系统输出电压  $U_0$  的计算公式，并确定当输入加速度  $a$  为  $3g$ ， $5g$  时系统的输出电压  $U_{3g}$ ， $U_{5g}$ 。

（本小题写出计算公式的给 4 分，计算出一个具体结果给 3 分）

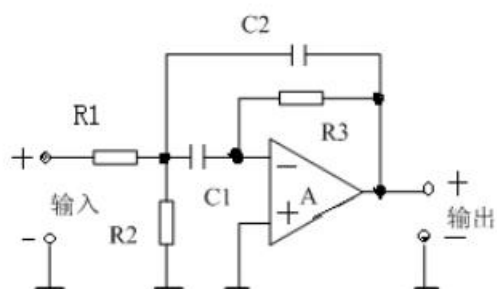
解：系统输出电压  $U_0$  的计算公式为： $U_0 = K_P \times K_A \times a$

$$U_{3g} = K_p \times K_A \times 3g \approx 2.28V$$

$$U_{5g} = K_p \times K_A \times 5g = 3.8V$$

2、下图是 TI 型有源带通滤波器的电路图，其中  $R_1=R_2=800\Omega$ ， $R_3=100\Omega$ ， $C_1=C_2=\frac{1}{\pi}\mu F$ ，

试计算该电路的中心频率  $f_0$ 。



桥T1型有源带通滤波器电路图

(本题由条件得出 3 个公式，每个公式 2 分，每个公式得出具体数值解给 1 分，最后总结 1 分)

解：因为  $R_1=R_2$ ， $C_1=C_2$ ，

$$\text{所以：} C_1=C_2=C_m=C=\frac{1}{\pi}\mu F$$

$$R_m = \sqrt{R_3 \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} = 200\Omega$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot C_m} = 2500\text{Hz}$$

所以，桥 TI 型有源带通滤波器的中心频率  $f_0$

3、如图所示的纯弯试件，如何利用全桥测量提高灵敏度并实现温度补偿，画出布片图和电桥连接图，推导输出公式。(本题 8 分)

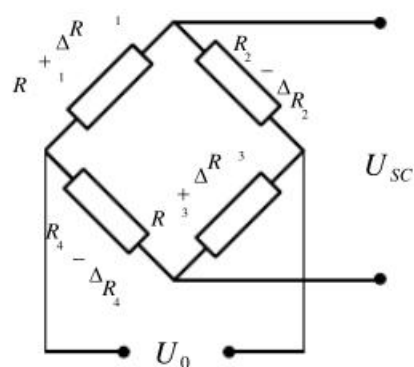
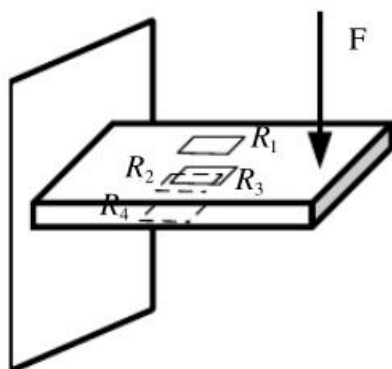


图 3.1

图 3.2

解：如图 3.1 所示，选用 4 只相同的应变片， $R_1$  和  $R_3$  贴在一面， $R_2$  和  $R_4$  贴在对称的另一面。

相应的接桥方式如图 3.2 所示， $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

当试件受力并有温度变化时，

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_\varepsilon + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_t$$

$$\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R_4}{R_4} = -\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_\varepsilon + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_t$$

则电桥输出为：

$$\begin{aligned}\Delta U_0 &= \frac{U}{4} \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) \\ &= \frac{U}{4} \cdot 4 \left( \frac{\Delta R}{R} \right)_\varepsilon \\ &= UK\varepsilon\end{aligned}$$

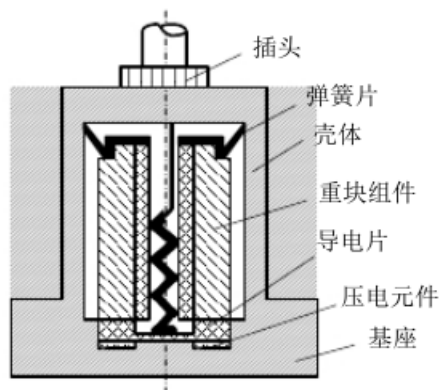
可见不仅实现了温度补偿，电桥输出为单片测量时 4 倍。

4、压电式加速度传感器的结构如图所示，假设重块组件的质量为  $m$ ，压电元件的压电系数为  $d$ ，传感器壳体内部的等效阻尼系数为  $c$ 。（本题 10 分）

要求：（1）分别给出输出电荷  $q$  及输出电压  $U$  与加速度  $a$  之间的关系；

（2）画出此加速度传感器的等效模型；

（3）推导传感器的微分方程，并说明它是几阶环节的传感器。

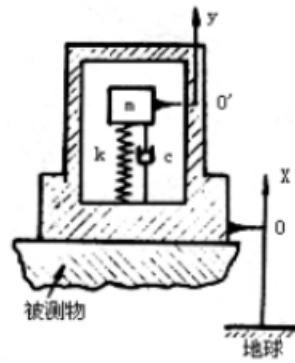


解：（1） $q = dF = dma$ .....

$$U = q/C = dma/C$$

$C$  为传感器的电容量， $a$  为测量加速度。

（2）等效模型如下图所示：



- (3) 以  $m$  为分析对象，其受力为  
 弹簧力  $-ky$ ，阻尼力  $-Cdy/dt$   
 由牛顿第二定律：

$$m \frac{d^2(x+y)}{dt^2} = -C \frac{dy}{dt} - ky$$

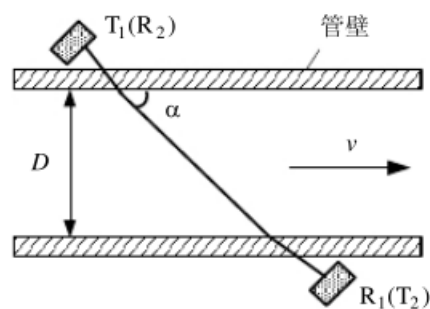
$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + C \frac{dy}{dt} + ky = -m \frac{d^2 x}{dt^2} = -ma$$

所以是一个二阶环节的传感器。

- 5、用超声波传感器设计的流速计如下图所示， $D$  为管道直径，超声波与流体流动方向的夹角为  $\alpha$ ， $v$  为流体的流速。假设超声波在流体中的传播速度为  $c$ ， $T_1$  和  $T_2$  为超声波发生器， $R_1$  和  $R_2$  为超声波接收器。分析该流速计是如何利用差动技术消除环境温度变化对测量的影响的（超声波在介质中的传播速度是温度的函数）。(本题 9 分)

要求：(1) 说明差动技术的三个技术环节。

(2) 推导流速公式。



解：(1) 差动技术的三个技术环节：

用两个完全相同的传感器；接受大小相等、符号相反的输入量；二者输出相减，取差值。... 3 分

(2)  $T_1$  发射， $R_1$  接收，从发射至接收所需时间  $t_1$  为：

$$t_1 = \frac{D}{\sin \alpha (c + v \cos \alpha)}$$

若移位寄存器在  $t_1$  内移动了  $n$  位，则脉冲发生器  $f_1$  为：

$$f_1 = \frac{n}{t_1} = \frac{n \sin \alpha (c + v \cos \alpha)}{D}$$

若  $T_2$  发射， $R_2$  接收，则：

$$t_2 = \frac{D}{\sin \alpha (c - v \cos \alpha)}$$

$$f_2 = \frac{n}{t_2} = \frac{n \sin \alpha (c - v \cos \alpha)}{D}$$

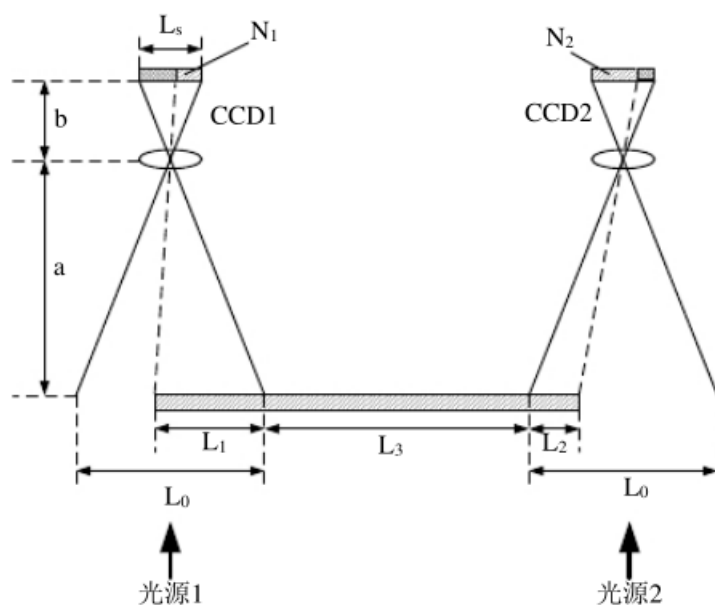
则 
$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{2n \sin \alpha \cos \alpha \cdot v}{D} = \frac{nv \sin 2\alpha}{D}$$

所以，流速 
$$v = \frac{D \cdot \Delta f}{f \cdot \sin 2\alpha}$$

6、画出用线阵 CCD 传感器测量较大物体尺寸的原理图，并推导出物体尺寸的表达式。

（本题 8 分）

解：采用两套光学成像系统合两个 CCD 器件，分别对被测物的两端进行测量，如图所示：



被测物体的总尺寸

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

$L_3$ ——两个 CCD 均监测不到的盲区长度，固定值

对 CCD1：

$$\frac{L_1}{L_0} = \frac{N_0 - N_1}{N_0}$$

$$L_0 = \frac{a}{b} \cdot L_s$$

其中 a ——物距， b ——像距，  $L_s$  ——芯片 C C D 的长度；

$N_0$  ——CCD 总像素数目，  $N_1$  ——CCD 受光照的像素数目

$$L_1 = \frac{N_0 - N_1}{N_0} L_0$$

则

对 CCD1：

$$L_2 = \frac{N_0 - N_2}{N_0} L_0$$

所以物体的总尺寸：

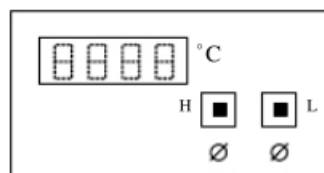
$$L = \frac{L_0}{N_0} (2N_0 - N_1 - N_2) + L_3$$

- 7、热电阻传感器设计一个电热水器，当热水器内的水温低于  $90^{\circ}\text{C}$  时，控制热水器的电源接通，给水加热，同时红色指示灯亮，表示正在给水加热；当热水器内的水温达到  $95^{\circ}\text{C}$  时，控制电路自动切断热水器的电源，停止给水加热，处于保温状态，此时绿色指示灯亮，表示可饮用。（本题 10 分）

实验仪器及材料：①热电阻传感器；②XMT-122 数字指示调节仪；③电炉及水壶；④稳压电源（DH1718-4）；⑤继电器（控制电压为 DC5V）；⑥电源线及导线。

说明：（1）XMT-122 数字指示调节仪的前面板如图，“H”键和“L”键分别用于调节“上限温度”和“下限温度”。

（2）XMT-122 数字指示调节仪的后面板中，A、B、C 端子接热电阻传感器的输出，电源采用 220V（50Hz）的交流电。



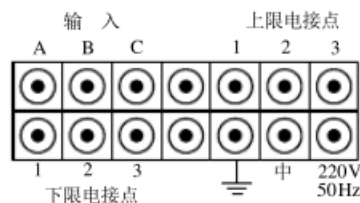
上（下）限电接点 1、2、3 的状态说明：

- ① 当热电阻实测温度低于“上（下）限温度”时，上（下）限电接点端子 1、2 开路，处于“断”状态，而端子 1、3 短路，处于“通”状态。

- ② 当热电阻实测温度高于“上（下）限温度”时，上（下）限电接点端子 1、2 短路，处于“通”状态，而端子 1、3 开路，处于“断”状态。

要求：（1）画出系统电路连接图，并说明其工作原理。

（2）给出热电阻三线制测量电路及工作原理，说明它是如何减小引线电阻对测量的影响的？



解：（1）系统电路连接图如图 1 所示



- 1) 当  $T < T_{\text{下限}}$  时, 下(上)限电接点 1, 3 短路, 继电器 J 工作, 1, 3 闭合, 电炉加热;
- 2) 当  $T > T_{\text{上限}}$  时, 下(上)限电接点 1, 3 开路, 继电器 J 不工作, 1, 3 闭合, 电炉停止加热

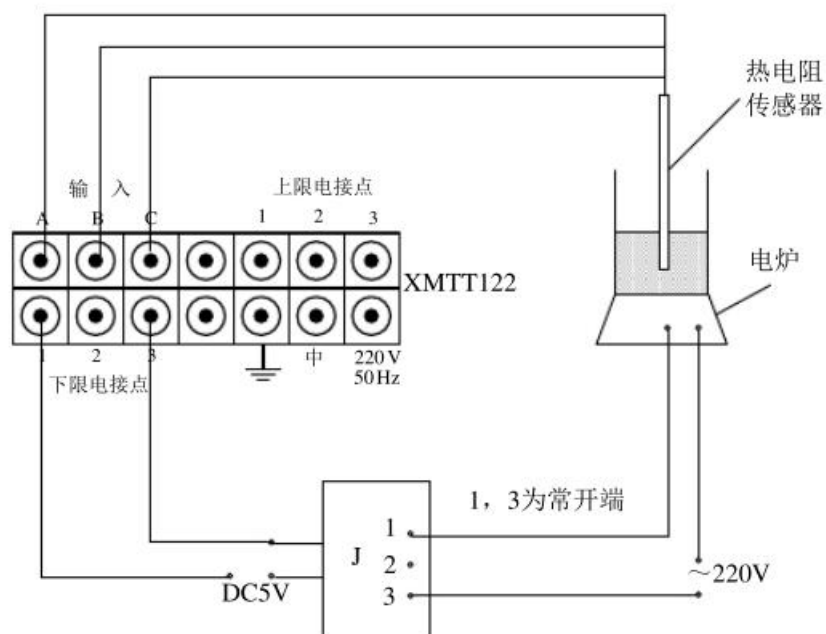


图 1 系统电路连接图

(2) 热电阻三线制测量电路如图 2 所示

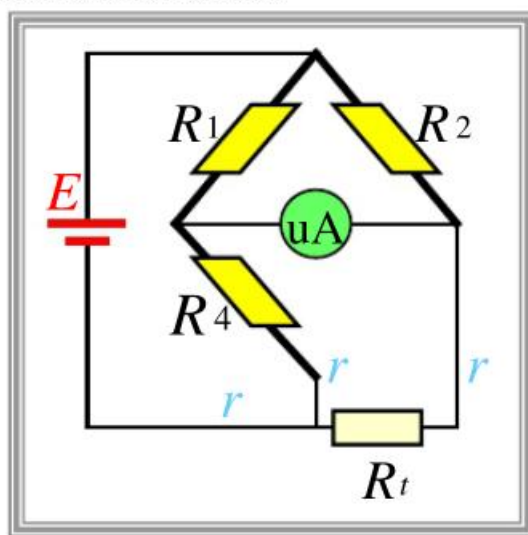


图 2 热电阻三线制测量电路

电桥平衡时

$$R_1(R_t + r) = R_2(R_4 + r)$$

$$R_t = \frac{R_2(R_4 + r) - R_1 r}{R_1}$$

所以

当  $R_1 = R_2$  时,  $R_t = \frac{R_2 R_4}{R_1}$ , 与  $r = 0$  时完全相同, 消除了  $r$  的影响

8、已知变磁通式转速传感器输出电动势的频率  $f=72\text{Hz}$ , 测量齿盘的齿数  $Z=36$ , 求:

(1) 被测轴的转速是每分钟多少转?

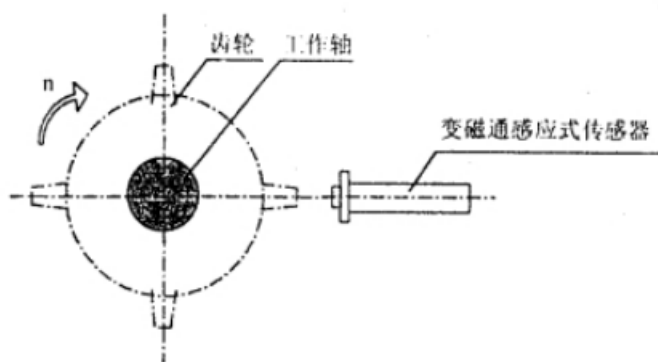
(2) 在上述情况下, 如果计数装置的读数误差为  $\pm 1$  个数字, 其最大转速误差是多少?

答: (1)  $n = \frac{60f}{Z} = \frac{60 \times 72}{36} = 120(\text{转/分})$

(2) 频率计的计数装置读数误差为  $\pm 1$  个数字, 对应的角位移为  $\pm \frac{1}{Z}$  转  $= \pm \frac{1}{36}$  转故

其最大转速误差为  $\pm \frac{1}{36}$  (转/分)

9、已知测量齿轮齿数  $Z=18$ , 采用变磁通感应式传感器测量工作轴转速(如图所示)。若测得输出电动势的交变频率为  $24(\text{Hz})$ , 求: 被测轴的转速  $n(\text{r/min})$  为多少? 当分辨误差为  $\pm 1$  齿时, 转速测量误差是多少?



(1) 测量时, 齿轮随工作轴一起转动, 每转过一个齿, 传感器磁路磁阻变化一次, 磁通也变化一次, 因此, 线圈感应电动势的变化频率  $f$  等于齿轮的齿数  $Z$  与转速  $n$  的乘积。

$$f = nZ/60$$

$$n = \frac{60f}{Z} = \frac{60 \times 24}{18} = 80(\text{r/min})$$

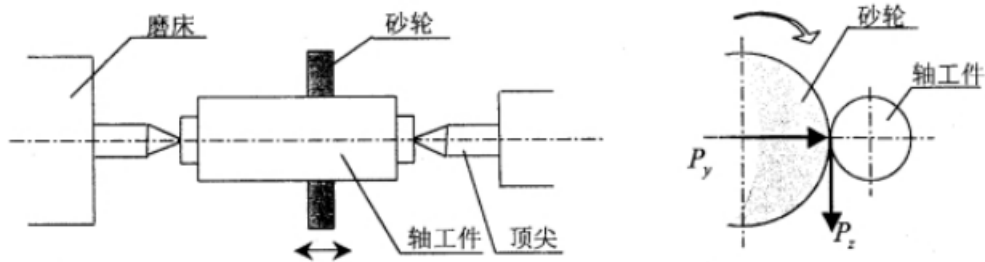
(2) 读数误差为  $\pm 1$  齿, 所以应为  $\frac{1}{18}$  转, 即:

$$n = 80 \pm \frac{1}{18} (\text{r/min})$$

10、如图所示, 轴工件用前后顶尖支承纵向磨削外园表面, 在加工过程中, 径向力  $P_y$  和切向力  $P_z$  大小基本不变, 但着力点位置沿轴向移动, 现在前后顶尖上粘贴电阻应变片测量工件所受的  $P_z$ 。

(1) 在图中标明应变片的位置及  $P_z$  的测量电桥。

(2)着力点移动对测量结果有无影响?为什么?



(1)应变片( $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ )粘贴位置如图 a 所示;测量电桥如图 b 所示。

(2)根据以上位置布片和电桥接法,着力点位置的变化不会影响  $P_z$  的大小,因为在顶尖上的分力  $P_{z1}$ 、 $P_{z2}$ ,  $P_z = P_{z1} + P_{z2}$ , 由  $P_{z1}$ 、 $P_{z2}$  引起的电阻  $R_1$ 、 $R_3$  的变化值之和保持不变,故  $P_z$  的测量不受着力点的移动而改变。

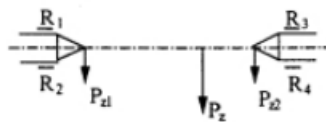


图 a

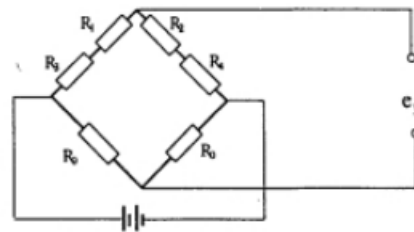


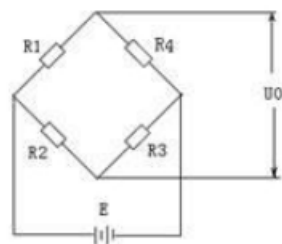
图 b

11、图为一一直流应变电桥,  $E = 4V$ ,

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 350\Omega$ ,

求: ①  $R_1$  为应变片其余为外接电阻,

$R_1$  增量为  $\Delta R_1 = 3.5\Omega$  时输出  $U_0 = ?$ 。



②  $R_1$ 、 $R_2$  是应变片, 感受应变极性大小相同

其余为电阻, 电压输出  $U_0 = ?$ 。

③  $R_1$ 、 $R_2$  感受应变极性相反, 输出  $U_0 = ?$ 。

④  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  都是应变片, 对臂同性,

邻臂异性, 电压输出  $U_0 = ?$ 。

解：①  $U_0 = \frac{E \Delta R}{4 R} = \frac{4}{4} \cdot \frac{3.5\Omega}{350\Omega} = 0.01V$

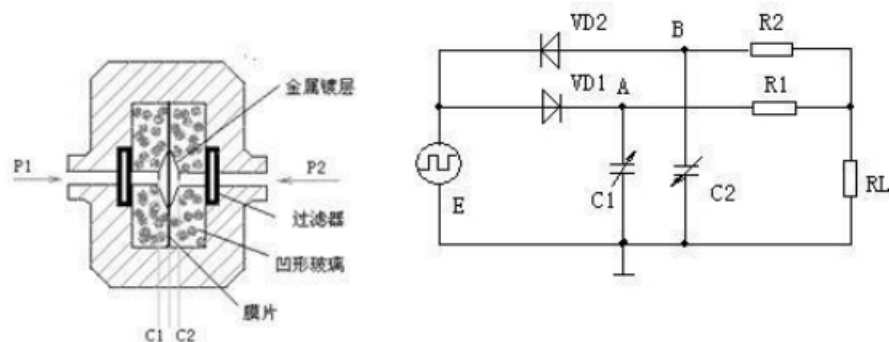
②  $U_0 = 0$

③  $U_0 = \frac{E \Delta R}{2 R} = \frac{4}{2} \cdot \frac{3.5\Omega}{350\Omega} = 0.02V$

④  $U_0 = E \frac{\Delta R}{R} = \frac{4}{2} \cdot \frac{3.5\Omega}{350\Omega} = 0.04V$

12、下图左是电容式差压传感器，金属膜片与两盘构成差动电容 C1、C2，两边压力分别为 P1、P2。下图右为二极管双 T 型电路，电路中电容是左图中差动电容，UE 电源是占空比为 50% 的方波。试分析：

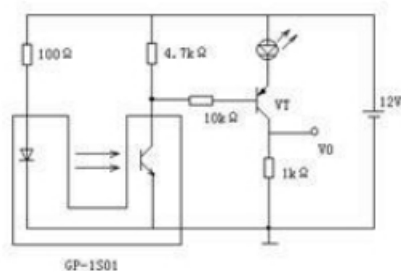
- 当两边压力相等  $P_1=P_2$  时负载电阻  $R_L$  上的电压  $U_0$  值；
- 当  $P_1>P_2$  时负载电阻  $R_L$  上电压  $U_0$  大小和方向（正负）。



解：①  $U_0=0$

②  $U_0=U_{FM} (C_1-C_2)$  因为  $C_1 < C_2$  所以  $U_0 < 0$ ，输出负电压。

13、图为光电传感器电路，GP—IS01 是光电断路器。分析电路工作原理：



当用物体遮挡光路时晶体三极管 VT 状态是导通还是截止？

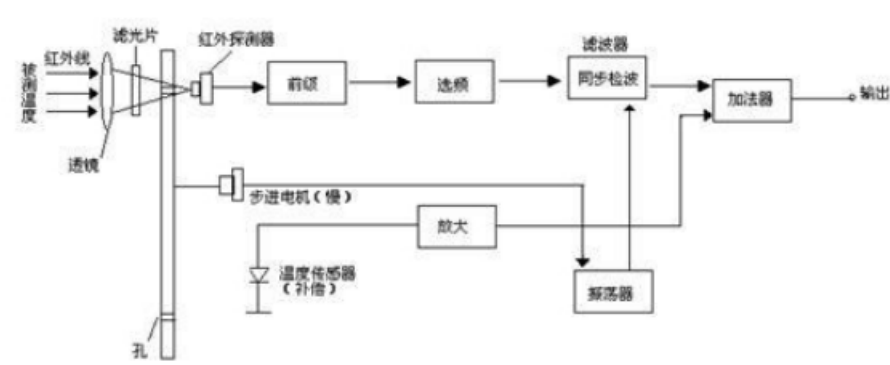
二极管是一个什么器件，在电路中起到什么作用？

如果二极管反相连接晶体管 VT 状态如何？

解：①截止；②红外发射管，起控制作用；③截止。

14、下图是一红外测温装置，测量温度高于 1000℃，红外探测器是热释电元件，利用热辐射测温。请回答下列器件各起到什么作用？（10 分）

- 光学系统：透镜\_\_\_\_\_；滤光片\_\_\_\_\_；
- 步进电机与调制盘\_\_\_\_\_；
- 温度传感器\_\_\_\_\_
- 红外探测器\_\_\_\_\_。



- 光学系统：透镜聚焦；滤光片波长选择；
- 步进电机与调制盘：将被测红外辐射调制为按一定频率变化的温度信号；
- 温度传感器用于电路补偿的温度传感器。 红外探测器接受检测被测高温的传感器。

4、在对量程为 10MPa 的压力传感器进行标定时，传感器输出电压值与压力值之间的关系如下表所示，简述最小二乘法准则的几何意义，并讨论下列电压-压力直线中哪一条最符合最小二乘法准则？（10 分）

|             |        |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 测量次数 I      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 压力 xi (MPa) | 2      | 4      | 5      | 8      | 10     |
| 电压 yi (V)   | 10.043 | 20.093 | 30.153 | 40.128 | 50.072 |

- (1)  $y=5.00x-1.05$     (2)  $y=7.00x+0.09$     (3)  $y=50.00x-10.50$     (4)  $y=-5.00x-1.05$
- (5)  $y=5.00x+0.07$

答：最小二乘法准则的几何意义在于拟和直线精密度高即误差小。

将几组 x 分别带入以上五式，与 y 值相差最小的就是所求，（5）为所求。