

## 武汉科技大学

### 2005 年硕士研究生入学考试试题

#### 答案（参考）

考试科目及代码：测试技术 共页数： 2

#### 一、术语解释（20 分）

##### 1、滤波器

滤波器是一种选频装置。可以使信号中特定的频率成分通过，而极大地衰减其他频率成分。在测试装置中，利用滤波器地这种筛选作用，可以滤除干扰噪声或进行频谱分析。

##### 2、梳状函数

等间隔的周期单位脉冲系列称为梳状函数。

##### 3、压电效应

某些物质，当受到外力作用时，不仅几何尺寸发生变化，而且内部极化，表面上有电荷出现，形成电场；当外力消失时，材料重新恢复到原来的状态，这种现象称为压电效应。

##### 4、电桥

电桥是将电阻、电感、电容等参量的变化变为电压或电流输出的一种测量电路。

#### 二、填空（每空 2 分，共 20 分）

1、周期函数的自相关函数仍为同频率的周期函数。正弦函数的自相关函数是一个余弦函数。

2、随机过程有平稳过程和非平稳过程之分。所谓平稳随机过程是指其统计特征参数不随时间而变化的随机过程。在平稳随机过程中，若任一单个样本函数的时间平均统计特征等于该过程的集合平均统计特征，这样的平稳随机过程叫各态历经（遍历性）随机过程。

3、电容式传感器是将被测物理量转化为电容量变化的装置。根据其变化的参数，可分为极距变化型、面积变化型和介质变化型。

4、若要求测试装置的输出不失真，则其幅频特性应满足  $A(\omega) = A_0 = \underline{\text{常数}}$ ，相频特性应满足  $\varphi(\omega) = \underline{-t_0\omega}$ 。

### 三、分析叙述题（40分）

1、试述：如何用实验法求得测量系统的频率响应函数。（12分）  
（要点）：

依次用不同频率  $\omega_i$  的简谐信号去激励被测系统，同时测出激励和系统的稳态输出的幅值  $X_{0i}/Y_{0i}$  和相位差  $\phi_i$ 。这样对于某个  $\omega_i$ ，便有一组  $Y_{0i}/X_{0i}=A_i$  和  $\phi_i$ 。全部的  $A_i-\omega_i$  和  $\phi_i-\omega_i$ ， $I=1, 2, 3 \dots$  便可表达系统的频率响应函数。

2、根据电容式传感器的工作原理，试分析比较极距变化型电容式传感器、面积变化型电容式传感器的主要性能和优缺点。（12分）  
（要点）：工作原理：根据物理学，由两个平行极板组成的电容器，其电容是：

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon A}{\delta}$$

$$\text{极距变化型灵敏度 } S = \frac{dC}{d\delta} = -\epsilon \epsilon_0 A \frac{1}{\delta^2}$$

面积变化型电容式传感器（以平面线位移型为例）：

$$S = \frac{dC}{d\delta} = \epsilon \epsilon_0 b \frac{1}{\delta} = \text{常数}$$

极距变化型电容式传感器：灵敏度  $S$  与极距平方成反比，极距越小，灵敏度越高；由于灵敏度随极距而变化，这将引起非线性误差；故只适应在较小的间隙变化，以便获得近似的线性关系。

面积变化型电容式传感器：输入与输出成线性关系，但与极距变化型相比，灵敏度较低，适用于较大直线位移及角位移测量。

3、采用电阻应变片测定一构件的表面应力。试述：测点的选择和布置一般应考虑哪几方面的问题。（16分）

（要点）：测点的选择和布置对能否正确了解结构的受力情况和实现正确的测量影响很大。测点愈多，愈能了解结构的应力分布状况，但却增加了测试和数据处理的工作量和贴片误差。因此，根据应以最少的测点达到足够真实地反映结构受力状态的原则，来选择测点。为此，一般应考虑：

- 1) 预先对结构进行大致的受力分析，预测其变形形式，找出其危险断面及危险位置。这些地方一般是处在应力最大或变形

最大的部位，而最大应力一般又是在弯矩、剪力或扭矩最大的截面上。然后，根据受力分析和测试要求，结合实践经验最后选定测点。

- 2) 在截面尺寸急剧变化的部位或因孔、槽导致应力集中的部位，应适当多布置一些测点，以便了解这些区域的一例梯度情况。
- 3) 如果最大应力点的位置难以确定，或者为了了解截面应力分布规律和曲线轮廓段应力过渡的情况，可在截面上或过渡段上比较均匀地布置 5~7 个测点。
- 4) 利用结构和载荷的对称性，以及对结构边界条件的有关知识来布置测点，往往可以减少测点数目，减轻工作量。

可以在不受力或已知应变、应力的位置上安排一个测点，以便在测试时进行监视和比较，有利于检查测试结果的正确性。

#### 四、计算题（40 分）

1、两测试环节的传递函数分别为  $H_1(S) = \frac{1.5}{3.5S + 0.5}$ 、

$H_2(S) = \frac{2.5}{4.5S + 0.5}$ ，将其串联组成一个新的系统，求出新系统的灵敏度。（10 分）

（要点）：串联组成新的系统，新系统的灵敏度为原两测试环节灵敏度的乘积。

$$s_1 = \frac{1.5}{0.5} = 3 \quad s_2 = \frac{2.5}{0.5} = 5$$

$$s = s_1 s_2 = 3 \times 5 = 15$$

总灵敏度为 15

2、求周期方波  $x(t)$  的傅立叶级数并作出其幅频图。（15 分）

（要点）：

$$a_0 = 0$$

$$a_n = 0$$

$$\begin{aligned}
 b_n &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \sin n\omega_0 t dt \\
 &= \frac{2A}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^0 -\sin n\omega_0 t dt + \frac{2A}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin n\omega_0 t dt \\
 &= \frac{2A}{n\pi} (-\cos n\pi + 1) = \frac{2A}{n\pi} (1 - (-1)^n) \\
 A_n &= \frac{4A}{n\pi} \quad n=1, 3, 5, \dots \\
 A_n &= 0 \quad n=2, 4, 6, \dots
 \end{aligned}$$

$$x(t) = \frac{4A}{\pi} \sin \omega_0 t + \frac{4A}{3\pi} \sin 3\omega_0 t + \frac{4A}{5\pi} \sin 5\omega_0 t + \dots$$

作谱图（略）

3、已知  $x(t) = A \sin(\omega_1 t + \theta)$

$$y(t) = B \sin(\omega_2 t + \theta - \varphi)$$

试求其互相关函数  $R_{xy}(\tau)$ ，说明该计算结果验证了什么结论。

（15分）

（要点）：

$$\begin{aligned}
 R_{xy}(\tau) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) y(t + \tau) dt \\
 &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T AB \sin(\omega_1 t + \theta) \sin(\omega_2(t + \tau) + \theta - \varphi) dt
 \end{aligned}$$

根据正（余）弦函数的正交性，可知

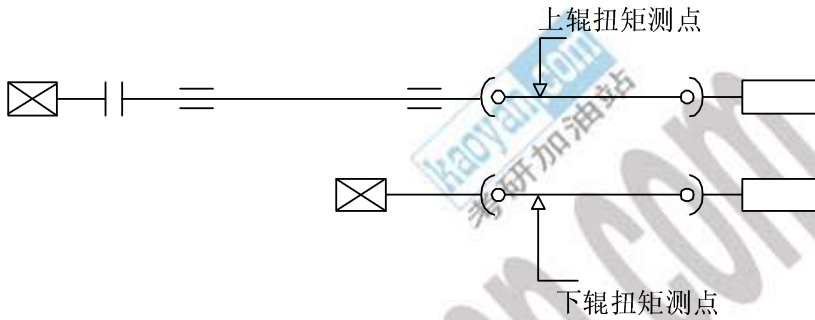
$$R_{xy}(\tau) = 0$$

说明了：两个不同频率的周期函数是不相关的。

### 五、综合应用题（30分）

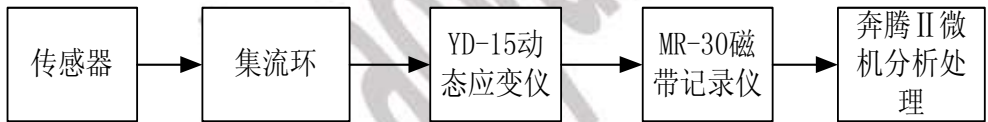
一轧钢机主传动系统如图所示，欲用电阻应变片测试其轧制力矩：

- 1、设计一测试方案
- 2、对测点的选择、应变片组桥方式、测试电路信号的输出等问题作出说明。
- 3、在实际测试中，你认为还有哪些问题应引起重视并采取相应措施。



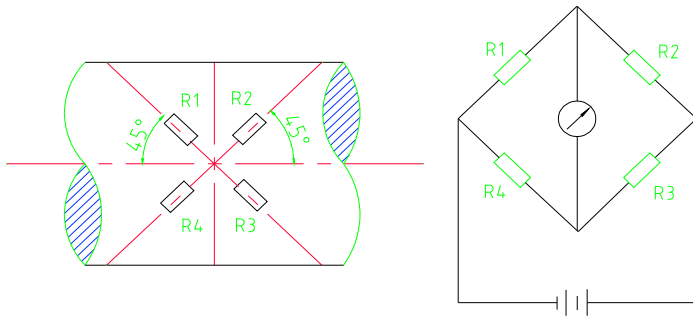
要点：

- 1) 测试方案如图 4。(对方案做出说明)



- 2) 测点分别布置在上、下轧辊万向接轴的相应部位，如图。

4 片应变片如图粘贴，与接轴的轴线成 45 度。4 片应变片组成全桥电路。



在轴上设置集流环，应变片产生的信号经集流环与固定的电刷（铜弦线）间的接触，就可以将随轴旋转的应变片产生的信号

送到固定的应变仪

3) 实际测试中, 现场条件比较复杂, 一般有以下问题应引起重视:

应变片的防水密封, 密封应可靠。

应变片的防高温辐射。

防电磁辐射干扰, 采用屏蔽电缆。

