

# 清华大学本科生考试试题专用纸

考试课程 智能传感与检测技术

(A 卷)

2022 年 6 月 15 日

姓名                     

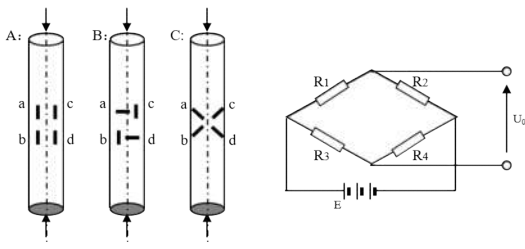
班级                     

学号                     

(答案直接写在答题纸上, 不抄题, 只写明题号, 如一、1. (1) ……)。

## 第一部分 (测量不确定度、机械量检测)

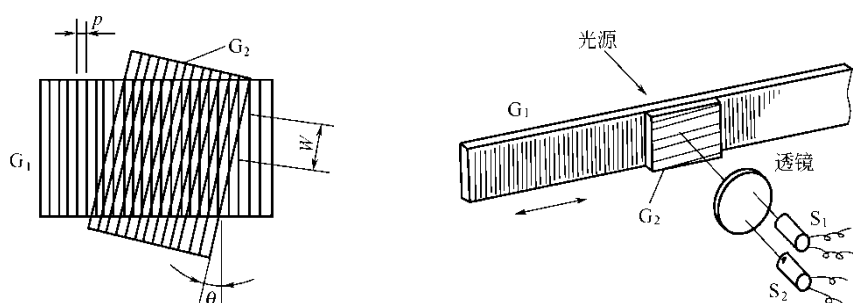
### 一. 填空、选择题 (30 分)

- 测量不确定度一般用  $n$  次测量值 ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) 的 (1) 来表示, 它是单次测量值分布标准偏差的 (2) 倍, 计算公式为 (3)。
- 电子式血压计可以同时测量 (4) 和 (5) 以及 (6)。
- 使用 4 枚相同的应变片 (a,b,c,d) 做圆柱体的承重测量, 参照图示, 此时应变片的粘贴方式应该为 (7) (A/B/C), 应变片接入全桥电路的位置 ( $R_1, R_2, R_3, R_4$ ) 可以依次为 (8), 此时的测量输出是仅使用一枚敏感轴向粘贴应变片的单臂电桥电路输出的 (9) 倍。  

- 电容式接近开关传感器, 用于检测接地金属物体的开关动作距离比检测树脂材料物体的开关动作距离要 (10) (大/小)。
- 电容式座椅占位检测, 当有人坐到椅子上时, 被测电容值变 (11) (大/小)。
- 电感式位移传感器相比于光电式位移传感器的优势是 (12)。  
电容式位移传感器相比于电感式位移传感器的缺点是 (13)。
- 基于 LVDT 的力矩平衡式重量传感器属于 (14) 测量, 而用电桥电路测量应变片阻值变化的电子秤属于 (15) 测量。(偏位式/微差式/零位式)。
- 同步积分在 PSD 距离测量传感器中所起的作用是 (16)、(17) 和 (18)。  
(卷积平滑处理/ 检测微弱信号/ 提高信噪比/ 窄带滤波/ 检测同频同相成分大小)
- MEMS 陀螺仪有两个相位相反的谐振单元, 两单元的差动输出对于检测转动速度有 (19) 的作用、对于平动有 (20) 的作用。
- 超声阵列探头的多个传感回波信号的延时叠加是为了 (21), 要用到回波信号的 (22) (短时傅里叶变换/小波变化/希尔伯特变换)。复数叠加时需要先 (23) 后 (24)。
- 将手机平放在桌面上静止不动, 此时手机中三轴加速度传感器的各轴向分量输出分别是 (25) ( $m/s^2$ )。
- 为了对加速度传感器进行校验, 将其放在半径为  $R(m)$ 、可调转速为  $N(r/min)$  的水平离心台上, 此时离心加速度  $a(m/s^2)$  的表达式为 (26)。设转速测量系统的标准不确定度为  $U_N(r/min)$ , 安装位置的不确定度为  $U_R(m)$ , 按照误差传递法则, 加速度的标准不确定度  $U_a$  的表达式为 (27) (2 分)。为使安装位置的不确定度影响小于转速测量系统的不确定度影响, 那么  $U_R$  和  $U_N$  应该满足的条件是 (28) (2 分)。

## 二. 距离、方向检测 (10 分)

下图是莫尔条纹标尺检测位移量的原理图, 固定栅格  $G_1$  和滑动栅格  $G_2$  的栅距同为  $P$ 。

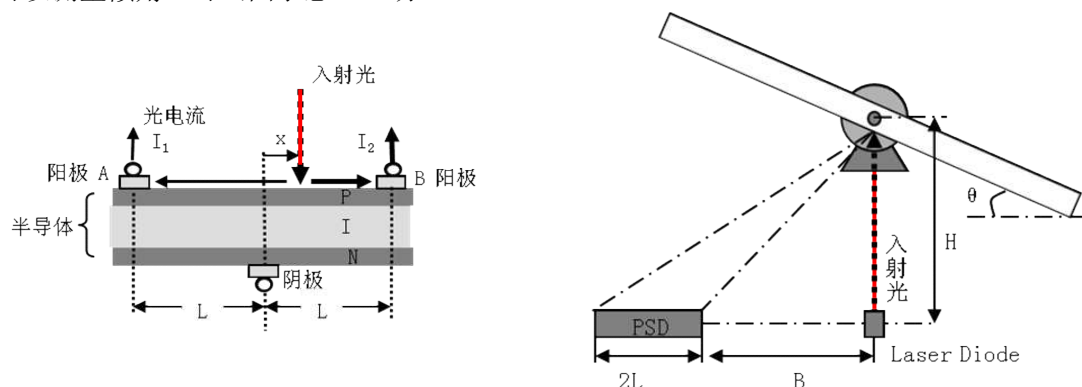
- 1) 说明莫尔条纹间距  $w$  与栅距  $p$  的大小关系。(2 分)
- 2) 当滑动卡尺  $G_2$  向左移动时, 莫尔条纹的移动方向如何?(2 分)
- 3) 为判断滑动卡尺每次的移动方向, 说明右图中光电传感器  $S_1$  和  $S_2$  的配置方法(2 分)及具体的方向判别方法(2 分)。
- 4) 如果需要比栅距  $P$  更精细的位移测量分辨率, 仅利用  $S_1$  和  $S_2$  的信号波形最高能做到多少倍精细测量? 理由是什么?(各 1 分)



## 三. PSD 传感器和倾角测量 (10 分)

PSD (Position Sensitive Device) 元件检测入射光点位置  $x$  的原理是两阳极输出的光电流 ( $I_1, I_2$ ) 与入射光点到两阳极的距离成反比, 如左下图。

- 1) 根据原理推导确定入射光点位置  $x$  与 ( $I_1, I_2, L$ ) 的关系式。(3 分)
- 2) 如右下图, 利用 PSD 测量倾斜角。设倾斜面的表面为镜面, 倾斜面的转动支点为光入射点, 支点至 PSD 的距离为  $H$ , 激光入射光线与 PSD 轴线成  $90^\circ$  角、至 PSD 右端点的距离为  $B$ 。求不加光学透镜直接入射并直接接收反射光线时, 可测量的倾角范围。(2 分)
- 3) 为使倾角测量量程最大化, 应该如何设计  $B$  和  $H$ ? (2 分)
- 4) 如果倾斜面的表面不是镜面, PSD 和入射光线的相对位置不变, 如何改造测量条件, 使之可以测量倾角。可画图示意。(3 分)

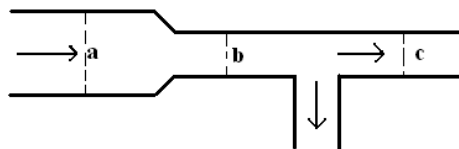


## 第二部分（过程参数检测）

### 四. 填空、选择（含多重选择）（共分 35 分）

1. 某种不可压缩流体（流动过程中密度不变）流经图示管网，其中箭头方向表示流体流向，则：\_\_\_\_\_（1）\_\_\_\_\_。

- (A) 截面 a 处压力大于截面 b 处压力  
(B) 截面 a 处流量大于截面 b 处流量  
(C) 截面 a 处流量等于截面 b 处流量  
(D) 截面 b 处压力小于截面 c 处压力  
(E) 截面 b 处压力大于截面 c 处压力  
(F) 截面 a 处流量等于截面 c 处流量  
(G) 截面 a 处流量大于截面 c 处流量



2. 涡街流量计基于卡门涡街效应。下列人物中\_\_\_\_\_（2）\_\_\_\_\_在其绘画作品中表现了卡门涡街现象。

- (A) 米开朗基罗 (B) 拉斐尔 (C) 达芬奇

3. Pt100 指\_\_\_\_\_（3）\_\_\_\_\_。

- (A) 温度为 0℃ 时阻值为 100 欧姆的铂电阻  
(B) 温度为 25℃ 时阻值为 100 欧姆的铂电阻  
(C) 温度为 0K 时阻值为 100 欧姆的铂电阻

4. 热敏电阻通常由半导体材料制成：\_\_\_\_\_（4）\_\_\_\_\_。 (A) 对 (B) 错

5. 下述测温方法中，工作原理相同的有\_\_\_\_\_（5）\_\_\_\_\_。

- (A) 热敏电阻及热电阻 (B) 双金属温度计及玻璃液体温度计  
(C) 光学高温计及热电偶 (D) 热电偶及热电阻

6. 明渠流量测量方法通过测量\_\_\_\_\_（6）\_\_\_\_\_来获得流量。(A) 液位 (B) 压力 (C) 流速

7. 伯努利公式描述了流体在流动过程中的能量守恒规律，其中“伯努利”为：\_\_\_\_\_（7）\_\_\_\_\_。

- (A) 雅各布·伯努利 (B) 丹尼尔·伯努利 (C) 约翰·伯努利

8. 补偿导线与热电偶配套使用时，\_\_\_\_\_（8）\_\_\_\_\_。

- (A) 补偿导线与热电偶连接的两个接点必须保持温度相同  
(B) 用补偿导线后，根据热电偶回路输出的热电势直接查相应分度表即可决定被测温度  
(C) 补偿导线必须与热电偶配套，不同型号的热电偶应选用不同的补偿导线

9. 下述流量计中容积式流量计有：\_\_\_\_\_（9）\_\_\_\_\_、速度式流量计有：\_\_\_\_\_（10）\_\_\_\_\_、差压式流量计有：\_\_\_\_\_（11）\_\_\_\_\_、质量流量计有：\_\_\_\_\_（12）\_\_\_\_\_。

- (A) 热式燃气表 (D) 超声波燃气表 (G) 家用膜式燃气表  
(B) 皮托管流量计 (E) 涡街流量计 (H) 科氏力流量计  
(C) 涡轮流量计 (F) 电磁流量计 (I) 孔板流量计

10. 采用输出和输入为线性关系的差压变送器配合标准孔板来测量管道中流体的流量，差压变送器输出信号范围为 4~20mA，对应的差压范围为 0~100 千帕，差压变送器输出为 20mA 时对应的被测流量为 100 立方米/小时，则当差压变送器的输出电流为\_\_\_\_\_（13）\_\_\_\_\_mA 时被测流量为 50 立方米/小时，此时差压变送器所测差压为\_\_\_\_\_（14）\_\_\_\_\_千帕。

11. 热电偶测温时若采用冰点槽法进行冷端补偿，为获得被测温度需要查热电偶分度表\_\_\_\_\_（15）\_\_\_\_\_（1、2、3）次；若采用参比端温度测量算法进行冷端补偿，为获得被测温度需要查热电偶分度表\_\_\_\_\_（16）\_\_\_\_\_（1、2、3）次；若采用补偿电桥法，为获得被测温度需要查热电偶分度表\_\_\_\_\_（17）\_\_\_\_\_（1、2、3）次；若采用补偿导线配合参比端温度测量算法进行冷端补偿，为获得被测温度需要查热电偶分度表\_\_\_\_\_（18）\_\_\_\_\_（1、2、3）次。

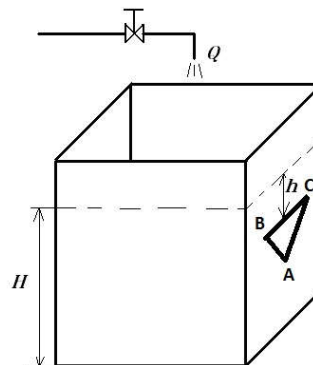
12. 热式质量流量计可以采用\_\_\_\_\_（19）\_\_\_\_\_来测量流量。

- (A) 恒温差法 (B) 恒压差法 (C) 恒功率法

13. 温标包括 (20)、(21)、(22) 三个基本要素。国际实用热力学温标规定用符号 (23) 表示温度，单位为 (24)。

### 五. 计算题 (15 分)

- 1) 右图所示的六面体敞口容器，其侧壁上开有边长  $b = 2\sqrt{3}$  米的等边三角型孔，其 BC 边与水平面平行，容器上方有注水管。设初始时用挡板将侧壁上的孔完全挡住且注水管上的阀门为关闭状态，此时容器中液面高于孔顶点  $h$ ，液面距离容器底的高度为  $H$ 。若同时完全打开注水管上阀门及孔挡板，求使容器中水面最终恒定高出孔顶点 1 米 (即  $h$  最终恒定为 1 米) 对应的注水管流量  $Q$ 。(7 分)



- 2) 下图所示为采用差压变送器测量罐内液位的安装方式。储液罐顶部为空气，储液罐中液体密度为  $\rho_1 = 1250 \text{ kg/m}^3$ ，差压变送器引压管中隔离液密度为  $\rho_2 = 800 \text{ kg/m}^3$ ，差压变送器出厂时按量程 0~100 千帕设定，对应的电流输出信号范围为 4~20mA (即所测差压为 0 千帕时输出电流为 4mA，所测差压为 100 千帕时输出电流为 20mA)。已知  $h_1 = 0.5 \text{ m}$ ， $h_2 = 10.5 \text{ m}$ 。若重力加速度取  $10 \text{ m/s}^2$ ，问：

- 液位  $H = 8 \text{ m}$  时，所测差压为多少？对应的差压变送器输出电流为多少？(2 分)
- 为使差压变送器输出零点和被测液位零点对应，则应将差压变送器进行何种零点迁移？应将零点迁移至何处？(2 分)
- 完成零点迁移后，当  $H = 8 \text{ m}$  时，所测差压为多少？差压变送器对应的输出电流为多少？当  $H = 6.4 \text{ m}$  时，所测差压为多少？差压变送器对应的输出电流为多少？(4 分)

