

参考答案

1. 请简述主点与主平面的定义及其在光学系统中的作用。

答：像方主平面是平行于光轴的入射光线与其共轭出射光线延长线的交点构成的平面，与光轴的交点为像方主点。

物方主平面是来自物方焦点的光线经系统后平行于光轴出射的共轭光线延长线的交点平面，与光轴的交点为物方主点。

作用：主平面是光学系统成像的基准面，用于计算物像关系和放大率。

2. 请简述对传感器进行静态标定的目的与主要步骤，并解释为何标定系统中使用的仪器精度需比被标定传感器至少高一个等级。

答：静态标定的根本目的是通过试验，确定传感器的静态特性指标，获取其输入-输出关系的实际特性曲线，从而评估其测量精度、线性度、迟滞、重复性等关键性能。

静态标定的步骤：

(1) 将被标定传感器全量程分成若干点。

(2) 在全量程划分点上，先由小到大逐点输入标准量值，再由大到小逐点减小输入标准量值，如此正、反行程往复循环多次，并逐次逐点记录下对应各标准输入量值的输出值。

(3) 对上述过程所得试验数据进行列表并画出曲线。

(4) 对试验数据进行分析计算，即可确定传感器一系列静态特性指标。

仪器精度要求的原因：这遵循计量学中的“三分之一原则”。标定过程本质上是将传感器与一个更高精度的“标准器”进行比较。如果标定仪器的精度与被标传感器相同或更低，那么标定系统自身引入的误差就会大到足以掩盖被标传感器的真实误差，从而导致标定结果不可信。要求标定仪器精度至少高一个等级，是为了确保标定过程中的误差主要来自被标传感器本身，从而能够准确、可靠地评估其性能。

3. 请简述传感器的静态特性包含哪些主要指标，并说明各指标的含义。

答：

线性度：指传感器的实际输入-输出特性曲线与一条理想拟合直线之间的偏离程度。偏离越小，线性度越好，传感器的输出与输入之间越接近正比。

灵敏度：指传感器在稳态下输出变化量与输入变化量的比值。它反映了传感器对输入信号变化的敏感程度。

精度：指传感器的测量结果与被测量真值的一致程度。它综合反映了测量系统中各种误差(包括系统误差和随机误差)的总和，通常用最大允许误差相对于满量程输出的百分比来表示。

迟滞：指传感器在正行程(输入量由小变大)和反行程(输入量由大变小)过程中，对同一输入量其输出值不一致的现象。它是由敏感元件的材料特性和机械结构中的摩擦、间隙等因素造成的。

重复性：指传感器在同一工作条件下，对同一输入量按同一方向多次重复测量时，其输

出值之间的一致程度。输出值越接近，重复性越好。

零点漂移：指传感器在输入量为零时，其输出值随时间或外界条件(如温度)变化而发生的缓慢、自发的偏离。

4. 请简述传感器的动态特性包括哪些主要指标，并说明各指标的含义。

答：

①上升时间 t_r ：输出从稳态值的 10% 变化到 90% 所需的时间，反映了响应速度。

②稳定时间 t_s ：输出进入稳态值允许误差范围内所需的时间，反映了系统稳定性。

③超调量 $\sigma\%$ ：输出超过稳态值的最大百分比，反映了系统阻尼程度。

④峰值时间 t_p ：输出达到第一个峰值所需的时间，反映了振荡特性。

5. 某应变式测力传感器在静态标定中，满量程输出为 100 mV，正行程和反行程在某输入点的最大偏差为 0.8 mV。请计算该传感器的迟滞误差，并分析产生迟滞现象可能的原因。

答：

迟滞误差公式： $e_H = \frac{|\Delta H_{\max}|}{Y_{FS}} \times 100\%$ ，其中 $\Delta H_{\max} = 0.8 \text{ mV}$ ， $Y_{FS} = 100 \text{ mV}$ 。

计算得： $e_H = \frac{0.8}{100} \times 100\% = 0.8\%$

迟滞现象产生原因：主要由传感器机械部分缺陷(如轴承摩擦、间隙)或材料物理性质(如磁性材料磁化、弹性变形)引起，导致正反行程输出不重合。