

浙江大学



本科实验报告

姓名:

学院: 生物医学工程与仪器科学学院

系: 生物医学工程

专业: 生物医学工程

学号:

指导教师: 陈凌翔

2025 年 3 月 27 日

浙江大学实验报告

课程名称： 生物医学传感与检测 实验类型：

实验项目名称： 电感传感器性能测试及其应用

指导老师： 陈凌翔

实验地点： 教7西裙楼 - 301 实验日期： 2025 年 3 月 27 日

一、实验目的和要求

- 1、了解电涡流式传感器的原理及静态特性；
- 2、了解被测体材料对涡流传感器性能的影响；
- 3、通过实验掌握电涡流式传感器应用在振幅测量上的理论和方法。

二、实验内容和原理

图 1.1 是电涡流式传感器静态标定的实验装置。被测金属板安装在振动台上，电涡流式传感器固定在实验仪台板上，上下可以调节。当线圈通以交变电流后，铝金属片上会产生电涡流。电涡流强度的不同，对线圈阻抗 Z 的影响程度不同。而电涡流强度与金属板的电阻率、导磁率、厚度、温度以及线圈与金属表面距离 Y 等有关。当平面线圈、被测体、激励源已确定，并保持环境温度不变时，阻抗 Z 就只与距离 Y 有关。将阻抗变化经涡流变换器变换成电压输出，则输出电压 U 仅是位移 Y 的单值函数。

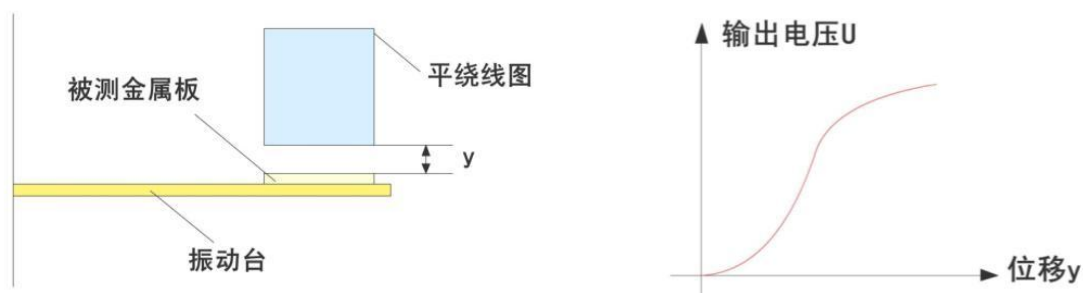


图 1.1 实验结构与传感器特性曲线

图 1.2 为实验中采用的电涡流传感器测量电路。电路由以下三部分组成：

(1) 振荡电路。Q1、C1、C2、C3 组成电容三点式振荡器，产生频率为 1MHz 左右的正弦载波信号。电涡流传感器接在振荡回路中，传感器线圈是振荡回路的一个电感元件。振荡器作用是将位移变化引起的振荡回路的 Q 值变化转换成高频载波信号的幅值变化。

(2) 涡流变换器。D1、C5、L2、C6 组成了由二极管和 LC 形成的 π 形滤波的检波器，检波器的作用是将高频调幅信号中传感器检测到的低频信号取出来。

(3) 射极跟随器。射极跟随器的作用是实现输入、输出匹配，以获得尽可能大的不失真输出的幅度值。

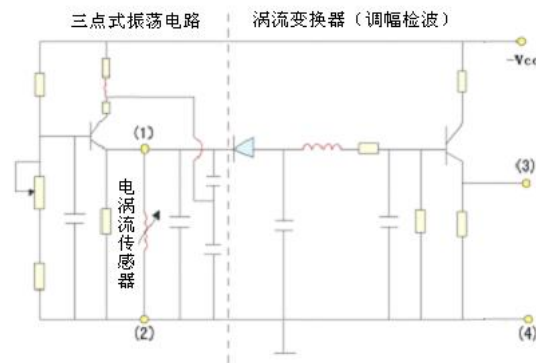


图 1.2 振荡器和涡流变换器的电路

三、主要仪器设备

电涡流式传感器、涡流变换器、测微头、铝测片、振动台、电源、双踪示波器、低频振荡器、数字电压表。

四、操作方法和实验步骤

1、电涡流式传感器的性能测试

(1) 观察电涡流传感器结构，它的底部是一个扁平线圈。测微头与圆盘工作台吸合，再安装电涡流传感器，传感器对准铝测片，距离一定高度。如图 1.3 接线，将涡流传感器接入涡流变换器输入端，变换器输出端接至电压表，电压表置于 20V 挡，开启电源。

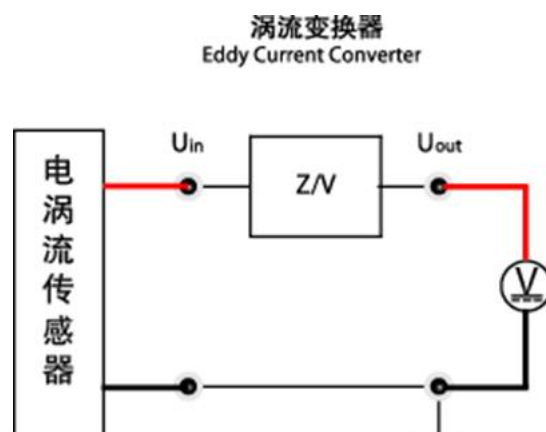


图 1.3 实验接线

(2) 用示波器观察涡流变换器输入端 U_{in} 的波形，如发现没有振荡波形出现，可将被测体移开或移近一些。此波形为正弦波形，其频率为 1.292M Hz。

(3) 调节电涡流传感器高度，使其与被测片平行接触（电涡流传感器与被测体接触时间不能过久，可能损坏传感器），再微调测微头，让电压表读数最小，标记为位移零点。向下旋转测微头，让金属片远离传感器，每次取 $\Delta Y = 0.1\text{mm}$ ，至少位移 4mm 或线性度严重破坏为止。记录位移和电压数据。

(4) 作 U - Y 曲线，指出大致的线性范围，用误差理论方法求出线性范围内的线性度、灵敏度。

2、电涡流式传感器的应用

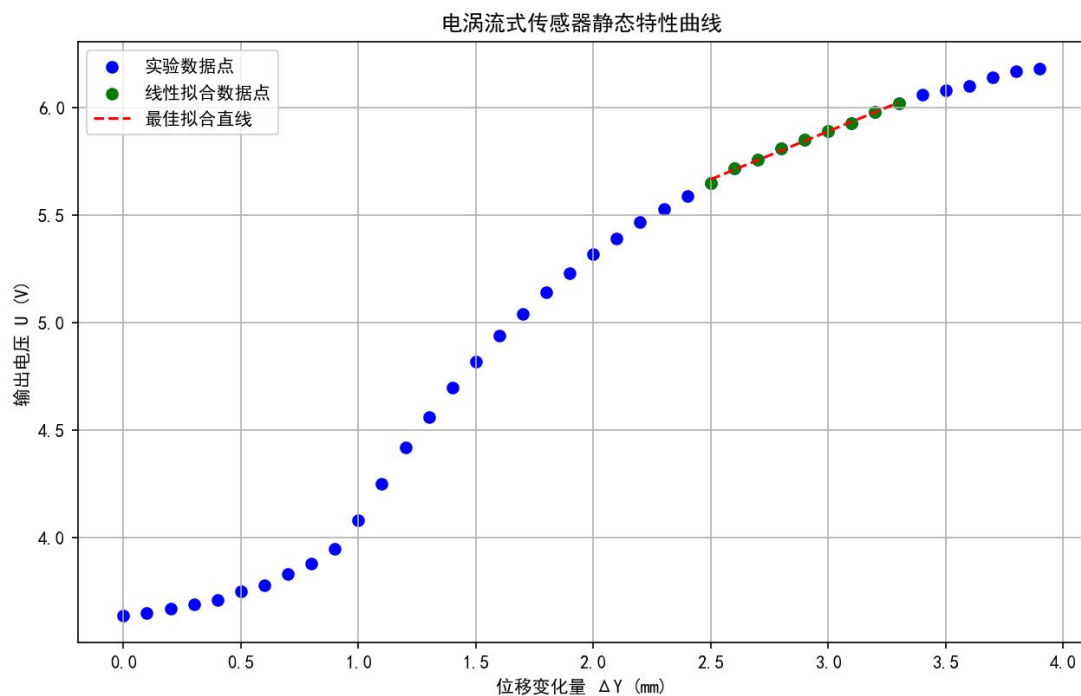
(1) 将圆盘式工作台与测微头分离，调整电涡流式传感器与被测体之间的距离，使电涡流式传感器位于双向工作时的最佳安装点。记录安装点位置。

(2) 卸下测微头和电压表，将低频振荡器的输出端与频率表的输入端及振动源相连，如图 1.4，调节低频振荡器的频率和幅度，使圆盘工作台产生适当幅度的振动。

六、实验结果与分析

1、电涡流式传感器的性能测试

U-Y 曲线如下：



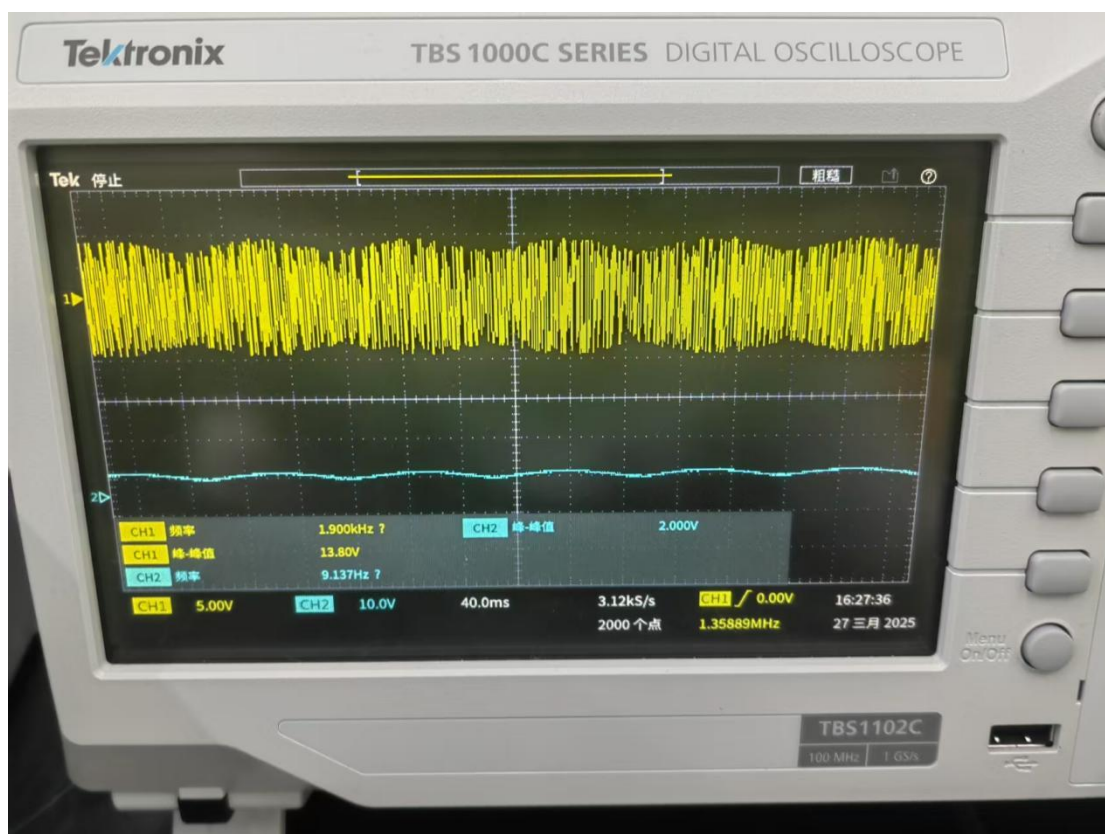
通过比较不同范围拟合曲线的线性度，确定在 2.5mm~3.3mm 时此时的曲线为最佳线性区域。

$$\text{灵敏度 } S = \Delta U / \Delta Y = 0.4467 \text{ V/mm}$$

$$\text{线性度 } L = \pm \Delta_{\max} / Y_{\text{FS}} = 4.56\%$$

在所选取的线性工作区域中，最佳工作点为位移 $Y=2.9\text{mm}$ 的工作点。所以该电涡流式传感器与被测体之间的最佳初始工作点为 $Y=2.9\text{mm}$ 的工作点，单项工作时最佳的安装点时距离为 $Y=2.5\text{mm}$ 或者 $Y=3.3\text{mm}$ 的位置，双向工作的最佳安装点为 $Y=2.9\text{mm}$ 的距离。

2、电涡流式传感器的应用



输出波形呈现输入调幅波的包络形状，这是由于涡流变换器中的检波器通过 π 型滤波电路，将高频载波信号滤除，仅保留反映位移变化的低频调制信号。

根据初始安装点位置和测得的 V_{p-p} 值，在 U-Y 曲线上计算被测体的振动幅值 Y_{p-p} 的方法是 $Y = V_{p-p}/S$ 。故两频率对应的 Y_{p-p} 分别为 1.7909mm 与 1,3432mm。

七、讨论、心得

1. 电涡流传感器与被测体间有一个最佳初始工作点，根据实验数据分析说明单向工作及双向工作时最佳初始工作点分别在哪里。

见 6.1。

2. 请举出几个电涡流传感器应用的例子。

金属探伤：利用电涡流检测金属表面裂纹或内部缺陷。

转速测量：通过感应齿轮转速产生的涡流变化，实现非接触式转速监测。

位移与振动测量：如机械振动幅值检测、轴承间隙监测等。

材料分选：根据不同材料的电导率差异，实现金属材料分类。

3. 如果传感器的线性范围是 0~1mm，测振幅时最佳工作点是距离被测体几毫米处？

若传感器线性范围为 0~1mm，测振幅时最佳工作点应选择线性区间中点（即 0.5mm 处）。因为中点位置可最大化动态测量范围，确保正负振幅均在线性区域内，避免因工作点偏移导致信号饱和或非线性误差增大。

4. 如果涡流传感器仅用来测量振动频率，工作点问题是否仍然重要？

即使仅需测量振动频率，工作点选择仍然重要，因为若工作点位于非线性区域，位移变化会导致输出电压波形畸变，可能引入频率混叠或相位误差。但就普遍一般情况而言，仅测量频率时波形失真不会改变其频率值。

5. 请根据实验结果总结电涡流传感器的特点。

非接触测量：避免机械磨损，适用于高速或精密场景。

响应速度快：可实时监测动态信号（如振动）。

抗干扰能力强：受环境湿度、油污影响较小。

依赖被测材料：不同材料（如铝、钢）的电导率和磁导率差异会显著影响灵敏度。

线性范围有限：需合理选择工作点以保证测量精度。

通过本次实验对电涡流传感器的静态特性测试，我直观理解了电涡流传感器的“位移 - 电压”转换机制，与同组同学分工合作，高效完成了接线、数据记录和结果分析。