



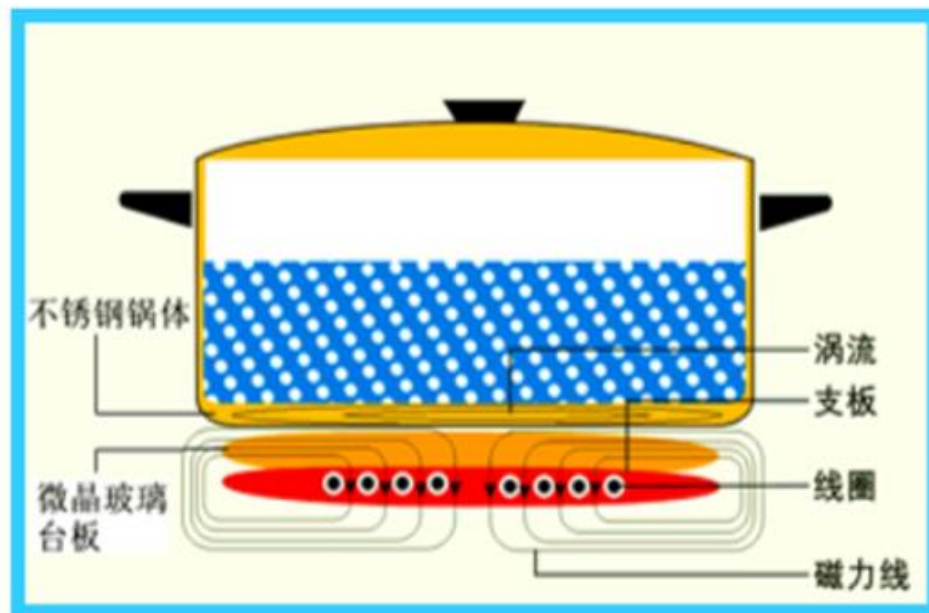
阻抗式传感器

Impedance Sensors





3.3.3 涡流式传感器

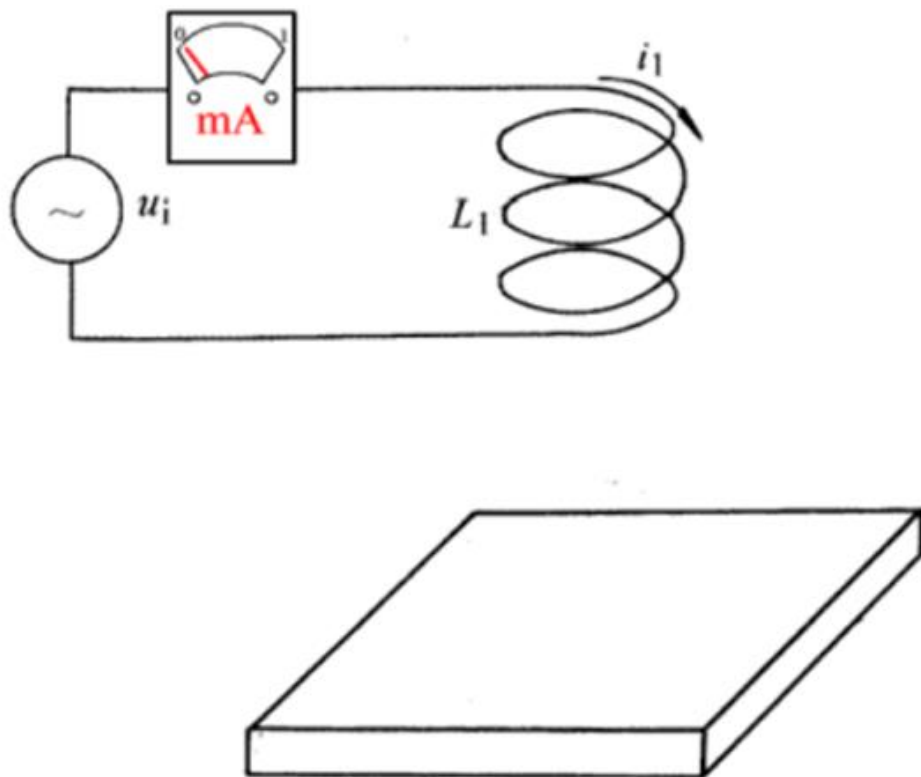


当金属板置于**变化着的磁场中**或者在**固定磁场中运动**时，金属体内就要产生感应电流，这种电流的流线在金属体内是**自身闭合**的，状似水中的涡流，通常称电**涡流**。



3.3.3 涡流式传感器

电涡流效应演示

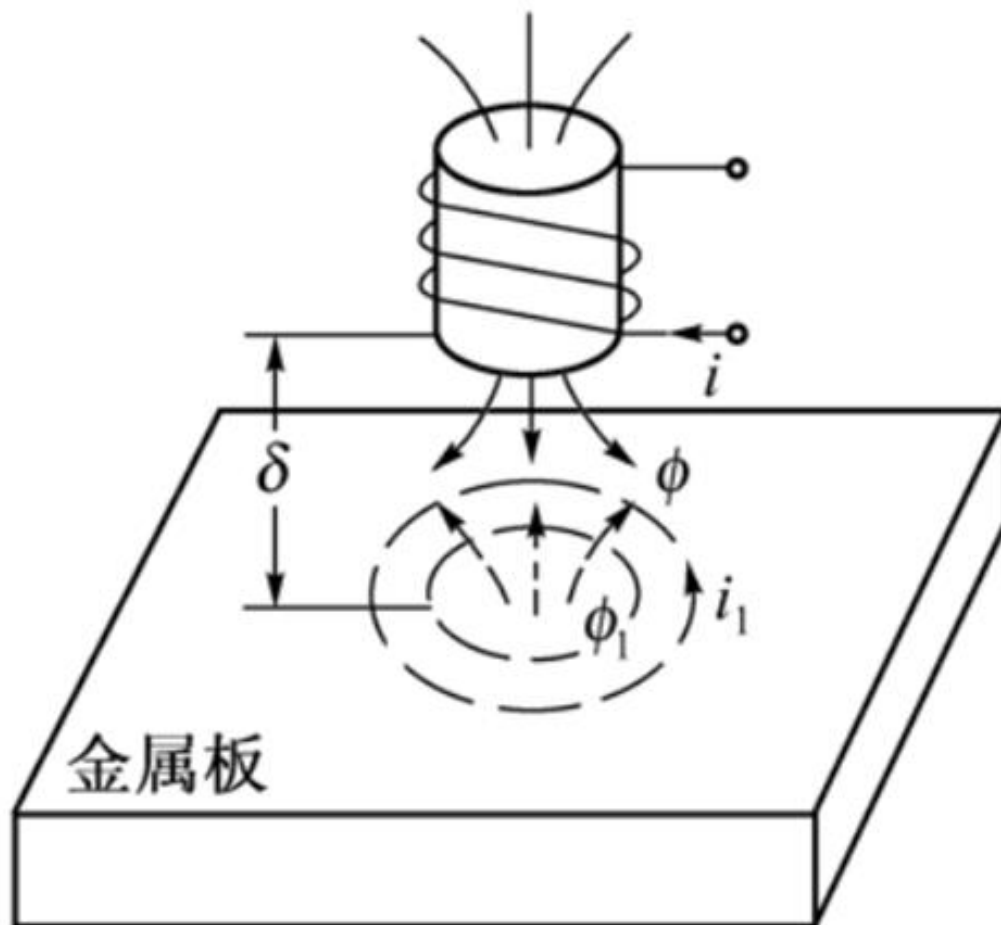


当电涡流线圈于金属板的距离减小时，电涡流线圈的等效电感 L 减小，等效电阻 R 增大。感抗 X_L 的变化比 R 的变化大得多，流过电涡流线圈的电流 i_1 增大。



一、工作原理

1. 高频反射式涡流传感器





1. 高频反射式涡流传感器

线圈阻抗

$$Z = f(\rho, \mu, r, \delta, \omega)$$

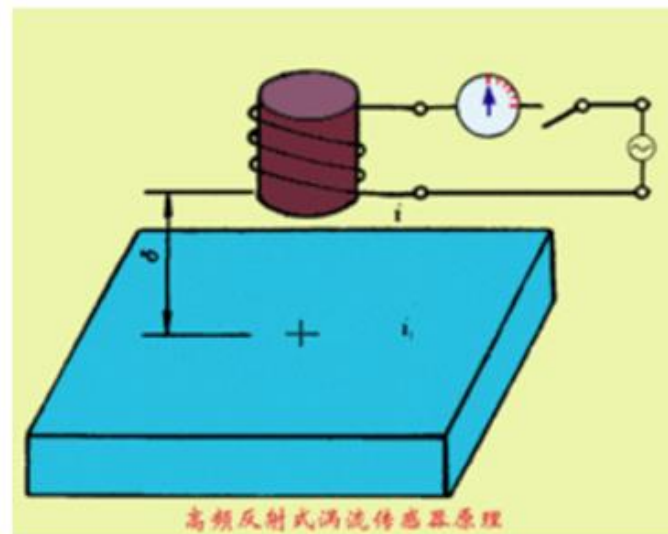
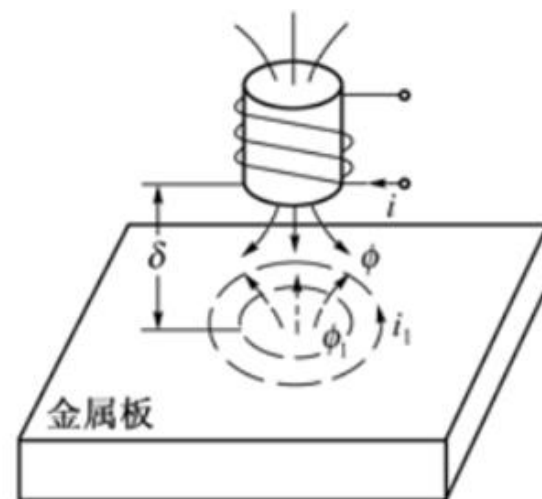
ρ ——导体的电阻率

μ ——导体的导磁率

r ——导体和线圈的尺寸因子

δ ——导体表面到线圈的距离

ω ——线圈内的交变电流频率

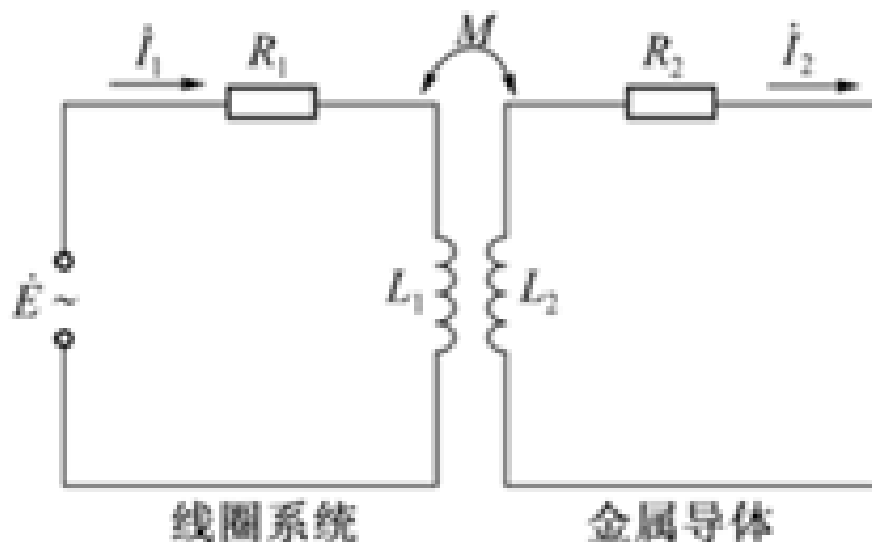




1. 高频反射式涡流传感器

2) 等效电路分析

$$\begin{cases} R_1 \dot{I}_1 + j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega M \dot{I}_2 = \dot{E} \\ R_2 \dot{I}_2 + j\omega L_2 \dot{I}_2 - j\omega M \dot{I}_1 = 0 \end{cases}$$

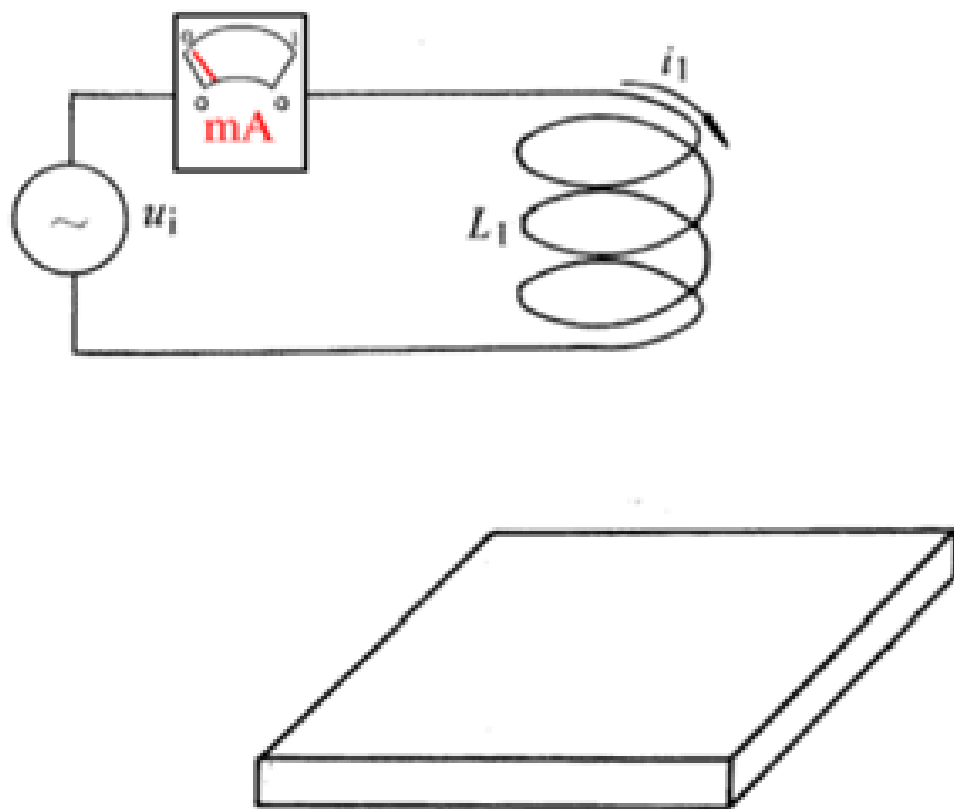


等效电路

$$Z = \frac{\dot{E}}{\dot{I}_1} = \underbrace{R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + (\omega L_2)^2} R_2}_{R_e} + j\omega \underbrace{\left[L_1 - \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + (\omega L_2)^2} L_2 \right]}_{L_e}$$



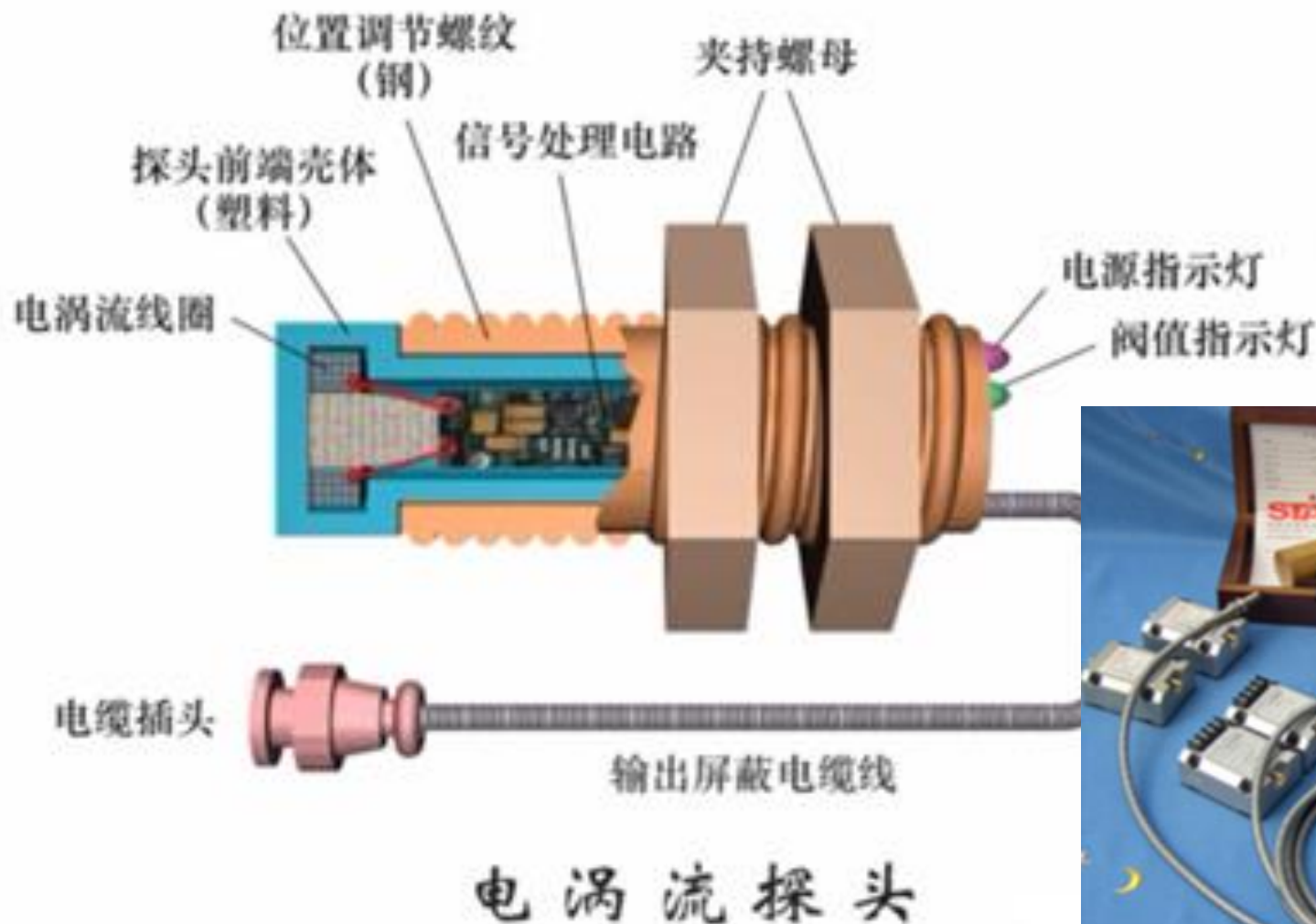
1. 高频反射式涡流传感器



当电涡流线圈与金属板的距离减小时，电涡流线圈的等效电感 L 减小，等效电阻 R 增大。感抗 X_L 的变化比 R 的变化大得多，流过电涡流线圈的电流 i_1 增大。



1. 高频反射式涡流传感器





1. 高频反射式涡流传感器

CZF-1系列传感器的性能

型号	线性范围 (μm)	线圈外径 (mm)	分辨力 (μm)	线性误差 (%)
CZF1-1000	1000	7	1	<3
CZF1-3000	3000	15	3	<3
CZF1-5000	5000	28	5	<3



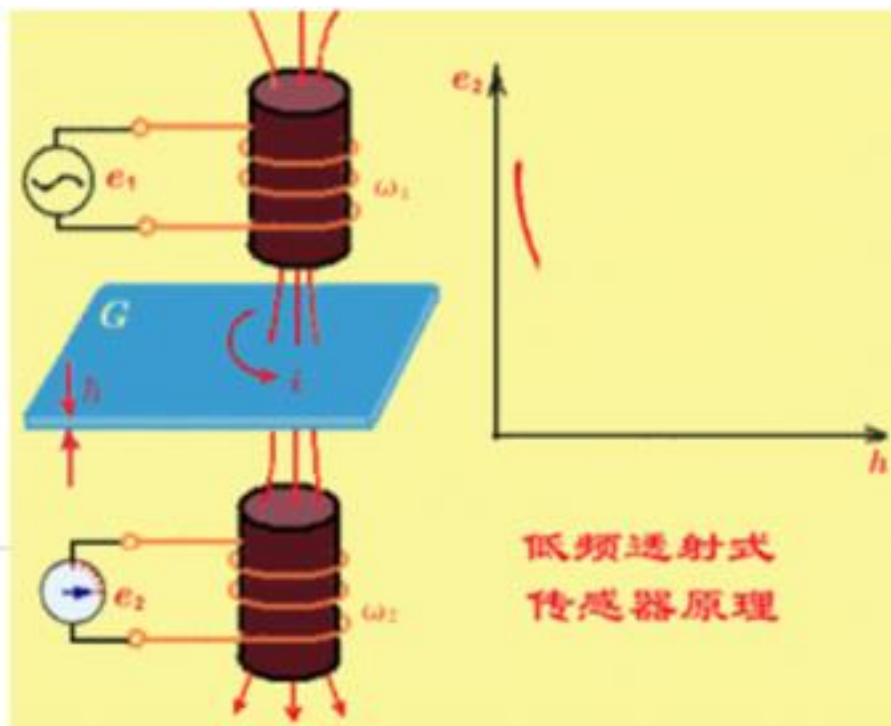
1. 高频反射式涡流传感器



交变磁场

2. 低频透射式涡流传感器

发射线圈 L_1 加上交流电压，产生的磁力线切割 G ，在被测体 G 中产生电涡流 i ，涡流损耗部分能量，使通过接收线圈 L_2 的磁力线减少，引起 L_2 电势下降。



- 音频 ($<20\text{kHz}$) 激励，多用于测定材料厚度。



二、信号调理电路

■ 调频式测量电路

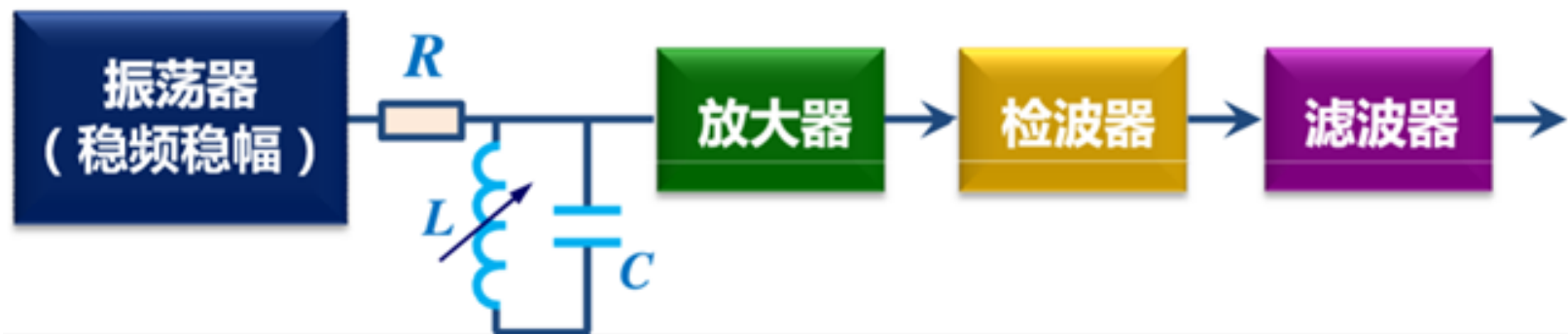


- 以LC振荡回路的谐振频率作为输出量。
- 鉴频器将调频信号转换为电压信号输出。



二、信号调理电路

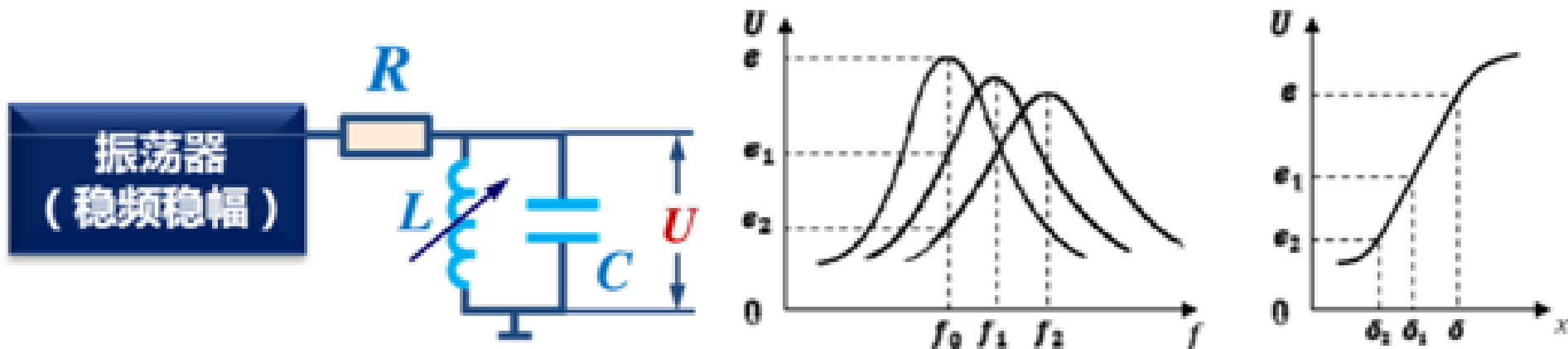
■ 定频调幅式测量电路



- 涡流传感器线圈与电容并联组成LC并联谐振回路，由恒流源石英晶体振荡器供电。

二、信号调理电路

■ 定频调幅式测量电路

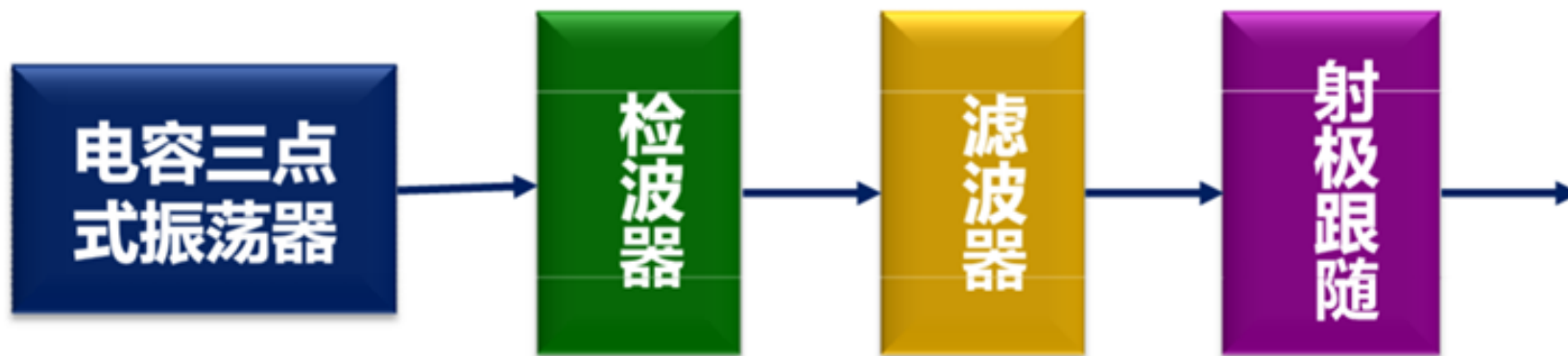


- 设 $x=\infty$ 时，谐振回路的谐振频率等于振荡器的频率 f_0 ，此时LC并联回路呈现阻抗最大，输出电压等于 e 。
- 当 $x=\delta_1$ 时，线圈等效电感变为 L_1 ，谐振回路的谐振频率为 f_1 ，输出电压等于 e_1 。
- 当 $x=\delta_2$ 时，线圈等效电感变为 L_2 ，谐振回路的谐振频率为 f_2 ，输出电压等于 e_2 。



二、信号调理电路

■ 变频调幅式测量电路



- 涡流传感器线圈与电容并联组成LC并联谐振回路，由恒流源石英晶体振荡器供电。



本章小结

1. 三种传感器

- 变磁阻式、差动变压器式、涡流式电感传感器的工作原理、特性与应用

2. 变磁阻电感传感器

- a) 变间隙电感传感器的工作原理
- b) 影响精度的因素：内部、外部

3. 差动变压器：重点是螺管式

4. 电涡流传感器：重点是高频反射式