



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

常用传感器

电感式传感器

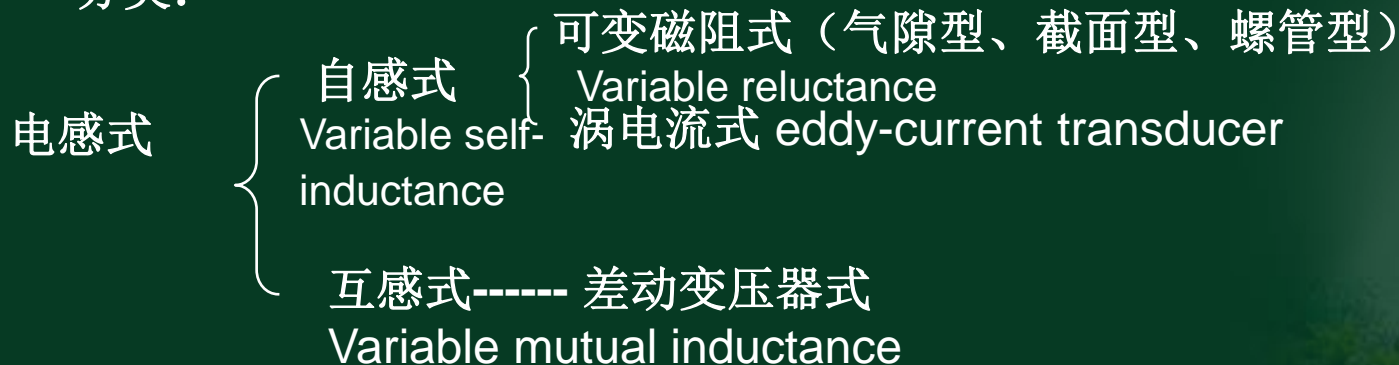
主讲：马怀祥

电感式传感器



主要特征：具有线圈绕组。

分类：



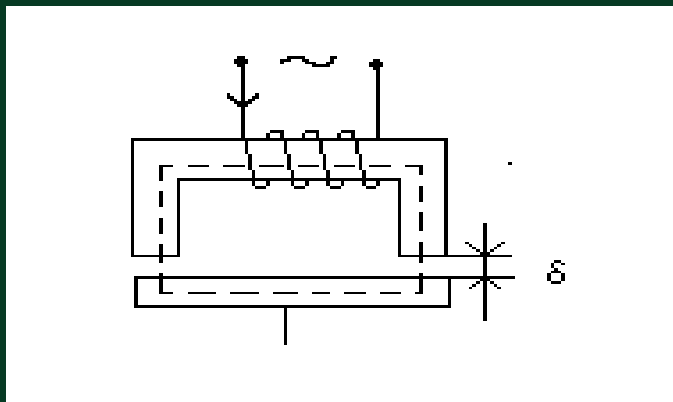
一. 自感型:

(一) 可变磁阻式:

Variable reluctance

1. 基本组成:

线圈
铁心
衔铁



2. 基本工作原理:

$$\because L = W^2 / R_m$$

W --- 线圈匝数; R_m --- 磁路总磁阻。

假设气隙磁场是均匀的, 则:

$$R_m = \frac{l}{\mu A} + \frac{2\delta}{\mu_0 A_0}$$

$$\because \mu \gg \mu_0$$

$$\therefore R_m \approx \frac{2\delta}{\mu_0 A_0}$$

$$L = \frac{W^2 u_0 A_0}{2\delta}$$

当 W, u_0 为常数, $L = f(\delta, A_0)$

动画演示



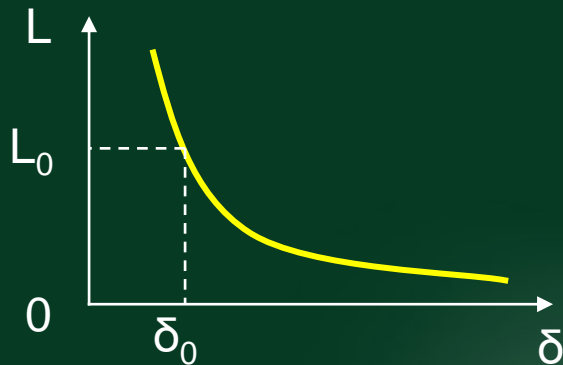
3.类型

①单线圈变气隙型:

当 A_0 一定, $L \propto \frac{1}{\delta}$

灵敏度: $dL = -\frac{W^2 u_0 A_0}{2\delta^2} d\delta$

$\therefore S = -\frac{W^2 u_0 A_0}{2\delta^2}$ (变量)



特点:

a, $S \propto 1/\delta^2$ 非线性关系。取较小的初始间隙 δ_0 可获得

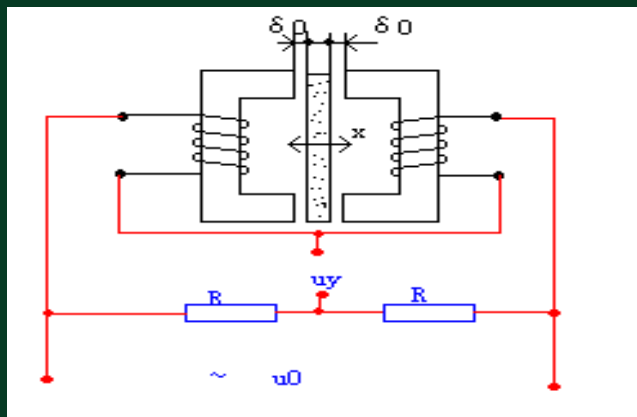
高的灵敏度;

b, 由于非线性, 工作范围受限。只能对微小的位移进行测量。
($\Delta\delta/\delta_0 \leq 0.1$, $\Delta\delta: 0.001 \sim 1\text{mm}$)

②差动变气隙型:

a. 结构特点:

两个完全相同的单线圈电感
传感器共用一个活动衔铁。
(电气参数、几何尺寸均相同)



$$\begin{aligned}\Delta L_{\text{差}} &= L_1 - L_2 = \left[\frac{W^2 u_0 A_0}{2(\delta_0 - \Delta\delta)} - \frac{W^2 u_0 A_0}{2(\delta_0 + \Delta\delta)} \right] \\ &= \frac{W^2 u_0 A_0}{2} \left[\frac{2\Delta\delta}{\delta_0^2 - \Delta\delta^2} \right] = \frac{2W^2 u_0 A_0}{2\delta_0} \left[\frac{\Delta\delta / \delta_0}{1 - (\Delta\delta / \delta_0)^2} \right] \\ &= 2L_0 \left[\frac{\Delta\delta / \delta_0}{1 - (\Delta\delta / \delta_0)^2} \right]\end{aligned}$$

$$= 2L_0 \cdot \frac{\Delta\delta}{\delta_0} \left[1 + \left(\frac{\Delta\delta}{\delta_0} \right)^2 + \dots \right]$$

$$\text{当 } \Delta\delta / \delta_0 \ll 1, \text{ 有 } \Delta L_{\text{差}} \approx 2L_0 \cdot \frac{\Delta\delta}{\delta_0}$$

$$\begin{aligned} \therefore S_{\text{差}} &= \frac{\Delta L_{\text{差}}}{\Delta\delta} = 2 \frac{L_0}{\delta_0} = 2 \cdot \frac{W^2 u_0 A_0}{2\delta_0^2} \\ &= 2S_{\text{单}} \end{aligned}$$

b.与单线圈相比，有下列优点：

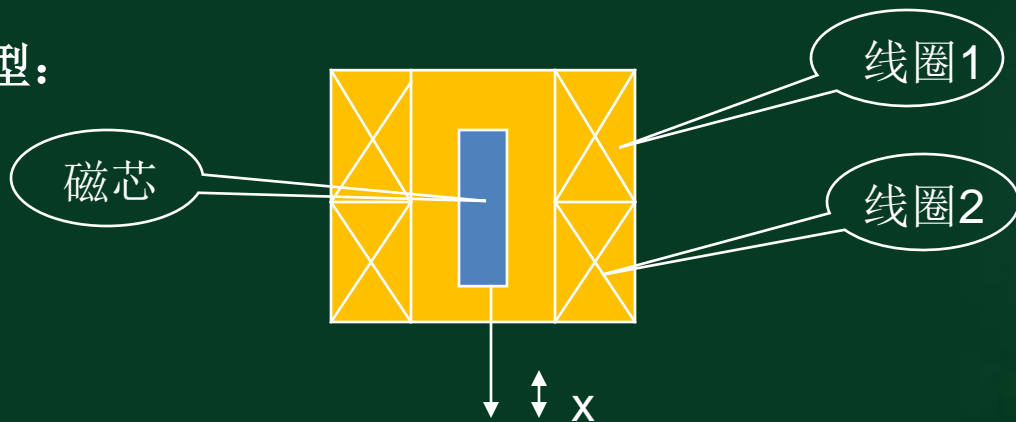
- I 线性得到改善；
- II 灵敏度提高一倍。

③变截面型:

$$\text{当 } \delta_0 \text{ 一定时, } L \propto A_0$$

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta A} = \frac{W^2 u_0}{2\delta} \text{ (常量)}$$

④差动螺管型:

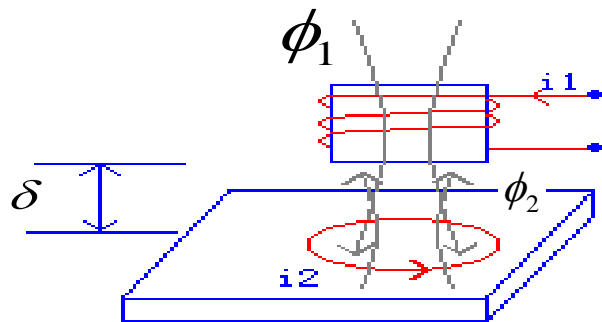


动画演示

(二) 涡电流型

1. 工作原理:

涡电流效应



线圈阻抗:

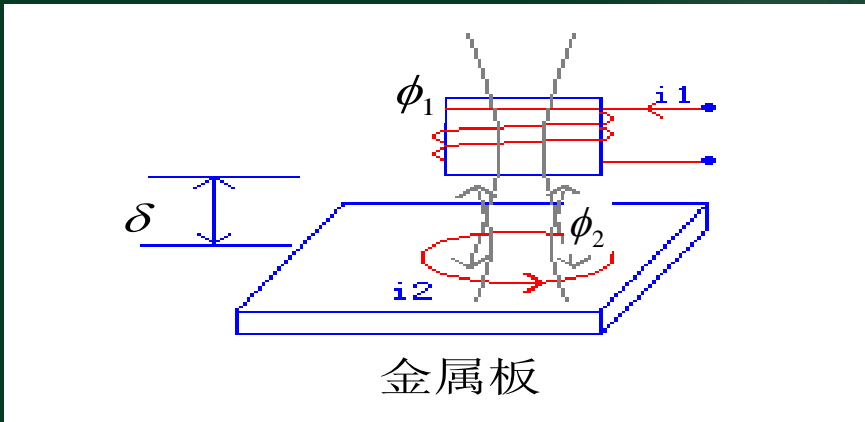
距离

线圈激励电流的圆频率

$$Z = f(\rho, u, \delta, \omega)$$

金属板的电阻率

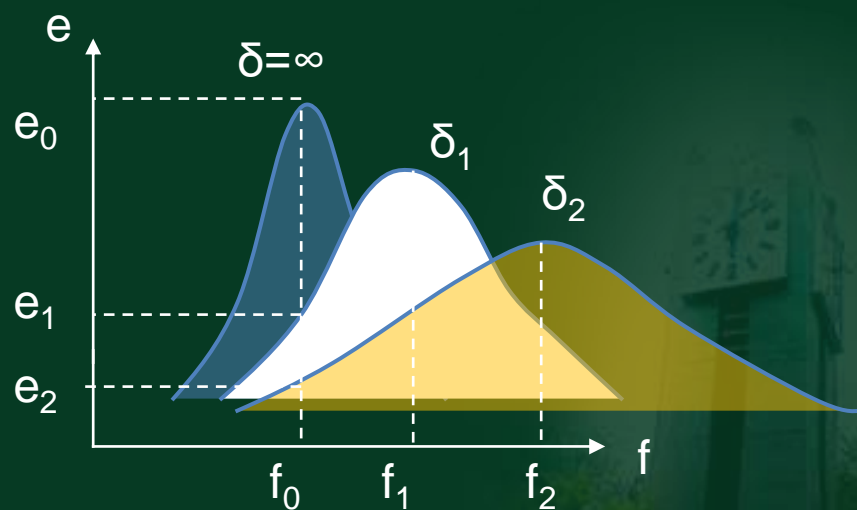
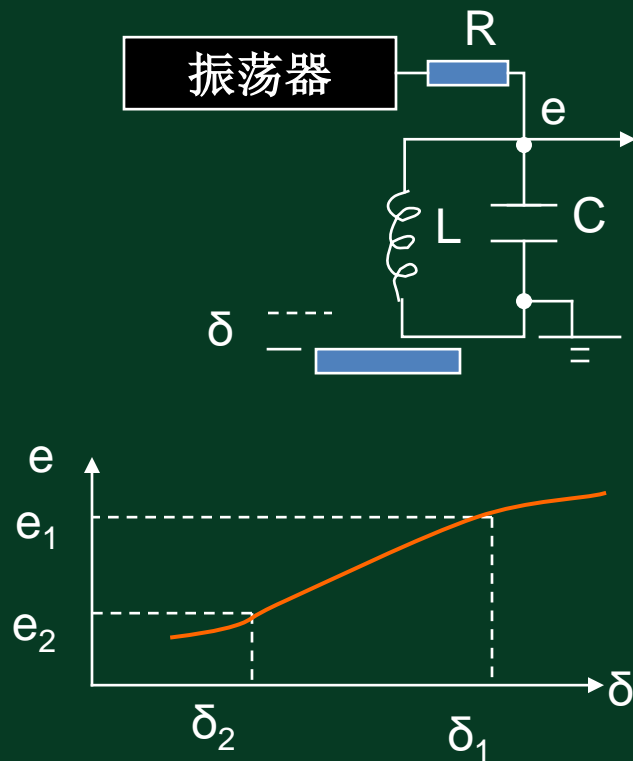
金属板的磁导率



2. 测量电路

(1) 阻抗分压式调幅电路:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



(2) 调频电路



$$\delta_0 \pm \Delta\delta \rightarrow L \pm \Delta L \rightarrow f \pm \Delta f \rightarrow e_0 \pm \Delta e$$

二. 互感式——差动变压器式电感传感器

1. 工作原理:

把被测量的变化转化成互感系数M的变化。

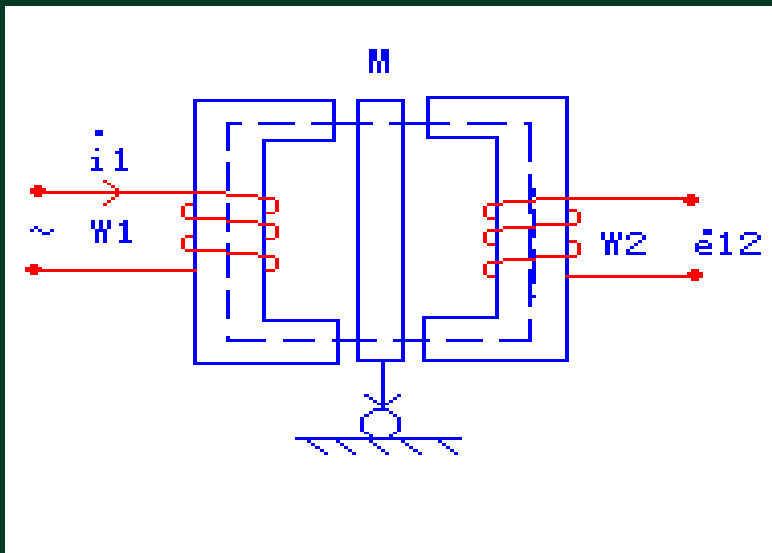
$$\dot{e}_{12} = -M \frac{di_1}{dt}$$

M——互感系数 (H)

表示两线圈之间的耦合程度。其大小与两线圈相对位置及周围介质的导磁能力等因素有关。

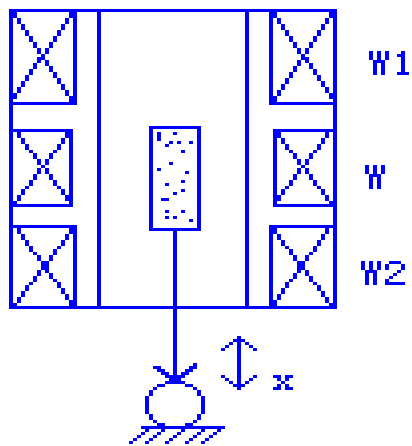
i_1 ——一次侧线圈的励磁电流。

e_{12} ——二次侧线圈的感应电动势。

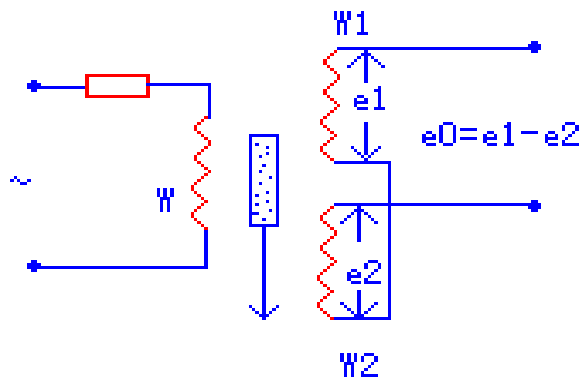


相当于一个互感系数可变的变压器

2.差动结构:

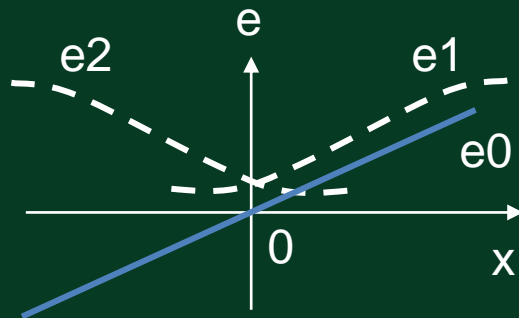


螺管型差动变压器式



等效电路

输出特性:



小结



在线开放课程

掌握各类电感式传感器的变换原理、特点

休息一下

