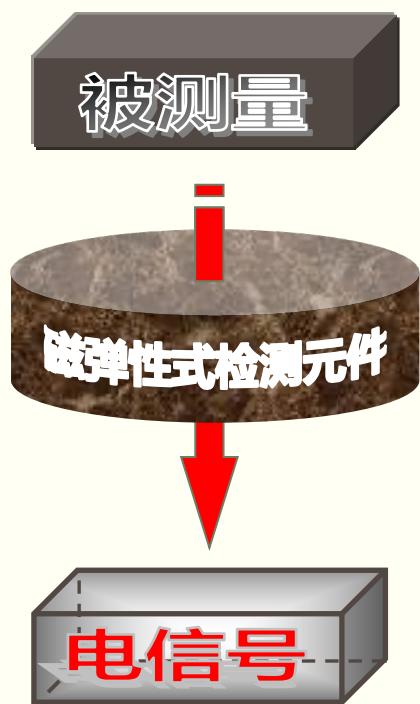




## 2.9 磁弹性式检测元件

# 定义



- 磁弹性式检测元件：压磁式检测元件、压磁元件
- 基于铁磁材料的**磁弹性效应**：受外力作用产生内应力 $\sigma$ ，引起**磁阻**或**磁导率**的变化
- **优点**：输出功率大、线性好、抗干扰能力及过载能力强、便于制造、经济实用、恶劣的条件下长期使用
- **缺点**：测量精度不高（误差约为1%），反应速度较慢

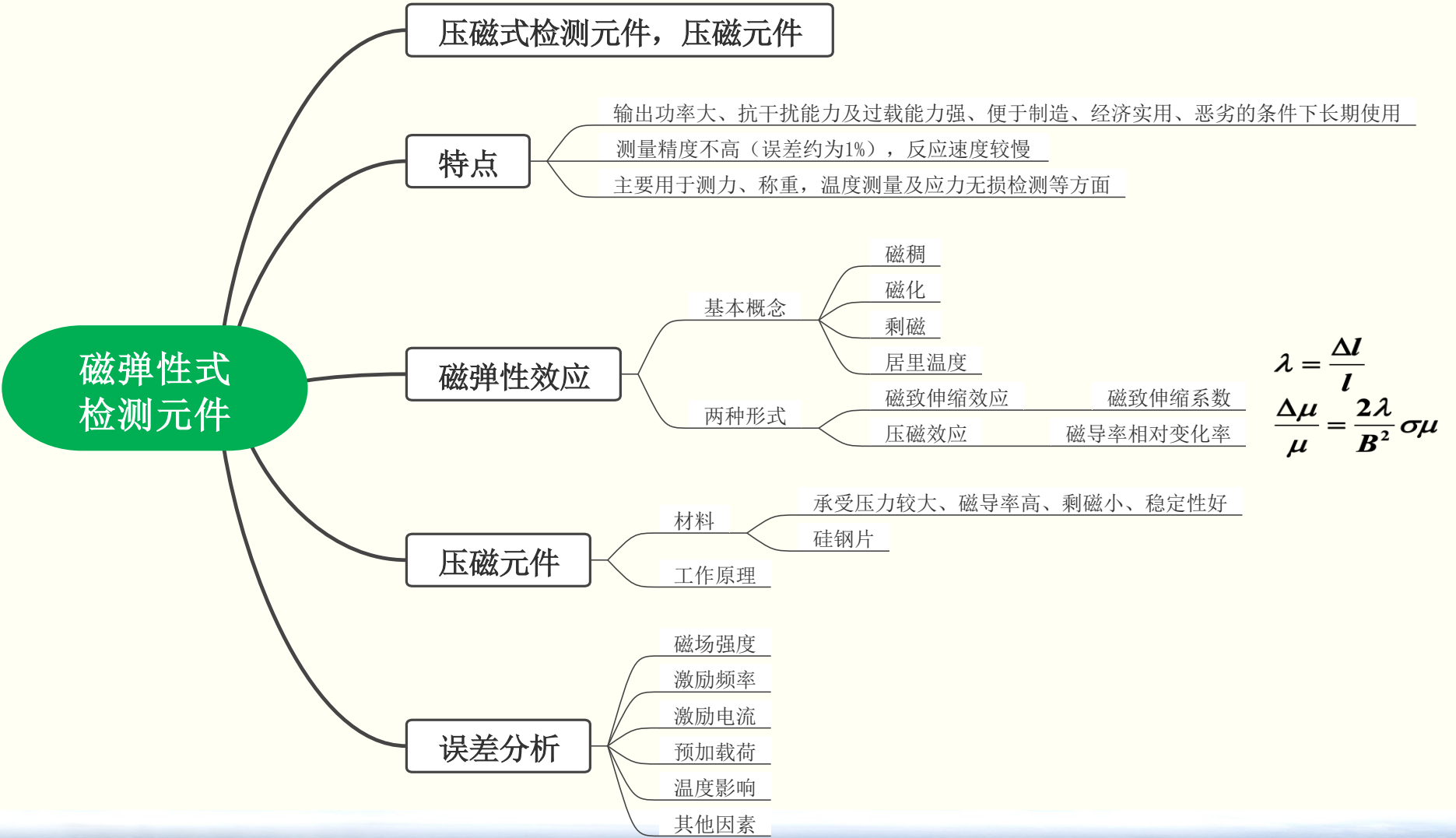
测力

称重

温度

应力

# 知识要点



# 几个基本概念

---

- **磁畴**：铁磁材料内部存在强大的“分子场”，即使无外磁场，内部也有**自发磁化的小区域**
  - 磁性取向随机，材料整体并不体现出磁性
- **磁化**：外加磁场会使本来随机排列的磁畴发生转向
- **剩磁**：当外加磁场去除后，材料仍会剩余一些磁场
- **居里温度**：当温度很高时，由于无规则热运动的增强，磁性会消失，这个临界温度叫居里温度。

# 1、磁弹性效应

铁磁材料

磁致伸缩效应

$l$  变,  $V$  不变

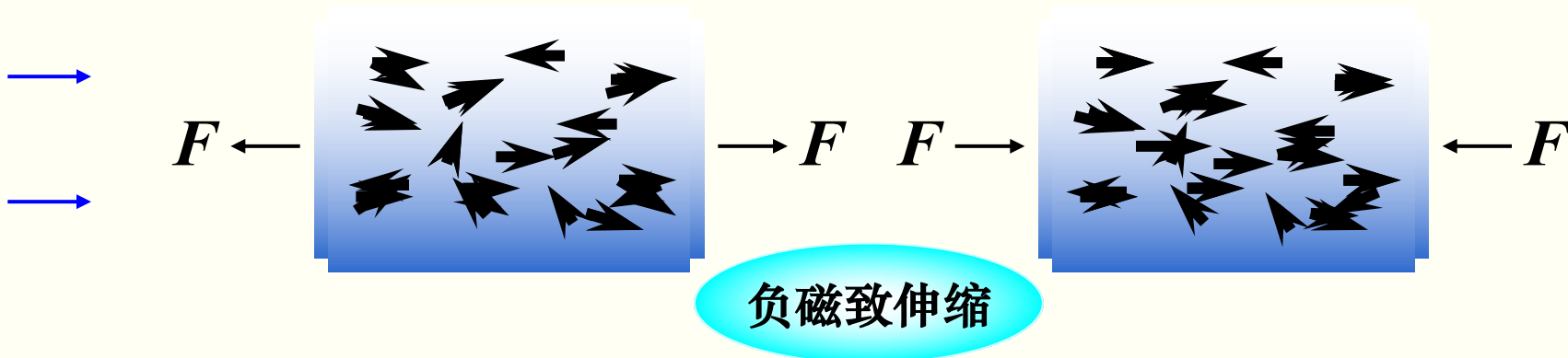
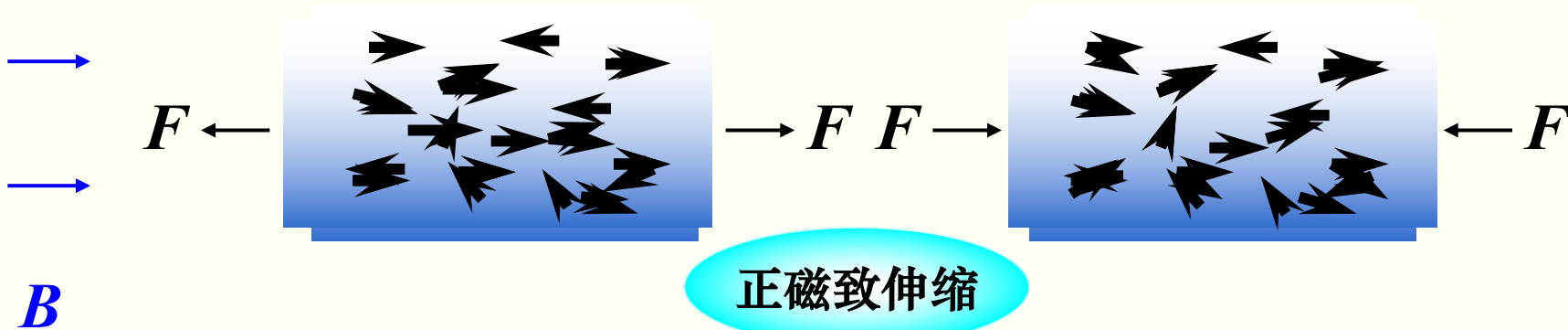
磁致伸缩系数

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l}$$

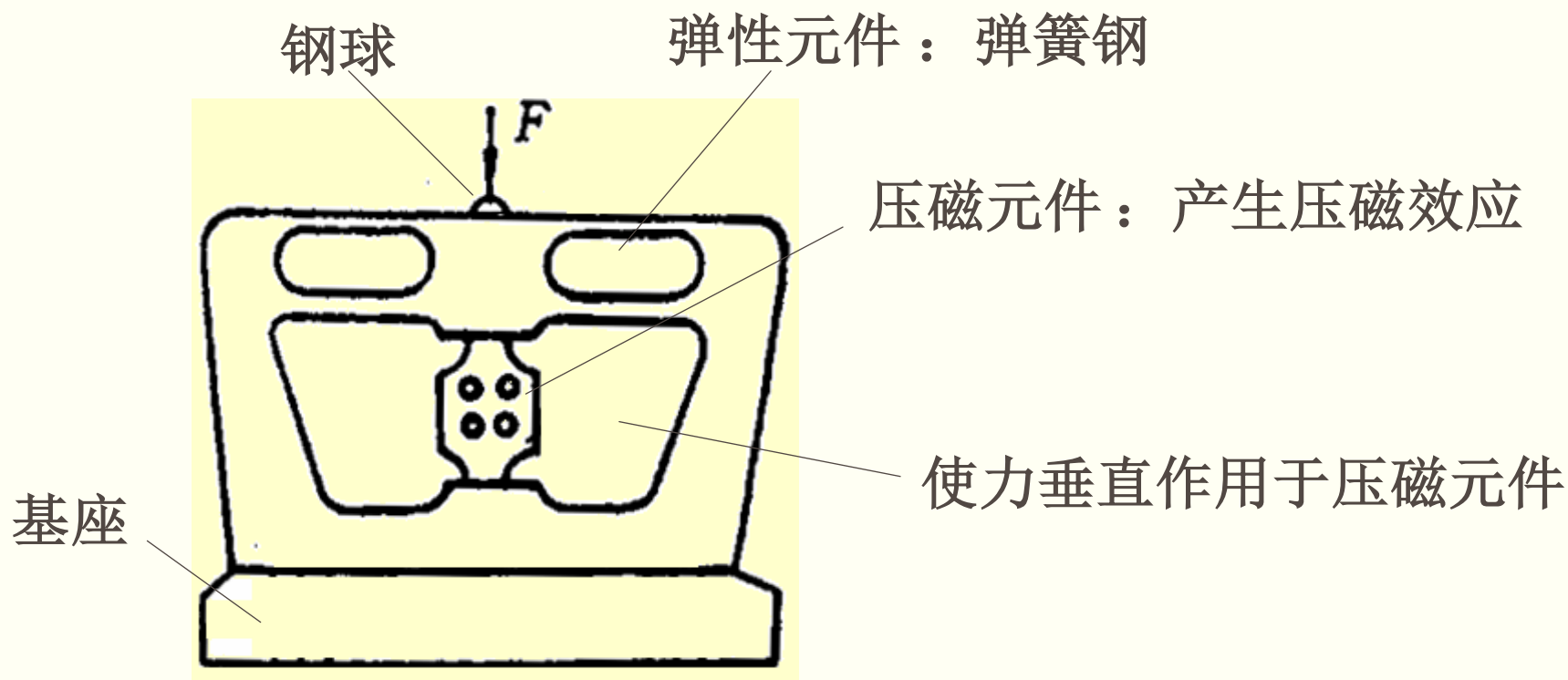
压磁效应

产生  $\sigma, \mu$  改变 相对磁导率变化

$$\frac{\Delta \mu}{\mu} = \frac{2\lambda}{B^2} \sigma \mu$$



## 2、结构与工作原理

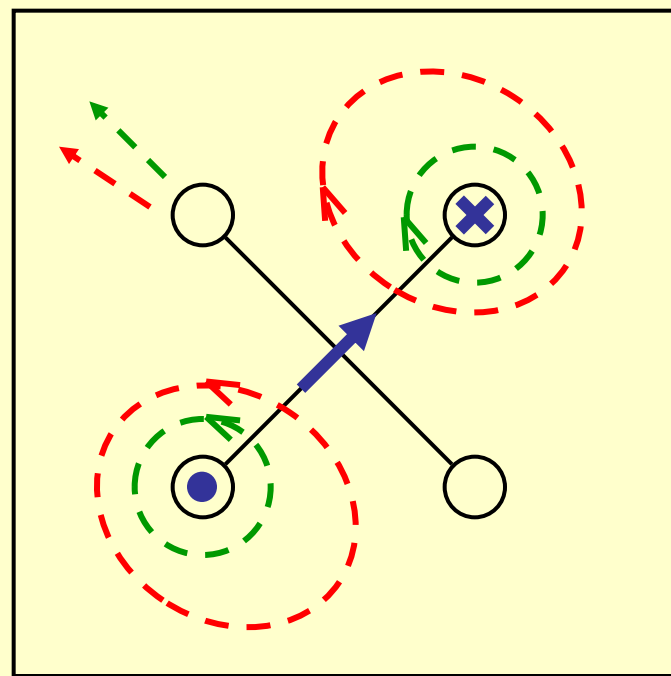
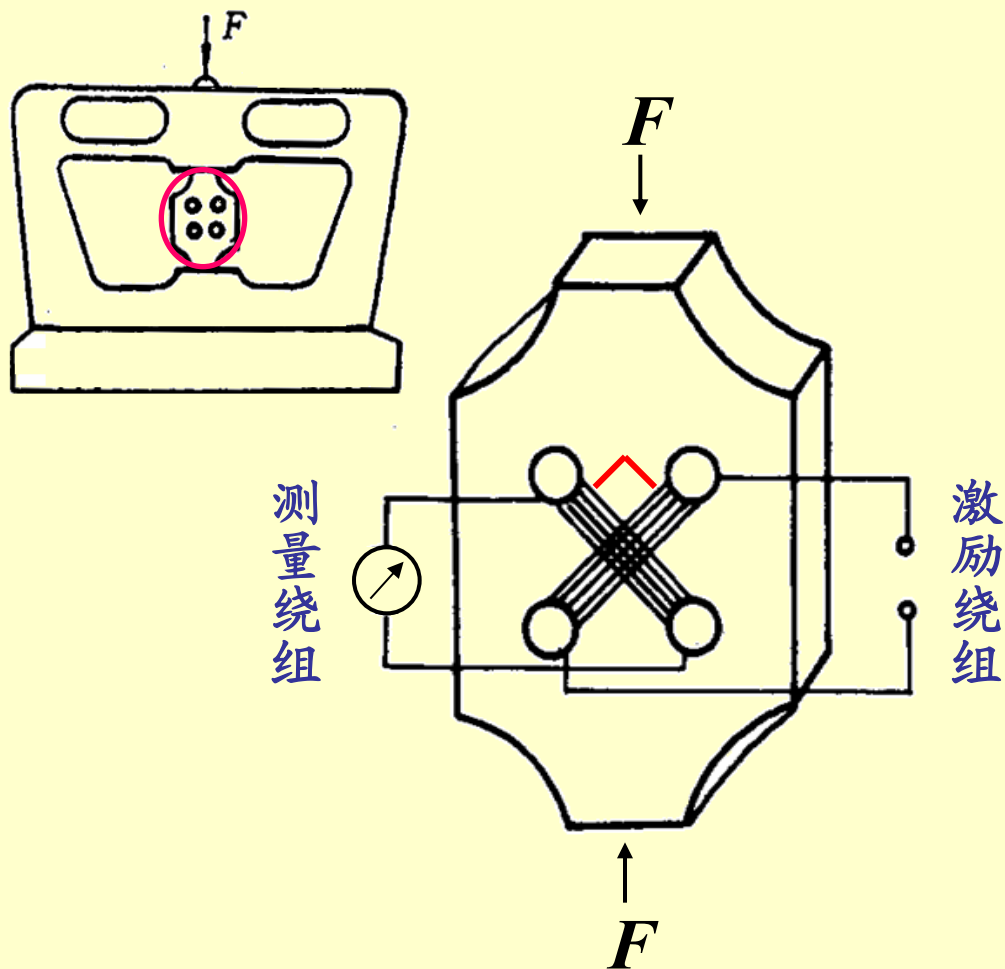
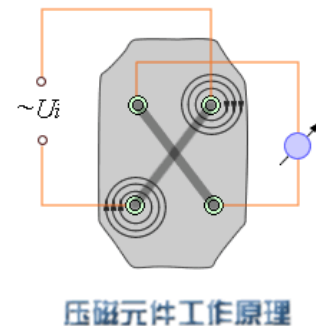


- 承受压力较大、磁导率高、剩磁小、稳定性好
- 目前常用的材料为硅钢片



# 压磁元件的工作原理

由具有正磁致伸缩特性的硅钢片粘叠而成



### 3、误差分析

---

磁弹性式检测元件具有输出功率大、线性好、寿命长、适应恶劣环境等优点，但由于铁磁材料特性受许多因素影响，使测量结果出现误差。降低这些因素的影响，是提高磁弹性式检测元件准确度的有效措施。

- 磁场强度的影响
- 激励频率的影响
- 激励电流的影响
- 预加载荷的影响
- 温度的影响
- 其他因素



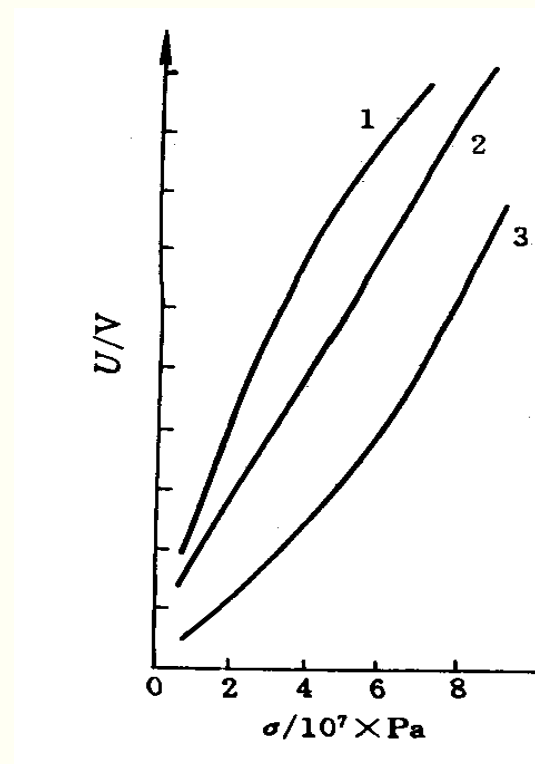
# ( 1 ) 磁场强度的影响

1— $H < 716 \text{ A/m}$ ;

2— $H = 716 - 796 \text{ A/m}$ ;

3— $H > 796 \text{ A/m}$

- 磁场强度选择合理：线性特征
- 磁场强度选择不当：非线性，引起误差。

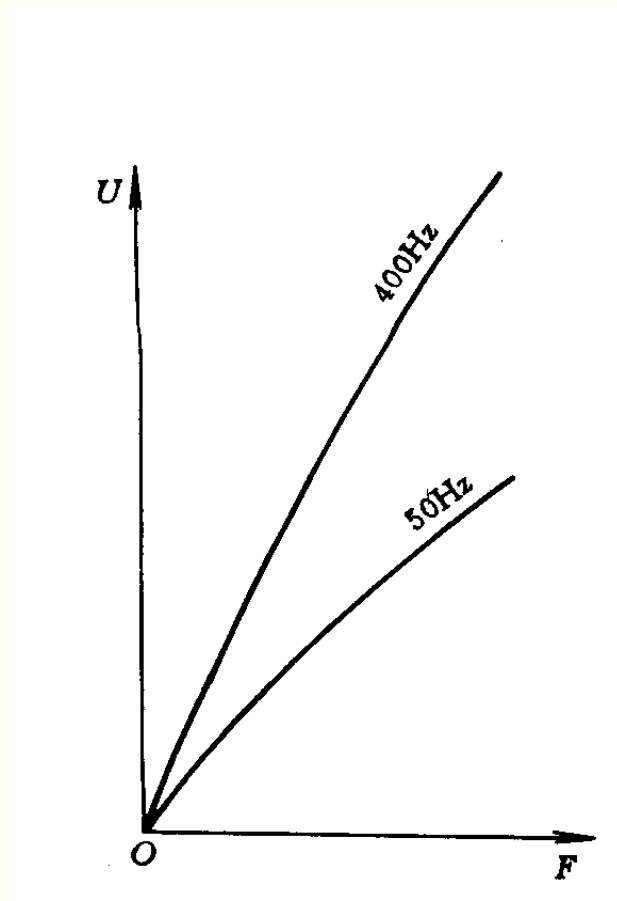


不同磁场强度与输出特性曲线

## ( 2 ) 激励频率的影响

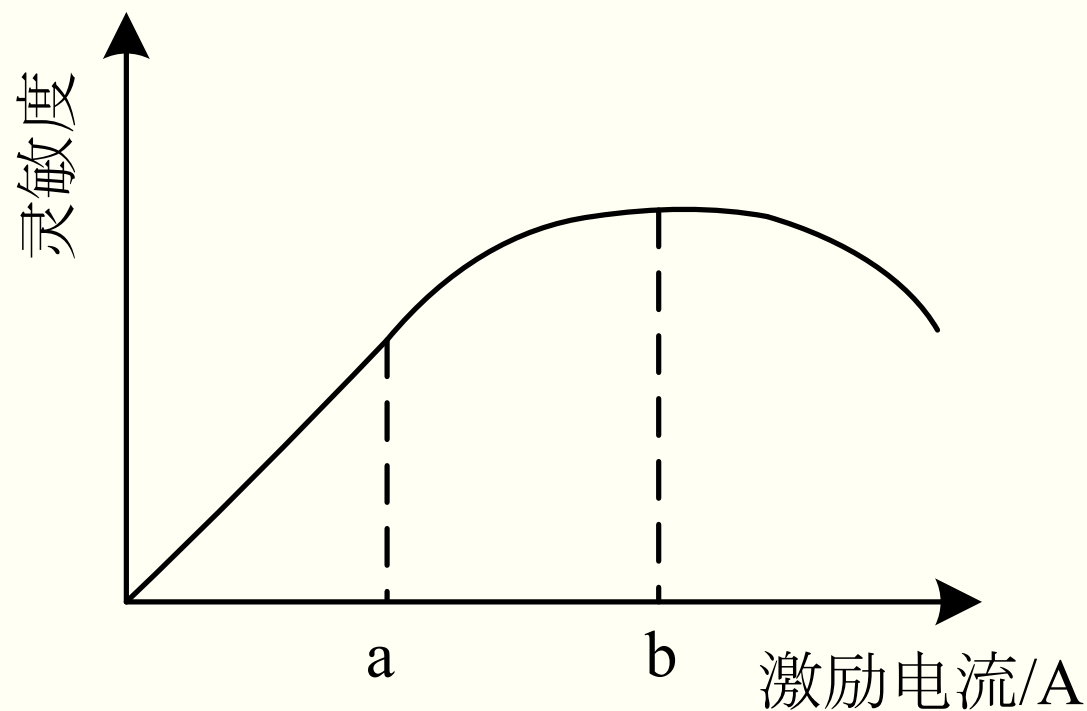
$$e = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

- 激励频率越高，检测元件灵敏度越高，线性越好。



不同激励频率时的输出特性曲线

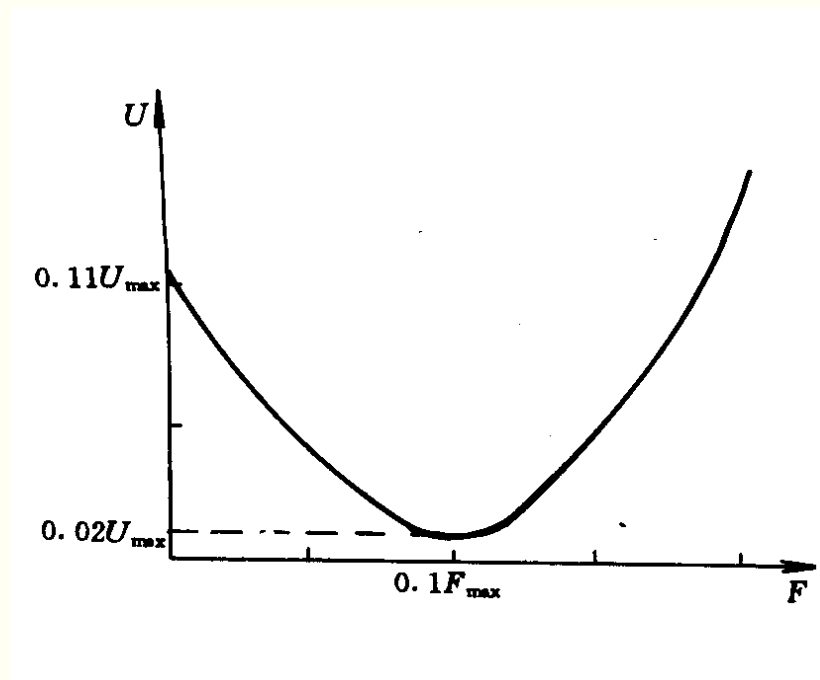
### ( 3 ) 激励电流的影响



激励电流与灵敏度的关系

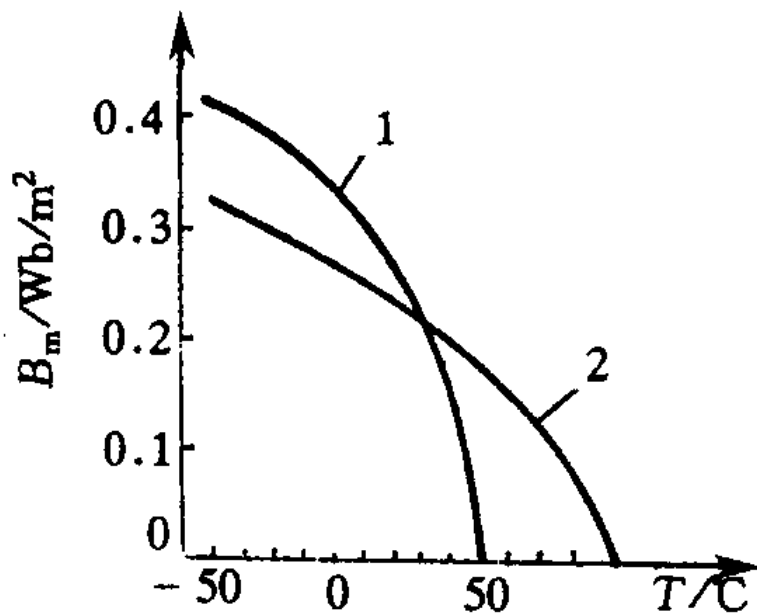
## ( 4 ) 预加载荷的影响

- 额定载荷**10%**以下：严重的非线性
- 预加载荷为额定载荷的**10%~20%** 。



载荷下的输出特性

## ( 5 ) 温度的影响



磁感应强度与温度的关系

1—铁镍合金；2—镁铜铁氧体

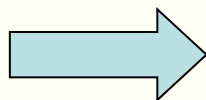
- 铁磁材料磁化性能随温度变化系数
- **0.2%/ $^{\circ}\text{C}$** ，不是常数
- 随材料型号、磁场强度、机械负荷性能不同而波动

## ( 6 ) 其他因素

---

- 铁心材料的磁滞特性、弹性滞后、弹性后效

- 电源的性能参数



- 对检测元件多次重复加载、去载；额定载荷下老化处理

- 选用合理的电源  
(**稳频恒流**)

- 环境温度的波动

- 温度补偿

# 思考题

---

- 磁致伸缩原理的应用？
- 从应用角度讨论并分析压阻式（半导体应变片）、压电式和压磁式检测元件各有什么特点