



## 第八章 磁电式传感器

---

### ◆ 霍尔传感器\*\*\*

- 定性和定量工作原理—霍尔效应
- 霍尔元件：
  - 基本结构和等效电路
  - 主要技术参数
  - 不等位电势补偿
  - 温度补偿
- 应用实例

### ◆ 磁电传感器（定性）：变磁通式、恒定磁通式

# 霍尔式传感器

- 霍尔效应（定性）：置于磁场中的导体（或半导体），当有电流流过时，在垂直于电流和磁场的方向会产生电动势（霍尔电势），原因是电荷受到洛伦兹力的作用。
- 霍尔效应（定量）：定向运动的电子除受到洛伦兹力外，还受到霍尔电场的作用，当  $f_L = f_E$  时，达到平衡

1) 霍尔电势：  $U_H = K_H IB$

2) 灵敏度系数：  $K_H = \frac{R_H}{d}$  霍尔系数  $R_H$ ，材料确定后为常数

3) 霍尔系数：  $R_H = \mu\rho$

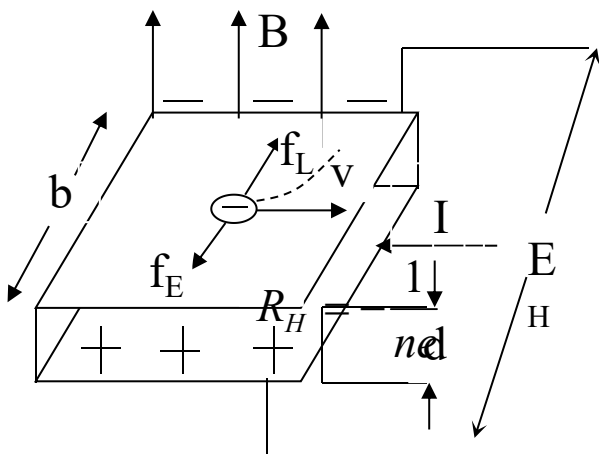
特点：1) 霍尔电势正比于激励电流及磁感应强度

2) 灵敏度与霍尔系数成正比，与厚度  $d$  成反比；为提高灵敏度，常制成薄片形状

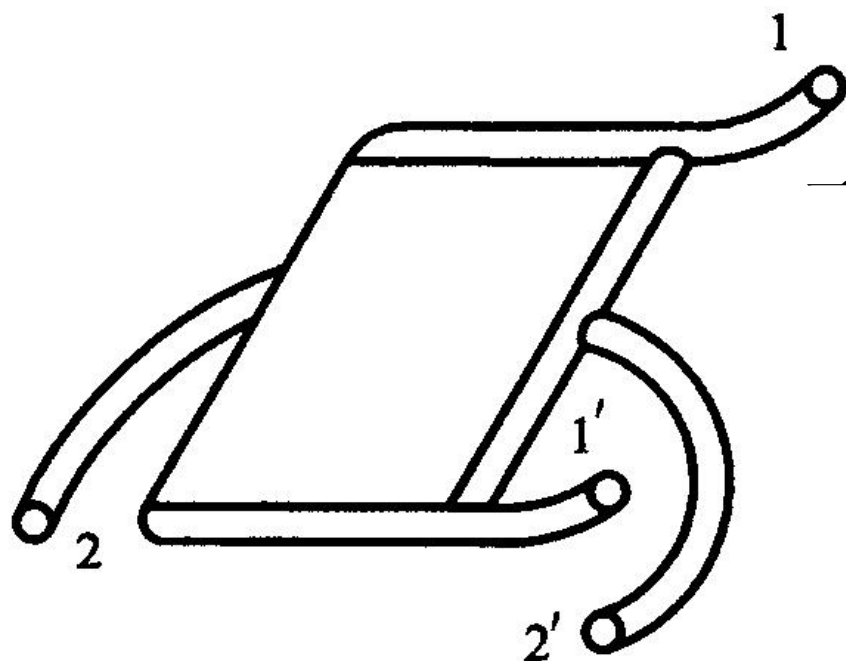
3) 霍尔元件材料—半导体：为增大霍尔系数，霍尔片材料应具有较大电阻率和载流子迁移率

金属材料：载流子迁移率高，电阻率低

绝缘材料：电阻率高，载流子迁移率极低

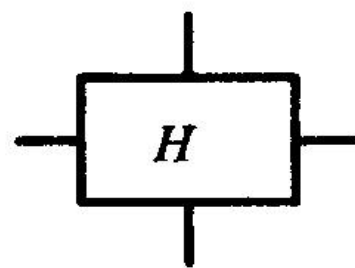
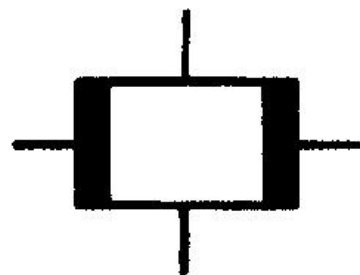


# 霍尔元件基本结构



(a)

一块霍尔片+四条引线（激励电极和霍尔电极）



(b)

图 7 -10 霍尔元件

(a) 外形结构示意图；(b) 图形符号

例8-1 ? ? ?

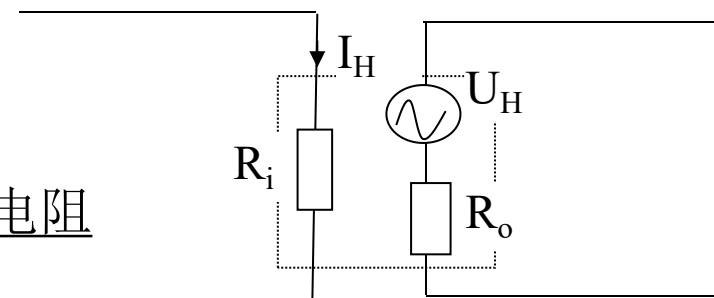
# 霍尔元件基本特性

## ■ 额定激励电流和最大允许激励电流

- 当霍尔元件自身温升**10度**时所流过的激励电流
- 以元件最大温升为限制所对应的激励电流

## ■ 输入电阻和输出电阻

- 输入电阻：激励电极间的电阻
- 输出电阻：电压源内阻—霍尔电极间的电阻



## ■ 不等位电势和不等位电阻

- 当霍尔元件的激励电流为 $I$ 时，若元件所处位置磁感应强度为零，此时测得的空载霍尔电势。
- 不等位电势就是激励电流经不等位电阻所产生的电压。

## ■ 寄生直流电势：产生原因

## ■ 霍尔电势温度系数



# 霍尔元件的不等位电势补偿

- 不等位电势：
  - ①电极引出时偏斜，
  - ②半导体的电阻特性（等势面倾斜）造成。
  - ③激励电极接触不良。
- 补偿
  - 补偿原因：不可忽略，与霍尔电势同数量级
  - 补偿措施：
    - 制作工艺上保证电极对称、欧姆接触
    - 电路补偿（见课本图8-4）
      - 1) 单桥臂并联可变电阻
      - 2) 两桥臂上同时并联电阻

# 霍尔元件的温度补偿

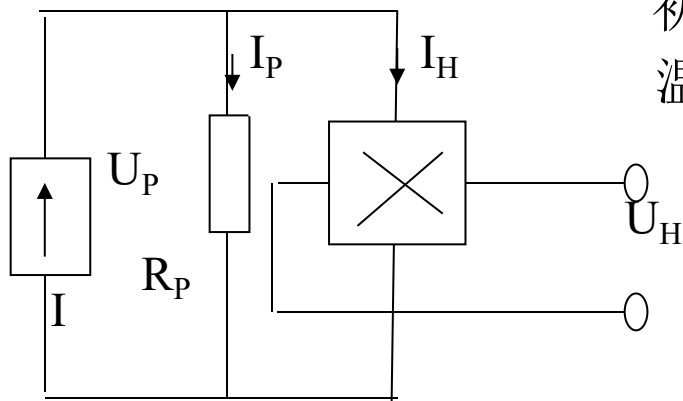
$$U_H = K_H IB$$

■ 误差原因：温度变化时， $K_H, R_i$ （输入电阻）变化

■ 补偿办法

■ 对温度引起的 $I$ 进行补偿。采用恒流源供电。但只能减小由于输入电阻随温度变化所引起的激励电流的变化的影响。

■ 对 $K_H I$ 乘积项同时进行补偿。采用恒流源与输入回路并联电阻。



初始状态： $R_{p_0}, R_{i_0}, k_{H_0}$   $I_{H_0} = \frac{R_{p_0} I}{(R_{i_0} + R_{p_0})}$  ? ? ?

温度升高  $\Delta T$  后：

$$R_{p_0} \rightarrow R_p, R_{i_0} \rightarrow R_i, k_{H_0} \rightarrow k_H$$

$$k_H = k_{H_0} [1 + \alpha \Delta T]$$

$$R_i = R_{i_0} [1 + \delta \Delta T] \quad R_p = R_{p_0} [1 + \beta \Delta T]$$

$$I_H = \frac{I R_{p_0} (1 + \beta \Delta T)}{R_{i_0} [1 + \delta \Delta T] + R_{p_0} (1 + \beta \Delta T)}$$

要使  $k_{H_0} I_{H_0} B = k_{Ht} I_{Ht} B$  即  $k_{H_0} I_{H_0} = k_{Ht} I_{Ht}$

$$R_{p_0} = \frac{[(\delta - \beta - \alpha) \Delta T - \alpha \beta (\Delta T)^2]}{\alpha \Delta T + \alpha \beta (\Delta T)^2} \cdot R_{i_0} \approx \frac{\delta - \beta - \alpha}{\alpha} \cdot R_{i_0}$$

略去  $(\Delta T)^2$  项

# 霍尔传感器的应用-测位移+转速

测位移工作原理？

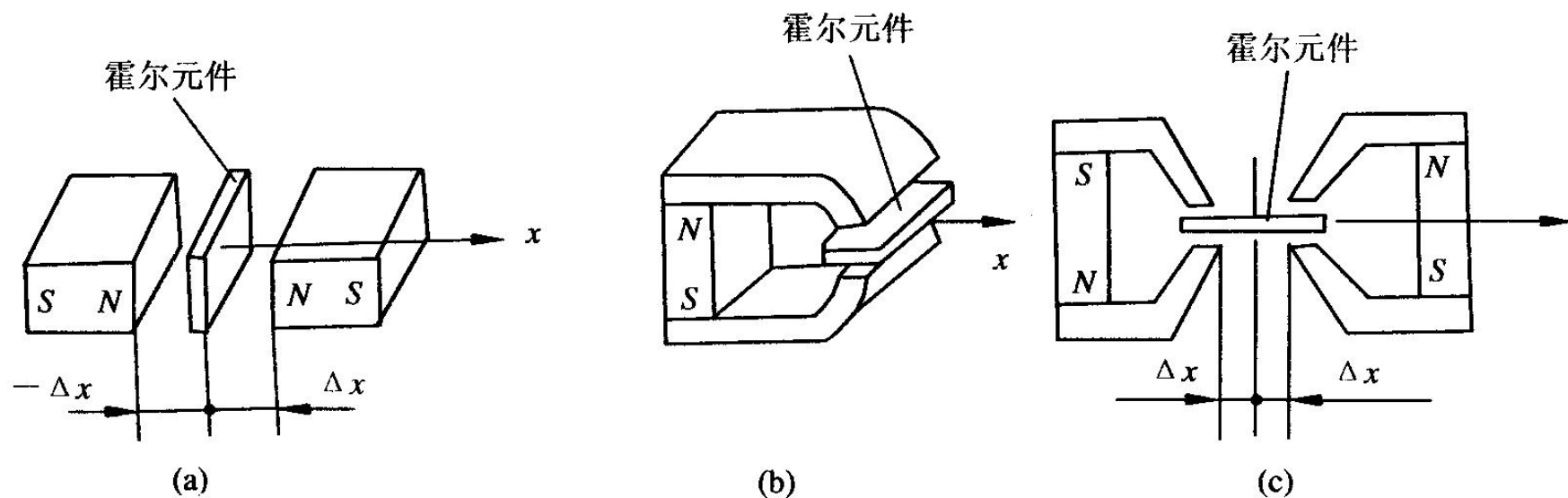
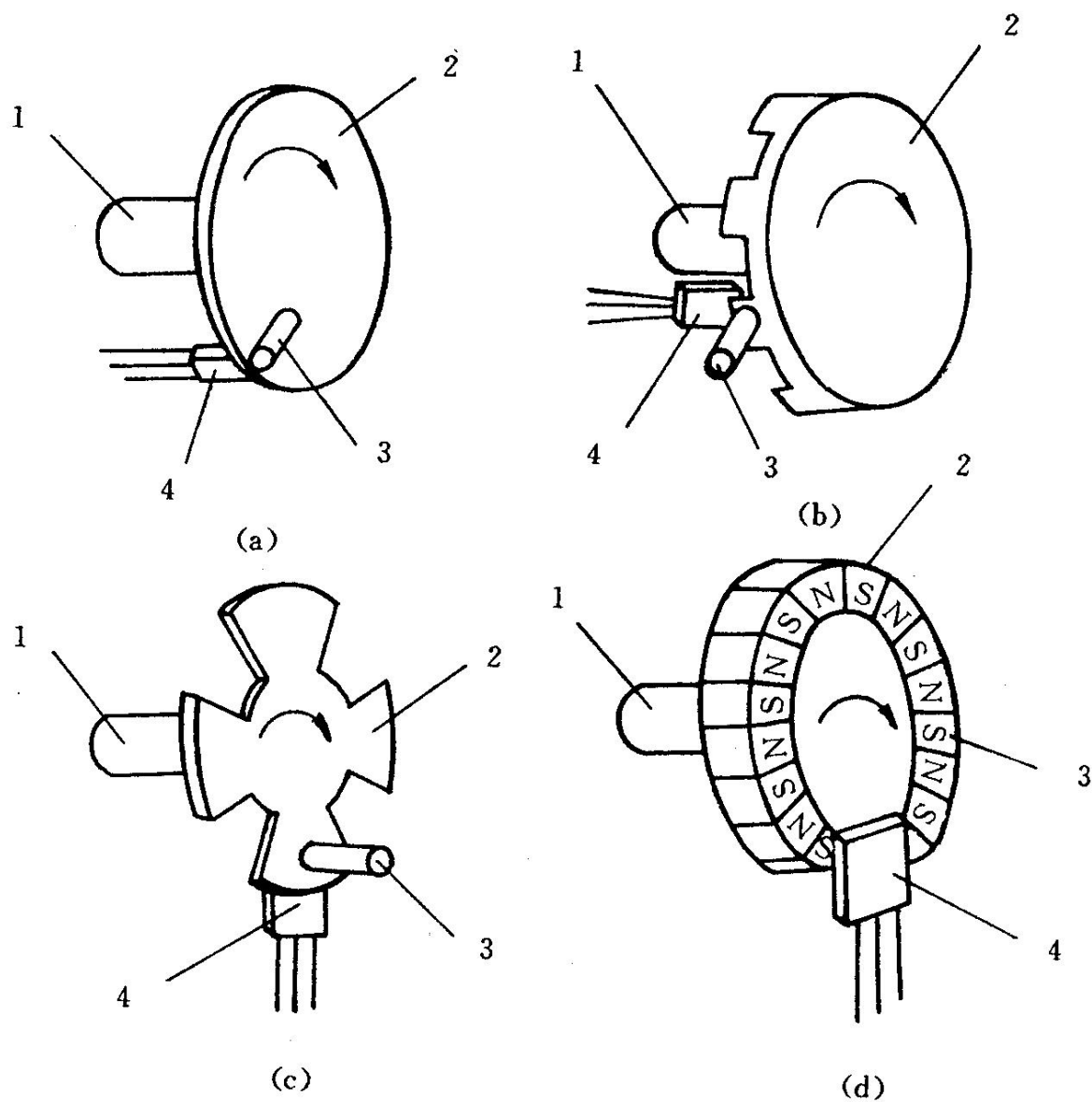


图 7 - 12 霍尔式位移传感器的工作原理图



1—输入轴；2—转盘；3—小磁铁；4—霍尔传感器

图 7-13 几种霍尔式转速传感器的结构





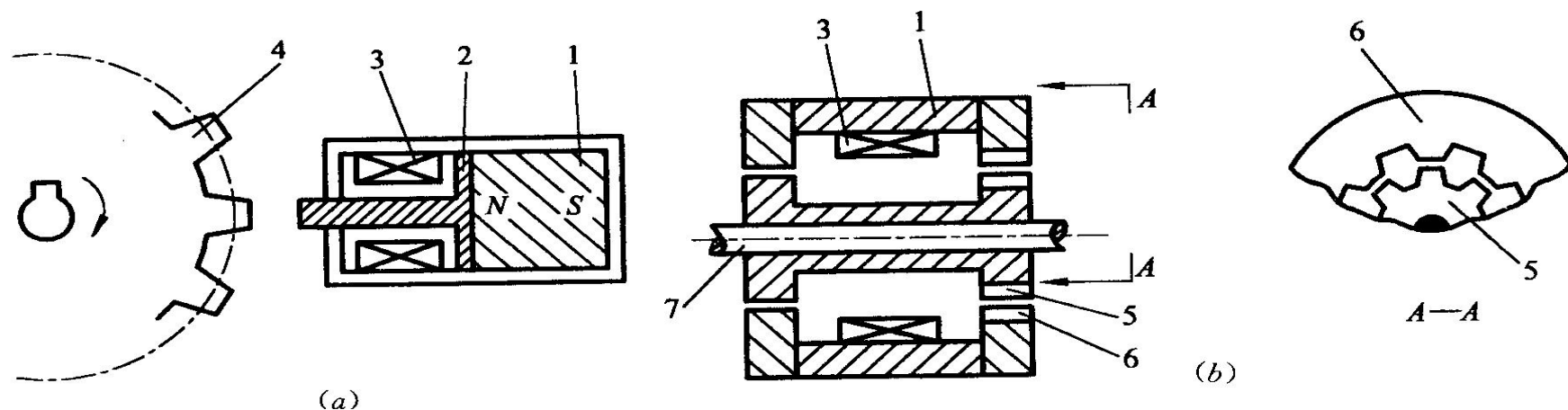
# 磁电感应式传感器

- 磁电感应式传感器又称磁电式传感器, 是利用电磁感应原理将被测量（如振动、位移、转速等）转换成电信号的一种传感器。它不需要辅助电源就能把被测对象的机械量转换成易于测量的电信号, 是有源传感器。由于它输出功率大且性能稳定, 具有一定的工作带宽（**10~1000 Hz**）, 所以得到普遍应用。

互感式电感传感器工作原理也用到了电磁感应原理, 异同点?

# 变磁通式磁电感应式传感器

## ■ 结构



1—永久磁铁；2—软磁铁；3—感应线圈；4—测量齿轮；5—内齿轮；6—外齿轮；7—转轴

图 7 - 1 变磁通式磁电传感器结构图

(a) 开磁路；(b) 闭磁路



# 变磁通式磁电感应式传感器

---

## ■ 工作原理（定性）

- 线圈静止，磁路中的气隙磁阻交替变化，导致穿过线圈的磁通量随时间发生周期性变化，线圈内产生感应电动势。
- 线圈内的感应电势 $E$ 与磁通变化率 $d\Phi/dt$ 有如下关系：

$$E = -w(d\Phi/dt)$$

## ■ 用途：测旋转物体的角速度

# 恒定磁通式磁电感应式传感器

## ■ 结构

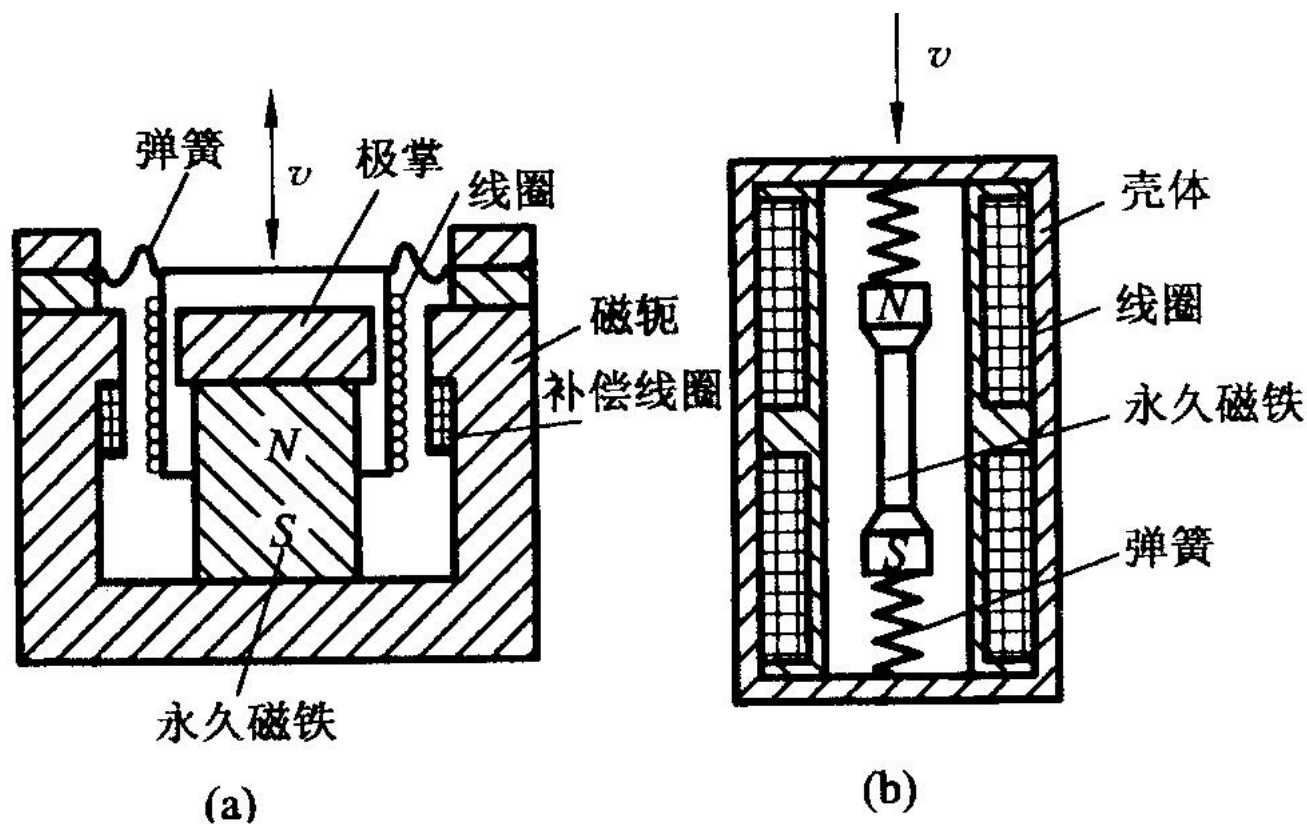
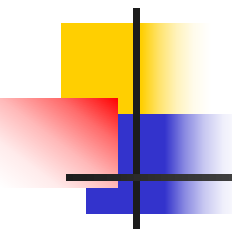


图 7 - 2 恒磁通式磁电传感器结构原理图

(a) 动圈式; (b) 动铁式



# 恒定磁通式磁电感应式传感器

## ■ 工作原理（定性）

- 稳恒磁场中，磁铁与线圈相对运动，切割磁力线，线圈内产生感应电动势。
- 线圈内的感应电势 $E$ 与导体相对运动速度 $v$ 如下关系：

$$e = \left| \frac{d\phi}{dt} \right| = Bl \frac{dx}{dt} = Blv$$

## ■ 用途：测物体的振动速度

# 磁电感应式传感器的测量电路

- 磁电式传感器直接输出感应电势，且传感器通常具有较高的灵敏度，所以一般不需要高增益放大器。但磁电式传感器是速度传感器，若要获取被测位移或加速度信号，则需要配用积分或微分电路。

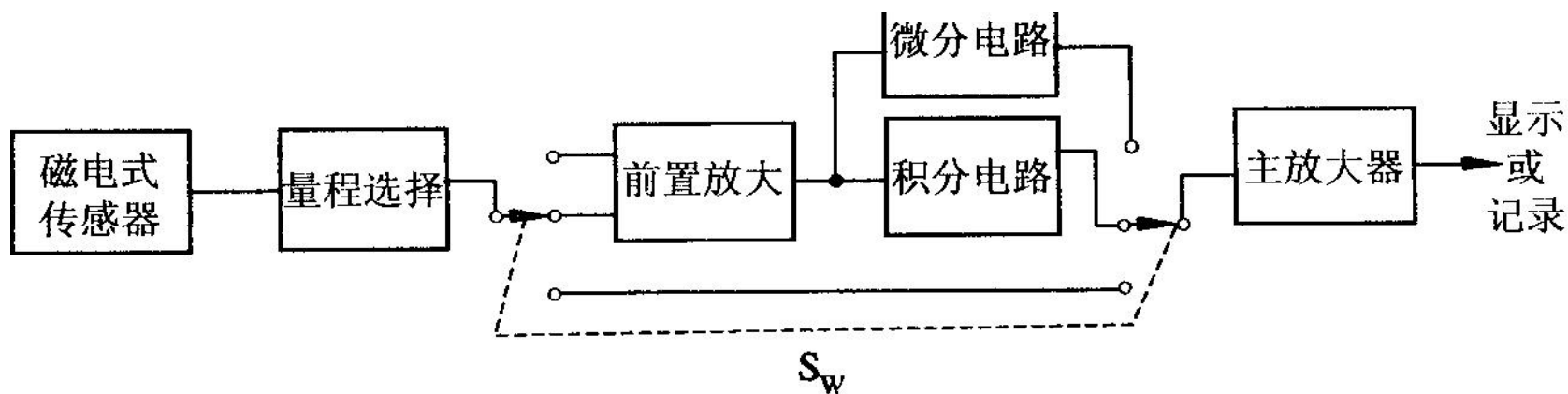


图 7 - 5 磁电式传感器测量电路方框图