

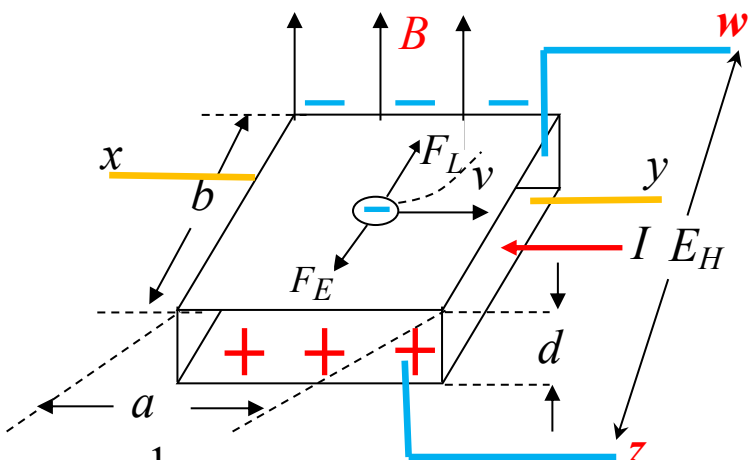
第8章 霍尔传感器



霍尔传感器是基于**霍尔效应**的一种传感器。1879年美国物理学家霍尔首先在金属材料中发现了霍尔效应，但由于金属材料的霍尔效应太弱而没有得到应用。

随着**半导体**技术的发展，开始用**半导体**材料制成霍尔元件，由于它的霍尔效应显著，而得到应用和发展。是一种半导体磁电转换元件。

一般由**锗** (Ge)、**铟化砷** (InSb)、**砷化铟** (InAs) 等**半导体**材料制成。霍尔传感器广泛用于**电磁测量**、**压力**、**加速度**、**振动**等方面的测量。



$$F_L = e\vec{v} \times \vec{B}$$

$$F_E = eE_H = e \cdot \frac{U_H}{b}$$

$$\left. \begin{aligned} F_L &= e\vec{v} \times \vec{B} \\ F_E &= eE_H = e \cdot \frac{U_H}{b} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} evB &= e \frac{U_H}{b} \Rightarrow U_H = bvB \\ I &= -nevbd \Rightarrow v = -\frac{I}{nebd} \end{aligned} \right\}$$

霍尔电势 $U_H = -\frac{IB}{ned} = R_H \cdot \frac{IB}{d} = k_H IB$

$R_H = -\frac{1}{ne}$ 为霍尔系数(霍尔电阻), 材料确定后为常数。 霍尔元件灵敏度 $k_H = \frac{R_H}{d}$

如图, 将霍尔元件置于磁场 B 中, 如果在 x, y 端通以电流 I 。在 z, w 两端就会出现电位差, 称为霍尔电势 U_H , 此现象叫霍尔效应。

假设导体(或半导体)为一个长方体, 宽度、长度、厚度分别为 a 、 b 、 d , 磁场垂直 ab 平面。电流经过 bd 面, 电流 $I = -nevbd$, n 为电荷密度。设霍尔电势为 U_H , 导体沿霍尔电势方向的电场 E_H 为 U_H / b 。设磁场强度为 B 。

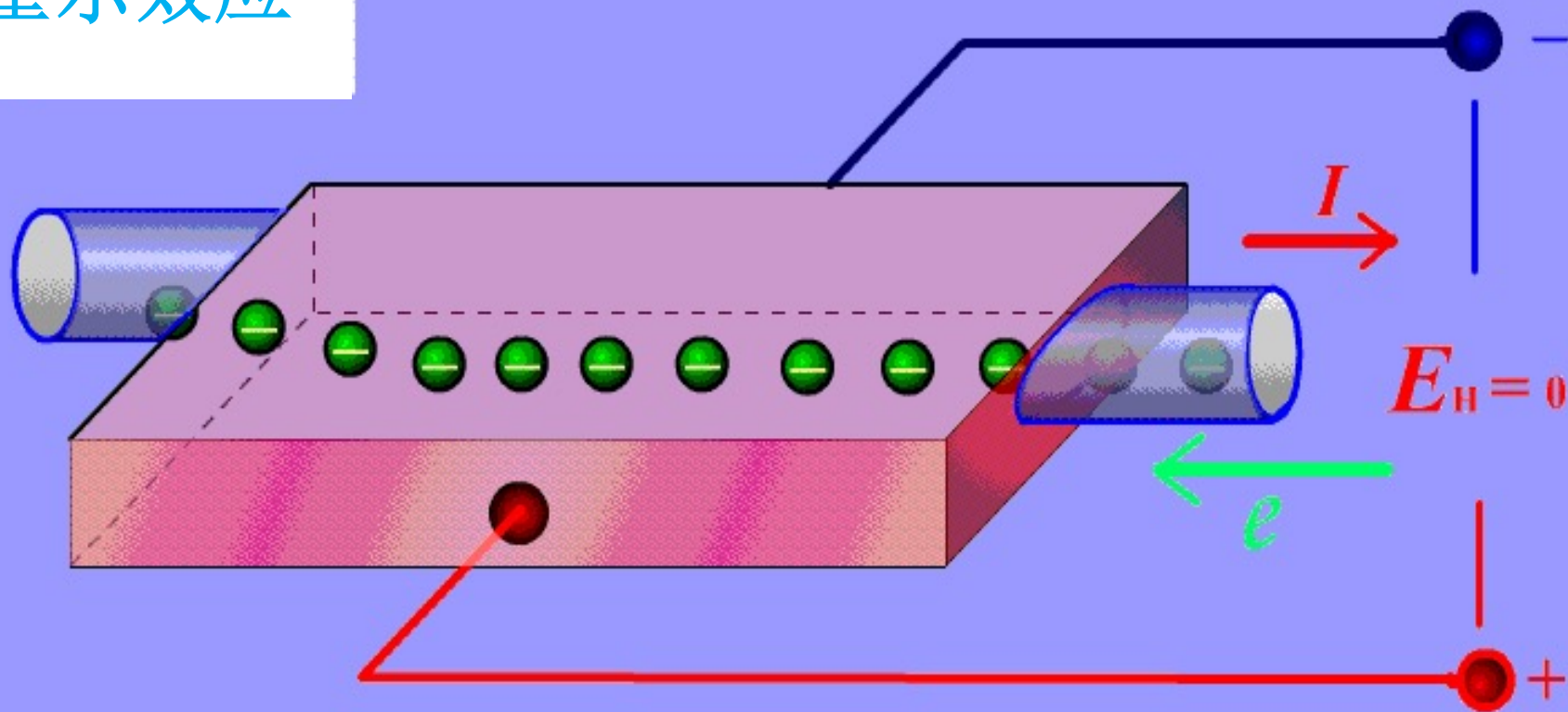
具体来说, 半导体中电子将沿着与电流方向相反方向运动。任何带电质点在磁场中沿着和磁力线垂直的方向运动时, 要受到洛伦兹力 F_L 作用, 向一边偏移, 并形成电子积累, 而另一边积累正电荷, 于是形成电场。该电场将阻止运动电子继续偏移, 当电场力 F_E 与 F_L 相等时, 电子积累达到动态平衡, 这时元件 z, w 两端之间建立的电场叫霍尔电场 E_H , 相应电势叫霍尔电势 U_H 。

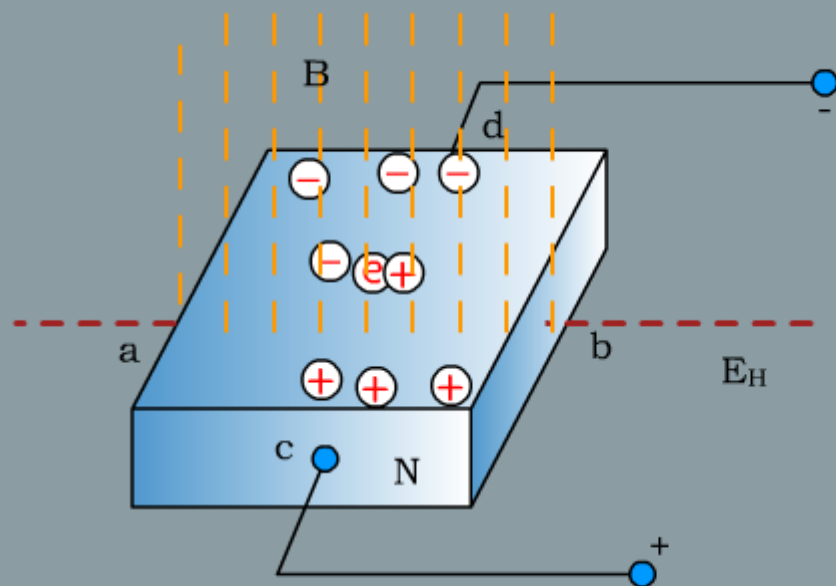
定向运动的电子除受到洛伦兹力外, 还受到霍尔电场的作用, 当 $F_L = F_E$ 时, 达到平衡, 则有上述公式。

导体的霍尔系数一般较小, 所以霍尔元件一般用半导体制作, 且愈小(薄), 灵敏度愈高。

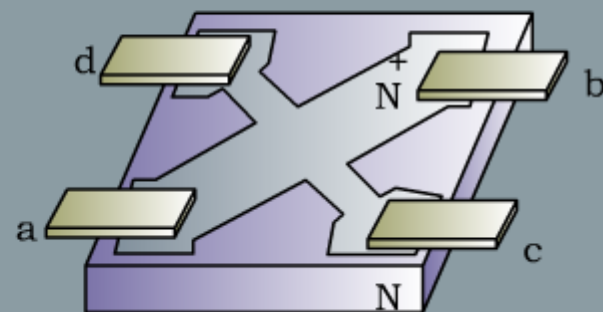
霍尔效应的物理现象

霍尔效应

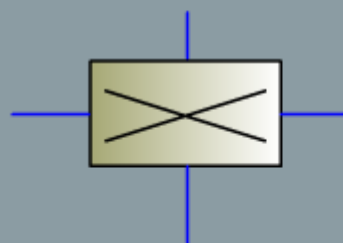




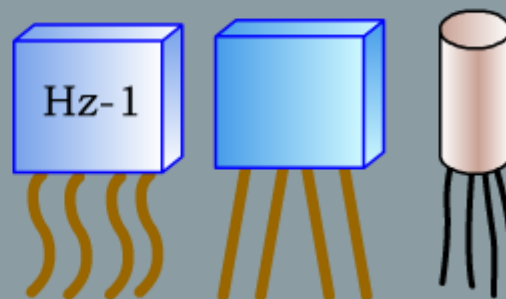
霍尔效应原理



霍尔元件结构



图形符号



外形

霍尔元件

霍尔元件的基本结构

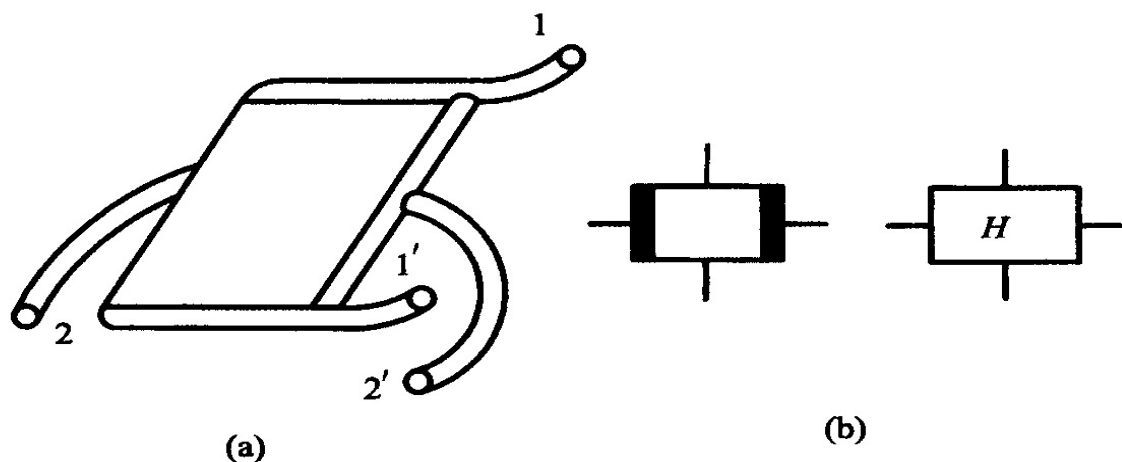


图 7 - 9 霍尔元件

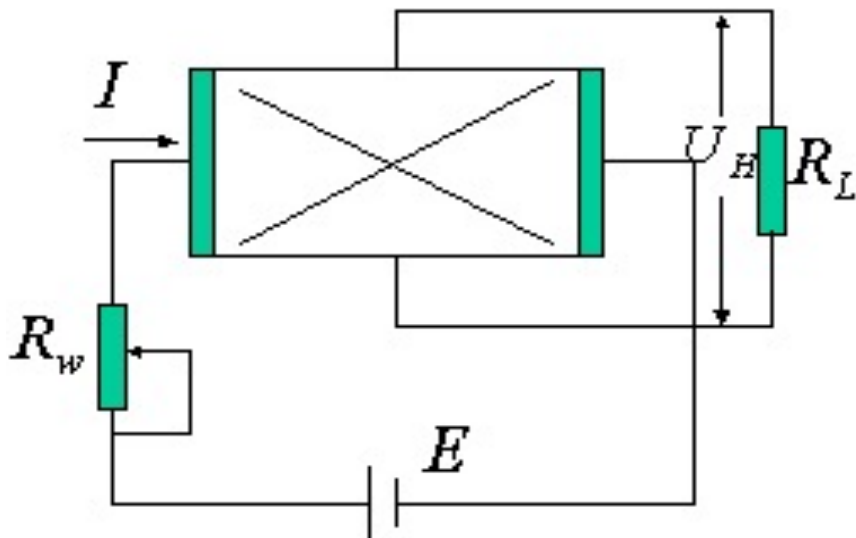
(a) 外形结构示意图；(b) 图形符号



如图(a)所示，由霍尔片、引线和壳体组成。
霍尔片是一块矩形半导体单晶薄片，引出四个引线。1、1' 两根引线加激励电压或电流，称为激励电极；2、2' 引线为霍尔输出引线，称为霍尔电极。霍尔元件壳体由非导磁金属、陶瓷或环氧树脂封装而成。

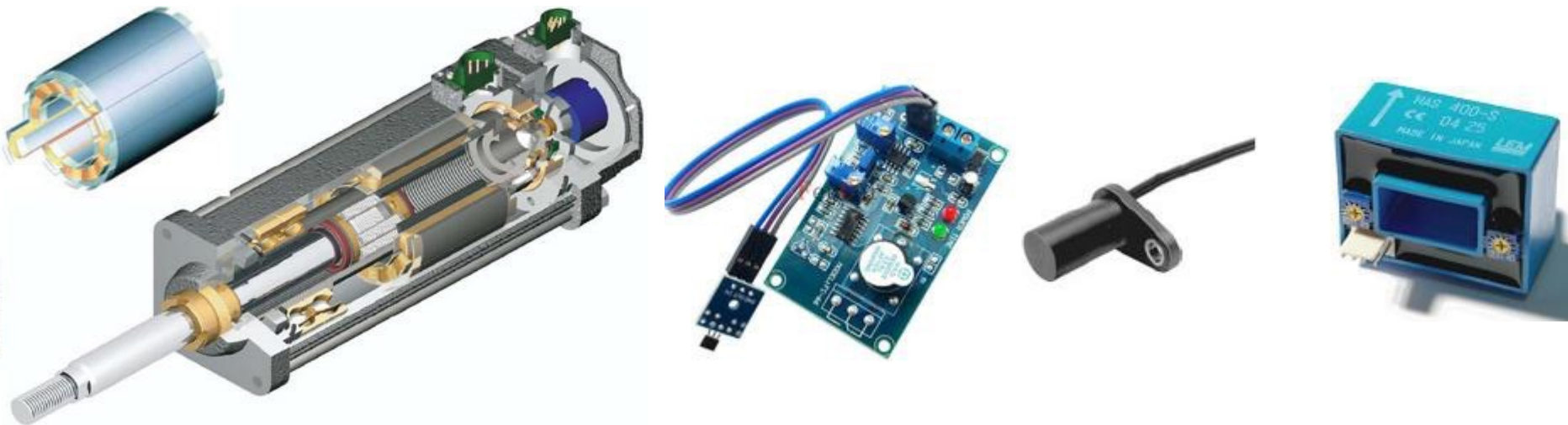
如图(b)，在电路中霍尔元件可用两种符号表示。

霍尔元件的基本电路



- R_W 是**可调电阻**，用于调节控制**电流**的大小。
- R_L 是**负载电阻**，可以是放大器的**内阻**或指示器**内阻**。
- 霍尔效应建立的时间极短（ $10^{-12} \sim 10^{-14}s$ ），电流 **I** 即可是直流，也可以是交流。
- 若被测物理量是 I 、 B 或者 IB 乘积的函数，通过测量霍尔电势 **U_H** 就可知道被测量的大小。

四、霍尔传感器的应用



若磁感应强度 B 不垂直于霍尔元件，而是与其法线成一定角度 θ 时，实际上作用于霍尔元件上的有效磁感应强度是其法线方向（与薄片垂直的方向）的分量（即 $B\cos\theta$ ），霍尔电势是关于 I 、 B 、 θ 三个变量的函数，则此时霍尔电势为：

$$U_H = K_H IB \cos\theta$$

利用这个关系可以使其中两个量不变，将第三个量作为变量，或者固定其中一个量，其余两个量都作为变量。这使得霍尔传感器有许多用途。

四、霍尔传感器的应用



霍尔**电流**传感器

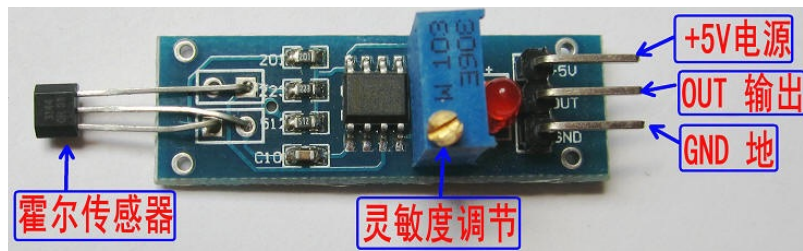
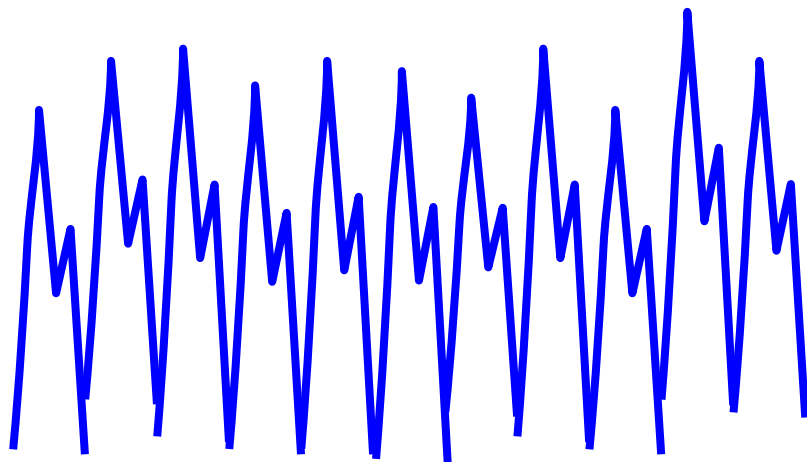
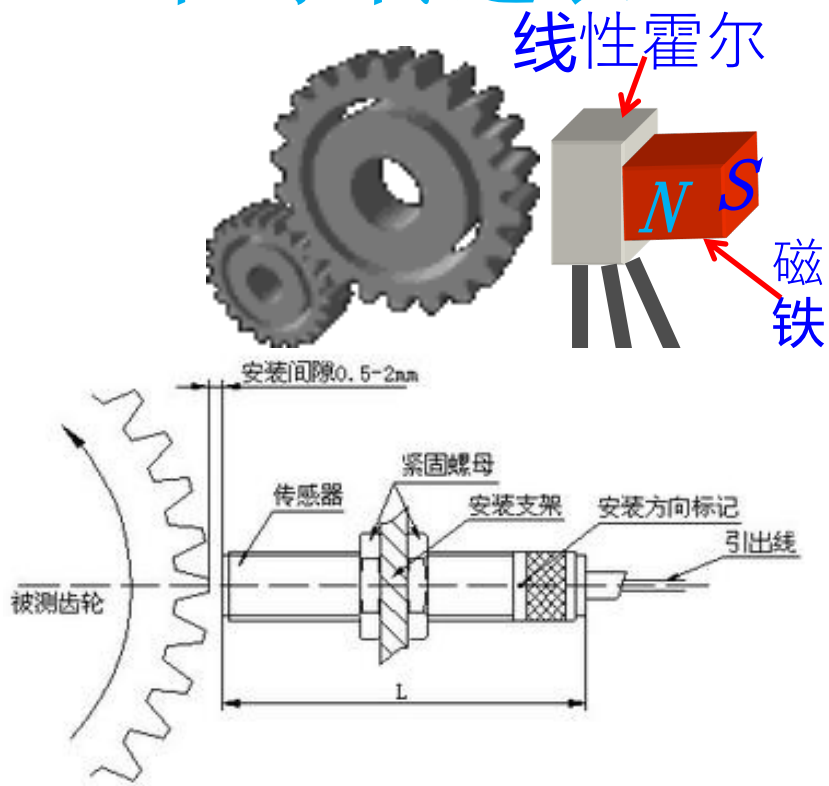


霍尔**电压**传感器

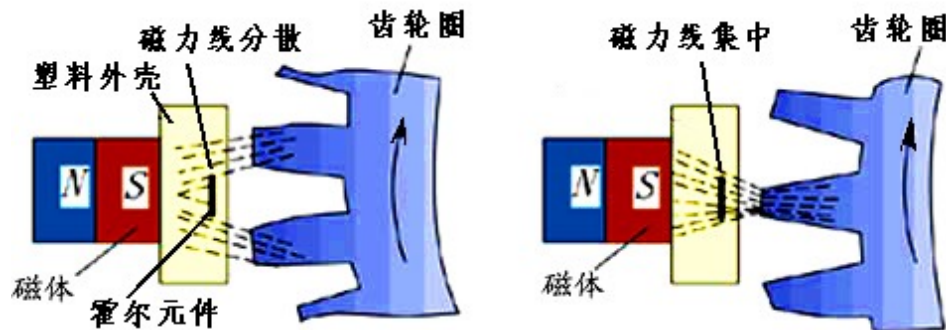
目前汽车中使用许多的**非接触型**传感器，具有**环保、耐用、抗震、易安装**等接触型传感器无法匹敌的优点，向非接触传感方向发展将是大势所趋。

在非接触型传感器中，凭借着高可靠性等优势，**霍尔效应传感器 (Hall Effect Sensor)**在汽车领域赢得广泛的应用空间。如，**检测齿轮齿速、油门行程位置、尾气再循环阀位置、马达与传动的速度和位置、用于防锁闸和牵引系统的车轮速度传感器、脚踏板、座椅安全带、刹车与离合器的位置、车锁、车窗及油耗等诸多方面。**

1、霍尔转速表



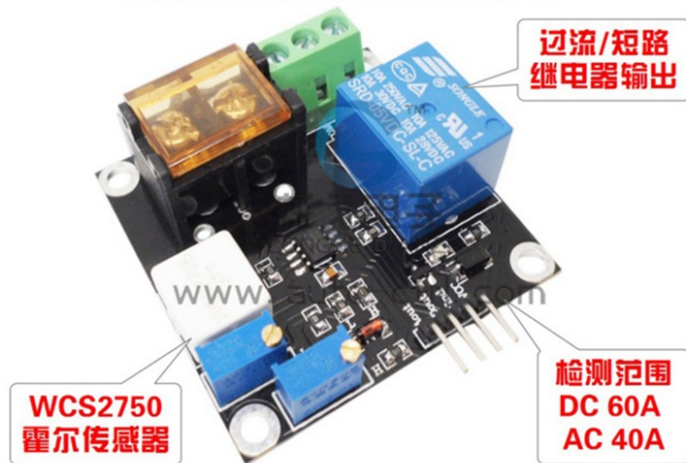
在被测转速的转轴上安装一个**齿盘**，也可选取机械系统中的一个**齿轮**，将**线性型霍尔器件**及磁路系统靠近齿盘。齿盘的转动使磁路的磁阻随气隙的改变而周期性地变化，当**齿峰**对准霍尔元件时，磁力线集中穿过霍尔元件，可产生较大的霍尔电动势，再通过放大、整形后输出**高电平**；反之，当齿轮的**齿谷**对准霍尔元件时，输出为**低电平**。霍尔器件输出的微小脉冲信号再经隔直、放大、整形后可以确定被测物的**转速**。



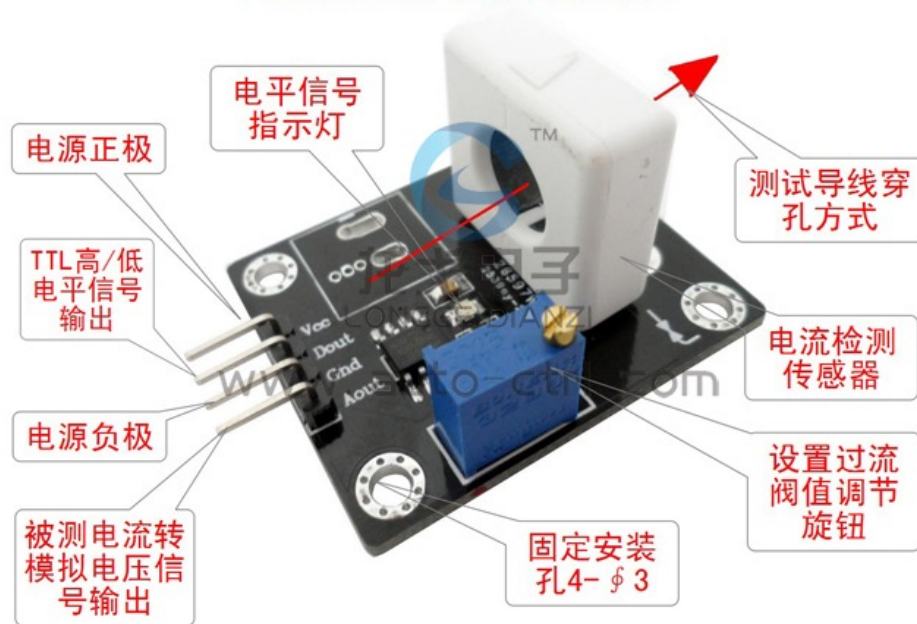
2、霍尔电流传感器

直流电流检测/过流/短路保护模块

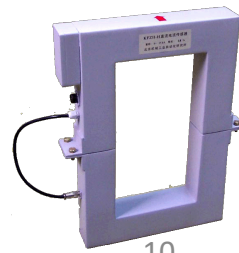
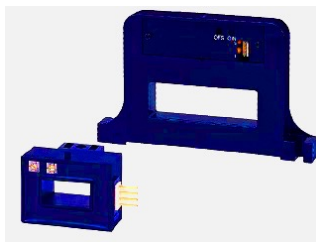
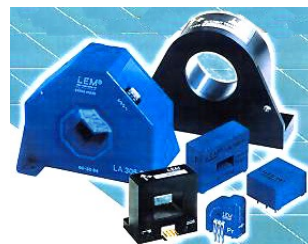
(带模拟信号与开关量信号输出)



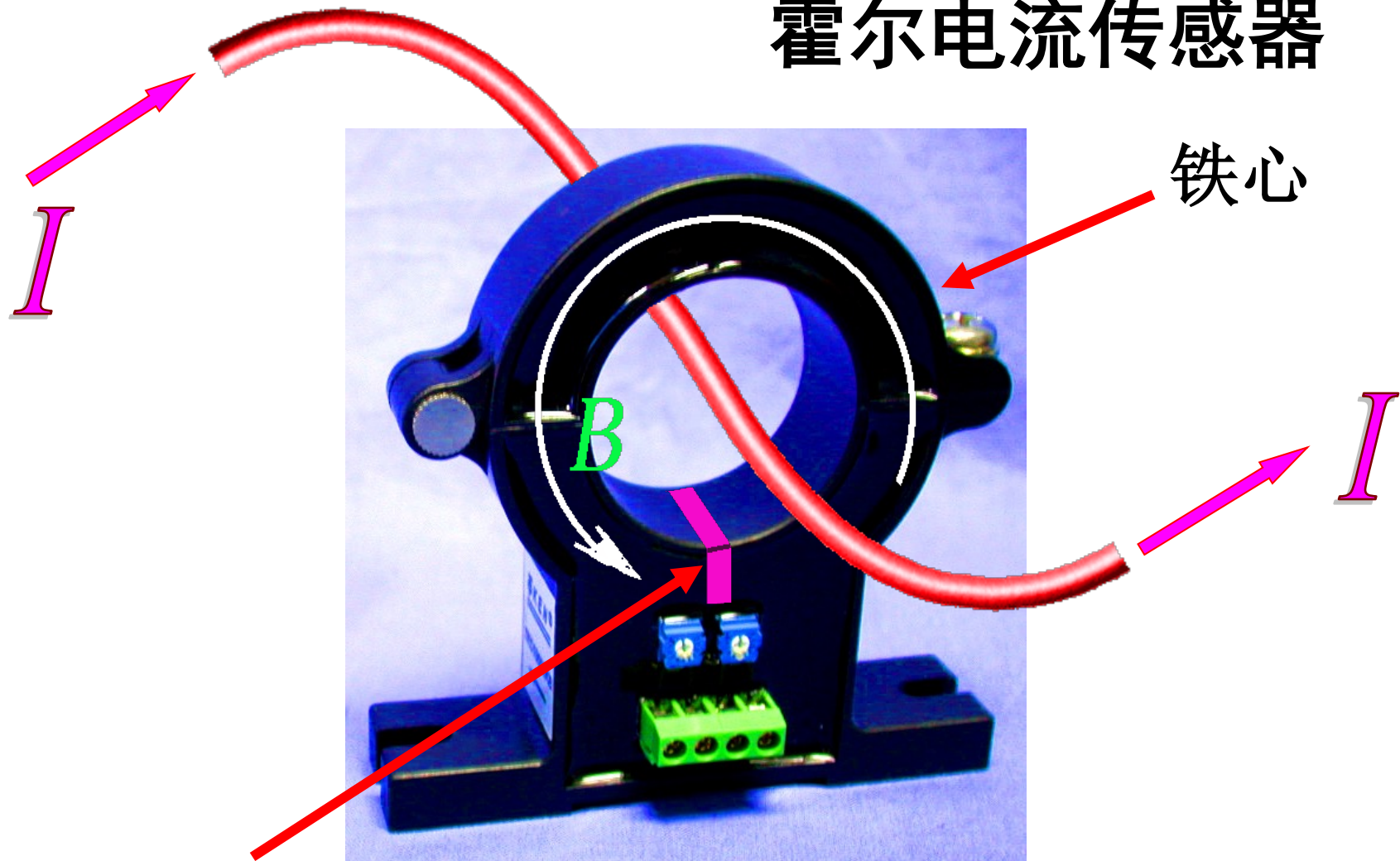
传感器模块功能简介



将被测**电流**的**导线**穿过霍尔电流传感器的**检测孔**。当有**电**流通过导线时，在导线周围将产生**磁场**，磁力线集中在铁心内，并在铁心的缺口处穿过**霍尔元件**，从而产生与**电流成正**比的**霍尔电压**。



霍尔电流传感器



线性霍尔IC

$$E_H = K_H IB$$

霍尔钳形电流表

被测电流的
导线未放入
铁心时示值
为零

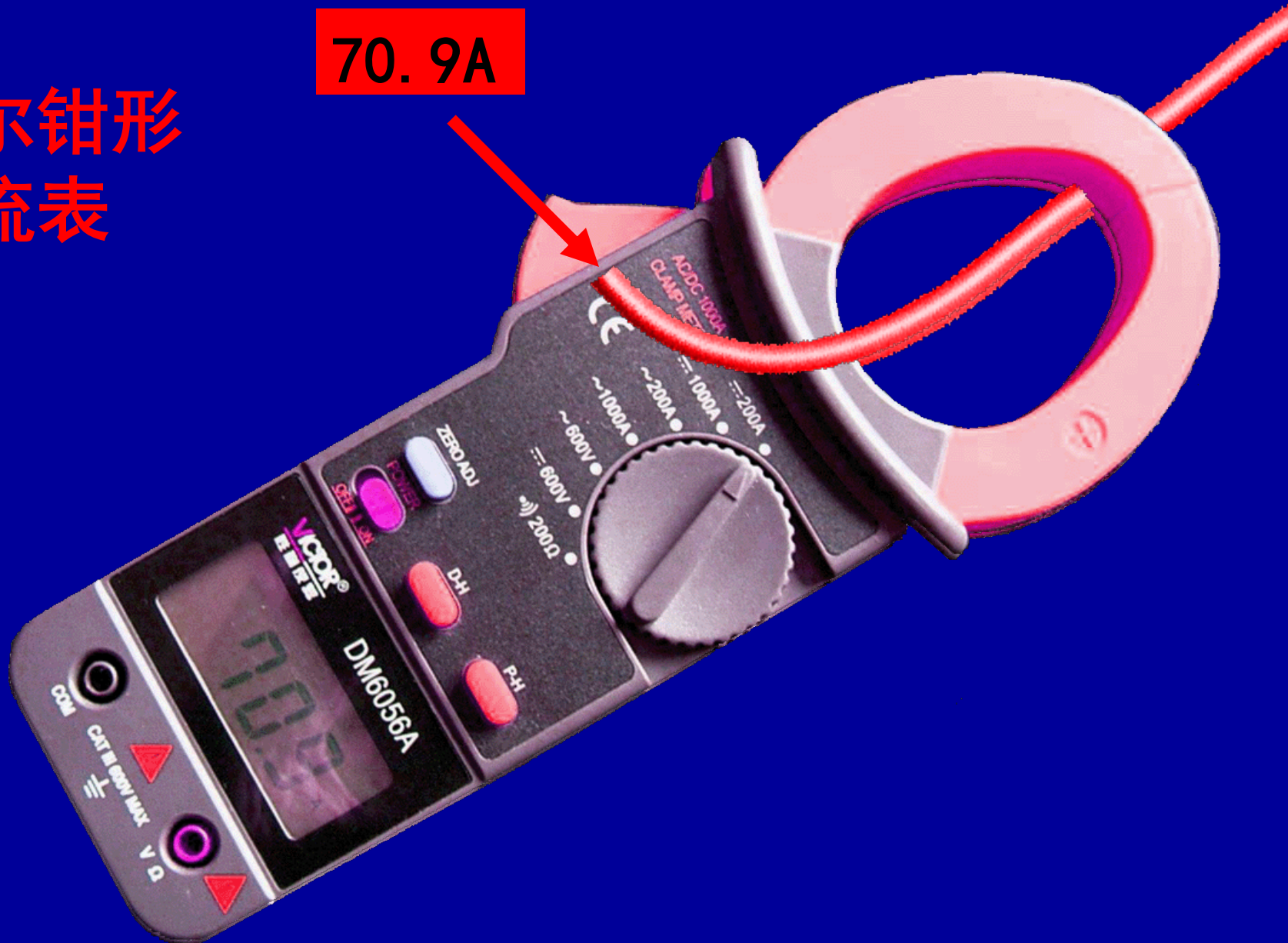
70.9A

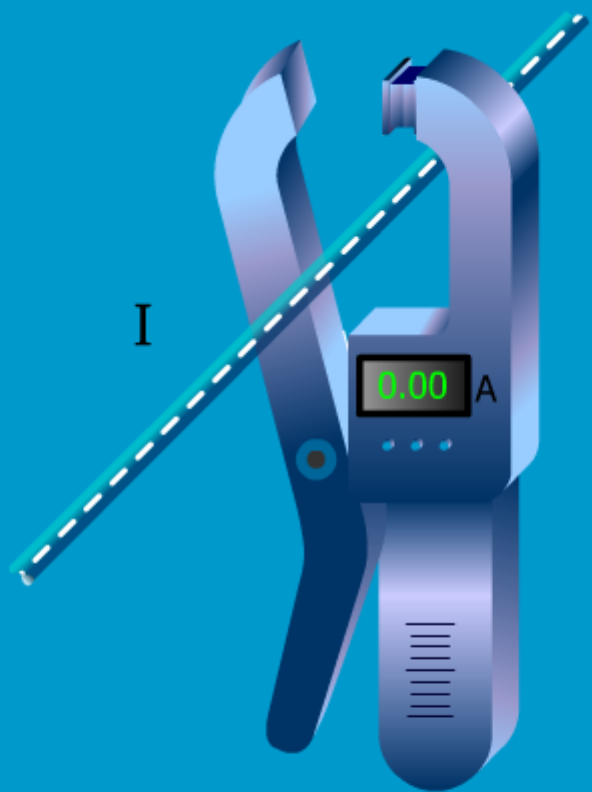


直流200A量程

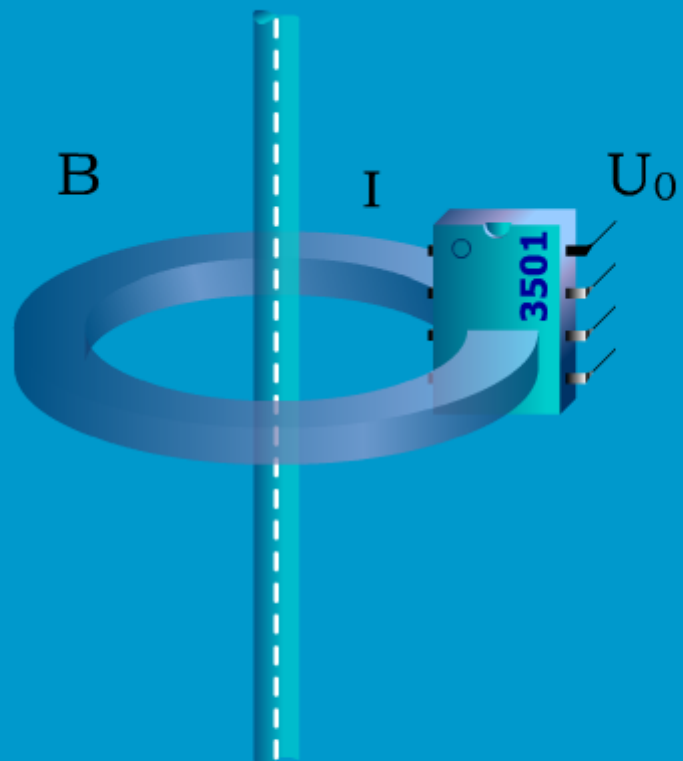
霍尔钳形 电流表

70.9A



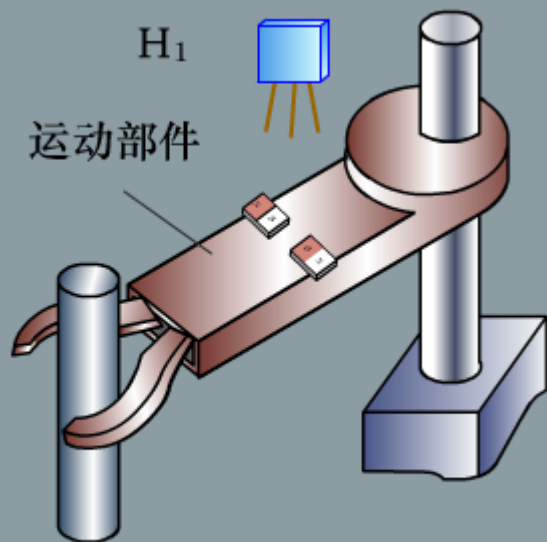


外形图



核心原理

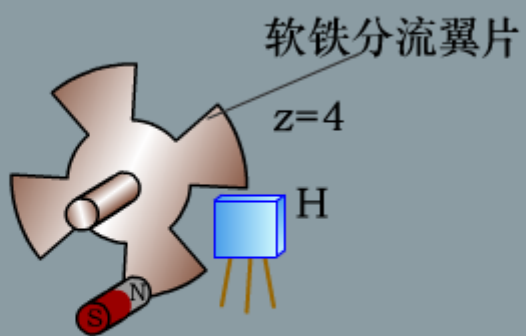
霍尔式电流传感器



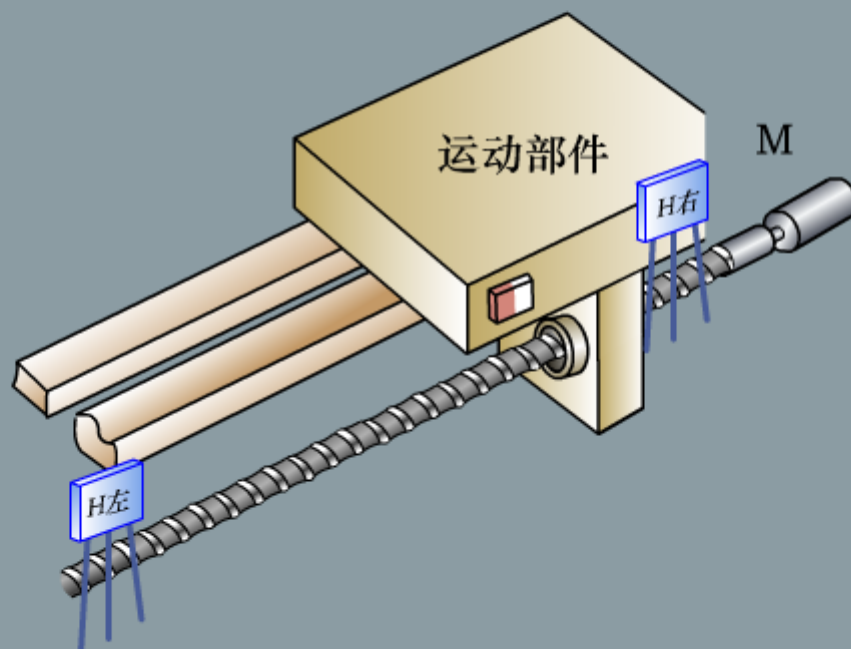
接近式

接近式

分流翼片式



分流翼片式



滑过式

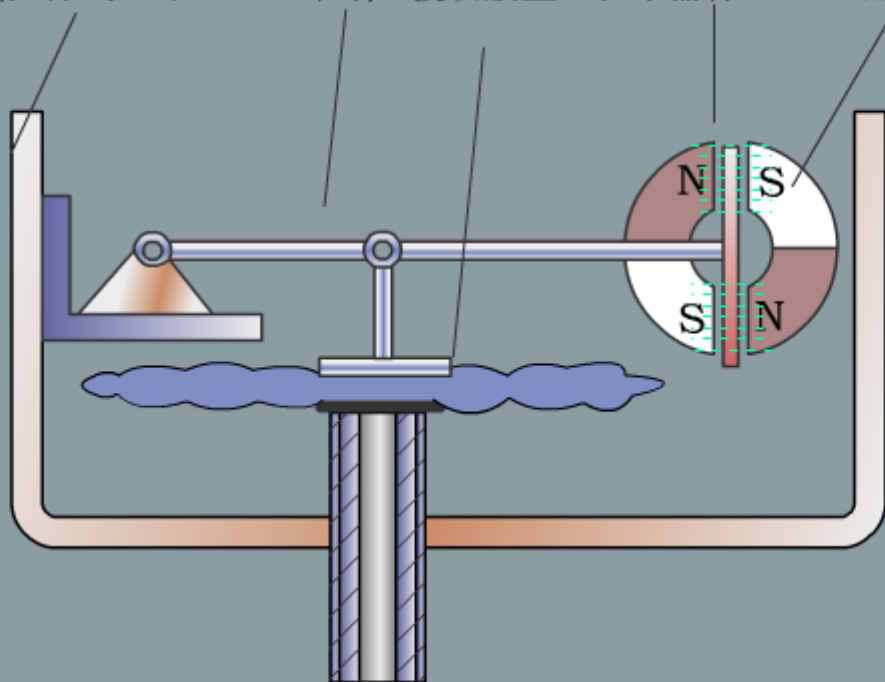
霍尔式接近开关的应用

霍尔集成电路（霍尔IC）

杠杆 波纹膜盒

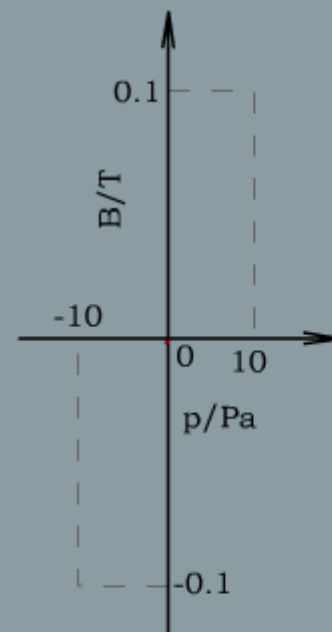
霍尔器件

磁铁



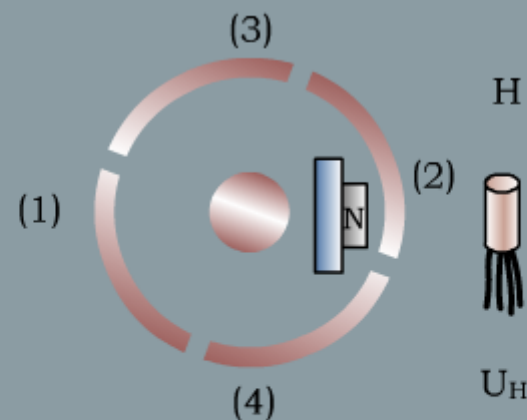
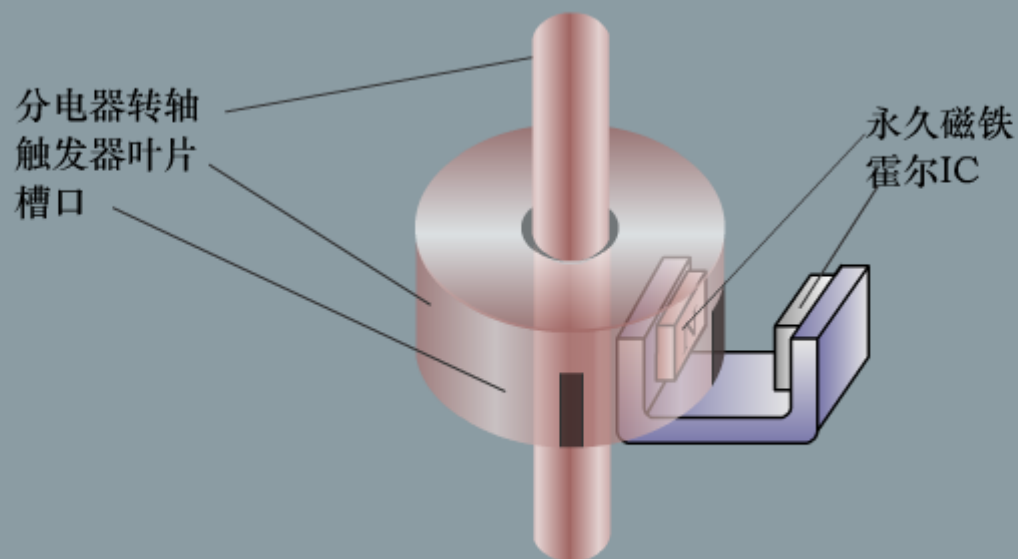
$p=0$

结构



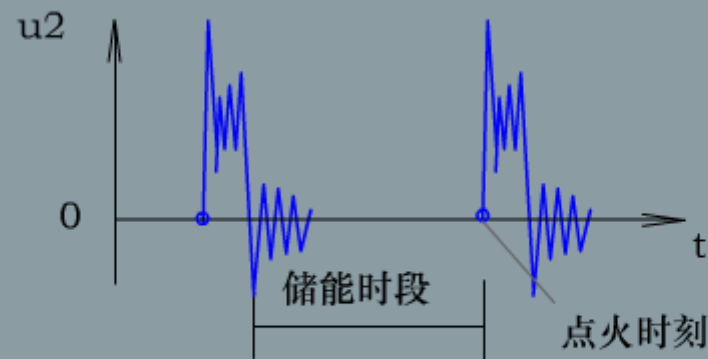
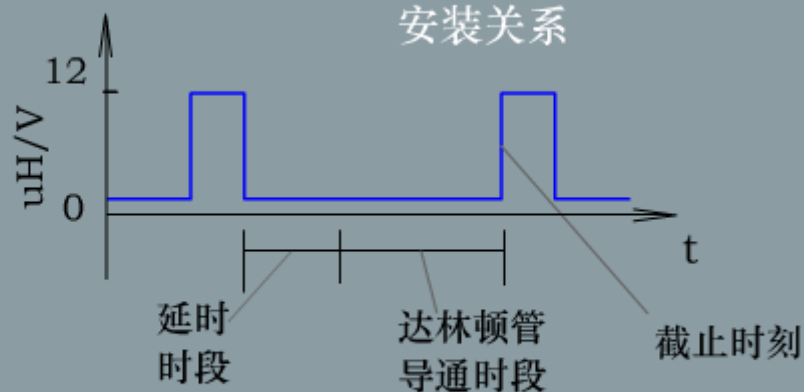
磁场与压力关系曲线

霍尔式微压力传感器

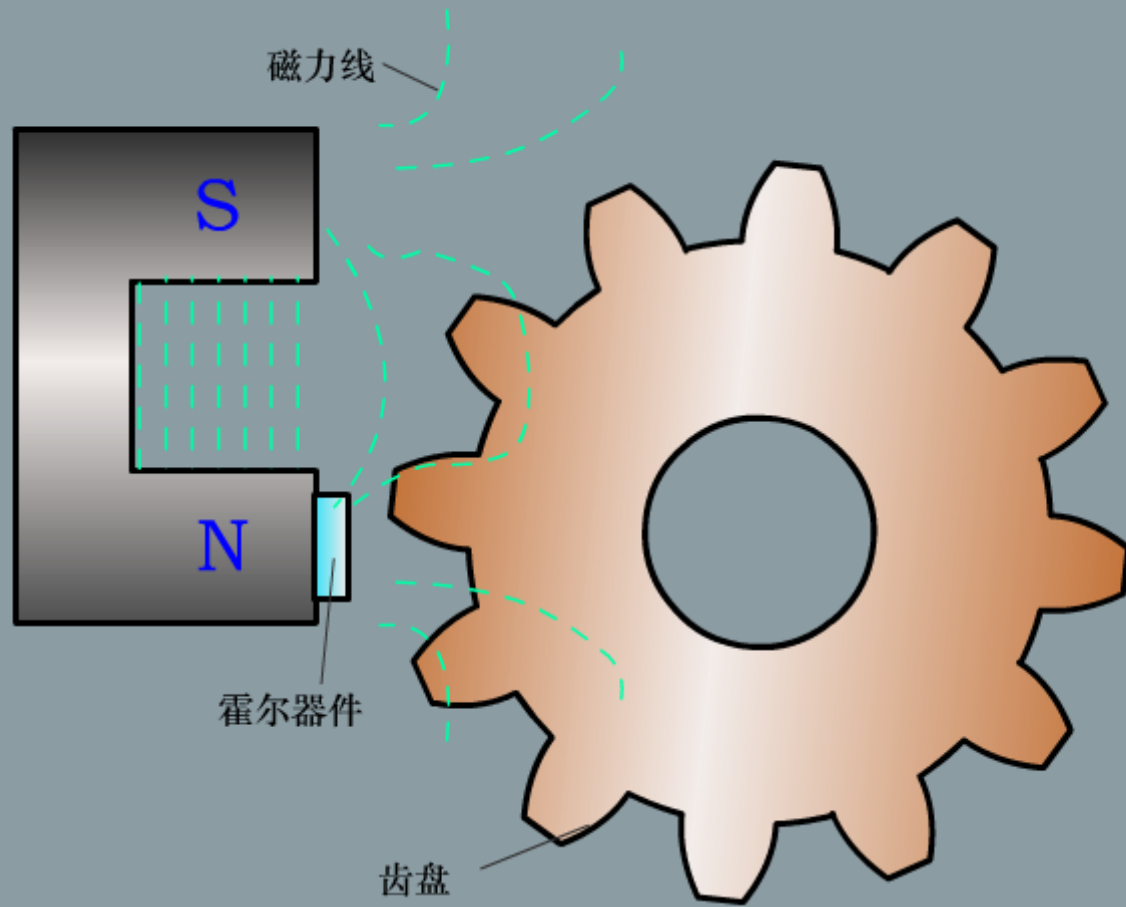


叶片位置与点火正时的关系

触发器叶片与永久磁铁
及霍尔集成电路之间的
安装关系

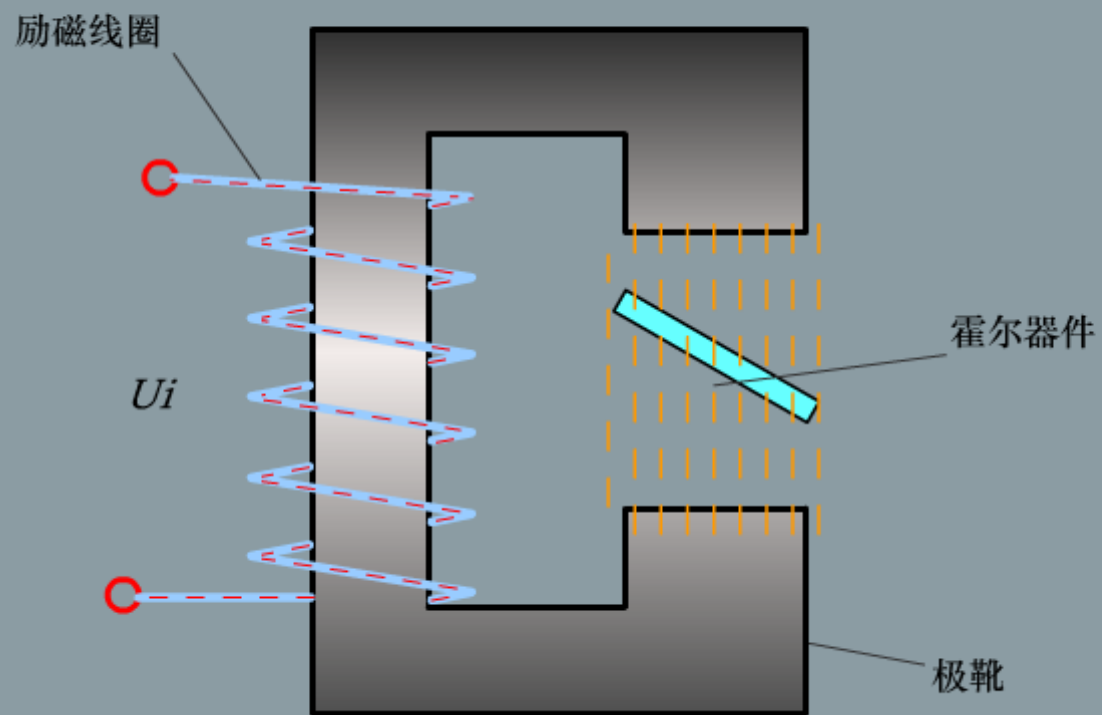


霍尔式无触点汽车电子点火装置



$$n=f/z$$

霍尔转速表



角位移测量仪结构