



绪论

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



章节目录

1.1 电机与电力拖动

1.2 本课程的性质、任务和内容

1.3 本课程的特点及学习方法

1.4 电机概述

1.5 常用的基本定律与定则

▶ 磁感应强度 (磁通密度) B

表征磁场的强弱, 单位特斯拉 (T), $1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$

▶ 磁感应通量 (磁通) Φ

与 B 垂直的截面 A 和 B 的乘积, 单位韦伯 (Wb)

$$\Phi = BA \quad B = \Phi / A$$

▶ 磁场强度 H : $B = \mu H$

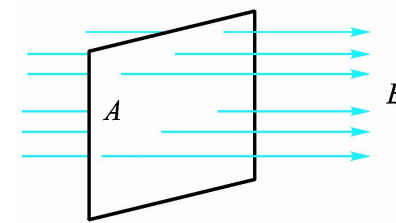
μ 为磁介质的磁导率, 单位亨/米 (H/m), $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 为真空的磁导率; H 的单位为安/米 (A/m)

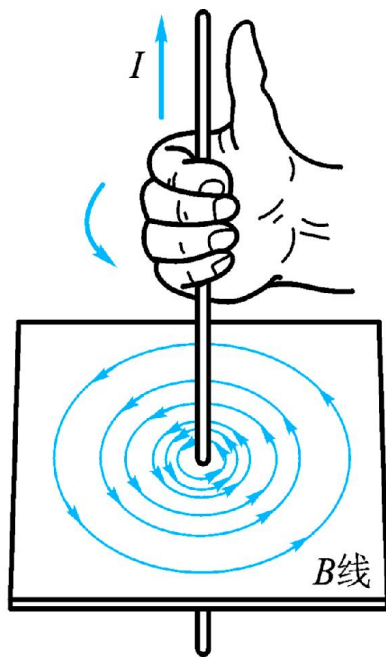
▶ 磁力线 (磁感应线)

描绘磁场的空间分布情况

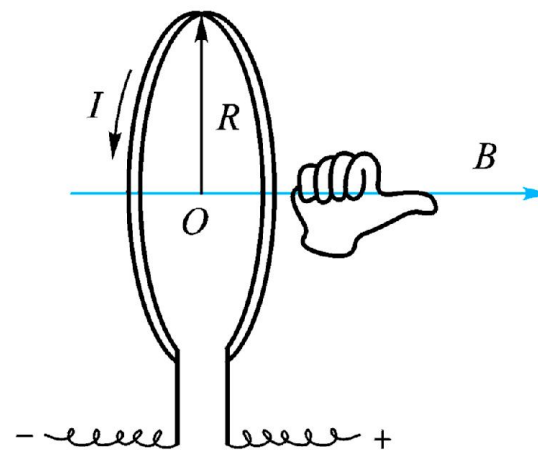
▶ 右手螺旋定则

确定电流与所产生的磁场方向。(直导线、线圈)





(a) 载流直导线磁场的方向

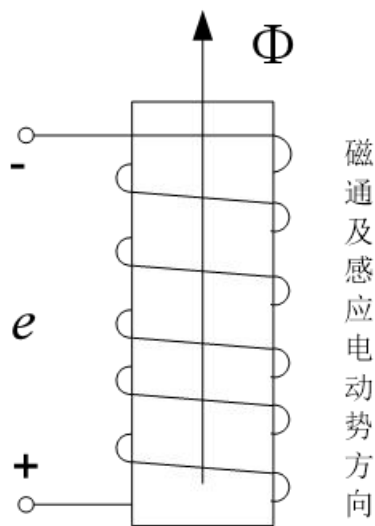


(b) 线圈中的电流与磁场方向

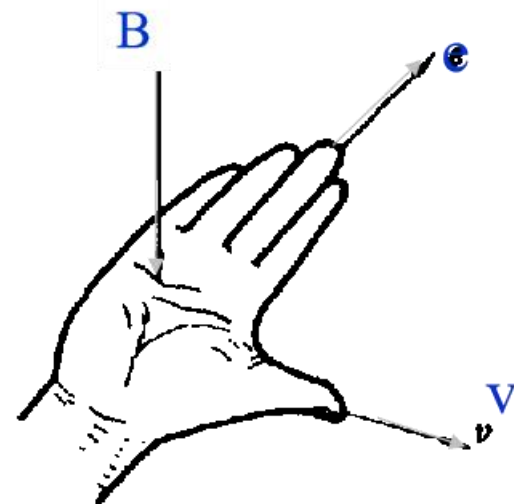
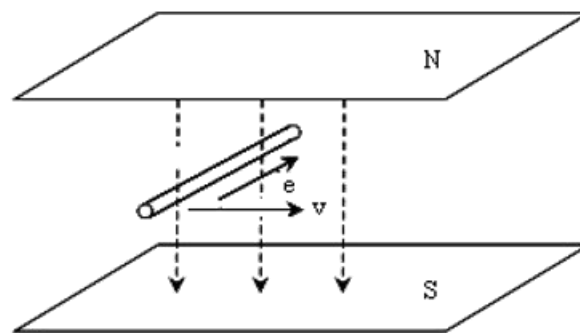
右手螺旋定则



- **变压器电动势：**绕组和磁场相对静止，与绕组相交链的磁链发生变化而在绕组中产生的感应电动势。
- **切割电动势：**导线与磁场出现相对运动。



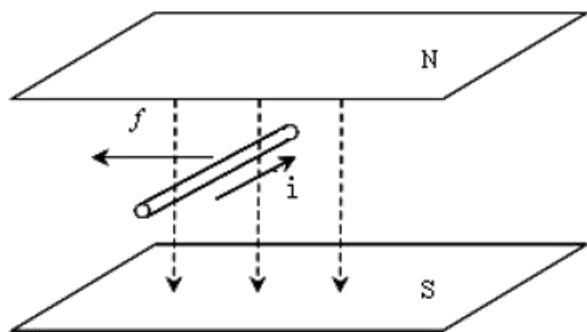
$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = -N\frac{d\Phi}{dt}$$



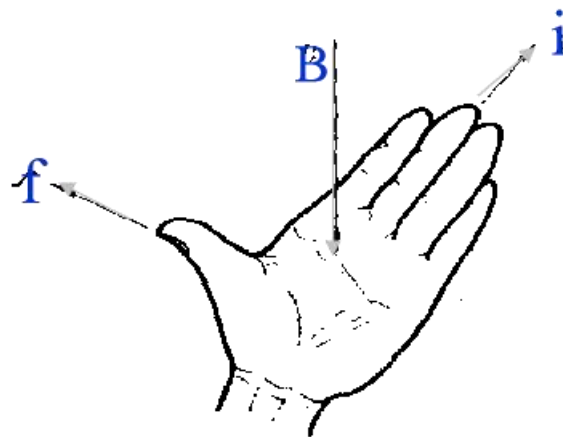
$$e = B \cdot l \cdot v$$



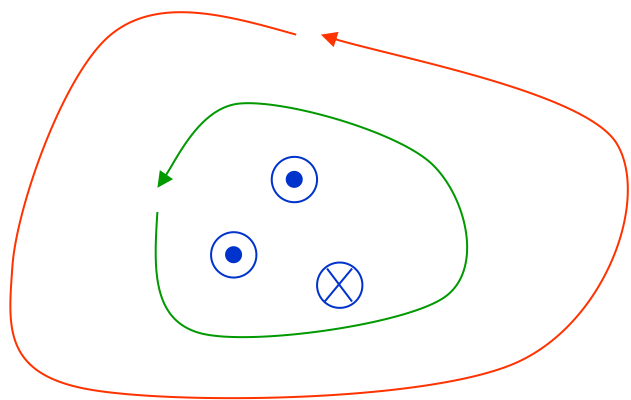
➤ 通电导体在磁场中受到的磁场对它的作用力称为电磁力，也称为安培力。



$$f = B \cdot l \cdot i$$



➤ 表征电流与所产生的磁场之间的关系：沿空间任何闭合路径 l 对磁场强度 H 进行线积分，其结果等于该闭合回路所包围的电流的代数和，即全电流。



$$\oint_l H \cdot dl = \sum I$$

电流方向与积分方向符合右手螺旋定则为正

把整个磁路分成若干段，磁场强度 H 沿整个磁路的线积分就等于每段磁路磁场强度与磁路长度乘积之和，即：

$$\oint_l H \cdot dl = \sum_{k=1}^n \underbrace{H_k l_k}_{\text{磁压降}} = \sum I = \underbrace{NI}_{\text{安匝数}} = \underbrace{F}_{\text{磁动势}}$$



上式表明：**作用在整个磁路上的磁动势等于各段磁路磁压降之和！**

将 $H = B/\mu$ 及 $B = \Phi/S$ 代入到上述磁压降表达式中，则第 k 段磁路的磁压降为：

$$H_k l_k = \frac{B_k}{\mu_k} l_k = \frac{\Phi_k}{\mu_k S_k} l_k = \Phi_k R_{mk}$$

其中， $R_{mk} = l_k / \mu_k S_k$ 称为第 k 段磁路的磁阻

对于无分支磁路，各段磁路的磁通相等，则全电流定律可写成

$$F = NI = \sum_{k=1}^n H_k l_k = \sum_{k=1}^n \Phi R_{mk} = \Phi \sum_{k=1}^n R_{mk} = \Phi R_m$$

$$\Phi = \frac{F}{R_m} \quad \longrightarrow \quad \text{磁路的欧姆定律} \quad R_m = \sum_{k=1}^n R_{mk}$$

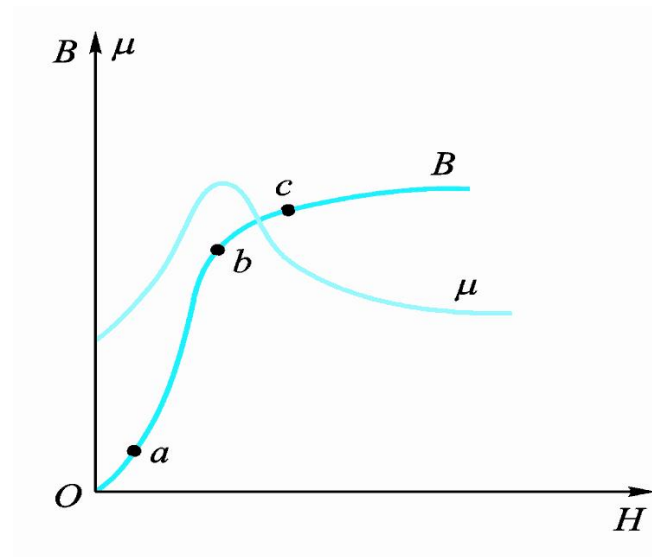


➤ 1、高导磁性能

- 铁磁材料的磁导率 μ 比真空磁导率 μ_0 大数百倍到数千倍
- 用铁磁材料构成电机或变压器磁路，通入较小励磁电流就能产生较强的磁场，提高电机运行效率。

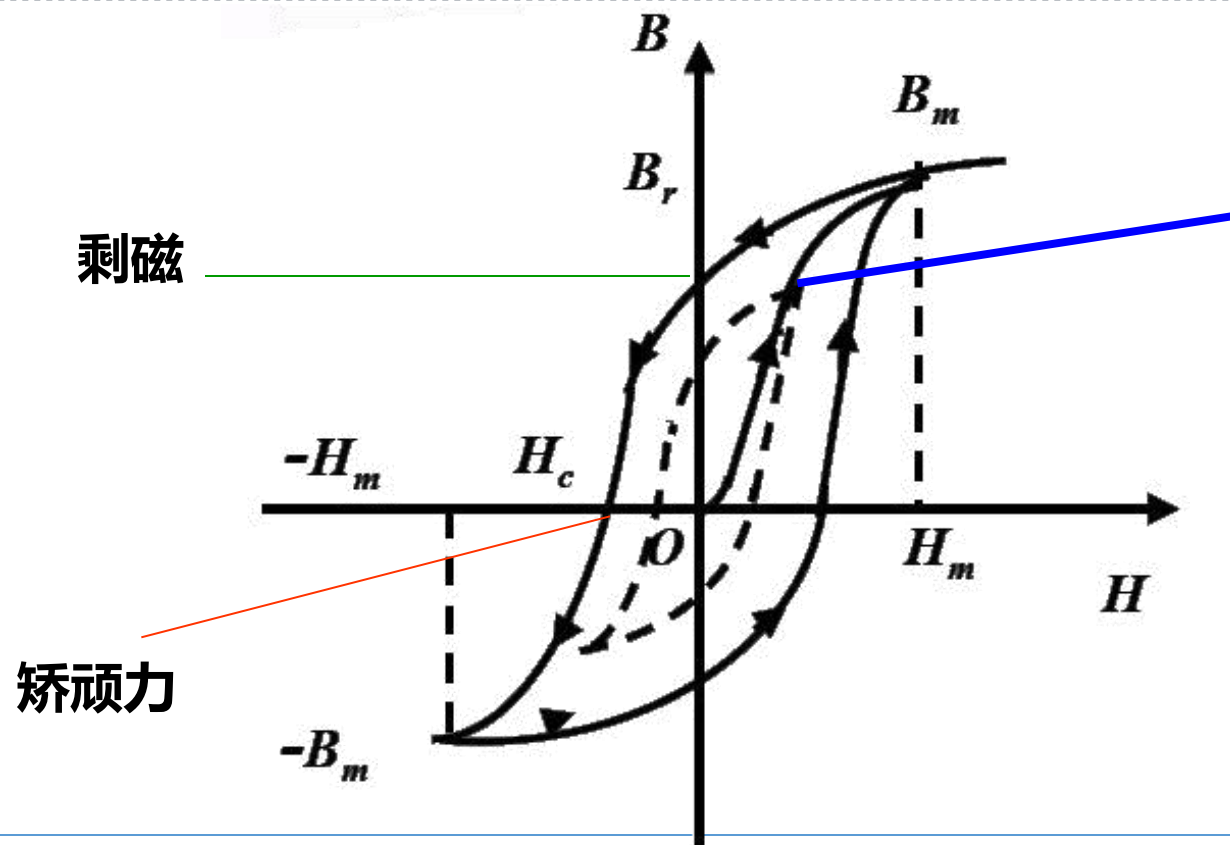
➤ 2、饱和特性

- 在铁磁材料中，磁感应强度 B 与磁场强度 H 是非线性关系，即 $B = f(H)$ 是一条曲线，称为磁化曲线。
- 当 H 较大时，随着 H 的增加， B 的增加缓慢甚至几乎不增加的现象称为饱和现象。铁磁物质具有饱和现象的特性称为饱和特性。



➤ 3、磁滞特性

用实验的方法绘制铁磁材料的磁化曲线，改变励磁磁动势的大小和方向，使磁场强度 H 在 $0 \sim H_m \sim 0 \sim -H_m \sim 0 \sim H_m$ 之间反复变换，所得的 $B-H$ 关系曲线称为铁磁材料的磁滞回线。



同一铁磁材料在不同的 H_m 下有不同的磁滞回线，把所有磁滞回线的顶点连接起来得到的曲线称为铁磁材料的基本磁化曲线（平均磁化曲线）



➤ 4、铁心损耗 $\longrightarrow P_{Fe} \propto f^\beta B_m^2$

➤ 磁滞损耗 $\beta=1.2 \sim 1.6$

- 铁磁材料在交变磁场作用下反复磁化时，内部磁畴不停地往返倒转，不停地互相摩擦而消耗能量，引起损耗，称为磁滞损耗 P_h

$$P_h \propto f B_m^2 \longleftarrow f \text{ 为交变频率, } B_m \text{ 为磁通密度的幅值}$$

➤ 涡流损耗

- 铁心中交变的磁通会在铁心内部产生感应电动势和感应电流，这些电流在铁心内环绕磁通呈漩涡流动，称为涡流，由之产生的损耗为涡流损耗 P_e

$$P_e \propto f^2 B_m^2 d^2 / R \longleftarrow R, d \text{ 分别为铁心钢片电阻和厚度}$$



小结

