

# 磁 导 率

磁导率 英文名称: magnetic permeability

表征磁介质磁性的物理量。常用符号  $\mu$  表示,  $\mu$  为介质的磁导率, 或称**绝对磁导率**<sup>[1]</sup>。  $\mu$  等于磁介质中磁感应强度  $B$  与磁场强度  $H$  之比, 即  $\mu = B/H$  通常使用的是磁介质的相对磁导率  $\mu_r$ , 其定义为磁导率  $\mu$  与真空磁导率  $\mu_0$  之比, 即  $\mu_r = \mu / \mu_0$  相对磁导率  $\mu_r$  与磁化率  $\chi$  的关系是:  $\mu_r = 1 + \chi$  磁导率  $\mu$ , 相对磁导率  $\mu_r$  和磁化率  $\chi_m$  都是描述磁介质磁性的物理量。 对于顺磁质  $\mu_r > 1$ ; 对于抗磁质  $\mu_r < 1$ , 但两者的  $\mu_r$  都与1相差无几。在铁磁质中,  $B$  与  $H$  的关系是非线性的磁滞回线,  $\mu_r$  不是常量, 与  $H$  有关, 其数值远大于1。 例如, 如果空气(非磁性材料)的磁导率是1, 则铁氧体的磁导率为10, 000, 即当比较时, 以通过磁性材料的磁通密度是10, 000倍。 涉及磁导率的公式: 磁场的能量密度  $= B^2 / 2\mu$  在国际单位制 (SI) 中, 相对磁导率  $\mu_r$  是无量纲的纯数, 磁导率  $\mu$  的单位是亨利/米 (H/m)。

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

常用的真空磁导率

## 常用参数式

(1) 初始磁导率  $\mu_i$ : 是指基本磁化曲线当  $H \rightarrow 0$  时的磁导率

$$\mu_i = \lim_{H \rightarrow 0} \frac{B}{H}$$

公式

(2) 最大磁导率  $\mu_m$ : 在基本磁化曲线初始段以后, 随着  $H$  的增大, 斜率  $\mu = B/H$  逐渐增大, 到某一磁场强度下 ( $H_m$ ), 磁密度达到最大值 ( $B_m$ ), 即

$$\mu_m = \frac{B_m}{H_m}$$

公式

(3) 饱和磁导率  $\mu_s$ : 基本磁化曲线饱和段的磁导率,  $\mu_s$  值一般很小, 深度饱和时,

$\mu_s = \mu_0$ 。(4) 差分(增量)磁导率  $\mu_\Delta$ :  $\mu_\Delta = \Delta B / \Delta H$ 。 $\Delta B$  及  $\Delta H$  是在 ( $B_1$ ,  $H_1$ ) 点所取的增量如图1和图2所示。(5) 微分磁导率,  $\mu_d$ :  $\mu_d = dB / dH$ , 在 ( $B_1$ ,  $H_1$ ) 点取微分, 可得  $\mu_d$ 。可知:  $\mu_1 = B_1 / H_1$ ,  $\mu_\Delta = \Delta B / \Delta H$ ,  $\mu_d = dB_1 / dH_1$ , 三者虽是在同一点上的磁导率, 但在数值上是不相等的。非磁性材料(如铝、木材、玻璃、自由空间)  $B$  与  $H$  之比为一个常数, 用  $\mu_0$  来表示非磁性材料的磁导率, 即  $\mu_0 = 1$  (在 CGS 单位制中) 或  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  (在 RMKS 单位制中)。在众多的材料中, 如果自由空间(真空)的  $\mu_0 = 1$ , 那么比1略大的材料称为顺磁性材料(如白金、空气等); 比1略小的材料, 称为反磁性材料(如银、铜、水等)。本章介绍的磁性元件  $\mu \gg 1$  是大有用处的。只有在需要磁屏蔽时, 才会用铜等反磁性材料做成屏蔽罩使磁元件的磁不会辐射到空间中去。下面给出几个常用的参数式:

$$\mu_r = \frac{L}{4\pi W^2} \times \frac{l_m}{A_e} \times 10^7$$

公式

(1) 有效磁导率  $\mu_{ro}$ 。在用电感  $L$  形成闭合磁路中(漏磁可以忽略), 磁心的有效磁导率为: 式中  $L$ ——绕组的自感量 (mH);  $W$ ——绕组匝数;  $\mu_r$ ——磁心常数, 是磁路长度  $l_m$  与磁心截面积  $A_e$  的比值 (mm)。(2) 饱和磁感应强度  $B_s$ 。随着磁心中磁场强度  $H$  的增加, 磁感应强度出现饱和时的  $B$  值, 称为饱和磁感应强度  $B_s$ 。(3) 剩余磁感应强度  $B_r$ 。磁心从磁饱和状态去除磁场后, 剩余的磁感应强度(或称残留磁通密度)。(4) 矫顽力  $H_{co}$ 。磁心从饱和状态去除磁场后, 继续反向磁化, 直至磁感应强度减小到零, 此时的磁场强度称为矫顽力(或保磁力)。

$$a_\mu = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1} \times \frac{1}{T_2 - T_1} \quad (T_2 > T_1)$$

公式

(5) 温度系数  $a_\mu$ 。温度系数为温度在  $T_1 \sim T_2$  范围内变化时, 每变化  $1^\circ\text{C}$  相应磁导率的相对变化量, 即 式中  $\mu_{r1}$ ——温度为  $T_1$  时的磁导率;  $\mu_{r2}$ ——温度为  $T_2$  时的磁导率。值得注意的是: 除了磁导率  $\mu$  与温度有关系之外, 饱和磁感应强度  $B_s$ 、剩余磁感应强度  $B_r$ 、矫顽力  $H_s$ , 以及磁心比损耗(单位重量损耗  $W/\text{kg}$ ) 等磁参数, 也都与磁心的工作温度有关。