

真空中的磁导率一般用 μ_0 表示。空气、铜、铝和绝缘材料等非磁材料的磁导率和真空磁导率大致相同。而铁、镍、钴等铁磁材料及其合金的磁导率都比 μ_0 大 $10\sim 10^5$ 倍。

最初，将真空磁导率 μ_0 定为1，其他材料的磁导率实际上是真空磁导率的倍数。沿用了很长时间，并影响到一些基本关系式的表达，就是在公式中经常出现的 4π ，现在英美还在应用，这就是非合理化单位制(CGS制)的来由。但是，近代物理经过测试，实际真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。因此其他材料的实际磁导率应当是原先磁导率乘以 μ_0 。因为在 μ_0 中包含了 4π ，这样在所有表达电磁关系的公式中没有了讨厌的 4π ，形成了所谓合理化单位制(MKS制)。这里将其他材料磁导率高于真空磁导率的倍数称为相对磁导率 μ_r 。

2. 磁场强度(\dot{H})

用磁导率表征介质对磁场的影响后，磁感应 \dot{B} 与 μ 的比值只与产生磁场的电流有关。即在任何介质中，磁场中的某点的 \dot{B} 与该点的 μ 的比值定义为该点的磁场强度 \dot{H} ，即

$$\dot{H} = \frac{\dot{B}}{\mu} \quad (1-3)$$

\dot{H} 也是矢量，其方向与 \dot{B} 相同。

相似于磁力线描述磁场，磁场强度也可用磁场强度线表示。但与磁力线不同，因为它不一定是无头无尾的连续曲线，同时在不同的介质中，由于磁导率 μ 不一样， \dot{H} 在边界处发生突变。

应当指出的是所谓某点磁场强度大小，并不代表该点磁场的强弱，代表磁场强弱是磁感应强度 \dot{B} 。比较确切地说，矢量 \dot{H} 应当是外加的磁化强度。引入 \dot{H} 主要是为了便于磁场的分析计算。

1.3.4 安培环路定律

安培发现在电流产生的磁场中，矢量 \dot{H} 沿任意闭合曲线的积分等于此闭合曲线所包围的所有电流的代数和(图 1-6)，即

$$\oint \dot{H} d\vec{l} = \oint H \cos \alpha dl = \sum I \quad (1-4)$$

式中 \dot{H} —磁场中某点A处的磁场强度； $d\vec{l}$ —磁场中A点附近沿曲线微距离矢量； α — \dot{H} 与 $d\vec{l}$ 之间的夹角。 $\sum I$ —闭合曲线所包围的电流代数和。电流方向和磁场方向的关系符合右螺旋定则。如果闭合回路方向与电流产生的磁场方向相同，则为正。反之为负。式(1-4)称为安培环路定律，或称为**全电流定律**。

图1-6(a)环路包围只有 I ，所以 $\sum I = I$ ，而图1-6(b)环路包围的是正的 I_1 和负的 I_2 ，尽管图中有 I_3 存在，但它不包含在环路之内，所以 $\sum I = I_1 - I_2$ 。

以环形线圈为例(图1-7)来说明安培定律的应用。环内的介质是均匀的，线圈匝数为 N ，取磁力线方向作为闭合回路方向，沿着以 r 为半径的圆周闭合路径 l ，根据式(1-4)的左边可得到

$$\oint \dot{H} d\vec{l} = Hl = 2\pi r \times H \quad (1-5)$$

方程的右边

$$\sum I = IN$$

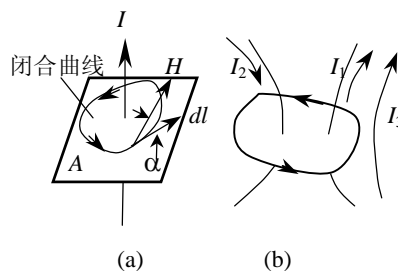


图 1-6 安培环路定律

因此

$$H \times 2\pi r = HI = IN \quad (1-6)$$

即

$$H = \frac{IN}{2\pi r} = \frac{IN}{l} \quad (1-7)$$

式中 r 一环的平均半径, 如果环的内径与外径之比接近1, 认为环内磁场是均匀的, $l=2\pi r$ 为磁路的平均长度。

H —半径 r 处的磁场强度。如果内径与外径相差较大, 可以用下式计算平均长度

$$l = \frac{2\pi(r_2 - r_1)}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (1-8)$$

工程上, 磁路中词感应 \dot{B} 经常与截面垂直, 磁场强度 \dot{H} 方向与平均路径一致, 故在以后的各章中, \dot{B} 和 \dot{H} 不再用矢量表示。

在SI制中磁场强度的单位为安/米, 代号为A/m。在CGS制中为奥斯特, 代号为Oe。它和A/m之间的关系为

$$1\text{A/m} = 1 \times 10^{-2} \text{A/cm} = 0.4\pi \times 10^{-2} \text{Oe}$$

即

$$1\text{A/cm} = 0.4\pi \text{Oe}$$

由式(1-7)可见, H 与电流大小、匝数和闭合路径有关, 而与材料无关。

式(1-6)中线圈电流和匝数的乘积 IN 称为磁动势 F , 即

$$F = IN$$

由此产生磁通, 它的单位是安培(A)。

在引出磁场强度以后, 根据式(1-3)得到

$$\mu = \frac{\dot{B}}{\dot{H}}$$

由此得到磁导率 μ 的单位:

$$\mu \text{ 的单位} = \frac{\text{Wb/m}^2}{\text{A/m}} = \frac{\text{V} \cdot \text{S}}{\text{A} \cdot \text{m}} = \frac{\Omega \cdot \text{S}}{\text{m}} = \text{H/m (亨/米)}$$

在SI制中是亨/米, 代号为H/m。在CGS制中是高/奥, 与SI制关系为

$$1\text{H/m} = \frac{10^7}{4\pi} \text{Gs/Oe}$$

由实验测得, 真空磁导率为

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m} = 0.4\pi \times 10^{-8} \text{H/cm}$$

在CGS制中, μ_0 的单位为高/奥, 数值为1。

1.3.5 电磁感应定律

由实验可知, 如果一个条形磁铁插向线圈中(图1-8)时, 接在线圈两端的电流表指针将发生偏转; 如果磁铁不动, 则电流表指针不转动。如果将磁铁从线圈中取出, 电流表指针与插入时相反方向偏转。由此可见, 当通过线圈的磁通发生变化时, 不论是什么原因引起的变化, 在线圈两端就要产生感应电动势。而且磁通变化越快, 感应电动势越大, 即感应电动势的大小正比于磁通的变化率, 对于1匝线圈, 即

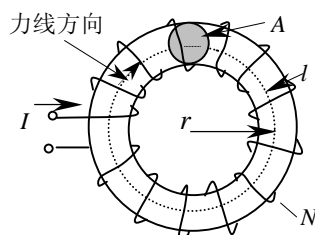


图 1-7 环形线圈