

磁路与电气常识 - 知识点详解

第一部分：磁场的基本物理量

1. 磁力线与磁场

- **磁力线**：用于形象描述磁场分布的曲线。
- 特性：磁力线是**封闭曲线**（无起点，无终点），在磁体外部从N极指向S极，内部从S极指向N极。磁力线上任意一点的**切线方向**代表该点的磁场方向。
- 磁场产生：可由**永久磁铁**产生，也可由**电流**产生。

2. 磁感应强度 (B)

- **定义**：表示磁场中某一点强弱和方向的物理量，也称为**磁通密度**。通俗地讲，它表示单位面积上垂直穿过的磁力线条数。
- **单位**：**特斯拉 (T)**。

3. 磁通 (Φ)

- **定义**：通过磁场中某一给定面积A的磁力线总数。
- **公式**：在均匀磁场中， $\Phi = BA$ 。在非均匀磁场中，为磁感应强度B对面积A的积分：

$$\Phi = \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

- **单位**：**韦伯 (Wb)**。

4. 磁场强度 (H)

- **定义**：它是一个描述磁场特性的参数，**仅与产生磁场的电流相关**，而与介质的导磁性无关。
- **公式**：

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

- **单位**：**安培/米 (A/m)**。

5. 磁导率 (μ)

- **定义**：表示物质导磁能力的物理量，反映了介质对磁场的影响。
- **公式**： $\mu = \mu_0 \mu_r$

- **真空磁导率** (μ_0)：是一个常数， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H/m$ 。
 - **相对磁导率** (μ_r)：物质磁导率与真空磁导率的比值。铁磁材料（如铁芯）的 μ_r 远大于1，空气的 $\mu_r \approx 1$ 。
-

第二部分：磁路的基本定律与电路类比

这是你重点关注的部分，我们把磁路和电路对比来看：

- **核心类比：**

- **磁动势** (F_m) \leftrightarrow **电动势** (E) (驱动力)
- **磁通** (Φ) \leftrightarrow **电流** (I) (流量)
- **磁阻** (R_m) \leftrightarrow **电阻** (R) (阻碍)

1. 磁路欧姆定律 (对应 $E = IR$)

- **磁动势** (F_m)：也称磁通势，是驱动磁通的源泉。通常由 N 匝线圈通入电流 I 产生：

$$F_m = NI$$

- 单位：**安匝 (A)** 或 **安 (A)**。
- **磁阻** (R_m)：磁路对磁通的阻碍作用。它取决于磁路的几何形状和材料磁导率：

$$R_m = \frac{L}{\mu A} = \frac{L}{\mu_0 \mu_r A}$$

- 单位：**1/亨 (1/H)**。
- **磁路欧姆定律**：总磁动势等于磁通与总磁阻的乘积。

$$F_m = \Phi R_m$$

2. 磁路基尔霍夫第一定律 (磁路KCL)

- **定律**： $\sum \Phi = 0$
- **物理基础**：**高斯定律 (磁通连续性定律)**。该定律指出，磁力线是无始无终的闭合曲线。
- **含义**：在磁路的任一节点（分支点），流入该节点的磁通代数和恒等于零。这和KCL中流入节点的电流和为零是完全对应的。

3. 磁路基尔霍夫第二定律 (磁路KVL)

- **定律**： $\sum F_m = \sum U_m$ （或 $\sum N_k I_k = \sum H_i L_i$ ）
- **物理基础**：**安培环路定律 (全电流定律)**。该定律指出，磁场强度 H 沿闭合路径 L 的积分，等于路径所包围的总电流（即总磁动势 F_m ）。

- **含义**: 在磁路的任一闭合回路中, **磁动势** (NI , 类比电源 E) 的代数和, 等于该回路中各段磁路的**磁压降** ($U_m = HL = \Phi R_m$, 类比电压降 $U = IR$) 的代数和。

4. 磁路与电路的差别

- **损耗**: 直流电路中始终有 I^2R 的发热损耗; 而**直流磁路** (稳态磁场) 本身不消耗能量 (注意: 交流磁路中存在磁滞损耗和涡流损耗)。
 - **介质**: 电流必须在导体中流动, 绝缘体中漏电流极小; 而磁通可以穿过任何物质, 包括空气, 因此磁路的**漏磁通** (不按主磁路走的磁通) 非常严重, 不可忽略。
 - **线性度**: 电阻 R 通常为常数, 电路是线性的; 而磁阻 R_m 依赖于 μ , 由于铁磁材料存在**磁饱和**现象, μ 不是常数, 导致磁路通常是**非线性的**。
-

第三部分：其他关键电磁定律

1. 法拉第电磁感应定律

- **定义**: 当穿过闭合回路的磁链 Ψ ($\Psi = N\Phi$) 发生变化时, 回路上就会产生感应电动势 e 。
- **公式**:

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

- **两种形式**:

- **感生电动势** (变压器电势): 磁场 B 随时间 t 变化 ($dB/dt \neq 0$), 线圈不动。
- **动生电动势** (切割电势): 磁场 B 恒定, 导体 L 在磁场中以速度 v 切割磁力线 ($e = BLv$)。

2. 安培电磁力定律 (左手定则)

- **定义**: 长度为 L 、通有电流 I 的载流导体, 在磁感应强度为 B 的磁场中所受到的力。
 - **公式**: $F = BIL \sin \theta$
 - **意义**: 这是电动机 (如直流电机) 产生电磁转矩的基础。
-

第四部分：电气控制常识 (低压电器)

1. 低压电器与供电

- **低压供电**: 指交流50Hz、额定电压1200V及以下的供电电压。我国常用工业电压为三相380V, 民用为单相220V。

2. 保护电器

- **断路器 (空气开关)**: 具有控制和保护功能。它能在电路发生短路或严重过载时自动切断（跳闸）电路。
- **熔断器 (保险丝)**: 一种简单有效的短路保护电器。当电流超过规定值时，其**熔体**（易熔合金）会熔化，从而永久性切断电路。
- **安秒特性**: 熔断器的核心特性，即熔断电流越大，熔断所需的时间越短。

3. 控制电器

- **电磁式继电器**: 利用电磁铁原理（线圈通电吸合衔铁），通过**小电流**（控制线圈）来接通或断开**大电流**（触头）电路的一种自动开关。
- **主令开关 (按钮)**: 用手操作发出启停指令的开关，具有**常开(NO)和常闭(NC)**触头。