

# 第四章 恒定磁场

- §4.1 恒定磁场的实验定律和磁感应强度
- §4.2 磁场的散度和磁通连续性原理
- §4.3 真空中的安培环路定律和恒定磁场的旋度
- §4.4 矢量磁位和矢量泊松方程
- §4.5 媒质的磁化和安培环路定律
- §4.6 恒定磁场的方程、分界面上的边界条件
- §4.7 标量磁位
- §4.8 电感
- §4.9 磁场能量、磁场力

## §4.8 电感

一、电感

二、自感

三、互感

四、计算互感的一般公式（诺依曼公式）

# §4.8 电感

一、电感

二、自感

三、互感

四、计算互感的一般公式（诺依曼公式）

# 一、电感

## ★磁链 ( $\Phi$ 或 $\psi$ )

(定义) 与电流相交链的磁通量。

说明:

若回路由 $N$ 匝线圈绕成，则线圈的总磁通量为各单匝线圈磁通量之和，称为**磁链**。

若 $N$ 匝线圈密绕，回路总磁通量为：

$$\Psi = N\Phi \quad \Phi \text{ 为单匝线圈磁通量}$$

# ★电感 (L)

(定义) 磁链与产生磁链的电流的比值。

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

(4-85)

SI单位: H (Henry 亨利)

$$1\text{H} = 1\text{Wb/A}$$

$$1\text{mH} = 10^{-3}\text{H}$$

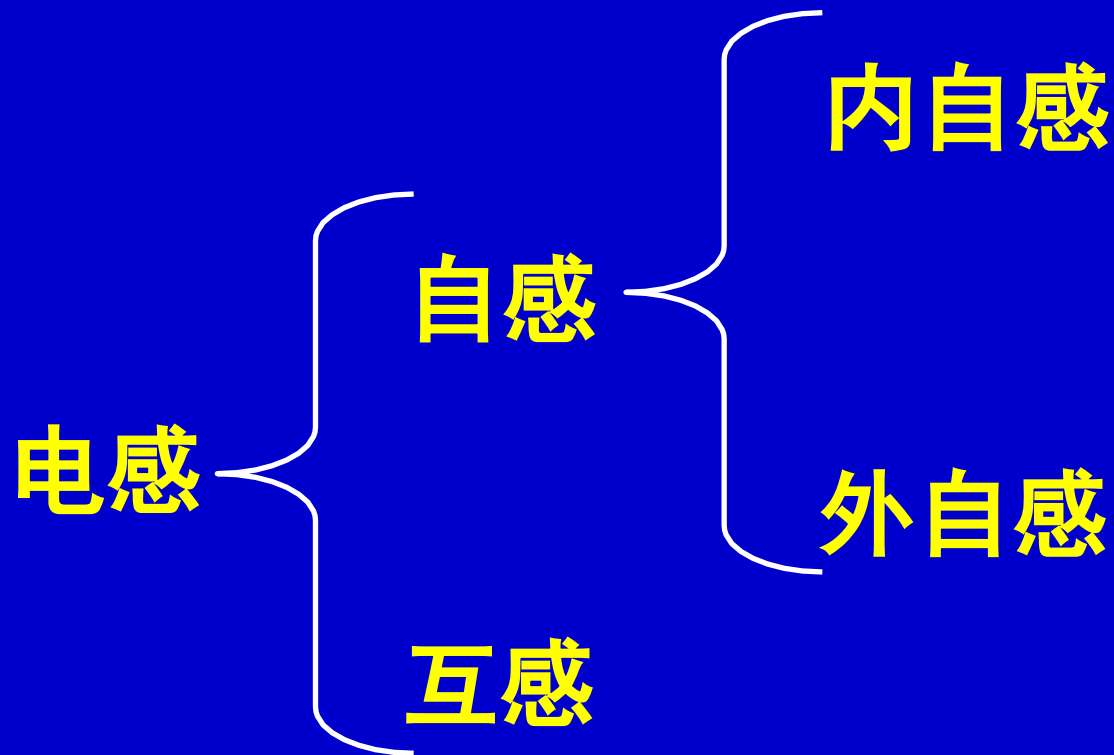
$$1\mu\text{H} = 10^{-6}\text{H}$$

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

(4-85)

**说明：**

**L只取决于回路自身的几何形状、匝数和磁介质（媒质磁导率），与回路中电流I无关。**



I'm not calling for a second chance, I'm screaming at top of my voice!

## §4.8 电感

一、电感

二、自感

三、互感

1、自感现象

2、自感系数

3、自感电动势

4、自感系数的计算

四、计算互感的一般公式（诺依曼公式）

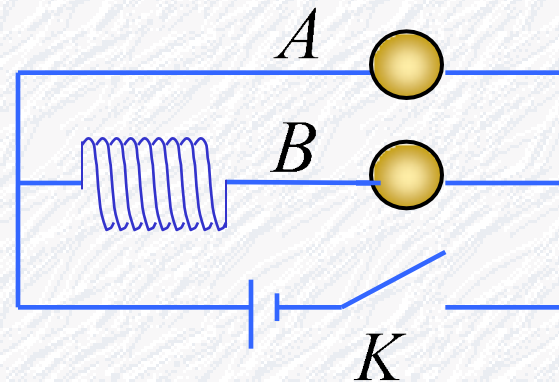


## 二、自感

### 1. 自感现象

K合上灯泡A先亮，B后亮；

K断开 B会突闪。



日光灯，镇流器就应用了自感。

#### 定义：

由于自己线路中的电流变化而在自己的线路中产生**感应电流**的现象。

#### 反映：

电路元件反抗电流变化的能力（电惯性）。

## 2. 自感系数

在各向同性线性媒质中，

单匝闭合回路电流产生的磁感应强度 $B$ 与回路电流成正比，

则穿过回路的磁通量 $\Phi_m$ 也与 $I$ 成正比，

因而与回路电流 $I$ 交链的磁通量（即磁链 $\Phi$ 或 $\psi$ ）也与 $I$ 成正比。

# 讨论：

若回路导线直径较粗，则

$$L = L_i + L_o$$

式中：

$L_i$  为回路**内自感**，即**导体内部磁场与部分电流交链所形成电感**。

$$L_i = \frac{\Psi_i}{I}$$

内自感是导体内部仅与部分电流交链的磁链与回路电流比值。

$L_o$  为回路**外自感**，即**导体外磁场与回路交链所形成电感**。

$$L_o = \frac{\Psi_o}{I}$$

外自感是导体外部闭合的磁链与回路电流的比值。

# 例 1 试求无限长直导体的内自感 $L_i$ 。

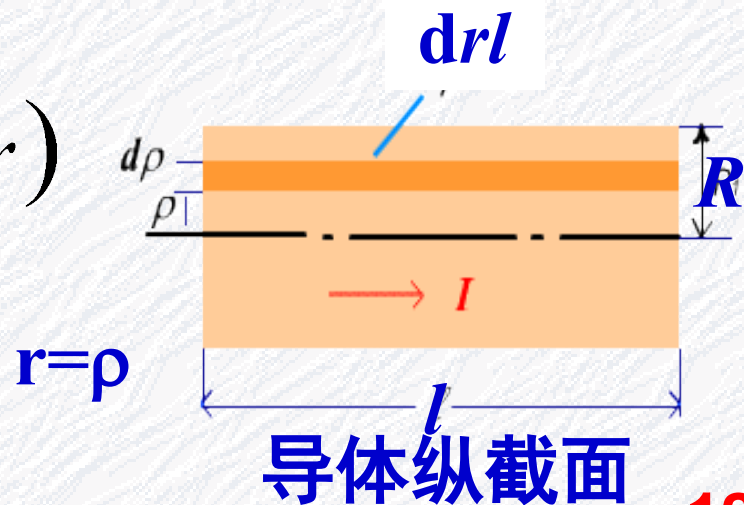
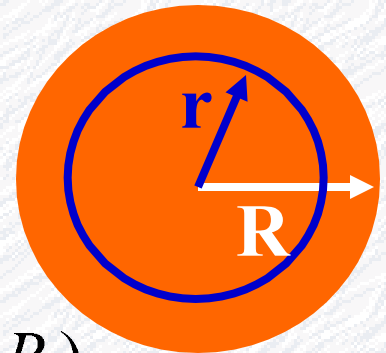
解：设安培环路包围部分电流  $I'$ ，则有

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I' = \frac{I}{\pi R^2} \pi r^2 = \frac{I}{R^2} r^2 \quad (0 \leq r \leq R)$$

$$H = \frac{I}{2\pi R^2} r, \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r$$

穿过宽度为  $dr$ ，长度为  $l$  的矩形面积的磁通为

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = \left( \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r \right) (l dr)$$



若将整个内导体电流看作1匝，则与 $d\Phi$ 交链的电流为

$$N = \frac{I'}{I} = \frac{r^2}{a^2} (\text{匝})$$

磁链中的匝数，可根据

$$N' = \frac{I'}{I} = \frac{r^2}{R^2}$$

因此，有

$$\psi_i = \int_s N' d\Phi = \int_0^R \frac{\mu_0 I l r}{2\pi R^2} \cdot \frac{r^2}{R^2} dr = \frac{\mu_0 I l}{8\pi}$$

内自感

$$L_i = \frac{\psi_i}{I} = \frac{\mu_0 l}{8\pi}$$

单位长度 ( $l=1$ ) 上的内自感为：

$$L_{i0} = \frac{\mu_0}{8\pi}$$

(4-62)

### 3. 自感电动势

$$\varepsilon_L = -\frac{d\Psi_m}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$$

**负号**表示自感电动势总是要阻碍线圈回路本身电流的变化。

当时  $dI/dt > 0$  ,  $\varepsilon_L < 0$  , 其方向与  $I$  的方向相反一致;

当时  $dI/dt < 0$  ,  $\varepsilon_L > 0$  , 其方向与  $I$  的方向一致。

**L: 自感系数**描述线圈电磁惯性的大小

$$L = \frac{\psi}{I} \Rightarrow \psi = LI$$

**由法拉第电磁感应定律**

**有**

$$\varepsilon_i = -\frac{d\psi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$L = -\frac{\varepsilon_i}{\frac{dI}{dt}}$$

**自感系数的一般定义式**

**自感系数的物理意义：**

**单位电流变化引起感应电动势的大小。**

## 4. 自感系数的计算

$$L = \Psi_m / I$$

计算步骤：

(1) 设线圈中通有电流  $I$

(2) 求  $B$

(3) 求全磁通  $\Psi_m$

(4)  $L = \Psi_m / I$



**例2** 长为  $l$  的螺线管，横断面为  $S$ ，线圈总匝数为  $N$ ，管中磁介质的磁导率为  $\mu$ ，求自感系数。

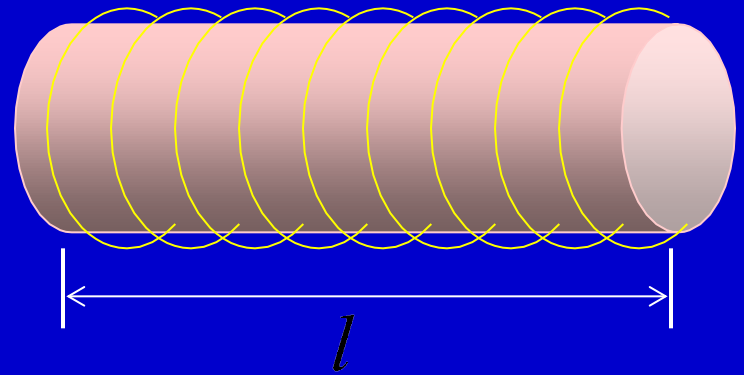
**解：** 设回路中通有电流  $I$

$$B = \mu \frac{N}{l} I$$

$$\Psi = NBS = \mu \frac{N^2}{l} IS$$

$$L = \frac{\Psi}{I} = \mu \frac{N^2}{l} S = \mu \frac{N^2}{l^2} lS$$

$$L = \mu n^2 V \quad V = lS \quad n = \frac{N}{l}$$



# 自感的应用和防止

## (1)应用

自感现象在各种电器设备和无线电设备中有着广泛的应用。

- ◆ **自感线圈**是交变电流路中的重要元件。在无线电设备中，用它和电容器组成振荡电路，以发射电磁波。
- ◆ 日光灯电路中的**镇流器**，也是利用自感现象制成的。

## (2)防止

自感现象也有不利的一面。自感系数很大而电流又很强的电路（如大型电动机的定子绕组）中，在切断电路的瞬间，由于电流在很短时间内发生很大变化，会产生很高的自感电动势，使开关的闸刀和固定的夹片之间的空气电离而变成导体，形成电弧。这会烧坏开关，甚至危及工作人员的安全。因此，切断这类电路时必须采取特制的安全开关。常见的安全开关是将开关放在绝缘性能良好的油中，防止电弧的产生，保证安全。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/767166042140006112>