

### 第十三章 磁场中的磁介质

13.1 一长直螺线管,每米绕有 1000 匝,今要求在螺线管内部轴上一点  $p$  的磁感应强度  $B=4.2 \times 10^{-4} \text{T}$ ,问螺线管中需通以多大的电流?(设螺线管内为空气)。

若螺线管是绕在铁芯上,通以上述同样大小的电流,问这时在螺线管内部同一点产生的磁感应强度为多少? 设此时纯铁的相对磁导率  $\mu_r=5000$ 。

解 当管内为空气时

$$B = \mu_0 n I$$

$$I = \frac{B}{\mu_0 n} = \frac{4.2 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1000} = 0.334 \text{A}$$

有铁芯时

$$B' = \mu_0 \mu_r n I = \mu_r B = 5000 \times 4.2 \times 10^{-4} = 2.1 \text{T}$$

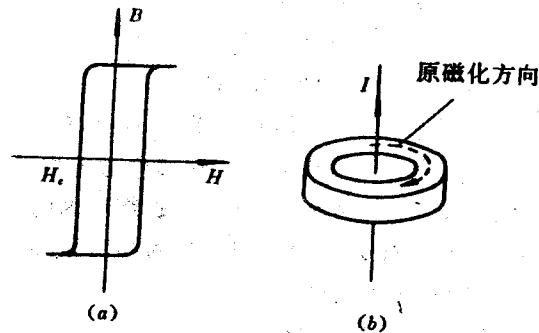
13.2 铁氧体的矩形磁滞回线如图 13.2a 所示。图 13.2b 为用这种磁性材料制成的电子计算机中存储元件的环形磁芯,其外半径为 0.8mm,内半径为 0.5mm,高 0.3mm,矫顽力为  $H_c = \frac{500}{\pi} \text{A/m}$ 。磁芯已被磁化,方向如图所示。

试问:(1)如何施加轴向电流,其值为多大时,磁芯中磁化方向开始翻转?(2)若需使磁芯中自内到外的磁化方向全部翻转,脉冲电流的峰值至少需要多大?

解 (1)由安培环路定理,长直线电流的磁场

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

磁芯内径处最先开始反转



题 13.2 图

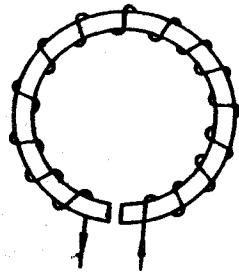
$$H_c = \frac{I}{2\pi R_1}$$

$$I = 2\pi R_1 H_c = 2\pi \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{500}{\pi} = 0.5 \text{A}$$

(2)磁芯外径处最后反转,此时电流强度为

$$I = 2\pi R_2 H_c = 2\pi \times 8.0 \times 10^{-4} \times \frac{500}{\pi} = 0.8 \text{A}$$

13.3 铁制的螺绕环的平均周长为 61cm,空气隙长 1cm(如图所示)。环上线圈总数为 1000 匝,当线圈中通过电流为 1.5A 时,空气隙中的磁感应强度为 0.18T。求铁环的  $\mu$  值(忽略空气隙中磁感应线的发散)。



题 13.3 图

解 根据安培环路定理

$$\oint_L H \cdot dl = H_1(L - l_1) + H_2 l_1 = NI$$

将  $H_1 = \frac{B}{\mu}$ ,  $H_2 = \frac{B}{\mu_0}$  代入上式

$$\mu = \frac{B(L - l_1)}{NI - \frac{B}{\mu_0} l_1}$$

$$= \frac{0.18 \times 0.6}{1000 \times 1.5 - \frac{0.18}{4\pi} \times 10^7 \times 10^{-2}}$$

$$= 1.59 \times 10^{-3} \text{ N/A}^2$$

13.4 一环形铁芯,其平均周长为  $0.30\text{m}$ ,截面积为  $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,该环均匀地密绕 300 匝线圈。当线圈中通有电流  $0.032\text{A}$  时,环内的磁通量为  $2.0 \times 10^{-6} \text{ Wb}$ 。试求:(1)螺绕环内的磁场强度和磁化强度;(2)单位长度的磁化电流;(3)铁芯的相对磁导率。

解 (1)由安培环路定理

$$H = \frac{NI}{2\pi R} = \frac{300 \times 0.032}{0.3} = 32 \text{ A/m}$$

故有

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{2 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{-2} \text{ T}$$

按定义

$$M = \frac{B}{\mu_0} - H$$

$$= \frac{2 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7}} - 32$$

$$= 1.59 \times 10^4 \text{ A/m}$$

$$(2) \quad j_m = M = 1.59 \times 10^4 \text{ A/m}$$

$$(3) \quad \mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} = \frac{2 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 32} = 497$$

13.5 在生产中,为了测试某种材料的相对磁导率,常将这种材料做成截面为矩形的环形螺线管的芯子。设环上绕有线圈 200 匝,平均周长为  $0.10\text{m}$ ,横截面积为  $5.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ 。当线圈内通过的电流为  $0.10\text{A}$  时,用磁通计测得穿过环形螺线管横截面的磁通量为  $6.0 \times 10^{-6} \text{ Wb}$ ,试求该材料的相对磁导率。

解 根据安培环路定理

$$H = nI = \frac{N}{L} I$$

$$\text{又} \quad B = \frac{\Phi}{S}$$

得

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} = \frac{\Phi L}{\mu_0 S N I}$$

$$= \frac{6.0 \times 10^{-6} \times 0.1}{4\pi \times 10^{-7} \times 5.0 \times 10^{-5} \times 200 \times 0.1}$$

$$= 4.77 \times 10^3$$

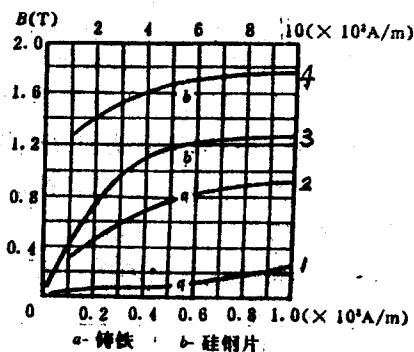
13.6 一个闭合的环形铁芯上绕有匝数为 300 的线圈,平均周长为  $0.45\text{m}$ ,如果需要在铁芯中产生  $0.90\text{T}$  的磁感应强度,试问在下列两种情况下所需的电流强度各为若干?

(1)铁芯材料为铸铁。

(2)铁芯材料为硅钢片。

铸铁和硅钢片在  $H=0 \sim 1.0$

( $\times 10^3 \text{ A/m}$ ) 范围时的  $B$  值见



题 13.6 图

附图中的第 1、第 3 条曲线,在  $H=1 \sim 10$  ( $\times 10^3 \text{ A/m}$ ) 范围时的  $B$  值见图第 2、第 4 条曲线。

解 由  $B-H$  曲线查得,当  $B=0.9\text{T}$  时,  $H_a=9 \times 10^3 \text{ A/m}$ ,  $H_b=0.26 \times 10^3 \text{ A/m}$

(1)由安培环路定理

$$H = nI = \frac{N}{L} I$$

$$I_1 = \frac{LH_a}{N} = \frac{0.45 \times 9 \times 10^3}{300} = 13.5 \text{ A}$$

$$(2) \quad I_2 = \frac{LH_b}{N} = \frac{0.45 \times 0.26 \times 10^3}{300} = 0.39 \text{ A}$$

13.7 一根铁磁棒,其矫顽力为  $4.0 \times 10^3 \text{ A/m}$ ,把它放在长  $12\text{cm}$  绕有 60 匝导线的长直螺线管中退磁,问绕组中至少需通入多

大的电流?

解 传导电流所产生的磁场强度在数值上须达到  $H \geq H_c$  才能退磁。所以有

$$H = nI = \frac{N}{L}I \geq H_c$$
$$I \geq \frac{H_c L}{N} = \frac{4.0 \times 10^3 \times 0.12}{60} = 8.0 \text{ A}$$

13.8 一个铁原子的磁矩是  $1.8 \times 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 。设长  $5.0 \text{ cm}$ ，截面积为  $1.0 \text{ cm}^2$  的铁棒中所有铁原子的磁矩都整齐排列，则(1)铁棒的磁矩为多大；(2)如果需要使这磁棒与磁感应强度为  $1.5 \text{ T}$  的外磁场正交，需用多大的转矩？已知铁的密度为  $7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，铁原子的摩尔质量  $55.85 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 。

解 (1) 每个铁原子的磁矩  $P_{m1} = 1.8 \times 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$   
铁棒中的原子数

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho V}{M} N_A$$
$$= \frac{7.8 \times 10^3 \times 5.0 \times 10^{-2} \times 1.0 \times 10^{-4}}{55.85 \times 10^{-3}} \times 6.02 \times 10^{23}$$
$$= 4.21 \times 10^{23} \text{ 个}$$

总磁矩

$$P_m = NP_{m1} = 7.57 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

(2) 所需克服的磁力矩

$$M = P_m \cdot B \sin 90^\circ = P_m \cdot B$$
$$= 7.57 \times 1.5$$
$$= 11.4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 第十四章 电磁感应

14.1 一密绕有 100 匝的线圈与冲击电流计串联，电路的总电阻为  $10 \Omega$ 。当通过线圈的磁通量改变时，冲击电流计有一最大偏转  $0.010 \text{ rad}$ 。已知该电流计的灵敏度为  $10 \text{ rad/C}$ ，求线圈中磁通量的改变值。

解 磁通量改变时线圈中的感应电量

$$q_i = \frac{\Delta \theta}{K} = \frac{0.010}{10} = 10^{-3} \text{ C}$$

因同时

$$q_i = \frac{N}{R} (\Phi_1 - \Phi_2)$$

所以

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \frac{R q_i}{N} = \frac{10 \times 10^{-3}}{100}$$
$$= 10^{-3} \text{ Wb}$$

14.2 如图所示，磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，有一根金属棒在顶角为  $\theta$  的导线架上滑动，它们组成的回路平面与磁场方向垂直。开始计时时 ( $t=0$ ) 金属棒处于导线架的顶角处，正以匀速率  $v$  向右滑动。

(1) 试写出感应电动势随时间变化的表达式；

(2) 若  $\theta = 110^\circ$ ,  $B = 352 \text{ mT}$  和  $v = 5.21 \text{ m/s}$ ，问何时感应电动势等于  $56.8 \text{ V}$ 。

解 建立如图坐标系，当金属棒运动到  $x$  位置时，金属棒在导轨内的长度  $l = 2x \tan \frac{\theta}{2}$ ，此时