電工原理講義

第　二　回

50231B-2

社團法人 考友社 出版發行

電工原理講義　第二回　目錄

第二回（1/2）

第二回（2/2）

第四講 電感與電磁

命題重點

一、電感量

㈠磁場：

1.磁場的存在，可由磁力線來表示。

2.磁力線自N極出發，經外部空間，由S極進入，再經由磁鐵內部至N極，形成一封閉路徑，如圖4－1所示。

3.磁力線不相交割，有互相排斥的現象。

4.磁力線的方向，即為磁場的方向，其多寡即表示磁場之大小。

㈡磁極：

1.庶極：如圖4－2所示，不在磁鐵兩端，而在中間部份所產生的磁極，即圖中的SS、NN等。

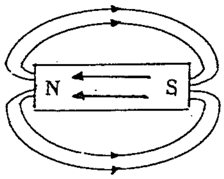

圖4-1

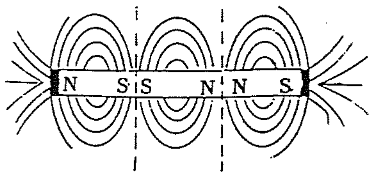

圖4-2

2.地球北半球的磁極稱為地磁的S極。
地球南半球的磁極稱為地磁的N極。

3.地磁三效應：

⑴磁偏角：羅盤針所指的南北方向，與眞正地理南北方向，兩者相差的角度。

⑵磁傾角：羅盤針受地心引力（地磁）的影響，無法與地面平行，其羅盤針與地水平面所成的角度，即為磁傾角。

⑶水平強度：地磁場內任一點的磁場強度，為地磁水平強度與地磁垂直強度的向量和。如圖4－3所示，設地磁場內某點的總強度為R，和水平面夾角為θ，H為地磁水平強度，V為地磁垂直強度，則

$R=\sqrt{H^2+V^2}$

$H=R\cos\theta$

$V=R\sin\theta$

其中R與H的夾角即為磁傾角；而R與V的夾角即為磁偏角。

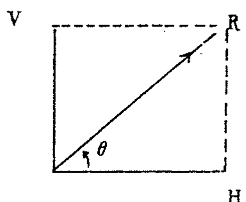

圖4-3

4.磁屏蔽：電儀表在測量時，易受磁場的影響而產生指示誤差，因此在儀表的周圍罩上軟鐵環或金屬罩，即可避免磁場的干擾。

㈢庫倫磁力定律：

1.相同的磁極相互的排斥，相異的磁極則相互吸引，其作用力的大小與兩磁極的磁極強度乘積成正比，而與兩磁極相隔距離的平方成反比。

$$F=\frac{M_1M_2}{4\pi\mu d^2}=\frac{M_1M_2}{4\pi\mu_0\mu_r d^2}=K\frac{M_1M_2}{\mu_r d^2}$$

2.於M．K．S．制中

F：作用力（牛頓）

M_1M_2：磁極強度（韋伯）

d：兩磁極的距離（米）

K：常數（眞空或空氣爲介質，其值爲6.33×10^4）

μ_0：眞空或空氣中的導磁係數，爲$4\pi\times10^{-7}$ m/H。

μ_r：相對導磁係數。（眞空中$\mu_r=1$，空氣中$\mu_r\doteqdot1$）

μ：介質導磁係數，$\mu=\mu_0\mu_r$。

3.於C．G．S．制中

$$f=\frac{m_1m_2}{\mu d^2}=\frac{m_1m_2}{\mu_0\mu_r d^2}=\frac{m_1m_2}{\mu_r d^2}$$

f單位爲達因、m_1、m_2單位爲靜磁、d爲cm、$\mu_0=1\frac{\text{高斯}}{\text{奧斯特}}$。

4. 1靜磁＝4π馬克士威；1韋伯＝10^8馬克士威；1牛頓＝10^5達因。

㈣例題：

1.於空氣中有5靜磁與4π韋伯的兩同極性磁極，相距5公分，試求兩磁極間的作用力？

解：4π韋伯$=4\pi\times\frac{1}{4\pi}\times10^8$靜磁

$$\therefore f=\frac{m_1m_2}{\mu_r d^2}=\frac{5\times10^8}{1\times(5)^2}=2\times10^7\text{ 達因（相斥力）}$$

2.兩磁鐵各長0.5m與0.3m，磁極強度分別爲6韋伯與3韋伯，如圖4-4所示排列，且置於空氣中，試求其相互作用力？

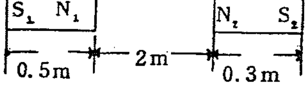

圖4-4

解：$N_1\rightarrow N_2$爲相斥力

$$F_1=K\frac{M_1M_2}{j^2}=K\times\frac{6\times3}{2^2}=K\times4.5$$

$N_1 \rightarrow S_2$ 為相吸力

$$F_2 = K\frac{M_1M_2}{j^2} = K \times \frac{6\times3}{(2+0.3)^2} = K \times 3.4$$

$S_1 \rightarrow N_2$ 為相吸力

$$F_3 = K\frac{M_1M_2}{j^2} = K\frac{6\times3}{(0.5+2)^2} = K\times2.88$$

$S_1 \rightarrow S_2$ 為相斥力

$$F_4 = K\frac{M_1M_2}{j^2} = K\frac{6\times3}{(0.5+2+0.3)^2} = K\times2.3$$

$$\therefore F = (F_1+F_4)-(F_2+F_3)$$
$$= K(4.5+2.3)-K(3.4+2.88)$$
$$= K\times0.52$$
$$= 3.29\times10^4 \text{ 牛頓 } (K=6.33\times10^4) \text{ 相斥力}$$ #

3.如圖4-5所示，於空氣中設置A、B、C三點磁極，均為5靜磁單位，試求B點所受的作用力及方向為何？（設均為N磁極）。

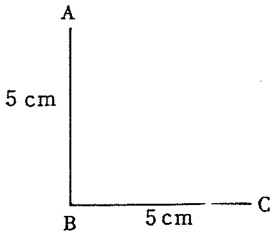

圖4-5

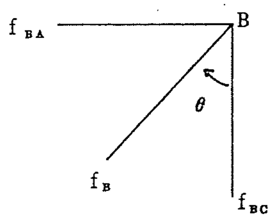

圖4-6

解：(1)由圖4-6中知：

$$f_{BA} = f_{BC} = \frac{5\times5}{5^2} = 1 \text{ 達因}$$

$$\therefore f_B = \sqrt{f_{BA}^2 + f_{BC}^2} = \sqrt{2} \text{ 達因}$$

(2)由圖4-6中得：

$$\theta = \tan^{-1}\frac{f_{BC}}{f_{BA}} = \tan^{-1}1 = 45^\circ$$

(五)磁場強度：即單位磁極在磁場中某點所受的力，稱為該點的磁場強度，或稱為磁化力。

1.磁場強度為一向量，其方向與受力的方向相同。

2.若磁場由數個磁場所組合，則磁場中某點的磁場強度，為各磁極所產生磁場強度的向重和。

3.與磁極M（韋伯）相距γ（公尺）的任意點的磁場強度H（AT/m），與磁極M成正比，而與其距離γ的平方成反比。

$$H = \frac{M}{4\pi\mu\gamma^2} = \frac{M}{4\pi\mu_0\mu_r\gamma^2} = K\frac{M}{\mu_r\gamma^2} \ (AT/m)$$

於M.K.S. 制中$K=6.33\times10^4$；於C.G.S. 制中$K=1$

4.把磁極M（韋伯）置於H（AT/m）磁場中，則受力

$F=MH$（牛頓）

(六)例題：

1.於空氣中有一條形磁鐵，其長度為6cm，及500靜磁單位的磁極強度，如圖4-7所示，於中垂線上P點的磁場強度為多少？

解：由圖4-7中得知$NO=OS=3$ cm，$PO=4$ cm，

$\therefore PN=PS=\sqrt{3^2+4^2}=5$ cm

$H_N=K\dfrac{M}{\mu_r\gamma^2}=1\times\dfrac{500}{1\times5^2}=20$（奧斯特）

$H_S=K\dfrac{M}{\mu_r\gamma^2}=1\times\dfrac{500}{1\times5^2}=20$（奧斯特）

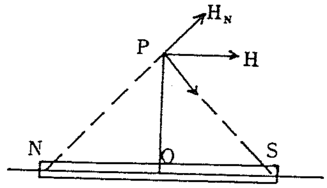

圖4-7

$\triangle H_N PH \backsim \triangle PNS$

$\therefore \dfrac{H}{H_N}=\dfrac{N_S}{P_N}$

得$H=20\times\dfrac{6}{5}=24$（奧斯特）（方向如圖所示）

2.於空氣中每邊10 cm的正方形，其頂點A及B的磁極為$+5\times10^{-7}$韋伯，C及D的磁極各為-5×10^{-7}韋伯，如圖4-8所示排列，試求其中心點的磁場強度？

解：$PA=PB=PC=PD=5\sqrt{2}$ cm

$|H_A|=|H_B|=|H_C|=|H_D|=K\dfrac{M}{\mu_r\gamma^2}$

$=6.33\times10^4\times\dfrac{5\times10^{-7}}{1\times(5\sqrt{2}\times10^{-2})^2}$

$=633$（AT/m）

$\therefore H=4H_A\cos\theta$

$=4\times633\times\cos45°$

$=1790$（AT/m）（方向如圖所示）

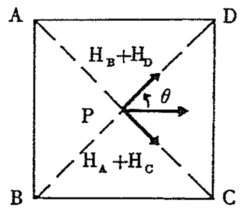

圖4-8

3.試求於空氣中距離200靜磁單位磁極2公尺處的磁場強度？若於該點再置放一個500靜磁單位磁極，則該磁極受力為何？

解：(1)$H=K\dfrac{M}{\mu\gamma^2}=1\times\dfrac{200}{1\times(2\times10^2)^2}=5\times10^{-3}$（奧斯特）

(2)$f=mH=500\times5\times10^{-3}=2.5$（達因）　#

(七)磁通密度：

1.磁通：穿過磁路內的磁力線總數，以ϕ表示。其單位於M.K.S. 制中為韋伯，於C.G.S. 制中為線或根或為馬克士威。1韋伯$=10^8$線。

2.磁通密度：於單位面積中，垂直通過的磁力線總數，以B表示。$B=\dfrac{\phi}{A}$，於M.

K.S. 制中其單位爲B（W_b/m^2），A（m^2），ϕ（W_b）；於C.G.S. 制中B（線／cm^2 或高斯），A（cm^2），ϕ（線或馬克士威）。$1\ W_b/m^2 = 10^4$ 高斯。

3.於自由空間（空氣或眞空中），自m（W_b）磁極所產生的磁力線數爲

$$\phi = \frac{m}{\mu} = \frac{m}{\mu_0\mu_r} = \frac{m}{\mu_0}\ （韋伯）$$

若以磁極爲中心，距離中心γ（m）處的磁通密度

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{m/\mu}{4\pi\gamma^2} = \frac{m}{4\pi\mu\gamma^2}\ （韋伯／m^2）$$

若以磁極爲中心，距離中心γ（m）處的磁場強度

$$H = \frac{m}{4\pi\mu\gamma^2}\ （AT/m）$$

故得於自由空間，其磁通密度與磁場強度的數值相等。

(八)例題：於空氣中，有200靜磁單位的磁極，置於半徑爲5 cm的球體中心，試求球表面的磁通密度？又若將10靜磁單位的磁極置於球表面，則該磁極受力爲何？

解：(1)$\phi = 4\pi m = 4\pi \times 200 = 800\pi$（線）

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{800\pi}{4\pi\gamma^2} = 8\ （線／cm^2 或高斯）$$

(2)於空氣中 $H = B = 8$（奧斯特）

$\therefore f = mH = 10 \times 8 = 80$（達因）

或 $f = \dfrac{m_1 m_2}{\mu_r d^2} = \dfrac{200 \times 10}{1 \times 5^2} = 80$（達因）#

(九)導磁係數：於磁場中某點的磁通密度與該點的磁場強度成正比，其比值稱爲導磁係數，以μ表示。

1.線性（定値）的導磁物質

$\mu = \dfrac{B}{H} \Rightarrow$

$B = \mu H = \mu_0\mu_r H = \mu_0 H + J = \mu_0 H + x H \Rightarrow$

$\mu_0\mu_r = \mu_0 + x$

$x = \mu_0(\mu_r - 1)$（$W_b/AT \cdot m$ 或 H/m）

式中：B爲磁通密度（W_b/m^2）

H爲磁場強度（AT/m）

J爲磁化強度（W_b/m^2）

x爲磁化率（H/m）

μ爲導磁係數

μ_0爲自由空間導磁係數（M.K.S. 制 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$，C.G.S. 制

$\mu_0 = 1$ ）

μ_r 爲相對導磁係數（ $\mu_r = \dfrac{\mu}{\mu_0}$ ）

①鐵（強）磁性物質其 $\mu_r \gg 1$ 。如矽鋼、鐵等。

②順（弱）磁性物質其 μ_r 略大於 1 。如白金、鋁、空氣等，通常設 $\mu_r = 1$ 。

③逆（抗）磁性物質其 μ_r 略小於 1 。如銀、銅、鉍等。

④非磁性物質其 $\mu_r = 1$

〔註〕：當溫度升高至某數值時，強磁性物質的 μ_r 值即降低至約爲 1，此時的溫度稱爲居里點；若溫度超過居里點，則物質由強磁性變爲弱磁性。鐵的居里點約爲 760° C。

2.非線性（非定値）導磁物質

$$\mu = \frac{\triangle B}{\triangle H} = \frac{B_2 - B_1}{H_2 - H_1}$$

㈩例題：試求在磁場強度爲 2000 AT／m，磁通密度爲 $5\,W_b/m^2$ 磁質的(1)導磁係數，(2)相對導磁係數，(3)磁化率，(4)磁化強度。

解：(1) $\mu = \dfrac{B}{H} = \dfrac{5}{2000} = 25 \times 10^{-4}$

(2) $\mu_r = \dfrac{\mu}{\mu_0} = \dfrac{25 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7}} = 1.99 \times 10^3$

(3) $x = \mu_0(\mu_r - 1) = 4\pi \times 10^{-7} \times (1.99 \times 10^3 - 1) \fallingdotseq 25 \times 10^{-4}$（H/m）

(4) $J = xH = 25 \times 10^{-4} \times 2000 \fallingdotseq 5$（$W_b/m^2$）

㈩磁位與磁位差、磁位降

1.如圖 4－9 所示，距離M（W_b）磁極 γ（m）處 P 點的磁位 V（AT）爲：

$$V = \frac{M}{4\pi\mu\gamma} = \frac{M}{4\pi\mu_0\mu_r\gamma} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{M}{\mu_r\gamma} \text{ (AT)}$$

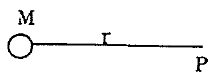

圖 4－9

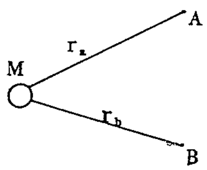

圖 4－10

2.如圖 4－10 所示，距離M（W_b）磁極 γ_a（m）處的A點磁位，與 γ_b（m）處的B點磁位，兩點間的磁位差爲：

$$V_{AB} = \frac{M}{4\pi\mu}\left(\frac{1}{\gamma_a} - \frac{1}{\gamma_b}\right) = 6.33 \times 10^4 \times \frac{M}{\mu_r}\left(\frac{1}{\gamma_a} - \frac{1}{\gamma_b}\right) \text{ (AT)}$$