

# 地磁測定實驗

## 一、實驗目的：

研習正切電流計，以了解其電流計常數及換算常數。並且通電流於串聯之正切電流計及毫安培計以比較兩者讀數之差異。

## 二、實驗原理：

設一極短的一段導線  $d\vec{l}$ ，載有電流  $I$ ，據實驗結果知距該段導線  $r$  處之 P 點(見圖 1-1)的磁場  $d\vec{B}$  與電流  $I$ ，導線長  $dl$  及  $\vec{r}$  與  $d\vec{l}$  夾角  $\theta$  之正弦值成正比與距離平方  $r^2$  成反比，於是：

$$dB \propto \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$$

$$\therefore dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \theta}{r^2}, \quad \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{N}{A^2} \quad (1)$$

式中之  $\frac{\mu_0}{4\pi}$  為比例常數， $\mu_0$  稱為真空中之導磁率(Permeability of free space)，其值為  $4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{A^2}$ ，該關係式稱為畢奧-沙伐特定律(Biot-Savart law)，如果  $\vec{e}_r$  表  $\vec{r}$  方向上之單位向量，則上式之向量式可寫為

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{e}_r}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times r\vec{e}_r}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

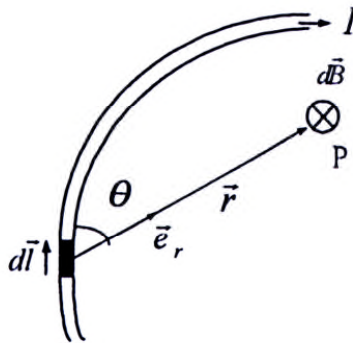


圖 1-1 理論分析圖

利用(1)或(2)式可求線圈中心之磁場下：

設有一半徑為  $a$ ，通有電流  $I$  的線圈，如圖 1-2 所示，欲求該線圈中心  $O$  點之磁場  $\vec{B}$ 。

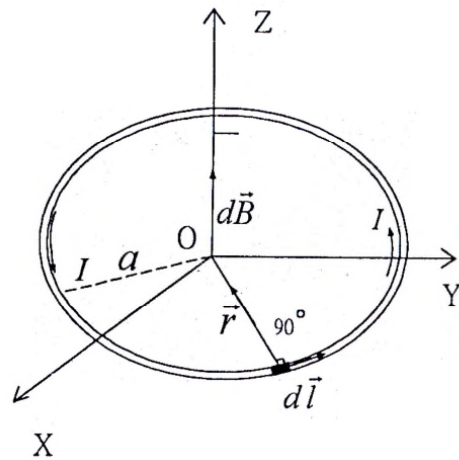


圖 1-2 載流線圈之磁場

先求得線圈上一極短  $d\vec{l}$  對  $O$  點的磁場，因  $d\vec{l} \perp \vec{r}$ ，由畢奧－沙伐特定律得知：

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin 90^\circ}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{a^2}$$

再對線圈做積分，因為線圈上每段  $d\vec{l}$  對中心  $O$  點的磁場大小方向接相同，既可得線圈中心之磁場為：

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a^2} \int_0^{2\pi} dl = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a^2} \cdot 2\pi a = \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{a} \quad (3)$$

若正切電流計之半徑為  $R$ ，共有  $N$  匝的線圈，則據(3)式知正切電流計中心之磁場為：

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{NI}{R} \quad (4)$$

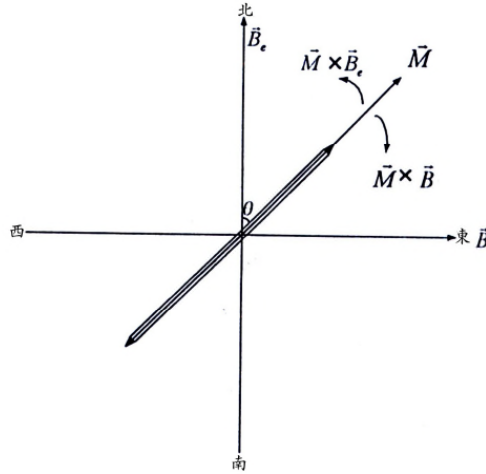


圖 1-3 正切電流計磁針所受力矩

若圖 1-3 所示正切電流計之磁針的磁偶極矩為  $\vec{M}$  (磁針 N 極之指向), 線圈造成的磁場  $\vec{B}$  之方向向東, 而地磁場的水平分量為  $\vec{B}_e$ , 且磁針北極與地磁場夾成  $\theta$  角時, 則磁針受磁場  $\vec{B}$  作用產生之力矩, 據  $\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B}$  知, 其大小為:

$$\tau = MB \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = MB \cos \theta \quad \text{順時方向}$$

而磁針受地磁場作用之力矩則為:

$$\tau_e = MB_e \sin \theta \quad \text{逆時方向}$$

當正切電流計磁針靜止平衡時, 上述兩力矩大小相等方向相反, 故在垂直放置的圓型線圈 C 的中心, 水平放置一磁針 M, 由於磁針處在平衡狀態, 故

$$\tau = MB \cos \theta = MB_e \sin \theta = \tau_e$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{B}{B_e} = \frac{\mu_0 NI}{2RB_e}$$

$$\Rightarrow I = \frac{2RB_e}{N\mu_0} \tan \theta = \frac{B_e}{G} \tan \theta \quad (5)$$

方程式(5)中,  $G = \frac{N\mu_0}{2R}$  稱為電流計常數, 可由線圈圈數 N 及半徑 R 計算而得, 而換算常數

$\frac{B_e}{G}$ , 則可由地磁水平強度  $B_e$  及 G 值獲得, 令  $B_e/G = K$  值, 則可得:

$$\Rightarrow I = K \tan \theta \quad \propto \tan \theta$$