

实验 32 用冲击法测螺线管磁场

用冲击电流计进行各种测量常称为冲击法测量。冲击法虽然是一种经典方法，但由于它可对磁学量进行绝对测量，故至今仍是国际上公认的测试磁性材料直流参数的标准方法；同时冲击法还可对间接磁测量仪器进行定标和校准，所以它在磁学测量中占有重要地位。

【预习重点】

- (1) 冲击电流计的结构原理和使用方法。
- (2) 冲击法测螺线管轴线磁场的原理。看懂图 32-2 所示电路原理，特别是图中各开关的作用及使用方法。

【实验目的】

- (1) 掌握长直螺线管的磁场分布规律。
- (2) 学会用冲击电流法测量磁场的方法。

【实验仪器】

直流电源、安培计、冲击电流计、标准互感、长直螺线管、探测线圈、滑线变阻器和开关等。

【实验原理】

1) 长直螺线管轴线磁场分布

螺线管（见图 32-1）是实验室常用的产生均匀磁场的装置。若螺线管通有电流 I ，根据理论计算，可求得单层螺线管轴线上某点的磁感应强度

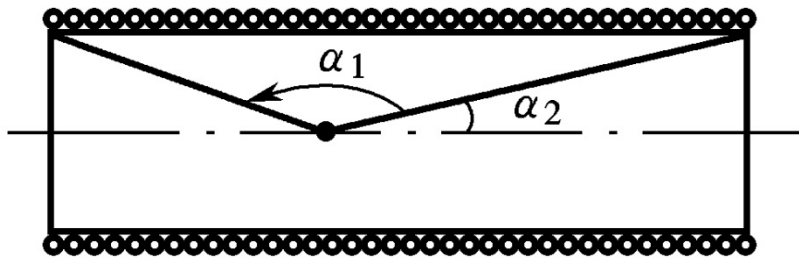


图 32-1 螺线管

$$B = \frac{1}{2} \mu n I (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \quad (32-1)$$

当螺线管半径远小于其长度时，螺线管可看做是无限长，对于管的中部，则式中 $\alpha_1 \rightarrow \pi, \alpha_2 \rightarrow 0$ ，因此有

$$B = \mu_0 n I \quad (32-2)$$

而对于螺线管两 endpoint，

$$B = \frac{1}{2} \mu_0 n I \quad (32-3)$$

以上各式中： $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ； n 为螺线管单位长度上的匝数，单位为 m^{-1} ；若 I 的单位为 A，则磁感应强度 B 的单位为 T（特斯拉， $\text{N} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ）。

2) 冲击法测螺线管磁场原理

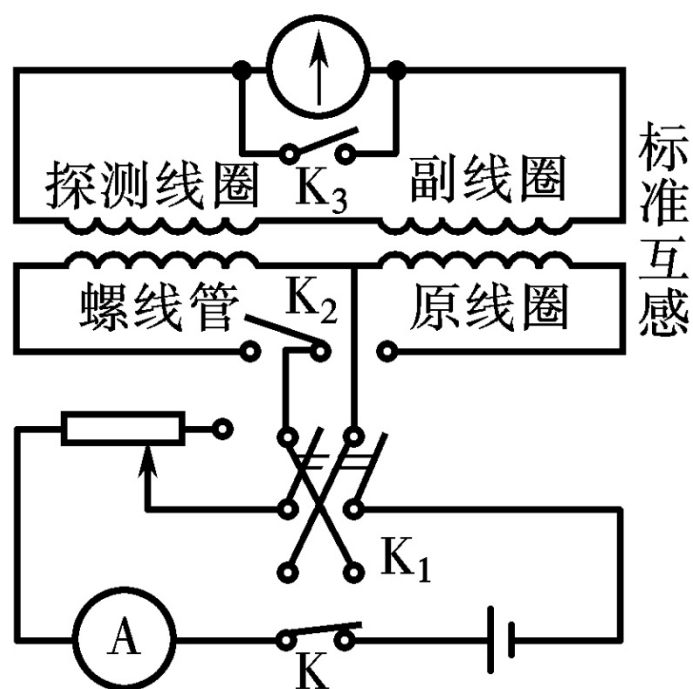


图 32-2 测磁感强度线路

测量线路如图 32-2 所示。欲测螺线管轴线上某处之 B ，可将一匝数为 N ，线圈面积为 S 的小探测线圈置于该处，使线圈平面与磁感线垂直，并与冲击电流计组成闭合回路。以下为讨论方便计，各量均取其绝对值。利用图 32-2 中的反向开关 K_1 ，使螺线管中的电流突然反向，根据电磁感应定律，探测线圈中产生的感生电动势的大小

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{NS\Delta B}{\Delta t}$$

如果探测线圈回路的电阻为 R ，则线圈中的瞬时感生电流的大小

$$i = \frac{E}{R} = \frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}$$

通过冲击电流计迁移的电量

$$\Delta Q = i\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{NS\Delta B}{R} \quad (32-4)$$

设电流计的最大偏转为 d ，则 ΔQ 与 d 的关系为

$$\Delta Q = C_d \cdot d \quad (32-5)$$

式中 C_d 为冲击电流计的冲击常数，将式 (32-5) 代入式 (32-4) 可得

$$B = \frac{C_d R d}{NS} \quad (32-6)$$

由于电流反向后，磁感应强度由 B 变为 $-B$ ，所以 ΔB 的大小为 $\Delta B = B - (-B) = 2B$ ，代入式 (32-6) 得

$$\Delta B = \frac{C_d R d}{2NS} = \frac{Kd}{2NS} \quad (32-7)$$

式中： $K = C_d R$ 称为磁通冲击常数。由式 (32-7) 可导出

$$K = \frac{2NSB}{d} = \frac{NS\Delta B}{d} = \frac{\Delta\Phi}{d} \quad (32-8)$$

由该式可看出， K 的大小表示电流计偏转单位长度所对应的磁通的变化。显然只要回路电阻 R 不变， K 就不变。

K 值可通过标准互感器测出。将开关 K_2 合向标准互感一侧，在它的原线圈中通电流 I' ，利用 K_1 使电流突然反向，若互感系数 M 已知，则可算出互感器副线圈中的磁通变化

$$\Delta\Phi' = MI' - (-MI') = 2MI'$$

若 $\Delta\Phi'$ 引起电流计的最大偏转为 d' ，由式 (32-8) 可得

$$K = \frac{\Delta\Phi'}{d'} = \frac{2MI'}{d'} \quad (32-9)$$

式(32-9)就是 K 的测量公式。将式(32-9)代入式(32-7)，即得到 B 的测量公式为

$$B = \frac{MI'}{NS} \cdot \frac{d}{d'} \quad (32-10)$$

式(32-10)中， M 、 N 、 S 已知， I' 由实验室给定，故只要测出 d 、 d' 就可求出 B 。

【实验内容及要求】

1) 实验准备

调节冲击电流计的望远镜及标尺零点。按图 32-2 接线。标准互感器接线柱 I 接原线圈，接线柱 II 接副线圈。

2) 测量磁通冲击常数 K

将开关 K_2 合向标准互感器一侧，按卡片所给值调节 I' ，按原理所述方法测量 d' 。测量时要求分别测出电流计左右偏转的最大读数 d'_1 、 d'_2 ，求得 $d' = \frac{1}{2}(d'_1 + d'_2)$ 。为减小随机误差，多次测量，求得 d' 的平均值。代入式(32-9)求 K 值。

3) 测螺线管轴线上的磁场

(1) 将开关 K_2 合向螺线管一侧，调节电流 I ，改变探测线圈在螺线管中轴线上的不同位置，分别测出电流计的最大偏转 d ，方法与测 d' 同。

(2) 计算螺线管轴线各处 B 值，并用毫米方格纸画出磁场分布的 $B \sim x$ 曲线。

(3) 计算螺线管中点和端点处 B 的实验值和理论值的相对百分差。