

课程编号 1800440080

得分	教师签名	批改日期

深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称： 大学物理实验（一）

实验名称： 磁特性综合实验

学 院： 计算机与软件学院

指导教师： 王光辉

报告人： 何泽锋 组号： 12

学号 2022150221 实验地点 213

实验时间： 2023 年 3 月 30 日

提交时间： 2023 年 月 日

一、实验目的

- 1、掌握磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念，加深对铁磁材料的主要物理量：矫顽力 B_s 、剩磁 B_r 和磁导率 H_c 的理解。
- 2、学会用示波法测绘基本磁化曲线和磁滞回线。
- 3、根据磁滞回线确定磁性材料的饱和磁感应强度 B_s 、剩磁 B_r 和矫顽力 H_c 的数值。
- 4、研究不同频率下动态磁滞回线的区别，并确定某一频率下的磁感应强度 B_s 、剩磁 B_r 和矫顽力 H_c 数值。
- 5、改变不同的磁性材料，比较磁滞回线形状的变化。

二、实验原理

1、铁磁质的磁化规律

设电流产生的磁场的磁场强度为 H ，材料磁化后总磁感应强度为 B

1) 如图 1-1，曲线 OA 表示铁磁材料从没有磁性开始磁化。磁感应强度的大小 B 随磁场强度的大小 H 增加，但变化是非线性的，当磁场强度变化到一定大小 ($H=H_s$) 时，铁磁质内的磁感强度 B 几乎不再增大，此时的铁磁质称为达到了磁饱和状态， H_s 称为饱和磁场强度，对应的 B_m 称为饱和磁感应强度，曲线 OA 段称为磁化曲线。

2) 当 H 降为 0 时，铁磁质内部仍然保留一定的磁感强度 B ， B_r 称为剩磁。

3) 当 B 降为 0 时，对应的磁场强度的大小 H_c 叫矫顽力，矫顽力的大小反映了铁磁质保存剩磁的能力。

4) 铁磁质中 B 的变化始终落后于 H 的变化，这种现象称为磁滞现象。当 H 变化一周回到原值时 $B-H$ 曲线形成一闭合曲线，称为磁滞回线。

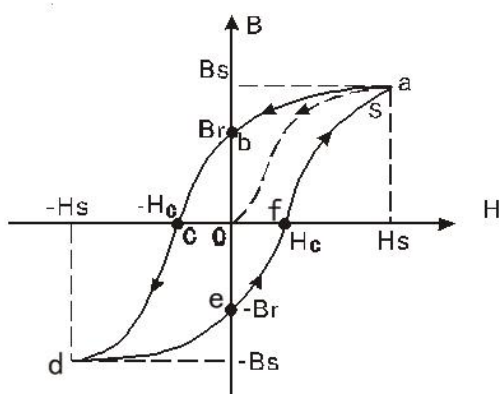


图 1-1 起始磁化曲线与磁滞回线

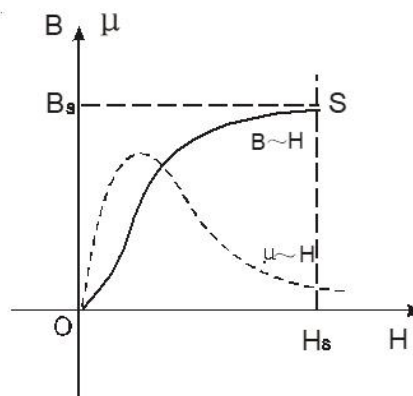


图 1-2 磁化曲线和 $\mu \sim H$ 曲线

铁磁物质内部的磁场强度 H 与磁感应强度 B 有如下的关系：

$$B = \mu H \quad (1)$$

磁导率 μ 并非常数，而是随 H 的变化而改变的物理量，即 $\mu = f(H)$ (如图 1-2)，为非线性函数。

2、铁磁质的分类

- (1) 硬磁材料：剩磁 B_r 、矫顽力 H_c 很大，作用：永磁体
- (2) 软磁材料：剩磁 B_r 、矫顽力 H_c 很小，作用：变压器、电磁铁、电机的铁芯等
- (3) 矩磁材料：剩磁 B_r 很大，矫顽力 H_c 很小，作用：计算机的记忆元件

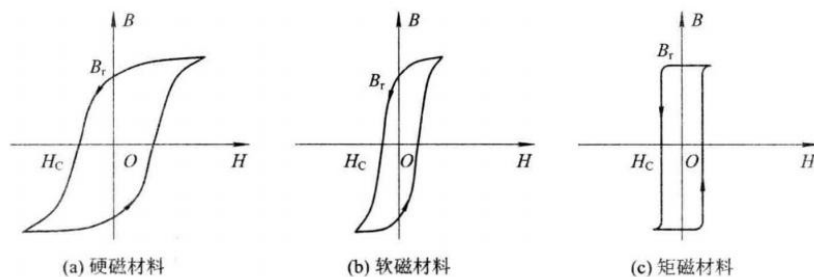


图 2-1 磁性材料的分类

3.磁滞回线测量原理

- 1) 本实验采用交流电对样品进行磁化.观测的是动态磁滞回线。
- 2) 实验所用线路的基本构造：初级回路、次级回路以及和示波器、测试仪相连的取样线路。

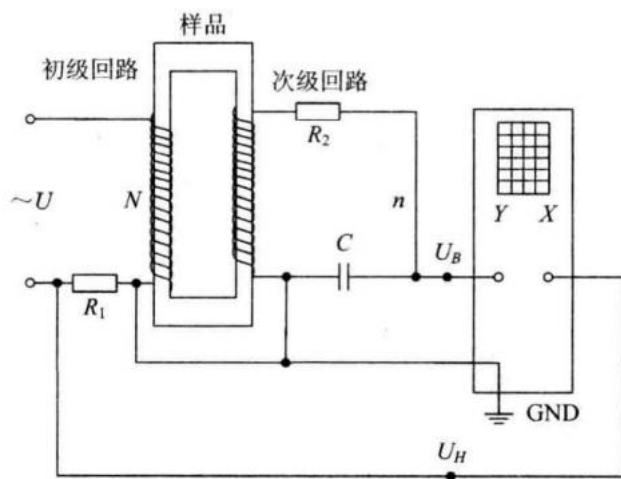


图 3-1 磁滞回线测量原理图

3) 测量方法：变量转换法

实验中把磁场强度 H 和磁感应强度 B 转换成电压 V 测量

4) 本实验定量计算公式：

$$H = \frac{N_1}{LR_1} U_x \quad (2)$$

$$B = \frac{CR_2}{N_2 S} U_y \quad (3)$$

N.B: R_1, R_2 为 Ω ; L 为 m ; S 为 m^2 ; C 为 F ; S_x, S_y 为 $V/\text{格}$; X, Y 为格 (分正负向读数); H 的单位为 A/m ; B 的单位为 T 。

三、实验仪器

1. TH-MHC 型磁滞回线实验仪

- 1) 励磁电源: 220V 50Hz 隔离降压后供试样磁化
- 2) 铁磁材料样品: 样品 1、2 (长度 L、截面积 S 相等, 磁性不等)
- 3) 电路板

2、TH-MHC 型磁滞回线测试仪

四、实验内容与步骤

1、测绘磁化曲线

- 1) 按照图连接电路
- 2) 调整电阻 R1, 电阻 R2, 电容 C, 频率 f, 并将幅度逆时针调整至最小。
- 3) 通过调整不同的振幅, 记录示波器上显示的磁滞回线的顶点
- 4) 将各顶点用平滑的曲线相连可得到磁化曲线
- 5) 观察磁化曲线

2. 观察测量铁磁质的磁滞回线

- 1) 选择一个合适大小的幅度, 将磁滞回线固定在坐标轴中间
- 2) 通过移动光标, 测得磁滞回线上各点的 U_x 和 U_y 。
- 3) 通过公式代入各点的 U_x 和 U_y 测得相应的磁场强度 H、磁感应强度 B
- 4) 将各结果记录在表格中, 并标在 H/B 坐标轴, 用平滑的曲线连接各点。

五、数据处理

(注: 需从原始数据记录表整理数据到此栏, 再进行数据处理)

实验使用样品 2, 即 $L=0.075\text{m}$, $S=1.2$, $N_1=N_2=N_3=150\text{T}$

1. 描绘磁化曲线并分析数据

表 1 磁化曲线数据

$R_1=0.8\ \Omega$ $R_2=105\text{k}\ \Omega$ $C=2.0\ \mu\text{F}$ $f=50.01\text{Hz}$

序号	U_x/mV	$H/(A/m)$	U_y/mV	B/mT
1	152	380	42	490
2	137	342.5	39.8	464.1
3	108	270	36.3	424.3
4	74.7	186.8	29.3	342.3
5	58.5	146.3	20.3	237
6	40.4	101	11.9	139.0
7	36.4	91	8.9	103.9
8	26.0	65	5.95	69.0
9	21.7	54.3	5.23	60.8
10				

11				
12				

第一个数据：U_x=152 mV，U_y=42mV

将 U_x 代入公式（2）

$$H=\frac{N_1}{LR_1}U_x$$

即:H=(150*152*10⁻³)/(0.075*0.8)=380 A/m

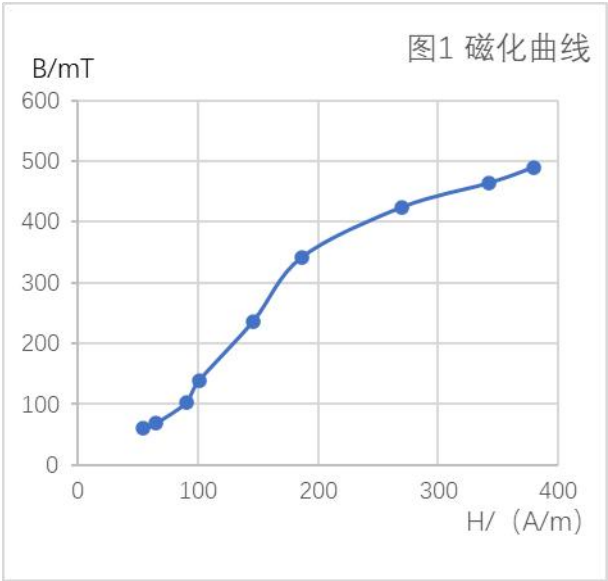
将 U_y 代入公式（3）

$$B=\frac{CR_2}{N_2S}U_y$$

即：B=(2.0*10⁻⁶*105*10³*42)/(150*1.2*10⁻⁴)*10³=490 mT

对于其他数据，以相同的方法计算，结果如表 1 所示。

根据计算所得的 H、B，可描绘出如图 1 所示的点，用光滑的曲线连接后，可得到大致的磁化曲线
从图像的形状可以看出，磁化过程的磁场强度 H 与磁感应强度 B 并不是呈线性变化的，其斜率先增大后减小，呈 S 型曲线。



2. 描绘磁滞回线并分析数据

表 2 磁滞回线数据

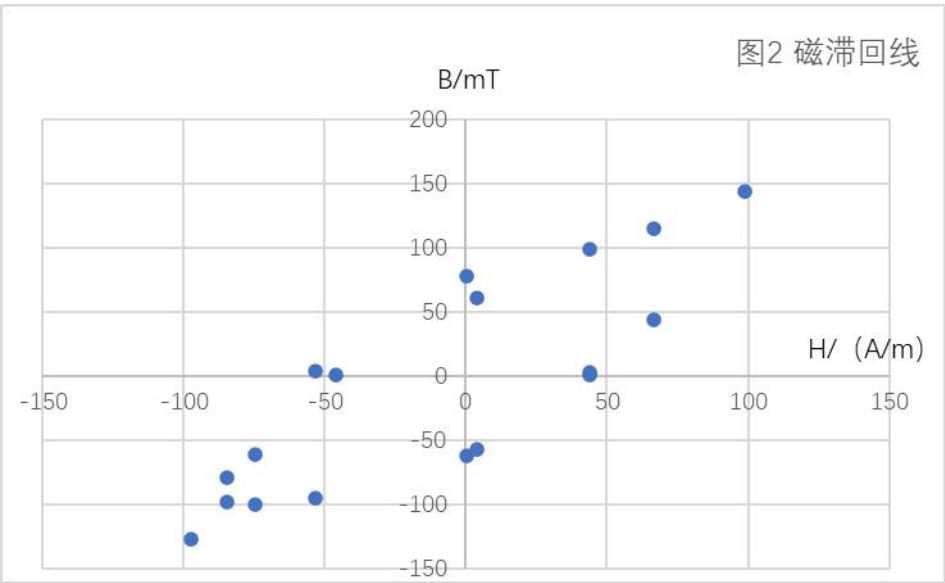
R1=0.8Ω R2=105kΩ C=2.0μF f=50.01Hz

U _x /mV	H/ (A/m)	U _y /mV	B/mT	U _x /mV	H/ (A/m)	U _y /mV	B/mT
39.6	99	12.3	143.5	-38.9	-97.3	-10.9	-127.3
1.60	4	5.22	60.9	1.6	4	-4.9	-57.6
17.6	44	0.1	1.1	-18.4	-46	0.1	1.1
0.1	0.3	6.60	77.2	0.1	0.25	-5.4	-62.8
-21.4	-53.5	0.35	4.0	-21.4	-53.5	-8.15	-95.2
-29.9	-74.8	-8.65	-100.9	-29.9	-74.8	-5.27	-61.4

-33.9	-84.8	-6.77	-79.0	-33.9	-84.8	-8.4	-98.1
26.6	66.5	9.85	114.9	26.6	66.5	3.72	43.4
17.6	44	8.47	98.8	17.6	44	0.23	2.7

表格中 H、B 的计算方式与表 1 相同，结果如表 2 所示

将表二的数据描绘在坐标平面中，得到如图 2 所示的离散点，用光滑的曲线连接后，得到大致的磁滞回线从图像的形状可以看出，同一幅度下的磁滞回线是闭合的，并不会无限增大，在 H 端点处 B 接近饱和，并且磁化和退磁的变化是不一样的，不会呈线性增长和减小。



对于 R1，随着 R1 增大，H 逐渐减小，并且 R1 的值不能较大，偏大会使磁通量较小，导致 U_x 测量不准确，进而影响 H 测量。

对于 R2，随着 R2 的变化，B 也会以相同的趋势变化，并且 R2 的值要较大，这样计算出的 B 才较大，便于在坐标面中观测。

对于 C，C 增大 B 也增大，C 减小 B 也减小，大致影响与 R2 趋势相当。

对于 f，实验过程保持其大小在 $50.00 \pm 0.03\text{Hz}$ ，因此未能观察到 f 对曲线的影响，故在此不过多说明。

六、结果陈述

实验总结：

本次实验学会了使用示波器，学会调整 CH1, CH2 的 position，使得磁滞回线的大小形状更直观。了解磁化原理，明白退磁的含义，认识了变量转化法，能够通过示波器读出 U_x , U_y 数值，并通过公式计算得到 H 和 B 。对于不同的幅度，可以得到不同大小的磁滞回线，并通过各线的端点得到磁化曲线。实验过程中，改变了 R_1 , R_2 , C 的值，使得各磁滞回线出现相应的变化，通过观察曲线变化得到 R_1 , R_2 , C 对曲线形状的影响。

七、思考题

1. R_1 的值为什么不能大？

R_1 的大小会影响交变电流的大小，如果 R_1 过大，线圈通过得到电流较小，使得磁通量减少，进而影响测量的精准度。

2. U_c 对应的是 H 还是 B ？

对应 B ，感应电动势是随 B 的变化而变化的

3. 在测绘磁滞回线和基本磁化曲线时，为什么要先退磁？如果不退磁，对测绘结果有什么影响？会有残留磁感应强度，不退磁会导致初始点不在原点，导致结果不准确。

指导教师批阅意见

成绩评定

预习 (20 分)	操作及记录 (40 分)	数据处理与结果陈述 (30 分)	思考题 (10 分)	报告整体 印象	总分

注：正文统一用 5 号字，标题可大一号，图表名可小一号；

原始数据记录表需单独起页（表格自拟，作为预习报告评分的一部分），提交报告时附在最后；

原始数据记录表

组号 12 姓名 何泽锋

样品 2: $L=0.075\text{m}$, $S=1.2$, $N1=N2=N3=150$

表 1 磁化曲线数据

R1=0.8 Ω R2=105k Ω C=2.0 μ F f=50.01Hz

序号	Ux/mV	H/ (A/m)	Uy/mV	B/mT
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

表 2 磁滞回线数据

$$R1=0.8\ \Omega \quad R2=105k\ \Omega \quad C=2.0\ \mu F \quad f=50.01Hz$$
[illegible]

