

序号	北京理工大学 BEIHANG UNIVERSITY	实验名称
时间: ①	年 10 月 23 日	作业纸
上午	下午 <input checked="" type="checkbox"/>	晚上

班级: 07162201 教学班级:

姓名: 郭忠滨

学号: 1120220508 第 1 页

课程名称: 磁滞回线实验

### 一、实验目的

- (1) 理解磁化曲线和磁滞回线的概念;
- (2) 测绘铁磁材料样品的基本磁化曲线和磁滞回线;
- (3) 根据磁滞回线确定铁磁材料的饱和磁感应强度, 剩磁和矫顽力等参数;
- (4) 比较两种铁磁物质的磁化特性不同

### 二、实验仪器

磁滞回线实验仪、示波器

### 三、实验原理

磁性物质内部磁感应强度  $B$  和磁场强度  $H$  之间关系为

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

如图 1 中  $B-H$  曲线所示, 从未磁化到饱和磁化的这段磁化曲线  $oabc$  称为起始磁化曲线, 这个过程中  $\mu$  的变化如图 1 中  $\mu-H$  曲线所示。

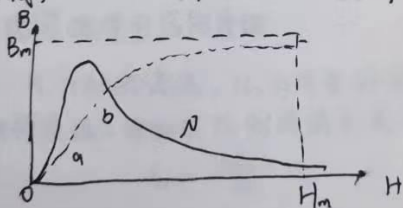


图 1 起始磁化曲线和  $\mu$  与  $H$  的关系

### 2. 磁滞回线

磁感应强度  $B$  的变化总是落后于磁场强度  $H$  的变化, 这一现象称为磁滞, 当  $H$  按  $H_m \rightarrow 0 \rightarrow H_c \rightarrow -H_m \rightarrow 0 \rightarrow H_c \rightarrow H_m$  次序变化时, 磁感应强度  $B$  相应按照  $B_m \rightarrow B_1 \rightarrow 0 \rightarrow -B_m \rightarrow -B_1 \rightarrow 0 \rightarrow B_m$  变化, 所形成的封闭曲线  $cdefghc$  称为磁滞回线

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: 07162201 教学班级:

姓名: 郭忠滨

学号: 1120220508 第 2 页

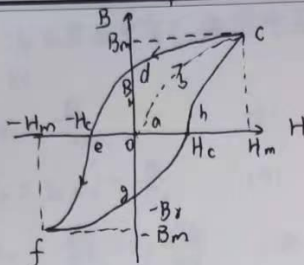


图 2 铁磁材料的磁滞回线

### 3. 退磁.

将铁磁体处于交变磁场中, 从初始状态  $H=0$  和  $B=0$  开始, 由弱到强地单调增加磁场强度幅值过程中, 可以得到面积由小到大的系列磁滞回线, 这些磁滞回线顶点连线称为铁磁材料的基本磁化曲线, 当磁场大小达到  $H_m$  时, 将得到最大面积的饱和磁滞回线

### 4. 用示波法观察磁滞回线的原理

E 型铁芯,  $N_1$  为励磁绕组,  $N_2$  为用来测量磁感应强度  $B$  而设置的绕组。 $R_1$  为励磁电流取样电阻, 设加在  $N_1$  的两端交流电压为  $U_H$ , 通过  $N_1$  的交流励磁电流为  $i_1$ , 则

$$i_1 = \frac{U_H}{R_1} \quad (2)$$

根据安培环路定律, 样品磁化场强

$$H = \frac{N_1 i_1}{L} = \frac{N_1}{L R_1} U_H \quad (3)$$

在交变磁场下, 根据法拉第电磁感应定律, 由于通磁通  $\Phi$  变化, 在测量线圈中产生的感生电动势的大小为

$$\varepsilon_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (4)$$

$$\Phi = \frac{1}{N_2} \int \varepsilon_2 dt \quad (5)$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{1}{N_2 S} \int \varepsilon_2 dt \quad (6)$$

联系方式: \_\_\_\_\_

序号	北京理工大学		
时间	年	月	日
上午	下午	晚上	

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: 07162201 教学班级:

姓名: 郭忠滨

学号: 1120220508 第 3 页

式中  $i_2$  为感生电流,  $U_B$  为积分电容  $C_2$  两端电压。设在  $\Delta t$  时间内,  $i_2$  向电容  $C_2$  充电的电荷量为  $Q$ , 则

$$U_B = \frac{Q}{C_2} \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_2 = i_2 R_2 + \frac{Q}{C_2} \quad (9)$$

又因 
$$i_2 = \frac{dQ}{dt} = C_2 \frac{dU_B}{dt} \quad (10)$$

$$\mathcal{E}_2 = C_2 R_2 \frac{dU_B}{dt}$$

所以有

$$B = \frac{C_2 R_2}{N_2 S} U_B \quad (11)$$

## 四. 实验内容与步骤

### 1. 测量前准备

X-Y 模式,  $R_1 = 5\Omega$ , CH1 为 AC 模式, CH2 为 DC 模式

令  $U$  从  $0 \rightarrow 3.5V$ , 观察磁滞回线到不再扩大. 再逆时针使  $U$  降为  $0$ , 使磁滞回线最终缩为一个点, 即  $H = B = 0$

### 2. 测量基本磁化曲线

从  $U = 0$  开始直到  $3.5V$ , 记录每一格下 X 和 Y 轴的格数

### 3. 测量磁滞回线

$U = 3V$ , 读取完整回线上包括两端点的不少于 36 个点坐标

## 五. 思考题

1. 实验测量前为什么要将样品先进行退磁?

2. 起始磁化曲线与基本磁化曲线有什么不同?

联系方式: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

原始数据

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

	$U_H (V)$	$U_B (mV)$	$H (A/m)$	$B (T)$	
1	3.8	125			
2	1.3	0			
3	0	-80			
4	-3.7	-110			
5	-1.2	0			
6	0	80			
7	1.1	100			
8	2.0	75			
9	1.4	15			
10	0.8	-50			
11	-1.0	-95			
12	-2.0	-80			
13	-1.0	40			
14	1.0	95			
15	-0.7	50			
16	3.0	105			
	$U_H (V)$	$U_B (mV)$	$H (A/m)$	$B (T)$	$\mu_0 = \frac{B}{H}$
0.5	0.6	20			
0.9	0.8	35			
1.2	0.9	45			
1.5	1.1	60			
1.8	1.4	70			
2.1	1.6	80			
2.4	2.1	95			
2.7	2.5	100			
3.0	3.1	105			
3.5	3.8	110			

联系方式: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

	$U_H(V)$	$U_B(mV)$
1	2.8	135
2	0.4	0
3	-0.3	0
4	-2.5	-130
5	0	-90
6	0	80
7	2.0	125
8	1.0	110
9	0.5	50
10	-0.1	20
11	-0.4	-50
12	-2.0	-125
13	0.2	-50
14	0.4	100
15	-0.8	-100
16	-1.6	-120
	$U_H(V)$	$U_B(V)$
0.5	0.2	30
0.9	0.3	45
1.2	0.3	60
1.5	0.4	70
1.8	0.4	85
2.1	0.5	95
2.4	0.7	110
2.7	1.2	115
3.0	1.8	120
3.5	2.8	130

联系方式: \_\_\_\_\_

序号:	实验六		
时间:	年	月	日
	上午	下午	晚上



# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

数据处理

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_

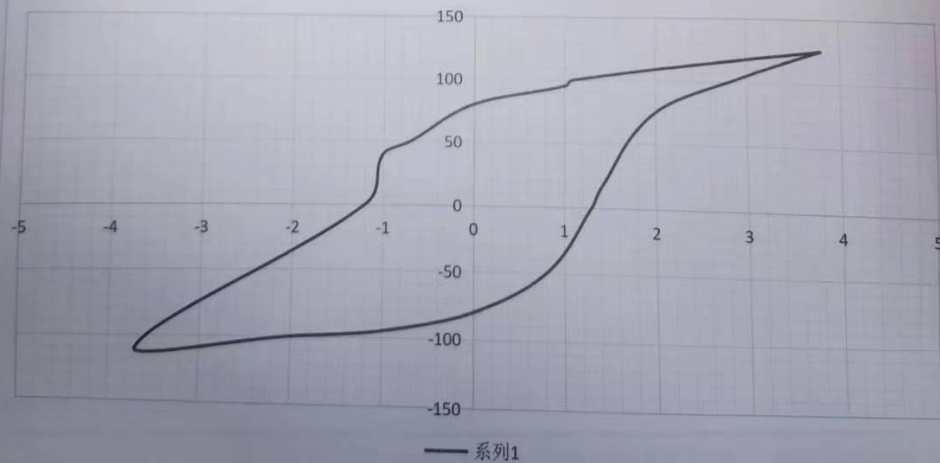
页

## 一、样品一的基本磁化曲线

	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_H(V)$	3.8	3	2	1.4	1.3	0.8	0	-1
$U_B(mV)$	125	105	75	15	0	-50	-80	-95
$H(A/m)$	608	480	320	224	208	128	0	-160
$B(T)$	1.04	0.88	0.63	0.13	0.00	-0.42	-0.67	-0.74
	9	10	11	12	13	14	15	16
$U_H(V)$	-2	-3.7	-1.2	-1	-0.7	0	1	1.1
$U_B(mV)$	-100	-110	0	40	50	80	95	100
$H(A/m)$	-320	-542	-192	-160	-112	0	160	176
$B(T)$	-0.83	-0.92	0.00	0.33	0.42	0.67	0.79	0.83

其基本磁化曲线如下

样品1的基本磁化曲线



# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

## 二. 样品二的基本磁化曲线

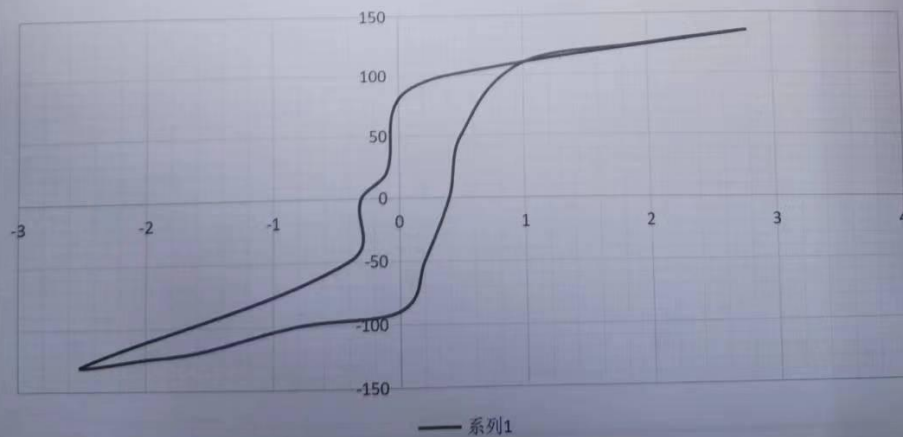
	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_H(V)$	2.8	2	1	0.5	0.4	0.2	0	-0.8
$U_B(mV)$	135	125	110	50	0	-50	-90	-100
$H(A/m)$	672	480	240	120	96	48	0	-192
$B(T)$	1.13	1.04	0.92	0.42	0.00	-0.42	-0.75	-0.83

	9	10	11	12	13	14	15	16
$U_H(V)$	-1.6	-2	-2.5	-0.4	-0.3	-0.1	0	0.4
$U_B(mV)$	-120	-125	-130	-50	0	20	80	100
$H(A/m)$	-384	-480	-600	-96	72	24	0	96
$B(T)$	-1.00	-1.04	-1.08	-0.42	0.00	0.17	0.67	0.83

其基本磁化曲线如下

样品2的基本磁化曲线



# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

## 三、样品一的磁滞回线数据

	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3	3.5
$U_H(V)$	0.6	0.8	0.9	1.1	1.4	1.6	2.1	2.5	3.1	3.8
$U_B(mV)$	20	35	45	60	70	80	95	100	105	110
$H(A/m)$	96	128	144	176	224	256	336	400	496	608
$B(T)$	0.17	0.29	0.38	0.50	0.58	0.67	0.79	0.83	0.88	0.92
$\mu$ (磁导率)	0.00174	0.00228	0.00260	0.00284	0.00260	0.00260	0.00236	0.00208	0.00176	0.00151
$\mu_r$ (相对磁导率)	1381.55	1813.29	2072.33	2260.72	2072.33	2072.33	1874.97	1637.86	1403.84	1199.77

## 四、样品二的磁滞回线数据

	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3	3.5
$U_H(V)$	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	1.2	1.9	2.8
$U_B(mV)$	30	45	60	75	85	95	110	115	120	130
$H(A/m)$	48	60	72	84	96	120	168	288	432	672
$B(T)$	0.25	0.38	0.50	0.63	0.71	0.79	0.92	0.96	1.00	1.08
$\mu$ (磁导率)	0.00521	0.00625	0.00694	0.00744	0.00738	0.00660	0.00546	0.00333	0.00231	0.00161
$\mu_r$ (相对磁导率)	4144.66	4973.59	5526.21	5920.94	5871.60	5249.90	4342.02	2607.78	1842.07	1292.37

## 五、相关系数

1. 样品一:  $B_m = 0.125$        $B_r = 0.080$        $H_c = 1.3$        $S \approx 0.16 \times 3.8 = 0.608$

$W_{BH} = 0.608 \times 50 = 30.4W$

2. 样品二:  $B_m = 0.135$        $B_r = 0.080$        $H_c = 0.4$        $S \approx 0.17 \times 2.8 = 0.476$

$W_{BH} = 0.476 \times 50 = 23.8W$

联系方式: \_\_\_\_\_



# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

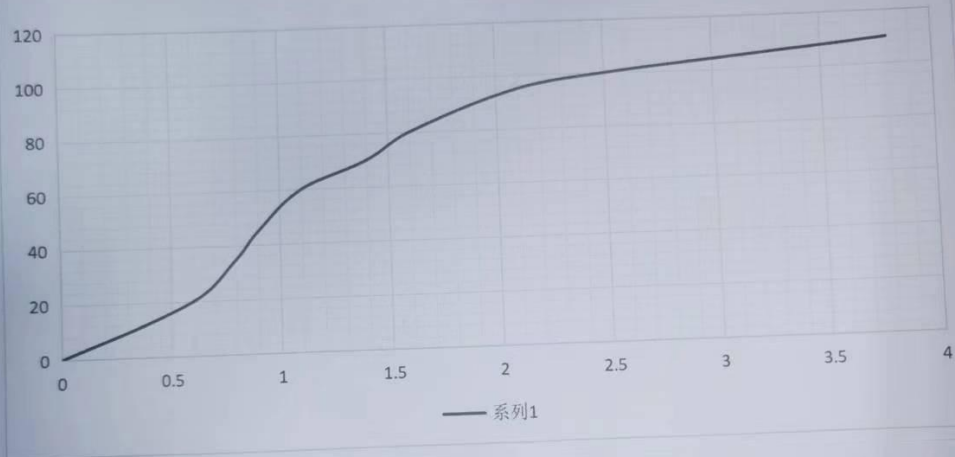
姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

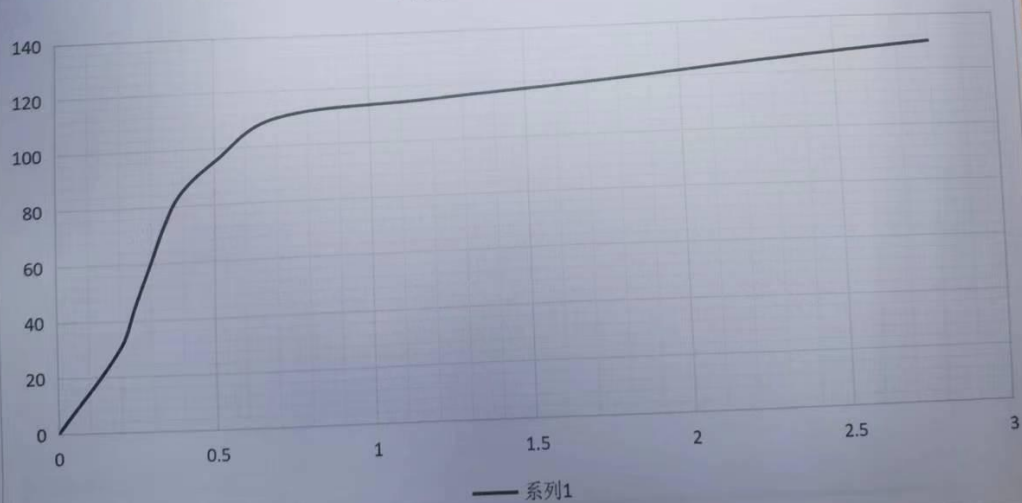
第 \_\_\_\_\_ 页

六、样品一、二的磁滞回线和  $B-H$  关系曲线图。

样品1的磁滞回线



样品2的磁滞回线



# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

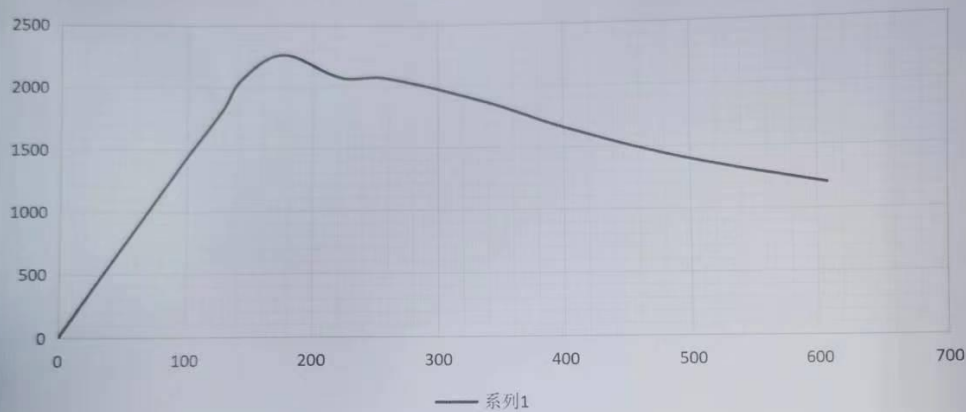
教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

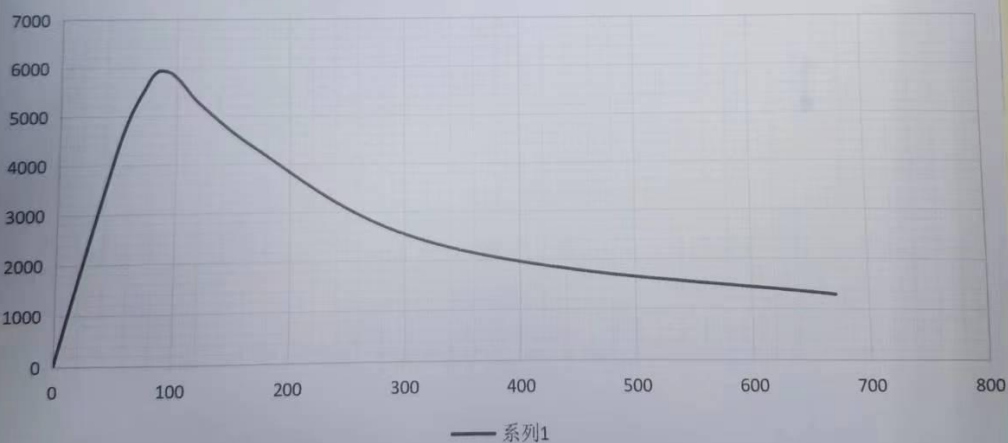
学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_ 页

样品1的 $\mu$ -H关系曲线



样品2的 $\mu$ -H关系曲线图



联系方式: \_\_\_\_\_

## 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 页

## 七、对两样品磁化特性的分析

样品二的矫顽力  $H_c = 0.4$ , 远小于样品一的  $H_c = 1.3$ , 说明样品一抵抗退磁的能力强于样品二; 同时样品二的饱和磁感应强度大于样品一, 说明使其饱和所需外磁场较大; 另外, 样品一的磁滞损耗大于样品二

## 八、思考题

## 1. 实验测量前为什么要将样品先退磁?

答: 铁磁材料磁化过程具有不可逆性(即具有剩磁特点), 因为必须预先进行退磁, 以保证外加磁场  $H=0$  时,  $B=0$

## 2. 起始磁化曲线与基本磁化曲线有什么不同?

答: 基本磁化曲线是在恒定磁场中测量磁化强度随磁场强度的变化, 反映了磁性材料的静态磁化特性; 而起始磁化曲线是在恒定磁场中测量磁化强度随时间的变化, 反映了磁性材料的动态磁化特性