

信息学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 何青 成绩 9.1

实验日期: 2015.3.11 学号 3013204264 同组实验者

实验题目:

铁磁材料的磁滞回线及基本磁化曲线

一. 实验目的

1. 看懂实验原理图及接线图。
2. 复习示波器的使用方法。

二. 实验仪器

磁滞回线实验组合仪, 双踪示波器

三. 实验原理

1. 铁磁材料的磁化及磁导率

铁磁物质的磁化过程很复杂, 这主要是因为它具有磁滞的特性。一般都是通过测量磁化场的磁场强度 H 和磁感应强度 B 之间的关系来研究其磁性规律。

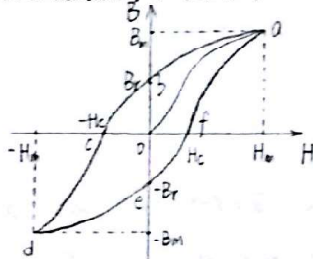


图1. 起始磁化曲线和磁滞回线

当铁磁物质中不存在磁化场时, H 和 B 均为零, 即图中 $H-B$ 曲线的坐标原点。随着磁化场 H 的增加, B 也随之增加, 但两者之间不是线性关系。当 H 增加到一定值时, B 不再增加 (或增加得非常慢), 这说明该物质的磁化已达到饱和状态。 H_m 和 B_m 分别为饱和时的磁场强度

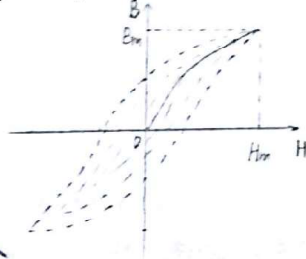
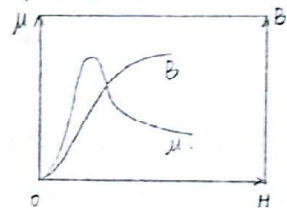


图2. 基本磁化曲线

和磁感应强度 (对应于图中 a 点)。如果再使 H 逐渐退到零, 则与 H 同对 B 也逐渐减少, 然而 H 和 B 对应的曲线轨迹并不沿原曲线轨迹 da 返回, 而是沿另一曲线 ab 下降到 B_r , 这说明当 H 降为零时, 铁磁物质中仍保留一定的磁性, 这种现象称为磁滞。 B_r 称为剩磁。将磁化场反向, 再逐渐增加其强度, 直到 $H = -H_c$, 磁感应强度消失, 这说明要消除剩磁, 必须施加反向磁场 H_c , H_c 称为矫顽力。它的大小反映铁磁材料保持剩磁状态的能力。图表明, 当磁场按 $H_m \rightarrow 0 \rightarrow -H_c \rightarrow -H_m \rightarrow 0 \rightarrow H_c \rightarrow H_m$ 次序变化时, B 所经历的变化为 $B_m \rightarrow B_r \rightarrow 0 \rightarrow -B_m \rightarrow -B_r \rightarrow 0 \rightarrow B_m$, 于是得到一条闭合的 $B-H$ 曲线, 称为磁滞回线。所以, 当铁磁材料处于交变磁场中时 (如变压器中的铁芯), 它将沿磁滞回线反复“磁化→去磁→反向磁化→反向去磁”。在此过程中消耗额外的能量, 并以热的形式从铁磁材料中释放, 这种损耗称为磁滞损耗。可以证明, 磁滞损耗与磁滞回线所围面积成正比。

图3. 铁磁材料 μ 与 H 关系曲线

对于初始状态为 $H=0, B=0$ 的铁磁材料, 在交变磁场强度由弱到强依次进行磁化过程中, 可以得到面积向外大向外扩张的一族磁滞回线, 如图2所示。这些磁滞回线顶点的连线称为铁磁材料的基本磁化曲线。由此可近似确定其磁导率 $\mu = \frac{B}{H}$ 。由 B 与 H 非线性, 故铁磁材料的 μ 不是常数, 而是随 H 而变化, 如图3所示。

2. $B-H$ 曲线的测量方法。

实验线路如图4所示。待测样品为 E 型铁芯, 励磁线圈匝数 $N_1=50$; 用来测量磁感应强度 B 而设置的探测线圈匝数 $N_2=150$; R 为励磁电流取样电阻, R 为 $0.5 \sim 5 \Omega$ 。设通过励磁线圈的交流励磁电流为 I , 根据交流安培环路定律, 样品的磁化场强

$$H = \frac{N_1 I}{L}$$

式中: L 为样品的平均磁路长, 本实验 $L=60.0 \text{ mm}$, 设 R 的端电压为 U_R , 则可得 $I = \frac{U_R}{R}$ 。

天津大学物理实验报告

信息学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 何青 成绩

实验日期: 2015.3.11 学号 3013204264 同组实验者

$$\text{因此 } H = \frac{N U_1}{L R_1}$$

式中 N, L, R 均为已知常数, 所以由 U_1 可确定 H .

样品的磁感应强度 B 的测量是通过探测线圈和 $R_2 C_2$ 组成的电路来实现的. 根据法拉第电磁感应定律, 在交变磁场下由于样品中的磁通量 Φ 的变化, 在探测线圈中产生的感生电动势的大小 $\mathcal{E} = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$

$$\text{由上式可推导出 } \Phi = \frac{1}{N_2} \int \mathcal{E} dt, \quad B = \frac{\Phi}{S} = \frac{1}{N_2 S} \int \mathcal{E} dt.$$

式中 S 为样品的截面面积.

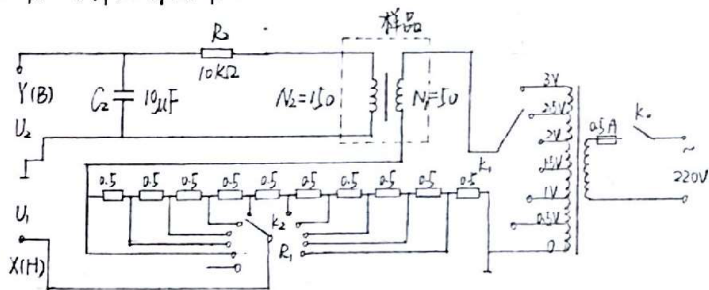


图4 磁滞回线测量线路

如果忽略感生电动势和电路损耗, 则回路方程为 $\mathcal{E} = I_2 R_2 + U_2$

式中, I_2 为感生电流, U_2 为电容 C_2 两端的电压. 设在 Δt 时间内, C_2 前电容 C_2 的充电电量为 Q , 则 $U_2 = \frac{Q}{C_2}$

$$\text{因此 } \mathcal{E} = I_2 R_2 + \frac{Q}{C_2}$$

如果选取足够大的 R_2 和 C_2 , 使 $I_2 R_2 \gg \frac{Q}{C_2}$, 则 $\mathcal{E} = I_2 R_2$

$$\text{所以 } I_2 = \frac{dQ}{dt} = C_2 \frac{dU_2}{dt}, \quad \mathcal{E} = C_2 R_2 \frac{dU_2}{dt}$$

天津大学物理实验报告

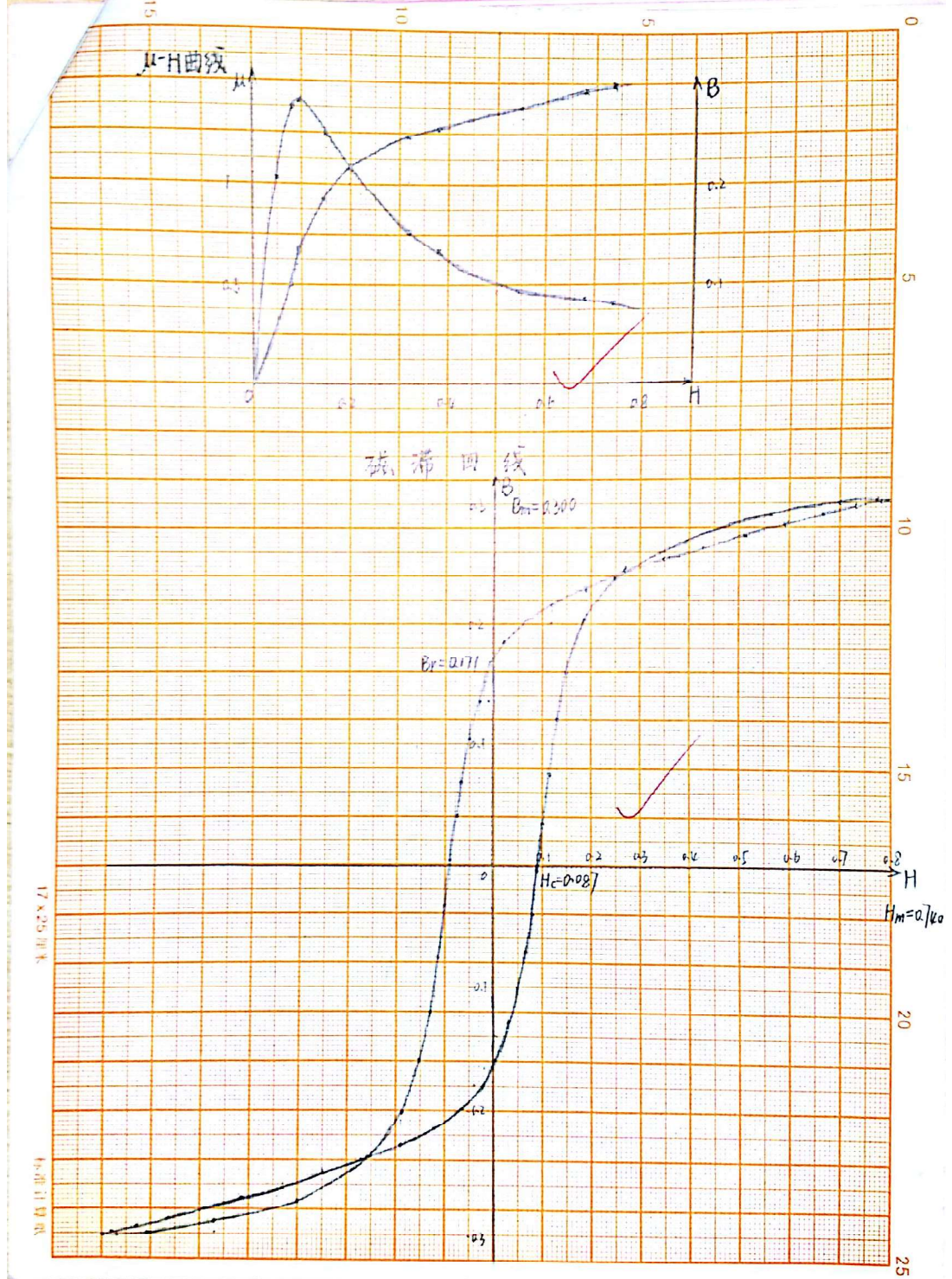
附 页 2

$$\text{由上式可得 } B = \frac{C_2 R_2}{N_2 S} U_2$$

式中, C_2, R_2, N_2 和 S 均为已知常量 (本实验中 $C_2 = 20 \mu F$, $R_2 = 10 k\Omega$, $S = 80 mm^2$), 所以测量 U_2 可确定 B .

四. 实验步骤

1. 电路连接: 选样品1. 按实验仪上所给的电路图连接线路, 并令 $R_1 = 2.5 \Omega$; "U选择" 置于 0 位. U_H 和 U_B (即 U_1 和 U_2) 分别接示波器的 "X 输入" 和 "Y 输入", 插孔 1 为公共端.
2. 样品退磁: 开启实验仪电源, 对试样进行退磁, 即按顺时针方向转动 "U 选择" 旋钮, 使 U 从 0V 增加至 3V, 然后逆时针方向转动旋钮使 U 从最大值降为 0V, 其目的是消除剩磁, 即退磁过程, 确保样品处于磁中性状态, 即 $H=B=0$.
3. 测 $M-H$ 曲线: 仔细阅读测试仪的使用说明, 连接实验仪和测试仪之间的连线. 开启电源, 对样品进行退磁后, 按测试仪使用说明依次测定 $U=0.5, 1.0, \dots, 3.0V$ 时的 10 组 H_m 和 B_m 值, 作 $M-H$ 曲线.
4. 令 $U=3.0V$, $R_1=2.5\Omega$, 测定样品的磁滞回线. 实验数据点每隔 5 个取一次至约第 20 个, 以确保磁滞回线构成完整的回路并读取特殊点 H_m, B_m, B_r, H_c 等.
5. 取实验步骤 4 中的 H 和其相应的 B 值, 用坐标纸绘制磁滞回线.



作业纸

院系_____ 班级_____ 姓名_____ 第_____页

U	0.5	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
Hm	0.054	0.083	0.097	0.148	0.200	0.321	0.380	0.550	0.679	0.760
Bm	0.056	0.114	0.134	0.185	0.216	0.246	0.355	0.359	0.293	0.300
$\frac{B}{H}$	1.037	1.373	1.381	1.25	1.08	0.766	0.671	0.471	0.437	0.405

U=3 (H, B)

1. (0.006, -0.160)
6. (0.031, -0.135)
11. (0.051, -0.106)
16. (0.065, -0.074)
21. (0.077, -0.060)
26. (0.088, -0.002)
31. (0.101, 0.036)
36. (0.115, 0.078)
41. (0.131, 0.120)
46. (0.153, 0.160)
51. (0.185, 0.202)
56. (0.252, 0.239)
61. (0.399, 0.269)
66. (0.566, 0.289)
71. (0.701, 0.300)
76. (0.776, 0.304)

81. (0.799, 0.303)
86. (0.781, 0.300)
91. (0.732, 0.296)
96. (0.669, 0.289)
101. (0.593, 0.282)
106. (0.514, 0.274)
111. (0.433, 0.265)
116. (0.352, 0.255)
121. (0.272, 0.246)
126. (0.193, 0.231)
131. (0.122, 0.217)
136. (0.065, 0.202)
141. (0.024, 0.184)
146. (-0.006, 0.167)
151. (-0.031, 0.137)
156. (-0.051, 0.108)
161. (-0.066, 0.076)
166. (-0.076, 0.041)

171. (-0.097, 0.003)
176. (-0.100, -0.035)
181. (-0.115, -0.077)
186. (-0.132, -0.119)
191. (-0.153, -0.160)
196. (-0.186, -0.201)
201. (-0.256, -0.238)
206. (-0.404, -0.268)
211. (-0.573, -0.288)
216. (-0.708, -0.299)
221. (-0.778, -0.302)
226. (-0.800, -0.302)
231. (-0.778, -0.299)
236. (-0.729, -0.293)
241. (-0.665, -0.287)
246. (-0.589, -0.280)
251. (-0.513, -0.272)
256. (-0.432, -0.263)

(17)

2015.03.11

261. (-0.351, -0.252)

266. (-0.270, -0.242)

271. (-0.191, -0.229)

276. (-0.120, -0.215)

281. (-0.066, -0.200)

286. (-0.026, -0.181)

287. (-0.017, -0.177)

288. (-0.010, -0.173)

290. (0.001, -0.164)

$R_1 = 2.5$ $U = 3.1$

H_c 0.087

B_r 0.171

11.10.2018

(51)