

4.1 (1) 取 $f=100\text{Hz}$, $R_1=2.0\Omega$, $R_2=50\text{k}\Omega$, $C=10.0\mu\text{F}$

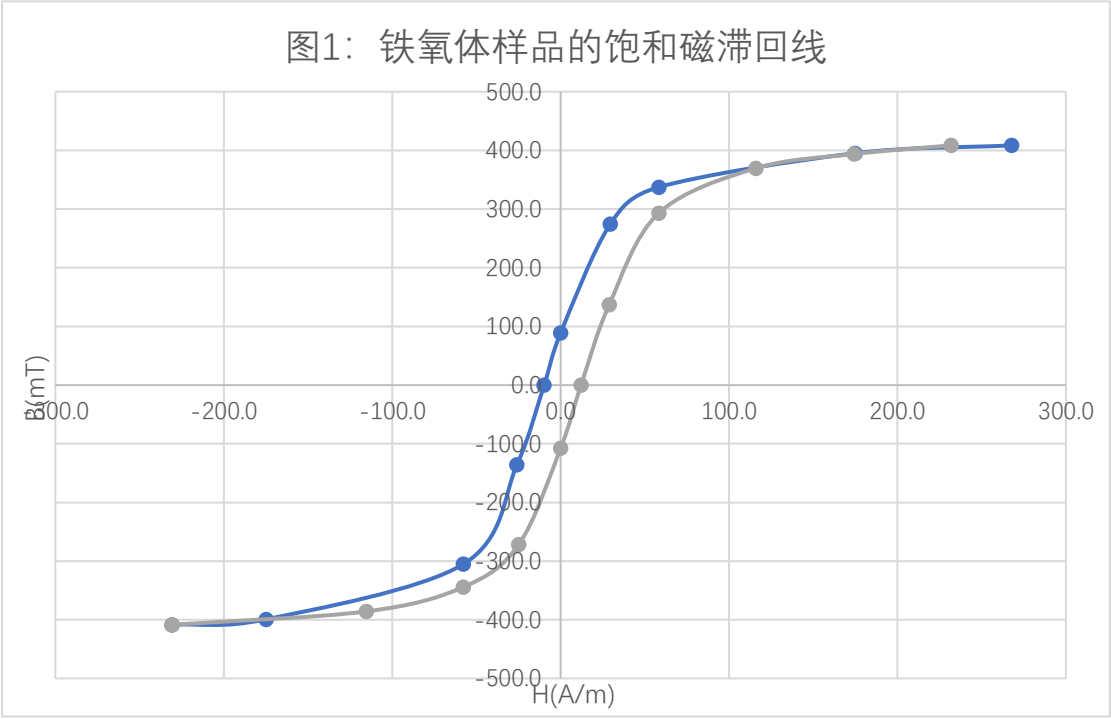
表 1: 样品 1 (铁氧体) 的饱和磁滞回线测量数据表

上半支:

Ur1(mV)	Uc(mV)	H(A/m)	B(mT)
-400	-15.2	-230.8	-408.6
-303	-14.85	-174.8	-399.2
-100	-11.35	-57.7	-305.1
-45.0	-5.05	-26.0	-135.8
-17.0	0	-9.8	0.0
0.0	3.3	0.0	88.7
51.0	10.2	29.4	274.2
101	12.55	58.3	337.4
303	14.7	174.8	395.2
464	15.2	267.7	408.6

下半支:

Ur1(mV)	Uc(mV)	H(A/m)	B(mT)
-400	-15.20	-230.8	-408.6
-200	-14.35	-115.4	-385.8
-100	-12.80	-57.7	-344.1
-43.0	-10.10	-24.8	-271.5
0.0	-4.00	0.0	-107.5
21.0	0.00	12.1	0.0
50.0	5.10	28.8	137.1
101	10.90	58.3	293.0
201	13.75	116.0	369.6
302	14.65	174.2	393.8
402	15.20	231.9	408.6



由测量数据得, $B_s=409\text{mT}$, $B_r=108.9\text{mT}$, $H_c=11.0\text{A/m}$

(2) 改变 f , 测量数据如下

$f(\text{Hz})$	$2U_{r1}(\text{mV})$	$2U_{c1}(\text{mV})$	$H_c(\text{A/m})$	$B_r(\text{mT})$
50	39.0	7.90	11.2	106.8
100	38.0	8.10	11.0	108.9
150	38.0	7.85	11.0	106.2

可见 B_r 和 H_c 基本不随频率变化。原因: 铁氧体电阻较大, 损耗基本来自磁滞损耗, 在实验频率范围内, 磁畴的响应基本上是瞬时的, 也就是近似为准静态磁化过程, 所以 B_r 和 H_c 基本不随频率变化。

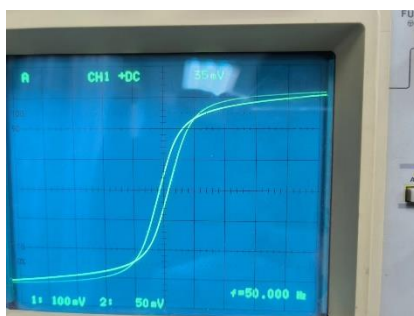
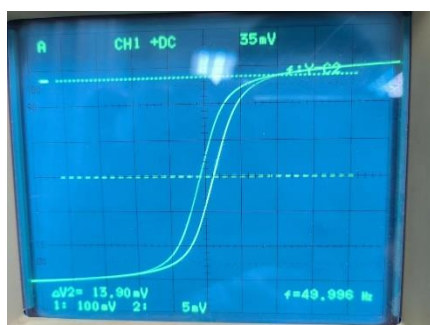
o 估算 B_r 不确定度为 2mT, H_c 不确定度为 0.7A/m

(3) 固定 $f=50\text{Hz}$, 通过改变 R_1 和 C 改变积分常量

$R_2C=0.5\text{s}$

$R_2C=0.05\text{s}$

$R_2C=0.01\text{s}$



积分常量越小, 图像越趋向于一个李萨如图形

积分常量过小时, 电容很快饱和, 不再满足 U_2 约等于 U_r 的近似关系, 因此 B 不再正比于 U_c , 显示的图像产生畸变

积分常量不会影响真实的磁滞回线形状。

4.2

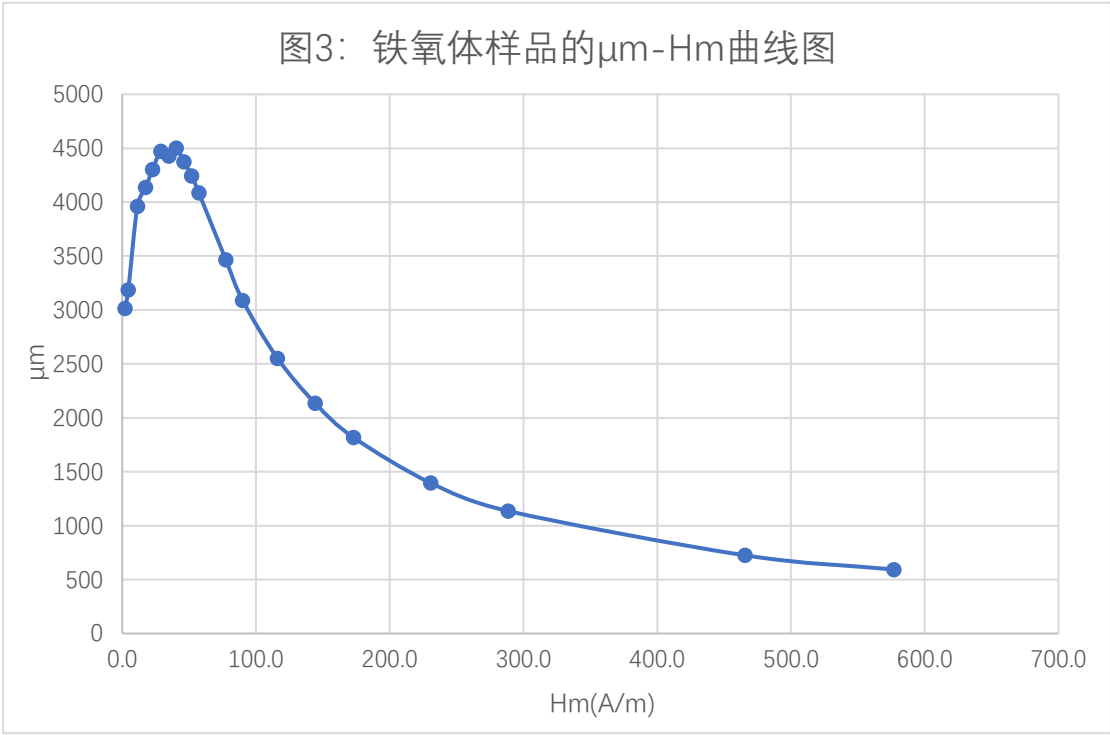
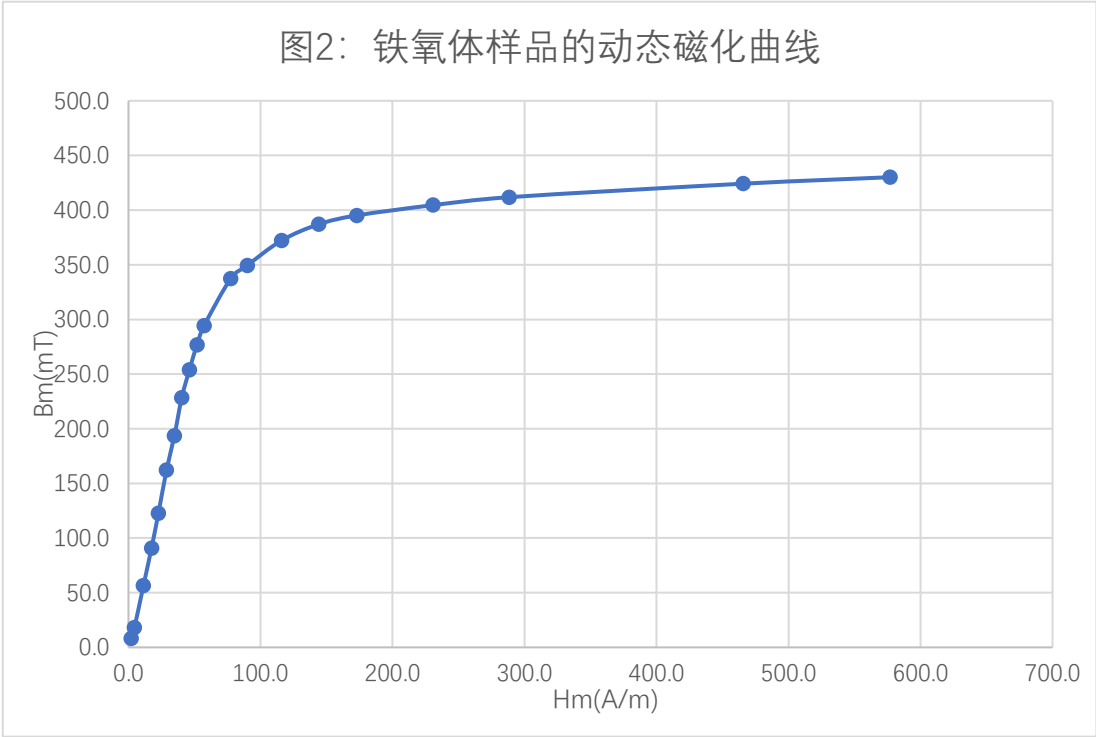
表 2: 样品 1 (铁氧体) 的动态磁化回线测量数据表

测量次数	$U_{r1}(\text{mV})$	$U_c(\text{mV})$	$H_m(\text{A/m})$	$B_m(\text{mT})$	μ_m
1	3.69	0.30	2.1	8.1	3015
2	7.91	0.68	4.6	18.3	3188
3	19.65	2.10	11.3	56.5	3963
4	30.3	3.38	17.5	90.9	4136
5	39.3	4.56	22.7	122.6	4302
6	50.0	6.03	28.8	162.1	4472
7	60.3	7.20	34.8	193.5	4427
8	70.0	8.50	40.4	228.5	4502
9	80.1	9.45	46.2	254.0	4375
10	90.0	10.30	51.9	276.9	4243
11	99.4	10.95	57.3	294.4	4085
12	134.3	12.55	77.5	337.4	3465
13	156	13.00	90.0	349.5	3090
14	201.2	13.85	116.1	372.3	2552
15	250	14.40	144.2	387.1	2136
16	300	14.70	173.1	395.2	1817
17	400	15.05	230.8	404.6	1395
18	500	15.32	288.5	411.8	1136
19	807	15.78	465.6	424.2	725.0
20	1000	16.00	576.9	430.1	593.3

(1) H_m 从 0 增大时, B_m 开始迅速增加, 之后增速逐渐放缓, $H_m > 200\text{A/m}$ 后变得非常平缓

(2) μ_m 先增加, 到 4500 左右后迅速减小, 然后减小的速率放缓

(3) 根据测量数据， $\mu_i=3015$ ， μ_m 最大值为 4523



4.3 取 $f=100\text{Hz}$, $R_1=2.0\Omega$, $R_2=50\text{k}\Omega$, $C=10.0\mu\text{F}$ ，固定 $H_m=400\text{A/m}$ ，测量数据如下

f(Hz)	2Ur1(mV)	2Uc(mV)	2Ucm(mV)	Hc(A/m)	Br(mT)	Bm(mT)
20	210	42.8	68.2	105.0	594.4	947.2
40	247	45.2	68.2	123.5	627.8	947.2
60	280	46.9	68.2	140.0	651.4	947.2

硅钢电阻较小，涡流损耗较明显，频率越高，涡流损耗越大，磁滞回线包围的面积随频率增大，表现为 B_r, H_c 随频率增大。既然 H_m 固定，这个效应不会影响 B_m ，因此 B_m 不变。

思考题

(1) 铁磁材料的动态磁滞回线是材料在磁场变化不满足准静态条件下测得的磁滞回线。它的形状、面积与外加磁场的幅度、频率都有关。动态磁滞回线的面积取决于一个周期内的损耗

(2) 在外加磁场强度不变时，铁氧体的动态磁滞回线基本不随频率变化；硅钢的动态磁滞回线面积随频率增大而增大。

(3) 电路参量应保证 $R2C \gg 1/f$, f 为外加磁场频率

(4) 磁感应强度滞后于磁场强度，因此按照一般的画法，磁滞回线逆时针绕行。有简单判断方法：降低外加磁场频率，直至肉眼能分辨出示波器上的运动亮点。