

**2022～2023学年春季学期《大学物理实验》报告**

|  |  |
| --- | --- |
| **得 分** | **评阅人** |
|  |  |

**题 目： 实验四 磁滞回线**

**学 院： 先进制造学院**

**专业班级： 智能制造工程221班**

**学生姓名： 朱紫华**

**学 号： 5908122030**

**指导老师： 全祖赐老师**

**二O二三年六月制**

1. **实验目的：**
2. 掌握用磁滞回线测试仪测绘磁滞回线的方法。

2、了解铁磁材料的磁化规律，用示波器法观察磁滞回线比较两种典型铁磁物质的动态磁化特性。

3、测定样品的磁化特性曲线（*B-H*曲线），并作*μ-H*曲线。

4、测绘样品在给定条件下的磁滞回线，估算其磁滞损耗以及相关、、、、的等参量。

1. **实验仪器：**

TH—MHC型智能磁滞回线测试仪、示波器。

1. **实验原理：**

1．铁磁材料的磁滞特性

铁磁物质是一种性能特异，用途广泛的材料。铁、钴、镍及其众多合金以及含铁的氧化物（铁氧体）均属铁磁物质。其特性是在外磁场作用下能被强烈磁化，即磁导率*μ*很高。另一特征是磁滞，铁磁材料的磁滞现象是反复磁化过程中磁场强度*H*与磁感应强度*B*之间关系的特性。即磁场作用停止后，铁磁物质仍保留磁化状态，图1为铁磁物质的磁感应强度*B*与磁场强度*H*之间的关系曲线。

图中的原点*O*表示磁化之前铁磁物质处于磁中性状态，即*B＝H＝O*，当磁场强度*H*从零开始增加时，磁感应强度*B*随之从零缓慢上升，如曲线*Oa*，继之*B*随*H*迅速增长，如曲线*ab*所示，其后*B*的增长又趋缓慢，并当*H*增至*HS*时，*B*达到饱和值*BS*这个过程的*OabS*曲线称为起始磁化曲线。如果在达到饱和状态之后使磁场强度*H*减小，这时磁感应强度*B*的值也要减小。图1表明，当磁场从*HS*逐渐减小至零，磁感应强度*B*并不沿起始磁化曲线恢复到*“O”*点，而是沿另一条新的曲线*SR*下降，对应的*B*值比原先的值大，说明铁磁材料的磁化过程是不可逆的过程。比较线段*OS*和*SR*可知，*H*减小*B*相应也减小，但*B*的变化滞后于*H*的变化，这种现象称为磁滞。磁滞的明显特征是当*H＝O*时，磁感应强度*B*值并不等于*0*，而是保留一定大小的剩磁*Br*。

当磁场反向从*0*逐渐变至*－HD*，磁感应强度*B*消失，说明要消除剩磁，可以施加反向磁场。*HD*称为矫顽力，它的大小反映铁磁材料保持剩磁状态的能力，曲线*RD*称为退磁曲线。

图1还表明，当磁场按次序变化，相应的磁感应强度*B*则沿闭合曲线变化，可以看出磁感应强度*B*值的变化总是滞后于磁场强度*H*的变化，这条闭合曲线称为磁滞回线。当铁磁材料处于交变磁场中时（如变压器中的铁心），将沿磁滞回线反复被磁化→去磁→反向磁化→反向去磁。磁滞是铁磁材料的重要特性之一，研究铁磁材料的磁性就必须知道它的磁滞回线。各种不同铁磁材料有不同的磁滞回线，主要是磁滞回线的宽、窄不同和矫顽力大小不同。

当铁磁材料在交变磁场作用下反复磁化时将会发热，要消耗额外的能量，因为反复磁化时磁体内分子的状态不断改变，所以分子振动加剧，温度升高。使分子振动加剧的能量是产生磁场的交流电源供给的，并以热的形式从铁磁材料中释放，这种在反复磁化过程中能量的损耗称为磁滞损耗，理论和实践证明，磁滞损耗与磁滞回线所围面积成正比。

当初始状态为*H＝B＝O*的铁磁材料，在交变磁场强度由弱到强依次进行磁化，可以得到面积由小到大向外扩张的一簇磁滞回线，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。

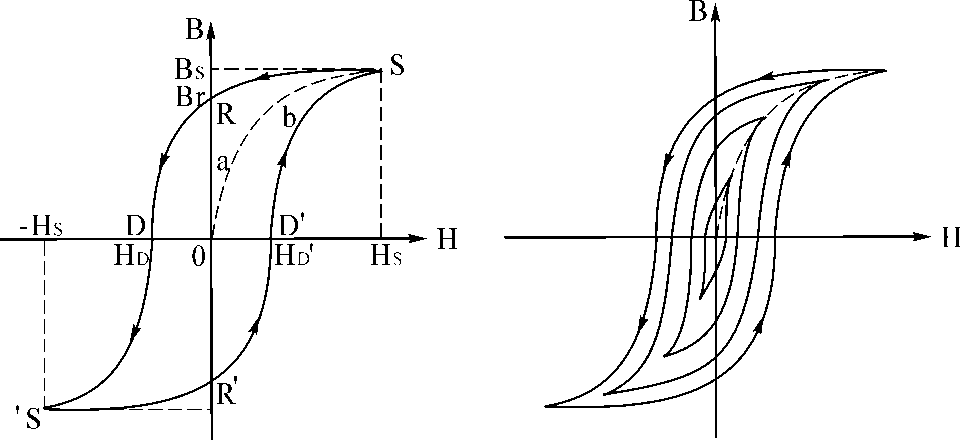
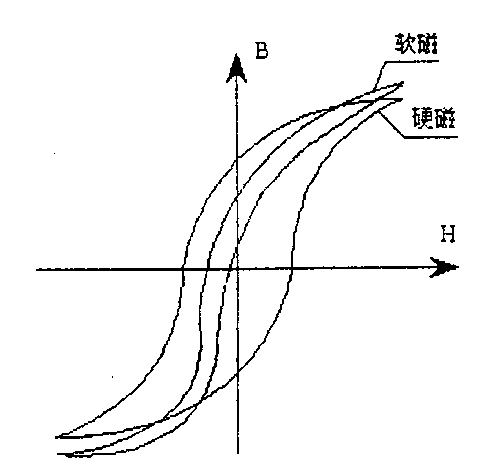


图1 铁磁质起始磁化 图2 同一铁磁材料的

曲线和磁滞回线 一簇磁滞回线

可以说磁化曲线和磁滞回线是铁磁材料分类和选用的主要依据，图3为常见的两种典型的磁滞回线，其中软磁材料的磁滞回线狭长、矫顽力小（*<102A/m*）、剩磁和磁滞损耗均较小，磁滞特性不显著，可以近似地用它的起始磁化曲线来表示其磁化特性，这种材料容易磁化，也容易退磁，是制造变压器、继电器、电机、交流磁铁和各种高频电磁元件的主要材料。而硬磁材料的磁滞回线较宽，矫顽力大（*>102A/m*），剩磁强，磁滞回线所包围的面积肥大，磁滞特性显著，因此硬磁材料经磁化后仍能保留很强的剩磁，并且这种剩磁不易消除，可用来制造永磁体。

图3 不同铁磁材料的磁滞回线



2．测绘磁滞回线原理

观察和测量磁滞回线和基本磁化曲线的线路如图4所示。

待测样品为*EI*型矽钢片，*N*为励磁绕组，*n*为用来测量磁感应强度*B*而设置的绕组。*R1*为励磁电流取样电阻，设通过*N*的交流励磁电流为*i*，根据安培环路定律，样品的磁场强度：

  *L*为*样品*的平均磁路

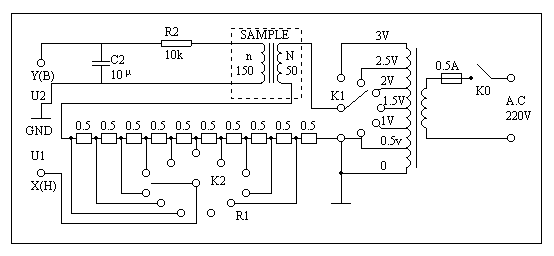


图4 磁滞回线实验线路

因为 所以（1）

式（1）中的*N、L、*均为已知常数，磁场强度*H*与示波器*X*输入成正比，所以由可确定*H*。

在交变磁场下，样品的磁感应强度瞬时值*B*是由测量绕组*n*和电路确定的。根据法拉第电磁感应定律，由于样品中的磁通*φ*的变化，在测量线圈中产生的感应电动势的大小为

 (2)

式中*S*为样品的横截面积。考虑到测量绕组*n*较小，如果忽略自感电动势和电路损耗，则回路方程为：

式中为感生电流，为积分电容*C2*两端电压。设在*Δt*时间内，向电容*C2*的充电电量为*Q*，则

所以

如果选取足够大的和，使得*>>*，则上式*可以*近似改写为

因为

所以 （3）

将（3）式两边对时间*t*积分，代入（2）式可得

（4）

式中均为已知常数。磁场强度*B*与示波器Y输入*U2*成正比，所以由*U2*可确定*B*。在交流磁化电流变化的一个周期内，示波器的光点将描绘出一条完整的磁滞回线，并在以后每个周期都重复此过程，这样在示波器的荧光屏上可以看到稳定的磁滞回线。综上所述，将图5中的*U1*和*U2*分别加到示波器的“X输入”和“Y输入”便可观察样品的*B－H*曲线；如将*U1*和*U2*加到测试仪的信号输入端可测定样品的饱和磁感应强度*BS*、剩磁*Rr*、矫顽力*HD*、磁滞损耗*BH*以及*磁导率µ*等参数。

1. **实验内容：**

（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*R1＝2.5Ω*，“*U*选择”置于*O*位。*UH*和*UB*（即*U1*和*U2*）分别接示波器的“X输入”和“Y输入”，插孔⊥为公共端；

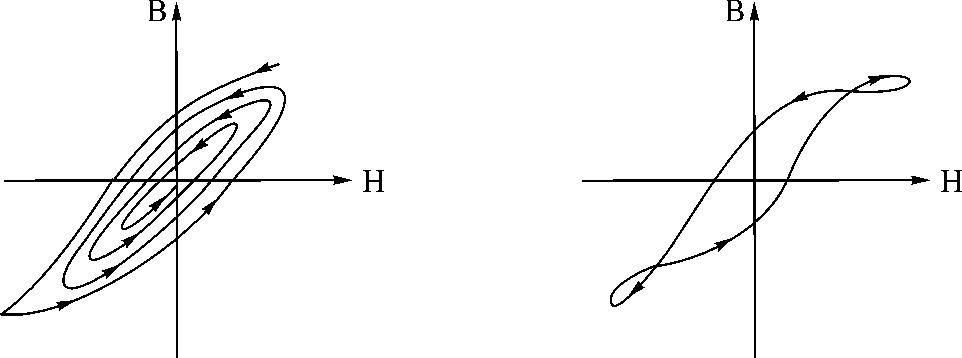


图5 退磁示意图 图6 *U2*和*B*的相位差等因素引起的畸变

（2）样品退磁：开启实验仪电源，对试样进行退磁，即顺时针方向转动“*U*选择”旋钮，令*U*从*0*增至*3V*，然后逆时针方向转动旋钮，将*U*从最大值降为*O*，其目的是消除剩磁，确保样品处于磁中性状态，即*B＝H＝0*，如图5所示；

（3）观察磁滞回线：开启示波器电源，调节示波器，令光点位于荧光屏坐标网格中心，令*U＝2.2V*，并分别调节示波器*x*和*y*轴的灵敏度，使荧光屏上出现图形大小合适的磁滞回线（若图形顶部出现编织状的小环，如图6所示，这时可降低励磁电压*U*予以消除）。记录下，，，各点坐标值，用*div*表示。（磁滞回线居中）；

注意：磁滞回线应尽量大些，以减小荧光屏读数相对误差。

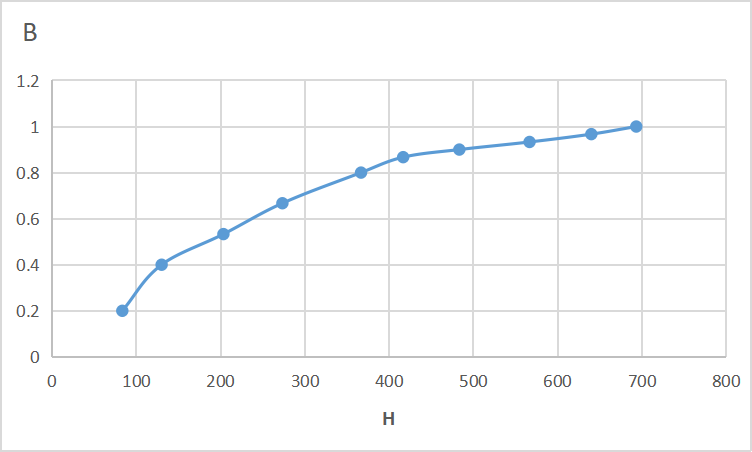
（4）观察基本磁化曲线，按步骤2对样品进行退磁，从U＝0开始，逐档提高励磁电压，将在荧光屏上得到面积由小到大一个套一个的一簇磁滞回线。这些磁滞回线顶点的连线就是样品的基本磁化曲线，记录下各电压下相应，的坐标值，用div表示。注意：实验过程中不能改变示波器x和y轴的灵敏度。

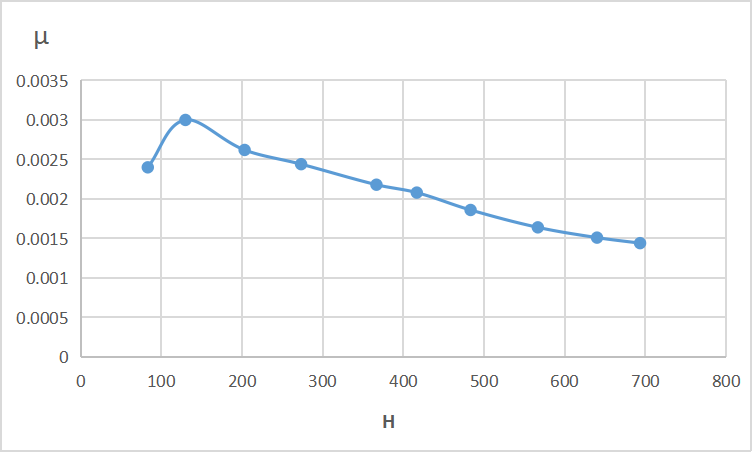
（5）换样品2，重复上述步骤，并观察、比较样品1和样品2磁化性能的不同。

1. **实验数据及数据分析处理：**

（1）*μ-H*曲线及磁化特性曲线

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| *0.5* | 250 | 83.333 | 12 | 0.2 | 0.0024 |
| *1.0* | 390 | 130.000 | 24 | 0.4 | 0.003 |
| *1.2* | 610 | 203.333 | 32 | 0.533 | 0.00262 |
| *1.5* | 820 | 273.333 | 40 | 0.667 | 0.00244 |
| *1.8* | 1100 | 366.667 | 48 | 0.8 | 0.00218 |
| *2.0* | 1250 | 416.667 | 52 | 0.867 | 0.00208 |
| *2.2* | 1450 | 483.333 | 54 | 0.9 | 0.00186 |
| *2.5* | 1700 | 566.667 | 56 | 0.933 | 0.00164 |
| *2.8* | 1920 | 640 | 58 | 0.967 | 0.00151 |
| *3.0* | 2080 | 693.333 | 60 | 1 | 0.00144 |

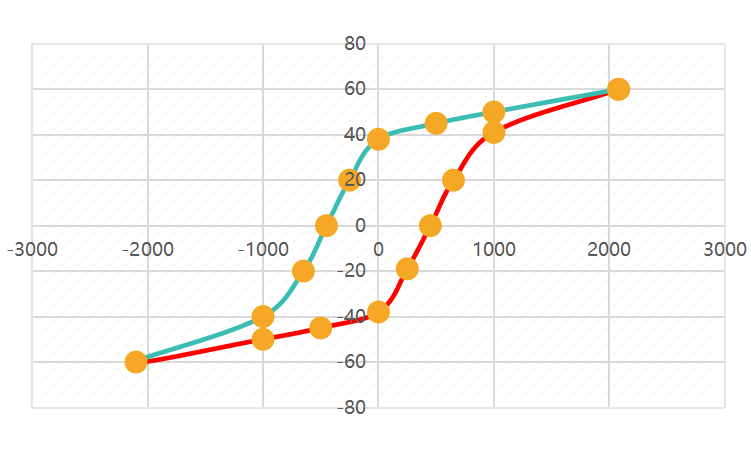
**



（2）磁滞回线（）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *序号* |  |  | *序号* |  |  |
| *1* | 2080 | 60 | *9* | -2100 | -60 |
| *2* | 1000 | 50 | *10* | -1000 | -50 |
| *3* | 500 | 45 | *11* | -500 | -45 |
| *4* | 0 | 38 | *12* | 0 | -38 |
| *5* | -250 | 20 | *13* | 250 | -19 |
| *6* | -450 | 0 | *14* | 450 | 0 |
| *7* | -650 | -20 | *15* | 650 | 20 |
| *8* | -1000 | -40 | *16* | 1000 | 41 |

**Hs=34.67 Hd=7.5 Bs=20 Br=12.67**



1. **误差分析**

1.样品退磁不够彻底，没有完全消除磁滞现象，无法得出正确的曲线。

2.在读点时没有把磁滞回线移至关于原点对称，导致读数出现误差。

3.取点时，没有取尽特殊点，取的点不多，分布不均匀，都有可能导致无法绘制出磁滞回线。

1. **实验小结与思考**

本次实验耗时最久的就是电路的连接，我们需要搞懂，串联他该怎么接，并联该怎么接，接完电路后，就是按照步骤来了，实验结果可以很快得出。在这次实验中，我知道了X,Y坐标怎么读取，其次就是该怎么取点，因为后续绘图需要，所以我们最好按一定方向按顺序取点，而不是乱取导致后续绘图困难，然后，根据得出的结果，可以知道磁滞回线是关于原点对称的，在读图时可以通过调节通道一、通道二的Y轴的偏转因子，来使磁滞回线在视野内，且呈现出较好的样子。

1. **附上原始数据：**

