课程编号 1800440062

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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： 机电与控制工程学院**

**指导教师： 杨巍**

**报告人： 高梓涛 组号： 18**

**学号 2020112075 实验地点 213**

**实验时间： 2021 年 5 月 13 日**

**提交时间： 2021年5月20日**

|  |
| --- |
| **一、实验目的**   1. **掌握磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念，加深对磁性材料的主要物理量的理解，如矫顽力、剩磁和磁导率等。** 2. **学会用示波法测绘基本磁化曲线和磁滞回线。** 3. **比较不同频率下磁滞回线的区别，并确定在某一频率下的饱和磁感应强度Bs、剩磁Br和矫顽力Hc的数值。** |
| **二、实验原理**  磁性材料应用广泛，从常用的永久磁铁、变压器铁芯到录音、录像、计算机存存储用的磁带、磁盘等都采用磁性材料。磁滞回线和基本磁化曲线反映了磁性材料的主要特征。通过实验研究这些性质不仅能掌握用示波器观察磁滞回线以及基本磁化曲线的基本测绘方法，而且能从理论和实际应用上加深对材料磁特性的认识。  1、磁化曲线  如果在由电流产生的磁场中放入铁磁物质，则磁场将明显增强，此时铁磁物质中的磁感应强度比单纯由电流产生的磁感应强度增大百倍，甚至在千倍以上。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=μH  对于铁磁物质而言，磁导率μ并非常数，而是随H的变化而改变的物理量，即μ=ƒ(H)，为非线性函数。所以如图1所示，B与H也是非线性关系。  通常使用的是磁介质的相对磁导率，其定义为磁导率μ与真空磁导率μ0之比。  图1 磁化曲线和曲线  2、磁滞回线  当铁磁材料的磁化达到饱和之后，如果将磁化场减少，则铁磁材料内部的B和H也随之减少，但其减少的过程并不沿着磁化时的OS段退回。从图2可知当磁化场撤消，H=0时，磁感应强度仍然保持一定数值B=Br称为剩磁（剩余磁感应强度）。  若要使被磁化的铁磁材料的磁感应强度B减少到0，必须加上一个反向磁场并逐步增大。当铁磁材料内部反向磁场强度增加到H=Hc时（图2上的c点），磁感应强度B才是0，达到退磁。图2中的的bc段曲线为退磁曲线，Hc为矫顽磁力。如图2所示，当H按O → Hs → O → -Hc → -Hs → O → Hc → Hs 的顺序变化时，B相应O → Bs → Br → O → -Bs → -Br → O → Bs 顺序变化。图中的Oa段曲线称起始磁化曲线，所形成的封闭曲线abcdefa称为磁滞回线。bc曲线段称为退磁曲线。由图2可知：  当H=0时，B≠0，这说明铁磁材料还残留一定值的磁感应强度Br，通常称Br为铁磁物质的剩余感应强度（剩磁）。  若要使铁磁物质完全退磁，即B=0，必须加一个反方向磁场Hc。这个反向磁场强度Hc，称为该铁磁材料的矫顽磁力。  B的变化始终落后于H的变化，这种现象称为磁滞现象。  H上升与下降到同一数值时，铁磁材料内的B值并不相同，退磁化过程与铁磁材料过去的磁化经历有关。  当从初始状态H=0，B=0开始周期性地改变磁场强度的幅值时，在磁场由弱到强地单调增加过程中，可以得到面积由大到小的一簇磁滞回线，如图3所示。其中最大面积的磁滞回线称为极限磁滞回线。我们把图3中原点O和各个磁滞回线的顶点a1,a2，…a所连成的曲线，称为铁磁性材料的基本磁化曲线。  从初始状态H=0，B=0开始周期性地改变磁场强度的幅值时，在磁场由弱到强地单调增加过程中，可以得到面积由大到小的一簇磁滞回线，如图3所示。其中最大面积的磁滞回线称为极限磁滞回线。我们把图3中原点O和各个磁滞回线的顶点a1,a2，…a所连成的曲线，称为铁磁性材料的基本磁化曲线。  图3 基本磁化曲线  图2 起始磁化曲线与磁滞回线  3、示波器显示B—H曲线的原理线路  示波器测量B—H曲线的实验线路如图4所示。本实验研究的铁磁物质是一个环状试样。在试样上绕有励磁线圈N1匝和测量线圈N2匝。若在线圈N1中通过磁化电流i1时，此电流在式样内产生磁场，根据安培环路定律HL=N1i1，磁场强度H的大小为：  (1)  其中是为环状式样的平均磁路长度。由图5可知，示波器X轴偏转板的电压为  (2)  由式(1)和式(2)得：  (3)  上式表明在交变磁场下，任一时刻示波器X轴的输入正比于磁场强度H。为了测量磁感应强度B，在次级线圈N2上串联一个电阻R2与电容C构成一个回路，R2与C构成一个积分电路。取电容C两端电压至示波器Y轴输入，若适当选择R2和C的值，使，则    式中为电源的角频率，为次级线圈的感应电动势：    式中为磁通量，S为环状式样的截面积，    B (4)  图4 B—H曲线的实验线路  上式表明接在示波器Y轴输入的正比于B。  由(3)和(4)得 (5)  由(5)式可知，只要读出电阻和电容的值，然后通过示波器测出电压和，即可绘出磁滞回线。  其中样品参数为：  平均磁路长度  磁芯样品截面积  线圈匝数 |
| **三、实验仪器：**  磁特性综合测量实验仪、 |
| **四、实验内容：**  **一、观察两种样品在信号下的磁滞回线图形**   1. **按图4所示连接好电路** 2. **逆时针调节幅度旋钮至最小** 3. **调节示波器显示方式为X-Y方式** 4. **示波器X和Y输入选择为DC方式，X测量电阻的电压，Y测量电容的电压** 5. **缓慢增加磁化电流，使示波器显示的磁滞回线上B的值增加缓慢，达到饱和。调节X、Y增益和电阻、 的大小，使示波器上显示典型美观的磁滞回线图形。示波器上显示磁化电流对应的水平方向格数为 (-5, 5) 格。**   **二、测量电源频率时的磁化曲线**   1. **示波器上磁化电流在水平方向的格数为(-5, 5) 格时，逐渐减小磁化电流至0，使示波器上磁滞回线成为一个点，此后保持X、Y增益和其它参数不变。** 2. **缓慢顺时针调节幅度调节旋钮，单调增加磁化电流，使磁化电流在X方向的读数为0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0，单位为格，记录磁滞回线顶点在Y方向上的读数如表1，单位为格。** 3. **记录电阻、 和电容的值，根据样品参数和公式(5)计算H和B的值，绘制磁化曲线。**   **三、测量电源频率为时的磁滞回线**   1. **调节参数式示波器上磁化电流在水平方向的格数为(-5, 5) 格，在Y竖直方向上的格数为(-4,4)。** 2. **记录示波器显示的磁滞回线在X坐标为5.0、4.0、3.0、2.0、1.0、0、-1.0、-2.0、-3.0、-4.0、-5.0格时，对应的Y坐标格数，同时记录Y坐标为4.0、3.0、2.0、1.0、0、-1.0、-2.0、-3.0、-4.0格时对应的X坐标格数，填入表2。** 3. **记录电阻、 和电容的值，根据样品参数和公式(5)计算H和B的值，绘制磁滞回线。** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **五、数据记录：**  组号： 18 ；姓名 高梓涛  表1 磁化曲线数据记录   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | UX/mv | 56.0 | 60.0 | 68.0 | 72.0 | 76.0 | 84.0 | 92.0 | 104.0 | 120.0 | 128.0 | 144.0 | 160.0 | 176.0 | 188.0 | 204.0 | | H/(A/m) | 140 | 150 | 170 | 180 | 190 | 210 | 230 | 260 | 300 | 320 | 360 | 400 | 440 | 470 | 510 | | UY/mv | 36.0 | 42.0 | 46.0 | 52.0 | 54.0 | 58.0 | 64.0 | 66.0 | 72.0 | 74.0 | 78.0 | 80.0 | 84.0 | 86.0 | 90.0 | | B/mT | 420.00 | 490.00 | 536.67 | 606.67 | 630.00 | 676.67 | 746.67 | 770.00 | 840.00 | 863.33 | 910.00 | 933.33 | 980.00 | 1003.33 | 1050.00 |   表2磁滞回线数据记录   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | UX/mv | H/(A/m) | UY/mv | B/mT | | 1 | 0.00 | 0 | 52.0 | 606.67 | | 2 | 4.00 | 10 | -46.0 | -536.67 | | 3 | -12.00 | -30 | 46.0 | 536.67 | | 4 | 16.00 | 40 | -44.0 | -513.33 | | 5 | -16.00 | -40 | 42.0 | 490.00 | | 6 | 24.0 | 60 | -38.0 | -443.33 | | 7 | -24.0 | -60 | 36.0 | 420.00 | | 8 | 28.0 | 70 | -34.0 | -396.67 | | 9 | -28.0 | -70 | 34.0 | 396.667 | | 10 | 32.0 | 80 | -32.0 | -373.33 | | 11 | -32.0 | -80 | 30.0 | 350.00 | | 12 | 40.0 | 100 | -26.0 | -303.33 | | 13 | -40.0 | -100 | 22.0 | 256.67 | | 14 | 44.0 | 110 | -20.0 | -233.33 | | 15 | -48.0 | -120 | 4.00 | 46.67 | | 16 | 56.0 | 140 | 0.00 | 0 | | 17 | -56.0 | -140 | -8.00 | -93.33 | | 18 | 60.0 | 150 | 10.0 | 116.67 | | 19 | -60.0 | -150 | -20.0 | -233.33 | | 20 | 68.0 | 170 | 22.0 | 256.67 | | 21 | -68.0 | -170 | -28.0 | -326.67 | | 22 | 72.0 | 180 | 30.0 | 350.00 | | 23 | -72.0 | -180 | -34.0 | -396.67 | | 24 | 76.0 | 190 | 36.0 | 420.00 | | 25 | -76.0 | -190 | -40.0 | -466.67 | | 26 | 84.0 | 210 | 42.0 | 490.00 | | 27 | -84.0 | -210 | -46.0 | -536.67 | | 28 | 88.0 | 220 | 48.0 | 560.00 | | 29 | -92.0 | -230 | -56.0 | -653.33 | | 30 | 92.0 | 230 | 58.0 | 676.67 | |
| **六、数据处理**  1.  2. | |
| **七、结果陈述：**  **本次实验成功测出所需实验数据并画出磁滞回线和磁化曲线。**  **误差分析：本次实验在读数时由于示波器的示数变化会出现一些误差** | |
| **八、实验总结与思考题**  **本实验中我学会了用示波法测绘基本磁化曲线和磁滞回线。掌握磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念，加深对磁性材料的主要物理量的理解。实验过程比较顺利，测出了所需要的所有数据，并通过后续对测得数据的处理，得出了实验所求磁滞回线和磁化曲线。**  **思考题：**  **1. 电阻太大，就是绝缘体，电流不通，它就没有磁性了。**  **2. 铁磁材料被磁化后，当外磁场强度H减为0后，铁磁材料还保留磁感应强度 ，称其为铁磁材料的剩磁，只有消除声磁我们在测基本磁化曲线时，对较小的磁场强度H的电压U对应的样品的磁感应强度B才是正确的。如果不退磁，则扫描得到的磁滞回线中心不在原点，即不满足H=B=0。** | |
| **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** | |  |  |  |  |  |  | | |