

普通物理实验 ——提高性实验

主编◎吴淑杰 王淑娣 赵 晏 主审◎苏润洲

 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

普通物理实验

——提高性实验

主编 吴淑杰 王淑嫦 赵 晏
主审 苏润洲

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书精选一些综合性、应用性强的物理实验,并结合教学实际增设了设计性实验。实验综合了传感器、数码与微机等现代测量技术,并适量地加入了近代物理的一些内容,开阔学生眼界,激发学生学习兴趣,进一步培养了学生的实验能力与探索能力,给学生今后的学习和工作打下一个很好的基础。

本书可作为农、林及理工类院校各专业的大学物理实验教材,也可供其他相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理实验:提高性实验/吴淑杰,王淑嫒,赵晏主编.
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008.3
ISBN 978-7-81133-208-7

.I.普… II.①吴…②王…③赵… III.普通物理学-实验
IV.O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033982 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 9.5
字 数 228 千字
版 次 2008 年 3 月第 1 版
印 次 2008 年 3 月第 1 次印刷
定 价 16.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

大学物理实验课程是学生本科阶段接触的第一门实验课,是学生系统学习实验知识、方法和实验技能的开端,在培养学生掌握探索自然的科学方法,提高学生综合能力方面起到了重要的作用。培养学生实验技能与实践能力是一个循序渐进的过程,打好基础尤为重要。为此,东北林业大学理学院物理实验中心采用开放式实验教学,多年来坚持与时俱进,积极探索实验教学改革,积累实验教学经验,不断丰富和完善教学内容,积累形成了目前普通物理实验教材的内容。

本书是在总结多年实验教学经验和教学成果及参照兄弟院校教学成果基础上编写完成的。在编写过程中,我们根据农、林类院校专业设置特点,在吸取国内同类教材优点的同时,融入了编者多年来积累的大学物理实验教学及改革的经验。实验内容在编排上坚持由浅入深、循序渐进的原则,适应了对学生实验技能与综合能力的培养需要。

本书在编写过程中得到了东北林业大学理学院物理实验教师们的指教和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本书有不足之处在所难免,望读者提出宝贵意见。

编 者

2008 年 3 月

目 录

实验一	扭摆法测定物体转动惯量	1
实验二	铁磁材料的磁滞回线和基本磁化曲线	5
实验三	霍尔效应	15
实验四	分光计的调整及光栅常数的测定	22
实验五	光电效应	28
实验六	声速的测定	33
实验七	硅光电池特性	40
实验八	夫兰克 - 赫兹实验	46
实验九	非平衡电桥测量铂电阻的温度特性	52
实验十	动态杨氏模量的测量	57
实验十一	弱磁场的测量	63
实验十二	迈克尔逊干涉仪的调节和使用	67
实验十三	光纤通信基础实验	74
实验十四	衍射光强的定量研究与单缝的测量	82
实验十五	光电传感器——光敏电阻特性的测量	86
实验十六	数字温度计的设计	93
实验十七	数字照度计的设计	96
实验十八	RLC 电路特性研究	99
实验十九	PN 结正向电压温度特性研究	119
实验二十	电子束的偏转和聚焦	125
实验二十一	波尔共振实验	135
实验二十二	全息照相	143

实验一 扭摆法测定物体转动惯量

转动惯量是刚体转动时惯性大小的量度,是表征刚体转动惯性的一个物理量,是工程技术中重要的力学参数。刚体对于某一给定轴的转动惯量是刚体内每一质点 m_i 和由该质点到定轴距离平方 r_i^2 乘积的总和,即 $I = \sum m_i r_i^2$,当质量连续分布时,转动惯量 $I = \int r^2 dm$,因此转动惯量在国际单位制中的单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。刚体转动惯量除了与物体质量有关外,还与转轴的位置和质量分布(即形状、大小和密度分布)有关。如果刚体形状简单,且质量分布均匀,可以直接计算出它绕特定转轴的转动惯量;对于形状复杂,质量分布不均匀的刚体,计算将极为复杂,甚至无法计算。通常采用实验方法来测定,例如机械部件,电动机转子和枪炮的弹丸等。

转动惯量的测量,一般都是使刚体以一定形式运动,通过表征这种运动特征的物理量与转动惯量的关系进行转换测量。在本实验中,物体作扭转摆动,通过摆动周期及其他参数的测定计算物体的转动惯量。

【实验目的】

1. 用扭摆测定几种不同形状物体的转动惯量和弹簧的扭转常数。
2. 验证转动惯量平行轴定理。

【实验原理】

扭摆的构造如图 1-1 所示,在垂直轴 1 上装有一根薄片状的螺旋弹簧 2,用来产生恢复力矩。在轴的上方可以装上各种待测物体。垂直轴与支座间装有轴承,以降低摩擦力矩。3 为水平仪,用来调整系统的平衡。

将物体在水平面内转过一角度 θ 后,在弹簧的恢复力矩作用下物体就开始绕垂直轴作往返扭转运动。根据虎克定律,弹簧受扭转而产生的恢复力矩 M 与所转过的角度 θ 成正比,即

$$M = -K\theta \quad (1-1)$$

式中, K 为弹簧的扭转常数。根据转动定律有

$$M = I\beta$$

式中, I 为物体绕转轴的转动惯量, β 为角加速度。由上式可得

$$\beta = \frac{M}{I} \quad (1-2)$$

令 $\omega^2 = \frac{K}{I}$, 忽略轴承的摩擦阻力矩,由式(1-1)、式(1-2)得

$$\beta = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{K}{I}\theta = -\omega^2\theta$$

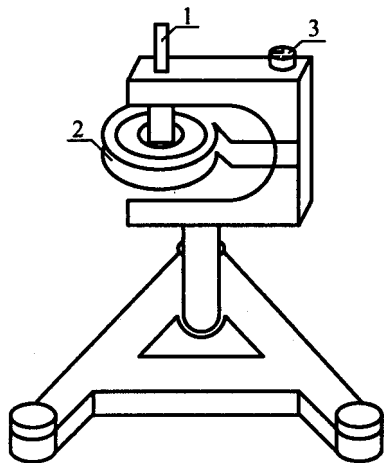


图 1-1 扭摆的构造

上述方程表示扭摆运动具有角简谐振动的特性,角加速度与角位移成正比,且方向相反。此方程的解为

$$\theta = A \cos(\omega t + \varphi)$$

式中, A 为谐振动的角振幅, φ 为初相位角, ω 为角速度。此谐振动的周期为

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{K}} \quad (1-3)$$

由式(1-3)可知,只要实验测得物体扭摆的摆动周期,并已知 I 和 K 中任何一个量即可计算出另一个量。

本实验中的物体几何形状规则,转动惯量可以根据质量和几何尺寸用理论公式直接计算得到,再算出本仪器弹簧的 K 值即可。若要测定其他形状物体的转动惯量,则只需将待测物体安放在本仪器顶部的各种夹具上,测定其摆动周期,由式(1-3)即可算出该物体绕转动轴的转动惯量。

理论分析证明,若质量为 m 的物体绕通过质心的轴的转动惯量为 I_0 时,当转轴平行移动距离 x 时,此物体对新轴线的转动惯量变为 $I_0 + mx^2$ 。这一结论称为转动惯量的平行轴定理。

【实验仪器】

1. 扭摆及几种待测转动惯量的物体

空心金属圆柱体、实心塑料圆柱体、木球、验证转动惯量平行轴定理用的细金属杆(杆上有两块可以自由移动的金属滑块)。

2. 转动惯量测试仪

测试仪由主机和光电传感器两部分组成。

主机采用新型的单片机作控制系统,用于测量物体转动和摆动的周期以及旋转体的转速,能自动记录、储存多组实验数据,并能够精确计算多组实验数据的平均值。

光电传感器主要由红外发射管和红外接收管组成,其将光信号转换为脉冲电信号,送入主机工作。人眼无法直接观察仪器工作是否正常,但可用遮光物体往返遮挡光电探头发射光束通路,检查计时器是否开始计数和到预定周期数时是否停止计数。为防止光线过强对光探头的影响,光电探头不能放置在强光下,实验时要用窗帘遮光,确保计时的准确。

3. 仪器使用方法

(1)调节光电传感器在固定支架上的高度,使被测物体上的挡光杆能自由往返地通过光电门,再将光电传感器的信号传输线插入主机输入端(位于测试仪背面)。

(2)开启主机电源,摆动指示灯亮,参量指示为“ P_1 ”,数据显示为“----”。

(3)本机默认扭摆的周期数为 10,如要更改,可按键设定。更改后的周期数不具有记忆功能,一旦切断电源或按“复位”键,便恢复到原来的默认周期数。

(4)按“执行”键,数据显示为“000.0”,表示仪器已处在等待测量状态,此时,当被测的往复摆动物体上的挡光杆第一次通过光电门时,由“数据显示”给出累计的时间,同时仪器自行计算周期 C_1 并存储,以供查询和作多次测量求平均值里,至此, P_1 (第一次测量)测量完毕。

(5)按“执行”键,“ P_1 ”变为“ P_2 ”,数据显示又回到“000.0”,仪器处在第二次待测状态,本机设定重复测量的最多次数为 5 次,即($P_1, P_2, \dots, P_5$)。通过“查询”键可知各次测量的周期值 C_i ($i=1, 2, \dots, 5$)以及它们的平均值 C_A 。

【实验内容及步骤】

1. 测出塑料圆柱体的外径, 金属圆筒的内、外径, 木球直径, 金属细长杆长度及各物体质量。
2. 调整扭摆基座底脚螺丝, 使水平仪的气泡位于中心。
3. 装上金属载物盘, 并调整光电探头的位置使载物盘上的挡光杆处于其缺口中央, 且能遮住发射、接收红外光线的小孔; 测定摆动周期 T_0 。
4. 将塑料圆柱体垂直放在载物盘上, 测定摆动周期 T_1 。
5. 用金属圆筒代替塑料圆柱体, 测定摆动周期 T_2 。
6. 取下载物金属盘, 装上木球, 测定摆动周期 T_3 (在计算木球的转动惯量时, 应扣除支架的转动惯量)。(选做)
7. 取下木球, 装上金属细杆(金属细杆中心必须与转轴重合), 测定摆动周期 T_4 (在计算金属细杆的转动惯量时, 应扣除支架的转动惯量)。
8. 将滑块对称放置在细杆两边的凹槽内(见图 1-2), 在滑块质心离转轴的距离分别为 5.00 cm, 15.00 cm 的位置上, 测定对应摆动周期 T 。验证转动惯量平行轴定理(在计算转动惯量时, 应扣除支架的转动惯量)。

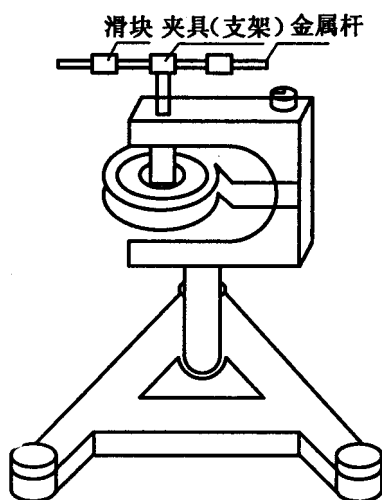


图 1-2 滑块的放置

【数据处理】

将实验所得结果填入表 1-1 中, 并作数据处理。

表 1-1 数据处理

物体名称	几何尺寸 /m	质量 /kg	周期/s				I (实验值) /kg·m ²	I' (理论值) /kg·m ²
			C_1	C_2	C_3	$\bar{T}$		
金属载物盘	—	—					$I_0 = \frac{I_1}{T_1^2 - T_0^2} =$	—
塑料圆柱							$I_1 = \frac{KT_1^2}{4\pi^2} - I_0 =$	$I_1 = \frac{1}{8} mD_1^2 =$
金属圆筒	$D_{外}$ $D_{内}$						$I_2 = \frac{KT_2^2}{4\pi^2} - I_0 =$	$I_2 = \frac{1}{8} m(D_{外}^2 + D_{内}^2) =$
木球 (选做)							$I_3 = \frac{KT_3^2}{4\pi^2} - I_{支} =$	$I_3 = \frac{1}{10} mD_3^2 =$
金属细杆							$I_4 = \frac{KT_4^2}{4\pi^2} - I_{支} =$	$I_4 = \frac{1}{12} mL^2 =$
滑块位置	周期/s				I (实验值)		I' (理论值)	$\Delta = I_{支} - I' $
/m	C_1	C_2	C_3	$\bar{T}$	/kg·m ²		/kg·m ²	$I = I_{支} \pm \Delta$
0.05								
0.15								

$$I = \frac{kT^2}{4\pi^2} - I_{支} \quad I' = I_4 + 2I_{滑} + 2x^2$$

$$K = 4\pi^2 \frac{I_1}{T_1^2 - T_0^2}$$

【注意事项】

1. 由于弹簧的扭转常数 K 值不是固定常数,它与摆动角度有关,摆角在 90° 左右基本相同,在摆动的角度小时 K 值变小。
2. 为了降低实验时由于摆动角度变化过大带来的系统误差,在测定物体的摆动周期时,摆角不宜过小,摆幅也不宜变化过大。
3. 光电探头宜放置在挡光杆平衡位置处,挡光杆不能和其接触,以免增大摩擦力矩。
4. 机座应保持水平状态。
5. 在安装待测物体时,其支架必须全部套入扭摆主轴,并将制动螺丝旋紧,否则扭摆不能正常工作。
6. 在称金属细杆与木球的质量时,必须将支架取下,否则会带来极大的误差。

实验二 铁磁材料的磁滞回线和基本磁化曲线

【实验目的】

1. 认识铁磁物质的磁化规律, 比较两种典型的铁磁物质的动态磁化特性。
2. 测定样品的基本磁化曲线, 作 $H-\mu$ 曲线。
3. 测定样品的 H_c 、 B_r 、 B_m 和 $H_m \cdot B_m$ 等参数。
4. 测绘样品的磁滞回线。

【实验原理】

1. 起始磁化曲线和磁滞回线

铁磁物质是一种性能特殊、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。这种物质的一个特征是在外磁场作用下能被强烈磁化, 故磁导率很高; 另一个特征是磁滞, 即磁化场作用停止后, 铁磁质仍保留磁化状态, 图 2-1 为铁磁物质的磁感应强度 B 与磁化场强度 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中性状态, 即 $B = H = 0$, 当磁场 H 从零开始增加时, 磁感应强度 B 随之缓慢上升, 如线段 Oa 所示, 继之 B 随 H 迅速增长, 如 ab 所示, 其后 B 的增长又趋缓慢, 并当 H 增至 H_m 时, B 到达饱和值 B_m , $OabS$ 称为起始磁化曲线。图 2-1 表明, 当磁场从 H_m 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, 比较线段 OS 和 SR 可知, H 减少, 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 $H = 0$ 时, B 不为零, 而保留剩磁 B_r 。

当磁场反向从 0 逐渐变至 $-H_c$ 时, 磁感应强度 B 消失, 说明要消除剩磁, 必须施加反向磁场, 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, 线段 RD 称为退磁曲线。

图 2-1 还表示, 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, 相应的磁感应强度 B 则沿闭合曲线 $SRDS'R'D'S$ 变化, 这闭合曲线称为磁滞回线。所以, 当铁磁材料处于交变磁场中时(如变压器中的铁芯), 将沿磁滞回线反复被磁化 $\rightarrow$ 去磁 $\rightarrow$ 反向磁化 $\rightarrow$ 反向去磁。在此过程中要消耗额外的能量, 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。

2. 基本磁化曲线

应该说明, 初始状态为 $H = B = 0$ 的铁磁材料, 在交变磁场强度由弱到强依次进行磁化

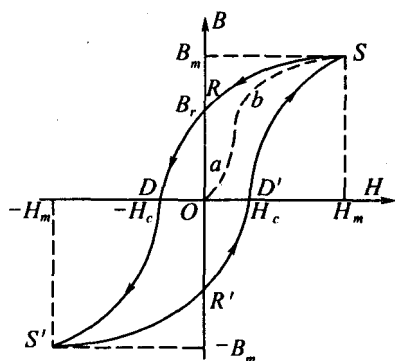


图 2-1 铁磁质起始磁化曲线和磁滞回线

时,可以得到面积由小到大向外扩张的一簇磁滞回线,如图 2-2 所示,这些磁滞回线顶点 $A_1, A_2, A_3 \cdots$ 的连线为铁磁材料的基本磁化曲线,由此可近似确定其磁导率 $\mu = \frac{B}{H}$,因 B 与 H 非线性,故铁磁材料的 μ 不是常数,而是随 H 而变化的,如图 2-3 所示。铁磁材料的相对磁导率可高达数千乃至数万,这一特点是它用途广泛的主要原因之一。

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 2-4 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、剩磁和磁滞损耗均较小,是制造变压器、电机和交流磁铁的主要材料,硬磁材料的磁滞回线较宽,矫顽力大,剩磁强,可用来制造永磁体。

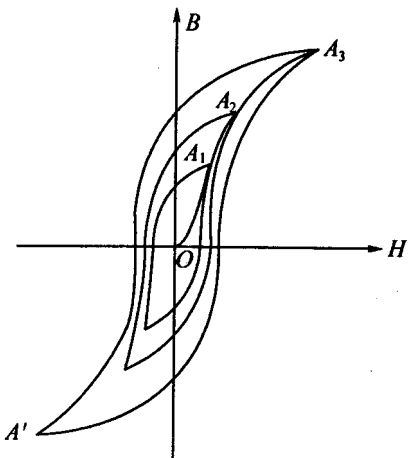


图 2-2 同一铁磁材料的一簇磁滞回线

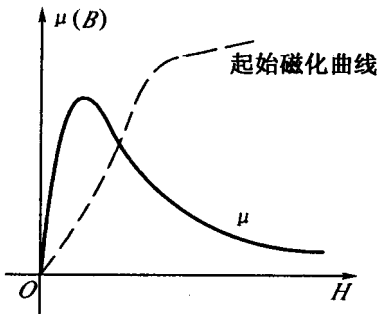


图 2-3 铁磁材料 μ 与 H 关系曲线

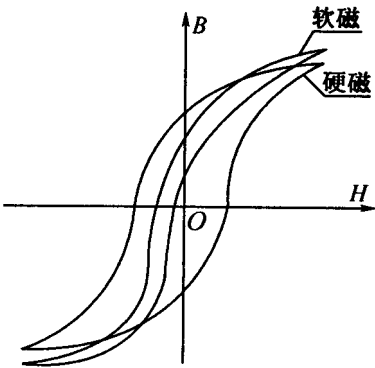


图 2-4 不同铁磁材料的磁滞回线

3. 利用示波器观测磁滞回线的原理

利用示波器观测磁滞回线的原理电路如图 2-5 所示。

待测样品为 EI 型矽钢片,其上均匀地绕以磁化线圈 N 及副线圈 n 。交流电压 U 加在磁化线圈上,线路中串联了一取样电阻 R_1 。将 R_1 两端的电压 U_H 加到示波器的 X 输入端上(对 DC4322B 示波器为通道 I)。副线圈 n 与电阻 R_2 、电容 C 串联成一回路。电容 C 两端的电压 U_B 加到示波器的 Y 输入端上(对 DC4322B 示波器为通道 II)。下面来说明为什么这样的电路能够显示和测量磁滞回线。

(1) U_H (X 输入)与磁场强度 H 成正比

设矩形样品的平均周长为 l ,磁化线圈的匝数为 N ,磁化电流为 i_1 (注意这是交流电流的瞬时值),根据安培环路定律有 $HL = Ni_1$,即 $i_1 = HL/N$ 。而 $U_H = R_1 i_1$,所以可得

$$U_H = \frac{R_1 l}{N} H \tag{2-1}$$

式中, R_1 、 l 和 N 皆为常数,可见 U_H 与 H 成正比。它表明示波器荧光屏上电子束水平偏转

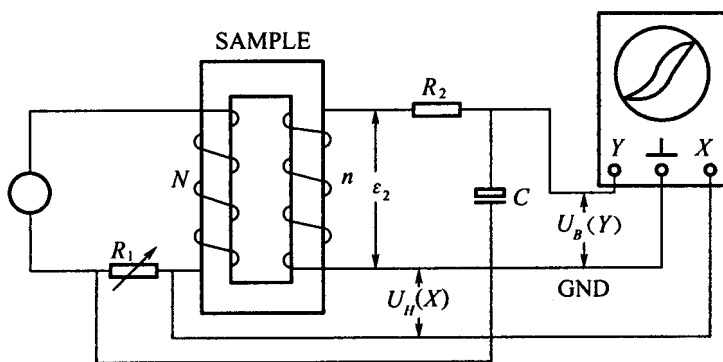


图 2-5 原理电路图

的大小与样品中的磁场强度成正比。

(2) U_B (Y 输入) 在一定条件下与磁感应强度 B 成正比

设样品的截面积为 S , 根据电磁感应定律, 在匝数为 n 的副线圈中感应电动势应为

$$\epsilon_2 = -nS \frac{dB}{dt} \quad (2-2)$$

若副边回路中的电流为 i_2 , 且电容 C 上的电量为 q , 则应有

$$\epsilon_2 = R_2 i_2 + \frac{q}{C} \quad (2-3)$$

在上式中已考虑到副线圈匝数 n 较少, 因而自感电动势可忽略不计。在选定线路参数时, 有意将 R_2 与 C 都选成足够大, 使电容 C 上的电压降 $U_B = q/C$ 比电阻上的电压降 $R_2 i_2$ 小到可以忽略不计。于是式(2-3)可以近似地改写成

$$\epsilon_2 = R_2 i_2 \quad (2-4)$$

将关系式 $i_2 = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_B}{dt}$ 代入式(2-4)得

$$\epsilon_2 = R_2 C \frac{dU_B}{dt} \quad (2-5)$$

将上式与式(2-2)比较, 不考虑其负号(在交流电中负号相当于相位差为 $\pm \pi$) 时应有

$$nS \frac{dB}{dt} = R_2 C \frac{dU_B}{dt}$$

将等式两边对时间积分时, 由于 B 和 U_B 都是交变的, 积分常数为 0, 故整理后得

$$U_B = \frac{nS}{R_2 C} B \quad (2-6)$$

至此, 可以看出, 在磁化电流变化的一周期内, 示波器的光点描绘出一条完整的磁滞回线。以后每个周期都重复此过程, 就会在示波器的荧光屏上看到一稳定的磁滞回线图。

如将 U_H 和 U_B 加到测试仪的信号输入端可测定样品的饱和磁感应强度 B_m 、剩磁 B_r 、矫顽力 H_c 、磁滞损耗(本仪器以 $[BH]$ 表示)以及磁导率 μ 等参数。

实际测量中的示意线路如图 2-6 所示。为了使 R_1 上的电压降 U_H 与流过的电流 i_1 的瞬时值成正比(相位相同), R_1 必须是无电感或电感极小的电阻。为了操作安全和调节方

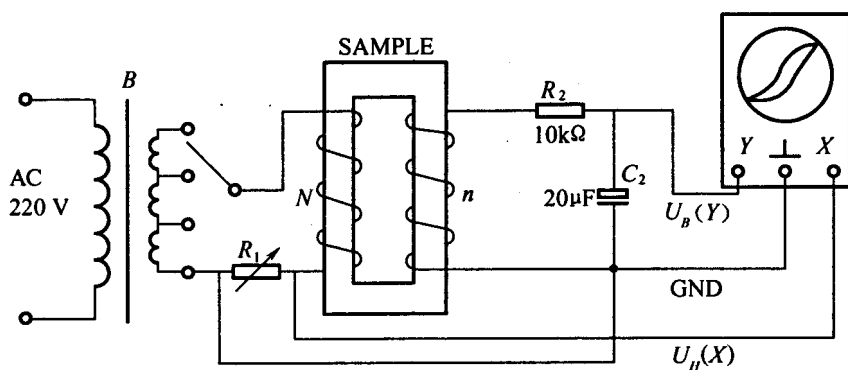


图 2-6 实际测量中的示意线路图

便,在线路中采用了一个隔离降压变压器 B ,以避免后面的电路元件与 220 V 市电直接相连。调压变压器用来调节输入电压 u 以控制磁化电流 i_1 的大小。

【实验仪器】

TH - MHC 型磁滞回线实验仪与磁滞回线测试仪、示波器。

【实验内容及步骤】

1. 电路连接。选样品 1 按图 2-6 所示电路图在实验仪上连接线路,并令 $R_1 = 2.5 \Omega$,“ U 选择”置于零位。 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 $\perp$ ”为公共端。

2. 样器退磁。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 3 V,然后逆时针方向转动旋钮,将 U 从最大值降为 0,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 2-7 所示。

3. 观察磁滞回线。开启示波器电源,使光点位于坐标网格中心,令 $U = 1.5 \text{ V}$,并分别调节示波器 x 和 y 轴的灵敏度,使显示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 2-8 所示,这时可降低励磁电压 U 予以消除小环)。

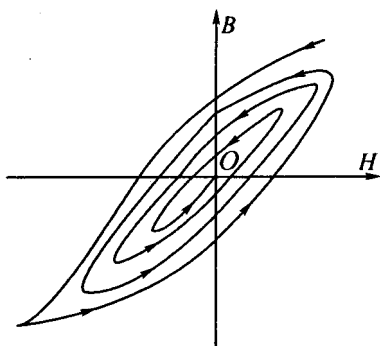


图 2-7 退磁示意图

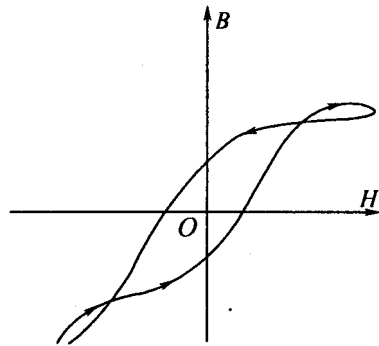


图 2-8 U_H 和 B 的相位差等因素引起的畸变

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,逐挡提高励磁电压,将在显示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。

5.观察、比较样品1和样品2的磁化性能,判定两样品的软、硬磁性。($U=1.5\text{ V}$ 或 $U=2.0\text{ V}$, $R_1=2.5\ \Omega$)

6.测绘 $H-\mu$ 曲线。仔细阅读测试仪的使用说明(见参考资料),接通实验仪和测试仪之间的连线。开启电源,对样品进行退磁后,依次测定 $U=(0.5,1.0,\cdots,3.0)\text{ V}$ 时的10组 H_m 和 B_m 值,并将测量数据填入表2-1中,作 $H-\mu$ 曲线。

7.令 $U=1.5\text{ V}$, $R_1=2.5\ \Omega$,测定样品1的 B_m 、 B_r 、 H_c 和 $[BH]$ 等参数,并测量不同点的 H 和其相应的 B 值(思考如何取测量点,取多少组数据)。

8.取步骤7中的 H 值和其相应的 B 值,用坐标纸绘制 $B-H$ 曲线并对曲线进行分析,同时估算曲线所围面积。

【数据处理】

将实验所得数据填入表2-1、表2-2中,并作数据处理。

表2-1 基本磁化曲线与 $H-\mu$ 曲线

U/V	$H_m \times 10^3 / (\text{A/m})$	$B_m \times 10 / \text{T}$	$(B/H) / (\text{H/m})$
0.5			
1.0			
1.2			
1.5			
1.8			
2.0			
2.2			
2.5			
2.8			
3.0			

表2-2 $B-H$ 曲线

$U=1.5\text{ V}$, $R_1=2.5\ \Omega$, $H_c =$ $B_r =$ $H_m =$ $B_m =$ $[BH] =$

No.	$H \times 10^3 / (\text{A/m})$	$B \times 10 / \text{T}$	No.	$H \times 10^3 / (\text{A/m})$	$B \times 10 / \text{T}$	No.	$H \times 10^3 / (\text{A/m})$	$B \times 10 / \text{T}$

【思考题】

1. 铁磁物质的特点是什么?
2. 什么是硬磁材料,什么是软磁材料?
3. 如何确定磁导率,如何判断铁磁材料的磁滞损耗的大小?
4. 实验中如何对材料进行退磁使材料处于磁中性状态?

参考资料 TH-MHC 型智能磁滞回线测试仪使用说明书

磁滞回线实验组合仪分为实验仪和测试仪两个部分。

1. 实验仪

实验仪配合示波器,即可观察铁磁材料的基本磁化曲线和磁滞回线。它由励磁电源、试样、电路板以及实验接线图等部分组成。

(1) 励磁电源

励磁电源由 220 V, 50 Hz 的市电经变压器隔离、降压后供试样磁化。电源输出电压共分 11 挡,即 0 V, 0.5 V, 1.0 V, 1.2 V, 1.5 V, 1.8 V, 2.0 V, 2.2 V, 2.5 V, 2.8 V 和 3.0 V,各挡电压通过安置在电路板上的波段开关实现切换。

(2) 试样

样品 1 和样品 2 为尺寸(平均磁路长度 L 和截面积 S)相同而磁性不同的两个 EI 型铁芯,两者的励磁绕组匝数 N 和磁感应强度 B 的测量绕组匝数 n 也相同。样品的主要参数为

$$N = 50, n = 150, L = 60 \text{ mm}, S = 80 \text{ mm}^2$$

(3) 电路板

该印刷电路板上装有电源开关、样品 1 和样品 2、励磁电源“ U 选择”和测量励磁电流(即磁场强度 H)的取样电阻“ R_1 选择”,以及为测量磁感应强度 B 所设定的积分电路元件 R_2, C_2 等。

以上各元器件(除电源开关)均已通过电路板与其对应的锁紧插孔连接,只需采用专用导线,便可实现电路连接。

此外,设有电压 U_B (正比于磁感应强度 B 的信号电压)和 U_H (正比于磁场强度 H 的信号电压)的输出插孔,连接示波器,观察磁滞回线波形和连接测试仪作定量测试用。

(4) 实验接线示意图

实验接线示意图如图 2-9 所示。

2. 测试仪

图 2-10 所示为测试仪原理框图,测试仪与实验仪配合使用,能定量、快速测定铁磁性材料在反复磁化过程中的 H 值和 B 值,并能给出其剩磁、矫顽力、磁滞损耗等多种参数。

测试仪面板如图 2-11 所示,下面对测试仪使用说明作简要介绍。

(1) 参数

L ——待测样品平均磁路长度, $L = 60 \text{ mm}$;

S ——待测样品横截面积, $S = 80 \text{ mm}^2$;

N ——待测样品励磁绕组匝数, $N = 50$;

n ——待测样品磁感应强度 B 的测量绕组匝数, $n = 150$;

R_1 ——励磁电流 I_H 取样电阻,阻值为 $(0.5 \sim 5) \Omega$;

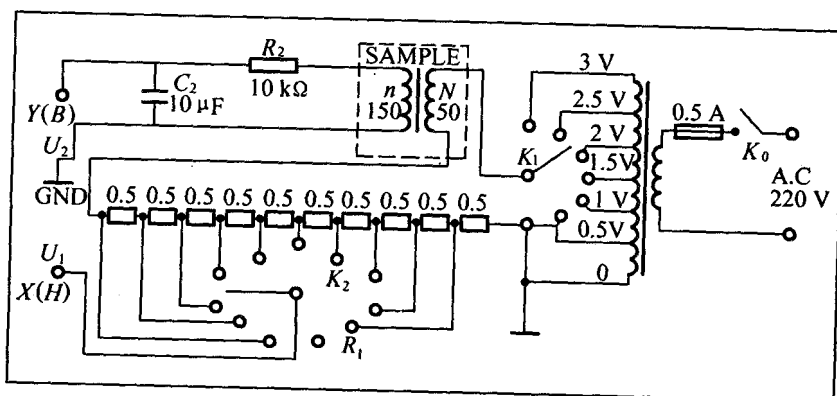


图 2-9 实验接线示意图

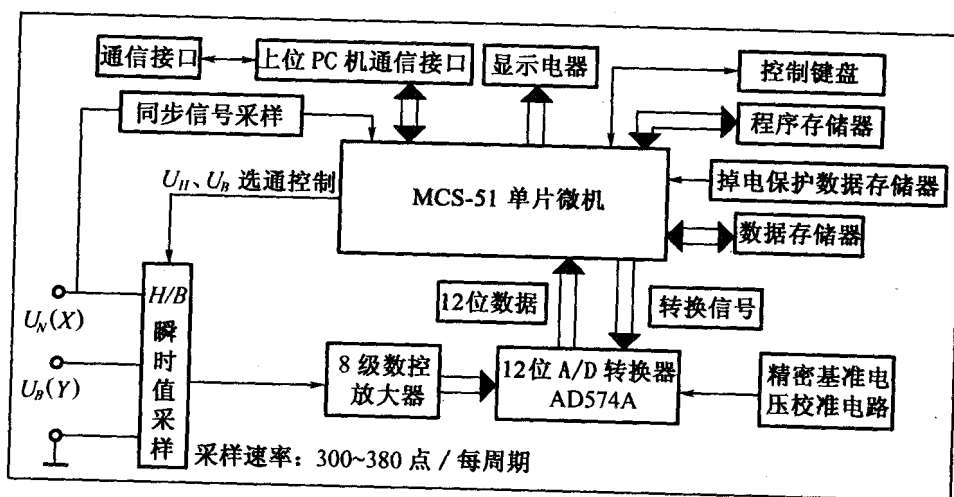


图 2-10 测试仪原理图

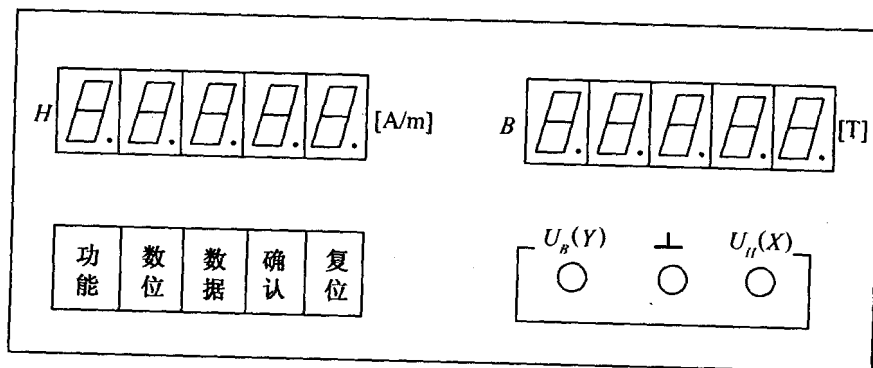


图 2-11 测试仪面板

R_2 ——积分电阻,阻值 10 k Ω ;

C_2 ——积分电容,容量 20 μ F;

U_{HC} ——正比于 H 的有效值电压供调试用,电压范围为 0~1 V;

U_{BC} ——正比于 B 的有效值电压供调试用,电压范围为 0~1 V。

(2)瞬时值 H 与 B 的计算公式

$$H = \frac{NU_H}{LR_1}, \quad B = \frac{U_B R_2 C_2}{nS}$$

(3)测量准备

先在示波器上将磁滞回线显示出来,然后开启测试仪电源,再接通与实验仪之间的信号连线。

(4)测试仪按键功能

①功能键:用于选取不同的功能,每按一次键,将在数码显示器上显示出相应的功能。

②确认键:当选定某一功能后,按一下此键,即可进入此功能的执行程序。

③数位键:在选定某一位数码管为数据输入位后,连续按动此键,使小数点右移至所选定的数据输入位处,此时小数点呈闪动状。

④数据键:连续按动此键,可在有小数点闪动的数码管处输入相应的数字。

⑤复位键(RESET):开机后,显示器将依次巡回显示 P...8...P...8 的信号,表明测试系统已准备就绪。在测试过程中因为外来的干扰出现死机现象时,应按此键,使仪器进入或恢复正常工作状态。

(5)测试仪器操作步骤

①所测样品的 N 值与 L 值

按 RESET 键后,当 LED 显示 P...8...P...8 时,按功能键,显示器将有如下显示。

H	N.	0	0	5	0	B	L.	0	6	0.	0
	千匝	百匝	十匝	个匝			百毫米	十毫米	个毫米	分毫米	

这里显示的 $N = 50$ 匝、 $L = 60$ mm 为仪器最初的设定值。

②所测样品的 n 值与 S 值

按功能键,显示器将有如下显示。

H	n.	0	1	5	0	B	S.	0	8	0.	0
	千匝	百匝	十匝	个匝			百毫米	十毫米	个毫米	分毫米	

这里显示的 $n = 150$ 匝、 $S = 80$ mm² 为仪器最初的设定值。

③电阻 R_1 值与 H 值、 B 值的倍数代号

按功能键,显示器将有如下显示。

H	R.	1.	2.	5	0	B	H.	3	B.	3	
	1 Ω	0.1 Ω	0.01 Ω				H 值与 B 值的倍数代号				

这里显示的 $R_1 = 2.5$ Ω , H 与 B 值的倍数代号 3 为仪器最初的设定值。

注意, H 与 B 值的倍数是指其显示值需乘上倍数,具体计算方法如下。