

摄像录像技术

孙克立 著



警官教育出版社

〔日〕 青木寿一郎 著

李 直 李长嘉 译

王黎杰 杨 军 校

家用录像机的 活用技巧

中国电影出版社

1992 北京

ビデオおもしろ活用術

青木寿一郎

本书根据日本株式会社教育出版中心
1984年版译出

责任编辑：徐 谦

封面设计：张 梅

家用录像机的活用技巧

中国电影出版社出版发行

(北京北三环东路22号)

宏伟胶印厂印刷 新华书店经销

开本：787×1092毫米 1/32 印张：6 插页：2

字数：100000 印数：8000册

1992年12月第1版北京第1次印刷

ISBN 7-106-00696-3/TB·0077 定价：3.20元

前 言

随着科学技术的发展,人民生活水平的提高,电视摄像录像技术在社会生产和生活的各个领域已获得越来越广泛的应用,本书的编写也正是适应了这种形势的需要。

全书内容共十章,主要包括录音录像技术和摄像技术与技巧两大部分。除了讲述录音、录像、摄像、编辑、时基误差校正等有关设备的基本原理外,还着重从应用的角度介绍了设备调整、使用的方法和摄像技巧等有关问题。

本书是笔者在多年的工作实践和教学实践基础上,并参阅了大量国内外有关技术资料编写而成的,具有系统性、理论性和实用性。在编写中力求做到言简意赅、图文并茂、深入浅出、通俗易懂。在讲明基本概念与原理的基础上,注意综合进一些具有实用价值的应用技能。

此书既可作为高等院校无线电技术类专业课的教材,也可供从事和应用摄录像技术的有关专业人员进行自学和业务培训的教材。

为帮助读者巩固所学内容,每章内容后附有习题。

本书承蒙深圳市东辉实业股份有限公司陈显旋总裁的大力资助,借此机会,谨表谢忱。

书中如有不妥之处,恳请读者提出宝贵意见。

作者

1993.5

目 录

第一章 磁记录的基本原理.....	(1)
引言:从录音机和录像机谈起	(1)
第一节 磁记录中用到的几个基本概念.....	(2)
第二节 铁磁物质的磁化特性.....	(4)
第三节 磁性记录原理	(10)
第四节 磁性重放原理	(12)
第五节 不同频率的信号对磁带的磁化情况	(14)
第六节 消磁原理	(24)
第七节 磁性录放过程中的各种损失	(27)
第八节 实际的重放磁头输出特性	(36)
第二章 录音	(39)
第一节 偏磁录音原理	(39)
第二节 偏磁和消磁电路	(48)
第三节 录音机中频率特性的补偿	(55)
第四节 录音自动电平控制电路	(63)
第五节 录音机的磁——电系统与机械系统综述	(70)
第六节 录音机的机械扫描方式及音频磁迹	(80)
第三章 视频信号的录放特点	(83)
第一节 视频信号的特点及其在录放中所采取的措施	(83)
第二节 调频原理的分析及录像机中调频的特点	(90)
第三节 彩色录像机的多种记录方式	(99)
第四节 低载频、低调制度的调频方式带来的干扰 ...	(108)
第四章 磁带录像机的种类及录像新技术.....	(113)
第一节 磁带录像机的发展及其分类.....	(113)
第二节 横向扫描四磁头录像机.....	(117)
第三节 螺旋扫描式录像机.....	(119)

第四节	有保护带记录方式的螺旋扫描式录像机·····	(121)
第五节	无保护带记录方式(高密度记录方式)的螺旋 扫描式录像机·····	(126)
第六节	模拟分量记录方式的录像机·····	(152)
第七节	数字录像机·····	(154)
第五章	螺旋扫描录像机的机械系统及其日常的维护保养 ·····	(165)
第一节	机械系统的功能及其主要组成·····	(165)
第二节	录像机机械系统参数的确定·····	(179)
第三节	非正常走带重放成像的原理和条件·····	(182)
第四节	盒式录像机及盒式磁带的保护措施·····	(196)
第五节	盒式录像机的维护与保养·····	(206)
第六节	盒式录像磁带的使用与保养·····	(211)
第六章	录像机的视频信号录放系统·····	(214)
第一节	视频信号记录系统的整体组成·····	(214)
第二节	亮度信号记录电路·····	(218)
第三节	色度信号记录电路·····	(241)
第四节	记录信号向磁头的传送,磁头信号向重放电 路的传送·····	(246)
第五节	视频信号重放系统的组成·····	(248)
第六节	亮度与色度信号共用的重放通道·····	(250)
第七节	亮度信号重放电路·····	(255)
第八节	色度信号重放电路·····	(278)
第九节	高密度记录方式录像机的色度信号的记录与 重放电路·····	(288)
第七章	录像机的伺服系统·····	(298)
第一节	伺服系统概述·····	(298)
第二节	电机的速控及测速测相装置·····	(307)
第三节	鼓伺服与主导伺服电路的组成·····	(313)
第四节	基准信号的形成·····	(316)

第五节	磁鼓伺服系统·····	(320)
第六节	控制磁迹信号(CTL 信号) ·····	(333)
第七节	主导伺服系统·····	(338)
第八节	数字伺服系统·····	(347)
第九节	磁带张力伺服·····	(353)
第八章	磁带录像节目的编辑·····	(359)
第一节	磁带录像节目的编辑方法·····	(359)
第二节	简单编辑所产生的问题·····	(366)
第三节	采用旋转消磁头·····	(368)
第四节	电子编辑的定时·····	(370)
第五节	实现电子编辑对录像机伺服系统的要求·····	(372)
第六节	磁带录像节目编辑的基本工作程序及有关的 注意事项·····	(381)
第九章	录像机重放信号的时基误差校正·····	(387)
第一节	时基误差校正器的种类·····	(387)
第二节	模拟式时基误差校正器的基本原理·····	(391)
第三节	数字电视基础·····	(395)
第四节	数字时基误差校正器·····	(400)
第十章	摄像技术与技巧·····	(409)
第一节	电视摄像机的分类·····	(409)
第二节	电视摄像器件·····	(413)
第三节	电视摄像机的基本组成·····	(421)
第四节	彩色摄像机的光学系统·····	(432)
第五节	彩色摄像机的视频信号处理电路·····	(443)
第六节	彩色摄像机的调整和使用·····	(467)
第七节	彩色摄像的照明·····	(484)
第八节	摄像景别及构图原则·····	(487)
第九节	几个常用的摄像技巧·····	(492)
第十节	对摄像人员的几项基本要求·····	(501)

第一章 磁记录的基本原理

引言：从录音机和录像机谈起

众所周知，磁带录音机可用来记录和重放声音信号。如图 1-1 所示。

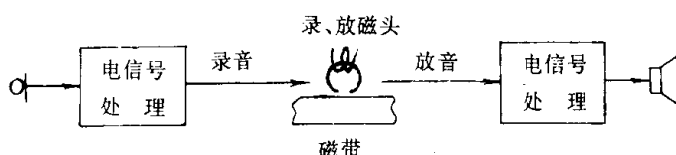


图 1-1 录音及放音

由此看出，录音机是利用磁记录的基本原理，完成声信号、电信号、磁信号在一定条件下的相互转换。

至于磁带录像机，其功能又进了一步。它能够把景物的图像信号与声音信号同时记录在磁带上储存起来，同时又能从磁带上把景物的图像与声音信号重放出来。通常把磁带录像机 (Video Tape Recorder) 简称 VTR。如图 1-2 所示。

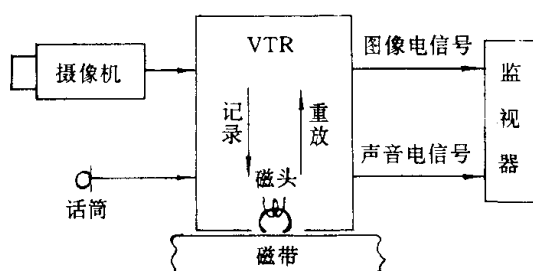


图 1-2 利用 VTR 进行图像与声音信号的录放

由此可见，磁带录像机与录音机一样，也同样是利用磁记录的基本原理，完成景物的光和声信号、电信号、磁信号在一定条件下

的相互转换。

为此,在我们分析录音机与录像机的基本原理和电路之前,首先需要阐明磁记录的基本原理,也就是关于电磁转换、信号的记录、重放及消磁的基本原理和一般所遵循的规律。

第一节 磁记录中用到的两个基本概念

一、电磁转换现象

在任何一个磁记录的设备中发生的主要物理过程就是电磁转换。究竟电与磁之间是怎样互相转换的呢?

物理学实验表明:在通有电流的导线周围会产生磁场,它可以使放置在导线附近的指南针偏转。

如果导线绕成如图 1-3 所示的螺线管的形状,那么它所产生的磁场就如同普通的条形磁铁一样。磁场的作用可用闭合的磁通线来表示,磁通线的方向由电流方向确定,它与电流的关系符合右手螺旋定则。磁场的大小通常用磁场强度 H 来表示。其大小与螺线管中的电流 I 及线圈的匝数 N 成正比。

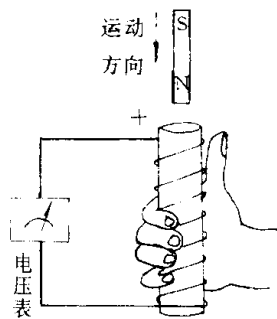
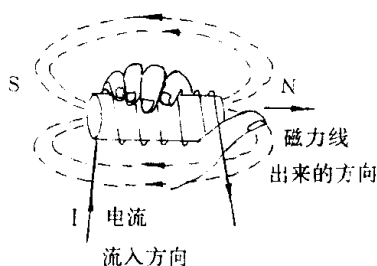


图 1-3 通电螺线管产生的磁场 图 1-4 磁通的变化产生感应电动势

如果螺线管中通入的是交变电流,那么磁场的强度及方向也将跟随交变电流而发生相应的变化。

电流周围存在着磁场,这种现象通俗地叫做“电生磁”现象。电磁铁、电动机就是根据这一原理制成的。

实验还证明,当把一根条状永久磁铁很快地插入线圈或从线圈中抽出时,线圈中的磁通发生着增加或减少的变化。此时,可看到电压表的指针发生偏转。但若磁铁不动,即使是插在螺线管中间,电压表上也没有指示。这说明只有当线圈中的磁通发生变化的时候,才会产生电压,这个电压称为“感应电压”或“感应电动势”,这种现象称为电磁感应现象。如图 1-4 所示。

根据法拉第电磁感应定律,感应电压的大小与产生该感应电压的磁通变化率成正比。

根据磁场的惯性定律——楞次定律,感应电压总是要力图保持磁场的原状,或者说是感应电压的极性总是企图阻止感生它的磁通的变化。

据此,我们得到感应电压的大小和极性可用以下的公式来表示:

$$e_{\text{感}} = -N \frac{d\varphi}{dt} \quad (N \text{ 为线圈匝数, } \varphi \text{ 为磁通})$$

确定感应电动势或感应电流的方向可利用右手定则。

磁场的变化能在导线中产生感应电流,这种现象通俗地叫做“磁生电”的现象,发电机正是利用这个原理而制成的。

磁记录也正是利用了“电生磁,磁生电”的原理而实现的。

二、物质在磁场中的磁化

在外磁场的作用下,某些物质会被磁化,它所具有的磁性强弱可用磁感应强度 B 这个向量来表示。

$$B = \mu H$$

其中 μ ——导磁系数(导磁率,亨/米)

H ——磁场强度(磁化力,安/米或奥斯特)

B ——磁感应强度(磁通密度,韦伯/米² 或高斯)

磁感应强度 B 及磁场强度 H 均为向量。在均匀介质中,磁场强度的方向和磁感应强度的方向是一致的。

经实验确定,自然界物质的 μ 值差异很大。真空的导磁率 μ_0 是一个常数, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米。空气的导磁率与真空的导磁率

基本相近。某种物质的导磁率 μ 与真空导磁率 μ_0 的比值,称为该物质的相对导磁率 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$,它是一个没有单位的比例常数。根据 μ_r 值的大小不同,大致可以分为以下三种物质。一类为顺磁物质,如锰、铬、铂等,其相对导磁系数 μ_r 值略大于 1;另一类为抗磁物质,如水银、铜等,其相对导磁系数 μ_r 值略小于 1,它们均属于非磁性材料。而另一类是铁磁物质,如铁、镍、钴及其合金等,其相对导磁系数 μ_r 值远远大于 1,往往可达几千甚至几万。这类物质被称为磁性材料。

由于磁性材料的导磁率比非磁性材料的导磁率高得多,因此在相同磁化力的作用下,在磁路其它条件均相同的情况下,磁性材料的磁阻要小得多,磁通也就容易在其中通过,故可产生较大的磁感应强度。由于这一特点,在制造电磁器件时,磁性材料就是必不可少的。

铁磁物质在磁场中的磁化表现出一些特殊的性质,在下一节内容中我们将专门研究这些特性。

第二节 铁磁物质的磁化特性

一、铁磁物质的结构特点

铁磁物质从微观上可以看做是由许许多多很小的磁分子组成的。磁分子就好像小磁铁一样,一端是 N 极,一端是 S 极,形成分子磁矩。这种磁矩可以认为是由物质原子内的电子绕原子核旋转及电子本身的自旋而形成的。由一定数量的磁分子所构成的微小体积元(体积为 10^{-6} — 10^{-9} 厘米³,约含有 10^{13} — 10^{15} 个原子)内,各分子磁矩的方向相同,即达到饱和磁化状态,这种体积元叫做磁畴,具有磁畴磁矩。在相邻的磁畴之间存在着磁矩方向逐渐改变的过渡层,称为磁畴壁。如图 1-5 所示。

当铁磁物质未被磁化时,各磁畴的磁矩取向是杂乱无章的,所以铁磁物质对外不显示出磁性。

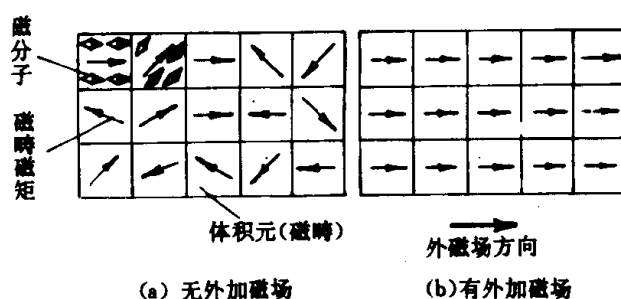


图 1-5 铁磁物质的磁畴结构及磁化

当铁磁物质受到外加磁场的作用,磁畴的状态就会发生以下两方面的变化:其一,磁畴体积发生变化。其二,磁畴磁矩方向发生变化。而这后一方面的变化,又是最主要的。各个磁畴磁矩的方向逐渐沿着外磁场的方向转向排列,外磁场越强,转向于和外磁场方向一致的磁畴数目也就越多。由于产生了一个与外加磁场方向一致的附加磁场,所以总的磁场就增加了。当外加磁场足够强时,所有磁畴磁矩的取向均与外磁场的方向取得一致,达到饱和磁化状态,此时附加磁场可比外加磁场强几十倍,甚至几千倍以上,使总磁场达到很大的数值。这时,铁磁物质已被磁化,并对外显示出磁性。

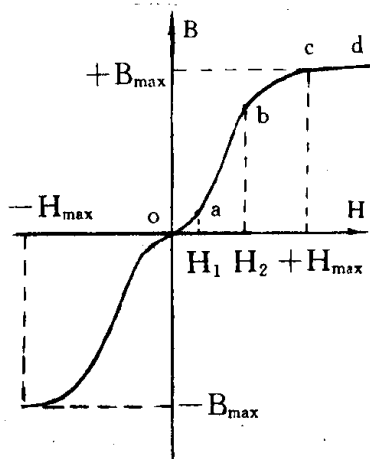


图 1-6 初始磁化曲线

二、铁磁物质的磁化过程与磁化曲线

磁化曲线是用作图的方法来表示铁磁物质在磁化过程中 B 与 H 之间变化关系的曲线。它可通过实验的方法测得。

(一) 初始磁化曲线

未经磁化的铁磁物质受到一个由零向正或负的方向单调增加的外加磁场的作用所得到的 $B-H$ 曲线,称为初始磁化曲线,如图 1-6 所示。

由图中看出,当 H 较小时($H < H_1$), H 由零逐渐增大, B 增加得较慢(oa 段),这是由于磁畴的惯性作用,在较小的 H 作用下,磁畴磁矩还不能迅速转向外加磁场的方向。当 H 继续增大时($H_1 < H < H_2$), B 随 H 的增加而呈线性增大(ab 段),这是由于大量的磁畴磁矩迅速地沿着外加磁场的方向转向排列。当 H 继续增大到大于 H_2 以后, B 的增加又变得很缓慢(bc 段),这是因为此时大部分磁畴磁矩已转向到外加磁场的方向, H 再增加, B 的变化也不会太大。当 H 增大到 $+H_{ax}$ 以后,即使 H 值再增加, B 几乎不再增加(cd 段),铁磁物质已达到了饱和磁化状态,而具有最大的磁感应强度 $+B_{max}$,这时,所有磁畴磁矩的取向均已与外加磁场的方向一致。

同理,我们也可以测得当 H 由零向负方向单调增加时的 $B-H$ 曲线。不同的铁磁物质,有着不同的初始磁化曲线,其 B 的饱和值也不相同,但同一种材料,其 B 的饱和值则是一定的。

(二)磁滞回线

铁磁物质在交变磁场的作用下所形成的 $B-H$ 闭合曲线,称为磁滞回线。

假如外加磁场强度循环地在正的某极大值 H_{max} 与等值 $-H_{max}$ 间变化。当 H 由零向 H_{max} 增加时,呈中性状态的铁磁物质在第一次磁化时仍沿初始磁化曲线磁化并达到饱和,如图 1-7(a)中的 $0 \sim 1$ 段。此后,外加磁场 H 逐渐减小至零,但这时去磁过程并不按原初始磁化曲线的路径返回,而是沿另一条曲线 $1 \sim 2$ 下降,当 H 为零时, B 并不等于零,而是下降到大于零的某一值 B_{rm} ,称为剩磁感应强度,简称剩磁(B_{rm} 为最大剩磁)。要想使这一剩磁消去,必须加一反方向的磁场, B 将沿曲线 $2 \sim 3$ 变化。使 B 降为零时所加的反向磁场 $-H_c$ 称为矫顽磁场强度,简称矫顽磁力。此后,当 H 继续向反方向增加时,则开始反方向的磁化,当 H 达到 $-H_{max}$ 时, B 可达 $-B_{max}$ 而进入饱和状态(曲线 $3 \sim 4$ 段)。进一步将反方向的磁场强度 H 减小到零时, B 依然回不到零值,而留有剩磁 $-B_{rm}$ (曲线 $4 \sim 5$ 段),直到 H 向正方向增加至 $+H_c$

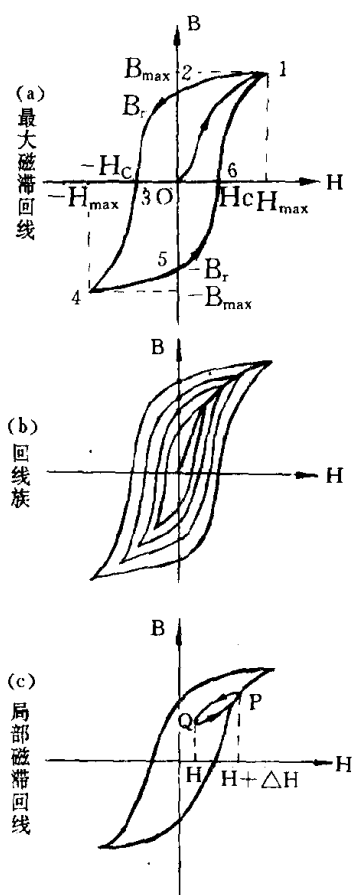


图 1-7 磁滞回线

值时,这一剩磁才消失(曲线 5~6 段),以后随着 H 向正方向的继续增加,又沿着曲线 6~1 正方向磁化重新达到饱和点 1。从而完成了磁化、去磁、反向磁化及再去磁、再磁化等过程而构成一个循环,形成如图 1-7(a)所示的闭合曲线 1→2→3→4→5→6→1。这个闭合曲线就叫做磁滞回线。对于不同峰值的外加磁场,可以得到不同大小的一系列闭合的磁滞回线,称为回线族,参看图 1-7(b)。能使磁性材料达到饱和所得到的磁滞回线称为饱和磁滞回线(又称主磁滞回线,最大磁滞回线),这时剩磁 B_r 和矫顽磁力 H_c 具有最大值。而当交变磁场的峰值小于 $|\pm H_{\max}|$ 时所得到的各个磁滞回线就称为小磁滞回线。若磁场在 H 与 $H \pm \Delta H$ 之间一个小范围内变化所得到的曲线就

称为局部磁滞回线,如图 1-7(c)中的曲线 $Q \sim P \sim Q$ 所示。

通过对磁滞回线的观察分析可以看出:铁磁物质在反复磁化的过程中,磁感应强度 B 的变化始终落后于磁场强度 H 的变化,当 H 到达零时, B 还没有到零,当 H 开始反向增大时, B 还没有反向,这种磁的滞后现象就称为磁滞现象。这也正是磁滞回线名称的由来。

由图中我们还可以看到,铁磁物质在受到一定的磁场强度 H 的作用时,能产生相应数值的磁感应强度 B ,而当外磁场消失后,由于磁滞现象,铁磁物质中的磁感应强度不为零,而是保留相应的

剩磁 B_r 。所加外磁场的峰值不同,剩磁 B_r 也不同。

磁滞现象之所以产生,是由铁磁物质的结构特点所决定的。由于铁磁物质在磁化的过程中磁畴磁矩要发生翻转,这种翻转要受到一定的摩擦阻力。在有外磁场作用时,外磁场产生的磁力能够克服这种摩擦阻力;而在外磁场停止作用后,这种摩擦阻力就会阻止磁畴磁矩力图返转恢复到原有的方向,从而使磁畴磁矩的取向停留在某种状态,恢复不了原状而留下剩磁。

磁滞现象是磁记录的理论基础,它表明磁性材料具有记忆特性,正是由于这一特性才使磁性记录成为可能。

(三)剩磁特性曲线

磁性材料的磁化特性还可以用剩磁感应强度 B_r 与磁场强度 H 之间的关系来表示。如图 1-8 所示,称为剩磁特性曲线,它可由前述的磁化曲线转化而来。

B_r — H 曲线是磁滞现象的集中反映。它与初始磁化曲线一样,整个特性曲线并不是线性的,只有中间一段近似为线性段。

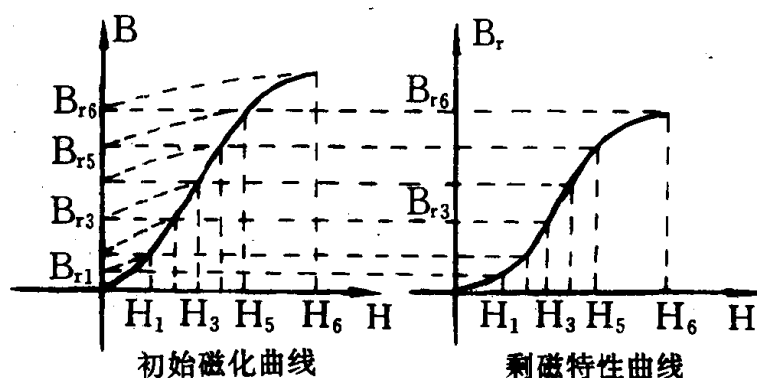


图 1-8 剩磁特性曲线

因此,在磁记录技术中,应考虑如何充分利用此线性段来获得失真小、剩磁输出大的剩磁转换特性,以达到预期的录放效果。

三、软磁性材料与硬磁性材料

不同的铁磁物质有着不同的磁滞回线,它反映出不同铁磁物质的磁特性,对如何应用各种磁性材料提供了一个很好的依据。

B_r 、 H_c 是反映磁性材料特性的重要物理量。 B_r 表示材料被磁化后保留剩磁的强度,而 H_c 则说明材料保持这个剩磁的能力。

(一)软磁性材料

磁滞回线瘦长,回线面积较小,剩磁不大,矫顽力也小,易于磁化,易于去磁,不具备永磁特性,外磁场一旦去掉,就基本不显任何磁性。这样的材料通常称为软磁性材料。如硅钢、铁镍合金、坡莫合金、纯铁等。常用来做电机变压器、继电器的铁芯。录音、录像中用的磁头铁芯也是用软磁性材料制成的。

(二)硬磁性材料

磁滞回线宽胖,回线面积较大,剩磁大,矫顽力大,必须用较强的外加磁场才能使它磁化,但外磁场去掉后可保留很大的剩磁,磁滞特性明显,这样的材料通常称为硬磁性材料。如碳钢、钴钢、二氧化铬等。可用来做永久磁铁。磁记录中磁带表面的磁性层是用来记录储存信息的,因此也必须用硬磁性材料制成。

图 1-9 中表示出了上述两种不同材料的磁滞回线。

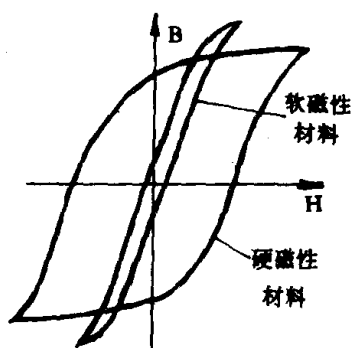


图 1-9 软磁性材料与硬磁性材料

综上所述,铁磁物质在磁场中的磁化表现出如下的一些特殊的性质:

若在磁场中放入铁磁物质,在铁磁物质中的磁感应强度 B 将比不放铁磁物质时的 B_0 增大数百甚至数千倍,即使磁场大大增强。

磁场中放入铁磁物质后,铁磁物质中的磁感应强度 B 和磁场强度 H 之间不再是简单的线性关系,而是非线性函数关系,即铁磁物质的导磁率 μ 并不是常数,它取决于磁化过程。

铁磁物质被磁化后,由于磁滞现象当它离开磁场后,仍保留下与磁化磁场方向和大小相对应的剩磁,剩磁的大小随材料不同而有很大的差异。

第三节 磁性记录原理

一、磁头与磁带

磁头与磁带是磁记录中必不可少的环节。

磁头的基本构造如图 1-10 所示。它是在一个带有狭窄缝隙(工作缝隙)的环状铁芯上绕有一组线圈的电磁铁,铁芯是用软磁性材料制成的。它的主要作用是要形成集中的较强的记录磁场或重放磁场,故必须 μ 值大,容易磁化而产生强磁场,但外磁场去掉后不应留有剩磁,否则它所形成的磁场将不能准确地跟随信号电流的大小而变化,影响录放效果。

磁带分为磁性层和带基两部分。它是在聚酯薄膜等塑料带基上用粘合剂均匀涂敷由硬磁性材料制成的粉末来作为磁性层。用作磁性层的材料有伽玛三氧化二铁($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)和二氧化铬(CrO_2)等。颗粒呈椭圆形。如图 1-11 所示。

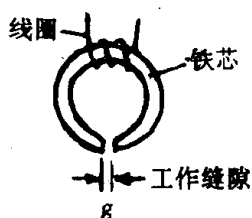


图 1-10 磁头

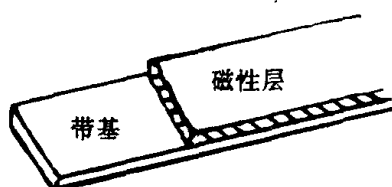


图 1-11 磁带

二、磁性记录原理

(一)记录过程

图 1-12 示出了记录过程的磁头——磁带系统示意图。

我们把要记录的信号电流送入磁头线圈,铁芯中就会感应出与信号电流方向相对应,大小成比例的磁通。由于磁力线永远是闭合的,磁力线必然由铁芯的一端渡越到另一端,但因工作缝隙处的磁阻较大,磁力线不易通过,故而形成外溢磁场(即漏磁场)。当磁带与磁头接触时,低磁阻的磁性层将缝隙处的外溢磁场旁路,即铁