

BOOKS

GUANGBOBOKONGSHEBEI

邵昌耀 主编

广播播控设备

中国广播电视出版社

广播电视中等专业学校试用教材

广 播 播 控 设 备

主 编 邵昌耀

副主编 陈进先 王泽祥

中国广播电视出版社

广播电视中等专业学校试用教材

广播播控设备

邵昌耀等 编

•

中国广播电视出版社出版

北京大兴沙窝店印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

•

787×1092毫米 16开 24.75印张 590(千)字

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数: 1——5500册 定价: 10.50元

ISBN 7-5043-0017-9/TN·8

出版者的话

为了适应广播电视中等教育事业发展的需要,改变教材严重缺乏的局面,广播电影电视部教材编审委员会组织力量编写了一批中专工科教材,并由中国广播电视出版社出版,公开发行。这批专业教材有:《广播声学》、《广播播控设备》、《有线广播技术》、《电视播控设备》、《彩色电视摄像机》、《录像设备》、《数字电视》、《微波技术基础》、《微波中继原理和设备》,共九种。在教材编写过程中,力求做到立论正确、概念清楚,理论联系实际。

这批教材暂作试用教材,适于招收初中毕业生、学制为四年的学校使用。鉴于目前各学校招生对象、学制、专业划分和课程设置不尽相同,各校可根据情况选用。设有近似专业的其他中等专业学校和职业高中也可选用本教材。

这批教材还可以作为干部培训的中级教材和职工自学的参考书,也可以供具有高中文化程度和一定无线电基础知识的读者阅读。我们殷切希望广大读者对本教材提出意见和建议,帮助我们做好教材出版工作。

前 言

本书是由广播电影电视部教材编审委员会组织编写的教材，供中等技术学校使用，亦可供从事广播、电视、唱片、电影、电化教育工作的声频、电声技术人员参考。

全书共分八章。第一章论述了磁性录音的基本原理，分析了磁带与磁头的各项参数，系统地介绍了录音机的放大电路、电动机及控制电路的工作原理，并对一些典型电路进行了分析；第二章介绍了唱片的基础理论以及电唱盘、拾音器的工作原理；第三章着重叙述了调音控制台内各种电路的工作原理，并对专业用立体声调音控制作了全面分析，还介绍了监听机、音量表和相关表的一般原理和技术参数；第四章介绍了总控制室的概况，各种常用网络的计算，节目交换器件及矩阵的一般原理，并对线路放大器电路进行了分析；第五章叙述了各种声处理器的一般工作原理，并着重介绍了它在节目录制中的应用；第六章论述了传声器的性能特点及拾音的基本原则，然后分别介绍了语言录音、广播剧录音、室内文艺节目录音和外出实况录音的技术设施和拾音方法，并列举了一些录音实例供读者参考；第七章介绍了声频设备测量的单位、术语以及基本原则，详细介绍了调音台、录音机和声频通路的测试方法；第八章介绍了数字录音技术，讲述了PCM（脉冲编码调制）录音机的基本原理和构成，以及CD唱机的工作原理及技术数据。

本书由中国国际广播电台邵昌耀主编，副主编为陈进先、王泽祥，参加编写的有：费建星、韩进明、丁伦钊、孙迎年、林桂芳、朱起林、欧阳铭、简燕屏、田国宾、田玉山。关念芦负责大部分文稿的抄写和大量图表的绘制。

中央人民广播电台阎凤伦总工程师审阅了部分初稿，在此谨表衷心感谢。

由于编者水平有限，时间较紧，书中难免存在缺点和错误，希望读者提出批评指正。

编 者

1989年1月于北京

目 录

第一章 磁性录音与放音	(1)
1-1 概论	(1)
1-2 电磁基本知识	(3)
1-3 录音、放音和消音原理	(6)
1-4 录放音过程中的各种损耗和补偿	(17)
1-5 磁带	(31)
1-6 磁头	(39)
1-7 磁性录音机的放大电路	(49)
1-8 录音机的电动机和传动机构	(92)
第二章 唱片及其放音设备	(117)
2-1 唱片录音的发展	(117)
2-2 唱片的制作过程	(118)
2-3 刻纹	(119)
2-4 唱片录音的特点和条件	(121)
2-5 唱片的转速和振幅	(124)
2-6 唱片的录音频率特性	(124)
2-7 电唱盘	(128)
2-8 拾音器	(133)
第三章 播控系统与调音控制台	(146)
3-1 播控系统概况	(146)
3-2 调音控制台	(149)
3-3 节目的监测与监听	(193)
第四章 总控制室	(215)
4-1 概况	(215)
4-2 衰减网络与阻抗匹配网络	(216)
4-3 线路分配	(229)
4-4 线路交换元件	(232)
4-5 线路放大器	(241)
4-6 广播报时设备	(248)
4-7 音频变压器	(249)
第五章 信号处理设备	(255)
5-1 均衡器	(255)
5-2 延时与混响设备	(260)

5-3	压缩、限制器与扩张器	(268)
5-4	降噪系统	(269)
5-5	动态降噪系统DNR	(279)
第六章	节目录制技术.....	(281)
6-1	基本知识	(281)
6-2	语言节目的录制	(295)
6-3	广播剧的录制	(297)
6-4	室内文艺节目录音技术	(301)
6-5	实况录音技术	(310)
第七章	声频设备的测量	(324)
7-1	常用名词术语和单位	(324)
7-2	四种常用测量仪器	(328)
7-3	测量中应注意的事项	(330)
7-4	调音台的测量方法	(333)
7-5	广播录音机测量方法	(339)
7-6	广播声频通路的测量方法	(347)
第八章	数字声频技术.....	(357)
8-1	数字化声频技术的基本原理和术语	(357)
8-2	PCM 录音机的方框图及说明	(362)
8-3	激光唱片简介	(366)

第一章 磁性录音与放音

1-1 概 论

一、磁性录音技术的概述

记录声音的方法，概括起来可分为三类：①机械录音；②光学录音；③磁性录音。

机械录音是历史上最早出现，并得到广泛使用的一种录音技术。其基本原理是：将声音信号变换为机械振动，然后在录音载体上刻上纹条记录下来。

光学录音的原理是：将声音信号的变化转换为光的变化，然后记录在软片上。这种录音方法较复杂，主要用于影片录音。

磁性录音原理是：将声音信号的变化转换成磁性变化，然后记录在磁性载体上。

磁性录音与其它两种录音方法比较起来，具有录制剪接方便，可反复录制，磁带可反复使用，性能优良等特点。目前，磁性录音已成为存储（记录）声音信号最主要和最常用的手段，已广泛应用于广播电台、电视台、电影制片厂以及科研、军事、医疗、电教、情报等许多部门，是电声系统的重要组成部分。随着科学技术的发展和普及，磁性录音机已深入到人们的日常生活中来。

二、磁性录音技术的发展简史

磁性录音在我国是一门年轻的科学。目前已被人们所重视，并开始广泛应用在各种科学技术部门和人们日常生活之中。

1898年，丹麦哥本哈根电话公司工程师华德曼·波尔森，发明了人类历史上第一架钢丝录音机。尽管这架录音机的电声指标不高，但它却揭开了磁性技术的序幕。

由于当时科学技术条件的限制，磁性录音的实用效果却比不上机械录音。因此，在很长一段时间内，磁性录音技术发展十分缓慢。直到第二次世界大战末期，由于广播、通信技术的迅速发展以及军事上的急需，磁性录音技术才得到迅速发展。

1907年，由V·波尔森和他的助手P·O·比德森，首先提出在磁性录音机上采用直流偏磁录音方法。三极电子管的发明为录音机的实际应用开辟了道路。

1927年，由美国海军研究所W·L·加里森和G·W·卡彭特，发现了磁性录音的交流偏磁方法的重要理论。同年（即1927年），由德国的A·纳扎里斯维利，首先提出用磁性粉末材料作为录制信号的载音体的设想。同年，J·A·欧尼尔首先采用纸作为带基，并涂上了磁性粉末，不久又研制成功了醋酸带基、涤纶塑料带基的优质磁带，并制成了专业用录音机。

1950年，美国科学家M·卡姆拉斯，又发明了针状 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁粉作为磁性录音介质。它明显地提高了磁带的质量指标，不仅性能稳定，而且记录可靠，对磁性录音技术的发展，作出了突出的贡献。

1958年，瑞士制成了纳格拉全晶体管便携式磁带录音机，从而为磁性录音机的小型化和

普及开创了新的前景。

1963年,荷兰飞利浦公司首先研制成功了盒式录音机,其结构得到国际上承认,成为一种制式与盘式录音机并存。这种录音机装卸磁带象放唱片一样方便,深受各国的重视和人们的普遍欢迎。在很短的时间内,各类盒式录音机、收录两用机、多用录音机竞相争艳。随着集成电路的出现,能装入口袋内的微型盒式录音机也相继问世。从此出现了录音机蓬勃发展的繁荣局面。

60年代末,又出现了更高质量的脉码调制录音机,它完全打破了传统的模拟记录的概念,信号是按一定时间间隔取样编码,然后把数码记录在磁带上,从而克服了机械引起的寄生调幅和传输过程中的幅度干扰。重放时通过译码器把记录在磁带上的编码信息还原成声音,从而得到高质量的重放声音。

三、磁带录音机的种类

磁带录音机的种类繁多,形式各异,因此分类方法也是多种多样的。例如,按其结构或形状可分为落地式录音机(用于广播、电影及原版唱片制作)、立柜式录音机、台式录音机、便携式录音机、袖珍式录音机等;按功能不同可分为单放机(只能放音)、录放两用机、多用录音机和特殊录音机等等;如果按使用磁带及卷绕磁带的方式不同,则可将目前常见的磁带录音机分为三大类。

(一) 盘式录音机(也称开盘式录音机)

它是指使用金属或塑料盘心和盘架,分别作供带盘和卷带盘的录音机。带宽通常为6.25毫米,带速为38.1厘米/秒、19.05厘米/秒、9.53厘米/秒和4.75厘米/秒。这种录音机质量高,稳定性好,但装卸磁带不便,而且体积较大,不便于携带。

(二) 盒式录音机

它是指使用一定规格盒带的录音机。这种录音机的磁带,装在1个特制的塑料小盒或金属小盒子里,盒内有2个平行的盘心,磁带卷绕在盘心上。根据磁带盒的尺寸不同,可将盒式录音机分为以下几种:

1. 大盒式录音机:它采用150毫米×106毫米×13毫米的盒带,带宽为6.25毫米,带速为9.53厘米/秒或19.05厘米/秒。
2. 普通盒式录音机:它采用100.4毫米×63.8毫米×8.6毫米的盒带,带宽为3.66毫米至3.81毫米,带速为4.75厘米/秒。
3. 微型盒式录音机:它采用50.2毫米×33.5毫米×8.15毫米的盒带,带宽为3.66毫米至3.81毫米,带速为2.38厘米/秒或4.75厘米/秒。

(三) 卡式录音机

它是指使用卡带的录音机。按规定将磁带卷绕在带卡的一个盘心上,能够循环走带。带卡的尺寸通常为133.35毫米×107.95毫米×72.35毫米,带宽为6.25毫米,带速为9.53厘米/秒或19.05厘米/秒。

四、磁带录音机的基本构成

磁带录音机的基本结构,如图1-1-1所示。

一部完整的现代磁带录音机,一般是由下列七个部分组成的,即磁头(消音磁头、录音

磁头、放音磁头)、走带机构(包括主导电机供带电机、卷带电机和传动机构)、录音放大器、超音频振荡器、放音放大器、电源装置以及录音磁带。

音频信号经过录音机的录音放大器放大,频率预校正,并与超音频振荡器供给的偏磁信号叠加后,输送到录音磁头线圈。于是,在录音磁头工作缝隙中就产生了随音频信号变化的磁场。当磁带通过该工作缝隙时,磁带的磁层(磁粉)即被这一磁场磁化,便留下了随音频信号变化的剩磁。这一过程称为磁性录音,简称“录音”。

当录音磁带经过放音磁头的工作缝隙时,磁头线圈内就感应出电压,此电压经过放音放大器放大和频率校正后,即可重放出原来录制的音频信号。这一过程称为“放音”。

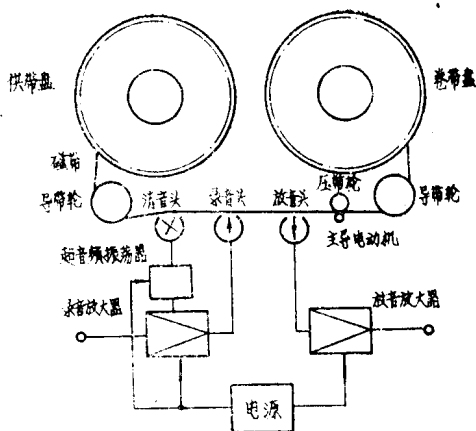


图 1-1-1 磁带录音机的基本结构

1-2 电磁基本知识

磁带录音机的工作原理,是建立在电、磁在一定条件下能相互转换基础上的,它包括记录信号的载体——磁带,又有进行电磁转换的磁头,所以要了解磁性录音和放音原理,就必须对电工基础课中有关电磁现象及铁磁物质的磁化特性等方面的知识进行复习。

一、磁感应强度

磁感应强度 B 是个向量,用它来表示磁场中各点的强弱和方向。在磁场中,某一点的磁感应强度是用磁场垂直方向的载流导线所受的力 F 与导线中的电流 I 及该导线的有效长度 L 的乘积的比值来表示的,即

$$B = F / IL$$

当 $I = 1$ 安培, $L = 1$ 米, $F = 1$ 牛顿时,磁感应强度定为 1 “特斯拉”,即

$$1 \text{ 特斯拉} = 1 \text{ 牛顿/安} \cdot \text{米} = 1 \text{ 韦伯/米}^2 (\text{Wb/m}^2)$$

在 CGS 制中,磁感应强度用“高斯”来表示,它与特斯拉的关系为,

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 特斯拉或 } 1 \text{ 韦伯/米}^2 = 10^4 \text{ 高斯}$$

二、磁 通

磁通是表示磁场在空间分布的磁感应线的疏密状况及各点磁感应强度的大小。它是磁感应强度 B 和它的垂直方向的面积 S 的乘积,用 ϕ 表示,在均匀磁场中

$$\phi = B \cdot S$$

当 $B = 1$ 特斯拉, $S = 1 \text{ 米}^2$, 则磁通 ϕ 为 1 韦伯,用符号“Wb”表示。

$$1 \text{ 韦伯} = 1 \text{ 特斯拉} \cdot \text{米}^2$$

在 CGS 制中, 磁通 ϕ 用“马克斯韦”表示, 简称“麦”, 用符号“ M_x ”表示。

$$1 \text{ 麦} = 10^{-8} \text{ 韦伯}, 1 \text{ 韦伯 (Wb)} = 10^8 \text{ 麦 (M}_x\text{)}$$

$$1 \text{ 麦 (M}_x\text{)} = 10^3 \text{ 毫麦 (mM}_x\text{)}$$

$$1 \text{ 韦伯 (Wb)} = 10^3 \text{ 毫韦伯 (mWb)} \\ = 10^9 \text{ 毫微韦伯 (nWb)}$$

因此, $1 \text{ 麦} = 10 \text{ 毫微韦伯} = 10 \text{ 纳韦伯}$

$$1 \text{ 毫麦 (mM}_x\text{)} = 10^{-2} \text{ 纳韦伯 (nWb)}$$

三、导磁率

导磁率是用来衡量物质导磁性能的一个系数, 用 μ 表示。真空中的导磁率 μ_0 是一个常数, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米 (H/m) = 1.257 马/厘米·安相对导磁率是指其他物质的导磁率 μ 与真空中的导磁率 μ_0 之比, 用 μ_r 表示, 即

$$\mu_r = \mu / \mu_0$$

当 $\mu_r < 1$ 时, 称“反磁性物质”。 $\mu_r > 1$ 时, 称“顺磁性物质”, 而 $\mu_r \gg 1$ 时, 称“铁磁物质”。在录音机中的磁头铁芯和磁带上的磁粉都属铁磁物质。

四、磁场强度

磁场强度是在磁场中某一点的磁感应强度 B 与介质导磁率 μ 的比值, 用 H 表示。

$$H = B / \mu \text{ 或 } B = \mu \cdot H$$

当 $B = 1$ 特斯拉, $\mu = 1$ 亨/米时, 则磁场强度 H 为 1 安/米。在 CGSM 制中为 1 安/厘米。

磁场强度 H 的另一个单位是“奥斯特”, 它与安/米的关系为

$$1 \text{ 奥斯特} = \frac{10^3 \text{ 安}}{4\pi \text{ 米}} = \frac{10 \text{ 安}}{4\pi \text{ 厘米}} \text{ 或 } 1 \text{ 安厘米} = 1.257 \text{ 奥斯特}$$

同样的导线, 通过同样的电流, 在同一相对位置的某一点来说, 如果媒介质不同, 就有不同的磁感应强度, 但有相同的磁场强度。

磁场强度 H 是个向量, 在均匀媒介质中, 它的方向和磁感应强度的方向是一致的。

五、磁化曲线

磁化曲线是铁磁物质在磁化过程中, 磁感应强度 B 与磁场强度 H 之间关系的曲线, 简称“ $B-H$ ”曲线。在铁磁性材料的磁化曲线中, B 与 H 是非线性关系, 如图 1-2-1(a) 所示, μ 也不是常数, 因此 $\mu = \frac{B}{H}$ 应换成 $\mu = \frac{\Delta B}{\Delta H}$ 。在 $B-H$ 曲线中, a 、 b 、 c 各点上的斜率是不同的, 即各点上的 μ 值不同。当 H 由 0 逐渐增加时, B 也逐渐增加, 但在 $0a$ 段上升缓慢, 即 μ 值低。这是由于当 H 较小时, 铁磁物质的微小磁化区不能迅速转向外加磁场的方向, 所以 B 上升缓慢; 当 H 继续增加时, B 上升很快, μ 值增加到最大值; 当继续增加 H 值时, B 的增加又变得缓慢, μ 值降低。过了 C 点以后, 增加 H 时 B 值几乎不再增加, 即达到饱和值。不同的铁磁物质有不同的磁化曲线, 也有不同的饱和值。把 $B-H$ 曲线各点的斜

率计算出来绘成曲线,就是 μ - H 曲线。如图1-2-1(b)所示。 μ_i 点称初始磁导率,即当 $H \rightarrow 0$ 时的磁导率。 μ_{max} 称为最大导磁率。

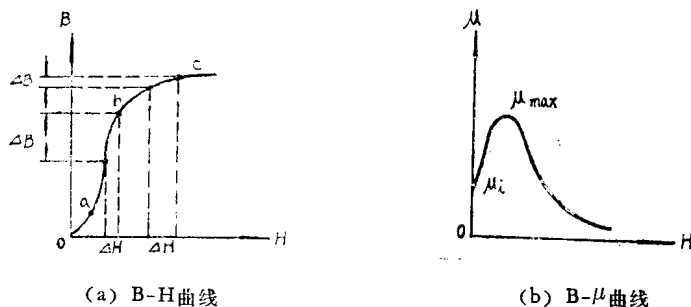


图 1-2-1 B-H 曲线和 B- μ 曲线

六、磁滞回线

如图 1-2-2 所示。当磁场强度 H 加到无磁化状态的铁磁物质上时,磁感应强度 B 从 0 逐渐增加,沿着 $0a$ 的起始磁化曲线到达 a 点。过了 a 点后即使再增加 H ,磁感应强度 B 也不增加了,这时的磁感应强度称为饱和磁感应强度 B_s 。从饱和状态减小 H ,这时 B 值也随之减小,但 B 值并不沿着 $a \sim 0$ 曲线下降,而是沿着 $a \sim b$ 曲线下降。当 $H = 0$ 时,磁感应强度 B 并不消失,而是到 b 点,这时的磁感应强度,称为最大剩余磁感应强度 B_{rmax} 。这种磁感应强度的变动落后于外磁场强度的变动现象,就称为磁滞。

要使剩余磁感应强度 B_{rmax} 变到零,应在相反方向增加 H ,沿磁化曲线 $b \sim c$ 方向到达 C 点时, B 值为零,这时的 H 值称矫顽磁力,它是磁带性质的重要指标。再增加 H , B 到达 d 点时,磁感应强度又饱和,把 H 回到零,磁感应强度到达 e 点。再次增加 H 值到 f 时, B 变为零,继续增 H 值,又使 B 饱和和回到 a 点。由于循环交变磁化的结果,磁感应强度 B 按闭合曲线 $a-b-c-d-e-f-a$ 而变化,这个曲线叫磁滞回线。

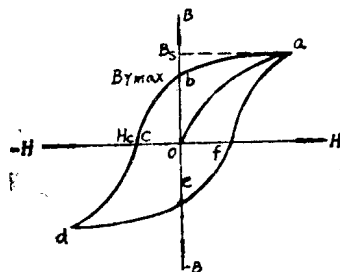


图1-2-2 磁滞回线

七、磁 路

为了用较小的电流产生较强的磁场,在工程上利用铁磁材料做成铁芯,在外面套上线圈,通以电流,便产生磁通。磁通所经过的闭合路径叫做磁路。磁路通常由铁磁性材料与较小的空隙组成。大部分磁通是沿着铁芯和空隙形成闭合回路,这部分磁通称为主磁通,还有一部分磁通没有经过铁芯和空隙,而是经过空气自成回路,这部分磁通称作漏磁通。

(一) 磁路的欧姆定律

在任一段磁路中,沿磁力线方向的“磁压”(磁位降)为 $U_m = H \cdot l$, H 的单位是安/米, l 的单位是米, U_m 的单位是安(A)。因为 $H = \frac{B}{\mu}$, 且 $B = \frac{\phi}{S}$, 因此得

$$U_m = \frac{\phi}{\mu \cdot S} \cdot l = \phi \cdot \frac{l}{\mu S} = \phi R_m$$

式中 R_m 称做磁阻, $R_m = \frac{l}{\mu S}$, 单位为 1/亨 (1/H)。

$$\phi = \frac{U_m}{R_m}$$

上式是一段磁路的欧姆定律, 为便于计算在实际应用中, 经常采用 CGSM 制。

(二) 磁路的节点定律

根据磁通的连续性, 在磁路中某处作一闭合面, 则流进面内的磁通等于从面内流出的磁通, 如图 1-2-3 所示。流入 A 面的磁通为 ϕ_1 , 从 A 面流出的磁通为 ϕ_2 与 ϕ_3 , 则 $\phi_1 = \phi_2 + \phi_3$ 。

如果流入的磁通为正, 流出的磁通为负,

$$\text{则 } \Sigma \phi = \phi_1 - \phi_2 - \phi_3 = 0$$

即流入任一面积磁通的代数和为零。

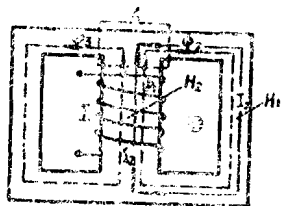


图 1-2-3 分支磁路

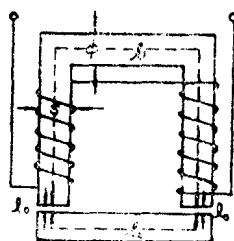


图 1-2-4 分段磁路

(三) 磁路的回路定律

根据全电流定律, 在磁路中任取一闭合回线, 则此回路的总磁压 (磁位降) 等于与此回线相交链的全部电流的代数和。

$$\int H dl = \int I = NI$$

$F = NI$ 称做磁路的磁动势。

在一个闭合的磁路中, 如果各段材料不同或截面积不同时, 则可以把磁路分成若干段, 同一段中的磁场强度是相等的, 在图 1-2-4 中把铁芯的磁路分成三段: l_1 、 l_2 及 $2l_0$, 根据上式可得:

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_0 2l_0 = NI$$

$$\text{或 } \Sigma (H \cdot l) = NI$$

$$\text{或 } NI = U_{m1} + U_{m2} + 2U_{m0} = \phi (R_{m1} + R_{m2} + 2R_{m0})$$

上述磁路的基本定律, 在本章第六节中, 将具体说明。

1-3 录音、放音和消音原理

一、磁头的静态磁场

磁头所造成的磁场可以扩展到两极末端之间的缝隙以外。磁头的这一特性, 与磁性录音

的可逆性是不可分割的。用环形磁头作磁性录音时，起作用的正是这种穿过磁带磁层的磁通量，而这个磁通量只有在两极末端之间存在一定的缝隙时才能形成。

静态磁场就是磁头线圈中通有直流电流时所产生的磁场。如图 1-3-1 所示。磁场分布主要特点如下：

1. 静态磁场包括水平分量和垂直分量。
而对磁带起磁化作用的主要是磁场强度的水平分量，在磁头缝隙中央部分磁场最强，而在两侧呈逐渐衰减趋势。

2. 磁场强度随着离开缝隙的距离，顺着磁带厚度的方向而减弱。

3. 愈深入缝隙内部，磁场就愈加均匀，
在缝隙深处空间各点的场强为一恒定值。

4. 沿着被录磁带环绕的磁头表面，磁场的强度和方向各不相同。

5. 缝隙范围以外的磁场强度，随着离开缝隙两侧距离的加大而下降。

在录音过程中，磁带是以等速进入磁场区域的，所以磁带各段上的磁场强度的变化都和录音磁头中所通过的电流强弱相对应。

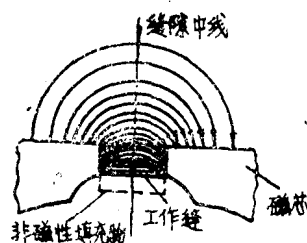


图1-3-1 磁头静态磁场

二、无偏磁录音

设音频信号电流按正弦变化，如图 1-3-2 和图 1-3-3 所示。因磁带微段 AB 通过空隙的时间 Δt 很短，在频率较低时， Δt 时间内的信号强度和它产生的磁场强度基本不变。例如，录音头磁场缝隙的宽度是 10 微米，录音带的速度是 381 毫米/秒，则磁带微段是在约 0.026 毫秒内穿过磁场，跟 100 赫信号的周期 10 毫秒（ $\frac{1}{100}$ 秒）相比，这段时间是很短的，即在 Δt 时间内磁场强度可视为恒定值。

如果磁带 AB 段在 $t=t_1$ 的瞬间进入录音磁场，则在 Δt 时间内，信号电流的数值如图 1-3-2 中 a 点所示，由这样一个电流产生的录音磁场强度，如图 1-3-3 的曲线 A。

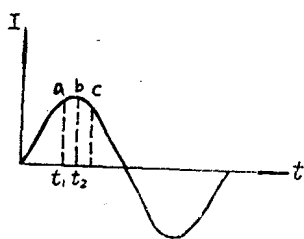


图 1-3-2 音频信号波形

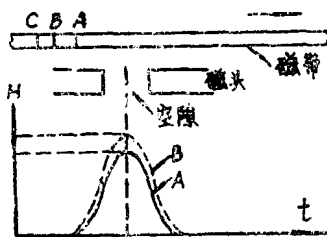


图 1-3-3 录音磁头磁场

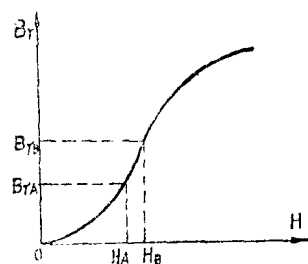


图 1-3-4 B_r -H 曲线

根据剩余磁感应的磁化曲线 (B_r -H 曲线)，可以确定微段 AB 通过录音磁场后所留下的剩磁 B_{rA} ，如图 1-3-4 所示。同理，如果微段 BC 在 $t=t_2$ 的瞬时进入录音磁场，那么信号电流将是图 1-3-2 中的 b 点。在微段 BC 通过缝隙的时间 Δt 时间内，信号电流的变化如忽略不计，它所产生的录音磁场变化就是图 1-3-3 中的曲线 B。它和曲线 A 形状相似，只是数值大一些。所以，当微段 BC 离开录音磁场后，它的剩磁就是图 1-3-4 中的 B_{rB} 。这样

类推下去，由信号电流产生的录音磁场，在一周内的变化就可以录在由一连串微段组成的磁带上。

由于录音磁场随着信号的大小在不断变化，因而，当等速运动的磁带通过磁头时，就可以在磁带各微段上得到随信号而变化的相应剩磁分布，如图 1-3-5 所示。从图中可以看出，由于 B_r - H 曲线是非线性，当加入较大的音频信号磁场时（与信号电流成正比），音频信号便工作在磁化特性曲线的弯曲部分（非线性），则此时磁带上的剩余磁感应强度 B_r 的失真就会增大。如果加入很小的音频信号时，虽然工作在原点附近的线性区域，但剩磁太弱，并导致信噪比劣化。

由此可见，采用无偏磁（也称零偏磁）录音只有两种选择：

- (1) 限制或降低录音工作电平，从而得到较差的信号噪声比。
 - (2) 尽量提高工作电平进行录音，使信号工作在非线性区域，从而导致失真增加。
- 从录音质量要求来讲，这两种办法都不理想，在目前磁带录音技术中都不再采用。

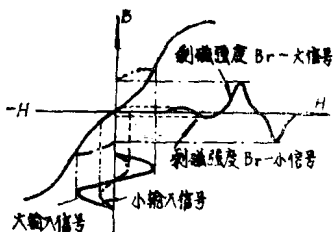


图1-3-5 无偏磁录音的剩磁曲线

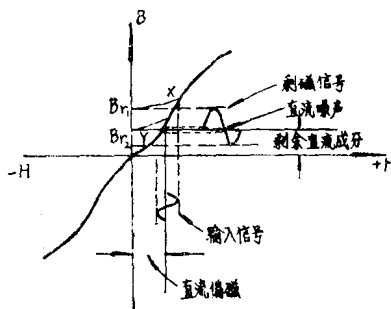


图1-3-6 直流偏磁录音法（一）

三、直流偏磁录音

直流偏磁录音是指录音时除加入音频信号的磁场以外，还加入一适当的直流偏磁磁场。在这个直流偏磁磁场的作用下可以使磁带磁性层的工作区域处于线性区域，从而会减小磁带录音的波形失真，提高磁带录音的动态范围。

施加直流偏磁录音的方法有两种，分别介绍如下：

〔方法 1〕利用起始磁化特性曲线录音法

从图 1-3-4 中可以看出，磁带的磁化状态是从起始磁化特性曲线的 0 点开始的，加入适当的直流偏磁之后，就可以使磁性层的工作区域移到起始磁化特性曲线的线性区域（近似直线区域）。在线性区域里，加入正弦波的音频信号时，由于工作点处于直线段的中心位置，则输出端的录音波形也是正弦波（即指磁带上的剩磁波形），因而失真就会大大减小。

必须指出，采用这种直流偏磁法，其缺点是：磁带所得到的剩余磁感应强度 B_r 值比较小。再则，因录音头线圈中有直流流过，录音磁头和磁带被磁化，产生直流噪声，这是极其不利的。直流噪声如图 1-3-6 所示。

〔方法 2〕利用磁滞回线的旁侧曲线的直线部分录音，如图 1-3-7 所示。

录音之前，先用直流消磁，使磁带磁化达到饱和值，并在磁带上留下最大剩余磁感应强度 B_r 。从图中可以看出，音频信号电流和直流偏磁电流同时加入磁头线圈，当磁带通过磁头缝隙时，可使磁带在磁滞回线的旁侧曲线上 C 和 E 之间的直线部分工作，所选用直流偏磁的大小，应该接近矫顽 (H_c) 点，而其极性则与饱和磁化的极性相反。

采用这种直流偏磁录音法与前一种方法相比，磁化曲线的倾斜度加大了，直线部分增加了。当在输入端加入交变的音频信号时，则磁带上录音波形的非线性失真减小了，增大了磁带的输出信号，信噪比可以好一些，直流噪声仍然存在。这是它的缺点。

总之，直流偏磁录音不是最理想的录音法，只有在低档录音机中使用。

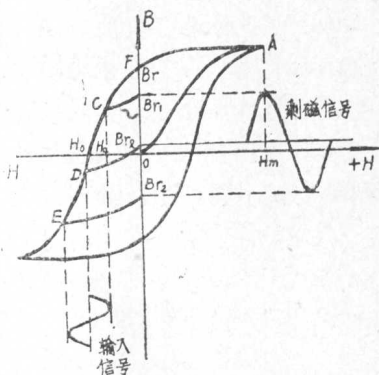


图1-3-7 直流偏磁录音法 (二)

四、超音频偏磁录音

(一) 超音频偏磁录音原理

超音频偏磁录音，是在磁头线圈中除了加入音频信号电流外，再加入超音频偏磁电流。超音频电流的频率，一般比音频信号最高边界频率高 5 倍以上。例如，635 型录音机的超音频频率是 100 千赫，音频最高频率是 12 千赫，约为音频最高频率的 8 倍。超音频电流的振幅，通常比音频信号的振幅大 3 ~ 20 倍。所以加在磁带上的磁场总是方向交变的磁场，如图 1-3-8 所示。

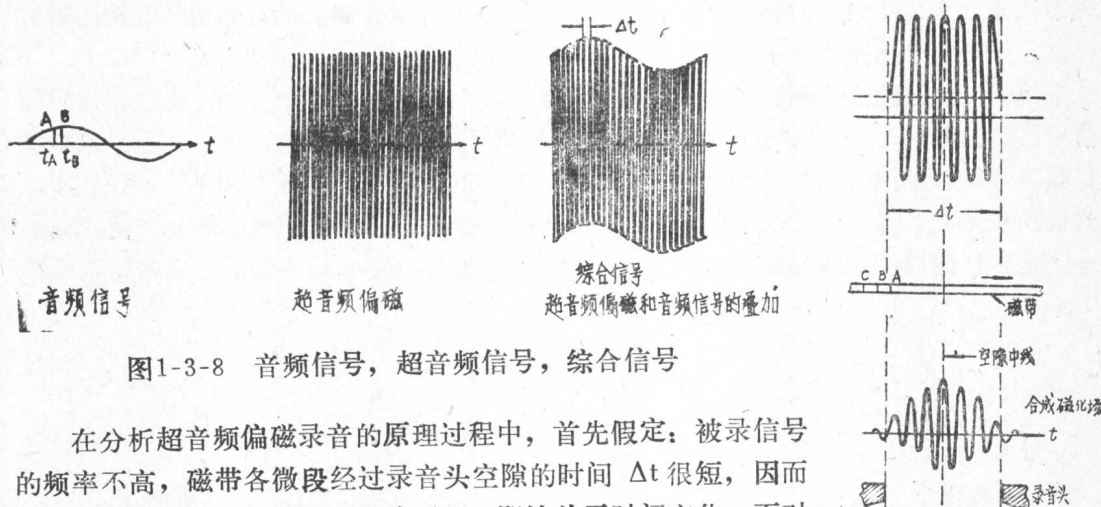


图1-3-8 音频信号，超音频信号，综合信号

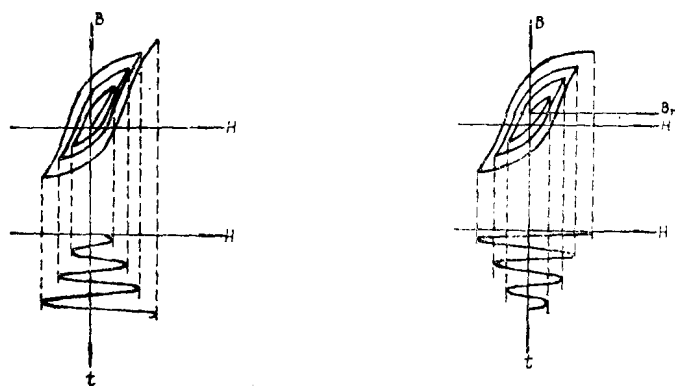
在分析超音频偏磁录音的原理过程中，首先假定：被录信号的频率不高，磁带各微段经过录音头空隙的时间 Δt 很短，因而在此时间内音频信号电流可认为不变，即认为无时间变化，而对超音频电流来说，则要变化几个周期。设微段 AB 在 $t = t_A$ 瞬间进入录音磁场，如图 1-3-8 所示。这时，音频信号为 A 点所示大小。如上所述，音频电流可认为无时间变化，而超音频电流要变化几个周期，所以考虑到水平方向磁场的空间分布及超音频电流时间变化的因素所产生总的综合磁场，将如图 1-3-9

图1-3-9
录音头的综合磁场

所示。

它的波形是上下不对称的。不对称的程度（大小与极性），由该微段通过录音磁头缝隙时音频信号的瞬时值决定。

微段 AB 磁化也分两个阶段，在前半段经过一振幅渐增，且方向不断改变的交变磁场的作用，接着在后半段受到一振幅渐减的交变磁场的作用。由于波形不对称，因而磁化曲线也是不对称的。微段 AB 通过录音磁场留有剩磁 B_{r1} 如图 1-3-10(b) 所示。在 $t = t_B$ 瞬间，音频信号电流为 B 点所示大小（见图 1-3-8）。录音过程同前面一样，由于它的大小与 A 点不同，因而剩磁也就不同。当音频信号为零时，剩磁也为零。



(a) 前半段磁化过程

(b) 后半段磁化过程

图 1-3-10 超音频偏磁录音

这样，当磁带等速通过磁头时，磁带微段经合成磁场磁化后，其剩磁通密度 B_r 的大小和极性取决于合成磁场的不对称性和极性，而后者是与通过录音磁头的音频信号电流的瞬时值相对应，于是整个磁带的各微段上记录下与音频信号电流变化相应的剩磁。

以下用 B_r - H 曲线分析剩磁 B_r 和合成磁场的关系。从图 1-3-11 中可知，当音频信号和偏磁信号作线性混合时，合成磁场的波形形状用 ABC 和 A'B'C' 的包络表示。这个包络实际是音频信号调制曲线，包络 ABC 工作在 B_r - H 曲线正像限里，包络 A'B'C' 工作在 B_r - H 曲线的负像限里，图 1-3-11 说明，这个包络避开了剩磁曲线的起始弯曲部分，使音频信号的变化始终在曲线的直线部分。实际上，由于超音频偏磁电流的频率较高，磁带的磁层在

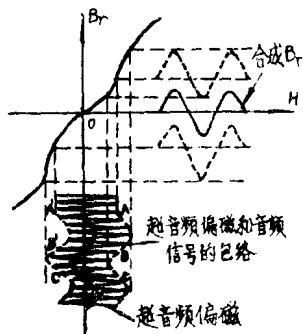


图1-3-11 超音频偏磁录音的 B_r - H 曲线

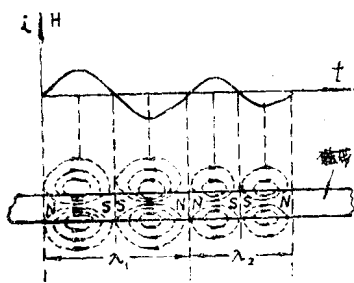


图1-3-12 磁带上的剩磁分布