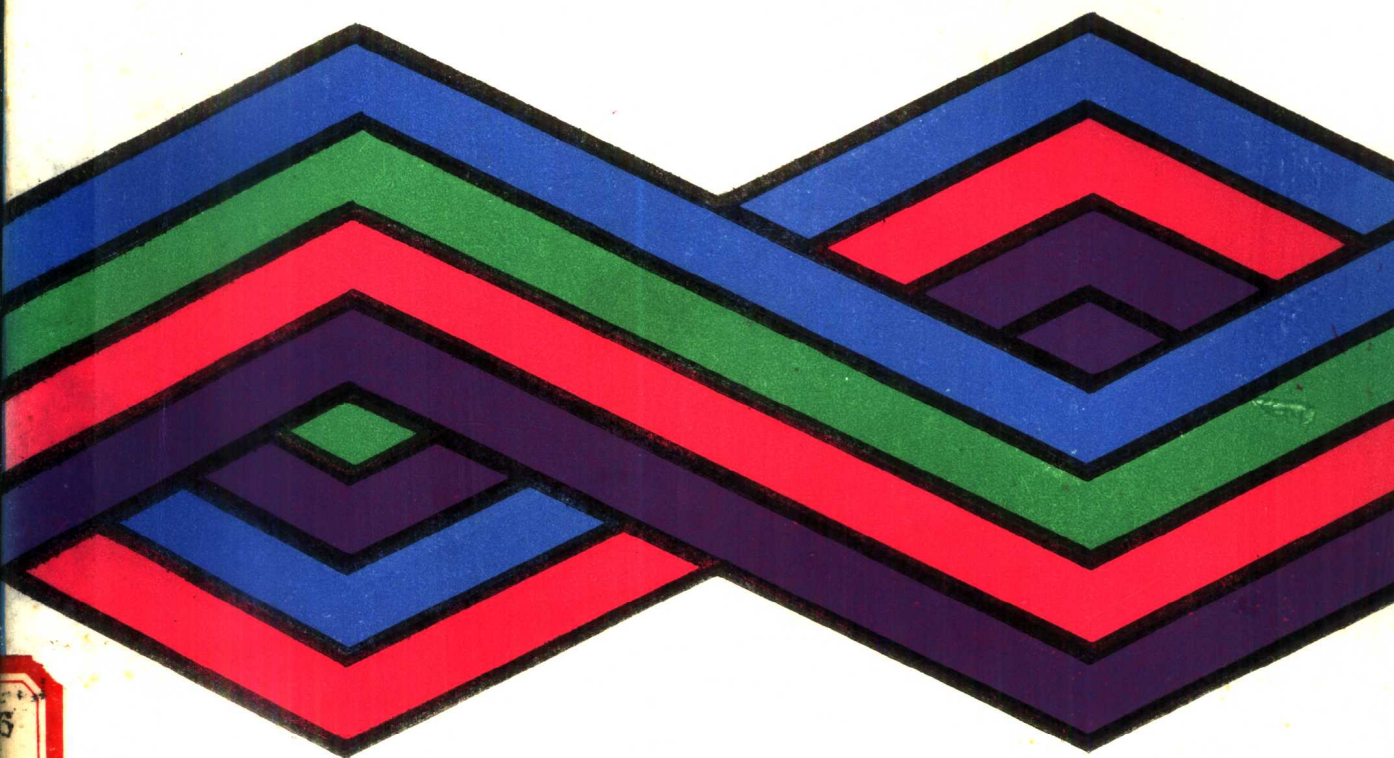


梁华 徐虹 编著

盒式录音机 原理与电路分析



上海科学技术文献出版社

盒式录音机原理与电路分析

梁 华 徐 虹 编 著

上海科学技术文献出版社

盒式录音机原理与电路分析

梁 华 徐 虹 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

各 书 店 经 销

宜兴市第二印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 22.5 字数 561,000

1990年1月第1版 1990年1月第1次印刷

印数: 1—3,500

ISBN 7-80513-396-4/T·135

定 价: 8.20 元

《科技新书目》195-254

前 言

盒式磁带录音机是记录语言、音乐的重要电声设备。近年来,我国盒式录音机取得了很大的发展和普及。尽管如此,国内外盒式录音机技术仍在迅速发展,新技术、新电路仍在不断涌现,新品种、新产品层出不穷。为了适应这种发展形势,本书试图在阐述盒式录音机的基本原理的基础上,说明盒式录音机及其各部件电路的性能特点、设计计算和使用维修,并尽可能地介绍盒式收录机有关的最新技术和电路,力求做到普及与提高相互兼顾。

本书还收集了很多有关盒式录音机的磁头、磁带、机芯和常用集成电路的资料和数据,供读者使用和维修时参考。

本书第一至第七章由梁华编写,第八、第九章及附录由徐虹编写,全书由梁华统稿。

在本书编写过程中,赵郭兴、郑正华等描绘了全部图纸和原稿的部分整理,谨此表示感谢。

由于作者水平和经验有限,疏漏或错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

1987年底于上海

目 录

第一章 盒式录音机的基本原理	1
第一节 录音原理	1
一、磁性体的磁化特性.....	1
二、录音原理.....	3
三、偏磁录音.....	3
四、偏磁特性.....	5
第二节 抹音原理	7
一、直流抹音.....	7
二、交流抹音.....	7
第三节 放音原理	8
一、放音原理.....	8
二、录放过程中的各种损耗.....	8
第四节 盒式录音机的主要性能指标	16
一、盒式录音机的电路组成.....	16
二、盒式录音机的主要性能指标.....	17
三、频率补偿.....	21
第五节 磁头与磁带的性能	23
一、磁头.....	23
二、磁带.....	33
第二章 盒式录音机的录放音电路	40
第一节 放音均衡放大器	40
一、放音频率补偿特性曲线.....	40
二、放音均衡放大器电路.....	41
第二节 录音均衡放大器	47
一、恒流录音.....	47
二、录音频率均衡及其电路.....	48
三、桥 T 型录音补偿电路.....	52
第三节 超音频振荡器	56
第四节 自动电平控制 (ALC) 电路	61
一、ALC 特性.....	61
二、ALC 电路.....	63
第五节 集成录放电路	66
一、简单的前置放大集成电路.....	66
二、TA7668AP 型双通道前置放大集成电路及其应用.....	70
第六节 磁带的快速复制	76
一、快速复制原理.....	76

二、倍速复制电路	78
第三章 调频立体声广播与接收	81
第一节 立体声基础	81
一、听觉定位原理	81
二、双扬声器的声像定位	83
第二节 调频立体声广播	86
一、调频广播	86
二、调频立体声广播	89
三、立体声复合信号	94
第三节 立体声解码器	97
一、矩阵式解码器	97
二、开关式解码器	98
三、锁相环式集成立体声解码器	103
第四节 盒式收录机的 FM/AM 电路	115
一、TA7335P 调频调谐器集成电路	115
二、TA7640AP 型 FM/AM 中放检波集成电路	118
三、CX20029 单片 FM/AM 立体声集成电路	125
第四章 盒式录音机的主放大电路	129
第一节 音调控制电路	129
一、衰减式音调控制电路	129
二、负反馈式音调控制电路	130
三、LC 谐振式音调控制电路	135
四、采用模拟电感的图示式均衡器	137
第二节 响度控制电路	142
一、用固定抽头电位器的响度控制电路	142
二、用普通电位器的响度控制电路	144
第三节 功率放大电路	145
一、音频功率放大器的种类	145
二、TA7240AP 双功放集成电路	150
三、各种集成功放电路及其应用	154
第四节 电平显示驱动器集成电路	166
一、LB1405/LB1415 电平显示驱动集成电路	166
二、TA7666P 和 SL322C 双列五点电平显示驱动集成电路	172
第五节 立体声声像扩展电路	177
一、单路补偿方式	178
二、交叉反相耦合方式	178
三、延迟电路方式	181
第五章 盒式录音机的运带机构	183
第一节 运带机构的作用与分类	183
第二节 运带机构的组成及其工作状态	188
一、录放运带机构	189
二、自动停带机构	189

三、快进和倒带机构·····	190
四、暂停机构·····	190
五、磁带稳速机构·····	191
六、磁带计数器机构·····	192
第三节 运带机构的性能参数·····	193
一、带速误差与抖晃率·····	193
二、引起抖晃的主要因素·····	195
三、运带机构的其它性能指标·····	197
第四节 电机及其稳速电路·····	199
一、电机·····	199
二、电机稳速原理与电路·····	200
三、LA5511/LA5512 型电机稳速集成电路·····	203
第五节 自动反转运带机构·····	206
一、双向运带方式·····	208
二、自动反转用的磁头与电路·····	208
第六章 盒式录音机的降噪系统·····	211
第一节 磁带录音机的噪声·····	211
一、噪声的种类和特点·····	211
二、降低噪声的方法·····	212
第二节 杜比降噪系统·····	214
一、杜比 B 型降噪系统·····	215
二、杜比 C 型降噪系统·····	221
第三节 dbX 降噪系统·····	225
一、dbX 降噪原理·····	225
二、dbX 降噪电路·····	226
第四节 DNR 降噪系统·····	229
一、DNR 降噪原理·····	230
二、LM1894 型 DNR 集成电路及其应用·····	232
第七章 盒式录音机若干新技术·····	238
第一节 自动选曲电路·····	238
一、人工选曲——选听和复听机构·····	238
二、自动选曲·····	239
三、TA7341P 和 TC9138AP 自动选曲集成电路·····	243
第二节 数字调谐系统·····	257
一、锁相环频率合成器的基本原理·····	257
二、脉冲吞咽计数原理·····	258
三、数字调谐系统示例·····	260
第三节 自动偏磁与自动均衡·····	262
一、自动偏磁/自动均衡原理·····	262
二、自动偏磁/自动均衡系统·····	264
第四节 数字盒式磁带录音机·····	270
一、数字声频技术的原理与系统组成·····	271

二、数字盒式磁带录音机·····	275
第八章 盒式录音机的整机设计、测试与调整 ·····	281
第一节 盒式录音机的系统设计·····	281
一、概述·····	281
二、L-900 型双盒式收录机的总体设计·····	283
三、各级增益分配的考虑·····	287
第二节 L-900 型双盒式录音机的整机分析·····	289
一、电源部分·····	289
二、功率放大部分·····	290
三、录放电路部分·····	290
四、自动选曲电路·····	292
五、静噪电路·····	293
六、收音部分·····	294
第三节 盒式录音机各单元的测试与调整·····	295
一、录放电路·····	295
二、收音电路·····	298
三、音调控制电路·····	300
四、自动选曲电路·····	301
五、功放与电源电路·····	302
六、发光二极管显示电路·····	303
七、运带机构·····	303
第四节 整机综合特性的测试与调整·····	304
一、引言·····	304
二、盒式录音机的主要指标及其测量方法·····	304
三、收录相关参数及测量方法·····	305
第九章 盒式录音机的使用与维修 ·····	310
第一节 盒式录音机的使用·····	310
一、各种操作键和控制钮的作用·····	310
二、盒式收录机的使用方法·····	311
第二节 盒式录音机的使用技巧·····	315
一、提高放音效果的基本知识·····	315
二、提高录音效果的基本知识·····	317
三、提高录音信噪比·····	319
四、话筒录音技术·····	320
第三节 盒式录音机的维护和保养·····	322
一、日常保养·····	322
二、磁带的保养·····	323
第四节 盒式录音机常见故障的检修·····	323
一、录音机检修的一般方法和注意事项·····	323
二、常见故障的分析·····	326
三、故障修理实例·····	331
四、盒式录音机常见故障表·····	331
附录 磁带录音机新国标与原有标准的对比 ·····	340

第一章 盒式录音机的基本原理

第一节 录音原理

盒式磁带录音机一般由话筒、磁头(录音磁头、放音磁头和抹音磁头)、磁带驱动机构(运带机构)、录音和放音放大器以及扬声器等组成,其基本结构如图 1-1 所示。

盒式录音机在录音时,话筒将声音转换成电信号,由于话筒的输出电压很小,故须经录音放大器将信号放大,以电流形式输送给录音磁头。录音磁头又将电信号转换成磁场。磁带在运带机构作用下以一定速度(4.76 cm/s)通过录音磁头缝隙时,录音头上的磁场对磁带进行磁化。磁带离开磁头后,信号以剩磁形式保留在磁带上。所以,录音过程可以看作是声能→电能→磁能的转换过程。

在放音时,录过音的磁带以同样速度通过放音磁头,放音磁头将磁带上的剩磁信号再转换成电压信号,由于这个电压信号也很微弱,故用放音放大器把信号放大,取得一定的功率推动扬声器,重现原来的声音。所以放音过程正好是录音的逆过程,它是磁能→电能→声能的转换过程。

为了对磁带进行抹音与重录,在走带路径的供带一侧设有抹音磁头,以便在录音之前抹去已不需要的原有录音。

图中超音频振荡器有两个作用:一是供给抹音磁头足够的抹音电流,以对磁带进行消磁抹音;另一是在录音时提供偏磁电流给录音磁头,以改善录音的质量。

由上述可见,磁带录音机的录音和放音的基础是电磁、磁电变换,为此我们先了解一下

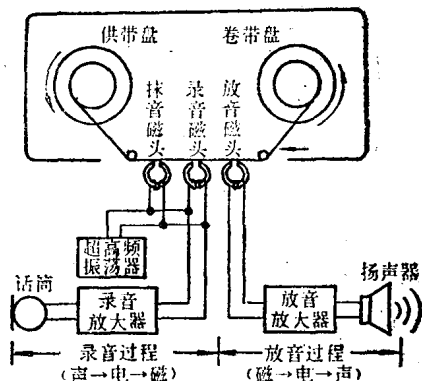


图 1-1 盒式录音机的基本结构

磁性物质的磁化特性。

一、磁性体的磁化特性

能被磁化的物质称作磁性体。任何磁性体都具有如图 1-2 所示的磁化特性,这就是我们所熟悉的磁滞回线。图中水平轴为外加磁场强度,单位为奥斯特;垂直轴为磁感应强度 B ,表示磁性体被磁化的强度,单位为高斯。

磁性体在未被磁化之前是没有磁性的。当外加磁场 H 由 0 逐渐增大时, B 也逐渐增加,但上升很慢(即 Oa 段),而且当外加磁场消失后,磁感应强度 B 也自行消失,即曲线上的这部分 Oa 段是可逆部分。当外加磁场继续增大时,磁感应强度 B 与 H 基本成比例地增大,且 B 增长得很快(ab 段),这段曲线为磁化的线性部分。当磁场 H 进一步增

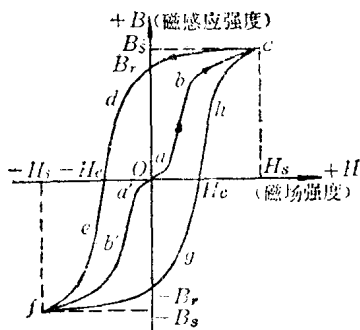


图 1-2 磁性体的磁化特性
(磁滞回线)

大时, B 的增加又变得缓慢, 一直增大到图中的 c 点, 以后即使 H 值再增加, B 几乎不再增加, 即达到了饱和值。 H_c 称为饱和磁场强度。上述由零点开始到饱和点形成的磁化曲线称为起始磁化曲线。如果起始外加磁场为反向, 则起始磁化沿 $Oa'b'f$ 进行。

在上述起始磁化曲线的 abc 段是不可逆的。所谓不可逆是指外加磁场减小或消失时, 磁化曲线不按原路退回至零, 而要走另外一条路。例如, 当磁感应强度 B 到达饱和点 c 后, 逐渐减小磁场 H 的数值, 这时 B 值并不沿 $cbaO$ 下降, 而是沿着另一条新的曲线 cd 下降。当 H 减小到零时, B 并不为零而仍保持着一定数值, 这个数值称作剩磁感应强度, 简称剩磁, 常用 B_r 表示。

若要使剩磁消去, 必须加上反方向的 H , 当 H 反向增加到 H_c 时, B 将沿 cd 曲线下降至零, 使 B 降至零时所需的反向 H 值(即 H_c)称为矫顽力。磁性材料的矫顽力越大, 其磁性越不易消失。材料不同, 其矫顽力也不同。

当 H 在反向继续增大到 $-H_c$ 时, 磁性体将反向饱和, B 也不再增加。若 H 从 $-H_c$ 又回到零(对应图 1-2 上的 $-B_r$ 点), 然后又继续增大到 $+H_c$ 时, 磁化则沿着 f 、 $-B_r$ 、 g 、 $+H_c$ 、 h 进行, 它与曲线 c 、 $+B_r$ 、 d 、 $-H_c$ 、 e 段的形状是一样的, 这样就构成一个闭合的曲线。

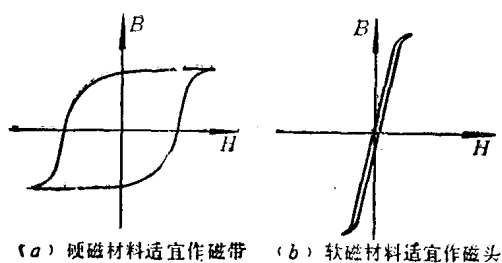
从图中可以看出, 磁性体在反复磁化过程中, 磁感应强度 B 的变化始终落后于磁场强度 H 的变化。当 H 到达零时, B 还没有到零, 而留有剩磁; 当 H 开始反向增大时, B 还没有反向。这种现象称为“磁滞”, 这条闭合曲线就称为磁滞回线。磁滞回线是研究磁性录音的基础, 而正是磁性材料的剩磁现象才使得磁性录音和放音成为可能。

常用磁性材料, 根据其剩磁 B_r 与矫顽力 H_c 的大小可分为两大类: 即硬磁性材料和软磁性材料。

硬磁性材料是指剩磁和矫顽力都很大的磁性材料, 其磁滞回线的外形呈粗胖, 近似矩形, 如图 1-3(a) 所示。剩磁感应强度 B_r 与饱和磁感应强度 B_m 之比称为矩形比或角形比。硬磁性材料的矩形比接近于 1。剩磁感应强度 B_r 大, 说明有较大的录音灵敏度, 而且放音输出也高。矫顽力 H_c 大, 则已有的剩磁难以消去, 且高频特性较好。矩形比接近 1, 表示磁化的效率高。因此硬磁性材料适用作磁带上的磁性层(即载音体), 它一旦磁化, 可以长久保留住录音的信息。

软磁性材料是指剩磁小、矫顽力也小的磁性材料, 其磁滞回线外形呈瘦长, 几乎合并成

一条 S 形线, 如图 1-3(b) 所示。也就是说, 软磁性材料是比较容易磁化和去磁的物质, 将它放在磁场中就带磁性, 磁场消失, 剩磁很快减小到几乎为零。这种随外加磁场变化的性质, 使软磁材料适合作磁头的磁芯使用。用作磁头的铁芯材料有坡莫合金和铁氧体等, 它们具有初始导磁率大、剩磁感应强度和矫顽力小等特点。导磁率 μ 定义为磁感应强度 B 与磁场强度



(a) 硬磁材料适宜作磁带 (b) 软磁材料适宜作磁头

图 1-3 不同磁性材料的磁滞回线
 H 之比。初始导磁率 μ_0 可用下式表示:

$$\mu_0 = \frac{\Delta B}{\Delta H}$$

导磁率是磁头铁芯材料的重要参数之一，它与磁头灵敏度密切相关。由于软磁材料的剩磁和矫顽力并不是零，所以磁头若靠近磁铁或通以大电流之后，也会有少许剩磁留在磁头上，这会造成噪声，影响录放音质量。因此，在隔一定时间或在重要录音之前，需用磁头消磁器对磁头进行消磁。

二、录音原理

录音机的录音磁头实际上就是一种电磁铁。所谓电磁铁就是在用软磁材料做成的环形铁芯的外面绕以线圈。因为磁头按电磁铁原理工作，故磁头都有一缝隙(称为工作缝隙)，以便形成外磁场，使它能透入磁带的磁性层中。由于流过录音磁头线圈的音频电流随声音信号而不断变化，故电磁铁产生的磁场的强度和方向(极性)也随之变化。磁场的大小与流过线圈中的电流成正比，它的方向可用右手螺旋定则判定(即用右手握螺旋线管线圈，四指指向电流方向，伸直的大拇指所指方向就是线圈内部磁力线方向)。录音磁头就是利用上述原理将录音电流信号转换成磁场的变化来录音的。

录音的具体过程如图 1-4 所示。要录的声音信号经过话筒转变为音频电信号，经录音放大器放大后，送到录音磁头线圈，使磁头的铁芯及工作缝隙中产生一个随音频信号而变化的磁场。当磁带随传动机构而匀速经过录音磁头的工作缝隙时，因磁带的磁阻比工作缝隙间填充物的磁阻小得多，因此绝大多数的磁感应线(即磁通)就通过磁带而成闭合回路。这样，磁带在通过录音磁头的瞬间被磁化，即磁带在经过录音磁头之后便留下了随音频信号而变化的剩磁，于是磁带就把要录的声音记录下来。

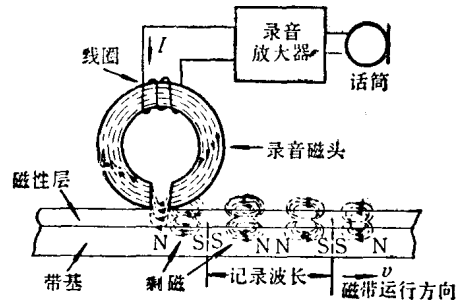


图 1-4 录音原理

假如要录音的音频信号的频率为 f ，磁带移动的速度为 v ，那末信号电流每变化一周(录音缝隙磁场极性反转两次)，通过缝隙的磁带长度为 v/f ，我们把在磁带上剩磁极性变化一周(两次)的长度称为记录波长 λ ，显然

$$\lambda = v/f \quad (1.1)$$

亦即记录波长与磁带速度成正比，与录音电流的频率成反比。由上式可见，例如对于 20kHz 的信号，在盒式录音机的带速为每秒 4.75cm 情况下，则

$$\lambda = \frac{4.75 \times 10^{-2}}{20 \times 10^3} = 2.4 \mu\text{m}.$$

这样也就要求录音磁头缝隙要相当窄，否则若缝隙宽度比 λ 大得多，在磁带上某一点通过缝隙的时间内，由于信号磁场要改变方向，原先录上的剩通会被后来的反向磁场部分或全部抵消，致使录音输出大大降低。通常，录音磁头的缝隙宽度为几 μm ，一般盒式录音机录放兼用磁头的缝隙宽度为 2~4 μm 左右。

三、偏磁录音

图 1-4 实际上就是无偏磁的直接录音方式。它只有录音电流加到录音磁头，这时虽然磁场强度 H 与录音电流成正比，但由磁滞回线特性可知，剩磁感应强度 B_r 并不与 H 呈线性关系，因此磁带上被记录下来的剩磁 B_r 与录音电流也是非线性关系，从而引起非常严重的波形失真。

无偏磁录音的磁化情况如图 1-5 所示。当给录音头加上正弦波电流时，就在缝隙处产

生相应的振幅为 h 的正弦波交变磁场。磁带特性如图中的磁滞回线。当信号很小时，如图中

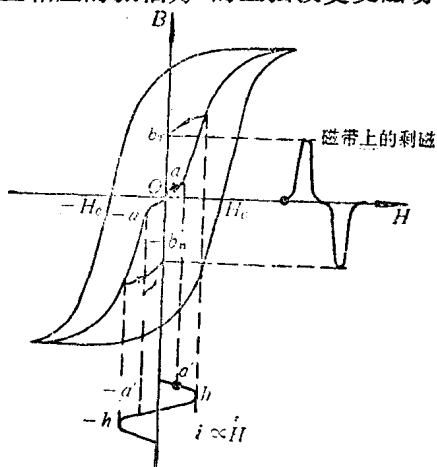


图 1-5 无偏磁录音

信号磁场从 0 加到 a' 时，磁带上的磁化达到 a ，磁带离开缝隙，磁场变为 0。因初始磁化曲线的弯曲部分剩磁非常小，故磁带上的剩磁几乎为 0。当信号磁场增大到 h 时，可得磁带上的剩磁为 b_r 。同样，当信号磁场反向增大到 $-a'$ 和 $-h$ 时，磁带上剩磁也分别为 0 和 $-b_r$ 。可见如图 1-5 右边所示，得到的磁带上的剩磁信号波形失真很大，且幅度也较小。因此，这种无偏磁录音方式除了在磁性录音发明初期用过之外，现在的模拟磁带录音机都不采用。为了减少失真，通常采用偏磁录音方式。

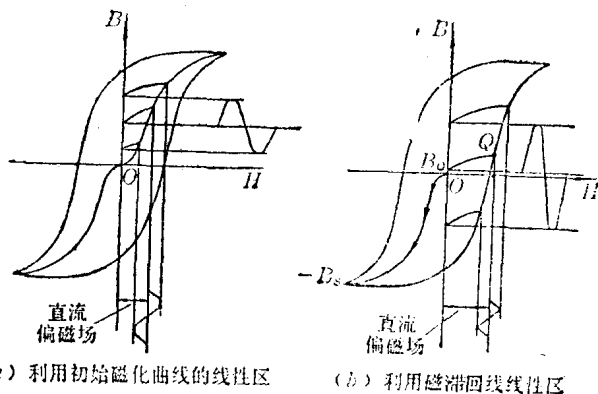
所谓“偏磁”，意即偏置，它与晶体管放大器中加偏置电流使其工作在线性区的道理很相似。在磁带

录音中也一样，在信号之外再给录音头线圈加上适当大小的直流或交流电流，使在录音头缝隙处产生一个附加磁场并作用在磁带上，从而使磁带未加信号时的剩磁起始点偏离磁化曲线原点，而达到磁化曲线的线性段中点附近，从而大大减少录音失真，并提高录音灵敏度。偏磁录音有两种方式：直流偏磁录音方式和交流偏磁录音方式。

1 直流偏磁录音方式

我们知道，磁带在录音之前总是要先经过抹音磁头抹音的，以消去原来不要的录音。根据抹音类型和工作曲线的不同，直流偏磁录音又有两种情况，如图 1-6(a) 所示，一种是先经过交流抹音，使磁带上原有的剩磁信号全部消去，因此再加直流偏磁录音时，是从磁化曲线 0 点起，工作在磁带初始磁化曲线的线性区域。但这种情况实际上没有应用，因为它只仅用初始磁化曲线的半条曲线，录音信号的工作范围较小，而且要用交流抹音，凡用交流抹音者决不会还用直流偏磁，而必然同时采用交流偏磁。

另一种情况如图 1-6(b) 所示，则是先经直流抹音，使磁带上原有录音信号全部反向磁化到饱和状态，如图(b)中的 $-B_s$ ，然后再加正向直流偏磁场，使工作在磁滞饱和曲线的右侧线性区域。这种方式与图(a)相比，线性范围大些，电磁变换灵敏度也较高。但与后面所述的交流偏磁相比，线性区域还不够宽，因而大信号时失真较大。而且倘若直流偏磁值(即工



(a) 利用初始磁化曲线的线性区

(b) 利用磁滞回线线性区

图 1-6 两种直流偏磁录音方式

作点 Q)偏上或偏下,会使失真增大。磁头磨损也会造成工作点偏移,失真增大,即直流偏磁工作点稳定差。即使直流偏磁场值稳定,因不同磁带特性稍有变化,也会造成波形上下不对称的失真。此外,直流偏磁录音的噪声较大。如图1-6(b)所示,直流偏磁录音在无信号时,剩磁(即图中 B_0)一般不为零,而有直流剩磁 B_0 。这种直流剩磁会因磁带不均匀或磁带运行不够恒定而变成所谓的直流噪声,使信噪比降低。

由于直流偏磁录音质量不高,所以它不适用于高性能磁带录音座。但它的电路简单、成本低廉。直流偏磁只要从直流电源通过适当的限流电阻加给磁头即可获得,直流偏磁电流一般取 $200—500\mu A$ 。因此,直流偏磁一般用于低档盒式磁带录音机。必须指出,采用直流偏磁录音时,抹音磁场方向必须与偏磁磁场方向相反,否则录不上信号。换句话说,如果录不上,可将抹音头或录音头的线圈两根引线调换位置。

2. 交流偏磁录音方式

交流偏磁方式如图1-7所示,是用超音频交流偏磁电流和音频信号电流叠加在一起加给录音磁头,偏磁频率取为信号最高频率的5倍以上,以防止因信号非线性失真产生的高次谐波与偏磁造成差拍干扰。偏磁磁场应大致相当于磁带矫顽力 H_c 值或稍大一些,这样就使录音时的电磁转换交替工作在磁带磁滞回线的左右两侧线性区域。

交流偏磁的录音过程如下:在无信号磁场时,偏磁磁场 a 的峰值分别在正侧和负侧沿着磁滞回线把磁带磁化到 Q 和 Q' 点。加上信号磁场 b 后,信号磁场与偏磁磁场在正负侧均以同向叠加成图中 $(a+b)$ 波形。叠加后的磁场对磁带分别沿磁滞回线的正负侧磁化。在磁带离开录音头缝隙时,偏磁磁场的剩磁象交流抹音(详见下一节)情形一样为零,而信号磁场则给磁带留下波形为 c (正侧)和 d (负侧)的交变剩磁。这两种剩磁波形的各对应剩磁在磁带上是同时同处产生的,因而

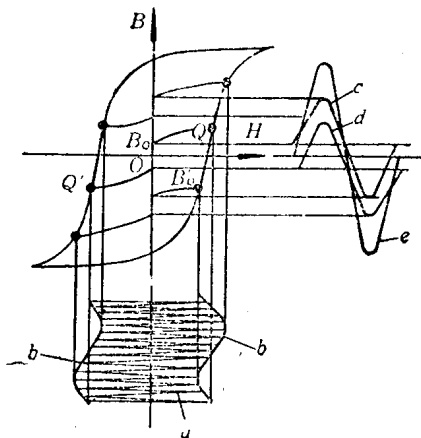


图1-7 交流偏磁方式

互相叠加,便得到波形 e 的总交变剩磁,其幅度为 c 或 d 的两倍。而且,由于磁滞回线正负两侧的微小非线性引起的 c 或 d 波形失真在叠加时互相抵消,所以交流偏磁录音比直流偏磁录音有较大的输出(即较高的录音灵敏度)和较小的失真度。同时,由于交流偏磁时磁带上的直流剩磁为零(图中 B_0 与 B'_0 相消),故噪声也较直流偏磁时小得多,通常信噪比可达50dB。

由于交流偏磁有明显的优点,虽然成本较高,但现在高质量磁带录音都采用这种偏磁方式。

四、偏磁特性

在录音中偏磁的选择十分重要,它是磁带性能能否充分发挥的重要条件之一。所谓偏磁特性就是指磁带的失真、频响和录音灵敏度随偏磁而变化的特性。不同类型的磁带,偏磁特性也不相同,但总的规律是一样的,因此这里作概括性的介绍。

图1-8表示偏磁电流、放音输出(代表磁迹信号的强度)、谐波失真度三者之间的关系。图(a)表示直流偏磁情况。从前面所述的磁化曲线可知,偏磁太小会使音频信号(图中对1kHz信号,通常使用300—1000Hz作基准信号)工作区落入磁化曲线起始部分的非线性段,太大

了又工作到饱和区的非线性段,致使失真增大。从增加输出来看,也希望信号工作在线性

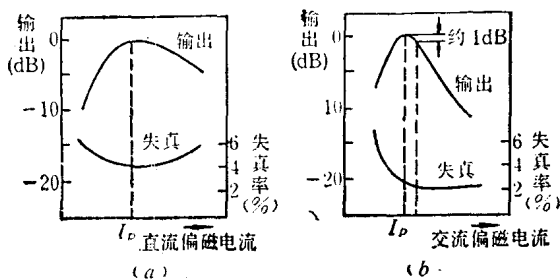


图 1-8 收音输出、失真度与偏磁电流的关系

在习惯上,人们往往选取比峰值偏磁 I_p 稍大一点的偏磁(例如选在参考频率的输出曲线峰值之后下降约 1dB 处)作为磁带的工作偏磁,亦即最佳偏磁。

应该指出,关于最佳偏磁的选择标准,各国以至各公司也不尽相同。有的选择在中频偏磁特性曲线过峰 0.5—1dB 处;有的选择在高频 (6.3kHz 或 10kHz) 偏磁特性曲线过峰 2.5dB 到 10dB 处,相差颇大。可见不同国家或不同公司权衡考虑磁带各主要特性的侧重点是不一样的,有的重点保证宽频带,有的重点保证低失真,因而导致最佳偏磁的标准不尽相同。我国采用国际电工委员会 (IEC) 的办法选择最佳偏磁:对于常规盒式磁带等,选取 315Hz 的 MOL (最大输出电平) 和 10kHz 的 MOL (也叫 SOL) 相差 12dB 之点作为最佳偏磁;对于金属带,则选取 315Hz 的 MOL 和 10kHz 的 MOL 相差 6dB 之点作为最佳偏磁。

由于盒式录音机常用交流偏磁方式,下面较为详细说明一下交流偏磁时偏磁电流与录音性能的关系。

(1) 偏磁与失真的关系:如图 1-8(b) 所示,在交流偏磁时,如果偏磁电流过小,则磁带的磁化过程在初始磁化曲线的弯曲部分进行,录音失真必然很大,若增大偏磁电流,使偏磁场达到初始磁化曲线的直线部分,甚至偏磁更强时磁带在其饱和磁化曲线的直线部分被磁化,故磁化失真大大减小,使录音失真呈图 1-8(b) 中的曲线关系。即偏磁电流由小增大,录音失真则由大变小,偏磁电流超过一定值后失真基本趋于恒定。

(2) 偏磁与频响的关系:在不同的录音信号频率下的偏磁特性如图 1-9 所示,即随着录音信号频率的升高,输出曲线的峰点左移,亦即相应的峰值偏磁电流减小;而且,高频的输出特性在偏磁超过峰值之后加速下降。这是因为交流偏磁场对磁带表面已被信号磁化的磁层有一定的退磁作用,即所谓录音减磁损失,信号频率越高,录音的波长就越短,故磁带的磁化深度越浅,则上述的录音减磁损失也就越大;同时,偏磁电流越大,磁头缝隙外溢出的偏磁场也越宽,则录音减磁损失也越大。因此当改变录音偏磁电流时,对高频信号录音频响的影响要比低频信号敏感得多。如果过量地增大偏磁电流以减小录音失真,往往使高频录音频响迅速下跌;反之,偏磁电流过小,虽然高频录音频响会改善(甚至会出现上翘的现象),但录音失真必然严重增大。这就是在录音过程中偏磁电流与录音频响、失真之间的矛盾关系,因而也就存在一个所谓选择录音最佳偏磁电

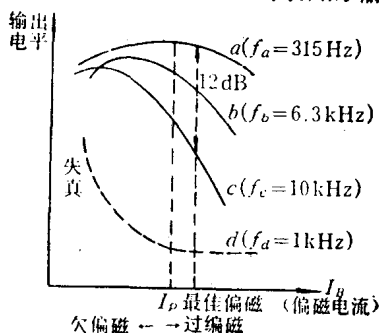


图 1-9 不同频率的偏磁特性

流的问题。

(3) 偏磁与录音输出电平的关系:如图1-8或图1-9所示,它们呈峰值状曲线。录音输出达到峰值时的偏磁称为峰值偏磁 I_p 。偏磁电流小于 I_p 的区域称为欠偏磁区(或称浅偏磁区),在欠偏磁区内录音输出随着偏磁电流的增加而增大。这是因为磁带的初始磁化曲线的曲率由小变大,磁层的磁化效率也由小增大的缘故(当然这时录音失真较大)。偏磁电流大于 I_p 的区域称为过偏磁区(或称深偏磁区),在过偏磁区域内录音输出随着偏磁电流增大而减小,这主要是由于前面所述的录音减磁损失随着偏磁电流增大而加剧的缘故。

既然偏磁强度与录音失真、频响以及输出电平有着密切的关系,因此如何选择最佳偏磁电流,兼顾录音性能的这三个方面就成为录音机设计的关键之一。

第二节 抹音原理

所谓抹音,就是将已录过音的磁带上所留有的剩磁信号抹掉。和录音偏磁一样,抹音也有直流抹音和交流抹音两种。

一、直流抹音

抹音磁头与录音磁头类似,也是由在一个有工作缝隙的铁芯上绕有线圈组成的。当线加上足够强的直流电流(约4—10mA)时,在抹音磁头缝隙间产生足够强的恒定磁场。当磁带运动经过抹音头缝隙时,就被该强磁场磁化到饱和磁通,如图1-10所示。磁带离开抹音头后,磁带上各点都留有饱和剩磁 B_s ,原录音的内容因而全被抹去。

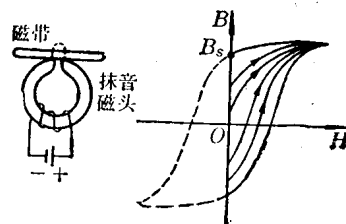


图 1-10 直流抹音

直流抹音的抹音头(即电磁铁),也可用永磁铁(磁钢)代替,这样就成了所谓磁铁抹音,它也是直流抹音的一种。

直流抹音的主要缺点是噪声较大。这是因为它留有饱和剩磁,由于磁带的不均匀或走带不稳定,使剩磁不均匀而导致重放时噪声增加。

二、交流抹音

交流抹音通常是抹音磁头线圈中加一频率为40—200kHz的很强的超音频振荡电流,在磁头缝隙间产生很强的超音频磁场。如图1-11所示,当磁带某点临近抹音磁头时,磁带上原有剩磁 B_{ro} 受到一个振幅由小渐增、方向正负交变的磁场磁化到饱和磁通[见图(b)的S

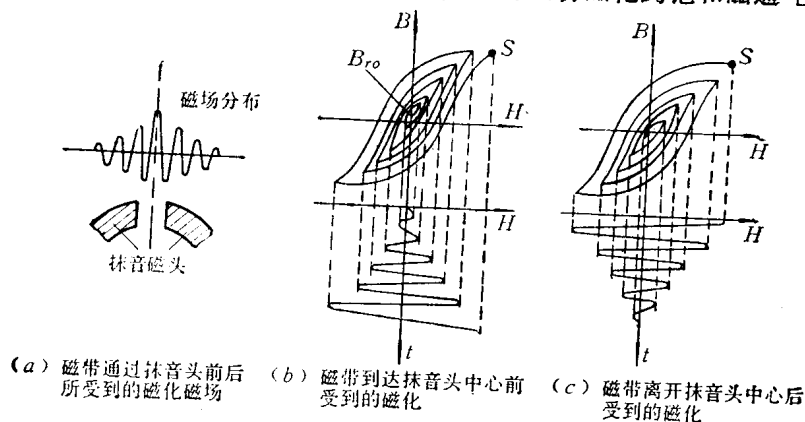


图 1-11

点];而当磁带逐渐离开磁头缝隙时,在磁带的那同一点受到振幅逐渐减弱的正负交变的磁场磁化,如图(c)所示。当磁带的那一点离开磁头缝隙时,所受的磁场作用极微,剩磁变为零,因而达到了抹音的目的。

由此可见,交流抹音与直流抹音不同,交流抹音是把磁带上原来按一定规律变化的剩磁全部变为零而不存在剩磁,从而达到抹音效果;直流抹音则是将原有规律变化的剩磁全部磁化到恒定的饱和磁通来达到抹音目的。由于交流抹音在磁带上不留剩磁,因此录音噪声要比直流抹音小得多。所以,现代较高级的磁带录音机几乎都采用交流抹音。

顺便指出,上一节的超音频(交流)偏磁的录音磁头的磁场分布与交流抹音磁头相类似,因此超音频偏磁磁场作用给磁带的剩磁,随着磁带的离开,象交流抹音一样剩磁变为零。目前,在一般的超音频抹音的录音机中,录音所需的超音频偏磁振荡和抹音所需的超音频振荡,可由同一个振荡器提供。

采用交流抹音时,要求超音频振荡有足够大的电流和严格对称的波形,否则磁化会产生剩磁,影响抹音效果。而且,抹音磁头磁场强度的减弱应该比较缓慢,否则也会产生剩磁而造成噪声。因此抹音磁头的缝隙宽度应较宽,以使磁场呈缓慢降落。一般要得到满意的抹音效果,磁带在离开抹音头缝隙时应保证受到 10 个以上的循环磁化。所以,超音频振荡电流的频率取得高一些是有利的。磁带的移动速度与抹音质量也有关系,磁带速度越慢,磁带某点在抹音磁场中停留时间就越长,磁场强度的减弱就越慢,抹音效果也就越好。总之,适当地提高抹音信号频率,降低磁带速度,或加大抹音磁头的缝隙宽度,都能达到提高抹音质量的目的。

第三节 放音原理

一、放音原理

磁带放音实质是磁-电变换过程。放音磁头也是一个有工作缝隙的磁头铁芯上绕有线圈所组成。如图 1-12 所示,经过录音后的磁带,

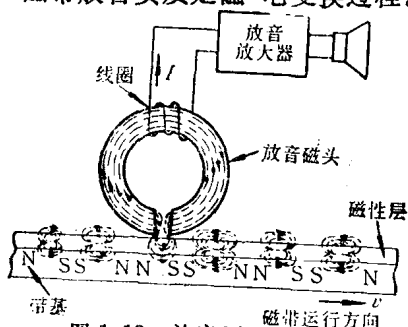


图 1-12 放音原理

以录音时相同的速度经过放音磁头的工作缝隙时,由于磁头的高导磁率铁芯的磁阻比磁头缝隙中空气的磁阻小得多,使磁带上所录下的音频剩磁通容易通过磁头铁芯而形成回路。根据电磁感应定律,磁带上的剩磁通就会在放音磁头线圈上感应出一个与剩磁通变化规律相同的感应电动势,这个电动势经过放音放大器放大后,送去推动

扬声器,磁带上所录下的音频剩磁信号便还原成原来的声音,从而完成放音过程。

根据电磁感应定律(法拉第定律),若磁头线圈的匝数为 N ,则线圈感应出来的电动势为

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1.2)$$

设磁带上的录音剩余磁通 Φ 为等幅正弦变化,即

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t$$

则有

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \Phi_m \omega \cos \omega t$$

$$\begin{aligned}
 &= 2\pi f N \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\
 &= E_m \sin(\omega t - 90^\circ)
 \end{aligned}
 \quad (1.3)$$

其中 $E_m = 2\pi f N \Phi_m$ 。可见感应电动势（即放音磁头的输出电压）与磁带上的剩磁通波形相同，在相位上前者滞后于后者 90° 。把 E_m 式两边除以 $\sqrt{2}$ ，即得感应电动势有效值为

$$E = 2\pi f N \varphi \quad (1.4)$$

其中 φ 为磁通有效值。显然 N 与 φ 均为常量，即放音磁头的输出电压与频率 f 成正比。令 $K = 2\pi N \varphi$ ，则 $E = Kf$ 。由于这个结果 ($E \propto f$) 是从上面公式中微分得到的，故称为“微分效应”。

当感应电动势 E 和频率 f 均以对数表示时，

$$\begin{aligned}
 E(\text{dB}) &= 20\lg Kf \\
 &= 20\lg K + 20\lg f \\
 &= K' + 20\lg f
 \end{aligned}
 \quad (1.5)$$

式中 $K' = 20\lg K$ ，仍为常量。

当频率加倍时，即 $f_2 = 2f_1$ ，则有

$$\begin{aligned}
 \Delta E &= E_2 - E_1 = 20\lg f_2 - 20\lg f_1 \\
 &= 20\lg \frac{f_2}{f_1} = 20\lg 2 \approx 6(\text{dB})
 \end{aligned}$$

根据上述的放音磁头放音原理分析，可以得出如下结论：

(1) 放音磁头的输出电压与磁带上的剩磁通，亦即与录音电流成正比；

(2) 放音输出电压与录音信号频率按 6dB/倍频程线性关系变化，即在频率对数坐标中，放音输出电压与频率的关系是一条以 6dB/倍频程斜率上升的直线，如图 1-13 所示。这是一条纯理论的放音特性曲线，当考虑到录音和放音过程中各种实际高频和低频损耗时，实际曲线如图中虚线所示；

(3) 录音信号电流和放音输出的相位差为 90° ；

(4) 在同一带速时，录音和放音信号频率不变；

(5) 由 (1.1) 式，可得 $E = Kf = \frac{Kv}{\lambda}$ ，即对同一记录波长，放

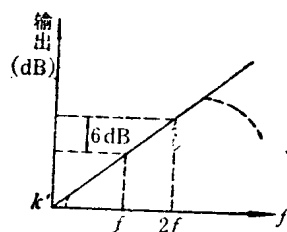


图 1-13 放音频率特性

音输出电压与带速成正比。

二、录放过程中的各种损耗

前已指出，在录音时如果让录音磁头的输入电流幅度保持恒定的话，则在放音时，按道理放音磁头的输出电压应该按倍频程 6dB 之比率与频率成正比地上升。但由于录音、放音磁头在工作过程中存在着各种损耗，致使实际的放音输出在高、低频段（尤其是高频段）减小。

1. 录音过程中的各种损耗

在录音过程中，随着信号频率的增高和记录波长的变短，将引起记录剩磁通的减小，这种现象称为高频损耗。录音过程中的高频损耗包括录音自去磁损耗、录音去磁损耗、涡流和磁滞损耗、磁带厚度损耗等。

(1) 自去磁损耗