

高等学校试用教材

家用电器教程

黎德华 何佳 李红波 编写

JIA YONG DIAN QI JIAO CHENG

● JIA YONG DIAN QI JIAO CHENG ● JIA YONG DIAN QI JIAO CHENG

广西师范大学出版社

高等学校试用教材

家用电器教程

黎德华 何 佳 李红波 编写

广西师范大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括收录机、录像机、电冰箱、空调器、洗衣机、电热炊具（电饭锅、电烤箱、微波炉、电磁灶）等常见家用电器的工作原理、结构、主要性能及常见故障分析与检修。

本书内容丰富、概念清楚、分析透彻、通俗易懂，可作为高等学校、师专、函大、夜大、职大的教材，也可供有关人员自学阅读。

(桂)新登字 04 号

高等学校试用教材

家用电器教程

黎德华 何 佳 李红波 编写

责任编辑：于诗藻

封面设计：韦明军

广西师范大学出版社出版

邮政编码：541001

(广西桂林市中华路 36 号)

广西新华书店发行

湖南省地质测绘印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：18.25 插页：3 字数：451 千字

1992 年 11 月第 1 版

1992 年 11 月第 1 次印刷

印数：0001—6200 册

ISBN 7-5633-1398-2/G · 1127

定价：8.00 元

前 言

随着国民经济的发展和人民生活水平的不断提高,各种各样的家用电器正日益广泛地进入千家万户,既使人们摆脱繁重的家务劳动,又极大地丰富了人民群众的物质和文化生活.在这种形势下,许多学校都开设了《家用电器》课程,但都深切地感到有关家用电器方面的适用教材较少,尤其是把收录机、录像机、电冰箱、空调器、洗衣机、电热炊具等作为一本较完整的家用电器教材则更少见.为适应这种需要,我们在编写广西师范大学物理系《家用电器讲义》的基础上,结合多年从事家用电器教学和维修实践,并经物理系六个年级的本科、专科、函大、夜大共12个班次使用,多次修改补充而编写成本书,因此,它是一本较成熟的教材.其特点是:

1. 内容丰富.它包括了收录机、录像机、电冰箱、空调器、洗衣机、电热炊具(电饭锅、电烤箱、微波炉、电磁灶)等常见家用电器的工作原理、结构、主要性能及常见故障分析与检修.

2. 概念清楚,分析透彻,通俗易懂,并在每一类家用电器中选择常用的有代表性的一种机型进行重点讲解,还配有详细的电路原理及结构图.

3. 每章末都附有复习题,便于复习检查.

4. 本书适用于高等学校、师范专科学校、函大、夜大、职大作为开设《家用电器》课程的教材使用,也可作为中等专业学校、职业中学和家电维修班的教学参考书或供自学人员作学习用书.

全书教学时数约60学时.教学时数较少的学校,可根据各自的具体情况选讲部分内容,其他内容学生在自学的基础上,通过教师的辅导也能掌握.

参加本书编写的有广西师范大学黎德华(第一章)、李红波(第六章)、广西区教委装备处何佳(第二、三、四、五章).全书由黎德华负责统稿.

本书第一、六章由桂林电子工业学院赵家宾副教授审稿,第二、三、四、五章由广西大学邓明铨副教授、李建保副教授审稿.他们对书稿进行了认真审阅,并提出许多宝贵意见.在此,对他们表示衷心感谢!

本书在编写和出版过程中,得到广西师范大学物理系牟孝君教授、张振球教授、柳继锋副教授、冯昌昆副教授、全先科副教授、广西师范大学出版社于诗藻副编审和出版社全体同志的关怀、支持和帮助,在此,对他们表示衷心感谢!

本书在编写过程中,参阅了国内外有关学者的论著,在此致谢!

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正.

编 者

1992年6月

目 录

第一章 收录机	(1)
第一节 收录机的基本原理	(1)
一、录音原理	(1)
二、放音原理	(8)
三、抹音原理	(10)
四、磁 头	(12)
五、磁 带	(16)
六、驻极体电容式话筒	(20)
复习题	(22)
第二节 调频立体声广播	(22)
一、什么是立体声	(22)
二、双声道立体声磁带录音和放音过程	(23)
三、调频立体声广播信号的结构	(24)
四、导频制调频立体声广播发射机的工作过程	(26)
五、平衡调幅的工作原理	(28)
六、立体声复合信号的编码过程	(30)
七、立体声解码器	(32)
复习题	(35)
第三节 单卡集成电路立体声收录机整机电路原理分析	(36)
一、电源电路	(36)
二、放音、录音双通道均衡前置放大集成电路原理	(38)
三、超音频振荡器的工作原理	(40)
四、低放级及音调控制电路原理	(41)
五、功放电路原理	(45)
六、接收调幅波的输入回路及本振回路	(48)
七、接收调频波的调频头电路	(48)
八、中放集成电路 TA7614 电路原理	(50)
九、立体声解码器集成电路 TA7604 电路原理	(51)
十、收音调谐指示电路	(54)
十一、声音电平指示集成电路 LB1045 电路原理	(55)
复习题	(56)
第四节 双卡集成电路立体声收录机整机电路原理分析	(56)
一、电源电路	(56)

二、放音、录音双通道均衡前置放大集成电路 TA7668AP 电路原理	(57)
三、超音频振荡器的工作原理	(63)
四、低放级及音调控制电路工作原理	(65)
五、音频功率放大器	(67)
六、接收调频波的调频头集成电路 TA7335P 工作原理	(69)
七、中放集成电路 TA7640AP 工作原理	(72)
八、立体声解码器集成电路 TA7343AP 工作原理	(74)
九、调谐指示及声音电平指示集成电路工作原理	(77)
十、马达直流电源供电电路	(78)
复习题	(80)
第五节 机芯传动机构	(80)
一、直流马达的结构	(80)
二、直流马达的稳速原理	(81)
三、马达故障与维修	(83)
四、机芯的结构及工作原理	(84)
五、恒速走带和收带机构	(87)
六、停机机构	(88)
七、其它机构	(90)
复习题	(90)
第六节 收录机的其它电路	(91)
一、人工选曲	(91)
二、自动选曲电路	(91)
三、静噪自动选曲电路	(93)
四、静噪调谐电路	(93)
五、跟踪统调电路	(95)
复习题	(98)
第七节 收录机常遇故障分析与检修	(98)
一、电源电路的测试及故障分析与检修	(98)
二、放音电路故障分析与检修	(100)
三、录音电路故障分析与检修	(106)
四、收音电路故障分析与检修	(108)
五、机芯传动机构故障分析与检修	(110)
复习题	(114)
附注:	
一、什么是分贝	(115)
二、什么是电平	(116)
第二章 电热炊具	(117)
第一节 电饭锅	(117)

一、电饭锅的种类	(117)
二、保温式自动电饭锅的结构和工作原理	(118)
三、电饭锅的常见故障和处理方法	(122)
第二节 电烤箱	(123)
一、电烤箱的种类	(123)
二、自动调温定时型电烤箱的结构和工作原理	(124)
三、电烤箱性能要求	(126)
四、电烤箱的常见故障和处理方法	(127)
第三节 微波灶	(127)
一、微波灶的分类	(128)
二、加热原理	(128)
三、微波灶的性能和特点	(129)
四、微波灶的结构和工作原理	(129)
五、使用微波灶应注意的问题	(132)
六、微波灶的常见故障和排除方法	(133)
第四节 电磁灶	(134)
一、电磁灶的加热原理和特点	(134)
二、电磁灶的分类	(134)
三、工频电磁灶	(134)
四、高频电磁灶	(135)
复习题	(141)
第三章 电冰箱	(142)
第一节 冰箱的制冷原理	(142)
一、压缩式冰箱的制冷过程	(143)
二、吸收式冰箱的制冷过程	(144)
三、半导体制冷原理	(145)
第二节 电冰箱的规格、型号及冷度	(146)
一、电冰箱的规格	(146)
二、电冰箱的型号	(146)
三、冷 度	(147)
第三节 电冰箱的常见类型	(147)
一、单门直冷式电冰箱	(147)
二、双门直冷式电冰箱	(148)
三、双门间冷式电冰箱	(149)
第四节 制冷剂	(150)
一、制冷剂的分类	(150)
二、常用制冷剂的特性	(150)
三、氟利昂 12 的温度和压强的关系	(152)
第五节 电冰箱的制冷系统	(153)

一、电冰箱的压缩机	(154)
二、电冰箱的冷凝器	(157)
三、电冰箱的蒸发器	(158)
四、干燥过滤器、毛细管和吸气管	(159)
第六节 电冰箱的电气控制系统	(161)
一、单门电冰箱电气系统的工作原理	(161)
二、双门直冷式电冰箱电气系统的工作原理	(162)
三、电冰箱的温度控制器	(163)
四、电冰箱的启动器和过流过热保护器	(167)
五、电冰箱的化霜控制装置	(170)
六、双门间冷式电冰箱的典型电路	(175)
七、电冰箱的电动机	(176)
第七节 电冰箱的箱体	(177)
第八节 电冰箱的常见故障和处理方法	(178)
一、电冰箱的正常工作状态	(178)
二、电冰箱故障的一般检查方法	(179)
三、电冰箱的常见故障和处理方法	(180)
复习题	(182)
第四章 空气调节器	(185)
第一节 空调器的功能和种类	(185)
一、空调器的功能	(185)
二、空调器的种类	(185)
第二节 窗式空调器的结构及工作原理	(186)
一、窗式空调器的分类	(187)
二、窗式空调器的制冷系统及工作原理	(187)
三、电路系统的结构及工作原理	(189)
四、窗式空调器主要技术指标	(191)
第三节 窗式空调器的选购、安装、使用及保养	(193)
一、选用空调器制冷量的粗略估算方法	(193)
二、窗式空调器的安装	(194)
三、使用方法及注意事项	(194)
四、空调器的维护保养	(195)
第四节 窗式空调器的常见故障与排除方法	(195)
第五节 分体式空调器简介	(197)
复习题	(198)
第五章 洗衣机	(199)
第一节 洗衣机的洗涤原理和洗衣过程	(199)
一、洗衣机的洗涤原理	(199)
二、洗衣机的洗衣过程	(199)

第二节 洗衣机的种类及特点	(200)
一、按自动化程度分类	(200)
二、按结构分类	(201)
三、洗衣机的型号	(202)
第三节 波轮式双桶洗衣机的结构原理	(203)
一、普通双桶洗衣机的结构	(203)
二、普通双桶洗衣机的典型电路	(210)
第四节 套桶式全自动洗衣机的结构原理	(211)
一、结构与性能	(211)
二、控制系统	(214)
三、辅助机构	(223)
第五节 洗衣机常见故障及处理方法	(224)
一、普通型洗衣机的常见故障及处理方法	(225)
二、全自动洗衣机的常见故障及处理方法	(225)
第六节 全自动洗衣机电脑程控原理	(227)
一、操作功能	(227)
二、电路原理及运行程序	(228)
三、特殊功能	(230)
复习题	(232)
第六章 录像机	(235)
第一节 视频信号的特点及录放原理	(235)
一、录像机的录放原理	(235)
二、视频信号的特点	(236)
三、提高记录 and 重放信号上限频率的方法	(237)
四、亮度信号调频记录	(237)
五、色度信号降频记录	(238)
六、螺旋扫描方式和磁迹位形图	(239)
七、高密度记录方式	(241)
八、录像机的组成	(244)
第二节 视频信号的记录系统	(245)
一、视频信号记录系统的组成	(246)
二、输入选择电路	(246)
三、自动增益控制 (AGC) 电路	(247)
四、低通滤波和亮色分离电路	(248)
五、预加重电路	(248)
六、箝位电路	(249)
七、黑白切割电路	(250)
八、频率调制器	(250)
九、自动色度控制 (ACC) 电路	(252)

十、色度降频电路	(252)
十一、记录放大器	(252)
十二、旋转变压器	(253)
第三节 视频信号的重放系统	(254)
一、视频信号重放系统的组成	(254)
二、预放器	(254)
三、磁头切换开关	(255)
四、失落补偿电路	(255)
五、幅频补偿电路	(257)
六、限幅器	(257)
七、调频解调器	(257)
八、去加重电路	(257)
九、重放自动色度控制电路	(258)
十、色度升频电路	(259)
第四节 伺服系统	(260)
一、伺服系统的概念和种类	(260)
二、鼓伺服系统	(261)
三、主导轴伺服系统	(263)
四、张力伺服系统	(265)
第五节 机械系统	(266)
一、机械系统的作用和组成	(266)
二、磁头鼓组件	(267)
三、走带机构	(268)
四、加载机构	(269)
五、带盒装卸机构	(270)
第六节 控制系统	(271)
一、控制系统的基本功能	(271)
二、控制系统的组成	(273)
第七节 录像机的维修	(274)
一、磁头鼓的更换	(274)
二、常见故障的分析与检修	(275)
复习题	(282)

第一章 收录机

第一节 收录机的基本原理

一、录音原理

收录机的录音和放音是利用磁头和磁带的相互作用，应用声和电、电和磁的转换进行工作的。录音时，把声变成电，再把电变成磁，最后以磁的形式把声音记录在磁带上。放音时，把磁变成电，再把电变成声。

(一) 磁化现象和磁化曲线

把钢铁放入磁场中将被磁化而成为磁铁。磁场强度越强，钢铁就被磁化得越厉害。

为了把抽象的磁化概念具体的表示出来，通常是用图示法，如图 1-1 所示。我们用改变电流大小的方法来逐渐改变磁场强度的强弱，可以得到铁芯的磁通密度 B 随磁场强度 H 变化的过程。表示此过程的 $B-H$ 曲线叫做磁化曲线，如图 1-2 所示。当 H 从 O 开始增大的起初阶段， B 上升很慢如 OA 段，然后随着 H 的增大， B 上升很快，如 AB 段，过 B 点后，随 H 增加， B 增加又变得很慢，如 BC 段，过 C 点后， H 增加， B 几乎不再增加， C 点称为磁饱和点。

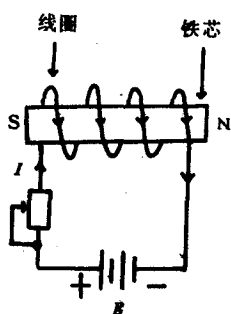


图 1-1 铁芯磁化过程

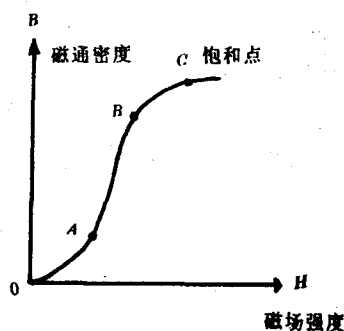


图 1-2 磁化曲线

(二) 磁滞现象和磁滞回线

当铁芯到达磁饱和后，磁通密度 B 已达最大值，以后，如果将磁场强度 H 逐渐减小，这时磁通密度 B 并不按原来的路线 C, B, A, O 曲线减小回到原点 O ，而是沿着 $C, B,$ 曲线缓

慢地减小,当磁场强度 H 减小到 0 时,磁通密度 B 还保持着一定的数值,也就是说铁芯还剩下一部分磁性,这剩下的磁性叫做“剩磁”,以 B_r 表示,如图 1-3 所示.此后,若线圈中反方向通入电流,使磁场强度 H 反方向增加,当反方向的磁场强度等于 $-H_c$ 时,磁通密度 B 才减小到 0 . $-H_c$ 称为“矫顽磁力”.

从上述过程中可以看出,由于铁芯磁化后,在退磁过程中磁分子受内部作用的阻碍,使得磁通密度 B 的变化总是比磁场强度 H 的变化滞后一些,这种现象,叫做“磁滞现象”.

当 H 反方向增加到 $-H_c$ 后,若继续增大 $-H$, B 也将向反方向增大,当增大到 D 点时,又达到反方向的磁饱和状态.此后若把 $-H$ 减小到 0 ,又留有反方向剩磁 $-B_r$.要使 $-B_r$ 减小到 0 ,就要向正方向增大 H 到 H_c .如此改变磁场强度 H 的方向和大小,磁通密度 B 将完成一个完整的闭合曲线,这样循环变化一周的闭合曲线,叫做“磁滞回线”.

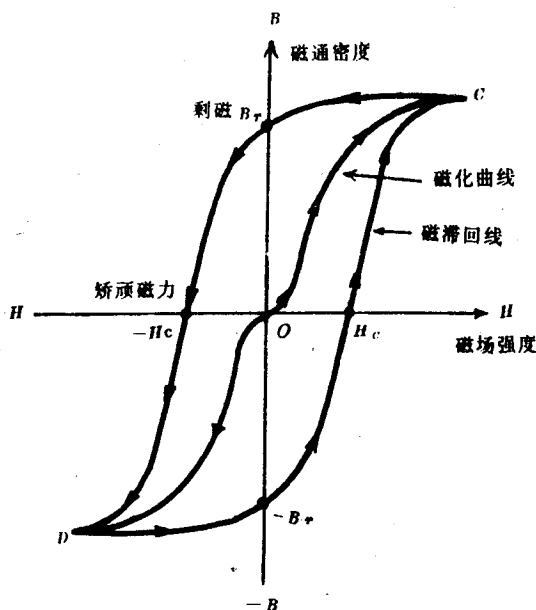


图 1-3 磁滞回线

磁化现象因磁性材料不同而有很大差异,一般用磁滞回线来表示磁性材料的特性.不同的磁性材料所留下的剩磁及矫顽磁力的大小是不同的.剩磁及矫顽磁力大(即磁滞回线宽)的,叫做硬磁性材料;剩磁及矫顽磁力小(即磁滞回线窄)的,叫做软磁性材料.磁带上所涂的磁性材料就是硬磁性材料,这样,录音时记录在磁带上的剩磁就比较大,而且由于矫顽磁力大,剩磁也不易消失.而磁头的铁芯、变压器铁芯、电磁铁等是用软磁性材料,以减小它的剩磁且也容易消除.

(三) 磁带录音原理

录音磁头是在环形铁芯上绕以线圈制成,它实际上是一种电磁铁.磁头铁芯前面留有一条工作缝隙,缝隙中填入非磁性材料,磁阻很大,而磁带上涂上一层彼此互相绝缘的强磁性金属粉末微粒,磁阻很小.录音时,音频信号电流通过录音磁头线圈,在磁头铁芯中就产生磁场.当磁带被马达带动并紧贴着磁头以匀速通过磁头工作缝隙时,由于磁带的磁阻比磁头工作缝隙的磁阻小得多,因此,绝大部分磁场就通过磁带成回路,磁带将被磁化.当磁带离开磁头工作缝隙后,磁带上就留有剩磁,因而声音就以剩磁的形式被记录在磁带上.如图 1-4 所示,设音频电流为正半周时,磁带在 AB 段内剩磁的极性左为 S 右为 N ,当音频电流为负半周时,磁带在 CD 段内剩磁的极性左为 N 右为 S .音频电流越大,磁带上的剩磁就越大;音频电流变化一周,磁带上剩磁的极性改变一次.

实际上,某微段磁带通过磁头缝隙所需的时间比音频电流变化一周的时间少得多.一般常用的录放两用磁头的工作缝隙宽度约为 $5\sim 15\mu\text{m}$,而盒式磁带前进的速度是 4.76cm/s ,所

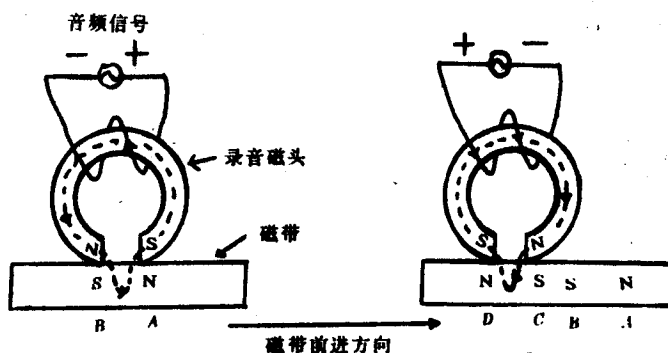


图 1-4 磁带录音原理

以，某微段磁带通过磁头缝隙所需的时间 Δt 极短，设磁头缝隙宽度为 $5\mu\text{m}$ ，则

$$\Delta t = \frac{5 \times 10^{-6} \text{m}}{4.76 \times 10^{-2} \text{m/s}} = 105 \mu\text{s}$$

假设音频信号频率为 1kHz ，则周期 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000} = 1000 \mu\text{s}$ 。 $\frac{\Delta t}{T} = \frac{105}{1000} \approx \frac{1}{10}$ ，也就是说，某微段磁带通过磁头缝隙所需的时间 Δt 约占音频信号一个周期的 $1/10$ 。因此，虽然音频电流是正弦波（这里假定它是正弦波），磁场强度 H 也是正弦波，其大小及方向是随着时间而变化，但在某微段磁带通过磁头缝隙的那小段 Δt 时间内，可以近似地认为 H 变化不大，基本上是一个固定的数值，故该微段磁带上的剩磁也是一个固定的数值。若音频电流大小不同，在磁带通过磁头缝隙的那小段 Δt 时间内，磁带上的剩磁 B_{r1} 和 B_{r2} 大小就不同，如图 1-5 (a) 所示。如果 H 是正弦波，在正弦波的不同瞬间，磁带通过磁头缝隙所留下的剩磁大小也不相同，如图 1-5 (b) 中的 B_{r1} 和 B_{r2} 。

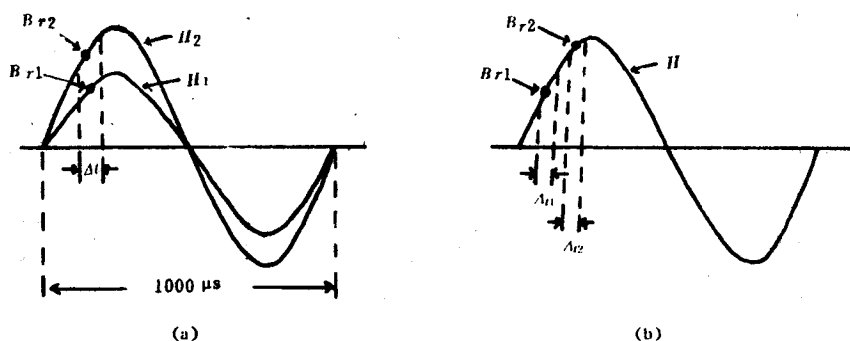


图 1-5 剩磁大小与 H 的关系

既然当某微段磁带通过磁头缝隙的那小段 Δt 时间内磁场强度 H 基本上是个固定的数值，那么磁带上的剩磁又是怎样留下的呢？下面分析磁带通过磁头缝隙的过程中磁场强度 H 的变化情况。

我们假定在图 1-5 (b) 的 Δt_1 时间某微段磁带通过磁头缝隙，这时磁场强度 H 近似认为

是定值,即磁力线条数也是定值。如图 1-6 所示,当磁带进入到缝隙的不同空间位置,磁带所受磁场强度是不同的,在缝隙中心处,作用到磁带上的磁场强度最强,在缝隙的两边,作用到磁带上的磁场强度就弱。因此,在磁带的某个微段,当它开始进入缝隙→到达缝隙中心→离开缝隙这个过程中,作用到这微段磁带上的磁场强度是由弱→强→最强→强→弱。当这微段磁带离开缝隙之后,虽然作用到这微段磁带的磁场强度为 0 了,但从磁滞回线知道,这微段磁带却留下了剩磁 B_r ,这就是记录在该微段磁带上在 M_1 时间内的录音音频信号剩磁。音频电流越大,剩磁就越大。在正弦波的正半周期期间内,只是电流大小改变,而电流方向没有改变,所以每微段磁带上

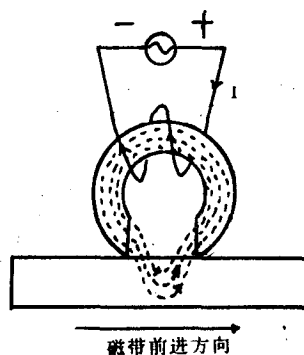


图 1-6 磁头缝隙中的磁力线分布

剩磁的极性也不改变,只是大小改变。当正弦波负半周时,剩磁的极性才改变,如图 1-7 所示。结果,当磁带通过磁头缝隙之后,每个微段磁带上的剩磁,就相当于一个小磁体,这些小磁体的磁性大小和极性与录音音频信号电流的大小和方向相对应。

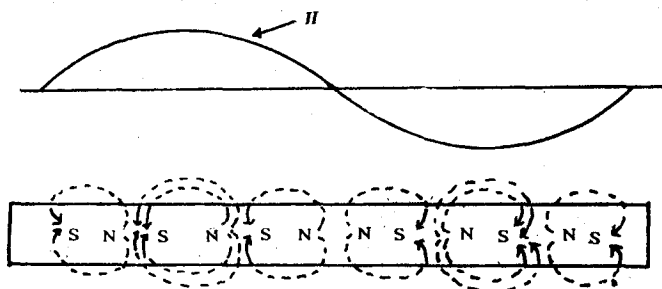


图 1-7 磁带上的剩磁分布

从上面分析可知,当某微段磁带通过磁头缝隙时,在时间上,可把磁场强度 H 的大小近似看作是不变的,但在空间上,磁带进入缝隙的不同空间位置,磁场强度 H 的大小是不同的。磁带通过磁头缝隙之后之所以能留有剩磁,正是由于磁带通过缝隙的不同空间位置,作用到磁带上的磁场由小变大,又由大变小,最后为 0 的结果。

(四) 无偏磁录音和偏磁录音

1. 无偏磁录音。录音时,如果不给录音磁头加上偏磁磁场,静态工作点就在原点 0 位置,这时由于磁化曲线的非线性,当录音音频信号磁场 H 增大到 A 点时,磁通密度 B 上升到 a ,当磁带离开磁头缝隙时,磁带上的剩磁就是 B_{ra} ;当 H 增大到 B 点时,磁通密度 B 上升到 b ,磁带上的剩磁就是 B_{rb} ,当 H 为负半周时,情况与此相似。由此可见,如果录音时不给录音磁头加上偏磁磁场,由于磁化

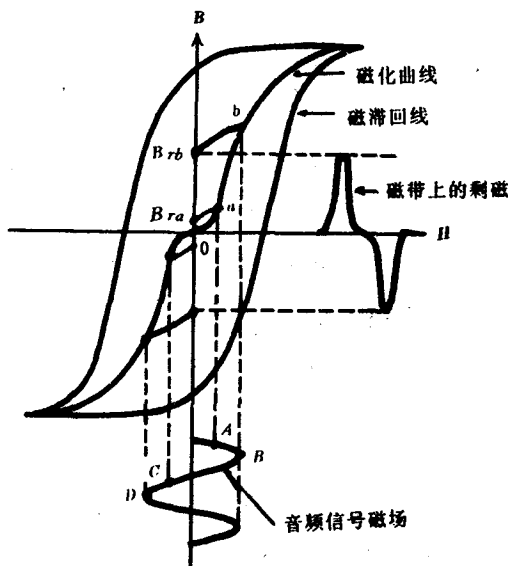


图 1-8 无偏磁录音

曲线的非线性，音频信号磁场虽然是一个正弦波，但磁带上的剩磁却是一个非正弦波，因而剩磁产生非线性失真，如图 1-8 所示。这与晶体三极管乙类推挽放大器基极不加偏置电压时会产生交越失真相类似。

2. 偏磁录音。为了避免无偏磁录音所产生的非线性失真，录音时就要给录音磁头加上偏磁磁场。给录音磁头加偏磁磁场的方式有直流偏磁和超音频交流偏磁。

(1) 直流偏磁。直流偏磁就是录音时给录音磁头加入一定的直流电流，使其产生一个固定的直流磁场，使磁头的静态工作点避开磁化曲线的弯曲部分，使静态工作点 Q 移到磁滞回线右侧直线部分的中央附近，如果音频信号磁场又不很强，工作不超出磁滞回线右侧的直线范围，就可避免产生非线性失真，如图 1-9 所示。这也与晶体三极管放大器给基极加上直流偏置电压时可以避免产生非线性失真相类似。

直流偏磁的优点是电路简单、经济、故障少。缺点是当直流偏磁电压不稳定时， Q 点就不稳定，若 Q 点往上或往下移动，就有可能移到磁滞回线右侧的上部或下部弯曲部分，再加上如果音频信号稍大时就会产生非线性失真。此外，由于直流偏磁的磁场会在磁带上留下直流剩磁，若磁带上的磁粉涂布不均匀或颗粒大小不均匀时，磁带上不同位置所留下的直流剩磁大小就会有微小变化，放音时就会产生噪声。

(2) 超音频交流偏磁。超音频交流偏磁是把超音频交流偏磁信号和录音音频信号串联或并联叠加后同时送到录音磁头，超音频偏磁信号的频率高出音频信号最高频率的 4~5 倍以上，一般采用 50~150kHz。

如图 1-10 所示，超音频交流偏磁信号磁场和音频信号磁场相叠加，得到一个综合信号磁场，这个综合信号磁场的频率仍

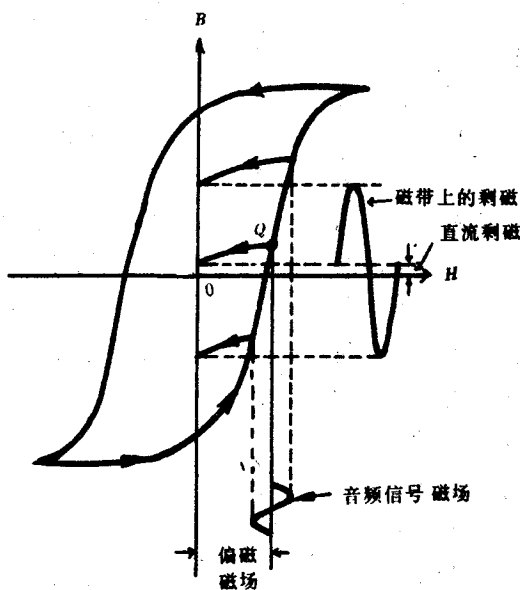


图 1-9 直流偏磁录音

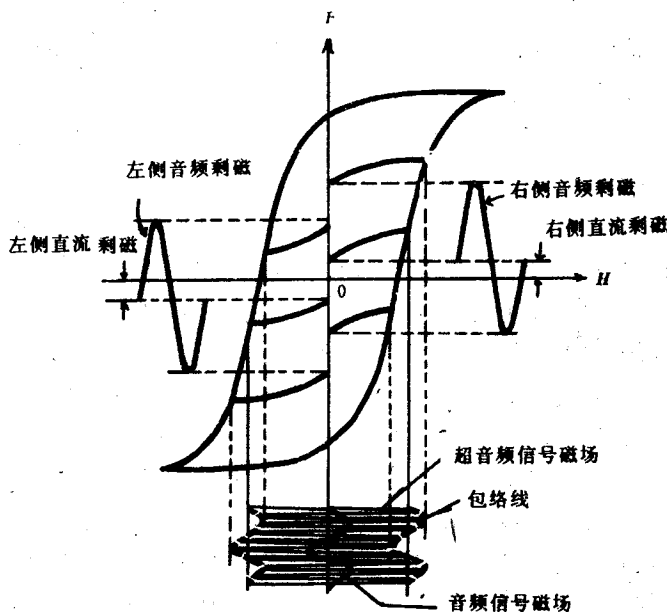


图 1-10 超音频交流偏磁录音

然是超音频信号的频率，但包络线则按照音频信号磁场规律变化。由于超音频偏磁磁场的作用，尽管超音频信号磁场的起始部分是在磁化曲线的底部弯曲部分，但包络线却落在磁滞回线的直线部分，故音频信号的剩磁不会失真。超音频信号的频率较高，磁带的磁层粉末在超音频磁场的反复磁化下，实际上只留下平均剩磁信号，而这个平均剩磁信号与综合信号的包络线完全一样，因而不但没有非线性失真，而且使磁滞回线左、右两侧的直线部分都用上了。由于磁滞回线的对称性，左侧音频剩磁和右侧音频剩磁相叠加，可以互相补偿，使失真抵消。例如音频磁场为正半周时，右侧音频剩磁在磁滞回线右侧接近饱和部分，而左侧音频剩磁却在磁滞回线左侧的直线部分；当音频磁场为负半周时，左侧接近饱和，而右侧却在直线部分。因为左、右两侧剩磁在磁带上是在同一个时间同一个位置产生的，因而左侧音频剩磁和右侧音频剩磁相叠加的结果，不但能抵消失真，而且还使总的音频剩磁为直流偏磁时的两倍左右。此外，左、右两侧的直流剩磁极性相反，互相抵消，因而减小了直流剩磁的噪声。

超音频交流偏磁的优点是失真小，音频剩磁大，噪声小。缺点是收录机中需要有一个超音频振荡器产生超音频信号，因而电路复杂，成本贵，也容易出故障。

(五) 录音高频损耗和高音频补偿

1. 录音高频损耗。录音时，随着音频信号频率的升高，会引起磁带记录剩磁的减小，这种现象称为录音高频损耗。引起高频损耗的原因主要有以下几种：

(1) 涡流损耗。由于磁头铁芯在交流磁场作用下会产生涡流，引起能量损耗。音频信号频率越高，产生的涡流越大，损耗越大。

(2) 间隔损耗。间隔损耗是由于磁头和磁带之间接触不够紧密，有间隔，使录音磁场受到间隔空隙的衰减，结果使磁带的磁层粉末所得到的录音磁场减弱。间隔越大，损耗越大。若间隔一定，信号频率越高，损耗越大。这是因为，信号频率越高，磁头产生的磁场只靠近磁头表面，向空间散溢的范围小，不能全部有效地渗入磁带的磁性层，因而磁带记录的剩磁就减弱。

(3) 录音去磁损耗。在某微段磁带通过磁头缝隙的那小段时间内，可能刚好遇到音频磁场的极性发生改变，例如先受到正向电流磁场的磁化，接着又受到反向电流磁场的磁化，磁带受正向磁场磁化所留下的剩磁就会被反向磁场磁化所去磁，好像自动退磁一样，因而发生去磁效应，使剩磁减小。信号频率越高，去磁效应越频繁，因而引起的去磁损耗也越大。

(4) 自去磁损耗。如图 1-11 所示，录音时磁带上记录的剩磁是一段段的小磁体，这些小磁体又会在其相邻未被磁化的磁性粉层中感应出微弱的小磁体，这些感应出的微弱小磁体的磁场与录音剩磁小磁体的磁场是反向的，因而会削弱剩磁小磁体的磁性，即剩磁小磁体的磁性被损耗了一部分；此外，录音剩磁相邻的小磁体之间由于同极性相斥的作用，也会发生互相退磁现象，造成损耗。这些损耗叫做自去磁损耗。信号频率越高，每单位长度磁带内

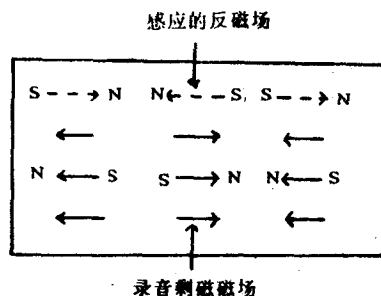


图 1-11 自去磁现象

相邻的录音剩磁同性磁极数目越多，自去磁越严重，损耗越大。

(5) 厚度损耗. 当录音信号频率较高时，录音磁头的信号磁场扩散区域小，进不到磁带磁粉层的深处，使磁带记录的剩磁减小，造成损耗，叫做厚度损耗。信号频率越高，损耗越大。

通过以上分析可知，录音时，录音信号频率越高，高频损耗就越大。此外，录音磁头线圈的感抗 $X_L = 2\pi fL$ 也与信号频率有关，频率越高，感抗越大，当录音放大电路输出的音频信号电压大小一定时，流过录音磁头线圈的音频电流就越小，录音的剩磁也就越小。因此，在录音音频信号未送进录音磁头之前，就要先对高频信号电压的幅度进行提升或叫做高频补偿，使送到录音磁头的高频电压的幅度大于低频电压的幅度，才能补偿高频的损耗，使得最后录音不论信号频率高低，只要话筒输出的音频信号电压大小相同时，都能得到同样大小的剩磁。

2. 录音高频补偿. 录音时，为了对高频信号的幅度进行补偿，在录音放大电路中采取了多种补偿方式，主要有以下几种：

(1) 负反馈式. 在录音放大电路中加入负反馈网络，如图 1-12 所示，是两级电压串联负反馈电路， R_1 、 R_2 、 R_{e1} 、 C_3 组成负反馈网络。在录音音频信号的频率低于某一数值时， C_3 的容抗很大，可视作开路， C_3 对负反馈信号无旁路作用，这时输出电压 U_o 由 R_1 、 R_2 、 R_{e1} 分压，取 R_{e1} 两端所分得的信号电压作为 $BG1$ 管的负反馈电压，这时 U_{ne1} 就比较大。当信号频率高于某一数值时， C_3 的容抗减小，负反馈信号被 C_3

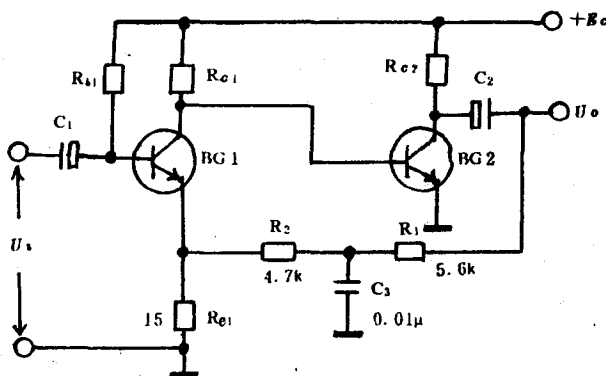


图 1-12 负反馈式录音高频补偿电路

旁路一部分，在 R_{e1} 两端所得到的负反馈信号电压就小。频率越高， C_3 的容抗越小，旁路越大， R_{e1} 两端所得到的负反馈信号电压就越小。这样，就使得高频的负反馈电压小于低频的负反馈电压，因而放大器 $BG1$ 对高频信号的放大倍数就大于对低频信号的放大倍数，使高频信号的输出电压 U_o 大于低频信号的输出电压 U_o ，从而起到高频补偿作用。

(2) 加恒流电阻. 如图 1-13 所示，在录音放大电路的输出端到录音磁头之间串联一只阻值较大的电阻 R ，当满足电阻 R 比录音磁头线圈的感抗 X_L 大很多即 $R \gg X_L$ 时， X_L 虽然随着音频信号频率的升高而增大，但 R 和 X_L 串联的总阻抗几乎不随频率的升高而增大，当录音放大电路输出的信号电压 U_o 大小不变时，流过录音磁头线圈的电流 $I = \frac{U_o}{R + X_L} \approx \frac{U_o}{R}$ 就几乎不变。

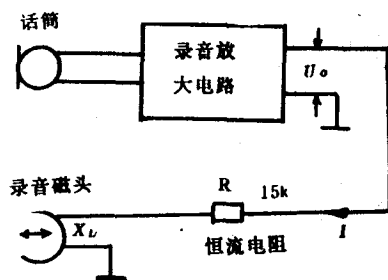


图 1-13 恒流电阻录音高频补偿电路