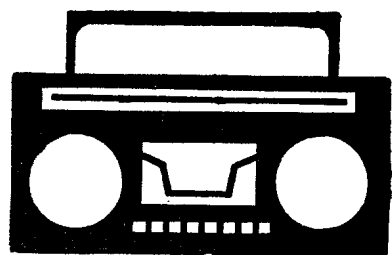


晶体管录音机

东北三省职业技术教育教材编写组编



854

辽宁科学技术出版社

前 言

为了适应中等职业教育不断发展的需要,东北三省职业技术教育协作会无线电教材编写组在编写了无线电专业课教学大纲的基础上,编写了一套专业课教材,计有:《电工基础》、《晶体管电路基础》、《脉冲电路基础》、《晶体管收音机》、《电子管收扩音机》、《晶体管录音机》、《晶体管黑白电视机》、《彩色电视机》等八本。

这套教材可供三年制职业中学无线电专业的师生在教学中使用,也可供二年制无线电专业的师生选用。

为了使教材既切合职业中学的教学实际,又遵循无线电专业本身的科学规律,我们在教材编写过程中认真注意了如下几个问题:

1. 力图体现以基本晶体管电路为基础,以晶体管收音机、电视机为重点的适应职业中学培养目标的知识体系。
2. 努力保持八本教材在专业整体上的系统性,处理好它们之间的纵横关系。
3. 教材内容尽量浅显通俗,着重基本原理、基本概念的描述和分析,注意知识的由浅入深、循序渐进。
4. 根据学生的基础实际,尽可能避免繁琐的数学推导,对必要的定量分析尽量采用简化计算方法,便于理解接受。
5. 结合职业中学的特点,在教材中体现了对实验和实习教学的足够重视,用较大的篇幅编写了实验和实习的设计思路、实验和实习原理、实验和实习方法及实验和实习的结果分析等内容。
6. 根据职业中学的教材特点,各章节中均有不少例题,每章章末均有小结和适量的习题,以供教师教学中参考和学生复习之用。
7. 为了贯彻“教育要面向现代化,面向世界、面向未来”的战略方针,在处理好传统教材和现代科学文化新成就的关系及培养学生能力,适应知识更新的需要方面做了一些不成熟的尝试。

《晶体管录音机》一书是无线电专业的一门专业技术课,主要讲授单录机的电路构成、机械结构及录音机的使用、维护及故障检查、排除等方面的基本知识。本书由杨崇志、韦克两同志执笔,由杨崇志同志对全书进行了统校,最后由吉林省教育学院玄世纯等同志审订。

由于职业教育的发展尚属初创阶段,在教学领域内有许多问题均有待于进一步探讨。虽然我们主观上希望本套教材能对职业中学教学工作有所贡献,但因时间仓促,经验不足,加之这套教材没有经过教学实践的检验,错误和不妥之处在所难免,恳请广大师生及其他读者提出宝贵意见,以便进一步修订。

东北三省职业技术教育教材编写组

1985年2月

目 录

第一章 录音机概述	1
第一节 电磁转换.....	1
第二节 磁带.....	5
第三节 磁头.....	7
第四节 录音原理.....	9
第五节 放音原理.....	13
第六节 录、放音中的各种损耗.....	14
第七节 磁带的噪声和杜比系统原理.....	16
习题一.....	17
第二章 录音机电路	19
第一节 单录机电路概述.....	19
第二节 录音放大电路.....	22
第三节 录音电平监控电路.....	27
第四节 抹音和偏磁电路.....	30
第五节 放音电路.....	31
第六节 电源电路.....	33
习题二.....	34
第三章 录音机机械结构	36
第一节 传动机构及动作原理.....	36
第二节 衡量传动机构质量的指标.....	41
第三节 带盒机构及录音机出盒机构.....	44
第四节 电机.....	46
习题三.....	48
第四章 录音机的使用和维护	49
第一节 录音机的选择.....	49
第二节 使用录音机的注意事项.....	51
第三节 几种录音方式.....	55
第四节 录音机的维护和保养.....	59
习题四.....	60
第五章 录音机的检修	62
第一节 检修中的注意事项.....	62
第二节 基本检修方法.....	63

第三节	电源部分的检修	65
第四节	放音部分的检修	67
第五节	录音部分的检修	69
第六节	机械部分的检修	72
习题五		76
第六章	立体声录音机	78
第一节	立体声录音原理	78
第二节	典型立体声录音机电路	79
第三节	立体声与单声道录放音的转换	86
第四节	录音机的发展动向	87
习题六		88
第七章	实 习	89
实习一	录音机的使用	89
实习二	录音机内部结构的认识	90
实习三	录音机的维护	92
实习四	录音机电路检查方法	92
实习五	录音机检修	93
附 录		95
附录一	盒式磁带上的英文标记	95
附录二	盒式录音机上的英文标记	96
附录三	容易排除的故障一览表	99

第一章 录音机概述

录音机是一种能把声音以磁的形式记录在磁带上，在需要时能还原成声音的一种装置。

录音机的构造从工作机理上，可分为电子线路部分和机械传动部分。从录、放音功能上，可分为录音部分和放音部分。机械传动部分是录音和放音的公共部分，录音部分和放音部分的主要区别体现在电子线路的结构上。

录音电路主要是由微音器、录音放大器、录音磁头及抹音磁头构成的。微音器把声音转换成电信号，电信号由录音放大器放大后，送给录音磁头产生磁场去磁化磁带，从而把声音以磁的形式记录在磁带上。如需记录新内容，可用抹音磁头先抹去磁带上原有的内容。

放音电路主要由放音磁头、放音放大器及扬声器构成。放音时磁带上的磁信号使放音磁头产生信号电压，放音放大器将信号电压放大后送给扬声器，使声音得到复原。

机械传动系统的主要任务是使磁带在录音和放音过程中能匀速而准确地运行。

由于磁带、磁头是实现录音和放音的核心，所以本章首先讨论磁带、磁头的工作原理。

第一节 电磁转换

电磁转换是录音机实现录音和放音的基本原理。

一、磁 场

（一）永磁体的磁场

我国劳动人民很早以前就发现了永磁体，并利用永磁体的特点制造了指南针。具体说，永磁体具有以下特性：

1. 条形磁铁两端的磁性特别强。这两端被称为磁极。
2. 当把条形磁铁悬挂起来时，就会发现它将自动地有一端指向南方，叫南极（或S极），另一端则指向北方，叫北极（或N极）。
3. 当两个永久磁铁靠近时，它们的磁极总是同性相斥、异性相吸。如果把小指南针放在一条形磁铁周围时，随着放置的位置不同，小指南针所指示的方向也不同。

以上说明，永磁体的周围存在着具有磁力作用的磁场。衡量磁场强弱时常用磁感应强度作计量单位。

（二）电流的磁场

当电流 I 流过线圈时，将在线圈周围产生磁场。

实验证明，线圈内部的磁感应强度比外部大。实验还证明，线圈的磁感应强度是与流过线圈的电流成正比的，当线圈匝数 N 和线圈长度 l 一定时，磁感应强度仅由电流 I 决定。所以 I 变化时，磁感应强度也随之变化。

若加在线圈两端电压的幅度为 U ，则线圈中电流的强度为 $I = \frac{U}{2\pi f \cdot L}$ ，式中， $2\pi f \cdot L$ 是自感系数为 L 的线圈的阻抗值。此式表明，当线圈两端电压一定时，电流与频率成反比。

二、磁性材料

电工基础知识告诉我们，相对磁导率远大于1的物质叫做铁磁性物质，相对磁导率略大于1的物质叫做顺磁性物质，相对磁导率略小于1的物质叫做反磁性物质。相对磁导率大于1的统称为磁性材料，相对磁导率接近于1的统称为非磁性材料。磁性材料又分为软磁材料和硬磁材料。软磁材料的特性是，去掉外磁场后，磁性立即消失，即不存在剩余磁性，例如软铁、坡莫合金、铁氧体等。

硬磁材料的特性是在去掉外加磁场后，磁性并不完全消失，即有剩磁，如钢、铁-镍-铅合金等。

三、磁化曲线和磁滞回线

磁化曲线和磁滞回线是描写磁性材料特性的重要手段。它们是磁性材料产生的磁感应强度 B 与外加磁场强度 B_A 之间的关系曲线。

(一) 磁化曲线

当一完全去掉磁性的磁体开始受到由 O 逐渐增加的外磁场 B_A 作用时，磁体的磁感应强度 B 也由 O 逐渐增加。当 B_A 增加到一定值后， B 不再随 B_A 增加，如图1—1中曲线 $Oabcd$ 所示。磁化曲线的 Oa 部分表明磁感应强度 B 随外磁场 B_A 增加较慢，并且 B 与 B_A 基本成正比关系（线性关系）。另外，当磁体被 B_A 磁化到这部分时，如果 B_A 回到 O ，则磁感应强度 B 沿 Oa 曲线也同时回到 O 。这时磁体基本无剩余磁性。磁化曲线的 ab 段有明显的非线性（ B 与 B_A 不成正比例关系）， B 随 B_A 增加变快。

到了 bc 段时线性又变好。在 cd 段中，

B 随 B_A 增加变慢，而 d 之后 B 基本不随 B_A 增加，这时磁体达到磁饱和状态。所有磁性材料都具有磁饱和现象。

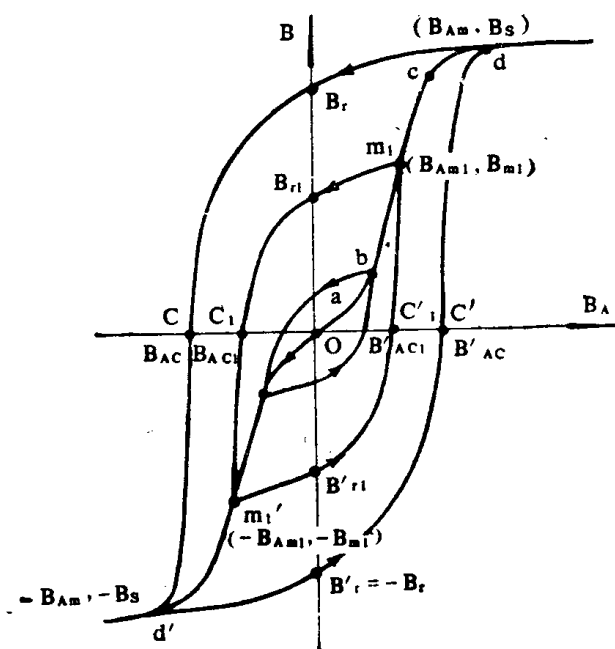


图1—1 磁化曲线

(二) 磁滞回线

当外磁场 B_A 使磁体磁化到 $a-d$ 段曲线的任意一点(如 m_1 点)时,然后把 B_A 减到0,我们会看到磁体的磁感应强度 B 并不是沿着原始磁化的路径回到 O 点,而是沿着 m_1-B_{r1} 路线回到 B_{r1} 值。 B_{r1} 表示受外磁场 B_{Am1} 磁化的磁体,在 B_{Am1} 消失后保留下的剩余磁感应强度。若要去掉磁体的剩磁,就必须给磁体加反向外磁场。当反向外加磁场强度增大到 B_{AC1} 时,磁体的剩余磁感应强度变为0。在这种情况下,如果继续增加反向外磁场强度,磁体会出现反磁感应强度。当反向外磁场强度增大到 $B_{Am'1}$ ($B_{Am'1} = -B_{Am1}$)时,磁体感应强度将增大到 $B_{m'1}$ ($B_{m'1} = -B_{m1}$)。此后如果减小反向磁场强度 B_A ,磁体的磁感应强度将沿着 $m'1-B'_{r1}$ 路径变化。当外磁场为0时,磁体的反向剩余磁感应强度为 B'_{r1} ($B'_{r1} = -B_{r1}$)。如果给该磁体再加正向外磁场,并使外磁场由0增到 B_{Am1} ,那么磁体的磁感应强度将沿着 $B'_{r1}-C'1-m_1$ 点的路径又回到 B_{Am1} 值。

上述过程可简单叙述为:当把磁体沿原始磁化曲线磁化到 ad 间某一点(如 m_1 点)之后,让外磁场在 B_{Am1} 和 $-B_{Am1}$ 之间变化时,则磁体将沿着 $m_1-B_{r1}-C_1-m'1-B'_{r1}-C'1-m_1$ 点所圈成的闭合曲线进行磁化。这个闭合曲线叫磁滞回线。

在 ad 段之间可以得到无穷多相似的磁滞回线。从图中可以看出,在饱和点 d 形成的磁滞回线面积最大,称它为饱和磁滞回线。它所对应的剩余磁感应强度是该磁体最大的剩余磁感应强度。在物理学中专门称它为该磁体的“剩磁”,用 B_r 表示。为了以后的叙述方便,我们把其它情况下的剩余磁感应强度也称为剩磁。饱和磁滞回线所对应的 B_{AC} 为矫顽力。它表示要去掉剩磁 B_r 时所需外加的磁感应强度。我们以后也称其它磁化情况下使 B 为0的外磁场为矫顽力。

这里应指出,软磁材料和硬磁材料实际上是用矫顽力的大小来区分的。矫顽力较大的磁性材料是硬磁材料,矫顽力很小的磁性材料为软磁材料。理想的软磁材料矫顽力为0,因而剩磁也为0。

对某种硬磁材料来说,磁体剩磁大小是与外加磁场幅度有关的。外磁场幅度变化,剩磁也变化,如图1—2所示。该曲线叫剩磁曲线。

最后需指出下面三个问题:

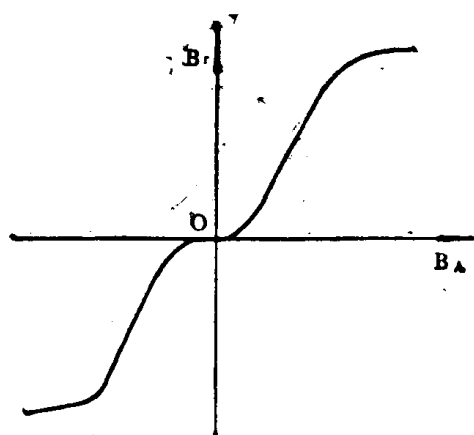


图1—2 剩磁曲线

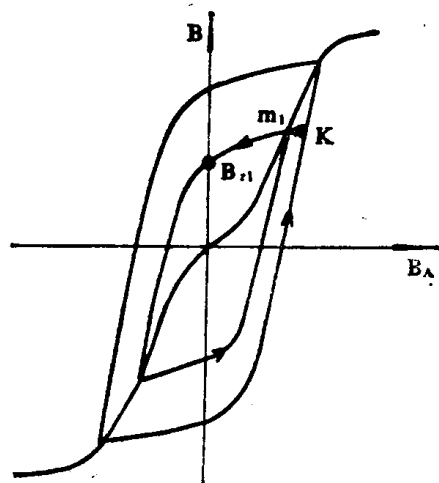


图1—3

第一，当磁体被外加磁场沿着某一磁滞回线磁化到某一点（如图 1—3 中所示 K 点）时，如果外磁场在这点减为 0，那么磁体的磁感应强度将首先变到原始磁化曲线的某一点（比如为 m_1 点），然后将按着前边所讲的情况再变到 B_{r1} ……。

第二，当磁体被外磁场磁化到 ad 间某一点（如 m_1 ）后，若想去掉磁体的磁感应强度，一种办法是外加适当的反向磁场（矫顽力）。另一种办法是采用使外加磁场交变衰减的方法，如图 1—4 所示，让外加磁场的振幅由 B_{Am1} 不断衰减至 0，而使磁体逐渐去磁。

第三，由于磁体本身是导体，可以看成是由无数个闭合线圈构成的。在外加交变磁场使磁体产生磁感应强度的同时，还将在这无数小线圈中产生感应电流，这就是涡流。磁场频率越高，感应的电流越大，即涡流越大。涡流能使磁体在高频磁场下的磁化效率降低。

四、电磁感应

与电流产生磁场相反，当线圈处于一个随时间变化的磁场中时（设磁力线垂直通过线圈横截面 S ），线圈两端将产生感应电动势（即电压），如图 1—5 所示。

我们把磁感应强度 B 与线圈横截面积 S 之积，称为一匝线圈的磁通量，所以 N 匝线圈的总磁通量为 $\phi = N \cdot S \cdot B$

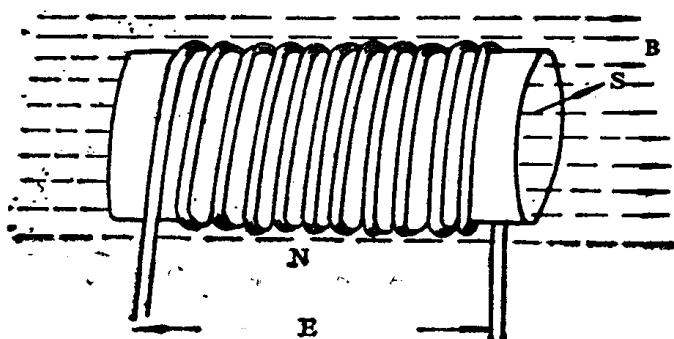


图 1—5

那么 B 随时间变化率的极限为

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta B}{\Delta t} = 2\pi f \cdot B_0 \cdot \cos 2\pi f \cdot t$$

所以线圈两端电压为

$$E \propto 2\pi f \cdot N \cdot S \cdot B_0 \cdot \cos 2\pi f t$$

由此可见，当磁感应强度 B 是正弦变化时，产生的感应电压是余弦变化的。事实上，当频率 f 相同时，正弦和余弦随时间变化规律是一样的，只是相差 90° 的相位角度而已。

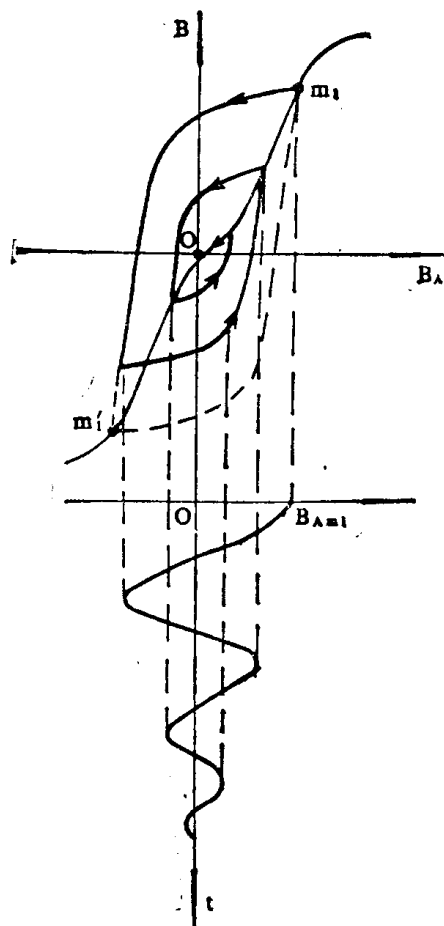


图 1—4

实验表明，线圈两端感应电压的大小与垂直穿过线圈横截面的总磁通随时间的变化率成正比，即

$$E \propto \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = NS \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

如果磁感应强度 B 是正弦变化的，即

$$B = B_0 \cdot \sin 2\pi f t$$

如图 1—6 所示。

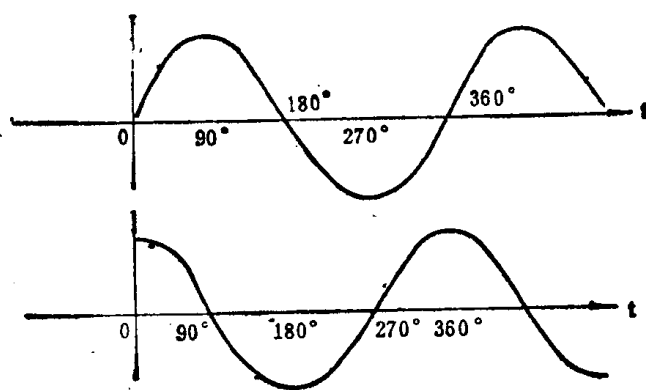


图 1—6

第二节 磁 带

一、磁带的构造

盒式磁带是用聚酯塑料带作为带基、上面涂以磁性材料制成的。如图 1—7 所示。这层磁性材料叫做磁性层。为了使磁性层牢固的粘在带基上，常将强磁性粉末与粘合剂混合在一起均匀地涂在带基上。盒式带背面还涂有

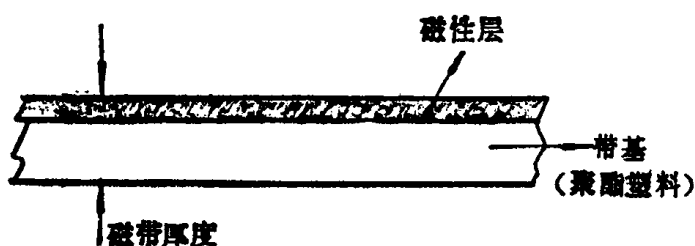


图 1—7

一层润滑剂，这种润滑剂通常用石墨原料制成。一般盒式带涂一层磁性层，而有的高级磁带涂有两层（在带基的同一侧）由不同原料配成的磁性层。

二、磁带的规格

盒式磁带的带盒都是一样大的，也就是它们的容积是固定的。因此所能容纳的磁带长度与磁带厚度成反比。根据长度和厚度的不同，常用磁带规格如表 1—1 所示。

表 1—1 磁带规格

规 格	长 度(m)	磁带厚度(μm)	录放时间(min)
C—60	90	18	两面 60
C—90	135	12	两面 90
C—120	180	9	两面 120

三、磁带的种类

根据所用磁粉和制造工艺的不同，盒式磁带可大致分为如下几种：普通带（强磁性氧化铁粉 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 作磁性层），铁铬带（ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$ ），铬带（ CrO_2 ）和金属带（纯磁性金属或合金磁粉）。按上列顺序，性能一个比一个好（后面与前面相比）。其中金属带是近几年出现的产品，价格高，主要用于高档录音机。

根据用途分，有单声道磁带和立体声磁带。

四、盒式磁带的性能

盒式磁带的质量主要由机械性能，磁性能和电性能（磁性能和电性能合称电磁转换特性）来表示。机械性能主要取决于带基（聚酯薄膜）的机械特性。磁性能主要由磁粉决定。测出其磁滞回线即可看出其磁性能。但是磁性能最终还是要通过电性能表现出来。所以我们仅对几项主要电性能加以说明：

（一）录音灵敏度

这是衡量磁带电磁变换效率的主要参数。它表示在输入信号大小一定时，磁带的录音电平与标准磁带录音电平之比的分贝(dB)数。它实际上取决于磁带上能够记录的剩磁大小。当灵敏度比标准磁带高时为正值，否则为负值。灵敏度高的磁带录音效果好，噪音小。

（二）最大输出电平

在不超过规定失真，磁带上能记录最大剩磁时，放音的输出电平与标准带在额定状态下的输出电平之比的分贝(dB)数，称为该磁带的最大输出电平。这个数字越大，磁带录音的动态范围越大。

（三）频率响应

频率特性是表示磁带录音灵敏度随信号频率的变化而变化的范围的。亦称磁带录放幅频特性。不同磁带频率响应的不同，主要表现在高频端特性的不同上，如图1—8所示。

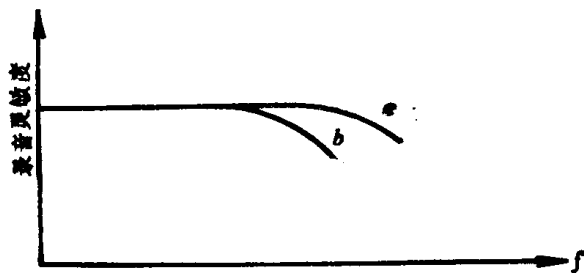


图1—8

（四）均匀性

这项指标是指磁带不同部分灵敏度的均匀程度。好的磁带仅有 ± 0.1 分贝的不均匀性；差的可达 ± 2 分贝。在录音时不均匀性往往表现为噪声。

除上述电性能参数外，衡量磁带好坏的还有“三次谐波失真”、“工作偏磁”，“信噪比”、“抹音效果”、“复印电平”、以及“失落”等性能参数。这里就不一一谈了。

五、磁带的选择和保管

（一）磁带的选择

磁带的选用可根据以下几个原则进行：

第一，根据录音机质量的好坏选择磁带。对于一般的录音机，不必选用价格昂贵的高

质量磁带。因为在这种录音机上发挥不了高级磁带的优越性能。普通盒式录音机所提供的偏磁电流（关于偏磁电流问题后面讨论）是按普通磁带设计的，是固定不变的。而高级磁带所需要的偏磁电流往往较大。所以高级磁带用普通录音机录放音往往不如普通磁带的效果好。但是也不要选用质量太差（价格往往是较低的）的磁带，因为这样的磁带录音效果差，它不仅电磁转换性能差，而且容易磨损磁头，严重影响磁头使用寿命。同时这种磁带带盒的制造精度差。容易造成磁带在运行过程中不平稳，或因带轴转动动力矩太大（往往是带轴摩擦力太大造成的）使磁带边缘被拉长。这些都会造成绕带不整齐，从而又造成磁带与盒壁之间发生摩擦，影响磁带运行速度，甚至造成中途停带现象。所以最好根据不同的录音机选择相应的磁带。普通录音机宜选用LH型（即低噪声、高输出型）磁带。

第二，如果无特殊需要，最好不用C—120型磁带，而用C—60型的。因为磁带太薄，机械强度低，易使磁带边缘被拉长，造成绕带不整齐。另外也容易造成层间的复印效应（后面具体讨论）。

（二）磁带的保管

磁带长期不用时要注意保管，否则会使磁带质量下降。引起磁带质量下降的原因及解决办法如下：

1. 带盒密封不严，灰尘或潮气进入，使磁带表面积累灰尘或出现“发霉现象”，严重影响录音和放音质量。

长期保管磁带时要注意密封。一旦有了灰尘或有“发霉”现象时，可用软布擦净或用磁带清洗剂处理干净。

2. 磁带长期存放，因有其它物体的挤压或温度过高等，引起磁带变形。

存放磁带时，应远离高温热源，避光。环境最好为10~15℃的干燥环境，并应竖直整齐放置。

3. 磁带存放时间过长，特别是经过快绕的磁带往往绕带过紧，容易发生复印现象。所谓复印效应是指磁带上所录制的内容转印到与之相邻的前后两层磁带上的现象。由于复印效应，在放音时某句话的前后会出现类似的声音。造成复印效应的直接原因是，已录音的磁带的磁性层上具有磁性，它能对与之相邻的带层的磁性物质进行磁化。复印效应的轻重程度一方面与磁带的质量有关，另一方面还与层间距离，存放时间长短有关。层间距离越小，放置时间越长，复印效应越严重。

长期存放的磁带不要经过快绕，也不要选用超薄磁带。

为了防止磁带被其它磁场所磁化，存放时要远离磁场。特别是测试带和标准带要放置在特制的不导磁的金属盒内。

第三节 磁 头

磁头是实现录音和放音的关键部件，它的质量对录音机的性能有很大影响。

一、磁头的分类及功能

一台录音机里通常有三个磁头：录音磁头、放音磁头和抹音磁头。有些录音机把录音

磁头和放音磁头合成在一块，叫录放磁头。这三种磁头的外形基本相同，如图1—9(a)所示。

录音磁头的作用是把代表声音的电信号转换为磁信号，并以磁的形式记录在磁带上。

放音磁头的作用是把磁带上代表声音的磁信号转换为电信号。

抹音磁头可以把记录在磁带上的已经不需要的内容去掉，使磁带能录制新的内容。

录音、放音及抹音磁头在电路中的符号如图1—9(b)所示。在有的电路中三者符号相同，这时可从电路的连接上加以区别。有的电路把抹音磁头用图1—9(b)中的2表示。而录音、放音或录放音磁头用3表示。

二、磁头的结构

录音、放音及抹音磁头的结构有许多相似之处，这里主要讨论录音磁头的结构。然后对比地讨论放音及抹音磁头的情况。

(一) 录音磁头的内部构造

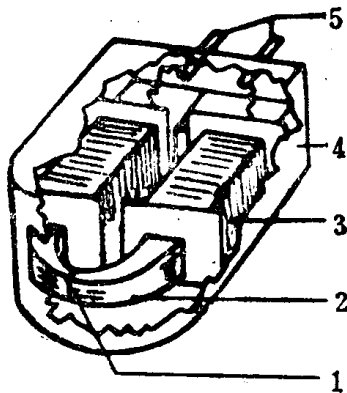


图1—10

式。由于各片之间是绝缘的，所以可减小涡流。片越薄，涡流损耗越小。坡莫合金铁芯仅适合于100kHz以下的场合。由于坡莫合金耐磨性较差，所以使用寿命较短。铁氧体铁芯的优点是电阻率大，高频时涡流损耗小，因此工作频率很高。另外，铁氧体铁芯比较耐磨，使用寿命较长。其缺点是：磁导率不如坡莫合金高，电磁转换效率较低；饱和磁感应强度不如坡莫合金大，磁感应强度变化范围较小；质地脆弱易裂，加工困难。

磁头铁芯工作缝隙的作用是：铁芯中的强磁场可以在空隙处外溢出来而作用到磁带上，使磁带上的磁性物质得以磁化。录音磁头的工作缝隙约为0.01~0.02毫米。

由于录音磁头的线圈中要流过信号电流和超音频偏磁电流（关于偏磁问题在后面讲

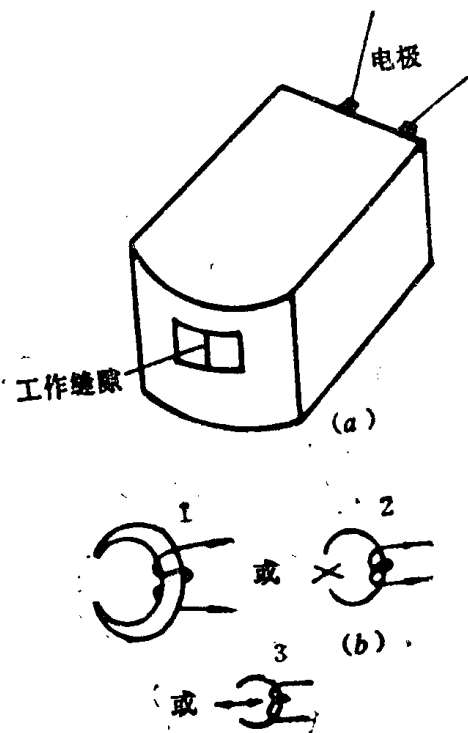


图1—9

录音磁头的内部结构如图1—10所示。图中3为线圈，2为环形铁芯，1为铁芯缝隙（也叫工作缝隙），4为屏蔽罩，5为输入电极。

环形铁芯是由具有优良磁性能的软磁材料制成的。这种铁芯的磁导率高，饱和磁感应强度大，而矫顽力小，能在线圈电流磁场的磁化下产生很强的磁感应强度。铁芯材料可以是坡莫合金或铁氧体。坡莫合金的优点是磁导率高，饱和磁感应强度大。另外，加工容易，价格低廉。缺点是电阻率小，所以在高频情况下涡流损耗大，从而使录音损耗加大。为了减小涡流损耗，坡莫合金铁芯常采用叠片

解)，而超音频偏磁电流的频率又比较高，所以录音磁头的阻抗不应太高，一般在1000欧以下（信号频率为1000赫时测量值）。

（二）放音磁头和抹音磁头

1. 放音磁头。放音磁头的外形及内部结构与录音磁头相似，所不同的是放音磁头的工作缝隙比录音磁头的还要窄，仅几微米。另外放音磁头的阻抗可高于录音磁头的阻抗，一般在2000欧以内。

2. 录放两用磁头。既然放音磁头与录音磁头相似，且录音和放音又不同时进行，因此可以制成录放两用磁头（称录放磁头）。其外形及内部结构与录音磁头相似，只是阻抗较录音磁头略高一些。普通盒式机多用这种磁头。

3. 抹音磁头。由于抹音方式不同，所以抹音磁头的结构也不同。通常采用的抹音方式有直流抹音和交流抹音两种。在这里我们结合抹音原理介绍抹音磁头的结构。

（1）直流抹音磁头。当磁带通过一恒定磁场（这磁场可以是强永磁体产生的，也可以是直流在具有铁芯的线圈周围产生的）时，磁带上的磁性物质将被磁化到饱和状态（不管原来是否有磁性），而在磁带离开恒磁场时，磁带上各处都保留同样大小的剩余磁感应强度 B_r ，于是声音信号被抹去了。

能产生恒磁场的抹音磁头可用永磁体经加工并充磁而制得，也可用软磁材料制成铁芯，在铁芯上绕上线圈制得。后者在抹音时要通直流电流。

（2）交流抹音磁头。在本章第一节中已指出，给磁体去磁的另一种办法是加衰减的交变磁场。交流抹音磁头就是根据这一原理设计的。不仅其外形与录音磁头相似，而且内部结构也相似。只是工作缝隙较宽，约0.05~0.5毫米，并且线圈可通大电流，所以磁感应强度很大。

当磁带的某一点（即一窄段）到达工作缝隙时，即被磁化到某一值；而当该点离开工作缝隙时，随着磁带离开距离的增加，磁头产生的交变磁场对磁带磁化的振幅逐渐减小，从而达到退磁目的。这里的关键是磁带在离开磁头磁场作用范围的过程中，磁场必须多次交变。因此抹音磁头线圈所通交流电应是超音频的，并且工作缝隙应足够宽。

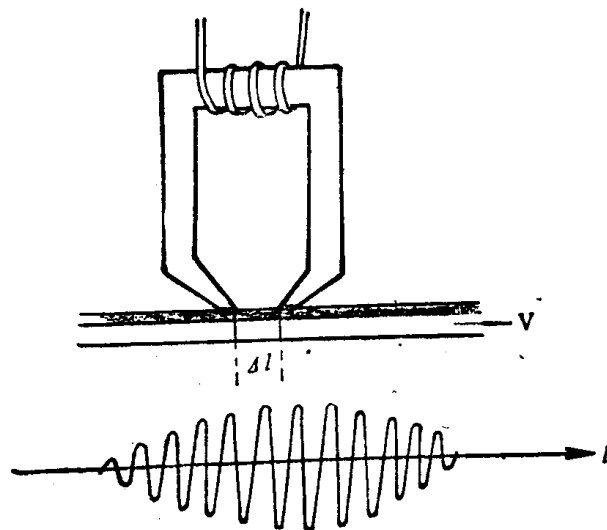


图 1—11

图 1—11所示是某一小段磁带通过抹音磁头前后，作用到这段磁带的磁感应强度随这段磁带离开磁头缝隙的距离而变化的情况。

第四节 录音原理

本节介绍录音过程及偏磁录音原理。

一、录音过程

微音器（话筒）把声音变成电信号，这个电信号随时间的变化规律同声音变化的规律是相同的。电信号经过“均衡放大”（均衡放大原理后面将详细讨论，此处我们暂把它理解为一般放大）后送入录音磁头。若声音信号是频率为 f 的正弦波，则送入录音磁头的电流可表示成

$$i = I_0 \sin 2\pi f \cdot t$$

这里 I_0 是电流的振幅，它与声音的振幅成正比。根据电磁感应原理，录音磁头把送入的电信号变成与电信号变化规律相同的磁信号。

根据 $B_A \propto \frac{N}{l} i$

和 $B = \mu B_A$

可知，磁场的磁感应强度可写成

$$B \propto \mu \frac{N}{l} i$$

其中 μ 是铁芯导磁率， N 是线圈匝数， l 是环形铁芯中心线长度。上式亦可写成

$$B = B_0 \sin 2\pi f t$$

这里 $B \propto \mu \frac{N}{l} I_0$

由此可见，铁芯中的磁感应强度的变化规律与声音是相同的。这样磁场在磁头工作缝隙中外溢出来的磁场使以恒定速度 V 通过缝隙表面的磁带磁化。因磁带的磁性层是硬磁材料制成的，具有良好的磁滞特性，所以，磁带上可以保留按声音规律变化的剩磁。于是完成了录音过程。

下面略为详细地讨论一下磁头的信号磁场使磁带磁化的过程。为此我们引入记录波长的概念：如果磁带以匀速 V 通过磁头工作缝隙表面，而录音信号电流是频率为 f 的正弦波，则磁带上对应于该正弦波每一周期 T ($T = \frac{1}{f}$) 的长度为记录波长，用符号 λ 表示，显然

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

这个关系可用图 1—12 表示。由上式知，如果带速 V 不变，则信号频率 f 越高，记录波长越短。如果 f 不变，则 V 越大， λ 越大。

录音时，匀速运动的磁带经过磁头空隙处时被磁化，在其离开缝隙磁场之后，磁带上就保留下与磁化它的信号磁场成正

比的剩磁。由 $B = B_0 \sin 2\pi f t$ 式，并考虑到磁头的磁场对磁带而言为外磁场的因素，把 B 写为 B_A ，即

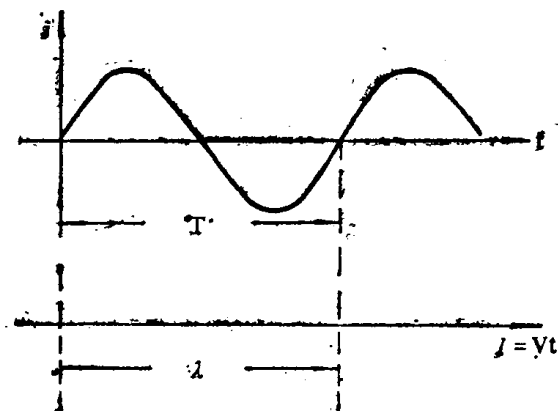


图 1—12

$$B_r \propto B_A = B_{A0} \sin 2\pi f \frac{l}{V}$$

如果信号磁场 B_A 随声音变化规律如图1—13(a)所示,则磁带的剩磁分布规律如图1—13(b)所示。

二、偏磁录音原理

在第一节中我们已经知道磁性物质的剩磁曲线不是线性的,而是呈非线性的。如图1—2所示。如果只把信号电流送入录音磁头,则所得记录信号(即磁带上的剩磁)幅度较小,而且失真情况也严重,如图1—14所示。

给录音磁头施加偏磁,就是为了克服上述缺点而采取的措施。有两种偏磁方法:直流偏磁法和交流偏磁法。

(一) 直流(DC)偏磁法录音

为了克服记录信号的明显失真和提高录音灵敏度,在给录音磁头送入信号电流的同时,还给录音磁头送入一个稳定的直流电流。于是录音磁头空隙处就产生一个由交流和直流叠加的磁场。

如录音前,磁带是经交流消磁的(即用交流衰减磁场使磁带上过去录音的剩磁去掉),那么,当交直流叠加磁场通过空隙作用到磁带上时,其中的直流磁场使磁带的磁性物质被磁化到剩磁曲线的直线部分的中心处(设为 Q 点),而交流磁场则使之在直线部分以 Q 点为中心产生变化的剩磁分布,如图1—15所示。显然这个剩磁的变化规律与交流磁场规律是一致的。即失真大大减少,而且由于这段直线的斜率较大,所以录音灵敏度大大提高(剩磁变化幅度大)。

直流偏磁的直流电流较易获得,有关装置也较简单,但是录音中容易产生噪声,且剩磁曲线的线性区范围较小,使录音幅度受到限制。因此,直流偏磁仅在一般普及型录音机中使用。

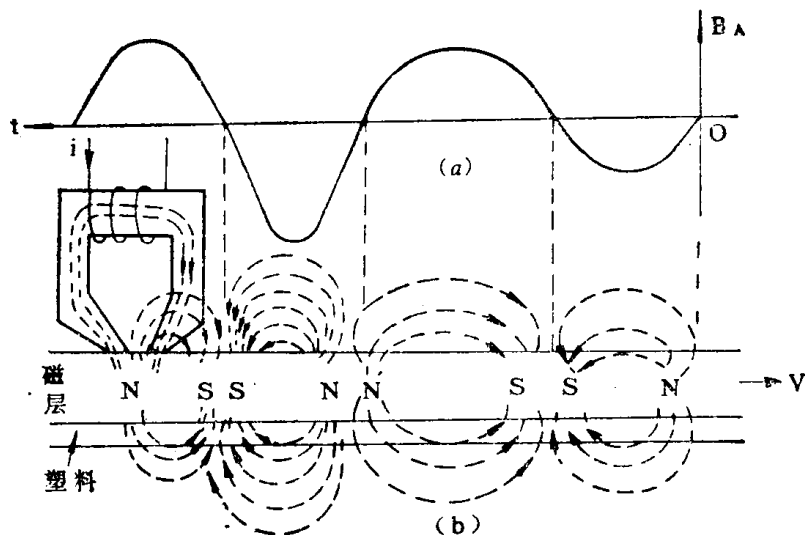


图 1—13

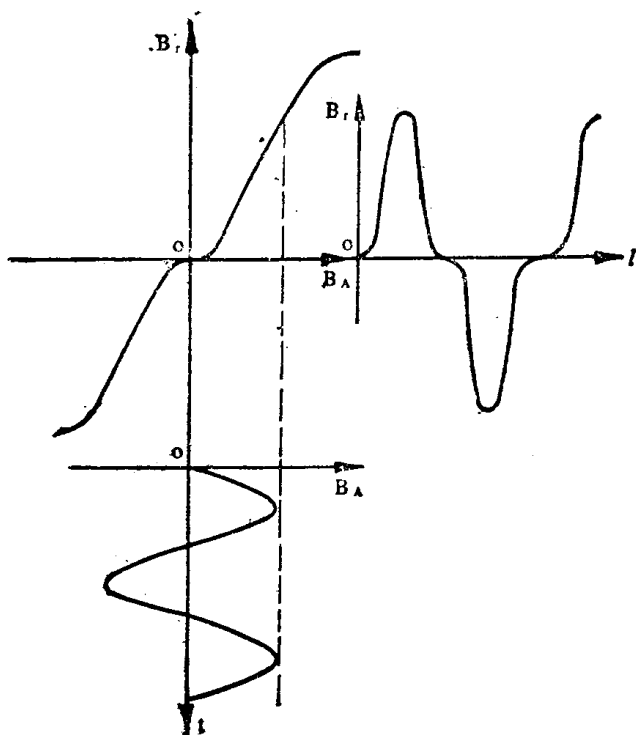


图 1—14

(二) 交流 (AC) 偏磁法录音

将一频率比录音信号频率大五倍以上 (一般为 50~200 千赫) 的超音频电流与录音信号电流进行叠加, 同时送入录音磁头, 就可达到良好的录音目的。这个超音频电流就是实现交流偏磁的。交流偏磁的原理较复杂, 下面结合图 1—16 略加说明。图中 (a) 表示信号波形, 超音频偏磁电流波形以及两者叠加后的波形。(b) 表示交流偏磁录音中借助超音频电流使信号躲开了剩磁曲线的非线性区的情况。

这种录音方式巧妙地利用了磁滞回线的两个侧边, 由于磁滞回线的对称性, 不仅去掉了非线性, 而且使录音灵敏度成倍提高。

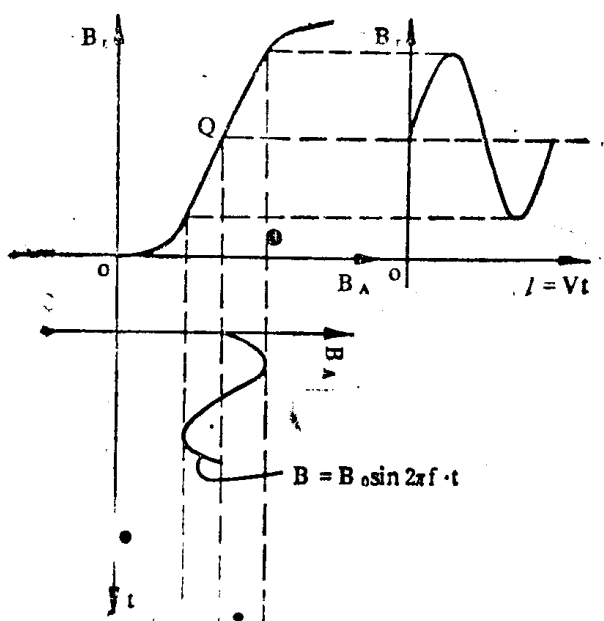


图 1—15

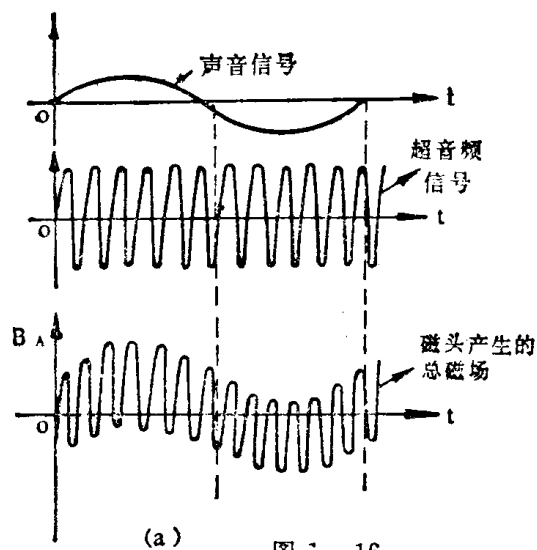
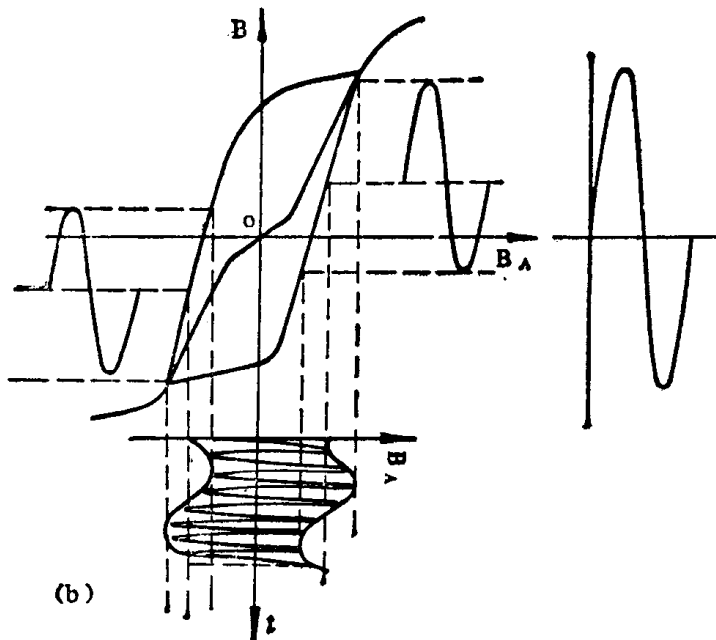


图 1—16



(b)

(三) 最佳偏磁

不论是直流偏磁还是交流偏磁, 所需的偏磁必须适合磁带的要求。否则就不可能得到良好的录音效果。因为偏磁的大小对磁带能否在磁化曲线或磁滞回线的直线区工作有直接影响。所以对不同种类的磁带有不同的最佳偏磁量。

图 1—17 表示了信号电流一定时, 录音灵敏度、失真程度随偏磁电流的变化而

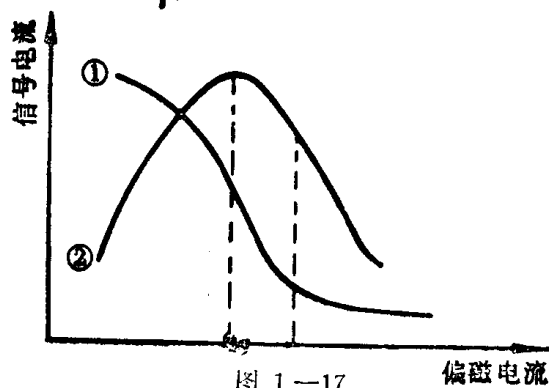


图 1—17

变化的情况。从图中可见，交流偏磁时，录音的最大灵敏度并不与最小失真相对应。在实际应用时首先照顾失真情况，然后考虑灵敏度。因此可以由小到大调整偏磁电流，使录音灵敏度达到最高（即录音输出达到最大），然后继续加大偏磁电流，这时输出会略有下降，但失真会减小，当继续增加偏磁电流而失真不再明显减小时，即达到了最佳偏磁状态。

第五节 放音原理

如果让已录音的磁带，以录音时的速度 V 通过放音磁头的工作缝隙时，根据变化磁场能产生感应电动势的原理，可以把磁带上的磁信号变成电信号，经过电路的均衡放大送给扬声器，就可实现放音。

假如磁带上所记录的代表声信号的剩磁 B_r ，按磁带长度的分布公式为

$$B_r = B_{r0} \sin 2\pi f \frac{l}{V}$$

那么当该磁带以速度 V 通过工作缝隙时，磁带加给工作缝隙处的磁感应强度（对放音磁头铁芯来说，这个磁场是外加磁场）随时间的变化规律为

$$B_r = B_{r0} \sin 2\pi f \cdot t$$

线圈内磁感应强度为

$$B = \mu B_r = \mu B_{r0} \sin 2\pi f \cdot t$$

其中 μ 是放音磁头铁芯的磁导率。由电磁感应定律可得放音磁头线圈两端感应电压为

$$E \propto \mu N \cdot S \cdot f \cdot B_{r0} \cdot \cos 2\pi f \cdot t$$

此式表明，放音磁头线圈两端电压是与声音信号变化规律相似的（二者仅差 90° 相角）。但必须注意，在上式中代表电压 E 的振幅 $\mu N S \cdot B_{r0} \cdot f$ 中含有频率 f 的因子，即放音磁头线圈两端所得的信号电压的大小与声音的频率 f 成正比。我们知道，实际的声音中是包含多种频率的。只有放音磁头对各种频率的信号的转换能力相同时，才不会造成放音的失真。所以在放音放大器中应采取相应的措施，来弥补因放音磁头在磁电转换中出现的这种频率增高、感应电压增高的现象。图1—18(a)是放音磁头线圈两端电压随信号频率变化的曲线。在频率很高时，由于其它损耗（将在第六节中讨论）的存在，使电压又开始下降。图1—18(b)是放音放大器应该具有的放大特性（这就是均衡原理）。图1—18(c)是经均衡处理后的情况。显然经均衡处理后，放大器输出信号几乎与频率无关。

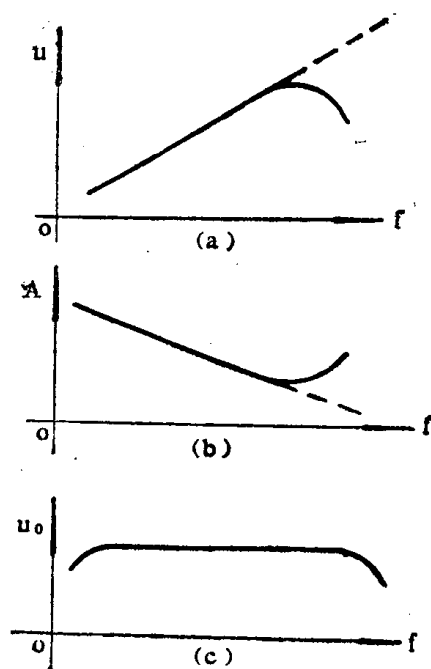


图1—18