

616

录音机原理及维修

上海录音器材厂

第一章 概 述

1.1 磁带录音机的历史

1898年,波尔森(V. POUlsen)发明钢丝录音机(teleg-raphone),用钢琴弦作录音载体,速度为 2.1m/s , $\lambda = 1\text{mm}$, $f = 2\text{K}$,在巴黎博览会上得大奖。但当时电子管未发明,更没有电子管放大器,声音很轻,信噪比很差,失真也大。

1907年, P. oulsen 与其助手比特逊发明直流偏磁,使输出增大,失真减少。

福罗斯特(De. Forest)发明真空二极管。不久用它做成放大器及振荡器,为磁性录音机实用化打下基础。

1926年,美国欧尼尔(o. neil)发明涂铁粉纸质磁带(最初的磁带)

1927年,美国海军研究实验室的卡尔逊(W. L. Carlson)和卡宾特(T. W. Carpenter)利用磁性录音机研究电报信号的快速传递(常速录音、快速放音)时,由于放大器偶然产生寄生振荡,使信噪比显著提高,失真显著减小。这项意外发明的交流偏磁标志着磁性录音机的一项重大进展。

1928年,德国人富赖姆(PFlenmen)先后发明涂磁粉的纸质磁带及塑料磁带。

1930年德国发明钢丝录音机。

1930年英国弥尼公司发明钢带录音机。为英国广播公司(BBC)首先采用,并于1932年元旦广播了英王乔治五世的录音讲话,钢带尺寸是 $3\text{mm} \times 0.08\text{mm}$,常速为 1.5m/s ,频率范围 $70 \sim 6\text{KHz}$,信噪比 $25 \sim 40\text{dB}$,录音时间30分,重量一吨。最轻记录波长的 0.25% 。

1935年德国通用电气公司(A. E. G)发明塑料磁带的落地式磁带录音机, $f = 10\text{K}$, $S/N = 50\text{dB}$,带速 76.2Cm/s 。

(1) 使用塑料磁带，(2) 环形磁头：是落地式广播录音机的雏形。

1935年德国 BASF 公司发明醋酸纤维带基的磁带。

1947年美国卡姆拉期 (Camras) 发明三氧化二铁 (Fe_2O_3) 磁粉的磁带，使输出比原来德国磁带提高四倍。

1949年美国 Magnecord 公司做出双迹立体声录音机。

1950年日本索尼 (Song) 公司 (当时叫东京通信工业会社) 做出磁带录音机。

1951年我国最早的钟声牌钢丝录音机在上海土产交流会上出现。

1954年我国最早的钟声牌 591型磁带录音机在上海生产。

1957年美国菲德里派克 (Fidelipac) 公司生产循环带卡式机。

1958年美国 RCA 公司生产卡式磁带录音机。

1963年荷兰飞利浦 (Philips) 公司开始生产盒式 (compact cassette) 录音机。

EL-3301 $f: 100\text{H} \sim 7\text{KHZ} \pm 3\text{dB}$, $s/N = 45\text{dB}$ ，几乎取代了盘式机。

这是磁带录音机的一个重大发展。盒式机具有操作方便，价廉物美的优点。目前世界市场上逐渐取代原来的盘式录音机。后者只在广播、严格的音乐爱好者方面，理由是指标高 (动态范围宽)，便于剪辑。

1967年日本广播协会 (NHK) 发明脉码调制 (PCM) 录音机。

这在录音机方面是一大革命，可以真实地重放交响乐等音乐作品。估计是广播电台、电影制片厂、唱片厂所用专业机的发展方向。

1970年荷兰 Philips 公司开始生产微盒式 (micro cassette) 录音机。这种录音机小巧玲珑，可以放在衬衣口袋里使用。这种录音机可作为盒式录音机的补充，并不能被取代。

1976年，日本索尼 (Sony)、梯爱克 (TEAC)、松下 (Matsushita) 三公司联合创制了大盒式 (EL CASSET) 录音机。

这种机器兼具盘式录音的高性能及盒式录音机的使用方便。但

价格比盒式机高得多。估计可作为一种新品种而站住脚，但不能取代盒式机。

1.2 磁带录音机的优越性

(1) 可擦去重录

光学录音中，演唱如有差错，胶片就要报废。

唱片录音中，如有差错即需要更换腊盘。事后还需将原来腊盘刮去一层，手续麻烦。磁带录音中，可将磁带倒回，立刻擦去重录。

(2) 不需处理，即可重放。

光学录音中，需要定影、显影等复杂过程，才能重放。唱片录音中，原版胶片需经多次制版，压制才能制成唱片。磁带录音不需这些中间过程，可随录随放。在卫星信息处理中，往往在记录的大量信息中，仅需保存较少部份，因此只有用磁性录音才适合。

(3) 性能优异

光学录音中，35mm影片，片速为46.5cm/s时，频响至多只到9KHz，信噪比约35dB，唱片录音中，转速为33 $\frac{1}{3}$ 转/分的密纹唱片频响可达15KHz，信噪比约40dB，失真约2%，磁带录音中，常速为19.05cm/s时，频响可达20KHz，信噪比可达60dB，失真约1.5%，可见磁带的录音在电声性能方面优于其它两种录音。

(4) 可多路信号同时记录

光学录音中，双道立体声尚不普通，唱片录音中也只有双道立体声，要记录四道得进行矩阵变换。磁带录音，在 $\frac{1}{4}$ "磁带上记录四道立体声已很方便。近年来国外盛行的强音多道录音中，在2"磁带上已能记录24道，甚至32道不同的音乐信息。

1.3 磁带录音的应用

(1) 扩音及广播方面

1. 扩音方面：

(一) 打破空间、时间限制

重要的报告录音经过复制可到各地多次重放。使基层群众都听到。

(二) 改善听堂的音响条件

听堂里坐在后面的听众，由于宣讲者直接声比喇叭中的声音滞后到达，形成回音感觉，很不好听，利用循环带录音，使喇叭中声音滞后，与直接声同时到达，便能改善上述情况。

2. 广播方面

(一) 避免差错

播音员的报告，文艺节目的演出都可能出现差错，如果直接播出将造成不良影响。因此电台中绝大部份节目都事先录音，经审听无误方可播出。

(二) 打破空间、时间的限制

许多节目的演出时间与播出时间有矛盾。同一节目有时需在不同频段同时播出。演出者或报告者身处外地不可能来电台播出，所有这些用录音都能顺利解决。

(三) 节目的储存与交换

许多珍贵节目要长期保存下来，各地特色节目要相互交流，这些都只有通过录音才能实现。

(2) 文教方面

1. 外语教学

教师的正确读音用录音机记录下来，可供学生反复学习。还有一种专为外语教学设计的录音机叫“跟读机”。先在一道磁迹上记录教师的声音。（标准音），学生可一边听标准音，一边在另一道磁迹上记录自己的声音，（跟读音）。然后把两种声音一同放出供比较。如果需要，学生可以单独擦去自己的读音，重新再录。

2. 演员进修

独唱演员准备演唱时，往往要听许多别人的演唱，取人之长。同时也要反复听自己的演唱，补己之短。其它演员情况也与此类似。录音机已成为演员的必需品。

3. 代替乐队

文艺小分队去农村、海岛等地演出往往以录音机代替乐队。

(3) 医学方面

1. 脑电、心电的记录

记录病人不同时间的脑电或心电供分析、会诊之用。

2. 心音和肺音的记录

记录心音、肺音供会诊及培训学员之用。

(4) 科研方面

1. 地质勘探

爆炸分析法中用录音机记录反射液，由于不同矿物反射波的频率各异，可知道矿石种类。

2. 飞机性能研究

将飞机的高度、速度、温度、湿度及各关键位置的应力记录下来，供研究和改进设计之用。

3. 记录卫星的各种遥测信号

(5) 工农业方面

1. 录音机控制机床。

2. 录音机控制自动编织。

3. 录音机报告工厂故障及处理措施。

4. 田间用录音机驱鸟。

5. 粮仓用录音机驱鼠。

6. 牛奶棚用录音机放音乐可增加产奶量。

7. 养鸡场用录音机放音乐可增加产蛋量。

1.4 磁带录音机的分类

(1) 按结构或形式分

1. 落地式录音机——性能优异，用于广播电台，电影制片厂及唱片厂等单位。

2. 台式录音座——放在桌上使用，性能较好，有些没有功放部分只有电压输出。

3. 便携式录音机——携带方便，性能比台式差些。

4. 袖珍式录音机——体积很小，有的可放入衬衣袋中，使用方便，但性能稍差。有盒式或微盒式二种。

(2) 按功能分

1. 放音专用机——专门供放音用。例列车广播及展览会上展品介绍用。
2. 录放兼用机——一般录音机属这类。
3. 多用机——如收录二用机、收、录、电唱、三用机；收、录、电视三用机。
4. 特殊用机——如学习外语用的跟读机、幻灯片的配音机，高速复制机等。

(3) 按使用磁带分

1. 盘式录音机

使用盘式磁带。带宽一般为 6.3mm ，但专业用机也有用 12.7mm 及 25.4mm 的磁带。磁带往往紧绕在盘芯上或绕在带盘上，带速为 38.1cm/s ， 19.05cm/s ， 9.53cm/s 或 4.76cm/s 。

2. 盒式录音机

使用带宽为 3.81mm ，磁带装在 $100.4 \times 63.8 \times 8.6\text{mm}$ 的带盒中。

使用时不需装磁带，非常方便。带速为 4.76cm/s 。

3. 卡式录音机

使用带宽为 6.3mm 磁带装在 $133.35 \times 101.95 \times 72.35\text{mm}$ 的带卡内。只有一个带盘，使用时磁带从盘芯抽出，再从外卷上，可以循环走带。这种卡式录音机一般用作汽车放音机，广播自动放音机等。

(4) 微盒式录音机

使用带宽为 3.81mm ，磁带装在 $50\text{mm} \times 33.5\text{mm} \times 8\text{mm}$ 的带盒中，约为标准盒式带的四分之一。为了获得长时间的放音时间，采用 2.4cm/s ， 1.2cm/s 的带速。

(5) 大盒式录音机

使用带宽 6.25 mm ，磁带装在 $150\text{ mm} \times 106\text{ mm} \times 18\text{ mm}$ 的带盒内，带速为 9.5 Cm/s ，工作时磁头固定，用引带机构把磁带从带盒内引出。

这样走带性能稳定，输出波动小，可采用类似盘式机的三磁头方式，巧妙地把盘式机的高性能与盒式机的使用方便有机地结合在一起。轨迹设计上比盘式机更合理，考虑到立体声与单声的兼容性，并留有自动控制信号用的轨迹，能用作自动选择节目用。带盒上备有多种检出孔，能自动检出各种磁带，并调整所适应的偏磁和均衡，还能自动检出是否采用噪音抑制系统。

第二章 磁带录音机原理

2.1 磁带录音机的工作原理

磁带录音机一般是由磁头、机械传动装置、放大器、话筒及扬声器所组成，而载音体是磁带。简单工作原理如图 2-1 所示。

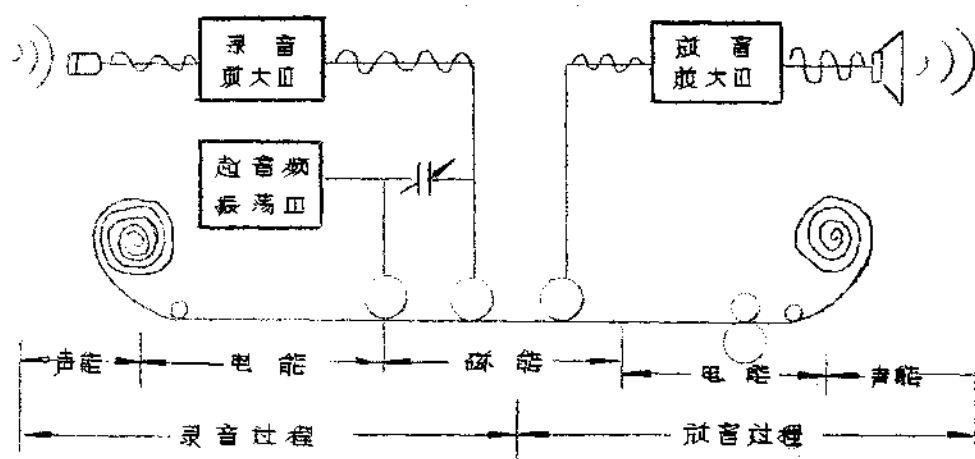


图 2-1 录音机工作原理

磁带录音机的功能是把声音记录在载音体——磁带上，贮存起来，当需要时再重放出来。录音时话筒把声音转换成电信号，由于话筒输出电压很低，须经放大器将信号放大，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。磁带以恒定线速度通过录音头缝隙时，录音磁场对磁带进行磁化。磁带离开磁头后，信号以剩磁方式保留在磁带上。所以录音过程可以看作是声能→电能→磁能的转换过程。

放音时，录过音的磁带以同样的线速度通过放音磁头的缝隙时，磁带上交变的磁场使放音磁头的线圈两端产生感应电压。由于这个电压也是很微弱的，需要用放音放大器把信号放大，取得一定功

率，最后推动扬声器，这时从扬声器中重现了原来的声音。所以放音过程正好是录音的逆过程，是磁能→电能→声能的转换过程。

超音频振荡器有二个作用，一是在录音时提供偏磁电流给录音磁头，以改善录音的音质；其二是供给消音磁头足够的消音电流，在重新录音之前，把原来录过音的磁带进行消磁。

2.2 基础知识

2.2.1 磁场及其有关物理量

磁场与磁力线：磁力作用的空间叫磁场。磁场可用一种假想的磁力线来表示。

磁通：通过磁场内某截面积磁力线的总数叫磁通。用字母 Φ 表示，单位为麦克斯韦。简称麦。

磁感应（磁通密度）：通过与磁力线垂直方向单位面积的磁力线数目叫磁力线的密度，用 B 表示。单位为高斯，简称高。

1高 = 1麦 / 厘米²。

磁场强度：磁通磁感应皆随介质而异。为了定义一个与介质无关的量，把真空中的磁感应叫做磁场强度，用 H 表示。单位为奥斯特，简称奥。

导磁率：把 B 与 H 的比值叫导磁率用 μ 表示。

在厘米·克·秒制电磁单位中 μ 为纯数，没有单位。

实验证明，空气的 $\mu = 1$ ；铁磁材料的 μ 可达几千或几万。

2.2.2 磁性材料的磁滞回线

磁带的磁性层属于铁磁性材料，在受到外界磁场作用后，都要按一定规律进行磁化，见图2-2。

磁带未录音之前没有被磁化。当磁场从 $0 \rightarrow H +$ 方向渐渐增加时，则磁带开始被磁化，磁感应强度沿 $0a$ 曲线增加。到了 a 点处，磁场再增加，这时磁感应强度再也不增加了，这点的磁感应强度称为饱和磁感应强度用 $+B_m$ 表示。

这时如果减小磁场强度 H ，磁感应强度 B 并不沿着原来的磁化曲线而下降，而是沿着 ab 曲线下降。当磁场强度 H 减小到 0 时，

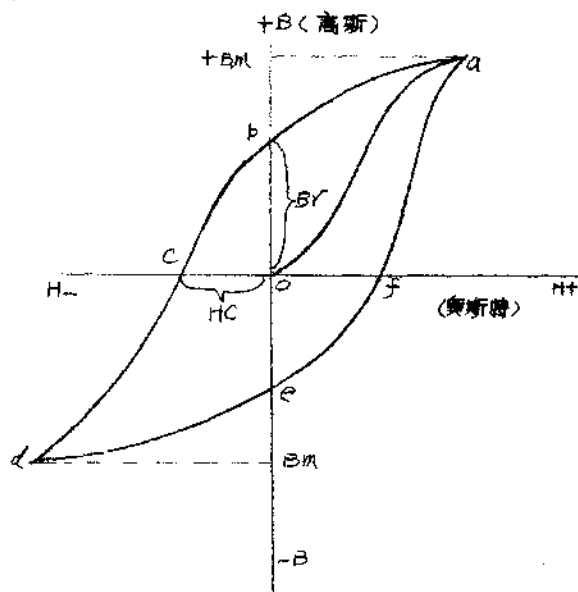


图 2-2 磁滞回线

磁感应强度 B 并不下降到 0，而是保留一段 $O b$ 值，把这值称为剩余磁感应强度，简称剩磁，用 B_r 表示。

这时，要使磁带上的剩磁去掉必须加相反方向的磁场强度 H_- ，使磁带反方向磁化。当磁场强度达 C 点时，则剩磁为零表示磁带完全去磁。这个使剩磁为零所需的磁场强度叫做矫顽力，用 H_c 表示。

当继续按反方向增加磁场强度 H_- 时，则磁感应强度向负方向增至 d 点（即对应图中的 $-B_m$ ）这时又处于饱和磁化状态。当磁场强度从 H_- 回到零时，又会出现 e 点的剩磁。若要使这剩磁为零，就得加给正方向的磁场强度直到 f 点，这时磁感应强度为零，磁带完全去磁，如果再继续增加磁场强度 H_+ ，则磁感应强度又重新达到原来的饱和磁感应强度 $+B_m$ 点。磁带在反复磁化过程中，磁感应的变化是按照闭合曲线 $a-b-c-d-e-f-a$ 重复，这一闭合曲线就是最大磁滞回线，由于磁带在反复磁化中，产生的磁感应强度的变化总是滞后于磁场强度，这种现象叫做磁滞。这条反复

磁化的闭合曲线叫做磁滞回线。

2·2·3 剩磁特性曲线

在录音磁场作用下，磁带上各微段都是沿着起始磁化曲线运动。当离开磁场之后，再沿着衰减的曲线而变化，这样就产生剩磁感应 B_r 。如果把初始磁化曲线上各点对应的剩磁画出，即得到剩磁感应曲线如图 2-3 所示。在磁场很弱情况下，磁场作用力不能使磁性材料内的磁矩扭转，磁化结果，没有剩磁。

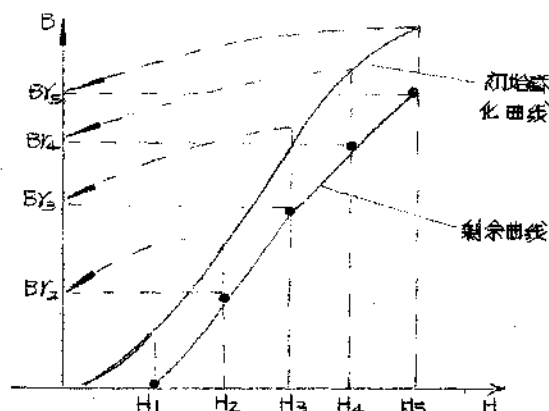


图 2-3 剩余磁感应特性曲线

2·2·4 录音磁头的磁场分布

当录音磁头绕组中流过音频电流时，在磁头铁芯中就产生磁通，因为录音头缝隙的磁阻比铁芯的磁阻大得多。在缝隙周围形成外泄磁场，如图 2-4 所示。磁场分布的特点：

- (1) 磁场强度随着磁带厚度方向而迅速减弱。
- (2) 缝隙越深，磁场越均匀在缝隙深处为恒定的磁场。
- (3) 沿着被磁带环绕的磁头表面，磁场的强度和方向各不相同。
- (4) 缝隙范围以外的磁场强度，随着离开缝隙中心平面的距离而下降。

由于磁带录音是用图 2-5 所示的纵向录音法。所以起磁化作

用的主要是磁场强度的水平分量 H_x ，垂直分量可以忽略。

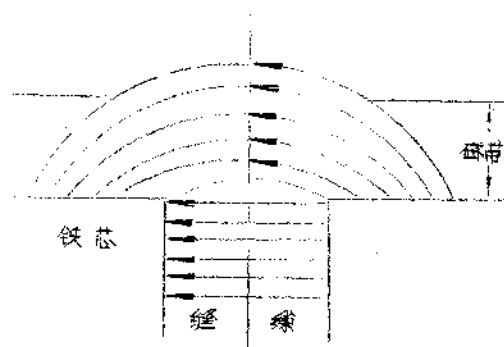


图 2 - 4

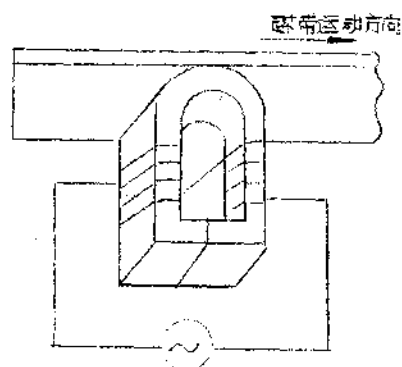


图 2 - 5 纵向录音法

2.3 录音原理

磁带录音的基本原理是任何铁磁性材料在受到外界磁场的作用时，能够被磁化。而当它离开磁场以后，还能够保存剩余的磁化。

举一个例子来说明。把一块钢片与马蹄形永久磁铁相接触如图 2-6 (b) 所示，则磁铁的磁力线就会通过钢片而使钢片磁化。然后将钢片与马蹄形磁铁分开，如图 2-6 (c) 所示。这时就会发现钢片被磁化了，并带有南 (S) 与北 (N) 极性。假如改变磁铁的极性，则钢片的极性也会相应改变。

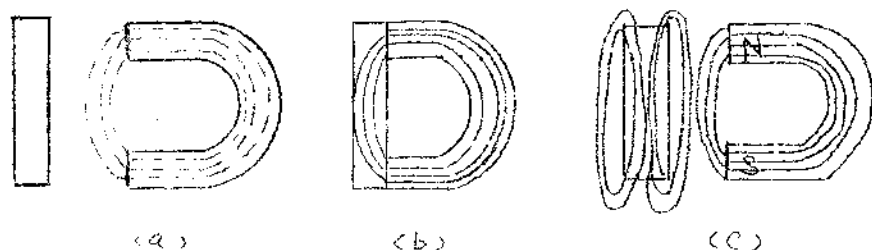


图 2 - 6 钢片的磁化

如果，用铁磁材料制成的磁带代替钢片，而用绕有线圈的电磁铁代替永久磁铁。在线圈中通以交变电流，例如 50Hz 交流电，把磁带贴着电磁铁的二极作恒速运动。这时，运动的磁带上各微段在交变磁场的作用下，在其纵方向上保留着强弱和方向不同的剩余磁化，如图 2-7 所示。

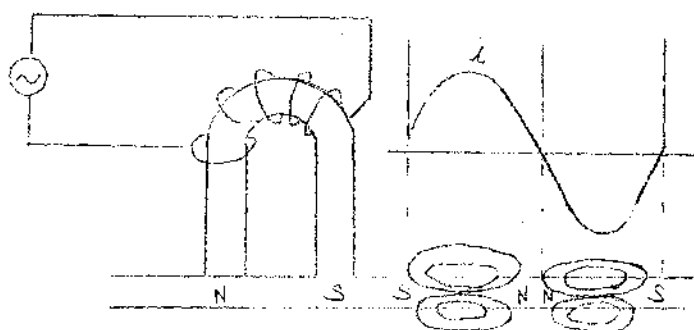


图 2-7 用电磁铁对磁带进行磁化

实际上磁带录音过程与上述道理基本相似，只不过录音信号是音频信号（语言或音乐），产生交变磁场的器件不是马蹄形电磁铁而是录音磁头，如图 2-8 所示。

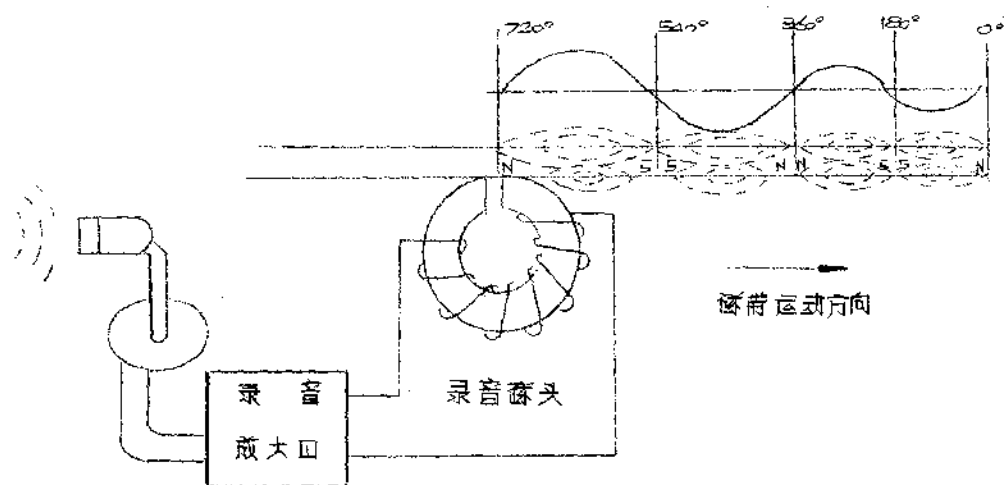


图 2-8 磁带录音的基本原理

音频信号通过录音磁头缝隙对磁带进行磁化，同一频率在带速不同时，记录波长就不同，所以频率与波长有以下关系式：

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (2-1)$$

其中 λ 为录音波长。 f 为频率。 V 为磁带速度。

音频信号在一段时间内可分解为正弦波。假设录音磁头工作缝隙比信号波长小得多，这时可以认为在很短时间内，信号电流视作不变。因此录音磁头缝隙处的磁场亦可以视作不变。

如果当磁带微段AB在 $t = t_1$ 瞬间进入录音头磁场，则在时间 Δt 内，信号电流的值如图2-9(a)中a点所示。由这样一个电流产生的录音磁场如图2-9(b)所示的A曲线。根据剩磁曲线我们可以确定磁带微段AB通过录音磁场后留下的剩磁，其剩磁为 B_{rA} ，见图2-10。

同理，当微段BC在 $t = t_2$ 的瞬时进入录音磁场，那么信号电流将为图2-9a中的b点所示；而微段BC所受到这时的电流产生的录音磁场如图2-9(b)中所示的B曲线。形状与A相似，只是数值大些，所以当微段BC离开录音磁场后，也就留下剩磁 B_{rB} 。

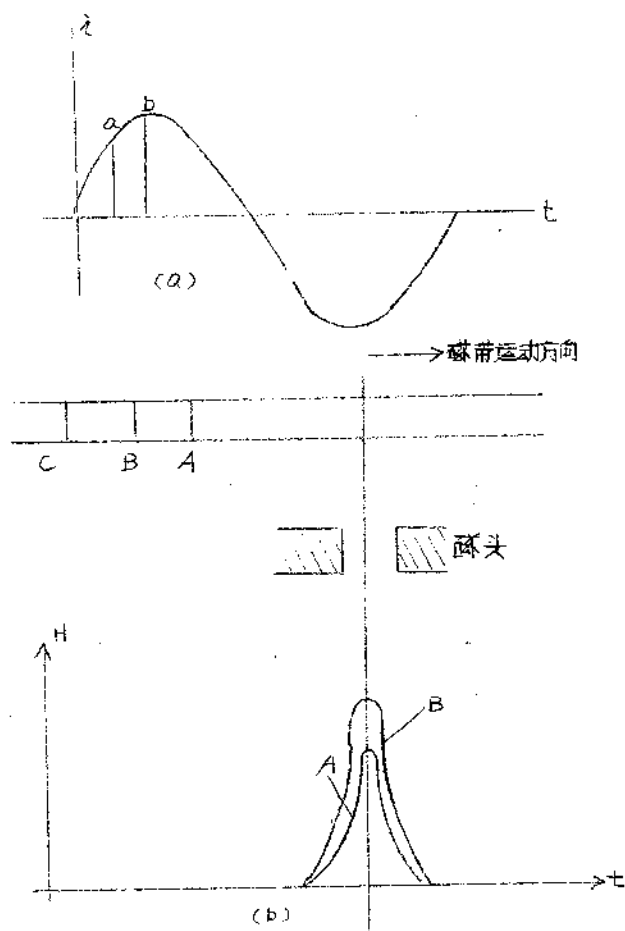


图 2-9 录音电流与磁场分布

- (a) 信号电流的时间变化。
 (b) 录音头空隙的磁场强度的变化。

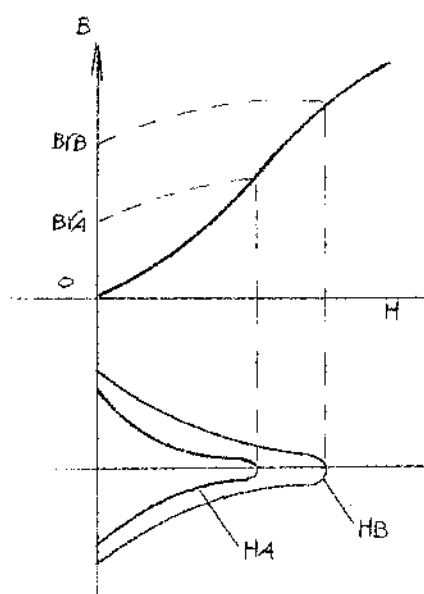


图 2-10 磁带上某瞬时的剩磁

2.4 偏磁作用

2.4.1 无偏磁录音

磁带录音如果不加偏磁，就会工作在初始磁化曲线的弯曲部分，这样灵敏度低，失真也大，图 2-11。

