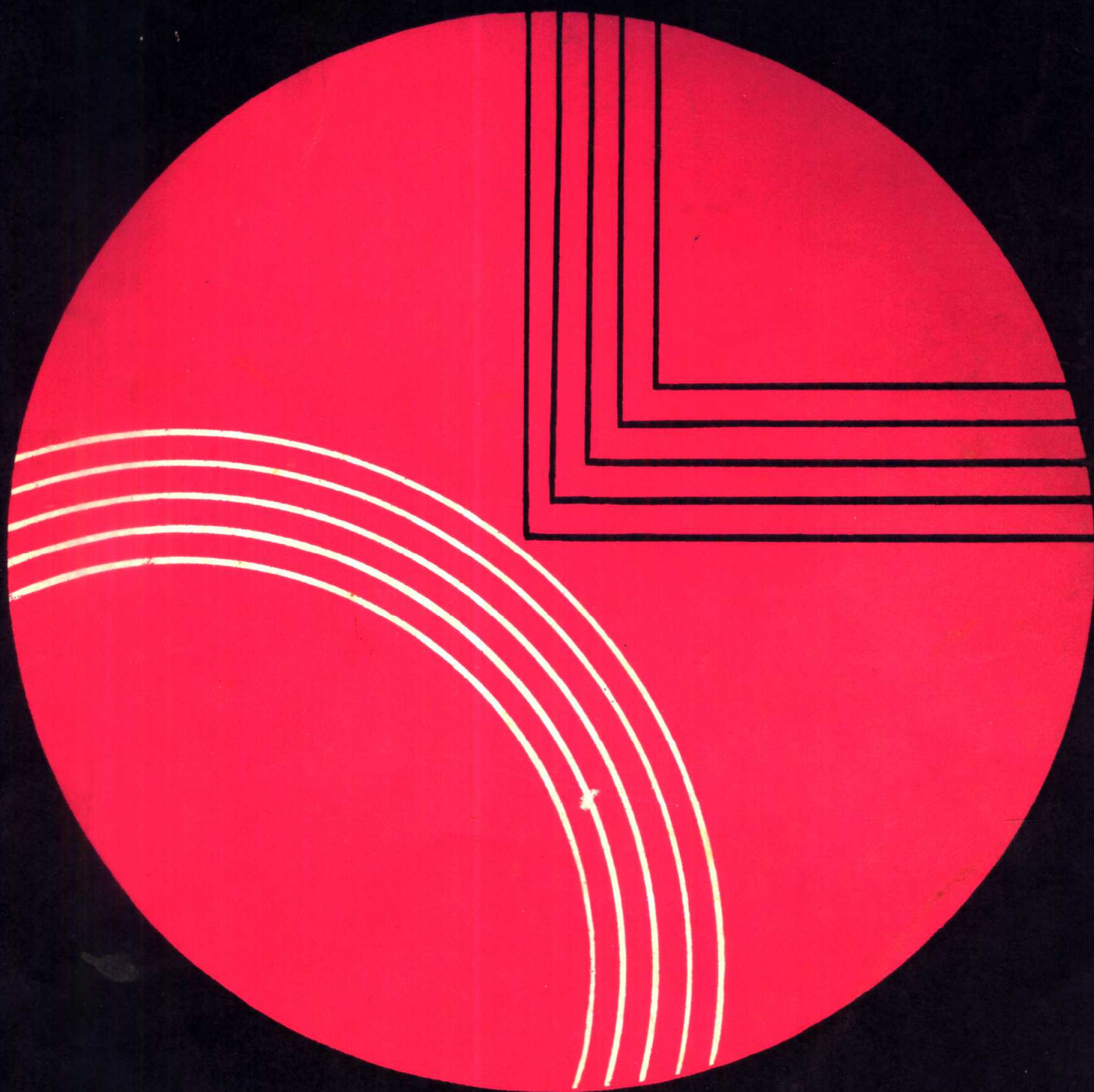


盒式录象机基本

原理及故障分析

鸿章 尚德 著



中国广播电视出版社

盒式录象机基本原理及故障分析

李马鸿章 尚德~~德~~著

中国广播电视出版社

盒式录音机基本原理及故障分析

马鸿章 尚德学 著

中国广播电视出版社出版

西安第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

787×1092毫米 16开 30.25印张 735(千)字

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数: 1—14,000

统一书号: 15286·008 定价: 7.20元

前言

大约 50 年前, 英国人贝尔德 (Baird) 研制成功采用机械方法的黑白电视系统。最初的电视图象清晰度不足 200 线。1940 年, 美国的戈德马克 (Goldmark) 发明了一种场顺序传送的彩色电视系统, 又叫 CBS 制。这种制式是在黑白电视摄像机前安装一个由红、绿、蓝三基色滤色片组成的彩色转盘, 随着转盘的旋转, 摄像机内的摄像管上依次呈现出三种基色的图象, 摄像机逐场送出三种基色的电视信号。在接收机的荧光屏前也安装同样的滤色盘, 并且与摄像机的转盘同步旋转。由于人眼的视觉暂留作用, 三种基色信号将合成为彩色图象。该制式规定每秒 144 场, 每 3 场合成一帧, 即每秒 48 帧, 每场 525 行, 视频带宽为 12MHz。场顺序彩色电视制式的缺点是不能和黑白电视制式兼容, 即黑白电视机不能收看彩色电视节目。同样, 彩色电视机也不能收看黑白电视节目 (逆兼容)。50 年代初美国研制成功与黑白电视节目兼容的彩色电视制式并以研究该彩色电视制式的机构——美国国家电视制式委员会 (NATIONAL TELEVISION SYSTEM COMMITTEE) 四个英文词字头 (NTSC) 命名彩色电视制式。NTSC 制式是先将摄像管输出的三种基色信号变换为一个亮度信号 (Y 信号)、两个色差信号 (R-Y, B-Y 或 I, Q 信号)。两个色差信号对一个色副载波进行正交平衡调幅。随后, 再将亮度信号和已调制的色度信号相加形成 NTSC 制彩色信号。NTSC 制研制成功之后, 先后为美国、日本、加拿大和北欧各国采用。但是, NTSC 制仍然存在一些缺点。例如接收的彩色图象质量好坏随着传送系统的所谓微分相位失真而变化。也就是说对传送系统要求很高。为了改进 NTSC 制式的上述弱点, 西德人勃鲁赫 (Bruch) 提出了 PAL 制。这种制式对于 NTSC 制中关于色差信号传送方式做了改进。PAL 制式中的色差信号由 U 和 V 构成 $[U = 0.493(B-Y), V = 0.877(R-Y)]$, 两色差信号在对副载波做正交平衡调制时, V 信号用逐行倒相方式, 即每变化一行, V 信号极性改变 180° 。所以, PAL 制 (PHASE ALTERNATE LINE) 又叫逐行倒相正交平衡调制制式。由于 PAL 制采用了逐行倒相传送色差信号的措施, 所以, PAL 制式对于传送系统中的微分相位误差容忍提高了。NTSC 制允许的微分相位误差为 $\pm 12^\circ$, 而 PAL 制则可达 $\pm 40^\circ$ 。1967 年, 西德正式采用 PAL 制彩色电视广播, 随后西欧、大洋洲以及第三世界许多国家也都先后采用了 PAL 制做彩色电视广播。我国自 1973 年采用 PAL 制做彩色电视试播, 现在也确定采用 PAL 制。

除了 NTSC 制和 PAL 制之外, 还有法国人发明的 SECAM 制彩色电视制式。SECAM 制又叫顺序传送彩色与记忆制式。它对两个色差信号采用行轮换调频方式传送。目前, 法国、苏联和东欧各国采用 SECAM 制。上述 NTSC、PAL、SECAM 三种制式是世界各国分别采用的彩色电视制式, 三种制式都能与黑白电视节目兼容。

在彩色电视制式发展的同时, 世界各国对于录象机的研制也取得了很大的发展。存储电

11039/14

视图象信号可以采用电影片方法。用一个电影摄影机对准一台高质量的彩色电视机，在电视节目演播时将演播的电视节目记录在电影片上。但是这种方法有很多缺点，最主要的是质量低、周期长，而且造价也高。磁带录象机，顾名思义，是记录或播放图象的设备。1956年，美国的一家公司（AMPEX）研制成功第一台录象机。这是一种四磁头的横向扫描方式磁带录象机。它使用两英寸宽的磁带，结构复杂，体积庞大，操作麻烦，因而只限于广播电视领域中使用。由于磁带录象机在信息记录、储存和重现各方面有突出的优点，所以，在尔后的二十几年内，随着科学技术及电子工业的发展，不断更新、变型，不久便出现了螺旋扫描盒式磁带录象机。螺旋扫描盒式录象机结构和电路都简化，价格也便宜，但时基误差大，技术指标不够高。这种盒式录象机的典型就是目前广泛使用的U型规格（U-MATIC）3/4英寸磁带录象机。U型规格盒式录象机是由日本索尼公司研制和生产的。它又分为VO（普通视频录象机）和BVU（广播视频录象机）两类。BVU型录象机中常见的有BVU-200P、BVU-800P、BVU-820P几种机型；VO型录象机有VO-2860、VO-5850几种机型。BVU和VO两类录象机适用于电视演播，电视新闻采访，电视剧摄制，电化教学，科研以及医学等方面。

1978年以来，我国各省市以及中央电视台、工业生产、科学研究、文化教育、医学和体育各部门都使用盒式录象机做记录和重放电视节目或资料。为了适应我国各部门对录象设备日益发展与维修的需要，保证机器正常运行，培训专业技术人员，我们从维修观点出发，编写了这本书。

本书重点剖析了BVU-200P、BVU-800P以及VO-5850三种机型的电路。书后附有BVU-200P机电路图。由于录象机电路程式已趋成熟，盒式录象机不同机型不仅内容相近，而且调整方法也可互为借鉴。因此，书中涉及到的原理和维修内容适用于各类型盒式录象机。

本书共21章，1~10章着重分析盒式录象机特性及电路原理；11~21章介绍各类盒式机的维修实践。原理部分由马鸿章撰写，故障维修部分由尚德学撰写。

本书适合于各类录象机操作和维修人员阅读，也可供录象机专业的学生、电子专业师生、从事录象机教学的教师和工程技术人员参考。

由于作者水平有限，书中错误敬请读者指正。

作者

1987.7

目 录

第一章 录象机基本原理

1-1 磁头和磁头材料	(1)
1-2 视频信号的记录和重放	(3)
1-3 录象机类别和格式	(6)
1-4 磁带运行状态和磁迹分布	(14)
1-5 磁头在磁鼓上的位置和磁迹格式间的关系	(17)

第二章 盒式录象机电气系统

2-1 视频信号系统	(22)
2-2 伺服系统一般介绍	(30)
2-3 磁鼓伺服系统	(36)
2-4 主导伺服系统	(37)
2-5 带盘伺服系统	(38)
2-6 音频系统	(39)

第三章 视频系统电路

3-1 亮度信号调制器电路原理	(41)
3-2 记录状态时的色度信号处理电路	(55)
3-3 记录与重放信号处理及亮度解调器	(68)
3-4 重放色度处理电路	(77)
3-5 盒式录象机失落补偿电路	(89)
3-6 盒式录象机中的时码处理电路	(93)

第四章 磁鼓伺服系统工作原理

4-1 测速脉冲的形成	(99)
4-2 磁鼓伺服基准选择电路	(101)
4-3 奇数场场脉冲的拾取	(105)
4-4 伺服基准形成电路	(109)
4-5 磁鼓伺服原理	(112)

第五章 主导伺服系统原理

5-1 主导伺服系统一般说明	(119)
5-2 主导伺服控制逻辑解码电路	(122)
5-3 主导伺服相位和速度环路	(124)
5-4 走带速度为 1/10 和 1/30 的正常速度检测	(130)
5-5 主导伺服锁定检测电路	(132)
5-6 主导马达刹车控制电路	(132)

第六章 盒式录象机的控制系统

6-1 操作方式动作程序	(134)
6-2 控制系统电路	(140)

第七章 带盘伺服、消磁电路以及电磁铁激励电路

7-1 带盘伺服	(153)
7-2 消磁电路	(156)
7-3 电磁铁驱动电路	(158)

第八章 盒式录象机中的微处理器控制系统

8-1 微处理器简介	(160)
8-2 盒式录象机微处理器控制系统	(168)

第九章 VO-5850录象机原理

9-1 视频调制解调系统	(178)
9-2 5850 伺服系统	(185)
9-3 控制系统	(195)

第十章 录象机的指标、功能检查和视频、音频系统测试

10-1 盒式录象机指标	(203)
10-2 录象机功能检测	(206)
10-3 音频系统测试	(208)
10-4 视频系统测试	(209)

第十一章 盒式录象机简介

11-1 盒式录象机的分类	(215)
11-2 BVU-200P	(216)
11-3 BVU-800P	(219)
11-4 BVU-820P	(223)
11-5 BVU-100P	(224)
11-6 BVU-110P	(226)
11-7 BVU-50P 型录象机	(232)
11-8 VP-2030/2030CE	(245)
11-9 VO-2630/VO-2630CE	(248)
11-10 VO-2860P	(264)
11-11 VO-3800P	(280)
11-12 VO-4800P	(289)
11-13 5型机的介绍	(296)
11-14 VO-5800PS	(308)
11-15 VO-5630	(313)
11-16 VP-5030	(315)
11-17 5型机的配套使用	(315)

第十二章 维护基础

12-1	色标的应用	(326)
12-2	电感值的表示方法	(328)
12-3	电容的表示方法	(329)
12-4	晶体三极管的表示方法	(330)
12-5	三极管在电路中的基本检验方法	(332)
12-6	二极管的色标	(334)
12-7	磁鼓组件的结构	(337)
12-8	测试带的使用	(341)
12-9	测试设备和工具	(343)

第十三章 更换磁头的方法与调整

13-1	磁头的更换	(344)
13-2	偏心调整	(344)
13-3	双向调整	(345)
13-4	方位角的调整	(346)
13-5	频率特性调整	(347)
13-6	记录电流调整	(349)
13-7	磁带通路调整	(353)
13-8	鼓伺服的调整和注意事项	(356)
13-9	主导自由速度调整	(359)
13-10	重放 CTL 占空比调整	(361)
13-11	慢速和主导轴制动调整	(361)
13-12	跟踪控制校准	(362)
13-13	开关位置调整 (SB-10)	(362)
13-14	重放锁定相位调整	(363)
13-15	记录锁定相位调整	(363)
13-16	SB-8 板鼓锁定相位调整	(363)
13-17	示波器的延时使用方法	(364)

第十四章 上带系统原理

14-1	上带系统说明	(365)
14-2	上带环的三种工作方式	(366)
14-3	穿带环的四种工作过程	(367)

第十五章 机械动作正确状态的校对

15-1	电源接通后机器所处的状态	(373)
15-2	按弹起键时的动作过程	(373)
15-3	磁带插入后的动作	(373)
15-4	在 FR-STOP 状态按 EJECT 键的动作	(374)
15-5	在 FR-STOP 状态按 FF 键	(374)
15-6	在 FR-STOP 状态按 REW 键	(374)

15-7	在 FR-STOP 状态按 PLAY 键	(374)
15-8	在重放状态到倒放状态的检验	(375)
15-9	穿带控制中位置开关在不同方式时的正确状态	(375)
15-10	与带盘有关的机械部件的正确状态	(377)
第十六章 互换性不好的原因		
16-1	互换性不好的原因分析	(379)
第十七章 系统控制电路故障分析		
17-1	自动停指示灯亮的原因	(387)
17-2	压带轮电磁铁保持不住	(390)
17-3	机器处于无功能或功能不正常	(394)
17-4	带头带尾检测失灵	(396)
17-5	无功能	(397)
第十八章 故障实例分析		
18-1	系统控制部分故障分析	(401)
18-2	视频和伺服系统故障分析	(414)
第十九章 视频系统故障分析		
19-1	简介	(423)
19-2	图象无色时的判断方法	(428)
19-3	记录后重放无色	(428)
19-4	在记录和 E-E 方式监视器上的图象无色	(432)
19-5	色度解调电路故障分析	(433)
19-6	AFC 电路故障	(438)
19-7	MD-6 板 电-电 状态下的正确波形及电平值	(440)
19-8	RP-3 板正确波形和电平值	(442)
19-9	E-E 方式 DM-9 板正确波形和电平值	(443)
第二十章 伺服系统的故障判断方法及参考波形和电平值		
20-1	判断方法	(449)
20-2	CS-7 板重放状态的正确波形和电平值	(452)
20-3	CS-7 板 E-E 状态正常电平值	(454)
20-4	SB-10 板重放状态的正确波形和电平值	(456)
20-5	SB-10 板 E-E 状态下的正确电平值	(462)
20-6	SB-8 板重放状态下的正确波形和电平值	(469)
第二十一章 录像机 VO-2860P 故障查寻步骤图		
21-1	重放无图象	(470)
21-2	重放无彩色	(471)
21-3	无记录彩色	(471)
21-4	无记录图象	(472)
21-5	鼓速度不对	(472)

21-6	主导轴速度不对.....	(473)
21-7	音频无记录 (信道 1)	(473)
21-8	音频无记录 (信道 2)	(474)
21-9	重放无信号.....	(474)

第一章 录象机基本原理

1-1 磁头和磁头材料

磁带录象机类似于磁带录音机，它利用磁带上磁感应强度的变化来记录或重放视频信号。在录象机中包含有视频磁头和视频信号处理系统。视频磁带包绕视频磁头并且两者作相对运动。如果向视频磁头线圈馈送视频信号电流，而在磁带上将记录下与此视频信号相应的剩磁变化情况——磁迹。这就是记录过程。从磁带上取出记录信号的过程叫重放。重放的过程是通过磁带上磁迹的剩磁强度的变化使与磁带相接触的视频磁头中感应出相应的感应电动势，再将其加工处理还原成记录之前的视频信号送出。所以，录象机工作在记录方式或工作在重放方式都要通过视频磁头进行电→磁或者磁→电转换。视频磁头的性能关系到记录或重放信号质量。图 1-1 是盒式录象机的视频磁头。

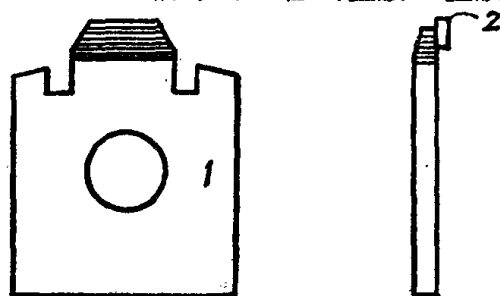


图 1-1 视频磁头支架及磁头

图中 1 是一黄铜支架，2 是安装在黄铜支架上的视频磁头。磁头由高导磁系数和高饱和磁感应强度，低矫顽力的磁材制成，其结构如图 1-2。在磁头的顶端开有 0.5 微米宽的缝隙。在磁头上缠绕有很细的导线构成电感线圈。磁头尖在录象机工作时顶压在运动着的磁带上，由

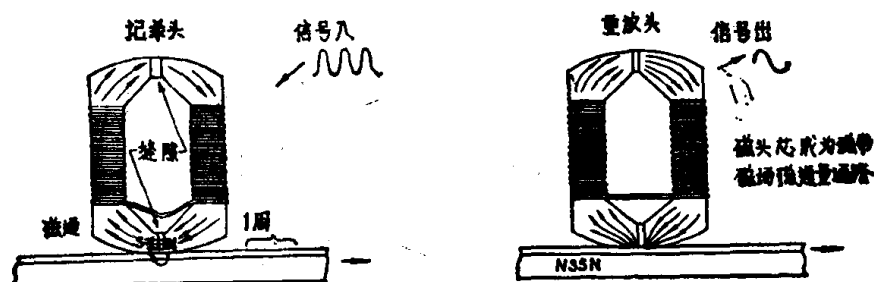


图 1-2 视频磁头及工作过程

磁头输入的视频信号电流转变为磁头中的磁场，磁场通过磁头缝隙使与磁头相接触的磁带磁化，形成记录信号。同样道理，在重放过程中磁头缝隙处在有磁通量变化的磁带信号磁场中，磁头线圈中将形成感应电动势，从而取出记录在磁带上的视频信号。磁头由磁性材料做成的。磁性材料又分为顺磁性和抗磁性两类。磁性物质的磁性由物质的导磁系数 μ_r 来描述：

$\mu_r = \frac{dB}{dH}$ 。式中，B 为磁感应强度，用高斯做单位，H 为磁场强度，用奥斯特做单位。若该材料的 $\mu_r < 1$ ，则此物质称为抗磁性物质；若其 $\mu_r > 1$ ，则称为顺磁性物质。自然界中，铁的导磁性能好，它是一种顺磁物质。磁头中使用的材料希望 μ_r 越大越好。因为导磁系数 μ_r 越

大，从电→磁变换过程产生的磁场越大；从磁→电变换过程则产生的感应电动势越大。这样，记录或重放的效率越高。因此，铁磁物质是一种理想的磁性材料。

铁磁物质内部由许许多多的磁畴单元构成。每一个磁畴单元内的分子磁矩方向大都相同致使磁畴呈现某一方向磁化。铁磁物质未被磁化时，各磁畴单元排列是杂乱无章的，所以，未被磁化前铁磁物质在宏观上不显示磁性。在铁磁物质磁化的过程中，大致分为三种状态（参阅图 1-3）。

(1) 外加磁场小于某磁场强度 H_1 时，外加磁场只使那些接近外加磁场方向的磁畴单元磁性增强，而使那些与外加磁场相反方向的磁畴单元磁性减弱。这样，宏观上铁磁物质表现出与外加磁场相同方向的磁性。当外加磁场消失，铁磁材料表现出的磁性随之消失。这种情况相当于图 1-3 中 $H < H_1$ 时的情况。

(2) 外加磁场 H 处于 $H_1 < H < H_2$ 时， H_2 为磁性材料的饱和磁场强度。在这种状态下，外加磁场不仅使磁畴单元内的磁化方向按外磁场排列，而且，还使部分磁畴按外磁场方向排列。这种磁化方式是一种不可逆状态，即外磁场消失之后，铁磁物质仍保持部分剩磁 B_r 。这种情况相当于下图 $H_1 < H < H_2$ 。

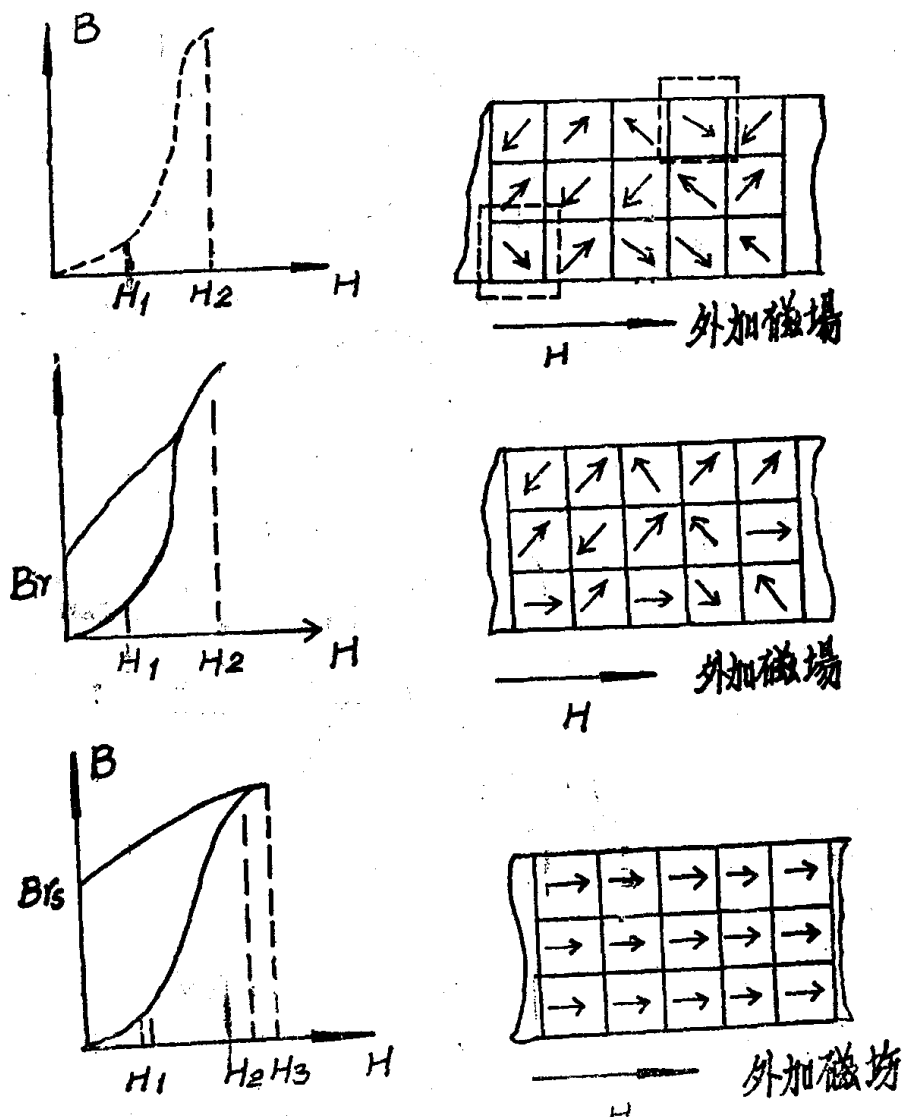


图 1-3 磁性材料在外加磁场时的磁化情况

(3) 外加磁场处于 $H > H_2$ 状态时, 铁磁物质内磁畴方向都按照外加磁场方向排列, 再增大外加磁场, 磁畴磁化方向不再变化。外磁场消失, 铁磁物质保留剩磁 B_r 。

现在看铁磁物质在交变磁场作用下的磁化过程。设外加信号电压为 $U = U_0 \sin \omega t$, U 在磁头线圈中形成交变的磁场强度 H , H 则在铁磁物质中形成变化的磁感应强度, 它的磁化过程如图 1-4 所示, 即所谓的磁滞曲线。

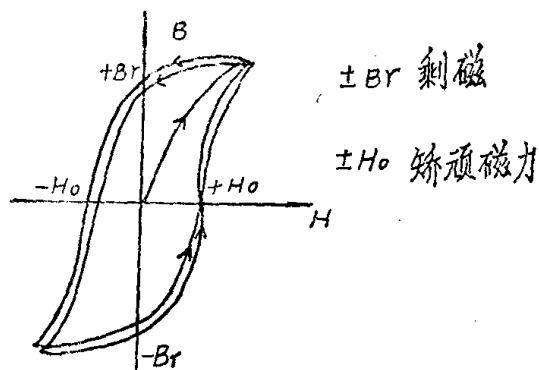


图 1-4 磁滞曲线

不同的铁磁物质有不尽相同的磁滞曲线。矫顽力小的磁性材料叫软磁性物质, 矫顽力大的磁性材料叫硬磁性物质(图1-5)。软磁性物质容易磁化也容易去磁, 适合制作磁头磁心。硬磁材料在去掉磁化磁场后仍保持一定数值的剩磁, 磁带表面的磁性层是由硬磁性材料做成。图1-5中, B_s 为饱和磁感应强度, B_r 为剩磁感应强度, H_c 为矫顽力, H 为磁场强度, B 为磁感应强度。

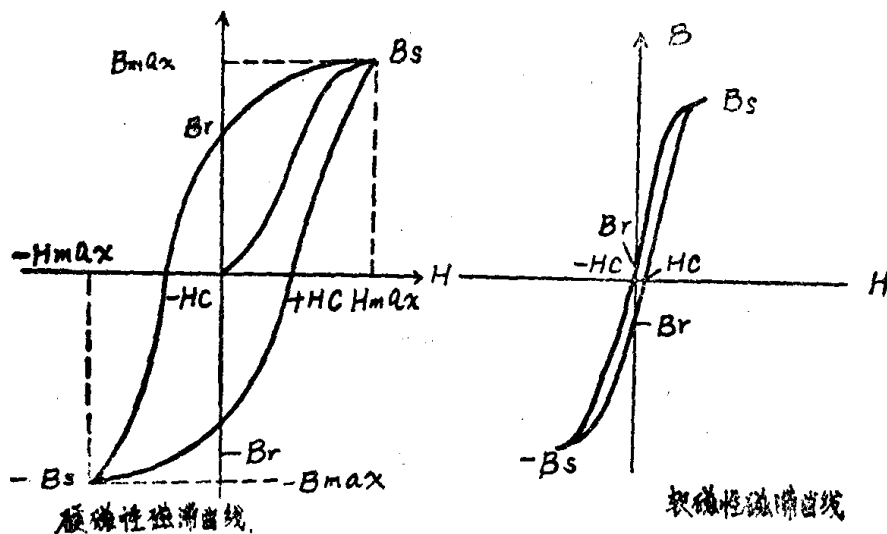


图 1-5 两种磁性材料的磁滞曲线

1-2 视频信号的记录和重放

视频信号最重要的特点是它的频带宽。例如, 在电视机屏幕上显示出全白色的背景(或灰色, 或黑色), 其信号的频谱除了包含 $nf_H \pm mf_v$ 各频谱成分之外(f_H 为行频等于 15625 Hz, f_v 为帧频等于 25 Hz), 还包含有直流成分。因为视频信号的直流成分可以采用钳位电路恢复, 并假设上式中 m 、 n 各为 1, 则传递的视频信号最低频率 f_L 近似等于 15 kHz。视频信号的最高频率与信号的最高清晰度有关, 通常以最高的水平清晰度 400 线所对应的频率值为视频信号的最高频率。一幅电视光栅尺寸为 4:3, 若以垂直扫描线的宽度来确定清晰度计数, 则水平方向的线数应为垂直方向的线数 $\frac{4}{3}$ 。所以, 400 线清晰度相当于在水平方向分割出 $\frac{4}{3} \times 400$ 个像素单元。一个水平线的宽为 $64 - 12 = 52 \mu s$, 所以, 400 线清晰度每个像素宽为 $52 / \frac{4}{3} \times 400 = 52 / 533 = 0.0975 \mu s$, 两个像素构成一个信号周期:

$$T_h = 2 \times 0.0975 = 0.195 \mu s$$

信号最高频率, $f_h = \frac{1}{T_h} = 5.12 \text{ MHz} \approx 5 \text{ MHz}$ 。若水平清晰度按 500 线计, 则 $f_h = 6 \text{ MHz}$ 视频信号最高频率与最低频率相差 $f_h/f_L = 400 \approx 2^9$ 。信号的频率按每增加一倍为一倍频程计, 视频信号包括 9 个倍频程。

根据磁畴理论, 磁带贴着磁头, 并且两者相对运动时, 磁头中的激励信号电流将在磁头缝隙中产生磁场而使磁带磁畴沿磁场方向排列。小的磁通量密度只使一部分磁畴沿磁场方向排列。大的磁通量密度使更多的磁畴或全部磁畴顺外磁场排列。由于磁滞曲线的非线性, 磁感应强度和磁场强度之间并不成比例的变化。如果磁带相对磁头缝隙以足够大的速度运动。磁带内磁畴将按照磁带材料的磁滞曲线变化方式, 交替地产生具有一定幅度和一定方向的磁感应强度。磁带离开磁头缝隙之后, 磁带上留下了反映激励磁头信号的磁感应强度。这是一种将随时间变化规律的电视信号转换为磁带上按空间排列规律的磁信号过程。视频信号中的低频信息激励磁头使磁带上产生交替变化空间信号持续较长时间。因而, 磁带上留下的磁感应强度占较长的磁带空间。视频信号中的高频信息则使磁带上保留的磁感应强度占据较短的空间。这样, 随着时间而变化的视频信号变为随位置而变化的空间信号。这就是磁带录象机的记录过程。重放过程中, 磁带上记录的磁感应强度则使与之相接触的磁头磁化。根据法拉第磁感应定律, 磁头线圈两端所产生的感应电压与磁通量变化速率成比例。这样即可完成把磁的空间信号转变成电的视频信号, 设记录的视频信号电流为 $i = I \sin \omega t$, 根据电磁学中安培定律, 激励磁头的信号电流将产生磁场, 此磁场将在磁带上形成剩磁信号, 假设剩磁信号与激励信号成比例, 即 $\Phi_r = KI \sin \omega t$ 。设 X 为磁带运行距离, v 为磁带磁头的相对速度, λ 为记录信号的波长。由交流电路原理我们知道, $\lambda = v/f$, 而我们现在已知道视频信号的最高频率为 $f_h = 5 \text{ MHz}$, 则与其对应的最短记录波长为:

$$\lambda = \frac{v}{f_h}$$

U-MATIC 录象机中磁鼓直径 $D = 110 \text{ mm}$, 磁鼓每秒转 25 圈, 则磁鼓的 (磁头) 速度为

$$V_D = \pi D \cdot 25 = 8635 \text{ mm/s}$$

算出最高频率的记录波长: $\lambda = \frac{8.635}{5 \times 10^6} = 1.7 \mu\text{m}$ 。实际上电视信号并非直接记录而是采用调频后记录, 其上限频率比 f_h 高很多, 故最短记录波长也比计算值小很多。但是, 记录的信号频率越高, 记录波长越短。记录波长减小到等于磁头缝隙时, 磁头输出的感应电动势等于零。磁头感应电动势: $e = -N \frac{d\Phi_r}{dt} = -2\pi f KI \cos 2\pi f t$ 。由于 $v = \frac{X}{t}$, 所以 $\lambda = v/f = \frac{X}{t}/f = \frac{X}{ft}$, 则 $ft = \frac{X}{\lambda}$, 当磁头缝隙 G 等于记录波长时, $X = \lambda$, 则

$$f \cdot t = \frac{X}{\lambda} = 1$$

此时形成的感应电动势: $e = -2\pi f \cos 2\pi = 0$ 。从物理概念来说, 当记录波长 $\lambda = G$ 时, 信号按磁滞曲线变化, 磁通量平均变化为零。这时所对应的记录波长称为临界记录波长。因此, 为了提高录象机最高记录频率, 应设法减小磁头缝隙。但是, 受工艺限制, 磁头缝隙的最小

值只能做到 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$ 之间。另一方面也可以提高磁头与磁带的相对速度 V ，由于 $\lambda = \frac{X}{f}$ ，故可以增长记录波长。一般情况下，磁头安装在高速旋转的磁鼓上，采用大直径磁鼓，提高磁头、磁带相对速度。重放时磁头线圈感应的电动势为

$$e = -N \frac{d\Phi_r}{dt} = -2\pi f K I \cos 2\pi f t$$

而

$$f \cdot t = \frac{X}{\lambda}$$

故

$$e = -2\pi f K I \cos \frac{2\pi X}{\lambda}$$

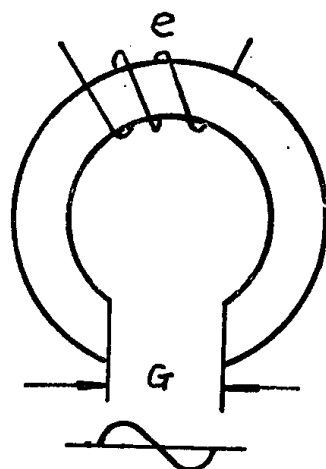


图 1-6 当记录波长等于磁头缝隙时

从这个表达式中可以看出：

(1) 重放输出的信号电压与记录电流 I 成正比例；(2) 重放信号的频率与记录信号的频率相同；(3) 重放信号电压和记录信号电流之间相差 90° 。即记录信号是正弦形式，重放电压为余弦形式；(4) 重放信号电压值正比于记录信号的频率。如果记录电流振幅 I 为定值，重放电压值将随信号频率而增加。

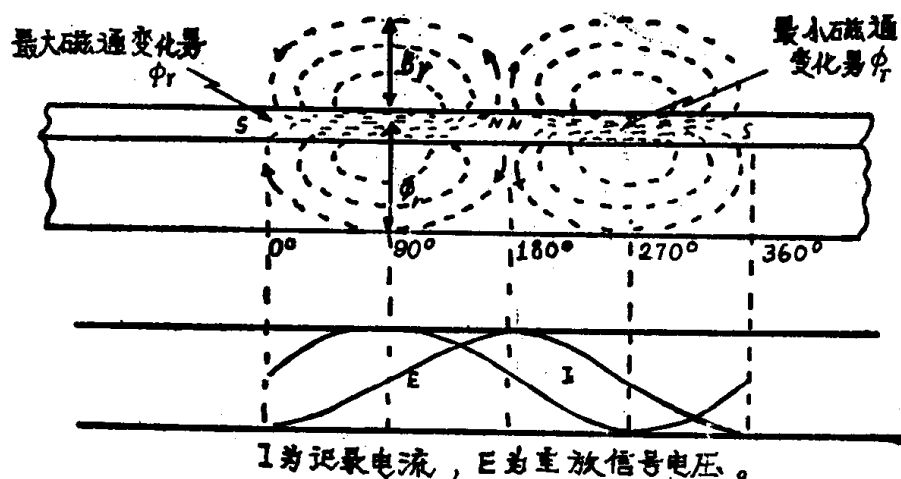


图 1-7 记录过程和重放过程之间的相位变化

图 1-8 中以磁头缝隙 G 和记录波长 λ 之比做横座标，以输出信号电平为纵座标。从图中可见，随记录波长 λ 减小，输出信号电平将增加；当 $G/\lambda = 1$ 时，即记录波长等于磁头缝隙时，重放的输出电压等于 0。而当 $G/\lambda = 0.5$ ，即 λ 为最短波长的一半时，输出信号最大。录象机重放输出电压随着 G/λ 从小到大变化，其值相差 50dB，这是一个很大的数值。例如，要记录的信号高端频率重放时的输出电压为 $U_h = 2V_{PP}$ 的话，那么重放信号低端频率时的输出信号电压将要低 50dB，即为 $U_L = \frac{2V_{PP}}{10^{2.5}} = 6.3mV_{PP}$ 。为减小这种差异，送给记录磁头的视频信号采用调频形式。根据 U-MATIC BVU 系列规定，视频白峰电平已调频频率为 6.4MHz，消隐电平的已调频频率为 5.28MHz，同步电平时为 4.8MHz。采用调频之后的记录信号，高低端的频率差值减小，输出信号电平差可大大减小。

实际上由于存在着各种高频记录损失，重放的调频信号高至一定频率后是随着频率升高而减小的，如图 1-9。

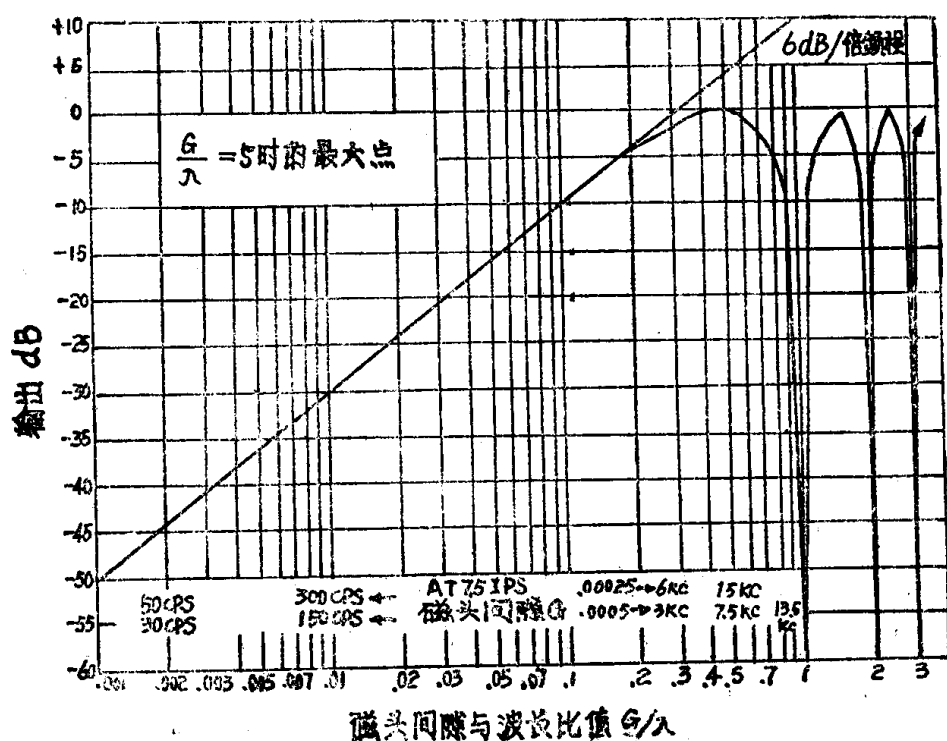


图 1-8 当磁头间隙等于记录波长一半，重放输出理论上是最值。

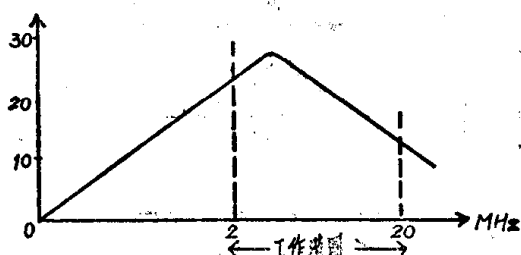


图 1-9 由于高频记录损失的存在使高频响应下降

1-3 录象机类别和格式

从第一台录象机研制成功仅仅过了二十几年，在这短短的时间里录象机发展得非常迅速。世界上目前流行着很多种类的录象机。人们大都以录象机所用磁带宽度分类，计有 1 英寸， $\frac{3}{4}$ 英寸， $\frac{1}{2}$ 英寸， $\frac{1}{4}$ 英寸等类型。另外还有 2 英寸的，现在已被逐渐淘汰了。

(1) 1 英寸磁带宽度录象机

这是一种专业型高级录象机。它又包括分段式和非分段式两类。所谓分段式是指一电视场信号 (20ms) 由磁带上用几条磁迹记录。由于每条磁迹占据视频信号时间较短，磁迹长度较短，重放时磁头容易对准磁迹。但做静帧 (定格) 重放较困难，需要一个场或者帧存储器。这种机器的代表机型是 BCN51 型，由西德费恩泽公司研制和生产。所谓非分段式是指一条磁带上的磁迹对应于一场视频信号。这种机器的代表机型是 VPR-2B 及 BVH-2000 型。有时 1 英寸磁带录象机又以记录在磁带上的磁迹形式 (又叫格式) 来分类。前面介绍的 BCN51 型采用 B 格式，而 VPR-2B、BVH-2000 型则采用 C 格式。

现在以 C 格式 VPR-2B 为例说明 1 英寸磁带录象机原理。此录象机中的磁带以 Ω 形式包绕磁鼓，磁鼓上分别安装三个视频磁头，三个磁头相应做消磁、记录、重放用。磁鼓以每秒 50 周旋转，直径为 134.6mm。因之磁头旋转的线速度为： $V_D = \pi D \cdot 50 = 21.132$ (米/秒)。个安三装于磁鼓之上的磁头互成 120° 角 (图 1-10)。磁鼓转一圈的时间是 20ms，三个磁头相互间的延时各为

$$\tau = \frac{20}{3} = 6.67 \text{ (ms)}$$

记录时 (及编辑时)，消磁头先进入磁带，在消磁头走过 120° (6.67ms) 之后，记录磁头进入磁带，将加在其上的调制视频信号记录在磁带上。记录头向前旋转 120° 后，重放头 (又叫自动扫描跟踪头) 进入磁带，拾取已记录在磁带上的信号。这样，随时记录，随时监测，保证记录在磁带上的信号准确无误。磁带包绕磁鼓的角度为 $360^\circ - 14^\circ = 346^\circ$ 。在记录和重放磁头处于磁头脱离磁带的 14° 角时，磁头不再向磁带上记录信号或从磁带上拾取信号。这段时间叫格式失落，时间为 $\frac{20000}{360} \times 14^\circ = 778\mu\text{s}$ ，约等于电视扫描的 12 行。设计录象机时将此 12 行放在视频信号第三个场同步脉冲之后，如图 1-11 所示。

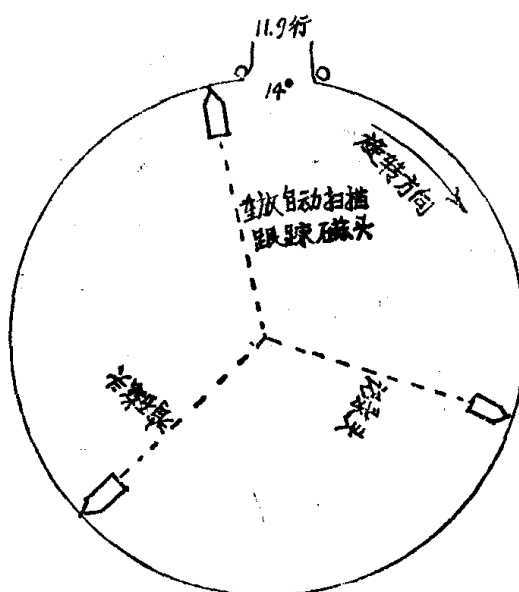


图 1-10 磁头在磁鼓上的分布

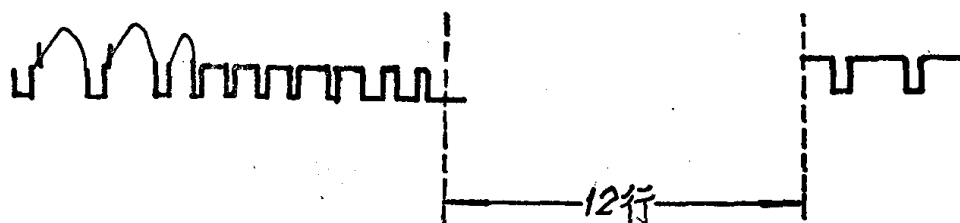


图 1-11 格式失落的位置

这里失落的 12 行同步信号由录象机内的同步机产生相同的同步脉冲来填补。1 英寸录象机有同步信号处理电路和伺服系统。其中自动扫描跟踪伺服和彩色成帧处理是这种机器最重要的特点。

①自动扫描跟踪伺服：自动扫描跟踪伺服系统由自动扫描跟踪磁头又叫 AST 头 (AUTOMATIC SCANNER TRACKING) 及有关处理电路组成。AST 磁头只做重放用。在拾取磁带信号过程中，磁头位置受取出信号电平大小控制，保证磁头总是处于磁迹中央位置。为了控制磁头摆动，使之从偏离磁迹的位置返回到磁迹的中央，磁头架使用一种压电陶瓷材料做成。加在磁头架上的电压值随着磁头偏离磁迹位置而变化，磁头架随着这种变化带动磁头摆动，使磁头总保持在磁迹中间。由于 1 英寸机器上安装有 AST 头，这种机器可以做慢动作、静帧、快动作及反向重放等各种艺术处理。正常重放时磁鼓上的磁头扫描磁迹本来是在磁带运动状态下进行的。在图 1-12 中 $\vec{V}_D$ 是磁头速度， $\vec{V}_T$ 是磁带速度，故磁头与磁带的相对速