

无线电爱好者丛书

# 家用录像机原理详解

本书编写组 编著



人民邮电出版社

无线电爱好者丛书

# 家用录像机原理详解

本书编写组 编著

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

## 内 容 提 要

本书由国内从事录像机研究、生产的第一线专家、技术人员编写,全面系统地介绍了家用录像机的基本知识、设计思想和工作原理。

全书共分十一章。第一、二章介绍了家用录像机的基础知识、主要格式分类及其一般原理;第三至第十章则分别介绍了视频系统、伺服系统、音频系统、控制与定时系统、机械系统、视频磁头鼓组件以及高频系统、电源电路、显示电路、红外遥控电路的作用、组成与工作原理;最后,第十一章详细剖析了日立 VT-427(747)E 录像机的电路与机械系统,附有大量实测数据。

本书分析透彻、讲解全面,适合广大无线电爱好者,录像机研究、生产和维修人员,有关院校师生学习参考。

无线电爱好者丛书

### 家用录像机原理详解

JIAYONG LUXIANGJI YUANLI XIANGJIE

本书编写组 编著

责任编辑 贾安坤

\*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街 27 号

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

v

开本:787×1092 1/16 1994 年 3 月 第一版

印张:30.25 1994 年 3 月 北京第 1 次印刷

字数:758 千字 插页:2 印数:1—5 000 册

ISBN7-115-05942-2/TN·676

定价:24.00 元

# 中国电子学会《无线电爱好者丛书》

## 编 委 会

名誉主编：孟昭英

主 编：牛田佳

副主编：宁云鹤

编 委：(以姓氏笔画为序)

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 王尔乾 | 王明臣 | 刘 诚 |
| 刘宪坤 | 安永成 | 孙彦昕 |
| 郑人杰 | 武世鹏 | 赵连凯 |

# 无线电爱好者丛书前言

众所周知,迅速发展着的无线电电子技术,是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识,培养更多的无线电爱好者,适应现代化建设的需要,中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发,按照理论联系实际的指导思想,深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理;介绍各种家用电器、电子设备(如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等)的工作原理、制作技术、使用 and 维修方法,为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书,使读者通过阅读本丛书和不断动手实践,能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者,对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见,给予帮助。让我们共同努力,为普及无线电电子技术,为实现我国现代化做出贡献。

# 前 言

录像机在社会各个领域里的广泛应用,极大地丰富了人类的物质文化生活。国内家用录像机的生产、应用和维修近年来更是发展迅猛,成为家电行业发展的又一热点。

为了普及录像机的基础理论知识,培养更多的维修、设计和应用人材,在北京电视设备厂、人民邮电出版社等有关部门的大力支持下,在北京电视设备厂总工程师武世鹏同志的具体组织下,由国内录像机重点生产厂家和研究单位的数名专家、技术人员,结合各自所长,共同编写了本书。

其内容包括:基础知识;格式分类与一般构成原理;家用录像机各系统的作用、组成与工作原理;日立 VT-427(747)E 录像机实际电路与机械系统分析等。本书介绍以定性为主,同时辅以必要的定量分析,内容上具有一定深度和广度,以便使读者通过学习,掌握现代录像技术的基本思想,打下比较扎实的理论基础。

参加本书编写的人员如下:

第一、二章: 北京电视设备厂教授级高工 武世鹏

第三章: 上海录音器材厂高级工程师 蒋忠钦

第四章: 北京电视设备厂高级工程师 陈振山

第五章: 北京电视设备厂工程师 夏正炎

第六章: 北京电视设备厂工程师 宋燕欣

第七章: 清华大学电子工程系 副研究员 周宏朴

第八章: 大连华录工业公司高级工程师 闫承武

第九、十章: 北京电视设备厂工程师 周唯成

第十一章: 南京无线电厂高级工程师 於志根

由于录像机技术发展很快,其涉及的领域很广,加之时间仓促,错漏与不妥之处,希望读者批评指正。

本书编写组

# 目 录

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| <b>第一章 磁带录像机基础知识</b> .....        | (1)   |
| 1.1 基本磁学知识 .....                  | (1)   |
| 1.2 磁性录放原理 .....                  | (4)   |
| 1.3 录放视频信号的技术措施.....              | (13)  |
| 1.4 家用录像机的实用技术措施.....             | (19)  |
| <b>第二章 家用录像机的主要格式及其一般原理</b> ..... | (24)  |
| 2.1 彩色电视制式与录像机格式.....             | (24)  |
| 2.2 VHS 系列录像机的格式标准与技术参数 .....     | (29)  |
| 2.3 8mm 系列录像机的格式标准与技术参数 .....     | (40)  |
| 2.4 VHS 录像机的功能与组成 .....           | (46)  |
| <b>第三章 视频系统</b> .....             | (54)  |
| 3.1 概述.....                       | (54)  |
| 3.2 视频系统的组成.....                  | (56)  |
| 3.3 亮度信号的记录电路.....                | (58)  |
| 3.4 亮度信号的重放电路.....                | (65)  |
| 3.5 亮度信号处理通道电路实例.....             | (75)  |
| 3.6 色度信号的记录与重放电路.....             | (77)  |
| <b>第四章 伺服系统</b> .....             | (85)  |
| 4.1 概述.....                       | (85)  |
| 4.2 伺服系统的组成.....                  | (88)  |
| 4.3 模拟伺服系统电路工作原理.....             | (89)  |
| 4.4 数字伺服系统电路工作原理.....             | (97)  |
| 4.5 电机驱动电路 .....                  | (103) |
| 4.6 特技重放伺服 .....                  | (110) |
| <b>第五章 音频系统</b> .....             | (117) |
| 5.1 概述 .....                      | (117) |
| 5.2 音频系统的组成 .....                 | (118) |
| 5.3 音频磁头组件及全消磁头 .....             | (120) |
| 5.4 自动电平控制(ALC)电路 .....           | (121) |
| 5.5 偏磁及抹音电路 .....                 | (122) |
| 5.6 频率补偿(校正)电路 .....              | (123) |
| 5.7 典型音频系统电路实例 .....              | (125) |
| 5.8 高保真(Hi-Fi)音频系统 .....          | (128) |
| <b>第六章 控制与定时系统</b> .....          | (133) |
| 6.1 概述 .....                      | (133) |

|             |                                         |       |
|-------------|-----------------------------------------|-------|
| 6.2         | 控制与定时系统的组成 .....                        | (133) |
| 6.3         | 系统微处理机及其工作原理 .....                      | (136) |
| 6.4         | 系统程序开发设计 .....                          | (138) |
| 6.5         | 系统检测原理 .....                            | (144) |
| 6.6         | 机械动作控制原理 .....                          | (153) |
| 6.7         | 电路控制原理 .....                            | (161) |
| 6.8         | 定时器微处理机工作原理 .....                       | (167) |
| <b>第七章</b>  | <b>机械系统</b> .....                       | (170) |
| 7.1         | 概述 .....                                | (170) |
| 7.2         | 机心的走带系统 .....                           | (176) |
| 7.3         | 主导轴、压带轮及阻尼轮部件 .....                     | (179) |
| 7.4         | 张力调整机构 .....                            | (184) |
| 7.5         | 带盘机构 .....                              | (188) |
| 7.6         | 加载机构 .....                              | (197) |
| 7.7         | 带轮制动器 .....                             | (201) |
| 7.8         | 盒带仓 .....                               | (206) |
| 7.9         | 音频抖晃率与机心的关系 .....                       | (209) |
| 7.10        | 小型录像机及摄录一体机机心 .....                     | (216) |
| 7.11        | VHS 型录像机机心的新发展 .....                    | (219) |
| <b>第八章</b>  | <b>视频磁头鼓组件</b> .....                    | (226) |
| 8.1         | 视频磁头鼓组件的组成 .....                        | (226) |
| 8.2         | 磁头鼓组件结构中的二个重要参数 .....                   | (227) |
| 8.3         | 磁头鼓组件的主要技术要求 .....                      | (228) |
| 8.4         | 上、下磁鼓体的要求 .....                         | (229) |
| 8.5         | 速度与相位检测装置 .....                         | (232) |
| 8.6         | 旋转变压器 .....                             | (233) |
| 8.7         | 磁头鼓电机 .....                             | (234) |
| 8.8         | 磁头鼓组件的振动 .....                          | (234) |
| <b>第九章</b>  | <b>高频系统</b> .....                       | (236) |
| 9.1         | 电子调谐器 .....                             | (236) |
| 9.2         | 中频单元电路 .....                            | (245) |
| 9.3         | RF(射频)变换器 .....                         | (259) |
| 9.4         | 数字频道预置电路 .....                          | (266) |
| <b>第十章</b>  | <b>辅助电路</b> .....                       | (279) |
| 10.1        | 电源电路 .....                              | (279) |
| 10.2        | 显示电路 .....                              | (294) |
| 10.3        | 红外遥控与接收电路 .....                         | (301) |
| <b>第十一章</b> | <b>日立 VT-427(747)录像机电路及机械系统分析</b> ..... | (313) |
| 11.1        | 概述 .....                                | (313) |
| 11.2        | VT-427E 的视频系统 .....                     | (320) |

|      |                            |       |
|------|----------------------------|-------|
| 11.3 | VT-427E 的音频系统 .....        | (361) |
| 11.4 | VT-427E 的伺服系统 .....        | (363) |
| 11.5 | VT-427E 的控制与定时系统 .....     | (396) |
| 11.6 | VT-427E 的机械系统 .....        | (431) |
| 11.7 | VT-427E 的电源电路 .....        | (449) |
| 11.8 | VT-747E 录像机中采用的若干新技术 ..... | (452) |

# 第一章 磁带录像机基础知识

磁带录像机是记录、储存和重放电视图像的一种设备。从技术角度看,上述三个过程又可归纳为以下两个转换过程:

电—磁转换过程(记录、存储过程),在此过程中把随时间变化的电视信号转换为随磁带长度变化并记录在磁带上的磁信号,以进行保存。

磁—电转换过程(重放过程),这是电磁转换的逆过程。在此过程中把记录在磁带上的随空间变化的磁信号复原成随时间变化的电视信号,以便进行显示或作其它技术处理。

表面看来,上述两种转换过程与磁带录音非常相似。但是由于电视信号在频带宽度、时基抖动等方面的要求远远高于音频信号,因此磁带录像技术也远比录音技术复杂,必须结合彩色电视信号的要求进行更加全面的考虑和更加复杂的技术处理。为此,本书首先介绍一些有关磁带录像机的基本知识,以便为阅读后面各章奠定基础。

## 1.1 基本磁学知识

在分析磁性录放过程之前,我们必须首先回顾一下基本的磁学知识。

大家知道,磁场就是磁性存在的空间,在载流导体的周围存在着磁场,在磁化物体,例如磁铁的周围也存在着磁场。因此,凡有电流的地方必然伴随着磁场。其实,磁铁周围的磁场从根本上说也是由电流产生的,不过这个电流回路存在于磁铁之中,它的尺寸只有原子大小而已。大家知道,一个原子至少要有有一个电子围绕着原子核在轨道上旋转,这就形成一个微小的电流环。这个电流环的周围就伴随着磁场。所以我们可以想象所有的物质都可能具有磁效应,但是由于各原子中电子层数、轨道的不同及其它因素,这种效应在大多数物质中都是很微弱的,只有一些物质,例如铁、钴、镍等,具有很强的磁效应。按照物质的这种磁性质,可以把物质分为抗(反)磁性物质、顺磁性物质、铁磁性物质三类。其中抗磁性物质和顺磁性物质的磁效应均很微弱,只有铁磁性物质表现很强的磁效应。铁磁效应的性质大体上可以归纳为以下三点:

① 磁场中放入铁磁性物质后,在铁磁体中的磁力线密度——即磁感应强度  $B$  将比没有铁磁体时的  $B$  增大数百倍至数千倍(也就是说铁磁体中的磁场比非铁磁体中的磁场大大加强)。

② 磁场中放入铁磁物质后,铁磁物质中的磁感应强度  $B$  和磁场强度  $H$  不是简单的线性关系,而是非线性关系。即铁磁物质的磁导率不是常数,而是与磁场强度  $H$  大小有关的变量。

③ 在外磁场消失后,铁磁物质并不完全失去磁性,而仍然能保留一部分磁性,这叫作剩磁,剩磁大小与材料有关。

在录像机中,磁头和磁带的键部分都是铁磁性物质,因此性能优良的铁磁性材料的制造和加工便成为提高录像机性能的关键技术。

### 1.1.1 描述磁场特性的物理量

上面,我们已经提到了若干个有关磁场的基本物理量,这些物理量在后面介绍磁头、磁带、录像机新技术新格式时经常要用到,因此应该首先对他们的物理意义和单位进行一些简单的阐述。

① 磁感应强度  $B$ : 磁感应强度又称为磁通密度,它是描述磁场中各点磁场强弱和方向的物理量,是一个向量。根据磁场的特性,当一个载流导体放在磁场中时,磁场会对该载流导体产生一作用力  $F$ 。 $F$  的大小与载流导体的长度  $l$  和流过导体的电流  $I$  有关,也与该处磁场的强弱与方向有关,亦即与该处的磁场的磁感应强度  $B$  有关,因此定义为:  $B = F/Il$ 。磁感应强度  $B$  的方向与磁场方向一致。按照左手定则来确定  $B$ 、 $F$  与  $I$  三者的关系是:  $B$  的方向正对掌心,  $I$  的方向顺着四指方向,则拇指指示  $F$  的方向。

我国法定单位制中,  $B$  的单位是 T(特斯拉),  $1\text{T} = 1\text{V} \cdot \text{s}/\text{m}^2$  (1 伏·秒/米<sup>2</sup>)。其中  $\text{V} \cdot \text{s}$  称为 Wb(韦伯),为磁通单位。在实用单位制中  $B$  的单位是 Gs(高斯)。

$$\begin{aligned}\text{两种单位的换算关系是: } 1\text{Gs} &= 10^{-4}\text{Wb}/\text{m}^2 \\ &= 10^{-4}\text{T}\end{aligned}$$

② 磁通量  $\phi$ : 磁感应强度对面积的积分,称为穿过面积  $S$  的磁通量。

$$\phi = \int B dS$$

显然,在均匀磁场中,磁通量等于磁感应强度  $B$  和它垂直方向的面积  $S$  的乘积。

$$\phi = BS$$

在我国法定单位中,  $\phi$  的单位是 Wb(韦伯)。

在实用单位制中,  $\phi$  的单位是 MX(马克斯韦),  $1\text{MX} = 1\text{Gs} \cdot \text{cm}^2$  (高斯·厘米<sup>2</sup>)。1MX 表示各点磁感应强度均匀为 1Gs(高斯)时,通过 1cm<sup>2</sup> 的磁通量。

两种单位的换算关系是:  $1\text{MX} = 10^{-8}\text{Wb}$ 。

③ 磁导率  $\mu$ : 磁导率  $\mu$  是衡量物质导磁性能的一个系数。真空中的磁导率  $\mu_0$  是一常数,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{H}/\text{m}$  (亨利/米)。任一媒介质的磁导率  $\mu$  与  $\mu_0$  的比值称为相对磁导率  $\mu_r$ 。相对磁导率是没有单位的,它的物理意义是在同样的磁场强度下,某媒介质中的磁感应强度是真空的多少倍。

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{B}{H\mu_0}$$

④ 磁场强度  $H$ : 磁场强度是描述磁场强弱的物理量。磁场的强弱与产生磁场的磁源以及媒介质的分布有关,而与放入磁场中的载流导体无关。在均匀的媒介质中,磁场的这种特性可以用磁场中某点的磁感应强度  $B$  和媒介质的磁导率  $\mu$  来表示,称之为该点的磁场强度  $H$ 。磁场强度的方向与磁感应强度的方向相同,磁场强度的大小为:

$$H = B/\mu = B/(\mu_r\mu_0)$$

在我国法定单位中,磁场强度( $H$ )的单位是 A/m(安每米)。

在实用单位制中,  $H$  的单位是 Oe(奥斯特)。

两者的换算关系是:  $1\text{A}/\text{m}$  (安每米)  $= 4\pi \times 10^{-3}\text{Oe}$  (奥斯特)。

### 1.1.2 磁滞曲线

如前所述,在相对磁导率  $\mu_r$  远大于 1 的铁磁性物质中,  $B$  与  $H$  的关系是非线性的。为此,

经常要用到描述这种非线性关系的一条曲线,这条曲线叫做磁滞曲线。它是表达录像机中磁头与磁带性能好坏的一条重要的曲线。

磁滞曲线是表示在交变外磁场强度作用下铁磁性物质的磁化过程的一条曲线。若外磁场强度用  $H$  表示,铁磁体被磁化的磁感应强度用  $B$  表示,则典型的曲线如图 1—1 所示。在图中,当磁化开始时,铁磁体的磁感应强度  $B$  随着外磁场强度  $H$  的增加,按  $O-a-b-c-d-s$  曲线上升,当  $H$  增加到磁场强度  $H_m$  时,铁磁体的磁感应强度  $B$  达到饱和值  $B_m$ ,这时再继续加大  $H$  数值  $B$  值不再增加。 $B_m$  称为饱和磁感应强度, $H_m$  是使铁磁体的磁化达到饱和时的外磁场强度。如果这时减小外磁场强度  $H$ ,铁磁体的磁感应强度并不沿着原路  $S-d-c-b-a$  变化,而是沿曲线  $s-e$  变化。这儿可看到,当外场强度由  $H_m$  减小到零时,铁磁体的磁化状态并不恢复到零,而是存在一个剩余磁感应强度  $B_{rm}$  值。 $B_{rm}$  称为最大剩余磁感应强度(简称剩磁)。若要去掉这一剩磁,则需加一反方向的外磁场强度  $-H_c$  才能使铁磁体的磁感应强度  $B$  沿  $e-f-g$  曲线变化到零。这一反向磁场强度  $H_c$  称之为矫顽力。若反向磁场强度和数值超过矫顽力继续增加时,则铁磁体就沿曲线  $g-h-s'$  反方向磁化,直到反向饱和。这时若再改变外磁场方向,铁磁体的磁化状态将沿曲线  $s'-e'-f'-g'-h'$  重新回到  $s$ ,构成一个闭合回线,这个闭合回线称为磁滞曲线或磁滞回线。其中  $O-a-b-c-d-s$  曲线称为初始磁化曲线, $O-s'$  称为反向初始磁化曲线。

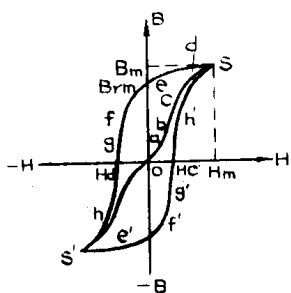


图 1—1 磁滞曲线

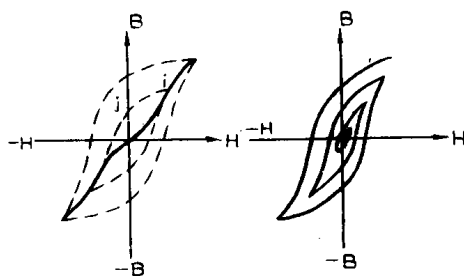


图 1 2 交流消磁过程

如果磁化从零开始,其变化过程将如图 1—2 所示。把外磁场强度  $H$  增加到  $i$  点以后就开始减少  $H$  值,这时磁感应强度  $B$  就会沿着另一条曲线  $i-j$  下降。改变  $H$  值的大小和方向,可以形成面积较小的磁滞曲线。若交变磁化的磁场强度的幅度在变化过程中是逐渐减小的,则会得到一圈圈逐渐减小的磁滞曲线,最后缩成一个包围原点的极小的回形线,如图 1—2 所示。

可以看出,利用上述图 1—1 磁滞曲线中的剩磁特性可以把信号记录和储存在磁性体上,而利用图 1—2 的特性就可以实现用交变磁场消去剩磁、亦即消去记录在磁性体上的信号,这就是磁性记录和消磁的原理。

### 1.1.3 硬磁性物质和软磁性物质

按照磁滞曲线中矫顽力  $H_c$  和剩余磁感应强度  $B_c$  的大小,铁磁物质可以分为硬磁性和软磁性两类。

硬磁性物质的特点是:受到外磁场作用后,能保存较强的剩磁,并且不易退磁。这种材料的磁滞曲线所包围的面积大,矫顽力  $H_c$  大,剩磁感应强度  $B_r$  大,磁滞现象显著。所以这种材料特别适于作为储存磁信号的载体,亦即作为在磁性记录中磁带上的磁粉使用。

在 VHS 等家用录像磁带用的磁粉材料有  $\text{CrO}_2$ 、含钴的  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  等,它们的矫顽力高达几

百 Oe(奥斯特)\*。在 8mm 系统、M II 等录像机采用的金属磁带中的主要材料是 Co-Fe,其矫顽力高达 1500Oe(奥斯特),磁滞曲线的矩形比较好,是典型的硬磁性材料。

软磁性物质的特点是:容易磁化也容易去磁,这种材料的磁滞曲线较窄,但磁导率大,矫顽力小。因而是制作磁头的理想材料,现在常用的磁头材料有玻莫合金、各种铁氧体材料、铁铝硅合金(Sendust)等。

## 1.2 磁性录放原理

磁带录像与磁带录音都是利用磁性录放原理来记录和重放信息的,因此两者有很多相同之处。但是与音频信号相比,视频信号的频率范围宽得多,因此录放视频信号时,视频磁头不但工作在长波长记录范围,而且也工作在短波长记录范围,这是录放视频信号时必须考虑的特点。

### 1.2.1 磁性记录原理

磁性记录主要是通过视频磁头和磁带完成的。实现磁记录的电磁能转换的器件称作磁头,它是在带有间隙的环形铁芯上绕有一组线圈的电磁铁,其结构示于图 1—3 中。

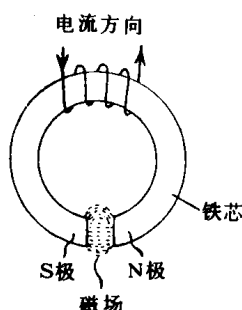


图 1—3 视频磁头

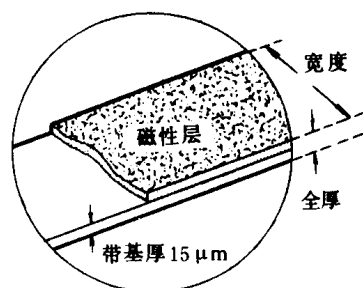


图 1—4 磁带的构成

存储图像和声音信息的载体叫磁带,视频磁带是在塑料带基上涂有磁性层的软带。塑料带基一般用聚脂薄膜,磁性层物质常用  $\text{CrO}_2$  或含钴氧化铁。磁粉要求有较高的矫顽力和剩磁,磁粉颗粒呈椭圆形。一般磁带的结构图如图 1—4 所示。

当信号电流通过磁头线圈时产生磁场,使铁芯中感应出相应的磁通。由于磁头缝隙处磁阻大,所以在此处的磁力线会溢出一部分,在缝隙周围产生漏磁场。当磁头缝隙与磁带接触时,由于磁带磁性层的磁阻很小,所以磁力线经过磁带磁性层构成闭合磁路,使磁带上与磁头缝隙接触处的磁性层磁化。如果令磁带以一定的速度相对于磁头移动,则被磁化的磁性层离开磁头缝隙后,就留下与磁头内的磁通成正比例的剩磁,这样的一条剩磁痕迹叫磁迹。

磁性记录原理示于图 1—5 中,当信号电流的幅度和频率变化时,磁头铁芯内的磁通量相应地变化。如果磁带以一定的速度  $V$  相对于磁头移动,那么在磁带上就会留下与信号电流相对应的剩磁。这样,就把随时间而变化的电信号转换为随长度而变化的磁信号,并在磁带上记录和保存下来。

在记录信号的一个变化周期内磁带走过的长度叫记录波长。记录波长和磁头磁带相对速

\* 由于目前国际上对磁带录像机的技术书刊及机器的说明书中多采用实用单位制,故本书中也仍采用实用单位制。

度  $V$  成正比,和被记录的信号频率成反比:

$$\text{记录波长 } \lambda = \frac{\text{磁头磁带相对速度 } V}{\text{信号频率 } f}$$

记录波长是后面经常要用到的一个重要技术概念。

### 1.2.2 记录视频信号过程中的各种损耗

如前所述,记录过程时,在磁带与磁头接触并作相对运动的同时,磁头线圈上的电流随输入信号而变化,使得在磁头缝隙处产生的漏磁场与信号电流大小成正比,并使磁带受到该磁场的作用而被磁化。然而这只是一种理想的简单化的过程。实际上,磁性记录情况会受到记录波长、磁头缝隙宽度、磁带磁性层厚度、矫顽力等因素的影响而产生各种影响信号记录质量的损耗。因此我们必须考虑这些因素的作用,才能正确地了解磁带记录系统。

#### 1. 高频记录去磁损耗

与音频信号相比,视频信号具有频带宽和频率上限高的特点。所以在记录视频信号时,要根据记录信号频率的不同分为两种情况进行分析:

##### (1) 长波长记录

在记录频率  $f$  很低和记录波长  $\lambda$  远大于磁头缝隙  $g$  时,称为长波长记录,这时满足下列关系式

$$\lambda \gg g$$

$$\text{由于 } f = \frac{v}{\lambda} \text{ 所以 } f \ll \frac{v}{g'}$$

其中  $\lambda$ ——记录波长;

$g'$ ——磁头缝隙处磁场有效宽度;

$f$ ——记录信号频率;

$v$ ——磁头磁带相对速度。

从物理意义上看,这时可以认为磁带上的某一点通过磁头缝隙处的磁场有效宽度的时间内,磁场强度的分布基本不变。由于磁带是匀速地与磁头作相对运动的,因此磁带上的这一点所受到的磁场作用仅仅是空间的函数,它单调地增加到最强,然后再单调地减小,并在磁带上得到与这瞬间磁场分布相对应的剩磁。在图 1—6 中画出了只考虑  $H_x$  的作用时磁场强度  $H_x$  的分布和磁带上某点  $P$  被磁化的过程:当磁带  $P$  点移动到  $P(t_1)$  时开始受到磁场作用,随着时间  $t$  的变化和  $P$  点的移动,磁场强度逐渐增加,到达磁头缝隙中心点  $P(t_3)$  处时,  $H_x$  达到最大,然后随着  $P$  点移动,  $H_x$  逐渐减小,到达  $P(t_5)$  处时,  $H_x$  等于零。在图 1—6(b)中可以看出  $P$  点的磁感应强度是沿着  $B_{t1}$ 、 $B_{t2}$ 、 $B_{t3}$ 、 $B_{t4}$ 、 $B_{t5}$  变化的。当  $P$  点离开磁头缝隙移动到  $P(t_5)$  处时,虽然  $H_x=0$ ,但是磁带上却保留了剩余磁感应强度  $B_{t5}$ 。

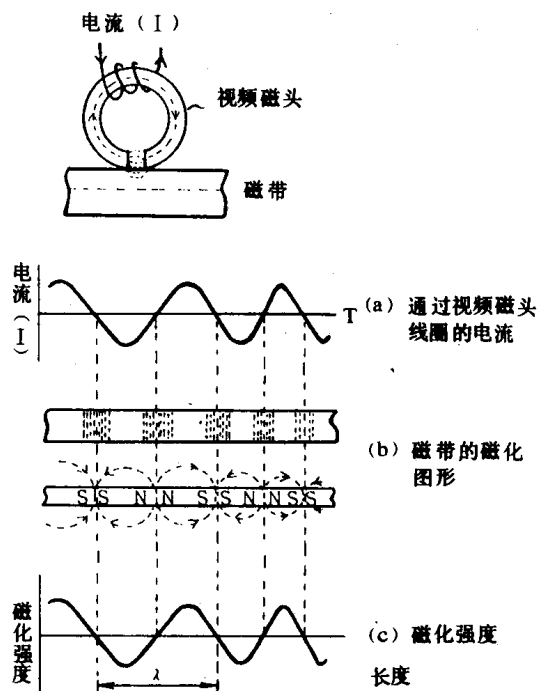


图 1—5 磁性记录过程

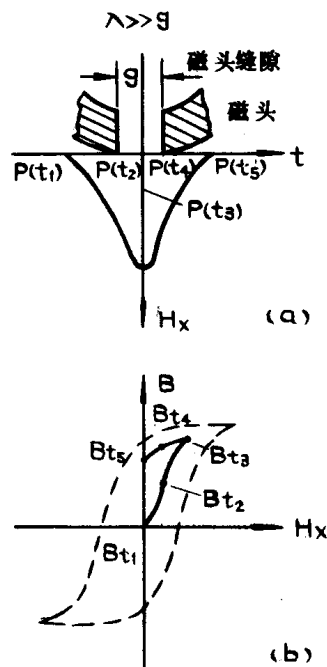


图 1—6 长波长记录的磁场分布

## (2) 短波长记录

在记录频率  $f$  比较高, 记录波长  $\lambda$  等于或接近磁头缝隙  $g$  时, 称之为短波长记录, 这时满足下列关系式

$$\lambda \leq g, f \geq \frac{v}{g'}$$

短波长记录时的情况比较复杂, 当磁带上某一点通过磁头的有效磁场范围时, 由于记录信号的频率很高, 变化很快, 所以磁场强度的分布, 包括方向都可能在此期间改变。因此磁带上该点所受到的磁场作用不仅与位置有关, 而且与信号变化(时间)有关, 是空间和时间两个变量的函数。为此, 必须求出  $H_x$  与时间和长度两者的关系, 才能确定磁带上该点的剩磁强度。

短波长记录视频信号时磁头缝隙间的磁场分布和磁化曲线示于图 1—7。从图中可以看出, 在此情况下, 由于信号频率很高, 变化很快, 所以在磁带某一点通过磁头缝隙  $g$  的期间内, 信号幅度大小和极性都会变化, 相应地会引起磁头磁场极性反转, 使磁带上已录的剩磁部分被反磁场抵消, 产生去磁现象, 这称为“高频记录去磁”。在录像机中, 视频磁头主要工作在短波长记录范围, 所以“高频记录去磁损耗”是视频磁头主要的记录损耗之一。为了减小这种损耗, 设计视频磁头时必须把磁头缝隙做得很小, 这就使视频磁头的加工难度大大超过了音频磁头。

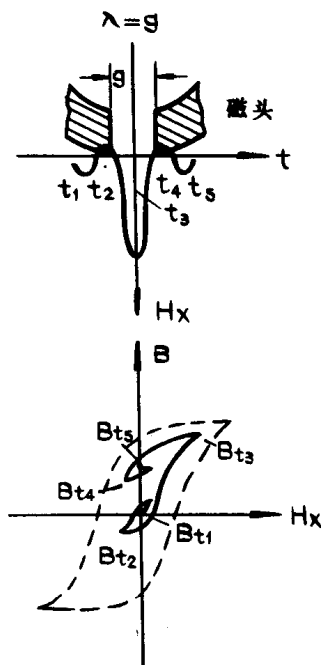


图 1—7 短波长记录的磁场分布

### 2. 自去磁损耗

记录了信号的磁带在离开磁头的磁场范围后, 磁带上邻近各点的剩磁极性因其极性相反而相互产生自消磁现象, 使剩磁减弱, 而形成自去磁损耗。这种损耗与磁带厚度、记录信号的频率以及磁粉的矫顽力有关, 磁层愈厚, 信号频率愈高, 矫顽力愈小, 损耗就愈大。

### 3. 磁带磁性层厚度损耗

磁带磁性层厚度损耗也是一种高频记录损耗。

在长波长记录时, 磁带磁性层厚度  $\delta$  远小于记录波长  $\lambda$ , 因此磁带磁性层全部厚度的磁化都是均匀的。重放时, 磁带的磁性层与磁头接触而形成闭合磁路, 在闭合磁路中的总磁通量与磁带磁性层厚度成正比, 因此长波长记录时不会产生“磁性层厚度损耗”。

在短波长记录时, 磁带记录的剩磁深度随着记录波长的减小而变浅, 磁带磁性层表面与内部的剩磁还会产生相位差, 相位差的大小随记录波长减小而加大。重放时, 磁带磁性层深层处的一部分磁力线不再通过重放磁头, 而通过磁性层深层形成闭合回路, 使输出下降, 引起损耗。记录波长愈短, 磁层愈厚, 损耗愈大。这种损耗称为“磁性层厚度损耗”, 它可以用下式计算。

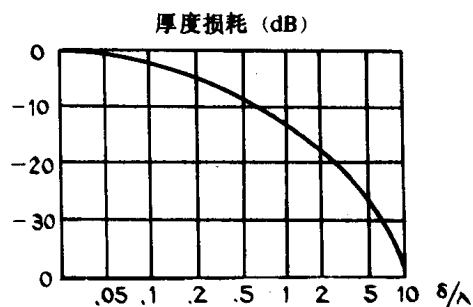


图 1—8 磁性层厚度损耗

$$L_r = 20 \lg \frac{2\pi\delta/\lambda}{1 - e^{-2\pi\delta/\lambda}} \text{ (dB)}$$

式中  $\lambda$ ——记录波长；

$\delta$ ——磁带磁性层厚度。

图 1—8 中给出了磁性层厚度损耗  $L_r$  与  $\delta/\lambda$  的关系曲线。

综上所述,在记录过程中主要存在着三种高频损耗,与这三种损耗有关的因素可以列表表示(表 1—1)。

表 1—1

磁带记录时的三种损耗及其因素

| 损耗名称   | 影 响 因 素                      |
|--------|------------------------------|
| 记录去磁损耗 | 磁带磁性层厚度、记录波长、磁带矫顽力、磁头工作间隙宽度。 |
| 自去磁损耗  | 磁带磁性层厚度、记录波长、磁带矫顽力           |
| 厚度损耗   | 磁带磁性层厚度、记录波长                 |

由于视频信号的最高频率远大于音频信号最高频率,录像最短记录波长远小于录音的最短记录波长,因此记录视频信号时,要注意以下两点:

① 为减小短波长记录时的损耗,必须使用矫顽力大( $H_c = 400 \sim 1000 \text{ A/m}$ )、饱和磁感应强度  $B_{\max}$  高,磁性层厚度  $\delta$  薄的磁带,有效记录深度大约为  $\lambda/4$ 。

② 为减小记录去磁损耗,视频磁头的缝隙宽度必须比最短记录波长小得多,VHS 录像机视频磁头缝隙为  $0.3 \mu\text{m}$  以下。

### 1.2.3 磁性重放过程和重放特性曲线

在家用录像机中,一般都采用同一个磁头进行视频记录与重放。

重放时,在视频磁头缝隙与磁带接触的地方,磁带上的视频磁迹被磁头铁芯桥接而形成闭合磁路,这使得正比于磁带剩磁强度的磁力线通过磁头铁芯。磁头中的磁通量大小与磁头缝隙两端实际接触的部分磁带剩磁强度的平均值成正比。当按照规定的记录速度使磁头与磁带作相对运动时,磁带剩磁强度的变化引起磁头铁芯中的磁通量发生相应的变化,使得在磁头线圈中感应出与磁通量变化相对应的电动势  $E$ ,从而实现磁——电的变换过程。

必须指出,根据电磁感应定律,视频磁头感应的电动势  $E$  并不是与磁通量  $\phi$  大小成正比,而是与磁通变化率成正比的,如下式所示:

$$E = -N \frac{d\phi}{dt}$$

式中  $N$ ——线圈匝数;

$\phi$ ——磁通量。

首先,考虑理想的无损耗的重放情况。这是指记录波长  $\lambda$  远大于磁头工作缝隙和远小于磁头与磁带接触表面弧长的情况,即长波长记录情况。这时可以认为视频磁头对磁迹上的所有剩磁强度都能提供低磁阻磁路。

假设信号记录电流  $i$  是一个等幅正弦信号,信号变化的角频率为  $\omega$ ,

$$i = I_m \sin \omega t$$

相应地记录在磁带上的剩磁磁通量  $\phi$  可表示为:

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

因此,感应电动势可表示为:

$$\begin{aligned}
 E &= -N \frac{d\phi}{dt} = -N\phi_m \omega \cos \omega t \\
 &= 2\pi f N \phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\
 &= E_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})
 \end{aligned}$$

式中  $E_m = 2\pi f N \phi_m$

将上式取有效值,则

$$E = 2\pi f N \phi \quad (1-1)$$

上式中的  $N$  是磁头线圈匝数,所以是一个常数。 $\phi$  是磁通有效值,由于在理想的记录状态时,记录电流是一个与记录信号频率无关的固定值,因此  $\phi$  值不随信号频率而变,也是一个常数。所以(1-1)式可改写为

$$E = Kf \quad (1-2)$$

式中:  $K = 2\pi N \phi$ , 为常数。

当感应电动势  $E$  与频率  $f$  均以对数表示时,

$$\begin{aligned}
 E(\text{dB}) &= 20\lg kf = 20\lg k + 20\lg f \\
 &= k' + 20\lg f
 \end{aligned}$$

此处  $k'$  仍为常数。若频率  $f$  提高一倍,令  $f_2 = 2f_1$ , 则感应电势的变化  $\Delta E$  为:

$$\begin{aligned}
 \Delta E &= E_{f_2} - E_{f_1} = 20\lg f_2 - 20\lg f_1 \\
 &= 20\lg \frac{f_2}{f_1} = 20\lg 2 = 6\text{dB}
 \end{aligned}$$

因此,在恒流记录的情况下,理想重放磁头的感应电动势随频率的变化是一条以  $6\text{dB/oct}$  (倍频程) 斜率上升的直线。也就是说,频率每增加一倍,重放电压也增加一倍。但是,这种分析只适于理想的长记录波长的情况。如果记录频率逐渐增加,则记录波长逐渐减小,当减小到与磁头缝隙接近时,磁头缝隙就会对感应电动势产生重要影响,使重放输出电压不但不能随频率的增加而增加,反而会随频率的增加而迅速下降。下面先简单定性分析一下记录波长对重放输出电压的影响。

在图 1—9 中,表示了磁头间隙  $g$  与记录波长之比对重放输出电压的影响。

图 1—9(a) 和 1—9(b) 是  $g/\lambda \leq 1$  情况。这时相当于前面叙述的理想重放情况,电动势随频率升高而线性增加,每倍频程增加

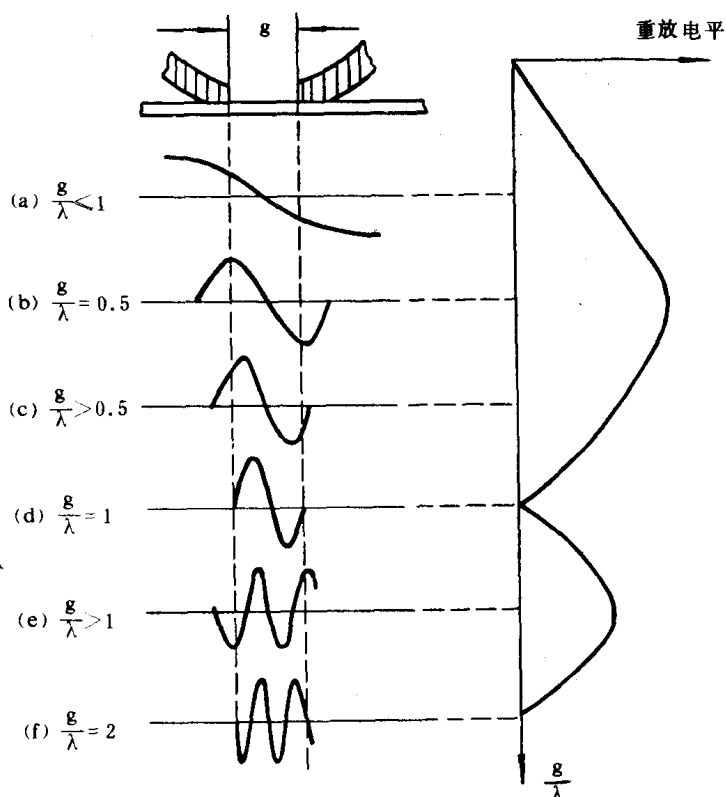


图 1—9 重放电平与  $g/\lambda$  的关系