

录像机

原理使用

与维修技巧

46

欧阳仁寰
华中理工大学出版社

VTR

前 言

近30年来,录像技术获得了迅速发展。被誉为“视频明珠”的磁带录像机,将成为电子产品中继彩色电视机之后的又一支“劲旅”。今天,录像机在我国广播电视、教育、工业等许多领域获得了广泛的应用,并开始进入家庭,其社会拥有量迅速增加。因此,关于录像机的知识,特别是它的使用、选购与维护修理技术知识,很快成为社会迫切需要的一门实用电子技术知识。本书即为适应这种需要而编写。

录像机是一种比较复杂而又先进的设备。可以说,它是一种现代磁记录技术、电子技术和精密机械加工技术综合的产物,涉及的知识面比较广。录像机种类繁多,性能、特点、电路、结构各异。本书从实际出发,以我国使用最多的家用录像机为重点进行叙述。首先是录像机概述,然后简要介绍了磁带信号的记录与重放原理,录像机的电路组成及工作原理,录像机的机械系统。在此之后,重点介绍录像机的使用、选购、维护,以及常见故障的分析与检修方法。

编者以实用为原则,总结了本人多年从事录像技术工作和教学的经验,广泛收集了国内外资料,力求做到深入浅出,简明通俗。但由于水平有限,书中错漏之处,在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 概述.....	(1)
第一节 录像技术发展简史.....	(1)
第二节 录像机的特点和用途.....	(2)
第三节 录像机的组成.....	(4)
第二章 磁带记录与重放基础.....	(6)
第一节 磁性物质的磁化与剩磁特性.....	(6)
第二节 磁带信号的记录.....	(8)
第三节 磁带信号的重放.....	(10)
第四节 磁带录放中的各种损失.....	(10)
第五节 偏磁与消磁.....	(13)
第三章 图像信号的录放与处理.....	(16)
第一节 图像信号录放的困难与解决方法.....	(16)
第二节 降低色副载频实现彩色化.....	(19)
第三节 磁带录像机的螺旋纵向扫描方式.....	(20)
第四节 静止重放和变速重放成像.....	(22)
第五节 图像信号录放系统的组成.....	(24)
第六节 图像信号录放系统主要电路的作用和原理.....	(25)
第七节 家用录像机的高密度记录方式——倾斜方位角记录.....	(37)
第八节 为提高家用录像机图像质量所采取的措施.....	(39)
第九节 家用录像机图像信号录放处理电路解说举例.....	(43)
第四章 录像机的机械系统及控制系统.....	(47)
第一节 机械系统的作用、构成与工作原理.....	(47)
第二节 机械控制系统.....	(52)
第五章 录像机的伺服系统.....	(56)
第一节 伺服系统的概念、必要性与种类.....	(56)
第二节 鼓伺服系统.....	(57)
第三节 主导轴伺服系统.....	(60)
第四节 张力调节机构.....	(62)
第六章 录像机的音频电路与其它电路.....	(64)
第一节 音频电路系统.....	(64)
第二节 射频调制电路.....	(68)
第三节 电视接收单元电路.....	(70)
第四节 定时器电路.....	(71)
第五节 电源电路.....	(72)

第七章 录像机的使用与维护	(74)
第一节 常用的输入、输出连接方法	(74)
第二节 录像机操作部件的名称及其作用	(75)
第三节 重放操作及其注意事项	(81)
第四节 录像操作及其注意事项	(83)
第五节 定时控制器的使用	(86)
第六节 磁带录像节目的复制	(88)
第七节 简单的节目编辑和叠加字幕的方法	(91)
第八节 录像节目的后配音	(93)
第九节 录像机在系统配套中的使用	(94)
第十节 图像质量的衡量标准及主观判定	(96)
第十一节 在录像机的使用中应注意的其它问题	(97)
第十二节 录像机的维护保养	(98)
第八章 录像机的选购和录像磁带	(101)
第一节 录像机的性能	(101)
第二节 录像机的种类	(107)
第三节 录像机的选购	(109)
第四节 录像机的现场挑选	(112)
第五节 录像磁带的构成、特性、种类、使用、保养和选购	(114)
第九章 录像机的修理	(118)
第一节 录像机修理的必备条件与注意事项	(118)
第二节 磁头鼓的更换	(120)
第三节 音控磁头的更换	(124)
第四节 常见故障的分析与检修	(125)
第五节 常见故障检修流程图	(132)
第六节 录像机故障检修实例	(135)
第七节 关于某些进口录像机的伴音改频	(140)
附录 录像技术常用词汇英汉对照表	(142)

第一章 概述

自1956年美国安培 (Ampex) 公司制造出第一台实用磁带录像机以来, 录像技术获得了迅速的发展。录像机的出现和发展, 使人们想要迅速记录并长期保存声画并茂的情景的愿望, 得以更好地实现。盒式磁带录像机克服了早期录像机体积庞大、笨重、价昂和操作复杂等缺点, 从而获得了越来越广泛的应用, 并迅速进入家庭。它被人们誉为“视频明珠”, “电子工业的新宠儿”, 已成为电子工业继彩色电视机之后的又一支“劲旅”。

本章简要介绍录像机的发展历史、特点、用途和组成。

第一节 录像技术发展简史

磁带录像技术是在磁带录音技术和电视技术的基础上发展起来的。

磁性记录是在近百年内才出现的。1898年, 钢丝磁性录音机问世。20年后相继出现了交流偏磁记录技术和塑料带基磁带, 大大改善了磁性录音的性能, 推进了磁记录技术的发展。随着电子技术的进步, 出现了全晶体管便携式磁带录音机、小型盒式录音机和微型集成电路录音机, 近年来又发展了数字化录音技术, 人们在磁头和磁带上下功夫, 使录音技术向高保真、慢速、小型化、多声道、多功能等方向发展。

人们为了记录和保存图像, 奋斗了许多年。最原始的记录、保存图像的方法是绘画、石刻、雕塑, 后来发明了摄影。用这些方法记录、保存的图像都是静止的、间断的和无声的。电影的发明, 使录像技术发生了本质的变化, 它记录和重现的图像是活动的、连续的, 而且声画并茂。

本世纪40年代, 电视技术进入广播实用阶段。随着磁记录技术和电视技术的发展, 人们自然想到运用磁记录技术和电视技术来记录图像——研制磁带录像机。这是一种比电影更为方便的录像技术。

1950年, 美国的安培公司开始研制磁带录像机。1951年美国的无线电公司 (RCA) 在录音技术的基础上制成了世界上第一台固定磁头式录像机。这种录像机由于存在录放时间短、消耗磁带多、走带不稳、重放图像抖动等缺点而未能实用化。1956年, 安培公司制成了一种在磁带宽度方向上进行横向扫描的四磁头旋转式录像机。这种录像机解决了固定磁头方式所存在的问题, 使录像机的制作实用化, 但由于其设备庞大复杂, 价格昂贵, 只适于在广播领域使用。为了克服这些缺点, 使录像机应用到更宽广的领域中去, 1959年日本的东芝公司研制出了单磁头螺旋扫描录像机, 1961年日本胜利公司 (JVC) 研制出了两磁头螺旋扫描录像机, 使小型专业用录像机进入实用阶段。1969年, 日本电子工业协会公布了1/2英寸开盘式录像机标准。1970年日本松下、索尼和胜利三家公司联合研制出了3/4英寸U-matic型 (简称U型) 彩色盒式录像机, 于1973年由日本电子工业协会公布了这种U型盒式录像机的统一标准。这种录像机不仅克服了开盘式录像机装带麻烦的缺点, 而且具有图像质量好、功能齐全、使用方便、易于电子编辑等优点, 因而在专业领域获得了广泛应用, 加快了录像机的普及。但由于这种录像机还存在着体积大、每盒磁带录放时间短、价格较贵等缺点, 因而还不

能进入家庭使用。此后,世界各国又积极研制小型家用录像机。1975年松下公司推出了V X 2000型单磁头盒式录像机。同年索尼公司推出了 β (BETA)型双磁头盒式录像机。1976年胜利公司推出了VHS型双磁头盒式录像机。1978年西德根德公司推出SVR型盒式录像机。1979年荷兰飞利浦公司推出V2000型盒式录像机。

这一系列家用录像机的出现,更加促进了录像机的发展。各厂家都在逻辑操作、多功能、延长录放时间、降低售价等方面下功夫。现在,几乎所有的家用录像机都有了变速重放、预置定时录像、全频道接收以及射频电视频道输出等功能,每盒磁带的录放时间延长到2--4小时以上,采用全集成化,使机器更小巧轻便,价格也更低廉,深受用户欢迎。因而,录像机迅速进入家庭。

家用录像机出现以后,各厂家竞争非常激烈,其中发展最快、产量最多、影响最大的是性能优良、价格合理的VHS型及 β 型录像机,这两种机型几乎垄断了录像机市场。前几年VHS型录像机已占世界上各种录像机总产量的90%左右, β 型录像机占10%左右。近年来,这几种录像机中VHS型更呈压倒优势,连研制 β 型录像机的索尼公司也宣布将生产VHS型录像机。

现在,家用录像机又有新的发展,8毫米磁带录像机(声称为第二代家用录像机)已问世,向现在流行的1/2英寸录像机挑战。为了使用者的方便,又制造出摄像、录像一体化的小型机器。

家用录像机的产量迅速增加,从它问世以来,总产量已逾一亿台。目前,家用录像机的研制和生产方兴未艾,其图像质量不断提高,且价格低廉,它已向图像质量好但价格较高、体积较大、十几年来普遍应用于工业、教育和其它专业领域的U型3/4英寸录像机提出了挑战,甚至进入了广播领域。家用录像机已超出了家用的范围,其发展前景不可限量。

在家用录像机迅速发展的同时,高质量的广播领域用录像机也出现采用螺旋扫描方式的第二代产品。1976—1977年,美国安培公司和日本索尼公司相继研制出采用1英寸磁带的螺旋扫描式录像机,并制定了便于互换的统一规格,被命名为C格式录像机。与此同时,西德博茨(Bosch)公司也研制出一种分段式、采用1英寸磁带的螺旋扫描录像机,并由国际电工委员会定名为B格式录像机。这两种广播领域用录像机,由于具有性能优良、可靠性高、磁带消耗量较少等优点,很快取代了复杂、笨重、价昂的四磁头横向扫描录像机。目前,B型机主要在欧洲地区使用,C型机主要在美、日等国使用。中央电视台于1981年淘汰了四磁头横向扫描录像机,而以C型机作为各电视台的主要录像设备。

我国对录像机的研制起步很晚。1979年,成都、北京和上海等地的工厂对VHS型录像机进行了联合设计,开始了我国家用录像机的研制和生产。最近几年,在国家统一布局和领导下,采取联合对外、统一招标、引进先进技术的办法,先后在北京、上海、南京和成都等地建立了U型3/4英寸、1/2英寸VHS型录像机的研究与生产基地。

第二节 录像机的特点和用途

一、录像机的特点

录像机自问世以来,只有30多年的历史,但其技术已发展到相当完美的程度。录像机已成为现代社会中不可缺少的重要设备之一。它与可以记录、贮存和再现声画信息的电影相比,

具有如下的特点:

1.可以即时显现记录效果

录像机录完节目以后,只需很短的时间(最长数分钟)就能把磁带倒回来重放,即时检查所记录节目的质量。若录像机加上即时重放磁头,那么几乎在记录的同时就可以检查所录节目的质量,如果节目不合要求,马上可以决定重录,非常方便。这就是磁带录像的即时性。而电影胶片的生产过程非常复杂,最快也得经过几小时,才能检查其效果。

2.便于节目的修改和编辑

利用电子编辑系统可以把几种节目素材很方便地编制成一个完整的节目,而不损坏磁带。

3.可以形成特技效果

利用磁带录像机的特点,可以将多个图像汇合在一个画面上。重放时可以快动作、慢动作、显静止图像等。

4.可以重复多次使用磁带

录像磁带可以象录音磁带一样,将已录的无价值的不需要再保存的信号抹去,再录新的信号。由于磁带可以多次使用,因而降低了使用成本。

5.节目可以迅速、方便地复制

将多台录像机放在一起工作,就可以将信号方便、迅速地进行复制,而且复制质量好。如果用数字化磁带录像机,更不怕杂波干扰,即使多次复制,节目质量仍然良好。

但是,现在的磁带录像有一个很大的缺点,即录像机录放的图像信号,其清晰度远远不如电影。因此,提高录像机录放图像信号的清晰度是今后要攻克的主要目标。

二、录像机的应用

由于录像机具有上述优点,所以它获得越来越广泛的应用。它的应用主要分以下几个方面:

1.电视广播

录像机是电视广播的重要设备。目前,电视节目的采访、编辑、播出、保存和交换等大多采用录像机。

2.文化教育

录像机是电化教育的主要设备之一。电视大学播放的讲课内容,都是预先录制之后再重放的。现在,各级学校、各个部门都广泛应用录像机进行教学。教学录像节目,不仅可以多次播放,而且由于录制的素材经过电子编辑和艺术加工,提高了效果和质量,可以减少教师的重复劳动,提高教学质量。

3.科学研究与工业生产

当今科学研究的特点是信息量大,发展速度快,需要远距离传递、获取信息和进行信息处理。录像机可以帮助做到这些。它可以把一些有价值的参数、图表、实验过程和科研结果等随时记录下来,以便以后观察和研究。工业生产的管理者可以将生产流程、各个生产环节、各种原材料的使用和设备仪器的运行情况等,用录像机记录下来,以供具体分析与研究。所以录像机是科学工作者和工厂管理人员的得力助手。

录像机在文艺娱乐方面的应用是人们熟知的。录像机在体育运动、公安国防、商业经营等许多方面也得到了广泛应用。

总之,磁带录像机的使用非常广泛,已渗透到社会生活的各个方面,现正迅速进入家庭。在工业发达国家,已有60%以上的家庭拥有录像机,近几年,我国每年进口几十万台甚至近百万台录像机。录像机的应用和发展前景是相当广阔的。

第三节 录像机的组成

录像技术发展很快,录像机种类繁多。不同类型的录像机,虽然其结构、特点、性能各不相同,但其工作原理和基本结构是类似的。它的组成大约可以分为电磁信号转换与贮存机构,视频信号处理系统,音频信号处理系统,机械系统,伺服系统,操作控制系统和电源等几个部分。

一、电磁信号转换与贮存机构

录像机根据电磁转换与磁性贮存原理进行信号的记录与重放。磁带录像机中实现电磁信号转换的部件是磁头,贮存磁信号的是磁带。

记录时,磁头将电信号转换为磁信号供磁带保存;重放时,磁头拾取磁带上贮存的磁信号并转换为电信号。因为在录像机上要记录视频(图像)信号、音频(伴音)信号、控制信号等,所以就有视频磁头、音频磁头和控制磁头。为了抹去磁带上已录的信号,还有总消磁头。录像机上磁头的布置如图1-1所示。

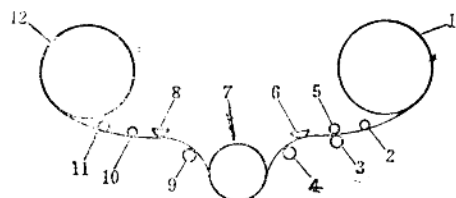


图1-1 录像机的磁头布置图

- 1—卷带盘; 2—导辊; 3—压带轮;
4, 9—主导轮; 5—主导轴; 6—音频及控制磁头;
7—磁鼓及视频磁头; 8—总消磁头; 10—导柱;
11—张力臂; 12—供带盘

视频磁头是记录和重放视频信号的磁头。在大多数录像机中,录放共用一个视频磁头。此磁头装在磁鼓上,工作时与磁鼓一起旋转。

音频磁头是专门记录和重放声音的磁头,与录音机磁头相同。

控制磁头是录放伺服系统所需要的控制信号用的。一般与音频磁头装在同一支架上。

总消磁头是用来抹去磁带上已录的信号。录像机处于记录状态时,在总消磁头上加上消磁信号,使磁带在进入磁鼓之前先经过它,从而消磁。

在具有编辑功能的录像机上还设有旋转消磁头、音频消磁头和控制信号消磁头。它们分别用来单独消去磁带上已记录的视频信号、音频信号和控制信号。

二、视频信号处理系统

视频信号处理系统主要对图像信号进行加工处理,如放大、调频、解调等。在第三章将对它们进行较详细的叙述。

三、音频信号处理系统

这个系统用来对音频信号进行加工处理。在记录时要加入偏磁信号,在重放时要对重放特性进行校正。这与录音机类似。

四、机械系统

该系统主要包括走带机构和加载机构，为加载、卸载、稳定走带等提供机械保证。

五、伺服系统

磁带录像机是一种精密的设备，磁鼓、磁带的运行必须非常稳定、均匀，才能保证记录的磁迹满足标准规格要求并按同样的精度重放。伺服系统就是为此而设置的。一般的磁带录像机设有磁鼓伺服系统、主导轴伺服系统和张力控制系统等三部分。

六、操作控制系统

操作控制系统是录像机的中枢控制系统。它对各种工作方式、保护电路及控制电路发出指令，使其按预定的程序工作，从而协调和控制机械部分的动作及电路的工作状态，完成各种操作、控制及保护功能。

七、电源

它供给录像机需要的各种电源。

此外，在家用录像机中，还设有电视接收单元和射频调制（变换）器等。电视接收单元与电视机的调谐器类似，它使录像机可以直接接收电视广播节目；射频调制器将录像机的视频、音频信号调制到电视发射频率上，供一般的电视接收机直接收视。

图1-2表示了一般家用盒式磁带录像机的基本组成。图中电视机为录像机的声画信号显示器，天线供录像机接收电视广播信号使用，这两个部件不是录像机本体组成部分。

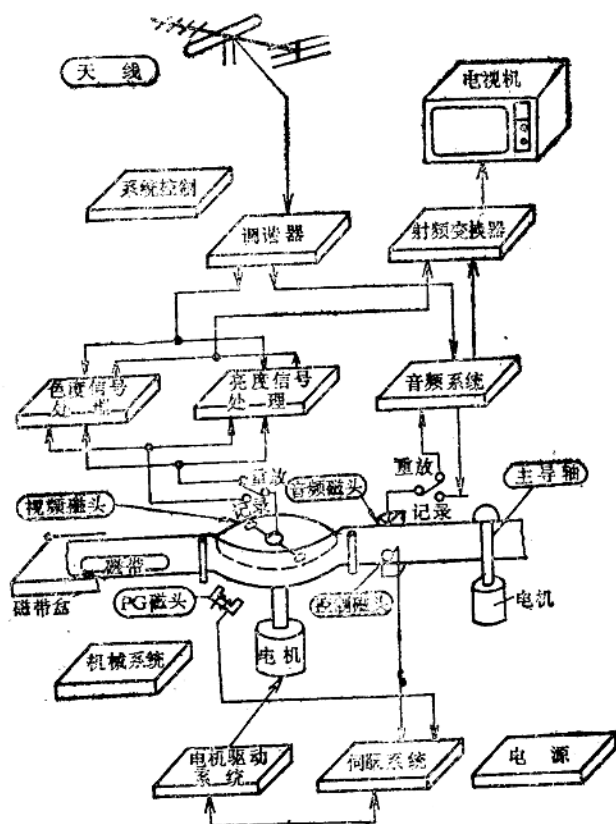


图1-2 家用录像机的基本组成

第二章 磁带记录与重放基础

磁带录音与磁带录像都是利用磁性记录的原理记录信号。本章讨论磁性物质的磁化与剩磁特性、磁带信号的记录与重放、偏磁与消磁。

第一节 磁性物质的磁化与剩磁特性

磁带录音与磁带录像对信号的记录与重放过程都是电磁信号之间的相互转换过程：记录时，磁头将电信号转化为磁信号，再以剩磁的形式贮存在磁带上；重放时，利用磁头将磁带上贮存的磁信号转换为电信号。这种电信号与磁信号相互之间的转换都是依赖于磁性材料的剩磁特性。

一、磁性物质的磁化

自然界的物质，就其磁性而言可以分成两大类：一类是磁性物质，如铁、钴、镍等；另一类是非磁性物质，如铜、铝、玻璃等。

磁性物质由许多具有磁性的体积元构成，这些体积元叫做磁畴。在没有外磁场作用时，各磁畴的磁场因杂乱无章地排列而相互抵消，使磁性物质对外不显磁性。在有外磁场作用时，这些磁畴会朝外磁场方向旋转，使各磁畴的磁场方向趋向一致，对外显现出磁性。如果外加磁场足够强，使所有磁畴的磁场方向都朝向与外磁场相同的方向，对外显现的磁性就最强。这种在外加磁场作用下，使对外不显示磁性的磁性物质显示磁性的过程叫做磁化。

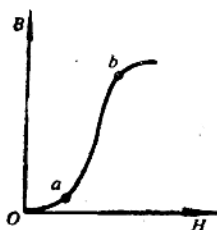


图2-1 初始磁化曲线

磁性物质的磁化过程常用磁场强度 H 与磁感应强度 B 的关系曲线表示，如图2-1所示。当 H 很小时， H 增加， B 增加缓慢；当 H 增大到一定程度时（过 a 点），随 H 增大 B 几乎直线上升； H 再增大到一定值时（过 b 点）， B 几乎不再随 H 的增大而增大，此时磁性物质磁畴的磁场全转至与外加磁场一致的方向，这种状态叫做磁性物质的饱和磁化状态。由图2-1可见， B 与 H 之间是线性关系。

将 B 与 H 的比值定义为磁性物质的导磁率或导磁系数，用 μ 表示：

$$\mu = B/H \quad (2-1)$$

式中，磁感应强度 B 的单位为特斯拉即韦伯/米²；磁场强度 H 的单位为安/米。

二、剩磁特性

图2-1所示的 B - H 曲线是磁性物质在宏观上不显示磁性的情况下开始磁化的，并且 H 单调增加，所以该曲线叫做初始磁化曲线。在此曲线上，如果磁化到某一定值以后， H 开始减小，此时 B 也随之减小。但值得注意的是，这种减小的规律与磁化时不一样：当外加磁场 H 减小到零时，磁感应强度 B 并不减小到零，而是保留一定的剩余值 B_r 。 B_r 叫做磁性材料的剩磁感应

强度, 简称剩磁, 如图2-2所示。

如果磁场强度 H 为交变磁场(如图2-3所示), 则外加磁场 H 由零逐渐增大时, 磁感应强度 B 沿 OC 线增大, 这条曲线与初始磁化曲线一样。当 H 由 H_m 减小到零时, B 减小到剩磁 B_r ; 然后 H 向相反方向(即负值)增大到 H_m , B 沿 DE 曲线减小到零; H 由 H_m 继续向负方向增加到 H_m , 再由 H_m 增加到 H_m , B 值沿 $EFGIC$ 变化, 从而形成了闭合的磁化曲线。从这条闭合的曲线可见, 磁性物质经过磁化以后, B 值的变化总是滞后于 H 值的变化。这种现象称为磁滞现象。这条闭合的曲线称为磁滞回线。

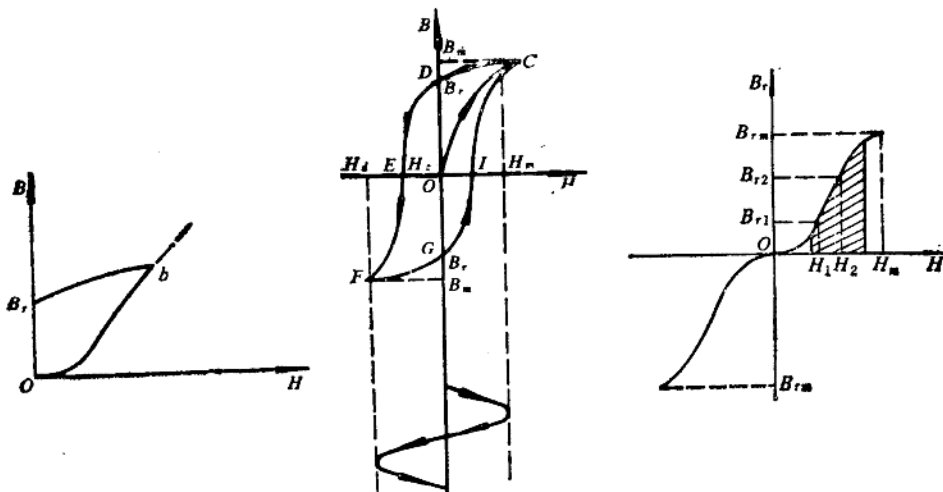


图2-2 磁性材料的剩磁

图2-3 在交变磁场作用下的磁滞回线

图2-4 剩磁曲线

在磁滞回线中, 使磁感应强度 B 等于零的磁场强度 H 值叫做矫顽磁力或矫顽力。

把磁滞回线上对应于不同 H 值磁化以后所得的剩磁 B_r , 另作一条曲线, 称此线为剩磁曲线。如图2-4所示。

从剩磁曲线可以看出: 在磁场强度 H 从较小数值变为零时, 几乎不留剩磁; 只有当 H 比较大时(相应于剩磁曲线的中段, 即图中的阴影区), 剩磁 B_r 才随外加磁场 H 的增大而迅速增大, 并呈线性关系; 当 H 增加到其相应的 B 值不再增加的饱和范围时, 剩磁 B_r 几乎不再随 H 的增加而增加。由于剩磁特性的非线性, 所以, 当把电信号转换成磁信号直接记录时, 如不采取其它措施, 必然会产生非线性失真。这是我们在实现磁带录放时必须考虑的。

三、磁性材料的种类及其在磁带录像技术中的应用

不同的磁性材料具有不同的磁滞回线和剩磁特性。按照剩磁特性的不同, 可以把磁性材料分成两大类, 即软磁性材料和硬磁性材料。

1. 软磁性材料

软磁性材料的剩磁 B_r 小, 矫顽力 H_c 也小, 磁滞回线瘦长, 面积小, 如图2-5(a)所示, 这种材料的导磁率大。这些特性说明它的导磁性能好, 剩磁小, 易于磁化和消磁。这正符合录音磁头和录像磁头的要求, 因而用这种材料制造这些磁头。如磁头常用软磁铁氧体作磁性材料。

2. 硬磁性材料

硬磁性材料的剩磁 B_r 大、矫顽力 H_c 较大,磁滞回线肥胖,面积大,如图2-5(b)所示。磁带的磁性层是信号的载体,要求剩磁大才能获得良好的信噪比, H_c 大才能保证记录的信号不易受杂散磁场的影响,长久地保留记录的信息。因此,磁带的磁性层要用硬磁性材料做成。



图2-5 不同磁性材料的磁滞回线

(a)软磁材料 ; (b)硬磁材料

第二节 磁带信号的记录

前面已经指出,磁带录音和录像都是将电信号转换为磁信号,然后以剩磁的形式将磁信号记录(保存)在磁带上。这种磁信号的记录是怎样实现的呢?下面来说明这个问题。

一、磁头实现电-磁信号的转换

记录时,声音信号由传声器转换成电信号,图像信号由摄像机转换成电信号。但这种电信号不能直接记录,必须通过磁头把信号电流变成磁场,然后才能去磁化磁带,使磁带上产生相应的剩磁,将磁信号保存下来。

如图2-6所示,磁头是由铁芯和线圈两部分组成。铁芯中开有一条细缝,称为工作缝隙。当信号电流通过磁头线圈时,铁芯中便产生相应的磁通。因工作缝隙的磁阻比铁芯磁阻大得多,磁力线从缝隙溢出。涂敷了磁性层的磁带,其磁阻很小,当它与磁头工作缝隙接触时,低

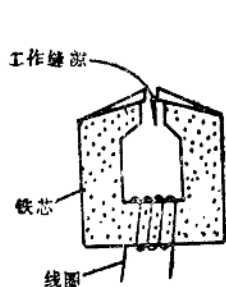


图2-6 磁头的构造

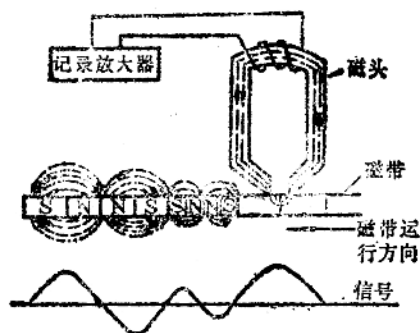


图2-7 信号与磁带上剩磁场的对应关系

磁阻的磁带磁性层将磁头缝隙溢出的磁力线短路,在磁芯中形成闭合回路。溢出缝隙通过磁带的磁力线使磁带表面的磁性层的磁粉被磁化,在磁头离开磁带时,便在磁带上留下相应的剩磁,从而实现了电-磁信号的转换。这就是磁性记录的过程,如图2-7所示。重放时,磁头的工作缝隙与保存剩磁的磁带接触,磁带上的剩磁通过磁头铁芯形成磁通环路。当磁通

发生变化时,绕在铁芯上的线圈便感应出相应的电信号来,从而实现了剩磁信号-电信号的转换。这就是下一节将要讨论的信号重放过程。

由此可见,磁头在磁带信号的记录和重放中,起着电变磁、磁变电的重要作用。

二、磁带上的剩磁分布和记录波长

如果我们在磁头线圈上加上一个交变的电信号,则磁头工作缝隙处便产生随电信号而变化的交变磁场。当磁带相对于磁头运动时,磁带不断地通过磁头缝隙处,磁带就一段一段地被磁化,磁带上就留下随信号而变化的剩磁。如果电信号周期性地变化,则剩磁在磁带上的分布也是周期性地变化。假若把涂敷在带基上的磁性层看作是由许多小磁铁组成的,那么记录时,小磁铁磁化的极性则取决于磁带通过磁头时磁头工作缝隙处磁场的方向。由于在信号变化的一个周期内,正、负半周的磁场方向相反,所以一个周期在磁带上便安排了一对极性相反的小磁铁。信号的周期长,被安排的小磁铁也长;信号周期短,小磁铁也短。小磁铁的长短表示了信号的频率(或波长),小磁铁剩磁的强弱表示了信号的大小,小磁铁磁场的方向表示了信号的极性。上述过程以及小磁铁剩磁 B_r 与被记录的电信号的对应关系如图2-7所示。

由于记录在磁带上的剩磁小磁铁的长短与信号的频率即信号的波长相对应,因而引入记录波长的概念。所谓记录波长,就是记录一个周期的信号时,磁带相对于磁头所走的距离。显然,它与磁带相对于磁头的运动速度 v 成正比,与信号的频率 f 成反比,即记录波长 λ 为

$$\lambda = v/f \quad (2-2)$$

可见,磁带与磁头间的相对运动速度越快,则记录波长越长;信号频率越高,记录波长越短。

以上就是信号的记录过程及其描述。电信号记录在磁带上的是大小、极性随信号变化的不同记录波长的剩磁。这样,将随时间变化的电信号变成了与磁带、磁头间相对运动速度有关的、在磁带上呈空间分布的剩磁信号。

如果通过磁头的记录电流为一正弦信号,则记录在磁带上的剩磁感应强度也是正弦信号。

在这里,要特别指出的是,要使信号能正确地记录下来,有一个很重要的先决条件:磁带相对于磁头的运动速度要足够快,以使磁带上的一个小磁铁通过磁头缝隙 g 时,信号电流还没有来得及变化。也就是单元磁带通过磁头缝隙的时间 Δt 需比信号最小周期 T 的一半要小得多。即 $\Delta t \ll \frac{T}{2}$ 。因而可以认为在时间 Δt 内信号没有变化。否则,磁带上的小磁铁在 Δt 内因为

受到一个随时间变化的磁场作用,当信号频率很高时,这种变化很快,磁带几乎没有移动,刚排好的小磁铁又立即遭到了破坏,象这样在同一处把小磁铁按不同的方向进行反复磁化是不能获得真实记录的。在严重的情况下, $\Delta t = T$,磁带在与磁头缝隙接触时,受到一次正的磁化,又受到一次负的磁化,在一个周期内的剩余磁性相互抵消,而不能记录信号。

Δt 的大小,取决于磁头缝隙宽度 g 及磁带与磁头之间的相对运动速度 v ,即

$$\Delta t = g/v \quad (2-3)$$

可见,速度 v 越快,磁头缝隙 g 越小, Δt 也就越小,就越有利于准确地记录信号,也越有利于提高记录信号的频率。明确这一点,对于理解为了记录图像信号要采取的措施是非常必要的。对此,将在下一章讨论。

第三节 磁带信号的重放

记录在磁带上的信号,只要不受外加磁场等因素的破坏,可以长期保存。磁带重放时,磁头工作缝隙与磁带接触,磁带上原记录时产生的剩磁磁力线,通过磁头的导磁体形成闭合回路,同时,磁力线也穿过绕在铁芯上的闭合线圈,如图2-8所示。根据电磁感应定律,在线圈两端就会产生与磁通量变化率成正比的感应电动势。

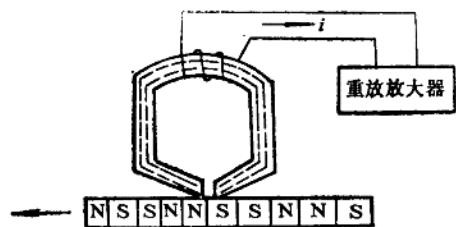


图2-8 重放过程

由于磁带上的剩磁随原记录的信号而变化,磁带相对于磁头运动时,穿过磁头线圈的磁力线也会相应的变化,就会产生相应变化的感应电动势。此感应电动势在闭合的磁头线圈中便产生相应变化的电流。

由电磁感应的原理可知,重放时产生的感应电势与剩磁感应强度成正比,同时与原记录

信号的角频率成正比。也就是说,感应电势是随信号频率的升高而增大的:信号频率增加一倍,重放信号电压也增大一倍,换成成分贝数来表示即为6分贝(dB),记作6dB/倍频程。这就是重放信号电压与信号频率之间的每倍频程增加6dB的关系。这是一个很重要的关系,是在录放图像信号时必须考虑的。

重放信号电压与记录信号的这种6dB倍频程关系,意味着重放特性不可能还原成原来的幅频特性。即使记录时各频率的电流相同,剩磁感应强度也相同,但重放后各频率的感应电势却不一样。

然而,实际上重放电压并不是随频率升高一直往上升的。由于各种高频损失的存在,当频率升高到一定值时,反而会出现频率升高而重放电压降低的现象。低频信号的重放也有损失。这将在下节叙述。

第四节 磁带录放中的各种损失

在磁带录放过程中,记录波长、磁头间隙、磁带厚度等因素会造成信号的损失,而且随着频率的升高,损失增大。下面分别介绍几种主要损失。

1. 记录消磁损失

从前面的叙述知道,磁带要正确记录电信号,必须满足一定的条件,即磁带相对于磁头的相对运动速度要足够快,磁头缝隙要足够小。各种格式的录像机的磁头、磁带间的相对运动速度和磁头间隙宽度是不同的,这对记录低频信号影响不大。随着记录频率的升高,信号极性变化加快,通过磁头缝隙被磁化的小磁铁极性变化也加快。记录频率高到一定值时,磁带通过磁头缝隙的速度就会跟不上这种变化,使得磁带任一小部分在与磁头缝隙接触时形成的磁化区N、S还未来得及通过缝隙,信号就反了极性,又形成新的S、N磁化区,两反向磁化区起抵消作用,使磁带上保存的剩磁减弱。记录信号频率越高,剩磁越弱。这种现象叫做记录消磁损失。显然,这是一种高频损失。

这种情况对磁性重放也会产生损失。我们知道,只有当磁力线穿过磁头线圈才能感应电势。当信号频率升高即记录波长 λ 减小,达到与磁头缝隙 g 相等即 $\lambda = g$ 时,磁头缝隙两边

磁带上的磁极相反，磁力线相互抵消而没有磁力线通过磁头，如图2-9 (a) 所示，感应电动势为零。我们把此时的记录波长称为临界波长 $\lambda_{\text{介}}$ ，对应的信号频率称为临界频率 $f_{\text{介}}$ 。它们与磁带、磁头相对运动速度 v 及磁头缝隙 g 存在着以下的关系：

$$\left. \begin{aligned} \lambda_{\text{介}} &= g = \frac{v}{f_{\text{介}}} \\ f_{\text{介}} &= \frac{v}{g} \end{aligned} \right\} \quad (2-4)$$

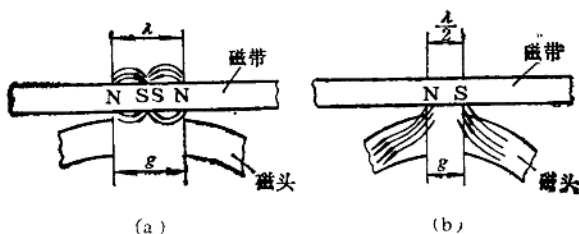


图2-9 通过磁头的磁通与磁头缝隙宽度的关系

(a) $g = \lambda$, 磁力线不通过磁头; (b) $g = \frac{\lambda}{2}$, 磁力线易通过磁头

很显然 $f_{\text{介}}$ 为记录信号的上限频率。要提高记录信号的上限频率，就必须减少磁头缝隙的宽度 g ，提高磁带相对于磁头的运动速度 v ，以增大记录波长 λ ，使 $\lambda \gg g$ 。

在 $\lambda = 2g$ 即 $g = \frac{\lambda}{2}$ 时，磁力线最易通过磁头，通过磁头的磁力线最多，如图2-9 (b) 所示。此时感应电势最大。介于 $g = \frac{\lambda}{2}$ 和 $g = \lambda$ 之间的信号，磁力线要受到损失。对信号频率来说，感应电势随频率升高成正比地增加一段以后，就要受到缝隙 g 的影响，使感应电势受到损失，最后导致感应电势为零。这是因为磁头缝隙不够小而引起的高频信号损失，称为“缝隙损失”。缝隙损失 L_g 可以用下式近似计算：

$$L_g = -20 \lg \left| \frac{\frac{\pi g}{\lambda}}{\sin \pi g} \right| \quad (\text{dB}) \quad (2-5)$$

2. 间隔损失

由于磁头加工不良、表面脏污或损伤或磁带皱褶等原因，致使磁头与磁带接触不紧，其间存在一定间隔，它不仅在记录时引起磁带上保留的剩磁场减弱，而且在重放时也会造成高频信号的损失；随着记录信号频率增加，记录波长缩短，磁带上小磁铁的作用距离也在不断减小，致使有些磁力线不能到达磁头而减小了重放信号输出，造成信号损失，如图2-10所示。

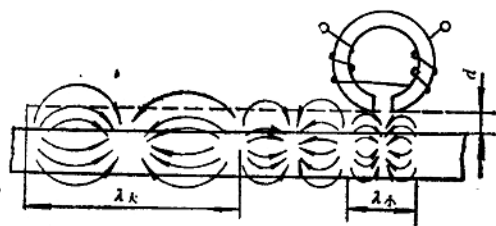


图2-10 间隔损失原因

高频信号波长短,磁力线作用范围小,因此,在同样间隔时,高频损耗增大。

根据实验结果,间隔损失 L_d 可用下面的经验公式计算:

$$L_d \approx 54.6 \frac{d}{\lambda} \quad (2\approx 6)$$

式中, L_d ——间隔损失 (dB);

d ——磁头与磁带之间的间隔; (μm);

λ ——记录波长 (μm)。

可见,间隔损失随记录波长缩短而增大,即高频损失增大。当 $d = \lambda/10$ 时,则信号会下降一半。家用录像机的记录波长 λ 约为 $1.5\mu\text{m}$,当磁头与磁带的间隔为 $0.15\mu\text{m}$ 左右时,重放输出信号幅度就会减小一半。所以要提高高频输出,减小信号损失,应当使磁头紧紧贴着磁带运动。磁带或磁头如果不平滑或者有脏物,增大了其间的间隔,也会使高频损失增加。因此,磁头和磁带的工作面(磁头与磁带相接触的表面)都应当防止损伤,保持高度清洁,在使用录音机、录像机时要常清洗磁头。

3. 带厚损失

磁带上的磁性层厚度为 δ 。如果 δ 较大,因低频信号磁场范围大,可以使磁带磁化得深些;而高频信号的磁场范围小,磁带磁化得较浅。这样比起来,高频信号的剩磁强度就比低频信号弱。将这种因磁带厚度而产生的高频信号下降叫做带厚损失,其计算式如下:

$$L_\delta = 20 \lg \frac{2\pi\delta}{\lambda} \frac{1}{1 - e^{-2\pi\delta/\lambda}} \quad (2\approx 7)$$

式中, L_δ ——带厚损失 (dB);

δ ——磁带厚度 (μm);

λ ——记录波长 (μm)。

如果减小 δ ,使高低频信号磁化的深度差不多,就可以减小带厚损失。随着磁带制造技术的提高, δ 已经很小了,带厚损失也就不严重了。

4. 自退磁损失

磁带上记录的剩磁小磁铁,相邻的两个小磁铁之间同性磁极相邻,由于同性相斥,会使剩磁场有所下降。这种由于相邻小磁铁之间的相互影响而造成的信号损失叫自退磁损失。信号频率越高,记录波长越短,单位长度上的剩磁小磁铁就越多,相邻反向磁化就靠得越近,因而自退磁作用越强。所以,高频的自退磁损失较大。

5. 涡流损失

录像机记录的图像信号频率很高,这些高频信号会在磁头的导磁体中形成涡流而造成损失,这就是涡流损失。

涡流损失一般与频率的平方成正比。为了减小这种损失,视频磁头都用电阻率很高的铁氧体作导磁体。

6. 方位损失

重放信号与磁头缝隙的方位有关,这个方位用方位角表示。

磁头方位角即磁头缝隙与磁头扫描方向垂线的夹角。剩磁信号的磁力线有一定的方向,磁带记录信号时,剩磁磁力线的方向与磁头缝隙的方位角有关(在理想情况下,剩磁磁力线应与磁头缝隙垂直)。重放时,只有当重放磁头缝隙的方位角与记录磁头缝隙的方位角完全相同时,剩磁磁力线才能最大限度地通过重放磁头,感应出最大电动势。如果录放磁头的方

位角不同,则重放时,通过重放磁头的剩磁磁力线就要减少,产生的感应电动势就要降低。在极端情况,如果录放磁头互相垂直,则剩磁磁力线方向与重放磁头缝隙平行,磁力线不会穿过线圈,因而不能产生感应电动势。这种现象会带来因录、放磁头方位角误差而产生重放信号幅度下降的问题。但另一个方面,人们可以利用这一点,使用两个方位角不同的磁头,记录两种不同的信号,重放时不会互相干扰。这就是家用录像机的高密度记录方式的原理。它用两个不同方位角的磁头录像,使得相邻磁迹间可以取消保护带,提高了磁带的利用率。

方位损失 L_{φ} 可用下式计算:

$$L_{\varphi} = 20 \lg \frac{\frac{\pi \omega t g \varphi}{\lambda}}{\sin\left(\frac{\pi \omega t g \varphi}{\lambda}\right)} \quad (2-8)$$

式中, φ ——录放磁头方位角差;

ω ——磁迹宽度。

方位损失随录放磁头间的方位角差的增加而增大,随磁迹宽度的增加而增大。此外,当方位角相同时,方位损失随频率升高而增加;低频时,方位损失不明显。为了减小方位损失,应保持录放磁头方位角严格一致。对于录、放磁头公用的机器也应保持统一的方位角,以便同类型机器之间互换磁带节目时不致使方位损失增加。

7. 低频损失

重放信号除了高频损失外,低频也会有损失。这是因为信号频率过低时,记录波长很长,当它比磁带与磁头的接触面长度还长得多时,磁头不能给全部磁通提供低磁阻通路,有一部分磁力线要通过空气才能到达磁头,使磁阻增加,有少数磁力线不能通过磁头,如图2-11所示。这样会使重放信号电压减小。这就是低频损失。

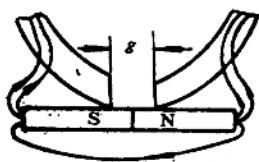


图2-11 低频损失的原因

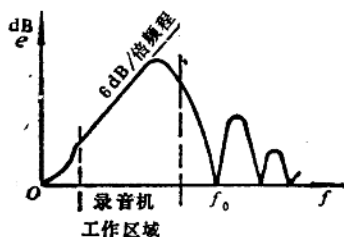


图2-12 重放电压与信号频率之间的关系

考虑上述各种损失之后,实际的重放电压与信号频率的关系如图2-12所示。这样的重放特性是不能实现信号的真实记录和重放的,尤其对于信号频率较宽、上限频率较高的图像信号更是如此。因此,在图像信号的记录和重放中,要采取一系列信号处理措施,如信号的频率补偿、校正等。这将在下一章讨论。

第五节 偏磁与消磁

一、偏磁

由前述可知,剩磁特性曲线在磁场强度 H 很小的一段呈非线性。如果记录信号从 $H=0$ 开始变化,则在非线性区域,剩磁感应强度并不随 H 变化而线性地变化,即波形会产生非线性失