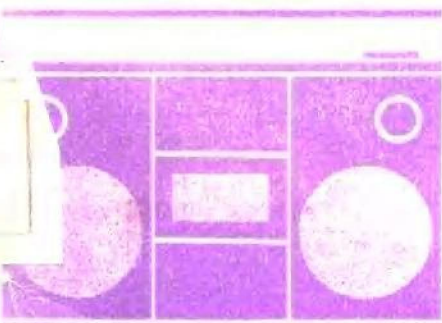
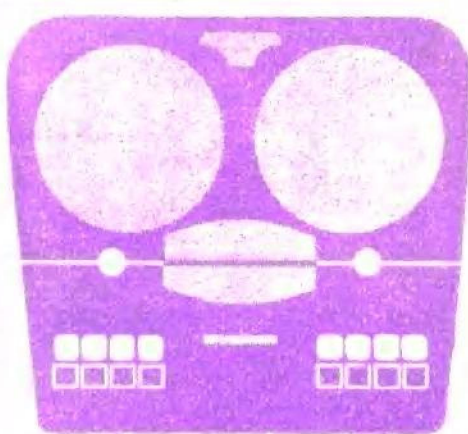
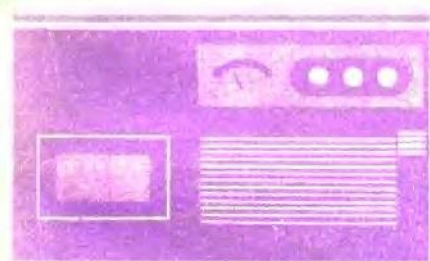


LU YIN JI

录音机

蒋 尚 智 编 著
江苏科学技术出版社



LU YIN JI

内 容 提 要

本书系统地介绍磁带录音机工作原理、技术特性、电路和传动系统的结构、磁头和磁带的结构,以及有关测试、使用、维修等方面的知识。全书共分九章。第一、二章主要阐明录音机的工作原理和技术特性;第三和第五章分别从典型电路出发,系统地分析从普及型到高级型录音机的各种录、放音放大电路和马达稳速电路;第四章叙述驱动机构各部件的工作情况和要求;第六、七章介绍了磁头和磁带的构造、要求及测试方面的知识;第八章的基本内容是录音机的测试、使用和维护;第九章专门为电视、电影同步录音工作者和有关专业人员介绍同步录音原理和典型的同步录音机——纳格拉4·2型机的同步工作原理。在附录中,还提供了磁带录音机性能规格、测试等方面的国家标准,以及其他参考资料。

本书主要供录音机爱好者,广播、电影、电视等部门的专业工作人员,录音机生产、调试及设计人员阅读,也可作为中等专业学校及有关高等院校的教学参考书。

录 音 机

蒋尚智 编著

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:淮海印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 15 插页 4 字数 370,000

1982年11月第1版 1982年11月第1次印刷

印数 1—49,000 册

书号 15196·097 定价 1.30 元

责任编辑 许顺生

前 言

磁带录音机是用录音磁带来记录声音的一种电声设备。由于它具有失真度小、信噪比高、频率响应宽等优良的电声性能，并且操作、携带方便，因此不仅在广播、电视、电影、科研、电教、国防等领域中被广泛采用，而且随着人民生活水平的提高，家庭购买普及型盒式录音机的也日趋增多。为了适应形势的需要，作者根据自己多年来在试制电视、电影同步录音机和盒式录音机中的体会，以在北京广播学院讲课时所编写的讲义为基础，广泛听取多方面意见，编写了这本书。本书内容由浅入深，由普及型到高级型录音机，比较全面地介绍了磁带录音机原理、技术特性、电路和传动系统结构，以及测试、使用、维修等方面知识。

全书共分九章及四个附录。高景澈同志编写了第四章。在编写过程中，汪天伟、郭云枫等同志提供了不少宝贵意见，张素惠、孙玉等同志帮助进行了整理，在此一并致谢。

恳请广大读者进一步批评指正。

编 者

一九八一年十一月于北京

目 录

第一章 磁带录音机的工作原理	1
§ 1-1 磁带录音机的构成	1
§ 1-2 磁带录音机的录音、抹音和放音原理	2
一、磁的基本概念 二、有关磁场性质的一些物理量	
三、电和磁的互相转换 四、录音原理 五、抹音原理	
六、放音原理	
§ 1-3 磁带录音机在录、放音过程中的各种	
损耗及放音低频特性	25
一、录、放音过程中的各种损耗 二、放音过程中的低	
频特性——轮廓效应	
第二章 磁带录音机的技术特性	37
§ 2-1 磁带录音机的声轨	37
一、声轨(磁迹)和声道(通道)的规定 二、盘式(开卷式)	
和盒式录音机的声轨和尺寸	
§ 2-2 磁带录音机的技术特性	42
一、磁带录音机的带速及其允差 二、磁带录音机的抖晃	
三、磁带录音机的基准电平 四、磁带录音机的频率特性	
五、磁带录音机的失真 六、磁带录音机的信号噪声比($\frac{S}{N}$)	
七、复印效应 八、磁带录音机的串音 九、磁带录音机的	
动态范围	
第三章 磁带录音机的放大电路	79
§ 3-1 磁带录音机放大电路的构成	79
§ 3-2 磁带录音机使用的基本电路	81

一、音频小信号放大电路的基本工作原理	二、实用的
音频放大电路	三、录音机中常用的负反馈放大电路
四、录音机使用的典型频率补偿电路	
§ 3-3	磁带录音机放音放大电路.....93
一、放音输入电路	二、放音频率补偿电路
三、音调	(音质)控制电路
四、录音机中常用的功率放大电路	
五、盒式录音机放音电路机例——上海 L-316 机	六、盘式
录音机放音电路机例——纳格拉 4·2 型机(长城 IV 型)放音	电路
§ 3-4	磁带录音机录音电路..... 119
一、录音输入电路	二、自动电平控制(ALC) 电路
三、录音输出电路	四、超音频偏磁和抹音振荡电路
五、盒式录音机录音电路机例——上海 L-316 机	六、盘式录
音机录音电路机例	
§ 3-5	录音机中的一些附属电路..... 161
一、音量指示器	二、录、放音、频率补偿、监听扬声
器等转换开关	三、立体声和单声道的转换
四、消弧电路	
五、电源电路	
§ 3-6	集成电路在录音机中的应用..... 171
第四章	磁带录音机的驱动机构..... 181
§ 4-1	驱动机构的基本功能..... 181
§ 4-2	磁带的定速驱动机构..... 184
一、主导轴	二、飞轮
三、主导轴的支撑	
四、橡胶压带轮	
§ 4-3	主导轴的驱动方式..... 192
一、轮缘驱动	二、惰轮驱动
三、传动带驱动	
四、马达直接驱动	
§ 4-4	影响抖晃的因素..... 196
一、主导轴引起的抖晃	二、主导轴的安装精度
三、磁带张力变化引起的抖晃	四、纵向振动问题
五、主导轴的轴向振动	六、引起抖晃的其它因素

§ 4-5	供、收带机构	200
	一、带盘 二、带盘卡紧装置 三、张力供给机构	
	四、收带及倒带的驱动方法	
§ 4-6	制动机构	208
	一、制动时间 二、制动比 三、制动机构的种类和构造	
§ 4-7	带道上的附属机构	212
	一、张力轮 二、导柱与导轮 三、脱带机构 四、磁头压贴垫 五、磁头调整机构 六、自动停机机构 七、磁带计数器 八、磁带速度的变换	
§ 4-8	盒式录音机的驱动机构	219
	一、概述 二、驱动机构的几种功能	
第五章	磁带录音机使用的马达及稳速电路	228
§ 5-1	磁带录音机使用马达的一般要求	228
§ 5-2	磁带录音机使用的交流马达	228
	一、短路环型感应马达 二、电容分相型感应马达 三、磁滞同步马达 四、涡流马达	
§ 5-3	磁带录音机使用的直流马达及其稳速装置	233
	一、直流马达的转速特性 二、机械式稳速直流马达 三、电子式直流稳速马达的控制电路	
第六章	磁带录音机的磁头	249
§ 6-1	磁头铁芯的形状和类别	250
	一、叠片式磁头 二、横叠式对称搭接型磁头 三、块状形磁头 四、复合铁芯型磁头	
§ 6-2	放音磁头	251
	一、对放音磁头的基本要求 二、放音磁头的分路系数及其与铁芯各参数之间的关系 三、放音磁头的匝数 四、放音磁头低频特性的改善 五、放音磁头的屏蔽	
§ 6-3	录音磁头	265
	一、对录音磁头的基本要求 二、录音磁头的等效磁路及各参数的确定 三、录音磁头场强的计算	

§ 6-4	录、放兼用磁头	271
§ 6-5	抹音磁头	271
	一、对抹音磁头的基本要求 二、抹音磁头工作缝隙的选择 三、抹音磁头的场强 四、抹音磁头的铁芯材料	
§ 6-6	磁头的测试方法	275
	一、录、放测试准备工作及带速、参考频率的规定 二、阻抗测试 三、放音灵敏度 四、放音频响 五、放音灵敏度、频响的道间允差 六、放音串音 七、录音灵敏度 八、录音频响 九、录音灵敏度、频响的道间允差 十、轮廓效应 十一、录音失真 十二、录音串音 十三、绝缘电阻 十四、接地电阻 十五、寿命 十六、抹音效果	
第七章	录音磁带	281
§ 7-1	录音磁带的构造、规格和特性要求	281
	一、录音磁带的构造 二、录音磁带的规格 三、录音磁带的特性要求	
§ 7-2	磁带的组成材料和制作过程	285
	一、磁带磁性层的材料 二、磁带带基的材料 三、录音磁带的制作过程 四、磁带的保存	
§ 7-3	录音磁带的质量指标及测试方法	290
	一、录音磁带外型要求及其测量 二、磁带的物理性能及测试 三、磁带的电声性能及测试方法	
第八章	磁带录音机的测试、维护、检修及使用	301
§ 8-1	磁带录音机基本参数的测试方法	301
§ 8-2	磁带录音机的维护	315
	一、录音机机身的擦拭 二、录音机磁头的清理 三、录音机磁带运动通道的清理 四、磁头和带磁零部件的消磁 五、润滑油的注入 六、录音机的保存	
§ 8-3	录音机磁头、驱动机构的调整和检修	321
	一、磁头位置的调整和更换 二、磁头毛毡压贴垫的更换 三、磁头屏蔽和滤波装置的调整 四、压带轮的检修和调整 五、主导轴的检修 六、马达的检修 七、惰轮的检修	

八、传动带的检修 九、单马达式录音机供、收带盘机构的检修 十、制动器的检修

§ 8-4 录音机驱动机构故障的查找..... 334

一、驱动机构不转动 二、带速变慢 三、带速不稳造成声音高低波动、音质不清晰、声音抖动 四、机械噪声大 五、快进或倒带时工作不正常 六、停机时磁带被拉断 七、停机时松带 八、绞带 九、盒式录音机录、放走带时中途自动停机

§ 8-5 录音机电声部分故障的查找及检修..... 339

一、放音无声 二、放音声轻 三、放音音质变坏、非线性失真增大 四、放音噪声增大 五、放音电路的低频振荡 六、录音无声 七、录音声轻 八、录音音质变坏、非线性失真增大 九、录音噪声增大或低频振荡 十、抹音不净 十一、双声轨单声道及立体声录音机的串音或通道隔离恶化 十二、录音电平指示器无指示(能录、能放)

§ 8-6 磁带录音机的使用..... 355

一、录音前准备工作 二、录音机的话筒输入录音 三、录音机的转录方法 四、录音电平的确定

第九章 无齿孔磁带录音机在电影、电视影片中的应用 ... 374

§ 9-1 无齿孔磁带和带齿孔影片的声画同步..... 374

一、声画同步原理 二、直流电影同步录音机录音导频信号的记录方式 三、直流电影同步录音机录音导频信号的选择 四、直流电影同步录音机的工作方式 五、宽磁录音机向直流电影同步录音机的转录 六、摄影机和录音机的起始信号

§ 9-2 同步器..... 395

一、外接型SLO同步器 二、纳格拉4·2型(长城IV型)机内同步控制系统

附 录

附录一 四机部及广播标准规定的磁带录音机基本参数

附录二 磁带录音机及磁头测试设备的技术要求

附录三 放音用测试磁带及录、放音用基准磁带的技术要求

附录四 音频技术中分贝的应用

附图 1 L-316 机电原理图

附图 2 纳格拉 4·2 型机放音放大电路电原理图

附图 3 熊猫 L-02 机电原理图

附图 4 L-602 机电原理图

附图 5 LY-321 机电原理图

附图 6 三洋 M9930K 机录放音部分电原理图

附图 7 纳格拉 4·2 型 (长城Ⅳ型) 机稳速电路电原理图

附图 8 QGX 晶体导频产生器电原理图 (一)

第一章 磁带录音机的工作原理

§ 1-1 磁带录音机的构成

广泛地说，一个完整的磁带录音机应包括话筒、磁头（录音、放音、抹音）、录音和放音放大器、磁带的驱动机构、供卷带机构以及监听扬声器等，如图1-1所示。

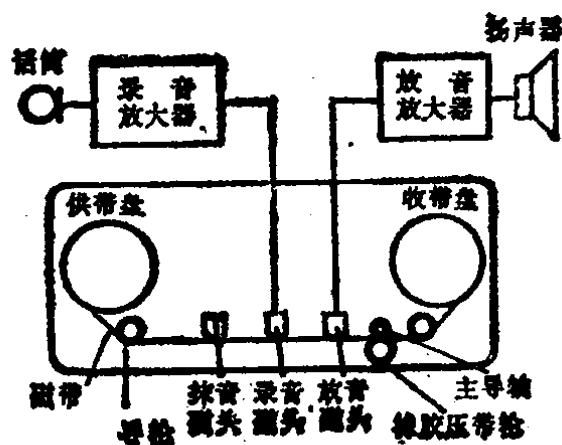


图 1-1 录音机的基本结构

话筒的作用是将声源发出的各种声波转换成微弱的电信号。常用的话筒可分为动圈、电容、晶体、铝带、炭粒等几种。

录音放大器的作用是将话筒或诸如收音机、电唱机、电视机及另一台录音机等送来的音频信号加以放大，供录音磁头录音用。

录音磁头是将经过放大的音频电流信号转换成磁场的变

化，用以磁化录音磁带上的磁性体（磁粉）。当运动着的录音磁带经过录音磁头时，磁带上的磁性体被磁化，并在磁带上留下与录音信号相对应的剩磁。在放音时，放音磁头将磁带上的剩磁信号再转换成微弱的音频电压信号。

放音放大器将放音磁头输出的微弱音频信号进行电压和功率放大，推动监听扬声器还出原声源的声波。

磁带驱动和供卷带机构的作用，是使磁带在录、放音过程中以一定的速度运动，并由一方带盘放出磁带，另一方带盘卷收磁带。

各种不同质量、等级和使用要求的录音机，可以具备上述各组成部分的全部，或一部分。如家庭用普及型盒式录音机，考虑到方便、实用、经济，一般包括了上述各组成部分；同时将录、放音磁头和录、放音放大器合用一套，通过开关来转换录、放音工作。当然，由于同时兼顾了录放音工作的需要，机器的性能就不可能做得都比较理想。最近，由于市场上出现了录好了音乐的各种录音磁带，因此出现了录音磁带放音机，这种录音磁带放音机只需具备磁带放音系统及走带机构即可。另外，由于在广播、电视、电影等领域中使用的录音机，要求有较高的录音质量，一般装在录音机上的小型隐式话筒就不能满足要求，因此在这种录音机上不再附装话筒，而是在使用时根据不同的录音要求外接高音质话筒。

§ 1-2 磁带录音机的录音、抹音和放音原理

一、磁的基本概念

在日常生活中，最常遇到的磁现象就是磁铁对铁、钴、镍

等物质的吸引，具有这种性质的物体称为磁体。条形磁铁或磁针的两端磁性最强的区域称为磁极。若把一根磁针悬挂起来，它将自动地转向南北方向，则称指北的一端为 N 极(北极)；指南的一端为 S 极(南极)。磁极不仅能吸引铁磁性物质，而且还能互相作用：同性磁极互相排斥，异性磁极互相吸引。磁极的这种作用说明空间存在着有磁力作用的一种特殊物质，称为磁场。磁场可用一种称之为磁力线的曲线来描述，如图1-2所示。磁铁外部磁力线的方向是从N极到S极，而其内部方向是从S极到 N 极的。磁力线彼此都是不相交而且是连续的闭合回路。

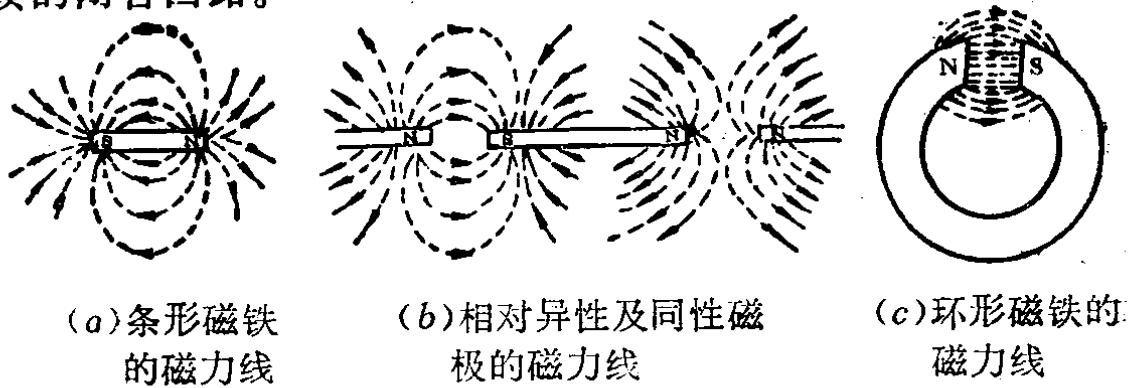


图 1-2 磁铁的磁力线分布

铁磁体物质，如铁、钴、镍以及它们与其他元素的合金，在外磁场作用下要被磁化而获得磁性。若外磁场强度用 H (实用单位是奥斯特) 来表示，磁性体被磁化的深度用磁感应强度 B (实用单位是高斯) 来表示，则它们之间的变化关系可用称之为磁滞回线的曲线来表示，如图1-3所示。由图可知，磁化开始时，磁性体

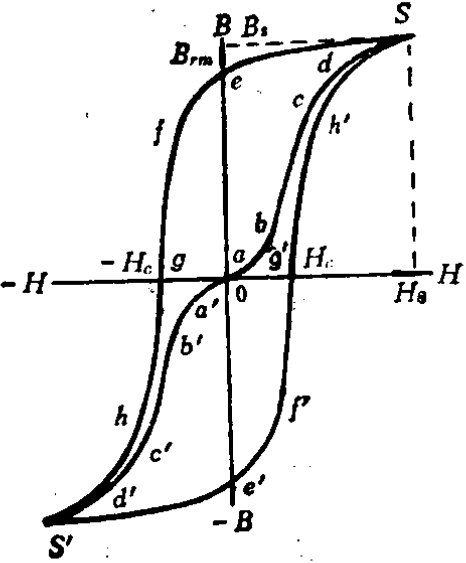
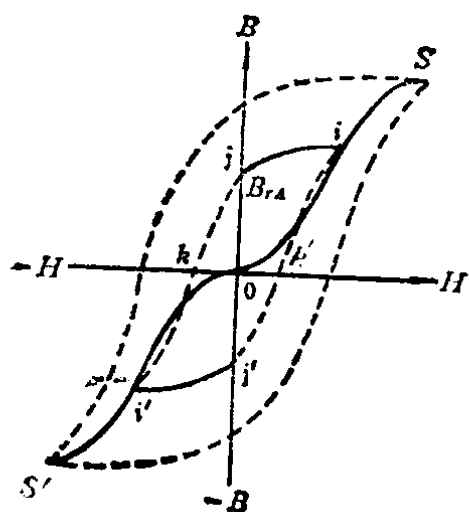
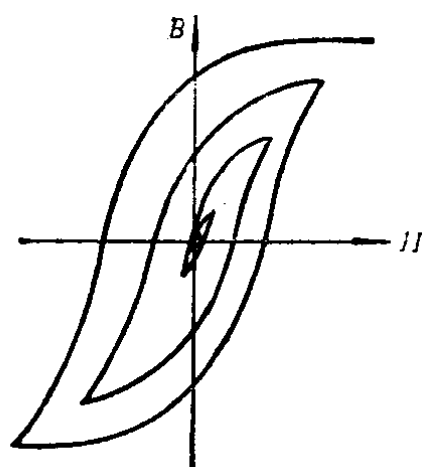


图 1-3 磁滞回线

的磁感应强度 B 随外磁场的磁场强度 H 作用按 $0—a—b—c—d—s$ 曲线上升；当 H 到达 H_s 时， B 值为 B_s ，这时再继续加大 H 值， B 值不再升高，即磁性体的磁化达到了饱和。 B_s 称为饱和磁感应强度， H_s 为使磁性体被磁化到饱和时的磁场强度。如果此时减小磁场强度 H ，磁性体的磁感应强度并不沿 $s—d—c—b—a$ 的关系变回来，而是按 $s—e—f—g$ 曲线减小。当外磁场 H 由 H_s 减小到零时，磁性体的磁化状态并不恢复到零，而有一个剩余磁感应强度 B_{rm} 值存在，这种现象称为磁滞。对应于由饱和磁感应强度 B_s 引起的剩余磁感应强度 B_{rm} 称之为最大剩磁感应强度。若要去掉这一剩磁，则需加一反方向的磁场强度 $-H_c$ 。 H_c 称为矫顽力， OS 曲线称为初始磁化曲线。若反方向磁场强度的数值超过矫顽力继续增加时，则磁性体就沿 $g—s'$ 曲线反方向磁化，直到饱和。这时再改变外磁场方向，磁性体的磁化状态将由 $s'—e'—f'—g'—h'$ 重新回到 S ，构成一个闭合回线，称为磁滞回线。曲线 OS' 称为反向初始磁化曲线。



(a) 不同磁场强度的磁滞回线



(b) 去磁曲线

图 1-4 不同磁场强度的磁滞回线和去磁曲线

如果磁化从零开始，把 H 加大到 i 点时就减小 H 值，如

图 1-4 (a) 所示, 这时磁感应强度 B 将沿另一曲线 $i-j$ 下降。改变 H 值的大小和方向可形成较小的磁滞回线 $i-j-k-i'-j'-k'-i$ 。若交变磁化的磁场强度的幅度在交变过程中是逐渐减小的, 则可对应得到一圈圈逐渐减小的磁滞回线, 最后缩成一个包围原点极小的回线, 如图 1-4 (b)。应用逐渐缩小磁滞回线的方法, 可以消去铁磁性物质中的剩磁。交流偏磁抹音就是利用了这个原理。

二、有关磁场性质的一些物理量

1. 磁感应强度 B

磁感应强度又称磁通密度, 它是描述磁场中各点强弱和方向的一个物理量。图 1-5 给出了通有电流 I 长度为 L 的导线, 置于垂直磁场中受电磁力 F 作用的情况。电磁力 F 的大小, 不仅与电流 I 和导线长度 L 有关, 而且在各种不同磁场中或是在同一磁场的不同位置上也是不相同的。这个现象说明, 电磁力 F 的大小和磁场的性质有关, 所受力越大表示磁场越强。用力 F 与导线中的电流 I 、导线长度 L 的乘积的比值来表示该点磁场的性质, 叫做该点的磁感应强度 B , 即

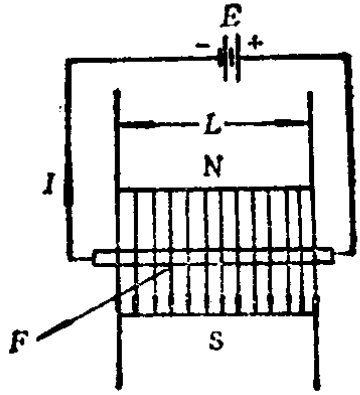


图 1-5 通电导线在磁场中的受力情况

$$B = \frac{F}{IL}$$

在国际标准单位制中, 力的单位是牛顿, 长度的单位是米, 电流的单位是安培, 电压的单位是伏特, B 的单位是伏·秒/米² ($V \cdot s/m^2$)。伏·秒称为韦伯 (Wb)。在实用单位

制中， B 的单位是高斯(G)。

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 韦伯/米}^2 (\text{Wb/m}^2)$$

$$1 \text{ 韦伯/米}^2 = 10^4 \text{ 高斯(G)}$$

磁感应强度 B 不仅表示了磁场中某点磁感应强度的强弱，而且还能表示出该点磁场方向，因此它是一个向量。磁场中某点磁力线切线方向即为该点磁感应强度的方向。在录音技术中经常用到剩余磁感应强度 B_r 这一物理量，它表示磁带上磁性体（磁粉）从某一磁化状态沿磁滞回线把磁场单调减小到零时的磁感应强度。

2. 磁通量 Φ

在均匀磁场中，磁感应强度 B 和与它垂直方向的面积 S 的乘积，称为通过该面积的磁通量，即 $\Phi = B \cdot S$ 。在非均匀磁场中， Φ 可通过磁感应强度 B 对该面积的积分来求得，即 $\Phi = \int_S B \cdot ds$ 。磁通量的单位在标准单位制中是： $\Phi = BS = \text{韦伯/米}^2 \cdot \text{米}^2 = \text{韦伯(Wb)}$ 。在实际使用中，往往还可使用较小的一些单位来表示，如毫韦伯、微韦伯、毫微(纳)韦伯、微微(皮)韦伯等。它们的关系为 $1 \text{ 韦伯(Wb)} = 10^3 \text{ 毫韦伯(mWb)} = 10^6 \text{ 微韦伯}(\mu\text{Wb}) = 10^9 \text{ 毫微韦伯(nWb)} = 10^{12} \text{ 微微韦伯(pWb)}$

在实用单位制中， Φ 的单位是高斯·厘米² ($\text{G} \cdot \text{cm}^2$)，称为麦克斯韦，用符号 Mx 表示，简称麦， $1 \text{ 麦} = 10^3 \text{ 毫麦}$ 。 1 麦克斯韦 表示各点磁感应强度均为 1 高斯 时，通过 1 平方厘米 面积中的磁通量。磁通量的两种单位制之间的关系是：

$$1 \text{ 麦} = 10^{-8} \text{ 韦伯}$$

$$1 \text{ 韦伯} = 10^8 \text{ 麦} = 10^{11} \text{ 毫麦}$$

在录音技术中，经常用到剩余磁通量这一物理量，它表

示剩余磁感应强度 B_r 与它垂直方向的面积 S 的乘积，用符号 Φ_r 表示。

3. 磁导率 μ

磁感应强度 B 不仅与载流导体内电流大小及导体形状有关，而且与磁场内媒介质的性质有关。磁导率 μ 就是一个用来衡量物质导磁性能的一个系数。在国际标准单位制中， μ 的单位是亨利/米 (H/m)。

真空中的磁导率是一个常数， $\mu_{\text{真空}} = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ 。在实用单位制中 $\mu_{\text{真空}} = 1$ 。任一媒介质的磁导率与真空中的磁导率的比值称为相对磁导率，用 μ_r 来表示，即

$$\mu_r = \mu / \mu_{\text{真空}}$$

相对磁导率是没有单位的，它表示在相同条件下，媒介质中的磁感应强度是真空中多少倍。

4. 磁场强度 H

由于磁场中各点磁感应强度的大小不仅与载流导线内的电流大小和导线形状有关，而且还与媒介质的性质有关。这样，在计算磁场时就比较复杂。为了使磁场计算简单，常用磁场强度这个物理量来表示磁场的特性。在均匀的媒介质中，磁场强度的数值只与载流导线内的电流大小及导线的形状有关，而与媒介质的性质无关。磁场中某点的磁感应强度 B 与媒介质磁导率 μ 的比值，称为该点的磁场强度，用 H 来表示，

$$H = B / \mu$$

在国际标准单位制中， H 的单位是安/米 (A/m)；在实用单位制中， H 的单位是奥斯特 (Oe)。两种单位之间的关系是

$$1 \text{安/米} = 1.257 \times 10^{-2} \text{奥斯特 (Oe)}$$

1 奥斯特 = 79.6 安/米(A/m)

磁场强度和磁感应强度一样，也是个向量，在均匀介质中两者方向相同。

在 μ_r 远大于 1 的铁磁性物质（如铁、钴、镍等）的磁化

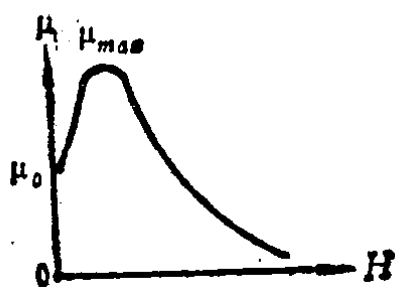


图 1-6 μ - H 曲线

曲线中, B 与 H 的关系是非线性的, 参阅图 1-3。因此, μ 不是一个常数。把 B - H 初始曲线上各点的斜率计算出来, 便可得到 μ - H 曲线, 如图 1-6 所示。 $H \rightarrow 0$ 时的磁导率称为初始磁导率, 用 μ_0 表示。 μ_{max} 是 μ 的最大值, 称为最大磁导率。

三、电和磁的互相转换

1. 电流的磁场

普通物理学指出, 在电流周围空间里存在着磁场, 也就是电流可以产生磁场。若把导线绕制成一个线圈（螺线管线圈）, 并通以电流, 则实验证明, 在载流线圈周围空间要产生磁场, 如图 1-7 所示。磁场的强弱和流过线圈中的电流成正

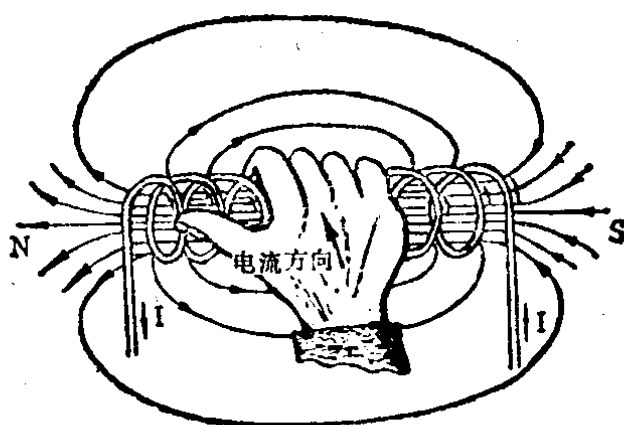


图 1-7 载流线圈的磁场