

磁带录音机

曹国初编写



湖南科学技术出版社

内 容 · 简 介

当你去听一个重要的报告,想向未去的同志传达;当你听到美妙的歌声和扣人心弦的乐曲,想保存下来反复欣赏;当你自学外语,想随时随地检验自己的语音、语调,那末磁带录音机是你最适合的良师益友。《磁带录音机》一书,详细地介绍了各类型磁带录音机的构造、基本原理和使用、维修的方法,并附有常见磁带录音机的电原理图。本书取材新颖,内容丰富,文笔流畅,只要具有初中文化程度就能看懂,并能做到使用维修无师自通,实为广大无线电爱好者不可多得的助手。本书可供业余无线电爱好者及大专院校无线电专业师生阅读。

磁 带 录 音 机

曹 国 初 编 写

责任编辑:陈清山

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行

江西新华印刷厂排版 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1981年4月第1版第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 11.75 字数: 204,000

印数: 1—33,500

统一书号: 15204·55 定价: 1.05元

前 言

磁带录音机是运用电磁学原理，以录音磁带为载音体记录声音的一种电声设备。它不仅具有独特的记忆能力，能完美地记录（贮存）或重放各种音频信息，而且还具有准确、方便、性能优良等许多优点。因此，它被广泛地使用于工业、农业、交通、国防、科研、文化和教育等领域。它不仅是广播、通信及电化教学中必不可少的重要设备，而且是人们家庭生活中学习和娱乐的工具。

随着我国国民经济、科学研究、文化教育事业的迅速发展，以及人民生活水平的不断提高，磁带录音机的使用将更加广泛和普及，维修任务势必更加繁重。本书的目的就是为了适应这一新的形势，并配合当前电化教学的迫切需要，向广大读者介绍磁带录音机的原理、结构、使用及维修方法。

本书初稿完成后，承蒙湖南师范学院物理系无线电教研室主任王学维副教授审阅。丁钟奇、王照明两位同志对原稿提出了有益的建议，在此一并致谢。

书中错误和不妥之处，请读者批评指正。

湖南师范学院物理系 曹国初

一九七九年十月

目 录

第一章 磁带录音机概述.....	(1)
1—1 录音方法简介.....	(1)
1—2 磁带录音机发展简史.....	(1)
1—3 磁带录音机的分类.....	(3)
1—4 磁带录音机的基本结构.....	(3)
第二章 磁带录音机中的基本电磁现象.....	(4)
2—1 磁的基本概念.....	(4)
一 电流的磁场.....	(4)
二 磁感应强度和磁通.....	(6)
三 导磁率和磁场强度.....	(7)
四 铁磁材料的磁化与磁化曲线.....	(8)
五 铁磁材料的磁滞现象.....	(9)
六 磁阻.....	(10)
七 磁路的欧姆定律.....	(11)
八 铁磁材料的分类.....	(11)
2—2 电磁感应.....	(13)
第三章 磁带录音机的工作原理.....	(14)
3—1 磁带和磁头.....	(14)
一 磁带.....	(14)
二 磁头.....	(22)
3—2 录音原理.....	(24)
3—3 超音频偏磁.....	(26)
3—4 放音原理.....	(29)
3—5 抹音原理.....	(29)
3—6 录、放音过程中的几种主要损失.....	(31)
一 频率特性.....	(31)
二 录、放音过程中的几种主要损失.....	(31)
3—7 录、放音过程中的噪声.....	(34)
一 背景噪声.....	(34)
二 调制噪声.....	(34)
三 窜渗噪声.....	(35)
第四章 磁带录音机电路分析.....	(36)
4—1 录音放大电路.....	(36)

4—2	放音放大电路	(40)
4—3	录、放音电平指示电路	(43)
4—4	电源电路	(43)
第五章	磁带录音机的传动机构	(45)
5—1	磁带录音机中常用的电动机	(45)
一	交流电动机	(45)
二	直流电动机	(47)
5—2	磁带录音机的传动机构	(48)
一	磁带的定速驱动机构	(48)
二	主驱动轴的几种驱动方式	(49)
三	卷带机构	(51)
四	制动机构	(52)
五	其它附属机构	(53)
5—3	L601型磁带录音机的传动机构	(55)
第六章	磁带录音机的使用和日常维护	(58)
6—1	磁带录音机上常见的按键符号	(58)
6—2	磁带录音机的使用方法	(59)
一	使用前的准备工作	(59)
二	录音操作	(60)
三	放音操作	(61)
四	抹音操作	(61)
五	倒带和快速前进	(62)
六	外接扬声器	(62)
七	外接放大设备	(62)
八	使用录音机的注意事项	(62)
6—3	录音节目的组织	(63)
一	剪辑	(63)
二	复制	(63)
三	录音标志	(63)
6—4	磁带录音机的日常维护与调整	(65)
一	保存	(65)
二	加油	(65)
三	清洁	(65)
四	消磁	(68)
五	磁头方位的调整	(70)
六	偏磁电压的调整	(71)
6—5	磁带的使用和保管	(72)
一	磁带的选择	(72)

二	磁带的剪接·····	(73)
三	磁带的使用寿命·····	(74)
四	磁带的保管·····	(74)
第七章 磁带录音机的常见故障与修理·····		(75)
7—1	机械部分的故障与修理·····	(75)
一	机械传动部分不转动·····	(75)
二	直键开关工作失常·····	(75)
三	不能变速·····	(76)
四	磁带行走无力·····	(76)
五	倒带失常、走带速度慢·····	(77)
六	声音抖动·····	(77)
7—2	电路部分的故障与修理·····	(78)
一	无声·····	(78)
二	音量失常·····	(79)
三	失真·····	(79)
四	抹音不净·····	(80)
五	交流声和噪声·····	(81)
六	电平指示器的故障·····	(82)
七	电源部分的常见故障·····	(82)
八	电子管各极工作电压·····	(83)
九	变压器绕制数据·····	(83)
十	L601型磁带录音机修理简表·····	(84)
第八章 晶体管磁带录音机·····		(89)
8—1	LY—321型磁带录音机·····	(89)
一	电路分析·····	(89)
二	机械传动机构·····	(95)
三	测试与调整·····	(96)
四	常见故障的检修·····	(101)
五	几种线圈的电原理图及其参数·····	(102)
8—2	葵花牌 HL—1 型盒式磁带录音机·····	(106)
一	电路·····	(107)
二	磁头·····	(110)
三	微型电机·····	(111)
四	传动机构·····	(111)
五	盒式磁带·····	(113)
六	使用方法·····	(114)
第九章 国产磁带录音机介绍·····		(116)
9—1	635 型专用磁带录音机·····	(116)

一	主要性能	(116)
二	各部分工作电压	(117)
三	变压器绕制数据	(118)
四	电原理图	(119)
9—2	L—602A 型磁带录音机	(119)
一	主要性能	(119)
二	电子管各极工作电压	(124)
三	变压器绕制数据	(124)
四	常见 L602A 型磁带录音机常见故障及原因分析一览表	(125)
五	电原理图	(128)
9—3	鸚鵡 102—1 型磁带录音机	(131)
一	主要性能	(131)
二	变压器绕制数据	(132)
三	电原理图	(132)
9—4	810 型磁带录音机	(134)
一	主要性能	(134)
二	电原理图	(134)
9—5	长城 DBL—2 A 型磁带录音机	(134)
一	主要性能	(134)
二	电原理图	(136)
9—6	红旗—5 型携带式磁带录音机	(136)
一	主要性能	(136)
二	电原理图	(142)
9—7	L—323 型双通道磁带录音机	(148)
一	主要性能	(148)
二	双通道四轨迹工作原理	(148)
三	电原理图	(149)
9—8	L—311 盒式磁带录音机	(149)
一	主要性能	(149)
二	电原理图	(151)
9—9	上海 701 型晶体管收录两用机	(151)
一	主要性能	(151)
二	使用方法	(153)
三	电原理图	(155)
9—10	L—301 型晶体管磁带录音机	(155)
一	主要性能	(155)
二	电原理图	(157)
9—11	RC—3A2B 便携式三波段收音录音两用机	(158)

一	主要技术性能.....	(158)
二	控制器布置图.....	(158)
三	电原理图.....	(159)

附 录.....	(160)
----------	-------

附录一	磁带录音机基本参数表.....	(160)
附录二	分贝及分贝表.....	(162)
附录三	国产漆包铜线规格.....	(167)
附录四	常用电子管管脚接线、特性说明.....	(170)
附录五	常见国外磁带录音机电原理图.....	(172)

第一章 磁带录音机概述

1-1 录音方法简介

记录声音的方法概括起来可分为三类：①机械录音；②光学录音；③磁性录音。

机械录音是历史上最早出现并广泛使用的一种录音技术。其基本原理是：将声音变换为针的振动（即机械的变化），然后在录音体上刻上纹条记录下来。这种录音方法因其载音体为圆盘（蜡盘或塑料盘），所以又称“圆盘录音”。

光学录音（又叫软片录音）的原理是：将声音的变化转换为光的变化，然后记录在软片（菲林）上。这种录音方法最复杂，主要用于影片录音。

磁性录音的基本原理是：将声音的变化转换成磁性变化，然后记录在磁性体（如磁带）上。

磁性录音与其它两种录音方法比较起来，具有录制方便（可抹去重录），性能优良等特点。因此，尽管其历史最短，但其发展速度却最快。归纳起来，磁性录音的优点如下：

- （1）录音后不须经过特别处理即可放音。
- （2）通过抹音，一条磁带可多次反复录音。
- （3）由于能抹音，磁带易于拼接和剪辑。
- （4）可以同时进行数个种类的录音，一条磁带可以同时平行地进行几个信号录音，作为立体声使用极为方便。
- （5）不需考虑机体的装置状态，无论机体是在水平状态，垂直状态或是移动状态下都可以使用。因此，可广泛地使用在汽车立体声录音机上。
- （6）可以长时间（数小时以上）连续录音。
- （7）放音寿命长，磁带能耐用数千次，性能并不因此而下降，且可以较长时间（约10年）保存。
- （8）只要有两台录音机即可进行磁带复制。
- （9）容易制成小型轻巧的机身，故携带方便。
- （10）音质良好，价格便宜。

当然磁性录音也存在一些缺点：如磁带的装配较麻烦（要穿引磁带）；肉眼看不出录音位置；磁带复录所花的时间较长等。不过这些缺点正在逐步地被克服，例如采用盒式磁带已使磁带的安装象安放唱片一样方便，而采用高速度复录机，则可大大缩短复录时间。

1-2 磁带录音机发展简史

1898年，丹麦电话工程师华德曼·波尔生发明了人类历史上第一架钢丝录音机（图

1—1)，尽管这架录音机的电声指标不高，需要借助耳机才能听到微弱的声音，但是它却揭开了磁记录技术的序幕。

波尔生的发明，虽然开拓了录音技术的新领域，但是由于当时科学技术条件的限制，磁性录音的实用效果尚比不上机械录音。因此，在很长一段时间内，磁性录音技术的发展十分缓慢。直到第二次世界大战末期，由于广播、通信技术的迅速发展，以及军事上之急需，使磁性录音技术得到了迅速的发展。到大战末期，德国的 AEG 公司已使用了性能良好的以纸做带基的磁带录音机。在战后二、三年间，美国 3 M 公司先后制成了性能更好的纸带基磁带和以塑料为带基的优质磁带，并制成了专业用录音机。其后不久，家用录音机也相继问世，开始供应市场。随着纸质、乙烯树脂质和醋酸纤维质为带基的各种氧化物磁带的出现，以及交流偏磁、交流抹音和环形磁头的研制成功，磁带录音机便迅速地发展起来了。到本世纪四十年代，磁带录音技术已发展到普遍应用的阶段。然而，直到五十年代中期，磁带录音机中所采用的都是些笨重的金属构件和电子管，因此体积较大，价格昂贵，从而使磁带录音机的普及受到了一定的限制。1958 年瑞士制成了那格拉（Nagra）全晶体管便携式磁带录音机，从而为磁带录音机的小型化和普及开创了新的前景。

1963 年，荷兰飞利浦（Philips）公司首先研制成功了盒式录音机，其结构与众不同，磁带被密封在一个特制的小盒子里（磁带两端固定在盒内的两根轴芯上），装卸时象放唱片一样方便。因此，深受各国的重视和人们的普遍欢迎。许多国家和工厂竞相生产，在很短的时间内，各类盒式录音机、收录两用机、多用录音机竞相争艳，随着集成电路的出现，能装入衬衣口袋的微型盒式录音机也相继问世。从此出现了磁带录音机蓬勃发展的繁荣局面。

1967 年，日本又制成一种大盒式录音机（ELCASET），它兼有盘式录音机的高性能和盒式录音机的方便性，是一种很有发展前途的机种。六十年代末期出现了高质量的脉码调制（PCM）录音机，它完全打破了传统的直接记录的概念，信号按一定的时间间隔取样编码，然后把象电报信息一样的数码记录到磁带上，从而克服了机械引起的寄生调幅和传输过程中的幅度干扰。重放时通过译码器把其还原为原信息而达到高的保真度。这种录音机的电声性能是一般录音机所望尘莫及的。因此，它将是今后高质量录音机的发展方向。

近年来，我国磁带录音机的生产有了迅速的发展，产量逐年上升，品种不断增多，质量逐步提高，使用日益广泛。它不仅被广泛地应用于我国的工业、农业、交通、国

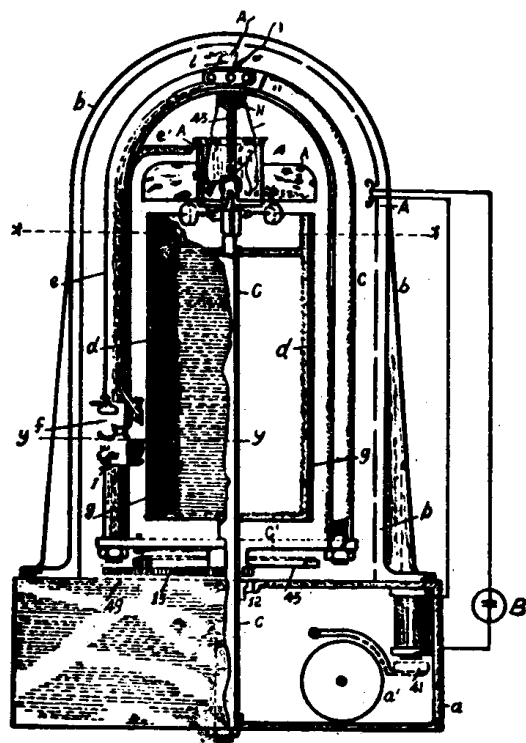


图 1-1 最早（1900 年）的钢丝录音机

防、科研、文化和教育等领域，而且成了人们家庭生活中学习和娱乐的工具。

自1898年波尔生发明第一架钢丝录音机至今，不仅磁带录音技术已发展到普遍使用的阶段，而且还开拓了磁带录象的新领域。在电子计算机和外存贮设备中，磁记录技术亦获得了极其广泛的应用。

1-3 磁带录音机的分类

现代磁带录音机的品种繁多，形式各异，因此分类方法也多种多样。例如，按其结构或形状可分为：落地式录音机（用于广播、电影及原版唱片制作）、立柜式录音机、台式录音机、便携式录音机、袖珍式录音机和车用式录音机等；按功能不同可分为：单放机（只能放音）、录放两用机、多用录音机和特殊录音机等等；如果按使用的磁带及卷绕磁带的方式不同，则可将目前常见的磁带录音机分成下述三大类：

（1）盘式录音机 指使用金属或塑料带盘卷、供磁带的录音机，通常使用带宽为6.25毫米的磁带。这种录音机具有高的电声指标，但装卸磁带不便，而且体积较大，不便于携带。

（2）卡式录音机 这种录音机的磁带卷绕在带卡的一个盘芯上，能够循环走带，带卡的尺寸通常为133.35毫米×107.95毫米×72.35毫米，带宽为6.25毫米，带速为9.53厘米/秒。

（3）盒式录音机 指使用规定盒装磁带的录音机。这种录音机的磁带装在一个特制的小盒子里，盒内有两个平列的盘芯，磁带卷绕在盘芯上。根据磁带盒尺寸不同，又可将盒式录音机分为：普通盒式录音机（带盒尺寸为100.4毫米×63.8毫米×8.6毫米，带宽为3.66~3.81毫米，带速为4.75厘米/秒）；微盒式录音机（采用50.2毫米×33.5毫米×8.15毫米盒装磁带，带宽为3.66~3.81毫米，带速为2.38厘米/秒）；大盒式录音机（采用150毫米×106毫米×13毫米盒装磁带，带宽为6.25毫米，带速为9.53厘米/秒）。

1-4 磁带录音机的基本结构

磁带录音机的基本结构如图1-2所示。它是由机械传动、音频放大器和磁头三部分组成。录音体是磁带。机械传动部分包括电动机和传动机构；音频放大器部分包括录音、放音放大器和超音频振荡器等电路；磁头有抹音磁头、录音磁头和放音磁头。有些录音机中，放音和录音共用一个磁头，简称“录放两用磁头”。

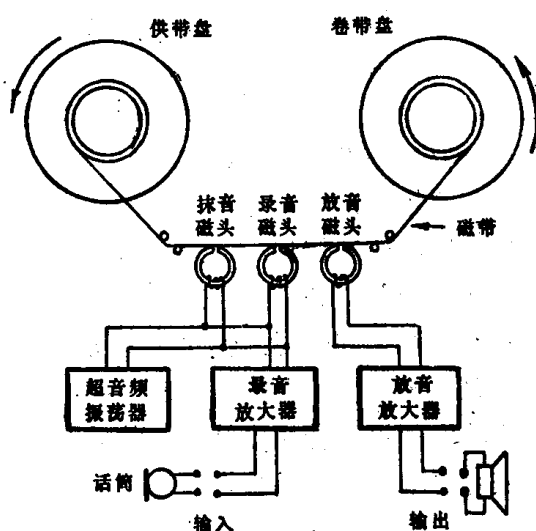


图1-2 磁带录音机的基本结构

第二章 磁带录音机中的基本电磁现象

2-1 磁的基本概念

磁带录音机是根据声、电、磁在一定条件下能相互转换的原理进行工作的。录音机中的磁带和磁头是完成电能和磁能相互转换的重要部件，它们都是用铁磁材料制成的。因此，要了解磁带录音机的录音、放音和抹音原理，首先必须对基本电磁现象及铁磁物质的磁特性有所了解。

一 电流的磁场

1 磁的基本现象

某些物体能吸引铁、钴、镍等物质的性质叫做“磁性”。具有磁性的物体叫“磁铁”。使原来不带磁性的物体具有磁性叫“磁化”。

磁铁两端磁性最强的区域叫“磁极”。若将一根磁针或条形磁铁的中心支持（或悬挂）起来，使它能在水平面内自由转动，则它将停止在指向南北的方向上，如图 2-1 所示。指北的一端叫“北极”，以 N 表示；指南的一端叫“南极”，以 S 表示。和电荷间的相互作用力相似，磁极间也具有同名极相斥，异名极相吸的性质。

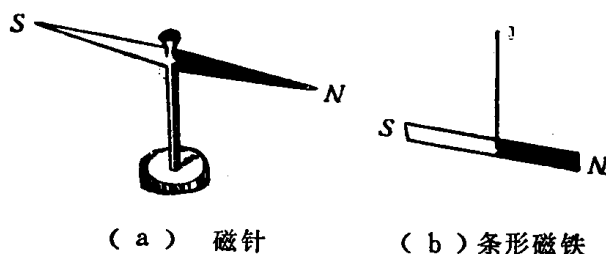


图 2-1 能指向南北方向的磁针和磁铁

正、负电荷可以独立存在，但磁铁的南极和北极是不能独立存在的。例如把一根条形磁铁从中间折成两段，会发现在折断处出现异性的两个磁极，每段都成为各具有南北极的磁铁，再分也是这样，如图 2-2 所示。这一点是电和磁的基本区别之一。

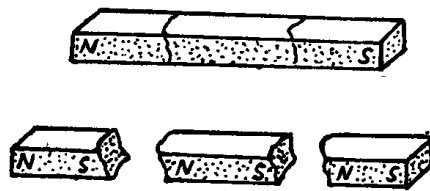


图 2-2 磁铁分成多段后的情况

磁极与磁极间的相互作用力是通过它周围的一种特殊物质来传递的，这种特殊物质我们叫它“磁场”。空间有没有磁场存在，可以用小磁针是否受到磁力的作用来检验。如把一个可以在竖直轴上自由回转的小磁针放在被检验的空间里，若小磁针发生偏转，则证明该处有磁场存在。当小磁针静止时，它的北极所指的方向就规定为该点磁场的方向，磁场是一个向量。

为了直观起见，常用磁感应线来描绘磁场。所谓磁感应线就是在磁场中画出许多曲

线,使曲线上每一点的切线方向和放在该点的小磁针北极所指的方向一致(即该点磁场的方向)。磁感应线的疏密程度反映着磁场中各点磁场的强弱。图2—3为条形磁铁的磁感应线图。从图可以看出:每一根磁感应线均由磁铁的N极出发,经由外面空间到达S极,再由S极经磁铁内部回到N极,形成无头无尾的闭合曲线;小磁针在磁场中各点,只可能有一个确定的方向,因此,磁感应线是互不相交的。

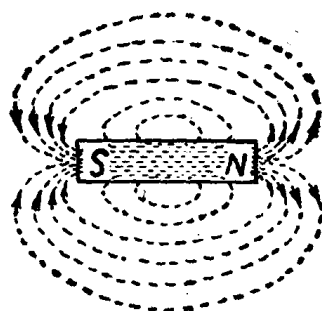


图2-3 条形磁铁的磁感应线

2 电流的磁场

(1) 载流直导线的磁场 若在一根小磁针上方放一根通电导线,结果会发现小磁针转动,并将停止在垂直于导线的位置上,如图2—4所示。如果导线电流中断,小磁针便会恢复原来的位置。若改变电流方向,小磁针又会向相反的方向转动,最后仍停留在垂直于导线的位置。这一结果表明,在电流周围的空间存在着磁场。这就是说,电流可以产生磁场,即在电荷运动的情况下,电可以转化为磁。

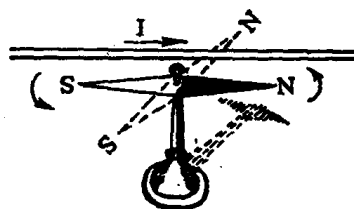


图2-4 电流的磁场

实验可进一步证明,载流直导线周围的磁感应线,是垂直于载流导线的平面上以导线为中心的许多同心圆,离导线越近,磁感应线分布越密,离导线越远,磁感应线分布越稀,如图2—5(a)所示。

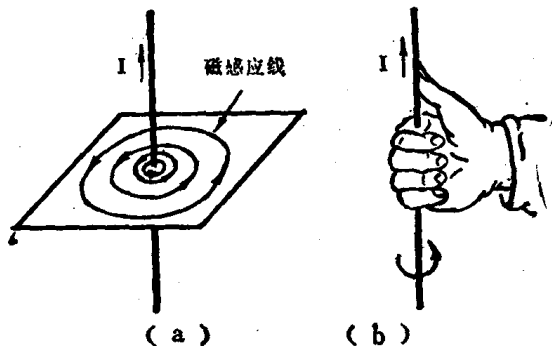


图2-5 载流直导线产生的磁场

磁感应线的方向和电流方向的关系,可用右手定则判断,即用右手握导线,大拇指伸直并指向电流的方向,则其余四指所指的方向就是磁感应线的方向,如图2—5(b)所示。

(2) 载流线圈的磁场 在实际应用中,常把导线绕在一个空心(或实心)的圆筒上制成线圈,叫做“螺线管”。载流线圈的磁感应线的方向,同样可用右手定则来判断。即以右手握螺管线圈,四指指向电流的方向,则伸直的大拇指所指的方向就是线圈内部磁感应线的方向,如图2—6所示。

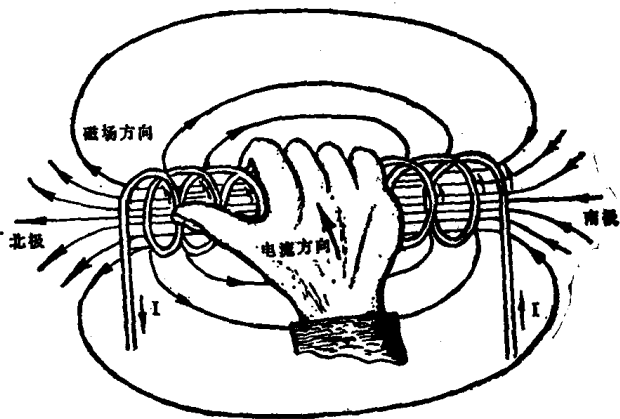


图2-6 载流线圈的磁场

因此,右手定则不仅可以用来确定载流直导线的磁感应线的方向,而

且也能确定载流线圈中磁感应线的方向。显然，如果磁感应线的方向已知时，也可用右手定则来确定直导线或线圈中产生此磁场的电流的方向。

二 磁感应强度和磁通

1 磁感应强度

实验指出，在磁场中的载流导线，要受到磁场力的作用，导线的有效长度越长，通的电流越大，则受力越大。即导线在磁场中某一位置受力的大小与导线的有效长度及电流的大小成正比。

我们用与磁场方向垂直的载流导线在磁场中所受的力 F ，与导线中的电流 I 及导线有效长度 L 的乘积的比值来表示某一点磁场的性质，叫做该点的“磁感应强度”，通常用 B 来表示。

$$B = F / I L$$

根据上式可以规定磁感应强度 B 的单位。

如果在磁场中某点，通电导线中的电流强度为 1 安培，导线的长度为 1 米，它受到磁场的作用力为 1 牛顿，那么，这一点的磁感应强度就规定为 1 “特斯拉”。即

$$1 \text{ 特斯拉} = 1 \text{ 牛顿/安} \cdot \text{米}$$

磁感应强度 B 的另一单位叫“高斯”，它与特斯拉的关系是

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 特斯拉}$$

磁感应强度 B 不但表示了磁场中某点磁场的强弱，而且还能表示该点磁场的方向，因此磁感应强度 B 是个向量。某点磁感应线的方向，就是该点磁感应强度的方向。

对磁场中某一固定的点来说，磁感应强度 B 是个常数，而对磁场中位置不同的各点， B 可能是不相同的。因此，用 B 的大小和方向可以描述磁场中各点的性质。

若磁场中各点的磁感应强度的大小和方向完全相同时，这种磁场称为“均匀磁场”。在均匀磁场中的磁感应线是等距离的平行线。

2 磁通

为了表示磁场在空间的分布情况，我们不仅可以用磁感应线来表示磁场的方向，而且，可以用磁感应线的疏密来表示磁场中各点磁感应强度的大小。为此，我们引出另一个物理量——磁通。

磁感应强度 B 和与它垂直方向的面积 S 的乘积，叫做通过该面积的“磁通量”，简称“磁通”，用符号 ϕ 表示。

在均匀磁场中

$$\phi = B \cdot S$$

根据上式，磁通量 ϕ 的单位是特斯拉·米²，这个单位叫做“韦伯”。即

$$1 \text{ 韦伯} = 1 \text{ 特斯拉} \cdot \text{米}^2$$

磁通量 ϕ 的另一单位叫“马克斯韦”，它与韦伯的关系是

$$1 \text{ 马克斯韦} = 10^{-8} \text{ 韦伯}$$

在均匀磁场中

$$B = \phi / S$$

即磁感应强度 B 等于单位面积的磁通量。所以，磁感应强度 B 又叫“磁通密度”。

用磁感应线来描述磁场时，为了使磁感应线不仅能表示各点磁感应强度的方向，而且也能表示各点磁感应强度的大小，通常规定，垂直通过单位面积的磁感应线的数目等于该点磁感应强度的数值。这样，垂直通过某一面积的磁感应线总数就等于该面积的磁通量。

三 导磁率和磁场强度

1 导磁率

磁感应强度不仅决定于电流的大小及导线的形状，而且还与磁场内媒介质的性质有关。

为了对不同媒介质有一个清楚的概念，把各种媒介质内磁感应强度与真空中磁感应强度在其它条件相同的情况下加以比较后得知，在某些媒介质中的磁感应强度比在真空中的小些，有的则大些，这是由于各种物质具有不同性质的缘故。

表示物质对磁场所呈现的性质的量叫做“导磁率”（或导磁系数），用符号 μ 表示。不同的物质有不同的 μ 值。

用实验可以确定，真空中的导磁率 μ_0 是一个常数（ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米）。空气中的导磁率与真空中的导磁率基本接近。将其它物质的导磁率与真空中的导磁率相比，就得出该物质的“相对导磁率”，用 μ_r 表示。即

$$\mu_r = \mu / \mu_0 \quad \text{或} \quad \mu = \mu_r \mu_0$$

可见，相对导磁率 μ_r 是一个没有单位的比例常数。它表明在其它条件相同的情况下，媒介质中的磁感应强度是真空中多少倍。用相对导磁率 μ_r 来表示物质对磁场的性质，比用导磁率 μ 要方便得多，因为只要从 μ_r 的具体数字的大小，就可直接看出媒介质导磁性能的好坏。

我们把 $\mu_r < 1$ ，即导磁率比真空中导磁率小的物质叫“反磁性物质”。把 $\mu_r > 1$ ，即导磁率比真空中导磁率大的物质叫“顺磁性物质”。而把 $\mu_r \gg 1$ 的物质叫“铁磁性物质”，如铁、钴、镍及某些合金都属于铁磁性物质。铁磁性物质的 μ_r 往往是 μ_0 的几千倍，甚至几万倍以上，且 μ_r 不是一个常数。录音机中的磁头铁芯和磁带上的磁粉都属于铁磁材料。

2 磁场强度

磁场中各点磁感应强度的大小不仅与电流的大小及导体的形状有关，而且还与媒质的性质有关，这样在计算磁场时就比较复杂。为了使磁场的计算简化，常引入一个辅助量——磁场强度。在均匀的媒介质中，磁场强度的数值只与电流的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 与媒介质导磁率 μ 的比值，叫做该点的“磁场强度”。磁场强度通常用 H 来表示。即

$$H = B / \mu$$

根据上式，当 B 的单位用特斯拉， μ 的单位用亨/米时，磁场强度 H 的单位为安/米。磁场强度 H 的另一单位叫“奥斯特”，它与安/米的换算关系是

$$1 \text{ 奥斯特} = \frac{10^3 \text{ 安}}{4\pi \text{ 米}}$$

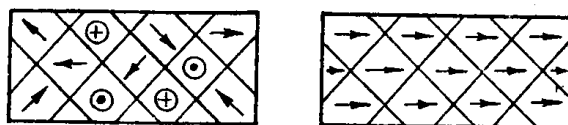
同样的导线，通过同样的电流，在同一相对位置的某一点来说，如果媒介不同，就有不同的磁感应强度，但有相同的磁场强度。

磁场强度H也是一个向量，它的大小和方向常用磁力线来表示(在真空中，磁力线的方向和数量与磁感应线相同)。在均匀媒介中，它的方向和磁感应强度的方向是一致的。

四 铁磁材料的磁化与磁化曲线

1 铁磁材料的磁化

如把铁磁材料置于磁场中，将发现其磁感应强度大大增加，这种现象我们称为该物体能够被磁化。凡是铁磁材料都是能够被磁化的。这是因为在铁磁材料中，具有许多天然的微小磁化区域(体积为 10^{-8} — 10^{-9} 厘米³，其中含有约 10^{12} — 10^{15} 个原子)，称为“磁畴”。在这些区域内，各个分子电流(由物质原子内的电子绕原子核旋转及电子本身的自旋而形成的)的磁场方向是一致的，因而其合成磁场不为零。也就是说，每一个磁畴都具有一定的磁性。当外磁场不存在时，在一块铁磁材料中，由于各个磁畴的方向不一致(如图2—7a所示)，所以，未被磁化的铁磁材料对外不显磁性。



(a) 无外磁场

(b) 有外磁场

图2-7 磁畴取向示意图

在外磁场的作用下，各个磁畴的方向将发生变化，即逐步转

向于和外磁场的方向一致。当外加磁场逐步增强时，则转向于和外加磁场方向一致的磁畴数目也就增多，从而产生了附加磁场。由于此附加磁场的方向与外加磁场一致，所以总的磁场增强了。最后当外加磁场相当强时，可以使铁磁材料中所有磁畴的方向，都转变为与外加磁场的方向一致，如图2—7(b)所示。此时总的磁场(指外加磁场与附加磁场之和)将达到很大的数值。对于一般铁磁材料来说，此值可比外加磁场强数十倍，甚至数千倍以上。

至于非铁磁性材料，由于它们没有磁畴结构，因而在外加磁场的作用下，它们的附加磁场很不显著，所以在一般情况下，可以认为它们的磁感应强度值不受磁化的影响，其值几乎与真空中相同。

2 磁化曲线

磁化曲线是用图形来表示某种铁磁材料在磁化过程中B与H之间关系的一种曲线，又叫“B—H曲线”。这种曲线可以通过实验的方法测得，图2—8就是测得的某铁磁材料的磁化曲线。

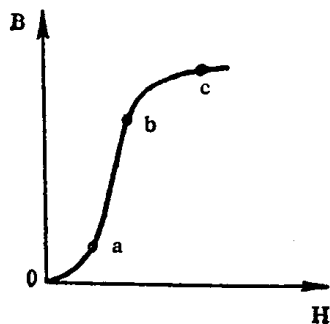


图2-8 磁化曲线

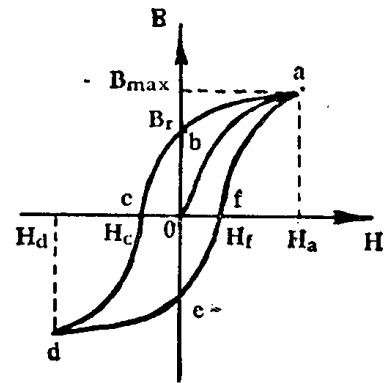
从图可知，B与H之间存在着非线性关系。当H由0逐渐增大时，B也逐渐增加，但

上升较慢(0a段)。这是由于磁畴的惯性作用,当H较小时,磁畴尚不能迅速转向外加磁场的方向,所以B的上升速度缓慢,但这段区间不长,曲线较短。当H继续增大时,B急剧增加,几乎成直线上升(ab段),这是由于磁畴在外加磁场的作用下迅速沿外磁场的方向排列,因而B的增加很快。当H进一步增大时,B的增加又变得很缓慢,这是因为此时大部分磁畴已转到外磁场的方向,所以B的增加比较慢。到达C点以后,磁畴几乎全部转到外加磁场的方向了,因此,H值即使再增加,B却几乎不再增加,即达到了饱和值。不同的铁磁材料,有着不同的磁化曲线,其B的饱和值也不相同,但同一种材料,其B的饱和值则是一定的。

五 铁磁材料的磁滞现象

1 磁滞回线

上面讨论了铁磁物质的磁化过程,当磁场强度H从0逐渐增大时,B值将随H的增加而沿0a曲线上升,最后到达饱和点a,当B到达饱和点a后,逐渐减小H的数值,这时B值并不沿a0下降,而是沿着另一段新的曲线ab下降,如图2—9所示。当H减小到零时,B并不为零而仍保持着一定的数值(即0b),这个数值叫“剩磁感应强度”,简称“剩磁”,常用 B_r 表示。



2-9 磁滞回线

若要使剩磁消去,必须加上反方向的H,当H反向增加到 H_c 时,B将沿bc曲线下降至零,使B降至零时所需的反向H值(即 H_c)叫做“矫顽力”。材料的矫顽力越大,其磁性越不易消失。材料不同,其矫顽力也就不同。

当反向的H继续增加至 H_d 时,B改变方向,并沿cd曲线磁化至反向饱和点d。然后又将反方向的H逐渐减小到零,B将沿de曲线到达e点。当第二次将H从零正向增加到 H_f 时,B将沿曲线efa增加至饱和点a,这样就形成一闭合的“B—H”曲线,如图2—9中的abcdefa所示。

从图中可以看出,铁磁材料在反复磁化的过程中,磁感应强度B的变化始终落后于磁场强度H的变化。例如H到达零时,B还没有到零,当H开始反向增大时,B还没有反向。这种现象叫做“磁滞”,这条闭合曲线(abcdefa)就叫做“磁滞回线”。不同的铁磁材料,其磁滞回线的形状也各不相同。

磁滞形成的原因可以用“磁畴”概念来加以解释:当外加磁场(H)消失后,材料内部的磁畴力图回转恢复到原有方向,但是由于磁畴的惯性和摩擦阻力的存在,结果总会使一部分磁畴无法恢复到原有的方向,在被磁化过的材料中留下剩磁。各种铁磁材料被磁化后均具有不同程度的剩磁(B_r),因此,为消除剩磁所需的矫顽力 H_c 也就各不相同。

在反复磁化过程中,外界能源必须付出一定的能量去克服材料的磁滞作用,这部分