

磁记录原理与应用

刘景铭 编著



中国农业机械出版社

磁记录原理与应用

刘景铭 编著

中国农业机械出版社

内 容 简 介

本书在系统叙述磁记录原理的基础上,详细介绍了磁头、磁带、运带系统、电子线路、电机伺服系统等的结构、性能特点、性能测试方法以及正确选择与使用磁记录装置的知识,并通过实例说明磁记录装置的实际应用。书中还介绍了利用普通磁带录音机改装磁带记录仪的方法。

本书可供各部门从事测试工作和电子计算机应用的人员参考。

磁记录原理与应用

刘景铭 编著

*

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

房山县南召印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

*

787×1092毫米 32开本10 12/16印张插页1 232 千字

1983年11月北京第一版 1983年11月北京第一次印刷

印数: 0,001—7000 定价: 1.15 元

统一书号: 15216·167

前 言

近几十年来，随着磁记录技术的发展，大大促进了测试技术及其它科学技术的发展，丰富了人类生活的内容。当今，磁记录的方式愈来愈多，已从录音发展到录象；存贮方式也从磁带、磁盘发展到磁泡。磁记录已在生产、科研、交通运输、航天航海、生理医学、文化教育以及国防军工等部门得到了广泛的应用。

为了适应我国测试技术发展的需要，并在一定程度上推广、普及磁记录这门新技术，笔者根据从事磁记录技术近二十年的工作心得，编写了本书，力求详细地阐述磁带记录仪的原理和使用知识。

笔者在撰写本书过程中，曾将书中全部内容分别在上海科学会堂、吉林工业大学和西安交通大学进行讲学，并得到了孙廷琮、杜明楚、刘景棋等同志的热情支持，上海交通大学洪水琮同志在百忙之中审阅了本书，特此表示谢意。

由于笔者水平有限，书中不妥之处，切望读者指正。

刘景铭

1982年3月

目 录

第一章 磁记录基础	1
第一节 什么是磁	1
第二节 磁学的基本概念	2
一、磁场及有关的物理量	3
二、电流与磁场	4
三、磁路的欧姆定律	5
四、电磁感应	6
五、磁滞回线	8
六、剩磁感应曲线	10
七、软磁性材料与硬磁性材料	11
第三节 磁记录原理	14
一、记录原理	14
二、磁记录的物理过程	16
三、磁记录原理的简化定量关系	21
四、重放原理	22
五、重放原理简化的定量关系	26
六、偏磁记录	27
七、消磁原理	29
第四节 频率损耗	23
一、录放过程中的高频损耗	33
二、重放间隔损耗	38
三、重放过程的低频损耗——轮廓效应	41
四、带磁通	44
五、磁带记录的噪音	45
六、复印效应	48

第五节 磁记录技术的发展	49
第六节 磁记录方式	53
一、直接记录方式	54
二、调频记录方式	55
三、多路调频记录方式	57
四、脉宽调制记录方式	59
第七节 磁带记录仪主要技术指标	62
一、频率特性	62
二、磁带速度	62
三、磁道数	62
四、带速精度	63
五、倍噪比	63
六、动态范围	63
七、抖动	64
八、失真率	64
九、直流漂移	64
十、道间串音	64
十一、扭斜	65
第八节 各种磁记录设备分类	65
一、利用磁带进行记录的设备	65
二、不用磁带记录的磁记录设备	66
第二章 磁头	67
第一节 磁头的种类和工作原理	67
一、记录磁头	67
二、重放磁头	69
三、消磁头	70
四、测速磁头	71
第二节 磁头的结构和技术性能	72
一、外壳	73

VI

二、芯片	74
三、线圈绕组	76
四、屏蔽片	77
五、磁头的前缝隙和后缝隙	78
第三节 磁头的频率响应	80
一、频率损失的原因	81
二、记录去磁损失	81
三、自然去磁损失	82
四、工作间隙宽度损失	83
第四节 磁头的互换性	84
第五节 磁头材料的选用	85
第六节 记录磁头、重放磁头和消磁头分析	87
一、记录磁头	87
二、重放磁头	90
三、消磁头	94
第七节 磁头的使用	95
第三章 磁带	98
第一节 磁带的构造	99
一、带基	99
二、磁层	101
三、粘结剂	102
第二节 磁带的制造过程	103
一、生产过程	104
二、磁带的分类	109
三、磁性体特性	109
第三节 磁带的品种与规格	111
第四节 磁带的技术性能	113
一、外形尺寸	113
二、磁性能	113

三、电气性能	113
四、DS型磁带技术性能指标	113
五、计测磁带技术性能指标	115
第五节 带盘	121
一、对带盘的要求	121
二、带盘的规格	122
第六节 磁带的保管和存放	122
第七节 磁带寿命	124
第四章 磁记录仪运带系统	126
第一节 运带系统的选择	127
第二节 运带系统的技术要求	128
第三节 运带机构的种类与形式	129
一、分类	129
二、磁带的运行机构	131
第四节 带盘和收、供带系统	142
一、带盘座和带盘座轴	142
二、供带盘机构	143
三、倒带机构	146
四、收带机构	147
五、制动的条件	148
第五章 磁带记录仪电路系统	150
第一节 直接记录方式电路	150
一、工作原理	150
二、主要技术性能	151
三、直接记录方式的特点	152
四、直接记录电路分析	153
五、补偿	157
六、振荡电路	164
七、磁头间的屏蔽线	166

第二节 脉冲频率调制方式电路	168
一、工作原理	168
二、主要技术性能	169
三、调频记录方式的特点	170
四、调频记录方式电路分析	170
五、调频记录方式电路实例	174
第三节 数字记录	193
一、常用的几种记录方法	196
二、记录方式的评定指标	199
第六章 磁记录仪电机伺服系统	201
第一节 电机、测速信号及伺服系统	201
一、主导电机伺服系统	202
二、莫尔条纹光栅测速	203
三、齿轮测速信号	203
四、收供带电机伺服系统	203
第二节 磁记录用电机	204
第三节 速度传感——光栅测速原理与方法	206
一、光栅测速工作原理	208
二、速度传感方式	211
第四节 伺服电路	211
一、鉴相器	211
二、比较电路	214
第五节 电机伺服电路实例	216
一、四通道磁带记录仪电机伺服电路	216
二、十八通道磁带记录仪稳速系统电路	222
三、五通道磁带记录仪主导电机伺服电路	224
第七章 磁带记录仪技术性能和测试方法	226
第一节 磁带记录仪的噪音	229
一、背景噪音	226

二、频率调制噪音	227
三、复印效应	228
四、串音	230
第二节 磁带记录仪的失真	231
一、谐波失真	231
二、互调失真及测量	232
第三节 磁带记录仪的抖动	234
一、抖动的几个基本概念	234
二、产生抖动的原因	236
第四节 磁带记录仪性能测试	239
一、整机性能测试要求	239
二、测试设备	239
三、测试前准备	239
四、测试项目和测试方法	240
第五节 磁头性能与测试	247
一、磁带记录仪的磁头性能与测试方法	248
二、数字磁带机磁头性能与测试方法	250
第八章 磁带记录仪的应用	253
第一节 信号记录、重放的特殊应用	255
一、信号的分离记录	255
二、反复记录、重放时的噪音	258
第二节 磁带记录仪的应用	260
一、信号的记录	260
二、时间轴的变换	261
三、突发现象的记录	262
四、数据的反复重现	263
五、多路记录	265
第三节 磁带记录仪应用实例	265
一、磨床砂轮的耐用度分析研究	265

X

二、在医学中的应用	268
三、加速度、速度、位移的测试	269
四、磁带记录仪在动态测量中的应用	269
第四节 磁带录音机改制磁带调频记录仪	275
一、电路说明	276
二、主要技术性能	280
三、系统统调	281
第九章 磁带记录仪的选择与使用	282
第一节 测试用磁带记录仪的要求	282
一、动态范围宽和平直的频率响应特性	282
二、线性高度一致性和输出幅值的相位响应	282
三、通道数	285
四、其他要求	285
第二节 测试前的准备	285
一、磁带的选择	285
二、对测量放大器的要求	287
三、校准	288
第三节 噪声和振动的测试记录	292
一、检查	292
二、滤波器的应用	293
三、调整	294
四、记录	294
五、重新录入校准信号	295
六、触发信号	295
七、接地	295
第四节 测试数据的重放和分析	296
一、频率分析器的选择	296
二、重放分析记录数据的读数	299
三、重放分析时频率分析器的频率扫描速度和平均时间	303

四、实时分析·····	304
第五节 磁带记录仪使用注意细则·····	304
一、电源的选用·····	304
二、输入信号的连接和调整·····	305
三、校准信号的记录·····	309
四、输出的连接·····	309
五、记录过程中的问题·····	310
六、重放过程中的问题·····	311
七、稀有实验数据的记录·····	312
八、多信号同时记录·····	312
第六节 磁带的剪接和接口噪音的处理 ·····	313
一、磁带的剪接·····	313
二、磁带接口噪音的处理·····	315
三、磁带的贮存和注意事项·····	317
第七节 磁带记录仪的维护保养 ·····	318
第八节 磁带记录仪代表性产品 ·····	325
参考文献 ·····	331

第一章 磁记录基础

第一节 什么是磁

磁这种物质对人们来说并不陌生，人们通过指南针、扬声器和磁铁都能或多或少的认识它。人类生活的地球本身就是一个大磁体，它的南北两极呈现了地磁场的存在，如图1-1所示，人们每日每时就生活在这个磁场之中。

早在远古时期人类就发现了磁；公元前二世纪，我们的祖先最早发现了矿石吸铁现象，并称这种矿石为“磁石”。我国古代劳动人民又利用磁铁与地磁场互吸的原理首先发明了“罗盘针”（指南针）。

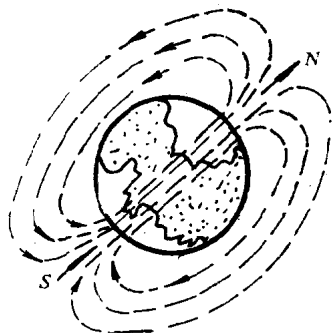


图 1-1 地磁场

磁究竟是什么？这个问题随着科学技术的不断发展，特别在发现电之后，才获得科学的解释。公元1819年丹麦学者奥斯特发现了电流对磁针会产生作用力的现象。1831年英国科学家法拉第发现的电磁感应现象是电磁学理论的基础。

在过去的年代里，磁曾被认为是神秘莫测之物。后来人们经过实践，不但发现载流导体对磁针有作用力，而且载流导体之间也会产生相互作用力。于是有人据此提出在磁铁内部存在着分子电流（环电流）的著名假说，即认为磁场的唯

一来源就是电流。这一假说一直袭用至今。因此，从广义的角度出发，可以认为，磁就是带有电荷的运动粒子之间的某种相互作用的“物质”，这种“物质”是看不见、摸不着的，但可以通过实验的方法，或使用仪器探测来测知它的存在。关于磁的概念还有待于进一步探索和深入研究，使它的定义更加符合客观存在。

第二节 磁学的基本概念

按照磁学的理论，凡是磁性体都可以假定是由许多非常细小的磁畴所构成的。磁畴的体积很小，较大的磁畴只有 $10^{-7} \sim 10^{-9}$ 厘米，每一个磁畴包含有 $10^{12} \sim 10^{15}$ 个分子，本身有南极和北极，相当于一块小小的永久磁铁。磁性体在未经磁化的情况下，这些磁畴的排列是杂乱无章的，这时，彼此的磁性互相抵消，就整体来说，对外并不显示磁性。这种情况可以用图1-2a表示。如果我们使磁性体外面的线圈通上电流，磁性体由于处在磁场内，磁畴受到磁化力的影响。就产生一种趋向于统一排列的趋势，成为图1-2b的样子。如外部磁化力不够强，磁畴排列的方向还未能完全一致，彼此互相抵消磁力的现象未能完全消除，磁性体对外所显示的

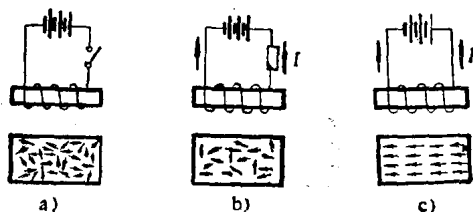


图 1-2 磁畴原理

a) 电流为零 b) 小电流 c) 大电流

磁性还不能达到最大值。如果使磁性体磁化强度一再增加，磁畴的排列就越趋整齐，以致最后达到图1-2c所示的完全整齐的程度，这时磁性体的磁性达到最大值。此后，尽管再增加线圈的电流，磁性体也不会有更大的磁性。换句话说，磁性体在此时的磁力线已经达到饱和的程度。当外界的磁场消失，磁性体磁畴的排列仍保持整齐的状态，这就是永久磁体。

一、磁场及有关的物理量

1. 磁场、磁力线、磁通、磁感应强度

在棒形磁铁的附近，指南针会偏转，铁屑会按一定的方向排列，这些都是因为它们受到磁力作用的结果。一般地说，磁力作用的空 间 叫 磁 场。

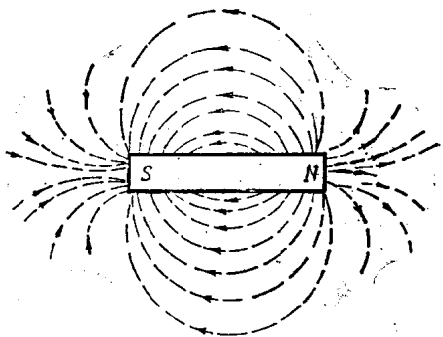


图 1-3 棒形磁铁的磁力线

磁场的情况可以用一种假想的磁力线来反映。棒形磁铁的磁力线如图1-3所示。

磁力线的方向与指南针N极所指的方向一致，通过磁场内某一截面积的磁力线总数叫磁通，用 Φ 表示，单位为麦克斯韦，简称麦。

通过与磁力线垂直方向的单位面积的磁力线数目叫磁力线的密度，也叫磁通密度或磁感应强度，用 B 表示，单位为高斯，简称高； $1 \text{ 高} = 1 \text{ 麦} / \text{厘米}^2$ 。

2. 磁化力（磁场强度）、导磁率

磁通、磁感应强度皆因介质而异。为了定义一个与介质无关的量，把真空中的磁感应叫做磁化力（或磁场强度），用 H 表示，单位为奥斯特，简称奥。而 B 与 H 的比值叫导磁率，用 μ 表示。

实验证明：空气的 $\mu = 1$ ；铁磁材料（铁、坡莫合金等）的 μ 可达几千或几万。

二、电流与磁场

1. 载流长直导体的磁场

载流长直导体的磁场如图1-4所示。

磁力线是许多以导体为中心的同心圆。磁力线的方向遵循右手法则：右手握拳，姆指伸直。如果姆指与电流方向一致，则其他手指与磁力线方向一致。

2. 载流螺线管的磁场

载流螺线管的磁场如图1-5所示，它与棒形磁铁的磁场非常相似。

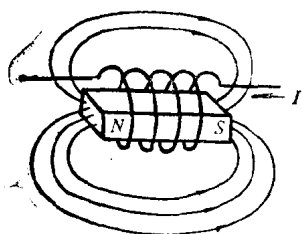


图 1-4 长直导体的磁场

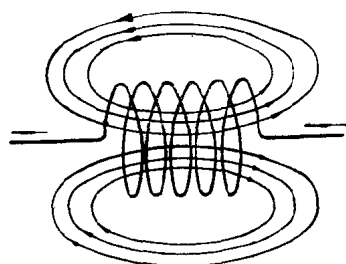


图 1-5 载流螺线管的磁场

3. 载流闭合螺线管的磁场

载流闭合螺线管的磁场如图1-6所示。如果线圈很密，磁场几乎全部集中在管内，且磁力线为同心圆。

三、磁路的欧姆定律

1. 磁路与电路的类比

磁路与电路的类比如图1-7所示。

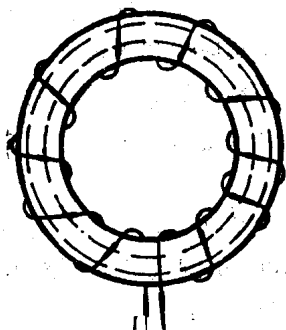


图 1-6 载流闭合螺线管的磁力线

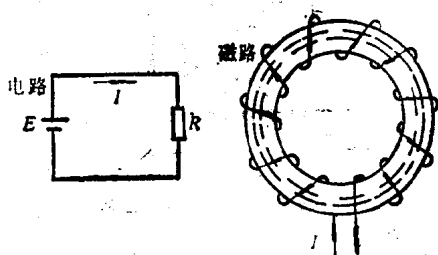


图 1-7 磁路与电路的对比

$$\text{电路: } I = \frac{E}{R}$$

E ——电动势(伏)

R ——电阻(欧)

I ——电流(安)

$$\text{而 } F_m = 0.4\pi NI$$

式中 N ——线圈圈数;

I ——电流(安);

l ——闭合螺线管平均长度(厘米);

μ ——导磁率;

S ——螺线管截面积(厘米²)。

$$\text{磁路: } \varphi = \frac{F_m}{R_m}$$

F_m ——磁动势(吉伯)

R_m ——磁阻(厘米⁻¹)

φ ——磁通(麦)

$$R_m = \frac{l}{\mu S}$$

如前所述,铁磁材料的导磁率比空气大得多,因此在 l 、 S 相仿情况下,铁芯的磁阻要比空气的磁阻小得多。这时,