

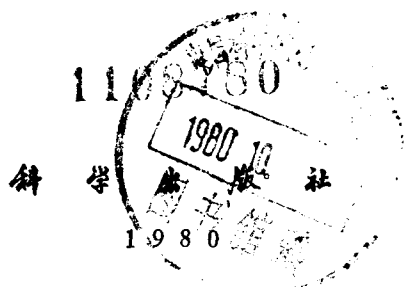
数字磁记录 与 磁盘

虞浦帆等编著

73.81
726

数字磁记录与磁盘

虞浦帆 等 编著



内 容 简 介

随着计算机的迅速发展,大容量数据文件的存贮已成为近代科技、工业和企业管理的重要技术。与此有关的是数字磁记录,它是在近代磁学、电子学、计算机科学和自动控制等专业的基础上发展起来的。

本书着重介绍数字磁记录原理及磁盘存贮器的有关专业知识。内容包括:数字磁记录原理、磁头设计、记录层材料、记录方式及读出方法,磁头定位系统和纠错编码等基础。

本书可供从事计算机磁盘工作方面的科技人员阅读,也可供有关大专院校的师生参考。

数 字 磁 记 录 与 磁 盘

虞浦帆 等 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年11月第一版 开本:787×1092 1/32

1980年11月第一次印刷 印张:4 1/2

印数:0001—5,400 字数:100,000

统一书号:15031·307

本社书号:1898·15—8

定价: 0.72 元

前 言

在电子计算机发展的巨大影响下，二十世纪后期已进入信息处理的新时代。信息处理需要大量的数据文件存贮。这种存贮容量大到几乎无止境，当前解决这个问题的主要途径是采用数字磁记录。

国际上数字磁记录技术发展很快，计算机系统的外存存贮的密度和早期相比，已有三个数量级的提高。我们应重视这门应用科学的成就及其对信息处理机(计算机)的作用。

数字磁记录的基础内容是数字磁记录的物理过程及有关的磁性材料物理。但是数字磁记录已形成一整套系统，包括：记录层、磁头及有关电子线路等。从事这方面工作的(例如磁盘)科技人员需要了解较广的知识。本书主要是为初步从事这类工程的电子及磁性材料的科技人员编写的，也可作为有关大专院校的师生参考阅读。精密机械虽然与磁记录技术有关，但不在本书范围之内。

本书内容大多取自国外书籍及期刊。由于编者水平有限，难免有不少谬误之处，尚望读者指正。

裘明儿同志编写了本书的第七章。中国科学院计算所曾茂潮同志曾对原稿提出有益的建议，特此表示感谢。

目 录

第一章 绪论	1
第二章 数字磁记录原理	6
§ 1 引言	6
§ 2 记录头产生的磁场	7
§ 3 记录(写入)过程	12
§ 4 互易定律	14
§ 5 正弦波记录的读出	17
§ 6 阶跃波记录的读出	20
§ 7 饱和磁记录层产生的磁场	22
§ 8 饱和磁记录的再生过程	26
§ 9 再生波的分析	32
§ 10 自洽磁化过程的迭代计算理论	34
§ 11 重叠原理与再生波的峰顶位移	36
第三章 磁头及设计	41
§ 1 磁头的结构	41
§ 2 磁头设计的一般考虑	46
§ 3 写头的前间隙 g 的计算	47
§ 4 写头的安匝数及其磁路	48
§ 5 前隙附近漏磁通的计算	49
§ 6 磁头的电感量 L	52
§ 7 磁头的读出效率	52
§ 8 磁头材料	56
§ 9 磁头与电路的共振频率	58
第四章 磁记录层材料	61
§ 1 磁记录层材料简述	61

§2	磁粉微粒的物理特性	62
§3	其它记录层材料的磁特性	64
§4	对磁胶涂层的物理要求	65
第五章	记录方式与读出方法	66
§1	数字磁记录系统	66
§2	记录方式	67
§3	写入方法	76
§4	读出信息的检测	78
§5	磁记录通道的电路补偿问题	87
第六章	磁头的定位控制系统	90
§1	音圈电机	90
§2	定位的检测方法	93
§3	定位系统的速度控制	96
§4	伺服系统	99
§5	定位系统的动态分析	101
第七章	数字磁记录的检错和纠错	106
§1	编码问题的数学概念	107
§2	几种编码	111
附录 I	关于磁化过渡区产生磁场的计算	122
附录 II	锁相环路简述	126

第一章 绪 论

(一)

磁有许多重要的应用，我们的祖先是发现磁铁和发明罗盘的。罗盘的发明远在东汉时代，即在公元一世纪之间。它对人类的文明有重大的贡献。正如毛主席指出：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”

磁记录是磁应用的一个重要领域，它在二十世纪初才开始发展。早期发展的磁记录是磁录音。磁录音机的原始雏型出现于1900年巴黎的一个展览会上。当时没有电子扩音，只能用耳机听，记录介质是钢丝。这种磁录音机还不及当时其它录音设备优越，所以未引起人们较大的兴趣。磁录音机在三十年代才有重大的改进，出现了将记录层涂在带上的磁录音带。同时，电子扩音技术为磁录音提供了更好的条件。在第二次世界大战后，磁录音技术更广泛和深入地发展了。它的随时可抹去和重录的优越性是其它录音设备所不及的。除录音的应用外，还用于科学、工业及军事的记录仪上。磁带及磁记录设备的生产开始在工业中占越来越重要的地位。

四十年代中期出现了数字电子计算机。不久，在四十年代后期，就有人将磁带用来记录数字。这是数字磁记录应用的开端。磁带作为数字信息的存贮，具有容量大和价格低的

优点。随着计算机的发展,要求信息存贮容量不断的提高,数字磁记录开始迅速地成为一门重要的专业。特别是由于在五十年代后,数据处理机的应用越加广泛,数据处理需要大量的文件存贮,而磁带就是一种较理想的文件存贮介质。磁带的优点是:它可以从计算机上卸下,存放在磁带库中,需用时再从库中取出,输入至计算机中。这样,磁带的存贮容量就可以无限地扩充,这就叫做脱机存贮。总之,数字计算机的运行速度愈高,能力愈强,它要求的存贮容量也愈大,它处理的数据也愈多。因而,数字磁带的需要用量也不断增加。

磁带存贮器的主要缺点是串行读数,而计算机所需的一组数(或某一文件)往往不是按磁带原来记录的顺序读取的,而是随机的。因而,找一组数就要化费较长的卷带时间。为解决这个问题就出现了另一种形式的磁记录存贮器,那就是磁鼓。磁鼓是不断旋转着的鼓形圆柱体。记录层就涂在鼓面上。磁头靠近鼓面装着。由于记录面连续不断地旋转,存取任意一组数要比磁带快得多。但早期磁鼓的容量总是较小,仅解决了快速取数的问题,容量还不能满足需要。

在五十年代中期,出现了用空气薄膜润滑的浮动磁头,这种磁头能以极近的距离贴近高速旋转的记录面。我们知道,早期磁鼓的磁头是安装在固定架上的。头与鼓面的距离不能太近,这是由于磁鼓旋转时有一定的偏摆。如果头与鼓面的距离小于摆动幅度,则势必造成磁头与鼓面相碰撞。借气膜浮动的磁头不会出现这个问题,记录面的上下摆动使磁头也跟随着偏摆。浮动头的出现使记录密度大大提高,并促使了近代磁盘的诞生。磁盘犹如唱片一样的薄薄圆盘,记录层涂在盘面上,盘旋转时磁头浮在面上。磁盘可以由许多同轴的盘片组装在一起使用,因而它的记录面积比磁鼓大得多。高密度和庞大的记录面使新生的磁盘具有许多方面的优越性,

所以又称为直接取数的海量存贮器。

早期的磁盘虽有上述大容量及快速取数的优点，但与磁带相比尚有不及之处。磁带可以脱卸存库，可以由使用人携带。所以在六十年代初期磁盘才有了新的发展，出现了可脱卸的互换盘片的磁盘。至今，磁盘已发展成为数字磁记录中最受欢迎的一种大容量直接取数的存贮设备。近代计算机的操作系统不断发展，其本身庞大的存贮单元必须依赖磁盘才能解决。小型计算机借磁盘的作用大为增强了它工作的能力。大中型机，特别是用于数据处理，更是需要磁盘作为海量存贮。

(二)

磁记录的最基础原理是将电流(代表信息)转换为磁记录层上的剩磁。读出为上述的逆过程，即由剩磁转换为电流。电流首先须转换为一定强度且较集中的磁场，这种换能器就是

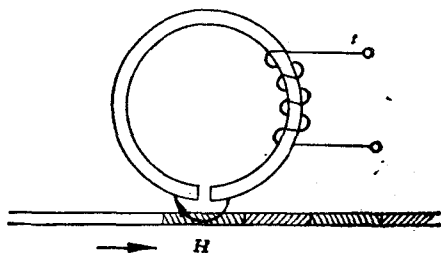


图 1.1 环形磁头和记录层

磁头。磁头的一般结构原理如图 1.1 所示，它是一种环形的结构，但不是封闭的磁环，而是具有缝隙的开口环。环上绕有线圈，磁头材料由软磁制成。当线圈上通上电流后，缝隙处便产生漏磁场 H 。缝隙下面便是记录层(一种硬磁材料)，在漏磁场 H 的作用下使它产生剩磁 M_r 。读出过程与此相反：记

录层(磁载体)在移动时使剩磁所产生的磁力线 ϕ 通过磁头线圈,如所周知,由于磁力线的变化: $\frac{d\phi}{dt}$,使线圈产生电动势 e 。

磁录音要求记录的剩磁强度按记录电流的强弱线性地变化。录音必须采用调制的方法。数字磁记录与录音不同,它不要求线性,它只须记录代表数字信息的编码,普通的就是用二进制码。记录层只需记录两个不同的磁化状态。一个最稳妥的方法是将记录层驱动至两个不同方向的磁饱和区。这叫作饱和式磁记录。数字磁记录也就是这种形式的记录。

看来,似乎数字磁记录的原理较简单,它只须记录两个不同的信息,是“1”或是“0”,是正向磁化或反相磁化。它毋需像录音那样考虑线性的变化。但是,录音可以丢失一个信号而无关紧要,数字记录的每位信息都有重大的作用,在原则上是不允许丢失一个位的。因而,数字记录对有关的设备、元件、材料、线路和工艺均提出很高的要求。例如:数字磁带的漏码率要求小于 10^{-6} ,这就比录音带高得多。数字记录头在加工精度上要求也很高,否则也会影响信号的丢失。此外,为达到高可靠性和高密度,机械传动系统、电子放大系统、电子控制系统均有严峻的要求条件。

下节将简要地介绍数字磁记录(重点介绍磁盘系统)需涉及的有关理论和技术问题。

(三)

数字磁记录要求可靠地存贮每位信息,并要求存贮密度高,存取信息尽可能的快速,记录介质能在各种同类型设备中达到互换。为达到这些目的,就需要研究和了解下述有关的理论和技术问题。

首先要研究和了解数字磁记录的基础理论,分析记录和

读出过程的机理,研究从通入磁头的电流到记录在介质的剩磁,再从剩磁转换为磁头线圈的电动势 ϵ 等各种物理参量的相互关系。磁记录是一种复杂的过程,涉及的各种有关物理参量较多。

根据数字磁记录原理,考虑并提出合适的磁头设计和对记录层的磁性要求,以及其它物理性能要求等等,从而使磁头、磁记录层的性能不断提高。

为提高磁记录的可靠性和密度,记录调制方法和纠错编码也是很重要的。这一方面的技术和研究工作往往借用近代数字通信的成就。

在高密度的记录中,出现记录脉冲重叠现象,造成读出信号减弱,相移增加。研究并改进读出和鉴别电路的技术,利用滤波网络补偿方法以改善读出波形,这些也是不可忽视的。

在近代磁盘系统中,为达到快速取数和使磁头能精确停在磁道中心,采用了音圈电机及一个闭环的定位伺服系统。虽然这是属于自动控制的专业范畴,但由于它的重要性,本书将予以简要的介绍。

一个完整的磁盘系统要涉及许多学科,有的部分虽很重要,例如气膜润滑理论,由于它的专业性很强,可由读者根据需要参考专业文献。本书所有的内容亦只是电磁部分有关专业的入门介绍。

第二章 数字磁记录原理

§1 引言

磁记录的发展已有半个多世纪的历史，但较迅速的进展还是在第二次世界大战期间和以后的阶段。至今，录音、录像以及数字磁记录均已得到了广泛的应用。数字磁记录是在录音技术的基础上发展起来的，它仅有二十余年的历史。不过，二十余年已取得了许多重要的成就。例如记录位密度，近来国际上已达到比早期几乎两个数量级的增加。这与理论的研究、新材料、新工艺的探索是分不开的。

对磁记录和读出过程的分析是以经典的电磁理论(以静磁场)为基础的。早期的磁记录理论是以正弦波的非饱和式记录为主要对象，对记录和读出过程有关的物理参量作了详细的分析，导出重要的频率衰减及间隙损耗等关系式。对读出过程用互易原理作了良好的解释。互易原理用于数字磁记录也取得了初步满意的结果。但随着技术不断地发展，人们已不能满足原先的分析方法了。例如，在饱和式数字记录中，记录层中两个相邻的磁化区中间有个过渡区。研究这个过渡区对读出过程的影响可采用镜像法推导出详细的关系式。得出的计算结果特别与薄磁层记录的实验结果吻合较好。对饱和式记录中两个磁化区的中间过渡区的研究使人们对数字磁记录的过程有深入一步的了解，从而对磁层的改进和记录密度的提高起了一定作用。

上述的分析方法是一种静态的分析，没有包括记录层介质在磁化过程中的动态变化。它对某些新发现的现象不能满

意的解释,所以后来又有人提出动态的分析方法,它更细致地描述记录层在磁化过程中根据介质材料的滞回曲线与自去磁的影响反复变化的过程。但这种方法不能以简单的函数表达,它须用计算机以迭代的方法进行反复运算。

静态的分析方法虽存在缺点,但它能以函数式表达各物理参量的关系,在概念上较易理解,因而是很重要的基础。

§2 记录头产生的磁场

一个简单的环状磁头的结构已如前述。记录过程主要是通过磁头前间隙所产生的漏磁通将记录面磁化至饱和点。因而,首先我们将研究磁头前间隙所产生的磁场。参照图 2.1。为简化起见,我们可假定磁头的导磁体具有无穷大的导磁率 ($\mu = \infty$)。头的前间隙宽度为 g ,头间隙深处场强为 H_g 。假定在间隙附近某一位置 (x, y) 的场强为 H ,漏磁通通过这一位置从磁头一极到对面的极,其通过长度为 l_a ,我们根据场的环积分关系式:

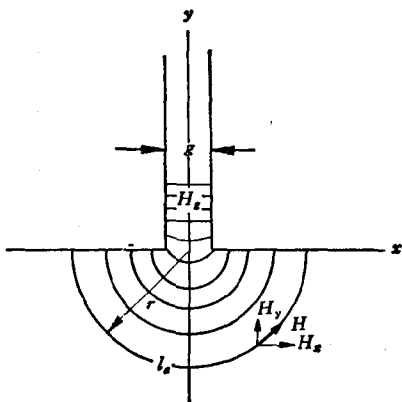


图 2.1 磁头前隙的磁场

$$\oint H dl = 4\pi I \quad (2.1)$$

上式中 I 为磁场环路中所包含的电流。由于已假定磁头的导磁体的 $\mu = \infty$, 所以 $H \cdot dl$ 积只需考虑在气隙部分。

$$H_g \cdot g = H \cdot l_a \quad (2.2)$$

如果 x, y 的位置离磁头不太近, l_a 近似为一半圆, 其半径为 r , 所以 $l_a = r \cdot \pi$, 式 (2.2) 可以写成:

$$H = \frac{H_g \cdot g}{\pi \sqrt{x^2 + y^2}} \quad (2.3)$$

上式为近似关系式。较精确的计算公式可由 Karlquist^[4] 公式求得:

$$H_x(x, y) = \frac{H_g}{\pi} \left(\tan^{-1} \frac{\frac{g}{2} + x}{y} + \tan^{-1} \frac{\frac{g}{2} - x}{y} \right) \quad (2.4)$$

$$H_y(x, y) = -\frac{H_g}{2\pi} \ln \frac{\left(x + \frac{g}{2}\right)^2 + y^2}{\left(x - \frac{g}{2}\right)^2 + y^2} \quad (2.5)$$

式中 H_x 为场的 x 向分量, H_y 为 y 向分量, 在间隙正中部位即 $x = 0$, 这时 H_x 分量为最大:

$$H_x(0, y) = \frac{2 H_g}{\pi} \tan^{-1} \frac{g}{2y} \quad (2.6)$$

在离磁头较远时, $2y \gg g$,

$$H_x \cong \frac{H_g \cdot g}{\pi \cdot y} \quad (2.7)$$

此式与式 (2.3) 是一致的。

图 2.2 至图 2.3 表示磁头气隙附近场的分布。 H_x 在磁记录过程中起主导作用。请注意, 由于 y 值的不同, H_x 曲线的梯度大不相同。离磁头越近, H_x 的梯度愈陡。

以下我们将计算记录头在产生上述磁场时所需的安匝数。我们第一步仍回到原先假定的一个理想的环状磁头, 它的导磁体 $\mu = \infty$, 没有其它损耗, 只有在前间隙。因而, 所

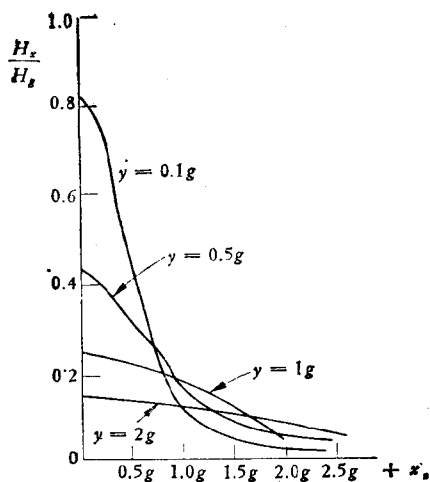


图 2.2 磁头间隙的 x 分量场

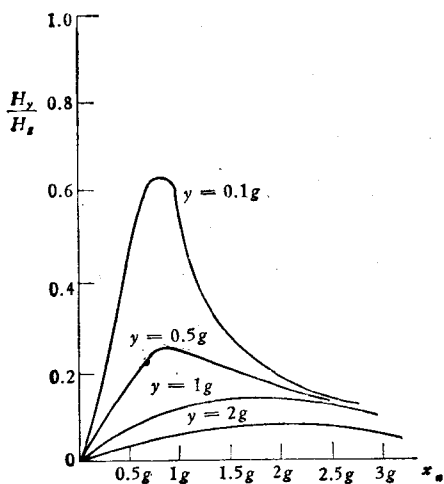


图 2.3 磁头间隙的 y 分量场

1108780

需的安匝数可由下式表示:

$$H_g \cdot g = 0.4 \pi NI \quad (2.8)$$

实际的磁头结构具有后间隙,有磁阻,有漏磁通等等. 我们需要作进一步的具体分析. 一个典型的环形磁头的磁路如图 2.4 所示.

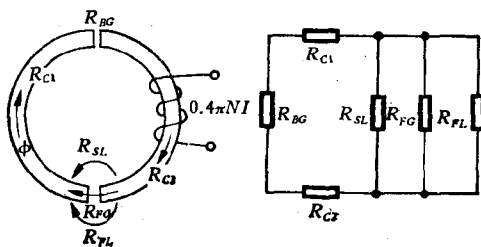


图 2.4 典型的环状头磁路

图中的 R_{BG} 为后间隙磁阻, R_{C1} 及 R_{C2} 为磁头导磁体磁阻, R_{FG} 为前间隙磁阻, R_{SL} 为前间隙上半部漏磁通, R_{FL} 为前间隙下半部漏磁通, 此漏磁通即通过磁记录面的有用部分.

设通过磁头导磁体的总磁通量为 ϕ , 前间隙的总磁阻为 R_{FN} , 导磁体及后间隙的总磁阻为 R_{CT} ,

$$R_{CT} = R_{BG} + R_{C1} + R_{C2} \quad (2.9)$$

$$R_{FN} = R_{FG} R_{SL}' / (R_{FG} + R_{SL}') \quad (2.10)$$

$$R_{SL}' = R_{SL} R_{FL} / (R_{FL} + R_{SL}) \quad (2.11)$$

考虑上述参量, 磁头记录时所需的安匝数应由下式表示之:

$$0.4 \pi NI = H_g \cdot g + \phi \cdot R_{CT} \quad (2.12)$$

及
$$0.4 \pi NI = \phi (R_{CT} + R_{FN}) \quad (2.13)$$

从上述二式可以得出:

$$H_g \cdot g = 0.4 \pi N I \left(\frac{R_{FN}}{R_{CT} + R_{FN}} \right) \quad (2.14)$$

根据 Karlquist 公式计算 $H_x(0, y)$ 的值, 如前所述:

$$H_x(0, y) = \frac{2H_g}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{g}{2y} \quad (2.6)$$

为考虑记录层底部应在记录头的场强范围之内, 故 $y = \delta + d$, δ 为头与记录层表面距离, d 为记录层厚度。如图 (2.5)。

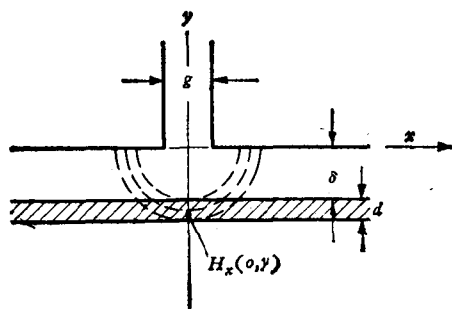


图 2.5 头及记录层间距

欲使记录层磁化到达饱和, $H_x(0, y)$ 值至少应等于记录层的矫顽力 H_c 值, 于是:

$$H_g = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot H_c}{\tan^{-1} \frac{g}{2y}} \quad (2.15)$$

代入式 (2.14) 可得:

$$0.4 \pi N I = \frac{\pi \cdot H_c \cdot g}{\tan^{-1} \frac{g}{2(d + \delta)}} \left(1 + \frac{R_{CT}}{R_{FN}} \right) \quad (2.16)$$