

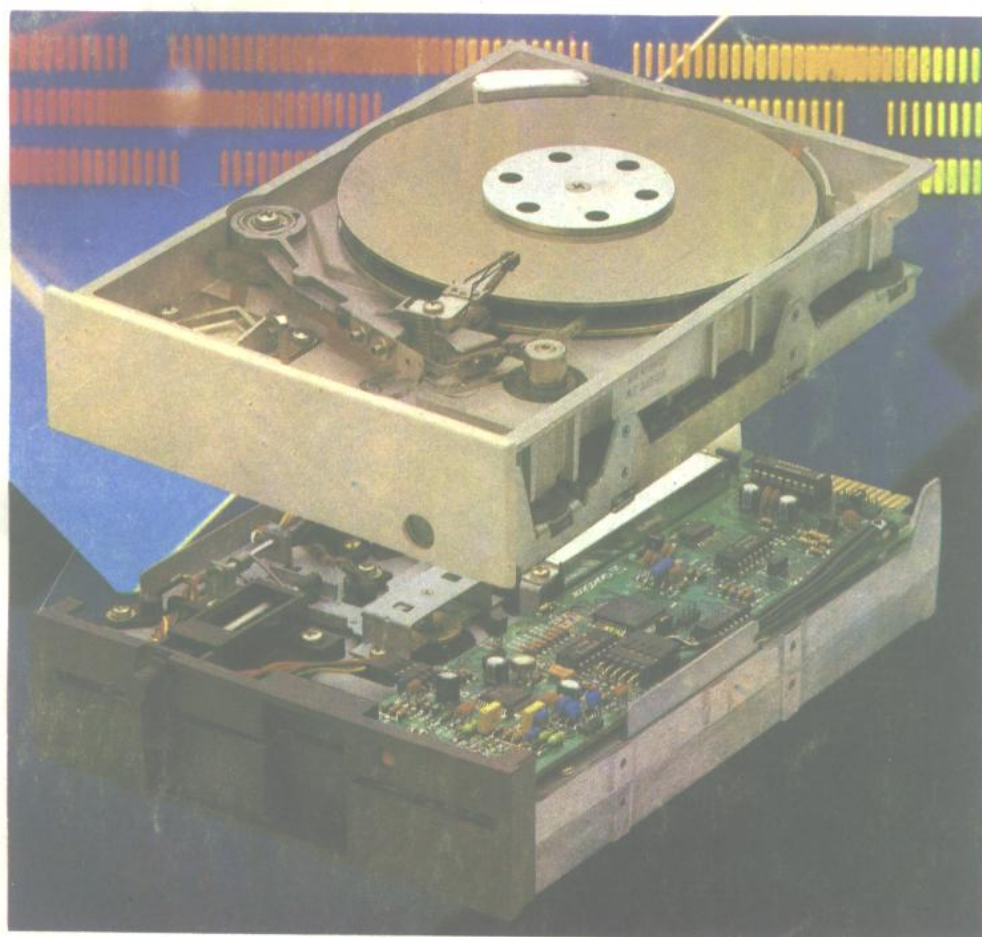
微型计算机
电路分析与维修
丛书
5.25英寸磁盘机

微型计算机电路分析与维修丛书

3

5.25英寸磁盘机

钱基广 主编



电子工业出版社

电子

364

TG/

社

TP364
QJG/1

微型计算机电路分析与维修丛书

5.25 英寸 磁 盘 机

钱基广 主编

电子工业出版社

内 容 简 介

5.25 英寸磁盘机是微型计算机最基本的外部设备,掌握其工作原理、结构特点以及日常使用维护和故障的分析处理,是广大用户十分关心的问题。

本书是为普及磁盘机的维护技术而编写的,共分十一章,1~3章是磁记录和磁盘机的基本知识;4~7章是软盘机的机械结构、电路原理及故障分析方法;8~12章介绍了硬盘机的机械结构、电路原理、使用及维修技术,并给出许多典型的故障分析实例。

全书内容充实,介绍了许多维修经验,故实践性较强,可作为广大级微型计算机用户及有关院校培训班的教材及参考书。

5.25英寸磁盘机

钱基广 主编

责任编辑:王惠民

JS40/17

电子工业出版社出版(北京海淀区万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷(淄博市周村)

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 21.75 字数: 515 千字

1989年4月第一版 1989年4月第一次印刷

印数: 1~17,000 册 定价: 6.80元

ISBN 7-5053-0494-1/TP·65

出版说明

在世界新技术革命中,计算机已成为一个崭新的、最活跃、最先进的核心技术之一,在信息社会中发挥着她的强大威力。为使我国计算机应用事业尽快地赶上世界先进水平,人才的培养是十分重要的。机电部计算机技术培训中心和中国计算机技术服务公司技术培训网担负着在全国范围内对计算机应用人才进行培养的重任。

为了能迅速、有效地提高计算机培训的质量,使技术培训向正规化、系列化、分层次方面发展;为在我国建立一支宏大的应用计算机的队伍,机电部计算机技术培训中心、中国计算机技术服务公司技术培训网和中国计算机学会技术培训学组共同组织培训网系统内培训中心、培训部门及部分高等院校、科研所、计算机生产厂等单位的计算机专家组成了全国计算机技术培训网教材编审委员会。教材编审委员会从国内外计算机技术发展和我国实际情况出发,会同北京地区六个出版社,经过有计划地选题、编写和审定大纲、指定主审和主编、在全网范围内已经编写教材八十余种。自一九八六年以来,编委会在事务处理、工业控制、微机局部网络、微机硬件分析和维修以及中华学习机等方面组织了一批丛书和系列教材,这些教材从一九八七年开始陆续与广大读者见面。

这些教材的主要对象是非计算机专业的广大科技人员和管理人员(在培训过程中将分成初、中、高各级技术人员分层次进行培训),也可以做为高等院校的教学参考书及大专院校学生和从事计算机应用人员的自学教材。

这些教材本着两个指导思想进行编写,即实用性强:让读者学完后能立即用上;跟踪新技术、新成果、新趋势快,让读者及时掌握最先进的技术服务于社会。在培训方面遵循三条宗旨,即面向全国、面向应用、面向用户,为读者用好计算机服务。

我们热忱地欢迎有更多各方面的计算机专家参加培训教材的编写工作,热忱欢迎广大读者进行批评和帮助,也热诚欢迎更多的出版社支持我们的工作。

全国计算机技术培训网教材编审委员会

1988年10月

编委会名单:

名誉主任:陈力为

主任:邵祖英

副主任:吴洪来 黄安南 张振宇

委员:(按姓氏笔划为序)

王秉湖	王春元	王路敬	刘国刚	刘洪斌
李大有	李潮义	李宁国	金锡智	张宇铭
何积功	钟圣雷	李珍	夏涛	郭小清

秘书:邓小敏

前 言

自1956年第一台IBM-350磁盘机问世三十二年以来,随着计算机技术不断进步和应用的日益普及,磁盘机作为计算机的主要外存储设备,技术发展很快,产品已换了四代,位密度约提高了三百倍,道密度约提高了九十倍,平均找道速度约提高了三十五倍,面密度几乎每隔两年翻一番。特别是为适应个人计算机和办公自动化的迅猛发展,需要扩大外存容量,相继出现了5.25英寸(小型)和2~4英寸(微型)软磁盘机和硬磁盘机(本书称软盘机和硬盘机),更有力地促进了磁盘机技术和其工业的蓬勃发展。

我国计算机的推广应用工作,自1983年后,由于微型计算机的大量使用,已进入了一个新的阶段。据有关部门的统计,目前全国已拥有各种微型计算机逾廿四万台。确保众多的微型计算机系统正常运行,是十分重要的大事,我国计算机产业部门应全力以赴,搞好售后技术服务工作。

在微型计算机系统中,外设相对主机而言,故障较多。而磁盘机又是外设中最易出故障的设备,且修理、排除故障的难度又较大。因此,了解学习和掌握正确使用与保养磁盘机的技术是确保系统运行正常必需具备的知识。有了对小型磁盘机工作原理的了解和具备必要的测量、调整以及故障排除的技术,才能在磁盘机一旦出现故障,能及时修复。为此,全国计算机技术培训网教材编审委员会组织了本书的编写。

磁盘机可分硬盘机和软盘机两大类。硬盘机又可分盒式硬盘机,可换盘组硬盘机,固定式硬盘机。固定式硬盘机采用“温彻斯特”技术,故又称为温盘机。温彻斯特技术具有较多的优点,发展极为迅速,使温盘机已占当前硬盘机市场的90%以上。尤其在5.25英寸硬盘机的范围内,几乎百分之百采用了温彻斯特技术。不言而喻,本书介绍的硬盘机技术均是指温盘机技术。

考虑到我国目前微型计算机系统中,基本上采用5.25英寸磁盘机作为外存储器,故本书只介绍5.25英寸磁盘机(第三章“磁盘机技术的发展”除外)技术。书中凡“磁盘机”前未缀以几英寸,均具体指5.25英寸硬盘机和5.25英寸软盘机。

参加编写本书的有:中国计算机技术服务公司山东分公司何积功,中国磁记录设备公司钱基广、赵武君、何鹤鸣、厉浙涛、叶定经、李民强、林忱平、屠友灿、胡裳等八位同志。

全书分三篇共十二章和三个附录。第一篇概论共三章。第一章和第二章由厉浙涛编写,其中部分内容由何积功、赵武君、何鹤鸣提供。第三章由钱基广编写。第二篇软盘机共四章,由何积功和何鹤鸣编写,最后由何鹤鸣整理。第三篇硬盘机共五章,除第十一章的WD-1002硬盘控制器由李民强编写外,其余均由赵武君编写。附录一为国外小型、微型磁盘机技术规范表。硬盘机部分由钱基广编写,软盘机部分由胡裳编写。

附录二由赵武君、何鹤鸣整理,附录三由叶定经编写。

本丛书主审王春元同志为本书作了审评工作。

本书强调实用性，并体现在以下几点：

1. 突出 5.25 英寸磁盘机的使用与保养方法以及故障排除和测量调整等实用技术。鉴于目前国内有关书刊上介绍软盘存储器的工作原理已较多，故适当减少对软盘机的工作原理、组成结构和软盘控制器(有的书上称适配器)工作原理的介绍；加重对其维修保养、使用、测量调整与故障排除方法、典型故障案例分析等内容的介绍。又考虑到国内目前关于介绍微型计算机常用 5.25 英寸硬盘机工作原理与机械结构的书籍甚少，因此对 5.25 英寸硬盘机的原理、结构、使用、维修、保养、故障排除、典型故障案例分析等内容，本书作了重点介绍。

2. 对于了解软盘机和硬盘机所需的共同知识，例如磁记录原理、磁记录方式、两个驱动电机等不再分散介绍，而把它们集中在第一篇里去讨论。在第二篇和第三篇里，具体选择当前国内已普遍使用的几种实际产品为对象，分章节叙述。

3. 为拓宽从事使用、维护磁盘机读者的视野，“磁盘机技术的发展”这一章，能使他们认识到 5.25 英寸硬盘机，既是继承大温盘机技术和软盘机的产物；又是一个推动大温盘机和软盘机技术发展的重要因素。

4. 书后有三个附录：国外小型和微型磁盘机产品介绍；磁盘机中常用的通用-专用集成电路管脚排列图；硬盘控制器的 BIOS 分析。可作为读者使用、选用与维修磁盘机的参考“手册”。

中国磁记录设备公司的林挺同志和山东计算机技术服务公司赛自元同志分别提供了部份软盘机故障案例的素材，在此表示感谢。

中国磁记录设备公司和中国计算机技术服务公司山东分公司的领导对本书的编写，十分关心和重视，并作了有力的支持。对此，编者们的致以谢意。

尽管大部份编者是从从事磁盘机技术第一线的科技人员，有一定的科研开发、使用、维修磁盘机的经验，但大多是初次写书，缺乏编写经验，加上时间紧迫，难免有不符读者的需要和错误之处。恳请广大读者不吝赐教，提出宝贵意见，以便进一步修改、补充和完善。

主编 钱基广

一九八八年十月

目 录

第一篇 概述

第一章 磁盘机的基本知识	(1)
第一节 磁记录原理和方式	(1)
一、磁学基础知识	(1)
二、磁记录原理	(3)
三、磁记录方式与数字编码	(9)
第二节 磁盘机的基本结构	(13)
一、磁盘机结构概述	(13)
二、两种驱动电机	(16)
三、磁头的结构和电性能	(23)
第三节 小型磁盘机主要技术参数的含义	(27)
一、记录密度	(28)
二、存储容量	(28)
三、平均找道时间和平均访问时间	(28)
四、数据传输率	(29)
五、检读时间余量	(29)
六、分辨率	(30)
七、误码率	(30)
第二章 磁盘机三大功能系统	(31)
第一节 读写系统	(31)
一、写入电路	(31)
二、读出电路	(33)
第二节 定位系统	(36)
一、概述	(36)
二、三种定位控制方式	(38)
第三节 主轴驱动系统	(44)
一、主轴部件	(44)
二、稳速系统	(44)
第三章 磁盘机技术的发展	(47)
第一节 硬盘机	(47)
第二节 软盘机	(63)

第二篇 软盘机

第四章 软盘机的机械结构	(67)
第一节 软盘机的工作原理	(67)
第二节 软盘片的结构和分类	(69)
第三节 读写磁头的结构和性能	(71)
第四节 磁头定位机构	(71)

一、定位机构·····	(71)
二、磁头加载机构·····	(74)
第五节 盘片驱动机构·····	(75)
一、盘片插入引导机构·····	(75)
二、主轴驱动轮和盘片夹紧机构·····	(75)
第五章 软盘机的电路原理·····	(77)
第一节 写入电路·····	(77)
一、写入电路·····	(77)
二、抹电路·····	(79)
三、选头电路·····	(80)
第二节 读出电路·····	(81)
一、读出电路原理·····	(81)
二、前置放大器与磁头的连接·····	(81)
三、前置放大器和低通滤波器·····	(83)
四、微分放大器·····	(84)
五、鉴零和整形电路·····	(85)
第三节 磁头定位控制电路·····	(86)
第四节 主轴电机的伺服电路·····	(89)
第五节 其它信号的检测和驱动电路·····	(90)
一、“00”道检测电路·····	(90)
二、索引信号检测电路·····	(91)
三、写保护检测电路·····	(91)
四、准备好信号检测电路·····	(92)
五、磁头加载控制与驱动电路·····	(92)
第六节 接口信号·····	(93)
一、信号的驱动与接收·····	(93)
二、接口信号线的连接·····	(93)
第六章 常用软盘机·····	(95)
第一节 YD—580型软盘机·····	(95)
一、YD—580的结构·····	(95)
二、YD—580的电路原理·····	(97)
三、YD—580的接口信号·····	(100)
第二节 FD—55B型软盘机·····	(104)
一、FD—558B的结构·····	(104)
二、FD—55B电路原理·····	(106)
第七章 软盘机的使用及故障分析·····	(115)
第一节 正确用法及常遇到的问题·····	(115)
一、使用知识·····	(115)
二、常遇到的问题·····	(115)
第二节 软盘机互换性及其测量·····	(116)
一、影响互换性的因素·····	(116)
二、定位精度的测量·····	(118)
三、磁头方位角和索引孔位置的偏差及测量·····	(121)
第三节 软盘机的检查和调整·····	(123)
一、检查和调整用的仪器设备·····	(123)

二、软盘机的主要性能指标·····	(124)
三、检查与调整方法·····	(125)
第四节 软盘机故障分析与排除方法·····	(129)
一、读出电路故障·····	(129)
二、写电路故障·····	(130)
三、磁头定位电路故障·····	(131)
四、互换性不好·····	(131)
五、软盘控制器故障·····	(131)
第五节 故障检测流程举例·····	(131)
第六节 常见故障实例·····	(137)
第七节 典型故障案例分析·····	(143)
一、判断故障的步骤·····	(143)
二、故障案例分析·····	(144)

第三篇 硬盘机

第八章 硬盘机的机械结构·····	(146)
第一节 硬盘机组成及其工作原理·····	(146)
一、硬盘机的组成·····	(149)
二、硬盘机的工作原理·····	(147)
三、硬盘机的分类·····	(148)
第二节 磁头结构与特性·····	(151)
一、磁头结构·····	(151)
二、硬盘机磁头的主要参数·····	(152)
第三节 磁头安装支架及其传动机构·····	(153)
一、开环式磁头驱动机构·····	(153)
二、开环式定位的磁头安装支架·····	(155)
三、闭环式磁头驱动机构·····	(155)
第四节 盘片驱动机构·····	(157)
第五节 空气净化机构·····	(158)
第六节 HDA 的结构特点及其他附件·····	(158)
第九章 硬盘机电路·····	(160)
第一节 单片机在硬盘机中的使用·····	(160)
第二节 读写电路·····	(168)
一、选头及读/写转换电路·····	(169)
二、写入电路·····	(171)
三、读出电路·····	(176)
四、大规模读/写电路芯片简介·····	(184)
第三节 主轴转速控制电路·····	(185)
一、索引信号的产生·····	(186)
二、转速控制电路原理·····	(188)
第四节 磁头定位控制电路·····	(194)
一、开环控制定位系统·····	(194)
二、半闭环定位系统·····	(202)
三、伺服面定位系统·····	(205)
四、“00”道信号的产生·····	(213)

第五节 硬盘机接口	(216)
一、ST506/412 硬盘机接口	(216)
二、ESDI 接口	(221)
三、SCSI 接口	(223)
第十章 常用硬盘机	(226)
第一节 IBM PC/XT中几种硬盘机	(226)
一、ST412 硬盘机	(226)
二、Miniscribe 2012 型硬盘机	(226)
三、SA712 硬盘机	(227)
四、ST225 硬盘机	(228)
五、HH725 硬盘机	(232)
第二节 Q540 硬盘机	(233)
第十一章 硬盘控制器	(239)
第一节 硬盘存储器子系统的组成	(239)
第二节 硬盘控制器工作原理	(239)
第三节 微型计算机中常用的硬盘控制器	(246)
一、DTC—5150BX 硬盘控制器	(246)
二、WD1002—WX2 硬盘控制器	(251)
三、XEBEC 硬盘控制器	(264)
第十二章 硬盘机的使用与维修	(266)
第一节 硬盘机的使用	(266)
第二节 硬盘机的故障诊断	(268)
一、硬盘控制器与硬盘机的故障隔离	(268)
二、利用 IBM PC/XT 诊断故障	(273)
第三节 硬盘机的故障排除	(278)
一、维修用设备、仪器和工具	(279)
二、检查硬盘机的一般步骤	(281)
三、硬盘机故障的查找方法	(283)
第四节 典型故障案例分析	(291)
一、前置放大器损坏	(291)
二、写故障实例分析	(292)
三、找道故障实例分析	(293)
四、初始化失败实例	(293)
五、主轴电机启动死角的分析和排除	(293)
六、主轴电机转速不稳	(294)
附录一 国外小型、微型磁盘机技术规范	(294)
附录二 小型磁盘机常用集成电路	(319)
附录三 硬盘控制器 W BIOS 的分析	(321)

第一篇 概述

本篇主要介绍磁记录原理和方式的基本知识, 5.25英寸磁盘机的基本结构和基本工作原理; 组成小型磁盘机的各主要环节的功能框图及其关键部件, 如驱动磁头和盘片的驱动电机的基本结构和性能; 磁盘机技术发展历史及趋势, 小温盘机的特点。本篇内容叙述避免过多的论证和推导, 以适应仅想使用和维修小型磁盘机的读者。

本书在内容的组织上突出“共、比、承”三字。“共”指的是: 将软盘机和硬盘机作为磁盘机来讨论, 突出讨论两者共同的功能、共同特点、共用部件(例如步进电机)。

“比”指对软盘机和硬盘机作一番比较, 让读者从对比中, 加深对两类磁盘机的了解。

“承”是让读者通过对磁盘机技术发展历史的了解, 认识到5.25英寸温盘机是一个继承大温盘机和软盘机技术并有所改进, 有所创新而生命力很强的综合性高技术工业产品。

第一章 磁盘机的基本知识

第一节 磁记录原理和方式

早在几千年前, 人们就认识了磁现象, 并将它应用到生活中去。到十九世纪, 已逐步揭示了磁现象的本质, 从而扩大了磁现象的应用范围。二十世纪初, 人们开始将磁现象应用于磁记录领域。随着电子计算机的诞生, 在录音技术的基础上, 人们研究了数字磁记录的技术和理论, 研制和生产了计算机外存储器的磁表面存储器, 推动了计算机技术的发展和应用的日益普及。

一、磁学基础知识

在日常生活中, 可以看到磁性体能够吸引铁、镍等物体的现象。进一步研究, 使人们认识到这种磁现象是由运动的电荷产生的。例如通电导线的四周就存在着磁场, 如果将铁、镍等物体放在磁场中, 这些物质也会带有磁性。

大家知道, 为了形象地描述磁场, 引入了磁力线的概念。任何磁铁周围都有磁力线的存在, 它从“N”极出发到“S”极。这种磁力线是肉眼看不到的。它的存在可以通过在磁铁的间隙中撒满细铁粉来验证, 如图 1-1 所示。

永久磁铁, 如硬磁钢, 不需要外界的影响, 而可保持自己的磁力线。而软磁铁, 例如用作磁头磁芯的铁氧体, 必须有外界电场或磁场的激励, 才具有磁力线。如果将磁性材料放在图

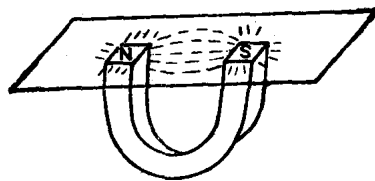


图1-1 永久磁铁的磁力线

1-1 中磁铁的磁力线附近，它便会被磁化。正是利用这个特性，磁盘机使信息从磁头转换到盘片。

为了认识磁记录技术的原理，下面简单介绍一些磁学中常用的物理参数和定律。至于详细的论述请参见其它磁学资料。

1. 磁感应强度、磁场强度和磁滞回线

通电的磁头周围会产生磁场，利用它可使盘片磁化以记录数据。可以用磁感应强度 $\vec{B}$ 定量地描述磁场，其值与磁力线垂直方向的单位面积上的磁力线数目相等。在高斯制中，它的单位为高斯(G)。

不同的磁性材料对磁场的影响也不同，主要是由于磁导率不同。磁导率用符号 μ 表示。采用不同材料制成的磁头，其周围产生的磁场量也不同。为了表达一个与磁介质无关的磁场量，引入了磁场强度 $\vec{H}$ ，它与 $\vec{B}$ 的关系可表示为：

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

在高斯制中， $\vec{H}$ 的单位为奥斯特(Oe)。

若改变磁头线圈的电流方向，在它周围便会产生随电流变化的交变磁场，因而可使磁盘上生成许多极性变化的磁信号。引入磁化强度 $\vec{M}$ 的概念，可以表示磁盘的磁化状态。用磁滞回线可描述交变磁场中 $\vec{H}$ 与 $\vec{M}$ 的关系。铁磁材料在磁化过程中的磁滞回线如图 1-2 所示。对于退过磁或未磁化过的材料，初始点开始于零点。经初始磁化后， $\vec{M}$ 循着 oa 线由零点逐渐增大到饱和 M_s 值处。当到达 a 点后，如果外磁场 H 减小到零，这时 $\vec{M}$ 着 ab 线变化并不回到零，仍有一定的数值 M_r ， M_r 叫作剩磁。如果继续从反向增加 H 值，这时 $\vec{M}$ 逐渐减小至零，这时的 H_c 值叫作矫顽力。如果从 c 点继续反向增大 H 值， $\vec{M}$ 达到反向饱和。外磁场 H 的变化，使 $\vec{M}$ 循着 $abcdef$ 闭合曲线变化。该曲线就称作磁滞回线。磁盘机采用了饱和磁化技术，磁介质在外磁场的作用下，循着它的磁滞回线形成许多极性变化的小磁元(参看图 1-4)。

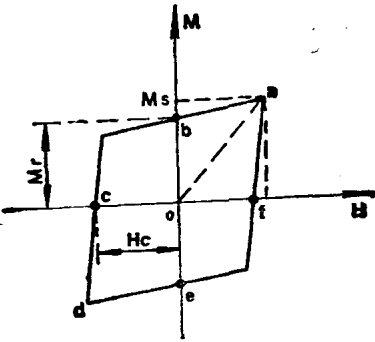


图1-2 磁滞回线

2. 安培环路定律

安培环路定律可定量地表达闭合回路的磁感应强度与环路所包围的电流的关系。在磁记录技术领域，利用安培环路定律来分析磁头电流与它产生的磁场间的关系。利用该定律，求得某些由规则分布的电流产生的磁场强度。可以证明，在一个闭合路径上，磁场强度 $\vec{H}$ 在线元 $d\vec{l}$ 上的分量沿该闭合路径的积分 $\oint \vec{H} d\vec{l}$ 的值，为该闭合路径所包围的电流的代数和，即

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum \vec{I}$$

由此可见，与磁头线圈流过电流 $\vec{I}$ 时，磁头附近便会产生相应的磁场强度 $\vec{H}$ ，使磁盘磁化。

3. 电磁感应定律

当需要从盘片上读取信息时,通过磁头可以将盘片上记录的磁信号转变为我们需要的电信号。电磁感应定律揭示了电场与磁场之间的定量转换关系。根据电磁感应现象,当闭合导电回路所包围的磁通量发生变化时,该导线中就有电流产生。由磁通量变化产生的电动势叫作感应电动势,它可用下式表示:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt}$$

由式可知,当磁头从盘片上通过时,磁头线圈中便会感应出电动势 ε 。

二、磁记录原理

磁盘机采用的数字磁记录是在录音技术基础上发展起来的一种饱和磁记录方式。利用通电磁头产生的磁场,在记录介质上产生标志二进制“0”、“1”数字的饱和磁体。需要取回这些信息时,根据电磁感应原理,这些小磁体可在相对它运动的磁头上感应出与“0”、“1”数字相对应的电动势。盘片介质被磁化的方向,依主磁化场方向不同而不同,目前在磁盘机中主要是采用如图 1-3 所示的纵向磁记录方式,盘片磁化方向与盘片水平面方向平行,故也称水平记录方式。

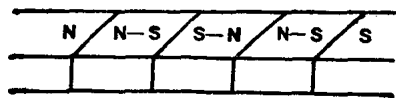


图1-3 纵向磁记录方式

数字磁记录的最主要目标,是寻求在合适的成本前提下,达到尽可能高的记录密度和可靠性。研究磁记录原理,分析写入和读出过程,正是为了实现上述目标,寻求正确、有效的记录方法。总的来讲,读出时影响记录密度的因素较写入时影响记录密度的因素多,故读出密度的限制因素要多于写入密度的限制因素。影响写入密度的主要因素是从一次饱和磁化翻转到另一次饱和磁化翻转之间的过渡区长度。由于写入是由写入磁头边缘磁场的后沿完成的,即后一位的写入磁场将修改前一位的磁化区宽度,因此可形成很小的过渡区。而在读出过程中,在磁头中感应出有效信号的同时,还存在着影响记录密度提高的诸因素:噪音信号,相邻位边缘磁场的相互干扰,读出信号的叠加效应造成读出信号幅度的降低和相位偏移,读电路的热噪音和线性度,记录编码方式及其同步能力,介质噪音等都会影响记录密度。所以读出过程是影响记录密度提高的首要因素。

本书虽然介绍软、硬二种不同类型的磁盘机。但从磁记录原理的角度看,软盘机与硬盘机两者并无本质差别。只不过前者采用柔性盘片,头和盘片是接触式工作的;后者采用硬盘片,头和盘片采用非接触工作。实质上,当磁盘机工作时,头和盘片之间的相对运动,会产生一层非常薄的空气膜。软盘机因头和盘片间是接触式工作,其空气膜较硬盘机薄得多,故可把软盘机看成是空气膜极薄的一种特例。这样,以下的讨论对二者都能适用。

1. 磁记录的简单工作过程

目前,大多数磁盘机都是采用饱和磁记录方式将数据记录在盘片上,然后利用峰值检测的方法将磁头中感应出的电动势还原成数字信号。磁盘机的读、写磁头由高导磁率的软磁材料和线圈绕组等构成。将磁头的铁芯做成如图 1-4 所示的环形磁芯,靠近盘片一端开有前间隙 g 。当线圈通电后,前间隙处形成较强的磁场,足以饱和磁化前间隙下的

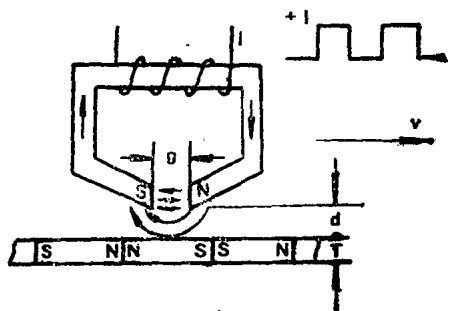


图1-4 磁化原理

磁介质。切断线圈电流，介质上仍存有剩磁形成的位元。如使盘片相对磁头作切向运动，并不断改变线圈的电流方向，便可在介质上记录下一连串的小磁性位元。为了使磁场集中，要求磁头的前隙做得很小，磁头前隙的冠顶与盘片之间的距离 d 尽量小。将 d 称为浮动间隙或磁头飞行高度。

磁介质上经磁化形成的小磁元就象一连串排列整齐的小磁铁，在它们四周建立起磁场。

因磁芯的磁导率 μ 值很高，尽管磁头前间隙极小，但空气磁阻远大于磁芯的磁阻，所以当磁头靠近盘片时，磁元的磁场取道磁芯构成闭合回路，而不是通过前间隙构成闭合回路。当磁元以一定的速度通过磁头时，磁通线经过磁芯与线圈交链，并不断变化，在线圈的两端感应出如图 1-5 所示的交变电动势 ε 。由图 1-5 可见，在相邻磁元的交界处，磁通变化最大，因此感应电势也最大。

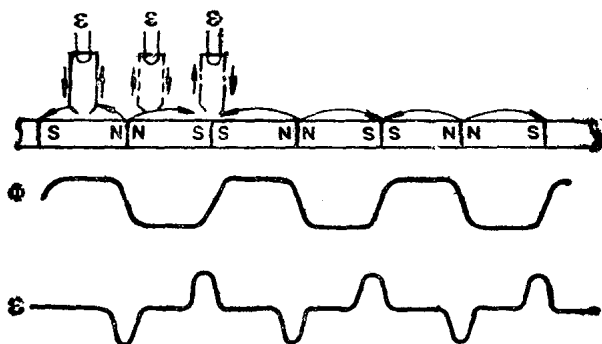


图1-5 磁头电动势感应过程

2. 写入过程的分析

为了搞清楚写入过程对提高记录密度的影响，有必要简单分析一下记录磁场和磁化翻转过渡区问题。

当磁头通电后，在磁头前隙附近形成漏磁场，如图 1-6 所示。磁头漏磁场可近似等效于一些半圆，并可将磁场 H 分解为 H_x 、 H_y 两个分量。用水平磁场分量 H_x 作为盘片磁介

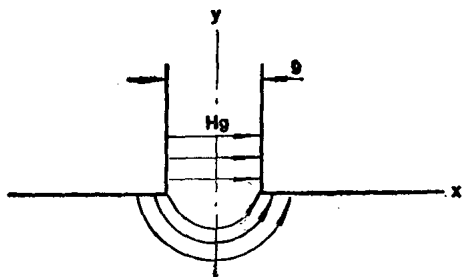


图1-6 磁头前隙处磁场分布

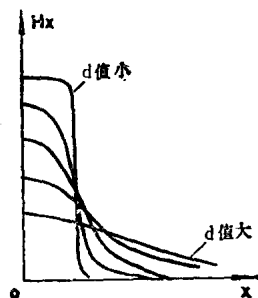


图1-7 H_x 分量磁场分布图

质的磁化场(前文已提到称这种记录方式为纵向记录方式)。磁头浮动间隙越小,介质上的磁场强度就越强。 H_x 的最大值在磁头前隙中心。并向两侧逐渐减小。因垂直磁场分量 H_y 远比 H_x 小,故可忽略。当磁头线圈中的电流方向一定时。磁头两侧 H_x 的方向相同。图1-7是水平磁场分量 H_x 沿前隙水平位置 X 方向的分布图。

假设磁介质在记录数据前,已预先向一个方向饱和磁化,当磁头线圈接通正电流 $+I$ 时,磁层被磁化,见图1-8(a)中阴影部分。改变电流方向,接通 $-I$ 时,磁层向相反方向被磁化,见图1-8(b)。不断改变线圈的电流方向,磁层被交迭磁化。

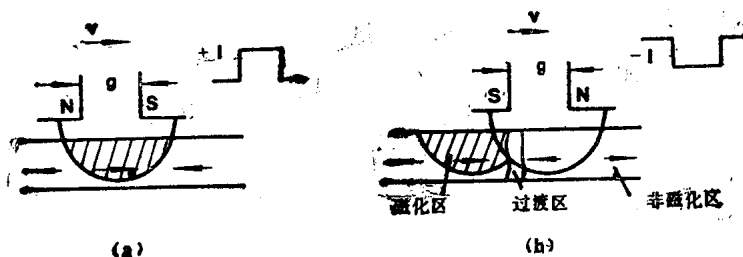


图1-8 盘片磁化过程

(a) $+I$ 磁化

(b) $-I$ 磁化

从磁介质的磁化过程可以看到:

(1) 每次写入的磁化场都修改前次记录的磁化区的边界。尽管写入的磁化区可能比较宽,但经下一位写入后,修改了上次写入的后沿,使上次写入的磁化区变窄,写入密度即可提高。因此每次写入的磁化区边界都不在磁头前隙中心,而在后沿,这就是通常所称的“后沿写入”。

(2) 假设磁介质相对磁头没有移动时,磁头线圈中通以电流,此时被磁化的介质可分为三个区域:一是受磁头饱和磁化后形成的磁化区;二是磁头间隙两侧远处为非磁化区;介于这两者之间的区域为过渡区。过渡区的介质处于非饱和磁化状态,即不稳定状态,过渡区是增加噪音和影响写记录密度提高的主要因素,所以越短越好。水平方向磁化强度的梯度 $\frac{\partial M}{\partial X}$ 可分解为 $\frac{\partial M}{\partial H}$ 与 $\frac{\partial H}{\partial X}$ 的乘积,见式

$$\frac{\partial M}{\partial X} = \frac{\partial M}{\partial H} \times \frac{\partial H}{\partial X}$$

可以用图来分别表示 $M-H$ 和 $H-X$ 之间的关系,见图1-9。由图1-9(a)、(b)、(c)介质的磁化状态可知:水平方向磁场强度梯度 $\partial H/\partial X$ 越大,过渡区 Δx 越小;磁化强度梯度 $\partial M/\partial H$ 越大,过渡场越小,由此而产生的过渡区也就越小。

此外,介质被磁化后,会在它的内部产生一种与外加磁场方向相反的自退磁场 H_d ,它会减小外磁场 H_o 的作用,因此介质的有效磁场 H 将被减弱,它可表达为

$$H = H_o - H_d$$

由图1-9(a)的介质磁滞回线的虚线部分可见,如果没有退磁场时,介质在 H_c 处可饱和磁化,有了退磁场后,需在 $+H$ 处方可被饱和磁化。退磁场会减小磁滞回线的梯度 $\frac{\partial M}{\partial H}$,

增加过渡区的长度，因此退磁场越小越好。

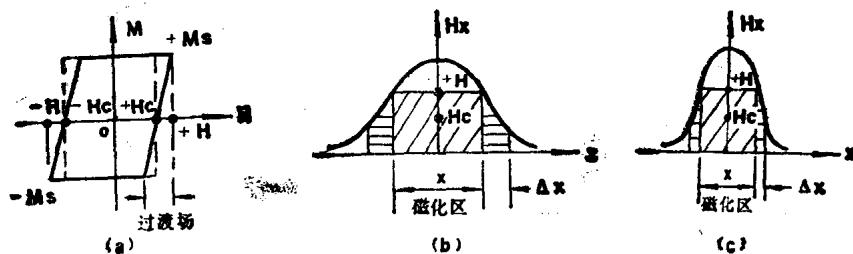


图1-9 盘片的磁化特性

(a) 盘片的磁滞回线

(b) 过渡区 Δx 大

(c) 过渡区 Δx 小

既然写入密度与过渡区长度有密切关系，因此可通过具体分析影响过渡区长度和写入密度的主要因素，提出减小过渡区长度和提高写入密度的办法。

(1) 选用的介质材料的矩形比要大，使梯度 $\partial M/\partial H$ 增大，过渡区变短。

(2) 由图1-7可见，磁头浮动间隙越小，则梯度 $\partial H/\partial X$ 增大，可减小过渡区的长度。

(3) 介质厚度越厚，处于介质底层较深处的磁化强度梯度 $\partial M/\partial X$ 越小，将会增大过渡区长度，所以应尽量采用较薄的介质。

(4) 写入电流太小，介质不能充分饱和和磁化，写入不可靠；写入电流太大， H_x 将向X轴，即磁头前隙两侧扩散，影响写入密度；另外写入电流太大，会使磁层底部达到深度磁饱和，增大退磁场，使过渡区变长。要求写电流的上升沿陡，因为过长的电流上升时间，对于以一定速度 V 运动的介质来说，将会产生不可靠的写入区，影响写入密度的提高。

3. 读出过程的分析

信号的读出过程比较复杂，它除了受到磁头和介质的影响外，还受到读出电路和记录编码、译码等许多因素的影响。这里主要分析磁头、介质对读出信号的三种主要影响，即对读出信号宽度、幅度以及相移的影响。

根据电磁感应定律，当介质相对磁头以一定速度 V 移动时，在磁头线圈的两端会感应出电动势 ε ，即

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} = -NV \frac{d\phi}{dl}$$

式中 N 为线圈匝数， ϕ 为磁头线圈中通过的磁通量，它正比于磁道宽度 l 。由式可见，磁头感应电动势 ε 与 V 、 N 及磁道宽度 l 有关。虽然硬盘机的盘片转速 V 较高，一般为3600转/分，但是道密度较高，一般大于360道/英寸，即允许的磁道宽度 l 较小，而且磁头线圈匝数 N 受条件限制不可能太多，所以感应电动势 ε 较低，一般都在1mV以下。而软盘机虽然转速低，一般为300转/分，但是道密度较低，一般小于96道/英寸，使道宽较硬盘大，而且磁头与盘片是接触式工作的，所以感应电动势 ε 一般都大于3mV。显然，硬盘磁头感应电动势 ε 较软盘小得多，对于后续电路的要求就高得多。

为了便于分析, 首先看一下磁头线圈中单个感应电动势波形。该波形如图1-10所示, 它是呈钟形的脉冲信号。设读出电压的最大幅度为 $\varepsilon_{\max}$, 将半峰值 $\frac{1}{2}\varepsilon_{\max}$ 处的电压腰宽称作半幅宽, 用 P_{50} 表示。 $\varepsilon_{\max}$ 值大, 半幅宽 P_{50} 小, 有利用检读和记录密度的提高。

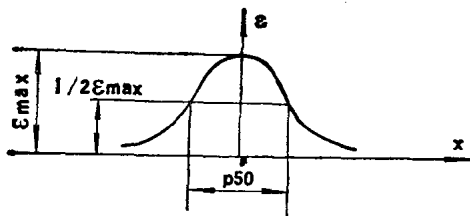


图1-10 磁头感应电动势波形

为了进一步搞清读出过程对记录密度的影响, 下面将详细讨论头-盘、单个和多个读出脉冲对读出信号的幅度和相移的影响, 它对设计和调整头-盘参数、选用合适的头-盘材料具有一定的意义。

(1) 读出电压的半幅宽 P_{50} 越小, 邻位间的干扰也就越小, 有利于提高记录密度。影响 P_{50} 的主要因素有:

① 薄的介质, 它上面的磁化位元中心的磁通变化较平坦, 感应电压小, 两磁元交界处磁通变化梯度 $d\phi/dt$ 大, 感应电压大, 所以使 P_{50} 较小。

② 浮动间隙 d 越小, P_{50} 也小。

③ 当 d 和过渡场较小时, 前隙宽度 g 对读出电压的影响就突出了, 此时如增大 g 值, 将会使 P_{50} 增大。

(2) 读出电压幅度过低, 将使检测产生困难, 信噪比被减小, 可靠性降低。影响读出幅度的因素有:

① 介质厚度 T 。 T 较厚, 可使读出幅度增大, 但是会增大过渡区, 使 P_{50} 变宽。此外, T 厚, 感应电压跳变沿较长, 引起 ε 减小, 见图1-11。因此, 要提高位密度, T 不能太厚。在一些硬盘机中, 采用磁性能较氧化铁好的金属连续薄膜盘片, 求得磁层减薄后仍有一定的读出幅度。

② 磁头浮动间隙 d 。 d 增大, 则进入磁头的磁通量减少, 使得 ε 减小。故希望 d 尽量小。

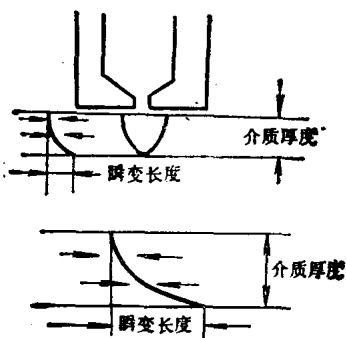


图1-11 介质厚度对瞬变长度的影响

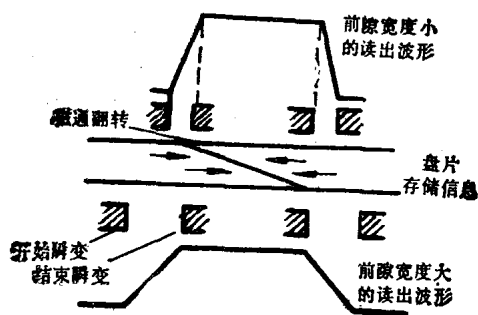


图1-12 磁头前隙宽度对读出波形的影响

③ 前隙宽度 g 。取记录波长为 λ , 如果 $g > \lambda/2$, 会有一部分磁通直接通过前隙、而不经磁头线圈形成交链, ϕ 值减少因此导致 ε 降低。由图1-12可见, g 大的磁头, 读出波形前、后沿变宽, 电压跳变的过渡时间长, P_{50} 增大。