



硬盘维修技术

■ 许志军 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

013024615

TP333.307

11

硬盘维修技术

许志军 主编

李小梅 李素玲 王可山 朱信伟
胡振波 张伯虎 崔晋维 王维江

编著



国防工业出版社



北航

C1632499

TP333.307
11

212250810

内 容 简 介

本书是供计算机维修人员快速掌握硬盘实用维修技术的书籍,详细讲解了硬盘的物理结构与工作原理,硬盘的拆卸、安装、分区格式化,硬盘数据保护技术,硬盘物理故障修理,硬盘的软件故障的维修,硬盘解锁,硬盘缺陷,数据恢复软件与各种状态数据恢复,专业维修软件安装、应用及硬盘软硬件维修实例等内容,附录还给出了硬盘故障提示信息中文含义及代码与硬盘电机驱芯片引脚电阻值,供维修人员维修时参考使用。

本书内容丰富、语言通俗易懂、图文并茂、深入浅出,在内容上强调实用性、先进性,具有较强的可读性和操作性。

本书适合计算机维修人员、电子爱好者阅读,也可作为大中专院校和各种计算机培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

硬盘维修技术 / 许志军主编. —北京:国防工业出版社,2013.1

ISBN 978-7-118-08175-6

I. ①硬... II. ①许... III. ①硬磁盘-维修-技术手册 IV. ①TP333.307-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 205745 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 13 字数 230 千字

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

众所周知,硬盘是计算机的主要组成部分,硬盘由硬件与软件两部分组成,硬盘使用时间长了,难免会出问题,而硬盘维修又是一门高深的技术,很多计算机维修人员遇到硬盘故障则无从下手,为了帮助广大计算机维修人员快速掌握硬盘维修技术,我们特编写了此书。

本书特点:

内容全面:本书信息量大,以市场主流硬盘为例,系统地讲解了硬盘软件、硬件的故障检查及维修方法,使读者可以快速地掌握硬盘的维修技能。

精讲理论:众所周知,要想精通维修,必须要有系统的理论知识,在遇到疑难故障时,才能迎刃而解,所以,本书详细讲解了硬盘的物理结构与工作原理、数据恢复软件与各种状态数据恢复、专业维修软件安装与应用等内容。

注重维修:本书在编写过程中,从维修实际出发,系统讲解硬盘的拆卸、安装、分区格式化,硬盘数据保护技术,硬盘物理故障修理,硬盘的软件故障的维修,硬盘解锁,硬盘缺陷,并给出了相关机芯所涉及到的相关电路的通用资料,可使维修人员在修理类似机芯时作为参考。

本书由许志军主编,参与本书编写的还有李素玲、王可山、朱信伟、张伯虎、崔晋维、王维江、胡振波、李小梅等。在本书的编写过程中参阅了部分书籍杂志的相关技术资料,在此对相关作者一并表示感谢。

本书适合计算机维修人员、电子爱好者阅读,也可作为大中专院校和各种计算机培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2012 年 8 月

目 录

第1章 硬盘的物理结构与工作原理	1
1.1 硬盘的结构	1
1.1.1 硬盘的基本组成	1
1.1.2 硬盘的逻辑结构及各部分的含义	2
1.1.3 硬盘电路的构成	9
1.1.4 硬盘接口	32
1.2 硬盘的性能参数	35
1.3 硬盘的品牌及型号识读	38
1.3.1 常见的硬盘品牌	38
1.3.2 硬盘型号的识别	41
1.4 硬盘的工作原理与启动过程	51
1.4.1 硬盘的基本工作原理	51
1.4.2 硬盘的初始化	52
1.4.3 系统启动过程	53
第2章 硬盘的拆卸、安装与分区格式化	55
2.1 图解硬盘的拆卸与安装	55
2.1.1 图解硬盘的拆卸	55
2.1.2 图解硬盘的安装	60
2.2 硬盘低级格式化	63
2.3 硬盘的分区	65
2.3.1 硬盘各分区的作用及原理	65
2.3.2 硬盘分区操作	86
2.4 硬盘高级格式化	92
2.5 硬盘数据保护技术	94
第3章 硬盘的故障检修	95
3.1 硬盘故障的一般检查	95
3.2 硬盘物理故障维修	98

3.2.1	硬盘的物理故障介绍	98
3.2.2	硬盘物理故障修理	99
3.2.3	硬盘电路快速维修	103
3.3	硬盘软故障维修	108
3.3.1	软故障分类	108
3.3.2	硬盘软故障的一般处理方法	109
3.4	常见硬盘的故障维修示例	111
3.5	硬盘解锁	115
3.5.1	硬盘锁住原理	115
3.5.2	几种常用的解锁方法	116
3.5.3	硬盘引导型故障的分析及排除	122
3.6	硬盘缺陷	126
第4章	数据恢复	130
4.1	硬盘数据丢失的原因及数据恢复原则	130
4.1.1	造成硬盘数据丢失的原因	130
4.1.2	恢复数据的原则	131
4.2	数据恢复类型及数据恢复软件	131
4.2.1	数据恢复类型及数据可恢复的前提	131
4.2.2	数据恢复软件	134
4.3	各种状态数据的恢复	140
4.3.1	Office 文档的数据恢复	140
4.3.2	从损坏的 Excel 文件中恢复数据的方法	142
4.3.3	格式化不同分区的数据恢复	145
4.3.4	误分区、误格式化及误删除的挽救方法	147
4.3.5	用 PQ 将 FAT32 格式化为 NTFS 的数据恢复	149
4.3.6	开盘数据恢复	150
4.3.7	数据恢复实例	152
第5章	专业维修软件 PC-3000	154
5.1	PC-3000 软件介绍	154
5.1.1	PC-3000 软件常用的英文名词解释	154
5.1.2	PC-3000 的安装硬件要求	154
5.1.3	PC-3000 硬件软件安装	155
5.2	PC-3000 专业级硬盘修复软件应用	155
5.2.1	PC-3000 主界面介绍	155

5.2.2	PC-3000 菜单中工具命令操作解释	160
5.2.3	PC-3000 各个模块主菜单介绍	162
5.3	PC-3000 应用举例	166
附录 A	硬盘故障提示信息中文含义及代码	182
附录 B	硬盘电机驱芯片引脚电阻值(又称为打阻值)	186

第 1 章 硬盘的物理结构与工作原理

1.1 硬盘的结构

1.1.1 硬盘的基本组成

硬盘结构图如图 1-1 所示。其中,电路板主要由各种电子元器件及控制芯片构成。硬盘的盘体结构如图 1-2 所示。其中,磁头组件用来读取数据,实际维修中,此部分常见故障为磁头变形、移位、老化等;盘片用来存储数据信息,实际维修中,此部分常见故障为坏道或数据丢失;主轴电动机的作用是在控制电路作用下,带动盘片高速旋转,实际维修中,此部分故障多为电动机主轴与轴承缺油、线圈损坏等;音圈电动机及磁铁的主要作用是利用电路产生的控制信号,控制磁头正确扫描轨迹。

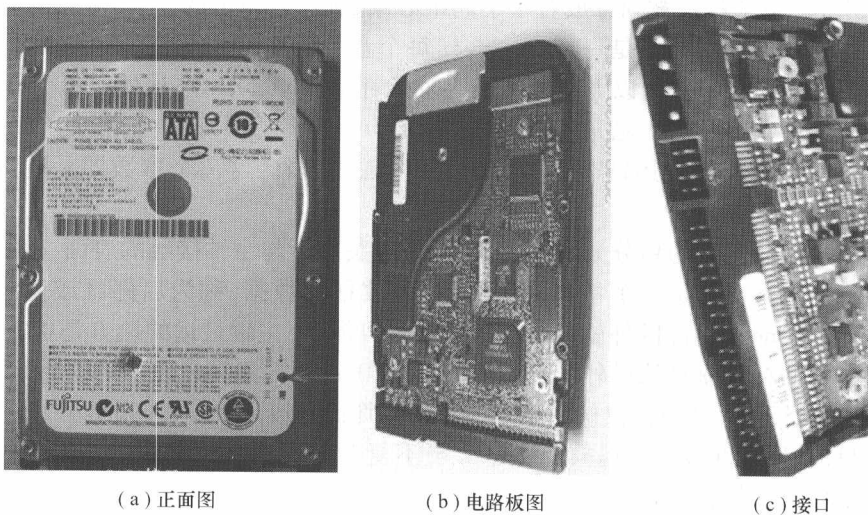


图 1-1 硬盘结构图

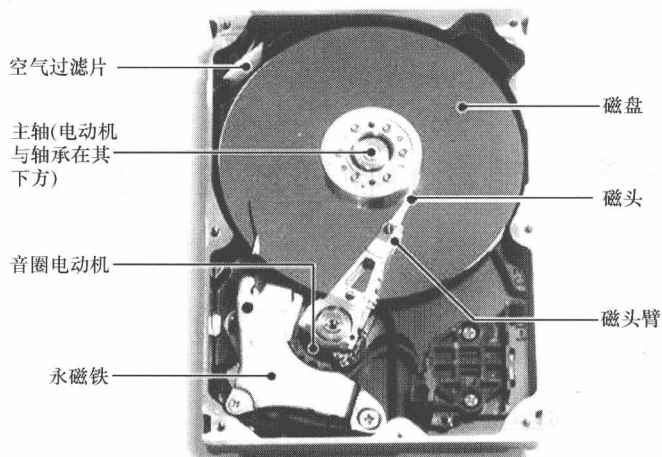


图 1-2 硬盘的盘体结构图

1.1.2 硬盘的逻辑结构及各部分的含义

1. 硬盘的逻辑结构

硬盘由很多盘片 (Platter) 组成, 每个盘片的每个面都有一个读写磁头 (Heads), 如图 1-3 所示。如果有 N 个盘片, 就有 $2N$ 个面, 对应 $2N$ 个磁头, 从 0 开始编号。每个盘片被划分成若干个同中心圆磁道 (逻辑上的, 是不可见的), 每个盘片的划分规则通常是一样的。这样每个盘片的半径均为固定值 R 的同心圆在逻辑上形成了一个以电动机主轴为轴的柱面 (Cylinders), 从外至里为 0、1、2... 每个盘片上的每个磁道又被划分为几十个扇区 (Sector), 通常的容量是 512B, 并按照一定规则编号为 1、2、3... 柱面、磁头、扇区这三个参数即是硬盘的物理参数。

磁盘盘面区域的划分如图 1-4 所示。磁头靠近与主轴接触的表面, 即线速度最小的地方。它是一个特殊的区域, 不存放任何数据, 称为启停区或着陆区 (Landing Zone), 启停区外就是数据区。在最外圈, 离主轴最远的地方是 0 磁道, 硬盘数据的存放就是从最外圈开始的。其中, 0 磁道检测完成硬盘的初始定位。0 磁道很重要, 很多硬盘仅仅由于 0 磁道的损坏而报废。

目前, 硬盘在设计上已摒弃了这个虽不复杂却很让人不愉快的小缺陷。硬盘不工作时, 磁头停留在启停区, 当需要从硬盘读写数据时, 磁盘开始旋转。旋转速度达到额定转速时, 磁头就会因盘片旋转产生的气流而抬起, 这时磁头才向盘片存放数据的区域移动。盘片旋转产生的气流相当强, 足以使磁头托起, 并与盘面保持一个微小的距离。这个距离越小, 磁头读写数据的灵敏度就越高, 当然

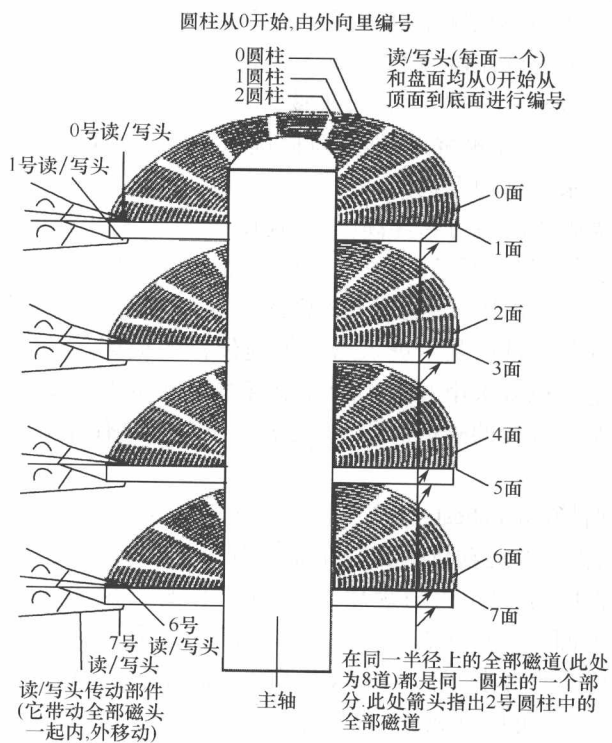


图 1-3 硬盘盘面的构成

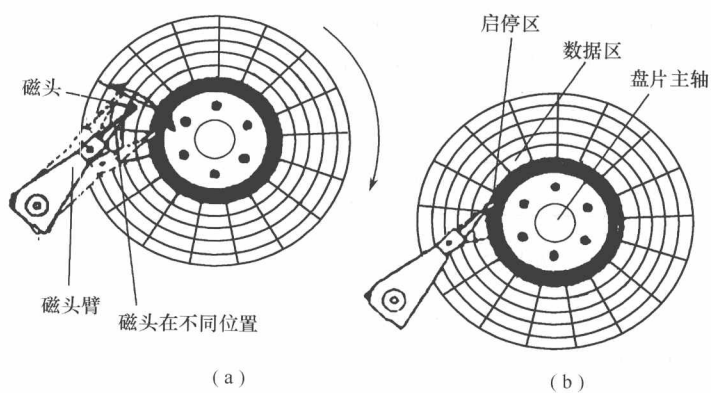


图 1-4 硬盘盘面区域的划分

对硬盘各部件的要求也越高。气流既能使磁头脱离盘面,又能使它保持在离盘面足够近的地方,紧密地跟随着磁盘表面呈起伏运动,使磁头飞行处于严格受控状态。磁头必须飞行在盘面上方,而不是接触盘面,这种位置可避免擦伤磁性涂层,而更重要的是不让磁性涂层损伤磁头,但是,磁头也不能离盘面太远。否则,就不能使盘面达到足够强的磁化,难以读取盘上的磁化翻转(磁极转换形式是磁盘上实际记录数据的方式)。

硬盘驱动器磁头的飞行悬浮高度低,速度快,一旦有小的尘埃进入硬盘密封腔内,或者一旦磁头与盘面发生碰撞,就可能造成数据丢失,形成坏块,甚至造成磁头和盘体的损坏。所以,硬盘系统的密封一定要可靠,在非专业条件下绝对不能开启硬盘密封腔;否则,灰尘进入后会加速硬盘的损坏。另外,硬盘驱动器磁头的寻道伺服电动机多采用音圈式旋转或直线运动步进电动机,在伺服跟踪的调节下精确地跟踪盘片的磁道。所以,硬盘工作时不要有冲击碰撞,搬动时要小心轻放。

采用温彻斯特(Winchester)技术制造的硬盘称为温盘,其结构特点如下:

- (1) 磁头、盘片及运动机构密封在盘体内。
- (2) 磁头在启动、停止时与盘片接触,在工作时因盘片高速旋转,带动磁头“悬浮”在盘片上面呈飞行状态(空气动力学原理),“悬浮”的高度约为 $0.1\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ 。这个高度非常小,图 1-5 标出了这个高度与头发、烟尘和手指印的大小比较关系,从这里可以直观地“看”出这个高度有多“高”。

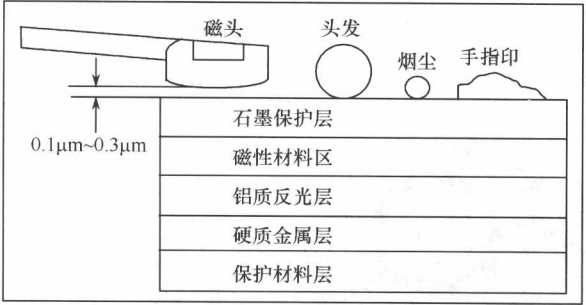


图 1-5 盘片结构及磁头高度示意图

- (3) 磁头工作时与盘片不直接接触,所以磁头的加载较小,磁头可以做得很精致,检测磁道的能力很强,可大大提高位密度。
- (4) 磁盘表面非常平整光滑,可以作镜面使用。

2. 各部分的含义

前面介绍了硬盘的逻辑结构,下面对“盘面”、“磁道”、“柱面”和“扇区”的

含义逐一进行介绍。

1) 盘面

硬盘的盘片一般用铝合金材料作基片,高速硬盘也可能用玻璃作基片。玻璃基片更容易达到所需的平面度和光洁度,并且具有很高的硬度。

硬盘的每一个盘片都有两个盘面(Side),即上盘面、下盘面,一般每个盘面都会利用,都可以存储数据,成为有效盘片,也有极个别的硬盘盘面数为单数。每一个这样的有效盘面都有一个盘面号,按顺序从上至下从0开始依次编号。在硬盘系统中,盘面号又称为磁头号,因为每一个有效盘面都有一个对应的读写磁头。

2) 磁头传动装置

磁头传动装置是使磁头部件做径向移动的部件,通常有两种类型的传动装置:一种是齿条传动的步进电动机传动装置;另一种是音圈电动机传动装置。前者是固定推算的传动定位器,而后者则采用伺服反馈返回到正确的位置。磁头传动装置以很小的等距离使磁头部件做径向移动,用以变换磁道。

3) 磁道

磁盘在格式化时被划分成许多同心圆,这些同心圆轨迹称为磁道(Track)。磁道从外向内从0开始顺序编号。硬盘的每一个盘面有300个~1024个磁道,新式大容量硬盘每面的磁道数更多。信息以脉冲串的形式记录在这些轨迹中,这些同心圆不是连续记录数据,而是被划分成一段段的圆弧,这些圆弧的角速度相同。由于径向长度不一样,因此,线速度也不一样,外圈的线速度较内圈的线速度大,即同样的转速下,外圈在同样时间段里,划过的圆弧长度要比内圈划过的圆弧长度大。每段圆弧称为一个扇区,扇区从1开始编号,每个扇区中的数据作为一个单元同时读出或写入。一个标准的3.5英寸^①硬盘盘面通常有几百到几千条磁道。磁道是“看”不见的,只是盘面上以特殊形式磁化了的一些磁化区,在磁盘格式化时就已规划完毕。

4) 柱面

所有盘面上的同一磁道构成一个圆柱,通常称为柱面,每个圆柱上的磁头由上而下从0开始编号。数据的读/写按柱面进行,即磁头读/写数据时,首先在同一柱面内从0磁头开始进行操作,依次向下在同一柱面的不同盘面(磁头)上进行操作,只在同一柱面所有的数据全部读/写完毕后,磁头才转移到下一柱面。选取磁头需通过电子切换,而选取柱面则必须通过机械切换。电子切换相当快,比在机械上磁头向邻近磁道移动快得多。所以,数据的读/写按柱面进行,而不

^① 1英寸=25.4mm。

按盘面进行。一个磁道写满数据后,就在同一柱面的下一个盘面来写,一个柱面写满后,才移到下一个扇区开始写数据。读数据也按照这种方式进行,这样就提高了硬盘的读/写效率。

一块硬盘驱动器的圆柱数(或每个盘面的磁道数)既取决于每条磁道的宽度(同样,也与磁头的大小有关),也取决于定位机构所决定的磁道间步距的大小。

5) 扇区

操作系统以扇区的形式将信息存储在硬盘上,每个扇区包括 512B 的数据和一些其他信息。一个扇区有两个主要部分:存储数据地点的标志符和存储数据的数据段,如图 1-6 所示。

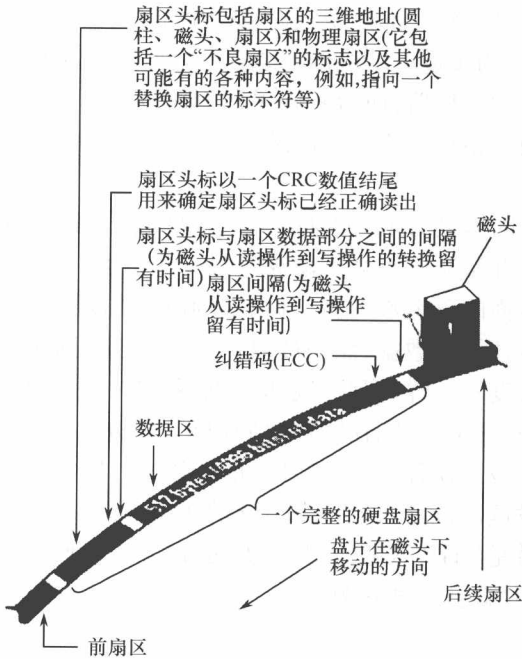


图 1-6 硬盘扇区的构成

标志符就是扇区头标,包括组成扇区三维地址的三个数字:扇区所在的磁头(或盘面号)、磁道(或柱面号)和扇区在磁道上的位置(扇区号)。头标中还包括一个字段,其中有显示扇区是否能可靠地存储数据,或者是否已发现由于存在某个故障而不宜使用的标记。有些硬盘控制器在扇区头标中还记录有指示字,可在原扇区出错时指引磁盘转到替换扇区或磁道。最后,扇区头标以循环冗余校验(CRC)值作为结束,以供控制器检验扇区头标的读出情况,确保准确无误。

扇区的第二个主要部分是存储数据的数据段,可分为数据和保护数据的纠错码(ECC)。在初始准备阶段,计算机用 512 个虚拟信息字节(实际数据的存放地)和与这些虚拟信息字节相应的 ECC 数字填入这数据段。

扇区头标包含一个可识别磁道上该扇区的扇区号。这些扇区号在物理上并不是连续的编号,它们不必用任何特定的顺序指定。扇区头标的设计允许扇区号可以从 1 到某个最大值,某些情况下可以达到 255。磁盘控制器并不关心上述范围中什么编号安排在哪一个扇区头标中。在特殊情况下,扇区还可以共用相同的编号。磁盘控制器甚至根本就不管数据区有多大,只管读出它所找到的数据,或者写入要求它写的的数据。

如果扇区按顺序绕着磁道依次编号,那么,硬盘控制器在处理一个扇区的数据期间,磁盘旋转太远,已超过扇区间的间隔(这个间隔很小),硬盘控制器要读出或写入的下一个扇区已经通过磁头,则此时的距离很大。在这种情况下,磁盘控制器就只能等待磁盘旋转几乎一周后才能使得需要的扇区到达磁头下面。

显然,要解决这个问题,靠加大扇区间的间隔是不现实的,那会浪费许多磁盘空间。IBM 的一位杰出工程师曾想出了一个绝妙的办法,即对扇区不使用顺序编号,而是使用一个交叉因子(Interleave)进行编号。交叉因子用比值的方法来表示,例如,3:1 表示磁道上的第 1 个扇区为 1 号扇区,跳过两个扇区即第 4 个扇区为 2 号扇区,这个过程持续下去,直到给每个物理扇区编上逻辑号为止。例如,每磁道有 17 个扇区的磁盘按 2:1 的交叉因子编号就是 1,10,2,11,3,12,4,13,5,14,6,15,7,16,8,17,9;而按 3:1 的交叉因子编号就是 1,7,13,2,8,14,3,9,15,4,10,16,5,11,17,6,12。当设置 1:1 的交叉因子时,如果硬盘控制器处理信息足够快,那么读出磁道上的全部扇区只需要旋转一周,但如果硬盘控制器的后处理动作没有这么快,磁盘所转的圈数就等于一个磁道上的扇区数,才能读出每个磁道上的全部数据。将交叉因子设定为 2:1 时,磁头要读出磁道上的全部数据,磁盘只需转两周。如果 2:1 的交叉因子仍不够慢,磁盘旋转的周数约为磁道的扇区数,这时,可将交叉因子调整为 3:1。

典型的 MFM(Modified Frequency Modulation,改进型调频制编码)硬盘如图 1-7 所示,每磁道有 17 个扇区,画出了用三种不同的扇区交叉因子编号的情况。最外圈的磁道(0 号柱面)上的扇区用简单的顺序连续编号,相当于扇区交叉因子是 1:1。1 号磁道(柱面)的扇区按 2:1 的交叉因子编号,而 2 号磁道按 3:1 的扇区交叉因子编号。

早期的硬盘管理工作中,设置交叉因子需要用户自己完成。用 BIOS 中的低级格式化程序对硬盘进行低级格式化时,就需要指定交叉因子,有时还需要设置几种不同的值来比较其性能,而后确定一个比较好的值,以使硬盘的性能较

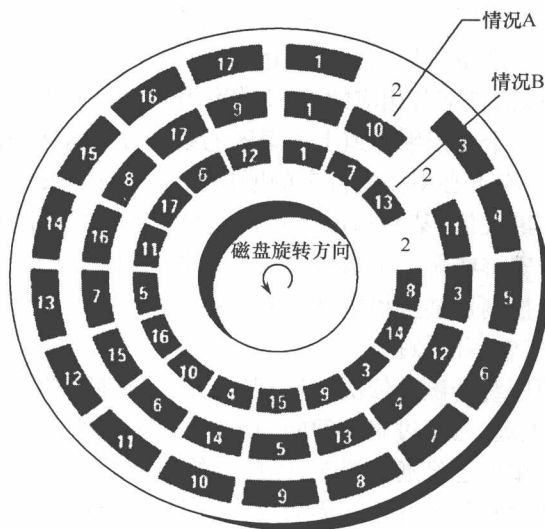


图 1-7 典型的 MFM 硬盘

好。现在的硬盘 BIOS 已经能自己解决这个问题,所以,一般低级格式化程序不再提供这一设置。

系统将文件存储到磁盘上时,按柱面、磁头、扇区的顺序进行,即最先是第 1 磁道的第一磁头(第 1 盘面的第一磁道)下的所有扇区,然后,存储到同一柱面的下一磁头。一个柱面存储满后就推进到下一个柱面,直到把文件内容全部写入磁盘。系统也以相同的顺序读出数据。读出数据时通过传递磁盘控制器要读出扇区所在的柱面号、磁头号和扇区号(物理地址的三个组成部分)进行。磁盘控制器则直接使磁头部件步进到相应的柱面,选通相应的磁头,等待要求的扇区移动到磁头下。在扇区到来时,磁盘控制器读出每个扇区的头标,把这些头标中的地址信息与期待检出的磁头号和柱面号做比较(寻道),然后寻找要求的扇区号。待磁盘控制器找到该扇区头标时,根据其任务是写扇区还是读扇区,来决定是转换写电路,还是读出数据和尾部记录。找到扇区后,磁盘控制器必须在继续寻找下一个扇区之前,对该扇区的信息进行后处理。如果是读数据,控制器计算此数据的 ECC 码,然后把 ECC 码与已记录的 ECC 码相比较;如果是写数据,控制器计算出此数据的 ECC 码,与数据一起存储。在控制器对此扇区中的数据进行必要处理期间,磁盘继续旋转。由于对信息的后处理需要耗费一定的时间,在这段时间内,磁盘已转了一定的角度。

交叉因子的确定是一个系统级的问题。一个特定硬盘驱动器的交叉因子取决于磁盘控制器的速度、主板的时钟速度、与控制器相连的输出总线的操作速度

等。如果磁盘的交叉因子值太高,就需多花一些时间等待数据在磁盘上存入和读出;如果交叉因子值太低,就会大大降低磁盘性能。

前面讲过,系统在磁盘上写入信息时,写满一个磁道后转到同一柱面的下一个磁头,当柱面写满时,再转向下一柱面。从同一柱面的一个磁道到另一个磁道,从一个柱面转到下一个柱面,每一个转换都需要时间,在此期间磁盘始终保持旋转。这就会带来一个问题:假定系统刚刚结束对一个磁道前一个扇区的写入,并且已经设置了最佳交叉因子,现在准备在下一磁道的第一个扇区写入,这时,必须等到磁头转换好,让磁头部件重新准备定位在下一道上。如果这种操作占用的时间超过了一点,尽管是交叉存取,磁头仍会延迟到达。这个问题的解决办法是以原先磁道所在位置为基准,把新的磁道上全部扇区号移动约一个或几个扇区位置,这就是磁头扭斜。磁头扭斜可以理解为柱面与柱面之间的交叉因子,它已由生产厂设置好,用户一般不用去改变它。磁头扭斜的更改比较困难,但是,它们只在文件很长、超过磁道结尾进行读出和写入时才发挥作用,所以,扭斜设置不正确所带来的时间损失比采用不正确的扇区交叉因子带来的损失要小得多。交叉因子和磁头扭斜可用专用工具软件来测试和更改。

扇区号存储在扇区头标中,扇区交叉因子和磁头扭斜的信息也存放在这里。最初,硬盘低级格式化程序只是行使有关磁盘控制器的专门职能来完成设置任务。由于这个过程可能破坏低级格式化的磁道上的全部数据,所以极少采用。

扇区交叉因子由写入到扇区头标中的数字设定,所以,每个磁道可以有自己的交叉因子。在大多数驱动器中,所有磁道都有相同的交叉因子,但有时因为操作上的原因,也可能导致各磁道有不同的扇区交叉因子。如果在交叉因子重置程序工作时,由于断电或人为中断,就会造成一些磁道的交叉因子发生了改变,而另一些磁道的交叉因子没有改变。这种不一致性对计算机不会产生不利影响,只是有最佳交叉因子的磁道要比其他磁道的工作速度更快。

1.1.3 硬盘电路的构成

硬盘电路部分主要由各种数据处理芯片、驱动芯片、电子元器件及印制板构成,如图1-8所示。

1.1.3.1 各种数据处理芯片及驱动芯片

1. 数据处理芯片及驱动芯片作用

1) 电动机驱动芯片

如图1-9所示的用于驱动硬盘的主轴电动机和音圈电动机的驱动芯片。由于现在的硬盘转速太高,所以,会导致该芯片发热量大,因此电动机驱动芯片

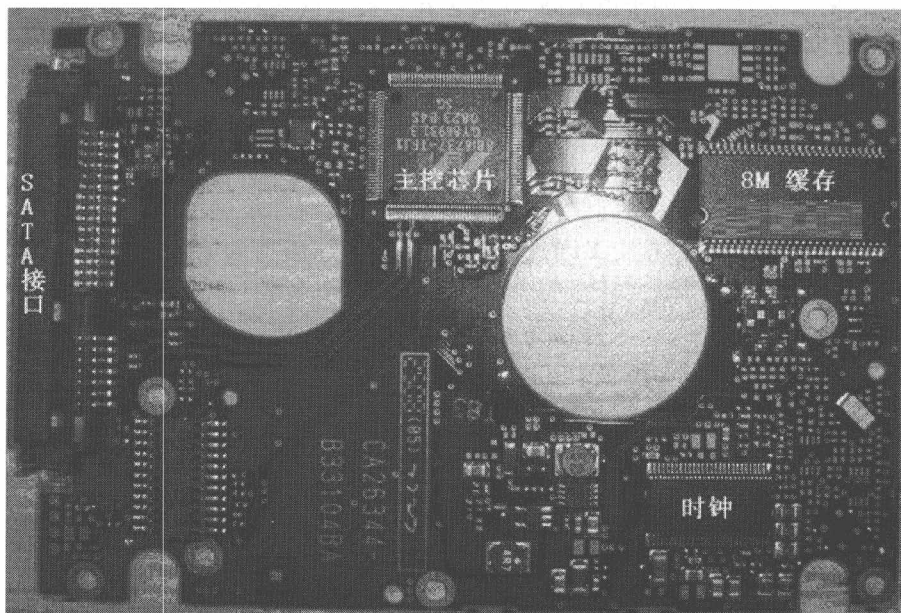


图 1-8 硬盘电路的构成

故障率较高。

2) 前置信号处理器

如图 1-10 所示,前置信号处理器用于处理磁头传来的信号。

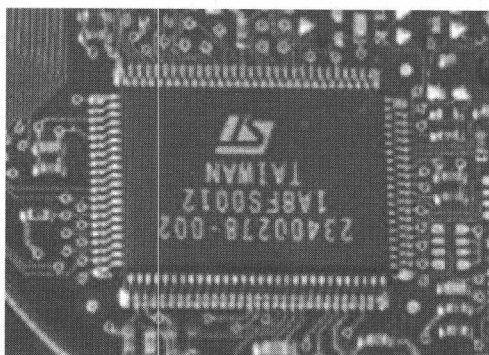


图 1-9 电动机驱动芯片

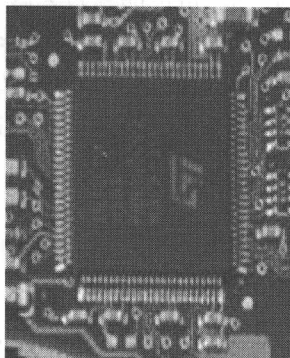


图 1-10 前置信号处理器

3) 接口芯片 CPU 和数字信号处理器

如图 1-11 所示,接口芯片 CPU 和数字信号处理器一般都集成于一个芯片,因为集成度较高,所以其损坏率也较高。