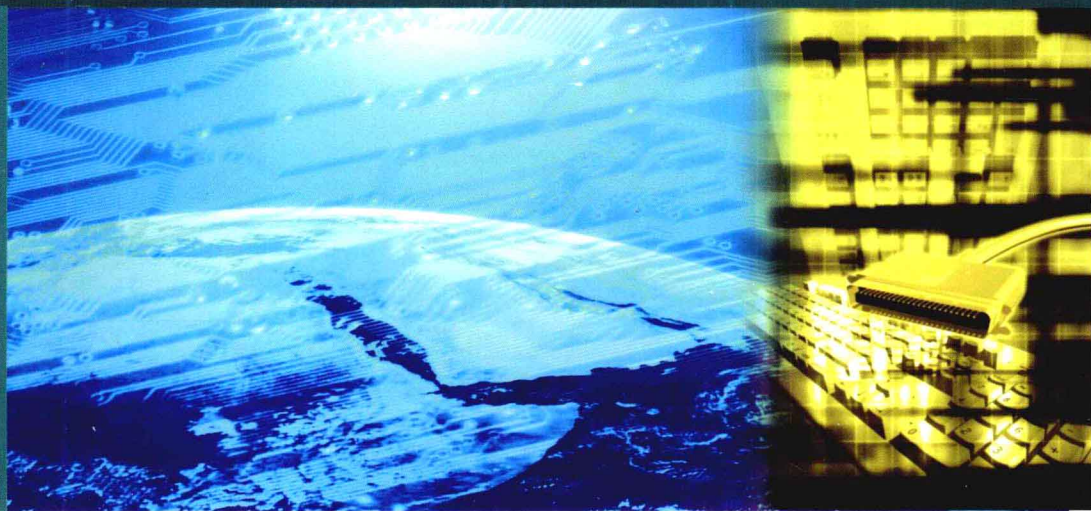


高等学校十二五规划教材·电子信息类



数据安全存储与数据恢复

SHUJU ANQUAN CUNCHU YU SHUJU HUIFU

赵霜 编著

西北工业大学出版社

数据安全存储与数据恢复

赵 霜 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书全面介绍了数据安全存储与数据恢复的原理与实践技术,共 12 章内容,主要分为三个部分:第一部分是数据存储及恢复的基本知识,介绍了硬盘中数据的表达方式、数据的存储结构等;第二部分是数据的存储,介绍了安全存储数据的重要性,怎样保护关键数据安全及备份策略,以及硬盘的结构、文件系统结构等;第三部分是数据恢复,从物理和逻辑两个层面分析了数据丢失或发生故障的原因,并介绍了相应的数据恢复技术、原理和方法。书末附录给出了应用于教学中的实验。

本书主要适用于高等院校信息安全专业、计算机专业及相关专业学生的自学及课堂教学。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据安全存储与数据恢复/赵霜编著. —西安:西北工业大学出版社,2013.7
ISBN 978-7-5612-3707-6

I. ①数… II. ①赵… III. ①数据管理—安全技术 IV. ①TP309.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 144651 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:<http://www.nwpup.com>

印 刷 者:兴平博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.875

字 数:382 千字

版 次:2013 年 7 月第 1 版

2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

前 言

在这个越来越依赖计算机的时代,数据的重要性可想而知,正所谓,硬盘有价,数据无价。那么,对于存储在计算机中的这些重要数据,它们是否万无一失呢?答案当然是否定的,由于种种原因导致数据丢失的现象时有发生。而对于每个曾有过噩梦般数据丢失经历的人来说,那些能够帮助他们将数据找回的数据恢复工程师,已经超越了计算机高手的境界,备受敬仰。

本书是为数据恢复技术爱好者撰写的一本参考书,内容丰富、通俗易懂、实用性和可操作性较强,既适合初学者自学,也适合有一定基础但缺少实践经验的读者学习,尤其适用于信息安全专业、计算机专业及相关专业学生的自学及课堂教学。

在本书编写的过程中,力争将理论结合实践,始终把易理解、易上手作为立足点和出发点,尽量采用通俗易懂的语言,由浅入深,进而满足更多读者的需求。书中在理论阐述之后,马上跟进一个相关的实践环节,详细介绍相关工具的使用,以及实现数据恢复的具体方法,从而使读者对理论的理解更深刻、更透彻。

本书分数据存储及恢复的基本知识、数据存储、数据恢复三部分进行讲解。全书共12章,内容涵盖硬盘的物理结构,硬盘的逻辑结构,Windows文件系统,硬盘的固件,磁盘阵列RAID,软盘、光盘、数码设备等存储介质,硬盘数据保护技术,硬盘维修原理、故障排查,数据恢复的原理,硬盘拯救技术,数据安全与数据备份,数据恢复实例,常用数据恢复软件和典型案例等。通过阅读本书,读者可以掌握安全使用电脑的技能,最大限度地保证数据安全,并在数据发生丢失时采取及时的补救及恢复措施,尽量减少数据丢失造成的损失。书后附录给出了七个实验,用以加强实践训练。

信息技术日新月异,本书不可能将所有可能造成数据丢失的情况一一列举、一一剖析,希望本书能够为广大数据恢复技术爱好者提供一些帮助。

在此,衷心感谢父母、师长、爱人、朋友,你们的支持是本书得以完成的保障,向你们致敬!

编著者

2013年3月

目 录

第 1 章 硬盘的物理结构	1
1.1 硬盘的外部结构	1
1.2 硬盘的内部结构	3
1.3 硬盘的接口	6
1.4 硬盘的工作原理.....	10
1.5 磁道、扇区与柱面	10
1.6 硬盘的性能指标.....	12
1.7 寻址方式.....	13
1.8 硬盘的序列号与编号.....	16
第 2 章 硬盘的逻辑结构	18
2.1 硬盘的低级格式化.....	18
2.2 分区基本概念.....	19
2.3 分区信息正确性判断.....	22
2.4 DOS 分区	24
2.5 分区详细过程.....	40
第 3 章 文件系统结构	50
3.1 文件系统总论.....	50
3.2 FAT 文件系统概述	54
3.3 FAT 文件系统整体布局	55
3.4 FAT32 的保留区	55
3.5 FAT32 的 FAT 表.....	61
3.6 FAT32 的数据区	64
3.7 文件的建立与删除.....	77
第 4 章 硬盘的固件	79
4.1 固件的定义、位置及作用	79
4.2 固件的组成.....	79

第 5 章 磁盘阵列 RAID	83
5.1 磁盘阵列存储	83
5.2 磁盘阵列的级别	84
5.3 RAID 卡组建的磁盘阵列	84
5.4 操作系统组建的磁盘阵列	88
5.5 磁盘阵列故障	95
5.6 磁盘阵列数据的可恢复性	96
第 6 章 其他存储介质	97
6.1 优盘	97
6.2 闪存卡	99
6.3 固态硬盘	101
6.4 内存	104
6.5 光存储介质	105
第 7 章 硬盘数据保护技术	106
7.1 S. M. A. R. T. 技术	106
7.2 DFT 技术	107
7.3 ShockBlock 抗震技术	108
7.4 MaxSafe 数据保护技术	108
7.5 Data Lifeguard 技术	109
7.6 DPS 和 SPS 保护技术	110
第 8 章 硬盘开盘维修	111
第 9 章 硬盘故障排查	116
9.1 系统引导硬盘过程	116
9.2 硬盘故障分类	116
9.3 硬盘故障现象和产生原因	121
9.4 硬盘故障检测与修复流程	126
第 10 章 硬盘数据恢复基础知识	129
10.1 造成硬盘数据丢失的原因	129
10.2 认识数据恢复	130
10.3 数据恢复的步骤	133

10.4	防止数据丢失的措施	133
10.5	硬盘数据恢复和硬盘维修	134
第 11 章	数据恢复软件介绍	136
11.1	WinHex 软件介绍	136
11.2	EasyRecovery 硬盘数据恢复软件功能介绍	154
11.3	R - Studio 介绍	159
11.4	磁盘工具 MHDD 详细使用方法	165
第 12 章	数据恢复案例	174
12.1	主引导记录的恢复案例	174
12.2	分区的恢复案例	177
12.3	分区误格式化的恢复案例	193
附录	实验	195
实验一	数据恢复实验平台的搭建	195
实验二	基于 Ghost 的系统备份与还原	207
实验三	MBR 扇区的恢复	219
实验四	EBR 扇区的恢复	223
实验五	FAT32 文件系统的恢复	230
实验六	软 RAID 阵列的实现	234
实验七	磁盘开盘维修	244
参考文献		245

第 1 章 硬盘的物理结构

目前存储方式基本上分为磁存储、电存储和光存储几种。U 盘及各种存储卡属于电存储方式，VCD、DVD 盘等属于光存储方式，而应用最广的还是磁存储硬盘。各种存储方式除了存储介质上的物理特性不同外，逻辑层面上仍然是基于文件系统结构的，因此本书以硬盘为主介绍常用的存储结构及恢复数据的思路。

硬盘是一种最为常见的外存储器，是一种集机、电、磁于一体的高精度存储设备。1956 年 9 月，IBM 的一个工程小组向世界展示了第一套磁盘系统（IBM 350 RAMAC），这套系统的总容量只有 5MB，使用了 50 个直径为 24 in（1 in=2.54 cm）的磁盘，磁头可以在盘片上的任何一块存储区域移动。1968 年，IBM 公司又提出了“温彻斯特（Winchester）”技术，即密封、固定并高速旋转的镀磁盘片，磁头沿盘片径向移动，悬浮在高速旋转的盘片上方，不与盘片接触。目前使用的硬盘所采用的都是这种技术。硬盘的外观如图 1-1 所示。

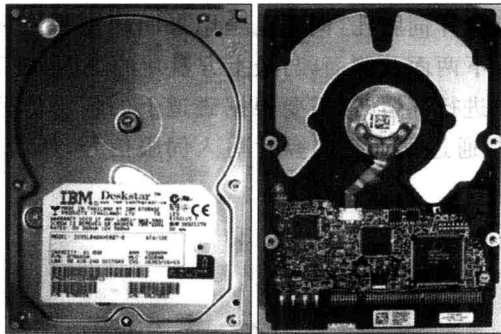


图 1-1 硬盘外观

1.1 硬盘的外部结构

硬盘的外部结构包括标签、接口、透气孔、伺服孔和电路板等。

1. 标签

硬盘的正面贴有标签，标签上标注了硬盘的编号以及相关的信息，如硬盘型号、产地、出厂日期、产品序列号等。硬盘标签如图 1-2 所示。

2. 接口

硬盘的接口有两重含义：一是硬盘的硬件接口规范，即硬盘接插数据线的插头、插座类型，如 PATA 硬盘的 IDE 接口；二是硬盘的软件接口，即主机读/写硬盘时的软件通信端口，如 PATA 硬盘的 ATA 接口。详见 1.3 节。

3. 透气孔

硬盘面板上设置有透气孔,透气孔上安装有空气过滤器,这样既可以保持硬盘内部洁净,又可以使硬盘内部气压与大气气压保持一致,还可以排出硬盘在高速工作时产生的热量,从而保持硬盘的有效工作状态。硬盘的透气孔如图 1-3 所示。



图 1-2 硬盘的标签



图 1-3 硬盘的透气孔

4. 伺服孔

在硬盘的外部还设置有盘片伺服孔,伺服孔是用来向硬盘写入伺服信号的。伺服孔一般有 3 个,分别位于硬盘的上、下两面及侧面,与最上方盘片的正面、最下方盘片的底面和中间盘片一一对应。硬盘的磁头在进行寻道时,需要根据磁道上的伺服信号计算磁头的位置。硬盘装配完成后,采用专用设备,通过伺服孔向盘片写入伺服信号,然后用密封膜将伺服孔密封。硬盘的伺服孔如图 1-4 所示。

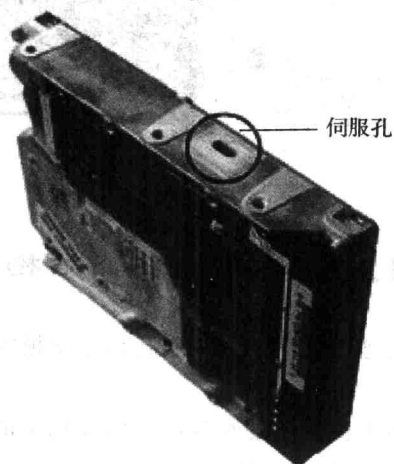


图 1-4 硬盘的伺服孔

5. 电路板

硬盘控制电路板一般是六层板,采用贴片式元件焊接,包括主轴调速电路、磁头驱动与伺服定位电路、读/写电路、控制与接口电路等。在电路板上还安装有高速缓存芯片,通常为

8 MB。

6. 固定盖板

固定盖板实际是硬盘的面板。面板上标注有产品的型号、产地、设置数据等,和底板结合成一个密封的整体,保证硬盘片和机构的稳定运行。

1.2 硬盘的内部结构

硬盘基本上由控制电路板和盘体两大部分组成。

1. 控制电路板

硬盘的控制电路部分位于硬盘背面,也称“PCB”,即印制电路板,如图 1-5 所示。

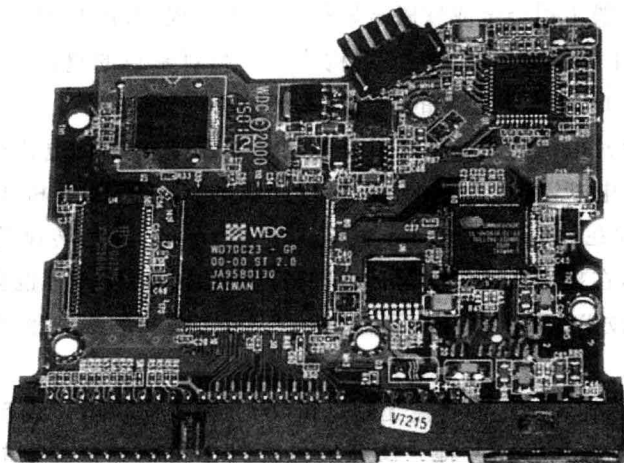


图 1-5 硬盘电路板

控制电路板是由接口、DSP 处理器、ROM、缓存、磁头驱动电路和盘片电机驱动电路等组成的。

▲接口包括电源接口和数据接口,以及硬盘内部的盘片电机接口、磁头接口。

- 电源接口提供硬盘工作所需要的电流。
- 数据接口提供与计算机交换数据的通道。
- 盘片电机接口提供盘片电机转动所需的电流。
- 磁头接口用于提供电路板到磁头和音圈电机的信号连接。

▲DSP 处理器用于控制信号和数据的转换、编码等操作。

▲ROM 中存储了硬盘初始化操作的部分程序,有的 ROM 为独立的芯片(可能是 EPROM,Flash 等),有的集成到了 DSP 中。

▲缓存用于暂存盘体和接口交换的数据,以解决接口速度和硬盘内部读/写速度存在差别的问题。缓存的大小对硬盘的数据传输速率有一定的影响,随着硬盘的不断发展,缓存的容量也在不断增大。

▲磁头驱动电路负责驱动磁头准确定位和对磁头信号进行整形放大等。

▲电机驱动电路负责精确控制盘片的转速。

2. 盘体

盘体由盘腔、上盖、盘片电机、盘片、磁头、音圈电机和其他的辅助组件组成。为保证硬盘正常工作,盘体内的洁净度要很高。为防止灰尘进入,盘体处于相对密封的状态。由于硬盘在工作的过程中会发热,为保证盘腔的空气压力与外界平衡,在盘体上有透气孔,透气孔的内侧安装有一个小的空气过滤器,硬盘的设计不同,呼吸孔的位置和结构也有差别。同时,由于盘体在装配完成后,要写入伺服信息,因而盘体上有伺服信息的写入口,在工厂无尘车间里将专用的写入设备从这个孔插入盘体内写入伺服信息,写入完成后,会用铝箔将其封闭。

(1)盘腔。盘腔一般由铝合金铸造后加工而成,盘体的其他组件都直接或间接地安装在盘腔上面。盘腔上还有将硬盘安装到其他设备上的螺丝孔。

(2)上盖。上盖一般由铝合金或软磁金属材料加工而成,有的是单层的,有的是由多层材料粘合而成的。它的主要作用是与盘腔一起构成一个相对密封的整体,基本上都是用螺钉与盘腔连接,为了保证密封,上盖与盘腔的结合面一般都有密封垫圈。

(3)盘片电机。盘片电机的主要作用就是带动盘片旋转,在控制电路板上的盘片电机驱动芯片的控制下,盘片电机带动盘片以设定的速度转动,盘片电机的转速由原来低于4 000 r/min,发展到现在的10 000 r/min,甚至15 000 r/min,盘片转速的提高直接决定着硬盘的寻道时间。当然,在提高转速的同时,硬盘的发热量、振动、噪声等也会对硬盘的稳定工作产生影响。一些新的技术也不断地应用到盘片电机上,由最初的滚珠轴承电机发展到现在的液态轴承电机。

盘片的电机一般为转速恒定的直流无刷电机,为三相直流供电。线圈的绕法分为三角形连接、星形无中线和星形有中线三种。这种电机可以比较精确地控制转速,让盘片稳定地旋转。

(4)盘片。盘片是硬盘的核心组件之一,不同的硬盘可能有不同的盘片数量。盘片是在铝合金或玻璃基底上涂敷很薄的磁性材料、保护材料和润滑材料等多种不同功能的材料层加工而成的,其中磁性材料的物理性能和磁层结构直接影响着数据的存储密度和所存储数据的稳定性。所有数据都是存储在盘片上的,为了提高存储密度,防止超顺磁效应^①的发生,各相关机构进行了大量的研究工作,不断改进磁层的物理性能和磁层结构。磁记录层的记录方式也由以前的纵向磁记录发展到现在的垂直磁记录。

(5)磁头。磁头也是硬盘的核心组件(见图1-6),磁头的性能对硬盘的数据存储密度和内部传输率具有很大的影响。

磁头最早应用的是铁磁物质,1979年发明了薄膜磁头,使硬盘进一步减小体积、增大容量、提高读/写速度成为可能。20世纪80年代末期,IBM研发了MR磁阻磁头,后来又研发了

^① 超顺磁效应:磁性材料的磁性随温度的变化而变化,当温度低于居里点时,材料的磁性很难被改变;而当温度高于居里点时,材料将变成“顺磁体”,其磁性很容易随周围的磁场改变而改变。如果温度进一步提高,或者磁性颗粒的粒度很小时,即便在常温下,磁体的极性也呈现出随意性,难以保持稳定的磁性能,这种现象被称为超顺磁效应。

GMR 巨磁阻磁头。现在的硬盘都是采用 GMR 磁头,它利用特殊材料的电阻值随磁场变化的原理来读取盘片上的数据。磁头在工作过程中并不与盘片接触,而是在盘片高速旋转带动的空气动力的作用下以很低的高度在盘片上面飞行。为了提高磁头的灵敏度,磁头的飞行高度在不断降低。磁头一般跟金属磁头臂、音圈电机线圈和预放电路等组成一个组件,磁头在音圈电机的带动下,根据读/写数据的需要作往复运动,进而定位数据所在的磁道。

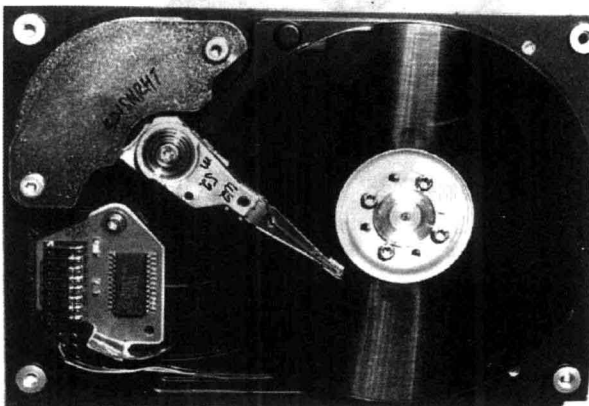


图 1-6 磁头组件

由于磁头需要靠盘片旋转带动的空气动力来飞行,因此,在硬盘不工作或者盘片电机的转速未达到预定值时,磁头就无法飞行。而且,磁头的读/写面和盘片都很光滑,如果它们直接接触必然导致粘连而妨碍盘片起转,或导致磁头和盘片的损伤。为此,磁头在不工作时需要停泊在数据区以外的区域。硬盘通过两种方式来满足这个要求:

▲第一种方式是在盘片内侧开辟一个环形的磁头停泊区,磁头不工作时停泊在这个地方,为了防止粘连,停泊区被有意加工成带有一定粗糙度的区域,以便磁头停泊在这里时磁头和盘片之间有一定的空气。但这样必然导致硬盘启停时磁头和盘片要发生较严重的摩擦而损伤磁头,因此硬盘会有一个启停次数的指标。

▲第二种方式是在盘片的外面安装一个磁头停泊架,不工作时磁头停泊在停泊架上,这样正常情况下磁头永远不会和盘片表面接触,也就不存在启停次数的问题了。

(6)音圈电机。音圈电机由一到两个高磁场强度的磁体及外围的磁钢组成的封闭磁场和音圈电机线圈组成,在磁头驱动电路的控制下控制磁头的运动,依读/写数据的要求带动磁头在盘片上方作往复运动,使磁头定位在需要的数据磁道上。线圈中流过的电流控制磁头的运动方向:当磁头需要移动位置时,线圈中被通过很大的电流,磁头发生偏转;当磁头接近指定位置时,线圈中的电流减弱甚至反向流动,磁头开始减速。通过类似的方式,磁头一级一级地靠近指定位置,直到正确定位。而在静止状态下,磁头也在不停地修正自己的位置,以免定位错误。

为了防止磁头工作时出现意外而导致磁头撞击盘片电机的主轴或移动到盘片停泊架以外,还设计有磁头限位装置。图 1-7 显示了一个硬盘内部的结构。

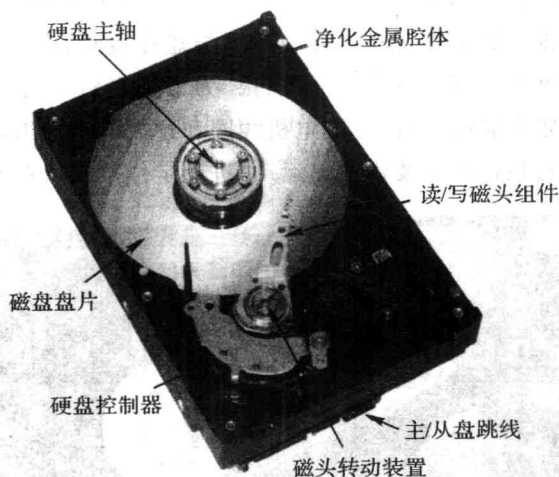


图 1-7 硬盘结构图

1.3 硬盘的接口

硬盘接口是硬盘和计算机系统间的连接部件,作用是在硬盘缓存和主机内存之间传输数据。不同的硬盘接口决定着硬盘与计算机之间的连接速度。在整个系统中,硬盘接口的优劣直接影响着程序运行的快慢和系统性能的好坏。

从整体角度上,硬盘接口分为 IDE,SCSI,SATA,SAS 等几种类型。每种接口协议拥有不同的技术规范,具备不同的传输速度,存取效率差异很大,所面对的实际应用和目标市场也各不相同。

硬盘驱动器接口主要有如下几种类型。

1. IDE 接口

IDE 的英文全称为 Integrated Drive Electronics,即电子集成驱动器,其本意是指把“硬盘控制器”与“盘体”集成在一起的硬盘驱动器。把盘体与控制器集成在一起的做法减少了硬盘接口的电缆数目与长度,数据传输的可靠性得到了增强,硬盘制造起来变得更容易,因为硬盘生产厂商不需要再担心自己的硬盘是否与其他厂商生产的控制器兼容。对用户而言,硬盘安装起来也更为方便。它曾是最主流的硬盘接口,包括光存储类的主要接口,经过数年的发展变得更成熟、廉价、稳定。

IDE 代表着硬盘的一种类型,它的接口标准为 ATA。最早出现的 IDE 类型硬盘为 ATA-1。这种类型的接口随着接口技术的发展已经被淘汰了,而其后发展分支出更多类型的硬盘接口,如 ATA,Ultra ATA,DMA,Ultra DMA 等都属于 IDE 硬盘接口。

早期是用 IDE 多功能卡插在主板上,再连接 IDE 线。多功能卡淘汰后,则是在主板上提供两个 IDE 接口,相比 IDE 多功能卡,它更便宜、更易于安装。

IDE 接口又分为 UDMA/33,UDMA/66,UDMA/100,UDMA/133。1996 年底,昆腾和英特尔公司宣布共同开发了 UltraDMA/33 的新型 EIDE 接口,因其数据传输速率为 33MB/s,

故称 UDMA/33,后面的 UDMA/66,UDMA/100,UDMA/133 命名依据同上。

另外,Ultra DMA 采用总线控制方式,在硬盘上有直接内存通道控制器,可以大大降低硬盘在读/写时对 CPU 的占用率,可将 CPU 的占用率从 92%降至 52%,这也是 Ultra DMA 的一个重要作用。当然,要实现 Ultra DMA 功能,还需要支持 Ultra DMA 规格的主板和相应的驱动程序。

所有的 IDE 硬盘接口都使用相同的 40 针连接器,如图 1-8 所示。

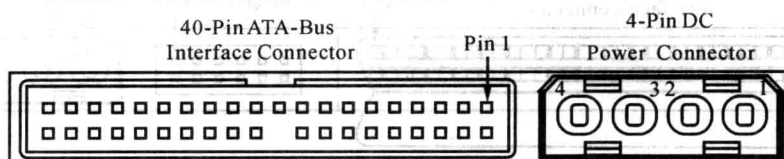


图 1-8 IDE 接口

IDE 接口使用一根 40 芯或 80 芯的扁平电缆连接硬盘与主板,每条线最多连接两个 IDE 设备(硬盘或者光驱)。

2. SCSI 接口

目前计算机中最大的速度瓶颈来自于硬盘。受制于 IDE 接口的局限,IDE 硬盘速度的提高已趋于极限。SCSI(Small Computer System Interface)即“小型计算机系统接口”,是同 ATA 完全不同的接口。ATA 接口是普通 PC 的标准接口,而 SCSI 并不是专门为硬盘设计的接口,而是一种广泛应用于小型机上的高速数据传输技术。SCSI 接口具有应用范围广、多任务、带宽大、CPU 占用率低,以及热插拔等优点,但价格较高,因此,SCSI 硬盘主要应用于中、高端服务器和高档工作站中。

SCSI 硬盘的外观与普通硬盘基本一致,但现在 SCSI 硬盘的最高转速已达到 15 000 r/min,平均寻道时间大幅缩短,数据传输率有了很大提高。尤为关键的是,SCSI 硬盘的 CPU 占用率非常低,仅在 5%左右。这些都使得 SCSI 硬盘的性能比 IDE 硬盘有较大的提高。

在系统中应用 SCSI 必须要有专门的 SCSI 控制器,也就是一块 SCSI 控制卡,才能支持 SCSI 设备,这与 IDE 硬盘不同。在 SCSI 控制器上有一个相当于 CPU 的芯片,它对 SCSI 设备进行控制,能处理大部分的工作,降低了中央处理器的负担。

SCSI 接口连接器分为内置和外置两种:内置数据线的外形和 IDE 数据线一样,只是针数和规格稍有差别,主要用于连接光驱和硬盘,40 针 ATA 33 线有 40 根导线,40 针 ATA 66 线有 80 根导线,而 SCSI 内置接口则分为 50 针、68 针和 80 针。常见到硬盘型号上标有 N,W,SCA,这就是表示接口针数的。

▲N 即窄口(Narrow):50 针。

▲W 即宽口(Wide):68 针。

▲SCA 即单接头(Single Connector Achment):80 针。

其中 80 针的 SCSI 盘一般支持热插拔。

由于 SCSI 接口硬盘的价格要比 IDE 接口硬盘贵,而且使用时还必须另外购买 SCSI 控制卡,因而在家用电脑上仍以 IDE 接口的硬盘为主流。图 1-9 给出了三种 SCSI 硬盘的接口示意图。

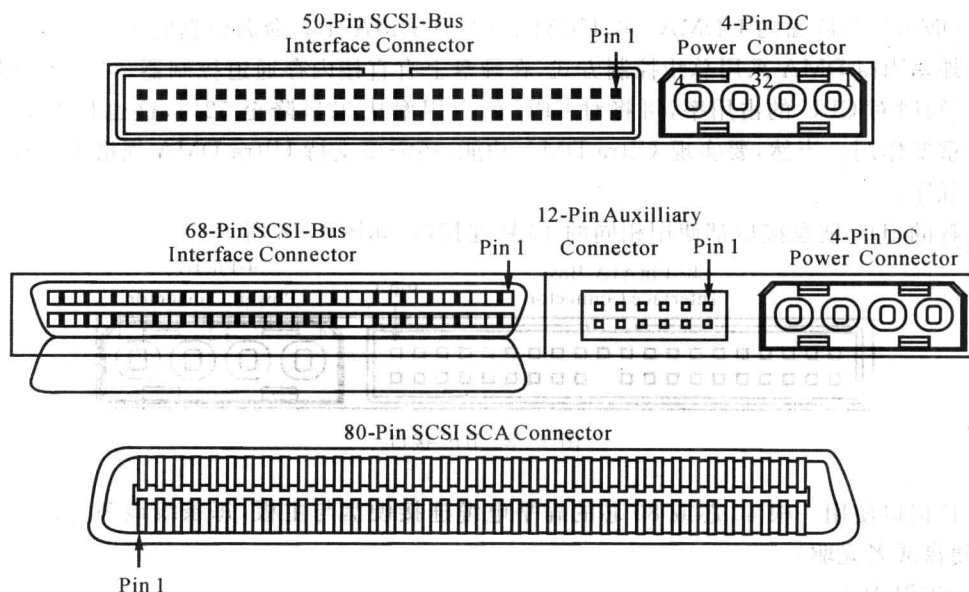


图 1-9 SCSI 接口

3. SATA 接口

SATA 的英文全称是 Serial - ATA (串行), 它是 Intel 和 APT, Dell, IBM, Maxtor 及 Seagate 等几家厂商共同制定的新一代硬盘传输接口标准。IDE 系列属于 Parallel - ATA 标准, SATA 是一种新的标准, 目前已成为硬盘的主流接口标准。其传输方式是将许多数据位封装成一组封包, 然后以比平行模式快 30 倍的速度在来源与目的地之间来回传输数据封包。因此, 它具有更快的外部接口传输速度, 数据校验措施更为完善, 初步的传输速率已经达到了 150 MB/s, 比 IDE 最高的 UDMA/133 还高不少。由于改用线路相互之间干扰较小的串行线路进行信号传输, 因此相比原来的并行总线, SATA 的工作频率得到很大提升。虽然总线位宽较小, 但 SATA 1.0 标准仍可达到 150 MB/s, 未来的 SATA 2.0/3.0 更可提升到 300 MB/s 以至 600 MB/s, 并且 SATA 具有更简洁方便的布局连线方式, 在有限的机箱内, 更有利于散热, 这种简洁的连接方式使内部电磁干扰大幅降低。

SATA 规范不仅立足于未来, 而且还保留了多种向后兼容方式, 在使用上不存在兼容性的问题。在硬件方面, SATA 标准中允许使用转换器提供同 PATA 设备的兼容性, 转换器能把来自主板的 PATA 信号转换成 SATA 硬盘能够使用的串行信号, 这在某种程度上保护了原有投资, 降低了升级成本; 在软件方面, SATA 和 PATA 保持了软件兼容性, 这意味着厂商丝毫不必为使用 SATA 而重写任何驱动程序和操作系统代码。

从 IDE 过渡到 SATA, 已经成为硬盘传输接口演变的经典历史, SATA 硬盘已经成为未来计算机平台的标准配置。图 1-10 所示为 SATA 硬盘、数据线及电源转换线。

4. SAS 接口

SAS (Serial Attached SCSI) 即串行 SCSI 接口 (见图 1-11), 是新一代的 SCSI 技术, 和现在流行的 Serial ATA (SATA) 硬盘相同, 都是采用串行技术以获得较高的传输速度, 并通过缩短连接线改善内部空间等。

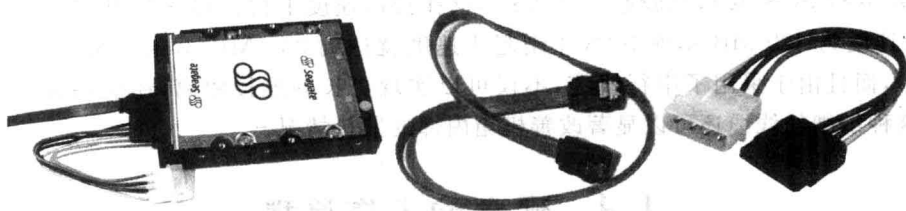


图 1-10 SATA 硬盘、数据线、电源线

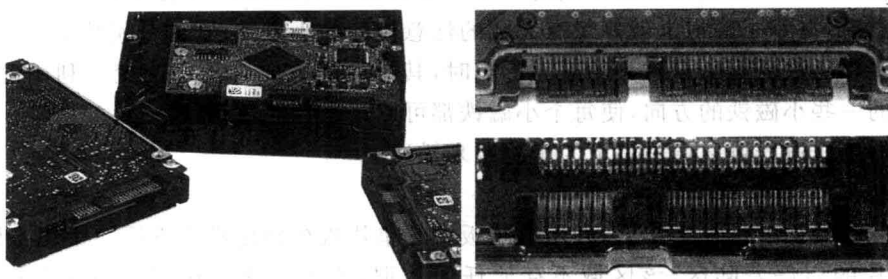


图 1-11 SAS 硬盘及接口

SAS 是并行 SCSI 接口之后开发出的全新接口,这种接口的设计是为了发挥存储系统的效能可用性和扩充性,并且提供与 SATA 硬盘的兼容性。它可以向下兼容 SATA,具体来说,二者的兼容性主要体现在物理层和协议层的兼容:

▲在物理层,SAS 接口和 SATA 接口完全兼容,SATA 硬盘可以直接使用在 SAS 的环境中。从接口标准上看,SATA 是 SAS 的一个子标准,因此 SAS 控制器可以直接操控 SATA 硬盘。但是 SAS 却不能直接使用在 SATA 的环境中,因为 SATA 控制器并不能对 SAS 硬盘进行控制。

▲在协议层,SAS 由 3 种类型协议组成,根据连接的不同设备使用相应的协议进行数据传输。其中,串行 SCSI 协议(SSP)用于传输 SCSI 命令,SCSI 管理协议(SMP)用于对连接设备的维护和管理,SATA 通道协议(STP)用于 SAS 和 SATA 之间数据的传输。

在这 3 种协议的配合下,SAS 可以和 SATA 以及部分 SCSI 设备无缝结合。

SAS 系统的背板(Backplane)既可以连接具有双端口、高性能的 SAS 驱动器,也可以连接大容量、低成本的 SATA 驱动器。SAS 驱动器和 SATA 驱动器可以同时存在于一个存储系统之中。但需要注意的是,SATA 系统并不兼容 SAS,SAS 驱动器不能连接到 SATA 背板上。SAS 系统的兼容性,使用户能够运用不同接口的硬盘来满足各类应用在容量或性能上的需求,因此在扩充存储系统时拥有更多的弹性,让存储设备发挥最大的投资效益。

在系统中,每一个 SAS 端口最多可以连接 16 256 个外部设备,并且 SAS 采取直接的点到点的串行传输方式,传输的速率高达 3 Gb/s,估计以后会有 6 Gb/s 乃至 12 Gb/s 的高速接口出现。SAS 的接口也做了较大的改进,它同时提供 3.5 in 和 2.5 in 的接口,因此能够适合不同服务器环境的需求。SAS 依靠 SAS 扩展器来连接更多的设备,目前的扩展器以 12 端口居多,不过根据板卡厂商产品研发计划显示,未来会有 28、36 端口的扩展器来连接 SAS 设备、主机设备或者其他的 SAS 扩展器。

和传统并行 SCSI 接口比较起来, SAS 不仅在接口速度上得到显著提升(现在主流 Ultra 320 SCSI 速度为 320 MB/s, 而 SAS 才刚起步速度就达到 300 MB/s, 未来会达到 600 MB/s 甚至更高), 而且由于采用了串行线缆, 不仅可以实现更长的连接距离, 还能够提高抗干扰能力, 并且这种细细的线缆还可以显著改善机箱内部的散热情况。

1.4 硬盘的工作原理

硬盘是采用磁介质进行数据存储的。在硬盘的盘片表面都涂有磁性介质, 这些磁性介质被划分成磁道, 在每个磁道上就好像有无数的任意排列的小磁铁, 它们分别代表着 0 和 1 的状态。当这些小磁铁受到来自磁头的磁力影响时, 其排列的方向会随之改变。利用磁头的磁力控制指定的一些小磁铁的方向, 使每个小磁铁都可以用来存储数据。

硬盘的工作过程可以通过以下 4 个阶段来描述。

1. 初始化

硬盘驱动器加电正常工作后, 利用电路板中的单片机初始化模块进行初始化工作, 此时磁头置于盘片的启停着陆区, 该区域不存放任何数据, 磁头在此区域启停不存在损伤数据的问题。

2. 启动待命

初始化完成后, 主轴电机启动, 带动磁盘高速旋转, 高速气流使磁头悬浮起来, 然后装载有磁头的磁头驱动小车移动, 将浮动起来的磁头置于盘片表面的 0 磁道上方, 处于等待指令的启动状态。

3. 执行指令

当硬盘的接口电路接收到电脑系统传来的指令信号后, 将通过前置放大控制电路, 驱动硬盘磁头的音圈电机发出磁信号, 根据感应阻值变化的磁头对以磁性介质形式表示的盘片数据信息进行正确定位, 并将接收后的数据信息解码, 通过放大控制电路传输到接口电路, 反馈给电脑系统完成指令操作。

4. 断电状态

一次读或写操作结束后, 硬盘即处于断电状态。而硬盘断电后, 浮动的磁头在弹簧作用下返回到盘面中心位置的磁头驻留区, 着陆停泊。

概括地说, 硬盘的工作原理是利用特定的磁粒子的极性来记录数据。磁头在读取数据时, 将磁粒子的不同极性转换为不同的电脉冲信号, 再利用数据转换器将这些电脉冲信号转变为电脑可以使用的数据, 写的操作正好与此相反。

1.5 磁道、扇区与柱面

1. 磁道

当磁盘旋转时, 磁头若保持在一个位置上, 则每个磁头都会在磁盘表面划出一个圆形轨迹, 这些圆形轨迹就叫做磁道(见图 1-12)。

这些磁道用肉眼是根本看不到的, 因为它们仅是盘面上以特殊方式磁化了的一些磁化区, 磁盘上的信息便是沿着这样的轨道存放的。相邻磁道之间并不是紧挨着的, 这是因为磁化单