

权威专家编写
原理和实例并重

软硬兼施

硬盘固件维修及数据恢复实战

张 彬 编著

本书全面地讲解了硬盘固件层知识，内容详实，通俗易懂。书中不仅对固件的概念、固件的存储位置、固件的组成进行了详细的介绍，还针对各主流品牌硬盘特有的固件模块进行了专门的讲解。一些珍贵的硬盘固件资料由资深技术工程师经过多年的研究实践总结得出，在国内披露尚属首次。

清华大学出版社

权威专家编写
原理和实例并重

软硬兼施

硬盘固件维修及数据恢复实战

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是一本专业的硬盘固件维修与数据恢复实战用书,详细介绍了硬盘的物理机制、逻辑结构、固件组成、故障排查和数据恢复的基础知识,以及希捷、迈拓、西部数据和日立等主流厂商硬盘产品的固件维修与数据恢复等高级应用。

本书图文并茂、内容详实、易学易懂,通过本书的学习,读者能够在短期内掌握硬盘结构,学会运用工具软件维修目前市场上的主流硬盘。本书每章按知识讲解+本章小结+练习园地的结构安排,步骤的讲解以图为主,每章后面附有相关练习题,以达到巩固和应用知识的目的。

本书系统地讲解了硬盘的有关知识及其检测维修方法,定位于数据恢复从业人员、数据恢复教学人员、电子取证工作者以及相关专业的在校学生、培训班学员,以及一切对硬盘固件维修及数据恢复感兴趣的爱好者,供其学习和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

软硬兼施——硬盘固件维修及数据恢复实战/张彬编著. —北京:清华大学出版社,2010.5
ISBN 978-7-302-22321-4

I. ①软… II. ①张… III. ①硬磁盘—维修 ②数据管理—安全技术 IV. ①TP333.307
②TP309.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 055970 号

责任编辑:王峰松 薛 阳

责任校对:徐俊伟

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21 字 数:518 千字

版 次:2010 年 5 月第 1 版 印 次:2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:39.50 元

产品编号:036235-01

前 言

硬盘因其工作原理和生产工艺流程的复杂性，一直给人以高深莫测的印象，要想修复损坏的硬盘或者恢复出其中的数据，就需要对硬盘的结构和硬盘数据的存储原理等有深入的研究。目前很多公司所声称能对硬盘进行维修和数据恢复的技术多停留在逻辑层和物理层的研究，且成功率并不高，而真正能深入到固件层对硬盘修复和数据恢复技术进行研究的并不多。但因固件原因导致的硬盘故障却占据了硬盘故障率的60%左右，这类故障凭开盘和软件工具都不能进行修复，也就造成了硬盘故障修复成功率的低下。

随着信息化时代的来临，越来越多的企业、商家、政府机关和个人通过电脑来获取和处理信息，同时将自己的大量重要信息以数据文件的形式保存在硬盘或其他存储介质中。一旦因种种原因造成其中的数据丢失，都将给企业或个人带来无法估计的损失，正所谓“硬盘有价，数据无价”，这时抢救保存在硬盘或其他存储介质中的数据就显得尤为重要。

要恢复硬盘数据，首先就需要修复硬盘故障，而业界一般将硬盘故障分为逻辑层故障、物理层故障和固件层故障三个层次。

逻辑层故障：包括误删除、误分区、误格式化、病毒破坏等一系列发生在硬盘逻辑层的故障，可以通过 FinalData、EasyRecovery 等数据恢复软件恢复出其中的大部分数据。

物理层故障：包括磁头损坏、电机损坏、盘片划伤等一系列硬盘盘体发生的故障，可以通过开盘、热交换等方法恢复出其中的部分数据，但对技术人员要求较高，恢复效果视损坏情况而定。

固件层故障：由于固件损坏、固件丢失造成硬盘无法启动、找不到硬盘数据的一系列故障，可以通过专门的工具和工具软件配合进行固件回写等方法修复硬盘进而恢复其中的数据。

硬盘物理层故障修复的实践操作性很强，需要读者具备相应的条件进行实践操作；目前市面上针对硬盘逻辑层故障修复及数据恢复的资料不少；对于硬盘固件层的介绍以及固件故障的修复、数据恢复方面的资料却寥寥无几。针对这种情况，作者推出了这本专业的硬盘固件修复和数据恢复技术指导书——《软硬兼施——硬盘固件维修及数据恢复实战》。

本书从硬盘的基础知识讲起，依次介绍了硬盘的工作原理、逻辑结构、固件组成等，并结合大量案例进行介绍。本书原理和实例并重、图文并茂、语言通俗易懂、内容涵盖全面、知识的深度和广度适中，入门级和提高级的读者都可以找到适合自己的章节来学习。

读者对象

本书适合数据恢复从业人员、数据恢复教学人员、电子取证工作者以及相关专业的在校大学生、培训班学员，以及一切对硬盘固件维修及数据恢复感兴趣的爱好者阅读和使用。

本书特点

本书较为全面地深入硬盘固件层进行介绍，内容翔实，知识涵盖面广，语言通俗易懂。

本书不仅对硬盘固件的概念、固件的存储位置、固件的作用、固件的组成等有详细的介绍，在针对各品牌硬盘进行讲解时，还专门罗列了该品牌硬盘特有的固件模块进行讲解，以便读者可以对照硬盘故障现象找出损坏的固件模块进行回写修复。这些珍贵的硬盘固件资料多是由效率源技术工程师经过多年的研究实践总结得出，在国内尚属首次披露。同时本书还对硬盘的基本参数、寻址模式、工作原理、分区、低级格式化、高级格式化以及硬盘故障排查和数据恢复的原则、原理、步骤等进行了详细的介绍。

在内容安排上，本书采用理论和实践结合的形式，从基础的硬盘知识讲起，精选多个实用案例进行操作讲解，内容非常全面。本书不仅有浅显易懂的理论知识讲解，更从实践应用出发，加入了部分常见案例，并在每章的末尾加入了本章小结，使读者巩固该章节的知识，并辅以选择题和思考题，加强了动手操作练习。本书除对目前市面上主流的希捷、西数、迈拓、日立硬盘的维修进行详细介绍外，还特别对第四代数据恢复工具——Data Compass 数据指南针的功能和操作界面进行了详尽介绍，特别是讲解了数据指南针特有的固件虚拟技术和影子技术，并列举了使用数据指南针进行数据恢复的一些典型案例，让读者快速掌握数据指南针的操作技巧。

在编写和版式安排上，本书采用了4级标题，尽可能将内容细分，层次清晰明了；在操作步骤和基本知识讲解中穿插了大量“注意提示”小栏目，其中给出了一些实践经验和操作时遇到的常见问题释疑，拓宽了读者的知识面。本书的正文部分多用并图、串图的方式，并给出图标注进行详细介绍，而操作步骤采用一步一图的排版方式，使读者在进行实践操作时有身临其境的感觉。

主要内容

全书共分为10章，其主要内容包括：

第1章介绍硬盘的基础知识，包括硬盘的物理结构、技术参数、性能指标、寻址模式、工作原理以及序列号和编号等。

第2章介绍硬盘的逻辑结构，即硬盘数据存储原理，包括硬盘的低级格式化、分区和高级格式化。

第3章介绍硬盘的固件，对固件的概念、存储位置、作用、组成进行了详细介绍，为后面的案例操作奠定了基础。

第4章介绍硬盘故障的排查，包括硬盘的启动过程、硬盘故障的分类、硬盘故障现象和产生的原因以及硬盘故障检测和修复流程。掌握了这些知识，对硬盘的修复将起到事半功倍的效果。

第5章介绍硬盘数据恢复的基础知识，包括造成数据丢失的原因、数据恢复的原则、分类、原理、步骤、防止数据丢失的措施等，并对硬盘数据恢复和硬盘维修的区别进行了介绍。

第6章介绍希捷硬盘的固件级维修，包括希捷硬盘特有的编号、分类和启动流程。文中结合效率源希捷专修程序列举了大量案例，让读者在实践操作中掌握希捷专修的使用和希捷硬盘的维修技巧。

第7章介绍迈拓硬盘的固件级维修，包括迈拓硬盘特有的型号、编号、跳线设置方法等，并对效率源迈拓专修程序进行了详细的功能介绍，结合迈拓硬盘的典型案例分析进行实践操作，让读者在实践操作中掌握迈拓专修程序的使用技巧和迈拓硬盘的维修技巧。

第8章介绍西数硬盘的固件级维修，结构和前面两章类似，即对西数硬盘的基础知识进行详细介绍后，重点介绍了效率源西数专修程序和西数硬盘使用过程中会发生的典型案例。

第9章用同样的结构介绍日立硬盘的固件级维修。

第10章对硬盘数据恢复操作进行详细介绍，包括效率源 DataCompass 数据指南针的工作界面和一些典型案例的介绍。

结束语

硬盘故障现象千变万化，读者应在平时多进行实践操作，灵活地应用多种不同的方法来解决故障，只有通过实践才能掌握硬盘维修及数据恢复的技能。

本书由张彬编著，参与本书资料整理的还有李秋平、钟焕伟、贾鹏洋、曲晨铭、杨先珉等人。在本书的编写过程中还得到了效率源信息安全技术有限公司的大力支持，在此表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在一些不足之处，真诚希望广大读者批评指正（发送邮件至 gz_zhangbin@163.com）。

作者

2010年1月

目 录

第1章 硬盘基础知识	1	3.4.1 固件管理模块	33
1.1 认识硬盘	1	3.4.2 配置和设置表	33
1.1.1 硬盘的物理结构	1	3.4.3 缺陷列表	33
1.1.2 硬盘的基本参数	5	3.4.4 工作记录表	35
1.1.3 硬盘的主要性能指标	7	3.5 硬盘数据保护技术	35
1.2 硬盘的寻址模式	9	3.5.1 SMART 技术	36
1.2.1 什么是寻址模式	9	3.5.2 DFT 技术	37
1.2.2 C/H/S 与 LBA 的转换关系	10	3.5.3 ShockBlock 抗震技术	37
1.3 硬盘的工作原理	12	3.5.4 MaxSafe 数据保护技术	38
1.4 硬盘的序列号与编号	12	3.5.5 Data Lifeguard 技术	39
1.4.1 序列号	12	3.5.6 DPS 和 SPS 保护技术	40
1.4.2 编号	13	3.6 本章小结	40
1.5 本章小结	13	3.7 练习园地	40
1.6 练习园地	14	第4章 硬盘故障排查	42
第2章 硬盘的逻辑结构	16	4.1 系统引导硬盘过程	42
2.1 硬盘的低级格式化	16	4.2 硬盘故障分类	42
2.1.1 低级格式化的概念	16	4.2.1 硬盘物理故障	43
2.1.2 低级格式化的作用	16	4.2.2 硬盘逻辑故障	44
2.2 硬盘的分区	17	4.2.3 硬盘固件区故障	45
2.2.1 分区的作用	19	4.3 硬盘故障现象和产生原因	45
2.2.2 主引导扇区	19	4.3.1 硬盘故障提示信息	46
2.3 硬盘的高级格式化	21	4.3.2 硬盘故障代码	48
2.3.1 高级格式化的作用	22	4.3.3 其他硬盘故障判定方法	48
2.3.2 DBR 的结构	22	4.4 硬盘故障检测与修复流程	51
2.3.3 FAT 表的结构	25	4.4.1 硬盘故障检测流程	51
2.3.4 FDT 表的结构	27	4.4.2 硬盘维修流程	52
2.4 本章小结	29	4.5 本章小结	54
2.5 练习园地	30	4.6 练习园地	54
第3章 硬盘的固件	32	第5章 硬盘数据恢复基础知识	56
3.1 固件的定义	32	5.1 造成硬盘数据丢失的原因	56
3.2 固件的位置	32	5.1.1 逻辑原因	56
3.3 固件的作用	32	5.1.2 物理原因	56
3.4 固件的组成	33	5.1.3 固件原因	57

5.2 认识数据恢复	57	7.2.1 效率源迈拓专修程序功能	122
5.2.1 数据恢复的定义	57	7.2.2 效率源迈拓专修程序 工作界面	124
5.2.2 数据恢复的一般原则	58	7.3 迈拓硬盘维修典型案例	143
5.2.3 数据恢复的分类	58	7.3.1 迈拓硬盘维修必备知识	143
5.2.4 数据恢复的原理	59	7.3.2 重定义硬盘主头	151
5.3 数据恢复的步骤	61	7.3.3 A 区自动校准	155
5.4 防止数据丢失的措施	61	7.3.4 C 区自动校准修复 A 区固件 和数据区坏道	160
5.5 硬盘数据恢复和硬盘维修的 区别与联系	63	7.3.5 修复固件损坏引起的 不认盘故障	166
5.6 本章小结	63	7.4 本章小结	176
5.7 练习园地	64	7.5 练习园地	176
第 6 章 希捷硬盘固件维修	65	第 8 章 西数硬盘固件维修	178
6.1 希捷硬盘的编号	65	8.1 西数硬盘分类	178
6.2 希捷硬盘的分类	66	8.1.1 按针对的客户群体分类	178
6.2.1 希捷酷鱼系列	66	8.1.2 按编程口分类	180
6.2.2 希捷 U 系列	71	8.2 西数硬盘介绍	181
6.2.3 希捷笔记本系列	73	8.2.1 西数硬盘的编号	181
6.3 希捷硬盘启动流程	74	8.2.2 西数硬盘的跳线模式	183
6.4 效率源希捷专修介绍	75	8.2.3 西数硬盘电路板 ROM 的 识别	183
6.4.1 效率源希捷专修程序功能	75	8.2.4 西数硬盘的固件	184
6.4.2 希捷硬盘数据恢复及 修复终端的连接方式	75	8.3 效率源西数专修介绍	186
6.4.3 效率源希捷专修程序的 工作界面	77	8.3.1 效率源西数专修功能与 连接方式	186
6.5 希捷硬盘固件维修典型案例	93	8.3.2 效率源西数专修工作界面	187
6.5.1 希捷 7200.7 硬盘的砍头	93	8.4 西数硬盘固件维修典型 案例	196
6.5.2 希捷硬盘 F 级数据恢复	97	8.4.1 西数硬盘固件区逻辑 坏道修复	196
6.5.3 希捷 7200.7 硬盘的自校准	101	8.4.2 西数硬盘固件区物理 坏道修复	200
6.5.4 希捷 7200.11 状态忙的 修复	103	8.4.3 西数斜口硬盘的 自校准操作	205
6.5.5 希捷 U6 硬盘自校准	107	8.4.4 西数黑盘一代的砍头操作	209
6.6 本章小结	112	8.4.5 西数 ROYL 系列 ATA 和 ROM 不匹配的修复	212
6.7 练习园地	112	8.5 本章小结	217
第 7 章 迈拓硬盘固件维修	114		
7.1 迈拓硬盘介绍	114		
7.1.1 迈拓硬盘的系列	114		
7.1.2 迈拓硬盘的型号	119		
7.1.3 常见迈拓硬盘的跳线	121		
7.2 效率源迈拓专修介绍	122		

8.6 练习园地	218	10.1.3 数据指南针的底层 控制程序	264
第9章 日立硬盘固件维修	219	10.1.4 数据指南针的上层数据 恢复程序	273
9.1 日立硬盘介绍	219	10.2 硬盘数据恢复典型案例	275
9.1.1 日立硬盘的系列	219	10.2.1 用 DC 的分头读取功能 恢复数据	275
9.1.2 日立硬盘的编号	227	10.2.2 对固件区、数据区有物理 坏道的日立硬盘进行数据 恢复	280
9.1.3 日立硬盘跳线设置	230	10.2.3 用热交换快速提取 指定数据	292
9.2 识别日立硬盘型号	232	10.2.4 用 DC 通过影子盘由 MBR 损坏的硬盘中恢复数据	300
9.2.1 笔记本硬盘	232	10.2.5 对于数据区坏道严重的 硬盘直接镜像的数据恢复	304
9.2.2 台式机硬盘	232	10.3 本章小结	308
9.3 效率源日立专修介绍	232	10.4 练习园地	309
9.3.1 效率源日立专修连接方法	233	附录1 希捷硬盘常见 Model 号 对照表	311
9.3.2 效率源日立专修主要功能	234	附录2 各品牌硬盘固件模块功能 速查表	313
9.3.3 效率源日立专修工作界面	234	附录3 迈拓硬盘固件模块功能表	315
9.4 日立硬盘固件维修 典型案例	243	附录4 希捷硬盘维修常见错误提示 及解决方案	316
9.4.1 日立硬盘维修必备知识	243	附录5 希捷硬盘常见指令分析	319
9.4.2 标准方法解密硬盘	246		
9.4.3 拆电路板法解密硬盘	248		
9.4.4 修复 NVRAM 故障	253		
9.5 本章小结	257		
9.6 练习园地	257		
第10章 硬盘数据恢复	259		
10.1 数据指南针 Data Compass	259		
10.1.1 数据指南针的功能	259		
10.1.2 数据指南针控制器	261		

第 1 章 硬盘基础知识

在构成计算机硬件系统的所有设备中，硬盘作为存储设备中的一种，具有非常重要的地位。它是系统软件、应用软件与用户数据的载体。没有硬盘，计算机将无法正常工作。

硬盘作为一种外部存储设备，用户存放在其中的数据在计算机断电后并不会丢失，但这并不能保证这些数据永远不会丢失。当硬盘出现某些故障时，就极有可能会造成保存在其中的数据丢失。那么，硬盘中丢失的数据是不是就无法找回了呢？其实不然，只要我们采取合理的措施，就能够恢复部分甚至全部数据。

在恢复数据时，会涉及到硬盘的一些相关知识，如硬盘的盘片、扇区、接口与 LBA 等，本章就来讲解硬盘的这些基础知识。

1.1 认识硬盘

硬盘是一种比较精密的仪器，其生产工艺相当复杂，这在一定程度上避免了假冒伪劣产品的产生。要进行数据恢复操作，首先应该了解硬盘的结构、参数与数据的存储原理等，这对数据恢复工作极其重要。

1.1.1 硬盘的物理结构

硬盘集机、电、磁于一体，其结构相当复杂，图 1-1 与图 1-2 分别展示了某硬盘的外部结构和内部结构。



图 1-1 硬盘的外部结构

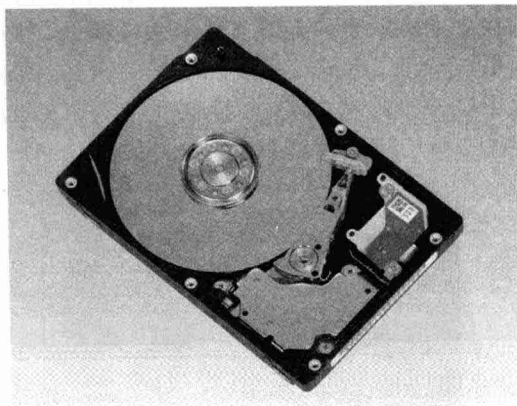


图 1-2 硬盘的内部结构

硬盘的外壳是一个金属盒子，正面贴有产品标签，其上有厂家的信息和产品信息，如商标、型号、序列号、生产日期、容量以及跳线的设置方法等。这些信息是正确使用硬盘的基本依据。硬盘的背面则是控制电路板（PCB），在电路板上有很多芯片，主要用来对硬盘进行控制；而在硬盘的侧面有电源接口、跳线和数据线接口，用于连接电源与数据线。硬盘的内部主要由磁盘、磁头、磁头臂、主轴与音圈马达等组成，如图 1-3 所示。

1. 数据接口

硬盘的数据接口（简称接口）是数据与主板以及主板上各部件之间进行数据交换的纽带，目前的硬盘接口根据连接方式的差异，可分为 ATA、SATA 与 SCSI 三种。其中 ATA 与 SATA 接口主要用于个人计算机，SCSI 接口多用于网络服务器或高端领域，如高档图形工作站。

ATA 接口也叫 IDE 接口或并行 ATA 接口，是硬盘使用最为广泛的一种接口标准，如图 1-4 所示。ATA 接口是为解决老式的 ST506/412 接口速度慢、成本高的问题而开发出的新接口标准，具有价格低廉、稳定性好、速度快、标准化程度高等优点。ATA 接口标准不断更新，目前已开发出了 ATA-1（IDE 的最初版本）、ATA-2（Enhanced IDE, EIDE）、ATA-3、Ultra ATA/33、Ultra ATA/66、Ultra ATA/100 与 Ultra ATA/133 这 7 个版本。最高数据传输率也由最初的 33 MB/s 提高到 133 MB/s；可支持的硬盘的容量由最初的 10^8 字节量级提高到 10^{11} 字节量级。另外，自 ATA-3 开始加入一种新的标准，使 IDE 接口可支持光盘驱动器。

SATA（Serial ATA）接口即串行 ATA 接口，它是一种完全不同于并行 ATA 的新型硬盘接口类型，因为采用串行方式传输数据而得名。SATA 总线使用嵌入式时钟信号，使其具备了更强的纠错能力，在传输数据时会对传输指令（不仅仅是数据）进行检查，如果发现错误则自动矫正，这在很大程度上提高了数据传输的可靠性。而且 SATA 接口的传输速度较 IDE 要高，Serial ATA 1.0 定义的数据传输率可达 150MB/s，而目前的 SATA II 的数据传输率则已经高达 300MB/s。除此之外，SATA 接口还具有结构简单、支持热插拔等优点。如图 1-5 所示即为硬盘的 SATA 接口。

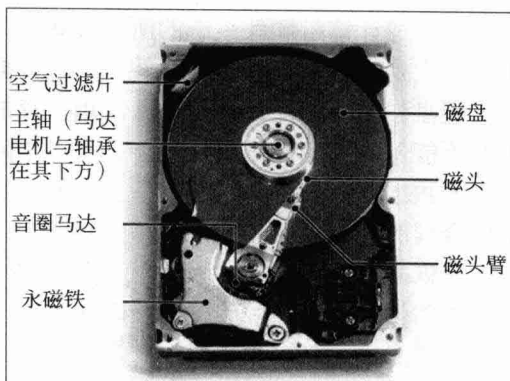


图 1-3 硬盘的内部

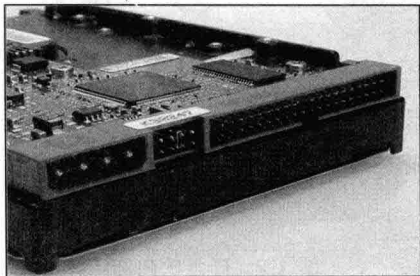


图 1-4 ATA 接口

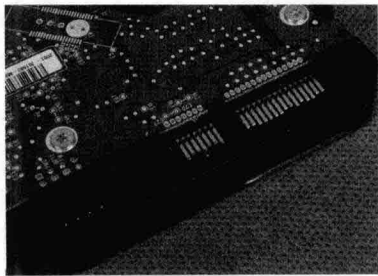


图 1-5 SATA 接口

SCSI (Small Computer System Interface) 接口即小型计算机系统接口。与 ATA 接口完全不同, 它基于一种广泛应用于小型机上的高速数据传输技术, 支持硬盘的容量突破了 528MB 的限制, 可以同时挂接 7 个不同的设备。SCSI 接口具有多任务、带宽大、CPU 占用率低、支持热插拔等优点, 但较高的价格, 以及在使用时必须另外购买 SCSI 接口卡的问题, 使得它很难如 IDE 硬盘般普及, 因此 SCSI 硬盘主要应用于中、高端服务器和高档工作站中。如图 1-6 所示即为硬盘的 SCSI 接口。

硬盘的数据接口除上述三种外, 还有 SAS(串行连接 SCSI) 接口、光纤通道、IEEE 1394 接口与 USB 接口等, 因这几种接口并不常用于家用电脑, 所以这里不进行介绍。

2. 电路板

电路板是硬盘的电路部分, 其上有主芯片、缓存、电机驱动芯片、辅助电路以及与盘体对应的 BIOS 资料。在电路板上还有一块 ROM 芯片, 里面固化的程序可以对硬盘进行初始化、执行加电和启动主轴电机、进行加电初始寻道、定位及故障检测等。图 1-7 展示了酷鱼 7 系列的一块电路板。某些硬盘的电路板上会附加有一层保护层, 它具备防震与防止静电击穿板上的电子元件等功能。

拧下电路板上的螺丝, 就可以取下电路板。因此, 当硬盘因电路板故障而无法读取数据时, 可取下电路板维修或更换。

3. 通气孔

硬盘盘体内并不是真空的, 因为硬盘内部的磁头在真空环境下无法动作, 但硬盘工作时又必须保证内外大气压相等。为解决这一问题, 就在硬盘外壳上开设了通气孔, 如图 1-8 所示。另外, 为了保证硬盘内部是一个洁净的工作空间, 在盘体内通气孔的相应位置处还安装有空气过滤组件, 以便过滤直径超过 0.3 微米以上的杂质。

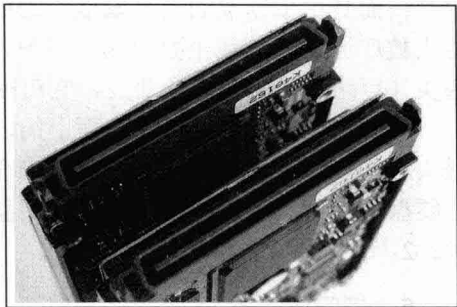


图 1-6 SCSI 接口

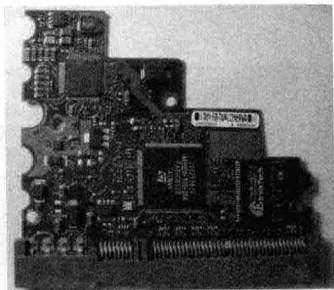


图 1-7 电路板

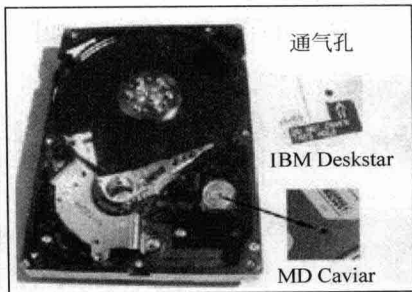


图 1-8 通气孔

4. 磁头

磁头 (Head) 是硬盘中最昂贵的部件, 也是硬盘技术中最重要和最关键的一环, 它负

责读写硬盘盘片上的数据。如图 1-9 所示即为硬盘的磁头驱动器。传统的磁头是读写合一的电磁感应式磁头，但硬盘的读和写是两种截然不同的操作。因此，这种二合一磁头在设计时必须同时要同时兼顾到读、写两种特性，从而造成硬盘设计上的局限。针对这种情况，硬盘生产厂商改进技术，采用了分离式的磁头结构，即以 MR 磁头（磁阻磁头）作为读取磁头，而写入磁头仍采用传统的磁感应磁头。这样，在设计硬盘时就可以针对两者的不同特性分别进行优化，以得到最好的硬盘读写性能。采用 MR 磁头后，读取数据的准确性相应提高；而且由于读取的信号幅度与磁道宽度无关，使得盘片的密度大大提高，这也是 MR 磁头被广泛应用的最主要原因。目前，采用多层结构且磁阻效应更好的材料制作的 GMR 磁头（巨阻磁头）也开始普及，它可使硬盘的容量提高 10 倍以上。

由于数据是记录在盘片表面上的，因此每个存放数据的盘片上都需有一个与之对应的磁头。一般盘片的两个表面都会用来存放数据，因此磁头数往往是盘片数的 2 倍。而有一些硬盘最上面盘片的上表面和最下面盘片的下表面不用来存放数据，此时磁头数 = 盘片数 $\times 2 - 2$ 。

5. 伺服口

硬盘外壳的侧面上有一个孔，一般都是用铝质贴纸封住，有的甚至还用金属片包住封口的贴纸，防止它被破坏，这个就是伺服口，如图 1-10 所示。其作用是当硬盘装配完成后由其写入伺服信息。伺服信息用于辅助磁头定位，它必须在盘片处于运转状态时写入。另外，由于磁头只能读而不能写伺服信息，因此，必须在硬盘装配完成后，工作人员才会使用伺服道写入机通过伺服口写入伺服信息。

为防止灰尘通过伺服口进入盘体，要用相应的贴纸封上伺服口，而在使用硬盘的过程中，也要避免破坏该封口。否则进入灰尘后，硬盘的读写速度会变慢、噪音增大、造成硬盘数据的丢失，甚至导致盘片损坏。为了防止一些初级用户破坏贴纸，生产厂商会在贴纸上加贴一个标签，并印上警告信息，如图 1-11 所示。

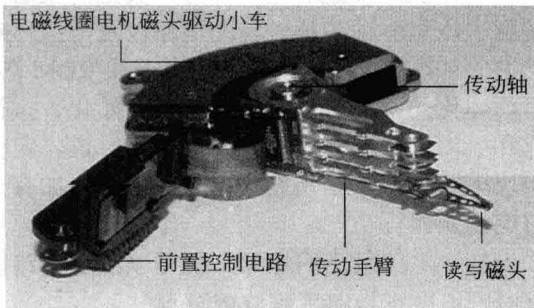


图 1-9 磁头驱动器

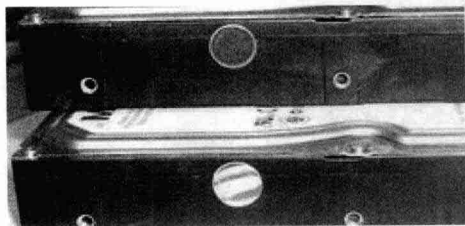


图 1-10 伺服口



图 1-11 伺服口上的警告信息

6. 盘片

盘片的功能就是存储数据。它被密封在硬盘内部，其上附着磁性物质，运用这些磁性

物质就可达到读写数据的目的。

由于盘片在硬盘内部高速旋转（有 5400rpm、7200rpm、10000rpm，甚至 15000rpm 等不同型号，关于转速的知识将在 1.1.3 节进行详细介绍），因此盘片材料的硬度和耐磨性要求很高。早期的硬盘盘片都使用塑料材料，然后再在其上涂上磁性材料；随着硬盘转速和容量的提高，又出现了金属盘基的盘片，该类材料制作的硬盘盘片具有更高的记录密度与更强的硬度，在安全性上优于塑料盘基。为了提高盘片在高速运转时的稳定性与可靠性，一些硬盘生产厂商推出了以玻璃为盘片的硬盘，虽然它在技术上要领先于金属盘片，但由于玻璃的特殊性，使得其上的磁性物质在长期读写后磁性减弱，从而造成硬盘读写数据困难，因此玻璃盘片的硬盘并未得到广泛应用。目前市场中的主流硬盘都是采用铝材料的金属盘片。

在一块硬盘中，并不只有一张盘片，而是由多个盘片叠加在一起，互相之间由垫圈隔开。硬盘盘片是以坚固耐用的材料为盘基，其上在附着表面被加工的相当平滑。

硬盘的盘片若暴露在普通环境中，会产生坏道等严重的后果，因此，普通用户不可自行拆卸硬盘。为了提高硬盘读写数据的灵敏度，磁头与盘片的距离很小。早期设计的磁盘驱动器使磁头保持在盘面上方几 μm 处飞行，后来设计者将飞行高度降到约 $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ ，现在的水平已经达到 $0.005\sim 0.01\mu\text{m}$ ，这只是人类头发直径的千分之一，如图 1-12 所示。硬盘工作时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，或者磁头与盘体发生碰撞，就有可能损坏磁头或使盘片产生物理坏道，从而丢失数据。因此，硬盘工作时不要有冲击或碰撞，搬动时要小心轻放。

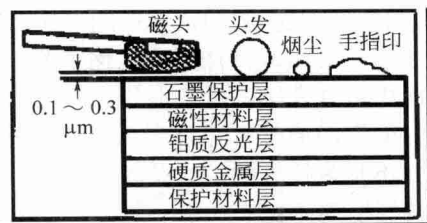


图 1-12 磁头与盘片的距离

1.1.2 硬盘的基本参数

硬盘的基本参数是指磁面、磁道、柱面与扇区，它们是划分硬盘存储区域的主要依据。早期的硬盘容量都非常小，设计者规定盘片上的磁性物质以磁道的形式分布，而每一条磁道都具有相同的扇区数，这就使得数据的分布具有相应的规律，从而使磁头能够根据柱面与扇区找到所需数据。虽然现在这种每磁道具有相同扇区数的规律已不适合大容量硬盘，但基本参数仍是硬盘数据存储的基本依据，因此，在进行数据恢复工作前，有必要了解硬盘的基本参数。在学习时可参考图 1-13 来理解。

1. 磁面

前面我们已经讲过，在一块硬盘中并不是只有一张盘片，而是有多个盘片，每个盘片

的上、下两个面一般都会用来存储数据，即有效盘面，通常称为磁面。为方便存储数据，设计者又对每个磁面按照顺序由上至下从 0 开始进行了编号。由于每个磁面对应一个磁头，所以磁面号也叫磁头号。如某硬盘有 3 个磁头，则其磁面号（磁头号）为 0~2。

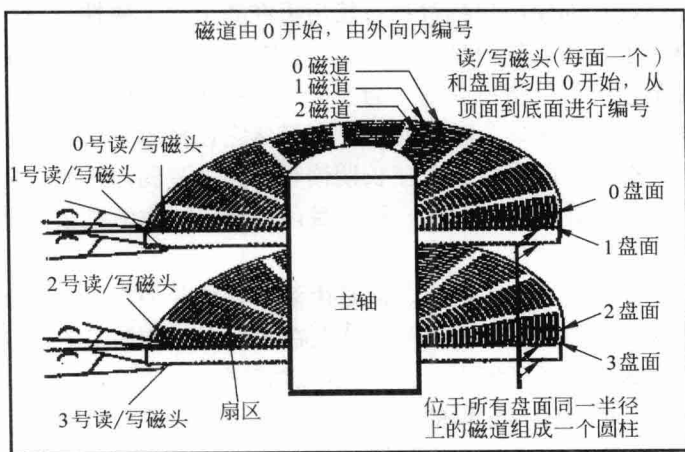


图 1-13 硬盘的基本结构

2. 磁道

当盘片旋转时，磁头若保持在一个位置上，则每个磁头都会在盘片表面划出一个圆形轨迹，磁盘上的信息便是沿着这些轨迹存放的，这些圆形轨迹即磁道（Track），图 1-14 为磁道的示意图。这些磁道仅是盘片表面以特殊方式磁化了的某些磁化区，因此用肉眼无法看到。设计者同样对其由外向内自 0 开始进行了编号。

一块标准的 3.5 英寸硬盘的盘面通常有几百到几千条磁道，而大容量硬盘每面的磁道数更多。硬盘相邻磁道之间并不是紧挨着的，这是因为磁化单元相隔太近，则磁性会相互产生影响，同时也使磁头的读写变得困难。

3. 柱面

通常情况下，硬盘每张盘片的上、下两面都会划分数目相等的磁道，而盘片上相同位置的磁道看上去就像在同一个圆柱体的表面上，于是我们就称之为柱面（Cylinder）。它实际就是所有位置相同的磁道的集合，因此，一个硬盘的柱面数与其某个磁面上的磁道数是相同的。同理，柱面的编号也与磁道一样由外向内自 0 开始编号。

数据的读写是按柱面进行的，即在读写数据时首先在同一柱面内从 0 磁头开始进行读写，然后依次向下操作同一柱面的不同磁头，当该柱面内的所有磁头都完成操作后，再转移到下一个柱面。即盘片的某个磁道写满数据后，会在同一柱面的下一个磁面上写数据，并不是我们通常认为的按磁道来写数据。同样，读数据也是按照这种方式进行的，从而提高了硬盘的读写效率。

4. 扇区

为了更合理地利用空间，以及更迅速准确地读取数据，在划分磁道后，还要将其划分

成更小的区间。早期的硬盘是直接从盘片的圆心引出多条射线，将每个磁道等分成若干个扇环形，如图 1-15 所示，每一个扇环形对应的区域就称之为一个扇区（Sector），每个扇区可存放 512 个字节的信息，硬盘驱动器在向盘片上读取和写入数据时，以扇区为单位。

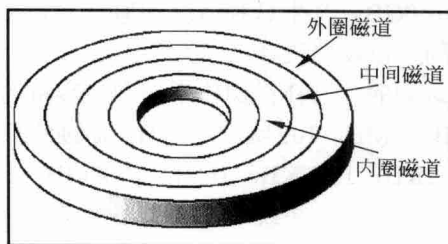


图 1-14 磁道

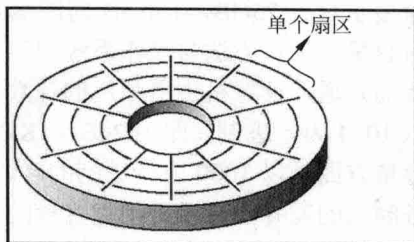


图 1-15 扇区

虽然这种划分方式合理利用了空间，但却存在很大的缺陷，即磁道（或柱面）的半径越大，每个扇区所占用的面积就越大，这就造成了盘片空间的浪费。现在已对这种划分方式进行了改进，划分时并不是由圆心引出的射线来等分，而是每个磁道单独划分，使硬盘空间得到充分利用。

知识提示：磁头数（磁面数）、柱面数与扇区数统称为硬盘的 C/H/S 3D 参数（Disk Geometry），通常在硬盘的标签上都标有相应的磁头数、柱面数与扇区数。据此可以计算出硬盘的容量，其计算公式为：硬盘容量 = 磁头数 × 柱面数 × 扇区数 × 512B。需注意这种计算方法只适合于早期硬盘。

1.1.3 硬盘的主要性能指标

硬盘的性能指标包括品牌、容量、单碟容量、转速、数据传输率、平均寻道时间、主轴转速与缓存等，它们是衡量硬盘好坏的主要标准，而熟悉这部分知识可以使我们更地了解硬盘。本书不对全部的性能指标进行一一介绍，只讲解几个主要的性能指标。

1. 品牌

目前硬盘的品牌主要有希捷（Seagate）、三星（Samsung）、东芝（Toshiba）、富士通（Fujitsu）、西部数据（Western Digital）、迈拓（Maxtor）、昆腾（Quantum）、日立（Hitachi）、IBM 等。其中迈拓公司于 2000 年并购昆腾，而迈拓公司又在 2006 年与希捷公司合并。因此现在市面上已基本看不到昆腾硬盘，只在一些二手市场中时有出现；而迈拓硬盘也只有少量在出售。

2. 容量（Volume）

容量即硬盘的大小，其单位为兆字节（MB）、吉字节（GB）与太字节（TB）。早期的硬盘容量很低，大多以 MB 为单位，世界上第一台磁盘存储系统只有 5MB，而目前主流硬盘的容量都在 160GB 以上。随着硬盘技术的不断发展，更大容量的硬盘也在不断推出，如

现在已出现 1TB 容量的硬盘。

许多人发现，操作系统中显示的硬盘容量与官方标称的容量不符，即少于标称容量，容量越大则这个差异越大。如标称容量为 40GB 的硬盘，在操作系统中显示为 38GB，80GB 的硬盘显示只有 75GB，160GB 的硬盘则只显示 140GB。产生这种情况的原因主要是硬盘厂商对容量的计算方法与操作系统的计算方法不同，以及单位转换关系不同。

我们知道，计算机中所采用的计数方式是二进制的，这样在操作系统中对容量的计算就是以 1024 为一进制，即 $1024\text{B}=1\text{KB}$ ， $1024\text{KB}=1\text{MB}$ ， $1024\text{MB}=1\text{GB}$ ；而硬盘厂商在计算容量方面是以 1000 为一进制的，即 $1000\text{B}=1\text{KB}$ ， $1000\text{KB}=1\text{MB}$ ， $1000\text{MB}=1\text{GB}$ ，这些进制上的差异就造成了硬盘容量的差异。同时，在操作系统中，硬盘还需进行分区与格式化，这样系统还会在硬盘上占用一些空间提供给系统文件使用，所以在操作系统中显示的硬盘容量和标称容量会存在差异。

3. 单碟容量 (Storage per Disk)

单碟容量是硬盘重要的性能指标之一，它是指一个盘片上所存储的最大数据量。硬盘厂商在增加硬盘容量时，可以通过两种手段进行。一是增加盘片的数量，但受到硬盘整体体积和生产成本的限制，盘片数量不能无限增加，一般都在 5 片以内；另一个就是增加单碟容量，单碟容量越大，则相同容量硬盘所用的盘片就越少，系统可靠性也就越高。而且，在读取相同容量的数据时，高密度硬盘的访问速度要高于低密度硬盘，这是因为磁头的寻道动作和移动距离减少，使平均寻道时间也减少，从而加快了硬盘的读写速度。

4. 转速

转速 (Rotational Speed) 是指硬盘内用于驱动盘片旋转的电机主轴的旋转速度，即硬盘盘片在一分钟内所能完成的最大转数。硬盘的转速越快，硬盘寻找文件的速度也就越快，相对的，硬盘的传输速度也就得到了提高。所以说，转速是决定硬盘内部传输率的关键因素之一，它在很大程度上决定了硬盘的速度。

硬盘转速以每分钟的转数来表示，单位表示为 rpm。rpm 值越大，内部传输率就越快，访问时间就越短，硬盘的整体性能也就越好。目前家用普通硬盘的转速一般为 5400rpm 或 7200rpm；笔记本硬盘则是以 5400rpm 为主，虽然已经有公司发布了 7200rpm 的笔记本硬盘，但在市场中还较为少见；而应用于一些高端领域的 SCSI 硬盘，其转速一般都为 10 000rpm，现在也出现了转速为 15 000rpm 的 SCSI 硬盘。

较高的转速可缩短硬盘传输数据的时间，但转速的不断提高也带来了一些负面影响，如硬盘温度升高、电机主轴磨损加大、工作噪音增大等。如 7200rpm 的硬盘工作时的噪音和温度与 5400rpm 的硬盘相比要明显增大。随着硬盘技术水平的不断提高，相信这种影响会逐渐减少。

5. 数据传输率

硬盘的数据传输率 (Data Transfer Rate, DTR)，也称吞吐率，指磁头定位后硬盘读写数据的速度，以每秒可传输多少兆字节来衡量 (MB/s 或 Mb/s)。它并不会一成不变，而是随着工作的具体情况变化，因此厂商在标示硬盘参数时，大多采用内部数据传输率和外部