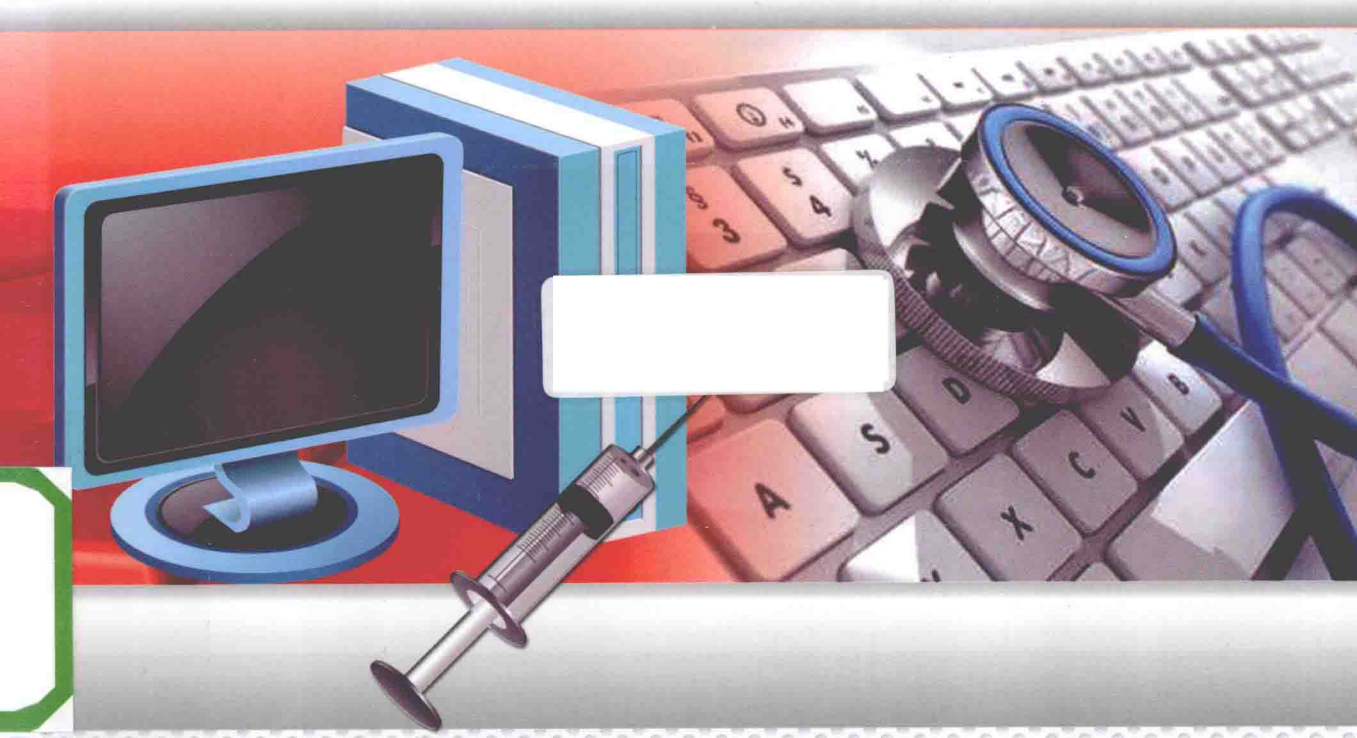
十二五 高等职业教育“十二五”规划教材（计算机类）

数据恢复技术案例教程

SHUJU HUIFU JISHU ANLI JIAOCHENG

赵振洲 ◎ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材（计算机类）

数据恢复技术案例教程

主　编　赵振洲
副主编　付忠勇　常俊超
参　编　刘亚琦　吴长生

机械工业出版社

本书以数据恢复工程师的岗位需求为依托，以实际工作任务为导向，从物理和逻辑两个方面深入浅出地介绍了数据恢复的基础知识和操作技能，着重强调数据恢复的技能训练。全书共9章，内容包括：数据恢复基本原理、硬盘物理和逻辑结构、磁盘分区及恢复、FAT文件系统数据恢复、NTFS数据恢复、ExFAT文件系统数据恢复、磁盘阵列数据恢复、常见数据恢复软件使用方法、PC-3000使用介绍。

本书可作为高职及本科院校的计算机组装与系统维护、信息安全等专业的“数据恢复”课程教材，也可作为信息技术企业的相关培训教材。

为方便教学，本书配备电子课件等教学资源。凡选用本书作为教材的教师均可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费下载。如有问题请致信 cmpgaozhi@sina.com，或致电 010-88379375 联系营销人员。

图书在版编目（CIP）数据

数据恢复技术案例教程/赵振洲主编. —北京：机械工业出版社，2013.10
高等职业教育“十二五”规划教材. 计算机类
ISBN 978-7-111-44252-3

Ⅰ. ①数… Ⅱ. ①赵… Ⅲ. ①数据管理—安全技术—高等职业教育—教材
Ⅳ. ①TP309.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 234182 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：刘子峰 责任编辑：刘子峰
责任校对：潘 蕊 封面设计：赵颖喆
责任印制：张 楠
唐山丰电印务有限公司印刷
2013 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 15.75 印张 · 387 千字
0 001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-44252-3
定价：30.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952

前　言

教育部[2006]16号文件《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》，针对如何全面提高高职教育的教学质量提出了九条意见，其中之一就是要“服务区域经济和社会发展，以就业为导向，加快专业改革与建设”。

随着信息技术的高速发展，企业及政府相关部门的信息化进程深入展开，计算机数据量急剧膨胀，数据安全问题日益突出。作为数据安全的最后一道防线，数据恢复技术近几年已受到各行各业的高度重视，由数据恢复引发的一个新的行业正在逐步形成，社会对数据恢复人才的需求也越来越大。

现在各大院校计算机专业开设的“计算机组装与维修”课程，一直以来还只是要求学生掌握计算机的组装技能及操作系统的安装、使用等常用维护技能。可这只是计算机专业的学生应该必备的基础知识和基本技能，而随着科学技术的进步，计算机的各种常见的软、硬件知识已经迅速地普及到了人们的日常生活中，计算机已经被脱掉了“神秘的外衣”，计算机组装已经不再具有当年那种神秘感。仅掌握计算机的组装技能及操作系统的安装、使用等常用维护技能，已无法满足现代市场的需要。为了实现学生就业零距离的目标，包含计算机各种综合、尖端技术的“数据修复”课程进入高校的课堂已经是大势所趋。

本书以数据恢复工程师的岗位需求为依托，以实际工作任务为导向，从物理和逻辑两个方面深入浅出地介绍了数据恢复的基础知识和操作技能，着重强调数据恢复的技能训练，全面阐述了数据丢失或损坏后的故障现象、解决方案和操作步骤，并结合大量真实案例进行细致的剖析，使学习者容易上手，并能学以致用。

本书由赵振洲任主编，付忠勇、常俊超任副主编，刘亚琦、吴长生参加编写。本书是北京政法职业学院司法部精品课程配套教材，配有教学资源，包括课件、教案、操作视频、案例、数据恢复工具等，读者可到北京政法职业学院“数据恢复与电子取证”精品课程网站（http://portal.bcpl.cn）或机械工业出版社网站（www.cmpedu.com）下载。

由于编者水平所限，疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编　者

目　录

第 1 章　数据恢复基本原理

1.1　数据恢复概述

随着计算机用户数量的不断增长和互联网的迅猛发展，人类社会越来越依赖各种各样的数据网络，越来越依赖数量极为庞大的数字信息。但在人们尽情享受数据带来的无比方便与快捷的同时，数据安全的问题也变得越来越重要。

数据安全是指存储在介质中的数据因人为误操作、硬件故障、不可抗力等造成丢失的风险。为了避免此类数据安全风险，常用的方法是对数据进行实时备份。但数据备份需要大量的资金及人力成本的支撑，日常的数据做到实时备份是不现实的。因此，当人为误操作、遭到黑客攻击、数据存储介质出现故障时，数据都将面临丢失的可能。此时，数据恢复技术是数据安全的最后一道防线，对数据安全起到至关重要的作用。

所谓数据恢复，就是把遭受到破坏，或有硬件缺陷导致不可访问或不可获得，或由于病毒、误操作、意外事故（硬盘不小心摔坏）等各种原因导致的丢失的数据还原成正常的数据，即恢复至它本来的“面目”。这里的硬件指数据载体，包括磁盘、磁带、光盘和各种半导体存储器等。

数据恢复不同于“灾难恢复”，“灾难恢复”是指从一个好的数据备份中恢复丢失的数据，而数据恢复是出现问题之后的一种补救措施，其既不是预防措施，也不是备份。所以，在一些特殊情况下数据将很难被恢复，如数据被覆盖、低级格式化清零、磁盘盘片严重损毁等。

1.2　数据的可恢复性

数据恢复作为一个数据再现的过程，一定要解决两个问题：一是从哪里恢复；二是怎么恢复。解决了这两个问题，事实上就把握了数据恢复的全部思想脉络。本节就是解决从哪里恢复的问题。

1）有效而及时的备份是数据恢复最可靠的来源，在许多人倡导备份到秒的今天，恐怕不会有人怀疑这点。而有些备份机制则是系统内建的，比如两份文件配置表（FAT）。

2）数据的实际有效性判定是关键。硬盘无法自举、文件找不到、文件打不开等现象，其实并不能与数据丢失画等号，因为此时数据从操作系统的角度只是一种逻辑丢失，而从物理扇区的角度，它仍然存在或部分存在。最明显的就是文件删除的例子，事实上，这只是把文件首字节改为 0E 而已，此时文件体依然存在。

3）数据损坏过程的可逆性分析。对数据的改变无非两种：取代和变换。前者是不可逆的，而后者则是可逆的。以杀毒为例，对于大多数以附加而非代换方式感染的文件型病毒，理想的杀毒过程就是感染的逆过程。这种分析也常见于重要信息被隐藏搬移或者被加密的情

况，但分析将比较复杂。

4）数据本身是否是标准信息。有些信息实际上是通用或局部通用的，因此无须考虑如何从本机抢救，只要相同或相近的系统版本就可以了，比如 BOOT 区、隐含扇区、Windows 的 DLL 文件等。典型的例子如分区表的代码区，这是一段标准代码，事实上，它就存放在 Fdisk 程序里面，可以用 Debug 命令把它提取出来。

5）数据本身是否可以由其他信息统计再生。有些信息尽管丢失了，也没有备份，但它实际可以从其他数据中间接求得。最典型的就是主分区表中的分区信息，即使把它清零也不必害怕，因为可以从几个分区中计算再生。

6）破坏的完成程度。事实上，Fdisk、Format（格式化）命令都不会彻底破坏数据，一般只有低级格式化和扇区覆盖操作才会彻底破坏数据。但有时，破坏过程或者误操作过程会因人工终止、死机等原因不能完成，最明显的就是 CIH 病毒的例子。由于 CIH 是以 1024B 为单位覆盖扇区，这当然是不可逆过程，于是最初都认为破坏是很难恢复的，除非人工终止。事实上，当病毒覆盖某些扇区时会与 Windows 9x 系统发生冲突，从而造成死机，使数据得到了保护。

以上只是从技术理论上阐述了数据的可恢复性，但在实际的数据恢复工作中还需要考虑数据恢复的“经济可承受度”和“时间尺度”。当硬盘数据被覆盖一次后，在技术上数据是可恢复的，但从经济价格上看通常是不可恢复的。同时，一次数据恢复的价值，通常会随着恢复时间的增加而在不断地减少。

1.3 数据丢失问题分析

数据出现问题，其原因大致分为两大类：一是因物理性故障而导致的，二是因逻辑性错误而产生的。

1.3.1 硬件故障

硬盘是一个集机、电、磁于一体的高精密系统。如果它的机、电、磁部件存在物理故障，或者因控制代码出错而导致整个硬盘工作异常，均可能造成原有数据的丢失。例如，磁头定位不准，电路板烧毁，电动机不转，盘片划伤等。

对于真正的硬性物理故障，通常可以通过部件代换的方式，使硬盘恢复正常的工作性能，从而恢复原有数据。例如，电路板故障（三极管、芯片烧坏或击穿等）数据修复率为 100%；对于盘体上的物理故障，按部位分为盘片故障和磁头组件故障。盘片故障通常包括坏道（物理性划伤、逻辑性坏道）、磁性介质性能衰退导致的重要信息丢失或损坏等，磁头组件故障则包括了磁头、磁头臂、小车、预放大器（磁头芯片、预放大芯片）故障。

对于具体的硬件故障问题的处理，本书将在第 3 章中予以详述。

1.3.2 软性逻辑故障

导致数据逻辑性丢失的情况很多。例如，硬盘被 CIH 病毒破坏；硬盘被恶意程序锁住；

硬盘引导区被破坏（WYX.B）；个别磁盘介质老化；误删除文件、误格式化分区；误 Ghost 导致分区出错；误删除分区；用系统恢复盘恢复系统导致分区数据丢失等。

对因软性逻辑故障丢失的数据来说，所能做的恢复基本上是一种逻辑处理。但逻辑错误种类繁多，只有对情况有一个准确的判定，才能做出准确的应对。一般来说，问题可以归纳为以下几种情况。

1）硬盘无法完成正确引导。因逻辑故障造成的逻辑损坏、引导区故障、重要扇区崩溃等，都会使系统不能完成正常的自举过程。

2）文件丢失。由于有意破坏、误删除等都会造成数据的丢失。另外，这种归类不仅包括某个或某几个文件，也适用于目录、分区或卷的丢失。

3）文件无法正常打开。由于病毒感染、加密、文件头损坏等情况，都会使文件无法正常打开。

4）数据紊乱。由于各种因素的影响，数据库中的信息、文本文件等，可能面目全非。

因此，在接手这类丢失的数据恢复时，首先应分清错误产生的类型：①分区问题（分区丢失、分区类型错误、分区位置错误、MBR 无效）；②分区内部问题（由于误操作如误删除、误格式化、误克隆等，导致分区内部系统参数错误，文件系统不能正常加载；或者因病毒导致的扇区偏移、数据覆盖；或者因加密文件密码遗忘，导致数据丢失）；③文件内部问题（如文件内部结构破坏导致的数据丢失）。然后采取正确的应对方法，通过数据存储原理还原丢失的数据。

1.4　常见逻辑问题解决方案

1.4.1　全盘崩溃和分区丢失

分区表破坏可能是数据损坏中除了物理损坏之外，最严重的也是很常见的一种灾难性破坏。究其原因，不外乎以下几种：①个人误操作删除分区；②安装多系统引导软件或者采用第三方分区工具；③病毒破坏；④利用 Ghost 软件克隆分区导致分区数据破坏。

对于分区丢失的情形，使用 DiskGenius 这款软件可以有良好的恢复效果。它不仅支持传统的 DOS/Windows 平台下的 FAT、NTFS 等文件系统，而且能支持 Linux、UNIX 下的 EXT2/EXT3 文件系统。对于 2TB 以上的大硬盘，还支持 GPT 分区方式，功能十分强大。在遇到分区丢失的情形时，可以使用该软件的“分区搜索”功能，对硬盘的分区结构进行快速查找，找到以后，如果与原分区情形相符，只需保存所查找到的结果，重启计算机后，所丢失的分区及其内部的相关内容就能得到比较完整的复原。

此外，易我分区表医生、Partition Table Doctor 等软件对于分区丢失也有较好的恢复效果。

当遇到的分区丢失问题比较严重时，软件恢复不一定能起到良好的恢复效果，这时就需要根据分区表的构成原理和特征，对分区表进行手工恢复。例如，分区表所在的扇区有一个显著的标志，那就是自偏移 1FEH 处的两个字节 55AA，这是引导记录有效的标志，也可以看做是分区开始与结束的定位标志。可以通过 WinHex 软件的搜索功能，查找以 55AA 为结束的扇区，再根据扇区结构和后面是否有 FAT 等情况判定是否为分区表，最后计算并填回主分区表。由于需要计算，此过程比较烦琐，需要操作者熟练掌握不同分区

结构类型。

1.4.2 分区内部问题

这类错误很重要的一个特点是：磁盘的逻辑分区是可见的，但分区内部的数据因各种原因不能正常打开，导致数据丢失。

1. 文件误删除

文件误删除可能是最简单同时也是最常见的数据损坏，直接的表述就是一般删除文件后清空了回收站，或按住<Shift>键删除，要不然就是在“回收站”的“属性”设置中勾选了“删除时不将文件移入回收站，而是彻底删除”选项。

既然是最常见的数据损坏，当然也就是最容易恢复的。目前市面上大量的数据恢复软件都具有对删除文件的恢复功能，本书推荐使用 EasyRecoveryPro、RecoverMyFiles、易我数据恢复等软件的误删除恢复功能。在软件恢复无效的情况下，个别的重要文件可以通过文件内码查找的方法进行手工恢复。

注意：如果文件在删除之后，其存储的磁盘空间进行过写入操作，那在通常情况下可恢复的概率为 0。因此，误删除文件可以恢复的重要前提就是不要在删除文件所在的分区进行写入操作。

2. 误格式化

在遭遇格式化操作时，文件管理系统通常会对分区文件系统的根目录进行清空。如果是 FAT 文件系统，还会把 FAT 链表清除，这使得数据的恢复难度相比于删除文件的恢复难度更大。相比于误删除只是对个别文件起到破坏作用，格式化操作会引起整个逻辑分区上所有文件的丢失，对所有文件进行手工恢复的工作量将会大得难以估量。因此对于这类情况，求助于数据恢复软件是一种明智的办法。目前市面上常见的软件均有此方面的功能，如 R-Studio、EasyRecovery Pro、FinalData 等。

3. 病毒破坏

现在使用计算机的人基本上都是谈“毒”色变，病毒带来的数据破坏往往不可预见（包括分区表破坏、数据覆盖等。例如，CIH 病毒破坏的硬盘，其分区表已被彻底改写，用系统引导盘启动也无法找到硬盘），由此病毒破坏硬盘数据的症状也不好描述，基本上大部分的数据损坏情况都有可能是病毒引起的，所以最稳妥的方法还是安装一个优秀的病毒防火墙。

1.4.3 文件内部问题

文件内部问题是指由于文件内部结构破坏导致的数据丢失。一般来说，恢复损坏文件须要清楚地了解文件的结构，但这并不是很容易的事情，而这方面的工具也不多。俗话说，学数据恢复，前三年无敌天下，后三年寸步难行，就是这个理。因为一个文件内部的结构是十分复杂的，其复杂程度远远超过硬盘的分区结构和分区内部的文件存储结构，不同的文件类型，其结构大不相同，想理清不同文件的内部结构真还不是一件容易的事。

1.4.4　硬盘、文件被加密或变换

遇到文件被加密，而密码又被遗忘时，千万不要运行 Fdisk/MBR、SYS 等命令处理，否则数据再也无法找回，一定要反解加密算法，或找到被移走的重要扇区。对于那些加密硬盘数据的病毒，清除时一定要选择能恢复加密数据的可靠杀毒软件。目前有一些相关的软件，它们的思想一般都是用一个大字典集中的数据循环用相同算法加密后与密码的密文匹配，直到一致时则说明找到了密码。对于常见的 Office 文件，在采用常规方法加密时，Advanced Office Password Rwecovery 算是一款不错的解密工具。

如果遇到系统用户密码遗忘的情形时，最简单的方法就是用系统引导盘启动（NT 系统的也可以把盘挂接在其他 NT 上），找到支持该文件系统结构的软件（比如针对 NT 的 NTFSDOS），利用它把密码文件清掉，或者是复制出密码档案，用破解软件来处理。前者时间短，但所有用户信息丢失；后者时间长，但保全了所有用户信息。对 UNIX 系统，建议一定先做一张应急启动盘。

第 2 章　硬盘物理和逻辑结构

2.1　主流存储介质介绍

数据恢复的本质是找到用户所需要的数据，而数据不论是哪种类型的，其必然存储于一定的介质之上。因此，有必要了解一下当今市场上主流的数据存储介质。根据使用的材料和存储原理的不同，存储介质可分为三大类：

1）电存储技术介质，如内存、闪存等。

2）磁存储技术介质，如磁带、磁盘等。

3）光存储技术介质，如 CD、DVD 等。

2.1.1　电存储技术介质

电存储技术主要是指半导体存储器（Semi-conductor Memory，SCM）。早期的 SCM 采用典型的晶体管触发器作为存储位元，加上选择、读/写等电路构成存储器。现代的 SCM 采用超大规模集成电路工艺制成存储芯片，每个芯片中包含相当数量的存储位元，再由若干芯片构成存储器。采用电存储技术的介质有内存、闪存等。

2.1.2　磁存储技术介质

磁存储，主要指磁表面存储器（Magnetic Surface Memory，MSM）。磁表面存储器是用非磁性金属或塑料作为基体，在其表面涂敷、电镀、沉积或溅射一层很薄的高导磁率、硬矩磁材料的磁面，用磁层的两种剩磁状态记录信息“0”和“1”。基体和磁层合称为磁记录介质。依记录介质的形状可分别称为磁卡存储器、磁带存储器、磁鼓存储器和磁盘存储器。计算机中目前广泛使用的 MSM 是磁盘和磁带存储器。

2.1.3　光存储技术介质

光盘存储器（Optical Disk Memory，ODM）和 MSM 类似，也是将用于记录的薄层涂敷在基体上构成记录介质，不同的是基体的圆形薄片由热传导率很小、耐热性很强的有机玻璃制成。在记录薄层的表面再涂敷或沉积保护薄层，以保护记录面。记录薄层有非磁性材料和磁性材料两种，前者构成光盘介质，后者构成磁光盘介质。采用光存储技术的介质有 CD、DVD 等。

2.2　硬盘外部结构

硬盘内部是密封的，对用户而言既是黑匣子，也是透明的，用户根本不用关心其内部的

运行情况，只需把标准接口接上即可正常使用。硬盘正面如图 2-1 所示。

在硬盘的正面贴有产品标签，主要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、参数、主从设置方法等，这些信息是正确使用硬盘的基本依据。图 2-2 所示的是 WD200 的产品标签。从型号上可以判断，它是一款容量为 20.0GB 的 7200RPM 高速硬盘，产品序列号为 WMA9L1203351，产地为马来西亚，出厂日期是 2001 年 8 月 15 日。

图 2-1　硬盘正面

图 2-2　硬盘产品标签

在硬盘的背面是控制电路板，如图 2-3 所示。从图 2-3 中可以清楚地看出各部件的位置。总的来说，硬盘外部结构可以分成控制电路板和外壳两个部分。

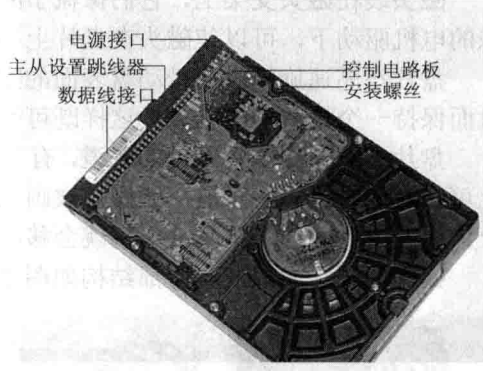


图 2-3　硬盘背面

大多数的控制电路板，包括主轴调速电路、磁头驱动与伺服定位电路、读/写电路、高速缓存、控制与接口电路等。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动机，加电初始寻道、定位以及故障检测等。在电路板上还安装有容量不等的高速数据缓存芯片。读/写电路的作用就是控制磁头进行读/写操作。磁头驱动电路直接控制寻道电动机，使磁头定位。主轴调速电路是控制主轴电动机带动盘体以恒定速率转动的电路。缓存（Cache）对磁盘性能所带来的作用是毋庸置疑的，在读取零碎文件数据时，大缓存能带来非常大的优势。

在硬盘的一端有电源接口插座、主从设置跳线器和数据线接口插座，电源接口与主机电源相连，为硬盘工作提供电力保证。数据线接口则是硬盘数据和主板控制器之间进行传输、交换的纽带，根据连接方式的差异，分为 EIDE 接口、SCSI 接口和 SATA 接口。EIDE 接口多用在桌面硬盘，经常说的 40 针、80 针的接口电缆指的就是这类数据线，如图 2-4 所示。

SCSI 接口多用在网络服务器和高档图形工作站中，如图 2-5 所示。SATA 接口数据传输目前最高达到 150Mbit/s，是当前的主流产品，如图 2-6 所示。

图 2-4　硬盘 EIDE 接口

图 2-5　硬盘 SCSI 接口（68 针）

图 2-6　硬盘 SATA 接口

2.3　硬盘内部结构

从内部结构来看，硬盘主要由盘片、盘片驱动器、磁头及控制装置组成。盘片由较轻质的金属（如铝）或玻璃制成，表面再涂上一层磁性材料。盘片的光洁度极高，远远超过我们生活中使用的镜子。硬盘都是密封的，内部非常干净，哪怕是一丝肉眼看不见的灰尘也会给盘面带来致命的损伤。

盘片上存储的信息是由磁头写入的，在一张盘片的正反两面都会有一个磁头进行读/写。磁头是硬盘中最昂贵、最精密的部分。

磁头装在磁头支架上，它们像梳子的齿一样伸进各自负责的盘片间隔中。磁头支架在特殊的电机驱动下，可以使磁头在盘片上不同的地方来回移动。

盘片在高速旋转时会带动盘表面的空气，空气作用在磁头上会产生一个浮力，使磁头与盘面保持一个极微小的距离。这样既可有效进行读/写，也不会磨损盘面。

盘片上有一圈圈看不见的磁道，有了这些磁道才能够有序地对信息进行读/写。一个盘面上可以有成千上万条磁道，就像是被画上了很多大大小小的同心圆。当输入了要读（写）某个信息的命令时，磁头驱动电机就会移动磁头在盘片上寻找适当的位置进行工作。

揭开的硬盘面板及其内部结构如图 2-7 和图 2-8 所示。

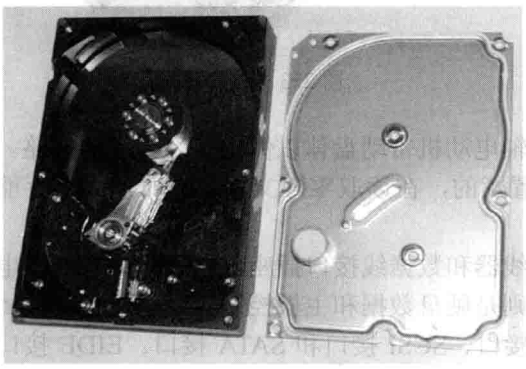


图 2-7　揭开的硬盘面板

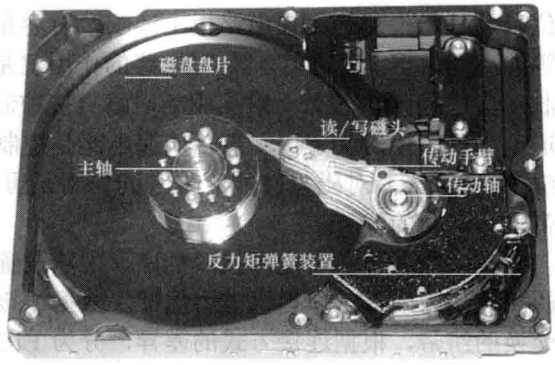


图 2-8　内部结构

1）磁头组件。这个组件是硬盘中最精密的部位之一，它由读/写磁头、传动手臂、传动轴三部分组成。磁头是硬盘技术中最重要和关键的一环，实际上是集成工艺制成的多个磁头的组合，采用非接触式头、盘结构，加电后在高速旋转的磁盘表面移动，与盘片之间的间隙只有 0.1～0.3μm，这样可以获得很好的数据传输率，如图 2-9 所示。

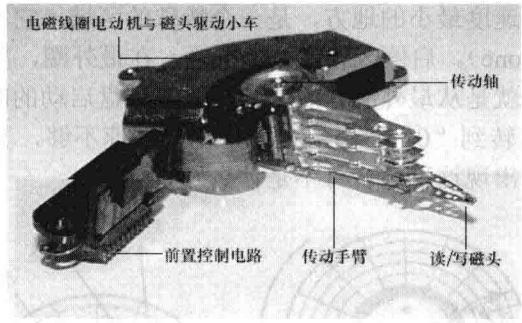


图 2-9　磁头组件

2）磁头驱动机构。磁头驱动机构由电磁线圈电动机、磁头驱动小车、防震动装置构成。高精度的轻型磁头驱动机构能够对磁头进行正确的驱动和定位，并能在很短的时间内精确定位系统指令指定的磁道。

3）磁盘盘片。盘片是硬盘存储数据的载体，现在硬盘盘片大多采用金属薄膜材料，这种金属薄膜与软盘的不连续颗粒载体相比具有更高的存储密度、高剩磁及高矫顽力等优点。

4）主轴组件。主轴组件包括主轴部件，如轴承和驱动电动机等。随着硬盘容量的扩大和速度的提高，主轴电动机的速度也在不断提升，有厂商开始采用精密机械工业的液态轴承（FDB）电动机技术。采用 FDB 电动机不仅可以使硬盘的工作噪声降低许多，而且还可以增加硬盘的工作稳定性。

5）前置控制电路。前置控制电路控制磁头感应的信号、主轴电动机调速、磁头驱动和伺服定位等，由于磁头读取的信号微弱，将放大电路密封在腔体内可减少外来信号的干扰，提高操作指令的准确性。

目前，微机上安装的硬盘几乎都是采用温彻斯特（Winchester）技术制造的硬盘，这种硬盘也被称为温盘。这种结构的特点如下：

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，而在工作时因盘片高速旋转，从而带动磁头“悬浮”在盘片上面呈飞行状态（空气动力学原理），这个“悬浮”的高度约为 0.1～0.3μm。图 2-10 标出了这个高度与头发、烟尘和手指印的大小比较关系，从这里就可以直观地“看”出这个高度到底有多“高”了。

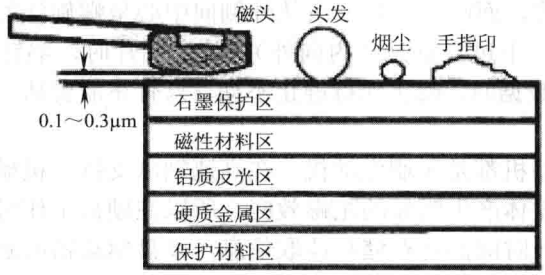


图 2-10　磁头高度

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，可以做镜面使用。

每个盘片的每个面都有一个读/写磁头，磁盘盘面区域的划分如图 2-11 所示。与磁头接触的表面靠近主轴，即线速度最小的地方，是一个特殊的区域，它不存放任何数据，称为启停区或着陆区（LandingZone）。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，而硬盘数据的存放就是从最外圈开始的，所以在硬盘启动的时候有时能听到吧嗒、吧嗒声。这是磁头从启停区转到“0”磁道寻道时，由于转速不够，又被磁力拉回，与主轴磕碰发出的声音。很显然，出现这种声音可不是什么好兆头。

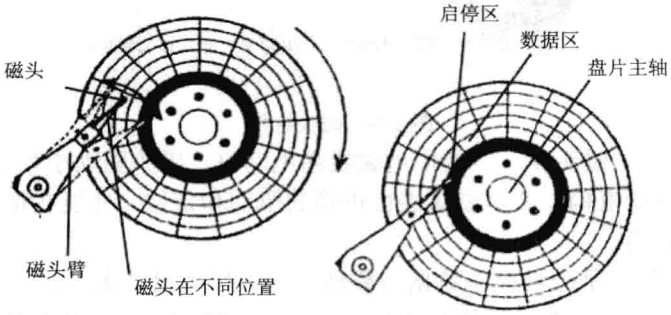


图 2-11　硬盘盘片的启停区和数据区

硬盘不工作的时候，磁头就停留在这个启停区。当需要从硬盘读/写数据时，磁盘开始旋转，当旋转速度达到额定的高速时，磁头就会被盘片旋转产生的气流所抬起，这时磁头才向盘片存放数据的区域移动。读/写完毕，盘片停止旋转，磁头又回归到启停区。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/写数据的速度就越快，当然对硬盘各部件的要求也越高。早期设计的磁盘驱动器使磁头保持在盘面上方几微米处飞行。稍后一些设计使磁头在盘面上的飞行高度降到约 0.1～0.5μm，现在的水平已经达到 0.005～0.01μm，这只是人类头发直径的 1/1000。气流既能使磁头脱离开盘面，又能使它保持在离盘足够近的地方，非常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，更重要的是不让磁性层损伤磁头。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，也就难以读出盘上的磁化翻转（磁极转换形式，也就是磁盘上实际记录数据的方式）。

磁盘上的磁道与唱片上的纹路很类似，其区别就在于磁盘盘面上的磁道是一个个的同心圆，各磁道之间互不相连，而唱片只有一条从外侧向中心呈螺旋状的纹路（光盘的纹路和唱片的纹路是非常相像的，不过光盘是从内向外）。放送唱片时，唱针从唱片外侧向中心连续移动。而在磁盘上读/写数据时，磁头保持静止不动，只有在需要从一条磁道进到另一条磁道时，磁头才会移动。

硬盘驱动器内的电动机都是无刷电动机，在高速轴承支持下机械磨损很小，可以长时间连续工作。高速旋转的盘体产生明显的陀螺效应，所以在硬盘工作时不宜搬动，否则会增加轴承的工作负荷。为了长时间高速存储和读取信息，硬盘驱动器的磁头小，惯性也小，所以硬盘驱动器的寻道速度要明显快于软驱和光驱。