



中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专计算机专业规划教材

计算机数据 恢复技术

COMPUTER
COMPUTER

梁宇恩 沈建刚 梁启来 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专计算机专业规划教材

计算机数据恢复技术

梁宇恩 沈建刚 梁启来 编著

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书主要介绍与计算机数据存储及恢复有关的技术,包括硬盘和分区、FAT 文件系统、NTFS 文件系统、数据恢复技术与数据备份以及计算机软故障处理等内容。书中介绍的文件系统和工具软件均是目前最常见的,具有很强的实用性。

本书可作为高职高专院校计算机数据恢复技术课程的教材,也可供中职院校、职工业余大学、函授大学等学校选用,还可作为相关企事业单位工程技术人员的学习参考书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机数据恢复技术/梁宇恩,沈建刚,梁启来编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2009.2

中国高等职业技术教育研究会推荐. 高职高专计算机专业规划教材

ISBN 978-7-5606-2170-8

I. 计… II. ①梁… ②沈… ③梁… III. 数据管理—安全技术—高等学校:技术学校—教材
IV. TP309.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 209488 号

策 划 臧延新

责任编辑 买永莲 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 10.5

字 数 243千字

印 数 1~4000册

定 价 15.00元

ISBN 978-7-5606-2170-8 / TP·1108

XDUP 2462001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2009 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



高职高专计算机专业规划教材

编审专家委员会

- 主 任：** 温希东 （深圳职业技术学院副校长，教授）
- 副主任：** 徐人凤 （深圳职业技术学院电子与通信工程学院副院长，高工）
刘中原 （上海第二工业大学计算机与信息学院副院长，副教授）
李卓玲 （沈阳工程学院信息工程系主任，教授）
- 委 员：** （按姓氏笔画排列）
- 丁桂芝 （天津职业大学电子信息工程学院院长，教授）
马宏锋 （兰州工业高等专科学校计算机工程系副主任，副教授）
王 军 （武汉交通职业学院信息系副主任，副教授）
王 雷 （浙江机电职业技术学院计算机应用工程系主任，高工）
王养森 （南京信息职业技术学院计算机科学与技术系主任，高工）
王趾成 （石家庄职业技术学院计算机系主任，高工）
汤 勇 （成都职业技术学院国际软件学院副院长，副教授）
朱小平 （广东科学技术职业学院计算机学院副院长，副教授）
齐志儒 （东北大学东软信息学院计算机系主任，教授）
孙街亭 （安徽职业技术学院教务处处长，副教授）
张 军 （石家庄职业技术学院计算机系，高工）
李成大 （成都电子机械高等专科学校计算机工程系副主任，副教授）
苏传芳 （安徽电子信息职业技术学院计算机科学系主任，副教授）
苏国辉 （黎明职业大学计算机系副主任，讲师）
汪临伟 （九江职业技术学院电气工程系主任，副教授）
汪清明 （广东轻工职业技术学院计算机系副主任，副教授）
杨文元 （漳州职业技术学院计算机工程系副主任，副教授）
杨志茹 （株洲职业技术学院信息工程系副主任，副教授）
胡昌杰 （湖北职业技术学院计算机科学与技术系副主任，副教授）
聂 明 （南京信息职业技术学院软件学院院长，副教授）
章忠宪 （漳州职业技术学院计算机工程系主任，副教授）
睦碧霞 （常州信息职业技术学院软件学院院长，副教授）
董 武 （安徽职业技术学院电气工程系副主任，副教授）
蒋方纯 （深圳信息职业技术学院软件工程系主任，副教授）
鲍有文 （北京联合大学信息学院副院长，教授）

前 言

本书是根据“计算机维护和数据恢复技术教学大纲”的基本要求,在总结该课程四年教学经验的基础上,参考了国内相关专著编写而成的,笔者希望本书对高职高专院校数据恢复课程教学有所帮助。

在编写本书的过程中,考虑到高职高专院校的实际特点和就业需要,笔者力求做到以下几点:

(1) 编写目的明确。本书主要面向高职高专院校学生,目的是拓宽学生对计算机文件系统的了解,培养学生独立分析问题和解决问题的能力,并掌握基本的数据恢复技术,为以后的进一步学习打下基础。

(2) 内容安排合理。根据高职高专院校学生的特点,在内容的取舍和章节的划分上,既考虑到内容的系统性,又突出了实用性。特别是考虑到多视角教学的需要,安排了不同层次的实例操作讲解,供相近专业学生根据自身的实际需要选用。此外,本书在内容的叙述上还力求通俗易懂、由浅入深、循序渐进,以引导学生学会独立思考,提高解决实际问题的能力。

(3) 注重结合实际。本书所选用的工具软件都是目前市场上常见的,以便于学生在实践中加以运用。

本书由梁宇恩主编,参加编写的人员有梁宇恩(绪论、第1章(部分)、第2章、第4章以及附录)、沈建刚(第3、5章)和梁启来(第1章(部分))。

本书在编写过程中得到了浙江机电职业技术学院计算机应用工程系王雷老师的大力支持,在此表示感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,本书可能还有一些不足之处,希望广大读者批评指正。

编 者

2008年10月

目 录

绪论	1	2.3.3 长文件名管理	50
第 1 章 硬盘和分区	4	2.3.4 FAT32 分区区域关系	51
1.1 硬盘基础知识	4	2.3.5 格式化对 FAT32 区域的影响	52
1.1.1 硬盘的物理结构	4	思考题	53
1.1.2 硬盘的逻辑结构	9	第 3 章 NTFS 文件系统	54
1.1.3 硬盘的基本参数	11	3.1 NTFS 基础知识	54
1.2 格式化与分区	12	3.1.1 NTFS 的 DBR	55
1.2.1 低级格式化	12	3.1.2 NTFS 主文件表	57
1.2.2 分区	13	3.1.3 NTFS 文件类型	58
1.2.3 高级格式化	15	3.1.4 NTFS 数据完整性和可恢复性	67
1.2.4 常用分区软件的使用	16	3.2 NTFS 和 FAT 比较	68
1.3 MBR 和分区表	20	3.3 NTFS 下的数据恢复	71
1.3.1 MBR 和 X86 微机系统启动过程	20	3.3.1 NTFS 的 DBR 恢复	72
1.3.2 DiskEdit 软件	22	3.3.2 系统文件缺失的恢复	74
1.3.3 分区表的数据结构	25	3.3.3 一般文件的恢复	79
1.3.4 MBR 的修复技术	26	思考题	87
1.3.5 DiskGen 软件与分区表修复技术	27	第 4 章 数据恢复技术与数据备份	88
思考题	29	4.1 数据恢复技术	88
第 2 章 FAT 文件系统	30	4.1.1 数据恢复原理	88
2.1 DBR	30	4.1.2 恢复已删除文件	88
2.1.1 DBR 的概念和组成	30	4.1.3 恢复已格式化分区文件	93
2.1.2 DBR 与 MBR 的比较	31	4.1.4 IE 浏览器修复	95
2.1.3 WinHex 软件和 DBR 修复技术	32	4.1.5 TCP/IP 修复	97
2.2 FDT 和 FAT	37	4.1.6 修复硬盘逻辑锁	98
2.2.1 FDT 的概念与结构	37	4.1.7 硬盘坏道处理技巧	98
2.2.2 FAT 的概念与结构	39	4.2 数据备份和数据安全	102
2.2.3 FDT 与 FAT 的作用和意义	40	4.2.1 最好的数据恢复技术	102
2.2.4 文件删除的实质分析	42	4.2.2 数据安全和磁盘数据擦除	105
2.2.5 FAT 恢复	45	4.2.3 信息隐藏技术	107
2.3 文件、目录和长文件名	47	4.2.4 其它介质上的数据恢复技术	108
2.3.1 根目录文件管理	47	思考题	110
2.3.2 子目录管理	49		

第 5 章 计算机软故障处理	111
5.1 文档修复	111
5.1.1 办公文档修复	111
5.1.2 压缩文档修复	115
5.1.3 其它类型文档修复	119
5.2 密码遗失处理	119
5.2.1 管理员密码遗忘的处理	120
5.2.2 办公文档密码遗失的处理	122
5.2.3 压缩文档密码遗失的处理	128
5.3 Windows 系统故障处理	131

5.3.1 Windows 注册表的备份与修复	131
5.3.2 系统文件丢失后的修复	133
5.3.3 病毒故障的手工处理	138
5.3.4 流氓软件的清理	145
5.3.5 垃圾邮件的预防	147
思考题	148

附录	149
参考文献	160

绪 论

一、信息安全与数据恢复

20 世纪 90 年代以来,计算机开始大规模进入社会生活的各个领域,逐渐成为人们日常生活和工作密不可分的一部分。各类计算机数据(即信息)是现代人类社会生活不可或缺的重要资源,一旦破坏或丢失,就会带来不同程度的损失。而随着计算机知识的普及和网络技术的发展,计算机被破坏或非法入侵的可能性不断加大,因而计算机及信息的安全日益受到人们的关注。

1. 信息安全

信息安全的重要性具体表现在如下几个方面:

(1) 信息(包括政治、经济、文化、科技、军事等各个方面)有别于传统意义上的实物资源,它存储于各种数据存储设备之中,以图像、语音、文档、数据库等为载体,表达了丰富的知识与内容,是一种非实物资源。信息的流向和应用对现代社会产生着巨大而深远的影响,直接关系到个人、公司、区域甚至国家的利益,因此,保护信息安全意义重大。

(2) 进入 21 世纪以来,信息安全正面临严峻挑战。例如,近年国内外多次发生的银行、信用卡信息泄露事件,不但给个人造成了经济损失,也给整个社会带来了不安定因素。最典型的就是 2008 年 1 月法国兴业银行交易员热罗姆·凯维埃尔的违规交易事件,给该行造成了 70 亿美元的亏损,还影响到了国际金融市场的稳定。国内也发现有病毒编写者与不法人员勾结,在网络上传播病毒,窃取网民资料,攫取经济利益。凡此种事例都说明,信息安全已成为一个不容忽视的社会问题。

(3) 由于信息安全意识普遍不强导致的损失越来越大。互联网普及后,网上环境变得愈来愈复杂,计算机用户在使用网络过程中不知不觉就可能成为病毒、恶意软件的受害者。人们在充分享受现代高科技带来便利的同时,却常常忽略信息安全。很多人是在遭受损失后才懊悔不已。所以信息安全防范意识薄弱也成为导致用户蒙受损失的一个重要原因。

2. 数据恢复的作用

数据恢复是一种能帮助用户恢复系统功能,部分或全部找回受损数据的技术,其主要作用如下:

(1) 恢复操作系统。由于种种原因(例如病毒入侵、误操作等),致使计算机操作系统、部分分区无法正常使用。遇到这种情况,利用数据恢复技术可以排除故障,使操作系统和分区重新正常工作。

(2) 恢复文件。这是数据恢复技术最重要的功能。如果用户不慎丢失了重要文件,可以借助于数据恢复软件和手工修复方法来达到恢复的目的。但恢复文件有一个前提,即文件

所在数据区部分没有被破坏。

(3) 排除系统故障。这方面内容比较丰富,如操作系统帐号被人篡改、加密文件密码遗忘、硬盘出现坏道、IE 浏览器设置被恶意修改等,都可以使用相应技术一一化解。

二、数据恢复技术概述

1. 数据恢复的定义

计算机及存储设备遭受人为破坏、病毒入侵、误操作或硬件故障、环境变化、非规范操作等,都有可能使存储介质上的数据受损甚至丢失。数据恢复实际上就是将那些由于各种原因受损或丢失的数据还原成正常数据的过程。

2. 数据恢复的范畴

数据恢复过程中不但要处理存储介质上的数据,还要面对存储设备本身。所以数据恢复的范畴就分为数据故障和设备故障两部分。

(1) 数据故障。数据故障主要包括:主引导记录、操作系统引导扇区、分区信息表丢失;病毒、恶意程序破坏;文件删除、分区、格式化和克隆还原误操作;重要文件(文本、图像、数据库)损坏;操作系统、文件密码遗失;U 盘、光盘文件丢失;系统掉电引起的数据丢失等。

(2) 设备故障。设备故障主要包括:硬盘磁头、盘片、伺服机构损坏;硬盘电路板故障;硬盘固件信息丢失;硬盘出现坏道等。

3. 数据恢复的主要步骤

计算机发生故障后,维修人员应先判断是否需要数据进行恢复。首先对计算机进行检测,查看计算机是否有下列常见问题:

(1) 不能正常进入操作系统,密码丢失;

(2) 分区不能识别;

(3) 文件丢失;

(4) 文件打开后有乱码;

(5) 经检测硬盘出现坏道;

(6) 硬盘工作异常,如分区、格式化不能正常完成,硬盘工作时发出奇怪的响声,计算机出现蓝屏等;

(7) U 盘识别容量达不到标称值,有分区、文件丢失;

(8) 光盘上文件丢失。

如果发生了上述故障,应先备份好存储设备上的已有数据,确保后续操作不会对已有数据造成进一步的破坏。其次,询问计算机用户,问明发生故障前做了哪些操作,访问过哪些网站,下载过什么文件等。还要请用户回忆计算机出现过哪些异常现象,做好这些记录作为恢复数据的参考。

由于故障原因各不相同,开始恢复操作时应谨慎小心,必须根据用户自述和检测结果确定具体恢复方案,每一步操作应考虑周全,确保不造成新的破坏并能退回上一状态。随着恢复的进展,还要及时备份还原成功的数据。

三、数据恢复技术基础

1. 存储介质

数据都是存储在某种物理介质之中的，因此要实施数据恢复就必然先要了解各种介质的构造和数据存储原理。随着材料技术的发展，近年来涌现出越来越多的新型存储介质。鉴于本书的定位，重点将放在使用最广泛的硬盘上。读者对硬盘的构造应有一个较完整的了解，特别要掌握硬盘的逻辑结构，理解磁道、扇区、柱面这些看不见摸不着的抽象概念。

2. 数据存储区域

数据如何存储在物理介质之中，是数据恢复的主要理论依据。只有弄清了数据存储区域以及区域之间的关系，才能提出正确的数据恢复策略并实施。掌握了主引导记录、操作系统引导记录、文件分配表、文件目录表和数据区这五种数据存储区域，不但可以理解 FAT 系统文件管理，也可为理解其他的文件系统铺平道路。

3. 文件系统

文件系统实际上和数据存储区域是密切相关的，不同的文件系统下的数据存储区域并不完全一样。掌握不同文件系统下数据存储区域的主要特征有助于我们开展数据恢复。本书主要介绍目前常用的 FAT 文件系统和 NTFS 文件系统。

4. 必要的预备知识和技能

学习数据恢复技术之前，最好能通晓计算机组成，会二进制、十进制和十六进制之间的数据转换，若能编写汇编程序和使用 Debug 工具就更好了。

总之，数据恢复是一项极具广阔应用前景的技术，掌握好这门技术不但要求有扎实的理论基础，还要有较强的实际操作技能，对现场分析、推理能力也有较高要求。因此，学好数据恢复，不但能掌握一项技能，也是对自身综合素质的一种全面提升。

第1章 硬盘和分区

1.1 硬盘基础知识

硬盘的英文全称是 Hard Disk, 它是计算机中最重要的外部存储器。硬盘也被称作计算机的仓库, 其所存放信息资源的价值往往要远高于硬盘本身的价值。自 1956 年 IBM 推出第一台硬盘驱动器 IBM 350 Disk Storage(见图 1-1)至今已有几十年了, 其间虽没有 CPU 那种令人眼花缭乱的高速发展与技术飞跃, 但我们也确实看到在这几十年里, 硬盘驱动器从控制技术、接口标准、机械结构等方面都进行了一系列改进。正是由于这一系列技术上的研究与突破, 才使我们今天得以用上容量更大、体积更小、速度更快、性能更可靠、价格更便宜的硬盘。

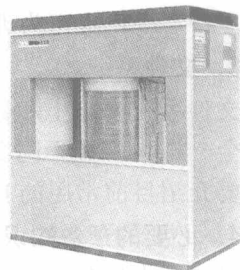


图 1-1 IBM 350 硬盘驱动器

如今, 虽然号称新一代驱动器的 JAZ、DVD-ROM、DVD-RAM、CD-RW、MO、PD 等纷纷登陆大容量驱动器市场, 但硬盘以其容量大、体积小、速度快、价格便宜等优点, 依然当之无愧地成为台式机最主要的外部存储器, 也是每一台 PC 必不可少的配置之一。

1.1.1 硬盘的物理结构

目前微机系统中使用的硬盘大多为温彻斯特盘(Winchester), 其特点是硬盘采用封闭式结构, 读写数据时磁头与磁盘片不接触, 而是悬浮在高速旋转的盘片上。硬盘按盘径大小分, 主要有 5.25 英寸(135 mm)、3.5 英寸(90 mm)、2.5 英寸(64 mm)、1.8 英寸(46 mm)和 1.3 英寸(33 mm)等几种。其中 5.25 英寸的硬盘主要配置在早期 286 以下的 PC 中, 目前的台式电脑一般配置的都是 3.5 英寸硬盘, 笔记本电脑中则主要配置的是 2.5 英寸以下的硬盘。

1. 硬盘的外观

从外观上看, 硬盘包括金属外壳、电路板、数据接口、电源输入接口和跳线。

由于硬盘产品在外形的设计上要遵守统一的行业标准, 所以不同厂商的硬盘产品外形很相似, 只有细节设计上的差异。硬盘外壳使用金属制造, 呈长方形。硬盘外壳里面封装着盘片、磁头、电机等部件。一般环境下绝对不能打开外壳, 因为空气中的尘埃会对盘片造成严重的损坏。硬盘工厂都是在超纯净的车间(每立方米小于 10 颗尘埃)中生产和封装盘片的。在硬盘外壳的正面贴着硬盘的标签, 上面有硬盘的生产厂家、转速、容量、工作电压等信息, 如图 1-2 所示。硬盘外壳的背面裸露着控制芯片、电阻等电子元件。这些电子元件裸露在外面而不包裹在金属匣子里面的原因在于这样更有利于散热, 如图 1-3 所示。



图 1-2 硬盘标签

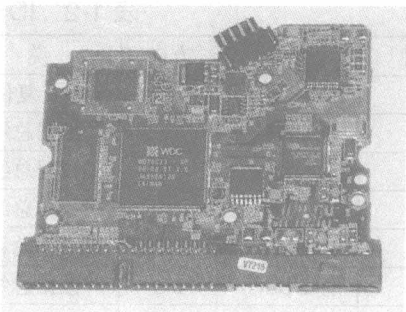


图 1-3 硬盘的控制电路

数据接口、电源接口和跳线位于硬盘的同一个侧面(如图 1-4 所示), 它们直接和硬盘电路板相连。数据接口通过数据线将硬盘和计算机主板连接起来, 电源接口则为硬盘提供工作电源, 用户可以通过跳线将硬盘设置为主盘、从盘或安全模式等。目前最常见的数据传输接口有 PATA(IDE)、SATA、SCSI 三种, 前两种接口主要应用于个人计算机, 而 SCSI 接口则主要应用在服务器中。此外, 还有 USB 接口和 IEEE 1394 接口, 其中 USB 接口主要用于移动硬盘。

PATA(Parallel ATA)接口也叫 IDE(Integrated Drive Electronics)接口, 即“电子集成驱动器”, 它的本意是指把“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和长度, 使数据传输的可靠性得到了增强, 硬盘制造起来也更容易。对硬盘厂商而言, 无需担心自己的硬盘与其他厂商生产的控制器是否兼容; 对用户而言, 硬盘安装起来更方便。

图 1-5 所示为主板上的数据接口, 通常称为 IDE 接口, 它通过数据线和硬盘相连。

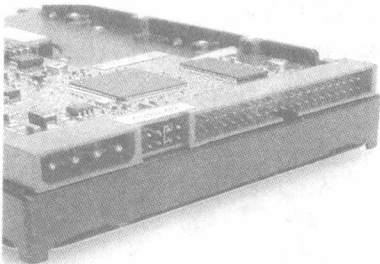


图 1-4 硬盘 IDE 接口、电源输入接口和跳线

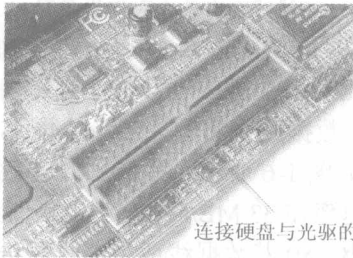


图 1-5 主板上的 IDE 接口

IDE 数据接口共有 40 个引脚, 其中第 20 个引脚是空的, 如图 1-4 所示。接口上框有一个缺口, 相应的硬盘数据线上有一个凸起, 它的作用是防止用户在连接时出现错误。IDE 接口引脚的排列如表 1-1 所示。

表 1-1 IDE 数据接口的引脚排列

39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2

各引脚定义如表 1-2 所示。与 3~18 引脚连接的电阻阻值均相同, 与 33、35、36 引脚连接的电阻阻值均相同, 检修时可对比测量。

表 1-2 IDE 数据接口各引脚定义

引脚	名 称	方向	说 明	引脚	名 称	方向	说 明
1	Reset-	I	复位	2	Ground		地
3	DD7	I/O	数据总线位 7	4	DD8	I/O	数据总线位 8
5	DD6	I/O	数据总线位 6	6	DD9	I/O	数据总线位 9
7	DD5	I/O	数据总线位 5	8	DD10	I/O	数据总线位 10
9	DD4	I/O	数据总线位 4	10	DD11	I/O	数据总线位 11
11	DD3	I/O	数据总线位 3	12	DD12	I/O	数据总线位 12
13	DD2	I/O	数据总线位 2	14	DD13	I/O	数据总线位 13
15	DD1	I/O	数据总线位 1	16	DD14	I/O	数据总线位 14
17	DD0	I/O	数据总线位 0	18	DD15	I/O	数据总线位 15
19	Ground		地	20	N.C.		
21	DMARQ	O	DMA 请求	22	Ground		地
23	DIOW-	I	I/O 写	24	Ground		地
25	DIOR-	I	I/O 读	26	Ground		地
27	IORDY	O	I/O 通道准备好	28	CSEL		①
29	DMACK-	I	DMA 确认	30	Ground		地
31	INTRQ	O	中断请求	32	N.C.		ATA-2 中使用
33	DA1	I	地址位 1	34	PDIAG-		②
35	DA0	I	地址位 0	36	DA2	I	地址位 2
37	CS0-	I	片选 0	38	CS1-	I	片选 1
39	DASP-	O	驱动器状态	40	Ground		地

注：① CSEL：一条排线上有两个存储设备时，通过该信号确定主、从设备。

② PDIAG-/CBLID-：一条排线上有两个存储设备时，设备 1 通知设备 0，设备 1 已检测通过。

该引脚也用于确定是否有 80 芯的排线连接到接口上。

IDE 接口的数据线有两种，分别是 40 芯数据线和 80 芯数据线，如图 1-6 所示。其中，40 芯数据线只适用于数据传输速率在 33 MB/s 以下的 IDE 驱动器，现在大多用于光驱。80 芯数据线适用于数据传输速率在 66 MB/s 以上的 IDE 驱动器，并且向下兼容。80 芯的数据线同样适用于 40 个引脚的接口，80 芯数据线中新增的都是地线。当数据传输速率提高到 66 MB/s 以上时，信号线之间的电磁干扰就会增强，这样的设计可以有效降低相邻信号线之间的电磁干扰。

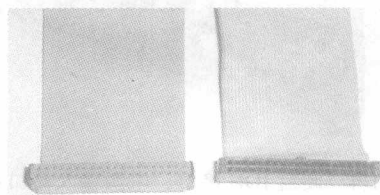


图 1-6 IDE 数据线

2. 硬盘的内部结构

硬盘的内部结构由盘片、主轴、磁头、传动臂、传动轴、反力矩弹簧装置、音圈电机、磁头驱动小车、前置控制电路及其附件组成。硬盘中的盘头组件(HDA, Hard Disk Assembly)是构成硬盘的核心，它封装在硬盘的净化腔内，包括浮动磁头、磁头驱动机构、盘片及主轴驱动机构、前置读写控制电路等。

所有的盘片都固定在一个旋转轴上,这个轴就是盘片主轴。所有的盘片都是平行的,每个盘片的存储面上都有一个磁头,磁头与盘片之间的距离比头发丝的直径还小。所有的磁头连在一个磁头控制器上,由磁头控制器来控制各个磁头的运动。当磁头沿盘片的半径方向运动时,盘片则以每分钟数千转到上万转的速度旋转,这样磁头就能对盘片上的指定位置进行数据的读写操作。

将硬盘盒盖打开后,硬盘内部结构即一目了然。把硬盘上表面的塑料纸彻底撕掉,拧下8颗螺钉(四周6颗,中间2颗),再撕掉后侧面的密封锡纸,看到的硬盘如图1-7所示。这即硬盘的内部结构,硬盘的盘片相当光滑,比我们常用的镜子还要平整。

SATA 接口的硬盘,其内部结构与 IDE 接口的硬盘一样,只是外部接口不一样,如图1-8所示。

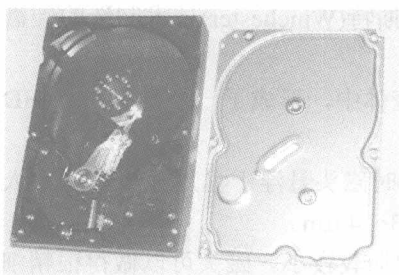


图 1-7 硬盘腔体

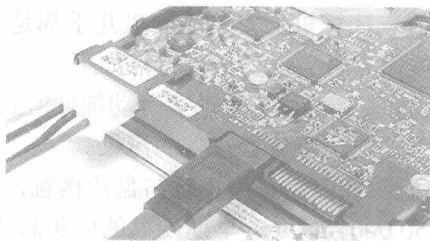


图 1-8 SATA 硬盘的外部接口

(1) 磁头组件。这个组件是硬盘中最精密的部件,它由读写磁头、传动臂、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 $0.1\sim 0.3\ \mu\text{m}$,这样可以获得极佳的数据传输率,如图1-9所示。

电磁线圈电机、磁头驱动小车

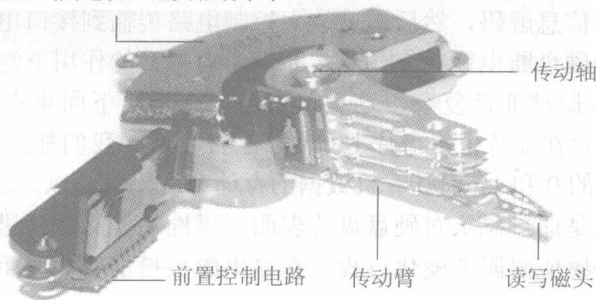


图 1-9 磁头组件

(2) 磁头驱动机构。磁头驱动机构由电磁线圈电机、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与定位,并能在很短的时间内精确定位系统指令指定的磁道。

(3) 盘片。盘片是硬盘存储数据的载体,现在的硬盘盘片大多采用的是金属薄膜材料,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。主轴组件包括轴承和驱动电机等,如图 1-10 所示。随着硬盘容量的扩大和速度的提高,主轴电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电机技术(FDB)。采用 FDB 电机不仅可以使硬盘的工作噪音降低许多,而且还可以增加硬盘的工作稳定性。

(5) 前置控制电路。前置电路控制磁头感应的信号、主轴电机调速、磁头驱动和伺服定位等(见图 1-9)。由于磁头读取的信号微弱,故将放大电路密封在腔体内,以减少外来信号的干扰,提高操作指令的准确性。

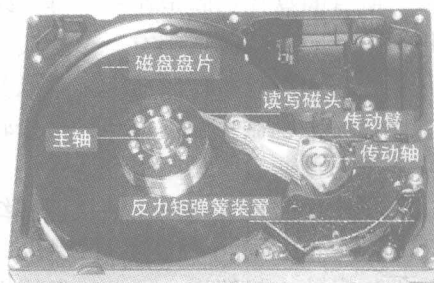


图 1-10 主轴组件

目前,计算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,其结构特点如下:

(1) 磁头、盘片、主轴等运动部件密封在一个壳体中,形成了一个盘头组件(HDA),与外界环境隔绝,避免了灰尘的污染。

(2) 磁头在启动、停止时与盘片接触,而在工作时磁头悬浮于盘片上约 10 nm(人的头发直径是 50 000 nm)处。早期硬盘的磁头悬浮高度为 3~4 μm 。

(3) 磁头工作时与盘片不直接接触,所以磁头的加载较小。磁头可以做得很精细,检测磁道的能力很强,可大大提高位密度。

3. 硬盘的工作原理

当硬盘驱动器加电工作后,利用控制电路进行初始化工作,初始化完成后主轴电机将启动并高速旋转,装载磁头的小车机构移动,将浮动磁头置于盘片表面的 0 道,处于等待指令的启动状态。当接口电路接收到微机系统传来的指令信号时,对该指令信号通过前置放大控制电路,驱动音圈电机发出磁信号,根据感应阻值变化的磁头对盘片数据进行正确定位并将接收后的数据信息解码,然后通过放大控制电路传输到接口电路,反馈给主机系统以完成指令操作。当硬盘断电停止工作时,在反力矩弹簧的作用下浮动磁头驻留到盘面中心。由于硬盘的工作原理非常复杂,这里仅作简要介绍,下面重点介绍磁头读写原理。

硬盘的数据都保存在盘片上,盘片上布满了磁性物质。我们都知道磁性有 S、N 两极,正好可以表示二进制的 0 和 1,而计算机数据的存储和运算都是以二进制的形式进行的。写入数据的过程实际上是通过磁头对硬盘盘片表面上磁性物质的磁极进行改变的过程;读取数据则是通过磁头去感应磁阻的变化过程。在这里磁头扮演着极为重要的角色,它也是硬盘里最昂贵的部件。

早期的磁头是读写合一的电磁感应式磁头,但是硬盘数据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上必须兼顾读和写两种特性,从而造成设计上的局限。而 MR 磁头(磁阻磁头)和 GMR 磁头(巨磁阻磁头)采用分离式的磁头结构,写入磁头仍采用传统的磁感应磁头(MR 磁头不能进行写操作),而读取磁头则采用新型的 MR 磁头或 GMR 磁头,因此写操作由感应磁头完成,读操作由 MR 磁头(或 GMR 磁头)完成。这样,在设计时就可以针对两者的不同特性分别进行优化,以取得更好的读写性能。另外,MR 磁头是通过阻值的变化来感应信号的,因而对信号的变化相当敏感,读取数据的准确率很高。而且由于读取信号幅度与磁道宽度无关,所以磁道可以做得很窄,从而有利于提高盘片的容量。

硬盘的有效数据都存储在盘片上,磁头用于读取和写入数据。主轴电机带动盘片旋转,磁头通过音圈电机的驱动,以音圈电机为轴心,沿盘片直径方向作内外圆弧运动,这样通过盘片的旋转和磁头的内外移动,磁头就可以读写到盘片每个位置的数据。磁头上有一个磁头芯片,用于磁头的逻辑分配和电磁信号的放大。前置信号处理器处理磁头芯片传过来的信号,数字信号处理器进一步处理前置信号处理器传过来的信号,然后传递给接口。接口芯片对数据再作进一步处理,然后传递给计算机,没能及时处理的数据暂存在高速缓存中。硬盘微处理器控制着电机驱动芯片、前置信号处理器、数字信号处理器和接口,它们在微处理器统一管理下协调地工作。微处理器是整个硬盘电路的控制中枢,现在大多数硬盘的微处理器、接口、数字信号处理器都已经集成到了一个芯片中。

1.1.2 硬盘的逻辑结构

1. 盘片

硬盘的盘片一般用铝合金作基片,高速旋转的硬盘也有用玻璃作基片的。玻璃基片更容易达到其要求的平面度和光洁度,并且有很高的硬度。磁头传动装置是使磁头部件作径向移动的部件,通常有两种类型的传动装置:一种是齿条传动的步进电机传动装置;另一种是音圈电机传动装置。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上。磁头传动装置以很小的等距离使磁头部件作径向移动,用以变换磁道。

硬盘的每一个盘片都有两个盘面(Side),即上、下盘面,也有极个别的硬盘其盘面数为单数。一般每个盘面都会利用上,即都可以装上磁头存储数据,成为有效盘片。按照面的多少,依次称为0面、1面、2面……由于每个面都专有一个读写磁头,故也常称为0头(head)、1头等。按照硬盘容量和规格的不同,硬盘面数(或头数)也不一定相同,少的只有两面,多的可达数十面。

2. 磁道

磁盘上存放数据的同心圆轨道就是磁道(Track),如图1-11所示。这些磁道是盘面上以特殊方式磁化了一些区域,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,这是因为磁化单元相隔太近时磁性会相互产生影响,同时也会给磁头的读写带来困难。磁道从外向内自0开始顺序编号。随着存储密度的提高,磁道宽度已降至200 nm以内。

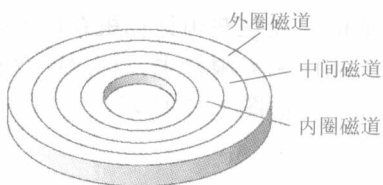


图 1-11 磁道

磁道宽度决定了硬盘的道密度(TPI, Tracks Per Inch),道密度的提高得益于磁道宽度的不断缩小。目前,容量在200 GB以上的盘片,道密度为145 kTPI(注意,是kTPI而不是TPI)。早期,5.25英寸的20 MB硬盘Seagate ST225,道密度才588 TPI,而同样尺寸的1.44 MB软盘上也只有寥寥80个磁道,道密度为135 TPI。

3. 柱面

硬盘通常由重叠的一组盘片构成,每个盘面都被划分为数目相等的磁道,并从外缘的“0”开始编号,具有相同编号的磁道形成一个假想的圆柱,称之为磁盘的柱面(Cylinder),如图1-12所示。磁盘的柱面数与一个盘面上的磁道数相等。由于每个盘面都有自己的磁头,