

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

中国电子信息产业发展研究院培训中心数据恢复技术培训指定教材

# 数据恢复技术

# R 深度揭秘

# Recovery

Recovery

The Deep Secret on Data Recovery Vehicle

The Deep Secret

刘伟 编著

Data Recovery

Vehicle



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中国电子信息产业发展研究院培训中心

数据恢复培训指定教材

# 数据恢复技术深度揭秘

刘 伟 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是中国电子信息产业发展研究院培训中心数据恢复技术培训指定教材，是从逻辑类和物理类两个方面全面讲解数据恢复技术的专业书籍。

在逻辑类数据恢复方面，本书包括 MBR 磁盘分区、动态磁盘分区、GPT 磁盘分区、Solaris 分区、APM 分区、BSD 分区的恢复技术，Windows 平台的 FAT32、FAT16、NTFS、ExFAT 文件系统的恢复技术，UNIX 平台的 UFS 文件系统恢复技术，Apple 平台的 HFS+ 文件系统恢复技术，Linux 平台的 EXT3、EXT4 文件系统恢复技术，以及 Windows、UNIX、Apple、Linux 平台的 RAID-0、RAID-1、RAID-5、RAID-5EE、RAID-6、HP 双循环等磁盘阵列恢复技术。

在物理类数据恢复方面，本书包括各大品牌硬盘出现电路故障、磁头故障、电机故障、扇区读取故障、固件故障后数据恢复的方法及优盘无法识别的恢复方法。

如果您是数据恢复技术的初学者，本书可以由浅入深，一步步将您引入数据恢复技术的神秘殿堂；如果您已经是数据恢复技术的高手，本书同样可以带来令您惊喜的经验和技巧。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

数据恢复技术深度揭秘 / 刘伟编著. —北京：电子工业出版社，2010.5  
中国电子信息产业发展研究院培训中心数据恢复技术培训指定教材  
ISBN 978-7-121-10663-7

I. ①数… II. ①刘… III. ①数据管理—安全技术—技术培训—教材 IV. ①TP309.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 058830 号

责任编辑：刘海艳（lhy@phei.com.cn，010-88254453）

印 刷：北京京师印务有限公司

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：53.25 字数：1431.4 千字

印 次：2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：98.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

# 序 言

在推进国民经济和社会信息化的过程中，政府、军队、企业以及个人越来越多关注的是信息的安全。信息安全的核心是数据的安全。黑客、病毒、误操作、存储介质的质量缺陷等众多因素都在威胁着数据的安全。数据一旦损坏或丢失，其损失往往无法用金钱来衡量。而在实际工作中又很难避免出现数据损坏与丢失现象。古人云，亡羊补牢，犹未为晚。因此，数据恢复技术、数据恢复服务需求飙升。

为了推动数据恢复技术和市场的发展，培养紧缺人才，我培训中心（原国家信息产业部电子信息中心职业技能培训中心）于2004年3月正式推出了数据恢复技术培训。刘伟老师作为数据恢复专家，为这项技术培训付出了大量心血。正是从这一年开始，国内数据恢复技术的整体水平有了突飞猛进的发展。

对于一项技术的学习，最好的途径是参加培训，由老师面对面进行讲解。但受各种条件的限制，很多人可能无法参加培训学习，只能通过自学，那么在自学的过程中一本好的教材将起到决定性作用。目前国内市场上能够将数据恢复技术说明白、讲透彻、既有理论又有实践的专业书籍屈指可数，这其中就包括刘伟老师曾经编写的《数据恢复高级技术》、《数据恢复方法及案例分析》和最新的这本《数据恢复技术深度揭秘》。

新作《数据恢复技术深度揭秘》从逻辑和物理两个方面——也就是我们常说的软件和硬件两个方面——详细介绍了各种原因导致数据丢失后的恢复方法。书中不仅有丰富的理论知识，还从实践中精选了大量的真实案例，进行细致入微的剖析。这些案例的分析过程环环相扣，犹如福尔摩斯探案一般，在复杂的现象中寻找蛛丝马迹，最后冲破迷雾找到真相，还原数据的本来面目，突出了实用性。

另外，《数据恢复技术深度揭秘》还首次公开了一些掌握在少数人手里秘而不宣的技术，包括ExFAT文件系统的恢复技术、UNIX系统的RAID恢复技术、Apple系统的RAID恢复技术、Linux系统的RAID恢复技术等等，所以该书对数据恢复技术爱好者和从业人员来说必将是一顿技术的饕餮大餐。

信息技术日新月异，我期待着刘伟老师不断推出新的作品，为国内数据恢复技术的发展做出更大的贡献。

中国电子信息产业发展研究院培训中心

主任： 

二〇一〇年四月

# 前 言

## 噩梦般的经历

你是否有过这样的经历，多年积累和收藏的数据因为突然爆发的病毒而遭到破坏，文件丢失、打不开或者成为乱码？

你是否有过这样的经历，一不小心删除了重要文件，让你后悔莫及，损失惨重？

你是否有过这样的经历，因为一次重装操作系统，结果导致所有的数据分区从你眼前消失，整个硬盘中只剩下一个操作系统分区？

你是否有过这样的经历，昨天还在正常使用的计算机，今天早晨开机时突然检测不到硬盘，硬盘内所有的数据就这样无情地拒绝你的访问？

你是否有过这样的经历，想使用优盘中的文件，但优盘莫名其妙地打不开了，任你怎么着急，它自岿然不“开”。

你是否有过这样的经历，单位的服务器突然崩溃，核心数据全部丢失，导致工厂不能开工、企业无法正常运营，甚至面临倒闭的危险？

如果你有过以上这些噩梦般的经历，并想通过自己的努力找回丢失的数据；或者你还没有遇到以上问题，但对如何解决这些问题很有兴趣，那么，这本书是你最佳的选择，她将一步一步引领你实现自己成为数据恢复技术高手的心愿。

## 本书特点

本书是国内第一本从逻辑类和物理类两个方面全面讲解数据恢复技术的专业书籍。

本书是国内第一本讲解微软为移动介质而推出的 ExFAT 文件系统数据恢复技术的专业书籍。

本书是国内第一本讲解 Linux 系统及其 RAID 数据恢复技术的专业书籍。

本书是国内第一本讲解 UNIX 系统及其 RAID 数据恢复技术的专业书籍。

本书是国内第一本讲解 Apple 系统及其 RAID 数据恢复技术的专业书籍。

本书力求用通俗易懂的语言讲解深奥的数据恢复技术理论，并用大量真实的案例帮助读者巩固和消化枯燥的理论。

本书讲解的案例全部来自北京信息科技大学数据恢复研究所 (<http://www.1huifu.com>) 工作中的实际业务，绝不是通过程序模拟出来的，所以每一个案例都有血有肉，对数据恢复技术的爱好者来讲应该是弥足珍贵的。

另外，本书被工业和信息化部指定为数据恢复技术培训的教材，希望本书能够为广大数据恢复技术爱好者提供更大的帮助。

## 主要内容

本书分为三篇进行讲解。

第一篇：数据恢复入门与进阶知识储备，包括第 1 章至第 3 章。这一篇讲述学习数据恢复技术必备的基础知识，主要包括计算机中数据的表示方法、字节序的含义、数据

恢复技术中常用的逻辑运算和数据结构、硬盘的结构揭秘、常用数据恢复工具等。

第二篇：逻辑类数据恢复技术揭秘，包括第 4 章至第 7 章。这一篇主要讲解逻辑类数据恢复的方法，内容涵盖 Windows 系统、UNIX 系统、Linux 系统和 Apple 系统下的分区结构及文件系统结构，以及这些系统中的 RAID 恢复技术。

第三篇：物理类数据恢复技术揭秘，包括第 8 章至第 14 章。这一篇主要讲解物理类数据恢复的方法，内容涵盖各大品牌硬盘出现电路故障、磁头故障、电机故障、扇区读取故障、固件故障后数据恢复的方法，还包括优盘无法识别的恢复方法。

### 读者对象

如果您是数据恢复技术的初学者，本书可以由浅入深，一步步将您引入数据恢复技术的神秘殿堂；如果您已经是数据恢复技术的高手，本书同样可以为您带来让您惊喜的经验和技巧。

本书理论详细而充实，案例丰富而实用，是数据恢复技术从业者及爱好者、企业网管、数据存储与安全工作人员、司法部门电子取证人员的必备工具书，同时也可作为计算机相关专业在校大学生的课外补充教材。

### 致谢

感谢北京信息科技大学数据恢复研究所的张京生、汪中夏、宋杨老师对本书的大力支持。

感谢北京翰凯科技有限公司的戴森、赵建平、张悦等朋友的支持与帮助。

感谢我的学员马林对“File System Forensic Analysis”一书所做的大量翻译工作。

感谢我的父母、我的爱人，你们对我的爱和关怀是本书得以完成的保障。

参加本书编写的还有孙宗虎、王淑燕、凌彦、王莉潮、齐远、王秀军、彭辉、郑锐、陈荔、宋润、张良、王淑敏等。

### 结束语

学习的道路是没有尽头的，笔者非常愿意与广大读者进行交流，共同进步，也愿意为读者提供技术培训和技术支持，有任何问题请致信：[it\\_edu@163.com](mailto:it_edu@163.com) 与笔者联系。

# 目 录

## 第一篇 数据恢复入门与进阶知识储备

<b>第 1 章 计算机中数据的记录方法</b> .....	2
1.1 数据的表示方法 .....	2
1.1.1 计算机中数据的含义 .....	2
1.1.2 数值数据在计算机中的表示方法 .....	6
1.1.3 字符数据在计算机中的表示方法 .....	10
1.1.4 图形数据在计算机中的表示方法 .....	13
1.2 数据存储的字节序与位序 .....	14
1.2.1 Endian 的含义 .....	14
1.2.2 Little-endian 的含义 .....	15
1.2.3 Big-endian 的含义 .....	15
1.2.4 字节序与 CPU 架构的关系 .....	15
1.2.5 位序的含义 .....	16
1.3 数据的逻辑运算 .....	17
1.3.1 逻辑或 .....	17
1.3.2 逻辑与 .....	18
1.3.3 逻辑非 .....	18
1.3.4 逻辑异或 .....	18
1.4 数据恢复中常用的数据结构 .....	19
1.4.1 数据结构简介 .....	19
1.4.2 树 .....	21
1.4.3 二叉树 .....	23
1.4.4 B 树、B-树、B+树和 B*树 .....	24
1.4.5 树的遍历 .....	27
<b>第 2 章 现代硬盘的结构揭秘</b> .....	29
2.1 现代硬盘的物理结构揭秘 .....	29
2.1.1 硬盘的外壳及盘标信息 .....	29
2.1.2 硬盘的电路结构 .....	32
2.1.3 硬盘的磁头定位驱动系统 .....	36
2.1.4 硬盘的主轴系统 .....	37
2.1.5 硬盘的数据控制系统 .....	37
2.1.6 硬盘的盘片 .....	38
2.1.7 硬盘的区段及物理 C/H/S .....	39
2.1.8 硬盘的接口技术 .....	40

2.1.9	硬盘的主要性能指标 .....	48
2.2	现代硬盘的逻辑结构揭秘 .....	50
2.2.1	硬盘的逻辑磁道 .....	50
2.2.2	硬盘的逻辑扇区 .....	50
2.2.3	硬盘的逻辑柱面 .....	51
2.2.4	硬盘的逻辑磁头 .....	52
2.2.5	硬盘的逻辑 C/H/S .....	52
2.2.6	硬盘的 28 位 LBA 及 48 位 LBA .....	52
<b>第 3 章</b>	<b>学习及研究数据恢复的基本工具 .....</b>	<b>54</b>
3.1	磁盘编辑器类工具 .....	54
3.1.1	WinHex 使用方法详解 .....	54
3.1.2	DiskExplorer for Fat 使用方法详解 .....	72
3.1.3	DiskExplorer for NTFS 使用方法详解 .....	79
3.1.4	DiskExplorer for Linux 使用方法详解 .....	81
3.2	虚拟工具 .....	84
3.2.1	虚拟硬盘工具使用方法详解 .....	84
3.2.2	虚拟机使用方法详解 .....	87

## 第二篇 逻辑类数据恢复技术揭秘

<b>第 4 章</b>	<b>Windows 系统的数据恢复技术 .....</b>	<b>92</b>
4.1	Windows 系统的 MBR 磁盘分区 .....	92
4.1.1	主引导记录 MBR 的结构和作用 .....	92
4.1.2	主磁盘分区结构分析 .....	97
4.1.3	扩展分区结构分析 .....	103
4.1.4	MBR 及 EBR 被破坏的分区恢复实例 .....	109
4.1.5	分区误删除的恢复实例 .....	121
4.1.6	系统误 Ghost 后的分区恢复实例 .....	129
4.2	Windows 系统的动态磁盘卷 .....	134
4.2.1	动态磁盘概述 .....	134
4.2.2	动态磁盘卷的种类及创建方法 .....	135
4.2.3	动态磁盘 LDM 结构原理详解 .....	137
4.2.4	MBR 磁盘误转换为动态磁盘的恢复实例 .....	161
4.2.5	动态磁盘扩展卷丢失的恢复实例 .....	165
4.3	Windows 系统的 GPT 磁盘分区 .....	179
4.3.1	GPT 磁盘分区基本介绍 .....	179
4.3.2	GPT 磁盘分区的创建方法 .....	181
4.3.3	GPT 磁盘分区结构原理 .....	185
4.3.4	GPT 磁盘分区丢失的恢复实例 .....	192



4.4	FAT16 文件系统详解 .....	197
4.4.1	FAT16 文件系统结构总览 .....	198
4.4.2	FAT16 文件系统的 DBR 分析 .....	198
4.4.3	FAT16 文件系统的 FAT 表分析 .....	203
4.4.4	FAT16 文件系统的 FDT 分析 .....	206
4.4.5	FAT16 文件系统目录项分析 .....	208
4.4.6	FAT16 文件系统根目录与子目录的管理 .....	218
4.4.7	FAT16 文件系统删除文件的分析 .....	219
4.4.8	FAT16 文件系统误格式化的分析 .....	223
4.4.9	FAT16 文件系统 DBR 手工重建的实例 .....	226
4.5	FAT32 文件系统详解 .....	229
4.5.1	FAT32 文件系统结构总览 .....	229
4.5.2	FAT32 文件系统的 DBR 分析 .....	229
4.5.3	FAT32 文件系统的 FAT 表分析 .....	235
4.5.4	FAT32 文件系统的数据库分析 .....	237
4.5.5	FAT32 文件系统目录项分析 .....	238
4.5.6	FAT32 文件系统根目录与子目录的管理 .....	242
4.5.7	FAT32 文件系统删除文件的分析 .....	248
4.5.8	FAT32 文件系统删除文件后目录项起始簇号高位清零的分析 .....	252
4.5.9	FAT32 文件系统误格式化的分析 .....	257
4.5.10	FAT32 文件系统 DBR 破坏的恢复实例 .....	260
4.5.11	FAT32 分区文件乱码的手工恢复实例 .....	261
4.5.12	FAT32 分区被苹果电脑误格式化后的完美恢复实例 .....	267
4.6	NTFS 文件系统详解 .....	277
4.6.1	NTFS 文件系统基本介绍 .....	277
4.6.2	NTFS 文件系统结构总览 .....	278
4.6.3	NTFS 文件系统引导扇区分析 .....	280
4.6.4	元文件 \$MFT 分析 .....	285
4.6.5	文件记录分析 .....	287
4.6.6	10H 属性分析 .....	296
4.6.7	20H 属性分析 .....	298
4.6.8	30H 属性分析 .....	298
4.6.9	40H 属性分析 .....	302
4.6.10	50H 属性分析 .....	303
4.6.11	60H 属性分析 .....	308
4.6.12	70H 属性分析 .....	308
4.6.13	80H 属性分析 .....	309
4.6.14	90H 属性分析 .....	313
4.6.15	A0H 属性分析 .....	315
4.6.16	B0H 属性分析 .....	315
4.6.17	C0H 属性分析 .....	316

4.6.18	D0H 属性分析	317
4.6.19	E0H 属性分析	317
4.6.20	100H 属性分析	318
4.6.21	元文件\$MFTMirr 分析	318
4.6.22	元文件\$LogFile 分析	321
4.6.23	元文件\$Volume 分析	329
4.6.24	元文件\$AttrDef 分析	332
4.6.25	元文件\$Root 分析	334
4.6.26	元文件\$Bitmap 分析	336
4.6.27	元文件\$Boot 分析	337
4.6.28	元文件\$BadClus 分析	338
4.6.29	元文件\$Secure 分析	339
4.6.30	元文件\$UpCase 分析	341
4.6.31	元文件\$Extend 分析	342
4.6.32	元文件\$ObjId 分析	343
4.6.33	元文件\$Quota 分析	344
4.6.34	元文件\$Reparse 分析	346
4.6.35	元文件\$UsnJrnl 分析	347
4.6.36	NTFS 的索引结构分析	348
4.6.37	手工遍历 NTFS 的 B+树	352
4.6.38	NTFS 的 EFS 加密分析	356
4.6.39	NTFS 文件系统删除文件的分析	358
4.6.40	NTFS 文件系统格式化的分析	364
4.6.41	NTFS 文件系统 DBR 手工重建的实例	367
4.7	ExFAT 文件系统详解	372
4.7.1	ExFAT 文件系统基本介绍	372
4.7.2	ExFAT 文件系统结构总览	374
4.7.3	ExFAT 文件系统的 DBR 分析	374
4.7.4	ExFAT 文件系统的 FAT 表分析	378
4.7.5	ExFAT 文件系统的簇位图文件分析	379
4.7.6	ExFAT 文件系统的大写字符文件分析	380
4.7.7	ExFAT 文件系统的目录项分析	380
4.7.8	ExFAT 文件系统根目录与子目录的管理	388
4.7.9	ExFAT 文件系统删除文件的分析	395
4.7.10	ExFAT 文件系统误格式化的分析	396
4.7.11	ExFAT 文件系统 DBR 手工重建的实例	400
4.7.12	能够支持 ExFAT 文件系统的恢复工具	404
4.8	Windows 系统 RAID 恢复技术详解	406
4.8.1	RAID 基础知识介绍	406
4.8.2	RAID 级别详解	407
4.8.3	硬 RAID 实现方法	413

4.8.4	软 RAID 实现方法	416
4.8.5	RAID 数据恢复原理	418
4.8.6	RAID 起始扇区的分析方法	423
4.8.7	RAID 条带大小的分析方法	425
4.8.8	RAID 成员盘的盘序分析	428
4.8.9	RAID-5 校验方向的分析方法	429
4.8.10	RAID-5 数据同步与异步的分析方法	430
4.8.11	RAID 恢复工具一: WinHex	432
4.8.12	RAID 恢复工具二: R-studio	434
4.8.13	RAID 恢复工具三: Raid Reconstructor	437
4.8.14	RAID 恢复工具四: FileScav	439
4.8.15	RAID 恢复工具五: UFS Explorer	442
4.8.16	RAID 恢复工具六: Getway Raid Recovery	442
4.8.17	服务器专业硬盘与数据恢复工作机的连接方法	445
4.8.18	RAID 恢复实例一: Dell 服务器 RAID-5 实例分析	447
4.8.19	RAID 恢复实例二: HP 服务器 RAID-5 双循环实例分析	454
4.8.20	RAID 恢复实例三: 光纤阵列柜 12 块 FC 硬盘 RAID-5 实例分析	457
4.8.21	RAID 恢复实例四: IBM 服务器 RAID-5EE 实例分析	459
<b>第 5 章</b>	<b>UNIX 系统的数据恢复技术</b>	<b>466</b>
5.1	UNIX 家族介绍	466
5.1.1	UNIX 的起源及分裂	466
5.1.2	UNIX 分类及特点	467
5.2	UNIX 的分区详解	469
5.2.1	Solaris 分区基本介绍	469
5.2.2	Sparc Solaris 分区结构分析	471
5.2.3	Sparc Solaris 分区恢复实例	476
5.2.4	x86 Solaris 分区结构分析	479
5.2.5	x86 Solaris 分区恢复实例	485
5.2.6	Free BSD 分区结构分析	485
5.2.7	Free BSD 分区恢复实例	490
5.2.8	Open BSD 分区结构分析	493
5.3	UFS1 及 UFS2 文件系统详解	498
5.3.1	UFS 文件系统基本介绍	498
5.3.2	UFS 文件系统结构总览	499
5.3.3	UFS 文件系统的引导块分析	500
5.3.4	UFS 文件系统的超级块分析	501
5.3.5	UFS 文件系统的柱面组概要分析	517
5.3.6	UFS 文件系统的柱面组描述符分析	518
5.3.7	UFS 文件系统的位图分析	522
5.3.8	UFS 文件系统的 i-节点分析	524

5.3.9	UFS 文件系统的目录项分析 .....	531
5.3.10	UFS 文件删除与恢复的分析 .....	535
5.3.11	UFS 文件系统超级块的恢复实例 .....	544
5.3.12	UNIX 系统数据恢复专业工具详解 .....	546
5.4	UNIX 系统 RAID 恢复技术详解 .....	548
5.4.1	UNIX RAID 结构参数的分析方法 .....	548
5.4.2	Sun Solaris 系统 DAS-RAID-5 恢复实例 .....	550
<b>第 6 章</b>	<b>Apple 系统的数据恢复技术 .....</b>	<b>558</b>
6.1	Apple 电脑介绍 .....	558
6.1.1	Apple 电脑的起源与发展 .....	558
6.1.2	Mac 操作系统的发展 .....	559
6.2	Apple 电脑的分区结构详解 .....	560
6.2.1	APM 分区结构分析 .....	560
6.2.2	APM 分区恢复实例 .....	568
6.2.3	GPT 分区结构分析 .....	572
6.3	HFS+文件系统详解 .....	574
6.3.1	HFS+文件系统基本介绍 .....	574
6.3.2	HFS+文件系统结构总览 .....	577
6.3.3	HFS+文件系统的卷头分析 .....	577
6.3.4	HFS+文件系统的头节点分析 .....	584
6.3.5	HFS+文件系统的位图节点分析 .....	591
6.3.6	HFS+文件系统的索引节点分析 .....	591
6.3.7	HFS+文件系统的叶节点分析 .....	592
6.3.8	HFS+文件系统节点的综合应用 .....	593
6.3.9	HFS+文件系统的编录文件分析 .....	594
6.3.10	HFS+文件系统的盘区溢出文件分析 .....	604
6.3.11	HFS+文件系统的分配文件分析 .....	608
6.3.12	HFS+文件系统的属性文件分析 .....	609
6.3.13	HFS+文件系统的坏块文件分析 .....	610
6.3.14	手工遍历 HFS+的 B-树 .....	610
6.3.15	HFS+文件删除与恢复的分析 .....	614
6.3.16	HFS+文件系统卷头的恢复实例 .....	617
6.3.17	Apple 系统数据恢复专业工具详解 .....	618
6.4	Apple 系统 RAID 恢复技术详解 .....	621
6.4.1	Apple RAID 结构参数的分析方法 .....	621
6.4.2	Apple RAID 恢复实例分析 .....	622
<b>第 7 章</b>	<b>Linux 系统的数据恢复技术 .....</b>	<b>629</b>
7.1	Linux 系统介绍 .....	629
7.1.1	Linux 系统的起源与发展 .....	629
7.1.2	Linux 系统的分类及特点 .....	630

7.2	Linux 系统的分区结构详解 .....	631
7.2.1	MBR 磁盘分区结构分析 .....	632
7.2.2	MBR 磁盘分区恢复实例 .....	635
7.2.3	GPT 分区结构分析 .....	639
7.3	Ext3 文件系统结构详解 .....	641
7.3.1	Ext3 文件系统基本介绍 .....	642
7.3.2	Ext3 文件系统结构总览 .....	642
7.3.3	Ext3 文件系统的超级块分析 .....	643
7.3.4	Ext3 文件系统的块组描述符分析 .....	649
7.3.5	Ext3 文件系统的块位图分析 .....	651
7.3.6	Ext3 文件系统的 i-节点位图分析 .....	652
7.3.7	Ext3 文件系统的 i-节点分析 .....	654
7.3.8	Ext3 文件系统的目录项分析 .....	660
7.3.9	Ext3 文件删除与恢复的分析 .....	663
7.3.10	Ext3 文件系统超级块的恢复实例 .....	674
7.3.11	Linux 系统数据恢复专业工具详解 .....	677
7.4	Ext4 文件系统分析 .....	680
7.4.1	Ext4 文件系统介绍 .....	680
7.4.2	Ext4 文件系统的特点 .....	681
7.4.3	Ext4 文件系统的结构 .....	682
7.4.4	Ext4 文件系统的向前与向后兼容 .....	684
7.5	Linux 系统 RAID 恢复技术详解 .....	685
7.5.1	Linux RAID 结构参数的分析方法 .....	685
7.5.2	Linux RAID 恢复实例分析 .....	686

### 第三篇 物理类数据恢复技术揭秘

<b>第 8 章</b>	<b>硬盘物理故障的种类及判定 .....</b>	<b>698</b>
8.1	硬盘外部物理故障的种类和判定方法 .....	698
8.1.1	电路板供电故障 .....	698
8.1.2	电路板接口故障 .....	700
8.1.3	电路板缓存故障 .....	700
8.1.4	电路板 BIOS 故障 .....	701
8.1.5	电路板电机驱动芯片故障 .....	701
8.2	硬盘内部物理故障的种类和判定方法 .....	702
8.2.1	磁头组件故障 .....	702
8.2.2	主轴电机故障 .....	703
8.2.3	盘片故障 .....	704
8.2.4	固件故障 .....	705

<b>第 9 章 硬盘电路板故障的数据恢复方法</b> .....	706
9.1 维修法 .....	706
9.1.1 电路板常见故障及维修方法 .....	706
9.1.2 希捷硬盘电路板的故障及检测方法 .....	707
9.1.3 西部数据硬盘电路板的故障及检测方法 .....	708
9.2 替换法 .....	708
9.2.1 替换法介绍 .....	708
9.2.2 希捷 3.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	709
9.2.3 希捷 2.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	711
9.2.4 西部数据 3.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	711
9.2.5 西部数据 2.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	713
9.2.6 迈拓 3.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	714
9.2.7 富士通 2.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	714
9.2.8 三星 3.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	716
9.2.9 三星 2.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	717
9.2.10 日立 3.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	719
9.2.11 日立 2.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	719
9.2.12 日立 1.8 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	721
9.2.13 东芝 2.5 英寸硬盘电路板兼容性判定及替换方法 .....	722
<b>第 10 章 硬盘磁头组件故障的数据恢复方法</b> .....	725
10.1 硬盘磁头组件故障的恢复思路 .....	725
10.1.1 开盘换磁头所需环境及工具 .....	725
10.1.2 开盘换磁头的操作步骤 .....	727
10.2 希捷硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	728
10.2.1 3.5 英寸硬盘开盘实例 .....	729
10.2.2 2.5 英寸硬盘开盘实例 .....	733
10.3 西部数据硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	736
10.3.1 3.5 英寸硬盘开盘实例 .....	736
10.3.2 2.5 英寸硬盘开盘实例 .....	739
10.4 迈拓硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	741
10.5 富士通硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	743
10.6 三星硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	744
10.6.1 3.5 英寸硬盘开盘实例 .....	744
10.6.2 2.5 英寸硬盘开盘实例 .....	745
10.7 日立硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	747
10.7.1 3.5 英寸硬盘开盘实例 .....	747
10.7.2 2.5 英寸硬盘开盘实例 .....	749
10.8 东芝硬盘磁头兼容性判定及开盘方法 .....	750
10.9 开盘成功后如何获得数据 .....	752
10.9.1 物理镜像法 .....	753

10.9.2	数据提取法 .....	753
<b>第 11 章</b>	<b>硬盘主轴电机故障的数据恢复方法 .....</b>	<b>754</b>
11.1	主轴电机故障的恢复思路 .....	754
11.1.1	处理主轴电机故障所需环境及工具 .....	754
11.1.2	处理主轴电机故障的操作步骤 .....	755
11.2	希捷 3.5 英寸硬盘主轴电机故障处理方法 .....	755
11.2.1	主轴电机兼容性判定 .....	755
11.2.2	实例演示 .....	756
11.3	迈拓 3.5 英寸硬盘主轴电机故障处理方法 .....	759
11.3.1	主轴电机兼容性判定 .....	759
11.3.2	实例演示 .....	760
11.4	东芝 2.5 英寸硬盘主轴电机故障处理方法 .....	762
11.4.1	主轴电机兼容性判定 .....	762
11.4.2	实例演示 .....	762
<b>第 12 章</b>	<b>硬盘盘片故障的数据恢复方法 .....</b>	<b>766</b>
12.1	盘片扇区故障的检测方法 .....	766
12.2	盘片扇区故障的修复方法 .....	769
12.2.1	重写校验法 .....	770
12.2.2	G-List 替换法 .....	770
12.2.3	P-List 隐藏法 .....	770
12.3	盘片扇区故障的数据恢复方法 .....	771
12.3.1	物理镜像法与数据提取法的区别与联系 .....	771
12.3.2	用 Media Tools Professional 做物理镜像 .....	771
12.3.3	用 HD Duplicator 做物理镜像 .....	775
12.3.4	用 PC-3000 UDMA DE 做物理镜像 .....	780
12.3.5	用 PC-3000 For SCSI 做物理镜像 .....	784
12.3.6	用 PC-3000 UDMA DE 提取数据 .....	789
12.3.7	用 PC-3000 UDMA DE 分磁头做物理镜像 .....	790
<b>第 13 章</b>	<b>硬盘固件故障的数据恢复方法 .....</b>	<b>795</b>
13.1	现代硬盘的固件结构 .....	795
13.1.1	什么是硬盘的固件 .....	795
13.1.2	硬盘固件的组成及作用 .....	795
13.1.3	硬盘的生产流程 .....	797
13.1.4	硬盘固件故障的表现 .....	797
13.2	硬盘固件修复工具介绍 .....	798
13.2.1	PC-3000 for DOS .....	798
13.2.2	PC-3000 for Windows .....	799
13.2.3	PC-3000 UDMA .....	800
13.2.4	PC-3000 UDMA for SCSI .....	801

13.3	用 PC-3000 UDMA 修复迈拓硬盘的固件	801
13.3.1	识别迈拓硬盘的型号	802
13.3.2	迈拓硬盘的固件结构	803
13.3.3	迈拓硬盘 A 区、B 区和 C 区固件	807
13.3.4	备份固件	808
13.3.5	检测固件	810
13.3.6	修复固件	812
13.4	用 PC-3000 UDMA 修复希捷硬盘的固件	812
13.4.1	识别希捷硬盘的型号	812
13.4.2	希捷硬盘与 PC-3000 UDMA 的连接方法	814
13.4.3	希捷硬盘的固件结构	814
13.4.4	希捷硬盘指令详解	816
13.4.5	酷鱼 7200.11 “固件门” 解决方案	818
13.4.6	酷鱼企业级硬盘 ES.2 “固件门” 解决方案	822
<b>第 14 章</b>	<b>优盘物理故障的数据恢复方法</b>	<b>824</b>
14.1	优盘物理故障的表现及分类	824
14.1.1	优盘物理故障的表现	824
14.1.2	优盘物理故障的分类	825
14.2	优盘物理故障的修复	827
14.2.1	补焊	827
14.2.2	替换晶振	827
14.2.3	替换主控芯片	828
14.2.4	替换闪存芯片	828
14.3	用 PC-3000 Flash 直接提取闪存芯片的数据	829
14.3.1	PC-3000 Flash 的工作原理	829
14.3.2	提取闪存芯片的数据	830
<b>参考文献</b>		<b>835</b>



# 第一篇 数据恢复入门与进阶知识储备

数据恢复技术是一门新兴的学科，也是一项涉及知识面非常广泛的综合技术，但是，万丈高楼平地起，越复杂的技术，越要从基础入手，只有把基础知识掌握扎实了，才能更有效地领会深层的技术。

本篇主要讲述学习数据恢复技术必备的基础知识，包括如下三章：

- 第1章 计算机中数据的记录方法
- 第2章 现代硬盘的结构揭秘
- 第3章 学习及研究数据恢复的基本工具