

DATA VERY VERY

解密数据恢复

刘永刚 熊雪晖 叶杰 王芳 等编著

- * 硬盘结构、工作原理、数据组织、文件系统
- * 数据丢失的故障类型、数据恢复的实现方案
- * 软件级、固件级、硬件级数据故障处理
- * 常用数据恢复软件、数据故障恢复实例



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

解密数据恢复

刘永刚 熊雪晖 叶杰 王芳 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是为数据恢复爱好者而撰写的一本实用参考书。作者根据长期的实际工作经验，由浅入深地介绍了数据恢复的原理和技巧，其内容包括原理阐述、故障剖析、软硬件工具的使用介绍及典型案例讲解。内容丰富，通俗易懂，实用性和可操作性强。读者通过对本书的学习，可以很快地了解和掌握一些数据恢复的思路和技能，迅速成为本专业的行家里手。

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

解密数据恢复 / 刘永刚等编著. —北京：电子工业出版社，2011.6
ISBN 978-7-121-13639-9

I. ①解… II. ①刘… 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(2011)第 098775 号

策划编辑：冯吉

责任编辑：鄂卫华

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

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：787×1092 1/16 印张：15.5 字数：377 千字

印 次：2011 年 6 月第 1 次印刷

定 价：35.00 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 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前言 PREFACE

计算机的出现把人们从重复、繁琐的工作中解脱出来，现代社会各行各业都离不开计算机，我们的思想、作品、设计、功课、方案及文档林林总总都存储在计算机的硬盘（或称作磁盘）里，硬盘的记忆辅助了人脑的记忆，帮助我们使记忆成为永恒。

随着微电子、机械、制造技术和工艺的不断进步，磁盘的容量越来越大，读写速度越来越快，体积越来越小，样式也越来越多。人们希望不断提升计算机的性能，其中一项重要的指标就是升级或扩充硬盘容量。任何事物都有两面性，在使用计算机并从中受益的同时，计算机也给我们带来了一些问题。在磁盘高速运转时受到强大外力震动，就有可能损伤磁盘，造成数据丢失。如果无意中执行了删除命令，误删除了重要文件，后悔不及。此外，操作系统、软件系统或者电源发生故障，都会引起数据丢失。由于感染病毒而导致硬盘损坏、数据丢失的现象也很多。无论是电脑硬盘，还是移动存储介质（U 盘、移动硬盘等）都有可能出现硬盘损坏或者数据丢失的问题。所以，要提前对重要数据做备份，无论是刻光盘还是文件复制，都是依靠磁介质保存数据的。如果磁介质损坏了又该怎么办？因此，数据恢复技术就应运而生了，数据恢复也越来越被大众所认可和重视。

要想做好硬盘的数据恢复，必须先了解并掌握硬盘的工作原理和操作系统的相关知识。硬盘受损程度和硬盘损坏后执行的操作都会对数据恢复有一定的影响，损坏的硬盘要做到完全恢复不是一件容易的事。许多电脑爱好者会从因特网上找到一些硬盘修复或者数据恢复的内容和工具，并尝试做一些恢复的工作，这对于学习硬盘和数据恢复的知识是有益的。但是，有时不当的操作会导致数据恢复工作失败，或使得原本能多恢复的数据变少。

作为多年来从事硬盘数据恢复的工作者，看到了太多因硬盘损害或者数据丢失导致多年心血化为乌有，连夜奋战却一字不剩，外出游览的美好记忆荡然无存的情况。根据正确的判断，运用合理的数据恢复策略，尽可能地恢复数据原貌，这是数据恢复工作者的责任。

本书在系统介绍硬盘结构、工作原理、数据组织、文件系统的基础上，详细描述了硬盘数据丢失的故障类型，数据恢复的实现方式和软件级、固件级、硬件级故障处理，以及数据恢复的实例，等等。全书共分为三大部分，第一部分包括第 1~3 章，主要介绍了硬盘的结构、逻辑结构、数据组织和 FAT、NTFS 文件结构。第二部分包括第 4~8 章，重点描

述了软件级、固件级、硬件级数据恢复，常用数据恢复软件和数据恢复定义及流程。第三部分包括第 9~11 章，重点描述了软件级、固件级、硬件级数据故障恢复实例。

本书适合于从事数据恢复工作的人员，数据恢复的爱好者，硬件基础的学习者。希望通过我们的努力，帮助大家更多地了解计算机、硬盘、操作系统的知识，更好地操作和使用电脑和硬盘，更有效地保护好存储在硬盘内的数据。在发生硬盘故障或者数据丢失时，能够找到合理的解决方法并挽救自己的数据。

本书由刘永刚、熊雪晖、叶杰、王芳等编著，参加本书编写工作的还有罗迪、秦铭晨、李江域、赵学平、李旭东、周游、刘海波、李伟平、李长命、李桂梅和李丽梅等。在此，编者对以上人员致以诚挚的谢意！

本书在编写过程中力求精益求精，但书中难免存在不足，恳请广大读者不吝批评指正。
我们的 E-mail 地址：qiyuqin@phei.com.cn

编 者

2011 年 4 月

目 录 CONTENTS

第 1 章 硬盘基础知识	1
1.1 硬盘结构	1
1.1.1 硬盘外部结构.....	1
1.1.2 硬盘内部结构.....	4
1.1.3 “温彻思特”技术.....	7
1.2 硬盘逻辑结构.....	9
1.2.1 盘片	9
1.2.2 磁道	9
1.2.3 柱面	10
1.2.4 扇区	10
1.2.5 容量	11
1.3 硬盘数据组织.....	11
1.3.1 数制与码制.....	11
1.3.2 低级格式化.....	13
1.3.3 分区15	
1.3.4 高级格式化.....	28
1.3.5 硬盘启动过程.....	29
第 2 章 FAT 文件系统.....	31
2.1 FAT 文件系统组成.....	31
2.1.1 DBR 分析	31
2.1.2 文件分配表.....	33
2.1.3 文件目录表.....	35
2.2 FAT 文件系统各区域的相互关系	41
2.2.1 FAT16 系统各区域的关系.....	41
2.2.2 FAT32 系统各区域的关系.....	45

2.3	FAT 系统对文件的管理	47
2.3.1	根目录下文件的查找	48
2.3.2	文件的删除	53
2.4	FAT 系统对子目录的管理	60
2.5	FAT 系统子目录的删除	64
第 3 章	NTFS 文件系统	69
3.1	NTFS 的优点	69
3.2	NTFS 文件系统概念	70
3.3	NTFS 文件的引导扇区	72
3.4	NTFS 的元文件	73
3.4.1	与 NTFS 元文件相关的概念	73
3.4.2	NTFS 对磁盘及分区的区域划分	75
3.4.3	NTFS 访问卷的流程	76
3.4.4	NTFS 元数据文件及其功能	76
第 4 章	数据恢复综述	79
4.1	数据恢复的定义	79
4.2	硬盘数据恢复与硬盘修理的关系	79
4.3	数据丢失故障类型	80
4.4	数据恢复的实现方式	81
4.4.1	软件恢复	81
4.4.2	硬件恢复	81
4.4.3	数据恢复的原则	82
4.5	数据恢复业务运行的条件要求	83
4.5.1	恢复涉密数据的要求	83
4.5.2	数据恢复的技术要求	85
4.6	数据恢复业务运行流程	87
4.7	数据恢复操作流程	91
第 5 章	软件级数据恢复	93
5.1	软件级故障处理一般流程	93
5.1.1	软件级故障的判定	93
5.1.2	软件故障的一般处理流程	94

5.2	软件级恢复准备操作.....	94
5.2.1	数据镜像的用途.....	95
5.2.2	数据镜像的使用范围.....	95
5.2.3	常用数据镜像软件.....	96
5.3	软件级故障分析.....	99
5.3.1	分区表故障.....	99
5.3.2	FAT 表故障.....	101
5.3.3	MBR 故障.....	102
5.3.4	DBR 故障.....	103
5.3.5	NTFS 文件系统故障.....	104
5.4	软件级故障处理.....	105
5.4.1	修复手段选择.....	105
5.4.2	MBR 的修复方法.....	105
5.4.3	分区表的修复方法.....	106
5.4.4	DBR 的修复方法.....	110
5.4.5	FAT 与 FDT 的修复方法.....	114
第 6 章	常用数据恢复软件介绍.....	115
6.1	FinalData 数据恢复软件.....	115
6.1.1	软件安装与初始化配置.....	115
6.1.2	软件操作.....	117
6.2	使用 EasyRecovery 恢复数据.....	121
6.2.1	软件安装.....	122
6.2.2	软件操作.....	123
6.3	使用 R-Studio 恢复数据.....	129
6.3.1	一般操作流程.....	130
6.3.2	操作结果处理.....	132
6.3.3	磁盘阵列恢复.....	133
第 7 章	固件级数据恢复.....	137
7.1	固件修复基础知识.....	137
7.1.1	固件的基本概念.....	137
7.1.2	固件故障成因.....	138
7.2	固件原理深入剖析.....	139

7.2.1	固件结构.....	139
7.2.2	SA 伺服信息区	140
7.2.3	固件与硬盘上电启动流程.....	142
7.2.4	固件构成要件与关键模块分析.....	144
7.2.5	固件模块分析实例.....	150
7.3	固件修复方法.....	152
第 8 章	硬件级数据恢复	155
8.1	硬件级故障处理的一般流程.....	155
8.1.1	硬件级故障的判定.....	155
8.1.2	软件故障的一般处理流程.....	156
8.2	硬件故障分析.....	156
8.2.1	磁盘坏道.....	157
8.2.2	PCB 电路板故障	159
8.2.3	磁头故障.....	161
8.2.4	电机故障.....	163
8.3	硬件级故障处理.....	165
8.3.1	坏道故障处理.....	165
8.3.2	PCB 电路板故障处理	167
8.3.3	磁头、电机故障处理.....	169
第 9 章	软件级数据故障恢复实例	173
9.1	MBR 修复实例.....	173
9.1.1	MBR 损坏后的表现.....	174
9.1.2	手工恢复 MBR 实例.....	174
9.2	分区恢复实例.....	175
9.2.1	分区表损坏后的表现.....	175
9.2.2	分区实例分析.....	176
9.2.3	使用 Diskgen 恢复分区表	178
9.2.4	手工恢复分区表.....	181
9.3	DBR 恢复实例	184
9.3.1	DBR 损坏后的表现	184
9.3.2	DBR 恢复实例	184
9.4	FAT 恢复实例.....	191

9.4.1	FAT 损坏后的表现.....	191
9.4.2	FAT 手工恢复实例.....	191
9.5	元文件恢复实例.....	193
9.6	硬盘逻辑锁的解锁实例.....	195
9.6.1	硬盘逻辑锁的故障表现.....	195
9.6.2	硬盘逻辑锁的解锁方法.....	195
第 10 章	固件级数据故障恢复操作实例.....	197
10.1	固件修复的一般流程.....	197
10.1.1	固件故障判断.....	197
10.1.2	固件备份操作实例.....	198
10.2	简单的固件修复操作实例.....	200
10.3	缺陷表故障修复实例.....	203
10.4	软件功能综合操作实例.....	205
第 11 章	硬件级数据故障恢复实例.....	211
11.1	硬盘一般性硬件故障修复的具体实例.....	211
11.1.1	USB 口供电不足引发的移动硬盘故障实例.....	211
11.1.2	旧电源供电不足引发的虚假硬盘故障实例.....	212
11.1.3	硬盘接口断针导致故障实例.....	212
11.1.4	硬盘电路板芯片过热导致死机实例.....	213
11.1.5	BIOS 无法自动检测到硬盘实例.....	213
11.2	硬盘电路板代换.....	214
11.2.1	各品牌硬盘电路板匹配原则.....	215
11.2.2	日立硬盘 HDP725050GLA360 电路板换板实例.....	217
11.2.3	一款希捷硬盘电路板的维修问题实例.....	218
11.2.4	硬盘电路板 BIOS 信息移植实例.....	219
11.3	磁道故障修复.....	221
11.3.1	磁道故障修复的操作流程.....	221
11.3.2	逻辑坏道修复实例.....	223
11.3.3	利用磁盘检测工具 Scandisk 修复磁道实例.....	224
11.3.4	分区格式化修复磁道实例.....	225
11.3.5	屏蔽坏道实例.....	226
11.3.6	使用 MHDD 修复磁道实例.....	227

11.3.7 0 磁道修复实例.....	228
11.4 磁头组件故障分析及修复实.....	233
11.4.1 前置放大器的更换问题.....	233
11.4.2 磁头组件的更换案例.....	233

第 1 章

硬盘基础知识

硬盘存储着大量的系统信息和用户数据，是计算机系统中重要的存储设备。硬盘的另一个作用是作为软件和数据的载体。随着微电子、物理和机械等各个领域的先进技术被不断地应用到硬盘的开发与生产过程中，硬盘性能和容量都发生了巨大的变化，作为主要存储设备的地位更加坚实。通过对硬盘结构和原理的学习认识，可以达到更好地使用和维护硬盘，保证数据完整和不丢失的目的。

1.1 硬盘结构

硬盘是一个工艺要求精密、内部密封的专业数据存储系统。它集机、电、磁技术于一身，对用户而言，各类硬盘之间除其品牌型号、家族系列、各类参数有所不同外，最直观明显的区别就是硬盘接口的不同。硬盘接口是指硬盘与主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。目前，常用硬盘可分为 IDE、SATA、SCSI、光纤通道和 SAS 五种。IDE 接口硬盘多用于家用产品中，也部分应用于服务器；SCSI 接口的硬盘则主要应用于服务器市场，而光纤通道只在高端服务器上，价格昂贵。SAS 是并行 SCSI 接口之后开发出的全新接口。此接口的设计改善了存储系统的效能、可用性和扩充性，并且提供与 SATA 硬盘的兼容性。不同的硬盘接口决定着硬盘与计算机之间的连接速度也不相同。在整个系统中，硬盘接口的优劣直接影响着程序运行的速度和系统性能的好坏。

1.1.1 硬盘外部结构

硬盘的外部结构并不复杂，主要由盘体、电源接口、数据接口、控制电路板等几部分构成。

1. 盘体

硬盘的外壳与底板结合成一个密封的整体，简称盘体，如图 1-1 所示。

硬盘正面外壳起到了保证硬盘盘片和机构稳定运行的作用，在其面板上印有产品标签，标明该产品的厂家信息和产品信息，例如：商标、型号、容量、转速、序列号、产地及生产日期等信息，这些信息是正确使用硬盘的基本依据，如图 1-2 所示。

图中标示了西部数据 WD2500BEVS 的产品标签。从型号上判断，这是一款容量为 250 GB，转速为 5 400 rpm 的 SATA 高速硬盘，产品序列号为 WXE408AX7395，产地是泰国，出厂日期是 2008 年 5 月 3 日。



图 1-1 硬盘正面



图 1-2 硬盘标签

控制电路板位于硬盘的背面，如图 1-3 所示。硬盘外部的物理结构总体可以分为外壳和控制电路板两个部分。

2. 电源接口

电源接口的功能是通过与主机的电源连接，为硬盘工作提供电力支持。对于 5.25 inch 与 3.5 inch 的台式机硬盘，常见的接口类型有两种：一种是最为常见的 4 针 D 形电源接口；另一种为 Serial-ATA 硬盘使用的是 SATA 专用电源接口，该接口的宽度与以前的电源

相当，这种接口有 15 个插针。在购买 SATA 硬盘时，厂商一般会在其产品包装中提供必备的电源转接线。

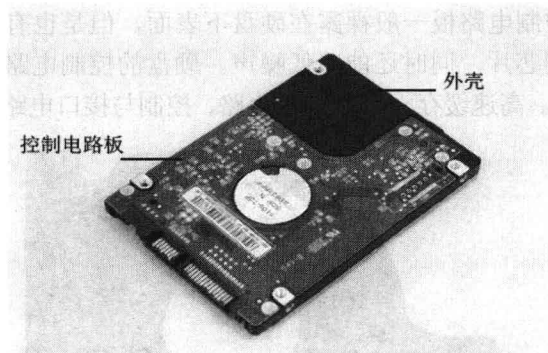


图 1-3 硬盘背面

对于 2.5 inch 的硬盘，可直接由数据口取电，不需要额外的电源接口。2.5 inch 的移动硬盘，由计算机外部的 USB 接口提供电力来源，而单个 USB 口供电约为 4~5V，500 mA，若移动硬盘盒用电需求较高，需要外接电源供电，否则，需接上两个 USB 口才能使用。但现今多数新型硬盘盒（使用 2.5 吋以下之硬盘）已可方便地使用单个 USB 口供电。

3. 数据接口

数据接口是硬盘和主板控制器之间进行数据传输和信号交换的纽带，根据连接方式的差异，分为 EIDE 接口、SCSI 接口、SATA 串口光纤通道和 SAS 四种。硬盘通过硬盘数据线连接到硬盘数据接口。

老式的 IDE 硬盘采用的是普通 40 针数据线，现已不常见。目前 IDE 硬盘采用的是 80 针数据线。IDE 接口技术不断发展，其性能也在不断提高，特点是价格低廉、兼容性强。

SCSI 硬盘数据线有 68 针接口和 80 针接口两种。SCSI 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。

SATA 硬盘采用 7 芯的数据线，采用点对点传输协议，这样可以做到在减少数据线内部电缆数目的情况下提高抗干扰能力。每个 SATA 线缆（或通道）只能连接一块硬盘，因此也不必考虑主、从跳线的设置。

光纤通道硬盘是为提高多硬盘存储系统的速度和灵活性才开发的，它的出现大大提高了多硬盘系统的通信速度。光纤通道的主要特性有：热插拔性、高速带宽、远程连接、连接设备数量大等。

SAS(Serial Attached SCSI)即串行连接 SCSI，其技术特点是采用串行技术以获得更高的传输速度，并通过缩短连接线、改善内部空间等，是新一代的 SCSI 技术，和现在流行的 Serial ATA(SATA)硬盘相同。SAS 是并行 SCSI 接口之后开发出的全新接口。此接口的设计是为了改善存储系统的效能、可用性和扩充性，并且提供与 SATA

硬盘的兼容性。

4. 控制电路板

为了加强散热，控制电路板一般裸露在硬盘下表面，但是也有少数硬盘将其完全封闭以更好地保护各种控制芯片，同时还能降低噪声。硬盘的控制电路板由主轴调速电路、磁头驱动与伺服定位电路、高速缓存、读/写控制电路、控制与接口电路等构成，如图 1-4 所示。

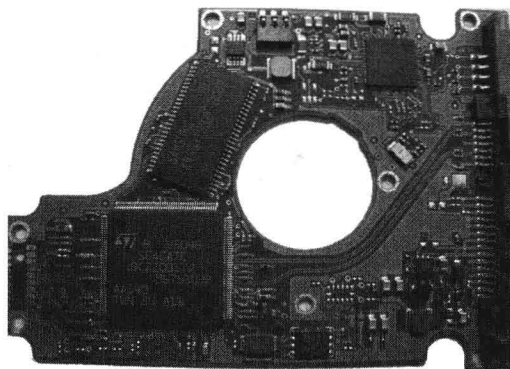


图 1-4 硬盘控制电路板

1.1.2 硬盘内部结构

从产品外观、产品特征及磁盘性能等方面可以认识了解硬盘，而大多数计算机的使用者和非计算机硬件维护方面的技术人员并不关心硬盘内部构造，因此硬盘的内部结构很少被涉及到。此外，硬盘内部对空气洁净度的要求极高，需要时要求在极为严格的超净环境中进行操作，不能沾染上一点灰尘，否则立即报废，这样就使得真正了解硬盘内部结构的机会变少了。硬盘内部如电机、磁头、盘片、接口等部件的外观是怎样的，它们又是如何工作的？可以通过对硬盘内部结构加以剖析，使用户能够更加了解硬盘的整体构造。

打开硬盘外壳之后，能够看到硬盘内部结构，如图 1-5 所示。

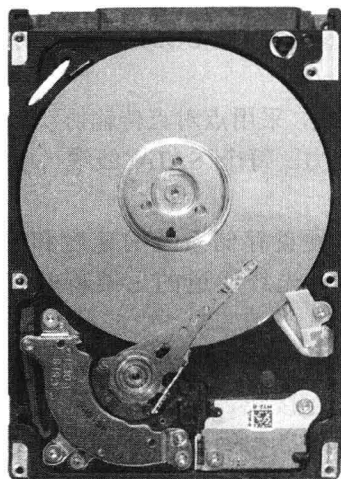


图 1-5 硬盘腔体


注意

千万不要随意打开硬盘的外壳，这样做很容易使整个硬盘报废。

硬盘内部结构主要包括：盘片、磁头、主轴、控制电机、磁头控制器、数据转换器、接口、缓存等几个部分。其中磁头盘片组件是构成硬盘的核心，封装在硬盘的净化腔体内，包括有浮动磁头组件、磁头驱动机构、盘片、主轴驱动装置及前置读写控制电路等几个部分，如图 1-6 所示。

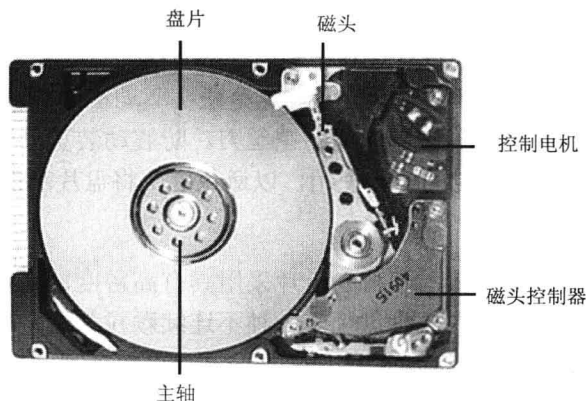


图 1-6 硬盘内部结构

所有的盘片都固定在一个旋转轴上，这个轴即盘片主轴。而所有盘片之间是绝对平行的，在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，由磁头控制器负责各个磁头的运动。磁头可沿盘片的半径方向动作，而盘片以每分钟数千转的速度在高速旋转，这样磁头就能对盘片上的指定位置进行数据的读写操作。硬盘是精密设备，尘埃是其大敌，所以必须完全密封。

1. 磁头组件

磁头组件（Hard Disk Assembly, HDA）负责数据的最终存取，是硬盘中最精密的部件之一。它由三部分组成：读/写磁头、传动手臂、转动轴，如图 1-7 所示。

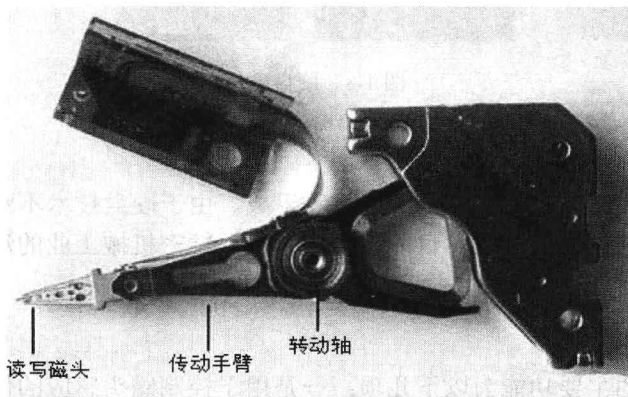


图 1-7 磁头组件

磁头采用非接触式头、盘结构，加电后与盘片之间的间隙只有 $0.1\sim 0.3\ \mu\text{m}$ ，这样能够获得极高的数据传输率。转速 $5\ 400\ \text{rpm}$ 的硬盘飞高都低于 $0.3\ \mu\text{m}$ ，以利于读取较大的高信噪比信号，提供数据传输存储的可靠性。

2. 磁头驱动机构

硬盘的寻道是靠移动磁头来实现的，而移动磁头需要驱动机构才能完成。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，保证数据读写的可靠性。另外，还有防振动保护装置，当硬盘受到强烈震动时，对磁头和盘片起到一定的保护作用，以避免磁头将盘片刮伤等情况的发生。

其中电磁线圈电机包含着一块永久磁铁，这是磁头驱动机构对转动手臂起作用的关键，磁铁的吸引力能够吸住并吊起拆硬盘使用的螺丝刀。防震动装置的作用是当硬盘受到强裂震动时，对磁头及盘片起到一定的保护使用，以避免磁头将盘片刮伤等情况的发生。

3. 磁盘片

盘片是硬盘存储数据的载体，硬盘的盘片采用具有高密度、高剩磁、高矫顽力的金属薄膜工艺制成，而大家所熟悉的软盘盘片是一种不连续颗粒载体，所以硬盘盘片较之软磁盘具有更高的记录密度，如图 1-8 所示。

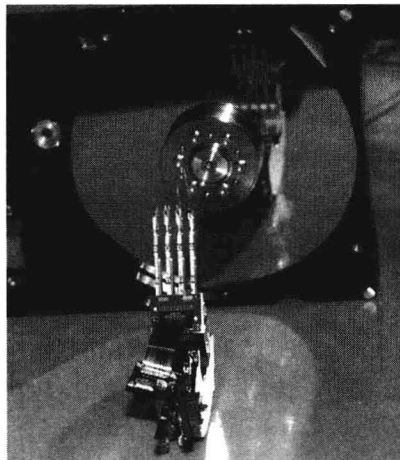


图 1-8 硬盘盘片

4. 主轴组件

主轴组件由主轴部件、轴承和驱动电机等组成。由于硬盘技术不断发展，为了满足用户对其容量和转速的更大的需求，目前生产商采用了精密机械工业的液态轴承电机技术，从而有效地降低了硬盘工作噪声，提高了主轴电机的转速。

5. 前置控制电路

前置控制电路的主要功能为以下几项：一是用于控制磁头感应的信号；二是用于磁头驱动；三是用于主轴电机调速；四是用于伺服定位。为了防止外来信号对磁头读取的微弱