

计算机

JISUANJI

CUNCHU JISHU YU YINGYONG

存储技术与应用

陈少春 著



电子科技大学出版社

计算机 JISUANJI

CUNCHU JISHU YU YINGYONG

存储技术与应用

陈少春 著



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机存储技术与应用 / 陈少春著. -- 成都 :

电子科技大学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-5647-3871-6

I. ①计… II. ①陈… III. ①电子计算机—存储技术—研究 IV. ①TP333

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 205725 号

计算机存储技术与应用

陈少春 著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 杨仪玮

责任编辑: 李述娜

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 三河市明华印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 13.75 字数 326 千字

版 次: 2017 年 1 月第一版

印 次: 2017 年 1 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-3871-6

定 价: 55.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

存储技术作为计算机一个不可或缺的重要组成部分,随着计算机技术迅猛发展而日新月异,但大容量、高性能的存储只存在于专业领域。一般技术人员对存储的认识和应用知之甚少,因而存储技术往往又给人一种高深莫测的感觉。笔者从事计算机教学工作已经 20 多年,后又在图书馆自动化部门负责技术工作。图书馆中的大量电子文献资源对存储有着极大的需求。笔者有幸接触了更多的存储设备,对存储技术有了更深入的认识,在存储技术的应用中也有一些研究,略有小成。一直有个将自己对存储技术的认识以及应用中的实践经验写成文字的想法,希望能够为广大的技术工作者学习存储技术提供一些帮助。经过多年酝酿,于 2012 年终于开始动“笔”,历时两年半将其完成。书中既有笔者对存储技术的基本认识,也有笔者独特的分析和理解,还有在多年的应用中总结的教训与经验。点滴细心汇集,终究汇流成河。虽然书稿字数有数十万之多,但是在知识的海洋中也只能算是沧海一粟。

本书一共分为 8 章,其中 1~5 章是有关存储技术的介绍,6~8 章是关于存储技术的相关应用。第 1 章的内容是信息存储的基本知识,介绍了三种存储器即磁存储、光存储和 SSD 固态存储的存储原理;第 2 章以磁存储为重点,着重介绍和详细分析了硬盘的存储原理;第 3 章比较全面地介绍了存储设备常用的接口技术;第 4 章对存储的几种架构进行分析,分别介绍了 DAS、NAS 和 SAN 的组成和技术特点;第 5 章详细介绍了磁盘阵列,首先介绍了从 RAID 0 到 RAID 6 不同的阵列级别及其技术特点,然后分别针对软磁盘阵列、磁盘阵列卡和磁盘阵列柜的原理进行介绍,详细分析了各自不同的特点;第 6 章讲解了存储的虚拟化和云存储,是当前存储技术最热门的应用领域;第 7 章通过“磁盘阵列配置实例”介绍了软磁盘阵列、磁盘阵列卡以及磁盘阵列柜的实际应用,详细介绍了几款存储设备的配置方法;第 8 章主要介绍存储设备实际应用的技能技巧,根据笔者的实践经验,首先介绍了存储设备最基本的维护方法,接着介绍了几款常用的存储设备维护工具软件的使用方法和应用技巧,然后详细介绍了在存储设备发生故障后数据的恢复原理和操作方法,以及操作过程中的技能技巧。

在本书的编写和出版过程中,妻子和儿子的鼓励与支持给予笔者信心与力量,让笔者坚持笔耕,最终成稿。同时,笔者在写作过程中也得到了同事们的鼎力支持,在此一并表示感谢。如果本书能够对广大技术人员有所帮助,那是笔者莫大的荣耀。存储技术博大精深,笔者对其认识难免会有所偏差,因此,本书难免会有不足甚至错误之处,望广大读者不吝赐教,笔者将不甚感激。

陈少春

目 录

第 1 章 计算机存储设备概述	1
1.1 磁存储设备	1
1.1.1 磁存储器的工作原理	1
1.1.2 软盘存储器	2
1.1.3 硬盘存储器	3
1.1.4 磁带存储器	4
1.2 光盘存储器	5
1.2.1 CD-ROM 光驱的工作原理	6
1.2.2 CD-ROM 光驱	7
1.2.3 DVD 光驱	7
1.2.4 蓝光光盘驱动器	8
1.2.5 刻录机及其工作原理	8
1.3 SSD 固态存储器	9
1.3.1 固态存储技术	9
1.3.2 SSD 硬盘及其特点	10
1.3.3 混合硬盘	11
第 2 章 硬盘存储技术	13
2.1 硬盘基本结构	13
2.1.1 硬盘的内部构造	13
2.1.2 硬盘的基本工作原理	14
2.2 硬盘的组成	16
2.2.1 磁盘	16
2.2.2 主轴马达	16
2.2.3 磁头	17
2.2.4 硬盘接口	17
2.3 硬盘存储原理	18
2.3.1 硬盘存储结构	18
2.3.2 硬盘寻址模式	19
2.4 硬盘 MBR 分区的数据结构	21
2.4.1 固件区	21
2.4.2 主引导记录 (MBR)	21
2.4.3 操作系统引导记录 (DBR)	22
2.4.4 文件分配表 (FAT)	22
2.4.5 目录区 (DIR)	23



2.4.6	数据区 (DATA)	23
2.5	硬盘 GPT 分区的数据结构	23
2.6	硬盘文件操作	24
2.6.1	FAT 文件系统	24
2.6.2	NTFS 文件系统	24
2.6.3	文件的操作	25
2.7	硬盘的防震和数据保护技术	25
2.7.1	硬盘防震技术	26
2.7.2	S.M.A.R.T 技术	26
2.8	硬盘主要技术参数	26
2.8.1	硬盘容量	26
2.8.2	硬盘转速	27
2.8.3	单碟容量	27
2.8.4	缓存大小	27
2.8.5	平均寻道时间	27
2.8.6	内部数据传输速度	27
2.8.7	外部数据传输速度	27
2.8.8	接口	27
第 3 章	存储设备接口技术	28
3.1	IDE 接口	28
3.1.1	IDE 接口原理	28
3.1.2	IDE 接口种类	29
3.2	SCSI 接口	30
3.2.1	SCSI 接口标准	30
3.2.2	SCSI 接口类型	31
3.2.3	SCSI 硬盘	32
3.2.4	SCSI 接口的应用	32
3.3	SATA 接口	33
3.3.1	SATA 接口的优点	34
3.3.2	SATA 接口标准	34
3.3.3	eSATA 接口	35
3.3.4	mSATA 接口	36
3.4	SAS 接口	36
3.4.1	SAS 接口标准	36
3.4.2	SAS 硬盘	37
3.4.3	SAS 接口的连接	37
3.4.4	SAS 接口特点	39
3.5	iSCSI 接口	39
3.5.1	iSCSI 技术原理	40

3.5.2	iSCSI 接口技术的特点	40
3.5.3	iSCSI 接口的应用	41
3.6	USB 接口	42
3.6.1	USB 接口技术规范	43
3.6.2	USB 接头	44
3.7	光纤 (FC) 接口	46
3.7.1	光纤 (FC) 存储原理	46
3.7.2	常见的光纤通道设备	47
第 4 章	存储架构	48
4.1	DAS——直连式存储	48
4.1.1	内置附加存储	48
4.1.2	DAS 的结构和工作原理	49
4.1.3	DAS 的特点与应用	50
4.2	NAS——网络附加存储	52
4.2.1	NAS 的基本结构	52
4.2.2	网络文件系统	53
4.2.3	NAS 设备	53
4.2.4	NAS 的优点	55
4.2.5	NAS 的缺点	56
4.3	FC-SAN	56
4.3.1	光纤通道协议	56
4.3.2	光纤通道端口	58
4.3.3	光纤通道的拓扑结构	58
4.3.4	FC-SAN 系统结构	60
4.3.5	FC-SAN 设备	61
4.3.6	FC-SAN 拓扑结构	62
4.4	IP-SAN	65
4.4.1	iSCSI 协议	65
4.4.2	iFCP 协议和 FCIP 协议	67
4.4.3	IP-SAN 的结构	68
4.4.4	IP-SAN 的实现方式	70
4.4.5	IP-SAN 的应用	71
4.4.6	IP-SAN 的特点	71
第 5 章	磁盘阵列	73
5.1	磁盘阵列概述	73
5.1.1	组建磁盘阵列的目的	73
5.1.2	磁盘阵列的基本技术手段	74
5.1.3	磁盘阵列级别比较	75
5.2	磁盘阵列的级别及其工作原理	76



5.2.1	硬盘数据跨盘 (Spanning)	76
5.2.2	RAID 0	77
5.2.3	RAID 1	79
5.2.4	RAID 10 与 RAID 0+1	80
5.2.5	RAID 1E	81
5.2.6	RAID 2	81
5.2.7	RAID 3	82
5.2.8	RAID 4	83
5.2.9	RAID 5	84
5.2.10	RAID 50	86
5.2.11	RAID 5E 与 RAID 5EE	88
5.2.12	RAID 6	89
5.3	“软”磁盘阵列	93
5.3.1	软件磁盘阵列原理	93
5.3.2	软件磁盘阵列的特点	96
5.4	磁盘阵列卡	97
5.4.1	磁盘阵列卡的分类	97
5.4.2	磁盘阵列卡的工作原理与特点	98
5.5	磁盘阵列柜	99
5.5.1	磁盘阵列柜的结构和原理	99
5.5.2	磁盘阵列柜的功能	100
5.5.3	磁盘阵列柜的特点	103
第 6 章	存储虚拟化与云存储	104
6.1	存储虚拟化	104
6.1.1	存储虚拟化的概念	104
6.1.2	存储虚拟化的实施方式	105
6.1.3	网络存储虚拟化的实施层面	107
6.1.4	块级和文件级存储虚拟化	108
6.2	虚拟内存	109
6.2.1	高速缓冲存储器 Cache	109
6.2.2	虚拟内存的概念	109
6.2.3	虚拟内存的工作原理	110
6.2.4	虚拟内存的设置	111
6.2.5	虚拟内存及其高速缓冲存储器的特点	111
6.3	虚拟光驱	112
6.3.1	什么是虚拟光驱	112
6.3.2	光盘镜像文件	112
6.3.3	虚拟光驱软件	113
6.3.4	网络虚拟光驱	114

6.4	虚拟硬盘	115
6.4.1	基于内存的虚拟硬盘	116
6.4.2	基于文件的虚拟硬盘	117
6.4.3	基于网络的虚拟硬盘	118
6.5	云存储	119
6.5.1	云存储的概念	120
6.5.2	云存储的基本特性	120
6.5.3	云存储的关键技术	121
6.5.4	云存储系统的结构	121
6.5.5	云存储的类型	122
6.6	云存储的产品	122
6.6.1	云存储的应用	123
6.6.2	云存储产品介绍	123
6.6.3	云存储产品实例分析——金山云	125
第 7 章	磁盘阵列配置实例	129
7.1	软磁盘阵列的配置	129
7.1.1	建立带区卷	129
7.1.2	建立镜像卷	133
7.1.3	建立 RAID-5 卷	138
7.1.4	镜像卷的修复	140
7.1.5	RAID-5 卷的修复	141
7.2	SiI 3114 SATA 阵列卡	142
7.2.1	SiI 3114 阵列卡简介	142
7.2.2	SiI 3114 阵列卡的应用	143
7.2.3	磁盘阵列 RAID0 的配置	145
7.2.4	磁盘阵列 RAID1 的配置	147
7.2.5	磁盘阵列 RAID5 的配置	148
7.3	LSI MegaRAID SAS 9240-8i 磁盘阵列卡的配置实例	150
7.3.1	LSI MegaRAID SAS 9240-8i 阵列卡简介	150
7.3.2	LSI MegaRAID SAS 9240-8i 阵列卡的 WebBIOS 界面	151
7.3.3	查看和设置 LSI MegaRAID SAS 9240-8i 阵列卡的参数	153
7.3.4	查看和设置 Virtual Drives (虚拟磁盘) 的参数	154
7.3.5	创建磁盘阵列 (以 RAID5 为例)	157
7.4	建联系列阵列柜的快速配置	160
7.4.1	POLARIS 2316 SATA RAID system 阵列柜简介	160
7.4.2	POLARIS 2316 阵列柜的功能菜单	162
7.4.3	POLARIS 2316 阵列柜的快速配置	163
7.5	IBM DS 3500 阵列柜的配置	165
7.5.1	IBM DS 3500 阵列柜简介	165



7.5.2	DS Storage Manager 管理软件	166
7.5.3	管理磁盘阵列柜	168
7.5.4	创建磁盘阵列	169
7.5.5	设置热备源盘	174
第 8 章	存储设备的维护与数据恢复	176
8.1	硬盘的常规维护	176
8.1.1	硬盘的日常维护	176
8.1.2	硬盘故障及处理方法	177
8.1.3	硬盘的错误检查	178
8.1.4	碎片整理	179
8.1.5	硬盘的分区	180
8.2	硬盘维护工具软件	181
8.2.1	MHDD	181
8.2.2	DiskGenius	182
8.2.3	FBDisk (Fixed Bad Disk)	183
8.2.4	HDD Regenerator	183
8.2.5	效率源坏道修复软件	185
8.2.6	HD Tune	186
8.3	硬盘的镜像备份与恢复	187
8.3.1	Ghost 软件的主要功能	187
8.3.2	分区克隆备份	188
8.3.3	从镜像文件恢复到分区	189
8.4	MHDD 的应用	190
8.4.1	MHDD 工具软件及运行环境	190
8.4.2	MHDD 的主要功能	190
8.4.3	MHDD 硬盘扫描与坏扇区修复	192
8.5	硬盘数据的恢复	193
8.5.1	数据恢复的注意事项	193
8.5.2	使用 DiskGenius 进行数据恢复	194
8.5.3	工具软件综合利用	197
8.6	磁盘阵列的维护	200
8.6.1	磁盘阵列的日常维护	200
8.6.2	定期进行数据一致性检查	201
8.7	磁盘阵列的数据恢复	202
8.7.1	磁盘阵列数据恢复原理	202
8.7.2	使用 DiskGenius 重组 RAID	202
8.7.3	使用 RAIDReconstructor 重组 RAID	205
8.7.4	使用 RAID.Recovery 重组 RAID	208
8.7.5	硬盘镜像文件制作	210

第1章 计算机存储设备概述

计算机存储设备是用来存储信息的设备和装置。存储器是计算机的重要组成部分，因而存储设备的优劣影响着整个计算机的性能。自从计算机诞生以来，存储设备经历了几十年的发展，不仅形态发生了很大的变化，容量更是呈几何级的增长。早期使用过选数管、穿孔卡片及穿孔纸带等，容量极其有限，后来大多逐渐都被磁存储设备所取代，其中穿孔纸带直到20世纪70年代都还在使用。最早的选数管容量只有区区的256B，和今天动辄就多少GB，甚至多少TB相比，简单是天壤之别。

1.1 磁存储设备

根据电磁学原理，电流通过导体时会在周围产生磁场，让具有磁性特征的物体通过磁场，物体就会被磁化从而把信息记录下来。反过来，当导体在磁盘中移动时会产生电流，让先前被磁化的物体从导体旁边通过而产生电流，被记录的信息便读了出来。磁存储设备就是利用电与磁的相互转换来完成信息的存储与还原的。

1.1.1 磁存储器的工作原理

现在常见的磁存储器是磁盘或者磁带，是在盘片或者带基表面涂一层磁性材料做存储介质。一个缠绕线圈的U形磁铁为读、写磁头。当记录信息的电流通过线圈时，在磁头尖端产生磁场，同时盘片或者磁带在驱动电机的带动下滑过磁头尖端，磁性介质在磁场作用下被磁化从而相关信息被保留下来，如图1-1所示。这个过程可以形象地比喻为用笔写字，我们可以把磁头看成一支“笔”，而盘片或者磁带就是记录信息的“纸”。

在还原信息时，过程与信息的保存刚好相反。盘片或者磁带在驱动电机的作用下，用与记录时相同的速度滑过读取磁头尖端，磁头在磁介质的磁场作用下产生电流，再通过相应的处理过程还原为原始信息。由于记录的磁信号是非常微弱的，为了获得更强的电信号，提高设备的性能，必须提高读取磁信息的灵敏度，通常情况下读磁头的电磁线圈比写磁头有更多的匝数。在一些要求不高的地方，也将读和写合用一个磁头，这样可以明显降低设备的成本，但也牺牲了设备的性能。合用读写磁头的这种结构虽然相对要简单一些，但磁头线圈的匝数不能太多，否则在写入信息时容易发生磁饱和现象，因此读取信息时灵敏度也就不会太高。

磁存储的关键在于，被磁化的磁介质应该具有稳定的特征，能够保证信息得到足够时间的保存而不会发生丢失，同时，在人们不再需要这些信息时还能够比较容易地擦除。

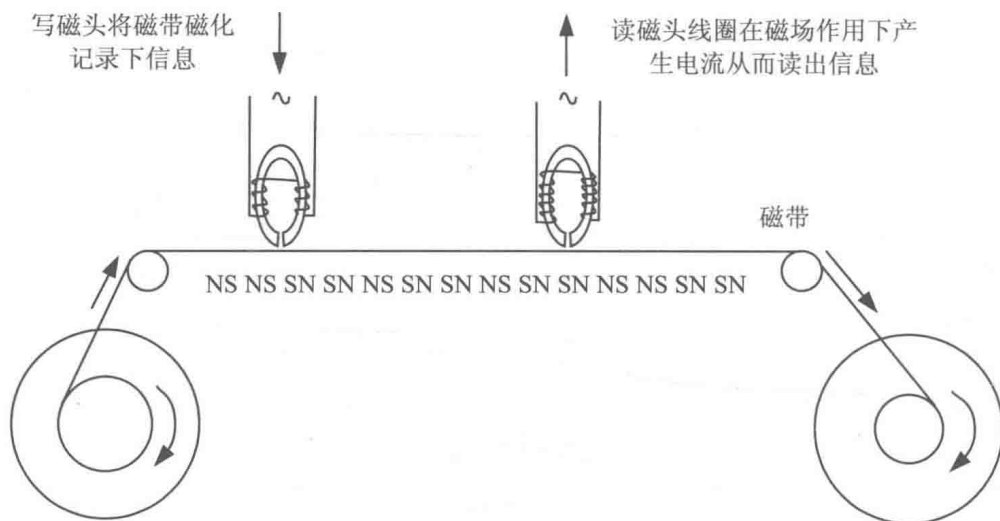


图 1-1 磁记录原理示意图

磁盘和磁带的使用完全是由它们的特性决定的。通过卷绕方式存放的磁带可以做得很长，利于大批量信息存储，通常被称为“海量存储”。但卷绕起来的磁带很难随意查寻和读取其中的部分信息，所以通常用于有一定顺序关系的大宗数据的存取，比如数据的备份。不管是写数据还是读数据，每次总是从头开始挨着往后读写，我们把这样的过程叫顺序存取。磁盘是由一个或者多个圆形的盘片构成，数据记录在盘片表面。由于在一个平面上，可以通过移动磁头比较随意地在盘片表面迅速读写数据，利于数据的快速存取，我们把这种读取过程叫作随机存取。正因为其所表现的读写迅速的特点，磁盘得到了更加广泛的应用，成为了计算机最重要的外存储设备。

1.1.2 软盘存储器

软盘存储器曾经是计算机，特别个人计算机（即 PC）的主要外存储设备，也是个人计算机上最早的移动存储设备，我们常常直接简称软盘。它的英文名称为 Floppy Disk Driver，简称为 FDD。软盘存储器由软盘驱动器和软盘两部分组成，软盘驱动器安装于 PC 机上，作为计算机硬件的一部分。软盘是在需要读写数据时再插入软盘驱动器内，使用后便取出，并可以在其他计算机上使用。因此，软盘成为了最早的移动存储设备，为计算机数据的共享提供了方便。

软盘作为个人计算机的标准配置，在 PC 机上先后使用过 8 英寸（1 英寸=25.4 毫米）、5.25 英寸和 3.5 英寸三种。最早软盘只是单面存储，后来发展为双面存储，使得存储容量翻倍。5.25 英寸软盘最大容量达到了 1.2MB，3.5 英寸软盘一度达到了 2.88MB。（如图 1-2 所示）软盘使用固然方便，但盘片表面暴露在空气中，会受到灰尘的污染，磁头与磁盘直接接触的读写方式也很容易损伤软盘，这些缺陷对存储可靠性的影响还会随着存储密度的增大而急剧增加。3.5 英寸软盘存储容量虽然最大达到了 2.88MB，但由于存储密度太大，在软盘存储器现有的结构状况下，可靠性显著降低，数据容易丢失，因此并没有得到推广，后来，也就基本保持在 1.44MB 的存储容量。

磁盘的存储容量是由磁道数、每根磁道的扇区数，以及每个扇区存储容量来决定的，以 3.5 英寸软盘为例：

$$\begin{aligned} & 80 (\text{磁道}) \times 18 (\text{扇区}) \times 512 \text{ Bytes (每扇区容量大小)} \times 2 (\text{双面}) \\ &= 1440 \times 1024 \text{ Bytes} \\ &= 1440 \text{ KB} \\ &= 1.44 \text{ MB} \end{aligned}$$

软盘存储器由于受到存储密度无法继续提高的限制，存储容量无法再进一步提高，而现有的存储容量已经远远不能满足人们的需求，特别是利用 USB 插口的 U 盘的出现，其便携移动的功能随之被性能更加优异的设备所取代，使得人们完成放弃了软盘的使用。现在软盘已经基本上被淘汰，但在极个别的地方，由于其某些特殊的用途还不得不保留。例如在一些版本的 Windows 系统的安装中，如果需要为系统工作磁盘安装 SCSI 设备驱动程序，就必须使用软盘。

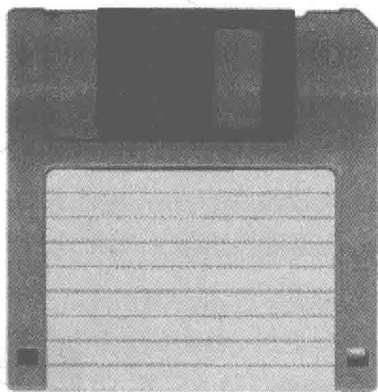


图 1-2 3.5"软盘

1.1.3 硬盘存储器

硬盘存储器简称硬盘，是将磁盘和驱动器永久地密封在一个金属外壳内。IBM 提出“采用金属做片基，表面涂镀磁性介质，并安装于密闭空间内，由驱动马达带动高速旋转，磁头悬浮于磁片上方，不与盘片直接接触完成数据的读写”的温彻斯特技术，随后采用温彻斯特技术、应用于台式计算机的硬盘诞生。由于使用的是温彻斯特技术，所以有时我们又把硬盘叫作温盘。今天的硬盘，不管是存储还是接口技术都发生了巨大的变化，但基本的工作原理和当初还是完全一样的。

硬盘从诞生到今天，变化最大的就是容量的增加。第一只 5.25 英寸的硬盘其存储容量只有 5MB，而现在单只 3.5 寸硬盘最大容量已经达到 3TB，甚至更大，如图 1-3 所示。

硬盘采用完全密封的方式，而且磁头不与磁盘表面直接接触，因而磁盘的记录密度可以做得非常高。硬盘的磁头是悬浮于盘片上读写数据的，因而，哪怕是一个轻微的震动都会造成磁头与盘片的碰撞，从而造成磁盘表面的损伤，甚至是磁头的损坏。在硬盘工作时，要求不得随意移动硬盘，从而避免硬盘因震动而受到伤害，就算是在不工作时，移动电脑时也还是要轻拿轻放，应该尽量避免硬盘受到震动。

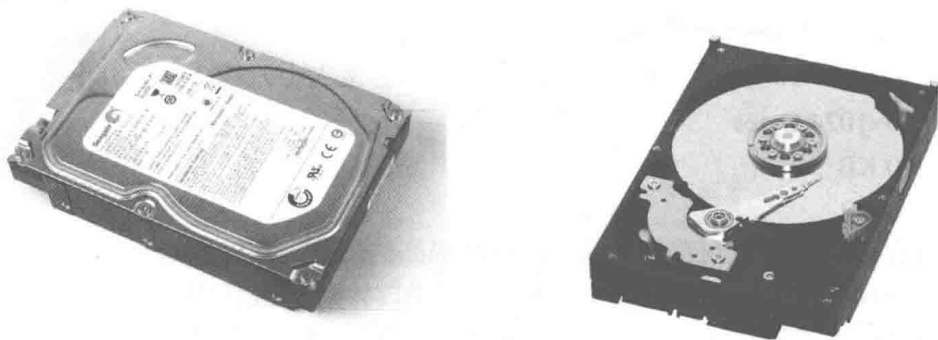


图 1-3 希捷 3.5 英寸硬盘 (右为内部构造)

1.1.4 磁带存储器

磁带存储器通常叫作磁带机，是由磁带驱动器和磁带构成，是一种经济、可靠的大容量备份设备。根据装带方式的不同，磁带存储器一般分为手动装带磁带机和自动加载磁带机。手动装带磁带机结构相对简单，在使用过程中需要人工更换磁带，工作效率相对较低，如图 1-4 所示。自动加载磁带机是将多卷磁带与磁带驱动器结合在一起，安装有自动加载装置，通过相应机械装置按指令自动从装有多卷磁带的磁带盒中选取指定磁带并装入驱动器上，使用完成后又从驱动器上取下磁带并放入磁带盒内，如图 1-5 所示。



图 1-4 HP 磁带机



图 1-5 IBM Ultrium 3580 磁带机

为了增加存储的容量，常常使用磁带库（如图 1-6 所示）。磁带库是集多台磁带机于一体，并置入一个机柜当中，构成一个封闭、超大容量的存储设备，实际存储容量可以达到数百 TB 甚至 PB 级，通常用于超大容量数据的自动化备份。

现在使用的磁带存储器根据磁带记录方式可以分为线性记录技术、螺旋扫描技术、DLT 技术和 LTO 技术。

线性记录技术又叫数据流技术，其工作原理与磁带录音机相似。驱动器中固定安装有一个，或者并排安装多个磁头，通过驱动电机带动磁带快速通过磁头来记录和读取信息。这种磁带驱动器结构相对简单，造价比较低廉，但这种记录方式的数据存储利用率较低，现在已很少使用了。

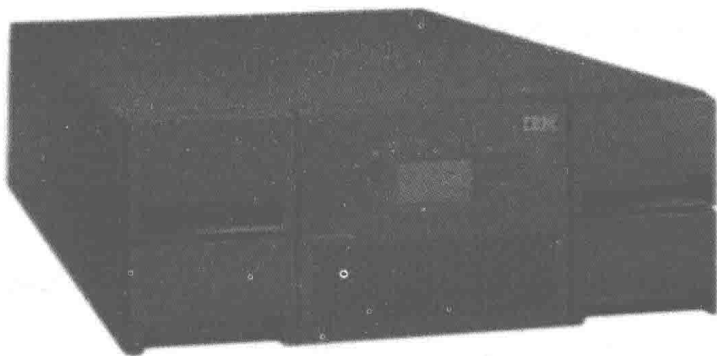


图 1-6 IBM TS3100 磁带库

螺旋扫描技术来源于磁带录像机。磁头安装于高速旋转的磁鼓上，通过机械装置将磁带缠绕在磁鼓上，磁鼓与磁带保持一定的倾斜角度。当磁带缓慢地滑过磁鼓，在高速旋转磁鼓的带动下，磁头通过扫描磁带表面斜向面完成信息的读写。

DLT 技术又叫作数字线性磁带技术，是一种先进的存储技术标准。记录方式与线性记录技术非常相似，但它使用 1/2 英寸磁带具有 128 个磁道，包含了专利磁带导入装置和特殊磁带盒等关键技术，在带长为 1828 英尺（1 英尺 $\approx$ 0.304 米）的磁带上使单磁带未压缩容量可高达 20GB。

LTO 技术又叫作线性开放式磁带技术。LTO 技术通过对磁头和伺服结构方面进行全面改进，增加磁带的信道密度，同时采用了先进的磁道伺服跟踪系统来有效地监视和控制磁头的精确定位，从而提高磁道密度。LTO 是一种高新磁带处理技术，它极大地提高了磁带的备份数据量，将磁带的容量提高到 100GB 以上。

目前磁带存储器使用的接口有 LPT 接口（即并口）、增强型 IDE 接口（EIDE）、SCSI 和光纤通道 FC 接口。LPT 接口速率较低，EIDE 接口主要用于内置磁带机，这两种接口多用于台式机。SCSI 接口和光纤通道接口具有较快的连接速率，性能优异，通常用于服务器。

1.2 光盘存储器

光盘存储器是利用光来记录和读取信息的，信息记录于光盘上，结构上与软盘存储器类似，也是由驱动器和光盘两部分组成。光盘驱动器分为两类，一种是只能读取光盘信息的，简称光驱；另一种是可以往光盘写入信息的，当然光盘是可写入的，这种驱动器叫作光盘刻录机。

光盘存储器最先用于数字化音频，20 世纪 80 年代后开始在计算机领域广泛使用。

激光是单一光谱的近似平行光源，利用激光二极管较易获得足够大的功率激光，所以，CD-ROM 光驱采用 780 纳米近红外线激光二极管，而更高记录密度的光驱使用波长更短的蓝光激光，称之为蓝光光驱。

1.2.1 CD-ROM 光驱的工作原理

CD-ROM 是一种只读光盘，通常是由工厂批量生产。CD-ROM 光盘是由带金属反射层的塑料聚合物制成，主要分为三层，一般是用聚碳酸酯塑料为衬垫，在衬垫上涂镀金属铝膜为反射层，在铝膜外涂上一层漆做保护层。图 1-7 描述了这样的一种结构。

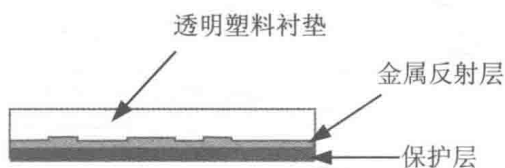


图 1-7 光盘的结构

CD-ROM 光盘的盘片厚度为 1.2mm，这是由所使用的激光波长决定的。盘片直径有 80mm 和 120mm 两种，标准存储容量分别是 240MB 和 650MB。

光盘上信息的记录是利用凹坑（pit）和台岸（land）来完成的。当激光透过塑料衬底，在通过凹坑和台岸反射回来产生强弱不同的光，被激光拾取装置转换为相应的电信号。为提高存储效率，光盘存储器并不是直接用凹坑和台岸来代表数字 0 和 1 的，而是用凹坑与台岸间信号的变化来表示 1，不发生变化的凹坑或者台岸表示 0，图 1-8 中表示了光盘与所记录的数字的对应关系。

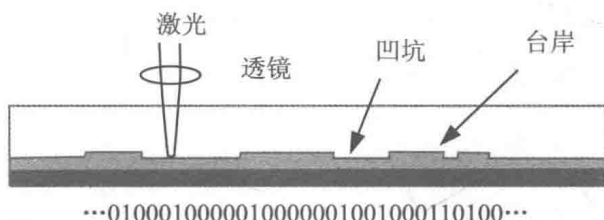


图 1-8 光盘信息记录原理

CD-ROM 驱动器的工作原理如图 1-9 所示。当光盘放入后，激光头在伺服电路控制下对光盘进行识别。在识别到正确的光盘信息后，相应的指令送到光盘驱动电机伺服电路，在伺服电路的控制下主轴电机带动光盘按指定的速度旋转。同时激光头也在伺服电路的控制下读取光盘信息。

为了使整个光电系统有足够的精度，从而保证数据读取的可靠性，将主要的控制与读取部件都集成到了一起，这便是所说的激光头。激光头主要由激光二极管、拾取信号的光电二极管、半透反射镜、聚焦透镜、控制线圈和伺服电路等组成。首先，由激光二极管产生的激光，通过半透反射镜反射后，转向光盘，通过透镜聚焦于光盘的信息记录层。经过光盘反射回来的光线一部分透过半透透镜到达光电二极管，被拾取为电信号，经过电路整形、识别处理后得到相应的二进制代码。

CD-ROM 光盘是在工厂通过压膜的方式进行批量生产的，其生产过程是先通过激光记录，再进行化学冲洗和电镀生产出带有凹坑的金属母盘，然后在机器上对塑料加热后

用母盘压制，再在成形的塑料表面镀上金属铝，最后涂上保护层。这种生产模式的主要生产成本在于母盘的制作，所以适合大批量生产。

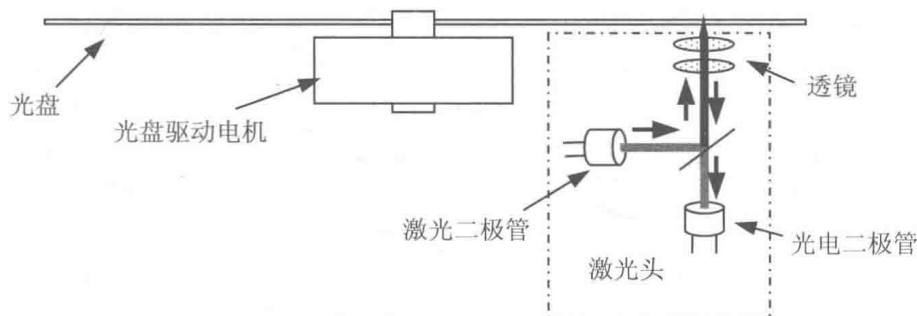


图 1-9 CD-ROM 工作原理示意图

1.2.2 CD-ROM 光驱

CD-ROM 光驱有内置和外置两类。内置式光驱安装于计算机内，成为计算机的组成部分，所有的台式机和大部分笔记本都安装有光驱。外置式通过接口与电脑相连，通常用于不便安装设备的比较小巧的笔记本上。

内置式 CD-ROM 的接口有 IDE 和 SATA 两种接口，现在基本都是 SATA 接口了，与硬盘的接口是一样的，连接方式也相同。外置 CD-ROM 的接口一般都是 USB 接口，连接和使用都很方便，支持热插拔，但是，由于 USB 接口的供电无法满足光驱的要求，需要另接电源。

CD-ROM 光驱的速率是用倍速来表示的。最先设计的光驱传输速率是 150KB/s，以此作为标准，以后的光驱速率不断提高，所以就有了 8 倍速、16 倍速、40 倍速，甚至达到 48 倍速。50 倍速左右的速率几乎成为了 CD-ROM 的极限，因为塑料材质的光盘已经再也无法承受更高的转速了。曾经出现过号称 100 倍速的光盘驱动器，实际并不是真正的 100 倍速，它是通过增加高速缓冲存储器来提高光驱的响应能力，实际效果也并不太明显。

1.2.3 DVD 光驱

DVD 是英文 (Digital Versatile Disc) 的缩写，意思是数字多功能光盘。与 CD-ROM 相比，DVD 驱动器和光盘在结构和外观上并没有什么太明显的差异，接口也与 CD-ROM 是一样的。由于采用的激光波长缩小到 650nm，就把原本 0.85 μ m 的读取光点大小缩小到 0.55 μ m，因此，DVD 具有更高存储密度，使得单盘存储容量扩大到了 4.7GB。由于波长的缩短，光线的聚焦路径也缩短，所以，盘片的厚度也减少到了 0.6mm，原来 1.2mm 厚度的标准光盘可以双面使用，或者做成单面双层结构的光盘，一张光盘的容量就达到 8.5GB。

DVD 光盘驱动器的标准速率为 1350KB/s，随着技术的发展，DVD 的速率也在不断提高，就有了 2 倍速、4 倍速等产品，现在最高速率已经达到 24 倍速。DVD 是向下兼容的，DVD 光盘驱动器也能够读取 CD-ROM 光盘。