



> 华为ICT认证系列丛书

华为技术认证

信息存储与 IT管理

吴晨涛 编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



> 华为ICT认证系列丛书

华为技术认证 信息存储与 IT管理

吴晨涛 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

信息存储与IT管理 / 吴晨涛编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2015.9
(华为ICT认证系列丛书)
ISBN 978-7-115-40285-1

I. ①信… II. ①吴… III. ①信息存储—研究 IV.
①TP333

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第196786号

内 容 提 要

本书由华为技术有限公司与上海交通大学计算机科学与工程系联合编写,融合了上海交通大学在计算机领域精深的理论研究和华为技术有限公司业界领先的应用实践,本书内容包括:IT基础设施介绍、存储与应用环境、服务器基础、RAID 技术及应用、存储阵列技术及应用、SAN 技术及应用、IP-SAN 技术及应用、NAS 技术及应用、对象存储、存储虚拟化技术及应用、备份与恢复、容灾及应用、大数据存储概论、云计算基础、数据中心方案、IT 运维管理。

本书是一本很具系统性和实用性的教材,适合信息存储领域相关科技人员和管理人员学习和参考,也适合在校大学生和研究生作为教材使用。

-
- ◆ 编 著 吴晨涛
责任编辑 李 静
责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
固安县铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.5 2015 年 9 月第 1 版
字数: 540 千字 2015 年 9 月河北第 1 次印刷
-

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

推荐序

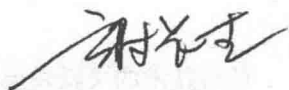
信息技术的飞跃发展，带来数据的爆炸式增长，以至于我们生活的这个时代被标记为“大数据时代”。大数据，是计算机和网络的应用到达巨量规模后的必然结果。大数据意味着前所未有的充分信息，它直观地揭示了事物的关联和规律，对人类社会有着巨大的价值。古往今来，人类有记录的历史只是沧海一粟，绝大部分人类活动的记忆都烟消云散。将大数据推向极致，就是世界上发生的一切都将永久留下时空痕迹，这是多么激动人心的变革啊！

大数据必不可少的条件是将数据存储下来，因而人们研究了各种存储原理、设备和系统，数据存储是大数据的基础性技术。随着数据的急剧增长，存储技术日新月异，在无数科技人员的努力下取得了巨大的进展。在短短几十年的时间内，单位体积的存储容量提高了上亿倍，真是令人赞叹！由于IT设施（包括服务器、网络和存储）向数据中心和云模式发展，存储设备的种类也越来越多，数量规模越来越大，其管理也越来越复杂，对数据中心的设计人员、运营管理人员的要求也越来越高。为了适应日益复杂的存储管理，需要深入了解存储技术，也必须了解存储与服务器及网络间的关系。因此，相关人员迫切需要一本深入讲解存储及管理的教材。

《信息存储与IT管理》正是针对相关科技人员和管理人员的迫切需要而及时推出的一本很具系统性和实用性的教材。作者在总结多年的研究成果和技术开发经验的基础上，首先从IT基础设施介绍出发，深入浅出地介绍了数据中心、存储与应用环境、服务器的基本概念和基本技术。在此基础上，逐章详细介绍了存储设备、存储阵列、SAN、IP-SAN、NAS及对象存储等主流存储技术。随后，又对存储虚拟化、备份及容灾等技术逐章详细讲解。最后，对大数据存储、云计算技术等新技术做了详细探讨。

此书的突出特点是理论与实践紧密结合，在每章的最后单独介绍与内容相对应的华为公司产品，将其作为范例从软硬件层面对其具体剖析，为读者提供了具体的实例和技术借鉴。相信这是一本适合数据管理与维护人员和IT行业管理人员理解和掌握信息存储与管理的不可多得的技术书籍，也是一本适合在校大学生和研究生学习和掌握数据存储与管理技术的好教材。

我相信,《信息存储与 IT 管理》一书通过对目前主流、广为业界接受和使用的信息存储与管理技术的深入介绍,对 IT 行业的从业人员与在校学生学习和掌握相关的技术将起到较大的帮助作用。祝愿每位读者都能通过本书掌握信息存储与管理的金钥匙!



华中科技大学计算机学院 教授
信息存储系统教育部重点实验室 主任
武汉光电国家实验室 副主任

前 言

本书内容组织

本书共分 16 章，采用了章、节、小节三级结构，分别对应了一级、二级、三级目录。

第 1 章：IT 基础设施

随着计算机技术的飞速发展，IT 基础设施得到了越来越多地关注。本章主要重点介绍 IT 基础设施，特别是核心的 IT 基础设施——数据中心。

第 2 章：存储与应用环境

本章针对存储与应用环境进行介绍。包括存储的 I/O 流程及网络存储技术，机械硬盘与固态硬盘的发展历史、结构、原理及特性，主机中与存储密切相关的组成部分，以及针对大数据应用，存储系统所面临的新的挑战。

第 3 章：服务器基础

服务器是整个 IT 系统的重要组成部分，随着技术的发展，服务器的相关技术也发生了巨大的变化。本章从服务器发展历史、服务器的功能与作用等方面入手，对服务器进行全面介绍，包括对服务器高级应用技术如双机热备、集群等功能进行描述。

第 4 章：RAID 技术及应用

单个磁盘的容量和性能非常有限，也不具备容错性，为了能够实现大规模存储设备并行，增强系统的容错能力，一种专用于磁盘资源整合和冗余保护的技术应运而生，这就是冗余磁盘阵列（Redundant Arrays of Independent Disks, RAID）。

本章从 RAID 的基本概念与技术原理、RAID 级别、RAID 中的数据保护技术、RAID 与 LUN 以及云计算和大数据时代 RAID 的发展趋势几个方面对 RAID 技术及应用进行介绍。

第 5 章：存储阵列技术及应用

存储阵列技术伴随着信息快速增长带来的数据爆炸而出现。在现代 IT 系统不断升级的今天，数据存储需求也在爆炸性增长，存储阵列设备已然成为了 IT 系统的核心组成部分之一。本章将从存储阵列系统的硬件组成出发，进而引出一系列存储阵列通用技术。最后，介绍华为 OceanStor 系列存储系统及其应用。

第 6 章：SAN 技术及应用

网络存储技术（Network Storage Technologies）是对于利用网络进行数据存储技术的统称。目前的网络存储结构大致分为三种：直接连接存储（Direct Attached Storage, DAS）、网络附加存储（Network Attached Storage, NAS）和存储区域网络（Storage Area Network, SAN）。其中，DAS 是最简单的一种结构，存储设备直接通过 SCSI 等总线与服务器相连。随着数据规模和数据流量的增加，DAS 技术已不能满足人们的需求。如今，SAN 和 NAS 是两种比较流行的技术。

本章主要介绍 SAN，包含原理、组成、常见应用场景和与其他存储形态的对比。

第 7 章：IP-SAN 技术及应用

IP-SAN 是近年来十分流行的一种网络存储技术。与上一章介绍的 FC-SAN 相比，IP-SAN 使用了发展成熟的 IP 网络，充分降低了总体拥有成本（total cost of ownership, TCO），受到许多客户的欢迎。

本章从 IP-SAN 的产生和发展开始，详细阐述了 IP-SAN 网络架构、组成部分、协议构成，iSCSI 协议技术细节等方面，同时还对比了几种 SAN 协议的特点。

第 8 章：NAS 技术及应用

本章主要介绍 NAS（Network Attached Storage，网络附加存储）的相关知识，包括 NAS 的基本概念、NAS 的演化和发展、NAS 的工作原理以及 NAS 的应用。

此外，结合前一章关于 SAN 的内容，对 NAS 和 SAN 进行比较与总结，并在最后对华为的相关产品进行介绍。

第 9 章：对象存储

对象存储是一种基于对象的存储技术。与传统意义上的提供面向块（block-oriented）接口的磁盘存储系统不同，对象存储系统将数据封装到大小可变的“容器”中，称为对象（Object），通过对对象进行操作使系统工作在一个更高的层级中。

对象存储综合了 NAS 和 SAN 的优点，同时具有 SAN 的高速访问和 NAS 的数据共享等优势。本章主要对对象存储技术进行介绍，包括对象存储技术的概念、发展、基本原理与实现，并与 SAN、NAS 技术进行了对比，同时还介绍了华为公司海量存储系统。

第 10 章：存储虚拟化技术及应用

虚拟化是一个涵盖范围非常广泛的概念，它的存在，往往是出于简化管理、优化资源使用的目的。简单而言，虚拟化即是通过一个软件抽象层，将硬件平台划分为一个或多个虚拟机，每个虚拟机都与下层硬件足够相似，可以无差别地支持软件运行。本章将主要介绍虚拟化的概念、发展历程、前景和趋势。同时，对虚拟化技术做了简单地分类。之后详细系统地介绍存储虚拟化的技术细节。

第 11 章：备份与恢复

随着计算机技术在商业系统中的普及以及大量应用系统的上线，企业的信息安全重要性日益凸显。但作为信息安全的一个重要内容，数据备份的重要性却往往被忽视。

本章详细介绍备份的基础概念、备份的拓扑结构、策略的制定、技术分类及备份方案优化技术。本章的最后将会介绍备份系统在华为产品中的实现与应用。

第 12 章：容灾及应用

容灾系统是指在相隔较远的异地，建立两套或多套功能相同的 IT 系统，互相之间可以进行健康状态监视和功能切换。容灾技术是系统高可用性技术的一个组成部分，容灾系统更加强调处理外界环境对系统的影响，特别是灾难性事件对整个 IT 节点的影响，提供节点级别的系统恢复功能。

本章介绍容灾的定义、容灾的关键指标 RPO 与 RTO、容灾的类型以及企业基于 RPO 和 RTO 的要求所实施的灾难恢复数据保护策略。在这之后，介绍近年来被充分运用于容灾的三种技术：快照技术、镜像技术以及复制技术，并介绍容灾系统基于这三种技术的实现方式。在本章的结尾，介绍华为在容灾方案方面的相关技术与产品。

第 13 章：大数据存储概论

本章首先介绍大数据的概念，说明大数据的由来、发展历程、应用及前景。之后着重介绍关于大数据存储相关的一些基本概念和技术。最后，介绍华为在大数据存储方向上的相关产品和解决方案。

第 14 章：云计算基础

在日常生活当中，水、电、煤气等都是必不可少的一部分，这些资源是生产厂家集中生产提供给我们使用的，这种模式可以极大地节约资源，方便我们的生活。如今，计算机几乎也成为了人们生活当中必不可少的一部分，因此，人们希望这种模式能够在计算机上使用，这样就有了云计算（Cloud Computing）。

本章介绍云计算的基础知识，包括云计算的产生与发展、云计算概念、云计算模式、云计算应用和云计算产品等相关内容。

第 15 章：数据中心方案

本章主要介绍数据中心的发展历史及其产生意义，以及随着云计算浪潮和大数据时代的来临，传统的数据中心向云数据中心演进的过程。最后介绍了华为推出的众多数据中心解决方案。

第 16 章：IT 运维管理

本章主要介绍 IT 运维管理的相关知识，包括 IT 运维管理的基本概念、IT 运维管理现今的局面和面临的挑战、IT 数据中心统一运维管理的标准和实现，以及华为 ICT 管理的实现与应用。

适用读者对象

本书是一本针对存储领域的科技人员和管理人员推出的很具系统性和实用性的教材。本书的突出特点是理论与实践紧密结合，在理论基础之上，为读者提供了具体的应用实例，是 ICT 从业人员掌握信息存储与管理的技术书籍，同时也适合作为高校开设数据存储相关课程的配套教材。

本书作者

主 编：吴晨涛

编委人员：章雍哲 孟晓东 冯 博 黄洵松 蒋妍冰 杜丛晋 余 雷 张 博
翟柏清 代锦绣

审稿人：秦 烜 王 静 许一震 孙吉峰 苏忠彦 张雪梅 高晓明 刘晓荣
游志红 刘文映 郑 巍 张 伟 张 亮 董 挺 胡春花 李 锋

作者简介

吴晨涛，双博士，上海交通大学计算机科学与工程系副研究员，硕士生导师。2010年获华中科技大学计算机系统结构博士学位，2012年获美国弗吉尼亚联邦（州立）大学（Virginia Commonwealth University）博士学位并获得杰出研究奖（Outstanding Research Assistantship Award）。现为中国计算机学会信息存储专业委员会委员、体系结构专业委员会委员，上海市计算机学会存储专业委员会委员、体系结构专业委员会委员。主持和参与多项国家自然科学基金、国家 973 计划、国家 863 计划、美国自然科学基金（NSF）项目，在 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS)、International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)、International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)、International Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS)、International Conference on Parallel Processing (ICPP) 等国际知名会议期刊上发表论文 20 多篇。

目 录

第 1 章 IT 基础设施	0
1.1 IT 基础设施与数据中心	2
1.1.1 IT 基础设施——数据中心	2
1.1.2 数据中心的物理环境需求	3
1.1.3 数据中心的发展和趋势	3
1.1.4 大数据时代对数据中心的要求	4
1.1.5 存储在数据中心的作用	4
1.1.6 服务器在数据中心的作用	5
1.1.7 网络在数据中心的作用	5
1.2 云数据中心	6
1.2.1 传统数据中心的挑战	6
1.2.2 云数据中心的主要架构	7
1.2.3 信息技术与通信技术融合	9
1.2.4 服务器在 ICT 背景下的主要需求和应用场景	10
1.2.5 存储在 ICT 背景下的主要需求和应用场景	10
1.2.6 云计算在 ICT 背景下的主要需求和应用场景	11
1.2.7 数据中心在 ICT 背景下的主要需求和应用场景	12
1.3 本章总结	12
1.4 练习题	13
第 2 章 存储与应用环境	14
2.1 存储的应用环境	16
2.1.1 存储的 I/O 流程	16
2.1.2 网络存储技术	16
2.2 存储设备	17
2.2.1 机械硬盘	17
2.2.2 固态硬盘	23
2.3 主机与应用	28
2.3.1 操作系统	28
2.3.2 设备驱动	29
2.3.3 卷管理器	29
2.3.4 文件系统	29
2.3.5 集群	30

2.4	大数据应用的挑战	30
2.4.1	大数据的概念	30
2.4.2	大数据应用对存储的挑战	31
2.5	本章总结	32
2.6	练习题	32
第3章	服务器基础	34
3.1	服务器概述	36
3.1.1	服务器简介	36
3.1.2	服务器的主要特点	36
3.2	服务器的分类	38
3.2.1	按照体系架构来划分	38
3.2.2	按应用层次划分	38
3.2.3	按服务器的处理器架构划分	40
3.2.4	按服务器用途划分	40
3.2.5	按服务器的机箱结构划分	41
3.3	处理器的发展与技术	43
3.3.1	处理器概述	43
3.3.2	常见的处理器	43
3.4	内存的发展与技术	44
3.4.1	内存概述	44
3.4.2	常见的内存技术	44
3.5	服务器 I/O 总线	46
3.5.1	I/O 总线概述	46
3.5.2	常见的 I/O 总线技术	46
3.6	服务器 RAID 技术	47
3.6.1	RAID 概述	47
3.6.2	服务器 RAID 卡	47
3.7	服务器高级技术与发展	49
3.7.1	服务器的智能监控管理技术	49
3.7.2	服务器的安全保护技术	50
3.7.3	服务器负载均衡技术与应用	52
3.7.4	服务器容错技术与应用	54
3.7.5	服务器虚拟技术与应用	57
3.8	服务器操作系统	58
3.8.1	操作系统概述	58
3.8.2	常见的操作系统	58
3.9	服务器文件系统	59
3.9.1	文件系统概述	59
3.9.2	常见的文件系统	59

3.10 服务器高可用集群技术与应用	60
3.10.1 集群技术概述	60
3.10.2 常见的集群技术	60
3.11 华为服务器产品介绍	61
3.11.1 RH2285 V2	61
3.11.2 RH5885 V2	62
3.11.3 E6000	62
3.11.4 X6000	63
3.11.5 E9000	64
3.12 本章总结	65
3.13 练习题	66
第4章 RAID 技术及应用	68
4.1 RAID 基本概念与技术原理	70
4.1.1 RAID 概述	70
4.1.2 RAID 的种类	72
4.1.3 RAID 的原理	73
4.2 RAID 级别	78
4.2.1 RAID-0	78
4.2.2 RAID-1	78
4.2.3 RAID-2	79
4.2.4 RAID-3	80
4.2.5 RAID-4	80
4.2.6 RAID-5	81
4.2.7 RAID-6	81
4.2.8 RAID-10	82
4.2.9 RAID 级别总结	83
4.3 RAID 中的数据保护技术	83
4.3.1 热备	83
4.3.2 重构	84
4.3.3 预拷贝	85
4.4 RAID 与 LUN	85
4.5 云计算和大数据时代 RAID 的发展趋势	86
4.5.1 云计算和大数据时代 RAID 面临的问题	86
4.5.2 云计算和大数据时代 RAID 发展的实践	87
4.6 本章总结	87
4.7 练习题	88
第5章 存储阵列技术及应用	90
5.1 存储阵列系统的组成	92

5.2	存储阵列系统架构简析	92
5.2.1	控制框	92
5.2.2	硬盘框	98
5.3	存储阵列通用技术	101
5.3.1	磁盘预拷贝	102
5.3.2	LUN 拷贝	102
5.3.3	块虚拟化	103
5.3.4	SmartTier	103
5.3.5	SmartQoS	104
5.3.6	SmartThin	104
5.3.7	操作分级	105
5.3.8	硬件冗余技术	105
5.3.9	掉电保护技术	107
5.3.10	保险箱技术	107
5.3.11	镜像通道技术	107
5.3.12	热插拔技术	108
5.3.13	SSD 缓存技术	108
5.3.14	多路径技术	109
5.3.15	SAS 级联技术	109
5.4	华为存储阵列产品及应用	109
5.4.1	产品定位	110
5.4.2	软硬件形态和组件	110
5.4.3	典型应用	112
5.4.4	产品特点	112
5.5	本章总结	116
5.6	练习题	117
第 6 章	SAN 技术及应用	118
6.1	DAS 概述	120
6.1.1	DAS 简介	120
6.1.2	DAS 技术的发展	120
6.1.3	DAS 的分类	121
6.1.4	DAS 技术遇到的挑战	121
6.2	使用 SCSI 实现 DAS	122
6.2.1	SCSI 协议简介	122
6.2.2	SCSI-3 协议简介	122
6.2.3	SCSI-3 通信模型	123
6.2.4	SCSI 指令模型	123
6.2.5	基于 SCSI 的 DAS 应用	124
6.3	SAN 的产生与发展	124

6.3.1 SAN 概述	124
6.3.2 SAN 的产生	124
6.3.3 SAN 的发展与主要形态	125
6.4 SAN 的组成与部件	126
6.4.1 SAN 的结构	126
6.4.2 SAN 的连接组件	126
6.4.3 FC-SAN 的线缆	128
6.5 FC 连接和端口	128
6.5.1 FC 架构简介	128
6.5.2 FC 拓扑结构与所用端口	129
6.6 FC 协议	131
6.6.1 FC 层次结构	131
6.6.2 光纤通道编址	131
6.6.3 FC 帧	132
6.6.4 FC 协议的优劣	133
6.6.5 FCoE 技术	133
6.7 SAN 与 DAS 的比较	133
6.8 华为解决方案及其应用场景	134
6.9 本章总结	137
6.10 练习题	138
第 7 章 IP-SAN 技术及应用	140
7.1 IP-SAN 的产生和发展	142
7.1.1 IP-SAN 概述	142
7.1.2 IP-SAN 的发展、趋势	142
7.2 IP-SAN 的组成与部件	143
7.2.1 IP-SAN 的组成	143
7.2.2 IP-SAN 组网连接	144
7.3 iSCSI 协议	145
7.3.1 iSCSI 协议简介	145
7.3.2 iSCSI 协议模型	145
7.3.3 iSCSI 体系结构	146
7.3.4 iSCSI 的启动器和目标器	147
7.3.5 iSCSI 会话连接	147
7.3.6 iSCSI 的拓扑结构	149
7.3.7 iSCSI 实现方式	150
7.4 FC 协议与 TCP 协议的融合	151
7.4.1 FCIP 技术	152
7.4.2 FCIP 技术细节	152
7.4.3 基于 FCIP 的存储方案及其特点	153

7.4.4	iFCP 技术	154
7.4.5	iFCP 技术细节	155
7.4.6	基于 iFCP 的存储方案	156
7.4.7	FCoE 技术	157
7.4.8	FCoE 技术细节	157
7.4.9	基于 FCoE 的存储方案及其特点	157
7.5	IP-SAN 协议的比较	158
7.5.1	FC/iFCP/FCIP 协议	158
7.5.2	分析与应用场景	159
7.6	IP-SAN 华为的实现与应用	159
7.6.1	相关华为产品简介	159
7.6.2	IP-SAN 解决方案	160
7.7	本章总结	162
7.8	练习题	162
第 8 章	NAS 技术及应用	164
8.1	NAS 概述	166
8.1.1	NAS 的定义	166
8.1.2	NAS 的产生与发展	166
8.2	NAS 系统组成与部件	169
8.2.1	NAS 的组成	169
8.2.2	NAS 的硬件结构	169
8.2.3	NAS 的软件组成	170
8.3	NAS 文件系统 I/O 与性能	171
8.3.1	网络文件系统概述	171
8.3.2	CIFS	172
8.3.3	NFS	172
8.3.4	CIFS 与 NFS 的比较	173
8.4	NAS 技术	173
8.4.1	NAS 技术的实现	173
8.4.2	NAS 技术的特点	174
8.5	NAS 解决方案	175
8.5.1	NAS 的应用	175
8.5.2	NAS 的典型应用场景	176
8.6	NAS 与 SAN 的比较	178
8.7	华为 NAS 产品实现与应用	179
8.7.1	OceanStor N8500 集群 NAS	179
8.7.2	统一存储	180
8.8	本章总结	181
8.9	练习题	181

第9章 对象存储	184
9.1 对象存储的产生和发展	186
9.1.1 对象存储(OBS)概述	186
9.1.2 对象存储的发展趋势	187
9.2 对象存储模型	188
9.2.1 对象存储体系结构	188
9.2.2 对象存储基本定义	189
9.3 对象存储的实现	190
9.3.1 对象存储系统结构	190
9.3.2 T10与SCSI-3标准命令集	193
9.4 对象存储的优点	194
9.4.1 对象存储解决信息丢失	194
9.4.2 对象存储集合了NAS、SAN的优点	195
9.5 本章总结	198
9.6 练习题	198
第10章 存储虚拟化技术及应用	200
10.1 虚拟化概述	202
10.1.1 虚拟化概念	202
10.1.2 虚拟化的发展和趋势	202
10.2 虚拟化的分类	203
10.2.1 内存虚拟化	203
10.2.2 存储虚拟化	204
10.2.3 网络虚拟化	204
10.2.4 服务器虚拟化	204
10.3 存储虚拟化的类型	205
10.3.1 块级存储虚拟化	205
10.3.2 文件级存储虚拟化	206
10.4 存储虚拟化技术	207
10.4.1 基于主机的存储虚拟化技术	207
10.4.2 块级存储虚拟化技术	208
10.4.3 文件级存储虚拟化技术	209
10.5 云存储虚拟化技术	210
10.5.1 云存储虚拟化的定义	210
10.5.2 云存储虚拟化模型	210
10.5.3 云存储虚拟化的系统构成	210
10.5.4 存储虚拟化的优点	211
10.6 华为存储虚拟化产品与应用	212
10.7 本章总结	213

10.8 练习题	213
第 11 章 备份与恢复	214
11.1 备份基础	216
11.1.1 数据备份概述	216
11.1.2 备份系统架构	217
11.1.3 备份拓扑结构	218
11.1.4 常见的备份介质	220
11.2 备份策略制定	220
11.2.1 备份的类型	221
11.2.2 备份与恢复操作流程	222
11.3 备份技术	223
11.3.1 常见的备份结构	223
11.3.2 常见的备份技术	225
11.4 重复数据删除技术及应用	226
11.4.1 重复数据删除技术概述	226
11.4.2 重复数据删除的应用	227
11.5 华为备份系统及其应用场景	228
11.6 本章总结	233
11.7 练习题	233
第 12 章 容灾及应用	236
12.1 容灾	238
12.1.1 容灾概述	238
12.1.2 容灾的应用场景	239
12.2 容灾方案涉及的基本概念	239
12.2.1 容灾中数据的一致性	239
12.2.2 容灾指标	240
12.2.3 容灾级别	241
12.3 快照技术	242
12.3.1 快照技术简介	242
12.3.2 常见的快照技术	243
12.3.3 快照技术的应用	244
12.3.4 华为产品中快照技术的应用	245
12.4 镜像技术	246
12.4.1 镜像技术简介	246
12.4.2 镜像技术的应用	247
12.5 复制技术	248
12.5.1 复制技术简介	248
12.5.2 复制技术的应用	249