

- ★ 国内第一本RAID数据恢复技术专项著作，有深度，更专业！
- ★ 附赠价值500元的RAID数据恢复案例视频讲解DVD光盘，让学习变得直观、高效！
- ★ 全书涵盖Windows、Unix、Apple、Linux等各平台下的RAID恢复技术，全面、详实！

# RAID 数据恢复技术揭秘

汪中夏 张京生 刘伟 编著



- 实例1 左同步RAID-5实例分析
- 实例2 成员盘前部有RAID信息的RAID-5实例分析
- 实例3 右异步RAID-5实例分析
- 实例4 Sun Solaris系统RAID-5实例分析
- 实例5 APM分区RAID-0实例分析

清华大学出版社



# RAID 数据恢复技术揭秘

汪中夏 张京生 刘 伟 编著

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书在系统地介绍各种类型 RAID 的结构和工作原理的基础上,深入浅出地讲解了 RAID 数据恢复的方法和技巧,同时,针对市场上主流的 Windows、Linux、UNIX 和 Apple 等多种文件系统,提供了大量 RAID 数据恢复的实际案例供读者学习。采用自然形象的方式描述 RAID 系统的抽象概念;同一个恢复案例,注重对不同的恢复方法进行比较分析。

本书概念清楚,逻辑性强,图文并茂,内容新颖。

本书适合数据恢复、信息安全等领域的从业人员以及对 RAID 数据恢复技术感兴趣的人员阅读,也可作为大专院校计算机相关专业学生的教材或参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

RAID 数据恢复技术揭秘 / 汪中夏, 张京生, 刘伟编著. —北京: 清华大学出版社, 2010. 12  
ISBN 978-7-302-23585-9

I. ①R… II. ①汪… ②张… ③刘… III. ①Linux 操作系统 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 158966 号

责任编辑: 王峰松 赵晓宁

责任校对: 徐俊伟

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62795954, [jsjjc@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:jsjjc@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 42 字 数: 1036 千字

附光盘 1 张

版 次: 2010 年 12 月第 1 版 印 次: 2010 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000

定 价: 79.00 元

---

产品编号: 035258-01

# 推 荐 序

当人类的脚步踏入信息时代的大门之时，谁都没想到世界信息化的进程会如此之快，爆炸式的信息增长和海量的数据存储正深深地影响着各行各业，因此对信息安全的要求也越来越高。

数据恢复技术作为信息安全技术的一个分支，它的应用价值和学术价值日益重要，《RAID 数据恢复技术揭秘》一书出版的时间正值当前我国数据恢复领域从目前的“散兵游勇”的单兵作战，走向规模化和产业化；数据恢复从低端技术的应用，转向高端技术的研究；数据恢复的科研也从少数技术高手的个人行为，转到正规的国家和高校的科研院所的转型阶段。作为国内第一本专门介绍 RAID 数据恢复的著作，初看本书会误认为它仅仅是一本学习 RAID 数据恢复技术应用的书籍，但仔细看来，发现作者还有更深层次的意思：由于 RAID 技术在数据恢复领域中处于高端地位，详细介绍 RAID 原理及恢复技术，可以使更多的人更快地学习和掌握这门技术，为以后进一步深入的研究奠定基础。作者意在使本书在快速发展的数据恢复技术进程中，承上启下，推动发展。精神可嘉。

从全书的大量、丰富的应用案例，可以看出北京信息科技大学数据恢复研究所在 RAID 数据恢复技术研究方面已经做了大量的工作，走向了该领域的技术前沿，作者将自己研究过程和技术要领展示给读者，表现了科技工作者无私的胸怀和勇于创新的气魄。

如果说作者在出版《数据恢复高级技术》和《数据恢复方法及案例分析》这两本书的时候，数据恢复技术正在起步，那么今天，数据恢复技术已经不只是“起步”，而是在快速发展。因此，数据恢复技术已经成为当代信息安全工作者必须有所了解的领域。基于以上所述的原因，我愿意向读者推荐这本书，相信有志的读者，定能从此书中获得知识与经验。

中国软件行业协会顾问委员会主任  
原中国软件行业协会理事长

杨页行

# 前 言

随着计算机技术的快速发展，RAID 技术已经渗透到计算机遍布的各个领域。如今，在家用计算机主板中，RAID 控制芯片也随处可见。RAID 存储技术的广泛应用，随之带来的数据安全问题也日益突出，尽管 RAID 技术本身提供了一定的数据安全性，但由于硬件损坏和人为误操作等造成的灾难性的 RAID 数据丢失的事件还是屡屡发生，面对损坏的 RAID 存储设备，RAID 数据恢复技术是挽救数据的唯一希望。

在国内，数据恢复技术日益普及，有关书籍林林总总，但在市面上的技术书籍中还未曾见过一本专门讨论 RAID 数据恢复的书籍。本书重点是研究 RAID 数据恢复的原理、方法和过程。同时本书提供了大量 RAID 数据恢复的实际例子，通过学习这些例子，读者能举一反三，掌握 RAID 数据恢复技术的脉络。

本书包含了北京信息科技大学数据恢复研究所多年的 RAID 数据恢复实践工作的经验总结，读者可以将此书作为一本 RAID 数据恢复的专业书籍来学习。本书并没有什么高深莫测的知识，研究和分析非公开的 RAID 数据结构只需读者具备耐力、时间和精力，如果读者已经具备了这 3 个条件，那么相信本书一定能对你有所帮助。

## 本书特点

### 1. 基础知识详尽，注重理论知识的讲解

作为国内第一本介绍 RAID 数据恢复技术的专业书籍，本书详细讲解了 RAID 理论的基础知识，全面系统地介绍了在 Linux、UNIX 和 Apple 系统下 RAID 数据恢复的原理和恢复方法，内容翔实。对 NAS、SAN 和 DAS 等存储设备的工作原理和数据恢复方法，我们也做了充分的讲述，引导读者通过学习这些理论知识，为今后 RAID 数据恢复技术的应用打下坚实的基础。

### 2. 面向实际需求精选案例，提升综合应用的能力

本着既要使读者能学习到 RAID 数据恢复的理论知识，又要为读者今后的实际应用打下更好基础的原则，我们精心选择了针对性、实用性极强的案例。这些案例全部是针对大多数企事业单位的实际需求而选定的，非常具有代表性。

如在 RAID-5 的恢复应用中，我们选用了成员盘前部有 RAID 信息的 RAID-5、有不新鲜数据的 RAID-5、RAID-5EE 和 HP 双循环等案例；在 RAID-0 的恢复应用中，选用了成员盘前部有 RAID 信息的 RAID-0 和成员盘中部有 RAID 信息的 RAID-0 等案例。

读者每完成一个案例的学习，就可以立即应用到实际中，并触类旁通地解决工作中所遇到的问题。

### 3. 以案例为主线，构建完整的教学设计布局

为了方便阅读，本书精选的案例遵循由浅入深、循序渐进、可操作性强的原则，将知识点巧妙地揉合于各个案例中。通过若干个案例为载体，形成一个种类多样的案例群，构建一个完整的教学设计布局，并注意突出案例的实用性和完整性。

对于既是重点又是难点的知识，我们还会在不同的案例中反复使用，使读者能够举一反三，灵活应用，使读者在完成这些案例学习的同时，逐步掌握 RAID 的各种恢复技巧。

## 主要内容

本书共 6 章，各章的主要内容如下：

### 第 1 章 RAID 技术详解

本章详细介绍了 RAID 基础知识和数据恢复的思路。如果读者已经具备了相关的 RAID 基础知识，可以略过本章。RAID 数据恢复并不一定要掌握低层的技术原理，但有时候低层的技术原理是挽救数据的唯一途径。

### 第 2 章 RAID 数据恢复前的准备工作

工欲善其事，必先利其器。实践告诉我们，准确地对 RAID 设备的软硬故障做出判断，准备好自己的恢复设备，是 RAID 数据恢复成功的前提条件。

### 第 3 章 基于 Windows 系统的 RAID 数据恢复

本章详细介绍了 Windows 系统的分区和文件系统知识以及掌握 RAID 结构的方法，提供了 Windows 系统下各种 RAID 数据恢复的实例分析。

### 第 4 章 基于 Linux 系统的 RAID 数据恢复

现在介绍 Windows 系统下的 RAID 数据恢复的资料已经很多了，相比之下介绍 Linux 系统分区的 RAID 数据恢复的书籍却很少，本章详细介绍了这方面的知识，读者可从本章提供的实例中看到 Windows 和非 Windows 系统 RAID 数据恢复方法的不同之处。

### 第 5 章 基于 UNIX 系统的 RAID 数据恢复

在非 Windows 系统 RAID 数据恢复技术中，由于 UNIX 系统分支繁多，其恢复技术一直是难点中的难点。本章试图通过一些经典的恢复案例，让读者了解常见的 UFS 的分区结构，掌握 UNIX 下 RAID 数据恢复的方法和要领。

### 第 6 章 基于 Apple 系统的 RAID 数据恢复

Apple 系统的 RAID 数据恢复方法和 UNIX 类似，但由于 Apple 系统的用户众多，系统本身的技术特点鲜明，而市场上相关的资料却很少，所以本书单独用一章的篇幅详细介绍 Apple 系统的知识，读者可以通过本章的学习，进一步加深对非 Windows 系统数据恢复方法的印象，提升自己所学知识的实际应用水平。

## 读者对象

本书是针对具有一定数据恢复经验和对数据恢复技术感兴趣的计算机专业技术人员而编写的。作为数据恢复技术人员，不可避免地要面对 RAID 数据恢复问题。面对难题你



或许可以通过阅读本书，获得解决方案。当然要能完全理解本书的内容，也需要读者掌握一定的计算机文件系统的基础知识。

具体来说，本书适合以下各类读者：对数据恢复技术感兴趣的技术人员；进行信息安全教学和学习的大专院校的教师和学生；从事电子取证的工作人员；研究和维护数据存储设备的技术人员等。

## 光盘说明

本书配套的 DVD 光盘非常难得地详细记录了作者进行 RAID 数据恢复的操作过程。读者只要在学习书中案例的同时，参考光盘中案例文件的操作演示，就能加深对书中内容的理解，达到事半功倍的学习效果。

本书的配套光盘一共提供了 5 个 RAID 数据恢复经典案例的 AVI 视频文件，读者可以与本书的部分章节配合使用，内容包括：

- Windows 系统左同步 RAID-5 实例分析；
- Windows 系统成员盘前部有 RAID 信息的 RAID-5 实例分析；
- Linux 系统右异步 RAID-5 实例分析；
- Sun Solaris 系统 RAID-5 实例分析；
- Apple 系统 APM 分区 RAID-0 实例分析。

## 感谢

本书第 1 和第 2 章由汪中夏编写，第 3 和第 4 章由刘伟编写，第 5 和第 6 章由张京生编写。同时，参与本书文字编写工作的还有宋杨、李仁燹、王丽萍老师和研究生赵飞、王田等。

在写作本书的过程中，我们受益于举办数据恢复培训时研究生的提问和练习，以及研究信息安全的同行们的启发与大学教授们某种程度的引导。我们之间的探讨和对话，给本书的写作提供了极大的帮助。

为此，本书将献给国内所有热爱数据恢复技术，以及不求回报无私奉献自己的时间和精力，始终奋战在数据恢复技术研究第一线的朋友们。

## 联系我们

由于笔者水平有限，编写时间仓促，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。本书提供了一个专门与作者联系的邮箱 wangzxoi@163.com，欢迎读者随时与我们联系。

编者

2010 年 5 月

# 目 录

第 1 章 RAID 技术详解	1
1.1 什么是 RAID	1
1.1.1 RAID 基础知识	1
1.1.2 RAID 能解决什么问题	1
1.1.3 RAID 级别简介	2
1.1.4 如何实现 RAID	3
1.1.5 RAID 专业术语详解	7
1.2 RAID-0 技术详解	10
1.2.1 RAID-0 数据组织原理	10
1.2.2 RAID-0 故障原因分析	11
1.2.3 RAID-0 数据恢复思路	11
1.3 RAID-1 技术详解	12
1.3.1 RAID-1 数据组织原理	12
1.3.2 RAID-1 故障原因分析	13
1.3.3 RAID-1 数据恢复思路	14
1.4 RAID-10 技术详解	14
1.4.1 RAID-10 数据组织原理	15
1.4.2 RAID-10 故障原因分析	15
1.4.3 RAID-10 数据恢复思路	16
1.5 RAID-1E 技术详解	17
1.5.1 RAID-1E 数据组织原理	17
1.5.2 RAID-1E 故障原因分析	18
1.5.3 RAID-1E 数据恢复思路	19
1.6 RAID-2、RAID-3、RAID-4 技术详解	20
1.6.1 RAID-2 数据组织原理	20
1.6.2 RAID-3 数据组织原理	20
1.6.3 RAID-4 数据组织原理	21
1.7 RAID-5 技术详解	21
1.7.1 RAID-5 数据组织原理	22
1.7.2 RAID-5 的常规左异步结构	23
1.7.3 RAID-5 的非常规左异步结构	24
1.7.4 RAID-5 的常规左同步结构	24



1.7.5	RAID-5 的非常规左同步结构	25
1.7.6	RAID-5 的常规右异步结构	26
1.7.7	RAID-5 的非常规右异步结构	26
1.7.8	RAID-5 的常规右同步结构	27
1.7.9	RAID-5 的非常规右同步结构	28
1.7.10	RAID-5 故障原因分析	28
1.7.11	RAID-5 数据恢复思路	29
1.8	RAID-5E、RAID-5EE 技术详解	30
1.8.1	RAID-5E 数据组织原理	30
1.8.2	RAID-5EE 数据组织原理	31
1.8.3	RAID-5EE 故障原因分析	32
1.8.4	RAID-5EE 数据恢复思路	32
1.9	HP 双循环技术详解	33
1.9.1	HP 双循环数据组织原理	33
1.9.2	HP 双循环故障原因分析	34
1.9.3	HP 双循环数据恢复思路	35
1.10	RAID-6 技术详解	35
1.10.1	P+Q 双校验 RAID-6 数据组织原理	36
1.10.2	NetApp 双异或 RAID-6 数据组织原理	37
1.10.3	X-Code 编码 RAID-6 数据组织原理	42
1.10.4	ZZS 编码 RAID-6 数据组织原理	43
1.10.5	Park 编码 RAID-6 数据组织原理	44
1.10.6	RAID-6 故障原因分析	44
1.10.7	RAID-6 数据恢复思路	45
1.11	JBOD 技术详解	46
1.11.1	JBOD 数据组织原理	46
1.11.2	JBOD 故障原因分析	47
1.11.3	JBOD 数据恢复思路	48
<b>第 2 章</b>	<b>RAID 数据恢复前的准备工作</b>	<b>49</b>
2.1	服务器硬盘与数据恢复工作机的连接	49
2.1.1	将 RAID 中的成员盘去 RAID 化	49
2.1.2	服务器专业硬盘介绍	51
2.1.3	多块服务器硬盘与工作机的连接方法	58
2.2	RAID 成员盘的物理故障检测	60
2.2.1	电路板故障	61
2.2.2	磁头组件故障	62
2.2.3	盘片划伤及缺陷扇区	63
2.2.4	固件出错	64

2.3	RAID 成员盘的镜像方法	64
2.3.1	RAID 成员盘镜像的必要性	64
2.3.2	RAID 成员盘没有坏扇区的镜像方法	65
2.3.3	RAID 成员盘有坏扇区的镜像方法	67
2.4	判断 RAID 数据的新鲜度	79
2.4.1	判断 RAID 数据新鲜度的必要性及方法	79
2.4.2	挑出不新鲜的 RAID 成员盘	81
2.5	RAID 数据恢复软件介绍	82
2.5.1	WinHex	83
2.5.2	Raid Reconstructor	85
2.5.3	R-studio	88
2.5.4	FileScav	90
2.5.5	UFS Explorer	92
2.5.6	Getway Raid Recovery	94
<b>第 3 章</b>	<b>基于 Windows 系统的 RAID 数据恢复</b>	<b>96</b>
3.1	基于 Windows 系统的分区知识储备	96
3.1.1	MBR 磁盘分区	96
3.1.2	动态磁盘分区	116
3.1.3	GPT 磁盘分区	150
3.2	基于 Windows 系统的文件系统知识储备	163
3.2.1	NTFS 文件系统介绍	164
3.2.2	NTFS 文件系统结构布局	165
3.2.3	NTFS 文件系统的元文件分析	167
3.2.4	NTFS 文件系统的文件记录分析	173
3.2.5	NTFS 文件系统的属性分析	177
3.3	Windows 系统分区及文件系统知识的应用	189
3.3.1	分区结构在 RAID 分析中的作用	189
3.3.2	\$BOOT 文件在 RAID 分析中的作用	193
3.3.3	\$MFT 文件在 RAID 分析中的作用	196
3.3.4	0x10 属性在 RAID 分析中的作用	198
3.3.5	0x30 属性在 RAID 分析中的作用	198
3.3.6	0x80 属性在 RAID 分析中的作用	199
3.4	基于 Windows 系统的 RAID 结构判断方法	199
3.4.1	RAID 条带大小的判断	200
3.4.2	RAID 成员盘的盘序判断	202
3.4.3	RAID 校验方向的判断	203
3.4.4	RAID 数据同步与异步的判断	205
3.5	Windows 系统下各种 RAID 数据恢复实例分析	207

3.5.1	实例 3-1: 常规 RAID-0 的实例分析	207
3.5.2	实例 3-2: 成员盘前部有 RAID 信息的 RAID-0 实例分析	217
3.5.3	实例 3-3: 成员盘中部有 RAID 信息的 RAID-0 实例分析	224
3.5.4	实例 3-4: 常规 RAID-1 的实例分析	244
3.5.5	实例 3-5: 成员盘前部有 RAID 信息的 RAID-1 实例分析	245
3.5.6	实例 3-6: RAID-1E 实例分析	248
3.5.7	实例 3-7: 左异步 RAID-5 实例分析	252
3.5.8	实例 3-8: 左同步 RAID-5 实例分析	263
3.5.9	实例 3-9: 右异步 RAID-5 实例分析	270
3.5.10	实例 3-10: 右同步 RAID-5 实例分析 (每扇区 2048 字节)	283
3.5.11	实例 3-11: 成员盘前部有 RAID 信息的 RAID-5 实例分析	303
3.5.12	实例 3-12: 成员盘中部有 RAID 信息的 RAID-5 实例分析	317
3.5.13	实例 3-13: 有热备盘的 RAID-5 实例分析	333
3.5.14	实例 3-14: 有不新鲜数据的 RAID-5 实例分析	348
3.5.15	实例 3-15: 有缺盘的 RAID-5 实例分析	362
3.5.16	实例 3-16: RAID-5EE 实例分析	373
3.5.17	实例 3-17: HP 双循环实例分析	381
3.5.18	实例 3-18: HP ADG RAID-6 实例分析	386
<b>第 4 章 基于 Linux 系统的 RAID 数据恢复</b>		<b>394</b>
4.1	基于 Linux 系统的分区知识储备	394
4.1.1	MBR 磁盘分区	394
4.1.2	GPT 磁盘分区	402
4.2	基于 Linux 系统的文件系统知识储备	404
4.2.1	Ext3 文件系统介绍	405
4.2.2	Ext3 文件系统结构布局	405
4.2.3	Ext3 文件系统的超级块分析	406
4.2.4	Ext3 文件系统的块组描述符分析	413
4.2.5	Ext3 文件系统的位图分析	414
4.2.6	Ext3 文件系统的 i-节点分析	415
4.2.7	Ext3 文件系统的目录项分析	420
4.3	Linux 系统分区及文件系统知识的应用	422
4.3.1	分区结构在 RAID 分析中的作用	422
4.3.2	超级块在 RAID 分析中的作用	424
4.3.3	块组描述符在 RAID 分析中的作用	426
4.3.4	位图在 RAID 分析中的作用	427
4.3.5	i-节点在 RAID 分析中的作用	429
4.3.6	目录项在 RAID 分析中的作用	432
4.4	基于 Linux 系统的 RAID 结构判断方法	433

4.4.1	RAID 条带大小的判断	433
4.4.2	RAID 成员盘的盘序判断	434
4.4.3	RAID 校验方向的判断	434
4.4.4	RAID 数据同步与异步的判断	434
4.5	Linux 系统下各种 RAID 数据恢复实例分析	435
4.5.1	实例 4-1: RAID-0 的实例分析	435
4.5.2	实例 4-2: 前部有 RAID 信息的左异步 RAID-5 实例分析	439
4.5.3	实例 4-3: 有热备盘的左同步 RAID-5 实例分析	454
4.5.4	实例 4-4: 右异步 RAID-5 实例分析	472
<b>第 5 章</b>	<b>基于 UNIX 系统的 RAID 数据恢复</b>	<b>488</b>
5.1	基于 UNIX 系统的分区知识储备	488
5.1.1	Solaris 分区	488
5.1.2	BSD 分区	496
5.2	基于 UNIX 系统的文件系统知识储备	501
5.2.1	UFS 文件系统介绍	501
5.2.2	UFS 文件系统结构布局	501
5.2.3	UFS 文件系统的超级块分析	502
5.2.4	UFS 文件系统的柱面组概要分析	507
5.2.5	UFS 文件系统的柱面组描述符分析	508
5.2.6	UFS 文件系统的位图分析	510
5.2.7	UFS 文件系统的 i-节点分析	511
5.2.8	UFS 文件系统的目录项分析	514
5.3	UNIX 系统分区及文件系统知识的应用	516
5.3.1	分区结构在 RAID 分析中的作用	516
5.3.2	超级块在 RAID 分析中的作用	517
5.3.3	柱面组描述符在 RAID 分析中的作用	519
5.3.4	位图在 RAID 分析中的作用	520
5.3.5	i-节点在 RAID 分析中的作用	522
5.3.6	目录项在 RAID 分析中的作用	525
5.4	基于 UNIX 系统的 RAID 结构判断方法	526
5.4.1	RAID 条带大小的判断	526
5.4.2	RAID 成员盘的盘序判断	527
5.4.3	RAID 校验方向的判断	527
5.4.4	RAID 数据同步与异步的判断	527
5.5	UNIX 系统下各种 RAID 数据恢复实例分析	528
5.5.1	实例 5-1: Sun Solaris 系统 RAID-0 实例分析	528
5.5.2	实例 5-2: Sun Solaris 系统 RAID-5 实例分析	535
5.5.3	实例 5-3: Free BSD 系统 NAS RAID-5 实例分析	550

<b>第 6 章 基于 Apple 系统的 RAID 数据恢复</b> .....	573
6.1 基于 Apple 系统的分区知识储备 .....	573
6.1.1 APM 分区 .....	573
6.1.2 GPT 分区 .....	580
6.2 基于 Apple 系统的文件系统知识储备 .....	583
6.2.1 HFS+文件系统介绍 .....	583
6.2.2 HFS+文件系统结构布局 .....	584
6.2.3 HFS+文件系统的卷头分析 .....	585
6.2.4 HFS+文件系统的节点分析 .....	592
6.2.5 HFS+文件系统的编录文件分析 .....	600
6.3 Apple 系统分区及文件系统知识的应用 .....	608
6.3.1 驱动程序描述符在 RAID 分析中的作用 .....	608
6.3.2 分区结构在 RAID 分析中的作用 .....	610
6.3.3 卷头在 RAID 分析中的作用 .....	613
6.3.4 编录文件在 RAID 分析中的作用 .....	614
6.4 基于 Apple 系统的 RAID 结构判断方法 .....	617
6.4.1 RAID 条带大小的判断 .....	617
6.4.2 RAID 成员盘的盘序判断 .....	617
6.4.3 RAID 校验方向的判断 .....	618
6.4.4 RAID 数据同步与异步的判断 .....	618
6.5 Apple 系统下各种 RAID 数据恢复实例分析 .....	618
6.5.1 实例 6-1: APM 分区 RAID-0 实例分析 .....	618
6.5.2 实例 6-2: GPT 分区 RAID-5 实例分析 .....	627
6.5.3 实例 6-3: 条带大小为 1 扇区的 RAID-5 实例分析 .....	646
<b>参考文献</b> .....	655

# 第 1 章 RAID 技术详解

自从计算机问世以来，存储技术就伴随着计算机的发展而飞速发展，但从重要性和影响力方面来说，没有哪项存储技术的发明能够与 RAID 相提并论，RAID 技术理念引发了数据存储的重大变革，也成为现在虚拟化存储技术的基石。

RAID 技术有各种级别之分，包括 RAID-0、RAID-1、RAID-10、RAID-1E、RAID-2、RAID-3、RAID-4、RAID-5、RAID-5E、RAID-5EE、RAID 双循环、RAID-6、JBOD 等，本章将详细讲解各个级别 RAID 的数据组织原理、故障原因分析及其数据恢复思路。

## 1.1 什么是 RAID

这一节首先对 RAID 做一个基本介绍，包括 RAID 的概念、RAID 的作用、RAID 级别的分类、软 RAID 和硬 RAID 的组建方法，同时还会对 RAID 中常用的一些专业术语进行讲解。

### 1.1.1 RAID 基础知识

RAID 最初是 1987 年在加利福尼亚大学进行的一个科研项目，后来由伯克利分校的 D.A. Patterson 教授在 1988 年正式提出。

RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)，直译为“廉价冗余磁盘阵列”，最初是为了组合多块小容量的廉价磁盘来代替大容量的昂贵磁盘，同时希望在磁盘失效时不会对数据造成影响而开发出的一种磁盘存储技术。

后来随着硬盘研发技术的不断提升，硬盘的容量越来越大，成本却在不断下降，所以 RAID 中 Inexpensive (廉价) 一词已经失去意义，于是将这个词用 Independent (独立) 来替代，RAID 就成了“独立冗余磁盘阵列”，也简称为“磁盘阵列”，但这只是名称的变化，实质性的内容并没有改变。

### 1.1.2 RAID 能解决什么问题

通俗地说，RAID 就是通过将多个磁盘按照一定的形式和方案组织起来，通过这样的形式能够获取比单个硬盘更高的速度、更好的稳定性、更大的存储能力的存储解决方案，用户不必关心磁盘阵列究竟由多少块硬盘组成，使用中整个阵列就如同一块硬盘一样。所以，RAID 技术能够为计算机系统提供以下三个方面的优异性能：



## 1. 提供更大的存储空间

目前容量为 2TB 的硬盘已经在市场上销售, 2TB 的存储空间对于个人用户来说已经很大了, 但对于企业用户来说, 还远远不够, 那么使用 RAID 技术, 就可以把多块硬盘组成一个更大的存储空间供用户使用。比如, 利用 RAID-0 技术把 5 块 2TB 的硬盘组织起来, 能够提供 10TB 的存储空间。

## 2. 提供更快的传输速度

从计算机问世以来的这几十年间, CPU 的处理速度以几何数量级迅猛增长, 著名的摩尔定律告诉我们, CPU 的性能每隔 18 个月就会提高一倍, 可见其速度增长之快。然而, 硬盘作为计算机中最重要的存储设备, 在容量飞速增长的同时, 速度却提高缓慢, 已经成为计算机速度发展的瓶颈。

如果采用 RAID 技术, 可以让很多硬盘同时传输数据, 而这些硬盘在逻辑上又表现为一块硬盘, 所以使用 RAID 可以达到单个硬盘几倍, 甚至几十倍的速率。

也就是说, RAID 技术可以通过在多个硬盘上同时存储和读取数据的方式来大幅提高存储系统的数据吞吐量。

## 3. 提供更高的安全性

RAID 可以通过数据校验提供容错功能, 在很多 RAID 模式中都有较为完备的冗余措施, 甚至是直接相互的镜像备份, 从而大大提高了 RAID 系统的容错性, 让系统的稳定性更好、安全性更高。

### 1.1.3 RAID 级别简介

RAID 技术针对不同的应用需求而使用不同的技术类别, 这些类别被称为 RAID 级别, 每一种级别代表一种技术。目前业界公认的标准是 RAID-0 级、RAID-1 级、RAID-2 级、RAID-3 级、RAID-4 级、RAID-5 级, 这些不同的级别并不代表技术的高低, 也就是说, RAID-5 并不高于 RAID-0, RAID-1 也不低于 RAID-4, 至于该选择哪一种 RAID 级别的产品, 需要根据用户的操作环境和应用需求而定, 与级别的高低没有必然的关系。

在上面提到的 RAID-0~RAID-5 这 6 个级别之间, 还可以互相组合出新的 RAID 形式, 如 RAID-0 与 RAID-1 组合成为 RAID-10; RAID-0 与 RAID-5 组合成为 RAID-50 等。

除了 RAID-0~RAID-5 这 6 个级别以及它们之间的组合以外, 目前很多服务器和存储厂商还发布了很多非标准 RAID, 例如, IBM 公司研发的 RAID-1E、RAID-5E、RAID-5EE; 康柏公司研发的双循环 RAID-5, 因康柏公司已被惠普公司收购, 所以这种 RAID 级别也被称为惠普双循环。

近几年很多厂商又推出一种新的 RAID 级别, 即 RAID-6, 因为 RAID-6 也不是标准 RAID, 所以厂商各有各的标准, 其中包括 Intel 公司的 P+Q 双校验 RAID-6、惠普公司的 RAID-ADG、NetApp 公司的双异或 RAID-6 (也称为 RAID-DP), 另外还有 X-Code 编码 RAID-6、ZZS 编码 RAID-6、Park 编码 RAID-6、EVENODD 编码 RAID-6 等。

从上面的介绍可以看出, RAID-6 确实有太多的标准, 但除了 P+Q 双校验 RAID-6 以

外，其他形式的 RAID-6 都应该看作是“准 RAID6”。

另外，有些 RAID 控制器厂商还支持一种叫做 JBOD 的结构，严格地说这种结构不能算作 RAID，仅仅是把多块硬盘捆绑起来使用。

对于上文提到的各种级别的 RAID 形式，1.1.4 节将详细讲述。

### 1.1.4 如何实现 RAID

前文介绍了 RAID 的基础知识和级别，那么 RAID 是如何构建出来的呢？有两种方法可以实现 RAID，一种是使用 RAID 控制器组建 RAID，称为硬 RAID；另外一种是直接用程序创建 RAID，称为软 RAID，下面分别介绍。

#### 1. 硬 RAID 创建方法

硬 RAID 需要 RAID 控制器才能实现，RAID 控制器也称为 RAID 卡。在前些年 RAID 卡的价格是很高昂的，并且只能支持 SCSI 接口的硬盘，往往只在高档服务器上才能使用。近来随着技术的发展和产品成本的不断下降，IDE 硬盘和 SATA 硬盘的性能都有了很大提升，加之 RAID 芯片的普及，使得 RAID 技术也应用到了 IDE 硬盘和 SATA 硬盘上。

图 1-1 是一个 4 通道的 IDE-RAID 卡，可连接 8 块 IDE 硬盘。

图 1-2 是一个 4 通道的 SATA-RAID 卡，可连接 4 块 SATA 硬盘。

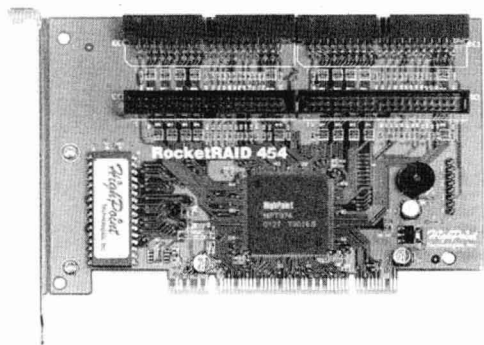


图 1-1 4 通道的 IDE-RAID 卡

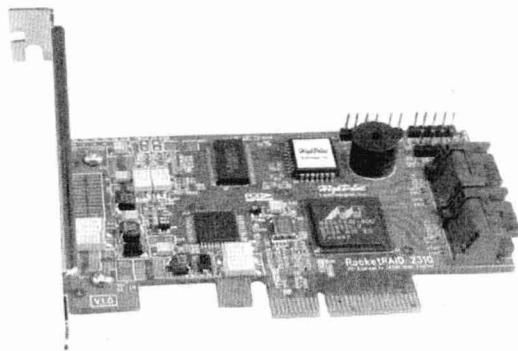


图 1-2 4 通道的 SATA-RAID 卡

随着 SAS 硬盘的普及，其优越的性能使 SAS 硬盘逐渐替代了专业的 SCSI 硬盘，成为服务器的主流硬盘，图 1-3 是一个 4 通道的 SAS-RAID 卡，它也可以向下兼容 SATA 硬盘。

有了 RAID 卡，把 RAID 卡插到计算机主板上，再连接几块硬盘，就可以配置 RAID 了，下面演示一下这个过程。

首先启动计算机并进入 RAID 配置界面，如图 1-4 所示。

选择 Configure 下的 New Configuration，开

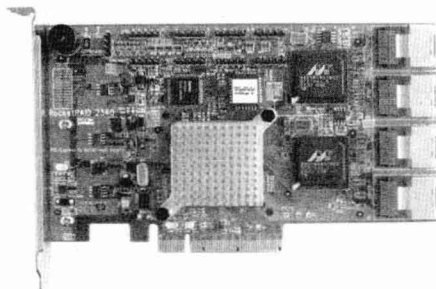


图 1-3 4 通道的 SAS-RAID 卡

始一个新的配置。如果原先已经配置过 RAID，新的配置将会破坏原有配置，所以系统会询问是否继续，如图 1-5 所示。

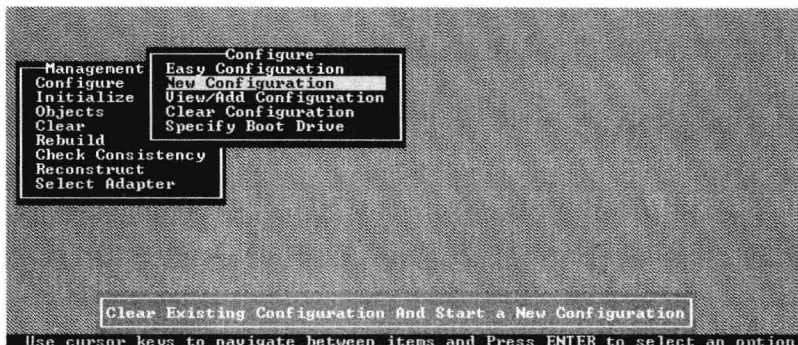


图 1-4 RAID 配置界面

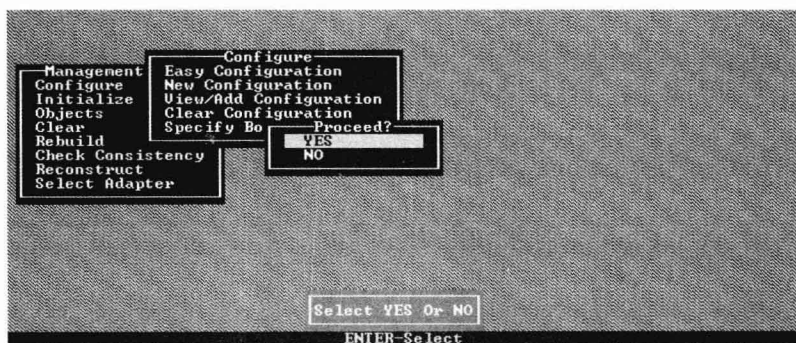


图 1-5 询问是否继续

选择 Yes 继续进行，然后进入通道的选择，该 RAID 卡支持双通道，选“通道-0”，并把该通道的四块硬盘加入进来，如图 1-6 所示。

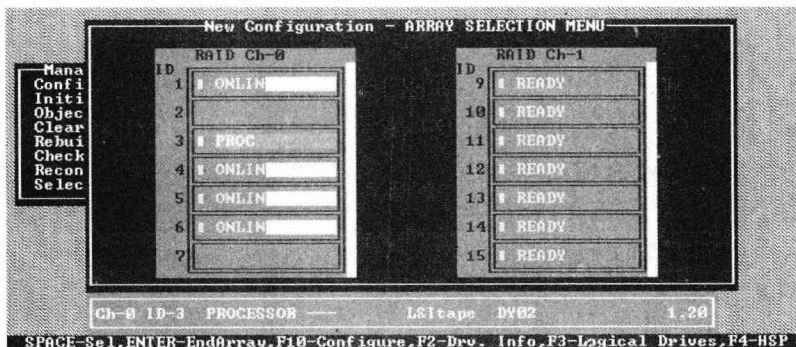


图 1-6 将四块硬盘加入通道-0

选中通道和硬盘后，按 F10 键进行配置，将这四块盘配置为 RAID-5 的类型，如图 1-7 所示。