

高等学校“十二五”规划教材

大型数据库系统Oracle与实训

DAXING SHUJUKU XITONG Oracle YU SHIXUN

刘 波 主编
凌广明 黄青云 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校“十二五”规划教材

大型数据库系统 Oracle 与实训

刘 波 主 编

凌广明 黄青云 副主编

内 容 简 介

本书通过丰富、实用的例子介绍基于 Linux 平台下的 Oracle 数据库体系结构和开发的基础知识。本书共包括 9 章, 内容涉及与 Oracle 数据库相关的 Linux 命令和 SQL*PLUS 的基本操作; Oracle 的启动及相关参数文件; Oracle 的锁机制; 并发与多版本控制; Oracle 的事务以及 Oracle 的 redo 和 undo 日志; 数据库表和索引。为了适合教学需要, 除第 0 章外其余各章均设计了习题, 并配有电子课件。对于需要学生反复操作的重要知识, 本书配有相应的视频, 以供读者观看。

本书适合作为高等院校计算机相关专业教材, 也可作为 Oracle 数据库初学者和中级数据库管理与开发人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

大型数据库系统 Oracle 与实训 / 刘波主编. — 北京:
中国铁道出版社, 2015.2

高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-18439-1

I. ①大… II. ①刘… III. ①关系数据库系统—高等学校—
教材 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 091502 号

书 名: 大型数据库系统 Oracle 与实训

作 者: 刘 波 主编

策 划: 祁 云

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 祁 云 何 佳

封面设计: 刘 颖

封面制作: 白 雪

责任校对: 汤淑梅

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

版 次: 2015 年 2 月第 1 版

2015 年 2 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 17.5 字数: 443 千

印 数: 1~2 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-18439-1

定 价: 36.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材图书营销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 51873659

前言

FOREWORD

Oracle 数据库系统是美国 Oracle (甲骨文) 公司提供的大型关系型数据库软件产品。Oracle 公司是仅次于 Microsoft (微软) 公司的世界第二大软件公司。Oracle 数据库以其高效性、稳定性而著称, 拥有很多中、高端企业和政府客户。2011 年占全球数据库市场份额的 48%。

本书以 Linux 操作系统作为平台, 基于 Oracle 10g 版本, 由浅入深地介绍 Oracle 数据库的客户端工具 SQL*PLUS 的使用方法和与 Oracle 数据库相关的 Linux 命令; Oracle 的启动及相关参数文件; Oracle 的锁机制; 并发与多版本控制; Oracle 的事务以及 Oracle 的 redo 和 undo 日志; 数据库表和索引。

本书通过简单易懂的例子, 深入浅出地讨论 Oracle 的核心结构和 Oracle 的重要功能, 在讨论 Oracle 结构的同时, 所用的例子全部用 PL/SQL 实现, 通过触发器、存储过程、视图来展示 Oracle 的架构和特性。全书理论与实践相结合, 包含大量应用实例, 强调通过实际应用来了解和掌握 Oracle 数据库的体系结构。

本书是在作者多年的 Oracle 数据库教学和开发经验的基础上编写而成, 是一本面向应用型人才培养的教材, 具有较强的实用性。全书简明易懂, 篇幅适当, 重点突出, 在内容编排上注重与相关课程的衔接, 适应课程改革和学时调整的需要, 注重培养学生动手能力和解决实际问题能力。

本书由重庆工商大学计算机科学与信息工程学院的刘波任主编, 由凌广明、黄青云任副主编, 其中, 第 0 章和第 1 章由河南大学软件学院凌广明老师编写, 第 2 章以及附录由江西农业大学计算机与信息工程学院黄青云老师编写。第 3、4、5、6、7、8 章由刘波编写。本书的编写得到重庆市教委教改项目“构建校企合作平台, 地方高校计算机本科应用型创新人才培养模式的探索与实践”(项目号: 133019), 重庆工商大学教改项目“就业导向的大型数据库及 Oracle 实训教学改革研究”(项目号: 130234), 重庆工商大学自编教材项目, 河南大学校级教改项目“Oracle 数据库精品课程建设的探索与实践”(项目号: HDXJJG 2013-16), 重庆工商大学教改项目“Web 开发技术”课程系统化设计的研究与实践(项目号: 130308)资助。同时, 也感谢重庆工商大学计算机科学与信

息工程学院 2011 级软件 1、2 班的同学以及 2012 级经信班的同学，尤其是王文斌、张栋凯、杨爽三位同学对本书提出的宝贵修改意见。

本书共分 9 章，各章学时分配如下：

教 学 内 容	学 时 安 排
第 0 章 Oracle 数据库概述	1 学时
第 1 章 Oracle 数据库的运行环境及相关工具	2 学时，本章内容配有视频，若学时不够，可让学生通过视频自学
第 2 章 Oracle 数据库的体系结构	6 学时，其中带“*”的节可以根据实际情况选学
第 3 章 Oracle 数据库的锁机制	6 学时，其中带“*”的节可以根据实际情况选学
第 4 章 并发与多版本控制	6 学时
第 5 章 事务的原子性	3 学时，其中带“*”的节可以根据实际情况选学
第 6 章 redo 操作与 undo 操作	6 学时，其中带“*”的节可以根据实际情况选学
第 7 章 Oracle 数据库的表	6 学时，其中带“*”的节可以根据实际情况选学
第 8 章 查询优化与索引	9 学时，其中带“*”的节可以根据实际情况选学

在编写本书的过程中，参考了大量的相关技术资料，书中全部程序都已经上机调试通过。由于作者水平有限，书中难免有不足和疏漏之处，敬请同行和读者不吝赐教，以便及时修订。

编 者
2014 年 12 月

第 0 章	Oracle 数据库概述	1
0.1	Oracle 数据库简介	1
0.2	Oracle 数据库的发展史	2
0.3	Oracle 数据库的特点	4
0.3.1	真正应用集群	4
0.3.2	自动存储管理	6
0.3.3	数据库运行中的自我管理	6
0.3.4	其他新特性	8
0.4	常见的大型关系数据库产品	8
小结	.....	10
第 1 章	Oracle 数据库的运行环境及相关工具	11
1.1	操作 Oracle 数据库相关的 Linux 命令	11
1.1.1	与 Oracle 数据库相关的文件操作命令	12
1.1.2	查看文件内容命令	15
1.1.3	查找文件命令	17
1.1.4	su 命令	18
1.1.5	ps 命令	19
1.1.6	查看帮助文件命令	20
1.1.7	与 Oracle 数据库相关的 shell 环境变量	21
1.2	ed 编辑器和 vi 编辑器介绍	24
1.2.1	ed 编辑器介绍	24
1.2.2	vi 编辑器介绍	31
1.3	SQL * PLUS 介绍	37
1.3.1	SQL*PLUS 的作用	38
1.3.2	启动和退出 SQL*PLUS	38
1.3.3	在 SQL*PLUS 中执行 SQL 语句	40
1.3.4	SQL*PLUS 的缓冲区操作	41
1.3.5	SQL*PLUS 的变量	44
1.3.6	spool 命令	44
1.3.7	SQL*PLUS 的其他常用命令	45
小结	.....	46
习题	.....	47
第 2 章	Oracle 数据库的体系结构	48
2.1	Oracle 的启动与关闭	48
2.1.1	Oracle 数据库的启动	49
2.1.2	Oracle 数据库的关闭	67
2.1.3	Oracle 数据库启动与关闭小结	68
2.2	Oracle 数据库的存储层次	69
2.2.1	表空间	69

2.2.2	段	70
2.2.3	区段	71
2.2.4	数据块	74
2.2.5	存储层次小结	75
2.3	Oracle 数据库的访问	75
2.3.1	配置客户端文件	76
2.3.2	静态监听器注册	77
*2.3.3	动态注册监听器	78
*2.3.4	tnsping 命令的使用	79
小结	.....	81
习题	.....	81
第 3 章	Oracle 数据库的锁机制	83
3.1	Oracle 数据库锁的类型	83
3.1.1	DML 锁	84
3.1.2	DDL 锁	90
*3.1.3	门	94
3.2	用户定义锁	98
3.2.1	用手动方式锁定一条 SQL 语句的数据	98
*3.2.2	通过 dbms_lock 包创建自己的锁	100
3.3	Oracle 数据库的阻塞与死锁	102
3.3.1	insert 语句引起的阻塞	102
3.3.2	死锁	104
*3.4	丢失更新	105
3.4.1	丢失更新产生的原因	105
3.4.2	悲观锁定的方法解决丢失更新	105
3.4.3	乐观锁定的方法解决丢失更新	106
小结	.....	110
习题	.....	111
第 4 章	并发与多版本控制	113
4.1	并发控制	114
4.2	事务隔离级别	114
4.2.1	READ UNCOMMITTED 隔离级别	116
4.2.2	READ COMMITTED 隔离级别	117
4.2.3	REPEATABLE READ 隔离级别	121
4.2.4	SERIALIZABLE 隔离级别	122
4.2.5	READ ONLY 隔离级别	125
4.3	多版本并发控制的缺点	126
4.3.1	查询中会出现过多的 I/O 操作	126
4.3.2	写一致问题	128
小结	.....	135
习题	.....	136

第 5 章 事务的原子性	142
5.1 事务的概念及相关控制语句	143
5.1.1 commit 语句	143
5.1.2 rollback 语句与 savepoint 语句	146
5.2 原子性	147
5.2.1 语句级原子性	147
5.2.2 过程级原子性	150
5.2.3 DDL 的原子性	153
5.3 事务与完整性约束的关系	153
5.3.1 immediate 约束	153
*5.3.2 事务与延迟约束	154
*5.4 自治事务	155
5.4.1 自治事务工作原理	156
5.4.2 何时使用自治事务	157
小结	158
习题	158
第 6 章 redo 操作与 undo 操作	160
6.1 什么是 redo 操作	161
6.2 什么是 undo 操作	162
6.3 Oracle 的实例恢复与介质恢复	164
6.3.1 实例恢复	164
6.3.2 介质恢复	166
6.4 提交和回滚处理	167
6.4.1 提示操作做了什么	167
6.4.2 回滚操作做了什么	169
*6.5 分析 redo 日志产生的原理	171
6.5.1 查看和修改数据库的日志模式	171
6.5.2 测量生成的 redo 日志	172
6.5.3 减少 redo 日志的方法	173
6.5.4 块清除	175
*6.6 分析 undo 信息	178
6.6.1 DML 产生的 undo 信息	178
6.6.2 Oracle 的闪回功能	180
小结	185
习题	185
第 7 章 Oracle 数据库的表	187
7.1 Oracle 数据库的表类型	188
7.2 Oracle 数据库的段及管理方式	188
7.2.1 段	188
7.2.2 段空间管理	190
7.2.3 高水位线	190
7.2.4 空闲列表	192
7.2.5 pctfree 参数和 pctused 参数	196

7.2.6	initrans 参数与 maxtrans 参数	198
7.3	堆组织表	198
7.4	索引组织表	200
7.5	索引聚簇表	209
7.5.1	创建聚簇	210
7.5.2	聚簇索引	211
7.5.3	聚簇中数据的存储	212
7.5.4	索引聚簇表小结	214
*7.6	临时表	214
7.6.1	事务级临时表	215
7.6.2	会话级临时表	216
7.6.3	测试临时表生成的 redo 数据	216
小结	.....	218
习题	.....	218
第 8 章	查询优化与索引	221
8.1	Oracle 的查询优化器	222
8.1.1	基于规则的优化器	222
8.1.2	基于代价的优化器	224
8.1.3	查询计划	226
8.2	B*树索引	227
8.2.1	索引键压缩	230
8.2.2	反向键索引	231
8.2.3	降序索引	233
8.2.4	B*树索引的使用原则	235
8.2.5	B*树索引小结	240
*8.3	位图索引	241
8.3.1	使用位图索引的条件	242
8.3.2	位图连接索引	244
8.3.3	位图索引小结	246
*8.4	函数索引	247
8.4.1	函数索引举例	247
8.4.2	在自定义函数上建立索引	248
8.4.3	在字符类型的列上创建函数索引	250
8.4.4	只对部分行建立索引	251
8.4.5	关于函数索引的 ORA-01743 错误	253
8.4.6	函数索引小结	253
8.5	Oracle 数据库不使用索引的情形	254
小结	.....	258
习题	.....	259
附录 A	.....	261
附录 B	.....	264
附录 C	.....	266
参考文献	.....	270

第0章

Oracle数据库概述

从Oracle的发展史我们看到了什么？

Oracle 数据库是目前最流行的关系数据库管理系统，被越来越多的用户在信息系统管理、企业数据处理、Internet、电子商务网站、政务系统等领域作为应用数据的后台处理系统。本章将介绍 Oracle 数据库的发展史、产品特性、产品结构等。通过学习本章内容，读者可以全面了解 Oracle 数据库及应用。

0.1 Oracle 数据库简介

Oracle 数据库是由 Oracle 公司于 1979 年开发的世界上第一个关系型数据库管理软件，经过 30 多年的发展，Oracle 数据库成为使用最为广泛的关系数据库，被应用于世界各个领域。Oracle 公司也成为世界第二大软件公司。

Oracle 数据库可运行在 PC、工作站、小型机、主机、大规模的并行计算机，以及 PDA 等各种计算设备上，随着越来越多的企业将自己转向电子商务，Oracle 公司具有强大的电子商务能力的解决方案，为企业提供高效率的扩展市场的手段，并提高工作效率和吸引更多的客户。Oracle 公司提供的完整的电子商务产品和服务包括：用于建立和交付基于 Web 的 Internet 平台；综合、全面的商业应用；强大的专业服务，帮助用户实施电子商务战略，以及设计、定制和实施各种电子商务解决方案。

Oracle 公司提供数据库、开发工具、全套企业资源规划（ERP）和客户关系管理（CRM）应用产品、决策支持（OLAP），电子商务应用产品（e-Business），并提供全球化的技术支持、培训和咨询顾问服务。Oracle 应用产品包括财务、供应链、制造、项目管理、人力资源和市场与销售等 70 多个模块，现已被全球多家企业所采用。使用 Oracle 数据库的大型企业很多，如 AT&T、雪铁龙、通用电气等；纯粹的电子商务公司，如亚马逊、eBay 等也在使用 Oracle 数据库。在世界 500 强企业中，有 70% 的企业使用的 Oracle 数据库；世界十大 B2C 公司全都使用 Oracle 数据库，世界十大 B2B 公司，有 9 家使用 Oracle 数据库。

0.2 Oracle 数据库的发展史

很难想象, Oracle 公司的传奇故事要从 IBM 开始。

1970 年 6 月, IBM 公司的研究员 Edgar Frank Codd 博士(他于 1981 年因发明关系数据库而获得图灵奖, 2003 年 8 月去世, 在 Communications of ACM 上发表了著名的《大型共享数据库数据的关系模型》*A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks* 论文。这是数据库发展史上的一个转折点, 在当时还是层次模型和网状模型的数据库产品占主导位置, 从这篇论文开始, 关系型数据库的时代来临了。

虽然早在 1970 年就诞生了关系模型理论, 但市场迟迟不见关系型数据库管理软件的推出。主要原因是关系型数据库速度太慢, 比不上当时的层次型数据库。IBM 虽然 1973 年就启动了 System R 的项目来研究关系型数据库, 但当时 IBM 的 IMS(著名的层次型数据库)市场不错, 如果推出关系型数据库, 牵涉 IBM 很多人的自身利益。

1977 年 6 月, Larry Ellison 与 Bob Miner 和 Ed Oates 在硅谷共同创办了一家名为软件开发实验室(software development laboratories, SDL)的计算机公司(Oracle 公司的前身)。那时, 32 岁的 Larry Ellison 是读了三家大学都没能毕业的辍学生, 还只是一个普通的软件工程师。公司创立之初, Miner 是总裁, Oates 为副总裁, 而 Ellison 还在另一家公司上班。没多久, 公司的第一位员工 Bruce Scott(用过 Oracle 数据库的人都会知道有个 Scott 用户, 没错, 就是这个 Scott, 至于 Scott 用户的密码 Tiger, 那是 Scott 养的猫的名字)加盟进来, 在 Miner 和 Oates 有些厌倦了那种合同式的开发工作后, 他们决定开发通用软件, 不过他们还不知道自己能开发出来什么样的产品。Oates 最先看了 Edgar Frank Codd 那篇著名论文后, 并连同其他几篇相关的文章推荐 Ellison 和 Miner 阅读。Ellison 和 Miner 预见到数据库软件的巨大潜力, 于是, SDL 开始策划构建可商用的关系型数据库管理系统(RDBMS)。

很快他们就做出一个 Demo 级的产品。根据 Ellison 和 Miner 在前一家公司从事的一个由中央情报局投资的项目代码, 他们把这个产品命名为 Oracle。1979 年, SDL 更名为关系软件有限公司(relational software Inc., RSI)。1983 年, 为了突出公司的核心产品, RSI 再次更名为 Oracle。

下面介绍 Oracle 数据库的产品发展历程。

① RSI 在 1979 年的夏季发布了可用于 DEC 公司的 PDP-11 计算机上的商用 Oracle 产品, 该产品有比较完整的 SQL 实现, 其中包括子查询、连接等特性。但这款软件不太稳定, 并缺少事务处理等重要功能。出于市场考虑, 公司宣称这是第 2 版, 但实际上是第 1 版。因为 Ellison 认为潜在的客户更愿意购买第二个版本, 而不是初始版本。正是因为这样, Oracle 公司一直声称提供了第一个 SQL 关系型数据库管理系统。

② 1983 年 3 月, Oracle 公司发布了 Oracle 数据库的第 3 版。该版本增加了 SQL 语句和事务处理的“原子性”, 同时还引入了非阻塞查询(在本书第 4 章会详细介绍该功能), 它使用前项数据来查询和回滚事务, 从而避免使用读锁定(Read Lock)。

Oracle 最先将其软件移植到 DEC VAX 计算机的 VMS 操作系统上。早在 1979 年公司就已经雇了一位 DEC 公司的技术高手 Robot Brandt 进行 VAX 上 Oracle 的开发。开始的时候资金有限, 只能到加州大学伯克利分校去蹭机器进行开发, 后来好一些, 但机器也是借来的。尽管困难重重, Brandt 还是比较成功地完成了移植工作。随着 VAX 小型机的大量销售, Oracle 数据库也成

为 VAX 上最受欢迎的应用。这一点要归功于 Larry Ellison 对市场的先知先觉。如果说,是 IBM 引领 Oracle 公司走上数据库的大船,那么 DEC 公司的 VAX 就是带着他们扬帆出海。短短的几年之后,Oracle 数据库被移植到各种主要平台之上。Oracle 产品也一直因为有可移植性这个关键特性而被那些潜在的客户关注。

③ 1984 年 10 月,Oracle 发布了第 4 版产品。该产品比较稳定。当时数据库市场的霸主是 Ashton-Tate 公司(它是当时全球第三大的独立软件公司),其主要产品是 dBase III。这一年,苹果公司 Macintosh 诞生,Steven Jobs 用这个拳头产品挑战 IBM。同样在这一年中,Oracle 公司把产品移植到 PC 上。

④ 在 1985 年,Oracle 发布了 5.0 版。该版本是首批可在 Client/Server(客户机/服务器)模式下运行的 RDBMS 产品。这意味着在桌面 PC(客户机)上的应用程序能够通过网络访问数据库服务器。1986 年发布的 5.1 版还支持分布式查询,允许通过一次性查询访问存储在多个位置的数据。

在当时,Oracle 数据库的主要竞争对手是 Ingres 数据库。Ingres 在加州大学伯克利分校诞生,主要设计者是当时鼎鼎大名的 Michael Stonebraker 教授。可以说 Ingres 数据库软件是 20 世纪 80 年代技术上最好的数据库,Ingres 市场份额的快速增长已经给 Oracle 造成了很大的压力。

Ingres 使用的是 Stonebraker 发明的 QUEL(query language)查询技术,这与 IBM 的 SQL 大不相同,但在某些地方 QUEL 要优于 SQL。IBM 当时担心 Ingres 会把 QUEL 变成标准后对自己不利,于是决定把自己的 SQL 提交给数据库标准委员会。而 Stonebraker 教授不打算把 QUEL 提交给数据库标准委员会,他认为这样做会扼杀了创新精神。Oracle 公司看到并抓住了这个绝佳的机会,大肆宣布 Oracle 全面与 SQL 兼容,加上 Oracle 当时对 Ingres PC 版本的攻击(弱化对手优势,化解自己弱势是他们最拿手的本领),再加上 Oracle 公司销售上的强势,Ingres 不断丢城失地,等到后来推出支持 SQL 的数据库时,已经晚了。紧跟 IBM 让 Oracle 得以成长、壮大,慢慢立于不败之地。

1986 年 3 月 12 日,Oracle 公司以每股 15 美元公开上市,当日以 20.75 美元收盘,公司市值 2.7 亿美元。3 月 13 日,微软以每股 21 美元的发行价上市,以 28 美元收市,公司市值达到 7 亿美元。

⑤ Oracle 数据库的第 6 版于 1988 年发布。该版本对数据库核心进行了重新改写。引入了行级锁(row-level locking)这个重要的特性,即执行写入的事务处理只锁定受影响的行,而不是整个表。该版本引入了 PL/SQL(procedural language extension to SQL)语言和联机热备份功能,使数据库能够在使用过程中创建联机的备份,这极大地提高了可用性。在这一年,Oracle 公司开始研发 ERP 软件。

由于对软件测试重视的程度不够,在第 6 版刚发布之后,出现很多问题。用户对 Oracle 公司大肆抨击,Oracle 的一些对手也开始针对 Oracle 产品的一些弱点进行攻击。开发人员一面应付愤怒的用户,一面加班加点地对程序进行接连不断的修正,最后,总算得到了一个比较稳定的版本,暂时平息了用户的愤怒。

⑥ 1992 年 6 月发布了 Oracle 数据库的第 7 个版本。该版本增加了许多新的特性:分布式事务处理功能、增强的管理功能、用于应用程序开发的新工具以及安全性方法等。另外,还增加了一些新功能,如存储过程、触发过程和引用完整性等,并使得数据库真正具有可编程能力。该版本在原有基于规则的优化器(RBO)上,引入一种新的优化器:基于代价的优化器(cost-based optimizer, CBO)。CBO 根据数据库自身对象的统计来计算 SQL 语句的执行开销,从而得出具体

的语句执行计划。在以后的几个重大版本中，Oracle 的工程师们逐步对这个优化器进行改进，CBO 逐渐取代了 RBO。

Oracle 数据库的第 7 版取得了巨大的成功。这个版本的出现时机很好，当时 Sybase 公司的数据库已经占据了不少份额，Oracle 借助这一版本的成功，一举击退了咄咄逼人的 Sybase。公司的销售额也从 1992 年的 15 亿美元变为 4 年后的 42 亿美元。

⑦ 1997 年 6 月，Oracle 公司发布第 8 版。该版本支持面向对象的开发及新的多媒体应用，这个版本也为支持 Internet、网络计算等奠定了基础。同时也开始具有处理大量用户和海量数据的特性。

1998 年 9 月，Oracle 公司正式发布 Oracle 8i。“i”代表 Internet，该版本添加了大量为支持 Internet 而设计的特性。这一版本为数据库用户提供了全方位的 Java 支持。Oracle 8i 成为第一个完全整合了本地 Java 运行时环境的数据库，用 Java 即可编写 Oracle 数据库的存储过程。Oracle 8i 极大地提高了伸缩性、扩展性和可用性以满足网络应用需要。接下来的几年中，Oracle 陆续发布了 8i 的几个版本，并逐渐添加了一些面向网络应用的新特性。面对开源运动的蓬勃发展，Oracle 自然不甘落后，1998 年 10 月 Oracle 发布了可用于 Linux 平台的 Oracle 8 以及 Oracle Application Server 4.0，随后不久，Oracle 又发布了 Oracle 8i for Linux。

⑧ 在 2001 年 6 月的 Oracle Open World 大会中，Oracle 公司发布了 Oracle 9i (Oracle 数据库的第 9 个版本)。在 Oracle 9i 的诸多新特性中，最重要的就是 Real Application Clusters (RAC)。RAC 使多个集群计算机能够共享对某个单一数据库的访问，以获得更高的可伸缩性、可用性和经济性。Oracle 9i 的 RAC 在 TPC-C 的基准测试中打破了数项记录，一时间广受业内瞩目。该版本还包含集成的商务智能 (BI) 功能。Oracle 9i 第 2 版还作出了很多重要的改进，使 Oracle 数据库成为一个本地 XML 数据库；此外还包括自动管理、Data Guard 等高可用方面的特性。

⑨ 2003 年 9 月 8 日，旧金山举办的 Oracle World 大会上，Ellison 宣布下一代数据库产品为 Oracle 10g。“g”代表网格 (grid)。这一版的最大特性就是加入了网格计算的功能。网格计算可以把分布在世界各地的计算机连接在一起，并且将各地的计算机资源通过高速的互联网组成充分共享的资源集成。通过合理调度，不同的计算环境被综合利用并共享。Oracle 宣称 10g 可以作为网格计算的基础。

⑩ 2007 年 7 月 11 日，Oracle 公司发布 Oracle 11g。这是 Oracle 公司 30 年来发布的最重要产品。它根据用户需求实现了信息生命周期管理 (information lifecycle management) 等多个创新，大大提高了系统的稳定性和安全性。该版本利用全新的数据压缩技术降低了存储成本，同时还增加了 RFID Tag、DICOM 医学图像、3D 空间等重要数据类型，加强对 XML 的支持和优化。

0.3 Oracle 数据库的特点

本书主要介绍 Oracle 10g 数据库的体系结构和关键技术，因此，下面对 Oracle 10g 的特点进行概述。

0.3.1 真正应用集群

真正应用集群可使 Oracle 数据库跨一组集群服务器运行任何的应用程序，而无须对这些应用程序做任何改动。这提供了最高的可用性和最灵活的可伸缩性。如果集群中的一个服务器发生故障，Oracle 数据库可继续在其余的服务器上运行。当需要更多处理能力时，只需添加服务

器即可，无须让系统暂停。

Oracle 数据库 10g 提供了 Oracle 集群件，它是专门针对 Oracle 数据库而设计的可移植集群解决方案，可用于监管真正应用集群数据库，当集群中的一个结点启动时，所有实例、监听程序和服务都将自动启动。如果一个实例出现故障，集群件将自动重启该实例，这样通常可在管理员发现前恢复该服务。Oracle 数据库 10g 的真正应用集群（为了叙述方便，简称为 RAC）的特性如下：

① 高可用性：RAC 提供了实现数据中心高可用性的基础架构。它是 Oracle 数据库高可用性体系结构不可或缺的一部分，提供了构建高可用性数据管理解决方案的最佳实践。它针对高可用性解决方案的主要特性提供了保护功能。

② 可靠性：Oracle 数据库以其稳定性著称，而 RAC 将这一特性发扬光大，它能以单点故障方式移除服务器。如果一个实例出现故障，集群中的其他实例将仍然保持运行和活动状态。

③ 恢复能力：Oracle 数据库包含许多有助于从各类故障中轻松恢复的功能。如果 RAC 中的一个实例出现故障，集群中的另外一个实例将检测到这一故障，并自动进行故障恢复。利用快速应用程序通知，快速连接故障转移和透明应用程序故障切换这三个功能，应用程序可很方便地掩藏组件故障，不会影响应用程序运行。

④ 错误检测：Oracle 集群件自动监控 RAC 并可对环境中的错误进行快速检测。使用快速应用程序通知功能，应用程序能够在集群组件出现故障时立即得到通知，然后将事务切换至无故障结点，从而掩藏这一故障，让用户无法察觉。

⑤ 持续运行：对于 RAC 来讲，如果一个结点（或实例）出现故障，数据库将仍然保持运行状态，应用程序仍可访问数据。大多数数据库维护操作可在不中断运行的情况下完成，并且对用户透明。其他维护任务可通过滚动方式完成，这可将应用程序中断时间降至最少，或完全消除。快速应用程序通知和快速连接故障切换可帮助应用程序达到服务水平和掩藏组件故障。

⑥ 可伸缩性：RAC 提供了独一无二的应用程序伸缩技术。当服务器容量不足时，测评常会使用新服务器来增容。但购买新服务器会投入更多资金。而对于 RAC 环境的数据库，可选择其他方法进行增容。例如，原先运行于大型 SMP 服务器上的应用程序可移植到小型服务器集群中运行。这样可选择保留现有硬件的投资，在集群中加入新服务器（或创建一个集群）来增加容量。通过 Oracle 集群件和 RAC 向集群中添加服务器时并不需要停机，且在启动新实例后，应用程序即可立即利用新增资源。客户可以根据自己的需要选择集群，可以由每台服务器含 2 个 CPU 的普通服务器组成的集群，也可以是含 32 或 64 个 CPU 的服务器集群。

RAC 可自动适应快速变化的业务要求和由此带来的负载变化。Oracle 数据库可在集群中的多个结点中自动进行负载均衡。在不同结点上的 RAC 实例订阅所有或部分数据库服务，这样数据库管理员（database administrator, DBA）就可灵活地选择某个连接到特定数据库服务是否可以连接到某个或所有数据库结点。当应用需求上升时，DBA 可很方便地增添处理能力。RAC 的缓存融合体系结构可立刻使用新结点的 CPU 和内存资源，DBA 不需要手动对数据进行重新分区。

在 Oracle 数据库中分配负载的另一个方法是通过 Oracle 数据库的并行执行特性。并行执行（如并行查询）在多个进程间划分 SQL 语句执行工作。在 RAC 环境中，可在多个实例间均衡分配这些进程。Oracle 提供了基于成本的优化程序，它会制定最佳的执行方案。RAC 也会考虑到结点内和结点间的并行性。

0.3.2 自动存储管理

自动存储管理 (automated storage management, ASM) 是 Oracle 10g 引入的新功能, 主要为了简化数据库的存储管理。自动存储管理可以管理单个服务器, 也可管理集群中的多个结点以便为 RAC 提供支持。为了下面叙述方便, 将自动存储管理简称为 ASM。

ASM 将文件分为多个分配单元 (allocate unit, AU), 并在所有磁盘间平均分配每个文件的 AU。ASM 使用索引来跟踪每个 AU 的位置。当存储容量发生变化时, ASM 不会移动所有数据, 而是根据添加或删除的存储量, 按比例移动一定数量的数据, 以重新平均分配文件, 并保持磁盘间的负载平衡。此操作可在数据库处于运行状态时执行。ASM 还提供了镜像保护, 因此用户不必再购买第三方的“逻辑卷管理器”。ASM 的一个优势在于它是基于文件而不是基于卷。因此, 同一磁盘组中可以包含受镜像保护的文件和不受镜像保护的文件的组合。ASM 支持数据文件、日志文件、控制文件、归档日志、RMAN 备份集以及其他 Oracle 数据库文件类型。对于 ASM, 其主要优点为:

① ASM 在所有可用的资源中分布 I/O 负载, 从而在免除人工 I/O 调节的同时优化性能。ASM 帮助 DBA 管理动态数据库环境, 让 DBA 在无须关闭数据库的情况下, 增加数据库的大小以调节存储分配。

② ASM 通过提供数据的冗余副本来提供容错能力, 用户也可以基于供应商提供的可靠存储机制来建立 ASM 功能。通过为数据类选择所期望的可靠性和性能特性 (而不是按每个文件人工交互) 可以实现数据管理。

③ ASM 功能可以实现人工存储自动化, 提高 DBA 管理大型数据库及更多数据库的能力, 从而可以节省 DBA 的时间并提高效率。

0.3.3 数据库运行中的自我管理

Oracle 数据库 10g 的一个主要目标是: 在数据库运行中建立了可自动处理的解决方案, 可大大简化系统运行的管理任务, 可大幅降低数据库管理员为这些活动所花费的时间。因此, Oracle 数据库 10g 引入了一项高级的自我管理基础架构, 该架构允许数据库了解自身的信息, 并利用此信息调整不同的工作负载或自动纠正任何潜在的问题。这也是 Oracle 数据库 10g 在可管理性方面最让人关注的成就之一。Oracle 数据库 10g 提供了一个智能化的自我管理基础架构, 并集成到核心的数据库引擎中, 它允许在提供常规服务的同时, 也可作出自我管理决策。Oracle 数据库 10g 在运行中的自我管理包括:

1. 自动工作负载仓库

自动工作负载仓库 (automatic workload repository, AWR), 是每一个 Oracle 数据库 10g 的内置信息库, 其包括特定数据库和其他类似信息的运行统计数据。在常规的时间间隔中, Oracle 数据库对其所有的关键数据和工作负载信息进行快照, 并将它们存储在 AWR 中。在默认配置中, 此快照每 30 分钟进行一次, 但系统管理员可以改变此间隔。快照通常在 AWR 中存储一段时间 (默认值为 7 天), 在此之后它们将自动清除。AWR 旨在实现轻型化并完成自我管理, 确保不会对管理员添加任何的额外负担。

AWR 捕捉所有先前已被 Statspack 捕捉到的信息。这些捕捉到的数据允许通过系统级和用户级进行分析并执行, 以减少重复的工作负载需求和进行问题诊断。最优化的执行确保捕捉到

的数据高效地执行，以实现企业运营开支的最小化。这些优化的一个例子是：对 SQL 语句的捕捉。这些优化允许 Oracle 数据库以一种高效的方式来捕捉那些自上一次快照以来能够显著影响系统负载的语句，而不是捕捉所有的语句。这一方面提升了性能，另一方面又大幅降低了捕捉 SQL 语句的数量和时间。

AWR 构成了 Oracle 数据库 10g 中所有自我管理功能的基础。它相当于一个信息源，向数据库提供了一个透视历史的角度，对其如何被使用以及如何针对系统的运行环境作出精准而适宜的决策进行了翔实描述。

2. 自动维护任务

AWR 向数据库提供了绝佳的“自我了解”，使其明白自身状况。通过分析存储于 AWR 的信息，数据库可以识别执行日常维护任务的必要性，如优化数据更新、重建索引等。自动维护任务的基础架构确保数据库能够自动执行这些操作。它使用 Oracle 数据库 10g 引入的一项强大的时间安排功能（称为 Unified Scheduler 的新特性），在一个预定义的“维护窗口”中运行这些任务。通过默认配置，该维护窗口每天晚上 10 点开始运行，直至第二天早上 6 点结束，并贯穿于整个周末。“维护窗口”的所有属性（包括起始/结束时间、频率、每周进行的天数等）都可自定义，允许针对特殊需求的环境进行定制。同时，自动维护任务对正常数据库运行的影响也是有限的。

3. 服务器生成警告

对于那些系统不能自动解决，需要通知管理员的问题，如运行空间不足，Oracle 数据库 10g 包含了一个新的自我管理基础架构组件，即服务器生成警告。该功能让数据库有能力进行自我监控，并向系统管理员高效、及时地发出警告，通知其处理即将来临的问题。由于监控行动与数据库的正常运行同时发生，它显得更加高效，大大降低了监控资源，其开销几乎可以微乎不计。这种功能与当今可用的监测工具使用的机制相差甚远，后者常常检测数据库来评估报警信息，占用大量的系统资源。需要注意的是：由于后者的检测通常是通过一项预设置的时间间隔来完成，它可能导致问题检测的延迟并最终导致报警被延迟。Oracle 数据库 10g 自带生成的报警功能不但可以报告问题，还在进行问题汇报时提供相关建议性的解决办法。这就确保了更快地解决问题，阻止潜在故障的发生。

4. 顾问框架

Oracle 数据库 10g 包括对数据库中不同子系统提供咨询建议的一系列顾问功能，可以自动决定如何使相应子要素的运行进一步优化。例如，SQL 调整和 SQL 访问顾问，这些功能为如何更快速地运行 SQL 语句提供了建议。其次还有一些关于内存顾问的功能，它们可帮助确定内存中不同组件的大小，而无须使用试错法。另外，如 Segment Advisor 功能，它可处理所有与空间相关的问题，诸如对废弃空间利用的建议、预测新的表格和索引的大小、分析新的增长趋势等；还有如 Undo Advisor 功能，告诉用户 undo 表空间的大小。为确保这些顾问功能的一致性和均匀性，允许它们与其他功能的无缝交互，Oracle 数据库 10g 提供了“顾问框架”功能。该顾问框架为所有顾问功能提供了一致模式，对应该调用哪一项顾问功能以及如何进行结果汇报进行了统一。尽管这些顾问功能主要用于数据库自身性能的优化，它们也可以被管理员调用，以帮助管理员获悉某一特殊子组件机能的更多信息。由于拥有统一、一致的界面，管理员可更轻松地使用这些顾问功能，并使用这些生成的信息实现对系统的更好理解。

0.3.4 其他新特性

Oracle 10g 除了上述新特性以外,还有如下的新特性:

1. 物化视图

物化视图用于存储或复制远程数据库表的数据或将耗时较多的查询结果先存储起来。数据库可在给定时间间隔内自动完成数据的刷新。当用户执行查询时,可直接从物化视图中读取数据,而不是将查询结果重新执行一遍。如果要多次执行同一查询,而该查询很耗时,物化视图可以大大提高查询性能。Oracle 10g 对物化视图的管理更容易。可从基础表中完全刷新或通过使用快速机制增量刷新。

2. 回闪查询

回闪 (flashback) 查询功能从 Oracle 9i 就开始提出,这是一种操作恢复的功能。在 Oracle 数据库 10g 中该功能得到了增强和修改。通过回闪功能,用户可以完成许多不可能恢复的工作。目前 Oracle 10g 的回闪包括以下特性;

① flashback database 特性允许 Oracle 通过 flashback database 语句,将数据库回滚到前一个时间点或者 scn 上,而不需要作时间点的恢复工作。

② flashback table 特性允许 Oracle 通过 flashback table 语句,将表回滚到前一个时间点或者 scn 上。

③ flashback drop 特性允许 Oracle 恢复 drop 掉的 table 或者索引。

④ flashback version query 特性可以得到特定的表在某一个时间段内的任何修改记录。

⑤ flashback transaction query 特性可以限制用户在某一个事务级别上检查数据库的修改操作,适用于诊断问题、分析性能、审计事务。

3. 数据泵

Oracle 数据库 10g 中新增加了数据泵 (data pump) 的导入和导出特性。在这之前,Oracle 数据库在客户端导入/导出数据,数据泵的引入使得数据导出和导入任务可在服务器上运行,可通过并行方式快速装入或卸载大量数据,可在运行过程中调整并行的程度,而且导入和导出任务可重新启动,即如果发生故障不一定要从头开始导入和导出。另外,可用 PL/SQL 建立一个导入和导出任务。一旦启动,这些任务就在后台运行,但可通过客户端程序检查任务的状态并进行修改。

Oracle 数据库 10g 还增加了大表空间、多个默认临时表空间、异构平台间传输表空间、sysaux 系统表空间、强化在线重定义、加强会话跟踪、SGA 区动态管理、表数据的透明加密、增加分区数量等新特性。

0.4 常见的大型关系数据库产品

目前,商品化的数据库管理系统以关系型数据库为主。主要的关系型数据库管理系统的厂商有 Oracle、Microsoft SQL Server、IBM、Sybase 等。这些厂商提供的产品支持多平台 (如 Linux、UNIX、Windows 等)。下面对这几个厂商的关系型数据库管理产品进行介绍。

1. Oracle 数据库

Oracle 数据库一直处于关系型数据库市场的领先地位。目前,Oracle 数据库产品覆盖了大、