

普通高等院校计算机类专业规划教材·精品系列

Oracle 12c

云数据库原理与应用技术

Oracle 12c YUNSHUJUKU YUANLI YU YINGYONG JISHU

姚世军 沈建京 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等院校计算机类专业规划教材·精品系列

Oracle 12c 云数据库 原理与应用技术

姚世军 沈建京 主 编

陈楚湘 尹祖伟 吴善明 郭晓峰 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

Oracle 12c 是 Oracle 公司推出的基于云计算的云数据库系统。本书根据作者讲授 Oracle 课程和应用 Oracle 数据库管理系统的经验,在参考 Oracle 12c 原版手册和国内外同类图书的基础上,从应用者的角度由浅入深地介绍数据库的基础知识、云计算和云数据库知识、Oracle 数据库结构、Oracle 数据库管理和 PL/SQL 数据库编程方法。读者通过本书的学习可以了解云数据库的基础理论,掌握 Oracle 云数据库系统的管理和开发方法。

本书共 14 章,全面介绍 Oracle 云数据库管理系统的基本原理、管理方法和开发方法,包括数据库基本概念、Oracle 12c 云数据库概述、管理 Oracle 实例、管理数据库存储结构、管理 Oracle 网络结构、SQL 工具与 SQL 语言基础、数据库管理、管理数据库结构、数据库对象管理、数据库安全与事务管理、数据库备份与恢复、闪回技术、PL/SQL 程序设计基础、管理多租户数据库等内容。

本书内容全面,条理清楚,理论难度适中,实例丰富,图文并茂,写作风格上深入浅出,每章配有例题和习题,以便于读者自学。

本书适合作为计算机相关专业的教材、Oracle 认证培训教材和应用培训教材,也可作为信息管理和计算机从业人员自学 Oracle 云数据库系统的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Oracle 12c 云数据库原理与应用技术 / 姚世军, 沈建京主编.
—北京: 中国铁道出版社, 2016.1
普通高等院校计算机类专业规划教材. 精品系列
ISBN 978-7-113-21389-3

I. ①O… II. ①姚… ②沈… 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(2016)第 011584 号

书 名: Oracle 12c 云数据库原理与应用技术
作 者: 姚世军 沈建京 主编

策 划: 周海燕 读者热线: (010) 63550836
责任编辑: 周海燕 鲍 闻
封面设计: 穆 丽
责任校对: 汤淑梅
责任印制: 郭向伟

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: 2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 22 字数: 534 千
书 号: ISBN 978-7-113-21389-3
定 价: 46.00 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



随着云计算技术逐步进入实际应用中,基于云计算的数据库产品应运而生。Oracle 公司率先推出了支持云计算的 Oracle 12c 云数据库管理系统。因此,在云计算应用随处可见的情况下,掌握 Oracle 云数据库技术是计算机从业人员的基本要求。

目前,市场上关于 Oracle 12c 的书籍并不多,针对高等学校而编写的教材就更少。Oracle 12c 云数据库管理系统非常庞大,它早已不是简单的数据库管理系统,而是提供多种云数据库解决方案。云计算及云数据库应用又是几乎涉及每个行业,它的使用者或管理者有许多是非计算机专业的或 Oracle 数据库的初学者。如何尽快掌握 Oracle 云数据库的精华是每个使用者的希望。因此,如何在—本书中将 Oracle 云数据库的核心内容全面介绍出来,既让初学者很快掌握 Oracle 12c,同时又让一般读者能从中得到提高,这就是编写本书的主要目的。

本书根据编者讲授 Oracle 课程和科研应用 Oracle 数据库管理系统的经验,并在参考 Oracle 12c 原版手册和国内外同类书籍与论文的基础上编写而成。本书从应用者的角度由浅入深地介绍云数据库的基础知识、Oracle 12c 云数据库结构、Oracle 12c 云数据库管理和 PL/SQL 数据库编程的方法,使读者能通过本书的学习了解数据库的基础理论,掌握 Oracle 12c 云数据库系统的管理和开发方法。

本书共分 14 章,全面介绍 Oracle 12c 云数据库管理系统的基本原理、管理方法和开发方法,包括数据库基本概念、Oracle 12c 云数据库概述、管理 Oracle 实例、管理数据库存储结构、管理 Oracle 网络结构、SQL 工具与 SQL 语言基础、数据库管理、管理数据库结构、数据库对象管理、数据库安全与事务管理、数据库备份与恢复、闪回技术、PL/SQL 程序设计基础、管理多租户数据库等内容。

本书的主要特点:

- 全书以 Oracle12c 云数据库管理系统为主要内容,全面介绍关系数据库的基础知识、云数据库的基本结构和基本原理,既包括 Oracle 12c 的使用和管理方法,也包括数据库应用的基本开发方法。
- 全书的章节安排条理清晰,写作风格上深入浅出,语言通俗易懂,理论难度适中并与实践紧密结合。通过本书学习既能掌握 Oracle 12c 云数据库的原理和结构,同时能熟悉 Oracle 12c 数据库的管理与开发方法。
- 本书从应用者角度,由浅入深来安排章节内容,很好地把云数据库原理与数据库应用结合起来,实例丰富,操作性强,每章有大量例题和习题。
- 本书编者长期从事 Oracle 数据库方面的科研和教学工作,书稿的主要内容都经过了从 Oracle 9i 到 Oracle 12c 的多次讲授或应用。



本书虽然是针对 Oracle 12c 编写的,但由于 Oracle 的上下兼容性很好,所以本书特别适用于计算机专业、信息管理等专业大学教材和各类 Oracle 认证培训的教材,也适用于 Oracle 数据库管理员参考,另外本书也是计算机从业人员自学 Oracle 数据库系统的合适教材。

作为大学教材,建议有 60 个学时理论讲授,同时要有不少于 20 学时的上机实习。在实验环境中建议每台计算机都安装 Oracle 12c 的企业版,以使学生能自由地、全面地了解 Oracle 12c 的全部内容,并能很好地实习分布式数据库的基本知识。

本书由姚世军、沈建京任主编,陈楚湘、尹祖伟、吴善明和郭晓峰任副主编。姚世军编写第 8 章、第 9 章和第 10 章,沈建京编写第 2 章、第 3 章和第 7 章,陈楚湘编写第 4 章、第 5 章,尹祖伟编写第 13 章和第 14 章,吴善明编写第 11 章和第 12 章,郭晓峰编写第 1 章和第 6 章。全书由姚世军统稿。

在本书的编写和出版过程中,中国铁道出版社的编辑对全书提出了许多宝贵意见,为本书的出版提供了很大的帮助,作者在此对他们以及参与本书出版的各位同志表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了一些学者关于云计算、云数据库、Oracle 管理技术等相关理论的论文及书籍,这里不一一列出,一并表示感谢。

由于编者水平有限,本书难免存在疏漏或不足之处,敬请广大读者批评指正,编者将非常感谢!

编 者

2015 年 9 月

目 录

第 1 章 数据库基本概念	1	2.5.4 Oracle 12c 安装步骤	23
1.1 数据库概述	1	2.5.5 Oracle 12c 卸载步骤	32
1.1.1 数据库和数据库系统	1	小结	33
1.1.2 数据库系统的组成	2	习题	33
1.1.3 数据库系统的特征	2	第 3 章 管理 Oracle 实例	34
1.1.4 数据库系统的结构	3	3.1 Oracle 实例概念	34
1.2 数据库管理系统	4	3.2 Oracle 实例结构	35
1.2.1 数据库管理系统的功能	4	3.3 数据库内存结构	35
1.2.2 数据库管理系统的组成	5	3.3.1 系统全局区	36
1.3 数据模型与关系模型	6	3.3.2 程序全局区 (PGA)	39
1.3.1 数据模型	6	3.3.3 用户全局区 (UGA)	39
1.3.2 关系模型	6	3.3.4 Oracle 数据库的内存管理	40
1.4 实体-关系图	7	3.4 进程管理	41
小结	10	3.4.1 进程分类	41
习题	10	3.4.2 服务进程	42
第 2 章 Oracle 12c 云数据库概述	11	3.4.3 共享服务器配置	43
2.1 云计算技术简介	11	3.4.4 后台进程	46
2.1.1 云计算概念及特征	11	小结	49
2.1.2 云计算分类	12	习题	50
2.1.3 云计算服务模式	13	第 4 章 管理数据库存储结构	51
2.1.4 云计算中的主要角色	15	4.1 物理数据库结构	51
2.2 Oracle 12c 云计算模型	15	4.1.1 数据文件	52
2.2.1 Oracle 云解决方案	16	4.1.2 控制文件	52
2.2.2 Oracle 私有云	17	4.1.3 联机重做日志文件	53
2.3 云数据库概述	17	4.1.4 归档重做日志文件	55
2.3.1 云数据库概念	17	4.2 逻辑数据库结构	56
2.3.2 云数据库的特性	17	4.2.1 数据块	57
2.3.3 云数据库与传统的 分布式数据库	18	4.2.2 区	58
2.4 Oracle 12c 新增功能概述	18	4.2.3 段	58
2.5 Oracle 12c 安装	20	4.2.4 表空间	59
2.5.1 Oracle 12c 数据库基本 组成	20	4.3 数据字典和动态性能视图	61
2.5.2 Oracle 12c 安装前的准备	20	4.3.1 数据字典	61
2.5.3 Oracle 12c 安装中的概念	21	4.3.2 动态性能视图	62
		小结	63
		习题	63



第5章 管理 Oracle 网络结构	64	6.9 SQL 语言的语句	102
5.1 Oracle 网络服务组成	64	6.10 SQL Loader 工具	103
5.1.1 Oracle Net	64	6.10.1 SQL Loader 结构	103
5.1.2 监听程序	65	6.10.2 SQL Loader 启动	104
5.1.3 Oracle 连接管理器	66	6.10.3 使用 SQL Loader 装入数据	104
5.1.4 Oracle 应用解决方案	68	小结	107
5.2 网络配置概念	70	习题	107
5.2.1 服务名	70	第7章 数据库管理	108
5.2.2 连接描述符	70	7.1 建立数据库的准备	108
5.2.3 网络服务名	71	7.1.1 数据库规划	108
5.2.4 连接字符串和 连接标识符	71	7.1.2 建立数据库完成的操作	109
5.3 服务器网络配置	71	7.2 数据库初始化参数	109
5.3.1 Oracle 网络工具	71	7.2.1 初始化参数文件	110
5.3.2 监听程序的配置	72	7.2.2 服务器参数文件	111
5.3.3 共享服务器配置	76	7.2.3 查看初始化参数的值	114
5.4 客户端网络配置	78	7.3 数据库建立方法	114
5.4.1 命名方法分类	78	7.3.1 使用 DBCA 创建数据库	115
5.4.2 命名方法的配置	79	7.3.2 手工创建数据库	124
5.4.3 共享服务器方式的 客户端配置	81	7.4 数据库的操作	128
小结	82	7.4.1 数据库启动	128
习题	82	7.4.2 关闭数据库	130
第6章 SQL 工具与 SQL 语言基础	83	7.4.3 删除数据库	131
6.1 SQL 语言简介	83	7.5 监控数据库	132
6.2 SQL Plus 工具	84	7.5.1 诊断数据管理	132
6.2.1 SQL Plus 的启动和退出	84	7.5.2 跟踪文件 (Trace File)	133
6.2.2 SQL Plus 的基本概念	85	7.5.3 警告文件 (Alert File)	133
6.2.3 SQL Plus 命令	85	小结	134
6.3 SQL Developer 工具	90	习题	134
6.3.1 SQL Developer 基础	90	第8章 管理数据库结构	136
6.3.2 执行 SQL 语句	92	8.1 表空间管理	136
6.4 SQL 语言的数据类型	93	8.1.1 建立表空间	136
6.5 SQL 语言运算符	95	8.1.2 删除表空间	140
6.6 SQL 语言中的函数与表达式	96	8.1.3 修改表空间	140
6.6.1 SQL 语言的函数	96	8.1.4 查询表空间信息	142
6.6.2 SQL 语言的表达式	98	8.2 数据文件管理	144
6.7 SQL 语言中的条件运算	98	8.2.1 建立数据文件	144
6.8 SQL 语言的数据格式模式	100	8.2.2 改变数据文件大小	144
		8.2.3 改变数据文件的可用性	145



8.2.4 改变数据文件的 名称和位置	146	9.3 索引管理	187
8.2.5 删除数据文件	147	9.3.1 建立索引	187
8.2.6 查询数据文件信息	148	9.3.2 修改和删除索引	188
8.3 管理控制文件	149	9.3.3 查询索引信息	189
8.3.1 多路控制文件	149	9.4 管理视图	190
8.3.2 新建控制文件	150	9.4.1 创建视图	190
8.3.3 删除控制文件	152	9.4.2 删除和修改视图	191
8.3.4 查询控制文件信息	152	9.4.3 视图的使用	192
8.4 管理联机重做日志文件	153	9.4.4 查询视图信息	193
8.4.1 新建联机重做日志组和 日志文件	153	9.5 管理序列	194
8.4.2 改变联机重做日志文件的 名称和位置	154	9.5.1 创建序列	194
8.4.3 删除重做日志组和日志 组成员	155	9.5.2 删除和修改序列	195
8.4.4 手工日志切换和清空 日志组	156	9.5.3 查询序列信息	196
8.4.5 查询联机重做日志信息	157	9.6 管理同义词	196
8.5 管理归档重做日志文件	158	9.6.1 创建同义词	197
8.5.1 设置数据库的归档模式	158	9.6.2 删除同义词	197
8.5.2 手工归档	160	9.6.3 查询同义词信息	197
8.5.3 查看归档日志信息	161	9.7 管理数据库连接	198
小结	163	9.7.1 创建数据库连接	198
习题	163	9.7.2 删除数据库连接	200
第 9 章 数据库对象管理	165	9.7.3 查询数据库连接信息	200
9.1 模式和模式对象	165	9.8 用 SQL Developer 管理 数据库对象	200
9.1.1 模式和模式对象	165	小结	202
9.1.2 CREATE SCHEMA 语句	166	习题	202
9.1.3 SYS 和 SYSTEM 模式	167	第 10 章 数据库安全与事务管理	203
9.2 管理表	167	10.1 用户管理	203
9.2.1 创建表	167	10.1.1 预定义用户名	204
9.2.2 表的查询、统计和排序	170	10.1.2 PUBLIC 用户组	205
9.2.3 删除表	176	10.1.3 创建用户	205
9.2.4 恢复删除表	176	10.1.4 修改用户和删除用户	206
9.2.5 修改表	177	10.1.5 查询用户信息	207
9.2.6 管理表的约束	179	10.1.6 操作系统认证方式	208
9.2.7 查询表信息	183	10.2 概要文件	209
9.2.8 表的记录操作	184	10.2.1 主要资源参数和 口令参数	209
		10.2.2 创建和分配概要文件	210
		10.2.3 修改和删除概要文件	212
		10.2.4 概要文件的激活和禁用	212



10.2.5 查询概要文件信息	213	11.4.3 恢复归档重做 日志文件	245
10.3 权限和角色管理	213	11.4.4 用备份的控制文件 进行介质恢复	246
10.3.1 系统权限和对象权限	213	11.4.5 恢复容器数据库和 插接式数据库	247
10.3.2 授予和回收权限	215	11.5 逻辑备份	248
10.3.3 查询用户权限信息	216	11.5.1 EXPORT 导出命令	249
10.3.4 角色管理	217	11.5.2 IMPORT 导入命令	252
10.4 事务控制	220	11.6 数据泵	255
10.4.1 事务概念与特点	220	11.6.1 EXPDP 导出数据命令	255
10.4.2 事务提交	220	11.6.2 IMPDP 导入数据命令	260
10.4.3 保存点	221	11.7 迁移数据	262
10.4.4 事务回滚和命名	222	11.7.1 迁移数据库	262
小结	223	11.7.2 迁移表空间	264
习题	223	小结	265
第 11 章 数据库备份与恢复	224	习题	265
11.1 备份与恢复的基本概念	224	第 12 章 闪回技术	266
11.1.1 数据库故障类型	224	12.1 闪回技术简介	266
11.1.2 备份的类型	225	12.2 闪回技术使用	267
11.1.3 修复和恢复	227	12.2.1 闪回配置	267
11.2 RMAN 简介	229	12.2.2 闪回查询	268
11.2.1 RMAN 组成	229	12.2.3 闪回版本查询	268
11.2.2 RMAN 的启动与退出	230	12.2.4 闪回事务查询	269
11.2.3 RMAN 的常用命令	231	12.2.5 闪回表	270
11.3 RMAN 备份	236	12.2.6 闪回数据库	271
11.3.1 RMAN 备份的配置	236	12.2.7 闪回数据归档	272
11.3.2 备份整个数据库	237	小结	275
11.3.3 备份表空间和 数据文件	238	习题	275
11.3.4 备份控制文件	239	第 13 章 PL/SQL 程序设计基础	276
11.3.5 备份归档重做 日志文件	239	13.1 PL/SQL 语言基础	276
11.3.6 用 RMAN 进行 双工备份	240	13.1.1 字符集、分界符和 标识符	277
11.3.7 用 RMAN 进行 增量备份	241	13.1.2 变量和常量	277
11.3.8 用 RMAN 备份 插接式数据库	242	13.1.3 数据类型	278
11.4 RMAN 恢复	243	13.1.4 PL/SQL 语言的函数和 表达式	280
11.4.1 恢复数据库	243	13.1.5 PL/SQL 语言的程序块 结构和运行环境	281
11.4.2 恢复数据文件	244		



13.2 PL/SQL 语言的语句	282	第 14 章 管理多租户数据库	312
13.2.1 PL/SQL 语句的 基本语句	282	14.1 多租户技术简介	312
13.2.2 PL/SQL 语言的 选择结构	284	14.1.1 多租户概念	312
13.2.3 PL/SQL 语言的 循环结构	287	14.1.2 CDB 结构	313
13.3 PL/SQL 语言的复合数据类型	290	14.2 管理容器数据库 CDB	316
13.3.1 %TYPE 和 %ROWTYPE 属性	290	14.2.1 用 DBCA 建立 CDB	316
13.3.2 记录类型	291	14.2.2 用 CREATE DATABASE 语句建立 CDB	318
13.3.3 表类型	292	14.2.3 用 SQL Plus 管理 CDB	320
13.4 游标	295	14.3 管理插接式数据库 PDB	324
13.4.1 显式游标的基本操作	296	14.3.1 用 DBCA 管理 PDB	324
13.4.2 游标的属性	297	14.3.2 用 SQL*Plus 连接 PDB	328
13.4.3 隐式游标的操作	298	14.3.3 用 CREATE PLUGGABLE DATABASE 语句建立 PDB	329
13.4.4 游标变量	299	14.3.4 启动/关闭插接式 数据库 PDB	332
13.5 存储过程和存储函数	301	14.3.5 管理插接式数据库 PDB	333
13.5.1 创建和使用存储过程	302	14.3.6 用 ALTER SYSTEM 语句管理 CDB 和 PDB	335
13.5.2 创建和使用存储函数	304	14.4 查看 CDB 和 PDB 信息	336
13.6 子程序和包	306	14.4.1 查看 CDB 信息	337
13.6.1 子程序的应用	307	14.4.2 查看 PDB 信息	338
13.6.2 PL/SQL 包的应用	308	小结	341
小结	311	习题	341
习题	311	参考文献	342



数据库基本概念

学习目标

- 理解数据库、数据库管理系统、数据库系统、数据模型、关系模型等基本概念；
- 掌握数据库管理系统的组成和主要功能，以及数据库系统的结构；
- 掌握实体-关系图的使用方法。

数据库技术是一门涉及操作系统、数据结构、程序设计、计算机网络、信息安全等多学科知识的综合性技术，是当今信息社会的重要基础技术之一，也是计算机科学领域中发展最为迅速和应用最为广泛的分支之一。



1.1 数据库概述

学习数据库原理或进行数据库应用开发，都要正确理解与数据库有关的基本概念，同时要了解它与传统文件系统的主要区别，更重要的是掌握数据库的组成和数据库系统的结构类型，并能根据不同应用需求设计不同的数据库应用系统。

1.1.1 数据库和数据库系统

数据是描述事务的符号记录，常见的表示形式有数字、文字、图形、图像、声音等。数据完整的表示形式需要有语义的支持，即对数据含义的解释。例如：数字 83 可能表示一门课的成绩，也可能表示一个人的年龄。数据之间是有联系的，也是有结构的。例如：姓名、学号、出生地等数据组成一个学生的信息。

数据库是以文件形式存储在计算机内、有组织的和可共享的数据集合，是数据的一种结构化高级组织形式。数据库中的数据按一定的数据模型（如关系模型、网状模型和层次模型等）组织、描述、存储和操作，具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，并可为网络中多用户共享。

以数据库为核心，并对其进行管理的计算机应用系统称为数据库系统，它实现了有组织地和动态地存储大量关联数据，方便多用户访问。它与文件系统的主要区别是数据的充分共享、交叉访问以及应用程序与数据的高度独立性。



数据库系统重点要解决如何有效地组织数据,如何方便地将数据输入到计算机中,如何根据用户的要求将数据从计算机中抽取出来等问题。数据库系统对数据的完整性、一致性和安全性都提供一套有效的管理手段;同时提供控制数据的各种简单操作命令,使用户易于编写程序。

数据库系统是最有效、最方便的数据处理方法。所谓数据处理是指对各种类型的数据进行收集、存储、分类、计算、加工、检索和传输的过程,通常人们也将其称为信息管理。数据处理经过了手工数据处理阶段、文件系统阶段和数据库系统阶段。数据库系统向着分布式数据库、智能数据库、数据仓库、云数据系统等技术方面发展。

1.1.2 数据库系统的组成

数据库系统实际上是一个应用系统,由用户、数据库管理系统(DBMS)、存储在存储介质上的数据、应用程序、开发工具和计算机硬件组成。在不引起混淆的情况下也可把数据库系统简称为数据库。

1. 数据

数据是指数据库系统中存储的数据,它是数据库系统操作的对象。大量的数据按一定的数据模型组织存储在数据库中,从而实现数据共享。

2. 应用程序和开发工具

应用程序是针对某一个管理对象(应用)而设计的一个面向用户的软件系统,它是建立在DBMS基础上的,具有良好的交互操作性和用户界面,如人事管理系统、财务管理系统等。它与数据库管理系统和数据库一同构成数据库软件系统。在建立应用程序开发过程中,需要各种建模工具、开发工具来快速开发应用程序,如JDeveloper、Visual Studio、UML工具和Powerbuilder等。

3. 用户

用户是指使用数据库的人。根据工作的内容,可将数据库用户分成三类:使用应用程序来完成数据库操作和生成报表等任务的终端用户;负责设计和编制应用程序的程序员;全面负责数据库系统的管理维护,保证系统能够正常运行的数据库管理员。

4. 数据库管理系统(DBMS)

数据库管理系统是对数据库进行管理和实现对数据库的数据进行操作的管理软件系统。它把应用程序中所使用的数据汇集在一起,以便应用程序查询和使用。数据库管理系统具有对数据库中的数据资源进行统一管理和控制的功能,是数据库系统的核心。

5. 硬件

硬件特指存放数据库及运行DBMS的所需的各种硬件资源。

1.1.3 数据库系统的特征

现代计算机应用系统多数与数据库有关,即都会利用到数据库存储和管理数据而成为数据库系统。因此,数据库技术已经成为信息管理的最新、最重要的技术之一,这是由数据库系统本身的下列特点所决定的。

1. 数据结构化

数据库中的数据不再像文件系统中的数据那样从属特定的应用,而是按照某种数据模型组织成为一个结构化的数据整体。它不仅描述了数据本身的特性,而且描述了数据与数据之间的种种联系,这使得数据库具备了复杂的内部组织结构。文件系统中最小存取单位是记录,



数据库的最小存取单位可以是一个或多个记录甚至是数据项。

2. 实现数据共享

由于数据库中的数据是按照数据模型组织为一个结构化的数据结构,实现了多个应用程序、多种语言及多个用户能够共享一个数据库中的数据,大大提高了数据的利用率和工作效率。

3. 减少数据冗余度

由于数据库实现了数据共享,避免了重复存储数据,节省了存储空间,减少了数据冗余度。

4. 数据独立性

数据库技术中的数据与程序相互独立,互不依赖,不因一方的改变而改变另一方,这大大简化了应用程序设计与维护的工作量,同时数据也不会随程序的结束而消失,可长期保留在计算机系统中。

数据独立性包括物理独立性和逻辑独立性。物理独立性是指应用程序和数据库中数据的存储位置和存储格式等是相互独立的。逻辑独立性是指应用程序和数据库的逻辑结构是相互独立的,逻辑结构的改变不会引起应用程序的修改。

5. 数据由 DBMS 统一管理

数据库中的数据是由数据库管理系统进行统一管理的,各类用户可以通过应用程序、DBMS 等来访问和操作数据。数据库管理系统为管理数据提供了安全性、完整性、并发控制、备份恢复等功能。

1.1.4 数据库系统的结构

数据库系统可以根据其功能表示为分层模型。负责与用户进行交互的界面部分称为表示层;负责系统的应用逻辑实现的部分称为应用逻辑层;负责数据资源管理的部分称为资源管理层。这三层存在着线性依赖关系,即表示层依赖于应用逻辑层,应用逻辑层依赖于资源管理层。根据这三层所在整个数据库系统硬件存储的位置,可将数据库系统分为单层结构、客户/服务器结构和多层结构。

1. 单层结构数据库系统

在单层结构的系统中,整个数据库系统的表示层、应用逻辑层和资源管理层在一台计算机上,即应用程序、DBMS 和数据库本身均在一台主计算机上。用户通过网络或哑终端来访问数据库。这种结构也称为主机结构,它的优点是简单,数据易于管理维护,缺点是当终端用户数目增加到一定程度后,数据的存取通道会形成瓶颈,从而使系统性能大幅度下降。

2. 客户/服务器数据库系统

客户/服务器数据库系统将表示层放在客户端,把 DBMS 资源管理功能和应用程序逻辑放在服务器端。客户端与服务器端通过网络连接起来。这种结构可以充分利用客户端的处理能力,降低服务器的运算负担;另一方面也可针对不同用户呈现不同的表示层。客户端也可根据需要设计得复杂或简单。

在客户/服务器结构的系统中,客户端的用户将数据传送到服务器,服务器进行处理后,只将结果返回给用户,从而减少网络上的数据传输量,提高系统的性能和负载能力,但也存在可扩展性差和维护代价高的缺点。

3. 多层结构的数据库系统

三层结构是在二层结构的基础上,将服务器端的应用逻辑层和资源管理层分开,即将应



用逻辑层交给独立的应用服务器负责，同时将表示层分为标准表示层（如浏览器）和非通用表示层。客户端使用标准表示层（如浏览器），而非通用表示层和应用逻辑层放在中间层。应用逻辑层和资源管理层可部署在多台服务器中。这种结构使数据库系统结构更加清晰，也可减少各层之间的耦合度。如果将非标准表示层和应用逻辑层分开，就成为当前最新的多层结构。



1.2 数据库管理系统

数据库管理系统(DBMS)是对数据库进行管理和实现对数据库的数据进行操作的管理系统。它是建立在操作系统之上、位于操作系统与用户之间的一层数据管理软件，负责对数据库的数据进行统一的管理和控制。DBMS 把用户程序和数据库数据隔离开，用户或应用程序中的各种对数据库的操作命令，都要通过 DBMS 来执行。DBMS 是实现数据库和管理数据库的核心内容。

数据库结构的基础是数据模型。数据模型是一个用于描述数据、数据间关系、数据语义和数据约束的概念工具的集合。根据数据库管理系统的数据库模型可把 DBMS 分为网状数据库管理系统、层次数据库管理系统和关系数据库管理系统等，其中关系型数据库管理系统应用最为广泛。

关系型数据库是通过数学方法处理数据库的组织结构，近年来发展非常迅速，其主要特点是简单灵活，数据独立性强，理论严格。目前市场上的 DBMS 产品绝大部分是关系型的，包括本书介绍的 Oracle 数据库管理系统。

1.2.1 数据库管理系统的功能

数据库管理系统的功能决定了 DBMS 的性能或处理数据的能力。目前流行的关系型 DBMS 有很多种，如 Oracle、DB2、Informix 等。不同的 DBMS 提供的功能各有侧重，但一般都提供以下六方面的功能。

1. 数据库定义功能

为了提高数据库的独立性，DBMS 把数据库从逻辑上分为三个层次，即面向数据库用户的外层（用户数据库）、由 DBMS 管理的概念层（概念数据库）及内部层（存储数据库）。用户看到的只是外层，而数据实际上是按内部层的结构存储的，它是通过概念层二级抽象（或称映像）来完成的。

DBMS 的数据库定义功能不但提供了用户数据库、概念数据库和存储数据库三级数据的定义，而且还提供了从用户数据库到概念数据库的映像和从概念数据库到存储数据库的映像功能。数据库定义一般都由 DBMS 以数据定义语言（Data Definition Language，DDL）的形式提供给用户。

数据库用户利用 DDL 定义用户数据库结构，建立所需要的数据库，同时由 DBMS 自动翻译为存储数据库。存储数据库独立于一般数据库用户，数据库用户也不必关心存储数据库的实际模型。

2. 数据库操纵功能

DBMS 提供数据操纵语言（Data Manipulation Language，DML）来实现对数据库数据的操纵。数据操纵包括对数据库中的数据进行查询（检索和统计）和更新（增加、删除与修改）等基本操作。



3. 数据库运行与控制功能

DBMS 提供的运行与控制功能保证所有访问数据库的操作都在控制程序的统一管理下, 检查安全性、完整性和一致性, 保证多用户对数据库的并发访问。这些功能对用户是透明的, 即不需要用户来执行操作而是由系统自动完成。

4. 数据库维护功能

DBMS 提供实用程序来完成数据库初始数据输入、数据转换、数据库数据的转储、恢复、重组、系统性能监视与分析等。

5. 数据字典管理功能

DBMS 将所定义的数据库按一定的形式分类编目, 对数据库中有关信息进行描述, 以帮助用户使用和管理数据库。这一功能称为数据字典功能。数据字典是管理员或用户了解数据库描述的重要途径。

6. 数据通信功能

DBMS 提供数据通信功能, 实现 DBMS 与用户程序之间的网络通信。

目前许多成熟的 DBMS 产品都集成了以上的多项功能, 同时还提供一套应用程序开发工具。著名的 SQL (Structured Query Language) 就是被国际标准化组织 (ISO) 公布的数据定义、数据操纵和数据控制为一体的标准数据库语言。

1.2.2 数据库管理系统的组成

数据库管理系统通常由以下三个部分组成: 数据定义语言及其翻译程序, 数据操纵语言及其编译程序和数据库管理例行程序。

1. 数据定义语言及其翻译程序

DBMS 要提供数据库的定义功能, 应具有一套数据定义语言 DDL 来正确描述数据及数据之间的联系。DBMS 根据这些数据定义从物理记录导出全局逻辑记录, 又从全局逻辑记录导出应用程序所需的记录。

2. 数据操纵语言及其编译程序

数据操纵语言 DML 是 DBMS 提供给应用程序员或者用户使用的语言工具, 它用于对数据库中的数据进行插入、查找、修改等操作。

DML 有两种类型: 一类是宿主型, 其不能独立使用, 必须嵌入宿主语言中使用, 如嵌入在 Pascal、FORTRAN 等高级语言; 另一类是自含型, 其可以独立用来进行查找、修改操作等。目前 DBMS 广泛使用这种独立的自含语言, 如 Oracle 中的 PL/SQL 就是自含型操纵语言; Oracle 中的 Pro*C 就是宿主型, 它嵌入在 C 语言之中。

3. 数据库管理例行程序

数据库管理例行程序主要包括两方面的程序: 系统运行控制程序和系统维护程序。系统运行控制程序包括如下程序: 系统总控程序、访问控制程序、并发控制程序、数据库完整性控制程序和数据访问等程序。

系统维护程序包括: 数据装入程序、工作日志程序、性能监督程序和系统恢复等程序。

DBMS 是数据库系统的核心软件, 学习使用数据库, 通常就是学习具体 DBMS 的基本原理和管理方法。



1.3 数据模型与关系模型

模型是对客观世界中复杂对象的描述,例如航模飞机、三维场景、建筑模型等。模型表示出客观世界的外部特征和内部结构,如飞机模型可以看出飞机的简单基本结构和机头、机身等组成部分。

1.3.1 数据模型

数据模型是对客观世界数据的抽象,用来描述数据的结构和性质、数据之间的联系以及在数据或联系上的操作和约束。就像在建筑施工中不同阶段使用不同的建筑模型一样,数据模型按照不同阶段、不同应用目的分为概念模型、逻辑模型和物理模型。

① 概念模型是从用户的观点对企业所关心的信息结构、数据进行信息建模,是对主要数据对象的基本表示和概括性描述,主要用于数据库设计。概念模型独立于计算机系统的表示,它的描述工具主要有实体关系模型或 UML。

② 逻辑模型是直接面向数据库的逻辑结构,具有一组严格定义的、无二义性的语法和语义描述的数据库语言,可以用这种语言来定义、操纵数据库中的数据。逻辑模型包括网状模型、层次模型、关系模型、对象关系模型等,它是按计算机系统的观点对数据建模,用于 DBMS 实现。

③ 物理模型是对数据最低层的抽象,它描述数据在存储介质中的存储方式和存取方法。数据模型通常由数据结构、数据操作和完整性约束三部分组成。

1. 数据结构

数据结构是所研究对象类型的集合,一类是与数据类型、内容、性质有关的对象,另一类是与数据之间联系有关的对象。

2. 数据操作

数据操作是指对数据库中各种对象的实例所执行操作的集合。数据模型必须定义操作的确切含义、操作符号、操作规则及实现操作的语言。

3. 数据的约束条件

数据的约束条件是一组完整性规则的集合。完整性规则是给定的数据模型中数据及其联系所具有的制约和存储规则,用以限定符合数据模型的数据库状态以及状态的变化。

1.3.2 关系模型

在所有数据模型中,关系模型是目前最重要也是最流行的数据模型之一,各类主流的数据库管理系统都以关系模型作为数据的组织方式。

1. 关系的基本概念

关系是一张规范化的二维表。一个关系由关系名、关系模式和关系实例组成。关系模式描述了一个实体型,即关系的结构。关系实例是由一组实体组成的。实体之间的联系也用一個关系来表示。例如:学生的关系模式(学号,姓名,性别,籍贯,出生年月,系别,年级),而一个班级学生的集合就是学生关系实例,其中学号、姓名等称为属性。

关系中的一行称为元组。关系模型规定在一个关系中不能有两个一样的元组。

码是指能唯一确定一个元组的一组属性,码最小是一个属性,最大是所有属性。任何一



个包含码的属性组称为超码。若一个关系中有多个码，每一个码称为候选码。从候选码中选一个码用来作为一个实体区分于其他实体的标志，这个码称为主码。

如果关系 R 中某属性集 F 是关系 S 的主码，则对关系 R 而言， F 称为外码。关系 R 和关系 S 可以是同一关系。

关系中每个属性都有一个取值范围，这个取值范围称为属性的域。每个属性都对应一个域，不同的属性可以对应于同一个域。

2. 关系模型

关系模型是一种数据模型，它由数据结构、数据操作和数据的完整性约束三部分组成。关系模型中的数据结构即上面介绍的关系；数据操作由关系代数或关系演算表述，主要的操作有查询、插入、删除和更新；数据的完整性约束是对关系的某种约束条件。

关系模型中有三类完整性约束：实体完整性、参照完整性和用户定义的完整性。

实体完整性是指若属性 A 是构成关系 R 的码的属性组中的任何一个属性，则任何一个元组在属性 A 上不能取空值，即码的值不能为空。所谓空值就是“不知道”或“无意义”的值。

参照完整性是指关系 R 的任何一个元组在外码 F 上的取值要么是空值，要么是参照关系 S 中一个元组的主码值。参照完整性要保证不引用不存在的实体。实体完整性和参照完整性是关系模型必须满足的完整性约束，被称为是关系的两个不变性，由关系数据库管理系统自动支持。

用户定义的完整性是针对某一具体应用环境由用户根据需求自己定义的约束条件，它反映某一具体应用所涉及的数据必须满足的语义要求。



1.4 实体-关系图

在实际应用中，要根据实际问题 and 数据处理的需要进行正确的分析以确定系统中的实体、实体的属性及实体之间的联系，然后用实体-关系图正确地描述。

实体是指客观存在并可相互区别的事物，它可以是具体的人、事、物或抽象的概念，也可以是联系。例如：一个学生、一门课、学生的选课、老师与系的工作关系等都是实体。

实体具有的某一特性称为属性，它定义了数据对象或实体的性质，即一个实体可以由若干个属性来描述。例如：学生实体有姓名、年龄、性别等属性。

实体内部的联系是指组成实体的各属性之间的联系。实体之间的联系是指不同实体集之间的联系，即数据对象彼此之间的相互联系，称为联系。联系有一对一、一对多和多对多三种不同类型。在不引起混淆的情况下，有时也将联系称为关系，但不同于关系模型中的关系概念。

1. 一对一联系 (1:1)

如果实体集 A 中的每个实体，实体集 B 中至多有一个实体与之联系；反之亦然，则称实体集 A 与实体集 B 具有一对一的联系，记为 1:1。例如：一个大学只有一个校长，一个校长只能在一所大学工作，这样大学集合与校长集合之间是一对一联系。

2. 一对多联系 (1:n)

如果实体集 A 中的每个实体，实体集 B 中有 n ($n \geq 0$) 个实体与之联系；反之，对实体集 B 中的每一个实体，实体集 A 中至多有一个实体与之联系，则称实体集 A 与实体集 B 具有一对多的联系，记为 1:n。例如：一个学生只能在一个班学习，但一个班可以有多个学生，这样班集合和学生集合之间就是一对多的联系。