



全国信息技术人才培养工程指定培训教材
Web应用开发工程师职业教育系列规划教材

数据库技术基础

工业和信息化部教育与考试中心 组编
清华大学计算机与信息管理中心 主编

严谨

勤奋

求实

创新



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

全国信息技术人才培养工程指定培训教材
Web 应用开发工程师职业教育系列规划教材

数据库技术基础

工业和信息化部教育与考试中心 组编
清华大学计算机与信息管理中心 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书系统、全面地介绍了 Oracle 数据库的基础知识和 Oracle 系统的应用。本书从数据库的基础知识讲起,依次介绍了数据库设计方法、Oracle 数据库环境的搭建、SQL 语言、基本数据库对象、PL/SQL 程序设计 (Oracle 主要编程语言)、过程与函数、触发器以及数据库的备份与恢复方法。

本书组织合理,叙述简明扼要,便于读者阅读和学习。书中结合大量案例,介绍了各种实用工具,包括数据库设计中使用的 PowerDesigner,客户端工具 SQL*Plus、iSQL*Plus、EM、PL/SQL Developer 及 TOAD 的使用方法,备份与恢复中用到 EXP/IMP 实用工具以及 Oracle 10g 中开始引入的功能强大的数据泵技术 EXPDP/IMPDP。

本书适合作为学习数据库 (特别是大型数据库) 的教材和自学用书,也可作为 Oracle 系统应用开发技术人员的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据库技术基础 / 工业和信息化部教育与考试中心组
编. —北京: 中国铁道出版社, 2009. 6
(Web 应用开发工程师职业教育系列规划教材)
全国信息技术人才培养工程指定培训教材
ISBN 978-7-113-09616-8

I. 数… II. 工… III. 关系数据库—数据库管理系统,
Oracle—教材 IV. TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 100686 号

书 名: 数据库技术基础
作 者: 工业和信息化部教育与考试中心 组编

策划编辑: 秦绪好 王春霞

责任编辑: 王占清

编辑部电话: (010) 63583215

编辑助理: 张爱华

封面设计: 付 巍

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18 字数: 418 千

印 数: 5 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-09616-8/TP·3148

定 价: 29.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

当今世界，随着信息技术在经济社会各领域的不断深化、应用，信息技术对生产力以至于人类文明发展的巨大作用也越来越明显。党的“十七大”提出了要“全面认识工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展的新形势新任务”、“发展现代产业体系，大力推进信息化与工业化融合”，明确了信息化的发展趋势，首次鲜明地提出了信息化与工业化融合发展的崭新命题，赋予了我国信息化全新的历史使命。

近年来，日新月异的信息技术呈现出新的发展趋势，信息技术与其他技术的结合更加紧密，信息技术应用的深度、广度和专业化程度不断提高。我国的信息产业作为国民经济的支柱产业正面临着有利的国际、国内形势，电子信息产业的规模已进入世界大国行列。但是我们也清楚地认识到，与国际先进水平相比，我们在产业结构、核心技术、管理水平、综合效益、普及程度等方面，还存在较大差距，缺乏创新能力与核心竞争力，“大”而不强。国际国内形势的发展，要求信息产业不仅要做大，而且要做强，要从制造大国向制造强国转变，这是信息产业今后的重点工作。要实现这一转变，人才是基础。机遇难得，人才更难得。要抓住本世纪头二十年的重要战略机遇期，加快信息行业发展，关键在于培养和使用好人才资源。《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》指出，人才问题是关系党和国家事业发展的关键问题，人才资源已成为最重要的战略资源，人才在综合国力竞争中越来越具有决定性意义。

为抓住机遇，迎接挑战，实施人才强业战略，原信息产业部于2004年启动了“全国信息技术人才培养工程”。根据工业和信息化部人才工作要点中关于“继续组织实施全国信息技术人才培养工程”的要求，工业和信息化部教育与考试中心将继续推进全国信息技术人才培养工程二期工作的开展。该项工程旨在通过政府政策引导，充分发挥全行业和社会教育培训资源的作用，建立规范的信息技术教育培训体系、科学的培训课程体系、严谨的信息技术人才评测服务体系，培养造就大批行业亟需的、结构合理的高素质信息技术应用型人才，以促进信息产业持续、快速、协调、健康发展。

根据信息产业对技术人才素质与能力的需求，在充分接收国内外先进信息技术培训课程优点的基础上，工业和信息化部教育与考试中心组织各方专家精心编写了信息技术系列培训教材。这些教材注重提升信息技术人才分析问题和解决问题的能力，对各层次信息技术人才的培养工作具有现实的指导意义。我们谨向参与本系列教材规划、组织、编写的同志致以诚挚的感谢，并希望该系列教材在全国信息技术人才培养工作中发挥有益的作用。

工业和信息化部教育与考试中心

2009年10月

Oracle 数据库是当前应用最为广泛的数据库系统之一,所以众多的数据库开发、管理人员以及很多用户都希望能系统地学习和掌握 Oracle 系统。本书正是根据读者的需要,将大量的素材进行整理、归纳,为读者构筑一个相对完整的基础知识体系。该书讲解力图简明扼要,例题恰当且能说明问题,并在每部分内容介绍之后,指出需要注意的一些问题,以期读者能够比较容易地理解本书的内容。

本书在介绍 Oracle 数据库相关技术的同时,还对一般数据库的相关知识和基本概念进行讲解,实际上是结合 Oracle 系统介绍了数据库的很多重要内容。这些内容不但有助于读者提高数据库的知识水平,而且也有助于读者更加深入、准确地掌握 Oracle 数据库技术。

全书共分 9 章:第 1 章介绍数据库的基础知识和基本概念,包括数据库技术的特点、数据库系统的组成、数据模型概念及 E-R 模型相关的理论知识及使用示例;第 2 章介绍数据库设计相关知识,包括数据库设计步骤、数据规范化概念及方法、数据库设计工具 PowerDesigner 的使用方法 & 示例、大型数据库的事务与并发控制等;第 3 章介绍了 Oracle 10g 环境的搭建及数据库的使用和管理方法。该章首先介绍了 Oracle 数据库的特点、体系结构,在此基础上又介绍 Oracle 数据库在 Windows 下的基本安装、卸载及服务、默认用户及功能。针对 Oracle 数据库的使用,本章详细介绍了客户端配置方法及 SQL*Plus、iSQL*Plus、EM、PL/SQL Developer、TOAD 等具体客户端工具的使用方法。本章还涉及 Oracle 数据库的用户和安全管理,并在最后给出了数据库使用步骤的综合示例。第 4 章介绍 SQL 语句的基本使用方法。首先介绍了关系表的建立、修改和删除语句(表的 DDL 语句)以及对表的插入、修改和删除操作(写语句)。查询语句是本章的重点,本章详细介绍了查询语句的各项功能。第 5 章介绍 Oracle 的基本数据库对象,包括序列、同义词、数据库链、视图、索引。同时介绍数据字典的概念、数据字典的类型以及各数据库对象对应的数据字典的使用。第 6 章介绍 PL/SQL 程序设计。PL/SQL 是 Oracle 的核心编程语言。本章详细介绍了 PL/SQL 程序的特点、结构及语法,特别是光标的实现与应用。第 7 章介绍过程与函数的建立和使用方法,包括存储过程的定义语法、参数类型、调用方法、权限授予方法等。第 8 章介绍触发器的建立和使用方法,包括触发器的定义语法,触发器分类,启用、禁用和删除触发器的语句及相关数据字典。第 9 章介绍数据库备份与恢复相关知识,包括故障类型划分、备份与恢复方法分类、备份与恢复方法的实施等。本章备份与恢复中用到了 EXP/IMP 实用工具以及 Oracle 10g 中开始引入的功能强大的数据泵技术 EXPDP/IMPDP。

本书适合作为学习数据库(特别是大型数据库)的教材和自学用书,也可作为 Oracle 系统应用开发技术人员的参考资料。

由于数据库技术发展很快,读者可结合自己的数据库版本正确理解本书的内容。限于编者水平,书中难免有欠妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2009 年 9 月 于清华园

第 1 章 数据库基础	1
1.1 信息管理技术的演变	1
1.2 数据库系统组成与工作流程	3
1.2.1 数据库系统组成	4
1.2.2 数据库管理系统	6
1.2.3 数据库系统工作过程	7
1.2.4 数据字典	7
1.3 数据模型	8
1.3.1 数据模型的基本概念	8
1.3.2 概念模型	9
1.3.3 基本数据模型	12
1.3.4 E-R 模型转换为关系模型	14
1.3.5 模拟教务管理系统	15
本章小结	16
习题	17
第 2 章 数据库设计	18
2.1 数据库设计步骤	18
2.2 数据库规范化	21
2.2.1 规范化概述	21
2.2.2 函数依赖	22
2.2.3 范式	25
2.3 PowerDesigner 应用	27
2.3.1 PowerDesigner 概述	28
2.3.2 概念数据模型建模	29
2.3.3 物理数据模型建模	37
2.4 事务与并发控制	38
2.4.1 事务	39
2.4.2 数据库并发控制	41
本章小结	44
习题	44
第 3 章 Oracle 入门	45
3.1 Oracle 数据库简介	45
3.1.1 Oracle 数据库特点	45
3.1.2 Oracle 数据库体系结构	46



3.1.3	Oracle 版本号的含义	50
3.1.4	Oracle 产品简介	51
3.2	Oracle 10g 数据库的安装与卸载	52
3.2.1	安装的软硬件环境要求	52
3.2.2	安装过程	53
3.2.3	查看 Oracle 服务	58
3.2.4	卸载过程	60
3.2.5	Oracle 10g 数据库安装后的基本环境	62
3.3	客户端工具	63
3.3.1	客户端产品的安装与卸载	64
3.3.2	Oracle 网络配置	67
3.3.3	客户端工具简介	77
3.3.4	SQL*Plus	82
3.4	用户和安全管理	88
3.4.1	用户管理	88
3.4.2	权限管理	90
3.4.3	角色管理	94
3.5	数据库使用初步	95
3.5.1	启动和关闭数据库	95
3.5.2	建立和删除数据库	96
3.5.3	建立和删除表空间	97
3.5.4	向表空间中添加数据文件	98
3.5.5	数据库使用步骤示例	99
本章小结		100
习题		100
第 4 章	SQL 语言基础	101
4.1	SQL 语言概述	101
4.1.1	SQL 语言发展历程	101
4.1.2	SQL 语言特点	102
4.1.3	SQL 语言分类	102
4.2	SQL 语言元素	103
4.2.1	数据类型	103
4.2.2	数据类型比较规则	106
4.2.3	数据类型转换	107
4.2.4	SQL 语言中的注释	109
4.2.5	SQL 语言中的运算符	109
4.2.6	空值的处理	113
4.3	数据定义语言	115

4.3.1	CREATE TABLE 建表语句	115
4.3.2	ALTER TABLE 修改表语句	120
4.3.3	DROP TABLE 删除表语句	121
4.4	数据操纵语言	122
4.4.1	INSERT INTO 插入语句	122
4.4.2	UPDATE 修改语句	123
4.4.3	DELETE FROM 删除语句	124
4.5	SQL 数据查询	124
4.5.1	基本查询	124
4.5.2	SELECT 子句——实现表的投影操作	125
4.5.3	WHERE 子句——查询语句中的选择操作	126
4.5.4	ORDER BY 子句——排序输出	128
4.5.5	连接查询	129
4.5.6	查询语句中的集合操作	131
4.5.7	查询中的重值处理	132
4.5.8	组函数与聚合操作	132
4.5.9	子查询	135
4.5.10	子查询在其他语句中的应用	138
4.6	SQL 语言中的函数	139
4.6.1	SQL 函数概述	139
4.6.2	数值型函数	139
4.6.3	字符型函数	141
4.6.4	日期型函数	143
4.6.5	类型转换函数	145
4.6.6	其他单行函数	147
4.6.7	组函数	148
	本章小结	150
	习题	150
第 5 章	基本数据库对象	152
5.1	数据库对象简介	152
5.1.1	模式与数据库对象	152
5.1.2	Oracle 数据字典	155
5.2	序列	158
5.2.1	序列简介	158
5.2.2	创建序列	159
5.2.3	修改序列	160
5.2.4	使用序列	160
5.2.5	删除序列	162



5.2.6	伪列	163
5.2.7	与序列相关的其他信息	165
5.3	同义词	166
5.3.1	同义词的基础知识	166
5.3.2	创建同义词	167
5.3.3	修改同义词	168
5.3.4	使用同义词	168
5.3.5	删除同义词	168
5.3.6	与同义词相关的其他信息	169
5.4	数据库链	169
5.4.1	分布式数据库简介	169
5.4.2	数据库链简介	170
5.4.3	创建数据库链	170
5.4.4	使用数据库链	171
5.4.5	删除数据库链	172
5.4.6	与数据库链相关的其他信息	172
5.5	视图	172
5.5.1	视图基础知识	172
5.5.2	创建与使用视图	173
5.5.3	修改视图	175
5.5.4	删除视图	175
5.5.5	通过视图修改数据	175
5.5.6	与视图相关的其他信息	177
5.6	索引	177
5.6.1	索引的基础知识	178
5.6.2	创建与使用索引	179
5.6.3	重建索引与删除索引	182
5.6.4	与索引相关的其他信息	182
本章小结		183
习题		184
第 6 章	PL/SQL 程序设计	185
6.1	PL/SQL 简介	185
6.2	PL/SQL 程序基本组成	186
6.2.1	PL/SQL 语法结构	186
6.2.2	变量和常量说明	187
6.2.3	PL/SQL 语言约定	190
6.2.4	变量赋值	192
6.2.5	控制语句	193

6.2.6	异常处理	196
6.3	块的嵌套与异常转移	198
6.3.1	块的嵌套与作用域	198
6.3.2	异常转移	202
6.4	游标	204
6.4.1	系统预定义游标（隐式游标）	204
6.4.2	用户自定义游标（显式游标）	205
6.4.3	游标变量	210
6.5	动态 SQL 语句	212
6.5.1	静态与动态 SQL	212
6.5.2	动态 DML 语句	213
6.5.3	动态 DDL 语句	216
6.5.4	DBMS_SQL 包的语法说明	218
	本章小结	224
	习题	224
第 7 章	过程与函数	225
7.1	过程与函数概述	225
7.1.1	子程序简介	225
7.1.2	过程与函数简介	226
7.2	存储过程	227
7.2.1	存储过程的创建	227
7.2.2	存储过程的调用与删除	228
7.3	存储函数	229
7.3.1	存储函数的创建	230
7.3.2	存储函数的调用与删除	231
7.4	参数传递	232
7.4.1	参数模式	232
7.4.2	实参与形参的对应关系	234
	本章小结	235
	习题	235
第 8 章	触发器	236
8.1	触发器简介	236
8.2	触发器的创建及使用	237
8.2.1	触发器语法组成	237
8.2.2	触发器的使用	240
8.2.3	触发器的管理	241
8.3	触发器分类	242
8.3.1	行级与语句级触发器	242



- 8.3.2 替代触发器.....248
 - 8.3.3 其他触发器.....250
- 本章小结251
- 习题.....251
- 第 9 章 数据库备份与恢复 252
 - 9.1 数据库故障类型.....252
 - 9.2 备份与恢复简介.....254
 - 9.2.1 备份与恢复概念.....255
 - 9.2.2 备份与恢复分类.....256
 - 9.2.3 常用的 Oracle 备份与恢复方法257
 - 9.3 逻辑备份与恢复.....259
 - 9.3.1 逻辑备份与恢复概述259
 - 9.3.2 传统的逻辑备份与恢复（EXP/IMP）260
 - 9.3.3 数据泵的逻辑备份与恢复（EXPDP/IMPDP）268
 - 本章小结274
 - 习题.....274
- 参考文献 275

数据库应用已遍及现代生活的各个角落，大多数人在工作和生活中都会或多或少地用到数据库。例如，到银行存款或取款，预订宾馆房间或机票，查找图书馆里的图书，在互联网上使用搜索引擎、在线购物乃至访问网站地址等，所有这些活动都会涉及某些人或某些计算机程序与数据库的交互。目前，数据库技术是计算机领域中重要的技术之一，已成为软件学科中一个独立的分支。数据库的建设规模、数据库信息量的大小和使用频度已成为衡量一个国家信息化程度的重要标志之一。

要想掌握数据库技术，必须从基础知识学起。所以，本章将首先介绍信息管理技术的演变过程——从人工管理阶段到数据库管理阶段演化的历史，使读者了解数据库技术的特点与优势；然后更深入一步，向读者介绍数据库系统的组成与工作流程；介绍数据模型的相关知识，特别是两种十分广泛的数据模型——实体联系模型和关系模型以及这两种模型之间的转换。本章是学习后面各章的基础。

学习目标

在学习完本章之后，读者应该能够：

- 阐述信息管理技术演变的过程和每个阶段技术的特点，特别是数据库技术的特点；
- 列出数据库系统的组成要素，并说明 DBMS 的功能和数据库系统的工作过程；
- 解释数据模型、E-R 模型及相关术语的含义，并设计出符合具体应用需求的数据模型；
- 将 E-R 图转换为关系模型。

1.1 信息管理技术的演变

在数据处理领域中，有两个最基本的概念——数据和信息。

数据是描述客观事物的一组文字、数字或符号，它是客观事物的反映和记录。

信息是潜在于数据中的意义，它反映了客观世界中各种事物的状态与特征，能增长人的知识，影响接受者的行为。众所周知，物质、能源和信息是组成社会的三大要素，而信息已成为社会发展的基础和主导力量，这是社会信息化的必然结果，是人类社会进步的标志。

数据处理是对各种形式的数据进行收集、存储、加工和传播的一系列活动的总和，其目的是从大量原始的数据中抽取、推导出对人类有价值的信息，以作为行动和决策的依据。

在使用计算机之后，数据处理的速度及规模都是过去人工或机械方式无法比拟的。随着数据



处理量的不断增加,数据管理技术应运而生,其演变过程随着计算机硬件和软件的发展,大体经历了以下三个阶段:

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期之前,计算机的软硬件均不完善。硬件存储设备只有磁带、卡片和纸带,软件方面还没有操作系统,当时的计算机主要用于科学计算。由于这个阶段还没有软件系统对数据进行管理,程序员在程序中不仅要规定数据的逻辑结构,还要设计其物理结构,包括存储结构、存取方法、输入/输出方式等。当数据的物理组织或存储设备改变时,用户程序就必须重新编制。由于数据的组织面向应用,不同的计算程序之间不能共享数据,使得不同的应用之间存在大量的重复数据,很难对应用程序之间数据的一致性进行维护。

这一阶段的主要特征可归纳为如下几点:

- 计算机中没有支持数据管理的软件。
- 在程序中要规定数据的逻辑结构和物理结构,数据与程序不独立。
- 数据组织面向应用,数据不能共享,数据重复。
- 数据处理方式基本上是批处理。

人工管理阶段程序与数据的关系如图 1-1 所示。

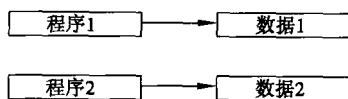


图 1-1 人工管理阶段的数据操作模式

2. 文件系统阶段

这一阶段的主要标志是计算机中有了专门管理数据的软件——操作系统(文件管理)。

20 世纪 50 年代中期至 60 年代中期,由于计算机大容量存储设备(如磁盘)的出现,推动了软件技术的发展,而操作系统的出现标志着数据管理步入一个新的阶段。在文件系统阶段,数据以文件为单位存储在外存储器上,且由操作系统统一管理。操作系统为用户使用文件提供了友好的界面。文件的逻辑结构与物理结构脱钩,程序和数据分离,使数据与程序有了一定的独立性。用户的程序与数据可分别存放在外存储器上,各个应用程序可以共享一组数据,实现了以文件为单位的数据共享。

但由于数据的组织仍然是面向程序,所以存在大量的数据冗余。而且,数据的逻辑结构不能方便地修改和扩充,数据逻辑结构的每一点微小改变,都会影响到应用程序。由于文件之间相互独立,因而它们不能反映现实世界中事物之间的联系,操作系统不负责维护文件之间的联系信息。如果文件之间有内容上的联系,那也只能由应用程序去处理。

在文件系统阶段,数据处理的模式主要为分时和批处理,系统中程序与数据的关系如图 1-2 所示。

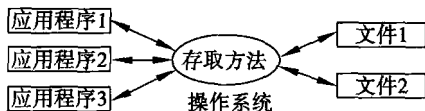


图 1-2 文件系统阶段的数据操作模式

3. 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代以后,随着计算机在数据管理领域的普遍应用,人们对数据管理技术提出了更高的要求:希望面向企业或部门,以数据为中心组织数据,减少数据的冗余,提供更高的数据共享能力;同时要求程序和数据具有较高的独立性,当数据的逻辑结构改变时,不涉及数据的物理结构,也不影响应用程序,以降低应用程序研制与维护的费用。数据库技术正是在这样一个应用需求的基础上发展起来的。

数据库技术有如下特点：

- 面向企业或部门，以数据为中心组织数据，形成综合性的数据库，为各应用程序共享。
- 采用一定的数据模型。数据模型不仅要描述数据本身的特点，而且要描述数据之间的联系。
- 数据冗余小，易修改、易扩充。不同的应用程序根据处理要求，从数据库中获取需要的数据，这样就减少了数据的重复存储，也便于增加新的数据结构，便于维护数据的一致性。
- 程序和数据有较高的独立性。
- 具有良好的用户接口，用户可方便地开发和使用数据库。
- 对数据进行统一管理和控制，保证了数据的安全性、完整性以及并发控制。

从文件系统发展到数据库系统，这在信息领域中具有里程碑的意义。在文件系统阶段，人们在信息处理中关注的中心问题是系统功能的设计，因此程序设计占主导地位；而在数据库方式下，数据开始占据了中心位置，数据的结构设计成为信息系统首先关心的问题，而应用程序则以既定的数据结构为基础进行设计。

数据库操作模式如图 1-3 所示。

计算机用于信息处理至今，其应用系统大体可分为四个层次：

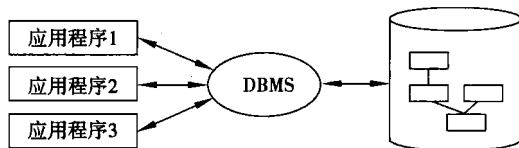


图 1-3 数据库操作模式

1. 电子数据处理

该层次的应用是用计算机代替各种手工工具，实现数据处理的计算机化。其意义在于减轻了用户的劳动强度，节省人力、时间，并且提高了数据处理的质量和效率。例如工资的计算与报表打印等。

2. 事务处理系统

事务处理系统实现了部分业务管理，如财务系统、订票系统等。该层次的应用不仅提高了事务处理效率，而且提高了管理水平，实现了原来手工无法实现的功能。但系统一般不涉及全局，对管理控制与战略规划很少涉及。

3. 管理信息系统（MIS）

该层次的系统是对数据进行深加工，提取有价值的信息用于管理。通常 MIS 以一个部门的管理为背景，以基层事务子系统为基础，以完成该部门总体任务为目标。它强调企业中各局部系统之间的信息联系，提供满足各级领导从事管理的信息需求，并作用于管理的全过程。

目前各企事业单位建立的信息系统大都属于该种类型。

4. 决策支持系统

可以形象地说，决策支持系统是“进入董事会的系统”。该系统依据 MIS 提供的信息，支持做出高层管理的有效决策。系统强调对半结构化和非结构化问题的决策，借助模型库、知识库，具有试探、推理、演绎等功能，通过高度人机交互，建立人脑和计算机的协同工作。决策支持系统有助于将人们的高级脑力劳动科学化。

目前，决策支持系统还主要应用于部分专门的领域，如医疗领域中的专家系统等。

1.2 数据库系统组成与工作流程

数据库系统通常是指带有数据库的计算机应用系统，因此，数据库系统不仅包括数据库本身，还包括相应的硬件、软件 and 各类人员。



1.2.1 数据库系统组成

下面简要介绍一下数据库系统中的各个组成成分（见图 1-4）。

1. 硬件

常见的数据库系统硬件分为服务器端和客户端两大部分。数据库服务器是系统的关键组成部分，作为整个系统硬件的核心承担着整个系统运行数据的建立、存储、查询、操作、备份以及运行整个后台应用程序的任务。数据库服务器的处理能力、存储能力、可靠性直接关系到整个数据库系统的性能优劣，因此，应选用高可靠性、高可用性和高性价比的服务器。上述服务器需要满足以下要求：

① 有足够大的内存，以存放操作系统、DBMS（database management system，数据库管理系统）的核心模块、数据缓冲区和应用程序。

② 有足够大的磁盘等直接存取设备存放数据库，有足够的磁带（或光盘）作数据备份。

③ 有处理能力足够强的 CPU，以满足较高的服务器处理速度要求和对客户响应速度的要求。

④ 有较高的通道能力，以提高数据传输率，保证足够的系统吞吐能力，否则，系统性能将遭遇瓶颈。

对数据库服务器硬件的要求，主要是出于数据库服务器的应用地位来考虑的。目前，市场针对企业应用的数据库服务器主要有小型机和超级 PC 服务器，也有采用工作站、PC 专用服务器和高档 PC 作为服务器的。对客户端机器的要求不高，普通微机即可满足。

2. 软件

数据库系统主要包括以下软件：

（1）数据库管理系统

数据库管理系统是数据库系统的核心软件，为数据的定义、存储、查询和修改等提供支持。从功能极强的企业级 DBMS 直至相对简单的桌面型 DBMS，成熟的 DBMS 很多。对于 DBMS 的选择，应根据应用环境综合考虑。

（2）支持 DBMS 运行的操作系统

通常，DBMS 运行时都是基于某一种操作系统，并通过操作系统来实现对数据的存取。许多 DBMS 可支持多种操作系统平台。操作系统的选择应与 DBMS 配套。

（3）应用开发工具

应用开发工具是系统为应用开发人员及最终用户提供的高效率、多功能的应用生成器，为数据库系统的开发和应用提供有力的支持。当前一些通用的应用开发工具已成为数据库软件的有机组成部分，常用的如 Delphi、PowerBuilder、Visual Basic 等。

（4）为特定应用开发的数据库应用软件

数据库应用软件是对数据库中的数据进行加工和处理的软件，面向特定的应用。例如，基于数据库的各种管理软件、办公自动化软件、决策支持系统、电子政务系统、电子商务系统等，都属于数据库应用软件。



图 1-4 数据库系统软硬件层次图

3. 数据库

数据库系统必须有数据库作为资源支持。数据库中的数据是按需求进行采集并按一定的数据模型组织、描述和存储的,具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性,并可为各种用户共享。

4. 人员

对于一个小型的个人数据库(例如,一个好友通信地址列表)而言,通常一个人就可以完成数据库的定义、构建和操作,没有什么分工可言。而对于一个有数百个用户的大型数据库来说,则需要许多人参与到分析、设计、使用和维护工作中来。参与分析、设计、管理、维护和使用数据库的人员都是数据库系统的组成部分,在数据库系统的开发、维护和应用中起着重要作用。

数据库系统的人员主要有数据库管理员、系统分析员、应用程序员和最终用户。

(1) 数据库管理员(database administrator, DBA)

在数据库系统环境下,有两类共享资源,一类是数据库,一类是数据库管理系统软件。企业或组织中一般设立了专门的管理机构来管理和维护这些资源。数据库管理员是这个机构的一个(组)人员,负责数据库系统的管理、维护和正常使用。具体职责包括:

① 参与数据库设计全过程,并与最终用户、应用程序员和系统分析员密切合作,共同协商,搞好数据库设计。

② 定义数据的安全性要求和完整性约束条件,负责分配用户对数据库的使用权限和口令管理,帮助最终用户使用数据库系统。

③ 监控数据库的使用和运行,及时处理运行过程中出现的问题。比如系统发生各种故障时,数据库会因此遭到不同程度的破坏,DBA 必须在最短时间内将数据库恢复到正确状态,并尽可能不影响或少影响计算机系统其他部分的正常运行。

④ 改进和重新构造数据库系统,优化数据库系统的性能。DBA 还负责在系统运行期间监视系统的空间利用率、处理效率等性能指标,对运行情况进行记录、统计分析,依靠工作实践并根据实际应用环境,不断改进数据库设计。不少数据库产品都提供了对数据库运行状况进行监视和分析的实用程序,DBA 可以使用这些实用程序完成这项工作。另外,在数据运行过程中,大量数据不断插入、删除、修改,时间一长,会影响系统的性能。因此,DBA 要定期对数据库进行重组,以提高系统的性能。

⑤ 定义和实施适当的备份和恢复策略,如周期性的转储数据、维护日志文件等。

DBA 要有较高的技术专长和较深的资历,除了要掌握一定的数据处理和数据库技术外,还应具有处理好人际关系的素质和能力。

(2) 系统分析员和应用程序员(软件工程师)

系统分析员负责确定最终用户的需求,并开发满足这些需求的固化事务规范,因此,必须与用户及数据库管理员密切合作。应用程序员将这些规范实现为程序,然后测试、调试程序,编写文档并维护这些固化事务。分析员和程序员(通常被称为软件工程师)要完成任务,就必须对 DBMS 提供的所有功能相当熟悉。

(3) 最终用户

最终用户也称用户,主要指使用数据库的各类人员,一般为非计算机专业人员。最终用户通过应用系统的用户接口使用数据库。常用的接口方式有浏览器、菜单驱动、表格操作、图形显示、报表书写等。



最终用户可以分为如下三类：

- 偶然用户。这类用户不经常访问数据库，但每次访问数据库时往往需要不同的数据库信息，这类用户一般是企业或组织机构的中高级管理人员。
- 简单用户。数据库的多数最终用户都是简单用户，其主要工作是查询和更新数据库，一般都是通过应用程序员精心设计并具有友好界面的应用程序存取数据。银行的职员、航空公司的机票预订工作人员、旅馆总台服务员等都属于这类用户。
- 复杂用户。复杂用户包括工程师、科学家、经济学家、科学技术工作者等具有较高科学技术背景的人员。这类用户一般都比较熟悉数据库管理系统的各种功能，能够直接使用数据库语言访问数据库，甚至能够基于数据库管理系统的 API 编制自己的应用程序。

1.2.2 数据库管理系统

数据库管理系统是介于用户和操作系统之间的一组软件，它实现对共享数据的有效组织、管理和提取。DBMS 主要具有以下几方面的功能：

1. 数据定义功能

DBMS 提供数据定义语言（data definition language，DDL）定义构成数据库结构的模式、内模式和外模式，外模式与模式之间的映象，模式与内模式之间的映象以及有关的约束条件。这些定义存储在数据字典（也称系统目录）中，是 DBMS 运行的基本依据。

2. 数据组织、存储和管理功能

数据组织、存储和管理功能包括对数据字典、用户数据、存取路径等数据进行分门别类地组织、存储和管理，确定以何种文件结构和存取方式物理地组织这些数据，如何实现数据之间的联系，以便提高存储空间利用率以及提高随机查找、顺序查找、增、删、改等操作的时间效率。

3. 数据操作功能

DBMS 提供数据操纵语言（data manipulation language，DML）实现对数据库数据的基本操作：检索、插入、修改和删除。一个好的 DBMS 应提供功能强大且易学易用的 DML、方便的操作方式和较高的数据操作效率。

4. 数据库运行管理功能

这是 DBMS 运行时的核心部分，包括对数据库进行并发控制、安全性检查、完整性约束条件的检查和执行、数据库的内部维护（如索引、数据字典的自动维护）等，以保证数据的安全性、完整性、一致性、多用户对数据库的并发使用以及发生故障后的系统恢复。

5. 数据库的建立与维护功能

数据库的建立与维护功能包括数据库初始数据的载入、数据的转换、数据库的转储与恢复、数据库的重组与重构造以及性能的监视与分析等功能。

6. 数据通信接口

DBMS 还需要提供与其他软件系统进行通信的功能。例如提供与其他 DBMS 或文件系统的接口，从而能够将数据转换为另一个 DBMS 或文件系统能够接收的格式，或者接收其他 DBMS 或文件系统的数据库。