

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

数据库设计与开发

——基于Oracle数据库

孔蕾蕾 主编
刘楠 顾伟宏 副主编



清华大学出版社

013046143

TP311.1380R-43

25

21世纪高等学校规划教材

数据库设计与开发 ——基于Oracle数据库



孔蕾蕾 主编

刘楠 顾伟宏 副主编

TP311.1380R-43
25



北航

C1652837

清华大学出版社
北京

01304813

内 容 简 介

本书面向应用型本科人才培养,以“卓越工程师教育培养计划”的实施为背景,以 Oracle 数据库为例,全面系统地介绍数据库设计、编程及开发的理论、方法和技术。

本书针对数据库设计,介绍数据库的概念结构设计、高级建模技术、逻辑数据库设计、规范化及物理数据库设计;针对数据库应用系统的编程和开发,介绍函数与表达式、连接操作、查询与更新操作、PL/SQL、存储过程及触发器、创建数据库连接与执行 SQL 语句等内容。书中除了介绍数据库设计与数据库开发必备的知识外,还附有大量从实际项目中摘录的案例,并在最后一章给出 3 个项目实训,以提高学生利用所学知识解决实际问题的能力。

本书主要作为应用型本科计算机、软件工程、信息管理与信息系统及相关专业学生数据库设计与开发课程的教材,也可供企业的信息技术人员在为公司建立正确的数据库环境时进行参考。

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

数据库设计与开发:基于 Oracle 数据库/孔蕾蕾主编.--北京:清华大学出版社,2013.6

21 世纪高等学校规划教材·计算机应用

ISBN 978-7-302-32026-5

I. ①数… II. ①孔… 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(2013)第 078675 号

责任编辑:高买花 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>,010-62795954

印 装 者:三河市李旗庄少明印装厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21 字 数:511 千字

版 次:2013 年 6 月第 1 版 印 次:2013 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.50 元

产品编号:049270-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

在近十年的应用型本科数据库及其相关课程的教学,以及指导学生实习、课程设计和毕业设计的过程中,我深刻地体会到在应用型本科教学中,学生综合运用数据库系统的知识、技术和方法进行数据库应用系统的设计和实施能力、开发数据库应用系统的能力及参与数据库设计工作的能力的欠缺,尤其在开展教育部“卓越工程师教育培养计划”的实施过程中,更感触到现有对数据库应用型本科人才的培养与行业标准的距离。

教育部的“卓越工程师教育培养计划”,作为“国家中长期教育改革与发展规划纲要(2010—2020)”组织实施的一个重大项目,旨在培养、造就一大批卓越工程师后备人才。卓越工程师教育培养计划要求学校按通用标准和行业标准培养工程人才,通用标准是从国家层面对卓越工程师培养提出的最低要求,而行业标准是从行业层面对卓越工程师培养提出的专业要求。卓越工程师数据库应用型人才培养的目标是培养具有数据库相关信息系统的规划、分析、设计、实施、开发和高级管理能力的在工程现场从事数据库技术现场应用工作的人才。以应用型人才培养为目标的本科院校,担负着培养生产型和设计型工程师的任务。数据库设计与开发的相关课程是计算机应用、软件工程及信息管理与信息系统等专业的核心课程,是信息系统的关键技术。

本书的编写结合了作者多年的数据库设计及开发经验与 Oracle 的数据建模、编程和开发技术,是一本适合应用型本科教学及“卓越工程师教育培养计划”数据库类人才的教材。作者旨在使学生通过本书的学习,培养学生的数据库应用系统的设计和实施能力、综合运用数据库系统技术和方法的能力、开发数据库应用系统的能力、不断学习的能力和持久的创新能力以及良好的沟通和合作能力。

全书分为 3 个部分。第一部分介绍关系数据库的设计,包括第 1~6 章以及第 13 章。该部分主要围绕关系数据库的设计理论,全面翔实地介绍数据库概念模型、逻辑模型及物理模型的设计,并以实际案例介绍关系数据库的规范化与反规范化理论。在数据库的概念模型设计中,所有案例均采用了 Oracle 的仿实体关系图,在数据库的逻辑模型设计及规范化中,数据库的逻辑模型的设计使用了 ER Studio 工具。在数据库的物理模型设计中,参考了大量国外经典的数据库设计教材。在第 13 章中,结合 3 个项目实例,分析了数据库从需求分析、概念模型设计、逻辑模型设计到物理结构设计的详细方法和步骤。第二部分介绍 SQL 对数据的操作与定义,包括第 7~9 章。该部分以 Oracle 数据库为例,介绍函数与表达式、连接操作、查询与更新操作,其中包括大量 Oracle 专用的函数和连接操作。该部分对每种 SQL 的应用都给出了具体的语法规则,并给出了大量实例,这些实例都以其在 Oracle SQL * Plus 环境下运行的形式给出。第三部分介绍数据库应用系统的开发,包括第 10~12 章,主要介绍 Oracle 的 PL/SQL,Oracle 的函数、存储过程和触发器以及创建数据库连接与执行 SQL 语句。

本书内容系统、全面、实用、针对性强。本书针对应用型本科教学和卓越工程师培养,全

面系统地介绍数据库设计、编程及开发的理论、方法和技术,理论通俗易懂,方法简单直接,技术具体实用,语言流畅简练。

在撰写本书的过程中,我的家人给予了我巨大的支持,在此衷心地感谢他们,祝他们身体健康。

本书由孔蕾蕾主编,第2~6章及第13章由孔蕾蕾编写,第1、7、8、9章由刘楠编写,第10、11、12章由顾伟宏编写。

本书的课件及相关资料可在清华大学出版社网站(<http://www.tup.com.cn>)下载,也可发邮件到 Leilei.kong@hljit.edu.cn 咨询。

由于编者水平有限,书中的疏漏和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

孔蕾蕾

2013年3月

目 录

第 1 章 数据库的设计与开发概述	1
1.1 数据库概述	1
1.1.1 数据库与数据库系统的发展.....	1
1.1.2 数据与信息.....	3
1.2 数据库系统架构	4
1.2.1 数据库的三级模式架构.....	4
1.2.2 数据独立性.....	9
1.2.3 映射.....	9
1.3 关系数据库与关系模型.....	10
1.3.1 关系数据库管理系统	10
1.3.2 关系模型	11
1.4 数据库设计.....	14
1.4.1 数据库设计的步骤	14
1.4.2 规划	15
1.4.3 需求分析	16
1.4.4 概念设计	16
1.4.5 逻辑设计	17
1.4.6 物理设计	17
1.4.7 实现和部署	17
1.4.8 运行和维护	18
1.5 数据库应用程序开发.....	18
1.5.1 事务设计	18
1.5.2 用户界面设计	19
1.5.3 构建原型	19
1.5.4 实现数据的转换与加载	20
1.5.5 测试与维护	21
1.6 小结.....	21
术语	22
练习	23
第 2 章 概念结构设计：实体关系建模	24
2.1 实体关系建模与实体关系图.....	24

2.1.1	为什么需要模型	24
2.1.2	模型的作用	24
2.1.3	建模语法	25
2.2	实体、实例、属性和唯一标识符	26
2.2.1	实体	26
2.2.2	实例	27
2.2.3	属性	27
2.2.4	唯一标识符	30
2.2.5	用仿实体关系图表示实体及其属性	30
2.3	标识关系	30
2.3.1	关系的度	31
2.3.2	关系的可选性	31
2.3.3	关系的基数	31
2.3.4	关系的可转移性	38
2.3.5	用仿实体关系图表示关系	39
2.4	矩阵图	41
2.5	小结	42
术语	42
练习	43
第3章	高级建模技术	46
3.1	解决多对多关系	46
3.1.1	隐藏属性的关系	46
3.1.2	多对多关系的解决方案	47
3.1.3	限定关系	49
3.2	父类型与子类型	49
3.3	层次结构和递归关系	53
3.3.1	分层数据	53
3.3.2	绘制层次结构	53
3.3.3	层次关系与递归关系	54
3.4	排他 OR 约束条件	55
3.4.1	什么是约束条件	55
3.4.2	相互排斥的关系	55
3.4.3	弧	55
3.5	利用历史数据建模	56
3.5.1	保持时间特性	56
3.5.2	与时间相关的历史信息 and 约束条件	57
3.5.3	与价格相关的历史信息	58
3.5.4	与日志相关的历史信息	58

3.6 小结	59
术语	60
练习	60
第4章 逻辑数据库设计	62
4.1 ER图向关系模型的转换	62
4.1.1 标识实体和属性	62
4.1.2 确定属性域	64
4.1.3 确定候选键和主键	65
4.2 标识关系	66
4.2.1 外键的命名	67
4.2.2 一对一关系的映射	67
4.2.3 一对多关系的映射	70
4.2.4 多对多关系的映射	72
4.2.5 关系的可选性的映射	75
4.2.6 关系的可转移性的映射	75
4.2.7 级联限定关系	76
4.2.8 父类型和子类型的映射	78
4.2.9 相互排斥关系的弧的映射	82
4.3 定义完整性约束	83
4.4 构建全局逻辑数据模型	84
4.5 设计用户子模式	85
4.6 小结	86
术语	87
练习	87
第5章 规范化	90
5.1 规范化简介	90
5.2 数据冗余和更新异常	92
5.3 第一范式	94
5.4 第二范式	95
5.5 第三范式	98
5.6 更高级的范式	101
5.6.1 BCNF	101
5.6.2 4NF	102
5.6.3 5NF	102
5.6.4 DKNF	104
5.7 反规范化	104
5.7.1 反规范化的目标	104

5.7.2 反规范化技术	105
5.8 小结	111
术语	112
练习	113
第6章 物理数据库设计	115
6.1 物理设计简述	115
6.2 将全局逻辑数据模型转换为目标 DBMS 支持的模型	116
6.2.1 设计基本表	117
6.2.2 设计派生数据的表示	117
6.2.3 设计其他业务规则	118
6.3 分析事务	118
6.3.1 列出事务路径	118
6.3.2 确定信息	119
6.3.3 数据应用分析	120
6.4 选择文件组织方式	120
6.4.1 文件、块和记录	121
6.4.2 文件组织	121
6.5 选择索引	124
6.5.1 索引简介	124
6.5.2 创建与管理索引	125
6.5.3 主索引与二级索引	128
6.5.4 基于树的索引	130
6.6 设计用户视图	132
6.6.1 视图的定义与查询	132
6.6.2 修改视图	136
6.6.3 DML 语句和视图	136
6.6.4 管理视图	137
6.7 设计安全性机制	137
6.7.1 设计系统安全性	138
6.7.2 设计数据安全性	144
6.8 了解系统资源	145
6.8.1 主存	145
6.8.2 CPU	145
6.8.3 磁盘 I/O	146
6.8.4 RAID	146
6.8.5 网络	147
6.9 小结	147
术语	148
练习	148

第 7 章 函数与表达式	149
7.1 大小写处理和字符处理	150
7.1.1 DUAL 表	150
7.1.2 字符函数.....	151
7.2 数字函数	153
7.3 日期函数	154
7.4 转换函数	158
7.4.1 TO_CHAR 函数	159
7.4.2 TO_NUMBER 函数	163
7.4.3 TO_DATE 函数	163
7.5 NULL 函数	165
7.5.1 NVL 函数	165
7.5.2 NVL2 函数	166
7.5.3 NULLIF 函数	167
7.5.4 COALESCE 函数	167
7.6 条件表达式	168
7.6.1 CASE 表达式.....	168
7.6.2 DECODE 函数	169
7.7 小结	170
术语.....	170
练习.....	171
第 8 章 连接操作	173
8.1 笛卡儿积连接、等值连接和非等值连接.....	173
8.1.1 笛卡儿积连接.....	174
8.1.2 等值连接.....	174
8.1.3 非等值连接.....	177
8.2 内部连接和外部连接	178
8.2.1 内部连接和外部连接概述.....	178
8.2.2 左外连接、右外连接和完全外连接	178
8.3 自连接	180
8.4 自然连接和交叉连接	181
8.4.1 ANSI/ISO SQL	181
8.4.2 自然连接.....	182
8.4.3 交叉连接.....	183
8.5 连接子句	183
8.5.1 USING 子句	184
8.5.2 ON 子句	185

8.5.3	连接 3 个表	185
8.6	小结	186
	术语	187
	练习	187
第 9 章	查询与更新操作	189
9.1	组函数	189
9.1.1	MIN 和 MAX	190
9.1.2	SUM 和 AVG	191
9.1.3	VARIANCE 和 STDDEV	192
9.1.4	COUNT	192
9.2	GROUP BY 和 HAVING 子句	194
9.2.1	GROUP BY 子句	194
9.2.2	组内组	196
9.2.3	嵌套组函数	197
9.2.4	HAVING 子句	197
9.3	子查询	198
9.3.1	单行子查询	198
9.3.2	多行子查询	202
9.4	INSERT 语句	205
9.4.1	显式地向表中添加数据	205
9.4.2	隐式地向表中添加数据	207
9.4.3	插入特殊值	207
9.4.4	使用子查询复制行	208
9.4.5	通过用户交互操作插入记录	209
9.5	更新列值和删除行	209
9.5.1	UPDATE	210
9.5.2	DELETE	212
9.6	DEFAULT 值	213
9.7	创建与修改表	214
9.7.1	创建表	214
9.7.2	修改表	217
9.8	定义和管理约束条件	222
9.8.1	完整性约束条件	222
9.8.2	NOT NULL 和 UNIQUE 约束条件	224
9.8.3	PRIMARY KEY、FOREIGN KEY 和 CHECK 约束条件	226
9.8.4	管理约束条件	229
9.9	小结	232
	术语	233

练习	234
第 10 章 高级 SQL——Oracle PL/SQL	237
10.1 PL/SQL 体系结构和运行 PL/SQL 程序的方法	237
10.1.1 PL/SQL 体系结构	237
10.1.2 运行 PL/SQL 程序	237
10.2 PL/SQL 块结构和组成元素	239
10.2.1 PL/SQL 块结构	239
10.2.2 PL/SQL 的组成元素	239
10.3 PL/SQL 处理流程	244
10.3.1 逻辑结构	244
10.3.2 循环结构	250
10.3.3 顺序结构	251
10.3.4 异常处理	253
10.4 游标	256
10.4.1 显式游标	256
10.4.2 游标的 FOR 循环	258
10.4.3 隐式游标	258
10.5 在 PL/SQL 中动态执行 SQL 语句	259
10.6 小结	261
术语	261
练习	261
第 11 章 存储过程、函数及触发器	263
11.1 存储过程	263
11.1.1 什么是存储过程	263
11.1.2 存储过程的语法	264
11.1.3 存储过程的执行	268
11.1.4 存储过程的维护	269
11.2 函数	270
11.2.1 什么是函数	270
11.2.2 函数的语法	270
11.2.3 函数的执行	271
11.2.4 函数的维护	271
11.3 触发器	272
11.3.1 触发器的类型	272
11.3.2 触发器的组成	272
11.3.3 创建触发器	273
11.3.4 创建系统事件触发器	278

11.4 小结	279
术语	280
练习	280
第 12 章 创建数据库连接与执行 SQL 语句	281
12.1 创建数据库连接	281
12.1.1 异构环境下数据库互连的解决方法	281
12.1.2 使用 JDBC 创建数据库连接	285
12.2 执行 SQL 语句	288
12.2.1 处理查询	288
12.2.2 执行一般查询	288
12.2.3 执行参数查询	290
12.2.4 执行存储过程	291
12.3 更新数据库	292
12.3.1 创建表	292
12.3.2 删除表	293
12.3.3 修改表	293
12.3.4 更新表中数据	293
12.4 处理结果集	294
12.4.1 以列名为参数	295
12.4.2 以结果集中列的序号为参数	295
12.5 小结	296
术语	296
练习	296
第 13 章 项目实例	299
13.1 项目实例一：课程考试/练习系统(TES)	299
13.1.1 TES 项目简介	299
13.1.2 TES 的 ERD 设计	300
13.1.3 TES 系统的逻辑模型	305
13.1.4 TES 概念模型向逻辑模型的转换	305
13.2 项目实例二：计算机销售电子商务平台项目(DPEBP)	309
13.3 项目实例三：国际家居建材城商场管理系统(IFMS)	312
13.3.1 IFMS 项目简介	312
13.3.2 IFMS 系统的主要用例	312
13.3.3 IFMS 的逻辑模型	316
13.3.4 得到 IFMS 的关系表	318
13.4 小结	319
术语	319
参考文献	320

第 1 章

数据库的设计与开发概述

进入 20 世纪 50 年代末,计算机的出现和逐步普及把信息对整个社会的影响逐步提高到一种绝对重要的地位,信息量、信息传播的速度、信息处理的速度以及应用信息的程度等都在以几何级数的方式增长,人类进入了信息时代。在信息时代,数据(或信息)及其有效管理是一个组织非常重要的业务目标。数据库系统是一个能简化数据管理任务的工具,它是数据的仓库,对组织的正常运转起着基本的支撑作用,它存储并维护组织的数据,为组织提供准确、可靠、及时的数据,帮助用户在做决策的时候解释这些数据。

数据库对于信息时代的任何组织都是重要的,它已成为企业、部门和个人日常工作、生产和生活的基础设施。

本章首先给出数据库的概述,介绍数据库与数据库系统的发展、数据与信息、关系数据库和关系数据库管理系统及其结构的基本概念,然后讨论关系模型和关系的完整性,最后介绍数据库设计和数据库应用程序开发中的一些问题。

1.1 数据库概述

1.1.1 数据库与数据库系统的发展

什么是数据库?数据库(DataBase, DB)是一个长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的、统一管理的数据集合。它是一个按数据结构来存储和管理数据的计算机软件系统。一般来讲,数据库指的是数据库管理系统管理的数据的集合。

数据库是一个长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的、统一管理的数据集合。

数据库还可以定义为:

- 数据库是“按照数据结构来组织、存储和管理数据的仓库”。
- 数据库是存储在一起的相关数据的集合,这些数据是结构化的,无有害的或不必要的冗余,并为多种应用服务;数据的存储独立于使用它的程序;对数据库插入新数据,修改和检索原有数据均能按一种公用的、可控制的方式进行。当某个系统中存在结构上完全分开的若干个数据库时,该系统包含一个数据库集合。
- 数据库是依照某种数据模型组织起来并存放于二级存储器中的数据集合。这种数

据集合具有的特点是,尽可能不重复,以最优方式为某个特定组织的多种应用服务,其数据结构独立于使用它的应用程序,对数据的增、删、改和检索由统一软件进行管理和控制。

- 数据库是一个存储在一起的逻辑上相互关联的数据的集合,用来满足一个组织的信息需求。

数据库系统的萌芽出现于 20 世纪 60 年代。当时计算机开始广泛地应用于数据管理,对数据的共享提出了越来越高的要求,传统的文件系统已经不能满足人们的需要,能够统一管理 and 共享数据的数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)应运而生。数据模型是数据库系统的核心和基础,各种 DBMS 软件都是基于某种数据模型的。所以,通常按照数据模型的特点将传统数据库系统分成网状数据库、层次数据库和关系数据库三类。

最早出现的网状 DBMS 是美国通用电气公司的 Charles Bachman 等人在 1961 年开发成功的 IDS(Integrated DataStore)。层次 DBMS 是紧随网状数据库出现的,最著名的层次数据库系统是于 1968 年 IBM 在 IBM 360 计算机上研制成功的 IMS(Information Management System),它是第一个也是最著名的、最为典型的层次数据库管理系统,至今仍有企业使用。

1970 年,IBM 的研究员 E. F. Codd 博士在 *Communications of the ACM* 上发表了一篇名为 *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks* 的论文,首次提出了关系模型的概念。这篇论文是计算机科学史上最重要的论文之一,这篇论文被普遍认为是数据库系统历史上具有划时代意义的里程碑,它奠定了 Codd 博士“关系数据库之父”的地位。从此,数据库系统发生了显著的变化。后来,Codd 又陆续发表多篇文章,论述了范式理论和衡量关系系统的 12 条标准,用数学理论奠定了关系数据库的基础。

1973 年,IBM 研究中心启动了 System R 项目,研究多用户与大量数据下关系数据库的可行性,由此取得了一大批对数据库技术的发展具有关键性作用的成果。1974 年,IBM 研究员 Don Chamberlin 和 Ray Boyce 通过 System R 项目的实践,发表了论文 *SEQUEL: A Structured English Query Language*,提出了 SEQUEL 语言,即 SQL 语言的原型。1977 年,System R 原型在波音公司、Pratt & Whitney 公司和 Upjohn 药业分别进行了安装,这标志着 System R 从技术上已经是一个比较成熟的数据库系统,能够支撑重要的商业应用了。但是一直到 1980 年,System R 才作为一个产品正式推向市场。

与此同时,1973 年加州大学伯克利分校的 Michael Stonebraker 和 Eugene Wong 利用 System R 已发布的信息开始开发自己的关系数据库系统 Ingres。他们开发的 Ingres 项目最后由 Oracle 公司、Ingres 公司以及硅谷的其他厂商所商品化。1976 年,霍尼韦尔公司(Honeywell)开发了第一个商用关系数据库系统——Multics Relational Data Store。1981 年,由于发明了关系数据库模型,IBM 的研究员 E. F. Codd 获得了 ACM 图灵奖,这是计算机科学界的最高荣誉。Codd 博士也是继查尔斯·巴赫曼(Charles W. Bachman)之后,又一位由于在数据库领域做出巨大贡献而获此殊荣的计算机科学家。

从 20 世纪 80 年代以来,数据库技术在商业领域的巨大成功刺激了数据库技术需求的迅速增长,数据库技术也得到了极大的发展。一方面,数据库技术与其他相关技术相结合,涌现出各种新型数据库系统;数据库技术与分布处理技术相结合,出现了分布式数据库;