



面向21世纪大学计算机基础课程规划教材

BASIC COMPUTER COURSES FOR UNDERGRADUATE EDUCATION

# 数据库开发与应用

DATABASE: DEVELOPMENT AND APPLICATIONS

郝平主编



 科学出版社  
www.sciencep.com

TP311.13  
232



面向21世纪大学计算机基础课程规划教材

BASIC COMPUTER COURSES FOR UNDERGRADUATE EDUCATION

# 数据库开发与应用

郝平 主编

王万良 主审

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以数据库系统的基本概念和基本原理为出发点,结合微软公司的SQL Server 2000,系统介绍数据库的设计、开发、应用和维护的完整过程。

本书共分10章,主要介绍数据库概念、数据库创建、数据库安全和用户管理、SQL语言、数据库查询、存储过程和触发器、数据完整性、安全性和数据库设计,以及采用VB和ASP开发基于C/S和B/S模型的数据库应用系统。

本书概念清楚、重点突出、内容完整,注重理论与实践结合。每章都配以小结和习题,有助于学习和加深对内容的理解、掌握,所有程序均选自实际开发的案例。

本书既可作为高等学校非计算机专业数据库课程的教学用书,也可作为从事信息领域工作的技术人员的数据程序开发参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数据库开发与应用/郝平主编.—北京:科学出版社,2005

(面向21世纪大学计算机基础课程规划教材)

ISBN 7-03-014920-3

I.数… II.郝… III.数据库系统-高等学校-教材 IV.TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第005419号

责任编辑:万国清 孙露露 / 责任校对:耿耘

责任印制:吕春珉 / 封面设计:飞天创意

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年2月第一版 开本:787×1092 1/16

2005年2月第一次印刷 印张:19

印数:1—3 000 字数:428 000

定价:26.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(路通))

销售部电话010-62136131 编辑部电话010-62138978-8004

# 面向 21 世纪大学计算机基础课程规划教材

## 编 委 会

### 主 任

冯博琴      西安交通大学

### 副主任

崔杜武      西安理工大学

### 编 委 (以姓氏笔画为序)

王长元    王会燃    刘天时

张毅坤    郝 平    蒋 林

# 前 言

数据库技术是计算机科学的重要组成部分。近年来,由于信息技术发展迅速,各种数据库应用也越来越多,如面向对象数据库、Web 数据库以及分布式数据库等,特别是 Internet 的发展,为数据库的应用提供了更加广阔的领域,也推动了数据库技术的不断发展和完善。

目前,大部分工科院校本科电类、机电类、信息管理类专业都开设了数据库原理与应用的课程。但以前教学的重点多侧重于数据库理论方面的培养,对数据库应用和开发方面投入的教学比重不足,致使许多大学生修完数据库原理与应用课程后,在毕业设计阶段或以后的工作中,仍然不能很好地开展数据库应用系统的设计和开发。

本书的编写目的是理论联系实际,力求让读者通过本书的学习,能对数据库技术有比较全面的了解,掌握数据库基本理论、数据库应用的基本知识和方法,熟悉数据库应用系统的设计和开发模式,提高实际应用能力,并且通过教学,让学生初步具备解决数据库应用问题的能力。本书名为《数据库开发与应用》,也体现了作者期望学生通过本书的学习,达到学以致用,提高实际应用能力的目的。

全书共分 10 章:第 1 章讲述数据库基础,包括数据库系统概述、数据模型、数据库系统结构、数据库系统组成和关系数据库方面的技术;第 2 章全面介绍关系数据库的建立、查询、维护、存储和关联等;第 3 章介绍数据安全和用户管理,数据库的登录和验证模式、数据库角色、用户和权限,以及账户的管理;第 4 章介绍关系数据库标准语言 T-SQL 的组成、功能和特点,以及基本的操作,重点介绍数据定义、数据查询、视图、数据更新、数据控制语言和数据库索引等;第 5 章介绍 T-SQL 程序设计、高级编程、事务处理和游标等;第 6 章介绍数据库存储过程和触发器;第 7 章介绍数据库完整性、安全性、并发控制和数据库恢复技术;第 8 章介绍数据库设计,主要包括需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计、数据库的实施和维护,以及两种常用的数据库设计工具(Visio 和 PowerDesigner);第 9 章介绍数据库 ODBC 和 ADO 体系结构,以及用 VB 开发 C/S 模式的数据库系统的实例;第 10 章介绍 ASP 基础知识、内置对象,以及利用 Web 服务器开发数据库应用系统的实例。

本书概念清楚、重点突出,完整覆盖了数据库应用系统开发的内容,集设计、开发和应用于一体,注重理论与实践结合。每章都配以小结和习题,有助于学习和加深对内容的理解、掌握,所有程序均选自实际开发中的案例。

本书主要作为高等学校非计算机专业数据库应用课程的教学用书,也可作为从事信息领域工作的科技人员的自学参考书。在教学计划中,如果安排 60 学时,建议按照第 1~10 章的内容顺序讲授,授课安排 40 个学时左右,上机和设计安排 16~20 个学时。学生实践的学时数不得低于总学时的 25%,教师可以有针对性地选择其中某些内容进行讲授。建议教学实践环境为 SQL Server 2000。

本书由郝平组织编写,王万良、应时彦和管秋进行审阅。郝平负责编写第 1 章、第 3 章和第 8 章部分内容;陈晓燕负责编写第 2 章、第 7 章和第 8 章后半部分内容;陈建尧负责编写第 6 章、第 10 章;练玉来负责编写第 4 章、第 5 章;王俊锋负责编写第 9

章部分内容；沈秀芬参加了文字编辑、校对和审核工作；朱莹参加了案例编写、程序调试工作。

在本书编写过程中得到了浙江工业大学自动化系老师、绍兴市农业信息中心以及浙江工大科技股份有限公司工程技术人员的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

<b>第 1 章 数据库基础</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 数据库技术的发展 .....	1
1.1.2 数据库定义 .....	2
1.1.3 数据库系统的主要特征 .....	3
1.2 数据模型 .....	4
1.2.1 层次模型 .....	5
1.2.2 网状模型 .....	6
1.2.3 关系模型 .....	6
1.3 数据库系统 .....	8
1.3.1 数据库 .....	8
1.3.2 数据库管理系统 .....	8
1.3.3 数据库管理系统的结构 .....	9
1.4 关系型数据库 .....	11
1.4.1 关系型数据库定义 .....	11
1.4.2 关系数据库与表 .....	11
1.4.3 表的主键和外键 .....	12
1.4.4 数据完整性 .....	12
1.4.5 表的关联性 .....	13
小结 .....	13
习题 .....	13
<b>第 2 章 数据库和表</b> .....	14
2.1 企业管理器 .....	14
2.1.1 概述 .....	14
2.1.2 使用企业管理器 .....	14
2.2 查询数据库 .....	16
2.2.1 查询数据库和表 .....	16
2.2.2 查询关系图和视图 .....	19
2.2.3 查看存储过程和用户自定义函数 .....	23
2.2.4 查看用户和角色 .....	24
2.2.5 数据库其他组成部分 .....	26
2.3 数据库的建立和删除 .....	27
2.3.1 数据库存储结构 .....	27
2.3.2 事务处理 .....	28

2.3.3	建立数据库.....	29
2.3.4	删除数据库.....	32
2.3.5	数据库设置.....	32
2.3.6	数据库空间估计和收缩.....	35
2.4	数据表的操作.....	37
2.4.1	建立数据表.....	37
2.4.2	修改表结构.....	39
2.4.3	建立数据表的关联.....	40
2.4.4	删除表.....	41
2.4.5	记录操作.....	43
小结	.....	44
习题	.....	44
<b>第3章</b>	<b>数据安全和用户管理.....</b>	<b>45</b>
3.1	SQL Server 验证模式.....	45
3.1.1	Windows 验证方式.....	45
3.1.2	混合验证方式.....	46
3.1.3	设置验证方式.....	46
3.2	账号与角色.....	47
3.2.1	登录账号.....	47
3.2.2	数据库用户.....	50
3.2.3	数据库角色.....	52
小结	.....	54
习题	.....	54
<b>第4章</b>	<b>Transact-SQL 语言.....</b>	<b>56</b>
4.1	SQL 语言概述.....	56
4.2	SQL 语言基础.....	57
4.2.1	查询分析器.....	57
4.2.2	数据查询.....	60
4.2.3	数据操作.....	68
4.2.4	数据库操作.....	70
4.2.5	数据表操作.....	71
4.3	Transact-SQL 程序设计基础.....	72
4.3.1	标识符.....	72
4.3.2	数据类型.....	73
4.3.3	运算符.....	77
4.3.4	变量.....	79
4.3.5	批处理.....	81
4.3.6	注释.....	82
4.3.7	控制流语句.....	82



4.3.8 函数 .....	86
4.4 数据库索引 .....	88
4.4.1 索引概述 .....	88
4.4.2 索引类型 .....	89
4.4.3 创建索引 .....	89
4.4.4 修改索引 .....	92
4.4.5 全文索引 .....	94
小结 .....	95
习题 .....	95
<b>第 5 章 Transact-SQL 程序设计</b> .....	<b>96</b>
5.1 SELECT 高级查询 .....	96
5.1.1 数据汇总 .....	96
5.1.2 数据连接 .....	99
5.1.3 子查询 .....	103
5.2 事务 .....	106
5.2.1 事务概念 .....	106
5.2.2 事务提交 .....	106
5.3 游标 .....	108
5.3.1 游标概念 .....	108
5.3.2 游标类型 .....	108
5.3.3 游标使用 .....	109
小结 .....	114
习题 .....	114
<b>第 6 章 存储过程和触发器</b> .....	<b>115</b>
6.1 存储过程 .....	115
6.1.1 创建存储过程 .....	116
6.1.2 存储过程的调用 .....	121
6.1.3 存储过程参数 .....	124
6.1.4 存储过程的应用 .....	127
6.2 触发器 .....	129
6.2.1 创建触发器 .....	129
6.2.2 触发器操作 .....	133
6.2.3 触发器应用 .....	136
小结 .....	137
习题 .....	137
<b>第 7 章 数据库的完整性与安全性</b> .....	<b>138</b>
7.1 完整性 .....	138
7.1.1 完整性概述 .....	138
7.1.2 约束 .....	139

7.1.3	规则 .....	145
7.1.4	默认 .....	149
7.2	并发性 .....	152
7.2.1	数据锁定 .....	152
7.2.2	并发问题 .....	159
7.2.3	事务隔离 .....	160
7.2.4	并发控制方法 .....	161
7.3	安全性 .....	162
7.3.1	用户标识与确认 .....	163
7.3.2	存取控制 .....	163
7.3.3	数据加密 .....	165
7.3.4	几种系统采用的安全性措施 .....	167
7.4	数据备份与恢复 .....	167
7.4.1	数据备份 .....	167
7.4.2	数据恢复 .....	172
7.4.3	数据传输 .....	174
小结	.....	180
习题	.....	181
<b>第 8 章</b>	<b>数据库设计</b> .....	<b>182</b>
8.1	数据库设计概述 .....	182
8.1.1	数据库设计的特点 .....	182
8.1.2	数据库设计步骤 .....	182
8.2	需求分析 .....	184
8.2.1	需求分析的任务 .....	184
8.2.2	需求分析方法 .....	185
8.2.3	数据字典 .....	186
8.3	概念结构设计 .....	187
8.3.1	概念结构设计方法 .....	187
8.3.2	实体—关系模型 .....	188
8.3.3	E-R 集成 .....	189
8.4	逻辑结构设计 .....	189
8.4.1	E-R 图向数据模型的转换 .....	189
8.4.2	数据模型的优化 .....	189
8.5	数据库物理设计 .....	190
8.5.1	确定数据库的物理结构 .....	190
8.5.2	评价物理结构 .....	190
8.6	数据库的实施和维护 .....	191
8.6.1	数据库实施 .....	191
8.6.2	数据库运行与维护 .....	192

8.7 数据库设计工具.....	192
8.7.1 Visio 数据库设计工具.....	193
8.7.2 PowerDesigner 数据库设计工具.....	201
小结.....	209
习题.....	209
<b>第9章 VB 数据库应用系统开发.....</b>	<b>211</b>
9.1 数据库程序开发概述.....	211
9.2 ODBC 概述.....	211
9.2.1 ODBC 体系结构.....	212
9.2.2 配置 ODBC 数据源.....	213
9.3 ADO 概述.....	217
9.3.1 ADO 对象模型.....	217
9.3.2 ADO 应用.....	220
9.4 VB 开发 SQL Server 数据库应用系统实例分析.....	221
9.4.1 系统开发背景.....	221
9.4.2 系统总体设计.....	222
9.4.3 数据库结构设计.....	222
9.4.4 数据库界面和开发.....	223
9.4.5 数据库程序开发.....	248
小结.....	249
习题.....	250
<b>第10章 Web 数据库应用系统开发.....</b>	<b>251</b>
10.1 ASP 概述.....	251
10.1.1 ASP 简介.....	251
10.1.2 Web 服务器配置.....	251
10.1.3 Web 服务器发布.....	255
10.2 ASP 基础.....	257
10.2.1 ASP 内置对象.....	258
10.2.2 简单网页设计.....	262
10.3 ASP 数据库开发实例分析.....	265
10.3.1 商务网站概念.....	265
10.3.2 网站需求分析.....	265
10.3.3 页面设计和 ASP 开发.....	266
10.3.4 数据库设计和开发.....	280
10.3.5 组件开发.....	284
10.3.6 系统集成和发布.....	287
小结.....	287
习题.....	288
<b>参考文献.....</b>	<b>289</b>

# 第 1 章 数据库基础

随着计算机技术的发展和软件应用的普及,人们开始使用电子的方式存贮和管理数据,尤其在处理大量信息的时候,计算机数据处理和管理能力日益体现出它的优势,提高工作效率,使人们从繁重的、重复的工作中解脱出来。这不仅在工作中,而且在人们的日常生活中也表现出非凡的作用,例如家庭理财、个人资讯和文件等,在各个方面已经成为人们不可缺少的组成部分。学习和掌握数据库的基本理论、概念和知识对将来的工作和生活具有十分重要的意义和作用。

本章在介绍数据库概念之前,首先简要地介绍数据库发展的历史,从中了解数据库演变的过程,加深对数据库的认识;然后,介绍有关数据库的基本概念、数据库定义、数据库系统的特点、数据模型,以及关系数据库的理论基础等,为后续的内容学习奠定基础。

## 1.1 概 述

数据库是现代计算机系统的一个重要的组成部分,是人们进行高效数据存储、数据共享和数据处理的工具。现代计算机不仅应用于科学计算,而且广泛地应用于各种管理工作,如进行大量的信息处理,包括海量数据的存储、数据共享、加工和传输,从而使数据库技术得到了迅速发展。

### 1.1.1 数据库技术的发展

20 世纪 50 年代,计算机进行大量数据存储和管理都是基于文件系统的,也就是以文件方式来管理和处理数据。但随着联机实时处理数据的增多,数据应用的复杂化,以及数据间的关联性增强,文件系统管理数据的能力就显得不足,表现出许多缺陷,主要体现在以下两个方面:

- 1) 数据冗余度大,空间浪费,存取时间长,数据间容易出现不一致和不相容。
- 2) 数据和程序间的不独立性,两者相互依赖,不易扩充、维护和数据共享。

数据库系统在文件系统的基础上发展起来,并伴随着计算机硬件和软件技术的进步而发展,按照计算机技术的发展,数据库管理技术的发展主要经历了以下三个时期。

#### 1. 早期的人工管理时期

在 20 世纪 50 年代初期到 60 年代中期,计算机技术还很落后,硬件上没有外部存储器、软件上没有操作系统和文件系统。这一时期数据管理技术的主要特点如下:

1) 由于没有外部存储器,数据不能保存,只供计算机运算时临时输入数据,计算结束后,将结构数据输出,计算效率很低。

2) 程序和数据一体化,数据是程序的组成部分,数据的独立性很差。一旦改变数据,程序也要作相应的修改。各程序间的数据很难实现共享,各程序重复性数据很多,数据的冗余度也很大,浪费有限的存储空间,也容易造成数据的不一致性。

## 2. 发展的文件系统时期

在 20 世纪 60 年代初期到 60 年代后期, 随着磁存储器的发展, 出现了磁带、磁鼓和磁盘等外部存储器设备, 解决了程序和数据存储问题, 另外, 随着计算机软件技术的发展, 出现了操作系统和管理数据的文件系统, 计算机技术的应用从实验室科学计算走向管理和应用, 并出现了大量关于数据库方法和关系数据理论的研究, 提出了一些数据网状结构和网状模型的理论, 为以后的数据库技术的发展奠定了理论基础。这一时期的主要特点如下:

1) 数据以文件方式存储, 程序、数据以及运算结构可以以文件的方式保存在外部存储器上, 并按照数据的类型存放到不同的文件中。

2) 数据和程序具有一定的独立性, 数据文件和程序文件分别存放, 程序通过文件的方式对数据进行存取操作, 避免了数据处理影响程序的执行, 基本上实现了数据与程序的独立性, 提高了程序的执行效率和维护能力。但存在的问题是数据的设计是面向程序的, 不同的程序很难共享同一数据文件中的数据。

## 3. 成熟的数据库系统时期

从 20 世纪 60 年代后期到 70 年代初期, 伴随着计算机技术、通信技术和集成电路技术的发展, 数据库技术也迅速发展, 在文件系统基础上, 数据库理论和应用十分广泛, 最后发展成为一种新型的数据库系统。这一时期的主要特点如下:

1) 数据结构化管理, 数据按照一定的逻辑模型组织成一个结构化的整体存放在数据中, 由数据库系统统一集中管理。

2) 数据和程序独立存放, 产生集中式和分布式数据库系统, 数据的物理存储结构和逻辑存储结构分离, 大大提高程序的可维护性。

3) 实现数据共享, 独立存放和管理的数据可以为不同的程序调用和共享。数据的结构化和共享, 有效地减少数据的冗余和空间的占用, 提高了数据的一致性和兼容性。

4) 数据库管理的辅助功能, 大大提高了数据的管理能力, 扩展了对数据的排序、统计、汇总、查询、维护等处理的能力。

### 1.1.2 数据库定义

在数据处理中, 我们最常用到的基本概念就是数据、信息和数据处理, 信息和数据有着不同的含义。数据库是用来存放数据的, 在描述数据库之前, 首先引入信息、数据和数据处理的概念, 以及分析清楚它们之间的相互关系, 然后才能对数据库下定义。

#### 1. 信息

信息 (Information) 是关于现实世界事物的存在方式或运动状态的反映, 具体地说是一种被加工为特定形式的数据, 这种数据形式对接收者来说是有意义的, 而且对当前和将来的决策具有明显的或实际的价值。如: “2000 年大学生、研究生将扩招 30%”, 该信息对接受者有意义, 使接受者据此做出决策。

## 2. 数据

数据 (Data) 是用来记录信息的可识别的符号, 是信息的具体表现形式。数据可用多种不同的形式表示同一信息, 而信息不随数据形式的不同而改变。如: “2000 年大学生、硕士研究生将扩招 30%”, 其中的数据可改为汉字形式 “两千年”、“百分之三十”, 但其含义是相同的。数据的概念在数据处理领域中已大大地拓宽了, 其表现形式不仅包括数字和文字, 还包括图形、图像、声音等。这些数据可以记录在纸上, 也可记录在各种存储器中。

## 3. 数据处理

数据处理是将数据转换成信息的过程, 包括对数据的收集、存储、加工、检索、传输等一系列活动。其目的是从大量的原始数据中抽取和推导出有价值的信息, 作为决策的依据。

## 4. 数据与信息的关系

数据是信息的符号表示或载体, 信息则是数据的内涵, 是对数据的语义解释。数据是原料, 是输入, 而信息是产出, 是输出结果。“信息处理”的真正含义应该是为了产生信息而处理数据, 可用简单的等式表示信息、数据与数据处理的关系:

$$\text{信息} = \text{数据} + \text{数据处理}$$

## 5. 数据库

数据库 (Database) 是长期存储在计算机内的有结构的、可共享的大量数据的集合, 它可以供用户共享, 具有尽可能小的冗余度和较高的数据独立性, 使得数据存储最优, 数据最容易操作, 并且具有完善的自我保护能力和数据恢复能力。它具有以下特点:

1) 集成性。把某特定应用环境中的各种应用相关的数据及其数据之间的联系全部集中, 并按照一定的结构形式进行存储, 或者说, 把数据库看成若干个单个性质的数据文件的联合和统一的数据整体。

2) 共享性。数据库中的一块数据可为多个不同的用户所共享, 即多个不同的用户, 使用多种不同的语言, 为了不同的应用目的, 而同时存取数据库, 甚至同时存取同一块数据, 即多用户系统。

### 1.1.3 数据库系统的主要特征

#### 1. 数据共享性高、冗余度小

数据库是面向整个系统的, 既可以选取整体数据的子集用于不同的应用系统, 又可以在需求改变时重新选择子集满足变化的需要, 具有“弹性大、易扩展”能力。这一特点才使得多用户、多应用共享数据成为现实。数据的结构化减少了不必要的冗余, 节约存储空间, 同时也避免了数据之间的不相容性与不一致性。

#### 2. 数据结构化

按照某种数据模型, 将全组织的各种数据组织到一个结构化的数据库中, 整个组织

的数据不是一盘散沙，可表示出数据之间的有机关联。

### 3. 数据独立性高

数据的独立性是指逻辑独立性和物理独立性。

数据的逻辑独立性是指当数据的总体逻辑结构改变时，数据的局部逻辑结构不变。由于应用程序是依据数据的局部逻辑结构编写的，所以应用程序不必修改，从而保证了数据与程序间的逻辑独立性。例如，在原有的记录类型之间增加新的联系，或在某些记录类型中增加新的数据项，均可确保数据的逻辑独立性。

数据的物理独立性是指当数据的存储结构改变时，数据的逻辑结构不变，从而应用程序也不必改变。例如，改变存储设备和增加新的存储设备，或改变数据的存储组织方式，均可确保数据的物理独立性。

### 4. 有统一的数据控制功能

数据库为多个用户和应用程序所共享，对数据的存取往往是并发的，即多个用户可以同时存取数据库中的数据，甚至可以同时存取数据库中的同一个数据。为确保数据库数据的正确有效和数据库系统的有效运行，数据库管理系统提供下述四方面的数据控制功能：

1) 数据安全性 (Security) 控制。防止不合法使用数据造成数据的泄露和破坏，保证数据的安全和机密，例如，系统提供口令检查或其他手段来验证用户身份；防止非法用户使用系统；也可以对数据的存取权限进行限制，只有通过检查后才能执行相应的操作。

2) 数据完整性 (Integrity) 控制。系统通过设置一些完整性规则以确保数据正确性、有效性和相容性。正确性是指数据的合法性，如年龄属于数值型数据，只能含 0, 1, …, 9, 不能含字母或特殊符号；有效性是指数据是否在其定义的有效范围内，如月份只能用 1~12 之间的正整数表示；相容性是指表示同一事实的两个数据应相同，否则就不相容，如一个人不能有两个性别。

3) 数据并发 (Concurrency) 控制。多用户同时存取或修改数据库时，防止因相互干扰而给用户提供不正确的数据，并使数据库受到破坏。

4) 数据恢复 (Recovery) 控制。当数据库被破坏或数据不可靠时，系统有能力将数据库从错误状态恢复到最近某一时刻的正确状态。

## 1.2 数据模型

模型是现实系统的一种客观的描述，是现实系统的抽象和简化。建立模型的本质是反映现实系统的特性。模型按照类型不同可以分成多种形式。例如，按照元素分为物理模型和数学模型；按照时间分为静态模型和动态模型；按照参数连续性能可以分为连续模型和离散模型；按照数据结构和关系类划分为数据模型、层次模型和网状模型。

数据模型是现实系统数据特征的抽象和描述，反映数据元素的内部结构以及相互之间的逻辑关系。它通常由数据结构、数据操作和数据的约束条件三个要素组成。

### 1. 数据结构

数据结构用于描述模型的静态特性，是数据对象类型的集合，是刻画一个数据模型性质最重要的方面。在数据库系统中，人们通常按照其数据结构的类型来命名数据模型。

### 2. 数据操作

数据操作用于描述模型的动态特性，是对数据库中各种数据操作的集合，包括操作及相应的操作规则，如数据的检索、插入、删除和修改等。数据模型必须定义这些操作的确切含义、操作规则以及实现操作的语言。

### 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，是给定的数据模型中数据及其联系所具有的制约和依存规则，用以限定符合数据模型的数据库状态以及状态的变化，以保证数据的正确、有效、相容。数据模型还应该提供定义完整性约束条件的机制，以反映具体应用所涉及的数据必须遵守的特定的语义约束条件，如在数据库中，工作人员年龄不得超过 65 岁等。

数据模型从整体结构上分为层次模型 (Hierarchical Model)、网状模型 (Network Model) 和关系模型 (Relational Model)。这三种数据模型的根本区别在于数据结构不同，即数据之间联系的代表方式不同：

- 1) 层次模型用“树结构”来表示数据之间的联系。
- 2) 网状模型是用“图结构”来表示数据之间的联系。
- 3) 关系模型是用“二维表”来表示数据之间的联系。

层次模型和网状模型是早期的数据模型，统称为非关系模型。20 世纪 70~80 年代初，非关系模型的数据库系统非常流行，在数据库系统产品中占据主导地位，现在已逐渐被关系模型的数据库系统取代。但在美国等国家，由于早期开发的应用系统都是基于层次数据库或网状数据库的系统，因此目前层次数据库或网状数据库的系统仍很多。20 世纪 80 年代以来，面向对象的方法和技术在计算机各个领域，包括程序设计语言、软件工程、计算机硬件等各方面都产生了深远的影响，出现了一种新的数据模型——面向对象的数据模型。

#### 1.2.1 层次模型

层次模型是数据库系统中最早出现的数据模型，在现实世界中，许多实体之间的联系都表现出一种很自然的层次关系，如家族关系、行政机构等。层次模型可用一棵“有向树”的数据结构来表示各类实体以及实体间的联系，如图 1.1 所示。

在树中，每个结点表示一个记录类型，结点间的连线表示记录类型间的关系，每个记录类型可包含若干个字段，记录类型描述的是实体，字段描述实体的属性，各个记录类型及其字段都必须命名。如果要存取某一记录型的记录，可以从根结点起，按照有向树层次向下查找。

层次模型的优点是层次明显，关联简单而直接，缺点是纵向关系容易建立，横向关系建立困难，数据可能有重负，造成数据库维护困难。



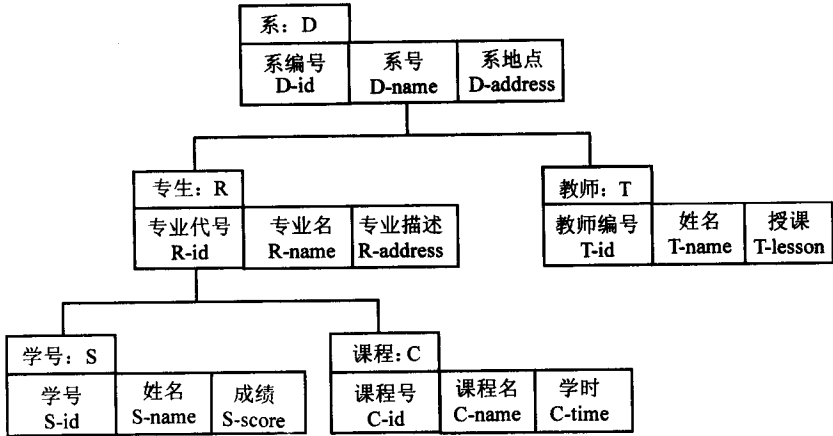


图 1.1 层次结构模型

### 1.2.2 网状模型

现实世界中事物之间的联系更多的是非层次关系的，用层次模型表示这种关系很不完整，网状模型克服了这一弊病，可以清晰地表示这种非层次关系。网状模型消除了层次模型的两个上下的限制，两个或两个以上的结点都可以有多个双亲结点，此时有向树变成了有向图，该有向图描述了网状模型。

网状模型如学生和课程间的关系。一个学生可以选修多门课程，一门课程可以由多个学生选修，可以取得多门课程的成绩；一个老师可以教多门课程，一个学生也可以上不同教师讲授的课程，它们相互之间构成了一个复杂的关系网络，如图 1.2 所示。

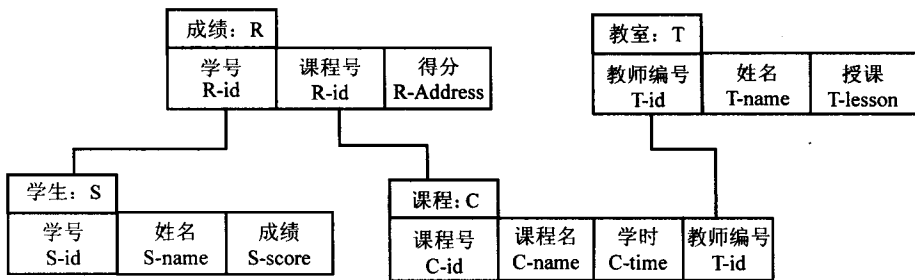


图 1.2 网状结构模型

网状模型的的优点是避免数据重复，描述关系完整，缺点是关系比较复杂，尤其在数据库结构复杂时，关系变得非常复杂，很难分析清楚，造成结构条理不清楚。

### 1.2.3 关系模型

关系模型是发展较晚的一种模型，它是用一个二维矩阵来描述和存储数据的。每个二维表又可称为关系，所以关系模型是“关系框架”的集合。关系模型与层次模型、网状模型不同，它是建立在严格的数学概念之上的。图 1.3 给出了教学数据库的关系模型。