

 普通高等教育计算机规划教材

数据库系统原理 与应用技术

陈漫红 主编
赵瑛 朱淑琴 参编



提供电子教案

下载网址 <http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育计算机规划教材

数据库系统原理与应用技术

陈漫红 主 编
赵 瑛 朱淑琴 参 编



机械工业出版社

本书是面向计算机及相关专业学生学习数据库知识而编写的教材,其中既包括数据库的基础理论知识,又包括数据库前端和后端的应用技术。本书由三部分组成:第一部分介绍数据库系统原理;第二部分介绍 SQL Server 2005 数据库系统基础与使用;第三部分介绍用 VB 和 ASP.NET 开发数据库应用程序。本书每章后配有习题,并在书后给出参考答案。为便于教师教学,本教材还配有电子课件。

本书内容全面,使数据库的理论充分地、与 SQL Server 2005 数据库系统实际应用相结合,实用性强,所有实例都经过上机实践通过,可操作性强。

本书可作为普通高等院校计算机及其相关专业数据库原理课程的教材,也可供计算机爱好者及技术人员的自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据库系统原理与应用技术/陈漫红主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 3

ISBN 978-7-111-29738-3

I. ① 数… II. ① 陈… III. ① 数据库系统-高等学校-教材
IV. ① TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 023911 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:张宝珠

责任印制:杨 曦

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

2010 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 25 印张 · 621 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-29738-3

定价: 40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

出版说明

信息技术是当今世界发展最快、渗透性最强、应用最广的关键技术，是推动经济增长和知识传播的重要引擎。在我国，随着国家信息化发展战略的贯彻实施，信息化建设已进入了全方位、多层次推进应用的新阶段。现在，掌握计算机技术已成为 21 世纪人才应具备的基础素质之一。

• 为了进一步推动计算机技术的发展，满足计算机学科教育的需求，机械工业出版社聘请了全国多所高等院校的一线教师，进行了充分的调研和讨论，针对计算机相关课程的特点，总结教学中的实践经验，组织出版了这套“普通高等教育计算机规划教材”。

本套教材具有以下特点：

(1) 反映计算机技术领域的新发展和新应用。

(2) 注重立体化教材的建设，多数教材配有电子教案、习题与上机指导或多媒体光盘等。

(3) 针对多数学生的学习特点，采用通俗易懂的方法讲解知识，逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂，使学生可以快速掌握，学以致用。

(4) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置，注重培养学生的应用能力，强调知识、能力与素质的综合训练。

(5) 适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

机械工业出版社

前 言

数据库技术是现代信息科学与技术的重要组成部分，是计算机处理数据和管理信息的基础。随着计算机与网络技术的飞速发展，数据库技术得到了广泛应用与快速发展，如今各类信息系统和动态网站的开发都需要使用后台数据库，各行各业的数据大多数都是利用数据库进行存储和管理的，数据库几乎已成为信息系统和动态网站不可缺少的组成部分。

目前，数据库课程已成为高校计算机及相关专业的一门必修课程。为使学生熟练掌握数据库的基本理论和开发技术，高校的数据库课程一般选用 Access，SQL Server 和 Oracle 三种主流的数据库管理系统作为教学内容。其中的软件开发实训、信息系统和动态网站开发类毕业设计等教学环节，一般都选择 Visual Basic 及其 ASP. net 作为客户端的开发工具，后台数据库选择 SQL Server 2005 数据库管理系统。

本书是为计算机及相关专业学生学习数据库知识而编写的教材，全书共分以下三个部分。

第一部分由第 1~7 章组成，介绍了数据库系统的基本概念和原理。内容包括数据库系统产生的背景，数据管理的发展，数据库的应用前景；数据库系统的组成与结构；关系数据库理论及 SQL 语言介绍；数据库的规范化理论及数据库的设计步骤等。

第二部分由第 8~13 章组成，介绍 SQL Server 2005 的功能和使用方法。内容包括 SQL Server 2005 数据库管理系统介绍，数据库及表的创建和管理；视图、存储过程和触发器的创建和使用；SQL Server 2005 的安全管理及数据库的日常维护等内容。

第三部分由第 14 章和第 15 章组成，主要介绍如何以 SQL Server 2005 作为后台服务器，在 Visual Basic 6.0 和 ASP. net 环境中开发数据库的应用程序。用实例来介绍数据库应用程序的整个开发过程。

本书比较全面地介绍了数据库系统的基本原理、技术实现和基本应用，是作者多年从事数据库原理教学工作的经验和总结，编写中力求内容全面、概念清晰、语言流畅、图文并茂，理论与实际相结合。学习本教材大约需要 70 学时，其中理论课 30 学时，实验与实训 40 学时，充分体现了学以致用教学特点。

本书第 1~9 章、第 11 章、第 13 章由陈漫红编写，第 10 章和第 12 章由朱淑琴编写，第 14 章和 15 章由赵瑛编写，由陈漫红负责统稿和审定。

由于作者水平有限，书中有不妥之处在所难免，敬请广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第一部分 数据库系统原理

第1章 数据库系统概论	1
1.1 引言	1
1.1.1 数据、信息及知识三者的关系	1
1.1.2 数据处理	2
1.1.3 以数据为中心的应用系统的特点	2
1.2 数据库和数据库系统的发展	2
1.2.1 数据管理的发展	2
1.2.2 数据库系统产生的背景	8
1.2.3 数据库系统的应用前景	8
1.3 数据库管理系统	8
1.3.1 数据库管理系统的主要功能	9
1.3.2 数据库管理系统的组成	9
1.4 小结	9
1.5 习题	10
第2章 数据库系统的结构	11
2.1 现实世界的描述	11
2.1.1 数据描述	11
2.1.2 数据模型	12
2.2 概念数据模型	13
2.2.1 基本概念	13
2.2.2 实体-联系模型	15
2.3 结构数据模型	16
2.3.1 层次数据模型	16
2.3.2 网状数据模型	19
2.3.3 关系数据模型	21
2.4 数据库系统的组成与结构	23
2.4.1 数据库系统的组成	23
2.4.2 三级模式结构	24
2.4.3 二级映像	25
2.4.4 数据独立性	25
2.4.5 数据库管理系统的存取过程及数据库系统的特点	26

2.5	小结	27
2.6	习题	27
第3章	关系数据库理论基础	29
3.1	关系模型概述	29
3.1.1	关系数据结构	29
3.1.2	关系操作	30
3.1.3	数据完整性约束	31
3.2	关系数据模型的形式化定义	31
3.3	关系模式与关系数据库	34
3.3.1	关系模式	34
3.3.2	关系数据库	35
3.4	关系模型的完整性约束	35
3.4.1	实体完整性	35
3.4.2	参照完整性	36
3.4.3	用户定义完整性	38
3.5	关系代数	38
3.5.1	关系代数运算	38
3.5.2	传统的集合运算	39
3.5.3	专门的关系运算	40
3.6	小结	44
3.7	习题	44
第4章	关系数据库标准语言 SQL	46
4.1	SQL 语言概述	46
4.1.1	SQL 语言的特点	47
4.1.2	SQL 对关系数据库模式的支持	48
4.2	SQL 的数据类型	49
4.3	SQL 的数据定义功能	51
4.3.1	定义基本表结构	52
4.3.2	修改基本表	54
4.3.3	删除基本表	54
4.4	SQL 的查询语句	54
4.4.1	单表查询	56
4.4.2	多表连接查询	64
4.4.3	子查询	67
4.5	SQL 的数据操纵功能	70
4.5.1	插入 (INSERT) 数据	70
4.5.2	更新 (UPDATE) 数据	71
4.5.3	删除 (DELETE) 数据	71
4.6	建立和删除索引	72

4.6.1	索引的概念	72
4.6.2	建立索引	74
4.6.3	删除索引	75
4.7	SQL 的控制功能	75
4.7.1	授权	75
4.7.2	收回权限	76
4.7.3	拒绝权限	76
4.8	小结	77
4.9	习题	77
第5章	数据库规范化理论	79
5.1	数据依赖	79
5.1.1	数据依赖	79
5.1.2	数据依赖对关系模式的影响	80
5.2	函数依赖	81
5.2.1	函数依赖的概念	81
5.2.2	码	82
5.3	关系规范化	83
5.3.1	第一范式 (1NF)	83
5.3.2	第二范式 (2NF)	84
5.3.3	第三范式 (3NF)	85
5.3.4	BCNF 范式	87
5.3.5	多值依赖与第四范式	88
5.3.6	规范化	90
5.4	关系模式的分解原则	92
5.4.1	无损连接分解	92
5.4.2	保持函数依赖分解	95
5.5	小结	96
5.6	习题	96
第6章	数据库保护	98
6.1	事务的概念	98
6.1.1	事务	98
6.1.2	事务的特征	99
6.2	数据库恢复概述	100
6.3	并发控制与封锁	100
6.3.1	并发控制概述	100
6.3.2	封锁	102
6.3.3	封锁协议	105
6.3.4	死锁	107
6.3.5	两段锁协议	109

6.4	数据库的安全性	109
6.4.1	数据库安全性控制概述	109
6.4.2	用户标识与鉴别	110
6.4.3	用户身份认证	110
6.4.4	访问控制	110
6.4.5	视图机制	111
6.4.6	审计	112
6.4.7	数据加密	112
6.5	数据库的完整性	113
6.5.1	数据完整性约束	113
6.5.2	SQL Server 2005 的数据完整性控制	114
6.6	数据库的备份与恢复	119
6.6.1	数据库故障的种类	119
6.6.2	数据库备份	119
6.6.3	数据库恢复策略	121
6.7	小结	122
6.8	习题	122
第7章	数据库设计	123
7.1	数据库设计概述	123
7.1.1	数据库设计的特点	123
7.1.2	数据库设计的方法	124
7.1.3	数据库设计的步骤	125
7.2	数据库的需求分析	126
7.2.1	需求分析的任务	126
7.2.2	需求分析的方法	127
7.2.3	数据字典	128
7.3	数据库的结构设计	130
7.3.1	概念结构设计	130
7.3.2	逻辑结构设计	138
7.3.3	物理结构设计	140
7.4	数据库的行为设计	141
7.4.1	功能需求分析	141
7.4.2	功能设计	141
7.4.3	事务设计	142
7.5	数据库的实施、运行与维护	142
7.5.1	数据库数据的加载和试运行	142
7.5.2	数据库的运行和维护	144
7.6	小结	144
7.7	习题	145

第二部分 SQL Server 2005 数据库系统基础与使用

第 8 章 SQL Server 2005 概述	146
8.1 SQL Server 2005 系统介绍	146
8.1.1 SQL Server 的发展史	147
8.1.2 SQL Server 2005 的新增功能与特点	147
8.1.3 SQL Server 2005 的版本	148
8.2 SQL Server 2005 系统需求	149
8.2.1 硬件需求	149
8.2.2 软件需求	150
8.2.3 网络需求及其他需求	150
8.3 SQL Server 2005 的安装	151
8.4 SQL Server 2005 的工具和实用程序	155
8.4.1 SQL Server Management Studio	156
8.4.2 Business Intelligence Development Studio	157
8.4.3 SQL Server Profiler	158
8.4.4 数据库引擎优化顾问	160
8.4.5 Analysis Services	161
8.4.6 SQL Server Configuration Manager	161
8.4.7 SQL Server 文档和教程	162
8.5 小结	163
8.6 习题与上机训练	163
第 9 章 数据库操作	164
9.1 SQL Server 2005 体系结构	164
9.2 SQL Server 2005 数据库	165
9.2.1 SQL Server 数据库的存储结构	165
9.2.2 系统数据库	166
9.2.3 数据库对象	166
9.3 使用 SQL Server 管理平台管理数据库	167
9.4 使用 T-SQL 管理数据库	173
9.4.1 创建数据库	173
9.4.2 管理数据库	175
9.5 小结	176
9.6 习题与上机训练	176
第 10 章 基本表的创建与管理	178
10.1 基本表概述	178
10.2 使用 SQL Server 管理平台设计和管理表	180
10.2.1 创建表	180
10.2.2 修改表	182

10.2.3	删除表	185
10.3	使用 SQL Server 管理平台管理表中数据	185
10.3.1	添加记录	185
10.3.2	修改记录	187
10.3.3	删除记录	188
10.4	使用 SQL Server 管理平台进行数据完整性控制	188
10.4.1	域完整性的实现	190
10.4.2	实体完整性的实现	194
10.4.3	参照完整性的实现	196
10.5	小结	200
10.6	习题与上机训练	201
第 11 章	视图、存储过程和触发器的建立和使用	203
11.1	视图	203
11.1.1	视图的创建	203
11.1.2	通过视图进行查询、插入、修改、删除数据	208
11.1.3	视图的管理	210
11.2	存储过程	211
11.2.1	存储过程的类型	212
11.2.2	用户存储过程的创建与执行	212
11.2.3	用户存储过程的查看、修改和删除	217
11.3	触发器	218
11.3.1	创建和使用 DML 触发器	219
11.3.2	创建和使用 DDL 触发器	222
11.3.3	触发器的管理	224
11.3.4	触发器实例	225
11.4	小结	227
11.5	习题与上机训练	227
第 12 章	安全管理	228
12.1	安全管理概述	228
12.2	SQL Server 登录名的管理	229
12.2.1	设置 SQL Server 的登录认证模式	229
12.2.2	创建登录名	230
12.2.3	管理登录名	232
12.3	数据库用户管理	234
12.3.1	登录名与数据库用户	234
12.3.2	创建用户	235
12.3.3	管理用户	236
12.4	服务器角色与数据库角色	237
12.4.1	固定服务器角色	238

12.4.2 数据库角色	240
12.5 权限管理	243
12.5.1 权限的类型	243
12.5.2 管理权限	244
12.6 小结	250
12.7 习题与上机训练	250
第13章 数据库日常维护	252
13.1 数据库备份	252
13.1.1 SQL Server 的备份策略	252
13.1.2 备份设备	253
13.1.3 数据库备份	255
13.2 数据库恢复	260
13.2.1 SQL Server 还原概述	260
13.2.2 使用 SQL Server 管理平台还原数据库	261
13.2.3 使用 T-SQL 语句恢复数据库	263
13.3 数据的导入导出	264
13.3.1 数据的导入	264
13.3.2 数据的导出	269
13.4 数据库的维护	274
13.4.1 数据库维护概述	274
13.4.2 数据库维护计划向导	274
13.5 小结	281
13.6 习题与上机训练	282

第三部分 开发数据库应用程序

第14章 用VB进行C/S结构数据库应用程序开发	283
14.1 C/S体系结构介绍	283
14.2 Visual Basic 访问 SQL Server 数据库概述	284
14.2.1 Visual Basic 访问 SQL Server 数据库的方式	284
14.2.2 Visual Basic 中的数据库访问控件	285
14.2.3 使用 ADO 访问 SQL Server 数据库的一般步骤	287
14.3 用 Visual Basic 开发 C/S 结构的图书管理系统	290
14.3.1 需求分析	290
14.3.2 功能流程设计	291
14.3.3 数据库设计	292
14.3.4 创建数据库	293
14.3.5 Visual Basic 代码编写与调试	294
14.3.6 打包发行	305
14.4 小结	310

14.5	习题与上机训练	311
第 15 章	用 ASP. NET 进行 Web 数据库开发	312
15.1	Web 数据库概述	312
15.1.1	Web 数据库的体系结构	313
15.1.2	Web 数据库的基本概念	314
15.1.3	Web 环境操作 SQL Server 数据库	318
15.2	开放式数据库开发	321
15.2.1	ODBC 及其接口编程	321
15.2.2	ADO 数据库接口介绍	323
15.3	ASP. NET 技术	327
15.3.1	ASP. NET 简介	328
15.3.2	ASP. NET 的编程模型	330
15.3.3	ASP. NET 的开发环境	333
15.4	开发 Web 数据库应用实例	338
15.4.1	GridView 控件介绍	338
15.4.2	GridView 控件实现数据库记录的分页显示	338
15.4.3	GridView 控件对记录排序	339
15.4.4	GridView 控件定制列元素	340
15.4.5	ASP 与 SQL Server 数据库实例——在线教育系统	341
15.5	小结	361
15.6	习题与上机训练	361
	参考答案	362
	参考文献	388

第一部分 数据库系统原理

第1章 数据库系统概论

内容简介

本章主要介绍数据库的基本知识，包括数据库系统的产生过程、数据模型的建立和数据库系统的结构，并对数据库管理系统做了简单介绍。

学习目的和要求

通过本章的学习，应该理解数据、信息、数据处理、数据库系统及数据库管理系统的基本概念；了解数据库技术的产生、发展与应用前景，以及数据库管理系统的主要功能与组成。

本章要点

- ☒ 信息、数据、数据处理、数据库系统与数据库管理系统
- ☒ 数据库技术的产生、发展与应用前景
- ☒ 数据库管理系统的主要功能与组成

1.1 引言

随着计算机技术、通信技术和网络技术的飞速发展，信息系统渗透到社会的各个领域，作为其核心和基础的数据库技术也得到了越来越广泛的应用。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。

20世纪90年代以来，Internet日益普及，Web成为最流行、最大的网络信息系统，并以惊人的速度继续发展。Web技术和数据库技术的结合，产生了互联网数据库这一新兴的数据库应用领域。

1.1.1 数据、信息及知识三者的关系

1. 数据

数据指的是用符号记录下来的可以区别的信息。数据的表现形式多种多样，主要有数字、文字、声音、图形和图像等形式。数据的形式有时还不能完全表达其内容，需要经过解释。因而数

据与数据的解释是不可分的，数据的解释是指对数据含义的说明，数据的含义定义为语义。

2. 信息

信息是指数据经过加工处理后所获得的有用的知识，信息是抽象的、不随数据设备所决定的数据形式而改变，是以某种数据的形式表现的。也就是说，数据是信息的载体，信息是数据的表现形式。

数据、信息二者之间的关系为：数据的语义即为信息，信息在计算机中的存储（表示形式）即为数据。

3. 知识

从信息中提升、推理、推导出的新的信息即为知识。

例如，40 为一数字（数据）→ 40℃ 为某一温度（即信息，若为人体的温度）→ 发烧（即为知识）。

1.1.2 数据处理

数据处理又称信息处理，是将数据转换成信息的过程，包括数据的收集、存储、加工、检索和传输等一系列活动。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，以进行各种应用。数据与信息之间的关系可以表示为：信息 = 数据 + 数据处理。

1.1.3 以数据为中心的应用系统的特点

随着计算机的普及和信息量的不断增加，在众多的计算机应用中，以数据为中心的应用系统发展极为迅速，这种应用系统一般具有以下三个特点：

1) 涉及的数据量大。以银行的信息管理为例，如果要将全部信息保存起来，数据量会很大，我们不可能将所有的信息都保留到内存中，必须要有辅助的存储设备来支持。

2) 数据不随程序的结束而消失。例如，图书馆的信息，必须要持久保存，这些持久保存的数据对我们是有价值的，人们可以通过分析一段时间内哪些图书借出的次数比较多，来帮助图书管理人员决定下次要多采购哪些书籍。这就是我们常说的辅助决策支持。持久性数据不能存放在内存中，必须存储在永久的磁盘设备上。

3) 数据可以被多个应用程序所共享。数据不是某个用户专有的，而是可以被许多用户同时使用的。以飞机或火车订票系统为例，一个地区有成百上千个订票点，其中每个订票点都能够同时工作。

如何很好地管理这种大量、持久、可共享的数据，是计算机科学领域中的重要技术和研究课题。

1.2 数据库和数据库系统的发展

随着数据处理量的增长，数据管理技术也有了巨大的发展。数据管理技术的发展与计算机硬件、系统软件及计算机应用的范围有着密切的关系。

1.2.1 数据管理的发展

数据库技术是随着数据管理的需要而产生的。数据管理是指如何对数据进行分类、组

织、编码、存储、检索和维护，是数据处理的中心问题。随着计算机硬件和软件技术的发展，数据管理经历了如下四个阶段：

1. 人工管理阶段

这一阶段即 20 世纪 50 年代中期以前，计算机主要用于科学计算，计算机的外存只有磁带、卡片、纸带，没有磁盘等直接存取的存储设备；从软件看，没有操作系统，没有管理数据的软件，数据处理方式是批处理。

该阶段数据管理的特点是：数据不保存、数据需要由应用程序自己进行管理、基本上没有文件的概念、数据不能共享使用，如图 1-1 所示。

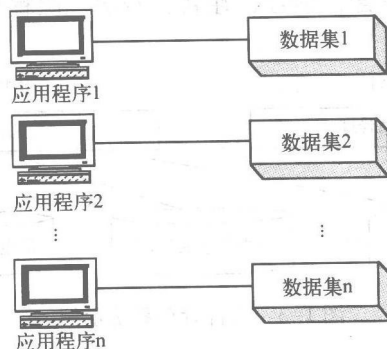


图 1-1 人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

2. 文件系统阶段

这一阶段从 20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，计算机硬件和软件都得到了发展。计算机不仅用于科学计算，还大量用于管理。操作系统中已经有了专门的数据管理软件，一般称为文件系统。该阶段的数据管理具有如下几个特点：数据可以长期保存、文件系统管理数据、文件已经多样化、数据的存取基本上以记录为单位。

在文件系统中，数据按其内容、结构和用途分成若干个命令的文件。文件一般为某一用户或用户组所拥有，但也可以指定与其他用户共享。用户可以通过操作系统对文件进行打开、读写及关闭操作，如图 1-2 所示。

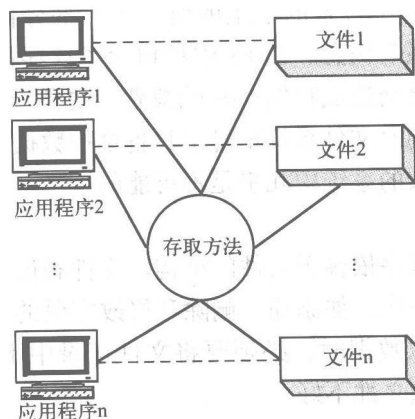


图 1-2 文件系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

文件系统仍存在很多缺点，主要有数据共享性差、数据冗余度大、数据和程序缺乏独立性。假设用文件系统来实现对学生进行管理的系统如图 1-3 所示，在此系统中要对学生的基本信息和选课情况进行管理。其中：

- 实现学生基本信息管理功能的应用程序为 A1。
- 实现学生选课管理功能的应用程序为 A2。
- 学生基本信息文件 F1 包含：学号、姓名、性别、出生日期、所在系、专业、所在班、特长、家庭住址。
- 课程基本信息文件 F2 包含：课程号、课程名、授课学期、学分、课程性质
- 学生选课信息文件 F3 包含：学号、姓名、专业、课程号、课程名、选课类型、选课时间、考试成绩。

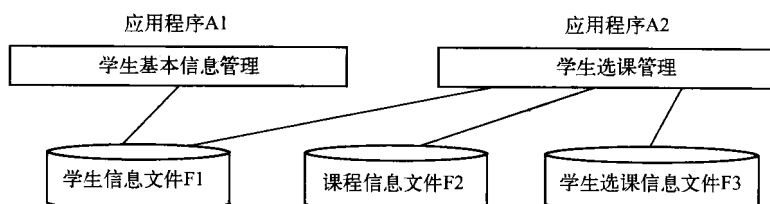


图 1-3 文件管理系统示例

学生选课管理系统的处理大致为：在学生选课管理中，若有学生选课，则先查 F1 文件，判断有无该学生。若有此学生，则再访问 F2 文件，判断其所选的课程是否存在。若课程也存在，就将学生选课信息写到 F3 文件中。这样看起来似乎很好，但仔细分析就会发现，使用文件管理系统管理数据有如下缺点。

(1) 编写应用程序不方便

因为操作系统只能提供打开、关闭、读、写等几个低级的文件操作命令，而文件的查询、修改等处理都必须在应用程序中通过编程实现。这样容易造成各应用程序在功能上的重复，如图 1-3 中的学生基本信息管理和学生选课管理都要对 F1 文件进行操作，但这两个功能相同的操作却很难共享。

(2) 数据冗余量大

假设 A2 需要用到 F3 文件中包含的学生的所有或大部分信息，如除了学号之外，还需要姓名、性别、专业、所在系等信息，而 F1 中也包含了这些信息，因此 F3 和 F1 文件会有大量重复的信息。数据的冗余会造成存储空间的浪费，更严重的是会造成数据的不一致性。这样数据就失去了可信性。同时文件系统本身不具备维护数据一致性的功能，这些由应用程序开发人员负责完成，在复杂的系统中几乎是不可能的。

(3) 应用程序有依赖性

就文件系统而言，应用程序依赖于文件的结构。文件和记录的结构通常是应用程序代码的一部分，文件结构每修改一次，如添加、删除和修改字段的长度，都要对应用程序进行修改，因为我们在打开文件读取数据时，必须要将文件记录中不同字段的值对应到程序变量中。也就是文件系统的数据独立性不好。

(4) 不支持对文件的并发访问

在现代计算机系统中，为了有效地利用计算机资源，系统一般允许多个应用程序并发运