



iCourse · 教材

国家精品资源共享课教材

# 数据库系统 原理及应用

万常选 廖国琼 吴京慧 刘喜平 编著

高等教育出版社



iCourse · 教材

国家精品资源共享课教材

Shujuku Xitong Yuanli ji Yingyong

# 数据库系统 原理及应用

万常选 廖国琼 编著  
吴京慧 刘喜平

高等教育出版社·北京

## 内容简介

全书共分12章。第1章是数据库系统基本概念；第2、3章是关系数据库基础；第4、5章是关系数据库设计；第6、7章是关系数据库应用；第8、9、10章是关系数据库管理系统；第11、12章是数据库应用开发。本书强调数据库应用与设计能力的培养，将数据库设计的内容分散在第4、5、12章逐层推进。

本书的主要特点如下。

(1) 强化对关系数据库模式的理解，以模式导航图工具，使学生深刻理解关系数据库逻辑模型，灵活掌握关系代数和SQL查询语言。

(2) 以案例为驱动，通过分析应用需求来介绍数据库建模的基本方法，着力培养学生应用建模的能力，重点是使学生深刻理解数据库概念模型，提高数据库设计能力。

(3) 涵盖了关系数据库物理存储结构、查询处理和查询优化等内容，这些内容一是有利于学生更好地理解关系数据库的物理模型，二是有利于学生更好地理解关系数据库管理系统的基本原理，三是有利于学生从底层的角度理解SQL查询。

(4) 从使用者的角度，以应用需求为驱动介绍数据库的事务、并发、恢复、完整性和安全性等内容，使学生深刻理解关系数据库管理系统的基本原理。

(5) 强调理论与实践相结合，强调对业务背景的理解，要求学以致用（即“三会”数据库：会设计数据库，会管理数据库，会开发数据库应用程序），要求能结合具体应用背景设计出符合业务需求、数据需求和功能需求等要求的数据库概念模型和逻辑模型等，为后续学习和数据库应用开发实践打下坚实的基础。

本书是国家精品资源共享课“数据库系统及应用”的建设教材，在“爱课程”网上有丰富的教学资源（[http://www.icourses.cn/coursestatic/course\\_4184.html](http://www.icourses.cn/coursestatic/course_4184.html)），可作为信息管理与信息系统、计算机科学与技术等专业本科生的数据库系统原理课程教材，也可供数据库爱好者自学和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

数据库系统原理及应用 / 万常选等编著. — 北京 : 高等教育出版社, 2016.10

iCourse·教材

ISBN 978-7-04-045956-2

I. ①数… II. ①万… III. ①数据库系统—高等学校—教材 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第168955号

策划编辑	杨世杰	责任编辑	杨世杰	封面设计	李卫青	版式设计	李卫青
插图绘制	杜晓丹	责任校对	刁丽丽	责任印制	赵义民		

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
印 刷	北京市白帆印务有限公司		<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16		<a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>
印 张	37		
字 数	590千字	版 次	2016年10月第1版
购书热线	010-58581118	印 次	2016年10月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	46.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 45956-00

## 前言

数据库系统是计算机系统的重要组成部分，是企事业单位、机构、互联网乃至整个信息社会赖以运转的基础，在当今社会中扮演着越来越重要的角色。正是由于数据库具有重要的基础地位，“数据库系统及应用”是我校信息管理与信息系统、计算机科学与技术等专业的一门专业核心课程，是实现“懂管理的信息技术人才或懂信息技术的管理人才”培养目标的关键技术课程。为此，我校“数据库系统及应用”课程分两个学期开设，其中，“数据库系统原理”主要讲授数据库系统概论、关系数据库、数据库设计、数据库应用和数据库管理系统等基本知识、基本原理和基本技能，每周5学时，共80学时（含实践16学时）；“数据库应用开发技术”主要讲授数据库的应用开发，包括后台的Oracle数据库管理和前台的基于Java的Web数据库应用开发，每周4学时，共64学时（含实践48学时）。

本书是为“数据库系统原理”课程而编写的教材，目标定位为：使学生“三会”数据库（会设计数据库，会管理数据库，会开发数据库应用程序），强调数据库设计与应用开发能力的培养。具体要求如下：

- （1）使学生掌握数据库的基本知识、基本原理（含基本理论、科学思想和思维方法）和基本技能。
- （2）培养学生的数据库设计、数据库系统管理和数据库应用开发能力。
- （3）培养学生的自主学习能力、创新意识、团队协作精神、写作表达能力等综合素质，以及从应用中发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的能力。

为了实现以上目标定位，课程组加强课程建设，不断进行教学方法和教学手段的改革。自2000年开始实施大作业驱动下的双主体互动式实践教学模式，采用启发式、实例引入式、课堂讨论式、案例分析式的教学方法；自2011年开始实施以“创设情境、设疑激趣，提出问题、分析需求，设计模型、分析论证，反思评价、表达交流”为实施途径的数据库设计探究式教学模式；自2014年开始实施“翻转课堂”教学模式。目前，取得的课程建设成果主要有：“数据库系统及应用”课程于2007年获批为国家精品课程，2013年获批为国家精品资源共享课；自编出版的教材《数据库系统原理与设计》、《数据库系统原理与设计实验教程》（清华大学出版社，2009年第1版，2012年第2版）于2012年获批为第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，于2010年获得江西省第四届普通高等学校优秀教材一等奖；先后于2010年获得江西省第十二次优秀教学成果一等奖、2012年获得江西省第十三次优秀教学成果一等奖、2014年获得江西省第十四次优秀教学成果二等奖。“‘数据库系统及应用’课程的双主体教学模式与教学方法改革研究”“‘数据库系统原理’课程探究式教学方法的探索与实践”“面向探究式教学的‘数据库系统原理’案例库建设”分别于2007年、2011年、2014年立项为江西省高等学校省级教学改革研究项目。

基于这些考虑，本书内容包括以下几个部分。

- 数据库系统基本概念（第1章）。该部分介绍了数据、数据管理、数据库、数据库管理系统和数据库系统等基本概念。同时，也介绍了数据模型、数据抽象和数据库模式等概念。
- 关系数据库基础（第2章和第3章）。第2章介绍了关系模型（关系数据结构、关系操作和关系完整性约束条件）及关系代数；第3章介绍了关系数据库标准语言SQL的数据操纵语言DML中的数据查询语句。
- 关系数据库设计（第4章和第5章）。第4章介绍了数据库概念建模方法，包括实体-联系模型（即E-R模型）的基本概念、E-R建模的基本方法和大学选课系统概念建模实例；第5章介绍了关系数据库逻辑建模（即E-R模型转化为关系数据库模式）的基本方法和大学选课系统逻辑建模实例、关系模式规

范化理论和关系模式求精。

- 关系数据库应用（第6章和第7章）。第6章介绍了SQL数据定义与更新语言，包括SQL的数据定义语言DDL和数据操纵语言DML中的数据更新语句；第7章介绍了SQL的数据库编程，包括T-SQL语言、游标、存储过程和触发器。

- 关系数据库管理系统（第8~10章）。第8章介绍了关系数据库物理存储结构、查询处理、查询优化的基本概念和相关技术；第9章讲述了数据库安全性与完整性的基本概念和相关技术；第10章阐述了事务管理与恢复的基本概念和相关技术。另外，在第9章和第10章中分别介绍了SQL的相关数据控制语言DCL。

- 数据库应用开发（第11章和第12章）。第11章介绍了数据库应用开发基础，包括数据库应用体系结构和常用的数据库访问技术；第12章介绍了一个数据库应用设计实例——商业银行业务系统。

本书的实验教学基于SQL Server 2014数据库管理系统，共安排了7个基本实验，包括：SQL Server 2014安装与使用，SQL简单查询，SQL复杂查询，SQL数据定义与更新，SQL Server存储过程与触发器，SQL Server安全性，SQL Server完整性；最后安排了一个数据库应用设计与开发的课程设计大作业，要求能结合具体的应用背景设计出符合业务需求、数据需求和功能需求等要求的数据库概念模型和逻辑模型，并适当地进行物理设计与安全设计。

与其他教材相比，本书的主要特点如下。

- ① 强化对关系数据库模式的理解，以模式导航图工具，使学生深刻理解关系数据库逻辑模型，灵活掌握关系代数和SQL查询语言。

- ② 以案例为驱动，通过分析应用需求来介绍数据库建模的基本方法，着力培养学生应用建模的能力，重点是使学生深刻理解数据库概念模型，提高数据库设计能力。

- ③ 涵盖了关系数据库物理存储结构、查询处理和查询优化等内容，这些内容一是有利于学生更好地理解关系数据库的物理模型，二是有利于学生更好地理解关系数据库管理系统的基本原理，三是有利于学生从底层的角度理解SQL查询。

- ④ 从使用者的角度，以应用需求为驱动介绍数据库的事务、并发、恢复、完整性和安全性等内容，使学生深刻理解关系数据库管理系统的基本原理。

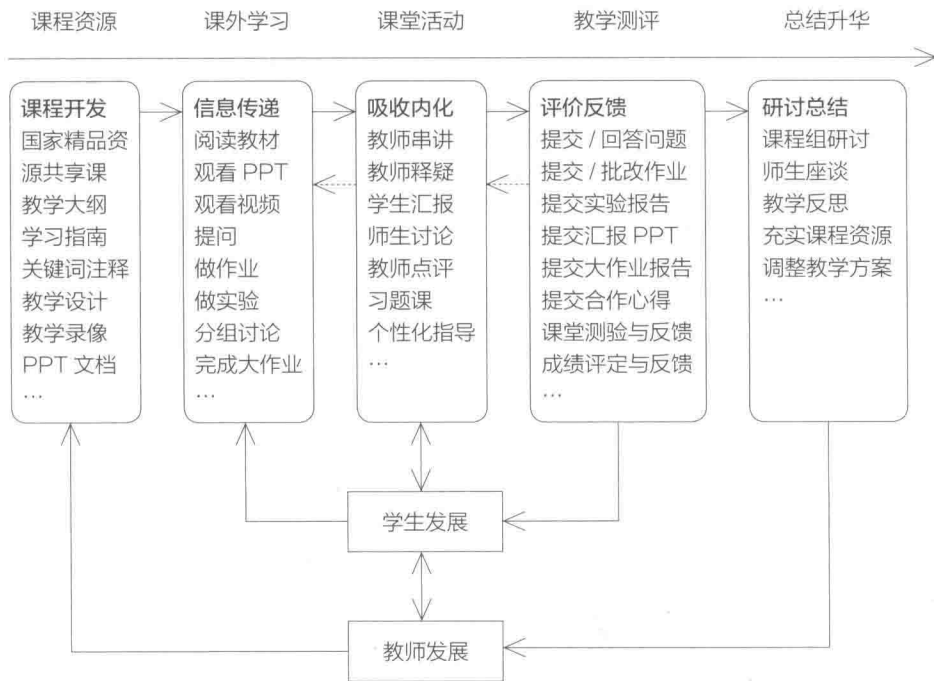
- ⑤ 强调理论与实践相结合，强调对业务背景的理解，要求学以致用（即“三会”数据库），要求能结合具体应用背景设计出符合业务需求、数据需求和功能需求等要求的数据库概念模型和逻辑模型等，为后续学习和数据库应用开发实践打下坚实的基础。

本书由万常选、廖国琼、吴京慧和刘喜平编写，其中，第1、2、8、12章由万常选执笔，第4、5、10章由廖国琼执笔，第3、6、7、9章由吴京慧执笔，第11章由刘喜平执笔；另外，万常选参与了4.3和4.6节的编写，廖国琼参与了12.5和12.6节的编写，吴京慧参与了1.5节的编写。万常选提出本书的编写大纲，并对全书的初稿进行了修改、补充和总纂。

本书是国家精品资源共享课“数据库系统及应用”的建设教材，在“爱课程”网上有丰富的教学资源（[http://www.icourses.cn/coursestatic/course\\_4184.html](http://www.icourses.cn/coursestatic/course_4184.html)），可作为信息管理与信息系统、计算机科学与技术等专业本科生的数据库系统原理课程教材，也可供数据库爱好者自学和参考。

“数据库系统原理”课程翻转课堂教学模式的参考实施方案如下图所示。

## 翻转课堂教学模式



其中，课堂教学活动主要包括教师串讲、教师释疑、学生汇报、师生讨论、教师点评、习题课和个性化指导等，教师在解答学生的疑难问题过程中，一是要注意引导学生自主构建知识（概念）体系，二是要注意培养学生的批判性思维，三是要注意引领学生关注和了解学科前沿。教学测评不仅是教师评定学生学习成绩的手段，更是教师根据学生学习状态设计翻转课堂教学活动并及时进行调整的途径，主要内容包括学生按教学单元提交答疑问题、作业和实验报告等，学生根据大作业的阶段划分提交大作业阶段进展报告和团队合作心得，学生根据课堂讨论的主题提交讨论汇报 PPT、课堂测验等。

实施“翻转课堂”教学模式后，课堂教学的参考学时分配为：讲授和串讲 8 学时，释疑和讨论 18 学时，专题讨论 20 学时，习题课（含学生课外独立完成作业后的课堂分组讨论和订正、教师讲评两个环节）和测验 18 学时，上机实验 16 学时，共 80 学时。其中，专题讨论共安排 6~8 个专题，如本课程的核心概念及大数据专题、学习数据库与职业规划专题，以及围绕数据库设计大作业的选题与需求分析、概念设计、逻辑设计、应用与安全设计等专题；学生以小组为单位参与课堂专题讨论和课外专题讨论，强调团队合作；学生分小组完成数据库设计大作业任务，分阶段提交大作业进展报告，并制作课堂专题讨论汇报 PPT；每一次课堂专题讨论，先由各小组的学生进行汇报，再组织学生进行讨论，教师参与并引导讨论，最后由教师进行点评。

本书在编写过程中，参阅了大量的参考书目和文献资料，在此向参考资料的作者表示衷心的感谢。由于作者学识浅陋，书中不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

---

## 第 I 部分 数据库基础篇

3	<b>第 1 章 数据库系统概论</b>
3	1.1 为什么需要数据库系统
14	1.2 数据模型
23	1.3 数据库三级模式
27	1.4 数据库系统
37	1.5 SQL Server 2014 简介
50	本章小结
55	习题 1
56	实验 1 SQL Server 2014 安装与使用

---

62	<b>第 2 章 关系模型与关系代数</b>
62	2.1 关系模型
76	2.2 关系代数
91	本章小结
93	习题 2

---

95	<b>第 3 章 SQL 基础</b>
95	3.1 SQL 概述
99	3.2 简单查询
113	3.3 连接查询
121	3.4 嵌套子查询
132	3.5 聚合查询
137	3.6 集合运算
139	3.7 SQL 查询一般格式
142	本章小结
143	习题 3
146	实验 2 SQL 简单查询

---

## 第 II 部分 数据库设计篇

159	<b>第 4 章 数据库概念设计——实体 - 联系模型</b>
159	4.1 数据库设计概述
161	4.2 E-R 模型基本概念及表示
168	4.3 约束
176	4.4 弱实体集
179	4.5 扩展 E-R 特征
181	4.6 E-R 建模问题
195	4.7 E-R 模型设计实例——大学选课系统
209	本章小结
211	习题 4

---

214	<b>第 5 章 数据库逻辑设计</b>
214	5.1 关系数据库逻辑设计方法
221	5.2 E-R 模型向关系模型转化实例——大学选课系统
222	5.3 关系模式规范化理论
240	5.4 关系模式求精
242	本章小结
246	习题 5

---

## 第 III 部分 SQL Server 应用篇

251	<b>第 6 章 SQL 数据定义与更新语言</b>
251	6.1 SQL 数据定义语言
264	6.2 SQL 数据更新语言
269	6.3 视图



277	本章小结
277	习题 6
279	实验 4 SQL 数据定义与更新

---

282	<b>第 7 章 SQL Server 数据库编程</b>
282	7.1 T-SQL 语言
299	7.2 游标
304	7.3 存储过程
315	7.4 触发器
323	本章小结
324	习题 7
326	实验 5 SQL Server 存储过程与触发器

---

## 第 IV 部分 数据库系统篇

331	<b>第 8 章 数据库查询优化</b>
331	8.1 文件组织与记录组织
339	8.2 索引与散列
354	8.3 查询处理
361	8.4 查询优化
366	本章小结
371	习题 8

---

373	<b>第 9 章 数据库安全性与完整性</b>
373	9.1 数据库安全性
385	9.2 数据库完整性
398	本章小结
399	习题 9
402	实验 6 SQL Server 安全性
403	实验 7 SQL Server 完整性

---

405	<b>第 10 章 事务管理与恢复</b>
405	10.1 事务与并发控制
426	10.2 恢复与备份
446	本章小结
449	习题 10

---

## 第 V 部分 数据库应用开发篇

453	<b>第 11 章 数据库应用开发基础</b>
453	11.1 数据库应用体系结构
463	11.2 数据库访问技术
476	11.3 ASP.NET 技术
492	本章小结
495	习题 11

---

496	<b>第 12 章 数据库应用设计实例——商业银行业务系统</b>
496	12.1 功能需求与业务处理流程描述
507	12.2 数据需求分析
514	12.3 数据库概念设计
539	12.4 数据库逻辑设计
552	12.5 数据库物理设计
556	12.6 数据库应用设计
565	本章小结
567	习题 12

---

572	<b>课程设计 数据库应用设计与开发</b>
572	1. 课程设计的目的与要求
572	2. 课程设计报告内容
573	3. 课程设计参考题目

---

575	<b>参考文献</b>
-----	-------------

## 第 I 部分

# 数据库基础篇



# 第1章 数据库系统概论

**【本章导读】**本章从数据库和数据库管理系统这两个最基本的概念入手，引出数据库管理系统所涉及的主要问题并做概括性讨论。因此，本章的教学目标主要有两个：一是要求读者对数据库管理系统有一个初步的认识，并掌握数据库管理系统的基本概念、功能和组成；二是要求掌握数据抽象、数据模型、数据库模式等核心概念，并理解这些内容在数据库管理系统中的地位和作用。

**【教学要求】**  请访问爱课程网 → 资源共享课 → 数据库系统及应用 / 万常选 → 模块二 → 教学要求。



## 1.1 为什么需要数据库系统

在系统地介绍数据库系统的基本概念之前，本节首先介绍有关数据与数据管理的基本概念，然后介绍数据管理技术的3个发展阶段，包括人工管理、文件系统和数据库管理系统，最后介绍数据库和数据库管理系统等概念。

### 1.1.1 数据与数据管理

#### 1. 数据

描述事物的符号记录称为数据，如数值数据、文本数据和多媒体数据（如图形、图像、音频和视频）等。数据是数据库中存储的对象，也是数据库管理系统处理的对象。

在日常生活中，事物通常采用无结构的文本串形式来描述。例如，一个教师的基本情况可描述为：王慧红，女，1971年10月出生，江西南昌人，现工作于江西财经大学信息学院，教授，主要研究兴趣包括云计算数据管理、Web数据管理等。



相关教学录像请访问爱课程网 → 资源共享课 → 数据库系统及应用 / 万常选 → 模块二 → 第1单元  
注：为避免重复过多，以后的访问路径统一省掉“资源共享课 → 数据库系统及应用 / 万常选”部分。

在日常数据管理中，教师的基本情况通常可描述为表 1-1 所示的形式。

表 1-1 教师基本情况表

姓名	性别	出生年月	籍贯	工作单位 / 部门	职称	研究方向
王慧红	女	1971 年 10 月	江西南昌	江西财经大学 信息学院	教授	云计算数据管理、 Web 数据管理
...	...	...	...	...	...	...

显然，数据的表现形式不能完全表达其内容，其含义即语义需要经过解释才能被正确地理解，因此数据和关于数据的解释是不可分的。例如，“1971 年 10 月”可能是指某人的出生年月，也可能指毕业年月，还可能指参加工作的年月，等等。但在表 1-1 中，其语义已由其所在列的表头栏目名解释，即为出生年月。对于以表格形式描述的对象，表头栏目名就是对表中数据的语义解释。

将一个教师的姓名、性别、出生年月、籍贯、工作单位 / 部门、职称、研究方向等数据组织在一起便构成一条记录，用于描述一个教师的情况。记录是计算机中表示和存储数据的一种格式或一种方法，这样的数据是有结构的。因此，表格描述的数据称为结构化数据。

## 2. 数据管理

数据处理是指对各种数据进行采集、存储、检索、加工、传播和应用等一系列活动的总和。数据处理的基本目的是从大量的、可能是杂乱无章的、难以理解的数据中，抽取并推导出对于某些特定的人们来说有价值、有意义的的数据。数据处理贯穿于社会生产和生活的各个领域。数据可由人工或自动化装置进行处理。

数据管理是对数据进行有效的分类、组织、编码、存储、检索、维护和应用，它是数据处理的中心问题。数据管理技术的发展及其应用的广度和深度，极大地影响着人类社会发展的进程。对于基于计算机的数据管理离不开数据管理软件的支持，包括用以书写处理程序的各种程序设计语言及其编译程序、管理数据的文件系统、数据库管理系统以及各种数据处理方法的应用软件包等。

### 1.1.2 数据管理技术的产生与发展

数据管理技术是应数据管理任务的需要而产生的。在应用需求的推动下,在计算机硬件和软件发展的基础上,数据管理技术经历了人工管理、文件系统和数据库管理系统3个阶段。

#### 1. 人工管理阶段

人工管理阶段主要是指20世纪50年代中期以前的这段时间。此时的计算机还很简陋,尚没有完整的操作系统,主要应用于科学计算,数据处理方式是批处理。

人工管理阶段的数据是面向应用程序的,一个数据集只能对应于一个程序,程序与数据之间的关系如图1-1所示。数据需要由应用程序自己定义和管理,没有相应的软件系统专门负责数据的管理工作。当多个应用程序涉及某些相同的数据时,必须由各自的应用程序分别定义和管理这些数据,无法共享利用,因此存在大量的冗余数据。



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

文件系统阶段主要是指20世纪50年代后期到60年代中期的这段时间。此时的计算机已经有了操作系统,在操作系统基础之上建立的文件系统已经成熟并广泛应用。计算机除了应用于科学计算外,已开始应用于数据管理。数据处理方式不仅有批处理,还可以联机实时处理。

利用文件系统管理数据,就是由专门的软件对数据进行统一的管理。对于一个特定的应用,数据被集中组织存放在多个数据文件(以后简称为文件)或文件组中,并针对该文件组来开发特定的应用程序。文件系统把数据

组织成相互独立的文件，利用“按文件名访问，按记录进行存取”的管理技术，可以对文件进行修改、插入和删除的操作。文件系统阶段程序与数据之间的关系如图 1-2 所示，它的主要特点如下：

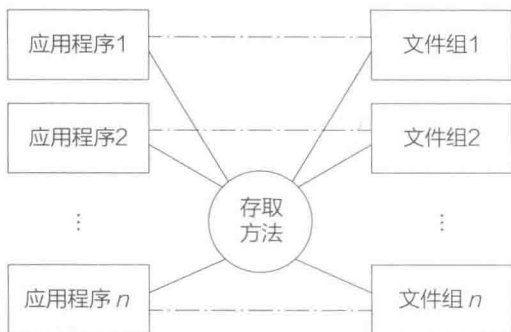


图 1-2 文件系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

(1) 文件系统实现了文件内的结构性，即一个文件内的数据是按记录进行组织的，这样的数据是有结构的。但整体上还是无结构的，即多个文件之间是相互独立的，无法建立全局的结构化数据管理模式。

(2) 程序和数据之间由文件系统提供的存取方法进行转换，程序员可以不必过多地考虑物理细节。由于数据在存储上的改变不一定反映在程序上，因此应用程序与数据之间有了一定的物理独立性。

虽然文件系统给数据管理带来了极大的方便，但是在文件系统中存储数据还存在很多弊端，主要表现在以下 7 个方面。

(1) 数据共享性差，数据冗余和数据的不一致。数据冗余是指相同的数据在不同的地方（文件）重复存储。在文件系统中，一个（或一组）文件基本上对应于一个应用程序，即文件仍然是面向应用的。当不同的应用程序具有部分相同的数据时，也必须建立各自的文件，而不能共享相同的数据，因此数据的冗余度大。这样，不仅浪费存储空间，而且可能导致数据的不一致，即同一数据的不同副本不一致。例如，对于同一个教师的数据，既可能在由教学记录组成的文件中出现，也可能在由科研记录组成的文件中出现，该教师的某项信息（如职称）的更改可能只是在教学文件中进行了修改，而在科研文件中并没有进行相应的修改。由于相同数据的重复存储和各自管理，给数据的修改和维护带来了困难。因此，如何有效地提高不同应用共享数据的能力成为急需解决的问题之一。



(2) 数据独立性差。文件系统中的文件组是为某一特定应用服务的,其逻辑结构对于该特定应用程序来说是优化的,但是若想对现有的文件组再增加一些新的应用会很困难,系统也不易扩充。这是因为,一旦数据的逻辑结构改变,就必须修改应用程序及文件结构的定义。因此,数据与应用程序之间缺乏逻辑独立性,如何有效地提高数据与应用程序之间的独立性成为急需解决的问题之一。

(3) 数据孤立,数据获取困难。对于数据与数据之间的联系,文件系统仍缺乏有效的管理手段,这是因为对于文件系统而言,数据是孤立的,横跨多个文件编写有效的数据检索程序是很困难的。例如,教学管理人员今天可能需要查找曾经讲授过某门课程的教师清单,明天可能需要统计某教师某年度的授课工作量,等等。因此,如何有效地管理数据与数据之间的联系成为急需解决的问题之一。

(4) 完整性问题。数据的完整性是指数据的正确性、有效性和相容性,也称为一致性约束。例如,一个学生需要选修某门课程时,该学生必须在已经修过了该课程规定的先修课程时才能选修(因为课程之间存在先修后修关系),必须在该教学班尚未选满时才能选修(因为教室容量有限),必须在时间上与其他已经选修的课程不冲突时才能选修,等等。由于文件系统没有提供有效地解决完整性问题的机制,开发者必须通过在不同的应用程序中加入适当的代码来实现系统中的这些约束,当约束涉及不同文件中的多个数据项时,问题就变得更加复杂。因此,如何有效地表达和实现一致性约束成为急需解决的问题之一。

(5) 原子性问题。计算机系统有时会发生故障,一旦故障发生并被检测到,数据就应该恢复到故障发生前的状态。例如,学生选课时,不仅要在选课文件中增加某学生选修某门课的记录,同时也要在该课程教学班记录中将已选课人数加1,以便学生选课时进行容量控制。在选课程序的执行过程中,如果在增加了某学生选修某门课的记录到选课文件中之后,但在将已选课人数加1更新到该课程教学班记录之前,发生了计算机系统故障,这就将导致数据库中的数据不一致。显然,为了保证数据库中数据的一致性,这里的增加选课记录与选课人数加1两个操作要么都发生,要么都不发生,这就是学生选课操作的原子性要求。由于文件处理系统没有保障操作原子性的机制,因此,如何有效地保障操作的原子性就成为急需解决的问题之一。

(6) 并发访问异常。系统应该允许多个用户同时访问数据,在这样的