

典型自编教材电子文档

北京大学计算机实验教学中心

目 录

1. C#程序设计教程	3
2. JAVA程序设计	16
3. Visual Basic程序设计	30
4. Windows CE .NET 系统分析及实验教程	40
5. windows内核实验教程	47
6. 操作系统	55
7. 操作系统基础教程(第五版)	61
8. 计算概论	71
9. 计算机上机实验考试应试指导	80
10. 计算机语言概论	86
11. 计算机语言学前瞻	94
12. 可计算性与计算复杂性导引	101
13. 空间数据库	107
14. 离散数学	114
15. 离散数学 (第三版)	127
16. 离散数学(修订版)	135
17. 离散数学题解	144
18. 离散数学学习指导与习题解析	149
19. 嵌入式系统Web服务器TCP/IP Lean	157
20. 人机交互	166
21. 数据结构与算法--学习指导与习题解析	177
22. 搜索引擎	186
23. 现代汉语语法信息词典详解(第二版)	195
24. 信息论与编码理论(第二版)	202
25. 业务建模与数据挖掘	211
26. 应用服务器	218
27. 语义网简明教程	228

1. C#程序设计教程



内 容 简 介

本书详细介绍 C#程序设计的基本环境、概念、方法和应用。内容分为四个部分：第一部分介绍 C#语言基础：数据、控制结构、数组、类、接口、结构等；第二部分深入介绍 C#知识：类型转换、参数传递、虚方法调用、异常处理、操作符重载；第三部分是 C#的基本类及其在.NET 应用：工具类、集合、常用算法、流式文件、文本应用、Windows 窗体和控件、图形用户界面；第四部分是 C#的高级应用：多线程、ASP.NET Web 应用、ADO.NET 数据库应用、XML Web Service、网络通信编程及 C#与其他语言间的互操作等。

本书内容详尽、循序渐进，既介绍语法，又讲解语言机制，还注重 C#在 Windows 及 Web 中的应用。本书提供大量典型实例，配套光盘中附有源程序，并提供了能进行 C#可视化开发的免费工具软件的下载网址。

本书内容和组织方式立足高等学校的教学教材，也可作为计算机技术的培训教材，还可作为 Microsoft 的认证考试（MCAD/MCSD）的考试用书。

著 者 唐 大 仕

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

C#程序设计教程/唐大仕编著. —北京：北方交通大学出版社，2003.8

高等学校计算机科学与技术教材

ISBN 7-81082-149-0

I .C… II . 唐… III . C 语 言 - 程 序 设 计 - 高 等 学 校 - 教 材 IV .TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 043585 号

责任编辑：谭文芳

印 刷 者：北京市黄坎印刷厂

出版发行：北方交通大学出版社 邮编：100044 电话：010-51686045, 62237564

清华 大学 出版 社

清华 大学 出版 社

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：34 字数：827 千字 赠光盘 1 张

版 次：2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数：5000 册 定价：50.00 元

目 录

(02).....	第1章 简单的C#程序	118
(02).....	1.1 C#语言简介	118
(02).....	1.1.1 C#的产生与发展	118
(02).....	1.1.2 C#的环境——Microsoft.NET	118
(02).....	1.1.3 C#的特点	118
(02).....	1.1.4 C#与C, C++的比较	118
(02).....	1.1.5 C#与Java的比较	118
(02).....	1.2 简单的C#程序及其构成	118
(02).....	1.2.1 简单的控制台程序	118
(02).....	1.2.2 简单的窗口应用程序	118
(02).....	1.2.3 C#程序的基本构成	118
(02).....	1.2.4 特定成分简介	118
(02).....	1.2.5 较完整的C#程序	118
(02).....	1.3 C#开发工具及开发步骤	118
(02).....	1.3.1 .NET Framework SDK	118
(02).....	1.3.2 程序的编辑、编译与运行	118
(02).....	1.3.3 辅助工具EditPlus	118
(02).....	1.3.4 集成工具SharpDevelop	118
(02).....	1.3.5 用Visual Studio.NET编写控制台应用程序	118
(02).....	1.3.6 用Visual Studio.NET编写Windows应用程序	118
(02).....	1.4 C#程序中的基本输入与输出	118
(02).....	1.4.1 字符界面的输入与输出	118
(02).....	1.4.2 图形界面的输入与输出	118
(02).....	1.5 面向对象程序设计的基本概念	118
(02).....	1.5.1 面向对象概述	118
(02).....	1.5.2 对象、类与实体	118
(02).....	1.5.3 封装、继承与多态	118
(02).....	1.5.4 面向对象的软件开发过程	118
(02).....	1.5.5 面向对象的软件设计	118
(02).....	第2章 数据运算、流控制与数组	118
(02).....	2.1 数据类型、变量与常量	118
(02).....	2.1.1 数据类型	118
(02).....	2.1.2 标识符与关键字	118
(02).....	2.1.3 字面常量	118
(02).....	2.1.4 变量	118

2.1.5	C#编码惯例与注释	(54)
2.2	运算符与表达式	(58)
2.2.1	算术运算符	(58)
2.2.2	关系运算符	(60)
2.2.3	逻辑运算符	(60)
2.2.4	位运算符	(61)
2.2.5	赋值与强制类型转换	(62)
2.2.6	条件运算符	(63)
2.2.7	运算的优先级与结合性	(63)
2.3	流程控制语句	(64)
2.3.1	结构化程设计的三种基本流程	(64)
2.3.2	简单语句	(64)
2.3.3	分支语句	(65)
2.3.4	循环语句	(74)
2.3.5	跳转语句	(82)
2.4	数组	(84)
2.4.1	数组的声明	(84)
2.4.2	数组的初始化	(86)
2.4.3	数组元素的使用	(87)
2.4.4	数组与 System.Array	(88)
2.4.5	使用 foreach 语句访问数组	(89)
2.4.6	数组程序举例	(90)
第3章	类、接口与结构	(94)
3.1	类、域与方法	(94)
3.1.1	定义类中的域和方法	(94)
3.1.2	构造方法与析构方法	(96)
3.1.3	对象的创建与使用	(97)
3.1.4	方法的重载	(98)
3.1.5	使用 this 关键字	(100)
3.2	属性与索引	(102)
3.2.1	属性	(102)
3.2.2	索引	(106)
3.3	类的继承	(110)
3.3.1	派生子类	(111)
3.3.2	域的继承、添加与隐藏	(111)
3.3.3	方法的继承、添加与覆盖	(112)
3.3.4	使用 base 关键字	(114)
3.3.5	父类与子类的转换及 as 运算符	(115)

(181) 3.3.6 属性、索引的继承	(118)
(181) 3.4 修饰符	(118)
(881) 3.4.1 访问控制符	(118)
(881) 3.4.2 static	(124)
(081) 3.4.3 const 与 readonly	(126)
(381) 3.4.4 sealed 与 abstract	(128)
(481) 3.4.5 new, virtual 与 override	(130)
(481) 3.4.6 一个应用模型——单子	(134)
(481) 3.5 接口	(135)
(581) 3.5.1 接口的概念	(135)
(205) 3.5.2 定义接口	(136)
(005) 3.5.3 实现接口	(137)
(005) 3.5.4 对接口的引用	(140)
(215) 3.5.5 显式接口成员实现	(141)
(01) 3.6 结构与枚举	(143)
(91) 3.6.1 结构	(143)
(025) 3.6.2 枚举	(145)
第4章 深入理解 C#语言	(149)
(255) 4.1 类型与转换	(149)
(255) 4.1.1 值类型与引用类型	(149)
(255) 4.1.2 值类型的转换	(152)
(185) 4.1.3 引用类型的转换	(153)
(885) 4.1.4 装箱与拆箱	(156)
(285) 4.2 变量及其传递	(159)
(185) 4.2.1 域变量与局部变量	(159)
(185) 4.2.2 按值传递的参数	(160)
(015) 4.2.3 ref 参数与 out 参数	(162)
(145) 4.2.4 params 参数	(166)
(145) 4.2.5 变量的返回	(167)
(045) 4.3 多态与虚方法调用	(168)
(045) 4.3.1 上溯造型	(168)
(045) 4.3.2 虚方法调用	(169)
4.4 动态类型确定	(173)
(125) 4.4.1 typeof 与 GetType	(173)
(125) 4.4.2 is 运算符	(176)
(125) 4.4.3 反射及动态类型创建	(178)
(225) 4.4.4 == 及 != 运算符	(179)
4.5 对象构造与析构	(181)

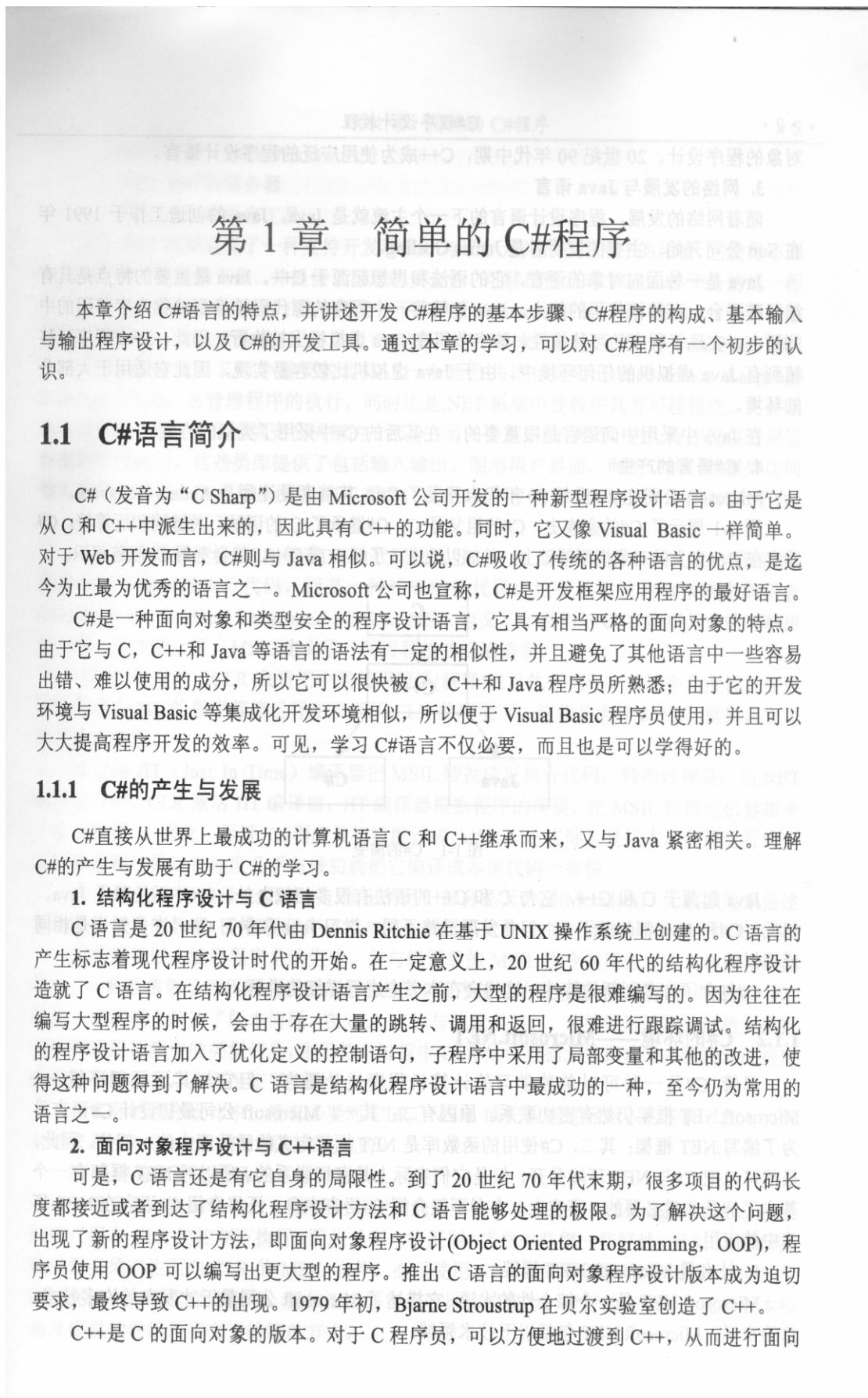
(81)	4.5.1 调用本类或父类的构造方法	(181)
(81)	4.5.2 构造方法的执行过程	(184)
(81)	4.5.3 静态构造方法	(188)
(451)	4.5.4 析构方法与垃圾回收	(189)
(451)	4.5.5 显式资源管理与 IDisposable 接口	(190)
(851)	第 5 章 C#高级特性	
(45)	5.1 名字空间、嵌套类型与程序集	(194)
(45)	5.1.1 名字空间	(194)
(45)	5.1.2 嵌套类型	(197)
(45)	5.1.3 程序集	(202)
(45)	5.2 指代与事件	(206)
(45)	5.2.1 指代	(206)
(45)	5.2.2 事件	(215)
(45)	5.3 操作符重载	(219)
(45)	5.3.1 操作符重载的概念	(219)
(45)	5.3.2 一元操作符	(220)
(45)	5.3.3 二元操作符	(222)
(45)	5.3.4 转换操作符	(224)
(45)	5.4 异常处理	(225)
(45)	5.4.1 异常的概念	(225)
(45)	5.4.2 捕获和处理异常	(227)
(45)	5.4.3 创建用户自定义异常类	(231)
(45)	5.4.4 重抛异常与异常链接	(233)
(45)	5.4.5 算术溢出及其检查	(235)
(45)	5.5 Attribute	(237)
(45)	5.5.1 使用系统定义的 Attribute	(237)
(45)	5.5.2 自定义 Attribute	(240)
(45)	5.6 C#语言中的其他成分	(244)
(45)	5.6.1 编译预处理	(244)
(45)	5.6.2 unsafe 及指针	(246)
(45)	5.6.3 其他关键字	(249)
(45)	5.6.4 C#语法小结	(249)
(851)	第 6 章 基础类及常用算法	
(45)	6.1 C#语言基础类	(251)
(45)	6.1.1 .NET Framework 基础类库	(251)
(45)	6.1.2 Object 类	(252)
(45)	6.1.3 简单数据类型及转换	(257)

(058) ······	6.1.4 Math 类与 Random 类	(258)
(058) ······	6.1.5 DateTime 类与 TimeSpan 类	(259)
(058) ······	6.1.6 Console 类	(262)
(058) ······	6.2 字符串	(262)
(058) ······	6.2.1 String 类	(262)
(058) ······	6.2.2 StringBuilder 类	(264)
(058) ······	6.2.3 数据的格式化	(266)
(058) ······	6.3 集合类	(267)
(058) ······	6.3.1 ICollection 接口及元素的遍历	(268)
(058) ······	6.3.2 IList 接口与 ArrayList 类	(269)
(058) ······	6.3.3 IDictionary 接口与 Hashtable 类	(271)
(058) ······	6.3.4 SortedList 类	(274)
(058) ······	6.3.5 Stack 类	(275)
(058) ······	6.3.6 Queue 类	(276)
(058) ······	6.3.7 其他集合类	(277)
(058) ······	6.4 排序与查找	(279)
(058) ······	6.4.1 IComparable 接口与 Comparer 接口	(279)
(058) ······	6.4.2 使用 Array 类进行排序与查找	(280)
(058) ······	6.4.3 集合类中的排序与查找	(281)
(058) ······	6.4.4 冒泡排序	(284)
(058) ······	6.4.5 选择排序	(285)
(058) ······	6.4.6 快速排序	(286)
(058) ······	6.5 遍试、迭代与递归	(288)
(058) ······	6.5.1 遍试	(288)
(058) ······	6.5.2 迭代	(290)
(058) ······	6.5.3 递归	(294)
(215) ······	7.1 流及二进制输入与输出	(299)
(215) ······	7.1.1 流	(299)
(215) ······	7.1.2 使用流进行二进制输入与输出	(303)
(215) ······	7.2 文本的输入与输出	(306)
(215) ······	7.2.1 TextWriter 类和 TextReader 类	(306)
(215) ······	7.2.2 标准输入与输出	(309)
(215) ······	7.2.3 应用举例	(309)
(215) ······	7.3 文件与目录	(311)
(215) ······	7.3.1 文件管理与目录管理	(311)
(215) ······	7.3.2 监控文件和目录的改动	(317)
(215) ······	7.4 文本与正则表达式	(320)

(320)	7.4.1 文本名字空间.....	(320)
(320)	7.4.2 正则表达式.....	(321)
(325)	7.5 运行环境与事件日志.....	(326)
(325)	7.5.1 命令行参数.....	(326)
(325)	7.5.2 获得环境参数.....	(328)
(325)	7.5.3 程序的追踪.....	(329)
(325)	7.5.4 使用事件日志.....	(332)
(325)	7.5.5 安装与卸载程序包.....	(332)
	类合集 (321-332)	
第8章	Windows窗体及控件	(336)
(336)	8.1 Windows窗体应用程序概述.....	(336)
(336)	8.1.1 Windows图形用户界面.....	(336)
(336)	8.1.2 创建Windows窗体.....	(337)
(336)	8.1.3 添加控件.....	(341)
(336)	8.1.4 设定布局.....	(344)
(336)	8.1.5 事件处理.....	(348)
(336)	8.2 常用控件.....	(352)
(336)	8.2.1 Control类.....	(352)
(336)	8.2.2 标签与按钮.....	(354)
(336)	8.2.3 文本框.....	(358)
(336)	8.2.4 列表框与UpDown控件.....	(362)
(336)	8.2.5 滚动条与进度条.....	(367)
(336)	8.2.6 定时器、时间与日历类.....	(368)
(336)	8.2.7 图片框.....	(371)
(336)	8.2.8 其他控件.....	(372)
(336)	8.3 部分容器类控件.....	(374)
(336)	8.3.1 Panel控件.....	(374)
(336)	8.3.2 ImageList控件.....	(375)
(336)	8.3.3 TreeView控件.....	(376)
(336)	8.3.4 ListView控件.....	(378)
(336)	8.3.5 TabControl控件.....	(382)
(336)	8.3.6 使用Splitter控件.....	(383)
(336)	8.4 窗体与对话框	(383)
(336)	8.4.1 Form类	(383)
(336)	8.4.2 窗体的创建	(385)
(336)	8.4.3 使用窗体作为对话框	(386)
(336)	8.4.4 通用对话框	(388)
(336)	8.4.5 显示消息框	(390)
(336)	8.5 MDI窗体、菜单与工具栏	(392)
(336)	8.5.1 MDI窗体	(392)

(574) 8.5.2 菜单.....	(393)
(574) 8.5.3 使用主菜单和上下文菜单.....	(394)
(574) 8.5.4 工具栏.....	(395)
(574) 8.5.5 状态栏	(396)
(574) 8.5.6 综合应用	(397)
第 9 章 绘图与图像.....	(414)
(581) 9.1 绘图基础支持类.....	(414)
(581) 9.1.1 位置与范围	(414)
(581) 9.1.2 颜色	(416)
(581) 9.1.3 画笔	(418)
(581) 9.1.4 刷子	(421)
(581) 9.2 绘图	(424)
(581) 9.2.1 Graphics 类	(424)
(581) 9.2.2 获得 Graphics 对象	(426)
(581) 9.2.3 绘图的一般步骤	(427)
(581) 9.2.4 坐标变换	(429)
(581) 9.2.5 处理重绘和无效操作	(434)
(581) 9.3 字体	(434)
(581) 9.3.1 Font 类	(434)
(581) 9.3.2 使用字体来绘制文本	(435)
(581) 9.4 图像	(438)
(581) 9.4.1 与图像相关的类	(438)
(581) 9.4.2 在窗体上显示图像	(440)
(581) 9.4.3 窗体、图片框上的图标及图像	(442)
(581) 9.5 在自定义控件中使用绘图	(444)
(581) 9.5.1 自定义控件	(444)
(581) 9.5.2 在自定义控件中使用绘图	(447)
第 10 章 C#的高级应用.....	(451)
10.1 多线程编程	(451)
10.1.1 多线程的相关概念	(451)
10.1.2 线程的创建与控制	(452)
10.1.3 线程的同步	(458)
10.1.4 集合的线程安全性	(463)
10.1.5 其他实现线程的方式	(464)
10.2 ADO.NET 数据库编程	(467)
10.2.1 ADO.NET 简介	(467)
10.2.2 数据集	(468)

10.2.3 连接到数据源	.....	(472)
10.2.4 使用 DataAdapter 和 DataSet	.....	(473)
10.2.5 使用 Command 和 DataReader	.....	(475)
10.2.6 使用数据绑定控件	.....	(476)
10.2.7 使用 Visual Studio.NET 的数据工具	.....	(479)
10.3 ASP.NET 及 Web 编程	.....	(479)
10.3.1 ASP.NET 概述	.....	(479)
10.3.2 Web 窗体与控件	.....	(484)
10.3.3 Web 应用程序举例	.....	(490)
10.3.4 Mobile 手机上网程序	.....	(495)
10.4 XML 及 Web Service 编程	.....	(501)
10.4.1 XML 基本概念	.....	(501)
10.4.2 XML 编程	.....	(503)
10.4.3 Web Service 基本概念	.....	(509)
10.4.4 Web Service 的创建和调用	.....	(510)
10.5 网络通信编程	.....	(515)
10.5.1 使用 System.Net	.....	(515)
10.5.2 TcpClient 与 TcpListener 类	.....	(517)
10.5.3 E-mail 编程	.....	(524)
10.6 C#程序与其他程序的互操作	.....	(525)
10.6.1 C#, VB.NET, JScript 的互操作	.....	(525)
10.6.2 在 C#中使用 Win32 API	.....	(527)
10.6.3 在 C#中使用 COM 和 ActiveX	.....	(529)
参考文献	.....	(531)
(303) 《C#从入门到精通》	.....	(374)
(313) 《ASP.NET 从入门到精通》	.....	(374)
(314) 《VB.NET 从入门到精通》	.....	(375)
(316) 《C#基础与进阶》	.....	(376)
(321) 《C# Windows 程序设计》	.....	(378)
(323) 《C# ASP.NET 教程》	.....	(380)
(324) 《C# 语言入门教程》	.....	(383)
(325) 《C# 语言进阶教程》	.....	(383)
(326) 《C# 语言进阶教程》	.....	(383)
(328) 《C# 语言进阶教程》	.....	(385)
(329) 《C# 语言进阶教程》	.....	(386)
(330) 《C# 语言进阶教程》	.....	(388)
(331) 《C# 语言进阶教程》	.....	(390)
(333) 《C# 语言进阶教程》	.....	(392)
(334) 《C# 语言进阶教程》	.....	(392)



第1章 简单的C#程序

本章介绍C#语言的特点，并讲述开发C#程序的基本步骤、C#程序的构成、基本输入与输出程序设计，以及C#的开发工具。通过本章的学习，可以对C#程序有一个初步的认识。

1.1 C#语言简介

C#（发音为“C Sharp”）是由Microsoft公司开发的一种新型程序设计语言。由于它是从C和C++中派生出来的，因此具有C++的功能。同时，它又像Visual Basic一样简单。对于Web开发而言，C#则与Java相似。可以说，C#吸收了传统的各种语言的优点，是迄今为止最为优秀的语言之一。Microsoft公司也宣称，C#是开发框架应用程序的最好语言。

C#是一种面向对象和类型安全的程序设计语言，它具有相当严格的面向对象的特点。由于它与C，C++和Java等语言的语法有一定的相似性，并且避免了其他语言中一些容易出错、难以使用的成分，所以它可以很快被C，C++和Java程序员所熟悉；由于它的开发环境与Visual Basic等集成化开发环境相似，所以便于Visual Basic程序员使用，并且可以大大提高程序开发的效率。可见，学习C#语言不仅必要，而且也是可以学得好的。

1.1.1 C#的产生与发展

C#直接从世界上最成功的计算机语言C和C++继承而来，又与Java紧密相关。理解C#的产生与发展有助于C#的学习。

1. 结构化程序设计与C语言

C语言是20世纪70年代由Dennis Ritchie在基于UNIX操作系统上创建的。C语言的产生标志着现代程序设计时代的开始。在一定意义上，20世纪60年代的结构化程序设计造就了C语言。在结构化程序设计语言产生之前，大型的程序是很难编写的。因为往往在编写大型程序的时候，会由于存在大量的跳转、调用和返回，很难进行跟踪调试。结构化的程序设计语言加入了优化定义的控制语句，子程序中采用了局部变量和其他的改进，使得这种问题得到了解决。C语言是结构化程序设计语言中最成功的一种，至今仍为常用的语言之一。

2. 面向对象程序设计与C++语言

可是，C语言还是有它自身的局限性。到了20世纪70年代末期，很多项目的代码长度都接近或者到达了结构化程序设计方法和C语言能够处理的极限。为了解决这个问题，出现了新的程序设计方法，即面向对象程序设计(Object Oriented Programming, OOP)，程序员使用OOP可以编写出更大型的程序。推出C语言的面向对象程序设计版本成为迫切要求，最终导致C++的出现。1979年初，Bjarne Stroustrup在贝尔实验室创造了C++。

C++是C的面向对象的版本。对于C程序员，可以方便地过渡到C++，从而进行面向

• 2 •

C#程序设计教程

对象的程序设计。20世纪90年代中期，C++成为使用广泛的程序设计语言。

3. 网络的发展与 Java 语言

随着网络的发展，程序设计语言的下一个主流就是 Java。Java 的创造工作于 1991 年在 Sun 公司开始，主要的发明者是 James Gosling。

Java 是一种面向对象的语言，它的语法和思想起源于 C++。Java 最重要的特点是具有编写跨平台、可移植代码的能力，Java 能够将一个程序的源代码转换到被称为字节码的中间语言，实现了程序的可移植性。该字节码在 Java 虚拟机上被执行。因此，Java 程序可移植到有 Java 虚拟机的任何环境中。由于 Java 虚拟机比较容易实现，因此它适用于大部分的环境。

在 Java 中采用中间语言是很重要的。在其后的 C# 中采用了类似的方法。

4. C#语言的产生

Microsoft 公司在 20 世纪 90 年代末开发了 C#，其首席设计师是 Anders Heilsberg。

图 1-1 展示了 C# 的家族史。C# 的祖父是 C，C# 继承了 C 的语法、关键词和运算符。C# 建立在 C++ 定义的对象模型基础上，并加以改进。了解 C 或 C++，就会觉得 C# 似曾相识。

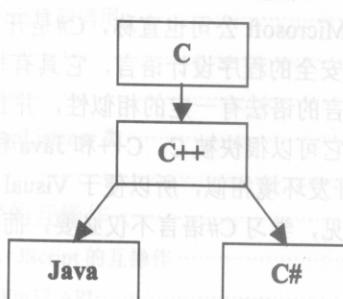


图 1-1 C# 的演变

Java 起源于 C 和 C++，它与 C 和 C++ 的语法有很多相似之处。C# 并不是源于 Java。相反，C# 和 Java 都起源于 C，但是发展道路不同。学习 Java 和学习 C#，许多知识是相同或相似的。

C# 包含了许多创新的特性，这将会在本书中进行详细的讲解。

1.1.2 C# 的环境——Microsoft.NET

尽管 C# 是一种可以单独学习的计算机程序设计语言，但它与其运行期环境——Microsoft.NET 框架仍然有密切联系。原因有二：其一，Microsoft 公司最初设计 C# 语言是为了编写.NET 框架；其二，C# 使用的函数库是.NET 框架定义的函数库中的一部分。因此，虽然可以把 C# 与.NET 环境分开，但是它们实际上是密切联系的。所以对.NET 框架有一个基本了解是非常必要的。事实上，本书不仅介绍 C# 语言本身，还将介绍 C# 语言在.NET 环境中的应用。

1. 什么是 Microsoft.NET 框架

Microsoft.NET 是一个综合性的术语，它描述了 Microsoft 公司最近才发布的许多技术。总的来说，Microsoft.NET 包括以下技术领域：

第1章 简单的C#程序

• 3 •

首先介绍.NET框架(.NET Framework)。

然后是.NET企业版服务器。

最后是.NET语言和语言工具。

其中.NET框架定义了一种支持开发和执行与平台无关的应用程序的环境。它使得不同的计算机语言能协同工作，并提供了程序的安全性、可移植性及对Windows平台的统一程序设计模式。值得注意的是，.NET框架并不局限于Windows平台(尽管Windows是目前惟一适用的环境)，这也就是说，程序员用C#编写的程序将来可能也适用于非Windows环境。

.NET框架定义了两个重要的实体。一个是公共语言运行环境(Common Language Runtime, CLR)，它管理程序的执行，同时还是.NET框架中使程序具有可移植性、支持混合语言程序设计、并且提供安全机制的一部分。另一个是.NET类库，它为程序提供访问运行期环境的能力。这些类库提供了包括输入输出、图形用户界面、网络功能、数据库访问等多方面的功能。C#自动使用了.NET类库，因此C#程序能自动移植到所有的.NET平台。

2. 公共语言运行环境

公共语言运行环境(CLR)管理.NET代码的执行。它的工作原理是：当编译C#程序时，编译器并不输出可执行代码，而是一种特殊的伪代码。这些伪码被称为微软中间语言(Microsoft Intermediate Language, MSIL)。MSIL定义了一系列与CPU类型无关的可移植指令集。从本质上说，MSIL定义了一种可移植的汇编语言。

当程序运行时，CLR负责把中间代码翻译(解释)成可执行代码。从这个角度说，任何被编译成MSIL的程序都能运行在实现了CLR的环境下。这就是为什么.NET框架具有可移植性的原因。

可以用JIT(Just In Time)编译器把MSIL转换成可执行代码。转换过程是：当.NET程序运行时，CLR激活JIT编译器，JIT编译器根据程序的需要，把MSIL转换成机器指令(本地代码)。因此，尽管C#程序最初被编译成MSIL，它实际上是以本地代码运行的，这意味着程序的运行速度几乎与最初就把它编译成本地代码一样快。

除了MSIL，当编译C#程序时，输出的另一部分是元数据(Metadata)。元数据用来描述在程序中使用的数据，它使得程序可以与其他的代码交互，并与MSIL位于同一个文件中。

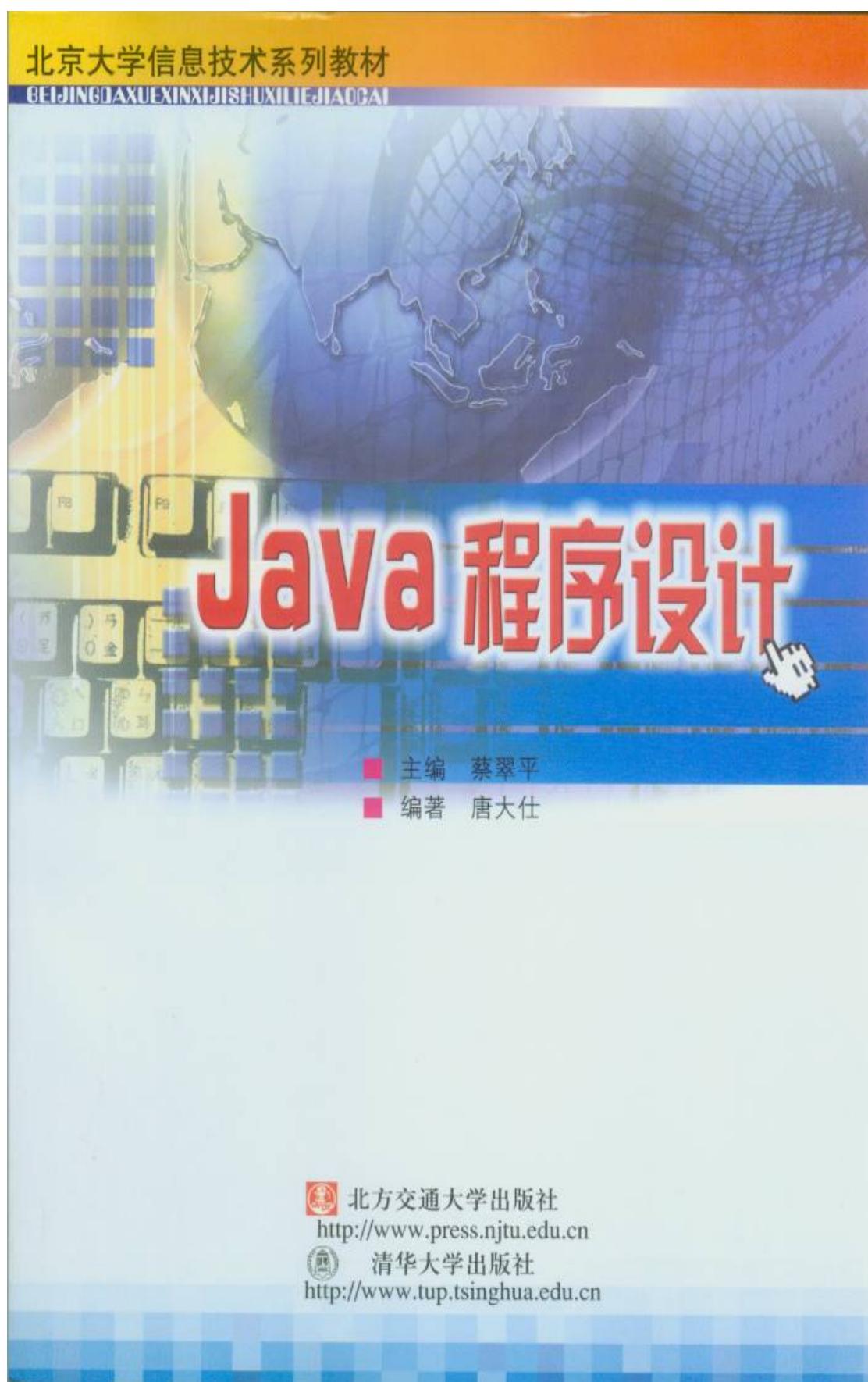
元数据可以由编译程序自动生成，并与编译后的MSIL指令共同包含在二进制代码文件中。元数据携带了源代码中类型信息的描述，程序使用的类型描述与其自身绑定在一起，这在一定程度上解决了版本问题。在CLR定位与装载类型时，系统通过读取并解析元数据来获得应用程序中的类型信息，由于整个过程中CLR始终根据元数据建立并管理对应特定应用程序的类型，从而保证了类型安全性。

在实际的程序设计中，没有必要对CLR, MSIL或元数据进行更多的了解，因为大部分工作是由Microsoft.NET框架来完成的。

3. 受控与非受控代码

一般来说，当编写一个C#程序时，创建的程序被称为受控代码(Managed Code)。由于受控代码在CLR的控制下执行，因此受到一些限制，当然也获得一些好处。受到的限制有：编译器必须产生面向CLR的MSIL文件，必须使用.NET框架库函数(像C#那样)。受控代码的优点有：现代存储管理、提供混合语言程序设计的能力、更好的安全性、支持版本控制及提供软件组件间交互的简单方式。

2. JAVA 程序设计



内 容 简 介

本书详细介绍了 Java 程序设计的基本环境、概念和方法。内容分为三个部分：第一部分介绍了 Java 语言基础，包括数据、控制结构、数组、类、包、对象、接口等；第二部分介绍了 Java 深入知识，包括传值调用、虚方法调用、异常处理、工具类与算法；第三部分是 Java 的应用，包括线程、流式文件、AWT 及 Swing 图形用户界面，以及 Java 在网络、多媒体、数据库等方面的应用。

本书内容详尽，循序渐进，在介绍编程技术的同时，还着重讲解了有关面向对象程序设计的基本概念和方法。书中提供了丰富的典型实例，具有可操作性，便于读者的学习与推广应用。各章附有大量习题，便于读者思考和复习。

本书内容和组织方式立足于高校教学教材的要求，同时可作为计算机技术的培训教材，还可作为 Sun 认证考试（SCJP）的考试用书。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

Java 程序设计/唐大仕编著. —北京：北方交通大学出版社，2003.3

(北京大学信息技术系列教材)

ISBN 7-81082-099-0

I . J… II . 唐… III . Java 语言－程序设计－高等学校－教材 IV . TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 005216 号

责任编辑：谭文芳

印 刷 者：北京东光印刷厂

出版发行：北方交通大学出版社 邮编：100044 电话：010-51686045, 62237564

清华 大学 出版 社 邮编：100084

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：22.75 字数：554 千字

版 次：2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印 数：6000 册 定价：29.00 元

目 录

(02) 第1章 Java语言与面向对象的程序设计	基础理论与方法	章末练习
(03) (04) (05) (06) (07) (08) (09)	基础理论与方法	章末练习
(10) 第2章 简单的Java程序	基础理论与方法	章末练习
(11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34)	基础理论与方法	章末练习

第1章 Java语言与面向对象的程序设计 (1)

- (1.1) Java语言简介 (1)
 - (1.1.1) Java语言出现的背景、影响及应用前景 (1)
 - (1.1.2) Java的特点 (2)
 - (1.1.3) Java和C、C++ (4)
- (1.2) 面向对象程序设计 (5)
 - (1.2.1) 面向对象概述 (5)
 - (1.2.2) 对象、类与实体 (6)
 - (1.2.3) 对象的状态与行为 (7)
 - (1.2.4) 对象的关系 (7)
 - (1.2.5) 面向对象的软件开发过程 (8)
- (1.3) 习题 (9)

第2章 简单的Java程序 (11)

- (2.1) Application与Applet程序 (11)
 - (2.1.1) Application程序 (11)
 - (2.1.2) Applet程序 (12)
 - (2.1.3) Java程序的基本构成 (13)
- (2.2) 程序的编辑、编译与运行 (15)
 - (2.2.1) Java工具包JDK (15)
 - (2.2.2) Application的编辑、编译与运行 (15)
 - (2.2.3) Applet的编辑、编译与运行 (19)
 - (2.2.4) 使用jar打包程序 (21)
- (2.3) Java程序中的基本输入与输出 (21)
 - (2.3.1) 字符界面的输入与输出 (22)
 - (2.3.2) Applet图形界面输入与输出 (24)
 - (2.3.3) JavaApplication图形界面输入与输出 (26)
 - (2.3.4) 同时作为Application与Applet的程序 (27)
- (2.4) Java集成开发环境 (28)
 - (2.4.1) 几种辅助工具的使用 (29)
 - (2.4.2) 几种集成工具的使用 (31)
- (2.5) 习题 (34)

第3章 数据运算、流控制和数组	(36)
3.1 数据类型、变量与常量	(36)
3.1.1 数据类型	(36)
3.1.2 标识符	(37)
3.1.3 常量	(37)
3.1.4 变量	(38)
3.1.5 程序的书写与注释	(39)
3.2 运算符与表达式	(41)
3.2.1 算术运算符	(41)
3.2.2 关系运算符	(43)
3.2.3 逻辑运算符	(43)
3.2.4 位运算符	(44)
3.2.5 赋值与强制类型转换	(48)
3.2.6 条件运算符	(49)
3.2.7 表达式及运算的优先级、结合性	(50)
3.3 流程控制语句	(50)
3.3.1 结构化程序设计的三种基本流程	(51)
3.3.2 简单语句	(51)
3.3.3 分支语句	(51)
3.3.4 循环语句	(58)
3.3.5 跳转语句	(64)
3.4 数组	(67)
3.4.1 一维数组	(67)
3.4.2 多维数组	(70)
3.4.3 System.arraycopy()方法	(73)
习题	(73)
第4章 类、包和接口	(75)
4.1 类、域、方法	(75)
4.1.1 定义类中的域和方法	(75)
4.1.2 构造方法与对象的创建	(77)
4.1.3 使用对象	(78)
4.1.4 方法的重载	(79)
4.1.5 this 的使用	(80)
4.2 类的继承	(81)
4.2.1 派生子类	(81)
4.2.2 域的继承与隐藏、添加	(82)
4.2.3 方法的继承、覆盖与添加	(83)
4.2.4 super 的使用	(84)

4.2.5 父类对象与子类对象的转换	(85)
4.3 包	(88)
4.3.1 package 语句	(88)
4.3.2 import 语句	(88)
4.3.3 编译和运行包中的类	(89)
4.3.4 CLASSPATH	(90)
4.4 访问控制符	(90)
4.4.1 成员的访问控制符	(90)
4.4.2 类的访问控制符	(95)
4.4.3 setor 与 getor	(96)
4.4.4 构造方法的隐藏	(96)
4.5 非访问控制符	(96)
4.5.1 static	(97)
4.5.2 final	(100)
4.5.3 abstract	(101)
4.5.4 其他修饰符	(103)
4.5.5 一个应用模型——单子	(104)
4.6 接口	(105)
4.6.1 接口的概念	(105)
4.6.2 定义接口	(106)
4.6.3 实现接口	(107)
4.6.4 对接口的引用	(108)
习题	(109)
第5章 深入理解 Java 语言	(111)
5.1 变量及其传递	(111)
5.1.1 基本类型变量与引用型变量	(111)
5.1.2 域变量与局部变量	(112)
5.1.3 变量的传递	(113)
5.1.4 变量的返回	(114)
5.2 多态与虚方法调用	(114)
5.2.1 上溯造型	(115)
5.2.2 虚方法调用	(116)
5.2.3 动态类型确定	(118)
5.3 对象构造与初始化	(120)
5.3.1 调用本类或父类的构造方法	(120)
5.3.2 构造方法的执行过程	(122)
5.3.3 构建方法内部调用的方法的多态性	(123)
5.4 对象清除与垃圾回收	(125)

第 5 章	5.4.1 对象的自动清除	(125)
	5.4.2 System.gc()方法	(126)
	5.4.3 finalize()方法	(126)
5.5 内部类与匿名类.....		(128)
	5.5.1 内部类	(128)
	5.5.2 方法中的内部类及匿名类.....	(132)
	习题	(134)
第 6 章	异常处理	(135)
6.1 异常处理		(135)
	6.1.1 异常的概念	(135)
	6.1.2 捕获和处理异常	(137)
	6.1.3 应用举例	(140)
6.2 创建用户自定义异常类		(143)
	习题	(144)
第 7 章	工具类及常用算法	(146)
7.1 Java 语言基础类		(146)
	7.1.1 Java 基础类库	(146)
	7.1.2 Object 类	(148)
	7.1.3 基本数据类型的包装类	(152)
	7.1.4 Math 类	(153)
	7.1.5 System 类	(154)
7.2 字符串		(155)
	7.2.1 String 类	(155)
	7.2.2 StringBuffer 类	(159)
	7.2.3 StringTokenizer 类	(161)
7.3 集合类		(162)
	7.3.1 集合与 Collection API	(162)
	7.3.2 Set 接口及 HashSet 类	(163)
	7.3.3 List 接口及 ArrayList, Vector 类	(164)
	7.3.4 Iterator 及 Enumeration	(165)
	7.3.5 Map 接口及 Hashtable 类	(167)
7.4 向量、堆栈、队列		(168)
	7.4.1 Vector 向量	(168)
	7.4.2 Stack 堆栈	(171)
	7.4.3 LinkedList 及队列	(173)
7.5 排序与查找		(174)
	7.5.1 Arrays 类	(174)

7.5.2 Collections 类	(176)
7.5.3 冒泡排序.....	(178)
7.5.4 选择排序.....	(179)
7.5.5 快速排序.....	(180)
7.6 遍试、迭代和递归	(183)
7.6.1 遍试	(183)
7.6.2 迭代	(185)
7.6.3 递归	(188)
习题	(193)
第8章 Java的多线程	(196)
8.1 线程及其创建	(196)
8.1.1 Java中的线程	(196)
8.1.2 创建线程对象的两种方法	(197)
8.1.3 多线程	(199)
8.1.4 应用举例	(201)
8.2 线程的调度	(205)
8.2.1 线程的状态与生命周期	(205)
8.2.2 线程调度与优先级	(206)
8.2.3 对线程的基本控制	(208)
8.3 线程的同步与共享	(211)
8.3.1 synchronized关键字	(211)
8.3.2 线程间的同步控制	(214)
习题	(219)
第9章 流、文件及基于文本的应用	(220)
9.1 流式输入与输出	(220)
9.1.1 字节流与字符流	(220)
9.1.2 节点流和处理流	(222)
9.1.3 标准输入和标准输出	(225)
9.1.4 应用举例	(226)
9.2 文件及目录	(229)
9.2.1 文件与目录管理	(229)
9.2.2 文件输入与输出流	(231)
9.2.3 RandomAccessFile类	(234)
9.3 基于文本的应用	(235)
9.3.1 Java Application 命令行参数	(235)
9.3.2 环境参数	(236)
9.3.3 处理 Deprecated 的 API	(237)

习题	(239)
第10章 图形用户界面.....	(240)
10.1 AWT 组件	(240)
10.1.1 图形用户界面概述	(240)
10.1.2 AWT 组件分类	(241)
10.1.3 Component 的方法	(244)
10.2 布局管理	(245)
10.2.1 FlowLayout	(245)
10.2.2 BorderLayout	(246)
10.2.3 CardLayout	(247)
10.2.4 GridLayout	(249)
10.2.5 GridBagLayout	(250)
10.2.6 通过嵌套来设定复杂的布局	(250)
10.3 事件处理	(251)
10.3.1 事件及事件监听器	(251)
10.3.2 事件监听器的注册	(253)
10.3.3 事件适配器	(258)
10.3.4 内部类及匿名类在事件处理中的应用	(259)
10.4 常用组件的使用	(262)
10.4.1 标签、按钮与动作事件	(262)
10.4.2 文本框、文本区域与文本事件	(264)
10.4.3 单、复选按钮、列表与选择事件	(265)
10.4.4 调整事件与滚动条	(269)
10.4.5 鼠标、键盘事件与画布	(271)
10.4.6 Frame 与窗口事件	(273)
10.4.7 Panel 与容器事件	(274)
10.4.8 组件事件、焦点事件与对话框	(276)
10.5 绘图、图形和动画	(277)
10.5.1 绘制图形	(277)
10.5.2 显示文字	(281)
10.5.3 控制颜色	(282)
10.5.4 显示图像	(283)
10.5.5 实现动画效果	(283)
10.6 Applet	(285)
10.6.1 Applet 的基本工作原理	(286)
10.6.2 Applet 类	(286)
10.6.3 HTML 文件参数传递	(288)
10.6.4 Applet 的局限	(289)

10.7 SwingGUI 组件	(295)
10.7.1 Swing 的特点	(295)
10.7.2 几种 Swing 组件介绍	(296)
10.8 基于 GUI 的应用程序	(299)
10.8.1 使用可视化设计工具	(299)
10.8.2 菜单的定义与使用	(299)
10.8.3 菜单、工具条及对话框的应用	(303)
习题	(308)
第 11 章 网络、多媒体和数据库编程	(310)
11.1 Java 网络编程	(310)
11.1.1 使用 URL	(310)
11.1.2 用 Java 实现底层网络通信	(312)
11.1.3 实现多线程服务器程序	(314)
11.1.4 Java 的 Email 编程	(323)
11.2 多媒体编程	(329)
11.2.1 在 Applet 中获取声音与图像	(329)
11.2.2 Java 图像编程	(332)
11.2.3 Java 声音编程	(334)
11.3 Java 数据库编程	(335)
11.3.1 Java 访问数据库的基本步骤	(335)
11.3.2 使用 JTable 显示数据表	(339)
11.4 J2EE 及 J2ME 简介	(343)
11.4.1 J2EE 简介	(343)
11.4.2 J2ME 简介	(345)
习题	(347)
参考文献	(348)

- (1) Java 语言的开发产生多种不同的版本，从而满足不同的应用需求。
- (2) Java 语言的简单性，可将用户的注意力进行动态化、可视化插件，以满足用户对界面的要求。Java 语言不受地区、行业、部门、爱好限制，都可以将用户的注意力集中于软件本身。
- (3) Java 语言的构件的开发方法。由于 Java 语言的面向对象的特征，所以完全可以在面向对象的类与方法来进行开发，符合最新的软件开发潮流的要求。
- (4) Java 语言的动画效果。就界面而言，可以使从静到动画效果，从而增加与 Java 语言的数据动态地提供信息。
- (5) 软件最终产品。用 Java 语言开发的软件可以具有可视化、可听化、可操作化的功能。其应用领域也十分广泛。

10.7 SwingGUI 组件	(295)
10.7.1 Swing 的特点	(295)
10.7.2 几种 Swing 组件介绍	(296)
10.8 基于 GUI 的应用程序	(299)
10.8.1 使用可视化设计工具	(299)
10.8.2 菜单的定义与使用	(299)
10.8.3 菜单、工具条及对话框的应用	(303)
习题	(308)
 第 11 章 网络、多媒体和数据库编程	(310)
11.1 Java 网络编程	(310)
11.1.1 使用 URL	(310)
11.1.2 用 Java 实现底层网络通信	(312)
11.1.3 实现多线程服务器程序	(314)
11.1.4 Java 的 Email 编程	(323)
11.2 多媒体编程	(329)
11.2.1 在 Applet 中获取声音与图像	(329)
11.2.2 Java 图像编程	(332)
11.2.3 Java 声音编程	(334)
11.3 Java 数据库编程	(335)
11.3.1 Java 访问数据库的基本步骤	(335)
11.3.2 使用 JTable 显示数据表	(339)
11.4 J2EE 及 J2ME 简介	(343)
11.4.1 J2EE 简介	(343)
11.4.2 J2ME 简介	(345)
习题	(347)
 参考文献	(348)

- (1) Java 语言的继承性使得它的开发产生多态。可以将各种不同的方法或属性等同起来，从而实现对不同类的调用。
- (2) Java 语言的简单性，可将用户的注意力进行动态的、可视化地转换，以满足用户对操作的需要。Java 语言不受地区、行业、部门、爱好限制，都可以将用户的注意力集中于操作本身。
- (3) Java 语言的面向对象的方法。由于 Java 语言的面向对象的特征，所以完全可以在面向对象的继承关系与方法来进行开发，符合最新的软件开发潮流的要求。
- (4) Java 语言的动画效果。就界面而言，可以使从静到动画效果，从而增加与 Java 程序互动的数据动态地提供信息。
- (5) 软件最终产品。用 Java 语言开发的软件可以具有可视化、可听化、可操作化的功能。其应用领域也十分广泛。

第2章 简单的Java程序

本章从介绍和分析最简单的 Java 程序例子出发，讲述开发 Java 程序的基本步骤、Java 程序的构成、基本输入输出编程及 Java 的开发工具。

2.1 Application 与 Applet 程序

根据结构组成和运行环境的不同, Java 程序可以分为两类: Java Application 和 Java Applet。简单地说, Java Application 是完整的程序, 需要独立的解释器来解释运行; 而 Java Applet 则是嵌在 HTML 网页 (Web 页面) 中的非独立程序, 由 Web 浏览器内部包含的 Java 解释器来解释运行。

下面介绍两个简单的 Java 程序，并对其进行分析。

2.1.1 Application 程序

```
public class HelloWorldApp { //an application
    public static void main (String args[ ]) {
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

在该类中定义了一个 main()方法，其中 public 表示访问权限，指明所有的类都可以使用这一方法；static 指明该方法是一个类方法，它可以通过类名直接调用；void 则指明 main() 方法不返回任何值。

对于一个应用程序来说，main()方法是必须的，而且必须按照如上的格式来定义。Java解释器以 main()作为入口来执行程序。Java 程序中可以定义多个类，每个类中可以定义多个方法，但是最多只能有一个公共类。main()方法也只能有一个，作为程序的入口。

main()方法定义中，括号中的 String args[]是传递给 main()方法的参数，参数名为 args，它是类 String 的一个实例，参数可以为 0 个或多个，每个参数用“类名 参数名”来指定，多个参数间用逗号分隔。在 main()方法的实现(大括号中)，只有一条语句：

```
System.out.println ("Hello World!");
```

它用来实现字符串的输出，这条语句实现与 C 语言中的 printf 语句和 C++ 中 cout<<语句相同的功能。另外，“//”后的内容为注释。

现在我们可以运行该程序。首先把它放到一个名为 HelloWorldApp.java 的文件中，这里，文件名应和类名相同，因为 Java 解释器要求公共类必须放在与其同名的文件中。然后对它进行编译：

```
C:\>javac HelloWorldApp.java
```

编译的结果是生成字节码文件 HelloWorldApp.class。最后用 java 解释器来运行该字节码文件：

```
C:\>java HelloWorldApp
```

结果在屏幕上显示 Hello World!

2.1.2 Applet 程序

再来看下面的一个例子：

例 2-2 HelloWorldApplet.java 简单的 Applet 程序。

```
import java.awt.*;
import java.applet.*;
public class HelloWorldApplet extends Applet { //an applet
    public void paint(Graphics g){ //HelloWorldApplet.java
        g.drawString ("Hello World!",20,20); //HelloWorldApplet.java
    }
}
```

这是一个简单的 Applet(小应用程序)。程序中，首先用 import 语句输入 java.awt 和 java.applet 下所有的包，使得该程序可能使用这些包中所定义的类，它类似于 C 中的#include 语句。然后声明一个公共类 HelloWorldApplet，用 extends 指明它是 Applet 的子类。在类中，重写父类 Applet 的 paint()方法，其中参数 g 为 Graphics 类，它表明当前作画的上下文。在 paint()方法中，调用 g 的方法 drawString()，在坐标(20,20)处输出字符串"Hello World!"，其中坐标是用像素点来表示的。

这个程序中没有实现 main()方法，这是 Applet 与应用程序 Application 的区别之一。为了运行该程序，首先我们也要把它放在文件 HelloWorldApplet.java 中，然后对它进行编译：

```
C:\>javac HelloWorldApplet.java
```

得到字节码文件 HelloWorldApplet.class。由于 Applet 中没有 main()方法作为 Java 解释器的入口，必须编写 HTML 文件，把该 Applet 嵌入其中，然后用 appletviewer 来运行，或在支持 Java 的浏览器上运行。它的<HTML>文件如下：

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE> An Applet </TITLE>
</HEAD>
<BODY>
```

```
<applet code="HelloWorldApplet.class" width=200 height=40>
</applet>
</BODY>
</HTML>
```

其中, 用`<Applet>`标记来启动 `HelloWorldApplet`, `code` 指明字节码所在的文件, `width` 和 `height` 指明 applet 所占的大小。把这个 HTML 文件存入 `Hello.html`, 然后运行:

`C:\>appletviewer Hello.html`

这时屏幕上弹出一个窗口, 其中显示 `Hello World!`, 显示结果如图 2-1 所示。

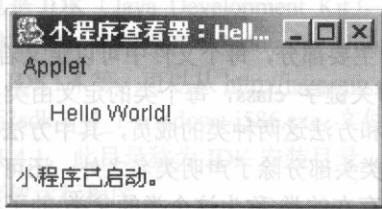


图 2-1 程序的运行结果

从上述例子中可以看出, Java 程序是由类构成的, 对于一个应用程序来说, 必须有一个类中定义 `main()` 方法, 而对 applet 来说, 它必须作为 `Applet` 一个子类。在类的定义中, 应包含类变量的声明和类中方法的实现。Java 在基本数据类型、运算符、表达式、控制语句等方面与 C、C++ 基本上是相同的, 但它同时也增加了一些新的内容, 在以后的各章中将详细介绍。这里只是让读者对 Java 程序有一个初步的了解。

2.1.3 Java 程序的基本构成

一个复杂的程序可由一个至多个 Java 源程序文件构成, 每个文件中可以有多个类定义。

下面的程序是一个一般的 Java 程序文件:

```
package ch02;
import java.io.*;
public class AppCharInOut
{
    public static void main(String[] args)
    {
        char c = ' ';
        System.out.print("Please input a char: ");
        try{
            c = (char) System.in.read();
        }catch(IOException e){}
        System.out.println("You have entered: " + c );
    }
}
```

• 14 •

Java 程序设计

- 从这个程序可以看出，一般的 Java 源程序文件由以下三部分组成：
- ◆ package 语句（0 句或 1 句）；
 - ◆ import 语句（0 句或多句）；
 - ◆ 类定义（1 个或多个类定义）。

其中，package 语句表示本程序所属的包。它只能有 1 句或者没有。如果有，必须放在最前面。如果没有，表示本程序属于默认包。import 语句可以有 0 或多句，它必须放在类定义的前面。

类定义是 Java 源程序的主要部分，每个文件中可以定义若干个类。

Java 程序中定义类使用关键字 class，每个类的定义由类头定义和类体定义两部分组成。类体部分用来定义属性和方法这两种类的成员，其中方法类似于其他高级语言中的函数，而属性则类似于变量。类头部分除了声明类名之外，还可以说明类的继承特性，当一个类被定义为是另一个已经存在的类（称为这个类的父类）的子类时，它就可以从其父类中继承一些已定义好的类成员而不必自己重复编码。

在类体中通常有两种组成部分，一种是域，包括变量、常量、对象数组等独立的实体；另一种是方法，类似于函数的代码单元块，这两种组成部分通称为类的成员。在上面的例子中，类 My Java Application 中只有一个类成员：方法 main。用来标志方法头的是一对小括号，在小括号前面并紧靠左括号的是方法名称，如 main 等；小括号里面是该方法使用的形式参数，方法名前面是用来说明这个方法属性的修饰符，其具体语法规定将在后面介绍。方法体部分由若干以分号结尾的语句组成，并由一对大括号括起，在方法体内部不能再定义其他的方法。

同其他高级语言一样，语句是构成 Java 程序的基本单位之一。每一条 Java 语句都由分号 “;” 结束，其构成应该符合 Java 的语法规则。类和方法中的所有语句应该用一对大括号 {} 括起。除 package 及 import 语句之外的其他的执行具体操作的语句，都只能存在于类的大括号之中。

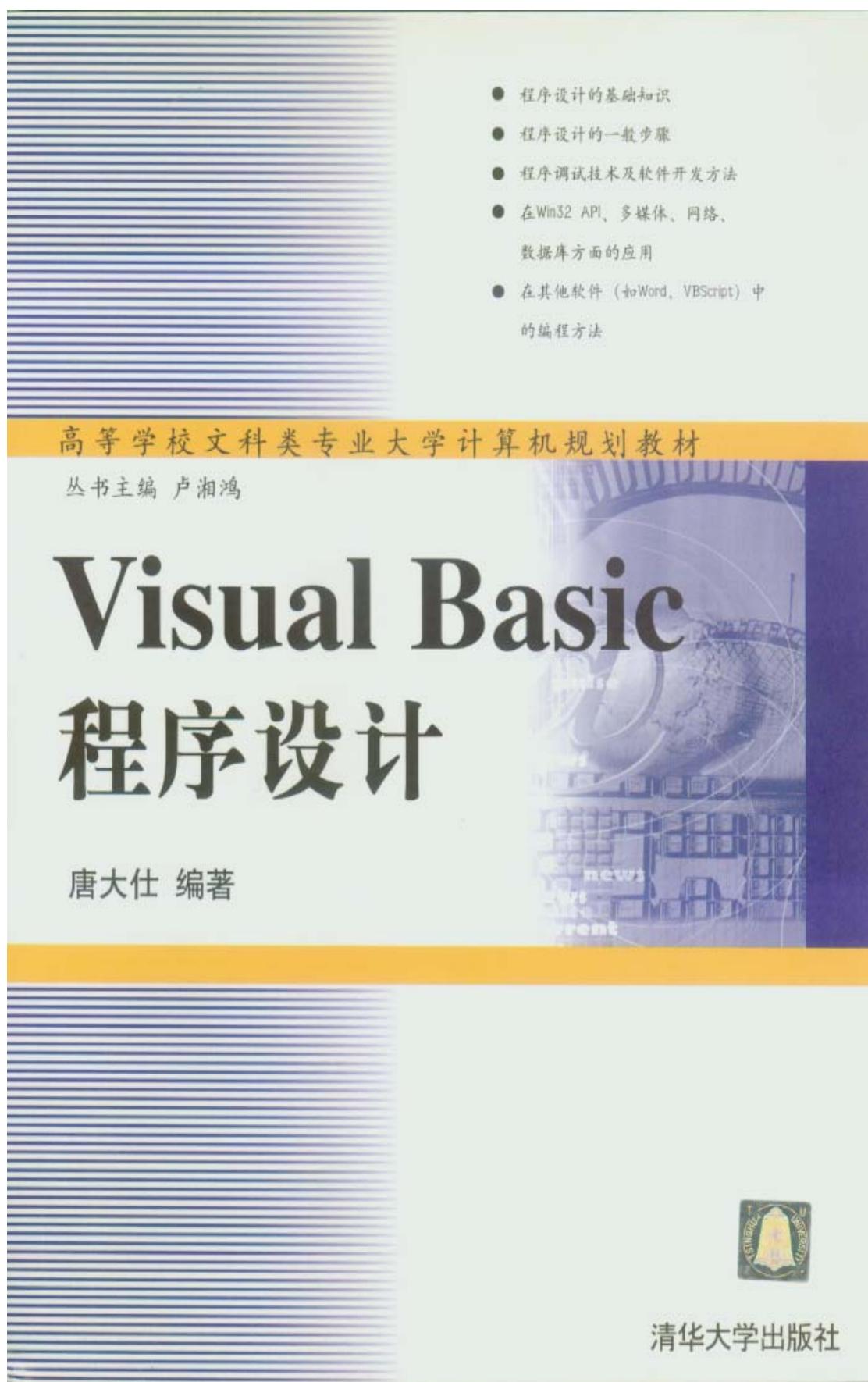
比语句更小的语言单位是表达式、变量、常量和关键字等，Java 的语句就是由它们构成的。其中，变量与常量关键字是 Java 语言语法规定的保留字，用户程序定义的常量和变量的取名不能与保留字相同。

Java 源程序的书写格式比较自由，如语句之间可以换行，也可以不换行，但养成一种良好的书写习惯比较重要。

注意：Java 是大小写严格区分的语言。书写时，大小写不能混淆。

一个程序中可以有多个类，但只有一个类是主类。在 Java Application 中，这个主类是指包含 main 方法的类。在 Java Applet 里，这个主类是一个系统类 Applet 的子类。主类是 Java 程序执行的入口点。同一个 Java 程序中定义的若干类之间没有严格的逻辑关系要求，但它们通常是在一起协同工作的，每一个类都可能需要使用其他类中定义的静态属性或方法。

3. Visual Basic 程序设计



内 容 简 介

本书详细介绍了 Visual Basic 程序设计的基本环境、概念、方法。书中内容分为三部分：第一部分简单介绍了 Visual Basic 的基本环境及设计程序的一般步骤；第二部分详细介绍了 Visual Basic 程序设计基础，包括：数据、控制结构、过程、数组、常用算法、界面设计、文件操作、程序调试及软件开发；第三部分介绍了 Visual Basic 在 Win32 API、多媒体、网络、数据库方面的应用以及 Visual Basic 与其他软件（如 Word, VBScript）的编程方法。

本书内容详尽、循序渐进，在介绍编程技术的同时，还着重讲解了有关程序设计的基本概念和方法。书中提供了很多典型实例，这些实例具有可操作性，便于读者学习与应用；各章均附有大量的习题，便于读者思考和复习。为便于读者学习，作者还编写了与本书配套的题解与实验指导一书。

本书可作为高等学校文科专业的计算机教材，也可作为计算机技术的培训教材或者作为全国计算机等级考试（Visual Basic）的考试用书。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

Visual Basic 程序设计 / 唐大仕编著. —北京：清华大学出版社，2003

(普通高等学校文科专业计算机系列教材 / 卢湘鸿主编)

ISBN 7-302-06883-6

I . V… II . 唐… III . Basic 语言—程序设计—高等学校—教材 IV . TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 055768 号

出 版 者：清华大学出版社 地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 客户服务：010-62776969

责任编辑：焦 虹

印 刷 者：北京市清华园胶印厂

装 订 者：三河市召亮装订有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：23.25 字数：532 千字

版 次：2003 年 8 月第 1 版 2004 年 7 月第 2 次印刷

书 号：ISBN 7-302-06883-6/TP · 5100

印 数：5001 ~ 8000

定 价：29.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话：(010)62770175-3103 或(010)62795704

<p style="text-align: center;">目 录</p> <hr/> <p>第1章 Visual Basic 开发环境 1 1.1 Visual Basic 概述 1 1.1.1 Visual Basic 语言的发展 1 1.1.2 Visual Basic 的特点 3 1.2 运行环境、启动与退出 Visual Basic 3 1.3 集成开发环境 5 1.3.1 主窗口 5 1.3.2 其他窗口 7 1.4 小结 11 习题1 11</p> <p>第2章 简单的 Visual Basic 程序设计 14</p> <p>2.1 程序设计的概念 14 2.1.1 计算机的指令与程序 14 2.1.2 程序设计语言 14 2.1.3 语言处理程序 16 2.1.4 计算机软件 17</p> <p>2.2 Visual Basic 中的对象 18 2.2.1 对象的概念 18 2.2.2 对象的名称 19 2.2.3 对象的属性及其设置 19 2.2.4 对象的事件与方法 20</p> <p>2.3 Visual Basic 程序的结构与事件 驱动工作方式 22 2.3.1 Visual Basic 应用程序的构成 22 2.3.2 事件驱动的工作方式 23</p> <p>2.4 用 Visual Basic 开发简单的应用程序 24 2.4.1 用 Visual Basic 开发简单的一般步骤 24 2.4.2 建立 Visual Basic 应用程序的具体步骤 25 2.4.3 代码编辑器的使用 30</p>	<p>01 1.1.3 Visual Basic 的界面 176 1.1.4 常用控件 177 02 1.2.1 启动 Visual Basic 178 03 1.2.2 建立新工程 179 04 1.2.3 保存工程 180 05 1.2.4 运行工程 181 06 1.2.5 退出 Visual Basic 182 07 1.3.3 Visual Basic 的集成开发环境 183 08 1.3.4 Visual Basic 的主窗口 184 09 1.3.5 Visual Basic 的其他窗口 185 10 1.4.1 小结 186 11 习题1 187</p> <p>第3章 数据与运算 45</p> <p>3.1 数据类型 45 3.1.1 数据类型的概念 45 3.1.2 基本数据类型 46 3.1.3 用户定义的数据类型 49</p> <p>3.2 常量和变量 49 3.2.1 常量 50 3.2.2 变量 51</p> <p>3.3 运算符与表达式 59 3.3.1 算术运算符 59 3.3.2 字符串连接 61 3.3.3 关系运算符 61 3.3.4 逻辑运算符 62 3.3.5 运算符的优先级与结合性 63</p> <p>3.4 内部函数 64 3.5 小结 67 3.6 习题3 67</p>
---	--

第 4 章 语句与控制结构	70	习题 5	127
4.1 基本语句	70	6.1 算法	130
4.1.1 语句及其书写	70	6.1.1 算法的概念和特性	130
4.1.2 赋值、暂停与结束语句	71	6.1.2 算法设计的要求	130
4.1.3 输入与输出	72	6.2 数组及集合	131
4.1.4 控件间的交互	79	6.2.1 数组的定义	131
4.1.5 程序中的注释	81	6.2.2 数组的基本操作	134
4.2 选择结构程序设计	82	6.2.3 For Each... Next 语句	136
4.2.1 程序流程图	82	6.2.4 程序举例	137
4.2.2 条件语句	83	6.2.5 集合	140
4.2.3 多分支结构	86	6.3 遍试算法	141
4.2.4 If 函数	90	6.4 迭代算法	143
4.2.5 选择结构的嵌套	90	6.5 递归算法	145
4.3 循环结构	91	6.6 小结	148
4.3.1 For 循环语句	91	习题 6	148
4.3.2 Do 循环语句	93		
4.3.3 While 语句	96		
4.3.4 循环的嵌套	97		
4.3.5 循环出口语句	97		
4.3.6 GoTo 型控制	98		
4.3.7 程序举例	99		
4.4 小结	100		
习题 4	100		
第 5 章 过程与函数	107	第 7 章 常用内部控件	150
5.1 过程	107	7.1 标签、文本框、图片框与图像框	151
5.1.1 过程的定义	107	7.1.1 标签	151
5.1.2 调用 Sub 过程	110	7.1.2 文本框	153
5.1.3 过程中的参数传递	111	7.1.3 图片框、图像框	155
5.1.4 几种特殊的参数传递	114	7.1.4 图形文件的装入与保存	157
5.1.5 模块	115	7.2 命令按钮、复选框和单选按钮	158
5.2 过程中的变量	115	7.2.1 属性和事件	158
5.2.1 变量的作用域	115	7.2.2 命令按钮、复选框和单选	159
5.2.2 变量的生存期	117	按钮的应用	159
5.2.3 过程的作用域	119	7.3 列表框、组合框和滚动条	160
5.2.4 应用举例	119	7.3.1 列表框	160
5.3 函数	121	7.3.2 组合框	163
5.3.1 函数的定义	121	7.3.3 滚动条	164
5.3.2 函数的调用	122	7.4 框架、直线和形状	165
5.3.3 应用举例	122	7.4.1 框架	165
5.4 常用内部函数	123	7.4.2 直线和形状	166
5.5 小结	126	7.5 计时器	168

081 ······ 7.7.2 Tab 顺序 176	081 ······ 8.5.8 使用工具栏 225
082 7.8 使用 ActiveX 控件 177	082 ······ 8.5.9 使用状态栏 226
083 ······ 7.8.1 ActiveX 控件的一般 177	083 ······ 8.6 小结 227
084 ······ 使用方法 177	084 习题 8 227
085 ······ 7.8.2 应用举例 178	085 ······ 第 8 章 绘图、窗体与菜单 229
086 7.9 小结 179	086 9.1 文件及其基本操作 229
087 习题 7 180	087 ······ 9.1.1 文件及文件结构 229
088 ······ 第 8 章 绘图、窗体与菜单 183	088 ······ 9.1.2 文件的基本操作 231
089 8.1 绘图、图形、动画、字体 183	089 9.2 顺序文件 236
090 ······ 8.1.1 图形的坐标系统、绘图 183	090 ······ 9.2.1 顺序文件的写操作 236
091 ······ 状态 183	091 ······ 9.2.2 顺序文件的读操作 237
092 ······ 8.1.2 绘图方法 185	092 ······ 9.2.3 应用举例 238
093 ······ 8.1.3 图形与动画 190	093 9.3 随机文件 240
094 ······ 图像的颜色处理 192	094 ······ 9.3.1 随机文件的打开与读写 240
095 ······ 8.1.5 字体控制 195	095 ······ 操作 240
096 ······ 8.1.6 打印 197	096 ······ 9.3.2 记录的增加与删除 242
097 ······ 窗体及对话框 198	097 9.4 二进制文件 243
098 ······ 8.2.1 窗体的属性与事件 198	098 ······ 9.4.1 二进制存取与随机存取 244
099 ······ 8.2.2 通用对话框 202	099 ······ 9.4.2 文件指针 244
100 ······ 8.2.3 多重窗体 203	100 9.5 文件系统控件 245
101 8.3 菜单和菜单程序设计 206	101 ······ 9.5.1 驱动器、目录、文件列 245
102 ······ 8.3.1 菜单 206	102 ······ 表框 245
103 ······ 8.3.2 菜单编辑器 207	103 ······ 9.5.2 使用通用对话框选择 246
104 ······ 8.3.3 菜单的事件响应程序 209	104 ······ 文件 248
105 ······ 8.3.4 菜单项的控制 212	105 9.6 目录及文件操作 249
106 ······ 8.3.5 弹出式菜单 213	106 ······ 9.6.1 文件及目录的基本操作 249
107 8.4 键盘与鼠标事件 214	107 ······ 9.6.2 文件查找 251
108 ······ 8.4.1 基本键盘事件 214	108 9.7 小结 252
109 ······ 8.4.2 鼠标事件 215	109 习题 9 253
110 ······ 8.4.3 拖放操作 217	110 ······ 第 9 章 文件的存取 257
111 8.5 多文档界面 220	111 10.1 程序中的错误 257
112 ······ 8.5.1 多文档应用程序的创建 220	112 ······ 10.1.1 语法错误 257
113 ······ 方法 220	113 ······ 10.1.2 逻辑错误 258
114 ······ 8.5.2 MDI 的实例 220	114 ······ 10.1.3 运行错误 258
115 ······ 8.5.3 使用 RichText 221	115 ······ 10.1.4 避免程序错误的一般 258
116 ······ 8.5.4 使用通用对话框选择 222	116 ······ 方法 258
117 ······ 文档 222	117 10.2 调试和排错 259
118 ······ 8.5.5 使用剪贴板 223	118 ······ 10.2.1 Visual Basic 的三种 259
119 ······ 8.5.6 使用通用对话框处理 224	119 ······ 工作状态 259
120 ······ 字体与颜色 224	120 ······ 10.2.2 断点 259
121 ······ 8.5.7 使用 About 对话框 224	

第 10 章 Visual Basic 网络编程	260	第 13 章 Visual Basic 网络编程	289
10.2 观察与跟踪	260	13.1 计算机网络的基本概念	289
10.3 错误捕获处理	261	13.1.1 计算机网络及因特网	289
10.3.1 错误捕获	261	13.1.2 网络协议和 TCP/IP	289
10.3.2 错误处理	261	13.1.3 WWW 和 URL	290
10.3.3 引发错误	263	13.1.4 HTML 和 VBScript	291
10.4 小结	264	13.2 Web 浏览的编程	292
习题 10	264	13.2.1 WebBrowser 控件和	292
背景与桌面设置 S.P.	265	Internet Explorer	292
第 11 章 Visual Basic 与 Win32 API	265	13.2.2 WebBrowser 控件和	292
11.1 在 Visual Basic 中使用 Win32	265	Internet Explorer	292
11.2 API	265	对象的方法	293
11.1.1 Win32 API 函数	265	13.2.3 WebBrowser 控件和	293
11.1.2 声明 API 函数	266	Internet Explorer	293
11.1.3 查看 API 函数	266	对象的事件	294
11.2 API 的具体应用	267	13.2.4 应用举例	294
11.2.1 屏幕保护程序	268	13.3 用 Winsock 控件进行 Internet	294
11.2.2 特殊形状的窗体	271	通信	295
11.2.3 让窗口总位于屏幕	271	13.3.1 Winsock 控件简介	296
11.2.4 顶端	272	13.3.2 Winsock 服务器	296
11.2.5 动态改变 Windows	272	13.3.3 Winsock 客户	298
11.2.6 桌面墙纸	272	13.4 Internet Transfer 控件	300
11.2.7 使用 BitBlt 实现图形	274	13.5 小结	300
11.2.8 图片的切换	274	习题 13	301
11.3 小结	277	端口的菜单	302
习题 11	277	第 14 章 Visual Basic 数据库编程	302
数据库基础与 Microsoft Access 1.0	277	14.1 数据库	302
第 12 章 Visual Basic 多媒体编程	278	14.1.1 数据库的基本概念	302
12.1 音频	278	14.1.2 SQL 语言	304
12.1.1 使用 API	278	14.1.3 Microsoft Access	303
12.1.2 使用声卡驱动程序	279	数据库管理系统	305
12.1.3 使用 MultiMedia	280	14.2 使用 Data 控件访问数据库	305
12.1.4 使用其他 ActiveX	280	14.2.1 数据控件	305
12.1.5 控件式	283	14.2.2 数据控件属性	306
12.2 视频	284	14.2.3 数据控件的方法	308
12.2.1 使用 MediaPlayer	284	14.2.4 数据的输入与更新	310
12.2.2 控件式	284	14.2.5 用控件显示数据	311
12.2.3 使用 Quatrz 动态链	285	14.2.6 高级约束数据控件	312
12.3 小结	288	14.3 使用 DAO 访问数据库	316
习题 12	288	14.3.1 DAO 简介	316
		14.3.2 打开并使用数据库	318

14.3.3 创建新的数据库	319	15.2.3 在 HTML 中使用 ActiveX 对象	337
14.3.4 数据库结构维护	321	15.2.4 在 ASP 中应用 VBScript	340
14.4 使用 ADO 访问数据库	323	15.3 Visual Basic 应用程序的其他类型	341
14.4.1 ADO 与 DAO 的比较	323	15.3.1 Visual Basic 可开发的应用程序	341
14.4.2 ADO 对象模型	324	15.3.2 创建 ActiveX 控件	342
14.4.3 ADO 访问数据库示例	325	15.3.3 发行应用程序	346
14.5 小结	326	15.4 小结	347
习题 14	326	习题 15	347
第 15 章 Visual Basic 与其他软件	327	附录 1 全国计算机等级考试二级考试大纲 (Visual Basic 语言程序设计)	349
15.1 Visual Basic 与 OLE	327	附录 2 本书例程索引	354
15.1.1 OLE 基本概念	327	附录 3 网络上的 Visual Basic 资源	358
15.1.2 OLE 容器控件	328	参考文献	359
15.1.3 OLE 自动化技术	331		
15.1.4 在 Word 中使用 VBA	333		
15.1.5 Shell 函数	334		
15.2 VBScript 及其应用	335		
15.2.1 VBScript 简介	335		
15.2.2 在 HTML 中应用 VBScript	336		

本章将介绍 Visual Basic 语言的发展概况、Visual Basic 的特点及 Visual Basic 语言的集成开发环境。

1.1 Visual Basic 概述

1.1.1 Visual Basic 语言的发展

Visual Basic 是在原来的 BASIC 语言的基础上研制而成的。它具有 BASIC 语言简单的优势，同时增加了结构化和可视化程序设计语言的特点。

1. 早期 BASIC 语言

20 世纪 60 年代初，BASIC 语言诞生，其含义为“初学者通用的符号指令代码”。

20 世纪 70 年代初，Intel 公司研制出世界上第一个微处理器，开启了微型计算机时代。20 世纪 70 年代中叶，Microsoft 公司为微机配备了 BASIC 语言。此后，BASIC 语言被配置在所有新推出的微型计算机上。而各个微型计算机公司也争相研制具备自己特色的 BASIC 语言。在此期间，较有代表性的是 GW-BASIC 和 Microsoft BASIC（即 MS-DOS 上的 BASICA），这两种 BASIC 语言都是解释型的。

解释型 BASIC 简单易学，使用方便，功能也比较强。但是，这种 BASIC 解释程序在运行时需要进行解释，执行速度较慢，而且所编写的程序只能在特定的环境中运行，不能移植到其他系统。

第1章 Visual Basic 开发环境

导读

学习一门语言,首先要了解其特点;使用一门语言,首先要了解其开发环境。本章将介绍 Visual Basic(本书中简称 VB)的特点及其开发环境。

本章要点包括:

- VB 的特点;
- VB 的版本;
- VB 的运行环境;
- VB 的开发环境 主窗口、窗体窗口、工程资源管理窗口、属性窗口。

对于本章的内容,不妨先粗略看过。在后面几章的学习过程中,再回过头来细看,那时会对 Visual Basic 的特点有更深刻的体会。

Visual Basic 是 Microsoft 公司于 1991 年推出的可视化 BASIC 语言。在语言功能方面,它与以前的 BASIC 语言(如 GW BASIC, BASICA, Quick BASIC 等)基本兼容,但功能更强,使用更方便。

本章将介绍 BASIC 语言的发展概况、Visual Basic 的特点及 Visual Basic 6.0 版的集成开发环境。

1.1 Visual Basic 概述

1.1.1 Visual Basic 语言的发展

Visual Basic 是在原来的 BASIC 语言的基础上研制而成的。它具有 BASIC 语言简单的优势,同时增加了结构化和可视化程序设计语言的特点。

1. 早期 BASIC 语言

20 世纪 60 年代初,BASIC 语言诞生,其含义为“初学者通用的符号指令代码”。

20 世纪 70 年代初,Intel 公司研制出世界上第一个微处理器,开辟了微型计算机时代。20 世纪 70 年代中叶,Microsoft 公司为微型机配置了 BASIC 语言。此后,BASIC 语言被配置在所有新推出的微型计算机上,而各个微型计算机公司也竞相研制具有自己特色的 BASIC 语言。在此期间,较有代表性的是 GW BASIC 和 Microsoft BASIC(即 IBM PC 上的 BASICA),这两种 BASIC 语言都是解释型的。

解释型 BASIC 简单易学,使用方便,功能也比较强。但是,这种 BASIC 解释程序在执行时需要通过译码,执行速度较慢,而且所编写的程序只能在特定的环境中运行(不能直接在 DOS 下运行)。



Quick BASIC(以及随同 DOS 5.0 推出的 QBASIC)把解释型 BASIC 的方便性和编译 BASIC 的执行速度有机地结合在一起,既可以在同一个环境下完成编辑、调试和运行,又提高了执行速度,并且对 BASIC 语言的功能也进行了较大的扩充。

2. 可视化 BASIC 语言——Visual Basic

Visual Basic 编程系统是在 Windows 环境中的可视化编程工具,它既兼容了传统的 BASIC 语言,又具备了 Windows 所特有的优良性能和图形工作环境,使编程变得简单易行。Visual Basic 通过图形对象(包括窗体、控件、菜单等)来设计应用程序,而图形对象的建立十分简单,只需要为数不多的几行程序就可以控制这些图形对象。

Visual Basic 是首批采用事件驱动编程机制的计算机语言之一。传统的编程是面向过程,按规定顺序进行的,程序设计人员总是要关心什么时候发生什么事情。事件驱动则是一种适用于图形用户界面(GUI)的编程方式,它能让用户来操纵程序的执行。

用事件驱动方式设计程序时,程序员不必给出按精确次序执行的每个步骤,只需编写响应用户动作的程序。例如选择命令,移动鼠标,用鼠标单击某个图标等。Visual Basic 程序由若干子程序组成,这些子程序都由用户启动的事件来激发。用事件驱动方式设计程序大大降低了编程的难度和工作量,提高了程序的开发效率。

3. Visual Basic 的版本

Microsoft 公司继 1991 年推出 Visual Basic 1.0 版取得巨大成功后,又于 1992 年推出 2.0 版,1993 年推出 3.0 版,1995 年推出 4.0 版,1997 年推出 5.0 版,1998 年推出 6.0 版。随着版本的改进升级,Visual Basic 已成为简单易学、功能强大的编程工具。它除了支持传统的程序设计语言外,还具有音乐、声音、动画、图形等功能。此外,由于它具有易于学习掌握的突出特点,因此可被许多非专业人员使用,同时也适合于程序设计教学。

Visual Basic 6.0 是专门为 Microsoft 的 32 位操作系统设计的,可用来建立 32 位的应用程序。在 Windows 环境下,用 Visual Basic 6.0 的编译器可以自动生成 32 位应用程序。这样的应用程序在 32 位操作系统下运行,速度更快、更安全,并且更适合在多任务环境下运行。

Visual Basic 6.0 包括三种版本,分别为学习版、专业版和企业版。这些版本是在相同的基础上建立起来的,因此大多数应用程序可在三种版本中通用。三种版本适合于不同的用户层次。

(1) 学习版 Visual Basic 的基础版本,可用来开发 Windows 应用程序。该版本包括所有的内部控件(标准控件)和网格(grid)控件、Tab 对象以及数据约束(data bound)控件。

(2) 专业版 该版本为专业编程人员提供了一整套用于软件开发的功能完备的工具。它包括学习版的全部功能,同时包括 ActiveX 控件、Internet 控件和报表控件。

(3) 企业版 可供专业编程人员开发功能强大的组内分布式应用程序。该版本包括专业版的全部功能,同时具有自动化管理器、部件管理器、数据库管理工具、Microsoft Visual Source Safe 面向工程版的控制系统等。

本书使用的是 Visual Basic 6.0 中文企业版(在叙述中若无特别说明,均指这一版本),但其内容可用于专业版和学习版,绝大多数程序皆可以在专业版和学习版中运行。

1.1.2 Visual Basic 的特点

Visual Basic 是一种可视化的、面向对象和采用事件驱动方式的结构化高级程序设计语言,使用 Windows 内部的应用程序接口(API)函数,以及动态链接库(DLL)、动态数据交换(DDE)、对象的链接与嵌入(OLE)、开放式数据库连接(ODBC)等技术,可以高效、快速地开发出 Windows 环境下功能强大、图形界面丰富的应用软件系统。

Visual Basic 具有以下特点。

1. 可可视化编程

传统程序设计语言通过编程代码来设计用户界面,开发者在设计过程中看不到界面的实际显示效果,只有等到编译后运行程序时才能查看;想修改界面效果,还要回到程序中,从而影响了软件开发效率。而 Visual Basic 提供了可视化设计工具,开发者只需要按设计要求的屏幕布局,用系统提供的工具,在屏幕上画出各种“部件”——即图形对象,并设置这些图形对象的属性。这种“所见即所得”的方式极大地方便了界面设计。

2. 面向对象的程序设计

Visual Basic 具有面向对象的程序设计(OOP)语言的一些特点,但它与 Java,C++ 等程序设计语言不完全相同。后者的对象由程序代码和数据组成,是抽象的概念;而 Visual Basic 则把程序和数据封装起来作为一个对象,并为每个对象赋予应有的属性,使对象成为实在的东西,更具体、更直观。另外,Visual Basic 还可以用类的方式来设计对象。

3. 结构化程序设计语言

Visual Basic 用子程序、函数来实现这种结构化的设计,在每一个子程序、函数中用顺序结构、分支结构、循环结构来表达程序流程。

4. 事件驱动编程机制

Visual Basic 通过事件来执行对象的操作。一个对象可能会产生多个事件,每个事件都可以通过一段程序来响应。在用 Visual Basic 设计程序时,只需针对这些事件进行编码,不必建立具有明显开始和结束的程序。它一反传统编程使用面向过程、按顺序进行的机制,使开发者不必时时关心什么时候发生什么事情。在事件驱动的编程中,程序员只要编写响应用户动作的程序,如选择命令、移动鼠标等,而不必考虑按精确次序执行的每个步骤。

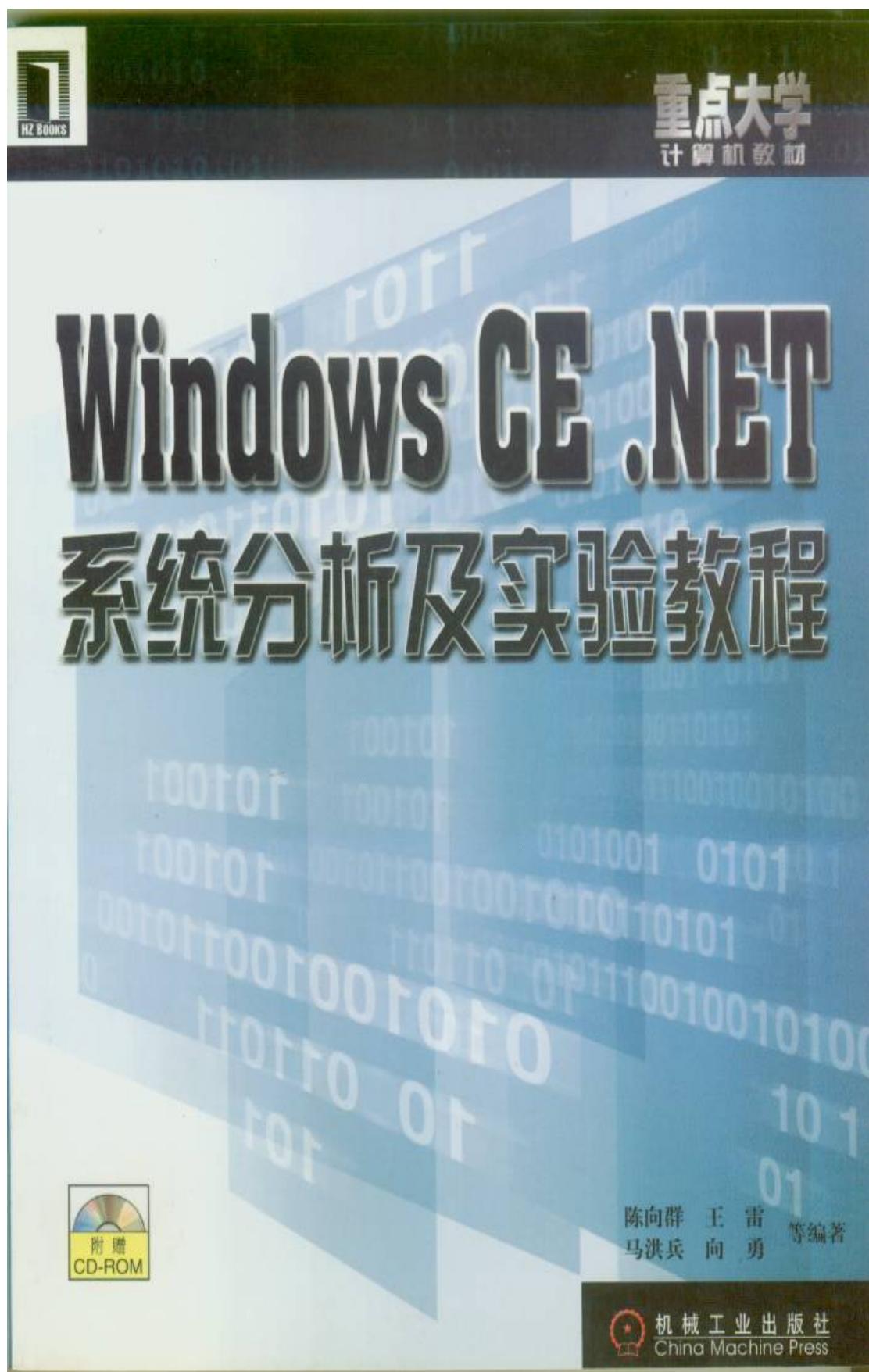
5. 具有强大的功能和开放的特点

Visual Basic 的语法虽然简单,但却可以完成复杂的功能,这主要是由于其具有开放的特点。它可以利用 ActiveX 控件、DLL 等来增强其功能。尤其是 Visual Basic 提供了访问数据库的功能,利用数据控件和数据库管理窗口,可以直接建立或处理 Microsoft Access 格式的数据库,并提供了数据存储和检索功能;同时,Visual Basic 还能直接编辑和访问其他外部数据库,如 Btrieve,dBASE,FoxPro,Paradox 等,这些数据库格式都可以用 Visual Basic 进行编辑和处理。

1.2 运行环境、启动与退出 Visual Basic

Visual Basic 可以在多种操作系统下运行,包括 Windows NT,Windows 2000 和 Windows XP 等,为了叙述方便,本书统称做 Windows。在本书中,“Visual Basic”一般指

4. Windows CE .NET 系统分析及实验教程



本书对微软公司的嵌入式操作系统Windows CE进行了系统的分析。深入讨论了这个系统的内核结构及工作原理，内核的实际运行过程，最后用实验展示了系统内核。对Windows CE源代码的分析有助于开发人员设计和编写出能够充分发挥其特点和优势的各种应用程序。

本书适合作为大学本科计算机专业的教材和辅导材料，也适合作为开发嵌入式系统应用的参考书。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

Windows CE.NET系统分析及实验教程 /陈向群等编著. -北京：机械工业出版社，2003.1
(重点大学计算机教材)

ISBN 7-111-11337-3

I. W… II. 陈… III. 窗口软件，Windows CE - 高等学校 - 教材 IV. TP316.7

中国版本图书馆CIP数据核字（2002）第097962号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：武恩玉

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年1月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 19.5印张

印数：0 001-4 000册

定价：33.00元（附光盘）

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

目录

CONTENTS

序	1.1.1 阅读本书	感谢读者	17
前言	1.1.2 前言	本书的宗旨和目的	18
第1章 引言	1.2.1 什么是嵌入式系统	1	
	1.2.2 嵌入式系统的发展历史	2	
	1.3 嵌入式操作系统基本概念	2	
	1.4 Windows CE发展简史	4	
	1.4.1 起因	4	
	1.4.2 迎战	5	
	1.4.3 Windows CE的功能	6	
	1.5 Windows CE 的应用领域	7	
	1.5.1 PDA 市场	7	
	1.5.2 新一代手机操作系统	8	
	1.5.3 工业控制	9	
	1.6 本书的组织	11	
上篇 Windows CE .NET结构分析			
第2章 Windows CE .NET系统结构	15		
2.1 透视系统关键特性	15		
2.1.1 操作系统核心特性	16		
2.1.2 应用系统基础设施	18		
2.1.3 嵌入式系统支持	22		
2.1.4 工具	25		
2.2 代码组织	25		
2.2.1 源代码树的构成	25		
2.2.2 代码共享	26		
2.2.3 创建系统	27		
2.3 系统模型	28		
2.3.1 层次化的结构	28		
2.3.2 模块化的组织	30		
2.4 系统机制	33		
2.4.1 陷阱调度	33		
2.4.2 进程间通信机制	34		
2.4.3 系统调用接口	35		
2.4.4 可扩展固件接口	36		
2.4.5 注册表	38		
2.4.6 Windows CE .NET服务	38		
第3章 进程、线程描述和调度	40		
3.1 进程的定义和描述	40		
3.1.1 进程概述	40		
3.1.2 Windows CE的进程描述	41		
3.1.3 Windows CE进程结构分析	41		
3.1.4 进程的同步和互斥	43		
3.2 线程	44		
3.2.1 线程概述	44		
3.2.2 Windows CE的线程结构分析	45		
3.3 其他一些重要的数据结构	48		
3.4 Windows CE中的调度	50		
3.4.1 Windows CE调度的概述	50		
3.4.2 线程调度的时机	51		
3.4.3 关于线程的优先级	53		
3.4.4 跟调度有关的函数简介	55		
3.5 关于中断	61		
3.5.1 关于核心中断	61		
3.5.2 相关函数	62		
第4章 内存管理	64		
4.1 Windows CE .NET内存体系结构	64		
4.1.1 物理结构	64		
4.1.2 逻辑层次结构	64		
4.1.3 Windows CE地址空间	65		
4.1.4 32位虚拟地址的划分	66		
4.2 主要数据结构	66		
4.2.1 空闲链表	66		
4.2.2 内核内存空间信息	66		
4.2.3 块描述符 MEMBLOCK	67		
4.2.4 有关内存管理的系统全局变量	67		

目录

CONTENTS

4.3 内存的分配与回收	68	4.3.1 物理内存的分配和回收	68	4.3.2 虚存的分配和回收	70	4.4 逻辑内存管理	75	4.4.1 概述	75	4.4.2 本地堆和独立堆	75	4.4.3 逻辑地址的数据结构	75	4.4.4 堆的创建和初始化	77	4.4.5 堆的分配和回收	78	4.5 Windows CE的保护和共享机制	81	4.5.1 保护	81	4.5.2 Windows CE的共享机制	81																																
第5章 存储管理																																																							
5.1 概述	83	5.2 对象存储	83	5.3 存储管理器	85	5.3.1 文件系统过滤器	87	5.3.2 文件系统驱动程序管理器与文件 系统驱动程序	87	5.3.3 分区管理器与分区驱动程序	89	5.3.4 块设备驱动程序管理器	90	5.4 文件系统驱动程序的创建与加载	90	5.4.1 文件系统驱动程序的创建	90	5.4.2 文件系统驱动程序的加载	92	5.4.3 文件系统驱动程序管理器在其中 所起的作用	93	5.5 文件系统实例: FAT文件系统	94	5.5.1 FATFS的访问过程	94	5.5.2 Buffer Cache机制	94	5.5.3 Stream的实现	96																										
第6章 设备管理																																																							
6.1 Windows CE .NET的设备管理模式	99	6.1.1 Windows CE .NET设备管理部分的 体系构成	99	6.1.2 注册表	101	6.1.3 HAL以及OAL支持	102	6.1.4 Windows CE .NET的设备 驱动集成	102	6.2 设备管理器	102	6.2.1 设备信息管理	102	6.2.2 I/O资源管理	113	6.2.3 设备管理接口	116	6.3 电源管理器	118	6.3.1 Windows CE .NET电源管理体系	118	6.3.2 电源状态	118	6.3.3 电源管理接口	119	6.3.4 系统电源状态转换	120	6.3.5 驱动程序电源管理	121	6.3.6 电源管理器的实现	122	6.4 即插即用管理器	123	6.4.1 数据结构	123	6.4.2 通知	124	6.4.3 广告	124	6.5 设备驱动程序	124	6.5.1 设备驱动程序接口	124	6.5.2 设备驱动程序结构	125	6.5.3 中断处理	126	6.5.4 DMA	128	6.5.5 实时特性	128	6.5.6 设备驱动程序的加载	128	6.5.7 Windows CE .NET的类型设备 驱动程序	129
第7章 用户界面与图形子系统																																																							
7.1 GWE概述	131	7.2 用户输入系统	133	7.2.1 消息队列	133																																																		

目录**CONTENTS**

7.2.2 输入管理.....	137	10.1 分配过程概述.....	177
7.3 图形设备接口	139	10.1.1 参数验证	177
7.3.1 基本GDI对象	140	10.1.2 扫描虚存区域找到合适大小的	
7.3.2 图形原语.....	141	空闲块	178
7.3.3 调色板.....	143	10.1.3 在得到的虚存块中写入控制信息.....	178
7.3.4 位图.....	149	10.1.4 获取足够的物理块并建立映射	178
7.3.5 字体.....	149	10.1.5 小实验：虚存分配的直观印象	178
7.3.6 GDI的组件	151	10.2 物理内存的获取	180
7.4 显示驱动程序接口	152	10.2.1 分配过程	180
中篇 Windows CE .NET情景分析		10.2.2 小实验：HoldPages函数跟踪	183
第8章 动态链接库的加载分析	157	10.3 虚存分配代码片段	184
8.1 loader.c中代码组织的结构	157	第11章 文件系统的建立及访问过程	192
8.2 module structure	158	11.1 存储管理器分层结构的建立及可安装	
8.3 从LoadOneLibraryPart2开始看DLL的		文件系统的加载	192
加载过程	159	11.1.1 几个重要的数据结构	193
8.4 DLL载入过程——InitModule的实现	160	11.1.2 情景分析	195
8.4.1 调用OpenADll，生成执行文件指针		11.2 FAT文件系统中CreateFile的具体流程	221
(openexe_t)	161	11.2.1 实验环境	221
8.4.2 装入 module的e32 头信息	162	11.2.2 参数介绍	222
8.4.3 分配内存给DLL，得到Module->		11.2.3 局部变量	224
BasePtr	163	11.2.4 过程跟踪	225
8.4.4 给name 和o32 对象分配内存	165	第12章 驱动程序加载	233
8.4.5 重定位映像	165	12.1 概述	233
8.4.6 找到EXE的起始IP	166	12.2 StartOneDriver	234
8.5 情景分析	167	12.2.1 设备信息的获取和维护	234
第9章 线程在队列之间转换分析	169	12.2.2 访问核心设备管理数据表	237
9.1 概述	169	12.2.3 系统事件的传递	237
9.2 具体分析	170	12.3 主要源程序清单以及情景注释	237
9.2.1 MakeRun()函数分析	170	下篇 实验	
9.2.2 RunDequeue()函数分析	171	第13章 Windows CE应用程序开发	255
9.2.3 SleepDequeue()函数分析	173	13.1 Windows CE编程模型简介	255
第10章 虚存分配	177	13.2 Windows CE编程环境	255

目录

CONTENTS

13.2.1 系统安装	256	15.2.3 Memory Window	281
13.2.2 eMbedded Visual C++集成开发环境的组件与功能	256	15.2.4 Registers Window	281
13.2.3 应用程序的创建	259	15.2.5 Call Stack Window	282
13.2.4 编译生成可执行文件	259	15.2.6 Advanced Memory Window	283
13.2.5 应用程序的调试	263	15.2.7 Processes Window	285
第14章 Windows CE驱动程序开发	266	15.2.8 Threads Window	286
14.1 Platform Builder 4.0介绍	266	15.2.9 Modules and Symbols Window	287
14.2 使用Platform Builder集成开发环境	267	15.3 调试过程	288
14.3 驱动程序的导出	268	第16章 实验	290
14.4 驱动程序的代码结构	268	16.1 同步与互斥	290
14.5 驱动程序的调试	269	16.2 内存管理	290
14.6 驱动程序实例	269	16.2.1 实验一：虚存	290
第15章 Windows CE .NET 调试	277	16.2.2 实验二：逻辑内存管理性能	291
15.1 简介	277	16.2.3 存储系统	292
15.2 调试工具	278	16.3.1 实验一：RAMDISK I/O	292
15.2.1 Watch Window	280	16.3.2 实验二：文件系统与目录结构	293
15.2.2 Variables Window	280	16.4 设备驱动程序	294
15.2.3 Registers Window	281	16.5 图形系统	295
15.2.4 Call Stack Window	281	16.6 堆和栈	295
15.2.5 Advanced Memory Window	281	16.7 断点	296
15.2.6 Processes Window	285	16.8 指令分析	296
15.2.7 Threads Window	286	16.9 调用堆栈	296
15.2.8 Modules and Symbols Window	287	16.10 常量表达式	296
15.2.9 调试过程	288	16.11 宏	296
16.1 同步与互斥	290	16.12 基本数据类型	296
16.2 内存管理	290	16.13 堆和栈	296
16.2.1 实验一：虚存	290	16.14 断点	296
16.2.2 实验二：逻辑内存管理性能	291	16.15 指令分析	296
16.2.3 存储系统	292	16.16 常量表达式	296
16.3.1 实验一：RAMDISK I/O	292	16.17 宏	296
16.3.2 实验二：文件系统与目录结构	293	16.18 基本数据类型	296
16.4 设备驱动程序	294	16.19 断点	296
16.5 图形系统	295	16.20 常量表达式	296
16.6 堆和栈	295	16.21 宏	296
16.7 断点	296	16.22 基本数据类型	296
16.8 指令分析	296	16.23 断点	296
16.9 调用堆栈	296	16.24 常量表达式	296
16.10 常量表达式	296	16.25 宏	296
16.11 宏	296	16.26 基本数据类型	296
16.12 堆和栈	296	16.27 断点	296
16.13 堆和栈	296	16.28 常量表达式	296
16.14 断点	296	16.29 宏	296
16.15 指令分析	296	16.30 基本数据类型	296
16.16 常量表达式	296	16.31 断点	296
16.17 宏	296	16.32 常量表达式	296
16.18 基本数据类型	296	16.33 宏	296
16.19 断点	296	16.34 基本数据类型	296
16.20 常量表达式	296	16.35 断点	296
16.21 宏	296	16.36 常量表达式	296
16.22 基本数据类型	296	16.37 宏	296
16.23 断点	296	16.38 基本数据类型	296
16.24 常量表达式	296	16.39 断点	296
16.25 宏	296	16.40 基本数据类型	296
16.26 基本数据类型	296	16.41 断点	296
16.27 断点	296	16.42 常量表达式	296
16.28 常量表达式	296	16.43 宏	296
16.29 宏	296	16.44 基本数据类型	296
16.30 基本数据类型	296	16.45 断点	296
16.31 断点	296	16.46 常量表达式	296
16.32 常量表达式	296	16.47 宏	296
16.33 宏	296	16.48 基本数据类型	296
16.34 基本数据类型	296	16.49 断点	296
16.35 断点	296	16.50 常量表达式	296
16.36 常量表达式	296	16.51 宏	296
16.37 宏	296	16.52 基本数据类型	296
16.38 基本数据类型	296	16.53 断点	296
16.39 断点	296	16.54 常量表达式	296
16.40 常量表达式	296	16.55 宏	296
16.41 宏	296	16.56 基本数据类型	296
16.42 基本数据类型	296	16.57 断点	296
16.43 断点	296	16.58 常量表达式	296
16.44 常量表达式	296	16.59 宏	296
16.45 宏	296	16.60 基本数据类型	296
16.46 基本数据类型	296	16.61 断点	296
16.47 断点	296	16.62 常量表达式	296
16.48 常量表达式	296	16.63 宏	296
16.49 宏	296	16.64 基本数据类型	296
16.50 基本数据类型	296	16.65 断点	296
16.51 断点	296	16.66 常量表达式	296
16.52 常量表达式	296	16.67 宏	296
16.53 宏	296	16.68 基本数据类型	296
16.54 基本数据类型	296	16.69 断点	296
16.55 断点	296	16.70 常量表达式	296
16.56 常量表达式	296	16.71 宏	296
16.57 宏	296	16.72 基本数据类型	296
16.58 基本数据类型	296	16.73 断点	296
16.59 断点	296	16.74 常量表达式	296
16.60 常量表达式	296	16.75 宏	296
16.61 宏	296	16.76 基本数据类型	296
16.62 基本数据类型	296	16.77 断点	296
16.63 断点	296	16.78 常量表达式	296
16.64 常量表达式	296	16.79 宏	296
16.65 宏	296	16.80 基本数据类型	296
16.66 基本数据类型	296	16.81 断点	296
16.67 断点	296	16.82 常量表达式	296
16.68 常量表达式	296	16.83 宏	296
16.69 宏	296	16.84 基本数据类型	296
16.70 基本数据类型	296	16.85 断点	296
16.71 断点	296	16.86 常量表达式	296
16.72 常量表达式	296	16.87 宏	296
16.73 宏	296	16.88 基本数据类型	296
16.74 基本数据类型	296	16.89 断点	296
16.75 断点	296	16.90 常量表达式	296
16.76 常量表达式	296	16.91 宏	296
16.77 宏	296	16.92 基本数据类型	296
16.78 基本数据类型	296	16.93 断点	296
16.79 断点	296	16.94 常量表达式	296
16.80 常量表达式	296	16.95 宏	296
16.81 宏	296	16.96 基本数据类型	296
16.82 基本数据类型	296	16.97 断点	296
16.83 断点	296	16.98 常量表达式	296
16.84 常量表达式	296	16.99 宏	296
16.85 宏	296	16.100 基本数据类型	296
16.86 基本数据类型	296	16.101 断点	296
16.87 断点	296	16.102 常量表达式	296
16.88 常量表达式	296	16.103 宏	296
16.89 宏	296	16.104 基本数据类型	296
16.90 基本数据类型	296	16.105 断点	296
16.91 断点	296	16.106 常量表达式	296
16.92 常量表达式	296	16.107 宏	296
16.93 宏	296	16.108 基本数据类型	296
16.94 基本数据类型	296	16.109 断点	296
16.95 断点	296	16.110 常量表达式	296
16.96 常量表达式	296	16.111 宏	296
16.97 宏	296	16.112 基本数据类型	296
16.98 基本数据类型	296	16.113 断点	296
16.99 断点	296	16.114 常量表达式	296
16.100 常量表达式	296	16.115 宏	296
16.101 宏	296	16.116 基本数据类型	296
16.102 基本数据类型	296	16.117 断点	296
16.103 断点	296	16.118 常量表达式	296
16.104 常量表达式	296	16.119 宏	296
16.105 宏	296	16.120 基本数据类型	296
16.106 基本数据类型	296	16.121 断点	296
16.107 断点	296	16.122 常量表达式	296
16.108 常量表达式	296	16.123 宏	296
16.109 宏	296	16.124 基本数据类型	296
16.110 基本数据类型	296	16.125 断点	296
16.111 断点	296	16.126 常量表达式	296
16.112 常量表达式	296	16.127 宏	296
16.113 宏	296	16.128 基本数据类型	296
16.114 基本数据类型	296	16.129 断点	296
16.115 断点	296	16.130 常量表达式	296
16.116 常量表达式	296	16.131 宏	296
16.117 宏	296	16.132 基本数据类型	296
16.118 基本数据类型	296	16.133 断点	296
16.119 断点	296	16.134 常量表达式	296
16.120 常量表达式	296	16.135 宏	296
16.121 宏	296	16.136 基本数据类型	296
16.122 基本数据类型	296	16.137 断点	296
16.123 断点	296	16.138 常量表达式	296
16.124 常量表达式	296	16.139 宏	296
16.125 宏	296	16.140 基本数据类型	296
16.126 基本数据类型	296	16.141 断点	296
16.127 断点	296	16.142 常量表达式	296
16.128 常量表达式	296	16.143 宏	296
16.129 宏	296	16.144 基本数据类型	296
16.130 基本数据类型	296	16.145 断点	296
16.131 断点	296	16.146 常量表达式	296
16.132 常量表达式	296	16.147 宏	296
16.133 宏	296	16.148 基本数据类型	296
16.134 基本数据类型	296	16.149 断点	296
16.135 断点	296	16.150 常量表达式	296
16.136 常量表达式	296	16.151 宏	296
16.137 宏	296	16.152 基本数据类型	296
16.138 基本数据类型	296	16.153 断点	296
16.139 断点	296	16.154 常量表达式	296
16.140 常量表达式	296	16.155 宏	296
16.141 宏	296	16.156 基本数据类型	296
16.142 基本数据类型	296	16.157 断点	296
16.143 断点	296	16.158 常量表达式	296
16.144 常量表达式	296	16.159 宏	296
16.145 宏	296	16.160 基本数据类型	296
16.146 基本数据类型	296	16.161 断点	296
16.147 断点	296	16.162 常量表达式	296
16.148 常量表达式	296	16.163 宏	296
16.149 宏	296	16.164 基本数据类型	296
16.150 基本数据类型	296	16.165 断点	296
16.151 断点	296	16.166 常量表达式	296
16.152 常量表达式	296	16.167 宏	296
16.153 宏	296	16.168 基本数据类型	296
16.154 基本数据类型	296	16.169 断点	296
16.155 断点	296	16.170 常量表达式	296
16.156 常量表达式	296	16.171 宏	296
16.157 宏	296	16.172 基本数据类型	296
16.158 基本数据类型	296	16.173 断点	296
16.159 断点	296	16.174 常量表达式	296
16.160 常量表达式	296	16.175 宏	296
16.161 宏	296	16.176 基本数据类型	296
16.162 基本数据类型	296	16.177 断点	296
16.163 断点	296	16.178 常量表达式	296
16.164 常量表达式	296	16.179 宏	296
16.165 宏	296	16.180 基本数据类型	296
16.166 基本数据类型	296	16.181 断点	296
16.167 断点	296	16.182 常量表达式	296
16.168 常量表达			

Windows CE .NET系统分析及实验教程

设备的形式出现，嵌入式系统的大部分甚至是全部系统都隐藏（嵌入）在各种设备、装置、产品和系统中。在我们的日常生活中，人们已经普遍使用着手机、PDA、手持设备和掌上电脑等信息电器来存储和处理各种重要信息，这些小型装置只是嵌入式系统应用正在迅速发展的一个证明。

嵌入式系统是不同于常见计算机系统的一种计算机系统，嵌入式系统不以独立设备的物理形态出现。嵌入式系统的部件根据主体设备以及应用的需要，嵌入在主体设备内部，发挥着运算、处理、存储以及控制等作用。从体系结构看，嵌入式系统主要由嵌入式处理器、支撑硬件和嵌入式软件组成。其中嵌入式处理器通常是单片机或微控制器，以前一般是8位或16位，而目前32位正在占据主流地位。支撑硬件主要包括存储介质，如ROM、RAM、闪存（Flash Memory）等，通信部件如USB接口、网络接口等，显示部件如VGA显示卡、液晶显示部件等、I/O接口如RS-232接口、键盘等。不少嵌入式系统的支撑硬件中还提供模拟信号与数字信号之间的转换部件。嵌入式软件包括支撑硬件的驱动软件、操作系统、支撑软件以及应用中间件，如通信协议、图形界面、数据库系统和浏览器等。

1.2 嵌入式系统的发展历史

嵌入式系统已有30多年的历史，大致可以分为3个阶段。

早期的嵌入式系统通常是以单个芯片为核心的系统，大部分应用于一些工业控制系统中。这种嵌入式系统通常没有操作系统的支持，而是通过汇编语言编程实现系统的功能，一般具有监测与控制功能。其主要特点是：系统结构和功能都相对简单，成本较低。这种嵌入式系统已经不能适应现代工业控制和信息家电等领域的需求，正在逐步退出应用领域。

第二阶段是以嵌入式CPU为基础、以嵌入式操作系统为核心的嵌入式系统。随着嵌入式微处理器的发展，以及嵌入式操作系统设计开发水平的提高，这个阶段的嵌入式操作系统性能也不断提高。嵌入式操作系统能运行于不同类型的微处理器上；内核开销小、效率高，具有高度的模块化和扩展性；可以提供多任务、多进程、多线程处理，有各种设备支持、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能；向用户提供大量的应用程序接口，开发应用程序相对简单。

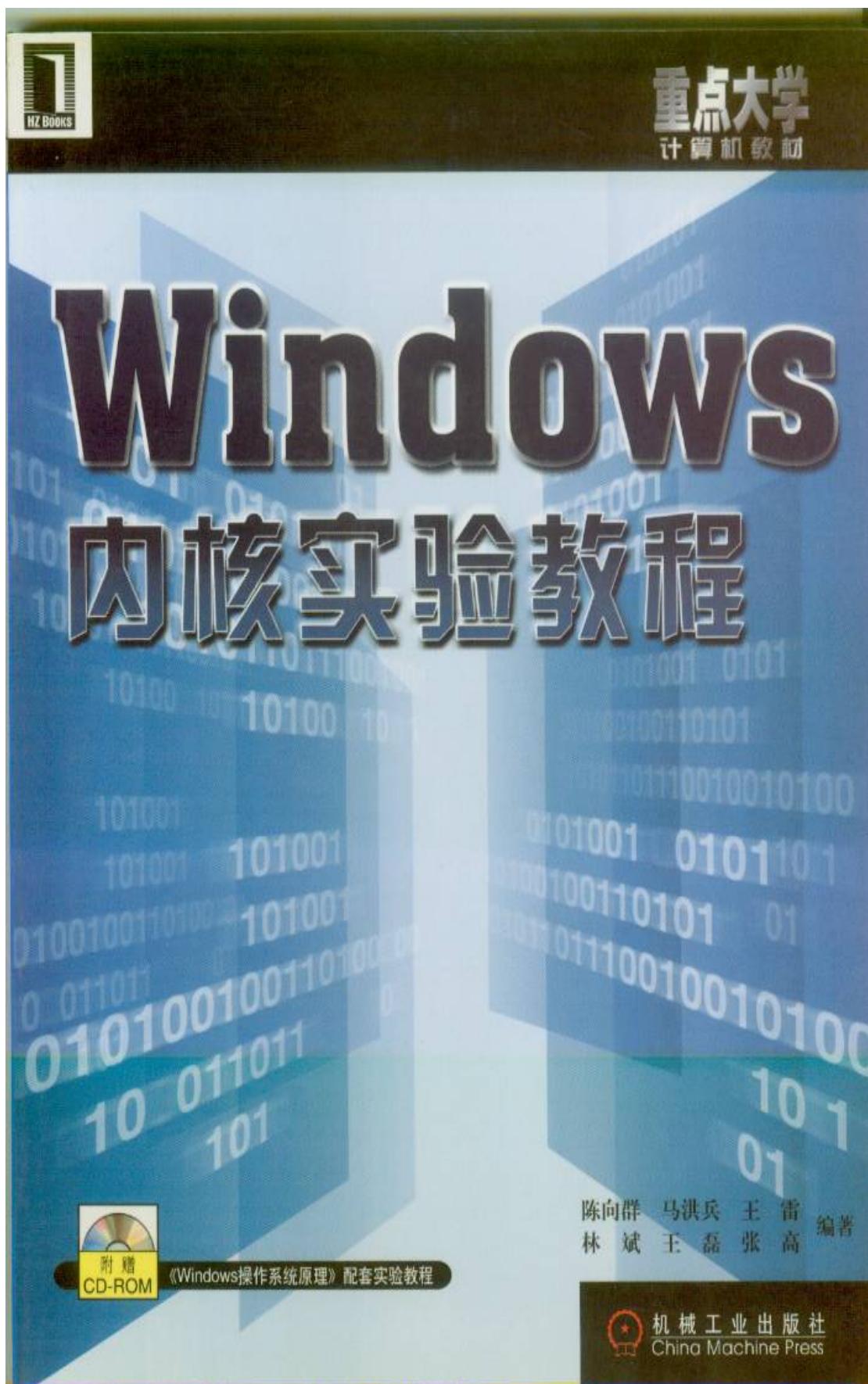
第三阶段是以基于Internet为标志的嵌入式系统，目前正在迅速发展。进入90年代后，Internet的应用迅速普及，广泛渗透到社会、经济、军事、交通、通信等相关行业，消费电子、计算机与通信一体化的趋势日趋明显。嵌入式技术再度成为一个研究热点。

1.3 嵌入式操作系统基本概念

显然，嵌入式系统的应用环境与其他类型的计算机系统有着巨大的不同，随之也带来了对相应操作系统的不同要求，从而构成了现代操作系统的一个新的类别：嵌入式操作系统。

嵌入式操作系统是与应用环境密切相关的。从应用范围角度嵌入式操作系统大致可以分为通用型的嵌入式操作系统和专用型的嵌入式操作系统。比较典型的通用型的商业嵌入式操作系统有Windows CE、VxWorks和从Linux发展出来的嵌入式Linux；专用型的嵌入式操作系统有专门用于掌上电脑的Palm OS、主要用于移动电话的Symbian等。

5. windows 内核实验教程



本书是在微软亚洲研究院和美国微软公司的支持下，由美国微软公司全面提供Windows内部技术资料，全国知名重点大学操作系统主讲教师组成写作组编撰的以Windows 2000/XP为实际示例，讲授操作系统原理实验课程的教科书。

本书基于Windows 2000/XP设计了一组操作系统课程实验，这些实验与操作系统课程的教学内容相对应。实验的安排循序渐进，很好地适应了课程的学习曲线，并对实验涉及的相关原理性内容进行了铺垫。本书突出的特点是：实验内容与课程教学相呼应，经典内容与现代发展并举，掌握基本方法与提高技术水平并重，原理与源代码相结合。

本书适合作为高等院校计算机科学技术和电子信息类专业操作系统实验课程的教材，也是设计、开发基于Windows 2000/XP平台应用程序及操作系统驱动程序的重要参考书。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

Windows内核实验教程/陈向群等编著. -北京：机械工业出版社，2002.9

(重点大学计算机教材)

ISBN 7-111-10880-9

I. W… II. 陈… III. 操作系统原理，Windows – 实验 – 高等学校 – 教材 IV. TP316. 7

中国版本图书馆CIP数据核字 (2002) 第064898号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑：杨海玲

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年9月第1版·2003年2月第2次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 14.75 印张

印数：5 001 - 7000 册

定价：25.00 元 (附光盘)

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

目录

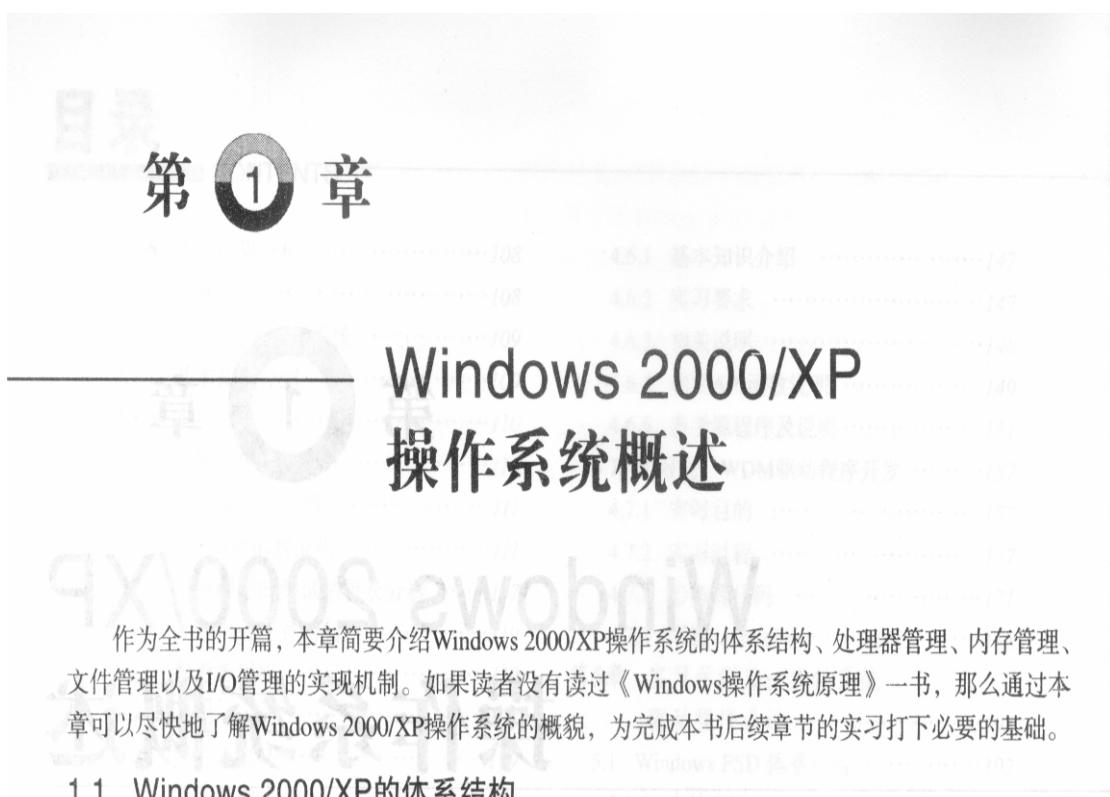
CONTENTS

序	简介与版本	1.0	2.2.1 什么是MSDN	37
前言	必要长寒	2.0	2.2.2 MSDN产品光盘的使用	39
第1章 Windows 2000/XP操作系统概述	1.0		2.2.3 新版MSDN介绍	40
1.1 Windows 2000/XP的体系结构	2		2.2.4 如何免费使用MSDN	40
1.1.1 核心态操作系统组件	3		2.2.5 MSDN使用示例	41
1.1.2 用户进程	4			
1.1.3 Windows 2000/XP的对象模型	5			
1.2 Windows 2000/XP的处理器管理	6			
1.2.1 Windows 2000/XP中进程的实现	6		3.1 NDIS规范	48
1.2.2 Windows 2000/XP中线程的实现	7		3.1.1 Windows中的网络体系结构	48
1.2.3 Windows 2000/XP线程调度	8		3.1.2 NDIS驱动程序	49
1.2.4 Windows 2000/XP线程的同步	10		3.1.3 NDIS驱动程序的应用	51
1.3 Windows 2000/XP的内存管理	11		3.2 NDIS协议驱动程序设计	52
1.3.1 地址转换机制	12		3.2.1 协议驱动设计框架	52
1.3.2 Windows 2000/XP的内存分配	14		3.2.2 NDIS协议驱动设计思想	56
1.3.3 页面调度策略	16		3.2.3 NDIS协议驱动重要功能的实现	56
1.3.4 物理内存管理	17		3.3 上层应用程序	61
1.4 Windows 2000/XP的文件系统	19		3.3.1 接口	61
1.4.1 NTFS的卷和簇	19		3.3.2 数据包的解析	61
1.4.2 主控文件表	20		3.3.3 上层程序的原理与实现	65
1.4.3 NTFS的文件实现机制	21		3.4 小结	67
1.4.4 NTFS的目录实现机制	22		第4章 实习示例二：七个实习	69
1.5 Windows 2000/XP的I/O系统	23		4.1 实习一：读者写者问题	70
1.5.1 Windows 2000/XP的I/O	23		4.1.1 实习要求	70
系统结构	23		4.1.2 测试数据文件格式	70
1.5.2 I/O系统数据结构	25		4.1.3 实习分析	71
1.5.3 Windows 2000/XP的设备	25		4.1.4 相关API函数说明	71
驱动程序	27		4.1.5 参考源代码	79
第2章 Windows 2000/XP应用程序			4.1.6 示例程序的结果分析	89
开发资源	31		4.1.7 习题	91
2.1 驱动程序的编译与调试	32		4.2 实习二：内存管理	91
2.1.1 DDK的安装	32		4.2.1 实习要求	91
2.1.2 驱动程序的编译	33		4.2.2 实习目的	92
2.1.3 驱动程序的调试	35		4.2.3 参考源程序说明	92
2.2 MSDN应用简介	37		4.2.4 相关API函数说明	93
			4.2.5 参考源代码	102

目录

CONTENTS

4.2.6 运行结果分析	108	4.6.1 基本知识介绍	147
4.2.7 习题	108	4.6.2 实习要求	147
4.3 实习三：快速文件系统	109	4.6.3 相关说明	148
4.3.1 基本知识介绍	109	4.6.4 相关API函数说明	149
4.3.2 实习要求	110	4.6.5 参考源程序及说明	151
4.3.3 示例程序的使用	110	4.7 实习七：WDM驱动程序开发	157
4.3.4 参考源程序说明	111	4.7.1 实习目的	157
4.3.5 相关API函数说明	111	4.7.2 实习过程	157
4.3.6 示例程序的测试结果及分析	117	4.7.3 参考源代码	171
4.3.7 实习中应注意的问题	119	4.7.4 习题	188
4.3.8 参考源代码	119	第5章 实习示例三：文件系统	
4.3.9 习题	128	驱动程序设计	191
4.4 实习四：软盘I/O	129	5.1 Windows FSD 体系结构	192
4.4.1 实习要求	129	5.1.1 本地FSD	193
4.4.2 具体流程	129	5.1.2 远程FSD	194
4.4.3 相关API函数说明	130	5.1.3 FSD与文件系统操作	194
4.4.4 参考源代码	132	5.1.4 FSD与系统注册表的关系	196
4.4.5 习题	136	5.2 虚拟盘文件系统驱动程序	197
4.5 实习五：WinSock网络通信	136	5.2.1 Driver Entry 例程	198
4.5.1 实习要求	136	5.2.2 创建虚拟磁盘设备	201
4.5.2 实习环境	136	5.2.3 主要分发例程	202
4.5.3 实习步骤	136	5.2.4 ntifs.h 中重要的数据	204
4.5.4 相关API函数说明	138	结构和函数原型声明	207
4.5.5 参考源代码	142	5.3 虚拟盘文件系统应用程序	209
4.5.6 习题	146	附录A 实习计划建议	214
4.6 实习六：Windows 应用程序	147	附录B 实习报告主要内容建议	217
4.6.1 与动态链接库	147	参考文献	222
4.6.2 与线程同步	147	附录C 实习报告模板	
4.6.3 与内存管理	147	C.1 Windows API 简介	
4.6.4 与文件操作	147	C.1.1 基本文件操作	
4.6.5 与线程同步	147	C.1.2 多线程编程模型	
4.6.6 与内存管理	147	C.1.3 线程同步	
4.6.7 与文件操作	147	C.1.4 线程间通信	
4.6.8 与线程同步	147	C.2 DDK 和 WDK	
4.6.9 与内存管理	147	C.2.1 DDK	
4.6.10 与文件操作	147	C.2.2 WDK	
4.6.11 与线程同步	147	C.3 MSDN 使用指南	



1.1 Windows 2000/XP的体系结构

Windows 2000/XP像其他许多操作系统一样，通过硬件机制实现了核心态（管态，kernel mode）和用户态（目态，user mode）两个特权级别，操作系统中那些至关紧要的代码在核心态运行，可以访问系统数据和硬件，而用户程序在用户态运行，不能直接访问操作系统特权代码和数据。这样就使所有操作系统组件都受到了保护，以免被错误的应用程序侵扰，这种保护使得Windows 2000/XP成为相当稳定的工作平台。

Windows 2000/XP体系结构框图如图1-1所示。下面依次介绍构成Windows 2000/XP的各个组成部分体系结构的细节。

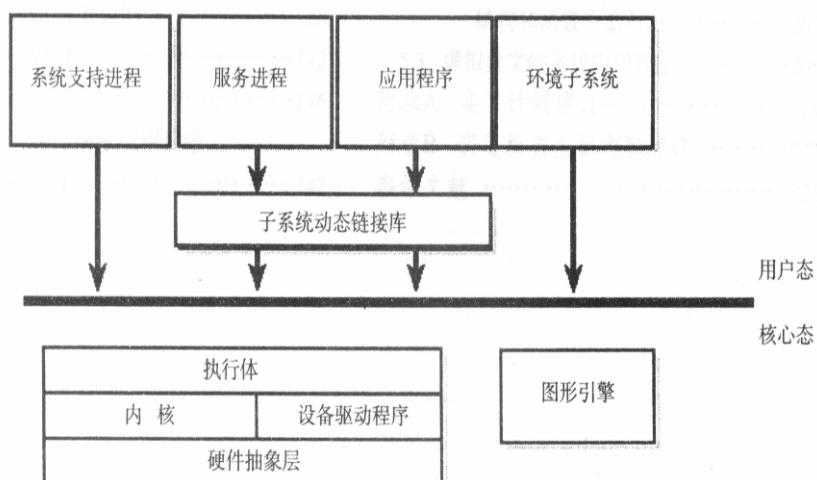


图1-1 Windows 2000/XP体系结构框图

第1章 Windows 2000/XP 操作系统概述

1.1.1 核心态操作系统组件

在Windows 2000/XP中，只有那些对性能影响很大的操作系统组件才在核心态下运行。在核心态下，操作系统组件可以和硬件交互，组件之间也可以交互，并且不会引起上下文切换和模式转变。

可移植性是Windows 2000/XP的一个重要设计目标，即不仅可以在X86体系结构下运行，而且可以在其他硬件平台上运行。为实现这一目标，Windows 2000/XP的核心态操作系统组件采用了分层的结构，将依赖于处理器体系结构或平台的系统底层部分隔离在单独的模块之中，这样系统的高层（执行体，executive）就可以被屏蔽在千差万别的硬件平台之外。提供操作系统可移植性的两个关键组件是硬件抽象层（hardware abstract layer，HAL）和内核（kernel）。依赖于处理器体系结构的功能（如线程上下文切换）在内核中实现，在相同体系结构中，因计算机硬件平台而异的功能在HAL中实现。

1. 硬件抽象层

硬件抽象层是一个可加载的核心态模块HAL.DLL，它为运行Windows 2000/XP的硬件平台提供低层接口，将操作系统从与平台相关的硬件差异中隔离出来。HAL使得每台机器的系统总线、DMA控制器、中断控制器、系统计时器以及多处理器通信机制等对内核来说看上去都是相同的。

2. 内核

内核是ntoskrnl.exe的下层，它实现最基本的操作系统功能，管理线程调度、进程切换、异常和中断处理以及多处理器同步。中断处理、异常调度和多处理器同步等功能是随处理器体系结构的不同而异的，内核的一个重要功能就是把执行体和处理器体系结构的差异隔离开，为执行体提供一组在整个体系结构上可移植的、语义完全相同的接口。

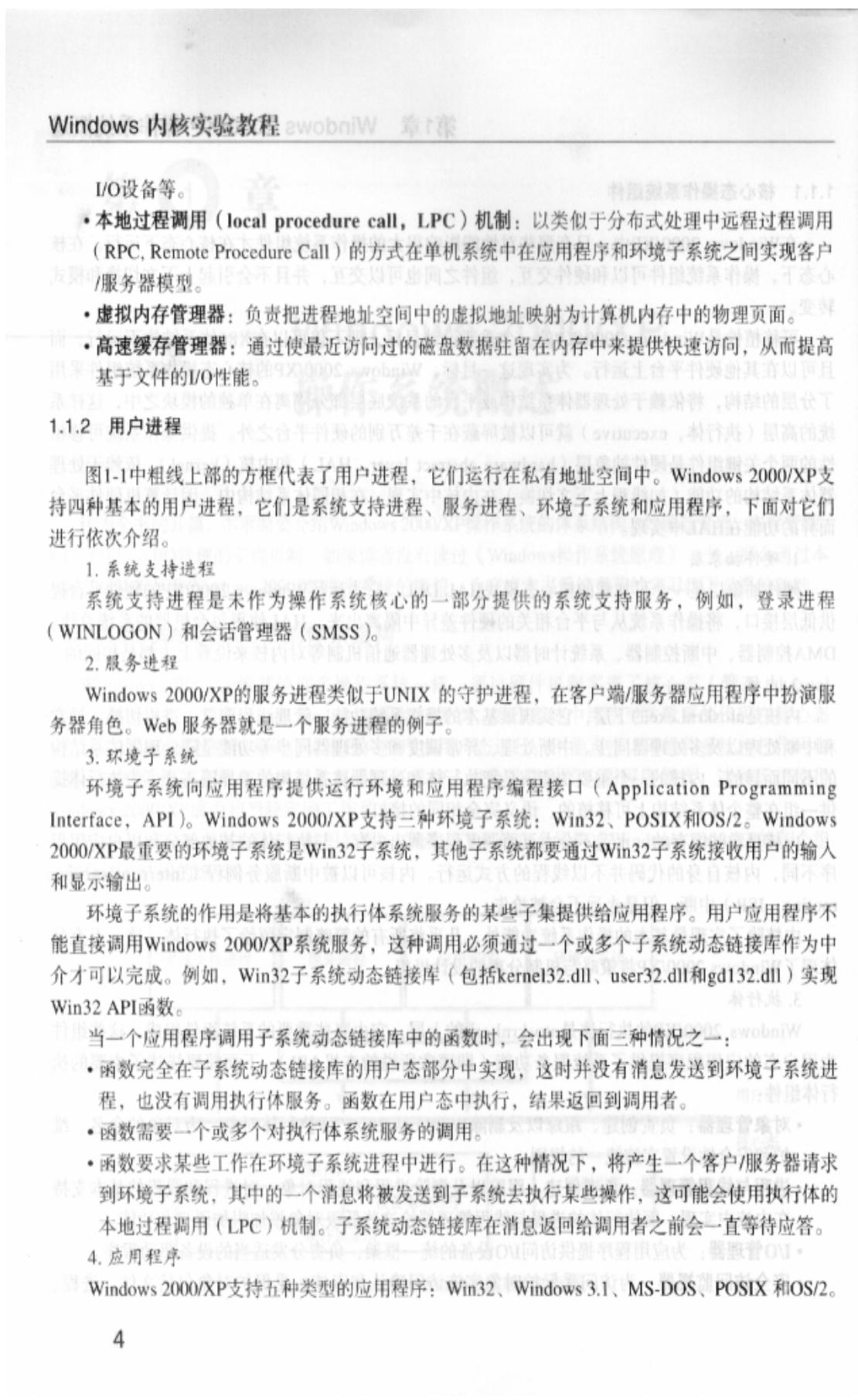
内核是常驻内存的，永远不会由页面调度程序调出内存。与执行体的其他部分和用户应用程序不同，内核自身的代码并不以线程的方式运行。内核可以被中断服务例程（interrupt service routine，ISR）中断，但是永远不会被抢先。

内核除了实现最基本的操作系统功能外，几乎将所有的策略制定留给了执行体。这一点充分体现了Windows 2000/XP将策略与机制分离的设计思想。

3. 执行体

Windows 2000/XP的执行体是ntoskrnl.exe的上层，它由一些重要的系统组件组成，这些组件为用户态的应用程序提供了系统服务功能（即通常所说的本机API）。下面简要描述了主要的执行体组件：

- **对象管理器**：负责创建、跟踪以及删除Windows 2000/XP执行体对象。为对象的命名、维护和安全性设置实施统一的规则。
- **进程与线程管理器**：负责创建、跟踪以及删除进程和线程对象。对进程和线程的基本支持在内核中实现，而执行体的进程与线程管理器给这些低级对象添加附加语义和功能。
- **I/O管理器**：为应用程序提供访问I/O设备的统一框架，负责分发适当的设备驱动程序。
- **安全访问监视器**：为访问受保护对象实施访问确认和审核，受保护对象包括文件、进程、



第1章 Windows 2000/XP 操作系统概述

1.1.3 Windows 2000/XP的对象模型

Windows 2000/XP大量采用了面向对象的概念，简化了进程间资源和数据的共享，便于保护资源免受未经许可的访问。

并非Windows 2000/XP中的所有实体都是对象。当数据或资源对用户态开放时，或者当数据访问是共享的或受限制时，才使用对象。采用对象方法表示的实体有文件、进程、线程、信号量、互斥量、事件、计时器等。Windows 2000/XP通过对象管理器以一致的方法创建和管理所有的对象类型，对象管理器代表应用程序负责创建和删除对象，并负责授权访问对象的数据和服务。

Windows 2000/XP中有两种类型的对象：执行体对象和内核对象。执行体对象是由执行体的各种组件（如进程管理器、内存管理器、I/O管理器等）实现的对象；内核对象是由内核实现的一个更原始的对象集合，内核对象对用户态代码是不可见的，它们仅在执行体内创建和使用。内核对象提供了一些基本性能，许多执行体对象内包含着一个或多个内核对象。

每一个对象都有一个对象头和一个对象体。对象管理器控制对象头，各执行体组件控制它们自己创建的对象类型的对象体。

执行体对象和对象服务都是基本设施，环境子系统用它们来构造自己版本的对象和资源。环境子系统为其应用程序提供的对象集一般与执行体所提供的有些差异。Win32子系统使用执行体对象导出它自己的对象集，其中的大部分直接符合执行体对象。

当进程通过名称来创建或打开一个对象时，它会收到一个代表进程访问对象的句柄。所有用户态进程只有获得了对象句柄之后才可以使用这个对象。句柄作为系统资源的间接指针来使用，这种不直接的方式阻止了应用程序对系统数据结构直接地随便操作。

句柄、执行体对象以及内核对象之间的关系如图1-2所示。

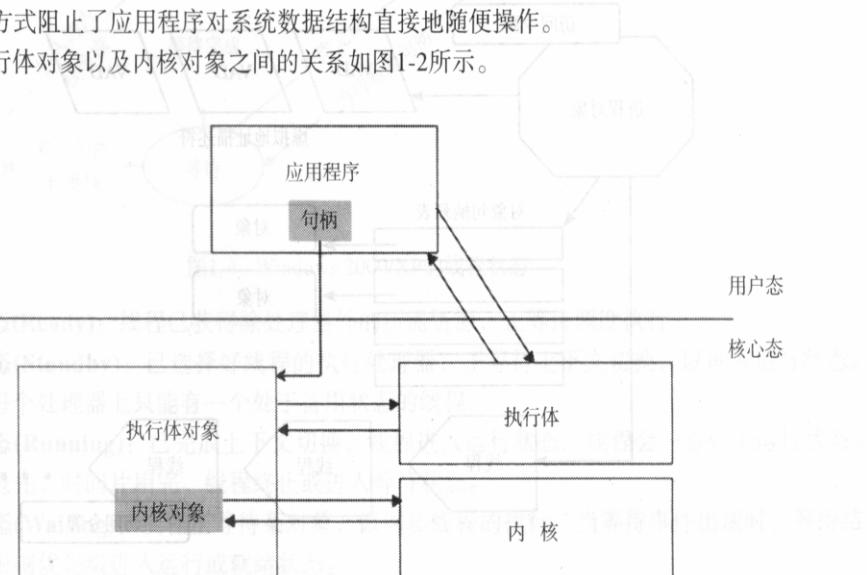
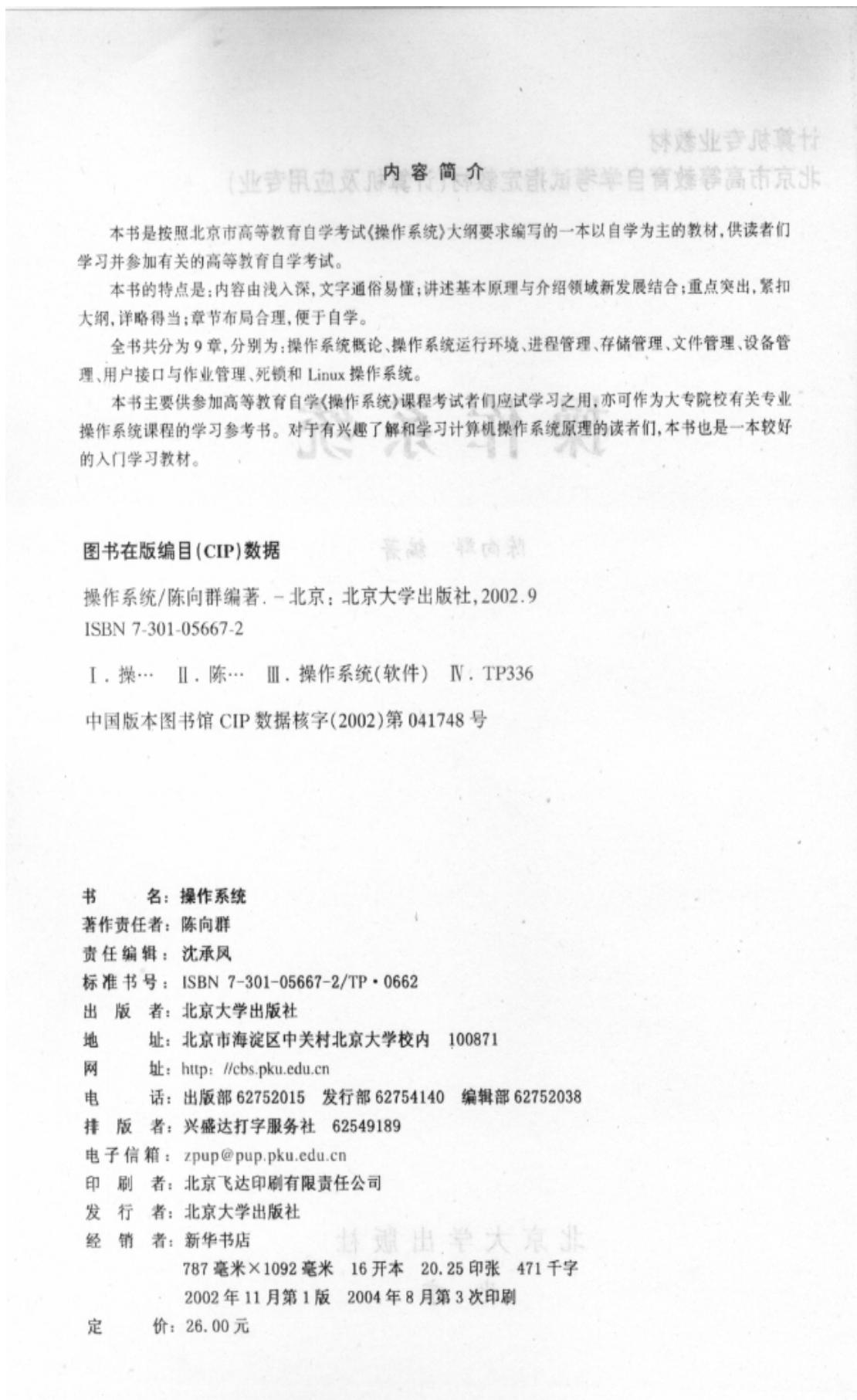


图1-2 句柄、执行体对象与内核对象之间的关系

6. 操作系统





本书是按照北京市高等教育自学考试《操作系统》大纲要求编写的一本以自学为主的教材，供读者们学习并参加有关的高等教育自学考试。

本书的特点是：内容由浅入深，文字通俗易懂；讲述基本原理与介绍领域新发展结合；重点突出，紧扣大纲，详略得当；章节布局合理，便于自学。

全书共分为 9 章，分别为：操作系统概论、操作系统运行环境、进程管理、存储管理、文件管理、设备管理、用户接口与作业管理、死锁和 Linux 操作系统。

本书主要供参加高等教育自学《操作系统》课程考试者们应试学习之用，亦可作为大专院校有关专业操作系统课程的学习参考书。对于有兴趣了解和学习计算机操作系统原理的读者们，本书也是一本较好的入门学习教材。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统 / 陈向群编著. — 北京：北京大学出版社，2002.9

ISBN 7-301-05667-2

I . 操… II . 陈… III . 操作系统(软件) IV . TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 041748 号

书 名：操作系统

著作责任者：陈向群

责任编辑：沈承凤

标准书号：ISBN 7-301-05667-2/TP · 0662

出版者：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址：<http://cbs.pku.edu.cn>

电 话：出版部 62752015 发行部 62754140 编辑部 62752038

排 版 者：兴盛达打字服务社 62549189

电子信箱：zpup@pup.pku.edu.cn

印 刷 者：北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者：北京大学出版社

经 销 者：新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 471 千字

2002 年 11 月第 1 版 2004 年 8 月第 3 次印刷

定 价：26.00 元

(120)	系目标文	8.2
(120)	界定的系书文	8.2
(120)	概论及系统的书文	8.2
(122)	小草本	8.2
(171)	野营摄影	9.1
第1章 目录		
第1章 操作系统概论	.....	(1)
1.1 操作系统的概念	.....	(1)
1.2 操作系统的发展	.....	(9)
1.3 操作系统分类	.....	(12)
1.4 操作系统设计	.....	(19)
1.5 本章小结	.....	(26)
第2章 操作系统运行环境	.....	(29)
2.1 计算机系统的层次结构	.....	(29)
2.2 中央处理器(CPU)	.....	(30)
2.3 存储系统	.....	(33)
2.4 中断机制	.....	(36)
2.5 I/O技术	.....	(43)
2.6 时钟	.....	(45)
2.7 本章小结	.....	(46)
第3章 进程管理	.....	(49)
3.1 多道程序设计	.....	(49)
3.2 进程	.....	(53)
3.3 进程间相互作用	.....	(61)
3.4 进程通信	.....	(75)
3.5 进程调度	.....	(79)
3.6 线程	.....	(83)
3.7 系统内核	.....	(85)
3.8 本章小结	.....	(86)
第4章 存储管理	.....	(91)
4.1 概述	.....	(91)
4.2 分区管理方案	.....	(96)
4.3 页式存储管理方案	.....	(104)
4.4 段式存储管理	.....	(108)
4.5 覆盖与交换技术	.....	(112)
4.6 虚拟存储管理	.....	(115)
4.7 本章小结	.....	(122)
第5章 文件管理	.....	(129)
5.1 概述	.....	(129)
5.2 文件的结构	.....	(132)

5.3 文件目录	(143)
5.4 文件系统的实现	(150)
5.5 文件的保护和安全	(159)
5.6 本章小结	(165)
第6章 设备管理.....	(171)
6.1 概述	(171)
6.2 I/O 控制方式	(175)
6.3 I/O 软件	(180)
6.4 I/O 设备分配	(186)
6.5 磁盘调度	(191)
6.6 I/O 设备有关技术	(197)
6.7 本章小结	(201)
第7章 用户接口与作业管理.....	(206)
7.1 用户与操作系统的接口	(206)
7.2 批处理系统的作业管理	(207)
7.3 交互式系统的作业管理	(219)
7.4 系统调用	(223)
7.5 本章小结	(226)
第8章 死锁.....	(229)
8.1 死锁基本概念	(229)
8.2 死锁预防	(233)
8.3 死锁避免	(236)
8.4 死锁检测与解除	(239)
8.5 资源分配图	(242)
8.6 本章小结	(244)
第9章 Linux 操作系统	(249)
9.1 概述	(249)
9.2 Linux 的内存管理	(250)
9.3 Linux 的进程管理	(256)
9.4 Linux 的文件系统	(266)
9.5 Linux 的设备管理	(280)
9.6 本章小结	(292)
附录 A 北京市高等教育自学考试 操作系统 考试大纲.....	(296)
附录 B 有关说明	(308)
附录 C 北京市高等教育自学考试操作系统课程参考样卷	(310)
参考书目	(317)

第2章 操作系统运行环境

任何程序在计算机上运行都需要一定的条件,或者说需要一定的运行环境,操作系统也不例外。为了实现操作系统预定的各种管理功能,同样需要有运行环境来支持其工作。操作系统的运行环境主要包括计算机系统的硬件环境和由其他的系统软件形成的软件环境。本章主要讨论操作系统运行的硬件环境。

我们知道操作系统屏蔽了计算机系统中硬件的具体细节,用户不需要直接使用硬件,也无需了解这些硬件的具体功能和细节,而是通过操作系统提供的各种方便手段来控制和使用计算机。而学习和认识操作系统的过程恰好相反,则需要了解操作系统与硬件交互作用的具体细节。

另外,在操作系统中,不论是处理器管理、存储管理还是输入输出管理,都与计算机硬件和外部设备的联系非常密切。显然,为了分析、理解和掌握操作系统,也必须了解与操作系统有密切联系的这些硬件环境。

本章首先阐述计算机系统的层次结构,然后分别叙述操作系统的硬件运行环境中的中央处理器、存储系统、中断机制、I/O 技术和时钟等方面的基本原理。

2.1 计算机系统的层次结构

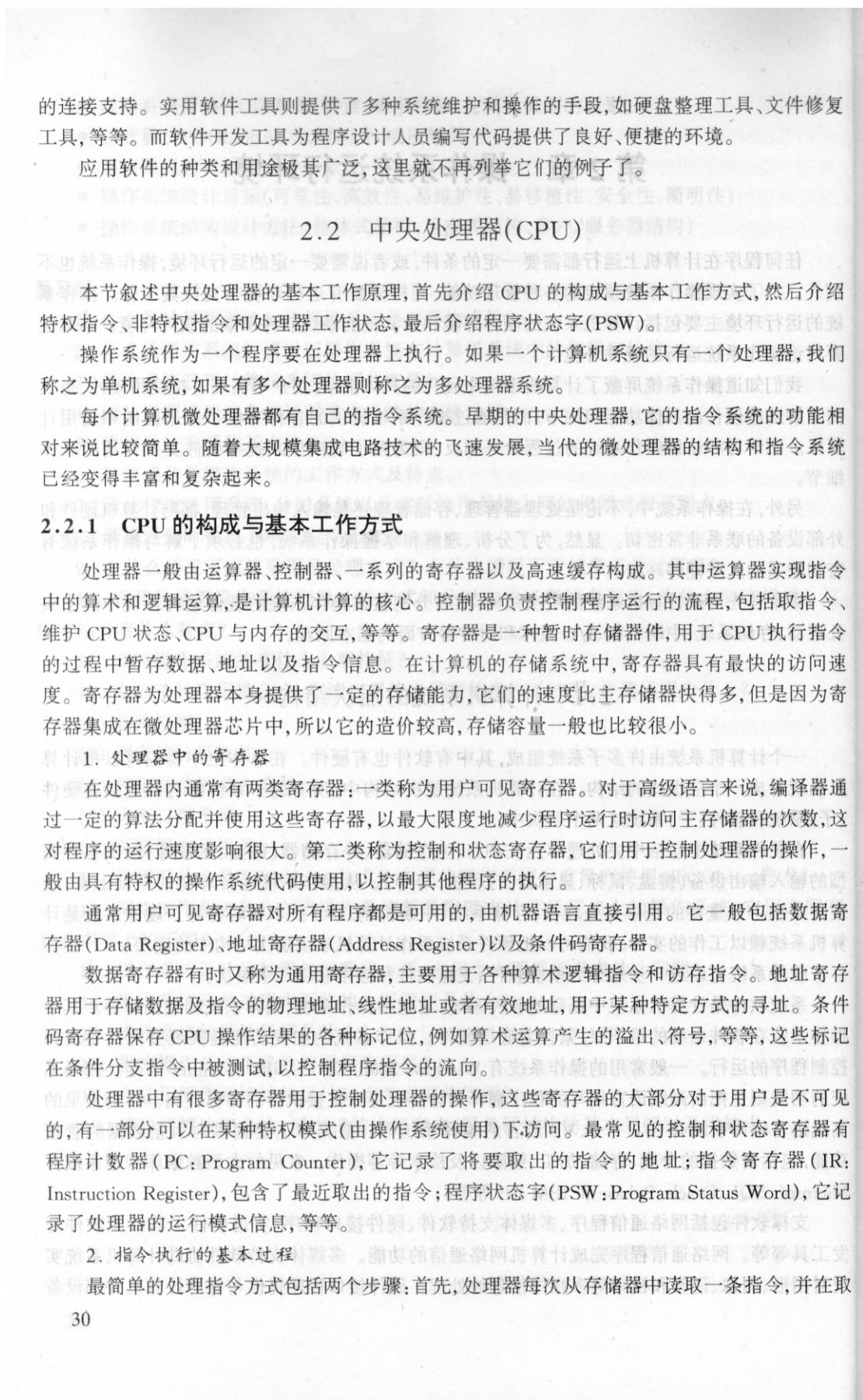
一个计算机系统由许多子系统组成,其中有软件也有硬件。在总体上中我们可以把计算机系统看成一个层次式的结构。在计算机系统层次结构中,所有的子系统都可以包括在硬件(子)系统和软件(子)系统这两个层次中。

在硬件系统中包括中央处理单元(CPU)、主存储器、外存储器(磁盘、磁带等)以及各种类型的输入输出设备(键盘、鼠标、显示器、打印机,等等)。从操作系统运行环境的角度上看,在硬件系统中最重要的是中央处理器、存储系统、中断机制、I/O 技术和时钟等。硬件系统是计算机系统赖以工作的实体,我们可以把硬件系统看作计算机系统层次结构中的底层。

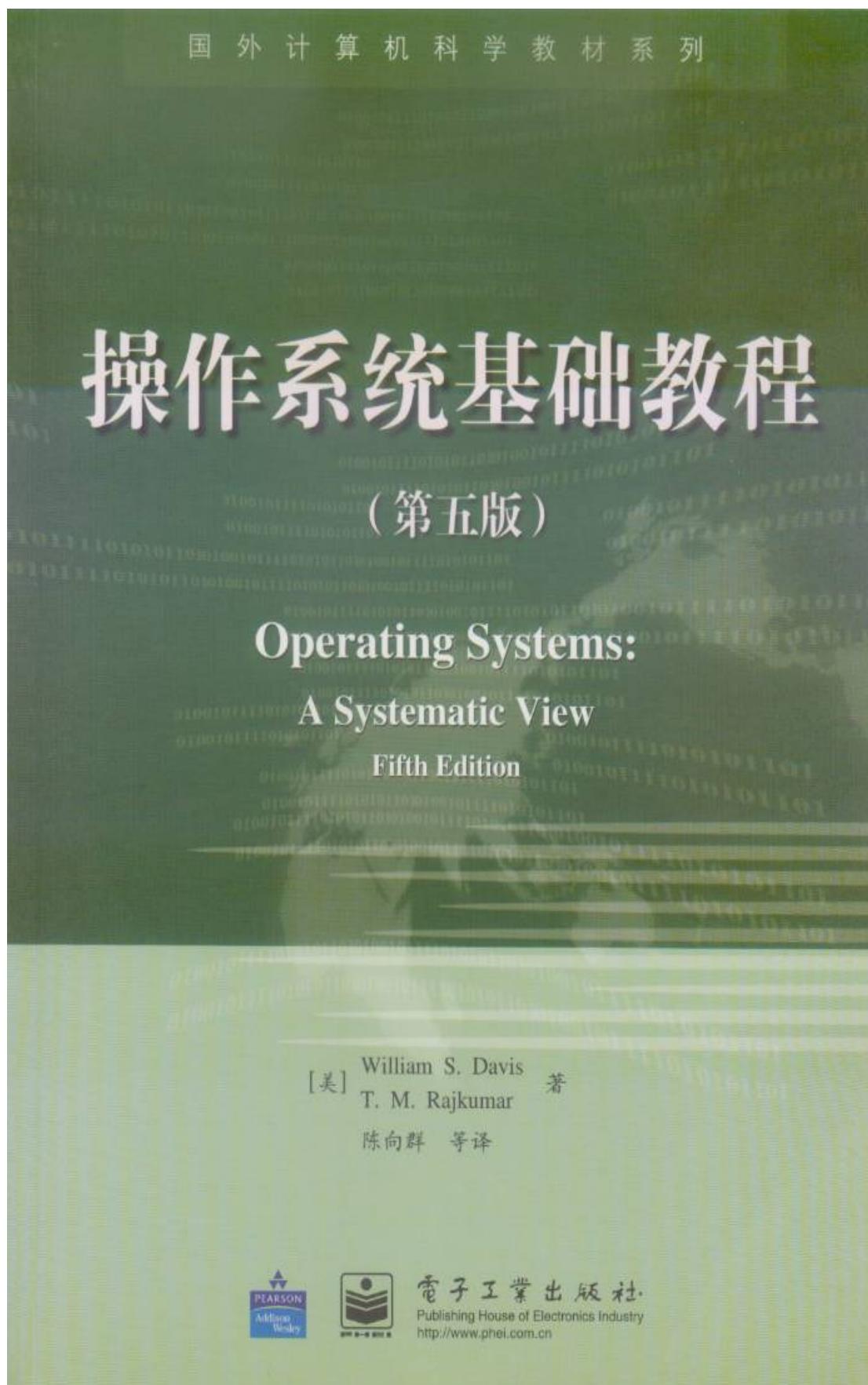
软件系统可以进一步划分为系统软件、支撑软件和应用软件三个层次。

系统软件是计算机系统中基础的软件系统,它包括操作系统、编译系统和数据库等。其中操作系统在软件系统的最下层,紧接着底层硬件。操作系统的主要功能是实现资源的管理和控制程序的运行。一般常用的操作系统有 Windows 2000/XP、UNIX 或 Linux 等等。编译系统的功能则是把由高级语言编写的程序翻译为计算机可以直接执行的目标代码。目前常见的高级语言编译系统有 C/C++、VB 语言的编译系统等。数据库主要提供对大量数据的管理功能,包括对数据的分类、存储、加工、删除以及检索等等操作。常见的大型数据库管理系统有 Microsoft SQL、Oracle、Sybase 和 IBM DB 等等。

支撑软件包括网络通信程序、多媒体支持软件、硬件接口程序、实用软件工具以及软件开发工具等等。网络通信程序完成计算机网络通信的功能。多媒体支持软件协助计算机系统实现对图形、图像、语音和视频等多媒体信息的处理。硬件接口程序提供与各种计算机外部设备



7. 操作系统基础教程(第五版)



内 容 简 介

这是一本为计算机系统用户编写的讲述操作系统基本原理的教科书,其最大特点是从操作系统的使用出发,深入浅出、形象地介绍了操作系统的基本功能和基本概念。全书分为5大部分。第一部分(第2至4章)介绍计算机的基本知识;第二部分(第5、6章)概述了操作系统的概念;第三部分(第7至12章)的主题是与操作系统的通信问题;第四部分(第13至19章)讨论操作系统的内部工作原理,涵盖了MS-DOS、Windows 2000、UNIX/Linux 和 IBM MVS 等传统和现代操作系统;第五部分(第20至23章)侧重讨论计算机网络操作系统,涉及 NetWare、Windows 2000 服务器和因特网等内容。

本书可作为高等学校非计算机类专业有关课程的教材或参考书,也适合具有高中数学基础以上的计算机用户和爱好者阅读。对所有想了解计算机操作系统原理和基本概念,但又不需要或者不打算深究其理论和实现细节的读者来说,本书是一本不可多得的优秀入门指南。

Simplified Chinese edition Copyright © 2003 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Operating Systems:A Systematic View, Fifth Edition, ISBN: 0201612577 by William S. Davis, T. M. Rajkumar. Copyright © 2001.

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和Pearson Education培生教育出版亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号: 图字: 01-2002-3814

图书在版编目(CIP)数据

操作系统基础教程(第五版)/(美)戴维斯(Davis,W.S.)著;陈向群等译。

-北京:电子工业出版社,2003.7

(国外计算机科学教材系列)

书名原文: Operating Systems: A Systematic View, Fifth Edition

ISBN 7-5053-8246-2

I. 操... II. ①戴... ②陈... III. 操作系统—教材 IV. TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第052039号

责任编辑: 杜闽燕

印 刷 者: 北京兴华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 23.75 字数: 608千字

版 次: 2003年7月第1版 2003年7月第1次印刷

定 价: 35.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077

序言	怎样学习操作系统	第1章	1.1
第1章	概念、术语和重定向	1.2	103
第1章	回到至 Windows	1.3	106
第1章	小结	1.4	107
第1章	关键词	1.5	107
第1章	习题	1.6	107
第二部分 系统资源			
第2章	硬件	2.1	6
第2章	存储器	2.2	6
第2章	处理器	2.3	8
第2章	微指令	2.4	11
第2章	输入输出设备	2.5	12
第2章	辅存	2.6	12
第2章	部件的连接	2.7	16
第2章	小结	2.8	18
第2章	关键词	2.9	19
第2章	习题		20
第3章	软件和数据	3.1	21
第3章	硬件、软件与数据	3.2	21
第3章	软件	3.3	21
第3章	数据	3.4	27
第3章	小结	3.5	32
第3章	关键词	3.6	33
第3章	习题		34
第4章	部件的连接	4.1	35
第4章	连接内部部件	4.2	35
第4章	体系结构	4.3	39
第4章	逻辑 I/O 与物理 I/O	4.4	42
第4章	网络	4.5	44
第4章	小结	4.6	47
第4章	关键词		48

4.7 习题	48
--------------	----

第二部分 基本概念

第 5 章 Shell、IOCS 和文件系统	52
5.1 操作系统的基本功能	52
5.2 用户接口	52
5.3 设备管理	56
5.4 文件系统	59
5.5 引导程序	61
5.6 实用程序	61
5.7 小结	62
5.8 关键词	62
5.9 习题	62
第 6 章 内存管理和处理器管理	64
6.1 内存管理	64
6.2 覆盖结构	68
6.3 虚拟存储	69
6.4 多道程序设计	71
6.5 分时技术	75
6.6 调度与排队	76
6.7 Spooling 技术	77
6.8 死锁	77
6.9 小结	78
6.10 关键词	79
6.11 习题	79

第三部分 通信问题

第 7 章 用户界面	82
7.1 用户界面功能	82
7.2 用户界面类型	83
7.3 人的观点	83
7.4 学习用户界面	84
7.5 小结	84
7.6 关键词	85
7.7 习题	85
第 8 章 MS-DOS 命令	86
8.1 MS-DOS	86
8.2 起步	87

8.3	文件系统	90
8.4	管道、过滤器和重定向	103
8.5	返回至 WINDOWS	106
8.6	小结	106
8.7	关键词	107
8.8	习题	107
第 9 章	Windows 2000	108
9.1	Windows 2000	108
9.2	利用 Windows 文件系统工作	112
9.3	命令行界面	124
9.4	Windows 脚本主机	124
9.5	小结	125
9.6	关键词	125
9.7	习题	126
第 10 章	UNIX/Linux 命令和实用程序	127
10.1	UNIX	127
10.2	文件系统	130
10.3	管道、过滤器和重定向	139
10.4	Shell 脚本	141
10.5	其他一些有用命令	141
10.6	图形用户界面	142
10.7	小结	143
10.8	关键词	143
10.9	习题	144
第 11 章	IBM OS/JCL:JOB 和 EXEC 语句	145
11.1	批处理作业控制语言	145
11.2	OS/JCL	145
11.3	JOB 语句	148
11.4	EXEC 语句	152
11.5	小结	155
11.6	关键词	156
11.7	习题	156
第 12 章	IBM OS/JCL:DD 语句	158
12.1	外部设备连接	158
12.2	单元记录硬件	160
12.3	磁盘机	162
12.4	磁带	165
12.5	系统输入和输出	166

12.6 作业步限定	167
12.7 库	168
12.8 一个完整的作业	168
12.9 小结	170
12.10 关键词	171
12.11 习题	171

第四部分 操作系统内部

第 13 章 Intel 体系结构	174
13.1 引言	174
13.2 体系结构概述	174
13.3 存储器地址处理	176
13.4 任务管理	178
13.5 存储保护	178
13.6 中断处理	179
13.7 改善 Intel 体系结构的性能	180
13.8 小结	181
13.9 关键词	182
13.10 习题	183
第 14 章 MS-DOS	184
14.1 评价操作系统	184
14.2 微机操作系统	186
14.3 MS-DOS 内部	187
14.4 小结	195
14.5 关键词	195
14.6 习题	196
第 15 章 Windows 2000 内部	197
15.1 Windows 2000	197
15.2 Windows 2000 体系结构	198
15.3 进程管理	201
15.4 存储管理	202
15.5 磁盘管理	204
15.6 文件管理	204
15.7 输入/输出管理器	206
15.8 注册表	208
15.9 小结	208
15.10 关键词	210
15.11 习题	210

第 16 章 UNIX 和 Linux	212
16.1 UNIX 系统	212
16.2 映像和进程	213
16.3 Shell	218
16.4 时间片和中断	218
16.5 存储管理	219
16.6 文件系统	220
16.7 UNIX 内部	223
16.8 Linux	224
16.9 小结	225
16.10 关键词	226
16.11 习题	227
第 17 章 传统 IBM 大型机操作原理	228
17.1 硬件环境	228
17.2 可编址存储器	228
17.3 程序状态字	229
17.4 物理 I/O 控制	233
17.5 中断	236
17.6 程序状态	244
17.7 例子	244
17.8 小结	246
17.9 关键词	247
17.10 习题	247
第 18 章 IBM MVS	249
18.1 传统 IBM 大型机操作系统	249
18.2 作业和任务管理	251
18.3 控制块	253
18.4 调度机制	254
18.5 外部设备分配	262
18.6 数据管理	264
18.7 系统生成	265
18.8 小结	265
18.9 关键词	266
18.10 习题	266
第 19 章 虚拟机	267
19.1 操作系统开发	267
19.2 VM 的结构	271
19.3 控制程序	272



19.4 优势和劣势	275
19.5 小结	275
19.6 关键词	276
19.7 习题	276

第五部分 网络

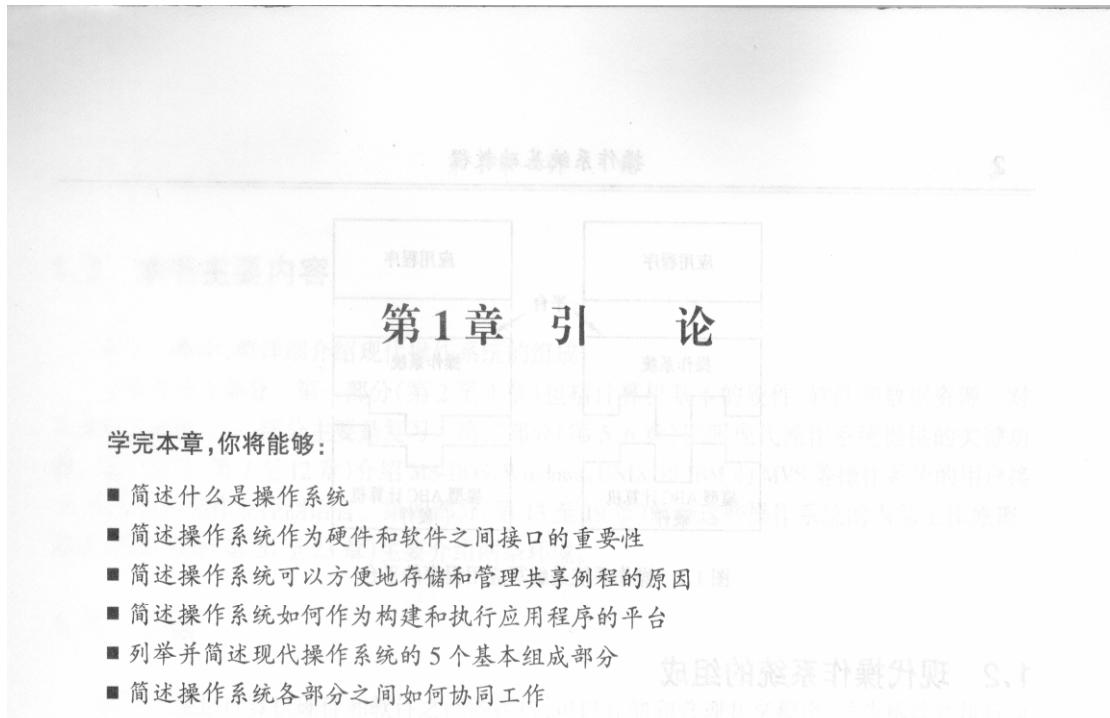
第 20 章 客户机/服务器操作系统	280
20.1 引言	280
20.2 通信体系结构	282
20.3 客户机/服务器系统	283
20.4 网络操作系统	284
20.5 传统服务	286
20.6 新兴的网络操作系统服务	288
20.7 数据库服务	289
20.8 Internet/Intranet 服务	289
20.9 管理服务	289
20.10 小结	290
20.11 关键词	291
20.12 习题	291
第 21 章 Novell NetWare	292
21.1 NetWare	292
21.2 文件系统	295
21.3 打印服务	296
21.4 Novell 目录服务	297
21.5 网络管理	298
21.6 使用 NetWare	298
21.7 小结	308
21.8 关键词	309
21.9 习题	310
第 22 章 Windows 2000 服务器	311
22.1 引言	311
22.2 网络协议	313
22.3 活动目录服务	314
22.4 文件服务	315
22.5 打印服务	316
22.6 Windows 2000 服务器管理	317
22.7 Windows 2000 服务器和客户版的使用	317
22.8 小结	329

22.9 关键词	329
22.10 习题	330
第 23 章 因特网	331
23.1 Internet 协议	331
23.2 应用协议	332
23.3 域名系统	334
23.4 动态主机配置协议	337
23.5 网络管理	337
23.6 Web 服务	338
23.7 Internet 犯罪	340
23.8 安全性	341
23.9 小结	343
23.10 关键词	344
23.11 习题	345
附录 A 数制、数据类型和代码	347
附录 B MS-DOS 命令小结	351
附录 C UNIX 命令小结	358

在计算机中,实现最基础的程序必须是与硬件无关的。通常,我们把这种程序称为系统程序。一个有利于应用软件与硬件之间沟通的系统程序的集合,就叫操作系统。由于其他软件都要在操作系统的控制下运行,所以操作系统是最重要的系统程序。对于编写程序来说,如果希望程序能直接与硬件打交道,这就需要程序的编写尽可能简单了。

操作系统提供了一系列关键的功能,例如,处理器与外部设备的通信、文件的存取、读取并执行用户指令、装入程序、复制文件、创建目录等。这些看起来很简单的任务,实际上是非常复杂的。因为这些功能对所有的程序都是通用的,所以就没必要在每个程序中都重复一遍实现这些功能的代码。由于所有应用程序都通过操作系统来使用硬件,也就成功地抽象出了各种从之到物理机的隔墙术。

不过这是虚幻的,不同厂商制造的计算机在外部设备和其他硬件连接方式上,使用的规则是不同的。这就使得每台计算机(或部件环境)上的程序在另一台计算机上无法运行。但是,如果这两台机器支持同样的标准,就可以运行相同的应用程序。这是因为虽然它们所使用的硬件结构不同,但它们运行的应用程序也可能很不一样。只是操作系统的与应用软件之间的接口是统一的,这样,只要为执行应用软件提供了一个稳定的平台(图 1-2),位于应用软件中的具体问题就由操作系统来完成,使得应用软件的设计者可以忽略各种硬件的细节了。



1.1 什么是操作系统

刚刚装配好还没有装入任何软件的计算机是无法工作的。它不能从键盘接收字符,不能在屏幕上显示数据,甚至不能启动一个应用程序,就更不用说执行程序了。硬件为用户提供了一个最不友好的接口,即使最熟练的程序员也很难与那些电子元件直接通信。

操作系统是一些存在于应用程序与硬件之间的系统程序的集合(图1.1)。所有其他软件都要在操作系统的控制下运行,一定得通过操作系统来使用硬件,而且必须遵守操作系统所制定的规则。操作系统是计算机硬件和软件之间的接口;因此,除非不得已,否则程序员和用户根本不用和硬件直接打交道,这就使程序的编写更加简单了。

操作系统程序提供了一系列关键的功能;例如,处理器与外部设备之间交换信息,接收并执行用户指令(装入程序、复制文件、创建目录等)。这些看似简单的工作,实际上是非常复杂的。因为这些功能对所有应用程序都是通用的,所以就没必要在每个程序中都重复一遍实现这些功能的代码。由于所有应用程序都通过操作系统来使用硬件,这就使操作系统成了各种共享例程理想的储藏处。

在硬件层面上,不同厂商制造的计算机在与外部设备和其他硬件进行通信时,使用的规则是不同的。这就使得为一台计算机(或硬件环境)编写的程序在另一台计算机上无法运行。但是,如果这两台机器支持同样的操作系统,它们就有可能运行相同的应用程序。这是因为,虽然它们的软件和硬件之间的接口不同,而且系统中与硬件进行直接交流的程序也可能很不一样,但是操作系统与应用程序之间的接口是完全相同的,这就为执行应用程序提供了一个稳定的平台(图1.2)。由于应用程序中所有与硬件之间的通信都由操作系统来完成,使得应用程序的设计者可以忽略各种硬件之间的差别。

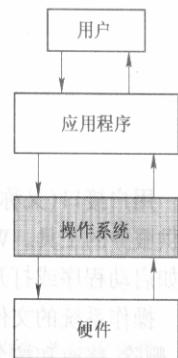
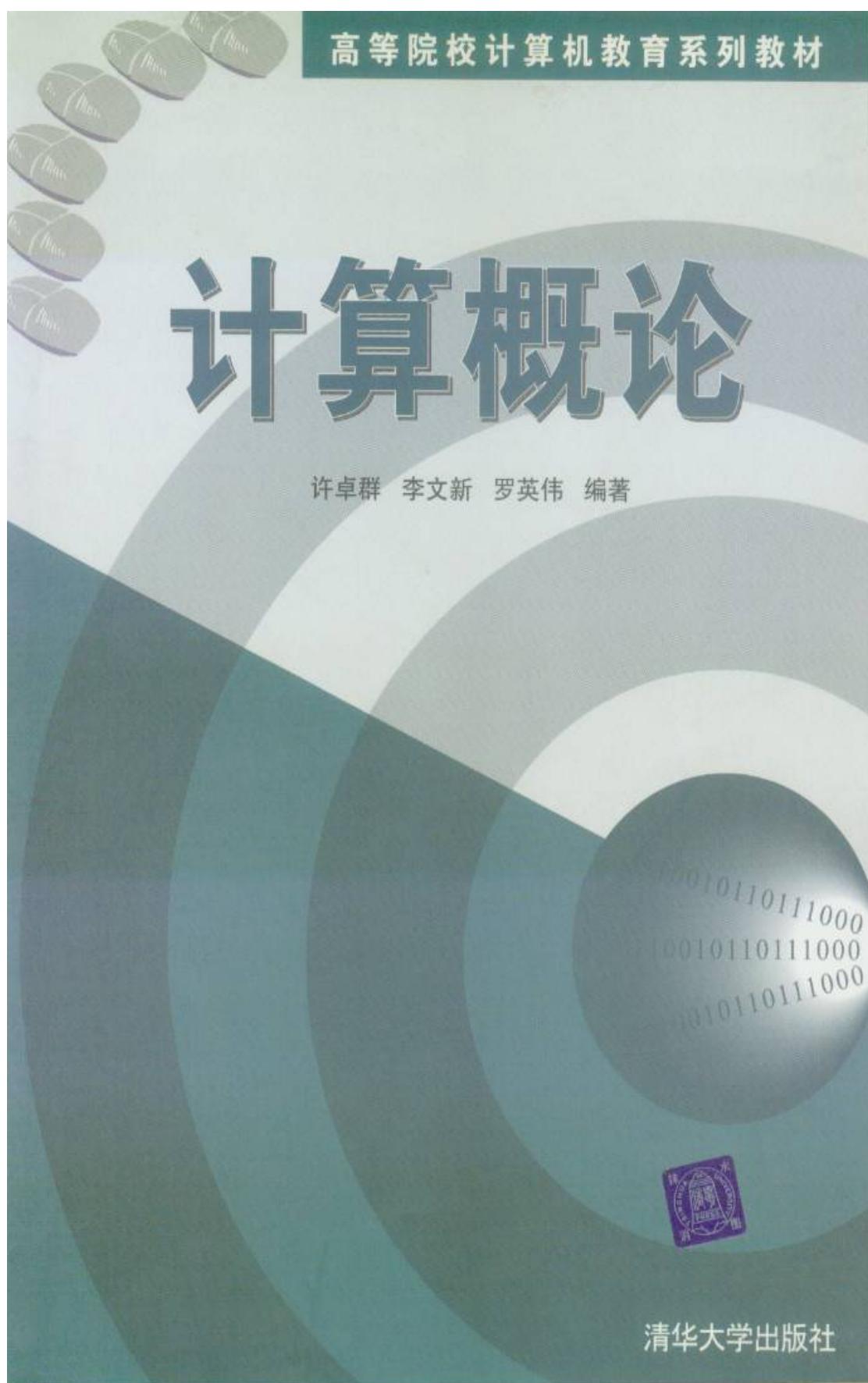


图 1.1 操作系统是应用程序与硬件之间的接口

8. 计算概论



内 容 简 介

本书是一本内容丰富、软硬件知识比较全面的计算机入门教材，对计算机和互联网技术的基础知识与技术原理有全面清晰的讲解。本书的重点不是放在计算机的具体操作说明上，也不是一般性地讲一些技术发展状况，而是把重点放在计算机技术基础和互联网技术基础上，包括它们的硬件软件组成、工作原理以及相关的基本概念，并结合具体的例子来分析讲解，努力用深入浅出的文字说明其基本原理。

本书的内容大致可分为四个方面：①信息技术发展概貌：介绍计算机和互联网络的技术进展，讨论基于因特网的 e 时代特点；讨论作为现代社会的成员应如何理解信息技术对日常生活无处不在的影响。②计算机互联网技术：介绍有线和无线通信网络的基本原理、因特网的组成和技术特点；介绍其主要应用。③计算机的组成原理：通过对图灵计算和“内存程序控制”原理的讲解，阐述 CPU 和数字存储设备的本质特征；介绍组成计算机的软硬件以及内部结构和工作原理；分析声音图像等多媒体信息的编码表示及相关的输入输出设备。④程序设计方法：介绍 C++ 语言和它的编程环境、程序设计的基本原理，编程解决一些有趣的竞赛问题。

本书适合作为大学理工专业的计算概论和计算机导论等计算机入门课程的教学用书。市场上计算机的书籍虽然多，但是真正合适的基础入门性质的书籍很少。应该说不论专业性质差异如何，每个大学生都非常需要一本全面介绍基础知识的教材。此外，对于想参与计算机和信息科学竞赛项目活动的人员，本书也是很好的参考书，它为每一个想灵活运用计算机和互联网技术的人提供了入门知识，为进一步提高打好基础。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算概论/许卓群，李文新，罗英伟编著.—北京：清华大学出版社，2005.3
(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 7-302-10292-9

I . 计… II . ①许…②李…③罗… III . 电子计算机—高等学校—教材 IV . TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 000676 号

出版者：清华大学出版社 地址：北京清华大学学研大厦

http://www.tup.com.cn 邮编：100084

社总机：010-62770175 客户服务：010-62776969

组稿编辑：王景先

文稿编辑：宋延清

封面设计：陈刘源

排版人员：王 婷

印刷者：北京市清华园胶印厂

装订者：三河市新茂装订有限公司

发行者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：21 字数：498 千字

版 次：2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

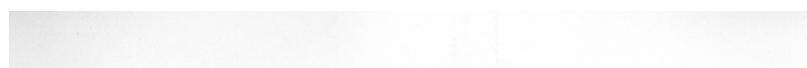
书 号：ISBN 7-302-10292-9/TP · 7011

印 数：1 ~ 5000

定 价：28.00 元

目 录	
第1章 人类进入e时代	1
1.1 信息社会的技术特征	1
1.1.1 因特网与信息社会的发展	2
1.1.2 计算机和信息技术	3
1.1.3 信息与比特	7
1.1.4 十进制、二进制、八进制与十六进制	9
1.2 计算机的主要特征	11
1.2.1 计算机的组成部件	12
1.2.2 内储程序控制原理	14
1.2.3 程序语言和计算机软件	15
1.3 国际互联网络的主要特征	17
1.3.1 互联网络是信息社会的基础设施	17
1.3.2 数字通信与网络互联	18
1.3.3 因特网及其特点	24
1.4 小知识	27
1.5 习题	28
第2章 放眼世界——互联网络与信息海洋	29
2.1 互联互通的计算机网络	29
2.1.1 计算机局域网和网际互连	29
2.1.2 互联网应用举例——电子邮件的收发过程	31
2.2 国际互联网的发展历史	33
2.3 因特网的通信协议及其基础设施	34
2.3.1 因特网通信协议	34
2.3.2 硬件互连和以太网	39
2.3.3 路由设备	44
2.4 互联网应用——文件传输、信息浏览和网络计算	47
2.4.1 客户端/服务器(Client/Server)	49
第3章 个人计算机的组成与操作系统	58
3.1 个人计算机硬件组成及其性能指标	58
3.1.1 主机	59
3.1.2 中央处理器(CPU)	59
3.1.3 主板	61
3.1.4 总线	61
3.1.5 芯片组	62
3.1.6 接口	63
3.1.7 主板的性能指标	64
3.1.8 存储设备：主存储器和外存储器	64
3.1.9 外设接插端口：适配器和驱动器	69
3.2 基本输入/输出设备	70
3.2.1 键盘和鼠标	71
3.2.2 显示器	72
3.3 通信设备	74
3.4 外围设备	75
3.4.1 打印机	76
3.4.2 绘图仪	77
3.4.3 液晶投影仪	79

3.4.4 手写板/图形输入板/ 数字化仪	80	3.14 计算机系统的协同工作	115
3.4.5 扫描仪/数码照相机/ 数码摄像机	81	3.15 习题.....	116
3.4.6 声卡/麦克风/音箱	83	1. 问答题.....	116
3.4.7 更多的外围设备.....	84	2. 上机练习题.....	116
3.5 网络计算机	85	第4章 人机互动——与计算机的 信息交流.....	117
3.6 个人计算机软件系统组成.....	85	4.1 计算机上的娱乐.....	117
3.6.1 系统软件	87	4.1.1 阅读与写作.....	117
3.6.2 应用软件	88	4.1.2 音乐.....	118
3.7 操作系统	89	4.1.3 图片.....	118
3.7.1 操作系统的引导 (开机引导).....	90	4.1.4 动画与电影.....	119
3.7.2 操作系统的功能.....	91	4.1.5 游戏.....	119
3.7.3 网络操作系统.....	98	4.1.6 互联网上的活动.....	120
3.7.4 操作系统实例.....	98	4.2 数字化原理——信息的编码.....	120
3.8 几种典型的应用软件—— 实用软件	102	4.2.1 指令的编码.....	121
3.9 科学软件	102	4.2.2 数值的表示范围和精度.....	121
3.10 文字处理和出版.....	104	4.2.3 字符编码.....	122
3.10.1 文字处理系统的 工作方式.....	105	4.2.4 颜色编码.....	125
3.10.2 电子出版物.....	106	4.2.5 声音编码.....	126
3.11 计算机辅助设计系统.....	107	4.2.6 图像编码.....	127
3.11.1 AutoCAD 系统	108	4.2.7 字符的字体和字型.....	128
3.11.2 计算机辅助电子设计	108	4.2.8 影像编码.....	129
3.12 地理信息系统.....	109	4.2.9 基本的编码规则.....	130
3.12.1 地理信息系统软件	110	4.3 计算机系统的信息交换环境	130
3.12.2 空间信息的查询—— 图文互查的综合查询	111	4.4 信息的输入.....	133
3.12.3 计算机自动绘制地图—— 辅助美观的专题地图.....	112	4.4.1 计算机信息输入的本质	133
3.12.4 GIS 与空间评价、空间规 划方法的结合	112	4.4.2 输入信息的分类	134
3.12.5 把 GIS 软件作为开发各种 城市信息系统的工具.....	113	4.4.3 信息的输入及设备	135
3.12.6 与遥感、全球定位系统 的结合	113	4.4.4 文本编辑器以及中文信息 的录入	139
3.13 软件的购买和安装.....	114	4.5 信息的输出.....	150
		4.5.1 计算机信息输出的本质	150
		4.5.2 信息的输出形式	151
		4.5.3 信息的输出及设备	151
		4.6 图形用户界面技术	155
		4.7 多媒体技术	157
		4.7.1 多媒体技术的基本概念	157
		4.7.2 多媒体信息的压缩编码	159



目 录

IX

4.7.3 多媒体应用软件——幻灯制作	162	5.7 习题	200
4.8 人机交互技术的发展	162	1. 问答题	200
4.9 习题	164	2. 上机练习题	200
1. 问答题	164		
2. 上机练习题	164		
第5章 信息的存储与管理	165		
5.1 计算机存储系统的层次结构	166		
5.2 磁盘、光盘、磁带和优盘的结构 特点和工作原理	169	6.1 有限状态自动机和图灵机	201
5.2.1 软盘	169	6.1.1 基本图灵机	201
5.2.2 硬磁盘	173	6.1.2 有限状态自动机	202
5.2.3 磁带及磁带机	175	6.2 计算机的核心： 中央处理器 CPU	204
5.2.4 光盘及光盘驱动器	177	6.2.1 CPU 的组成与内储程序 控制原理	204
5.2.5 优盘和闪存卡(Flash Memory + USB 接口)	178	6.2.2 指令工作周期	207
5.3 信息在外存储器中的组织—— 文件系统	180	6.2.3 程序中断	208
5.3.1 文件与文件系统	180	6.3 主存储器	209
5.3.2 文件的存储方式和 访问方式	181	6.3.1 存储单元	209
5.3.3 文件和目录	182	6.3.2 主存储器的组成	210
5.3.4 目录结构下的文件访问	184	6.3.3 存储总线与数据传输	211
5.3.5 文件系统的维护	185	6.4 指令系统	212
5.3.6 DOS 文件系统及 Windows 系统中的文件 目录操作	186	6.4.1 指令系统	212
5.3.7 Windows 系统中的 文件目录操作	190	6.4.2 整数和浮点数的机器表示	214
5.3.8 在应用软件中使用 文件操作命令	192	6.4.3 算术运算和逻辑运算	214
5.4 数据库系统	194	6.5 程序的几种基本控制结构	215
5.4.1 文件中的数据组织和 操作	195	6.5.1 算法的特点	216
5.4.2 数据库和数据库 管理系统	196	6.5.2 三种程序控制结构	216
5.4.3 数据仓储技术	198	6.6 习题	219
5.5 文件的网络传输	199	1. 思考题	219
5.6 文件与应用软件	199	2. 上机练习题	220

第6章 CPU 芯片不停地计算	201
6.1 有限状态自动机和图灵机	201
6.1.1 基本图灵机	201
6.1.2 有限状态自动机	202
6.2 计算机的核心： 中央处理器 CPU	204
6.2.1 CPU 的组成与内储程序 控制原理	204
6.2.2 指令工作周期	207
6.2.3 程序中断	208
6.3 主存储器	209
6.3.1 存储单元	209
6.3.2 主存储器的组成	210
6.3.3 存储总线与数据传输	211
6.4 指令系统	212
6.4.1 指令系统	212
6.4.2 整数和浮点数的机器表示	214
6.4.3 算术运算和逻辑运算	214
6.5 程序的几种基本控制结构	215
6.5.1 算法的特点	216
6.5.2 三种程序控制结构	216
6.6 习题	219
1. 思考题	219
2. 上机练习题	220

第7章 程序设计语言和编程环境	221
7.1 机器语言	221
7.1.1 数制转换	221
7.1.2 机器指令	222
7.1.3 机器指令的执行过程	223
7.2 汇编语言	223
7.2.1 简单算术运算	223
7.2.2 累加运算	225
7.2.3 求最大值	227
7.3 高级程序设计语言	229

7.3.1 FORTRAN.....	230	8.6.1 变量的命名.....	259
7.3.2 COBOL.....	231	8.6.2 语句的层次和对齐.....	259
7.3.3 BASIC.....	231	8.6.3 注释.....	260
7.3.4 Pascal.....	231	8.6.4 写程序的一些禁忌.....	260
7.3.5 C 和 C++.....	232	8.7 几个例子程序.....	262
7.3.6 Ada.....	233	8.7.1 银行账户结余.....	262
7.3.7 Java.....	233	8.7.2 生理周期运算.....	263
7.4 Visual C++ 6.0 编程环境.....	234	8.8 习题.....	264
7.4.1 Visual C++ 6.0 编程环境的基本功能简介.....	234	1. 问答题.....	264
7.4.2 使用 Visual C++ 6.0 编程环境进行编程的一般过程.....	238	2. 求表达式的值.....	264
7.5 小结.....	240	3. 编程解决问题.....	265
7.6 习题.....	240	第 9 章 复合数据类型与问题求解.....	266
1. 简答题.....	240	9.1 一维数组.....	266
2. 上机练习题.....	241	9.1.1 数组的定义.....	266
第 8 章 程序设计导引.....	243	9.1.2 数组的赋值.....	267
8.1 程序的基本框架.....	243	9.1.3 数组的访问和遍历.....	268
8.2 变量、常量和数据类型.....	244	9.1.4 求解例 9.1 的奖金问题.....	268
8.2.1 变量.....	244	9.2 结构(记录).....	269
8.2.2 常量.....	247	9.2.1 结构类型和结构类型变量.....	269
8.2.3 数据类型.....	248	9.2.2 结构类型变量的访问.....	271
8.3 算术表达式.....	248	9.2.3 求解例 9.2 的救援问题.....	272
8.3.1 算术运算符.....	248	9.3 指针/动态数组.....	273
8.3.2 数据类型转换.....	249	9.3.1 指针.....	273
8.3.3 运算符的优先级和结合性.....	250	9.3.2 动态数组的申请.....	275
8.4 指令流的控制: 顺序、分支和循环.....	250	9.3.3 动态数组的访问与赋值.....	275
8.4.1 语句和语句组.....	251	9.3.4 动态数组空间的释放.....	276
8.4.2 分支语句.....	251	9.4 初等算法.....	277
8.4.3 循环语句.....	253	9.4.1 计数.....	278
8.5 控制台输入和输出.....	257	9.4.2 统计.....	279
8.5.1 数据输入.....	257	9.4.3 数学运算.....	280
8.5.2 数据输出.....	257	9.4.4 简单的模拟题.....	281
8.5.3 一个包含输入输出语句的完整程序.....	258	9.5 排序.....	282
8.6 程序风格.....	259	9.5.1 起泡排序.....	282
		9.5.2 插入排序.....	285
		9.5.3 排序的例题.....	285
		9.6 查找.....	288

目录

XI

9.6.1 顺序查找	288	10.2.2 函数的调用	298
9.6.2 二分法查找	288	10.3 参数传递和返回值	299
9.7 文件输入输出	289	10.3.1 值参	299
9.7.1 创建文件	289	10.3.2 形参	301
9.7.2 打开和关闭文件	290	10.3.3 返回值	304
9.7.3 从文件中读入数据	290	10.4 全局变量和局部变量	304
9.7.4 将数据写入文本文件	291	10.4.1 全局变量	304
9.7.5 格式化文件输入输出	292	10.4.2 局部变量	305
9.7.6 格式化文件输入输出 例题	293	10.4.3 变量的作用域	305
9.8 习题	294	10.5 递归调用	306
1. 简答题	294	10.6 快速排序	312
2. 上机编程题	294	10.7 经典实例	313
第 10 章 函数与结构化设计	296	10.8 习题	315
10.1 分治思想	296	1. 简答题	315
10.2 函数	297	2. 上机实习题	316
10.2.1 函数的定义	298	参考文献	319

图 1-1 程序设计模块和进阶模块

图 1-1 中指带箭头的连线描绘了“程序设计”模块与“进阶模块”的关系。活动或工作单位，通过形象地对项目任务的分类来构建一个整体。每一个模块都有自己的含义，其中也包含了项目之间的关系。

是否完全无误的校验工作：每当一个数据包发出之前，发送方的通信软件要对数据包内全部数据进行“奇偶校验”运算，这是一种二进制“异或”运算，计算结果称为“奇偶校验和”，被附加到数据包上一起发送出去。当数据包传送到目的地时，它的通信软件会自动进行类似的奇偶校验运算，计算出新的奇偶校验和并把它与数据包中校验和比较，如果不一致就说明数据传输中数据内容或附加校验和这两者之中必有一个出了错。此时，一般采取让发送方再重发一次的办法。这种奇偶校验法是互联网提高数据传输可靠性的基本措施之一。

2.2 国际互联网的发展历史

因特网技术的发展历史可以远追溯到 20 世纪 60 年代(1961—)，其发端可以追溯到 ARPANET 网络研究项目的前后。

1. 因特网发展的初期

欧美若干先驱者提出了计算机网络的概念。麻省理工学院(MIT)的一些学者和欧洲一些学者都提出了计算机互联回话和计算机网络应用等设想，并开展了数据包交换的通信可行性研究。当时在通信方面，可以利用的传统技术是采取端对端连接：用电线连接计算机的输入输出端口，同步地进行两端口间比特数据的收与发。这类似于电话通信，“一次一线”的线路交换方式(Circuit Switching)。MIT 的 L.Kleinrock 在 1961 年为探索新的计算机通信方式，发表了第一篇采取包交换(packet switching)通信的论文。他提出了计算机参与数据包异步收发，让同一互联线上容纳多个计算机同时提出交换数据包的要求。在技术原理上，这样做可以更高效地利用计算机及其互联线路。1967 年美国政府支持了著名的 ARPANET 计算机网络研究计划。在当时这算得上是一个相当宏伟的研究计划：把横跨大陆的若干大学和若干国家级研究所内建立的计算机网络远距离地连接起来。虽然当时远距连接手段还很局限，ARPANET 网的通信带宽指标当时仅为 50Kbps(数据包交换)。当时直接的应用目标是让研究所的科学家们受益，他们通过计算机网络可以使用远端的计算设备和科学实验数据等信息资源。远距离的信息交换也能加强科学家在相关领域的合作。到 1969 年已经有四个大学的计算机和计算机网络参与了进来，使 ARPANET 成为名副其实的网际网。到 1972 年，为了让网际网能够开放式地接纳更多的计算机网络，把技术规格不同的计算机网络在因特网名义下互联互通，需要为它制定互联扩展的技术路线。很幸运的是，因特网在开始阶段就有了一个非常开放的设想。卡恩(Kahn,1972)提出了网际互联互通的通信协议设想，尽量不对参与互联的各种可能的计算机网络类型做技术限制，既不限制其组成的通信线路和通信设备类型，也不对网络的运行技术细节作过多限制。三十余年来，ARPANET 的发展历史说明其基本设想是成功的，虽然也经历了一些曲折，但其目标一直得到政府的坚定支持和工业界的积极参与。正是这数十年坚持不懈的投资和孜孜以求的研究工作产生了全球互联网历史性发展和世界范围的应用。

2. 因特网建设高速主干基础设施

在 20 世纪后期，计算机网络经历的重要发展有：70 年代发明电子邮件(1972)，在随

后 10 年间它是网络最为显著的应用：发明以太网技术(Ethernet，施乐研究中心)，它最终发展为局域网的主流技术(局域网标准 IEEE 802.3)；1974 年 Cerf 和 Kahn 发表了里程碑式的论文，提出了 TCP/IP 通信协议，其中很多思想是现代 IP 网络的基础。20 世纪 80 年代是微型计算机和局域网(LAN)大发展的年代，与此同时美国 NSF 基金会支持建立了全国范围的高速主干网。大约在此前后，我国也开始了由国家支持的科学教育网络实验，逐步扩展为分布在若干大城市的网络基础设施，和国际互联网连通。1989 年 T.B.Lee (MIT)发明了网页浏览新技术(World Wide Web，简称 Web，又称万维网)，发明了应用层通信协议 HTTP 和相关的网页语言 HTML。20 世纪 90 年代，各国兴起了建设国家信息基础设施的潮流，互联网逐渐成为人们日常生活的必需。随着互联网应用日益广泛，在技术上寻求互联网络与电信、电视以及家用电器联网等的融合，无线通信网络和光纤通信网络的融合，人们的日常生活中计算机互联网络将无处不在。

2.3 因特网的通信协议及其基础设施

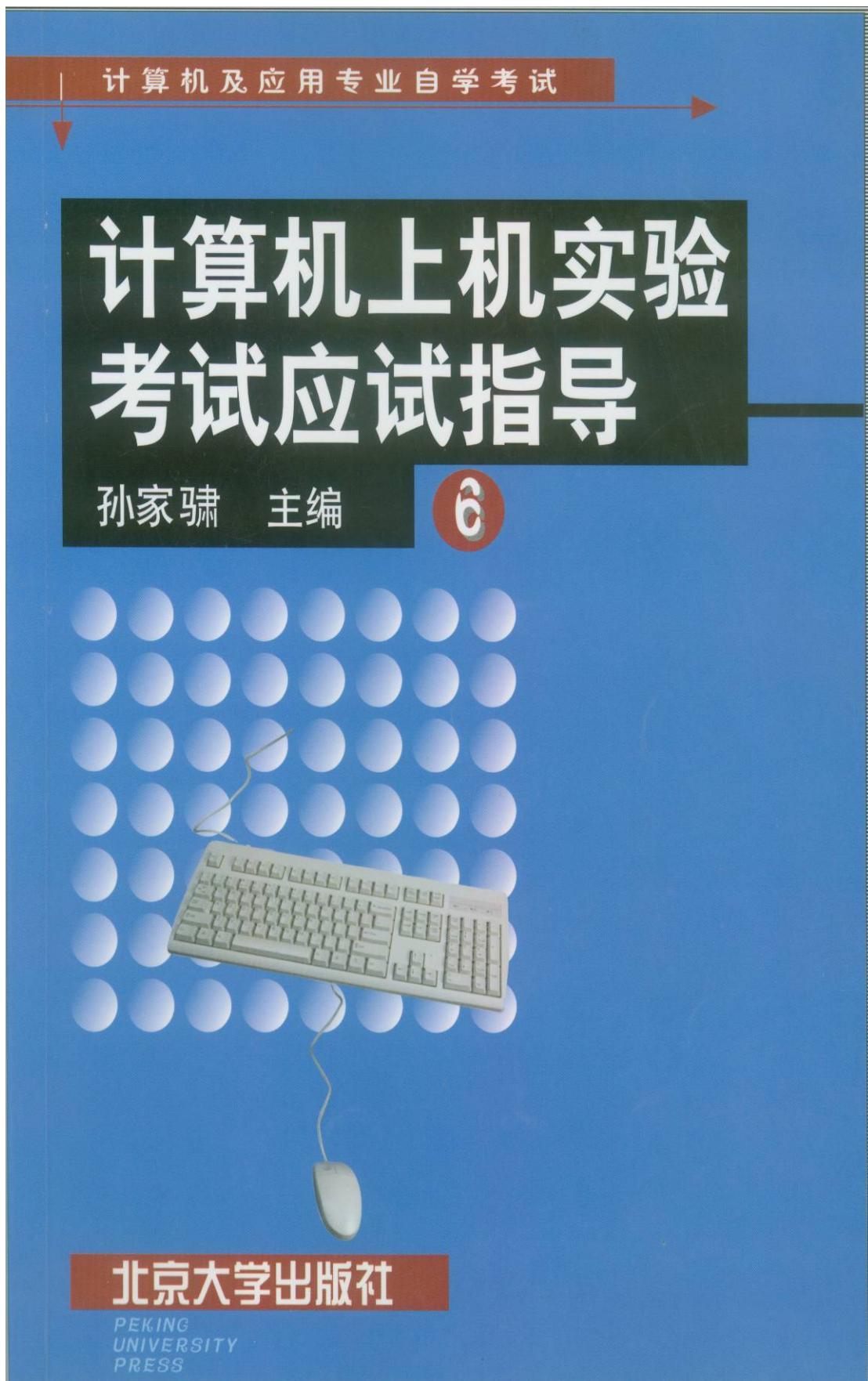
计算机互联网络是计算机和数字通信两者紧密结合的产物，而数字通信技术是计算机间实现互联互通的技术基础之一。从一般的通信技术来看，远在计算机网络普及之前，利用电子技术实现通信已经有相当长远的历史。电信业利用电磁波实现有线的或无线的通信就是常见的例子。在过去，它们的发展和计算机技术是独立的，但是近年来计算机网络和电信、广播的通信技术已经逐步紧密结合，通信所采用的技术和计算机紧密结合在一起，而计算机的应用，特别是计算机网络的广泛应用也离不开通信行业。

2.3.1 因特网通信协议

因特网通信协议(Internet Communication Protocol)是一组通信协议的统称，它们规定参与通信各方的计算机及其上的软件，如何在互联互通中遵循通信规则和行动规则。前面提到过的数据包的路由转送、奇偶校验等涉及比较细节的规定，其中有些事情需要网络路由器设备配合完成，属于较低层次的协议。而以前提到过的邮件服务器，它所关心的是应用层的通信协议(如 SMTP)。这些通信协议全部由国际互联网标准组织负责，该组织的学名为互联网工程任务组(the Internet Engineering Task Force, IETF)，它的工作几乎包括了因特网建设所有的标准。除了这一组通信协议之外，电信广播领域有一组比较适合用于传输电视和音像数据流的网络通信协议(ATM 协议)，目前它和 TCP/IP 协议有了很妥善的配合。

图 2.4 描绘了互联网上计算机协同工作的一般模式。为了协同完成应用任务，计算机 A 的应用软件启用一个应用进程(图中最左部方框)，计算机 B 上也相应地启用 B 机的应用进程(图中最右部方框)，它们能够通过消息收发来实现 A,B 两者协同工作。在第 2.4 节将具体介绍几种典型的应用和它们所提供的信息服务特点。互联网通信协议规定，视频网络的应用需要一台计算机上可以启用多个应用进程(运行的程序)，它们大体上都是按照图 2.4 的工作方式进行。应用进程收发消息必须通过各自计算机的 TCP/IP 通信进程(请见后续对 TCP/IP 的说明)转发。换句话说，当 A 需要发消息给 B 时，A 的应用进程通过自己

9. 计算机上机实验考试应试指导



内 容 简 介

本书是高等教育自学考试计算机与应用等专业上机实验考试的应试指导用书。书中详细地介绍和讲解了计算机应用专业的 11 门上机实验考试(模拟电路与数字电路、计算机应用技术、汇编语言程序设计、高级语言程序设计、微型计算机及其接口技术、数据库及其应用、数据结构、面向对象程序设计、操作系统、数据库原理、软件工程)的基本要求、上机考试的计算机环境、上机操作步骤、解题基本方法、题例详细解析以及常见错误原因分析等。本书是帮助广大考生朋友做好上机实验考试准备的好帮手。

图书在版编目(CIP)数据

计算机上机实验考试应试指导/孙家骥主编. —北京: 北京大学出版社, 2003.3

计算机与应用专业自学考试用书

ISBN 7-301-06212-5

I . 计… II . 孙… III . 电子计算机 - 高等教育 - 自学考试 - 自学参考资料 IV . TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 016345 号

书 名: 计算机上机实验考试应试指导

著作责任者: 孙家骥主编

责任 编辑: 沈承凤

标 准 书 号: ISBN 7-301-06212-5/TP·0708

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村 北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电 子 信 箱: zupu@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038

排 版 者: 兴盛达打字服务社 82715400

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.125 印张 427 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

第1章 模拟电路与数字电路	第2章 计算机应用技术	第3章 汇编语言程序设计	第4章 高级语言程序设计	第5章 微机原理及接口技术	第6章 数据库及其应用
1.1 基本要求	2.1 计算机的使用和维护	3.1 基本要求	4.1 基本要求	5.1 基本要求	6.1 基本要求
1.2 题例解析	2.2 Windows 98 的使用	3.2 实验考试上机操作步骤	4.2 上机操作步骤	5.2 上机操作步骤	6.2 上机操作步骤
附录 集成电路型号及管脚图	2.3 Windows 98 中文输入	3.3 解题方法、思路	4.3 解题基本方法	5.3 题例解析	6.3 解题基本方法
	2.4 文件管理	3.4 题例解析	4.4 题例解析	5.4 常见错误分析	6.4 题例解析
	2.5 定制 Windows 98	3.5 常见错误分析及解决办法	4.5 常见错误分析		
	2.6 文字处理软件 Word 的使用				
	2.7 表格处理软件 Excel 的使用				
第1章 模拟电路与数字电路	第2章 计算机应用技术	第3章 汇编语言程序设计	第4章 高级语言程序设计	第5章 微机原理及接口技术	第6章 数据库及其应用
1.1 基本要求	2.1 计算机的使用和维护	3.1 基本要求	4.1 基本要求	5.1 基本要求	6.1 基本要求
1.2 题例解析	2.2 Windows 98 的使用	3.2 实验考试上机操作步骤	4.2 上机操作步骤	5.2 上机操作步骤	6.2 上机操作步骤
附录 集成电路型号及管脚图	2.3 Windows 98 中文输入	3.3 解题方法、思路	4.3 解题基本方法	5.3 题例解析	6.3 解题基本方法
	2.4 文件管理	3.4 题例解析	4.4 题例解析	5.4 常见错误分析	6.4 题例解析
	2.5 定制 Windows 98	3.5 常见错误分析及解决办法	4.5 常见错误分析		
	2.6 文字处理软件 Word 的使用				
	2.7 表格处理软件 Excel 的使用				

6.5 常见错误分析	(135)
第 7 章 数据结构	(138)
7.1 基本要求	(138)
7.2 上机操作步骤	(139)
7.3 上机考试解题过程	(140)
7.4 题例解析	(140)
7.5 常见错误分析	(158)
第 8 章 面向对象程序设计	(160)
8.1 基本要求	(160)
8.2 上机操作步骤	(161)
8.3 解题基本方法	(161)
8.4 例题解析	(164)
第 9 章 操作系统	(183)
9.1 基本要求	(183)
9.2 上机操作基本要求	(185)
9.3 解题基本方法	(186)
9.4 题例解析	(187)
9.5 模拟文件系统的另一种解决方案	(203)
9.6 上机考试时常见的问题	(220)
9.7 检查程序的依据及评分标准	(220)
第 10 章 数据库原理	(221)
10.1 实验目标.....	(221)
10.2 实验环境.....	(221)
10.3 实验内容.....	(221)
10.4 上机实验练习.....	(248)
第 11 章 软件工程	(251)
11.1 基本要求.....	(251)
11.2 基本内容.....	(251)
11.3 上机试题样例及参考答案.....	(256)

第1章 模拟电路与数字电路

1.1 基本要求

1. 实验目的

《模拟电路与数字电路》这门课是关于计算机硬件的基础课,具有很强的实践性。通过实习,不仅可以验证和巩固课堂上学到的理论知识,同时还加强和开拓了课堂的教学内容,在为学生提供一个动手实践机会的同时,培养学生进行科学实验以及实际操作的初步技能。目前只进行《逻辑电路的实验》。

2. 实验步骤和要求

- (1) 根据题目要求建立描述事务的真值表。
- (2) 由真值表得出逻辑函数表达式,同时,用卡诺图或者公式法将输出函数化简为与题目指定使用的逻辑器件一致的形式。
- (3) 画逻辑图。
- (4) 连线,操作并记录实验结果。
- (5) 讨论和回答问题。

3. 实验内容

出题范围包括组合电路、时序电路,如:算术逻辑运算部件、代码转换电路、译码器、比较器、检测器、模 N 的计数器等;使用的器件是中、小规模集成电路:二输入与非门 74LS00、非门 74LS04、二输入与门 74LS08、二输入或门 74LS32、异或门 74LS86、4D 触发器 74LS175、3~8 线译码器 74LS138 和四位二选一选择器 74LS157 等。第 6 页给出了部分逻辑电路的管脚图,学生可以模仿例 1、例 2 对你设计的逻辑电路图画出对应的接线图,使实验的准备工作更充分些。

4. 实验考试纪律

- (1) 要求考生带准考证和笔准时入场,30 分钟内不得离开考场,迟到 30 分钟不得进入考场;
- (2) 考生进考场后,教师发给答题纸和集成电路管脚图。考试前先练习,由教师指导考生识别各种逻辑器件和使用实验装置;后出题,由考生独立完成。考试成绩在考试结束后由主考院系自考办公布。
- (3) 遇到实验设备有故障或其他问题和要求,考生应举手请示教师,千万不要自己动手拆设备,以免不安全的事情发生。
- (4) 教师和考生应共同维持好考场秩序,教师有权制止大声喧哗、打手机及一切不文明行

为,考生夹带书本、递条子、交头接耳说悄悄话等行为都将视为违反考场纪律,不仅没有成绩,还会受到北京市自考办公室的严肃处理。

5. 实验设备介绍

实习所用设备是清华大学校办工厂生产的 TPE-D 型数字逻辑实验箱,面板布局如图 1.1 所示。

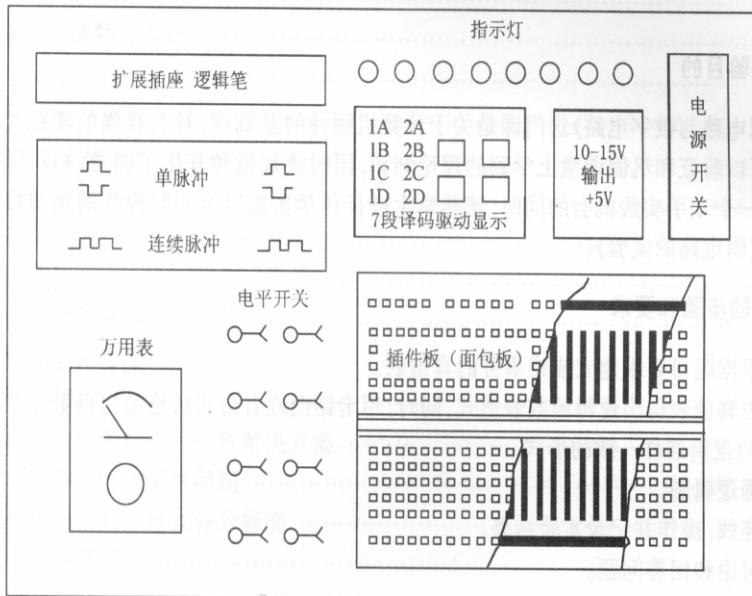


图 1.1 逻辑实验箱面板

各部分功能是:

(1) 面包板——固定芯片和连线,同一列的 5 个孔底下由接触簧片连接着同一个信号,不同的列是不同的信号。此外,从面包板解剖图可见,每块面包板上下各一行插孔,上面的一行接电源 5V,下面的一行接地,为集成电路芯片提供电源。

(注意:面包板接触不好是最大的隐患)

(2) 电平开关——提供输入的逻辑信号,开关向上拨动输出高电平表示“1”信号,向下拨动输出低电平表示“0”信号。

(3) 指示灯——显示逻辑电路的输出,灯亮表示“1”,灯灭表示“0”。

(4) 数码管——内部配有显示译码器,当输入 DCBA 表示的 BCD 码时,显示对应的十进制数,输入信号 DCBA 中“D”是高位,“A”是低位。

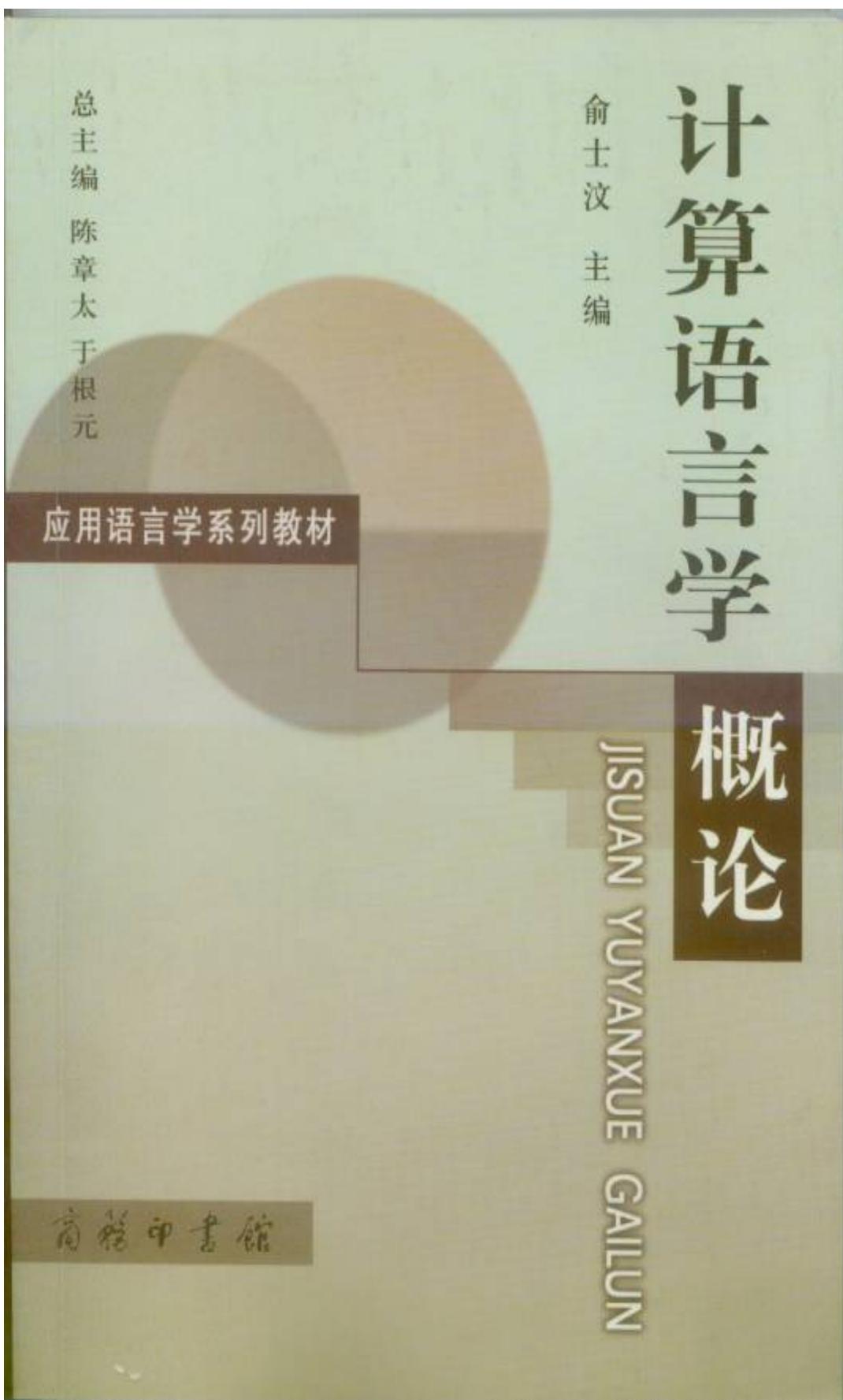
(5) 逻辑笔——用来测试某点电平,高电平“1”态红灯亮;低电平“0”态绿灯亮。

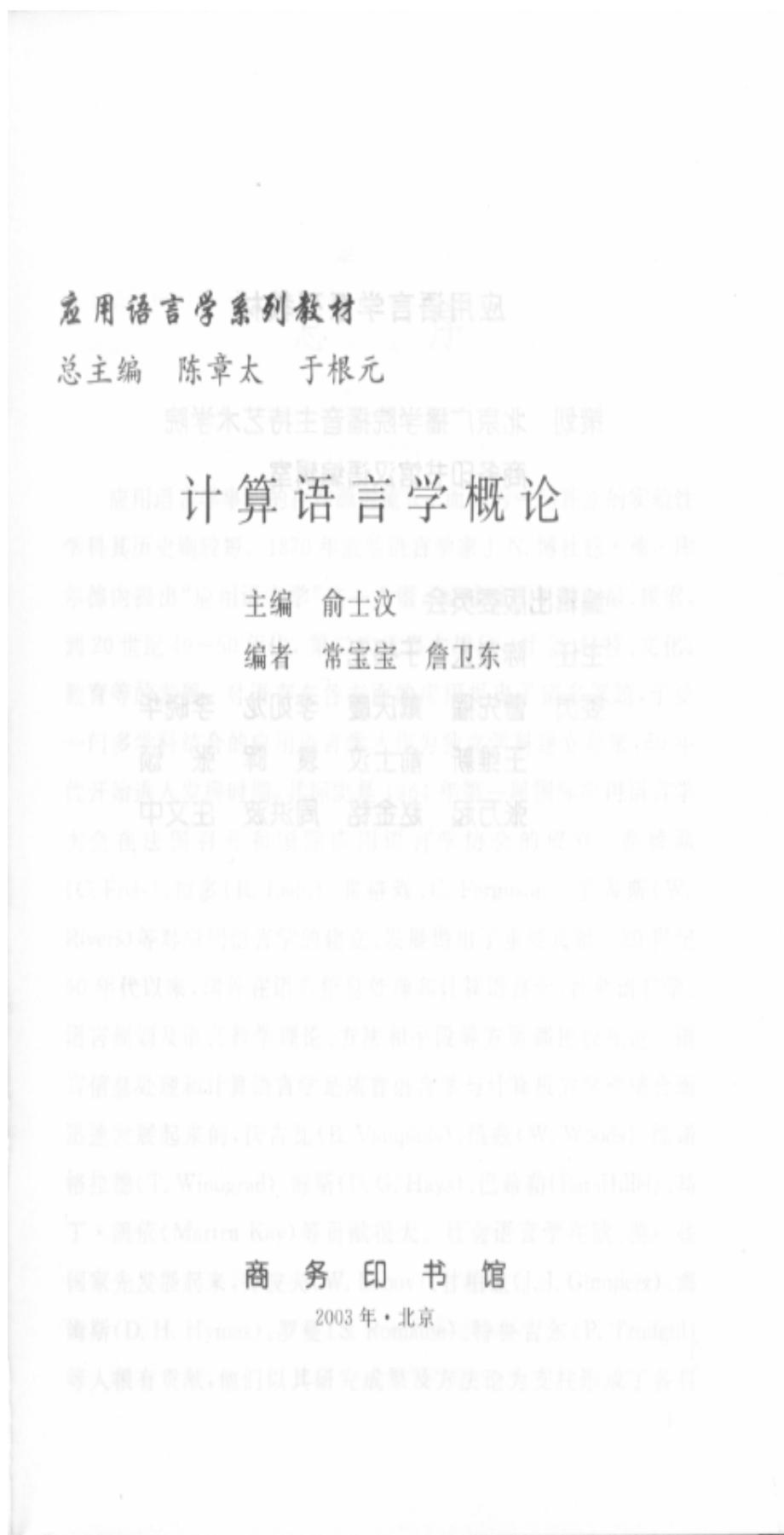
(6) 脉冲——提供单脉冲和连续脉冲两种脉冲。

1.2 例题解析

【例 1.1】 用与非门 74LS00 和异或门 74LS86 设计一位全加器。

10. 计算机语言概论





目 录

051	· · · · · 主题外闻 · 第三集
101	· · · · · 教学文稿 · 第四集
051	· · · · · 小结 · 第五集
051	· · · · · 附录 · 第六集
071	· · · · · 基本概念 · 第一章
第一章 绪论:什么是计算语言学 1	
092	第一节 计算语言学的研究对象 2
012	第二节 计算语言学的研究方法 9
102	第三节 计算语言学的实际应用 12
182	第四节 小结 14
第二章 语言知识的形式化表达 16	
025	第一节 语言与语言知识 16
112	第二节 形式化表达手段 24
102	第三节 语法知识的形式化表述理论体系 39
025	第四节 语义知识的形式化表述理论体系 53
022	第五节 语篇知识的形式化表述理论体系 66
082	第六节 小结 72
第三章 语料库:语言知识的另一种表示形式 76	
102	第一节 语料库研究概况 76
022	第二节 语料的收集与加工 83
022	第三节 语料库的应用 99
102	第四节 小结 108
第四章 词法分析 110	
022	第一节 概述 110
022	第二节 “词”的识别 113

第三节	词性标注.....	135
第四节	词义标注.....	154
第五节	小结.....	170
第五章	句法分析.....	173
第一节	句法分析导引.....	173
第二节	广义 LR 分析算法.....	182
第三节	基于线图的分析技术.....	205
第四节	其他句法分析技术.....	214
第五节	小结.....	234
第六章	机器翻译.....	237
第一节	机器翻译概述.....	237
第二节	基于规则的机器翻译.....	250
第三节	基于语料库的机器翻译以及 混合式机器翻译.....	261
第四节	机器翻译的困难、对策和评价	275
第五节	小结.....	285
第七章	面向文本的智能信息处理.....	288
第一节	信息检索.....	288
第二节	信息提取.....	307
第三节	文本自动分类.....	323
第四节	小结.....	338
术语表		341
后记		355

第三节 词性标注.....	135
第四节 词义标注.....	154
第五节 小结.....	170
第五章 句法分析.....	173
第一节 句法分析导引.....	173
第二节 广义 LR 分析算法.....	182
第三节 基于线图的分析技术.....	205
第四节 其他句法分析技术.....	214
第五节 小结.....	234
第六章 机器翻译.....	237
第一节 机器翻译概述.....	237
第二节 基于规则的机器翻译.....	250
第三节 基于语料库的机器翻译以及 混合式机器翻译.....	261
第四节 机器翻译的困难、对策和评价	275
第五节 小结.....	285
第七章 面向文本的智能信息处理.....	288
第一节 信息检索.....	288
第二节 信息提取.....	307
第三节 文本自动分类.....	323
第四节 小结.....	338
术语表.....	341
后记.....	355

来了。

以上简要说明了跟计算语言学有着这样那样联系的不同术语的所指为何。不同名称的存在，自有其研究内容本身或不同时代人们认识上差异的原因，而通过本书各章对计算语言学研究内容的详细介绍，可以帮助读者更为准确地把握这类“名实之辨”的问题。

第二节 计算语言学的研究方法

概括而言，计算语言学的研究方法可以区分为规则方法和统计方法两大类。在计算语言学的发展历史中出现过的各种具体的自然语言处理方法基本上都可以归入这两类中的一类或是这两类方法的融合。同时，在对各个不同层面的语言对象的处理中发展出来的不同方法，也同样可用上述这两大类方法去加以区分。

那么，什么是规则方法，什么又是统计方法呢？回答这两个问题，最好是从了解计算语言学的一般研究模式（或研究过程）开始。

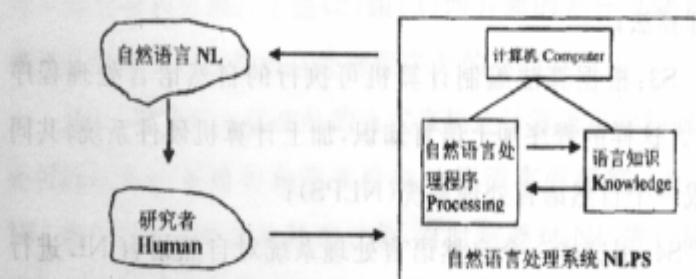


图 1-2 计算语言学的一般研究模式图解

图 1-2 至少传达了两层含义：

- (1) 静态地看,计算语言学研究中涉及五大主要因素,包括:
- I. 自然语言 NL(包括语音、词汇、句法、语义、语用、篇章等);
 - II. 研究者 H(计算语言学家、程序员、数学家、语言学家、逻辑学家等);
 - III. 关于自然语言的知识 K(包括有关自然语言的各个方面知识);
 - IV. 计算机 C(包括硬件、操作系统以及其他相关的应用程序平台);
 - V. 自然语言处理程序 P(包括算法/以程序设计语言实现的程序)。
- (2) 动态地看,计算语言学研究的一般过程可以描述为四个主要阶段:
- S1:研究者以特定的方式对自然语言(NL)的规律进行抽象,以计算机能够处理的形式来表述关于自然语言的规律——得到所谓的语言知识 K;
 - S2:针对特定的语言知识表示形式,研制适合的分析和处理算法;
 - S3:根据算法编制计算机可执行的自然语言处理程序(P)。这样的程序加上语言知识,加上计算机硬件系统,共同构成一个自然语言处理系统(NLPS);
 - S4:用这样一个自然语言处理系统对自然语言 NL 进行分析处理,根据反馈的结果调整原来的设计,改进 NLPS。
- 基于上述认识框架,所谓规则方法和统计方法的主要区别可以描述为:

(1) 规则方法和统计方法在如何认识 K, 以及如何表示 K 上存在不同: 规则方法主张以建立形式化知识系统的方式来表述 K; 统计方法则主张搜集实际的语言材料形成语料库, 将语料库本身视作 K。这样的 K 是统计意义上的知识。

(2) 规则方法和统计方法在如何得到 K 上存在不同: 前者通常采用所谓内省(也不排除使用小规模的语料)方式来检验、调整、改进 K, 使得 K 在自然语言处理系统中能有更出色的表现; 后者通常通过构造统计模型, 由计算机对语料库中的语言现象进行统计, 得到统计规律意义上的 K。

(3) 规则方法和统计方法在如何使用 K 来构造 NLPS 上存在不同: 规则方法自 20 世纪 70 年代以来发展出许多比较成熟的算法技术, 包括在处理上下文无关语法中实际使用较广泛的 Tomita 算法、基于合一的线图分析方法等。统计方法自 20 世纪 80 年代中后期以来逐渐为人们所关注, 发展出基于隐马尔可夫模型的自然语言处理算法, 如 Viterbi 算法, 基于转换的错误驱动的自然语言知识学习方法等。

以上是从 K 来看两种方法的区别, 但同时也应该注意到, K 与 P 是紧密相连的。上述(2)跟(3)两方面的差异也就意味着两种方法下构造的自然语言处理程序 P 的不同。

此外, 除了以上述两分的方式来描述计算语言学的研究方法, 还可以从不同策略的角度来看待计算语言学研究。比如: 由于 NL_o 是一个非常复杂的处理对象, 有时需要对 NL_o 进行简化处理得到一个所谓受限的自然语言对象 NL'_o, 来降低处理的难度。这也就是所谓受限自然语言(controlled-language)的研究。

11. 计算机语言学前瞻



图书在版编目(CIP)数据

计算语言学前瞻/俞士汶、黄居仁主编. —北京:商务印书馆, 2005
ISBN 7-100-04393-X

I. 计… II. ①俞… ②黄… III. 计算语言学—国际学术会议—文集 IV. H087-53

中国版本国书 CIP 数据核字(2005)第 010588 号

所有权利保留。

未经许可, 不得以任何方式使用。

JÍSUÀN YÜYÁNXUÉ QIÁNZHĀN

计算语言学前瞻

俞士汶 黄居仁 主编

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街36号 邮政编码 100710)

商 务 印 书 馆 发 行

北京瑞古冠中印刷厂印刷

ISBN 7-100-04393-X/H·1103

2005 年 8 月第 1 版 开本 850×1168 1/32

2005 年 8 月北京第 1 次印刷 印张 8 1/8

印数 4 000 册

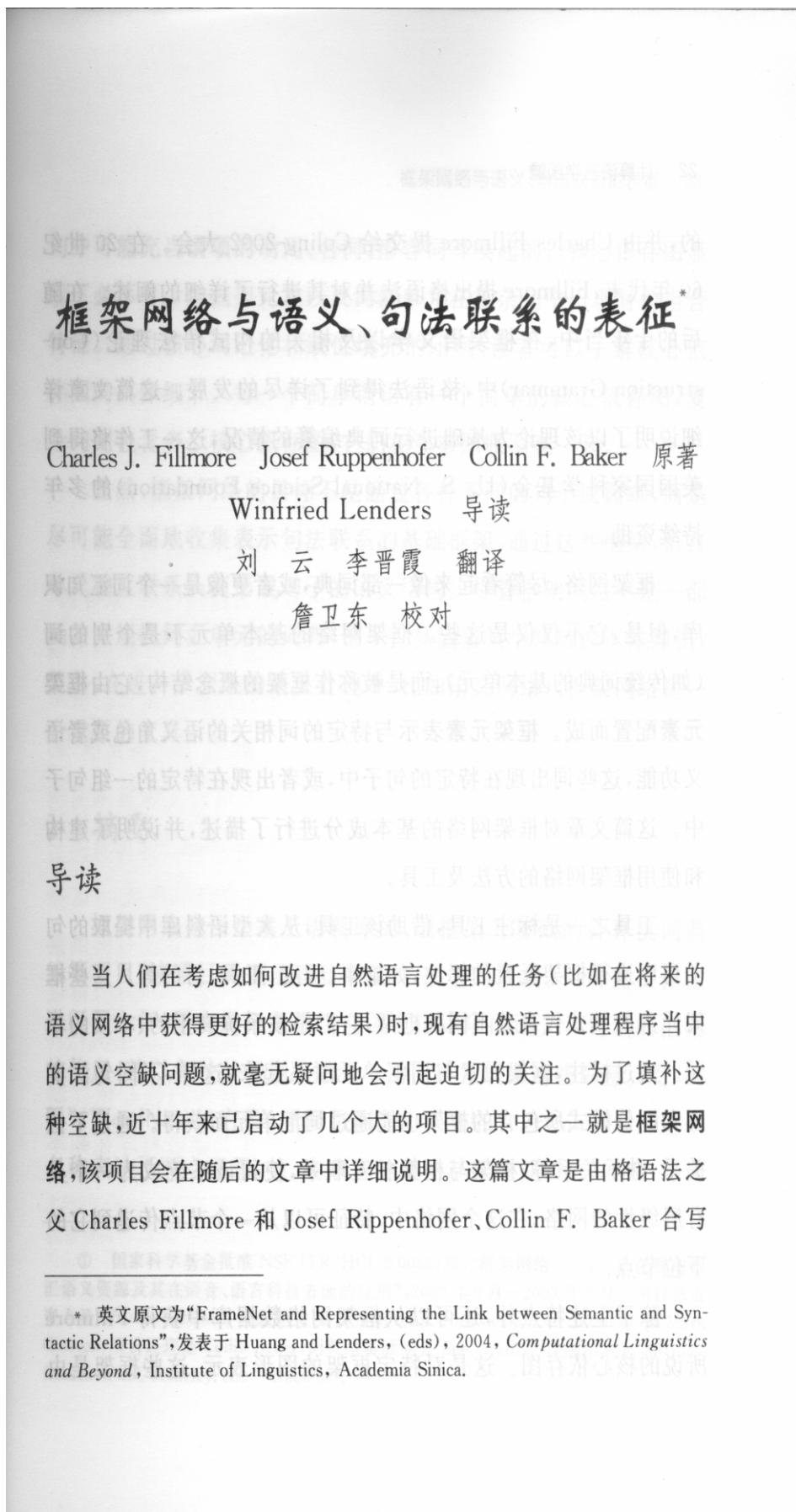
定价: 15.00 元

目 录

前言	1
计算语言学前瞻:概述	1
框架网络与语义、句法联系的表征	21
语言演化的计算研究	75
深层语言处理的新契机	127
自然语言和 XML 在语义网中的作用	158
21 世纪初的中文处理	209
附录 1 中英文术语对照表	231
附录 2 英文术语索引	245

联合主编)一书于 2004 年 7 月由科学出版社出版。该书共 245 页,这应该是最早的中文的一本关于语义网的专著。该书由 10 篇论文组成,这 10 篇论文都是在第 19 届国际计算语言学协会(COLING 2004)上发表的特邀报告,由会议主席团组织,会后整理成文。

第 19 届国际计算语言学协会(COLING 2004)于 2004 年 7 月在台北成功召开,这次会议有特别特殊的意义:



22 计算语言学前瞻

的,并由 Charles Fillmore 提交给 Coling-2002 大会。在 20 世纪 60 年代末,Fillmore 提出格语法并对其进行了详细的阐述。在随后的十年当中,在框架语义学以及相关的构式语法理论(Construction Grammar)中,格语法得到了详尽的发展。这篇文章详细说明了以该理论为基础进行词典编纂的情况,这一工作将得到美国国家科学基金(U. S. National Science Foundation)的多年持续资助。

框架网络,尽管看起来像一部词典,或者更像是一个词汇知识库,但是,它不仅仅是这些。框架网络的基本单元不是个别的词(如传统词典的基本单元),而是被称作框架的概念结构,它由框架元素配置而成。框架元素表示与特定的词相关的语义角色或者语义功能,这些词出现在特定的句子中,或者出现在特定的一组句子中。这篇文章对框架网络的基本成分进行了描述,并说明了建构和使用框架网络的方法及工具。

工具之一是标注工具,借助该工具,从大型语料库中提取的句子可以进行框架元素的标注,如施事、程度、工具、目的等。这些框架元素的模式代表着不同的框架,它们是该系统真正的、本质的单元。通过标注,框架元素与词汇单元联系起来,这样,不同句法实现和配价模式所包含的框架也能通过词汇单元而获得。通过下位关系、继承关系等,框架与框架相互联系,使得该系统成为一个具有层级性的网络,在这个网络中,特征可以从一个节点传递到它的下位节点。

除了上述特点外,还可以从框架网络数据库中获得 Fillmore 所说的核心依存图。这是对特定框架的图形表示,这些框架是由

句中可能充当谓项的动词、名词、形容词等唤起的。核心依存图显示了必不可少的框架元素以及词汇单元在复杂句中出现时的组合特征。通过核心词汇化和缺位填充的示例,读者可以了解核心依存图的具体细节。每一个简单谓语有一个简单的核心依存图,复杂句则包含多个核心依存图,它们相互参照联系在一起。

显然,框架网络的目标不是涵盖各种不同的句子或篇章,而是尽可能全面地收集表示句法联系的基础框架,通过这些框架,语言单元相互联系从而形成句子的语义结构。尽管框架网络不是一部涵盖大规模词汇单元的词典,也不打算涵盖某个领域的本体知识,但是,在进一步深入的语义处理中(比如语义网络),框架网络是一个重要的工具。

1 摘要

框架网络是一个基于语料库的、以框架为基础的计算机词典编纂项目,该项目得到美国国家科学基金的资助。^① 研究工作已进行了六年,研究目标是提供有关英语词项的语义和句法的框架的信息,并以各种基于网络的报告的形式呈现出这些信息。受“词网”(WordNet)的启发,项目取名“框架网络”(FrameNet)。这个名称表达了两点意思:(1)本项目的理论基础是框架语义学;(2)词

^① 国家科学基金批准 NSF ITR/HCI #0086132:“框架网络十:一个在线的词汇语义资源及其在语音、语言科技方面的应用”,2000 年 9 月—2003 年 8 月。项目总负责人是 Charles Fillmore;课题组主要成员有 Srini Narayanan、Dan Jurafsky 和 Mark Gawron;项目经理是 Collin Baker;词典编纂顾问是 Sue Atkins。详细信息见:<http://framenet.icsi.berkeley.edu/~framenet>。

框架网络与语义、句法联系的表征 23

句中可能充当谓项的动词、名词、形容词等唤起的。核心依存图显示了必不可少的框架元素以及词汇单元在复杂句中出现时的组合特征。通过核心词汇化和缺位填充的示例,读者可以了解核心依存图的具体细节。每一个简单谓语有一个简单的核心依存图,复杂句则包含多个核心依存图,它们相互参照联系在一起。

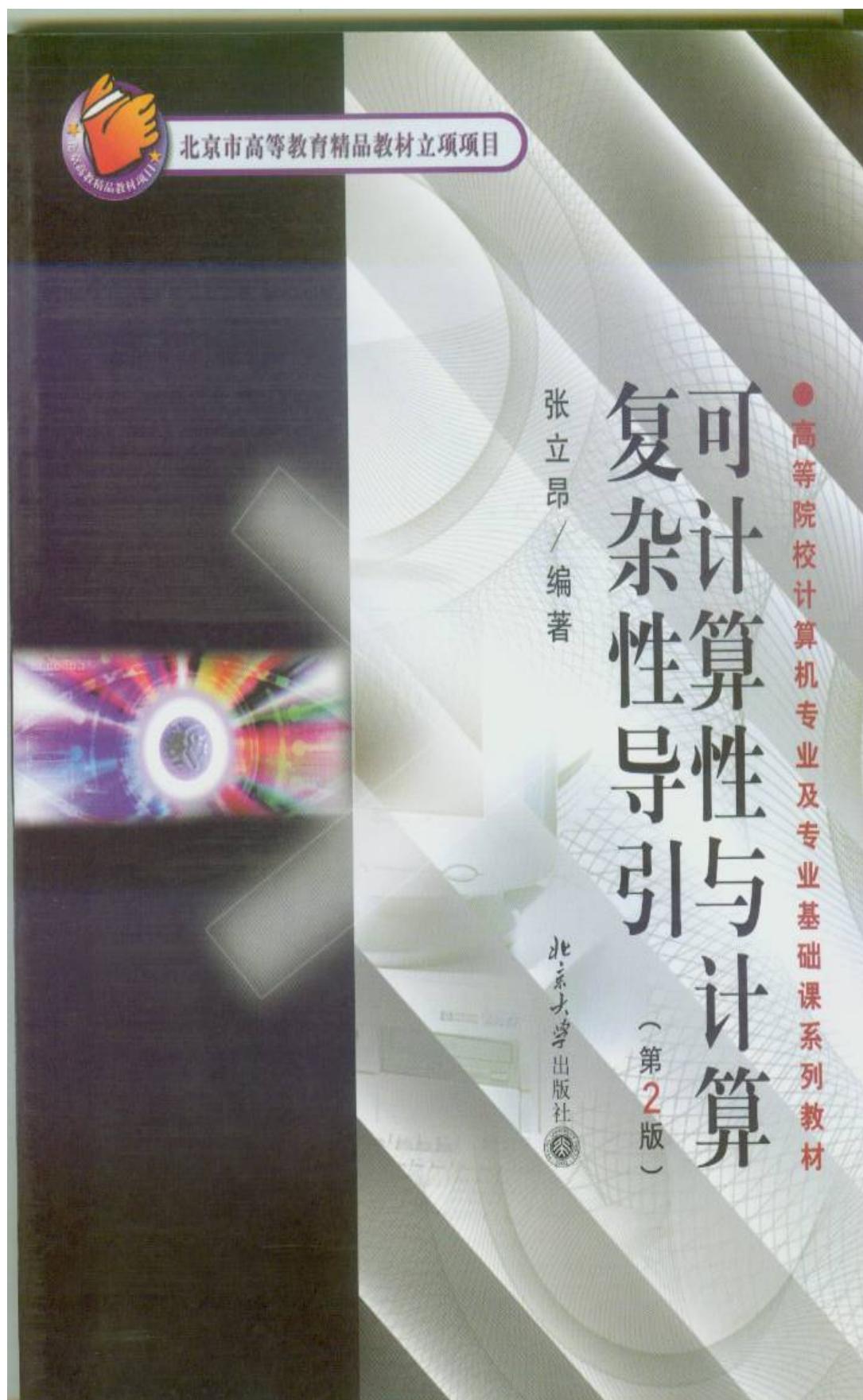
显然,框架网络的目标不是涵盖各种不同的句子或篇章,而是尽可能全面地收集表示句法联系的基础框架,通过这些框架,语言单元相互联系从而形成句子的语义结构。尽管框架网络不是一部涵盖大规模词汇单元的词典,也不打算涵盖某个领域的本体知识,但是,在进一步深入的语义处理中(比如语义网络),框架网络是一个重要的工具。

1 摘要

框架网络是一个基于语料库的、以框架为基础的计算机词典编纂项目,该项目得到美国国家科学基金的资助。^① 研究工作已进行了六年,研究目标是提供有关英语词项的语义和句法的框架的信息,并以各种基于网络的报告的形式呈现出这些信息。受“词网”(WordNet)的启发,项目取名“框架网络”(FrameNet)。这个名称表达了两点意思:(1)本项目的理论基础是框架语义学;(2)词

^① 国家科学基金批准 NSF ITR/HCI #0086132:“框架网络+十:一个在线的词汇语义资源及其在语音、语言科技方面的应用”,2000年9月—2003年8月。项目总负责人是 Charles Fillmore;课题组主要成员有 Srini Narayanan、Dan Jurafsky 和 Mark Gawron;项目经理是 Collin Baker;词典编纂顾问是 Sue Atkins。详细信息见:<http://framenet.icsi.berkeley.edu/~framenet>。

12. 可计算性与计算复杂性导引



目次页立林品教育学系南京非

内 容 简 介

本书是学习计算理论的教材和参考书,内容包括三部分:可计算性、形式语言与自动机、计算复杂性。主要介绍几种计算模型及它们的等价性,函数、谓词和语言的可计算性等基本概念,形式语言及其对应的自动机模型,时间和空间复杂性,NP 完全性等。

本书可作为计算机专业本科生和研究生的教材,也可作为从事计算机科学技术的研究和开发人员的参考书,还可作为对计算理论感兴趣的读者的入门读物。

图书在版编目(CIP)数据

可计算性与计算复杂性导引/张立昂编著.—2 版.—北京:北京大学出版社,2004.7

ISBN 7-301-07463-8

I. 可… II. 张… III. ①可计算性—高等学校—教学参考资料②计算复杂性—高等学校—教学参考资料 IV. TP301.5

中国版本图书馆CIP 数据核字(2004)第045613号

书 名: 可计算性与计算复杂性导引(第2版)

著作责任编辑: 张立昂 编著

责任 编辑: 沈承凤

标 准 书 号: ISBN 7-301-07463-8/TP · 0761

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村 北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> 电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038

排 版 者: 兴盛达打字服务社 82715400

印 刷 者: 北京中科印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 359 千字

2004 年 7 月第 2 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 23.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究

目 录

第一章 程序设计语言 \mathcal{L} 和可计算函数	(1)
1.1 预备知识	(1)
1.2 Church-Turing 论题	(2)
1.3 程序设计语言 \mathcal{L}	(3)
1.4 可计算函数	(9)
1.5 宏指令	(10)
习题	(12)
第二章 原始递归函数	(13)
2.1 原始递归函数	(13)
2.2 原始递归谓词	(17)
2.3 迭代运算、有界量词和极小化	(18)
2.4 配对函数和 Gödel 数	(22)
2.5 原始递归运算	(24)
2.6 Ackermann 函数	(28)
2.7 字函数的可计算性	(33)
习题	(36)
第三章 通用程序	(39)
3.1 程序的代码	(39)
3.2 停机问题	(41)
3.3 通用程序	(42)
3.4 递归可枚举集	(45)
习题	(48)
第四章 Turing 机	(50)
4.1 Turing 机的基本模型	(50)
4.2 Turing 机的各种形式	(55)
4.3 Turing 机与可计算性	(60)
4.4 Turing 机接受的语言	(63)
4.5 非确定型 Turing 机	(65)
习题	(67)
第五章 过程与文法	(69)
5.1 半 Thue 过程	(69)
5.2 用半 Thue 过程模拟 Turing 机	(70)
5.3 文法	(72)
5.4 再论递归可枚举集	(75)
5.5 部分递归函数	(77)

5.6 再论 Church-Turing 论题	(78)
习题	(79)
第六章 不可判定的问题	(80)
6.1 判定问题	(80)
6.2 Turing 机的停机问题	(81)
6.3 字问题和 Post 对应问题	(83)
6.4 有关文法的不可判定问题	(86)
6.5 一阶逻辑中的判定问题	(86)
习题	(89)
第七章 正则语言	(90)
7.1 Chomsky 谱系	(90)
7.2 有穷自动机	(93)
7.3 有穷自动机与正则文法的等价性	(101)
7.4 正则表达式	(103)
7.5 非正则语言	(109)
习题	(110)
第八章 上下文无关语言	(112)
8.1 上下文无关文法	(112)
8.2 Chomsky 范式	(115)
8.3 Bar-Hillel 泵引理	(119)
8.4 下推自动机	(121)
8.5 上下文无关文法与下推自动机的等价性	(126)
8.6 确定型下推自动机	(129)
8.7 上下文有关文法	(134)
习题	(136)
第九章 时间复杂性与空间复杂性	(138)
9.1 Turing 机的运行时间和工作空间	(138)
9.2 计算复杂性类	(141)
9.3 复杂性类的真包含关系	(144)
习题	(146)
第十章 NP 完全性	(147)
10.1 P 与 NP	(147)
10.2 多项式时间变换和 NP 完全性	(151)
10.3 Cook 定理	(153)
10.4 若干 NP 完全问题	(157)
10.5 coNP	(168)
习题	(170)
第十一章 NP 类的外面	(171)
11.1 PSPACE 完全问题	(171)

11.2	一个难解问题.....	(176)
习题.....		(179)
第十二章 P 类的里面		(180)
12.1	若干例子.....	(180)
12.2	对数空间变换.....	(183)
12.3	NL 类	(185)
12.4	P 完全问题.....	(189)
习题.....		(192)
第十三章 随机算法与随机复杂性类		(193)
13.1	随机算法.....	(193)
13.2	随机复杂性类.....	(200)
习题.....		(207)
附录		(208)
附录 A	记号	(208)
附录 B	中英文名词索引	(213)
参考文献		(221)

第一章 程序设计语言 \mathcal{S} 和可计算函数

1.1 预备知识

本书设想读者熟悉离散数学,掌握数理逻辑、集合论、图论中的基本概念、术语和符号(参阅参考文献[7]).这一节仅对本书中某些术语和符号的特殊用法作一说明.

在本书中通常只使用自然数.如无特别声明,“数”均指自然数.自然数集合记作 $N = \{0, 1, 2, \dots\}$.

设集合 S 和 T , $S \times T$ 的元素 (a, b) 称作**有序对**,又称作**有序二元组**或**二元组**. $S \times T$ 的子集称作 S 到 T 的**二元关系**. S 到 S 的二元关系,即 $S \times S$ 的子集,称作 S 上的**二元关系**.

设 R 是 S 到 T 的二元关系, R 的**定义域**

$$\text{dom } R = \{a \mid \exists b \quad (a, b) \in R\}.$$

R 的**值域**

$$\text{ran } R = \{b \mid \exists a \quad (a, b) \in R\}.$$

设 $A \subseteq S$, A 在 R 下的**象**

$$R(A) = \{b \mid \exists a \quad (a \in A \wedge (a, b) \in R)\}.$$

特别地,设 $a \in A$,把 $\{a\}$ 在 R 下的象简称作 a 在 R 下的象,并记作 $R(a)$,即

$$R(a) = \{b \mid (a, b) \in R\}.$$

设 f 是 S 到 T 的二元关系,如果对每一个 $a \in S$, $f(a) = \emptyset$ 或 $\{b\}$,则称 f 是 S 到 T 的**部分函数**,或 S 上的部分函数.部分函数也可简称为函数.若 $f(a) = \{b\}$,则称 $f(a)$ 有定义, b 是 f 在 a 点的函数值并记作 $f(a) = b$.若 $f(a) = \emptyset$,则称 $f(a)$ 无定义并记作 $f(a) \uparrow$.当 $f(a)$ 有定义时,可记作 $f(a) \downarrow$.如果对每一个 $a \in S$ 都有 $f(a) \downarrow$,即 $\text{dom } f = S$,则称 f 是 S 上的**全函数**.此时可记作 $f: S \rightarrow T$.空集 \emptyset 本身是任何集合上的部分函数,称作**空函数**.空函数处处无定义.

设 f 是笛卡儿积 $S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$ 上的部分函数,把 $f((a_1, a_2, \dots, a_n))$ 记作 $f(a_1, a_2, \dots, a_n)$.集合 S^n 上的部分函数称作 S 上的 **n 元部分函数**.当需要表明 n 元时,常用 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 代替 f .

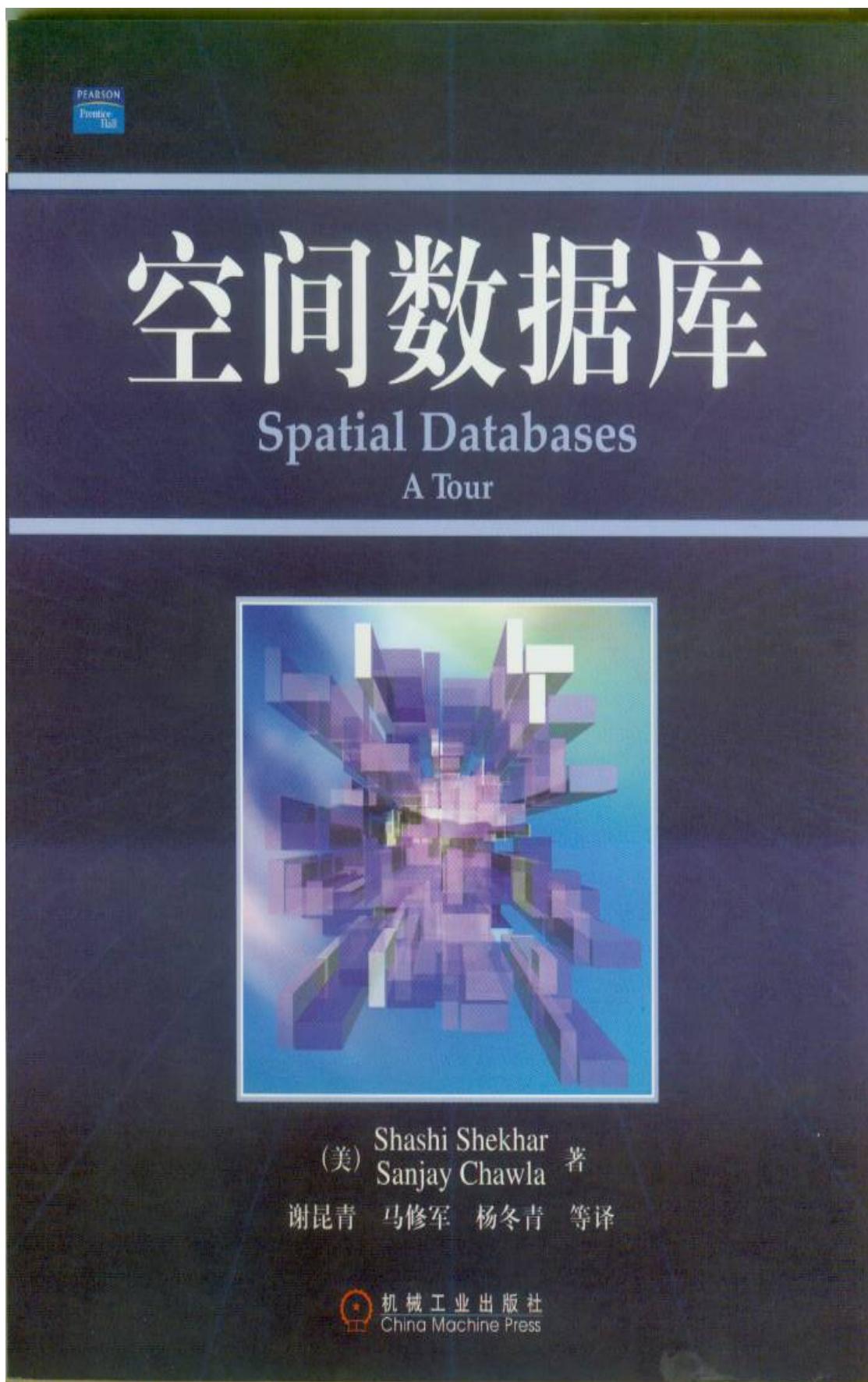
N^n 到 N 的部分函数称作 n 元**部分数论函数**.作为数论函数, $2x$ 是全函数,而 $x/2$, $x-y$, \sqrt{x} 都只是部分函数,不是全函数.在这里 $3/2$, $4-6$, $\sqrt{5}$ 都没有定义.

字母表是一个非空有穷集合.设 A 是一个字母表, A 中元素的有穷序列 $w = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ 称作 A 上的**字符串或字**.今后总把它记作 $w = a_1 a_2 \dots a_m$.字符串 w 的长度(即 w 中的符号个数)记作 $|w|$.用 ϵ 表示空串,它不含任何符号,是惟一的长度为 0 的字符串. A 上字符串的全体记作 A^* .设 $u, v \in A^*$,把 v 连接在 u 的后面得到的字符串记作 uv .例如, $u = ab$, $v = ba$, 则 $uv = abba$, $vu = baab$.

设 $u \in A^*$,规定

$$\begin{aligned} u^0 &= \epsilon, \\ u^{n+1} &= u^n u, \quad n \in N. \end{aligned}$$

13. 空间数据库



空间数据库是近年的热点研究领域，是一门前沿的交叉学科。本书全面介绍了空间数据库的概念、应用领域、查询语言、空间数据的索引和存储机制、空间查询处理和优化等内容，对空间数据挖掘和空间数据仓库也有精彩的论述。本书条理清晰，叙述严谨，实例丰富，曾得到业内权威人士的赞誉。本书的每章之后都附有习题，帮助读者检验学习效果。本书既适合作为计算机及相关专业的本科生、研究生的教材，也适合IT业的研究人员、技术人员阅读。对于想了解空间数据库的初学者来说，本书也是一本极有价值的参考书。

Simplified Chinese edition copyright © 2004 by Pearson Education Asia Limited and China Machine Press.

Original English language title: *Spatial Databases: A Tour* (0-13-017480-7), first edition by Shashi Shekhar and Sanjay Chawla, Copyright © 2003.

All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Inc.

本书封面贴有Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字：01-2003-4986

图书在版编目（CIP）数据

空间数据库 / (美) 沙克哈 (Shekhar, S.) 等著；谢昆青等译. -北京：机械工业出版社，
2004.1

书名原文：Spatial Databases: A Tour

ISBN 7-111-13221-1

I. 空… II. ①沙… ②谢… III. 数据库系统 IV. TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字（2003）第100371号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：朱 劲

北京昌平奔腾印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年1月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 20印张

印数：0 001-4 000册

定价：39.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换
本社购书热线：(010) 68326294

<p>目 录</p> <p>译者序</p> <p>序1</p> <p>序2</p> <p>前言</p> <p>图目录</p> <p>表目录</p> <p>第1章 空间数据库简介 1</p> <p> 1.1 概述 1</p> <p> 1.2 空间数据管理的适用人群 2</p> <p> 1.3 GIS和SDBMS 3</p> <p> 1.4 空间数据库的三类用户 4</p> <p> 1.5 一个SDBMS的应用案例 6</p> <p> 1.6 空间数据库概览 12</p> <p> 1.6.1 空间分类学和数据模型 12</p> <p> 1.6.2 查询语言 14</p> <p> 1.6.3 查询处理 14</p> <p> 1.6.4 文件组织和索引 18</p> <p> 1.6.5 查询优化 21</p> <p> 1.6.6 数据挖掘 22</p> <p> 1.7 小结 22</p> <p> 1.8 参考书目 23</p> <p> 1.9 习题 24</p> <p>第2章 空间概念和数据模型 27</p> <p> 2.1 空间信息模型 28</p> <p> 2.1.1 基于场的模型 30</p> <p> 2.1.2 基于对象的模型 32</p> <p> 2.1.3 空间数据类型 32</p> <p> 2.1.4 空间对象的操作 33</p> <p> 2.1.5 动态空间操作 37</p> <p> 2.1.6 将空间对象映射到Java 38</p> <p> 2.2 数据库设计的三个步骤 41</p> <p> 2.2.1 ER模型 42</p>	<p> 2.2.2 关系模型 45</p> <p> 2.2.3 将ER模型映射到关系模型 46</p> <p> 2.3 趋势：扩展ER模型表达空间概念 49</p> <p> 2.4 趋势：用UML构建面向对象数据模型 54</p> <p> 2.5 小结 57</p> <p> 2.6 参考书目 58</p> <p> 2.7 习题 58</p> <p>第3章 空间查询语言 63</p> <p> 3.1 标准数据库查询语言 64</p> <p> 3.2 关系代数 66</p> <p> 3.2.1 选择和投影运算 67</p> <p> 3.2.2 集合运算 68</p> <p> 3.2.3 连接运算 69</p> <p> 3.3 SQL基础 71</p> <p> 3.3.1 DDL 71</p> <p> 3.3.2 DML 72</p> <p> 3.3.3 SQL查询的基本格式 73</p> <p> 3.3.4 SQL查询示例 73</p> <p> 3.3.5 RA和SQL小结 76</p> <p> 3.4 扩展SQL以处理空间数据 77</p> <p> 3.4.1 OGIS标准的SQL扩展 77</p> <p> 3.4.2 OGIS标准的局限性 79</p> <p> 3.5 强调空间的查询示例 79</p> <p> 3.6 趋势：对象-关系SQL 84</p> <p> 3.6.1 SQL3概览 85</p> <p> 3.6.2 对象关系模式 85</p> <p> 3.6.3 查询示例 88</p> <p> 3.7 小结 88</p> <p> 3.8 参考书目 89</p> <p> 3.9 习题 89</p> <p> 3.10 附录：州立公园数据库 93</p> <p>第4章 空间存储和索引 99</p> <p> 4.1 存储：磁盘和文件 101</p>
--	---

XVIII

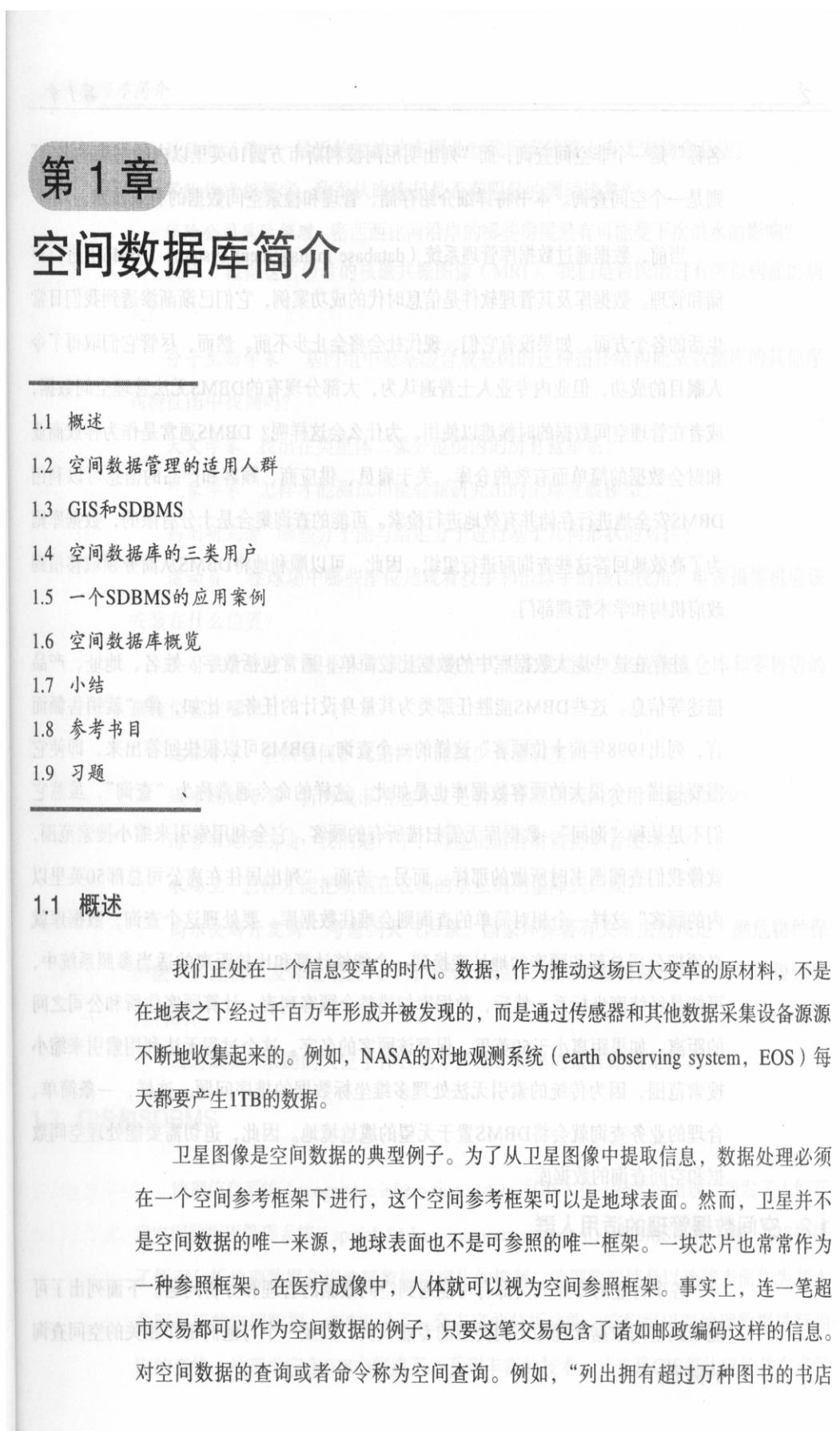
4.1.1 磁盘的几何结构和含义	102	5.5.3 应用：实时地形可视化	169
4.1.2 缓冲区管理器	103	5.6 小结	172
4.1.3 域、记录和文件	104	5.7 参考书目	173
4.1.4 文件结构	105	5.8 习题	174
4.1.5 聚类	107	第6章 空间网络	177
4.2 空间索引	114	6.1 网络数据库示例	178
4.2.1 网格文件	116	6.2 概念数据模型、逻辑数据模型和物理	
4.2.2 R树	118	数据模型	179
4.2.3 代价模型	123	6.2.1 逻辑数据模型	179
4.3 趋势	123	6.2.2 物理数据模型	182
4.3.1 用于对象分解的TR*树	123	6.3 图的查询语言	185
4.3.2 并发控制	125	6.3.1 关系代数的缺陷	186
4.3.3 空间连接索引	127	6.3.2 SQL CONNECT 子句	187
4.4 小结	131	6.3.3 BART系统的查询示例	190
4.5 参考书目	132	6.3.4 趋势：SQL3的递归	192
4.6 习题	133	6.3.5 趋势：SQL3的网络ADT	193
第5章 查询处理与优化	137	6.4 图的算法	194
5.1 空间操作计算	138	6.4.1 路径查询处理	195
5.1.1 概述	138	6.4.2 图遍历算法	195
5.1.2 空间操作	138	6.4.3 单对(v,d)最短路径的Best-first算法	199
5.1.3 对象操作的两步查询处理	140	6.4.4 趋势：层次策略	199
5.1.4 空间选择技术	141	6.5 趋势：空间网络存取方法	203
5.1.5 一般的空间选择	142	6.5.1 网络操作的I/O代价度量	204
5.1.6 空间连接操作算法	143	6.5.2 减少磁盘I/O的图分区方法	206
5.1.7 空间聚集操作策略：最近邻居	146	6.5.3 CCAM：一种连接性聚集的空间	
5.2 查询优化	147	网络存取方法	208
5.2.1 逻辑转换	148	6.6 小结	209
5.2.2 基于代价的优化：动态规划	152	6.7 参考书目	210
5.3 空间索引结构分析	154	6.8 习题	210
5.3.1 枚举可选的计划	157	第7章 空间数据挖掘简介	213
5.3.2 混合体系结构中的分解与归并	158	7.1 模式发现	214
5.4 分布式空间数据库系统	158	7.1.1 数据挖掘过程	215
5.4.1 分布式DBMS体系结构	160	7.1.2 统计学和数据挖掘	216
5.4.2 半连接操作	161	7.1.3 将数据挖掘作为搜索问题	217
5.4.3 基于Web的空间数据库系统	161	7.1.4 空间数据挖掘的独特性	218
5.5 并行空间数据库系统	165	7.1.5 历史上著名的空间数据探测案例	218
5.5.1 硬件体系结构	165	7.2 空间数据挖掘的动机	219
5.5.2 并行查询计算	167	7.2.1 应用领域示例	219

7.2.2 空间形态和自相关的度量	221	7.9 参考书目	258
7.2.3 空间统计模型	224	7.10 习题	259
7.2.4 数据挖掘的三位一体	225	第8章 空间数据库发展趋势	
7.3 分类技术	227	8.1 支持场实体的数据库	266
7.3.1 线性回归	228	8.1.1 栅格与图像操作	267
7.3.2 空间回归	228	8.1.2 存储和索引	270
7.3.3 模型评估	229	8.2 基于内容的检索	271
7.3.4 采用图相似度预测位置	231	8.2.1 拓扑相似性	272
7.3.5 马可夫随机场	232	8.2.2 方位相似性	273
7.4 关联规则发现技术	235	8.2.3 距离相似性	274
7.4.1 Apriori: 计算频繁项集的算法	236	8.2.4 属性关系图	274
7.4.2 空间关联规则	238	8.2.5 检索步骤	276
7.4.3 同位规则	239	8.3 空间数据仓库概述	276
7.5 聚类	239	8.3.1 聚集操作	277
7.5.1 K-medoid聚类算法	243	8.3.2 几何聚集的例子	280
7.5.2 聚类、混合分析和EM算法	245	8.3.3 聚集层次	280
7.5.3 大型空间数据库聚类的策略	248	8.3.4 哪些地方用到聚集层次	283
7.6 空间孤立点检测	250	8.4 小结	286
7.7 小结	256	8.5 参考书目	287
7.8 附录: 贝叶斯演算	257	8.6 习题	288
7.8.1 条件概率	257	参考文献	293
7.8.2 最大似然	258		

1.1 预述

我们正处在一个信息变革的时代。数据，作为推动这场巨大变革的原材料，不是在地表之下经过千百万年形成并被发现的，而是通过传感器和其他数据采集设备源源不断地收集起来的。例如，NASA的对地观测系统（earth observing system, EOS）每天都要产生1TB的数据。

卫星图像是空间数据的典型例子。为了从卫星图像中提取信息，数据处理必须在一个空间参考框架下进行，这个空间参考框架可以是地球表面。然而，卫星并不是空间数据的唯一来源，地球表面也不是可参照的唯一框架。一块芯片也常常作为一种参照框架。在医疗成像中，人体就可以视为空间参照框架。事实上，连一笔超市交易都可以作为空间数据的例子，只要这笔交易包含了诸如邮政编码这样的信息。



名称”是一个非空间查询，而“列出明尼阿波利斯市方圆10英里以内的书店的名字”则是一个空间查询。本书将详细介绍存储、管理和检索空间数据的有效技术。

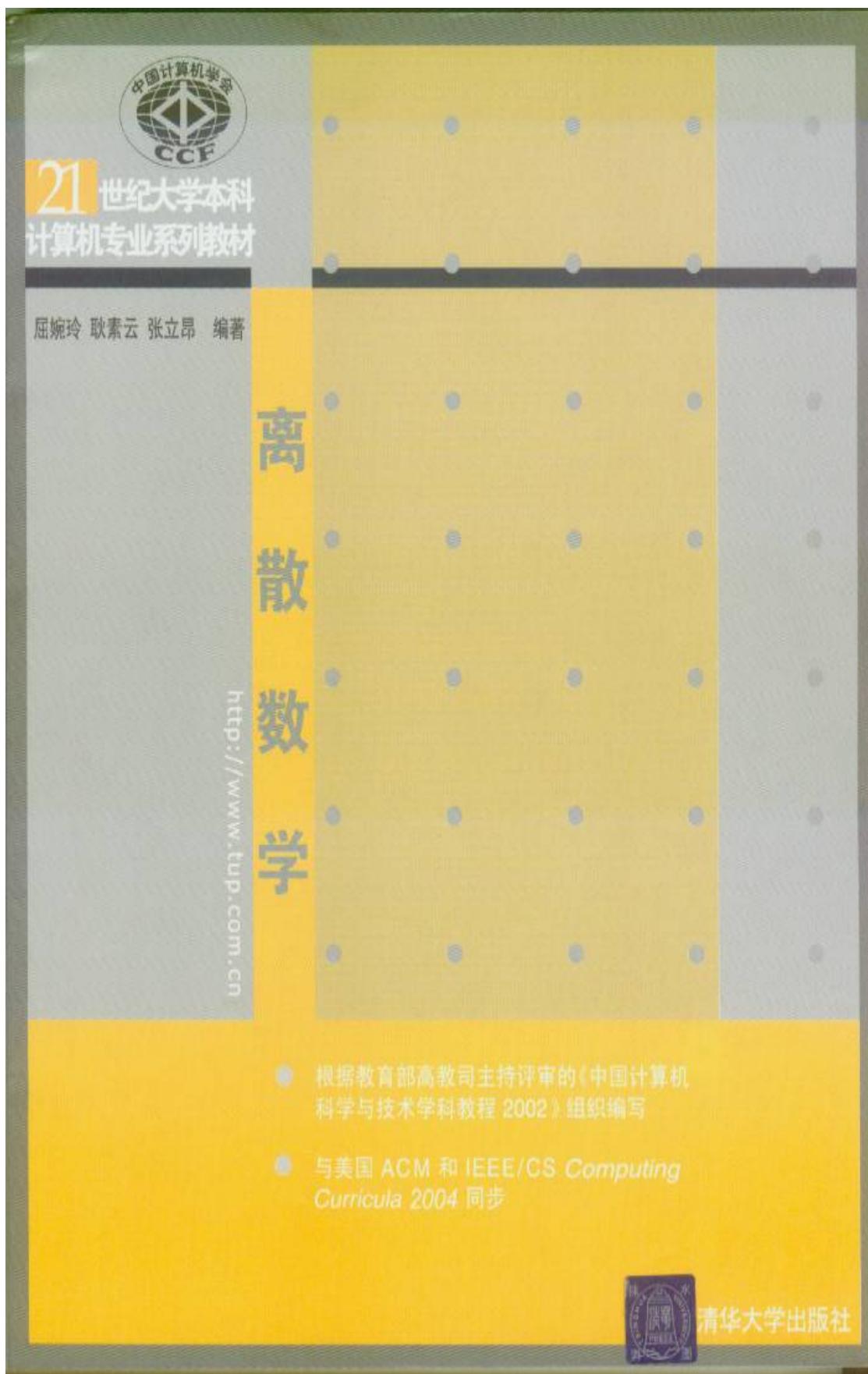
当前，数据通过数据库管理系统（database management system, DBMS）进行存储和管理。数据库及其管理软件是信息时代的成功案例，它们已渐渐渗透到我们日常生活的各个方面。如果没有它们，现代社会将会止步不前。然而，尽管它们取得了令人瞩目的成功，但业内专业人士普遍认为，大部分现有的DBMS无法管理空间数据，或者在管理空间数据的时候难以使用。为什么会这样呢？DBMS通常是作为存放商业和财会数据的简单而有效的仓库。关于雇员、供应商、顾客和产品的信息可以利用DBMS安全地进行存储并有效地进行检索。可能的查询集合是十分有限的，数据库则为了高效地回答这些查询而进行组织。因此，可以顺利地将DBMS从商务领域移植到政府机构和学术管理部门。

驻存在这些庞大数据库中的数据比较简单，通常包括数字、姓名、地址、产品描述等信息。这些DBMS能胜任那类为其量身设计的任务。比如，像“就销售额而言，列出1998年前十位顾客”这样的一个查询，DBMS可以很快回答出来，即使它需要扫描一个很大的顾客数据库也是如此。这样的命令通常称为“查询”，虽然它们不是某种“询问”。数据库无需扫描所有的顾客，它会利用索引来缩小搜索范围，就像我们查阅图书时所做的那样。而另一方面，“列出居住在离公司总部50英里以内的顾客”这样一个相对简单的查询则会难住数据库。要处理这个查询，数据库就必须把公司总部和顾客的地址变换到一个能够计算和比较距离的适当参照系统中，可能是经纬度坐标系。然后，数据库扫描整个顾客列表，计算顾客住所和公司之间的距离。如果距离小于50英里，保存该顾客的名字。这个过程无法利用索引来缩小搜索范围，因为传统的索引无法处理多维坐标数据的排序问题。这样，一条简单、合理的业务查询就会将DBMS置于绝望的尴尬境地。因此，迫切需要能处理空间数据和空间查询的数据库。

1.2 空间数据管理的适用人群

虽然一概，但灾害各个行业的专业人员都有可能遇到空间数据的管理和分析问题。下面列出了可能用到空间数据管理的不同类型的专业人员，以及一个与他们工作相关的一个空间查询的例子。该例子展示了如何在地理信息系统的帮助下，通过空间查询来解决实际问题。

14. 离散数学



内 容 简 介

本教材是根据 ACM 和 IEEE/CS 最新推出的 *Computing Curricula 2004*, 以及教育部高等教育司组织评审通过的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》中制定的关于“离散数学”的知识结构和体系撰写的。全书共 14 章, 主要包含证明技巧、数理逻辑、集合与关系、函数、图和树、组合计数、初等数论、离散概率和代数系统等内容。本书体系严谨, 选材精炼, 讲解翔实, 例题丰富, 注重与计算机科学技术的实际问题相结合, 并选配了大量难度适当的习题, 适合教学。另外, 本书有配套习题解答与学习指导等辅导用书, 以满足教学需要。

本书适合作为计算机和相关专业本科生“离散数学”的教学用书, 也可以作为对离散数学感兴趣的参考书。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

离散数学 / 屈婉玲, 耿素云, 张立昂编著。—北京: 清华大学出版社, 2005. 6

(21 世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 7-302-10757-2

I. 离… II. ①屈… ②耿… ③张… III. 离散数学—高等学校—教材 IV. O158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 028041 号

出版者: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 张瑞庆

封面设计: 孟繁聪

印 刷 者: 北京嘉实印刷有限公司

装 订 者: 三河市春园印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

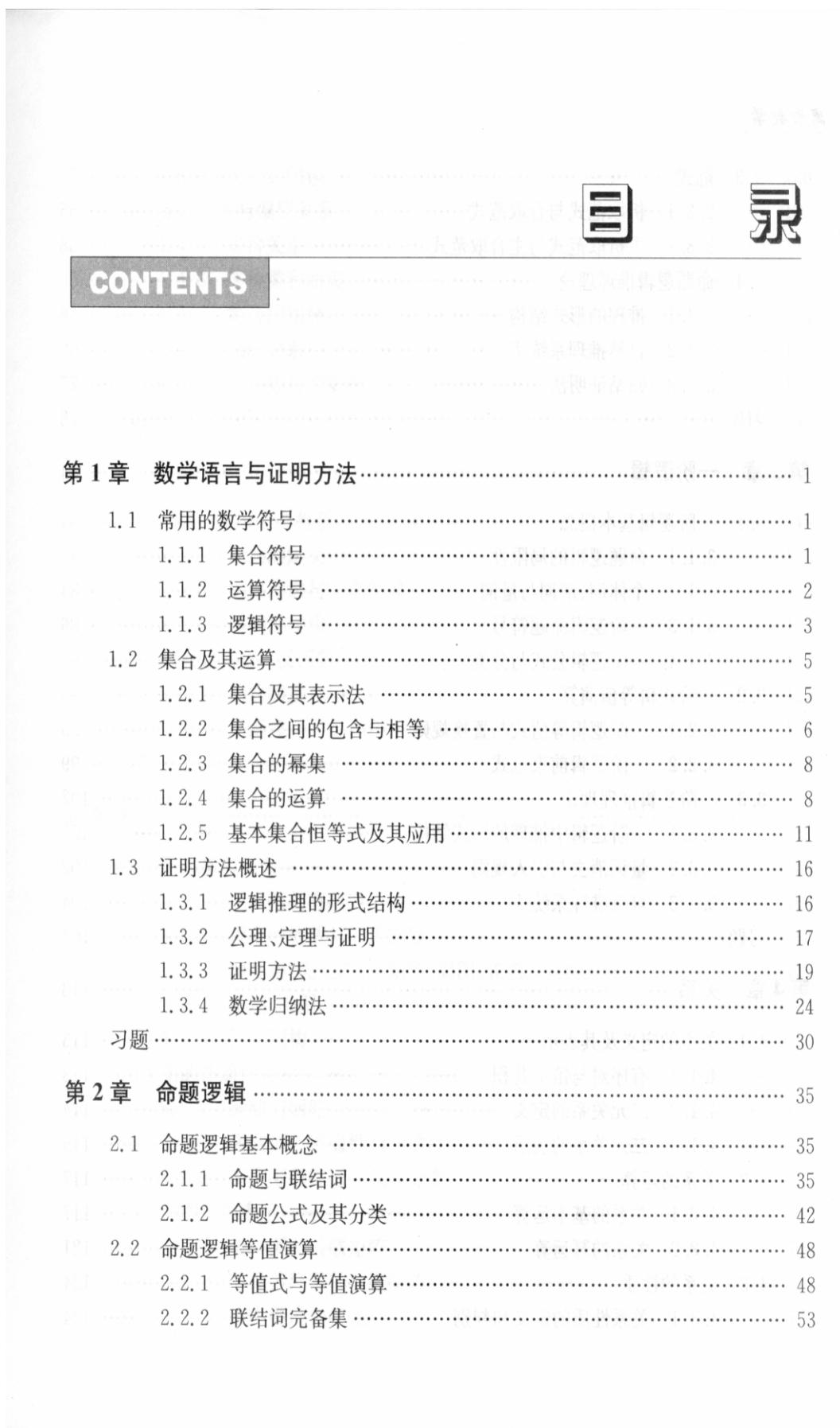
开 本: 185×230 印张: 25.5 字数: 535 千字

版 次: 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10757-2/TP·7161

印 数: 1~5000

定 价: 32.00 元



离散数学	VII 2.3 范式 55 2.3.1 析取范式与合取范式 55 2.3.2 主析取范式与主合取范式 58 2.4 命题逻辑推理理论 66 2.4.1 推理的形式结构 66 2.4.2 自然推理系统 P 69 2.4.3 归结证明法 75 习题 78
第3章 一阶逻辑 84	
3.1 一阶逻辑基本概念 84 3.1.1 命题逻辑的局限性 84 3.1.2 个体词、谓词与量词 84 3.1.3 一阶逻辑命题符号化 86 3.1.4 一阶逻辑公式与分类 90 3.2 一阶逻辑等值演算 95 3.2.1 一阶逻辑等值式与置换规则 95 3.2.2 一阶逻辑前束范式 99 3.3 一阶逻辑推理理论 102 3.3.1 一阶逻辑中推理的形式结构 102 3.3.2 量词消去与引入规则 102 3.3.3 自然推理系统 F 104 习题 107	
第4章 关系 113	
4.1 关系的定义及其表示 113 4.1.1 有序对与笛卡儿积 113 4.1.2 二元关系的定义 114 4.1.3 二元关系的表示 116 4.2 关系的运算 117 4.2.1 关系的基本运算 117 4.2.2 关系的幂运算 121 4.3 关系的性质 124 4.3.1 关系性质的定义和判别 124	

目 录

IX

4.3.2 关系的闭包	128
4.4 等价关系与偏序关系	133
4.4.1 等价关系	133
4.4.2 等价类和商集	134
4.4.3 集合的划分	135
4.4.4 偏序关系	137
4.4.5 偏序集与哈斯图	138
习题	143
第5章 函数	148
5.1 函数的定义及其性质	148
5.1.1 函数的定义	148
5.1.2 函数的像与完全原像	151
5.1.3 函数的性质	151
5.2 函数的复合与反函数	155
5.2.1 函数的复合	155
5.2.2 反函数	157
习题	158
第6章 图	162
6.1 图的基本概念	162
6.1.1 无向图与有向图	162
6.1.2 顶点的度数与握手定理	164
6.1.3 简单图、完全图、正则图、圈图、轮图、方体图	167
6.1.4 子图、补图	169
6.1.5 图的同构	170
6.2 图的连通性	172
6.2.1 通路与回路	172
6.2.2 无向图的连通性与连通度	173
6.2.3 有向图的连通性及其分类	176
6.3 图的矩阵表示	176
6.3.1 无向图的关联矩阵	177
6.3.2 有向无环图的关联矩阵	177
6.3.3 有向图的邻接矩阵	178

 离散数学																																																																	
X																																																																	
<table border="0"> <tr> <td style="width: 15%;">6.3.4 有向图的可达矩阵</td> <td style="width: 15%; text-align: right;">180</td> </tr> <tr> <td>6.4 几种特殊的图</td> <td style="text-align: right;">181</td> </tr> <tr> <td> 6.4.1 二部图</td> <td style="text-align: right;">181</td> </tr> <tr> <td> 6.4.2 欧拉图</td> <td style="text-align: right;">184</td> </tr> <tr> <td> 6.4.3 哈密顿图</td> <td style="text-align: right;">186</td> </tr> <tr> <td> 6.4.4 平面图</td> <td style="text-align: right;">191</td> </tr> <tr> <td>习题</td> <td style="text-align: right;">200</td> </tr> <tr> <td>第7章 树及其应用</td> <td style="text-align: right;">205</td> </tr> <tr> <td> 7.1 无向树</td> <td style="text-align: right;">205</td> </tr> <tr> <td> 7.1.1 无向树的定义及其性质</td> <td style="text-align: right;">205</td> </tr> <tr> <td> 7.1.2 生成树与基本回路和基本割集</td> <td style="text-align: right;">208</td> </tr> <tr> <td> 7.1.3 最小生成树</td> <td style="text-align: right;">211</td> </tr> <tr> <td> 7.2 根树及其应用</td> <td style="text-align: right;">212</td> </tr> <tr> <td> 7.2.1 根树及其分类</td> <td style="text-align: right;">212</td> </tr> <tr> <td> 7.2.2 最优树与哈夫曼算法</td> <td style="text-align: right;">213</td> </tr> <tr> <td> 7.2.3 最佳前缀码</td> <td style="text-align: right;">214</td> </tr> <tr> <td> 7.2.4 根树的周游及其应用</td> <td style="text-align: right;">216</td> </tr> <tr> <td>习题</td> <td style="text-align: right;">218</td> </tr> <tr> <td>第8章 组合计数基础</td> <td style="text-align: right;">222</td> </tr> <tr> <td> 8.1 基本计数规则</td> <td style="text-align: right;">223</td> </tr> <tr> <td> 8.1.1 加法法则</td> <td style="text-align: right;">223</td> </tr> <tr> <td> 8.1.2 乘法法则</td> <td style="text-align: right;">224</td> </tr> <tr> <td> 8.1.3 分类处理与分步处理</td> <td style="text-align: right;">224</td> </tr> <tr> <td> 8.2 排列与组合</td> <td style="text-align: right;">225</td> </tr> <tr> <td> 8.2.1 集合的排列与组合</td> <td style="text-align: right;">225</td> </tr> <tr> <td> 8.2.2 多重集的排列与组合</td> <td style="text-align: right;">229</td> </tr> <tr> <td> 8.3 二项式定理与组合恒等式</td> <td style="text-align: right;">232</td> </tr> <tr> <td> 8.3.1 二项式定理</td> <td style="text-align: right;">232</td> </tr> <tr> <td> 8.3.2 组合恒等式</td> <td style="text-align: right;">233</td> </tr> <tr> <td> 8.3.3 非降路径问题</td> <td style="text-align: right;">237</td> </tr> <tr> <td> 8.4 多项式定理与多项式系数</td> <td style="text-align: right;">240</td> </tr> <tr> <td> 8.4.1 多项式定理</td> <td style="text-align: right;">240</td> </tr> </table>		6.3.4 有向图的可达矩阵	180	6.4 几种特殊的图	181	6.4.1 二部图	181	6.4.2 欧拉图	184	6.4.3 哈密顿图	186	6.4.4 平面图	191	习题	200	第7章 树及其应用	205	7.1 无向树	205	7.1.1 无向树的定义及其性质	205	7.1.2 生成树与基本回路和基本割集	208	7.1.3 最小生成树	211	7.2 根树及其应用	212	7.2.1 根树及其分类	212	7.2.2 最优树与哈夫曼算法	213	7.2.3 最佳前缀码	214	7.2.4 根树的周游及其应用	216	习题	218	第8章 组合计数基础	222	8.1 基本计数规则	223	8.1.1 加法法则	223	8.1.2 乘法法则	224	8.1.3 分类处理与分步处理	224	8.2 排列与组合	225	8.2.1 集合的排列与组合	225	8.2.2 多重集的排列与组合	229	8.3 二项式定理与组合恒等式	232	8.3.1 二项式定理	232	8.3.2 组合恒等式	233	8.3.3 非降路径问题	237	8.4 多项式定理与多项式系数	240	8.4.1 多项式定理	240
6.3.4 有向图的可达矩阵	180																																																																
6.4 几种特殊的图	181																																																																
6.4.1 二部图	181																																																																
6.4.2 欧拉图	184																																																																
6.4.3 哈密顿图	186																																																																
6.4.4 平面图	191																																																																
习题	200																																																																
第7章 树及其应用	205																																																																
7.1 无向树	205																																																																
7.1.1 无向树的定义及其性质	205																																																																
7.1.2 生成树与基本回路和基本割集	208																																																																
7.1.3 最小生成树	211																																																																
7.2 根树及其应用	212																																																																
7.2.1 根树及其分类	212																																																																
7.2.2 最优树与哈夫曼算法	213																																																																
7.2.3 最佳前缀码	214																																																																
7.2.4 根树的周游及其应用	216																																																																
习题	218																																																																
第8章 组合计数基础	222																																																																
8.1 基本计数规则	223																																																																
8.1.1 加法法则	223																																																																
8.1.2 乘法法则	224																																																																
8.1.3 分类处理与分步处理	224																																																																
8.2 排列与组合	225																																																																
8.2.1 集合的排列与组合	225																																																																
8.2.2 多重集的排列与组合	229																																																																
8.3 二项式定理与组合恒等式	232																																																																
8.3.1 二项式定理	232																																																																
8.3.2 组合恒等式	233																																																																
8.3.3 非降路径问题	237																																																																
8.4 多项式定理与多项式系数	240																																																																
8.4.1 多项式定理	240																																																																

目 录

8.4.2 多项式系数	241
习题	242
第 9 章 容斥原理	245
9.1 容斥原理及其应用	245
9.1.1 容斥原理的基本形式	245
9.1.2 容斥原理的应用	246
9.2 对称筛公式及其应用	250
9.2.1 对称筛公式	250
9.2.2 棋盘多项式与有限制条件的排列	252
习题	256
第 10 章 递推方程与生成函数	257
10.1 递推方程及其应用	257
10.1.1 递推方程的定义及实例	257
10.1.2 常系数线性齐次递推方程的求解	260
10.1.3 常系数线性非齐次递推方程的求解	263
10.1.4 递推方程的其他解法	265
10.1.5 递推方程与递归算法	270
10.2 生成函数及其应用	272
10.2.1 牛顿二项式定理与牛顿二项式系数	272
10.2.2 生成函数的定义及其性质	273
10.2.3 生成函数的应用	276
10.3 指数生成函数及其应用	281
10.4 Catalan 数与 Stirling 数	284
习题	289
第 11 章 初等数论	292
11.1 素数	292
11.2 最大公约数与最小公倍数	296
11.3 同余	298
11.4 一次同余方程与中国剩余定理	301
11.4.1 一次同余方程	301
11.4.2 中国剩余定理	303

离散数学	
11.4 大整数算术运算	304
11.5 欧拉定理和费马小定理	306
习题	307
第 12 章 离散概率	312
12.1 随机事件与概率、事件的运算	312
12.1.1 随机事件与概率	312
12.1.2 事件的运算	314
12.2 条件概率与独立性	315
12.2.1 条件概率	315
12.2.2 独立性	317
12.2.3 伯努利概型与二项概率公式	318
12.3 离散型随机变量	319
12.3.1 离散型随机变量及其分布律	319
12.3.2 常用分布	321
12.3.3 数学期望	322
12.3.4 方差	324
12.4 概率母函数	326
习题	329
第 13 章 初等数论和离散概率的应用	333
13.1 密码学	333
13.1.1 恺撒密码	333
13.1.2 RSA 公钥密码	334
13.2 产生伪随机数的方法	337
13.2.1 产生均匀伪随机数的方法	337
13.2.2 产生离散型伪随机数的方法	338
13.3 算法的平均复杂度分析	340
13.3.1 排序算法	340
13.3.2 散列表的检索和插入	344
13.4 随机算法	348
13.4.1 随机快速排序算法	348
13.4.2 多项式恒零测试	349
13.4.3 素数测试	351

目 录

13.4.4 蒙特卡罗法和拉斯维加斯法	352
习题	353
第14章 代数系统	356
14.1 二元运算及其性质	356
14.1.1 二元运算与一元运算的定义	356
14.1.2 二元运算的性质	358
14.2 代数系统	362
14.2.1 代数系统的定义与实例	362
14.2.2 代数系统的分类	363
14.2.3 子代数系统与积代数系统	364
14.2.4 代数系统的同态与同构	365
14.3 几个典型的代数系统	367
14.3.1 半群与独异点	367
14.3.2 群	368
14.3.3 环与域	376
14.3.4 格与布尔代数	379
习题	385

XII

第14章 代数系统

14.1 二元运算及其性质

14.2 代数系统

14.3 几个典型的代数系统

习题

第

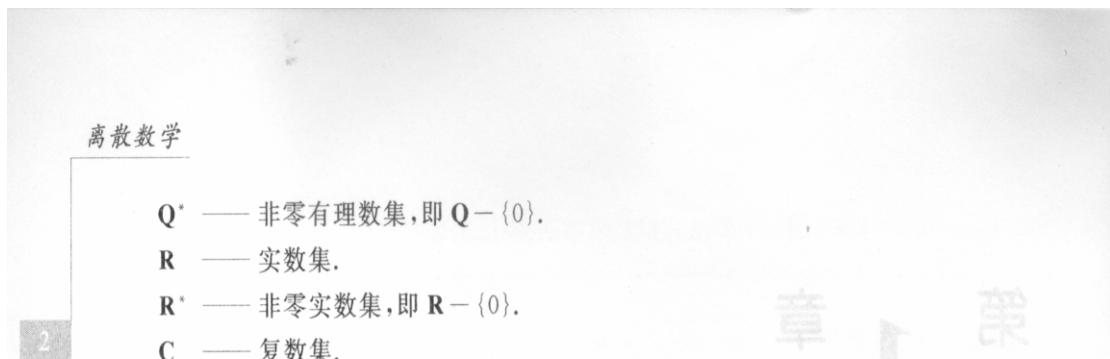
1 章

数学语言与证明方法

1.1 常用的数学符号

1.1.1 集合符号

 $x \in A$ —— x 是 A 的元素. $x \notin A$ —— x 不是 A 的元素. $A \subseteq B$ —— A 是 B 的子集, 或 A 包含于 B (B 包含 A). $A \not\subseteq B$ —— A 不是 B 的子集, 或 B 不包含 A . $A \subset B$ —— A 是 B 的真子集. $A = B$ —— A 与 B 有相同的元素. $A \cup B$ —— A 并 B . $\bigcup_{i=1}^n A_i$ —— A_1, A_2, \dots, A_n 之并. $A \cap B$ —— A 交 B . $\bigcap_{i=1}^n A_i$ —— A_1, A_2, \dots, A_n 之交. $A - B$ —— B 对 A 的相对补. $A \oplus B$ —— A 与 B 的对称差. $P(A)$ —— A 的幂集. \emptyset —— 空集. \mathbb{N} —— 自然数集(含 0). \mathbb{N}^+ —— 非 0 自然数集. \mathbb{Z} —— 整数集. \mathbb{Z}^+ —— 正整数集. \mathbb{Q} —— 有理数集.



1.1.2 运算符号

$\sum_{i=1}^n a_i$ —— a_1, a_2, \dots, a_n 之和, 即 $a_1 + a_2 + \dots + a_n$.

$\sum_{i=1}^{\infty} a_i$ —— a_1, a_2, \dots 之和, 即 $a_1 + a_2 + \dots$.

$\prod_{i=1}^n a_i$ —— a_1, a_2, \dots, a_n 之积, 即 $a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n$.

$\prod_{i=1}^{\infty} a_i$ —— a_1, a_2, \dots 之积, 即 $a_1 \cdot a_2 \cdot \dots$.

$a | b$ —— a 整除 b . 例如, $3 | 9, 2 | 8, \dots$.

$a \nmid b$ —— a 不能整除 b . 例如, $3 \nmid 8, 2 \nmid 9, \dots$.

$a \equiv b \pmod{n}$ —— a 与 b 被 n 除余数相同. 例如, $4 \equiv 7 \pmod{3}, 1 \equiv 3 \pmod{2}$, 等等.

$(a - b) \equiv 0 \pmod{n}$ —— $n | (a - b)$. 例如, $(4 - 7) \equiv 0 \pmod{3}, (5 - 3) \equiv 0 \pmod{2}$, 等等.

其实, $a \equiv b \pmod{n}$ 与 $(a - b) \equiv 0 \pmod{n}$ 意义相同.

$\max(a, b)$ (或 $\max\{a, b\}$) —— 为 a, b 中的大者. 例如, $\max(5, 7) = 7, \max(-5, 8) = 8$, 等等.

$\min(a, b)$ (或 $\min\{a, b\}$) —— 为 a, b 中的小者. 例如, $\min(-2, 5) = -2, \min(5, 7) = 5$, 等等.

$\gcd(a, b)$ —— a 与 b 的最大公约数. 例如, $\gcd(5, 7) = 1, \gcd(3, 27) = 3, \gcd(6, 8, 10) = 2$, 等等.

$\text{lcm}(a, b)$ —— a 与 b 的最小公倍数. 例如, $\text{lcm}(5, 7) = 35, \text{lcm}(2, 4, 8) = 8, \text{lcm}(3, 4, 27) = 108$, 等等.

$|x|$ —— x 的绝对值 (x 为任意实数), 即

$$|x| = \begin{cases} x & \text{当 } x \geq 0 \text{ 时} \\ -x & \text{当 } x < 0 \text{ 时} \end{cases}$$

例如, $|-2.5| = 2.5, |3.3| = 3.3, |0| = 0$.

$[x]$ —— 大于等于 x 的最小整数. 例如, $[{-2.2}] = -2, [-2] = -2, [-1.5] = -1$,

$\lceil -0.3 \rceil = 0, \lceil 0.7 \rceil = 1, \lceil 3.4 \rceil = 4, \lceil 5 \rceil = 5$, 等等.

人们常称 $\lceil x \rceil$ 为天花板函数或上限函数.

$\lfloor x \rfloor$ —— 小于等于 x 的最大整数. 例如, $\lfloor -2.2 \rfloor = -3, \lfloor -2 \rfloor = -2, \lfloor -1.5 \rfloor = -2, \lfloor -0.3 \rfloor = -1, \lfloor 0.7 \rfloor = 0, \lfloor 3.4 \rfloor = 3, \lfloor 5 \rfloor = 5$, 等等.

人们常称 $\lfloor x \rfloor$ 为地板函数或下限函数.

$|A|$ —— 有穷集合 A 中的元素个数.

注: 这里使用的符号仅为一些基本的数学符号, 后面各章还会根据不同内容的需要引入相关的数学符号, 在此没有一一列出.

1.1.3 逻辑符号

命题 —— 具有惟一判断结果的陈述句. 例如, $2+2=4; 3+3=7; 2$ 是素数; 3 是偶数等都是命题.

命题符号化 —— 用 p, q, r, \dots 表示命题. 例如, $p: 2+2=4; q: 3+3=7; r: 2$ 是素数; $s: 3$ 是偶数. 其中 p, r 为真, 称为真命题; q, s 为假, 称为假命题.

真与假的符号化 —— 用 1 表示真, 用 0 表示假.

联结词及基本复合命题符号化定义 如下:

$\neg p$ —— “非 p ” 或 “ p 的否定”的符号化形式, \neg 称为否定联结词, $\neg p$ 为真当且仅当 p 为假.

$p \wedge q$ —— “ p 并且 q ” 的符号化形式, \wedge 称为合取联结词, $p \wedge q$ 为真当且仅当 p 与 q 同时为真.

$p \vee q$ —— “ p 或 q ” 的符号化形式, \vee 称为析取联结词, $p \vee q$ 为假当且仅当 p 与 q 同时为假.

$p \rightarrow q$ —— “如果 p , 则 q ” 的符号化形式, \rightarrow 称为蕴涵联结词, $p \rightarrow q$ 为假当且仅当 p 为真, 而 q 为假.

$p \leftrightarrow q$ —— “ p 当且仅当 q ” 的符号化形式, \leftrightarrow 称为等价联结词, $p \leftrightarrow q$ 为真当且仅当 p 与 q 同为真或同为假.

基本复合命题 —— 设 p, q 为命题, 称 $\neg p, p \wedge q, p \vee q, p \rightarrow q, p \leftrightarrow q$ 为基本复合命题.

命题变项 —— 用 p, q, r, \dots 表示任意的取值为 0 或 1 的变元, 则称 p, q, r, \dots 为命题变项.

命题公式 —— 对命题变项或命题 p, q, r, \dots 反复地有限次地应用 $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$ 中联结词联结的符号串称为命题公式. 常用 A, B, C, \dots 表示命题公式.

公式的赋值 —— 设公式 A 中含 n 个命题变项 p_1, p_2, \dots, p_n , 给 p_i 指定值 α_i (α_i 为 0 或 1, $i = 1, 2, \dots, n$), 所得字符串 $\alpha_1 \alpha_2 \cdots \alpha_n$ 称为 A 的一个赋值. 若 $\alpha_1 \alpha_2 \cdots \alpha_n$ 使 A 为真, 则称它为 A 的成真赋值, 若 $\alpha_1 \alpha_2 \cdots \alpha_n$ 使 A 为假, 则称它为 A 的成假赋值. A 共有 2^n 个赋值.



离散数学 语言与数学

4

重言式 —— A 无成假赋值, 则称 A 为重言式.

矛盾式 —— 若 A 无成真赋值, 则称 A 为矛盾式.

可满足式 —— 若 A 至少有一个成真赋值, 则称 A 为可满足式.

$A \Rightarrow B$ —— 是“ $A \rightarrow B$ ”为重言式的简单记法, 或者说, 不会出现使 A 为真而 B 为假的赋值的蕴涵式 $A \rightarrow B$ 的简单记法.

$A \Leftrightarrow B$ —— 是“ $A \leftrightarrow B$ 为重言式”的简单记法, 或者说, 不会出现使 A 与 B 有不同真值的赋值的等价式的简单记法, 并称 $A \Leftrightarrow B$ 为等值式, 或 A 与 B 是等值的.

重要等值式定义如下:

双重否定律 $\neg\neg A \Leftrightarrow A$

幂等律 $A \vee A \Leftrightarrow A, A \wedge A \Leftrightarrow A$

交换律 $A \vee B \Leftrightarrow B \vee A, A \wedge B \Leftrightarrow B \wedge A$

结合律 $(A \vee B) \vee C \Leftrightarrow A \vee (B \vee C)$

$(A \wedge B) \wedge C \Leftrightarrow A \wedge (B \wedge C)$

分配律 $A \vee (B \wedge C) \Leftrightarrow (A \vee B) \wedge (A \vee C)$

$A \wedge (B \vee C) \Leftrightarrow (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$

德摩根律 $\neg(A \vee B) \Leftrightarrow \neg A \wedge \neg B$

$\neg(A \wedge B) \Leftrightarrow \neg A \vee \neg B$

吸收律 $A \vee (A \wedge B) \Leftrightarrow A$

$A \wedge (A \vee B) \Leftrightarrow A$

零律 $A \vee 1 \Leftrightarrow 1, A \wedge 0 \Leftrightarrow 0$

同一律 $A \vee 0 \Leftrightarrow A, A \wedge 1 \Leftrightarrow A$

排中律 $A \vee \neg A \Leftrightarrow 1$

矛盾律 $A \wedge \neg A \Leftrightarrow 0$

蕴涵等值式 $A \rightarrow B \Leftrightarrow \neg A \vee B$

等价等值式 $A \leftrightarrow B \Leftrightarrow (A \rightarrow B) \wedge (B \rightarrow A)$

假言易位等值式 $A \rightarrow B \Leftrightarrow \neg B \rightarrow \neg A$

等价否定等值式 $A \leftrightarrow B \Leftrightarrow \neg A \leftrightarrow \neg B$

归谬论 $(A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow \neg B) \Leftrightarrow \neg A$

重要的推理规则(或称推理定律)定义如下:

附加律 $A \Rightarrow A \vee B$

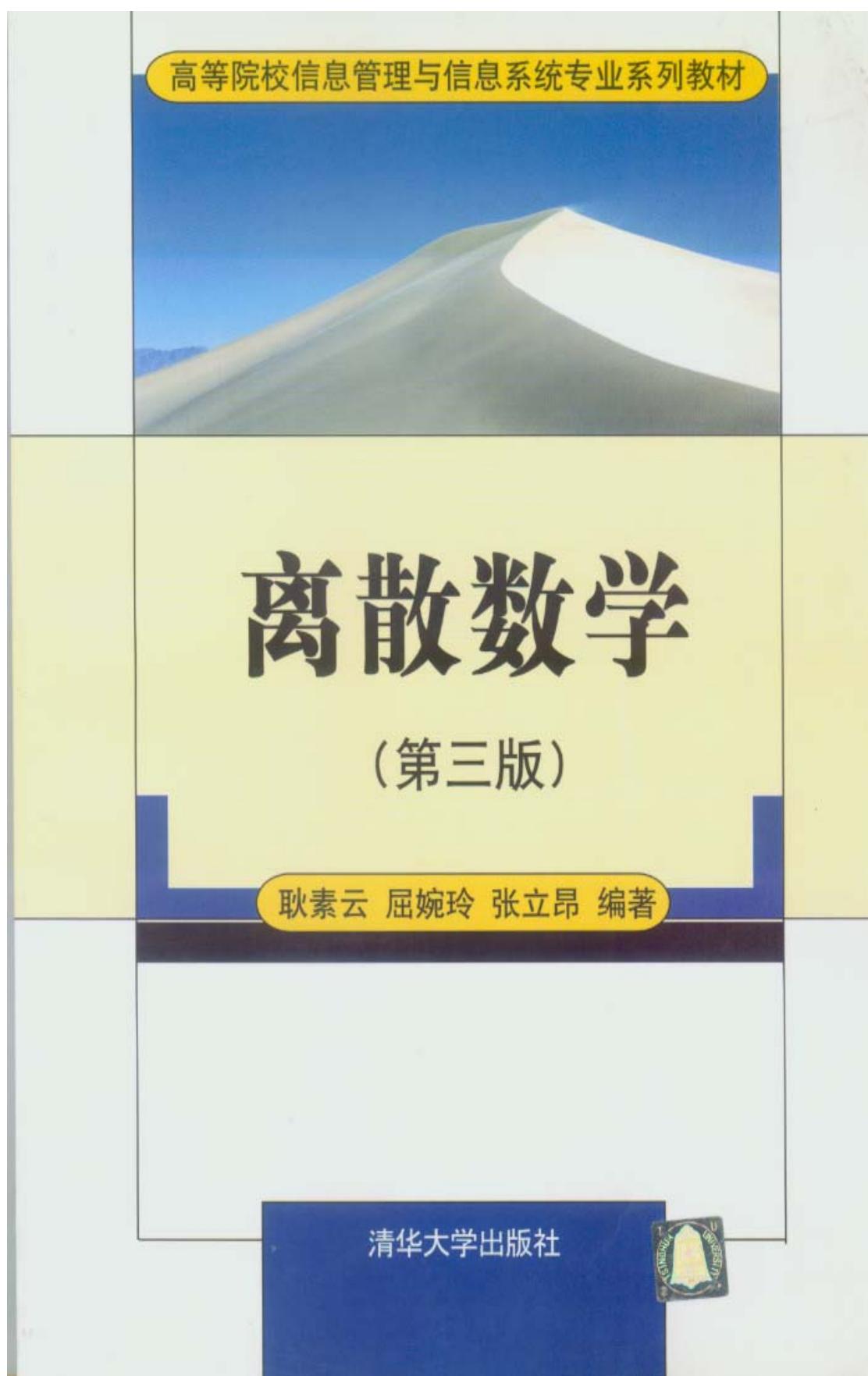
化简律 $A \wedge B \Rightarrow A$

假言推理 $(A \rightarrow B) \wedge A \Rightarrow B$

拒取式 $(A \rightarrow B) \wedge \neg B \Rightarrow \neg A$

析取三段论 $(A \vee B) \wedge \neg B \Rightarrow A$

15. 离散数学（第三版）



内 容 简 介

本书包括以下 6 个方面的内容：(1)数理逻辑；(2)集合论；(3)代数结构；(4)图论；(5)组合分析初步；(6)形式语言与自动机初步。

书中概念论述清楚，讲解详实，通俗易懂，并且着重于概念的应用，而不着重于定理的证明。每章后均附有习题，建议学时 60~80。

本书可以作为计算机及相关专业本科生的教材，也可以作为计算机软件专业水平考试的参考书。同时还可以供从事计算机软件、硬件研究开发和应用的人员使用。另有配套教材《离散数学题解》。

本书获得 2001 年北京市教育教学成果（高等学校）一等奖。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

离散数学 / 耿素云, 屈婉玲, 张立昂编著. —3 版. —北京：清华大学出版社, 2004

(高等院校信息管理与信息系统专业系列教材)

ISBN 7-302-07879-3

I. 离… II. ①耿… ②屈… ③张… III. 离散数学—高等学校—教材 IV. O158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 124785 号

出版者：清华大学出版社

地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编：100084

社 总 机：010-62770175

客户服务：010-62776969

责任编辑：范素珍

印 刷 者：北京市人民文学印刷厂

装 订 者：三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：16.5 字数：377 千字

版 次：2004 年 3 月第 3 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-07879-3/TP · 5724

印 数：142001~147000

定 价：21.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话：(010)62770175-3103 或(010)62795704

目 录

第1章 命题逻辑	1
1.1 命题符号化及联结词	1
1.2 命题公式及分类	5
1.3 等值演算	8
1.4 联结词全功能集	12
1.5 对偶与范式	14
1.6 推理理论	22
1.7 题例分析	25
习题	31
第2章 一阶逻辑	36
2.1 一阶逻辑基本概念	36
2.2 一阶逻辑合式公式及解释	40
2.3 一阶逻辑等值式	45
2.4 一阶逻辑推理理论	48
2.5 题例分析	51
习题	55
第3章 集合的基本概念和运算	61
3.1 集合的基本概念	61
3.2 集合的基本运算	63
3.3 集合中元素的计数	68
3.4 题例分析	71
习题	76
第4章 二元关系和函数	81
4.1 集合的笛卡儿积与二元关系	81
4.2 关系的运算	85
4.3 关系的性质	91
4.4 关系的闭包	93
4.5 等价关系和偏序关系	95
4.6 函数的定义和性质	100
4.7 函数的复合和反函数	104
4.8 题例分析	106
习题	113

第 5 章 代数系统的一般性质	119
5.1 二元运算及其性质	119
5.2 代数系统及其子代数和积代数	125
5.3 代数系统的同态与同构	127
5.4 题例分析	129
习题	132
第 6 章 几个典型的代数系统	136
6.1 半群与群	136
6.2 环与域	143
6.3 格与布尔代数	146
6.4 题例分析	149
习题	152
第 7 章 图的基本概念	155
7.1 无向图及有向图	155
7.2 通路、回路、图的连通性	160
7.3 图的矩阵表示	163
7.4 最短路径及关键路径	166
7.5 题例分析	170
习题	173
第 8 章 一些特殊的图	177
8.1 二部图	177
8.2 欧拉图	179
8.3 哈密顿图	180
8.4 平面图	182
8.5 题例分析	187
习题	190
第 9 章 树	193
9.1 无向树及生成树	193
9.2 根树及其应用	195
9.3 题例分析	201
习题	206
第 10 章 组合分析初步	209
10.1 加法法则和乘法法则	209
10.2 基本排列组合的计数方法	210
10.3 题例分析	216
习题	220

第 11 章 形式语言和自动机初步	223
11.1 形式语言和形式文法.....	223
11.2 有穷自动机.....	230
11.3 有穷自动机和正则文法的等价性.....	235
11.4 图灵机.....	238
11.5 题例分析.....	244
习题.....	247

本章主要介绍形式语言和自动机的基本概念，数理逻辑的内容相当丰富，大体可分为 5 部分，即逻辑演算、数理集合论、递归论和模型论。在本书中，只介绍命题逻辑和一阶逻辑（谓词逻辑）。有兴趣的读者，可参阅有关专著。

1.1 命题符号化及联结词

数理逻辑研究的中心问题是推理，而推理的前提和结论都是表达判断的陈述句。因此，能够判断真假的陈述句构成了推理的基本单位。于是，能够判断真假的陈述句为命题。这种判断真假的只有两种可能，一种是正确的判断，一种是错误的判断。判断既为正确的命题，叫做真；或者，称判断为错误的命题的真值为假，因而又可以称命题是具有惟一真值的判断。

例如：下列句子中哪些是命题。
 (1) 2 是质数。
 (2) 2+2=5。
 (3) 天气是蓝色的。
 (4) 请关上灯。
 (5) 明天天气晴朗吗？
 (6) 请关上灯。你关了吗？
 (7) 请关上灯。你关了吗？
 (8) 请关上灯。你关了吗？
 (9) 请关上灯。你关了吗？
 (10) 地球外的星球上也有人。

解：在 10 个句子中，(6) 是疑问句，(7) 是疑问句，(8) 是祈使句。这 3 句话都不是命题。当然它们都不是命题。其余的 7 个句子都是陈述句，但(9) 不是命题，因为它没有确定的真值。当 $x=6,y=7$ 时， $2x+2y=20$ ，而当 $x=6,y=8$ 时， $2x+2y=28$ ，所以真值不确定。其余的 6 个句子都是命题。其中(1)、(3) 是真命题；(2)、(5) 是假命题。真的真值虽然现在还不知道，但当每年 10 月 1 日就知道了，因而是真值，它的真值是惟一的。句子(10) 的真值也是惟一的，只是我们还不知道而已。随着科学技术的发展，其真值会知道的。因此它也是命题。

从以上分析可以看出，判断一个句子是否为命题，首先要看它是否为陈述句，然后要看它的真值是否是惟一的，当然真值充否惟一与我们是否知道它的真值是两回事。

在例 1.1 中指出的 6 个命题都是简单的真命题，够不起来分成更简单的句子了，称这

于是根据同一律可得下面类型的命题公式. 例如, $p \vee \neg p = (p \wedge \neg p) \vee (p \wedge \neg p) \Leftrightarrow 1$.

④ $(r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3) \vee (\neg r_1 \wedge q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3) \Leftrightarrow 1$. 又由③、④产生新的公式:

⑤ $(p_2 \wedge \neg s_4 \wedge r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3) \Leftrightarrow 1 \Leftrightarrow ③ \wedge ④$. 由等值式后, 不用真值表法就可以直接判断公式的等值性.

⑥ $(p_2 \wedge \neg s_4 \wedge r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3) \Leftrightarrow (p_2 \wedge \neg s_4 \wedge \neg r_1 \wedge q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3)$ 等值演算. 在等子等值演算中, 例 1.11 的第 3 步是将 $\neg (p_2 \wedge \neg s_4 \wedge r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3)$ 转换为 $\neg p_2 \wedge s_4 \wedge \neg r_1 \wedge q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3$. 从逻辑上讲, 可以这样理解: 将 $\neg (p_2 \wedge \neg s_4 \wedge r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3)$ 表达成 $(\neg p_2 \wedge s_4 \wedge \neg r_1 \wedge q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3) \wedge (\neg (\neg p_2 \wedge \neg s_4 \wedge r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3)) \leftarrow 1 \Rightarrow$

由于 A、B 不能同时第二, D 不能第三又第四, 所以得下面公式:

$$\begin{aligned} ⑤ \quad 1 &\Leftrightarrow p_2 \wedge \neg s_4 \wedge r_1 \wedge \neg q_2 \wedge \neg r_2 \wedge s_3 \\ &\Leftrightarrow p_2 \wedge \neg q_2 \wedge r_1 \wedge \neg r_2 \wedge s_3 \wedge \neg s_4. \end{aligned}$$

由上式可知 r_1, p_2, s_3 是真命题, 即 C 第一, A 第二, D 第三, B 只能是第四了.

等值演算在计算机硬件设计中, 在开关理论和电子元器件中都占据重要地位.

等值演算的两个重要应用是求解逻辑方程和化简逻辑表达式.

1.4 联结词全功能集

考虑到实际中的应用, 可由 5 种基本联结词产生更多的联结词, 下面再给出在逻辑设计中常用的 3 种联结词.

定义 1.11 设 p, q 为两命题, 复合命题“ p, q 中恰有一个成立”称为 p 与 q 的排斥或或异或, 记作 $p \veebar q$. \veebar 称作排斥或或异或联结词. $p \veebar q$ 为真当且仅当 p, q 中恰有一个为真.

由此定义及公式间等值的定义可知

$$p \veebar q \Leftrightarrow (p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q).$$

有了异或联结词后, 例 1.11 中的 3 个基本公式也可表述为 $r_1 \veebar q_2 \Leftrightarrow 1, r_2 \veebar s_3 \Leftrightarrow 1, p_2 \veebar s_4 \Leftrightarrow 1$.

定义 1.12 设 p, q 为两命题. 复合命题“ p 与 q 的否定”称为 p 与 q 的与非式, 记作 $p \uparrow q$. \uparrow 称作与非联结词. $p \uparrow q$ 为真当且仅当 p, q 不同时为真.

由定义可知

$$p \uparrow q \Leftrightarrow \neg(p \wedge q).$$

定义 1.13 设 p, q 为两命题. 复合命题“ p 或 q 的否定”称作 p 与 q 的或非式, 记作 $p \downarrow q$. \downarrow 称作或非联结词. $p \downarrow q$ 为真当且仅当 p, q 同时为假.

由定义可知

$$p \downarrow q \Leftrightarrow \neg(p \vee q).$$

在一个形式系统中, 多少个联结词最“合适”呢? 一般说来, 在自然推理系统中, 联结词集中的联结词可以多些, 而公理系统中联结词集中的联结词越少越好. 但联结词集中的联结词无论是多些还是少些, 它必须具备一定的功能, 这就是任一真值函数都可以用仅含此联结词集中的联结词的命题公式表示. 具有这样性质的联结词集叫全功能集. 因此应先明确何为真值函数.

定义 1.14 一个 $n(n \geq 1)$ 维卡氏积 $\{0, 1\}^n$ 到 $\{0, 1\}$ 的函数称为一个 n 元真值函数.

设 F 是一个 n 元真值函数, 则可记为 $F: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}^*$.

n 个命题变项, 共有 2^n 个可能的赋值, 对于每个赋值真值函数的函数值非 0 即 1, 于是 n 个命题变元共可以形成 2^n 个不同的真值函数. 其实, 每个真值函数可对应无穷多个命题公式, 它们彼此都是等值的.

含两个命题变项 p, q 的真值函数共有 16 个. 表 1-6 中给出了这 16 个真值函数 F_i ($1 \leq i \leq 16$), 其中 F_1 对应的所有命题公式都是矛盾式; F_{16} 对应的所有命题公式都是重言式; F_2 表示 $p \wedge q$ 或与它等值的命题公式; F_3 表示 $\neg(p \rightarrow q)$ 或与其等值的命题公式……

表 1-6

p	q	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
p	q	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}	F_{15}	F_{16}
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1

定义 1.15 在一个联结词的集合中, 如果一个联结词可由集合中的其他联结词定义, 则称此联结词为冗余的联结词, 否则称为独立的联结词.

在 1.1 节中给出的 5 个联结词组成的联结词集为 $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$. 由于

$$\begin{aligned} p \rightarrow q &\Leftrightarrow \neg p \vee q; \\ p \leftrightarrow q &\Leftrightarrow (p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p) \\ &\Leftrightarrow (\neg p \vee q) \wedge (\neg q \vee p). \end{aligned}$$

所以 $\rightarrow, \leftrightarrow$ 都是冗余的. 又考虑 $\{\neg, \wedge, \vee\}$ 中, 由于

$\neg(\neg p \vee q) \Leftrightarrow \neg(\neg p \vee q) \Leftrightarrow \neg(\neg p \wedge \neg q)$, 所以 \vee 可看成冗余的, 但在 $\{\neg, \wedge\}$ 中无冗余的联结词. 类似讨论可知 $\{\neg, \vee\}$ 中也无冗余的联结词.

根据以上的讨论, 可以给联结词的全功能集及极小全功能集定义如下.

定义 1.16 若任一真值函数都可以用仅含某一联结词集中的联结词的命题公式表示, 则称该联结词集为全功能集. 若一个联结词的全功能集中不含冗余的联结词, 则称它是极小全功能集.

* 关于卡氏积和函数的记法, 请见集合论中函数部分.

可以证明, $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow, \forall\}$ 、 $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow, \uparrow, \downarrow\}$ 、 $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$ 、 $\{\neg, \wedge, \vee\}$ 、 $\{\neg, \rightarrow\}$ 、 $\{\neg, \wedge\}$ 、 $\{\neg, \vee\}$ 、 $\{\uparrow\}$ 、 $\{\downarrow\}$ 等都是全功能集, 其中, $\{\neg, \wedge\}$ 、 $\{\neg, \vee\}$ 、 $\{\uparrow\}$ 、 $\{\downarrow\}$ 等是极小全功能集.

例 1.12 分别以下列给出的各联结词集中的联结词写出表 1-6 中 F_3 的一个命题公式.

$$(1) \{\neg, \rightarrow\}; (2) \{\neg, \wedge\}; (3) \{\neg, \vee\}; (4) \{\uparrow\}; (5) \{\downarrow\}.$$

解 (1) $F_3 \Leftrightarrow \neg(p \rightarrow q)$.

$$(2) F_3 \Leftrightarrow \neg(\neg p \vee q)$$

$$\Leftrightarrow \neg(\neg p \vee q)$$

$$\Leftrightarrow p \wedge \neg q.$$

$$(3) F_3 \Leftrightarrow \neg(\neg p \vee q).$$

(4) 首先注意到, $\neg p \Leftrightarrow \neg(p \wedge p) \Leftrightarrow p \uparrow p$, 则

$$F_3 \Leftrightarrow p \wedge \neg q$$

$$\Leftrightarrow p \wedge (q \uparrow q)$$

$$\Leftrightarrow \neg(\neg(p \wedge (q \uparrow q)))$$

$$\Leftrightarrow \neg(p \uparrow (q \uparrow q))$$

$$\Leftrightarrow (p \uparrow (q \uparrow q)) \uparrow (p \uparrow (q \uparrow q)).$$

(5) 又注意到, $\neg p \Leftrightarrow \neg(p \vee p) \Leftrightarrow p \downarrow p$, 则

$$F_3 \Leftrightarrow p \wedge \neg q$$

$$\Leftrightarrow \neg(\neg p \vee q)$$

$$\Leftrightarrow \neg p \downarrow q$$

$$\Leftrightarrow (p \downarrow p) \downarrow q.$$

例 1.13 若已知 $\{\neg, \rightarrow\}$ 是全功能集, 证明 $\{\neg, \vee\}$ 也是全功能集.

证明 由于 $\{\neg, \rightarrow\}$ 是全功能集, 因而任一真值函数均可仅由含 $\{\neg, \rightarrow\}$ 中的联结词的命题公式表示. 而对于任意的命题形式 A, B , 有

$$A \rightarrow B \Leftrightarrow \neg A \vee B,$$

因而任一真值函数均可仅由含 $\{\neg, \vee\}$ 中的联结词的命题公式表示, 所以它是全功能集.

1.5 对偶与范式

在 1.3 节中介绍的基本的等值式中, 多数公式是成对出现的, 这些成对出现的公式是对偶的.

定义 1.17 在仅含有联结词 \neg, \wedge, \vee 的命题公式 A 中, 将 \vee 换成 \wedge , \wedge 换成 \vee , 若 A 中含 0 或 1, 就将 0 换成 1, 1 换成 0, 所得命题公式称为 A 的对偶式, 记作 A^* .

从定义不难看出, A 是 A^* 的对偶式, 即对偶式是相互的. 又 $(A^*)^* = A$.

例如, $p \wedge q$ 与 $p \vee q$, $\neg(p \wedge q)$ 与 $\neg(p \vee q)$, $\neg p \vee (q \wedge r)$ 与 $\neg p \wedge (q \vee r)$, $(p \vee q) \vee 0$ 与 $(p \wedge q) \wedge 1$ 等均为相互对偶式.

关于对偶式有以下两个定理(证明略).

16. 离散数学(修订版)



内容提要

本书第一版于1998年出版,是教育部高等学校“九五”规划教材和面向21世纪课程教材。此次修订在保持原有四部分内容(数理逻辑、集合论、代数结构和图论)的基础上,增加了相当数量的难度不同的练习题,并结合教学需要引入了一部分新的应用实例。

本书被列为普通高等教育“十五”国家级规划教材。与本书配套设计的网络课程、电子教案和习题辅导用书即将陆续推出。它们的有机结合可以满足不同教学环节的需求,构成全新的立体化系列教材。

本书可作为普通高等学校计算机及其他相关专业本科生离散数学课程的教材,也可供其他专业学生和工作人员阅读和参考。

(图书封)**图书在版编目(CIP)数据**

离散数学 / 耿素云, 屈婉玲编著. —2 版. —北京:
高等教育出版社, 2004.1 (2005 重印)
ISBN 7-04-013317-2

I. 离... II. ①耿... ②屈... III. 离散数学 - 高等
学校 - 教材 IV. 0158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 113170 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	北京中科印刷有限公司		http://www.landraco.com.cn
开 本	787×1092 1/16	版 次	1998 年 6 月第 1 版
印 张	23.25	印 次	2004 年 1 月第 2 版
字 数	480 000	定 价	26.70 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 13317-00

(00) 三章 环与域	基础组合... 5.0(232)
(00) 02 二元关系的性质	关系组合... 6.0(232)
(001) 01.1 等价关系	六题区(233)
(001) 01.2 分类关系	第五单元二 章节2等
(001) 01.3 偏序关系	第八章第1节 241
(001) 01.4 完全偏序关系	第五单元三 241
(001) 01.5 有界偏序关系	基础组合... 6.0(246)
(001) 01.6 分配律与互补律	基础组合... 6.0(250)
(001) 01.7 极大极小元素	基础组合... 6.0(253)
(001) 01.8 有理数	第八章第1节 253
第一部分 数理逻辑	
第一章 命题逻辑基本概念	基础组合... 3 (3)
(001) 1.1 命题与联结词	第四部分 第一章 1.1 (3)
(001) 1.2 命题公式及其赋值	基础组合... 3 (9)
(001) 习题一	基础组合... 3 (15)
第二章 命题逻辑等值演算	基础组合... 1.2 (20)
(001) 2.1 等值式	第四部分 第一章 1.2 (20)
(001) 2.2 析取范式与合取范式	基础组合... 1.2 (27)
(001) 2.3 联结词的完备集	基础组合... 1.2 (37)
(001) 习题二	基础组合... 1.2 (39)
第三章 命题逻辑的推理理论	基础组合... 1.3 (43)
(001) 3.1 推理的形式结构	第四部分 第一章 1.3 (43)
3.2 自然推理系统 P	基础组合... 1.3 (48)
习题三	基础组合... 1.3 (53)
第四章 一阶逻辑基本概念	基础组合... 1.4 (57)
(001) 4.1 一阶逻辑命题符号化	第四部分 第一章 1.4 (57)
(001) 4.2 一阶逻辑公式及解释	基础组合... 1.4 (63)
(001) 习题四	基础组合... 1.4 (68)
第五章 一阶逻辑等值演算与推理	基础组合... 1.5 (72)
(001) 5.1 一阶逻辑等值式与置换规则	基础组合... 1.5 (72)
(001) 5.2 一阶逻辑前束范式	基础组合... 1.5 (77)
(001) 5.3 一阶逻辑的推理理论	基础组合... 1.5 (79)
(001) 习题五	基础组合... 1.5 (84)
(001) 10.2 一阶公式	基础组合... 1.6 (326)
(001) 10.3 一阶逻辑的推理	基础组合... 1.6 (329)
(001) 10.4 一阶逻辑的模型	基础组合... 1.6 (331)
第二部分 集合论	
第六章 集合代数	基础组合... 1.7 (91)
(001) 6.1 集合的基本概念	基础组合... 1.7 (91)

II 目 录

6.2 集合的运算	(94)
6.3 集合恒等式	(99)
习题六	(103)
第七章 二元关系	(110)
7.1 有序对与笛卡儿积	(110)
7.2 二元关系	(112)
7.3 关系的运算	(114)
7.4 关系的性质	(122)
7.5 关系的闭包	(127)
7.6 等价关系与划分	(132)
7.7 偏序关系	(135)
习题七	(140)
第八章 函数	(146)
8.1 函数的定义与性质	(146)
8.2 函数的复合与反函数	(153)
8.3 一个电话系统的描述实例	(157)
习题八	(164)
第九章 集合的基数	(168)
9.1 集合的等势与优势	(168)
9.2 集合的基数	(173)
习题九	(178)
第三部分 代数结构	
第十章 代数系统	(181)
10.1 二元运算及其性质	(181)
10.2 代数系统	(189)
习题十	(191)
第十一章 半群与群	(194)
11.1 半群与独异点	(194)
11.2 群的定义与性质	(197)
11.3 子群	(202)
11.4 陪集与拉格朗日定理	(206)
11.5 正规子群与商群	(211)
11.6 群的同态与同构	(214)
11.7 循环群与置换群	(220)
习题十一	(228)

目 录 III

第十二章 环与域	.....	.....	(232)
12.1 环的定义与性质	.....	.....	(232)
12.2 整环与域	.....	.....	(235)
习题十二	.....	.....	(240)
第十三章 格与布尔代数	.....	.....	(241)
13.1 格的定义与性质	.....	.....	(241)
13.2 子格与格同态	.....	.....	(246)
13.3 分配格与有补格	.....	.....	(250)
13.4 布尔代数	.....	.....	(253)
习题十三	.....	.....	(262)

第四部分 图 论

第十四章 图的基本概念	.....	(267)
14.1 图	.....	(267)
14.2 通路与回路	.....	(276)
14.3 图的连通性	.....	(278)
14.4 图的矩阵表示	.....	(284)
14.5 图的运算	.....	(287)
习题十四	.....	(288)
第十五章 欧拉图与哈密顿图	.....	(293)
15.1 欧拉	.....	(293)
15.2 哈密顿图	.....	(297)
15.3 带权图与货郎担问题	.....	(302)
习题十五	.....	(303)
第十六章 树	.....	(306)
16.1 无向树及其性质	.....	(306)
16.2 生成树	.....	(308)
16.3 根树及其应用	.....	(311)
习题十六	.....	(319)
第十七章 平面图及图的着色	.....	(323)
17.1 平面图的基本概念	.....	(323)
17.2 欧拉公式	.....	(326)
17.3 平面图的判断	.....	(329)
17.4 平面图的对偶图	.....	(331)
17.5 图中顶点的着色	.....	(333)
17.6 地图的着色与平面图的点着色	.....	(334)

IV 目 录

17.7 边着色	(335)
习题十七	(337)
第十八章 支配集、覆盖集、独立集与匹配	(342)
18.1 支配集、点覆盖集与点独立集	(342)
18.2 边覆盖集与匹配	(343)
18.3 二部图中的匹配	(346)
习题十八	(348)
名词与术语索引	(351)
符号注释	(359)
参考文献	(362)

1.1.1 演讲大堂 圆舞曲 (35)

1.1.2 题七 会议 (44)

第十八章 话数 (45)

(180) 1.1.3 线性规划与线性 余数本基的图 章四十 (46)

(180) 1.1.4 线性规划与线性 图 (47)

(180) 1.1.5 线性规划与线性 裁圆 (48)

(180) 1.1.6 线性规划与线性 墙纸 (49)

(180) 1.1.7 线性规划与线性 承重梁 (50)

(180) 1.1.8 线性规划与线性 真正的图 (51)

(180) 1.1.9 线性规划与线性 四十 (52)

(180) 1.1.10 线性规划与线性 圆舞曲 章五十 (53)

(180) 1.1.11 线性规划与线性 旗 (54)

(180) 1.1.12 线性规划与线性 圆舞曲 (55)

(180) 1.1.13 线性规划与线性 五十 (56)

(180) 1.1.14 线性规划与线性 树 章六十 (57)

(180) 1.1.15 线性规划与线性 费劲其力 (58)

(180) 1.1.16 线性规划与线性 拼图 (59)

(180) 1.1.17 线性规划与线性 乱七八糟 (60)

(180) 1.1.18 线性规划与线性 六十 (61)

(180) 1.1.19 线性规划与线性 古董 (62)

(180) 1.1.20 线性规划与线性 余数本基的图 平 (63)

(180) 1.1.21 线性规划与线性 余数本基的图 平 (64)

(180) 1.1.22 线性规划与线性 负公 (65)

(180) 1.1.23 线性规划与线性 油漆 (66)

2.3 联结词的完备集

定义 2.6 称 $F: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$ 为 n 元真值函数.

在这个定义中, F 的自变量为 n 个命题变项, 定义域 $\{0,1\}^n$ 为 $\{00\dots 0, 00\dots 1, \dots, 11\dots 1\}$, 即 $\{0,1\}^n$ 中元素为由 0,1 组成的全体长为 n 的符号串, 值域为 $\{0,1\}$.

n 个命题变项共可构成 2^n 个不同的真值函数. 含命题变项 p 的 1 元真值函数共有 4 个, 见表 2.5 所示. 含两个命题变项 p, q 的真值函数共有 16 个, 见表 2.6 所示. 含 3 个命题变项的真值函数共有 $2^3 = 256$ 个.

表 2.5 1 元真值函数

p	$F_0^{(1)}$	$F_1^{(1)}$	$F_2^{(1)}$	$F_3^{(1)}$
0	0	0	0	1
1	0	1	1	0

表 2.6 2 元真值函数

p	$F_0^{(2)}$	$F_1^{(2)}$	$F_2^{(2)}$	$F_3^{(2)}$	$F_4^{(2)}$	$F_5^{(2)}$	$F_6^{(2)}$	$F_7^{(2)}$
0 0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 1	0	0	0	0	1	1	1	1
1 0	0	0	1	1	0	0	1	1
1 1	0	1	0	1	0	1	0	1
p	$F_8^{(2)}$	$F_9^{(2)}$	$F_{10}^{(2)}$	$F_{11}^{(2)}$	$F_{12}^{(2)}$	$F_{13}^{(2)}$	$F_{14}^{(2)}$	$F_{15}^{(2)}$
0 0	1	1	1	1	1	1	1	1
0 1	0	0	0	0	1	1	1	1
1 0	0	0	1	1	0	0	1	1
1 1	0	1	0	1	0	1	0	1

对于每个真值函数, 都可找到许多与之等值的命题公式. 以 2 元真值函数为例, 所有矛盾式都与 $F_0^{(2)}$ 等值, 所有的重言式都与 $F_{15}^{(2)}$ 等值, 又如 $F_{13}^{(2)} \Leftrightarrow p \rightarrow q \Leftrightarrow (\neg p \vee q) \Leftrightarrow \neg(p \wedge \neg q) \Leftrightarrow (\neg p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q) \vee (p \wedge q) \Leftrightarrow \dots$. 更重要的是, 每个真值函数与惟一的一个主析取范式(主合取范式)等值. 还以 2 元真值函数为例. $F_0^{(2)} \Leftrightarrow 0$ (矛盾式), $F_1^{(2)} \Leftrightarrow (p \wedge q) \Leftrightarrow m_1$, $F_2^{(2)} \Leftrightarrow (p \wedge \neg q) \Leftrightarrow m_2$, $F_3^{(2)} \Leftrightarrow (p \wedge \neg q) \vee (p \wedge q) \Leftrightarrow m_2 \vee m_3, \dots$. 而每个主析取范式对应无穷多个与之等值的公式, 所以每个真值函数对应无穷多个与之等值的命题公式, 由定理 2.5

可知,每个命题公式对应惟一的与之等值的真值函数.

定义 2.7 设 S 是一个联结词集合,如果任何 $n(n \geq 1)$ 元真值函数都可以由仅含 S 中的联结词构成的公式表示,则称 S 是联结词完备集.

定理 2.6 $S = \{\neg, \wedge, \vee\}$ 是联结词完备集.

证 因为任何 $n(n \geq 1)$ 元真值函数都与惟一的一个主析取范式等值,而在主析取范式中仅含联结词 \neg, \wedge, \vee ,所以 $S = \{\neg, \wedge, \vee\}$ 是联结词完备集.

推论 以下联结词集都是完备集:

- (1) $S_1 = \{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow\}$
- (2) $S_2 = \{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$
- (3) $S_3 = \{\neg, \wedge\}$
- (4) $S_4 = \{\neg, \vee\}$
- (5) $S_5 = \{\neg, \rightarrow\}$

证 (1),(2) 的成立是显然的.

(3) 由于 $S = \{\neg, \wedge, \vee\}$ 是联结词完备集,因而任何真值函数都可以由仅含 S 中的联结词的公式表示. 同时对于任意公式 $A, B, A \vee B \Leftrightarrow \neg \neg (A \vee B) \Leftrightarrow \neg (\neg A \wedge \neg B)$,因而任意真值函数都可以由仅含 $S_3 = \{\neg, \wedge\}$ 中的联结词的公式表示,所以 S_3 是联结词完备集.

(4),(5) 的证明留作习题.

可以证明恒取 0 值的真值函数(即与矛盾式等值的真值函数)不能用仅含联结词集 $\{\wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$ 中的联结词的公式表示,因而 $\{\wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$ 不是联结词完备集. 由此可知, $\{\wedge\}, \{\vee\}, \{\wedge, \rightarrow\}, \{\wedge, \vee, \rightarrow\}, \{\wedge, \vee, \leftrightarrow\}$ 等也都不是联结词完备集. 所以, $\{\wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$ 的任何子集都不是联结词完备集.

设 S_1 和 S_2 是两个不同的联结词完备集,用 S_1 中联结词构成任何公式,可以等值转化成用 S_2 中联结词构成的公式,反之亦然. 于是,人们可以构造只含某确定联结词完备集中的联结词的公式的形式系统. 如将任何公式都转化成它的主析取范式,则所用联结词完备集为 $\{\neg, \wedge, \vee\}$. 人们还常用联结词完备集 $\{\neg, \rightarrow\}$ 来构造形式系统.

根据需要,人们还可构造出形式上更为简单的联结词完备集. 例如,在计算机硬件设计中,用与非门或者用或非门来设计逻辑线路时,就需要构造新联结词完备集.

定义 2.8 设 p, q 为两个命题,复合命题“ p 与 q 的否定式”(“ p 或 q 的否定式”)称作 p, q 的与非式(或非式),记作 $p \uparrow q$ ($p \downarrow q$). 符号 \uparrow (\downarrow) 称作与非联结词(或非联结词). $p \uparrow q$ 为真当且仅当 p 与 q 不同时为真($p \downarrow q$ 为真当且仅当 p 与 q 同时为假).

由定义不难看出

$$p \uparrow q \Leftrightarrow \neg(p \wedge q), p \downarrow q \Leftrightarrow \neg(p \vee q) \quad (1)$$

定理 2.7 $\{\uparrow\}, \{\downarrow\}$ 都是联结词完备集.

证 已知 $\{\neg, \wedge, \vee\}$ 为联结词完备集, 因而只需证明其中的每个联结词都可以由 \uparrow 定义即可. 而

$$\begin{aligned} & \neg p \Leftrightarrow \neg(\neg p \uparrow p) \quad (2.20) \\ & \Leftrightarrow \neg(p \wedge p) \quad (\text{由(1)}) \\ & \Leftrightarrow p \uparrow p \quad (2.20) \\ & p \wedge q \Leftrightarrow \neg(\neg(p \wedge q) \uparrow \neg(p \wedge q)) \quad (2.20) \\ & \Leftrightarrow \neg(\neg p \wedge \neg q) \quad (\text{由(1)}) \\ & \Leftrightarrow \neg(\neg p \uparrow \neg q) \quad (\text{由(2.20)}) \\ & \Leftrightarrow (\neg p \uparrow \neg q) \uparrow (\neg p \uparrow \neg q) \quad (2.21) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & p \vee q \Leftrightarrow \neg(\neg p \wedge \neg q) \quad (2.20) \\ & \Leftrightarrow \neg(\neg p \uparrow \neg q) \quad (\text{由(1)}) \\ & \Leftrightarrow \neg(\neg p \uparrow \neg q) \quad (\text{由(2.21)}) \\ & \Leftrightarrow \neg(\neg p \uparrow \neg q) \quad (\text{由(2.20)}) \\ & \Leftrightarrow (\neg p \uparrow \neg q) \uparrow (\neg p \uparrow \neg q) \quad (2.22) \end{aligned}$$

由(2.20) ~ (2.22) 可知, $\{\uparrow\}$ 是联结词完备集, 类似可证 $\{\downarrow\}$ 是联结词完备集.

习题二

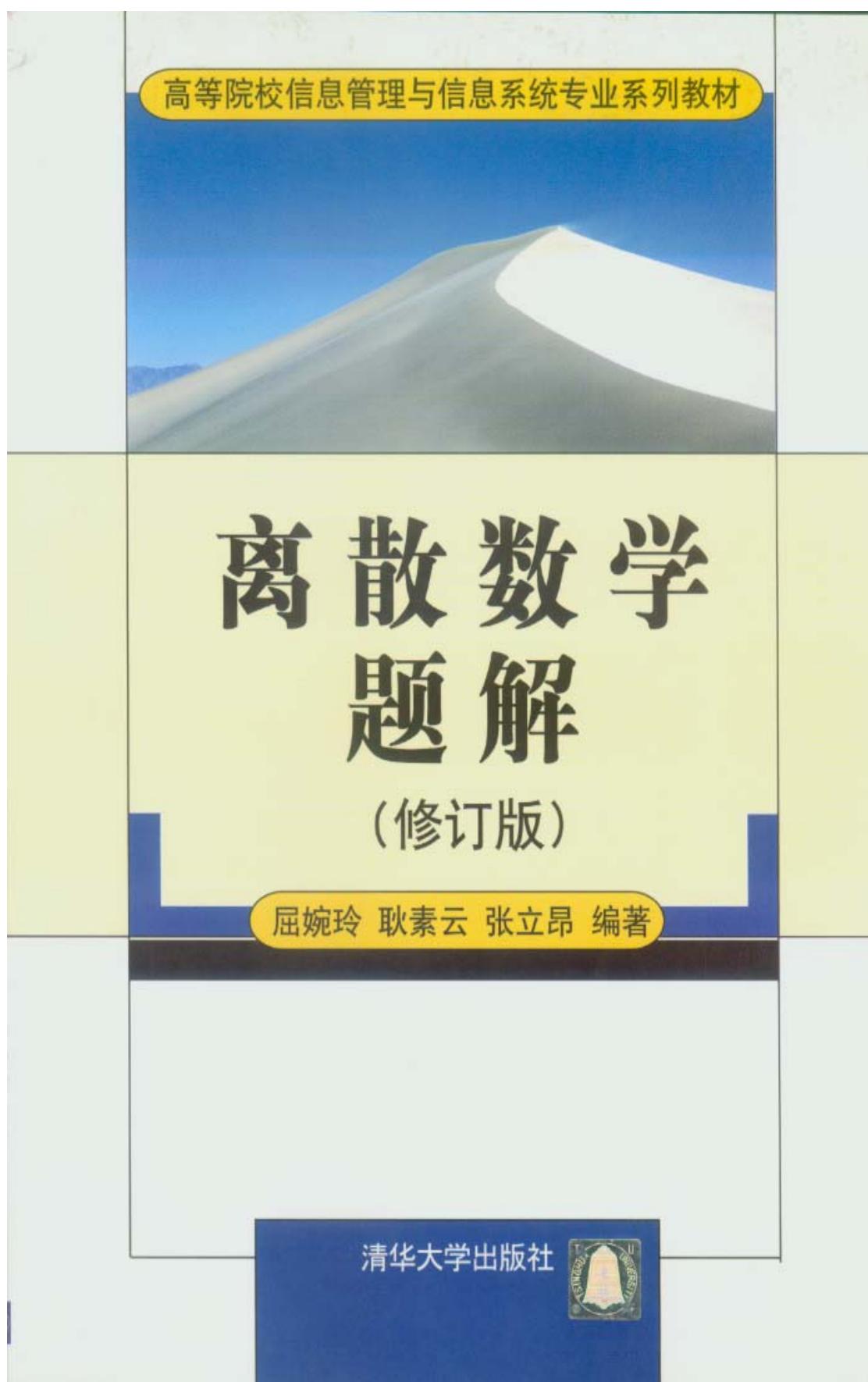
- 设公式 $A = p \rightarrow q, B = p \wedge \neg q$, 用真值表验证公式 A 和 B 适合德摩根律: $\neg(A \vee B) \Leftrightarrow \neg A \wedge \neg B$
- 公式 A 与 B 同真(1), 用真值表验证公式 A 和 B 适合蕴涵等值式: $A \rightarrow B \Leftrightarrow \neg A \vee B$
- 用等值演算法判断下列公式的类型, 对不是重言式的可满足式, 再用真值表求出成真赋值.

- (1) $\neg(p \wedge q \rightarrow q)$
- (2) $(p \rightarrow (p \vee q)) \vee (p \rightarrow r)$
- (3) $(p \vee q) \rightarrow (p \wedge r) \wedge \neg C \wedge B \vee C$, 在什么条件下是重言式?

- 用等值演算法证明下面等值式:

 - $p \Leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge \neg q)$
 - $((p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r)) \Leftrightarrow (p \rightarrow (q \wedge r))$
 - $\neg(p \leftrightarrow q) \Leftrightarrow (p \vee q) \wedge \neg(p \wedge q)$
 - $(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q) \Leftrightarrow (p \vee q) \wedge \neg(p \wedge q)$

17. 离散数学题解



内 容 简 介

本书是《离散数学(第三版)》(耿素云,屈婉玲,张立昂编著,清华大学出版社出版)一书的配套题解。

全书含6个部分：1.数理逻辑；2.集合论；3.代数结构；4.图论；5.组合分析初步；6.形式语言和自动机初步。每部分均包含三方面内容：(1)内容提要；(2)与本部分配套的习题；(3)习题解答。对每道题都做了较详细的解答与分析。对某些题还给出了不同的解法或指出容易犯的错误及犯错误的原因。

本书可作为与配套的《离散数学》的辅助教材，也可以作为其他《离散数学》教材的参考书。

(选读)

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

离散数学题解/屈婉玲,耿素云,张立昂编著. —修订版. —北京：清华大学出版社,2004

(高等院校信息管理与信息系统专业系列教材)

ISBN 7-302-08029-1

I. 离… II. ①屈… ②耿… ③张… III. 离散数学—高等学校—解题 IV. O158-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 006288 号

出 版 者：清华大学出版社

地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编：100084

社 总 机：010-62770175

客户服务：010-62776969

责任编辑：范素珍

印 刷 者：北京国马印刷厂

装 订 者：三河市新茂装订有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：11.75 字数：271 千字

版 次：2004 年 3 月修订版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-08029-1/TP · 5813

印 数：62001 ~67000

定 价：16.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话：(010)62770175-3103 或(010)62795704

第1章 命题逻辑	目录
<hr/>	
第1章 命题逻辑	1
内容提要	1
习题	7
习题解答	11
第2章 一阶逻辑	28
内容提要	28
习题	32
习题解答	37
第3章 集合的基本概念和运算	46
内容提要	46
习题	48
习题解答	52
第4章 二元关系和函数	57
内容提要	57
习题	61
习题解答	66
第5章 代数系统的一般性质	76
内容提要	76
习题	78
习题解答	81
第6章 几个典型的代数系统	89
内容提要	89
习题	93
习题解答	96
第7章 图的基本概念	101
内容提要	101

习题.....	105
习题解答.....	107
第 8 章 一些特殊的图	116
内容提要.....	116
习题.....	119
习题解答.....	121
第 9 章 树	128
内容提要.....	128
习题.....	130
习题解答.....	133
第 10 章 组合分析初步	139
内容提要.....	139
习题.....	140
习题解答.....	142
第 11 章 形式语言和自动机初步	153
内容提要.....	153
习题.....	156
习题解答.....	160
101.....	160
102.....	161
103.....	162
104.....	163
105.....	164
106.....	165
107.....	166
108.....	167
109.....	168
110.....	169
111.....	170
112.....	171
113.....	172
114.....	173
115.....	174
116.....	175
117.....	176
118.....	177
119.....	178
120.....	179
121.....	180
122.....	181
123.....	182
124.....	183
125.....	184
126.....	185
127.....	186
128.....	187
129.....	188
130.....	189
131.....	190
132.....	191
133.....	192
134.....	193
135.....	194
136.....	195
137.....	196
138.....	197
139.....	198
140.....	199
141.....	200
142.....	201
143.....	202
144.....	203
145.....	204
146.....	205
147.....	206
148.....	207
149.....	208
150.....	209
151.....	210
152.....	211
153.....	212
154.....	213
155.....	214
156.....	215
157.....	216
158.....	217
159.....	218
160.....	219
161.....	220
162.....	221
163.....	222
164.....	223
165.....	224
166.....	225
167.....	226
168.....	227
169.....	228
170.....	229
171.....	230
172.....	231
173.....	232
174.....	233
175.....	234
176.....	235
177.....	236
178.....	237
179.....	238
180.....	239
181.....	240
182.....	241
183.....	242
184.....	243
185.....	244
186.....	245
187.....	246
188.....	247
189.....	248
190.....	249
191.....	250
192.....	251
193.....	252
194.....	253
195.....	254
196.....	255
197.....	256
198.....	257
199.....	258
200.....	259
201.....	260
202.....	261
203.....	262
204.....	263
205.....	264
206.....	265
207.....	266
208.....	267
209.....	268
210.....	269
211.....	270
212.....	271
213.....	272
214.....	273
215.....	274
216.....	275
217.....	276
218.....	277
219.....	278
220.....	279
221.....	280
222.....	281
223.....	282
224.....	283
225.....	284
226.....	285
227.....	286
228.....	287
229.....	288
230.....	289
231.....	290
232.....	291
233.....	292
234.....	293
235.....	294
236.....	295
237.....	296
238.....	297
239.....	298
240.....	299
241.....	300
242.....	301
243.....	302
244.....	303
245.....	304
246.....	305
247.....	306
248.....	307
249.....	308
250.....	309
251.....	310
252.....	311
253.....	312
254.....	313
255.....	314
256.....	315
257.....	316
258.....	317
259.....	318
260.....	319
261.....	320
262.....	321
263.....	322
264.....	323
265.....	324
266.....	325
267.....	326
268.....	327
269.....	328
270.....	329
271.....	330
272.....	331
273.....	332
274.....	333
275.....	334
276.....	335
277.....	336
278.....	337
279.....	338
280.....	339
281.....	340
282.....	341
283.....	342
284.....	343
285.....	344
286.....	345
287.....	346
288.....	347
289.....	348
290.....	349
291.....	350
292.....	351
293.....	352
294.....	353
295.....	354
296.....	355
297.....	356
298.....	357
299.....	358
300.....	359
301.....	360
302.....	361
303.....	362
304.....	363
305.....	364
306.....	365
307.....	366
308.....	367
309.....	368
310.....	369
311.....	370
312.....	371
313.....	372
314.....	373
315.....	374
316.....	375
317.....	376
318.....	377
319.....	378
320.....	379
321.....	380
322.....	381
323.....	382
324.....	383
325.....	384
326.....	385
327.....	386
328.....	387
329.....	388
330.....	389
331.....	390
332.....	391
333.....	392
334.....	393
335.....	394
336.....	395
337.....	396
338.....	397
339.....	398
340.....	399
341.....	400
342.....	401
343.....	402
344.....	403
345.....	404
346.....	405
347.....	406
348.....	407
349.....	408
350.....	409
351.....	410
352.....	411
353.....	412
354.....	413
355.....	414
356.....	415
357.....	416
358.....	417
359.....	418
360.....	419
361.....	420
362.....	421
363.....	422
364.....	423
365.....	424
366.....	425
367.....	426
368.....	427
369.....	428
370.....	429
371.....	430
372.....	431
373.....	432
374.....	433
375.....	434
376.....	435
377.....	436
378.....	437
379.....	438
380.....	439
381.....	440
382.....	441
383.....	442
384.....	443
385.....	444
386.....	445
387.....	446
388.....	447
389.....	448
390.....	449
391.....	450
392.....	451
393.....	452
394.....	453
395.....	454
396.....	455
397.....	456
398.....	457
399.....	458
400.....	459
401.....	460
402.....	461
403.....	462
404.....	463
405.....	464
406.....	465
407.....	466
408.....	467
409.....	468
410.....	469
411.....	470
412.....	471
413.....	472
414.....	473
415.....	474
416.....	475
417.....	476
418.....	477
419.....	478
420.....	479
421.....	480
422.....	481
423.....	482
424.....	483
425.....	484
426.....	485
427.....	486
428.....	487
429.....	488
430.....	489
431.....	490
432.....	491
433.....	492
434.....	493
435.....	494
436.....	495
437.....	496
438.....	497
439.....	498
440.....	499
441.....	500
442.....	501
443.....	502
444.....	503
445.....	504
446.....	505
447.....	506
448.....	507
449.....	508
450.....	509
451.....	510
452.....	511
453.....	512
454.....	513
455.....	514
456.....	515
457.....	516
458.....	517
459.....	518
460.....	519
461.....	520
462.....	521
463.....	522
464.....	523
465.....	524
466.....	525
467.....	526
468.....	527
469.....	528
470.....	529
471.....	530
472.....	531
473.....	532
474.....	533
475.....	534
476.....	535
477.....	536
478.....	537
479.....	538
480.....	539
481.....	540
482.....	541
483.....	542
484.....	543
485.....	544
486.....	545
487.....	546
488.....	547
489.....	548
490.....	549
491.....	550
492.....	551
493.....	552
494.....	553
495.....	554
496.....	555
497.....	556
498.....	557
499.....	558
500.....	559
501.....	560
502.....	561
503.....	562
504.....	563
505.....	564
506.....	565
507.....	566
508.....	567
509.....	568
510.....	569
511.....	570
512.....	571
513.....	572
514.....	573
515.....	574
516.....	575
517.....	576
518.....	577
519.....	578
520.....	579
521.....	580
522.....	581
523.....	582
524.....	583
525.....	584
526.....	585
527.....	586
528.....	587
529.....	588
530.....	589
531.....	590
532.....	591
533.....	592
534.....	593
535.....	594
536.....	595
537.....	596
538.....	597
539.....	598
540.....	599
541.....	600
542.....	601
543.....	602
544.....	603
545.....	604
546.....	605
547.....	606
548.....	607
549.....	608
550.....	609
551.....	610
552.....	611
553.....	612
554.....	613
555.....	614
556.....	615
557.....	616
558.....	617
559.....	618
560.....	619
561.....	620
562.....	621
563.....	622
564.....	623
565.....	624
566.....	625
567.....	626
568.....	627
569.....	628
570.....	629
571.....	630
572.....	631
573.....	632
574.....	633
575.....	634
576.....	635
577.....	636
578.....	637
579.....	638
580.....	639
581.....	640
582.....	641
583.....	642
584.....	

第1章 命题逻辑

内容提要

1. 命题符号化及联结词

命题与真值

称能判断真假,但不会既能真又能假的陈述句为命题。命题的判断结果称为命题的真值。真值只取两个值:真和假。称真值为真的命题为真命题;真值为假的命题为假命题。称由简单陈述句构成的命题为简单命题或原子命题,用 $p, q, r, \dots, p_i, q_i, r_i, \dots$ 表示命题,称为命题符号化。用数字 1 表示真,用 0 表示假,则任何命题的真值不是 1 就是 0,但决不可能既可以为 1 又可以为 0。称由简单命题用联结词联结而成的命题为复合命题。常用的联结词(逻辑联结词)及它们所联结的复合命题有以下 6 种。

否定式 设 p 为一命题,复合命题“非 p ”(或“ p 的否定”)称为 p 的否定式,记作 $\neg p$ 。 \neg 为否定联结词, $\neg p$ 为真当且仅当 p 为假。

合取式 设 p, q 为两命题,复合命题“ p 并且 q ”(或“ p 和 q ”)称做 p 与 q 的合取式,记作 $p \wedge q$ 。 \wedge 称做合取联结词, $p \wedge q$ 为真当且仅当 p 与 q 同时为真。

析取式 设 p, q 为两命题,复合命题“ p 或 q ”称做 p 与 q 的析取式,记作 $p \vee q$, \vee 称做析取联结词, $p \vee q$ 为假当且仅当 p 与 q 同时为假。

蕴含式 设 p, q 为两命题,复合命题“如果 p , 则 q ”称做 p 与 q 的蕴含式,记作 $p \rightarrow q$,称 p 为蕴含式的前件, q 为蕴含式的后件。 \rightarrow 称做蕴含联结词, $p \rightarrow q$ 为假当且仅当 p 为真 q 为假。

等价式 设 p, q 为两命题,复合命题“ p 当且仅当 q ”称做 p 与 q 的等价式,记作 $p \leftrightarrow q$ 。 \leftrightarrow 称做等价联结词, $p \leftrightarrow q$ 为真当且仅当 p 与 q 的真值相同。

异或式 设 p, q 为两命题,复合命题“ p, q 之中仅一个成立”称做 p 与 q 的异或式(或排斥式),记作 $p \oplus q$, \oplus 称做异或联结词, $p \oplus q$ 为真当且仅当 p 与 q 中仅一个为真。

2. 命题公式及分类

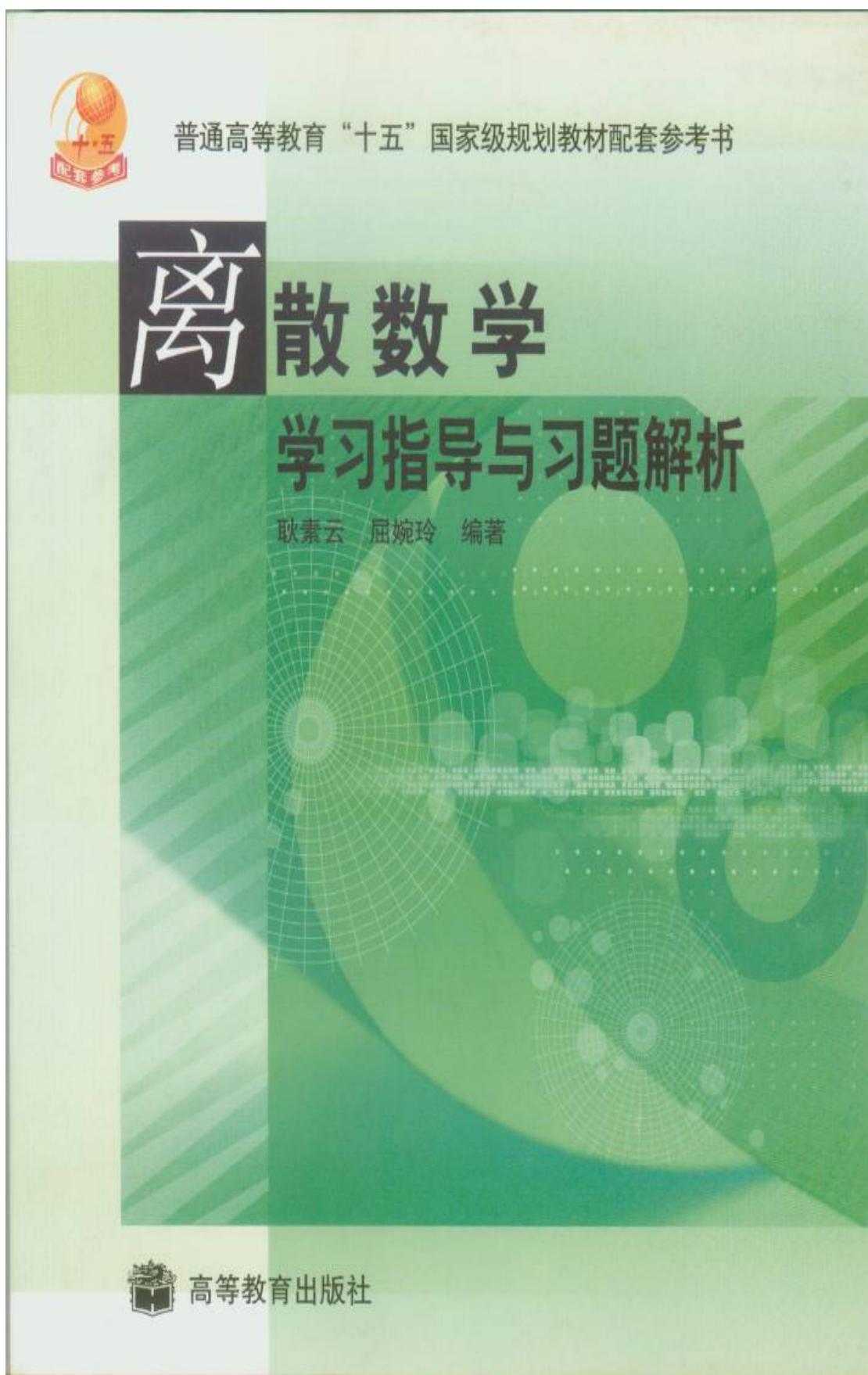
命题常项及命题变项 若用 p, q, r, \dots 表示确定的简单命题,则称 p, q, r, \dots 为命题常项,命题常项的真值是确定不变的。若用 p, q, r, \dots 泛指简单的陈述句,则称 p, q, r, \dots 为命题变项,此时 p, q, r, \dots 是变量,它们的取值为 1 或 0。

合式公式 (1) 单个的命题变项或常项(含 1 和 0)是合式公式;

(2) 若 A 是合式公式,则 $(\neg A)$ 也是合式公式;

(3) 若 A, B 都是合式公式,则 $(A \wedge B)、(A \vee B)、(A \rightarrow B)、(A \leftrightarrow B)、(p \oplus q)$ 也是合式公式;

18. 离散数学学习指导与习题解析



内 容 提 要

本书是为普通高等教育“十五”国家级规划教材《离散数学(修订版)》配套使用的教学参考书。主要内容按照原教材的章节进行组织,对各章的重点内容和学习要求进行了总结。本书的特色是:根据作者多年来从事离散数学教学的经验,针对各章的知识点和难点设立了习题课,分析习题类型,并对典型习题进行讲解和分析,总结解题方法和思路。同时对原教材的全部习题给出了解答或提示。为了便于读者进一步巩固学习成果,每章均给出了测验试题,最后还设计了4份综合性的模拟试卷。所有的测试和模拟试题全部给出了答案或解答。本书不仅适合于计算机或相关专业的学生和教师使用,也是从事计算机科学技术和工程的专业人员学习离散数学的良师益友。

图书在版编目(CIP)数据

离散数学学习指导与习题解析/耿素云,屈婉玲编著.

北京:高等教育出版社,2005.3

ISBN 7-04-016307-1

I . 离... II . ①耿... ②屈... III . 离散数学—高等学校—教学参考资料 IV . 0158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017318 号

策划编辑 董建波 责任编辑 孙惠丽 封面设计 于文燕 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000
经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京东光印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16 版 次 2005 年 3 月第 1 版
印 张 24 印 次 2005 年 3 月第 1 次印刷
字 数 440 000 定 价 26.00 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 16307-00

(8) 例题、解答或提示 一、一阶逻辑基本概念 1.1 内容提要 1.2 基本要求 1.3 习题课 1.4 习题、解答或提示 1.5 小测验

目 录

(9) 例题、解答或提示 二、一阶逻辑等值演算 2.1 内容提要 2.2 基本要求 2.3 习题课 2.4 习题、解答或提示 2.5 小测验

第一部分 数理逻辑

第一章 命题逻辑基本概念	(3)
1.1 内容提要	(3)
1.2 基本要求	(4)
1.3 习题课	(4)
1.4 习题、解答或提示	(11)
1.5 小测验	(18)
第二章 命题逻辑等值演算	(20)
2.1 内容提要	(20)
2.2 基本要求	(22)
2.3 习题课	(22)
2.4 习题、解答或提示	(29)
2.5 小测验	(35)
第三章 命题逻辑的推理理论	(38)
3.1 内容提要	(38)
3.2 基本要求	(40)
3.3 习题课	(40)
3.4 习题、解答或提示	(48)
3.5 小测验	(58)
第四章 一阶逻辑基本概念	(61)
4.1 内容提要	(61)
4.2 基本要求	(62)
4.3 习题课	(62)
4.4 习题、解答或提示	(68)
4.5 小测验	(73)
第五章 一阶逻辑等值演算与推理	(76)
5.1 内容提要	(76)
5.2 基本要求	(78)
5.3 习题课	(79)

2 目 录

5.4 习题、解答或提示	(89)
5.5 小测验	(98)

第二部分 集合论**第六章 集合代数** (103)

6.1 内容提要	(103)
6.2 基本要求	(104)
6.3 习题课	(105)
6.4 习题、解答或提示	(111)
6.5 小测验	(122)

第七章 二元关系 (125)

7.1 内容提要	(125)
7.2 基本要求	(129)
7.3 习题课	(129)
7.4 习题、解答或提示	(138)
7.5 小测验	(154)

第八章 函数 (158)

8.1 内容提要	(158)
8.2 基本要求	(159)
8.3 习题课	(159)
8.4 习题、解答或提示	(163)
8.5 小测验	(171)

第九章 集合的基数 (175)

9.1 内容提要	(175)
9.2 基本要求	(176)
9.3 习题课	(176)
9.4 习题、解答或提示	(177)
9.5 小测验	(179)

第三部分 代数结构**第十章 代数系统** (185)

10.1 内容提要	(185)
10.2 基本要求	(186)
10.3 习题课	(186)
10.4 习题、解答或提示	(189)

目 录 3

10.5 小测验	(195)
第十一章 半群与群	(198)
11.1 内容提要	(198)
11.2 基本要求	(202)
11.3 习题课	(202)
11.4 习题、解答或提示	(210)
11.5 小测验	(220)
第十二章 环与域	(223)
12.1 内容提要	(223)
12.2 基本要求	(224)
12.3 习题课	(225)
12.4 习题、解答或提示	(226)
12.5 小测验	(229)
第十三章 格与布尔代数	(232)
13.1 内容提要	(232)
13.2 基本要求	(234)
13.3 习题课	(235)
13.4 习题、解答或提示	(238)
13.5 小测验	(243)
第四部分 图 论	
第十四章 图的基本概念	(249)
14.1 内容提要	(249)
14.2 基本要求	(251)
14.3 习题课	(252)
14.4 习题、解答或提示	(258)
14.5 小测验	(272)
第十五章 欧拉图与哈密顿图	(275)
15.1 内容提要	(275)
15.2 基本要求	(276)
15.3 习题课	(277)
15.4 习题、解答或提示	(280)
15.5 小测验	(288)
第十六章 树	(292)
16.1 内容提要	(292)
16.2 基本要求	(294)

4 目 录

16.3 习题课	(294)
16.4 习题、解答或提示	(300)
16.5 小测验	(311)
第十七章 平面图及图的着色	(315)
17.1 内容提要	(315)
17.2 基本要求	(317)
17.3 习题课	(318)
17.4 习题、解答或提示	(324)
17.5 小测验	(335)
第十八章 支配集、覆盖集、独立集与匹配	(339)
18.1 内容提要	(339)
18.2 基本要求	(340)
18.3 习题课	(340)
18.4 习题、解答或提示	(344)
18.5 小测验	(348)
模拟试题	(352)
试题 1	(352)
试题 1 解答	(354)
试题 2	(357)
试题 2 解答	(359)
试题 3	(363)
试题 3 解答	(365)
试题 4	(368)
试题 4 解答	(370)

第一章 命题逻辑基本概念

1.1 内容提要

1. 命题与联结词

命题与真值 命题, 命题的真值, 真命题, 假命题, 简单命题(或称原子命题), 复合命题.

命题与真值的符号化 用 p, q, r 等表示命题, 称为命题符号化; 用 1 代表真, 0 代表假, 称为真值的符号化.

常用联结词及其符号化

“非(或否定)” 符号化为 “ \neg ”, 称 \neg 为否定联结词;

“并且(或与)” 符号化为 “ \wedge ”, 称 \wedge 为合取联结词;

“或(相容或)” 符号化为 “ \vee ”, 称 \vee 为析取联结词;

“如果, 则” 符号化为 “ \rightarrow ”, 称 \rightarrow 为蕴涵联结词;

“当且仅当” 符号化为 “ \leftrightarrow ”, 称 \leftrightarrow 为等价联结词;

记 $S = \{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$, 称 S 为常用联结词集.

基本复合命题

设 p, q 为命题.

否定式 “ $\neg p$ ”, $\neg p$ 为真当且仅当 p 为假;

合取式 “ $p \wedge q$ ”, $p \wedge q$ 为真当且仅当 p 与 q 同时为真;

析取式 “ $p \vee q$ ”, $p \vee q$ 为假当且仅当 p 与 q 同时为假;

析取式 “ $(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$ ”, $(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$ 为真当且仅当 p 与 q 的真值相异. 这里, 表达式 $(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$ 称为 p 与 q 的排斥或;

蕴涵式 “ $p \rightarrow q$ ”, $p \rightarrow q$ 为假当且仅当 p 为真, q 为假. p 为 q 的充分条件, q 为 p 的必要条件;

等价式 “ $p \leftrightarrow q$ ”, $p \leftrightarrow q$ 为真当且仅当 p 与 q 真值相同. p 与 q 互为充分必要条件.

复合命题 基本复合命题, 以及多次用常联结词集 S 中的联结词复合而成的命题统称为复合命题. 其实, 排斥或 $(p \wedge \neg q) \vee (\neg p \wedge q)$ 也可以看成非基本复合命题的复合命题.

4 第一部分 数理逻辑

2. 命题公式及其赋值

命题常项与命题变项 命题常项(简单命题),命题变项(取值为1或0的变量 p, q, r, \dots).

命题公式与赋值 合式公式,合式公式也称为命题公式或公式,公式的层次,公式的赋值,成真赋值,成假赋值,真值表.

命题公式的类型 重言式(也称为永真式),矛盾式(也称为永假式),可满足式.

判断公式类型的方法 在本章内主要用真值表判断公式的类型,求公式的成真赋值和成假赋值.

1.2 基本要求

1. 分清简单命题(即原子命题)与复合命题.
2. 深刻理解五种常用联结词 \neg 、 \wedge 、 \vee 、 \rightarrow 、 \leftrightarrow 的涵义,并能准确地应用它们将基本复合命题及复合命题符号化,并且由所含简单命题的真值迅速求出复合命题的真值.特别要注意以下几点:

- (1) 分清“ $p \rightarrow q$ ”的逻辑关系、真值以及在自然语言中对“ $p \rightarrow q$ ”的不同的描述方法;
- (2) 分清“ $p \wedge q$ ”的逻辑关系,以及合取联结词在自然语言中的各种各样的描述方法;
- (3) 分清“相容或”和“排斥或”.

3. 深刻理解命题公式的赋值、成真赋值、成假赋值、重言式、矛盾式,可满足式等概念.

4. 熟练地写出给定命题公式的真值表,从而准确地判断出公式的类型,或求出公式的成真赋值和成假赋值.

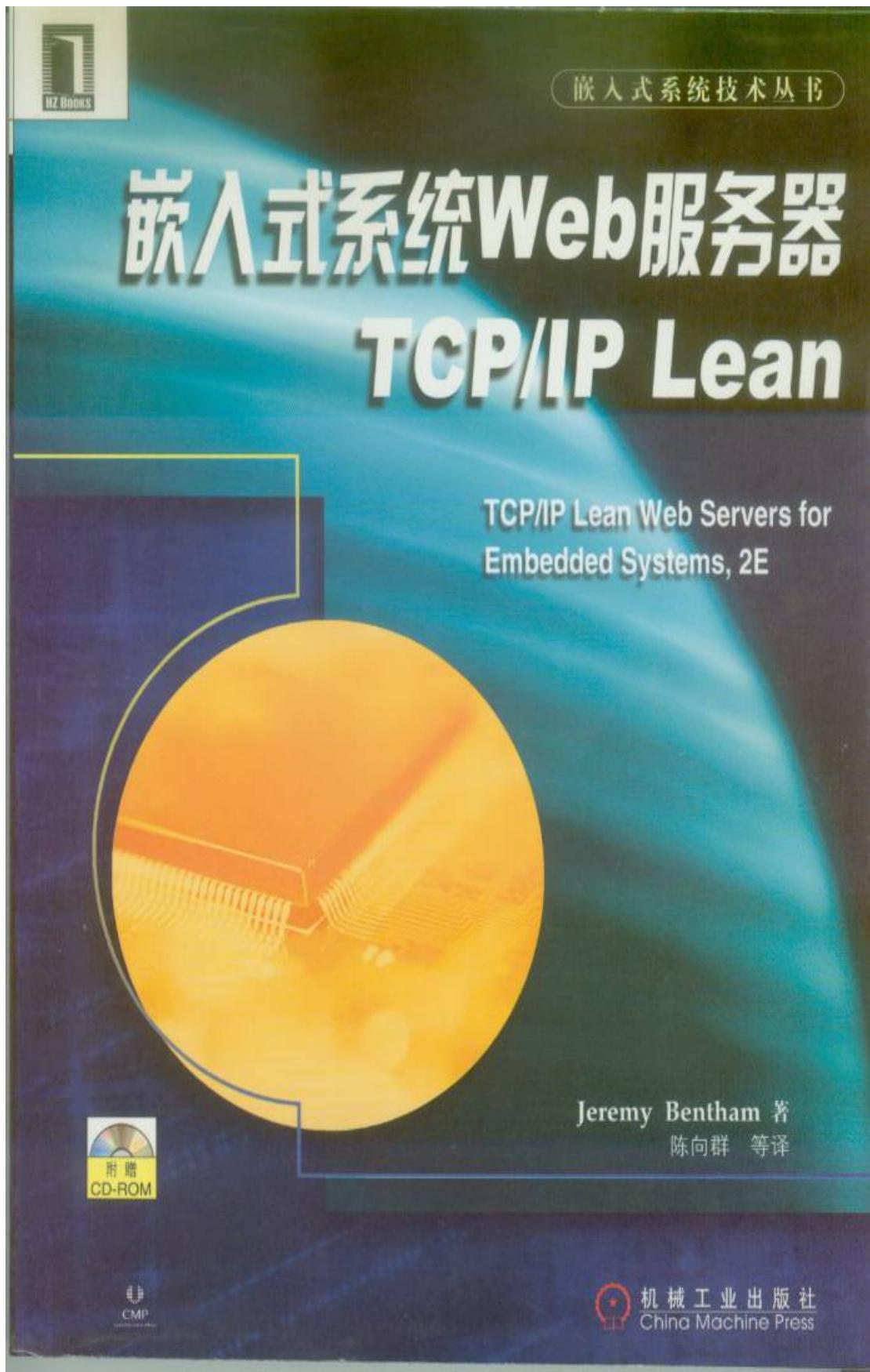
1.3 习题课

题型一 命题符号化. 阐述常用语句是以, 联合起来是, 联合起来是

1. 将下列命题符号化,并求命题的真值:

- (1) 蓝色和黄色可以调配成绿色;
- (2) 蓝色和黄色都是常用的颜色;

19. 嵌入式系统 Web 服务器 TCP/IP Lean



本书是一本讲述TCP/IP网络的实用书籍。全书详细介绍了一个带有嵌入式Web服务器的小型TCP/IP协议栈，并给出了该协议栈独立于平台的源代码，这些源代码可以在嵌入式应用中使用。除此之外，书中还介绍了TCP/IP协议的一些基本原理，并通过一些实用工具加深对TCP/IP协议栈的理解。

本书不仅适合作为计算机专业学生学习网络知识的教材和教师参考用书，而且也适用于研究网络技术的专业人员。

Jeremy Bentham: TCP/IP Lean Web Servers for Embedded Systems, Second Edition
(ISBN: 1-57820-108-X)

Copyright © 2002 by Jeremy Bentham, except where noted otherwise. Published by CMP Books, CMP Media LLC. All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher; with the exception that the program listings may be entered, stored, and executed in a computer system, but they may not be reproduced for publication.

Simplified Chinese translation edition jointly published CMP Books Co. and China Machine Press.

本书中文简体字翻译版由机械工业出版社出版。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字：01-2002-1501

图书在版编目（CIP）数据

嵌入式系统Web服务器——TCP/IP Lean / 本瑟姆 (Bentham, J.) 著；陈向群等译. -北京：机械工业出版社，2003.4

（嵌入式系统技术丛书）

书名原文：TCP/IP Lean Web Servers for Embedded Systems

ISBN 7-111-11808-1

I. 嵌… II. ①本… ②陈… III. ①计算机网络－通信协议 ②网络服务器－基本知识 IV. ①TN915.04 ②TP368.5

中国版本图书馆CIP数据核字（2003）第017229号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：贾 梅

北京瑞德印刷有限公司印刷 · 新华书店北京发行所发行

2003年5月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 31印张

印数：0 001 - 4 000册

定价：59.00元（附光盘）

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

<p style="text-align: center;">目 录</p> <hr/> <p>前言 工具 900-945</p> <p>第1章 导论 1</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Lean计划 1 1.2 入门 1 1.2.1 网络配置 2 1.2.2 编译器配置 3 1.2.3 其他PICmicro®编译器 3 1.3 软件介绍 4 1.4 网络硬件 4 1.4.1 串行硬件特征 5 1.4.2 网络硬件特征 5 1.5 设备驱动程序 6 1.5.1 串行驱动程序要求 6 1.5.2 以太网驱动程序要求 8 1.5.3 通用的驱动程序函数 10 1.6 配置文件格式 11 1.7 处理计时器 12 1.8 状态机 15 1.9 缓冲 18 1.9.1 FITO缓冲区 18 1.9.2 多边形缓冲区 24 1.10 编码约定 25 1.10.1 数据类型 25 1.10.2 源代码格式 26 <p>第2章 协议介绍: SCRATCHP 29</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 概述 29 2.2 协议 29 2.3 SCRATCHP服务 31 2.4 逻辑连接 33 2.4.1 打开和关闭连接 33 2.4.2 连接中的数据流 33 	<p style="text-align: center;">III</p> <hr/> <p>第3章 网络寻址和调试 65</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 概述 65 3.2 互联网 65 3.3 IP地址 67 3.4 地址解析 68 3.4.1 SLIP寻址 68 3.4.2 以太网寻址 68 3.5 ARP扫描器 70 3.5.1 实现 70 3.5.2 节点 71 3.5.3 命令行处理 71 3.5.4 配置文件和网络初始化 73 3.5.5 主循环 74 3.5.6 数据包检查和格式化 75 3.6 在网络调试中使用ARPSCAN 76 3.6.1 协议分析器 77 3.6.2 示波器 78 3.6.3 NETMON网络监视器 79 3.7 以太网2 81 3.8 IEEE 802.3网络 82
---	---

VIII

3.8.1 802.3 SNAP支持	83	5.5 UDP工具	129
3.8.2 802.3 SNAP的操作	84	5.5.1 实现	129
3.9 小结	84	5.5.2 使用datagram工具进行试验	136
3.9.1 源文件	85	5.6 小结	138
3.9.2 ARPSCAN工具	85	5.6.1 源文件	138
3.9.3 NETMON工具	86	5.6.2 datagram工具	139
第4章 网络接口：IP和ICMP	87	第6章 传输控制协议：TCP	141
4.1 概述	87	6.1 概述	141
4.2 TCP/IP栈	87	6.2 TCP概念	141
4.2.1 IP数据报	88	6.2.1 序列号和确认号	143
4.2.2 IP报文头	91	6.2.2 TCP状态机	146
4.2.3 IP的实现	92	6.2.3 段格式	150
4.3 ICMP	100	6.2.4 TCP选项	152
4.4 ping实现	102	6.3 TCP实现	153
4.4.1 主程序	103	6.3.1 TCP状态	153
4.4.2 传输函数	106	6.3.2 段的接收和传输	153
4.4.3 接收函数	107	6.3.3 套接字数据	157
4.4.4 发送方地址	109	6.3.4 序列和确认值	158
4.4.5 ping 操作	110	6.3.5 TCP状态机	159
4.5 路由器实现	111	6.3.6 接收段的多路输出选择器	168
4.5.1 接口	111	6.3.7 重新传输	169
4.5.2 路由算法	113	6.4 TCP应用——Telnet	171
4.5.3 主循环	118	6.4.1 网络虚拟终端——NVT	171
4.5.4 路由动作	118	6.4.2 选项协商	171
4.6 小结	120	6.5 Telnet的实现	172
4.6.1 源文件	120	6.5.1 TCP回调	173
4.6.2 ping工具	121	6.5.2 Telnet客户端初始化	173
4.6.3 路由器工具	121	6.5.3 主循环	175
第5章 用户数据报协议：UDP	123	6.5.4 关闭连接	176
5.1 概述	123	6.5.5 轮询	177
5.2 端口和套接字	123	6.5.6 Telnet显示	177
5.2.1 知名端口	124	6.5.7 Telnet客户端回调	178
5.2.2 套接字	125	6.5.8 Telnet服务器回调	179
5.3 数据报格式	125	6.6 使用Telnet	181
5.4 UDP校验和	127	6.6.1 daytime协议	181
5.4.1 伪IP头	127	6.6.2 丢弃数据帧	183
5.4.2 使UDP校验和失效	128	6.7 小结	185

6.7.1 源文件	185	8.4.4 交互式的开关和电灯	233
6.7.2 Telent工具	186	8.4.5 交互式模拟控制	237
第7章 超文本传输协议：HTTP	187	8.5 小结	241
7.1 概述	187	8.5.1 源文件	241
7.2 HTTP中的GET方法	187	8.5.2 WEB_EGI工具	242
7.2.1 请求	187	第9章 微型Web服务器设计	243
7.2.2 应答	188	9.1 概述	243
7.2.3 内容类型	189	9.2 微控制器的软件开发	243
7.2.4 文件扩展名	190	9.3 硬件	244
7.3 简单Web服务器	190	9.3.1 PIC16C76/16F876	244
7.3.1 Web服务	190	9.3.2 外存储器	246
7.3.2 HTTP头测试	195	9.3.3 网络接口	246
7.4 HTML介绍	196	9.4 开发环境	247
7.4.1 HTML标签	196	9.4.1 编译器	247
7.4.2 HTML文档	197	9.4.2 模拟器或调试器	247
7.4.3 可点击的文件目录	198	9.5 软件技巧	248
7.4.4 实现	199	9.5.1 RAM的限制	248
7.4.5 缓冲区溢出	203	9.5.2 校验和	249
7.5 状态机实现	203	9.5.3 数据接收	249
7.5.1 图形表格	206	9.5.4 阻塞	250
7.5.2 堆叠的图形化数据	209	9.6 Web服务器协议	251
7.5.3 图形化指示器	210	9.6.1 HTTP请求	251
7.6 小结	212	9.6.2 HTTP应答	252
7.6.1 源文件	212	9.6.3 TCP	252
7.6.2 Webserve工具	213	9.6.4 IP	258
第8章 嵌入式网关接口：EGI	215	9.6.5 ICMP	259
8.1 概述	215	9.6.6 SLIP	260
8.2 交互显示	215	9.6.7 调制解调器驱动程序	260
8.2.1 开关和电灯	215	9.7 小结	261
8.2.2 开关和电灯组	216	第10章 PICmicro®微控制器上的TCP/IP	263
8.3 标准CGI接口	220	10.1 概述	263
8.3.1 Linux CGI	220	10.2 外围设备	263
8.3.2 DOS嵌入式网关接口	222	10.2.1 外存储器	263
8.4 EGI实现	225	10.2.2 数字输出	264
8.4.1 应用相关代码	225	10.2.3 温度传感器	264
8.4.2 URL解码	228	10.2.4 数字输入	265
8.4.3 查找EGI处理程序	230	10.2.5 实时时钟	265

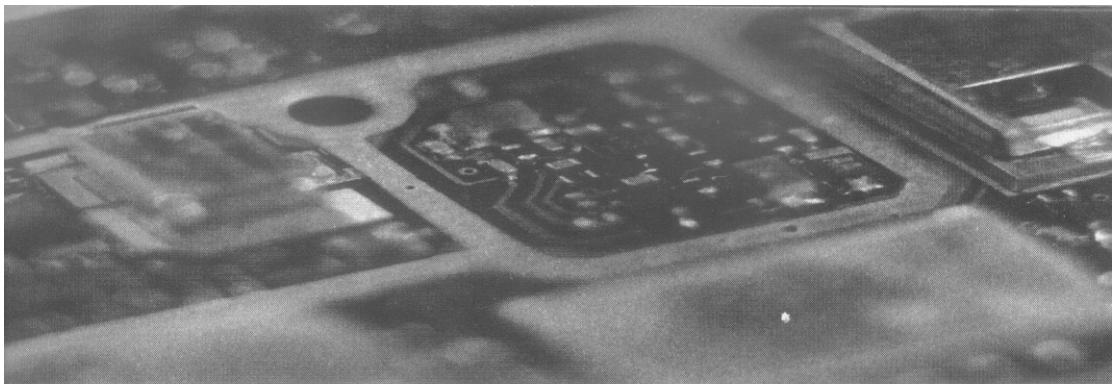
X

10.3 块图	265	11.3.5 改进后的HTTP处理程序	314
10.4 电路图	266	11.4 使用PWEB服务器	315
10.5 低层软件	267	11.5 动态内容	317
10.5.1 CPU标识	267	11.5.1 变量置换	317
10.5.2 数据类型	268	11.5.2 校验和平衡	318
10.5.3 串行驱动程序	268	11.5.3 平衡变量	319
10.5.4 I ² C驱动程序	269	11.6 动态网页	320
10.5.5 并行I/O	271	11.6.1 HTML表单变量	323
10.5.6 计时器	272	11.6.2 数字输出	325
10.6 SLIP和IP驱动程序	273	11.6.3 布尔变量置换	326
10.6.1 SLIP接收	273	11.6.4 数字输入	327
10.6.2 SLIP传输	276	11.6.5 PWEB变量置换代码	328
10.6.3 调制解调器模拟	279	11.6.6 状态页	329
10.6.4 协议解析	279	11.7 小结	331
10.6.5 IP接收	285	11.7.1 PWEB	331
10.6.6 IP传输	287	11.7.2 WEBROM源文件	331
10.7 ICMP	288	11.7.3 WEBROM工具	331
10.7.1 ICMP接收	288	第12章 ChipWeb——微型以太网Web服 务器	333
10.7.2 ICMP传输	289		
10.7.3 pinging PWEB	290	12.1 概述	333
10.8 TCP	290	12.2 硬件	333
10.8.1 TCP接收	291	12.2.1 演示板	333
10.8.2 TCP传输	293	12.2.2 以太网硬件	334
10.8.3 TCP序列发生器	293	12.2.3 微控制器接口	336
10.8.4 daytime服务	295	12.2.4 LCD接口	336
10.9 小结	297	12.2.5 其他外部设备	337
第11章 PWEB：PICmicro上的小型 Web服务器	299	12.3 以太网驱动程序	338
11.1 概述	299	12.3.1 NIC初始化	338
11.2 Web服务器	299	12.3.2 访问数据包缓冲区	339
11.2.1 简单文本服务器	300	12.3.3 数据包接收	341
11.2.2 TCP事务日志	302	12.3.4 数据包分析	342
11.3 ROM文件系统	303	12.3.5 数据包传输	344
11.3.1 E ² ROM访问周期	303	12.4 LCD驱动程序	345
11.3.2 文件系统结构	304	12.4.1 LCD数据传输	345
11.3.3 E ² ROM编程	305	12.4.2 LCD初始化	347
11.3.4 在ROM中寻找一个文件	310	12.4.3 LCD字符	347
		12.5 其他驱动程序	348

12.6 协议 349	第14章 UDP客户端、服务器和快速
12.6.1 地址解析协议：ARP 349	数据传输 393
12.6.2 网际协议：IP 350	14.1 概述 393
12.6.3 网际控制消息协议：ICMP 351	14.2 客户端-服务器网络 393
12.6.4 传输控制协议：TCP 352	14.3 对等网 394
12.6.5 超文本传输协议：HTTP 356	14.4 不只是Web服务器 395
12.7 协议调试 359	14.5 缓冲改进 395
12.8 用户接口 360	14.5.1 阴影缓冲区 395
12.8.1 动态网页：HTML 360	14.5.2 缓冲边界 396
12.8.2 状态显示框架 361	14.5.3 接收缓冲的实现 397
12.8.3 导航框架 362	14.5.4 传输缓冲实现 400
12.8.4 LCD显示 364	14.6 IP和ICMP处理 402
12.9 配置 365	14.6.1 IP处理程序 402
12.9.1 地址配置 366	14.6.2 ICMP处理程序 403
12.9.2 网页下载 367	14.7 UDP服务器 405
12.10 小结 370	14.7.1 daytime和echo服务器 405
第13章 点对点通信协议：PPP 373	14.7.2 UDP传输 407
13.1 概述 373	14.8 UDP时间客户端 408
13.2 PPP设计 373	14.8.1 UDP客户方法 408
13.2.1 分帧 374	14.8.2 客户端地址解析 409
13.2.2 检错 374	14.8.3 客户端UDP消息 412
13.2.3 转义序列 375	14.9 快速数据传输 413
13.2.4 协商 375	14.10 硬件 414
13.3 协议的部件 376	14.10.1 视频标准 415
13.3.1 部件报文头 376	14.10.2 视频捕获 415
13.3.2 选项格式 377	14.10.3 微控制器接口 416
13.3.3 状态机 378	14.11 软件 417
13.4 PPP协商实例 380	14.11.1 数据格式 417
13.4.1 LCP 380	14.11.2 微控制器软件 418
13.4.2 PAP 382	14.11.3 客户端软件 419
13.4.3 IPCP 383	14.12 小结 422
13.4.4 IP数据 385	第15章 动态主机配置协议：DHCP 425
13.4.5 关闭连接 385	15.1 概述 425
13.5 PPP实现 386	15.2 DHCP方法论 425
13.5.1 接收和传输 386	15.2.1 操作的序列 425
13.5.2 消息解码 389	15.2.2 计时 426
13.6 小结 392	15.2.3 消息格式 427

XII

15.2.4 选项	428	16.3.2 启动	446
15.2.5 客户名称	428	16.3.3 接收处理程序	447
15.3 事务示例	430	16.3.4 状态机	448
15.3.1 探查	430	16.3.5 超时	451
15.3.2 赋予	430	16.3.6 传输	453
15.3.3 请求	431	16.4 SMTP邮件客户端	453
15.3.4 确认	432	16.4.1 SMTP事务	453
15.4 DHCP实现	433	16.4.2 SMTP实现	456
15.4.1 状态机	433	16.4.3 开始邮件传输	458
15.4.2 DHCP传输	435	16.5 POP3邮件客户端	459
15.4.3 DHCP接受	437	16.5.1 POP3事务	459
15.5 小结	439	16.5.2 POP3行缓冲	461
第16章 TCP客户端、SMTP和POP3邮件	441	16.5.3 POP3实现	462
16.1 概述	441	16.5.4 开始邮件轮询	465
16.2 TCP客户端技术	441	16.6 小结	465
16.2.1 二级NIC传输缓冲区	442	附录A 配置说明	467
16.2.2 NIC RAM的分配	442	附录B 资源	471
16.2.3 以太网驱动程序的更改	443	附录C 光盘上的软件	475
16.3 TCP客户端实现	445	附录D PICmicro®相关问题	481
16.3.1 套接字定义	445		



第1章 导论

1.1 Lean计划

这是一本关于软件的书，所以包含很多代码，其中很多是特地为这本书而写（或修改）的。这些软件不是经典的杰作，而只是一个工具包，通过试验来加深对协议理解。本文中插入了很多和所讨论主题相关的代码段，并提供了理论概念的实现实例。本书中的所有代码和在不同的编译器下完整的配置，都包括在附带光盘中。

当我开始写这本书的时候，我原来想集中在嵌入式Web服务器的协议方面，但我逐渐认识到，产生动态网页和客户/服务器数据传输的技术同样重要，而且相对来说以前研究得更少。以下是本书值得学习的几点。

TCP/IP 你想理解TCP/IP的内部工作机制并需要一些工具来试验它。

动态网页内容 你有一个嵌入式的TCP/IP协议栈并需要在网页中插入动态数据。

小型化 你对在你的系统中实现一个小型的Web服务器感兴趣，但需要理解需要哪些资源和做出哪些折衷。

原型 你想通过改造一个已经建好的Web服务器来评估特定应用中的概念。

数据传输 你需要使用标准协议在网络间传输数据。

客户/服务器编程 你需要和一些标准TCP/IP应用程序如邮件服务器接口。

当然，这些方面并不是互斥的，但我觉得你不一定要严格按顺序来读这本书。每一章都尽量独立，而且提供了一个独立的工具来试验所讨论的概念。

我不会假设你以前有任何的网络协议的经验，只是需要你有C语言的实际编程经验。在序言中，我详细介绍了硬件和软件资源，你需要充分利用本书中的源代码。你不必把本书当成软件开发练习的手册，它只是可以在你实际做的时候帮助你加深理解。

1.2 入门

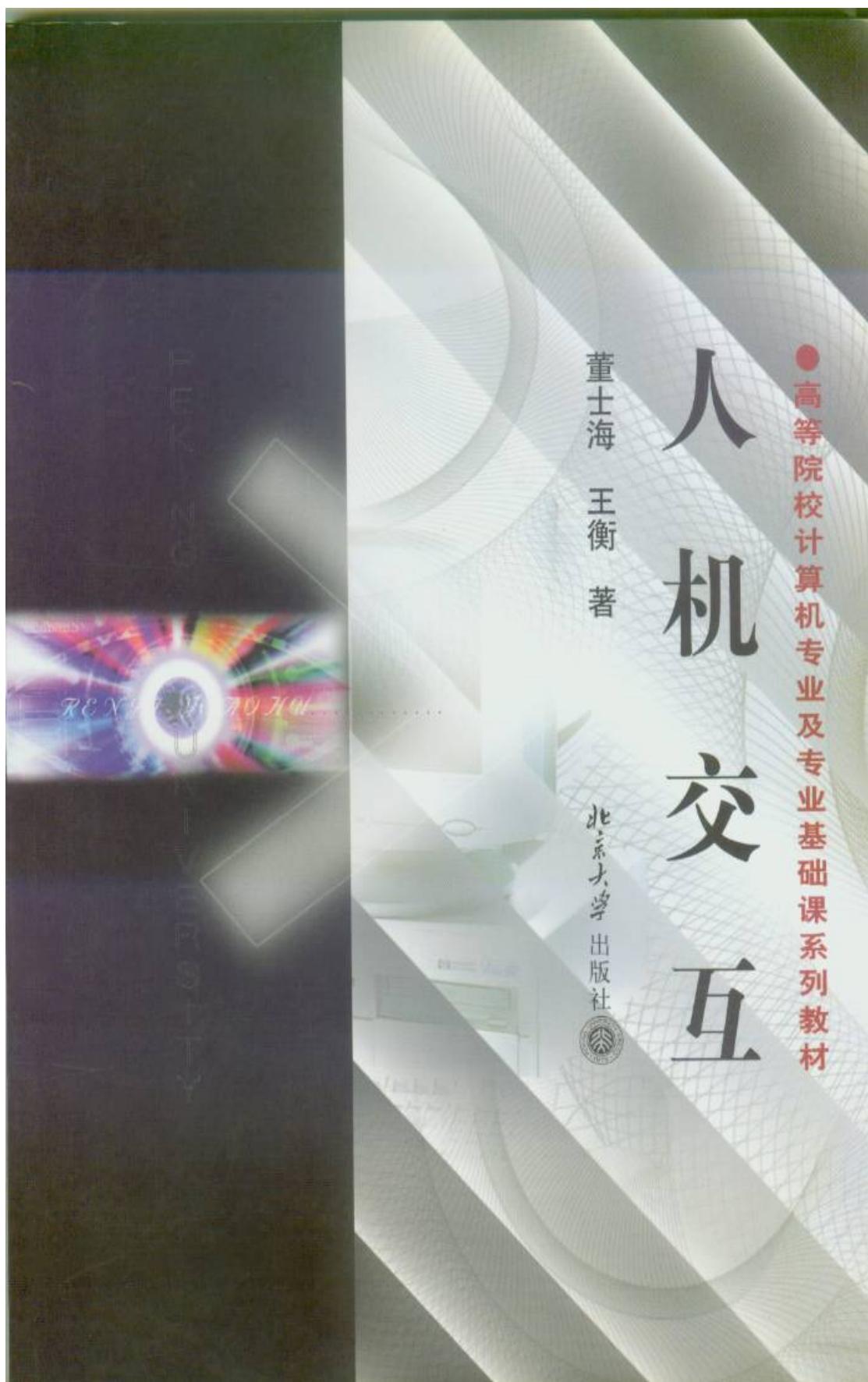
在本书的光盘中，你可以找到tcplean目录下的几个子目录。

BC31 Borland C++ 3.1编译器特有的文件；

BC45 Borland C++ 4.5编译器特有的文件；

DJGPP (GNU) DJGPP和RHIDE编译器特有的文件；

20. 人机交互



内 容 简 介

本书是学习人机交互课程的教材,介绍了人机交互的发展历史、人机交互技术、交互设备、交互系统设计方法及交互系统评估等,总结了20世纪90年代人机交互多通道界面的前沿进展,并对新一代人机交互界面进行了展望。本书可用作计算机软件专业学生(包括研究生和高年级本科生)的基本教材,也可以供人机界面及其各相关领域的研究人员以及计算机界各层次工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机交互/董士海,王衡著. —北京:北京大学出版社, 2004.6
ISBN 7-301-07033-0

I. 人… II. ①董…②王… III. 人-机系统 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 013997 号

书 名: 人机交互

著作责任者: 董士海 王 衡 著

责任编辑: 沈承凤

标准书号: ISBN 7-301-07033-0/TP·0756

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村 北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> 电子信箱: z pup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038

排 版 者: 兴盛达打字服务社 82715400

印 刷 者: 河北深县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 431 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 翻版必究

目 录

(序) 第一部分 人机交互设计方法和理论基础	第一章 人机交互设计基础	第二章 人机交互设计方法	第三章 人机交互设计理论
(1) 1.1 人机交互的重要性	1.1.1 人机交互设计的定义	1.1.2 人机交互设计的原则	1.1.3 人机交互设计的分类
(2) 1.2 人机交互的发展历史	1.2.1 计算机发展的早期	1.2.2 作业控制语言及交互命令语言阶段	1.2.3 图形用户界面阶段
(3) 1.2.4 网络用户界面的出现	1.2.5 多通道、多媒体的智能用户界面阶段	1.2.6 人机界面发展中的重要事件和成果	
(4) 1.3 人机交互的三元素	1.3.1 人的因素	1.3.2 交互设备	1.3.3 交互软件
(5) 推荐阅读和网上资源			
(6) 参考文献			
第2章 人的因素			
(7) 2.1 人的行为模型	2.1.1 手动控制	2.1.2 管理控制	2.1.3 监视问题
(8) 2.2 人类工程学	2.2.1 人类工程学中人的特性	2.2.2 人机功能比较	2.2.3 显示器与控制器的设计
(9) 2.3 计算机用户工程原理			
(10) 2.4 软件心理学	2.4.1 软件心理学的提出及定义	2.4.2 研究方法	2.4.3 若干结果
(11) 参考文献			
第3章 人机交互设备和技术			
(12) 3.1 传统交互设备	3.1.1 正文输入/输出设备	3.1.2 图形、图像输入/输出设备	

3.2 三维输入设备	(40)
3.2.1 三维定位机构 Polhemus	(41)
3.2.2 数据手套及其他指示姿势的装置	(42)
3.2.3 三维操纵杆、鼠标器及跟踪球	(44)
3.2.4 力量反馈技术	(44)
3.3 语音交互技术	(45)
3.3.1 语音输入	(45)
3.3.2 语音识别	(46)
3.4 基于手势的交互技术	(48)
3.5 视线追踪的交互技术	(49)
3.6 表情识别	(51)
3.7 自然语言理解	(52)
3.8 手写识别	(54)
3.8.1 静态手写体识别	(55)
3.8.2 联机手写体识别	(56)
3.9 全息图像	(58)
3.10 听觉界面	(60)
3.11 总结	(63)
推荐阅读和网上资源	(64)
参考文献	(64)
第4章 用户界面设计	(66)
4.1 用户界面的风格	(66)
4.1.1 命令语言	(66)
4.1.2 菜单选项	(72)
4.1.3 直接操作	(77)
4.1.4 用户界面的标准化问题	(80)
4.2 用户界面设计中的重要问题	(81)
4.2.1 响应时间和显示速率	(81)
4.2.2 屏幕设计及信息提示	(83)
4.2.3 联机帮助、手册及指导教材	(86)
4.2.4 错误处理	(88)
4.3 对话独立性	(91)
4.3.1 对话独立性的有关概念	(91)
4.3.2 对话的行为模型和结构模型	(92)
4.4 对话的表示技术	(95)
4.4.1 状态转换图	(95)
4.4.2 上下文无关文法	(98)
4.4.3 事件模型	(99)
4.4.4 其他表示技术	(102)

4.5 界面设计方法	(104)
4.5.1 命令语言的设计	(106)
4.5.2 面向对象的设计方法	(107)
4.5.3 形式化描述方法	(110)
4.5.4 基于知识的设计方法	(112)
推荐阅读和网上资源	(114)
参考文献	(114)
第5章 多通道用户界面的主要问题	(116)
5.1 引言	(116)
5.1.1 多通道用户界面的几个概念	(116)
5.1.2 多通道人机界面中人机交互的特点	(117)
5.1.3 多通道用户界面的概念模型	(118)
5.1.4 多通道用户界面的优势	(119)
5.1.5 多通道用户界面研究中的主要问题	(121)
5.1.6 多通道用户界面的研究简况	(122)
5.2 输入原语	(123)
5.3 用户模型和描述方法	(124)
5.3.1 基于自然交互方式的多通道用户界面模型	(126)
5.3.2 层次化的多通道用户界面描述方法	(126)
5.3.3 应用举例	(128)
5.3.4 其他多通道用户结构模型	(131)
5.4 多通道整合	(132)
5.4.1 基本概念	(132)
5.4.2 人的“多通道整合”	(133)
5.4.3 多通道整合实例分析	(134)
5.4.4 多通道整合原理	(136)
5.4.5 多通道整合方法	(138)
5.5 实例	(144)
5.5.1 虚拟房间	(144)
5.5.2 中国象棋	(145)
5.5.3 “积木世界”	(146)
5.5.4 多通道移动导游系统 TGH	(148)
推荐阅读和网上资源	(148)
参考文献	(148)
第6章 用户界面的开发工具和环境	(152)
6.1 用户界面工具箱	(152)
6.1.1 界面设计工具的要求	(152)
6.1.2 窗口系统的定义、类型及层次	(154)
6.1.3 对计算机若干领域的重大影响	(155)

(40)	6.1.4 实用技术	(156)
(80)	6.2 用户界面管理系统	(165)
(70)	6.2.1 发展历史	(166)
(61)	6.2.2 控制结构	(166)
(51)	6.2.3 将来的研究趋向	(167)
(41)	6.3 多通道用户界面的软件平台	(167)
(31)	6.3.1 智能体模型	(168)
(21)	6.3.2 PAC-Amodeus 模型	(169)
(11)	6.3.3 MMI2 结构模型	(170)
(01)	参考文献	(170)
第7章 用户界面的评估		(172)
(81)	7.1 测试与评估	(173)
(71)	7.2 评估方法	(177)
(61)	7.3 可用性测试	(179)
(51)	7.4 用户界面评估	(184)
(41)	7.4.1 使用任务评估用户界面	(184)
(31)	7.4.2 界面表现评估	(185)
(21)	7.5 多通道用户界面的评估	(189)
(11)	7.5.1 多通道界面人机交互评估	(190)
(01)	7.5.2 CAD 评估实例	(191)
(18)	7.5.3 多通道用户界面的可用性测试	(192)
(17)	推荐阅读和网上资源	(194)
(16)	参考文献	(195)
第8章 新一代人机界面展望		(196)
(81)	8.1 近年来人机交互的进展	(197)
(71)	8.1.1 自然、高效的多通道交互	(197)
(61)	8.1.2 人机交互模型和设计方法	(200)
(51)	8.1.3 虚拟现实和三维交互	(201)
(41)	8.1.4 可穿戴计算机和移动手持设备的交互	(205)
(31)	8.1.5 智能空间及智能用户界面	(206)
(21)	8.1.6 计算机支持的协同工作	(207)
(18)	8.2 人机交互技术的标准化问题	(210)
(17)	8.2.1 以人为中心的交互系统设计过程(ISO 13407)	(210)
(16)	8.2.2 多通道交互(W3C 标准)	(212)
(15)	8.2.3 用户界面标记语言(UIML)	(217)
(14)	8.3 虚拟现实及网络用户界面	(222)
(13)	8.3.1 虚拟信息房间 (Virtual Information Room, VIR)	(222)
(12)	8.3.2 自然交互和虚拟现实	(224)
(11)	8.3.3 网络用户界面	(227)

8.4 无所不在的计算	(229)
8.4.1 Ubicomp：第三代计算浪潮	(230)
8.4.2 Ubicomp 中的关键技术	(230)
8.4.3 Ubicomp 的研究进展和主要应用	(231)
8.5 关于新一代界面的讨论	(233)
参考文献	(238)

附录一：W3C 多通道交互用例 (242)

附录二：北京大学本科生“人机交互”课程实习情况简介 (259)

随着通信技术、新材料技术等结合在一起，扮演着一个重要的角色。现代计算机已经应用在我们生活的各个领域，它可以代替人做大量复杂的工作，它在这方面的能力，有的已大大超过了人。但计算机仍然是一种工具、一种高级的工具，它是人脑、人手、人眼等的扩展，因此它仍然需要人的支配、控制、操纵和管理。在计算机所完成的任务中，有大量是人与计算机配合共同完成的。在这种情况下，人与计算机需要进行相互间的通信，即所谓的人机交互。实现人与计算机之间通信的硬、软件系统即为交互系统。

交互系统通常包括计算机通过输出或显示设备给人提供大量信息及提示，以及人通过输入设备向计算机输入有关信息、问题回答等。在计算机发展的早期，人们把注意力集中在提高计算机本身的处理、存储能力方面。随着计算机处理、存储能力的飞速提高和成本的降低，人们的注意力逐渐转移到改善人机交互的手段和界面方面。交互系统不断受到重视，因而得到快速发展。计算机的发展，推动着人机接口技术和人机界面的发展。从计算机早期的面板开关、指示灯和穿孔纸带等交互装置，发展到今天的视频跟踪、语音识别、手势输入、感觉反馈等综合感知能力的交互装置。人机界面经历了手工操作、命令语言和图形用户界面三个发展阶段。图形用户界面是当前广泛流行的人机界面，它的研发和应用是计算机技术重大突破之一。人机界面影响到最终用户、影响到计算机的推广应用，甚至影响到人们的工作和生活。美国 2000 年信息技术 (IT) 研究预算中，HCI 是基础研究的四个方面 (软件、HCI、网络、高级计算) 之一。IT 成就达到的诸目标中的第一个是：研制出能说、能听懂语言的计算机。

“人机界面”(User interface) 又称人机界面(human-computer interface)，它作为计算机系统的一个重要组成部分，是计算机科学、心理学、认知科学和人机学(human factors)等学科的交叉研究领域，必是计算机行业竞争的焦点，是从硬件转移到软件之后，又一个新的、重要的研究领域 [庄子海 1994]。

“人机交互”(或人机对话, human-computer dialogue)是两个不同的概念：“人机交互”是指人机交互是指用户与计算机系统之间的通信，它是人与计算机之间各种符号和动作的双向信息交换。这里的“对话”定义为一种通信，即信息交换，而且是一种双向的信息交换，可由人向计算机输入信息，也可由计算机向使用者反馈信息。这种信息交换的形式是以各种符号和动作的方式出现的，如击键、移动鼠标、显示屏上的符号或图形等。“界面”(或“界面”)人机界面(Brown 1989; 庄子海 1994)是指用户与计算机系统之间的通信媒体或手段，它是人机双向信息交换的支持软件和硬件。这里“界面”定义为通信的媒体或手段，它的物化体现是有形的支持软件和硬件，如带有鼠标的图形显示终端。

人机之间的对话是通过一定的人机界面来实现的，在界面开发过程中，有时把两者作为同义词使用。

近 20 年来计算机硬件技术以难以想像的速度发展。一方面，计算机具备了百亿次的运算速度、海量的存储容量及智能的人机接口设备；另一方面，随着制造工艺的发展，计算机的体积越来越小，其应用也越来越广。计算机系统的拟人化，以虚拟现实为代表，而计算机的微型化和随身化，以掌上计算机为代表，它们将是计算机的两个重要的应用趋势。人机接口技术是适应这种趋势的瓶颈技术。人机结合以人为主，将是未来计算机系统的特点；实现人机高效合作将是新一代人机界面的主要目的。

1.1 人机交互的重要性

人机通信问题将是 21 世纪信息领域中必须解决的重大课题，人机接口技术是计算机应用的核心技术，以用户为中心是下一代人机界面的设计思想。人机界面作为人机通信的途径，其效果好坏直接影响到一个软件的功能、最终用户的使用、计算机的推广乃至人们的工作和生活。20 世纪 80 年代，计算机及计算机的用户界面，有了很快的发展，它使得工业、商业、交通、军事、教育、科学研究及文化艺术等方面发生了深刻的变化，对社会的发展产生了深远的影响。在用户界面操作上的变化同样也给社会对计算机的各种应用带来了影响。计算机及计算机用户界面的进展也给个人的工作方式、生活内容带来变化。随着计算机技术的不断发展，软件在计算机中所占的比重越来越大。在软件研制中，人机界面的设计和开发在整个系统研制中所占的比重较大，约占 40%~60%。加上不同人群对界面的要求不全相同，因而人机界面是计算机研制中的一个最困难的部分。因此，人机界面技术已成为世界各国软件工作者所着重研究的关键技术之一。

1.1.1 推动与发展 计算机作为 20 世纪高科技的最重要成果之一，使得整个世界的经济、科学技术、生产力发生了巨大的变化；而计算机的重要组成部分——用户界面在近几十年的发展变化，又使得计算机能够更加方便、更加高效地服务于人类。因而，计算机及其用户界面进展的主要影响是积极的，它说明了“科学技术是第一生产力”，说明了科学技术极大地推动了经济及社会生产力的发展。计算机用户界面的主要作用如下：

(1) 推动了生产力的发展

计算机是一种自动的高速计算工具，它首先被广泛用于科学技术工程的计算，无论是计算速度还是计算精度，计算机都大大高于人的计算能力。由于计算机具有自动执行存储程序的能力，因而它已成为各种控制系统的中心，从而大大减轻了人们控制、管理各种生产过程的繁琐劳动。今天，不论是会计工作、仓库管理、订票、图书馆、银行、保险、工业自动化还是军事方面，计算机都得到了广泛应用，这也正是由于计算机在数据处理、控制过程中起着核心作用的缘故。而用户界面的极大改进，使计算机成为人类十分方便实用的设计、通信工具，它在提高计算机的计算能力和使用效率方面起了积极作用。

(2) 提高了工作质量

计算机不仅提高了生产效率,而且提高了工作质量。例如,文字处理和激光排版系统可打印出高质量的报纸及书籍,不仅可保证名词术语的一致性,而且可纠正拼写的错误。航空订票系统不仅可很快确定航班的情况,而且可准确及时地提供查询座位和到达、转机时间的服务。工厂的自动化生产可保证产品的质量,并可提供各种快速、严格的测试。在军事技术方面及危险的场合,采用计算机控制可以在无人的条件下进行各种准确严格的试验。在计算机用户界面得到极大改进的情况下,人们可以通过人机对话来提高设计质量,改善产品的外观质量。此外,人们还可通过计算机的可视化手段直接了解未来产品或系统的内部结构及外观情况。

(3) 促进计算机进入个人及家庭生活

过去,计算机主要用于大型企业、政府部门及公共服务,自1980年起,个人计算机得到了飞速发展,并在个人及家庭生活的许多方面得到了广泛应用,帮助人们合理安排生活,因而提高了人们的工作效率。在个人的工作方面,字处理系统为人们提供编写文件、创作小说等文字编辑排版功能;各种管理信息系统提供个人日程安排、电话号码管理、家庭账目管理、健康记录等功能。而在个人生活方面,则可以提供电子游戏、假期活动计划、税收情况管理等功能。目前已经出现了许多用计算机自动控制家庭电器,从而减轻人们的家务劳动等方案,这为人们提供舒适方便的生活环境展现了良好前景。

(4) 进行科学探索

人们在进一步认识客观世界,探索自然界奥秘的各种研究中,可以利用计算机这一工具构造数学模型,模拟自然规律及建造用于各种计算机控制的研究工具。当代前沿学科的研究几乎都离不开计算机,例如,生命科学中遗传密码的研究,合成材料的定性定量分析,超大规模集成电路的设计及测试等都需要极强的计算机系统支持。在当今十分活跃的“虚拟现实”的研究中,将以计算机为中心生成具有各种真实感的立体视觉、听觉等以仿真人类的各种工作环境。这一研究更加生动体现了当前计算机系统的巨大能力,也反映了当令人机界面技术的成就。

(5) 用于教育与训练

人机交互技术的进展为计算机教育提供了广泛应用的技术和工具。过去仅通过教师讲授很难讲清的概念、定理、现象或自然规律,现在可通过计算机进行生动的辅助教学。不仅如此,学生还可以通过计算机“课件”进行自学、自练、自测,从而大大减轻了教师的工作量。在许多有危险性或代价极大的工作培训中,现在可用计算机来模拟工作条件进行训练,诸如飞行模拟、航海模拟、外科手术模拟等。各种以计算机为核心的“电子书籍”、“电子词典”、“翻译机器”等均可提高人们的学习效率。

(6) 用于文化娱乐活动

用计算机进行的电子游戏、电脑下棋、计算机绘图、计算机书法、计算机音乐创作、邮票管理,以及各种体育比赛的记录统计等都可以使人们的业余生活变得更加丰富多彩。已经迅速发展起来的多媒体技术,不仅可用于教育和文献资料的查询方面,还可对视频、音响、报刊等各种媒体进行统一管理,产生更加丰富多彩的效果。

(7) 用于人际交往

计算机用户界面在联网条件下可使人们的通信更加迅速、方便。人们虽然远隔万里,但通过计算机终端则可即时通信,就像打电话一样方便。随着高速网络的发展,图像通信也将成为现实。在计算机网络支持下,远程可视会议、多人游戏、小组决策讨论等均可以成为现实。如

今,计算机使人与人之间的关系变得更加紧密了。

2. 担心与疑问
计算机的发展推动了生产力的发展,改善了人们的工作与生活条件。但由于计算机研制中存在的局限性,它给人们以至于社会带来了一系列的问题:

(1) 可靠性问题
计算机是一种用电子器件构造的机器,它的软件系统是由人们用智力开发出来的,因而它不能保证绝对不出故障和错误。实际上,目前广泛使用的各类计算机系统常常会有故障产生。人们在和计算机打交道过程中深切感受到,在一些关键场合使用的计算机一旦出现故障,将给人们的工作以至于生命带来巨大的损害。为此,人们常常担心计算机使用中的可靠性、可信性问题,有时人们会说:“计算机出了问题怎么办?还不如由人来控制呢!”如此担心的产生是很自然的,尤其是在许多关键场合,计算机的运行必须严格、准确、可靠。当前,有许多专家从事计算机可靠性的研究,并已取得了一系列的成果,对软件可靠性的研究也有进展,人们的这种担心将逐步被消除。

(2) 数据安全和保密问题
计算机系统可以存储大量的数据和重要的信息。人们从实践中已发现,由于机器的故障、人的恶意活动,会破坏所存储的信息和数据;由于某些人的犯罪活动,会丢失或改动信息,甚至泄露受法律保护的个人信息等。由此可见,数据安全及保密问题已经被提到了非常重要的位置。这个问题的解决需要从技术及法律两方面进行工作,才能确保计算机系统用户的数据安全。

(3) 计算机职业病
长期从事计算机操作或软件开发的人员,如不采取措施,身体健康会受到影响。例如,眼睛长期观察屏幕会造成视力减退;因连续开发程序引起的过度疲劳会影响神经系统。有的机房维护人员处于无日光的空调机房,或者受到打印机噪声的长期刺激,均可能对健康造成影响。解决的办法是改进计算机使用对人体所产生的影响,增强操作保护。现在许多单位已开始重视这一问题。

(4) 情感疏远问题
长期和计算机打交道的人,或者在计算机上花费许多时间的人,会减少与其他人的联系,因而容易造成情感疏远问题。有些人家里有计算机,他们不仅白天工作与计算机相处,晚上回家也继续在计算机上工作,结果疏远了家人。心理学家调查发现,花费过多时间在计算机上会增加人的孤独感,他们有时也会像对待机器一样去对待别人。当然,这里有思想方法的问题,也有合理安排工作、生活的问题。因为即使是在计算机上工作,也有依靠集体、相互讨论、取长补短的时候。所以,这一问题值得引起重视。

(5) 工作人员失业问题
计算机的应用大大提高了生产力,有些原来采用人工的地方改用计算机后可节省大批人力,因而就产生了安排多余人力的问题。例如,改用激光照排后,省去了铅字的制作,取消了拣字、拼铅字版等工序,提高了生产力,由此而产生了原有工人失业的问题。这样的问题在以往的每次工业革命中均有发生。从总的历史发展情况来看,生产工具的改进提高了生产力,也使生产者有更多时间从事更富有创造性的劳动或进行休息。对于具体的生产者个人来说,需要提高技术文化素养,以便更好地工作。但是在某一国家的某一时间内,某项技术的推广应用可

能会造成待业人数增多,以致带来社会问题。

(6) 人脑是否会退化的问题

作为强大的计算、控制工具,计算机减轻了人的大量繁琐的计算工作和许多管理工作,人们似乎只要按几个按钮就能操纵机器,制造产品。在学校里学生们可用计算器算题,可用软件画函数图形。高级软件可解决设计中的一系列问题,帮助人们找出最佳方案。专家系统可提供许多领域的专家咨询。那么,如果人们长期使用计算机,会不会变懒?人脑会不会退化?从总体上看,计算机并不能解决所有问题,人们还要解决自然界及社会中的一系列问题,因而不会退化,反而会进步。

(7) “电脑万能”的问题

由于计算机的强大能力及人工智能技术的进展,“电脑万能”的观点开始盛行。确实,在许多场合计算机起了十分重要的作用,有的已超过了人的工作能力。但正如人创造其他一切社会财富一样,计算机是由人创造、由人控制和由人改进的,没有人的劳动和智慧就没有计算机的一切能力。更何况,现在有许多问题计算机还不能解决,因而“电脑万能”的观点也是不成立的。

3. 若干措施

为解决上面讨论中的种种问题,有必要加强以下措施:

- (1) 提高计算机系统的可靠性。
- (2) 加强数据保密及安全性研究。
- (3) 制订法律,保护计算机安全,打击利用计算机进行犯罪的活动。
- (4) 进行以人为中心的计算机系统设计,这就是在设计计算机系统的硬件与软件时,要充分考虑人的因素,要提供各种适合于人们习惯的图形、图像和声音的效果。
- (5) 加强教育,使人们掌握并驾驭计算机,使它为人类服务,而不是被它的复杂程度所吓倒。
- (6) 进行集体讨论,增强集体观念,在任务安排等方面努力改进个人作坊式的工作方法。
- (7) 大力普及科学知识,克服“电脑万能”的障碍,促进生产力及科学技术的进一步发展。

人机交互的发展具有广泛的社会影响。随着技术的驱动、人使用要求的变化、网络的发展,人机交互的研究越来越面临紧迫性,人机界面已经是“不研究不行”的问题,人机交互技术是21世纪信息领域需要解决的重大课题。美国21世纪信息技术计划中的基础研究内容为四项:软件、HCI、网络和高性能计算。我国973、863、“十五”计划均将人机交互列为主要內容。

1.2 人机交互的发展历史

计算机的发展历史,不仅是计算机本身的处理速度、存储容量飞速提升的历史,而且也是计算机与用户之间交互界面不断改善的历史。由于计算机的用户界面直接关系到人们的使用效果,因而这一领域的技术进展十分迅速。特别是随着硬件价格的不断降低、人的生产效率的提高,用户界面已成为计算机十分关键的一个部分。

21. 数据结构与算法--学习指导与习题解析



内 容 提 要

数据结构与算法课程的学习目的是,根据应用问题的性质选择合理的数据结构,在合理的时间、空间复杂度限制下编程加以解决。认真地完成习题和上机题,是学好本课程,提高程序设计质量的重要环节。

本书配合我社出版的面向 21 世纪课程教材《数据结构与算法》的使用,为读者学习数据结构与算法课程给予指导。全书共 14 章,其中,第 1~12 章总结了本课程重要的内容知识点、学习重点和难点,某些章节还对相关知识点进行了扩展;前 13 章从题意分析、典型错误、数据结构、算法代码、算法分析等多个角度给出了主教材中 212 道习题和 53 道上机题的综合分析和参考解答,并新收入了覆盖各章知识点的 170 多道习题和 40 多道上机题供读者练习;第 13 章内容基本上选自 ACM 国际大学生程序设计竞赛题,强化算法实现和上机实习能力;第 14 章以 1999~2005 年北京大学计算机系研究生入学考试数据结构试题及解答为主,辅助读者自学与自测。

本书可作为普通高等院校计算机及相关专业数据结构与算法课程的教学参考书,也可供参加计算机硕士、计算机博士、软件工程硕士入学考试的考生参考使用,还可供计算机应用技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构与算法: 学习指导与习题解析 / 张铭, 赵海燕, 王腾蛟 . —北京: 高等教育出版社, 2005.10

ISBN 7-04-017829-X

I. 数... II. ①张... ②赵... ③王... III. ①数据
结构—自学参考资料②算法分析—自学参考资料
IV. TP311. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 113377 号

策划编辑 倪文慧 责任编辑 倪文慧 封面设计 于文燕 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京民族印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16
印 张 32.25
字 数 670 000

版 次 2005 年 10 月第 1 版
印 次 2005 年 10 月第 1 次印刷
定 价 39.50 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 17829-00

第1章 概论	目 录
1.1 知识点总结 (1) 1.1.1 学习数据结构的目的和目标 (1) 1.1.2 什么是数据结构 (1) 1.1.3 抽象数据类型 (2) 1.1.4 算法及其特性 (3) 1.1.5 算法的执行效率及其度量 (3) 1.1.6 数据结构的选择和评价 (4) 1.2 教材习题解答 (4) 1.3 增补习题 (9) 1.4 增补上机题 (11)	
第2章 线性表、栈和队列 (12)	
2.1 知识点总结 (12) 2.1.1 线性表 (12) 2.1.2 栈 (14) 2.1.3 队列 (14) 2.1.4 限制存取点的表 (15) 2.2 教材习题解答 (15) 2.3 增补习题 (36) 2.4 增补上机题 (37)	
第3章 字符串 (38)	
3.1 知识点总结 (38) 3.1.1 基本概念 (38) 3.1.2 字符串的存储结构 (38) 3.1.3 字符串的运算 (38) 3.1.4 字符串的模式匹配 (39) 3.2 教材习题解答 (39) 3.3 教材上机题解答 (43) 3.4 增补习题 (46) 3.5 增补上机题 (47)	
第4章 二叉树 (48)	
4.1 知识点总结 (48)	
第5章 树 (87)	
4.1.1 二叉树的定义及相关概念 (48) 4.1.2 二叉树的性质 (49) 4.1.3 主要方法 (49) 4.2 教材习题解答 (51) 4.3 教材上机题解答 (68) 4.4 增补习题 (85) 4.5 增补上机题 (86)	
第6章 图 (128)	
5.1 树的概念和表示法 (87) 5.1.1 基本概念 (87) 5.1.2 相关术语 (88) 5.1.3 树的性质和表示法 (88) 5.2 树的周游 (88) 5.2.1 按深度的方向周游树和森林 (88) 5.2.2 按广度的方向周游树和森林 (89) 5.3 树的存储 (89) 5.3.1 树的链式存储 (89) 5.3.2 树的顺序存储 (90) 5.4 K叉树 (91) 5.5 教材习题解答 (91) 5.6 教材上机题解答 (107) 5.7 增补习题 (125) 5.8 增补上机题 (127)	
第7章 查找 (128)	
6.1 知识点总结 (128) 6.1.1 表的查找 (128) 6.1.2 索引文件 (129) 6.1.3 分块查找 (129) 6.1.4 二叉查找树 (130) 6.1.5 平衡二叉查找树 (130) 6.1.6 红黑树 (131) 6.2 教材习题解答 (131)	

· II ·

目 录

6.3 教材上机题解答.....	(154)	9.1 知识点总结.....	(244)
6.4 增补习题.....	(159)	9.1.1 检索概念.....	(244)
6.5 增补上机题.....	(161)	9.1.2 检索算法的基本分类.....	(245)
第7章 内排序	(162)	9.1.3 衡量检索算法的效率 (重点)	(245)
7.1 内排序知识点总结.....	(162)	9.1.4 基于线性表的检索(重点)	(245)
7.1.1 内排序概念.....	(162)	9.1.5 基于散列表的检索 (重点、难点)	(247)
7.1.2 内排序的性质(重点)	(163)	9.2 教材习题解答.....	(249)
7.1.3 评价一个排序算法 的好坏(重点)	(163)	9.3 教材上机题解答.....	(271)
7.1.4 基于比较的排序问题的 下限.....	(164)	9.4 增补习题.....	(278)
7.1.5 几种重要的排序算法 (重点,难点)	(164)	9.5 增补上机题.....	(279)
7.2 内排序性能总结.....	(167)	第10章 索引技术	(280)
7.2.1 简单排序算法的时间代价 比较.....	(167)	10.1 知识点总结	(280)
7.2.2 排序算法的时间代价和 空间代价.....	(167)	10.1.1 索引概念	(280)
7.2.3 排序算法的实验性能比较.....	(168)	10.1.2 索引技术的简单分类	(281)
7.3 内排序知识扩充.....	(170)	10.1.3 线性索引(重点)	(281)
7.3.1 索引排序和地址排序.....	(170)	10.1.4 动态索引(重点、难点)	(282)
7.3.2 海豚算法.....	(175)	10.2 教材习题解答	(283)
7.4 教材习题解答.....	(177)	10.3 教材上机题解答	(294)
7.5 教材上机题解答.....	(216)	10.4 增补习题	(303)
7.6 增补习题.....	(223)	10.5 增补上机题	(303)
7.7 增补上机题.....	(225)	第11章 高级线性结构	(304)
第8章 文件管理和外排序	(226)	11.1 知识点总结	(304)
8.1 知识点总结.....	(226)	11.1.1 基本概念	(304)
8.1.1 文件管理和外排序的基本 概念.....	(226)	11.1.2 多维数组	(304)
8.1.2 磁盘访问时间估算.....	(227)	11.1.3 广义表	(305)
8.1.3 置换选择排序.....	(227)	11.1.4 存储管理技术	(306)
8.1.4 二路外排序.....	(228)	11.2 教材习题解答	(307)
8.2 教材习题解答.....	(228)	11.3 教材上机题解答	(314)
8.3 教材上机题解答.....	(238)	11.4 增补习题	(322)
8.4 增补习题.....	(241)	11.5 增补上机题	(323)
8.5 增补上机题.....	(242)	第12章 高级树结构	(324)
第9章 检索	(244)	12.1 知识点总结	(324)
		12.1.1 适用于存储、检索字符 串组的树形结构	(324)
		12.1.2 二叉搜索树 BST 的几个 变体(重点)	(324)

12.1.3 空间数据结构	(325)	14.2 北京大学信息学院 2004 年“数据 结构与算法”试题参考答案	(444)
12.1.4 树形结构的两个应用	(325)	14.2.1 2004 年期中考试试题参考 答案	(444)
12.2 扩充知识——红黑树	(326)	14.2.2 2004 年期末考试试题参考 答案	(450)
12.2.1 红黑树的定义	(326)	14.3 北京大学硕士研究生入学考试 “数据结构”试题	(458)
12.2.2 红黑树相关性质	(327)	14.3.1 1999 年试题	(458)
12.2.3 插入结点算法	(327)	14.3.2 2000 年试题	(461)
12.2.4 删除结点算法	(331)	14.3.3 2001 年试题	(462)
12.3 教材习题解答	(333)	14.3.4 2002 年试题	(464)
12.4 教材上机题解答	(364)	14.3.5 2003 年试题	(466)
12.5 增补习题	(389)	14.3.6 2004 年试题	(468)
12.6 增补上机题	(392)	14.3.7 2005 年试题	(472)
第 13 章 数据结构与算法实习指导	(397)	14.4 北京大学硕士研究生入学考试 “数据结构”试题参考答案	(475)
13.1 基本数据结构的应用	(397)	14.4.1 1999 年试题参考答案	(475)
13.2 穷举法	(400)	14.4.2 2000 年试题参考答案	(478)
13.3 搜索和剪枝	(403)	14.4.3 2001 年试题参考答案	(479)
13.4 动态规划	(410)	14.4.4 2002 年试题参考答案	(483)
13.5 贪心法	(412)	14.4.5 2003 年试题参考答案	(484)
13.6 图算法	(415)	14.4.6 2004 年试题参考答案	(486)
13.7 实习范例	(419)	14.4.7 2005 年试题参考答案	(493)
13.8 增补习题	(426)	参考文献	(504)
第 14 章 北京大学计算机系“数据结构与 算法”试题选	(438)		
14.1 北京大学信息学院 2004 年“数据 结构与算法”试题	(438)		
14.1.1 2004 年期中考试试题	(438)		
14.1.2 2004 年期末考试试题	(441)		

1. 数据的逻辑结构

数据的逻辑结构反映了人们对数据的含义解释。一个逻辑结构可以用一组数据节点和一个关系集合 R 来表示：

$$(K, R)$$

其中， K 是由有限个结点组成的集合， R 是一组定义在集合 K 上的二元关系。在此需要重点掌握的内容包括结点的类型、结点的结构等几部分。

结点的类型可以是基本数据类型，也可以是复合数据类型。常见的程序设计语言中使用了多种基本的数据类型：整数类型、实数类型、布尔类型、字符类型、指针类型。它们的共同特点是：在程序访问数据时，把基本数据类型看成一个整体，而不会把基本类型的一个组成部分看成具有独立意义的数据。



第1章 概论

“数据结构与算法”是计算机科学与技术学科的一门专业基础课程,它为后续的多门专业课程提供了必要的知识和技能准备,例如,程序设计语言及其编译技术要使用栈、散列表及语法树,操作系统会用到队列、存储管理表及目录树,数据库系统会用到线性表、多链表以及索引树等基本数据结构及其相关算法等。

教材第1章主要讨论了在其后续各章都要用到的一些预备知识和相应的设计原则。

1.1 知识点总结

1.1.1 学习数据结构的目的和目标

数据结构课程的主要目的是介绍一些常用的数据结构,阐明数据结构内在的逻辑关系,讨论它们在计算机中的存储表示,并结合各种数据结构,讨论对它们进行的各种运算的实现算法。很多算法实际上是对某种数据结构施行的一种变换,研究算法也就是研究在实施变换过程中数据结构的动态性质。

1.1.2 什么是数据结构

数据结构包括数据的逻辑结构、数据的存储结构和数据的运算三个方面,即涉及数据之间的逻辑关系、数据在计算机中的存储方式和在这种数据结构上的一组操作三个方面。

1. 数据的逻辑结构

数据的逻辑结构反映了人们对数据的含义解释。一个逻辑结构可以用一组数据结点和一个关系集合 R 来表示:

$$(K, R)$$

其中, K 是由有限个结点组成的集合, R 是一组定义在集合 K 上的二元关系。在此需要重点掌握的内容包括结点的类型、结点的结构等几部分。

结点的类型可以是基本数据类型,也可以是复合数据类型。常见的程序设计语言中使用了 5 种基本的数据类型:整数类型、实数类型、布尔类型、字符类型、指针类型,它们的共同特点是:在程序访问数据时,把基本数据类型看成一个整体,而不会把基本类型的一个组成部分看成具有独立含义的数据。

根据关系集 R 中关系 r 的分类,结点的结构一般可分为线性结构、树形结构和图结构。这种结构分类揭示了枯燥数据之间的相互关系,给出了关系本身的一般性质,对于理解数据结构以及正确设计算法都是很重要的。

线性结构在程序设计中应用最为广泛。它是一种满足全序性和单索性等约束条件的有向关系。全序性是指,线性结构的全部结点两两皆可以比较前后;单索性是指,每一个结点 x 都可以存在惟一的一个直接后继结点 y 。树形结构,也称树结构,是一种层次结构,其关系 r 称为层次关系或“父子关系”。树形结构的最高层次的结点称为根结点 (root), 只有它没有父结点。树形结构存在很多变种,如二叉树、堆结构等,它们都有各自独特的应用。图结构也称网络结构,其关系 r 没有任何约束。

2. 数据的存储结构

数据的存储结构是建立一种由逻辑结构到存储空间的映射:对于逻辑结构 (K, r) , 其中 $r \in R$, 对它的结点集合 K 建立一个从 K 到存储器 M 的单元的映射: $K \rightarrow M$, 其中每个结点 $j \in K$ 都对应一个惟一的连续存储区域 $c \in M$ 。

常用的基本存储映射方法有顺序方法、链接方法、索引方法和散列方法。

顺序存储把一组结点存放在按地址相邻的存储单元里,结点间的逻辑关系用存储单元的自然顺序关系来表达,即,用一块存储区域存储线性数据结构。顺序存储方法为使用整数编码访问数据结点提供了便利。因为,顺序存储方法的存储空间除了存储有用数据外,没有用于存储其他附加的信息,所以顺序存储结构一般也被称为紧凑存储结构。

链接法是在结点的存储结构中附加指针字段来存储结点间的逻辑关系。链接法中数据结点包括两部分:数据字段存放结点本身的数据,指针字段存放指向其后继结点的指针。链接方法适用于那些需要经常进行增删结点的复杂数据结构。

索引法是顺序存储的一种推广,用于大小不等的数据结点的顺序存储。通过建造一个由整数域 Z 映射到存储地址域的函数,把整数索引值映射到结点的存储地址,从而形成一个存储一串指针的索引表,每个指针指向存储区域的一个数据结点。

作为索引法的一种延伸和扩展,散列法利用散列函数进行索引值的计算,然后通过索引表示出结点的指针地址。

1.1.3 抽象数据类型

抽象数据类型 (Abstract Data Type, ADT) 可以看作是定义了一组操作的一个抽象模型,其特点是把数据结构作为独立于应用程序的一种抽象代数结构,在很大程度上可以使人们独立于程序的实现细节来理解数据结构的主要性质和约束条件。抽象数据类型是模块化思想的发展,有助于人们从更抽象的高度去讨论算法和数据结构的问题。

1.1.4 算法及其特性

算法是一个十分古老的研究课题。简单来说，它是为求解问题而给出的指令序列。一个算法可能有若干个输入，这些输入数据在算法开始时提供一组量。对算法的描述应该精确地说明这些输入的个数、类型以及它们应满足的初始条件，算法的每个步骤必须被明确描述，并且可行，不能有二义性。

算法的一般性质包括以下几点：

- (1) 通用性 对于那些符合输入类型的任意输入数据，都能根据算法进行问题求解，并保证计算结果的正确性。
- (2) 有效性 组成算法的每一条指令都必须是能够被人或机器确切执行的。
- (3) 确定性 算法每执行一步之后，对于它的下一步，应该有明确的指示。即，保证每一步之后都有关于下一步动作的指令，不能缺乏下一步指令或仅仅含有模糊不清的指令。
- (4) 有穷性 算法的执行必须在有限步内结束。

在实际应用中，算法的表现形式千变万化，但许多算法的设计思想具有相似之处。归纳起来，常用的算法大致可分为以下几类：

- (1) 穷举法 基本思想是在一个可能存在可行状态(可行解)的状态全集中依次遍历所有的元素，并判断是否为可行状态。
- (2) 贪心法 基本思想是试图通过局部最优解得到全局最优解。
- (3) 分治法 基本思想是把一个规模较大的问题划分成相似的小问题，各个求解，再得到整个问题的解。
- (4) 回溯法 基本思想是一步一步向前试探，有多种选择时任意选择一种，只要可行就继续向前，一旦失败时就后退回来选择其他可能性。
- (5) 动态规划法 基本思想是把大问题分解为若干小问题，通过求解子问题来得到原问题的解。由于这些子问题相互包含，为了复用已计算的结果，常把计算的中间结果全部保存起来，自底向上多路径地求解计算原问题的解。
- (6) 分支界限法 基本思想是在表示问题空间的树上进行系统搜索时采用广度优先策略，同时利用最优解属性的上下界来控制搜索的分支。

1.1.5 算法的执行效率及其度量

解决同一个问题一般存在多种算法。要想从这些算法中选择一个适合的算法作为解决方案，则需对算法进行度量和评价的方法。评价一个算法优劣的重要依据是渐近分析实现该算法的程序在计算机中执行时所需占用的机器资源的多少。两个重要指标为算法的空间代价(或称空间复杂度)和算法的时间代价(或称时间复杂度)。

算法的空间代价一般定义为求解问题的算法所需占用的存储空间大小。当问题的规模

以某种单位由 1 增至 n 时,求解该问题的算法所需占用的空间也以某种单位由 $f(1)$ 增至 $f(n)$, 则称函数 $f(n)$ 为该算法的空间代价。

算法的时间代价一般定义为求解问题的算法所需耗费的时间多少。当问题的规模以某种单位由 1 增至 n 时,求解该问题的算法所需耗费的时间也以某种单位由 $g(1)$ 增至 $g(n)$, 则称函数 $g(n)$ 为该算法的时间代价。

以算法的时间代价为例,算法的渐近分析就是估计当求解问题的规模 n 逐步增大时,时间开销 $T(n)$ 的增长趋势。为简化时间和空间复杂度的度量,可以只关注于复杂度的量级,而忽略量级的系数。而从数量级大小来考虑,当 n 增大到一定值以后, $T(n)$ 计算公式中影响最大的就是 n 的幂次最高的项,其他的常数项和低幂次项都可以忽略。

渐近分析的结果是得到一个大 O 渐近表达式,简写为

$$\underset{n \rightarrow \infty}{\text{rate}} T(n) = O(f(n))$$

其中, $T(n)$ 是算法运行所消耗的时间或存储空间的总量, O 是数学分析常用的符号“大 O ”, $f(n)$ 是自变量为 n 的某个具体的函数表达式, n 反映求解问题的规模。即,如果存在正的常数 c 和 n_0 , 当问题的规模 $n \geq n_0$ 后, 某算法的时间(空间)代价 $T(n) \leq c \times f(n)$, 则称该算法的时间(空间)代价为 $O(f(n))$ 。

根据大 O 表示法的定义,有下列两个常用的计算规则:

(1) 加法规则 设有两个程序段 S_1 和 S_2 , 其时间代价分别为 $T_1(n) = O(f_1(n))$ 和 $T_2(n) = O(f_2(n))$, 将两个程序段连接在一起得到 $(S_1; S_2)$, 则总的时间代价为 $T(n) = T_1(n) + T_2(n) = O(f_1(n)) + O(f_2(n)) = O(\max(f_1(n), f_2(n)))$ 。

(2) 乘法规则 假设有 $T_1(n) = O(f_1(n))$ 和 $T_2(n) = O(f_2(n))$, 如果一个程序的时间代价为 $T_1(n) = O(f_1(n))$, 但其时间单位并不是最基本的,而是以某个子程序的执行代价为单位时间($T_2(n) = O(f_2(n))$)来考虑的,那么这个程序的实际时间代价为 $T(n) = T_1(n) \times T_2(n) = O(f_1(n)) \times O(f_2(n)) = O(f_1(n) \times f_2(n))$ 。

1.1.6 数据结构的选择和评价

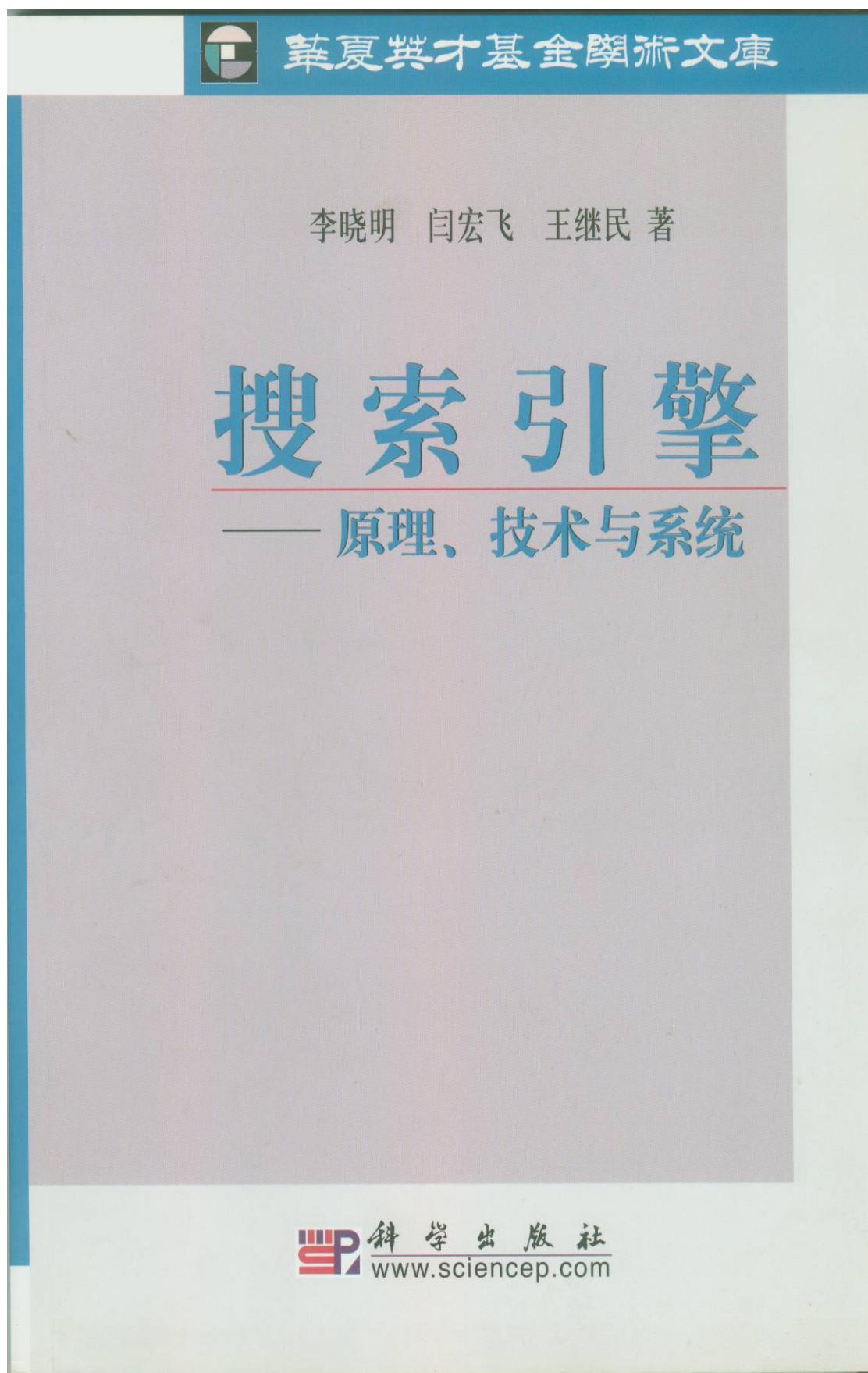
求解一个问题时,如何设计或选择数据结构可以遵循下列一些原则:

- (1) 仔细分析所要解决的问题,特别是求解问题所涉及的数据类型和数据间的逻辑关系。
- (2) 数据结构的初步设计往往在算法设计之先。
- (3) 注意数据结构的可扩展性。包括考虑当输入数据的规模发生改变时,数据结构是否能够适应。同时,数据结构应该适应求解问题的演变和扩展。
- (4) 数据结构的设计和选择也要比较算法时空开销的优劣。

1.2 教材习题解答

- 1.1 设字符集为字母和数字的集合,字符的顺序为 A,B,C,⋯,Z,0,1,2,⋯,9,请将下

22. 搜索引擎



内 容 简 介

本书系统地介绍了互联网搜索引擎的工作原理、实现技术及其系统构建方案。全书分三篇共13章内容,从基本工作原理概述,到一个小型简单搜索引擎具体细节的实现,进而详细讨论了大规模分布式搜索引擎系统的设计要点及其关键技术;最后介绍了面向主题和个性化的Web信息服务,阐述了中文网页自动分类等技术及其应用。本书层次分明,由浅入深;既有深入的理论分析,也有大量的实验数据,具有学习和实用双重意义。

本书可作为高等院校计算机科学与技术、信息管理与信息系统、电子商务等专业的研究生或高年级本科生的教学参考书和技术资料,对广大从事网络技术、Web站点的管理、数字图书馆、Web挖掘等研究和应用开发的科技人员也有很高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

搜索引擎:原理、技术与系统/李晓明,闫宏飞,王继民著.—北京:科学出版社,2005

(华夏英才基金学术文库)

ISBN 7-03-014633-6

I . 搜… II . ①李…②闫…③王… III . 因特网-情报检索 IV . G252.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 121546 号

责任编辑:巴建芬 姚庆爽/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年4月第一版 开本:B5(720×1000)

2005年4月第一次印刷 印张:16 1/2

印数:1—3 000 字数:312 000

定价:33.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

第十一章 搜索引擎与信息检索
第十一章 搜索引擎与信息检索
第十一章 搜索引擎与信息检索
第十一章 搜索引擎与信息检索

目 录

前言

第一章 引论	1
第一节 搜索引擎的概念.....	2
第二节 搜索引擎的发展历史.....	3
第三节 一些著名的搜索引擎.....	7

上篇 Web 搜索引擎基本原理和技术

第二章 Web 搜索引擎工作原理和体系结构	19
第一节 基本要求	19
第二节 网页搜集	20
第三节 预处理	22
第四节 查询服务	24
第五节 体系结构	27
第三章 Web 信息的搜集	30
第一节 引言	30
一、超文本传输协议	30
二、一个小型搜索引擎系统	31
第二节 网页搜集	34
一、定义 URL 类和 Page 类	35
二、与服务器建立连接	39
三、发送请求和接收数据	41
四、网页信息存储的天网格式	42
第三节 多道搜集程序并行工作	45
一、多线程并发工作	46
二、控制对一个站点并发搜集线程的数目	47
第四节 如何避免网页的重复搜集	47
一、记录未访问、已访问 URL 和网页内容摘要信息	47
二、域名与 IP 的对应问题	48
第五节 如何首先搜集重要的网页	49
第六节 搜集信息的类型	52

第七节 本章小结	53
第四章 对搜集信息的预处理	55
第一节 信息预处理的系统结构	55
第二节 索引网页库	56
第三节 中文自动分词	58
第四节 分析网页和建立倒排文件	63
第五节 本章小结	65
第五章 信息查询服务	66
第一节 查询服务的系统结构	66
第二节 检索的定义	66
第三节 查询服务的实现	67
一、结果集合的形成	67
二、查询结果显示	68
第四节 本章小结	70

中篇 对质量和性能的追求

第六章 可扩展搜集子系统	73
第一节 天网系统概述和集中式搜集系统结构	73
一、天网系统结构	73
二、集中式搜集系统	74
第二节 利用并行处理技术高效搜集网页的一种方案	80
一、节点间 URL 的划分策略	81
二、关于性能的讨论	84
三、性能测试和评价	85
四、系统的动态可配置性设计	88
第三节 本章小结	90
第七章 网页净化与消重	92
第一节 网页净化与元数据提取	92
一、引言	92
二、DocView 模型	95
三、网页的表示	96
四、提取 DocView 模型要素的方法	100
五、模型应用及实验研究	105
第二节 网页消重算法	108
一、消重算法	109

目 录

• v •

二、算法评测	111
第八章 高性能检索子系统.....	115
第一节 检索系统基本技术.....	116
一、系统设计与结构	116
二、索引创建	119
三、检索过程	120
第二节 倒排文件性能模型.....	122
一、引言	122
二、倒排文件的概念	123
三、倒排文件的一种性能模型	125
四、结合计算机性能指标的考虑	130
第三节 混合索引技术.....	131
一、引言	131
二、混合索引原理	132
三、混合索引实现	134
第四节 倒排文件缓存机制.....	136
一、引言	136
二、倒排文件缓存	137
三、负载特性	139
四、缓存策略的选择	141
第五节 本章小结.....	142
第九章 用户行为的特征及缓存的应用.....	143
第一节 用户查询与点击日志.....	144
第二节 用户行为特征的统计分析.....	145
一、用户查询词的分布情况	145
二、雷同查询词的衰减统计	147
三、相邻 N 项查询词的偏差分析	148
四、用户在输出结果中的翻页情况统计	149
五、用户点击 URL 的分布情况	150
六、考虑与不考虑查询项时点击 URL 分布的对比分析	151
七、查询过程的自相似性	152
第三节 查询缓存的使用.....	154
一、基于用户行为的启示	154
二、缓存替换策略研究	156
第四节 用户行为与 Web 信息的分布特征	157

• vi •

搜索引擎——原理、技术与系统

一、基本术语	157
二、海量 Web 信息的特征分析	158
第十章 相关排序与系统质量评估.....	163
第一节 传统 IR 的相关排序技术	163
第二节 链接分析与相关排序.....	165
一、链接分析	165
二、Web 查询模式下的新信息	168
第三节 相关排序的一种实现方案.....	172
一、形成网页中词项的基本权重	172
二、利用链接的结构	174
三、收集用户反馈信息	175
四、计算最终的权重	178
第四节 搜索引擎系统质量评估.....	179
一、引言	179
二、查询类别分析与查询集的构建.....	180
三、评估实验的建立与分析	181
下篇 面向主题和个性化的 Web 信息服务	
第十一章 中文网页自动分类技术.....	187
第一节 引言.....	187
第二节 文档自动分类算法的类型.....	187
第三节 实现中文网页自动分类的一般过程.....	189
第四节 影响分类器性能的关键因素分析.....	191
一、实验设置	191
二、训练样本	192
三、特征选取	196
四、分类算法	199
五、截尾算法	205
六、一个中文网页分类器的设计方案	207
第五节 天网目录导航服务.....	208
一、问题的提出	208
二、天网目录导航服务的体系结构	208
三、天网目录的运行实例	209
第六节 本章小结.....	210
第十二章 搜索引擎个性化查询服务.....	212

目 录

• vii •

第一节 基于 Web 挖掘的个性化技术	212
一、Web 挖掘技术	213
二、典型个性化 Web 服务系统的比较	214
三、基于 Web 挖掘的个性化技术的发展	215
第二节 天网知名度系统	216
一、系统结构	216
二、网页与命名实体的相关度评价	219
第十三章 面向主题的信息搜集与应用	223
第一节 主题信息的搜集	223
一、主题信息分布的局部性	223
二、一种主题信息搜集系统	224
第二节 主题信息的一种搜集与处理模型及其应用	226
一、模型设计	226
二、应用实验:以“十六大”为主题	230
三、总结与讨论	232
参考文献	233
附录 术语	240
后记	246

也充分讨论了由上述 Web 信息的特征所带来的新问题及其解决方案。

第一节 搜索引擎的概念

如上所述,本书的主要内容是介绍搜索引擎的工作原理和实现技术。搜索引擎,在本书指的是一种在 Web 上应用的软件系统,它以一定的策略在 Web 上搜集和发现信息,在对信息进行处理和组织后,为用户提供 Web 信息查询服务。从使用者的角度看,这种软件系统提供一个网页界面,让他通过浏览器提交一个词语或者短语,然后很快返回一个可能和用户输入内容相关的信息列表(常常会是很长一个列表,如包含 1 万个条目)。这个列表中的每一条目代表一篇网页,每个条目至少有三个元素:

1) 标题:以某种方式得到的网页内容的标题。最简单的方式就是从网页的 <TITLE></TITLE> 标签中提取的内容(尽管在一些情况下并不真正反映网页的内容)。本书第七章会介绍其他形成“标题”的方法。

2) URL:该网页对应的“访问地址”。有经验的 Web 用户常常可以通过这个元素对网页内容的权威性进行判断,例如,<http://www.people.com> 上面的内容通常就比 <http://notresponsible.net>(某个假想的个人网站)上的要更权威些(不排除后者上的内容更有趣些)。

3) 摘要:以某种方式得到的网页内容的摘要。最简单的一种方式就是将网页内容的头若干字节(如前 512 字节)截取下来作为摘要。本书第七章会介绍形成“摘要”的其他方法。

通过浏览这些元素,用户对相应的网页是否真正包含他所需的信息进行判断。比较肯定的话则可以点击上述 URL,从而得到该网页的全文。图 1-1 是 2003 年 8 月 20 日在天网搜索引擎(<http://e.pku.edu.cn>)上的一个例子,用户提交了查询词“伊拉克战争”,系统返回一个相关信息列表。列表的每一条目所含内容比上述要丰富些,但核心还是那三个元素。如果用户主要是想从军事角度关心伊拉克战争,第一条目可能就是很好的选择,不仅摘要看起来军事味道要浓一些,而且从 URL (<http://mil.eastday.com>) 上能看到提供信息的大概是一个专门的军事题材网站。如果用户主要是想关心伊拉克战争对全球经济的影响,则后面的条目可能会更相关些。

这个例子提示了我们一个重要的情况,即搜索引擎提供信息查询服务的时候,它面对的只是查询词。而有不同背景的人可能提交相同的查询词,关心的是和这个查询词相关的不同方面的信息,但搜索引擎通常是不知道用户背景的,因此搜索引擎既要争取不漏掉任何相关的信息,还要争取将那些“最可能被关心”的信息排在列表的前面。这也就是对搜索引擎的根本要求。除此以外,考虑到搜索引擎的应用

第一章 引 论

• 3 •

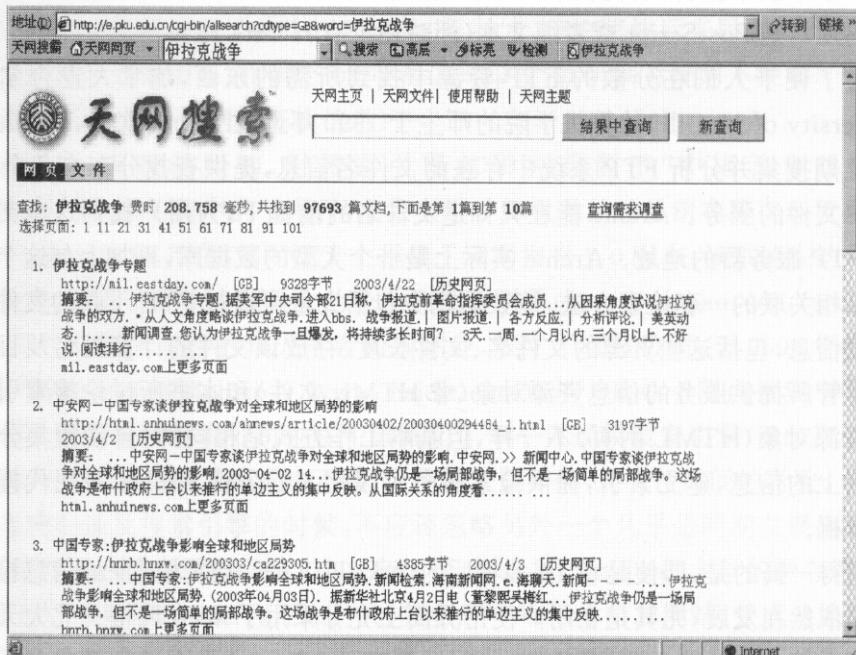


图 1-1 2003 年 8 月 20 日在天网上检索“伊拉克战争”的结果

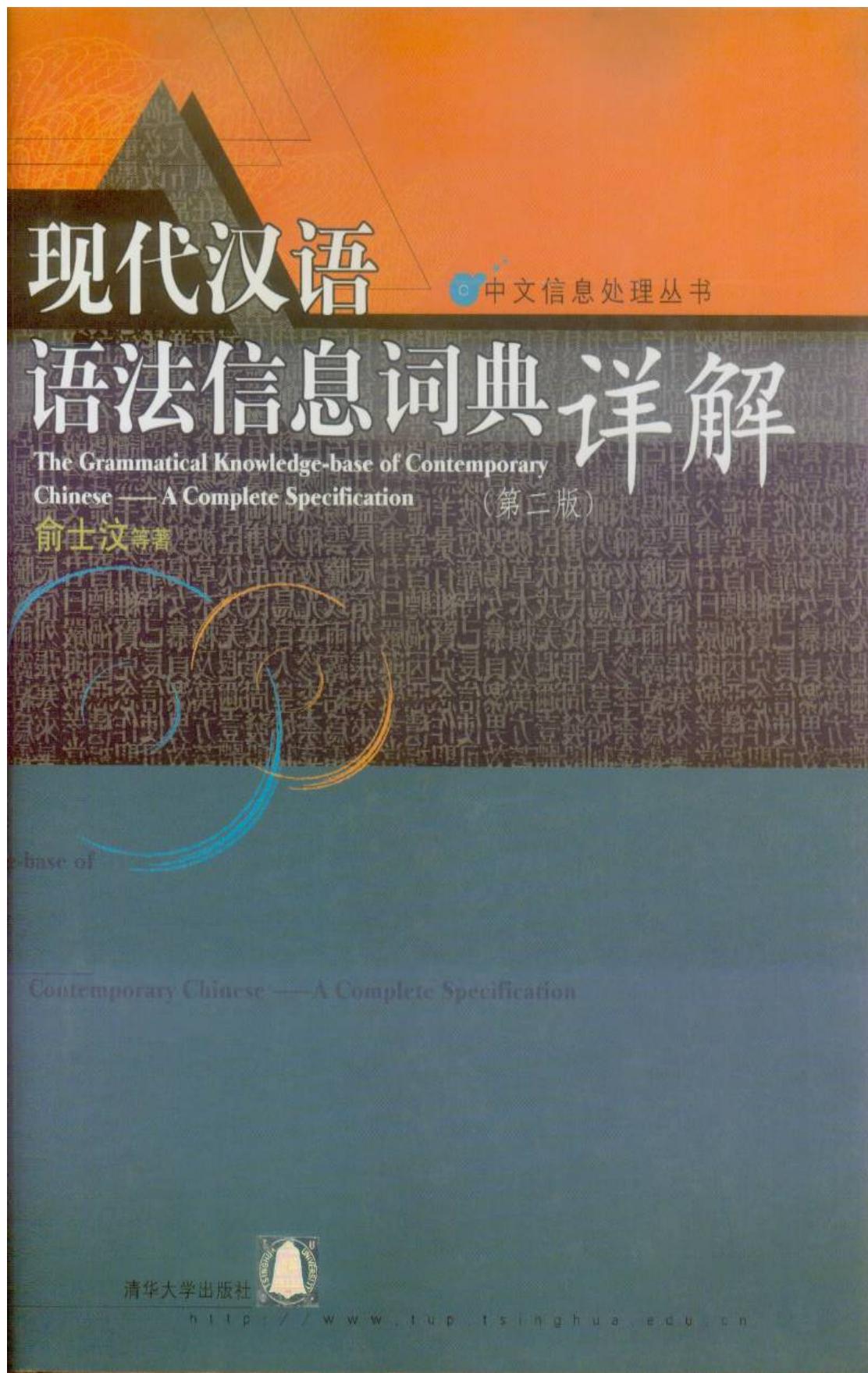
环境是 Web,因此对大量并发用户查询的响应性能也是一个不能忽略的方面。

作为对搜索引擎工作原理的基本了解,这里有两个问题需要首先澄清。第一,当用户提交查询的时候,搜索引擎并不是即刻在 Web 上“搜索”一通,发现那些相关的网页,形成列表呈现给用户;而是事先已“搜集”了一批网页,以某种方式存放在系统中,此时的搜索只是在系统内部进行而已。第二,当用户感到返回结果列表中的某一项很可能是他需要的,从而点击 URL,获得网页全文的时候,他此时访问的则是网页的原始出处。于是,从理论上讲搜索引擎并不保证用户在返回结果列表上看到的标题和摘要内容与他点击 URL 所看到的内容一致(上面那个“伊拉克战争”的例子就是如此),甚至不保证那个网页还存在。这也是搜索引擎和传统信息检索系统的一个重要区别。这种区别源于前述 Web 信息的基本特征。为了弥补这个差别,现代搜索引擎都保存网页搜集过程中得到的网页全文,并在返回结果列表中提供“网页快照”或“历史网页”链接,保证让用户能看到和摘要信息一致的内容。

第二节 搜索引擎的发展历史

早在 Web 出现之前,互联网上就已经存在许多旨在让人们共享的信息资源了。那些资源当时主要存在于各种允许匿名访问的 FTP 站点(anonymous FTP),

23. 现代汉语语法信息词典详解(第二版)



(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书(第二版)是对北京大学计算语言学研究所开发的电子版《现代汉语语法信息词典》的详细介绍。内容包括如下两篇：第一篇“《现代汉语语法信息词典》导引”，介绍了语言信息处理与语法研究、《现代汉语语法信息词典》概要、现代汉语词语的语法功能分类、词语的语法属性描述、《现代汉语语法信息词典》的应用与发展；第二篇“《现代汉语语法信息词典》示例”，展现了从电子版词典中挑选的10 000个词语及其语法属性信息。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

现代汉语语法信息词典详解 / 俞士汶等著. —2 版. 北京: 清华大学出版社,
2002

(中文信息处理丛书 / 陈力为主编)

ISBN 7-302-05911-X

I. 现… II. 俞… III. 汉语—语法—词典—简介 IV. H146·61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 073680 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责 任 编辑: 薛 慧

印 刷 者: 中国科学院印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 880×1230 1/16 印张: 61 插页: 1 字数: 1410 千字

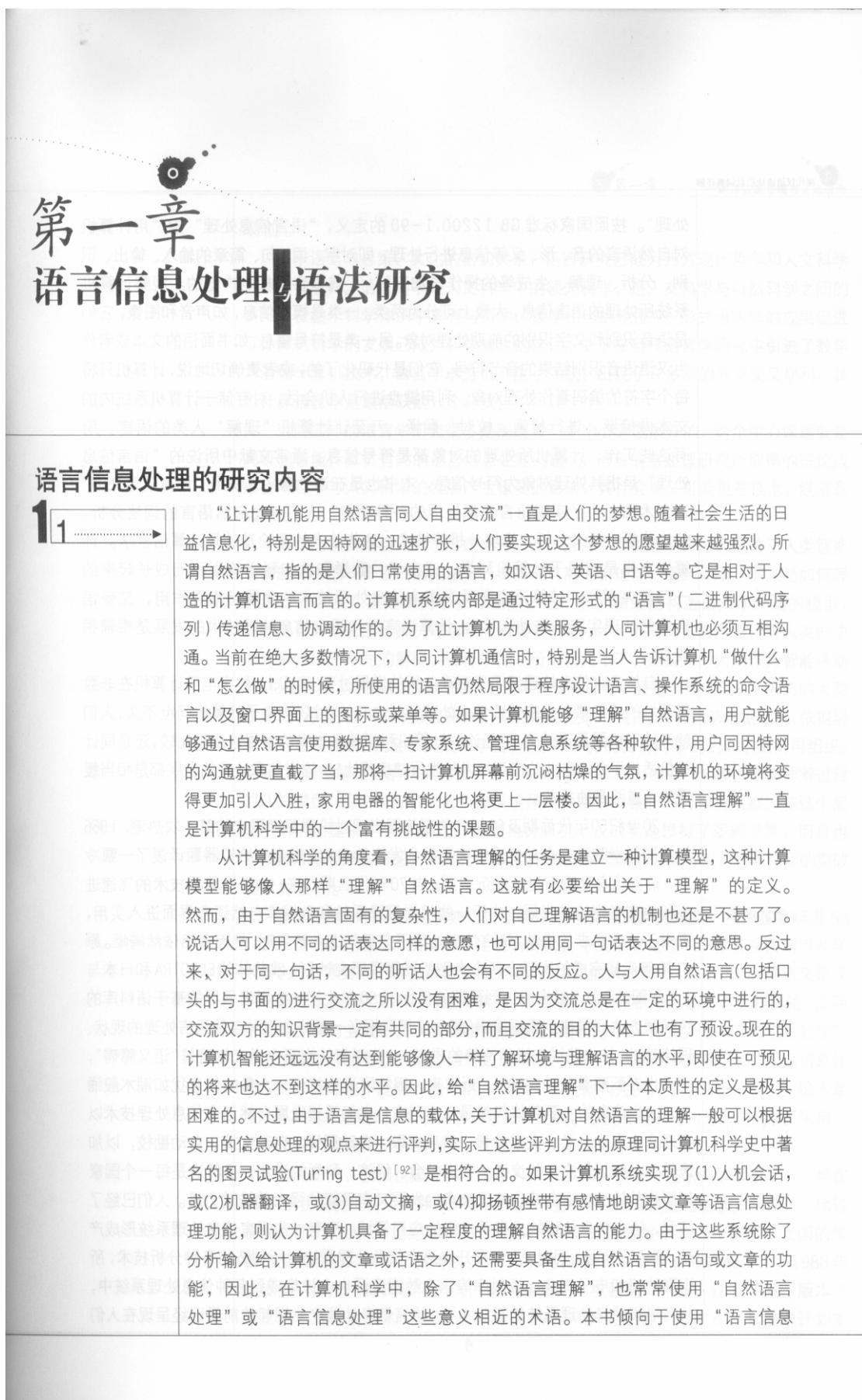
版 次: 2003 年 2 月第 2 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05911-X/TP · 3508

印 数: 0001~3000

定 价: 188.00 元

<p>第一篇 《现代汉语语法信息词典》导引</p> <p>第一章 语言信息处理与语法研究</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1 语言信息处理的研究内容 /3 1.2 语言信息处理系统的基本模型 /6 1.3 汉语自动分析的特殊困难与对策 /9 <p>第二章 《现代汉语语法信息词典》概要</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 《现代汉语语法信息词典》的研制 /19 2.2 《现代汉语语法信息词典》的内容 /27 <p>第三章 现代汉语词语的语法功能分类</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 现代汉语词语分类体系 /39 3.2 词语分类的理论基础 /42 3.3 各类词语的主要特点 /56 3.4 7万词语归类的实践 /73 3.5 子类划分的尝试 /77 <p>第四章 词语的语法属性描述</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1 语法属性项目的确定 /83 4.2 语法属性值的类型 /89 4.3 总库项目 /91 4.4 各类词库共同项目 /94 4.5 各类词库专有项目 /95 <p>第五章 《现代汉语语法信息词典》的应用与发展</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.1 句法分析 /137 5.2 句子生成 /140 5.3 中文输入 /141 5.4 汉字识别的后校正 /143 5.5 语料库标注 /144 5.6 在文本校对中的应用 /147 5.7 向综合型语言知识库发展 /148 5.8 理论体系和计算模型的探索 /151 	<p>第二篇 《现代汉语语法信息词典》示例</p> <p>词库编排说明 /155 10 000 词语总库 /156</p> <p>名词库 /252 时间词库 /444 处所词库 /450 方位词库 /453 数词库 /456 量词库 /460 代词库 /470</p> <ul style="list-style-type: none"> 人称代词分库 /474 指示代词与疑问代词分库 /475 <p>动词库 /478</p> <ul style="list-style-type: none"> 体宾动词分库 /638 谓宾动词分库 /708 双宾动词分库 /720 动结式分库 /723 动趋式分库 /742 离合动词分库 /800 <p>形容词库 /804 状态词库 /884 区别词库 /890</p> <p>副词库 /894 介词库 /920 连词库 /926 助词库 /930 语气词库 /931 拟声词库 /932 叹词库 /932 前接成分库 /933 后接成分库 /933</p> <p>语素库 /934 成语库 /935 习用语库 /950 简称略语库 /952 标点符号库 /953</p> <p>参考文献 /954 附录一 按代码的字母顺序排列的语料库标记集 /957 附录二 按名称的汉语拼音顺序排列的语料库标记集 /958</p>
--	--

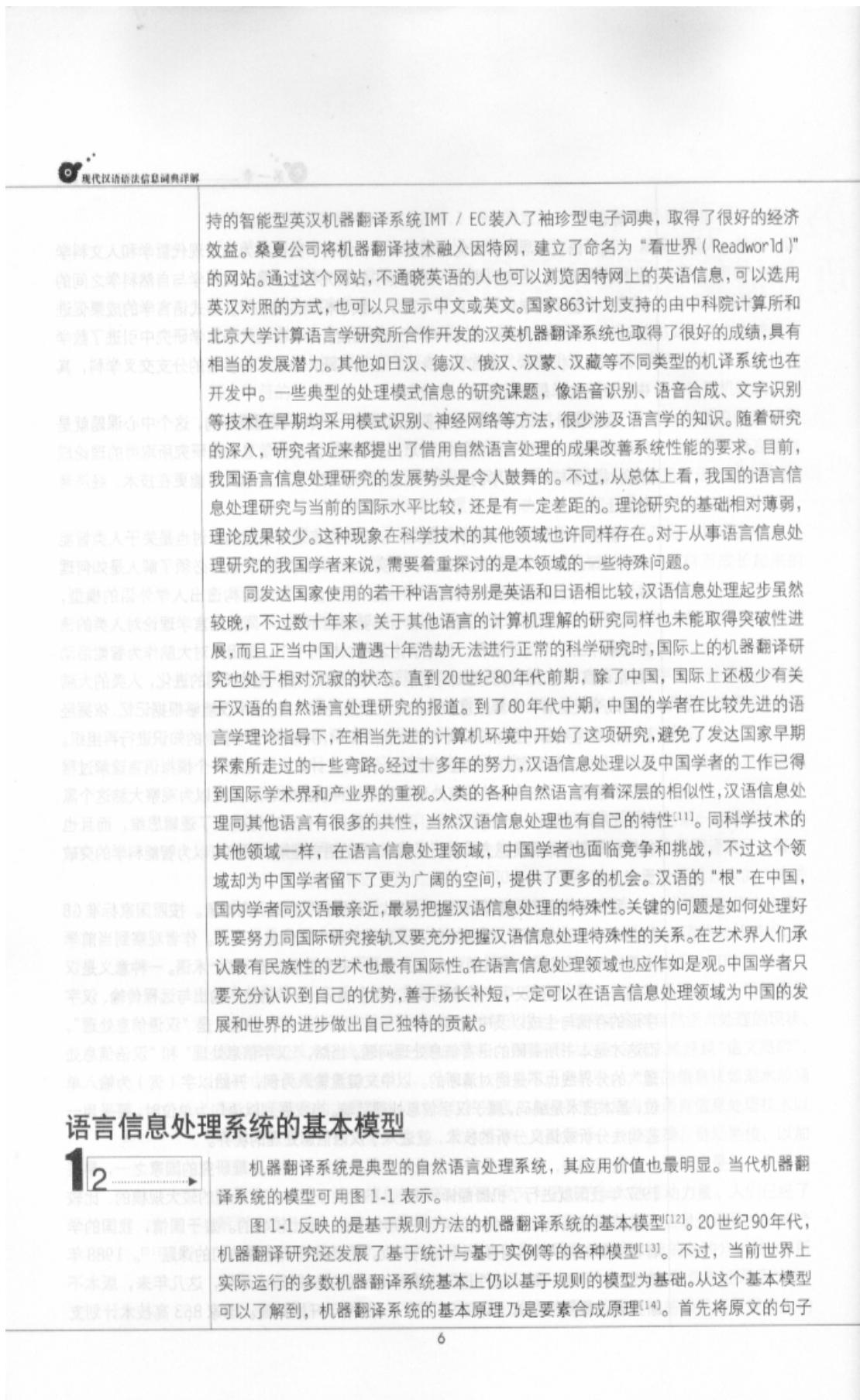


处理”。按照国家标准 GB 12200.1—90 的定义，“语言信息处理”指“用计算机对自然语言的音、形、义等信息进行处理，即对字、词、句、篇章的输入、输出、识别、分析、理解、生成等的操作与加工”^[1]，其内容是相当广泛的。观察计算机系统所处理的语言信息，大致上可分为两类。一类是模式信息，如声音和图像，它们是语音识别和文字识别的前期处理对象。另一类是符号信息，如书面语的文本或者作为汉语语音识别结果的音节符号，它们是代码化了的，或者更确切地说，计算机只将每个字符的编码看作处理对象。利用键盘进行人机会话，对存储于计算机系统内的文本做摘要，进行检索、校对、翻译，乃至让计算机“理解”人类的语言，所有这些工作，计算机所处理的对象都是符号信息。通常文献中所说的“语言信息处理”是指其处理对象为符号信息，本书也是在这个意义上使用“语言信息处理”这个术语。为了实现语言信息处理的各种功能，人们开发自然语言的词法分析、句法分析、语义分析、语境分析等技术，这些技术的理论基础是计算语言学。计算语言学是植根于计算机科学、语言学、数学和认知科学等学科而成长起来的一门新兴学科。计算语言学既对语言信息处理技术的发展起指导作用，又受语言信息处理实践的推动和检验。计算语言学和语言信息处理技术的发展是相辅相成的。

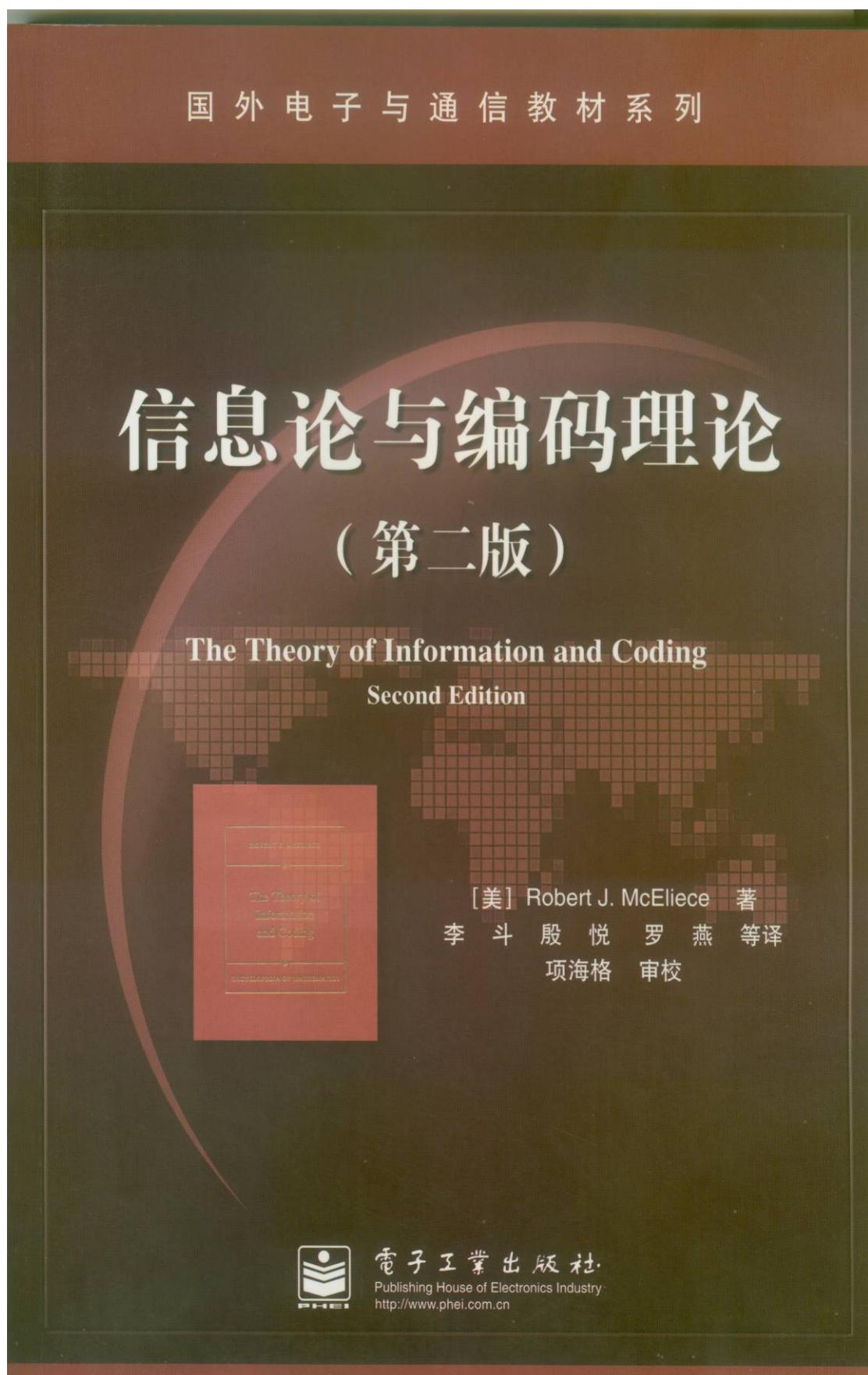
自然语言信息处理经历了艰难曲折的发展过程。事实上，数字电子计算机在非数值领域的应用最早是在语言信息处理领域内开始尝试的。电子计算机问世不久，人们就开始了机器翻译试验。但无论同计算机科学技术本身的发展速度相比较，还是同计算机适用于各行各业的应用技术的发展速度相比较，语言信息处理的发展都是相当缓慢的，道路是曲折的。

20世纪50年代后期及60年代前期美国出现过机器翻译研究的第一次热潮。1966年美国科学院语言自动处理咨询委员会发表的ALPAC报告^[2]给机器翻译泼了一瓢冷水，语言信息处理有过一段沉寂期。自70年代后期以来，由于计算机技术的飞速进步和语言学理论的发展，由于一些机器翻译系统和数据库自然语言界面进入实用，更由于社会需求的推动，语言信息处理研究重新进入繁荣期，然而道路依然崎岖。原定90年代初完成的国际上两个大型机器翻译研究计划（欧共体的EUROTRA和日本与4个邻国的ODA）都未能达到预期的目标。90年代初一些学者倡导的基于语料库的统计学方法同样碰到重重障碍。国内外都有相当一部分专家对自然语言处理的现状、理论基础、技术路线在进行冷静的思考，一些学者认为至今尚未能跨越“语义障碍”，同时也在酝酿着新的突破^[3]。近年来，因特网迅速扩张，大量的信息犹如潮水般涌来，这些信息的主要载体仍然是自然语言，人们渴望发展自然语言信息处理技术以实现文本自动分类、文献检索、信息提取、自动翻译、自动文摘、自动勘校，以加速信息、知识与文化的交流，促进社会、经济、科学的进步，显然这是每一个国家都面临的挑战。语言信息处理技术的发展又有了新的强大的推动力量。人们已经了解到，语言信息处理技术有着广阔的应用领域。已有一些语言信息处理系统形成产品，进入了市场。同时，人们在开发语言信息处理系统时所创造的各种分析技术，所积累的诸如电子词典、语料库等语言数据资源也会被集成到各种信息处理系统中，从而提高信息处理系统的智能水平。语言信息处理产业崛起的前景已经呈现在人们

	<p>眼前。由于语言与思维、文化的密切关系，语言研究已成为西方现代哲学和人文科学发展的突破口。语言科学是人文科学中的领先科学，是人文科学与自然科学之间的桥梁，在整个科学体系中具有与哲学、数学相当的地位^[4]。形式语言学的成果促进了计算机科学的发展已成为科学史上的佳话。由于在当代语言学研究中引进了数学方法和计算机技术，语言学本身也产生了飞跃，出现了许多新的分支交叉学科，其中计算语言学是最活跃的一个分支。</p> <p>当前国外的语言学研究很多是围绕着一个中心课题展开的，这个中心课题就是“机器翻译”。机器翻译同研制智能计算机有关的语言信息处理问题^[5]。语言信息处理研究所取得的理论成果会对哲学与人文科学的发展产生重要的影响，其社会意义可能更在技术、经济意义之上。</p> <p>智能的本质是当代科学难题之一。自然语言理解机理的探讨也是关于人类智能本质的探讨的一个重要组成部分。要实现自然语言理解，最终必须了解人是如何理解语言的以及儿童是如何学会母语的。退一步，如果能构造出人学外语的模型，对实现自然语言的计算机理解也会有重要的启示^[6]。不同的语言学理论对人类的语言现象作出了不同的解释，各种争论之所以相持不下，是因为对大脑作为智能活动(包括语言活动)的物质基础的功能还未能透彻了解。经过长期的进化，人类的大脑才变成今天这样一个集成度极高的柔性信息处理系统，它不仅能够根据记忆、依据经验进行思考判断，还会在实践中学会新的知识，并能自行对学到的知识进行再组织。至今，大脑理解语言的认知过程还是一个谜。在计算机上建立一个模拟语言理解过程的认知模型(现在的自然语言处理系统是这种模型的雏形)，可以为观察大脑这个黑匣子的活动提供一个“窗口”^[7]。利用计算机不仅成功地模拟了逻辑思维，而且也在模拟形象思维和灵感方面进行了探索。自然语言理解的研究可以为智能科学的突破贡献力量^[8]。</p> <p>我国学者研究语言信息处理自然以汉语作为主要研究对象。按照国家标准 GB/T 12200.1—90 的定义，汉语信息处理有时又称中文信息处理^[9]。作者观察到当前学术界、产业界实际上是在两种意义上使用“中文信息处理”这个术语。一种意义是汉字信息处理，包括汉字字符集的确定、汉字编码、汉字的输入输出与远程传输、汉字字形的存储与生成以及中文编辑排版等应用系统。另一种意义是“汉语信息处理”，而这才是本书所着眼的语言信息处理问题。当然，“汉字信息处理”和“汉语信息处理”的分界线也不是绝对清晰的。以中文键盘输入为例，开始以字(词)为输入单位，基本技术是编码，属于汉字信息处理范畴。当发展到以语句为单位时，要采用一些句法分析或语义分析的技术，就进入了汉语信息处理的境界。</p> <p>追溯历史，我国也是世界上最早开展自然语言信息处理研究的国家之一，早在 1957 年我国就进行了机器翻译研究^[9]。不过关于自然语言处理的较大规模的、比较系统的研究直到 20 世纪 80 年代中期才开始，是比较晚的。鉴于国情，我国的学者将主要的精力集中于实用系统的开发，机器翻译仍是最热门的课题^[10]。1988 年推出的“译星”翻译软件是国内最早商品化的机器翻译系统，这几年来，版本不断更新，最新的版本“译星 99”已于 1999 年开始销售。国家 863 高技术计划支</p>
--	---



24. 信息论与编码理论(第二版)



内 容 简 介

本书全面系统地介绍了由香农于1948年提出的信息论与编码理论的主要内容，以及近几十年来该领域的一些重要研究成果。作者首先在引言中向读者简单介绍了信息论与编码理论的基本思想；第一部分讲解了香农信息论与编码理论的主要内容，如熵和信息量的基本概念与性质，以及信道编码定理和信源编码定理；第二部分介绍了一些基于香农编码理论的信道和信源编码方法，具体包括线性码、循环码、BCH和RS码、卷积码等信道纠错编码，以及变长信源编码等。本书内容丰富翔实，对基本概念和基础理论的阐述清晰明了，同时也充分反映了相关领域的研究进展情况。

本书适合作为高等院校信息与通信工程专业研究生或本科生的教材或参考书。书中提供的几十道例题和几百道习题也有助于具有一定概率论和线性代数知识的人自学。

Authorized translation from the English language edition published by The Syndicate of the Press of the University of Cambridge, England. Copyright © Cambridge University Press 2002.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

This edition is licensed for distribution and sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Taiwan and Macau and may not be distributed and sold elsewhere.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry. Copyright © 2004.

本书中文简体专有翻译出版权由Cambridge University Press 授予电子工业出版社。其原文版权及中文翻译出版权受法律保护。未经许可，不得以任何形式或手段复制或抄袭本书内容。
本书中文简体字版仅限于在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区）发行与销售，并不得在其他地区发行与销售。

版权贸易合同登记号 图字：01-2003-1042

图书在版编目（CIP）数据

信息论与编码理论：第2版 / （美）麦克伊利斯（McEliece, R. J.）著；李斗等译. - 北京：电子工业出版社，2004.2

（国外电子与通信教材系列）

书名原文：The Theory of Information and Coding, Second Edition

ISBN 7-5053-9337-5

I. 信... II. ①麦... ②李... III. ①信息论－教材②信源编码－编码理论－教材③信道编码－编码理论－教材

IV. TN911.2

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）004555号

责任编辑：陶淑毅

印 刷：北京兴华印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编：100036

经 销：各地新华书店

开 本：787 × 1092 1/16 印张：19 字数：486千字

印 次：2004年2月第1次印刷

定 价：29.00元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换；若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

10.1.1 信息论与通信系统的信源编码部分	第10章 信息论与通信系统的信源编码部分
10.1.2 信息论与通信系统的信道编码部分	第10章 信息论与通信系统的信道编码部分
10.2 信息论与通信系统的综合设计	第10章 信息论与通信系统的综合设计
10.3 信息论与通信系统的应用	第10章 信息论与通信系统的应用

目 录

第1章 引言	1
1.1 习题	8
1.2 注释	9
第一部分 信 息 论	
第1章 熵和互信息量	13
1.1 离散随机变量	13
1.2 离散随机矢量	24
1.3 非离散随机变量和矢量	27
1.4 习题	32
1.5 注释	36
第2章 离散无记忆信道及其容量-代价函数	38
2.1 容量-代价函数	38
2.2 信道编码定理	44
2.3 习题	51
2.4 注释	55
第3章 离散无记忆信源及其率失真函数	57
3.1 率失真函数	57
3.2 信源编码定理	63
3.3 习题	68
3.4 注释	70
第4章 高斯信道和信源	72
4.1 高斯信道	72
4.2 高斯信源	75
4.3 习题	80
4.4 注释	84
第5章 信源-信道编码定理	86
5.1 习题	92
5.2 注释	93

第 6 章 第一部分前沿课题综述	94
6.1 引言	94
6.2 信道编码定理	94
6.3 信源编码定理	99

第二部分 编 码 理 论

第 7 章 线性码	107
7.1 引言:生成和一致校验矩阵	107
7.2 q 进制对称信道上的伴随式译码	110
7.3 汉明几何和码的性能	112
7.4 汉明码	113
7.5 一般 q 进制信道上的伴随式译码	114
7.6 重量枚举多项式和 MacWilliams 恒等式	117
习题	121
注释	127
第 8 章 循环码	128
8.1 引言	128
8.2 循环码的移位寄存编码器	138
8.3 循环汉明码	146
8.4 纠正突发错误	149
8.5 纠正突发错误循环码的译码	159
习题	163
注释	171
第 9 章 BCH、Reed-Solomon 码及其同类码	172
9.1 引言	172
9.2 具有循环码特性的 BCH 码	175
9.3 BCH 码的译码,第一部分:关键方程	177
9.4 多项式的欧几里得算法	182
9.5 BCH 码的译码,第二部分:算法	185
9.6 Reed-Solomon 码	189
9.7 出现删除时的译码	197
9.8 (23, 12)Golay 码	204
习题	208
注释	217
第 10 章 卷积码	218
10.1 引言	218
10.2 状态图、网格图及 Viterbi 译码	223

10.3 路径枚举多项式和错误概率的界	228
10.4 序列译码	232
习题	238
注释	244
第 11 章 变长信源编码	245
11.1 引言	245
11.2 惟一可译的变长编码	246
11.3 信源的匹配编码	248
11.4 最佳惟一可译码的构造(Huffman 算法)	249
习题	254
注释	256
第 12 章 第二部分前沿课题综述	258
12.1 引言	258
12.2 分组码	258
12.3 卷积码	265
12.4 分组码和卷积码的比较	266
12.5 信源编码	268
附录 A 概率理论	271
附录 B 凸函数和 Jensen 不等式	274
附录 C 有限域	278
附录 D 利用方向图求解路径枚举多项式	281
参考文献	284
定理索引	288

$$\begin{aligned}
 & \sum_{x,y} [\alpha p_1(x, y) + \beta p_2(x, y)] \log \frac{p(x|y)}{p(x)} \\
 & \quad - \sum_{x,y} \alpha p_1(x, y) \log \frac{p_1(x|y)}{p(x)} - \sum_{x,y} \beta p_2(x, y) \log \frac{p_2(x|y)}{p(x)} \quad (1.14) \\
 & = \alpha \sum_{x,y} p_1(x, y) \log \frac{p(x|y)}{p_1(x|y)} + \beta \sum_{x,y} p_2(x, y) \log \frac{p(x|y)}{p_2(x|y)}
 \end{aligned}$$

根据 Jensen 不等式, 式(1.14)中的第一项和式

$$\begin{aligned}
 & \leq \alpha \log \left[\sum_{x,y} p_1(x, y) \frac{p(x|y)}{p_1(x|y)} \right] \\
 & = \alpha \log \left[\sum_{x,y} p(x|y) p_1(y) \right] \\
 & = \alpha \log \sum_y p_1(y) = 0
 \end{aligned}$$

同样, 第二项和式也 ≤ 0 。

1.2 离散随机矢量

在上一节中定义了一对随机变量的熵 $H(X, Y)$, 并且还定义了一对随机变量和第三个随机变量之间的互信息量 $I(X, Y; Z)$ 。本节将推广这些定义, 并且定义 $H(\mathbf{X})$, $H(\mathbf{X}|\mathbf{Y})$ 和 $I(\mathbf{X}; \mathbf{Y})$, 其中 \mathbf{X} 和 \mathbf{Y} 是任意随机矢量。

以我们的观点来看, 随机矢量 $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 只是有限个随机变量 X_i 的一个排列。 \mathbf{X} 的分布(即 X_1, X_2, \dots, X_n 的联合分布)是函数 $p(x_1, x_2, \dots, x_n) = P\{X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n\}$, 其中每个 x_i 都在 X_i 的定义域内。回顾一下 1.1 节中的定义, 读者就可以确信 $H(X)$, $H(X|Y)$ 和 $I(X; Y)$ 只依赖于 $p(x)$ 和 $p(y|x)$ 等分布函数, 而与 X 和 Y 的实际取值无任何关系。因此可以立即将这些定义推广到随机矢量; 例如 $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 的熵定义为:

$$H(\mathbf{X}) = \sum_{\mathbf{x}} p(\mathbf{x}) \log \frac{1}{p(\mathbf{x})}$$

其中的求和扩展到 \mathbf{X} 定义域上的所有矢量 \mathbf{x} 。显然定理 1.1 至定理 1.7 仍然成立。

定理 1.5 推广到任意随机矢量后有一个非常重要的应用, 我们现在就讨论一下。考虑图 1.7 中的一个通信系统模型(比较图 0.2 和图 5.1)。在图 1.7 中, 随机矢量 \mathbf{U} 表示信源的连续 k 位输出; 编码器将 \mathbf{U} 变换为 n 位一组的 \mathbf{X} , 并送到信道中传输; \mathbf{Y} 是 \mathbf{X} 通过信道的噪声输出; 而译码器将 \mathbf{Y} 变换为 k 位一组的 \mathbf{V} , 并作为 \mathbf{U} 的再生信号(至少是近似的)送到信宿。

问题的关键是, 对于任何实际通信系统, 随机矢量的序列 $(\mathbf{U}, \mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{V})$ 构成 Markov 链(见图 1.6)。通俗地讲, 图 1.7 中每个方块的输出只依赖于它的输入, 而与前面的任何随机矢量都无关。规范的说法是, 它给出了许多有关条件概率的等式约束, 例如 $p(y|x, u) = p(y|x)$, $p(v|y, x) = p(v|y)$ (对此不应该存在任何疑问; 这是我们对于通信系统的一个基本假设)。将定理 1.5 应用于子 Markov 链 $(\mathbf{U}, \mathbf{X}, \mathbf{V})$, 得到 $I(\mathbf{U}; \mathbf{V}) \leq I(\mathbf{X}; \mathbf{V})$ 。类似地, $I(\mathbf{X}; \mathbf{V}) \leq I(\mathbf{X}; \mathbf{Y})$ 。

因此对于图 1.7 中的随机变量,有:

$$I(\mathbf{U}; \mathbf{V}) \leq I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) \quad (1.15)$$

这个结论称为数据处理定理。该定理说明信息处理(由图 1.7 中编码器和译码器完成的工作)只能破坏信息!例如它说明图 1.7 中噪声信道的输出 \mathbf{Y} ,比译码器的估计 \mathbf{V} 包含更多有关信源序列 \mathbf{U} 的信息。(虽然这在理论上是正确的,但为了还原有用信息,仍需要译码器的数据处理过程。)

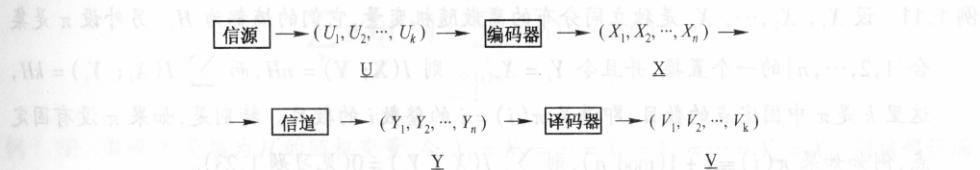


图 1.7 一个通用的通信系统

现在讨论两个关于 $I(\mathbf{X}; \mathbf{Y})$ 和 $\sum_{i=1}^n I(X_i; Y_i)$ 的不等式,这里 $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 和 $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ 是一对 n 维随机矢量。

定理 1.8 如果 \mathbf{X} 中的分量 (X_1, X_2, \dots, X_n) 是相互独立的,则,

$$(1.16) \quad I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) \geq \sum_{i=1}^n I(X_i; Y_i)$$

证明:设 E 表示对 \mathbf{X} 和 \mathbf{Y} 联合样本空间的期望运算。因为假设 X_1, X_2, \dots, X_n 是相互独立的,故有:

$$\begin{aligned} I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) &= E \left[\log \frac{p(\mathbf{x}|y)}{p(\mathbf{x})} \right] \quad [\text{见式(1.5)}] \\ &= E \left[\log \frac{p(\mathbf{x}|y)}{p(x_1)p(x_2) \cdots p(x_n)} \right] \end{aligned}$$

另一方面,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n I(X_i, Y_i) &= \sum_{i=1}^n E \left[\log \frac{p(x_i|y_i)}{p(x_i)} \right] \\ &= E \left[\log \frac{p(x_1|y_1) \cdots p(x_n|y_n)}{p(x_1) \cdots p(x_n)} \right] \end{aligned}$$

因此,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n I(X_i, Y_i) - I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) &= E \left[\log \frac{p(x_1|y_1) \cdots p(x_n|y_n)}{p(\mathbf{x}|y)} \right] \\ &\leq \log E \left[\frac{p(x_1|y_1) \cdots p(x_n|y_n)}{p(\mathbf{x}|y)} \right] = 0 \end{aligned}$$

上式利用了 Jensen 不等式,其中最后一项期望为:

$$\begin{aligned}
 \sum_{\mathbf{x}, \mathbf{y}} p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \{ \cdots \} &= \sum_{\mathbf{x}, \mathbf{y}} p(x_1 | y_1) \cdots p(x_n | y_n) p(\mathbf{y}) \\
 &= \sum_{\mathbf{y}} p(\mathbf{y}) \left(\sum_{x_1} p(x_1 | y_1) \right) \cdots \left(\sum_{x_n} p(x_n | y_n) \right) \\
 &= \sum_{\mathbf{y}} p(\mathbf{y}) = 1
 \end{aligned}$$

例 1.11 设 X_1, X_2, \dots, X_n 是独立同分布的离散随机变量, 它们的熵都为 H 。另外设 π 是集合 $\{1, 2, \dots, n\}$ 的一个置换, 并且令 $Y_i = X_{\pi(i)}$ 。则 $I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) = nH$, 而 $\sum I(X_i; Y_i) = kH$, 这里 k 是 π 中固定点的数目, 即满足 $\pi(i) = i$ 的整数 i 的数目。特别是, 如果 π 没有固定点, 例如如果 $\pi(i) \equiv i + 1 \pmod{n}$, 则 $\sum I(X_i; Y_i) = 0$ (见习题 1.23)。

假设将 (X_1, X_2, \dots, X_n) 看做一个噪声信道的输入, (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) 看做其输出, 定理 1.8 告诉我们, 如果输入是相互独立的, \mathbf{Y} 所提供的关于 \mathbf{X} 的信息量, 比每个 Y_i 所提供的关于相应 X_i 的信息量的总和要多。下一个定理将告诉我们, 如果不再假设 X_i 是相互独立的, 而假设 (\mathbf{X}, \mathbf{Y}) 信道是无记忆的, 即,

$$p(y_1, \dots, y_n | x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p(y_i | x_i) \quad (1.16)$$

情况会完全不同。

定理 1.9 如果 $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 和 $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ 是随机矢量, 并且信道是无记忆的, 即如果式(1.16)成立, 则

$$I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) \leq \sum_{i=1}^n I(X_i; Y_i)$$

证明:再一次设 E 表示对 \mathbf{X} 和 \mathbf{Y} 联合样本空间的期望运算, 根据式(1.16)有

$$\begin{aligned}
 I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) &= E \left[\log \frac{p(\mathbf{y} | \mathbf{x})}{p(\mathbf{y})} \right] \quad [\text{见式 (1.7)}] \\
 &= E \left[\log \frac{p(y_1 | x_1) \cdots p(y_n | x_n)}{p(\mathbf{y})} \right]
 \end{aligned}$$

另一方面,

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n I(X_i; Y_i) &= \sum_{i=1}^n E \left[\log \frac{p(y_i | x_i)}{p(y_i)} \right] \\
 &= E \left[\log \frac{p(y_1 | x_1) \cdots p(y_n | x_n)}{p(y_1) \cdots p(y_n)} \right]
 \end{aligned}$$

因此,

$$I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) - \sum_{i=1}^n I(X_i; Y_i) = E \left[\log \frac{p(\mathbf{y} | \mathbf{x})}{p(\mathbf{y})} \right] - E \left[\log \frac{p(y_1 | x_1) \cdots p(y_n | x_n)}{p(y_1) \cdots p(y_n)} \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= E \left[\log \frac{p(y_1) \cdots p(y_n)}{p(\mathbf{y})} \right] \\
 &\leq \log E \left[\frac{p(y_1) \cdots p(y_n)}{p(\mathbf{y})} \right] \\
 &= \log \sum_{\mathbf{y}} p(\mathbf{y}) \{ \cdots \} = \log 1 = 0
 \end{aligned}$$

上式利用了 Jensen 不等式，并由于最后一项期望为：

$$\sum_{\mathbf{y}} p(\mathbf{y}) \{ \cdots \} = \sum_{\mathbf{y}} p(y_1) \cdots p(y_n) = 1$$

例 1.12 假设 X 是熵为 H 的随机变量，令 $X_1 = X_2 = \cdots = X_n = Y_1 = \cdots = Y_n = X$ 。则该假设满足定理 1.9，并有 $I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) = H$, $\sum I(X_i; Y_i) = nH$ (见习题 1.23)。

推论 如果 $X = (X_1, X_2, \cdots, X_n)$, 则

$$H(\mathbf{X}) \leq \sum_{i=1}^n H(X_i)$$

证明：定义 $Y_i = X_i$, 并且利用定理 1.9。

注意 因为当且仅当 $I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) = \sum I(X_i; Y_i)$ 时, 定理 1.8 和定理 1.9 的结论可以同时成立, 故意味着这两个定理中任一定理等式成立的充分条件就是另一定理的假设。有趣的是, 这些条件也是必要的(见习题 1.24 和习题 1.25)。

1.3 非离散随机变量和矢量

这一节里我们的目标是将 1.1 节和 1.2 节中的结论推广到取值个数不可数的随机变量和矢量。要想完全严格地论述这个问题是十分困难的, 因此只介绍一些基本结论, 并建议有兴趣的读者阅读其他参考文献进一步了解细节^[5]。

我们将看到熵 $H(X)$ 的定义可以应用于非离散随机变量, 但它的值却总是无限的! 而在一对离散随机变量(或矢量) X 和 Y 之间定义的互信息量, 却可以按照一种更有趣和更实用的方式推广到非离散的情形。其中的关键是对一个随机变量 X 进行的离散量化的概念。

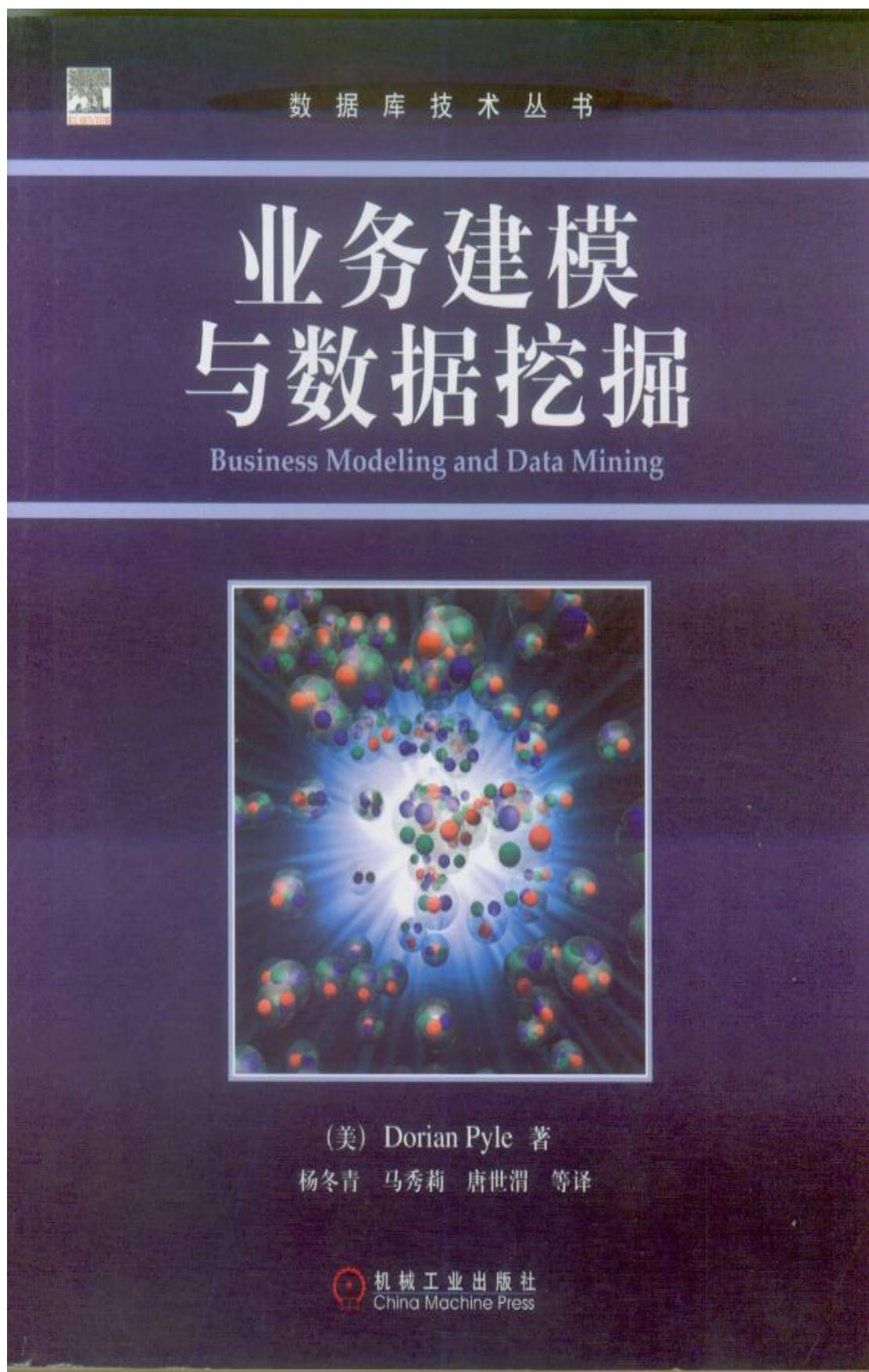
如果 X 是一个具有分布函数 $F(x) = P\{X \leq x\}$ 的随机变量, 并且如果 $\{S_i, i = 1, 2, \cdots\} = P$ 是将实数轴 R 划分为有限或可数个 Lebesgue 测度子集的一种分割^[6], 则 X 被 P 量化后表示为 $[X]_P$, 或简单表示为 $[X]$, 它是由下式定义的一个离散随机变量:

$$\begin{aligned}
 P\{[X] = i\} &= P\{X \in S_i\} \\
 (1.1) \quad &= \int_{S_i} dF(x)
 \end{aligned}$$

如果 X 和 Y 是一对随机变量, 我们定义它们的互信息量 $I(X; Y)$ 为:

$$I(X; Y) = \sup_{P, Q} I([X]_P; [Y]_Q) \quad (1.17)$$

25. 业务建模与数据挖掘



本书系统介绍业务建模与数据挖掘技术。

内容涵盖了如何发现、构建和提炼在业务情景中有用的模型；如何设计、发现和开发挖掘所需的数据；如何提供为各种业务情景挖掘数据的实用的方法等。

本书适合从事业务建模和数据挖掘以及相关领域的专业技术人员参考。

Dorian Pyle: Business Modeling and Data Mining (ISBN 1-55860-653-X).

Copyright © 2003 by Elsevier Science (USA).

Translation Copyright© 2004 by China Machine Press.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国Elsevier Science公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2003-5009

图书在版编目 (CIP) 数据

业务建模与数据挖掘/ (美) 派尔 (Pyle, D.) 著；杨冬青等译. -北京：机械工业出版社，2005.4

(数据库技术丛书)

书名原文：Business Modeling and Data Mining

ISBN 7-111-16194-7

I . 业… II . ①派… ②杨… III . ①数据库系统-建立模型②数据库系统-数据采集
IV . TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第016501号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑：王镇元 梁开莉

北京昌平奔腾印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2005年4月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 28印张

印数：0 001-4000册

定价：55.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

本社购书热线：(010) 68326294

设计与挖掘技术有用的方式对设计问题进行了一个简要介绍，并以此作为结束。从全局来看，这是一个有趣的副题介绍，它仅仅是起到为止，然而，它为理解后面的内容提供了一个重要的背景和一个框架。

目 录

译者序	2.1.4 静态模式	24
前言	2.1.5 动态模式	26
译者简介	2.1.6 新颖、实用、洞察和兴趣	27
	2.1.7 挖掘与模式搜寻	28
第一部分 本领域的概要	2.2 世界的系统	28
第1章 世界、知识与模型	2.2.1 开放形式和封闭形式的系统和解决方案	29
1.1 世界的本质	2.2.2 系统本质	30
1.1.1 事件	2.2.3 耦合与反馈	30
1.1.2 对象	2.2.4 系统思考	31
1.1.3 感知	2.3 战略和战术	33
1.1.4 数据	2.3.1 战略对战术的决策和行动	33
1.1.5 结构	2.3.2 解决问题	34
1.2 系统	2.3.3 不确定性的种类	34
1.3 知识结构	2.3.4 降低不确定性的代价	35
1.3.1 认知问题	2.3.5 用受约束选项来决策	35
1.3.2 范型、原型、模式与认知	2.4 小结	35
1.3.3 表示知识的框架	第3章 建模与挖掘的结合	37
1.3.4 个人知识	3.1 问题	37
1.3.5 社会知识	3.1.1 识别问题	38
1.3.6 其他类型的知识	3.1.2 描述问题	39
1.4 改变知识结构	3.1.3 构造问题	39
1.4.1 符号和符号化知识	3.1.4 隐藏的假设	40
1.4.2 作为一个网络的知识	3.2 现实世界的数据	40
1.4.3 变化着的迹象，变化着的结论	3.2.1 数据的特性	40
1.4.4 知识结构中的聚集和突变	3.2.2 计量和描述	41
1.5 小结	3.2.3 错误和信心	42
补充材料	3.3 假说：解释数据	42
第2章 转变经验	3.3.1 数据结构	43
2.1 挖掘和思想	3.3.2 交互和关系	43
2.1.1 剖析数据	3.3.3 假说和解释	44
2.1.2 数据和抽象	3.4 做出决策	45
2.1.3 识别模式		

3.4.1 决策的框架：表示选择	45	5.3.1 决策符号	79
3.4.2 博弈论	46	5.3.2 决策图	81
3.4.3 线性规划	47	5.3.3 建立决策框架	83
3.5 决策	47	5.4 为情形建模：将决策与世界观 连接起来	83
3.5.1 规范化的决策：我们该做什么	48	5.5 选项：评估可能性	84
3.5.2 发现可能性：我们能做什么	50	5.5.1 战略	84
3.5.3 持久性和变化的理论概要	51	5.5.2 战术	85
3.6 小结	54	5.5.3 连接战略回报	86
第二部分 业务建模			
第4章 什么是模型	56	5.5.4 将战略链接到一起	87
4.1 数据、信息和知识简介	56	5.5.5 将选项映射到战略	88
4.1.1 数据	56	5.6 期望：评估未来	89
4.1.2 信息	57	5.6.1 或许是一个有风险的业务	89
4.1.3 知识	59	5.6.2 风险选择	91
4.2 观察者的模型指南	60	5.6.3 令人满意的收获，令人 遗憾的损失	91
4.2.1 推理模型	60	5.6.4 基准	92
4.2.2 预测模型	61	5.6.5 战略风险	93
4.2.3 关联模型	62	5.7 最后的调整	94
4.2.4 系统模型	63	5.8 为问题框架构图	94
4.2.5 静态模型	64	5.8.1 沃波利装饰品	95
4.2.6 动态模型	65	5.8.2 作图、建模和挖掘	97
4.2.7 定性模型	66	5.9 小结	98
4.2.8 定量模型	67	5.10 对决策图的解释	98
4.2.9 比较模型	67	5.11 风险计算	99
4.2.10 交互模型	68	5.11.1 原始风险	100
4.2.11 模型类型总结	69	5.11.2 偏置期望：BRAVE	100
4.3 作为一种行为的建模	70	第6章 获得正确的模型	101
4.3.1 目标	70	6.1 交互地探索相关领域	102
4.3.2 经验建模	71	6.1.1 利益相关群体	102
4.3.3 解释数据	72	6.1.2 说与听	104
4.3.4 建模假设	73	6.2 利用比喻为业务情形建模	108
4.4 小结	73	6.2.1 系统比喻	109
第5章 构建业务模型	74	6.2.2 物理系统比喻	115
5.1 建立框架	75	6.3 探索工具	120
5.2 确定目标	77	6.3.1 思维示意图	120
5.3 问题和决策	78	6.3.2 认知示意图	123

XIV

6.3.3 认知模型	124	9.3.1 表示时间、距离和差异关系	189
6.4 业务案例	126	9.3.2 重编码	191
6.4.1 什么是业务案例	127	9.3.3 表示对象	192
6.4.2 使业务案例与企业需求一致	128	9.4 调查数据	194
6.4.3 准备业务案例	130	9.5 小结	195
6.4.4 投资回报率	131	第10章 挖掘工具做什么	196
6.4.5 业务案例的汇编和呈递	132	10.1 数据挖掘算法	196
6.5 现实：用我的数据可以做什么	133	10.1.1 变量类型及其对算法的影响	197
6.5.1 寻找问题	134	10.1.2 刻画邻域特点：最近邻居	198
6.5.2 问题机会：企业价值链	134	10.1.3 平滑表示	207
6.5.3 初始项目规模	136	10.1.4 不连续的和非函数的表示	214
6.6 小结	136	10.1.5 算法总结	217
第7章 确保模型正确	137	10.2 工具和工具集	218
7.1 发现用以挖掘的数据	137	10.2.1 Megaputer Intelligence	218
7.1.1 外部数据	137	10.2.2 Angoss Knowledge Studio	220
7.1.2 现有数据	138	10.2.3 WizWhy	221
7.1.3 专门产生的数据	139	10.2.4 Bayesware Discoverer	222
7.2 使用数据	156	10.2.5 e	223
7.2.1 变量类型	157	10.2.6 Microsoft SQL Server2000	224
7.2.2 融合数据集	158	10.3 小结	226
7.3 小结	161	第11章 获得初始模型	227
第8章 模型的部署	162	11.1 准备保持诚实	227
8.1 修改业务过程	162	11.2 强调数据	229
8.2 成功的动机	164	11.2.1 输入和输出数据集配置	230
8.3 模型类别的影响	165	11.2.2 缺失值检查模型	235
8.3.1 推理的模型：提供解释	165	11.2.3 实用的诚实：使用训练和	
8.3.2 预测模型	168	测试数据集	238
8.4 小结	170	11.3 为理解建模	241
第三部分 数据挖掘		11.3.1 使用判定树建立用于	
第9章 数据挖掘模型入门	172	理解的模型	241
9.1 查看数据	172	11.3.2 使用自组织映射为理解建模	243
9.2 预处理第一步：检验	174	11.3.3 使用线性回归为理解建模	247
9.2.1 “打量”变量	174	11.3.4 理解数据集小结	250
9.2.2 修复变量的基本问题	178	11.4 为分类建模	250
9.2.3 对数据集的基本检查	180	11.4.1 平衡数据集	251
9.3 基本特征提取	189	11.4.2 建立一个二叉的分类模型	252
		11.4.3 分类错误	253

11.4.4 根据分值分类	255	12.2.12 问题：输出值限制	313
11.4.5 建立连续的分类模型	255	12.2.13 问题：方差偏斜	313
11.4.6 建立多元分类模型	258	12.2.14 问题：建模工具故障	313
11.4.7 分类模型小结	263	12.2.15 问题：时代错误的变量	314
11.5 为预测建模	263	12.2.16 问题：噪声或无关变量	314
11.5.1 为预测收集数据	265	12.2.17 问题：交互作用	316
11.5.2 因果关系	267	12.2.18 问题：数据不充足	321
11.5.3 为预测建模小结	269	12.3 小结	322
11.6 小结	269	第13章 部署挖掘出的模型	323
补充材料	269	13.1 部署解释性模型	323
第12章 改进已挖掘的模型	271	13.2 新奇性及保持模型有效	323
12.1 从误差中学习	272	13.2.1 向均值回归	324
12.1.1 观察误差	272	13.2.2 分布	328
12.1.2 预测误差	274	13.2.3 无分布	329
12.1.3 连续分类器余量	276	13.2.4 探测新奇性	330
12.1.4 连续分类器余量——实际值 坐标图	278	13.2.5 使用新奇性探测器	333
12.1.5 连续分类器实际值——预测值 坐标图	279	13.3 所部署模型的形式	334
12.1.6 连续分类器方差图	281	13.4 小结	335
12.1.7 完美模型	283	第四部分 方法论	
12.1.8 分类模型余量检查小结	283	第14章 方法论概述	338
12.1.9 改进解释模型	284	14.1 方法论的结构	339
12.2 提高模型质量，解决问题	285	14.1.1 行动框	340
12.2.1 问题：数据不支持模型	286	14.1.2. 发现框	341
12.2.2 问题：数据不完全支持模型	287	14.1.3 技术框	342
12.2.3 问题：给数据重新定义格式	289	14.1.4 例子框	342
12.2.4 问题：算法重新特化	297	14.1.5 印刷版本和可下载版本的 差别	342
12.2.5 问题：数据不充分	306	14.2 使用方法论	343
12.2.6 问题：数据不均匀	307	14.2.1 使用MII：业务建模方法论	344
12.2.7 问题：挖掘模型中的估计 偏差	308	14.2.2 使用MIII：数据挖掘方法论	344
12.2.8 问题：减少噪声	309	14.3 警告	344
12.2.9 问题：类别关联	311	第15章 MII——业务建模方法论	346
12.2.10 问题：局部共线性	311	第16章 MIII——数据挖掘方法论	362
12.2.11 问题：数据不代表业务 问题	312	参考资源	425

第一部分 本领域的概要

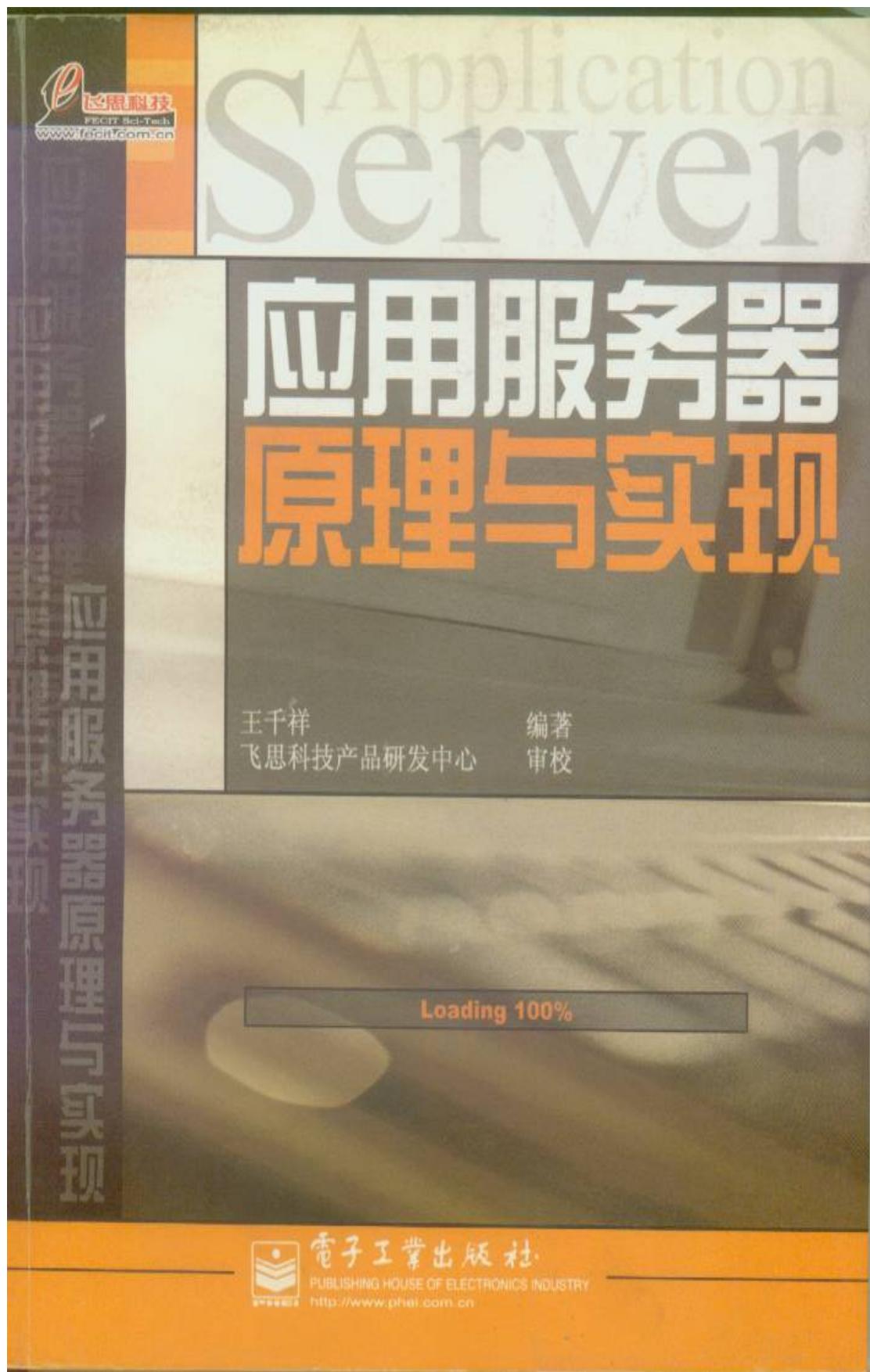
从某种程度上讲，本书是关于在通常情况下如何构建业务情形模型的一个详细的路线图，尽管本书主要针对的是那些能够使用计算量密集的分析技术——统称为数据挖掘技术——来进行有用的探索、知悉、阐明以及应用的特定业务模型。发现机遇或者解决难题是对业务形势进行建模的基本原理；然而，业务形势中的任何一个组成部分都不是在真空中存在的——也即它们都带有相当的负荷。

开门见山地对形成、探索、勾勒、阐明以及构建业务情形模型所使用的工具和技术进行详细说明而不通过任何导言，这是完全可以做到的。同样，直接深入到数据挖掘中的实质问题而不理会相关的论题或告诫也是可以做到的。然而，这样做则忽略了大量潜在有用的知识。直接深入到数据挖掘的工具和技术就完全遗漏了它们在面临现实生活时的一般意义上的基本认知：什么类型的思想和方法通常都是有价值的；什么样的前提可能一直潜伏着未被发现直到为时已晚；什么样的思路是建模者或挖掘者有可能需要遵循、探求、或者必须小心运用的。换句话说，直接深入介绍工具和技术，缺少的是对实际业务建模过程的更广概貌的了解——这个过程包括业务情形建模，挖掘数据以阐明模型，然后把从明晰的模型得到的推断应用回到对业务问题的实际可用的回答，首先产生效果。这本书的第一部分从广阔的范围来看待什么叫做对一个业务情形建模，以及什么叫做挖掘数据。

如果本部分成功地达到了它的本意，读者最后了解到的不是如何去对业务情形建模和挖掘，而是知道该去思考什么，应该注意什么，以及如何进行业务情形建模和挖掘数据的过程。其余的三个部分将讲述细节知识——在业务背景下进行建模与挖掘所需要的一系列方法。第一部分提供了建模和挖掘发生的上下文环境，形象地说这好比是对一个森林的总览，而后续章节关注的是这个森林下的树木个体。

一个事件看上去你可能只看到某事发生、然则、经行于你眼前、方能有觉知。至于“观察”与“照见”是事物的两种不同的视觉。所谓“观察”，就是从外向内看，就是说从外向内看一个事物的这个一面，或说看的是事物的这一面；而所谓“照见”，则是从内向外看，或说从内向外看一个事物的那一个方面。

26. 应用服务器



内 容 简 介

应用服务器是网络环境中应用程序的高层运行平台，使得应用系统的代码更为简洁、开发更为方便。应用服务器被认为是继操作系统、数据库管理系统之后，随着计算机网络环境的发展而出现的里程碑式的基础软件。本书系统地介绍了应用服务器涉及的概念、原理、规范及实例等内容。特别地，本书结合人们经常接触到的 CORBA、J2EE、Web 服务等规范，详细介绍了软件互操作、软件构件、软件中间件（公共服务）等当前软件的热点技术，它们也是应用服务器的核心内容。本书的背景知识包括：计算机网络、操作系统、数据库管理系统、Java 语言等。

本书适合于应用服务器的使用、研究与开发人员，包括在校的研究生、高年级本科生，以及 IT 公司的技术人员等。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

应用服务器原理与实现/王千祥编著. —北京：电子工业出版社，2003.6

ISBN 7-5053-8607-7

I .应... II .①王... III.网络服务器—基本知识 IV.TP368.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 020530 号

责任编辑：赵红梅

印 刷：北京市增富印刷有限责任公司

出版发行：电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

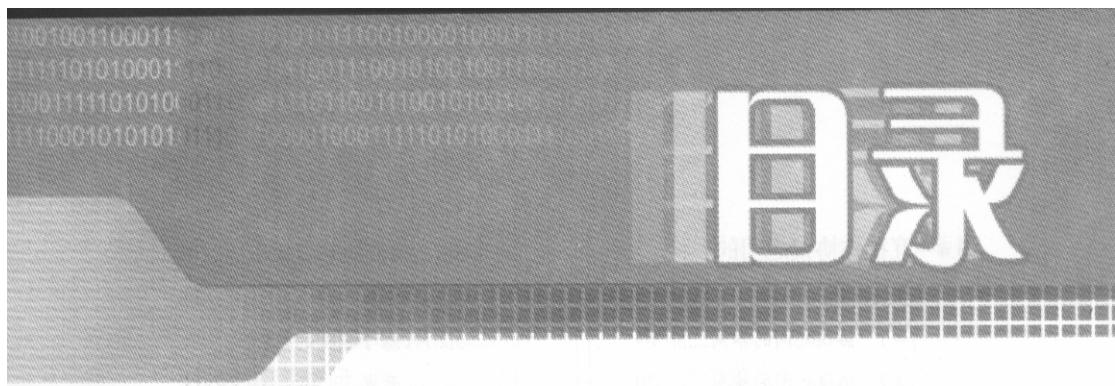
经 销：各地新华书店

开 本：787×980 1/16 印张：21.25 字数：544 千字

版 次：2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

印 数：5000 册 定价：29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010) 68279077



第1章 概述.....	1
1.1 为什么需要应用服务器...2	
1.1.1 面临的问题 2	
1.1.2 操作系统与数据库管理系统 3	
1.2 诞生基础.....4	
1.2.1 中间件 4	
1.2.2 网络软件总体结构..... 5	
1.3 相关概念.....9	
1.3.1 应用与应用系统.....9	
1.3.2 构件与构件模型.....10	
1.3.3 互操作与数据交换.....11	
1.3.4 服务与公共服务.....12	
1.3.5 软件体系结构 13	
1.4 应用服务器.....14	
1.4.1 位置 14	
1.4.2 功能 15	
1.4.3 结构 16	
1.5 应用服务器的现状与未来 17	
1.6 关于本书.....18	
1.7 小结.....22	
第2章 软件互操作.....25	
2.1 背景.....26	
2.1.1 TCP/IP 26	
2.1.2 基于 TCP/IP 的通信过程.....27	
2.2 远程过程调用 32	
2.2.1 工作原理 32	
2.2.2 编排/还原/分派 35	
2.2.3 基于 RPC 的开发过程 37	
2.3 对象请求代理 44	
2.3.1 公共对象请求代理结构 45	
2.3.2 基于 ORB 的互操作过程 46	
2.4 互操作体系结构 47	
2.5 应用服务器对互操作的支持 50	
2.6 小结 51	
阅读资源推荐 51	
第3章 互操作协议.....53	
3.1 互操作协议要素 54	
3.2 通用对象请求代理间协议.....56	
3.2.1 公共数据表示 57	
3.2.2 消息格式 57	
3.2.3 协议映射 63	
3.2.4 引用表示 63	
3.3 简单对象访问协议 64	
3.3.1 数据表示 65	
3.3.2 消息格式 65	
3.3.3 协议映射 67	

3.4 互操作协议之间的关系	69	5.2.5 构件运行环境.....	105
3.4.1 协议之间的不同.....	69	5.2.6 构件种类.....	106
3.4.2 协议之间的映射.....	70	5.2.7 基于构件的软件开发	107
3.5 小结.....	70	5.3 COM	108
阅读资源推荐.....	70	5.3.1 COM 构件	109
第 4 章 互操作接口定义语言	71	5.3.2 构件规约.....	110
4.1 概念.....	72	5.3.3 构件实现.....	114
4.1.1 接口	72	5.3.4 COM 构件种类.....	116
4.1.2 接口定义	73	5.3.5 COM 构件运行环境	116
4.1.3 接口定义语言	75	5.4 EJB.....	117
4.2 OMG 的接口定义语言	75	5.4.1 EJB 构件	117
4.2.1 IDL 规范	76	5.4.2 构件规约.....	118
4.2.2 IDL 文件示例	82	5.4.3 构件实现.....	119
4.2.3 IDL 向具体语言的映射	83	5.4.4 EJB 构件种类	120
4.2.4 接口与 IIOP 消息	84	5.4.5 EJB 构件运行环境	122
4.3 Web 服务描述语言	87	5.5 不同构件模型的比较	123
4.3.1 WSDL 元素	87	5.6 应用服务器对构件的支持	124
4.3.2 WSDL 文件示例	88	5.7 小结	125
4.3.3 WSDL 与 SOAP 消息	91	阅读资源推荐	125
4.4 不同语言的比较.....	92	第 6 章 构件合约	127
4.5 小结.....	93	6.1 构件合约	128
阅读资源推荐.....	93	6.1.1 构件提供的接口	128
第 5 章 软件构件.....	95	6.1.2 构件依赖的资源	130
5.1 背景.....	96	6.1.3 构件的可定制属性	130
5.2 概念.....	97	6.2 EJB 构件的合约	131
5.2.1 构件	98	6.2.1 EJB 构件的类型接口	131
5.2.2 构件规约	101		
5.2.3 构件实现	102		
5.2.4 构件模型	104		

6.2.2 EJB 构件的实例 接口 135 6.2.3 EJB 构件的声明 139 6.3 构件访问 143 6.4 小结 148 阅读资源推荐 148 第 7 章 构件运行环境 149 7.1 概述 150 7.1.1 构件上下文 151 7.1.2 构件容器 151 7.1.3 构件约束 152 7.2 构件容器的功能 153 7.2.1 实例池 153 7.2.2 冻化/活化 153 7.2.3 生命周期管理 154 7.3 容器与实现体的合作 155 7.3.1 构件实现体向容器 提供的方法 155 7.3.2 容器向构件实现体 提供的方法 158 7.3.3 构件实现体与构件 接口 161 7.4 会话构件实例的 管理 163 7.4.1 无态构件实例的 管理 164 7.4.2 有态构件实例的 管理 166 7.5 实体构件实例的管理 169 7.5.1 BMP 实体构件 实例的管理 170 7.5.2 CMP 实体构件 实例的管理 173	7.5.3 BMP 与 CMP 实体构件 代码比较 175 7.6 小结 179 阅读资源推荐 180 第 8 章 软件公共服务 181 8.1 背景 182 8.2 概念 185 8.2.1 公共服务 185 8.2.2 公共服务与构件 186 8.2.3 公共服务与构件 容器 186 8.2.4 公共服务的接口 186 8.2.5 公共服务的 使用方式 187 8.2.6 公共服务的实现 188 8.3 OMA 中的公共服务 188 8.3.1 公共服务设计原则 189 8.3.2 公共服务规范 189 8.3.3 OMA 的调用式 使用方式 192 8.4 J2EE 中的公共服务 192 8.4.1 J2EE 中的公共服务 接口 192 8.4.2 J2EE 的声明式 使用方式 193 8.5 应用系统组装 193 8.5.1 什么是组装 193 8.5.2 基于 EJB 构件的 组装 195 8.6 小结 201 阅读资源推荐 201 第 9 章 查找服务 203 9.1 应用系统的分布性 204
--	---

9.2 命名服务.....	206	10.5 小结	251
9.2.1 实体的名字	206	阅读资源推荐	251
9.2.2 命名服务的基本 实现	210	第 11 章 安全服务.....	253
9.2.3 命名上下文	210	11.1 应用系统的安全性....	254
9.2.4 解析名字	211	11.2 安全技术与安全 体系	256
9.2.5 OMA 的命名服务	211	11.2.1 加密	256
9.3 目录服务.....	213	11.2.2 认证.....	260
9.3.1 基本实现	213	11.2.3 访问控制.....	262
9.3.2 LDAP	214	11.2.4 审计.....	264
9.4 合约服务.....	215	11.2.5 安全体系	264
9.5 JNDI.....	218	11.3 安全基础设施.....	265
9.5.1 JNDI 体系结构.....	218	11.3.1 公钥基础设施.....	265
9.5.2 查找的声明	221	11.3.2 IP 层安全	265
9.6 小结.....	223	11.3.3 传输层安全	267
阅读资源推荐.....	223	11.3.4 Java 安全体系	268
第 10 章 事务服务.....	225	11.4 Java 认证与授权 服务	273
10.1 应用系统的可靠性....	226	11.4.1 认证.....	274
10.1.1 什么是可靠性	226	11.4.2 授权.....	276
10.1.2 状态错误	226	11.5 J2EE 的安全服务	277
10.1.3 事务	229	11.5.1 安全服务模型	278
10.2 事务技术.....	232	11.5.2 安全服务接口	278
10.2.1 单机环境中的 事务	232	11.5.3 安全性声明	282
10.2.2 网络环境中的 事务	234	11.6 小结	288
10.2.3 X/Open 的 DTP 模型	236	阅读资源推荐	288
10.3 OMA 的事务服务	237	第 12 章 应用服务器实例	289
10.4 J2EE 的事务服务	240	12.1 设计目标	290
10.4.1 事务服务模型	240	12.2 系统结构	291
10.4.2 事务服务接口	243	12.2.1 总体结构.....	291
10.4.3 事务性声明	246	12.2.2 应用	292
		12.2.3 构件容器.....	293
		12.2.4 命名服务.....	294

12.2.5 事务服务	295	12.3 PKUAS 的启动过程 ..	298
12.2.6 安全服务	295	参考文献	301
12.2.7 通信服务	296	附录 A 缩略语索引	305
12.2.8 系统监控	297	附录 B 术语索引	309

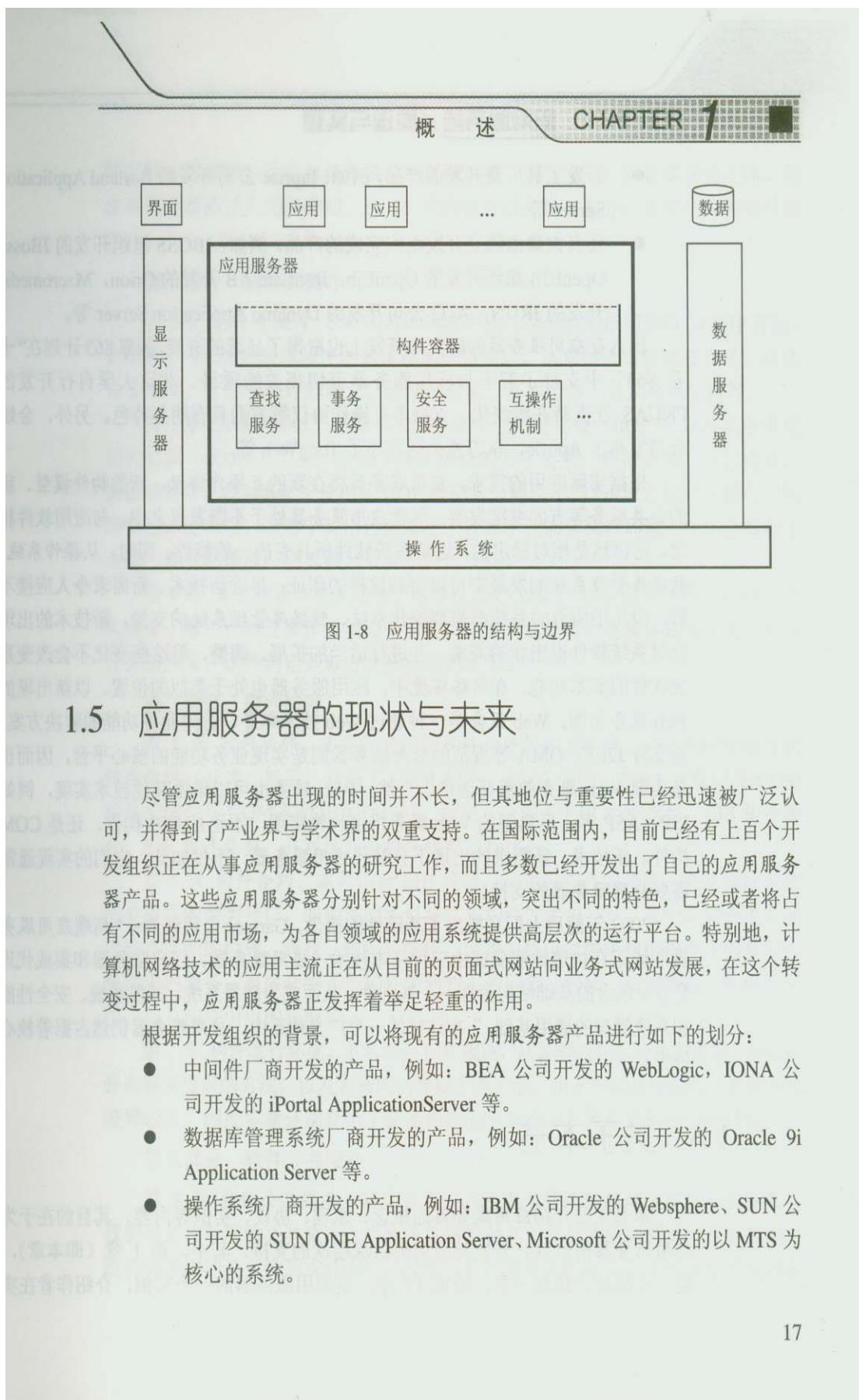


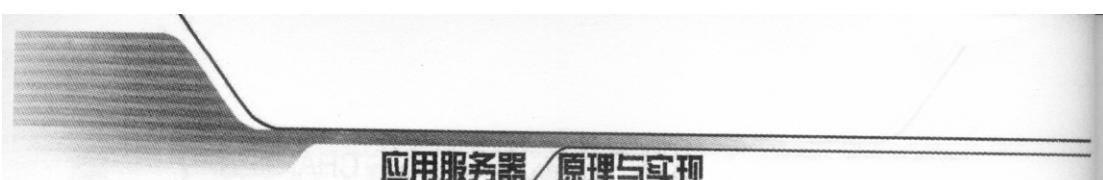
图 1-8 应用服务器的结构与边界

1.5 应用服务器的现状与未来

尽管应用服务器出现的时间并不长，但其地位与重要性已经迅速被广泛认可，并得到了产业界与学术界的双重支持。在国际范围内，目前已经有上百个开发组织正在从事应用服务器的研究工作，而且多数已经开发出了自己的应用服务器产品。这些应用服务器分别针对不同的领域，突出不同的特色，已经或者将占有不同的应用市场，为各自领域的应用系统提供高层次的运行平台。特别地，计算机网络技术的应用主流正在从目前的页面式网站向业务式网站发展，在这个转变过程中，应用服务器正发挥着举足轻重的作用。

根据开发组织的背景，可以将现有的应用服务器产品进行如下的划分：

- 中间件厂商开发的产品，例如：BEA 公司开发的 WebLogic，IONA 公司开发的 iPortal ApplicationServer 等。
- 数据库管理系统厂商开发的产品，例如：Oracle 公司开发的 Oracle 9i Application Server 等。
- 操作系统厂商开发的产品，例如：IBM 公司开发的 Websphere、SUN 公司开发的 SUN ONE Application Server、Microsoft 公司开发的以 MTS 为核心的系统。



应用服务器 / 原理与实现

- 开发工具厂商开发的产品，例如：Inprise 公司开发的 Borland Application Server 等。
- 还有大量由独立开发组织完成的产品，例如：JBoss，OpenEJB 组织开发的 OpenEjb，Ironflare AB 开发的 Orion，Macromedia 开发的 JRUN，ATG 公司开发的 Dynamo Application Server 等。

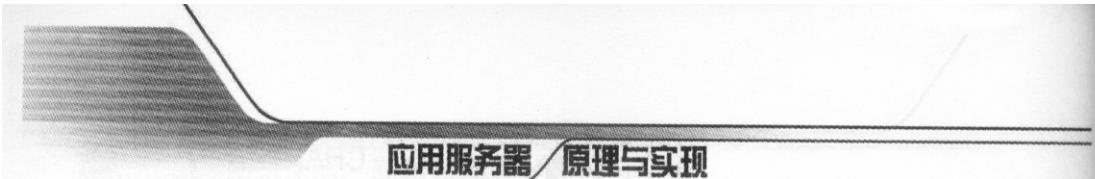
国内在应用服务器的研究与开发上也取得了显著的进展。国家 863 计划在“十五 863”中支持了若干与应用服务器密切相关的项目。北京大学自行开发的 PKUAS 在支持在线演化、支持多互操作协议等方面具有明显特色。另外，金蝶公司发布了 Apusic，东方通公司发布了 TongWeb 等。

根据实际应用的需求，应用服务器将在新的互操作协议、新的构件模型、新的公共服务等方面继续发展。尽管应用服务器处于不断发展之中，与应用软件相比，它仍然是相对稳定的，这是系统软件所具有的一般特性。同时，从操作系统、数据库管理系统的发展中可以得到这样的印证：尽管新技术、新需求令人应接不暇，但几乎所有的系统都需要操作系统、数据库管理系统的支持，新技术的出现会对系统软件提出新的需求，并进行适当的扩展、调整，但这些变化不会改变系统软件的基本功能。在网络环境中，应用服务器也处于类似的位置。以新出现的 Web 服务为例，Web 服务是一种通过 Web 技术部署、访问业务功能的解决方案，而支持 J2EE、OMA 等规范的应用服务器则是实现业务功能的核心平台，因而也是实现 Web 服务的重要途径。当然，Web 服务也可以采用其他技术实现，例如 JSP、ASP 等，但典型的 Web 服务将由构件实现，不论是 EJB 构件，还是 COM 构件。新技术、新需求的出现不会替代应用服务器，不仅如此，它们的实现通常需要应用服务器的支持。

2002 年前后人们又提出了基础件的概念。Gartner 公司认为：“高端应用服务器市场正在快速地演变成由三种基本技术（应用服务器、门户服务器和集成代理套件）包含的基础结构套件——基础件，从而成为部署系统、开发系统、安全性能和系统管理的通用基础。”在这样的一个广义体系中，应用服务器仍然占据着核心位置。

1.6 关于本书

本书主要介绍应用服务器的概念、原理、协议、实例等内容，其目的在于为应用服务器的研究、开发与应用提供深层次的支持。其中，第 1 章（即本章），是一个概述。最后一章，即第 12 章，是应用服务器的一个实例，介绍作者在实



应用服务器 / 原理与实现

- 开发工具厂商开发的产品，例如：Inprise 公司开发的 Borland Application Server 等。
- 还有大量由独立开发组织完成的产品，例如：JBoss，OpenEJB 组织开发的 OpenEjb，Ironflare AB 开发的 Orion，Macromedia 开发的 JRUN，ATG 公司开发的 Dynamo Application Server 等。

国内在应用服务器的研究与开发上也取得了显著的进展。国家 863 计划在“十五 863”中支持了若干与应用服务器密切相关的项目。北京大学自行开发的 PKUAS 在支持在线演化、支持多互操作协议等方面具有明显特色。另外，金蝶公司发布了 Apusic，东方通公司发布了 TongWeb 等。

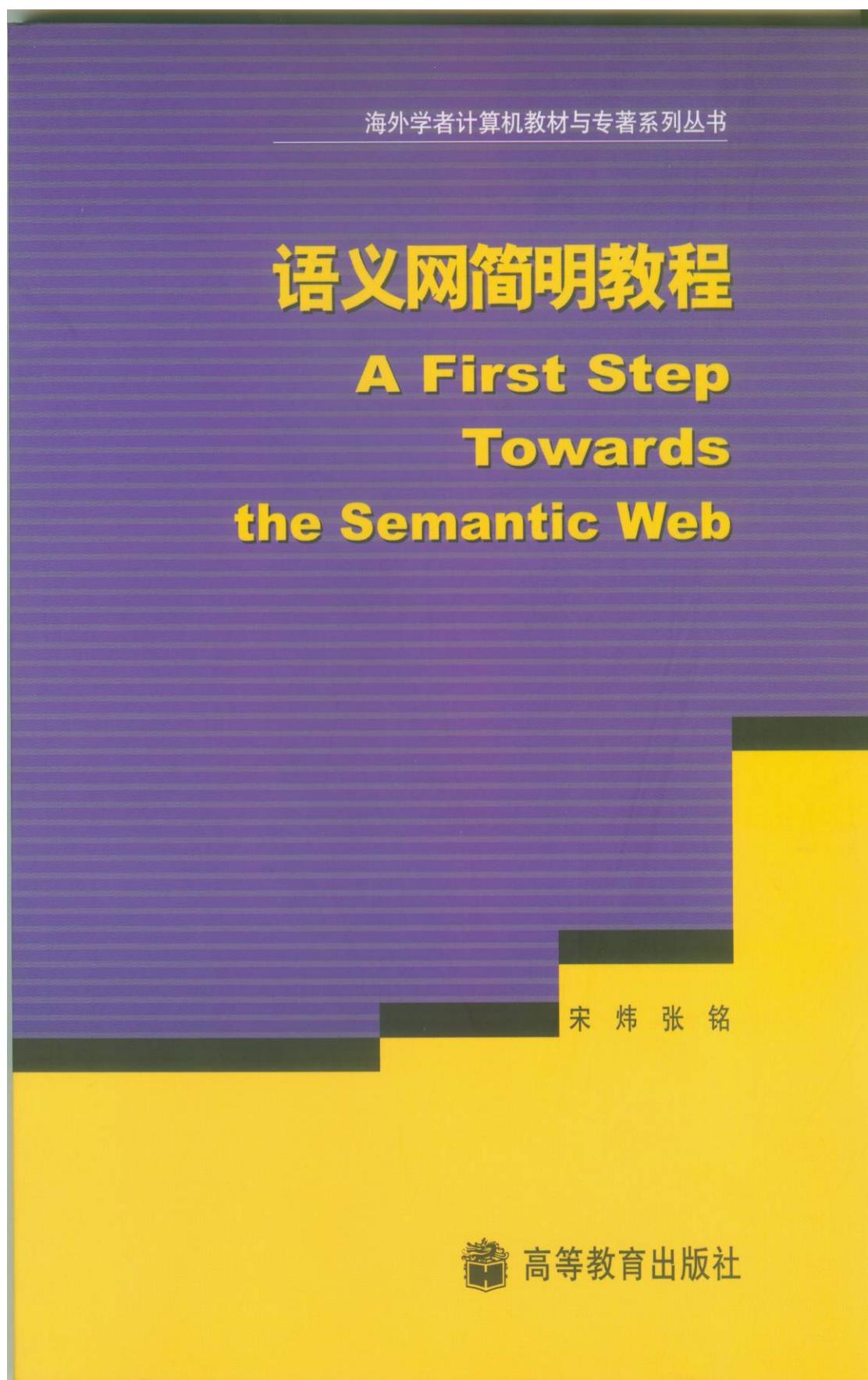
根据实际应用的需求，应用服务器将在新的互操作协议、新的构件模型、新的公共服务等方面继续发展。尽管应用服务器处于不断发展之中，与应用软件相比，它仍然是相对稳定的，这是系统软件所具有的一般特性。同时，从操作系统、数据库管理系统的发展中可以得到这样的印证：尽管新技术、新需求令人应接不暇，但几乎所有的系统都需要操作系统、数据库管理系统的支持，新技术的出现会对系统软件提出新的需求，并进行适当的扩展、调整，但这些变化不会改变系统软件的基本功能。在网络环境中，应用服务器也处于类似的位置。以新出现的 Web 服务为例，Web 服务是一种通过 Web 技术部署、访问业务功能的解决方案，而支持 J2EE、OMA 等规范的应用服务器则是实现业务功能的核心平台，因而也是实现 Web 服务的重要途径。当然，Web 服务也可以采用其他技术实现，例如 JSP、ASP 等，但典型的 Web 服务将由构件实现，不论是 EJB 构件，还是 COM 构件。新技术、新需求的出现不会替代应用服务器，不仅如此，它们的实现通常需要应用服务器的支持。

2002 年前后人们又提出了基础件的概念。Gartner 公司认为：“高端应用服务器市场正在快速地演变成由三种基本技术（应用服务器、门户服务器和集成代理套件）包含的基础结构套件——基础件，从而成为部署系统、开发系统、安全性能和系统管理的通用基础。”在这样的一个广义体系中，应用服务器仍然占据着核心位置。

1.6 关于本书

本书主要介绍应用服务器的概念、原理、协议、实例等内容，其目的在于为应用服务器的研究、开发与应用提供深层次的支持。其中，第 1 章（即本章），是一个概述。最后一章，即第 12 章，是应用服务器的一个实例，介绍作者在实

27. 语义网简明教程



内 容 提 要

语义网(Semantic Web)是未来的万维网(Word Wide Web),是当前万维网研究的热点之一。本书主要从信息检索、信息抽取、信息表示、信息与自然语言语义以及数据挖掘等5个方面,比较系统地介绍了语义网的基本概念、基础知识、主要研究方法和工具、描述语言以及应用技术和实例等。

本书可作为高等学校计算机及相关专业硕士、博士研究生或高年级本科生的教材或教学参考书,也可供从事该领域相关研究的人员或技术开发人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

语义网简明教程/宋炜, 张铭. —北京: 高等教育

出版社, 2004. 6

ISBN 7-04-015515-X

I. 语... II. ①宋... ②张... III. 语义网络—高等学校—教材 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 056718 号

策划编辑 刘建元 责任编辑 刘英 市场策划 陈振

封面设计 李卫青 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社

购书热线 010-64054588

社址 北京市西城区德外大街 4 号

免费咨询 800-810-0598

邮政编码 100011

网址 <http://www.hep.edu.cn>

总机 010-82028899

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16

版 次 2004 年 6 月第 1 版

印 张 13.75

印 次 2004 年 6 月第 1 次印刷

字 数 250 000

定 价 30.00 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

目 录

第1章 导论	(1)	2.1.1 信息的载体	(27)
1.1 本书所针对的问题	(2)	2.1.2 万维网信息结构	(29)
1.1.1 信息检索	(2)	2.1.3 当前的搜索引擎	(30)
1.1.2 信息抽取	(3)	2.2 元数据——对万维网信息的	
1.1.3 信息表示	(4)	描述方式	(32)
1.1.4 信息与自然语言语义	(6)	2.2.1 什么是元数据	(32)
1.1.5 数据挖掘	(6)	2.2.2 为什么要用元数据	(32)
1.2 视角和设计	(6)	2.2.3 如何获取元数据	(33)
1.2.1 机器理解	(7)	2.3 元数据类型	(34)
1.2.2 人机交互	(7)	2.3.1 内容元数据	(34)
1.2.3 语义知识和推理	(7)	2.3.2 管理元数据	(34)
1.2.4 语义网设计原则与语义		2.3.3 负载信息元数据和参考	
网层次	(10)	信息元数据	(34)
1.2.5 信息集成和概念集成	(11)	2.4 元数据表示语言	(35)
1.3 本书涉及的技术	(12)	2.4.1 标记语言	(35)
1.3.1 用于信息表示的标记语言		2.4.2 Dublin Core——出版界的	
——HTML、XHTML	(12)	元数据标准	(36)
1.3.2 用于内容描述的标记语言——		2.4.3 HL7——描述医学网络资源	
XML、XSL、XSLT、SMIL	(12)	的元数据	(37)
1.3.3 语义描述和关系描述——		2.4.4 IMS——教育资源	(38)
RDF、RDFS、XRDF	(14)	2.5 XML 简述	(39)
1.3.4 满足逻辑和证明要求的本体语		2.5.1 XML 结构	(39)
言——DAML、OIL、OWL	(16)	2.5.2 XML 元素和属性	(41)
1.4 W3C 语义网行动计划	(18)	2.5.3 XML 处理器	(41)
1.5 语义网应用	(19)	2.5.4 XSL	(42)
1.5.1 内容管理	(21)	2.5.5 文档类型定义 DTD	(44)
1.5.2 概念检索	(22)	2.6 XML 模式	(46)
1.5.3 智能主体	(24)	2.6.1 为什么要用 XML 模式	(46)
1.5.4 普适计算	(25)	2.6.2 数据类型	(47)
参考文献与参考网站	(25)	2.6.3 约束	(49)
第2章 元数据和信息抽取	(27)	2.7 元数据自动抽取技术	(50)
2.1 万维网信息	(27)	参考文献与参考网站	(52)

2 目 录

第3章 资源描述框架语言 RDF	.....	(55)	4.3.3 其他的类和性质	.....	(102)
3.1 资源描述框架模型	.....	(55)	4.4 RDFS 的语义解释	.....	(102)
3.1.1 模型表示	.....	(55)	4.4.1 RDFS 的蕴涵	.....	(104)
3.1.2 RDF 模型的组成	.....	(58)	4.4.2 RDF 容器	.....	(105)
3.1.3 RDF 模型基本结构	.....	(59)	4.4.3 模型论总结表	.....	(106)
3.1.4 RDF 语法	.....	(59)	4.5 小结	.....	(107)
3.2 RDF 容器	.....	(65)	参考文献与参考网站	.....	(107)
3.2.1 包容器	.....	(66)	第5章 本体	.....	(108)
3.2.2 序容器	.....	(67)	5.1 本体与语义信息模型	.....	(108)
3.2.3 替换容器	.....	(68)	5.2 本体的定义	.....	(109)
3.2.4 RDF 容器语法	.....	(69)	5.2.1 哲学上的本体	.....	(110)
3.2.5 容器 VS 重复性质	.....	(72)	5.2.2 人工智能领域的本体	.....	(110)
3.3 关于语句的复合	.....	(73)	5.2.3 计算机领域当前研究的		
3.3.1 动机	.....	(73)	本体	.....	(110)
3.3.2 具体化	.....	(73)	5.3 本体的构成	.....	(111)
3.3.3 语句复合的简写	.....	(74)	5.4 构造本体的准则和方法	.....	(114)
3.3.4 具体化与包的关系	.....	(75)	5.5 本体的评估标准	.....	(116)
3.4 RDF 形式化表示	.....	(78)	5.6 本体的分类	.....	(117)
3.4.1 RDF 形式化语法	.....	(80)	5.6.1 根据本体的主题分类	.....	(117)
3.4.2 RDF 形式化语法的几点说明	.....	(81)	5.6.2 根据本体形式化程度		
3.4.3 URI 引用	.....	(83)	分类	.....	(117)
3.5 RDF 模型论	.....	(83)	5.6.3 根据本体研究层次		
3.5.1 引言	.....	(83)	分类	.....	(118)
3.5.2 图理论	.....	(84)	5.7 几种典型的本体	.....	(119)
3.5.3 语义解释	.....	(85)	5.7.1 词典	.....	(119)
3.5.4 RDF 的蕴涵	.....	(88)	5.7.2 主题映射	.....	(125)
3.6 小结	.....	(90)	5.7.3 分类法	.....	(126)
参考文献与参考网站	.....	(91)	5.7.4 WordNet	.....	(127)
第4章 资源描述框架模式 RDFS	.....	(92)	5.8 本体的应用	.....	(129)
4.1 基本概念	.....	(93)	5.8.1 语义网计划	.....	(129)
4.1.1 从 RDF 中继承来的概念	.....	(94)	5.8.2 本体在信息检索中的应用	.....	(130)
4.1.2 类和性质	.....	(94)	参考文献与参考网站	.....	(131)
4.2 以性质为中心的 RDFS	.....	(95)	第6章 语义网设计语言	.....	(135)
4.2.1 定义域和值域	.....	(96)	6.1 本体描述语言的演进	.....	(135)
4.3 RDFS 的组成	.....	(98)	6.2 本体描述语言	.....	(137)
4.3.1 主要的类和性质	.....	(98)	6.2.1 描述逻辑	.....	(137)
4.3.2 容器	.....	(101)	6.2.2 OWL 语义	.....	(139)

目 录 3

6.3 OWL 语言结构 (142)	7.1.4 推理 (183)
6.3.1 OWL 简介 (142)	7.2 企业集成 (185)
6.3.2 OWL DL 和 OWL Full 纲要 (143)	7.2.1 企业知识 (186)
6.3.3 OWL 语言描述 (143)	7.2.2 企业建模的知识 (186)
6.4 语义网查询语言 OWL-QL (151)	7.2.3 面向过程:变化和转移 (188)
6.4.1 OWL-QL 查询过程 (152)	7.2.4 针对企业设计的本体 论设计 (189)
6.4.2 OWL-QL 示例 (154)	7.2.5 基于知识的企业集成 (189)
6.5 语义网服务标识语言 OWL-S (157)	7.3 数字图书馆中的知识管理和异 质元数据集成 (190)
6.5.1 Web 服务的轮廓 (159)	7.3.1 图书分类法与主题词表 (191)
6.5.2 Web 服务的模型 (159)	7.3.2 数字图书馆元数据组织 (192)
6.5.3 Web 服务的基点 (162)	7.3.3 OAI-PMH 元数据收割 (193)
6.5.4 语义网服务 (162)	7.3.4 基于语义网的智能检 索框架 (195)
6.6 语义网应用系统开发 工具 Jena (163)	7.4 本体在地理空间信息系统 中的应用 (196)
6.6.1 Jena 解析 RDF 模型 (163)	7.4.1 地理信息本体 (196)
6.6.2 Jena 对 OWL 推理的 应用实例 (166)	7.4.2 Geo-Ontology (198)
参考文献与参考网站 (171)	7.4.3 构建 Geo-Ontology (199)
第7章 应用实例 (173)	7.4.4 Geo-Ontology 在系统中的 应用 (201)
7.1 Web 服务 (173)	7.4.5 系统的总体结构 (201)
7.1.1 服务标准、发现和组成 (174)	参考文献与参考网站 (203)
7.1.2 服务类型和体系结构 (179)	名词术语中英文对照 (205)
7.1.3 OWL-S (181)	

语义网是通过语义标注和语义推理技术，使计算机能够理解人类语言并能自动处理和利用语义信息的系统。语义网的实现需要解决语义标注、语义推理、语义搜索、语义发布、语义集成等关键技术问题。语义网的应用领域非常广泛，包括但不限于：Web 服务、数字图书馆、数字博物馆、电子政务、电子商务、企业集成、知识管理、地理空间信息系统等。语义网的研究和应用对于推动信息社会的发展具有重要意义。

2.3 元数据类型

2.3.1 内容元数据

内容元数据描述对象内容的信息。例如,网页的作用是为了传递各种不同的消息。一般而言,为此目的服务的描述性信息包括大字标题、主题、引导段落、图像、影片等。在一篇文章内还包括子标题、章节标题、关键字、评论等。通过浏览这些描述信息,用户可以迅速获悉网页的内容。

2.3.2 管理元数据

内容管理的元数据用来描述和电子文档相关的信息,如作者、创建者、创建日期等。可以说,在 Dublin Core 中所定义的大部分属性都属于这一类元数据。比较重要的一种内容管理的属性是版本。因为版本是对象演化过程的重要属性,是关于文档的动态因素。如果想知道某些对象的公开信息,内容管理的元数据就显得十分重要,它们提供了要管理的对象的类别信息。

2.3.3 负载信息元数据和参考信息元数据

负载信息元数据提供电子文档的物理属性。尤其是那些承载了语义信息的元数据非常重要。例如,文本中表示强调的粗体标识,电子邮件系统中邮件的大小标识,以及电子文档的模板信息等。

参考信息元数据源自电子文档中的超链接。我们把“链接”的概念扩展到更一般的概念,用来表达任何万维网信息、文档和资源的参考链接。参考信息包括环境信息,以及文档的结构信息,例如,经常出现电子文档中指向各章节的链接。