

Windows

操作系统原理

尤晋元 史美林

陈向群 向勇 王雷
郑扣根 陈英 马洪兵

编著



机械工业出版社
China Machine Press

重点大学计算机教材

Windows操作系统原理

尤晋元 史美林
陈向群 向 勇 编著
王 雷 郑扣根
陈 英 马洪兵



机械工业出版社
China Machine Press

本书是在微软中国研究院和美国微软公司的支持下，由美国微软公司提供Windows全面内部技术资料，全国五所知名重点大学操作系统主讲教师组成写作组，历时一年写作完成的一本以Windows 2000/XP为实际示例，讲授计算机操作系统原理的教科书。

本书讲述了当代计算机操作系统的原理，并具体分析了操作系统原理在Windows 2000/XP中的实现技术和方法，有理论、有示例。既有设计思想精要的提炼，又有具体实现细节的分析。

本书是第一本用中文出版的、讨论Windows操作系统原理的教科书，也是第一本将讲授操作系统一般原理与分析Windows操作系统内部体系结构相结合的书籍。本书适合作为高等院校计算机和电子工程相关专业的操作系统教科书，也是一本用于设计、开发基于Windows的应用软件，以及编写Windows操作系统驱动程序的重要参考书。同时本书也是微软Windows 2000/XP平台上应用软件设计和开发人员的必备参考书。

版权所有，侵权必究。

本书所涉及的部分技术内容已获得微软出版社的授权。

图书在版编目（CIP）数据

Windows操作系统原理 / 尤晋元等编著. —北京：机械工业出版社，2001.8

（重点大学计算机教材）

ISBN 7-111-09211-2

I. W… II. 尤… III. 窗口软件, Windows—高等学校—教材 IV. TP316.7

中国版本图书馆CIP数据核字（2001）第051431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：姚 蕾

北京牛山世兴印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年8月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 29印张

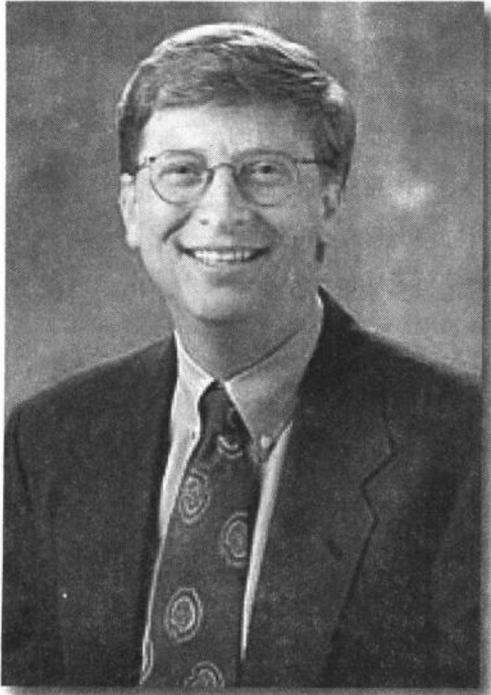
印数：0 001-10 000册

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

Congratulatory letter

Bill Gates



PCs have revolutionized the way we live, work, learn and play, and transformed how we communicate with each other. They have empowered people to be more creative and businesses more efficient, opened up amazing opportunities for education, and helped stimulate productivity worldwide. Combined with inexpensive, widespread Internet access, they've helped news and information travel faster and more freely than ever before, and broken down borders between nations, people and economies. So it's no surprise that more than half of PC users now consider it the most important device in their home.

Operating System (OS) is the brain and soul of a computer. From DoS to Windows to .NET, our platform have indeed transformed the way people use PC with enabling technologies that make PC a centerpiece of productivity, communications, and entertainment for home and enterprise as well.

I am very pleased to see the birth of first-ever Chinese textbook on Windows OS, with the tremendous efforts from top Chinese academia, support from Chinese government, and collaboration with Microsoft Research in China.

This year marks the 20th anniversary of PCs. In the coming decade, the PC will continue to become more powerful, less expensive and even more essential - probably the most important tool people use to work, play and stay in touch. If the past 20 years have been impressive, the next 20 will be astounding.

William H. Gates
Chairman and Chief Software Architect
Microsoft Corporation
August 2001

JS820/OP

贺词

个人电脑革命性地改变了人们生活、学习和娱乐的方式，同时它也极大地促进了人们沟通的方式。它的出现，激发了人类的创造性，有力地促进了商业效率的提高；它的出现，还为教育事业创造了前所未有的机遇，使整个世界的生产力向前迈进了一大步。结合廉价、广泛的互联网接入，个人电脑更为信息提供了空前高效、开放的传播途径，并且打破了国家、种族和经济上的壁垒。由此，半数以上的个人电脑用户把它看作是家庭中最重要设备也就不足为奇了。

操作系统是电脑的核心和灵魂。从DOS发展到Windows 继而是.NET，我们的平台借助科学技术从本质上改变了人们使用个人电脑的方式，使它成为搭建生产力、通讯、家庭和企业娱乐桥梁的核心枢纽。

我非常欣慰地看到第一个Windows 操作系统中文教科书的诞生，这离不开来自中国权威学术界的努力、中国政府的鼎力支持和微软中国研究院的通力合作。

2001年标志着个人电脑诞生了20周年。在未来的十年中，个人电脑将持续发展，变得更具影响力也更便宜，它将被更为广泛地应用于工作、娱乐和日常联络，成为生活中不可或缺的、最重要的工具。如果把过去20年的成长历程称之为令人难忘的话，那么未来20年的发展将则更是令人期待的。

比尔·盖茨
微软主席兼首席软件设计师
2001年8月

序（一）

杨芙清

进入新世纪以来，中国的高技术产业，特别是信息产业持续快速发展，信息技术已经成为21世纪经济发展的驱动力。

信息是客观事物状态和运动特征的一种普遍形式。人类抽象的经验和知识正逐步由软件予以精确地体现。而软件是人类知识的固化，是知识经济的基本表征，它已成为信息时代的新型“物理设施”。



软件是信息化的核心。国民经济和国防建设、社会发展、人民生活都离不开软件，软件无处不在。软件产业是增长最快的朝阳产业，是具有高附加值、高投入/高产出、无污染、低能耗的绿色产业。软件产业关系到国家经济安全和文化安全，体现了国家综合实力，是决定21世纪国际竞争地位的战略产业。

计算机操作系统正是软件技术含量高、附加值高的部分，是软件系统的核心，是软件基础运行平台的主要成份。

在操作系统的商业产品市场上，微软公司在20世纪80年代初期为IBM公司的个人计算机配置了PC-DOS操作系统，几年之后，又推出了Windows操作系统。由于Windows采用了图形界面，易学易用，又辅之良好的市场策略，因此它逐渐占据了个人计算机市场的主要地位，并成为主要的操作系统产品。

本书是在美国微软公司提供Windows操作系统内部技术资料的基础上，讲述计算机操作系统原理的教科书。参加本书写作的作者均是国内一些重点高等

院校从事计算机操作系统课程教学和科研的老师。这些老师把在操作系统课程上的长期教学经验、科研积累同分析Windows操作系统内部技术原理结合起来，写作完成了这本操作系统教科书。

我相信，本书的出版会对使用Windows操作系统的读者有所帮助。

中国科学院院士 北京大学教授

杨芙清

2001年7月

序（二）

张亚勤

作为计算机技术的重要基础学科，操作系统近年来在概念和技术上都有很快的发展。因此，一本好的操作系统教材，除了要有系统的基础理论介绍之外，还应该结合当前主流操作系统的实例，这样才能反应最新的技术动态，使学生们学有所用。



在2000年夏季由微软公司主办的第一届中国高校计算机系主任座谈会上，不少老师谈到：在中国，Windows 操作系统已经被广泛地应用于政府、教育和商业等各个领域，而一个普遍存在的问题是：用户对Windows的机制和内核技术了解得不够，从而在很大程度上影响了人们更好地使用Windows操作系统。

诚然，作为一个现代操作系统，Windows不断地推陈出新。随着Windows NT、Win CE、Windows 2000和不久即将面世的Windows XP及.NET的不断推出，Windows不再是传统意义上的桌面计算的操作系统，它正在成为一个网络环境下的平台。

从这个意义上来讲，Windows作为操作系统教学的实例，既能反映当前操作系统技术的发展方向，又能结合当前的应用实际，是一个非常理想的操作系统教学平台。

目前，国内涉及Windows的使用、维护和开发的书很多。但作为教材，系统讲解Windows的机制和内核，并适合于中国高校教学特点的书还没有。要想写

成这样一本教材，是离不开中国高校操作系统教师的努力和微软公司的支持的。

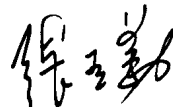
微软中国研究院是微软公司在亚太地区唯一的基础研究机构。成立三年以来，除了从事世界一流的基础研究之外，我们一直把支持中国高校的课程和教材建设、帮助中国培养高水平的计算机人才作为非常重要的工作。

我欣喜地看到，8位来自中国著名高校的操作系统专家不断地努力，从去年的全国操作系统课程研讨会上的倡议，到今年去微软公司了解Windows源代码，再到与微软公司Windows组的设计师共同探讨。在短短的一年多的时间内，终于把编写一本中文Windows操作系统教材的设想变成了现实。

浏览全书，我感到这本书既包含了对操作系统原理的系统讲解，又能紧密结合Windows的内核技术，其中还配有大量相关的实例、试验和作业，确实是一本目前难得的通过Windows实例讲解现代操作系统的教材。

最后，我想借此机会代表比尔·盖茨（Bill Gates）先生及微软公司表示对支持中国教育事业的长期承诺和诚意。我们希望今后能和中国高校一起，交流计算机技术的最新动态，写出更多这样的好教材，为中国信息产业的腾飞尽一份力。

微软中国研究院院长



2001年8月

编者的话

《Windows 操作系统原理》正式出版了，这是一件值得高兴的事。这本书可能是世界上第一本用中文出版的、讨论Windows 操作系统原理的教科书；这本书也是分析Windows 操作系统内部体系结构的少数几本书籍之一。

我们希望本书可用作中国高等院校相关专业操作系统课程的教材或权威参考书，其读者对象应该是高等院校相关专业的教师、研究生、本科生。我们还希望本书也是微软Windows 2000/XP平台上应用软件设计和开发人员的必备设计参考书，那么，另一读者群应该是国内在微软Windows 2000/XP平台上从事设计和开发工作的应用软件设计开发人员。当然，这本书的真正价值，需要由本书的读者去评价。不过，回顾这本书的策划、写作、编辑和出版的过程，其中确实有不少故事，值得我们去回忆。

进入新世纪以来，在中国的信息产业界，上至高级主管部门，下至普通计算机用户，都对计算机操作系统投入了前所未有的关心和注视。人们普遍认识到，计算机操作系统是整个信息技术领域中一块极其重要的基石。要构建现代化的、稳固而又可靠的信息技术大厦，不掌握计算机操作系统是行不通的。

2000年首届由微软公司主办的高等院校计算机系主任座谈会上，很多系主任提出希望能有一本更多讲解Windows操作系统原理的教材。2000年10月在清华大学举行的第六届全国操作系统课程教学研讨会上，许多主讲操作系统课程的教师也提出希望更多地了解Windows内核原理，以供教学需要。谁都清楚，当代使用最广泛、最普及的计算机操作系统是Windows 操作系统。而另一个事实是，到本书出版之前，还没有哪一家国内外的出版社出版过一部详细介绍和

分析Windows 操作系统内部原理的教材。

正是在这样的大环境下，写作一本结合当代Windows操作系统、讲授操作系统原理的教科书的构想成熟了。

思想的火花在微软中国研究院的支持下，很快燃成了一支火炬。北京大学计算机科学技术系的陈向群老师承担了组织写作班子的工作。清华大学计算机系的史美林老师和向勇老师、清华大学电子工程系的马洪兵老师、北京航空航天大学计算机系的王雷老师、浙江大学计算机系的郑扣根老师、上海交通大学计算机系的尤晋元老师和陈英老师，都欣然接受了邀请。他们都是各自学校的操作系统课程的主讲教师，曾写作、编辑和翻译出版过多本有关操作系统原理的教科书，而且目前都在主持有关操作系统的科研工作。毫无疑问，有了这些老师们组成的写作组，本书的写作质量就有了保证。

详细的写作提纲拟就出来后，问题也接踵而来。要分析、介绍Windows操作系统原理，不能不了解Windows 操作系统的内部结构，也不能不去阅读Windows操作系统的源代码。但是，在国内外已经出版的计算机书籍和资料中，包括微软出版社出版的书籍，没有一本书能够提供这两个方面的具体资料。

怎么办？问题很快通过张高博士反映到了微软中国研究院高校关系与运作部负责人陈宏刚博士那里，也反映到美国微软公司总部。经过微软中国研究院的努力，在Windows开发组工程师Dave Probert的大力支持下，美国微软公司总部作出决定，允许写作组的老师们阅读Windows 操作系统的源代码，并提供有关Windows 操作系统的内部结构的参考资料。这一消息让我们感到非常高兴。

可是，良好的愿望有时并不能成为现实。由于中国和美国在有关法律上的差异，美国微软公司尚不能在中国本土向老师们提供阅读Windows操作系统源代码的条件。怎么办？

接着发生的事情是谁也没有想到的。

美国微软公司总部决定，由微软中国研究院出资，邀请全体写作组的成员到美国微软公司总部西雅图阅读Windows 操作系统的源代码，并由主持

VIII

Windows 2000操作系统设计的高级技术人员，向中国写作组专门讲解Windows操作系统的内部体系结构。据微软中国研究院介绍，这是美国微软公司第一次在亚洲地区开放Windows操作系统的源代码。

对于美国微软公司给予本书写作上的全力支持，我们表示真诚的感谢！

四月的西雅图，风光秀丽，景色宜人。我们一行四名老师和微软中国研究院的陈宏刚博士、王瑾小姐非常幸运地赶上了郁金香节，成片成片的郁金香，在绿树和草地的环绕下，显得格外艳丽。美国微软公司总部坐落在西雅图的雷德蒙镇上。公司总部的办公楼，一半被浓密的森林包围着，另一半则是波光粼粼的湖泊。不时有一艘汽艇飞快地划过平静的湖面，浪花串起一条条闪光的银链。远处湖对岸的树林中，时隐时现的是一座座别墅小园。微软公司总部的不少高级主管和软件工程师们的家庭就住在这些建筑造型别致、风格各异的湖畔别墅群中。我们在美国期间，许多事情令人难忘，例如，在一次出行中，由于不熟悉路线，违反了交通规则，然而，当警察知道我们是从遥远的中国来的时候，没有罚款，并且耐心地指明路线方向。

写作组在西雅图的工作是紧张和短暂的。每天一半的时间是到机器上阅读Windows操作系统的源代码，另一半时间是听取美国微软公司总部Windows2000设计师Dave Probert组织的讲课。晚上则是开会讨论问题或者整理笔记和技术资料。

为了能够更深入地了解内部技术细节，上海交通大学的尤晋元老师在成行前就安排了一些研究生专门列出有关Windows的内部技术问题，以便利用这次宝贵的机会和美国微软公司总部的高级技术人员进行探讨。

由于工作安排上的原因，整个写作组的八名成员，有四位未能去西雅图访问。但是他们也随时和赴美访问的老师保持着热线联系；史美林老师当时正在欧洲访问，也不断通过电话和电子邮件关心写作小组工作的进展情况。

专门给写作组讲课的Dave Probert，曾经是美国Unix技术公司的主要研发人员，从事Unix操作系统的设计和开发长达二十年，对Unix系统有着极其深刻的

认识；目前，他是Windows内核开发组骨干成员。像Dave Probert这样不可多得的高级软件技术人才，在美国微软公司数以百计。他们中有许多曾经从事过Unix操作系统、DEC VAX 机操作系统、Sun 工作站操作系统等等国际知名操作系统研究和设计的关键技术人员。在世界上很难找到第二家公司，像美国微软公司这样，拥有一大批经验丰富的操作系统研究和设计人员。

在西雅图工作期间，写作组会见了许多在美国微软公司总部工作的人员，其中有美国人、中国人，也有其他国家的人员。不论他们从事的是哪一种工作，每一名工作人员都表现出一种极为认真的敬业精神。写作组所到之处，都能感觉到美国微软公司人员的一种发自内心的、热诚合作的态度。写作组把周六和周日都用来加班，微软中国研究院和微软公司总部的有关软件技术人员也都一起陪同，毫无怨言。

写作组也见到了不少微软公司的程序设计人员，他们的年龄在40余岁，甚至50余岁，仍然在从事编程工作，并且乐此不疲。这与中国国内一些IT公司对于才过了30岁的软件设计应聘人员都不想使用的现象，实在是大相径庭。

毫无疑问，本书写作组在美国微软公司总部的有关工作，对本书的顺利成稿起到了关键的作用。

今年5月和6月，写作小组又两次在微软中国研究院集中，共同讨论修改稿子，直到6月底，最终完成书稿。

本书的读者对象主要是在高等院校学完了“操作系统原理”课程，需要深入了解Windows操作系统的学生；在各类机构工作，需要了解Windows 操作系统的内部体系结构，以便更好地在Windows之上设计开发各类应用软件的技术人员；需要了解如何编写Windows 操作系统驱动程序和应用程序的软件工程师。当然，本着开卷有益的宗旨，凡是希望了解Windows 操作系统内部原理的人们，都会从本书中得到启示。

《Windows操作系统原理》一书的结构和编排布局如下：全书共分为9章，第1章操作系统概述（陈向群）；第2章Windows 2000/XP体系结构（陈向

群)；第3章进程及处理器管理(向勇、伍尚广、史美林)；第4章存储管理(王雷)；第5章文件系统(郑扣根)；第6章I/O系统(陈向群)；第7章网络(陈英、尤晋元)；第8章Windows应用程序设计(马洪兵)；第九章Windows设备驱动程序设计(马洪兵)。

本书在出版过程中得到了美国微软公司总部、微软中国研究院的大力支持，特别感谢微软中国研究院高校合作部经理陈宏刚博士，还有张高博士，没有他们的鼎力支持，本书是不可能出版的。

感谢微软中国研究院的王瑾小姐，她在美国出差结束后特意留一段时间帮助访美小组成员在美国的方方面面；感谢微软中国研究院的刘佐扬小姐；感谢为本书的出版提供过帮助的美国微软公司总部及微软中国研究院的各位人士。

感谢机械工业出版社华章公司的领导和有关编辑，他们为本书的顺利出版，付出了大量的辛勤劳动。

感谢清华大学电子工程系的林孝康老师和徐士良老师，他们对本书的编写工作提供了许多支持和帮助。

感谢参加本书校对工作的研究生，他们是北京大学的叶松、朱伟、余啸海、胡建钧、王汐；清华大学计算机系的何佳；北京航空航天大学计算机系的刘志成、陆伯鹰、王旭、于天琳、关新、丛杨；上海交通大学计算机系的傅城、杜宇；浙江大学的田稷、朱奇波、张磊、罗晓华、缪强、郑南。他们勤奋而认真的工作成果已经融入本书的字里行间中。

感谢在本书写作过程中，支持和理解本书工作的所有人士、朋友和亲人们。

尽管本书的写作组成员作出了努力，但是限于水平，书中难免会有一些疏漏与不足。这些可能存在的问题，与美国微软公司、微软中国研究院和Windows操作系统无关。我们真诚地期待广大读者朋友们能提出宝贵的意见和建议。

《Windows 操作系统原理》写作组

2001年7月



(部分编写组成员，2001年6月下旬摄于微软中国研究院)

第一排：陈向群、王瑾

第二排：马洪兵、陈英、王雷、郑扣根

第三排：马歆、刘佐扬、陈宏刚、向勇



左起：郑扣根、陈向群、David Cutler、尤晋元、王雷

(2001年4月下旬摄于微软总部David Cutler办公室前，David Cutler是Windows NT的总设计师，是全微软公司十几位Distinguished Engineer之一，并且是唯一的一位Senior Distinguished Engineer。)

序 (一)	2.2.1 Windows 2000/XP的构成	40
序 (二)	2.2.2 Windows 2000/XP的可移植性	41
编者的话	2.2.3 Windows 2000/XP的对称多处理的 支持	42
第1章 操作系统概述	2.3 Windows 2000/XP的体系结构	42
1.1 计算机系统概观	2.3.1 内核	42
1.1.1 计算机的发展与分类	2.3.2 硬件抽象层	44
1.1.2 计算机系统	2.3.3 执行体	44
1.2 操作系统的概念	2.3.4 设备驱动程序	45
1.2.1 操作系统的地位	2.3.5 环境子系统和子系统动态链接库	46
1.2.2 操作系统的定义	2.3.6 系统支持进程	50
1.2.3 操作系统的特征	2.4 Windows 2000/XP的系统机制	51
1.3 操作系统的功能	2.4.1 陷阱调度	52
1.4 操作系统简史	2.4.2 对象管理器	60
1.5 操作系统分类	2.4.3 同步	64
1.6 研究操作系统的几种观点	2.4.4 本地过程调用	68
1.7 Windows操作系统的发展历程	2.4.5 系统工作线程	69
1.7.1 Windows的开发过程	2.5 Windows 2000/XP的注册表	69
1.7.2 Windows的版本	2.5.1 注册表的数据类型	69
1.7.3 Windows 早期版本的技术特点	2.5.2 注册表的逻辑结构	70
1.7.4 Windows 95和Windows 98	2.6 Windows 2000/XP服务	71
1.7.5 Windows NT操作系统的技术 特点	2.6.1 服务应用程序	71
1.7.6 Windows Embedded家族	2.6.2 服务帐号	73
1.7.7 Windows 2000	2.6.3 交互式服务	74
1.7.8 Windows XP	2.6.4 服务控制器	74
1.7.9 Windows 2000开发的艰辛与规模	2.7 Windows 2000/XP的管理机制	81
习题	2.7.1 WMI的体系结构	81
第2章 Windows 2000/XP的体系结构	2.7.2 数据生产者	83
2.1 操作系统的设计	2.7.3 通用信息模型和管理对象格式 语言	83
2.1.1 操作系统的设计目标	2.7.4 WMI名字空间	84
2.1.2 操作系统的设计阶段	2.7.5 类联合	84
2.1.3 操作系统的结构问题	2.7.6 WMI对象浏览器	85
2.1.4 操作系统的结构设计	2.7.7 WMI执行	85
2.2 Windows 2000/XP的操作系统模型		

目录

CONTENTS

2.7.8 WMI安全	85
习题	85
第3章 进程和处理器管理	89
3.1 进程	90
3.1.1 程序的顺序执行和并发执行	90
3.1.2 进程的定义和描述	91
3.1.3 进程的状态转换	92
3.2 进程控制	96
3.2.1 进程的创建和退出	96
3.2.2 进程的阻塞和唤醒	97
3.2.3 Windows 2000/XP进程管理	98
3.3 线程	99
3.3.1 线程的概念	99
3.3.2 进程和线程的比较	101
3.3.3 Windows 2000/XP线程	101
3.4 进程互斥和同步	103
3.4.1 互斥算法	103
3.4.2 信号量	106
3.4.3 经典进程同步问题	109
3.4.4 管程	111
3.4.5 Windows 2000/XP的进程互斥和同步	112
3.5 进程间通信	114
3.5.1 Windows 2000/XP的信号	114
3.5.2 Windows 2000/XP基于文件映射的共享存储区	115
3.5.3 Windows 2000/XP管道	116
3.5.4 Windows 2000/XP邮件槽	116
3.5.5 套接字	117
3.6 死锁问题	117
3.6.1 概述	117
3.6.2 死锁的预防	118
3.6.3 死锁的检测	119
3.6.4 死锁的避免	119
3.6.5 解决死锁问题的综合方法	120
3.7 处理器调度概述	120
3.7.1 处理器调度的类型	120
3.7.2 调度的性能准则	120
3.7.3 进程调度器	121
3.8 调度算法	122
3.8.1 先来先服务算法	122
3.8.2 最短作业优先算法	122
3.8.3 时间片时钟算法	123
3.8.4 多级队列算法	123
3.8.5 优先级算法	123
3.8.6 多级反馈队列算法	124
3.9 Windows 2000/XP的线程调度	124
3.9.1 Windows 2000/XP的线程调度特征	124
3.9.2 Win32中与线程调度相关的应用程序编程接口	125
3.9.3 线程优先级	126
3.9.4 线程时间配额	128
3.9.5 调度数据结构	130
3.9.6 调度策略	132
3.9.7 线程优先级提升	134
3.9.8 对称多处理器系统上的线程调度	137
3.9.9 空闲线程	139
习题	139
参考文献	140
第4章 存储体系	141
4.1 存储管理的基本原理	142
4.1.1 内存管理方法	142
4.1.2 虚拟存储器	147
4.1.3 磁盘存储管理	151
4.1.4 高速缓存管理	155
4.2 Windows 2000/XP内存管理	158
4.2.1 地址空间的布局	159