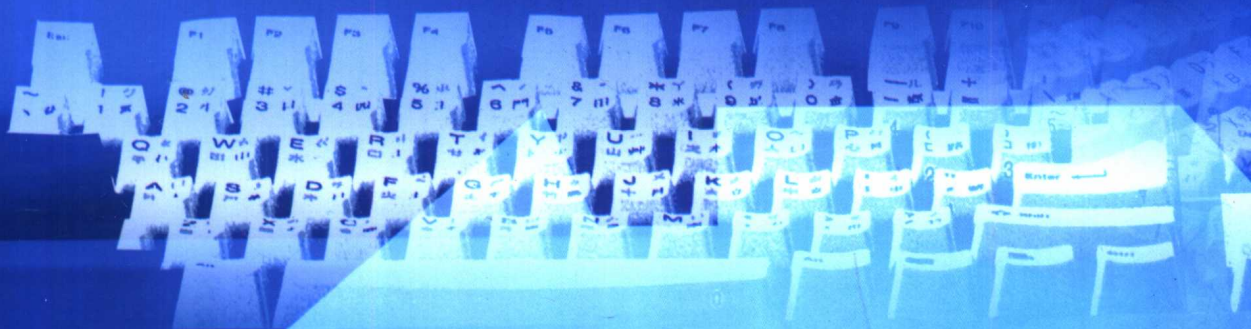




重点大学
计算机教材

UNIX

操作系统教程



张红光 李福才 等编著



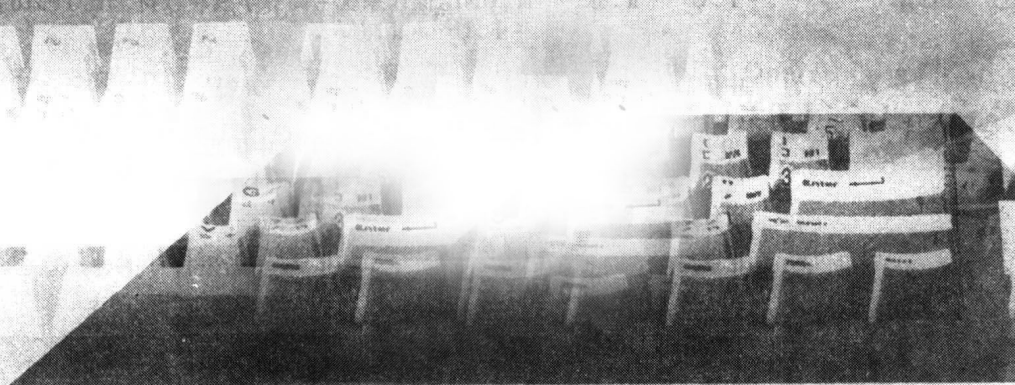
机械工业出版社
China Machine Press

重点大学
计算机教育

UNIX

操作系统教程

张红光 李福才 等编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书全面实用地介绍了UNIX操作系统。全书共分三部分，首先介绍UNIX系统的常用命令和使用方法；然后讲述了UNIX的核心设计技术，对UNIX中的文件系统、设备管理以及进程与存储管理进行全面讲述；最后介绍UNIX的扩展知识，如UNIX中的Internet技术等。

本书可作为大学计算机专业及相关专业的教材或参考书，也可供有关技术人员阅读参考。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

UNIX操作系统教程 / 张红光等编著. -北京：机械工业出版社，2003.1
(重点大学计算机教材)
ISBN 7-111-11037-4

I. U… II. 张… III. UNIX操作系统 - 高等学校 - 教材 IV. TP316.81

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第077087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：温丹丹

北京昌平奔腾印刷厂印刷 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 · 22印张

印数：0 001-4 000册

定价：33.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

前 言

UNIX系统自20世纪70年代诞生以来，经历了30多年的风风雨雨，从最初的一个简单文件管理软件，变成当今事实上的操作系统标准。纵观UNIX系统的发展史可以深切地感受到，UNIX之所以有强大的生命力，完全是源于其完美的技术内涵、系统的严谨性和系统的安全可靠性以及方便的使用方式等特点。

今天UNIX系统依然是各种类型计算机（特别是小型机和工作站）上的主流操作系统。近年来，Linux系统与UNIX系统全兼容的性能以及系统内码开放等特点得到了众多用户的青睐。人们在研究和开发Linux系统的同时也在探索UNIX成功的奥秘，进而掀起了学习UNIX系统技术的新浪潮。实践证明，掌握UNIX系统技术不仅可以使我们获得计算机操作系统应用技术，增强对计算机体系结构和操作系统理论的了解，同时对研究与开发Linux和UNIX都会有很大的帮助。

本书适合作为高等院校计算机及相关专业的操作系统课程的教材或参考书，读者对象是具有有一定计算机体系结构和C语言程序设计知识的教师、研究生和本科生。本书还可作为那些对UNIX系统平台进行较深入内核技术研究的设计者，以及那些在UNIX系统平台上进行软件开发人员和程序设计人员的参考用书。我们希望通过本书来介绍一些关于UNIX系统较深层次的技术知识和新开发的技术。

在本书的编写过程中，我们为读者安排了三步走的过程，即UNIX系统基本应用技术的学习、操作系统的理论知识和系统内核设计技术的学习、现代UNIX操作系统技术的了解与学习。读者通过本书的学习，可以将枯燥的操作系统理论与实际可用的UNIX操作系统应用和设计技术相结合。读者可以从UNIX的简单使用命令开始，逐步深入到系统内核的基本实现技术中，对UNIX操作系统建立一个全面的、系统的认知体系，同时也对现代操作系统设计方法有全面的认识。

为了帮助读者加深学习与理解，也为了使本书更好地为教学服务，我们为每章习题都做了解答，放在附录中，并且出了两套综合练习，以帮助读者加深学习和理解。本书中所有引用的程序和例子除了有特殊的说明外都在Solaris 2.5或Linux系统的Red Hat Linux 7.1中调试通过。

本书共分三篇11章，对UNIX系统做了全面系统地介绍，内容包括：

- UNIX系统基础篇 包括4章的内容。主要介绍UNIX系统的发展过程、UNIX在操作系统领域中的位置及常用命令和基本知识，同时还描述了shell的基本结构、shell的基本功能、shell环境设置以及shell编程方法。
- UNIX系统核心技术篇 包括4章的内容。主要针对UNIX系统内核设计技术描述了文件系统的设计与实现方法，UNIX系统的进程和存储管理技术，UNIX系统进程通信的机制，UNIX系统的设备管理技术。
- UNIX系统技术扩展篇 包括3章的内容。主要介绍现代UNIX系统发展的状况及新技术，内容包括：线程引入概念、UNIX系统的多线程编程环境的体系结构、多线程程序设计方法、多线程同步问题以及多线程程序设计的实例；UNIX系统中的网络技术及Internet技术。包括网络的概念网络参考模型、TCP/IP、UUCP协议、UNIX系统中的网络配置及命令使用方法和网络工具的介绍等；在UNIX系统运行中使用的一些相关实用模块功能的介绍。包括X-Window、awk和程序管理工具等内容。

本书的第1、2、8章由李福才编写，其余章节由张红光编写。在本书的编写过程中作者参阅了大量的相关著作和资料，并就书中的一些相关专题与有关专家和学者进行了多方面的探讨，获益匪浅。在本书的编写中得到清华大学和南开大学诸多教授和同行们的指点，并对作者给予了很大的支持和帮助；南开大学信息学院研究生张楠、徐巧丽完成了本书附录C“习题解答与综合测试”中部分内容的编写和程序调试，研究生李彤、刘图昭等对本书进行了编辑和校对工作，付出了辛勤的劳动。此外机械工业出版社华章图文信息有限公司的编辑们为本书的出版付出了辛勤劳动和努力，在此一并表示衷心的感谢。

虽然在编写和编辑过程中竭尽全力、仔细认真地工作，但由于水平有限和时间仓促，加上UNIX技术发展迅速，很多新思想和新技术容不得我们细心整理、学习总结。读者可能会发现书中存在的一些谬误和过时的观点，我们真心地期望读者能批评指正，提出宝贵意见，我们的电子邮件地址是：
zliying@public.tpt.tj.cn

作者

2002年5月于南开园

前言

第一部分 UNIX系统基础篇

第1章 UNIX系统绪论	3
1.1 UNIX系统的主要特性	3
1.2 UNIX系统的发展史	5
1.3 UNIX系统的基本结构	8
习题	10
第2章 UNIX系统技术入门	11
2.1 UNIX系统基本常识	11
2.1.1 控制台和终端机	11
2.1.2 用户的注册与注销	12
2.1.3 账户的管理	13
2.1.4 用户口令的管理	14
2.1.5 用户组信息	14
2.2 UNIX的shell	15
2.2.1 内部命令和外部命令	15
2.2.2 UNIX的shell程序	15
2.3 UNIX系统启动及用户登录	15
2.3.1 UNIX系统的启动方式	16
2.3.2 UNIX系统的启动过程	16
2.3.3 用户的登录过程	17
2.4 UNIX常用命令介绍	18
2.4.1 UNIX命令使用方法	18
2.4.2 多命令行及多行命令	20
2.4.3 一般常用命令介绍	20
2.4.4 用于目录操作的命令	24
2.4.5 用于文件操作的命令	25
2.4.6 有关状态和信息查询的命令	30
2.4.7 用于网络和通信的命令	33
2.5 UNIX系统与其他系统关联	36
2.5.1 UNIX与DOS文件格式的转换	36
2.5.2 DOS分区在UNIX系统中的使用	36
2.6 本章小结	38

习题	38
第3章 UNIX系统编辑器	40
3.1 UNIX标准编辑工具ed	40
3.1.1 使用ed的基本常识	41
3.1.2 元字符和正则表达式	41
3.1.3 ed中使用的命令	42
3.2 全屏编辑工具vi	44
3.2.1 vi的操作方式	44
3.2.2 命令行方式中常用命令	45
3.2.3 末行命令方式下常用操作命令	45
3.2.4 进入插入编辑方式的常用命令	46
3.2.5 使用vi时的注意事项	47
3.3 emacs编辑器	48
3.3.1 emacs的使用方法	48
3.3.2 emacs主菜单功能简介	48
3.3.3 emacs中的功能键	50
3.4 本章小结	51
习题	51
第4章 shell及shell编程	52
4.1 shell基本概念	52
4.1.1 shell的基本功能	52
4.1.2 UNIX系统中标准流的定义	53
4.2 shell命令解释功能	53
4.2.1 shell命令解释程序	53
4.2.2 输入/输出重定向	54
4.2.3 错误流重定向	55
4.2.4 管道线的处理	55
4.2.5 后台处理及滤波功能	56
4.3 用户工作环境设置	58
4.3.1 工作环境变量	58
4.3.2 Korn shell的环境变量的设置	59
4.3.3 C shell中环境变量的设置	60
4.4 shell程序设计	62
4.4.1 shell程序的执行方式	62

目录

CONTENTS

4.4.2 shell变量的使用	63
4.4.3 test命令的使用	67
4.4.4 条件控制语句	69
4.4.5 循环语句	73
4.4.6 shell程序的调试方法	77
4.5 本章小结	78
习题	79
 第二部分 UNIX系统核心技术篇	
第5章 UNIX文件系统	83
5.1 UNIX系统中的文件	83
5.1.1 普通文件	83
5.1.2 目录文件	85
5.1.3 特殊文件	86
5.1.4 UNIX文件的许可机制	87
5.2 UNIX文件系统设计	89
5.2.1 文件管理系统结构	89
5.2.2 文件系统的维护	90
5.2.3 物理卷与逻辑卷定义	92
5.2.4 文件系统的存储结构	94
5.2.5 索引节点和目录文件的作用	99
5.2.6 文件的多重索引存储结构	100
5.2.7 可支持多种文件系统的机制	102
5.3 UNIX文件系统动态管理方法	104
5.3.1 文件系统的动态数据结构	104
5.3.2 文件的检索过程	106
5.3.3 文件共享的实现及应用	107
5.4 用于文件管理的系统调用	109
5.4.1 文件描述符	110
5.4.2 用于文件创建和文件链接的系统 调用	110
5.4.3 文件的打开与关闭的系统调用	111
5.4.4 文件的读和写系统调用	111
5.4.5 文件随机存取系统调用	113
5.4.6 文件记录锁定系统调用	114
5.5 文件系统的备份与恢复	116
5.6 本章小结	117
习题	118
第6章 UNIX进程调度及进程存储 管理	120
6.1 进程基本概念	120
6.1.1 程序的并发执行	120
6.1.2 进程的定义和描述	122
6.1.3 进程的状态	122
6.1.4 进程控制基本概念	124
6.2 UNIX中的进程	125
6.2.1 UNIX系统进程创建机制	125
6.2.2 UNIX中进程的描述	128
6.2.3 UNIX进程描述中的数据结构	128
6.3 UNIX进程调度与管理	135
6.3.1 UNIX进程状态及其转换	136
6.3.2 UNIX进程调度程序	138
6.3.3 UNIX进程调度算法与调度 策略	138
6.4 存储管理基本概念	141
6.4.1 存储管理技术	142
6.4.2 虚拟存储技术	146
6.5 UNIX进程存储管理	148
6.5.1 进程存储中的交换策略	148
6.5.2 进程存储中的请求调页策略	149
6.5.3 UNIX进程存储管理体系结构	150
6.6 UNIX进程管理的系统调用	150
6.6.1 系统调用可以控制进程的运行	151
6.6.2 进程的创建	152
6.6.3 进程执行特定任务的系统调用	153
6.6.4 进程终止的系统调用	155
6.6.5 进程的同步	156
6.6.6 库函数system	156

目录

CONTENTS

9.5 多线程程序设计综合举例	229
9.6 本章小结	233
习题	234
第10章 UNIX网络结构及Internet 技术	235
10.1 网络系统基本原理	235
10.1.1 通信子网	236
10.1.2 资源子网	236
10.1.3 计算机网络分类方法	237
10.1.4 网络协议及OSI参考模型	239
10.2 UNIX网络系统结构及使用协议	240
10.2.1 UNIX网络分层结构	240
10.2.2 UNIX中运行的TCP/IP协议	241
10.2.3 UNIX中运行的UUCP协议	244
10.3 用UNIX系统构建Internet网络 平台	245
10.3.1 主机地址和域名服务	245
10.3.2 UNIX的TCP/IP配置信息	246
10.3.3 Internet服务的建立	247
10.4 UNIX的信息查询服务工具	253
10.4.1 Archie	253
10.4.2 WAIS	256
10.4.3 信息查询工具Gopher	258
10.4.4 WWW查询工具	259
10.5 本章小结	260
习题	261
第11章 X-Window及其他实用程序	262
11.1 X-Window	262
11.1.1 X-Window软件的特征	262
11.1.2 X-Window的工作方式	263
11.1.3 X-Window中的功能模块	264
11.1.4 X-Window的编程环境	264
11.2 数据检索加工工具awk	265
11.2.1 awk的基本功能	266
11.2.2 awk字段的使用说明	267
11.2.3 awk模式的解释	267
11.2.4 awk中执行动作的说明	269
11.3 程序管理器	269
11.3.1 源代码控制系统SCCS	269
11.3.2 程序文件维护实用程序make	270
11.4 词法分析和语法分析生成工具	271
11.5 本章小结	271
习题	272
附录A UNIX系统中的常用系统调用	273
附录B Linux系统安装与环境设置	278
附录C 习题解答与综合测试	290
参考文献	343

第 ① 部分

UNIX系统基础篇

对于初次接触UNIX系统的读者来说，本书的UNIX系统基础篇，可以帮助你了解UNIX技术基本常识和常用命令，同时建立起UNIX系统的初步和整体的概念。通过对基础篇的学习，使读者在了解UNIX系统发展史的同时也了解到了UNIX系统与其他操作系统的不同之处。基于从应用入手逐步深入学习与探讨的原则，这部分从使用者的角度出发重点描述了UNIX系统的基本概念、基本体系结构、常用命令及使用方法；在第4章中对shell的使用特点和shell编程的基本语句和编程技术作了介绍。通过这几章的学习并配以适量的上机练习，能使读者初步掌握UNIX系统的一般应用技术和UNIX常用命令的使用方法。UNIX系统基础篇包含以下内容：

第1章 UNIX系统绪论

简单介绍UNIX系统的发展过程及UNIX系统在当今计算机操作系统领域中所处的地位、特点等。

第2章 UNIX系统技术入门

介绍UNIX系统技术的一些基本常识及UNIX常用命令的使用方法等知识。

第3章 UNIX系统编辑器

介绍UNIX系统上常用的文本文件编辑工具及使用的方法。

第4章 shell及shell编程

介绍UNIX系统中shell的基本概念及shell的基本功能、shell命令的特点、shell环境的设置及shell的编程方法等。

UNIX系统绪论

UNIX系统自20世纪70年代诞生以来，经历了30多年的风风雨雨，从一个最初简单的文件管理软件，变成了各类计算机系统中的一个重要的操作系统。与20年前相比，人们已不再怀疑UNIX系统是否会被市场和用户所认可，是否能在业内流行并生存发展下去。也不再会为“是否需要继续进行UNIX系统研究”等论题而展开无休止的争辩。UNIX在当今的世界上已经拥有了几百万个用户，并且这个数字还在不断地增长。今天，在各种流行的计算机系统中，特别是在工作站、小型机及中型以上的计算机系统中，UNIX往往是首选的操作系统。UNIX以它日臻完善的系统管理、调度技术，友好的人机交互界面，功能强大而又实用的各种编程工具、命令及系统运行的可靠性、稳定性给每个使用者留下深刻的印象。纵观UNIX系统从实验室走向市场，走向世界的过程，可以深切地感受到：UNIX能够在巨大而又残酷无情的市场面前顽强地生存下来，并一步步发展光大，完全源于其完美的技术内涵和对操作系统所要解决问题的正确理解，还有对市场和用户需求的准确把握。同时我们也清楚地看到，在UNIX的发展过程中，正是由于UNIX的设计开发者们顺应了市场的需求及时满足了各种用户不同的应用需要，不断地调整自己的发展策略，不断扩大自身的功能，开发出无数优秀的应用模块，才取得了今天在计算机领域不可替代的地位及不断推广壮大的业绩。

1.1 UNIX系统的主要特性

UNIX系统实现技术中具有很多优秀的技术特点。在操作系统的发展历程中，它占据了許多技术上的制高点，在很长的一个阶段中，它是许多其他操作系统学习模仿的样板。由于本书讲述的重点和课程安排所限，下面我们仅提出UNIX系统的几个主要特点：

1. 用简单的设计技术和方法去完成较复杂、较全面的功能

在UNIX系统的设计中，所采用的最基本的设计思想是将复杂的问题进行分解，用最简单、最基本的功能模块的堆积、连接、组合来解决复杂问题。这样在设计上不但可以保证每个基本模块的功能单一、易于实现、设计结构清晰、设计流程完美流畅，而且组合使用后的效果也会比较好。也正是因为这种设计思想的出现，才引发了软件规范化模块化设计、软件模块可重用理论与方法的研究，这也是当今软件工程设计的重要思想。随着基本设计模块的不断积累，设计库的不断丰富壮大，使得UNIX系统的延展性、可移植性得到了充分的发挥并大大减少了设计的工作量

第一部分 UNIX系统基础篇

和工程实现时间。这也是UNIX系统不断为新的计算机系统所接受的重要原因之一。

2. 支持多用户多任务的运行

由于UNIX系统内部采用多用户分时多任务调度管理策略，因此它不但可以支持某一用户在某一时刻和某一地点上的多种请求，而且能够同时满足多个用户的相同及不同的请求。多用户分时多任务调度管理策略使计算机的工作更接近人们真实的工作环境。比如，某用户可以在进行数据处理的同时向另一个用户发送电子邮件。这与我们在日常生活中边听音乐边做其他事情的情况很相似。UNIX系统支持多个用户的同时工作，在大型机的UNIX系统中同时支持几百个用户同时进行数据处理工作的情况是很常见的。由于UNIX具有良好的多用户分时多任务调度管理的特点，因此这些用户并不会感觉到所使用的计算机资源被分割，而是如同自己独占机器资源一样感觉良好。

3. 文件系统可随意装卸

由于UNIX系统具有模块化的结构，因此它的文件系统是可裁剪的。用户使用文件系统时，可根据需要构筑独特的文件系统并将其对应于某个硬件存储设备，使用时加载，用完后卸载。对用户来讲，最大限度地保证了用户的使用方便及数据的安全性。对UNIX系统管理来讲，可以保证系统的简洁性。

4. 良好的开放性和可移植性

随着计算机技术的发展，各种类型的计算机产品在不断的更新和发展。不同的计算机系统其内部硬件结构可能会存在很大的差异。因此，任何一种操作系统的固定模式都很难做到可以适应所有的硬件平台。如果一个操作系统的适应性太差，将其应用在一种新型的计算机系统中，就可能发生大量的原有系统软件需要重新设计的可怕事件，这对快速发展的计算机事业来讲是有百害无一利的。比如在实际工作中我们常会碰到这样一种情况：我们已熟悉的一种应用软件，因为硬件环境或操作系统的变更而不能使用，不得不重新花费精力学习一种新的同类软件。这将给用户带来很多不便并造成一定的资源浪费。从另一个角度看，因为操作系统软件的开发是一个庞大的计算机软件系统工程，它不同于一般软件的设计，它的设计难度大、工期长、资金耗费大是业界人士所周知的。若每一次硬件的改变都重新设计操作系统，不仅会使用户许多珍贵的应用数据和应用软件模块受到损失，给用户带来重大的损失，而且会使操作系统设计工作出现大量的重复劳动现象并且无法保证系统的可靠性和安全性，是操作系统设计者和用户都不能接受的事情。因此，操作系统的开发与设计要考虑其开放性和可移植性，UNIX系统由于其内核设计的许多特征，使得UNIX操作系统的移植工作变得很容易，这也是UNIX系统拥有众多用户群以及不断有新的客户加入到使用UNIX系统行列中的重要原因之一。

5. 强大的命令功能

UNIX系统命令功能非常强大，用一个简单的命令就可以完成其他操作系统需要花费许多时间去做大量编程设计才能实现的功能。命令和系统内部提供的服务可以方便使用，巧妙结合。一条复合性命令可以完成别的操作系统需要花费几条到几十条命令才能完成的动作或功能，在使用上为用户提供了极大的方便。因此，许多用过它的老用户提起这些功能总有一种如数家珍的感觉。

6. 完善的安全机制

在UNIX系统中，由于它的开发基础是基于多用户的环境进行的，因此在安全机制上考虑得比较严谨，其中包括了对用户的管理、对系统结构的保护及对文件使用权限的管理等等。许多业内的专家认为：与其他系统相比基于UNIX系统平台构筑的信息系统及用户安全管理机制是比较优秀和完善的。当今在我国和世界各地建立的许多关键性行业的信息化管理系统就是采用UNIX系统体系结构完成的。

7. 具有网络特性

在UNIX系统中，由于支持多用户的需要，因此强调了其内部通信机制及对外部设备的易接入性，并使其对当今网络环境的支持非常自然顺畅。在当今许多新版UNIX系统中，更是增加了对TCP/IP协议的支持，使得UNIX系统的网络连接变得更加容易、更加便捷。优良的内部通信机制，简易方便的网络接入方式，快速简捷的网络信息处理方法都使UNIX系统成为构造良好网络环境的首选操作系统。

1.2 UNIX系统的发展史

对UNIX系统的研究可追溯到20世纪60年代末期，开始是由AT&T Bell实验室的研究人员Ken Thompson和Dennis Ritchie首先进行的。在今天看来，UNIX系统所展现和产生的市场商业价值是无比巨大的。但在当时，UNIX的构思与设计，既不是由其实验室的管理层提出的指令性计划，也没有某种商业利益的驱使，而是完全由于像Ken Thompson和Dennis Ritchie这样一些有独创思想的人，为了个人工作的需要而萌发出的个人创造的冲动。尽管在以后UNIX 30多年风风雨雨的发展史中，有众多的大公司和学校及科研单位的技术精英为UNIX的不断发展、壮大做出了巨大的贡献，但今天我们谈起UNIX来还是要感谢Ken Thompson和Dennis Ritchie，毕竟是他们创立了UNIX，使后来人受益匪浅。

纵观UNIX的发展史，尽管它有强大的Bell实验室做后盾，但依然还是经历了多次波折，观其发展过程可以有以下几个阶段：

1. 20世纪60年代到70年代，完成了系统内核的雏形

AT&T Bell实验室的工作人员、Ken Thompson及Dennis Ritchie都曾参加过Multics（一种多路存取计算机系统）的研制工作。在60年代开发的Multics中蕴含着许多现代计算机的新思想新技术，由于始创者的原因，Multics的设计过于复杂和粗糙，以致于远离了实际应用的需要，未能得到推广应用。但正是由于有了开发Multics的过程，才培育了一批具有创造力的天才；也正是由于有了设计Multics的经验，设计者们提出了多用户、分时系统的思想方法，这些在后来UNIX系统研制中起着非常重要的作用。

退出Multics的研究后，Bell实验室的工作人员为了改善自己的工作环境和在今后的工作中能够用到现代操作系统的技术和方法，决定创造一个自己的操作系统。不久，Ken ThomPson和Dennis Ritchie等人根据研制Multics的经验创造了新系统，被命名为GECOS，其主要功能是一个文件管理系统。后来他们在一台废弃的PDP-7机上编制了“Space Travel”（太空旅行）的程序，由于这一程序在当时计算机上实现显得过于复杂，使得他们不得不充分地利用文件管理系统的

第一部分 UNIX系统基础篇

优势对“太空旅行”程序进行设计和管理，后来他们在PDP-7上重写了GECOS的代码，并且完成了从PDP-7到GECOS的交叉汇编功能。这样设计者们在PDP-7上构造了一个新系统，由于它包含着Multics的技术精华，又比Multics简单实用，因此开发者为其取名UNIX，这就是UNIX系统的雏形。

2. 1978年，UNIX 7版问世

从UNIX系统雏形建立后，设计者们对它进行了多次的版本更新和新功能的扩展。除了完善文件系统的设计外，还增加了调度处理、系统界面设计、命令行结构管理等功能。最初的UNIX系统和当时的其他操作系统一样是用汇编语言完成的。在1971年的时候，Bell实验室的开发人员研制出了一种高级语言C，C语言当时主要是为操作系统设计而研制的。1973年UNIX系统的设计者们用C重新编写了UNIX系统的内核。用高级语言编写操作系统的绝大部分内核代码，在当时也是一种创举。显然相对于用汇编语言编写的系统来说，它的代码量有所增加，运行速度有所降低。但它的易读性、易改性、易移植性得到了大大的提高，并且降低和改善了代码与硬件一一对应的依赖关系，从而大大提高了工作质量与工作效率，使得操作系统的开发设计者们获益匪浅。因此，这一重大变革也可以说是今天UNIX系统能够得到迅速推广和发展的一个重要原因。

1978年UNIX的第7版问世，当时UNIX系统已具有了相当的规模，功能已经比较完善。其中UNIX核心部分是由一万条指令构成的，而90%是用C语言完成的。AT&T当时向世界的各大学进行发布和做系统拷贝，掀起了一场UNIX系统研究开发的巨浪。正如有人所说：20世纪70年代，整整一代计算机科学家是在UNIX系统中成长起来的。

3. 20世纪80年代初，UNIX商业化阶段

UNIX系统的发展势头，使商家从中看到了商机。许多商家开始了商业运营，当时形成了多个UNIX系统研究开发的组织机构，如Bell实验室派，他们完成了UNIX新版本的开发，继第7版后又研制出了UNIX SYSTEM III、UNIX V.1、V.2等；以Berkeley大学为主的大学派，在UNIX第7版的基础上研制了BSD3、BSD4.0、BSD4.1、BSD4.3等；以微软为主的软件开发商研制的微机版本UNIX系统，XEUNIX系列；以计算机制造商IBM和HP为首的大公司开发者们也相继研制出了相应的UNIX版本（如AIX、HPUNIX，等等）。在那段时间里，UNIX系统可谓是遍地开花，研制的产品也五花八门、各有所长。

此时许多商业版本的UNIX系统虽然都采用了UNIX第7版作为系统的核心，但在应用功能上已经有了很大的改变，其中的一些优秀的版本中已初见了许多现代操作系统的特征。因此说，这一时期的UNIX系统发展为当今商业版的UNIX系统的开发成功积累了丰富的经验。

4. 1988年后，UNIX的标准化阶段

商业集团的参与使UNIX的各种版本开发速度加快，UNIX系统的设计与开发朝着系统功能越来越齐全、软件模块越来越丰富、系统规模越来越庞大、用户群越来越多的方向发展。在这个阶段中，用户手中有多个变异的UNIX系统。虽然各个开发商都称自己的系统与某某UNIX系统标准版兼容，但用户在使用中却实实在在地感到了它们中存在着越来越大的差异。用户常常因为需要使用这种软件工具而要安装支持这一软件的操作系统，当需要使用另一种软件时还要安装支持它的另一种操作系统，结果有的用户机器中经常安装了很多种操作系统，给用户的工作带来了极大

的麻烦。若任由这种局面继续发展下去，势必会产生无法计数的变异UNIX系统的混乱局面，也必将会给用户带来更大的不便。这样很可能会因此失去大量的用户群，从而断送了UNIX系统来之不易的大好发展时机。鉴于此种情况，由几个最具实力的开发者们向业界提出了强化UNIX系统设计开发，制订UNIX系统标准等问题的倡议。

1988年春，AT&T与SUN公司结盟，宣布开发UNIX SYSTEM V.4，在其中包容了AT&T的System V、Sun OS、XENIX的各种特性，并要将其作为一种UNIX操作系统的技术标准进行发布。

1988年中期，一些系统销售商为了占有市场份额，也组织了一个联合体（最初是由IBM、HP、DEC发起的），称为OSF（开放软件基金会），致力于开发独立版本的UNIX系统。从当时的形势来看，这些世界上最具实力的厂商和集团公司的做法，虽然带有浓重的商业色彩，但在实际中确实起到了促使UNIX系统的设计与开发走向相对统一、共同开发的道路的作用。这一时期制定了许多优秀的研制开发工具和开发应用接口的标准，经权威部门认证后，将其正式作为UNIX系统的标准，并要求今后的开发者们必须遵照其执行。如著名的Motif用户界面标准就是这一时期的产物，毋庸置疑，这种由国际权威机构制定标准，并由许多业界著名大公司、集团参加的竞争机制对UNIX系统的发展起到了积极的作用，从而使UNIX系统的开发工作进入了一种良性的竞争发展轨道。

5. 20世纪90年代后，并行处理及分布式网络系统大发展

进入20世纪90年代后，计算机技术最显著的发展是并行多处理技术和分布式网络处理技术的实现。计算机系统中出现的多处理机并行处理和多用户系统中分布处理的请求以及网络中资源的共享等都为UNIX系统提供了新的发展空间。这个时期的UNIX系统主要发展了并行处理功能、分布式处理功能和网络服务能力，如RS/6000上的新版AIX系统、SUN服务器上的Solaris 7等系统就是这类系统的典范。

应该指出的是，在UNIX发展的过程中产生了许多基于UNIX SYSTEM V的变种版本，这些UNIX系统，无论在命令使用上、系统表现特征上都与UNIX的SVR4很相似，例如：

1) AIX——是IBM公司的UNIX操作系统版本，与SVR4兼容。它针对IBM的计算机硬件环境对系统进行了优化和增强。

2) HP-UX——是HP公司的UNIX系统版本，是基于UNIX SYSTEM V第2版开发的。它主要应用在HP的计算机和工作站上。

3) Solaris——原来称为Sun OS，是SUN公司基于UNIX SYSTEM V的第2版并结合BSD 4.3开发的。Solaris 2.4上开发了许多图形用户界面的系统工具和应用程序，它主要应用在SUN的计算机和工作站上。

4) Linux——是为PC机设计的UNIX版本，它是由芬兰的赫尔辛基大学计算机专业的学生Linus Torvalds的天才创意而来的。它是一个免费使用的系统，自发布以来，有许多操作系统爱好者对它进行了补充、修改和增强，目前是在PC机上十分流行的UNIX版本。

当今的UNIX系统已发展成为系统可变动性强、以对称式多处理器为核心的功能强大、具有分布式处理能力的现代操作系统。现代的UNIX系统无论从应用技术上，还是系统结构上都

第一部分 UNIX系统基础篇

与当年的GECOS有很大的差别。今天我们学习UNIX技术，就要将其作为一个系统工程的范例来学习，不但要了解它的发展过程，基本的处理技术，还要了解它的发展状况和新功能的扩展等。

我国的UNIX应用与我国的计算机技术应用有着密切的联系。20世纪90年代以前，我国的UNIX系统的应用主要集中在金融、保险、通信、交通管理等国家关键部门。其后，随着我国的微机市场占有率的不断加大，微机版操作系统已远远不能满足大的计算机群和网络信息管理的需要。近几年来有许多用户从原有的微机应用中逐渐地转入到各种通用中、大机型及工作站的计算机应用上。目前UNIX系统在我国已有了较大的占有率，应用比较广泛的是Linux系统。其内码的开放性，正在越来越多地赢得用户的青睐，我国政府也在投入大量的人力、物力对其技术进行研究和开发。无数优秀的软件技术人员在努力奋斗，争取开发出具有自主知识产权的操作系统，为我们的国防和现代化建设服务。

1.3 UNIX系统的基本结构

传统的UNIX系统可以看成是层次型结构，在其结构上有如下几个层次：

1) 硬件层 (Hardware)：支持UNIX的硬件平台很多，可以从PC机、工作站到中、大型机等等。

2) 系统内核层 (System Kernel)：UNIX系统的内核负责计算机系统资源管理和进程调度分配，其中包括中断处理、存储器管理、进程管理和I/O文件管理等多种基本程序。它在整个系统中是一个核心机构，为系统的运行提供最基础的支持。也可以说UNIX的内核是计算机硬件的第一次延伸(扩展)，在内核中通常是通过原语操作实现各种控制和管理功能。对用户而言，它以向用户提供一种接口的方式进行服务。

3) shell及专用程序层：shell是UNIX系统的重要组成部分，它具有多种功能。其主要的功能是完成用户命令的解释执行，完成UNIX系统用户工作环境的设定，以及进行shell程序的设计等。

在系统设计中，为了保持shell的简捷性，通常在系统中只驻留少量的常用UNIX系统命令集合，而将大量的、功能强大的命令以实用程序形式提供给用户。这些实用程序在shell中只提供一个命令接口，命令的执行程序放在实用程序中，因此不同版本的UNIX系统中的实用程序部分(有时也称为核外程序部分)的内容都比较丰富，且各具特色。有些实用程序为了完成功能强大的命令，其本身可能就是一个小的应用系统。

其中编译部件(主要用来对编译器提供技术支持)也在shell及专用程序层上。

4) 用户程序层 (Use Program)：在shell和专用程序的外部，与编译器(Compiler)同处最外层的是用户的实际应用程序。

编译器(包括编译器、汇编器及加载器。主要完成将用户程序编译成系统可识别和处理的形式)也在用户程序层上。

UNIX系统层次结构如图1-1所示。图中系统内核层是UNIX的核心模块，在以后的章节中我们将对其做更为详细的介绍。核心部分的内部结构，其结构如图1-2所示。