

TURING

图灵计算机科学丛书

Addison  
Wesley

# UNIX环境高级编程 (第2版)

Advanced Programming in the UNIX Environment  
Second Edition

[美] W. Richard Stevens Stephen A. Rago 著  
尤晋元 张亚英 戚正伟 译

人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

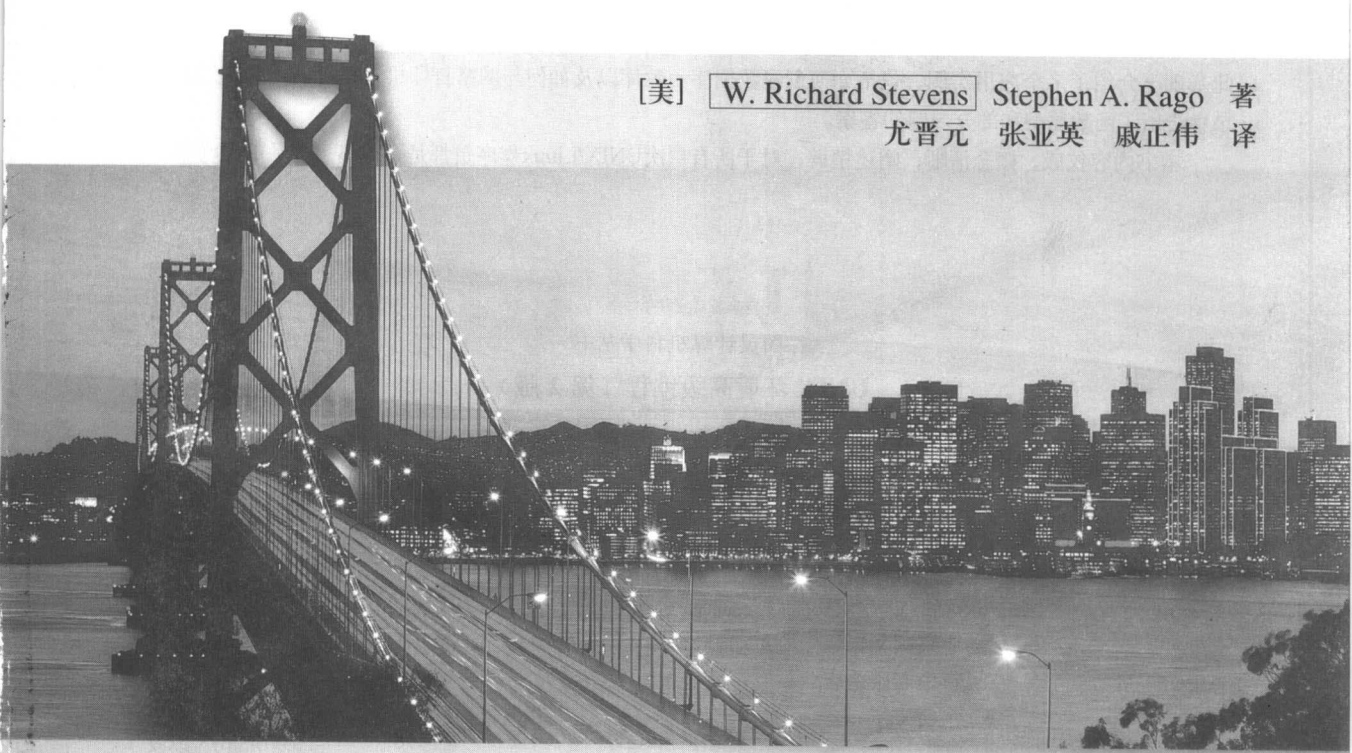
TURING

图灵计算机科学丛书

# UNIX环境高级编程 (第2版)

Advanced Programming in the UNIX Environment  
Second Edition

[美] W. Richard Stevens Stephen A. Rago 著  
尤晋元 张亚英 戚正伟 译



 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

## 图书在版编目 (CIP) 数据

UNIX 环境高级编程: 第 2 版 / (美) 史蒂文斯, (美) 拉戈著; 尤晋元, 张亚英, 戚正伟译.  
—北京: 人民邮电出版社, 2006.5

(图灵计算机科学丛书)

ISBN 7-115-14731-0

I. U... II. ①史...②拉...③尤...④张...⑤戚... III. UNIX 操作系统—程序设计  
IV. TP316.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 036726 号

## 内 容 提 要

本书是被誉为UNIX编程“圣经”的*Advanced Programming in the UNIX Environment*一书的第2版。在本书第1版出版后的十几年中, UNIX行业已经有了巨大的变化, 特别是影响UNIX编程接口的有关标准变化很大。本书在保持了前一版风格的基础上, 根据最新的标准对内容进行了修订和增补, 反映了最新的技术发展。书中除了介绍UNIX文件和目录、标准I/O库、系统数据文件和信息、进程环境、进程控制、进程关系、信号、线程、线程控制、守护进程、各种I/O、进程间通信、网络IPC、伪终端等方面的内容, 还在此基础上介绍了多个应用实例, 包括如何创建数据库函数库以及如何与网络打印机通信等。此外, 还在附录中给出了函数原型和部分习题的答案。

本书内容权威, 概念清晰, 阐述精辟, 对于所有层次UNIX/Linux程序员都是一本不可或缺的参考书。

图灵计算机科学丛书

### UNIX 环境高级编程 (第 2 版)

- 
- ◆ 著 [美] W. Richard Stevens Stephen A. Rago  
译 尤晋元 张亚英 戚正伟  
责任编辑 杨海玲
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京顺义振华印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 48 75  
字数 1 271 千字 2006 年 5 月第 1 版  
印数 1-6 000 册 2006 年 5 月北京第 1 次印刷  
著作权合同登记号 图字: 01-2005-5231 号

---

ISBN 7-115-14731-0/TP · 5379

定价: 99.00 元

读者服务热线: (010) 88593802 印装质量热线: (010) 67129223

# 译者简介

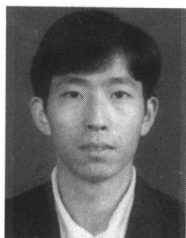
---



**尤晋元** 上海交通大学计算机科学及工程系教授、博士生导师。在科研方面，主要从事操作系统和分布对象计算技术方面的研究；在教学方面，长期承担操作系统及分布计算等课程的教学工作。主编和翻译了多本操作系统教材和参考书，包括《UNIX操作系统教程》、《UNIX高级编程技术》、《UNIX环境高级编程》和《操作系统：设计与实现》等。



**张亚英** 博士，毕业于上海交通大学计算机软件与理论专业，现任教于同济大学计算机系。研究方向为分布与移动计算、嵌入式系统以及系统软件等。



**戚正伟** 博士，毕业于上海交通大学计算机软件与理论专业，现任教于上海交通大学软件学院。主要研究领域为分布式计算、形式化方法以及事务处理。在国内外发表论文十余篇。

# 译者序

---

*Advance Programming in the UNIX Environment* 问世于1992年，作者是UNIX和网络技术领域的国际知名专家W. Richard Stevens。该书出版以来受到读者的普遍欢迎和好评，认为它是“在UNIX环境下进行程序设计的有关人员必读且经常需要查阅的首选参考书”。UNIX的原创者Dennis Ritchie则称其是“公认的优秀、匠心独具的名著”。自第1版以来，UNIX系统及相关产业已经发生了很多变化，特别是UNIX相关标准的制定取得很大进展，UNIX系统采用的某些新技术已日趋成熟，典型的UNIX系统平台也有所改变，而Linux的兴起、快速发展和广泛应用更为世人瞩目。这些都使得该书有修订的必要，以反映这些变化。由于W. Richard Stevens已于1999年辞世，所以该书的出版商美国Addison Wesley公司邀请原作者的好友，同样在UNIX领域中有很深造诣的Stephen A. Rago承担了修订该书的工作。经修订后，*Advance Programming in the UNIX Environment* 第2版于2005年出版。它既保持了原书的基本结构、内容和风格，又有一定幅度的增删，全书依据POSIX.1的最新标准改写，内容更加丰富，在线程和多线程编程以及套接字方面增加了专门章节，使用的典型平台更改为FreeBSD 5.2.1、Linux 2.4.22、Solaris 9和Darwin 7.4.0。另外Stephen A. Rago在UNIX编程方面也具有极丰富的经验，这些都非常自然地反映到了本版中。除此之外，第2版的主要特点与第1版基本相同：

(1) 内容丰富实用，包含了在UNIX环境下进行程序设计所需的各方面内容。它既能满足UNIX环境下一般程序设计人员的要求，又常常能使需要解决各种疑难问题的高级程序设计人员找到满意的答案。

(2) 提供了大量应用实例。书中既有说明单个系统调用和库函数使用方法的小程序，也有综合应用它们的较大程序。这些程序的源代码总计10 000行以上，全部用ISO C编写。

(3) 为了说明系统调用和库函数的应用技术及其可能发生的各种问题，在必要时对UNIX内核的数据结构和算法进行了说明。这种理论与应用实践的结合，非常有助于读者提高程序设计的水平。

本书的第11章、第12章以及索引由同济大学计算机系张亚英博士翻译，第16章和第21章由上海交通大学软件学院戚正伟博士翻译，上海交通大学计算机系尤晋元教授翻译了其余章节，并对全书进行统稿。本书第1版中译本于2000年出版以来，很多读者对其提出了许多宝贵意见，在本版中我们尽量采纳了这些意见。同时，我们的工作还得到上海交通大学计算机系陈英副教授、唐新怀博士、贺小箭博士和计算机系以及软件学院许多学生（包括姜义、梁宏鑫、何巍、包云程、周绪宏、金雪骥、高少琛和陈熹等）的帮助，在此一并表示感谢。还要特别感谢人民邮电出版社图灵公司的武卫东、杨海玲等在本书的策划、编辑及出版方面所做的努力。

我们希望本书的出版对相关科技人员和读者会有所帮助，同时也期待广大专家和读者提出宝贵意见。

# 序

---

我差不多每次在接受专访当中，或是做技术讲座后的提问时间里，总会被问及这样一个问题：“你想到过UNIX会生存这么长时间吗？”自然，每次的回答都是：没有，我们没想到会是这样。从某种角度说，UNIX系统已经伴随了商用计算行业历史的大半，而这也早就不是什么新闻了。

发展的历程错综复杂，充满变数。自20世纪70年代初以来，计算机技术经历了沧海桑田般的变化，尤其体现在网络技术的普遍应用、图形化的无所不在和个人计算的触手可及，然而UNIX系统却奇迹般地容纳和适应了所有这些变化。虽然商业应用环境在桌面领域目前仍然为微软和英特尔所统治，但是在某些方面已经从单一供应商向多种来源转变，近年来对公共标准和免费开放资源的信赖已经与日俱增。

UNIX作为一种现象而不单是商标品牌，有幸能与时俱进，乃至领导潮流。在20世纪70~80年代，AT&T虽对UNIX的实际源代码进行了版权保护，但却鼓励在系统的接口和语言基础上进行标准化的工作。例如，AT&T发布了SVID (System V Interface Definition, 系统V接口定义)，这成为POSIX及其后续工作的基础。后来，UNIX可以说相当优雅地适应了网络环境，虽不那么轻巧却也充分地适应了图形环境。再往后，开源运动的技术基础中集成了UNIX的基本内核接口和许多它独特的用户级工具。

即使在UNIX软件系统本身还是专有的时候，鼓励出版UNIX系统方面的论文和书籍也是至关重要的，著名的例子就是Maurice Bach的《UNIX操作系统设计》一书。其实我要说明的是，UNIX长寿的主要原因是，它吸引了极具天分的技术作者，为大众解读它的优美和神秘所在。Brian Kernighan是其中之一，Rich Stevens自然也是。本书第1版连同Stevens所著的系列网络技术书籍，被公认为优秀的、匠心独具的名著，成为极其畅销的作品。

然而，本书第1版毕竟出版时间太早了，那时还没有出现Linux，源自伯克利CSRG的UNIX接口的开源版本还没有广为流行，很多人的网络还在用串行调制解调器。Steve Rago认真仔细地更新了本书，以反映所有这些技术进展，同时还考虑到各种ISO标准和IEEE标准这些年来的变化。因此，他的例子是最新的，也是最新测试过的。

总之，这是一本弥足珍贵的经典著作的更新版。

Dennis Ritchie

2005年3月于新泽西州Murray Hill市

# 前 言

---

## 引言

我与Rich Stevens最早是通过电子邮件开始交往的，当时我发邮件报告他的第一本书《UNIX网络编程》的一个排版错误。他回信开玩笑说我是第一个给他发这本书勘误的人。到他1999年故去之前，我们时不时地会通些邮件，一般都是在有了问题认为对方能解答的时候。我们在USENIX会议期间多次相见，并共进晚餐；Rich在会议中给大家做技术培训。

Rich Stevens真是益友，行为举止很有绅士风度。我在1993年写《UNIX系统V网络编程》时，试图把书写成他的《UNIX网络编程》的系统V版。Rich发自内心地高兴地为我审阅了好几章，并不把我当成竞争对手，而是当作一起写书的同事。我们曾多次谈到要合作给他的《TCP/IP详解》写个STREAMS版。天若有情，我们或许已经完成了这个心愿。然而，Rich已经驾鹤西去，修订《UNIX环境高级编程》就成为我跟他一起写书的最易实现的方式。

当Addison-Wesley公司的编辑找到我说想修订Rich的这本书时，我第一反应是这本书没有多少要改的。尽管13年过去了，Rich的书还是巍然屹立。但是，与当初本书出版的时候相比，今日的UNIX行业已经有了巨大的变化。

- 系统V的各个变种渐渐被Linux所取代。原来生产硬件配以各自的UNIX版本的几个主要厂商，要么提供了Linux的移植版本，要么宣布支持Linux。Solaris可能算是硕果仅存的占有一定市场份额的UNIX系统V版本4的后裔了。
- 加州大学伯克利分校的CSRG（计算机科学研究组）在发布了4.4BSD之后，已经决定不再开发UNIX操作系统，只有几个志愿者小组还维护着一些可公开获得的版本。
- Linux受到数以千计的志愿者的支持，它的引入使任何一个拥有计算机的人都能运行类似于UNIX系统的操作系统，并且可以免费获得源代码支持哪怕最新的硬件设备。在已经存在几种免费BSD版本的情况下，Linux的成功确实是个奇迹。
- 苹果公司作为一个富有创新精神的公司，已经放弃了老的Mac操作系统，换之以一个在Mach和FreeBSD基础上开发的新系统。

因此，我已经努力更新本书中的内容，以反映这四种平台。

在Rich 1992年出版《UNIX环境高级编程》之后，我扔掉了手头几乎所有的UNIX程序员手册。这些年来，我桌上最常摆放的就是两本书，一本是字典，另一本就是《UNIX环境高级编程》。我希望读者也能认为本修订版一样有用。

## 对第1版的改动

Rich的书依然屹立，我试图不去改动他这本书原来的风格。但是13年间世事兴衰，尤其是影响UNIX编程接口的有关标准变化很大。

我依据标准化组织的标准，更新了全书相关的接口方面的内容。第2章改动较大，因为它主要是讨论标准的。本书第1版是根据POSIX.1标准的1990年版写的，本修订版依据2001年版的新标准，内容要丰富很多。1990年ISO的C标准在1999年也更新了，有些改动影响到POSIX.1标准中的接口。

目前的POSIX.1规范涵盖了更多的接口。The Open Group（原称X/Open）发布的“Single UNIX Specification”的基本规范现在已经并入POSIX.1，后者包含了几个1003.1标准和另外几个标准草案，原来这些标准是分开出版的。

我也相应地增加了些章节讨论新主题。线程和多线程编程是相当重要的概念，因为它们为程序员处理并发和异步提供了更清晰的方式。

套接字接口现在也是POSIX.1的一部分了。它为进程间通信（IPC）提供了单一的接口，而不考虑进程的位置。它成为IPC章节的自然扩展。

我省略了POSIX.1中的大部分实时接口。这些内容最好是在一本专门讲述实时编程的书中介绍。参考文献里有一本这方面的书。

我把最后几章的案例研究也更新了，用了更接近现实的例子。例如，现在很少有系统通过串口或并口连接PostScript打印机了，多数PostScript打印机是通过网络连接的，所以我对PostScript打印机通信的例子做了修改。

有关调制解调器通信的那一章如今已经不太适用了。原始材料我们保留在本书网站上，有两种格式：PostScript (<http://www.apuebook.com/lostchapter/modem.ps>) 和PDF (<http://www.apuebook.com/lostchapter/modem.pdf>)。

书中实例的源代码也可以从[www.apuebook.com](http://www.apuebook.com)上获得。多数实例已经在下述四种平台上运行过：

(1) FreeBSD 5.2.1，这是加州大学伯克利分校CSRG的4.4BSD的一个变种，在英特尔奔腾处理器上运行。

(2) Linux 2.4.22 (Mandrake 9.2发布)，是一个免费的类UNIX操作系统，运行于英特尔奔腾处理器上。

(3) Solaris 9，是Sun公司系统V版本4的变种，运行于64位的UltraSPARC III处理器上。

(4) Darwin 7.4.0，是基于FreeBSD和Mach的操作系统环境，也是Apple Mac OS X 10.3版本的核心，运行于PowerPC处理器上。

## 致谢

（首先要感谢）Rich Stevens独立创作了本书第1版，它立即成为一本经典著作。

没有家人的支持，我不可能修订此书。他们容忍我满屋子散落稿纸（比平常还甚），霸占了家里的好几台机器，成天埋头于电脑屏幕前。我的妻子Jeanne甚至亲自动手帮我在一台测试的机器上安装了Linux。

多名技术审校者提出了很多改进意见，确保内容准确。我非常感谢David Bausum、David Boreham、Keith Bostic、Mark Ellis、Phil Howard、Andrew Josey、Mukesh Kacker、Brian Kernighan、Bengt Kleberg、Ben Kuperman、Eric Raymond和Andy Rudoff。

我还要谢谢Andy Rudoff给我解答有关Solaris的问题，谢谢Dennis Ritchie不惜花时间从故纸堆中为我寻找有关历史方面问题的答案。再次谢谢Addison-Wesley公司的员工，与他们合



作令人愉快，谢谢Tyrrell Albaugh、Mary Franz、John Fuller、Karen Gettman、Jessica Goldstein、Noreen Regina和John Wait。特别感谢Evelyn Pyle细致地编辑了本书。

就像Rich曾经做到的那样，我非常欢迎读者发来邮件，发表评论，提出建议，订正错误。

Stephen A.Rago

sar@apuebook.com

2005年4月于新泽西州Warren市

# 第1版前言

---

## 引言

本书描述了UNIX系统的程序设计接口——系统调用接口和标准C库提供的很多函数。本书针对的是所有的程序员。

与大多数操作系统一样，UNIX为程序运行提供了大量的服务——打开文件，读文件，启动一个新程序，分配存储区以及获得当前时间等。这些服务被称为系统调用接口（system call interface）。另外，标准C库提供了大量广泛用于C程序中的函数（格式化输出变量的值，比较两个字符串等）。

系统调用接口和库函数可参见《UNIX程序员手册》第2、3部分。本书不是这些内容的重复。手册中没有给出实例及基本原理，而这些则正是本书所要讲述的内容。

## UNIX标准

20世纪80年代出现了各种版本的UNIX，20世纪80年代后期在此基础上制定了数个国际标准，包括C程序设计语言的ANSI标准、IEEE POSIX标准系列（还在制定中）、X/Open可移植性指南。

本书也介绍了这些标准，但是并不只是说明标准本身，而是着重说明它们与应用广泛的一些实现（主要指SVR4以及即将发布的4.4BSD）之间的关系。这是一种贴近现实世界的描述，而这正是标准本身以及仅描述标准的文献所缺少的。

## 本书的组织

本书分为6个部分：

(1) 对UNIX程序设计基本概念和术语的简要描述（第1章），以及对各种UNIX标准化工作和不同UNIX实现的讨论（第2章）。

(2) I/O——不带缓冲的I/O（第3章）、文件和目录（第4章）、标准I/O库（第5章）和标准系统数据文件（第6章）。

(3) 进程——UNIX进程的环境（第7章）、进程控制（第8章）、进程之间的关系（第9章）和信号（第10章）。

(4) 更多的I/O——终端I/O（第11章）、高级I/O（第12章）和守护进程（第13章）。

(5) IPC——进程间通信（第14和15章）。

(6) 实例——一个数据库的函数库（第16章）、与PostScript 打印机的通信（第17章）、调制解调器拨号程序（第18章）和使用伪终端（第19章）。

如果对C语言较熟悉并具有某些应用UNIX的经验，对学习本书将非常有益，但是并不要求读者必须具有UNIX编程经验。本书面向的读者主要是：熟悉UNIX的程序员和熟悉其他某

个操作系统且希望了解大多数UNIX系统提供的各种服务细节的程序员。

## 本书中的实例

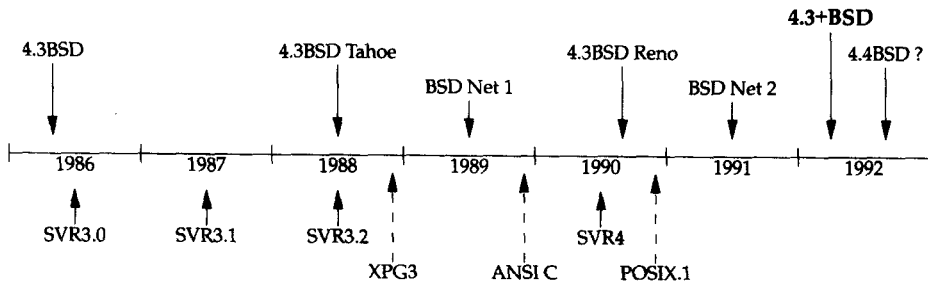
本书包含了大量实例——大约10 000行源代码。所有实例都用ANSI C语言编写。在阅读本书时，建议准备一本你所使用的UNIX系统的《UNIX程序员手册》，在细节方面有时需要参考该手册。

几乎对于每一个函数和系统调用，本书都用一个小的完整的程序进行了演示。这可以让读者清楚地了解它们的用法，包括参数和返回值等。有些小程序还不足以说明库函数和系统调用的复杂功能和应用技巧，所以书中还包含了一些较大的实例（见第16~19章）。

所有实例的源代码文件都可在因特网上用匿名ftp从因特网主机ftp.uu.net的published/books/stevens.advprog.tar.Z文件下载。读者可以在自己的机器上修改并运行这些源代码。

## 用于测试实例的系统

不幸的是，所有的操作系统都在不断变更，UNIX也不例外。下图给出了系统V和4.xBSD最近的进展情况。



4.xBSD是由加州大学伯克利分校CSRG开发的。该小组还发布了BSD Net1和BSD Net2版，其公开的源代码源自4.xBSD系统。SVR<sub>x</sub>表示AT&T的系统V第x版。XPG3指X/Open可移植性指南的第3个发行版。ANSI C是C语言的ANSI标准。POSIX.1是IEEE和ISO的类UNIX系统接口标准。2.2节和2.3节将对这些标准和不同版本之间的差别做更多的说明。

**本书中用4.3+BSD表示源自伯克利的介于BSD Net2和4.4BSD之间的UNIX系统。**

在本书写作时，4.4BSD尚未发布，所以不能称一个系统是4.4BSD的。为了用一个简单的名字来引用该系统，故使用4.3+BSD。

本书中的大多数实例曾在下面4种UNIX系统上运行过：

- (1) U.H公司（UHC）的UNIX系统V/386 R4.0.2（vanilla SVR4），运行于Intel 80386处理器上。
- (2) 加州大学伯克利分校CSRG的4.3+BSD，运行于惠普工作站上。
- (3) 伯克利软件设计公司的BSD/386（是BSD Net2的变种），运行于Intel 80386处理器上。该系统与4.3+BSD几乎相同。
- (4) Sun公司的SunOS 4.1.1和4.1.2（该系统与伯克利系统有很深的渊源，但也包含了许多系统V的特性），运行于SPARCstation SLC上。

本书还提供了许多时间测试及用于测试的实际系统。

## 致谢

在过去的一年半中，家人给予了我大力支持和爱，因为写书我们失去了很多快乐的周末，我深感歉疚。写书从许多方面影响了整个家庭。谢谢Sally、Bill、Ellen和David。

我要特别感谢Brian Kernighan对我写作此书的帮助。他审阅了全部书稿，不但提出了大量有洞察力的技术意见，还委婉地指出了多处修辞问题，但愿我能够在最终成稿中已经加以体现。Steve Rago也成为了我的创作源泉，不但审阅了全部书稿，还为我解答了有关系统V的许多技术细节和历史问题。还要感谢Addison-Wesley公司邀请的其他技术审校者，他们对书稿的各个部分提出了很有价值的意见，他们是Maury Bach、Mark Ellis、Jeff Gitlin、Peter Honeyman、John Linderman、Doug McIlroy、Evi Nemeth、Craig Partridge、Dave Presotto、Gary Wilson、Gary Wright。

（感谢）加州大学伯克利分校CSRG的Keith Bostic和Kirk McKusick给了我一个账号，可在最新的BSD系统上测试书中实例。（也要感谢Peter Salus）UHC的Sam Nataros和Joachim Sacksen给我提供了一份SVR4，用来测试书中例子。Trent Hein则帮助我获得BSD/386的alpha和beta版。

其他朋友在过去这些年以各种方式提供了帮助，看似不大，却非常重要。他们是Paul Lucchina、Joe Godsil、Jim Hogue、Ed Tankus和Gary Wright。本书的编辑是Addison-Wesley公司的John Wait，他自始至终是我的忠实朋友。我不断地延期交稿，写作篇幅也一再超过计划，他从不抱怨。特别还要感谢美国国家光学天文台（NOAO），尤其是Sidney Wolff、Richard Wolff和Steve Grandi，为我提供准确的计算机时间。

真正的UNIX书应该用troff写成，本书也遵循了这一优秀传统。最终清样是作者用James Clark写的groff软件包做出的。非常感谢James Clark提供了这个优异的写作软件，并迅速地修正其中所发现的bug。也许有一天我会最终弄清楚troff软件做页脚的技巧。

我十分欢迎读者发来电子邮件，发表评论，提出建议，订正错误。

W.Richard Stevens

rstevens@kohala.com

<http://www.kohala.com/~rstevens>

1992年4月于亚利桑那州塔克森市

# 目 录

第1章 UNIX基础知识 .....	1	2.5.2 POSIX限制 .....	30
1.1 引言 .....	1	2.5.3 XSI限制 .....	32
1.2 UNIX体系结构 .....	1	2.5.4 sysconf、pathconf和fpathconf 函数 .....	32
1.3 登录 .....	1	2.5.5 不确定的运行时限制 .....	38
1.4 文件和目录 .....	3	2.6 选项 .....	42
1.5 输入和输出 .....	6	2.7 功能测试宏 .....	44
1.6 程序和进程 .....	8	2.8 基本系统数据类型 .....	45
1.7 出错处理 .....	10	2.9 标准之间的冲突 .....	45
1.8 用户标识 .....	12	2.10 小结 .....	46
1.9 信号 .....	14	习题 .....	46
1.10 时间值 .....	15	第3章 文件I/O .....	47
1.11 系统调用和库函数 .....	16	3.1 引言 .....	47
1.12 小结 .....	17	3.2 文件描述符 .....	47
习题 .....	18	3.3 open函数 .....	48
第2章 UNIX标准化及实现 .....	19	3.4 creat函数 .....	49
2.1 引言 .....	19	3.5 close函数 .....	50
2.2 UNIX标准化 .....	19	3.6 lseek函数 .....	50
2.2.1 ISO C .....	19	3.7 read函数 .....	53
2.2.2 IEEE POSIX .....	20	3.8 write函数 .....	54
2.2.3 Single UNIX Specification .....	25	3.9 I/O的效率 .....	54
2.2.4 FIPS .....	26	3.10 文件共享 .....	56
2.3 UNIX系统实现 .....	26	3.11 原子操作 .....	59
2.3.1 SVR4 .....	26	3.12 dup和dup2函数 .....	60
2.3.2 4.4BSD .....	27	3.13 sync、fsync和fdatasync函数 .....	61
2.3.3 FreeBSD .....	27	3.14 fcntl函数 .....	62
2.3.4 Linux .....	27	3.15 ioctl函数 .....	66
2.3.5 Mac OS X .....	28	3.16 /dev/fd .....	67
2.3.6 Solaris .....	28	3.17 小结 .....	68
2.3.7 其他UNIX系统 .....	28	习题 .....	68
2.4 标准和实现的关系 .....	28	第4章 文件和目录 .....	71
2.5 限制 .....	29	4.1 引言 .....	71
2.5.1 ISO C限制 .....	29	4.2 stat、fstat和lstat函数 .....	71

4.3 文件类型 .....	72	5.15 小结 .....	130
4.4 设置用户ID和设置组ID .....	74	习题 .....	130
4.5 文件访问权限 .....	75	<b>第6章 系统数据文件和信息</b> .....	133
4.6 新文件和目录的所有权 .....	77	6.1 引言 .....	133
4.7 access函数 .....	77	6.2 口令文件 .....	133
4.8 umask函数 .....	79	6.3 阴影口令 .....	136
4.9 chmod和fchmod函数 .....	81	6.4 组文件 .....	137
4.10 粘住位 .....	83	6.5 附加组ID .....	138
4.11 chown、fchown和lchown函数 .....	84	6.6 实现的区别 .....	139
4.12 文件长度 .....	85	6.7 其他数据文件 .....	139
4.13 文件截短 .....	86	6.8 登录账户记录 .....	140
4.14 文件系统 .....	86	6.9 系统标识 .....	141
4.15 link、unlink、remove和rename 函数 .....	89	6.10 时间和日期例程 .....	142
4.16 符号链接 .....	91	6.11 小结 .....	146
4.17 symlink和readlink函数 .....	94	习题 .....	146
4.18 文件的时间 .....	94	<b>第7章 进程环境</b> .....	147
4.19 utime函数 .....	95	7.1 引言 .....	147
4.20 mkdir和rmdir函数 .....	97	7.2 main函数 .....	147
4.21 读目录 .....	98	7.3 进程终止 .....	147
4.22 chdir、fchdir和getcwd函数 .....	102	7.4 命令行参数 .....	151
4.23 设备特殊文件 .....	104	7.5 环境表 .....	152
4.24 文件访问权限位小结 .....	106	7.6 C程序的存储空间布局 .....	152
4.25 小结 .....	106	7.7 共享库 .....	154
习题 .....	107	7.8 存储器分配 .....	154
<b>第5章 标准I/O库</b> .....	109	7.9 环境变量 .....	157
5.1 引言 .....	109	7.10 setjmp和longjmp函数 .....	159
5.2 流和FILE对象 .....	109	7.11 getrlimit和setrlimit函数 .....	164
5.3 标准输入、标准输出和标准出错 .....	110	7.12 小结 .....	168
5.4 缓冲 .....	110	习题 .....	168
5.5 打开流 .....	112	<b>第8章 进程控制</b> .....	171
5.6 读和写流 .....	114	8.1 引言 .....	171
5.7 每次一行I/O .....	116	8.2 进程标识符 .....	171
5.8 标准I/O的效率 .....	117	8.3 fork函数 .....	172
5.9 二进制I/O .....	119	8.4 vfork函数 .....	176
5.10 定位流 .....	120	8.5 exit函数 .....	178
5.11 格式化I/O .....	121	8.6 wait和waitpid函数 .....	179
5.12 实现细节 .....	125	8.7 waitid函数 .....	183
5.13 临时文件 .....	127	8.8 wait3和wait4函数 .....	184
5.14 标准I/O的替代软件 .....	130	8.9 竞争条件 .....	185
		8.10 exec函数 .....	188

8.11 更改用户ID和组ID .....	192	10.16 sigsuspend函数 .....	268
8.12 解释器文件 .....	196	10.17 abort函数 .....	274
8.13 system函数 .....	200	10.18 system函数 .....	276
8.14 进程会计 .....	203	10.19 sleep函数 .....	280
8.15 用户标识 .....	208	10.20 作业控制信号 .....	282
8.16 进程时间 .....	208	10.21 其他特征 .....	284
8.17 小结 .....	210	10.22 小结 .....	285
习题 .....	211	习题 .....	285
<b>第9章 进程关系</b> .....	<b>213</b>	<b>第11章 线程</b> .....	<b>287</b>
9.1 引言 .....	213	11.1 引言 .....	287
9.2 终端登录 .....	213	11.2 线程概念 .....	287
9.3 网络登录 .....	216	11.3 线程标识 .....	288
9.4 进程组 .....	218	11.4 线程的创建 .....	288
9.5 会话 .....	219	11.5 线程终止 .....	291
9.6 控制终端 .....	220	11.6 线程同步 .....	297
9.7 tcgetpgrp、tcsetpgrp和tcgetsid 函数 .....	221	11.7 小结 .....	311
9.8 作业控制 .....	222	习题 .....	311
9.9 shell执行程序 .....	225	<b>第12章 线程控制</b> .....	<b>313</b>
9.10 孤儿进程组 .....	228	12.1 引言 .....	313
9.11 FreeBSD实现 .....	230	12.2 线程限制 .....	313
9.12 小结 .....	231	12.3 线程属性 .....	314
习题 .....	232	12.4 同步属性 .....	318
<b>第10章 信号</b> .....	<b>233</b>	12.5 重入 .....	324
10.1 引言 .....	233	12.6 线程私有数据 .....	328
10.2 信号概念 .....	233	12.7 取消选项 .....	331
10.3 signal函数 .....	240	12.8 线程和信号 .....	333
10.4 不可靠的信号 .....	242	12.9 线程和fork .....	336
10.5 中断的系统调用 .....	244	12.10 线程和I/O .....	339
10.6 可重入函数 .....	246	12.11 小结 .....	340
10.7 SIGCLD语义 .....	248	习题 .....	340
10.8 可靠信号术语和语义 .....	250	<b>第13章 守护进程</b> .....	<b>341</b>
10.9 kill和raise函数 .....	251	13.1 引言 .....	341
10.10 alarm和pause函数 .....	252	13.2 守护进程的特征 .....	341
10.11 信号集 .....	256	13.3 编程规则 .....	342
10.12 sigprocmask函数 .....	258	13.4 出错记录 .....	345
10.13 sigpending函数 .....	259	13.5 单实例守护进程 .....	348
10.14 sigaction函数 .....	261	13.6 守护进程的惯例 .....	350
10.15 sigsetjmp和siglongjmp函数 .....	266	13.7 客户进程-服务器进程模型 .....	354
		13.8 小结 .....	354

习题	354	16.3.3 地址查询	442
<b>第14章 高级I/O</b>	<b>355</b>	16.3.4 将套接字与地址绑定	449
14.1 引言	355	16.4 建立连接	450
14.2 非阻塞I/O	355	16.5 数据传输	452
14.3 记录锁	357	16.6 套接字选项	464
14.4 STREAMS	370	16.7 带外数据	466
14.5 I/O多路转接	379	16.8 非阻塞和异步I/O	467
14.5.1 select和pselect函数	381	16.9 小结	468
14.5.2 poll函数	384	习题	468
14.6 异步I/O	386	<b>第17章 高级进程间通信</b>	<b>469</b>
14.6.1 系统V异步I/O	386	17.1 引言	469
14.6.2 BSD异步I/O	387	17.2 基于STREAMS的管道	469
14.7 readv和writev函数	387	17.2.1 命名的STREAMS管道	472
14.8 readn和writen函数	389	17.2.2 唯一连接	473
14.9 存储映射I/O	390	17.3 UNIX域套接字	476
14.10 小结	395	17.3.1 命名UNIX域套接字	477
习题	396	17.3.2 唯一连接	478
<b>第15章 进程间通信</b>	<b>397</b>	17.4 传送文件描述符	482
15.1 引言	397	17.4.1 经由基于STREAMS的管道传送 文件描述符	484
15.2 管道	398	17.4.2 经由UNIX域套接字传送文件 描述符	486
15.3 popen和pclose函数	403	17.5 open服务器版本1	493
15.4 协同进程	408	17.6 open服务器版本2	498
15.5 FIFO	412	17.7 小结	505
15.6 XSI IPC	415	习题	505
15.6.1 标识符和键	415	<b>第18章 终端I/O</b>	<b>507</b>
15.6.2 权限结构	416	18.1 引言	507
15.6.3 结构限制	417	18.2 综述	507
15.6.4 优点和缺点	417	18.3 特殊输入字符	512
15.7 消息队列	418	18.4 获得和设置终端属性	516
15.8 信号量	422	18.5 终端选项标志	516
15.9 共享存储	427	18.6 stty命令	522
15.10 客户进程-服务器进程属性	432	18.7 波特率函数	523
15.11 小结	434	18.8 行控制函数	524
习题	434	18.9 终端标识	524
<b>第16章 网络IPC: 套接字</b>	<b>437</b>	18.10 规范模式	529
16.1 引言	437	18.11 非规范模式	532
16.2 套接字描述符	437	18.12 终端的窗口大小	537
16.3 寻址	439	18.13 termcap, terminfo和curses	539
16.3.1 字节序	440		
16.3.2 地址格式	441		



18.14 小结 .....	540	20.5 集中式或非集中式 .....	572
习题 .....	540	20.6 并发 .....	574
<b>第19章 伪终端 .....</b>	<b>541</b>	20.7 构造函数库 .....	574
19.1 引言 .....	541	20.8 源代码 .....	575
19.2 概述 .....	541	20.9 性能 .....	598
19.3 打开伪终端设备 .....	544	20.10 小结 .....	600
19.3.1 基于STREAMS的伪终端 .....	547	习题 .....	601
19.3.2 基于BSD的伪终端 .....	549	<b>第21章 与网络打印机通信 .....</b>	<b>603</b>
19.3.3 基于Linux的伪终端 .....	551	21.1 引言 .....	603
19.4 pty_fork函数 .....	553	21.2 网络打印协议 .....	603
19.5 pty程序 .....	555	21.3 超文本传输协议 .....	605
19.6 使用pty程序 .....	559	21.4 打印假脱机技术 .....	605
19.7 高级特性 .....	564	21.5 源代码 .....	607
19.8 小结 .....	565	21.6 小结 .....	644
习题 .....	565	习题 .....	645
<b>第20章 数据库函数库 .....</b>	<b>567</b>	<b>附录A 函数原型 .....</b>	<b>647</b>
20.1 引言 .....	567	<b>附录B 其他源代码 .....</b>	<b>677</b>
20.2 历史 .....	567	<b>附录C 部分习题答案 .....</b>	<b>685</b>
20.3 函数库 .....	568	<b>参考书目 .....</b>	<b>709</b>
20.4 实现概述 .....	569	<b>索引 .....</b>	<b>715</b>