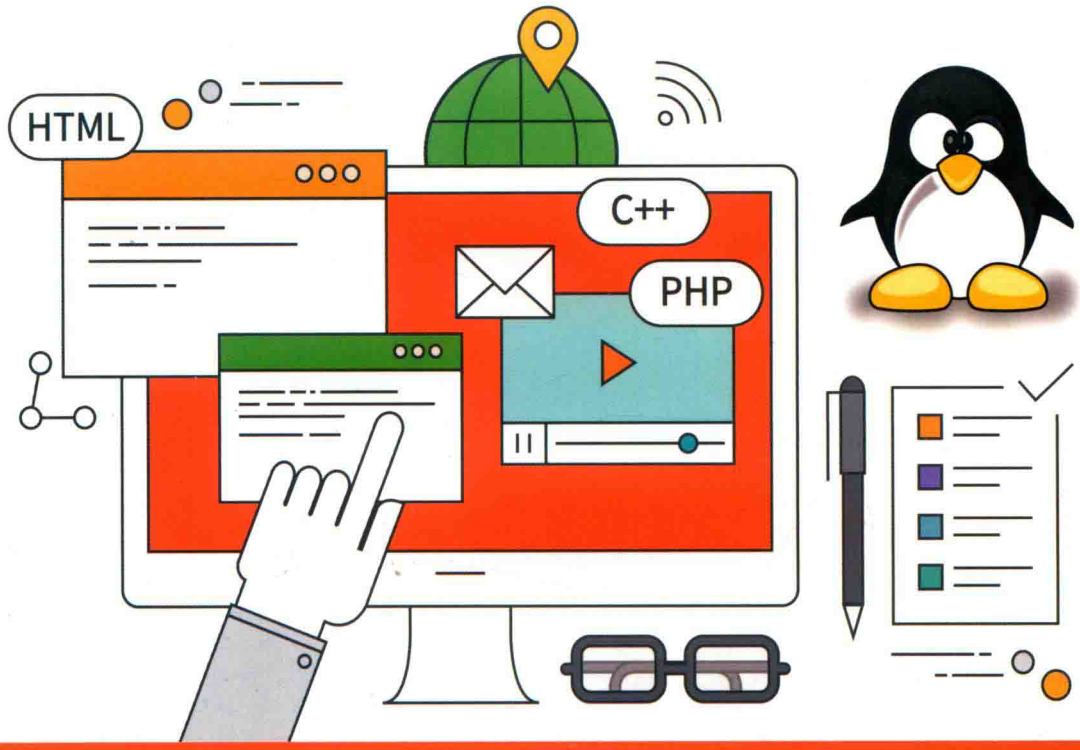
高等教育计算机学科“应用型”教材



Linux操作系统

（第3版）

邵国金◎主编　褚龙现　张娜◎副主编　郭玉东◎主审

中国工信出版集团
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

高等教育计算机学科“应用型”教材

Linux 操作系统（第 3 版）

邵国金　主　编
褚龙现　张　娜　副主编
郭玉东　主　审

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以红帽（Fedora 24、CentOS 7 和 RHEL 7.3）及 Ubuntu 16.04 系统为蓝本，分 4 篇介绍了 Linux 系统的基本操作、管理、编程和网络服务及应用。基础篇介绍了 UNIX/Linux 系统的基本知识和基本操作；系统管理篇介绍了 UNIX/Linux 系统的常用管理，内容包括用户、组和密码管理，文件系统管理及使用，进程、任务与作业管理，系统安装、扩充、启动与管理，设备管理，网络管理与网络应用及 SELinux、防火墙与系统安全等；编程与开发篇介绍了 bshell 编程、C/C++编程和 Java、Python 等其他编程环境；网络服务与应用篇介绍了 Linux 系统的常用网络应用与网络服务，包括网络基础服务 SSH 和 VNC、时间服务 NTP、Web 服务器 Apache、DHCP 服务器、FTP 与 TFTP 服务器、网络资源共享服务 Samba 和 NFS、域名服务器 DNS 等。

本书与以前版本的最大不同是引进了 Linux 系统的最新技术和应用，强化了安全技术 SELinux 与防火墙。

本书从培养“应用型”人才出发，兼顾基本知识和基本理论，内容翔实，结构清晰，具有较强的实用性和指导性；基于不断发展，安全稳定，为虚拟化、大数据和云计算提供最好支持的红帽和 Ubuntu 系统，具有广泛的代表性，且内容兼顾 UNIX。

本书可作为高等院校 UNIX/Linux 操作系统的教材，也可作为网络操作系统的实例教材，更可作为 UNIX/Linux 操作系统管理者和爱好者的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

Linux 操作系统/邵国金主编. —3 版. —北京：电子工业出版社，2018.1

ISBN 978-7-121-33046-9

Ⅰ. ①L… Ⅱ. ①邵… Ⅲ. ①Linux 操作系统－高等学校－教材 Ⅳ. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 281805 号

策划编辑：张贵芹

责任编辑：康 霞

印 刷：三河市良远印务有限公司

装 订：三河市良远印务有限公司

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

开 本：787×1092 1/16 印张：31.25 字数：800 千字

版 次：2008 年 1 月第 1 版

2018 年 1 月第 3 版

印 次：2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价：59.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

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。

本书咨询联系方式：（010）88254511；82470125@qq.com。

前　言

关于本书

Linux 是计算机爱好者的操作系统，也是专业人士的操作系统。这不仅因为她有一个自由的、开放源代码的王国，更因为她在 IT 新技术、新应用中有不俗的表现。通过学习 Linux，可使计算机爱好者掌握核心技术，成为计算机或操作系统的高手或专业人士。

UNIX 是 Linux 系统的前身，Linux 是对 UNIX 系统的发展，从某种意义上讲 Linux 就是某个版本的 UNIX，因此 Linux 像 UNIX 系统一样具有可靠、高效和稳定性等特点。从 Linux 到处都可看到 UNIX 系统的身影，因此可以说，学习了 Linux 就等于学习了 UNIX。

作为一个操作系统，Linux 早已涉足政府办公、军事战略和商业运行的方方面面，在电子政务、电子商务、网站建设、嵌入式、移动开发、虚拟化、云计算、大数据等众多领域大显身手，但我们必须承认，作为操作系统的 Linux，比 Windows 等具有更高的专业性，因此就管理和使用来讲，对用户有更高的要求。这也是编写本书的出发点之一。

本书是基于红帽（Fedora 24、CentOS 7 和 RHEL 7.3）及 Ubuntu（16.04）系统的，它们都具有开放、创新、前瞻性等特点，可运行的体系结构包括 X86、X86_64 和 PowerPC 等多种平台。由于 Linux 发展迅速，图形界面在不同版本间差别很大，所以本书主要侧重于字符、命令界面和基本知识、基本技能的介绍，并兼顾 UNIX 和 Linux。

本书结构

全书分为 4 篇，共 19 章，大致内容如下。

基础篇：包含系统简介、入门和 shell 与 shell 基本操作三章。通过对本篇的学习，用户可以掌握 Linux 基本知识和基本操作，并能处理一般性问题。

系统管理篇：包括用户、组和密码管理，文件系统管理及使用，进程、任务与作业管理，系统安装、扩充、启动与管理，设备管理，网络管理与网络基本应用和 Linux 系统安全等章节。本篇是传统 UNIX 和现代 Linux 系统的管理核心，通过对本篇的学习，可使用户掌握 UNIX 和 Linux 系统的常用管理内容。

编程与开发篇：包括 bshell 编程、C/C++及其他编程环境两章。通过对本篇的学习，可为系统综合管理和开发打下基础，从而使用户的管理、应用与开发水平提升到一个新层次。

网络服务与应用篇：包括网络时间服务 NTP、基础服务 SSH 和 VNC、Web 服务器 Apache、DHCP 服务器、FTP 与 TFTP 服务器、网络资源共享服务 Samba 和 NFS、域名服务器 DNS 等，重点介绍的是 Linux 的网络服务及应用。通过对本篇的学习，可使用户胜任网络应用、网络服务配置与管理等工作。

本书特点

本书的组织与编写基于编者二十多年的 UNIX/Linux 管理、应用和开发经验，力求层次

清楚、概念清晰、内容翔实、可操作性强，既便于读者循序渐进地系统学习，又能够使读者了解到 Linux 新的进展，具有以下特点：

（1）从“应用型”出发，兼顾基本知识和基础理论介绍，具有较强的实用性和指导性。

（2）基于红帽（Fedora 24、CentOS 7 和 RHEL 7.3）和 Ubuntu 16.04 系统，具有广泛的代表性和实用性。

（3）涵盖了 UNIX/Linux 系统管理和应用的几乎所有内容。

（4）重点突出实例和操作步骤。

（5）强调系统安全，强化对防火墙和 SELinux 的支持。

（6）每章后都提供一定数量的习题和实验内容。

（7）提供有电子课件、习题解答和实验指导。

适用对象

本书作为“高等教育计算机学科‘应用型’教材”系列之一，可适用于大专院校 UNIX 和 Linux 操作系统教材，也可作为网络操作系统的实例教材，还可作为 UNIX 和 Linux 系统管理者的参考书，更是 UNIX 和 Linux 系统爱好者的益友。

编者信息

本书由邵国金担任主编，褚龙现和张娜担任副主编，郭玉东教授主审。参编人员还有陈红军、董哲、沙锋、苏靖枫和蔡照鹏。

在本书的编写过程中，参考了大量的专业书籍、互联网信息和 Fedora、CentOS、RHEL 及 Ubuntu 系统在线文档、网站信息及相关其他文档，不能一一列出，在此一并表示感谢，特别对郭玉东教授的辛勤工作和大力支持表示衷心的感谢。

面对 Linux 的迅速更新和发展，编者对完成一个高标准的编写任务感到压力很大，限于水平和经验，加之时间仓促，疏忽之处难免，欢迎广大专家、读者批评指正。作者衷心地希望能得到大家，尤其是广大同学和老师的支持与帮助，共同交流 Linux 系统的课程教学经验，探讨 Linux 课程的教学内容和方法，从而提高教学水平，进而提高 Linux 系统的管理和应用水平。作者邮箱：pdsshaogj@hncj.edu.cn。

编　者

2017 年 10 月

改版说明

Linux 是一个变化的世界，一个发展的世界，自从她出生后就一直在不断发展、变化、革新，这正是她的魅力所在，也因此赢得了无数黑客和计算机爱好者们的青睐，并为之团结奋斗。同时，也是二者相互促进，才使 Linux 得以健康、快速发展，且在其发展过程中不断博采众长，引进和使用新技术。移动开发、虚拟化、云计算机和大数据技术的出现及在 Linux 系统的实现与应用，更为 Linux 的发展提供了广阔的施展空间，Hadoop、Openstack、天河二号、神威·太湖之光等都有 Linux 的身影。

本书的第 1 版是基于 Red Hat Linux 9 的，第 2 版是基于 Fedora 9 的，这次改版还是沿着这条线路，是基于 Fedora24 的，但是考虑到实际需要，内容又涵盖了 CentOS 7 和 RHEL 7.3 及 Ubuntu 16.04。Fedora 的发展经历了很多年，也经历了很多代，从 2003 年的 Fedora Core 1，到 2006 年 Fedora Core 6 终结，2007 年更名并发布 Fedora 7，到本书第 2 版定稿时的 Fedora 16，再到本书使用的 Fedora 24，每次变化都会增加新技术和内容，最后被认可的技术会加入 RHEL 和 CentOS 中。实际上，到本书定稿时，Fedora 已经发展到了 Fedora 26，Ubuntu 发展到 Ubuntu 17.04，同时 CentOS 和 RHEL 也都不断更新，真是令人感到日新月异，尤其是其桌面系统的变化更是让人目不暇接，有时也让用户有疲于奔命之感，但无论怎样，发展总是好的，值得我们跟下去。这些都是本书改版的动力。

本次改版使用的 Fedora 24、CentOS 7、RHEL 7.3 和 Ubuntu 16.04 系统是当时最新、最稳定的版本，由于发展速度太快，没办法跟上最新发布版本，但有一点可以肯定，不管 Linux 发展有多快，作为用户使用的基本部分并没有太大变化。首先，对于一般用户来讲，除了图形界面外，影响不大，且图形界面部分也不是本书侧重的内容。其次，作为大学里的教学内容，强调的是基础应用和基本操作，也没有必要追赶最新系统。另外，还有一个因素，那就是时间，编者也不能在很短的时间内针对最新系统的内容做出快速反应。但从整体上讲，本书既考虑到了对基本知识的学习，也考虑到了最新知识和技术的引入。

本次改版所涉及的内容不少，与第 2 版相比，尽管结构没有大的变化，仍分为 4 篇，但几乎所有地方都有所改动。增加了 Ubuntu 16.04 和红帽家族 CentOS 7、RHEL 7.3 的内容，对所有与图形界面相关的部分进行了重写，调整了部分章节的顺序，将第 2 版第 16 章 Linux 系统的安全调整到了管理部分，也重写了第 4 篇，删除了 squid 代理服务器，增加了网络时间服务器 NTP 和 VNC 的内容。第 1 章改动不大，只增加了虚拟化、云计算和大数据等的简介；第 2 章重写了涉及图形界面的部分；第 3 章调整了部分内容顺序，移走了 shell 启动，增强了时间管理和进程管理内容，增加了信号处理内容；第 4 章增加了 sudo 和 write；第 5 章相对稳定，移走了 file 命令，增加了 locate 命令；第 6 章删除了进程状态及转换，移走了 sudo，增加了系统的 crontab；第 7 章增加了对 GPT 格式磁盘的介绍、增加了对系统启动与服务管理包 systemd 的介绍，增加了对 Ubuntu 系统的软件包和服务管理内容的介绍，增加了对 Ubuntu 系统的升级管理部分内容的介绍；第 8 章删除了 d_bus 等内容，增加了 udev 及设备自动发现和设备文件自动分配的内容，增加了系统设备查询命令；第 9 章增加了网络服务管理工具

NetworkManager，增加了 ip 命令，移走了服务管理部分内容；第 10 章为第 2 版第 16 章 Linux 系统安全，增加了 Firewalld 和 ufw 防火墙内容；第 11 章为第 2 版第 10 章 shell 编程，改动不大，但引入了更多的 bash 内容，更名为 bshell 编程；第 12 章为第 2 版第 11 章，现更名为“C/C++及其他编程环境”，增加了对 Objective-C、Python、R 语言及虚拟化、云计算、大数据应用 Openstack 和 Hadoop 的介绍；第 13 章网络时间服务 NTP 为新增内容，介绍了 ntp 和 chrony 两个 NTP 协议的实现及应用；第 14 章为基础服务 OpenSSH 和 VNC，VNC 为新增内容；第 15 章为第 2 版的最后一章，除进行了顺序调整外，也都针对新系统进行了重写，并增加了各服务与防火墙和 SELinux 的关系。

本书有如下几点约定：

（1）本书所用系统为 Fedora 24（工作站）、CentOS 7、RHEL Server 7.3（GUI）、Ubuntu 16.04（桌面），书中所说的红帽系统指的是 Fedora 24、CentOS 7 或 RHEL Server 7.3，Ubuntu 指的是 Ubuntu 16.04。

（2）所用系统均有桌面环境，目的是提供一个友好、多窗口、多“终端”的交互界面，但由于桌面风格不同，书中描述问题时尽量回避桌面环境。

（3）由于涵盖了 Fedora 24、CentOS 7、RHEL 7.3 和 Ubuntu 16.04 系统，对问题的描述尽最大可能采用各系统通用者，如果不特殊声明，则是针对所有系统通用的。比如，到 16.04，Ubuntu 提供了红帽早已有且可以通用的系统启动与服务管理的统一软件包 systemd，所以各系统的启动和服务管理都使用 systemctl 命令，不再考虑个性，但也有无法统一者，如软件包管理，只能分述，红帽系统使用 yum（或 dnf），Ubuntu 系统使用 apt。

（4）由于截止到 16.04，Ubuntu 默认还没有启用 SELinux，本书遵守这个默认，所有与 SELinux 相关的内容与 Ubuntu 无关，只适用于红帽系统。

（5）Ubuntu 系统默认是不启用 root 用户的，但为了描述方便，在执行具有管理功能的命令时，很少或没有使用 sudo 命令，而启用了 root 用户，以 root 用户的身份直接执行。关于这点，敬请 Ubuntu 系统谅解。

（6）本书中独占一行的命令之前的“#”或“$”分别是 root 或普通用户的提示符。一般来说，“#”引导的是只能以 root 用户身份执行的具有管理功能的命令，而“$”引导的是以普通用户身份执行的，但有时控制的并不严格。事实上，如果配置正确，所有具有管理功能的命令均可以普通用户身份使用 sudo 命令来执行。

（7）关于 SELinux 和防火墙，为了方便，在很多书籍或网络资料中都建议关掉它们。本书不建议这样做，因为安全问题不可回避，关键是要正确设置。防火墙软件包有 Firewalld 和 ufw，用户可选择使用。

目　录

基础篇

系统管理篇

编程与开发篇

网络服务与应用篇

基础篇

- 系统简介
- 系统入门
- shell 与 shell 基本操作

第 1 章　系统简介

1.1　UNIX 系统简介

1.1.1　UNIX 系统的发展历史

1. Multics 与星际旅行

在 20 世纪 60 年代，大部分操作系统为批处理系统，交互性差。1965 年，AT&T 贝尔实验室（Bell Labs）、通用电气公司、麻省理工学院 MAC 课题组一起联合为美国国防部研制开发了一个称为 Multics（MULTiplexed Information and Computing System）的新操作系统。Multics 项目的设计规模宏大，可谓“完美”，但是受当时计算机软硬件水平的影响，最终未能完成设计目标。Multics 系统的核心内容是能够很漂亮地支持大群用户对大型计算机的交互式分时使用。当时，用户与计算机交互表现为用户在键盘上输入，计算机通过电传打字机响应（因为当时还没有显示器）。

Multics 项目终止后，当贝尔实验室从 Multics 研究联盟中退出时，Ken Thompson 带着从 Multics 激发的灵感留了下来，写出了一个名叫“星际旅行（Space Travel）”的游戏程序。Ken Thompson 找到了一台废弃的 DEC PDP-7 计算机运行他的程序，这台 PDP-7 成为了“星际旅行”的游戏平台和 Thompson 关于操作系统设计思路的试验场。为了使这台机器运行起来，Thompson 把注意力从游戏转向操作系统。

Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 一起着手开发 DEC PDP-7 上的操作环境，为支持游戏开发而在 PDP-7 上编制的实用程序成了 UNIX 的核心。这个初期的操作系统只有和现在的 UNIX 比较之后才能勉强被认出来。它的文件系统很原始，也没有实行现在的标准，没有分时使用能力。UNIX 最初的名字是“UNICS”（Uniplexed Information and Computing System）。1970 年，贝尔实验室的另一位研究员 Brian Kernighan 提出 UNIX 这个名字，UNIX 中的 Uni 与 Multi 相对应，意为没有那么复杂，而 x 则是 cs 的谐音。

当时的计算机软硬件环境给 UNIX 带来了永久性的影响。当时计算机硬件的水平相当原始，最强大的机器所拥有的计算能力和内存还不如现在一个普通手机。所谓的大硬盘容量也不超过 1MB。视频显示终端刚刚起步，6 年以后才得到广泛应用。最早分时系统的标准交互设备就是 ASR-33 电传打字机。因此，只要有可能，UNIX 开发者就使用最短的命令名称和最短的信息。比如，列目录命令 ls，它本来该是 list，只有 4 个字符，但也被简化为了 ls，只剩两个字符。如果命令执行成功了，通常不给出任何信息，而给出一个可被查询的返回码。UNIX 命令简洁、“少说多做”的传统正是从这里开始的。

PDP-7 UNIX 在早期已经拥有现今 UNIX 的诸多共性，它提供的编程环境也比当时读卡式批处理大型机的环境要舒服得多。因此，UNIX 可以称得上是第一个能让程序员直接坐在机器旁，一边编程一边测试的联机系统。

最初的 UNIX 用汇编语言写成，应用程序用汇编语言和解释型语言 B 混合编写。B 语言

小巧、实用，但作为系统编程语言还不够强大，所以 Dennis Ritchie 给它增加了数据类型和结构后，于 1971 年起由 B 语言演化成了 C 语言。

1973 年 11 月，Thompson 和 Ritchie 等人用 C 语言重写了 UNIX，这是 UNIX 操作系统迈向成功之路的关键一步，也成为“可移植操作系统”的开端。有了 C 语言之后，可移植操作系统“已经”变成现实，以至于使得 UNIX 可以被移植到几乎所有的硬件平台。1979 年，Ritchie 评价说：“UNIX 的成功在很大程度上源自其以高级语言作为表述方式所带来的可读性、可改性和可移植性。”

2. UNIX 与黑客文化

与 UNIX 传统的历史交织在一起的有一种隐性文化，一种更难归类的文化，这是一种传达着有关美和优秀设计价值体系的文化，人们把这种文化称为“黑客文化”。这里的黑客（hacker）不是我们现在意义的坏人或捣乱分子，而是水平极高的，热衷于编程和计算机事业的优秀人士。

1974 年，Thompson 和 Ritchie 在《美国计算机通信》（Communications of the ACM）上发表的一篇论文中第一次公开展示了 UNIX。文中作者描述了 UNIX 前所未有的简洁设计，并报告了 600 多例 UNIX 应用，极大地吸引了黑客们和计算机爱好者。

但是，根据 1958 年为解决反托拉斯案例达成的和解协议，AT&T（贝尔实验室的母公司）不允许从事除“公用通信服务”外的任何商业活动，因此 AT&T 被禁止进入计算机相关的商业领域，所以 UNIX 不能够成为一种商品。为了满足黑客和爱好者们的需要，AT&T 公司在签署简单协议的前提下，将 UNIX 系统无偿地提供给大学，以供教学与研究，或通过 Ken Thompson 默默回应请求者，将磁带和磁盘一包包地寄送出去。

UNIX 的发展迅速笼罩着一层反传统文化的氛围，没有版权和费用约束，源代码可以自由交流，UNIX 黑客们沉浸在共同编织未来和编写系统的狂欢中。在当时，大部分 UNIX 程序以源代码形式配送，由最终用户把它编译成可执行程序，黑客不仅使用 UNIX 系统，而且还编写 UNIX 程序，交流、修改和共享源代码。由于众多黑客们的参与，UNIX 得到了快速发展，许多大学都对 UNIX 做出过贡献，多伦多大学计算机系发明了 200dpi 的打印机/绘图仪，并且开发了相关软件；耶鲁大学的计算机专家和学生们改进了 UNIX 的 shell；普渡大学的电子工程系对 UNIX 的性能进行了重要改进，推出了支持大量用户的 UNIX 版本，还推出了最早的 UNIX 网络之一；加州大学伯克利分校的学生开发了新 shell 和许多小型实用工具。

在 UNIX 的发展过程中，加州大学伯克利分校很早就成为最重要的学术热点，尤其 Ken Thompson 于 1975—1976 年休期间在此教学，更对 UNIX 的研究注入了强劲活力。1977 年，伯克利分校毕业生 Bill Joy 管理的实验室发布了第一版 BSD（Berkeley Software Distribution），到 1980 年，伯克利分校成了为这个 UNIX 变种积极做贡献的高校子网的核心，从此 UNIX 走向了以 AT&T 和伯克利分校为主的开发道路，两者相互学习、相互批评，促进了 UNIX 的发展。System V 和 BSD UNIX 成为 UNIX 的两大主流，现在大部分 UNIX 是它们的衍生品。

3. System V 和 BSD UNIX

AT&T 公司与美国司法部的法律大战终于在 1982 年达到终点，AT&T 被重新允许进入计算机市场。贝尔实验室先后在 1983 年发行了 System V 和几种微处理机上的 UNIX，1984 年发行了 System V Release2（SVR2）；1986 年，UNIX System V 发展到了修订版 Res2.1 和 Res3.0；