

高等学校教材

地震勘探应用软件基础教程

东方地球物理公司 组织编写

王润秋 罗国安 主编

GeoEast



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

地震勘探应用软件基础教程

东方地球物理公司 组织编写
王润秋 罗国安 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

地震勘探应用软件是石油天然气勘探生产与科研的主要应用平台, 熟练掌握地震勘探应用软件需要大量的数学、物理、计算机、地质等知识。本书从实际应用需求出发, 提炼出地震勘探软件学习的重点基础, 结合最新的 GeoEast 地震处理、解释一体化软件平台结构分析, 能使读者全方位快捷地掌握地震勘探数据的处理与解释应用软件。本书重点是大型地震勘探结构分析, 并行计算机应用环境建立, 地震勘探应用软件操作, 以及新模块加载技术。

本书适合地震勘探专业本科生与研究生教学之用, 也可作为地球物理勘探的高级技术人员、应用软件开发计算机专业高级技术人员培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

地震勘探应用软件基础教程/东方地球物理公司组织编写; 王润秋, 罗国安主编. —北京: 石油工业出版社, 2013. 7

高等学校教材

ISBN 978 - 7 - 5021 - 9554 - 0

I. 地…

II. ①东… ②王… ③罗…

III. 地震勘察-应用软件-教材

IV. P631. 4 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 064957 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: <http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部: (010) 64523612 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京晨旭印刷厂

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 26

字数: 666 千字

定价: 48.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

地震勘探是勘测石油与天然气资源的主要应用技术，在煤田和工程地质勘查、区域地质研究以及地壳研究等方面也得到了广泛应用。石油地震勘探的基本原理是通过采集人为震源引发的地震响应信号，对地震波信号进行处理、解释，进而预测地下油气矿藏的分布与储量。

地震勘探应用软件是针对海量数据信号的分析、计算、显示的综合系统，涉及地球物理、地质、计算机、数学多学科的基础知识。随着地球物理勘探技术和计算机技术的快速发展，地震勘探软件功能不断增加，软件规模日渐扩大，同时也提高了对应用人员的知识要求。地震勘探应用软件系统提供给技术人员的是一个功能多样化的综合平台，需要应用人员灵活地通过大量信息的对比、分析，主动创新地求得处理解释成果。如何能使应用技术人员快速掌握众多学科应用基础知识是本书编写的动因。

GeoEast 是中国石油集团东方地球物理公司自主创新研发的一套具有完全自主知识产权的大型地震处理解释一体化系统，GeoEast 系统平台的开放性、可扩展性和独具特色的处理技术使其迅速成为国内地震勘探软件的主流产品，成为石油行业在国内外找油找气的“利器”，是中国石油勘探领域重要技术支撑，GeoEast 系统平台具有地震勘探大型应用软件标志性的框架和功能。

本书以大型地震勘探一体化软件 GeoEast 为典型，结合作者多年来在地震勘探教学、科研实践中的经验知识，采用图例结合方式，一步一教学习软件管理、操作、应用流程组建、作业编辑、运行、结果显示等。同时介绍了 linux 操作系统、应用环境 shell 编程、分布式 MPI 并行计算编程的实用基础知识，对交互作业操作、数据格式、数据库操作、并行作业调度均列有学习范例，对应用模块加载以示例进行模拟教学，其宗旨是使读者通过本书的学习，能够快速、有效掌握大型地震软件的各种复杂功能，提升地震软件的应用水平。

由衷感谢中石油东方地球物理公司物探总监赵波先生的策划推动，使得作者多年夙愿得以实现。本书第三章、第八章、第九章由梅金顺编写，第十章由

刘涛然编写，李会俭负责本书公式与图像排版。另外，中国石油大学的研究生王文亮、药芯蕊、薛龙、吕照明、王晓刚、张晓峰参与了收集素材和组稿，在此一并感谢他们为本书付出的辛劳。

特别要感谢为本书校审并提出宝贵修改意见的东方地球物理勘探有限责任公司物探技术研究中心技术人员陈宝孚、陈继红、高绘生、陈维、张旭东、杨大敏、李雁鸿、祝书云、徐少波、田振平、杜书奎、余景礼、尹天奎、白雪莲、寇琴、王子兰、王仕俭、杜吉国、周振晓、雷娜。

本书可作为地球物理勘探专业高年级本科生、研究生专业学习教材，亦可作为石油勘探高级技术培训教材和工具书。软件产品总是在不断推陈出新，本书中涉及 GeoEast 系统部分主要参考 V2.3 版本，书中定有不妥之处，请广大读者批评指正。

编者

2013年2月

目 录

第 1 章 计算机操作系统	1
1.1 操作系统概述	1
1.2 Linux 操作系统	6
1.3 Linux 环境下的编程	16
第 2 章 并行计算与编程	35
2.1 并行计算技术.....	35
2.2 MPI 并行编程技术	45
2.3 地震数据并行处理.....	57
第 3 章 地球物理软件结构设计框架分析	70
3.1 软件平台、体系结构与框架综述.....	70
3.2 地球物理软件结构框架设计.....	80
3.3 常见的地球物理勘探软件平台.....	88
第 4 章 GeoEast 系统介绍	98
4.1 GeoEast 系统概要	98
4.2 GeoEast 系统管理	110
4.3 GeoEast 工区管理	119
第 5 章 GeoEast 数据输入输出与交互观测系统定义	132
5.1 地震数据介绍	132
5.2 GeoEast 系统地震数据输入输出	136
5.3 GeoEast 交互观测系统定义	155
5.4 GeoEast 系统的专用工具	174
第 6 章 GeoEast 流程与作业编辑	178
6.1 流程建立与作业编辑	178
6.2 作业发送	191
6.3 作业队列监控	198
第 7 章 GeoEast 常规地震资料处理	212
7.1 GeoEast 静校正	212
7.2 GeoEast 信号增强处理	229
7.3 振幅处理	246
7.4 GeoEast 速度分析与 DMO 叠加	251
第 8 章 GeoEast 地震资料偏移技术	265
8.1 GeoEast 叠后时间偏移	265
8.2 GeoEast 叠前时间偏移	275

第 9 章 GeoEast 解释与一体化应用	293
9.1 地震资料解释应用功能	293
9.2 GeoEast 处理解释共享功能	304
9.3 GeoEast 交互分析与应用	317
第 10 章 GeoEast 批量执行控制与模块开发	334
10.1 GeoEast 批量执行控制	334
10.2 GeoEast 批量模块结构	349
10.3 GeoEast 批量模块开发	354
附录	370
附录 1 SEG-Y 格式 3200 字节 C-卡头块说明	370
附录 2 SEG-Y 格式 400 字节头块说明	371
附录 3 SEG-Y 格式 240 字节道头说明	372
附录 4 LINUX 下的 FORTARN, C, C++ 混合编程规则	374
附录 5 匈牙利命名法	375
附录 6 模块通用编码参数约定	376
附录 7 头文件	377
附录 8 共享目录文件	378
附录 9 checkmod 命令	378
附录 10 GOS Makefile 文件	379
附录 11 模块架构	382
附录 12 并行模块模板	392
附录 13 参数定义库及模块定义库	399
附录 14 LIST 文件和 LOG 文件	400
参考文献	405

第 1 章 计算机操作系统

1.1 操作系统概述

操作系统是管理电脑硬件与软件资源的程序，同时也是计算机系统的内核与基石。操作系统是控制其他程序运行，管理系统资源并为用户提供操作界面的系统软件的集合。操作系统身负诸如管理与配置内存、决定系统资源供需的优先次序、控制输入与输出设备、操作网络与管理文件系统等基本事务。

操作系统是计算机系统的基本系统软件，它是所有软件的核心。操作系统负责控制、管理计算机的所有软件、硬件资源，是唯一直接和硬件系统打交道的软件，是整个软件系统的基础部分，同时还可为计算机用户提供良好的界面。操作系统直接面对所有硬件、软件和用户，它是协调计算机各组成部分之间以及人机之间关系的重要软件系统。

普通用户使用操作系统，是把操作系统当做一个资源管理者，通过系统提供的系统命令和界面操作等工具，以某种易于理解的方式完成系统管理功能，有效地控制各种硬件资源，组织自己的数据，完成自己的工作并和其他人共享资源。

对于程序员来讲，操作系统提供了一个与计算机硬件等价的扩展或虚拟的计算平台。操作系统提供给程序员的工具除了系统命令、界面操作之外，还有系统调用。系统调用抽象了许多硬件细节，程序可以以某种统一的方式进行数据处理，程序员可以避免许多具体的硬件细节，提高了程序开发效率，改善了程序移植特性。

整个计算机系统可以认为是按照一定规则分层构建的，可以使用图 1.1 所示的框图来示意性地描述这种层次结构。



图 1.1 计算机系统层次结构示意图

操作系统的形态多种多样，不同机器安装的操作系统的简称 OS 可从简单到复杂，可从手机的嵌入式系统到超级电脑的大型操作系统。目前微机上常见的操作系统有 DOS、OS/2、UNIX、XENIX、Linux、Windows、Netware 等。Linux 是在日益普及的 Internet 上迅速形成和不断完善的操作系统。Linux 操作系统高效、稳定，适应多种硬件平台，而最具有魅力的是它遵循 GPL (General Public License, 通用公共许可证)，整个系统的源代码可以自由获取，并且在 GPL 许可的范围内自由修改、传播。

1.1.1 操作系统发展简介

操作系统是随着计算机硬件的发展，围绕着如何提高计算机系统资源的利用率和改善用户界面的友好性而形成、发展和不断成熟完善的。

随着计算机硬件的发展，计算机的计算速度越来越快，其高速的数据处理与低速的手工操作之间的矛盾日益突出。传统的手工操作是系统的最大制约因素，昂贵的计算机硬件资源得不到有效的利用。计算机应用的一个重要技术是批处理，专门的操作人员把用户提交的任务按照一定的类别、顺序组织起来，形成作业序列，这些作业成批地在专门的监督程序控制之下自动执行。这里的监督程序就是操作系统的雏形。

在最初的批处理系统中，计算机内存中仍然只有一个程序在运行，系统的性能没有得到充分发挥。解决这个问题的措施称为多道（程序设计）技术，该技术使得在内存中有多个程序时，能够保证系统的处理器总是处于工作状态，从而极大地提高了系统的利用率。

多道技术开始使用在批处理系统中，称为多道批处理系统，这样的系统效率高。但是在脱机批处理情况下，高效带来的问题是用户对自己作业的控制程度降低。针对这个问题的解决方案是分时技术，即系统把处理机的运行时间分成时间片，按照时间片轮流把处理机分配给每一个联机用户。由于每一个时间片很短，宏观上来看，所有用户同时操作计算机，各自独立控制自己的作业。与分时系统相对应，还有一种实时（real time）操作系统，目的是在允许的时间范围之内对外来信息进行快速处理并作出响应。

同时具有多道批处理以及分时、实时处理功能或者其中两种以上功能的系统，称为通用操作系统。Linux 操作系统就是具有内嵌网络功能的多用户分时系统，它兼有多道批处理和分时处理功能，是一个典型的通用处理系统。

一方面强调分布式计算和处理，另一方面强调物理上跨越不同的主机系统、逻辑上紧密耦合构成统一完整的操作系统平台，这样的系统就是分布式操作系统（distributed operating system）。这是当前操作系统发展的一个方向。

1.1.2 操作系统接口

操作系统在整个软件系统中处于中心地位，负责控制、管理计算机的所有软件、硬件资源。它屏蔽了很多具体的硬件细节，对计算机用户提供统一、良好的界面（或称为接口，interface）。

操作系统提供的接口可以根据服务对象的不同而划分为两类：一类是程序级的接口，提供给程序员使用，即系统调用；另一类是作业级的接口，提供给用户使用，即操作命令。

1. 系统调用：程序员级接口

系统调用是一组由操作系统提供的广义指令。应用程序通过系统调用来操纵系统内核中特定的函数，当应用程序需要进行文件访问、网络传输等操作时，必须通过系统调用来完成。程序员在设计应用程序涉及系统资源时，都必须使用系统调用来实现。

系统调用是操作系统提供给程序员的唯一接口。系统调用可以根据功能划分为不同的类型。

2. 操作命令：用户级接口

操作系统提供给用户使用的接口是操作命令，用户可以使用这些操作命令来组织和控制

作业的执行或者管理整个计算机系统。实际上，计算机的操作命令界面是在系统调用的基础上开发而成的。

操作系统发展的主要方向除了提高系统资源利用率之外，就是改善用户界面友好性。图形用户界面是操纵命令界面发展的一个里程碑。图形用户界面降低了计算机操作的门槛，千万个家庭成为计算机普及的对象。

目前流行的操作系统一般都同时提供图形和文本用户界面。Linux 系统就是如此，文本界面是 Shell 接口，图形界面是 X-Windows 系统。

1.1.3 操作系统功能

多用户分时系统，按照其功能划分为处理机管理、存储管理、设备管理以及信息管理（文件系统管理），对于现代流行的操作系统，还具有完整的网络管理功能。这些管理功能都是由操作系统内核实现的。

1. 处理机管理

作业、进程需要适当的分配、调度，以便协调相互关系，共享有限的处理机资源，这是处理机管理的主要内容。

处理机管理是操作系统管理功能的关键，操作系统功能的一个主要指标是提高处理机的使用率，让处理机尽可能处于工作状态。

2. 存储管理

存储管理的目标是让有限的物理内存尽可能满足应用程序对内存的需求。存储管理的内容包括内存的扩充、分配、保护等。操作系统多采用了被称为“虚拟内存”的内存管理方式，内存一般采用部分分配的办法。

通常内存中总是同时存放了多个正在运行的程序实体，即进程，在运行的过程中，它们之间可能会使用到相同内存位置的内容，这种技术称为内存共享。这样可以提高内存的利用率，但是必须要确保各进程所占据内存的独立性和完整性。

3. 设备管理

除了 CPU 和内存之外，计算机的其他部件统称为外部设备。这些设备在操作系统的控制下协调工作，共同完成信息的输入、存储和输出任务。

操作系统要对所有的设备进行管理。一方面，让每个设备尽可能发挥自己的特长，实现与 CPU 和内存的数据交换，提高外部设备的利用率；另一方面，隐蔽设备操作的具体细节，对用户提供一个统一、友好的设备使用界面。

和处理机及内存相比，外部设备的速度要慢得多，而且性能差别大，类型品种多。因此，设备管理是一项复杂而又重要的工作。

4. 文件系统管理

操作系统在控制、管理硬件的同时，也必须管理好软件资源。操作系统的文件系统管理就是针对计算机的软件资源而进行的。文件系统管理主要提供以下服务：

(1) 文件存取，使每个用户能够对自己的文件进行快速地访问、修改和存储。

(2) 文件共享，指提供某种手段，使存储空间只保存一个副本，而所有授权用户能够共同访问这些文件。

(3) 文件保护, 指提供保护系统资源防止非法使用的手段。

5. 网络管理

计算机的发展已经进入互联网时代, 现在流行的操作系统一般都具有内嵌的网络功能, 能够在内核级别控制、管理网络。操作系统一般都提供网络通信和网络服务等基本功能。内核中的网络部分主要实现网络设备控制和网络协议, 因此, 网络管理也就集中在通信部分。

1.1.4 地球物理软件技术发展简介

1. 国内地球物理软件的发展

国内物探软件技术的发展已有 30 余年的历史, 可以分成四个阶段:

第一个阶段是开始于 20 世纪 70 年代初, 其标志是 150 工程——我国物探软件技术历史上的第一个里程碑。150 工程是国务院于 1969 年 10 月正式批准的国家工程项目, 由北京大学、电子工业部和石油工业部联合研制面向石油勘探应用的大型计算机。1973 年 10 月, 150 计算机在位于河北徐水的物探局计算中心站投产。150 计算机的平均运算速度为 100 万次/秒, 专用外围设备包括地震专用的数字磁带输入机、模拟磁带输入机和剖面显示仪。

第二阶段是始于 20 世纪 70 年代后期的技术引进。150 工程的成功, 极大地鼓舞了石油工业应用数字地震勘探技术的热情, 也促进了从 70 年代末开始大量引进国外有关新技术。

第三阶段始于 20 世纪 90 年代初, 其标志是 GRISYS 地震数据处理系统——物探软件技术历史上的又一个里程碑。20 世纪 80 年代末, UNIX 系统工作站的发展为研制新型的物探软件系统提供了基础。经过科技人员的努力, 90 年代初成功开发了 GRISYS 地震数据处理系统 (也称为 GRISYS/90 系统, 1992 年正式推出第一个工作站版本)。1995 年推出的 GRISTation 地震地质综合解释系统, 具有较完备的二维和三维构造解释与储层描述的功能, 在逆断层解释和成图以及地震资料目标处理和闭合差校正方面都很有特色。90 年代后期, 我国开展了地震采集软件的攻关, 经过三年的努力, 在 2001 年正式推出了采集工程软件系统 KLseis 第一个版本。

第四阶段始于 21 世纪初, 主要目标是发展一体化的物探软件系统。建立勘探、开发一体化软件平台是油气工业上游努力的目标。早在 20 世纪 90 年代后期, 中国石油天然气集团公司就组织过油气勘探一体化软件平台的技术攻关。在 2001 年和 2003 年正式就研制新一代地震处理解释一体化软件 GeoEast 系统立项, 并成功研制了 GeoEast 处理解释一体化系统 2. x 版本。

“地震处理、解释一体化”是物探技术的重要发展方向。物探软件作为油气勘探技术的载体和工具, 应该支持这样的工作模式。一体化的物探软件系统有三个层次: 底层的数据集成、中间层的应用集成以及表层的可视化集成。一方面, 处理、解释一体化软件系统支持处理人员根据解释人员为他们提供的地质信息进行交互处理和解释性处理。所谓“解释性处理”是指在一体化环境下, “交互处理与迭代地质模型”将地质知识 (地质模型和地质信息) 用于地震处理的实现过程, 通过反复修改所需要的处理准则, 检验和修正地质模型。另一方面, 处理、解释一体化软件系统支持解释人员使用专门设计的软件进行目标处理, 同样可以做更多的叠前解释 (如 AVO 分析、叠前深度偏移、叠前反演等)。

2. 地球物理软件发展特征

信息技术发展突飞猛进, 地球物理勘探技术及其应用软件的发展也是日新月异。归纳起

来,地球物理软件技术发展表现出以下特征:先进性、开放性、一体化、自由化、网络化、标准化以及智能化等。

(1) 先进性——主要表现在三个方面:①基于先进的信息技术基础和应用环境,如支持先进的网络、高性能计算和可视化环境;支持网络分布式计算和并行计算环境,尤其是集群并行计算环境;采用高性能三维可视化或虚拟现实技术实现交互、灵活、高效、沉浸式数据浏览、质量控制、交互分析、交互建模等功能。②采用先进的软件技术,如面向对象技术、并行计算技术、软件架构技术、组件技术、Web技术等。③支持和提供先进的应用功能和性能,包括石油物探中地震采集设计、数据处理、分析解释、油藏描述等各种应用功能的集成。

(2) 开放性——通常包括开放的系统平台(软件开发与运行环境)、开放的用户界面、开放的数据结构和文件格式、开放的协议等。开放带来的好处是:没有人拥有它并控制它,业界将通过基于开放标准来实现竞争,竞争驱动创新,创新驱动用户的选择;开放带来完全的互操作性和跨平台特性。开放性的另一个重要表现是自由软件平台的出现,IA架构计算机系统和Linux操作系统已经成为地球物理应用软件的主流系统平台。

(3) 一体化——一体化或集成化一般指:在系统平台中采用统一的数据模型和数据管理系统,共享统一地学数据库和地学模型,实现统一的系统管理(用户管理、工区和项目管理、软件管理),在统一的用户界面下实现对所有应用功能的访问。简言之,一体化指数据管理的一体化、用户界面的一体化、工作流程的一体化以及软件开发的一体化。

(4) 自由化——指在应用软件开发和应用中,大量采用可以免费、自由获得的标准化软件作为系统的主要开发和应用环境;在系统的基础平台和核心内容开发中,不采用个别厂商所拥有的集成开发环境和私有软件产品。这样可以最大限度地保证软件的长期发展不受个别厂商的约束和限制,保证了应用软件对硬件与软件环境的广泛兼容性。

(5) 网络化——计算机网络技术在石油勘探开发中的应用得到不断的发展、普及和深入,成为石油工业的通信平台、信息发布平台、数据共享平台、管理平台、专业应用平台和业务流程工作平台,是石油勘探开发的重要基础设施,支撑着石油勘探开发各个阶段和各个领域的技术工作和业务流程。网络化消除了应用系统访问的时间、空间、客户工作平台等的限制。网络化的主要表现为:①更高的网络带宽;②局域网的普及应用和广域网的广泛应用;③应用软件对网络环境支持的增强,Web计算模型和B/S模式的普遍应用,应用软件和数据的集中式管理或分布式加集中式管理确保了系统和数据的安全性,方便了系统的维护和升级,降低了信息系统的总体拥有成本;④NAS、SAN、iSCSI等数据存储网络技术的广泛应用,勘探开发数据以集中管理模式进行管理;⑤以XML为代表的互联网标准的应用。

(6) 标准化——标准化思想表示:基础软件开发环境符合国际标准或行业标准,软件开发过程符合软件开发的标准化、规范化、工程化,所采用的技术符合相关的国家标准、国际标准和行业标准。标准化包括硬件设备的标准化、软件接口的标准化、数据格式的标准化等,标准化保证了信息系统和软件产品的兼容性、互操作性。

(7) 智能化——智能化是现代信息技术应用的又一个特征。各种软计算技术广泛应用于专业技术应用和信息管理、决策支持中,如人工智能、专家系统、人工神经网络等技术广泛应用于数据处理分析和决策支持中。在石油物探应用软件中,广泛应用了模式识别、人工神经网络、模拟退火、地质统计、支持向量机等软计算技术,这些技术的应用大大增强了数据处理和分析解释、设计与决策过程的智能化。

1.2 Linux 操作系统

Linux 是一种开放源代码的操作系统，以其系统简明、功能强大、性能稳定、高扩展性和高安全性著称，可以支持多用户、多任务环境，具有较好的实时性和广泛的协议支持。同时，Linux 在系统兼容性和可移植性方面也有上佳表现，可以广泛应用到 x86、Sun Sparc、Digital、Alpha 和 PowerPC 等平台。

1.2.1 Linux 操作系统概述

Linux 起源于古老的 UNIX。1969 年，Bell 实验室的 Ken Thompson 开始利用一台闲置的 PDP-7 计算机设计一种多用户、多任务的操作系统。不久，Dennis Richie 加入了这个项目，在他们的共同努力下产生了最早的 UNIX。早期的 UNIX 由汇编语言编写，第三个版本用 C 语言进行了重写。后来 UNIX 走出实验室并成为主流操作系统之一。

但 UNIX 通常是企业级服务器或工作站等级的服务器上使用的操作系统，这些较大型的计算机系统价格不菲，因此得不到普及。之后，许多开发者尝试在廉价 PC 上开发与 UNIX 功能相同而且免费的操作系统，比较成功的是 Andre S. Tanenbaum 教授所开发的 Minix 系统。

Linux 因其创始人 Linus Torvalds 而得名。当时，Linus Torvalds 是芬兰赫尔辛基大学技术科学系的学生。出于学习和研究的需要，Linus 希望能够做出“比 Minix 更好的 Minix”。1991 年，Linus 在 Minix 的基础上开发了 Linux，并将其 0.02 版放到 Internet 上，使其成为自由和开放源代码的软件。Linux 随着 Internet 的传播而得到了快速成长，来自世界各地的编程人员对其进行了修订和扩充。1994 年，在与互联网上的志愿开发者协同工作的基础上，Linus 发布了标志性的 Linux 1.0 版本。

Linux 操作系统从 1991 年诞生至今，经过短短的二十多年的发展，目前已经成为主流的操作系统之一。其版本从开始的 0.02 版本到目前的 3.5.2 版本，架构已经十分稳定。从最初的蹒跚学步的“婴儿”成长为目前在服务器、嵌入式系统和个人计算机等多个方面得到广泛应用的操作系统。简单地说，Linux 具有以下主要特点。

1. 免费的操作系统

Linux 具有服务器级操作系统的强大功能。同时，由于 Linux 遵守通用公共许可协议 GPL，因此任何人有共享和修改 Linux 的自由，并且在不需要额外费用的条件下可以得到其源代码。用户可以放心地免费使用 Linux，而不必担心成为盗版用户。

2. 良好的可移植性

可移植性是指将操作系统从一个硬件平台转移到另一个硬件平台时无须改变其自身的运行方式。Linux 是一种可移植性的操作系统，能够在几乎所有的计算机平台上运行，包括笔记本电脑、PC 机、工作站甚至大型机。它支持 x86、MIPS、PowerPC 和 SPARC 等主要的系统架构，同时支持 32 位和 64 位操作系统；应用程序不用经过太多的修改就可以在各个平台上顺利运行，很好地继承了 UNIX 系统宣称的硬件平台无关性。

3. 良好的用户界面

Linux 具有类似于 Windows 图形界面的 X - Windows 系统，用户可以使用鼠标方便灵

活地进行操作。X- Windows 系统是源于 UNIX 系统的标准图形界面，最早由 MIT 开发，可以为用户提供一个具有多窗口管理功能的对象集成环境。经过多年的发展，基于 X- Windows 系统的 Linux 图形界面技术已经非常成熟，其用户友好性不逊于 Windows。

4. 广泛的协议支持

可以说，网络就是 Linux 的生命。Linux 在网络应用方面具备与生俱来的优势，其内核支持的主要协议包括：TCP/IP 通信协议，IPX/SPX 通信协议，Apple Talk 通信协议，包括 X.25 及 Frame-relay，ISDN 通信协议，PPP、SLIP 和 PLIP 等通信协议，ATM 通信协议。

5. 良好的安全性和稳定性

Linux 是多任务、多用户的操作系统，可以支持多个用户同时使用系统的处理器、内存、磁盘和外部设备等资源。Linux 的保护机制使每个用户、每个应用程序可以独立地工作。一个用户的某个任务崩溃了，其他用户的任务依然可以正常运行。为了给网络多用户环境中的用户提供必要的安全保障，Linux 采取了多种安全技术措施，包括对读、写进行权限控制，带保护的子系统，审计跟踪，核心授权等。Linux 内核具有极强的稳定性，除非硬件出问题，系统死机的概率很小，可以长年运行，因此 Linux 被广泛应用于网关和防火墙的建设。

1.2.2 Linux 版本发展

Linux 继承 UNIX 版本制定的规则，将版本分为内核版本和发行版本两类。内核版本是指 Linux 系统内核的版本号，而发行版本是指由不同的公司或组织将 Linux 内核与应用程序、文档组织在一起的一个发行套装。

1. Linux 内核版本

内核是系统的核心，是运行程序和管理像磁盘、打印机等硬件设备的核心程序。Linux 内核的开发和规范一直由 Linus 领导下的开发小组控制着。开发小组每隔一段时间就会公布新的内核版本或修订版本。内核版本号通常为“主版本号.次版本号.修正号”，其中主版本号和次版本号表示有重要的功能变动，修正号则表示较小的变动。

2. Linux 发行版本

由于 Linux 的内核源代码和大量的 Linux 应用程序可以自由获得，很多公司或组织开发了属于自己的 Linux 发行版本。每个发行版本都有自己的特性，目前全球有超过 100 种以上的 Linux 发行版本，较知名的有 Red Hat、Slackware、Debian、Mandrake、SuSE、Xlinux、Turbo Linux、Blue Point、Red Flag 以及 Xteam 等。

1.2.3 Linux 文件系统的目录结构

与 Windows 下的文件组织结构不同，Linux 不使用磁盘分区符号来访问文件系统，而是将整个文件系统表示成树状的结构，Linux 系统每增加一个文件系统都会将其加入到这个树中。

操作系统文件结构的开始只有一个单独的顶级目录结构，称为根目录。所有一切都从“根”开始，用“/”代表，并且延伸到子目录。DOS/Windows 下文件系统按照磁盘分区的

概念分类，目录都存于分区上；Linux 则通过“挂接”的方式把所有分区都放置在“根”下各个目录里。

不同的 Linux 发行版本的目录结构和具体的实现功能存在一些细微的差别，但是主要的功能都是一致的，一些常用目录见表 1.1。

表 1.1 Linux 文件系统目录

目录名称	说明
/bin	Binary 的缩写，该目录通常用来存放用户最常用的基本程序，如 cp 和 mv 等；也存放 Shell，如 bash 和 csh
/etc	该目录一般用来存放程序所需的整个文件系统的配置文件，包括密码、守护程序及 X-Windows 相关的配置
/dev	该目录用于存放各种外部设备的镜像文件，其中有一些内容是需要牢牢记住的。例如，第一个软盘驱动器的名字是 fd0；第一个硬盘的名字是 hda，硬盘中的第一个分区是 hda1，第二个分区是 hda2；第一个光盘驱动器的名字是 hdc；此外，还用 modem 和其他外部设备的名字
/root	这是系统管理员（root）的主目录
/home	系统中所有用户的主目录都存放在/home 中
/boot	该目录下面存放着和系统启动有关的各种文件，包括系统的引导程序和系统核心部分
/lost+found	该目录专门用来存放那些在系统非正常关机后重新启动系统时丢失或存放的文件
/mnt	文件系统挂载点（Mount），例如光盘的挂载点可以是/mnt/cdrom，软盘的挂载点可以是/mnt/floppy，Zip 驱动器为/mnt/zip
/tmp	Temporary 的缩写，用来存放临时文件的目录
/var	Variable 的缩写，用来存放日志、邮件等经常变化的文件
/usr	该目录用来存放与系统用户直接相关的程序或文件
/proc	保存目前系统内核与程序执行的相关信息。例如/proc/interrupts 文件保存了当前分配的中断请求端口号，/proc/cpuinfo 保存了当前处理器信息
/sbin	System Binary 的缩写，该目录通常存放系统启动时所需执行的系统程序

1.2.4 Linux 基本命令

Linux 命令是对 Linux 系统进行管理的命令。对于 Linux 系统来说，无论是中央处理器、内存、磁盘驱动器、键盘、鼠标，还是用户等都是文件，Linux 系统管理的命令是它正常运行的核心，与之前的 DOS 命令类似。但和 DOS 命令不同的是，Linux 的命令（也包括文件名等）对大小写是敏感的，也就是说，如果输入的命令大小写不正确，则系统是不会作出期望响应的。本小节主要简单介绍文件、目录、查找、目录和文件安全性、磁盘存储、进程、联机帮助等基本命令。

1. 文件、目录命令

1) cat 命令

功能：显示或连接一般的文本文件，使用方法如方框内容。

语法：cat 文件名称。

```

cup~# cat file1.txt      #显示 file1的内容
beijing
cup~# cat file2.txt      #显示 file2的内容
changing
cup~#
cup~# cat file1.txt file2.txt  #顺序显示 file1.txt file2.txt 的内容
beijing
changing

```

2) pwd 命令

功能：显示当前工作目录。

语法：pwd。

描述：pwd 命令显示当前目录在文件系统层次中的位置。

```

cup~# pwd      #显示当前工作路径，现在是在根目录下的usr下的local目录
/usr/local

```

3) cd 命令

功能：切换目录。

语法：cd 目录名称。

描述：cd 这个命令是用来进出目录的，它的使用方法与在 DOS 下没什么两样，但和 DOS 不同的是 Linux 的目录对大小写是敏感的，如果大小写拼写有误，cd 命令操作是成功不了的。具体示例如下：

```

[root@localhost ~]# pwd      #显示当前工作目录
/
[root@localhost /]# ls      #列出当前目录下文件
bin dev lib media net root src tftpboot var
boot etc lib64 misc opt sbin srv tmp workframe
data home lost+found mnt proc selinux sys usr
[root@localhost /]# cd usr    #根目录下有usr子目录，cd usr命令进入该子目录
[root@localhost usr]# pwd    #显示当前工作路径，可以看到上一命令执行结果
/usr
[root@localhost usr]# ls     #显示当前目录下文件
bin etc games include java kerberos lib lib64 libexec local sbin share src tmp X11R6
[root@localhost usr]# cd local #进入local子文件
[root@localhost local]# ls   #显示当前目录下文件
bin etc games include lib lib64 libexec sbin share src
[root@localhost local]# cd .. #进入上一级目录
[root@localhost usr]# pwd   #显示当前工作目录
/usr
[root@localhost usr]# cd .. #进入上一级目录
[root@localhost /]# pwd    #显示当前工作目录
/
[root@localhost /]# cd /usr/local #直接输入路径，进入指定目录
[root@localhost local]# pwd  #显示当前工作目录
/usr/local
[root@localhost local]# cd   #cd后面没有路径，直接进入登录用户主目录。root用户进入root主目录
[root@localhost ~]# pwd    #显示当前工作目录
/root
[root@localhost ~]#

```

4) mkdir、rmdir 命令

功能：创建目录和删除目录。

语法：mkdir/rmdir 目录名称。

描述：在 Linux 中用 mkdir 命令，后面输入要创建的目录名，即可在当前目录中建立一

一个新目录，用 `rmdir` 并指定要删除的目录即可删除指定的目录。另外，在使用 `rmdir` 命令时，要确保该目录内已无任何文件存在，否则该命令不成功。具体示例如下：

```
cup~# ls #显示当前目录下的内容
a.txt cdrom file1.txt home lost+found opt sbin sys var
bin dev file2.txt initrd.img media proc selinux tmp vmlinuz
boot etc file.txt lib mnt root srv usr
cup~# mkdir work #在当前目录下建立work子目录
cup~# ls #显示当前目录，可以看到上条命令的执行结果
a.txt cdrom file1.txt home lost+found opt sbin sys var
bin dev file2.txt initrd.img media proc selinux tmp vmlinuz
boot etc file.txt lib mnt root srv usr work
cup~# mkdir work1 #在当前目录下建立work1子目录
cup~# rmdir work #删除子目录work
cup~# ls #上述命令先建立work,work1又删除work，可以看到其结果
a.txt cdrom file1.txt home lost+found opt sbin sys var
bin dev file2.txt initrd.img media proc selinux tmp vmlinuz
boot etc file.txt lib mnt root srv usr work1
```

5) more 命令

功能：显示文本，一次以一个 page 显示，可以前翻或后翻。

语法：more 文件名称。

描述：通常在看一篇很长的文件时都希望从头看到尾，在 Linux 中，more 命令可以以一个 page 为单位来浏览文件。当使用 more 命令时，可看到屏幕的左下方有一个“-more-”的信息，这时若按下回车键，则会显示下一行；若按下空格键，则会显示下一个 page。

```
cup~# more znew #显示znew的内容，按页显示，空格下翻一页，按b上翻一页
#!/bin/bash

# Copyright (C) 1998, 2002, 2004, 2007 Free Software Foundation
# Copyright (C) 1993 Jean-loup Gailly

# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.

# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
```

6) less 命令

功能：与 more 命令相似，一次以一个 page 显示，可以前翻、后翻。

语法：less 文件名称。

描述：若按下空格键，则会显示下一个 page；按下回车键，则按行往下翻；按下字母 b 键往上翻一页。

```
#!/bin/bash

# Copyright (C) 1998, 2002, 2004, 2007 Free Software Foundation
# Copyright (C) 1993 Jean-loup Gailly
```