Shell 命令語言及程序設計

赵敬明 编译

北京科海培训中心

北京科海培训中心
一九九〇年五月

《shell 命令语言及程序设计》

赵敬明　　编　译
(湖南省电子计算站)

北京科海培训中心
一九九 O 年五月

前　言

本书主要讲述如何编写 shell 程序，怎样利用 shell 的一些高级特性将零散的系统命令、实用程序及编译后的用户程序等有机有效地组合在一起，完成所希望的功能。书中共分二十三章，涉及的内容有：shell 描述、工作过程、shell 进程、变量、关键字参数、位置参数、控制结构(条件执行及循环)、特殊置换、I/O 重定向、管道、debug 调试、出错／中断处理、shell 命令行结构和执行步骤、原语句以及有效地 shell 编程等问题。最后附有 shell 命令语言手册。

本书具有一般手册的风格，立题严谨，系统、完整而简洁，举例丰富。它主要依据 AT&T 公司出版的《Shell Command Language For Programmer》，并参照多种有关资料编译而成。书中所有可执行程序例子都在 Unix System v.3.1 的 AT&T 3B15 超级小型机及 386 超级微型机上验证通过。由于时间和学识水平等客观条件的限制，缺点和错误在所难免。但作者相信，本书对 UNIX.XENIX 用户及系统管理员都是一本很有价值的参考书。

在阅读之前，你最好已对 Unix 操作系统有了一定的了解，熟悉部分 Unix 系统命令，这对理解本书，领会 shell 的高级特性会有极大的帮助。倘若你还具有一定的 Unix 系统使用经验，那么，祝你愉快。

赵敬明

一九九 0 年五月

目　录

第一章　概　论 …… 1

1.Unix 系统结构
2.Shell 概念
3.命令的使用

第二章　Shell 进程 …… 9

1.Shell 作为一个进程
2.执行编译后的程序及 shell 过程

第三章　注册过程（login 过程） …… 18

1./etc/login 执行步骤
2./bin/sh 执行步骤

第四章　Shell 过程的使用 …… 24

小　结 …… 28

第五章　变　量 …… 29

1.变量及变量名
2.位置参数
3.变量及其内容

第六章　debug 调试 …… 37

第七章　特殊置换 …… 45

第八章　命令置换 …… 49

第九章　引　用 …… 51

1.单引号
2.双引号
3.反斜线

第十章 关键字参数（keyword parameters） …… 55

第十一章 前置 Shell 变量（preset shell variables） …… 57

小 结 二 …… 59

第十二章 条件执行 …… 61

1.test 语句
2.if 语句
3.case 语句

第十三章 循环结构 …… 72

1.while 语句
2.复合语句
3.for 语句
4.until 语句

第十四章 Shell 命令行 …… 89

第十五章 Shell 原语 …… 95

第十六章 I／O 重定向 …… 104

1.重定向——概述
2.重定向——读文件
3.重定向——写文件

第十七章 管 道 …… 112

第十八章 出错信息的处理 …… 118

第十九章 进程之间通信 …… 123

小 结 三 …… 127

第二十章 Shell 的执行效率 …… **129**

第二十一章 Shell 过程兼容 …… **135**

第二十二章 Shell 解释程序的实现 …… **137**

第二十三章 Unix system V.2.0 升级 …… **140**

1.概述
2.新增命令

小 结 四 …… 157

附录 A 《Shell 命令语言习题集》 …… **158**

附录 B 《Shell 命令语言手册》 …… **168**

第一章　概　论

本章首先概括 Unix 系统结构,然后讲述 shell 的含义及其有关的几个概念,并对 shell 命令的执行过程以及几种执行方式作了一般描述．对于一个了解多种计算机语言的读者，或许很关心编程语言的选择,本章给出了这方面的指导．如果你自信对 shell 有了一定的了解，可以跳过本章，但若你觉得还有些问题不太清楚，我想，阅读本章或许能使你明白许多．

一、Unix 系统结构

Unix 分时操作系统自 1969 年问世以来，经学术界研究推崇，八十年代已广泛进入计算机商业市场．随着 Unix 影响的不断扩大，成为国际标准操作系统的呼声越来越高．它以其核心结构紧凑、功能强、良好的系统开发性、可移植性以及用户界面的灵活性(Shell 等特性优势,已经发展成为各型计算机的主要操作系统．由于 Unix 的一系列独到而重要的设计思想和强有力的特性功能，它的出现已成为计算机界公认的操作系统发展中的重要里程碑．

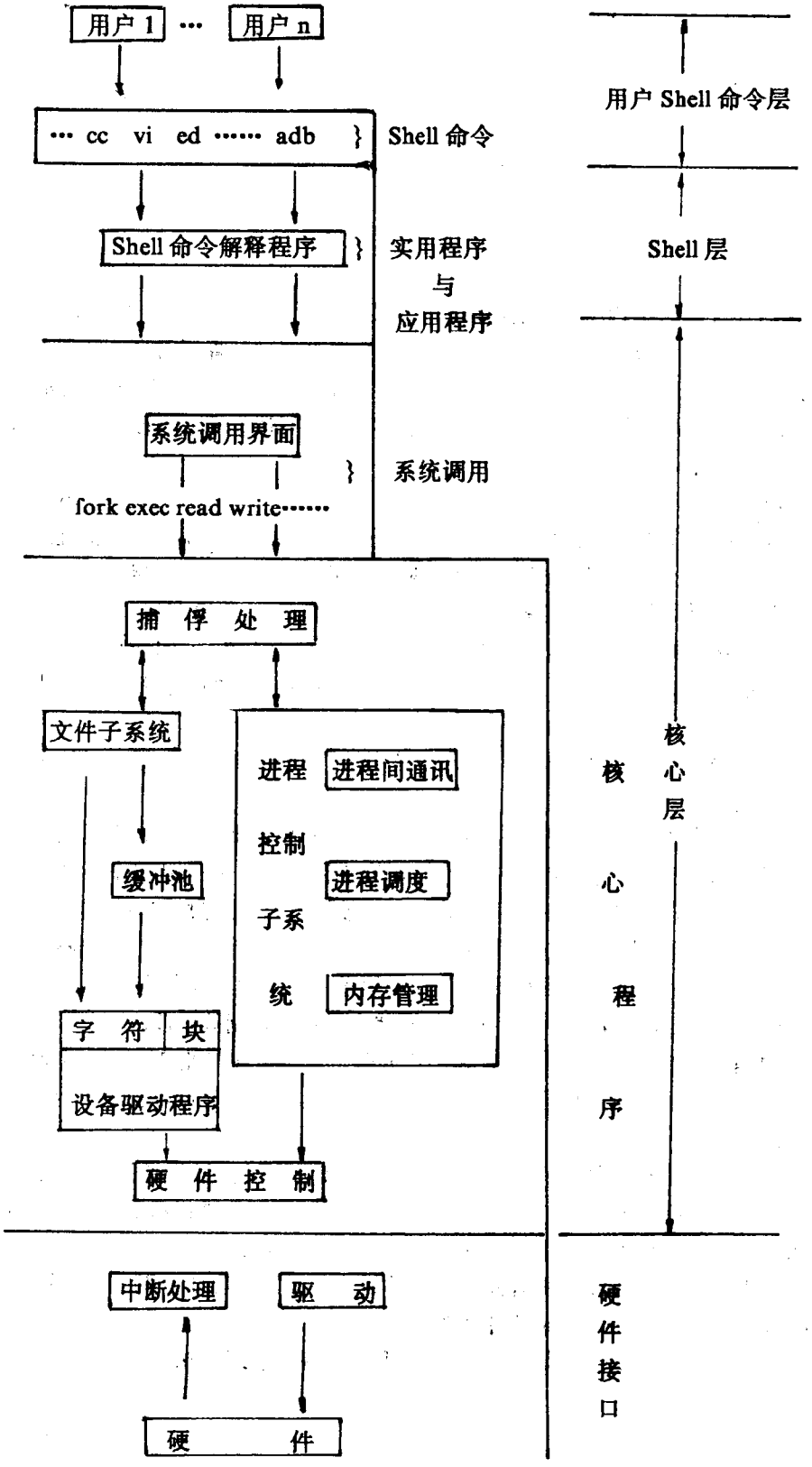
简单的讲,Unix 系统的整体结构分成三个层次:核心层、Shell 层和用户层．系统整体的层次结构图如下页所示．

Unix 系统核心是常驻内存的那部分程序和数据，包括所有立即且频繁调用的系统功能程序．核心主管 I／O 传送、管理和控制硬件并调度进程执行．核心是整个系统的基础．所有用户态的程序不能直接访问核心里面的程序和数据，只能通过 TRAP 指令引入到系统调用程序．Shell 层是用户层与核心的界面，用户的一切要求都经由 Shell 与核心及机器硬件打交道．用户命令层是由一系列语言、应用程序、实用程序及其它组成的 Shell 命令层，提供系统管理及维护、文件目录管理、机器状态显示与控制等手段．

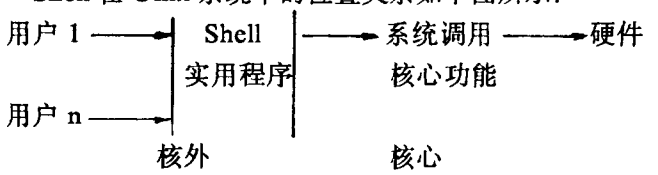
Unix 系统分时有两层含义，即进程分时和用户分时．进程分时是指在时间上把两个或多个进程交错地在一台处理机上处理．用户分时是指多个联机用户同时使用一台计算机，可以相互通信．

进程的概念可以说是 Unix 系统中最基本和最重要的概念之一．进程是指"程序的执行过程"，是由 fork 系统调用建立的一个实体．除进程 0 之外，所有进程都是由其它进程执行 fork 创建的．进程 0 是由系统引导时建立的，它在创建了子进程 1 后变为交换进程．进程 1 即初始化进程，是系统中所有其它进程的祖先．进程 0 和 1 是两个特殊进程,前者是一个进程调度表(the scheduler),后者用于控制进程结构．

进程是一个动态的概念,具有生存周期,通常有睡眠、等待、就绪、执行、死亡等几个状态过程．


用户 1
…
用户 n
… cc vi ed …… adb
Shell 命令
Shell 命令解释程序
实用程序
与
应用程序
系统调用界面
fork exec read write……
系统调用
捕 俘 处 理
文件子系统
进程
进程间通讯
控制
进程调度
子系
统
内存管理
缓冲池
字 符
块
设备驱动程序
硬 件 控 制
中断处理
驱 动
硬 件
用户 Shell 命令层
Shell 层
核心层
核心程序
硬件接口

Shell 在 Unix 系统中的位置关系如下图所示:



二、Shell 概念

1.shell 是 Unix 操作系统与终端用户之间的一种交互式命令解释程序，也是一种命令级程序设计语言解释程序。通常 shell 从一个文件（终端特别文件、用户文件或 Unix 系统文件）读取命令行、执行各种解释及置换，然后通过使用 Unix 系统原语（系统调用）来执行出结果。

shell 不属于 Unix 系统核心，但它调用了核心的大部分功能。它是用 C 语言编写的一种程序，既可以交互式地解释和执行你键入的命令，完成你与 Unix 操作系统核心的对话；又象大多数高级语言一样，定义了各种变量和参数形式，提供了强有力的条件控制结构和循环，完成你所希望的复杂的程序设计，并以并行的方式协调各个程序的执行。

2.shell 过程、shell 文本、命令文件和 shell 程序等四个概念都是类似的，区别不大，都指由命令行组成的文件。但是当文件只包含有一个或少量的几个命令语句时，通常使用术语"命令文件"；而当有大量命令或使用了 shell 的循环和条件执行等功能时，通常就用术语"shell 程序"。shell 程序与批处理有一定形式上的相似，但批处理是一种非会话型的顺序执行的数据处理方式。在批处理系统中，程序由用户一次性正式提交，然后由操作系统调度执行；而 shell 象编辑程序一样是交互式程序，是 Unix 系统最重要的程序之一，是与 Unix 系统绝大多数功能调用相互作用的中心，具有比批处理更完善、功能更强的参数提供方式和条件及循环控制结构。

3.解释性语言与编译性语言是不同的，前者从源文件读取、解释然后执行；而在编译性语言中，命令行只被编译程序读取一次，进行编译，产生出一个可执行的文件，此文件可以被系统立即执行。解释性语言在运行时作解释，而编译性语言在编译时作解释。编译性语言通常产生一个比解释性语言更有效益的目标代码文件，但缺乏解释性语言那样的灵活性。此外，解释性程序比编译性程序易写易调试。

4.shell 作为一种特殊的程序设计语言，与其它高级语言比较，是有许多不同的，这主要表现在:

- shell 是解释性的，而高级语言大多是编译性的。它可以交互式地解释和执行命令，并给出提示信息。
- shell 处理的数据对象通常是文件或字符流、命令语句；而高级语言通常处理数字或字符，它具有较丰富的数据处理类型和数据结构。
- shell 使用环境变量、调用一些系统功能程序，与系统有较密切的关系，而其它高级语言不具备这种特性。
- 一般来讲 shell易写易调试，维护成本低，灵活性较强，但执行速度也许不太理想。高级语言通常有较快的执行速度。
- shell 是命令级语言，已解决的问题不必再写程序，shell 允许用户将已经解决

的问题的程序联合串接在一起，这通常缩短了程序的开发时间，在上机实习时也显得更有效益。

• Unix系统的高级语言程序都在Shell控制下工作。

5.Unix 操作系统国际标准化工作已经在顺利地进行，Unix 标准化小组已于 1986 年 4 月推出 POSIX (Portable Operating System Based on Unix)标准后,IEEE P1003 委员会又在实现用户界面 Shell 及其它工具的标准化。但目前，在 Unix／Xenix 系统上运行的 Shell 版本仍然很多，大致有如下几种:

①B Shell: 它是由贝尔 (Bell) 实验室的鲍恩 (S.R.Bourne) 编写的，取编写者姓名的英文首字母 B 命名。这是在所有 Unix／Xenix 系统中都有的一种 Shell，因此而又称为标准 Shell，通常它在／bin 目录下名为 Sh，即／bin／sh。该 Shell 程序结构紧凑，仅需要较少的系统资源，且执行速度较其它 Shell 版本快，处理执行功能也较强。

②C Shell: 它是由加利福利亚大学伯克利分校的比尔·乔伊 (Bill Joy) 编写的，是一种具有 C 语言程序设计风格的命令解释程序和编程语言，由于和 C 语言有许多相似之处而得名。这也是一种在大多数 Unix／Xenix 系统中都有的一种 Shell，通常在／bin 目录下名为 csh。csh 几乎具备了所有 B Shell 功能，还具有命令历史功能 (命令记忆和恢复)、作业控制、命令别名等功能，并以 C 语言语法风格编程。推出 C Shell 的主要目的是加强 Unix 的交互功能，使用户会话环境更完善，但 C Shell 在执行速度和处理功能上不如 B Shell,因此一个合适的使用经验是以 C Shell 作为注册 Shell，而用 B Shell 编写问题处理程序。但要注意的是 csh 不与 B shell 或 ksh 兼容。

③K Shell: 即由 David Korn 编写的 Shell，它与 B Shell 向上兼容，即在 B Shell 下运行的任何命令文件在 K Shell 下也可进行。Ksh 与 B shell 的主要区别之一在于它提供了内部数值处理功能。Ksh 吸收了 C Shell 的命令历史、作业控制、命令别名等功能，使会话型命令的使用更加方便灵活。Ksh 是实现了 B Shell 的程序设计环境功能和 C Shell 的用户对话环境功能的综合产物，还增加了其它 Shell 所没有的加密 (保密) 保护功能。

④tcsh (Temex-Like C-Shell): tcsh 和 newcsh 是在 C Shell 基础上扩展而成的两种 Shell，其特点是改善了对话环境，其扩展部分的用户界面来源于 DEC 20 系列小型机操作系统 TEMEX，实现了与后者基本相同的功能。tcsh 的最大特点是更直观地实现了命令历史的再使用，它通过使用类似 Emacs 的简单行编辑器，用简单的键操作很快可再现使用过的命令，经过适当的编辑可做为新的命令再执行。tcsh 还有一个特点是不把重复的命令保留在命令历史表中。在实际应用中，tcsh 比 newcsh 好用，但两者都出于 csh 而胜于 csh。

⑤V Shell: 这是由 Microsort 公司为 Xenix 系统新增的一种 Shell，在一般 Unix 系统中没有使用，V 取自单词 Visual，因此又被称为"直观 Shell"。这是一种把 Shell 的部分功能以屏幕菜单驱动方式提供给用户的 Shell。它驻留在目录／usr／bin 下，名为 vsh。

上述五种非 B Shell 以及其它版本的 Shell 都是标准 Shell 的有限修改版本，统称为 rsh。每一种 Shell 都为用户提供了一种界面，完成用户与操作系统的接口工作，每一种 Shell 都具备各自的特点，有不同的命令语法规则，提供了不同的功能，按照用户的不同需要和目的用在不同的场合。泛泛比较不同 Shell 版本之间的优劣是意义不大的。

系统在用户注册过程的末尾，根据在系统注册或用户注册时的 Shell 版本设置

(/etc/passwd 文件 SHELL 变量) 选择启动一种 Shell，以设置用户使用环境，见第三章。

本书主要讲述 B Shell，即标准 Shell，所有可执行程序例均在 Unix System V.3.1 的 ATT 3B15 超级小型机上验证通过。

三、shell 命令的执行过程

1.shell 从一个文件读取命令行或语句。如果 shell 是交互式的，它首先提示用户键入命令并且从定义在目录/dev 下的终端特别文件上接收命令（/dev 目录与各终端相关联）。如果 shell 是用来解释 Unix 系统文件的命令行的，将没有提示，而是从文件读取命令。

如果设置了 mail 变量，shell 还将在给出提示之前通知接收邮件的用户（只对交互式 shell 而言）。

2.shell 读取一条命令行之后，它将对命令行执行一系列置换和解释，包括下面几个步骤

- 读命令行（从终端或文件），根据空格 SP和制表符 HT 对命令行进行初步语法分析
- 变量置换（用变量的值置换）
- 命令置换（用指定的命令输出值置换）
- I/O 重定向
- 变量赋值
- 字解释——根据列在内部字段分隔符 IFS 变量中的字符进行再次命令行语法分析
- 文件名扩展生成（即元字符、通配符等的扩展）
- 搜索命令文件（命令定位）

注: 元字符是指在某种场合下具有特殊含义的键盘字符。如果你希望使用元字符而不用其特殊含义，就必须用引号括起来。

3.执行命令行: shell 完成解释之后，通过使用 Unix 系统原语 fork(2)和 exec(2) 执行命令行。

四、选择 shell 程序设计

Shell 可以通过所提供的各种原语（特殊命令）、条件控制、循环结构语句以及各种参数变量赋值形式等高级特性的组合，将 Unix 系统中所提供的各种命令、可调用的实用程序、应用程序及可执行的用户程序组合在一起，进行程序设计，以完成各种所希的功能。

对于一给定的功能并没有固定的准则来决定是否应该使用 shell 程序语言。若程序的执行速度很重要则应该考虑那些更有效的语言，在使用 shell 的一些高级特性时，执行速度是受到很大影响的；但对于特定的问题，执行速度也许并不是唯一的考虑准则。

- 当一个问题的解决办法中包含了较多的 Unix 系统的标准命令操作，应当考虑用

shell 程序设计，Unix 系统命令包括：在文件内查找、将文件排序、传送文件、建立文件、移动文件等。如果问题能用 Unix 系统中已经建立的基本操作来表示，使用 shell 语言将会构成很强的功能。

- 考虑 shell 语言适用性的另一个角度是问题将要涉及的数据类型。若基本数据是正文行或是文件，则 shell 可能构成一个很好的解决办法。若基本数据是数或字符，也许 shell 不太适用。
- 还有一个准则是程序的开发成本。因为交互式语言具有易写易调试的特点，这对于只用很少次数的程序，用 shell 进行编程的开发成本是很合算的。这既可以获得 shell 程序易于开发的优点，又能容忍其较慢执行速度的缺陷，而用其它诸如 C 或 FORTRAN 等高级语言可能花费较多。
- 建议将 shell语言与C语言结合起来解决一些问题，你会惊喜地发现，这是一个非常有效的手段。

五、Shell 命令的使用方式

需要说明的是，在 unix 系统中，所谓命令是指由用户或系统定义的完成一个专门功能的（比如 login 命令）可执行文件；shell 命令就是一个以回车作为结束的命令行；因此，所有 Unix 系统命令、可执行的实用程序、应用程序及用户程序，从 Shell 角度来看，都可称之为 Shell 命令。Shell 命令语言本身还具有一些原功能命令和特殊语句结构。在 unix 系统中所有命令都是作为进程来执行的。

1.简单执行方式———一个简单的命令就是以空格或制表符隔开的一串（一个或多个）字。最简单的命令就是单个的字。

格式: $ command −option argument …… <CR>

命令行中第一个字是命令名，接着是任选项和自变量。任选项以“+”或“－”为前缀。任选项可以是分离的或组合在一起的。自变量用于向命令（程序）传递附加控制信息。整个命令行，只有命令名是不能省略的。

例: $ pr −5tw80 file.1 <CR> 等价于 $ pr −5 −t −w80 file.1 <CR>

都是不带头标（任选项 −t）地将文件 file.1 以每行 5 列 80 个字符的形式显示出来。

2.顺序执行方式:

顺序执行是指在一行里用分号(;）分离的一系列命令的依次执行.（在同一行中命令从左到右依次执行)。

格式:

$ command1 −option1 arg1; command2 −option2 arg2; … <CR>

在第一个命令完成之后才执行第二个命令．当一系列无关的命令需要在同一时刻执行时，顺序执行便极为有用．如果使用顺序执行，就不必等待一个命令完成之后才请求键入第二个命令。

例: $ who ; pwd ; date <CR>
root console Sep 1 09:50
zhao tty012 Sep 1 08:50
/ usr / zhao
Fri Sep 1 09:51:40 BJT 1989
$

顺序执行后各命令的输出依次连接在一起显示.

3.命令组方式:

命令组用来组织一组命令使其既可以重新定向整个组的输出又可以作为后台的顺序命令组执行. 命令组通常要使用圆括号().

例: $ (cat encydopcdia > mm.ency;cat dictionary > mm.dict) <CR>

在此例中, 两个 cat 请求依次执行, 而整个组都处于后台进程中执行.

命令组既可用园括号, 也可用花括号; 但是两者的使用格式不一样, 在用园括号时命令组最后一个命令的分号可有可无, 但用花括号时则必不可少, 而且在 { 后面及 } 的前面必须空一格; 但是, 当命令使用分行方式而不使用分号时两者的格式则完全一样:

例: $ { pwd;who; } > zh.f <CR>
$ { <CR>
> pwd <CR>
> who <CR>
> } > zh.f <Ctrl-d>
$

还有一个重要的区别, cd 命令在园括号内时只在命令组执行期间临时改变目录, 而在花括号中执行 cd, 则修改了当前工作目录:

例: $ pwd <CR>
/ usr / zhao
$ (cd / usr / chen;pwd) <CR>
/ usr / chen
$
$ pwd <CR>
/ usr / zhao
$

即: 在命令组执行前和后的目录一样, cd 只是在组执行期间被修改. 但在花括号中则不一样:

例: $ pwd <CR>
/ usr / zhao
$ { cd / usr / chen;pwd; } <CR>
/ usr / chen

```
$
$ pwd   <CR>
/ usr / chen
$
```

4.管道线

管道线是产生管道操作的命令线，是由管道操作符分隔的一个命令序列．管道使得左边的一个命令的输出作为其右边一个命令的输人，这是 Unix 操作系统特有的极有用的特性之一，在 shell 编程中极为有用．管道操作符号是|或．详细讨论见第十七章．

```
例:  $ who    cut -c1-8   <CR>
     root
     zhao
     chen
     user1
     $
```

首先命令 who 产生一个输出，此输出通过管道作为命令 cut 的输人，当 cut 完成功能处理后即得到例中的结果．由于管道具有重定向功能，只有管道线上最后一个命令 cut 的输出才在标准输出上显示，who 的输出不显示出．

5.所有上述的四种执行使用方式，又可分为前台执行使用和后台执行使用两种方式．

```
例:  $  (date ;  pr -t zhao.c)  | lp &  <CR>
     2345
     $
```

创建后台执行的命令符&使整个命令行都在后台执行．见第二章讨论．

第二章　shell 进　程

本章是极为重要的，如果你对 Unix 系统缺乏了解，在阅读时你可要认真点儿。在 unix 系统中所有命令都是作为进程来执行的。什么是进程？如果你不能很好地理解进程这一概念，就很难弄清楚 shell 执行过程是怎么回事。本章首先讲述了 shell 进程的概念、功能，然后对 shell 进程的创建、调用、前后台进程、父子进程、命令或程序执行过程中各进程之间的关系和相互作用等问题分别作了描述。显然，本章节是你必须阅读的，不管你心情如何。

shell 是一种实用程序，是你的 Unix 系统不可缺少的组成部分，它从一个文件读取命令、解释命令然后调用 Unix 系统原语执行这些命令。当 shell 被调用时，它便成为一个进程（一个正在运行的程序）。当你注册时，就启动了你系统中的 shell，通常称这为注册 shell。当你键入 Ctrl-d 注销时，注册 shell 便终止了。

一、shell 进程

1.当 shell 被注册过程启动时，它便成为一个进程，通常称它为注册 Shell 进程。一个进程是一个进程映象的执行。一个进程的映象包括程序、程序环境（变量设置及其变量值）、一组寄存器、一个文件描述字表 FDT（包含怎样打开文件的一些信息的表）、当前目录和根目录名以及其它信息。进程在系统进程表中占一项。

区分程序和进程是很重要的。例如 sort 是一个程序，一个排序程序。每当你运行一次 sort，便产生一个新的进程。假如同一时间有几次运行同一程序，那么每次都产生不同的进程，且有不同的进程标识号 PID。进程的标识号是系统赋值的且是唯一的。

shell 进程用来解释和执行命令行，在注册期间可能在同一时刻有多个 shell 进程在运行。一个 shell 进程解释单一级的命令（来自单一文件的命令）。例如：一个 shell 进程可能解释来自终端键入的命令，而另一个 shell 进程则负责解释被交互式 shell 唤醒的一个 shell 程序中的命令行。

例：　$ update file *　<CR>

功能：　自变量 file * 将被 shell 命令 update 修改。

本例中注册 Shell 进程（父进程）解释来自终端的命令行 update file *，当字 file * 被解释时，注册 shell 进程执行文件名扩展。另一个 shell 进程解释 shell 程序（命令）update 中的命令，此进程便是所谓的子进程。

2.创建新的进程：当需要时通过 Unix 系统原语 fork 便可创建一个新进程，建立的进程包括环境、当前目录和根目录的信息及文件描述字表 FDT，新进程使用它们自己的所有这些信息的副本。进程标识号 PID 在 1～30000 之间是唯一的，并且系统在创建每一个新进程时都赋予一个 PID。

创建一个独立的新的进程是必需的：通过使用独立进程，操作系统提供了在后台运行命令的功能。当运行一个已编绎的程序时，因为用来运行编绎程序的 Unix 系统原语将覆盖（取代）它的调用进程，也需要使用独立的进程。

创建新的进程（子进程）的唯一方法是调用 fork 原语．新进程的内存映象是 fork 的调用者的一个副本，只有一点区别，就是老的（父）进程中的返回值包含有新的（子）进程的进程标识号 PID，而在子进程中返回值为 0．wait(2)要利用这个 PID．在 fork 之前打开的文件要被共享，并且有一个公共的读／写指针，尤其是，这正是标准输入和输出文件的传递和管道安装的途径．

进程的创建方式有前台进程和后台进程两种，创建后台进程时在命令行后加&符．

创建新进程时也可能失败，失败时返回值为 1，这可能是因为:

- 系统强制限定的进程数目达到限定值，这个限定值是整个 Unix 系统限定的全部进程数目的最大值（即：系统进程表满）．
- 系统强制限定的用户进程数目达到限定值，这是系统为每一个用户限定的值．
- 内部进程通讯出错．

这些限定值可通过下面命令显示：$ ／etc／sysdef　grep proc ＜CR＞其中 procs 是系统限制，还有一个 maxproc 是用户限制．在一个实验系统里，限定值为:

```
$ ／etc／sysdef　grep proc　＜CR＞
  procs　　150
  maxproc　　25
$
```

3.执行读入命令行的 shell 进程称作父进程，执行出命令行结果的进程便是所谓的子进程，每一个新建的进程（通过 fork）都从创建它的父进程那儿继承一些信息，这通常包括:

- 程序映象
- 当前目录和根目录信息
- 环境（一系列变量及其值）
- 信号处理信息
- Umask 设置（隐含文件权限限制）
- Ulimit 设置（最大文件尺寸）
- 文件描述字表 FDT

4.当运行命令:

```
$ pr zhao.c |lp &　＜CR＞
  1234
$
```

时，由于符号&作用到整个管道线，因此所有的进程都立即起动，但终端上只显示一个进程标识号，这个 PID 是一系列进程中最后一个进程的 PID．本例中 1234 便是 lp 的进程标识号．

5.如果忘记了进程标识号，用 ps 命令可以查询当前正在运行的进程 PID．kill 命令可

以通过该 PID 终止进程的执行。

6. • 进程和文件系统有类似的层次结构。每个进程有其父进程，还可以有其子进程、孙进程或者说后代进程。

例如：注册 shell 是由专门的注册进程启动的，这一进程主要管理系统与终端间的连结。运行命令的进程是注册 shell 进程的直接子进程。

如果在这些命令的进程中再运行别的程序，如在编辑命令 vi 中再使用命令，vi 就生成了一个自己的子进程，而这一子进程便是注册 shell 的孙进程。

• 通常，shell执行一条命令需要三个进程：

执行命令行的读入、解释、判断和信息提示的进程。

执行命令行本身功能的进程。

命令行结构中调用其它功能时创建的进程：比如编辑命令 vi 再使用命令，管道线中的命令等。

• 很显然，shell 的执行速度在很大程度上受创建进程的影响。

下面是一条 Shell 命令执行过程中进程之间的调度关系图示：

·Shell 命令树节点命令的 Shell 进程