

操作系统

—UNIX操作系统结构分析

刘日昇 孙玉方

下 册

北京·大学第二分校

一九八三年二月

目 录

前言

第一章 操作系统引论	1
1.1 什么是操作系统	1
1.2 操作系统的发展过程	4
1.2.1 手工操作阶段	5
1.2.2 成批处理系统	7
1.2.3 执行程序系统	9
1.2.4 多道程序系统的引入	10
1.3 操作系统的分类	13
1.3.1 多道成批系统	13
1.3.2 分时系统	13
1.3.3 实时系统	16
1.3.4 通用操作系统的产生	19
1.4 UNIX系统的产生及其特征	19
1.5 小结	22
习题	23
第二章 进程和处理机管理	24
2.1 进程的概念	24
2.1.1 顺序程序设计	24
2.1.2 并发程序设计	25

2.0.1.3	进程概念的引入	29
2.0.1.4	进程的状态	31
2.0.1.5	进程映象及其组成	33
2.0.2	进程调度	34
2.0.2.1	进程控制块	34
2.0.2.2	交通控制程序与进程调度程序	37
2.0.2.3	进程调度算法	38
2.0.2.4	UNIX系统的进程调度	43
2.0.3	进程通信	54
2.0.3.1	进程之间的互斥与同步	54
2.0.3.2	UNIX系统中的通信工具	57
2.0.3.3	信号灯上的PV操作	64
2.0.3.4	PV操作的应用	66
2.0.3.5	消息通信	71
2.0.3.6	多处理机中的同步问题	77
2.0.4	进程控制	80
2.0.4.1	引言	80
2.0.4.2	user结构与text结构	82
2.0.4.3	进程的建立	86
2.0.4.4	进程的终止	95
2.0.4.5	等待子进程	99
2.0.5	死锁问题	100
2.0.5.1	死锁的发生	100
2.0.5.2	死锁的对策	102

2.5.3	死锁的研究	106
2.6	进程概念的进一步应用	107
2.6.1	作为并发运行单位的进程	107
2.6.2	作为资源分配单位的进程	108
2.6.3	作为保护单位的进程	108
2.6.4	作为结构设计单位的进程	109
习题	.....	111
第三章	存储管理	113
3.1	引言	113
3.1.1	连接与装配	113
3.1.2	地址重定位	116
3.1.3	存储管理的功能	120
3.2	早期的存储管理	122
3.2.1	单一连续分配	122
3.2.2	分区分配	124
3.2.3	复盖与对换	130
3.3	界地址存储管理	135
3.3.1	单界地址管理	135
3.3.2	多界地址管理	137
3.4	分页存储管理	138
3.4.1	实现原理	138
3.4.2	地址映射机构	141
3.4.3	页面的共享与保护	149

3.4.4	简单分页系统的优点和缺点	151
3.5	请求分页存储管理	151
3.5.1	虚拟存储器的引入	151
3.5.2	实现原理	152
3.5.3	硬件支持与软件支持	155
3.5.4	淘汰算法	160
3.5.5	请求分页的优点和缺点	163
3.6	分段存储管理	164
3.6.1	分段地址空间	164
3.6.2	实现原理	168
3.6.3	段的动态连接	170
3.6.4	段的共享与保护	176
3.6.5	分段的优点和缺点	180
3.7	段页式存储管理	181
3.7.1	实现原理	182
3.7.2	软件支持	185
3.7.3	段页式系统的优点和缺点	187
3.8	存储器的分配算法	187
3.8.1	概述	187
3.8.2	最优适应分配算法	188
3.8.3	最先适应分配算法	193
3.9	UNIX操作系统的存储管理	199
3.9.1	PDP-11的硬件寻址机构	199
3.9.2	地址空间的分配	204

~ 4 ~

3 · 9 · 3	进程映象的更换	213
3 · 9 · 4	程序对换	220
3 · 10	系统初启	224
习题	.....	228
第四章	设备管理	232
4 · 1	引言	232
4 · 1 · 1	块设备与字符设备	232
4 · 1 · 2	通道技术	233
4 · 1 · 3	缓冲技术	242
4 · 1 · 4	设备分配策略与 spooling 技术	247
4 · 1 · 5	设备管理的功能	251
4 · 2	块设备管理	253
4 · 2 · 1	概述	253
4 · 2 · 2	数据结构	255
4 · 2 · 3	缓冲区管理	265
4 · 2 · 4	PDP11 的磁盘设备特征	271
4 · 2 · 5	RK 磁盘的管理	275
4 · 2 · 6	块设备的使用	286
4 · 3	字符设备管理	298
4 · 3 · 1	概述	298
4 · 3 · 2	数据结构	299
4 · 3 · 3	缓冲区管理	302
4 · 3 · 4	内存数据的传送	305
4 · 3 · 5	纸带机的设备表和寄存器组	306

4.3.6 纸带机的管理	310
习题	321
第五章 文件系统	325
5.1 引言	325
5.1.1 文件	325
5.1.2 文件的分类	326
5.1.3 文件系统的特点	327
5.1.4 文件系统的功能	328
5.2 文件结构和存取方法	329
5.2.1 文件的逻辑结构	330
5.2.2 存取方法	331
5.2.3 文件的物理结构	334
5.2.4 文件存储器介质	342
5.2.5 文件结构与存储设备及存取方法的关系 ..	343
5.3 文件目录	345
5.3.1 简单的文件目录	345
5.3.2 二级目录结构	348
5.3.3 多级目录和UNIX树形层次结构	349
5.3.4 UNIX目录与索引节点	353
5.3.5 UNIX的目录检索	362
5.3.6 UNIX文件的连接	365
5.4 文件存储空间的管理	366
5.4.1 常用的一些方法	367

5.4.2	UNIX中的空闲块成组链接法	370
5.4.3	索引节点的分配和释放	381
5.5	文件的共享及存取控制	385
5.5.1	文件共享与打开文件表	385
5.5.2	文件保护与保密	391
5.5.3	UNIX系统的文件存取控制	394
5.6	文件卷的安装与拆卸	396
5.6.1	实现原理	396
5.6.2	实现过程	400
5.7	文件系统的使用及其处理	404
5.7.1	UNIX文件系统的数据结构	405
5.7.2	文件的创建和删除	407
5.7.3	文件的连接和解除连接	414
5.7.4	文件的打开和关闭	418
5.7.5	文件的读写	425
5.7.6	管道线特殊文件的处理	436
5.8	文件系统的可靠性	443
	习题	444

第六章	中断与捕获	449
6.1	引言	449
6.1.1	操作系统与其它程序的接口	449
6.1.2	中断及其分类	450
6.2	中断系统	453

6.2.1	PDP 11 的中断系统	453
6.2.2	中断的分级与屏蔽	456
6.3	中断处理	461
6.3.1	中断处理的一般过程	462
6.3.2	UNIX 系统的中断捕获总控程序	467
6.4	UNIX 系统中的中断和捕获处理	470
6.4.1	时钟中断处理	470
6.4.2	捕获处理	475
6.4.3	系统调用	477
6.5	操作系统工作流程举例	482
6.6	UNIX 系统中的软中断机构	486
6.6.1	软中断的概念	486
6.6.2	软中断的处理	489
习题	.....	493

第七章	作业管理	494
7.1	引言	494
7.1.1	基本概念	494
7.1.2	作业的分类	495
7.1.3	批作业的组织	497
7.1.4	作业状态及其转换	498
7.2	作业调度	500
7.2.1	作业调度的功能	500
7.2.2	作业队列和作业控制块	501

7.2.3	作业调度算法	503
7.2.4	多级调度	512
7.2.5	Spool 输入/输出和批处理作业调度	516
7.3	作业控制	521
7.3.1	脱机控制	521
7.3.2	联机控制	531
7.3.3	UNIX系统的 shell	534
	习题	545

第八章	操作系统的设计	550
8.1	操作系统的研制过程	550
8.1.1	引言	550
8.1.2	要求和目标	552
8.1.3	功能设计	553
8.1.4	结构与模块设计	553
8.1.5	编码、调试和排错	554
8.2	结构设计概述	559
8.2.1	结构设计的提出	559
8.2.2	结构程序设计的意义	560
8.2.3	结构设计的目标	561
8.3	传统的无序模块结构	562
8.3.1	模块化设计的概念	562
8.3.2	UNIX操作系统的结构	564
8.4	层次结构	567

8.4.1	层次结构设计的概念	568
8.4.2	层次结构设计方法	570
8.4.3	THE 多道程序系统	575
8.5	进程结构	577
8.5.1	面向过程的结构和面向消息的结构	577
8.5.2	基于UNIX的NUKE操作系统	579
8.5.3	面向消息结构的优缺点	583
8.6	以管程为工具的结构设计方法	583
8.6.1	管程的引入与实现	583
8.6.2	管程的评介	593
8.6.3	以数据为中心的模块结构	596
8.6.4	UNIX系统的模块化设计	597
习题	.....	608
附录A	UNIX系统中的系统调用一览表(第六版)	609
附录B	UNIX系统 shell	617
B1	一些常用的 shell 命令	617
B2	shell中的元字符和保留字	632
B3	shell语法	634
参考文献	.....	636

TP316/72.3

第五章 文件系统

5.1 引言

5.1.1 文件

文件是一个具有符号名字的一组相关联元素的有序集合。

文件可以包括范围很广的对象。例如，用户作业、源程序和目标程序、初始数据和输出结果等。除了用户本身的这些程序、数据以外，还有大量的系统软件资源，如汇编程序、编译程序和连接装配程序等系统软件，以及如编辑程序、调试程序和诊断程序等实用程序。其实，操作系统本身就是一种重要的信息资源，因此，也常常作为一个文件保存在某种存储介质上。通常在系统初启时才由初启程序把它读出，装入主存且常驻在那里。

在早期，文件的使用是相当复杂、极为繁琐的工作。特别是用户文件的组织和管理常常要用户亲自干预。比如，要按照设备的物理地址去安排信息存放位置，组织相应的输入/输出指令，还要确切地记住信息在存储介质上的分布情况，等等。稍不小心，即会破坏原来已存入介质的文件信息。

在多道程序出现之后，~~许多用户共享大容量~~的文件存储器，如磁盘、磁鼓、磁带等。用户~~还想自己去协调~~、管理那些信息就既不可能也不允许，当然也没必要。不可能，是因为同时运行的几道程序是独立编写，随机搭配在一起的，人们事先无法预测这些程序间的信息是如何分布的；不允许，是因为为了信息的安全和保密起见，每个用户也不希望别人干予、过问他的信息；不必要，是因为用户关心的是信息完好无缺地保存好，需要时可以方便地取出，至于信

息到底具体存放在何处用户并不介意。

鉴于上述种种原因，现代的计算机系统的操作系统中都配备了文件（或信息管理）系统。它不仅为用户程序所必需，同时也为操作系统的其它部分所必需。

5.1.2 文件的分类

为管理和控制文件方便起见，通常把文件分成若干类型。

一般系统中，按用途文件可分成：

(1) 系统文件——由有关操作系统及其它系统程序的信息组成。这类文件对用户不直接开放，只能通过系统调用为用户服务。

(2) 库文件——由标准子程序及常用的实用程序组成。这类文件允许用户使用，但不能修改。

(3) 用户文件——由用户委托系统保存的文件，如源程序、目标代码、原始数据、计算结果等。这类文件只能由授权者（包括文件主本人）进行适当的读/写或其它操作。

在UNIX系统中，按组织和处理方式文件分成：

(1) 普通文件——内部无结构的一串平滑的字符。这种文件既包括系统文件，也包括用户文件和库文件。只是存取权限及使用范围不一样。

(2) 目录文件——由文件目录构成的一类特殊文件。对它的处理（读、写、执行）在形式上与普通文件相同。

(3) 特别文件——由一切输入/出慢速字符设备构成。它的处理，前面一部分，如查找目录、存取权限验证等，与普通文件类似；后面部分针对不同的设备特性要作相应的特殊处理。

文件还有其它分类方法。比如，按信息流向，可分为输入、输

出和输入/输出文件三类；按保留要求，可分为临时、永久和档案文件三类；等等。

5.1.3 文件系统的特点

所谓文件系统，是指一个负责存取和管理文件信息的软件机构。

引入了文件和文件系统后，用户即可用统一的文件观点去看待各种存储介质上的信息。所以至少从用户角度来看文件系统应具有如下的特点：

(1) 使用简便。

用户不必考虑存储空间的分配，也无需关注文件存放位置。这样，即使文件位置作了改变，甚至连文件的存储装置也换了，对文件的使用者也没有影响。文件的储存和访问均由文件系统自动解决，用户利用统一的虚拟I/O指令，提供适当参数，即可得到在各种存储介质上的文件。

(2) 安全可靠。

文件系统应提供各种保护措施，防止对文件信息无意或恶意的破坏。例如，针对不同文件可以有不同的存取权限，这些权限还可以按等级分给不同用户。这样，文件使用时首先接受检查，权限不符者，系统给予拒绝。此外，针对由于系统故障特别是硬件失效而可能造成的文件信息的损坏，系统通常还提供转储功能，为文件复制适量副本，必要时可以重新恢复。

(3) 共享而又保密

为了节省文件存放的空间和存取的时间，协调相关用户共同完成某项任务，文件系统应为用户提供共享功能，使多个用户能共享同一文件。文件系统同时还应注意不同用户对文件的使用权限，

从而又能保护好文件防止未经授权者“窃取”。

5.1.4 文件系统的功能

我们这里讨论的仅是操作系统中的文件系统。这种文件系统只涉及信息的简单逻辑组织，既不清楚（也无必要）各信息项（或记录）之间的结构关系，也无力对这些信息项作出解释，这与数据库管理系统侧重点不一样。数据库管理系统是基于操作系统特别是其中的文件系统发展而来的，它着重在信息项的结构关系，并且对它们进行解释，检索与增删等操作。

从用户使用角度，或从系统外部来看，文件系统主要实现了“按名存取”。具体地说，当用户要求系统保存一个已命名的文件时，文件系统根据一定的格式把他的文件存放到文件存储器中适当的地方，用户需要时，系统根据用户指定的文件名，能够从文件存储器中找出所要的文件，或文件中的某些信息。

从系统管理角度，或从系统内部来看，文件系统主要实现了文件存储器存储空间的组织，分配，文件信息的存储并对存入的文件进行保护和检索。具体地说，它要借助组织良好的数据结构和算法，有效地对文件信息进行管理，提供简洁明了的手段，使用户方便地存取他的信息。

本书的重点在系统内部的实现思想上，在实现中一个文件系统必须解决如下主要问题：

- 1、文件的结构及有关的存取方法；
- 2、文件的目录结构和有关处理；
- 3、文件存储空间的管理；
- 4、文件的共享、存取控制和系统的可靠性；

5、文件卷的安装和拆卸，这一点是UNIX文件系统所独有的。

在本章的以下各节，我们主要以UNIX的文件系统为例，从上述五个方面介绍文件系统的主要功能，然后，介绍UNIX文件系统的使用方法和具体实现，以便使读者对这一系统的功能有一个比较完整的认识。

5.2 文件结构和存取方法

文件系统的设计者应当从两种不同的观点去研究文件的类型及其组织形式。

一种是用户（或使用）观点，其主要目的是研究用户“思维”中的抽象文件，研究的重点在于为用户提供一种结构清晰、使用简便的逻辑文件形式。用户将按照这种形式去存储、检索和加工有关文件的信息。

另一种是系统（或实现）观点，其主要目的是研究驻留在设备介质中的实际文件，即物理文件，研究的侧重点是选择一些工作性能良好，设备利用率高的物理文件结构。系统将按照这种形式去和外部设备打交道，控制信息的传输。文件系统的重要作用之一，就是在用户的逻辑文件的相应设备的物理文件之间建立映象，实现二者之间的转换。

而文件的存取方法是由文件的性质和用户使用文件的情况决定的。

下面我们给出文件的逻辑结构、物理结构和相应于不同结构的若干存取方法。

5.2.1 文件的逻辑结构

文件的逻辑结构通常分为两种形式。一是记录式有结构文件，一是无结构文件。

记录式文件主要来源于卡片映象。早期计算机的输入常用卡片，人们把一张卡片上的信息作为一个记录保存。一个源程序常常是一叠卡片，从而也是一组记录的集合。目前在IBM公司为代表的软件中，文件仍以这种记录结构为主。构成逻辑文件的记录常常以序编号为记录1，记录2，...

记录式文件又可分成等长记录文件和变长记录文件。前者的文件长度以记录个数计算，而后者的文件长度则为各记录长度之和。这两类文件如图5.1所示。

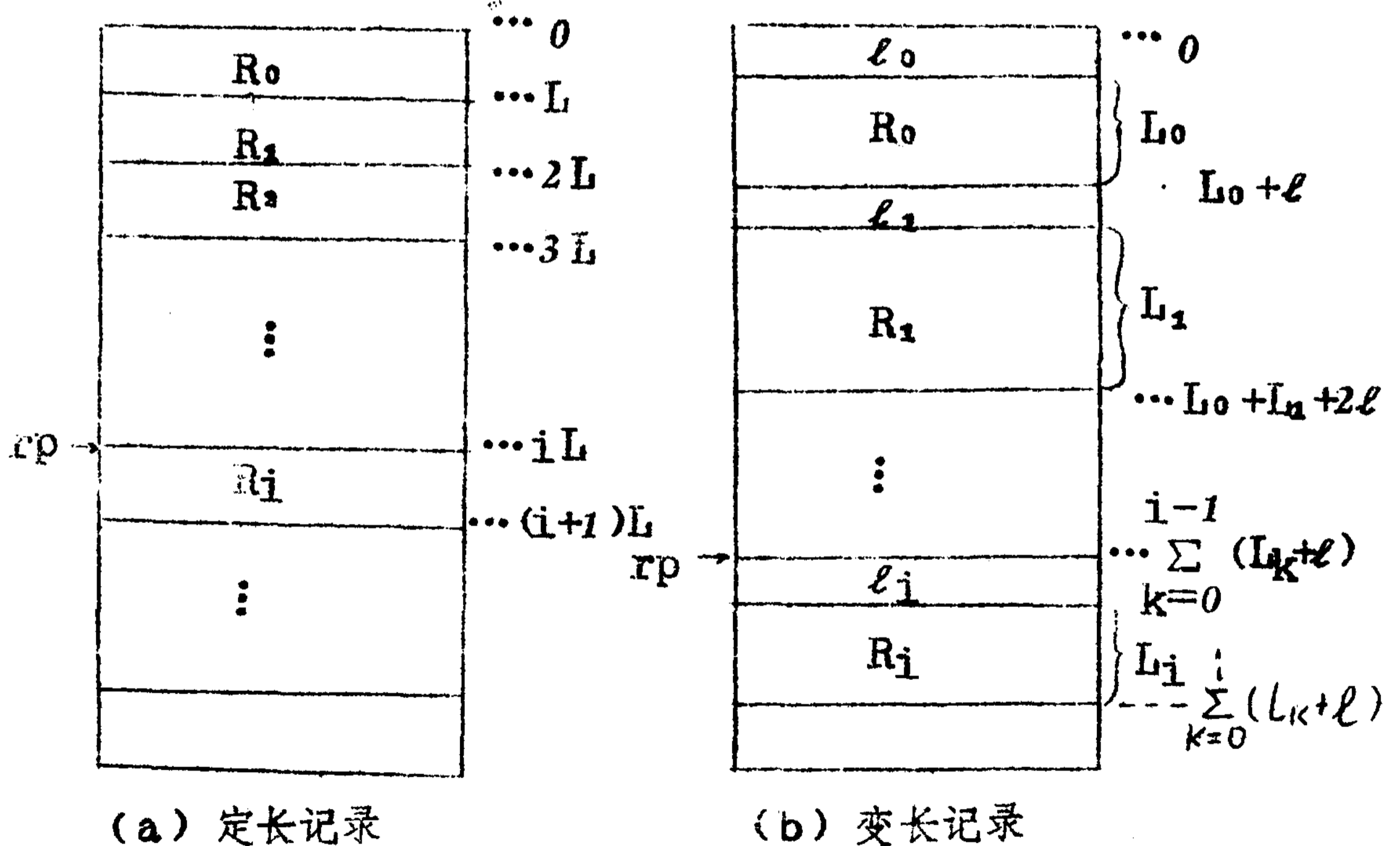


图 5.1 记录式文件