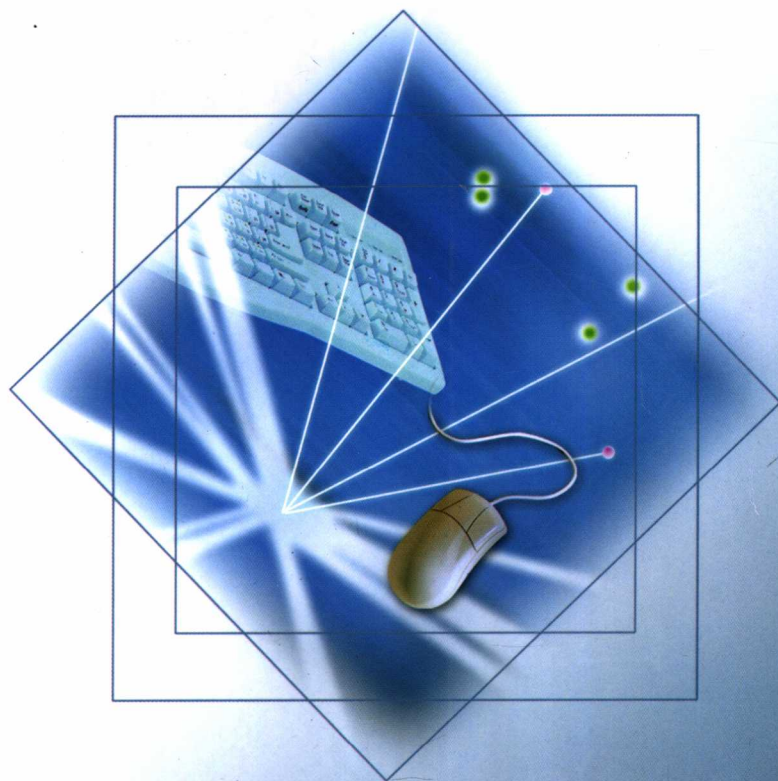


21 世纪高等院校计算机系列教材

Computer

□ 柯敏毅 崔洪芳 杨舒 主编

操作系统教程



华中科技大学出版社

21 世纪高等院校计算机系列教材

操作系统教程

主 编	柯敏毅	崔洪芳	杨 舒
副主编	沈 华	许 卫	
参 编	汪 毅	孙 平	
主 审	余敦辉		

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

操作系统教程/柯敏毅 崔洪芳 杨舒 主编
武汉:华中科技大学出版社,2004年9月
ISBN 7-5609-3261-4

I. 操…

II. ①柯… ②崔… ③杨…

III. 电子计算机-操作系统-高等学校-教材

IV. TP316

操作系统教程

柯敏毅 崔洪芳 杨舒 主编

责任编辑:曾 光 彭保林

封面设计:刘 卉

责任校对:吴 晗

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:北京搜获科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:14.75

字数:261 000

版次:2004年9月第1版

印次:2004年9月第1次印刷

定价:22.00元

ISBN 7-5609-3261-4/TP·536

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

操作系统是计算机系统的核心，是计算机专业的必修课程。本书是讲述操作系统原理的一本实用教科书。

全书共 9 章，内容包括：操作系统概述、中断技术、进程管理、存储管理、设备管理、文件管理和具体操作系统对这些功能的实现方法举例、安全与保密机制、网络操作系统。

根据作者多年的教学经验，本书在内容取舍、整体结构安排上充分考虑了教学开展和讲述方便、连贯的特点，融入了操作系统的经典内容和最新发展。并结合具体操作系统的实例做分析。内容涵盖了操作系统原理的基本内容，并与操作系统的基本原理与实例相结合。在文字描述、习题选择方面以力求面向实践、重在应用、便于教学组织为原则，在章节安排、形式体例、行文风格方面有自己的特点。努力做到概念引出自然、内涵与外延适中，深入浅出、寓深奥于浅显。适合计算机相关专业本、专科学生作为教材，同时也可作为计算机等级考试、水平考试的学生和计算机技术人员的阅读参考书。

“21 世纪高等院校计算机系列教材”丛书编委会

主任 何炎祥

委员（按姓氏拼音排序）：

戴光明	都志辉	桂 超	金先级
柯敏毅	李康顺	李克清	李雨生
刘腾红	卢强华	陆 迟	吕顺营
沈海波	石 清	王江晴	王伟军
王 忠	叶骏民	余敦辉	湛为芳

序 言

21世纪是信息时代,以计算机为核心的信息技术是21世纪科技发展的大趋势。作为计算机专业人才培养基地的大学计算机专业和相关专业,如何适应这种发展,培养出符合时代要求和社会欢迎的人才,是近年来计算机教育界讨论的热门话题,也是我们长期思考并努力探索的课题。

教材是人才培养的基础。在华中科技大学出版社的委托下,我们组织了有关高等院校的部分专家、教授共同编写了这套“21世纪高等院校计算机系列教材”,以期在适应21世纪的教材建设方面做出自己的努力。由于计算机行业发展日新月异,本套教材编委会将负责系列教材的选题、每本教材大纲的编写和审定以及教材、教学辅导书和课件的修订、更新等工作,以确保教材的正确性和先进性,使这套教材努力走在同类教材的前列。

这套系列教材包括计算机专业课和部分专业基础课教材,以及与之配套的实践课教材和教学辅导书等等。

我们希望这套教材具有以下特点:

1. 注重基础性和先进性的结合。计算机学科的一个显著特点就是知识和技术更新快,这对教学内容、课程知识结构的选取和组织提出了新的要求。我们把编写的重点放在基础知识、基本技能和基本方法上,希望在提高学生的理论素养和分析问题、解决问题的能力同时,注重介绍新的技术和方法,以拓展学生的知识面,激发他们学习的积极性和创新意识。

2. 注重理论性与应用性的结合。良好的理论素养是应用的前提,而掌握理论的目的就是为了更好的应用。在教材的编写过程中,我们注意理论的系统性,在讲深讲透主要知识的基础上,融理论性和应用性于一体,注意基本方法的讲授,以培养学生应用理论和技术的能力。

3. 注重时代性和实用性的结合。力求精简旧的知识点,增加新的知识点,体现教材的时代特征。而且充分考虑一般高校目前所拥有的师资条件和教学设备,注重教材的实用性。

4. 注重科学性与通俗性的结合。概念、原理、新技术的阐述力求准确、精练;写作上尽量通俗易懂、深入浅出、图文并茂,增强可读性,便于学生自学。

5. 网络技术辅助教学。针对本系列教材我们开发有专门的网站(<http://www.hzpress.org>)、课件发布演示系统和考试系统等,以便为任课老师的教学提供更便捷、更全面的服务,并将通过网站开展各种形式的教材网上专家答疑、内容修订发布、课件定期升级等活动,以求达到与读者随时互动,为读者提供立体化的服务。

教学改革是需要不断探索的课题。要达到以上目标，还需要不断地努力实践和完善。欢迎使用这套教材的教师、学生和其他读者提出宝贵意见。

最后，对参加这套教材编写的所有作者，对为这套教材的编写提供支持的有关学校、院系的领导和老师表示诚挚的谢意！感谢华中科技大学出版社为本系列教材的出版所付出的辛勤劳动！

教材编委会主任 **何炎祥**

(教授、博导、武汉大学计算机学院院长)

前 言

计算机操作系统是计算机系统配置的最重要的软件，在整个计算机系统软件中处于中心地位。操作系统设计的好坏直接决定计算机系统的性能和计算机用户使用计算机的方便程度。所以计算机操作系统是计算机科学技术类相关专业的重要基础课。

20 世纪 90 年代以后，计算机科学与技术飞速发展，特别是操作系统成为计算机领域活跃的一个分支。操作系统的新概念、新技术和新方法不断涌现，并且取得了巨大成功。本书除系统地介绍经典操作系统的基本概念、基本技术、基本方法外，对现代操作系统的新成果、新方法和应用也尽可能全面、清晰、综合地组织在教材中。

本书内容涵盖了操作系统原理的基本内容，并与操作系统的基本原理与实际相结合。在内容取舍、文字描述、习题选择方面以力求面向实践、重在应用、便于教学组织为原则，在章节安排、形式体例、行文风格方面与传统的理科原理式的课程不同，努力做到概念引出自然、内涵与外延适中，深入浅出、寓深奥于浅显。特别适合计算机相关专业作为教材，同时也可作为各类大专院校师生的参考书。

本课程参考教学学时为 70 学时，实验 10 学时。前期课程为高级程序设计语言、数据结构、计算机组成和结构，后继课程为数据库理论、网络操作系统等。

本书由柯敏毅、崔洪芳、杨舒主编，副主编沈华、许卫。参加本书编写的还有汪毅、孙平。全书的审稿工作由余敦辉承担。

由于作者水平有限，错误与不妥之处在所难免，恳请读者与专家批评指正。

编者

2004 年 7 月

目 录

第 1 章 计算机操作系统概述.....	(1)
1.1 操作系统的宏观作用.....	(1)
1.1.1 存储程序式计算机的结构与特点.....	(1)
1.1.2 作为扩展计算机功能的操作系统.....	(2)
1.1.3 作为资源管理的操作系统.....	(2)
1.2 操作系统的发展历史.....	(3)
1.2.1 无操作系统的计算机.....	(3)
1.2.2 单道批处理系统与多道批处理系统及执行系统.....	(3)
1.2.3 分时系统.....	(6)
1.2.4 实时系统.....	(7)
1.2.5 网络操作系统与分布式操作系统.....	(8)
1.3 操作系统的基本概念.....	(10)
1.3.1 操作系统的定义.....	(10)
1.3.2 操作系统的基本功能.....	(11)
1.3.3 操作系统的特征.....	(15)
1.4 操作系统的逻辑模型.....	(16)
1.5 微机操作系统.....	(17)
1.5.1 DOS 操作系统.....	(17)
1.5.2 MS-Windows 操作系统.....	(17)
1.5.3 Unix 操作系统.....	(17)
本章小结.....	(18)
习题 1.....	(18)
第 2 章 中断技术.....	(19)
2.1 中断的概念.....	(19)
2.2 中断类型.....	(20)
2.2.1 中断分类.....	(20)
2.2.2 中断响应.....	(21)
2.3 中断处理程序.....	(24)
本章小结.....	(28)
习题 2.....	(29)
第 3 章 处理机管理.....	(30)
3.1 中央处理单元.....	(30)
3.1.1 特权指令介绍.....	(31)
3.1.2 处理机状态.....	(31)

3.1.3	程序状态字.....	(32)
3.2	处理机的作业调度.....	(33)
3.2.1	单道批处理系统的作业调度.....	(34)
3.2.2	作业调度性能的衡量指标.....	(36)
3.2.3	先来先服务作业调度算法.....	(38)
3.2.4	短作业优先作业调度算法.....	(38)
3.2.5	高响应比优先作业调度算法.....	(39)
3.2.6	最高优先数作业调度算法.....	(40)
3.2.7	多处理机系统作业调度.....	(40)
3.3	进程的引入和定义.....	(41)
3.3.1	进程的引入.....	(41)
3.3.2	进程的定义.....	(43)
3.4	进程的状态和进程控制块.....	(44)
3.4.1	进程的状态及状态变化图.....	(44)
3.4.2	进程的结构、进程控制块及组织方式.....	(46)
3.5	进程控制.....	(49)
3.5.1	原语.....	(49)
3.5.2	进程控制原语.....	(49)
3.6	线程的基本概念.....	(52)
3.6.1	线程引入的动机.....	(52)
3.6.2	线程与进程的关系.....	(53)
3.6.3	线程的类型和状态.....	(53)
3.7	处理机的进程调度.....	(55)
3.7.1	进程调度的职能.....	(55)
3.7.2	进程调度所用的主要数据结构.....	(56)
3.7.3	进程调度的方式.....	(57)
3.7.4	进程调度算法.....	(57)
3.7.5	综合的调度策略.....	(59)
3.8	进程通信.....	(60)
3.8.1	进程互斥.....	(60)
3.8.2	互斥用的硬件机制.....	(61)
3.8.3	进程同步.....	(62)
3.8.4	用信号量实现进程同步.....	(63)
3.8.5	两个经典的同步/互斥问题.....	(66)
3.8.6	Hanson 管程介绍.....	(67)
3.8.7	进程的通信方式——消息缓冲.....	(68)
3.9	死锁问题.....	(70)
3.9.1	死锁产生的原因和必要条件.....	(70)
3.9.2	预防死锁.....	(71)

3.9.3 避免死锁.....	(72)
3.9.4 检测与解除死锁.....	(73)
本章小结.....	(73)
习题 3.....	(74)
第 4 章 存储管理.....	(76)
4.1 存储管理的功能.....	(76)
4.1.1 内存的分配与回收.....	(77)
4.1.2 地址重定位.....	(78)
4.1.3 存储保护.....	(80)
4.1.4 虚拟存储器.....	(81)
4.2 实存管理.....	(81)
4.2.1 固定分区存储管理.....	(82)
4.2.2 可变式分区存储管理.....	(83)
4.2.3 纯分页存储管理.....	(89)
4.2.4 纯分段存储管理.....	(93)
4.3 虚拟存储器管理.....	(95)
4.3.1 虚拟存储器的概念.....	(95)
4.3.2 请求式分页存储管理与动态地址重定位.....	(96)
4.3.3 页面置换算法.....	(98)
4.3.4 请求式分页存储管理性能分析举例.....	(101)
4.3.5 请求式分段存储管理与动态地址重定位.....	(103)
4.3.6 段页式存储管理与动态地址重定位.....	(106)
4.4 碎片与抖动问题.....	(108)
本章小结.....	(109)
习题 4.....	(111)
第 5 章 设备管理.....	(113)
5.1 概述.....	(113)
5.1.1 设备类型.....	(114)
5.1.2 设备管理的任务和功能.....	(116)
5.1.3 设备控制块(DCB).....	(119)
5.2 数据传送控制方式.....	(120)
5.2.1 程序直接控制方式.....	(120)
5.2.2 中断控制方式.....	(121)
5.2.3 DMA 方式.....	(121)
5.2.4 通道控制方式.....	(122)
5.2.5 其他控制方式.....	(123)
5.3 缓冲技术.....	(125)
5.3.1 缓冲的引入.....	(125)
5.3.2 单缓冲.....	(126)

5.3.3 双缓冲.....	(126)
5.3.4 环形缓冲.....	(126)
5.3.5 缓冲池(BufferPool)	(127)
5.4 设备分配技术.....	(128)
5.4.1 独享设备的分配.....	(128)
5.4.2 共享设备的分配.....	(129)
5.4.3 虚拟设备的分配与 SPOOLing 技术	(129)
5.4.4 设备分配算法.....	(130)
5.5 I/O 进程控制.....	(130)
5.5.1 用户进程的输入/输出请求.....	(130)
5.5.2 设备驱动程序.....	(131)
本章小结.....	(132)
习题 5.....	(132)
第 6 章 文件管理	(134)
6.1 文件与文件系统.....	(134)
6.1.1 文件与文件系统的概念.....	(134)
6.1.2 文件的分类、属性及文件系统的功能	(135)
6.2 文件的逻辑结构.....	(136)
6.2.1 逻辑结构.....	(136)
6.2.2 存取方法.....	(136)
6.3 文件的物理结构.....	(137)
6.3.1 连续结构.....	(137)
6.3.2 链接结构.....	(138)
6.3.3 索引结构.....	(138)
6.4 文件目录.....	(139)
6.4.1 单级目录结构.....	(140)
6.4.2 二级目录结构.....	(141)
6.4.3 多级目录结构.....	(141)
6.5 文件的操作.....	(143)
6.6 文件的共享与保护.....	(143)
6.7 文件的完整性.....	(146)
6.8 外存空间的管理.....	(147)
6.8.1 外存的主要技术参数.....	(147)
6.8.2 空闲块的管理.....	(148)
6.8.3 分配策略.....	(150)
6.8.4 磁盘的驱动调度.....	(150)
本章小结.....	(152)
习题 6.....	(152)
第 7 章 几种常见的操作系统典型功能的实现方法举例	(154)

7.1 Windows 2000 进程、线程的特点	(154)
7.1.1 Windows 2000 进程、线程及对象之间的关系	(154)
7.1.2 进程管理程序	(156)
7.1.3 线程调度	(156)
7.2 Unix 进程管理	(158)
7.2.1 Unix 进程状态	(158)
7.2.2 Unix 进程描述	(159)
7.2.3 Unix 进程控制	(160)
7.2.4 Unix 进程调度	(160)
7.3 Unix 进程通信与同步机制	(161)
7.4 Windows 2000 文件系统	(162)
7.4.1 FAT 文件分配表	(163)
7.4.2 NTFS 文件系统	(163)
7.5 Unix 文件系统索引结构介绍	(164)
7.6 Linux 文件系统	(168)
7.6.1 EXT2 文件系统	(169)
7.6.2 EXT2 索引节点	(170)
7.6.3 EXT2 超级块	(171)
7.6.4 EXT2 中的目录	(172)
7.7 Unix NFS 文件系统	(172)
7.8 Windows 2000 存储管理的二级页表结构	(173)
7.9 Linux 系统的内存管理技术	(175)
7.10 Unix 内存管理技术	(177)
7.11 Unix I/O 设备管理	(181)
7.12 Linux I/O 设备管理	(182)
本章小结	(183)
第 8 章 安全与保密机制	(184)
8.1 概述	(184)
8.1.1 安全性的含义	(184)
8.1.2 导致系统不安全的原因	(184)
8.1.3 计算机系统安全性的目标	(185)
8.1.4 操作系统的安全机制	(186)
8.1.5 安全操作系统的设计原则	(186)
8.1.6 操作系统安全性等级	(187)
8.2 访问控制技术	(189)
8.2.1 访问控制机制	(189)
8.2.2 自主访问控制	(191)
8.2.3 强制访问控制	(194)
8.3 数据加密技术	(194)

8.4 认证技术.....	(196)
8.5 防火墙技术.....	(199)
本章小结.....	(199)
习题 8.....	(200)
第 9 章 网络操作系统.....	(201)
9.1 网络操作系统的概述.....	(201)
9.1.1 网络拓扑结构.....	(201)
9.1.2 通信与协议.....	(202)
9.1.3 网络操作系统功能.....	(204)
9.1.4 网络操作系统实现策略.....	(205)
9.2 网络通信技术.....	(207)
9.2.1 原语通信.....	(207)
9.2.2 远程过程调用.....	(210)
9.3 网络资源共享技术.....	(213)
9.3.1 硬盘共享.....	(213)
9.3.2 打印机共享.....	(215)
9.3.3 数据和软件资源共享.....	(216)
9.4 网络文件系统.....	(216)
本章小结.....	(217)
习题 9.....	(218)

第 1 章 计算机操作系统概述

本章学习目标

操作系统是计算机科学的一个重要研究领域，也是发展最为活跃的领域之一。一个新的操作系统往往汇集计算机发展中传统的研究成果和技术以及当今计算机科学中的科研成果，也能体现出计算机硬件技术和计算机系统结构的发展方向。通过对操作系统的学习，读者可以对计算机的认识上升到一个新的层次，更深入、系统地理解整个计算机系统的软件和硬件体系。

本章学习主要内容为：

- 操作系统的作用；
- 操作系统的发展；
- 操作系统的特征与功能；
- 多道程序设计的概念；
- 操作系统的模型。

1.1 操作系统的宏观作用

1.1.1 存储程序式计算机的结构与特点

存储程序概念最早是由美籍匈牙利数学家约翰·冯·诺依曼（Von Neumann）于 1946 年提出的，同时他也提出了一个完整的现代计算机模型，从而使计算机初步实现了自动化。

存储程序式计算机模型的基本方案是，如要使计算机能够自动地计算，必须有一个存储器用来存储程序和数据；同时还要有一个运算器，用以执行指定的操作；还需一个控制器，以便实现自动操作；另外，辅以输入/输出（I/O）部件，以便输入原始数据和输出计算结果。于是形成了现代计算机系统的基本组成形式。如图 1.1 所示。

50 多年来，虽然计算机结构经历了重大的变化，性能也有了惊人的提高，但就其结构原理来说，存储程序式计算机至今仍占主导地位。

冯·诺依曼计算机是人类历史上第一次实现自动计算的计算机，也是人类历史上第一次出现的作为人脑延伸的智能工具，它的影响是十分深远的。它具有逻辑判断能力和自动

连续运算能力。其主要特点是集中顺序过程控制，即控制部件根据程序对整个计算机的活动实行集中过程控制，并根据程序规定的顺序依次执行每一个操作。由于计算是过程性的，所以，存储程序计算机是模拟人们手工计算的产物。它首先取原始数据，执行一个操作，将中间结果保存起来，再取一个数，与中间结果一起又执行一个操作，如此继续下去。在有多个可能同时执行的分支时，也是先执行完一个分支，再执行第二个分支，直到计算完成。由于冯·诺依曼计算机的计算模型是顺序过程计算模型，所以它具备集中过程控制的根本特点。

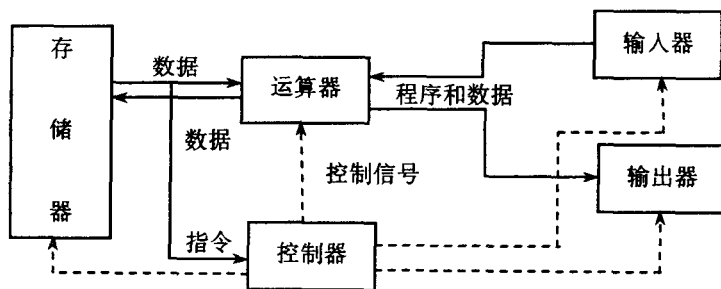


图1.1 存储程序计算机的组成

1.1.2 作为扩展计算机功能的操作系统

一台完全没有安装软件的计算机系统称为裸机，即便其性能再强，但对于用户来讲，要面对计算机的指令集、存储组织、I/O 总线结构的编程实在太困难。对于一般程序员也并不想涉足硬件编程的种种具体细节，而希望针对数据结构抽象地使用硬件。如果我们在裸机上覆盖一层 I/O 设备管理软件，用户便可以利用这层 I/O 设备管理软件提供给用户的接口来进行数据的输入和输出，那么用户此时看到的计算机是一台功能强大、使用方便的计算机，但实际上，计算机的硬件丝毫没有变化，这样的计算机称为软件扩充的机器，或称软件虚拟机。同样，如果在第一层软件上再覆盖一层文件管理软件，用户利用该软件提供的文件存取指令来进行文件的存取，那么，用户看到的是一台功能更强的虚拟机；如果在文件管理软件上再覆盖一层面向用户的窗口软件，用户则可在视窗环境下方便地使用计算机，形成一台功能极强的计算机。

由此可知，每当在计算机系统上覆盖一层软件之后，系统功能便会增强一个级别。如果我们把覆盖的软件理解成操作系统，则经过多次软件扩充后的计算机就称为操作系统虚拟机。

1.1.3 作为资源管理的操作系统

从扩充机器功能的观点看，操作系统为用户提供基本的方便的接口，这是一种自顶向下的观点或是自内向外的观点。但是从用户向机器的观点或自底向上的观点来看，操作系

统则是用来管理一个复杂计算机系统的各个部分。现代计算机包含处理器、存储器、时钟、磁盘、终端、网络接口、打印机以及许多其他设备。从这个角度来看，操作系统的任务是在相互竞争的程序之间有序地控制对处理器、存储器以及其他 I/O 接口设备的分配。

1.2 操作系统的发展历史

操作系统在现代计算机中起着十分重要的作用。它由客观需要而产生，随着计算机技术的发展和计算应用的日益广泛而逐渐发展和完善。其功能由弱到强，在计算机中的地位不断提高，已成为计算机系统的核心。我们研究操作系统的形成和发展可以用历史的观点去分析，以便从中体会到操作系统产生的必然性和促使它发展的根本原因。

1.2.1 无操作系统的计算机

从第一代计算机诞生到 20 世纪 50 年代中期还未出现操作系统，这时的计算机采用人工操作方式。其过程是：程序员将对应于程序和数据的已穿孔的红带或卡片装入输入机或卡片输入机，再启动它们将程序和数据输入计算机，然后启动计算机运行，当程序运行完毕取走计算结果后，才让下一个用户上机继续计算。如图 1.2 所示。

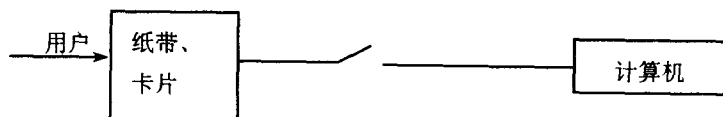


图1.2 手工操作计算机

这种人工操作方式有以下两个缺点：

- (1) 计算用户独占计算机系统的全部资源。
- (2) CPU 等待人工操作。用户进行装带（卡）、卸带（卡）等人工操作时，系统中最重要的 CPU 资源空闲。

可见，人工操作方式严重地影响了系统资源的利用率，即形成了所谓的高速计算机设备与慢速手工操作之间的矛盾。对早期的计算机来说，由于计算机本身拥有的资源并不多，只是计算速度慢的话，人机矛盾并不突出。但随着 CPU 速度的提高，系统规模的扩大，人机矛盾日趋严重。为了克服人机矛盾，人们引入具有操作系统含义的批处理操作系统。

1.2.2 单道批处理系统与多道批处理系统及执行系统

所谓批处理系统是指加载在计算机上的一个系统软件，在它的控制下，计算机能够自动地成批地处理一个或多个用户的作业。首先出现的是联机批处理系统。如图 1.3 所示。