

高等学校计算机科学与技术专业教材

信息技术导论

王启智 编著 高林 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校计算机科学与技术专业教材

信息技术导论

王启智 编著
高 林 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是为非计算机专业理工类大学一年级本科生学习“信息技术基础”课程编写的参考教材。它是在《中小学信息技术课程指导纲要》(讨论稿)的基础上,即在高中阶段信息技术八个模块知识教育的基础上,为使理工类大学计算机基础教育与中小学的信息技术教育接轨而编写的。同时,它也为大学二年级以后的计算机后续课程提供一个入门引导。当然,它也可以作为非理工类大学高年级学生和从事计算机技术工作的中级人员的自学参考书。

本书分上中下三篇,共13章,分别叙述了计算机硬件技术(计算机的核心、存储器、输入和输出、监视器和图形系统、硅经济),计算机软件技术(操作系统、程序设计、面向对象技术和软件开发、数据库和应用软件)和网络技术(通信基础、网络基本原理、网络类型、客户机/服务器概念、因特网和网络安全)。它涵盖了当前深入学习计算机和网络技术的基本内容,具有一定的广度和深度。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

信息技术导论/王启智编著. —北京:电子工业出版社,2003.6

高等学校计算机科学与技术专业教材

ISBN 7-5053-8799-5

I. 信… II. 王… III. 电子计算机—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 045174 号

责任编辑:陈晓莉

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:15.25 字数:334千字

版 次:2003年6月第1版 2003年6月第1次印刷

印 数:5000册 定价:20.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077

编者的话

8年前，我写了一本《计算机系统概论》，对象是大学理工科计算机专业一年级本科生。目的是为刚考上大学的计算机初学者，学习计算机及其后续课程打下一个初步的理论和操作基础。

时隔8年，计算机技术已取得了突飞猛进的发展。在它的带动下，通信技术和网络技术也取得了蓬勃兴旺的发展。从20世纪90年代中期兴起的，由计算机技术、通信技术和网络技术三大支柱技术构成的信息技术产业，如同一轮红日，喷薄再起，光照人间，使世界科技和经济发生了天翻地覆的变化，人类开始进入信息技术时代。在一些发达国家，构成社会生产力主导产业的早已不是以种植业为中心的农业经济，也不是以制造业为中心的工业经济，而是以信息技术业为中心的信息经济。

在我国，为了与世界先进经济和高新技术接轨，顺应世界潮流的需要，国家对中小学教育作了重大的改革，把信息技术教育列为必修课程。我国计算机知识和技能的普及教育已进入第三次高潮，我国计算机的广泛应用达到了空前的广度和深度。如今，中小学（边远和贫困地区除外）普遍开设了以计算机初等知识和初级操作为主要内容的信息技术课。因此，大学一年级学生的计算机基础教育再不是“零起点”的“计算机文化”扫盲教育，而是以信息技术为主要内涵和以计算机硬件、软件、网络技术为外延的、有较高起点和档次的计算机教育。

为了适应新形势的要求，经过半年的构思、筹划，欣然命笔，愿做最初的抛砖人。编写《信息技术导论》一书，一愿它能招珀引玉，二愿它能以飨读者。

本书分上、中、下三篇。上篇主要介绍计算机硬件，包括计算机的核心、存储器和输入/输出、计算机监视器和图形系统、硅经济等4章。中篇主要介绍计算机软件，包括操作系统基础、微型计算机操作系统、程序设计、面向对象技术和软件开发、数据库和应用软件等4章。下篇主要介绍网络和因特网，包括通信基础、网络基本原理、网络类型、客户机/服务器概念、因特网和网络安全等5章。全书共13章。从内容上看，范围宽、跨度大，有不少概念仅限于点到为止，未能在叙述上更深入地展开，还望读者谅解。

书稿完成1/3的时候，腰椎间盘突出症、颈椎间盘突出病加重，遵医嘱，我不得不放慢编写速度，边治疗边写书。在书稿收尾的重要关头，痛风病突然袭来，使我不得不住进医院。在很不顺利的情况下，我对书稿内容的深广度不断地做了删节、充实和调整，对书写格式做了不断的整合、订正和统筹，总算艰难地完成了初稿的编写工作。

我荣幸地请到北京联合大学副校长高林教授担任本书的主审，他在日理万机，甚至

在出国的百忙中对全书作了细致的审阅和修订，提出了很多宝贵意见，在此表示万分感激！

本书在编写过程中，朱德锋老师绘制了第 9 章的图，浙江工业大学计算机及应用专业毕业的本科生王坤作为这本书稿的第一位读者提出了不少宝贵的建议，同时还帮助录入了第 7~13 章的文本，对这些同志的大力协助，在此向他们表示衷心的感谢！

本书在电子工业出版社领导的支持和陈晓莉责任编辑的精心订正及协助下得以顺利出版。在此向出版社领导和给以热情帮助的同志致以由衷的感谢和敬意！

我的老伴为了我完成这本书的繁重编写任务，承担了全部家务和我病体的康复增加营养，书能写完并出版，有一半是她的辛劳，仅以此书献给她！

本书主要是为理工科大学计算机专业或信息技术专业的一年级（或二年级）本科生编写的计算机基础教育参考教材。也可以作为非计算机专业理工科大学本科高年级参考书。

由于笔者学术和写作水平有限，肯定有许多不足甚至错误之处，恳请读者批评指正。

编 者
2003 年 3 月

目 录

绪论	1
0.1 计算的起源	1
0.2 计算发展的年代划分	2

上篇 计算机硬件篇

第 1 章 计算机硬件的主要组成部分	9
1.1 计算机工作的概述	9
1.1.1 计算机的启动	10
1.1.2 计算机开始工作	14
1.1.3 二进制和数字	15
1.2 CPU 的内部操作	17
1.2.1 取数	17
1.2.2 译码	18
1.2.3 执行	18
1.2.4 存储	19
1.2.5 时钟	20
1.2.6 中断	20
1.2.7 设计更快的 CPU	21
1.3 典型的 CPU 体系结构	24
1.4 用于特殊目的的 CPU	26
1.5 计算的新途径	27
小结	27
自检思考题	29
第 2 章 存储器、存储和输入 / 输出	30
2.1 存储器工作的概述	31
2.1.1 一个文件装入存储器	31
2.1.2 CPU 从磁盘获取信息	32
2.1.3 在磁盘上保存一个文件	33
2.2 存储器系统	33

2.2.1	存储器存在的问题	34
2.2.2	系统（存储器）总线	36
2.2.3	存储器芯片	38
2.2.4	其他类型存储芯片	39
2.3	磁（光）盘存储	39
2.3.1	磁存储	40
2.3.2	光存储	40
2.4	I/O 总线	41
2.4.1	PCI	42
2.4.2	外部 I/O	42
2.5	芯片组	43
小结	44
自检思考题	46
第 3 章	计算机监视器和图形系统	47
3.1	图像的制作	47
3.1.1	像素和点	47
3.1.2	分辨率、内容和感知	48
3.1.3	彩色	50
3.1.4	对比度和亮度	51
3.1.5	图像稳定性和移动平滑度	51
3.2	监视器技术	52
3.3	图形系统的结构	53
3.3.1	位图图像	53
3.3.2	向量图像	54
3.3.3	位图法与向量法的对比	55
3.4	图形系统的分代	55
3.4.1	第一代图形系统	56
3.4.2	第二代图形系统	56
3.4.3	第三代（3D）图形系统	58
3.4.4	3D 图像的生成	58
3.4.5	第三代图形系统的软件体系结构	59
3.4.6	图形软件的变革	59
3.5	打印机	60
3.5.1	打印机分辨率	61

3.5.2 打印机的主要类型	62
3.5.3 打印机的分类方法	63
小结	65
自检思考题	66
第 4 章 硅经济	67
4.1 芯片的制造	67
4.1.1 越小越便宜	68
4.1.2 越小越快	68
4.1.3 越小功耗越低	69
4.1.4 新的芯片制作方法	69
4.2 微处理器家族	70
4.2.1 Intel 公司	70
4.2.2 克隆 Intel	72
4.2.3 RISC 处理器	74
4.2.4 与 Intel 的竞争	76
4.3 计算机的类型	76
4.3.1 主机（大型机）	76
4.3.2 超级计算机	77
4.3.3 服务器和 workstation	77
4.3.4 桌面计算机	78
4.3.5 机顶盒	78
4.3.6 便携式系统	78
小结	79
自检思考题	80

中篇 计算机软件篇

第 5 章 操作系统的基础	83
5.1 为什么计算机要有操作系统	83
5.2 操作系统的核心功能	83
5.2.1 系统监控	84
5.2.2 服务于硬件	88
5.2.3 服务于软件	90
5.2.4 通信服务	91
5.2.5 网络环境中的单用户系统	91

5.3 操作系统的结构	91
5.3.1 内核	92
5.3.2 用户区段	93
5.4 多重进程的挑战	93
5.4.1 多重进程及其操作系统	93
5.4.2 多重进程中的硬件	95
小结	95
自检思考题	96
第 6 章 微型计算机操作系统	97
6.1 Microsoft 的 MS-DOS	98
6.1.1 MS-DOS 的综述	98
6.1.2 内存和任务管理	98
6.1.3 基本输入输出系统 (BIOS)	99
6.2 Mac 操作系统	100
6.2.1 Mac 操作系统的主要特性	100
6.2.2 当前的 Mac 操作系统	100
6.3 视窗 (Windows)	101
6.3.1 Windows 操作系统系列的主要特性	101
6.3.2 从 Windows V1.0 到 V2.0	102
6.3.3 Windows 3.0	102
6.3.4 Windows 95 和 Windows 98	102
6.3.5 Windows NT / 2000	103
6.4 OS / 2	105
6.5 网络操作系统——NetWare	105
6.6 极小系统的操作系统	106
6.6.1 Windows CE	106
6.6.2 掌上操作系统	106
6.6.3 EPOC	107
小结	107
自检思考题	108
第 7 章 程序设计、面向对象技术和软件开发	109
7.1 程序设计的基本术语	110
7.1.1 子 (例行) 程序	110
7.1.2 解释语言和编译语言	110

7.2 结构化程序设计	112
7.2.1 设计建模	113
7.2.2 模块化程序设计	114
7.3 程序设计语言的等级	114
7.3.1 机器语言程序设计	115
7.3.2 汇编语言	115
7.3.3 高级语言	116
7.3.4 第四代语言 4GL	117
7.3.5 人工智能: 5GL (第五代语言)	119
7.4 面向对象技术	119
7.4.1 OOT 是如何工作的	120
7.4.2 主要面向对象语言	121
7.5 软件开发策略和程序设计工具	122
7.5.1 CASE 工具	122
7.5.2 快速应用程序开发	123
小结	123
自检思考题	124
第 8 章 数据库和应用程序	125
8.1 数据库	125
8.1.1 数据库的组成	125
8.1.2 策划一个数据库	126
8.1.3 数据库组织的关系模型	127
8.1.4 非关系数据库	128
8.1.5 数据库市场	130
8.2 应用软件	131
8.2.1 数据库管理系统 Access 2000	131
8.2.2 电子表格 (Spreadsheet)	132
8.2.3 文字处理	134
8.2.4 语音识别	136
小结	137
自检思考题	137
下篇 网络基础篇	
第 9 章 数字与模拟对比: 通信基础	141

9.1 信息的电磁波	141
9.1.1 幅度调制	143
9.1.2 频率调制	144
9.1.3 相位调制	144
9.1.4 带宽	145
9.1.5 幅度和衰减	146
9.1.6 频率和扩散	146
9.1.7 用数字信号替换模拟信号	147
9.2 数据压缩	152
9.2.1 按内容压缩	152
9.2.2 非按内容压缩	154
9.3 错误检测和校正	154
小结	155
自检思考题	156
第10章 网络基础	157
10.1 关于数据通信的一些基本知识	157
10.1.1 数据通信系统概念	158
10.1.2 数据通信的特点	159
10.1.3 数据交换	159
10.1.4 分组交换的基本原理	160
10.1.5 数据分组的重要性	162
10.1.6 地址	163
10.1.7 顺序和流控制	163
10.1.8 错误检测和校正	163
10.1.9 数据分组交换	164
10.2 网络基础概述	164
10.2.1 快速模拟	164
10.2.2 通信协议	165
10.2.3 发送文件	167
10.3 协议栈	170
10.3.1 第四层: 传输层	170
10.3.2 第三层: 网络层	171
10.3.3 第二层: 数据链路层	171
10.3.4 第一层: 物理层	172

10.4 拓扑结构、多路传输和同步	173
10.4.1 拓扑结构	173
10.4.2 信道：定时和多路复用	176
10.5 网络连接点	180
10.5.1 无源设备：集线器和中继器	181
10.5.2 有源设备：交换机、路由器和网桥	182
小结	185
自检思考题	185
第 11 章 网络的类型	187
11.1 局域网	187
11.1.1 以太网	187
11.1.2 令牌环网 (Token Ring)	190
11.2 LAN 到 LAN 的连接：校园网	190
11.2.1 FDDI	191
11.2.2 ATM	191
11.3 局域到广域的连接：访问网络 (access network)	192
11.3.1 载体 (物理链路)	193
11.3.2 网络服务	195
11.3.3 X.25 建议	198
11.3.4 帧中继 (frame relay)	198
11.4 广域网 (WAN)	200
11.4.1 广域网的概述和主要特征	201
11.4.2 SONET	201
11.4.3 公用信息 (通信) 网	201
11.5 无线广域和访问网络	203
11.5.1 无线本地环路	203
11.5.2 LMDS 和 MMDS	203
小结	203
自检思考题	204
第 12 章 客户机 / 服务器概念	205
12.1 网络年代	205
12.1.1 终端——主机	205
12.1.2 客户机 / 文件服务器	206
12.1.3 客户机 / 服务器	206

12.2 客户机 / 服务器数据系统	208
12.2.1 数据仓库 (data warehouse)	208
12.2.2 计算机集成技术	209
12.3 分布式数据结构	210
12.3.1 中间件 (middleware)	210
12.3.2 基于对象的方法	210
12.4 分布式应用程序 / 群件	210
12.4.1 E-mail 和日历 (calendar)	211
12.4.2 群件: Lotus Notes 和其他	211
12.4.3 Web 集成	211
12.4.4 代理软件 (agent software)	212
小结	212
自检思考题	212
第 13 章 因特网和网络安全	213
13.1 因特网的起源	213
13.1.1 从 DARPA 到 ARPA	213
13.1.2 因特网的成长与发展	214
13.1.3 组织	216
13.1.4 Intranet、防火墙	223
13.2 网络安全	225
13.2.1 加密概念	225
13.2.2 IP 安全问题	226
13.3 电码 数字签名、数字包装	228
13.3.1 数字签名	228
13.3.2 数字包装 (digital envelope)	228
小结	229
自检思考题	229
参考文献	230

绪 论

计算机的产生源于计算的需求，计算机的发展更来源于计算需求的空前提高，通信技术的现代化、因特网的出现和“一统天下”，更得利于计算机的迅猛发展。它们都在为信息的传输、处理和共享这个共同的目标而各尽所能并殊途同归。归根结底，信息技术的发生、发展起源于计算、归宿于计算。

0.1 计算的起源

计算的发生、发展过程像历史上任何重大事件的发生、发展一样引人入胜。

1. 早期计算装置

大约在 16 世纪，出现了机械计算机。19 世纪末，尽管机械计算装置已经很复杂，也很可靠，但使用齿轮、连杆等组装起来的计算装置限制了它的功能、速度、可靠性和发展，尤其是不能用程序控制它的计算过程。例如，你不能事先告诉机械计算机把一些数加起来，并把相加的结果与某些数进行比较，然后根据比较的结果再进行除法或乘法的运算。

电子计算机是在电子学出现不久之后就有了。真空管，更精确地说是真空管的电极，能做机械装置所不能做的事，它可以把计算结果和指令暂时保存起来。第一台电子计算机的真正实现发生在美国的一所大学。

2. 宾夕法尼亚大学对依阿华大学

这不是一场足球赛，而是一场是谁首先开发出人类第一台电子计算机的争论。当大多数人把第一台电子计算机研发者的殊荣给 ENIAC（1946）在宾夕法尼亚大学的两位研究人员约翰·莫齐利（John Mauchly）和 J·布雷斯帕·埃克特（J.Presper Eckert）的时候，有更多的证据证明第一台电子计算机是由依阿华大学约翰·V·阿特纳索夫（John V. Atanasoff）于 1942 年研发和建成的。

不管这场争论的结果如何，反正电子计算机的关键部分的初始和接续研究是由美国大学完成的。第一台电子计算机是在美国一所大学建成的，第一个计算机公司是直接由美国一所大学派生的，相应的计算机学科相继在美国一些大学建立，他们的教室和实验室培养出不少受过训练的计算机人才。自那以后，大学充当商业和政府的合作伙伴就成

为社会的一种新时尚。

3. IBM 和美国国防部的合作

当第一台电子计算机诞生的时候，IBM 已经是一家成熟的公司。在令人敬佩的元老托马斯·沃森（Thomas J. Watson）的领导下，IBM 在办公用品（包括提供计算设备）方面占据着领导地位。随着电子计算机的出现，公司不但直接获利，而且使沃森很快预见到计算的重要性并使他不遗余力地成为这个领域的一个坚强领导。IBM 的成功有许多因素，但没有一个比对计算机商业的理解更重要了。计算机为 IBM 提供了极大的商机，但 IBM 也看到了计算机亦存在着危险。如果一个账单的处理周期搞错了，公司将面临因巨大损失而酿成的灾难。IBM 非常重视这种技术上的安全性，从而促使它提供了无论哪一家公司都无法与之匹敌的、不仅非常先进稳定而又非常安全可靠的系统。

出于同样的考虑，当时的美国国防部更多地是对提高计算速度和把先进的计算设备引入武器和相关系统感兴趣，因此，五角大楼把 IBM 看做能长期合作的大公司。而 IBM 又不得不通过开发先进技术与大学合作，以便形成非常强大的研究能力。

半个世纪以来，计算机的发展始终围绕着计算速度、功能、可靠性和安全性等方面展开的，因此，我们有必要回顾一下计算发展的过程和“年代”。

0.2 计算发展的年代划分

1. 传统的用计算机核心硬件划分年代方法

传统的年代划分方法是按计算机中采用的开关逻辑部件划分为四代：

第一代电子管计算机——大约从 1946~1957 年；

第二代晶体管计算机——大约从 1958~1964 年；

第三代集成电路计算机——大约从 1965~1970 年；

第四代大规模集成电路计算机——大约从 1971~现在。

这种划分方法已经过时，因为它不能反映计算机应用的发展阶段，例如，第四代计算机始于 1971 年，在至今历经的 30 年中，计算机应用的发展日新月异，千差万别。若只用计算机采用的开关逻辑部件来划分，计算机应用的发展面貌就被掩盖起来。

2. 按计算机应用的发展阶段划分年代

在计算机世界，计算机知识界的有识之士（如天津南开大学计算机系刘瑞挺教授）主张用计算机应用的发展阶段来划分年代，计算机应用的发展大体经历了三个阶段：

主机（超、大、中、小型机）阶段——大约从 1946~1980 年；

微型计算机阶段——大约从 1981~1991 年；

计算机网络阶段——大约从 1991~现在。

这种划分方法比传统的按硬件划分方法使人们更能看清计算机的应用发展阶段。最新的划分方法是按计算的发展，即按人们获取、处理和共享信息的方式，按计算经济产生的结果来划分年代。

3. 按经济上产生的特点和作用来划分年代

美国俄亥俄大学副校长加里森渥特斯 (E.Garrison Walters) 博士所写《The Essential Guide to Computing》一书中提出了按经济上产生的特点和作用来划分计算的年代。

第一代是主机计算 (mainframe computing)，当时主要是大型计算机 (mainframe) 即信息和数据保存在中央主机 (大型机) 中，用户通过终端访问主机的信息和资源。在这个时代，计算机是奇缺的计算工具，人与计算机的关系是“多对一”的关系，信息空间与我们生活的物理空间完全脱节，计算机的应用只局限于科学计算领域。

第二代是小型计算机 (minicomputer)，它是大型机的演变，用户通过体积小、价格低、结构相同的中央机构，更方便、更迅捷地访问信息和资源。

第三代是微型计算机 (microcomputer)，实际上就是桌面 PC，也称桌面计算 (desktop computing)。计算模式的改变使人与计算机的关系变成“一对一”的关系。单个用户可直接有效地使用 PC 的计算能力和存储数据、程序的能力。单个用户还可通过局域网互连，也可以与大型机、小型机连接在一起，实现更大范围的信息共享。

第四代是因特网和万维网 (Internet and the Web) 的时代。通过因特网把所有用户的计算机连接在一起，通过万维网的环球链接，使用户无论在什么地方、什么时候都可以不费力地进行信息交换。

第五代是普适计算 (pervasive computing)。随着计算机技术的发展，计算能力和通信能力的价格越来越便宜，计算机和通信设备的体积越来越小，各种计算和联网，以及形形色色的传感器不断出现，人们越来越希望能随时随地、简便容易地享受计算能力和信息服务，从而出现了新的计算模式——普适计算。用户可以离开桌面，不再是仅坐在椅子上看着显示器荧光屏使用计算机。例如蜂窝电话 (cellphone)、个人数字助理 (PDA，像掌上导航器)、电视机顶盒 (set top box)、自动移动的控制系统等，使用户通过因特网无缝、不费力地交换信息。在这个时代中，计算机不仅从计算中心走入办公室、家庭，而且，人们对计算和通信能力的获取随手可得。人与计算机的关系发生了根本性的变化，变成“一对多”的关系。信息空间和物理空间不再脱节，而是完全融为一体。

新阶段的计算有赖于硬件、软件和网络技术的大发展。在硬件方面，摩尔定律使计算发生巨大演变成为可能。软件世界中的一些权威指出：今天计算机的很多进步来自软件的改进 (包括更有效的算法和结构)，此话不假。但不要忘记一个简单的事实：没有硬件的进步，更有效和更有能力的软件将不会成为机器的充分资源，今天的 CPU 和存储器

使软件设计者的许多想像成为现实。在软件方面，软件的开发越来越复杂而没有任何可以减轻的办法，如 Windows 2000 使用了大约 3500 万行代码。然而，面向对象技术的广泛应用，为软件模块的使用提供了可能性，从而使软件开发效率可大大提高。在网络方面，当前的计算非常明确地表明是以网络为中心，即桌面机根据外部的服务器所提供的信息和服务进行资源共享。有理由相信，在不久的将来，一个普通的计算机不但可以从网络上获得数据、甚至应用程序，还可以使用由强大的计算机所构成的网络来处理异常疑难的问题。在局域网方面，简单、快速、强壮和便宜的以太网有了极大的增长，设计者把它的传输能力从 10Mb/s 提高到 100Mb/s，现在又提高到 Gb/s。在 LAN 中的一个关键技术是网络交换机，用它取代老的集线器体系结构，将有效地提高网络容量。在广域网方面，影响广域网可量测性（scalability）基本上有三个重要因素：第一个是分组交换的效率，特别是 TCP/IP 协议组的执行。这些协议的价值对于在世界的任何地方相互的计算机之间容易和快速地进行通信成为可能，而与硬件和软件系统无关；第二个因素似乎是光缆的容量。一旦安装，密集波分多路（Dense Wave Division Multiplexing, DWDM）在带宽上的最大优势就可以得到充分发挥。例如，在实验室里，已经在 120km 长的单根光纤上成功地实现了复用 132 波，每波 20Gb/s，总传输容量达 2.64Tb/s，并且在同一光纤上各个波的信号完全独立；第三个因素是网络的智能。

影响普适计算发展的有四个正在萌发兴起的技术，它们是：3G（第三代）蜂窝通信；IP 中有语音和视频的协议内容；数字电视/数字无线电；皮（可）（pico）网（piconet：指极小网络，它的速率为皮秒级，即 10^{-12} s）。普适计算的未来将受到七个挑战，它们是：印刷术、便携式电源、软件可靠性、网络安全性、“最后英里”（“last mile”：传统电话公司的行话，是指从本地交换中心（总局）到客户宅舍的距离、标准和人类因素。

第六代是变化中的计算经济学（The changing economics of computing）。随着微型计算机的出现、普及，以及其硬件价格的不断降低，微型计算机的数量从几万台猛增至几亿台，从而大大促进了计算机软件的发展，使软件产业出现了两次增长高潮。第一次高潮主要表现在用计算机提高管理和生产效率方面，例如，为用户提供了各种可供选择的操作系统、数据库和应用软件。第二次高潮主要表现在由于因特网和万维网的广泛应用，使更多的计算机连接在一起，存储和共享更多的信息和数据，从而改变和促进了计算经济和社会经济的不断向前发展。

以上三种计算发展年代的划分方法都是人为的，是人们在不同时期和对事物的不同发展阶段的不同概括方法，这里不存在孰好孰劣的问题，都是对事物的客观反映。但人们的认识是在客观世界的不断发展中不断完善、不断充实和不断前进的，哪种方法更能反映客观现实，哪种方法更有利于人们看清计算（机）应用的发展阶段，哪种方法更有助于人们掌握计算技术的拓宽和前进的规律，不断发展计算技术，不断发展计算经济是人们的共同努力目标。