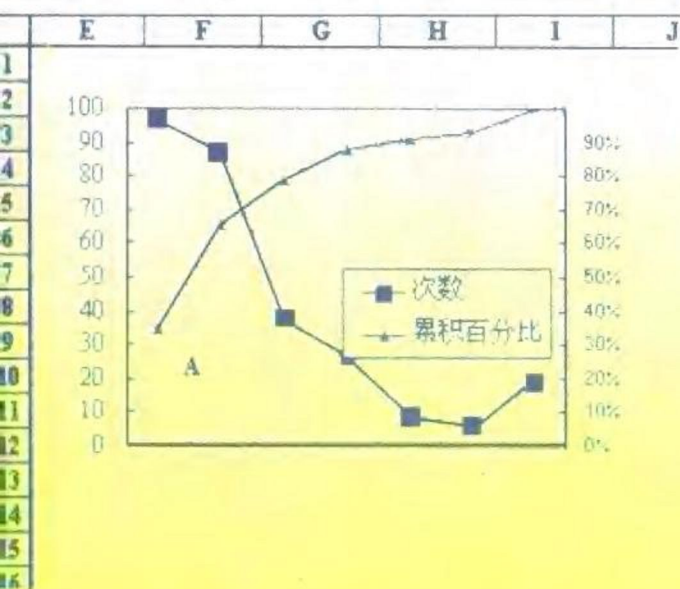


食品工程系列教材

食品与发酵工业中的 计算机应用技术

刘北平 高孔荣 陈启铎 编著



华南理工大学出版社

食品工程系列教材

食品与发酵工业中的 计算机应用技术

刘北平 高孔荣 陈启铎 编著

AD32/23

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书从教学和应用的角度出发,以一般工艺技术人员为读者对象,通过大量生产实例系统地介绍了计算机在食品与发酵工业中应用的基本原理、科研数据处理、辅助设计和过程控制等方面的技术。本书内容详尽,条理清楚,选材新颖,所提供的27个程序均可直接应用于实际工作中。既可作大、中专院校食品工艺、发酵工业、生物化工等专业的教材或教学参考书,也可供从事食品、发酵、化工等方面的科研、设计、生产和管理的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品与发酵工业中的计算机应用技术/刘北平,高孔荣,陈启铎编著. —广州:华南理工大学出版社,1999.8

(食品工程系列教材)

ISBN 7-5623-1413-6

I. 食…

II. ①刘…②高…③陈…

III. ①计算机应用-食品工业②计算机应用-发酵工业

IV. TS2

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 胡 元

各地新华书店经销

广州市新光明印刷厂印装

*

1999年8月第1版 1999年8月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75 字数: 432千

印数: 1—3 000册

定价: 28.00元

前 言

本书是食品与发酵工业中计算机应用的入门读物。它从教学和应用的角
度出发,以一般工艺技术人员水平为着眼点,深入浅出地叙述了计算机在
食品与发酵工业中的科研数据处理、工程设计和过程控制等方面的应用。它
用简明的理论阐述,通过大量来自于生产实践的实例介绍了食品与发酵工业
领域中的计算机应用技术。

本书提供了 27 个程序,这些程序均用 Quick BASIC 编制而成,并在 Quick
BASIC 4.5 系统下运行通过,可以直接应用于实际工作中。本书所介绍的生产
过程控制实例均来自于生产实际,读者可以将这些方案应用于生产过程中。
因此,本书既可作大、中专院校食品工艺、发酵工业、生物化工等专业的教
材或教学参考书,也可供从事食品、发酵、化工等方面的科研、设计、生产
和管理的技术人员参考。

本书共六章,第一章简要介绍计算机概况、结构、工作原理以及应用的
效益与前景。第二章介绍食品与发酵工程中的模拟和建模方法及建模技术。
第三、第四章分别介绍了食品与发酵工业生产中的计算机应用方法及食品与
发酵工艺设备的计算机辅助设计计算。第五、第六章介绍了食品与发酵生产
中计算机的各种控制及控制实例。

本书在编写过程中得到了很多前辈和同行的帮助,华南理工大学叶乐年
教授对本书内容提出了很多修改意见,湖南省常德高等专科学校的李家治副
教授对第五、第六章的内容作了详细修正,还得到了中国广东健力宝集团有
限公司、肇庆星湖味精股份有限公司、中山市现代饼业有限公司、广州味精
食品厂、广东湛江吴川糖酒机械工业集团公司、广州鹰金钱企业集团公司、
广东江门生物技术开发中心的支持,在此一并致谢。

食品与发酵工业中的计算机应用内容丰富,涉及面广,方法甚多,发展
迅速。限于篇幅,本书在方法选取上难免挂一漏万,在内容处理及程序构思
方面也难免有不妥之处;同时,本书在叙述过程中,考虑到尽量少涉及理论
问题,这样难免在有些方面说理不够透彻。由此产生的缺点和其它疏漏之处,
殷切希望读者批评指正。

编著者

1999.3

目 录

第一章 食品与发酵工业中的计算机及其系统	1
第一节 计算机概况	1
一、计算机发展简史	1
二、计算机在食品与发酵工业中的应用	2
三、当前计算机应用与普及存在的问题	3
第二节 计算机的结构与工作原理	4
一、计算机的分类	4
二、计算机的组成和基本原理	5
三、计算机的功能与软件	7
四、微型计算机	9
第三节 计算机应用	11
一、计算机辅助设计(CAD)	11
二、计算机过程控制	12
三、计算机在生物技术上的应用	12
四、食品与发酵工程中的计算机应用展望	13
参考文献	13
第二章 食品与发酵工业中的模拟和建模方法	14
第一节 概述	14
第二节 数学模拟法简介	15
一、数学模型的作用	15
二、食品与发酵工程中的数学模型	17
三、建立数学模型的实验方法	20
第三节 建立数学模型的数学方法	23
一、实验数据的预处理	23
二、模型函数的选择及其参数估计	31
三、模型的鉴别与筛选	34
第四节 食品与发酵工业中的建模技术	39
一、食品加工过程建模	39
二、发酵过程建模	41
参考文献	46

第三章 食品与发酵工业中的计算机应用	47
第一节 食品质量变化的定量分析和模拟	47
一、食品的质量变化模型	47
二、影响食品质量变化的因素	48
三、食品在储藏过程中质量变化的模拟	50
四、食品在加工过程中质量变化的模拟	52
第二节 罐头食品杀菌时间的推算	54
一、杀菌时间的推算	54
二、杀菌时间的计算机确定	55
三、计算机程序及实例	59
第三节 食品与发酵工业分析数据的计算机处理	60
一、红外光谱、可见光谱、紫外光谱的计算机定量分析	60
二、原子吸收光谱的计算机定量分析	67
三、细菌“最可能数”的计算机计算	70
第四节 发酵过程数学模型参数的最优估计及其过程仿真	73
一、酒精发酵过程数学模型的描述	73
二、模型参数的最优估计	75
三、发酵过程的计算机仿真	78
第五节 食品与发酵生产中最佳方案和最佳操作条件的确定	80
一、发酵产品生产过程最佳方案的确定	81
二、生产过程最佳操作条件的选择	85
第六节 最小费用的配料问题	88
一、混合配料问题	88
二、最小费用配料的计算方法	90
三、最小费用配料问题的计算机求解及实例	96
参考文献	97
第四章 食品与发酵工艺设备的计算机辅助设计计算	98
第一节 流体输送管路计算	98
一、概述	98
二、非牛顿流体输送管路的计算	99
三、气流输送系统计算	106
第二节 换热器设计	109
一、概述	109
二、无相变管壳式换热器的工艺设计	111
三、计算机计算步骤	119
四、计算机程序及实例	120
第三节 多效蒸发的工艺计算	122

一、概述	122
二、并流流程的多效蒸发过程的计算	122
三、计算机计算步骤	124
四、计算机程序及实例	124
第四节 精馏过程的计算	126
一、概述	126
二、精馏塔塔板数的计算	126
三、计算机计算步骤	129
四、计算机程序及实例	132
第五节 喷雾干燥塔的设计计算	133
一、概述	133
二、喷雾干燥塔尺寸的计算	133
三、计算机计算步骤	138
四、计算机程序及实例	140
第六节 发酵罐的设计计算	140
一、概述	140
二、机械搅拌发酵罐的比拟放大	141
三、计算机计算步骤	142
四、计算机程序及实例	142
第七节 通风发酵中空气净化系统的设计	143
一、概述	143
二、空气净化系统的设计计算	144
三、计算机计算步骤	145
四、计算机程序及实例	145
参考文献	146
第五章 食品与发酵工业中的计算机控制	147
第一节 概述	147
一、工业控制机简介	147
二、工业控制机的组成	148
三、工业控制机的分类	150
第二节 计算机数据采集系统	152
一、数据通道工作原理	153
二、采样与数据的处理	160
第三节 计算机顺序控制系统	165
一、数据输出通道工作原理	166
二、执行器	168
三、计算机控制系统输出的有关问题	169
四、计算机顺序控制原理	171

第四节 直接数字控制系统	174
一、原理	174
二、PID 调节作用	175
三、PID 算法的数字实现	176
四、PID 算法的几种改进	177
第五节 其它计算机控制系统	180
一、计算机监督控制系统	180
二、计算机递阶(分级)控制系统	182
三、分散型计算机控制系统	184
参考文献	185
第六章 食品与发酵工业中的计算机控制实例	187
第一节 配料系统的计算机控制	187
一、概述	187
二、控制系统的构成与原理	187
三、有关问题讨论	189
第二节 罐头杀菌过程的计算机控制	192
一、概述	192
二、控制系统的构成与原理	193
三、有关问题讨论	194
第三节 制曲工艺过程的计算机控制	196
一、概述	197
二、控制系统的构成与原理	198
三、有关问题讨论	200
第四节 啤酒发酵的计算机控制	200
一、概述	201
二、控制系统的构成与原理	202
三、有关问题讨论	204
第五节 味精结晶过程的计算机控制	206
一、概述	206
二、控制系统的构成与原理	207
三、有关问题讨论	210
第六节 发酵过程的计算机控制	211
一、概述	211
二、控制系统的构成与原理	213
三、有关问题讨论	214
第七节 酒精精馏过程的计算机控制	216
一、概述	216
二、控制系统的构成与原理	218

三、有关问题讨论	219
参考文献	221
附录 I 数值计算方法	222
一、插值法	222
二、数值微分	222
三、数值积分	223
四、线性方程组求解	224
五、曲线拟合	225
六、求解方程的根	227
七、常微分方程或常微分方程组的数值解法	229
八、最优化法	231
附录 II 源程序	234

第一章 食品与发酵工业中的计算机及其系统

第一节 计算机概况

一、计算机发展简史

数字电子计算机简称计算机，它的研制和应用是一门新兴的综合性科学技术，是本世纪中叶科学技术的卓越成就之一。自从 1946 年美国宾夕法尼亚大学厄克特博士 (T.P.Eckert) 和物理学家毛希列博士 (T.W.Mauchly) 二人合作发明了第一台电子计算机 ENIAC 以来，计算机科学就以飞快的速度发展。它的出现及其在科学研究、生产控制和人类生活方面的广泛应用，正日益深入到社会生活中的每一个角落，影响着人类的物质生产和精神生活。如果说蒸汽机的发明及其应用打破了生产力发展所受到的人类在体力方面的限制，而出现了第一次产业革命，那么电子计算机的发明及其应用，使人摆脱了大量重复而繁琐的脑力劳动，从而能够运用自己的智慧于更富有创造性的活动中去。

计算机的发展历史至今不过 50 多年，但它的发展异常迅速，差不多每隔 5~8 年，运算速度就增加 10 倍。从 1946 年到现在，计算机已经历了四个发展阶段，通常称为电子计算机的“四代”。目前第五代计算机又进入了设计和研制阶段。

第一代计算机即电子管计算机。第一台计算机 ENIAC 是由 18800 只电子管组成的庞然大物，占地面积达 170 平方米，重 30 多吨，耗电 140 多千瓦时，其运算速度为每秒 5000 次。第一代计算机使用了大量的电子管，使得它不但造价高、体积大，而且故障率也高，平均稳定运行时间只有几小时。正是这些缺点使得它使用不普遍，很快就被第二代计算机淘汰了。

第二代计算机即晶体管计算机。它用晶体管代替了电子管，具有体积小、重量轻、寿命长、耗电量少等优点。国外第二代计算机的出现时间大约是 1957~1960 年。它在外部设备中开始使用磁盘存储器；在软件系统中使用了面向过程的程序设计语言(如 ALGOL 语言等)，还使用了管理程序；应用由科学计算扩展到数据处理、自动控制、企业管理等各方面；运算速度也提高到每秒几十万次至上百万次，从而使计算机在运算速度和可靠性方面迈进了一大步。

第三代计算机即集成电路计算机。集成电路是通过半导体集成技术将许许多多逻辑电路集中做在一块只有几平方毫米大的硅片上。集成电路上的线路密集程度越高，说明它的“规模”越大。通常，在一块硅片上包含不到 10 个门电路，即集成度不到 10 的集成电路称小规模集成电路 (SSI)，集成度为 10~100 的称中规模集成电路 (MSI)，集成度在 100 以上的称大规模集成电路 (LSI)。第三代计算机以中、小规模集成电路为基本电子组件，因此体积大大地缩小，功耗降低，可靠性提高了许多倍，运算速度达到每秒几百万次甚至几

千万次。

第四代计算机即大规模或超大规模集成电路计算机。超大规模集成电路的集成度达到10 000以上。第四代计算机的研制开始于70年代初，至今还处在兴旺时期。由于大规模集成技术的应用，使这一代计算机比前几代有了更快的发展，其趋势是向两方面发展，即出现了运算速度超过亿次的巨型计算机和以极其灵活的微处理器为核心的微型计算机。软件系统的飞速发展是这一代计算机的明显特征。

第五代计算机是超大规模集成电路、人工智能、软件工程、新型计算机系统的综合产物。目前，第五代计算机的研究即将走完蹒跚学步阶段。它的主要特点是智能化程度显著提高，能识别声音、图像，具有学习和推理的功能。使用这种计算机可以不必编制程序，只要发出命令、写出方程或提出要求等，计算机就能自动工作，最后将结果“交给”使用者。到那时，无论谁都可以使用计算机，使人的智能真正地扩大。

我国于1958年研制出第一台电子管计算机，其运算速度为每秒2000次；1970年研制成功第一台集成电路计算机；1975年研制成功超大规模集成电路计算机。再以后，亿次巨型计算机也研制成功，投入了运行，微型计算机则在成倍增长。

二、计算机在食品与发酵工业中的应用

计算机在食品与发酵工业中的应用主要包括科学研究、工程设计、工业生产过程控制和企业管理等方面。在科研和设计中，采用流程模拟系统进行工艺计算、设备估算、成本预算和可行性分析；用计算机辅助绘图设计、辅助实验设计等，能加快研究设计的速度并提高设计的质量。实现计算机生产过程控制，可以达到安全生产、降低能耗、优质高产的目的。大型的发酵企业采用多台计算机分级控制，可以实现参数的稳定控制、操作优化、生产调度和综合管理的功能。在企业管理部门应用计算机进行物质管理、生产调度、计划编制等工作，可以大幅度地减轻劳动强度，加快信息处理速度。建立不同规模的计算机辅助管理网络和管理信息系统，可以提高管理决策水平，实现信息通讯和共享。正是由于这些，计算机在食品与发酵工业中的应用，产生了巨大的经济效益和社会效益。

计算机在食品与发酵工业中的应用主要有以下几个方面：

1. 数值计算

数值计算就是利用计算机对科学研究和工程设计中出现的数学问题进行计算。利用计算机进行数值计算，速度快、精度高。科学研究和工程中的许多复杂问题可归结为方程的求解，多项式、微分和积分的计算，矩阵、向量特征值及概率统计等问题的分析，计算机可以用适当的方法计算和分析这些问题，做到节省人力、物力，使人们得到满意的计算结果。

2. 数据处理

数据处理的数据是指数字化了的数据，如实验数据、统计数据、文字数据、图像数据、声音数据和过程控制中采样后经模/数转换得到的数据等。数据处理就是对以上各种数据进行收集、存储、传送、排序、计算以及打印报表、输出图像；最后得到对人们有用的信息。与数值计算比较，它的主要特点是原始数据量大，计算的问题较简单，一般只做算术运算就可以解决，也有的需要用数理统计等方法。计算机用于数据处理可以及时地提供各类信息，节省人力和时间，提高工作效率。

此外，计算机在科研、设计和管理等方面的应用会涉及到数据库的概念。数据库是指一个单位或某一个范畴的全部数据和这些数据之间关系的总和。把某一方面的数据集中存储于库中，用户根据需要可以调用库中的某些数据，共享这些数据，达到减少重复劳动、提高工作效率的目的。如物性数据库，可供科学工作者共享。

3. 过程控制

过程控制是指利用计算机在生产过程、科学实验以及其它过程中，及时地收集、检测数据或资料，并由计算机按某种标准状态或最佳值进行控制。也就是说，使整个生产或科学实验过程自动化。

过程控制可以分为两种情况，即间歇生产过程的程序控制和连续生产过程的参数控制，计算机可实现多种复杂控制和多级分层综合控制，还可利用它的逻辑判断能力和快速反应能力对过程进行事故预报和连锁识别，以保障生产安全。计算机过程控制与常规仪表控制相比，更具灵活性和综合性。

连续过程控制可以将主要工艺参数稳定在给定值，也可以控制在最佳状态，即根据当前条件，在保证质量和最佳经济效益的前提下，计算出相应的各操作参数的最佳组态值，使生产工艺参数控制在最佳值。各操作参数的最佳组态值的计算只能借助计算机，通过各种优化方法来完成。而使生产过程控制在最佳状态，可以由计算机来实现，也可以由手动完成。因此，计算机的“调优”和“控制”是两个不同的概念。

此外，也可由计算机对生产过程作巡回检测，对流程的主要信息进行定时采集、处理、存储和打印制表等。尤其是对多种相关参数的成组显示、在线修正、及时快速打印、事故状态的记录等功能，为生产操作和管理提供了及时和准确的信息。

近年来，我国在食品与发酵工业中积极推广计算机自控技术，取得了明显的效果。全国已在白酒、味精、啤酒、制糖、葡萄酒、饮料、乳品、糖果、方便食品等产品的生产中，先后实现了计算机控制，带来了巨大的经济效益，促进了食品工业的现代化。

4. 辅助设计

计算机辅助设计(CAD)是工程技术人员借助计算机进行设计的一项专门技术。用计算机进行辅助设计，使设计过程走向半自动化或全自动化，给工程设计带来了重大的变革，这不仅可以缩短设计周期，降低生产成本，节省人力、物力，而且对保证产品质量、提高产品合格率也有重要作用。

在食品与发酵工厂的设计中，利用电子计算机可以变传统的手工设计为计算机辅助设计，使工艺计算、设备计算、工程布局及设计等都采用计算机，提高工程项目的开发水平和建设水平，获得较好的经济效益。国际上计算机辅助设计已达到了相当高的水平，设计人员可以坐在计算机终端设备前，对自己的设计方案进行修改，并使其完善；可以由计算机进行逻辑判断，自动选择最优设计和组合，自动进行经济评价并打印材料表、概预算表和绘制工程图。

总之，计算机在食品与发酵工业中的应用十分广泛，而且越来越显示出它的强大威力，推广计算机应用已是势在必行。

三、当前计算机应用与普及存在的问题

当前计算机在应用与普及方面还存在着一些问题，如果不解决这些问题，计算机的应

用和开发就难以打开新局面。在这方面，目前我们需要解决以下几个问题：

1. 对计算机的陌生感

认为计算机是现代化的实验设备，掌握有关技术不容易，把计算机的应用限定在某一范畴之内。

随着计算机的发展，一方面使用计算机的方式逐步趋于简便，另一方面只要下决心，通过一段时间集中精力学习，就可以驾驭计算机。这样，就能结合自己的本职工作开发计算机应用课题，大大地提高工作效率。

2. 错误地认为我国人口众多，应用计算机的必要性不大

我们应该知道有些工作是无法靠人去完成的。如过程的最优控制，生产中由于环境条件的不断改变，相应的就有不同的最优组态值，生产控制必须随时随地改变操作参数，从而达到最高的控制品质和最好的经济效益。这些是难以用人工实现的，人多是代替不了计算机的。因此，人多与计算机应用并不矛盾。

3. 在企业管理中，管理模式应规范化

如在财务管理中，建帐形式、报表的内容、信息的流通、资源的利用等方面应有相应的改革，以避免计算机应用开发的重复，做到资源共享，提高效率，实现管理的现代化。

4. 采用汉字系统和实现计算机网络化

采用汉字系统和实现计算机网络化是我国计算机应用是否有生命力的关键。汉字系统的进一步开发和计算机网络系统的建立有待加强。

第二节 计算机的结构与工作原理

计算机功能之强、用途之广，确实令人感到惊奇和不可思议，但是一旦了解了它也就不神秘了。掌握了计算机的基本原理和结构，应用也就不难了。

一、计算机的分类

计算机包括三类，即模拟计算机、数字计算机和数字模拟混合计算机。

1. 模拟计算机

模拟计算机是用模拟量(又称连续量，如电压、长度、转角等)作为被运算量的计算机。在模拟计算机中，由于电器元件本身物理特性的影响和显示仪表的读数误差、量程有限等原因，运算量的变化幅度不可能很大，计算的精度也不可能很高，因而限制了这种计算机的应用范围。模拟计算机虽然结构简单，但由于精度差、通用性不强，所以应用不广泛。

2. 数字计算机

数字计算机是用数字量(又称不连续量)进行运算的计算机，它的数字量是应用电脉冲个数或由电位高低形成，以实现对数值的计算或控制。在数字计算机里，运算数字的位数是由人们在设计时决定的。数的位数越多，数字计算机能表示的数值范围也就越大，其精度也越高。由于数字计算机精度高，有通用性，具有记忆、逻辑判断、运算、控制等能力，因而得到了广泛的应用。我们通常所说的计算机就是指这类计算机。本书所讨论的计算机应用也是指数字计算机应用，不涉及其它类型的计算机。

3. 混合计算机

混合计算机是模拟技术和数字技术相结合的计算机。设计这种计算机的目的是使之兼有数字机和模拟机两者的优点，又能克服各自的不足之处，但目前应用不广泛。

二、计算机的组成和基本原理

计算机是一种高度自动化的信息加工装置，能对非常复杂的数学问题或逻辑问题自动地进行运算，只要人在开始时输入一些必要的原始数据和解题步骤就可以了。那么计算机是怎样自动地进行工作？需要哪些部件呢？为了说明这个问题，我们先考察一下算盘的运算。

若要求用算盘计算下列问题：

$$465 \times 750 + 185 \div 65 - 120$$

首先我们要有一个算盘作为运算工具，其次要有纸和笔，用来记录原始数据、中间结果以及最后运算结果。而整个运算工作是在人的操作和控制下进行的：人首先把问题和原始数据记录下来，然后计算出 465×750 ，并将结果记录在纸上，再计算 $185 \div 65$ ，并将结果记录下来，把它和上一次的结果相加，再将相加的结果减去 120，得到最后结果并记录。

如果要用计算机完成上述计算过程，显然首先要有能代替算盘运算的部件，我们称之为运算器；其次要有能起到纸和笔作用的器件，记忆原始题目、原始数据、中间结果、最后结果以及使机器能自动运行的各种命令，这种器件称为存储器；再次要有一个能代替人的作用，根据事先编制好的各种命令指挥运算器运算的控制器；此外，还要有原始数据和命令输入的输入设备、计算结果输出的输出设备等。这样，运算器、存储器、控制器和输入设备、输出设备这 5 个部分就构成了一个基本的计算机系统，如图 1-2-1 所示。

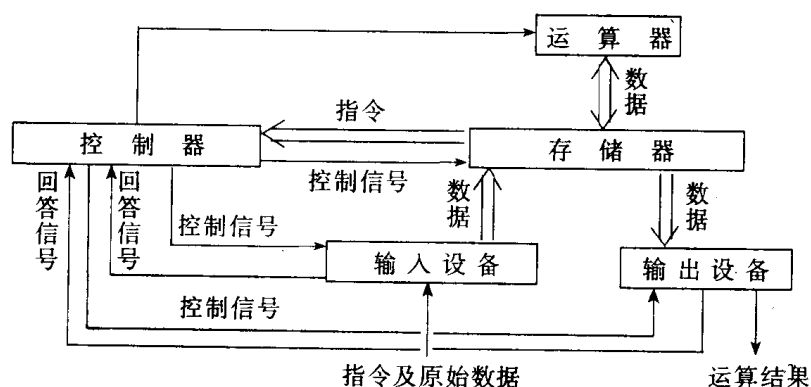


图 1-2-1 计算机基本结构示意图

计算机的运算器是能完成算术和逻辑操作的部件，所以也称为算术逻辑单元(ALU)。它能在控制器的控制下接受数据并对接受的数据进行加、减、乘、除等算术运算和其它逻辑运算。运算器内有寄存器，这些寄存器是用来暂时存储一定数据的存储装置，一般由触发器组成，其数量和类型取决于机器的类型。计算机的字长是指运算寄存器的位数，如寄存器由 n 个触发器组成，则称计算机的字长是 n 位，其 n 值愈大，有效数字的位数就愈多，计算精度就愈高。计算机的运算速度是指运算器进行算术运算的快慢，通常用做加减

或乘除的时间表示，也有的用算术运算的平均速度表示，如每秒几千次或几万次甚至几亿次。

计算机的存储器是存放信息的地方。计算机中存储的信息有两种：数据和指令。无论是哪一种信息，在存储器中都以“0”或“1”的组合形式存放，即以二进制数存放。

存储器分成两类，即内存储器和外存储器。

内存储器的存取速度快，直接与运算器联系，计算过程中能随时存入(也称为写入)和取出(也称为读出)信息。常用的内存储器有磁心存储器和半导体存储器。现在半导体存储器的使用较广泛，这种存储器主要有随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)和可编程只读存储器(EPROM)3种。计算机在工作过程中，可以随机向RAM存取信息，而ROM只能读不能写，EPROM中的信息能随机读出，但要存入新的信息则必须用专用设备写入。内存储器与稿纸相似，横为行，纵为列。每一个小方格在计算机中称为“位”(bit)，存放一个二进制码“0”或“1”。计算机内部进行数据处理的基本单位(通常与计算机内部寄存器、运算装置、总线宽度一致)称为字，每个字所包含的二进制码位数称字长(不同类型的计算机有不同的字长，如1位、4位、8位、16位、32位等)。每8位二进制数称为一个字节(1Byte = 8bit)。字节的长度是固定的，但不同类型的计算机字长不同，8位机字长为1个字节，16位机字长为2个字节，32位机字长为4个字节。通常用字节的数目来衡量存储器存储量的大小，其大小称容量。定义1024个字节为1K。

外存储器一般不能直接与运算器打交道，它与内存储器相比速度慢得多，但容量大。常用的外存储器有盒式磁带、软磁盘、硬磁盘、磁鼓及磁泡等，目前微型计算机广泛应用的是软磁盘和硬磁盘。

计算机的控制器是整个计算机的控制和指挥系统。其主要功能是从存储器中顺序地取出指令，翻译指令代码，安排操作顺序，并向各部件发出相应的命令，使它们一步步地执行程序所规定的任务。控制器作为计算机的中央机构，它一方面向各部件发出执行任务的命令，另一方面又接收执行部件向控制器发回的有关任务执行情况的返回信息，如运算器向控制器“报告”计算结果是否超出预定的界限等。这种由运算器、存储器及输入/输出(I/O)设备发回给控制器的返回信息，将对控制器的下一步工作状态产生重要影响，控制器根据这些返回信息自动确定本身的工作状态，然后决定下一步发出何种命令。这种过程周而复始，使整个计算机有条不紊地工作。

计算机的输入/输出(I/O)设备是连接计算机与其它电子控制设备的桥梁。输入设备用来提供计算机所需的数据和程序。标准的输入设备有键盘、纸带输入机以及卡片输入机，也可以用磁带、磁盘、磁鼓进行输入。用于过程控制或测量的计算机可直接通过数据通道接受数据。输出设备是计算机计算结果的输出装置。标准的输出设备有电传打字机、纸带穿孔机、卡片穿孔机、行式打印机及绘图机等。计算机计算的结果也可以存储在磁带、磁盘、磁鼓等存储设备中或从终端显示器(CRT)输出。用于过程控制或测量的计算机可以直接经数据通道输出，用来启动、控制或停止实际操作。

在计算机中，运算器、内存储器和控制器合在一起称为计算机的主机。除主机以外的部分称为外围设备和外部设备(通常将外存储器、I/O设备等称外部设备，数/模或模/数转换器等称外围设备)。在主机中把运算器和控制器合在一起称为中央处理单元(CPU)。以上这些由电子线路、元件和机械部件构成的具体装置称为计算机的硬件。

在计算机运行时，基本上有两股信息流动，即数据和控制命令。各种数据(如原始数据、中间结果、程序等)经输入设备至运算器，再存入存储器中。在运算处理过程中，数据从存储器中读入运算器中进行运算，运算的中间结果要存入存储器，也可最后由输出设备输出。人们事先给计算机的各种命令(即程序)，是以代码的形式由存储器送入控制器，由控制器译码后变为各种控制信号，控制器按此信号控制 I/O 设备的运行，运算器按规定一步步地进行各种运算，存储器进行读/写。正是由于这些信息的流动，使计算机能解决非常复杂的问题。尽管目前世界上生产的计算机大小不同，性能各异，但其工作原理基本上还是属于冯·诺依曼(Jvon Newmann)为首的 ENIAC 小组提出的上述过程。

近年来，计算机发展迅速，计算机结构也有了很大的变化，改变了上述以 CPU 为中心的结构，而采用“总线”结构，如图 1-2-2 所示。这样就摆脱了过去那种各部件信息都需经过 CPU，大多数部件只能作为串行操作的情况，而使 CPU 与外部设备同时操作，加快了操作速度。且由于具有多个通道，可采用分时系统。

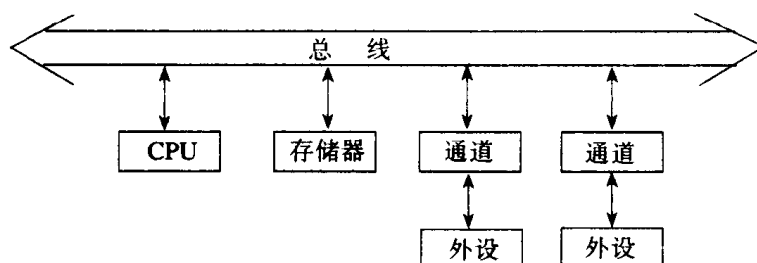


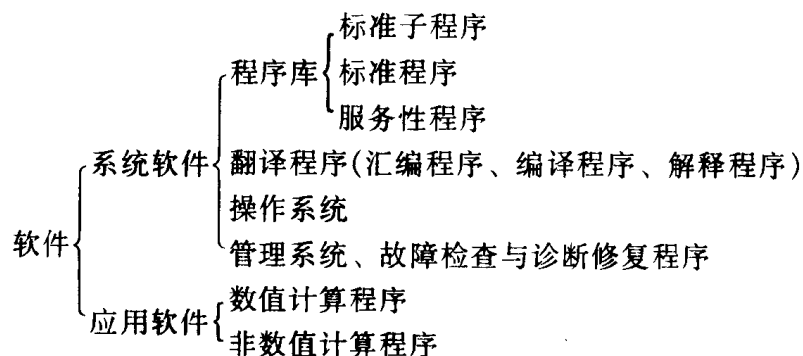
图 1-2-2 计算机“总线”结构示意图

三、计算机的功能与软件

计算机系统由硬件和软件组成。前面我们介绍了计算机硬件的有关知识，但仅有硬件的计算机是不能工作的。计算机要顺利地运行并计算和处理各种问题，还必须有软件配合。所谓计算机软件，是指为了运行、管理、维护和开发计算机所编制的各种程序的总和。软件也可以称为程序系统软设备。

一个计算机系统的程序需要硬件来执行，没有硬件支持软件，就失去了物质基础。但是，仅有硬件没有软件(这种计算机称为裸机)，计算机就不知做什么，也无法发挥其威力。一台计算机在硬件配置已确定的情况下，软件配置的好坏直接决定了计算机的功能。

软件根据其使用方式，可分为以下几类：



(一) 系统软件

为方便用户使用计算机和充分发挥计算机的最大效益,制造厂商根据计算机硬件的特点并考虑各种使用条件,向用户提供的软件程序,称为系统软件。它包括各种语言的汇编、解译或编译程序,计算机的监控管理程序、调试程序、故障检修和诊断程序、程序库、操作系统(DOS)等。

1. 程序设计语言和翻译程序

为了使计算机完成某些任务,就必须进行程序设计,也称编写程序。所谓程序就是一系列指令的有序排列。编写程序所用的语言称为程序设计语言。它可以分为机器语言、汇编语言和高级语言3类。

机器语言是用二进制代码(“0”和“1”的不同组合)组成的机器指令集合。不同型号的计算机都有其自己的机器语言,基本上不能通用。用机器语言写的程序,称为机器语言程序,能被计算机直接执行,但与人们习惯语言差别大,难学、难记、难检查、难修改,而且机器语言无通用性,现已很少为用户使用。

汇编语言是一种面向机器的语言。它用形象的直观符号、英文单词词头代替繁琐的数字编码,因而可以大幅度减少程序设计的劳动量。在内容上,汇编语言程序与机器语言程序是一一对应的,用助记符或缩写记号代替了冗长的二进制代码。汇编语言使用起来要比机器语言方便得多,但汇编语言程序不能直接被计算机执行,还必须把它翻译成机器语言程序(即目标程序)后才能被计算机所接受。用汇编语言写的程序称为源程序,将汇编语言程序转换成目标程序的工作是由一个程序来完成的,这个程序运行时就进行这一转换工作,我们称完成这一转换工作的程序为汇编程序。

高级语言是面向过程的语言。它是一种接近于人们语言习惯的程序设计语言,程序设计人员可以不考虑机器的内部逻辑结构,而集中精力去推敲解题方法的逻辑和计算过程的描述。用高级语言编写的程序接近人类语言或数学公式,但它与具体的机器语言指令无关,而且要比汇编语言程序简练得多,也易辨认,因此获得了广泛的应用。

目前高级语言的种类很多,常用的有 BASIC 语言、FORTRAN 语言、ALGOL 语言、COBOL 语言、PASCAL 语言、C 语言、FOXBASE 语言等,每种语言都有各自的特点和用途。

用高级语言编写的程序也称为源程序,同样也不能直接被计算机识别和执行,必须由编译程序或解释程序翻译成目标程序后才能由计算机执行。编译程序是将源程序的所有语句编译以后,形成一个完整的目标程序,然后再去执行这个目标程序。解释程序是将源程序翻译一句,就立即执行,然后再翻译,再执行。汇编程序、编译程序和解释程序都是翻译程序。

汇编语言源程序和高级语言源程序在计算机中的执行情况如图 1-2-3 所示。

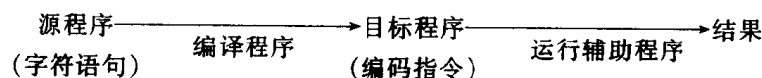


图 1-2-3 源程序执行过程

应当指出的是,一台计算机可以具有多个编译系统(即编译程序),以便完成语言程序的编译工作,为用户提供方便。但对不同型号的计算机,就是对同一种程序设计语言,由