

计算机在分析
测试中的应用

计算机在分析测试中的应用

张世俊 编著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书内容主要有：程序设计基础简介；实验数据的误差分析；分析资料的数据处理；化学和仪器分析中某些基本程序设计；实验数据管理和化学数据库建立、存贮、检索和输出的基本方法简介。

书中在介绍处理分析测试数据常用计算方法和程序设计时，既简述方法原理和推导过程，又给出程序框图和BASIC语言程序文本，从工作实例出发，由浅入深，并附有习题，使读者通过本书的学习，掌握分析测试计算的基本程序设计方法，学会使用一批有实用价值的程序。由于实例多，亦宜于自学。

书中程序适用于TRS-80、APPLE-Ⅱ、IBM-PC及其兼容机型。

本书适合作工科院校分析测试有关专业教材，也可供有关生产、科研单位科技人员阅读参考应用。

计算机在分析测试中的应用

张世俊 编著

责任编辑 吴珺华

*

中国地质大学出版社出版

石首市第二印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 11.625 字数 279千字

1988年11月第1版 1989年12月第2次印刷（胶印印刷）

印数 1—1500册

ISBN 7-5625-0107-6/O·5

定价：3.70元

编写说明

把计算机科学中的程序设计, 结合计算数学, 应用到分析测试中去, 以提高学生的学习质量和科研、生产水平, 是当前一项十分紧迫而重要的工作任务。本书即是为此目的而作的深入一步的编写。

本书内容共分六章。第一章介绍程序设计基础, 第二章是实验数据的误差分析, 第三章讲分析资料的数据处理, 第四章和第五章讨论化学分析和仪器分析中的某些基本程序设计, 第六章简介实验数据管理和化学数据库建立、存贮、检索和输出的基本方法。

全部程序以TRS-80 BASIC I、APPLESOFT BASIC和IBM-PC BASIC等语言为基础编写而成, 并引用了一些高等数学和概率统计知识。

为使理论联系实际, 在内容安排上, 力求程序设计、计算方法和分析测试有机地结合在一起, 并安排了一定数量的举例和习题, 以期学用结合, 学以致用。

本书采用 BASIC 语言进行程序设计, 是因为它容易理解, 少占内存, 便于修改, 易为读者所掌握, 能够满足一般科学计算和数据处理要求; 此外, 由于绝大多数微型机都配有 BASIC 解释程序, 且语句的主要部分又基本相同, 所以采用 BASIC 语言, 还可以不因机型而异, 给使用者带来很大方便。

进行程序设计, 对同一课题可以有不同方案, 这依赖于语句掌握的程度、合理的计算方法和编程的技巧, 后者往往起着重要的作用。因此, 本书所编程序不一定是优化的, 当然更不是唯一的, 仅供读者学习和应用参考。

分析测试工作应用计算机进行科学计算和数据处理, 内容十分丰富。限于篇幅, 本书对某些内容和专题讨论, 只能作出基本介绍或者从略。在本课程的学习基础上, 相信读者定能举一反三, 在分析测试这个广阔的科学领域里, 向着它的广度和深度, 进一步开拓。

在本书的编写过程中, 我校出版社和应用化学系领导一直关心着这一教材建设工作。在定稿过程中, 承武汉大学李宁先副教授仔细审阅了全稿内容, 我校测试中心金星同志对大量程序在 IBM-PC 及其兼容的长城 0520 微型机上进行了验算修正。他们并提出许多宝贵意见和建议。谨此表示衷心感谢! 另外还要感谢我校应用化学系林守麟教授和武汉地质科技管理干部学院化学系蔡耀宗副教授在本书编写过程中给予的热情帮助和支持。

由于本人水平有限, 时间仓卒, 定有错误和不足之处, 恳请读者批评指正。

编者

于中国地质大学

1988年3月

绪 言

(一) 计算机的发展组成及指标

1. 计算机的发展

1946年,世界上出现了第一台计算机,由美国宾夕法尼亚大学研制成,称为ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator),由于它是一种能部分代替大脑思维能力的电子设备。所以人们常称它为电脑。ENIAC使用了18800个电子管,耗电150kW,占地150m²,重30吨,价值40万美元,加法运算速度5000次/秒。这与今天的微型计算机相比,当然不可同日而语,但正是它,奠定了电子计算机的技术基础。

42年来,它已经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到大规模集成电路的四代更替的飞跃发展;不仅在数量上,需求倍增,而且在应用上,正从深度和广度两个方面渗透到人类社会各个领域。大规模和超大规模集成电路的发展,出现了微型计算机,使计算机的应用,更加广泛深入。

2. 计算机系统的基本组成

计算机系统由计算机硬件和计算机软件两部分组成。

(1) 计算机的硬件 (Hardware)

目前世界上生产的计算机型号已超过千种,但其基本结构仍由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备等五个主要部分组成,如图1所示。

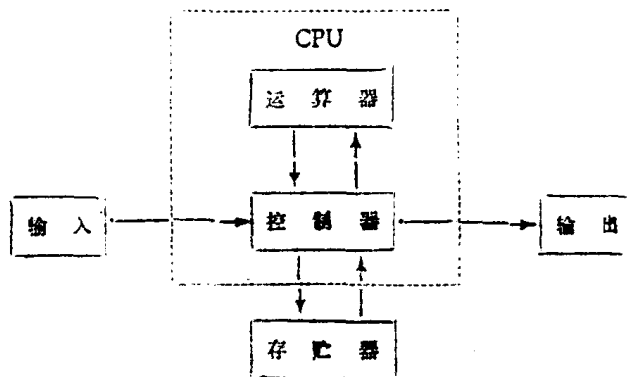


图 1

通常把一片或几片芯片上具有CPU(Central Processing Unit)功能的大规模集成电路称为微处理器(MPU),以区别大型的中央处理机;而把以微处理器为核心加上由大规模集成电路实现的存储器、输入、输出接口,通过总线组装成的计算机称为微型计算机 (Micro-computer)。总线由数据总线、地址总线和控制总线组成,是计算机组成部分交换信息的通道。

图2是一个典型的微型计算机系统结构方框图。图中I/O (Input / Output) 接口接相应的外围设备(如键盘、显示器、打印机、录音机、磁盘机等)。

(2) 计算机的软件 (Software)

用计算机进行数值计算或控制生产过程时,首先要对所解决的问题拟出一个明确的计算步骤或操作过程,并用机器所能识别的“0”和“1”等二进制代码即机器语言表示出来,

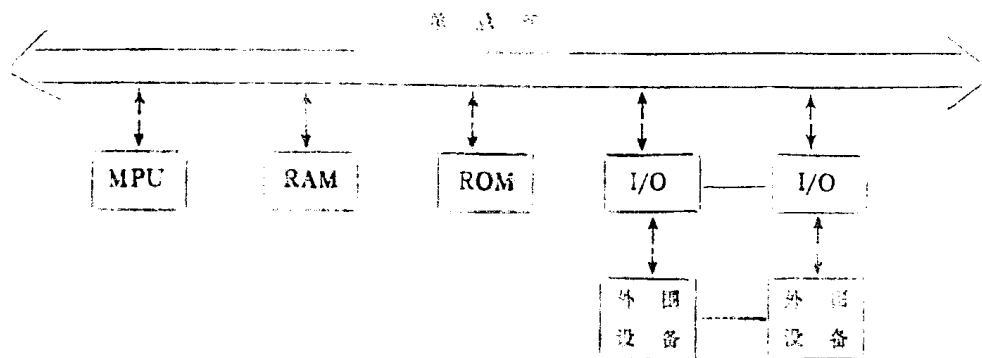


图 2

这种计算步骤或操作过程叫作程序，编制程序的过程称为程序设计，它们都被记录在存储器内，相对于上述硬件来说，它们是一些软设备，所以人们常称之为“软件”。

早期的计算机软件，都是手编的机器语言程序，显然使用手编程序进行工作既不便记忆，又容易出错。为此产生了另一种计算机语言，称符号语言或“汇编语言”。它用一些助记符号代替二进制代码，例如用ADD (Add) 表示加，用LD (Load) 表示传送或取数，用HALT (Halt) 表示暂停，等等，这样就比机器语言易于理解，便于记忆。汇编语言因机型而异，缺乏通用性，且与人们习惯语言相比，还有不小差距，使用仍不方便。但是由于汇编语言所特有的优点，例如：节省内存，程序执行速度快，能准确掌握执行时间，适于实时控制等，所以它仍为主要程序设计语言之一。

到50年代中，才产生了与习惯语言和数学公式相接近的，又能为计算机所接受的“算法语言”，常称之为高级语言。高级语言不因机型而异，使用者不必熟悉具体机器即可操作，这就为计算机的推广应用扫除了极大障碍。

常用的高级语言有FORTRAN、ALGOL、COBOL、PASCAL和BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) 等，后者由两个美国学者 J.G.Kemeny 和 T.E.Kurtz于1964年首先创立，那时的BASIC语言拥有语句甚少，功能很弱，因而说它是初学者的 (Beginner's) 语言。但是随着计算机科学的不断发展，20几年来，在广泛的应用过程中，它也相应地得到修改、创新和充实。今天的BASIC语言，已发展成为功能很强，使用方便，深受广大用户欢迎的一种程序设计工具了。

用高级语言、汇编语言等编写的程序称为源程序，还要通过事先放在计算机存储器中的一套手编程序把它翻译成称为目的程序的机器语言才能进行数值计算或控制生产过程。这套手编程序，在BASIC语言里叫解释程序，在其他算法语言里叫编译程序，在汇编语言里叫汇编程序。它们和高级语言、汇编语言是计算机必不可少的部分，同样是计算机软件的重要内容。

3. 计算机的主要技术指标

(1) 字长

字长指计算机对每一信息所能表示的二进制代码的位 (Bit) 数，称8位二进制代码为一个字节 (Byte)。对于微型机，现在已有了16位和32位的，但目前使用的多数还是以8位字长为一个字节的、用二个字节或三个字节表示一个数的多字节微型机。

(2) 存储容量

存储器所具有的存储单元总数称为存储容量。微型机通常以字节数来衡量它的容量，每1024个字节称为1k字节 (kB)。

(3) 运算速度

用每秒钟所能执行的指令条数作依据,单位是次/秒,因为执行不同指令所需时间不同,从而有三种计算运算速度的方法:一种是以平均运算速度来计算,另一种是以执行时间最短的指令为标准来计算,第三种是直接给出每条指令的实际执行时间和机器主频。

(二) 计算机与分析化学

早在60年代,即开始了计算机在化学中应用的研究工作。20多年来,逐渐形成了一门重要的学科,称为化学计量学(Chemometrics),它是以计算机科学、计算数学、化学各分支学科及测试技术作为工具,为化学研究服务的一门学科。70年代后期开始,许多分析仪器配备了专用计算机或微处理器,使得用仪器进行分析方法的灵敏度、稳定性、自动化程度和速度以及分析结果的精度,都得以大大提高。那些费时、费事、难度较大的分析研究工作,现在都可以通过计算机,或进行脱机计算,或与分析仪器进行联机运用,从中取得迅速可靠的资料。

(三) 计算机在分析测试中的某些应用

随着计算机的应用和普及,分析测试中过去遇到的各种难以解决甚至无法解决的问题,有了解决的可能了;它不仅使分析资料的科学计算和数据处理方式得以改观,而且提高了精度和速度。

在溶液理论和络合物研究方面,有些常数测定的方法虽然早就建立了,但由于计算公式复杂,一直未得到实际应用,现在通过计算机就可以方便地进行多种平衡浓度的计算和平衡常数的测定了。酸碱平衡是分析化学基础内容之一,用计算机处理有关问题,诸如溶液pH值的计算,分布图的绘制,缓冲容量的计算,滴定曲线的绘制等,无论在运算精度或速度上,都是人所不能比拟的。

在红外、可见、紫外光谱中,应用朗伯-比尔定律进行定量分析,是分析化学应用较早且较为普遍的一种定量分析方法。过去为了提高分析的灵敏度和准确度以及防止共存化学成分的干扰,除不断改进仪器本身的测量精度和提高仪器的自动化水平外,都是大量在化学上做工作。当样品是由多种化合物或络合物构成的多组分混合物体系时,如果仅仅定量其中某一组分,有时还有可能找出这个组分不受干扰或受干扰较小的特征峰作为定量峰,但是如果对所有组分都作定量分析,则由于组分间的相互干扰,要解决这一问题,就十分困难。通过计算机不仅能对遵从比尔定律的混合物体系内所有线性成分进行定量分析,而且能对不遵守比尔定律的所有非线性成分进行定量分析。

在原子发射光谱和原子吸收光谱中,应用计算机可以进行工作曲线拟合,解决样品的成分分析,可以消除分析方法过程中的干扰,提高测量灵敏度,扩大测量范围,还可以解决实验参数的最佳估计和测量条件的优化选择等一系列问题。

在X射线荧光的定量分析中,外标法和内标法是一般常用方法,但是利用标样制作工作曲线十分费时和困难,特别在基体元素变化范围大而基体效应又复杂的情况下,要作出线性好的工作曲线更非易事,因而发展用数学方法进行定量分析的方法。数学方法有经验系数法和基本参数法以及两种方法的联合运用,虽然计算繁杂,但用计算机进行,仍是轻而易举。

用计算机进行重叠谱线的分峰计算和作图显示,用计算机揭示因较强信号的重叠而使部分或全部被模糊了的隐藏的物理信息,以增强谱带轮廓线的工作,也是可能的了。

计算机对数据、文章、文摘和图表的编码存贮,为化学数据库的建立提供了十分有效的手段,为化学信息的及时而准确的检索,为化学数据资源的共享,带来了很大方便。

以往计算机处理的信息,都是一些英文字母、数字或一些专用符号,现在在处理英文信

息的同时，也可以处理中文信息了。学习这部分内容，将更有利于实验管理，有利于提高工作效率。

凡此种种，不胜枚举。应该指出的是，在分析测试中，应用计算机进行科学计算和数据处理时，离不开数学，特别是一些数值计算方法。例如函数的插值、数值积分、谐波分析、曲线的拟合、线性和非线性方程的求解等，它们都与分析测试的定量计算有着紧密联系。此外，分析测量的数据都不可能没有误差，我们还应该应用概率论理论和数理统计方法对其进行科学整理，去伪存真，从中找出符合客观规律的分析资料和正确结论。

所有这些，都说明了计算机应用在分析测试中进行科学计算和数据处理的内容的丰富和前景的广阔。正是如此，它受到了越来越多的分析工作者的欢迎和重视。

在现代化的建设事业中，人们已深刻认识到，计算机应用的发展程度标志着一个国家科学技术的发达水平。大力发展计算机科学在分析测试中的应用，必将大大提高分析测试的科学研究水平，必将促进其生产应用的进一步发展，必将为我国四化建设作出更多贡献。

目 录

绪 言	(1)
第一章 程序设计基础	(1)
§1.1 程序设计中的某些规定	(1)
(一) 程序的编制过程	(1)
(二) 程序的组成	(1)
(三) 上机操作步骤	(1)
(四) 使用的符号	(2)
(五) 数的表示方法	(2)
§1.2 常用程序语句	(4)
(一) 输出语句	(4)
(二) 输入语句	(6)
(三) 分支语句	(10)
(四) 循环语句	(12)
(五) 子程序	(16)
(六) 数组	(20)
§1.3 字符串	(26)
(一) 字符串的使用	(26)
(二) 字符串函数	(27)
习题一	(28)
第二章 实验误差的分析	(31)
§2.1 数据可靠性的衡量	(31)
(一) 误差的种类及数据可靠性衡量指标	(31)
(二) 标准偏差的计算程序及举例	(33)
§2.2 平均值的精密度和置信区间	(34)
(一) 平均值精密度的算法及程序	(34)
(二) 平均值置信区间的算法及程序	(35)
§2.3 平均值差异的检验	(35)
(一) 差异的统计假设与检验	(35)
(二) 差异的 t 检验法、程序及举例	(36)
(三) 差异的 F 检验法及程序	(39)
§2.4 可疑测定值的取舍	(41)
(一) 可疑值的判断方法	(41)
(二) 判断值 T 的计算程序及举例	(42)
习题二	(42)

第三章 分析数据的处理	(45)
§3.1 线性插值	(45)
(一) 两点线性插值算法、程序及举例	(45)
(二) 分段线性插值算法及程序	(46)
§3.2 拉格朗日 (Lagrange) 插值	(47)
(一) 算法分析	(47)
(二) 一元 $n+1$ 点插值程序及举例	(49)
(三) 分段抛物插值程序及举例	(52)
§3.3 三次样条函数插值	(54)
(一) 函数表达式的建立	(55)
(二) 函数表达式系数的确定	(56)
(三) 函数表达式系数的“追赶”解法	(57)
(四) 自然样条函数插值程序及举例	(59)
§3.4 数据的修匀和谱图的平滑	(63)
(一) 算法分析	(64)
(二) 数据的五点三次修匀算法	(65)
(三) 数据的修匀程序及举例	(68)
(四) 谱图平滑的算法及程序	(70)
习题三	(72)
第四章 化学分析中的基本程序设计	(73)
§4.1 多元弱酸溶液的pH值计算	(73)
(一) $[H^+]$ 的高次方程解法	(73)
(二) 程序及举例	(75)
§4.2 副反应系数的计算	(77)
(一) 酸效应系数的算法、程序及举例	(77)
(二) 络合效应系数的算法、程序及举例	(79)
§4.3 分布系数的计算与分布图的绘制	(81)
(一) 溶液中酸碱组分的分布	(81)
(二) 溶液中各级络合物的分布	(88)
§4.4 滴定曲线的计算与绘制	(90)
(一) 酸碱滴定曲线	(90)
(二) 氧化还原滴定曲线	(99)
习题四	(103)
第五章 仪器分析中的基本程序设计	(104)
§5.1 多组分混合物的定量分析	(104)
(一) 单波长分光光度法	(104)
(二) 双波长分光光度法	(108)
§5.2 曲线拟合	(113)
(一) 一般函数曲线拟合	(114)
(二) 谱图曲线拟合	(119)

(三) 峰面积计算.....	(123)
§5.3 实验数据的一元线性回归.....	(128)
(一) 回归直线的确定.....	(128)
(二) 回归方程的检验.....	(129)
(三) 变量取值的预测及精度的估计.....	(133)
(四) 一元线性回归程序及举例.....	(134)
§5.4 实验数据的多元线性回归.....	(137)
(一) 多元线性回归方程的确定.....	(137)
(二) 回归方程的检验.....	(140)
(三) 变量取值的精度估计.....	(141)
(四) 一元非线性回归.....	(141)
(五) 多元线性回归程序及举例.....	(142)
§5.5 实验参数的优选.....	(145)
(一) 基本原理.....	(145)
(二) 算法分析.....	(146)
(三) 设计程序.....	(147)
习题五.....	(148)
第六章 实验数据管理简介.....	(150)
§6.1 建立数据库.....	(150)
(一) 数据库和关系数据库.....	(150)
(二) 汉字数据库的功能及使用限制.....	(151)
(三) 数据库的建立.....	(151)
(四) 数据库结构的显示和修改.....	(153)
§6.2 输入数据.....	(154)
(一) CCDOS的启动与中西文输入.....	(154)
(二) 数据库数据的输入.....	(157)
(三) 查询数据库.....	(157)
(四) 修改数据.....	(159)
§6.3 数据的排序、索引及统计.....	(161)
(一) 数据的排序.....	(161)
(二) 数据的索引排序.....	(162)
(三) 数据的索引查询.....	(162)
(四) 数据的统计.....	(163)
§6.4 数据库文件的连接与复制.....	(164)
(一) 数据库文件的连接.....	(164)
(二) 数据库文件的复制.....	(165)
§6.5 输出数据报表.....	(165)
(一) 建立报表格式.....	(165)
(二) 打印输出报表.....	(166)
(三) 用BASIC语言编写报表.....	(167)

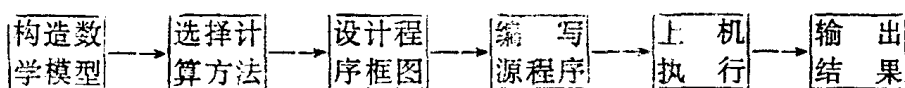
§6.6	化学数据库概述.....	(167)
(一)	化学数据库的基本内容.....	(168)
(二)	化学数据库的存贮.....	(168)
(三)	化学数据库的检索.....	(169)
习题六		(170)
附 录		
(一)	相关系数检验表.....	(171)
(二)	t 分布表.....	(171)
(三)	F 分布表.....	(171)
主要参考文献		(174)

第一章 程序设计基础

§1.1 程序设计中的某些规定

(一) 程序的编制过程

可以框图表示如下:



(二) 程序的组成

结合举例说明如下。

设用 Na_2CO_3 作基准试剂标定盐酸标准溶液, 共做了4次, 测得的浓度分别是0.5050M, 0.5604M, 0.5051M, 0.5063M。为求其平均值, 可编写如下源程序。

```
10 LET A=0.505:LET B=0.5604:LET C=0.5051:LET D=0.5063
20 LET S=A+B+C+D:LET M=S/4
30 PRINT M
```

这个源程序的组成关系, 有以下几点规定:

1. 一个程序由若干程序行组成, 如本例由3行组成。一般一行写一个语句, 也可在一行内写几个语句, 如本例10行和20行分别有4个和2个语句, 但一行字符的个数(包括字母、数字、空格及其他有效字符)不能超过255; 各语句之间以冒号“:”分隔。每一个语句分别让计算机执行某一方面功能。

2. 一个语句一般分为三部分:

(1) 行号 又称为标号, 即每个程序行前面所标的数字, 如本例中的10到30。行号是正整数, 其上限可达六万条, 不同的微型机有不同的规定。为便于增补程序行, 行号之间应留有一定间隔。

(2) 语句定义符 用来表示语句的性质。如本例10行和20行的LET表示赋值, 30行的PRINT表示打印。

(3) 语句体 为计算机执行的内容, 它跟在定义符之后。如20行的前一语句是将求得和赋给变量S, 后一语句是将计算的平均值赋给变量M。

(三) 上机操作步骤

编好源程序后即可上机计算, 操作步骤是:

1. 清除内存

输入新程序前, 必先清除内存。方法是: 当屏幕显示出提示符 $\geq$ (TRS-80) 或] (APPLE II) 或OK (IBM-PC) 时, 表示计算机处于命令状态。这时通过打入命令NEW并按回车键(指ENTER键(TRS-80)或RETURN键(APPLE II)或↓键(IBM-PC))来

清除内存。如刚接通电源，则此步可省。

2. 输入源程序

按照写好的源程序的每一程序行，逐个打入字符，每打完一个程序行，都要按一下回车键，使该程序行内容存入内存。

3. 执行程序

程序输入完毕，即可打入命令RUN并按回车键。这时计算机就会按照行号由小到大，同一行由左到右，并根据程序要求有序地执行各语句。

以上程序和数据都是临时输入内存进行操作，如果需要长期保存，就要使用磁盘操作，读者可参阅有关DOS（磁盘操作系统）手册。

（四）使用的符号

（1）英文字母 A—Z共26个。

（2）数字 0—9共10个。

（3）标点符号 $\cdot$, : () " ; ? _（代表空格）。

（4）其他符号 &（即And），@（即At）。

（5）类型说明符 %（整型），!（单精度型），#（双精度型），\$（字符串型）。（APPLE BASIC 只有%和\$两种类型说明符）。

（6）算术运算符 +（加），-（减），*（乘），/（除）， $\uparrow$ （乘幂）（APPLE II和IBM-PC的BASIC用字符^表示）。

（7）关系运算符 <（小于），>（大于），=（等于），<=（小于等于），>=（大于等于），<>（不等于）。

（5）逻辑运算符 AND（与），OR（或），NOT（非）。

（五）数的表示方法

1. 常数

采用十进制数。包括以下三种常数。

（1）整型常数（Integer）

即整数，不能超过规定使用范围。若大于其上限，作“溢出”，若小于其下限作“0”，或自动转为实型数。

（2）实型常数（Real）

即实数，有单、双精度之分（APPLE BASIC 只有单精度实数），均不能超过规定使用范围，否则将出现“溢出”或作“0”。

实型常数有定点和浮点两种表示方式。前者包括数字、小数点和正负号（正号可省），后者增有指数部分，浮点式单精度数和双精度数分别以 $E \pm e$ 和 $D \pm e$ 表示，它代表10的 $\pm e$ 次幂，e是一位或两位整数（正号可省）。例如 61512×10^3 应写成 $6.1512E07$ 或 $6.1512D07$ ， 2.78×10^{-4} 应写成 $2.78E-04$ 或 $2.78D-04$ 。

计算机对有效数字的接收因机型而有不同，通常单精度为七位，双精度为十七位，输出则一般较之少一位。如果输出数未超过规定有效位数则以定点表示，否则以浮点表示，以浮点表示时，小数点之前只能有一位非零数字。

（3）字符串常数（String）

即一串具体字符，一般用双引号括起来，以明确其起止界限。例如“PH”，“NaOH”，“Y=”，“1987-10”等。

2. 变量

指可以改变其取值的量。可分为简单变量和下标变量两种。此处只介绍前者。

简单变量名必须以 A—Z 中任一字母开头，其后可跟以数字或字母串，长度不限，但只有前面两个字符有效（IBM-PC BASIC 规定前40个字符有效）。不许以保留字（BASIC 命令、语句、函数名）作为变量名。

简单变量也分为整型、实型（单精度型和双精度型）和字符串型三种，类型说明符相应地跟在其变量之后，例如 A%，B！，A1#，AB\$等。

3. 算术函数

所有BASIC解释程序中都备有如表1-1所示11种计算算术函数的子程序，使用时只要按规定格式直接写出函数符号和自变量即可。自变量可以是常数或表达式。

表1-1

算术函数	功 能	备 注
SIN (X)	$\sin x$	自变量以弧度表示，例如 $\sin 9^\circ$ 应写成 $\text{SIN} (9 * 3.14159 / 180)$
COS (X)	$\cos x$	同 上
TAN (X)	$\tan x$	同 上
ATN (X)	$\arctan x$	同 上
LOG (X)	$\ln x (x > 0)$	求 $\log_{10} x$ 时，可转换求 $\ln x / \ln 10$
EXP (X)	e^x	指数函数 $e = 2.71828$
ABS (X)	$ x $	求 x 的绝对值
SQR (X)	$\sqrt{x}$	求 x 的平方根（正根）
SGN (X)	符号函数	$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \text{ 时;} \\ 0, & x = 0 \text{ 时;} \\ -1, & x < 0 \text{ 时;} \end{cases}$
INT (X)	取整函数 (求不大于X的最大整数)	例如 $\text{INT} (3.2) = 3$, $\text{INT} (-3.56) = -4$ $\text{INT} (X + 0.5)$ 是将 X 舍入到最近整数 $\text{INT} (10 * X + 0.5) / 10$ 是将 X 舍入到第一位小数 $\text{INT} (1\text{EN} * X + 0.5) / 1\text{EN}$ 是将 X 舍入到第 N 位小数
RND (X)	随机函数	有的规定 $\text{RND} (0)$ 产生一个 $(0, 1)$ 间的随机数， $\text{RND} (N)$ 产生一个 $1-N$ 间的随机数。

4. 表达式

用运算符和圆括号将常数、变量、函数连成有意义的式子叫表达式。分为算术表达式、字符串表达式和逻辑表达式三种。

算术表达式中，例如 $\frac{a+c}{a-3b}$ 应写成 $(A * C + B) / (A - 3 * B)$ ， A^B 应写成 $A \uparrow B$ （或 $A \wedge B$ ）， $e^{\sin x}$ 应写成 $\text{EXP} (\text{SIN}(X))$ ，运算顺序规定：先函数，次乘方，再乘除，最后加减；有括号时，括号内优先；同一级由左向右计算。表达式中：只允许使用圆括号，逗号不能省略。例如 $A * C$ 不能写成 AC ，对相邻两运算符要用圆括号隔开，例如 $3 * -2$ 应写成 $3 * (-2)$ ；对于乘方运算，例如 $A \uparrow B$ ，一般规定，若 B 为整数， A 可以是任意数，若 B 非整数，则 A 不能是负数和零。

字符串表达式是用连接号“+”将字符串常量、字符串变量、字符串函数连接起来的式子，运算结果是一个将字符串依次串联起来的字符串常量。例如字符串相加表达式“PH=5.5”的运算结果是“PH=5.5”。

逻辑表达式用来计算逻辑值，它是在若干关系式之间用逻辑运算符（AND，OR，NOT

等) 连接起来的式子, 例如 $A \geq B \text{ AND } C < D$, $A = B - 1 \text{ OR } C > D + 1$ 等。在运算时, 应先算术运算, 再关系运算, 最后逻辑运算, 括号内优先, 同级运算符, 从左到右执行。

§1.2 常用程序语句

本节只介绍常用语句。其他语句, 请参阅有关手册。

(一) 输出语句

有两种输出方式。一种使计算结果表达在显示器上, 用语句 PRINT 来实现 (TRS-80 和 IBM-PC 的 BASIC 还可以用符号 ? 代替 PRINT); 另一种使计算结果由打印机输出, TRS-80 和 IBM-PC 的 BASIC 用语句 LPRINT 来实现, APPLE BASIC 则规定要在 PRINT 语句之前, 增写接口选择语句:

PR # n

其中 PR # 是语句定义符, n 是主机内接口板号码。通常接法是, 屏幕的接口板号是 0, 打印机的接口板号是 1。因此, 欲使输出送至打印机, 可用 PR # 1; 当要它恢复为屏幕显示时, 可用 PR # 0。例如:

```
10 PR • 1 (增写打印机接口选择语句)
20 PRINT "PRINTING IN THE PRINTER" (打印并同时显示本行信息)
30 PR • 0 (执行完20行语句后, 恢复为屏幕显示)
```

需要指出的是: TRS-80 和 IBM-PC 的 BASIC 规定, 使用 PRINT 语句只能使计算结果在屏幕上显示, 使用 LPRINT 语句只能在打印机上输出; APPLE BASIC 则规定, 使用 PRINT 语句只能在屏幕上显示, 增加打印机接口选择语句后, 在打印机上输出的同时, 并能显示在屏幕上。习惯上, 把它们都称为打印语句。

对计算结果, 通常用到三种输出格式。兹以显示输出语句为例, 分别介绍如下。

1. 一般格式输出 (PRINT) 语句

(1) 格式 PRINT <一组打印项>

(2) 功能 此语句能在显示屏上印出各个打印项的值。这些项可以是常量、变量、函数或表达式。

(3) 输出方式及举例

有换行输出、紧凑输出和分区输出三种方式。

① 换行输出方式

如果一个输出语句中只有一个打印项, 则在程序执行时, 显示屏上只印出此一打印项, 然后换行。如果只有语句定义符 PRINT 而无语句体打印项, 则在程序执行时, 只输出一个空行, 然后换行。

对于印出的打印项: 如果是数值, 则其前后各留一空格, 前一空格作为该数的符号位, 正号以空格代替, 但 APPLE BASIC 对输出的正数, 其前面不留作为符号位的空格。如果是字符串常量, 则其前后均不留空格。

② 紧凑输出方式

如果一个输出语句中包含几个打印项, 且打印项之间用分号 “;” 隔开, 则是紧凑输出方式。这时, 计算机每遇到一个分号, 就会使下一个打印项紧跟上一打印项印出。

为使输出明确, 可在打印项前加上注释内容。

③ 分区输出方式

