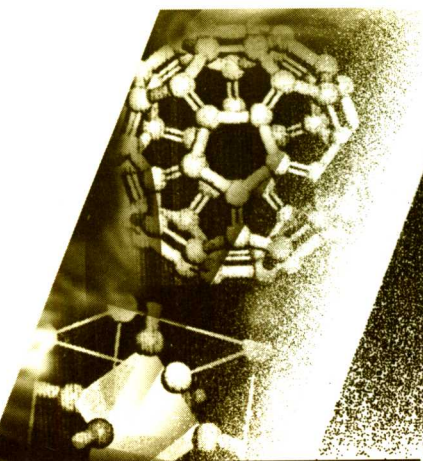


JISUANJI
YU
HUAXUEHUAGONGSHIYANSHUJUCHULI

计算机 与 化学化工试验数据处理

● 主编 王洪艳



吉林大学
出版社

计算机 与 化学化工试验数据处理

主 编	王洪艳			
副主编	马玖彤	刘国权	张凤君	
编 者	王英华	杨 兵	盛 野	

吉林大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机与化学化工试验数据处理/王洪艳主编. —长春: 吉林大学出版社, 2002. 11
ISBN 7-5601-2775-4

I. 计... II. 王... III. 计算机应用—化学试验—数据处理 IV. 06—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 083763 号

计算机与化学化工试验数据处理

主编 王洪艳

责任编辑、责任校对: 赵洪波

封面设计: 孙 群

吉林大学出版社出版
(长春市明德路 3 号)

吉林大学出版社发行
长春市永昌福利印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16

2002 年 10 月第 1 版

印张: 15.25

2002 年 10 月第 1 次印刷

字数: 302 千字

印数: 1—500 册

ISBN 7-5601-2775-4/O · 280

定价: 24.00 元

前 言

21 世纪科学技术的发展要求信息技术数据化。在生产和科学研究中现代测试仪器和过程控制可以迅速准确地为人们提供大量可靠的量测数据。如何对原始量测数据进行再加工,从所获得的数据中提取隐含、有用信息,如何利用计算机技术解决化学化工的问题,这是化学和化工工作者面临的一个新课题。作为高等学校的大学本科学生应该掌握计算机在本专业的应用技术。在教学过程中我们发现,尽管计算机已经很普遍,但学生对计算机在本专业的应用所知甚少;有的学生虽然已过计算机二级,对于编程处理数据还是茫然,觉得计算机实际应用高不可攀。因此,需要有这样一门课程和教材,帮助他们从最熟悉的试验数据出发,利用所学的数理统计知识,用计算机来处理数据,提取更多更有用的信息,打开计算机应用的广阔领域,为走向工作岗位或继续深造打下良好的计算机应用基础。

本书是一本应用型书籍,在数理统计方法的基础上,重点让学生学会如何将一些毫不相关的试验数据变成数学的表达。同时结合化学化工试验中的实例,学会数学建模、矩阵表征、方程组求解及矩阵运算等在计算机上的实现过程。本书主要有如下四个特色:

1. 系统性好。从如何将化学问题转为数学问题(建立数学模型)入手,到数据处理方法及试验设计,使学生建立了一个系统的计算机在化学化工中应用的思路。

2. 实用性强。针对学生在计算机应用中的困难,紧密结合化学、化工中的实例,通过自己编程,使学生真实地用计算机解决化学问题,提高学生的学习兴趣。

3. 可读性好。由于本教材系统性和实用性都较强,使学生易学、易懂、易操作、易掌握。

4. 在内容上与专业基础课和专业课形成互补,弥补了教学中知识点的遗漏。比如正交试验设计、均匀试验设计、试验数据的平滑、方差分析等,一般在教学中是涉及不到的,而这些知识在本科生毕业论文乃至今后的科学研究中都是不可缺少的。

本书共分 11 章。前九章为数据处理方法及编程应用,第十章、第十一章简介网上化学信息和化学过程计算机模拟技术,以开阔学生眼界。全书由王洪艳校订。第二章、第六章、第八章、第九章由王洪艳执笔,第四章由张凤君执笔,第五章、第七章由马玖彤执笔,第三章由王英华执笔,第十一章由刘国权执笔,第十章由杨兵执笔,第一章由盛野执笔。

本书可作为大专院校有关化学化工领域本科生及研究生的教材或教学参考书。

本书是在教学过程中形成的,得到了广大同仁和同学的支持。但是由于作者水平和专业知识所限,书中难免会有错漏之处,诚恳欢迎专家学者和广大读者批评指正。

编 者

2002 年 5 月 20 日

目 录

第一章 QBASIC 语言简介	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 QBASIC 基础知识	(1)
1.2.1 窗口操作	(1)
1.2.2 菜单	(2)
1.3 数据类型与表达式	(4)
1.3.1 数据类型	(4)
1.3.2 常量	(5)
1.3.3 变量	(5)
1.3.4 标准函数	(6)
1.3.5 表达式	(7)
1.4 语句	(8)
1.4.1 PRINT 语句	(8)
1.4.2 LET 语句	(8)
1.4.3 INPUT 语句	(9)
1.4.4 READ/DATA 语句	(9)
1.4.5 STOP 语句	(11)
1.4.6 END 语句	(11)
1.4.7 条件语句	(11)
1.4.8 情况语句	(12)
1.4.9 循环语句: FOR/NEXT	(13)
习题	(14)
第二章 化学化工问题数学模型的建立	(15)
2.1 概述	(15)
2.2 数学模型建立的通则	(15)
2.3 由理论推导数学模型	(16)
2.4 由试验数据建立数学模型	(18)
2.4.1 典型曲线	(18)
2.4.2 多项式拟合	(19)
2.5 数学模型的选择	(20)
2.5.1 直线化检验	(20)
2.5.2 差分检验	(22)

2.6 数学模型中系数的确定	(23)
2.6.1 差分法	(23)
2.6.2 图解法	(25)
2.6.3 平均值法	(26)
2.6.4 解线性方程组	(28)
2.7 计算机实现数学模型的建立	(28)
习题	(31)
第三章 概率论与数理统计基本知识	(32)
3.1 概率论基础	(32)
3.2 数理统计基本概念	(33)
3.3 正态分布	(37)
3.4 χ^2 分布	(39)
3.4.1 χ^2 分布的概率密度分布函数	(39)
3.4.2 χ^2 分布表的使用	(40)
3.4.3 χ^2 分布应用举例	(40)
3.5 t 分布	(41)
3.5.1 t 分布的概率密度函数	(41)
3.5.2 t 分布表的使用	(42)
3.5.3 t 分布应用举例	(43)
3.6 F 分布	(44)
3.6.1 F 分布的概率密度函数	(44)
3.6.2 F 分布表使用	(45)
3.6.3 F 分布应用举例	(45)
习题	(46)
第四章 试验数据的统计检验	(48)
4.1 概述	(48)
4.2 统计检验的基本方法	(48)
4.2.1 参数估计	(48)
4.2.2 假设检验	(49)
4.2.3 统计检验的判断错误	(50)
4.3 离群值的检验	(50)
4.3.1 Dixon 检验法	(50)
4.3.2 Grubbs 法	(51)
4.3.3 计算机实现离群值检验	(52)
4.4 平均值检验	(55)
4.4.1 样本平均值与标准值的比较	(56)
4.4.2 比较不同分析人员的测定平均值	(57)
4.4.3 计算机实现平均值检验	(58)

4.5 对子分析	(60)
习题	(61)
第五章 插值法	(62)
5.1 概述	(62)
5.2 线性插值	(62)
5.2.1 插值原理	(62)
5.2.2 计算机实现线性插值计算	(63)
5.3 Lagrange 插值多项式	(64)
5.3.1 Lagrange 插值原理	(65)
5.3.2 多项式插值的误差	(66)
5.3.3 分段抛物插值	(67)
5.3.4 计算机实现分段抛物线(一元三点 Lagrange)插值	(68)
5.4 Hermite 插值	(70)
5.5 三次样条函数插值	(72)
5.5.1 方法原理	(72)
5.5.2 计算机实现三次样条插值	(75)
习题	(78)
第六章 试验数据的最小二乘拟合及平滑	(80)
6.1 概述	(80)
6.2 最小二乘法数学原理	(80)
6.2.1 数学原理	(80)
6.2.2 最小二乘法结果的误差	(82)
6.3 最小二乘试验数据拟合	(82)
6.4 在计算机上实现最小二乘计算	(85)
6.4.1 正规方程组的建立	(85)
6.4.2 线性方程组解法	(86)
6.5 试验数据的平滑技术	(97)
6.5.1 多项式平滑原理	(98)
6.5.2 五点数据的平滑	(99)
6.5.3 N 点数据点的平滑	(101)
6.5.4 计算机实现数据平滑	(103)
习题	(106)
第七章 试验数据的回归分析	(107)
7.1 概述	(107)
7.2 一元线性回归分析	(107)
7.2.1 方法原理	(107)
7.2.2 回归方程的检验	(110)
7.2.3 计算机实现相关性检验	(114)

7.3 二元线性回归	(116)
7.4 多元线性回归分析	(119)
7.4.1 方法原理	(119)
7.4.2 多元线性回归的应用	(122)
7.4.3 多元线性回归方程的检验	(123)
7.4.4 计算机实现多元线性回归分析	(124)
7.5 非线性回归	(128)
习题	(129)
第八章 试验数据的方差分析	(131)
8.1 概述	(131)
8.2 方差分析原理	(131)
8.2.1 变差平方和的分解	(131)
8.2.2 方差分析原理	(132)
8.3 单因素方差分析	(134)
8.4 多因素方差分析	(139)
8.4.1 两因素方差分析	(139)
8.4.2 三因素方差分析	(142)
8.5 计算机实现多因素方差分析	(143)
习题	(146)
第九章 试验设计	(147)
9.1 概述	(147)
9.2 正交试验设计	(148)
9.2.1 正交试验设计特点	(148)
9.2.2 正交表	(149)
9.2.3 正交试验结果分析	(151)
9.2.4 计算机实现正交设计	(154)
9.3 均匀试验设计	(155)
9.3.1 均匀设计表	(155)
9.3.2 均匀设计步骤	(156)
习题	(159)
第十章 网上化学化工资源	(161)
10.1 概述	(161)
10.2 网上化学化工信息查询方法	(161)
10.2.1 Internet 搜索引擎查找化学化工信息	(161)
10.2.2 化学化工宏站点查询	(167)
10.3 网上化学化工信息资源及获取	(173)
10.3.1 Internet 上的化学数据库	(173)
10.3.2 Internet 上的化学化工文献资源	(178)

10.3.3 Internet 上的软件	(181)
第十一章 化学化工模拟技术	(185)
11.1 概述	(185)
11.2 软件 ChemSketch 的使用开发	(185)
11.2.1 软件介绍	(185)
11.2.2 ChemSketch 软件的界面和操作命令	(187)
11.2.3 软件应用	(189)
11.3 生命科学领域的分子模拟	(190)
11.3.1 生物信息学软件	(190)
11.3.2 生物分子模拟软件	(191)
11.3.3 药物设计软件	(191)
11.4 材料模拟软件 Materials Studio	(192)
11.4.1 软件介绍	(192)
11.4.2 模块介绍	(193)
11.5 化工过程模拟	(194)
11.5.1 均相反应器(管式裂解炉)的模拟计算	(194)
11.5.2 泡点、露点的计算模拟	(200)
附表	(204)
表 1 正态分布表	(204)
表 2 χ^2 分布表	(205)
表 3 t 分布表	(207)
表 4 F 分布表	(208)
表 5 相关系数临界值 $\gamma_{\alpha, f}$ 表	(220)
表 6 随机数表	(221)
表 7 正交表	(222)
表 8 均匀设计表	(229)
参考文献	(234)

第一章 QBASIC 语言简介

1.1 概 述

在本章中我们要学习 QBASIC 基础知识,掌握必要的命令,熟悉 QBASIC 编程环境,达到初步运用 QBASIC 编程的目的。

BASIC 是 Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code 一词的缩写,从 20 世纪 60 年代以来相继产生了众多不同的版本。早期的 BASIC 可以看做是第一代 BASIC,它只有 30 多条语句,远不能满足广大用户的要求。在 20 世纪 80 年代初诞生的 BASIC 语言为第二代 BASIC,它包含 90 多条语句,扩充了语言功能。在此基础上 20 世纪 90 年代初诞生的以 QBASIC 语言为代表的第三代 BASIC 语言,包含了 120 多条语句,丰富和增强了 BASIC 的功能,特别强调了过程的定义和调用以及文件的使用,使 BASIC 语言发展成为一种真正结构化的语言。目前广泛使用的 BASIC 语言有 QBASIC、Quick BASIC、True BASIC、Visual BASIC 等,其中以 QBASIC 语言版本在微机上使用最为普遍,在 DOS 操作系统 5.0 以上的版本中,均携带 QBASIC 语言软件。

QBASIC 语言版本是 BASIC 语言的一种缩版本,它是一种结构化程序语言,向用户提供了丰富的语言和函数以及非常友好的操作环境,可以在 DOS 或 WINDOWS 环境下运行。

1.2 QBASIC 基础知识

1.2.1 窗口操作

1. 启动主窗口

在 Windows 环境下进入 QBASIC 文件,启动主窗口,如图 1-1 所示。

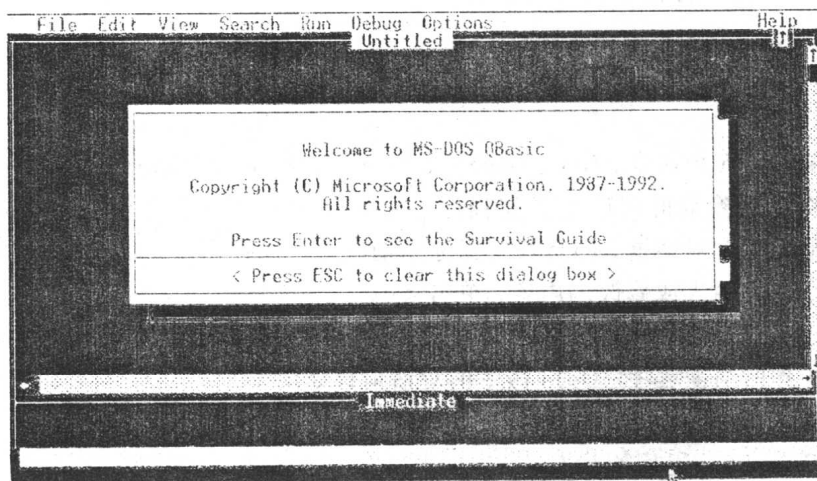


图 1-1 QBASIC 启动主窗口

按 ESC 清屏, 打开操作主窗口, 可以输入程序.

2. 调用菜单

在主窗口里从左到右依次有 File, Edit, View, Search, Run, Debug, Options 菜单. 从左到右移动指示光标, 光标所指位置打回车, 可打开本行中任意一个菜单. 如打开 File 菜单主窗口, 见图 1-2.

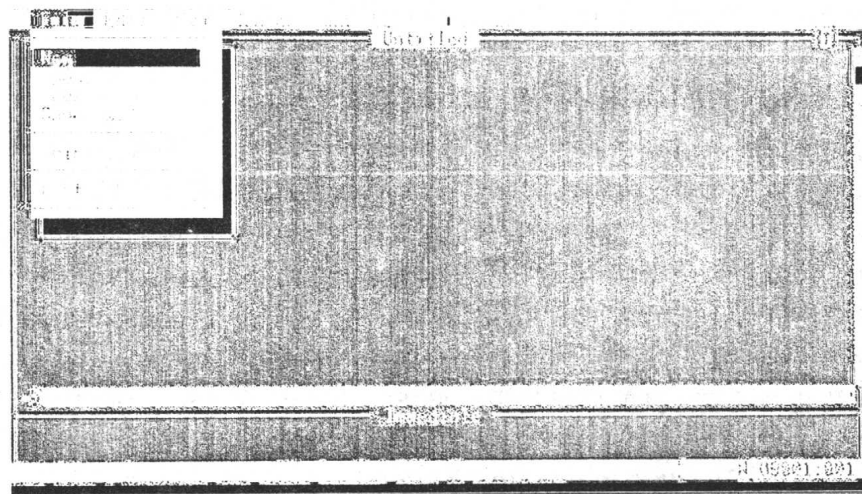


图 1-2 打开 File 菜单主窗口

3. 对话框

QBASIC 对话框分三类: 命令解释对话框、出错信息对话框和提供命令执行参数对话框.

命令解释对话框显示一条菜单命令的解释信息. 打开一个菜单后, 移动光标到某条命令. 按 F1 键, 在窗口中央显示当前命令的解释对话框, 按回车键可清除此对话框.

出错信息对话框是输入或修改某一程序时发现语法错误时在窗口中央显示该对话框. (若为后者, 则光标位于出错的位置.)

1.2.2 菜单

1. File 菜单

File 菜单共有 6 个命令, New、Open...、Save、Save as...、Print... 和 Exit.

New 命令是清除编辑窗口中当前程序, 为输入下一个新程序做准备. 执行该命令时, 通常先显示一个对话框, 问是否要保存当前程序. 保存程序, 单击 <Yes>, 不保存当前的程序, 作废输入或修改的内容, 单击 <No>.

Open 命令打开一个磁盘文件, 即加载磁盘上一个 QBASIC 程序到内存并显示在编辑窗口, 成为操作的当前程序. Open 命令的对话框如图 1-3.

单击 <OK>, 输入或选择要打开的文件.

单击 <Cancel>, 返回原状态.

Save、Save as...、Print... 和 Exit 命令在执行时均出现对话框, 请同学自己练习掌握.

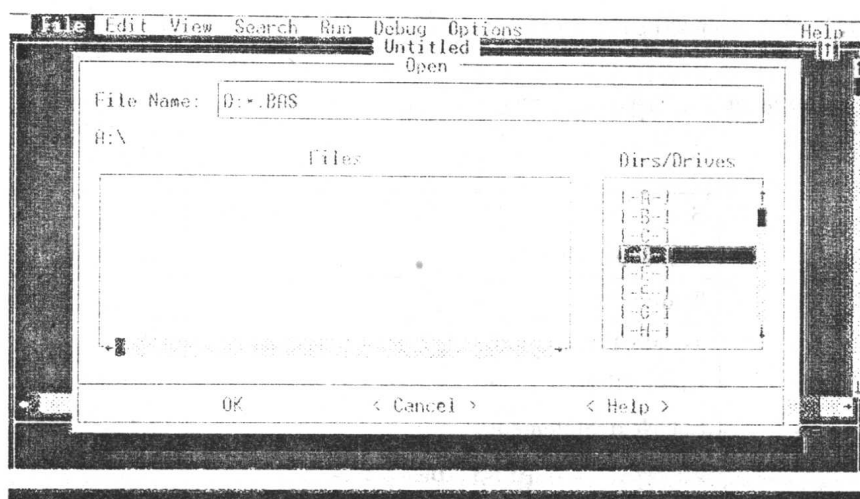


图 1-3 Open 命令的对话框

2. Edit 菜单

调用 Edit 菜单得到示意图 1-4. 该菜单实现文件编辑、建立子程序和函数过程的功能.

Edit	
Cut	Shift + Del
Copy	Ctrl + Ins
Paste	Shift + Ins
Clear	Del
New Sub...	
New FUNCTION...	

图 1-4 Edit 菜单

3. View 菜单

该菜单用来实现子程序、函数和主程序之间的转移. 有 SUBs 命令、Split 命令和 Output Screen 命令. SUBs 命令是在编辑窗口中显示或删除当前程序中的一个模块; Split 命令为一切换开关. 当只有一个编辑窗口时, 执行该命令后显示两个编辑窗口. 当有两个编辑窗口时, 执行该命令后则关闭非活动窗口. Output Screen 命令是实现 QBASIC 操作窗口到输出窗口的转换. 当需要查看输出主窗口中显示的信息时, 可用该命令切换到输出主窗口, 查看后按任意键返回操作窗口.

4. Search 菜单

用来完成查找及替换功能.

5. Run 菜单

Run 菜单是运行当前程序的命令菜单. 有 Start, Restart, Continue 三个命令. Start 命令是从当前程序第一行开始运行; Restart 命令是将现有程序恢复到执行前的状态, 为重

新运行或调试整个程序做准备; Continue 命令是从当前语句开始向下运行.

6. Debug 菜单

Debug 菜单见图 1-5. 用于程序调试.

Debug	
Step	F8
Procedure Step	F10
Trance On	
Toggle Breakpoint	F9
Clear all Breakpoint	
Set Next Statement	

图 1-5 Debug 菜单

Step: 单步执行命令.

Procedure Step: 为过程(子程序或函数)单步执行命令. 如果当前语句不含有过程调用语句, 则该命令与 Step 相同; 若当前语句含有过程调用语句, 则该命令可执行整个过程.

Trance On: 启动动态跟踪方式. 选择 Trance On 命令后, 再选择 Run 菜单中的 Start 或 Continue 命令, 可以连续方式单步执行程序, 每个执行的语句将加亮显示.

7. Options 菜单

该菜单用于选择窗口颜色, 指定目录路径和设置语法自动检查.

1. 3 数据类型与表达式

1. 3. 1 数据类型

1. 数值

分为整型(integer)、单精度型(single precision)和双精度型(double precision). 整型数据是一些带符号的整数, 数值范围从 -2^{15} 到 $2^{15}-1$ (即从 -32768 至 $+32767$). 单精度型既可以表示整数又可以表示小数, 其范围从 -3.402823×10^{38} 到 -2.80529×10^{-45} 之间不超过七位有效数字的所有负数、数值 0 以及从 2.80529×10^{-45} 到 3.402823×10^{38} 之间不超过七位有效数字的所有正数. 双精度型表示的范围更广, 有效位数更多. 表示从 $-1.79769313486241 \times 10^{308}$ 到 $-4.940656458412465 \times 10^{-324}$ 之间的负数、数值 0 以及从 $4.940656458412465 \times 10^{-324}$ 到 $1.79769313486241 \times 10^{308}$ 之间的正数, 有效数字位数不超过 16 位.

2. 自定义数据类型

用 TYPE 语句, 根据基本类型, 自定义所需要的复合数据类型. 其格式为:

TYPE 定义的数据类型名

元素名 As 类型名

元素名 As 类型名

.....

END TYPE

如表示一个具体日期:

TYPE date

Year As INTEGER

Month As STRING * 3

Day As INTEGER

END TYPE

String * 3 表示月用长度为 3 的定长字符串, 如 JAN, FEB 等, 年、日用整型表示.

1.3.2 常量

QBASIC 中常量分为文字常量和符号常量. 文字常量又分为字符串和数值.

字符串常量: 字符串常量中的字符是除双引号和回车符之外的任何 ASCII 字符, 其长度不超过 32767 个字符. 数值常量有四种表示方式: 整型数、长整型数、定点数和浮点数.

符号常量可通过 CONST 语句定义, 其格式为:

CONST 符号常量 = 表达式[, 符号常量 = 表达式]...

若有多个表达式用逗号隔开. 符号常量后面可以加类型说明符, 若没有, 则符号常量的类型即为等号右侧表达式的类型.

例如: CONST TRUE = 1, FALSE = 0

1.3.3 变量

QBASIC 的变量由字母和数字组成, 但必须以字母开头, 最后一个字符也可以是类型说明符. 如: B1、Count2 和 AT 是合理的; STRING 或 STRING \$ 是非法的; STRING1、STRINGBL 是合理的.

变量类型: 变量可被定义为某一种标准数据类型或某一种用户定义的数据类型. 定义一个变量有三种方法: 类型说明符、DIM 语句和 DEFtype 语句.

1. 类型说明符

在变量尾部放置说明符以标识不同的变量类型:

- (1) % 表示整型;
- (2) ! 表示单精度型;
- (3) \$ 表示字符串;
- (4) # 表示双精度.

2. DIM 语句

用来定义一个或几个变量类型. 语句格式: DIM 变量名 AS 类型. 类型可以是 INTEGER(整型)、SINGLE(单精度型)、STRING(字符串型), 也可以用户自己定义类型. 例如:

DIM b AS INTEGER 变量类型为整型;
 DIM n AS DOUBLE 变量类型为双精度型;
 DIM dd AS date 为用户自己定义.

3. DEFtype 语句

语句格式: DEF 类型, 字母域, 字母域, 类型可以是 INT、SNG、LNG、DBL 或 STR, 分别表示整型、单精度型、长整型、双精度型和字符串型. 注意 DEF 与“类型”之间不能有空格. 例如:

DEFINT A-Z

其意义是所有 A-Z 字母打头的变量都为整型变量.

1.3.4 标准函数

标准函数见表 1-1.

表 1-1 QBASIC 标准数值函数

函数名称	表示法	数学表示或含义
绝对值函数	ABS(x)	$ x $
平方根函数	SQR(x)	$\sqrt{x} (x \geq 0)$
指数函数	EXP(x)	$e^x (e = 2.718282)$
自然对数函数	LOG(x)	$\ln x (x > 0)$
正弦函数	SIN(x)	$\sin x$
余弦函数	COS(x)	$\cos x$
符号函数	SGN(x)	$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & (x > 0) \\ 0 & (x = 0) \\ -1 & (x < 0) \end{cases}$
向下取整函数	INT(x)	求小于等于 x 值的最大整数
截尾取整函数	FIX(x)	截去 x 的小数部分
随机函数	RND(x)	由计算机产生一个随机纯小数
整型转换函数	CINT(x)	由 x 转换为一个整型数
长整型转换函数	CLNG(x)	由 x 转换为一个长整型数
单精度转换函数	CSNG(x)	由 x 转换为一个单精度型数
双精度转换函数	CDBL(x)	由 x 转换为一个双精度型数

每个函数的自变量 x 只是一个形式参数, 实际使用时可以是一个数值型的常量、变量、函数或表达式. 例如:

COS(3.64)

自变量是常量,

EXP(y2)

自变量是数值型变量,

SGN(SIN(x))

自变量是数值型函数.

举例: INT(6.2) = 6 INT(-5.8) = -6

FIX(10.8) = 10 FIX(-6.4) = -6

1.3.5 表达式

QBASIC 表达式包括数值表达式、字符串表达式、关系表达式和逻辑表达式。

1. 数值表达式

数值表达式见表 1-2。

表 1-2 算术运算符

运 算	运算符	表达式的例子	数学表示
指数	$\wedge$	$x \wedge y$	x^y
取负	$-$	$-x$	$-x$
乘法	$*$	$x * y$	$x \times y$
除法	$/$	x / y	$x \div y$
整除	$\backslash$	$x \backslash y$	取 $x \div y$ 的整数商
取模	MOD	$x \text{MOD} y$	取 $x \div y$ 的余数
加法	$+$	$x + y$	$x + y$
减法	$-$	$x - y$	$x - y$

计算数值表达式时的优先次序为：

() $\rightarrow$ 函数 $\rightarrow$ 乘方 $\rightarrow$ 取负 $\rightarrow$ 乘 $\rightarrow$ 除 $\rightarrow$ 整除 $\rightarrow$ 取模 $\rightarrow$ 加法 $\rightarrow$ 减法

举例： $10 \backslash 4 = 2$, $25.6 \backslash 6.7 = 3$; $7 \text{MOD} 3 = 1$, $17.4 \text{MOD} 4.6 = 2$ 。

2. 字符串表达式

举例： $a \$ = \text{"class"}$, $b \$ = \text{"mate"}$, $a \$ + b \$ = \text{"classmate"}$ 。

3. 关系表达式

关系表达式见表 1-3。

表 1-3 关系表达符

关系	关系符	关系	关系符	关系	关系符
等于	$=$	小于	$<$	大于	$>$
大于等于	$> =$	小于等于	$< =$	不等于	$<, > \text{或} \neq$

注意：在运算符两边的表达式要么是数值型，要么是字符串型，二者不可混淆使用。

4. 逻辑表达式

将关系表达式通过逻辑运算和括号连接而成的式子称做逻辑表达。逻辑表达的结果是一个逻辑值“真”或“假”，通常用 T 或 Y 表示真，用 F 或 N 表示假。QBASIC 语言的逻辑运算符有：

NOT：逻辑非，运算时需要一个操作数，取操作数的相反数，即操作数为真，NOT 运算后为假，反之亦然。

AND：逻辑与，运算时需要两个操作数，只有在两个操作数都为真时，其运算结果才为真。若其中有一个为假，则运算结果为假。例如：

$x = 1.5$, $x > 1$ 为真, $x < 2$ 也为真, 所以 $x > 1 \text{ AND } x < 2$ 的值为真; $x = 3$, $x > 1$ 为真, $x < 2$ 为假, 所以 $x > 1 \text{ AND } x < 2$ 的值为假.

OR: 或运算, 是两个操作数执行逻辑或运算, 只有两个操作数为假时, 其运算结果才为假. 若其中有一个操作数为真时, 其运算结果也为真.

XOR: 异或运算, 是两个操作数执行异或运算, 当两个操作数取值不同时, 其运算结果为真.

EQV: 等价运算, 与 XOR 运算互为相反的运算, 即 $X \text{ EQV } Y$ 等于 $\text{NOT}(X \text{ XOR } Y)$.

1.4 语 句

1.4.1 PRINT 语句

输出语句, 表达如下:

PRINT[表达式表][{, | ;}]

此语句可以计算一组表达式的值, 并按照一定打印格式在输出窗口显示这些值.

有下列表示方法:

- | | | | |
|-------------------|------|-------|-------------------|
| (1) PRINT 1, 2, 3 | 逗号隔开 | 1 2 3 | 分区输出, 每个区间 14 个字符 |
| (2) PRINT 1; 2; 3 | 分号隔开 | 123 | 紧凑输出 |
| (3) PRINT | 缺省 | | 空行输出 |

例: $X = 5$

```
PRINT X + 5, X - 5, X * (-5), "ABCD", "EFGH"
PRINT X + 5; X - 5; X * (-5), "ABCD"; "EFGH"
PRINT X + 5 X - 5 X * (-5) "ABCD" "EFGH"
END
```

输出:

```
10      0      -25      ABCD      EFGH
10 0  -25      ABCDEFGH
10 0  -25      ABCDEFGH
```

例: $a = 4$; $b = 6$

```
s = (a + b) / 2
PRINT "a = "; a, "b = "; b, "s = "; s
END
```

输出:

```
      a = 4      b = 6      s = 5
      ↑        ↑        ↑
    第 1 列    第 15 列    第 29 列
```

1.4.2 LET 语句

LET 语句如下: