



信息学(计算机)奥林匹克

Pascal

结构化程序设计



薛超英 主编



图书在版编目(CIP)数据

Pascal 结构化程序设计/薛超英 主编
武汉:华中理工大学出版社, 2000年7月
ISBN 7-5609-2232-5

I. P...

Ⅰ. ①薛... ②孙... ③龚... ④卢...

Ⅱ. PASCAL 语言-程序设计

Ⅳ. TP312

Pascal 结构化程序设计

薛超英 主编

责任编辑:沈旭日
责任校对:张欣

封面设计:秦茹
责任监印:张正林

出版发行:华中理工大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经销:新华书店湖北发行所

录排:华中理工大学出版社照排室

印刷:湖北省新华印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:16

字数:252 000

版次:2000年7月第1版

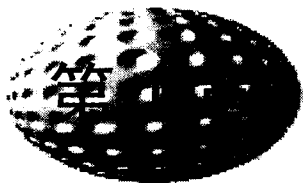
印次:2000年7月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5609-2232-5/TP·385

定价:19.50元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)



基础知识

目前, 计算机技术已渗透到人类生活的方方面面。计算机有这么大的本领, 是由于人们利用计算机记忆能力强、计算速度快的固有特点, 为它事先编制好了处理各种问题的程序。计算机完全是照程序中的指令, 按部就班地执行的。那么, 什么是程序? 如何编制程序? 这正是我们这门课程要学习的内容。

本章简要介绍程序设计的相关概念、Pascal语言的基础知识和TURBO Pascal上机方法。

1.1 程序和菜谱

下面举一个日常生活中的例子, 来说明什么是程序。

小明要学做“西红柿炒鸡蛋”这道菜, 爸爸给了她一张菜谱:

菜名: 西红柿炒鸡蛋。

配料: 西红柿4个, 小葱3根, 鸡蛋2个, 盐1匙。

操作步骤:

1. 将洗净的西红柿切成小块;
2. 将洗净的小葱切成小段, 装入碗中;
3. 将鸡蛋打入盛小葱的碗中, 搅匀;
4. 首先在锅中放一勺油, 然后点燃煤气灶, 并将火力调至最大;
5. 等待约30秒;
6. 将鸡蛋倒入油锅, 反复翻炒, 直至凝固;
7. 把火调至最小;

8. 将炒好的鸡蛋装入碗中;
9. 锅中放一勺油, 再将火调至最大;
10. 等待约30秒;
11. 西红柿入油锅, 翻炒数下;
12. 鸡蛋入锅, 放一匙盐, 和西红柿一起翻炒数下;
13. 关掉煤气灶, 装盘。

这张菜谱实际上就是一个程序: 程序处理的对象是配料清单上所列的各种原料; 程序设计者是小明的爸爸; 程序执行者是小明; 所用的程序设计语言是汉语。

我们要学习的是如何设计计算机程序。计算机程序与菜谱之类的普通程序非常相似, 但也有不同之处。在开始学习如何设计计算机程序之前, 我们先将计算机程序和菜谱之类的普通程序作一番对比, 看看两者之间有哪些异同之处:

① 程序要用语言来描述。炒菜程序的执行者是小明, 所以炒菜程序要用她看得懂的汉语来描述。而计算机程序的执行者是计算机, 所以计算机程序要用计算机语言来描述。

② 程序中的每一个步骤必须是明确的、可执行的。小明第一次学习炒菜, 爸爸给她的菜谱每一步都写得很清楚, 例如, 没有使用一般供成年人阅读的菜谱书籍中常见的“放少许盐”、“油热至八成”等儿童不易把握的术语。计算机是没有思维能力的, 为计算机写的程序每一步更要仔细精确。像炒菜程序中“等待约30秒”这样的指令, 一个小学生能理解, 计算机却无法执行, 我们应该明确告诉计算机确切的等待时间。

③ 程序都有需要处理的对象。一个炒菜程序要处理的对象是各种配料; 一个计算机程序要处理的对象是各种数据。

④ 在外界因素不变的情况下, 同一个程序处理相同的对象时, 将产生相同的结果。对于炒菜程序来说, 只要小明严格按照上面的菜谱执行, 每次都能得到口味大致相同的“西红柿炒鸡蛋”。对于某个计算机程序来说, 只要输入数据不变, 每次执行这个程序, 将得到完全相同的处理结果。

通过以上对比, 可以发现, 编写计算机程序和编写炒菜程序原理是一样的。要设计一个计算机程序, 首先, 目的要明确, 程序要处理什么对象? 希望得到什么结果? 在编写程序前就必须心中有数; 其次, 步骤要清楚, 程序先做什么后做什么? 每一步怎么做? 在程序中必须写清楚; 最后, 语言要合适, 要用程序的执行者“看得懂”的语言来编写程序。

1.2 计算机语言

计算机语言有低级语言和高级语言之分。

低级语言又称机器语言，它只有0和1两种符号。通过一长串0和1的不同组合来表示不同的指令(称为机器指令)。计算机硬件系统只能执行用机器语言编写的程序。

用机器语言来编写程序是一件非常麻烦的事情，而且编写出来的程序不具备通用性，因为不同类型计算机所用的机器语言是不相同的。

高级语言又称算法语言，它具有两大特点：

- ① 与自然语言和数学语言非常接近，一般人比较容易掌握；
- ② 与具体计算机无关，即用它编写的程序可以在任何一种计算机上运行（必要时只需做一些很小的改动）。

平常人们所说的“计算机程序设计语言”一般都是指高级语言。

高级语言有很多种，如Pascal语言、Basic语言、C语言等，都是被广泛使用的高级语言。

1.3 编译程序

计算机硬件系统只懂机器语言，只能执行用机器语言编写的程序（称为目标程序），不能直接执行用高级语言编写的程序（称为源程序）。

为了使计算机能够执行高级语言程序，我们需要在计算机系统中安装一个翻译软件，这个翻译软件称为编译程序。编译程序的作用是把源程序翻译成目标程序。

编译程序是由专业人员设计的，作为一种产品可在电脑商店里买到。

用高级语言编写的源程序在计算机上执行，要分两个阶段：

- ① 编译阶段 把源程序输入到计算机中，由编译程序自动地将它翻译成计算机硬件能够执行的目标程序，如图1.1所示。
- ② 运行阶段 执行目标程序，输入要处理的数据，获得处理结果，如图1.2所示。

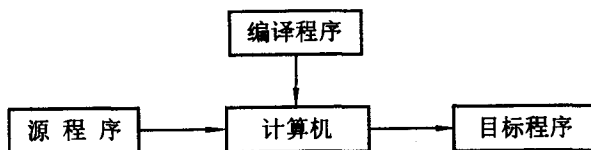


图1.1 编译阶段

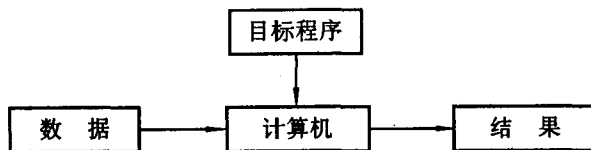


图1.2 运行阶段

1.4 Pascal语言

Pascal语言是一种高级语言，是由瑞士科学家沃思教授于1968年设计的。

Pascal语言有许多种版本，如MS Pascal、UCSD Pascal、TURBO Pascal等。各种版本的Pascal语言有些差异，但基本内容相同，都是在沃思教授当年设计的Pascal语言基础上发展起来的。

TURBO Pascal是目前使用最广的程序设计语言之一，它也有许多种版本，最新版本是Pascal 7.0。

本书介绍如何用TURBO Pascal语言编写程序。TURBO Pascal语言功能很强，内容非常丰富，本书只介绍其中最基本的部分。

1.5 Pascal程序

用Pascal语言编写的程序称为Pascal程序。在学习用Pascal语言编写程序之前，让我们先来看一个简单的Pascal程序。这个程序的功能是：从键盘输入一个整数，作为圆的半径，计算出这个圆的周长和面积，并将计算结果显示在屏幕上。

```
program example; {程序首部}
const pi=3.14; {圆周率}
var r:integer;
    c,s:real;
begin
    write('r=');
    read(r);
    c:=2*pi*r;
    s:=pi*r*r;
    writeln('c=',c);
    writeln('s=',s)
end.
```

说明部分

执行部分

程序体

Pascal程序一般包括3个部分：程序首部、说明部分、执行部分。其中，说明部分和执行部分合在一起又称为程序体。

1.5.1 程序首部

程序首部包括程序标志和程序名。

1. 程序标志

英文单词“program”是“程序”的意思，Pascal语言把它作为程序开始的标志。

2. 程序名

程序的名字由程序设计者自己命名。虽然，给程序取什么名字不会影响到程序的执行结果，但是，为了提高程序的可读性，应尽可能取有意义的名字。另外，给程序取名字时，还要遵循1.6.3节所述用户标识符的选取规则。

程序的名字相当于炒菜程序中的菜名。

在TURBO Pascal程序中，程序首部是可以省略的。

1.5.2 说明部分

程序的说明部分用来描述程序中用到的数据。在上述程序实例中，程序的说明部分说明了4个数据：圆周率 π ，圆半径 r ，圆周长 c 和圆面积 s 。 π

是个常数，作者用标识符pi作为它的名字（ π 不是英文字母，不能用做名字），取近似值3.14。这个程序只计算以某个整数值为半径的圆的周长和面积，整数从键盘输入。所以，将半径r说明为integer(整数)类型的变量，将周长c和面积s说明为real(实数)类型的变量。

关于常量、变量和数据类型的概念将在1.7节和1.8节中详细介绍。

Pascal程序的说明部分相当于炒菜程序中的配料清单。

除了那些特别简单的程序以外，一般的Pascal程序都有说明部分。

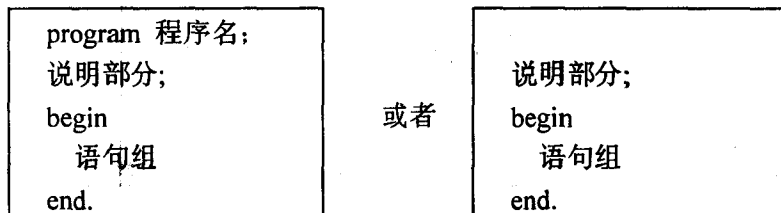
1.5.3 执行部分

程序的执行部分以“begin”开始，“end”结束，“begin”和“end”之间是描述对数据如何处理的各种语句。各语句之间要用分号“;”分隔。

在程序首部、说明部分和执行部分之间要用分号“;”分隔，执行部分的最后要写上一个句号“.”表示整个程序的结束。

程序的执行部分相当于炒菜程序中的操作步骤。

综合以上所述，一个Pascal程序具有如下形式：



Pascal程序的书写方法比较灵活：允许在一行中写几个语句，也允许一个语句分几行写。例如，程序example也可以写成：

```

program example; const pi=3.14; var r:integer; c,s:real; begin write('r=');
read(r); c:=2*pi*r; s:=pi*r*r; writeln('c=',c); writeln('s=',s) end.
    
```

不过这样书写的程序可读性较差，应该尽量避免。

我们编写的程序，除了要供计算机执行外，还要用于同行之间的交流。因此，应该使程序结构清晰、容易阅读。这是一个“好程序”的重要标志。

为了提高程序的可读性，可以在程序的适当位置插入注释。Pascal程序中的注释要用一对花括号“{”和“}”括起来，内容可根据需要书写。注释是给自己或他人看的，Pascal语言的翻译软件不翻译注释内容。

1.6 Pascal符号

Pascal程序要用Pascal符号来表示。Pascal符号包括特殊符号、预定义标识符和用户标识符3大类。

1.6.1 特殊符号

特殊符号是指在程序中具有特殊含义的符号，共有3种：

1. 单个特殊字符

+ - * / = > < () [] { } . ; : ' ^

2. 一对特殊字符

:= >= <= <> ..

一对特殊字符在书写时不可以分开。例如，不可以把“:=”写成“: =”。

3. 保留字

保留字是一批英文单词，它们在程序中有特殊的含义，不可挪作他用。例如，不可以用“begin”做程序名，因为“begin”是保留字。

TURBO Pascal语言的保留字有47个。作为程序设计的基础教程，本书将介绍下列33个保留字的用法：

and	array	begin	case	const
div	do	downto	else	end
file	for	function	if	in
mod	nil	not	of	or
procedure		program	record	repeat
set	string	then	to	type
until	var	while	with	

下列14个保留字的用法涉及到较复杂的问题，本书不介绍：

absolute	external	goto	implementation	inline
interface	interrupt	label	packed	shl
shr	unit	uses	xor	

1.6.2 预定义标识符

预定义标识符是一批英文单词（或英文单词的缩写），在程序中也有特殊的含义。和保留字不同的是，允许程序设计者重新定义这些标识符，将它们作为一般的用户标识符来使用。但是，对于初学者来说，最好不要这样做。

TURBO Pascal语言的预定义标识符有200多个，本书中只出现了其中的49个：

abs	assign	blockread	blockwrite	boolean
char	chr	close	concat	copy
cos	delete	dispose	eof	eoln
exp	false	filesize	forward	insert
integer	length	ln	new	ord
pos	pred	random	randomize	read
readln	real	reset	rewrite	round
seek	sin	sizeof	sqr	sqrt
str	succ	text	true	trunc
upcase	val	write	writeln	

1.6.3 用户标识符

用户标识符是由程序设计者根据需要自己定义的，用来作为常量、变量、类型、函数、过程、程序等的名字。

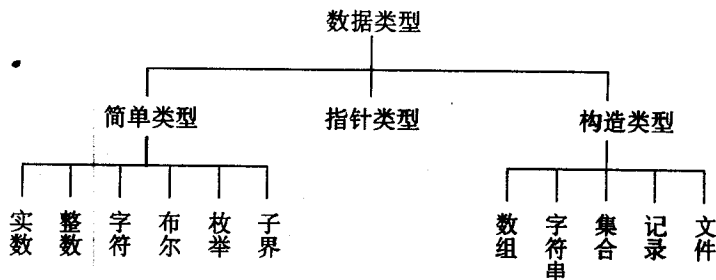
用户标识符必须以英文字母开头，后面可以跟若干个字母或数字。标识符的长度可以是任意的，但只有前63个字符有效。

出现在标识符（包括保留字、预定义标识符和用户标识符）中的字母是不分大小写的。因此，begin和BEGIN是同一个保留字；READ和Read是同一个预定义标识符；example和EXaMpLe是同一个用户标识符。

1.7 数据类型

计算机程序处理的对象是数据，而数据的一个重要特征是它的类型。对某个数据能进行哪些运算取决于该数据的类型。

Pascal语言的数据类型极为丰富，本书将介绍其中的12种。这12种数据类型可分为以下3大类：



简单类型也称基本类型。简单类型的数据是不可分解的。

构造类型也称复杂类型。构造类型的数据是由其它类型的数据按一定规则构成的。

指针类型实际上也是一种简单类型，但它是用来构造动态数据的。

除实数以外，其它5种简单类型都是有序类型。所谓有序类型是指每个这种类型的数据值都对应一个序号。假设 x 为有序类型的数据，则它所对应的序号可用标准函数 $\text{ord}(x)$ 求得。例如：

$\text{ord}(\text{FALSE})=0$ $\text{ord}(\text{TRUE})=1$

$\text{ord}('A')=65$ $\text{ord}('B')=66$

$\text{ord}(20)=20$ $\text{ord}(-1)=-1$

注意：实数类型不是有序类型。如果 x 不是有序类型的数据，则不可以使用标准函数 $\text{ord}(x)$ 。

简单类型中的实数、整数、字符、布尔都是标准类型，有预定义类型标识符：

实数类型	整数类型	字符类型	布尔类型
real	integer	char	boolean

在程序中可以直接用这些类型标识符来说明有关的变量。在第5章之

前，我们只使用这4种标准类型。

1.8 常量和变量

在程序中，数据或者以常量的形式出现，或者以变量的形式出现。常量和变量都是有类型的。本章只介绍整型、实型、字符型数据，其它类型的数据在后续章节中介绍。

1.8.1 常量

在程序运行过程中，其值保持不变的量称为常量。

不同类型的常量在程序中有不同的书写形式，可以根据书写形式判断常量的类型。

1. 整型常量

整型常量包括正整数、负整数和零。

在Pascal程序中，整型常量的书写方法与平常使用的十进制整数书写方法相同。例如，

6 -13 +26 0

都是书写正确的整型常量。但下列写法都不正确：

6.0 (应写成6)

6,543 (应写成6543)

0.0 (应写成0)

注意：书写整型常量时，数字之间不可以有小数点或逗号。

计算机程序所能处理的数据都有一个范围，这个范围的大小与计算机硬件有关。对于integer 类型的数据来说，最大值是32767，最小值是-32768。如果整数超出了这个范围，则发生错误。

2. 实型常量

实型常量包括正实数、负实数和实数零。

在Pascal程序中，实型常量有两种表示形式：

(1) 十进制形式

十进制形式就是平常使用的小数形式表示方法。例如，

-1234.5 6.0 0.78 +9.10

都是书写正确的实型常量。但下列写法都不正确：

0. (应写成0.0或0)

.9 (应写成0.9)

-.123 (应写成-0.123)

注意：实型常量用十进制形式表示时，一定要有小数点，而且小数点前后一定要有数字。

(2) 指数形式

指数形式就是在十进制整数或十进制实数的后面接字母E（或e），在这个字母的后面再接一个十进制整数。例如，

6.25E8 (等于6.25乘以10的8次方)

-51e-8 (等于-51乘以10的负8次方)

123E4 (等于123乘以10的4次方)

都是书写正确的指数形式的实型常量。但下列写法都不正确：

.12E3 (应写成 0.12E3)

4.E-5 (应写成 4.0E-5)

6.7E8.0 (应写成 6.7E8)

E9 (应写成 1E9)

注意：实型常量用指数形式表示时，字母E（或e）的前面要有整数或十进制实数；E（或e）的后面要有整数。

real类型数据的表示范围在绝对值 $2.9E-39$ 至 $1.7E38$ 之间，如图1.3所示。

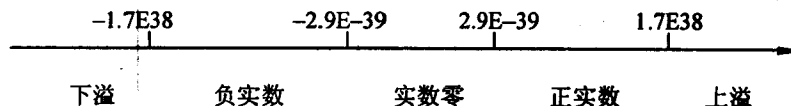


图1.3 real类型数据的表示范围

real类型数据的绝对值如果大于 $1.7E38$ ，则出错；如果小于 $2.9E-39$ ，则视为零（称为实数零）。

real类型数据的表示范围虽然很大，但有效位数只有11位。例如，实数

0.12345678901234

和

0.12345678901239

被计算机认为是两个相等的实数，都是 $1.2345678901E-01$ ，而无法区分。

3. 字符常量

字符常量是一个用单引号括起来的字符。例如，'9'，'*'，'y'都是字符常量。字母作为字符常量使用时，大小写是有区别的，例如，'A'和'a'是两个不同的字符常量。

如果想表示单引号字符常量，则应该写成''''，即连写4个单引号。

允许在Pascal程序中用作字符常量的字符共有95个，见附录B。

4. 常量说明

常量说明就是给常量取个名字，用名字来表示某个常量。常量说明要放在程序的说明部分，用保留字const作标志。一般形式为

`const 常量名 = 常量`

其中，常量名是一个用户标识符。前面的example程序实例中第2行

```
const pi=3.14;
```

就是一个常量说明，标识符pi经过这样说明之后，就有值3.14。

在程序中给某些常量取名字，使用经过命名的常量，其好处是使得程序容易修改。在example程序的执行部分，有两个地方用到了圆周率 π 的近似值3.14。程序设计者没有直接用常量值3.14，而是用了经过说明的常量名pi，这样，如果要修改程序，取 π 的近似值为3.14159，使计算结果更精确，则只需修改常量说明

```
const pi=3.14159;
```

而不必去修改程序的执行部分。

给常量取什么样的名字，没有特别的规定，只要符合用户标识符命名规则即可。但是一般来说，最好取有意义的名字。例如，将 π 的近似值这个常量命名为pi就比较好，因为pi的读音和 π 的读音相似，让人一看便可知道它代表的是 π 。

1.8.2 变量

在程序运行过程中，其值可以改变的量称为变量。

每个变量必须用一个合适的用户标识符来命名，这个标识符称为变量名。

example程序实例中表示圆的半径、周长和面积的3个用户标识符r,c和s就是3个变量名。

变量在使用之前都必须先进行说明。变量说明用保留字var 作标志，放在程序的说明部分，其一般形式为

var 变量表:类型

其中，变量表是一系列用逗号分隔的变量的名字，这些变量具有相同的类型。例如，在程序实例example 中有变量说明

```
var
    r:integer;
    c,s:real;
```

它说明r是整型变量，c和s是实型变量。

为什么要对变量进行说明呢？

在计算机中，不同类型的数据所占用的存储空间的大小是不同的。例如，integer类型的数据占用2个字节的存储空间；real类型的数据占用6个字节的存储空间；等等。有了变量说明，计算机就可以给每个变量分配相应的存储空间。

另外，不同类型的数据所能进行的运算种类和取值范围也不一样。例如，real类型和integer类型的数据可以进行加、减、乘、除等算术运算，而char类型的数据则不可以；real类型数据的最大值是1.7E38；integer类型数据的最大值是32767。如果你在源程序中错误地使用了某个变量，例如，企图对char类型的数据进行加、减、乘、除运算，或者，企图把一个大于32767的数存入integer类型的变量中，计算机在编译该源程序时，可以根据所写的变量说明发现并指出这些错误。

1.9 算术表达式

算术表达式是由一些整型或实型的数据、算术运算符和圆括号组成的计算式，计算结果是一个整数或实数。

根据计算结果类型的不同，算术表达式分整型表达式和实型表达式两种。

在整型表达式中，作为运算对象的数据必须是整数类型的。可以使用的算术运算符有5个：

+	-	*	div	mod
(加)	(减)	(乘)	(整除)	(取余)

注意：div和mod这两个运算符是保留字。

若x和y都是整型数据，则算术表达式

$$x \text{ div } y$$

和

$$x \text{ mod } y$$

的值分别为x被y除所得整数商和余数。例如，

$$15 \text{ div } 3 = 5$$

$$16 \text{ div } 3 = 5$$

$$1 \text{ mod } 3 = 1$$

$$5 \text{ mod } 3 = 2$$

在实型表达式中，作为运算对象的数据可以是实数类型的也可以是整数类型的。可以使用的算术运算符只有4个：

$$+ \quad - \quad * \quad /$$

(加) (减) (乘) (除)

读者可能已注意到，整型表达式中的加、减、乘运算和实型表达式中的加、减、乘运算使用同一组符号(+, -, *)。对于算术表达式

$$a + b$$

$$a - b$$

$$a * b$$

来说，只有当a和b都是整型数据时，上述3个表达式的计算结果才是整型的；否则，只要a和b中至少有一个是实型数据，则计算结果就是实型的。例如，

$$5 * 2 = 10 \quad (\text{两个运算对象都是整型数据，所以计算结果是整型的})$$

$$5 * 2.0 = 10.0 \quad (\text{有一个运算对象是实型数据，所以计算结果是实型的})$$

但是，对于算术表达式

$$a / b$$

来说，无论a和b是整型数据还是实型数据，计算结果总是实型的。例如，

$$5 / 2 = 2.5$$

$$5 / 2.0 = 2.5$$

1.10 标准函数

在编写程序的时候，经常会遇到一些复杂的计算。例如，计算三角函数值，计算平方根，等等。为了方便用户编写程序，Pascal语言系统的设计

者已预先为我们写好了完成这些计算的程序段，这种具有特定计算功能的程序段称为标准函数。例如，求x的正弦函数值可用标准函数sin(x)；求x的平方根可用标准函数sqrt(x)。

每个标准函数都有自己的名字。标准函数名属于预定义标识符，有特定的含义，在程序中尽量不要挪作它用。

标准函数处理的对象称为参数。例如，sin(x)和sqrt(x)的参数是x。参数的名字并不重要，重要的是参数的类型。每个标准函数可以计算哪些类型的参数，系统有严格的规定。

TURBO Pascal系统总共提供了100多个标准函数。本书将通过具体实例介绍其中23个函数的用法。表1.1中列出了这些标准函数的名字、功能和应用实例在本书中的页码。

表1.1 常用标准函数

函数名	功 能	索引	函数名	功 能	索引
abs	取绝对值	56	pos	求子串在字符串中的位置	122
chr	根据序号求字符	151	pred	求有序类型数据的前趋值	61
concat	联接字符串	121	random	返回一个随机数	110
copy	求子串	121	round	四舍五入	46
cos	求余弦函数值	46	sin	求正弦函数值	46
eof	测试是否遇文件结束符	82	sizeof	返回数据所占内存字节数	214
eoln	测试是否遇行结束符	219	sqr	求平方值	63
exp	计算e ^x 值	46	sqrt	求平方根值	30
filesize	返回文件长度	210	succ	求有序类型数据的后继值	61
length	返回字符串长度	122	trunc	截取实数的整数部分	83
ln	计算自然对数值	46	upcase	小写字母转换成大写字母	173
ord	求有序类型数据的序号	9			

1.11 TURBO Pascal 的集成环境

TURBO Pascal系统有一个称为集成环境（IDE）的应用软件，它集编辑、编译、调试、运行于一体，功能强大、使用方便。本节将简要介绍在这个集成环境下输入、运行Pascal程序的方法，其中只涉及IDE的一小部分