

WorkScript



* 语法简单，学习成本低
* 设计严谨，不失专业性
* 精心优化，运行速度快
* 可能是全世界最简单的编程语言

荆佳颉 主编

一入门就精通

内部读物

前言

从50年代至今，计算机已经越来越贴近人们的生活。随着数以亿计的APP，网站和企业软件日复一日地涌现，我们意识到计算机在人类社会的发展中越来越占有举足轻重的地位。大部分人使用Excel进行数据的处理，使用在线工具来解决各自的需求。但是，这些应用程序的功能都是单一固定的。当我们的想法发生改变时，应用软件往往不能满足我们丰富多彩的想法。越来越多的人出于各种各样的想法，希望自己能够掌握一门编程语言，与计算机进行自由的沟通。然而尽管如此，大部分人依然认为编程是一件困难的事情。

人类从未停止追求编程的简单化，全民化。而WorkScript正是这个历史进程中的一个里程碑式的作品。它不是为了计算机的专业人员而设计的，相反，它是为了所有希望走近编程的人而诞生的。所以，WorkScript生来具备简单的语法和易懂的逻辑。同时，作为一款编程语言，它的内部隐藏了非常多的精妙思想和专业设计，在保证功能完整，专业，强大的同时，为大众提供了简单的解决方案。我们希望这个作品可以得到大家的喜爱，并能够对编程的大众化趋势起到有力的推进作用。

荆佳颉 写于 北京工业大学

2018年9月7日

目录

[第一章：快速上手 1](#_Toc524108959)

[1.1 获取WorkScript 1](#_Toc524108960)

[1.2 安装与启动WorkScript 1](#_Toc524108961)

[1.3 编写第一个程序 3](#_Toc524108962)

[1.4 少废话，先看东西 6](#_Toc524108963)

[1.4.1 计算两个数字的和 6](#_Toc524108964)

[1.4.2 取数字的绝对值 6](#_Toc524108965)

[1.4.3 判断两个值是否相等 7](#_Toc524108966)

[1.4.4 计算斐波那契数列某一项 7](#_Toc524108967)

[1.4.5 计算任意个数字的最大值 8](#_Toc524108968)

[第二章：变量和值 9](#_Toc524108969)

[2.1 值 9](#_Toc524108970)

[2.1.1 数字 9](#_Toc524108971)

[2.1.2 字符串 9](#_Toc524108972)

[2.1.3 布尔值 10](#_Toc524108973)

[2.2 变量 11](#_Toc524108974)

[2.2.1 变量的一般特性 11](#_Toc524108975)

[2.2.2 变量的类型约束 [尚未实现] 12](#_Toc524108976)

[第三章：一般运算 14](#_Toc524108977)

[3.1 四则运算 14](#_Toc524108978)

[3.2 赋值运算 15](#_Toc524108979)

[3.3 比较运算 16](#_Toc524108980)

[3.4 赋值和判等的歧义 17](#_Toc524108981)

[第四章：函数 20](#_Toc524108982)

[4.1 函数的介绍 20](#_Toc524108983)

[4.2 函数的组成 22](#_Toc524108984)

[4.2.1 函数名 22](#_Toc524108985)

[4.2.2 函数的参数 22](#_Toc524108986)

[4.2.3 函数的约束 24](#_Toc524108987)

[4.2.4 函数的实现 27](#_Toc524108988)

[4.2.5 函数的返回值 29](#_Toc524108989)

[4.3 函数的调用 30](#_Toc524108990)

[4.3.1 按参数顺序传递参数的函数调用 30](#_Toc524108991)

[4.3.2 按参数名传递参数的函数调用[尚未实现] 30](#_Toc524108992)

[4.3.3 匿名函数的调用 31](#_Toc524108993)

[4.4 函数的性质 32](#_Toc524108994)

[4.4.1 函数的重载 32](#_Toc524108995)

[4.4.2泛化函数与特化函数 33](#_Toc524108996)

[4.4.3 递归函数 33](#_Toc524108997)

[4.4.4 匿名函数 35](#_Toc524108998)

[4.4.5 偏函数 [尚未实现] 36](#_Toc524108999)

[4.4.6 回调函数 38](#_Toc524109000)

[4.4.7 闭包函数 [尚未实现] 39](#_Toc524109001)

[4.4.8 纯函数 40](#_Toc524109002)

[4.4.9 外部函数 [尚未实现] 42](#_Toc524109003)

# 第一章：快速上手

## 1.1 获取WorkScript

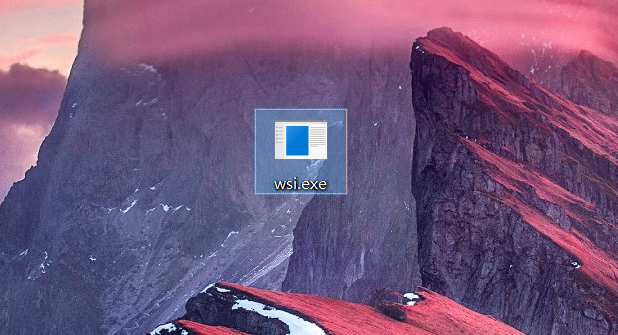
WorkScript官方网站：<http://www.workscript.org>

您可以在这里下载WorkScript解释器wsi (WorkScript Intepreter) 以及WorkScript的文档教程。

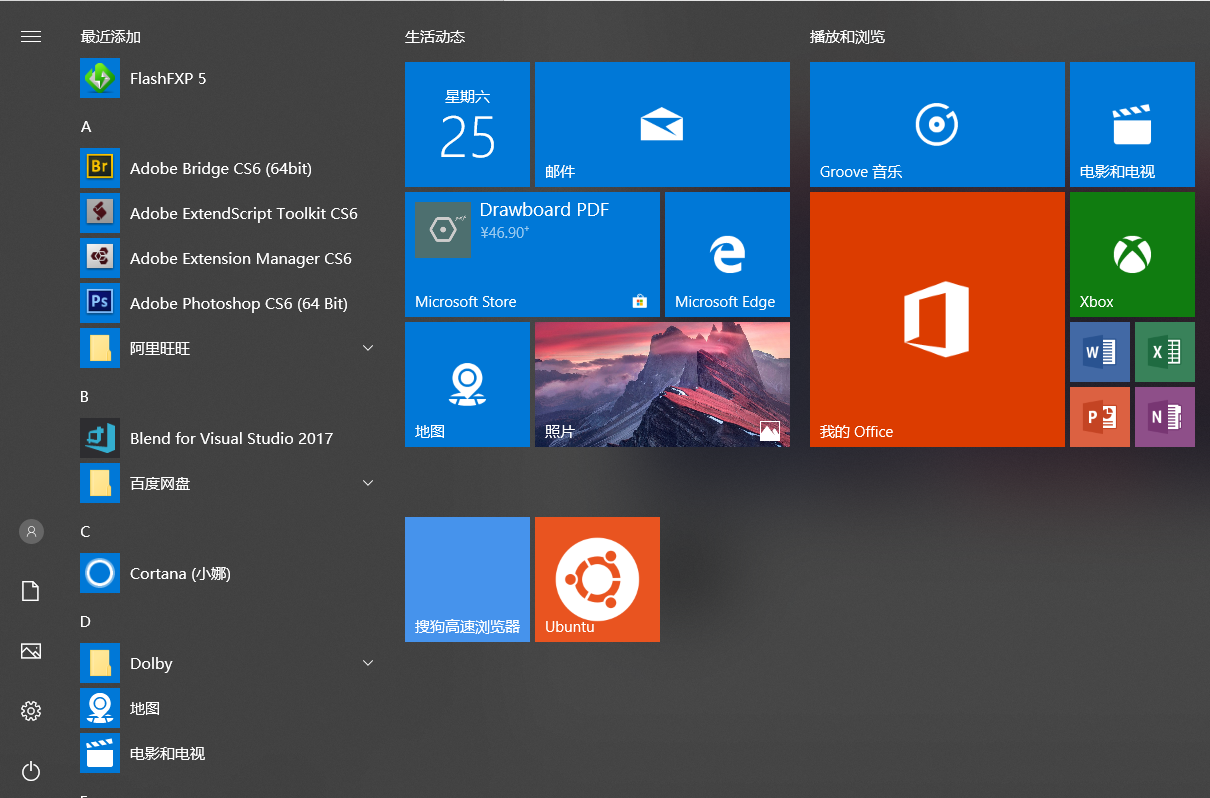
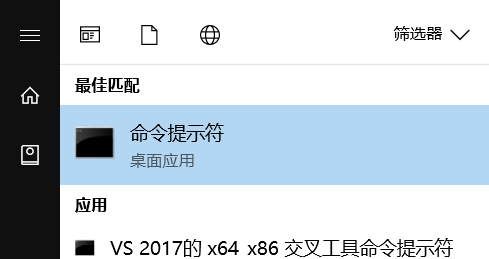
## 1.2 安装与启动WorkScript

目前的WorkScript还图形化编辑界面，仅有命令行工具wsi，所以，启动WorkScript是一件略显麻烦的事情，但同时也是一项非常有意义的工作。

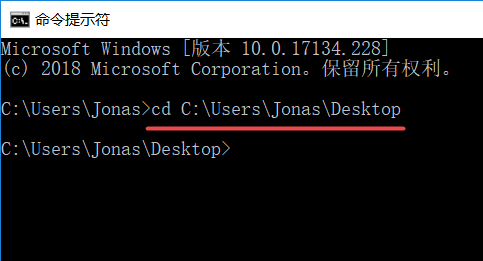
首先获取到WorkScript解释器的程序wsi.exe，放置在任意你想要的位置。作为示例，我将其放置在桌面上。



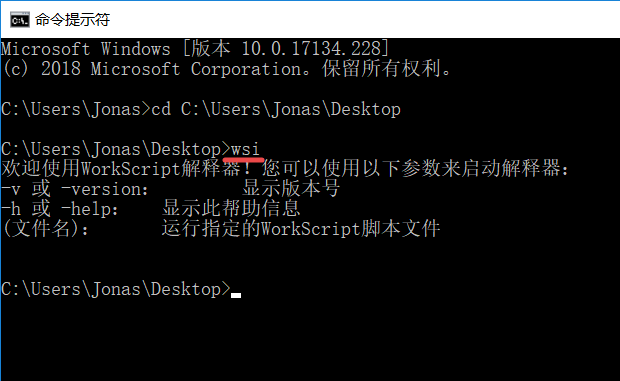
接下来，进入命令行。我们点击Windows桌面左下角的开始图标，打开开始菜单界面，直接输入”cmd”即可找到命令行。

进入命令行之后，我们将当前目录切换到wsi所在的目录。以上图为例，我们使用cd命令进行路径的切换到桌面目录。



目录切换完成之后，我们在当前目录直接输入wsi（或者wsi.exe，在Windows下允许省略exe后缀），即可启动WorkScript解释器。

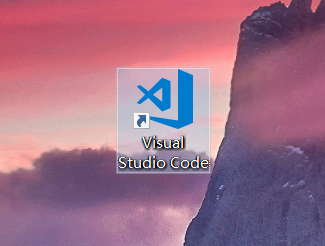


可以看到，不同于其他晦涩难懂的编程语言，WorkScript解释器的提示语是以中文显示的。这是因为WorkScript面向的对象是非计算机专业的人士。WorkScript语言的设计一直是以简单，易懂为基本的设计原则，无论是在语法的设计上，还是在逻辑思维上，WorkScript都尽量贴近没有学过编程的人，在不失专业性的同时，为更加广大的群体提供了与电脑沟通的语言。

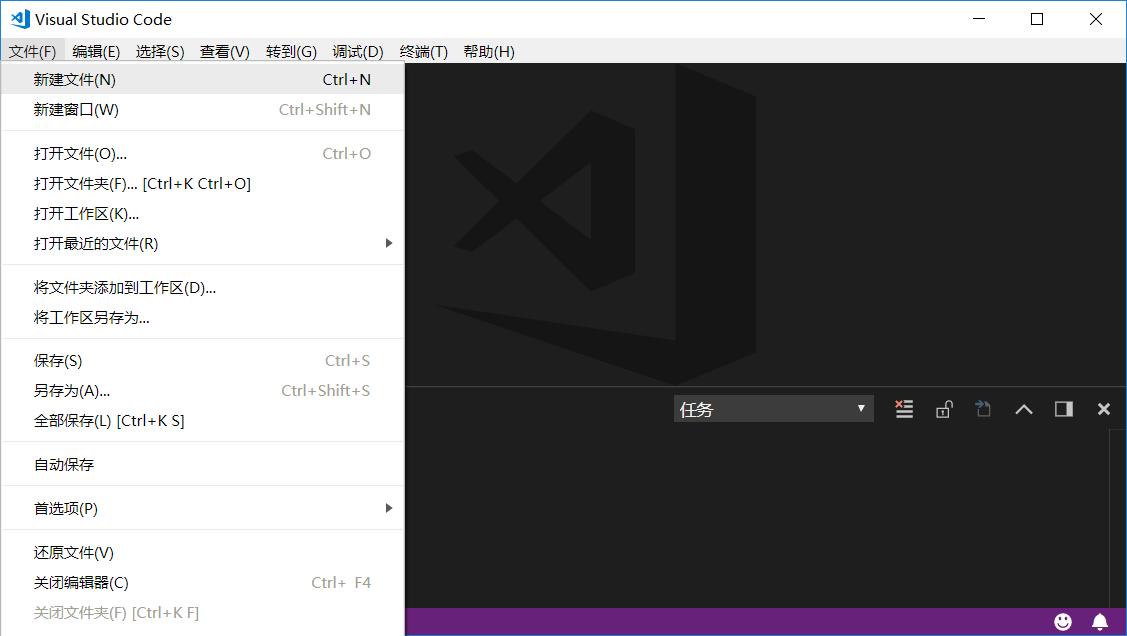
## 1.3 编写第一个程序

让我们使用WorkScript来打印一行文字”It works!”。我们可以选择一款普通的文本编辑器来编辑WorkScript代码，例如Windows的“记事本”。不过这里我们为大家推荐微软公司的”VS Code”编辑器。

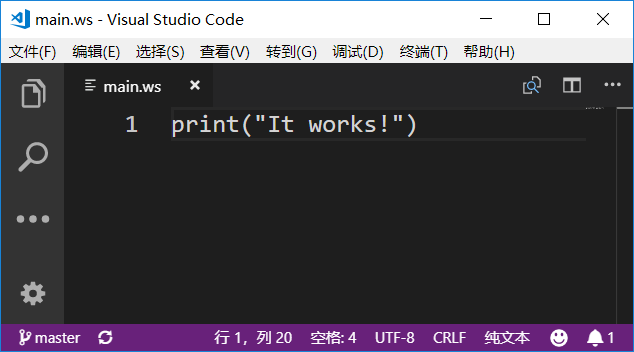
关于VS Code的安装这里不再介绍，读者可以从百度自行下载安装最新版本的VS Code。这里我们以安装好的VS Code为例：



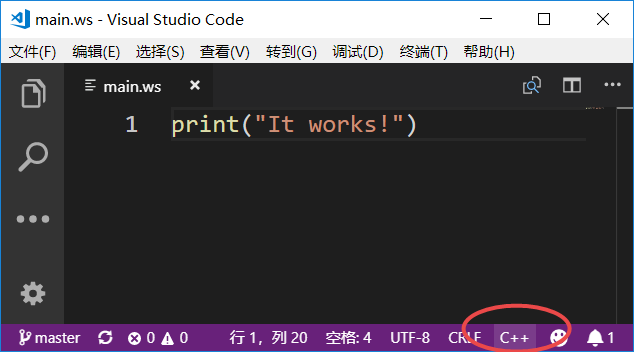
打开VS Code，新建一个文件：



在新建的文件中输入如下WorkScript代码：



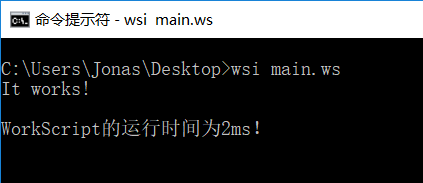
我们发现，我们输入的文字并没有颜色。我们可以点击右下角的“纯文本”，将其更换为“C++”,这样VS Code可以为WorkScript代码上色。



接下来将文件保存为”.ws”后缀的文件。这里我们保存为”main.ws”放置在桌面上。如图：



接下来让我们用之前介绍的WorkScript解释器来运行它。如何启动WorkScript解释器这里不再重复。我们使用解释器来运行main.ws的结果如下图所示：

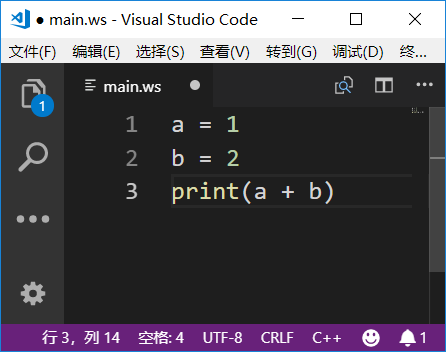
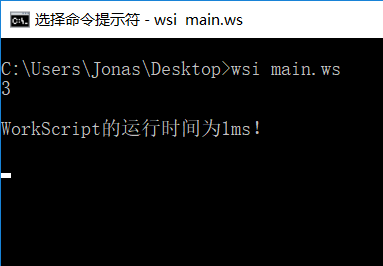


如果操作无误，读者应该可以看到”It works!”的输出。这就意味着WorkScript程序执行成功了。

## 1.4 少废话，先看东西

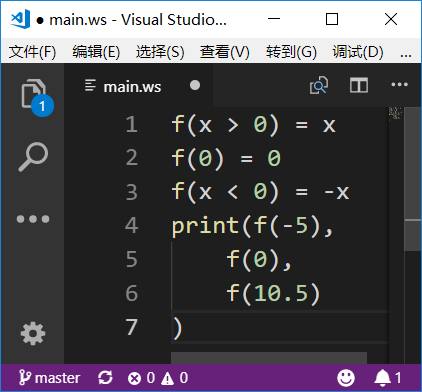
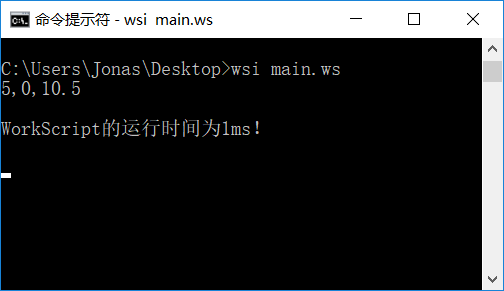
说的好不如做的好，在下一章正式开始介绍WorkScript之前，我们先看一些简单的WorkScript程序，对WorkScript形成一个大体的认识。

### 1.4.1 计算两个数字的和

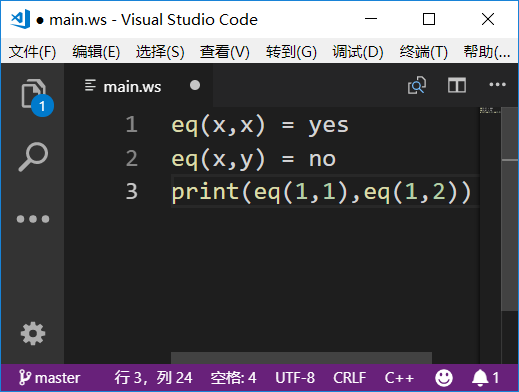
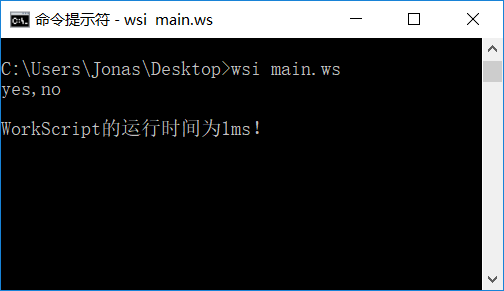
上例的1，2行主要展示了变量的声明和值的运算，我们将在第2，3章进行详细的讨论。第三行”print()”是函数的调用，我们将在第4章进行相关的介绍。

### 1.4.2 取数字的绝对值

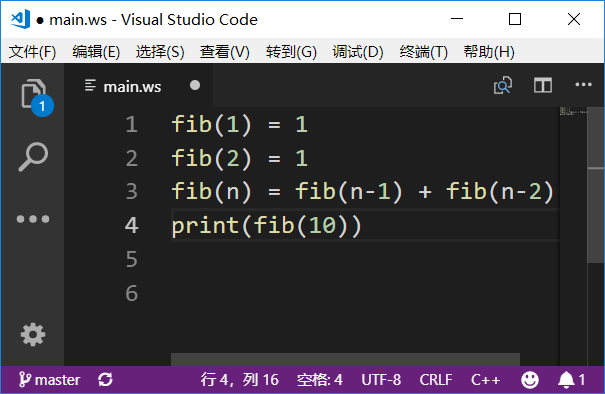
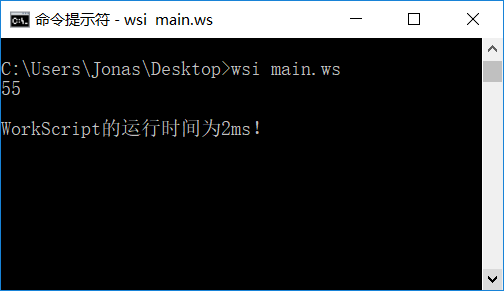
上例中的前3行是声明了取绝对值的函数f，并且对于参数x的三种不同的情况，进行了不同的声明。关于函数的声明，我们会在第4章进行介绍。第4行使用print函数分别打印出-5, 0, 10.5三个数字的绝对值，不出意外，我们看到了5, 0, 10.5三个数字。

### 1.4.3 判断两个值是否相等

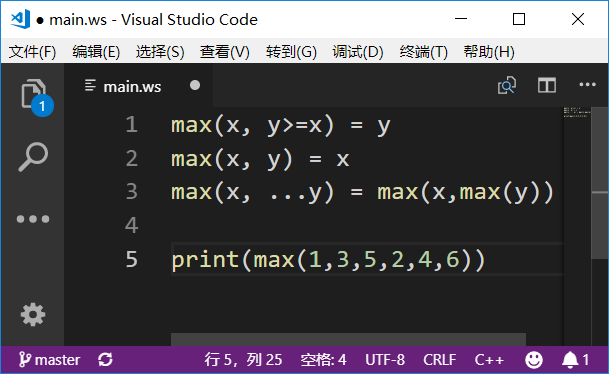
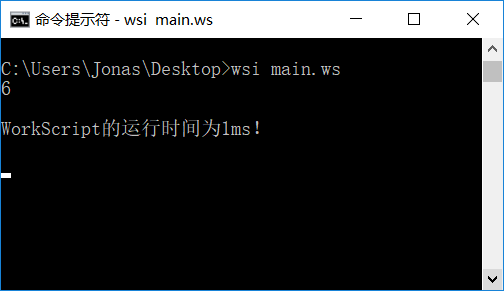
前两行声明的eq函数接收两个参数，其中第一行的两个参数x, x相同，而第二行的两个参数x, y不要求相同。所以eq(1,1)对第一行成立，得到yes。eq(1,2)对第一行不成立，对第二行成立，得到no。其中yes和no是两种布尔类型的值，我们会在第2章进行详细介绍。

### 1.4.4 计算斐波那契数列某一项

这是一个递归函数的示例，fib(n)在计算的过程中用到了fib(n-1)和fib(n-2)，从而形成了递归。要了解递归，你需要先了解递归，我们会在第5章对递归函数进行详细的介绍。

### 1.4.5 计算任意个数字的最大值

这是一个变参函数的示例。前两行的函数声明和之前的示例类似，不再重复讲解。第3行的…y是一个变参，带有…表示的参数可以接收多个值。例如上面的x, …y接收到参数1,3,5,2,4,6后，x的值为1，y的值为3,5,2,4,6。后面的执行过程和上面介绍的递归函数类似，不再详细解释。

# 第二章：变量和值

## 2.1 值

在上一章，我们已经和值有过初步的接触了。和所有其他计算机语言一样，目前版本的WorkScript提供了以下几种类型的值：

***数字，字符串，布尔值，函数***

函数作为一种特性非常丰富的值，我们在下一章单独进行讲解。下面我们依次为大家讲解其他几种值及相关的运算。

### 2.1.1 数字

数字是我们生活中最常见的值了。相信只要学过数学的人，都会知道数字有整数，小数，正数，负数，二进制数，十六进制数等等诸多分类。在WorkScript中，所有的数字用常见的十进制表示。如下的数字是合法的：

|  |
| --- |
| 1 100.5 0 -25 -30.6 +1 +14.8 |

而如下形式的数字是非法的：

|  |
| --- |
| a 1.b 2+ 3- 4c 12.\_5 |

### 2.1.2 字符串

字符串是计算机处理文字所使用的。所有的计算机语言都有字符串这个类型的值，但如果你是初次接触计算机语言，也许对字符串会感到陌生。那么下面的这个例子，就是一个标准的字符串：

|  |
| --- |
| “It works!” |

可以看到，字符串其实就是一段文字。在WorkScript中，字符串需要用双引号将文本括起来。

### 2.1.3 布尔值

说到布尔值，如果你是第一次接触计算机语言，可能会感觉到陌生。但其实它就存在于我们的生活中。例如，你的朋友问你是坐地铁上班的吗？你的回答可能是**“是”**或者**“否”**。老师问你“1+1”等于2对吗？你的回答可以是**“对”**或者**“错”**。在计算机的世界，我们将是，对，好等积极的回答统称为**“真值”。**将否，错，不好等反面的回答统称为**“假值”。**

在WorkScript中，我们定义了如下四种真值：

|  |
| --- |
| true yes ok good |

和如下三种假值：

|  |
| --- |
| false no bad |

其中，所有的真值都是相等的，所有的假值也都是相等的。也就是说，在计算中，yes=true=ok=good，false=no=bad。所以，使用哪种值不影响程序的运行结果，但应根据语境选择更加合适的词语。

## 2.2 变量

### 2.2.1 变量的一般特性

变量是个熟悉的概念了，无论是在数学上，还是在计算机语言中，都存在变量的概念。变量拥有名字，称为变量名。每个变量可以存储一个值，例如数字，布尔值，字符串以及函数等。并且在需要的时候可以从变量中获得存储的值。WorkScript中变量的名字必须符合如下规定：

***必须由字母，数字，下划线，中文或其他语言的文字组成。并且第一个字符不能是数字。***

也就是说，如下的变量名是合法的：

|  |
| --- |
| a \_b a1 b2\_ 员工 成绩1 |

而下列变量名是非法的：

|  |
| --- |
| 01 1a %b ~员工 <成绩> |

变量是用来存储值的，我们可以对变量进行赋值：

|  |
| --- |
| X = 1  X = “hello world”  X = true |

需要注意的是，在许多被称作“静态类型语言”的编程语言中，一个变量和其存储的值的类型是绑定的。WorkScript属于“动态类型语言”，变量和值的类型不要求绑定。所以，上面依次对x赋数字，接着赋字符串，最后赋布尔值，都是合法的。

但是，熟悉JavaScript和Python的读者一定会第一时间站出来抱怨道：“动态类型虽然带来了很大的灵活性，但是同样也很容易造成错误！”。的确，由很多意想不到的错误都是因为编程语言放任随意的赋值行为而不加管束所导致的。为了解决这个问题，WorkScript设计了类型约束，可以在合适的地方将变量与值的类型进行绑定，来减少程序出错的可能性。

### 2.2.2 变量的类型约束 [尚未实现]

对于一个普通的变量x，我们可以为它赋任意类型的值。但是也许我们只将x作为一个数字并对其进行加减乘除运算，这时如果不小心为x赋了一个字符串，就会出现意想不到的错误。要特别注意的是，字符串也同样拥有加法运算！例如：

|  |
| --- |
| y = x + 1 |

这个时候x的值如果是2，那么y的值将是3。而如果此时x的值为”hello”，那么y会得到”hello1”的结果。更有甚者，将x赋值为字符串”2”，那么y会出乎意料的得到”21”而不是3。

也许上面的例子比较简单，但是当程序复杂后，这样的错误会一个接一个顺着程序传递下去，直到很远的地方才会被发现。而发现错误后想要追根溯源找到这里，会浪费大量的时间。下面我们用类型约束为x绑定数字类型的值：

|  |
| --- |
| y = x:number + 1 |

这个时候，如果x存储的值不是数字类型，那么会直接引起一个运行时错误，从而令我们可以直接发现这个错误。

不论变量处于任何地方，都可以进行类型约束。例如上面例子中的y也可以添加类型约束:

|  |
| --- |
| y:number = x + 1 |

值得一提的是，如果在函数的参数上增加类型约束（关于函数，我们将在后面的章节中讨论），那么将使得WorkScript这款动态类型语言拥有和静态类型语言一样的安全性和严谨性。

|  |
| --- |
| add1(x:number) = x + 1 |

# 第三章：一般运算

## 3.1 四则运算

四则运算和数学中的四则运算基本上没有区别，所以这里很简单的进行介绍。WorkScript提供了加法，减法，乘法，除法，取模（取余数），乘方等运算。我们可以用如下的运算符分别来实现上述计算：

|  |
| --- |
| a + b 加法  a – b 减法  a \* b 乘法  a / b 除法  a % b 取模  a^b 乘方（a的b次方） |

上面例子中的a,b和x都是变量名。如果直接使用值进行计算同样是可以的，例如1 + 2。

## 3.2 赋值运算

对于变量，我们往往需要进行赋值。在第二章中我们已经涉及到了对变量的赋值，在这里我们将对赋值操作进行具体的介绍。我们可以对变量进行赋值，也可以对计算结果为变量的运算进行赋值（例如函数返回了变量，我们在后面的章节中会进行讨论）。

赋值的语法如下：

|  |
| --- |
| 变量 = 表达式 |

或者使用Pascal语言风格的赋值符号：

|  |
| --- |
| 变量 := 表达式 |

其中表达式可以是变量，也可以是值，或者四则运算等。但是要注意的是，上面被赋值的必须是变量，不能是值，或者计算结果不是变量的表达式。例如下面的赋值是非法的：

|  |
| --- |
| 2 = 1 |

显然，2不是一个变量，它不能被赋值。

## 3.3 比较运算

当我们需要比较两个值的大小时，我们可以使用比较运算。WorkScript提供的比较运算有：大于，大于等于，小于，小于等于，等于，不等于。它们的写法如下：

|  |
| --- |
| a > b a大于b  a >= b a大于等于b  a < b a小于b  a <= b a小于等于b  a = b a等于b  a == b (C语言风格的判等符号，与上一行含义相同)  a != b a不等于b（或 a <> b） |

比较运算的结果是布尔值true或者false。例如如果执行print(2>1)会打印true，显然2大于1。如果执行print(2<1)会打印false，因为2并不小于1。如果执行print(2=1)会打印false，因为2也不等于1。

也许细心的读者已经发现了，在“赋值运算”中我们刚刚举过一个反例“2=1”，2不是一个变量，不能被赋值。为什么在这里却出现了“2=1”这样的表达式呢？原因是，上一小节的等号是赋值的含义，而在这一小节中，等号是判等的含义。虽然2不是变量，不能被赋值，但是作为一个值，它是可以用来判等的。那么如何区分等号到底是用作赋值还是判等呢？我们在下一小结对此进行讨论。

## 3.4 赋值和判等的歧义

在上一小节提到，由于赋值和判等两种运算共用等号“=”，导致等号出现了歧义的问题。这看起来是一个棘手的问题，下面让我们看看，在历史的长河中，语言设计者们曾经绞尽脑汁地想到过哪些糟糕的主意：

**C语言：**

|  |
| --- |
| a = b 赋值  a == b 判等 |

**Pascal：**

|  |
| --- |
| a := b 赋值  a = b 判等 |

**Prolog：**

|  |
| --- |
| A is B 赋值  A = B 判等 |

对于众多编程语言，在这里就不一一列举了。总之，没有一款编程语言让用户能够以一种正常的方式去完成这两件事，直到一向创造优秀产品的微软为我们设计的Visual Basic语言的问世：

**Visual Basic:**

|  |
| --- |
| a = b 赋值  a = b 判等 |

我们惊奇的发现在Visual Basic中，人们终于能够以习惯的方式来进行赋值和判等了。但是，这两者的歧义是如何被解决的呢？由于WorkScript的语法和Visual Basic这门传统语言的语法有着天差地别，故感兴趣的读者可以自行翻阅Visual Basic的语法。在这里我们介绍WorkScript语言的规则：

***当表达式处于独立位置的时候，它被认为是赋值表达式。***

***当表达式处于非独立位置的时候，它被认为是判等表达式。***

什么是非独立位置呢？一般的，如果一个表达式被另一个表达式所嵌套，那么它就是非独立位置，例如常见的判等表达式：

***print(a=b)*** 等号所在的表达式被*print()*表达式所嵌套，它是判等表达式。

***f(x) = 0 when x = 0*** 这也是一个函数声明，但是*x=0*位于函数的约束中。这也是一个非独立位置，视为判等表达式。

***f(x) = (x = 1)*** 这也是一个函数声明，此处x=1嵌套于括号中，故视为判等表达式。

什么是独立位置呢？一般的，如果表达式不被其他表达式所嵌套，或者直接嵌套于函数中，则它是独立表达式。例如常见的赋值表达式：

***a = b*** 这显然是一个赋值表达式。

**f(x) = {**

**a = x**

**}**

在这里，a=x被嵌套在f(x)中，是赋值表达式。

**f(x) = a = x** 这种情况有些极端，它和上面一行是一模一样的，仅仅省略了大括号，故是赋值表达式。

上面的规则已经详细的说明了赋值和判等表达式的判定。虽然看起来有些复杂，但在实际的使用中是非常自然的，以至于你甚至感受不到赋值和判等所带来的歧义。最后，值得一提的是，如果你真的认为在有些地方你无法确定到底是赋值还是判等，没有关系，我们可以使用下面的WorkScript标准赋值表达式和标准判等表达式来避免不必要的麻烦：

|  |
| --- |
| a := b 赋值  a == b 判等 |

# 第四章：函数

## 4.1 函数的介绍

由于函数是个众人皆知的概念，所以我们在前几章已经无数次地提到过函数。但是在这一章，我们将对函数进行详细的讨论。

在正式介绍函数之前，我们先用一个简单的例子来感受一下函数。我们使用WorkScript设计一套评分系统，我们假设一个人的成绩区间是0到100分，其中0-60为不合格 ，60-85为合格，85-100为优秀。如果成绩不在1-100之间，结果为“错误“。我们使用”rate” 作为评分函数的函数名。

|  |
| --- |
| rate(x) = “不合格” when x >= 0 & x < 60  rate(x < 85) = “合格”  rate(x <= 100) = “优秀”  rate(x) = “错误” |

在上面的示例中，rate是一个函数名。它拥有4种形式（后面会介绍到，这样的情况叫做重载），并且分别在每种形式的rate函数的参数上设置了x<85，x<=100 和when x>=0 & x<60等条件。这样在调用rate函数的时候，就可以根据实际参数的值来确定调用哪一个rate函数。而确定了目标之后，开始调用rate函数，可以得到上面相应的“不合格”，“合格”，“优秀”和“错误”四个结果。例如下面的调用会输出相应的结果：

|  |
| --- |
| print(rate(50)) //打印不合格  print(rate(70)) //打印合格  print(rate(100)) //打印优秀 |

如果你能轻易地看懂上面的例子，那么恭喜你，你可以直接使用WorkScript解决你的工作需要了。但是，为了严谨，我们还是需要理论地介绍函数的每一个特性。当你在编写程序的过程中遇到任何问题，你可以翻阅这本书来解决你的疑惑。

## 4.2 函数的组成

### 4.2.1 函数名

函数名的本质其实是一个变量，当我们声明一个带函数名的函数时，其实相当于创建了这个名字的一个变量，其存储的值为我们的函数。例如上面的rate函数，其中rate就是一个变量，rate变量中所存储的值为上面的四个函数。作为变量，我们也可以对其进行赋值和取值等所有变量所具有操作，尽管我们一般从来不会对函数名这样做。

对于一个函数来说，函数名并不是必须的。当我们声明的函数没有名字时候，就代表我们不需要上述的变量来存储这个函数，而是仅仅声明了一个函数类型的值而已。我们在后面的“匿名函数“小节中会对此进行详细介绍。

### 4.2.2 函数的参数

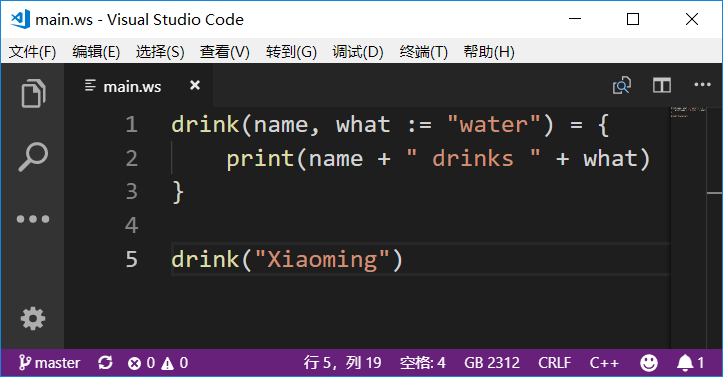
#### 4.2.2.1 参数的声明

分析上面的例子，我们发现rate函数均接收一个参数x。在WorkScript中，一个函数可以有0个到若干个参数，参数必须写在函数名后面的圆括号中。即使一个函数没有参数，圆括号也不可以省略。如果有多个参数，每个参数之间以逗号分隔。逗号不可以省略。

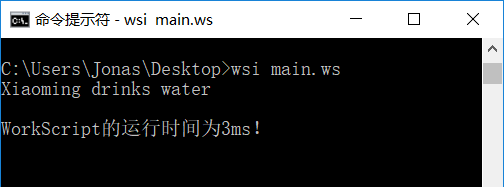
|  |
| --- |
| f() = x //没有参数的情况  f(a) = x //有一个参数的情况  f(a,b,c) = x //有多个参数的情况 |

#### 4.2.2.2 参数的默认值

在函数声明中，可以对每个参数设定默认值。当参数设定了默认值时，如果调用时未提供该参数的值，则该参数取默认值。对参数指定默认值，需要使用赋值符号”:=”来指定。下面让我们以下面的例子来理解参数的默认值：



运行结果：

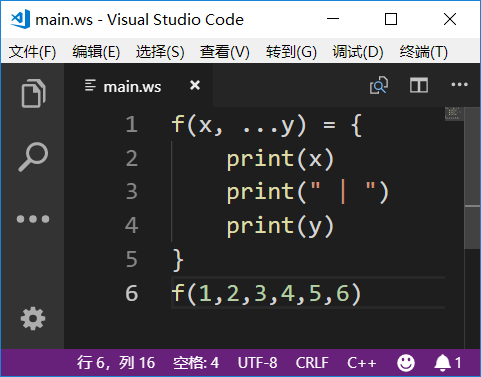
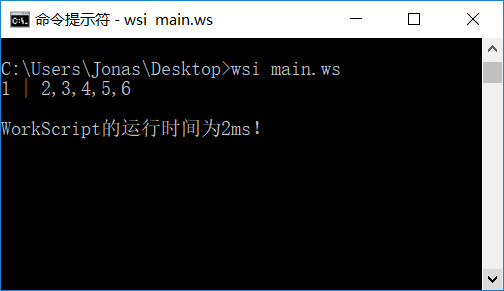


在这个例子中，我们声明了一个drink函数，其拥有两个参数，name和what。并且对what指定了默认值”water”。上例中，在调用drink函数时，我们只传入了第一个参数”Xiaoming”，并没有传入第二个what参数。故what参数遵循默认值的设定，自动赋值为”water”。

#### 4.2.2.3 可变参数

之前我们提到，我们可以在最后一个参数之前增加省略号“…”来声明可变参数。如果函数的最后一个参数是可变参数，那么这个参数可以接收多个值。

示例如下：

根据上例，x是第一个参数，接收了值1，而y作为可变参数，接收了2,3,4,5,6。这就是变参函数的使用。

### 4.2.3 函数的约束

上面的rate函数中，除了最后一个声明之外，前三个声明都增加了约束条件。WorkScript的函数的约束条件可以用”when”子句来实现。”when子句”可以写在函数名之前，函数参数列表和函数实现中间，以及函数实现之后。when子句的形式如下：

|  |
| --- |
| when x=1 f(x) = x + 1 //when在函数名之前  f(x) when x=1 = x + 1 //when在中间(如果在合适的地方加括号，看起来会舒服许多。)  f(x) = x + 1 when x=1 //when在最后 |

不管when子句在哪里，如果when子句中包含多行语句，我们都需要增加大括号来包含多条语句（一条语句也可以增加大括号，但显得有些冗余）。以when在最后的形式来举例：

|  |
| --- |
| f(x,y) = x + y  when{  x > 0  y > 0  } |

要注意的是，when中的两条约束的任意一行计算为false，都会使得匹配失败。

另外，大家也注意到了。rate函数的例子中，只有第一条使用了when子句，而第二和第三两条直接在参数列表里写做了“x <= 100“这样的约束。其实，这些属于WorkScript为了方便而设计的语法糖。你可以直接在函数的参数列表中填写大于，小于等约束条件，编译器会自动转换成相应的when子句。让我们来看一下这些约束的简单写法，以及他们会在运行的时候自动被转换成什么样的when子句：

|  |
| --- |
| **//第一种，比较约束：**  f(x <= 100) = x //转换前  f(x) = x when x<=100 //转换后  注意：比较约束的表达式左部必须是参数名。右部可以是任意表达式  上述x <= 100不能写作100 >= x  **//第二种，值约束：**  f(5) = 6 //转换前  f(\_0) = 6 when \_0=5 //转换后（注意，\_0虽然看起来比较奇怪，但也是合法的变量名）  **//第三种：类型约束**  f(x : number) = x + 1 //转换前  f(x) = x + 1 when typeof(x)=number //转换后  **//第四种，参数名约束**  equal(x, x) = true //转换前  equal(x, y) = false  equal(\_0, \_1) = true when \_0=\_1 //转换后  equal(x, y) = false |

当然，还有一种特殊的约束，不会被转换为when子句，它就是返回值的类型约束：

|  |
| --- |
| f(x) : number = x+1 |

注意，这个number的类型约束可不是加在参数x上的，而是加在函数f上的。它的含义是，函数f的返回值一定是数字类型。

最后需要强调的是，当一组参数符合一个函数的多种约束的情况下，书写靠前的约束优先匹配。例如评分的函数rate拥有4个声明，那么如果输入的参数为90的话，显然第三条和第四条声明都可以匹配成功。在这时WorkScript约定第三条匹配成功，而不会匹配第四条。

### 4.2.4 函数的实现

上面的rate函数中“合格“，”不合格“，”优秀“和”错误“都叫做函数的实现。只不过上面的例子比较特殊，只有一个值。这样只有一个值的实现，这个值就被当作了返回值（下一小结即将介绍）。一般情况下，函数的实现和约束一样，也可以有一行或者多行语句，并且对于多行语句，必须要用大括号将其包含。

|  |
| --- |
| f(x) = x + 1 //一行实现，省略大括号  f(x) = {  x + 1 //一行实现，不省略大括号  }  f(x) = { //多行实现，不能省略大括号  y = x  y + 1  } |

值得一提的是，如果一个函数的实现没有省略大括号，那么它可以省略等号。例如带大括号的函数实现，我们可以写作如下形式：

|  |
| --- |
| f(x) {  x + 1  } |

另外，大括号可以选择换行开始或者不换行开始。上面的示例全部使用了不换行的格式，但如果你喜欢将语句写得稀疏一些，也可以考虑下面这两种形式：

|  |
| --- |
| f(x) = //这里的=可以省略  {  x + 1  } |

另外，考虑到一些简短的函数声明如果使用等号，会显得比较丑陋，因此规定：在任何形式的函数声明中，你都可以使用箭头号”=>”来代替等号”=”。例如下面的函数声明同样是合法的：

|  |
| --- |
| f(x) => x+1 |

尤其是匿名函数：

|  |
| --- |
| (x) => x + 1 |

### 4.2.5 函数的返回值

一个函数的返回值（在数学中称作函数值），是函数计算的结果。每个函数会有一个计算结果，这和数学是一样的。

例如rate(x <= 100) = “优秀”，其中“优秀“就是这个函数的返回值。如果一个函数的实现只有一行，那么这一行的计算结果就是返回值。如果函数的实现有多行，那么最后一行的计算结果就被作为返回值。让我们举一个例子来看看多行函数的返回值：

|  |
| --- |
| add1(x) = {  print(x)  x + 1  } |

显而易见，x + 1作为add1函数的最后一行语句，它的计算结果会被作为add1这个函数的返回值。而之前的print(x)也会被执行，从而打印出参数x的值，但计算结果不会影响返回值。如果我们调用print(add(1))，将会输出如下结果：

|  |
| --- |
| print(add(1)) //打印出1 2 |

## 4.3 函数的调用

### 4.3.1 按参数顺序传递参数的函数调用

常规的函数调用就是我们日常见到的函数调用，例如print(1,2,3,4,5)，使用函数名print来对print函数进行调用。提供5个参数，分别按位置传递参数，即第一个参数为1，第二个参数为2… 第五个参数为5。这样的函数调用非常容易理解。

### 4.3.2 按参数名传递参数的函数调用[尚未实现]

函数的每个参数都是有名字的，我们在调用的时候，可以直接指定某个参数的值。例如当我们想要求一个长方体的体积，我们需要知道其长宽高三个参数，于是我们可以声明如下函数：

|  |
| --- |
| volume(length, width, height) = length\*width\*height |

这就是一个普通的函数声明，我们在调用时当然可以按三个参数的顺序依次传递参数。但是，同样我们也可以按照参数的名称来指定个别的或全部参数，比如先指定宽，然后按顺序传递长和高。

|  |
| --- |
| volume(width:=5,10,2) |

这里先指定了width=5，然后按照顺序，剩下的参数分别是长和高，按照顺序传入了10和2两个值。这样调用函数，我们同样可以得到100的计算结果。需要强调的是，对参数的指定，我们必须使用明确的赋值符号:=，因为在这个语境下，如果使用=，将会被视为判等，例如上面的调用，会被认为是名为width的变量是否等于5，计算结果为布尔值true或false。

对于按参数名赋值，相当于对参数提前赋值。按名称赋值不会影响正常的按顺序赋值，但是已经被按名称赋值过的参数不会被按顺序重复赋值。例如，上面的例子中，首先对width参数进行了赋值(5)，那么后面的10和2在赋值时，会先对length赋值10，然后跳过width，继续对height赋值为2。

虽然按参数名赋值不会影响正常的按顺序赋值，但从实践上来说，建议在按顺序赋值之后再按参数名赋值，不要将按参数名赋值和按顺序赋值混在一起，这样非常容易造成错误。

### 4.3.3 匿名函数的调用

函数的本质也是一种值，当声明的函数没有函数名的时候，这个函数就仅仅是一个函数类型的值，我们将这种函数称为匿名函数。对于匿名函数性质，在下一小结有更加详细的讨论，这里仅讲解对匿名函数的调用。对于匿名函数的调用，和具名函数的调用规则是一样的。从实践上来说，当我们使用匿名函数的时候，往往是临时使用一次，而不需要将其赋值到变量里。那么，我们可以这样直接进行调用（具名函数同样可以）：

|  |
| --- |
| ((x)=>print(x))(“hello world”) |

这和下面的代码是等效的：

|  |
| --- |
| f = (x)=>print(x)  f(“hello world”) |

## 4.4 函数的性质

### 4.4.1 函数的重载

重载在所有的现代编程语言中几乎都有提供支持，WorkScript也不例外。其实在上一节的rate函数已经使用了重载的特性，而读者一定并没有特别地感觉到上面的例子有什么特别的地方。因为重载这个特性，几乎是一个看起来理所应当的性质。那么什么是重载呢？

***多个函数拥有相同的名称和不同的参数或约束，则互为重载***

注意，重载没有标准的定义，因为各个编程语言的语法千差万别。这个定义是在WorkScript的语法下，最符合重载特性的一种定义了。举例说明，上面的rate函数有四种声明。其实这是四个函数，只不过都叫做rate而已，他们拥有不同的参数列表，从而互相构成了重载。重载的重要作用在于，函数可以会根据运行时的参数来动态地确定匹配哪一个重载。

一般我们从来不会在重载的问题上犯错，除了需要强调，下面这种情况不是重载：

|  |
| --- |
| f(x): number = x + 1  f(x): string = x + ”world” |

因为两个函数拥有相同的参数列表(x)，并且同样地没有任何约束，所以不属于重载。试想，当你调用f(1)的时候，由于两个函数的参数列表完全相同，都可以接收1这个参数。那么该匹配哪一个函数呢？

### 4.4.2泛化函数与特化函数

泛化函数与特化函数的概念非常简单：

***对于有参数的函数来说，有约束的函数都是特化函数，没有约束的函数都是泛化函数。如果一个函数没有参数，那么它既是特化函数，也是泛化函数。***

下面这个函数是泛化函数：

|  |
| --- |
| f(x,y,z) = 1 |

而下面这些函数都是特化函数：

|  |
| --- |
| f(0,y,z) = 1  f(x,y,z>10) = 1  f(x:number, y, z) = 1 |

对于特化函数，不要求必须存在对应的泛化函数。例如下面的特化函数可以单独存在：

|  |
| --- |
| f(0) = 1 |

而不要求必须存在对应的泛化函数：

|  |
| --- |
| f(x) = 1 |

### 4.4.3 递归函数

#### 4.4.3.1 递归函数的定义

“要理解递归，就得先了解什么是递归“，一般来说，调用自己的函数就是递归函数。下面这个例子是递归的一个非常好的例子：

计算斐波那契数列，数列前两项都是1，其余每一项都是前两项的和。

为了计算斐波那契函数，我们可能会写出如下的代码：

|  |
| --- |
| fib(0) = 1  fib(1) = 1  fib(x) = fib(x-1) + fib(x-2) |

可以看到，fib函数的第三个重载fib(x) = fib(x-1)+fib(x-2)中，fib函数两次调用到了fib函数自己。这样的函数就叫做递归函数。由此我们也可以看到，当递归函数调用自己的时候，它不一定真的调用的是自己本身，例如当x等于2的时候，fib(x-1)会调用第2行的fib(1) = 1 ，它调用的可能是另一个重载（这在其他编程语言里简直是件不可思议的事情）。对递归的掌握，是使用计算机进行数据处理的一项重要技能，每个人都应该熟练掌握。

#### 4.4.3.2 尾调用优化

对于非计算机专业的人士，此节可以跳过。

但是从专业角度来说，尾调用优化是一项极为重要以至于对于现代的编程语言几乎不可或缺的功能。该项优化可以大幅度提高程序的运行性能，同时可以避免当递归层次过深的时候，编程语言会发生“爆栈“而导致崩溃的问题。WorkScript不但实现了一般的“尾递归”优化，更是进一步扩展到了“尾调用”优化。即使函数的最后一行调用不是递归的调用自己也没关系，在大多数情况下，依然可以像尾递归优化一样避免栈的增长。

当然，在一些特殊的情况下，对非递归的尾调用优化会对程序的逻辑造成可见的影响，在这种情况下尾调用优化是不会被执行的。

### 4.4.4 匿名函数

对于一个函数来说，其函数名不是必须的。在许多情况下，我们需要临时生成函数，这个时候生成的函数往往不需要具有名字。匿名函数的声明语法和普通的函数声明完全一样，也同样可以拥有约束，但仅仅省略函数名：

|  |
| --- |
| (n) = n + 1 when n > 0 |

这是一个合法的匿名函数，当n大于0时，返回n+1的值。

如果你觉得这样的函数看起来有些别扭，我们可以将函数声明的等号换成箭头=>符号，这样方便我们在茫茫的代码中一眼辨认出匿名函数。

|  |
| --- |
| (n) => n + 1 when n > 0 |

需要注意的是，匿名函数也可以和具名函数进行重载。一旦我们将匿名函数赋值到某一个变量中，然后再继续声明与此变量名相同的函数，那么新声明的函数会作为一个重载加入到这个变量所存储的匿名函数中。例如：

|  |
| --- |
| f = (x)=>x+1  f(0) = 0 |

那么第二行的f(0)就和第一行的变量f中所存储的函数构成了重载。但是请注意，如果按下面的方式赋值，则不能构成重载：

|  |
| --- |
| f = (x)=>x+1  f = (0)=>0 |

这样仅仅是对变量f进行两次赋值。当第二次赋值的时候，第一次赋的值就不再存在于变量f中了。由此可见，函数名不仅是变量名，它还具有将函数主动加入重载的特性。而如果使用普通的变量赋值，就不具有这样的特性了。

实际使用中，我们几乎不会用匿名函数进行重载，所以匿名函数往往只有一个声明。在这种情况下，一般我们不为匿名函数设定约束或者仅仅设定比较宽泛的约束（如类型约束），来包容各种可能的输入。

### 4.4.5 偏函数 [尚未实现]

当一个函数调用的实际参数数量少于函数的参数数量时，该函数调用不会失败，而是会返回接收剩余参数的一组重载，我们称这组重载中的每个函数为偏函数。这种特性可以用于将一个多参数的函数拆分成多个函数。与之相反的，我们也可以利用柯里化的特性，将多个单参数的函数组合成一个多参数函数。

让我们举个例子：有一个函数f接收两个参数a,b并依次打印出a和b。它的声明如下：

|  |
| --- |
| f(a,b) = {  print(a)  print(b)  } |

假如我们调用f(20,30)，毫无疑问一定会依次打印出20和30。但是如果此时我们调用f(20)会怎么样呢？

|  |
| --- |
| f(20) //什么都不会打印  f(20)(30) //依次打印20，30 |

上面的例子想必很好理解。f(20)的返回值为一个包含参数20偏函数。对这个偏函数继续调用，传入参数30。该偏函数本身拥有一个参数20，继续接收到30后，具有了两个参数，满足函数f的声明，故成为普通的函数调用，并进行了执行，打印出20和30。

偏函数在实际的应用中可以配合命名参数的特性发挥出巨大的作用。试想比如我们需要绘制一个图形，这个图形有许多属性，例如长，宽，高，颜色等。那么绘图函数的声明如下：

|  |
| --- |
| paint(length, width, height, color) = {  …（实现省略）  } |

当我们需要绘制三个颜色相同，形状类似仅仅长度不一样的图形时，我们可以事先将确定的宽度，高度和颜色赋给paint函数，获得一个具有上面三个参数的偏函数：

|  |
| --- |
| my\_paint = paint(width:=10, height:=5, color:=’blue’) |

接下来，绘制三个长度不一样的图形，我们只需要调用my\_paint函数就可以了。

|  |
| --- |
| my\_paint(5)  my\_paint(8)  my\_paint(20) |

这样能够大幅简化我们的代码。同时，如果以后我们需要绘制的图形发生了一些变化，我们只需要修改一遍my\_paint偏函数中的属性就可以了，而不用繁琐地修改每个绘制图形的函数，大大提高了程序的可维护性。

### 4.4.6 回调函数

回调(diào)函数，是一种经典的函数使用方法。一般来说，把一个函数传递给其他地方，等合适的时候由其进行调用，那么被传递的这个函数就称作回调函数。下面我们举一个回调函数的例子：

定义一个repeat函数，用来重复执行指定的函数若干次。接收两个参数，第一个参数n代表需要重复多少次，第二个参数f代表需要执行的函数。

|  |
| --- |
| repeat(0, f) = ok  repeat(n > 0, f) = {  f()  repeat(n-1, f)  } |

很容易理解，repeat(0, f)=ok当执行次数是0次的时候，直接返回布尔值ok，而不进行任何其他操作。否则当n大于0的时候，先执行传入的f函数，再执行repeat(n-1, f)。例如我们按如下方式调用：

|  |
| --- |
| x = 0  add1() = (x = x+1)  repeat(10,add1) |

执行完成后，x的结果会变成10。显然add1函数被调用了10次。

在上面这个例子里，add1就可以被称作回调函数。

上面的例子过于繁琐，类似这种情况，我们往往直接使用匿名函数：

|  |
| --- |
| x = 0  repeat(10,()=>(x = x+1)) |

另外，使用偏函数作为回调函数是一种常用的手法，实践中我们常常这么做，来简化我们的代码。

### 4.4.7 闭包函数 [尚未实现]

当一个函数的声明处于另一个函数的内部时，如果该函数引用了外层函数的局部变量，并且将这个函数作为外层函数的返回值进行返回，那么被返回的内层函数就称作闭包函数。对于闭包函数，外层函数虽然已经执行完毕，局部变量都已经不复存在，但是由于闭包函数引用了外层函数的局部变量，所以被引用的局部变量的生命被继续延长，不会随着外层函数的执行结束而销毁。下面举一个例子：

函数add\_n接收一个参数n，并生成一个新的匿名函数返回，此匿名函数接收一个参数x，返回x+n的值。

|  |
| --- |
| add\_n(n) = {  (x) = x + n //注意这是一个匿名函数，这里x+n中的n是add\_n函数的局部变量  } |

利用add\_n函数，我们可以轻易的生成出我们定制的add函数，例如：

|  |
| --- |
| add\_1 = add\_n(1)  print(add\_1(5)) //会打印出6 |

当我们调用add\_1(5)的时候，就可以得到6。可以看到，只要add\_1函数存在，那么其对应的add\_n里面的局部变量n就不会被销毁，其生命周期由于闭包函数add\_1而得到了延长。

### 4.4.8 纯函数

#### 4.4.8.1 纯函数的定义

纯函数是一个重要的概念，我们将符合如下条件的函数称为纯函数：

***一个函数的返回值只依赖于它的参数，***

***并且在执行过程里面没有副作用。***

什么是返回值只依赖于它的参数呢？让我们首先来看一个反例，你就很容易明白这句话的含义了。

|  |
| --- |
| next\_n\_day(n) = day() + n |

我们定义了一个叫做next\_n\_day的函数，用来计算今天之后n天的日期。显然，加入我们在不同的日期输入同样的n=0,那么8月26日的时候，next\_n\_day(0)的返回值为26，8月27日的时候，返回值则为27。这时此函数的返回值不仅仅依赖于它的参数，还依赖于当前的时间，所以它不是纯函数。对于纯函数，每次n=0输出的结果一定是相同的。

下面解释没有副作用的含义。函数副作用是指当调用函数时，除了返回返回值之外，还对产生附加的影响。例如修改外部变量（函数外的变量）或修改参数等。下面的函数就是有副作用的函数：

|  |
| --- |
| x = 1  f() = (x = x + 1) |

函数f修改了外部变量x，所以它具有副作用，不是纯函数。

在一般的编程开发中，纯函数非常“靠谱”，执行一个纯函数你不用担心它会干什么坏事，它不会产生不可预料的行为，也不会对外部产生影响。不管何时何地，你给它什么它就会乖乖地返回什么。如果你的应用程序大多数函数都是由纯函数组成，那么你的程序质量会非常优秀。

值得一提的是，所有的输入输出操作都不是纯函数，例如print函数，input函数等。因为这些函数的执行依赖于显示屏，键盘这些外部设备。所以，当你的函数调用了这些函数之后，你的函数也会失去纯函数的特性，从而不能享受到纯函数特有的优化。

#### 4.4.8.2 纯函数结果缓存 [尚未实现]

在WorkScript中，有一个其他编程语言从未有过的重要的特性，那就是纯函数结果缓存。纯函数结果缓存很好理解，如果一个函数是纯函数，那么它的调用结果会被缓存，下次调用的时候直接读取缓存结果，而不会再次调用此函数。例如上一小节提到的斐波那契数列函数就是一个纯函数结果缓存的很好的例子。如果没有纯函数结果缓存，假设我们想要计算fib(20)，那么会经历多少次计算呢？答案可能超出你的想象：20000多次。

为什么会这么多呢？试想，当我们计算fib(20) = fib(19)+fib(18)时，我们已经计算了一次fib(18)。接下来，计算fib(19) = fib(18)+fib(17)的时候，又一次计算了fib(18)。所以，在fib(20)的计算过程中，fib(18)被计算了两遍。根据这个道理，我们可以依次推出fib(20) fib(19) fib(18) fib(17) fib(16) fib(15)…的计算次数分别是1 1 2 3 5 8… 读者可以自行推算20项的计算次数总和。那么问题来了，20000多次计算显然是不必要的，能不能优化呢？

答案是：纯函数结果缓存。显然，fib(x)函数都是纯函数，他们都可以被执行纯函数结果缓存。那么在这种情况下，我们计算fib(20)只需要计算一次fib(0), fib(1), fib(2) … fib(19)的结果就够了。因为下次调用的时候，相同的函数结果会取自缓存，而不会再次计算。这样我们需要多少次计算呢？20次。

整整减少了1000倍的计算量，这就是纯函数结果缓存带来的巨大效益。

### 4.4.9 外部函数 [尚未实现]

一个孤独的人是做不成大事的，一门孤立的语言也是难以成器的。我们可以使用WorkScript来调用其他语言，例如C/C++程序编写的代码。代码的调用是以函数为单位的，我们可以声明一个外部函数，该函数使用extern关键字进行修饰，并且只有函数名，参数列表，类型约束。没有实现和其他约束。例如下面的f函数是一个合法的外部函数声明：

|  |
| --- |
| extern f(x:integer, y:string) |

需要注意的是，外部函数可以和WorkScript函数构成重载。对于外部函数有一些额外的要求，具体如下：

***外部函数必须有函数名，可以有0到多个参数，但每个参数必须有且仅有类型约束。外部函数不可以有when子句和实现部分。***

另外需要注意，当一个值作为参数被传递给外部函数，那么外部函数对该值如何处理，WorkScript是无法知晓的。WorkScript将依旧以自己的方式去管理这些值所在的内存部分。所以，不可以在外部函数中释放属于WorkScript传入的值，否则当WorkScript在释放这个值的时候会引起重复释放的错误而导致崩溃。另外，如果外部函数中需要长期存储由WorkScript传入的值，请确保同时在WorkScript中保持对该值的引用，以免WorkScript的GC垃圾回收器将该值认为已经不可达而将其释放。