

EXCEL VBA Programmes in
Hydrologic Statistics

水文统计中的 EXCEL VBA

童海滨等 编著



河南大学出版社

国家自然科学基金(51309093)

河南省“国家重点学科建设经费”

中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金
(HKY-JBYW-2013-05)

河南大学大学生创新创业训练计划项目(13NB046)

水文统计中的 EXCEL VBA

编著 童海滨 孙香丽 陆军辉 李丹梅
郝偌楠 蒋 伟 李柳阳

河南大学出版社

• 郑州 •

图书在版编目(CIP)数据

水文统计中的 EXCEL VBA/童海滨等编著. — 郑州:河南大学出版社,
2014.6

ISBN 978-7-5649-1575-9

I. ①水… II. ①童… III. ①表处理软件—应用—水文统计
IV. ①P333.6-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 130745 号

责任编辑 付会娟

责任校对 李亚涛

封面设计 王四朋

出版发行 河南大学出版社

地址:郑州市郑东新区商务外环中华大厦 2401 号 邮编:450046

电话:0371-86059712(高等教育出版分社)

0371-86059713(营销部)

网址:www.hupress.com

排 版 郑州市今日文教印制有限公司

印 刷 郑州市今日文教印制有限公司

版 次 2014 年 12 月第 1 版

印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本 720mm×1020mm 1/16

印 张 13.75

字 数 246 千字

印 数 1~1000 册

定 价 35.00 元

(本书如有印装质量问题,请与河南大学出版社营销部联系调换)



童海滨，男，1978年3月生，山东鄆城人，河海大学博士。现为河南大学讲师、硕士生导师，主要从事水文学及水资源方面的教学和科研工作。

内 容 提 要

该书以水文统计中的常见和典型问题为研究对象，给出了这些问题的理论背景，Excel VBA语言求解这些题目的程序源代码以及相应的说明。该书可作为水文与水资源工程专业的本科生学习《水文统计学》的辅助教材，也可以供水文及水资源及相关专业研究生、科研人员参考使用。

序 言

子贡问为仁。子曰：“工欲善其事，必先利其器。”（孔子《论语·卫灵公》）

意为：工匠想要使他的工作做好，一定要先让工具锋利。比喻要做好一件事，准备工作非常重要。

“磨刀不误砍柴工”意为：磨刀花费时间，但不耽误砍柴。比喻事先充分做好准备，就能使工作加快。

记得我上大学临近毕业做毕业设计时，因为学的是水文与水资源工程专业，毕业设计里面涉及大量计算，那时学校的电脑的操作系统是 UC-dos 以及 Windows 95，学的计算机语言是 Basic 和 foxbase。硬件是 486,586，因为装 Windows 的机器不多，所以即便要编程来解决毕业设计中的计算问题，也要通过 UC-dos 上装的黑屏的 Basic 编译环境来实现。那种“裸奔”的状态，现在回想起来确实很“原生态”，班里人多电脑少，机器不够用，有些计算还要借助手工和计算器来完成。记得有一次通过模糊数学方法计算污水的水质指标，全靠手摁计算器来实现。一直摁了一个多星期才完工。最后，感觉头都要炸了。

通过 Basic 编程实现毕业设计中的计算，除了黑屏的 Basic 语言无法做出漂亮的界面，再就是数据的输入输出很麻烦，现在还记得所谓的 data 语句，把一堆数据放在 data 的后面，还不能放错位置，为了搞清正确的位置，要把数据反复地数上几遍。

即便是现在已经有了 VB 语言，做界面和读写数据相对简单，然而其编程的难易程度仍不能和 Excel VBA 相比。

在和学生接触的过程中，一说起编程，学生总是问：“老师，学编程是不是应该从 C/C++ 学起啊？”我回答：“VB 也可以，上手更快。”学生总是觉得学一些“难学”的东西，才能显得自己更有“水平”。殊不知，目前各种产品都出现了“细分”市场，解决问题，解决的正确与否是一个方面，而解决的快慢也是一个重要的方面。如何才能又快又好的解决问题，寻找最合适的工具无疑是一个捷径。

虽说 C/C++ 可以直接访问底层，执行速度较快，然而在硬件（例如 CPU 主频）的性能越来越好的时代，对大部分科研中的计算问题来说，为了

提高一丁点计算速度而挖空心思的去用 C/C++ 写一些精致的代码,不如把主要精力放在程序的总体流程的正确性上,放在程序与专业问题的结合上。

如果说用 C/C++ 写代码,是手工打造,那么用 VB 写代码,类似用现成的零件来组装,而用 Excel VBA 来写代码,如同利用现成的毛坯来制造成品。

此外 Excel 作为微软 Office 办公套件的一员,拥有众多用户,其易用性和友好性也经过了众多用户的考验。在 Excel 中用 VBA 编程,除了其类似 VB 语言的语法较易掌握外,还可引用 Excel 系统本身自带的函数、类模块、控件等,VBA 程序的数据读取和运行结果的显示及可视化可以直接借助 Excel 系统来完成。

作为 Office 办公套件之一,目前很多学生都会通过 Excel 软件做一些简单的计算、制表、绘图等工作。然而,涉及利用 VBA 语言在 Excel 系统中编程,很多学生却涉足不多。一种是,本身计算机编程基础不好,VB 语言学的不好,Excel VBA 需要一点 VB 编程的基础,如果不懂 VB,自然影响到对 VBA 的掌握。另一种是,学语言就要学最难的,例如 C/C++ 之类,若是和 VB 一个层次,而且不能脱离 Excel 系统而独立运行的 VBA,“不屑于”学!

然而,如前所述,难学的不一定好用,易学的不见得用处就小。对于某些不特别强调运算速度的科学与工程计算问题而言,Excel VBA 还是大有可为的。

全书共计 24 万余字,其中童海滨撰写约 9 万字,孙香丽、李丹梅、郝佰楠各撰写 3 万字,陆军辉、蒋伟、李柳阳各撰写 2 万字。本项目得到国家自然科学基金(51309093)、河南省“国家重点学科建设经费”、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(HKY-JBYW-2013-05)、河南大学大学生创新创业训练计划项目(13NB046)的共同资助,在此向提供上述资助的单位致谢;本书中涉及水文统计学原理和例题的部分主要引用了黄振平、陈元芳撰写的《水文统计学》(中国水利水电出版社,2011 年 5 月出版)中的相关内容,在此向两位作者一并致谢。

限于编著者的水平、时间和精力,书中很多内容还有待改进或修正,望各位读者不吝斧正。

为了方便读者学习使用,我们免费提供和本书算例有关的源代码,或者如果您对本书与任何的意见或建议请与我们联系(hedagaodengjiaoyufenshe@163.com)联系!

童海滨

2014 年 5 月于河南大学

目 录

序 言	(1)
绪 论	(1)
 第一章 基本水文事件的概率统计与 VBA 输出	(1)
第一节 基本水文事件运算	(1)
第二节 概率的定义及性质	(4)
第三节 条件概率和事件的独立性	(13)
第二章 随机变量及其分布	(20)
第一节 随机变量和分布函数	(20)
第二节 离散型随机变量	(21)
第二节 几种重要的离散型随机变量的概率分布	(26)
第三节 连续型随机变量	(33)
第三章 多元随机变量及其分布	(41)
第一节 多元随机变量和联合分布	(41)
第二节 边际分布	(46)
第三节 条件分布	(49)
第四节 随机变量的独立性	(51)
第四章 数字特征与特征函数	(52)
第一节 数学期望	(52)
第二节 方差	(62)
第三节 离势系数	(67)
第四节 多元随机变量的数字特征	(69)
第五章 极限定理	(73)
第一节 林德伯格-勒维中心极限定理	(73)
第二节 德莫佛-拉普拉斯中心极限定理	(75)
第六章 抽样分布	(77)
第一节 样本分布及其数字特征	(77)
第二节 抽样分布及其数字特征	(80)

第三节	几种常用统计量的抽样分布·····	(83)
第七章	水文频率计算·····	(87)
第一节	概述·····	(87)
第二节	水文变量的概率分布模型·····	(88)
第三节	参数点估计·····	(96)
第四节	参数点估计的水文统计方法·····	(101)
第五节	参数的区间估计·····	(106)
第八章	假设检验·····	(114)
第一节	基本概念·····	(114)
第二节	正态总体均值的假设检验·····	(115)
第三节	两个正态总体均值的假设检验·····	(121)
第四节	正态总体方差的假设检验·····	(124)
第五节	非参数假设检验·····	(128)
第九章	回归分析·····	(137)
第一节	基本概念·····	(137)
第二节	一元线性回归模型·····	(138)
第三节	多元线性回归模型·····	(146)
第十章	误差理论基础·····	(152)
第一节	误差的基本概念·····	(152)
第二节	粗大误差·····	(162)
第三节	误差的合成·····	(171)
第十一章	随机过程简介·····	(178)
第一节	随机过程的基本简介·····	(178)
第二节	随机过程的分布函数以及数字特征·····	(179)
第三节	独立增量随机过程·····	(182)
第四节	马尔柯夫过程·····	(186)
第十二章	水文时间序列分析·····	(195)
第一节	水文时间序列及其组成·····	(195)
第二节	水文时间序列组成成分识别·····	(196)
附表一	游程检验法临界值 k_α 的查算表 ·····	(205)
附表二	秩和检验表 $P(W_1 < W < W_2) = 1 - \alpha$ ·····	(206)
参考文献	·····	(207)

第一章 基本水文事件的概率统计 与 VBA 输出

第一节 基本水文事件运算

一、随机试验

为了正确地认识客观事物的特征及其发展变化规律,我们需要对它们进行一系列的观测、记录和试验,通常我们把这些活动统称为“试验”。

对必然性现象所做的试验,人们在试验之前就能准确预测它将会出现什么样的结果;而对可能性现象进行试验时,人们却不能根据试验的条件准确预测出试验将会出现什么样的结果,因为这样的试验结果具有很大的随机性. 如果一种试验满足以下三个条件,我们就称之为随机试验,简称试验,用符号 E 表示.

- (1) 该试验可以在同一条件下连续重复进行;
- (2) 该试验的所有可能结果是确定的;
- (3) 在试验之前不能准确地预料到将会出现哪一种结果.

在水文工作中,我们经常会遇到观测河流某断面最大的洪峰流量,年最高洪水位的高低,或者观测某地区在一定时间内的降水量、蒸发量的多少等问题,这些都称为随机试验.

在每次试验中,一定会发生的事件,称为必然事件,记为 Ω ; 一定不发生的事件称为不可能事件,记为 Φ . 显然,必然事件和不可能事件都是对确定性现象进行试验的结果,通常我们把必然事件和不可能事件也看成随机事件,即把它们作为随机事件的两个极端情况. 当我们在讨论某一个事件发生的必然性、不可能性和随机性时,需要把它和试验的条件结合起来. 例如,在标准大气压下,把纯净水加热到 100°C ,“水沸腾”是必然事件;但如果试验

条件是“在标准大气压下,把纯净水加热到 80°C ”,则“水沸腾”是不可能事件。

二、事件之间的运算

基本事件之间的运算包括和运算、积运算和差运算。

如果定义事件 C 为“事件 A 和事件 B 中至少有一个发生”,则称事件 C 是事件 A 与事件 B 的和(或并)事件,记为 $C=A+B$ 或 $C=A\cup B$;

如果定义事件 C 为“事件 A 与事件 B 同时发生”,则称事件 C 是事件 A 与事件 B 的积(或交)事件,记为 $C=AB$ 或 $C=A\cap B$;

如果定义事件 C 为“事件 A 发生,而事件 B 不发生”,则称事件 C 是事件 A 与事件 B 的差事件,记为 $C=A-B$ 。

例 1 基本事件之间的运算。

设事件 A 发生的概率为 0.6,事件 B 发生的概率为 0.2,则 A, B 的和、积、差事件用 VBA 输出如图 1-1 所示:

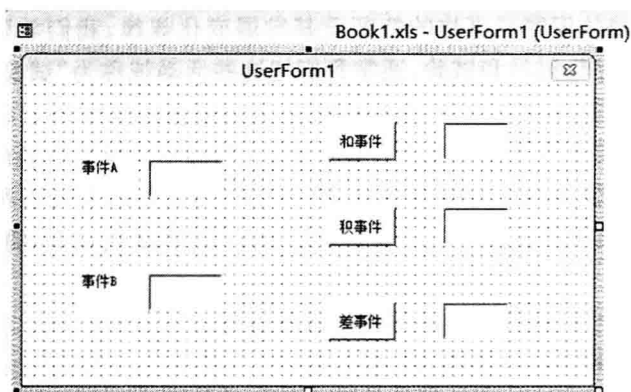


图 1-1

程序代码如图 1-2 所示:

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    TextBox3.Text = Val(TextBox1.Text) + Val(TextBox2.Text)
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
    TextBox4.Text = Val(TextBox1.Text) * Val(TextBox2.Text)
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
    TextBox5.Text = Val(TextBox1.Text) - Val(TextBox2.Text)
End Sub
```

图 1-2

运行结果如图 1-3 所示:

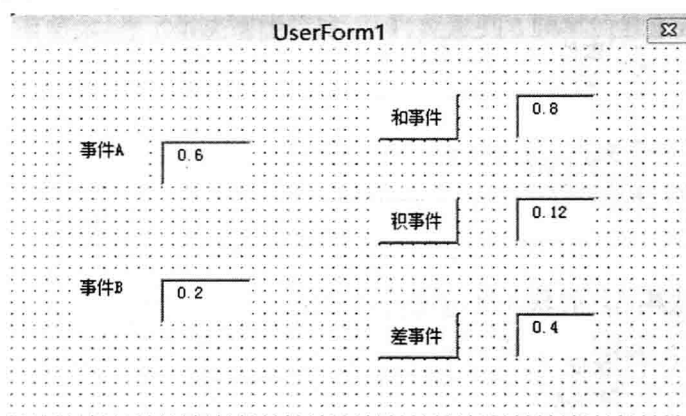


图 1-3

例 2 观测南京市任一年 8 月 1 日的降雨量, 如果以 A 表示事件“降雨量在 5~20 mm”, B 表示事件“降雨量在 10~30 mm”, 则 $A+B$ 表示事件“降雨量在 5~30 mm”, AB 表示事件“降雨量在 10~20 mm”. VBA 输出如下.

(1) 计算 $A+B$ 的最小值, 如图 1-4 所示;

	A	B	C	D
1	事件	min (mm)	max (mm)	
2	事件A		5	20
3	事件B		10	30
4				
5	事件A+B	=min (B2, B3)		
6				

图 1-4

(2) 计算 $A+B$ 的最大值, 如图 1-5 所示;

	A	B	C
1	事件	min (mm)	max (mm)
2	事件A		5
3	事件B		10
4			
5	事件A+B	5 =max (C2, C3)	
6			

图 1-5

(3) 计算 AB 的最小值, 如图 1-6 所示;

	A	B	C
1	事件	min (mm)	max (mm)
2	事件A	5	20
3	事件B	10	30
4			
5	事件A+B	5	30
6	事件AB	=max (B2, B3)	

图 1-6

(4) 计算 AB 的最大值, 如图 1-7 所示;

	A	B	C
1	事件	min (mm)	max (mm)
2	事件A	5	20
3	事件B	10	30
4			
5	事件A+B	5	30
6	事件AB	10 =min (C2, C3)	

图 1-7

(5) 最后结果输出, 如图 1-8 所示.

	A	B	C
1	事件	min (mm)	max (mm)
2	事件A	5	20
3	事件B	10	30
4			
5	事件A+B	5	30
6	事件AB	10	20

图 1-8

第二节 概率的定义及性质

一、频率与概率

对于一个普通的随机事件(必然事件和不可能事件除外), 它在一次试验中可能会发生, 也可能不会发生, 我们通常希望知道这些事件在一次试验中发生的可能性究竟有多大, 例如为了确定某个水坝的高度, 我们就需要知

道在建水坝地区每年河流的最大洪水量以及各个不同水量高度的事件发生的可能性有多大. 为了解决这些问题, 我们首先引入频率的概念, 它是描述事件发生的频繁程度, 进而引出为了表示事件在一次试验中发生可能性大小的数值即概率.

频率 在相同的条件下, 连续重复地进行 n 次试验, 则事件 A 发生的次数 n_A 就称为事件 A 发生的频数. 事件 A 发生的次数与总试验次数的比值 $\frac{n_A}{n}$ 称为事件 A 发生的频率, 并记为 $f_n(A)$.

概率 设 E 是任意随机试验, S 是它的样本空间, 其中 E 的每一个事件 A 发生的可能性大小记为 $P(A)$, 称为事件 A 的概率. 事件 A 在该试验中发生的可能性的, 是一个客观的常数, 与它的试验次数无关.

例 3 在 Excel VBA 中设置程序假定在单元格中只输入整数 0~50 的前提下计算事件 A “出现 10” 的频数及频率.

程序代码如图 1-9 所示:

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheet1.Cells.ClearContents '清空单元格
Dim m%, i%, n%
m = InputBox("输入运行次数m=") '设置试验次数
For i = 1 To m
Cells(i, 1) = Int(50 * Rnd) '在Excel A列中输入0-50的随机整数
If Cells(i, 1) = 10 Then n = n + 1 '计算出现10的频数
Next
Cells(1, 2) = n
Cells(2, 2) = n / m '计算出现10的频率
End Sub
```

图 1-9

运行结果如图 1-10 所示:

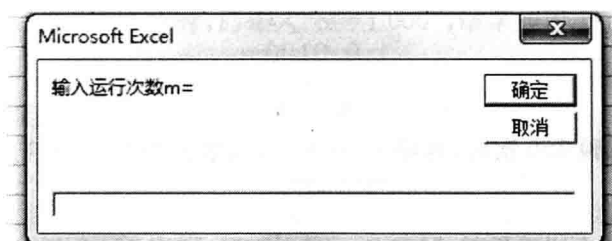


图 1-10

(1) 当试验 10 次时,即输入“ $m=10$ ”,结果如表 1-1 所示(A 列是试验 10 次随机输入的整数,B 列下第 1,2 个数据分别为事件 A 发生的频数和频率,下同):

表 1-1

	A	B
1	10	1
2	38	0.100 0
3	44	
4	5	
5	45	
6	31	
7	44	
8	37	
9	16	
10	26	

(2) 当试验 50 次时,即输入“ $m=50$ ”,结果如图 1-11 所示:

B
1
0.0200

图 1-11

(3) 当试验 100 次时,即输入“ $m=100$ ”,结果如图 1-12 所示:

B
1
0.0100

图 1-12

(4) 当试验 150 次时,即输入“ $m=150$ ”,结果如图 1-13 所示:

B
0
0.0000

图 1-13

(5) 当试验 250 次时,即输入“ $m=250$ ”,结果如图 1-14 所示:

B
5
0.0200

图 1-14

(6) 当试验 300 次时,即输入“m=300”,结果如图 1-15 所示:

B
6
0.0200

图 1-15

(7) 当试验 400 次时,即输入“m=400”,结果如图 1-16 所示:

B
9
0.0225

图 1-16

(8) 当试验 500 次时,即输入“m=500”,结果如图 1-17 所示:

B
10
0.0200

图 1-17

(9) 当试验 800 次时,即输入“m=800”,结果如图 1-18 所示:

B
21
0.0263

图 1-18

(10) 当试验 1 000 次时,即输入“m=1 000”,结果如图 1-19 所示:

B
15
0.0150

图 1-19

(11) 当试验 2 000 次时,即输入“m=2 000”,结果如图 1-20 所示:

B
37
0.0185

图 1-20

(12) 当试验 3 000 次时,即输入“ $m=3\ 000$ ”,结果如图 1-21 所示:

B
60
0.0200

图 1-21

(13) 当试验 4 000 次时,即输入“ $m=4\ 000$ ”,结果如图 1-22 所示:

B
98
0.0245

图 1-22

(14) 当试验 5 000 次时,即输入“ $m=5\ 000$ ”,结果如图 1-23 所示:

B
100
0.0200

图 1-23

往下可依次试验……

根据以上所示,当 m 较小时,频率波动的幅度较大,随着试验次数的增加,频率逐渐呈现出稳定性的特征,即当 m 逐渐增大时频率总是在 0.02 附近摆动,而逐渐稳定于 0.02. 大量试验证实,随着重复试验的次数的逐渐增大,事件 A 的频率逐渐呈现出稳定性的特征,并逐渐稳定于某个常数,这个常数称为事件 A 的概率,记为 $P(A)$.

各种事件出现的可能性也有大有小. 例如,观察我国南方冬季冰雪天气的情况,大中等级的冰雪天气出现较少,而极端冰雪天气更少;通过观测河川洪水的出现情况可知,中小等级洪水出现情况多,大等级洪水少,极端等级洪水更少. 为了定量地描述这些随机事件发生的规律性,使出现的可能性较大的事件可以用较大的数值来表示,出现的可能性较小的事件可以用较小的数值来表示,而这个数值也称为事件发生的概率(亦称几率),事件 A 的概率记为 $P(A)$.

二、古典概型

古典概型 若某一随机试验模型满足以下两个条件:

(1) 试验的样本空间中只包含有限个基本事件;