

基于EXCEL的水文频率计算软件开发

王双银, 向友珍, 朱晓群, 黄燕荣

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 以Windows XP, Microsoft EXCEL 和VBA 为开发环境, 研制了一套集绘图与计算于一体的水文频率分析软件, 其中包含了常用的 Γ 分布、极值分布、正态分布和对数正态分布4种频率分布线型。该软件采用矩法初估水文系列的均值和变差系数(C_V), 采用权函数法初估偏态系数(C_S), 既可进行单水文要素的频率分析, 也可进行多水文要素的频率曲线合成。

[关键词] 水文频率计算; 软件开发; EXCEL; VBA; 频率曲线; 参数估计

[中图分类号] P333

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)04-0113-04

现行水文频率计算的适线法既要进行数学运算又要绘图, 必须经过若干次参数调整才能得到满意的拟合曲线和相应参数, 其工作量很大。随着计算机技术的发展, 水文工作者相继研制了一些水文频率分析软件^[1-6], 试图达到自动化适线, 但由于开发环境和开发平台的限制, 其通用性和实用性都不高, 绘图和打印功能也不强, 如大多数水文频率分析软件只包含了常用的 Γ 分布, 而未涉及其他分布类型; 绘制频率曲线时需调用专门的绘图软件(如CAD等), 参数调整在图形显示中反映不明显, 频率曲线打印不能随意调整大小等。EXCEL 是Microsoft Office系列软件中的电子表格软件, 具有强大的计算、统计和绘图等功能, 尤其是当VBA (Visual Basic for Applications) 应用软件集成于EXCEL 以后, 它已经成为一个非常优秀的面向对象的软件开发平台^[7-8]。本研究以Windows XP, Microsoft EXCEL 和VBA 为开发环境, 研制了水文频率分析软件, 并进行了实例应用, 以期能为水文频率计算提供一套可靠简便的计算工具。

1 基本原理

水文频率计算适线法, 是以经验频率点的离散分布为准, 在频率格纸上绘制一条理论频率曲线, 曲线的参数采用矩法或其他方法通过经验点估计, 然后根据该曲线对经验点据的拟合情况调整参数, 绘制调整参数后的频率曲线, 直到得到满意的拟合曲线为止。

适线法的主要问题有3个: 线型选择、参数估计以及经验频率的确定^[9-10]。而要进行计算机适线, 还要考虑曲线绘制时概率格纸的生成。

2 概率格纸的生成

水文中常用的概率格纸是美国水利工程师海森创用的正态概率格纸, 正态分布频率曲线绘在其上能成为一条直线, 该概率格纸的横坐标是以频率为50%对称的不均匀分割, 纵坐标为均匀分割^[9-10]。

在EXCEL 7.0 以上版本的内置函数中有NORMSINV 函数, 其返回的是标准正态分布累积函数的逆函数, 该分布的平均值为0, 标准偏差为1, 函数中只包含正态分布概率1个参数。采用VBA 编程, 通过调用EXCEL 的内置函数NORMSINV 实现概率格纸的横坐标定位, 采用EXCEL 绘图功能中的误差线功能, 使误差线Y 为正偏差, 误差量为纵轴最大值与最小值之差, 这样就绘制出横轴的网格线, 最后采用系列数据标志方法, 将NORMSINV 函数的值改写为原频率值; 纵轴的网格线采用一般的EXCEL 绘图方法实现。这样就生成一张常用的正态概率格纸。所有这些过程, 均采用编写宏来完成。

3 经验频率的计算

金光炎^[11]对目前国内外的水文频率计算公式进行了大量分析研究, 将经验频率计算公式概括为下列形式:

$$P = (m - a) / (n + b) \quad (1)$$

* [收稿日期] 2005-08-08

[基金项目] 西北农林科技大学“水文水利计算多媒体教学课件开发”基金项目

[作者简介] 王双银(1969-), 男, 甘肃镇原人, 副教授, 在读博士, 主要从事水文与水资源研究。

式中, n 为样本容量; m 为样本在排序后的序号, $m = 1, 2, \dots, n$; a 和 b 为参数。

a, b 参数值不同, 频率计算公式就不同, 其适应性也有所区别。目前, 我国水文分析, 特别是工程水文中应用最广的是 $a = 0, b = 1$ 的数学期望公式^[12-13]。本软件开发过程中, 将不同的频率计算公式都包括在内, 以便选择。当然, 为适应我国水文频率分析现状, 软件提供的默认形式是数学期望公式。当水文系列中含有极值时, 采用统一样本的频率计算公式^[14]。

4 频率曲线线性

水文频率分析中应用的频率分布类型很多, 在我国主要有 Γ 分布(皮尔逊 III 型分布)、极值分布(耿贝尔分布)、正态分布、对数正态分布和指数 Γ 分布(克-门分布)等^[15-17]。本软件已经将前 4 种分布包含在内, 此处仅对工程水文中最常用的 Γ 分布^[12-13]进行说明, 该分布也是软件提供的默认分布形式。

Γ 分布的概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - a_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-a_0)} \quad (2)$$

式中, x 为水文要素值; $\Gamma(\alpha)$ 为 α 的伽玛函数, $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt$; α, β, a_0 分别为 Γ 型分布的形状、尺度和位置参数; e 为自然对数的底。

Γ 分布的分布函数为:

$$p(x) = P(x > x_p) = \int_{x_p}^\infty \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - a_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-a_0)} dx \quad (3)$$

式中, $p(x)$ 为 Γ 分布的超过制分布函数; x_p 为相应于某设计频率 P 的水文要素值; $P(x > x_p)$ 为 x 大于等于 x_p 时的概率。 Γ 分布的 3 个曲线参数 α, β, a_0 与水文系列的 3 个统计参数均值 \bar{x} 、变差系数 C_v 和偏态系数 C_s 具有以下关系:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{4}{C_s^2} \\ \beta = \frac{2}{x C_v C_s} \\ a_0 = \bar{x} \left[1 - \frac{2C_v}{C_s} \right] \end{cases} \quad (4)$$

在水文频率计算中经常利用的是其反函数, 即在软件的设计过程中, 利用 EXCEL 的内置函数 GAMMA NV 实现由频率 P 推求 x_p , 同时利用 GAMMAD IST 函数实现由水文要素值 x 推求 P 。

每一种概率分布中都包含若干参数, 选定了线

型之后, 还必须确定其中的参数, 才能进行频率计算。软件在开发过程中采用矩法估计均值 (\bar{x}) 和离差系数 (C_v)^[14], 采用权函数法估计偏态系数 (C_s), 此处仅对偏态系数的估计作以介绍。

权函数法是估计 P-III 型分布参数 C_s 的一种常用方法, 其计算公式为^[18-19]:

$$C_s = - 4\sigma \frac{E}{G} \quad (5)$$

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \mathcal{Q}(x_i) f(x) dx \quad (6)$$

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \mathcal{Q}(x_i) f(x) dx \quad (7)$$

$$\mathcal{Q}(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right]^2} \quad (8)$$

式中, σ 为水文系列的均方差; n 为水文系列长度; $\mathcal{Q}(x)$ 为标准化正态概率密度函数。

5 软件应用

下面以洛河灵口站 1960~ 2003 年的年平均流量为例, 介绍软件的使用。将灵口站逐年平均流量资料按行(或列)输入 EXCEL 工作表并选中系列, 点击菜单栏中的“水文统计及分析”, 选中“频率分析”, 进入“插入图表”, 就会出现图 1 所示的对话框, 根据提示要求进行选择或输入, 最后“确定”就会得到图 2 所示的频率曲线。

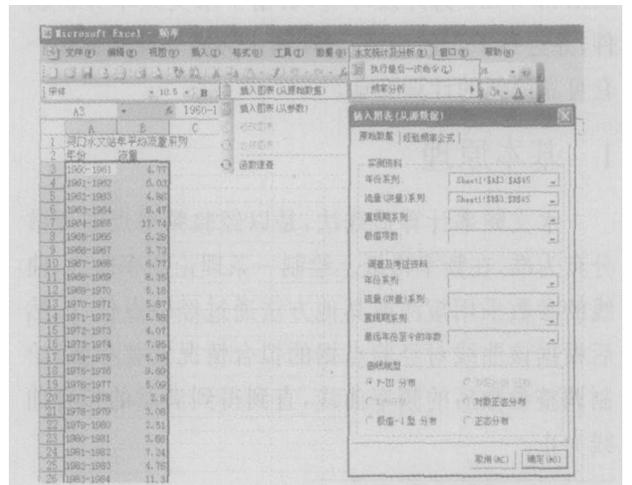


图 1 水文系列绘制频率曲线过程图
Fig 1 Process of drawing up a frequency curve by the hydrologic series

如果经验点与理论频率曲线拟合较差, 可以点

击菜单栏中的“水文统计及分析”,选中“频率分析”,进入“修改图表”,就会出现图3所示对话框,修改参数的同时,理论频率曲线会随着变化,当拟合满意后,点击“确定”退出修改。

本软件还提供了多种经验频率点据,理论频率曲线绘制在同一张频率格纸上的功能,操作也非常方便,只需要选中“频率分析”下的“合并图标”就能完成。

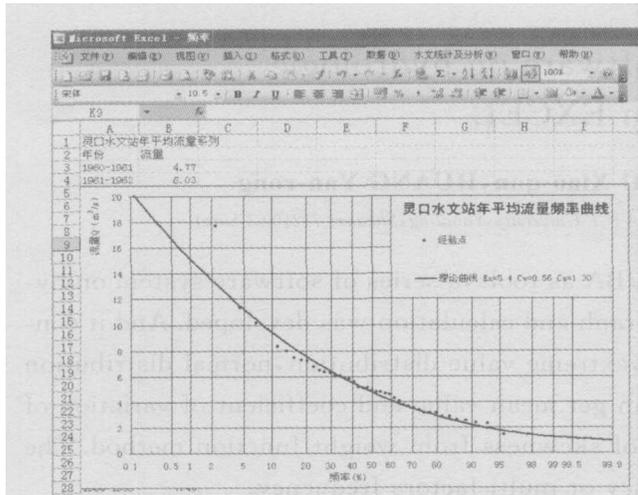


图2 频率曲线成果图

Fig 2 Ultimate frequency curve

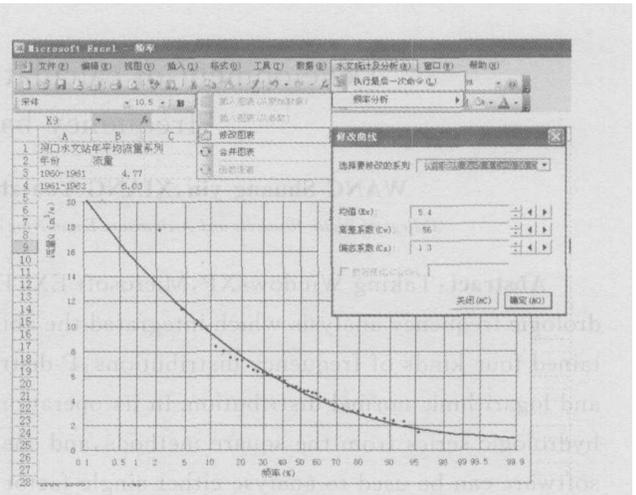


图3 频率曲线修改示意图

Fig 3 Modification of frequency curve

6 结论

本软件是在EXCEL下开发的,具有很强的实用性和通用性,操作简便,数据方式灵活。较之其他同类软件,该软件具有以下特点:

- (1) 操作简单灵活,只要会用EXCEL,就会使用该软件。
- (2) 提供了4种常用的频率分布,能满足一般工程设计和特殊情况的水文分析需要。
- (3) 频率曲线图与EXCEL的图表功能结合,具

有灵活的图形绘制、修改和打印功能,既可以实现单水文要素的频率分析,也能进行多水文要素的频率曲线合成。

当然,由于水文频率分析中涉及的频率分布线型较多,且函数形式都很复杂,要通过EXCEL的内置函数或其变形全部实现有一定的难度,所以本软件中只有4种分布线型。另外,本软件的适用参数范围为 $P < 0.005\%$ 且 $0.1 < C_s < 7.3$ ^[3],在其他范围的适用性尚需进一步探讨。

[参考文献]

- [1] 吴明官,任中海,周庆欣,等. EXCEL在水文频率计算中的应用[J]. 水文, 2001, 21(5): 45-47.
- [2] 关志成,梨书铨,袁国臣. 多功能水文频率分析计算软件的研制和应用[J]. 水文, 2004, 24(1): 39-41, 9.
- [3] 耿鸿江. EXCEL在P-III型分布频率计算中的应用研究[J]. 水电能源科学, 2002, 20(3): 41-43.
- [4] 郑希娟,李岩. 电子表格在洪水频率分析中的应用[J]. 水文, 2002, 22(4): 37-41.
- [5] 郭磊,赵英林. 水文频率分析软件的开发[J]. 中国农村水利水电, 2002(9): 64-65.
- [6] 林莺,李世才. 水文频率曲线简捷计算和绘图技巧[J]. 水利水电技术, 2002, 33(7): 52-53.
- [7] Scott D F. Visual Basic for Applications 5 实用大全[M]. 盖凯军,吴芝莘,译. 北京:中国水利水电出版社, 1999.
- [8] Paul Sanna. Visual Basic for Applications 5 开发使用手册[M]. 沈刚,译. 北京:机械工业出版社, 1997.
- [9] 王俊德. 水文统计[M]. 北京:水利电力出版社, 1993.
- [10] 黄振平. 水文统计学[M]. 南京:河海大学出版社, 2003.
- [11] 金光炎. 水文分析中的经验频率[J]. 水文, 1994, 14(1): 1-9.
- [12] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程水文计算规范(SL 278-2002). 北京:中国水利水电出版社, 2002.
- [13] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程设计洪水计算规范(SL 44-93). 北京:水利电力出版社, 1993.
- [14] 任树梅,李靖. 工程水文与水利计算[M]. 北京:中国农业出版社, 2005.
- [15] 《中国水力发电工程》编委会. 中国水力发电工程:工程水文卷[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.

- [16] 王春霞,黄振平,马军建,等. 几种频率曲线稳健性初步研究[J]. 河海大学学报:自然科学版,2004,32(4):380-388
- [17] 金光炎. 水文频率分析述评[J]. 水科学进展,1999,10(3):319-327.
- [18] 马秀峰. 计算水文频率参数的权函数法[J]. 水文,1984(4):1-8
- [19] 梁忠民,宁方贵,王钦钊. 权函数水文频率分析方法的一种应用[J]. 河海大学学报:自然科学版,2001,29(4):95-98

Development of calculation software on hydrologic frequency based on EXCEL

WANG Shuang-yin, XIANG You-zhen, ZHU Xiao-qun, HUANG Yan-rong

(College of Water Resources and Architecture Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking Windows XP, Microsoft EXCEL and VBA as tools, a series of software system on hydrologic frequency analysis which integrated the ability of graph and calculation was developed. And it contained four kinds of frequency distributions: Γ -distribution, extreme value distribution, normal distribution and logarithmic normal distribution. In its operation, one can get mean value and coefficient of variation of hydrologic series from the square methods, and coefficient of skewness from weight function method. The software can be used to analyse either single factor frequency or multi-factors frequency.

Key words: hydrology frequency calculation; Software Development; EXCEL; VBA; frequency distribution curve; parameter estimation

(上接第112页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)04-0110-EA

Clarification effect of different clarificants and physical-chemical compositions of mulberry juice

REN Yu-qiao^a, WANG Hua^{a,b}, LIANG Yan-ying^a

(^a College of Enology, ^b College of Food science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper compared the clarification effect and physical-chemical compositions of mulberry juice, and the results showed it produced better clarification result to use 700 mg/L Bentonite, 160 mg/L Pectinase, 200 mg/L Casein, 50 mg/L PVPP singly at 3-5 for 18 hours. Clarificants reducing contents of soluble protein, tannins and anthocyanin remarkably were at different concentrations. The sole use of 500 mg/L Bentonite, 40 mg/L Pectinase and 50 mg/L PVPP could reduce the content of soluble protein obviously in mulberry juice; 400 mg/L Bentonite, 80 mg/L Pectinase, 300 mg/L Casein and 200 mg/L PVPP could reduce the content of tannins obviously in mulberry juice; 700 mg/L Bentonite, 160 mg/L Pectinase, 300 mg/L Casein and 150 mg/L PVPP could reduce the content of anthocyanin obviously in mulberry juice.

Key words: clarificant; mulberry juice; clarification effect; physical-chemical composition