

# 基于 Matlab 的江苏沿海潮位水文频率分析

侍翰生, 张 艳, 曹命凯, 周 杨

(江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225127)

**摘要:** 本研究针对江苏省沿海潮位的特点, 利用 Matlab 软件强大的工具箱和图形处理技术, 编制皮尔逊Ⅲ型频率曲线分析计算的 M 文件, 同时给出水文频率分析在人机交互界面中的运行效果。通过编程计算, 得出不同频率情况下各沿海潮位站对应的潮位计算结果, 并将其与原成果进行了比较和分析, 进一步论证了设计潮位所采用成果的合理性和可行性。

**关键词:** Matlab; 沿海潮位; 频率分析

**中图分类号:** TV123      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-7839 (2016) 09-0020-04

## Hydrological frequency analysis of the tide level along the coast of Jiangsu based on Matlab

SHI Hansheng, ZHANG Yan, CAO Mingkai, ZHOU Yang

(Jiangsu Surveying & Design Institute of Water Resources Co., Ltd, Yangzhou 225127, Jiangsu)

**Abstract:** According to the characteristics of the tide level along the coast of Jiangsu Province, the M files are compiled for analyzing the Pearson type III frequency curve by Matlab optimization toolbox and graphics processing technology. The operation effect of hydrological frequency analysis on human computer interaction interface is presented. By programming calculation, the tide calculation results of the coastal tide stations under different frequency are given. The rationality and feasibility of the design tide results are demonstrated through the comparison and analysis of the factors with the original tide level.

**Key words:** Matlab; tide level along the coast; frequency analysis

## 0 引言

在我国, 水文频率分析计算一般采用皮尔逊Ⅲ型频率曲线作为水文分布频率曲线。随着计算机应用水平的不断发展, 水文频率分析软件应运而生, 从而取代人工试算绘图以及单个程序计算的繁琐操作。如董秀强等<sup>[1]</sup>应用 Excel 绘制皮尔逊Ⅲ型频率曲线并完成水文频率分析计算, 赵培颖等<sup>[2]</sup>研究了 Visual Basic 程序在绘制皮尔逊Ⅲ型频率曲线中的应用, 王剑锋等<sup>[3]</sup>结合 Matlab 技术<sup>[4]</sup>进行了分布函数的参数计算及频率曲线分析。本文在已有研究成果的基础上, 针对江苏省沿海

潮位频率分析的特点, 利用 Matlab 软件编制皮尔逊Ⅲ型频率曲线分析计算的 M 文件, 并实现图形界面的可视化操作。

## 1 计算理论

### 1.1 目估适线法

目估适线法是我国估计水文频率曲线统计参数最主要的方法, 它是以经验频率点据为基础, 选配一条拟合较好的理论频率曲线, 利用频率曲线与经验频率点据相配合来估计水文要素总体的统计规律。具体步骤如下:

(1) 将实测资料由大到小排列, 计算各项的

收稿日期: 2016-06-27

作者简介: 侍翰生 (1986-), 男, 博士, 工程师, 主要从事水利规划与管理工作。

经验频率,以变量的取值为纵坐标,以频率为横坐标,在频率格纸上点绘经验点据;

(2) 选用皮尔逊Ⅲ型频率曲线作为水文频率分布线型,采用矩法、权函数法、概率权重矩法等方法估计出频率曲线参数的初估值 $\bar{x}$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ ,用矩法估算时,因 $C_s$ 的抽样误差太大,一般根据经验假定 $C_s/C_v$ 来估计 $C_s$ ;

(3) 根据拟定的 $\bar{x}$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ 初始值,由不同的频率查“皮尔逊Ⅲ型频率曲线的模比系数 $K_p$ 值表”,得到模比系数 $K_p$ 值,并计算 $x_p$ 值;

(4) 以 $x_p$ 为纵坐标, $P$ 为横坐标,即可得到频率曲线,将此线画在绘有经验点据的图上;

(5) 分析曲线与经验点据的配合情况,通过不断调整 $\bar{x}$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ 统计参数值,从而得到几条理论频率曲线,选择一条与经验频率点据配合较好的曲线作为采用曲线,相应于该曲线的参数便看作是总体参数的估计值;

(6) 求指定频率的水文变量设计值。

## 1.2 皮尔逊Ⅲ型分布

英国生物学家皮尔逊经研究提出了13种分布曲线的类型,其中第Ⅲ型曲线被引入水文计算中,用途比较广泛。皮尔逊Ⅲ型曲线是一条一端有限、一端无限的不对称单峰、正偏曲线,数学上称为伽马分布,其概率密度函数为:

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

式中:

$\Gamma(\alpha)$ — $\alpha$ 的伽马函数;

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $a_0$ —分别为皮尔逊Ⅲ型曲线分布的形状、尺度和位置参数, $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ 。

显然 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $a_0$ 这3个参数一旦确定,该密度函数便随之确定。可以推证,这3个参数与总体的3个参数 $\bar{x}$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ 具有下列关系:

$$\alpha = \frac{4}{C_s^2}; \quad \beta = \frac{2}{\bar{x}C_vC_s}; \quad a_0 = \bar{x}(1 - \frac{2C_v}{C_s}) \quad (2)$$

同时,在水文计算中,一般需要推求随机变量 $X$ 取值大于等于某一数值 $x_p$ 的概率 $P$ ,由分布函数和密度函数之间的关系可知:

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

## 2 程序设计

一个完整的GUI设计主要包括两个步骤:①

图形界面的结构设计,利用设计向导构造整个图形界面,合理设计菜单、安排控件位置等,并进行必要的属性设计;②功能设计,编写回调函数来实现菜单、控件界面的各种功能等。

根据水文频率分析的功能要求,将界面设计分为3个区:①数据输入拟合区。该区域用于进行数据系列的导入,参数计算方法及拟合等功能;②图形输出区。该区域用于显示频率曲线,包括海森概率格纸、经验点据及理论频率曲线等;③数据输出区。该区域用于输出拟合后的统计参数及相应频率的水文分析计算值等。

其中,图形输出区的海森概率格纸的绘制是该程序设计的一个关键功能,根据已有研究成果,海森概率格纸内概率与普通坐标纸内概率满足一定的关系,根据该关系即可利用Matlab图形绘制函数得到海森概率格纸。

$$P_1 = \frac{50[nor \min v(p, 0, 1) - nor \min v(p_0, 0, 1)]}{nor \min v(1 - p_0, 0, 1)} \quad (4)$$

式中: $nor \min v$ 为Matlab中正态累计函数的逆函数; $p_0=0.01\%$ 。

## 3 实例分析

1996年,江苏省对沿海15个站1950~1994年之间的潮位资料进行频率分析,各站资料系列长短不一,有10个站已积累了38~45年的实测潮位资料,实测资料系列较短的采用相邻站相关分析展延,各站均统一展延为45年同步系列后进行频率分析,各站均设在岸边,实测潮位中包含了风壅水面高,另外潮位分析中考虑了建闸壅高影响。个别站新中国成立前也有断续观测资料,因采用基面不一,不参加频率分析;沿海调查历时高潮位成果,因精度不高,不参加频率分析,只进行频率检验。频率曲线经分析选用P-Ⅲ型线,频率分析成果见表1。

我省沿海大部分潮位站潮位资料系列已延长到2012年,其间经历了1997、2000、2005和2012年的台风高潮。为此,本文在江苏省水利厅工管处和省水文局1996年工作成果的基础上,对其中系列较长的10个水文站1950~2012年系列的潮位资料进行进一步整理,通过利用Matlab软件强大的优化工具箱、丰富的图形处理函数,同时结合GUI技术实现皮尔逊Ⅲ型水文频率曲线分析系统的构建。本文以斗龙港水文站最高潮位

频率计算为例,给出水文频率分析在 Matlab 人机交互界面的运行效果,如图 1 所示。

通过对我省沿海 10 个水文站潮位资料进行

上述水文频率分析,得出各频率对应的潮位计算成果,并将所得成果与原成果进行了比较,具体数值见表 1。

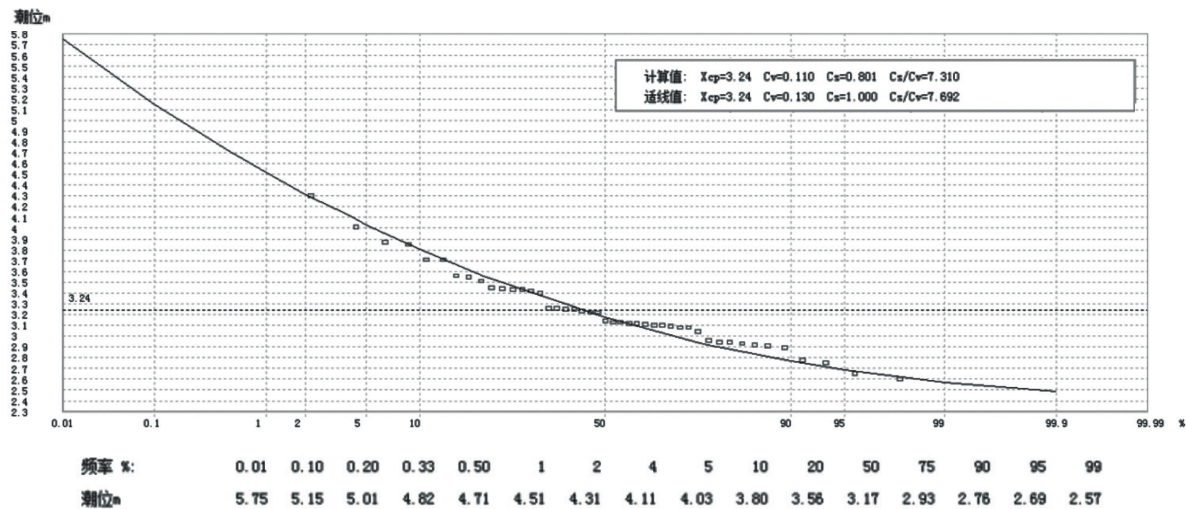


图 1 江苏省沿海斗龙港水文站最高潮位频率曲线分析图

表 1 江苏省沿海各站最高潮位频率计算成果对照表

站名	系列	均值	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	不同频率高潮位（m）			
					0.003	0.005	0.010	0.020
燕尾港	1950-1994	3.220	0.095	0.950	4.400	4.270	4.140	4.020
	1950-2012	3.300	0.090	0.210	4.290	4.240	4.140	4.030
滨海闸	1950-1994	3.160	0.105	1.100	4.420	4.350	4.180	4.020
	1950-2012	3.200	0.170	1.400	4.760	4.640	4.430	4.220
六垛闸	1950-1994	2.710	0.140	1.000	4.180	4.030	3.860	3.670
	1950-2012	2.810	0.140	0.297	4.000	3.930	3.810	3.680
射阳河闸	1950-1994	2.740	0.140	1.500	4.350	4.240	4.020	3.790
	1950-2012	2.830	0.126	0.950	4.150	4.060	3.900	3.730
新洋港闸	1950-1994	2.810	0.140	1.600	4.520	4.380	4.140	3.900
	1950-2012	2.840	0.130	1.300	4.340	4.220	4.030	3.820
斗龙港闸	1950-1994	3.190	0.135	1.600	5.080	4.910	4.650	4.390
	1950-2012	3.240	0.130	1.000	4.820	4.710	4.510	4.310
东台河闸	1950-1994	4.400	0.095	1.600	6.220	6.070	5.820	5.560
	1950-2012	4.480	0.089	1.500	6.170	6.040	5.810	5.570
小洋口闸	1950-1994	5.410	0.095	1.500	7.600	7.420	7.120	6.820
	1950-2012	5.460	0.088	1.400	7.450	7.300	7.030	6.760
遥望港闸	1950-1994	4.440	0.095	1.200	6.080	5.980	5.770	5.550
	1950-2012	4.490	0.085	1.000	5.920	5.820	5.640	5.460
大洋港闸	1950-1994	4.090	0.095	1.100	5.600	5.480	5.290	5.090
	1950-2012	4.180	0.058	0.100	5.150	5.100	5.010	4.910

对照结果表明, 以 50 年一遇高潮位为例, 通过对系列较长的 10 个水文站所得结果进行比较分析, 潮位资料延长之后, 除滨海闸潮位比原计算结果高 0.2 m, 其余 9 个站点所得潮位与原计算结果基本吻合或略有降低。因此, 采用原计算所得潮位作为设计依据, 可以满足要求。

另外, 考虑到我省海堤建筑物设计的需要, 本次还初步进行了沿海 10 个潮位站的最低潮位频率分析计算, 成果见表 2, 供下一阶段设计参考。

开展频率分析计算, 同时利用 matlab 软件编写了相应计算程序对其进行了复核, 进一步论证了原有设计潮位所采用成果的准确性和可行性。

参考文献:

[1] 董秀强, 李欣. 应用 EXCEL 完成水文频率分析 [J]. 水利科技与经济, 2010 (10): 1190-1191.  
[2] 赵培颖, 金冶, 张忠孝. Visual Basic 在绘制 P-Ⅲ频率曲线中的应用 [J]. 水利规划与设计, 2008 (2): 55-57.

表 2 江苏省沿海各站最低潮位频率计算成果表

站名	系列	均值	$C_v$	$C_s$	不同频率低潮位 (m)		
					5%	2%	1%
燕尾港	1950-2012	-1.600	0.135	1.500	-2.470	-2.640	-2.770
滨海闸	1950-2012	-0.920	0.750	0.100	-1.080	-1.380	-1.590
六垛闸	1950-2012	-0.380	1.860	0.850	-1.690	-2.130	-2.450
射阳河闸	1950-2012	-1.590	0.084	0.439	-1.830	-1.900	-1.940
新洋港闸	1950-2012	-1.660	0.250	0.100	-2.350	-2.530	-2.660
斗龙港闸	1950-2012	-1.550	0.180	-1.300	-1.890	-1.920	-1.940
东台河闸	1950-2012	0.590	0.500	-0.300	0.080	-0.060	-0.160
小洋口闸	1950-2012	0.800	0.834	-1.500	-0.500	-1.030	-1.420
遥望港闸	1950-2012	0.670	0.250	-0.307	0.380	0.300	0.240
大洋港闸	1950-2012	2.350	0.095	-0.042	0.220	0.140	0.060

4 结语

本文利用现有的“水文频率曲线计算模块”对沿海各水文站延长后的最高、最低潮位系列资料

[3] 王剑锋, 李宏伟, 宋松柏, 等. 基于 MATLAB GUI 技术的水文频率计算 [J]. 人民黄河, 2010 (10): 42-44.  
[4] 王沫然. MATLAB 与科学计算 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

(责任编辑: 王宏伟)