

# 采用变换法估算洪水流量

赵佩兰

(土木工程系)

摘 要

本文应用变量变换法使洪水流量的偏态分布趋向正态,并根据正态分布的参数推算给定频率的洪水变换值,最后转化为设计洪水。文中利用福建省九龙江流域、晋江流域的实测水文资料,对变换法和现行P-Ⅲ型适线法进行比较,结果表明,变换法是可行的。

**关键词:** 设计洪水, 正态分布, 适线法

## 一、前 言

在各种水利工程或防洪、排水工程中,都需要计算规定频率的洪水流量,现行的方法是把实测洪峰流量作为随机变量进行统计。大量的资料表明,水文系列属于不对称的偏态系列,可以假定总体的分布为包含三个参数的皮尔逊Ⅲ型曲线。为避免偏态系数 $C_s$ 计算的抽样误差,工程上用图解适线法估计总体的统计参数,从而推求所需的信息。现在的问题是理论上适线法的准则应是频率曲线与经验点据的纵向离差之和最小,但由于这样做工作量太大,因此目前广泛使用的是目估定线的方法。当曲线与点据配合较差时,不同人适线由于考虑方式不同,结果往往差别很大,使其成果带有任意性。

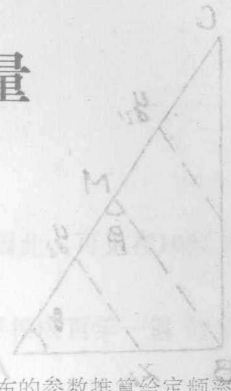
在数学上常常可以用变量变换的方法把偏态系列转化为正态系列,而正态分布具有二个统计参数——均值和离势系数,其计算简单,抽样误差小。为此本文设想把洪水资料进行变换,使其正态化,然后利用正态分布的特性先求出规定频率的新变量值,最后再转化为洪水流量。常用的变换为 $\lg x$ 、 $1/x$ 、 $\sqrt{x^2+a^2}$ ,但在水文系列中这些变换都不能得到满意的结果,本文采用三角形变换法,对十个实测系列进行统计,求得各种频率的洪水流量,并与适线法成果作比较,可以发现本方法具有一定的实用意义。

## 二、基本原理

### 1. 三角形变换

设有一实测洪水系列,按大小次序排列为 $X_1, X_2, \dots, X_n$ , 资料年份为 $n$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$

本文1989年9月20日收到。



...,  $n$ . 系列的中值为 $\bar{X}$ , 最大值为 $X_1$ , 最小值为 $X_n$ .

按一定比例作直角三角形 $ABC$ , 使 $\overline{AB} = \bar{X} - X_n$ ,  $\overline{BC} = X_1 - \bar{X}$ , 即三角形三个顶点 $A, B, C$ 分别代表 $X_n, \bar{X}, X_1$ , 在图中作 $B$ 与斜边中点 $M$ 的连线, 则新变量 $y$ 将等地分布于 $M$ 的二边线段 $\overline{AM}$ 及 $\overline{MC}$ 上(图1).

现根据三角形关系求出 $y$ 与洪水量 $X$ 的关系, 由图中可见:

$$\theta = \arctg \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = \arctg \frac{X_1 - \bar{X}}{\bar{X} - X_n}, \quad (1)$$

$$\beta = 180^\circ - 2\theta.$$

当 $X_i \leq \bar{X}$ 时, 洪水流量位于 $\overline{AB}$ 边上. 作 $\overline{x_i y_i} \parallel \overline{BM}$ ,

由正弦定理 $\frac{\overline{Ay_i}}{\overline{Ax_i}} = \frac{\sin \theta}{\sin \beta}$ , 所以

$$\overline{Ay_i} = \frac{\overline{Ax_i} \cdot \sin \theta}{\sin \beta} = \frac{X_i - X_n}{2 \cos \theta}, \quad (2)$$

当 $X_i > \bar{X}$ 时, 洪水流量位于 $\overline{BC}$ 边上, 作 $\overline{x_i y_i} \parallel \overline{BM}$ , 则

$$\overline{Ay_i} = \frac{X_1 - \bar{X}}{\sin \theta} - \frac{X_1 - X_i}{2 \sin \theta} = \frac{X_1 - 2\bar{X} + X_i}{2 \sin \theta}, \quad (3)$$

线段 $\overline{Ay_i}$ ,  $\overline{Ay_i}$ 即为新变量值, 以下均用 $y$ 表示, 对于防洪工程上要求的 $P < 50\%$ 的某一频率为 $P$ 的洪水流量应为

$$X_p = 2y_p \sin \theta + 2\bar{X} - X_1. \quad (4)$$

## 2. $y_p$ 的推求

对于正态分布系列,  $y_p$ 值计算公式:

$$y_p = \bar{y} + t_p \sigma, \quad (5)$$

式中:  $\bar{y}$ 为系列均值,  $\sigma$ 为系列均方差,  $t_p$ 为给定频率 $P$ 之相应常数.  $t_p$ 可按频率 $P$ 值在正态曲线表中查得. 例如当 $P = 1\%$ 时查得 $t_p = 2.326$ .

## 三、计算实例

福建省晋江流域安溪水文站具有29年实测洪峰流量资料, 按适线法计算系列均值 $\bar{X} = 2846 \text{ m}^3/\text{s}$ , 离势系数 $C_v = 0.6$ , 偏态系数 $C_s = 2.1$ . 现用变换法求百年一遇洪峰流量的计算步骤如下:

1. 洪水系列中值 $\bar{X} = 2380 \text{ m}^3/\text{s}$ , 最大值 $X_1 = 7620 \text{ m}^3/\text{s}$ , 最小值 $X_{29} = 1090 \text{ m}^3/\text{s}$ , 由方程(1)求得 $\theta = 76^\circ 10'$ . 当 $X_i \leq 2380 \text{ m}^3/\text{s}$ 时用方程(2)计算

$$y_i = \frac{X_i - 1090}{0.476}, \quad (i = 15, 16, \dots, 29),$$

当 $X_i > 2380 \text{ m}^3/\text{s}$ 时用方程(3)计算

$$y_i = \frac{X_i + 2860}{1.942}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, 14),$$

$$2. \ y \text{ 系列的均值 } \bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n = 2439 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ 均方差 } \sigma = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} = 1367 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3.  $y$  系列的正态性检验, 使用  $W$  检验法:

$$W = \frac{\left( \sum_{i=1}^n C_{ni} \cdot y_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 0.987,$$

式中  $C_{ni}$  为检验系数, 可查  $W$  检验系数  $C_{ni}$  表。

由  $W$  检验临界值表, 查得  $n = 29$ ,  $\alpha = 10\%$  时  $W$  临界值为 0.937, 因此, 可见在 10% 的显著性水平上, 并不拒绝变量遵从正态分布的假设。

4. 由方程 (5) 得  $P = 1\%$  时,  $y_p = 5619 \text{ m}^3/\text{s}$ 。由方程 (4) 求得相应百年一遇的洪水流量  $Q_{1\%} = x_{1\%} = 8052 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

表 1 所列福建省九龙江流域、晋江流域十个实测洪水系列用变换法求得的各种洪峰流量值。这些河流的集水面积  $30 \times 10^8 - 85 \times 10^8 \text{ m}^2$ , 系列长为 18 至 29 年。表中同时列出用适线法计算的相应频率洪水流量, 以便比较。

#### 四、几点看法

1. 上述十个洪水系列的偏态系数  $C_s = 1.5 - 2.2$ , 但经变换后进行  $W$  检验,  $W$  值均大于 0.940 ( $\alpha = 10\%$ )。可见三角形变换可以校正系列的偏态, 使它趋向正态分布, 因此在实际应用时正态检验可以免去。

2. 由表 1 可见当  $P = 20\%$ ,  $P = 10\%$ , 变换法成果比适线法成果平均偏大 4%, 而随重现期的增长逐渐接近, 而后趋向偏小, 到  $P = 1\%$  时平均偏小 10%, 此值在水文计算允许的误差范围之内。此外应该指出, 适线法在目估定线时较多考虑上端经验点据与曲线的配合, 所以适线法的成果是偏安全的。

3. 变换法的优点在于计算简便, 它以中值为基础, 尤其是不需要计算偏态系数  $C_s$ , 也无需要作图, 因此可以克服适线法的任意性, 有利于当资料短缺时中、小流域的洪水估算。

#### 参 考 文 献

- [1] 方开泰等, 数理统计与标准化, 技术标准出版社, (1983)。
- [2] 金光炎, 水文统计的原理与方法, 水利电力出版社, (1960)。
- [3] 丛树铮等, 水文频率计算中参数估计方法的统计试验研究, 水利学报, 3 (1980)。
- [4] 郭生练, 考虑历史洪水资料, 频率计算方法, 武汉水利电力学院学报, 1 (1988)。

表1 福建省九龙江、晋江流域实测洪峰系列按二种方法计算成果比较

水系	河名	站名	集水面积 ( $\times 10^4 \text{m}^2$ )	资料年限	计算方法	0.1%	0.5%	1%	2%	5%	10%	20%
晋江	西溪	安溪	2466	29	适线法 适本	13146 10019	10300 8612	9106 8052	7854 7283	6260 6202	5037 5240	3841 4080
晋江	东溪	洪坑	1704	27	适线法 适本	7249 5372	5793 4710	5158 4338	4524 4039	3668 3513	3033 3053	2365 2488
九龙江	北溪	浦南	8490	23	适线法 适本	13200 11177	10985 9914	10030 9314	9032 8662	7729 7681	6544 6810	5558 5755
晋江	晋江	石砦	5060	26	适线法 适本	15326 11410	12314 10007	11034 9322	9678 8576	7908 7455	6478 6460	5159 5254
九龙江	西溪	柳溪	31.5	23	适线法 适本	274 223	225 197	203 185	181 170	152 150	129 132	106 106
九龙江	西溪	郑店	2920	22	适线法 适本	9308 7988	7402 6882	6345 6345	5718 5761	4645 4884	4812 4103	2970 3158
九龙江	北溪	漳平	4930	21	适线法 适本	11941 9455	9667 8283	8656 7713	7645 7092	6286 6159	5244 4971	4170 4328
木兰溪	木兰溪	濑溪	1070	20	适线法 适本	7313 5367	5730 4667	5066 4325	4369 3954	3483 3396	2802 2900	2137 2500
九龙江	西溪	船场	790	18	适线法 适本	2724 2266	2266 2020	2089 1899	1863 1768	1595 1575	1371 1400	1147 1190
九龙江	北溪	龙门	192	20	适线法 适本	1255 1002	969 857	860 786	726 708	568 593	452 490	336 366

## Flood Flow Estimate by the Method of Variable Transformation

Zhao Peilan

### Abstract

This paper presents a method of variable transformation for estimating the flood flow. By applying this method, the skew distribution of flood flow turns towards normal. Thereby the transformed values of flood in given frequency can be calculated according to the normal distributed parameters and converted into design-flood. The application of this method is compared with that of the existing Pearson type III curve fitting method on the measured hydrological data gathering from Jiu Long Jiang river valley and Jin Jiang river valley. The comparison confirms the feasibility of this method.

**Key words** design flood, normal distribution, Curve fitting method