

电算绘图技术在频率计算中的应用

林性粹 冯国章

(西北农学院水利系)

提 要

在水利、水电工程的规划、设计、管理以及其它许多学科领域中,经常需要对水文、气象等资料进行频率计算,以取得所必需而又可靠的基本设计数据。

随着电子技术的发展,在频率计算中已逐渐普遍采用了计算器和电子计算机,使不太复杂的繁琐计算大为简化,大大节省了时间和工作量。本文着重介绍应用微型电子计算机BASIC算法语言绘图技术进行频率计算的基本方法,并选用PC—1500袖珍计算机来完成所举实例的频率计算与绘图配线工作。

一、 前 言

在水利、水电工程的规划、设计管理以及其它许多学科领域中,经常需要对水文、气象等资料进行频率计算,以取得所必须而又可靠的基本设计数据。

频率计算的理论根据是概率论与数理统计学原理。频率计算法是概率统计法中的主要内容之一,也是现阶段水文、气象等分析计算中最常用的一种传统计算方法。

对水文、气象等资料进行频率计算的一般方法步骤是:首先对收集的资料进行审查,符合要求后采用适线法目估选配理论频率曲线,最后按最优拟合统计参数计算或从最优拟合频率曲线上查出设计频率下的设计值。

随着电子技术的发展,在频率计算中已逐渐普遍采用了计算器和电子计算机,使不太复杂的繁琐计算大为简化,大大节省了时间和工作量。但目前这种频率计算只局限于数值计算,或按一定适线准则由电子计算机优选统计参数,然后进行配线,以确定设计频率下的设计值。为进一步开发电子计算机多种实用功能,本文将着重介绍应用电子计算机绘图技术进行频率计算的基本方法,并选用PC—1500机来完成频率计算与绘图配线工作。

PC—1500袖珍计算机的功能较齐全,它不仅具有一般计算器的数值计算功能,同时还可采用BASIC语言进行程序运算、数据处理和自动控制等功能;并外接有黑、蓝、绿、红四色窄行打印机,可打印九种不同大小字符、十种不同规格线型,还可在四个方向旋转打印,从而画出各种图形和表格。液晶显示位数多,并可按列控制显示。加接贮存模块能扩大主机存贮量。可将程序和资料(数据与文字)录在磁带上备用,并可与两台录音机联合使用。而其最为突出的特点是:体积小,重量轻,便于随身携带,对使用

环境要求不高, 很易掌握, 因此更便于推广普及; 对于农田水利及其它学科中的一般计算问题, 其加接8k或16k模块后完全可以满足要求。这就是作者为什么特别推崇PC-1500机的理由。当然, 文中所述方法也适用于一切具有绘图功能的电子计算机, 如APPLE-II PLUS机和PZ-80机等。

二、频率计算的数学模型

1. 经验频率

在频率计算中, 样本系列的经验频率一般用数学期望公式计算, 即

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: P ——大于或等于第 m 个变量的经验频率(%) ;

n ——样本容量, 即观测资料的总项数;

m ——样本中变量从大到小排列的序号。

对于完全样本(即连续系列), $m=1, 2, \dots, n$ 。对于不完全样本(即实测系列不连续), 计算特大值经验频率时, (1)式中的 m (常用 M 表示) $=1, 2, \dots, a+b$, 其中 a 为连续系列以外的特大值数目, b 为连续系列内的特大值数目, n 为最大值的重现期(常用 N 表示); 对于一般值, (1)式中的 $m=b+1, b+2, \dots, n$, n 为连续系列样本容量。

2. 统计参数

现行的频率计算方法中, 一般用矩法计算统计参数。计算均值、变差系数及偏差系数的通式为

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^{a+b} X_i + \frac{N-(a+b)}{n-b} \sum_{i=b+1}^n X_i \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^{a+b} (X_i - \bar{X})^2 + \frac{N-(a+b)}{n-b} \sum_{i=b+1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]} \\ &= \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^{a+b} (K_i - 1)^2 + \frac{N-(a+b)}{n-b} \sum_{i=b+1}^n (X_i - 1)^2 \right]} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{1}{(N-3) C_v^3 \bar{X}^3} \left[\sum_{i=1}^{a+b} (X_i - \bar{x})^3 + \frac{N-(a+b)}{n-b} \sum_{i=b+1}^n (X_i - \bar{x})^3 \right] \\ &= \frac{1}{(N-3) C_v^3} \left[\sum_{i=1}^{a+b} (K_i - 1)^3 + \frac{N-(a+b)}{n-b} \sum_{i=b+1}^n (K_i - 1)^3 \right] \quad (4) \end{aligned}$$

式中, \bar{X} ——样本均值,

X_i ——从大到小排列的样本变量,

C_v ——变差系数,

K_i ——从大到小排列的模比系数 ($K_i = \frac{X_i}{\bar{X}}$),

C_s ——偏差系数,

N ——最大值重现期,

其它符号意义同前。

很明显, 当 $a = 0$, $b = 0$, $N = n$ 时, 上三式即为计算完全样本统计参数的一般公式。

3. 设计值

统计参数确定后, 通常采用查离均系数表的方法计算设计值, 其公式为

$$X_p = \bar{X} (1 + C_v \Phi_p) \quad (5)$$

式中 X_p ——设计频率为 P 的设计值,

Φ_p ——设计频率为 P 的离均系数, 从离均系数 Φ 表中查得。

本文采用上述公式作为频率计算的数学模型, 并用 P —Ⅲ型曲线作为理论频率曲线。

三、程序设计框图

本文旨在将计算机绘图技术应用于频率计算, 故程序设计基本上遵循目估适线法的计算过程, 即

1. 输入数据

(1)、输入样本系列

首先输入 N 、 a 、 n 、 b 。对于完全样本, $N = n$, $a = 0$, $b = 0$, 然后输入 n 个变量; 对于不完全样本, 输入 $a + n$ 个变量。

(2) 输入 P —Ⅲ型曲线离均系数 Φ 表

考虑到计算机容量的限制及实用性, 仅输入偏差系数 $C_s = 0.2 \sim 4.0$ 中 C_s 为偶数 (取一位小数) 的 20 组 Φ 值, 每组 20 个数, 相应的频率 P 依次为 0.01, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 99 (从曲线的光滑程度及设计要求考虑)。对于该数域内 C_s 为奇数的 Φ 值, 取相邻两组的平均值 (由计算机完成)。这样, Φ 值为 400 个数。 Φ 与 P 用 DATA 语句编入程序, C_s 由赋值语句赋值。若超出此数域, 可直接用键盘输入 Φ 值。

2. 计算经验频率

将样本系列从大到小排列, 然后分别不同情况 (完全样本或不完全样本) 计算经验频率 (F), 并输出结果。

3. 计算统计参数

由于样本系列一般较短, 用矩法计算的偏差系数 C_s 误差较大, 因此只计算均值 \bar{X} 和变差系数 C_v , 并将其输出; C_s 通过适线选定。

4. 计算 K_p 值

有了 \bar{X} 和 C_v 值, 可假定一 C_s 值, 令计算机查 Φ 表 ($0.2 > C_s > 4.0$ 时用键盘输入), 并计算 K_p 值。

5. 绘图适线

首先按打印机的制图性能及纸的尺寸选择好绘图坐标, 确定图幅, 然后根据计算结果作 $(\frac{X_i}{\bar{X}})/K_{0.01} \sim F_i$ (经验点据, $i = 1, 2, \dots, n+a$) 和 $K_{pj}/K_{0.01} \sim P_j$ (理论频率曲线, $j = 1, 2, \dots, 20$) 图。为了固定图幅尺寸, 纵坐标取相对坐标, 即 $(\frac{X_i}{\bar{X}})/K_{0.01}$ 和 $K_{pj}/K_{0.01}$ ($K_{0.01}$ 为 $P = 0.01$ 的 K_p 值, 亦即输入的 P 的最小值所对应的 K_p 值)。

6. 目估判别适线结果

目估判别理论频率曲线与经验点据拟合佳否, 若拟合良好, 则输入设计频率, 计算并输出设计值; 否则修正参数 (C_v 和/或 C_s) 重新配线, 直到拟合最佳为止。对于不完全样本, 由于计算均值时假定 N 年中 $N-a-n$ 年的值等于 $n-b$ 年的平均值, 一般偏小, 因此, 有时尚需修正均值。

上述程序设计的通用电算框图如图 1 所示。

四、计算实例

按图 1 所示框图编写的程序在 PC-1500 机进行了各种计算, 现举例如下:

1. 设计年降水量计算实例

本文用某气象站 1958—1982 年共 25 年的年降水量资料进行频率计算。由样本系列算出 $\bar{X} = 516.1$ 毫米, $C_v = 0.23$, 经三次适线, 确定了统计参数 ($\bar{X} = 516.1$ 毫米, $C_v = 0.25$, $C_s = 0.5$), 并求得不同设计标准 (频率) 的年降水量 (如图 2)。其计算过程如下:

输入 $N = 25$ (即对于完全样本 $N = n$), $a = 0$, $n = 25$, $b = 0$, 然后按年份依次输入逐年的降水量 X_i : 497.7, 524.5, ..., 293.0。

输入上述变量后, PC-1500 机打印出排列后的 X_i 及相应的经验频率表 (图 2 中的 TABLE 1), 然后打印出计算的均值 $X_0 = 516.05$ (即 \bar{X}) 与变差系数 $C_v = 0.23$, 并显示 “ $C_s = ?$ ”; 此时可根据适线经验大致按 C_v 与 C_s 的倍比关系输入 C_s 的初试值。本例第一次适线 $C_s = 0.5$ 。

因为 $0.2 < C_s < 4.0$, Φ 值已编入程序, 故不必键入 Φ , PC-1500 机便根据规定

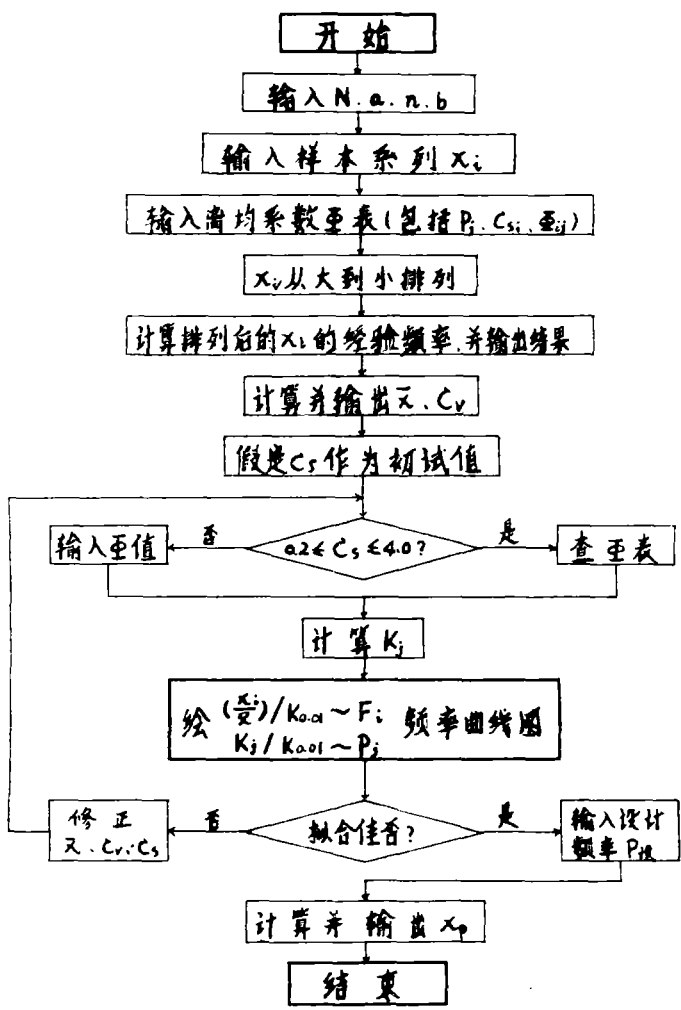


图1 频率计算程序设计框图

图幅及计算结果绘制 $(\frac{Xi}{\bar{X}}) / K_{0.01} \sim Fi$ 与 $Kpj / K_{0.01} \sim Pj$ 图。

第一次适线结果不理想，故修正参数进行第二次适线，但结果仍不满意，故进行第三次适线，认为适线结果满意（图 2 中的 FIG.3），至此，适线结束。

适线满意后，输入 8 个设计频率，PC—1500 机按适线选定的统计参数计算并打印出 8 个不同频率及与其相对应的设计年降水量（图 2 中的 TABLE 2）。到此，计算结束。

2. 设计年平均径流量计算实例

某水文站实测 1958—1982 年共 25 年的年平均径流量如表 1。PC—1500 机计算得均值

$\bar{X} = 0.98 \text{米}^3/\text{秒}$, 变差系数 $C_v = 0.53$ 。适线结果 $\bar{X} = 0.98 \text{米}^3/\text{秒}$, $C_v = 0.60, C_s = 1.1$ 。

表 1 某水文站实测年径流资料 (单位: 米³/秒)

年份	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
径流量	1.05	1.20	0.58	0.94	1.12	1.24	1.42	0.91	0.60
年份	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
径流量	2.35	1.36	0.79	1.83	0.70	0.62	1.84	0.35	0.35
年份	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982		
径流量	0.34	0.73	1.38	1.20	0.83	0.57	0.27		

3. 设计洪峰流量计算实例

某水库坝址处共有19年(1954—1972)实测洪峰流量资料。根据历史洪水调查得知, 1922年发生过一次大洪水, 据考证, 此次洪水是1922年以来最大的, 1963年的洪水为第二大洪水, 由此可知 $N = 50, a = 1, n = 19, b = 1$ (资料见表2)。

表 2 某水库坝址处实测与调查的洪峰流量资料 (单位: 米³/秒)

年份	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
洪峰流量	1400	568	1490	800	400	474	956	1320	1170	2320
年份	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1922
洪峰流量	818	1020	464	488	334	774	610	1000	216	2700

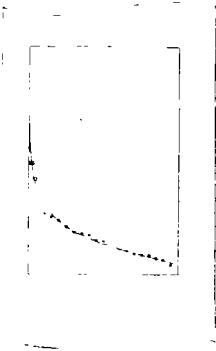


图 3 洪峰流量适线成果

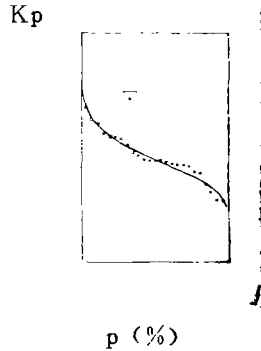
执行程序, 输入上述 $N、a、n、b$ 及 X_i 值, 算得 $\bar{X} = 863 \text{米}^3/\text{秒}$, $C_v = 0.58$ 。由于加入了特大值, 按前述公式计算的均值偏小, 适线时对均值作了修正。适线结果 $\bar{X} = 920 \text{米}^3/\text{秒}$, $C_v = 0.65, C_s = 1.8$ (见图3)。

为了验证计算机适线成果的可靠性, 对上述各例进行了人工适线, 经对比, 两种方法结果相同。这表明用电子计算机绘图适线是可靠的, 同其它方法一样, 可求得合理而可靠的成果。

TABLE 1 EMPIRICAL
FREQUENCY

1	XI	P (%)
1	764.30	3.85
2	707.90	7.69
3	690.40	11.54
4	640.60	15.38
5	622.70	19.23
6	621.10	23.08
7	613.40	26.92
8	580.40	30.77
9	540.50	34.62
10	524.50	38.46
11	507.20	42.31
12	500.10	46.15
13	497.80	50.00
14	497.70	53.85
15	490.30	57.69
16	485.10	61.54
17	477.80	65.38
18	475.10	69.23
19	472.80	73.08
20	441.30	76.92
21	434.00	80.77
22	382.10	84.62
23	338.40	88.46
24	302.70	92.31
25	293.00	96.15

XO = 516.05

C_v = 0.23FIG.3 PROBABILITY
CURVETABLE 2 DESIGN
VALUES

P (%)	X _p
10.00	687.08
20.00	620.61
50.00	505.13
70.00	441.27
75.00	423.85
80.00	406.43
90.00	359.33
95.00	324.50

图 2 年降水量适线实例

参 考 文 献

- [1] 金光炎:《水文统计原理与方法》,中国工业出版社,1964。
- [2] 华东水利学院:《水文学的概率统计基础》,水利出版社,1981。
- [3] 丛树铮等:“水文频率计算中参数估算方法的统计试验研究”,《水利学报》,1980年第3期。
- [4] 华东水利学院等:《水文及水利水电规划》(上册 工程水文),水利出版社,1980。
- [5] 刘宗林:《BASIC算法语言及其在PC-1500计算机上的应用》(修订本),《四川水利发电》,1984年增刊1号。

The Application of Computer Plotting Techniques to the Frequency Computaion

Lin Xincui

Feng Gouzhang

(Northwestern College of Agriculture)

Abstract

The frequency computation is often conducted on the hydrological and meteorological data in the planning/designing/management of water conservancy and hydroelectric project and other spheres of disciplines so as to obtain the necessary but reliable basic data.

With the development of electronic techniques, the calculators and computers have gradually found wide application in the frequency computation. In this way, the less complex but heavy computation has been so greatly simplified that much labour force and time have been saved. This paper put more stress on the introduction of the application of the plotting techniques of BASIC language of microcomputers and the basic method to conduct the frequency computation. And PC-1500 pocket computer has been selected to be used to finish the frequency computation and work on plotting cable matching of examples given.