

历史洪水重现期的误差对设计洪水的影响

黄振平,王春霞,马军建

(河海大学水文水资源及环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 探讨了历史洪水及其重现期的误差对洪水频率计算成果的影响及不同适线准则下计算结果的差别. 计算表明 历史洪水重现期越长,设计洪水成果的稳定性越好、精度越高. 按平方和准则(离差平方和达最小)比绝对值准则(离差绝对值之和达最小)适线更好一些. 在本文采用的适线准则前提下,尽管历史洪水重现期有一定误差,但仍能有效地提高设计洪水成果的可靠性.

关键词 历史洪水 重现期 设计洪水

中图分类号 :P333 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2002)01-0079-04

在水文计算中,利用实测洪水系列对总体参数进行估计并据此将频率曲线外延,以推求各种设计频率的洪水是我国洪水频率计算的基本方法. 如果参数估计不可靠,曲线外延就不会合理,这将使估计的设计洪水数据偏大或偏小. 前者会导致投资增大,造成浪费,后者会降低工程的安全性,有可能造成巨大灾害.

为了增加洪水系列的代表性,使频率曲线的外延多些依据,实践表明在洪水频率计算中考虑历史洪水的作用,对减少抽样误差,使计算成果趋于比较合理和相对稳定的效果是明显的. 然而,历史洪水资料多从调查考证中获得,其数量和重现期的确定很困难,可能存在相当大的误差,研究这类误差对频率计算成果的影响,对正确处理历史洪水,提高设计成果,无疑是有重要意义的.

1 研究方法

本文应用统计分析方法,研究历史洪水重现期的误差对设计理论值的影响,其影响主要从设计值相对误差的均值与方差及设计值相对误差改变量的均值三个方面来衡量.

首先假定一组 P-Ⅲ型总体参数 EX, C_V, C_S . 计算对应设计频率 P 的理论值 x_{po} ,作为真值. 再给出样本容量,根据总体参数 EX, C_V, C_S ,抽取样本,适线可以得到给定设计频率 P 的对应的设计值 x_p^0 ,其相对误差为 $\delta^0 = \frac{|x_p^0 - x_{po}|}{x_{po}} \times 100\%$,然后再在样本中加入各种重现期的历史洪水,适线又可得到对应 P 的 x_p^1 ,其相对误差为 $\delta^1 = \frac{|x_p^1 - x_{po}|}{x_{po}} \times 100\%$,相对误差的改变量为 $\epsilon = \delta^1 - \delta^0$. 若有 m 组样本,就可得到指定频率 p 的 m 个 $\delta_1^0, \delta_2^0, \dots, \delta_m^0$ 以及 m 个 $\delta_1^1, \delta_2^1, \dots, \delta_m^1$ 和 m 个 $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_m$. 再根据下列公式计算设计值相对误差的均值及方差和相对误差改变量的均值.

$$\overline{\delta^i} = \frac{\sum_{j=1}^m \delta_j^i}{m}$$
$$\sigma_{\delta^i}^2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\delta_j^i - \overline{\delta^i})^2 \quad (i = 0, 1)$$
$$\overline{\epsilon} = \frac{\sum_{j=1}^m \epsilon_j}{m}$$

本文采用 $EX = 1000, C_V = 1.0, C_S = 2.5$ 作为 P-Ⅲ型频率曲线的总体. 从总体中抽取长度为 N 的 m 组样本作为实测样本系列,每组样本系列的参数估计方法是:均值采用矩法估计, C_V 及 C_S 采用绝对值准则和平

方和准则适线求得.

在我国,实测洪水系列长度一般为 40 年左右,因此,本文取样本系列长度 $N = 40$,样本组数 m 取为 500.

2 结 果 分 析

实测洪水系列中加入不同重现期的历史洪水,对设计洪水的影响是不相同的. 本文从两个方面研究了历史洪水对设计洪水的影响.

2.1 加入不同重现期的历史洪水

一般地,通过调查或运用历史文献资料考证的历史洪水重现期在几十至数百年之间,用 C^{14} 技术考证到的古洪水的重现期可达数千年. 不同重现期的历史洪水加入实测样本系列后对设计洪水的影响是不同的. 本文研究了实测系列中分别加入重现期为 200 年、300 年、500 年、800 年、1000 年、1500 年、2000 年一遇 7 种情况的历史洪水. 统计结果见表 1、表 2.

表 1 绝对值准则下不同重现期的历史洪水对设计值的影响

Table 1 Effect of historical flood with different recurrence intervals
on design flood under absolute value criterion

历史洪水重现期 /a	百年一遇、千年一遇设计值相对误差					
	百年一遇			千年一遇		
	相对误差均值 /%	相对误差方差	相对误差改变量 均值/%	相对误差均值 /%	相对误差方差	相对误差改变量 均值/%
200	6.67	0.0065	-4.64	6.97	0.0075	-5.73
300	6.31	0.0062	-5.01	6.15	0.0073	-6.55
500	6.11	0.0057	-5.20	5.31	0.0072	-7.39
800	5.85	0.0050	-5.46	4.25	0.0065	-8.45
1000	5.87	0.0049	-5.44	4.06	0.0064	-8.64
1500	5.83	0.0047	-5.49	3.90	0.0060	-8.80
2000	5.59	0.0037	-5.73	3.53	0.0046	-9.16

注 无历史洪水时百年一遇设计值相对误差均值为 11.31%、相对误差方差为 0.0112,千年一遇设计值相对误差均值为 12.70%、相对误差方差为 0.0133.

表 2 平方和准则下不同重现期的历史洪水对设计值的影响

Table 2 Effect of historical flood with different recurrence intervals
on design flood under square-sum criterion

历史洪水重现期 /a	百年一遇、千年一遇设计值相对误差					
	百年一遇			千年一遇		
	相对误差均值 /%	相对误差方差	相对误差改变量 均值/%	相对误差均值 /%	相对误差方差	相对误差改变量 均值/%
200	4.68	0.00129	-6.02	3.82	0.0011	-7.84
300	4.48	0.00113	-6.22	3.23	0.0007	-8.43
500	4.39	0.00103	-6.31	2.68	0.0005	-8.98
800	4.39	0.00101	-6.30	2.34	0.0003	-9.32
1000	4.42	0.00101	-6.28	2.23	0.0003	-9.43
1500	4.50	0.00103	-6.19	2.09	0.0003	-9.57
2000	4.56	0.00105	-6.14	2.05	0.0003	-9.61

注 无历史洪水时百年一遇设计值相对误差均值为 10.70%、相对误差方差为 0.00880,千年一遇设计值相对误差均值为 11.66%、相对误差方差为 0.0119.

由表 1、表 2 可知,加入不同重现期的历史洪水后,相对误差均值、相对误差方差、相对误差改变量的均值均有所下降. 历史洪水重现期越长,则下降的幅度越大,说明均值越接近真值,设计洪水成果就越稳定,精度就越高. 由此可见,在实测资料中,应尽可能地加入重现期长的历史洪水,这对提高设计洪水的准确性有重要作用.

2.2 历史洪水重现期误差的影响

历史洪水重现期考证,由于受资料条件的限制或主观判断等因素影响,重现期存在一定误差. 重现期带有一定误差的历史洪水加入实测系列进行频率分析后,对设计洪水的影响如何? 由表 3、表 4 可以看出.

表 3 绝对值准则下历史洪水重现期的误差对千年一遇洪水设计值的影响

Table 3 Effect of estimation error of historical flood recurrence interval
on the 1000-year design flood under absolute value criterion

重现期 误差 /%	加入不同重现期历史洪水时设计值的误差											
	200 年一遇			500 年一遇			1000 年一遇			2000 年一遇		
	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值 均值的相 对误差/%	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值均 值的相对 误差/%	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值均 值的相对 误差/%	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值均 值的相对 误差/%
50	9.17	7083	- 6.2	8.23	7050	- 6.6	6.99	7095	- 6.0	6.30	7122	- 5.6
30	8.25	7174	- 5.0	7.03	7149	- 5.3	6.11	7170	- 5.0	5.24	7205	- 4.5
10	7.06	7297	- 3.3	5.64	7281	- 3.5	5.29	7242	- 4.1	4.83	7270	- 3.7
0	6.97	7366	- 2.4	5.31	7344	- 2.7	4.06	7346	- 2.7	3.53	7363	- 2.5
- 10	7.28	7429	- 1.6	5.99	7402	- 1.9	4.86	7412	- 1.8	4.11	7412	- 1.8
- 30	8.92	7571	0.3	7.84	7544	- 0.1	6.89	7549	0.0	5.67	7507	- 0.5
- 50	11.35	7799	3.3	10.40	7700	2.0	9.70	7713	2.2	9.12	7750	2.7

表 4 平方和准则下历史洪水重现期的误差对千年一遇洪水设计值的影响

Table 4 Effect of estimation error of historical flood recurrence interval
on the 1000-year design flood under square-sum criterion

重现期 误差 /%	加入不同重现期历史洪水时设计值的误差											
	200 年一遇			500 年一遇			1000 年一遇			2000 年一遇		
	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值 均值的相 对误差/%	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值均 值的相对 误差/%	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值均 值的相对 误差/%	设计值 相对误差 均值/%	设计值 均 值	设计值均 值的相对 误差/%
50	6.21	7097	- 6.0	5.71	7123	- 5.6	5.21	7158	- 5.2	4.83	7190	- 4.7
30	4.95	7224	- 4.3	4.24	7248	- 4.0	3.87	7272	- 3.7	3.45	7310	- 3.2
10	3.96	7391	- 2.1	2.93	7412	- 1.8	2.51	7426	- 1.6	2.29	7454	- 1.2
0	3.82	7497	- 0.7	2.68	7511	- 0.5	2.23	7519	- 0.4	2.05	7524	- 0.3
- 10	3.97	7588	0.5	2.79	7606	0.8	2.30	7600	0.7	2.10	7597	0.6
- 30	5.57	7840	3.9	4.73	7862	4.2	3.97	7824	3.7	3.54	7800	3.3
- 50	9.94	8249	9.3	9.15	8236	9.1	8.67	8202	8.7	7.94	8147	7.9

a. 设计值均值的相对误差远小于重现期的误差,当重现期误差为 $\pm 10\%$ 时设计值均值的相对误差小于 $\pm 4.1\%$;重现期误差为 $\pm 30\%$ 时,设计值均值的相对误差小于 $\pm 5.3\%$;重现期误差为 $\pm 50\%$ 时,最大设计值均值的相对误差也只有 $- 6.6\%$ 和 $+ 9.3\%$.

b. 重现期偏小时,设计值偏大 ;重现期偏大时,设计值偏小.

c. 在同一个误差范围内,加入的历史洪水重现期越长,相对误差均值就越小.例如 :表 4 中在重现期误差为 30% 时,加入重现期为 200 年、500 年、1000 年、2000 年一遇的历史洪水,设计值相对误差的均值分别为 : 4.95% , 4.24% , 3.87% , 3.45% ,说明设计值越接近真值.

由此可见,重现期的误差对设计值影响不大. 尽管历史洪水重现期存在一定误差,但仍能有效地提高设计值的精度.

3 两种适线方法的比较

计算机的普及与应用为洪水频率计算带来了很大的方便. 目前,计算机自动适线主要使用两种准则 :绝对值准则和平方和准则. 就我们所讨论的问题来说,两种准则究竟哪一个更好呢? 由表 1、表 2 可以看出,对加入不同重现期的历史洪水,两种准则有相同的规律,即加入历史洪水重现期越长,计算结果越稳定,精度越高. 但是,利用平方和准则适线,相对误差均值、相对误差方差、相对误差改变量的均值相对来说较小,这说明利用平方和准则计算的精度较高. 另外,由表 3、表 4 又可以看出,历史洪水重现期的估算偏大,或者偏小不超过 30% 时,仍是平方和准则适线比较好.

4 结 论

从以上分析可以看出,在洪水频率计算中加入历史洪水,不论采用平方和准则还是绝对值准则适线,都能提高设计洪水的精度.加入的历史洪水重现期越长,越能提高设计洪水成果的精度.另外,重现期的误差对设计值影响不太大,即使加入的历史洪水重现期误差较大,也能有效地提高设计值的精度.最后,考虑到历史洪水重现期的误差以及工程的安全,在加入历史洪水时,一般采用平方和准则适线为好.

参考文献:

[1] 刘光文.皮尔逊Ⅲ型分布参数估计[J].水文,1990(4): 1~15.
[2] 刘光文.皮尔逊Ⅲ型分布参数估计[J].水文,1990(5): 1~14.
[3] 王俊德.水文统计[M].水利电力出版社,1993.145~175.
[4] 丛树铮.水文学的概率统计基础[M].北京:水利出版社,1980.195~250.
[5] 金光炎.水文统计原理与方法[M].北京:中国工业出版社,1963.23~26,31~34,72~76.

Effect of Estimation Error of Historical Flood Recurrence Interval on Design Flood

HUANG Zhen-ping, WANG Chun-xia, MA Jun-jian

(College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: The effect is studied of historical floods and the estimation errors of their recurrence intervals on the calculated results of flood frequency, and the different results under different curve-fitting criteria are discussed. Calculation shows that the longer the historical flood recurrence interval, the better stability and the higher calculation precision the design flood is; that the result under the square sum criterion (the sum of square error is minimum) is better than that under the absolute value criterion (the sum of absolute values of errors is minimum); and that it is effective to use historical flood in improving design flood reliability even though their recurrence intervals estimated involve error.

Key words: historical flood; recurrence interval; design flood