

利用统计估算放大法推求可能最大暴雨

华家鹏,黄 勇,杨 惠,刘丽诗

(河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 由于中国对赫氏法有不同的看法,因此在引进该法后,需要对该方法加以修正和改进,倾向于以离均系数 Φ_m 取代统计估算法中的 K_m 值.统计估算法仅从实际发生的大暴雨中寻求 Φ_{mm} ,而没有放大的概念,所以利用该方法计算的 PMP 值往往偏小.统计估算放大法是通过水汽放大,对统计估算方法进行改进.应用统计估算放大法推算宁德地区 PMP ,计算结果表明,该方法较其他方法更合理.

关键词 可能最大暴雨 统计估算法 特大值 离均系数

中图分类号 P333.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2007)03-0255-03

统计估算法是美国学者赫希菲尔德于 20 世纪 60 年代初期提出的,属于数理统计和经验相关的一种方法^[1]. 该方法是根据实际雨量资料计算出一个统计量 K_m 以用于估算 PMP 的方法. 目前该方法已在许多国家广泛运用,中国有许多单位使用此法,且对该法有所改进.

1 赫氏法在国外的应用

赫希菲尔德认为:统计量 K_m 定义为某站实测雨量最大值减去系列的均值再被标准差除的结果^[1]. 即站上实测雨量最大值用标准差的倍数来表示,实测最大雨量不包括在均值及标准差之内,这就是说在确定了基本统计量之后再观察最大事件. 按此定义 K_m 的表达式为

$$K_m = \frac{X_m - \bar{X}_{n-1}}{\sigma_{n-1}} \quad (1)$$

式中: X_m ——实测雨量系列中的首项,即特大值; $\bar{X}_{n-1}$ ——去掉特大值的雨量平均值; σ_{n-1} ——去掉特大值后的雨量均方差.

$$\bar{X}_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n X_i \quad (2)$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=2}^n (X_i - \bar{X}_{n-1})^2} \quad (3)$$

一般是用该地区许多测站的 24 h 雨量记录,建立 K_m 与 $\bar{X}_n$ 的关系,取其外包线作为对应不同 $\bar{X}_n$ 的 K_{mm} . PMP 采用如下公式计算:

$$PMP = \bar{X}_n + K_{mm}\sigma_n \quad (4)$$

式中: K_{mm} —— K_m 的外包值; $\bar{X}_n, \sigma_n$ ——根据整个系列算得并经两种校正(样本首项和样本容量的影响)后的均值与均方差. 使用时,先确定 $\bar{X}_n$,然后在图的外包线上查出 K_{mm} 值,再代入式(4),即可估算出 PMP .

2 赫氏法在中国的应用

由于中国对赫氏法有不同看法,因此在引进此法后,许多单位已对其逐步加以修正和改进:(a)不用它作为一种独立的放大方法,而是更多的用来进行暴雨移置;(b)倾向于以离均系数 Φ_m ^[2] 取代原法中的 K_m 值,即在计算系列的均值和变差系数时,不再去掉系列的最大项,而遇到特大值时,还要对其重现期进行适当处理. 这样,意义更为明确,概念比较合理,做法上也更符合中国的习惯.

$$\Phi_m = \frac{X_m - \bar{X}_n}{\bar{X}_n C_{vn}} \tag{5}$$

式中 C_{vn} 为包括特大值在内的 n 年系列的变差系数.

当暴雨分布为贝尔逊 III 型分布^[3]时,推求可能最大降水采用式(6).

$$PMP = \bar{X}_n (1 + \Phi_{mm} C_{vn}) \tag{6}$$

式中 Φ_{mm} 为 Φ_m 的外包值,使用时是作为可能最大离均差数看待.

我国西北片和湖北省^[4]等地区在进行 PMP 编图时,均采用了上述概念. 云南省的意见认为赫希菲尔德的 K_m 是一种统计特征值表达式,可以把它理解为统计学上的一种“离中系数”,仍采用 K_m 来估算 PMP ,但是鉴于此法存在的一些问题,在做法上进行了一些处理.

3 统计估算法推求可能最大暴雨存在的问题及改进方法

福建宁德地区采用统计估算法推算 PMP ,选用该地区 12 个站 40 多年降雨量资料中的年最大 1 d 降雨量,用适线法^[5]定出各站的 $\bar{X}_n$ 和 C_{vn} ,用式(5)算出各站的 Φ_m ,然后选外包得出 6.24 作为该地的 Φ_{mm} . 再用公式(6)算出该地区的 PMP . 计算结果表明,统计估算法仅由实际发生的大暴雨中去寻求 Φ_{mm} ,而没有放大的概念,所以该方法计算所得的 PMP 往往偏小. 为此通过水汽放大^[6-8]对统计估算方法进行改进,笔者称这种方法为统计估算放大法.

统计估算放大法采用水汽放大,放大公式如下:

$$X_m = (W_{Bm})_{ZB} / (W_B)_{ZB} X \tag{7}$$

式中: X_m, X ——可能最大暴雨及典型暴雨雨量, mm; W_{Bm}, W_B ——设计区最大可降水及典型暴雨可降水, mm. ZB 表示在设计区地面高程处.

a. 代表性可降水 W 的推求. 降暴雨时,假定气团整层是饱和的,这时可降水量 W 只是地面露点 T_d 的单值函数,地面露点 T_d 按饱和假绝热递减率随高度的递减可代表湿度的垂直分布,故求可降水 W 选择暴雨代表性地面露点原则如下:(a)露点代表站应在暖湿气流入流方向上大雨区边缘选取,但该地区水流入流方向为大海,无代表站可选取,故选福建省黄岩大陈岛站、衢县站、邵武站和厦门站作为露点代表站;(b)选取地面持续 12 h 最大露点,并按饱和假绝热化算到 1 000 hPa;(c)为避免单站的偶然性误差及局部地区因素的影响,取大陈岛站、衢县站、邵武站和厦门站 4 站同期露点的平均值;(d)计算出同期持续 12 h 最大露点 T_{dl2} 的平均值,算出该地区平均高程至 12 000 m 的可降水,即为各流域代表性可降水 W .

b. 最大可降水 W_m 的推求. 取历年地面露点(排除晴天露点温度)的最大值作为可能最大露点,由于露点比较稳定,一般在 30 年以上记录中的持续最大露点所相应的水汽含量就接近 PMP 时的水汽含量. 黄岩大陈岛站、衢县站、邵武站和厦门站均具有 44 年以上的地面露点资料,从 4 站历年 1 000 hPa 露点资料中选取持续 12 h 最大 T_{dm} ,黄岩大陈岛站历年最大 T_d 为 26.8℃、衢县站为 25.3℃、邵武站为 26.3℃、厦门站为 26.3℃,均小于本流域的水汽源地西太平洋和孟加拉湾 7 月、8 月的海洋表面水温,故可能最大地面露点取 4 站最大 $T_{dm} = 26.8℃$. 根据可能最大露点,算出最大可降水作为该地区最大可降水 W_m .

由式(7)计算出 X_m ,代入式(5)计算出 Φ_m ,然后选外包得出 8.89 作为该地区的 Φ_{mm} . 再用式(6)算出该地区的 PMP .

该方法不仅移置了各点的实测最大 Φ_{mm} 值,而且是先采用水汽放大来放大当地实测暴雨,然后求出放大后的 Φ_{mm} ,再移置到设计地区,求出相应的 PMP . 计算结果见表 1.

4 统计估算放大法推求可能最大暴雨成果合理性分析

采用统计估算法和统计估算放大法推求宁德地区 1 d 暴雨量与采用其他方法^[9]所得结果的比较见表 2. 由表 2 可以看出,水汽效率放大成果偏小,而风速放大成果较大,考虑到风速因子稳定性较差,计算结果任意性较大,故水汽风速放大成果仅供参考和对比之用. 统计估算法由于仅从实际发生的大暴雨中去寻求 Φ_{mm} ,而没有放大的概念,该方法计算的 PMP 往往偏小. 通过改进后的统计估算放大法计算所得结果与移置放大方法相近,它们均采用了移置放大的概念,这两种方法充分利用了暴雨成因相似地区特大暴雨资料,通过移

置放大后得到的结果更为合理.

表 1 应用统计估算方法与统计估算放大法推求宁德地区可能最大点暴雨成果比较
Table 1 Comparison of probable maximum precipitation for Ningde City obtained by statistical estimate method and statistical estimate magnification method

站名	最大日 雨量/mm	均值 $\bar{X}$ / mm	变差系数 C_v	统计估算法				统计估算放大法			
				Φ_m	Φ_{mm}	PMP/mm	放大系数	放大后日雨量/mm	Φ_m	Φ_{mm}	PMP/mm
番溪	480.2	189.0	0.54	2.85	6.24	825.9	1.57	753.9	5.54	8.89	1 096.3
秦屿	500.0	155.6	0.54	4.10	6.24	679.9	1.48	740.0	6.96	8.89	902.6
溪西	309.1	143.4	0.52	2.22	6.24	608.7	1.25	386.4	3.26	8.89	806.3
水门	402.0	171.5	0.54	2.49	6.24	749.4	1.25	512.4	3.68	8.89	994.8
上村	272.5	122.8	0.50	2.44	6.24	505.9	1.60	436.0	5.10	8.89	668.6
管阳	406.4	180.3	0.56	2.24	6.24	810.3	1.57	638.0	4.53	8.89	1 077.9
柘荣	403.0	179.9	0.57	2.18	6.24	819.8	1.20	483.6	2.96	8.89	1 091.5
富溪	405.0	128.9	0.62	3.45	6.24	627.6	1.20	486.0	4.47	8.89	839.4
茜洋	312.0	117.8	0.58	2.84	6.24	544.1	1.25	390.0	3.98	8.89	725.2
沙埕	691.5	120.4	0.76	6.24	6.24	691.4	1.35	933.5	8.89	8.89	933.9
高滩	317.4	168.8	0.50	1.76	6.24	695.5	1.89	599.9	5.11	8.89	919.1

表 2 宁德地区可能最大 1 d 暴雨成果
Table 2 Probable maximum precipitation of 1 d for Ningde City

放大方法	水汽效率放大法	水汽风速放大法	统计估算法	统计估算放大法	移置放大方法
可能最大降雨/mm	899.8	1 298.8	825.9	1 096.3	992.6

参考文献：

[1] 张玉田.数理统计与水文统计学[M].台湾:徐氏基金会出版社,1978:173.
[2] 王俊德.水文统计[M].北京:水利水电出版社,1992:106.
[3] 李松仕.几种频率分布线型对我国洪水资料适应性的研究[J].水文,1984(1):1-7.
[4] 湖北省可能最大暴雨等值线图小组.用统计估算法计算可能最大暴雨的几点体会[J].水文计算技术,1977,12(1):229-240.
[5] 刘光文.水文分析与计算[M].北京:中国工业出版社,1963:22-28.
[6] 王国安.可能最大暴雨和洪水计算原理和方法[M].北京:中国水利水电出版社,1999:187-200.
[7] 宋乃公.大气含水量与暴雨的关系[J].水利学报,1986(6):50-55.
[8] 詹道江,邹上进.可能最大暴雨与洪水[M].北京:水利电力出版社,1983:33-66.
[9] 华家鹏,杨惠,王达雨,等.江坪河水电站可能最大暴雨研究[J].河海大学学报:自然科学版,2004,32(5):523-525.

Statistical estimate magnification method for deducing
probable maximum precipitation

HUA Jia-peng, HUANG Yong, YANG Hui, LIU Li-shi

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

Abstract The statistical estimate method based on actual rainfall data for calculating the statistical value K_m has been widely applied to estimation of the probable maximum precipitation (PMP). Because of different views on this method in China, it has been revised and refined by many researchers since it was brought in, and the statistical value K_m was apt to be replaced by standardized variate Φ_m . The statistical estimate method seeks for Φ_{mm} only from actual rainfall without magnification; therefore, the estimated result of PMP based on this method is a little small. This study was conducted to improve the statistical estimate method by introducing a vapor magnification factor, and the improved method was applied to deduce PMP for Ningde City. The result shows that the method is reasonable.

Key words probable maximum precipitation; statistical estimate method; extraordinary value; standardized variate