

应用特性系数法求算长时段 最大概率降雨强度¹⁾

郭化文

魏牲生

(泰山联合大学,泰安 271000) (中国气象科学研究院,北京 100081)

陈建昌

(山东省泰安市气象局,271000)

提 要

应用改进的特性系数法求算了2—24小时泰安地区各县市100年、200年一遇的最大概率降雨强度。计算结果表明,泰安市内24小时可能最大概率降雨强度,50年一遇为159.9mm,100年一遇为175.9mm,200年一遇为191.8mm。同时也算出了该地区其它县市2—24小时不同时段的最大概率降雨强度值。

关键词: 特性系数法 降雨强度 重现期

前 言

1991年南方几省出现特大洪涝灾害以后,为重新规划城市和农村的抗灾防灾工作,泰安市政府曾召集各有关部门,要求各部门提供本地可能出现的各种灾害的最大程度,其中责成气象部门提供不同重现期的最大概率降雨强度值。笔者近几年查阅了国外此类研究成果,应用最新的理论和方法,计算了泰安地区各县市短时(5、10、15、20、30、45、60、90、120分钟)概率降雨强度值,得到了市政府及有关部门的肯定,他们认为提供的科学数据对规划、管理、防洪抗灾,兴修水利工程是有益的。

短时降雨强度的计算公式常见于国内文献^[1,2]但须备有5、10、15、20、30、45、60、90、120分钟等的连续实况降雨资料,然后画在双对数纸上判别类型,再应用最小二乘法逐个计算,其过程较复杂^[2]。笔者应用改进的特

性系数法,仅用1小时及10分钟的雨量资料,计算方法比较简单,且计算结果不逊于国内有关降雨强度公式的计算结果^[3-5]。

关于计算长时段最大概率降雨强度国内方法不多,日本采用物部长穗公式^[4],此公式系用日本的降雨资料求得的平均值。由于我国绝大多数气象台站1980年后才设有15个时段的降雨强度观测,资料年代短,这个公式能否适合我国特性值得怀疑。

本文力图用泰安地区1971—1991年24小时和1小时最大降雨量的资料,在国外特性系数法基础上进一步改进计算不同重现期较长时段(2—24小时)的最大概率降雨强度值,得到了初步结果。

1 方法

特性系数法降雨强度公式为:

$$I_N^R = R_N^R \cdot \beta_N \quad (1)$$

I_N^R 为 N 年概率降雨强度(即 N 年一遇最大

1) 本文属山东省泰安市科委1996—1998课题资助项目

24小时降雨强度 mm/24h), R_N^{24} 为 N 年一遇最大 24 小时雨量, β_N 为特性系数。

1.1 R_N^{24} 和 R_N^t 的计算

以对数正态分布和极值分布计算 R_N^{24} 、 R_N^t

(1) 从对数正态分布计算 R_N^{24} 、 R_N^t

对数正态分布采用岩井公式^[1]:

表1 N 年对应正态变量 ζ 的分布

N	200	100	50	30	20	10	5	3	2
ζ	1.8214	1.6450	1.4522	1.2971	1.1631	0.9062	0.5951	0.3045	0

其中式(3)中 a, b, x_0 求法如下:

$$x_g = 10^{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \lg x_i} \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (4)$$

M 为实测资料年数。

x_i 序列按其值由小到大的次序排列。

$$b_s = \frac{x_L \cdot x_S - x_g^2}{2x_g - (x_L + x_S)} \quad (L = M - S + 1) \quad (5)$$

$$b = \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m b_s \quad (m = \frac{M}{10}) \quad (6)$$

x_S 从资料小的方面取值 ($S=1, 2, \dots, m$), x_L 从资料大的方面取值 ($L=m, \dots, 2, 1$) 求得 m 组的 b_s 后, 再求其平均值, 即可得 b 。

$$\lg(x_0 + b) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \lg(x_i + b) \quad (7)$$

由式(6)和(7)求 x_0 。

$$\frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2}{M-1} \sum_{i=1}^M (\lg \frac{x_i + b}{x_0 + b})^2}$$

$$\text{令 } S_x = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [\lg(x_i + b) - \lg(x_0 + b)]^2} \quad (8)$$

$$\frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2M}{M-1}} S_x \quad (9)$$

由式(3)若 $N=200$ 年, $t=24$ 小时, 则 $x = R_{200}^{24}$

(2) 从极值分布计算 R_N^{24} 、 R_N^t

由式(7), 当 $(x_i + b) < 0$ 时, 不能再采用对数正态分布, 改用极值分布计算, 如下式所示^[3]。

$$F(x) = \exp[-e^{-a(x-u)}] \quad (10)$$

$$y = a(x - u) \quad (11)$$

$$a = \frac{s_y}{s_x}, \quad u = \bar{x} - \frac{1}{a} \bar{y} \quad (12)$$

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\zeta} e^{-\zeta^2} d\zeta \quad (2)$$

$$\text{而 } \zeta = a \lg \frac{x+b}{x_0+b} \quad (-b < x < \infty)$$

$$\text{得 } x = 10^{(\lg(x_0+b) + \frac{1}{a}\zeta)} - b \quad (3)$$

而式(3)中 ζ 的值由表 1 给出。

式中 y 为标准极值变量。 \bar{x}, \bar{y} 分别为 x, y 的样本平均值, s_x, s_y 分别为 x, y 的样本标准差。

母体样本统计量可由观测样本统计量求出。 设由观测得到一系列 (M 个) 极大值, 并按由小到大的次序排列如下:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_M$$

M 为资料总数。

利用这些观测值就能计算样本平均值 \bar{x} 和样本标准差 s_x , 即用 \bar{x}_i 和 s_{x_i} 代替 \bar{x} 和 s_x 。

$$y_i = -\ln(-\ln \frac{i}{M+1}) \quad i = 1, 2, \dots, M$$

$$\bar{y} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_i; \quad s_y = \sqrt{\overline{y_i^2} - (\bar{y})^2}$$

设重现期 T , 变换 M 可得到不同的 \bar{y} 与 s_y , 则年最大 1 小时或 24 小时雨量为:

$$x = \bar{x} - \frac{s_x}{s_y} \bar{y} + \frac{s_x}{s_y} \{-\ln[-\ln(1 - \frac{1}{T})]\} \quad (13)$$

则 $x = R_N^t$ ($t=1, 24$ 小时)

1.2 β_N 的计算

β_N 系 N 年概率特性系数, 可由下式求得:

$$\beta_N = \frac{a'}{t+b} \quad (14)$$

其中 $a' = b + 24$

$$b = \frac{24 - \beta_N^t \cdot t}{\beta_N - 1} \quad (15)$$

$$\beta_N^t = \frac{T_N^t}{I_N^{24}} \quad (16)$$

$I_N^t = \frac{R_N^t \cdot 24}{t}$, $I_N^{24} = R_N^{24}$, R_N^t 为 t 小时雨量, β_N 是特性系数值, 由 N 年概率 t 小时降雨强度

I_N 与 N 年概率 24 小时降雨强度之比而求得。

t 可为任意时间, 设取年最大 1 小时雨量 R_N^1 , 则 $I_N = R_N^1 \cdot 24$, 首先使用 24 小时及 1 小时两项降雨资料, 按照对数正态分布公式(3)和极值分布公式(13)求得 R_N^{24} 、 R_N^1 , 从而求得 I_N^{24} 、 I_N^1 。

由式(16)所得各概率年 β_N 值代入式(15)求得 a' 及 b , 将 a' 及 b 代入式(14)求得 β_N ; 再将 β_N 代入式(1), 则可求得各种概率降雨强度值 I_N 。

2 结果分析

表 2 泰安市长时段概率降雨强度计算程序

重现期	1 小时雨量	1 小时雨量强度	日雨量强度	特性系数值	特性系数的常数 a' 、 b 的计算值		特性系数 β_i	降雨强度式 I_N
N	R_N^1/mm	$I_N^1/\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$	$I_N^{24}/\text{mm}/24\text{h}$	β_N^*	b	a'	β_N	$I_N^{24}/\text{mm}/24\text{h}$
200	123.2	2956.8	191.8	15.42	0.60	24.6	$24.6/t+0.60$	$4718.28/t+0.60$
100	110.2	2644.8	175.9	15.04	0.64	24.64	$24.64/t+0.64$	$4334.18/t+0.64$
50	97.6	2342.4	159.9	14.65	0.68	24.68	$24.68/t+0.68$	$3946.33/t+0.68$
30	88.6	2126.4	148.1	14.36	0.72	24.72	$24.72/t+0.72$	$3661.03/t+0.72$
20	81.5	1956.0	138.6	14.11	0.75	24.79	$24.75/t+0.75$	$3430.35/t+0.75$
10	69.6	1670.4	122.2	13.67	0.82	24.82	$24.82/t+0.82$	$3033.00/t+0.82$
5	57.6	1382.4	105.0	13.17	0.89	24.89	$24.89/t+0.89$	$2613.45/t+0.89$
3	48.4	1161.6	91.4	12.71	0.96	24.96	$24.96/t+0.96$	$2281.34/t+0.96$
2	40.5	972.0	79.1	12.29	1.04	25.04	$25.04/t+1.04$	$1980.66/t+1.04$

表 3 泰安市长时段概率降雨强度值 $I_N^{24}/\text{mm}/24\text{h}$

$N/\text{年}$	$t/\text{小时}$												
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
200	2948.9	1814.7	1025.7	714.9	548.6	445.1	374.5	323.2	284.2	253.7	229.0	208.8	191.8
100	2642.8	1641.7	934.1	652.7	501.6	407.4	342.9	295.1	260.5	232.5	210.0	191.4	175.9
50	2349.0	1472.5	843.2	590.8	454.7	369.5	311.2	263.8	236.6	211.3	190.8	174.0	159.9
30	2129.0	1346.0	775.6	544.8	419.8	341.5	278.8	243.7	219.0	195.6	176.7	161.1	148.1
20	1960.2	1247.4	722.2	508.2	392.0	319.1	269.1	232.6	204.8	183.0	165.3	150.8	138.6
10	1666.5	1075.5	629.3	444.7	343.9	280.3	236.6	204.7	180.3	160.2	145.7	132.9	122.2
5	1382.8	904.3	543.5	379.3	294.0	240.0	202.8	175.5	154.7	138.4	125.1	114.2	105.0
3	1164.0	770.7	460.0	327.8	256.6	208.2	176.0	152.5	134.5	120.3	108.8	99.4	91.4
2	970.9	651.5	393.0	281.3	219.1	179.4	151.9	131.7	116.2	104.0	94.1	86.0	79.1

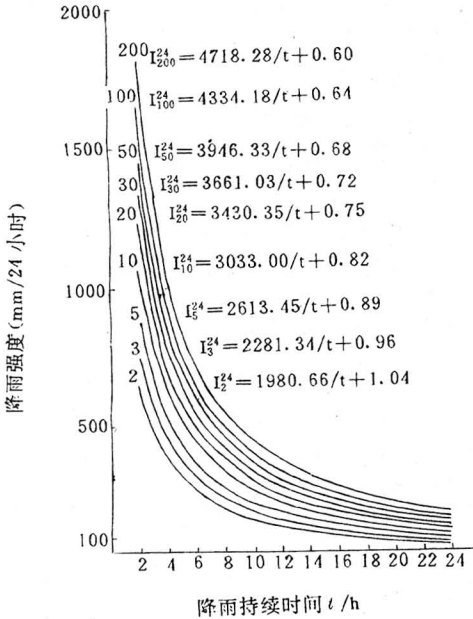
利用表 3 的各项数值, 以横轴表示降雨持续时间 t (小时), 纵轴表示降雨强度 I (mm/24h) 绘制成泰安市概率降雨强度曲线(附图), 利用表 3 和附图便可查出泰安市区不同重现期(T), 不同时间 t 的最大可能降雨强度, 供工程设计参考。

用同样的方法, 也算出泰安市所辖各县(市)各概率年(不同重现期)的 24 小时概率

应用式(1)求泰安市长时间概率降雨强度。泰安市降雨资料采用 1971—1990 年共 20 年间泰安市气象台所测 24 小时及 1 小时的每年最大雨量, 再将此两种雨量换算为概率降雨强度 I_N^{24} 及 I_N^1 , 其降雨强度公式中的计算程序列表 2。将由各降雨持续时间 t (小时)代入表 2 所求得的各项概率年降雨强度公式, 而求得各项降雨强度 I_N^{24} (mm/24h) 列表 3 中。

计算结果表明, 泰安市 24 小时可能最大降雨强度, 50 年一遇为 159.9mm, 100 年一遇为 175.9mm, 200 年一遇为 191.8mm。

降雨强度, 见表 4。其中新泰市 1983 年最大日雨量 222.5mm, 此雨量特别大, 此值参与计算与否对结果影响很大, 故须检定以决定取舍^[8]。实际计算时, 除去被检定值后, 由所余 $M-1$ 个资料推算异常率 ϵ , 根据危险率 5%, 查找舍弃界限 ϵ_0 值表, $\epsilon < \epsilon_0$, 则舍去被检定值。根据计算 $\epsilon = 23\%$, 查舍弃界限 ϵ_0 值表 $\epsilon_0 = 27\%$ 因 $\epsilon < \epsilon_0$ 则舍弃 222.5mm。



附图 泰安市概率日降雨强度曲线

表4 泰安地区不同重现期24小时最大概率降雨强度 I_T^a /mm/24h

市(县)	重现期/年								
	2	3	5	10	20	30	50	100	200
泰安	79.1	91.4	105.0	122.2	138.6	148.1	159.9	175.9	191.8
莱芜	82.0	98.5	117.0	140.2	162.5	175.3	191.3	212.9	234.5
肥城	58.2	93.0	120.4	147.8	170.9	189.1	209.8	240.8	268.1
新泰	58.5	94.3	122.7	150.6	174.4	193.1	214.4	246.3	274.3
宁阳	60.8	96.5	119.5	145.0	166.7	183.8	203.3	232.4	258.0
东平	50.0	92.4	126.3	159.5	187.7	210.0	235.3	273.3	306.5

资料年代(1971—1990年)

3 讨论

本文用改进的特性系数法计算了泰安地区长时间概率降雨强度。原方法仅用对数正态分布线型做基础,有一定局限性,当拟合曲线不适合对数正态分布时,改用极值分布的线型效果较好,但仍有些不足,因降雨资料年限较短,要估算一定重现期概率降雨强度,要依靠一定线型加以外延,这些线型在一定范围内尚能和资料拟合良好,外延部分是否反映降雨的随机变化需进一步得到证实^[6]。有时用极值分布计算一定重现期最大降雨其值偏小,为使计算长时段概率强度更加符合实际,今后仍需采用皮尔逊Ⅲ型曲线和改进的皮尔逊Ⅲ型曲线参数估算法——数值积分单权函数法加以研究^[7]。

参考文献

- 1 张玉田. 数理统计与水文统计学. 台湾: 台湾省徐氏基金会出版, 1978: 292—299.
- 2 西安冶金建筑学院编. 水文学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979年.
- 3 石原健二. 关于气象极值的重现期. (日本), 气象研究纪录, 1981, 143: 140—142.
- 4 岩井重久, 石黑政仪. (日本)应用水文统计学. 森北出版株式会社, 1980年.
- 5 陈建昌, 郭化文. 应用特性系数法计算泰安地区不同重现期短时降雨强度. 山东气象, 1995, 1: 5—9.
- 6 王国安, 丁晶. 可能最大洪水不一定必须大于万年一遇洪水. 成都科技大学学报, 1994, 1: 14—18.
- 7 刘光文. 皮尔逊Ⅲ型分布参数估计. 水文, 1990, 4: 1—15.
- 8 陈建昌等. 用 Jenkinson 法推算山东年最大日雨量重现期值的初探. 应用气象学报, 1995, 4: 486—489.

Evaluating the Probability Strength of Maximum Precipitation for Long Periods Using Characteristic Coefficient Method

Guo Huawen

(Taishan United College, Taian 271000)

Wei Shensheng

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Chen Jianchang

(Taian Meteorological Office, 271000)

Abstract

Using the improved characteristic coefficient method, the probability strength of maximum precipitation from a 2 hour period to 24 hour period in every county of Taian City are evaluated. Evaluation result shows that probability strength of the 24 hour maximum precipitation on a 50 years cycle, a 100 years cycle and a 200 years cycle in central region of Taian city are 159.9mm, 175.9mm and 191.8mm respectively. The probability strength of the maximum precipitation is also evaluated from a 2 hour period to a 24 hour period on different cycles in other counties of Taian city.

Key Words: characteristic coefficient method precipitation strength return period