

暴雨强度公式的图解法

牛叔超 刘月辉¹⁾

(山东省济宁市气象局, 272137)

提 要

对 1963—1987 年 4—10 月降水量自记记录进行分析, 从中每年挑选 4 次高强度降水, 通过降水资料的频率调整用图解法编制暴雨强度公式。

关键词: 降水频率 图解法 暴雨强度公式

引 言

暴雨强度是城市建筑, 城市排水工程规划设计不可少的依据之一。各地市尤其中等城市由于降水资料不足一直没有一个适合本地的暴雨强度公式, 以往使用经验公式代替, 但误差较大, 设计大了造成不必要的浪费, 设计小了影响城市防汛排涝造成更大的损失。随着各地降水资料的不断积累和延长, 各级气象部门都有条件为本地设制一个暴雨强度公式, 这是气象为地方开展有偿专业服务的内容之一。

1 公式形式

暴雨强度公式分总公式和分公式两种。

总公式^[1]:

$$i = \frac{A_1(1 + c \lg P)}{(t + b)^k}$$

i 为暴雨强度 ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$), P 为重现期, t 为历时分钟, A_1, c, b, k 为需求的参数。在重现期固定情况下暴雨强度公式即为分公式^[2], 形式如下:

$$i = \frac{A}{(t + b)^k}$$

式中 A, b, k 为需求参数。

2 资料来源及整理

2.1 编制暴雨强度公式的资料来源

用济宁市 1963—1987 年共 25 年 4—10

月降水量自记记录。确定计算最低重现期为 0.25 年时, 平均每年每个历时取 4 个降水强度最大值, 即从雨量自记纸上挑选曲线最陡部分。按 5、10、15、20、30、45、60、90、120 分钟 9 个历时进行统计。25 年每个历时可取 100 个高强度降雨从大到小依次排列 (见表 1)。

表 1 各历时降雨强度 $i/\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

历时/min	5	10	15	20	30		120
1	4.00	3.67	3.21	2.91	2.52		0.25
2	3.98	3.06	2.47	2.21	1.95		0.25
3	3.64	2.85	2.42	:	:		0.24
4	:	:	:	:	:		:
5	:	:	:	:	:		:
:	:	:	:	:	:		:
100	1.02	0.75	0.64	0.56	0.44		0.18

2.2 降雨资料的频率调整

方法有直接统计、经验频率和理论频率 3 种。经验频率精度高于直接统计方法, 又比理论频率简便, 也能满足编制公式的要求, 本公式采用经验频率较为合适。经验频率按下式计算^[1]:

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

其中 m 为计算子样在系列中按大小顺序排列的序号, 即 $m=1, 2, 3, \dots, 100, n$ 为子样总个数, $n=100$ 。按公式 (1) 可算出 100 个 P_n 。例:

1) 张淑兰、孙向瑜同志参加部分资料整理工作。

当 $m = 1$ 时, $P_n = \frac{1}{101} \times 100\% = 0.99\%$

$m = 2$ 时, $P_n = \frac{2}{101} \times 100\% = 1.98\%$

然后在双对数格上以降水强度 i 为纵坐标, 频率 P_n 为横坐标, 将某一历时子样按相同 m 序号对应 i 和 P_n 值逐一点出, 给出一条平滑曲线, 9 个历时绘 9 条曲线, 图 1 为历时 $t = 10$ 分钟和 $t = 90$ 分钟的二条曲线。另外有按重现期对应的频率

$$P'_n = \frac{N}{(n+1)P} \times 100\% \quad (2)$$

式中的 P 为重现期 0.25、0.33、0.5、1、2、3 …… 20, $N = 25$ 年, $n = 100$ 算出 P 和 P'_n 的对应表见(表 2)。

表 2 各重现期对应频率

P /年	0.25	0.33	0.5	1	2	……	20
P'_n /%	99.0	75.0	49.5	24.8	12.4	……	1.24

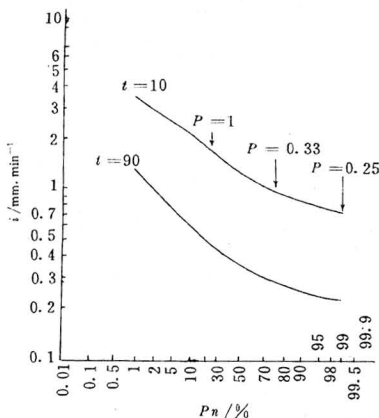


图 1

P_n 和 P'_n 是从不同角度来计算的频率, 前者按序列也就是降水强度大小计算, 后者从重现期角度来考虑, 二者含义是一致的; 降水强度越大肯定重现期越长频率也就越小。为了确定重现期 P 与 i 和 t 之间的关系值, 可用表 2 重现期对应的频率 P'_n 在图 1 曲线上截取, 各重现期与各历时曲线的交点 i 的读数可得出 P 、 i 、 t 的关系值列于表 3。它是编制暴雨强度公式的基本资料。

表 3 与 P 、 t 对应的暴雨强度/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

P /年	t /min					……	120
	5	10	15	20			
0.25	1.02	0.75	0.64	0.55	……		0.18
0.33	1.30	0.99	0.80	0.71			0.24
0.5	1.60	1.42	1.10	:			:
1	2.20	:	:	:			:
2	:	:	:	:			:
:	:	:	:	:			:
20	3.92	3.45	:	:			0.98

3 公式的编制

由于篇幅所限, 本文只介绍用图解法编制分公式 $i = \frac{A}{(t+b)^k}$ 。在双对数格上以 i 为纵坐标, t 为横坐标用表 3 绘制出各重现期 P : 0.25 0.33……20 的暴雨强度历时曲线, 此图是图解参数 b 、 k 、 A 的基础图。图 2 给出 $P = 0.25$ 的曲线。

3.1 求参数 b 。上述 P 、 i 、 t 点绘的均是曲线, 为了试凑成直线, 纵坐标不变, 横坐标 t 方向需加 b 值使之成直线。参数 b 、 k 、 A 是互相制约的, 其中某一参数对其他参数的精度有决定性影响, 要细心试凑, 经过探试、核定、微调后只有重现期 $P = 3$ 时, $b = 7$, 其他各重现期时 $b = 8$, 例: 图 2 为 $P = 0.25$ 时 $b = 8$ 。

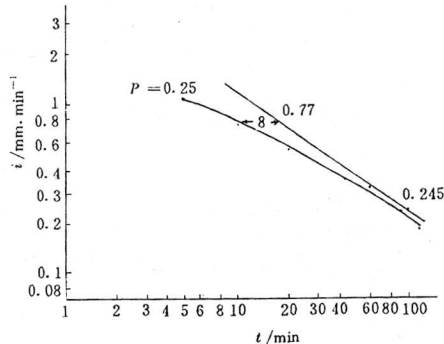


图 2

3.2 求参数 k 。 k 即为暴雨强度历时曲线加 b 以后凑成直线的斜率。凑成直线后, 此时 i 值也作相应的调整, 调整后的 i_{10} 和 i_{90} 实际上是 $i_{(10+8)}$ 和 $i_{(90+8)}$ 的值(见表 4)。

表4 调整后*i*值/mm·min⁻¹

p/年	t/min	
	10	90
0.25	0.77	0.245
0.33	0.98	0.30
⋮	⋮	⋮
20	3.38	1.32

求*k*代入公式

$$k = \frac{\lg i_{10} - \lg i_{90}}{\lg(90+b) - \lg(10+b)} \quad (3)$$

以*P*=0.25为例,*b*=8代入公式(3)

$$k_{0.25} = \frac{\lg 0.77 - \lg 0.245}{\lg 98 - \lg 18} = 0.6758$$

同样*P*=0.33, 0.5, …… , 20 可求 *k*_{0.33}, *k*_{0.5}, …… , *k*₂₀ 的值。

3.3 求参数*A*。在确定的重现期下求得的*k*和*b*代入公式可得相应的*A*：

$$A = \frac{1}{2} [i_{10} \times (10+b)^k + i_{90} (90+b)^k] \\ = \frac{1}{2} (A_{10} + A_{90}) \quad (4)$$

要求*A*₁₀和*A*₉₀的误差小于0.01时属可用,如果大于0.01说明*b*、*k*不合适要重新调整,因此*A*又是3个参数中具有检验精度的一个

参数。以重现期*P*=0.25为例代入式(4)

$$A_{0.25} = \frac{1}{2} [0.77 \times (18)^{0.675} \\ + 0.245 \times (98)^{0.675}]$$

$$= \frac{1}{2} (5.43319 + 5.4354) = 5.4343$$

式中*A*₁₀与*A*₉₀误差为0.002确定3个参数可用。把3个参数代入分公式可得到重现期为0.25年时暴雨强度公式为

$$i_{0.25} = \frac{5.4343}{(t+8)^{0.676}}$$

依此类推可求出各重现期时的暴雨强度公式。

4 结束语

近年来国内对暴雨强度公式的研究分析取得了一定的进展,在肯定数理统计方法的基础上对公式的形式、选择方法、频率分布、参数求解、精度的提高等作了大量的分析研究,已有不少改进。以上仅介绍图解手编制作方法,目的是为了适用于基层台站的推广。

参考文献

- 1 北京市市政设计院. 给水排水设计手册(五). 北京: 中国建筑出版社, 1988: 48—70.

Diagram Method of Heavy Rain Intensity Formulas

Niu Shuchao Liu Yuehui

(Jining Meteorological Office, Shandong Province 272137)

Abstract

An analysis of the recording rain gauge records at Jining from April to October in 1963—1987 was made. The heavy rain intensity formula were developed with diagram method.

Key Words: rainfall frequency diagram method heavy rain intensity formula