

西安市城市雨水与城市排涝流量计算比较研究

张理¹, 梁伟¹, 高俊发², 苏选军³

(1.西安市市政工程管理委员会, 陕西西安 710003; 2.长安大学, 陕西西安 710058; 3.中国市政工程华北设计院, 天津市 300074)

摘要:城市雨水流量计算是城市雨水排除管道设计的基础和依据, 其标准按《室外排水设计规范》(GB 50014-2006)执行; 城市排涝流量计算是城市内部河渠、河道等设计的基础和依据, 其标准按《水利水电工程水利动能设计规范》(DL5015-1996)执行。由于城市排(雨)水与城市排涝的重现期概念、设计标准、流量计算方法不同, 导致对城市内部同一河渠按城市雨水公式计算的设计流量与按城市排涝公式计算设计流量不同, 造成工程技术人员在设计中缺乏依据。该文就两者的关系进行了研究, 给出了两者的使用条件, 以供设计时参考。

关键词:选样方法; 暴雨强度公式; 城市排涝; 城市雨水; 流量

中图分类号: TU992.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2007)02-0047-03

1 问题的提出

城市雨水流量计算是城市雨水排除管道设计的基础和依据, 其标准按《室外排水设计规范》(GB 50014-2006)执行; 城市排涝流量计算是城市内部河渠、河道等设计的基础和依据, 其标准按《水利水电工程水利动能设计规范》(DL5015-1996)执行。由于城市排(雨)水与城市排涝的重现期概念、设计标准、流量计算方法不同, 导致对城市内部同一河渠, 按城市雨水公式计算的设计流量与按城市排涝公式计算设计流量不同。造成工程技术人员在设计中缺乏依据。本文就两者的关系进行了研究, 并结合西安市具体的气象、地理情况, 给出了两者的使用条件, 以供设计时参考。

2 暴雨的选样方法及相互转换关系

2.1 暴雨的选样方法

在我国现行规范中, 城市排水设计暴雨重现期采用年多个样法选样, 而城市排涝设计暴雨重现期采用年最大值法选样。

(1)年最大值法: 每年从各历时暴雨资料中选用最大的一组雨量, 在N年资料中选用N组最大值。该法选样简单, 独立性强, 资料的收集也较其它方法容易, 对于推求高重现期的雨量其优点较多, 所以在水利工程的统计中应用最广。但该法会遗漏一些数值较大, 在年内排位第二或第三位的暴雨资料, 致使小重现期部分的雨量明显偏小, 在大重现期部分雨量差异不大。《水利水电工程动能设计规范》(DL5015-1996)规定: 治涝标准一般应以涝区发生一定重现期的暴雨不受涝为准, 重现期一般采用5~10 a, 条件较好的地区可适当提

高标准, 如上海、广州、深圳的排涝标准都暂定为20 a一遇。

(2)年多个样法: 每年从各历时的自记降雨资料中选择6~8个最大值, 取资料年数3~4倍的最大值作为统计的基础。这种方法需要很多资料, 收集困难, 统计也比较麻烦。此法的特点是在小重现期部分比较真实地反映了暴雨的统计规律, 且可获得重现期小于1 a的暴雨雨样。《室外给排水设计规范》(GB 50014-2006)规定: 重现期一般选用0.5~3 a, 重要干道、重要地区或短期积水即能引起较严重后果的地区, 一般选用2~5 a。由于城市排水中采用的重现期较小, 一般为0.5~5 a, 因此在理论上年多个样法更适合城市排水工程。

2.2 不同选样法的相互转换关系

按概率计算, 年最大值法与年多个样法的频率关系^[1]

$$P_M = 1 - e^{-P_E} \quad (1)$$

式中: P_M ——年最大值法选样的机率

P_E ——年多个样法选样的机率

按重现期 $T_M = \frac{1}{P_M}$, $T_E = \frac{1}{P_E}$ 代入式(1)得:

$$\frac{1}{T_M} = 1 - e^{-1/T_E} \quad (2)$$

对式(2)两边取对数, 整理得年最大值法与年多个样法的关系式为:

$$T_E = \frac{1}{\ln T_M - \ln(T_M - 1)} \quad (3)$$

根据公式(3)计算出的 T_E 与 T_M 的关系见重现期的转换表1。

概率计算表明, 只有当 $T \geq 10$ a 时, 两种选样方法所得的暴雨强度才比较相近, 而当前城市雨水道设计常用 $T_E = 1$ a 的强度, 在这时 T_E 与 T_M 有相当差距, 在改用年最大值法后需用 $T_M = 1.58$ a 才

收稿日期: 2006-10-27

作者简介: 张理(1965-), 男, 陕西西安人, 高级工程师, 主要从事给水排水研究。

能算得相当于 $T_E=1$ a 的强度, 如仍用 $T_M=1$ a 计算, 则是把标准降低至不足 0.5 a。

表 1 重现期转换表

T_E	0.25	0.33	0.50	1.0	3.0	5.0	10.0	20.0	50.0	100
T_M	1.02	1.05	1.16	1.58	3.35	5.54	10.52	20.40	50.5	100.5

2.3 实例验证

以西安市 36 a (1956~1992) 暴雨资料中的 5 min、10 min 雨样为统计雨样, 分别采用年最大值法、年个样法选样, 得出 i - $\lg T$ 图(见图 1)。

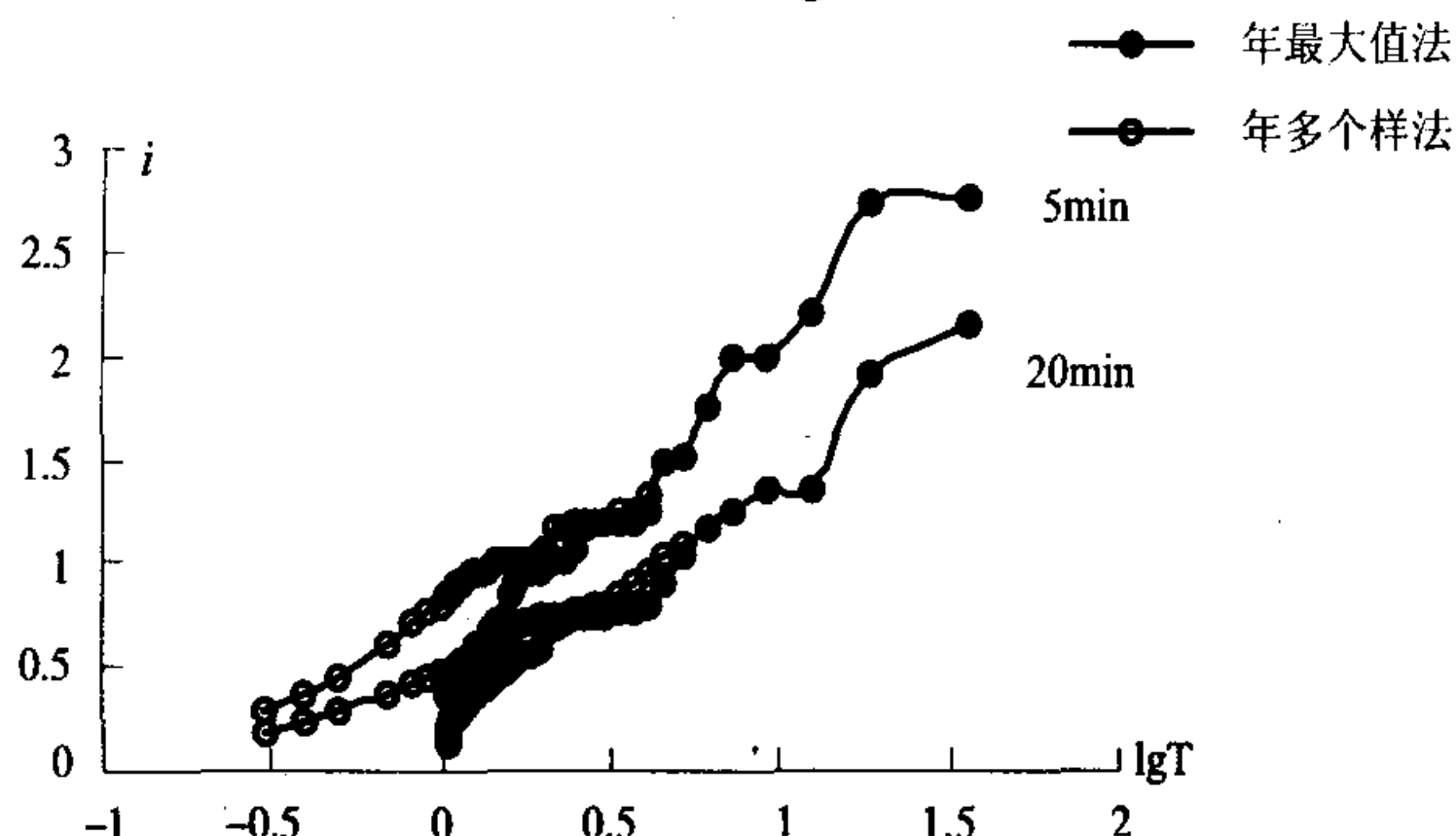


图 1 不同选样方法在 $t=5$ min、 $t=20$ min 的暴雨强度机率曲线图

从图 1 中可以看出, 当 $T=1\sim 5$ a 时, 两种选样方法所得的暴雨强度相差较大, 当 $T \geq 10$ a 时, 两种选样方法所得的暴雨强度才比较相近, 符合 2.2 节中的结论。

3 城市排涝与城市排水流量的计算比较

3.1 城市排涝与城市排水暴雨强度公式的确定

西安市有连续 36 a (1956~1992) 自记雨量资料, 按规范要求每场暴雨取 5、10、15、20、30、45、60、90、120 min 共 9 个历时段的最大降雨强度。先按年多个样法选样, 按指数分布曲线进行适线; 然后按年最大值法排序, 按耿贝尔分布曲线进行适线, 分别得出统计暴雨公式所需的 i - t - p 经验数据。在此基础上, 通过电算得出各自的暴雨强度公式(见表 2)。

表 2 不同选样方法统计得出的西安市暴雨强度公式

选样方法	暴雨强度公式	总绝对均方差
年多个样法	$i_1 = \frac{16.882(1+1.317 \lg T)}{(t+21.5)^{0.975}}$	$\sigma=0.013$
年最大值法	$i_2 = \frac{14.407(1+1.813 \lg T)}{(t+20.567)^{0.975}}$	$\sigma=0.0128$
年最大值法	$i_3 = \frac{1.334(1+1.811 \lg T)}{t^{0.441}}$	$\sigma=0.079$

城市排水常用 i_1 作为暴雨强度公式, 城市排涝常用 i_3 作为暴雨强度公式(当无自记雨量记录

时, 水利部门常将 24 h 设计雨量配暴雨递减指数 n 来推求短历时设计雨量的方法, 此方法相对较为粗略, 当有自记雨量记录时, 应尽可能不采用^[2])。

3.2 城市排涝与城市雨水设计流量的计算比较

城市雨水设计流量常用式(4)计算, 城市排涝设计流量计算同城市防洪洪水流量计算相类似, 计算方法有多种, 如洪水资料的频率分析法、水文比拟法、缺少洪水资料的地区综合法、暴雨推求洪水的瞬时单位线法、推理公式法等。为了使与城市雨水流量计算的推理公式具有可比性, 城市排涝设计流量也采用推理公式(5)计算涝水流量。

$$Q_{m1} = \frac{167A_1(1+c_1 \lg p)}{(t+b)^n} \varphi \cdot F, t = t_1 + mt_2 \quad (4)$$

$$Q_{m2} = 0.278 \frac{S_p}{\tau^n} \cdot \varphi \cdot F, \tau = t_1 + mt_2 \quad (5)$$

式中: φ ——径流系数

F ——汇流面积

t, τ ——汇流时间

t_1 ——地面集水时间

t_2 ——管内雨水流行时间

m ——折减系数, 暗管取 2, 明渠取 1.2

A_1, S_p ——雨力

c_1, b ——地方参数

0.278、167——单位换算系数

从式(4)、(5)中可以看出, 对于在城市内部某一给定的河渠, 其 φ 、 F 、 τ 都是定值, 两者计算的差别主要在暴雨强度公式上。为了便于比较, 利用表 2 的暴雨公式分别得出 $T=1$ a、 $T=10$ a 在不同时间(5~120 min)的暴雨强度计算值及相对误差(见图 2、图 3)

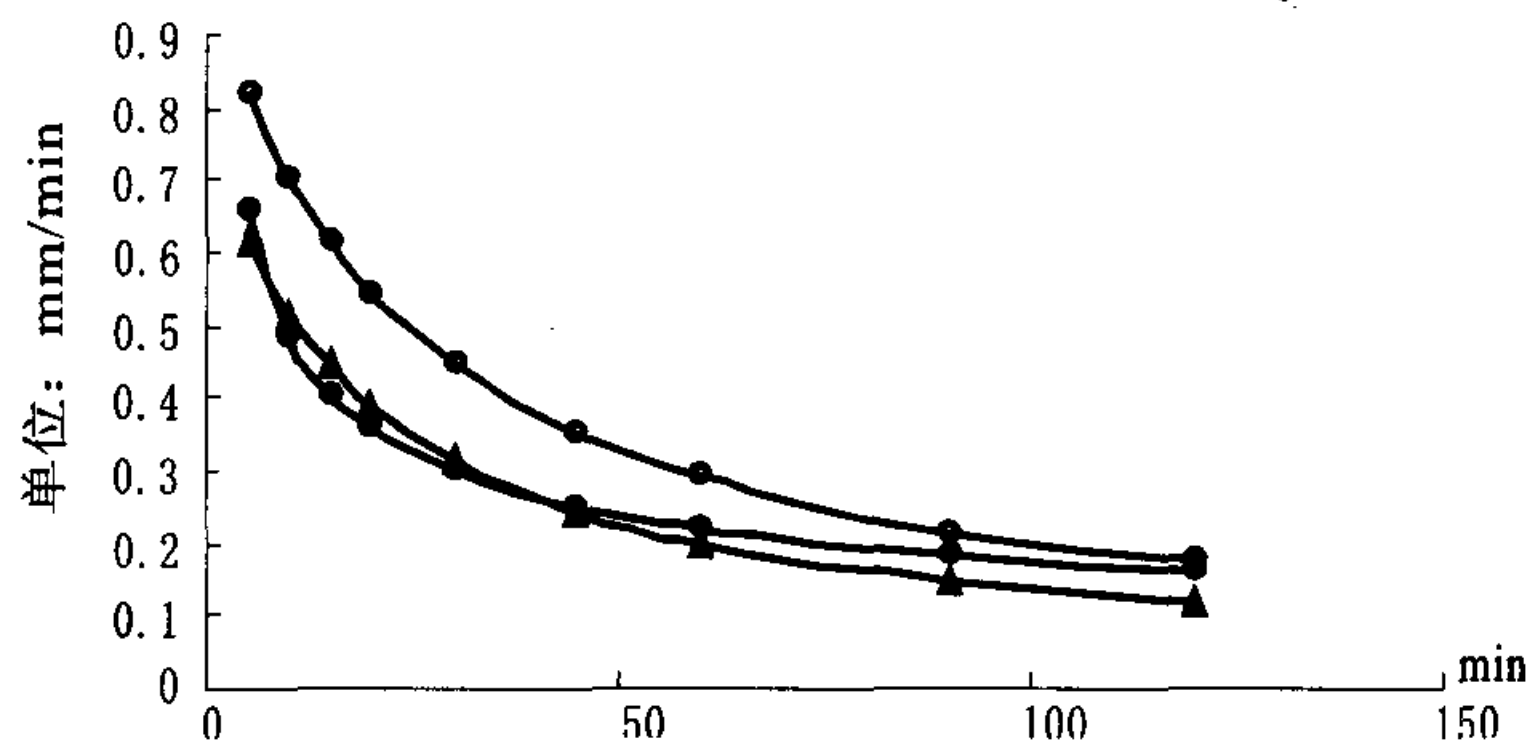


图 2 $T=1$ a 时不同选样方法的 i - t - p 图

从图 2 中可以看出, 在 $T=1$ a 时, 在 5~120 min 内 $i_1 > i_2$; $i_1 > i_3$, 在 $t > 120$ min 时出现 $i_1 < i_3$ 。其它 $1 a < T < 10 a$ 时的 i - t - p 图同图 2。

从图 3 中可以看出, 在 $T=10$ a 时, 在 5~120 min

内 $i_1 > i_2$; 在 $t > 90 \text{ min}$ 时出现 $i_1 < i_3$ 。其它 $T > 10 \text{ a}$ 时的 $i-t-p$ 图同图 3。以大者为安全性的原则, 故建议:

当 $T < 10 \text{ a}$, $t < 120 \text{ min}$ 或 $T > 10 \text{ a}$, $t < 90 \text{ min}$ 时, 采用

$$i_1 = \frac{16.882(1+1.317 \lg T)}{(t+21.5)^{0.9227}}$$

作为暴雨强度公式, 采用城市排水雨水量公式(4)计算河渠的雨水设计流量。

当 $T \leq 10 \text{ a}$, $t \geq 120 \text{ min}$ 或 $T \geq 10 \text{ a}$ 时, $t \geq 90 \text{ min}$ 时, 采用

$$i_3 = \frac{1.334(1+1.81 \lg T)}{t^{0.441}}$$

作为暴雨强度公式, 采用城市排涝暴雨流量计算公式(5)计算河渠的雨水设计流量。

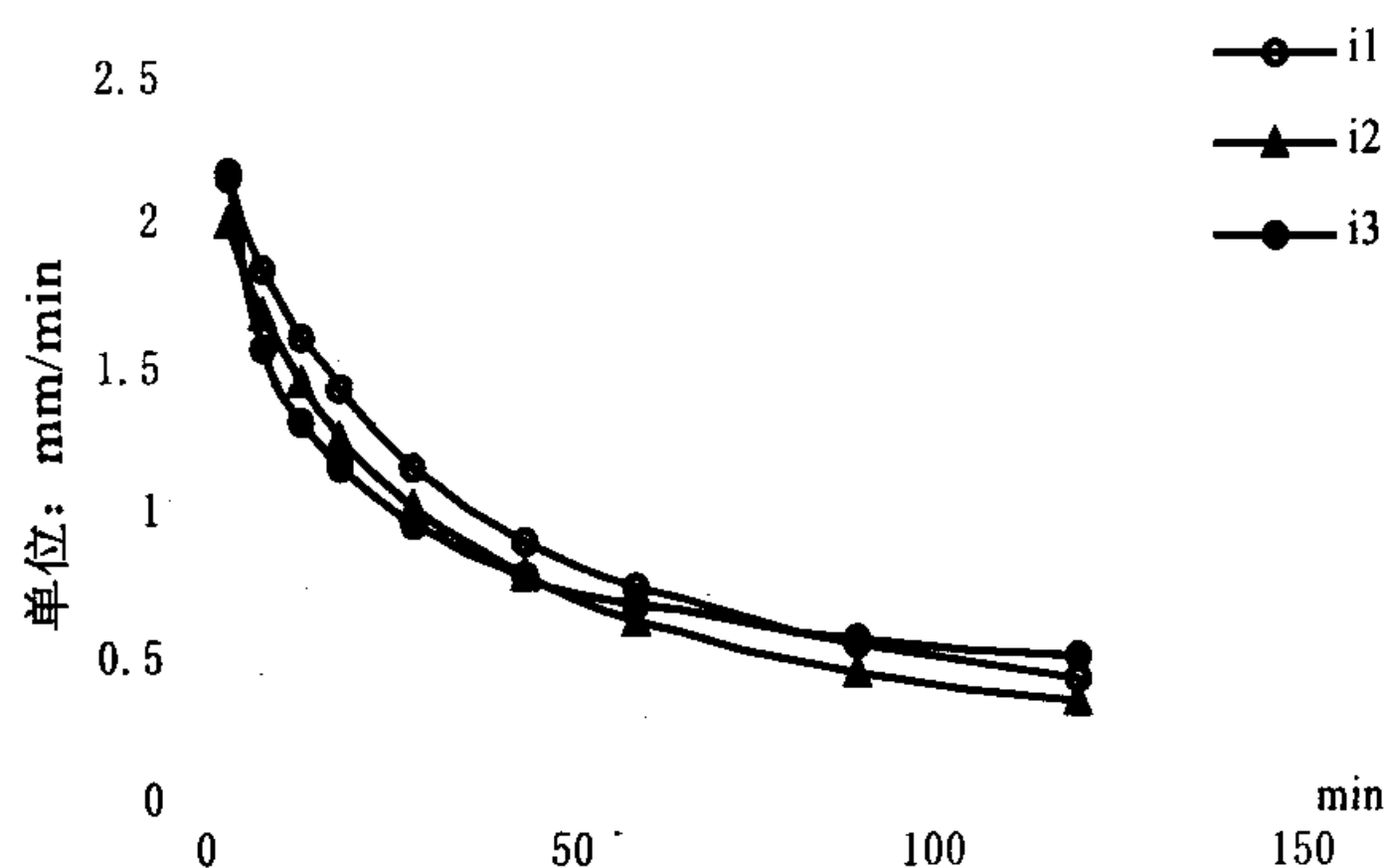


图 3 $T=10 \text{ a}$ 时不同选择方法的 $i-t-p$ 图

4 实例计算

选择西安市南郊大环河分区小流域为例计算, 该地区南起纬一街北至南二环以南的狭长区域, 地形东南高, 西北低, 小流域汇水面积为 18.68 km^2 , 管道总长为 16.96 km , 共计 15 个计算管段。分别应用式(4)、式(5)计算 15 个计算管段的流量与汇流时间关系图, 其结果如图 4、图 5。

从图 4、图 5 中可以看出, 在 $T=1 \text{ a}$ 时, 在 120

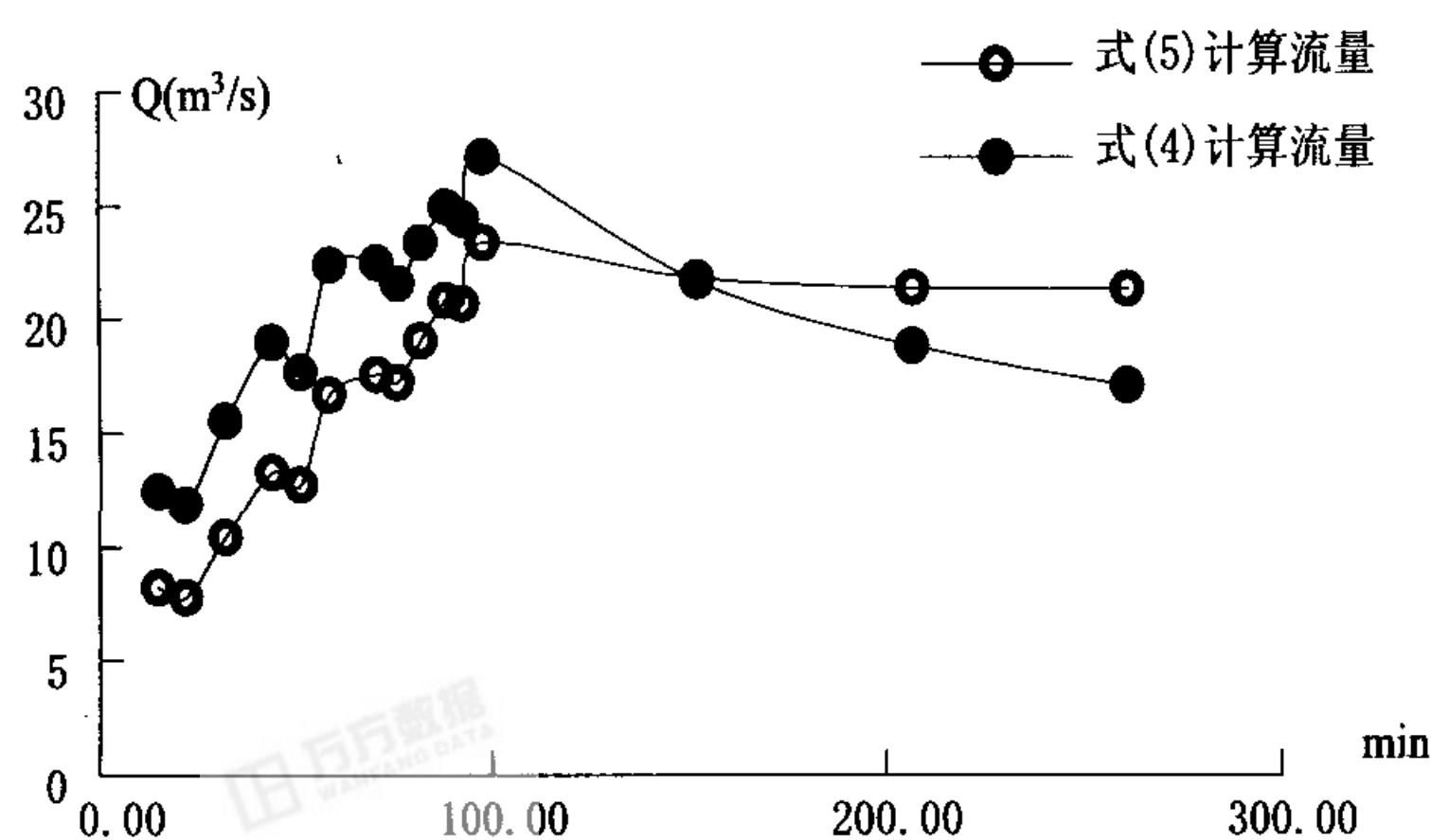


图 4 $T=1 \text{ a}$ 时各计算管段的流量与汇流时间关系图

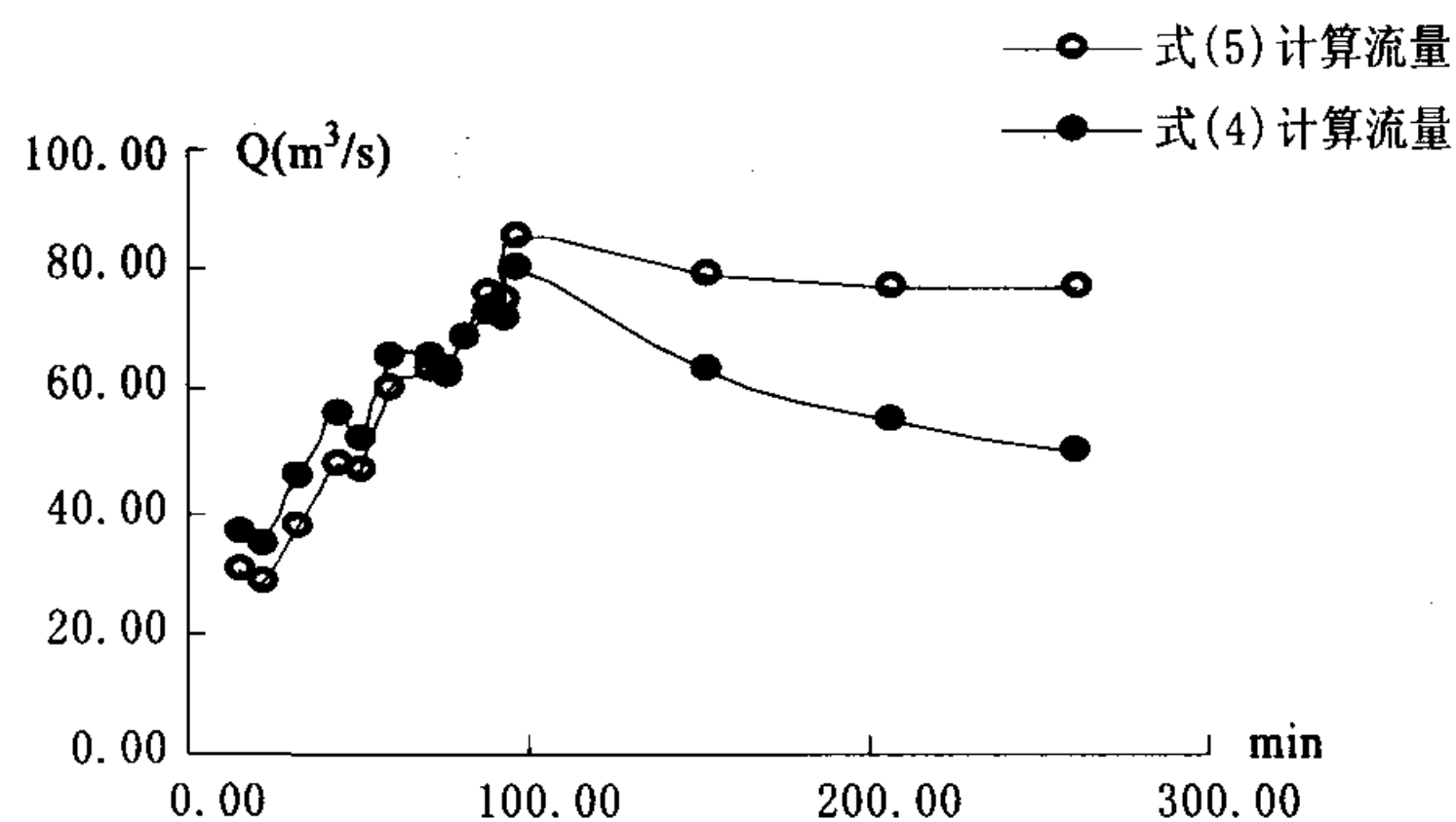


图 5 $T=20 \text{ a}$ 时各计算管段的流量与汇流时间关系图

min 附近, 式(5)计算结果大于式(4)计算结果; 在 $T=20 \text{ a}$ 时, 在 90 min 附近, 式(5)计算结果大于式(4)计算结果, 均符合 3.2 中的结论。

5 结论

(1) 城市排水与城市排涝由于暴雨选样方法不同, 导致两者的重现期概念有所差别。在 $0.5 \sim 5 \text{ a}$ 时, 城市排涝选样的暴雨强度明显小于城市排水所选的暴雨强度; 只有当 $T \geq 10 \text{ a}$ 时, 城市排水选样的暴雨强度与城市排涝选样的暴雨强度才比较相近, 这是通过概率计算和实例验证的普遍规律。

(2) 由于城市排水是进行短历时、小重现期、较小区域排水设计, 而城市排涝是进行长历时、大重现期、较大区域防洪设计, 两者对暴雨的特性要求是不一样的。根据上述分析, 针对西安市当地的具体气象、地理条件建议:

当 $T < 10 \text{ a}$, $t < 120 \text{ min}$ 或 $T > 10 \text{ a}$, $t < 90 \text{ min}$ 时, 采用

$$i_1 = \frac{16.882(1+1.317 \lg T)}{(t+21.5)^{0.9227}}$$

作为暴雨强度公式, 采用城市雨水流量公式(4)计算河渠的雨水设计流量。

当 $T \leq 10 \text{ a}$, $t \geq 120 \text{ min}$ 或 $T \geq 10 \text{ a}$ 时, $t \geq 90 \text{ min}$ 时, 采用

$$i_3 = \frac{1.334(1+1.81 \lg T)}{t^{0.441}}$$

作为暴雨强度公式, 采用城市排涝流量计算公式(5)计算河渠的雨水设计流量。

因此, i_1 适用于短历时暴雨强度的计算, 可作为城市排水暴雨强度公式; i_3 适用于长历时暴雨强度的计算, 可作为城市排涝暴雨强度公式。

参考文献

- [1] 邓培德. 暴雨选样与频率分布及其应用[J]. 给水排水, 1996, 27(2): 25-27.