

径流曲线叠加法求雨水设计流量的 计算机方法

王全金

(建筑工程系)

摘 要

根据雨水径流曲线叠加法求雨水管道最大径流量的原理,开发了一套电算程序。利用该程序可以简便、准确地计算出畸形流域的雨水管道设计流量和绘制出径流过程曲线。

关键词: 径流曲线; 雨水; 设计流量

0 引 言

在雨水管渠设计中,当汇水面积呈畸形增长时(包括几个相距较远的独立区域雨水的交汇、多个设计重现期),雨水管道设计流量计算采用常见的极限强度法计算就会产生较大的偏差。文献[1]在研究这些特殊情况下的特定计算方法时,提出了模式雨型和径流过程线的概念。由于暴雨公式中不同历时的降雨强度是来自不同场次降雨的同频率雨段,暴雨公式只表示同频率最大平均强度的规律,并不描绘暴雨强度的过程。因而,雨水管道推理公式不能用于研究径流的过程。基于这种原因,文献[1]的作者在暴雨公式中引入暴雨强度过程的平均形态和强度高峰的位置,这样暴雨公式就不仅可以计算最大流量,还可用以研究径流过程。利用模式雨型和径流过程线的概念,根据迭加原理,研究畸形流域雨水管道设计流量是一种较合理的方法。但由于模式雨型径流过程线的绘制和叠加较为复杂,用人工处理工作量很大,且欠准确。本文根据文献[1]的概念,开发了一套流量叠加法电算程序。

1 模式雨型径流过程线和叠加原理

模式雨型的强度过程如图1所示^[1],其中,0点为雨峰时间坐标,峰前的瞬时强度曲线为 I_a ,相应的历时为 t_a ,峰后的瞬时强度曲线为 I_b ,相应的历时为 t_b 。模式雨型公式如下:

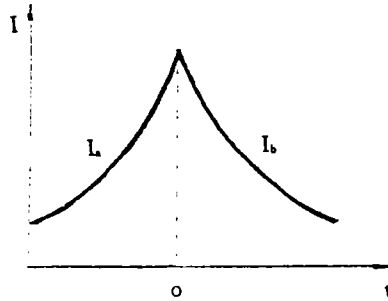
本文于1993年9月13日收到

当 $0 \leq t \leq t_a$ 时

$$I_a = \frac{(1-n)r^a A}{(t_a + rb)^a} - \frac{nbr^{1-a} A}{(t_a + rb)^{1-a}} \quad (1)$$

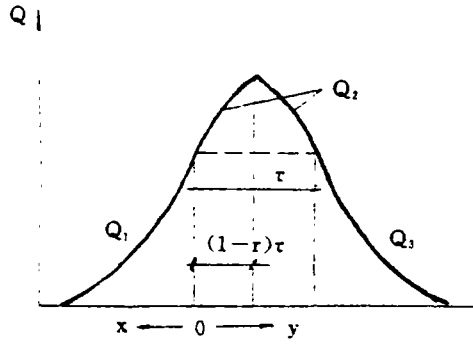
当 $0 \leq t \leq t_b$ 时

$$I_b = \frac{(1-n)(1-r)^a A}{[t_b + b(1-r)]^a} - \frac{nb(1-r)^{1-a} A}{[t_b + b(1-r)]^{1-a}} \quad (2)$$



模式雨型径流过程线是以 $i = \frac{A}{(t+b)^a}$ 型暴雨公式同频率控制的模式雨型为基础，不限降雨历时，假设径流面积随历时均匀增长所导出的。

径流过程线的原点设在雨峰位置，原点左侧的曲线为 Q_1 ；原点右侧的曲线为 Q_2 和 Q_3 ，如图1所示，径流过程线的计算公式为：



$$Q = \begin{cases} Q_1(x), & x \geq 0, \\ Q_2(y), & 0 \leq y \leq \tau, \\ Q_3(y), & \tau \leq y. \end{cases} \quad (3)$$

图1 模式雨型及其径流过程线

其中：

$$Q_1 = Q \left\{ \frac{x-\tau}{\tau} \left[\frac{x+\tau-rb}{r(\tau-b)} \right]^{-a} - \frac{x}{\tau} \left[\frac{x+rb}{r(\tau+b)} \right]^{-a} \right\}; \quad (4)$$

$$Q_2 = Q \left\{ \frac{y}{\tau} \left[\frac{y-b(1-r)}{(1-r)(\tau-b)} \right]^{-a} - \left(1 - \frac{y}{\tau}\right) \left[\frac{\tau-y+rb}{r(\tau+b)} \right]^{-a} \right\}; \quad (5)$$

$$Q_3 = Q \left\{ \frac{y}{\tau} \left[\frac{y-b(1-r)}{(1-r)(\tau-b)} \right]^{-a} - \left(\frac{y}{\tau} - 1\right) \left[\frac{y-\tau-b(1-r)}{(1-r)(\tau+b)} \right]^{-a} \right\}; \quad (6)$$

$$Q = \psi Fq \quad (t = \tau)$$

上式中， τ 为全面积集流时间； r 为强度高峰位置。

根据以上各式即可计算出各个不同情况的均匀增长汇流个体的径流曲线。由于各汇流个体各自的最大径流和集流时间不等，当要将各个径流曲线叠加时，就必需选定一个共同的纵

横坐标比例。令降雨的雨峰时间坐标为0, 点绘各个汇流体在集流计算点的径流曲线, 叠加而成全流域的径流过程线图, 由图上可查得全流域的洪峰流量, 并可算得总洪量和峰谷出现的时间。

2 径流曲线叠加的计算机方法

从图1(b)可见, 径流过程线是以雨峰位置为坐标原点, 点绘在双正向坐标系中的曲线, 为了实现径流曲线叠加的计算机方法, 首先将双正向坐标系中的径流曲线变为单正向坐标系中的曲线, 如图2所示。

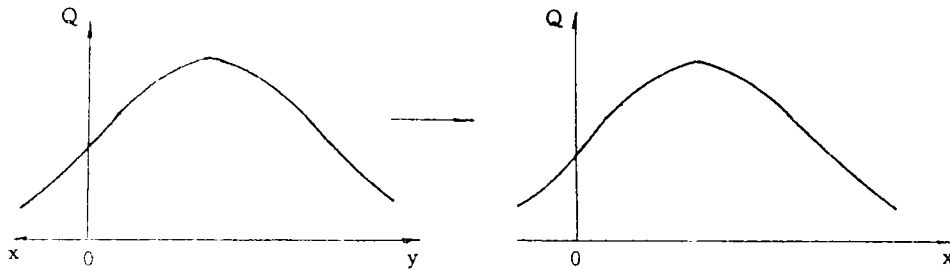


图2 变双正向坐标系为单正向坐标系

在单正向坐标系中, 径流过程线的计算公式为

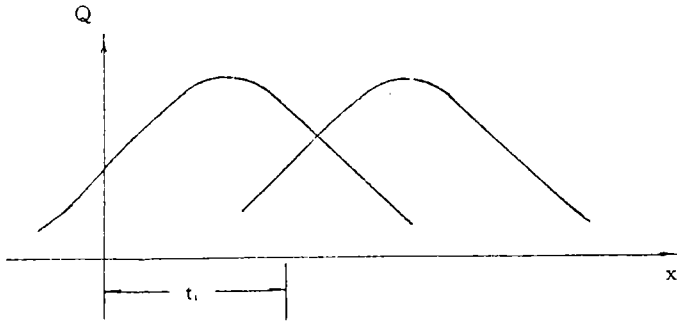
$$Q = \begin{cases} Q_1(-x), & x \leq 0, \\ Q_2(x), & 0 \leq x \leq \tau, \\ Q_3(x), & \tau \leq x. \end{cases} \quad (7)$$

其中 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 已由 (4)、(5)、(6) 三式分别给出, 在计算 Q_1 时, 只要将 x 代入 (4) 中即可。

其次, 为了实现各曲线的迭加, 必须建立统一的坐标系, 选择坐标系的原点在雨峰位置。若第 i 块径流面积区尾沟水流时间为 t_i , 根据叠加原理, 该曲线在统一坐标系中必需向右平移 t_i , 如图3所示。

这时, 只要令 $x \Rightarrow x - t_i$, (7) 式则成为

$$Q = \begin{cases} Q_1(-x + t_i), & x \leq t_i, \\ Q_2(x - t_i), & t_i \leq x \leq \tau + t_i, \\ Q_3(x - t_i), & \tau + t_i \leq x. \end{cases} \quad (8)$$

图3 径流过程线向右平移 t_i

其中 Q_1 , Q_2 和 Q_3 分别为

$$Q_1(-x + t_i) = Q \left\{ \frac{-x + t_i + \tau_i}{\tau_i} \left[\frac{r_i(\tau_i + b_i)}{-x + t_i + \tau_i + b_i r_i} \right]^n - \frac{-x + t_i}{\tau_i} \left[\frac{r_i(\tau_i + b_i)}{-x + t_i + r_i b_i} \right]^n \right\}, \quad (9)$$

$$Q_2(x - t_i) = Q \left\{ \frac{x - t_i}{\tau_i} \left[\frac{(1 - r_i)(\tau_i + b_i)}{x - t_i + b_i(1 - r_i)} \right]^n + \left(1 - \frac{x - t_i}{\tau_i} \right) \left[\frac{r_i(\tau_i + b_i)}{\tau_i - x + t_i + r_i b_i} \right]^n \right\}, \quad (10)$$

$$Q_3(x - t_i) = Q \left\{ \frac{x - t_i}{\tau_i} \left[\frac{(1 - r_i)(\tau_i + b_i)}{x - t_i + b_i(1 - r_i)} \right]^n - \left(\frac{x - t_i}{\tau_i} - 1 \right) \left[\frac{(1 - r_i)(\tau_i + b_i)}{x - t_i - \tau_i + b_i(1 - r_i)} \right]^n \right\}, \quad (11)$$

上式中

$$Q = \frac{F_i \psi_i A}{(\tau_i + b_i)^n}, \quad A = 167 A_{11} (1 + c_i \lg p_i).$$

按以上各式即可实现各径流过程曲线的叠加, 其计算框图如图4所示。

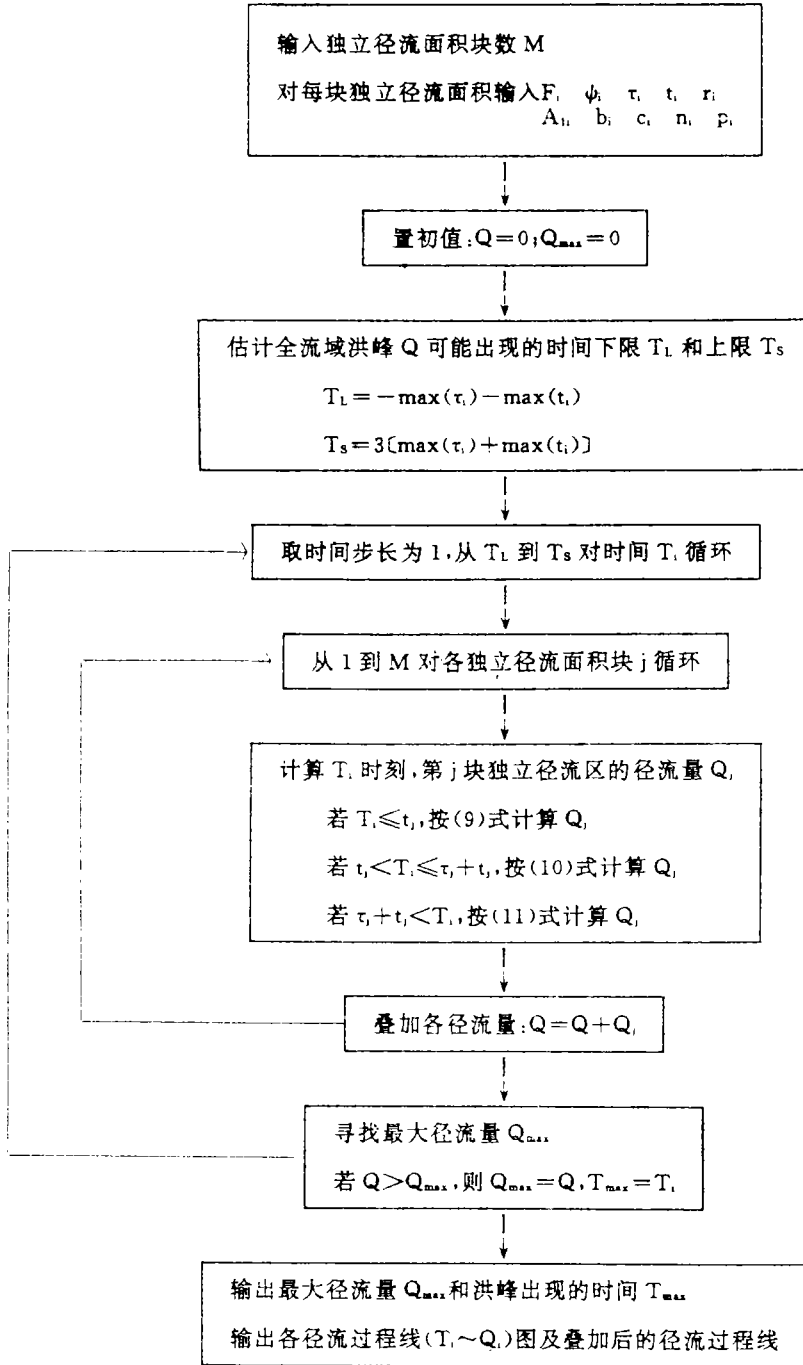


图4 计算框图

3 算 例

求三个独立区（图 5）交汇点的雨水最大径流量。^[1]。

已知：暴雨公式 $i = \frac{18}{(t+10)^{0.8}}$ ； $\psi F_A = 9.74$ 公顷； $\psi F_B = 14.97$ 公顷； $\psi F_C = 5.6$ 公顷；各独立区集流时间为： $\tau_A = 30\text{min}$ ， $\tau_B = 20\text{min}$ ， $\tau_C = 20\text{min}$ ，各区尾沟水流时间为 $t_{AO} = 30\text{min}$ ， $t_{BO} = 20\text{min}$ ， $t_{CO} = 5\text{min}$ ，设 $r = 0.5$ 。

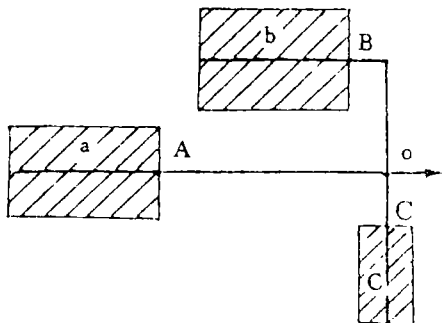


图 5 汇水面积示意图

由计算得到全流域洪峰流量为 4496L/S ，出现时间距雨峰为 33min ，相应的径流过程曲线如图 6 所示。

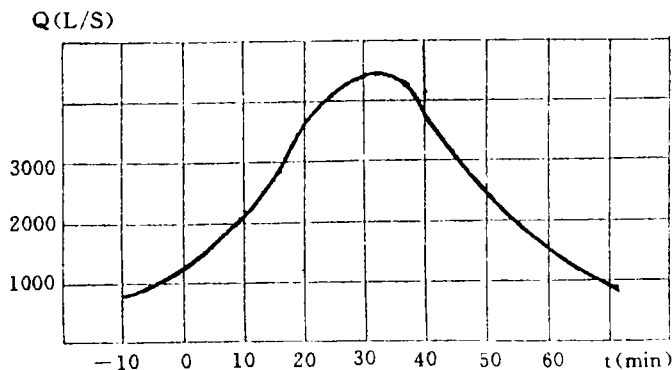


图 6 O 点径流过程线

4 小 结

由计算结果可以看出，运用本文开发的计算机程序可以准确简便地计算出畸形流域的雨水管道设计流量和绘制出径流过程曲线，使模式雨型及其径流过程线的新概念能方便地应用于实际工程设计中。

参 考 文 献

- [1] 邓培德. 特殊地区的雨水沟道最大径流量计算. 给水排水, 1985, (5): 10
[2] 高延耀主编. 水污染控制工程. 北京: 高等教育出版社, 1989年, 121

Computer Method for Solving Design Discharge of Storm Water by Runoff Curve Superposition

Wang Quanjin

ABSTRACT

Based on the principle of solving maximum runoff for storm water pipeline by runoff curve superposition, a computer program has been presented in this paper. The program can be simply and accurately used to calculate storm water pipeline design discharge of odd drainage basin and to plot the runoff curve.

Key words: Runoff curve; Storm water; design discharge