

系统分析法在水环境规划 管理中的应用¹⁾

聂松媛

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要 运用系统分析法, 从水环境容量角度出发, 以顿塘河流域为例, 对设计流量的确定, 水质优化控制等进行了探讨和研究.

关键词 负轮, 频率

1 引言

平原水网地区大量中小城镇的水资源、水环境规划与管理对该地区进行工农业发展规划是不可忽视的重要问题之一. 规划与管理的主要任务是合理与充分地利用和保护水资源, 这首先关系到丰水期防洪、灌溉调配多余水量及枯水期缺水计算. 在充分利用水体自净能力的基础上, 合理地控制污染排放, 以尽量小的代价取得合格的水质也是重要的规划管理问题^[1]. 为此目标, 只用河流天然水文特征值计算是不能满足要求的, 必须结合规划地区工农业经济发展布局状况等重要因素进行分析和统一协调考虑.

从水环境容量角度出发, 首先遇到的是设计流量问题. 设计流量的确定依赖于规划管理的社会经济以及环境的目标. 目前还没有统一的规范. 近年来出现的负轮特性频率分析法^[2,3], 为水质规划研究提供了具有更大灵活性及更多信息的工具. 以下简述我们应用此法研究太湖流域顿塘河段水环境容量问题的一些初步结果.

2 方法简述

同对河流水文特征值统计分析做法一样, 对某一给定流量 Q_i , 每年日流量低于 Q_i 的持续天数 N 中最大值 $N_{\max}(Q_i)$ 定义为最大负轮长, 在 $N_{\max}(Q_i)$ 天中相对 Q_i 累积缺水量 $S_{\max}(Q_i)$ 定义为最大负轮和 (图 1), 可以假设在长水文系列中

$N_{\max}(Q_i)$ 及 $S_{\max}(Q_i)$ 均为随机变量, 因而分别存在相应的概率分布. 对于不同的 Q_i , 可以得到相应的一组 $N_{\max}(Q_i)$ 及 $S_{\max}(Q_i)$, 每一水文年都有 i 组 N_{\max} 及 S_{\max} , 进而可得到它们相应的经验概率分布.

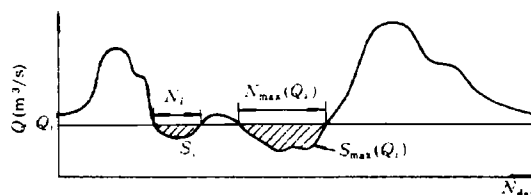


图 1 年流量过程线

研究这些随机变量的概率特征可以提供出不同设计流量下, 河流亏(盈)水的时间及水量的重要信息. 这就是水文特性频率法的基本思想, 它比较适合于水资源规划及管理方面的研究, 直观与灵活.

以流量为纵座标, 以 N_{\max} 及 S_{\max} 为横座标, N_{\max} 向右为正, S_{\max} 向左为正, 用不同的 Q_i 找出在概率曲线上对应相同概率的 $N_{\max}(Q_i)$ 及 $S_{\max}(Q_i)$ 值, 点绘在相应的座标位置上, 再用最小二乘法二次拟合同一频率下各点的曲线, 不同频率可绘出一曲线族, 即为所要求得的负轮长及负轮和的概率曲线特征图.

3 顿塘河负轮特性频率分析

3.1 负轮特性频率图的构置

结合顿塘河环境容量分析研究任务, 首先遇到了历史水文资料短缺问题. 该河段全部水文资料为 31 年水位资料及 6.5 年连续流量资料及一些不连续的流量资料. 这也是平原河网地区中小河流普遍存在的问题. 为此我们除了采用 Monte Carlo 的随机

¹⁾ 国家自然科学基金与中国科学院社会协调局资助.

模拟方法根据水位的长系列资料延长不完整的流量系列资料外,还采用了枯、平、丰3种水文情势,分别对流量水位资料进行回归关联,得到相应的回归关系,从水位分别按枯、平、丰的相关关系推算出相应的流量,形成31年的流量系列资料。

根据河流实际情况及环境要求,我们选取标准流量为 $Q_i = 6 \sim 13 \text{m}^3/\text{s}$, $i = 1 \sim 8$,即每年的流量过程线有8对 N_{\max} 及 S_{\max} ,用8个标准流量计算31年的流量,共得出248对 $N_{\max}(Q_i)$ 值及 $S_{\max}(Q_i)$ 值,随机变量 N_{\max} 及 S_{\max} 分别有相应的经验概率分布.考虑对环境标准比较重要的4种概率值5%、10%、15%、20%,绘出概率等值线,这样就得到了我们要求的颍塘河负轮特性频率曲线图(图2,3)。

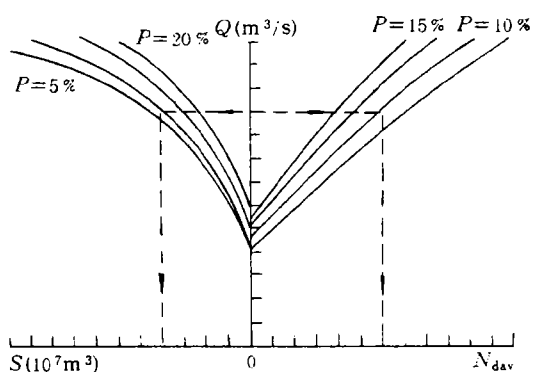


图2 颍塘河负轮特性频率组合曲线

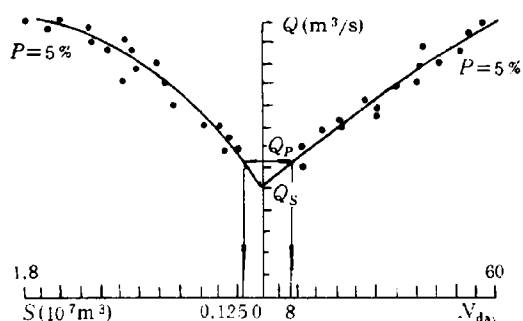


图3 频率为5%的负轮特性频率曲线

3.2 颍塘河负轮特性频率分析

在水环境容量研究中,设计流量的确定是水质模拟及容量估计的前提.同时,设计流量的确定在国内外目前尚无统一的规范,而是依据所研究区域

的水体功能及排放污染物毒性不同而异.按求应把颍塘河作为地表饮用水二级水功能及非剧毒性污染物排放为目标,故采用了年最枯月均流量概率为90%的设计流量标准^[4].设计流量记为 Q_s ,设在负轮特性频率图中对应同一概率的等值线与纵座标交于 Q 点,权且称为零负轮流量(图2)。

当 $Q_s < Q_{P_{\text{mix}}}$,这意味着以控制水污染保护水环境为目标定出的设计流量以及依此进行的水质预报,在概率意义下偏于安全.即这种水质预报结果不仅在月均流量意义下成立,而且在保证率90%意义下对日均流量也成立,不会出现污染物浓度超预报值的情况。

当 $Q_s > Q_{P_{\text{mix}}}$ 时,按 Q_s 为设计流量作出的水质预报只在概率及月均流量意义下有效.不能保证亏水期出现.以 $Q = Q_s$,作平行于横座标的平行线,与概率 $P = 10\%$ 等值线左右两个交点的横座标给出相应 Q_s 的负轮长与负轮和值.它表明在保证率90%条件下,设计频率为10%基础上作出的水质预报将有 N_{\max} 天超预报值,如果要达到预报值,需在 N_{\max} 天内为其增加 S_{\max} 的调节水量。

从颍塘河震泽段所作的设计流量分析及负轮特性频率图(图3)可得,若按设计频率为5%计,则 $Q_s = 7.3 \text{m}^3/\text{s}$,相同概率的 $Q_p = 9.25 \text{m}^3/\text{s}$,由图3给出最大连续亏水日为8天,缺水量为125万 m^3 ;若设计频率定为10%,相应 $Q_s = 9.25 \text{m}^3/\text{s}$, $Q_p = 10 \text{m}^3/\text{s}$,这样便没有缺水日出现的可能,因而依 Q_s 作出的水质预报并估计出的水环境容量可以安全地开发利用(图3)。

此外,为防洪排涝需要,同样可用高于设计流量天数和盈余水量为随机变量做正轮特性频率分析图;如考虑河流通航功能,则用同法以低于设计水位的持续天数为负轮长进行统计分析.总之负轮特性频率分析方法是水资源环境管理中一个有用的工具,不仅物理概念清楚,而且方便灵活,应该得到各方面广泛的应用,以积累更多的使用经验。

参 考 文 献

- 1 贾复,徐丰.水网地区的水质模拟预报及污染容量.城市环境与城市生态,1992,5(1):7-11

2 Gleick P H, Climate Change. Hydrology and water resources. Reviews of Geophysics, 1989(27):329-334
 3 Daniel P L, Jery R S, Douglas A H. Water resource systems planning and analysis. Pientice-Hall, Inc.,

Englewood Cliffs, New Jerscey, 1981
 4 聂松媛. 河网城镇水环境设计流量. 城市环境与城市生态, 1991,4(1):1-5
 (本文于 1994 年 11 月 4 日收到)

双筒流变仪中 Maxwell 流体的振颤周期

黄 军 旗

(北京师范大学资源与环境科学系, 北京 100875)

摘要 本文对在用双筒流变仪测定 Maxwell 流体的物性常数时, 对所寻出的解析解进行理论分析, 比较了数值试验与理论结果, 两者吻合甚好. 在测试工作中, 只要获得振颤周期, 就可以获得黏弹性常数, 从而导出松弛时间.

关键词 双筒流变仪, Maxwell 流体, 振颤周期

1 引言

用双筒流变仪 (DGCCR) 测定 Maxwell 流体的物性常数时, 通常是让外筒作简谐运动, 根据内筒受力响应确定流体的复黏度. 为了拟合实验曲线, 人们要对这种流动的数学模型求解. 严宗毅等^[1]用数值方法求解过这个问题, 但由于问题的特殊性, 如解的强间断, 数值求解有一定的难度, 有时甚至会诱发或失掉信息, 更不便于对实验数据作拟合求参数. 作者在研究中发现: 当外筒以常速突然转动时, Maxwell 流体在非正常阶段表现出规则的周期性振颤. 在黄军旗和刘慈群^[2]所给解析解的基础上, 分析了这种振颤特性. 计算发现: 非正常期流体的速度和切应力分别呈斜方波和锯齿波振颤, 其周期 C 与黏弹性常数 H_a 为标准抛物线关系, 抛物线焦点参数与流变仪环隙尺寸密切相关. 通过理论分析, 找到了这种抛物线的具体形式, 并验证了公式中有关量的可测性. 在实验测试中, 只要测得内筒受力曲线的周期, 就可获得流体的黏弹性常数, 从而导出松弛时间.

2 数学模型及解析解

Maxwell 流体在双筒流变仪中的无量纲动量方程为^[3]

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{1}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} (x^2 F) \quad (1)$$

本构关系为^[4]

$$F + H_a \frac{\partial F}{\partial t} = x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{V}{x} \right) \quad (2)$$

问题的定解条件为

$$V(x, 0) = F(x, 0) = 0, \quad 1 \leq x \leq b \quad (3)$$

$$V(b, t) = 1, \quad 0 < t \quad (4)$$

$$V(1, t) = 0, \quad 0 < t \quad (5)$$

这里

$$\left. \begin{aligned} V &= \frac{v}{v_0}, \quad F = \frac{\tau_{r\theta} r_i}{\eta_0 v_0} \\ x &= \frac{r}{r_i}, \quad t = \frac{\eta_0 t'}{\rho r_i^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$H_a = \frac{\lambda \eta_0}{\rho r_0^2}, \quad b = \frac{r_0}{r_i} \quad (7)$$

式中, v 为流体速度, v_0 为外筒旋转速度, r_i 为内筒半径, r_0 为外筒半径, $\tau_{r\theta}$ 为切应力分量, η_0 为零剪切黏度, λ 为松弛时间, ρ 为流体密度, r 为径向座标, t' 为时间.

对问题 (1)–(5) 用 Weber 积分变换求解, 有速度 V 和内筒上的切应力公式^[2]

$$V(x, t) = y_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{R_1(\rho_i, x)}{N(\rho_i)} [H(\gamma - \rho_i) y_1 + \delta(\gamma - \rho_i) y_2 + H(\rho_i - \gamma) y_3] \quad (8)$$