

河网城镇水环境设计流量*

聂松媛

（中国科学院力学研究所）

摘要 河网系统中河流环境容量研究的基本困难除流量、流向复杂多变外,在密布的河流控制断面上缺少长系列流量资料是普遍存在的问题。本文以河网地区典型河段为例,基于对邻近地区水文站的水位系列资料及残缺不全的流量资料进行各种有效的关联分析,解决短时段实测资料水文概率的基础上,提出了通过不同水位概率的历史同水位对应流量的加权平均方法,推算环境设计流量及各支流断面流量分解的工程算法,为水环境容量研究及水资源规划提供参考依据。

我国长江、珠江三角洲、洞庭湖、洪泽湖流域都有大面积的平原河网,其间河湖纵横,水资源充沛,大的河网由成百条河流交织在一起,连结几十个县市,影响上千万亩耕地,关系几百万人口,不仅是农业的命脉,也是工业交通的纽带。但近年来,乡镇企业崛起,城镇工业化所带来的水环境污染问题十分突出,既影响工业发展及产品质量,也危及城市和乡镇的水源供给和人民的身体健康。

平原河网地区有较好的地理、资源以及社会经济条件,适宜于发展乡镇工业。但水环境对工业发展有多大的容量贡献,如何在充分利用水环境容量的条件下发展经济是我国广大河网地区的经济发展规划和环境保护所不可回避的资源环境问题,也是国土整治、资源环境管理的基本问题之一,具有重大的社会经济意义。

河网地区水流连通互相制约,水流条件复杂多变,且有人为因素施加的非自然调控作用,使研究对象成为典型具有大量状态变量的多输入、多输出非稳态随机系统特征,加之河网地区多存在资料匮乏,水文站布设稀少的共同问题,使所研究的非平衡多状态变量随机系统的多输入与多输出信息残缺不全,从而增加了问题的难度。在进行平原河

网的规划设计时往往要考虑各个部门的要求,同时还要处理好各方面的矛盾。因此,必须从全局出发,对河网地区进行全面的计算、分析比较,找出一个最优的规划设计方案。本章所涉及的是以典型河网地区典型河段为例,探讨有关水资源及水环境容量研究方面的部分内容。

这里选择颍塘震泽段探求平原河网干流设计流量的推求。

一、概况及水文数据资料

颍塘震泽段上起浙江南浔下游1.5km的八都断面,下游至江苏吴江县梅堰镇的堰月大桥,全长17.5km,其间河套环绕震泽镇,沿程经七条支流与众多河、渠、漾交织在杭嘉湖平原河网之中,北受太湖水位影响,南由降雨径流控制,加之地势平坦,流向、流量复杂多变,形成极为复杂的水流状况。而河段内没有水文站,基本的历史径流资料全然无存,只有震泽镇19年水位及降雨资料。这种基本历史水文资料极端匮乏及水网系统河流受多因素控制的复杂情形是多数平原河网河流的共同困难,也是今后研究河网系统水文学的基本问题^[1]。

颍塘属长江下游太湖水系,地处杭嘉湖

* 本文是在董雅文研究员负责的“七五”攻关课题《以吴江县为典型的小城镇水污染控制研究》基础上完成的。

平原,东西走向。西部上游水源为浙江苕溪水系,东与京杭运河相连,担负着繁重的航运任务,并且有灌溉和排涝功能,是一条与该地区经济、环境密切相关的河流〔2〕。

吴江县震泽镇是颀塘水网环绕中的水乡城镇。从人口、农业、航运、乡镇工业规模以及水环境情况,均为太湖地区乡镇的良好代表。因此,开展颀塘震泽段水资源、水环境状况的深入细致研究,不仅对该镇的经济、工业布局、规划、管理等方面提供科学的依据,更重要的是,作为长江三角洲经济发达区的一个典型代表,可以对当前水环境状况、水环境容量以及开发利用的程度及方式提供一个模式,具有普遍的参考价

值。此外,这种研究对于广大平原河网地区的水资源与水环境研究,也具有方法论的普遍意义。〔3〕

流量资料是水文分析的基础,从1987年3月~1988年2月进行了干、支流15个断面的流量、流速、水位测量29次,测量断面如图1所示。

有南浔站31年(1955~1985年)全部历史水位资料及历史流量资料6.5年(1961~1967年)。降水量资料28年(1958~1985年)。搜集震泽镇全部历史水位及降雨资料19年(1928~1937年、1959~1970年)以及相邻吴淞、铜罗、平望、范家村等水文站的系列资料等。

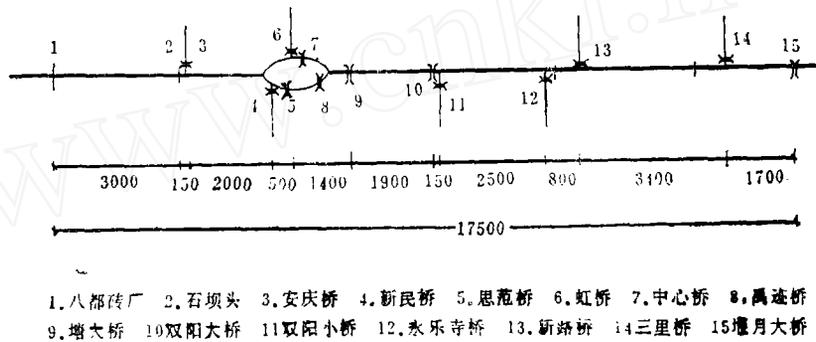


图1 颀塘震泽段各断面示意图

二、资料的初步分析

由于1987年3月~1988年2月实测的水文资料是颀塘震泽段唯一的水文资料,所以必须对1987~1988年所处历史水文状态的位置作出分析。这样才能合理地使用所得到的资料。同样,由于缺乏历史流量资料,我们只能对于历史水位作水文概率分析:根据1987~1988年29个流量测量日,作历史同天水位概率分布曲线29条,表明均处于丰水位置,其概率为19.31%,这说明所获得的实测流量对于水环境研究而言,不具有直接应用的意义。

对于1987年颀塘震泽段的流量与水位以及1961~1967年南浔站日流量与日水位进行

相关计算表明,其相关关系不明显,以枯水期为最差。这反映出水网系统受多种因素影响的情况复杂。因此,在河网地区采用从实测水位直接推求流量的方法是不适宜的。上述流量与水位的关联计算示于图2、图3。

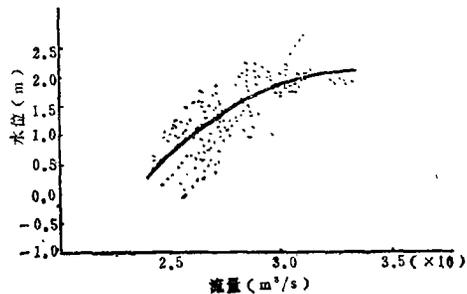


图2 1965年颀塘南浔水位流量关系

了专门实测和校核, 关联关系良好。从而可以用上述设计流量值推算出颤塘震泽段的设计流量。

$Q_{石} = 0.9471Q_{南} + 2.1692 = 9.228\text{m}^3/\text{s}$, 再用水力计算方法验证。

由于颤塘计算段内断面变化不大, 近似矩形河槽, 流速很小(一般在 $0.01\sim 0.3\text{m/s}$ 范围内), 工程上一般用明渠均匀流量计算。

公式为:

$$V = C \sqrt{RI}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}, Q = \frac{1}{n} I^{\frac{1}{2}} R^{\frac{2}{3}} A$$

其中 I : 坡降;

A : 过水断面面积;

R : 水力半径;

n : 糙度;

该平原河网地区 $n = 0.023$ 。

用实测的上下游断面数据, 取震泽90%概率对应的水位 2.41m (前面已用相关公式验证)。

水力半径中的湿周和断面皆用 2.41m 水位对应的实测值; 坡降用枯水期上下游水位差计:

$$V = \frac{1}{n} I^{\frac{1}{2}} R^{\frac{2}{3}} A$$

$$= \frac{1}{0.023} 0.00000048^{\frac{1}{2}}$$

$$\times \left(\frac{124.6}{33} \right)^{\frac{2}{3}} \times 124.6$$

$$= 9.101\text{m/s}$$

这一流量值与通过概率计算90%概率下水位对应的统计资料的流量值 $7.452\text{m}^3/\text{s}$ 相关后的结果 $9.228\text{m}^3/\text{s}$ 是比较相近的。

此外对29次实测流量值与上述水力计算

方法所得结果进行比较, 其相对误差在5%~21.6%之间。

干流和支流流量的分配

各支流流量分配资料只有1987年3月~1988年2月实测的29次数据, 此外, 北支流有十年不完整的汛期巡测资料。

根据该河段内干流与支流进出流量之间应满足流量平衡关系的原则, 29组实测数据提供出29组流量分配关系, 用最小二乘法估算这29组分配关系, 即干流和各支流流量分配的数量, 29组平衡关系表达式为:

$$Q_{10}^1 = A_1 Q_1^1 + A_2 Q_2^1 + A_3 Q_3^1 + \dots + A_7 Q_7^1 + A_8 Q_8^1 + A_9$$

$$Q_{10}^2 = A_1 Q_1^2 + A_2 Q_2^2 + A_3 Q_3^2 + \dots + A_7 Q_7^2 + A_8 Q_8^2 + A_9$$

$$Q_{10}^i = A_1 Q_1^i + A_2 Q_2^i + A_3 Q_3^i + \dots + A_7 Q_7^i + A_8 Q_8^i + A_9$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$Q_{10}^{29} = A_1 Q_1^{29} + A_2 Q_2^{29} + A_3 Q_3^{29} + \dots + A_7 Q_7^{29} + A_8 Q_8^{29} + A_9$$

式中上脚注为测次序号(按图1)

下脚注为断面序号(按图1)

矩阵形式: $Q = q \cdot A$

$$q = \begin{pmatrix} Q_1^1 & Q_2^1 & \dots & Q_8^1 & 1 \\ Q_1^2 & Q_2^2 & \dots & Q_8^2 & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ Q_1^{29} & Q_2^{29} & \dots & Q_8^{29} & 1 \end{pmatrix}$$

$$A = [A_1 A_2 \dots A_9]^T$$

解方程式得:

$$A = [q^T \cdot q]^{-1} \cdot q^T \cdot Q$$

$$A_1 \quad A_2 \quad A_3 \quad A_4 \quad A_5 \quad A_6 \quad A_7 \quad A_8 \quad A_9$$

$$0.85 \quad 1.92 \quad 1.00 \quad 0.48 \quad 1.29 \quad 0.26 \quad 3.58 \quad 1.33 \quad -0.009$$

$$Q = P \cdot A$$

用求得的系数乘以该断面29次实测流量

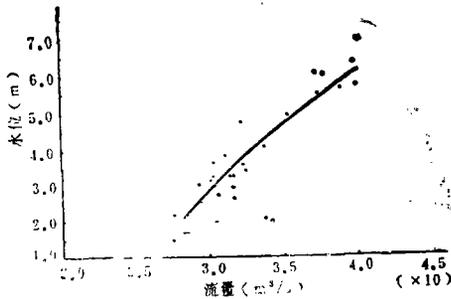


图3 1987年实测颀塘石坝头水位流量关系

通过震泽和其相邻水文站南浔、平望、胥口乃至范家村等站的水位相关计算表明相关关系较好。为颀塘水文情势的分析及探求流向规律提供了条件。(见图4)

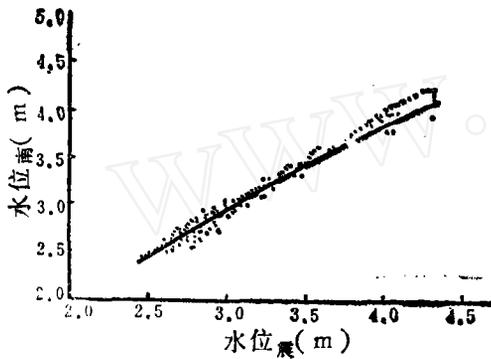


图4 南浔~震泽水位关系图

由于水文系列有限,只有31年资料, (其中两年资料不可用,故采用适线法,得 $C_s = 2.5$ $C_v = 0.0443$,将经验频率点据与理论频率点据同绘于图5。

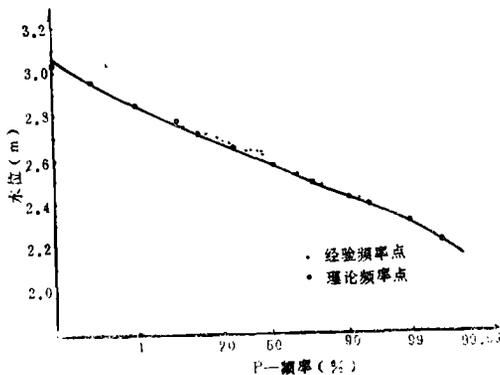


图5 南浔最枯月均水位经验频率及理论频率曲线

C_s 与 C_v 的相对均方差:

$$\sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{6}{n} \left(1 + \frac{3}{2} C_s^2 + \frac{5}{16} C_s^4 \right)} = 0.456$$

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + 2C_v^2 + \frac{3}{4} C_v^4} = 0.064$$

其中均方差

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{(n-1)}} = 0.046$$

这两个方差值均在通常规定范围之内,表明所考察地区年最枯月均水位可以较好地由上述计算结果的皮尔逊 III型保证率函数刻画。

保证率90%南浔水位值在经验及理论频率曲线上重合在2.43m。

以上结论还可从南浔、震泽最枯水位相关关系计算中得到证实。在震泽最枯月均水位概率线的计算中,90%对应水位为2.41m。如用震泽~南浔水位相关关系式验证,则:

$$h_{南} = 1.00173h_{震} + 0.0176 = 2.43076 \text{ m}$$

与上述所得2.43m值基本吻合。

然后利用水文年鉴记下1961~1967年全部南浔站出现2.43m水位的日期,同时查出对应的同天流量实测值共11个,求其均值:

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{方差 } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}} = 1.52$$

相对误差 $e = \frac{\sigma}{\bar{Q}} = 0.259$ 系在水文计算的惯用误差范围之内,从而得到颀塘南浔断面的设计流量为:

$$Q = 7.452 \pm 1.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

颀塘南浔断面流量与震泽段石坝头断面(即本研究河段起始断面)流量间的关联作

的均值,再分别除以堰月断面平均流量,即为该断面对堰月断面所占的流量权重。代入方程验算:

$$\begin{aligned} & 0.85 \times 33.9 + 1.92 \times 1.4 - 1 \times 3.35 - \\ & 0.48 \times 5.24 - 1.29 \times 2.53 + 0.26 \times \\ & 0.54 - 3.58 \times 0.04 + 1.33 \times 2.76 - 0.00 \\ & = 26.16 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

实测堰月断面流量平均值为 $26.32 \text{ m}^3/\text{s}$
方差: $\sigma = 0.06$

断面号	权重	流向
1	1.098	+
2	0.106	+
3	0.124	-
4	0.095	-
5	0.124	-
6	0.006	+
7	0.006	-
8	0.139	+

注:入流为+,出流为-。

三、环境设计流量

平原河网河流的设计流量,除根据环境保护、航运、农灌、水利工程等不同要求按照相应的水文条件进行计算外,还必须考虑流向的变化。这次计算以实测29次水文资料为基础,通过相关分析和计算,利用颍塘31年的水位和6.5年流量的历史资料,在干流和支流流量的分配方面,用权重方法分别计算出颍塘震泽段干、支流各断面的设计流量^[4]。即用(1)计算结果,得震泽段干流起始断面的设计流量,用(2)所述的权重计算的分配方法对各支流断面进行流量分配,分配时要考虑流向的变化,下表得出的环境标准要求的设计流量。

任何一项河流环境容量预测研究,都必须在河流流量的多年系列概率分布分析的基础上进行。河网系统中河流环境容量研究的

基本困难之一,正是众多河流控制断面上缺少长系列流量资料。一方面,历史资料缺乏,问题非自今日始的努力所能解决,另一方面,广大河网地区容量估计及对策研究又是迫切的社会需要。

本文基于对邻近地区河流水文站水位的系列资料及残缺不全的流量资料的各种关联分析,首先解决了河段多断面实测资料(1987~1988年)的水文概率问题,然后提出了一种对不同水位概率,通过历史上同水位流量的加权平均计算设计流量的工程计算方法。

环境标准的颍塘断面流量及水位表

测站	流量 (m^3/s)	水位 (m)
石坝头	9.25	2.430
安庆桥	0.89	2.415
新民桥	1.05	2.410
思范桥	0.70	2.410
禹迹桥	0.61	2.410
虹桥	0.80	2.410
中心桥	7.94	2.410
颍塘大桥	9.00	2.405
双阳大桥	8.20	2.405
双阳小桥	-1.04	2.405
永庆寺桥	-0.05	2.400
新路桥	0.05	2.395
三里桥	1.17	2.390
堰月大桥	8.35	2.390

根据这种方法,提出了颍塘震泽段水环境容量研究的设计流量。同时它对于其它河网河流设计流量的给定,也不失为一个具有参考意义的实际途径。在水网各支流间流量分配关系设计上,由于全然没有历史资料,文中采用对全部实测分配关系的最优拟合方法,结合考虑各种不利的情形,提出了设计分配关系。

当然,上述设计流量计算法,还应在更

凤眼莲净化城市污水厂二级出水中的氮和磷

刘冠南 冯生华 张大群

(天津市市政工程勘测设计院)

摘要 本文系实验室小试及模拟河道中试情况,利用凤眼莲净化二级出水氮、磷,水力停留时间3~5日,TN、TP去除率分别可达40%和68%以上。凤眼莲净化TN负荷是密度及温度的函数。通过试验确定了凤眼莲在二级出水的Logistic增长计算参数 r 、 k 。

一、前言

水资源的短缺在我国北方地区已成为碍碍工、农业生产以及人民生活的突出问题之一。合理开发,回用污水资源对许多城市来说已是一项极有意义的工作。利用处理后的污水补充和回用城市公共用水等低质用水,是解决目前城市用水紧张的有效途径之一。利用高等水生植物凤眼莲对河道放流的城市二级处理出水进行补充净化,使水质在放流中稳定和提高是保证回用水质的必要和有效措施。目前国内、外在这方面的研究甚少。本研究旨在经小试、中试考察和探讨凤眼莲对二级出水氮、磷的净化负荷及能力,并提出有关参数。

利用凤眼莲净化污水,主要通过植物体对氮、磷等营养物的摄取,使浸没于水下的须根及根系微生物对氮、磷等物质进行吸附、分解和吸收。其次,与凤眼莲共生生物的分解、吸收,加以污染物的沉淀及底泥中微生物的吸附、分解和吸收等共同达到净化

目的。故本文所论及的凤眼莲对氮、磷的净化,实际上是一个以凤眼莲为主的复合净化系统的综合净化。

二、试验方法及条件

(一)小试

小试在室外自然条件下进行,运行分别采用静态和直接推流动态方式。供试水样取自天津市纪庄子污水处理厂二沉池出水。试验测定进、出水TN($TKN + NO_3^- - N + NO_2^- - N$)、TP及凤眼莲增长量。静、动态小试装置及流程如图1、图2所示。

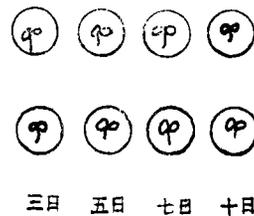


图1 静态小试装置示意图

小试条件:

多情况下应用,得到检验、校正和改进。同时,为能在更严格的统计理论基础上进行分析,还可把较完整的水位系列与不完整的流量系列作为一个由两个随机过程组成的系统进行统一模拟。至于多支流流量分配关系问题,除了还应做更多实测工作外,还可以从邻近水位、降雨、干流流量等多因素进行多元统计关联分析,深入探究。这些都是值

得进一步研究的问题。

参考文献

- [1]Brendeck, C.M.etc., Water Resources, 115(5), 686~696(1989)。
- [2]Godfrey A. Walters, Hydraulic Engineering, 115(8), 1157~1161(1989)。
- [3]董雅文等,环境科学,4,75~82(1986)。
- [4]清华大学应用数学系,概率论与数理统计,吉林教育出版社,长春,172~191(1987)。