

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.02.006

望虞河西岸主要入河支流污染物通量研究

陈亚男¹, 逢 勇², 赵 伟³, 罗 缙²

(1. 中国环境监测总站, 北京 100012; 2. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098; 3. 交通运输部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要 利用经率定验证的望虞河西岸平原河网地区河流量、水质计算模型, 根据 1995 年(丰水年)、1988 年(平水年)、1971 年(枯水年)的水文资料, 以及 2006 年太湖流域各主要河流纳污量资料, 计算了各典型年不同季节入望虞河主要河流的入河水量和水质浓度, 由此计算出望虞河西岸平原河网区各主要入河河流污染物入河量, 并结合河网中水的流向, 得出入河河流污染物通量的综合影响结果。张家港入望虞河污染物通量最大, 所以张家港的污染治理是整个望虞河西岸污染治理的关键部分。

关键词 水量水质模型; 入河水量; 入河通量; 望虞河西岸

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 1004-6933(2011)02-0026-03

Study on flux of pollutants discharged into western Wangyu River Basin through main inflow river channels

CHEN Ya-nan¹, PANG Yong², ZHAO Wei³, LUO Jin²

(1. China National Environmental Monitoring Centre; Beijing 100012, China; 2. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: According to hydrological data from a wet year(1995), a normal year(1988), and a dry year(1971), and data of the amount of pollutants entering main river channels of the Taihu Lake Basin in 2006, the water quantity and quality of river channels joining with the Wangyu River were calculated for different seasons of each typical year using a validated water quantity and water quality model of the plain river network in the western Wangyu River Basin. The amounts of pollutants entering the main rivers joining the plain river network in western the Wangyu River Basin were computed. Based on the calculated results and considering the flow direction in each river, the comprehensive effect of pollutant flux was obtained. The pollutant flux entering the Wangyu River through the Zhangjiagang River was the largest, so pollution control of the Zhangjiagang River is key to pollution control in the western Wangyu River Basin.

Key words: water quantity and quality model; water quantity of river inflow; flux of river inflow; western Wangyu River Basin

近年来,太湖流域经济迅猛发展,工农业的高速发展使得各类废水的排放量剧增,而水环境的治理却远远落后于经济发展,大量的污水没有通过处理直接排入水体,致使流域内污染严重。水污染造成的水环境恶化和水质型缺水严重制约了太湖流域经

济社会的可持续发展^[1]。

望虞河西岸区域属于典型的平原河网区,河港纵横交叉,沟塘密布,水系交错相连。望虞河西岸主要有福山塘、张家港、锡北运河、九里河、伯渎港等自西向东排水入望虞河的 5 条河流。该区域人口密度

高,重污染行业比重大,污染物排放总量大,区域主要超标因子 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 排放强度分别达到 2.53 t/km^2 、 0.35 t/km^2 和 5.07 t/km^2 ,是江苏太湖流域平均水平的 0.86 倍、1.0 倍和 1.1 倍,排放总量超过区域环境容量,造成西岸地区水环境质量严重恶化。规划区域内 5 条主要入河河流总体处于劣 V 类水平。笔者针对河网区水系特征确定望虞河西岸主要入河支流在不同水文条件下的流量与通量。

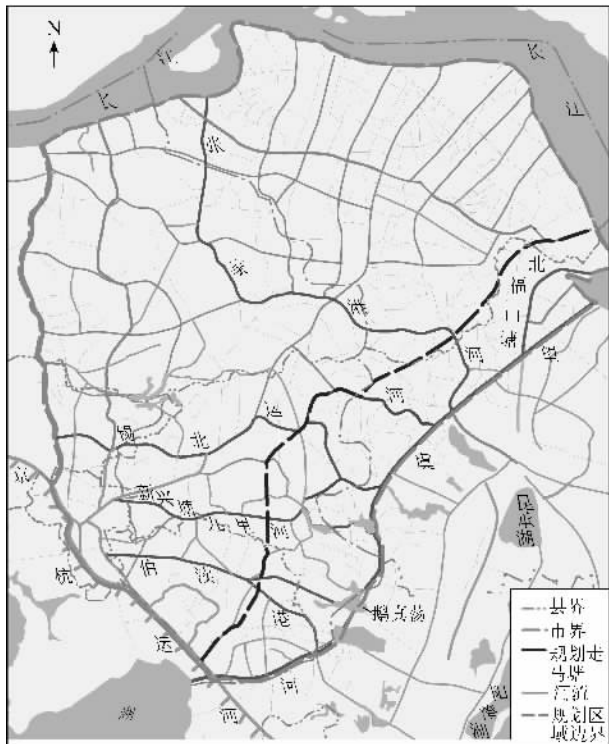


图 1 研究区域水系示意图

1 模型建立及应用研究

1.1 模型建立及率定

1.1.1 水量水质基本方程

1.1.1.1 水量模型基本方程

水量计算的微分方程是建立在质量和动量守恒定律基础上的圣维南方程组,以流量 $Q(x, t)$ 和水位 $Z(x, t)$ 为未知变量,并补充考虑了漫滩和旁侧入流,其完全形式圣维南方程组为:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B_T \frac{\partial Z}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{K^2} + \frac{Q}{A}q = 0 \quad (2)$$

式中: Q 为流量; Z 为水位; x 为沿水流方向距离; t 为时间; B_T 为调蓄宽度,指包括滩地在内的全部河宽; g 为重力加速度; q 为单位河长旁侧入流; A 为主槽过水断面面积; K 为流量模数。

采用 Preissman 四点隐式差分格式离散方程组。

分别对水面、城镇建设用地、水田、旱地进行产流分析,根据不同下垫面的产流特点,确定不同产流计算方法及计算参数。

1.1.1.2 水质模型基本方程

河网对流传输移动问题的基本方程表达如下:
河道方程

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial (QC)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AE_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + S_c - S = 0 \quad (3)$$

河道叉点方程

$$\sum_{I=1}^N (QC)_{I,j} = (C\Omega)_j \left(\frac{dZ}{dt} \right)_j \quad (4)$$

其中

$$S_c = K_d AC$$

式中: E_x 为纵向分散系数; C 为水流输送的物质浓度; S_c 是与输送物质浓度有关的衰减项^[2-3]; S 为外部的源或汇项; j 为节点编号, I 是与节点 j 相连接的河道编号; Ω 为河道叉点—节点的水面面积; K_d 为衰减因子。

水质模型的边界条件可以由监测资料分析得到。水质参数取模型率定结果。时间项采用向前差分,对流项采用上风格式,扩散项采用中心差分格式^[4-5]。

1.1.2 水量水质模型率定

a. 水量模型参数率定。模型率定主要是确定模型中的一些参数,如降雨径流模拟的汇流曲线、河网水流运动模拟的河流糙率和河网概化的合理性等^[6]。选取 1996 年具有代表性的水位站和代表性断面的实测资料用于率定。从图 2 水位及流量的计算结果与实测值对比可知,两者均吻合较好,据此建

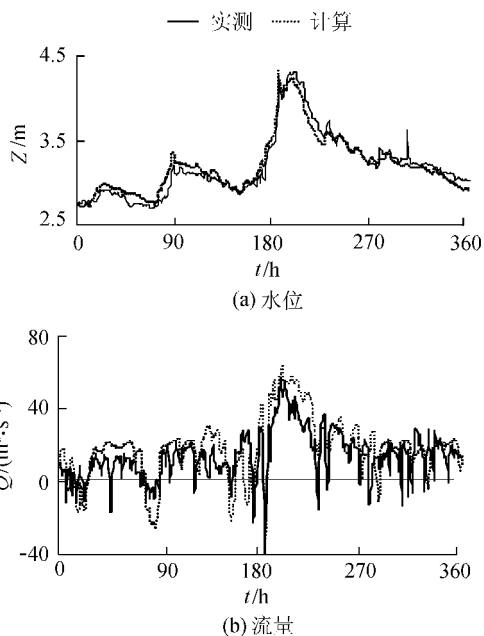


图 2 望亭断面水位、流量率定

立的太湖流域河网水量模型,能较准确地模拟该流域水流流态。率定得到的望虞河西岸河流糙率值为0.015~0.022。

b. 水质模型参数率定。水质模型采用1996年该区域的实测水质浓度资料进行验证,率定得到的COD降解系数为0.07~0.10/d, NH₃-N降解系数为0.08~0.15/d。率定和验证相对误差情况的统计见表1($E_{<20\%}$ 、 $E_{<30\%}$ 分别表示率定误差小于20%、30%者所占百分比)。由表1可见,水质实测值及模型计算值吻合较好,说明该模型可用于描述望虞河西岸河网区的水质变化过程。

表1 1996年资料率定的相对误差统计

水质指标	$E_{<20\%}/\%$	$E_{<30\%}/\%$
COD	30.2	58.7
NH ₃ -N	21.4	52.8

2 入河污染物通量计算研究

2.1 计算方法与资料^[7]

首先,根据1988年(丰水年)、1984年(平水年)、1971年(枯水年)的水文资料,利用经率定的河网水量模型计算出主要入河支流3个典型水文年丰、平、枯3期逐日平均流量;再根据计算所得的各水文年的逐日流量以及2006年太湖流域各主要河流纳污量资料,利用经率定的河网水质模型计算出主要入河支流3个典型水文年丰、平、枯3期逐日平均水质浓度。最后将流量值乘以相应的水质浓度,得出各入河支流的入河通量值。考虑平原河网地区往复性河流的特性,往复性河流河段入河通量按逐日正向流入河通量减去负向流出河通量计算。

2.2 入河流量计算结果分析

据太湖流域河网模型,计算得不同水文条件下望虞河西岸各主要支流入望虞河水量成果,见表2和图3。可见:①丰水年、平水年望虞河西岸各主要支流入望虞河流量较大,大约为82700万m³/a。枯水年入望虞河水量较小,大约为78000万m³/a。②不同水文条件下5条主要支流入望虞河水量占西岸所有入望虞河总水量的70%以上;5—11月水量较大,约占全年的70%。

表2 5条主要支流占西岸所有入望虞河总水量比例

水期	5条主要支流入望虞河水量/(万m ³ ·a ⁻¹)	总入河水量/(万m ³ ·a ⁻¹)	5条河所占的比例/%
丰水年	132542	187251	71
平水年	143045	191210	75
枯水年	129917	164358	79

2.3 入河通量计算结果分析

由入河通量计算结果可知:①丰水年张家港

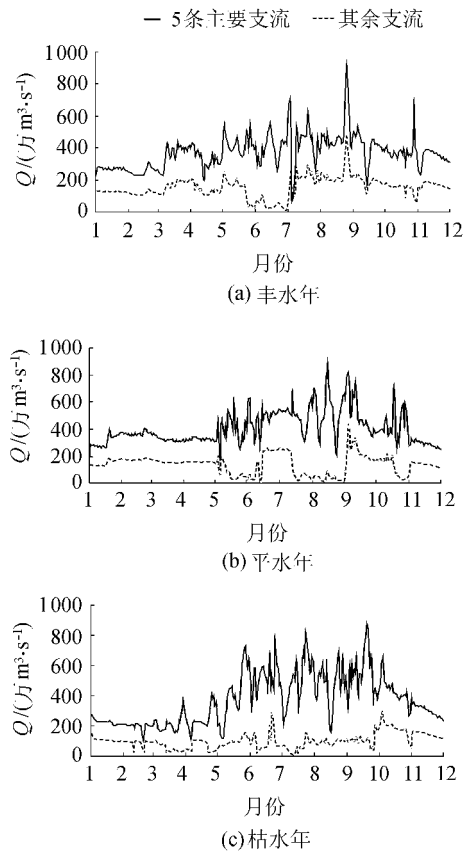


图3 丰、平、枯水年入望虞河5条主要支流与其余支流的流量变化曲线

■福山塘 ■张家港河 ■锡北运河 ■九里河 ■伯渎港

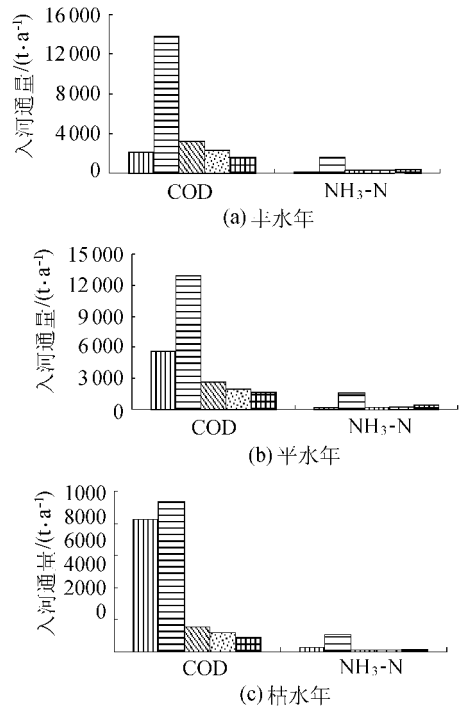


图4 丰、平、枯水年主要入河支流污染物通量值。COD和NH₃-N的入河通量最大,其次是锡北运河的COD和伯渎港的NH₃-N通量较大,见图4(a);平水年张家港的COD和NH₃-N入河通量(下转第33页)

采用多年平均流量计算电厂发电效益,降低了个别年份旱或涝的损失,因此,实际的发电效益损失值要比多年平均流量的计算值大。

从表8和表9中还可得到:芹山水电站不同生态环境用水保证率下多年平均流量计算发电效益损失与实际损失值的趋势是一样的,都可反映不同生态环境用水保证率与相应电站电厂发电效益损失间的关系。生态环境用水保证率在10%~30%时,该水电站的效益损失值比较稳定,对水电站的整体利益影响不大;当生态环境用水保证率大于50%时,该水电站的损失值明显增大,从而对该地区的整体效益产生了很大的影响。

4 结论

笔者采用历史流量法计算生态环境需水量,计算得出的生态环境需水量范围在 $1.8 \sim 5.7 \text{ m}^3/\text{s}$,由于不同方法确定生态环境需水量的出发点和基本原理不同,计算得出的生态环境需水量差别很大。在不考虑下泄生态环境用水的情况下,芹山水电站的月均发电耗水率为 $4.00 \text{ m}^3/\text{kW}$;当考虑生态环境需水量时,随着生态环境需水量的增加,芹山水电站的耗水率也增加,而年发电总量却呈现递减趋势;当考虑生态环境用水保证率在10%~30%之间时,该水电站的效益损失变化较平缓,对该地区的整体效益影响不大;当用水保证率超过50%时,损失值明显

增大,从而对该水电站的整体效益影响较大。因此,建议取20%用水保证率,即 $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 的生态流量作为最小生态环境需水量。

参考文献:

- [1] 徐长义. 水电开发在我国能源战略中的地位浅析[J]. 中国能源, 2002(4): 26-30.
- [2] 钱正英, 张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [3] 李丽娟, 李海滨, 王娟. 海河流域河道外生态需水研究[J]. 海河水利, 2002(8): 9-11, 16.
- [4] 丰华丽, 王超, 李勇. 流域生态需水量的研究[J]. 环境科学动态, 2001(1): 27-30, 37.
- [5] 严登华, 何岩, 邓伟, 等. 东辽河流域河流系统生态需水研究[J]. 水土保持学报, 2001(1): 46-49.
- [6] 林超, 何杉. 海河流域生态现状用水量调查和生态需水量计算方法[J]. 水利规划与设计, 2002(2): 11-18.
- [7] 魏国. 生态环境需水理论与计算方法研究[C]//中国水利学会. 中国水利学会2008学术年会论文集:上册. 北京: 中国学术期刊电子杂志社, 2008.
- [8] 姜德娟, 王会肖, 李丽娟. 生态环境需水量分类及计算方法综述[J]. 地理科学进展, 2002(4): 269-378.
- [9] 卞戈亚, 周明耀, 朱春龙. 生态环境需水量计算方法研究现状及展望[J]. 水资源保护, 2002(6): 46-49.
- [10] 靳亚东. 考虑生态环境用水对电站发电量的影响分析[J]. 水力发电学报, 2002(4): 25-28.

(收稿日期 2010-10-22 编辑 徐娟)

(上接第28页)均最大,其次是福山塘的COD和伯渎港的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 通量较大,见图4(b);枯水年仍是张家港的COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 通量均最大,其次是福山塘,而锡北运河、九里河和伯渎港的入河通量较小,见图4(c)。②总的来说,丰水年和平水年的入河通量较大,枯水年较小。③不同水文条件下,张家港入望虞河污染物通量最大,COD约占污染物通量总量的45%~60%; $\text{NH}_3\text{-N}$ 占60%左右;TP占40%~55%;TN占45%~60%。

3 结论

望虞河西岸主要入河支流为福山塘、张家港、锡北运河、九里河和伯渎港。在不同水文条件下,5条主要支流入望虞河水量占西岸所有入望虞河总水量的70%以上。入河河流污染物通量的综合影响结果是:张家港的污染物通量值最大,所以张家港污染治理是整个望虞河西岸污染治理的关键部分。另外

平水年和丰水年的入河通量较大,枯水年较小。

参考文献:

- [1] 沈爱春. 望虞河引江对太湖的影响研究[J]. 水资源保护, 2002(4): 29-32.
- [2] 逢勇, 姚琪, 濮培民. 太湖地区大气-水环境的综合数值研究[M]. 北京: 气象出版社, 1998: 92-107.
- [3] 韩龙喜, 张书农, 金忠青. 复杂河网非恒定流计算模型: 单元划分法[J]. 水利学报, 1994(2): 52-56.
- [4] 卢士强, 徐祖信. 平原河网水动力模型及求解方法探讨[J]. 水资源保护, 2002(3): 5-9.
- [5] 王超, 卫臻, 张磊. 平原河网区调水改善水环境实验研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2005, 33(3): 136-138.
- [6] 罗缙, 逢勇, 林颖. 太湖流域主要入湖河道污染物通量研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2005, 33(2): 131-135.
- [7] 袁宏任, 魏开涓, 吴国平. 水资源保护管理基础[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996: 1-104.

(收稿日期 2010-03-02 编辑 徐娟)