

受闸坝控制的河道水质预测方法研究

朱维斌 郑孝宇 朱淮宁

(河海大学环境水利研究所 南京 210098)

摘要 根据扬州古运河瓜洲闸的实际运行状况,恰当地选取连续 4 个月的时间作为预测期,在此基础上对古运河的水质进行预测,较好地反映了闸坝的不同运行方式对污染物在河道中稀释、扩散和运动的影响。实践表明:根据闸坝运行选取适当的预测期是做好水质预测与规划的基础。

关键词 水闸 河流 水质 预测 预测期 水污染

闸坝的控制作用,使河流的水流不畅,这是造成部分河流水质污染加剧的重要原因之一。另外,在闸坝的控制下,这些河流失去了一般天然河流的水文特征,给水质影响预测和规划带来困难。本文讨论这种河流水质污染的预测方法,并结合扬州古运河的实际情况论证受闸坝控制河道影响预测期的选取。

1 扬州古运河水质预测期的确定

1.1 工程设施及对水流的控制

古运河在扬州市区北经扬州闸与京杭运河相通,它流经市区老城区东、南两侧,然后向西南经瓜洲闸入长江,全长 28 km。扬州闸和瓜洲闸分别控制其上下游水位,以保证航运和灌溉(图 1)。扬州闸关闸时间多在 7、8、9 三个月。

瓜洲闸的主要作用是通过控制水位保证航运和旱季灌溉。节制闸的运行基本无规律,主要根据水情的需要。表 1 为瓜洲闸 1992

表 1 瓜洲闸 1992 年每月开闸天数和平均流量

月 份	开闸天数/d	平均流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
2	13	27.8
3	8	28.6
4	26	34.6
5	23	15.5
6	1	7.05
7	0	0.0
8	21	16.6
9	29	27.9

年 2~9 月每月开闸天数和开闸期间的平均流量。

由于受闸门控制,扬州古运河水量变化基本上无天然河流的明显季节特征。

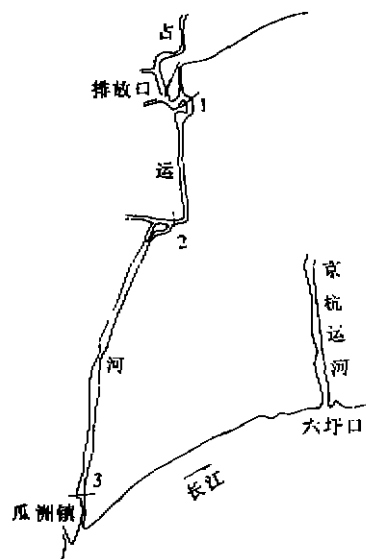


图 1 扬州古运河计算断面位置示意

1.2 纳污情况

古运河流经扬州市区,接纳了其中大多数工业废水和生活污水。据统计,废水直接或间接排入古运河的主要企业有近 70 家,年排放废污水量达 $2940 \times 10^4 \text{ m}^3$,年排放 COD_{Cr} 9212 t。这些污染源是造成古运河水质恶化

作者简介:朱维斌,男,高级工程师,从事环境水力学研究,曾发表《河流混合带二维浓度分布计算》等论文。

的主要原因。同时,由于水流受闸门的控制,致使水流停滞,造成污染加剧。

1.3 水质污染

根据对扬州古运河 1989~1991 年三年 5 个断面共 90 个 COD_{Mn} 数据的统计,浓度大于 6.0 mg/L 共有 30 个,即 COD_{Mn} 超过 IV 类水质标准的占 33.3%;大于 8.0 mg/L 的共 14 个, COD_{Mn} 超过 V 类的占 15.5%。可见,其水质污染较严重。

1.4 预测期的确定

河流水质预测期的概念是根据受闸坝控制河流水环境保护的工作实践提出来的。预测期是一个连续的时间过程,它包括从环保方面来说较为不利的各种水文条件和它们的变化(这种水文条件主要是闸坝控制造成的)。另外预测期应反映闸坝运行的各种状况及其组合。因此应根据闸坝运行情况确定预测期并划分各个时段。

根据古运河水流的实际情况和环保工作的要求,水质影响预测期应符合以下两个条件:①应包括上、下游闸门的启闭过程,以反映其运行状况对水质的影响;②应包括古运河各种不同的水情,特别是流量较小,以及滞流期的水情。

从表 1 可见,5~8 月开闸期间流量较小,而且有两次较长时间的关闸过程,6 月 2 日~7 月 31 日连续 60 d;8 月 5 日~8 月 13 日连续 9 d。因此初步确定这段时间为古运河水质影响的预测期。

为了分析水利工程的不同工况对水质的影响,按瓜洲闸的运行情况及时间先后,将预测期划分为六个时段,见表 2。

表 2 预测期内的时段划分

时段序号	起止时间	瓜洲闸运行状况	平均流量 $/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
I	5 月 1~15 日	开	11.32
II	5 月 16 日~6 月 1 日	开	12.05
III	6 月 2 日~7 月 31 日	关	0.00
IV	8 月 1~5 日	开	12.44
V	8 月 6~13 日	关	0.00
VI	8 月 14~31 日	开	15.48

2 水质影响预测计算

2.1 水量计算

采用有限差分法求解一维非恒定流的基本方程^[1],计算扬州古运河各断面的流量及水位。用 1990 年 5 月 28 日~6 月 2 日三个断面的实测流量资料对其进行验证,图 2 为断面 2 的实测与计算值的对比情况。实测值与计算值之间的最大相对误差为 24%,相对误差超过 20%的共 4 个,占总数的 22%。可见水量模型较好地反映了古运河水流规律。

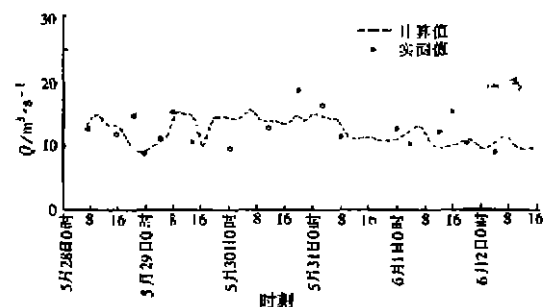


图 2 断面 2 的实测与计算值对比

以预测期的扬州闸和瓜洲闸水位为上、下游边界条件进行水量计算,其结果作为水质预测的水流条件。图 3 为预测期内断面 2 的计算流量过程线。

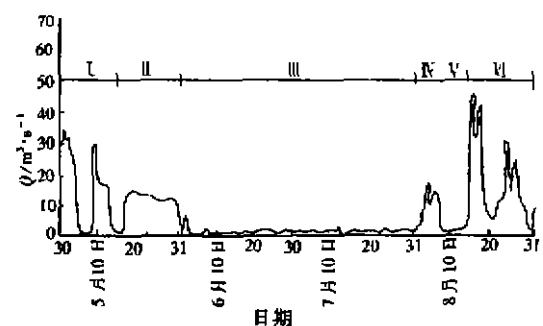


图 3 预测期内断面 2 的流量过程线

2.2 水质预测计算

为了较实际地反映水量的变化对水质的影响,水质影响预测计算采用非稳态模型——对流扩散模型和有限差分解法^[2]。计算的时间步长为 900 s 。

使用 1990 年 5 月 28 日~6 月 2 日水量水质同步监测的三个断面的资料对水质模型进行了率定,其中断面 2 的率定结果见图 4。

计算值与实测值之间的最大相对误差为19.5%,相对误差超过10%的共4个点据,占总数的36.4%。

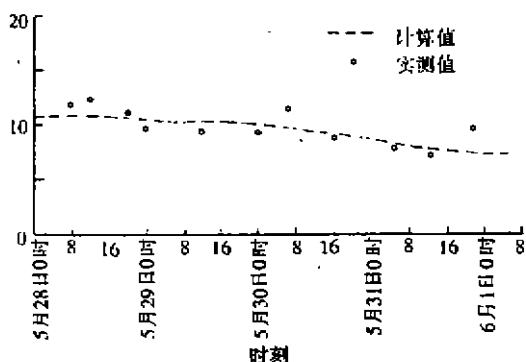


图4 断面2的率定结果

某建设项目实施后废水排放量为 $1354.22 \times 10^4 \text{ t/a}$, COD_{Cr} 的排放浓度为 95.12 mg/L , 排放量为 1288.07 t/a , 排放口位置见图1。在预测期水量计算的基础上, 计算同时期建设项目排污对下游河道水质的影响。图5为断面1, 2, 3(它们分别位于排放口下游约1 km, 6 km, 15 km, 见图1) 预测期内 COD_{Mn} 逐日变化情况。表3为各时段的平均浓度。

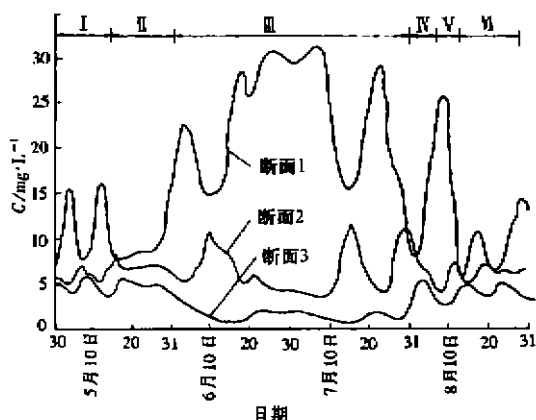


图5 断面1, 2, 3 COD_{Mn} 预测结果

表3 预测期内各时段 COD_{Mn} 的平均值 单位: mg/L

断面号	1	2	3
时段 I	11.20	6.07	4.71
时段 II	9.32	7.14	4.99
时段 III	23.49	6.54	1.70
时段 IV	9.38	7.86	4.64
时段 V	19.64	5.42	3.42
时段 VI	9.15	6.38	4.39

2.3 计算结果分析

a. 图5及表3所列数据表明: 无论是开闸还是关闸, 距排放口越远, COD_{Mn} 的浓度越低。

b. 分析不同断面的 COD_{Mn} 的计算结果可以看出: 断面1的 COD_{Mn} 浓度开闸期间小于关闸期间, 它们的比值可达1:2.6, 断面1靠近排放口, 瓜洲闸关闸期间, 污染物在排放口附近滞留, 致使浓度增大, 而开闸期间, 污染物被水流带走。距排放口较远的瓜洲断面情况相反, 开闸期间 COD_{Mn} 的平均值与关闸期间的比值为2.94:1。计算结果较好地反映了瓜洲闸的运行对古运河水质的影响。

3 结 语

a. 通过对闸控河流——扬州古运河水文特征的分析, 根据环保工作的要求, 选取适当的预测期, 进行建设项目水环境影响预测计算, 较好地反映了闸坝对河流水质的影响, 符合实际情况。

b. 由于闸坝的控制调节, 水流变化剧烈。为了较好地反映在多变的水文条件下, 水质的变化趋势和特点, 采用非稳态模式及相应的计算方法进行水质影响计算是十分必要的。

c. 河流受闸坝控制, 不仅水流条件特殊, 而且也造成水质污染加剧。应根据江苏省的实际情况, 有效地进行闸控河流的水质污染计算, 进而在发挥工程设施的水利、航运效益的同时, 充分发挥它们的环境效益, 即通过合理的调控和管理来改善河流水质。本文提出的研究方法是做好这方面工作的基础。

参考文献

- 1 张书农. 环境水力学. 南京: 河海大学出版社, 1988
- 2 方子云主编. 水资源保护手册. 南京: 河海大学出版社, 1988

(收稿日期: 1996-09-02 编辑: 许宇鹏)