

文章编号: 1001-6791(2000)04-0375-06

感潮河网水环境容量影响因素研究^{*}

徐贵泉¹, 褚君达¹, 吴祖扬², 陈庆江²

(1. 河海大学水文水资源与环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 上海市水资源办公室, 上海 200232)

摘要: 研究了感潮河网的水环境容量。研究表明影响感潮河网水环境容量的主要因素为: 潮汐作用、调蓄库容、水利工程的调控运行、污染物的降解系数和边界引水水质。基于感潮河网水质模型, 完善了其水环境容量的计算方法。以上海市浦南东片河网为例, 分析了感潮河网水环境容量在上述因素影响下的时空变化规律, 并提出了相应条件下的污染物日允许排放量。

关键词: 水环境容量; 影响因素; 感潮河网

中图分类号: X 522 **文献标识码:** A

对于非感潮河流, 一般采用枯水期 90% 保证率的设计流量来计算水环境容量, 关于这一方面的研究成果已有很多, 并获得了广泛应用^[1,2]。为了充分利用水体自净能力, 美国等已实行按季节变化的动态管理环境容量。对于水情更为复杂的感潮河网, 河道纵横交错, 流态不稳定, 流量和流向随潮汐、径流、水利工程的调控变化较大, 此时不应忽略水环境容量的变化, 应采用基于河网动态水质模型的水环境容量计算方法。因此, 河网水环境容量的数值模拟应该反映上述特点。目前关于感潮河网水环境容量影响因素和所受的影响程度及计算方法等方面的研究很少见。

1 河网水环境容量的数值计算

河网水环境容量的数值计算须建立在河网水量水质模型的基础上, 关于河网水量模型的研究成果已有很多, 不再赘述。水环境容量的计算与水质模型不可分割, 因此从水质模型出发, 推导求解河段水环境容量, 并着重分析河网水环境容量的影响因素及其所受的影响程度。

1.1 河网水质模型

(1) 基本方程 水质基本方程为

$$\frac{\partial(A C)}{\partial t} + \frac{\partial(Q C)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (A E_x \frac{\partial C}{\partial x}) + A \frac{dC}{dt} + \frac{dS_{外}}{dx} \quad (1)$$

方程(1)中的有关量可表达为

^{*} 收稿日期: 1999-03-24; 修订日期: 2000-01-19

作者简介: 徐贵泉(1965-), 男, 江苏如东人, 河海大学水文水资源与环境学院博士生, 主要从事水环境研究。

$$\begin{cases} S = A \frac{dC}{dt} + \frac{dS_{外}}{dx} = S_C + S_P C & (S_C = 0, S_P = 0) \\ S_C = S_{底泥} + \frac{q_{支出}C_{支}}{dx} + \frac{W_{源}}{dx}; & S_P = -KA - \frac{q_{支\Delta}}{dx} \end{cases} \quad (2)$$

为了考虑支河调蓄影响,引入支河水质、水量基本方程

$$\begin{cases} \frac{\partial(V_{支}C_{支})}{\partial t} = q_{支入}C_{支入} - q_{支出}C_{支} - K_{支}V_{支}C_{支} \\ \frac{\partial V_{支}}{\partial t} = q_{支入} - q_{支出} \end{cases} \quad (3)$$

式中 C 为水质组分浓度的变量; A 、 Q 为河道过水断面面积和流量; E_x 为纵向分散系数; $S_{外}$ 为外部源(汇)项(包括支河的调蓄); K 为河道水体的污染物衰减系数; x 为河道纵向距离; $S_{底泥}$ 为单位时间内单位河长的河道底泥释放的污染物质; $W_{源}$ 为单位时间内河道水体的污染物允许排放量; $q_{支入}$ 、 $q_{支出}$ 为流入、流出调蓄支河的流量; t 为时间变量; $V_{支}$ 、 $K_{支}$ 为调蓄支河的蓄水量及其污染物衰减系数; $C_{支入}$ 、 $C_{支}$ 为流入、流出调蓄支河的水质组分浓度的变量。

(2) 离散方程 由式(1)得

$$a_{Pi}C_i = a_{Ei}C_{i+1} + a_{wi}C_{i-1} + b_i \quad (4)$$

式中 $a_{Ei} = DA(|P_e|) + \max(-F_e, 0)$; $a_{wi} = D_wA(|P_w|) + \max(F_w, 0)$;

$$b_i = (S_C + \frac{A_i^0}{\Delta t}C_i^0) \Delta x_i; \quad a_{Pi} = a_{Ei} + a_{wi} + F_e - F_w + (\frac{A_i}{\Delta t} - S_P) \Delta x_i;$$

$$F_e = Q_e = uA_e; \quad F_w = Q_w = u_wA_w; \quad D_e = \frac{(AE_x)_e}{\delta x_e}; \quad D_w = \frac{(AE_x)_w}{\delta x_w};$$

$P_e = F_e/D_e$; $P_w = F_w/D_w$; $P = F/D$; $A(|P|) = \max[0, (1 - 0.1|P|)^5]$ (幂函数); $S_C = S_{底泥} + (W_{源} + q_{支出}C_{支})/\Delta x_i$; $S_P = -KA_i - q_{支入}/\Delta x_i$; K_i 为河段的计算单元 i 的污染物综合衰减系数 (1/s)。

$$\text{由式(3)求得} \quad C_{支} = \left(\frac{V_{支}^0 C_{支}^0}{\Delta t} + q_{支入} C_{支入} \right) / \left(\frac{V_{支}^0}{\Delta t} + q_{支入} + K_{支} V_{支} \right) \quad (5)$$

关于河网水量水质模型的计算方法详见文献 [3~5]。

1.2 河网水环境容量计算方法

首先,根据河网的水体功能区划,确定水质目标,并参照《地面水环境质量标准》(GB 3838-88)选取相应水质标准。然后,以水质标准为依据,应用水环境容量的理论和方法,基于感潮河网水量水质模型,力求各河段的水质浓度始终等于相应的水质标准值,反推污染物最大允许排放量(图1)。

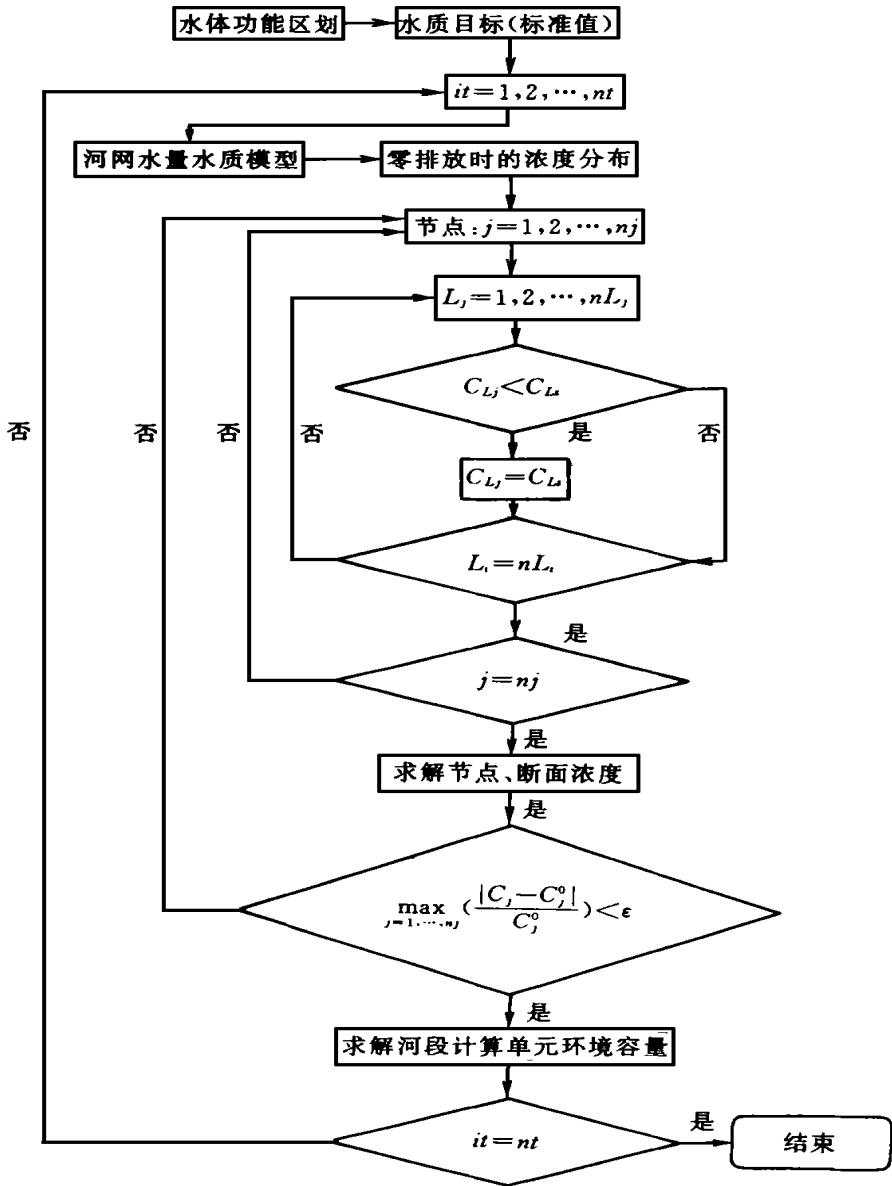
对某一河段 L 划分成 n 个计算单元,设 C_i 为 L 河段的第 i 计算单元的水质计算浓度 ($i=1, 2, \dots, n-1, n$); C_{L_s} 为 L 河段的水质标准浓度,则

当 $C_i < C_{L_s}$ 时,令 $C_i = C_{L_s}$,表明此时该计算单元允许排放污染物,即 $W_{源} > 0$

$$W_{源} = a_{Pi}C_{L_s} - a_{Ei}C_{i+1} - a_{wi}C_{i-1} - (S_{底泥} + \frac{A_i^0}{\Delta t}C_i^0) \Delta x_i - q_{支出}C_{支} \quad (6)$$

(6) 式中的 C_{i-1} 、 C_{i+1} 按河段水流的不同流态、水质模拟零排放条件下的节点和断面浓度分布以及河段水质标准浓度的比较判别来取值。

当 $C_i \geq C_{L_s}$ 时 ($i=1, 2, \dots, n-1, n$),表明此时计算单元不允许排放污染物,即 $W_{源} = 0$ 。



注: it, nt 为时间步长序列变量及其总数目; j, nj 为河网的节点编号变量及其总数目; L_j, nL_j 为 j 节点相连接的河段序号变量及其总数目; CL_s 为河段的水质标准浓度; CL_j 为水体从 L 河段流入 j 节点的水质浓度; C_j 为 j 节点的水质浓度; ϵ 为相邻迭代次数的河网节点浓度的最大相对误差允许值, 取 $\epsilon = 10^{-7}$ 。

图 1 感潮河网水环境容量数值计算框图

Fig. 1. Computational structure of aquatic environmental capacity for tidal river network

(3) 水利工程调控运行对河网 COD_{Cr} 容量的影响 在浦南东片具备了水资源合理调度的控制条件以后, 合理调水可以使河网 COD_{Cr} 容量增加 60.0 t/d 左右。调水后增加的环境容量, 主要是由于水质目标要求达到IV类水的河段环境容量的增大所致。说明当边界水质优于或达到水质目标要求高的标准值时, 调水可以提高区域河网的环境容量。

(4) COD_{Cr} 降解系数对河网 COD_{Cr} 容量的影响 根据有关文献, 上海地区河网的 COD_{Cr} 降解系数为 0.06~ 0.20 (1/d)。当水位为 2.40 m 时, COD_{Cr} 降解系数从 0.06 变为 0.20 (1/d), 则河网 COD_{Cr} 容量增加 263.74 t/d。

(5) 来水水质的变化对河网 COD_{Cr} 容量的影响 对感潮河网地区的水利控制片, 若开闸引水, 则来水的水质对该地区产生影响。取引水边界 COD_{Cr} 浓度为 15.0 mg/L (III类水), 16.0、17.0、18.0 mg/L (IV类水)。考虑乘潮北引南排, 则河网 COD_{Cr} 容量为 118.56~ 174.87 t/d。此时水质目标要求达到III类水的邻近引水边界的河段, 存在着 COD_{Cr} 容量为零的区段。因此, 当边界水质劣于水质目标要求高的标准值时, 河网应关闸控制, 以避免受来水的污染, 达到保护区水环境的目的。

3 结 论

(1) 在感潮河网中, 潮汐作用、调蓄库容、水利工程的调控运行、污染物的降解系数以及边界来水的水质是影响河网环境容量的主要因素。

(2) 河网 COD_{Cr} 降解系数是确定河网 COD_{Cr} 容量的关键。因此, 为了加强河网水环境的保护和管理, 首先必须从机理出发, 进行河网水质参数和底质参数的研究。这样才能正确处理好河网水环境的质量、容量、总量三者之间的协调关系, 提出可靠的污染物排放总量控制标准。

(3) 如果感潮河网地区的水利控制片尚未形成, 水流受潮汐作用影响, 那么当边界水质优于或达到水质目标要求高的标准值时, 河网 COD_{Cr} 容量涨潮进水时逐渐增大, 落潮退水时逐渐减小。在感潮河网地区的水利控制片形成以后, 当边界水质优于或达到水质目标要求高的标准值时, 调水可以提高区域河网的环境容量; 反之, 应控制不引水。可见, 水利工程具有“引清挡污”保护水环境的作用。

(4) 区域城市化以后, 河网的调蓄库容减少将导致河网的水环境容量减小。

(5) 本文进一步完善了感潮河网水环境容量的数值计算方法。该方法反映了在河网水质目标不同的情况下, 感潮河网水环境容量在上述多种因素影响下的时空变化规律; 具有适应性强、计算速度快和实用方便等优点, 可适用于河网水环境的污染物总量控制、水质规划与管理以及水资源的保护和合理开发利用等方面。

参考文献:

- [1] 张永良, 洪继华, 夏青, 等. 我国水环境容量研究与展望[A]. 环境科学论文集[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990 165- 175
- [2] 刘培哲. 水环境容量研究的理论与实践[A]. 环境科学论文集[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990 8- 20
- [3] 褚君达, 徐惠慈. 河网水质模型及其模拟[J]. 河海大学学报, 1992, (1) 16- 22
- [4] 褚君达. 河网对流输移问题的求解及应用[J]. 水利学报, 1994, (10) 14- 35

- [5] 徐贵泉, 宋德蕃, 黄土力, 等. 感潮河网水量水质模型及其数值模拟[J]. 应用基础与工程科学学报, 1996, (1) 94- 104

Study on Effect Factors of Water Environmental Capacity for Tidal River Network

XU Gui-quan¹, CHU Jun-da¹, WU Zu-yang², CHEN Qing-jiang²

(1. Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Shanghai Water Resources Office, Shanghai 200232, China)

Abstract: The primary factors affecting water environmental capacity for tidal river network, such as tide, storage capacity, water conservancy project, pollutants decay coefficients and boundary water quality of drawing water, were studied in this paper. Based on the water quality model for tidal river network, the computational method of aquatic environmental capacity was improved. The time-space changing law of the influence of above factors on aquatic environmental capacity was studied by the example of the river network of Punandong Area in Shanghai, and then the permitted pollutants discharge amount was put forward.

Key words: water environmental capacity; effect factor; tidal river network

“西部开展环境影响评价研讨会”在成都召开

实施西部开发是我国为实现“三步走”的现代化建设目标、实现中国可持续发展和中华民族的伟大复兴而作出的重大战略决策。如何在西部开发中切实遵循社会、经济和生态环境可持续发展原则, 将是亟待解决的关键问题, 环境影响评价工作者在此领域也将大有作为。

为此, 由中国环境科学学会环境评价分会主办的“西部开发环境影响评价研讨会”于 2000 年 9 月 23 日至 9 月 30 日在四川省成都市召开。来自全国 11 个省、直辖市、自治区从事环境影响评价教学、科研与管理工作的 30 余位学者出席了会议。会议征集学术论文 30 多篇, 就水资源可持续利用与保护、生态规划、战略环境影响评价、环境风险评估、生态破坏与环境污染防治等西部开发中的关键问题研讨。

包存宽