

河流纳污能力计算方案及主要影响分析

侍 猛¹, 马勇骥², 崔 勇²

(1. 江苏省水文水资源勘测局宿迁分局, 江苏 宿迁 223800; 2. 南通市水文局, 江苏 南通 226006)

摘要: 以东部某城市为例, 就河流纳污能力计算方案过程及主要影响要素进行分析。结果表明, 根据污染物排放与受纳水体特征, 合理概化排污口及河段、正确选取水质预测模型并输入计算参数, 是确保纳污能力计算成果正确有效的必备要素。

关键词: 河流; 纳污能力计算; 影响要素分析

中图分类号: X52

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 04-0046-04

Calculation scheme and main effect analysis of river pollution carrying capacity

SHI Meng¹, MA Yongji², CUI Yong²

(1. *Suqian Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Suqian 223800, Jiangsu*; 2. *Nantong Hydrology Bureau, Nantong 226006, Jiangsu*)

Abstract: Taking a city in eastern China as an example, calculation process and main influence factors of river pollution carrying capacity are analyzed in this paper. The results show that according to the pollutant emission and receiving water features, a reasonable estimate of the sewage outfall and river water quality prediction model, correct selection and input parameters are essential to ensure the assimilative capacity calculation results of correct and effective.

Key words: river; calculation of pollution carrying capacity; influence factor analysis

随着我国经济社会的高速发展, 水资源开发利用的程度亦不断提升, 生产生活废水排放量与日俱增, 原本水资源较为充沛的华东地区出现了以水质恶化为特征的“水质型缺水”现象。为缓解这一矛盾, 科学的开展水污染防治规划显得尤为紧迫, 而河流纳污能力方案计算正是以水体对污染物的承受能力为基点, 从源头控制水污染物入河总量、改善水环境质量的基础性规划工作^[1]。

1 纳污能力计算的影响因素

河流纳污能力计算以水环境功能区为单位,

根据河段水文特征、污染物类型及其排放特征, 在既定的水环境功能区水质目标下, 运用相应的水质预测模型获得水环境功能区河段纳污能力, 即允许接纳的水污染物排放量, 从而为环境保护行政主管部门科学制定污染物限制入河排污总量提供决策依据^[2]。影响河段纳污能力方案计算成果准确性的主要因素有以下三个方面。

(1) 水质预测模型的选取

一维、二维水质预测模型应用于非持久性污染物如 COD、NH₃-N、TN、TP 的纳污能力计算。污染物达到充分混合前的混合过程段采用二维模式, 充分混合段采用一维模式^[3]。通常认为断面

收稿日期: 2017-02-22

作者简介: 侍猛 (1985-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向为水环境监测与水资源调查评价。

上任意一点的浓度与断面平均浓度差值小于 5% 时，污染物达到充分混合^[4]。

(2) 排污口与河段的概化

水质预测模型的运用要求河道水体为流速、流量基本保持不变的恒定流，由于支流河道、废水排放口等外源的输入，难以保证河道始终维持恒定流。可将距离较近的多个排放口包括支流汇入口概化为一个排放口，进而将概化排放口之间的河段视为恒定流^[5]。

(3) 水质预测参数的输入

河段水文参数与污染物本底值通过实测获得，注意水量、水质同步开展监测以保证数据之间的可比性和代表性。污染物降解速度常数可通过类比法或者实验法获得，对于计算结果要求较高的场合，宜采取实验法，以掌握计算河段水体对污染物的稀释、迁移、稀释、自净规律^[6]。

2 河道纳污能力计算实例

2.1 河流水系及土地利用概况

我国东部某城市，汇水区总面积 1870 hm²，即 18.7 km²，平均年降水量 800 mm；水环境功能区的河段长度 35 km，平均水面宽度 20 m。平均水深 1.5 m，平均流速 0.2 m/s；90% 保证率的河流径流量为 6 m³/s。水环境功能区河段内现有排放口包括 2 条排洪沟、1 个工业排放口、1 个老城区雨污合流制排放口和 1 个新城区城市污水排放口，详见图 1、表 1。其中取水口位于城市上游，所在河段为集中式饮用水源地一级、二级、准保护区，准保护区下边界距离排洪沟尚有 13 km，根据《水污染防治法》，饮用水源保护区内禁止设置排污口，从城市布局看，取水口和排放口的设置比较合理。

功能区水质标准采用Ⅲ类（《地表水环境质量标准 GB3838-2002》），见表 2。

2.2 排放口概化

在计算允许排放量时将河流右岸的工业排放口和两岸的排洪沟合二为一（简称工业排放口），将河流左岸的污水处理厂排放口和右岸的老城区合流制排放口合二为一（简称城市排放口）。

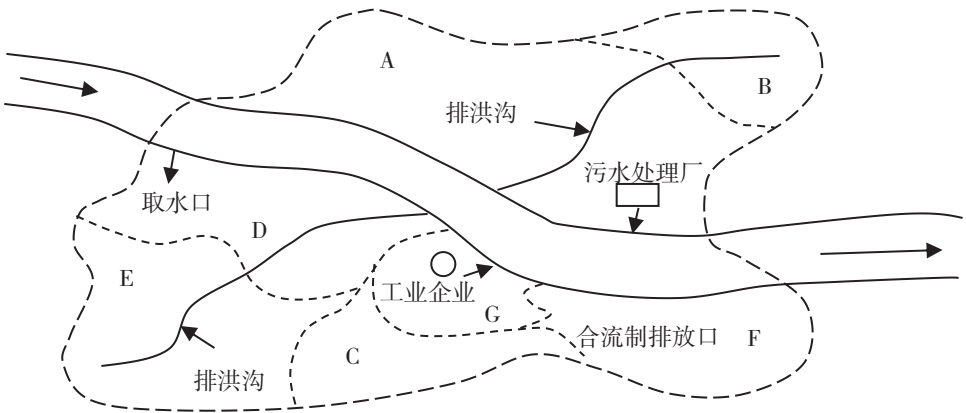


图 1 计算实例土地利用及河流水系布局

表 1 东部某城市土地利用概况

地块编码	土地功能	面积 /hm ²	污水类型、排放去向
A	城市商住	200	城市生活污水经城镇水厂二级处理后排入河流
B	山林地	360	降雨径流经排洪沟排入河流
C	农村	220	降雨径流经排洪沟排入河流
D	水田	240	降雨径流经排洪沟排入河流
E	旱地	300	降雨径流经排洪沟排入河流
F	老厂区商住	300	城市生活污水未经处理排入河流
G	工业	200	企业废水经工业园区污水厂二级处理后排入河流

表 2 上游断面水质现状、功能区水质目标及水质模型参数

	COD	NH ₃ -N	TN	TP
上游断面水质 / (mg/L)	17	0.6	1.2	0.1
功能区水质目标 / (mg/L)	20	1.0	1.0	0.2
降解速度常数 kai/ (1/d)	0.5	1.2	0.2	1.5

2.3 河段概化

根据取水口与概化排放口的分布, 将计算河段概化为上游入境断面至工业排放口、工业排放口至下游城市排放口、城市排放口至下游出境断面三个河段。其中上游入境断面至工业排放口河段为饮用水源保护区, 禁止设置排放口等开发利用行为, 不作为纳污能力计算对象, 而工业排放口至下游城市排放口河段、城市排放口至下游出境断面河段为允许排污的开发利用区, 作为纳污能力计算对象。河段概化示意图, 见图 2。

x —上游断面至工业排放口和至城市排放口的距离, m;

u_x —平均流速, m/s;

k_{ai} —污染物的降解速度常数。水质本底值计算结果见表 3。

2.4.2 工业排放口至下游城市排放口河段纳污能力计算

工业废水通过排洪沟及工业排放口进入河段, 进入河段以后沿岸边流动形成近岸污染带, 工业排放口至下游城市排放口河段处于混合过程

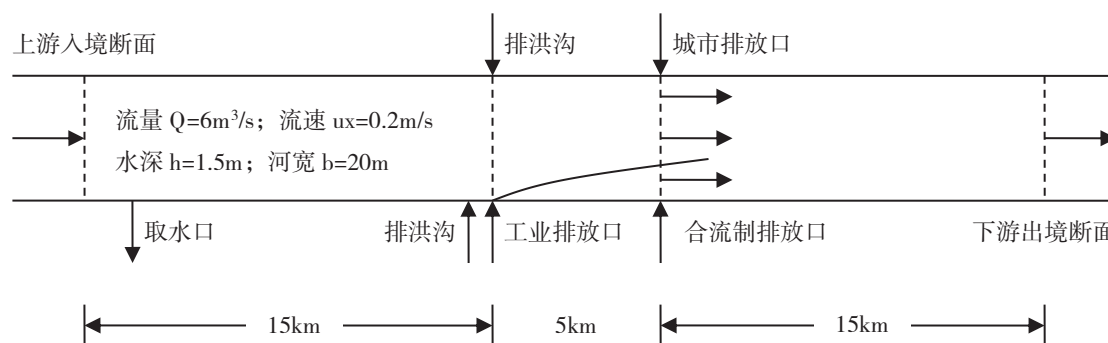


图 2 河段概化示意图

2.4 纳污能力计算

2.4.1 污染物本底值计算

计算工业排放口和城市排放口所处计算河段污染物本底值, 本底污染物理论上应当与纳污水体处于完全混合状态, 故采用一维水质模型:

$$C_{li}=C_{0i}e^{-k_{ai}x/u_x}$$

式中:

C_{0i} 和 C_{li} —上游断面、计算断面的污染物浓度, mg/L;

段, 按照二维模型对废水的排放进行模拟并计算河段的纳污能力(设污染带的宽度不大于河宽的 1/4)。

(1) 计算排放口至河流 1/4 宽度 ($y = 5\text{ m}$) 处达到地面水环境质量的纵向扩散距离:

$$x^* = \frac{-0.5u_x + \sqrt{(0.5u_x)^2 + k_{ai}u^2y^2/D_y}}{2k_{ai}}$$

对 COD 而言, $k_a = 0.5/\text{d}$, 则: $x^* = 2.499\text{ m}$ 。

表 3 工业排放口断面和城市排放口断面污染物本底值

	COD	NH ₃ -N	TN	TP
工业排放口断面本底值 / (mg/L)	14.29	0.40	1.12	0.059
城市排放口断面本底值 / (mg/L)	12.02	0.26	1.04	0.035

(2) 计算河段的纳污能力:

$$W_{COD} = \frac{C_s - C_o}{2} (u_x h \sqrt{4\pi D_y x^* / u_x}) \exp(-\frac{u_x y^2}{16 D_y x^*}) \exp(-\frac{k_a x^*}{u_x})$$

计算结果表明,在上述河流的水文特征、水质标准的限制下,该河段的 COD 纳污能力为 341.27 t/a,而保证混合过程段的宽度不超过河段宽度的 1/4。同样可以计算 NH₃-N、TN 和 TP 的允许排放量,见表 4。由于 TN 的本底值已经超过目标值,纳污能力为负值,需要通过流域层次与上游协调,进行污染物入河量削减或修改水质目标以获得该河段纳污能力。

2.4.3 城市排放口至下游出境断面河段纳污能力计算

该河段由于河长较长,废水排放量较大,废水污染物进入水体后较短时间内达到充分混合状态,按照一维模型对废水的排放进行模拟并计算河段的纳污能力(即污染带的宽度等同于河宽,忽略较短的混合过程段存在)。计算公式为:

$$W=QC_s e^{k_a x/u_x}-C_1 Q=Q(C_s e^{k_a x/u_x}-C_1)$$

式中:

- Q —河段流量(本例中, $Q=6\text{ m}^3/\text{s}$);
- C_s —功能区水质标准, mg/L ;
- C_1 —河流污染物本底浓度, mg/L ;
- k_a —污染物降解速度常数, $1/\text{d}$;
- u_x —河流平均流速, m/s ;

本例计算中,充分混合段长度取 $x=15\text{ km}$,即从城市排放口至下游出境断面距离。对 COD 而言, $C_s=20\text{ mg/L}$, $C_1=12.02\text{ mg/L}$, $k_a=0.5/\text{d}$, 计算所得 $W_{COD}=6.93\text{ g/s}=2099.03\text{ t/a}$ 。

2.4.4 纳污能力计算成果分析

由表 4 可知,由于上游断面来水 TN 超标,即使经过 15 km 的流程至工业排放口断面处仍未达标,致使工业排放口至下游城市排放口河段 TN 纳污能力为负值,但在继续向下游流动过程中, TN 得到充分的迁移、稀释、降解和水体自净,到达城市排放口断面处时,已经接近水质要求,使得城市

排放口至下游出境断面河段部分恢复了对 TN 的纳污能力。

表 4 计算实例河段纳污能力计算成果

	COD	NH ₃ -N	TN	TP
工业排放口至下游城市排放口河段纳污能力 / (t/a)	341.27	40.31	-8.06	9.47
城市排放口至下游出境断面河段纳污能力 / (t/a)	2099.03	218.57	3.70	51.78

3 结论

河流纳污能力计算是水污染防治规划中不可或缺的基础性工作,根据污染物排放与受纳水体特征,合理概化排污口及河段、正确选取水质预测模型并输入计算参数,是确保纳污能力计算成果正确有效的必备要素。实际操作中,还可根据纳污能力与河段现状水质、污染物入河状况、环境容量之间的逻辑关系对计算过程进行合理性校核检查。

参考文献:

[1] 余静, 孙兰英, 张越美, 等. 宁波—舟山海域入海污染物环境容量研究[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(1): 21-24 .

[2] 张存智, 韩康, 张砚峰, 等. 大连湾污染物排放总量控制研究—海湾纳污能力计算模型[J]. 海洋环境科学, 1998, 17(3): 1-5 .

[3] 黄真理, 李玉梁, 李锦绣, 等. 三峡水库水环境容量计算[J]. 水利学报, 2004(3): 7-14 .

[4] 环境保护部环境工程评估中心. 环境影响评价技术导则与标准(2015 版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015: 25 .

[5] 姚国金, 逢勇, 刘智森, 等. 水环境容量计算中不均匀系数求解方法探讨[J]. 人民珠江, 2000(2): 47-50 .

[6] 张天柱. 水污染物排放总量控制管理的经济原则[J]. 环境科学, 1990, 11(6): 2-6 .

(责任编辑: 华智睿)