

太湖流域平原河网区往复流河道水环境容量研究

罗 缙¹, 逢 勇¹, 罗清吉², 林 颖³

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098 2. 无锡市环境保护局, 江苏 无锡 214021 ;
3. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 : 首先建立太湖流域平原河网区水环境容量模型, 然后据此计算苏南地区往复流河道典型水文年的水环境容量 COD 值, 最后结合污染源削减预测, 分析太湖流域苏南地区部分河道未来水质的达标情况. 结果表明, 所计算的太湖流域苏南河道剩余环境容量基本上为负值, 其中苏南各运河为苏南河网水域的主要纳污河道.
关键词 太湖流域 水环境容量 水质达标分析
中图分类号 : X522 文献标识码 : A 文章编号 : 1000-1980(2004)02-0144-03

随着经济的发展和城市化的推进, 水污染问题日益严重, 生活污水和工业废水排放量激增, 已严重影响江苏省经济的可持续发展. 如 2000 年, 太湖流域苏南地区工业点污染源污水排放总量超过 33 亿 t, COD 排放总量超过 19 亿 t. 为了有效控制水污染, 必须合理地确定水体的水环境容量. 为此, 本文建立了平原河网区往复流河道水环境容量模型^[1], 并对太湖流域苏南地区部分河道的水环境容量进行了计算. 同时, 本文还依据河道的 2000 年污染物排放量并结合污染源削减预测, 对太湖流域苏南地区未来水质达标情况进行了分析.

1 水环境容量模型

水环境容量为一定水体在规定的水环境目标下所能容纳的污染物最大负荷, 从环境容量组成来划分, 可分为自净容量和稀释容量两部分. 水环境容量的计算公式^[2]为

$$W = Q_0(C_s - C_0) + KVC_s + qC_s \tag{1}$$

式中 : Q_0, C_0 ——进口断面的入流流量和水质浓度 ; q ——旁侧入流流量 ; C_s ——该水体相应水质标准下的浓度 ; V ——水体体积 ; K ——水质降解系数.

根据太湖流域平原河网水系的水流、水文特征, 需以边界条件、降雨产流量作为该模型的输入条件, 因此必须进行边界条件及降雨产流的数值模拟. 降雨径流分为产流与汇流两部分. 根据太湖流域不同下垫面条件, 按水面、水田、旱地和城镇建设用地 4 类分别考虑不同下垫面的流域产流规律, 并利用流域产流模拟试验率定出相应的参数. 汇流按山丘区和平原河网区分别考虑, 平原河网区又按圩区和非圩区分别模拟. 平原河网区产汇流模拟计算结果作为圩外陆域宽度上的净雨深, 经面上水面调蓄后流入(出)概化河道, 成为概化河道的旁侧入流 q . 山丘区计算结果作为边界节点的入流过程.

根据太湖流域平原河网地区特点, 水量和水质模拟均采用三级联合解法^[3,4]. 其求解方法是, 根据顺流向(由首断面流向末断面)和逆流方向(由末断面流向首断面)离散水量、水质方程式后进行求解.

由于太湖流域同一水体可能具有不同的功能区划, 因此水环境容量的计算公式改写为

$$W = \sum_{i=1}^n Q_{0i}(C_{si} - C_{0i}) + \sum_{i=1}^n K_i V_i C_{si} + \sum_{i=1}^m q_i C_{si} \tag{2}$$

式中 : C_{si} ——不同功能区相应水质标准下的浓度, $i = 1, 2, \dots, n$; K_i ——不同功能区的水质降解系数 ; V_i ——不同功能区的水体体积 ; q_i, Q_{0i}, C_{0i} ——不同功能区旁侧入流流量、进口断面的入流流量和水质浓度.

考虑到太湖流域河网地区水流受潮汐的影响, 河道中的水流方向不固定, 故称该地区的河道为往复流河

道. 往复流河道的水环境容量按典型年最枯月正向流、反向流和流量为 0 时的水环境容量取平均,即

$$W = (W_1 \times d_1 + W_2 \times d_2 + W_3 \times d_3) / d$$

(3)

式中 : W ——往复流河道水环境容量 ; W_1, W_2, W_3 ——正向流、反向流和流量为 0 时的河道环境容量 ; d_1, d_2, d_3 ——正向流、反向流和流量为 0 在 1 个月内出现的天数 ; d ——最枯月的天数.

2 水环境容量计算结果及分析

2.1 计算条件

根据《江苏省地面水域水功能(环境)类别划分》^①确定水质目标,取 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中相应的水质标准进行水环境容量计算. 研究区域是典型的平原河网区,受潮汐影响形成往复流,对流向不定的水网地区和潮汐河段,按流量为 0 时低水位相应水域的水量或根据感潮河段水环境容量计算所采取的模型要求确定设计流量,以 1971 年($P = 90\%$)典型年水量计算结果作为水文设计条件. 根据太湖流域河网水质模型的率定结果,COD 的降解系数在 0.07 ~ 0.10 之间,详见表 1.

2.2 结果及分析

太湖流域平原河网往复流河道 COD 的水环境容量计算结果见表 2. 表 2 还给出了根据统计得到的 2000 年太湖流域苏南地区河道 COD 的污染物排放量 W_{00} 以及剩余环境容量 ΔW . 剩余环境容量 ΔW 的计算公式为 $\Delta W = W - W_{00}$. 从表 2 可以看出,所计算的太湖流域苏南河道剩余环境容量基本上均为负值,其中江南运河、锡澄运河、武宜运河、锡北运河和锡漂运河更为突出. 这表明,苏南各运河实际上已成为苏南河网地区的主要纳污河道,这些河道即使在 V 类水质标准下,目前排污量仍超过了水环境容量. 因此,这些河道应是太湖流域水环境治理中的重点整治河道.

表 1 太湖流域水质降解参数

Table 1 Water quality degradation parameter of Taihu Lake Basin

太湖流域	K_C/d^{-1}
湖西片、锡澄虞片、阳澄片、淀泖片	0.07 ~ 0.10
苏南运河、太浦河、望虞河	0.10

表 2 太湖流域部分河道水环境容量 COD_{Cr} 计算结果

Table 2 Calculated result of water environment capacity (COD_{Cr}) of some main river channels in Taihu Lake Basin t/a

序号	河流名称	水质目标		W_{00}	2010 年		2020 年	
		2010 年	2020 年		W	ΔW	W	ΔW
1	江南运河	Ⅲ,Ⅳ	Ⅲ,Ⅳ	63 931.8	22 697.8	- 41 234.0	21 613.9	- 42 317.9
2	新孟河	Ⅲ	Ⅲ	1 449.3	960.1	- 489.2	960.1	- 489.2
3	得胜河	Ⅱ	Ⅱ	1 449.3	879.6	- 569.7	879.6	- 569.7
4	九曲河	Ⅲ	Ⅲ	1 145.5	809.2	- 336.3	809.2	- 336.3
5	新沟河	Ⅲ	Ⅲ	2 217.6	965.8	- 1251.8	965.8	- 1251.8
6	锡澄运河	V	Ⅳ	9 613.2	2 273.6	- 7 339.6	1 705.2	- 7 908.0
7	武宜运河	Ⅲ,Ⅳ	Ⅲ	6 439.9	2 534.7	- 3 905.2	2 212.7	- 4 227.2
8	太滬运河	Ⅲ,Ⅳ	Ⅲ	1 485.6	1 160.5	- 325.1	1 014.0	- 471.6
9	南溪河	Ⅲ,Ⅳ	Ⅲ	3 369.6	1 702.5	- 1 667.1	1 586.1	- 1 783.5
10	锡北运河	Ⅲ,Ⅳ	Ⅲ	5 732.7	1 353.8	- 4 378.9	963.5	- 4 769.2
11	直湖港	Ⅲ,Ⅳ	Ⅲ	1 335.0	889.8	- 445.2	785.9	- 549.1
12	锡漂运河	V	Ⅳ	1 427.4	1 061.3	- 366.1	796.0	- 631.4

2.3 水质可达性分析

为了分析表 2 中河道在 2020 年规划期水质能否达标,利用太湖流域水量、水质预测模型(水动力条件取 1971 年典型年水情,污染源条件取削减后的水环境容量值)进行了水质预测,预测结果见表 3. 从表 3 可见,

① 江苏省水利厅,江苏省环境保护厅.江苏省地面水域水功能(环境)划分.2003.

新孟河、九曲河、太滬运河等河道的水质浓度基本可达到Ⅲ类,其他河道水质浓度基本接近水质目标.这说明,太湖流域苏南河道根据水环境容量进行污染源削减后水质基本可达到规划期水质目标.因此,表2中水环境容量计算值可作为太湖流域污染源排污量的控制值.

表3 太湖流域部分河道2020年COD_{Mn}水质预测

Table 3 Water quality (COD _{Mn}) prediction for some main river channels in Taihu Lake Basin in 2020				mg/L			
序号	河流名称	2020年水质目标	预测水质	序号	河流名称	2020年水质目标	预测水质
1	江南运河	Ⅲ,Ⅳ	16.149	7	武宜运河	Ⅲ	9.323
2	新孟河	Ⅲ	7.863	8	太滬运河	Ⅲ	7.093
3	得胜河	Ⅱ	6.981	9	南溪河	Ⅲ	11.186
4	九曲河	Ⅲ	6.909	10	锡北运河	Ⅲ	13.689
5	新沟河	Ⅲ	8.303	11	直湖港	Ⅲ	14.209
6	锡澄运河	Ⅳ	14.002	12	锡漂运河	Ⅳ	13.853

3 结 论

利用太湖流域平原河网区域水环境容量模型,计算了太湖流域平原河网地区往复流河道水环境容量,并根据计算出的水环境容量削减流域上的污染源(点源)后进行了水质预测.结果表明 所计算的太湖流域苏南河道剩余环境容量基本上为负值,其中以江南运河为代表的苏南各运河实际上已成为苏南河网水域的主要纳污河道.污染源削减区各河道水质浓度基本接近水质目标,本文水环境容量的计算值可作为太湖流域污染源排污量的控制值.

参考文献：

[1] 逢勇,程炜,赵玉萍.鹤地水库文官至石角段水环境容量研究[J].河海大学学报(自然科学版),2003,31(1) 76—79.
[2] 袁宏任,魏开湄,吴国平.水资源保护管理基础[M].北京 中国水利水电出版社,1996.104—106.
[3] 张二骏,张东生,李挺.河网非恒定流的三级联合解法[J].华东水利学院学报,1982,10(1) 1—13.
[4] 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.

Study on water environment capacity for reversing current channels in plain river network region in Taihu Lake Basin

LUO Jin¹, PANG Yong¹, LUO Qing-ji², Lin Ying³

- (1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
2. Environment Protection Bureau of Wuxi City, Wuxi 214021, China ;
3. College of Civil Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract : A water environment capacity model is established for plain river network region in the Taihu Lake Basin. By use of the model, the COD value of water environmental capacity in typical hydrological years is calculated for reversing current channels in the south Jiangsu Province. In combination with the prediction of the reduction of pollution sources, the up-to-standard situation of the water quality of the river channels in the Taihu Lake Basin in the future is analyzed. It is shown that the calculated results of the residual environmental capacity of the river channels are basically negative values, and the canals of the south Jiangsu Province become the main pollutant receiving channels.

Key words : Taihu Lake Basin ; water environment capacity ; up-to-standard analysis of water quality