

落蓬湾断面水质达标及胥河水环境容量研究

毕良芹¹, 逢勇^{1,2}, 罗缙^{1,2}

(1. 河海大学 环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学 浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要: 落蓬湾断面目前水质不能稳定达标。为进一步提高国家考核断面水质达标率,持续改善水环境质量,进而开展落蓬湾断面水质达标及胥河水环境容量计算研究。根据现状水文、水质和污染源资料,分析落蓬湾断面水质超标原因。采用控制断面达标法计算得到入胥河的最大允许排污量。结果表明:胥河 COD、氨氮、总磷的近期水环境容量分别为 3011.8、195.0、99.2 t/a,远期水环境容量分别为 1738.7、135.9、70.0 t/a。基于胥河水环境容量计算结果,结合研究区域内入胥河的污染物质,确定研究区域各类污染物的削减比例,为胥河的水环境整治提供理论支撑。

关键词: 水环境容量; 控制断面达标; 削减比例; 落蓬湾断面; 胥河

中图分类号: X143; X26

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2017)05-0124-05

The research of water quality standards at the Luopengwan section and water environment capacity in Xu River

BI Liangqin¹, PANG Yong^{1,2}, LUO Jin^{1,2}

(1. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resources Development on Shallow Lakes, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The current water quality of Luopengwan section cannot reach the standard stably. In order to further improve the success rate of national assessment of water quality and continuously improve the water environment quality, the research on Luopengwan section of water quality and water environmental capacity calculation of Xu River was carried out. According to the analysis of present situation of hydrology, water quality and pollution source data, the reasons for exceeding the water quality standard of Luopengwan section were analyzed. We used the control section standard method to calculate the maximum permitted discharge amount into Xu river. The results show that the recent water environmental capacity of COD is 3011.8 t/a, the environmental capacity of $\text{NH}_3 - \text{N}$ is 195.0 t/a, and the environmental capacity of TP is 99.2 t/a. The forward water environmental capacity of COD is 1738.7 t/a, the environmental capacity of $\text{NH}_3 - \text{N}$ is 135.9 t/a, and the environmental capacity of TP is 70.0 t/a. According to the calculation results of water environmental capacity and the current situation of pollutants into the river, the proportion of pollutants to be reduced is calculated, so as to provide theoretical support for water environment regulation of Xu River.

Key words: water environmental capacity; standards at the control sections; reduction ratio; Luopengwan section; Xu River

1 研究背景

水环境容量是指设定河段满足一定水质要求的、水体能够容纳的最大负荷的污染物质^[1]。

目前,应用较为普遍的水环境容量计算方法有

4种,分别为模型试错法^[2]、解析法^[3]、系统分析法^[4]和概率稀释模型法^[5]。美国国家环保局(EPA)于1972年在《清洁水法》中提出了TMDL(Total Maximum Daily Loads)计划。TMDL计划主要是用于识别污染源以及污染区域,并且对已确定的

收稿日期:2017-03-18; 修回日期:2017-05-21

基金项目:江苏省域城乡统筹供水技术集成与综合示范项目(2014ZX07405002)

作者简介:毕良芹(1991-),安徽寿县人,硕士研究生,主要从事环境规划与影响评价研究。

通讯作者:逢勇(1958-),男,山东青岛人,教授,博士生导师,主要从事环境规划与影响评价研究。

污染源提出了整治控制技术,进而对研究区域实施合理有效的管理技术^[6-7]。

在水环境容量计算方面,我国大多数学者都是在水质模型的基础上,建立水环境容量计算数学模型。周刚等^[8-9]利用二维水环境模型 WESC2D,结合粒子群算法,建立一种基于模拟优化的赣江下游水环境容量计算方法;华祖林等^[10]针对中小型河流常用的水环境容量计算方法的弊端,提出了一种考虑容量沿程变化的水环境容量计算方法,为合理控制污染源和确定水环境容量提供技术支撑;陈龙等^[11]采用SDP的季节划分方法,提出季节性水环境容量计算方法;陈丁江等^[12]用 Monte Carlo 模拟方法研究非点源污染源对长乐江水环境容量影响的不确定性分析。

在对控制断面水质达标方面,花月等^[13]基于对研究区域水质现状与污染源现状的调查与分析,构建河流一维稳态模型,计算张家港河水环境容量,进而确定整治区域各类污染物的削减比例,提出相应的整改措施,保证张家港河断面水质达标;王健健等^[14]在一维水质模型的基础上开展以南水北调京杭运河张楼断面为例的控制断面水质达标方案的研究。

落蓬湾断面是江苏省 102 个国控断面之一,为跨界断面,主要影响区域是南京市高淳区,同时还受到常州市溧阳市及安徽省郎溪县的影响。胥河属于西太湖水系,主要支流有桠溪河、松溪河、陈家河、漕塘河、沛桥河。胥河全长 31 km,常年水位 4 m,流速不大,枯丰水期水位落差明显,汇水面积约 200 km²。

随着社会经济的发展和城市化进程的加速,胥河流域人口逐渐增加,工业规模不断扩大,因此带来的生活和工业污染物排放量增加,致使落蓬湾断面水质不能稳定达标。为此开展基于落蓬湾断面水质达标的胥河水环境容量研究,对改善水环境质量具有重要意义。

2 研究区域概况

2.1 研究区域水文现状分析

根据南京市江南地区各站 1979 - 2015 年 37a 的年降雨量资料,采用 P - III 频率曲线进行频率分析得到不同保证率下的年降雨量,根据方案整治区域周边的高程图,按照汇水面积的绘制方法,得到胥河汇水面积,结合高淳区地表径流系数得到不同降雨量保证率下的降雨量和径流量,分析结果见表 1。

2.2 控制断面水质现状分析

根据高淳区环保局提供的水质资料,对落蓬湾断面 2011 - 2015 年水质(COD_{Cr}、氨氮、总磷)资料按地表水Ⅲ类标准进行评价,评价结果见表 2。

表 1 不同保证率下的年降雨量及径流量分析结果

降雨量保证率/%	降雨量/mm	径流量/(m ³ ·s ⁻¹)
10	1391.27	4.4
25	1214.79	3.9
50	1049.76	3.3
75	916.82	2.9
80	889.32	2.8
90	820.56	2.6
95	774.72	2.5

表 2 2011 - 2015 年落蓬湾断面全年水质评价一览表

因子	参数	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	平均值
COD _{Cr}	年均浓度/(mg·L ⁻¹)	17.3	43	26	23.8	28.5	27.7
	超标率/%		100	100	75	50	65
	年均超标倍数		1.15	0.30	0.19	0.42	0.39
氨氮	年均浓度/(mg·L ⁻¹)	2.76	1.50	1.99	1.68	1.31	1.85
	超标率/%	94	70	92	100	50	81
	年均超标倍数	1.76	0.50	0.99	0.68	0.31	0.85
总磷	年均浓度/(mg·L ⁻¹)	0.24	0.16	0.22	0.14	0.14	0.18
	超标率/%	38	40	54	20	25	35
	年均超标倍数	0.2		0.1			

根据表 2 中 2011 - 2015 年落蓬湾断面水质年超标倍数可知,落蓬湾断面主要超标因子为氨氮和 COD_{Cr}。COD_{Cr}除在 2011 年均值达到Ⅲ类水质标准

外,其余年份均超标,其中最大超标倍数为 1.15; 2011 - 2015 中氨氮均超Ⅲ类水质标准,其中 2011 年超标倍数最大,为 1.76;总磷除在 2011、2013 年

超标外,其余年份都达到Ⅲ类水质标准。

2.3 研究区域污染源现状分析

根据南京市环境统计和污染普查资料以及高淳区环保局、固城镇、东坝镇、桤溪镇政府提供的基本

资料,按照入河量计算方法,计算得到研究区域2014年污染物COD、氨氮、总磷的总入河量分别为4081.6、466.8、99.6 t/a,研究区域各镇各类污染物入河量计算结果详见表3及图1。

表3 2014年研究区域各种污染物入河量计算结果

乡镇	污染物	工业	城镇生活	农村生活	种植业	养殖业	径流	合计
固城镇	COD	0.8	336.6	333.6	70.3	172.4	54.8	968.5
	氨氮	0.4	38.2	28.9	17.8	16.2	6.1	107.6
	总磷	0.003	3.6	2.6	7.1	6.7	1.2	21.2
东坝镇	COD	1.1	598.5	284.1	101.4	274.2	75.5	1334.8
	氨氮	0.2	68.0	24.6	25.6	24.2	8.6	151.2
	总磷	0.004	6.4	2.2	10.2	11.7	1.8	32.3
桤溪镇	COD	202.5	254.5	563.8	132.0	524.8	100.7	1778.3
	氨氮	36.8	28.9	48.9	34.6	47.0	11.8	208.0
	总磷	1.8	2.8	4.3	13.3	21.3	2.6	46.1

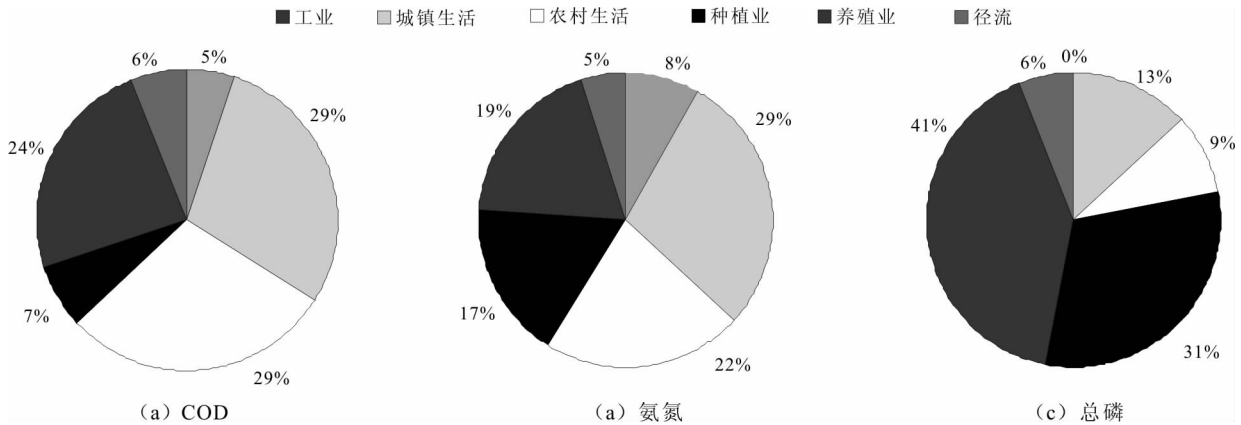


图1 研究区域各类污染物入河量占比图

3 水环境容量计算方法

3.1 排污口概化

概化排污口应按照如下原则进行:

- (1) 对于排污量大(超过控制单元总量的10%)的直排工业企业以及大型的污水处理厂可作为概化排污口;
- (2) 距离较近的多个排污口概化成1个排污口;
- (3) 分散的排污量较小的排污口作为非点源;
- (4) 人口密度大的地方概化为单独的排污口。

根据排污口概化原则,结合实际条件,本次计算共概化5个一级排污口、5个二级排污口(一级排污口是指胥河干流上的概化排口,二级排污口是指入胥河主要支流上的概化排口)。研究区域及概化排污口相对位置图见图2。

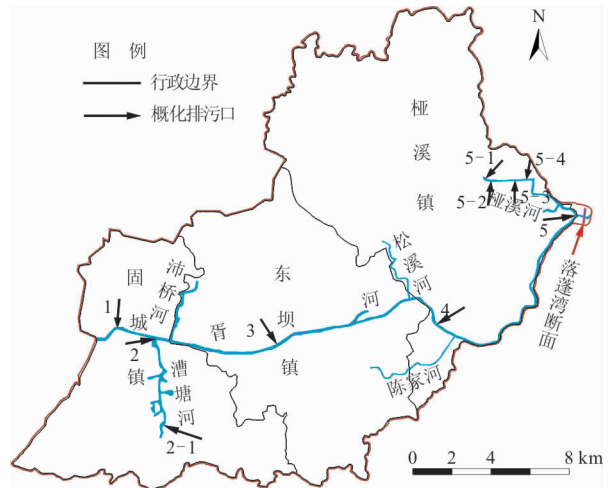


图2 研究区域及概化排污口相对位置图

3.2 控制断面水质计算模型

控制断面水质模型计算公式^[15]如下:

$$C' = \frac{C_0 Q_0 + C_1 q}{Q_0 + q} \quad (1)$$

$$C = C' \exp\left(-\frac{k}{86400u}x\right) \quad (2)$$

式中: C' 为混合后水质浓度,mg/L,按零维模型求解; C_1 、 q 分别为排污口废水浓度和废水流量,mg/L、 m^3/s ; C_0 、 Q_0 分别为上游河水浓度和流量,mg/L、 m^3/s ; k 为水质降解系数, d^{-1} ; x 为距排污口的距离,m; u 为流速, m/s 。

参考太湖流域以及秦淮河流域相关研究的水质参数率定结果,本次研究取 COD 的降解系数为 $0.08 \sim 0.12 d^{-1}$,氨氮的降解系数为 $0.07 \sim 0.10 d^{-1}$,总磷的降解系数为 $0.12 \sim 0.17 d^{-1}$ 。

3.3 控制断面水质与上游概化排污口响应关系建立

根据研究区域污染源调查资料及胥河上下游水质监测资料,落蓬湾断面水质与胥河上游各概化排污口的响应关系表示为:

$$C_{\text{落蓬湾断面}} = C(C_{\text{胥河边界断面}}, C_{\text{漕塘河}}, C_{\text{沛桥河}}, C_{\text{松溪河}}, C_{\text{陈家河}}, C_{\text{概溪河}}, W_1, W_2, W_3, W_4, W_5) \quad (3)$$

式中: C 为水质浓度,mg/L; $W_1 \sim W_5$ 为各概化排污口污染物入河量,t/a。

4 水环境容量计算结果

4.1 胥河水环境容量计算结果

根据建立的落蓬湾断面与胥河上游各概化排污口的响应关系,计算得到满足落蓬湾断面近期(落蓬湾水质年平均值达到Ⅲ类)、远期(落蓬湾断面丰、平、枯期水质均达到Ⅲ类)水质目标的各概化排污口的允许排污量。在此基础上,统计得到胥河近期、远期水环境容量,具体结果见表 4。根据胥河各污染物近期、远期水环境容量和现状污染物入河量的对比,计算得到整治范围内各污染物近期、远期削减比例。将胥河水水质超标率与近期、远期各污染物现状削减率汇总,具体见表 5。结果表明,胥河氨氮超标最严重,按照Ⅲ类水质标准,氨氮超标率高达 81%,近期、远期污染物削减率分别为 57% 和 70%;其次是 COD,水质超标率达 65%,近期、远期污染物削减率分别为 26% 和 57%;总磷超标情况较轻,现状入河量满足近期允许排放量的标准,远期需要削减 29%。

确定整治范围内各污染物削减比例后,落实近期、远期整治工程,落蓬湾断面水质预测结果见表 6。结果表明,整治工程实施后,落蓬湾断面水质近期、远期均能达标。

表 4 各概化排污口允许排污量计算结果与现状入河量对比表

概化排口 编号	现状入胥河量			允许排污量(近期)			允许排污量(远期)		
	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷
1	968.4	107.3	20.8	706.3	45.1	20.8	387.4	31.1	14.6
2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1334.0	151.0	31.9	1000.5	63.4	31.9	533.6	43.8	22.3
4	660.8	71.2	20.5	473.6	29.9	20.5	264.3	20.6	14.4
5	1106.8	125.8	26.0	831.3	56.6	26.0	553.4	40.4	18.7
合计	4070.0	455.3	99.2	3011.8	195.0	99.2	1738.7	135.9	70.0

表 5 现状入河量削减率与水质超标倍数对比表

水质指标	现状入胥河量/ ($t \cdot a^{-1}$)	近 期			远 期		
		水环境容量/ ($t \cdot a^{-1}$)	现状削减率/ %	水质超标率/ %	水环境容量/ ($t \cdot a^{-1}$)	现状削减率/ %	水质超标率/ %
COD	4070.0	3011.8	26	65	1738.7	57	65
氨氮	455.3	195.0	57	81	135.9	70	81
总磷	99.2	99.2		35	70.0	29	35

表6 落蓬湾断面水质预测结果 mg/L

因子	现状水质	近期水质		远期水质	
		预测值	目标值	预测值	目标值
COD	23.8	19.2	20	16.4	20
氨氮	1.68	0.92	1.0	0.75	1.0
总磷	0.17	0.16	0.2	0.13	0.2

4.2 水环境容量计算结果合理性分析

落蓬湾断面不同水质目标下现状入胥河量削减率和水质超标率对比见图3。

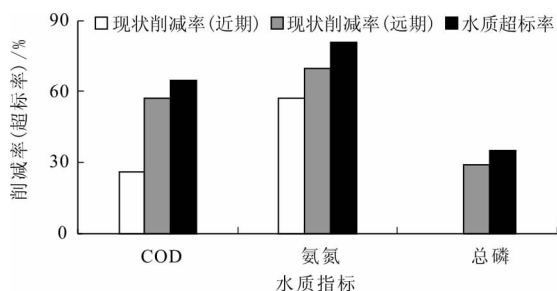


图3 现状入胥河量削减率与水质超标率对比图

从图3可以看出,胥河主要超标因子是氨氮,其次是COD。整治范围内污染物削减应以氨氮为主。近期污染物削减率与水质超标率的差距较大,随着整治工程的不断落实,远期污染物现状削减率与水质超标率的差距逐渐缩小。总体而言,整治范围内污染物削减率与落蓬湾断面水质超标率的差距小于40%,说明根据上述方法计算得到的胥河水环境容量基本合理。

5 结论

(1)根据现有的水文、水质资料及研究区域污染源分布状况,概化排污口,构建胥河上下游各排污口水质响应关系,建立一维稳态水质模型,计算得到基于落蓬湾断面水质达标的胥河COD、氨氮、总磷的近期水环境容量分别为3011.8、195.0、99.2 t/a,远期水环境容量分别为1738.7、135.9、70.0 t/a。

(2)基于对胥河的水环境容量计算结果的分析,确定污染物削减比例,并利用水环境数学模型预测整治工程落实后落蓬湾断面近期、远期水质情况。水质预测结果表明,落蓬湾断面的近期、远期水质均能达标,为进一步开展胥河水环境整治及落蓬湾断面水质达标研究提供理论支撑。

参考文献:

- [1] 逢勇,陆桂华. 水环境容量计算理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [2] Zhang Ruibin, Qian Xin, Yuan Xingcheng, et al. Simulation of water environmental capacity and pollution load reduction using QUAL2K for water environmental management[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2012, 9(12): 4504-4521.
- [3] Li Yingxia, Qiu Ruzhi, Yang Zhifeng, et al. Parameter determination to calculate water environmental capacity in Zhangweinan Canal Sub-basin in China[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(6): 904-907.
- [4] 刘年磊,蒋洪强,卢亚灵,等. 水污染物总量控制目标分配研究——考虑主体功能区环境约束[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 80-87.
- [5] 林国强. 南流江玉林城区段污染物总量控制及方案[J]. 广西水利水电, 2002(1): 54-57.
- [6] Elshorbagy A, Teegavarapu R S V, Ormsbee L. Total maximum daily load (TMDL) approach to surface water quality management: concepts, issues, and applications[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2005, 32(2): 442-448.
- [7] 邢乃春,陈捍华. TMDL计划的背景、发展进程及组成框架[J]. 水利科技与经济, 2005, 11(9): 534-537.
- [8] 周刚,雷坤,富国,等. 河流水环境容量计算方法研究[J]. 水利学报, 2014, 45(2): 227-234+242.
- [9] 周刚,黑鹏飞,雷坤,等. 赣江下游污染负荷与水质响应关系模型[J]. 水科学进展, 2013, 24(6): 883-893.
- [10] 华祖林,程浩森. 一种考虑容量沿程变化的水环境容量计算方法[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2015, 43(6): 505-510.
- [11] 陈龙,曾维华,吴昊. 渭河干流关中段季节性水环境容量研究[J]. 人民黄河, 2015, 37(2): 72-74+77.
- [12] 陈丁江,吕军,金培坚,等. 非点源污染河水环境容量的不确定性分析[J]. 环境科学, 2010, 31(5): 1215-1219.
- [13] 花月,王金龙,刘洋,等. 阳澄湖入湖河流张家港河控制断面水质达标分析[J]. 污染防治技术, 2016, 29(1): 30-34.
- [14] 王健健,逢勇,贾俊杰. 基于双权重的控制断面水质达标方案研究——以南水北调京杭运河邳州段张楼断面为例[J]. 水资源与水工程学报, 2014, 25(3): 34-37+42.
- [15] 于雷,吴舜泽,范丽丽,等. 河流水环境容量一维计算方法[J]. 水资源保护, 2008, 24(1): 39-41.