

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2011.06.011

基于控制单元划分技术的百渎港断面水质达标分析

鲍琨¹, 逢勇^{1,2}, 孙瀚¹, 莫旭东³, 王民¹

(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;

3. 连云港市环境监测中心站, 江苏 连云港 222000)

摘要 综合考虑水文水生态、水体污染的来源等方面因素, 对影响百渎港入太湖断面水质的区域进行了控制单元划分, 通过控制单元内、外污染源对百渎港断面水质超标贡献率的计算, 验证划分结果是否合理. 在太湖流域大网格水环境数学模型基础上建立了研究区域水量水质套网格数学模型, 并根据设计水文条件和边界水质, 建立控制断面水质与其上游的概化排污口污染源之间的响应关系, 通过响应关系计算得出断面水质达标时各概化排污口的削减量. 计算结果表明: 控制单元内污染源对入湖断面污染负荷的贡献率占 65.1% ~ 78.4%, 控制单元划分结果合理. 为保证百渎港断面水质达标, 控制单元内各概化排污口 COD 需要削减 22% ~ 66%, 氨氮需要削减 66% ~ 80%, 总磷需要削减 55% ~ 76%.

关键词 断面水质; 单元划分; 百渎港; 太湖

中图分类号 X824

文献标志码 A

文章编号 1000-1980(2011)06-0651-05

太湖流域是国家确定的“三河三湖”水污染防治的重点流域之一, 随着太湖流域经济快速发展和人口增长, 污染湖泊的因素不断增多, 太湖现状水质总体劣于Ⅴ类^[1]. “十五”以来, 虽然采取了产业结构调整、污染源治理、达标排放及加强环境监督管理等多方面的措施, 但是水质改善的总体效果不甚明显^[2]. 控制单元是具有经济管辖权和较为完整的社会、人口、环境和资源等相关资料的客观实体, 是进行水污染控制和管理的

基本单元. 通过控制单元的划分, 可以有针对性地实现污染物排放的控制^[3].

美国的 TMDL 计划探讨了控制单元的划分原则和划分尺度问题, 并着重分析了大小尺度控制单元的各自优缺点^[4-5]. 国内目前控制单元的划分大都以自然形成的流域对应的汇水区为基础, 存在“一刀切”控制污染物指标和排污数量的问题^[6-7], 而实现从污染物排放目标总量控制技术向基于流域控制单元水质目标总量控制技术的转变是必然的趋势^[8-9]. 太湖流域平原河网地区水流受潮汐的影响, 河道中的水流方向不固定, 该地区的河道多为往复流河道^[10-12], 这种水流特点决定了污染物对控制断面水质的影响复杂多样, 划分控制单元存在一定的难度.

百渎港位于宜兴市东北部与常州交界处, 为漕桥河与太滬运河交汇后入太湖断面. 漕桥河与太滬运河是连接太湖与滬湖的主要水力通道, 也是太湖主要入湖河流. 本文划分了影响百渎港断面水质的污染控制单元, 并通过权重分析法进行了合理性分析. 根据区域内各类污染源排放情况以及水环境现状, 研究污染物的输移全过程, 构建河网污染源-水质响应关系模型, 制定百渎港入湖断面水质达标控制方案, 为全流域开展污染源控制与污染物减排提供技术支撑.

1 控制单元划分方法

1.1 划分原则

控制单元是保证控制断面水质达标的主要污染物控制区域. 控制单元划分技术指的是根据研究区域内污染源分布情况和河流水文特征, 确定影响控制断面水质的主要污染源的分布区域的技术方法. 主要思路

收稿日期: 2010-10-29

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07101-002)

作者简介: 鲍琨(1987—), 男, 江苏海安人, 硕士研究生, 主要从事水环境规划与影响评价研究. E-mail: habaokun110@163.com

是,首先建立研究区域水质数学模型,然后根据区域内污染源分布特征及拟定边界的水质状况,结合模型计算出影响控制断面水质的主要污染源所在区域.控制单元划分原则主要有以下两点:

a. 水文情况.研究区域处于太湖流域平原河网地区,河流湖浜众多,河流多为自西向东、自北向南的流向.由于受潮汐影响,大部分河流为双向流,这使得上游污染源对断面水质的影响较为复杂多变,因此进行控制单元划分时要考虑到流域的完整性.

b. 区域内污染源分布情况.划分控制单元时,应考虑使控制断面水质主要取决于控制单元内污染负荷的分布情况,即通过对控制单元内部污染源的控制能基本使控制断面的水质达标.

1.2 水质数学模型建立及参数选取

控制断面水质数学模型计算公式^[13-14]为

$$\rho = \frac{W + Q_0\rho_0}{Q_0} \exp\left(-k \frac{x}{86400u}\right) \tag{1}$$

式中: ρ ——计算断面水体污染物质量浓度,mg/L; k ——水质降解系数,d⁻¹; u ——流速,m/s; x ——污染源与计算断面纵向距离,m; W ——概化排污口排污量,t; ρ_0 ——边界水体污染物质量浓度,mg/L; Q_0 ——河流流量,m³/s, $Q_0 = Bh u$, B 为河宽, h 为河道平均深度.

计算选取的水质降解系数 k 参考太湖流域大网模型的水质降解系数的率定结果,综合考虑附近区域水质降解系数的规律,COD 在 0.08 ~ 0.12 d⁻¹之间选取,氨氮(NH₃-N)在 0.07 ~ 0.1 d⁻¹之间选取,总磷(TP)在 0.07 ~ 0.1 d⁻¹之间选取.

1.3 控制断面上游河流排污口的概化

概化排污口的入河污染源包括工业点源、生活点源和农业面源,其中工业点源按双 80% (即占各单元污染物总量的 80% 与占各镇污染物总量的 80% 相结合)的原则进行了筛选.原则上,有大型污水处理厂处、工业企业密集区及城市人口密集区附近的河流需要概化排污口.排污口若距离较近,可把多个排污口简化成集中的排污口.距离较远并且排污量均比较小的分散排污口,可概化为非点源入河.

通过排污口的概化,结合区域水质数学模型,可建立控制断面水质与上游概化排污口的响应关系.响应关系形如 $\rho_{\text{控制断面}} = f(\rho_{\text{边界断面}}, \rho_{\text{支流}}, W_1, W_2, \dots)$.先建立支流排污口与水质响应关系,再确定干流排污口与控制断面水质响应关系.支流汇入时要求功能区水质达标,边界水质取实测值.

1.4 划分合理性分析技术

在控制断面水质数学模型的基础上,可采用水质超标率权重控制法对控制单元划分合理性加以分析,其中控制单元外部污染源对控制断面水质的影响以边界水质的影响代替.设边界来水水质对控制断面水质超标的影响率与控制单元内污染源的排放对控制断面水质超标的影响率比值为 α ,计算公式为

$$\alpha = \frac{\rho_1 - \rho_{s0}}{\rho_2 - \rho_{s0}} \tag{2}$$

式中: ρ_1 ——边界取枯水期最不利情况实测水质时,不考虑内部污染源排放情况下按模型计算得出的控制断面的水体污染物质量浓度,mg/L; ρ_2 ——边界取功能区水质目标时,考虑内部污染源排放情况下按模型计算得出的控制断面水体污染物质量浓度,mg/L; ρ_{s0} ——控制断面水质目标,取江苏省地表水(环境)功能区划中要求的水体污染物质量浓度,mg/L. α 越小,则控制单元内污染源的排放对控制断面水质影响越大,控制单元边界来水水质对控制断面水质影响越小, $\alpha < 1$ 时,控制断面水质主要受控制单元内污染源的排放影响; $\alpha > 1$ 时,控制断面水质主要受控制单元边界来水水质的影响.若边界水质实测值优于其水质目标,即 $\alpha \leq 0$ 时,控制断面水质情况完全由控制单元内污染源的排放决定.根据 α 可计算出控制单元内外污染源对控制断面水质超标影响的权重.一般当单元内污染源对控制断面水质超标的影响超过 50% 时,可认为控制单元划分合理.

2 百渎港控制单元的划分

2.1 拟定控制单元的划分

结合百渎港断面上游河流水文特征及污染源分布情况,拟定大小尺度不同的 3 个控制单元Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ.拟定控制单元Ⅰ主要包括了太滬运河与漕桥河流域.拟定控制单元Ⅱ主要包括了滬湖以东太湖以西,江南运河以南殷村港以北的流域.拟定控制单元Ⅲ主要包括了长江以南整个常州、宜兴地区的流域范围.具体如图 1 所示.

根据图 1 所示的污染源分布与河流水文特征,拟定控制单元 I 尺度较小,未必能完全揭示流域的污染过程,若仅仅对控制单元内污染负荷进行削减,不足以使控制断面水质达标. 拟定控制单元 III 尺度较大,可能出现对离控制断面较远处上游的污染源削减后,控制断面水质将不会出现明显好转的现象. 因此初步确定拟定控制单元 II 为百渎港控制单元.

2.2 研究区域水质数学模型合理性分析

将百渎港断面上游污染源概化为 8 个排污口,具体如图 2 所示.

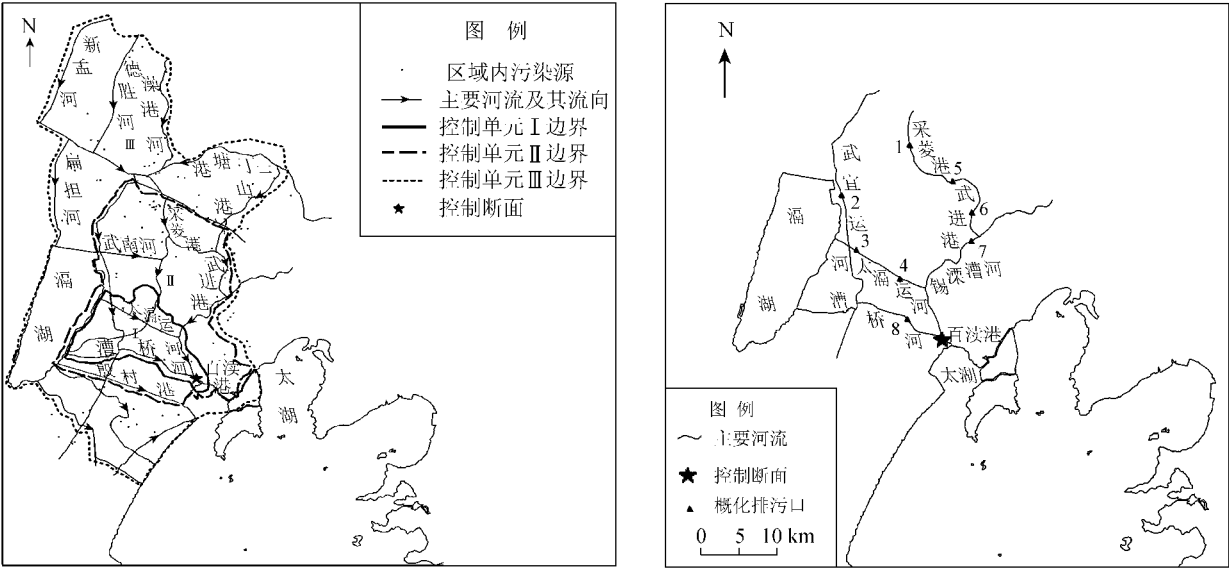


图 1 拟定控制单元范围示意图

图 2 拟定控制单元概化排污口示意图

Fig. 1 Sketch of control unit's scope

Fig. 2 Sketch of control unit's generalized drain outlet

百渎港断面与上游排污口及河流边界水质响应关系公式如下:

南运河经武宜运河至漕桥河

采菱港经武进港汇入太湖漕运河

太湖漕运河至百渎港

漕桥河至百渎港

$$\rho_{\text{武宜运河}} = f(\rho_{\text{武宜运河边界}}, W_2)$$

$$\rho_{\text{武进港}} = f(\rho_{\text{武进港边界}}, W_1, W_5, W_6, W_7)$$

$$\rho_{\text{太湖漕运河}} = f(\rho_{\text{太湖漕运河边界}}, \rho_{\text{武进港}}, W_3, W_4)$$

$$\rho_{\text{百渎港}} = f(\rho_{\text{百渎港边界}}, \rho_{\text{武宜运河}}, \rho_{\text{太湖漕运河}}, W_8)$$

将该模型计算值与 2007 年百渎港断面水质实测值进行比较,COD,NH₃-N 和 TP 计算值与实测值的误差分别为 2.13%,6.31%和 10.72%,误差均小于 20%,说明该排污口概化及响应关系计算模型基本合理.

2.3 控制单元划分结果

在研究区域水质数学模型基础上,根据水质超标率权重法计算出拟定各控制单元内、外污染源影响权重,具体如表 1 所示.

从表 1 可知,拟定控制单元 I 的内外影响权重相当,拟定控制单元外污染物对控制断面水质影响依然很大,而拟定控制单元 III 虽然比拟定控制单元 II 面积大很多,但两个控制单元内外污染源影响权重变化不大,可见,拟定控制单元 II 为影响百渎港断面水质的主要控制区域范围. 结合行政区划,最终确定影响百渎港控制断面水质的污染控制单元如图 3 所示.

表 1 拟定控制单元内、外污染源影响权重

Table 1 Influence weights of control units for internal and external pollution sources

拟定 控制单元	COD		NH ₃ -N		TP	
	单元内	单元外	单元内	单元外	单元内	单元外
单元 I	0.506	0.494	0.508	0.492	0.510	0.490
单元 II	0.784	0.216	0.731	0.269	0.651	0.349
单元 III	0.825	0.175	0.740	0.260	0.697	0.303

3 百渎港断面水质达标削减方案

根据《江苏省地表水(环境)功能区划》的要求,百渎港断面近期应达到Ⅳ类水标准,远期应达到Ⅲ类水标准. 根据 2007 年污染源普查资料及湖西重污染区各主要河流水质断面实测资料,分别从污染物分镇总量达标控制方案(A 方案)和控制断面水质达标方案(B 方案)入手研究控制单元内污染源的削减措施.

- [J]. Research of Environmental Sciences, 2006, 19(3): 1-6. (in Chinese))
- [7] 毛晓文. 江苏省水环境状况及水污染控制措施研究[D]. 南京: 河海大学, 2005.
- [8] 张红举, 章杭惠, 旺传刚. 太湖流域省际边界地区入河污染物总量控制[J]. 水资源保护, 2010, 26(5): 42-44. (ZHANG Hong-ju, ZHANG Hang-hui, WANG Chuan-gang. Total pollutant amount control in inter-provincial border area of Taihu Basin[J]. Water Resources Protection, 2010, 26(5): 42-44. (in Chinese))
- [9] 孟伟, 张楠, 张远, 等. 流域水质目标管理技术研究(Ⅰ): 控制单元的总量控制技术[J]. 环境科学研究, 2007, 20(4): 1-8. (MENG Wei, ZHANG Nan, ZHANG Yuan, et al. The study on technique of basin water quality target management(Ⅰ): pollutant total amount control technique in control unit[J]. Research of Environmental Sciences, 2007, 20(4): 1-8. (in Chinese))
- [10] 罗缙, 逢勇, 罗清吉, 等. 太湖流域平原河网区往复流河道水环境容量研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 144-146. (LUO Jin, PANG Yong, LUO Qing-ji, et al. Study on water environment capacity for reversing current channels in plain river network region in Taihu Lake Basin[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2004, 32(2): 144-146. (in Chinese))
- [11] 程炜, 刘洋, 孙卫红, 等. 入太湖河道水质达标研究: 以无锡新区伯渎港为例[J]. 水资源保护, 2008, 24(6): 43-45. (CHENG Wei, LIU Yang, SUN Wei-hong, et al. Water quality of inflow river channels of Taihu Lake: a case study on Bodugang River in Wuxi New District[J]. Water Resources Protection, 2008, 24(6): 43-45. (in Chinese))
- [12] 常文婷, 王冠, 韩龙喜. 基于平面二维水质模型的潮汐河流污染源反演[J]. 水资源保护, 2010, 26(6): 5-8. (CHANG Wen-ting, WANG Guan, HAN Long-xi. Inverse study on pollution source in tidal river on the basis of 2D water quality model[J]. Water Resources Protection, 2010, 26(6): 5-8. (in Chinese))
- [13] 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. (YU Lei, WU Shun-ze, FAN Li-li, et al. One-dimensional calculation method for river water environmental capacity[J]. Water Resources Protection, 2008, 24(1): 39-41. (in Chinese))
- [14] 逢勇, 陆桂华, 王华, 等. 水环境容量计算理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 164-168.

Up-to-standard assessment of water quality based on control unit division technology: A case study of Baidu Port

BAO Kun¹, PANG Yong^{1,2}, SUN Han¹, MO Xu-dong³, WANG Min¹

(1. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China;

3. Lianyungang Environmental Monitoring Center Station, Lianyungang 222000, China)

Abstract: With comprehensive consideration of the hydrological and ecological factors, the source of water pollution, and other factors, a study was made of the control unit division of the region that affects the water quality at the section of the Baidu Port. The rationality of the division was verified through calculation of the section's water quality standard-exceeding contribution rate for internal and external pollution sources of the control unit. Based on a large grid model of the Taihu Basin, a water quantity and quality set-of-net model of the study area was established. According to the designed hydrological conditions and boundary water quality, the corresponding relationship between the water quality at the control section and the pollution sources of the generalized drain outlet upstream was built, based on which the allowable discharge capacity of each generalized drain outlet when the water at the control section reached the quality standards was calculated. The results show that the section's water quality standard-exceeding contribution rate for the pollution sources of the control unit ranged from 65.1% to 78.4%, meaning that the division of the control unit is reasonable. To ensure that the water quality at the control section of the Baidu Port reaches the standards, for each generalized drain outlet the COD needs to be reduced by 22% to 66%, NH₃-N needs to be reduced by 66% to 80%, and TP needs to be reduced by 55% to 76%.

Key words: water quality at section; unit division; Baidu Port; Taihu Lake