

· 水污染防治 ·

常州市扁担河桥断面水质提升方案研究

Analysis on Water Quality Improvement Plan of Biandanhe River Bridge Cross Section in Changzhou City

刘媛媛¹, 钱新^{1*}, 石崇², 李慧明¹

(1. 污染控制与资源化研究国家重点实验室 南京大学环境学院, 江苏 南京 210046;

2. 常州市环境科学研究院, 江苏 常州 213022)

摘要: 河流断面水质受到多种因素的影响, 当前区域水环境整治方案的制定常常只是笼统地从工业、农业、生活污染控制方面提出一些措施, 实际工作中缺乏有针对性的水质提升方案。以常州市扁担河桥断面为研究对象, 在污染构成测算和削减目标计算的基础上, 制定系统的、切实可行的水质提升方案, 并对方案的可达性进行对比分析。通过测算 2012 年扁担河桥断面需要削减氨氮为 59.45 t/a, 通过水质提升方案的实施, 形成削减能力氨氮 64.2 t/a。

关键词: 断面; 污染构成; 水质提升方案; 扁担河桥

中图分类号: X522

文献标识码: A

Abstract: Water quality of river cross sections is affected by a number of factors. At present, water environment regulation is too general from aspects of industry, agriculture and living pollution source, and lack of coping systematic improvement plan. In this study, Biandanhe River bridge section in Changzhou was chosen as a typical example, and practical and systematic improvement plan of water quality was analyzed based on estimating of pollution structure and calculation of cut target. Finally, accessibility of the improvement plan was contrasted and presented in this paper. 59.45t/a ammonia nitrogen should be reduced in Biandanhe River bridge section in 2012, and water quality improvement could be feasible with cut ability of ammonia nitrogen 64.2 t/a through implementation of improvement plan.

Key words: Cross Section; Pollution Structure; Water Quality Improvement Plan; Biandanhe River Bridge

CLC number: X522

当前水环境污染严重, 水质断面达标率低, 面对日益严峻的水环境形势, 如何采取有效的水质提升措施, 稳步改善水环境质量, 力争达到断面水质的考核目标, 是水环境管理中亟待解决的问题。

断面污染物构成大致包括上游来水、工业污染源、农业污染面源、生活污染源几类^[1], 少数断面附近水体上的行运船只也会对其水质达标造成影响。对未达标的断面提出水质提升方案, 应着重水土流失综合治理、清洁生产实施、生态农

业建设、人居环境综合整治几个方面, 以期实现水源水质提升、生态环境改善、经济协调发展的目标^[2]。当前针对断面提出的水质提升或是水质达标控制方案, 大多只是从管理方面进行宏观整治^[3,4]或是从一个或几个方面笼统地提出污染防治措施^[5], 并未提供具体的计算方法和提出系统可施行的防治策略。

文章以扁担河桥断面为研究对象, 在现状监测数据和污染构成分析的基础上, 融合各类污染源的计算方法, 系统提出了针对具体断面的水质提

收稿日期: 2012-09-24

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2008CB418003); 国家水专项预警主题分区项目(2008ZX07526)

作者简介: 刘媛媛(1988-), 女, 硕士研究生。研究方向: 区域水环境规划与评价。E-mail: liuyuanyuan1988032@126.com

***通讯作者:** E-mail: xqian@nju.edu.cn

升方案,并最终对方案的可行性进行计算分析。

1 扁担河断面概况

1.1 水质水文现状

扁担河桥断面位于江苏省常州市武进区境内扁担河桥处,氨氮是其首要污染因子。2011年断面氨氮年均浓度分别为1.65 mg/L,高于Ⅲ类水标准,未达到水质目标。2011年氨氮浓度全年超标率为55.5%,月均值最大超标倍数为2.53,枯水期水质明显劣于其它水期。

扁担河桥断面年平均流量为 $2.9\text{ m}^3/\text{s}$ ，水流方向自北向南，主要来水为上游京杭运河来水。

1.2 断面周边情况

结合当地行政区划,对扁担河的汇水区域进行统计修正得到该断面的流域范围,主要涉及奔牛镇、邹区镇、嘉泽镇、武进经发区下辖共23个行政村见图1。

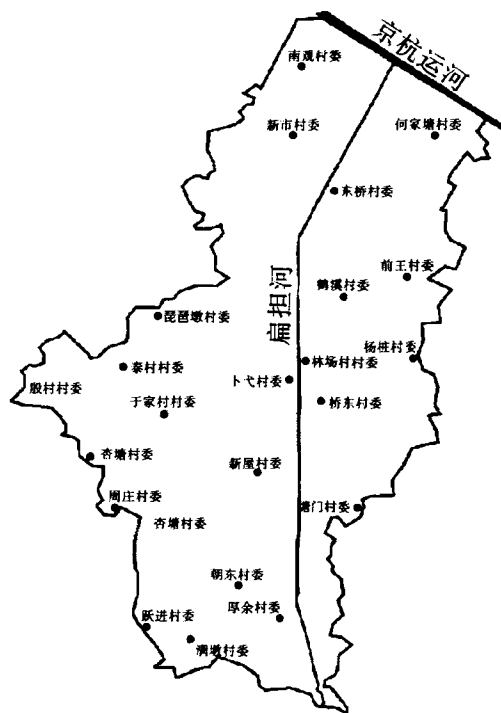


图1 扁担河桥断面调查范围

调查范围内工业企业主要分布于邹区，企业规模小、布局比较分散，奔牛镇范围内有少量企业沿河分布。河流沿线以农田、花木种植为主。

2 研究方案及实现途径

针对不同断面提出具体的水质提升方案, 首

先应考察断面的基本情况, 确定主控水质因子, 划分断面单元, 在采用经验系数法等多种方法对污染构成进行计算分析的基础上, 提出合理的工程、技术和管理措施。具体的操作流程见图2。

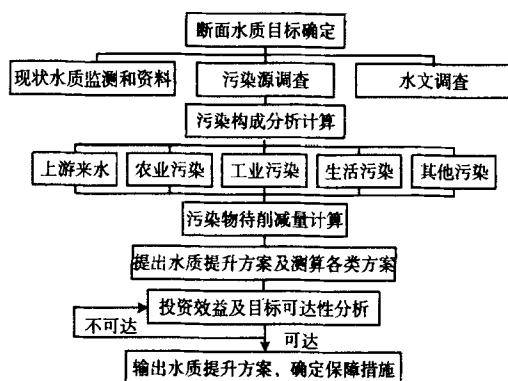


图2 水质提升方案技术路线

2.1 断面水质目标及水质因子确定

根据环境规划、具体水质防控目标及断面具体情况,确定待提升断面的主要水质因子和控制指标,考核各水质因子年均值。断面考核因子21项,包括pH、DO、 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮、总磷、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂和硫化物,应根据断面实况和现状选择主控环境因子。

根据江苏省常州市当地相关的环境规划要求,扁担河桥断面水质应当达到Ⅲ类标准,其主要超标水质因子为氨氮。

2.2 污染构成测算

以断面为单元调查收集该单元的自然环境、主要污染源、入河排污口等资料,从上游来水、工业污染源、生活污染源、农业面源、基础设施排水等方面进行分析计算,确定各断面主要污染源。

2.2.1 断面上游水质影响 断面上游来水的流量及水质,对断面水质是否达标具有先决性的影响。若上游来水水质较差,会对断面水质达标造成压力;若上游来水水质优于达标目标,则会对下游水质起到混合清洁的作用。

扁担河的上游来水主要为京杭运河水, 2011年武进区监测站在京杭运河与扁担河桥交汇 500 m 处监测点数据表明, 来水氨氮 1.23 mg/L, 水质已不符合Ⅲ类水标准。

2.2.2 工业污染源 工业污染源废水排放量大, 是国家“十二五”主控污染物COD、NH₃-N的主要来源, 工业企业几乎没有P排放^[6]。

工业污染源产生的污染物量见式(1)。

$$W_{Ti} = \sum_{j=1}^n Q_i C_{ij} / 10^6 \quad (1)$$

式中: $i=1, 2, 3, \dots, n$, 指研究区域内共有 n 家企业; W_{Ti} 为研究区域内工业污染源产生的第 j 种污染物总量, t/a; Q_i 为第 i 家企业的污水排放量, t/a; C_{ij} 为第 i 家企业所排放污水中第 j 种污染物的浓度, mg/L。

参考污普更新数据, 扁担河流域范围内2010年工业企业废水排放量见表1。

表1 2010年主要工业水污染源排放现状

序号	废水量/t · a ⁻¹	c NH ₃ -N/mg · L ⁻¹
1	718 520	0
2	77 054	0.78
3	5 0000	2.50
4	33 992	9.70
5	3 0000	2.50
6	21 000	0
7	6 000	0
8	1 600	0
9	1 000	0
10	800	0
总计	939 966	2.39

经计算得废水总量93.99万t, NH₃-N排放量2.39 t/a。常州华夏钢铁有限公司(表1, 序号1)是废水排放量最大的工业企业, 其废水排放量占全镇工业废水排放总量的76%。

2.2.3 农业污染源 由于农田施用化肥、农药和禽畜养殖径流以及水产养殖直接排放造成的非点源污染, 污水排放面广、化学成分复杂, 处理效率极低(小于20%), 农业污染源是污染物NH₃-N和总P的主要来源。

①种植业。种植业的污染物产生量 $W_{种植P}$ 和入河量 $W_{种植}$ 可由式(2)计算。

$$\begin{aligned} W_{种植P} &= M_{农田} \times \alpha_1 \\ W_{种植} &= W_{种植P} \times \beta_1 \end{aligned} \quad (2)$$

式中, $M_{农田}$ 为耕地面积, hm²; α_1 为农田排污系数, kg/hm² · a, 依据《太湖流域主要入湖河流环境综合整治规划编制技术规范》, 分别取 $\alpha_{1COD} = 150$, $\alpha_{1NH-N} = 30$, $\alpha_{1TP} = 30$; β_1 为农田污染

排入河系数, 取为0.1。

扁担河断面研究区域内按23个行政村统计共有耕地总面积3 911.4 hm², 主要为花木种植用地、农田。经计算可得氨氮入河量为11.73 t/a。

②畜禽养殖。畜禽养殖的污染物产生量 $W_{畜禽P}$ 和入河量 $W_{畜禽}$ 可由式(3)计算。

$$\begin{aligned} W_{畜禽P} &= N_{畜禽} \times \alpha_2 \\ W_{畜禽} &= W_{畜禽P} \times \beta_2 \end{aligned} \quad (3)$$

式中, $N_{畜禽}$ 为按照30只蛋鸡=1头猪、60只肉鸡=1头猪、3只羊=1头猪、5头猪=1头牛、50只鸭=1头猪、40只鹅=1头猪、60只鸽=1头猪换算后的养殖头数; α_2 为畜禽养殖业排污系数, kg/(头 · a), 依据《太湖流域主要入湖河流环境综合整治规划编制技术规范》, 分别取 $\alpha_{2COD} = 133.7$, $\alpha_{2NH-N} = 10.8$, $\alpha_{2TP} = 8.45$; β_2 为畜禽污染排入河系数, 取为0.6。

据统计, 扁担河断面流域内2010年生猪饲养量为15 651头, 羊1 990头, 鸡516 920羽, 鸭101 780羽, 鹅200羽。该区畜禽养殖业氨氮入河量为63.79 t/a。

③水产养殖。水产养殖污染物产生量 $W_{水产P}$ 和入河量 $W_{水产}$ 可由式(4)计算。

$$\begin{aligned} W_{水产P} &= M_{水产} \times \alpha_3 \\ W_{水产} &= W_{水产P} \times \beta_3 \end{aligned} \quad (4)$$

式中, $M_{水产}$ 为水产养殖面积, hm²; α_3 为水产养殖排污系数, kg/hm² · a, 依据排污经验系数, 分别取 $\alpha_{3COD} = 74.5$, $\alpha_{3NH-N} = 7.5$, $\alpha_{3TP} = 2.85$; β_3 为畜禽污染排入河系数, 取为0.6。

本区共有水产养殖面积540.1 hm², 氨氮最终入河量4.05 t/a。

④农业面源污染物入河量。最终的农业面源污染物入河量即为种植业、畜禽养殖业、水产养殖业三者污染物入河量的总和见公式(5)。

$$W_{农业} = W_{种植} + W_{畜禽} + W_{水产} \quad (5)$$

对于扁担河桥断面, 农业面源污染物最终入河量NH₃-N为79.57 t/a, 畜禽养殖为该区农业面源中的污染物的主要来源。

2.2.4 生活污染源 城市、农村的生活污染源产生的污染物随径流排入水体, 成为水体污染的组成成分。排水管网敷设和污水处理设施的建设滞后与经济发展, 使得生活污水的处理率较低。

生活污染源产生的各类污染物质可由式(6)计算。

W_{生i} = \sum_{i=1}^m 365N_i\alpha_{ij}\beta_j/10^6 + \sum_{k=1}^n 365N_k\alpha_{kj}\beta_j(1-\theta_k)/10^6 \tag{6}

式中，W_{生i}为研究区域内生活源产生的第j种污染物总量，t/a；N_i为第i个污水直排的行政村的人口数，人；\alpha_{ij}为农村生活第j类污染物的排污系数，g/(人·d)，取\alpha_{4COD}=2.7, \alpha_{4NH_3-N}=4, \alpha_{4TP}=0.2；\beta_j为农村生活污染物入河系数，取0.7；N_k为第k个实现污水接管镇区的人口数，人；\alpha_{kj}为城镇生活第j类污染物的排污系数，g/(人·d)，取\alpha_{4COD}=36, \alpha_{4NH_3-N}=5, \alpha_{4TP}=8；\beta_j为农村生活污染物入河系数，取0.8；\theta_k为第k个镇区的污水接管率。

扁担河桥断面流域范围常住人口共计82 934人，除邹区镇前王村60%和杨庄、朝东、跃进、厚余4个行政村20%的污水接管率以外，其余18个行政村的生活污水均为直排。生活污水污染负荷结合当地实际进行测算，NH₃-N入河量为120.12 t/a。

2.2.5 行运船只污染物排放 对于一些允许通航

的河流、湖泊而言，行运船只对断面水质的影响也是不可忽视的。除船载人口的生活污染物排放量以外，燃料船排放出的石油醚类污染物更是断面水质达标的一大难题。

2.3 削减量计算

污染负荷削减目标的计算公式见(7)。

H_j = F_j - G_j

F_j = \sum_{s=1}^{12} Q_{ms} C_{js}

G_j = Q_m \times C_{jq}

Q_m = \sum_{s=1}^{12} Q_{ms} \tag{7}

式中，H_j为第j个污染因子目标削减量；F_j为第j个污染因子的现状污染物通量；G_j为第j个污染因子目标污染物通量；Q_{ms}为断面第s个月水流量；C_{js}为第j个污染因子现状监测月均值；Q_m为断面的年水流量；C_{jq}为第j个污染因子第q年水质目标。

2.4 水质提升方案分析

针对断面的水质提升方案，应系统地从工业、农业、生活以及流域治理等方面寻求综合整治措施。断面水质提升方案见表2。

表2 断面水质提升方案

类别	提升方案	具体措施
工业点源治理	推行清洁生产	工业企业应正确规划产品方案，改革生产工艺，尽量提高原料、材料以及能源的使用率，减少废物排放量。同时开展综合利用，从废水中回收有用物质，降低污染物的浓度。
	进行污水接管	工业点源的污水由污水处理厂进行统一接管，尤其是工业园区内，污水统一接管后可能实现以废治废，进一步减少污染物排放量。
	加强监督管理	对各企业的排污治污设备进行登记监察，保证其使用率；加大重点污染源治理力度，对严重污染企业严格关停。
生态农业建设	合理使用农药、化肥	逐步调整农业结构，发展无公害农业、绿色农业、有机农业。提倡施用有机肥，控制化肥农药的施用量，淘汰强毒、高残留的农药。结合节水灌溉提高农药、化肥的利用率，减少流失入河量。
	加快氮磷拦截系统建设	在农田汇水区域建设沟渠体和拦水节制闸坝，或利用地形地貌将低洼地或者废弃池塘和渔塘改造成生态池塘，种植富集氮、磷的水生植物，形成缓冲带 ^[9] ，增加二次或三次净化。
	推进集约化养殖	逐步淘汰小规模畜禽养殖、农户散养，实施集约化养殖，提高资源化利用水平，针对非规模化畜禽养殖污染建设集中式的粪污处理中心及收集设施。
生活污水处理	防治水产养殖业污染	严格控制水产养殖面积，合理布设养殖区，科学、合理投放饵料。大力提倡水产生态养殖，推广池塘循环水养殖技术，在规模养殖实现多塘循环换水，减少养殖用水外排。
	污水处理厂建设	加快污水处理厂建设，加快污水配套收集管网延伸和提升泵站建设，完善污水收集系统，提高污水收集率。加强现有管网的维修与保养，防止管网老化而产生污水滴漏现象。
流域综合治理	底泥疏浚与生态护坡	全面开展流域整治，完成底泥疏浚，恢复水网生态系统自净功能。沿岸建设多级生态护坡，在污染物入河之前，以生态防护林、人工前置库等形式，设立多级污染消纳系统，减少污染物流入。
	水质净化工程	对已污染的河段，可通过污水截流与处理、环境水利工程等措施，进行河水净化处理。
	控制船舶污染	加强监督检查，完善岸上接收和处理处置设施的建设，对重点船舶（危险品船等）实现全天候动态监控，建立船舶污染事故应急救援体系。

在实际工作中,可查阅表2,根据断面的具体情况选择可实施性强的系统方案。扁担河桥断面通过对9家直排企业的污水接管,可减少直排污水量72.5万t/a;搬迁武进恒隆农药有限公司,关闭常州市卜弋砖瓦厂,可减少直排污水量3.52万t/a,削减氨氮0.33 t/a;对常余保温材料、东申泵业、新奥涂料等重点企业进行减排整改,可减少废水量0.24万t/a。

对断面流域范围内的农田区域建设氮磷拦截工程,预计可削减氨氮2.37 t/a;通过畜禽养殖场专项整治和推广非规模化养殖场生态发酵床技术,预计削减氨氮14.4 t/a。

邹区、奔牛污水处理厂扩建和管网覆盖范围的逐步扩大,为流域范围内生活污水集中处理率的提升创造了基础条件,通过沿河片区生活污水接管、农村分散式污水处理设施建设等工程的实施,可削减氨氮47.1 t/a。

在水质提升方案下,第j类污染物总的削减量计算见(8)式。

$$CA_j = CA_{\text{工}} + CA_{\text{农}} + CA_{\text{生}} + CA_{\text{其它}} \quad (8)$$

2.5 提升方案可达性分析

若 $CA_j \geq H_j$,提升方案有效,水质目标可达;若 $CA_j < H_j$,水质目标不可达,需增加或修正各类型水质提升方案,直至满足水质目标的要求为止。

2012年扁担河桥断面需要削减的氨氮为59.45 t/a,通过各项水质提升方案的实施,到2012年区域内可形成削减能力氨氮为64.2 t/a,故断面水质目标可以实现。水质提升重点工程着力于生态农业建设和污水处理管网两个方面,主要针对氨氮的主要来源进行重点削减。针对断面的水质提升方案,应兼顾公平和效益的原则,着重从主要污染源寻求综合治理措施,保证整体方案

的可实施性和水质目标的可达性。

3 结语

在大量的实测资料和污染源调查的基础上,综合采用了多种计算方法,对水质断面进行了污染构成的分析计算;同时利用污染物通量的概念,求得污染削减目标。研究提出了具体系统的水质提升方案,并对方案的可达性进行探讨,对断面水质提升的工作措施具有指导意义。结果表明,2012年扁担河桥断面需削减氨氮59.45 t/a,水质提升方案实施后削减氨氮64.2 t/a,故水质提升方案可行。

应当指出,研究中污染负荷多是由技术规范提供的经验系数法获得,缺乏针对性。该研究存在不足之处,需要在今后的研究中进行完善。

参考文献

- [1]朱松,陈英旭.小流域N、P污染负荷的构成比重研究[J].环境污染与防治,2003,25(4):226-228.
- [2]孙志明,曹颖,余炯,等.基于流域尺度的河流治理技术体系与措施[J].水利学报,2011,42(1):105-112.
- [3]陈静,王学军,牟全君,等.苍南县流域水环境评价及污染防治对策[J].长江流域资源与环境,2004,13(4):378-379.
- [4]钟善锦,田雷,陈启钦.跨地、市行政区域河流边界水质达标管理[J].环境监测管理与技术,1997,9(4):2-3.
- [5]蒋平.三峡工程对长江重庆段水环境影响及对策[J].人民长江,1997,28(5):9-10.
- [6]李家玲.浑河沈阳段“十一五”期间水体构成及污染源分析[J].环境保护科学,2012,38(2):41-43.
- [7]沈建康.京杭大运河跨界断面水质现状调查与分析[J].中国资源综合利用,2010,28(11):51-52.
- [8]杨帆,高峰,闫亮,等.辽河流域省(区)界断面水质状况及对策[J].东北水利水电,2007,25(271):58-59.
- [9]鲍琨,逢勇,孙瀚,等.基于控制单元划分技术的百渡港断面水质达标分析[J].河海大学学报,2011,39(6):653-654.
- [10]倪九派,傅涛,卢玉东,等.缓冲带在农业非点源污染防治中的应用[J].环境污染与防治,2002,24(4):229-231.