

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.01.008

保证通榆河南段水质达标的区域尾水出路研究

徐凌云¹, 逢 勇^{1,2}, 付 浩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)

摘要:在调查通榆河南段控制单元水质及区域污染源的基础上, 概化影响通榆河南段控制单元水质的污染源, 建立研究区域水质数学模型, 并根据设计水文条件和边界水质, 分析概化排污口对控制断面水质影响权重, 初步构建区域尾水出路工程布局方案, 并计算控制断面水质改善效果, 为区域尾水出路寻找依据。结果表明, 区域尾水出路方案实施后, 古贵大桥、草堰大桥控制断面 COD、NH₃-N、TP 的质量浓度分别为 17.45 mg/L、0.99 mg/L、0.2 mg/L, 12.87 mg/L、0.89 mg/L、0.14 mg/L, 其中古贵大桥控制断面 NH₃-N 改善效果最为明显, 改善率为 41%, 通榆河南段水质可以满足地表水水(环境)功能区划 III 类标准。

关键词:尾水出路; 排污口概化; 水质数学模型; 通榆河南段

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2013)01-0032-05

Layout optimization of tail water diversion project with guarantee of required standard of water quality of south reach of Tongyu River

XU Lingyun¹, PANG Yong^{1,2}, FU Hao¹

(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: Based on an investigation into the water quality of the control unit of the south reach of the Tongyu River and regional pollution sources, the pollution sources that influence the water quality of the control unit of the south reach were generalized. A water quality mathematical model was developed for the study area. Based on the designed hydrological conditions and boundary water quality, the weight analysis of the effect of the generalized drain outlet on the water quality of the control unit was conducted, the layout scheme of the regional tail water outlet was preliminarily established, and the improvement effect of the water quality of the control section was calculated, in order to find an outlet for regional tail water. The results show that after the implementation of the scheme of the regional tail water outlet, the concentrations of COD, NH₃-N, and TP were 17.45 mg/L, 0.99 mg/L, and 0.2 mg/L, respectively, for the Guben Bridge control section, and 12.87 mg/L, 0.89 mg/L, and 0.14 mg/L, respectively, for the Caoyan Bridge control section. The concentration of NH₃-N of the Guben Bridge control section was most significantly improved, with an improved efficiency of 41%. The water quality of the south reach of the Tongyu River can meet the class III standard of the surface water (environment) functional zoning.

Key words: tail water outlet; generalization of drain outlet; water quality mathematical model; south reach of Tongyu River

通榆河南段作为通榆河的源头, 现状水质最差, 对通榆河整体水质影响较大。通榆河南段控制单元

基金项目: 国家自然科学基金(51179053); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07506-002& 2012ZX07101-001)
作者简介: 徐凌云(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水资源规划与保护。E-mail: xly_77@163.com

跨越长江、淮河两大水系,涉及海安、泰州、姜堰、兴化、东台 5 个市、县(市)。通榆河作为江苏沿海地区南水北调的“清水廊道”^[1],承担着保障水资源供给的重要任务,通榆河水质达标既是保障江苏沿海地区千万人民群众生产生活的需要,也是国家和区域社会经济发展的需求。

尾水是指经过处理后的污水,可以用作农业灌溉、养殖等^[2]。尾水导流是指为保护重点湖库或河段的需求,将沿线尾水调离敏感水域,利用仅有行洪功能的河道、河滩以及海涂、荒地、岗地等作为尾水输送专道及集中处理场所,进行最终处置的一项水污染控制措施^[3-4]。由于水污染的蔓延,即使对城市污水进行一定处理之后排放,也超过周边水环境承载能力,例如,南非及加拿大的许多湖库,都因受城镇和工业地区的城市污水二级处理厂所排放的尾水的影响而发生水质恶化^[5]。1992 年,多瑙河流域氮和磷的输入量分别为 82.5 万 t 和 10.5 万 t,其中污水处理厂出水的贡献率均在 20% ~ 25%,是造成多瑙河三角洲和黑海水质恶化、富营养化征兆明显的重要原因^[6]。因此,在污染源排放还难以得到控制、在污水深度处理还难以实现的情况下,世界不少国家和地区都逐渐将尾水导流处理或直接排江排湖排海作为最终解决区域尾水^[7-8]污染问题的一条出路。尾水导流思想在江苏水污染控制中最能体现^[9]。如徐州市投入 7.8 亿元巨资建设尾水导流入海工程,以确保南水北调东线的水质安全,解决了全市尾水出路问题^[10-11]。

笔者在调查通榆河南段控制单元内水文、水系及污染源的基础上,对影响通榆河南段水质的重点污染源进行概化,建立研究区域水质数学模型,根据设计水文条件和边界水质,分析概化排污口对控制断面水质影响权重,并根据概化排污口权重影响分析结果,确定重点污染区域,构建区域尾水出路方案,并计算尾水出路方案实施后通榆河南段水质改善效果。

1 研究方法

1.1 重点污染区域及尾水出路方案确定方法

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。主要思路是:①建立研究区域水环境数学模型;②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。

尾水出路基本方式有两大类^[12]:①尾水暗管(压力流);②尾水明渠(重力流)。目前无论是渠涵

或是暗管,技术都是十分成熟的。通榆河南段控制单元尾水出路方案确定方法的主要思路是:综合考虑经济承受能力和水环境保护之间的关系,在不影响现有河道使用功能的前提下,优选现有河道并适当拓峻后作为导流通道;根据通榆河沿线地区不同的水系特征,对河网水系敏感地区的尾水采用尾水暗管输送尾水;对于水质较差的主要平交河道,考虑对其实施立交改造,并按照“分线、分片”原则进行导流。

1.2 控制断面水质计算方法

控制断面水质达标计算方法采用河道一维稳态模型^[13],计算公式为

$$\rho(x) = \frac{W186.4 + Q_0\rho_0}{Q_0} \exp\left(-\frac{kx}{86400u}\right) \quad (1)$$

$$Q_0 = Bhu \quad (2)$$

式中: x 为污染源与计算断面纵向距离,m; $\rho(x)$ 为 x 处水体污染物质量浓度,mg/L; W 为概化排污口排污量,kg/d; Q_0 为河流流量,m³/s; ρ_0 为边界水体中污染物质量浓度,mg/L; k 为水质降解系数,d⁻¹; u 为流速,m/s; B 为河宽,m; h 为河道平均深度,m。

计算选取的水质降解系数参考里下河流域河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 的降解系数在 0.08 ~ 0.12 d⁻¹之间;NH₃-N 的降解系数在 0.07 ~ 0.10 d⁻¹之间;TP 的降解系数在 0.07 ~ 0.10 d⁻¹之间。

1.3 水质影响权重计算

分析多个概化排污口对控制断面水质影响的权重,运用河道断面污染物完全混合方程及一维稳态水质模型,概化排污口 $W_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 进入河道完全混合后产生的混合质量浓度 ρ_i ,在不考虑其他概化排口对河流水质影响的情况下,混合质量浓度 ρ_i 经河道自身净化后衰减至控制断面时的质量浓度为 ρ'_i 。则概化排污口 W_i 对控制断面的权重 ∂_i 计算公式为

$$\partial_i = \frac{\rho'_i}{\sum_1^n \rho'_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

2 结果与讨论

2.1 排污口概化

通榆河南段控制单元长江水系中入通榆河的河流主要有老通扬运河及栟茶运河。泰州、姜堰及海安的点源以及河流沿线的非点源通过老通扬运河及栟茶运河汇入通榆河。新通扬运河以北的淮河水系中,由于泰州引江河及江都水利枢纽的引水北送携带了大量污染物进入了泰东河及车路河,使得泰东河和车路河汇入通榆河的污染物日益增多。

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 90% (即占工业污染物总量的 90%) 的原则进行筛选。结合通榆河南段控制单元水文水系情况,主要入河排污口的概化原则为: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,非点源污染物主要通过沿线支流汇入通榆河,需对汇入通榆河的主要支流进行概化。主要河流流向、控制断面及排污口概化见图 1。

2.2 水质影响权重计算结果分析

运用前述概化排污口对控制断面影响权重公式,计算控制断面古贲大桥、草堰大桥水质影响权重,结果见表 1。

控制断面	概化排污口	COD		NH ₃ -N		TP	
		ρ/(mg·L ⁻¹)	权重/%	ρ/(mg·L ⁻¹)	权重/%	ρ/(mg·L ⁻¹)	权重/%
古贲大桥	1	22.28	24	1.60	23	0.29	24
	2	24.45	52	1.81	53	0.31	52
	3	22.65	24	1.66	24	0.28	24
草堰大桥	4	16.56	33	0.92	25	0.17	27
	5	18.49	36	1.6	45	0.27	43
	6	15.71	31	1.06	30	0.19	30

由表 1 可知,概化排污口 2 对古贲大桥断面水质影响最大,COD、NH₃-N、TP 的影响权重值分别为 52%、53%、52%;概化排污口 5 对草堰大桥断面水

质影响最大,COD、NH₃-N、TP 的影响权重值分别为 36%、45%、43%。因此,概化排污口 2 以及概化排污口 5 的污染物入河量控制对通榆河南段水质改善至关重要。

2.3 控制单元内区域尾水出路探讨

根据控制单元内水文情势及污染源分布,概化排污口 2 及概化排污口 5 的污染源主要来自上游泰州、海安、姜堰、兴化,尾水出路工程主要截走该区域内尾水。对于海安县尾水的处理方式,出路布局方案主要有 3 种。

方案一:考虑江苏省近岸海域海洋功能区划,尾水出路工程尾水入黄海口位置选择在梁垛河口附近海域,为许可的排污区范围。主干道采用河道与暗管相结合方案,支管采用暗管,泰州市区至梁垛河口为尾水出路工程主干道,其他县市采用支管形式接入主干道。考虑里下河流域河网水系功能的复杂性以及对周边河网环境的敏感性,在里下河流域尾水出路方案布局主要采用暗管形式;在通榆河东侧沿海垦区尾水出路布局则采用管道与河道相结合的形式输送尾水。尾水出路工程主要截污区域为泰州、姜堰、兴化、东台等市(县)。由于干管没有收集海安县尾水,要保证通榆河南段水质达标,海安必须实施区域污染控制工程(建设乡镇污水处理厂,提高污水处理厂接管率等)。

方案二:泰州、姜堰、兴化、东台等市(县)尾水出路工程布局与方案一相同。以方案一为基础,考

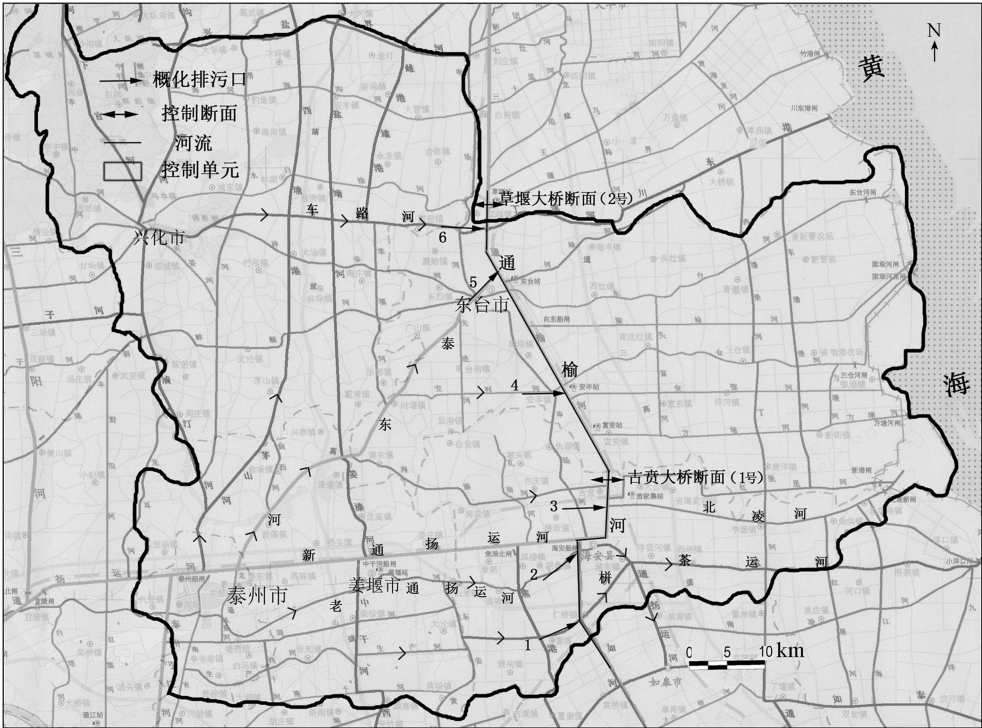


图 1 主要河流流向、控制断面及概化排污口示意图

考虑海安县经济发展,对其尾水直接采用暗管形式输送至尾水出路主道。

方案三:由于目前海安县城城市污水处理厂处理规模较小,管道输送尾水的经济效益较低,方案三以方案一为基础,由于海安县境内老通扬运河水质较差,其大量污染物的汇入对通榆河南段水质影响最大,拟对老通扬运河实施立交改造工程,其他市(县)尾水出路工程布局与方案一相同。

综合通榆河南段控制单元内水系特点及尾水出路布局方案的经济性,推荐尾水出路布局方案采用方案一。考虑南通总体污染控制方案实施过程中的若干不确定因素,若工程实施后通榆河南通段水质改善效果不理想,南通段尾水出路工程可以选择方案二或方案三。为了防止尾水通过河浜汇入周边河网,需对尾水导流的河道周边河流进行立交改造,建造地涵,管渠、闸坝等,同时利用污水提升泵站配合管道输送尾水。具体尾水出路方案布局见图2。

2.4 推荐方案实施后水质改善效果达标分析

根据《江苏省地表水(环境)功能区划》的要求,通榆河控制断面水质应达到 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准。通榆河南段控制单元内尾水出路工程实施后,概化排污口污染物入河总量降低,通榆河南段水质得到改善,通过计算得出概化排污口污染物入河量截污率,结果见表2。

利用河道一维稳态水质模型,计算出通榆河南段控制断面水质,结果见表3。

表 2 尾水出路工程截污率

污染物因子	概化排污口入河总量/(t·a ⁻¹)	尾水出路工程截污量/(t·a ⁻¹)	截污率/%
COD	75 609	17 796	24
NH ₃ -N	6 659	1 690	25
TP	1 207	267	22

表 3 通榆河南段控制断面水质计算结果 mg/L

控制断面	ρ(COD)			ρ(NH ₃ -N)			ρ(TP)		
	现状	工程实施后	目标	现状	工程实施后	目标	现状	工程实施后	目标
古贲大桥	22.41	17.45	20	1.68	0.99	1	0.27	0.2	0.2
草堰大桥	12.90	12.87	20	1.36	0.89	1	0.21	0.14	0.2

计算结果表明:通榆河南段控制单元区域尾水工程实施后,概化排污口污染物入河 TP 降低,COD、NH₃-N、TP 截污率分别为 24%、25%、22%;控制断面水质得以改善,其中古贲大桥断面处 NH₃-N 改善效果最为明显,各控制断面水质可以满足地表水(环境)功能区划Ⅲ类标准。

3 结 语

随着地区经济发展及城市化进程的加快,城市尾水^[14]成为区域水环境的主要污染源。解决水污染源的根本措施是控制污染源排放,对超过水环境承载能力的排污逐步消减,或者对污水进行深度处理,以实现水功能区限制排污控制要求。从短期看,寻求安全可靠、经济可行的城市尾水出路,是改善水

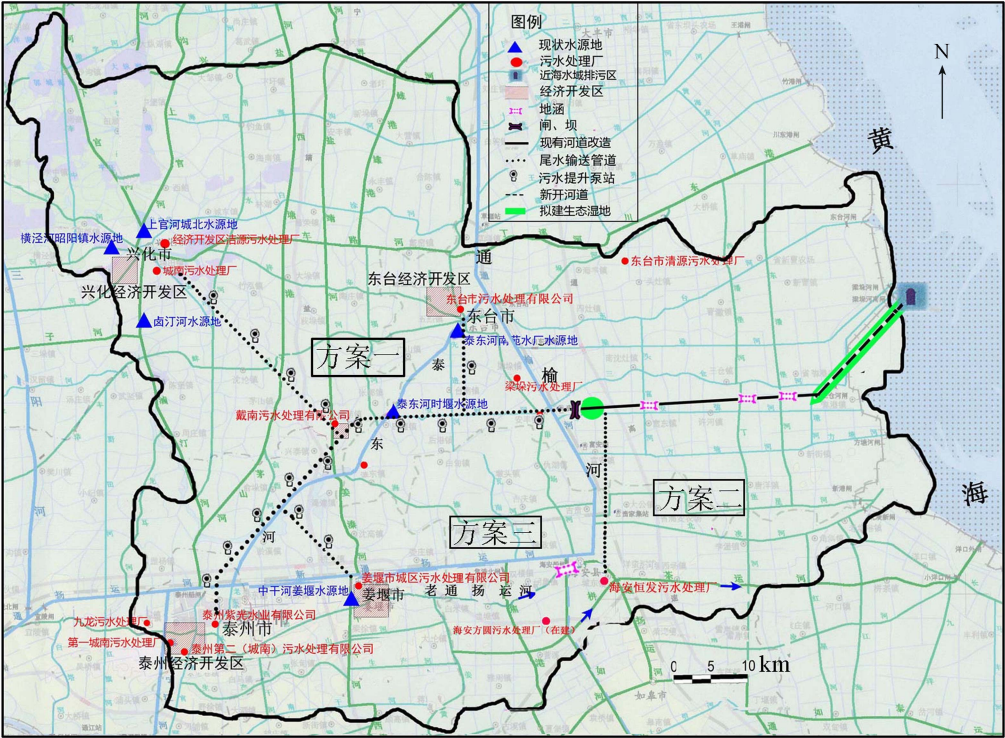


图 2 通榆河南段控制单元内区域尾水出路布局

环境质量的措施之一。

本文通过对通榆河南段控制单元内污染源进行概化,分别计算出各概化排污口对通榆河南段控制断面水质的影响权重,从而确定控制断面水质超标的主要污染物来源区域,在保证通榆河南段控制断面水质达标的情况下,为寻找研究区域内尾水可行的出路提供依据。

参考文献:

[1] 顾敏,王晓映. 48 亿打造通榆河“清水走廊”[N]. 新华日报,2010-09-15(A02).

[2] 柏苏民,于新兰,黄利民. 我市将建设尾水导流工程[N]. 徐州日报,2005-04-06(03).

[3] 唐亮,冯琳,左玉辉. 江苏省水污染控制方案及其启示[J]. 环境科学研究,2003,16(3): 18-22. (TANG Liang FENG Lin, ZUO Yuhui. Scheme and enlightenment of water pollution control in Jiangsu Province[J]. Research of Environmental Sciences, 2003, 16 (3): 18 - 22. (in Chinese))

[4] 于海霞,左玉辉. 区域尾水控制初探[J]. 环境保护科学,2004, 30 (6): 19-22. (YU Hangxia, ZUO Yuhui. Study of regional effluent control: exemplifying Kunshan City[J]. Environmental Protection Science,2004,30(6): 19-22. (in Chinese))

[5] MISTSURU S. Eutrophication [C]//BISWAS A K. Water resources:environmental planning,management and development. New York: The McGraw-Hill Co. , 1996: 297-380.

[6] SOMIYÓDY L, BRUNNER P H, KROIB H. Nutrient balances for Danube counties: a strategic analysis[J]. Wat Sci Tech,1999,40(10): 9-16.

[7] 马道明,柏益尧. 苏南区域尾水调度处理战略构想[J]. 环境污染与防治,2006,28(4): 315-316. (MA Daoming, BAI Yiyao. Strategic transferring plan of region treated sewage from the south of Jiangsu[J]. Environmental Pollution and Control, 2006, 28 (4): 315 - 316. (in Chinese))

[8] 杜娟,倪天华,刁维萍,等. 区域尾水处置研究进展[J]. 水资源保护, 2006, 22 (6): 81-84. (DU Juan, NI Tianhua, DIAO Weiping, et al. A review on disposal of regional treated wastewater [J]. Water Resources Protection,2006,22(6): 81-84. (in Chinese))

[9] 龚海涛. 里下河地区尾水处理方案研究[D]. 南京: 河海大学,2007.

[10] 江苏徐州尾水入海工程即将开工[J]. 中国资源综合利

用,2004(10): 12. (The project of tail water into the sea in Xuzhou, Jiangsu Province will be soon built [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2004 (10): 12. (in Chinese))

[11] 刘广民. 南水北调东线工程徐州段尾水导流工程关键问题研究[D]. 徐州: 中国矿业大学,2010.

[12] 徐建英,唐亮,左玉辉. 常州新区水污染控制规划研究[J]. 重庆环境科学, 2001, 23 (4): 5-7, 15. (XU Jianying, TANG Liang, ZUO Yuhui. Study of water pollution control planning for Changzhou New Developed Area[J]. Chongqing Environmental Science, 2001, 23 (4): 5-7, 15. (in Chinese))

[13] 鲍琨,逢勇,孙瀚. 基于控制断面水质达标的水环境容量计算方法研究:以殷村港为例[J]. 资源科学,2011, 33(2): 249-252. (BAO Kun, PANG Yong, SUN Han. A Water environment capacity calculation method based on water quality standards at the control sections: a case study of the Yincun Port [J]. Resources Science, 2011, 33(2): 249-252. (in Chinese))

[14] 唐亮,左玉辉. 广州市城市水污染控制方案[J]. 给水排水,2002, 28 (11): 27-30. (TANG Liang, ZUO Yuhui. Urban water pollution control plan in Guangzhou City[J]. Water and Wastewater Engineering, 2002, 28 (11): 27 - 30. (in Chinese))

(收稿日期:2012 - 00 - 00 编辑:徐 娟)

· 简讯 ·

中央加大投资力度保障农村饮水安全

农村饮水安全工程事关亿万农民的身体健康和生命安全。2011 年中央一号文件明确指出,在 2015 年前基本解决农村饮水不安全问题。为了让 1.3 亿农民和 1800 万农村学校师生早日喝上放心水,中央不断加大投资力度,2011—2012 年,中央投入农村饮水安全资金达到 480 亿元,完成了“十二五”规划任务的 40.6%。目前砷病区村、血吸虫疫区以及其他涉水重病区村的饮水问题全部得到解决,中重度氟病区村饮水问题基本得到解决。城乡供水管网向农村延伸,各地建立县级农村饮水工程运行维护基金,累计达 4.4 亿元。同时,在中央有关部门支持下,2012 年农村饮水安全工程用电、用地税费优惠政策出台,初步测算,可使工程运行成本降低 13% ~ 21%。

(本刊编辑部供稿)