

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.03.020

南通沿海开发区引江调水修复水环境的探索与实践

朱友银, 陈建标, 夏 栩, 肖玉兵
(江苏省水文水资源勘测局南通分局, 江苏 南通 226000)

摘要:为提高河道水环境容量,达到修复水环境、改善水质型缺水状况的目的,结合南通市当地水系特点,利用潮汐动力,分区优化水利工程调度方案,增加沿海引排蓄水。结果表明,引江调水能改善内河水质,为南通市沿海开发提供必要的水资源保障和水环境容量,达到了经济、环境、社会效益的统一。

关键词:引江调水;水环境容量;水质型缺水;水利工程优化调度;南通沿海开发区

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**B **文章编号:**1004-6933(2013)03-0091-04

Exploration and practice of water transfer from rivers to coastal development area in Nantong City for water environment restoration

ZHU Youyin, CHEN Jianbiao, XIA Xu, XIAO Yubing
(*Nantong Branch of Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Nantong 226000, China*)

Abstract: In order to increase the water environmental capacity of river channels, to restore the water environment, and to alleviate water shortage caused by water pollution, based on the characteristics of the water system of Nantong City, regulation schemes of water conservancy projects in different districts were optimized, and the volumes of water diversion and drainage were increased using the tidal power. The results show that water transfer from rivers has improved the water quality of inland rivers, provided required water environmental capacity for the development of the coastal area in Nantong City, and achieved a balance between economic, environmental, and social benefits.

Key words: water transfer from rivers; water environmental capacity; water shortage caused by water pollution; optimal operation of water conservancy project; coastal development area in Nantong City

近年来,随着南通市水环境治理力度的加大、水污染综合治理措施的逐步落实,该市主要水域水质恶化的趋势得到初步遏制,但内域河流特别是部分城镇和区域性河流的污染依然严重。根据 2010 年南通市水利局和南通水文分局对全市 182 个水功能区中的 35 个重点功能区的监测统计,内河 26 个重点水功能区达标率仅为 3.2%。

水环境的恶化严重制约了南通市生态城市的建设和经济社会的可持续发展。因此,笔者根据南通沿海地区特定的自然条件和生产方式,探讨引江蓄排改善内河水质的可行方案具有现实意义。

1 水环境质量下降的主要成因

近年来,在传统工业污染排放逐步得到遏制的情况下,内河水环境仍然没有得到明显改善^[1]。南通市河道水环境质量下降的原因,每个区域、每条河流不尽一致,但大体可以分为以下几种类型。

a. 南通沿海地区主要为垦区,土壤中含有大量盐分,广大农村地区大量使用的化肥、农药部分残留于土壤中,在雨淋、灌排后,进入内河水体;随着农村产业结构的调整,养殖业发展迅速,饲料残渣、排泄物等随意排弃于河道,进一步加剧了河道水体的污

染;村镇级河道淤积堵塞,生活垃圾随意倾倒,使河道水体滞流,水环境容量进一步萎缩。

b. 随着城市化的推进,城镇地区人口集中,生活废水排放量日益增加;同时城市建设过程中,河道出现缩窄、断头等现象,城市水面相对减少;加之城镇河道相对封闭,在没有外来水源补充的情况下,由于蒸发耗水等作用,环境容量越来越小。因河道自净能力差,废水进入河道后使周边水环境质量进一步下降。

c. 水利工程调度方式陈旧,沿江、沿海水体滞流。由于产业结构调整,通启沿江地区农业用水大幅减少;通启运河沿线企业大量占用岸线,原堤岸遭到破坏;使沿江通启地区引排水大幅减少,通启沿江地区水系基本处于静止状态,入河污染源长期滞留在固定水域,环境容量急剧萎缩。另外,沿海地区由于挡潮闸外迁,冲淤保港排水减少,沿海排水频次减少,导致沿海水体长期滞流。

2 引江调水修复水环境

2.1 原理

2.1.1 引水对水环境的修复

一般河道环境容量(纳污能力)核定公式^[2-3]为

$$W = Q(C - C_0) + KVC \quad (1)$$

式中: W 为河道环境容量; Q 为河流流量; C 为计算区域水质目标浓度; C_0 为计算水域上游来水水质浓度; K 为水质降解系数; V 为断面流速。

由式(1)可见,待修复水域水环境容量主要取决于引江江水的水质、流量及流速。水域水环境容量越大,该水域水质相对越好。

引水使优质水体进入内河,水体得到置换,水源得到保证。通过引江调水可以启动内河水流,使水体在流动中增氧自净。引水同时为后续排水提供水源和动力水头。

2.1.2 排水对水环境的修复

排水使河道废水进入环境容量相对较大的江海水域,为引水置换提供库容。同时,排水产生了水流流速,使水体纳污能力增大。

在水质降解系数和长江上游来水水质浓度相对稳定的条件下,引江调水对水环境的修复主要取决于引排水流速和流量。因此,通过频繁的引江排水能够有效提高内河水域环境容量,达到修复水环境的目的。

2.2 模型建立及其参数的率定、验证

a. 建立典型区域水量、水质综合调度模型,量化引江调水。通过河网概化,突破了河道单一、水流方向单一的状态,在河网交错、流向不定、非稳定流

地区建立水量、水质节点线性方程组演算模型,实现由传统的定性调度向定量调度的转变。

一维河道非恒定水流运动的 Saint-Venant 方程为

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2u \frac{\partial Q}{\partial x} + (gA - Bu^2) \frac{\partial A}{\partial x} + g \frac{n^2 |u| Q}{R^{4/3}} = 0 \quad (2)$$

式中: t 为时间; x 为横向距离; u 为断面平均流速; n 为糙率; A 为过水断面面积; B 为主流断面宽度; R 为水力半径。

河网交错、流向不定、非稳定流地区引排水水质变化模型为

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t} + \frac{\partial(QC)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AE_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - AKC + S \quad (3)$$

式中: E_x 为纵向分散系数; S 为污染源项。

通过节点线性方程组模型演算可以计算任意时段引排水不同组合情况下的相邻行政区域断面的水位、流量及某一时段进出该区域的水量;通过水质模型演算,可以计算任意断面水质参数的变化过程。

b. 模型参数由 2008 年 6 月相关水文、水质同步监测资料进行率定、验证。通过 2010 年和 2011 年引江调水水量、水质同步监测资料验证,计算值与实测值吻合良好,主要参数和结果误差约为 10%,最大相对误差不超过 18%。

2.3 有利条件

a. 长江为南通地区提供了充沛的水量和优质的水源,为引水提供了可靠的保证。南通地处长江口感潮河段,上承大通来水,大通站多年平均径流量为 2.88 万 m^3/s ,多年监测资料显示,长江南通段水质符合 GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅱ~Ⅲ类地表水要求。

b. 潮汐为引排水提供了天然动力。长江南通段为长江近河口段,受海洋潮汐影响,该江段为不规则半日潮,呈周期性变化,农历每月月初和月半为潮汛期。长江的潮汐特性为引水和排水提供了基本的水动力条件,形成自引、自排的引江调水循环系统,如调节得当可达到改善水环境的目的。

c. 现有河网相互贯通。南通市滨江临海,内河水网密布,水系贯通,尤其是通吕运河、通启运河等骨干河道不仅相互贯通,而且直接通江达海。

d. 引排控制工程较多。多年来,在沿江、沿海建造了 70 座涵闸,其中具有引水功能的涵闸 29 座,工程设计最大引水能力 40 多亿 m^3/a ;70 座涵闸都具有排水功能,设计最大排水能力达 5000 m^3/s 。这些已有河道和水工建筑物工程为引江调水的实施提供了较为有力的基础保障。

2.4 制约条件

a. 现有的引水调蓄能力有限。依靠潮汐动力引水,水源受制于上游来水、潮汐、工程规模等条件,引水能力有限;南通市为平原河网地区,主要依靠河道库容蓄水,近年河道淤积量大,在满足生态及正常生产、生活用水需求的前提下,机动库容小。

b. 河道可调度水位幅度有限。①南通市企业取水口、排水口一般设于内河沿线,高程固定,排水后水位不能低于正常取水口高程,否则影响企业正常取水。②南通城区及长江沿线地区,地势较低,同时河道沿线密布大量企业、居民区,河道引水过多,超过沿线控制水位,会影响沿线正常生产和居民生活。③南通市内河大多为通航航道,为了保证河道正常通航,河道排水必须保证一定的通航水位。

c. 局部污染源转移和扩散。水体的流动使滞留于固定水域的废水得到稀释和消解,并向长江、黄海排放。途经相邻地区,使相邻地区水源水质下降。为此必须合理调度水流线路,保证清水取水区域不受污染。

d. 引排线路单一,低水系区域环境容量不堪客水压力。南通沿江地区成陆有先后,地面高程差距较大。南通市区传统采用高水系向低水系排水调度模式,可调度水源有限;同时低水区域水体在承担内部环境压力的同时,还需接纳过境废水的压力,使低水区域环境容量下降。

2.5 优化水利工程运行,提高水源保证能力

a. 科学定位水利工程调度目标,由防汛抗旱安全单一目标向水资源、水环境安全多目标转变。传统水利工程调度为确保防洪、排涝目标的实现,以及为工农业生产提供水源,以内河水位作为控制目标和引排的依据。随着生产、生活方式转变,需要通过水利工程运行优化调度,实现水利工程调度目标多元化^[3-5]。近期,引江调水修复方案要求沿江、沿海涵闸以内河水位、水质状况多重目标作为控制依据。在保证内河取水、通航的同时,保证内河水体一定的流速和置换频次,以增加水体自净能力和水环境容量。

b. 优化水利工程调度的主要方式。①逐步恢复沿江地区通启区域引排水涵闸的设计能力,改变沿江涵闸引排水频次较少的现状,增加沿江涵闸的排水频次,启动水流,使内河水体有效置换。②利用高水系引水能力补充低水系水源,多方位增加低水系水环境容量。沿江通启地区北临高水系通吕运河,该河道水源相对充沛、水质较好,在通启水系引水能力有限的情况下,通过沿通吕运河提水站、节制闸向南部低水系补充水源,启动水流,起到稀释、降解的作用,同时为低水系内河水体外排长江提供动

力水头和水源。③南通市区(包括主城区、开发区、港闸区)沿江涵闸,改变过去只排不引的运行方式,涨潮期全力引水,落潮期全力排水,保证城区河道水体贯通、城区雨水及生活废水能够及时外排。④高水系地区,沿海在冬、春季充分排水,预排沿海各级河道Cl⁻超标水体,同时将内河接纳的农田废水和生活废水外排入海。高水系地区内河雨后大量接纳农田废水,各级河道水质明显下降,通过沿海全力排水,将农田废水直接排海。加大沿江大型骨干涵闸引水力度和频次,保证内地和沿海地区的排水水源。

c. 中、远期通过工程措施,增加沿海引水蓄水能力。近期通过优化水利工程调度,可以有效恢复大部分区域河道引排水能力,使水环境容量得到大幅提升。但南通市沿海开发对水资源和水环境容量的需求将会有较大增长,通过现有工程优化调度不能完全满足需求,需要结合各项水利专业规划的实施,在南通沿江增建提水泵站,沿海建设如东、启东等平原水库。疏浚各级河道,增加引水能力和河道蓄水能力,则全市引排水量在现有基础上将近期增加4亿~5亿m³,中期将增加8亿~10亿m³。

3 引江调水实践取得的预期效果

在引江调水修复水环境研究的基础上,制定了“引江调水规划方案”,通过2010年和2011年2a的实施,取得了预期效果。

3.1 2010年改善情况

2010年沿江、沿海各级相关部门引排水力度大幅度增加,引江调水方案通过近一年的实施,取得了明显的效果。特别是通过“引江排咸”,保障了沿海农业灌溉水源;改善了内河水厂的水质。如皋、海安、通州大部、南通市区主要骨干河道已经消除了劣V类水质。一、二级河道水质改善比较明显,三级以下河道水质污染有所遏制。其中,一级河道Ⅲ类水断面数量增加20.0%以上;消除了V类和劣V类水断面;二级河道Ⅲ类水断面数量增加33.0%,Ⅳ类水断面数量减少33.3%,劣V类水断面数量下降8.4%。

引排前三级河道主要为V类、劣V类水体,通过引江调水,V类、劣V类水断面数量相应减少约29%~43%,Ⅳ类水断面有所增加。

通过引江调水主要水厂取水口水质明显改善。其中吕四水厂水质2010年7月份为V类,至11月份已恢复至Ⅲ类,磨头水厂、搬经水厂水质8月份为劣V类,10月份恢复至Ⅲ类。

3.2 2011年改善情况

2011年通过“引江调水规划方案”的实施,南通

市一、二级河道、主城区、开发区、港闸区等热点区域水质明显改善。全市水功能区达标率逐步提高,2011年平均达标率达到41.2%,达标功能区达到了75个,较2009年的56个和2010年的68个达标功能区,分别上升了33.9%和10.3%。

3.3 水源保证效益

通过引江调水修复水环境,新增长江优质水源4.1亿m³/a,其中高水系地区新增约2.4亿m³/a,水质型缺水的态势得到遏制。特别是通过沿海排水,沿江引水置换,使沿海水质得到明显改善。沿海区域可用水源显著增加。内河水厂取水口取水得到保障,农业用水高峰期缺水现象得到缓解。沿海地区沿海开发所需用水保障能力得到提高。

3.4 社会效益

引江调水工作是南通市政府确定的为民办实事项目,南通市政府十分重视“引江调水规划方案”的实施。该方案实施两年来取得了良好的社会反响。中国建设报、网易网站、长江水利网站、江苏水利网站、南通网站等知名媒体、网站纷纷报道。

配合“四位一体”、“五城同创”等活动,较好改善了生态环境和城乡容貌,沿河居民、企业交口称赞,纷纷表示政府做了一件大好事。社会各界对水利部门牵头实施的引江调水工作给予充分肯定和支持。

4 引江调水对南通近海水环境的影响

a. 春季排咸的目的是转移含Cl⁻较高水体。每年春季,沿海河道水体中接纳了大量土壤中的Cl⁻等物质,不能用于农业灌溉,通过引江调水将原来河道中咸度较高水体进行置换排海。因其主要污染物为Cl⁻,排海后对近海水环境不会产生影响。

b. 引江调水使排海污染物总量下降。引江调水使内河水体产生较大的流速,在水体流动的过程中,由于流动过程中的补氧作用,水体中有机污染物得到较好的降解,特别是NH₃-N、COD等指标在水体流动过程中降低明显。根据2008年夏季监测资料分析降解系数发现,水体中有机污染的降解按距排海口距离不等,降解比例在10%~50%之间。

c. 引江调水使排海废水浓度降低。在引排过程中,一方面污染物逐步降解;另一方面,引水增加了水体总量,内河污染物浓度在引水过程中得到稀释,排海废水浓度降低,单位时段内对沿海水体的污染强度下降。

d. 引江调水使废水排海有序可控。在没有制

定引江调水方案前,一般在内河水体水质恶化时,不得不采取沿海排水的方案。容易对沿海水域产生污染,有时还会产生纠纷。制定引江调水修复水环境方案后,采取主动的预排措施,使排海废水控制在下游地区可接受的浓度和时段内。同时根据下游潮汐特点,充分利用近海地区较大的水环境容量,使排海的废水能够得到迅速稀释。

5 结 语

引江调水修复水环境是水利工作内涵的延伸和拓展,是在巩固防汛抗旱和排涝等传统水利成就、保证生产生活生态用水安全基础上,向资源水利、生态水利转变所作的新探索,为南通市的沿海开发提供了必要的水资源保障和水环境容量,是南通建设生态城市、保持经济社会建设可持续发展的重要举措。在南通沿海开发大背景下,利用天然的潮汐动力条件和现有水利工程条件,独立探索,建立模拟数学模型,分区制定调度方案,在实践中取得了较好效果。

南通为平原河网地区,水系条件复杂,社会生产生活对水资源和水环境的需求将不断变化和提高,引江调水修复水环境的探索将在实践过程中进一步优化和深入。

参考文献:

[1] 汪恕诚. 水环境承载能力分析与调控[J]. 中国水利, 2001(11): 9-12. (WANG Shucheng. Analysis and regulation of water environmental carrying capacity[J]. China Water Resources, 2001(11): 9-12. (in Chinese))

[2] 张锡辉. 水环境修复工程学原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[3] 肖林, 潘安君, 李为民. 小河道水环境修复[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.

[4] 陈红卫. 加快江苏沿海水利基础设施建设的对策研究[J]. 人民长江, 2009, 40(24): 82-84. (CHEN Hongwei. Study on the countermeasures of quickening the construction of water conservancy infrastructure in coastal area of Jiangsu Province[J]. Yangtze River, 2009, 40(24): 82-84. (in Chinese))

[5] 李大勇, 王济干, 董增川. 引江调水改善太湖贡湖湾的水环境效应[J]. 水力发电学报, 2011, 30(5): 132-138. (LI Dayong, WANG Jigan, DONG Zengchuan. Study on water-environmental effects of Gonghu bay water transfer from Yangtze River[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2011, 30(5): 132-138. (in Chinese))

(收稿日期: 2012-10-23 编辑: 徐 娟)