

太仓市城区调水改善水环境方案研究

吕 犇¹, 高兴和¹, 张成钢², 李 昱¹

(1. 江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215128;

2. 太仓市水利工程建设管理处, 江苏 苏州 215400)

摘要: 随着太仓社会经济的高速发展, 城区河道水质污染、生态退化等水环境问题日益凸显。在水环境综合整治各项任务同步推进, 入河污染得到严格控制的条件下, 结合太仓地理位置特点, 通过利用现有工程的优化调度和局部调水工程的建设, 将外部清水引入城区, 快速提高城区河道水环境容量, 让水体有序流动起来, 增强水体的自净能力, 实现城区河道水环境改善, 为其他城市水环境治理提供技术参考。

关键词: 太仓; 城区; 调水; 水环境; 有序流动

中图分类号: TV212

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2018)08-0001-06

Study on water environment improvement scheme of water diversion in Taicang City

LV Ben¹, GAO Xinghe¹, ZHANG Chenggang², LI Yu¹

(1. Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co., Ltd, Suzhou 215128, Jiangsu;

2. Taicang City Water Conservancy Project Construction Management Department, Suzhou 215400, Jiangsu)

Abstract: With the rapid development of Taicang's social economy, water environmental problems such as water pollution and ecological degradation are becoming more and more prominent. Under the conditions of simultaneous promotion of various tasks of water environment comprehensive regulation and strict control of river entry pollution, combined with the geographical location of Taicang, by using the optimal scheduling of existing projects and the construction of local water diversion projects, the external water is introduced into the urban area to rapidly increase the water environmental capacity of the urban river, let the water flow in an orderly way, enhance the self-purification ability of water bodies and improve the water environment in urban areas, so as to provide technical reference for water environment management of other cities.

Key words: Taicang; urban area; water diversion; water environment; flow orderly

0 引言

太仓市位于江苏省苏州市东北部, 市域东濒长江, 北接常熟市, 西连昆山市, 南临上海市。太仓利用“滨江临沪”的区位优势 and 优越的建港条件, 经济正在快节奏的发展, 经济综合实力一直位

居全国百强县(市)前十之列。由于工业的快速发展、人口的急剧膨胀, 入河污染量增大, 城区水环境恶化, 内部河道时常出现黑臭现象, 影响河道景观和周边居民生活, 与城市发展不相适应。为提升城市品味, 营造良好的生活、投资环境, 保障经济可持续发展, 水环境保护刻不容缓。

收稿日期: 2018-05-30

作者简介: 吕犇(1985—), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利规划设计工作。

近年来,随着太仓市水环境治理力度的加大,河道水质已有好转趋势,但城区部分河道水质情况仍不容乐观。在采取总量控制排污和提高治污能力等方式的同时,调水引流是国内外认可的能够及时、有效改善区域水环境的辅助措施^[1-3],本文研究利用现有工程的优化调度和局部调水工程的建设,保证清水持续、稳定、迅速进入城区,提高水环境容量,达到改善水环境的目的。

2 现状水环境分析

2.1 现状水系

太仓属于太湖流域阳澄淀泖区,全市水域面积 286 km²,已形成“三横一纵”骨干水系框架,分别为东西向的浏河、杨林塘、七浦塘和南北向的盐铁塘等几条区域性河道,承担着太仓市防洪、排涝和引水的重要任务^[4]。目前,东西向通江河道入江口均已建闸控制,利用潮汐自流引排水,影响太仓境内河道径流量;南北向河道主要作用为沟通东西水系,调蓄东西水量。

太仓城区外部水系条件良好,内部河道也是纵横交错,南北向的半径、十八港、横沥河—江申泾,东西向的湖川塘、朱泾—致和塘一线构成城区内部纵横的水系框架,构成“脉络分明”的水网格局,为实现城区引排水垫定了基础。另外,结合老城区改造,太仓市还建设了东城河闸站、半径闸站、北城河防洪闸、西城河闸站等一批防洪排涝建筑物工程,但位置主要集中在西南部老城区,相对数量较少,规模较小。

2.2 现状水环境状况

太仓城区外围水环境随着区域引排调度运行方式的不同而有所变化。当阳澄淀泖区域利用潮差引江时,杨林塘、浏河等骨干引江河道水质基本达到Ⅱ~Ⅲ类水标准。当阳澄淀泖区域往长江排水时,杨林塘、浏河水质受大流量、高水位的上游来流影响,河道水质也基本达到Ⅳ类水要求。当区域沿江口门关闭不引不排期间,河道流速缓慢,水体流动性能差,加上沿河污染源持续不断排放,杨林塘、浏河河道特别是浏河老城区段水质可达Ⅴ类甚至劣Ⅴ类水^[5]。

城区内部河道受点源、面源等污染影响,大部分水质较差,主要超标因子为 COD,部分河道 COD 浓度甚至在 40 mg/l 以上。在区域引江期间,受

优质长江水补充,规划区内河道水质有一定改善,但内部河道之间由于水位落差小,流量小,改善效果不佳。

3 调水水利计算

3.1 调水范围

根据太仓市城市发展规划、经济发展要求及内部水环境存在的具体问题,本次调水研究范围主要为太仓城区,南北分别以区域骨干河道浏河、杨林塘为界,东到石头塘,西至改道的吴塘,规划总面积 129 km²。见图 1。

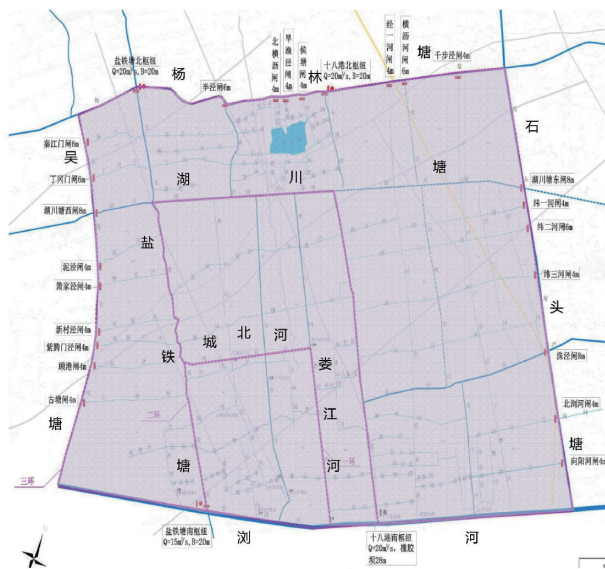


图 1 太仓城区调水范围平面图

3.2 调水目标

河道水质以 COD 控制,通过科学合理的工程措施,使得水质达到水功能区景观水Ⅳ类水要求,即 COD 浓度降至 30 mg/l 以下,水体透明度提高,视觉感观明显好转,达到河网水质有明显改善的目的。

3.3 调水计算模型

水利计算采用一体化水质水量计算模型进行模拟计算,该模型由河海大学开发,目前在太湖流域应用广泛^[6]。计算年份采用区域引、排水量均较少的平水年 2000 年作为设计典型年。

3.3.1 河网水量模型

模型计算范围为整个太湖流域,面积约 36895 km²。模型包括湖、荡等零维模型和河网一维模型。模型采用四点线性隐式格式进行离散求解。

其中河网一维非恒定流动方程组为:

$$\begin{cases} B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} = qV_x \end{cases} \quad (1)$$

式中:

Q —旁侧入流;

Q 、 A 、 B 、 Z —分别为河道断面流量、过水面积、河宽和水位;

V_x —旁侧入流流速在水流方向上的分量, 一般可以近似为零;

K —流量模数, 反映河道的实际过流能力;

α —动量校正系数, 是反映河道断面流速分布均匀性的系数。

3.3.2 污染负荷及水质模型

污染负荷模型分为产生模块和处理模块两大部分。产生模块计算各种污染源的产生量; 处理模块计算污染物经过各个不同处理单元后的污染负荷入河量。水质模型由太湖二维水质、河网水质和节点水质模型组成, 本次计算为河网一维水质模型。水质模型与水量模型耦合联算, 采用控制体积法进行数值离散。

将太湖流域平原河网概化为一维模型要素, 其水质模型的通用方程如下所示:

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t} + \frac{\partial(UAC)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AE_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{AS}{86400} + S_w \quad (2)$$

式中:

A —断面面积, m^2 ;

C —某种水质指标的浓度, mg/L ;

t —时间, s ;

E_x —纵向分散系数, m^2/s ;

U —断面平均流速, m/s ;

S —某种水质指标的生化反应项, $g/(m^3 \cdot d)$;

S_w —某种水质指标的外部源汇项, g/s 。

其中 E_x 由下式求得:

$$E_x = \alpha_e C_0 \theta^2 q \quad (3)$$

式中:

α_e —系数, 取 0.01;

C_0 —谢才系数;

θ —断面宽深比;

q —断面平均单宽流量, m^3/s 。

4 调水方案设计

城区水环境的改善, 根本措施是对污染源的治理, 必须推行以截污控污为基础, 减少入河污染物总量^[7-8]。目前, 太仓城市集污、治污等基础设施正在不断建设、完善的过程中, 在此情况下, 调水是及时、有效地改善区域水环境的辅助措施。近阶段可根据现有条件, 利用周边清洁水源, 通过修建引水、调水工程设施和对城区水利工程的优化调度, 改善城区河道水动力条件, 增加水环境容量, 达到改善水环境目的。

4.1 引水水源确定

杨林塘河道西接阳澄湖, 东至长江, 全长 43 km。入江口建有杨林闸, 按照区域要求实现引排江的自由控制。根据多年引排水量分析, 杨林闸多年平均引江水量为 0.9 亿 m^3 。目前, 杨林塘已由交通部门实施扩大, 设计河底宽 45 m, 河底高程 -0.58 m, 河道规模扩大, 引江能力较之前有了较大幅度扩大。

浏河西接娄江达太湖, 东至长江分泄太湖东北阳澄地区来水。目前浏河为阳澄区所有通江河道中规模最大的河流, 河道平均底宽超过 60 m, 引排能力强, 多年平均引水量为 3.6 亿 m^3 。浏河现状以排水为主, 且穿过太仓西南部老城区, 两侧工业排污口相对较多, 在非引江期间水质劣于杨林塘。

在区域引江或排水期间, 受长江水补充或上游来水量的加大的影响, 水体得到不断交换, 水环境容量较大, 两河道水质整体相差不大, 总体水环境较好。根据近些年杨林塘、浏河实测水质监测资料显示, 浏河振东渡口断面全年平均 COD 浓度 21.16 mg/l , 杨林塘年均 COD 浓度略低, 均能达到 IV 类水标准。水体透明度尚可, 视觉感官较好, 均能作为引水水源, 满足城区内河景观用水要求, 为城区引水改善水环境提供水源保证。

4.2 调水思路分析

调水方案拟通过“设站抽引、全线控制”的方式实现太仓城区引水自如, 满足水环境改善需要。针对太仓城区地形平坦、河道流动缺乏自然动力的特点, 拟在区域中部两条南北向骨干河道盐铁塘、十八港入杨林塘或浏河口设置引水泵站, 通过抽引杨林塘或浏河清水给城区河道换水; 另外, 城区河道与外围水系沟通口门多, 为防止引水时水

量的散失,影响换水效率和效果,须将区域内所有与外河连接的较大口门建立控制,通过节制闸轮换启闭,调整部分区域排水方向,实现城区内部河道轮流换水的灵活调度和水的有序流动。

4.3 调水方案拟定

适宜的调水流量是河道换水时间和水流流速的必要保证。根据城区河道分布、过流能力、调水要求等,比选了单站流量 $10\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $20\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $30\text{ m}^3/\text{s}$ 的3种引水规模。根据河网水质计算成果分析,规模为 $10\text{ m}^3/\text{s}$ 时,城区引水流量小,退水河道半径及邻近河道断面水质平均 COD 浓度仍在 30 mg/l 以上,流速低,一次调水时间长,6~10 d 左右大部分河道才能达到换水要求;规模增至 $20\text{ m}^3/\text{s}$ 时,退水河道半径及邻近河道断面 COD 浓度较 $10\text{ m}^3/\text{s}$ 时有显著下降,水质改善效果明显,且引水流量加大,城区完成1次调水时间缩减至3 d 左右,此时,城区部分河道最大流速接近河道不冲流速;当流量进一步加大至 $30\text{ m}^3/\text{s}$ 时,城区部分河道最大流速超过不冲流速,易引起河床不稳。经综合分析,确定单站引水规模采用 $20\text{ m}^3/\text{s}$ 。

由于杨林塘和浏河都能作为引水水源,根据引水泵站位置的不同,城区调水方案拟定3个方案:①“杨林泵引”方案:在盐铁塘、十八港入杨林塘口各设1座泵站,流量均为 $20\text{ m}^3/\text{s}$,利用泵站抽水进入城区,清水由北向南,并通过内部河网及现有建筑物调控给城区各河道送水,浏河、吴塘、石头塘等作为退水河道;②“浏河泵引”方案:在盐铁塘、十八港入浏河口各设1座泵站,流量均为 $20\text{ m}^3/\text{s}$,利用泵站抽水进入城区,清水由南向北,并通过内部河网及现有建筑物调控给城区各河道送水,杨林塘、吴塘、石头塘等作为退水河道;③“两侧泵引”方案:在盐铁塘、十八港入杨林塘、浏河南北河口各设泵站1座,流量均为 $10\text{ m}^3/\text{s}$,同时利用2个水源,引水从南、北侧浏河、杨林塘开始向城区送水,为尽量减少引、排水时的回笼水影响,退水河道选为非水源河道吴塘和石头塘。2000年型3个方案城区主要断面(01)平均浓度调水前后比较见表1。

4.4 调水方案比较

4.4.1 改善效果

根据各方案 COD 浓度分析,3个方案城区绝大部分河道水质均有明显改善,平均 COD 浓度下降至 30 mg/l 以下,满足水环境改善要求。但由于

工业点、居民点基本集中于西南部的中心城区,“浏河泵引”和“双侧泵引”方案均存在“南水北调”现象,外引清水送入城区河道的同时,也将南部中心城区污水往城区北部河道或中部东西侧河道输送,使城区河道污染面扩散趋势,影响城区水环境改善整体效果。“杨林泵引”方案清水南送,顺应自然水势,主退水口位于中心城区边缘,既避免了污水向城区集中的局面,又保证城区自身污水以最短的距离排入外河,最大程度减轻污水外排时对城区内部周边河道的影响,水环境整体改善效果较好。

4.4.2 退水影响

区域水环境改善沿江口门调度原则为“在区域形成大引大排的治理格局后,区域沿江口门浏河以排水为主,其余沿江口门能引则引,从而增加河网水体流动”。“浏河泵引”方案引浏河水进入城区,退水入杨林塘,与区域水环境治理方向不一致,杨林塘西侧连接阳澄湖,在杨林塘引江期间遇城区换水时,退水易对阳澄湖水质产生不利影响。“双侧泵引”方案退水入中部东西两侧的吴塘和石头塘,两侧城区泵站引水时,易形成回笼水,影响水质改善效果。“杨林泵引”方案引杨林塘水,经城区河道后退水入浏河,与区域整体水环境治理格局相符,既保证了引水水源水质,退水对周边区域基本不存在影响。

4.4.3 工程投资

“杨林泵引”和“浏河泵引”方案主要工程内容相同,“双侧泵引”方案虽增加2座泵站,但泵站总流量与前面2个方案相同,其余工程内容也是一致的,因此,3个方案在工程投资上基本相当。

经综合分析,太仓市城区调水改善水环境方案推荐采用“杨林泵引”方案。

4.5 调水工程建设

考虑结合城市防洪工程建设,“杨林泵引”方案共计新建引排水枢纽建筑物4座;骨干河道与外河相通处共设控制闸26座,包括:16 m 节制闸2座,8 m 节制闸4座,6 m 节制闸5座,4 m 节制闸15座。

根据太仓水利局分期实施计划,目前,十八港南枢纽及十八港河道整治已完工,十八港北枢纽正在建设,即将发挥效益。现阶段,在盐铁塘南、北枢纽及部分口门尚未完成时,可充分利用现有水利工程,开启西侧、南侧口门自流排水,让部分区

表 1 2000 年型各方案城区主要断面 COD 平均浓度调水前后比较表

单位: mg/l

序号	控制断面	现状	“杨林泵引” 方案	“浏河泵引” 方案	“两侧泵引” 方案
1	盐铁塘 1	40	26.4	29.4	27.7
2	盐铁塘 2	35	26.4	27.7	26.9
3	盐铁塘 3	35	26.2	24.7	25.4
4	半径 1	35	23	26.6	24.1
5	半径 2	35	23.1	31.5	29.7
6	娄江河	35	22.5	22.5	22.6
7	石浦港	35	23.6	25.4	24.3
8	十八港 1	35	21.7	21.8	21.5
9	十八港 2	35	21.8	23.7	21.9
10	横沥河	35	21.5	23.9	22.1
11	江申泾	35	20.6	22.3	20.5
12	千步泾	35	21.6	23.5	25.9
13	湖川塘 1	35	23.7	25.1	24.4
14	湖川塘 2	35	23.1	24.4	23.6
15	城北河 1	36	25	33.5	33.7
16	城北河 2	35	23.4	23.7	31.5
17	致和塘	55	26.7	33.4	32.9
18	池塘河	35	26.6	24.8	24.5
19	李家河 1	35	24.7	26.2	24.7
20	李家河 2	30	26.1	27.1	28.3
21	洙泾	35	19.3	23	23.1
22	北浏河	35	22.5	21.9	20.5
23	向阳河	35	20	21.5	20

域河道先期流动起来,改善水质。

5 效益分析

太仓市城区调水改善水环境工程实施后,效益主要体现在通过定期引清释污促进河网水体流动,城区河网水质明显改善由此带来的一系列环境效益、社会经济效益及防洪除涝效益。

(1) 环境效益

通过引调水工程,增加河网水动力条件,增强水体自净能力,加大水环境容量,引水期间可将城区水体从Ⅴ类或劣Ⅴ水提高至景观水Ⅳ类水标准或更高,水体 COD 指标浓度下降至 30 mg/l 以下,河道生态能力恢复,有利于形成生物多样性的自然生态环境,改变城区水环境面貌。

(2) 社会经济效益

太仓城区调水改善水环境工程属于无直接收益的城市基础设施建设项目,受益的是城市整体。工程的实施,对于改善水环境污染、恢复自然生态环境、改善市民生活环境、拉动河道两岸土地的增值、提升城市综合竞争力具有极大的促进作用,其社会经济效益显著。

(3) 防洪除涝效益

太仓城区规划调水格局形成后,可通过节制闸的合理调度,提高城区防洪能力。外河高水位时关闸挡洪,低潮时开闸排水,通过闸门的灵活调度,合理利用两高两低潮位。城区内河最高水位可控制在 4.0 m 以下,比现状降低近 30 cm,如在关闸期间配合双向泵站抽排,内河水位可降得更低,进一步提高城区防洪安全,防洪效益明显。

6 结语

改善太仓城区河道水环境质量,根本出路在于加强治污力度,以及对城区上游地区污染物来量有效控制。目前,在对污染源尚未完全控制的情况下,调水引流作为及时、有效地改善区域水环境的辅助措施,可以快速提高太仓市城区河道水环境容量,降低水体 COD 指标浓度,让水体有序流动起来,改善水环境,为其他城市水环境治理提供参考价值。

参考文献:

- [1] MC Freeman, CM Pringle, CR Jackson. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales[J]. Hydrological processes, 2007, 43(1):5-14.
- [2] 太湖流域管理局水利发展研究中心,南京水利科学研究院,河海大学.江河湖连通改善太湖流域水生态环境作用研究报告[R].上海:太湖流域管理局水利发展研究中心,2012.
- [3] 费国松,胡尊乐.太湖流域湖西区水量调度与水环境改善试验研究[J].《江苏水利》,2015(7):40-42.
- [4] 《中国河湖大典》编纂委员会.中国河湖大典[M].北京:中国水利水电出版社,2010.
- [5] 李灿灿,展永兴,岳晓红,等.太湖流域阳澄淀泖区河网有序流动调度方案研究[J].人民长江,2017(16):25-30.
- [6] 程文辉,王船海,朱琰.太湖流域模型[M].南京:河海大学出版社,2006.10.
- [7] 张刚,逢勇,崔广柏.改善太仓城区水环境原型调水实验研究及模型建立[J].安全与环境学报,2006,6(4):34-37.
- [8] 王桂风,宋丽花,李灿灿.江苏省武澄锡虞区水量调度方案研究[J].《江苏水利》,2016(10):67-72.