

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.06.016

上海市分片水资源调度方案优化

徐贵泉^{1,2}, 陈长太², 唐迎洲²

(1. 上海市水务局水环境研究工作室, 上海 200050; 2. 上海市水务海洋规划设计研究院, 上海 200233)

摘要:为提高水资源调度改善水质效果,利用黄浦江水系、崇明岛河网水量水质模型,在分析评估上海市水资源调度现状效果的基础上,从引排水口门配置、水闸开启方式、水位控制条件等方面考虑,研究分片水资源调度优化方案。通过引排水量大小、水质改善效果等多方案分析比较,提出了分片水资源调度优化方案。结果表明:分片 COD 平均浓度改善 3.1%~16.9%;分片 NH₃-N 平均浓度改善 3.4%~28.1%。COD 浓度为:劣 V 类水的河网面积减少 37.1%,Ⅲ类水的河网面积增加 33.4%;NH₃-N 浓度为劣 V 类水的河网面积减少 9.4%,Ⅳ~Ⅲ类水的河网面积增加 25.9%~31.0%。

关键词:水资源调度;水利分片;调度方案优化;上海市

中图分类号:TV213.4 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2013)06-0080-05

Scheme optimization of water resources regionalization scheduling in Shanghai City

XU Guiquan^{1,2}, CHEN Changtai², TANG Yingzhou²

(1. Shanghai Water Environment Research Studio of Shanghai Water Authority, Shanghai 200050, China

2. Shanghai Water Planning and Design Research Institute, Shanghai 200233, China)

Abstract: In order to improve water quality through water resources scheduling, the river network quantity and quality models of the Huangpu River network and the Chongming Island river network were used in this study. Based on the analysis and assessment of current effects of water resources scheduling in Shanghai City, the optimization schemes of water resources regionalization scheduling were studied, considering the configuration of diversion and drainage water gates, the opening and closing of water gates, and the water level controlling conditions. Through comparison of different schemes with different amounts of water diversion and drainage, and different water quality improvement effects, optimized water resources regionalization scheduling schemes were established and their effects were identified. The results show that, using the optimized schemes, the concentration of COD decreased by 3.1% to 16.9% on average, and the concentration of NH₃-N decreased by 3.4% to 28.1% on average. The river network area where the concentration of COD was inferior to class V decreased by 37.1%, and the area where the concentration of COD was at class III increased by 33.4%. The river network area where the concentration of NH₃-N was inferior to class V decreased by 9.4%, and the area where the concentration of NH₃-N was between class III and IV increased by 25.9% to 31.0%.

Key words: water resources scheduling; water conservancy regionalization; scheduling scheme optimization; Shanghai City

水资源调度是实现水资源优化配置、提高用水效率、实行最严格水资源管理制度的重要手段^[1-6]。上海市实行水资源调度优越的自然条件和水利条件,在加强水污染源综合治理的同时,不仅可充分发挥上海市滨江临海、水系较发达的区位优势以及较充沛的过境水资源优势和感潮河网的潮汐水动力优势,还可充分利用上海市水利工程开展区域水资源调度,这二者协同作用已成为不可或缺且长期有效

基金项目:上海市水务局重点科研项目(沪水科 200708)
作者简介:徐贵泉(1965—),男,教授级高级工程师,博士,从事水务(海洋)规划设计与环境水力学研究。E-mail:xugui1123@126.com

的水资源利用和水环境保护重要措施之一,既可保障区域生活、生产和生态用水,又可改善区域河湖水质和生态环境。

根据《上海市跨区域引清调水实施细则(暂行)》以及水行政管理部门的调度实践,对嘉宝北片、青松片、淀北片、蕴南片和浦东片 5 个水利片实行了水资源调度规范化运行,基本形成了“依托两江、乘潮引排、分片调度、定向有序”的总体布局方案,在保障区域用水、改善区域水质等方面发挥了重要的作用。随着近年来水务工程的规划建设,原来制定的引清调水实施细则未包括新增加的 3 个可控水利片;且水资源现状调度存在着水利片与行政区水资源调度衔接不力、防汛安全调度与改善水质调度协调不够、水资源调度方案研究不深等问题,与水资源科学调度管理的要求不相适应。因此,全面系统地研究水资源调度优化方案,可为提升水资源调控能力和水利工程科学管理水平提供关键技术支持和科学依据。

1 水资源调度优化设计思路

以水资源调度现状方案为基础^[1],以保障防汛安全、供水安全和航运安全为前提,以有效保护和节约利用水资源为重点,以保障生活、生产、生态用水和全面改善水质为目标,坚持水量水质并重、合理调控引排、操作易行高效的原则,从优化引排水口门配置、优化水闸开启方式、优化调度水位控制条件出发,利用经过率定验证的黄浦江、崇明岛水系水量水质模型,分片研究水资源调度优化方案,通过引排水量大小、水质改善效果和水资源调度运行成本等方面的多方案分析比较,提出分片水资源调度的优化方案。

2 河网水量水质模型率定验证

计算工况为现状工况。黄浦江水系概化河网包括了全部市管、区管河道、大部分镇管河道和部分重要村级河道,涉及区域面积 4 930 km²、总河长 5 654 km,共概化河段 4 072 条段、节点 3 093 个、水闸 459 座;崇明岛水系概化河段 486 条段,节点 349 个,水闸 27 座;其他河道考虑其调蓄能力。

河网水量水质模型采用上海市水务规划设计研究院研发完善的感潮河网水量水质模型系统,该模型已推广应用于水安全保障、水资源配置、水环境治理等规划设计、研究与管理工^[1,6-11]。结合课题研究,利用黄浦江水系 2004 年 7—9 月、2006 年 3—4 月、2006 年 10—12 月调水期间以及崇明岛水系 2008 年 5 月、10 月两次调水试验期间的水文水质同步监测和水闸调度运行资料,进一步率定验证该模

型。通过对河网 30 个代表断面水文、69 个代表断面水质的率定验证计算,取得了水位或流量以及水质的计算值与实测值吻合较好的结果^[1],其模型参数率定验证结果为:河网的糙率系数 0.018 ~ 0.036;纵向分散系数 5 ~ 30 m²/s, COD 降解系数 0.02 ~ 0.08 d⁻¹, NH₃-N 硝化系数 0.05 ~ 0.15 d⁻¹,底泥耗氧系数(SOD)0.25 ~ 2.00 g/(m² · d),底泥释放 COD 速率系数 0.08 ~ 0.50 g/(m² · d),大气复氧系数 0.25 ~ 0.40 d⁻¹。对模型的不速率定验证和实际应用检验表明该模型能够真实反映黄浦江、崇明岛水系在各种复杂影响因素下的水流运动和水质变化规律,可用于水资源调度优化方案研究。

3 分片水资源调度方案优化

通过对引排水口门配置、水闸调控方式、水位控制条件、调度运行成本等多方案的水量水质分析比较,提出分片水资源调度优化方案。

3.1 水量分析

实施分片调度优化方案后,预测全市 8 个主要水利片平均总引水量为 4 719.38 万 m³/d,引排水量基本平衡。其中浦东片引水量最大,约占全市总引水量的 33.2%;崇明岛片次之,约占全市的 19.8%;淀北片引水量最小,约占全市的 3.8%。全市主要水利片 2.80 m 以下库容水体置换 1 遍需 3.5 ~ 23.3 d,其中蕴南片换水周期最短,其次为淀南片,青松片最长。与优化前方案相比,除淀南片和浦南东片受黄浦江上游水动力减弱影响引水量略有减小以外,其他水利片引水量增加幅度为 7.4% ~ 66.5%,平均增幅 38.3%;引水量增幅从大到小排序为:嘉宝北片,浦东片,青松片,崇明岛片,淀北片,蕴南片(表 1)。

3.2 水质分析

实施分片水资源调度优化方案后,淀南片和浦南东片水质略微下降,但水质类别没有变化,其他水利片水质得到了不同程度的改善, COD 平均浓度改善幅度为 3.1% ~ 16.9%; NH₃-N 平均浓度改善幅度 3.4% ~ 28.1%。COD 浓度改善效果排序为崇明岛片,嘉宝北片,青松片,淀北片,浦东片,蕴南片; NH₃-N 质量浓度改善效果排序为嘉宝北片,青松片,崇明岛片,浦东片,淀北片,蕴南片。在同一水利片内靠近长江口、黄浦江及其上游地区的水质相对较好,苏州河两翼地区水污染较重区域范围缩小、水质有所改善,但仍超标。除蕴南片和淀北片 COD 浓度较大范围内仍为劣 V 类水外,其余水利片均达到或优于 V 类水; COD 浓度为劣 V 类水的河网面积约占 7.3%,减少 37.1%; COD 浓度为 V 类水的河网面积减少 0.35%; COD 浓度为 IV 类水的河网面积减少 4.3%;

表 1 分片调度优化方案主要水利片水量水质计算结果统计

水利片	分片调度优化前				分片调度优化后			
	日引水量/ 万 m ³	换水周期/d	$\bar{\rho}(\text{NH}_3\text{-N})/$ (mg · L ⁻¹)	$\bar{\rho}(\text{COD})/$ (mg · L ⁻¹)	日引水量/ 万 m ³	换水周期/d	$\bar{\rho}(\text{NH}_3\text{-N})/$ (mg · L ⁻¹)	$\bar{\rho}(\text{COD})/$ (mg · L ⁻¹)
嘉宝北片	398.01	17.50	3.88	25.54	662.74	10.53	2.79	22.59
蕴南片	342.93	3.75	4.48	57.17	368.38	3.49	4.33	55.39
淀北片	137.00	9.70	6.03	49.86	179.91	7.39	5.77	45.75
淀南片	380.78	4.10	1.79	19.16	365.47	4.27	1.85	19.54
青松片	244.25	35.90	4.95	35.99	376.92	23.26	4.12	32.81
浦东片	993.11	24.91	2.48	27.89	1564.90	15.81	2.30	25.78
浦南东片	279.75	15.58	2.36	33.43	266.08	16.38	2.37	33.57
崇明岛片	635.67	17.60	0.36	11.85	934.98	12.00	0.30	9.85
全 市	3411.50	22.29			4719.38	14.87		

COD 浓度为Ⅲ类水的河网面积增加 33.4%。NH₃-N 浓度大于 4.0 mg/L 的河网面积约占 14.3%,减少 24.6%;NH₃-N 浓度大于 2.0 mg/L(劣Ⅴ类)的河网面积约占 55.2%,减少 9.4%;NH₃-N 浓度为Ⅴ类水的河网面积增加 7.4%;NH₃-N 浓度为Ⅳ类水的河网面积减少 25.9%;NH₃-N 浓度为Ⅲ类水的河网面积增加 31.0%,详见表 1、2 和图 1。

表 2 分片调度优化方案实施后河网水质类别及其变化面积

水质 指标	质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	水质 类别	方案实施前后水质变化面积占比/%		
			现状调度	优化调度	相对变幅
NH ₃ -N	≥2.0	劣Ⅴ类	60.90	55.17	-9.41
	1.5~2.0	Ⅴ类	23.89	25.66	7.41
	1.0~1.5	Ⅳ类	14.92	18.78	25.87
	≤1.0	Ⅲ类	0.29	0.38	31.03
COD	≥40.0	劣Ⅴ类	11.62	7.31	-37.09
	30.0~40.0	Ⅴ类	17.17	17.11	-0.35
	20.0~30.0	Ⅳ类	51.45	49.22	-4.33
	≤20.0	Ⅲ类	19.76	26.37	33.45

3.3 优化方案

通过多方案分析比较,得出分片水资源调度优化方案为:①浦南东片:北引南排。②淀南片:南引、东北排。③嘉宝北片:东北引、东南排,非汛期抬高面平均水位,加大北引长江水及优化水闸开启度,汛期仅优化水闸开启度。④蕴南片:南引北排,优化虹

口港、杨树浦港等水闸开启度。⑤淀北片:南北引、东排,优化中横沥北和南新泾水闸开启度,增大北横泾泵闸引水力度,淀浦河沿线北岸水闸除大潮汛夜间调控引排水外其余时段只引不排。⑥青松片:南引、西引东排,适时北排,在苏州河西引东排期间增加东大盈泵排苏州河。⑦浦东片:川杨河以北地区实施东引西排;川杨河以南、大治河以北地区实施西引东排;大治河以南地区实施北引南排、西引东排,优化主要引排水闸开启度,适当抬高金汇港北闸和大治河西闸闸内最高控制水位、降低杭州湾沿线排水闸内最低控制水位。⑧崇明岛片:南引北排、西水东输,优化引排水闸开启度。⑨苏州河:大潮汛期东引南北分流,小潮汛期西引东排综合调水。详见图 2。

4 结 语

- a. 进一步率定验证黄浦江水系、崇明岛河网水量水质模型,取得了代表断面的水位或流量以及水质的计算值与实测值吻合较好的结果,表明该模型能够真实反映黄浦江、崇明岛水系在各种复杂影响因素下的水流运动和水质变化规律,为水资源调度方案优化研究提供了关键技术支撑。
- b. 利用经过率定验证的黄浦江、崇明岛水系水量水质模型,从引排水口门配置、水闸开启方式、水

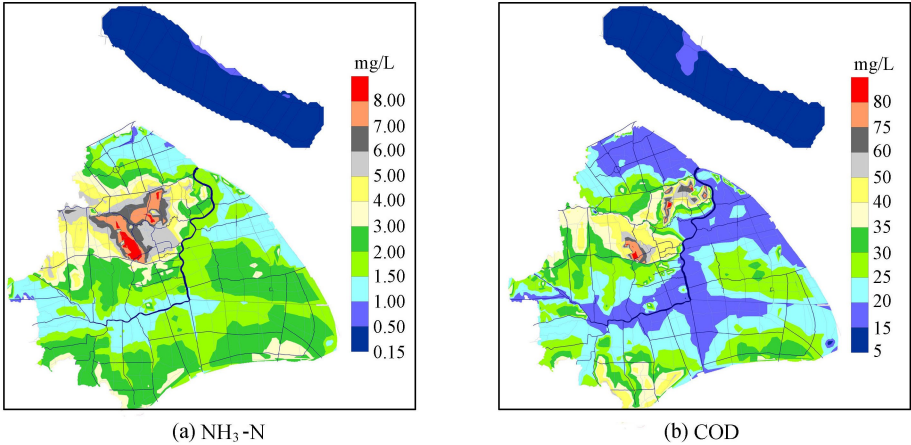


图 1 分片调度优化方案实施后 NH₃-N 和 COD 质量浓度分布

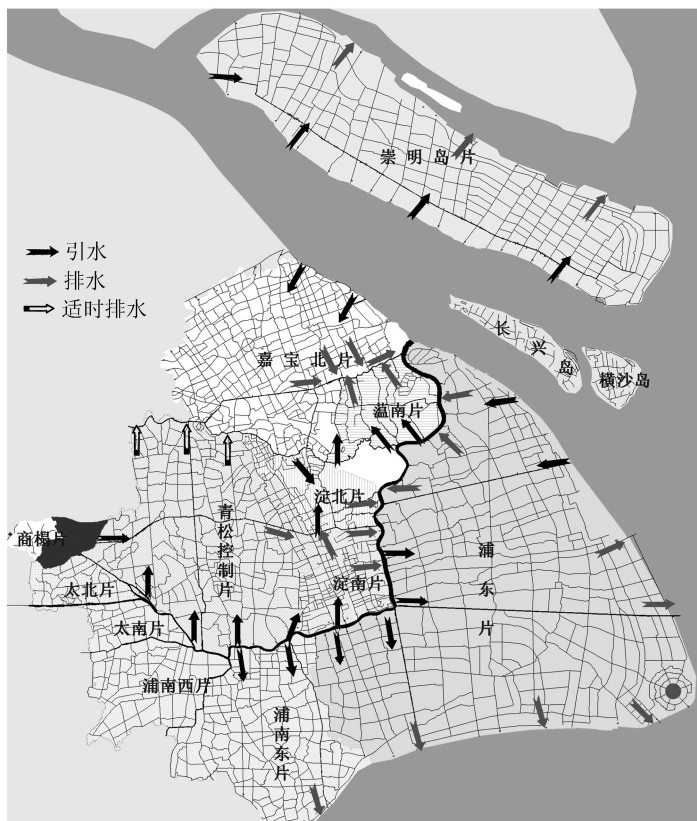


图2 上海市水资源调度优化方案示意图

位控制条件等方面,分片研究水资源调度优化方案,通过引排水量大小、水质改善效果等多方案分析比较,提出分片水资源调度优化方案及其效果。

c. 分片水资源调度优化方案与现状方案的引排水方式基本一致,通过合理抬高主要引水闸的闸内最高控制水位、适度降低主要排水闸的闸内最低控制水位、适时调控主要水闸开启度的优化调度,延长可引排水历时,增加分片引排水量约 7% ~ 66%,提升水资源调控能力。

d. 分片水资源调度优化方案的改善水质效果:分片 COD 平均浓度改善 3.1% ~ 16.9%;分片 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均浓度改善 3.4% ~ 28.1%。COD 浓度为劣 V 类水的河网面积减少 37.1%,Ⅲ类水的河网面积增加 33.4%; $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为劣 V 类水的河网面积减少 9.4%,Ⅳ ~ Ⅲ类水的河网面积增加 25.9% ~ 31.0%。

参考文献:

[1] 徐贵泉,陈长太,唐迎洲,等.上海市水资源调度现状的分析评估[J].水资源保护,2013,29(1):51-54. (XU Guiquan, CHEN Changtai, TANG Yingzhou, et al. Evaluation of current situation of water resources regulation in Shanghai City [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(1): 51-54. (in Chinese))

[2] 王偲,窦明,张润庆,等.基于“三条红线”约束的滨海区多水源联合调度模型[J].水利水电科技进展,2012,32

(6):6-10. (WANG Cai, DOU Ming, ZHANG Runqing, et al. Multiple-water source dispatching under constraints of “Three Red Lines” [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2012, 32(6): 6-10. (in Chinese))

[3] 李建坤,卜继勤,胡恺诗,等.丰水地区缺水期水资源调度思路与方法[J].中国水利,2007(5):14-16. (LI Jiankun, BU Jikan, HU Kaishi, et al. Considerations and methods of water resources regulation during dry period in water-rich areas [J]. China Water Resources, 2007(5): 14-16. (in Chinese))

[4] 邓坤,张璇,杨永生,等.流域水资源调度研究综述[J].水利经济,2011,29(6):23-27. (DENG Kun, ZHANG Xuan, YNAG Yongsheng, et al. Summary of researches on regulation of water resources in river basins [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2011, 29(6): 23-27. (in Chinese))

[5] 吴浩云,胡艳.引江济太调水试验工程对黄浦江上游水环境的影响分析[J].河海大学学报:自然科学版,2005,33(2):144-147. (WU Haoyun, HU Yan. Influences of water diversion from Yangtze River to Taihu Basin on water environment of the upper Huangpujiang River [J]. Journal of Hehai University: Natural Sciences, 2005, 33(2): 144-147. (in Chinese))

[6] 徐贵泉,陈庆江,魏梓兴,等.上海市分片水资源调度方案研究[R].上海:上海市水务规划设计研究院,上海市水利管理处,上海市水文总站,2011.

[7] 徐贵泉.感潮河网水功能过渡区及水环境承载能力研

- 究[D]. 南京:河海大学,2005.
- [8] 徐贵泉,陈庆江,陈长太. 苏州河沿线设计高水位[J]. 水利水电科技进展,2012,32(6):38-41. (XU Guiquan, CHEN Qingjiang, CHEN Changtai. Design high water level of Suzhou River[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2012,32(6):38-41. (in Chinese))
- [9] 徐贵泉,褚君达,吴祖扬,等. 感潮河网水环境容量影响因素研究[J]. 水科学进展,2000,11(4):375-380. (XU Guiquan, CHU Junda, WU Zuyang, et al. Study on effect factors of water environmental capacity for tidal river network[J]. Advances in Water Science,2000,11(4):375-380. (in Chinese))
- [10] 徐贵泉,陈长太,张海燕. 苏州河初期雨水调蓄池控制
- 溢流污染影响研究[J]. 水科学进展,2006,17(5):705-708. (XU Guiquan, CHEN Changtai, ZHANG Haiyan. Study on the influence of controlling pollution of the overflow from the initial rainwater storage tanks to Suzhou Creek[J]. Advances in Water Science,2006,17(5):705-708. (in Chinese))
- [11] 徐贵泉,唐迎洲. 崇明岛引清调水方式优化研究[J]. 中国农村水利水电,2011(2):4-7. (XU Guiquan, TANG Yingzhou. Research on the optimization of clean water diversion on Chongming Island[J]. China Rural Water and Hydropower,2011(2):4-7. (in Chinese))
- (收稿日期:2013-05-06 编辑:高渭文)

(上接第79页)

- [6] 樊胜岳,韦环伟,隼婧. 沙漠地区基于农户的退耕还林政策绩效评价研究[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(10):8-13. (FAN Shengyue, WEI Huanwei, LU Jing. The performance evaluation on "returning farm land to forest and grassland" policy based on households in desertified region [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2009,23(10):8-13. (in Chinese))
- [7] 谭术魁,张红霞. 基于数量视角的耕地保护政策绩效评价[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(4):153-158. (TAN Shukui, ZHANG Hongxia. Performance evaluation on the policies of cultivated land protection in China from the perspective of quantity protection [J]. China Population, Resource and Environment. 2010,20(4):153-158. (in Chinese))
- [8] 李效顺,曲福田,姜海,等. 基于过度性损失计量与消减的中国耕地资源保护目标研究[J]. 中国土地科学,
- 2008,22(10):4-11. (LI Xiaoshun, QU Futian, JIANG Hai, et al. Research on target of Chinese cultivated land protection based on excessive loss measurement and elimination[J]. China Land Science,2008,22(10):4-11. (in Chinese))
- [9] MARTELL D L, OTUKOL S, STOCKS B J. A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario[J]. Can J Forest Res, 1987, 17(5):394-401.
- [10] PEW K, LARSEN C. GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forests of Vancouver Island, Canada [J]. Forest Ecology and Management,2001,140:1-18.
- [11] 王济川,郭志刚. Logistic 回归模型:方法与应用[M]. 北京:高等教育出版社,2001:152.
- (收稿日期:2012-12-02 编辑:彭桃英)

欢迎订阅《水资源保护》杂志

中国科技核心期刊 RCCSE 核心期刊

ISSN 1004-6933 CN 32-1356/TV

《水资源保护》是由河海大学和中国水利学会环境水利专业委员会主办的科技期刊。该杂志针对我国水资源短缺、用水效率不高、水污染严重等突出问题,探讨水资源保护工作中的基础研究、防治技术、宏观管理及水环境治理问题,重点关注水环境、水资源和大江大湖的环境生态问题和可持续发展。主要栏目有科学研究、应用技术、综合述评、管理研究等。

《水资源保护》是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库统计源期刊,已被美国化学文摘(CA)数据库、美国《剑桥科学文摘》(CSA)数据库、波兰哥白尼索引(IC)数据库、中国期刊网、中国数字化期刊群、水信息网、北极星网、中华期刊网、中文科技期刊数据库(VIP)、中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)等收录和引用,长期以来一直都是水利界和环保部门备受关注的重点期刊,2012年被教育部科技司授予“中国高校特色科技期刊”称号。

《水资源保护》主要读者对象是全国从事与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理人员以及大专院校师生,邮发代号:28-298,双月刊,96页,12元/期,全年共计72元,每逢单月20日出版。欲订购者,请向当地邮局订购。若无法从邮局订阅,亦可登录本刊网站下载征订单。

编辑部地址:南京市西康路1号 河海大学《水资源保护》编辑部

邮政编码:210098 电话/传真:(025)83786642 E-mail:bh@hhu.edu.cn

http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexbh.asp?d_id=37