

太浦河流量对下游水源地水质的影响

吴浩云^{1 2}, 朱灵芝³

(1. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092; 2. 水利部太湖流域管理局, 上海 210434; 3. 河海大学水文水资源学院, 江苏南京 210098)

摘要 对太浦闸和太浦河泵站进行联合调度的原型试验, 观测太浦河流量对太浦河下游和黄浦江上游水源地水质的影响。利用太湖雨洪资源向太浦河下游供水, 可改善黄浦江上游水体环境。

关键词 太浦河; 水源地; 水量; 水质

中图分类号: TV68 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2008)03-0042-04

Influence of the discharge of the Taipu River on water quality in the lower water source area

WU Hao-yun^{1 2}, ZHU Ling-zhi³

(1. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Taihu Basin Administration, Shanghai 210434, China; 3. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract By the joint regulation of Taipu Sluice and pumping stations along the Taipu River, the influence of the discharge of the Taipu River on water quality in the water source area in Lower Taipu River and Upper Huangpu River is studied. The results indicate that supplying the Lower Taipu River with the rainfall and flood resources from Taihu Lake can improve the water environment of Upper Huangpu River.

Key words the Taipu River; water source area; water quantity; water quality

黄浦江上接太浦河, 在吴淞口汇入长江。黄浦江上游是上海市主要集中供水水源地, 占上海市原水取水量的 80%^[1], 太浦河干流上也有多个水源地, 但这些水源地的水体污染较重。为了改善太浦河下游及黄浦江水体水质, 于 2006 年 3 月 22 日~4 月 7 日进行原型调水试验。通过太浦闸和太浦河泵站联合调度向下游供水, 同步监测了水量水质, 测得数据为研究下游水源地水质变化和沿线水量配置规律提供了资料。

1 调水试验方案研究

1.1 试验目的

研究太浦河不同供水流量条件下: ①太浦河沿线水量、水质变化规律; ②黄浦江上游来水比例变化及水质变化情况; ③太浦河流量与黄浦江上游水源地水质改善关系。

1.2 试验时段选择和监测项目

调水试验从小潮汛开始至大潮汛再至小潮汛止, 时间为 3 月 22 日~4 月 7 日(农历二月廿三日~三月初十)。主要监测项目有: ①水文测验指标: 断面流速、流量和调水期间全过程水位; ②水质测验指标: 水温、透明度、电导率、pH 值、DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TP、TN、COD 和 BOD₅。布设水量、水质监测主断面 13 个, 同时布设有水量、水质监测辅助断面和东太湖水位观测断面。

1.3 试验期间工程运行方式设计

根据工程运行方式, 试验期分为 4 个时段, 见表 1。

2 试验成果分析

2.1 水量分析

本次试验路线从太浦河上游太浦闸至黄浦江上

作者简介: 吴浩云(1963—), 男, 江苏丹阳人, 教授级高级工程师, 博士后, 主要从事水资源规划和管理研究。E-mail: zhyw@tba.gov.cn

表 1 试验期间工程运行方式

时段	时间	太浦闸	太浦河 泵站	供水流量/ ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	太浦河 两岸口门	浏河-斜塘- 黄浦江 上游口门
关闸期 (背景值)	3月17 ~21日	关闸	关闭	0	正常运行	正常运行
闸供期	3月22 ~29日	开闸	关闭	50~300	正常运行	正常运行
泵供期	3月29 ~4月4日	关闸	开启	280~400	关闭	关闭
常规 调度期	4月4 ~7日	开闸	关闭	50~100	正常运行	正常运行

游松浦大桥,沿线口门众多,河网调蓄能力强,且受天文潮汛影响,因此在太浦闸下游、平望大桥、练塘大桥及松浦大桥断面进行了水量、水质同步监测。水量平衡分析采取分段平衡方法,利用监测成果可以分析太浦河两岸口门出入太浦河水量、太浦河沿线断面水量配置以及黄浦江上游来水组成情况。对不同工况条件下的太浦河干流、黄浦江干流及上游三支水量沿程分配情况见图 1 和图 2,太浦河干流断面和黄浦江上游三支水量过程线见图 3。

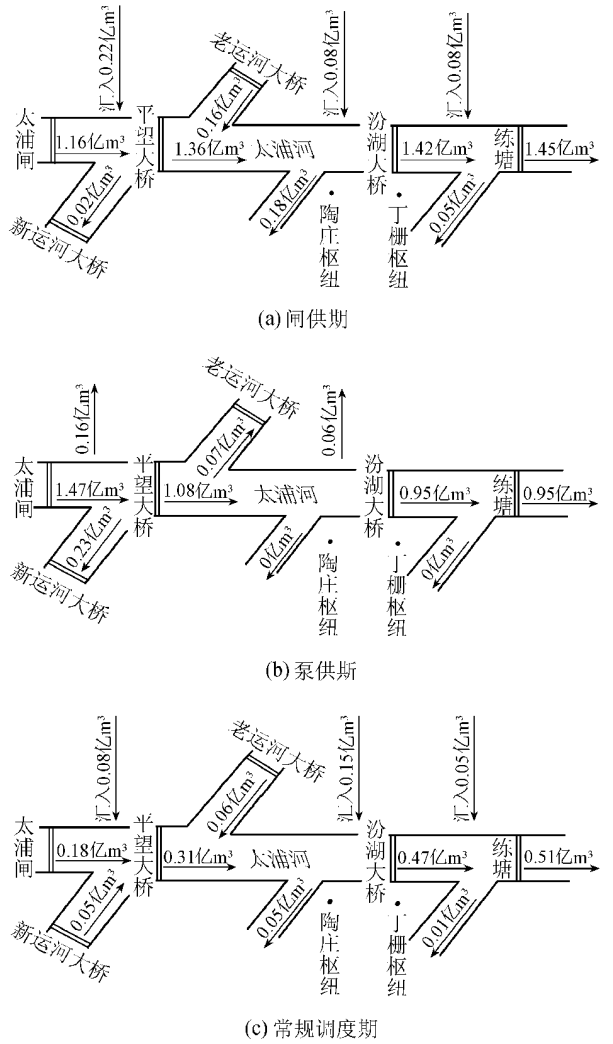


图 1 太浦河水量沿程分配

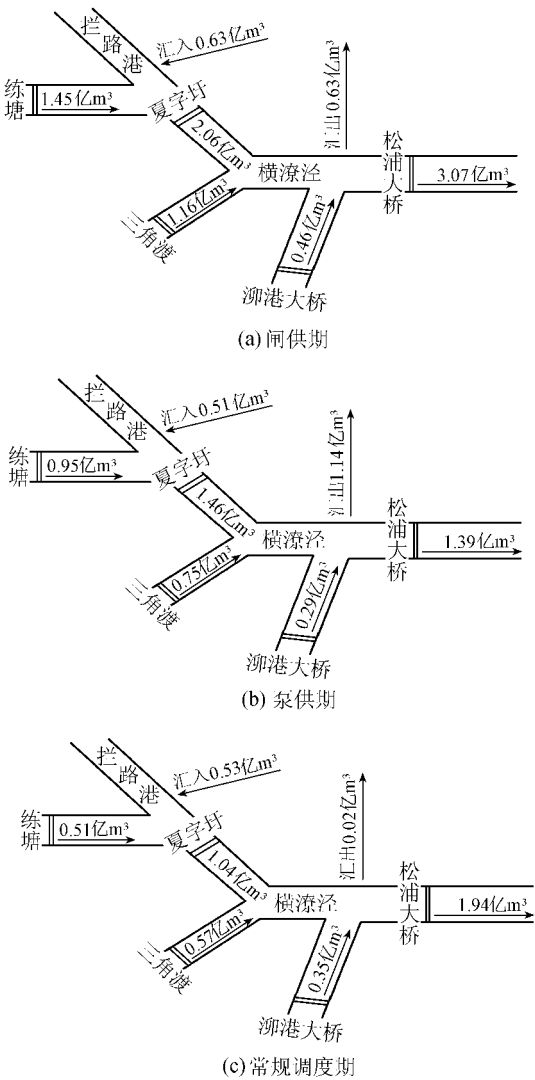


图 2 黄浦江上游三支水量分配

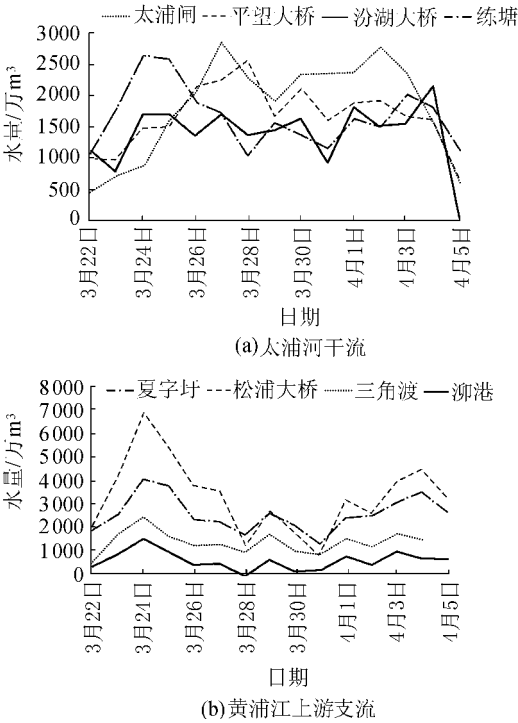
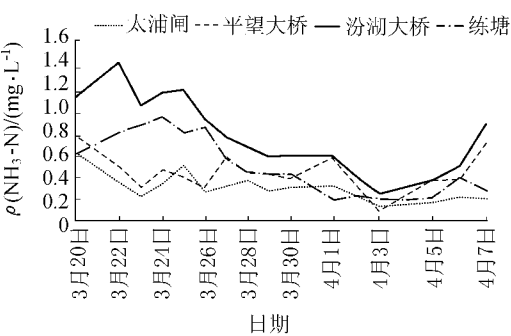


图 3 水量过程线

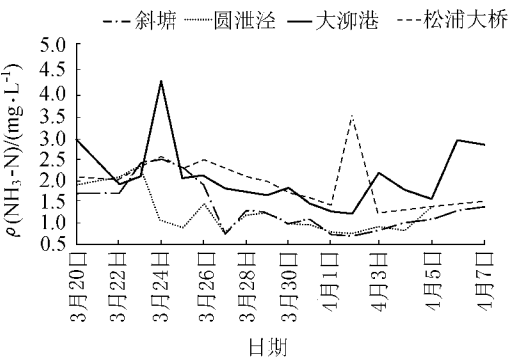
由图 1~3 可知 :①随着太浦闸供水量的增加 , 进入练塘断面的水量也逐渐增加 , 自引前期 , 太浦闸来水量占练塘断面水量不到 50% , 泵引阶段 , 太浦闸来水量占练塘断面水量大于 90% , 远远大于往年太浦闸小流量时 55% 的比例。②太浦河闸供期间 , 太浦河沿线口门以入太浦河为主 , 练塘断面的水质将受到两岸入流影响 , 泵供期间 , 太浦河南北两岸口门均为出太浦河 , 进入上海练塘断面的水均为优质水。③随着太浦闸供水量增加 , 平望、汾湖大桥水量相应增加 , 练塘断面由于受潮汐影响大 , 过流总量有所减少 , 但太浦闸供水量占练塘断面水量比例增加。④随着太浦闸供水量的增加 , 夏字圩在三支中的来水比例由 50% 增加到 60% 左右 , 最大达到 69% ; 泖港来水比例逐渐减少 , 从 16% 减少到 5% ; 三角渡来水比例变化不大 , 太浦河来水(练塘断面)占三支来水比例由 35% 增加到 55%。

2.2 水质分析

水质分析评价选取 pH、DO、COD_{Mn}、NH₃-N 和 TP 5 个指标按照一票否决法进行水质综合类别的评价 , TN、COD 和 BOD₅ 指标单项评价结果单列。另外 , 选取 COD_{Mn}、NH₃-N、TP、TN 4 个指标进行水质变化趋势的分析 , 重点研究各断面在不同供水条件下 (关闸期、闸供期、泵供期、常规调度期) 水质变化。由于 NH₃-N 是上海地区最具代表性的污染物指标 , 太浦河沿线各断面和黄浦江上游支流 NH₃-N 指标变化见图 4。



(a) 太浦河干流断面



(b) 黄浦江上游支流断面

图 4 NH₃-N 质量浓度过程线

a. 太浦河沿线水质状况。试验期间 , 太浦闸下和平望大桥断面基本维持在Ⅲ类水质标准 , 符合供水水源地水质指标 , 可以长期作为上海稳定的供水水源地。在平望大桥和汾湖大桥段 , 由于沿线有老运河等污染源汇入太浦河 , 受其影响 , 在关闸期和闸供期的前阶段 , 汾湖大桥断面的水质比平望大桥断面低了一个类别 , 为Ⅳ类水。当太浦闸的下泄控制流量大于 200 m³/s 时 (闸供期的后期和泵供期) , 在一定程度上能够抑制太浦河沿程污水的汇入 , 并沿程稀释和降解污染物 , 使汾湖大桥断面的水质较关闸期改善。当太浦闸下泄控制流量大于 300 m³/s 时 , 太浦河沿程的水质基本上能稳定在Ⅲ类水标准。

b. 黄浦江及其上游水质状况。黄浦江上游三支中园泄泾三角渡断面水质较好 , NH₃-N 平均质量浓度为 1.19 mg/L ; 其次为斜塘夏字圩断面 , NH₃-N 平均质量浓度为 1.48 mg/L ; 最差为大泖港的泖港水文站 , NH₃-N 平均质量浓度为 2.06 mg/L。园泄泾和大泖港在闸供期水质有明显好转 , 泵供期园泄泾水质好转 54.7% , 大泖港水质好转 49.0%。

斜塘上游太浦河练塘断面水质最好 , NH₃-N 平均质量浓度为 0.49 mg/L , 拦路港东方红大桥水质最差 , NH₃-N 平均质量浓度为 2.96 mg/L。练塘水质泵供期及之后的常规调度期 NH₃-N 质量浓度分别降低了 0.27 mg/L 和 0.21 mg/L , 分别比关闸期(0.63 mg/L)好转了 57% 和 67%。

2.3 太浦河流量对下游水源地水质影响

a. 通过本次试验 , 太浦河下游练塘、斜塘及黄浦江松浦大桥三大主要水源地的水质改善效果比较明显。其中泵供期间 , 太浦河练塘水源地 NH₃-N 质量浓度下降 57% , 斜塘水源地 NH₃-N 质量浓度下降 45% , 松浦大桥水源地 NH₃-N 质量浓度下降 32%。

b. 从水质指标看 , NH₃-N、TN 质量浓度改善效果比较明显 , 尤其在太浦河下泄流量加大到 200 ~ 300 m³/s 时表现最为显著 , TP 质量浓度的改善效果次之 , COD_{Mn}、COD、DO 质量浓度则略有改善。

c. 从水质指标改善响应的时间看 , COD_{Mn} 相对较长 , 在 6 ~ 7 d 后有一定改善 , 而 NH₃-N 在太浦河流量大于 100 m³/s 后的 3 ~ 4 d , 下游水源地即出现了明显好转趋势。

d. 通过近年来黄浦江松浦大桥年均水质分析 , 从 2001 年以来水质逐渐变差 , 2004 年、2005 年 NH₃-N 质量浓度达Ⅳ类水质标准 , 远远超过取水口水质要求 , 尤其是每年 11 月中下旬起水质逐渐下降 , 至 1~3 月份为最差期。根据本次试验监测成果分析 , 通过调度方式改变和加大供水力度 , 可以改善太浦口下游和黄浦江松浦大桥取水口水质。

3 结论与建议

太浦河直接连通黄浦江,而黄浦江是目前太湖流域唯一一条敞开式、受潮汐影响甚为明显的河流,沿线承担着向上海、嘉兴等重要城市供水的任务。随着长三角经济社会的快速发展,人们对提高生活质量、保障供水安全、改善水生态环境的呼声越来越高,2010年上海将举办世博会,更需要一个可靠、安全、优美的水环境^[2]。通过太浦河闸泵联合调度,太浦河可持续大流量向下游供水,改善了下游水源地水质。

开展太湖雨洪资源利用,进一步对太湖下游地区水环境进行研究、太浦河闸泵优化调度方案研究以及太浦河下游地区应对水污染突发事件应急预案的研究。

平原河网区水流运动复杂,工程调度和管理尤

(上接第3页)

速仍然保持适当数值,未出现死水滞流水域,园林池塘中心水域⑦,水流平均流速得到提高,水流情况明显改善。主要原因为:出流较小的出水口流量较小,在保持该出水口所直接影响水域有一定流速下,对中心区域相互叠加水域影响较小。因此,可以使整个水域水流更为均匀,达到削峰平谷的作用。

d. 从表4可见,各优化运行工况下,①~④水域的平均流速变化不大,但在⑤~⑨水域,由于运行工况不同,各水域平均流速有较大变化。在总出水口流量相同条件下,各水域水流平均速度相近,说明水流分布均匀。对优化运行工况一~七中的⑤~⑨水域进行方差计算,计算结果见图4所示。可以看出,优化工况四、六,方差数值最小,水流在水域中的均匀性最优,优化运行工况三,方差数值最大,水流在⑤~⑨水域流动均匀性最差。

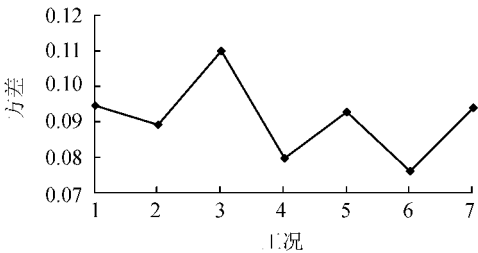


图4 各优化运行工况方差值

4 结论

a. 采用有限体积方法,对不规则园林池塘在不同工况条件下的水流情况进行计算分析并作比较。

为重要,还需要在原型试验的基础上,通过模型模拟提出适宜的工程措施和调度方案,并兼顾区域防洪安全、供水安全和水环境改善的需要^[3]。此外黄浦江上游水源地三支来水的水污染问题严重,各级地方政府应加强水污染治理。

参考文献:

[1] 韩昌来. 黄浦江上游水源地的水环境特征及保护对策[J]. 中国给水排水, 2004, 20(12): 104-106.
[2] 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.
[3] 王超, 卫臻, 张磊, 等. 平原河网区调水改善水环境实验研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2005, 33(2): 136-138.

(收稿日期: 2007-01-22 编辑: 舒建)

b. 不同运行工况下,水流是不同的,优化运行工况四、六的水流流动最为均匀。

c. 采用非结构网格离散计算区域,使得数值模拟方法能适应边界条件极其复杂的不规则园林池塘水流计算,计算精度较高。

d. 由于各水域水流速度较小,实验仪器设备不能达到流速测量的精度,所以未能测定园林池塘在水力循环系统作用下各水域的实际流速。根据现场示踪观察,实际水流与计算结果较为符合。

参考文献:

[1] 姚征, 陈康民. CFD通用软件综述[J]. 上海理工大学学报, 2002, 24(20): 137-144.
[2] 白玉川, 杨建民, 黄本胜. 二维水沙数学模型在复杂河道治理中的应用[J]. 水利学报, 2003, 26(9): 25-30.
[3] 周雪漪. 计算水力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995: 3-5.
[4] 朱自强, 李津. 计算流体力学中的网格生成方法及其应用[J]. 航空学报, 1998, 19(2): 152-158.
[5] 王福军. 计算流体力学分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 26-28.

(收稿日期: 2007-02-01 编辑: 舒建)

