

太浦河调水对黄浦江上游水源地水质影响的试验

刘水芹, 田 华, 胡 岚

(上海市水文总站, 上海 200232)

摘要 : 在分析黄浦江上游水量水质情况基础上, 提出了太浦河调水试验方案。试验结果表明, 太浦河闸泵调度对黄浦江上游水源地水量水质改善明显, 在试验期间降雨偏枯的情况下, 黄浦江水源地松浦大桥断面水量明显增加, 平均净泄流量 $439 \text{ m}^3/\text{s}$, 氨氮质量浓度可达 IV 类水标准, 好转 2 个水质类别。

关键词 : 调水试验; 水质; 氨氮质量浓度; 闸泵调度; 黄浦江水源地; 太浦河

中图分类号 : X522 **文献标识码** : A **文章编号** : 1004-693X(2009)04-0040-04

Experimental study on water diversion from Taipu River and its effect on water quality of drinking water sources of the Huangpu River upstream reach

LIU Shui-qin, TIAN Hua, HU Lan

(Shanghai Hydrological General Station, Shanghai 200232, China)

Abstract : Based on analysis of water quantity and water quality of the Huangpu River, the experimental plans for diverting water from the Taipu River were designed. The experimental results showed that the diversion from Taihu Lake by operating water gate and a pumping station on the Taipu River enhanced the quantity and quality of drinking water sources of the Huangpu River upstream. During the testing period, when the precipitation was less than normal, the water quantity increased significantly at the Songpu Bridge cross-section, the net average water quantity was $439 \text{ m}^3/\text{s}$, and the classification of mass concentration of ammonia nitrogen remained at class IV, a two-class improvement.

Key words : diversion experiment; water quality; mass concentration of ammonia nitrogen; controlling of gate and pump; drinking water sources of Huangpu River; Taipu River

近年来, 利用水资源调度来改善水环境越来越被水资源工作者所接受, 并研究和实践了区域内和跨区域的水资源调度工程, 如上海苏州河综合调水工程、太湖流域“引江济太”工程^[1]等。黄浦江是上海的母亲河, 黄浦江上游水源地是上海市重要的供水水源地之一, 承担着上海近 80% 以上的供水水源。但是, 黄浦江上游水源地的水量及水质随着太湖周边工农业的发展以及防洪工程的建设等, 供水水量和水质发生了变化, 有关方面进行了多方面的研究和试验, 包括太湖流域“引江济太”工程、太浦河泵站工程等。为研究太浦河泵闸引水对黄浦江上游水源地及黄浦江水系水环境的影响, 2006 年 3 月 22 日~4 月 5 日开展了太浦河调水改善下游及黄浦江水质的试验, 采取太浦闸和太浦河泵站相结合的调

度方式, 引东太湖的水以改善黄浦江水系的水环境。

调水过程进行了全程的水文水质监测, 本文拟对调水过程的水文水质监测数据进行分析, 并与调水前数据进行比较, 研究不同供水流量条件下太浦河沿程水质变化规律、太浦河流量与黄浦江上游取水口水质改善关系、黄浦江上游来水比例及水质变化情况, 为进一步探索利用太湖通过太浦河向下游调水改善下游水体水环境的能力提供参考依据, 以及为今后进一步完善“引江济太”长效运行机制提供依据。

1 黄浦江上游水量水质情况

黄浦江水系是太湖流域最下游的一个河网水系, 上游主要支流有斜塘、园泄泾和大泖港 3 条, 承

泄着太湖、江苏淀泖地区、浙江杭嘉湖地区的大部分来水,并在米市渡以上汇合成为黄浦江干流。斜塘的主要支流为太浦河和拦路港^[2]。

黄浦江多年平均净泄流量约 338 m³/s,丰枯水年份变化在 450~200 m³/s 之间。年内最大流量发生在 12 月,约 377 m³/s,最小流量发生在 8 月,约 273 m³/s。丰水年(保证率为 20%)来水量达 132.1 亿 m³,连续 3 个月最大来水量发生在 6~8 月,占全年来水量的 41.8%;特枯水年(保证率为 95%)来水量为 58.7 亿 m³,连续 3 个月最小来水量发生在 7~9 月,仅占全年来水量的 7.3%。太浦河开通前,黄浦江上游 3 条支流斜塘、园泄泾和大泖港的主要来水分别占黄浦江上游来水量的 29%、42%和 22%,太浦河开通后,来水比例发生了变化,以斜塘来水为主,园泄泾次之,大泖港最少,在“引江济太”前来水量分别占 54%、38%和 8%,在“引江济太”后,来水量分别占 54%、3%和 13%。

黄浦江水系的水资源利用易受周边环境的影响,潮水带来水资源的同时,又易引起污水上溯回荡。据监测,黄浦江全江段水质在Ⅲ~Ⅳ类之间,总体上上游水质好于下游水质。黄浦江上游以有机污染为主,在 2002 年前,黄浦江上游 3 条支流中,以斜塘水质最好,其次为园泄泾,大泖港最差。2002 年以后,黄浦江上游淀泖地区来水水质明显下降,拦路港水质逐渐变差,2004 年和 2005 年水质差于大泖港,成为最差的一支。以氨氮质量浓度为例,历年水质情况变化如图 1 所示。

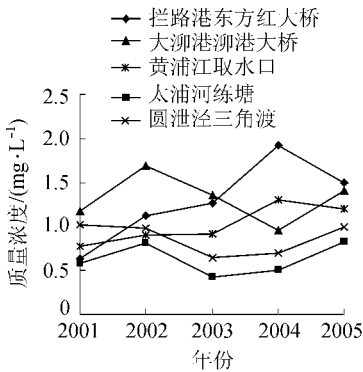


图 1 黄浦江上游氨氮年平均质量浓度变化

黄浦江干流取水口水质的主要影响因素为氨氮质量浓度,分析 2001~2005 年松浦大桥取水口的氨氮年平均质量浓度值,取水口的水质逐年下降,2004 年和 2005 年氨氮年平均质量浓度大于 1 mg/L,属Ⅳ类水质;从月均值看(图 2),每年的最差时段在 1~3 月,为Ⅴ类和劣Ⅴ类水质,最好时段在 8~10 月,为Ⅱ类水质,每年基本上进入 11 月下旬后取水口水质开始逐步下降,4 月底至 5 月初水质开始好转。

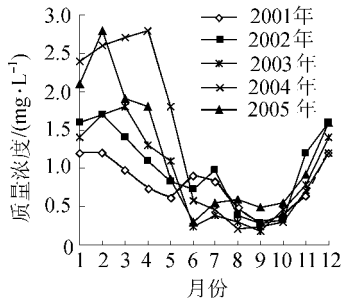


图 2 黄浦江取水口氨氮月平均质量浓度变化

2 调水试验方案

太浦河是太湖流域十大骨干工程之一,承泄太湖来水入黄浦江上游支流斜塘,是太湖的主要下泄通道,也是黄浦江的主要清水来源。太浦河始挖于 1958 年,1991 年上海段开通,至 1995 年底太浦河干河段按设计标准完成疏浚,1998 年太浦河上海段工程全面竣工^[3],为水资源调度提供了可能。

2.1 历次监测综述

“引江济太”实施后,太湖流域水资源调度的指导思想已由防洪调度向资源调度转变,太浦闸由以前每年运行约 30 d 变为全年运行。2002~2005 年“引江济太”4 年的监测数据显示,供排水量 2002 年为 28.7 亿 m³,2003 年为 31.5 亿 m³,2004 年为 14.7 亿 m³,2005 年为 15.3 亿 m³。源源不断的清水加快了太浦河沿线水流运动速度,提高了水体的自净能力和纳污能力^[4-5],使 2003~2005 年太浦河沿线自太浦闸下至练塘断面全程水质符合Ⅱ~Ⅲ类水标准。在枯水季节可明显减少黄浦江下游污水回荡到取水口附近水域及其上游,并减少污水停留的时间,特别是枯水季节太浦闸泵联合调度,可有效遏制黄浦江下游污水的上溯。

2.2 调水试验方案

通过近年来对黄浦江水源地的水质分析,结果表明,在每年的春季即 1~3 月为最差期,氨氮质量浓度可达劣Ⅴ类水质标准,因此在 3 月组织开展的太浦河调水改善下游及黄浦江水质的试验更有实际操作意义。

调水试验从小潮汛开始至大潮汛再至小潮汛截止,时间为 3 月 22 日开始至 4 月 4 日结束。其中,太浦闸在试验前关闸 5 d,时间为 3 月 17~21 日;3 月 22~29 日,开启太浦闸供水;3 月 29 日~4 月 4 日,关闭太浦闸,开启太浦河泵站供水。

2.3 调度情况

根据工程运行方式,试验分 4 个时段:关闸期、闸供期、泵供期和正常调度期,具体如表 1 所示。

表 1 太浦闸泵工程运行方式

时 段	时 间	潮 次	太浦闸	太浦河泵站	太浦河两岸口门	浏河—斜塘—黄浦江上游沿线口门
关闸期	3 月 17~21 日		关闸	关闭	正常运行	正常运行
闸供期	3 月 22~29 日	1~15	开闸	关闭	正常运行	正常运行
泵供期	3 月 29 日~4 月 4 日	16~27	关闸	开启	关 闭	关 闭
正常调度期	4 月 4~7 日	28~32	开闸	关闭	正常运行	正常运行

3 试验成果分析

通过多年数据分析,黄浦江上游以有机污染为主,其中氨氮为主要影响因素,同时原水厂的取水水质也是以氨氮为主要控制因子,因此在水质分析中着重以氨氮为例分析水质的变化。

3.1 太浦河水量水质变化情况

试验期间,太浦闸共放水 2.6 亿 m³,练塘下泄水量为 2.4 亿 m³,约占太浦闸下泄水量的 92%。

太浦河练塘断面是太浦河入上海境内水量的控制断面,闸供期和正常调度期处在小潮汛,均出现全落潮,潮平均流量可以达到 210 m³/s;在大潮汛,采用开启泵站的方式,可使潮平均流量达到 170 m³/s。

试验期间,太浦河水质很好,沿程水质变化不大,基本属Ⅱ类。只有大运河口断面由于水质较差的大运河支流的水量输入,水质略差,属Ⅲ类,主要影响因素为高锰酸盐指数。练塘氨氮质量浓度在第 6 潮(3 月 24 日下午)达到最高值,水质属Ⅳ类,之后逐渐好转,第 13 潮(3 月 28 日)就开始稳定在Ⅱ类(见图 3,图中潮次 1~15 分别对应闸供期 3 月 22 日小潮、22 日大潮……28 日小潮、28 日大潮、29 日小潮,潮次 16~27 分别对应泵供期 3 月 30 大潮、30 日小潮……4 月 4 日大潮、4 日小潮,潮次 28~32 分别对应正常调度期 4 月 5 日大潮、5 日小潮、6 日大潮、7 日小潮、7 日大潮。图 4 同)。由图 3 分析,对太浦河练塘断面调度结束 3d,水质仍保持稳定,属Ⅱ类。泵供期和正常调度期均比关闸期和闸供期好 1 个水质类别。

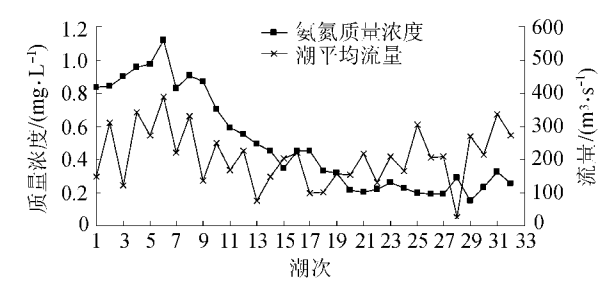


图 3 太浦河练塘站潮平均流量和氨氮质量浓度变化

3.2 黄浦江取水口水量水质变化情况

闸供期和正常调度期处在小潮汛,均出现全落潮,闸供期潮平均流量可以达到 450 m³/s,正常调度

期潮平均流量可以达到 670 m³/s,在大潮汛,采用开启泵站的方式,使潮平均流量可以达到 280 m³/s。

黄浦江松浦大桥断面水质改善效果明显,根据对 4 个工况时段的数据分析,泵供期氨氮质量浓度最低,比关闸期降低 32.4%,好转 2 个水质类别。

对氨氮的质量浓度变化进行分析,在第 6 潮(3 月 24 日)氨氮质量浓度最高,日均质量浓度高达 2.61 mg/L,之后随着水质逐渐好转,在第 25 潮(4 月 3 日)氨氮质量浓度最低,日均质量浓度为 1.21 mg/L,属Ⅳ类水质,试验结束后,水质又开始变差,从 4 月 9 日开始,水质为劣Ⅴ类。详见图 4。

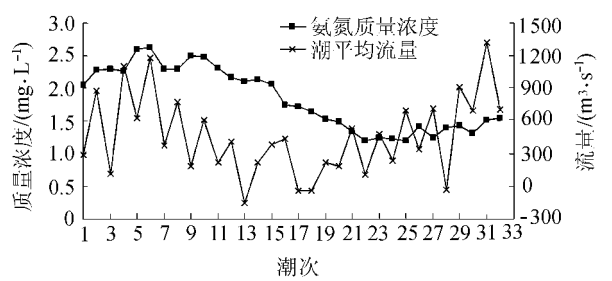


图 4 黄浦江取水口潮平均流量和氨氮质量浓度变化

究其原因,在太浦河下泄水量达 300 m³/s 时,试验前 2 天由于蓄积在河网的较差的上游水下泄至取水口,会使黄浦江取水口水质达到最差,之后经过 7d 太浦河优质水的大量下泄,即开闸调水 9d 后水质会明显改善,可以改善 2 个水质类别,达到Ⅳ类。在试验结束后,太浦闸恢复到正常调度的 50 m³/s 左右,太浦河优质来水水量减少,水质就开始变差,经过 5d 水质就恢复到劣Ⅴ类。

通过流量与水质分析,在太浦闸流量小于 100 m³/s 时,黄浦江取水口水质很差,属Ⅴ~劣Ⅴ类,当太浦闸流量大于 200 m³/s 且持续时间近 2 个星期时,水质会有明显改善^[6],可达Ⅳ类。

3.3 黄浦江上游支流水量比例及污染物贡献率分析

调水试验发现,上游其他支流对黄浦江取水口水质的影响也不容忽视。

试验期间黄浦江上游 3 大支流净泄水量合计 8.20 亿 m³,平均净泄流量 563 m³/s。斜塘、园泄泾、大泖港 3 条支流来水量比为 56:30:14,斜塘上游支流太浦河、拦路港的水量比例约为 61:39。太浦河和园泄泾水量最大,均约占 1/3。

3 大支流中园泄泾三角渡断面水质最好,氨氮

平均质量浓度为 1.19 mg/L ;其次为斜塘夏字圩断面 氨氮平均质量浓度为 1.48 mg/L ;最差为大浏港 浏港水文站 氨氮平均质量浓度为 2.06 mg/L。

斜塘上游太浦河练塘断面水质最好 ,氨氮平均质量浓度为 0.49 mg/L ;拦路港东方红大桥水质最差 ,氨氮平均质量浓度为 2.96 mg/L。

对 4 条河流进行通量计算 ,太浦河、拦路港、园泄泾和大浏港的氨氮通量比例为 10:46:25:19。

通过污染物的贡献率分析 ,拦路港的水量占 22% ,但污染物贡献率很大 ,占松浦大桥的 46% ,拦路港的水质情况成为现在黄浦江上游的一个主要问题。

4 结论与建议

4.1 太浦河闸泵调度对黄浦江上游水源地水量水质改善明显

通过试验分析 ,在太浦河泵闸开闸开泵调度使放水水量达到 200 m³/s 情况下 ,黄浦江水源地松浦大桥断面水量明显增加 ,试验期间平均净泄流量 439 m³/s ,尽管 2006 年 3 月降水量偏枯 ,只有 56 mm (多年平均值 92mm) ,但净泄流量在 3 月多年系列中处于较丰沛的位置 ,经经验频率分析在 22% 左右 ;本次试验正好处于黄浦江水源地水质很差的时段 ,松浦大桥取水口水质改善明显 ,氨氮质量浓度下降达 32.4%。

太浦河泵闸调度作为应急工程 ,在黄浦江松浦大桥取水口水质较差的情况下 ,采取调度措施 ,对改善取水口水质有明显的作用。尤其在水源地每年水质行将下降、恶化之前(如每年 11 月中下旬起水质逐渐下降 ,至 1~3 月为最差期)要加大调度力度 ,以达到缓解、改善下游水质的目的。

4.2 上游支流对水源地的贡献率发生变化

在 2002 年前 ,黄浦江上游 3 条支流中 ,以斜塘水质最好 ,其次为圆泄泾 ,大浏港最差 ,斜塘支流拦路港水质与太浦河相差很大。2002 年以后 ,黄浦江上游淀泖地区来水水质明显下降 ,拦路港水质逐渐变差 ,2004 年和 2005 年水质差于大浏港 ,成为最差的 1 条支流。

在试验期间 ,拦路港水质最差 ,并且来水水量的所占比例较大 ,拦路港净泄流量占斜塘流量的比例平均为 39.3% ,占黄浦江干流上游流量的比例为 22%。通过污染物的贡献率分析 ,拦路港的污染物贡献率很大 ,占松浦大桥污染物通量的 46% ,因此拦路港水质情况成为黄浦江上游水源地水质状况好坏的主要影响因素之一。在今后的工作中应重点研究该地区的工况、水情、污染源等方面的变化情况。

4.3 太浦河沿线应加强控制 ,尽快建成清水走廊

试验期间 ,园泄泾和大浏港在试验的闸供期水质就有明显好转 ,泵供期氨氮质量浓度分别降低 53.7%、45.3% ,分别好转 2 个水质类别和 1 个水质类别 ,这与太浦河南岸未完全控制水量分流进入红旗塘等河道有关。建议加强太浦河沿线水闸控制 ,尽快建成清水走廊 ,将更多更优质的水输送到下游水源地。

4.4 多渠道开发水源 ,重视黄浦江生态需水量

上海市 80% 的原水来源于黄浦江 ,黄浦江是上海城市发展的主要水源地 ,因此 ,其水质要重点保护。但近年来水源地水质持续变差 ,2004 年与 2005 年氨氮年平均质量浓度分别为 1.3 mg/L 和 1.2 mg/L ,远远超过水源地水功能区划标准 ,在 1~3 月水质会达到劣 V 类 ,为原水厂增加了处理难度和成本 ,建议将新开增水源转向水质较好的长江水 ,减少黄浦江水源的开发程度。

参考文献 :

[1] 刘春生 ,吴浩云 .引江济太调水试验的理论和实践探索 [J]. 水利水电技术 ,2003(1) :4-8.
[2] 汪松年 ,阮仁良 .上海市水资源普查报告 [M]. 上海 :上海科学技术出版社 ,2001 :11-30.
[3] 阮仁良 ,屠鹤鸣 ,蔡肖月 ,等 .太浦河开通对上海市水环境的影响分析 [J]. 环境科学研究 ,1999(5) :49-52.
[4] 何少苓 ,彭静 .论提高水域纳污与自净能力的水动力潜力 [J]. 中国水利 ,2003(1) :22-24.
[5] 梁斌 ,王超 ,王沛芳 .“引江济太”工程背景下河网稀释净污需水计算及其应用 [J]. 河海大学学报 :自然科学版 ,2004 ,33(1) :32-37.
[6] 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. (收稿日期 2007-11-15 编辑 熊水斌)

·简讯·

“第 3 届地下水科学与工程学术研讨会”将在宁举行
“第三届地下水科学与工程学术研讨会”将于 2009 年 10 月 30 日~11 月 1 日在南京举行。会议由中国水利学会地下水科学与工程专业委员会、中国水力发电工程学会地质及勘探专业委员会、江苏省水利学会主办 ,河海大学承办。会议的主题是“地下水与环境”。会议的议题有 :①人类活动与地下水 ,包括区域地下水开采与地面沉降、水利水电工程与地下水、城市建设与地下水、地下水污染预测与防治 ;②气候变化与地下水 ,包括气候变化对水资源影响、气候变化与干旱区地下水补给、地下水对气候变化的响应 ;③地下水探测新技术 ,包括同位素测试技术、水文地质参数获取技术及其他新技术新方法。

(编辑部供稿)