

文章编号: 1674-5566(2010)05-0679-06

## 泵闸建设对白莲泾河段水质的影响

江敏<sup>1,2</sup>, 黄央央<sup>1</sup>, 吴昊<sup>1</sup>, 张饮江<sup>1,2</sup>, 荣覃毅<sup>1</sup>, 张守坤<sup>1</sup>, 罗春芳<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 201306;

2. 上海市教委水域环境生态工程研究中心, 上海 201306)

**摘要:** 2007年4月—2009年4月对上海白莲泾河段水体环境质量进行了调查, 取黄浦江南码头上1个断面和白莲泾上的3个断面, 于每月大、小潮当日采集各断面水样, 获得了该河段的各项水质指标。2007年10月, 白莲泾河道断流, 泵闸工程实施。根据监测结果, 以DO、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Mn</sub>、TN和TP为指标参数, 利用标准类别指数评价法对建闸工程施工活动的环境影响进行评价, 结果发现: TN、TP是白莲泾河段的最主要污染指标, TN的权重系数均超过40%, 甚至50%, 均为劣V类; TP的权重系数均超过10%, 甚至30%, 其含量是地表水IV类标准的0.8~5.6倍。总体上, 白莲泾河段3个站点的水质劣于黄浦江站点, 而施工前水质优于施工后。施工前, 大潮期白莲泾河道IV类水比例为29%, 较小潮期(8%)高出21%。建闸施工后, 大小潮期间出现劣V类水的比例分别为87%和88%, 潮汐对白莲泾河段并无显著影响。

**关键词:** 标准类别指数; 白莲泾河段; 泵闸工程; 水质变化

**中图分类号:** X 131.2      **文献标识码:** A

## Effect of pump-gate way engineering on water quality of Bailianjing River

JIANG Min<sup>1,2</sup>, HUANG Yang-yang<sup>1</sup>, WU Hao<sup>1</sup>, ZHANG Yin-jiang<sup>1,2</sup>,  
RONG Tan-yi<sup>1</sup>, ZHANG Shou-kun<sup>1</sup>, LUO Chun-fang<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology Certified by the Ministry of Agriculture Shanghai Ocean University Shanghai 201306, China;

2. Research and Engineering Center on Aquatic Environment Ecosystem, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The investigation on water quality of Bailianjing reach in Shanghai was carried out from April 2007 to April 2009. One cross-section at South Ferry of Huangpu River and three cross-sections at Bailianjing River were chosen and the survey covered both the spring and neap tides throughout the years. The damming of pump-gateway engineering on Bailianjing River was started in October 2007. Five water quality parameters which were dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), permanganate index (COD<sub>Mn</sub>), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP), were used to calculate the standard category index of 4 cross-sections. The results showed that the most important pollutants were TN and TP. Weight coefficients of TN in excess of 40% or even 50%, were over V grade and didn't meet the corresponding water quality standard. Weight coefficients of TP were more than 10% or even 30%, and TP content was 0.8~5.6 times as high as National Grade IV. In general, water quality of three sites at Bailianjing River was inferior to that

收稿日期: 2009-12-24

基金项目: 国家科技部世博专项 (05ba908b23); 上海市科委重点项目 (05dz05823); 上海市教委重点学科建设项目 (J50701)

作者简介: 江敏 (1972-), 女, 博士, 教授, 主要从事水域环境保护方面的研究。E-mail: mjiang@shou.edu.cn

of Huangpu River but the pre-construction water quality was better than building sluiced. Before pump-gateway was constructed, the proportion of IV grade water in Bailianjing River during spring tide period was 29%, 21% above that during neap tide period (8%). After pump-gateway engineering started, the percentage of the water grade worse than V during spring and neap tide periods was 87% and 88%, showing that tides did not have any noticeable effect on Bailianjing River.

**Key words:** standard category index; Bailianjing River; pump-gateway engineering; the change of water quality

上海白莲泾是黄浦江的重要支流之一,是浦东地区的水运要道,西起黄浦江,向东流经白莲泾镇,经花木、张江后,与南汇区河流连接,全长 22.5 km,为潮汐性河流。白莲泾世博园区段从浦东南路桥至黄浦江汇合处,长约 2 000 m,其水质状况直接影响世博园区水环境生态与景观效应<sup>[1]</sup>。2007年 10月,白莲泾河道进行断流,实施泵闸工程项目,旨在满足防汛功能以及后期开发的前提下,对白莲泾进行截流,继而通过疏浚底泥、生态浮岛等技术逐步修复白莲泾水生态环境,使之与周边环境形成和谐共生的综合型滨水绿地景观。施工期间,白莲泾变为一个狭长的半封闭式河道,水位幅度变化减小,流速降低,各项水文要素及水质指标均产生相应变化。本课题组自 2007年 4月至 2009年 4月,对白莲泾泵闸

施工前及建设中的水质进行了全面监测,采用标准类别指数法对建闸工程施工活动的环境影响进行了评价<sup>[2]</sup>,以期对白莲泾水环境的改善和水资源合理利用提供帮助。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样站点与监测指标

调查于 2007年 4月至 2009年 4月间进行,每月大、小潮各采集 1次,每次在黄浦江南码头(该点作为参照点)及白莲泾上的 3个断面(图 1)采集水样,监测 pH、COD<sub>Mn</sub>、DO、悬浮物、透明度、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、TN、PO<sub>4</sub>-P、TP等水质指标。具体方法参照河流采样技术指导和地表水环境质量标准<sup>[3-4]</sup>。

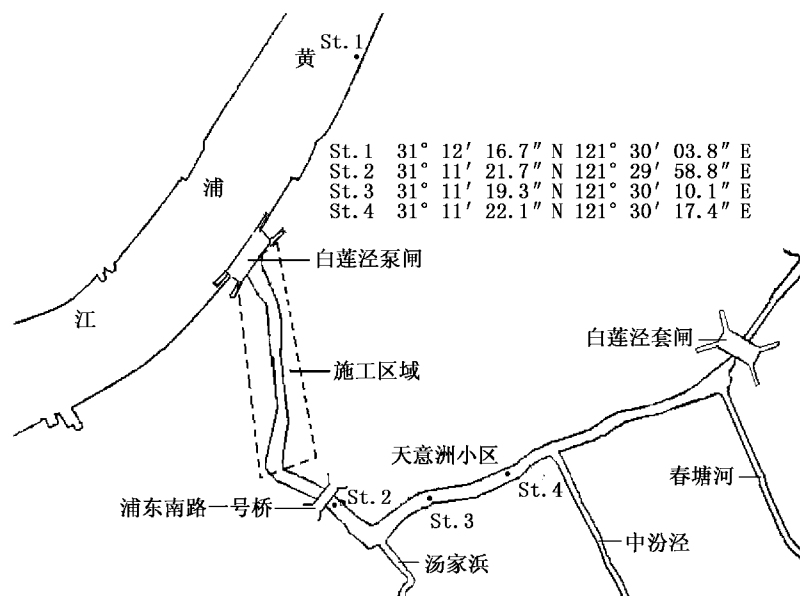


图 1 采样点分布图

Fig 1 Sampling stations in Bailianjing

### 1.2 标准类别指数评价法

以 DO、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Mn</sub>、总氮(TN)、总磷(TP)

作为评价项目,分别计算各指标的单项标准类别指数,最终获得水体的标准类别指数<sup>[5]</sup>,对白莲

径进行水质评价。

### 1.2.1 单项标准类别指数 $G_i$

$$G_i = G_{i(j-1)} + (C_i - C_{i(j-1)}) / (C_{ij} - C_{i(j-1)}) \quad (1)$$

式中:  $G_i$  为第  $i$  项类别指数, 其物理意义为该项污染物的单项污染指数或对应于《地表水环境质量标准》的水质类别数, 当第  $i$  项浓度达不到地表水 I 类评价标准值时, 该项的  $G_i$  值为 0, 当  $i$  项浓度值高于地表水 V 类评价标准值时, 该项的  $G_i$  值为 6;  $G_{i(j-1)}$  为第  $i$  项达到类别的上一级类别数 (如第  $i$  项达到 III 类, 则上一级类别数为 2);  $C_i$  为第  $i$  项实测浓度 (mg/L);  $G_{i(j-1)}$  为第  $i$  项上一类别标准值 (mg/L);  $C_{ij}$  为实测浓度达到某一标准类别的标准值 (mg/L);  $i$  为项目的序号,  $i=1 \sim m$  ( $m$  为污染物的项目数);  $j$  为标准等级序号 (1~6)。

### 1.2.2 污染物的污染分担率 $K_i$

$$P_i = C_i / C_{i0} \quad (2)$$

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

$$K_i = P_i / P \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $C_{i0}$  为与水体功能要求相对应的该污染物的评价标准值 (mg/L);  $P_i$  为某污染物的单项污染指数;  $P$  为综合污染指数 ( $n$  为相应水体监测污染物的项目数);  $K_i$  为某污染物的污染分担率 (%)。

### 1.2.3 污染物的权重系数 $W_i$

$$W_i = K_i / \sum_{i=1}^m K_i \quad (5)$$

式中:  $W_i$  为第项主要污染物的权重系数;  $m$  为对应于各主要污染物的项目数。

### 1.2.4 水体标准类别指数 $G$

$$G = \sum_{i=1}^m G_i W_i \quad (6)$$

式中:  $G$  为水体的类别指数;  $G_i$  为第  $i$  项污染物的单项标准类别指数。

### 1.2.5 地表水环境质量与污染程度分级

根据表 1 所示的划分依据, 对白莲泾水质进行质量分级。

表 1 地表水环境质量及水质类别划分表  
Tab. 1 Gradation on surface water quality

质量级别	对应水质类别	类别指数
纯净	I 类	$G \leq 1.0$
清洁	II 类	$1.0 < G \leq 2.0$
尚清洁	III 类	$2.0 < G \leq 3.0$
轻污染	IV 类	$3.0 < G \leq 4.0$
中度污染	V 类	$4.0 < G \leq 5.0$
重污染	劣 V 类	$5.0 < G \leq 6.0$

## 2 结果与讨论

### 2.1 各项水质指标的污染分担率变化

图 2 为试验期间 4 个断面各项指标污染分担率的变化。由图可知, TN、TP 为 4 个采样点最主要的污染物。比较图 2-a、b 与图 c~h 可知, 大潮时黄浦江站点 (St 1) TN 和 TP 污染分担率之和为 61%、小潮时为 59%, 而白莲泾河段 3 个断面大小潮时 TN 和 TP 污染分担率之和则均超过了 70%, 可见, 与黄浦江相比, 白莲泾河段中氮、磷污染更为显著。

本试验的 5 项监测指标中, TN 的权重系数均超过 40%, 甚至 50%, 其含量始终高出地表水 IV 类标准 60%~900%, 均为劣 V 类。试验期间, TP 的权重系数均超过 10%, 甚至 30%, 平均为 20% 左右, 仅次于氮污染, 其含量是地表水 IV 类标准的 0.8~5.6 倍。陈静生<sup>[6]</sup>指出, 氮污染是当前中国大部分河流的主要污染物, 也是长江水系最主要的污染物之一; 2008 年中国环境状况公报表明, 氨氮是长江水系最重要的污染物, 总氮、总磷是太湖流域最重要的污染物。白莲泾河水源自黄浦江, 继而可上溯至太湖, 属长江水系, 本试验结果进一步证实了前人的结论。德国研究者认为地面水中的磷 30% 来源于家庭洗涤剂, 30% 来源于生活污水及生活垃圾浸出物<sup>[7]</sup>, 氮的来源则更为广泛。试验期间, 当水位降低时, 可发现河道内有居民区生活污水及工业废水排污口, 污水的排入可直接导致该河段的氮、磷污染。

### 2.2 调查断面的标准类别指数变化

表 2、3 分别为大小潮时白莲泾断面的标准类别指数评价结果。在 134 个调查数据中, 达到 IV 类水功能区的仅有黄浦江站点 (St 1), 出现 4 次, 占 3%; 达到 V 类水功能区的有 36 次, 占 27%; 而劣 V 类水质则高达 94 次占 70%。白莲泾河段 (St 2、St 3、St 4) 建闸前达到 V 类水功能区有 8 次, 占 18%; 劣 V 类水质有 37 次占 82%。2007 年 10 月建闸施工开始后, 达到 V 类水质仅 7 次, 占 13%; 劣 V 类水质 48 次, 占 87%。总体上, 白莲泾河段 3 个站点的水质显著劣于黄浦江站点, 而施工前水质优于建闸后。

图 3 为建闸施工前后, 白莲泾河段 3 个站点不同水质级别出现的比率。大潮期调查数据显

示,建闸施工后,出现劣 V 类的比例高达 87%,较建闸前的 71%高出 16%;而小潮期调查结果则有所不同,劣 V 类比例较建闸前略有降低,由 92%降至 88%,但降幅并不显著。建闸前,大潮期白莲泾河段 IV 类水比例为 29%,较小潮期 (8%)高出 21%,可见,大潮期的大水量对水质改善具有明显效果,潮水对河段水体中的污染物有一定的

稀释作用,潮水运动加快了污染物的扩散过程,也加速了污染物的分解转化<sup>[8]</sup>。建闸施工后,白莲泾河段部分断流,使其成为了半封闭式水体,虽然依靠原有的套闸仍可对河段水流进行调控,但潮汐对白莲泾河段的影响降低,调查数据显示,施工后,大小潮期间出现劣 V 类水的比例分别为 87%和 88%,已无显著差异。

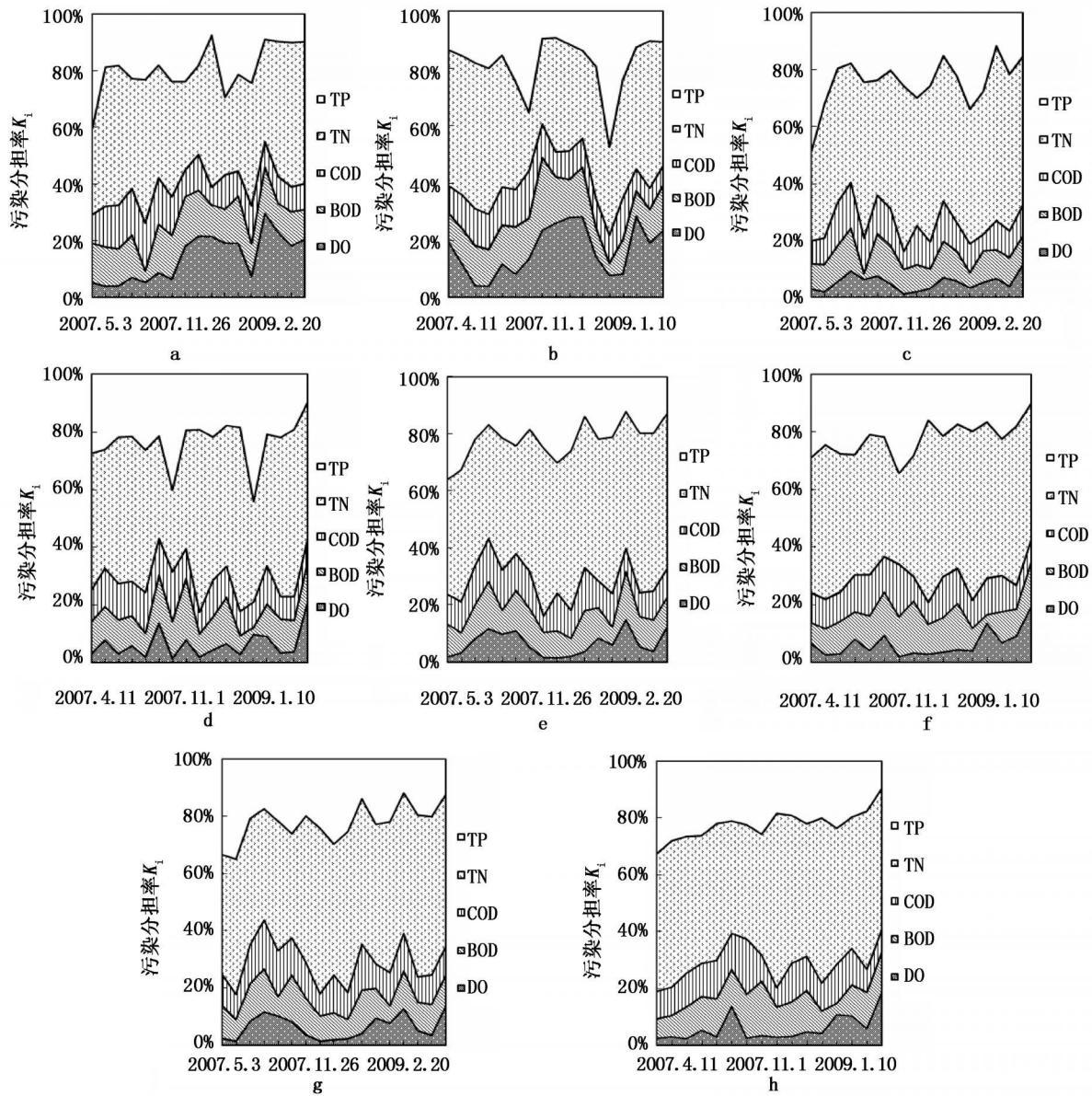


图 2 大小潮各水质指标污染分担率随时间变化规律

Fig 2 The change of  $K_i$  during spring and neap tide periods

a St 1 大潮; b St 1 小潮; c St 2 大潮; d St 2 小潮;  
e St 3 大潮; f St 3 小潮; g St 4 大潮; h St 4 小潮。

表 2 大潮时白莲泾断面标准类别指数评价结果

Tab. 2 Assessment results for Bailianjing using standard index criterion method during spring tide period

采样时间	St 1		St 2		St 3		St 4		
	G	类别	G	类别	G	类别	G	类别	
建闸施工前	07. 05. 03	5. 4	劣V	5. 6	劣V	5. 5	劣V	5. 5	劣V
	07. 06. 01	5. 1	劣V	5. 6	劣V	5. 7	劣V	5. 7	劣V
	07. 07. 03	5. 0	V	5. 0	V	5. 3	劣V	5. 3	劣V
	07. 08. 01	4. 9	V	4. 8	V	4. 8	V	4. 8	V
	07. 08. 30	4. 9	V	5. 1	劣V	4. 8	V	4. 8	V
	07. 09. 27	4. 9	V	5. 3	劣V	5. 3	劣V	5. 4	劣V
	07. 10. 27	5. 3	劣V	5. 1	劣V	5. 1	劣V	5. 1	劣V
建闸施工后	07. 11. 26	5. 0	V	5. 7	劣V	5. 7	劣V	5. 7	劣V
	07. 12. 26	4. 8	V	5. 8	劣V	5. 8	劣V	5. 7	劣V
	08. 01. 20	4. 4	V	5. 9	劣V	5. 9	劣V	5. 8	劣V
	08. 02. 23	4. 7	V	5. 4	劣V	5. 3	劣V	5. 3	劣V
	08. 03. 23	5. 0	V	5. 7	劣V	5. 0	V	5. 5	劣V
	08. 07. 09	5. 3	劣V	5. 7	劣V	5. 7	劣V	5. 6	劣V
	08. 12. 24	3. 5	IV	5. 6	劣V	5. 0	V	5. 2	劣V
	09. 02. 20	4. 4	V	5. 4	劣V	5. 6	劣V	5. 7	劣V
	09. 03. 23	4. 8	V	5. 7	劣V	5. 6	劣V	5. 6	劣V
	09. 04. 18	4. 6	V	5. 3	劣V	5. 0	V	5. 0	V

表 3 小潮时白莲泾断面标准类别指数评价结果

Tab. 3 Assessment results for Bailianjing using standard index criterion method during neap tide period

采样时间	St 1		St 2		St 3		St 4		
	G	类别	G	类别	G	类别	G	类别	
建闸施工前	07. 04. 11	4. 7	V	5. 6	劣V	5. 5	劣V	5. 6	劣V
	07. 05. 11	4. 8	V	5. 4	劣V	5. 6	劣V	5. 6	劣V
	07. 06. 10	5. 1	劣V	5. 5	劣V	5. 5	劣V	5. 5	劣V
	07. 07. 12	5. 1	劣V	5. 4	劣V	5. 5	劣V	5. 4	劣V
	07. 08. 11	4. 8	V	5. 6	劣V	5. 4	劣V	5. 5	劣V
	07. 09. 08	5. 3	劣V	4. 8	V	5. 4	劣V	5. 2	劣V
	07. 10. 05	4. 6	V	5. 4	劣V	5. 3	劣V	4. 9	V
建闸施工后	07. 11. 01	4. 4	V	5. 1	劣V	5. 5	劣V	5. 5	劣V
	07. 12. 04	4. 2	V	5. 8	劣V	5. 7	劣V	5. 7	劣V
	08. 01. 05	4. 0	IV	5. 6	劣V	5. 6	劣V	5. 6	劣V
	08. 03. 01	4. 0	IV	5. 6	劣V	5. 5	劣V	5. 6	劣V
	08. 06. 28	5. 2	劣V	5. 7	劣V	5. 6	劣V	5. 6	劣V
	08. 07. 26	5. 5	劣V	5. 5	劣V	5. 3	劣V	5. 4	劣V
	08. 08. 24	4. 9	V	5. 4	劣V	5. 5	劣V	5. 4	劣V
	09. 01. 10	3. 7	IV	5. 7	劣V	5. 5	劣V	5. 6	劣V
	09. 03. 15	4. 7	V	5. 6	劣V	—	—	—	—
	09. 04. 11	4. 3	V	4. 5	V	4. 7	V	4. 7	V

注：“—”为 2009年 3月 15日 St 3和 St 4小潮退潮严重,无法采集水样进行测定。

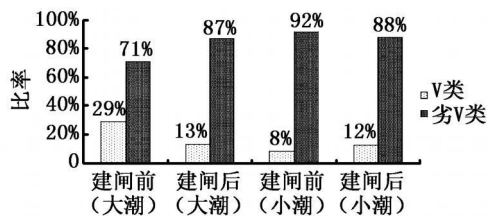


图 3 白莲泾河段不同水质级别出现的比率  
Fig. 3 Ratio of different water quality gradation in Bailianjing River

### 2.3 水利工程建设对水质的影响

水利工程建设过程会对水质产生一定的影响<sup>[9-11]</sup>。工程在坝基及截流工程施工过程中均需向水中投放大量的砂石料,石料的投放会引起水中悬浮物浓度的增加,混凝土浇筑所需的砂石料清洗、隧洞排水等都会产生一定量的生产废水,若直接排入河流中,会使河水浑浊度加大、悬浮物含量增加。同时,部分施工机械在施工和维

修过程中,还将产生少量的含油废水,在遇大雨对地表形成冲刷时,地面的残油会随地表径流入河中,对河流水质产生一定影响,使河水中的油类等有机污染物浓度增高<sup>[12]</sup>。当泵闸工程实施时,施工队伍进驻施工区,短期内会导致河段两岸人口密度的增大,其生活生产污水的排放使河段局部纳污量增加。工程建闸设泵,市区内河与包围圈外的水体交换将因关闸而被隔断,导致包围圈内的河道发生滞流现象,而白莲泾河段水体自身并不具有较强的稀释自净能力,因此,这类排污对河段水质亦有较大影响。

泵闸工程的实施最终目的是调控各类水体水量的时空分布<sup>[13]</sup>,而工程完成后,水文条件的改变和科学合理的调度,亦有利于提高河段对水体污染物的稀释扩散能力,对改善水质有着积极的作用。但在施工过程中,也确实存在短期水质变差的情况<sup>[14]</sup>。本研究主要关注于建闸工程施工前后白莲泾河段水质的变化,而要充分认识泵闸工程建成后对该河段的长期影响,需进一步跟踪研究。

### 3 结论

黄浦江断面 (St 1)及白莲泾河道 3个断面 (St 2, St 3和 St 4)最主要的污染物为 TN、TP。TN的权重系数均超过 40%,甚至 50%,均为劣 V类;TP的权重系数平均为 20%左右,仅次于氮污染。大潮时黄浦江站点 (St 1)TN和 TP污染分担率之和 (61%)略大于小潮时 (59%),而白莲泾 3个断面大小潮时 TN和 TP污染分担率之和均超过 70%,较黄浦江氮、磷污染更为严重。

建闸前,白莲泾河段各断面在 8-9月水质最好,除 TN外,各水质指标总体处于 IV类标准边缘。2007年 10月泵闸施工后,大潮期白莲泾河段 3个站点出现劣 V类的比例高达 87%,较建闸前高出 16%;而小潮期劣 V类出现比例较建闸前略有降低,但降幅并不明显。建闸前,大潮期白莲泾河段 IV类水比例较小潮期 (8%)高出

21%,而施工后,由于白莲泾河段断流,潮汐对该河段的影响被消除,所以大小潮间水质差异不大。

水利工程建设对水质有一定的影响,施工过程中产生的各类生产生活废水,会造成河水中有有机物、营养元素含量的增加;而截流的实施又使白莲泾河段水体自净能力减弱,从而导致施工期间该河段水质变差。而施工结束后,仍需密切关注水质的变化,只有科学合理的调度,才能使泵闸工程真正发挥其调节水量、改善水质的作用。

### 参考文献:

- [1] 杜佳沐,张饮江,罗坤,等.人工浮动绿岛对上海白莲泾水体氮、磷去除效果的研究[J].渔业现代化,2008,(1):23-27.
- [2] 潘术香,李莲芳,张宝莉,等.利用标准类别指数评价法评价北京主要水系河流水质[J].农业环境科学学报,2004,23(3):560-564.
- [3] 国家环境保护总局. HJ/T 52-1999水质河流采样技术指导[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [4] 国家环境保护总局国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002,地表水环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [5] 范瑜,师培.标准类别指数法在地表水环境质量评价中的应用[J].江苏环境科技,2001,14(3):20-22.
- [6] 陈静生.河流水质原理及中国河流水质[M].北京:科学出版社,2006:101-105,195-199.
- [7] 张忠祥,钱易.城市可持续发展与水污染防治对策[M].北京:中国建筑工业出版社,1998:34-44.
- [8] 李振国,葛绪广,王国祥,等.潮汐对水质影响的时空相关性分析[J].中国给水排水,2006,22(11):52-59.
- [9] 聂红峡.水利水电工程施工现场环境保护初探[J].湖北水利水电职业技术学院学报,2008,4(1):22-25.
- [10] 何强.环境学导论[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [11] 叶朝霞,陆建明,朱海.嘉兴市城市防洪工程对市区河道水质影响及对策[J].浙江水利科技,2001,(3):24-26.
- [12] 刘淑杰,刘忠熈,李恩良.供水水库施工期及运行期水质保护措施探讨[J].黑龙江水利科技,2002,(3):142.
- [13] 程绪水,贾利,沈哲松.水利工程调度对改善淮河水质的影响分析[J].水系污染与保护,2004,(1):38-41.
- [14] 刘生宝.镇扬河段三期综合整治工程对河段水质的影响分析[J].中国水运,2006,(7):23-25.