

文章编号: 1004 - 7271(2008)06 - 0707 - 07

上海白莲泾河段水质时空分布变化特征

黄央央¹, 江敏^{1,2}, 张饮江^{1,2}, 顾卿赞¹, 吴荣科¹, 吴昊¹, 罗春芳¹

(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. 水域环境生态上海高校工程研究中心, 上海 201306)

摘要: 2007年4月-2008年4月对上海白莲泾河段水体环境质量进行了调查, 取白莲泾上的6个断面, 每月大、小潮当日采集各断面水样, 获得了该河段水质指标的变化状况。根据监测结果, 以DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TN和TP为指标参数, 利用单因子和综合水质标识指数(WQI)对白莲泾河段水质进行评价, 结果发现, 空间分布上, 位于居民生活区的2个断面DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TN和TP 5项指标均为最差; 时间分布上, 枯水期水质较丰水期差, 2007年8月、9月白莲泾水质达到最好; 小潮期间水质较大潮期间差, 且均有90%以上的断面超过IV类水标准。主要污染指标排序依次为TN、NH₃-N和TP。

关键词: 水质标识指数; 水质; 白莲泾河段

中图分类号: S 912 **文献标识码:** A

Spatial distribution characteristics of water quality in Bailianjing Reach of Shanghai

HUANG Yang-yang¹, JIANG Min^{1,2}, ZHANG Yin-jiang^{1,2}, GU Qing-yun¹,
WU Rong-ke¹, WU Hao¹, LUO Chun-fang¹

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology Certificated 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 2008. Six cross sections were chosen and the survey covered both the spring and neap tides throughout the year. Five water quality parameters which were dissolved oxygen (DO), permanganate index (COD_{Mn}), ammonia nitrogen (NH₃-N), total nitrogen (TN) and total phosphate (TP), were used to calculate the single factor water quality identification index and the comprehensive water quality identification index (WQI) of 6 cross sections. As to the spatial distribution, water quality became worse when the river flowed into the residential areas. As to the time distribution, the water quality was worse in low water period than high water period and also worse during neap tide period than spring tide period. More than 90% of Bailianjing reaches exceeded standard IV according to the Environmental Quality Standard for Surface Water. The main pollutants were TN, NH₃-N and TP. The water quality showed the best in August and September during the investigation period.

收稿日期: 2008-04-17

基金项目: 国家科技部项目(05ba908b23); 上海市科委重点项目(05dz05823); 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 黄央央(1985-), 女, 福建龙岩人, 硕士研究生, 专业方向为环境科学。E-mail: yyhuangm@stmail.shou.edu.cn

通讯作者: 江敏, E-mail: mjjiang@shou.edu.cn

Key words: water quality identification index; water quality; Bailianjing Reach

随着工业的不断发展,中国水污染正不断加剧,上海已被联合国列为水质型缺水城市之一。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,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域的水环境生态与景观效应^[1]。

本文在为期 1 年的调查基础上,采用标识指数法对白莲泾河段水质进行综合评价,评价结果可较全面地反映该河段水质的时空分布变化特征,从而为白莲泾世博园区段的合理利用与保护提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 采样站点与监测指标

调查于 2007 年 4 月至 2008 年 4 月间进行,取白莲泾上的 6 个断面(图 1),每月大、小潮当日,分高、低潮采集各断面水样,监测 pH、COD_{Mn}、DO、悬浮物、透明度、NH₃-N、NO₂-N、NO₃-N、TN、PO₄-P、TP 和八大主要离子等水质指标。具体方法参照河流采样技术指导(HJ/T 52 - 1999)^[2]和地表水环境质量标准(GB 3838 - 2002)^[3]。

1.2 水质标识指数法

1.2.1 单因子水质标识指数法(P_i)

单因子水质标识指数法^[4]由一位整数、一个小数点、小数点后两位有效数字组成。其形式为

$$P_i = X_1 \cdot X_2 X_3$$

式中: X_1 、 X_2 ——代表第 i 个水质指标的水质类别,其中 X_2 代表监测数据在 X_1 类水标准下限值与 X_1 类水标准上限值变化区间中所处的位置。按照四舍五入的原则计算确定;

X_3 ——代表水质类别与功能区划设定类别比较结果。

X_1 、 X_2 确定

(1) 当水质介于 I 类水和 V 类水之间时:

a. 对一般指标(除溶解氧、pH、水温等外)

$$X_1 \cdot X_2 = a + \frac{C_i - C_{\text{标下}}}{C_{\text{标上}} - C_{\text{标下}}} \quad (1)$$

b. 对溶解氧

$$X_1 \cdot X_2 = a + 1 - \frac{C_i - C_{\text{标下}}}{C_{\text{标上}} - C_{\text{标下}}} \quad (2)$$

式中: C_i ——第 i 项指标的实测浓度;

$C_{\text{标上}}$ ——第 i 项指标在 a 类水质标准区间的上限值;

$C_{\text{标下}}$ ——第 i 项指标在 a 类水质标准的下限值;

$a = 1, 2, 3, 4, 5$ 根据监测数据与国家标准比较确定;

当水质劣于或等于 V 类水时 $a = 6$ 。

(2) 当水质劣于或等于 V 类水时:

a. 对一般指标(除溶解氧、pH、水温等外)

$$X_1 \cdot X_2 = 6 + \frac{C_i - C_{\text{V类标上}}}{C_{\text{V类标上}}} \quad (3)$$

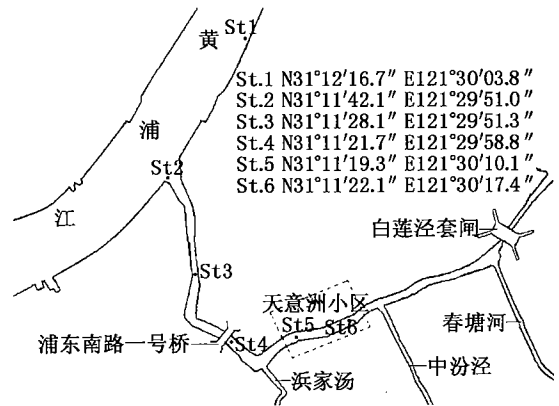


图 1 采样点分布图

Fig. 1 Sampling stations in Bailianjing

式中: $C_{v\text{类标上}}$ ——第 i 项指标 V 类水标准上限值。

b. 对溶解氧:

$$X_1 \cdot X_2 = 6 + \frac{C_{v\text{类标下}} - C_i}{C_{v\text{类标下}}} \quad (4)$$

确定

$$X_3 = X_1 - f_1 \quad (5)$$

式中: f_1 ——水环境功能类别

说明:当 $X_3 > 9$ 时取最大值 9。

1.2.2 综合水质标识指数 WQI^[5]

综合水质标识指数是由单因子水质标识指数总和的平均值(P_i/n)与代表水质类别与功能区划定类别比较结果(X_3)、参加整体水质评价的指标中劣于功能区标准的水质指标个数(X_4)组成,其公式为:

$$WQI = (\sum P_i/n) X_3 X_4 \quad (6)$$

式中:(P_i/n)——单因子水质标识指数总和的平均值;

n ——参加水质评价因子个数;

X_3 ——代表水质类别与功能区划定类别比较结果;

X_4 ——参加整体水质评价的指标中,劣于功能区标准的水质指标个数,通过参评的水质指标个数,通过参评的单因子标识指数中不为 0 的个数来确定。

2 结果与讨论

2.1 水质标识指数值

白莲泾是世博园区水资源不可或缺的重要部分,其水质功能区划为 IV 类。结合国标给出的限制项目以及白莲泾的实际特点,在本文中用于水质标识指数计算的参数仅取 DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TN 和 TP 5 项。根据 2007 年 4 月至 2008 年 4 月的监测数据,对白莲泾大潮日和小潮日各水质指标单因子和综合水质标识指数进行计算,结果见表 1、表 2。

2.2 综合水质标识指数的时空分布特征

2007 年 4 月至 2008 年 4 月各断面在小潮期间的综合水质标识指数(WQI)随时间变化规律见图 2。由图 2 可知,小潮期间,白莲泾河段 6 个断面 WQI 变化大致上相同,在 8 月初和 12 月初达到一个高峰值;在 9 月初和 11 月初达到一个低峰值。6 个断面的水质总体上为 V 类水甚至劣 V 类水。相关研究报告,在 1994 年之前,上海市 80% 左右的工业和生活污水排入黄浦江及其支流,再经黄浦江排入长江^[6]。自 St. 4 起,白莲泾进入浦东居民生活区段,很明显,周边所排放的工业废水与生活污水也对白莲泾水质造成了很大程度的污染。

2007 年 4 月至 2008 年 4 月各断面在大潮期间的综合水质标识指数(WQI)随时间变化规律见图 3。由图 3 可知,大潮期间白莲泾河段 6 个断面 WQI 变化大致上相同,在 6 月初和次年 1 月底达到一个高峰值;在 8 月底和次年 2 月底达到一个低峰值。

从图 2、3 可见,2007 年 8 月至 9 月,无论是大潮还是小潮,白莲泾各断面 WQI 均达到一个最低值,即水质最好。上海市浦东新区水文水资源管理署提供的数据表明,2007 年 6 月至 10 月,白莲泾月降雨量均突破 100 mm,8 月降雨量达到全年最大值(253.50 mm),8 月和 9 月的平均潮位亦为全年最高值。由此可见,降雨量和潮汐对河段水质有一定的影响。但林莉峰等认为上海城区的雨天径流容易造成市区河道缺氧黑臭^[7],这与本文的研究结果不符。原因可能是两者采样时间和地点等的不同,林莉峰等采纳的是 2003~2005 年 19 个用地性质、污染程度不同的独立的采样点所测得的数据。

在 1 年的调查时间内,白莲泾水质丰水期(5 月至 10 月)总体稍好于枯水期(10 月至次年 4 月)。

郑晓红^[8]的研究也发现,近年来黄浦江松浦大桥水源地水质污染指数的变化规律为:枯水期 > 丰水期。周玉琴在研究海域正规半日潮时发现,丰水期由于光合作用强,浮游植物数量达全年最大,它们吸收了水体中的氮和磷,水体中无机氮、无机磷含量下降。枯水期浮游植物大量死亡,由于生物尸骸的氧化分解,氮、磷重新释放返回水体中,加上冬季水体上下层对流混合强烈,水体底部的氮、磷补充到表层,此时生物新陈代谢释放出的氮、磷对河段营养状况的贡献有可能大于陆源污染的排放^[9]。

表1 大潮期间白莲泾河段单因子及综合标识指数

Tab.1 Single factor and comprehensive water quality indexes of Bailianjing during spring tide period

采样日期	St. 1						St. 4					
	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI
2007-05-03	6.52	4.20	6.52	6.62	7.03	6.224	6.62	4.50	7.73	7.43	8.74	7.034
2007-06-01	6.62	4.90	4.10	7.43	5.71	5.813	6.72	5.01	7.13	8.84	7.63	7.135
2007-07-03	6.62	4.80	6.32	7.23	5.21	6.024	6.42	4.70	6.32	7.03	5.31	6.024
2007-08-01	6.42	4.70	5.61	6.62	5.71	5.814	6.32	4.60	6.22	6.62	4.80	5.713
2007-08-30	6.62	4.50	2.20	6.82	5.31	5.113	6.62	3.90	3.30	6.92	5.41	5.214
2007-09-27	6.32	4.80	5.01	6.62	5.01	5.614	6.32	4.50	6.02	6.82	6.12	6.024
2007-10-27	6.52	4.40	3.60	6.62	6.02	5.413	6.62	4.50	5.91	7.13	5.71	6.024
2007-11-26	4.60	4.20	5.41	6.72	6.32	5.513	6.82	4.70	10.26	11.17	7.73	8.144
2007-12-26	4.00	4.90	6.72	6.82	6.02	5.713	6.62	6.22	11.97	9.35	7.93	8.445
2008-V01-20	2.30	4.20	9.15	9.35	4.40	5.912	5.41	6.22	11.37	12.58	8.54	8.845
2008-02-23	2.50	5.21	6.12	6.92	7.03	5.614	0.80	5.51	7.93	8.44	6.02	5.714
2008-03-23	4.30	4.20	6.32	6.72	6.32	5.613	6.02	5.51	9.45	8.84	6.92	7.335

采样日期	St. 2						St. 3					
	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI
2007-05-03	6.22	4.10	6.42	6.42	8.74	6.424	6.62	4.50	7.63	7.23	7.03	6.624
2007-06-01	6.52	4.90	3.90	7.33	5.81	5.713	6.72	5.11	6.82	8.34	7.23	6.825
2007-07-03	6.72	5.01	6.32	7.13	6.02	6.225	6.62	4.60	6.32	7.03	6.12	6.124
2007-08-01	6.62	4.60	5.71	6.92	5.61	5.914	6.62	5.11	6.42	6.82	4.90	6.024
2007-08-30	6.62	4.80	2.30	6.82	5.81	5.313	6.62	4.70	3.10	7.03	5.41	5.413
2007-09-27	5.61	4.80	6.42	7.43	6.42	6.124	6.32	4.60	5.51	7.03	5.71	5.814
2007-10-27	6.32	4.20	4.30	7.03	4.80	5.312	6.52	4.30	5.41	7.13	5.11	5.714

采样日期	St. 5						St. 6					
	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI
2007-05-03	6.82	4.60	8.24	7.53	7.33	6.924	6.72	4.70	8.74	7.63	7.13	7.034
2007-06-01	6.42	5.81	7.53	9.55	8.14	7.535	6.82	5.11	7.93	9.35	8.24	7.535
2007-07-03	6.22	4.60	6.22	7.03	6.02	6.024	6.32	4.50	6.22	7.03	5.71	6.024
2007-08-01	6.12	4.50	6.12	6.62	4.60	5.613	6.12	4.70	6.22	6.52	4.80	5.713
2007-08-30	6.22	4.30	3.00	6.82	5.41	5.213	6.32	4.40	3.00	6.62	5.11	5.113
2007-09-27	6.02	4.40	4.80	6.72	6.12	5.613	6.22	4.60	5.31	6.82	6.32	5.914
2007-10-27	6.52	4.60	6.42	7.33	5.61	6.124	6.72	4.50	6.52	7.33	5.91	6.224
2007-11-26	6.72	4.50	9.75	11.27	7.63	8.044	6.72	5.11	9.95	11.03	7.53	8.145
2007-12-26	6.72	6.12	11.47	9.45	7.93	8.345	6.62	6.12	11.97	9.55	7.93	8.445
2008-01-20	6.42	6.22	11.77	12.98	8.74	9.255	6.22	6.22	11.87	12.88	8.54	9.155
2008-02-23	0.20	5.41	7.83	8.24	5.41	5.414	0.20	5.51	7.73	8.04	5.31	5.414
2008-03-23	5.01	5.11	9.35	8.94	7.03	7.135	4.70	5.21	9.35	9.05	7.23	7.134

注:St.2 和 St.3 自 2007 年 10 月 27 起由于上海世博会白莲泾泵闸工程项目施工等原因未能继续取样。

表2 小潮期间白莲泾单因子及综合标识指数
 Tab.2 Single factor and comprehensive water quality indexes of Bailianjing during neap tide period

采样日期	St. 1						St. 4					
	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI
2007-04-11	4.20	4.50	6.32	7.83	5.31	5.613	6.62	5.21	7.73	8.64	7.13	7.135
2007-05-11	5.81	4.30	6.12	7.23	4.60	5.613	6.32	4.70	7.53	7.03	6.32	6.424
2007-06-10	6.62	4.60	3.50	7.53	5.61	5.613	6.72	4.90	6.12	7.83	6.22	6.424
2007-07-12	6.62	4.40	5.01	7.43	5.71	5.814	6.42	4.50	6.12	7.63	6.12	6.224
2007-08-11	5.91	4.50	4.50	7.13	4.80	5.412	6.82	5.51	7.73	8.34	6.72	7.035
2007-09-08	6.32	4.30	3.40	6.52	6.02	5.313	5.71	4.30	6.42	6.52	5.61	5.714
2007-10-05	6.12	4.30	3.20	4.70	6.22	4.902	6.92	5.21	7.23	6.32	6.92	6.525
2007-11-01	4.70	4.00	3.60	6.12	3.50	4.401	6.32	4.10	6.72	6.82	5.71	5.914
2007-12-04	3.30	4.10	5.01	7.23	4.10	4.702	6.52	5.61	11.17	13.29	7.53	8.845
2008-01-05	2.60	4.40	6.12	7.23	4.70	5.013	6.32	5.71	9.45	9.05	6.72	7.535
2008-03-01	2.30	4.60	6.22	6.92	5.41	5.113	6.12	4.90	9.55	8.24	6.22	7.034

采样日期	St. 2						St. 3					
	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI
2007-04-11	4.90	4.50	6.32	7.63	5.61	5.813	4.90	5.11	7.53	8.54	6.92	6.624
2007-05-11	5.61	4.40	6.10	6.82	4.90	5.612	6.32	5.01	7.53	7.63	6.32	6.625
2007-06-10	6.62	4.40	3.50	7.53	5.31	5.513	6.62	5.00	6.12	7.93	6.42	6.424
2007-07-12	6.62	4.30	5.11	6.82	5.31	5.614	6.12	4.50	6.32	7.03	6.02	6.024
2007-08-11	6.22	4.70	5.61	6.82	4.90	5.713	6.62	5.61	7.63	8.04	6.52	6.925
2007-09-08	6.12	4.30	4.10	6.62	6.02	5.413	6.12	4.30	5.81	6.82	5.81	5.814
2007-10-05	6.32	4.40	5.21	4.90	5.81	5.314	6.62	4.50	6.82	6.42	6.62	6.224
2007-11-01	6.12	3.40	5.31	7.43	4.00	5.313	6.62	3.60	6.52	6.52	5.31	5.714

采样日期	St. 5						St. 6					
	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TN	TP	WQI
2007-04-11	6.02	5.11	8.14	8.64	7.33	7.035	6.62	5.21	8.54	9.25	7.83	7.535
2007-05-11	6.62	4.90	8.34	8.84	6.82	7.134	6.52	5.11	8.84	9.05	7.23	7.435
2007-06-10	6.62	4.50	6.52	7.93	6.72	6.524	6.72	5.01	6.72	8.04	6.72	6.625
2007-07-12	6.12	4.90	6.82	7.33	6.62	6.424	6.42	4.60	6.92	7.53	6.42	6.424
2007-08-11	6.62	4.80	7.33	7.43	6.02	6.424	6.72	5.01	7.63	7.73	6.22	6.725
2007-09-08	6.12	4.40	6.22	7.03	6.02	6.024	5.21	4.70	6.32	7.03	6.12	5.914
2007-10-05	6.82	5.21	6.92	6.52	6.92	6.525	6.82	5.11	7.03	6.62	5.61	6.225
2007-11-01	6.62	4.00	7.53	7.13	6.52	6.424	6.62	4.20	7.33	7.23	6.42	6.424
2007-12-04	6.42	5.01	9.25	11.37	6.62	7.735	6.42	4.70	8.94	11.03	6.82	7.634
2008-01-05	6.52	5.81	9.35	8.64	6.62	7.435	6.52	5.71	9.35	8.94	6.42	7.445
2008-03-01	6.42	5.11	9.15	8.34	6.10	7.035	6.32	5.41	9.35	8.54	6.62	7.235

注:St. 2 和 St. 3 自 2007 年 10 月 27 起由于上海世博会白莲泾泵闸工程项目施工等原因未能继续取样。

2.3 主要污染指标分析

将 1 年内各采样断面 5 项水质指标的单因子水质标识指数取年平均值,结果见图 4。由图 4 可知,造成白莲泾世博园区河段水质污染的主要指标依次为 TN、NH₃-N、TP。结合表 1 的 WQI 值可以看出,主要的不达标指标也是以 TN、NH₃-N 为主。邱训平等^[6]研究长江河口水环境现状发现,COD_{Mn}、NH₃-N 和 TP 汛期和非汛期超标严重,大部分因子超标率都在 50% 以上,有机污染相当严重。本研究结果与其大致相符。

2.4 调查断面的综合水质级别

有研究报道,长江河口由于受潮流的影响,进入水体的污染物随潮上下回荡,反映在同一地点涨落潮时水质明显存在差异^[6]。吴新华等人的研究也表明,在不同潮汐条件下,潮流变化对黄浦江水环境

质量产生一定的影响^[10]。白莲泾水环境质量随不同潮汐潮流变化的具体情况还需日后进一步深入研究。

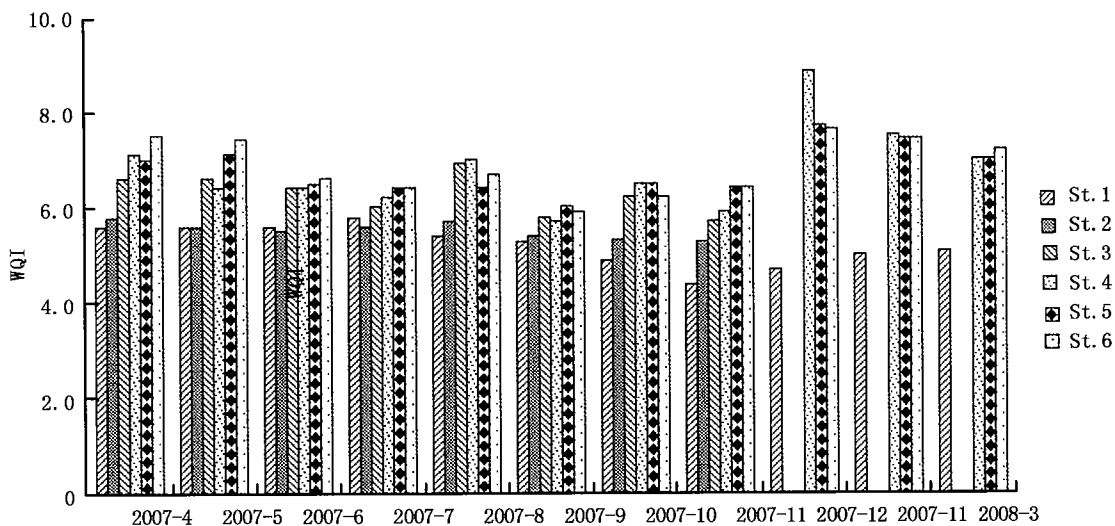


图2 小潮期间白莲泾 WQI 随时间变化规律
Fig. 2 The change of WQI of Bailianjing in neap tides

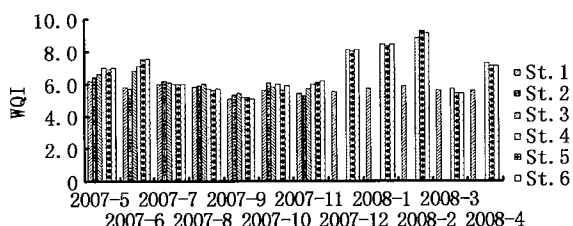


图3 大潮期间白莲泾 WQI 随时间变化规律
Fig. 3 The change of WQI of Bailianjing during spring tide period

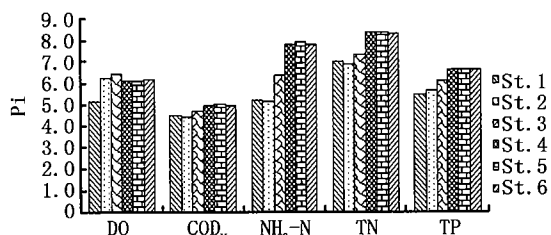


图4 5项指标的单因子水质标识指数的比较(2007-04-2008-04年平均值)
Fig. 4 Comparison of five water quality items based on the single factor water quality identification index (average of 2007-04-2008-04)

参照综合水质标识指数的分级依据^[5],大小潮期间调查断面的水质级别见表3、4。大潮期间,IV、V和劣V类的断面分别占2%、55%和44%;小潮期间,IV、V和劣V类的断面分别占7%、37%和57%,水质明显劣于大潮期。大、小潮期间,均有90%以上的断面超过IV类水标准。

表3 大潮期间白莲泾断面综合水质级别
Tab. 3 Comprehensive water quality classification of Bailianjing during spring tide period

时间	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
2007-05-03	IV	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-06-01	V	V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-07-03	V	劣V	劣V	V	V	劣V
2007-08-01	V	V	V	V	V	V
2007-08-30	V	V	V	V	V	V
2007-09-27	V	劣V	V	V	V	V
2007-10-27	V	V	V	劣V	劣V	V
2007-11-26	V	-	-	劣V	劣V	劣V
2007-12-26	V	-	-	劣V	V	劣V
2008-01-20	V	-	-	劣V	劣V	劣V
2008-02-23	V	-	-	V	V	V
2008-03-23	V	-	-	劣V	劣V	劣V

注:“-”因上海世博会白莲泾泵闸工程项目施工未能取样。

表 4 小潮期间白莲泾断面综合水质级别(2007-04-2008-04)

Tab. 4 Comprehensive water quality classification of Bailianjing during neap tide period

时间	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
2007-04-11	V	V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-05-11	V	V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-06-10	V	V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-07-12	V	V	V	劣V	劣V	劣V
2007-08-11	V	V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-09-08	V	V	V	V	V	V
2007-10-05	IV	V	劣V	劣V	劣V	劣V
2007-11-01	IV	V	V	劣V	劣V	V
2007-12-04	IV	-	-	劣V	劣V	劣V
2008-01-05	IV	-	-	劣V	劣V	劣V
2008-03-01	V	-	-	劣V	劣V	劣V

注:“-”因上海世博会白莲泾泵闸工程项目施工未能取样。

3 结论

利用综合水质标识指数可以以一组主要水质指标综合评价河流的综合水质,结合国家标准评价综合水质类别,并在同一类别进行比较,进行综合水质的定性评价和定量评价。白莲泾水质呈现明显的时空分布特征:在 1 年的调查中,当河流进入浦东居民区段后,水质明显变化,表明河流周边所排放的工业废水与生活污水对白莲泾水质造成了很大程度的污染。丰水期水质稍好于枯水期。白莲泾主要的污染指标依次为 TN、NH₃-N、TP。

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] 国家环境保护总局. HJ/T 91-2002,地表水和污水监测技术规范[S]. 2002.
- [3] 国家环境保护总局. GB3838-2002,地表水环境质量标准[S]. 2002.
- [4] 徐祖信.我国河流单因子水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报(自然科学版),2005,33(3):321-325.
- [5] 徐祖信.我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报(自然科学版),2005,33(4):482-488.
- [6] 邱训平,穆宏强,支俊峰.长江河口水环境现状及趋势分析[J].人民长江,2001,32(7):26-28.
- [7] 林莉峰,李 田,李 贺.上海市城区非渗透性地面径流的污染特性研究[J].环境科学,2007,28(7):1430-1434.
- [8] 郑晓红.近年来黄浦江松浦大桥水源水质状况及影响因素[J].仪器仪表与分析监测,2003,3:37-39.
- [9] 周玉琴.厦门西港海域水质污染状况分析[J].海洋环境科学,1998,17(4):59-64.
- [10] 吴新华,陈 峰,金建霞,等.潮汐条件下感潮河流水质变化浅析[J].水利水电快报,2003,24(3):18-19.