

文章编号: 1674-5566(2009)03-0314-07

水质标识指数法在淀山湖水质评价中的应用

范志锋¹, 王丽卿¹, 陈林兴², 李燕¹, 彭自然¹, 季高华¹

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 上海市青浦区水文勘测队, 上海 201700)

摘要:根据 2004—2007 年淀山湖水质参数逐月的实测结果, 应用水质标识指数法对淀山湖水环境状况分别进行单因子评价和综合评价。结果表明: 2004—2007 年期间, 淀山湖综合水质标识指数年均值分别为 4.342、4.342、4.442 和 4.852, 水质处于 IV 类水, 与饮用水源功能目标相差 2 个级别; 主要污染因子为总氮 (TN)、总磷 (TP)、氨氮 (NH₃-N) 和叶绿素 a 等, 相应的水质标识指数均值分别为 6.84、6.14、6.04 和 4.72, 溶解氧标识指数为 1.60, 始终达到水源功能要求。4 年期间, 各站点综合水质标识指数平均值最高出现在急水港进水口 (S₅), 为 5.053; 最低值出现在湖心 (S₄), 为 4.552。4 年综合水质标识指数呈现冬季较低、春季较高的规律性变化趋势。外源污染、湖泊自身性质以及湖内水环境生物等是影响水质标识指数变动的主要因素。

关键词:淀山湖; 水质标识指数; 水质评价

中图分类号: X 824 **文献标识码:** A

Application of water quality identification index to environmental quality assessment of Dianshan Lake

FAN Zhi-feng¹, WANG Li-qing¹, CHEN Lin-xing², LI Yan¹, PENG Zi-ran¹, JI Gao-hua¹

(1. College of Fisheries and Life Science Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. The Hydrological Survey Team of Qingpu District Shanghai 201700, China)

Abstract: This study was carried out to evaluate the water quality of Dianshan Lake with the method of single factor and comprehensive water quality identification index based on the data collected from six sampling sites from Jan. 2004 to Dec. 2007. The results indicated that the average comprehensive water quality identification index of Dianshan Lake in four years was 4.342, 4.342, 4.442 and 4.852, respectively; the comprehensive water quality grade of Dianshan Lake was IV and which was 2—3 grades higher than the standard. The lake was mainly polluted by total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), ammonia nitrogen (NH₃-N) and Chl a and the corresponding water quality identification index was 6.84, 6.14, 6.04 and 4.72. The water quality identification index of the dissolved oxygen (DO) was 1.60, which always met the standard of functional objectives of drinking water. The highest comprehensive water quality identification index value of 5.053 appeared on site S₅ and the lowest was 4.552 on site S₄. The comprehensive water quality identification

收稿日期: 2008-09-10

基金项目: 上海市四新计划项目 (Y07-118); 上海市重点学科建设项目 (S30701)

作者简介: 范志锋 (1981—), 男, 河南新乡人, 硕士研究生, 专业方向为水生生态学及生态修复。E-mail: zffan@stmail.shou.edu.cn

通讯作者: 王丽卿, E-mail: lwang@shou.edu.cn

index showed regular changes which was low in winter but high in spring. The main influence factors of the water quality identification index included human activities, the geographical property of the lake and the aquatic organism.

Key words: Dianshan Lake; water quality identification index; water quality assessment

淀山湖地处江苏、浙江、上海两省一市交界地带,横跨上海青浦区和江苏昆山市,湖泊面积 63.7 km²,其中 47.5 km² 归上海市管辖,是上海唯一的天然湖泊,也是黄浦江上游重要的水源保护区^[1],根据水域功能划分标准,其水环境功能目标为 II 类水^[2]。然而,淀山湖自 20 世纪 80 年代中期发生“蓝藻水华”以来,每年都有不同程度的“蓝藻水华”发生^[3],近几年的水环境生态监测显示,淀山湖全湖处于富营养化状态^[4]。特别是 2007 年太湖蓝藻水华影响饮用水事件发生后,位于太湖流域下游的淀山湖水环境质量倍受人们关注。评价湖泊水环境质量和富营养化状态,可为湖泊富营养化防治提供科学依据。近年来,国内关于水环境质量综合评价方法有灰色聚类法、模糊综合评价法、人工神经网络评价法等^[5-8]。国内学者先后应用不同的评价方法对淀山湖水环境状况做过一些研究^[3,8-9],但是,这些测评方法无法筛选出参与评价的水质因子中不符合水环境功能目标的因子,亦无法估测水体状况与水环境功能之间的定量差距。水质标识指数法,作为近年来提出的一种全新的水质评价方法,不仅能够完整表达单因子的水质类别,还可以定性、定量地评价综合水质状况,已广泛应用于城市河道等水体的水质评价^[10-13]。本文以淀山湖 2004—2007 年水环境状况的调查数据为基础,采用水质标识指数法,对淀山湖 4 年期间的水质状况进行系统的评价和分析,并参考历史资料,对自 20 世纪 80 年代以来淀山湖的水质变化数据进行了比较研究。

1 材料与方法

1.1 采样点设置及水质测定方法

根据淀山湖的地理水文条件和渔业状况,共设置 6 个采样点(图 1),分别为 S1 淀峰出水口, S2 金家庄, S3 网箱养殖区, S4 湖心, S5 急水港进水口, S6 湖南区。

本研究从 2004 年 1 月到 2007 年 12 月,每月对淀山湖主要水质指标进行测定,选取溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、叶绿素 a(Chl_a)等 6 项指标作为评价因子(2007 年的五日生化需氧量指标由总氮指标代替)。水样采集方法和测定方法参照王丽卿等^[9]描述。

1.2 水质标识指数法概述

1.2.1 单因子水质标识指数

单因子水质标识指数 P_i 由一位整数、小数点后二位或三位有效数字组成,表示为

$$P_i = X_1 \cdot X_2 X_3 \quad (1)$$

式中 X_1 表示第 i 项水质指标的水质类别,即由实测值与国家《地表水环境质量标准(GB3838—2002)》进行比较得出; X_2 表示监测数据在第 X_1 类水质变化区间中所处位置; X_3 表示水质类别与水体功能划定类别的等级差别,为一位或两位有效数字。

$X_1 \cdot X_2$ 的确定为

(1)当水质介于 I 和 V 类水之间时,对于一般指标(溶解氧、pH、水温除外):

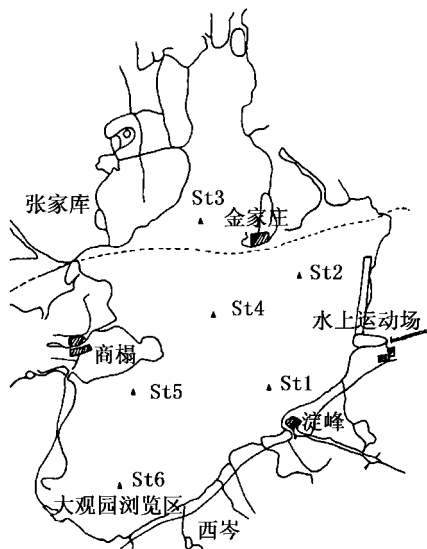


图 1 淀山湖采样点分布

Fig 1 Locations of sampling sites in Dianshan Lake

$$X_1 \cdot X_2 = \alpha + \frac{\rho_i - \rho_{\text{标下}}}{\rho_{\text{标上}} - \rho_{\text{标下}}} \quad (2)$$

对于溶解氧指标:

$$X_1 \cdot X_2 = (\alpha + 1) - \frac{\rho_i - \rho_{\text{标下}}}{\rho_{\text{标上}} - \rho_{\text{标下}}} \quad (3)$$

式中 ρ_i :第*i*项指标的实测浓度; $\rho_{\text{标上}}$, $\rho_{\text{标下}}$:分别为第*i*项指标在 α 类水质标准区间的上限值和下限值; $\rho_{\text{标上}} \leq \rho_i \leq \rho_{\text{标下}}$; $\alpha=1, 2, 3, 4, 5$, 根据监测数据与国家标准比较确定。

(2)当水质劣于或等于V类水时,对于一般指标(溶解氧、pH、水温除外):

$$X_1 \cdot X_2 = 6 + \frac{\rho_i - \rho_{\text{V类水标上}}}{\rho_{\text{V类水标上}}} \quad (4)$$

对于溶解氧指标:

$$X_1 \cdot X_2 = 6 + \frac{\rho_{\text{V类水标上}} - \rho_i}{\rho_{\text{V类水标上}}} \times m \quad (5)$$

式中 m 为计算公式的修正系数,一般 $m=4$ 。

X_3 的确定

$$X_3 = X_1 - f \quad (6)$$

式中 f :水环境功能类别,当 $X_3 > 9$ 时,取最大值 9。

1.2.2 综合水质标识指数

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 $\left[\frac{\sum P}{n} \right]$ 、代表水质类别与功能区划定类别比较的结果 (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,公式为

$$I_{WQ} = \left[\frac{\sum P}{n} \right] X_3 \cdot X_4 \quad (7)$$

式中 $\left[\frac{\sum P}{n} \right]$:单因子水质标识指数总和的平均值; n :参加水质评价的因子个数; 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 :综合水质类别与功能区划定类别比较结果。

1.2.3 水质类别的判定

淀山湖综合水质标识指数的级别判定见表 1^[11]。

表 1 综合水质标识指数的综合水质级别判定

Tab. 1 Comprehensive water quality classification depending on comprehensive water quality index

$P=X_1 \cdot X_2$ 范围	水质类别	水质现状
$1.0 \leq X_1 \cdot X_2 < 2.0$	I	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标
$2.0 \leq X_1 \cdot X_2 < 3.0$	II	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标
$3.0 \leq X_1 \cdot X_2 < 4.0$	III	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标
$4.0 \leq X_1 \cdot X_2 < 5.0$	IV	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标
$5.0 \leq X_1 \cdot X_2 < 6.0$	V	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标
$6.0 \leq X_1 \cdot X_2 < 7.0$	劣V	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标
$X_1 \cdot X_2 \geq 7.0$	劣V	$X_3 \cdot X_4 \leq 0$ 达标, $X_3 \cdot X_4 > 0$ 超标

2 结果

2.1 2004—2007年淀山湖单因子水质标识指数

根据逐月测定的淀山湖 6 站点水质指标和叶绿素 a 数值,计算并列各站点年均水质指标变化范围(表 2)。从表 2 可知,4 年期间,各水质指标值域范围变化不大,但叶绿素 a 有所下降;根据地表水环境质量标准, $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 数值基本处于 IV~劣 V 类, COD_{Mn} 处于 III~IV 类水质。根据各站点年均水质

指标,计算单因子标识指数见表 3。

表 2 2004—2007年淀山湖水质指标值域

Tab 2 The threshold of water quality parameter of Dianshan Lake in 2004—2007

年份	DO	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Chla
2004	7.21~9.94	6.02~7.05	4.36~5.47	2.20~2.83	0.18~0.39	29.81~56.02
2005	7.55~9.33	5.70~6.39	4.27~6.39	1.07~2.31	0.22~0.38	19.90~27.64
2006	7.18~8.76	4.47~4.89	6.05~7.22	2.57~4.14	0.13~0.23	18.49~25.30
2007	7.31~9.26	6.43~7.78	3.23~4.37(TN)	1.95~3.93	0.23~0.32	18.75~33.41

注: Chla 的单位为 $\mu\text{g/L}$, 其他指标单位均为 mg/L ; 2007年由于采样原因 BOD₅ 数值由 TN 数值代替。

表 3 淀山湖 2004—2007年各站点单因子水质标识指数

Tab 3 Single factor water quality identification index of Dianshan Lake from 2004 to 2007

监测时间	站点	DO	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Chla
2004年	S1	1.30	4.22	4.52	6.14	5.83	5.03
	S2	1.00	4.32	4.62	6.34	5.93	5.73
	S3	1.20	4.22	4.52	6.44	5.53	5.73
	S4	1.20	4.12	4.22	6.14	5.73	5.23
	S5	2.60	4.02	4.72	6.74	6.94	5.03
	S6	1.10	4.02	4.32	6.34	6.04	5.13
	均值	1.40	4.22	4.52	6.44	6.04	5.32
2005年	S1	1.70	4.02	5.13	4.12	6.34	4.72
	S2	1.50	4.03	4.62	4.52	6.14	4.92
	S3	1.70	4.12	4.92	6.24	6.24	4.72
	S4	1.30	4.02	4.22	4.12	6.34	4.72
	S5	1.90	4.02	4.12	5.93	6.94	4.52
	S6	1.20	3.82	4.22	4.62	6.24	4.82
	均值	1.60	4.02	4.52	4.92	6.44	4.72
2006年	S1	1.60	3.21	5.13	6.34	6.04	4.42
	S2	1.50	3.31	5.13	6.34	5.33	4.82
	S3	1.90	3.41	5.03	6.64	6.14	4.52
	S4	1.70	3.41	5.03	6.34	5.83	4.62
	S5	2.60	3.41	5.33	7.15	6.24	4.52
	S6	1.50	3.41	5.33	6.74	6.14	4.72
	均值	1.80	3.51	5.13	6.44	6.04	4.62
2007年		DO	COD _{Mn}	TN	NH ₃ -N	TP	Chla
	S1	1.50	4.42	6.74	6.14	6.24	4.42
	S2	1.30	4.22	6.74	6.34	6.24	4.52
	S3	1.60	4.32	7.25	6.74	6.64	5.13
	S4	1.40	4.12	6.64	5.93	6.24	4.82
	S5	2.30	4.42	7.15	7.05	6.54	4.72
	S6	1.20	4.12	6.74	6.24	6.14	5.23
均值	1.40	4.32	6.94	6.44	6.34	4.82	

注: 2007年由于采样原因 BOD₅ 数值由 TN 数值代替

如表 3 所示, 选择的 6 个水质指标中, 达到水源水环境功能标准的只有 DO, 其他指标全部超标。2004—2007 年期间, DO 年均变幅为 1.40~1.80, 单因子评价淀山湖为 I 类水质, 但是 S5 急水港进水口的 DO 标识指数均高于其他各站点, 除 2005 年外均为 II 类水; 其他指标中 NH₃-N 标识指数最高, 年均范围为 4.92~6.44, 单因子指示淀山湖水质除 2005 年外均为劣 V 类水; TP 标识指数次高, 年均范围为 6.04~6.34, 单因子评价淀山湖水质为 V~劣 V 类水; BOD₅ 标识指数年均范围为 4.52~5.13, 指示为 IV~V 类, COD_{Mn} 标识指数年均范围为 3.51~4.32, 指示 2006 年为 III 类水, 其他 3 年均为 IV 类; Chla 标识指数指示淀山湖水质为 IV~V 类水, 2007 年 TN 标识指数为 6.94, 单因子评价淀山湖水质为劣 V

类。

2.2 2004—2007年淀山湖综合水质标识指数

综合标识指数时间变化 根据 2004—2007 年各年水质指标月均数值计算综合水质标识指数,结果如图 2 所示。4 年期间,淀山湖综合水质标识指标年均值分别为 4.342、4.342、4.442 和 4.852,综合水质标识指数评价淀山湖水质为 IV 类水。参与评价的 6 个水质因子其中有 4~5 个不达标,水环境质量劣于功能要求 2 个级别。4 年综合水质标识指数月变化规律基本一致,均表现在春季(3—5 月)较高,冬季(12—翌年 2 月)较低,1—3 月份(2007 年除外)呈升高趋势,6—7 月份呈现下降趋势。2007 年 1—3 月份综合水质标识指数明显高于其他 3 年,且呈现下降趋势。2004—2007 年综合水质标识指标月变化峰值范围为 5.153~5.853,低值范围为 3.241~4.052,因此,淀山湖水质等级月变化为 III~V 类水,其中 1、12 月份基本为 III 类水,2007 年 1—4 月份和 2004 年 4 月为 V 类水,其余月份基本处于 IV 类水。

综合标识指数空间变化 2004—2007 年,淀山湖 6 站点年均综合水质标识指数介于 4.152~5.453 之间,各站点综合水质标识指数变化不大,水质类别介于 IV~V 类(图 3),其中 S5 进水口综合水质标识指标最高,水质最差;S3 网箱养殖区次高,S4 湖心均低于其它 5 个采样点,水质最好;S1 出水口综合水质标识指标低于 S5 进水口,表明出水口水质优于进水口水质。

2.3 淀山湖历年水质综合标识指数比较

结合淀山湖八十年代(1982、1984—1985、1987—1988 年)的水质历史资料^[14],分别计算 TN、NH₃-N、TP、DO、COD_{Mn}、BOD₅ 等水质指标的单因子标识指数及其综合标识指数,与 2004—2007 年水质状况进行比较,结果见表 4。由表中可知,80 年代,淀山湖综合水质标识指标处于 2.640~2.830 之间,水质状况符合水环境功能 II 类水要求,除 TN 外,其他指标均达标。然而进入 21 世纪以来,淀山湖综合水质标识指标处于 4.542~5.043,水质处于 IV~V 类标准,劣于二十年前水质 2~3 个级别,除 DO 外,其它指标均超标。各项水质指标中,TN、DO 的标识指数在二十多年以来变化不大,但是 NH₃-N、TP、BOD₅ 分别劣于二十多年前 2~4 个水质等级,COD_{Mn} 劣于二十多年前 1 个水质等级。

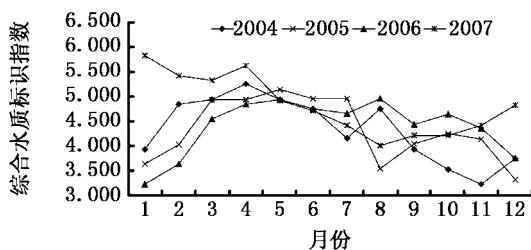


图 2 淀山湖 2004—2007 年综合水质标识指数月变化

Fig 2 Monthly variation in comprehensive water quality identification index for Dianshan Lake from 2004 to 2007

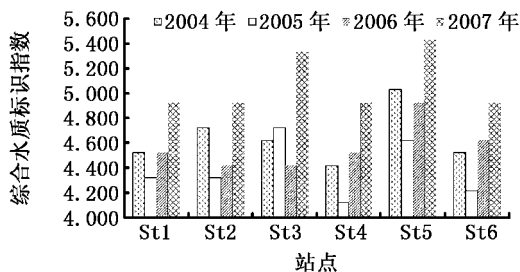


图 3 淀山湖历年水综合质标识指数比较

Fig 3 Variation in comprehensive water quality identification index of Dianshan Lake from 2004 to 2007

表 4 淀山湖历年综合标识指数评价水质等级比较
Tab. 4 Comparison in water quality of Dianshan Lake from 1982 to 2007

年份	单因子标识指数						综合标识指数	水质等级
	TN	NH ₃ -N	TP	DO	COD _{Mn}	BOD ₅		
1982	6.14	2.10	2.80	1.00	3.31	1.00	2.720	II
1984—1985	5.63	3.41	2.80	1.00	3.01	1.00	2.830	II
1987—1988	4.72	3.01	3.11	1.00	3.01	1.00	2.640	II
2004	—	6.34	6.04	1.40	4.42	4.12	4.542	IV
2005	7.15	4.92	6.34	1.50	4.02	4.52	4.752	IV
2006	—	6.54	5.93	1.80	3.31	5.13	4.542	IV
2007	6.84	6.44	6.34	1.50	4.22	—	5.043	V

3 讨论

3.1 综合水质标识指数与其它方法对淀山湖水质评价结果比较

综合水质标识指数法可以把选定的多个水质指标计算成一个数值,直观地评价水质类别,并能定量地指出评价水体与水环境功能要求的相差级别,同时还可以比较同一类别水体水质的优劣以及不同劣V类水体的污染严重程度^[13]。在淀山湖水质评价中,应用综合水质标识指数方法评价水质等级优于根据国家标准选择最差的指标进行评价的结果,也优于应用灰色聚类方法评价的水质结果(表5)。根据国家水环境质量标准最差指标法评价2004年淀山湖水质为劣V类,灰色聚类法评价为V类,而综合标识指数法评价为Ⅲ类。综合水质标识指数评价方法没有因为淀山湖个别水质指标如 $\text{NH}_3\text{-N}$ 较差就否定整体水质,是对评价水体做出的合理评价。最差指标法不能判明同一个水质等级不同站点水质的优劣程度,而综合标识指数能够直观表明2004年监测的6个站点中水质优劣程度: S_{t4} 湖心最好,然后依次为 S_{t1} 出水口、 S_{t6} 湖南区、 S_{t3} 网围养殖区、 S_{t2} 金家庄、 S_{t5} 急水港进水口水质最差;而与灰色聚类法^[4]相比,综合标识指数运算方法明显比前者简单且易掌握。

表5 不同水质评价方法对2004年淀山湖水质的评价结果比较

Tab 5 The result comparison of different water assessment method in Dianshan Lake of 2004

站点	监测水质指标均值						水质评价方法		
	DO	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Chla	最差指标法	灰色聚类法	综合标识指数法
S_{t1}	9.25	6.74	5.01	2.18	0.18	31.12	劣V	V	4.525(Ⅳ)
S_{t2}	9.94	7.05	5.3	2.7	0.19	56.02	劣V	V	4.725(Ⅳ)
S_{t3}	9.3	6.88	5.05	2.83	0.15	55.67	劣V	V	4.625(Ⅳ)
S_{t4}	9.39	6.48	4.36	2.2	0.17	36.26	劣V	V	4.425(Ⅳ)
S_{t5}	7.21	6.02	5.47	3.36	0.39	29.81	劣V	V	5.035(V)
S_{t6}	9.7	6.12	4.63	2.59	0.2	34.6	劣V	V	4.525(Ⅳ)

通过不同水质指标单因子标识指数的比较,可以判断导致水质恶化的主要污染指标^[15]。2004年淀山湖水质指标单因子标识指数评价结果显示,导致淀山湖水质污染的主要污染指标依次为氨氮、总磷、叶绿素a等,而王旭晨等^[4]应用灰色聚类评价结果显示权系数最大的参数为是叶绿素a、总磷和氨氮,结果基本相同,说明氮和磷已成为淀山湖水体富营养化的主要影响因素。

3.2 淀山湖水质状况的时空分布特征

3.2.1 淀山湖水质状况水平变动

淀山湖为浅水性湖泊,经年水深平均为2.0m。淀山湖水生生物调查发现,湖底荒漠化严重,自然风力搅动水体,使整个湖体水量混合均匀,根据水质标识指数法,淀山湖全湖不同站点水质状况基本处于同一个水质等级,但也出现一定的规律性差别(图3)。上游污染物质的输入导致进水口 S_{t5} 在6个采样站点中水质最差,周边村落生活污水以及湖内渔业活动的影响使得 S_{t3} 网箱养殖区水质也较其他4个站点差;湖心由于受陆域以及上游污染影响较少,水质最好,而出水口 S_{t1} 水质优于进水口 S_{t5} ,可能是因为淀山湖水体生态系统自我净化作用导致。

3.2.2 淀山湖水质状况时间变动

根据单因子水质标识指数,叶绿素a是影响淀山湖水质状况的重要因子之一,浮游植物等水生物的季节性消长对淀山湖水质产生重要的影响,因此淀山湖水质呈现明显的季节分布(图2),表现为春季(3—5月)水质较差,冬季(12—翌年2月)水质较好。淀山湖是一个比较容易受外界条件影响的浅水湖泊,冬季风力相对小,被水生生物吸收转化的营养物质从水体物质循环库转入到水底沉积库^[16],从而使水质转好;相反,春季,随着水温升高,沉积库中的营养物质被不同类群水生生物分解利用进入水体循环库,使水质指标升高,水质变差。但在2004—2007年间,2005年和2007年8月份水质优于相邻月份,而2004年和2006年8月份水质则劣于相邻月份,分析其原因,可能是因为2005年淀山湖开展的上海辖区

内网围、地笼网、网簏等大规模的拆除清理活动,人为地导致水体氨氮含量下降,使整体水质好转;而在2007年8月份,淀山湖爆发较大规模的蓝藻水华,浮游蓝藻吸收大量氮磷等营养物质后漂浮于水面或因风力作用漂移至下风口,导致采样区域(均不在湖岸)水质总体较好。淀山湖历年水质单因子和综合标识指数评价结果表明,20世纪80年代(1982—1988年),淀山湖水质状况基本保持一致,并且20多年以来,淀山湖总氮和溶氧含量也没有多大变化,但是高锰酸盐指数比20年前高出1个水质等级,氨氮、总磷分别高出2~3个、五日生化耗氧量高出3~4个等级。可见,20年以来淀山湖周边的经济发展以及湖内养殖活动使得淀山湖水质下降了2~3个水质等级。然而,2005年大规模拆围后,淀山湖水质状况并没有明显好转(表4)。其主要原因可能是外源污染的不断输入以及湖内缺少有效的生物自净功能所导致。

4 结论

根据综合水质标识指数评价结果显示,2004—2007年淀山湖水质处Ⅳ类。水平分布表现为进水口水质最差,湖心最好。淀山湖水质季节变化表现为春季较差而冬季较好,近20年以来,淀山湖总氮变化不大,而总磷、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、氨氮升高明显,使综合水质等级下降2~3个级别。根据单因子指数得出,影响淀山湖水质恶化的主要水质因子为氨氮、总磷、叶绿素a等。因此,实施湖内水生生态系统修复,利用营养级联下行效应进行藻类水华控制以及恢复水生植被进行脱氮除磷是淀山湖富营养化控制的关键措施。

参考文献:

- [1] 程曦,李小平.淀山湖氮磷营养物长期变化规律及其对藻类增长影响研究[J].上海环境科学,2008,27(1):9—16
- [2] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫局.GB3838—2002地表水环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [3] 阮仁良,屠鹤鸣,王云.淀山湖水质监测及富营养化对策研究[J].上海水利,1997,(3):35—38.
- [4] 王旭晨,王丽卿,彭自然,等.灰色聚类法评价淀山湖水质状况[J].上海水产大学学报,2006,15(4):497—502.
- [5] 吴绍龙.水质评价的模型综合—灰色分析复合模型应用[J].上海环境科学,1996,15(1):11.
- [6] 雷斌.湖泊富营养评价的模糊决策方法[J].环境科学,1991,12(5):88.
- [7] 朱静平.几种水环境质量综合评价方法的探讨[J].西南科技大学学报,2002,17(4):37—40.
- [8] 张大弟,张晓红,陈佩青,等.淀山区(上海部分)水质污染源调查评价[J].上海农学院学报,1998,16(2):92—97.
- [9] 王丽卿,张军毅,王旭晨,等.淀山湖水体叶绿素a与水质因子的多元分析[J].上海水产大学学报,2008,17(1):58—64.
- [10] 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):311—325.
- [11] 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.
- [12] 徐祖信.城市河流水质常规评价技术研究[J].环境污染与防治,2005,27(7):515—518,534.
- [13] 郭明明.标识指数法在河流水质评价中的应用[J].上海环境科学,2005,24(4):160—163,184.
- [14] 宋永昌,等.淀山湖富营养化及其防治研究[M].上海:华东师范大学出版社,1992:42.
- [15] 江敏,张岩,阎新书,等.伊犁地区部分河流的水质标识指数[J].干旱环境监测,2007,21(4):199—204.
- [16] 由文辉.淀山湖水生态系统的物质循环[J].中国环境科学,1997,17(4):293—296.