

文章编号: 1674-5566(2009)04-0435-08

# 上海市 10 个城市公园景观水体富营养化评价

程婧蕾, 王丽卿, 季高华, 张瑞雷, 范志锋

(上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:** 2006 年 10 月至 2007 年 9 月以叶绿素 a、总氮、总磷、高锰酸盐指数、氨氮等为主要水质指标, 选用营养状态指数、多样性指数以及浮游植物优势种等生物指示法对上海市 10 个城市公园景观水体的水环境质量进行了分析和评价。结果表明, 鲁迅公园、中山公园、黄兴公园、世纪公园的水体水质达到国家地表水环境质量标准 (GB3838-2002) IV 类标准; 杨浦公园、人民公园、静安公园、共青森林公园水体水质达到 V 类标准; 而长风公园及和平公园的水体水质则属劣 V 类。营养状态指数法评价结果表明夏季营养状态指数最高, 为中度富营养; 冬季最低, 为轻度富营养。静安公园水体为中营养水平, 和平公园水体接近重度富营养, 其他各公园水体均为轻度富营养。运用 Shannon-Wiener 指数、Margalef 指数评价各公园水体水质结果不完全一致, 但都表明 10 个城市公园水体均受到不同程度的污染。利用浮游植物优势种评价水质结果为: 除静安公园和中山公园水体外, 其他各公园人工湖均面临着水体富营养化问题。

**关键词:** 景观水体; 富营养化评价; 综合营养状态指数; 生物多样性

**中图分类号:** X 820 **文献标识码:** A

## Eutrophication evaluation of landscape waters in ten urban parks in Shanghai

CHENG Jing-lei WANG Li-qing JI Gao-hua ZHANG Rui-lei FAN Zhi-feng

(College of Fisheries and Life Science Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Water quality in ten parks in Shanghai city was evaluated based on such main water parameters as Chl<sub>a</sub>, TN, TP, COD<sub>Mn</sub> and NH<sub>3</sub>-N investigated from October 2006 to September 2007. Comprehensive trophic state index TLI( $\Sigma$ ), Shannon-Wiener index H, Margalef index D and phytoplankton dominant species were used to value the water trophic state. According to Surface Water Environment Criteria of China (GB3838-2002), water quality of Luxun park, Zhongshan park, Huangxing park and Century park was considered as Grade IV, Yangpu park, Renmin park, Jingan park and Gongqing Forest park was considered as Grade V, nevertheless, Changfeng park and Heping park was worse than Grade V. The evaluation result of TLI( $\Sigma$ ) indicated the water quality was at meso-trophication and in summer light-eutrophication in winter. Water quality of Jing'an park was at meso-trophication and that of Heping park was nearly at heavy-eutrophication. The other parks were at light-eutrophication. The evaluation results on Shannon-Wiener index and Margalef index indicated that the landscape water in parks was polluted more or less. Except Jing'an park and Zhongshan park, the landscape water in parks was at eutrophication according to phytoplankton dominant

收稿日期: 2008-12-15

基金项目: 上海市重点学科水生生物学建设项目基金 (S30701)

作者简介: 程婧蕾 (1984-), 女, 上海人, 硕士研究生。专业方向为水生生物学。E-mail: jcheng1984@126.com

通讯作者: 王丽卿, E-mail: lqwang@shou.edu.cn

species evaluation

Key words landscape water in park; eutrophication evaluation; comprehensive trophic state index; diversity index

公园水体作为人工水生态环境的主要组成部分,对城市人民的生活发挥着重要作用。它不仅美化了人们居住的城市景观;还改善了局部小气候,优化生态环境。然而,人口增长、工业化和城市化进程的不断发展,使得全国有 93% 的公园水体遭到不同程度污染<sup>[1]</sup>。据不完全统计,目前上海市人工水域面积已经超过 210 万 m<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。本文对上海市区典型的 10 个公园水体进行了水质指标和生物指标的周年调查,综合分析了各公园水体的水环境质量及富营养化状况,为公园景观水体水质管理维护提供基本资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 调查对象

选取上海市 10 个具有代表性、人流量比较大的公园:杨浦区共青森林公园、黄兴公园、杨浦公园;虹口区鲁迅公园、和平公园;浦东新区世纪公园;普陀区长风公园;长宁区中山公园;静安区静安公园以及黄浦区人民公园,对以上 10 个公园水体的水环境质量状况进行营养水平的评价和分析。

### 1.2 调查方法

从 2006 年 10 月至 2007 年 9 月,每月中旬进行水样和浮游植物样品的采集。每个公园人工湖泊分别选取 4 个采样点(包括上、下风口),用采水器在每个采样点距离湖面 0.5m 水层采集水样,4 个采样点水样等量混合后,取 1L 水固定后用于浮游植物定量,剩余水样用于叶绿素 a(Chla)、总氮(TN)、总磷(TP)、高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)以及氨氮(NH<sub>3</sub>-N)等指标的测定,方法参照文献<sup>[3-4]</sup>。用浮游生物网在水面 0.5m 水层采集浮游植物定性样品,浮游植物的定性定量分析方法参考文献<sup>[5-6]</sup>。

### 1.3 数据分析

#### 1.3.1 营养状态指数

营养状态指数计算公式为<sup>[7]</sup>:

$$TLI(\text{chla}) = 10(2.5 + 1.086 \ln \text{chla}) \quad (1)$$

$$TLI(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624 \ln \text{TP}) \quad (2)$$

$$TLI(\text{TN}) = 10(5.453 + 1.694 \ln \text{TN}) \quad (3)$$

$$TLI(\text{SD}) = 10(5.118 - 1.94 \ln \text{SD}) \quad (4)$$

$$TLI(\text{COD}_{\text{Mn}}) = 10(0.109 + 2.661 \ln \text{COD}_{\text{Mn}}) \quad (5)$$

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^{\infty} w_j \times TLI(j) \quad (6)$$

式中:TLI(Σ)表示综合营养状态指数;TLI(j)代表第 j 种参数的营养状态指数;w<sub>j</sub>为 j 种参数的营养状态指数的相关权重。湖泊富营养化状态分级标准见表 1。

#### 1.3.2 生物多样性指数

运用 Shannon Wiener 多样性指数 H 值、Margalef 丰富度指数 D 值作为浮游植物群落多样性指数<sup>[8-10]</sup>,公式如下:

$$H = -\sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}, D = \frac{S-1}{\ln N}$$

表 1 水质类别与评分值

Tab. 1 Water quality grades and scoring value

营养状态分级	平分值 TLI(Σ)
贫营养	0 < TLI(Σ) ≤ 30
中营养	30 < TLI(Σ) ≤ 50
轻度富营养	50 < TLI(Σ) ≤ 60
中度富营养	60 < TLI(Σ) ≤ 70
重度富营养	70 < TLI(Σ)

式中:  $N$ 为总个体数;  $n_i$ 为第  $i$ 物种个体数;  $S$ 为物种数;

评价标准为:  $H=0\sim 1$ ,水质重污染;  $H=1\sim 2$ ,水质  $\alpha$ -中污型;  $H=2\sim 3$ ,水质  $\beta$ -中污型;  $H>3$ ,水体清洁。  $D=0\sim 1$ ,水质为多污型;  $D=1\sim 2$ ,水质  $\alpha$ -中污型;  $D=2\sim 3$ ,水质  $\beta$ -中污型;  $D=3\sim 4$ 为寡污型;  $D>4$ 表示水体清洁。

## 2 结果

### 2.1 公园水体水质及等级状况

根据 10个公园每个月测定的  $COD_{Mn}$ 、 $NH_3-N$ 、 $TP$ 、 $TN$ 等四项主要水质指标各 120个数据,依据地表水环境质量标准 GB2002-3838,对各个公园各项水质指标划分水质等级,计算各水质等级所占比例见表 2。

表 2 公园水体水质指标等级百分比

Tab. 2 The percentage of grade of four water quality parameters on surface water environment criteria

项目	II类水	III类水	IV类水	V类水	劣V类水
$COD_{Mn}$	1.67%	17.50%	68.33%	12.50%	0
$NH_3-N$	40.83%	32.50%	11.67%	8.33%	6.67%
TP	60.83%	26.67%	5.00%	1.67%	5.83%
TN	5.00%	34.17%	20.00%	17.5%	23.33%

注:等级划分参地表水环境质量标准 GB3838-2002

从表 2可以看出,4项主要水质指标中,无 I类水。10个公园水体  $COD_{Mn}$ 均未超 V类水质标准 ( $\leq 15\text{ mg/L}$ ),但是 IV类水占 68.33%;120个  $NH_3-N$ 数据中,II-III类占 73.33%,劣 V类 ( $>2\text{ mg/L}$ )占 6.67%;绝大多数公园水体的 TP都达到 II-III类标准 ( $\leq 0.2\text{ mg/L}$ ),占 87.5%,处于劣 V类的 TP数据共 7个,其中和平公园占 6个。TN数据中 II类水占 5%,V类及劣 V类水质 ( $>2\text{ mg/L}$ )占 40.83%,2007年 8月 10个公园 TN均为劣 V类水质标准,均值高达  $3.90\text{ mg/L}$ ;和平公园水体 TN只在 2006年 10月、2007年 7月和 9月达到 V类,其余 9个月均属劣 V类水质标准。

10个公园水质指标的年均值如表 3所示,鲁迅公园、中山公园、黄兴公园以及世纪公园的水体水质达 IV类标准,其中世纪公园水体水质状况最好;杨浦公园、人民公园、静安公园以及共青森林公园水体水质达 V类标准;而长风公园、和平公园的水体水质则属劣 V类,且和平公园水质状况最差,其各项指标浓度均值都高于其他九个公园。根据 OECD关于总氮富营养化标准 ( $TN>1.875\text{ mg/L}$ 为富营养)<sup>[11]</sup>,和平公园水体 TN含量均值为  $2.64\text{ mg/L}$ ,12个月的数据中有 10个月超过  $1.875\text{ mg/L}$ 水体已呈富营养化;OECD总磷富营养化标准 ( $0.03\sim 0.10\text{ mg/L}$ 为富营养,  $>0.10\text{ mg/L}$ 为超富营养),和平公园水体 12个月 TP数据中有 11个月超过  $0.10\text{ mg/L}$ 其 TP含量均值为  $0.55\text{ mg/L}$ 已为超富营养化水体。其他公园水体的 TP含量也均达富营养化水平。

表 3 各公园主要水质指标浓度均值及水质等级

Tab. 3 The annual average concentration of water quality parameters and the responding evaluation grades in parks mg/L

公园名称	TN	TP	$NH_3-N$	$COD_{Mn}$
杨浦公园	1.74(V)	0.12(III)	0.65(III)	7.00(IV)
人民公园	1.54(V)	0.12(III)	1.43(IV)	8.31(IV)
和平公园	2.64(劣 V)	0.55(劣 V)	1.45(IV)	9.42(IV)
鲁迅公园	1.30(IV)	0.11(IV)	0.76(III)	7.07(IV)
静安公园	1.75(V)	0.05(II)	0.83(III)	6.79(IV)
长风公园	2.05(劣 V)	0.12(IV)	0.77(III)	8.48(IV)
世纪公园	0.92(III)	0.07(II)	0.53(III)	6.54(IV)
中山公园	1.20(IV)	0.10(II)	0.69(III)	7.00(IV)
黄兴公园	1.06(IV)	0.08(II)	0.73(III)	7.55(IV)
共青森林公园	1.73(V)	0.15(III)	0.48(II)	7.97(IV)

## 2.2 公园水体水质动态变化

图 1 为公园水体 TP 月变化, 从图中可以看出, 除和平公园水体外, 其他公园水体 TP 月变化规律基本一致, 均在 2007 年 2 月达到最低值, 7 月出现峰值; 且水体 TP 波动不大, 冬季略低, 夏季略高。和平公园水体 TP 浓度明显高于其他公园水体。

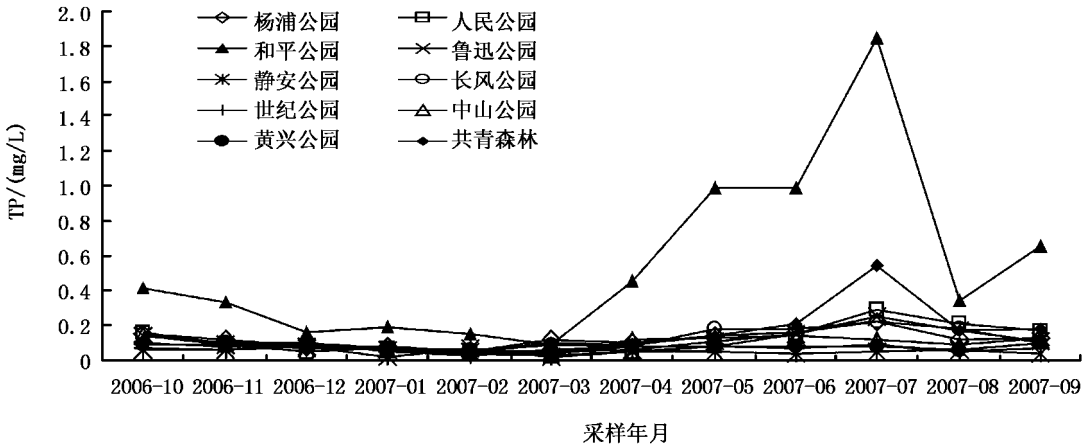


图 1 公园水体 TP 月变化

Fig 1 Monthly variation of TP in park water

公园水体 TN 月变化见图 2。各公园 TN 变化不完全相同, 但所有公园都在 8 月份出现高值。鲁迅公园、人民公园、共青森林公园、杨浦公园等 4 个公园在冬末春初浓度较高, 其他公园则除 8 月份外, TN 月变化波动不大。

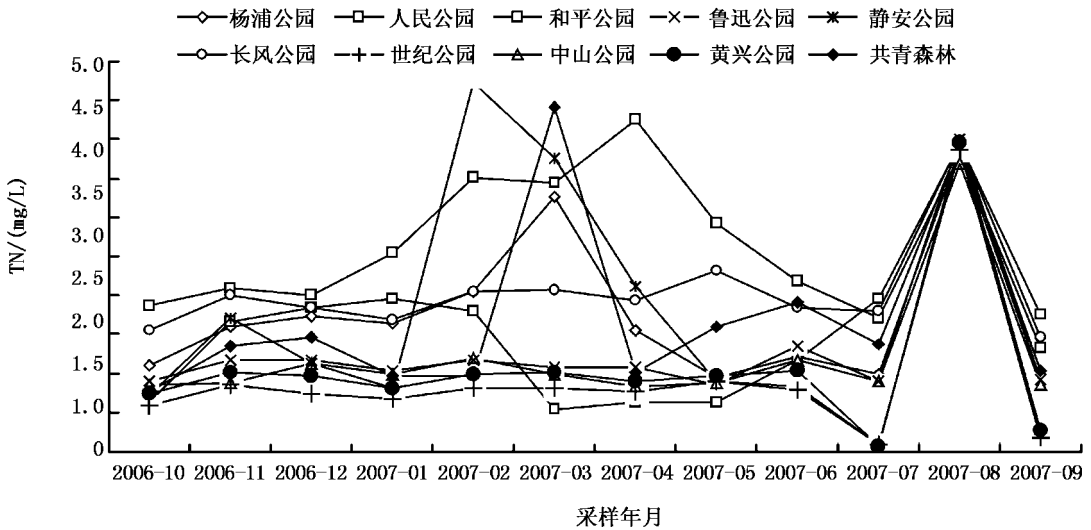


图 2 公园水体 TN 月变化

Fig 2 Monthly variation of TN in park water

由图 3 可以看出, 各公园水体  $COD_{Mn}$  月变动较大, 且变化规律不明显。总体上来说, 5、6 月份和 10 月份含量较高。10 个公园水体  $COD_{Mn}$  在调查期间均达到国家对一般景观水体水质的要求。

## 2.3 公园水体营养状态评价

10 个公园水体的富营养化状态指数见图 4 根据湖泊富营养化状态分级标准 (见表 1) 得出: 静安公园水体  $TLI(\Sigma)$  最低, 水质良好, 属于中营养; 和平公园水体, 其综合营养状态指数达 69, 接近重度富营养, 污染最为严重; 其他各公园水体均属轻度富营养。

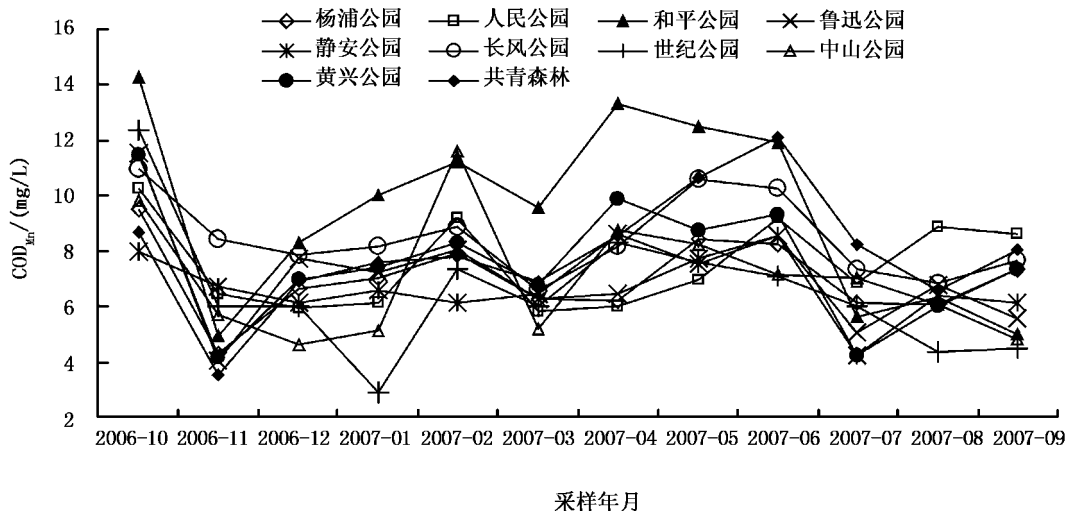
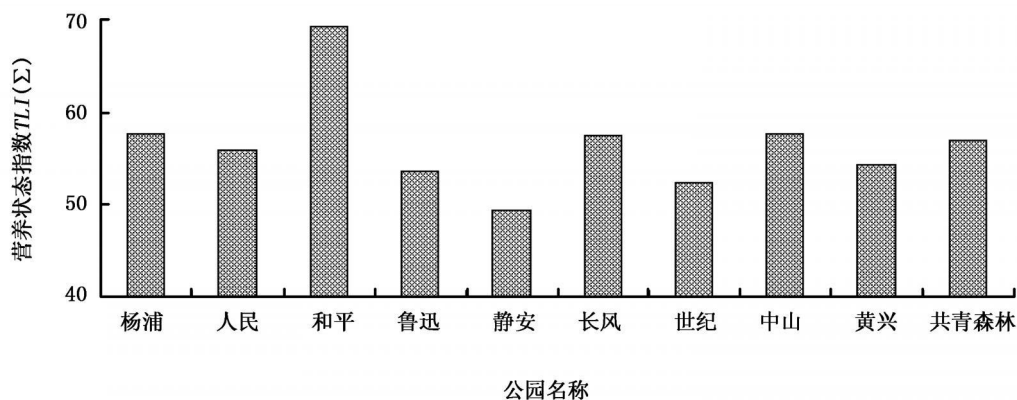
图 3 公园水体  $COD_{Mn}$ 月变动Fig 3 Monthly variation of  $COD_{Mn}$  in park water

图 4 公园水体综合营养状态指数

Fig 4  $TLI(\Sigma)$  in park water during the survey period

公园水体平均综合营养状态指数月变化见图 5。由图 5 可知,综合营养状态指数分别在 2007 年 6 月和 8 月出现最高值和次高值,在 2007 年 1 月出现最低值。在调查期间,夏季营养程度最高,6 月和 8 月的营养状态指数都超过了 60,属中度富营养;其次是秋季;冬季营养程度最低,但即使是冬季,营养状态指数值最低的 1 月份,其值也超过了 50,属于轻度富营养状态。

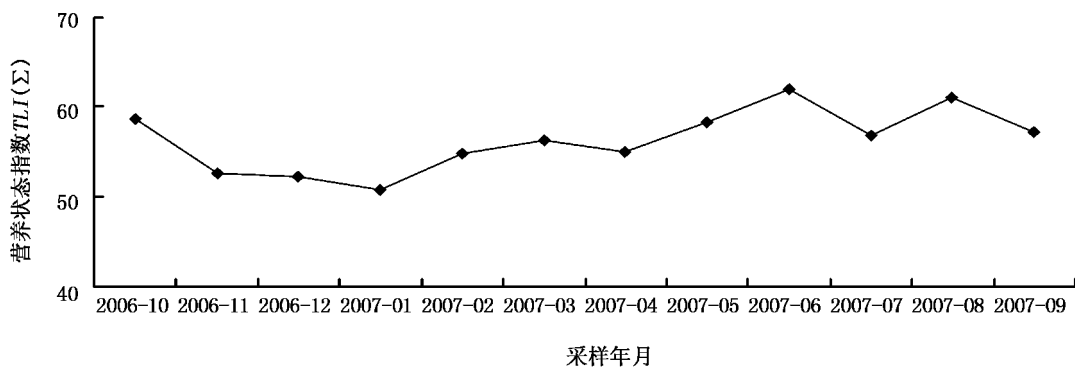


图 5 公园水体综合营养状态指数月变化

Fig 5 Monthly variation of  $TLI(\Sigma)$  in park water

## 2.4 生物多样性指数评价

各公园水体的 Shannon-Wiener 指数 H 值、Margalef 指数 D 值及评价等级见表 4。10 个公园 Shannon-Wiener 指数排名与 Margalef 指数不完全一致, Shannon-Wiener 指数评价的结果表明水体污染较轻, 依据 Margalef 指数评价水质污染较严重。根据多样性指数评价, 十个公园水质均受到污染, 有些公园水体甚至到达了严重污染程度。根据 Shannon-Wiener 多样性指数评价, 各公园水体水质污染程度由低到高依次为: 世纪公园 < 杨浦公园 < 黄兴公园 < 鲁迅公园 < 长风公园 < 人民公园 < 静安公园 < 和平公园 < 森林公园 < 中山公园。

表 4 公园浮游植物多样性及评价等级

Tab. 4 Shannon-Wiener index, Margalef index of phytoplankton and the responding evaluation grade in park water

公园名称	H	评价等级	D	评价等级
杨浦公园	1.18	$\alpha$ -中污	0.59	多污型
人民公园	2.08	$\beta$ -中污	0.93	多污型
和平公园	2.26	$\beta$ -中污	1.40	$\alpha$ -中污
鲁迅公园	1.57	$\alpha$ -中污	0.62	多污型
静安公园	2.24	$\beta$ -中污	1.06	$\alpha$ -中污
长风公园	1.80	$\alpha$ -中污	0.70	多污型
世纪公园	0.92	重污染	0.87	多污型
中山公园	2.81	$\beta$ -中污	1.67	$\alpha$ -中污
黄兴公园	1.12	$\alpha$ -中污	0.93	多污型
森林公园	2.43	$\beta$ -中污	1.13	$\alpha$ -中污

## 2.5 公园水体浮游植物优势种对水质指标作用

各公园水体浮游植物优势种(属)月变化见表 5。从表 5 可以看到, 多数公园冬季优势种类数较少, 春、夏两季优势种类数较多。各公园水体浮游植物优势种组成各不相同, 杨浦公园、世纪公园、黄兴公园人工湖在整个调查期间优势种基本保持一致, 其它各公园优势种随时间变化明显。根据浮游植物优势种对水体富营养化状况指示作用<sup>[12-14]</sup>, 结合表 5 得出, 杨浦公园、人民公园、和平公园、鲁迅公园、长风公园、中山公园水质属于富营养( $\alpha$  ms); 共青森林公园、黄兴公园、世纪公园水质属于超富营养; 静安公园 2007 年 8 月属于富营养( $\alpha$  ms), 其他各月浮游植物各种类数量较一致, 密度相对较低, 优势种不明显; 中山公园 2007 年冬季水质属于中营养( $\beta$  ms), 其他各月优势种种类多, 数量多, 各种类型的优势种并存, 证明中山公园水体藻类对生长环境的适应很强, 生态系统稳定性高。

## 3 讨论

### 3.1 公园水体水质变化主要特征分析

COD<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP、TN 四项主要水质指标中, TN 是公园水体最严重的污染水质因子, 特别是在夏季(8 月), 10 个公园水体 TN 浓度均大幅升高, 这可能是由于夏季大量降雨导致地表径流冲刷携带陆域的营养物质进入公园水体所致。调查发现大多数公园缺乏固定的补充水源, 水体自净能力很差, 连续几天的暴雨, 雨水冲刷岸边土壤, 随同地表径流进入水体, 使 TN 浓度严重超标。多数公园水体 TP 夏季略微比冬季浓度高些, 特别是和平公园水体, 其 TP 含量从 2007 年 4 月起开始升高, 直至 7 月达到超高值。公园水体夏季氮磷等营养物质含量高于其他季节, 是区别于天然湖泊等水域水质变化的主要特征。

表 5 各公园优势种(属)月变化  
Tab. 5 Monthly variation of phytoplankton dominant species

采样时间	杨浦公园	人民公园	和平公园	鲁迅公园	静安公园	长风公园	世纪公园	中山公园	黄兴公园	森林公园
2006-10	A	A	ACDHO	ACO	—	FO	ABDS	BFHL	ABDS	AB
2006-11	OP	—	CHIO	DO	—	—	ABDS	CFHLM	BS	A
2006-12	—	—	CHIO P	—	—	O	BDS	CFHM	BDS	AB
2007-01	A	A	HO	AD	—	E	BS	M	ABS	A
2007-02	—	O	KO	D	—	—	AS	M	ABS	—
2007-03	O	—	LO	D	—	J	AS	FHMN	ABS	J
2007-04	O	—	DHO	D	—	A	BS	BHMO	ABS	AFK
2007-05	—	—	ACDH	—	—	O	BS	BCFHL	BS	BC
2007-06	O	QR	CHIO	OP	—	—	A	ACHLM	AFS	BHMNO
2007-07	O	FKR	CI	—	—	O	ABS	BCHM	B	ABMN
2007-08	O	—	CFHIO	F	DE	A	ABS	ABCM	ABDF	BEHM
2007-09	DO	F	CIO	—	—	O	AOS	BHO	BDG	BCMO

注: A: 窝形席藻 (*Phormidium foveolanum*) 一超富营养; B: 皮状席藻 (*Phormidium corium*) 一超富营养;

C: 细小平裂藻 (*Merismopedia minima*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms); D: 银灰平裂藻 (*Merismopedia glance*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms);

E: 铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms); F: 美丽颤藻 (*Oscillatoria formosa*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms);

G: 尖尾裸藻 (*Euglena oxyuris*) 一超富营养; H: 四尾栅藻 (*Scenedesmus quadricauda*) 一中营养 ( $\beta$ -ms);

I: 四足十字藻 (*Crucigenia tetrapedia*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms); J: 实球藻 (*Pandorina monum*) 一中营养 ( $\beta$ -ms);

K: 球衣藻 (*Chlamydomonas globosa*) 一超富营养; L: 四角十字藻 (*Crucigenia quadrata*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms);

M: 单角盘星藻 (*Pediastrum simplex*) 一中营养 ( $\beta$ -ms); N: 二角盘星藻 (*Pediastrum duplex*) 一中营养 ( $\beta$ -ms);

O: 啮蚀隐藻 (*Cryptomonas erosa*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms); P: 尖尾蓝隐藻 (*Chroomonas acuta*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms);

Q: 二角多甲藻 (*Peridinium bipes*) 一中营养 ( $\beta$ -ms); R: 角甲藻 (*Ceratium hirundinella*) 一富营养 ( $\alpha$ -ms);

S: 尖针杆藻 (*Synedra acus*) 一中一富营养 ( $\beta$ - $\alpha$ -ms)

### 3.2 水化指标与生物指标方法对公园水体富营养评价的比较

由于地理位置、水文条件及周边环境条件的不同,不同公园水体的水环境质量存在一定差异。依据水质指标评价结果表明:静安公园水体水质最好,和平公园水体水质最差,公园水体水质状况由好到差排名为静安公园 > 世纪公园 > 鲁迅公园 > 黄兴公园 > 人民公园 > 共青森林公园 > 长风公园 > 杨浦公园 > 中山公园 > 和平公园。生物多样性指数评价结果显示:中山公园 > 森林公园 > 和平公园 > 静安公园 > 人民公园 > 长风公园 > 鲁迅公园 > 黄兴公园 > 杨浦公园 > 世纪公园。显然化学指标与生物指标评价的结果不一致。究其原因,是因为化学指标测定的是采样瞬间的水质理化状况,由于公园水体面积小,稳定性差,很容易受到外界污染源的影响。对于不同的景观水体,水域面积大小及周边环境不同,对化学指标影响较大;对于同一景观水体,不同采样时间,如雨前雨后,对水体化学指标影响较大。故化学指标测定结果代表采样瞬间水质情况。而生物多样性指标评价法主要是从水体中浮游植物的种类组成来反映水体的健康状况,主要反映水体中污染物的积累效应。Shannon Wiener指数和 Margalef指数测度多样性的着重点在于物种的丰富度,但前者对于样本大小的敏感度中等,而后者对于样本大小的敏感度则高。Shannon Wiener指数对浮游植物群落多样性有较好的解释<sup>[15]</sup>,本文也有类似结果。利用生物多样性的评价指标,一般认为,在清水中群落的多样性指数高,而在污染水体中多样性指数则低<sup>[16]</sup>;但也有相反的观点,国内有学者在计算多样性指数时,得到一些重污染水体多样性指数较高的结果<sup>[17]</sup>。本文调查结果情况类似后者。根据多样性指数评价,中山公园水体多样性指数最高,表明水质最好;而静安公园多样性指数低,表明水体水质污染比较严重,该结果与实际不符。在采样现场观察以及实验所测的水化学数据中,没有发现静安公园水体水质存在重污染情况,测定的水质状况比中山公园水体好。多样性与水质状况的关系很复杂,调查发现,造成静安公园生物多样性指数低主要是因为8月份蓝藻特别是银灰平裂藻 (*Merismopedia glance*)大量繁殖以及在水质不良的情况下采取人工换水措施等有关。因此,在容易受到外界扰动的类似城市公园的小型水体,仅仅应用生物多样性指标来进行水体环境

质量评价是不合适的。综合利用水化指标和生物多样性指标才能更客观地了解 and 评价水质状况。

### 3.3 公园水体污染成因分析及建议

无论是利用水化指标、多样性指数还是浮游植物优势种来评价十个公园水环境质量,结果均为各公园水体存在或多或少的污染状况,特别是在夏季,各项水化学指标浓度偏高,尤其是易形成水华的蓝藻数量剧增。由于景观水体多为静止或流动性差的封闭缓流水体,一般具有水域面积小、水环境容量小、易污染、水体自净能力低等特点<sup>[18]</sup>,人为活动或者降雨等外源污染对景观水体容易产生较大的影响。从理论上说,由于水体有机物溶解和生物降解作用,其进入水体后迅速分解为水生生物生长所需的营养物质,随着气温的升高,光合作用的增强,生物繁衍速度加快,尤其是作为初级生产者水生植物和藻类,需吸收水中无机氮作为自身营养物质,使无机氮、可溶性磷酸盐的含量降低<sup>[19]</sup>。但本次调查发现,随着温度的升高水中氮、磷含量未降低,反而分别在夏季出现峰值。这表明夏季较大的降雨过程对水体水质变化有很大的影响,地表径流直接或间接地带入水域污染物不可小觑。由于人工湖自身很难形成完整的水生生态系统,稳定性较差,同时又具有娱乐功能,人为活动带来的污染物输入以及雨污水进入水体,使得夏季营养过剩,超过生物的生产力;并且随着温度升高,藻类在夏季生长繁殖速度加快,容易出现水华、水体发臭的现象。因此,与一般自然湖泊类似,夏季是公园人工湖遭受污染最为严重的季节。故夏季应是公园有关部门对人工湖进行重点整治维护的季节,应加强公园统一规划管理;设立公益性广告宣传牌;定期对水面漂浮垃圾打捞清除;建议严格限制水体周围化肥农药的使用,特别是雨季,禁止使用高残留农药;在水体内运用生物调控手段,如放养净水功能性水生动物、种植水生植物等生态措施进行水体原位生物净化;管理措施和生态修复措施协同作用以更好地维护好城市公园水体的水环境质量。

### 参考文献:

- [1] 丁玲,沈耀良,黄勇.公园水体的修复技术及发展现状[J].苏州科技学院学报,2005,(2):48-52.
- [2] 汪松年.上海市景观水体水质的调研[J].中国水利,2004,(11):37-39.
- [3] 国家环保总局.GB 3838-2002.地表水环境质量标准[S].国家环保总局、国家质量监督检验检疫总局发布,2002.
- [4] 国家环保总局.水和废水检测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002:200-235.
- [5] 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:北京科学出版社,1991:232-252.
- [6] 胡鸿钧,李尧英,魏印心,等.中国淡水藻类[M].上海:上海科学技术出版社,1977.
- [7] 王明翠,刘雪芹,张建辉.湖泊富营养化评价方法及分级标准[J].中国环境监测,2002,18(5):48.
- [8] Shannon C E, Wiener W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949: 213-216.
- [9] Magale E D R. Information theory in ecology [J]. Gen Syst, 1958, 3, 36-71.
- [10] Simpson E H. Measurement of diversity [J]. Nature, 1949, 163, 688.
- [11] 屠清瑛,顾丁锡,尹澄清,等.巢湖富营养化研究[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1990:23.
- [12] 王寿兵,孙娜,陈建军.上海城市公园人工湖浮游植物调查及其富营养化评价[J].复旦学报(自然科学版),2004,43(6):973.
- [13] 况琪军,马沛明,胡征宇,等.湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J].安全与环境学报,2005,5(2):87-88.
- [14] 杜桂森,王建厅,武殿伟,等.密云水库的浮游植物群落结构和密度[J].植物生态学报,2001,25(4):501-504.
- [15] 孙军,刘东艳.多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用[J].海洋学报,2004,26(1):73.
- [16] Reynolds CS. The ecology of freshwater phytoplankton [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1984: 384.
- [17] 蒙仁宪,刘贞秋.以浮游植物评价巢湖水质污染及富营养化[J].水生生物学报,1988,12(1):13-26.
- [18] 李海燕,鲁敏.城市景观水体的净化及增氧[J].武汉科技学院学报,2004,17(1):56.
- [19] 张淑娜.营养盐对天津市景观水体环境质量的影响[J].天津师范大学学报,2007,27(2):41.