

## 基于WQI法的滴水湖及入湖河道水质研究

范泽宇, 袁林, 周亦, 薛俊增, 陈冲, 陈嘉杰, 胡茜靛

### Research on the water quality of Dishui Lake and the river into the lake based on WQI method

FAN Zeyu, YUAN Lin, ZHOU Yi, XUE Junzeng, CHEN Chong, CHEN Jiajie, HU Qianye

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200503043>

#### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### 阳澄西湖及其入湖港口的水质评价与分析

Assessment and Analysis of Water Quality in West Yangcheng Lake and Inlets Based on Principal Component Analysis  
水生态学杂志. 2019, 40(3): 25 <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2019.03.004>

#### 滴水湖表层水体细菌多样性特点初步探究

Preliminary exploration of bacterial diversity in surface water of Dishui lake, Shanghai  
上海海洋大学学报. 2018, 27(5): 728 <https://doi.org/10.12024/jsou.20180102197>

#### 基于雷达图的鄱阳湖湿地水质评价

Water Quality Assessment of Poyang Lake Wetland Using Radar-Type Charts  
水生态学杂志. 2020, 41(4): 1 <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2020.04.001>

#### 土地利用/覆被变化对太湖贡湖湾水质影响的研究

Impacts of land use/cover on the water quality of Gonghu Bay in Taihu Lake  
上海海洋大学学报. 2017, 26(2): 243 <https://doi.org/10.12024/jsou.20160501775>

#### 仙女湖及入湖河流浮游植物功能类群与环境因子的相互关系

RELATIONSHIP BETWEEN PHYTOPLANKTON MORPHOLOGY-BASED FUNCTIONAL GROUPS AND ENVIRONMENTAL FACTORS OF DIFFERENT HABITAT IN THE LAKE XIANN AND INFLOW RIVERS  
水生生物学报. 2018, 42(3): 622 <https://doi.org/10.7541/2018.078>

#### 剑湖摇蚊幼虫的空间分布与水质评价

Spatial Distribution of Chironomid Larvae and Water Quality Assessment in Jianhu Lake  
水生态学杂志. 2017, 38(3): 58 <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2017.03.009>

文章编号: 1674-5566(2021)02-0276-08

DOI:10.12024/jsou.20200503043

## 基于WQI法的滴水湖及入湖河道水质研究

范泽宇<sup>1,2</sup>, 袁林<sup>1,2</sup>, 周亦<sup>1,2</sup>, 薛俊增<sup>1,2</sup>, 陈冲<sup>3</sup>, 陈嘉杰<sup>3</sup>, 胡茜旸<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学海洋生态与环境学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学港航生态安全研究中心, 上海 201306; 3. 上海临港城市运营管理有限公司, 上海 201306)

**摘要:** 采用综合水质标识指数(water quality identification index, WQI)评价法分析了滴水湖及其入湖河道2018年8月至2019年7月间水质时空分布差异,并对水质主要影响因子进行分析。结果表明,滴水湖及入湖河道的水质具有空间上的差异性,外涟河、中涟河、内涟河、入湖口水质为“中等”,滴水湖区为“良好”,从外涟河到滴水湖区的水质呈现出逐渐变好的状态;和WQI显著相关的水质参数有总氮、氨氮、水温等;水质季节变化主要影响因子为水温和降水,空间变化主要影响因子为引水水源水质和人类活动。根据该区域水质特征和影响因子,提出了生物治理法、改建雨水排放管道和加强重要指标监测等治理对策。

**关键词:** 滴水湖; 城市人工湖; 综合水质标识指数; 水质

**中图分类号:** X 524 **文献标志码:** A

水资源作为与人类活动密切相关的重要资源之一,其保护问题备受世界瞩目。其中,水质相关问题逐步成为各界学者的关注重点<sup>[1]</sup>。为有效管理、改善和保护水体质量,对水体中的物质形式、性质和含量进行科学地调查和监测是必不可少的<sup>[1-2]</sup>。掌握其不同条件下变化规律和影响因子,并依靠技术手段,对水质污染现象进行有效控制。

全面系统地评价水质状态是水污染治理的首要工作。目前,水质综合评价有多种方法<sup>[3-7]</sup>: 单因子污染指数法、内梅罗污染指数法、主成分分析法及综合水质标识指数(water quality identification index, WQI)法等。WQI法是近年来出现的一种较新的水质评价方法<sup>[7]</sup>,该方法可以系统客观地评价水环境类别、水质数据、水质达标情况等,相对于其他水质评价方法,其呈现出定性、定量评价优势。该方法目前大多应用于河流水质评价中,但关于湖泊的综合水质状况评价的应用较少<sup>[7-9]</sup>。近年来,随着城市现代化进程加快,湖泊污染日益严重,对其水质调查及修复

研究亦逐渐增多<sup>[10-11]</sup>,但对于城市人工湖的研究偏少且不够系统<sup>[12]</sup>。

滴水湖位于上海市浦东新区东海之滨,是上海市面积最大的人工湖。湖泊呈圆形,总面积5.56 km<sup>2</sup>,平均水深3.7 m。在承担防汛排涝、置换水体等功能的同时,滴水湖对于塑造城市景观生态、优化地区小气候起着不可估量的作用,是临港新城水利调度及景观的核心<sup>[13-14]</sup>。滴水湖湖水主要源自大治河,经随塘河,在开闸放水期间经C港再流入滴水湖外围的“七射三涟”水网后进入湖中<sup>[15]</sup>。

曾有学者<sup>[16]</sup>对滴水湖水质开展过部分研究,结果显示滴水湖水体在2004—2005年整体呈轻度富营养化,属于V类水;在2006—2009年整体达到IV类标准<sup>[17]</sup>;2013年其引水河道水体属于V类水,湖区属于IV类水<sup>[18-19]</sup>。但未见对滴水湖及入湖河道水质时空变化进行综合研究。

近年来,随着临港新城建设的加快和大量外来人口的入驻,滴水湖附近的土地利用类型、结构和强度发生较大变化,污染类型和强度也随之

收稿日期: 2020-05-20 修回日期: 2020-07-20

基金项目: 上海港口及近海生态环境科技服务平台项目(19DZ2292500);海洋工程装备检测试验技术国家工程实验室建设项目(沪发改高技[2016]99号);2018—2020年度临港新城滴水湖水质检测项目(D-8005-18-0218)

作者简介: 范泽宇(1996—),男,硕士研究生,研究方向为湖泊生态学。E-mail:670637566@qq.com

通信作者: 薛俊增, E-mail:jzxue@shou.edu.cn

改变,这对滴水湖及其入湖河道水体质量产生不利影响<sup>[14-15]</sup>。为阐明滴水湖的水质变化情况,在2018年8月—2019年7月对滴水湖及入湖河道进行了为期1年的水质生态学调查,采用WQI法对滴水湖入湖河道的水质总体情况进行评价,并对其时空分布差异进行了分析,以期为上海滴水湖水系及国内外其他人工城市湖泊的环境保护和管理提供数据及理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 水质监测范围

共在滴水湖区和入湖河道中设立18个水质监测点位(图1)。按照滴水湖水系特征及周边土地利用类型将采样点分为滴水湖区、入湖口、外涟河、中涟河、内涟河共5个区。

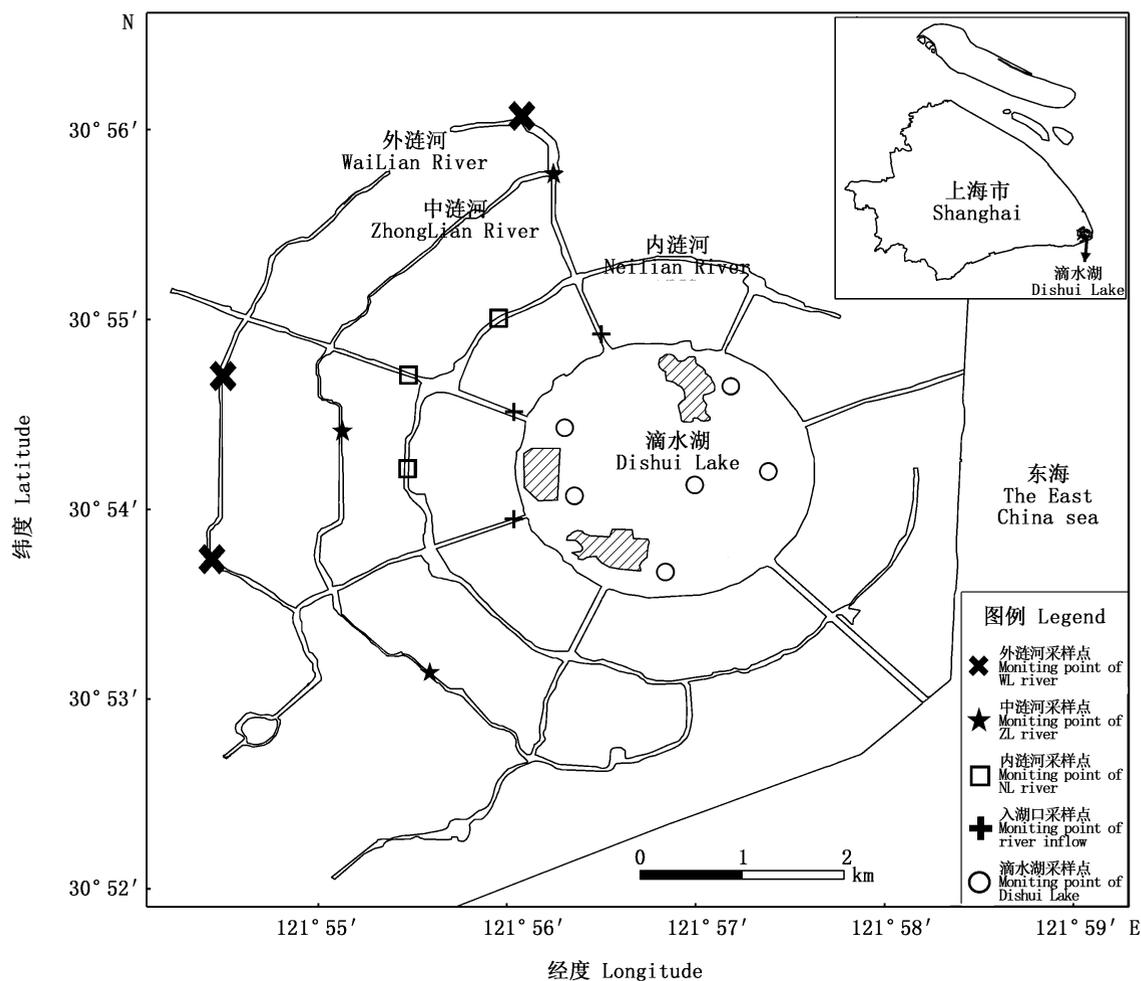


图1 滴水湖及入湖河道水质监测点位示意图

Fig.1 Schematic diagram of water quality monitoring points in Dishui Lake and its inlet rivers

### 1.2 监测方法

于2018年8月—2019年7月期间每月对滴水湖湖区各样点采样2次,对周边河道样点采样1次。采样选择在晴天或多云天气条件下进行,以尽量减少降雨对水质的影响。采样过程中遵

循《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91—2002)有关要求执行,水质评价参考《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。具体监测水质项目、分析仪器、分析方法见表1。

表 1 监测水质指标及仪器分析方法  
Tab.1 Water quality parameters instruments analysis and methods

监测项目 Items	分析仪器 Instruments	型号 Model	分析方法 Methods
水温 T			
pH	便携式多参数水质测量仪	WTW Multi3630IDS	电极法
溶解氧 DO			
盐度 PSU			
高锰酸盐指数 COD <sub>Mn</sub>	酸式滴定管	-	高锰酸钾氧化法(GB/T 11892—1989)
氨氮 NH <sub>4</sub> -N			纳氏试剂分光光度法(HJ 535—2009)
总磷 TP			钼酸铵分光光度法(GB/T 11893—1989)
总氮 TN	分光光度计	-	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636—2012)
硝酸盐氮 NO <sub>3</sub> -N			酚二磺酸分光光度法(GB/T 7493—1987)
亚硝酸盐氮 NO <sub>2</sub> -N			分光光度法(GB/T 7480—1987)
浊度 TUR	台式浊度计	WGZ-3(3A)	仪器法

### 1.3 水质评价方法

综合水质指数法在 2000 年由 PESCE 和 WUNDERLIN 提出<sup>[6]</sup>。每个水质参数都根据其对于初级健康感知的影响分配了一个权重,用于计算 WQI(表 2)。采用水温(T)、pH、浊度(TUR)、溶解氧(DO)、总氮(TN)、氨氮(NH<sub>4</sub>-N)、亚硝酸盐氮(NO<sub>2</sub>-N)、硝酸盐氮(NO<sub>3</sub>-N)计算 WQI:

$$I_{WQI} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (1)$$

式中: $I_{WQI}$ 为综合水质指数 WQI; $i$ 为研究中包含的总参数量; $C_i$ 是参数  $i$  的标准化值; $P_i$ 是参数  $i$

的权重,分配给影响水质的参数的最大权重为 4,最小值为 1。这些值的准确性已在一些研究中得到了验证<sup>[20-21]</sup>。

计算出 WQI 的范围为 0 ~ 100,值越高代表水质越好。根据 WQI 得分,将水质分为 5 个等级:优秀(91 ~ 100)、良好(71 ~ 90)、中等(51 ~ 70)、一般(26 ~ 50)和差(0 ~ 25)<sup>[22]</sup>。每个采样点的 WQI 按月份计算,并取各点之和的平均值确定最终每个分区的 WQI。

数据计算和处理使用 GraphPad Prism 8.0 和 Excel 2010。

表 2 WQI 计算表  
Tab.2 WQI calculation table

指标 Parameters	权重 Relative weight( $P_i$ )	标准化值 Normalization factor ( $C_i$ )										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
温度 T/°C	1	21/16	22/15	24/14	26/12	28/10	30/5	32/0	36/-2	40/-4	45/-6	>45/<-6
pH	7	7~8	7~8.5	7~9	6.5~7	6~9.5	5~10	4~11	3~12	2~13	1~14	
浊度 TUR/NTU	2	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	≤100	>100
溶解氧 DO/(mg/L)	4	≥7.5	>7	>6.5	>6	>5	>4	>3.5	>3	>2	≥1	<1
总氮 TN/(mg/L)	2	<0.1	<0.2	<0.35	<0.5	<0.75	<1	<1.25	<1.5	<1.75	≤2	>2
氨氮 NH <sub>4</sub> -N/(mg/L)	3	<0.01	<0.05	<0.1	<0.2	<0.3	<0.4	<0.5	<0.75	<1	≤1.25	>1.25
亚硝酸盐氮 NO <sub>2</sub> -N/(mg/L)	2	<0.005	<0.01	<0.03	<0.05	<0.1	<0.15	<0.2	<0.25	<0.5	≤1	>1
硝酸盐氮 NO <sub>3</sub> -N/(mg/L)		<0.5	<2	<4	<6	<8	<10	<15	<20	<50	≤100	>100
总磷 TP/(mg/L)	1	<0.01	<0.02	<0.05	<0.1	<0.15	<0.2	<0.25	<0.3	<0.35	≤0.4	>100
高锰酸盐 COD <sub>Mn</sub> /(mg/L)	3	<1	<2	<3	<4	<6	<8	<10	<12	<14	≤15	>15

## 2 结果

### 2.1 滴水湖及入湖河道水质重要参数变化趋势

选取了2018年8月—2019年7月采样期间上海滴水湖水系中总磷(TP)、总氮(TN)、氨氮(NH<sub>4</sub>-N)、高锰酸盐(COD<sub>Mn</sub>)等4个水质指标,分析其不同月份变化趋势。4个水质指标质量浓度值冬春季节大多高于夏秋季节。除高锰酸盐指数外,其他3个指标呈现出明显的下降趋势。从空间分布来看,滴水湖区的各项指标实测值明显低于其他区域,分布规律呈现出外涟河 > 中涟河 > 内涟河 > 入湖口 > 湖区的趋势。见图2。

### 2.2 滴水湖及入湖河道 WQI 评价结果

滴水湖及入湖河道综合水质指数评价结果显示(图3,4),2018年8月—2019年7月,“良

好”水质的区域有滴水湖区、入湖口、外涟河,其中湖区水质在全年时间中都显示为“良好”,中涟河水质在全年时间中都表现为“中等”。从各水质等级出现时间比例来看,水质情况由高到低的区域依次为:滴水湖区、入湖口、内涟河、中涟河、外涟河。5个区域中年均水质为“中等”状态的有外涟河(58.41)、中涟河(60.32)、内涟河(61.75)、入湖口(66.83),滴水湖区的年均水质达到了“良好”(78.89)。这些区域间的WQI存在显著差异:1年中WQI均值最高的区域为滴水湖区,其次是入湖口。3条入湖河道从内涟河到中涟河到外涟河呈逐渐变低的趋势。同时,各区域的水质具有明显的季节变化趋势,尤其是在2019年6月,除滴水湖湖区以外,各区域的水质都出现了明显下降。

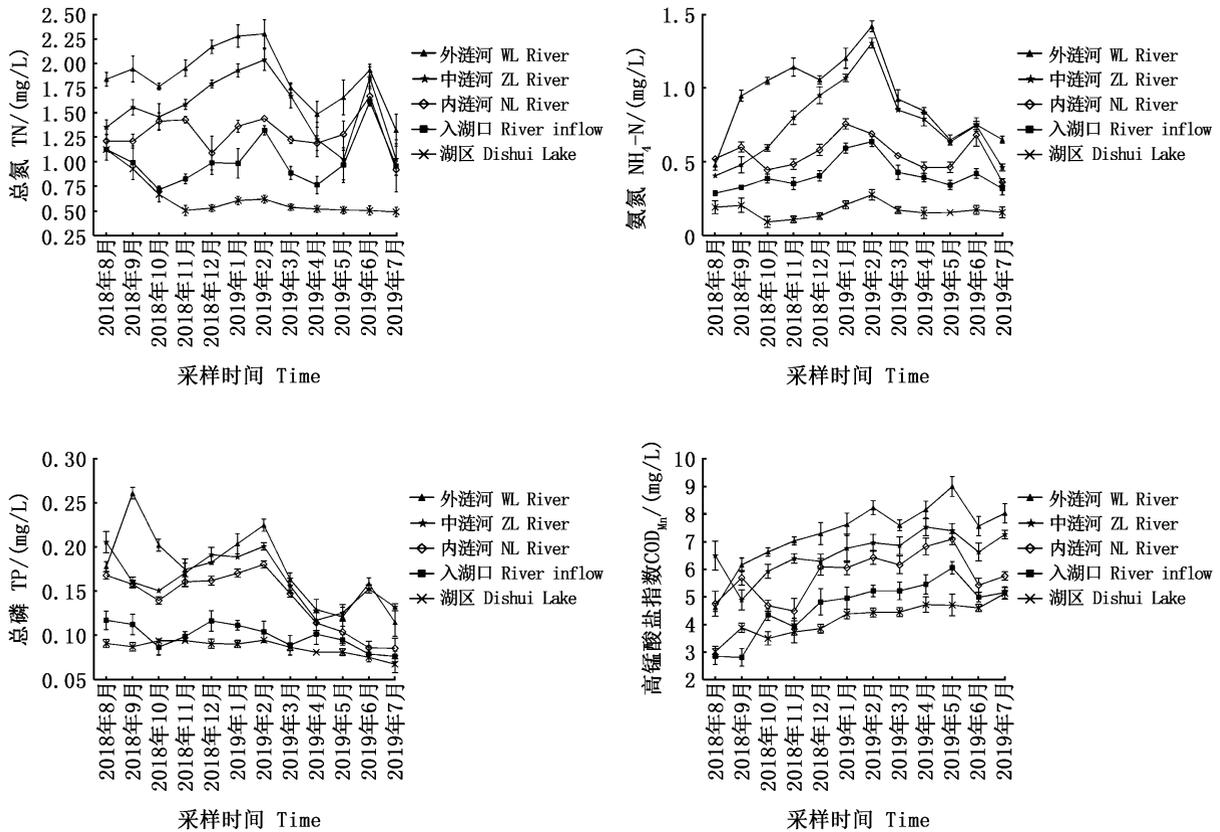


图2 滴水湖及入湖河道2018年8月—2019年7月重要水质指标变化情况

Fig.2 Changes in key water quality indicators of Dishui Lake and its inlet rivers from August 2018 to July 2019

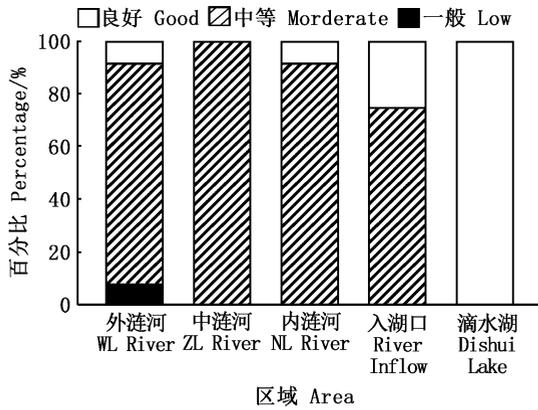


图3 滴水湖及入湖河道2018年8月—2019年7月WQI值空间分布

Fig.3 Spatial distribution of WQI in Dishui Lake and the inlet river from August 2018 to July 2019

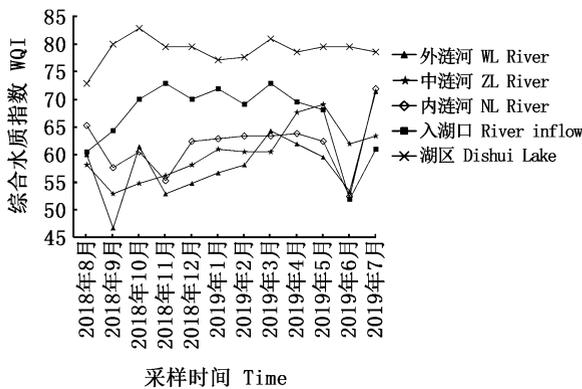


图4 滴水湖及入湖河道2018年8月—2019年7月综合水质指数评价结果

Fig.4 Evaluation results of water quality index of Dishui Lake and inlet rivers from August 2018 to July 2019

### 2.3 各水质指标与WQI值的相关性分析

将2018年8月—2019年7月滴水湖及入湖河道的各水质指标与其WQI值进行Pearson相关性分析后可得知(表3):营养盐指标(总磷、总氮、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、高锰酸盐指数)和水温与WQI之间存在负相关性( $R$ 为负值且接近0; $P < 0.05$ ),当营养盐指标和水温较高时,WQI呈现较低值,即温度和营养盐指标越高,水质越差;溶解氧与WQI成较高正相关性,即溶解氧浓度越高,水质越好。在这些指标中,与WQI相关性最高的为氨氮( $R = -0.998, P < 0.001$ )、总氮( $R = -0.996, P < 0.001$ )和亚硝酸盐氮( $R = -0.993, P < 0.001$ )。由此可知,氮元素在

滴水湖及入湖河道水质中起显著作用。

表3 滴水湖及入湖河道各水质指标与WQI值Pearson相关性分析  
Tab.3 Correlation analysis of water quality parameters and WQI values of Dishui Lake and its inlet rivers

指标 Parameters	WQI	
	$P$	$R$
总磷 TP	0.031	-0.912
总氮 TN	<0.001	-0.996
氨氮 $\text{NH}_4\text{-N}$	<0.001	-0.998
高锰酸盐 $\text{COD}_{\text{Mn}}$	0.044	-0.889
亚硝酸盐氮 $\text{NO}_2\text{-N}$	<0.001	-0.993
硝酸盐氮 $\text{NO}_3\text{-N}$	0.043	-0.890
pH	0.459	0.440
溶解氧 DO	0.025	0.924
浊度 TUR	0.570	-0.345
水温 T	0.021	-0.931

## 3 讨论

滴水湖及入湖河道作为人工开挖于围垦滩涂的城市人工水系,具有流动性缓慢、水体自净能力较差等特点,容易受到内源或外源性的污染<sup>[23-27]</sup>。滴水湖附近的临港新城近年发展迅速,建设用地类型及开发强度等较之前都有了较大的变化<sup>[15]</sup>,同时也对滴水湖水系的水生态环境、生物多样性等带来了一系列的影响。

本文研究结果显示:滴水湖及入湖河道的水质季节性变化较为明显,夏季水质会出现明显下降;夏季水温回升较快,微生物在底泥中的作用增强,加剧耗氧;河道中沉积物受水流扰动影响明显,底泥向上层水体中释放氮、磷元素较多。刘金金<sup>[23]</sup>研究发现,在厌氧条件下,滴水湖水系沉积物中磷的释放随着温度升高而释放作用明显加强。张焕焕等<sup>[27]</sup>研究表明,温度升高会使滴水湖水系底泥中各形态氮向表层水体释放量增加,入夏时正值上海的汛期,大量降水带来地表径流携带地表污染物进入水体中,使得这一时期水质明显下降。

2018年8月—2019年7月WQI结果显示,滴水湖及入湖河道的水质具有空间差异性,从外涟河到滴水湖区水质呈现出外部到内部逐渐变好的状态,引水水源及补充水源水质较差、人类活动成为重要影响因子。

自2003年开始蓄水以来,滴水湖入湖河道的

主要引水水源来自北边水质较差大治河等,此外,滴水湖在每年2月份开闸引水1次,同时湖区连接东海的出水口开闸放水,在其余时间为封闭状态<sup>[25]</sup>,因此具有“北引南排”的水系特征<sup>[14]</sup>。由于形成年份较短,滴水湖底质为潮滩砂砾型土,湖底沉积层较薄,因此湖底向上层水体释放氮、磷元素较少<sup>[26]</sup>,有别于引水河道。除此之外,地表降水的冲刷导致入湖河道中含氮、磷污染物随径流量的增加而增加<sup>[27]</sup>。但由于滴水湖区水体半封闭特征,河道与湖区的水质出现明显空间差异。本文研究结果显示:入湖河道中总氮总磷质量浓度实测值明显高于滴水湖区;受引水水源水质影响较大的外涟河与湖区相比水质较差,引水水源水质对具有半封闭性质的湖区影响较小。这一结果与国内其他研究相符:童琰等<sup>[24]</sup>研究表明,湖区水质为Ⅳ类,引水河道为Ⅴ类水;应悦汉<sup>[17]</sup>研究发现,滴水湖引水河道与水闸的水质明显差于湖区。

有关报道<sup>[14]</sup>显示,2018年滴水湖流域的未开发土地面积从2016年的4 342.5 hm<sup>2</sup>减少到了3 274.2 hm<sup>2</sup>,临港新城兴建了大量的道路、居住区、学校、工业区等基础设施,用地类型发生明显变化。吕永鹏等<sup>[14]</sup>报道,土地利用已经成为影响滴水湖水系水环境中最主要的非点源污染类型。在开发强度较高的区域,如中涟河、外涟河流经地区,有大量的居住用地及商业区、施工工地,部分居民区“雨污混排”现象明显<sup>[14-15]</sup>,居民生活污水通过雨水排放管排入河道中,这些废水中往往含有大量有机物,当其进入自然水体中时需要消耗大量的溶解氧来分解,从而破坏水体中氧平衡,造成河道水质的污染。同时,工地和临时施工违规排放的建筑垃圾以及河道两边植被被破坏导致岸坡裸露也会使河道水质下降。在公园绿地较多的内涟河和入湖口,河道水体自净能力较强,因此水质好于中、外涟河。

针对滴水湖及入湖河道水质特征及影响因素,为防止水质出现进一步恶化,提出以下几点建议:(1)人工湖的生态系统一旦稳定,其水体的自净能力以及抵御外界污染的能力就会不断提升。可采用生物治理法<sup>[11]</sup>加大对入湖河道水质的治理。在湖区和河道加大滤食性鱼类的投放量,并且投放一定数量的底栖软体动物来重新构建生态系统,加强水质净化作用。同时,增加湖

区和河道中水生植被量,对于水体中的营养盐也具有良好的净化作用。对于裸露的河岸可以种植植物防止水土流失带入污染物。(2)改建雨水排放管道,确保雨水污水分离,建设海绵城市,净化雨水。减少河道水体污染,净化河道水质,确保其运行稳定。利用工程截污等措施控制外源性污染,例如可以利用修建闸坝等措施来拦截调控污染物。(3)加强宣传教育,增强居民的环保意识。相关部门制定相应法律法规,建立长效监管措施,杜绝乱排偷排现象。(4)加强对氮、磷元素等重要指标的监测,建立科学系统的滴水湖水水质监测模式和水系安全预警系统,防止水质污染进一步加剧<sup>[20]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 尹海龙,徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(5): 729-733.  
YIN H L, XU Z X. Comparative study on typical river comprehensive water quality assessment methods [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(5): 729-733.
- [2] 王珺博. 综合水质标识指数法(WQI)在永定河石景山段水质评价中的应用[J]. 环境与发展, 2017, 29(3): 42-43.  
WANG J B. Application of comprehensive Water Quality Index Method (WQI) in water quality evaluation of Shijingshan Section of Yongding River[J]. Environment and Development, 2017, 29(3): 42-43.
- [3] 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.  
XU Z X. Comprehensive water quality identification index for environmental quality assessment of surface water [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2005, 33(4): 482-488.
- [4] 李如忠. 水质评价理论模式研究进展及趋势分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2005, 28(4): 369-373.  
LI R Z. Progress and trend analysis of theoretical methodology of water quality assessment[J]. Journal of Hefei University of Technology, 2005, 28(4): 369-373.
- [5] 李经纬,杨路华,梁宝成,等. 改进的主成分分析法在白洋淀水质评价中的应用[J]. 海河水利, 2007(3): 40-43.  
LI J W, YANG L H, LIANG B C, et al. The application of improved principal component analysis method to the water quality appraisal in Baiyangdian Lake[J]. Haihe Water Resources, 2007(3): 40-43.
- [6] PESCE S F, WUNDERLIN D A. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River[J]. Water Research, 2000, 34(11): 2915-2926.

- [7] 耿慧, 谢建治, 刘树庆. 水质标识指数法在白洋淀水质评价中的应用[J]. 河北农业大学学报, 2011, 34(3): 93-98.  
GENG H, XIE J Z, LIU S Q. Application of water quality identification index to environmental quality assessment of Baiyangdian Lake[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2011, 34(3): 93-98.
- [8] 王洁瑜. 采用综合水质标识指数法评价城市河流水质——以南明河为例[J]. 环境与发展, 2019, 31(10): 13-14.  
WANG J Y. Evaluation of urban river water quality by comprehensive water quality index method: a case study of Nanming River[J]. Environment and Development, 2019, 31(10): 13-14.
- [9] 刘艳侠, 张翠英, 胡兆祥. 城市人工湖的生态功能及水质保持[J]. 中国资源综合利用, 2014(6): 38-41.  
LIU Y X, ZHANG C Y, HU Z X. Ecological function and water quality maintenance of urban artificial lake[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2014(6): 38-41.
- [10] 陈良霞, 郑小燕, 姜娟. 人工开挖湖体生态修复工程探讨——以“上海之鱼” I 期水系为例[J]. 净水技术, 2016, 35(S1): 66-69.  
CHEN L X, ZHENG X Y, JIANG J. Discussion about ecological restoration of an artificial excavation lake: taking the first phase of Jinhai Lake as an example[J]. Water Purification Technology, 2016, 35(S1): 66-69.
- [11] 余帆洋, 鲁胜, 廖国庆, 等. 城市补水型人工湖生态系统构建方案初探[J]. 环境工程, 2018, 36(11): 8-12.  
YU F Y, LU S, LIAO G Q, et al. Preliminary study on ecosystem construction of a water replenishment urban artificial lake[J]. Environmental Engineering, 2018, 36(11): 8-12.
- [12] 陈蔚镇, 朱俊, 樊正球, 等. 上海临港新城总体规划的生态学思考[J]. 城市规划, 2007, 31(6): 32-38.  
CHEN W Z, ZHU J, FAN Z Q, et al. Ecological thinking over master plan of Lingang new city of Shanghai[J]. City Planning Review, 2007, 31(6): 32-38.
- [13] 张辰, 吕永鹏, 莫祖澜, 等. 以总磷控制为主导的滴水湖水质保障系统方案探讨[J]. 给水排水, 2019, 55(9): 46-49, 54.  
ZHANG C, LYU Y P, MO Z L, et al. A systematic solution to water quality control in Dishui Lake dominated by total phosphorus control[J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(9): 46-49, 54.
- [14] 吕永鹏, 杨凯, 车越, 等. 上海滴水湖集水区非点源污染物输移通量的时空分布特征[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2012(6): 1-12, 38.  
LYU Y P, YANG K, CHE Y, et al. Temporal-spatial characteristics of the transport flux of non-point source pollution in Lake Dishui watershed in Shanghai[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 2012(6): 1-12, 38.
- [15] 汪海英, 周敏杰. 临港新城——滴水湖富营养化现状评价及调控对策[J]. 上海水务, 2006, 22(4): 24-26, 28.  
WANG H Y, ZHOU M J. Eutrophication status evaluation and regulation countermeasures of Dishui Lake in Lingang New City[J]. Shanghai Water, 2006, 22(4): 24-26, 28.
- [16] 周新龙. 综合水质指数法对滴水湖水质的评价[J]. 净水技术, 2012, 31(2): 66-71.  
ZHOU X L. Evaluation of water quality for Dishui Lake with the method of comprehensive water quality index[J]. Water Purification Technology, 2012, 31(2): 66-71.
- [17] 应悦汉. 滴水湖及其引水河道水质调查及表层沉积物中磺胺类和四环素类抗生素的污染特征[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.  
YING Y H. Investigation of water quality and contamination characteristics of sulfonamides tetracyclines antibiotics in the surface sediments of Dishui Lake and its flowing rivers[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016.
- [18] 江敏, 刘金金, 卢柳, 等. 灰色聚类法综合评价滴水湖水系环境质量[J]. 生态环境学报, 2012, 21(2): 346-352.  
JIANG M, LIU J J, LU L, et al. Synthetical evaluation of water quality of Dishui Lake water system by gray clustering method[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(2): 346-352.
- [19] 何玮, 薛俊增, 方伟, 等. 滩涂围垦湖泊滴水湖水水质现状分析[J]. 科技通报, 2010, 26(6): 869-873, 878.  
HE W, XUE J Z, FANG W, et al. Water quality analysis of Dishui Lake in the reclamation of beach land[J]. Bulletin of Science and Technology, 2010, 26(6): 869-873, 878.
- [20] KOÇER M A T, SEVGILI H. Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms[J]. Ecological Indicators, 2014, 36: 672-681.
- [21] DEBELS P, FIGUEROA R, URRUTIA R, et al. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 110(1/3): 301-322.
- [22] JONNALAGADDA S B, MHERE G. Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe[J]. Water Research, 2001, 35(10): 2371-2376.
- [23] 刘金金. 滴水湖及其入湖河道水质调查及沉积物中磷的探究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013.  
LIU J J. Research of water quality and phosphorus in sediments of Dishui Lake and its inflowing rivers[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013.
- [24] 童琰, 马明睿, 林青, 等. 滴水湖浮游植物时空分布动态及其影响因子[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1499-1506.  
TONG Y, MA M R, LIN Q, et al. Dynamics of spatial and temporal distribution of phytoplankton and related affecting factors in the Dishui Lake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(12): 1499-1506.

- [25] 刘金金,孙振中,张玉平,等. 上海滴水湖水环境容量的估算[J]. 海洋湖沼通报, 2015(4): 143-148.  
LIU J J, SUN Z Z, ZHANG Y P, et al. Estimation of water environmental capacity in Dishui Lake [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2015(4): 143-148.
- [26] 张肖,金星龙. 雨水回用于人工湖的水质安全评价[J]. 节水灌溉, 2018(7): 46-50.  
ZHANG X, JIN X L. Water quality safety evaluation of rainwater reused for artificial lake [J]. Water Saving Irrigation, 2018(7): 46-50.
- [27] 张焕焕,毕春娟,陈振楼,等. 滴水湖水系中氮的污染特征及其影响因子[J]. 中国环境科学, 2014, 34(10): 2646-2652.  
ZHANG H H, BI C J, CHEN Z L, et al. Pollution characteristics of nitrogen and its influence factors in water and sediments of Dishui Lake water system [J]. China Environmental Science, 2014, 34(10): 2646-2652.

## Research on the water quality of Dishui Lake and the river into the lake based on WQI method

FAN Zeyu<sup>1,2</sup>, YUAN Lin<sup>1,2</sup>, ZHOU Yi<sup>1,2</sup>, XUE Junzeng<sup>1,2</sup>, CHEN Chong<sup>3</sup>, CHEN Jiajie<sup>3</sup>, HU Qianye<sup>3</sup>

(1. College of Marine Ecology and Environment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Port Oceanographic Safety Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Shanghai Lingang City Operation Management Company Ltd, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The water quality identification index (WQI) evaluation method was used to analyze the temporal and spatial distribution of water quality in the Dishui Lake in Shanghai and the rivers into the lake from August 2018 to July 2019, and analyze the main factors affecting water quality. The results show that: the water quality of Dishui Lake and the rivers into the lake are spatially different; Wailian River, Zhonglian River, Neilian River and the mouth of the lake are “medium”, and the water quality of Dishui Lake area is “good”; The water quality in the Dishui Lake area has gradually improved. The water quality parameters that are significantly related to WQI include total nitrogen, ammonia nitrogen, and water temperature; the main influencing factors of seasonal changes in water quality are water temperature and precipitation, and the main influencing factors of spatial changes are the quality of water diversion sources and human activity. According to the water quality characteristics and influencing factors of the region, the biological treatment method, the reconstruction of rainwater discharge pipelines, and the strengthening of monitoring of important indicators are proposed.

**Key words:** Dishui Lake; urban artificial lake; water quality identification index; water quality