

天津市重点河湖浮游动物群落组成调查研究

刘玉¹, 宋兵魁^{2*}, 孙金辉¹, 鲍伟然¹

¹天津农学院水产学院, 天津

²天津市生态环境科学研究院, 天津

收稿日期: 2025年5月9日; 录用日期: 2025年6月2日; 发布日期: 2025年6月11日

摘要

浮游动物作为水生态系统的重要组成部分, 对生态系统的结构和功能具有重要调控作用。本研究旨在调查天津市重点河湖的浮游动物群落组成, 分析其生物多样性和群落结构, 以评估水环境质量和水生态系统的健康状况。天津市位于海河流域下游, 具有丰富的河流和水库资源, 是重要的交通枢纽和港口城市。2021年6~7月和9~10月, 天津市24条河流和2个水库共设置62个采样点, 采集浮游动物样本并进行鉴定。浮游动物物种丰富度、平均密度和生物量在不同水系间存在差异, 海河水系物种最丰富, 南四河水系物种最少。浮游动物种类和生物量以轮虫为主, 优势种为曲腿龟甲轮虫、蓴花臂尾轮虫、针簇多枝轮虫。通过Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数、Margalef丰富度指数对环境进行评价, 发现多样性指数普遍降低, 而丰富度指数普遍升高, 评价结果表明各水系水质处于轻-中度污染之间。

关键词

天津, 浮游动物, 生物多样性, 群落结构

Investigation of Zooplankton Community Composition in Key Rivers and Lakes in Tianjin

Yu Liu¹, Bingkui Song^{2*}, Jinhui Sun¹, Weiran Bao¹

¹Fisheries College of Tianjin Agricultural University, Tianjin

²Tianjin Academy of Environmental Sciences, Tianjin

Received: May 9th, 2025; accepted: Jun. 2nd, 2025; published: Jun. 11th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 刘玉, 宋兵魁, 孙金辉, 鲍伟然. 天津市重点河湖浮游动物群落组成调查研究[J]. 水产研究, 2025, 12(2): 83-95. DOI: 10.12677/ojfr.2025.122010

Abstract

As an important part of aquatic ecosystem, zooplankton plays an important role in regulating the structure and function of the ecosystem. The purpose of this study was to investigate the composition of zooplankton communities in key rivers and lakes in Tianjin, and analyze their biodiversity and community structure to assess the water environment quality and the health of water ecosystems. Located in the lower reaches of Haihe River Basin, Tianjin is an important transportation hub and port city with abundant river and reservoir resources. From June to July and September to October 2021, a total of 62 sampling sites were set up in 24 rivers and 2 reservoirs in Tianjin to collect and identify zooplankton samples. The species richness, average density and biomass of zooplankton were different among different river systems, with Haihe River system having the most abundant species and Nansihe River system having the least species. The species and biomass of zooplankton were mainly rotifers, and the dominant species were *Keratella valga*, *Brachionus calyciflorus* and *Polyarthra trigla*. Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index and Margalef richness index were used to evaluate the environment, and it was found that the diversity index generally decreased, while the richness index generally increased. The evaluation results showed that the water quality of each water system was between light and medium pollution.

Keywords

Tianjin, Zooplankton, Biodiversity, Community Structure

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

浮游动物，作为水体中进行浮游性生活的微型动物群体，主要涵盖了原生动物、轮虫、枝角类以及桡足类等类别。在淡水生态系统中，浮游动物是水生生态系统中重要组成部分，对生态系统的结构和功能具有重要调控作用[1]，它们是鱼类及其他经济性水生动物的主要食物来源，在水生态系统的物质循环和能量流动中扮演着至关重要的角色[2]。由于其广泛的分布和强大的环境适应能力，浮游动物常被用作重要的生物指标，以监测和评价水生态系统的健康状况[3]，可作为评估水环境质量与水生态系统健康的指示生物[4]，对渔业的可持续发展具有深远的影响。

天津市位于海河流域下游，承接北三河水系、永定河水系、大清河水系、子牙河水系、黑龙港运东水系、海河干流水系来水，是海河流域众多河流的出海口，河网密度、河道纵横、湖库众多，东临渤海，北依燕山[5]。天津地处华北平原东北部，是衔接华北、东北、华东的铁路枢纽及北方国际航运核心区。该城市被誉为“河海要冲”和“畿辅门户”。南北纵距 189 公里，东西横跨 117 公里，陆界 1137 公里，海岸线 153 公里。

2. 材料与方法

2.1. 调查时间与点位设置

本次调查时间分别于 2021 年 6~7 月、2021 年 9~10 月完成两个季度的采样，天津市主要河流水库，共计 24 条河流、2 个水库共设置采样点 62 个，选取调查点位信息见图 1 所示。

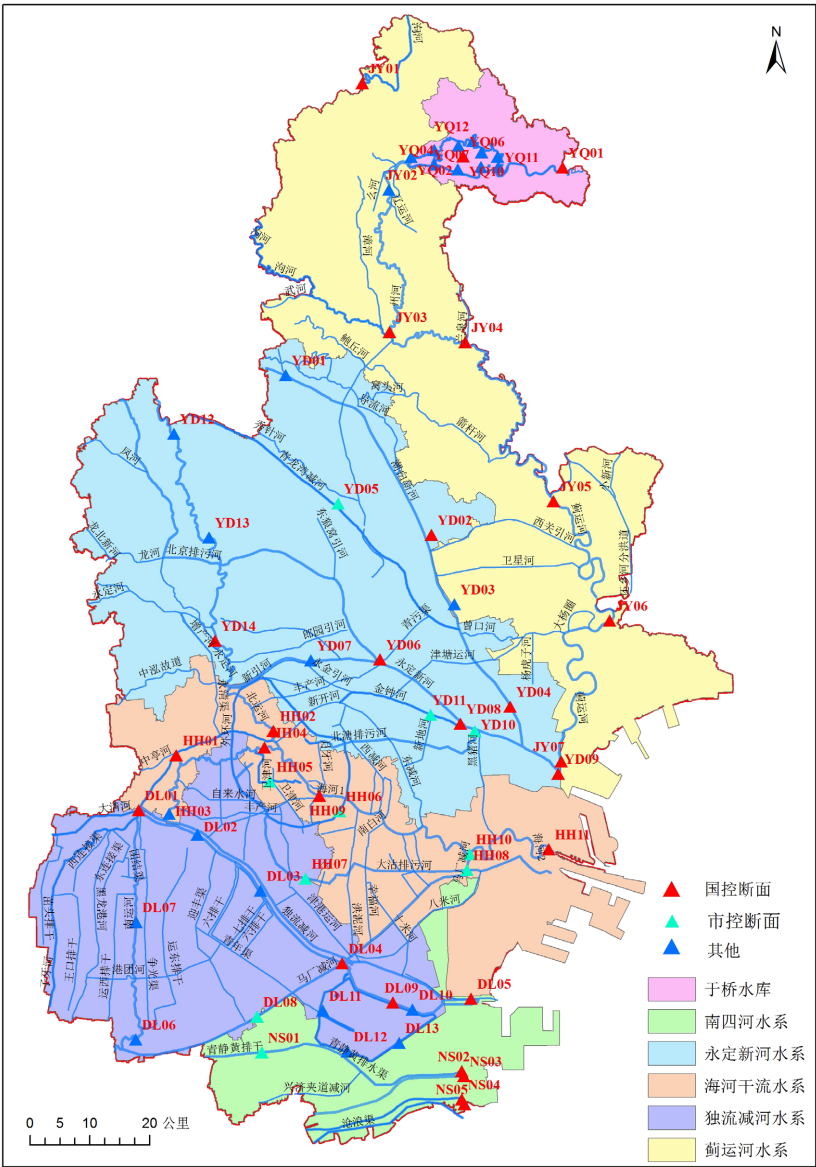


Figure 1. Survey point distribution diagram
图 1. 调查点位分布示意图

2.2. 样品采集与鉴定

浮游动物的采集与鉴定工作遵循全国内陆水域水生生物及环境调查所规定的方法。利用有机玻璃采水器在 0.5 米深处采集。采水 5 升，通过 25#浮游生物网过滤，然后收集在 100 毫升的广口瓶中，加入 5% 的福尔马林液固定，贴好标签并做记录[6]。

采集和计数浮游生物应遵循 SC/T 9012《渔业生态环境监测规范》(淡水)标准[7]。浮游生物种类的鉴定则依据相关文献[8] [9]进行。

2.3. 数据处理与分析

计算不同浮游动物多样性指数，包括浮游动物密度(N)、优势度指数(Y)、Shannon-Weiner 指数(H')、均匀度指数(J)和丰富度指数(d)，见式(1)~(5)。

浮游动物密度(N)计算:

$$N = \frac{v \times n}{V \times C} \quad (1)$$

优势度指数(Y)计算:

$$Y = (N_i / N) \times f_i \quad (2)$$

式中: N_i 为第 i 种的个体数, N 为样品中所有个体总数, f_i 为第 i 种在各采样位点出现的频率, $Y \geq 0.02$ 为优势种。

Shannon-Wiener 多样性指数(H')计算:

$$H' = -\sum (N_i / N) \log_2 (N_i / N) \quad (3)$$

Pielou 均匀度指数(J)计算:

$$J = H' / \log_2 S \quad (4)$$

式中: H' ——多样性指数; S ——总种类数。

Margalef 丰富度指数(d)计算:

$$d = (S - 1) / \log_2 N \quad (5)$$

式中: S ——调查生物的种类数; N ——全部生物个体总数。

应用 Excel 2016 和 Origin 2022 软件进行数据记录、分析和作图。

3. 结果与分析

3.1. 物种丰富度

各水系浮游动物物种丰富度空间特征见图 2。河流部分浮游动物物种丰富度结果显示, 物种丰富度最大的是海河水系, 两期共调查到浮游动物 29 种, 其中第一期 29 种, 第二期 27 种; 物种丰富度最小的是南四水系, 两期共调查到浮游动物 23 种, 其中第一期 19 种, 第二期 15 种。

水库部分浮游动物物种丰富度结果显示, 物种丰富度较大的是于桥水库, 两期共调查到浮游动物 90 种, 其中第一期 54 种, 第二期 60 种; 物种丰富度较小的是北大港水库, 两期共调查到浮游动物 73 种, 其中第一期 38 种, 第二期 51 种。

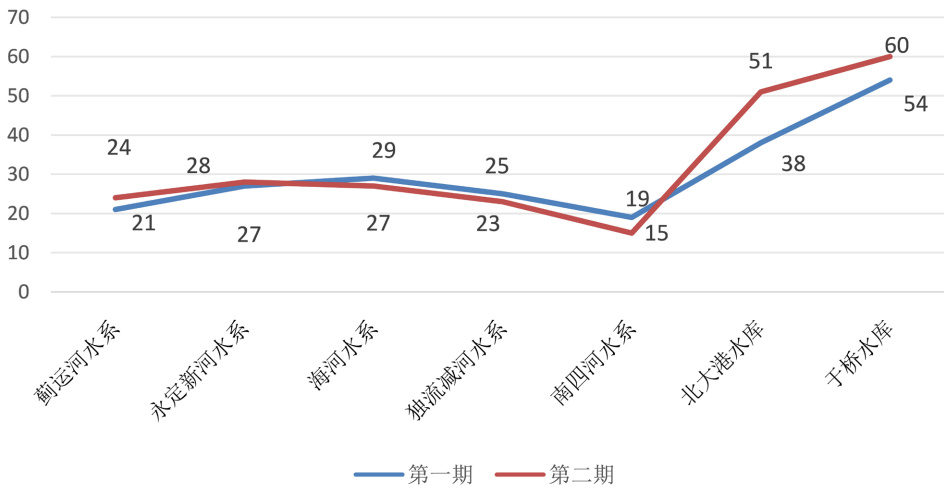


Figure 2. Spatial characteristics of zooplankton species richness in each water system
图 2. 各水系浮游动物物种丰富度空间特征

河流部分浮游动物物种丰富度百分结果显示见图 3，第一期轮虫在海河水系占比最大，为 72%，枝角类在蓟运河水系占比最大，为 24%，桡足类在南四河水系占比最大，为 20%；第二期轮虫在海河水系占比最大，为 78%；枝角类在蓟运河水系中所占百分比最大，为 21%，桡足类在南四河水系中所占百分比最大，为 13%。

水库部分浮游动物物种丰富度百分结果显示见图 4，第一期原生动物在于桥水库占比最大，为 31.48%；轮虫类在北大港水库占比最大，为 47.37%；枝角类在于桥水库中所占百分比最大，为 20.37%，桡足类在于桥水库中所占百分比最大，为 14.81%。第二期原生动物在北大港水库占比最大，为 27.45%；轮虫在于桥水库占比最大，为 43.33%；枝角类在于桥水库中所占百分比最大，为 15%；桡足类在于桥水库中所占百分比最大，为 21.67%。

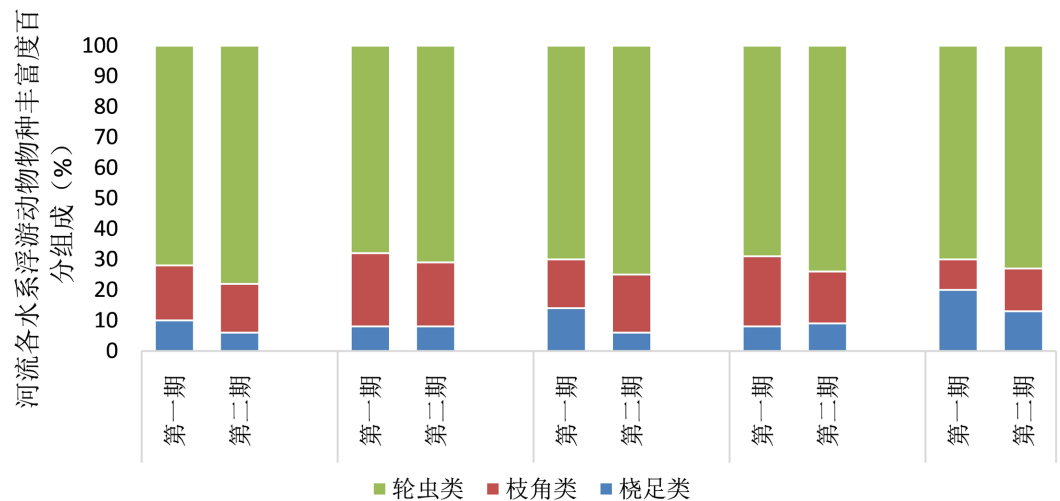


Figure 3. Spatial characteristics of percentile composition of zooplankton species richness in each river system
图 3. 河流各水系浮游动物物种丰富度百分组成的空间特征

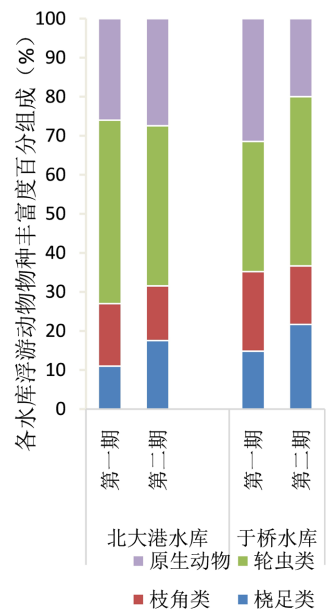


Figure 4. Spatial characteristics of percentile composition of zooplankton species richness in each reservoir
图 4. 各水库浮游动物物种丰富度百分组成的空间特征

3.2. 浮游动物的平均密度

浮游动物各类群平均密度见图 5。河流部分：第一期海河水系浮游动物平均平均密度最大，为 1109 ind./L。南四河水系浮游动物平均平均密度最小，为 53 ind./L；第二期南四河水系浮游动物平均平均密度最大，为 230 ind./L。蓟运河水系浮游动物平均平均密度最小，为 211 ind./L。水库部分：第一期北大港水库浮游动物平均密度较大，为 1487 ind./L，于桥水库浮游动物平均密度较小，为 1432.75 ind./L；第二期于桥水库浮游动物平均密度较大，为 4524 ind./L，北大港水系浮游动物平均密度较小，为 930 ind./L。

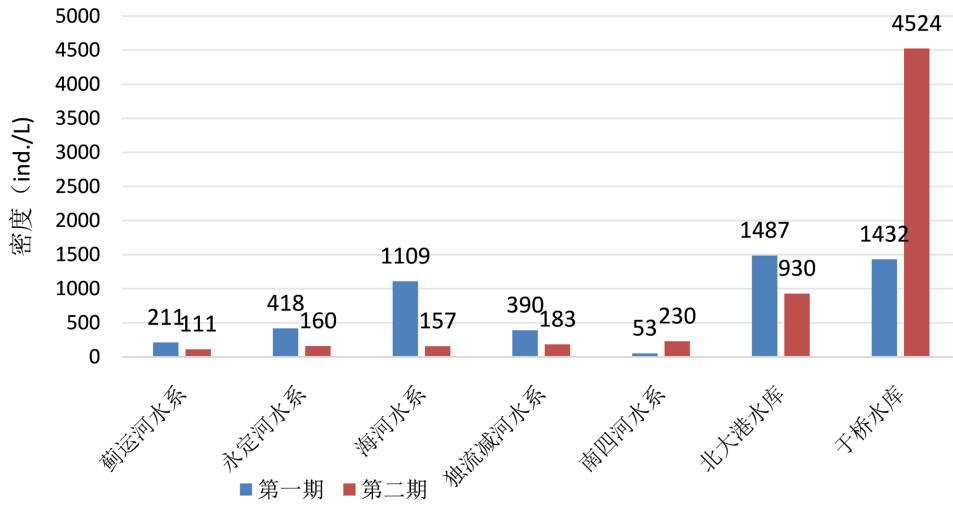


Figure 5. Spatial characteristics of average density of zooplankton in each water system
图 5. 各水系浮游动物平均密度空间特征

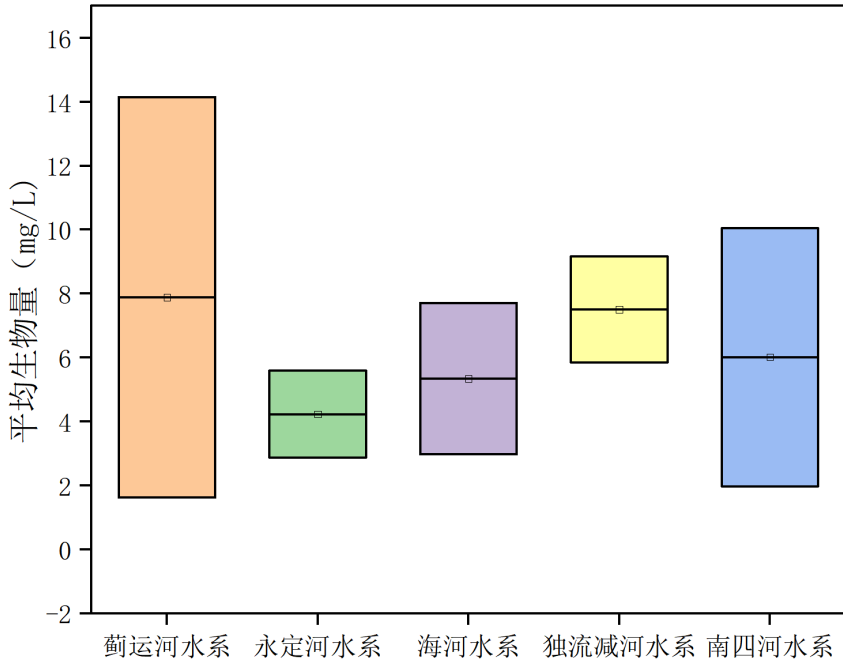


Figure 6. Spatial characteristics of mean biomass of each river system
图 6. 河流各水系平均生物量的空间特征

3.3. 浮游动物平均生物量

河流部分浮游动物平均生物量结果显示见图 6，生物量百分比的空间特征见图 7。第一期南四河水系的平均生物量最大，最大值为 10 mg/L。第二期蓟运河水系的平均生物量最大，最大值为 14 mg/L。

水库部分浮游动物平均生物量结果显示见图 8，生物量百分比的空间特征见图 9。第一期于桥水库的平均生物量较大，为 13.65 mg/L；北大港水库平均生物量较小，为 13.32 mg/L。第二期于桥水库的平均生物量较大，为 5.13 mg/L；北大港水库平均生物量较小，为 4.60 mg/L。

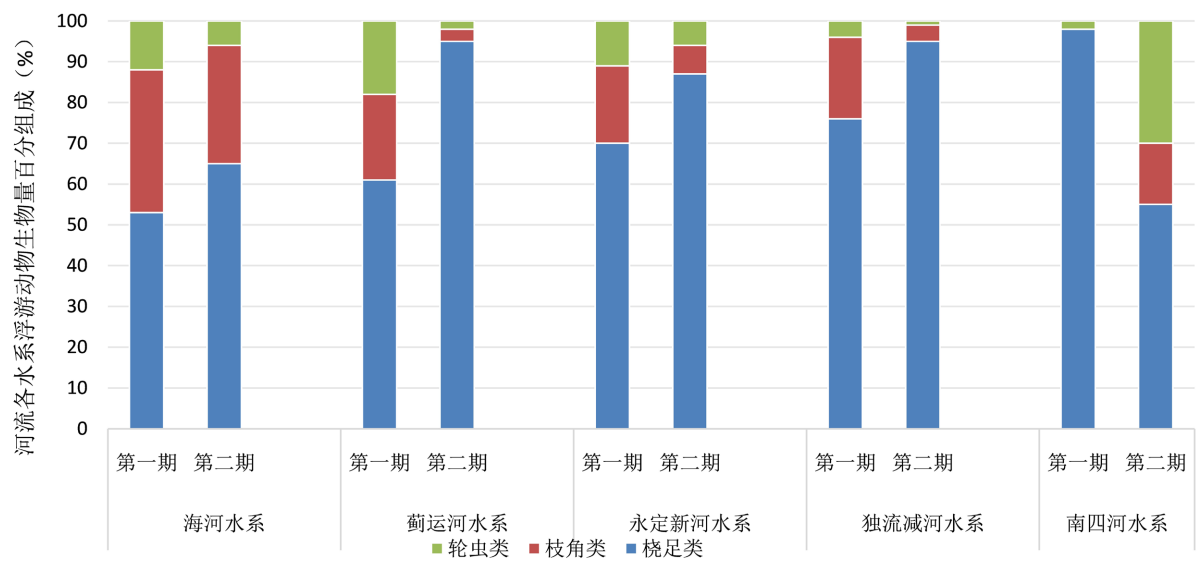


Figure 7. Spatial characteristics of zooplankton biomass percentage by river system
图 7. 河流各水系浮游动物生物量百分比的空间特征

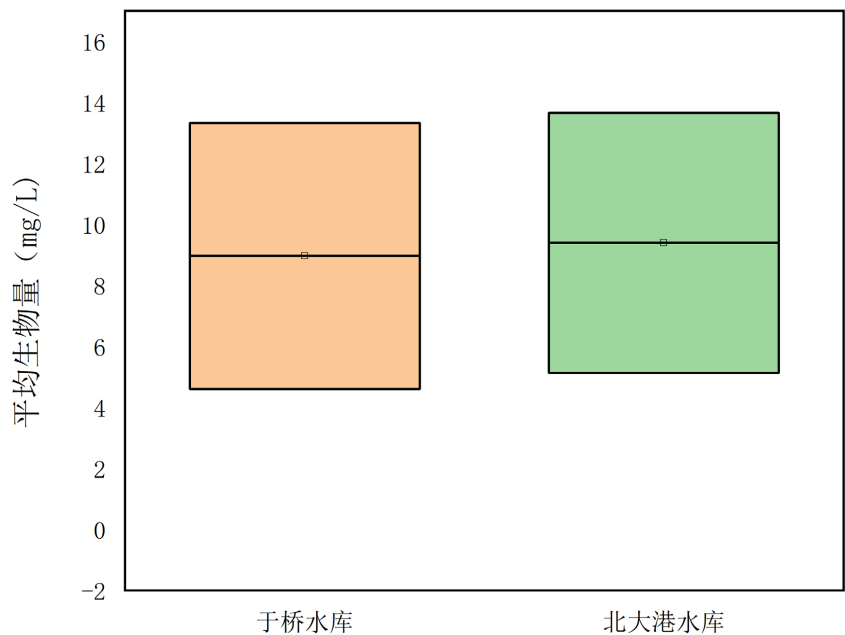


Figure 8. Spatial characteristics of mean biomass in each water system of reservoir
图 8. 水库各水系平均生物量的空间特征

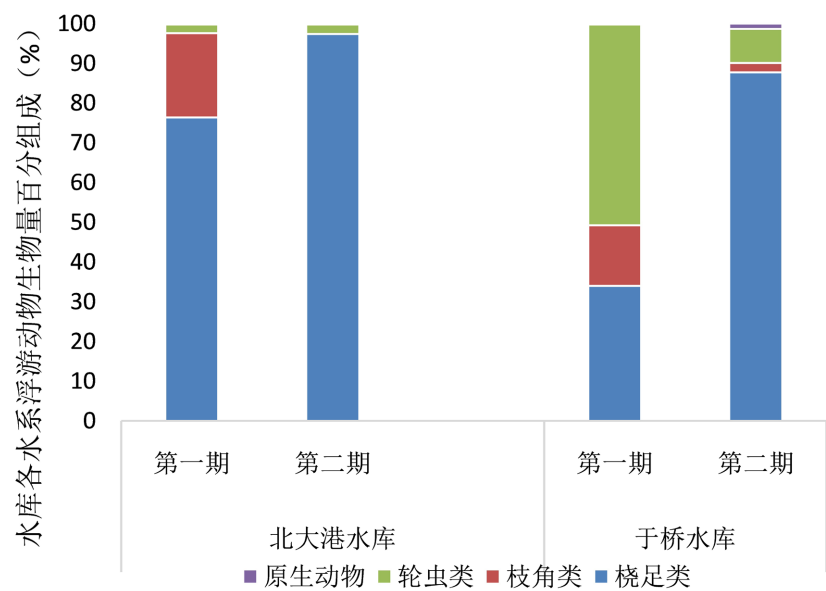


Figure 9. Spatial characteristics of zooplankton biomass percentage in reservoirs
图 9. 各水库浮游动物生物量百分比的空间特征

3.4. 浮游动物优势种

河流部分浮游动物优势种结果见表 1。结果显示，第一期曲腿龟甲轮虫是各水系中均出现的优势种。独流减河水系优势种最多，为 11 种，于桥水库水系优势种最少，仅为 4 种。第二期中，萼花臂尾轮虫、针簇多枝轮虫和近邻剑水蚤是各水系中均出现的优势种。蓟运河水系优势种最多，为 12 种，于桥水库水系优势种最少，为 6 种。水库部分浮游动物优势种结果显示，第一期北大港水库优势种有 6 种，于桥水库优势种有 3 种。第二期桡足类幼体、广布中剑水蚤和台湾温剑水蚤是两个水库均出现的优势种。北大港水库优势种有 3 种，于桥水库优势种有 5 种。

Table 1. System resulting data of standard experiment
表 1. 浮游动物优势种

水系	优势种	
	第一期优势种	第二期优势种
蓟运河水系	角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i>)	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)
	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)	中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)
	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)	直额裸腹蚤(<i>Moina rectirostris</i>)
	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)
	扁平泡轮虫(<i>Pompholyx complanata</i>)	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)
	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)
	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)	长额象鼻蚤(<i>Bosmina longirostris</i>)
	长刺异尾轮虫(<i>Trichocerca longiseta</i>)	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)
	长三支轮虫(<i>Filinia longisela</i>)	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)
	壶状臂尾轮虫(<i>Brachionus urceus</i>)	角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i>)

续表

永定新河水系	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)
	长三支轮虫(<i>Filinia longisela</i>)	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)
	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)
	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)
	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)	中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)
	壶状臂尾轮虫(<i>Brachionus urceus</i>)	角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i>)
	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)
	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)	裂足臂尾轮虫(<i>Brachionus diversicornis</i>)
海河水系	剪形臂尾轮虫(<i>Brachionus forficula</i>)	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)
		长额象鼻蚤(<i>Bosmina longirostris</i>)
	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)
	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)
	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)
	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)
	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	直额裸腹蚤(<i>Moina rectirostris</i>)
	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)	中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)
独流减河水系	直额裸腹蚤(<i>Moina rectirostris</i>)	角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i>)
		短型裸腹蚤(<i>Moina brachiata</i>)
		剪形臂尾轮虫(<i>Brachionus forficula</i>)
		螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)
	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)
	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)
	壶状臂尾轮虫(<i>Brachionus urceus</i>)	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)
	近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)
南四河水系	长额象鼻蚤(<i>Bosmina longirostris</i>)	短尾秀体蚤(<i>Diaphanosoma brachyurum</i>)
	长三支轮虫(<i>Filinia longisela</i>)	中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)
	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)	角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i>)
	中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)	
	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	
	中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)	短尾秀体蚤(<i>Diaphanosoma brachyurum</i>)
	壶状臂尾轮虫(<i>Brachionus urceus</i>)	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)
	萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)	螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)
南四河水系	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)
	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	剪形臂尾轮虫(<i>Brachionus forficula</i>)
		曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)
		萼花臂尾轮虫(<i>Brachionus calyciflorus</i>)
		花篮臂尾轮虫(<i>Brachionus capsuliflorus</i>)
		近邻剑水蚤(<i>Cyclops vicinus</i>)

续表

北大港水库	陀螺侠盗虫(<i>Strobil diumvelox</i>)	桡足类幼体(<i>Copepods</i>)
	角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i>)	广布中剑水蚤(<i>Mesocyclops leuckarti</i>)
	板壳虫(<i>Coleps</i>)	台湾温剑水蚤(<i>Thermocyclops taihokuensis</i>)
	筒裸口虫(<i>Holophrya simples</i>)	
	中华似铃壳虫(<i>Tintinnopsis sinensis</i>)	
于桥水库	裂痕龟纹轮虫(<i>Anuraeopsisfissa</i>)	
	针簇多枝轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	桡足类幼体(<i>Copepods</i>)
	桡足类幼体(<i>Copepods</i>)	长额象鼻蚤(<i>Bosmina longirostris</i>)
	长三肢轮虫(<i>Filinia longisela</i>)	台湾温剑水蚤(<i>Thermocyclops taihokuensis</i>)
		广布中剑水蚤(<i>Mesocyclops leuckarti</i>)
		陀螺侠盗虫(<i>Strobil diumvelox</i>)

3.5. 浮游动物多样性指数

本次调查主要从 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数三个方面对环境做出评价, 结果见表 2。河流部分, 两期数据对比 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数二期比一期普遍降低。水库部分对 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数两期数据对比北大港水库第一期多样性低于第二期, 于桥水库第一期多样性高于第二期。

Table 2. Zooplankton diversity Index

表 2. 浮游动物多样性指数

水系	点位	Shannon-Wiener 多样性指数(H')		Pielou 均匀度指数(J)		Margalef 丰富度指数(D)	
		第一期	第二期	第一期	第二期	第一期	第二期
蓟运河水系	JY01	1.96	1.87	0.7	0.59	0.99	1.45
	JY02	2.17	1.63	0.72	0.7	0.95	0.98
	JY03	2.58	1.88	0.92	0.57	1.2	1.59
	JY04	3.07	2.38	0.79	0.6	1.49	2.82
	JY05	3.55	1.48	0.8	0.43	2.56	1.4
	JY06	3.01	1.59	0.87	0.4	1.87	1.78
	JY07	2.25	2.07	0.71	0.58	1.05	1.55
	均值	2.66	1.84	0.79	0.55	1.44	1.65
永定新河水系	YD01	3.38	2.31	0.89	0.59	1.31	2.12
	YD02	2.37	2.01	0.92	0.51	0.82	2.02
	YD03	2.71	1.91	0.96	0.48	1.21	1.83
	YD04	3.51	2.19	0.92	0.55	1.74	2.35
	YD05	3.13	1.6	0.87	0.4	1.35	1.85
	YD06	1.98	1.85	0.62	0.53	0.95	1.63
	YD07	2.58	2.07	0.81	0.58	1	1.36

续表

	YD08	0.72	2.03	0.2	0.55	1.01	2
	YD09	3.05	1.87	0.88	0.46	1.69	2.21
	YD10	2.54	2.21	0.85	0.54	1.44	2.35
	YD11	2.46	1.32	0.78	0.44	1.27	1.29
	YD12	2.56	2.09	0.69	0.51	1.56	1.91
	YD13	3.56	2.09	0.89	0.61	2.17	1.63
	YD14	3.07	2.10	0.77	0.52	1.45	1.88
	均值	2.69	1.98	0.79	0.52	1.36	1.89
海河水系	HH01	3.34	2.13	0.88	0.53	1.38	1.62
	HH02	3.28	2.22	0.89	0.67	1.59	1.54
	HH03	2.99	1.85	0.86	0.58	1.21	1.44
	HH04	2.92	2.04	0.84	0.59	1.14	2.13
	HH05	3.66	2.27	0.9	0.6	2.06	2.10
	HH06	2.92	2.53	0.77	0.61	1.63	2.25
	HH07	3.34	2.04	0.8	0.54	1.71	1.6
	HH08	1.93	1.81	0.47	0.46	1.22	2.03
	HH09	3.28	1.93	0.82	0.54	1.73	1.95
	HH10	1.82	1.13	0.7	0.38	0.79	1.15
	HH11	2.07	1.94	0.89	0.47	0.85	2.09
	均值	2.87	1.99	0.8	0.54	1.39	1.81
独流减河水系	DL01	2.63	1.72	0.67	0.57	1.56	1.25
	DL02	3.19	1.91	0.82	0.55	1.53	1.81
	DL03	3	2.08	0.87	0.56	1.27	2.04
	DL04	2.19	1.89	0.69	0.51	1.14	1.81
	DL05	3.11	0.56	0.87	0	1.61	0
	DL06	2.31	1.97	0.64	0.53	1.15	1.72
	DL07	2.34	2	0.74	0.49	0.91	2.06
	DL08	2.84	1.16	0.86	0.39	1.05	0.72
	均值	2.7	1.66	0.77	0.45	1.28	1.43
南四河水系	NS01	1.13	1.56	0.49	0.6	0.52	1.35
	NS02	1.52	1.12	0.96	0.71	0.86	0.86
	NS03	1.29	1.58	0.65	0.53	0.79	1.53
	NS04	0	2.15	0	0.58	0	1.2
	NS05	1.34	1.56	0.84	0.55	0.36	1.02
	均值	1.06	1.59	0.59	0.59	0.51	1.19

续表

北大港水库	DL09	2.43	1.18	0.6	0.59	2.4	0.44
	DL10	1.93	1.85	0.52	0.8	1.68	0.8
	DL11	2.29	2.68	0.72	0.77	1.02	1.28
	DL12	2.66	2.05	0.74	0.68	1.69	1.07
	DL13	2.84	0.9	0.79	0.39	1.44	0.67
	均值	2.43	1.73	0.67	0.65	1.65	0.85
于桥水库	YQ01	2.94	2.61	0.79	0.93	2.69	2
	YQ02	1.10	1.75	0.43	0.49	0.81	1.16
	YQ03	1.21	2.46	0.47	0.55	0.72	2.32
	YQ04	1.87	1.8	0.72	0.6	0.67	0.95
	YQ05	3.22	1.86	0.77	0.47	2.03	1.67
	YQ06	2.74	1.44	0.77	0.43	1.67	1.21
	YQ07	2.37	1.41	0.71	0.47	1.14	1.04
	YQ08	2.63	2.56	0.83	0.67	1.62	1.64
	YQ09	0.17	1.23	0.06	0.41	0.8	1.04
	YQ10	2.33	2.41	0.74	0.62	1.05	1.51
	YQ11	0.97	1.38	0.37	0.4	0.68	1.35
	YQ12	0.66	1.74	0.22	0.46	1.08	1.55
	均值	1.85	1.89	0.57	0.54	1.25	1.45

4. 讨论

关于河流与水库浮游动物的调查结果显示：在河流区域的第一期调查中，共记录浮游动物 37 种，包含轮虫 26 种、枝角类 7 种和桡足类 4 种；第二期调查中物种总数降至 31 种，其中轮虫占 24 种，枝角类与桡足类分别减少至 5 种和 2 种。相较而言，水库区域两期调查累计发现浮游动物 115 种，包含轮虫类 44 种、原生动物 32 种、枝角类 20 种及桡足类 19 种，优势种为曲腿龟甲轮虫。浮游动物种类和生物量均以轮虫为主，这与轮虫对流动环境的适应性相关[10]。其主要原因是水体营养水平较高，有助于以滤食小型藻类的轮虫的快速生长与繁殖，使轮虫中的富营养种类和数量大量增加[11]。第二期较第一期桡足类所占比重增加，温度对桡足类影响较大[12]，研究发现桡足类卵的发育时间与温度呈负相关[13]。本次调查主要从 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数三个方面对环境做出评价。浮游生物多样性指数是研究浮游生物群落结构特征和动态规律的必须指标，在一定程度上也能反映水质情况[14]。 H' 、 J 、 d 指数值越大，群落结构越复杂，稳定性越强，水质也就越好[15]。两期数据对比，Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数二期比一期普遍降低，这个可能跟第一期处于汛期有关[16]；Margalef 丰富度指数二期比一期普遍升高。

应用浮游动物多样性指数(H')对水质进行评价， H' 值在 0~1 为重污染，1~2 为 α 中污型，2~3 为 β 中污型，>3 为清洁水体[16]。由两期结果均值来看，各水系水质处于 α 中污型~ β 中污型之间。根据 Pielou 均匀度指数(J)评价调查水域水质， J 值 0~0.3 为重污染，0.3~0.5 为中污染，0.5~0.8 为轻污染或无污染[17]，由两期结果均值来看，各水系水质为轻污染或无污染。结合多样性指数和均匀度指数来看，各水系受到

一定程度的污染。单纯依赖浮游动物群落结构及生物多样性指数(如 Shannon-Wiener 指数)等单一生物指标进行水质评价存在局限性,为实现对水生生态系统的全面诊断,建议整合浮游植物、底栖动物(如大型无脊椎动物)及大型沉水植物等多元生物群落的动态变化,并结合溶解氧、总磷、氨氮等关键水质理化参数,构建涵盖“生物-理化-水文形态”要素的多层次评估体系,建立综合、多层次、客观的评估体系,以实现水生态健康及营养状态的全面评价。

基金项目

2021 年天津市生态环境保护专项资金项目。

参考文献

- [1] 文威,李双双,冯桃辉,等. 基于浮游生物完整性的汉江中下游生态健康评[J]. 水生态学杂志, 2023, 44(4): 85-91.
- [2] Chen, S., Yue, F., Liu, X., Zhong, J., Yi, Y., Wang, W., *et al.* (2021) Seasonal Variation of Nitrogen Biogeochemical Processes Constrained by Nitrate Dual Isotopes in Cascade Reservoirs, Southwestern China. *Environmental Science and Pollution Research*, **28**, 26617-26627. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12505-9>
- [3] Hu, L., Hu, W., Zhai, S. and Wu, H. (2010) Effects on Water Quality Following Water Transfer in Lake Taihu, China. *Ecological Engineering*, **36**, 471-481. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.11.016>
- [4] Chandel, P., Mahajan, D., Thakur, K., Kumar, R., Kumar, S., Brar, B., *et al.* (2023) A Review on Plankton as a Bioindicator: A Promising Tool for Monitoring Water Quality. *World Water Policy*, **10**, 213-232. <https://doi.org/10.1002/wwp2.12137>
- [5] 王亮. 天津市重点水污染物容量总量控制研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2005.
- [6] 黄祥飞. 淡水浮游动物的定量方法[J]. 水库渔业, 1982(4): 52-59.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 全国水产标准化技术委员会. SC/T9102.3-2007 渔业生态监测规范 第三部分: 淡水[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [8] 赵文. 水生生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [9] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物与底栖动物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [10] 谈金豪, 蔺丹清, 代培, 等. 镇江长江豚类省级自然保护区浮游动物群落结构特征及影响因素[J]. 生态学报, 2021, 41(16): 6494-6505.
- [11] 王雪莹, 张新月, 雷阳, 等. 于桥水库浮游动物群落结构与水环境因子关系多元分析[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2021, 37(4): 32-40.
- [12] 吴凤明, 尚东维, 王庆泉, 等. 天津北大港湿地浮游动物调查[J]. 河北渔业, 2019(11): 37-41, 52.
- [13] 屈长义. 内陆水域渔业资源调查: 鱼类调查方法、标准之浅谈[J]. 河南水产, 2012(3): 6-8.
- [14] 吴梓清, 杨钰峰, 李木子, 等. 南水北调天津干线浮游生物群落时空变化特征[J]. 中国给水排水, 2024, 40(7): 56-64.
- [15] 林小植, 胡苑玲, 王瑞旋, 等. 广东韩江潮州段浮游植物群落结构特征与水质评价[J]. 水生态学杂志, 2023, 44(4): 52-60.
- [16] 傅建文, 赵一莎. 于桥水库水生态环境现状分析及对策建议[J]. 海河利, 2024(6):18-21, 33.
- [17] 郑小燕. 淀山湖浮游动物群落结构及水质生态学评价[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2010.