

# 岱海补水后浮游生物群落变化及鱼产力评估

周有缘<sup>1</sup>, 纪腾蛟<sup>2</sup>, 齐娟娟<sup>2</sup>, 王伟荔<sup>2</sup>, 白雪<sup>2</sup>, 刘曼红<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 黑龙江 哈尔滨

<sup>2</sup>内蒙古自治区环境监测总站乌兰察布分站, 内蒙古 乌兰察布

收稿日期: 2025年3月24日; 录用日期: 2025年4月30日; 发布日期: 2025年5月28日

## 摘要

本研究在内蒙古第三大内陆湖——岱海, 通过设置11个采样点, 对补水后浮游植物和浮游动物的种类组成、丰度、生物量和生物多样性指数进行了系统调查与分析。研究发现, 与2023年相比, 2024年硅藻门和裸藻门浮游植物种类有所增加, 而浮游动物群落结构也发生了显著变化, 节肢动物门种类显著增加, 表明补水工程对水体营养条件产生了影响。这些变化不仅反映了水体营养盐浓度和比例的变化, 也对水体初级生产力和食物网结构产生了重要影响。在假设浮游生物的P/B比率为2, 饵料利用率为30%, 饵料系数为50的条件下, 岱海的总鱼产力约为245.19 kg。研究结果表明, 生态补水工程对岱海渔业资源潜力有积极影响, 但为了最大化鱼产力并维持生态平衡, 需要制定合理的放养策略和管理措施。本研究为岱海生态系统管理和渔业资源的可持续利用提供了科学依据。

## 关键词

岱海, 生物量, 浮游生物群落结构, 鱼产力

# Assessment of Plankton Community Changes and Fish Productivity after Replenishment in Daihai Lake

Youyuan Zhou<sup>1</sup>, Tengjiao Ji<sup>2</sup>, Juanjuan Qi<sup>2</sup>, Weili Wang<sup>2</sup>, Xue Bai<sup>2</sup>, Manhong Liu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Wildlife and Protected Areas, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

<sup>2</sup>Inner Mongolia Autonomous Region Environmental Monitoring Station Ulanqabu Sub-Station, Ulanqabu Inner Mongolia

Received: Mar. 24<sup>th</sup>, 2025; accepted: Apr. 30<sup>th</sup>, 2025; published: May 28<sup>th</sup>, 2025

\*通讯作者。

文章引用: 周有缘, 纪腾蛟, 齐娟娟, 王伟荔, 白雪, 刘曼红. 岱海补水后浮游生物群落变化及鱼产力评估[J]. 世界生态学, 2025, 14(2): 147-157. DOI: 10.12677/ije.2025.142018

## Abstract

In this study, the species composition, abundance, biomass and biodiversity index of phytoplankton and zooplankton were systematically investigated and analyzed at 11 sampling sites in Daihai Lake, the third largest inland lake in Inner Mongolia. It was found that compared with 2023, the phytoplankton species of diatom and gymnohyta increased in 2024, while the community structure of zooplankton also changed significantly, and the species of arthropod increased significantly, indicating that the water replenishment project had an impact on the nutrient conditions of the water body. These changes not only reflect the changes in the concentration and proportion of nutrients in water, but also have an important impact on the primary productivity of water and the structure of food web. Under the assumption that the P/B ratio of plankton is 2, the feed utilization rate is 30%, and the feed coefficient is 50, the total fish productivity of Daihai Lake, is about 245.19 kg. The results show that the ecological water replenishment project has a positive impact on the potential of fisheries resources in Daihai Lake, but in order to maximize fish productivity and maintain ecological balance, it is necessary to formulate reasonable stocking strategies and management measures. This study provides scientific basis for ecosystem management and sustainable utilization of fishery resources in Daihai Lake.

## Keywords

Daihai Lake, Biomass, Plankton Community Structure, Fish Productivity

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

岱海, 作为内蒙古第三大内陆湖, 不仅是区域生态环境的重要组成部分, 也是当地渔业资源的重要载体[1]。环境变化, 包括气候变化、水位下降、水质恶化、入侵物种、过度捕捞、栖息地破坏、疾病传播以及食物链变化等因素, 对岱海鱼类资源构成了严重威胁, 导致鱼类栖息地缩减、繁殖受阻、种群数量下降, 甚至面临稀缺和灭绝的风险, 从而对岱海的生物多样性和生态系统平衡产生深远影响。为了应对这一问题, 当地政府制定并实施了一系列保护和治理措施, 其中包括“引黄济岱”生态应急补水工程[2]。截至2024年9月, “引黄济岱”岱海生态应急补水工程已经累计引入了3947万立方米的黄河水补充到岱海。这一补水工程有效遏制了湖面缩小的趋势, 为湖泊生态系统的恢复和保护提供了重要支持[3]。

引水工程对岱海的水环境产生了显著影响, 特别是在水质参数和新物种引入方面。例如, 引入的黄河水可能改变了岱海的营养盐浓度、溶解氧水平、pH值和水温[4]等关键水质参数, 这些变化直接影响了水生生物的栖息环境。在新物种引入方面, 除了可能带来新的鱼类种群, 如某些经济价值高的鲤科鱼类[5], 还可能引入了一些非本地的浮游生物和底栖生物, 这些新物种可能会与本地物种竞争资源, 影响原有的食物网结构, 甚至导致某些本地物种的减少或灭绝。例如, 引入的某些滤食性鱼类可能改变了浮游植物群落的结构[6], 而入侵的藻类可能与本地藻类竞争光照和营养盐, 从而影响整个水体的初级生产力。

在岱海补水后的新生态环境下, 浮游生物的作用尤为显著。它们不仅响应了水体营养盐浓度和比例的变化, 而且对水体透明度和光照条件的变化也极为敏感。这些变化直接关系到浮游植物的生长和繁殖, 进而影响到浮游动物的分布和丰度, 以及整个水生生态系统的稳定性和生产力[7]。

本研究旨在评估岱海补水后浮游生物群落的变化及其对鱼产力的潜在影响，为湖泊生态系统管理和渔业资源的可持续利用提供科学依据。通过对浮游生物群落结构、生物量和多样性指数的分析，能够更好地理解补水工程对岱海生态系统的全面影响，并为未来的生态管理和渔业发展提供指导。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 采样点设置

岱海位于东经 112°33'31"~112°46'40"，北纬 40°29'07"~40°37'06"。根据岱海湖泊的形状特点和水文特征，在岱海湖面设置 11 个站点，见图 1。

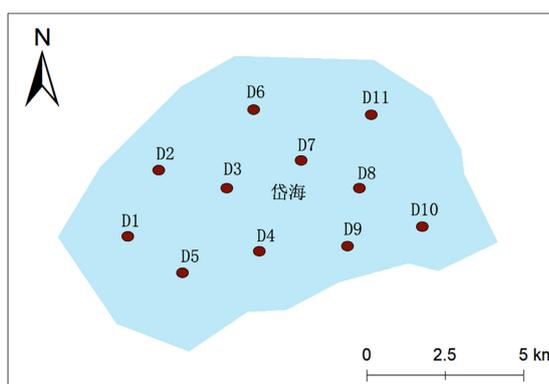


Figure 1. Sampling sites of plankton in Daihai Lake

图 1. 岱海湖泊浮游生物采样点位

### 2.2. 样品采集与处理

浮游植物采集使用 5 L 采水器在水深 0.5 米处取 1 L 水样，加入 1.5% 鲁哥氏液固定，静置沉淀 48 小时后浓缩至 50.0 mL，取 0.1 mL 摇匀的样品在 Axioscope 5 显微镜下(放大 400 倍)进行物种鉴定和计数。浮游动物采集时，轮虫和原生动物用 5 L 有机玻璃采水器在底层和表层取 1 L 混合水样，现场加入 1.5% 鲁哥氏液固定；枝角类和桡足类则取 25 L 混合水样，用 25 $\mu$ m 浮游生物网过滤浓缩至 50.0 mL，现场加入 5% 甲醛溶液固定。样品在实验室静置 48 小时后，在 4~40 倍显微镜下进行物种鉴定和计数。

### 2.3. 数据处理与分析

根据赵文的《水生生物学》[8]和《养殖水域生态学》[9]，对浮游生物的密度、生物量、生物多样性指数进行计算，对生物群落结构进行相似性分析。同时，依据[10]对浮游植物，浮游动物的种类进行鉴定。根据《大水面增养殖容量计算方法》计算湖泊浮游植物所能提供的鱼产力，公式为：

$$F = m \times (P/B) \times a/k$$

式中， $F$  为鱼产力(kg/hm<sup>2</sup>)， $m$  为饵料生物现存量(mg/L)， $P/B$  为饵料生物周转率， $a$  为鱼类对饵料生物的利用率， $k$  为饵料系数。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 浮游生物群落结构特征

#### 3.1.1. 浮游生物种类组成

2023 年秋季岱海浮游植物组成如图 2 所示。岱海 11 个样点共鉴定出浮游植物 6 门 61 种，其中硅藻

门浮游植物种类最多，为 23 种，占总物种数的 37.7%；绿藻门次之，为 20 种，占总物种数的 32.79%；蓝藻门 11 种，占总物种数的 18.03%；裸藻门 4 种，占总物种数的 6.56%；隐藻门 2 种，占总物种数的 3.28%；甲藻门 1 种，占总物种数的 1.64%。2024 年秋季岱海浮游植物组成如图 3 所示。岱海 11 个样点共鉴定出浮游植物 4 门 62 种其中硅藻门浮游植物种类最多，为 30 种，占总物种数的 48.39%；裸藻门次之，为 19 种，占总物种数的 30.56%；绿藻门 12 种，占总物种数的 19.35%；黄藻门 1 种，占总物种数的 1.61%。

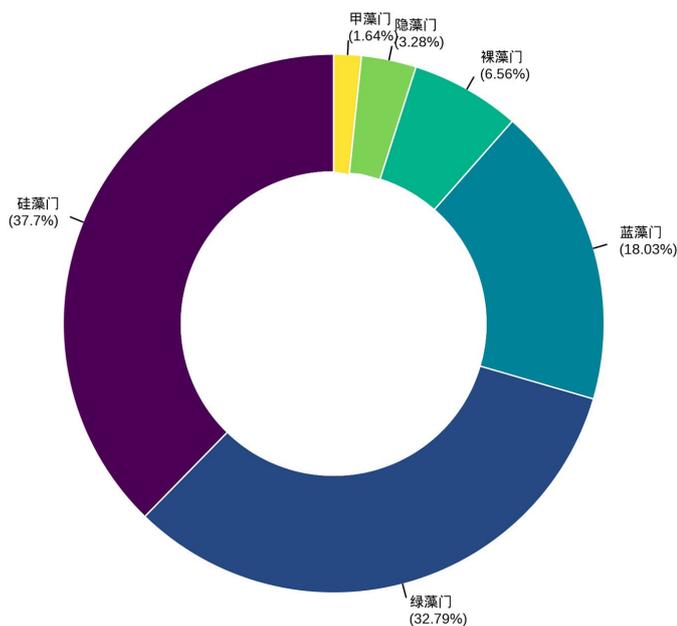


Figure 2. Phytoplankton composition of Daihai Lake in 2023  
图 2. 2023 年岱海浮游植物组成

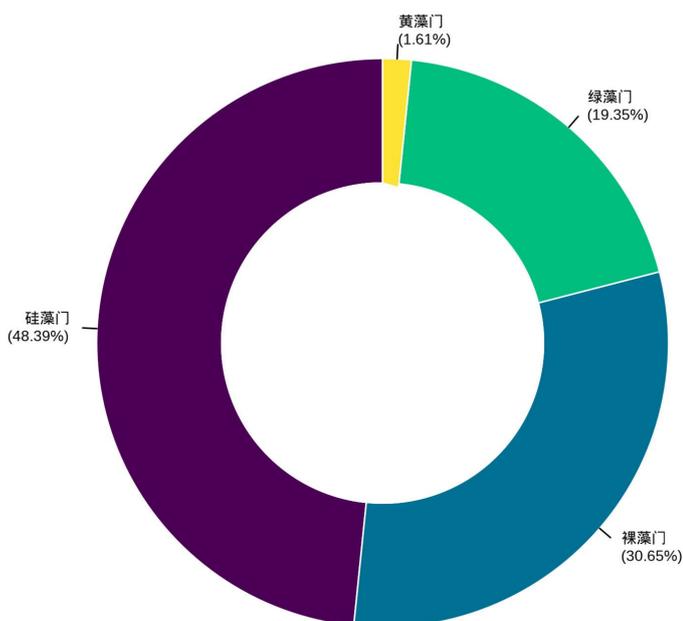


Figure 3. Phytoplankton composition of Daihai Lake in 2024  
图 3. 2024 年岱海浮游植物组成

2023年秋季岱海11个样点共鉴定出浮游动物四类17种。如图4所示,桡足类种类最多,为9种,占总物种数的52.94%;原生动物次之,为5种,占总物种数的29.41%;轮虫2种,占总物种数的11.76%;枝角类1种,占总物种数的5.88%。2024年秋季岱海11个样点共鉴定出浮游动物3类86种。如图5所示,节肢动物门种类最多,为70种,占总物种数的81.4%;轮虫次之,为12种,占总物种数的13.95%;原生动物4种,占总物种数的4.65%。

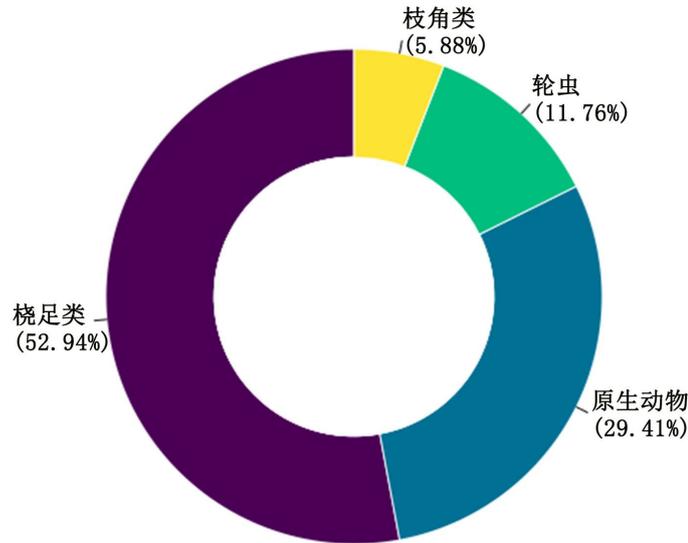


Figure 4. Zooplankton composition of Daihai Lake in 2023  
图4. 2023年岱海浮游动物组成

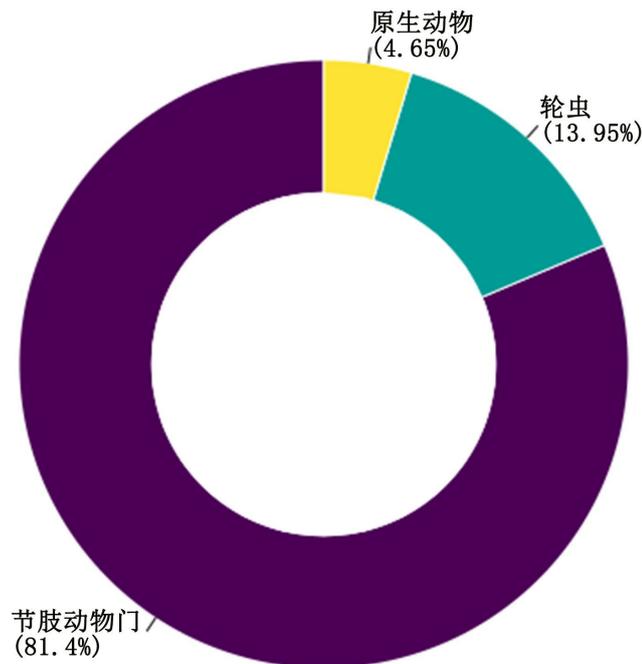


Figure 5. Zooplankton composition of Daihai Lake in 2024  
图5. 2024年岱海浮游动物组成

### 3.1.2. 浮游生物丰度和生物量

如图 6(a)所示, 2023 年秋季岱海 11 个采样点的浮游植物丰度位于  $0.207 \times 10^4$  ind./L~ $53.110 \times 10^4$  ind./L 之间, 均值为  $18.848 \times 10^4$  ind./L。如图 6(b)所示 2023 年秋季岱海 11 个采样点的浮游植物生物量位于  $0.006$  mg/L~ $3.311$  mg/L 之间, 均值为  $1.187$  mg/L。

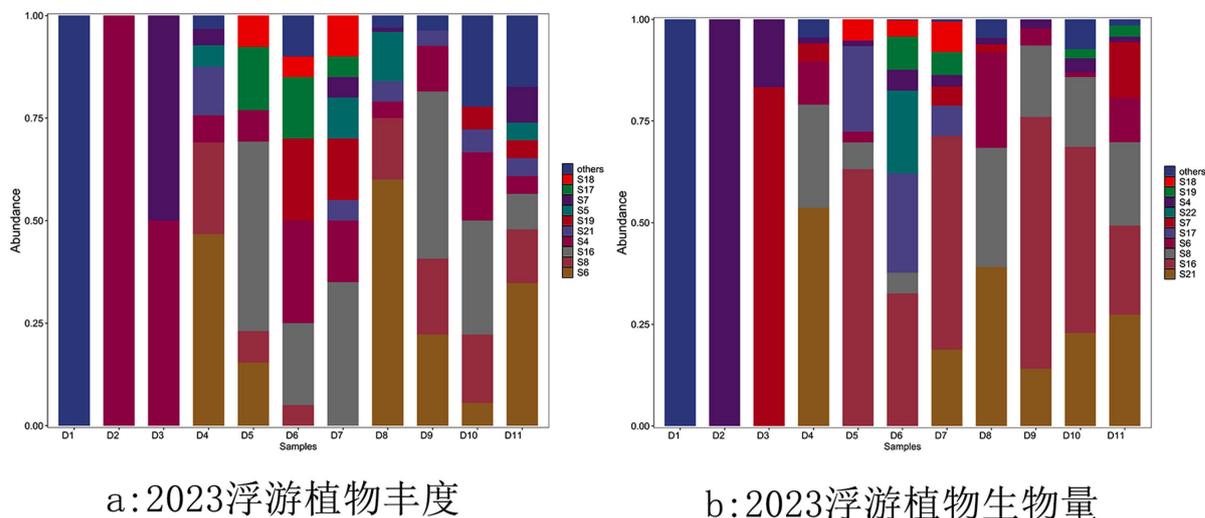


Figure 6. Phytoplankton abundance (a) and biomass (b) in Daihai Lake in 2023

图 6. 2023 年岱海浮游植物丰度 (a) 与生物量 (b)

如图 7(a)所示 2024 年秋季岱海 11 个采样点的浮游植物丰度位于  $0.05 \times 10^4$  ind./L~ $280.522 \times 10^4$  ind./L 之间, 均值为  $37.981 \times 10^4$  ind./L。如图 7(b)所示, 2024 年秋季岱海 11 个采样点的浮游植物生物量位于  $0.00074$  mg/L~ $5.182$  mg/L 之间, 均值为  $0.878$  mg/L。

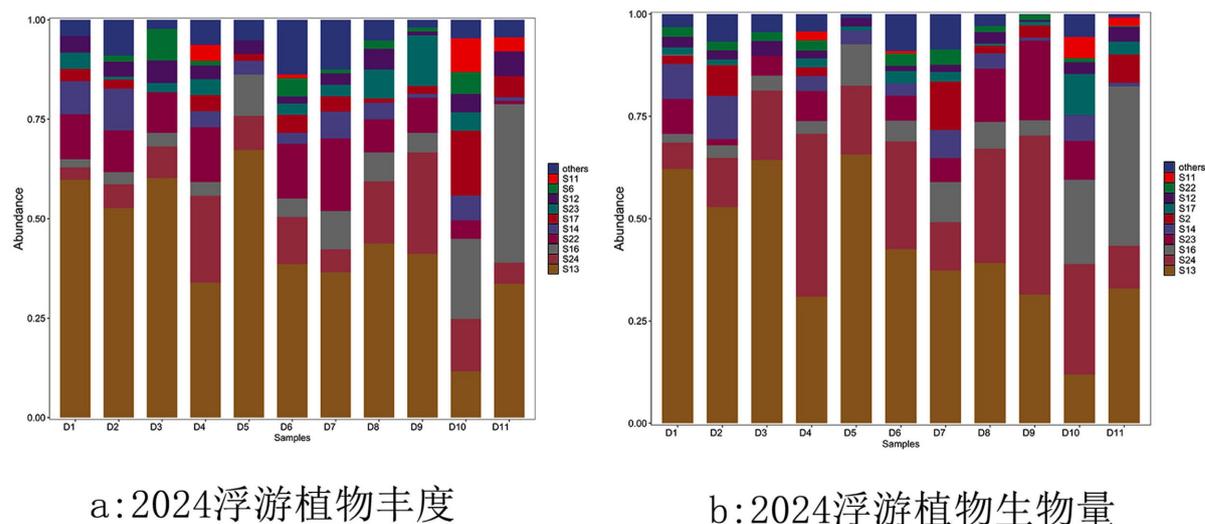
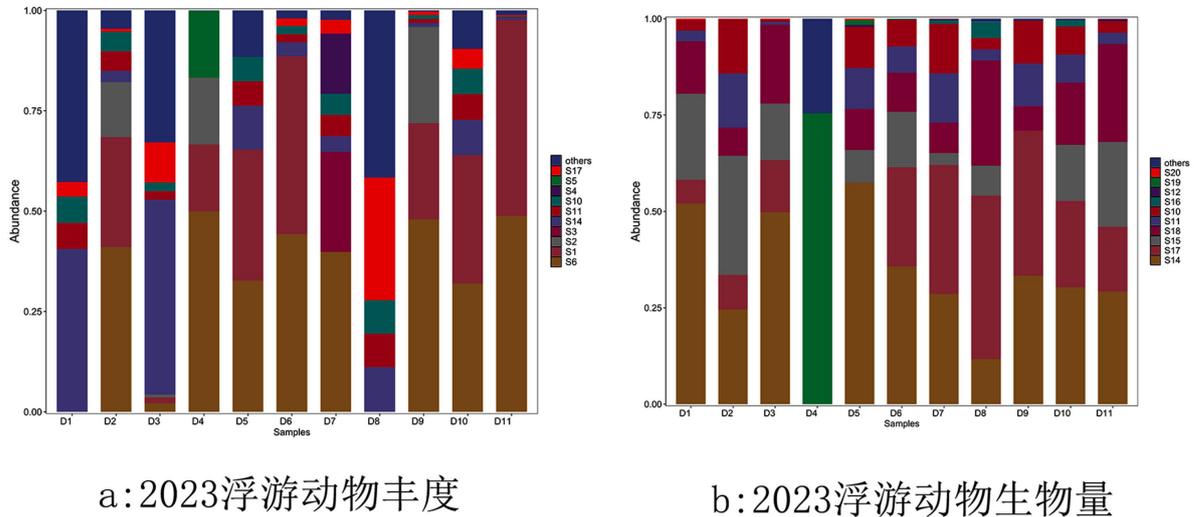


Figure 7. Phytoplankton abundance (a) and biomass (b) in Daihai Lake in 2024

图 7. 2024 年岱海浮游植物丰度 (a) 与生物量 (b)

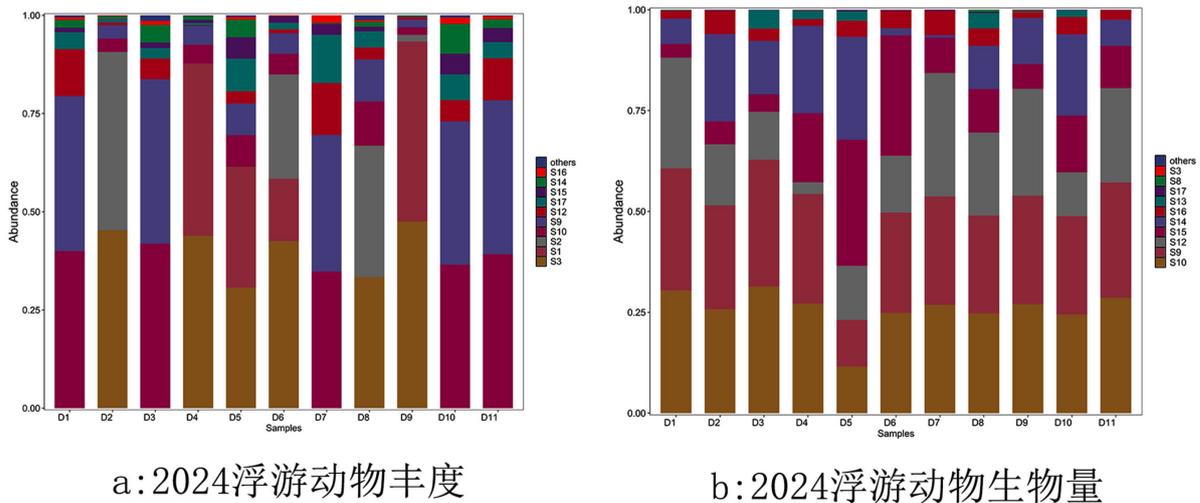
如图 8(a)所示, 2023 年岱海 11 个采样点的浮游动物丰度位于  $3.483$  ind./L~ $188.100$  ind./L 之间, 均值为  $59.029$  ind./L; 如图 8(b)所示 2023 年秋季岱海 11 个采样点的浮游动物生物量位于  $0.006$  mg/L~ $7.225$  mg/L 之间, 均值为  $1.187$  mg/L。

mg/L 之间, 均值为 3.160 mg/L。



**Figure 8.** Zooplankton abundance (a) and biomass (b) in Daihai Lake in 2023  
**图 8.** 2023 年岱海浮游动物丰度 (a) 与生物量 (b)

如图 9(a)所示 2024 年岱海 11 个采样点的浮游动物丰度位于 1 ind./L~215.6 ind./L 之间, 均值为 44.81 ind./L; 如图 9(b)所示 2024 年秋季岱海 11 个采样点的浮游动物生物量位于 0.0009 mg/L~9.390 mg/L 之间, 均值为 1.808 mg/L。



**Figure 9.** Zooplankton abundance (a) and biomass (b) in Daihai Lake in 2024  
**图 9.** 2024 年岱海浮游动物丰度 (a) 与生物量 (b)

### 3.2. 生物多样性

2023 年秋季岱海浮游植物 3 种生物多样性指数如表 1 所示, Simpson 多样性指数均值为 0.801; Shannon-wiener 多样性指数均值为 2.129; Pielou 均值为 0.839。2023 年秋季岱海浮游动物 4 种生物多样性指数如表所示, Simpson 多样性指数均值为 0.594; Shannon-wiener 多样性指数均值为 1.250; Pielou 均匀度指数均值为 0.620。

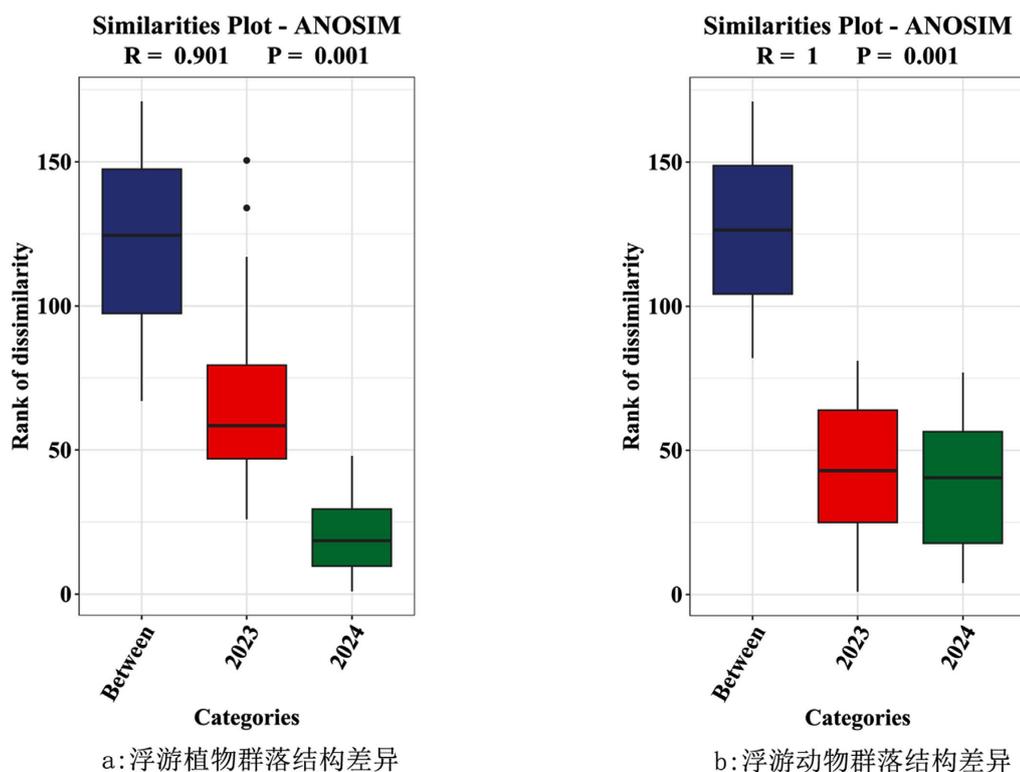
2024 年秋季岱海浮游植物 3 种生物多样性指数如表 1 所示, Simpson 多样性指数均值为 2.044; Shannon-wiener 多样性指数均值为 0.768; Pielou 均值为 0.703。2024 年秋季岱海浮游动物 3 种生物多样性指数如表所示, Simpson 多样性指数均值为 5.459; Shannon-wiener 多样性指数均值为 1.745; Pielou 均匀度指数均值为 0.890。

**Table 1.** Daihai Lake phytoplankton diversity index  
**表 1.** 岱海浮游植物多样性指数

	浮游动物		浮游植物	
	2023 平均值	2024 平均值	2023 平均值	2024 平均值
Simpson 多样性指数	0.594	5.459	0.801	2.044
Shannon 多样性指数	1.250	1.745	2.129	0.768
Pielou 均匀度指数	0.620	0.890	0.839	0.703

### 3.3. 生物群落结构特征

利用相似性分析(ANOSIM)对 2023、2024 浮游生物群落结构特征进行分析, R 差异程度介于(0, 1)之间,  $R > 0$ , 说明组间存在差异( $R > 0.75$ : 大差异;  $R > 0.5$ : 中等差异,  $R > 0.25$ : 小差异);  $R = 0$  或在 0 附近, 表明组间没有差异; 若 R 出现  $< 0$  的情况, 说明组内差异显著大于组间差异。结果如图 10(a)所示, 2023 与 2024 年浮游植物群落结构存在显著差异, 如图 10(b)所示, 2023 和 2024 浮游动物群落结构之间存在显著差异。



**Figure 10.** Difference of plankton community structure between 2023 and 2024  
**图 10.** 2023 年与 2024 年浮游生物群落结构差异

### 3.4. 鱼产力评估

本研究参照《大水面增养殖容量计算方法》中华东地区浮游动植物的 P/B 比率、饵料利用率和饵料系数的数值,并结合同区域文献及相似渔业模式[11][12]的研究结果,进行鱼产力的估算:浮游生物的 P/B (生产/生物量)比率为 2,饵料利用率为 30%,饵料系数为 50。岱海的平均水深约为 7.41 米,面积为 46.5 平方公里(46,500 公顷)。鱼产力为 0.7122 mg/L,总鱼产力为 245.19 kg。

## 4. 讨论

### 4.1. 生态补水工程对浮游植物群落的影响

生态补水工程实施后,岱海的浮游植物群落结构在 2023 年和 2024 年之间发生了显著变化。通过“引黄济岱”工程引入的黄河水有效控制了湖面萎缩趋势,并可能改变了水体的营养盐浓度和比例,这对浮游植物的生长和繁殖具有直接影响[13]。从 2023 年到 2024 年,硅藻门和裸藻门种类的增加可能指示了水体营养条件的变化,这些变化可能与补水带来的新营养盐输入有关。硅藻对水质变化较为敏感,其数量的增加可能反映了水质的改善[14]。而裸藻门的增加可能与水体透明度和光照条件的变化有关[15]。

补水工程可能通过以下机制影响浮游植物群落:首先,营养盐输入改变了浮游植物之间的竞争格局,硅藻因快速吸收营养盐而占据优势[16],其次,补水导致的生态位变化促使优势种演替,某些藻类在新环境条件下获得竞争优势[17]。这一现象与湖泊环境因子空间异质性对食物网结构的影响具有相似性[18]。

### 4.2. 生态补水工程对浮游动物群落的影响

补水工程不仅影响了浮游植物群落,还间接影响了浮游动物群落。从 2023 年到 2024 年,浮游动物群落结构的变化反映了浮游植物生物量和组成的变动[19]。2024 年节肢动物门种类的显著增加可能与浮游植物生物量的增加有关,为浮游动物提供了丰富的食物资源。此外,补水导致的水温、溶解氧等环境因子变化,也可能通过影响浮游动物生理活动与代谢速率,进而改变其分布与丰度[20]。水位上升带来的水体稳定性增强,为部分浮游动物提供了更适宜的栖息环境。

### 4.3. 捕食与被捕食关系的调整

引水工程实施后,岱海的水环境发生了显著变化,这些变化不仅影响了水质参数,还导致了新鱼类种群的引入。在引水之前,岱海可能缺少某些鱼类,特别是那些对特定水质条件有要求的物种[21]。引水后,由于水质和水文条件的改善,原本不存在于岱海的鱼类得以引入,这些新种群可能包括滤食性、杂食性和肉食性鱼类,它们的到来改变了湖泊的生物多样性和生态结构[22]。这些新引入的鱼类种群对湖泊生态系统的功能和稳定性可能产生重要影响,同时也为渔业资源的开发提供了新的可能性[23]。

### 4.4. 鱼产力

生态补水工程实施后,岱海的水位和水质得到了显著改善,为投放滤食性鱼类、杂食性鱼类等提供了更适宜的环境条件[24]。从 2023 年到 2024 年,补水后,浮游生物群落结构和生物量的变化对这些鱼类的投放效果产生了重要影响[25]。滤食性鱼类主要摄食浮游植物,尤其是大型藻类,这可能导致某些浮游植物种类减少,改变群落结构,降低浮游植物生物量,影响水体初级生产力[26]。同时,这些鱼类的摄食活动可能间接影响浮游动物群落,减少浮游植物对浮游动物的竞争压力,可能增加某些以浮游植物为食的小型浮游动物的数量,但也可能减少依赖大型藻类碎屑的浮游动物的饵料资源。

从鱼产力角度来看,滤食性鱼类的投放有助于控制藻华和富营养化现象,维持水质,对长期鱼产力有益[27]。然而,过度放养可能导致浮游植物生物量过低,减少其他鱼类的食物来源,降低整体鱼产力。

因此,为了最大化鱼产力并维持生态平衡,需要制定科学的管理措施,包括监测鱼类种群动态、调整放养数量和控制捕捞压力,确保浮游生物群落和渔业资源的可持续利用[28]。生态补水工程的成功实施为岱海渔业资源的可持续利用提供了基础,但也需要与精准鱼类放养和管理措施相结合,以实现生态和经济效益的双赢。

## 参考文献

- [1] 刘旭隆. 岱海湖泊面积与水位动态变化及其驱动力分析[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- [2] 王欣远, 潘保柱, 王立新, 等. 内蒙古典型湖泊水环境特征及水质评价[J]. 环境科学, 2023, 44(12): 6744-6753.
- [3] 蒋钰迪, 于洋, 王坤正, 等. 内蒙古高原湖泊时空变化特征及影响因素[J]. 水土保持学报, 2025, 39(2): 92-101, 110.
- [4] 杨姣姣, 陈冬, 黄立成, 等. 滇池不同湖区浮游动物群落稳定性及其驱动因子分析[J]. 湖泊科学, 2023, 35(5): 1752-1766.
- [5] 骆巧琦, 陈岚, 张跃平, 等. 2022年夏季厦门西南部海域网采浮游植物群落特征与环境因子分析[J]. 应用海洋学报, 2024, 43(4): 616-629.
- [6] 张玉凤, 李清华, 周鑫鑫, 等. 长江流域重庆段浮游生物群落结构及多样性现状[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2024, 41(6): 86-102.
- [7] 石展耀. 典型湖库生态结构与能量流动特征及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国环境科学研究院, 2024.
- [8] 赵文. 水生生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [9] 赵文. 养殖水域生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [10] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [11] 王越, 任泷, 凡迎春, 等. 澄湖鱼类群落结构特征及多样性分析[J]. 大连海洋大学学报, 2024, 39(6): 1032-1041.
- [12] 王欣然, 杨子龙, 孙毅, 等. 红山水库浮游生物调查及鱼产力估算[J]. 黑龙江水产, 2024, 43(1): 9-17.
- [13] 周辉明, 周小仁, 王伟萍, 等. 仙女湖初级生产力及其鱼产力研究[J]. 江西水产科技, 2012(3): 11-14.
- [14] 韦众, 鲍传和, 丁淑荃, 等. 万佛湖初级生产力和鱼产力的评估与分析[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(6): 871-874.
- [15] 郭宇鹏. 岱海补水前后水生生物群落结构变化及其驱动因子[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2024.
- [16] 周瑾, 刘丰, 穆祥鹏. 供水调蓄水库浮游植物功能群特征及其影响因素[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2024, 22(S1): 63-69.
- [17] 于菲, 毛宇鹏, 黄志伟, 等. 多闸坝河段浮游植物功能群变化对洪水过境生境恢复的指示作用[J]. 环境科学学报, 2025, 45(3): 451-461.
- [18] 卢梦淇, 宋圆梦, 常帅, 等. 湖泊环境因子空间异质性及其对食物网结构的影响研究——以白洋淀为例[J]. 生态毒理学报, 2024, 19(5): 242-255.
- [19] 李天丽, 高广斌, 白东, 等. 洪湖周边三种典型养殖类型池塘浮游植物群落特征及其与环境因子的关系[J]. 淡水渔业, 2024, 54(4): 3-14.
- [20] 唐海滨, 张三峰, 朱利明, 等. 小江不同食性鱼类氮磷排泄及其对养分循环的影响[J]. 水生态学杂志, 2024, 45(5): 76-84.
- [21] Dai, T., Liu, R., Zhou, X., Zhang, J., Song, M., Zou, P., *et al.* (2023) Role of Lake Aquatic-Terrestrial Ecotones in the Ecological Restoration of Eutrophic Water Bodies. *Toxics*, **11**, Article No. 560. <https://doi.org/10.3390/toxics11070560>
- [22] Couce Montero, L., Christensen, V. and Castro Hernández, J.J. (2021) Simulating Trophic Impacts of Fishing Scenarios on Two Oceanic Islands Using Ecopath with Ecosim. *Marine Environmental Research*, **169**, Article ID: 105341. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105341>
- [23] Xu, L., Guan, Q., Lu, K., Liu, J., Ming, X., Liu, M., *et al.* (2024) Food Web Restoration Lags behind Biological Communities: A Case Study from a Floodplain Wetland. *Hydrobiologia*, **851**, 2609-2626. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05474-w>
- [24] 郑家浪, 詹庆豪, 万发国, 等. 南麂列岛大黄鱼网箱养殖区沉积物营养盐和挥发性有机化合物的组成及季节变

- 
- 化特征[J]. 海洋与湖沼, 2025: 1-19. <https://link.cnki.net/urlid/37.1149.P.20250403.1534.002>, 2025-04-03.
- [25] 徐磊, 翟昊, 芦康乐, 等. 银川平原内陆浅水湖泊底栖动物群落对疏浚工程的响应[J]. 生态学杂志, 2024, 43(11): 3403-3411.
- [26] 潘成梅, 刘洋, 安瑞志, 等. 西藏麦地卡湿地的浮游植物——2. 功能群特征及其与环境因子的关系[J]. 湖泊科学, 2022, 34(4): 1115-1126.
- [27] 石建, 韩亚慧, 周小愿, 等. 商南县莲花台水库水生生物资源调查与鱼产力估算[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(5): 99-102, 115.
- [28] 杨舒帆, 叶少文, 徐军, 等. 基于 Ecopath 模型的鄱阳湖生态系统“十年禁渔”效果评估[J]. 水生生物学报, 2024, 48(8): 1402-1420.