

文章编号: 1674-5566(2025)05-1158-13

DOI: 10.12024/jsou.20240204428

## 博斯腾湖浮游生物群落结构及其与环境因子的关系

韩军军, 陈朋, 祁峰, 艾克达·热合曼, 封永辉, 马燕武

(新疆维吾尔自治区水产科学研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 为了解博斯腾湖浮游生物群落结构状况及其影响因子, 分别于2021年夏季(8月)和2022年春季(5月)对博斯腾湖12个采样点的浮游生物和主要理化因子开展了2次季度调查。结果显示: 2次调查共鉴别出浮游植物6门106种(属), 浮游动物50种(属)。夏季浮游植物优势种有5种, 浮游动物优势种有4种。春季浮游植物优势种有3种, 浮游动物优势种有2种。夏季浮游植物平均密度( $21.80 \times 10^6$  cells/L)和平均生物量( $3.05$  mg/L)极显著高于春季( $0.023 \times 10^6$  cells/L,  $0.04$  mg/L) ( $P < 0.01$ )。夏季浮游动物总平均密度( $105.75$  ind./L)高于春季( $50.44$  ind./L), 春季浮游动物总平均生物量( $0.87$  mg/L)高于夏季( $0.16$  mg/L), 但差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。夏季浮游生物  $H'$  和  $J'$  值均比春季高, 夏季浮游动物的多样性指数显著高于春季 ( $P < 0.01$ )。水温在博斯腾湖浮游植物的生长中具有重要的作用,  $Chl.a$  是影响博斯腾湖浮游动物群落结构的重要因子。

**关键词:** 博斯腾湖; 浮游植物; 浮游动物; 环境因子

**中图分类号:** S 913

**文献标志码:** A

浮游生物包括浮游植物和浮游动物, 是水生态系统中重要的组成成分, 在生态系统物质循环和能量流动中扮演着重要角色<sup>[1]</sup>。浮游生物群落结构受到水温、营养盐等环境因子的影响, 环境因素的变化会引起浮游生物的密度、生物量和多样性发生变动<sup>[2]</sup>。浮游生物群落结构的变化能够反映水环境现状, 从而对水环境变化起到指示作用<sup>[3]</sup>。

博斯腾湖是中国最大的内陆淡水吞吐湖, 湖盆呈深碟状, 平均水深  $7.5$  m, 容积约  $88 \times 10^8$  m<sup>3</sup>, 被称为新疆巴州人民的“母亲湖”<sup>[4]</sup>, 博斯腾湖是国家级水产种质资源保护区, 国家 I 级水生野生保护动物扁吻鱼的主要栖息地, 在调节蓄水资源、改善区域气候、维护生物多样性等方面具有重要的作用, 是我国干旱和半干旱地区最具代表性的湖泊之一<sup>[5-7]</sup>。近年来, 受人类活动和气候变化的双重影响, 博斯腾湖面临着水质咸化与有机污染等环境问题<sup>[8-9]</sup>。为改善博斯腾湖水质, 塔里木河巴音郭楞管理局于2018年开始实施博斯腾湖水系连通工程, 引开都河水经黄水沟输入博斯

腾湖, 同时打开了大、小湖隔堤间的生态闸, 实现了开都河-黄水沟-大湖区-小湖区的连通, 博斯腾湖水质发生变化<sup>[7]</sup>。2014年之前, 对博斯腾湖的浮游植物<sup>[10-11]</sup>、浮游动物<sup>[12-15]</sup>等开展过相关研究, 此后未见相关报道。本研究是在水系连通后首次开展浮游生物的系统调查, 通过对博斯腾湖浮游生物群落结构进行调查, 了解博斯腾湖水生态系统状况, 旨在为下一步博斯腾湖生态环境保护和扁吻鱼保护提供数据资料和理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样时间和采样点设置

博斯腾湖 ( $86^{\circ}42'E \sim 87^{\circ}26'E$ ,  $41^{\circ}49'N \sim 42^{\circ}09'N$ ) 位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州博湖县境内。根据博斯腾湖水文特征, 结合以往研究, 共设置12个采样点, 并于2021年8月(夏)、2022年5月(春)对博斯腾湖浮游生物及水体主要理化因子进行调查, 采样点具体位置如图1所示。

收稿日期: 2024-02-23

修回日期: 2025-05-13

基金项目: 新疆维吾尔自治区青年科学基金(2022D01B56)

作者简介: 韩军军(1990—), 男, 高级农艺师, 研究方向为水生生物繁育与渔业资源调查。E-mail: hjfishery@163.com

通信作者: 马燕武, E-mail: myw0012@126.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

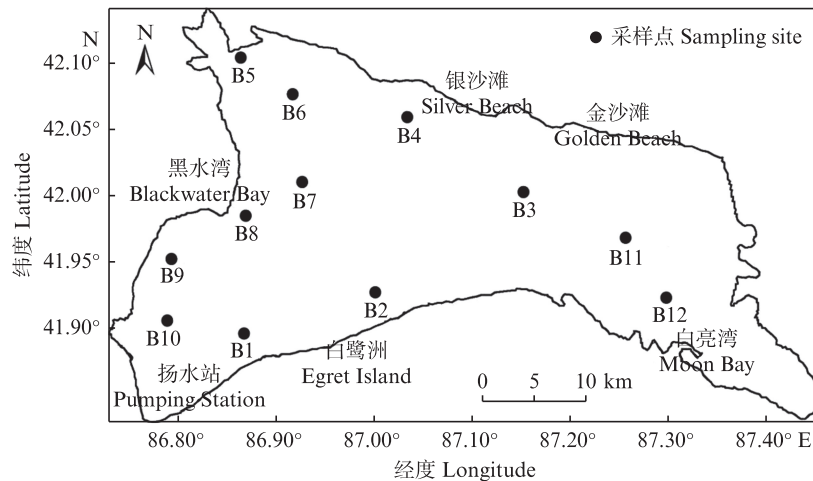


图1 博斯腾湖采样点示意图

Fig. 1 Schematic diagram of sampling sites in Bosten Lake

## 1.2 样品采集和鉴定

根据水体深度确定各采样点采集样品的位置和数量。浮游生物定性样本采用25号浮游生物在水面之下0.5 m处呈“∞”型拖动采集,将滤液放入50 mL采样瓶并立即加入波恩试液固定。通过采水器在特定位置取水,采用1 L采样瓶取1 L水用于浮游植物定量并加鲁哥试液固定,实验室静置沉淀48 h后浓缩至50 mL;通过采水器在特定位置取水20 L,采用13号浮游生物网过滤,将滤液放入50 mL采样瓶并立即加入波恩试液固定后用于浮游动物定量。参照《中国淡水藻类:系统、分类及生态》<sup>[16]</sup>、《水生生物学:形态和分类》<sup>[17]</sup>和《中国淡水轮虫志》<sup>[18]</sup>等进行样品种类鉴定及生物量换算。

## 1.3 水质理化指标及测定方法

水温(WT)、溶解氧(DO)、pH采用YSI Proquatro便携式水质分析现场进行测定,采集5 L水样带回实验室测定其他理化指标,化学需氧量、氨态氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷、叶绿素、电导率 $\delta$ 等理化指标分别采用重铬酸钾法(HJ 828—2017)、纳氏试剂分光光度法(HJ 535—2009)、离子色谱法(HJ 84—2016)、流动注射-盐酸萘乙二胺分光光度法(HJ 668—2013)、钼酸铵分光光度法(GB/T 11893—1989)、分光光度法(SL 88—2012)、电导仪法(SL 78—1994)测定。

## 1.4 数据分析与处理

浮游生物多样性指数采用香农-威纳

(Shannon-Wiener)生物多样性指数( $H'$ )、Margalef丰富度指数( $D$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )。采用优势度指数 $Y$ 确定优势种的种类<sup>[19]</sup>。

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (1)$$

$$D = (S - 1) / \log_2 N \quad (2)$$

$$J = H' / \log_2 S \quad (3)$$

$$Y = P_i \times f_i \quad (4)$$

式中: $P_i = N_i / N$ ,表示第*i*个种的相对多度, $N_i$ 为第*i*个种的个体数目, $N$ 为所有种的个体总数; $S$ 为物种数; $f_i$ 为第*i*种出现的频率;其中 $Y > 0.02$ 为优势种, $Y > 0.1$ 为绝对优势种。

采用Excel 2007、SPSS 22.5、R语言软件进行数据统计和作图。采用Canoco 5软件对浮游生物与环境因子间的关系进行冗余分析(RDA),如第一轴特征值大于4使用CCA分析,小于3采用RDA分析,处于3与4间时两者均可<sup>[20]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 理化因子

如表1所示,博斯腾湖春、夏季水质理化指标变化较为明显,其中夏季WT、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、 $\text{Chl. a}$ 极显著高于春季( $P < 0.01$ ),COD、 $\delta$ 极显著低于春季( $P < 0.01$ )。参考GB 3838—2002《地面水环境质量标准》可知,湖区春、夏季水质呈碱性,其中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 处于Ⅰ类水平,TP处于Ⅰ-Ⅱ类水,TN处于Ⅱ-Ⅲ类水。

表 1 博斯腾湖环境因子  
Tab. 1 Water environmental factors in Bosten Lake

环境因子 Environmental factor	季节 Seasons		P
	夏季 Summer	春季 Spring	
水温 WT/°C	25.18±1.07	16.89±0.82	0
溶解氧 DO/(mg/L)	7.35±0.35	7.41±0.64	0.776
pH	8.60±0.07	8.54±0.17	0.275
化学需氧量 COD/(mg/L)	3.46±0.50	4.46±0.32	0
氨态氮 NH <sub>3</sub> -N/(mg/L)	0.15±0.03	0.04±0.05	0
亚硝酸盐氮 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/(mg/L)	0.001 2±0.002 1	0.001	0.787
硝酸盐氮 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/(mg/L)	0.30±0.10	0.13±0.29	0.075
总氮 TN/(mg/L)	0.65±0.12	0.49±0.33	0.123
总磷 TP/(mg/L)	0.023 3±0.008 9	0.000 8±0.002 9	0
叶绿素 a Chl.a/(mg/L)	2.44±0.77	1.00±0.22	0
电导率 δ/(μS/cm)	1 031.33±65.33	1 339.92±68.49	0

## 2.2 浮游生物种类组成

如表 2 所示,本次调查共鉴定出浮游植物 6 门 106 种(属),以绿藻门、蓝藻门和硅藻门为主(表 2)。其中硅藻门 41 种(属),占浮游植物种类数量的 38.68%,绿藻门 31 种,占浮游植物种类数量的

29.25%,蓝藻门均为 27 种,占浮游植物种类数量的 25.47%。夏季浮游植物优势种有 5 种,其中针杆藻( $Y=0.58$ )和细浮鞘丝藻( $Y=0.15$ )为绝对优势种。春季浮游植物优势种有 3 种,其中锥囊藻为绝对优势种( $Y=0.78$ ),见表 3。

表 2 博斯腾湖浮游植物种类组成  
Tab. 2 Composition of phytoplankton species in Bosten Lake

门 Phyla	种 Species		
蓝藻门 Cyanophyta	伪鱼腥藻 <i>Pseudoanabaena</i> sp.	点形平裂藻 <i>Merismopedia punctata</i>	环鞘丝藻 <i>Lyngbya circumcreta</i>
	颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp.	微小平裂藻 <i>Merismopedia tenuissima</i>	粘球藻 <i>Gloeocapsa</i> sp.
	两栖颤藻 <i>O. amphibia</i>	微囊藻 <i>Microcystis</i> sp.	隐杆藻 <i>Aphanothece</i> sp.
	小颤藻 <i>O. tenuis</i>	铜绿微囊藻 <i>M. aeruginosa</i>	针状蓝纤维藻 <i>Dactyococcopsis acicularis</i>
	鱼腥藻 <i>Anabaena</i> sp.	克氏微囊藻 <i>M. grevillei</i>	细小隐球藻 <i>Aphanocapsa elachista</i>
	螺旋鱼腥藻 <i>A. spiroides</i>	束丝藻 <i>Aphanizomenon</i> sp.	席藻 <i>Phormidium</i> sp.
	束球藻 <i>Gomphosphaeria</i> sp.	鞘丝藻 <i>Lyngbya</i> sp.	微小四角藻 <i>Tetraedron minimum</i>
	色球藻 <i>Chroococcus</i> sp.	细浮鞘丝藻 <i>Planktolynghya subtilis</i>	科马克单针藻 <i>Monoraphidium komarkovae</i>
	螺旋藻 <i>Spirulina</i> sp.	点形平裂藻 <i>Merismopedia punctata</i>	中华尖头藻 <i>Raphidiopsis sinensis</i>
	四尾栅藻 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	纤维藻 <i>Ankistrodesmus</i> sp.	双星藻 <i>Zygnema</i> sp.
绿藻门 Chlorophyta	双对栅藻 <i>S. biguga</i>	螺旋纤维藻 <i>A. spiralis</i>	整齐盘星藻 <i>Pediastrum integrum</i>
	多棘栅藻 <i>S. spinosus</i>	卵囊藻 <i>Oocystis</i> sp.	二角盘星藻 <i>P. duplex</i>
	衣藻 <i>Chlamydomonas</i> sp.	角星鼓藻 <i>Staurastrum</i> sp.	短棘盘星藻 <i>P. boryanum</i>
	胶丝藻 <i>Gloeotila</i> sp.	新月藻 <i>Closterium</i> sp.	双射盘星藻 <i>P. biradiatum</i>
	转板藻 <i>Mougeotia</i> sp.	棒形鼓藻 <i>Gonatozygon monotaenium</i>	柯氏藻 <i>Chodatella</i> sp.
	扭曲蹄形藻 <i>Kirchneriella contorta</i>	短鼓藻 <i>Cosmarium abbreviatum</i>	十字藻 <i>Crucigenia</i> sp.
	韦斯藻 <i>Westella botryoides</i>	光滑鼓藻 <i>C. laeve</i>	鞘藻 <i>Oedogonium</i> sp.
	刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp.	疏刺多芒藻 <i>Golenkinia paucispina</i>	美丽星杆藻 <i>Asterionella formosa</i>
	毛枝藻 <i>Stigoclonium</i> sp.	叉星鼓藻 <i>Staurodesmus</i> sp.	颤鼓藻 <i>Cosmarium vexatum</i>

·续表 2·			
门 Phyla	种 Species		
硅藻门 Bacillariophyta	微小四角藻 <i>Tetraedron minimum</i>		
	小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.	曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.	普通等片藻 <i>Diatoma vulgare</i>
	颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>	肋缝藻 <i>Frustulia</i> sp.	卵形藻 <i>Cocconeis</i> sp.
	脆杆藻 <i>Fragilaria</i> sp.	布列双菱藻 <i>Surirella brebissonii</i>	曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.
	针杆藻 <i>Synedra</i> sp.	粗壮双菱藻 <i>S. robusta</i>	桥弯藻 <i>Cymbella</i> sp.
	椭圆波缘藻 <i>Cymatopleura elliptica</i>	柔弱双菱藻 <i>S. tenera</i>	新月形桥弯藻 <i>C. cymbiformis</i>
	舟形藻 <i>Navicula</i> sp.	类 S 状菱形藻 <i>Nitzschia sigmoidea</i>	微细桥弯藻 <i>Cymbella parva</i>
	变异直链藻 <i>Melosira varians</i>	谷皮菱形藻 <i>Nitzschia palea</i>	棒杆藻 <i>Rhopalodia</i> sp.
	窄异极藻 <i>Gomphonema angustatum</i>	扁圆卵形藻 <i>Cocconeis placentula</i>	虱形卵形藻 <i>Cocconeis pediculus</i>
	纤细等片藻 <i>Diatoma tenue</i>	二头脆杆藻 <i>Fragilaria biceps</i>	连接脆杆藻 <i>Fragilaria construens</i>
	连接脆杆藻 <i>Fragilaria construens</i>	尖针杆藻 <i>Synedra acus</i>	肘状针杆藻 <i>S. ulna</i>
	卵圆双眉藻 <i>Amphora ovalis</i>	美小针杆藻 <i>S. pulchella</i>	肘状针杆藻二头变种 <i>S. ulna</i> var. <i>biceps</i>
	尖布纹藻 <i>Gyrosigma acuminatum</i>	异极藻 <i>Gomphonema</i> sp.	羽纹藻 <i>Pinnularia</i> sp.
	窗纹藻 <i>Epithemia</i> sp.	细齿菱形藻 <i>Nitzschia denticala</i>	窗纹藻 <i>Epithemia</i> sp.
	舒曼美壁藻 <i>Caloneis schumanniana</i>	近线形菱形藻 <i>N. sublinearis</i>	
甲藻门 Pyrrophyta	裸甲藻 <i>Gymnodinium</i> sp.	角甲藻 <i>Ceratium</i> sp.	多甲藻 <i>Peridinium</i> sp.
隐藻门 Cryptophyta	具尾逗隐藻 <i>Komma caudata</i>	隐藻 <i>Cryptomonas</i> sp.	
金藻门 Chrysophyta	锥囊藻 <i>Dinobryon</i> sp.	色金藻 <i>Chromulina</i> sp.	

如表 4 所示,共鉴定出浮游动物 4 大种群 50 种,其中原生动物 5 种(10%),轮虫 20 种(40%),枝角类 17 种(34%),桡足类 8 种(16%)。夏季浮游动物优势种有 4 种,针簇多肢轮虫( $Y=0.32$ )、螺形龟甲轮虫( $Y=0.18$ )、裂痕龟纹轮虫( $Y=0.14$ )为绝对优势种。春季浮游动物优势种 2 种,均为绝对优势种(表 3)。

表 3 博斯腾湖浮游生物优势种和代码  
Tab. 3 Dominant species and codes of plankton in Bosten Lake

夏季优势种		优势度	代码	春季优势种		优势度	代码
Dominant species of Summer		Dominance	Code	Dominant species of spring		Dominance	Code
浮游植物 Phytoplankton	针杆藻 <i>Synedra</i> sp.	0.58	SP1	锥囊藻 <i>Dinobryon</i> sp.	0.75	SP6	
	细浮鞘丝藻 <i>Planktolyngbya subtilis</i>	0.15	SP2	多甲藻 <i>Peridinium</i> sp.	0.04	SP7	
	伪鱼腥藻 <i>Pseudoanabaena</i> sp.	0.10	SP3	微小四角藻 <i>Tetraedron minimum</i>	0.03	SP8	
	微囊藻 <i>Microcystis</i> sp.	0.05	SP4				
	环离鞘丝藻 <i>Lyngbya circumcreta</i>	0.02	SP5				
浮游动物 Zooplankton	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	0.32	SP9	长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>	0.48	SP13	
	螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	0.18	SP10	虱形大眼溞 <i>Polyphemus pediculus</i>	0.17	SP14	
	裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>	0.14	SP11				
	奇异巨腕轮虫 <i>Pedalia mira</i>	0.09	SP12				



表 4 博斯腾湖浮游植物种类组成  
Tab. 4 Composition of zooplankton species in Bosten Lake

门类 Phyla	种 Species	
原生动物 Protozoa	狭盗虫 <i>Strobilidium</i> sp.	刀刀口虫 <i>Spathidium spathula</i>
	针棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeata</i>	砂壳虫 <i>Diffugia</i> sp.
	尖顶砂壳虫 <i>Diffugia acuminata</i>	
轮虫 Rotifera	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	冠饰异尾轮虫 <i>Trichocerca lophoessa</i>
	螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	敞水胶鞘轮虫 <i>Collotheca pelagica</i>
	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	瘤甲腔轮虫 <i>Lecane nodosa</i>
	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	梨形单趾轮虫 <i>Monostyla pyriformis</i>
	裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>	猪吻轮虫 <i>Dicranophorus calldatus</i>
	奇异巨腕轮虫 <i>Pedalia mira</i>	长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i>
	独角聚花轮虫 <i>Conochilus unicormis</i>	萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>
	真翅多肢轮虫 <i>Polyarthra euryptera</i>	花筐臂尾轮虫 <i>Brachionus capsuliflorus</i>
	矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadrata</i>	月形单趾轮虫 <i>Monostyla lunaris</i>
	晶囊轮虫 <i>Asplanchna</i> sp.	奇异巨腕轮虫 <i>Pedalia mira</i>
	短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	多刺裸腹溞 <i>Moina macrocopa</i>
	长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	虱形大眼溞 <i>Polyphemus pediculus</i>
	象鼻溞 <i>Bosmina</i> sp.	颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>
枝角类 Cladocera	中型尖额溞 <i>Alona intermedia</i>	僧帽溞 <i>Daphnia cucullata</i>
	方形网纹溞 <i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	中型尖额溞 <i>Alona intermedia</i>
	角突网纹溞 <i>Ceriodaphnia cornuta</i>	长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>
	盘肠溞 <i>Chydorus</i> sp.	矩形尖额溞 <i>Alona rectangula</i>
	圆形盘肠溞 <i>Chydorus sphaericus</i>	钩足平直溞 <i>Pleuroxus hamulatus</i>
	长刺溞 <i>Daphnia longispina</i>	
桡足类 Copepoda	中华窄腹剑水蚤 <i>Limnithona sinensis</i>	透明温剑水蚤 <i>Thermocyclops hyalinus</i>
	剑水蚤 <i>Cyclops</i> sp.	广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>
	模式有爪猛水蚤 <i>Onychocamptus mohammed</i>	草绿刺剑水蚤 <i>Acanthocyclops viridis</i>
	胸饰外剑水蚤 <i>Ectocyclops phaleratus</i>	锯缘真剑水蚤 <i>Eucyclops serrulatus</i>

2.3 博斯腾湖浮游生物密度与生物量

如图 2 所示,不同采样点浮游生物的生物量和密度存在差异。夏季浮游植物细胞密度平均值为  $21.80 \times 10^6$  cells/L,生物量平均值为 3.05 mg/L。硅藻门细胞密度和生物量平均值最大,分别为  $12.75 \times 10^6$  cells/L 和 2.50 mg/L。B6 采样点浮游植物生物量值最大,为 5.43 mg/L,密度为  $38.98 \times 10^6$  cells/L,其中硅藻门生物量最大,占比为 84.53%。春季浮游植物细胞密度平均值为  $0.023 \times 10^6$  cells/L,生物量平均值为 0.04 mg/L。金藻门密度平均值最大,为  $0.018 \times 10^6$  cells/L,甲藻门生物量平均值最高,为 0.02 mg/L。B1 采样点浮游植物生物量值最大,为 0.06 mg/L,密度为  $0.03 \times 10^6$  cells/L,甲藻门生物量最大,占比为 62.38%。夏季和春季浮游植物密度和生物量的

差异均为极显著( $P < 0.01$ )。

夏季浮游动物密度平均值为 105.75 ind./L,生物量平均值为 0.16 mg/L。轮虫类密度和生物量平均值均最大,分别为 98.33 ind./L 和 0.12 mg/L。B9 采样点浮游动物生物量值最大,为 0.24 mg/L,密度为 201.05 ind./L,主要种类为轮虫类,生物量占 B6 采样点生物量比例为 94.08%。春季浮游动物密度平均值为 50.44 ind./L,生物量平均值 0.87 mg/L。枝角类密度和生物量平均值均最大,分别为 43.97 ind./L、0.86 mg/L,B9 采样点浮游动物生物量值最大,为 8.37 mg/L,密度为 422.4 ind./L,主要为枝角类,生物量占比为 99.50%。夏季浮游动物密度高于春季,春季浮游动物生物量高于夏季,但均差异不显著( $P > 0.05$ )。

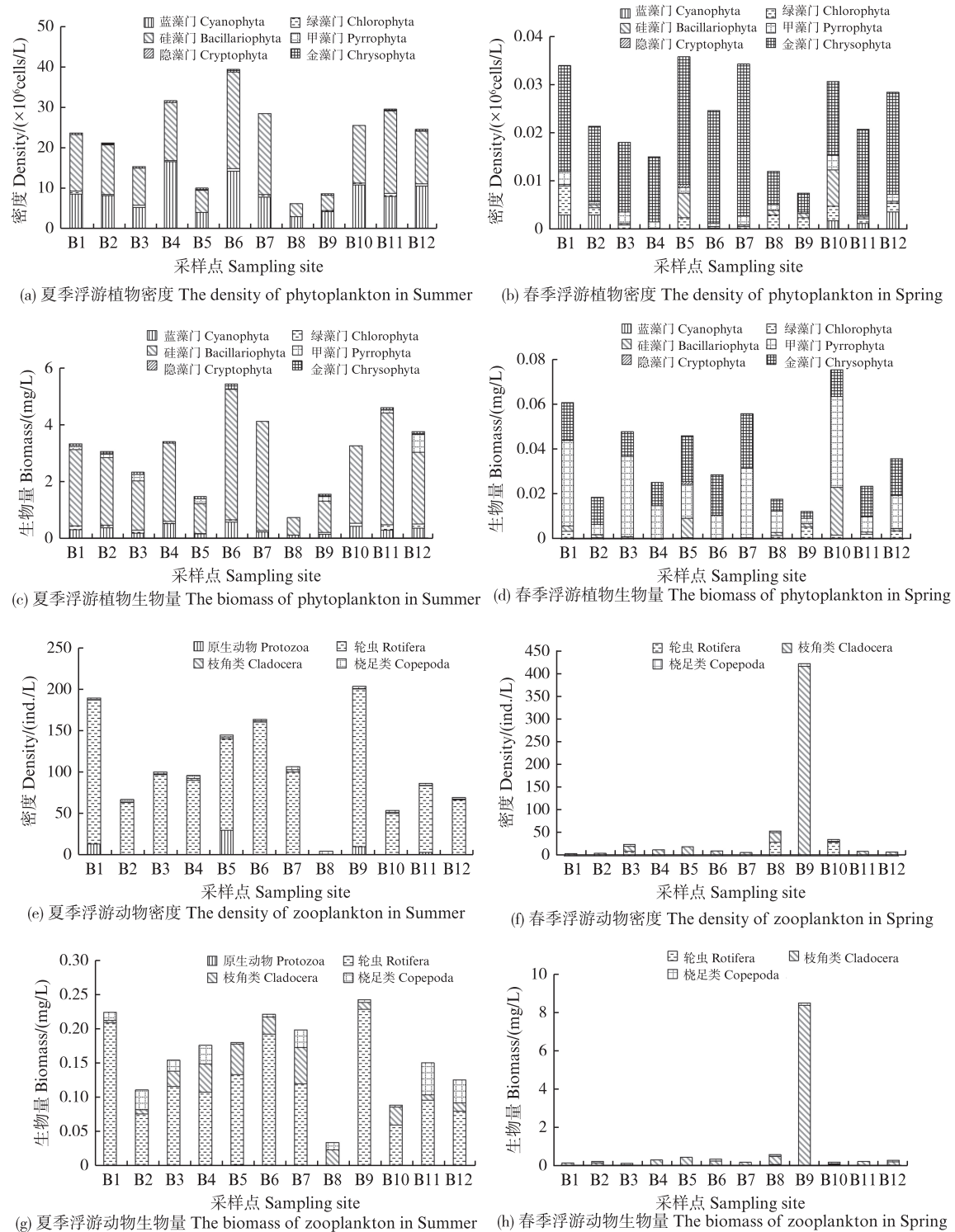
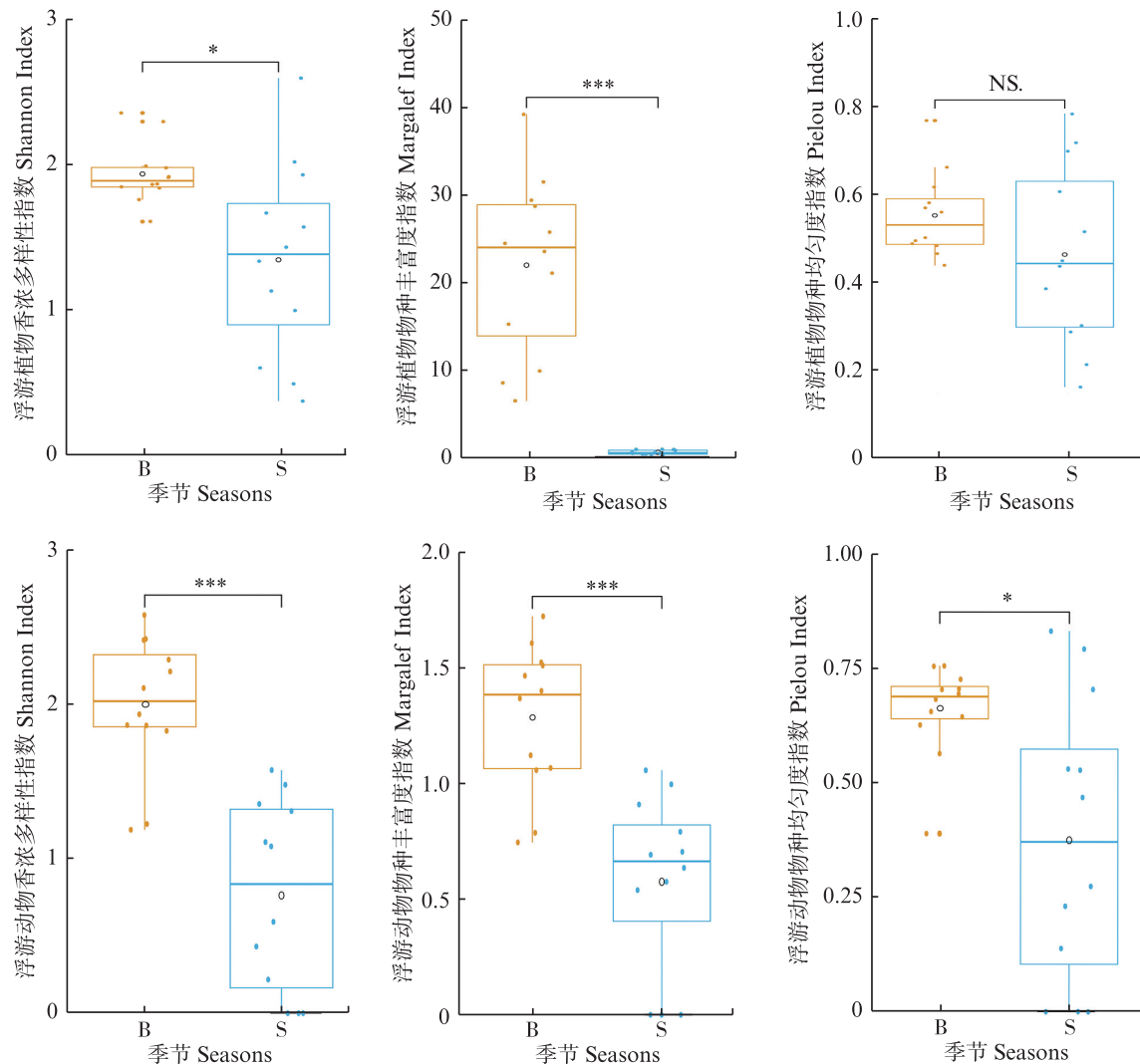


图2 博斯腾湖浮游生物密度和生物量  
Fig. 2 Biomass and density of plankton in Bosten Lake

## 2.4 浮游生物多样性指数

夏季浮游植物  $H'$ 、 $D$ 、 $J$  平均值分别为 1.94、0.45、0.55, 浮游动物  $H'$ 、 $D$ 、 $J$  平均值分别为 1.99、1.27、0.65。春季浮游植物  $H'$ 、 $D$ 、 $J$  平均值分别为 1.35、0.48、0.46, 浮游动物  $H'$ 、 $D$ 、 $J$  平均值分别为

0.76、0.57、0.37。夏季浮游生物  $H'$ 、 $J$  值均比春季高, 表明博斯腾湖夏季浮游生物群落结构较复杂, 群落稳定性高, 种间个体数分布均匀。夏季浮游动物多样性指数显著高于春季 ( $P < 0.01$ )。



箱体上中下线分别为 75、50 (中位数) 和 25 分位数,轴须线最长不超过 1.5 倍箱体范围,黑色空心圆表示平均数;差异显著性用\* ( $P < 0.05$ ),\*\*\* ( $P < 0.001$ )。

The upper, middle and lower lines of the box are 75, 50 (Median) and 25 quantiles, respectively. The maximum length of whiskers shall not exceed 1.5 times of the box range. The black hollow circles represent the average value. The significant differences were represented by \* ( $P < 0.05$ ), \*\*\* ( $P < 0.001$ ).

图3 浮游生物多样性指数  
Fig. 3 Diversity indices of plankton

## 2.5 浮游生物群落与环境因子的关系

选取 14 种浮游生物优势种与环境因子进行 DCA 分析,由于最大梯度长度均小于 3,因此对物种数据与环境因子数据作 RDA 分析。如图 4 所示,浮游植物和浮游动物排序轴中前 2 轴的物种环境累积解释比率均大于 61%,说明该 RDA 排序可以较好的反应浮游生物优势种与环境因子的

关系(表 5)。RDA 分析表明,夏季 SP1 和 SP2 的箭头距离最近,两个物种的相关性最大,与 pH、Chl.a 和 WT 呈明显的正相关,与 COD、DO 负相关。SP9 与  $\text{NO}_3\text{-N}$  负相关。春季 SP6 与 DO 正相关,与  $\text{NO}_3\text{-N}$  和 WT 呈负相关。SP13 与 DO、TP 呈负相关,SP14 与 Chl.a 呈明显负相关(图 4~5)。

		夏季 Summer			春季 Spring		
排序轴 Sorting shaft		特征值 Eigenvalue	解释比率 Interpretation rate/%	累计解释比率 Cumulative interpretation rate/%	特征值 Eigenvalue	解释比率 Interpretation rate/%	累计解释比率 Cumulative interpretation rate/%
浮游植物 Phytoplankton	RDA1	0.3843	38.43	61.32	0.722	72.2	94.67
	RDA2	0.2289	22.89		0.2246	22.47	
浮游动物 Zooplankton	RDA1	0.4399	43.99	71.92	0.8689	86.89	87.37
	RDA2	0.2793	27.93		0.0047	0.48	

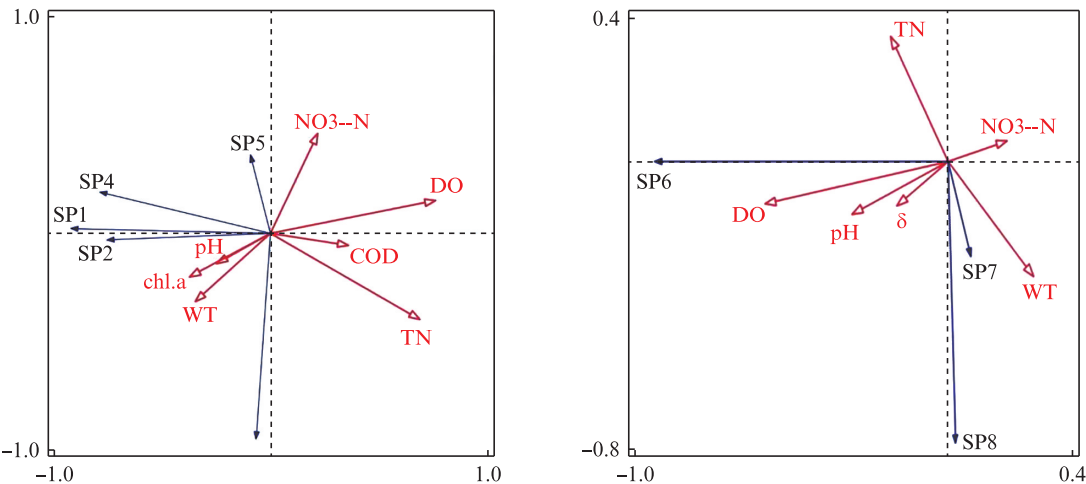


图4 浮游植物优势种与环境因子的RDA排序图

Fig. 4 RDA analysis of dominant phytoplankton species and environmental factors

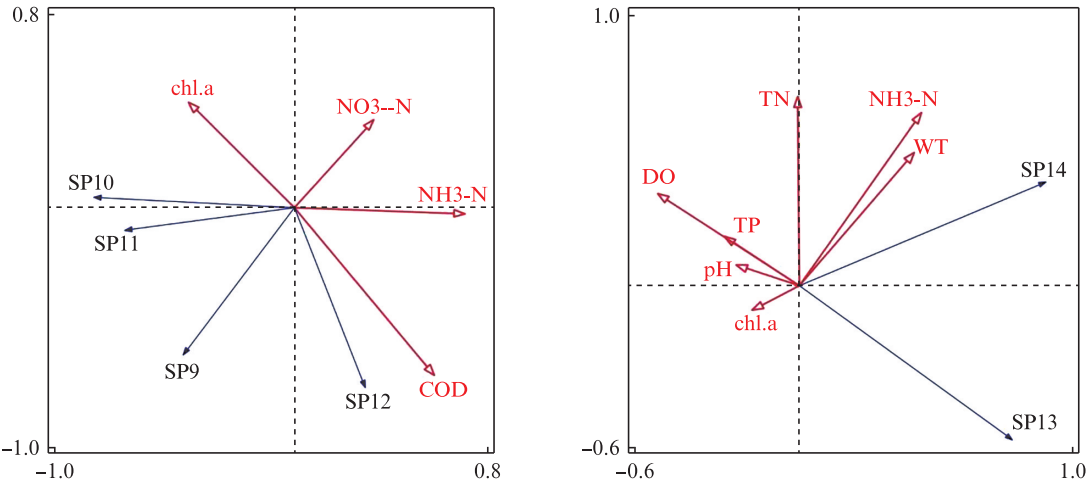


图5 浮游动物优势种与环境因子的RDA排序图

Fig. 5 RDA analysis of dominant zooplankton species and environmental factors

3 讨论

3.1 浮游植物群落组成及其与环境因子的关系

两次调查显示,博斯腾湖浮游植物的密度和生物量在夏、春两季有显著性的变化,夏季浮游植物平均密度( $21.80\times10^6$  cells/L)和平均生物量

( $3.05\text{ mg/L}$ )显著高于春季( $0.023\times10^6$  cells/L, $0.04\text{ mg/L}$ )( $P<0.01$ )。氮、磷营养盐是藻类生长的物质基础<sup>[20]</sup>。本研究中,博斯腾湖夏、春两季的TP浓度均低,其中夏季TP浓度处于满足藻类生长需要的临界值( $0.02\text{ mg/L}$ )附近,春季TP的浓度为( $0.000\ 8\pm0.002\ 9$ )mg/L,远远低于临界值。



按照 GUILDFORD 等<sup>[21]</sup>提出的水中营养物限制性分类标准, 博斯腾湖春、夏均为磷限制状态。博斯腾湖浮游植物丰度比鄱阳湖<sup>[20]</sup>、巢湖<sup>[22]</sup>、宝应湖<sup>[23]</sup>等低, 比泸沽湖<sup>[24]</sup>、乌伦古湖<sup>[25]</sup>高。一般认为随着海拔升高, 水温降低, 冰冻期延长, 藻类物种的丰度也随之降低<sup>[26-27]</sup>。博斯腾湖平均海拔 1 048 m, 平均封冻天数为 107 d, 海拔高、封冻期长也是藻类丰度较低的原因之一<sup>[28]</sup>。本次调查共鉴定出浮游植物 6 门 106 种(属), 相较于以往调查结果, 裸藻门(Euglenophyta)未在本次调查中发现。博斯腾湖水系连通工程的实施使水体环境发生变化, 对浮游植物的群落结构产生影响。采样频次和采样点数量的设置也是影响原因, 本次调查仅在夏、春两季开展, 后续将加大调查频次, 合理增加点位数量。

湖泊浮游植物群落结构通常呈现出季节性演替的规律<sup>[27]</sup>。其中水温在博斯腾湖浮游植物的生长中具有重要的作用, RDA 分析表明, 浮游植物的优势种 SP1-4(夏)、SP7-8(春)均与水温呈正相关关系。春季博斯腾湖的绝对优势种为金藻门的锥囊藻, 李红等<sup>[10]</sup>、赖英等<sup>[11]</sup>研究也表明博斯腾湖金藻会在五月繁盛并形成优势种群。这主要是由于金藻门多生活在温度相对较低的水体中, 数量在冬季最多, 春季次之, 在夏季和秋季均大为降低<sup>[29]</sup>。夏季浮游植物群落呈硅藻-蓝藻型, 相比以往研究<sup>[10]</sup>, 硅藻的主导地位没变, 但蓝藻代替绿藻成为优势类群。

### 3.2 浮游动物群落结构组成及其与环境因子的关系

博斯腾湖浮游动物种类组成发生一定的改变。祁峰等<sup>[15]</sup>调查结果表明, 长额象鼻溞为优势种群, 虱形大眼溞由常见、优势类群转变为罕见种。本次调查长额象鼻溞和虱形大眼溞为春季优势种, 两种枝角类在两次调查均有发现, 且春季两种枝角类的密度和数量均高于夏季。长额象鼻溞易于在相对较低的温度和较浅的水域形成密度高峰<sup>[14]</sup>。虱形大眼溞作为嗜寒性种在春季出现频率显著多于夏季<sup>[12]</sup>。博斯腾湖春季温度显著低于夏季, 因此有利于长额象鼻溞和虱形大眼溞的生长。RDA 分析表明不同季节优势种与环境因子间的关系并不相同, *Chl.a* 与浮游动物优势种 SP10-11(夏)正相关, 与 SP12(夏)、SP13-

14(春)负相关, 因此认为 *Chl.a* 是影响博斯腾湖浮游动物群落结构的重要因子。本次调查春季 B9 采样点浮游生物生物量最高, 主要是因为 B9 采样点位湖区边缘, 靠近开都河入湖口, 且湖泊边缘为新疆 25 团芦苇湿地, 通过进水带来的营养物质和芦苇区植物分解等可直接或间接为浮游动物提供食物<sup>[7, 20]</sup>。

浮游动物优势种因受环境条件影响, 季节变化明显<sup>[30]</sup>。夏季博斯腾湖的优势种从枝角类转为轮虫类。湖泊中浮游生物的分布往往受到多种环境因子共同影响<sup>[31]</sup>。根据调查发现, 夏季浮游植物的增加和腐殖质的流入是轮虫类成为优势种的主要原因。博斯腾湖夏季浮游植物种类和数量较春季明显增多, 浮游植物种类和数量的增加有利于轮虫的生长繁殖<sup>[1]</sup>。博斯腾湖夏季入湖水主要来自冬季积雪融水, 携带大量陆源类腐殖质入湖<sup>[28]</sup>。因为轮虫能够摄食腐殖质<sup>[18]</sup>, 腐殖质入湖也为轮虫提供了一定的食物来源。其次, 轮虫和枝角类存在较强的竞争关系, 当轮虫数量升高时, 争夺枝角类生物所需资源, 抑制枝角类的生长<sup>[32]</sup>。鱼类的捕食也对枝角类具有一定的影响。博斯腾湖的主要经济鱼类为池沼公鱼(*Hypomesus olidus*)<sup>[33]</sup>。对乌伦古湖池沼公鱼的食性研究表明, 夏季池沼公鱼对枝角类捕食较多<sup>[34]</sup>。鲢和鳙等滤食性鱼类也对枝角类和桡足类也有较强的滤食性作用<sup>[35-36]</sup>。

### 3.3 博斯腾湖水质评价

水系连通后, 博斯腾湖水质发生变化。浮游植物群落演替和种群分布可以反应湖泊等水体的环境状况和营养状态<sup>[37-38]</sup>。浮游植物对水域生态系统及其环境变化具有较强的指示作用<sup>[39-40]</sup>, 浮游动物中的不少种类作为水体污染的指示生物<sup>[34, 41]</sup>。本次调查中夏季浮游植物优势种针杆藻、伪鱼腥藻、微囊藻、环游鞘丝藻主要指示富营养生境<sup>[36, 42-43]</sup>, 春季浮游植物优势种锥囊藻主要指示贫营养生境, 多甲藻主要指示中营养生境<sup>[43]</sup>。轮虫喜好富营养环境, 如本研究中, 夏季浮游动物的优势种 SP9-11 均主要出现在富营养水体中, 枝角类和桡足类偏好贫营养或中营养生境<sup>[1, 44-45]</sup>。综上, 结合浮游植物细胞密度、生物量评价水体营养化程度, 博斯腾湖夏季为富营养型湖泊, 春季为贫-中营养型湖泊。按照浮游生

生物多样性指数评价标准<sup>[20]</sup>评价博斯腾湖水质,博斯腾湖水质夏季呈中污染-重污染,春季水质呈重污染。

作者声明本文无利益冲突。

#### 参考文献:

- [1] 白海锋,王怡睿,宋进喜,等. 渭河浮游生物群落结构特征及其与环境因子的关系[J]. 生态环境学报, 2022, 31(1): 117-130.
- BAI H F, WANG Y R, SONG J X, et al. Characteristics of plankton community structure and its relation to environmental factors in Weihe River, China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2022, 31(1): 117-130.
- [2] PÉREZ J R, LOUREIRO S, MENEZES S, et al. Assessment of water quality in the Alqueva Reservoir (Portugal) using bioassays [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2010, 17(3): 688-702.
- [3] ZHANG P Y, TANG H J, GONG Z J, et al. Phytoplankton abundance constrains planktonic energy subsidy to benthic food web[J]. Journal of Ecosystem & Ecography, 2013, 4(1): 1000139.
- [4] 常玉婷,麦尔哈巴·尼亚孜,尤斌,等. 新疆博斯腾湖“十三五”期间水环境质量变化分析[J]. 干旱环境监测, 2023, 37(1): 28-32.
- CHANG Y T, MARHABA N, YOU B, et al. Water environmental quality change of Bosten Lake in Xinjiang during the 13th Five-Year plan [J]. Arid Environmental Monitoring, 2023, 37(1): 28-32
- [5] 任慕莲,任波,杨植林,等. 濒危物种——新疆大头鱼的生态和资源调查与保护对策的研究[J]. 水产学杂志, 1996, 9(2): 1-19.
- REN M L, REN B, YANG Z L, et al. Investigations on the resources and ecology of Talimv big head mountain carp [*Aspiorhynchus laticeps* (day)], a nearly extinct species in Xinjiang, and its possible protective measure [J]. Chinese Journal of Fisheries, 1996, 9(2): 1-19.
- [6] 王普泽,宋聘,张尹哲,等. 基于水声学评估的博斯腾湖鱼类时空分布研究[J]. 中国水产科学, 2023, 30(5): 525-532.
- WANG P Z, SONG D, ZHANG Y Z, et al. Hydroacoustic assessment of spatio-temporal distribution and resource status of fish in Lake Bosten[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2023, 30(5): 525-532.
- [7] 陈世峰. 博斯腾湖水质变化及其影响因素研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2021: 15.
- CHEN S F. Water quality change and its influencing factors in Bosten Lake [D]. Urumuqi: Xinjiang Normal University, 2021: 15.
- [8] 周洪华,李卫红,陈亚宁,等. 博斯腾湖水盐动态变化(1951-2011年)及对气候变化的响应[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1): 55-65.
- ZHOU H H, LI W H, CHEN Y N, et al. Water-salt succession patterns (1951-2011) and its response to climate change in Lake Bosten [J]. Journal of Lake Sciences, 2014, 26(1): 55-65.
- [9] 汤祥明,许柯,赛·巴雅尔图. 博斯腾湖水环境综合治理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015: 5-254.
- TANG X M, XU K, SAI B. Comprehensive water and environmental management for lake Bosten[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2015: 5-254.
- [10] 李红,马燕武,祁峰,等. 博斯腾湖浮游植物群落结构特征及其影响因子分析[J]. 水生生物学报, 2014, 38(5): 921-928.
- LI H, MA Y W, QI F, et al. Phytoplankton in Bosten Lake: community characteristics and driving factors [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2014, 38(5): 921-928.
- [11] 赖英. 博斯腾湖浮游植物季节变化的研究[J]. 水生态学杂志, 2009, 30(5): 103-106.
- LAI Y. Study of season change of phytoplankton in Bosten Lake [J]. Journal of Hydroecology, 2009, 30(5): 103-106.
- [12] 李红,祁峰,谢春刚,等. 博斯腾湖浮游动物群落结构特征与分布的季节性变化[J]. 中国水产科学, 2013, 20(4): 832-842.
- LI H, QI F, XIE C G, et al. Zooplankton in Bosten Lake: community characteristics and seasonal changes in distribution [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(4): 832-842.
- [13] 祁峰,马燕武,李红,等. 新疆博斯腾湖轮虫群落季节动态及其影响因子[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(3): 51-57.
- QI F, MA Y W, LI H, et al. Rotifer seasonal dynamics and driving factors in Bosten Lake, Xinjiang [J]. Journal of Hydroecology, 2017, 38(3): 51-57.
- [14] 王松波,薛庆举,高光,等. 新疆博斯腾湖浮游甲壳动物群落结构[J]. 湖泊科学, 2011, 23(6): 926-933.
- WANG S B, XUE Q J, GAO G, et al. Crustacean zooplankton community structure in Lake Bosten, Xinjiang [J]. Journal of Lake Sciences, 2011, 23(6): 926-933.
- [15] 祁峰,马燕武,李红,等. 博斯腾湖枝角类群落结构特征及其影响因子[J]. 应用生态学报, 2015, 26(11): 3516-3522.
- QI F, MA Y W, LI H, et al. Cladocera in Bosten Lake: community characteristics and driving factors [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(11): 3516-3522.
- [16] 胡鸿钧,魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 79-285.
- HU H J, WEI Y X. The freshwater algae of China;

- systematic, taxonomy and ecology[M]. Beijing: Science Press, 2006: 79-285.
- [17] 梁秋象, 方纪祖, 杨和荃. 水生生物学: 形态和分类[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 2-410.
- LIANG Q X, FANG J Z, YANG H Q. Hydrobiology morphonology and classification [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 2-410.
- [18] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961: 82-247.
- WANG J J. Freshwater rotifers in China [M]. Beijing: Science Press, 1961: 82-247.
- [19] 龚森森, 李学梅, 吴嘉伟, 等. 湖北长湖夏、秋季浮游生物功能群特征及主要影响因子[J]. 水生生物学报, 2022, 46(5): 707-717.
- GONG S S, LI X M, WU J W, et al. Characteristics and main influencing factors of plankton functional groups in summer and autumn of Changhu Lake [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2022, 46(5): 707-717.
- [20] 杨潇, 马吉顺, 张欢, 等. 鄱阳湖不同水文期浮游生物群落结构特征和影响因素及水质评价[J]. 水生生物学报, 2021, 45(5): 1093-1103.
- YANG X, MA J S, ZHANG H, et al. Community structure and the water quality during different hydrological periods in Poyang Lake [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2021, 45(5): 1093-1103.
- [21] GUILDFORD S J, HECKY R E. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: is there a common relationship? [J]. Limnology and Oceanography, 2000, 45(6): 1213-1223.
- [22] 李静, 崔凯, 卢文轩, 等. 春季和夏季巢湖浮游生物群落组成及其动态分析[J]. 水生生物学报, 2015, 39(1): 185-192.
- LI J, CUI K, LU W X, et al. Community dynamics of spring-summer plankton in Lake Chaohu [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2015, 39(1): 185-192.
- [23] 朱玉磊, 胡晓东, 丰叶, 等. 宝应湖浮游植物群落演变趋势及其驱动因子分析[J]. 生态与农村环境学报, 2022, 38(4): 485-493.
- ZHU Y L, HU X D, FENG Y, et al. Succession and driving factors of phytoplankton community in Baoying Lake [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2022, 38(4): 485-493.
- [24] 黄朔, 陈远超, 李丹洁, 等. 泸沽湖浮游生物多样性及垂直变化规律研究[J]. 南方水产科学, 2022, 18(1): 22-32.
- HUANG S, CHEN Y C, LI D J, et al. Diversity and vertical variation of plankton in Lugu Lake [J]. South China Fisheries Science, 2022, 18(1): 22-32.
- [25] 李喆, 姜作发, 马波, 等. 新疆乌伦古湖春、秋季浮游植物群落结构的聚类和多维分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 984-991.
- LI Z, JIANG Z F, MA B, et al. Cluster analysis and multidimensional scaling analysis in spring and autumn of phytoplankton community structure of Ulungur Lake, Xinjiang [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(6): 984-991.
- [26] HAN X, PAN B Z, ZHAO G N, et al. Local and geographical factors jointly drive elevational patterns of phytoplankton in the source region of the Yangtze River, China [J]. River Research and Applications, 2021, 37(8): 1145-1155.
- [27] 王三秀, 魏莱, 王爽, 等. 上海水源地毗邻湖库浮游植物群落结构的季节变化及其影响因子[J]. 湖泊科学, 2022, 34(4): 1127-1139.
- WANG S X, WEI L, WANG S, et al. Seasonal changes of phytoplankton community structure and its influencing factors in lakes and reservoirs adjacent to water sources in Shanghai [J]. Journal of Lake Sciences, 2022, 34(4): 1127-1139.
- [28] 蒋昕桐, 肖启涛, 李一民, 等. 河流输入对博斯腾湖溶解性有机物组成的时空影响[J]. 光谱学与光谱分析, 2023, 43(5): 1636-1644.
- JIANG X T, XIAO Q T, LI Y M, et al. Temporal and spatial effects of river input on dissolved organic matter composition in Lake Bosten [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2023, 43(5): 1636-1644.
- [29] 谢树莲, 冯佳. 中国淡水金藻门植物研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2007, 29(6): 1-6.
- XIE S L, FENG J. Advances of research on freshwater chrysophyta in China [J]. World Sci-Tech R&D, 2007, 29(6): 1-6.
- [30] 李共国, 尉美方, 吴芝瑛, 等. 疏浚后杭州西湖浮游动物群落的变化[J]. 生态科学, 2005, 24(3): 218-223.
- LI G G, WEI M F, WU Z Y, et al. A change of zooplankton community after dredging in the West Lake, Hangzhou [J]. Ecologic Science, 2005, 24(3): 218-223.
- [31] GEORGE D G, TAYLOR A H. UK lake plankton and the gulf stream [J]. Nature, 1995, 378(6553): 139.
- [32] 饶科, 郭雯淇, 汪平. 后官湖浮游生物群落结构特征及其环境驱动因子[J]. 水生态学杂志, 2022, 43(4): 23-29.
- RAO K, GUO W Q, WANG P. Characteristics of the plankton community and driving environmental factors in Houguan Lake [J]. Journal of Hydroecology, 2022, 43(4): 23-29.
- [33] 王普泽, 宋聘, 张尹哲, 等. 博斯腾湖鱼类资源组成、体长与体重关系及生长状况[J]. 生物资源, 2020, 42(2): 181-187.
- WANG P Z, SONG D, ZHANG Y Z, et al. Resource composition, length-weight relationship and condition factor of fishes in Bosten Lake [J]. Biotic Resources,

- 2020, 42(2): 181-187.
- [34] 杨丽丽, 周小玉, 刘其根, 等. 新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4468-4476.
- YANG L L, ZHOU X Y, LIU Q G, et al. Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(15): 4468-4476.
- [35] 温新利, 席貽龙, 张雷, 等. 芜湖市镜湖轮虫群落结构分析及水质的生态学评价[J]. 水生生物学报, 2006, 30(2): 152-158.
- WEN X L, XI Y L, ZHANG L, et al. Analysis of community structure of Rotifera and ecological assessment of water quality in Lake Jinghu, Wuhu City [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, 30(2): 152-158.
- [36] 童璐, 刘丹, 段骄阳, 等. 千岛湖浮游植物群落时空变化及其与环境因子的关系[J]. 上海海洋大学学报, 2024, 33(5): 1176-1186.
- TONG L, LIU D, DUAN J Y, et al. Temporal and spatial changes of phytoplankton communities and their relationship with environmental factors in Qiandao Lake [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2024, 33(5): 1176-1186.
- [37] 朱浩, 刘兴国, 陈晓龙, 等. 鲢鳙淀浮游动物群落特征及水质评价[J]. 水生生物学报, 2020, 44(6): 1313-1321.
- ZHU H, LIU X G, CHEN X L, et al. The characteristics of zooplankton community and water quality in the Shihoudian Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2020, 44(6): 1313-1321.
- [38] CARVALHO L, MCDONALD C, DE HOYOS C, et al. Sustaining recreational quality of European lakes: Minimizing the health risks from algal blooms through phosphorus control [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2013, 50(2): 315-323.
- [39] 王文婷, 李丰, 徐赛赛, 等. 上海青草沙水库浮游植物功能群时空变化特征及其影响因子[J]. 上海海洋大学学报, 2023, 32(6): 1224-1236.
- WANG W T, LI F, XU S S, et al. Spatiotemporal variation of phytoplankton communities and their relationship with environmental factors in Shanghai Qingcaosha Reservoir [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2023, 32(6): 1224-1236.
- [40] 马婕, 申利亚, 何培民, 等. 苏州城区河道浮游植物功能群演替特征及其对环境因子的响应[J]. 上海海洋大学学报, 2021, 30(1): 103-112.
- MA J, SHEN L Y, HE P M, et al. Succession characteristics and responses to environmental factors of phytoplankton functional groups in river courses in the urban area of Suzhou City [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(1): 103-112.
- [41] 韩谓, 潘保柱, 赵耿楠, 等. 长江源区浮游植物群落结构及分布特征[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11): 2621-2631.
- HAN X, PAN B Z, ZHAO G N, et al. Phytoplankton community structure and distribution characteristics in the source region of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(11): 2621-2631.
- [42] 冯天翼, 宋超, 陈家长. 水生藻类的环境指示作用[J]. 中国农学通报, 2011, 27(32): 257-265.
- FENG T Y, SONG C, CHEN J Z. Environmental indication function of aquatic algae [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(32): 257-265.
- [43] 刘宇. 新疆乌伦古湖浮游植物群落结构的时空变化规律[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 13-15.
- LIU Y. Spatial and temporal variations of phytoplankton community structure in Ulungur Lake, Xinjiang [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009: 13-15.
- [44] 张世羊, 周巧红, 成水平, 等. 复合养殖系统中浮游动物种类丰度及其影响因素[J]. 中国环境科学, 2009, 29(7): 745-750.
- ZHANG S Y, ZHOU Q H, CHENG S P, et al. Zooplankton species richness and impact factors in a compound aquaculture system [J]. *China Environmental Science*, 2009, 29(7): 745-750.
- [45] 许宝红, 肖调义, 金红春, 等. 利用浮游动物评价不同类型养殖水体营养状况[J]. 淡水渔业, 2011, 41(1): 10-15.
- XU B H, XIAO T Y, JIN H C, et al. Nutrition evaluation of different aquatic water by zooplankton [J]. *Freshwater Fisheries*, 2011, 41(1): 10-15.



## Characteristics of plankton community structure and its relation to environmental factors in Bosten Lake

HAN Junjun, CHEN Peng, QI Feng, AIKEDA·Reheman, FENG Yonghui, MA Yanwu

(Institute of Fisheries Research of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

**Abstract:** In this study, we setted 12 sampling sites to explore the characteristics of plankton functional groups and its relation to environmental factors in Bosten Lake. The main physical and chemical factors of water quality were analyzed, and the community structure of plankton in Bosten Lake, including species composition, abundance and index of biological diversity were investigated. The results showed that water temperature,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , total phosphorus and *Chl.a* in summer were extremely significantly higher than in spring, COD and electrical conductivity in summer were extremely significantly lower than in spring ( $P < 0.01$ ). A total of 106 phytoplankton species and 50 zooplankton species were identified. Bacillariophyta was the highest number of phytoplankton (41), followed by Chlorophyta (31), Cyanophyta (27), Pyrrophyta (3), Cryptophyta (2), Chrysophyta (2). Rotifera was the highest number of zooplankton (20), followed by Cladocera (17), Copepoda (8), Protozoa (5). There were 5 dominant species of phytoplankton and 4 dominant species of zooplankton in summer, 3 dominant species of phytoplankton and 2 dominant species of zooplankton in spring. It was obvious change of dominant species of plankton in different seasons. The absolute dominant species of phytoplankton were *Synedra* sp. ( $Y=0.58$ ), *Planktolyngbya subtilis* ( $Y=0.15$ ) and the absolute dominant species of zooplankton were *Polyarthra trigla* ( $Y=0.32$ ), *Keratella cochlearis* ( $Y=0.18$ ), *Anuraeopsis fissa* ( $Y=0.14$ ). The absolute dominant species of phytoplankton was *Dinobryon* sp. ( $Y=0.75$ ) and the absolute dominant species of zooplankton were *Bosmina longirostris* ( $Y=0.48$ ), *Polyphemus pediculus* ( $Y=0.17$ ) in spring. In summer, the average density ( $21.80 \times 10^6$  cells/L) and average biomass (3.05 mg/L) of phytoplankton were significantly higher than spring ( $0.023 \times 10^6$  cells/L, 0.04 mg/L) ( $P < 0.01$ ). The average density of zooplankton (105.75 ind./L) in summer was higher than spring (50.44 ind./L), but the average biomass of zooplankton (0.87 mg/L) was higher than summer (0.16 mg/L) ( $P > 0.05$ ). The average values of phytoplankton diversity indices of Shannon-wiener ( $H'$ ), Margalef ( $D$ ) and Pielou ( $J$ ) were 1.94, 0.45, 0.55 in summer and 1.35, 0.48, 0.46 in spring. The average values of zooplankton diversity indices of  $H'$ ,  $D$  and  $J$  were 1.94, 0.45, 0.55 in summer and 1.35, 0.48, 0.46 in spring. In summer, the average of zooplankton diversity indices were significantly higher than spring ( $P < 0.01$ ). There were no significant differences of phytoplankton diversity indices between summer and spring ( $P > 0.05$ ). Water temperature plays an important role in the growth of phytoplankton, *chl.a* was an important factor affecting community structure of zooplankton in Bosten Lake. This study provides basic data and theoretical basis for the conservation of aquatic ecosystems and *A. laticeps* in the Bosten Lake.

**Key words:** Bosten Lake; phytoplankton; zooplankton; environment factors