

东太湖应急水源地浮游植物功能群特征及其影响因子

柯杰 刘若愚 郭超 李诗琦 许博 倪先哲 王益 廖传松 李为 刘家寿

FUNCTIONAL GROUP CHARACTERISTICS AND INFLUENCING FACTORS OF PHYTOPLANKTON IN EMERGENCY WATER SUPPLY OF EAST TAIHU LAKE

KE Jie, LIU Ruo-Yu, GUO Chao, LI Shi-Qi, XU Bo, NI Xian-Zhe, WANG Yi, LIAO Chuan-Song, LI Wei, LIU Jia-Shou

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2025.2024.0239>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

四川丘陵区水库浮游植物功能群季节演替特征及驱动因子

SEASONAL SUCCESSION OF PHYTOPLANKTON FUNCTIONAL GROUPS AND ITS DRIVING FACTORS IN RESERVOIRS IN HILLY REGIONS OF SICHUAN PROVINCE

水生生物学报. 2021, 45(4): 826–837 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.236>

湖北长湖夏、秋季浮游生物功能群特征及主要影响因子

CHARACTERISTICS AND MAIN INFLUENCING FACTORS OF PLANKTON FUNCTIONAL GROUPS IN SUMMER AND AUTUMN OF CHANGHU LAKE

水生生物学报. 2022, 46(5): 707–717 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.310>

常熟新建水源地湖泊轮叶黑藻和穗状狐尾藻的生长差异及对水环境的影响

GROWTH DIFFERENCES BETWEEN *HYDRILLA VERTICILLATA* AND *MYRIOPHYLLUM SPICATUM* AND THE EFFECTS ON WATER ENVIRONMENT IN NEWLY BUILT WATER SUPPLY LAKES IN CHANGSHU CITY

水生生物学报. 2023, 47(7): 1139–1147 <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0100>

黄河流域河南段浮游藻类功能群分布特征及影响因子

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND INFLUENCING FACTORS OF PHYTOPLANKTON FUNCTIONAL GROUPS OF THE YELLOW RIVER BASIN IN HENAN PROVINCE

水生生物学报. 2024, 48(3): 513–523 <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0318>

刘家峡水库浮游植物群落结构与环境因子的关系

COMMUNITY STRUCTURES OF PHYTOPLANKTON AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE LIUJAXIA RESERVOIR

水生生物学报. 2021, 45(6): 1299–1307 <https://doi.org/10.7541/2021.2021.026>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2025.2024.0239

CSTR: 32229.14.SSSWXB.2024.0239

## 东太湖应急水源地浮游植物功能群特征及其影响因子

柯杰<sup>1,2#</sup> 刘若愚<sup>3#</sup> 郭超<sup>1</sup> 李诗琦<sup>1,2</sup> 许博<sup>1,2</sup> 倪先哲<sup>3</sup>  
王益<sup>3</sup> 廖传松<sup>1</sup> 李为<sup>1,2\*</sup> 刘家寿<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所水产品种创制与高效养殖重点实验室, 武汉 430072; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;  
3. 苏州衍达检测有限公司, 吴江 215200)

**摘要:** 研究于2022年5月—2023年2月对东太湖应急水源地的浮游植物和环境因子进行了4个季度的调查分析, 旨在探明水源地浮游植物功能群特征动态及其与环境因子之间的关系。结果表明: (1)共鉴定出浮游植物7门128种, 共划分为21个功能群, 包括喜好高营养扰动的功能群MP、P、S1, 喜好高营养低扰动的H1、W1, 以及具广适性的L<sub>0</sub>等, 表现为夏秋季功能群种类数较多, 秋季功能群生物量明显高于其他季节, 指示水体生境特征为水浅、分层较少、透明度低、高营养状态; (2)优势功能群有7个(E、H1、L<sub>0</sub>、MP、P、S1、W1), 具明显的季节性, 表现为春L<sub>0</sub>/W1/P→夏H1/S1/MP→秋L<sub>0</sub>/P/MP→冬E/H1/L<sub>0</sub>的季节演替, 生物量占比最大的主要为以甲藻为主的功能群L<sub>0</sub>和以硅藻为主的功能群MP; (3)冗余分析(RDA)和方差分解分析(VPA)表明, 水温(WT)、氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)、总磷(TP)和电导率(Cond)是影响水源地浮游植物优势功能群生物量的主要环境因子, 其中功能群L<sub>0</sub>与WT、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP、Cond均呈负相关, 功能群W1、S1、MP均与WT、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP、Cond呈正相关; (4)功能群Q指数评价结果(2.91±0.11)表明水源地整体水质状态“中等”, 但在夏季时水质较差、营养水平和蓝藻丰度较高, 依然面临蓝藻水华问题。建议严格控制外源营养输入, 加强生态系统结构调控, 提升生态系统的稳定性和自净能力, 以控制蓝藻水华发生和保障供水安全。

**关键词:** 水源地湖泊; 浮游植物; 功能群; 环境因子; Q指数; 东太湖

**中图分类号:** S932.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2025)03-032506-10



浮游植物作为水生态系统中主要初级生产者, 在物质循环、能量流动等过程中发挥着至关重要的作用, 是水生态系统中不可或缺的组成部分<sup>[1,2]</sup>。同时, 浮游植物对环境因素敏感, 其群落结构易受环境因素变化影响, 在响应水质变化和环境污染方面具有较好的指示价值<sup>[3]</sup>。目前, 将浮游植物作为指示生物已被广泛应用于国内外的湖泊、水库及河流的水质健康评价工作中<sup>[4,5]</sup>。

先前研究中学者们大多采用传统方法进行浮游植物分类, 即基于物种同源性将浮游植物归为不

同的门类, 但这种分类方法往往会过分强调物种的同源性, 进而忽略了物种的功能特异性<sup>[6,7]</sup>。鉴于传统分类方法的局限性, Reynolds等<sup>[8]</sup>率先提出了浮游植物功能群分类方法, 即基于形态、生理和生存策略等特征将浮游植物划分为不同的功能群(Functional groups, FG)。在此基础上, Padisák等<sup>[9]</sup>将浮游植物功能群的划分依据进行了完善与补充, 目前共有39个不同特征的功能群可用于分类。与传统的分类方法相比, 功能群分类可以同时兼顾物种的同源性与其功能特异性, 它将能适应某一特定生

**收稿日期:** 2024-07-09; **修订日期:** 2024-09-18

**基金项目:** 国家自然科学基金(32303010和32373136); 国家重点研发计划(2023YFD2400900和2023YFD2400505); 吴江区东太湖应急水源地生态系统调控与管理策略资助 [Supported by the National Science Foundation of China (32303010 and 32373136); the National Key Research and Development Program of China (2023YFD2400900 and 2023YFD2400505); Ecosystem Regulation and Management Strategy of the Emergency Water Supply for East Taihu Lake]

**作者简介:** 柯杰(1998—), 男, 硕士研究生; 研究方向为渔业生态和湖泊生态修复。E-mail: kejie@ihb.ac.cn 刘若愚(1981—), 男, 工学学士; 研究方向为水源与饮用水保障。E-mail: liu.ruoyu@huayanwater.com \*共同第一作者

**通信作者:** 李为(1983—), 男, 研究员; 研究方向为渔业生态学。E-mail: liwei@ihb.ac.cn 刘家寿(1963—), 男, 研究员; 研究方向为渔业生态学。E-mail: jslu@ihb.ac.cn \*共同通信作者

境特征、具有相似敏感性的浮游植物划分为同一功能群,能更好地反映浮游植物与环境因素间的响应关系<sup>[10]</sup>。根据功能群与其特定环境特征间的响应关系,欧盟水框架(Water framework directive)提出了一种新的 $Q$ 指数水质评价方法<sup>[11]</sup>。相比于传统基于浮游植物物种多样性的水质评价方法, $Q$ 指数评价方法对物种和栖息生境变化的响应更为迅速,不易受地域差异的影响与限制,更适于用作水质健康程度的综合分析<sup>[12]</sup>。

太湖作为我国第三大淡水湖泊,地理位置优越,是我国重要的饮用水水源地。然而,近20年来太湖曾暴发过多次藻类水华事件,严重威胁了周边地区的饮用水安全<sup>[13]</sup>。东太湖应急水源地位于苏州市吴江区境内,常水位时水面面积为366.7万 $m^3$ ,蓄水量751万 $m^3$ ,是吴江区政府为了保证居民用水安全在太湖沿岸新建的一个水源地。2017年水源地建成完工运行以来,由于其生态系统结构不完整,导致浮游植物丰度较高,供水水质欠佳。浮游植物的种类、群落结构和功能群特征对水体质量有直接影响。本研究于2022—2023年对东太湖应急水源地的浮游植物和水质进行定期调查监测,运用功能群分类方法对浮游植物进行划分,探究东太湖应急水源地浮游植物功能群特征动态及其与环境因子的关系,综合评价水源地的水质状态,以期为新水源地水质提升和保护管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点与采样时间

根据东太湖应急水源地的面积、形态特征和出入水口位置,在全域设置7个采样点(DTH1—7,图1),于2022年5月(春季)、2022年7月(夏季)、

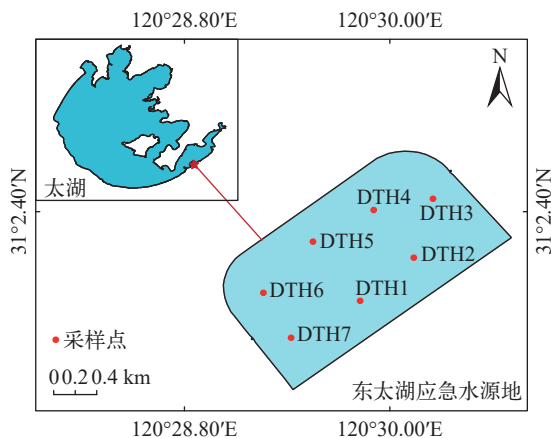


图1 东太湖应急水源地采样点分布图

Fig. 1 Distribution of sampling sites in the emergency water supply for East Taihu Lake

2022年10月(秋季)、2023年2月(冬季)按季度进行水质监测和浮游植物采样。

### 1.2 浮游植物样品采集与鉴定

浮游植物定性样品使用25号浮游生物网采集,在水面表层至0.5 m深处做“∞”形往复,缓慢拖动约5min,将采集的样品放入100 mL样品瓶中,取样约30—50 mL,加入甲醛溶液固定。浮游植物定量样品用5 L采水器在水面0.5 m以下采集1 L水样至采样瓶中,加入10 mL鲁哥氏液固定,用量为水样体积的1.0%—1.5%,室温避光保存48h后浓缩至30—50 mL<sup>[14]</sup>。

根据形态分类方法对采集的定量和定性样品进行种类鉴定<sup>[15]</sup>。取0.1 mL样品置于10×10格浮游生物计数板内,在Olympus BX51光学显微镜下进行物种鉴定并计数,每个样品重复计数后取平均值;生物量(湿重)则通过细胞体积法直接进行换算<sup>[16]</sup>。

本文根据Padisák等<sup>[9]</sup>完善的39个FG功能群中的归属,对各季节各采样点的浮游植物进行功能群划分,并将各功能群的适宜生境进行描述;同时计算各功能群在各季节各采样点的出现频率,并将各季节功能群生物量占比>10%的功能群归为优势功能群。

### 1.3 环境参数监测

使用多参数水质分析仪(YSI Pro Plus)现场测定水温(WT)、pH、溶解氧(DO)、电导率(Cond),使用赛氏盘测定透明度(SD),使用便携式测深仪(SM-5)测定水深(WD)。同时用采水器采集各样点水样,保存在1 L塑料瓶中并立即带回实验室,根据《水和废水监测分析方法——第四版》测定总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮( $NH_4^+-N$ )、高锰酸盐指数( $COD_{Mn}$ )、叶绿素 $a$ (Chl. $a$ )<sup>[17]</sup>。

### 1.4 统计分析

根据欧盟水框架设计出的针对湖泊和水库的 $Q$ 指数评价方法利用浮游植物功能群数据对生态环境进行评价<sup>[7,11]</sup>,计算公式如下:

$$Q = \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_i}{N} \times F_i \right)$$

式中, $n$ 为功能群的总数量, $n_i$ 是指第 $i$ 个功能群的生物量, $N$ 为功能群的总生物量, $F_i$ 为第 $i$ 个功能群的赋值,各功能群的 $F$ 因子并不是一个固定值,本研究主要依据文献生境及功能群特征赋值<sup>[11,18]</sup>。 $Q$ 指数0—5评价分级标准:0—1差、1—2耐受、2—3中等、3—4好、4—5极好<sup>[19]</sup>。

运用R软件的“car”包进行单因素方差分析(One-way ANOVA),不满足条件的进行非参数检验



(Kruskal-Wallis检验), 进而分析东太湖应急水源地不同季节不同点位间环境因子的显著性差异。运用“rdacca.hp”包分析浮游植物优势功能群生物量和环境之间的关系, 将优势功能群生物量数据进行 Hellinger 转换, 环境数据进行标准化转化, 然后进行除趋势对应分析(DCA), 得出最大梯度长度为 1.974, 则选择冗余分析(RDA), 同时结合“UpSetVP”包对 RDA 模型进行方差分解分析(Variance Partitioning Analysis, VPA)得到模型的总体解释率及每个环境因子的单独解释率。数据分析和绘图均使用 R 4.3.2 完成。

## 2 结果

### 2.1 水体理化特征

不同季节东太湖应急水源地水体理化特征如表 1 所示。水体 SD 整体较低, 变化范围为 0.45—0.87 m, 均值 0.56 m; pH 为 8.00—9.29, 均值 8.43, 呈弱碱性。水体营养水平相对较高, TN 为 0.44—1.21 mg/L, TP 为 0.03—0.09 mg/L, 均值分别为 0.67 和 0.047 mg/L。除 WD 和 TN 外, SD、DO、pH、Cond、TP、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、COD<sub>Mn</sub>、Chl.a 均存在显著的季节差异 ( $P < 0.05$ )。从点位间的变化来看, 所有水体理化因子在各点位之间差异不大 ( $P > 0.05$ )。

### 2.2 浮游植物功能群特征

浮游植物功能群种类组成 东太湖应急水

表 1 东太湖应急水源地水体理化指标季节变化(平均值±标准误)

Tab. 1 Seasonal changes of main physical and chemical indicators in the emergency water supply for East Taihu Lake (mean±SE)

环境因子 Parameter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
WD (m)	1.68±0.18	1.89±0.18	1.98±0.06	1.85±0.14
SD (m)	0.60±0.34 <sup>ab</sup>	0.49±0.87 <sup>b</sup>	0.50±0.02 <sup>b</sup>	0.67±0.05 <sup>a</sup>
WT (°C)	22.26±0.07 <sup>ab</sup>	31.27±0.05 <sup>a</sup>	18.11±0.05 <sup>bc</sup>	8.40±0.06 <sup>c</sup>
DO (mg/L)	8.55±0.15 <sup>ab</sup>	5.15±0.07 <sup>b</sup>	8.72±0.13 <sup>a</sup>	9.55±0.08 <sup>a</sup>
pH	8.41±0.05 <sup>ab</sup>	8.82±0.08 <sup>a</sup>	8.28±0.17 <sup>b</sup>	8.19±0.02 <sup>b</sup>
Cond (μS/cm)	360.47±1.46 <sup>ab</sup>	439.17±0.44 <sup>a</sup>	359.41±4.01 <sup>ab</sup>	267.62±1.05 <sup>b</sup>
TN (mg/L)	0.73±0.04	0.63±0.02	0.73±0.09	0.58±0.05
TP (mg/L)	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>ab</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	3.64±0.06 <sup>ab</sup>	3.82±0.04 <sup>a</sup>	3.11±0.05 <sup>b</sup>	3.61±0.05 <sup>ab</sup>
Chl.a (μg/L)	7.95±0.41 <sup>b</sup>	10.97±0.87 <sup>ab</sup>	12.36±0.60 <sup>a</sup>	7.30±1.57 <sup>b</sup>

注: 同一行数据上标注有不同字母代表有显著性差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters on the same line indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

源地共鉴定出浮游植物 7 门 128 种, 其中绿藻门 52 种, 硅藻门 39 种, 蓝藻门 22 种, 裸藻门 7 种, 隐藻门 4 种, 甲藻门和金藻门均为 2 种。各季节的种类数分别为秋季(80)>冬季(72)>夏季(60)>春季(52)。

浮游植物可分为 21 个功能群, 分别为 C、D、E、F、G、H1、J、K、L<sub>0</sub>、MP、N、P、S1、T、T<sub>C</sub>、W1、W2、X1、X2、X3 和 Y (表 2)。各功能群的主要属种、生境特征、出现频率及其赋值如表 2 所示<sup>[7,9]</sup>。根据各功能群的出现频率可以看出, 大于 80% 的功能群有 D、J、MP、P、S1、W1、X1、X2, 为水源地的常见功能群; 小于 20% 的功能群有 K、T, 是水源地较罕见的功能群。其中 T 为春季特有的功能群, E 为冬季特有的功能群。

**浮游植物功能群丰度时空差异** 监测期间东太湖应急水源地浮游植物的平均丰度为  $(2.36 \pm 0.38) \times 10^6$  cells/L, 平均生物量为  $(8.34 \pm 0.97)$  mg/L。从季节变化来看, 浮游植物的平均丰度表现为夏季>秋季>冬季>春季, 平均生物量表现为秋季>冬季>夏季>春季; 从空间变化来看, DTH4 的平均丰度和生物量均明显高于其他位点, 各位点间平均丰度和平均生物量差异不显著 ( $P > 0.05$ ; 图 2)。

监测期间东太湖应急水源地浮游植物功能群丰度和生物量组成呈现明显季节差异(图 3)。从相对丰度来看, 主要以假鱼腥藻为主的功能群 S1 丰度占比最大, 其次为以束丝藻和长孢藻为主的功能群 H1; 从相对生物量来看, 以多甲藻为主的功能群 L<sub>0</sub> 占比最大, 其次为以卵形藻和异极藻为主的功能群 MP。

东太湖应急水源地浮游植物共有 7 个优势功能群, 分别为 E、H1、L<sub>0</sub>、MP、P、S1、W1, 且呈现明显的季节变化。优势功能群具体呈现为由春季的 L<sub>0</sub>、P、W1 转变为夏季的 H1、MP、S1、W1, 秋季的 L<sub>0</sub>、MP、P 再到冬季的 E、H1、L<sub>0</sub>、MP。其中以假鱼腥藻为主的功能群 S1 为夏季独有的优势功能群, 以锥囊藻为主的功能群 E 为冬季独有的优势功能群。

### 2.3 浮游植物优势功能群与环境因子的关系

对东太湖应急水源地 7 种优势功能群生物量和 9 项环境因子进行 RDA 分析。结果表明前两个排序轴的特征根分别为 0.091 和 0.082, 解释度分别为 23.47% 和 21.45%, 共解释了物种-环境关系累计方差的 71.21%, 这说明排序能较好地体现水源地浮游植物功能群与环境因子之间的关系。VPA 结果表明, 所有环境因子经过校正后共同解释了优势功能群 44.0% 的物种信息变化, 其中解释率较高的变量的分别为 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、WT、TP 和 Cond, 单独解释率分

别为10.16%、7.74%、7.21%和7.01% (图 4a)。可以看出, 优势功能群L<sub>0</sub>与NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、WT、TP和Cond均呈负相关; 功能群E与TP呈正相关, 与NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、WT、Cond呈负相关; 功能群H1与TP、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N呈正相关, 与WT、Cond呈负相关; 功能群P与WT、Cond呈正相关, 与NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP呈负相关; 功能群W1、S1、MP均与WT、Cond、TP、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N呈正相关 (图 4b)。

## 2.4 功能群Q指数评价

东太湖应急水源地浮游植物功能群Q指数呈现显著的季节差异 ( $P < 0.05$ )。Q指数的变动范围为1.84—4.00, 均值为2.91±0.11, 具体表现为春季

(3.34, 好) > 秋季(3.29, 好) > 冬季(2.69, 中等) > 夏季(2.31, 中等) (图 5)。综合来看, Q指数评价水质等级处于“中等-好”, 整体处于“中等”。

## 3 讨论

### 3.1 浮游植物功能群特征分析

浮游植物功能群是将能适应某一特定生境特征、具有相似敏感性的浮游植物划分为同一类群, 更能体现浮游植物和生境特征之间的关系, 故在体现水源地的水体特征方面浮游植物功能群相较于个体或种群更适用、更具代表性<sup>[20, 21]</sup>。调查期间东太湖应急水源地共划分有21个浮游植物功能群, 其

表 2 东太湖应急水源地浮游植物功能群组成

Tab. 2 Phytoplankton functional group composition in the emergency water supply for East Taihu Lake

功能群 Functional group	代表属/种 Representative species	生境特征 Habitat characteristic	出现频率 Frequency (%)	F因子 F factor
C	小环藻 <i>Cyclotella</i> spp.	富营养、中小型水体	71.43	4
D	针杆藻 <i>Synedra</i> spp. 菱形藻 <i>Nitzschia</i> spp.	富营养、浑浊、透明度低	96.43	4
E	锥囊藻 <i>Dinobryon</i> sp. 鱼鳞藻 <i>Peridinium</i> sp.	贫营养或中营养、小型浅水水体	21.43	2
F	卵囊藻 <i>Oocystis</i> sp. 月牙藻 <i>Selenastrum</i> sp. 蹄形藻 <i>Kirchneriella</i> spp.	中或富营养型、洁净、深度混合	64.29	3
G	空球藻 <i>Eudorina elegans</i>	富营养、停滞水体	21.43	0
H1	束丝藻 <i>Aphanizomenon</i> spp. 长孢藻 <i>Dolichospermum</i> spp.	富营养、分层、含氮量低、浅水	71.43	1
J	四星藻 <i>Tetrastrum</i> spp. 栅藻 <i>Scenedesmus</i> spp. 多芒藻 <i>Golenkinia</i> spp. 十字藻 <i>Crucigenia</i> spp.	富营养、混合、浅水	100.00	2
K	隐球藻 <i>Aphanocapsa</i> sp.	富营养、浅水	10.71	5
L <sub>0</sub>	多甲藻 <i>Peridinium</i> sp. 角甲藻 <i>Ceratium hirundinella</i> 双眉藻 <i>Amphora</i> spp.	贫到富营养、中到大型水体、深水或浅水	64.29	3
MP	卵形藻 <i>Cocconeis</i> spp. 曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp. 舟形藻 <i>Navicula</i> spp. 异极藻 <i>Gomphonema</i> spp.	经常性搅动、无机浑浊、浅水水体	100.00	5
N	鼓藻 <i>Cosmarium</i> sp. 角星鼓藻 <i>Staurastrum</i> sp.	持续或半持续的混合水层	67.86	2
P	直链藻 <i>Melosira</i> spp. 新月藻 <i>Closterium</i> sp.	持续或半持续的混合水层	89.29	5
S1	假鱼腥藻 <i>Pseudanabaena</i> sp. 浮丝藻 <i>Planktothrix</i> spp.	浑浊、透明度低、混合水体	96.43	0
T	游丝藻 <i>Planctonema</i> sp.	持续混合水层	17.86	5
T <sub>c</sub>	鞘丝藻 <i>Lyngbya</i> sp.	富营养、静水或者流动缓慢、具挺水植物	64.29	2
W1	裸藻 <i>Euglena</i> spp. 扁裸藻 <i>Phacus</i> sp.	小型有机、浅水水体	89.29	3
W2	囊裸藻 <i>Trachelomonas</i> sp.	中营养、浅水	57.14	3
X1	纤维藻 <i>Ankistrodesmus</i> spp. 单针藻 <i>Monoraphidium</i> sp.	超富营养、浅水	85.71	3
X2	蓝隐藻 <i>Chroomonas</i> spp. 翼膜藻 <i>Pteromonas</i> sp.	中到富营养、浅水	89.29	4
X3	弓形藻 <i>Schroederia</i> spp.	贫营养、混合、浅水	57.14	4
Y	隐藻 <i>Cryptomonas</i> spp. 裸甲藻 <i>Gymnodinium aeruginosum</i>	静水	78.57	3

注: F因子根据文献生境及功能群特征赋值

Note: F-factor are assigned values based on literature habitat and functional group characteristics

中有7个优势功能群, 分别为E、H1、L<sub>0</sub>、MP、P、S1和W1。水源地的多数功能群均能适应浅水水体, 这与水源地平均水深仅1.8 m的实际情况相符合。功能群L<sub>0</sub>、MP、P、S1适应于流动性较大、水体浑浊的环境条件<sup>[22]</sup>, 而水源地四周多个开放闸门与东太湖直接相通, 水位随东太湖水位涨落, 导致水源地水体流动性较大, 浊度较高, 这可能是其成为优势功能群的主要原因。除此之外, H1、S1、MP、P和W1功能群的共同特征为喜好营养水平较高的水体, 这与水源地相对较高的营养状态相一致。

从4个季度来看, 优势功能群呈现出春L<sub>0</sub>/W1/

P→夏H1/S1/MP→秋L<sub>0</sub>/P/MP→冬E/H1/L<sub>0</sub>的季节性演替规律, 其中L<sub>0</sub>(春、秋、冬)和MP(夏、秋、冬)在3个季节占优为水源地的主要优势功能群。夏季的优势功能群主要为H1、S1和MP, 较春季变化明显, 这些功能群常出现在浑浊、营养水平较高的浅水水体<sup>[23, 24]</sup>, 因此水源地夏季营养水平和浊度较高的环境更容易使其占优。功能群S1为此季节独有的优势功能群, 其代表属种假鱼腥藻和浮丝藻均为喜好高温的蓝藻, 在营养水平适宜的条件下随着温度上升会迅速繁殖, 这也与夏季浮游植物丰度最大相一致。秋季的优势功能群主要为L<sub>0</sub>、P和MP, 相较于夏季增加了L<sub>0</sub>、P, 减少了H1、S1, 其

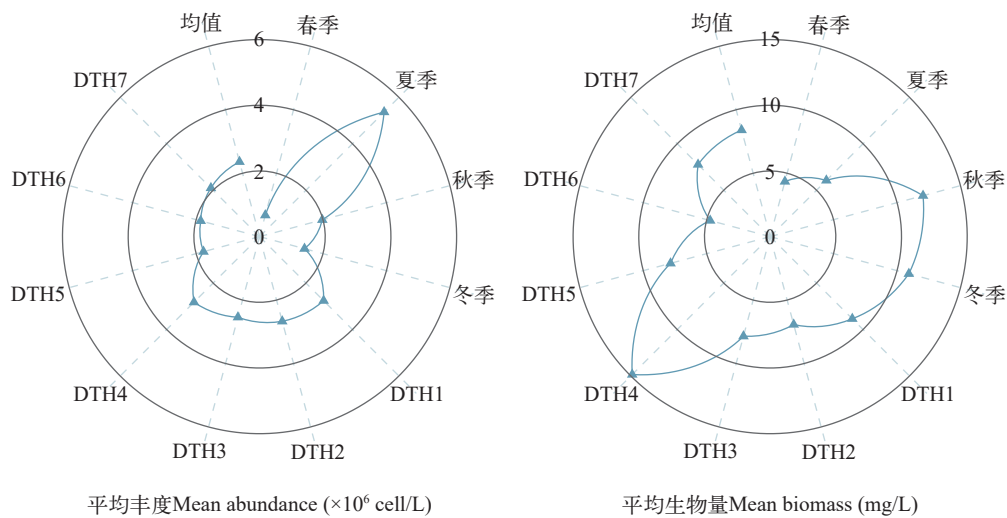


图2 东太湖应急水源地各季节各点位浮游植物的丰度和生物量

Fig. 2 Mean abundance and biomass of phytoplankton functional groups in the emergency water supply for East Taihu Lake at each site in each season

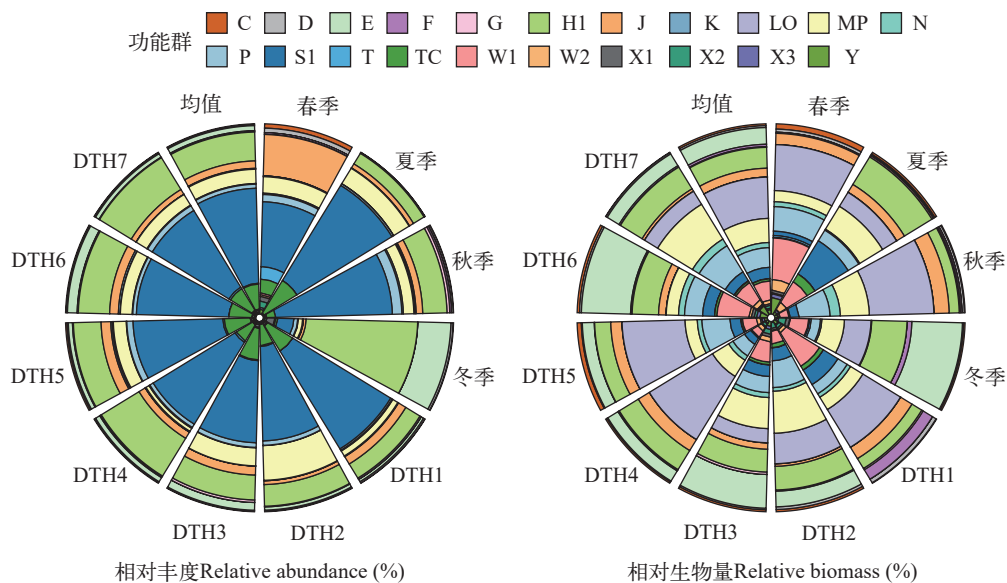


图3 东太湖应急水源地各季节各点位浮游植物功能群的相对丰度和相对生物量

Fig. 3 Relative abundance and biomass of phytoplankton functional groups in the emergency water supply for East Taihu Lake at each site in each season

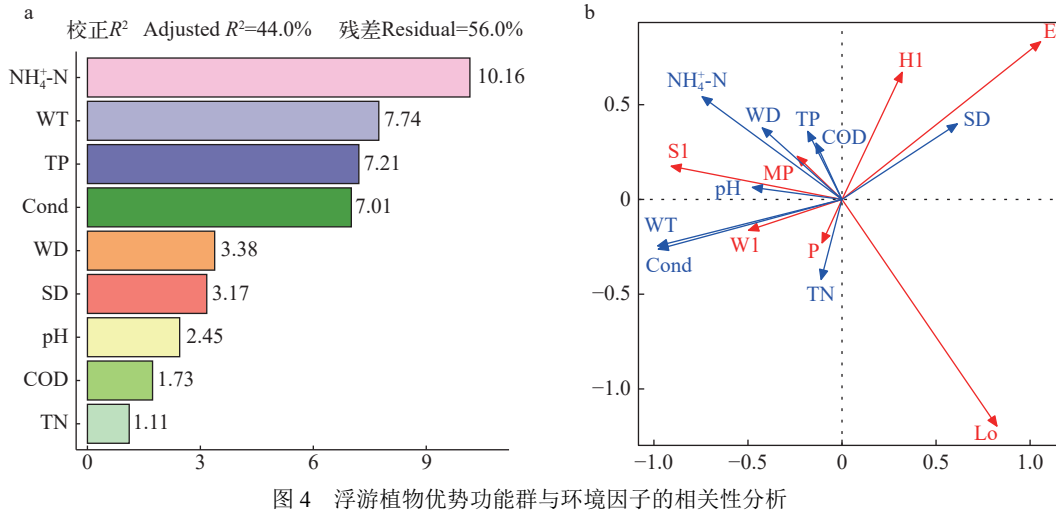


图 4 浮游植物优势功能群与环境因子的相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis between phytoplankton dominant functional group and environmental factor

a. 所有环境因子单独解释率的重要性排序; b. 优势功能群与主要环境因子的RDA分析

a. Importance ranking of individual explanatory rates of all environmental factors; b. RDA analysis of phytoplankton dominant functional group and major environmental factor

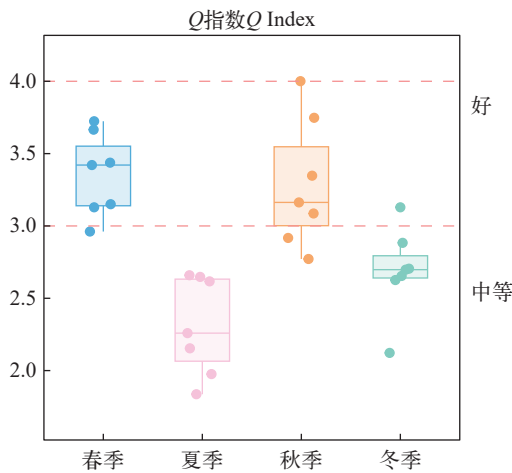


图 5 东太湖应急水源地不同季节的Q指数

Fig. 5  $Q$  index in the emergency water supply for East Taihu Lake in different seasons

中以多甲藻和角甲藻为主的功能群 $L_0$ 在秋季生物量占比较大。研究表明, 甲藻适宜水温较低(12—18 $^{\circ}\text{C}$ )的环境, 其自身的营养能力和生活习性不苛求水体的营养盐浓度<sup>[25]</sup>, 容易在不同环境下占据优势。冬季的优势功能群为E、H1、 $L_0$ , 相较夏秋季主要增加了E。功能群E是水源地冬季独有的优势功能群, 主要种类为金藻门的锥囊藻和鱼鳞藻, 其主要适宜温度较低(5—18 $^{\circ}\text{C}$ )、透明度较高、营养水平较低的环境<sup>[26]</sup>, 水源地冬季水温低、水体透明度相对较高且营养水平相较于其他季节最低, 为功能群E的繁殖提供了良好的环境。

### 3.2 浮游植物功能群与环境因子的关系

浮游植物功能群受水温、光照、营养盐浓度

等因子影响, 丰度随环境变化而变化<sup>[27, 28]</sup>。在本研究中, WT、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TP和Cond是影响水源地浮游植物优势功能群生物量的主要环境因子, 该结论也与相关研究<sup>[29—31]</sup>得出的结果相似。水温能控制浮游植物光合作用的酶活性以及呼吸作用的强度, 从而直接影响浮游植物的生长繁殖速率<sup>[32]</sup>。研究表明, 蓝绿藻喜好温度较高的环境, 而硅甲藻在低温时占优<sup>[19, 33]</sup>, 这与本研究中以蓝绿藻为主的功能群S1、P等与WT呈正相关、以甲藻为主的功能群 $L_0$ 与WT呈负相关所表现出的特征相一致。

氮、磷等营养盐是维持浮游植物水质和繁殖的必需大量元素, 也是影响功能群组成和分布的重要因素<sup>[34, 35]</sup>。在本研究中, TP、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 是影响水源地浮游植物优势功能群生物量的主要营养盐。研究发现, 适宜在富营养化水体中生长的功能群H1、S1、MP、W1均与TP、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 呈正相关, 而 $L_0$ 、E等耐受低营养水体的功能群与TP、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 呈负相关。这可能是由于水源地地处太湖边缘, 属亚热带海洋性季风气候, 夏季时气温高且降雨较多, 水体外源氮磷负荷增大<sup>[36]</sup>。已有研究表明, 蓝藻对氮磷浓度较高的水体更耐受, 能够充分利用水体中的氮磷元素并成为优势种<sup>[32, 37]</sup>, 这与本研究中以蓝藻为主的功能群H1、S1与TP、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 呈正相关的结果相一致, 这也表明功能群可较好地表征其生境特征。研究表明, Cond主要由水体中的无机离子浓度、水温、水位及pH等决定, 可表征水体的营养盐浓度<sup>[38]</sup>。在本研究中, Cond与WT、TP、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 等均呈正相关且与多数优势功能群呈正相关。此外, 水深、透明度等也对功能群的分布产生不同程度



的影响<sup>[39, 40]</sup>, 如适宜透明度较高水体中的功能群E与SD正相关。VPA分析结果显示无法解释的部分占50.9%, 可能是还有一些本研究未涉及的重要环境因子如其他营养盐离子、水动力因素等也在影响着浮游植物群落结构, 同时如人类活动、种间竞争等也可能对功能群分布产生不同程度的影响, 需进一步调查。

### 3.3 水体环境评价分析

基于功能群Q指数评价东太湖应急水源地的水质, 评价结果为“中等”。研究表明, 基于FG功能群的Q指数评价主要受浮游植物功能群生物量占比及其赋值(基于文献生境及功能群特征)的影响<sup>[41-43]</sup>。在本研究中, 夏季Q指数评价相较春秋季节较低, 这可能是由于优势功能群H1和S1赋值较小, 导致该季节Q指数较低。而功能群H1和S1指示富营养水体, 这类功能群以蓝藻为主在夏季大量繁殖, 容易产生蓝藻水华, 造成较高的环境风险。现阶段东太湖应急水源地主要呈现蓝藻-硅藻-绿藻型的浮游植物群落结构, 结合优势功能群对环境的指示特征来看水源地的水体营养水平相对较高, 其水质状态主要为“中等”。这也证明了功能群可以体现其适宜的生境特征, 从而对水体环境做出评价, Q指数评价结果更具借鉴作用<sup>[43]</sup>。为了进一步提升东太湖应急水源地水质、保障供水安全, 建议严格控制外源氮磷的输入, 加强生态系统结构调控, 提升生态系统的稳定性和自净能力, 以控制蓝藻水华发生。

## 4 结论

(1)在调查期间, 东太湖应急水源地共鉴定浮游植物7门128种, 共划分为21个功能群, 其中共有7个优势功能群, 分别为E、H1、L<sub>0</sub>、MP、P、S1、W1, 整体表现出水浅、分层较少、透明度较低、营养水平相对较高等功能群生境特征。优势功能群从季节来看表现为春L<sub>0</sub>/W1/P→夏H1/S1/MP→秋L<sub>0</sub>/P/MP→冬E/H1/L<sub>0</sub>的演替规律, 以多甲藻为主的功能群L<sub>0</sub>在四个季节浮游植物的总生物量中占比最大; 夏季优势功能群H1、S1的主要种类均为蓝藻门。(2)在本研究中WT、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP和Cond是影响水源地浮游植物优势功能群生物量的主要环境因子。其中功能群L<sub>0</sub>与NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、WT、TP和Cond均呈负相关, 功能群W1、S1、MP均与WT、Cond、TP、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N呈正相关。(3)功能群Q指数评价结果显示水源地整体水质状态为“中等”, 尤其在夏季时水体营养水平相对较高, 此时优势功能群H1、S1丰度和生物量占比均较大, 说明夏季水源地依然面临蓝藻水华问题。因此, 建议未来严格控制外源

氮磷的输入, 同时针对不同的水体生境与浮游植物功能群进行针对性的管控, 以控制蓝藻水华发生和保障供水安全。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

### 参考文献:

- [1] Yuan Y, Jiang M, Liu X, *et al.* Environmental variables influencing phytoplankton communities in hydrologically connected aquatic habitats in the Lake Xingkai basin [J]. *Ecological Indicators*, 2018(91): 1-12.
- [2] Li X, Zhao Y, Chai F, *et al.* Phytoplankton community structure dynamics in relation to water environmental factors in Zhalong wetland [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, **19**(22): 14996.
- [3] Sun X, Wang W. The impact of environmental parameters on phytoplankton functional groups in northeastern China [J]. *Ecological Engineering*, 2021(164): 106209.
- [4] Bai Y, Huang T, Miao W. Spatio-temporal dynamics of phytoplankton in a diversion reservoir and the major influencing factors: taxonomic versus functional groups classification [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2023, **30**(51): 111344-111356.
- [5] Zhang M, Lv X, Dong J, *et al.* Multiple habitat templates for phytoplankton indicators within the functional group system [J]. *Hydrobiologia*, 2023, **850**(1): 5-19.
- [6] Han L, Li Q, Chen W, *et al.* The key environmental factors driving the succession of phytoplankton functional groups in Hongfeng Reservoir, southwest China [J]. *Journal of Oceanology and Limnology*, 2022, **40**(4): 1472-1484.
- [7] Hu R, Lan Y Q, Xiao L J, *et al.* The concepts, classification and application of freshwater phytoplankton functional groups [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2015, **27**(1): 11-23. [胡韧, 蓝于倩, 肖利娟, 等. 淡水浮游植物功能群的概念、划分方法和应用 [J]. *湖泊科学*, 2015, **27**(1): 11-23.]
- [8] Reynolds C S, Huszar V, Kruk C, *et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton [J]. *Journal of Plankton Research*, 2002, **24**(5): 417-428.
- [9] Padisák J, Crossetti L O, Naselli-Flores L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates [J]. *Hydrobiologia*, 2009(621): 1-19.
- [10] Salmaso N, Naselli-Flores L, Padisák J. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology [J]. *Freshwater Biology*, 2015, **60**(4): 603-619.
- [11] Padisák J, Borics G, Grigorszky I, *et al.* Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the water framework directive: the assemblage index [J]. *Hydrobiologia*, 2006(553): 1-14.
- [12] Wu Z, Wang F, Wang X, *et al.* Water quality assessment



- using phytoplankton functional groups in the middle-lower Changjiang River, China [J]. *Limnologica*, 2023(99): 126056.
- [13] Zhang H J, Song T, Zhu B C, *et al.* Annual forecast of the extent of cyanobacteria bloom in Taihu Lake [J]. *Environmental Monitoring in China*, 2022, **38**(1): 157-164. [张虎军, 宋挺, 朱冰川, 等. 太湖蓝藻水华暴发程度年度预测 [J]. 中国环境监测, 2022, **38**(1): 157-164.]
- [14] Huang X F. Survey, Observation and Analysis of Lake Ecology [M]. Beijing: Standards Press of China, 2000. [黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2000.]
- [15] Hu H J, Wei Y X. The Freshwater Algae of China [M]. Beijing: Science Press, 2006. [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.]
- [16] Tie C, Zhang Y X, Jin Y, *et al.* Research progress and revised recommendations of microscope count method for the enumeration of phytoplankton [J]. *Environmental Monitoring in China*, 2018, **34**(6): 179-186. [铁程, 张榆霞, 金玉, 等. 显微镜计数法测定浮游植物的研究进展及修订建议 [J]. 中国环境监测, 2018, **34**(6): 179-186.]
- [17] Editorial Board of State Environmental Protection Administration "Water and Wastewater Monitoring and Analysis Methods". Water and Wastewater Monitoring and Analysis Methods (4th edition) [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2002. [国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.]
- [18] Borics G, Várbiro G, Grigorszky I, *et al.* A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers [J]. *River Systems*, 2007, **17**(3/4): 465-486.
- [19] Wu Y S, Zhu Y J, Pang Y, *et al.* Driving factors of phytoplankton functional groups and applicability of water quality evaluation: a case study of Lake Luoma [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2023, **36**(10): 1915-1926. [武宇圣, 朱韻洁, 庞燕, 等. 基于功能群的浮游植物群落驱动因子及水质评价适用性分析: 以骆马湖为例 [J]. 环境科学研究, 2023, **36**(10): 1915-1926.]
- [20] Li C, Feng W, Chen H, *et al.* Temporal variation in zooplankton and phytoplankton community species composition and the affecting factors in Lake Taihu—a large freshwater lake in China [J]. *Environmental Pollution*, 2019(245): 1050-1057.
- [21] Xiao L J, Wang T, Hu R, *et al.* Succession of phytoplankton functional groups regulated by monsoonal hydrology in a large canyon-shaped reservoir [J]. *Water Research*, 2011, **45**(16): 5099-5109.
- [22] Zhao L, Ouyang T, Ji L L, *et al.* Impounding impacts of the Three Gorges Reservoir on phytoplankton function groups and its relationship with resource use efficiency [J]. *Environmental Science*, 2023, **44**(2): 857-867. [赵璐, 欧阳添, 纪璐璐, 等. 三峡水库蓄水对支流浮游植物功能群的影响及与资源利用效率的关系 [J]. 环境科学, 2023, **44**(2): 857-867.]
- [23] Varol M. Phytoplankton functional groups in a monomictic reservoir: seasonal succession, ecological preferences, and relationships with environmental variables [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2019, **26**(20): 20439-20453.
- [24] Zhang J F, Chen W, Song Y X, *et al.* Spatio-temporal variation of phytoplankton community structure and environmental driving factors in lower reaches of Yalong River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, **32**(5): 950-960. [张俊芳, 陈威, 宋以兴, 等. 雅砻江下游浮游植物群落结构时空变化特征及环境驱动因子 [J]. 长江流域资源与环境, 2023, **32**(5): 950-960.]
- [25] Zhu A M, Li S X, Hu J, *et al.* The mechanism for occurrence of Peridiniopsis blooms in the tributaries of Three Gorges Reservoir [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, **34**(11): 3071-3080. [朱爱民, 李嗣新, 胡俊, 等. 三峡水库支流拟多甲藻水华的形成机制 [J]. 生态学报, 2014, **34**(11): 3071-3080.]
- [26] Luo M N, Sun B L, Zhu B C, *et al.* Distribution characteristics of phytoplankton functional groups and their relationship with environmental factors in Taihu Basin [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2022, **34**(5): 1471-1483. [罗敏纳, 孙蓓丽, 朱冰川, 等. 太湖流域浮游植物功能类群分布特征及其与环境因子的关系 [J]. 湖泊科学, 2022, **34**(5): 1471-1483.]
- [27] Dong J, Li Y H, Li G B, *et al.* Seasonal dynamics characteristics and affecting physical factors of phytoplankton functional groups in Dongjiang River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, **37**(5): 836-843. [董静, 李艳晖, 李根保, 等. 东江水系浮游植物功能群季节动态特征及影响因子 [J]. 水生生物学报, 2013, **37**(5): 836-843.]
- [28] Cao H, Zhang K, Deng D, *et al.* Environmental heterogeneity affecting spatial distribution of phytoplankton community structure and functional groups in a large eutrophic lake, Lake Chaohu, China [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2023, **30**(32): 79001-79014.
- [29] Li X, Yu H, Wang H, *et al.* Phytoplankton community structure in relation to environmental factors and ecological assessment of water quality in the upper reaches of the Genhe River in the Greater Hinggan Mountains [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2019, **26**(17): 17512-17519.
- [30] Liu J, Chen Y, Li M, *et al.* Water-level fluctuations are key for phytoplankton taxonomic communities and functional groups in Poyang Lake [J]. *Ecological Indicators*, 2019(104): 470-478.
- [31] Tao M, Yue X J, Luo J L, *et al.* Seasonal succession of

- phytoplankton functional groups and its driving factors in reservoirs in hilly regions of Sichuan Province [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2021, **45**(4): 826-837. [陶敏, 岳兴建, 罗家林, 等. 四川丘陵区水库浮游植物功能群季节演替特征及驱动因子 [J]. *水生生物学报*, 2021, **45**(4): 826-837.]
- [32] Anderson S I, Barton A D, Clayton S, *et al.* Marine phytoplankton functional types exhibit diverse responses to thermal change [J]. *Nature Communications*, 2021, **12**(1): 6413.
- [33] Li N, Zhou X S, Sun B W, *et al.* Spatiotemporal variation of phytoplankton community and its relationship with environmental factors in the Lake Baiyangdian [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2020, **32**(3): 772-783. [李娜, 周绪申, 孙博闻, 等. 白洋淀浮游植物群落的时空变化及其与环境因子的关系 [J]. *湖泊科学*, 2020, **32**(3): 772-783.]
- [34] Borics G, Tóthmérész B, Lukács B A, *et al.* Functional groups of phytoplankton shaping diversity of shallow lake ecosystems [J]. *Hydrobiologia*, 2012(698): 251-262.
- [35] McCarthy M J, James R T, Chen Y, *et al.* Nutrient ratios and phytoplankton community structure in the large, shallow, eutrophic, subtropical Lakes Okeechobee (Florida, USA) and Taihu (China) [J]. *Limnology*, 2009, **10**: 215-227.
- [36] Chen Y, Qin B, Teubner K, *et al.* Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: Microcystis-domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China [J]. *Journal of Plankton Research*, 2003, **25**(4): 445-453.
- [37] Ye L L, Wu X D, Liu B, *et al.* Temporal and spatial distributions of phytoplankton and inorganic and organic nitrogen in northwest region of Lake Taihu [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2017, **29**(4): 859-869. [叶琳琳, 吴晓东, 刘波, 等. 太湖西北湖区浮游植物和无机、有机氮的时空分布特征 [J]. *湖泊科学*, 2017, **29**(4): 859-869.]
- [38] 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. [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.]
- [39] Liu Y, An R Z, Yang H, *et al.* Spatial-temporal distribution characteristics and its driving factors of phytoplankton community in Lhalu Wetland, Xizang, China [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2024, **36**(2): 403-415. [刘洋, 安瑞志, 杨号, 等. 西藏拉鲁湿地浮游植物群落时空分布特征及其驱动因子 [J]. *湖泊科学*, 2024, **36**(2): 403-415.]
- [40] Shen J, Qin G, Yu R, *et al.* Urbanization has changed the distribution pattern of zooplankton species diversity and the structure of functional groups [J]. *Ecological Indicators*, 2021(120): 106944.
- [41] Xia Y F, Hu X D, Xu J X, *et al.* Seasonal succession of phytoplankton functional group and assessment of water quality in Lake Taihu [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2019, **31**(1): 134-146. [夏莹莹, 胡晓东, 徐季雄, 等. 太湖浮游植物功能群季节演替特征及水质评价 [J]. *湖泊科学*, 2019, **31**(1): 134-146.]
- [42] Crossetti L O, de M Bicudo C E. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças Pond): the assemblage index application [J]. *Hydrobiologia*, 2008, **610**(1): 161-173.
- [43] Wang F H, Yang Y, Zhang Y, *et al.* Distribution characteristics and influencing factors of phytoplankton functional groups of the Yellow River basin in Henan Province [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, **48**(3): 513-523. [王飞虎, 杨越, 张洋, 等. 黄河流域河南段浮游藻类功能群分布特征及影响因子 [J]. *水生生物学报*, 2024, **48**(3): 513-523.]

## FUNCTIONAL GROUP CHARACTERISTICS AND INFLUENCING FACTORS OF PHYTOPLANKTON IN EMERGENCY WATER SUPPLY OF EAST TAIHU LAKE

KE Jie<sup>1,2</sup>, LIU Ruo-Yu<sup>3</sup>, GUO Chao<sup>1</sup>, LI Shi-Qi<sup>1,2</sup>, XU Bo<sup>1,2</sup>, NI Xian-Zhe<sup>3</sup>, WANG Yi<sup>3</sup>,  
LIAO Chuan-Song<sup>1</sup>, LI Wei<sup>1,2</sup> and LIU Jia-Shou<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Breeding Biotechnology and Sustainable Aquaculture (CAS), Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Suzhou Yan Da Testing Co., Ltd., Wujiang 215200, China)

**Abstract:** From May 2022 to February 2023, four quarterly surveys were conducted to investigate the dynamic characteristics of phytoplankton functional groups and their relationships with environmental factors in the emergency water supply for East Taihu Lake. The results showed that: (1) A total of 128 species belonging to 7 phyla of phytoplankton were identified and classified into 21 functional groups, including MP, P, and S1, which prefer high nutrient disturbance, as well as H1 and W1, which prefer high nutrient and low disturbance environments. The L<sub>O</sub> group exhibited wide adaptability. Functional group species was higher in summer and autumn, with autumn showing significantly higher biomass, suggesting the water habitat was shallow, weakly stratified, less transparent, and in a high trophic state. (2) Seven dominant functional groups (E, H1, L<sub>O</sub>, MP, P, S1, and W1) were identified, displaying clear seasonality and a succession pattern: spring (L<sub>O</sub>/W1/P)→summer (H1/S1/MP)→autumn (L<sub>O</sub>/P/MP)→winter (E/H1/L<sub>O</sub>). The dinoflagellates-dominated L<sub>O</sub> group and the diatom-dominated MP group constituted the largest proportion of the total. (3) RDA and VPA analysis showed that WT, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TP, and Cond were the main environmental factors affecting the biomass of dominant phytoplankton groups. Functional groups L<sub>O</sub> was negatively correlated with WT, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TP, and Cond, while groups W1, S1, and MP showed positive correlations with these variables. (4) The *Q*-index evaluation of functional groups (2.91±0.11) indicated that the overall water quality of the source was “medium”. However, during the summer, water quality deteriorated, with high nutrient levels and elevated cyanobacterial abundance, indicating an ongoing risk of cyanobacterial blooms. It is recommended to strictly control external nutrient input, strengthen ecosystem regulation, and enhance the stability and self-purification ability of the ecosystem to mitigate bloom occurrences and ensure water supply safety.

**Key words:** Water supply lake; Phytoplankton; Functional group; Environmental factors; *Q* index; East Taihu Lake