

临安区水系夏季浮游植物多样性调查与评价

殷燕¹ 刘玉飞¹ 徐军² 王洁屏² 徐意³ 戴娟¹¹

(1. 浙江鼎清环境检测技术有限公司, 杭州 310003;

2. 杭州市生态环境局临安分局, 杭州 310003;

3. 浙江农林大学暨阳学院, 杭州 310003)

【摘要】: 为了解浙江省杭州市临安区水系水体中浮游植物的群落结构特征, 于2020年5月在临安区布设26个采样点进行调查, 并采用多样性指数对浮游植物群落进行评价。研究表明, 共鉴定出浮游植物7门50属74种, 其中绿藻门浮游植物种类最多, 其次为硅藻门。临安区水系夏季浮游植物丰度和生物量分别为 $0.005 \sim 265.37 \times 10^6 \text{ cells/L}$ 和 $0.01 \sim 164.43 \text{ mg/L}$ 。根据 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Margalef 丰富度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(J)综合评价表明, 临安区5条河流及饮用水源地水库里畈水库和水涛庄水库水生态状况为清洁或轻度污染, 青山水库部分监测站位为中度污染。

【关键词】: 浮游植物 多样性指数 水系 调查与评价 临安

【中图分类号】: X173 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-3644(2022)03-0057-09

前言

浮游植物是水体中的初级生产者, 不同的藻类对环境中污染物的敏感响应程度不同, 其种类和数量的直接变化可以反映水体的污染性质和程度, 因此被广泛用于水生态系统健康评价^[1,2,3,4]。例如叶麟等^[1]基于浮游植物群落指数评价出三峡水库水生态系统健康状况较好。但以往, 浮游植物的调查与研究多以单一水体为主, 如水库^[5,6,7]、湖泊^[8,9,10]、湿地^[11,12]及河流^[13,14]等, 而在同一地区的不同水体之间进行浮游植物多样性调查与评价的研究报道甚少^[15]。

临安地处浙江省西北部, 属杭州市管辖, 东临余杭区, 南连富阳区、桐庐县、淳安县。临安区内有着清凉峰国家自然保护区、天目山国家自然保护区以及青山湖国家森林公园, 自然资源极具丰富, 已知的生物资源已经达到7000余种, 是全球生物多样性研究的热点地区之一^[16,17]。目前, 对临安区生物多样性的研究主要集中于高等植物和陆生动物等^[16,17], 鲜有对其水生生物多样性的研究报道。而临安境内水系丰富, 有天目溪、昌化溪、分水江、英公水库、里畈水库、青山湖等。盛海燕等^[18]和施沁璇等^[19]仅对青山湖进行了浮游植物的调查与分析, 有关临安区境内水系浮游植物多样性的调查研究还尚未有报道。

2019年12月26日, 浙江省生态环境厅发布了《关于开展重点区域生物多样性调查评估工作的通知(浙环发(2019)25号)》,

作者简介: 殷燕(1987-), 女, 江苏江阴人, 毕业于中国科学院南京地理与湖泊研究所环境科学专业, 硕士研究生, 工程师, 主要从事水环境生物生态研究。

基金项目: 2021年度浙江省生态环境科研和成果推广项目(2021HT0008); 杭州市科技局项目(临科字(2018)50号)联合资助

决定在丽水、舟山等 29 个市(区)开展生物多样性本底调查,在此基础之上,在临安区开展水生生物多样性本底调查。本研究通过调查临安区不同水体中夏季浮游植物的种类组成及分布情况,全面掌握浮游植物多样性现状,从而进一步深入了解临安区境内水系生态健康现状及富营养化状况,以期在城市地表水体生态保护及管理政策的制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况及采样点布设

临安区介于东经 118° 51' ~119° 52', 北纬 29° 56' ~30° 23' 之间。东西长约 100km, 南北宽约 50km, 总面积 3126.8km²。临安境内有南苕溪、中苕溪、天目溪和昌化溪等 4 条主要溪流, 分属长江和钱塘江 2 大水系^[17]。根据临安区水系特征, 在 2020 年 5 月 26 日~6 月 2 日期间, 选取了 11 处具有代表性的典型水体作为研究对象, 共设置了 26 个采样点。它们分别为青山水库(1~5 号采样点)、水涛庄水库(7~8 号采样点)、里畈水库(10~11 号采样点)、英公水库(17~18 号采样点)、青山殿水库(20 号采样点)、华光潭一级水库(25 号采样点)、昌化溪(21~24, 26 号采样点)、天目溪(12~13、15~16、19 号采样点)、分水江(14 号采样点)、中苕溪(6 号采样点)、南苕溪(9 号采样点)。具体如图 1 所示。

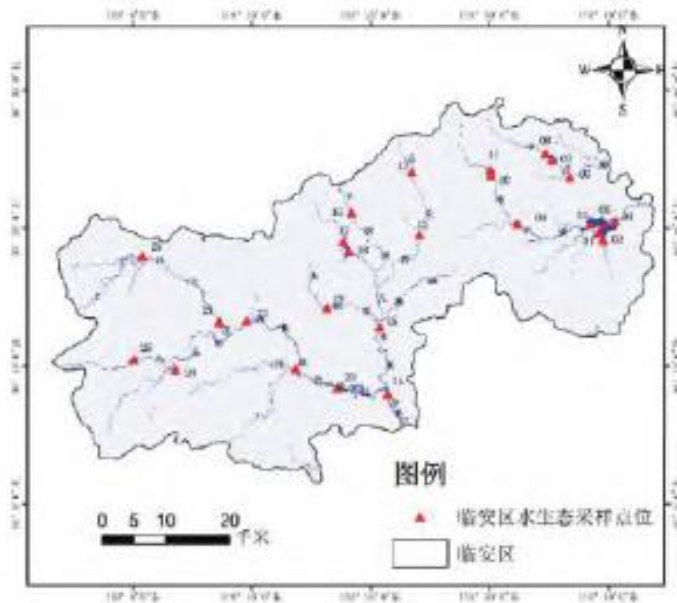


图 1 采样点分布

1.2 样品采集与鉴定

浮游植物样品采集频次为一次, 分为定性和定量采样。定性样品用 25 号浮游生物网在水体表层做∞字来回拖动 3~5min 捞取, 加入 5~10mL 的鲁哥氏液固定; 定量样品在水体表层 0~0.5m 处采集 1L, 加入 15mL 的鲁哥氏液固定, 带回实验室沉淀浓缩至 30mL 供镜检^[20]。浮游植物定量计数用 0.1mL 浮游植物计数框在 10×40 倍光学显微镜下观察。每个标本计数 2 次求平均值, 一般每次计数 100 个视野, 每次计数的结果与其平均值之差应不大于±15%。根据浓缩倍数换算为每升水样中的细胞数(cells/L), 即浮游植物的丰度。藻类的比重接近于 1, 故可以直接由藻类的体积换算为生物量(湿重), 单位为 mg/L^[20]。浮游植物全部鉴定到种, 鉴定参考《中国淡水藻类: 系统、分类及生态》《中国常见淡水浮游藻类图谱》等书籍^[21, 22, 23, 24]。

常规理化指标, 如水温、pH、透明度、溶解氧等利用水温计, pH计、透明度盘和溶解氧测定仪现场测定。

1.3 数据分析与评价标准

浮游植物群落结构采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Margalef 物种丰富度指数(D)、Pielou 均匀度指数(J)和物种优势度(Y)等参数分析。各参数计算公式如下^[25, 26]:

$$H' = -\sum (n_i/N) \times \log_2 (n_i/N) \quad (1)$$

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

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

$$Y = (n_i/N) \times f_i \quad (4)$$

式中: N 为群落中所有物种的个体数; S 为物种数; n_i 为第*i*个分类单元个体数; f_i 表示第*i*物种的出现频率; $Y \geq 0.02$ 确定为优势种。

基础数据的处理及分析采用的软件为 Excel2010, 作图软件为 Arcgis10.2。

2 结果与讨论

2.1 浮游植物群落组成特征

本次从临安区全境内采集的定性水样中, 共鉴定出浮游植物 7 门 50 属 74 种, 其中, 有硅藻门(Bacillariophyta)物种 18 种, 占总物种数的 24.3%;有绿藻门(Chlorophyta)物种 32 种, 占 43.2%;有蓝藻门(Cyanophyta)7 种, 占比 9.5%;有裸藻门(Euglenophyta)物种 9 种, 占 12.2%;有甲藻门(Dinophyta)物种 4 种, 占 5.4%;有隐藻门(Cryptophyta)物种 3 种, 占比 4.1%;黄藻门(Xanthophyta)1 种, 占 1.35%。从上述结果中可以看出, 绿藻门为占比最高的类群。

各采样点种类数范围在 3~35 种, 各采样点浮游植物群落组成差异显著, 青山水库 1 号点共鉴定出物种 35 种, 而天目溪的 12 号点位仅鉴定出物种 3 种。硅藻门分布最广泛, 每个采样点均能采集到, 其次是绿藻门, 而黄藻门仅在极个别站位检测到。

2.2 不同水体浮游植物丰度和生物量分析

夏季, 临安各采样点浮游植物丰度为 $0.005 \sim 265.37 \times 10^6$ cells/L, 浮游植物平均丰度为 26.73×10^6 cells/L。各采样点浮游植物生物量为 $0.01 \sim 164.43$ mg/L, 浮游植物平均生物量为 14.68 mg/L。按照不同水体生境类型来看, 浮游植物丰度和生物量最大值出现在青山水库, 最小值出现在昌化溪。水库浮游植物平均丰度和生物量分别为 25.74×10^6 cells/L、 14.25 mg/L;河流浮游植物平均丰度和生物量分别为 1.74×10^6 cells/L、 1.13 mg/L。水库浮游植物丰度和生物量显著高于河流, 这与杨华等^[27]对天津市河流和水库浮游植物的调查结果一致。

由图 2 和图 3 可知, 调查期间临安各水体夏季浮游植物相对丰度差异显著。青山水库蓝藻门相对丰度为 75.5%, 占绝对优势, 其次为绿藻门, 其余门类占比均小于 2%, 这与盛海燕等^[18]在青山水库调查的结果一致, 其在 2009 年调查发现青山水库夏季也主要以蓝藻、绿藻为主。临安主要饮用水源地里畈水库绿藻门相对丰度为 55.2%, 占绝对优势, 其次为隐藻门;水涛庄水库以硅藻门为主, 相对丰度占比为 47.5%。反观临安区河流生境类型, 南苕溪、天目溪和昌化溪硅藻门相对丰度占比最高, 分水江蓝藻门、硅藻门和绿藻门相对丰度分布比较均匀。

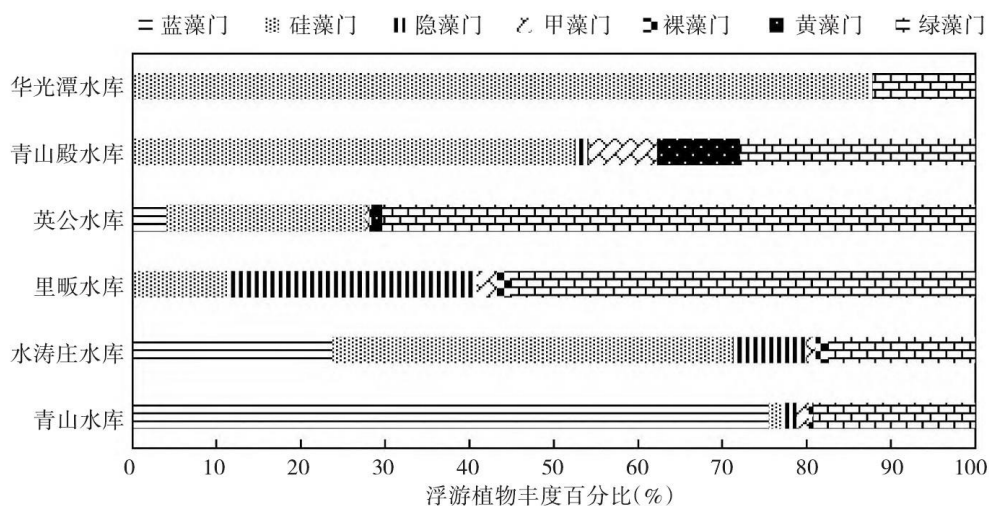


图 2 不同水库浮游植物丰度组成

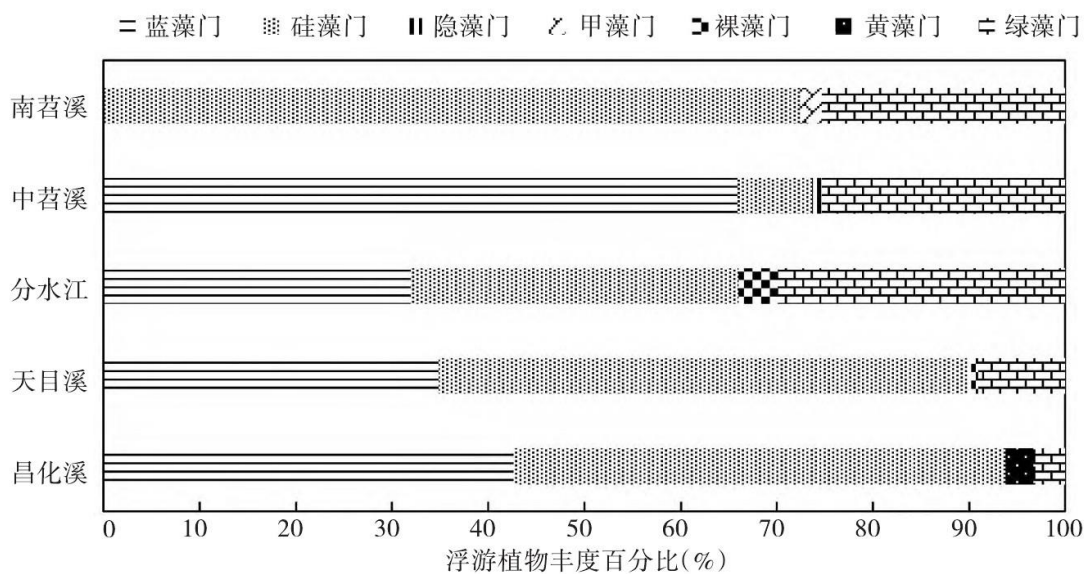


图 3 不同河流浮游植物丰度组成

2.3 不同水体浮游植物优势种比较

在本次调查中,不同生境环境其水体浮游植物优势种不同,此次临安调查有 19 种浮游植物的优势度指数大于 0.02,主要来源于蓝藻门、硅藻门和绿藻门。研究表明,中国水体的浮游植物也主要以绿藻、蓝藻和硅藻为主^[28,29],本研究也得到同样的结果。青山水库的浮游植物优势种是蓝藻门的优美平裂藻、圆胞束球藻和绿藻门的项圈鼓藻;水涛庄水库的浮游植物优势种主要是硅藻门的梅尼小环藻和披针形曲壳藻;昌化溪的浮游植物优势种主要是卷曲鱼腥藻、梅尼小环藻、简单舟形藻、近缘桥弯藻,而天目溪的浮游植物优势种则主要为假鱼腥藻、钝脆杆藻。整体上来看,不同水体浮游植物优势种有交叉现象,如硅藻门的梅尼小

环藻作为优势种出现在了6个不同的水体环境中,披针形曲壳藻则为3个不同水体的优势种。

2.4 不同水体浮游植物多样性评价分析

临安浮游植物群落 Shannon Wiener 多样性指数(H')、Margalef 丰富度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(J)。图4为此次调查过程中现场测得的水温、pH、溶解氧及透明度数据。

调查期间, pH 值范围在 7.45~9.35 之间, 溶解氧范围在 4.4~10.6 之间, 水温在 20.1~28.5℃ 之间。透明度则体现出极大的空间分布差异, 最低值出现在青山水库 0.57m, 最高值出现在里畎水库为 2.5m, 5 条河流透明度无显著差异($P>0.05$), 平均值为 0.83m。pH 与溶解氧的空间分布趋势较为一致。

临安浮游植物群落的 Shannon-Wiener 多样性指数范围为 1.17~3.47, 平均值为 2.50。8 号点水涛庄水库的 Shannon-Wiener 多样性指数最大, 而青山水库 3 号点的 Shannon-Wiener 多样性指数最小。根据 Shannon-Wiener 多样性指数水质评价标准, 此次调查站位 53.8% 的站位的水体为轻度污染, 23.1% 站位的水体为清洁, 而 23.1% 的站位的水体为中度污染, 无重度污染水体。

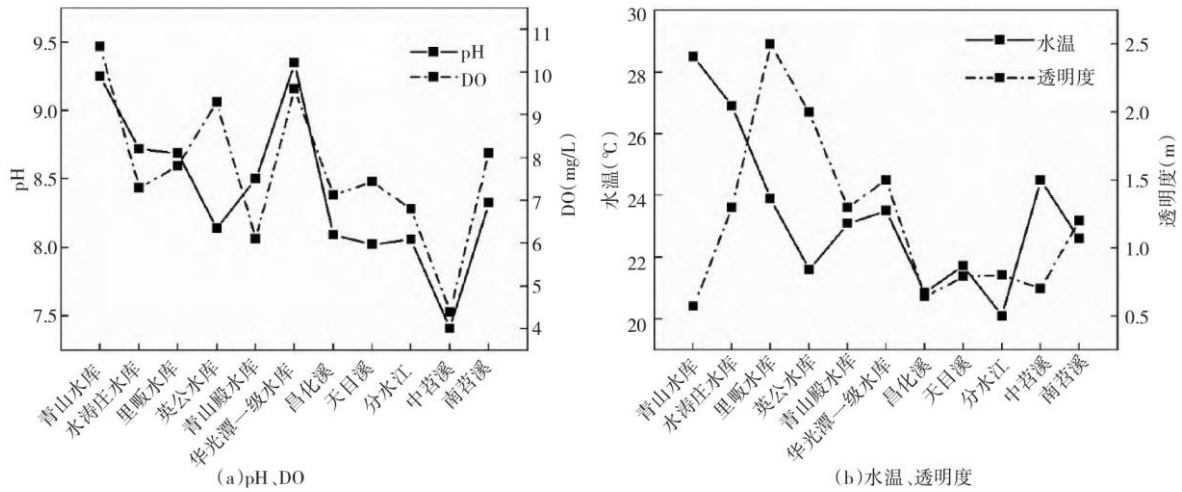


图4 各采样点 pH、DO 和水温、透明度

临安浮游植物群落的 Margalef 丰富度指数为 0.94~3.77, 平均值为 2.46。4 号点青山水库 Margalef 丰富度指数最大, 而 25 号点华光潭一级水库的 Margalef 丰富度指数最小。根据水质评价标准:由 Margalef 丰富度指数计算得出此次调查的站位 50% 水体为轻度污染, 23% 的站位水体为清洁和轻度污染, 只有 1 个站位的水体为重度污染。

临安浮游植物群落的 Pielou 均匀度指数范围为 0.25~0.95, 平均值为 0.71。13 号点东关溪的 Pielou 均匀度指数最大, 而青山水库 3 号点的 Pielou 均匀度指数最小。根据 Pielou 均匀度指数水质评价标准, 此次调查站位 88.5% 的站位的水体为清洁或轻度污染, 8.7% 站位的水体为中度污染, 仅有一个站位水体为重度污染水体。

综合考虑这 4 种生物学指数评价结果及各水体优势种的评价结果, 青山水库优势种主要是指指示水体富营养化的蓝藻门和绿藻门, 其 Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数评价出, 监测站位 1、3 号站点处于中度污染状况, 而 Margalef 丰富度指数评价结果, 青山水库所有监测点均为清洁或轻度污染, 未出现中度污染。蔡琨等^[26]研究表明 Margalef 丰富度指数对对清洁和重度污染这两种极端情况分辨能力较弱。Margalef 丰富度指数主要是反映一个群落中属数的变化趋势, 欠缺对重度污染的识别

能力。除青山水库外，临安两个饮用水源地里畈水库和水涛庄水库根据 Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数评价均显示清洁或轻度污染的状况，这与两个水库高透明度值也是相呼应。

浮游植物处于河流生态系统的食物链始端，生活周期短，对水体环境变化也较为敏感^[26]。本次调查发现，临安 5 条主要的河流其 3 种生物学评价指数均显示处于清洁或轻度污染状态。但江源等^[28]认为浮游植物多样性指数在湖泊生态系统评价中应用广泛，而仅利用 Shannon-Wiener 指数和/或 Pielou 均匀度指数等多样性指数来评价不同的河流较为单调。如何构建适合河流生态系统特征的浮游植物指数评价模式，需要进一步探讨和研究。

3 结论

3.1 夏季临安区的 6 个水库和 5 条河流中，共鉴定出浮游植物 7 门 50 属 74 种(含变种)，其中有绿藻门浮游植物 32 种，有硅藻门浮游植物 18 种，有蓝藻门浮游植物 7 种，有裸藻门浮游植物 9 种，有甲藻门浮游植物 4 种，有隐藻门浮游植物 3 种以及黄藻门浮游植物 1 种。

3.2 临安水库浮游植物丰度和生物量显著大于河流浮游植物丰度和生物量，各采样点浮游植物丰度和生物量最高值出现在青山水库，最小值出现在昌化溪。临安各水体浮游植物优势种相互交叉，常见的有蓝藻门假鱼腥藻、硅藻门的梅尼小环藻、披针形曲壳藻等。

3.3 临安河流浮游植物物种多样性较好，评价水体水生态状况为清洁或轻度污染。两个饮用水源地里畈水库和水涛庄水库水生态状况为清洁或轻度污染，表明饮用水源地水质较好；而青山水库部分监测点位 Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数均指征其水体正处于中度污染状况。

3.4 浮游植物的生存及其种群状况受自然环境条件影响极大，如水温是被认为是影响浮游植物生长、繁殖、群落组成和数量变化的主要因素^[27]，但此次调查只局限于夏季，虽然填补了临安全域水系浮游植物多样性状况的空白，但上述结果仅仅是基于一次采样的数据，调查区域后续仍要进行其他季节以及年度的跟踪监测，更好地为当地管理部门掌握水生态健康及水污染治理提供基础数据。

参考文献:

- [1]叶麟, 谭路, 蔡庆华. 三峡水库水生态系统健康评价[J]. 水生生物学报, 2019, 43(增刊):49-55.
- [2]狄瑜, 高何凤, 陈何潇, 等. 南丹县天生桥水库浮游植物与水环境营养状态分析[J]. 四川环境, 2020, 39(4):64-68.
- [3]刑冰伟, 徐季雄, 曹玥, 等. 九寨沟国家级自然保护区长海夏季浮游植物群落结构及生态评价[J]. 湖泊科学, 2020, 32(4):1088-1099.
- [4]Baho DL, Drakare S, Johnson RK, et al. Phytoplankton size and abundance-based resilience assessments reveal nutrient rather than water level effects[J]. Science of the Total Environment, 2020, 746(1):1-12.
- [5]刘宪斌, 聂瑜, 赵兴贵, 等. 2014 年于桥水库浮游植物群落与环境因子的关系[J]. 中国环境监测, 2016, 32(3):64-68.
- [6]陈晓江, 杨劼, 杜桂森, 等. 官厅水库浮游植物功能群季节演替及其驱动因子[J]. 中国环境监测, 2016, 32(3):74-81.

-
- [7]潘晓洁,刘诚,万成炎,等.三峡水库典型支流河口浮游植物群落与水环境相关性分析[J].水生生态学杂志,2016,37(6):7-13.
- [8]钱奎梅,刘宝贵,陈宇炜.鄱阳湖浮游植物功能群的长期变化特征(2009-2016年)[J].湖泊科学,2019,31(4):1035-1044.
- [9]袁宇翔,田雪,姜明.2014年7月小兴凯湖浮游植物群落结构及其影响因素[J].湿地科学,2017,15(2):221-228.
- [10]何冬琼,于飞,张秋劲,等.龙泉湖浮游植物群落分布及季节变化[J].四川环境,2013,32(增刊):45-50.
- [11]刘林峰,周先华,高健,等.神农架大九湖湿地浮游植物群落结构特征及营养状态评价[J].湖泊科学,2018,30(2):417-430.
- [12]范小晨,代存芳,陆欣鑫,等.金河湾城市湿地浮游植物功能类群演替及驱动因子[J].生态学报,2018,38(16):5726-5738.
- [13]张丽芳,李婉丽,孙倩,等.芜湖市花津河浮游植物多样性[J].湿地科学,2017,15(3):442-449.
- [14]葛伟,张婷,牛志春,等.蟒蛇河流域浮游植物调查与水生态评价[J].环境监测管理与技术,2015,27(4):35-39.
- [15]闫路娜,王艳,沈洪艳,等.春季石家庄市水体浮游植物群落结构调查与分析[J].河北工业科技,2019,36(3):206-214.
- [16]夏国华,梅爱君.临安珍稀野生植物图鉴[M].北京:中国林业出版社,2018.
- [17]徐卫国,王义平.临安珍稀野生动物图鉴[M].北京:中国农业科学技术出版社,2018.
- [18]盛海燕,姚佳玫,何剑波,等.浙江青山水库浮游植物群落结构变化及与环境因子的关系[J].长江流域资源与环境,2015,24(6):978-986.
- [19]施沁璇,韦肖杭,施礼科,等.浙江青山水库富营养化状况评价[J].水生生态学杂志,2015,36(4):20-24.
- [20]章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社,1995.
- [21]胡鸿均,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.
- [22]陈茜.浙江省主要常见淡水藻类图集(饮用水水源)[M].北京:中国环境科学出版社,2010.
- [23]翁建中,徐恒省.中国常见淡水浮游藻类图谱[M].上海:上海科学技术出版社,2010.
- [24]邓坚.中国内陆水域常见藻类图谱[M].武汉:长江出版社,2012.
- [25]吴天浩,刘劲松,邓建明,等.大型过水性湖泊——洪泽湖浮游植物群落结构及其水质生物评价[J].湖泊科学,2019,31(2):440-448.

-
- [26]蔡琨, 陆维青, 牛志春, 等. 洮湍水系湖泊春季浮游植物群落结构和水质生物学评价[J]. 环境监测管理与技术, 2018, 30(3):37-41.
- [27]杨华, 傅志茹, 李春艳, 等. 天津市河流和水库浮游植物群落与水环境因子关系的研究[J]. 淡水渔业, 2012, 42(6):33-37.
- [28]江源, 彭秋志, 廖剑宇, 等. 浮游藻类与河流生境关系研究进展与展望[J]. 资源科学, 2013, 35(3):461-472.
- [29]王晓玉, 黄雁琳, 白贝贝, 等. 海安市河流和水渠水体中浮游植物群落结构特征[J]. 湿地科学, 2020, 18(4):446-453.