

# Species Composition and Diversity of Phytoplankton in Tianhe River

Xianhua Zhou, Yanyan Wang, Shiwei Gong

Bureau of Shiyan Hydrology and Water Resources Exploration, Shiyan Hubei  
Email: 274504378@qq.com

Received: Sep. 2<sup>nd</sup>, 2018; accepted: Sep. 14<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

Through the phytoplankton monitoring data at Guanyin section in Tianhe River from 2016 to 2018, the variation of phytoplankton was analyzed by means of indicator biological method, dominant group method and diversity index method. It is found that there are 7 doors and 45 genera of phytoplankton. Among them, the most species are green algae gate and silicon algae gate, accounting for 28.89% and 44.44%, respectively. The richness index at Guanyin section is between 0.89 and 1.67, the diversity index is between 1.32 and 2.49, and the evenness index is between 0.45 and 0.96; the phytoplankton density is 3.62 to  $364.12 \times 10^5/L$ . It was also found that the proportion of dominant genera density to total density and diversity index were negatively correlated, and the water quality was seriously polluted when the density of dominant genera was above 68%.

## Keywords

Phytoplankton, Genera Composition, Diversity Index, Water Quality Evaluation, Tianhe River

# 天河浮游植物属类组成及多样性分析

周先华, 汪炎炎, 龚世伟

十堰市水文水资源勘测局, 湖北 十堰  
Email: 274504378@qq.com

收稿日期: 2018年9月2日; 录用日期: 2018年9月14日; 发布日期: 2018年9月25日

## 摘要

通过2016~2018年天河观音断面浮游植物监测数据, 运用指示生物法、优势属群法、多样性指数法解析其浮游  
作者简介: 周先华, 高级工程师, 从事水文水资源管理工作。

植物变化规律,检测表明天河观音断面浮游植物有7门45属,其中属类最多的是绿藻门和硅藻门,分别占28.89%、44.44%;分析表明天河观音断面丰富度指数在0.89至1.67之间、多样性指数在1.32至2.49之间、均匀性指数在0.45至0.96之间;天河观音断面浮游植物密度3.62~364.12万个/L之间变动;研究还发现浮游植物优势属密度占总密度比例和多样性指数有很好的负相关关系;当浮游植物优势属密度占总密度在68%以上时,水质受到重度污染。

## 关键词

浮游植物, 属类组成, 多样性指数, 水质评价, 天河

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

水体环境的变化,直接影响浮游植物的种群结构的改变,如种类和个体数的增减、更替、变动等,利用这些变化,可以监测水体、评价水质。而 Margalef 物种丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H)和 Pielou 均匀度指数(J)结合最能评价水质情况。

随着污染情况的恶化,水体指示生物将发生变化、水体丰富度降低、多样性降低、均匀性降低、浮游植物数量增加、优势种所占比例增高。

世界范围内,浮游植物作为水质评价的生物监测指标已有近百年历史,在中国也有几十年历史,浮游植物分布与水质有机污染物的相关性研究[1],是利用指示生物评价水质;用丰富度指数、多样性指数,均匀性指数评价水质的文章很多[2][3][4];洱海浮游植物种类组成及多样性[5]、发现浮游植物细胞密度高,藻类多样性会降低;本文发现浮游植物优势属密度占总密度比例和多样性指数有很好的负相关关系,当浮游植物优势属密度占总密度大于68%时,水质受到重度污染。

近年来,我国对河流、湖泊、水库作水质评价和水资源保护调查评价中,越来越多的学者利用浮游植物群落结构和多样性来评价水质。

结合十堰水环境监测中心2016~2018年天河观音断面浮游植物监测数据,本研究在解析浮游植物群落的组成、数量、分布、指示物种的基础上,分析浮游植物变化规律,评价河流水质,揭示天河下游入丹江口水库水体浮游植物的最新变化现状,为天河保护和治理等提供参考依据。

天河为汉江中游上段干流左岸支流,发源于陕西省山阳县东南部山区(在陕西省称南水河),自北向南流,于郧西县茅坪乡大凹入湖北省境内,流经郧西县城于观音镇天河口入丹江口水库库区,全长99.0 km,集水面积1608 km<sup>2</sup>。我省内河长64.9 km,区间面积1183 km<sup>2</sup>(如图1)。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 采样布点

天河是直接注入丹江口水库的河流,我们把它当作入南水北调水源区的典型入库河流来作生态监测,在下游水质恢复区设置观音监测断面,天河接纳最大的污水水源是郧西县城关镇的工业污水和生活废水,我们在郧西县城关镇下游30里的观音设置1个生态监测断面,分析天河下游恢复区浮游植物变化情况,现有2016至2018年天河观音断面逐月浮游植物监测数据。

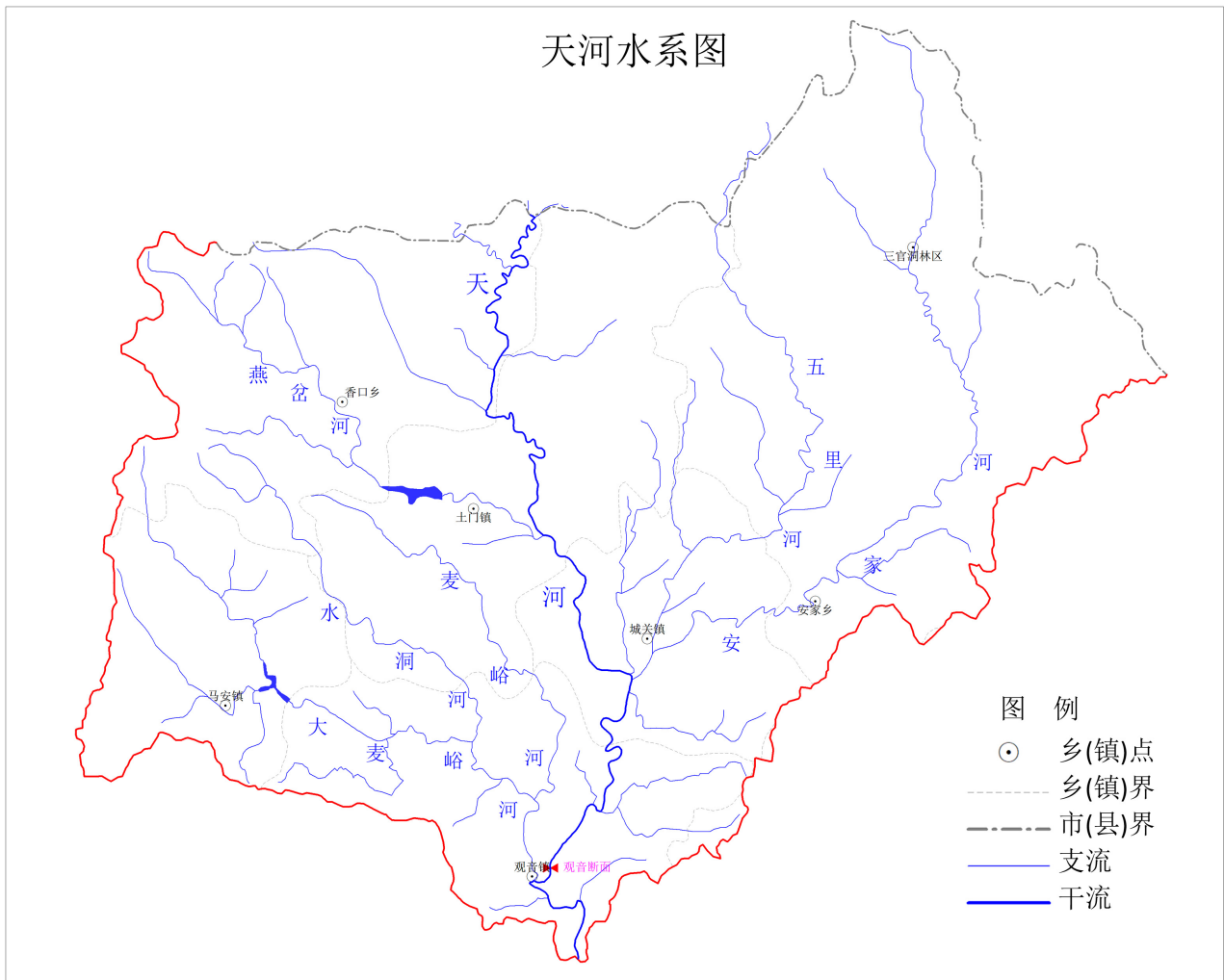


Figure 1. Sketch map of Guanyinhe basin and monitoring section  
图 1. 观音监测断面位置图

## 2.2. 样品的采集、样品的固定、浓缩、保存、质量控制

浮游植物样品处理严格遵照《内陆水域浮游植物监测技术规程》sl733-2016 执行。

### 2.2.1. 样品的采集

定性样品：定性样品用 25 号浮游生物网采集，采样前打开活塞，清洗浮游生物网，采样时将网口上端入水面下 0~0.3 m 处做∞形循环拖动，约 3~5 min 后将网慢慢提起，然后打开浮游生物网下端的旋塞，将网底浓缩的水样放入标本瓶中，取样约 30~50 ml。

定量样品：用有机玻璃采样器在河流中泓、水深 0.5 m 处采集取样，样品装入 5000 ml 塑料壶中。

### 2.2.2. 样品的固定

样品采集后，每升加入 10~15 ml 鲁哥氏液充分摇匀固定。样品如要长期保存，可按每 100 ml 水样加 4 ml 福尔马林保存。

### 2.2.3. 样品的浓缩

固定后的水样静置沉淀 24 小时后，用打吊瓶用的虹吸管抽掉上清液，直至浓缩至 50 ml。

#### 2.2.4. 质量控制

分析时取浓缩后的均匀样品 0.1 ml, 在光学显微镜成像, 用杭州迅数科技有限公司, 生产的迅数-藻类辅助鉴定系统计数。平行样品数量应为采集样品总数的 10%~20%, 每批水样不得少于 1 个平行样, 浮游植物计数每个样品计两片, 并且两片误差在±15%范围内。

### 2.3. 评价方法

#### 2.3.1. 指示生物法[1]

浮游植物群落划分污染等级的标准是: 蓝藻门占 70%以上, 耐污种大量出现为多污带; 蓝藻门占 60%左右, 藻类总数较多为  $\alpha$ -中污带; 硅藻门及绿藻门为优势类群, 各占 30%左右为  $\beta$ -中污带; 硅藻门为优势类群, 占 60%以上为寡污带。

#### 2.3.2. 优势属群法

利用浮游植物群落组成和优势属的变化来评价水体污染状况的方法, 不同的营养水体中存在不同的生物属类, 特别在优势属方面差异明显, 贫营养水体中的浮游植物以金藻、黄藻类为主; 中营养型水体中常以甲藻、隐藻、硅藻类占优势; 富营养水体则常以绿藻、蓝藻占优势。

#### 2.3.3. 多样性指数[2]

浮游植物多样性指数采用 Shannon-Wienr 指数(H)进行评价。

$$H = -\sum (ni/N * \ln ni/N) \quad (1)$$

式中:  $H$  为多样性指数( $H > 3$  清洁至轻污染,  $3 > H > 1$  中度污染(其中  $H$  在 1 到 2 为  $\alpha$  中污, 2 到 3 为  $\beta$  中污),  $1 > 1$  严重污染);  $n_i$  为第  $i$  个种的个体数目;  $N$  为群落中所有种的个体总数。

## 3. 结果

### 3.1. 指示生物法

#### 3.1.1. 天河观音断面浮游植物的属类组成及数量

2016 年天河观音断面共检测出浮游植物 7 门 40 属, 其中绿藻门和硅藻门较多, 分别占 37.50%、37.50%; 2017 年天河观音断面共检测出浮游植物 7 门 45 属, 其中绿藻门和硅藻门较多, 分别占 28.89%、44.44%; 2018 年上半年天河观音断面共检测出浮游植物 7 门 29 属, 其中绿藻门和硅藻门较多, 分别占 31.03%、37.93%; 统计结果见表 1。

詹玉涛等对浮游植物分布与水质有机污染物的相关性研究[1], 是用浮游植物门类个体数占浮游植物总个体数的比例来评价水污染情况。本文是用浮游植物门类种类数(鉴定到属)占浮游植物总种类数的比例来评价水污染情况, 天河观音断面浮游植物属类的平均情况是绿藻门和硅藻门各占 30%左右, 水体为  $\beta$ -中污带。

#### 3.1.2. 2017 年天河观音断面逐月浮游植物属类比例及季节浮游植物密度

为了更清楚的反应浮游植物指示属类, 我们计算 2017 年逐月观音断面浮游植物属类比例见表 2, 除 9 月份 10 月份, 天河是洪水时期硅藻门大于 60%, 浮游植物密度较少在 10 万个每升以内外, 其它月份绿藻门、硅藻门各占 30%左右, 水体为  $\beta$ -中污带, 浮游植物密度表现为: 春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季, 详细结果见表 2。

### 3.2. 优势属群法

天河观音断面的浮游植物优势属分布状况见表 3, 据观测, 两年半时间, 优势属包含直链藻、舟形藻、针杆藻、小环藻、等片藻、羽纹藻、卵形藻、集星藻、栅藻、平裂藻等 10 属, 其中硅藻门 7 属, 绿藻门 2 属; 蓝

**Table 1.** Statistics of the genus phytoplankton at Guanyin section of Tianhe  
**表 1.** 天河观音断面浮游植物属类统计

年份	绿藻门	蓝藻门	硅藻门	裸藻门	隐藻门	甲藻门	金藻门	合计
2016	15	5	15	1	1	2	1	40
属类比例(%)	37.50	12.50	37.50	2.50	2.50	5.00	2.50	
2017	13	6	20	3	1	1	1	45
属类比例(%)	28.89	13.33	44.44	6.68	2.22	2.22	2.22	
2018	9	5	11	1	1	1	1	29
属类比例(%)	31.03	17.24	37.93	3.45	3.45	3.45	3.45	

**Table 2.** Phytoplankton species ratio and seasonal average density at Guanyin section in 2017  
**表 2.** 2017 年观音断面浮游植物属类比例及季节浮游植物平均密度成果表

取样日期	浮游植物属类比例(%)							浮游植物密度 cells/l	
	月日	绿藻门	蓝藻门	硅藻门	隐藻门	裸藻门	甲藻门		金藻门
1		36.4		54.5	9.1				
2		21.6		57.1	7.1	7.1	7.1		1911211
3		15.8	10.5	52.5	5.3	5.3	5.3	5.3	
4		31.6	5.3	47.2	5.3	5.3	5.3		
5		40.0		60.0					1474588
6		31.6		52.6		10.5	5.3		
7		44.0	8.0	40.0		8.0			
8		20.0	15.0	55.0		5.0	5.0		902640
9		9.1	9.1	81.8					
10		12.5		87.5					
11		45.5		54.5					802811
12		41.7		58.3					

**Table 3.** The percentage of dominant species  
**表 3.** 主要优势属密度占总密度的百分比

数量	2016 年		2017 年		2018 年	
	藻属	百分数	藻属	百分数	藻属	百分数
1	直链藻	38.0	针杆藻	71.9	等片藻	39.9
2	舟形藻	23.0	针杆藻	57.7	直链藻	34.7
3	针杆藻	21.8	针杆藻	35.8	舟形藻	24.3
4	小环藻	14.7	针杆藻	23.2	卵形藻	22.0
5	直链藻	38.1	小环藻	23.1	卵形藻	30.8
6	等片藻	40.7	小环藻	21.5	舟形藻	25.7
7	集星藻	19.3	栅藻	27.3		
8	羽纹藻	37.5	舟形藻	19.1		
9	舟形藻	26.4	针杆藻	29.7		
10	平裂藻	58.9	针杆藻	34.3		
11	舟形藻	66.7	舟形藻	39.1		
12	等片藻	34.4	等片藻	31.5		

藻门 1 属。

天河观音断面的浮游植物优势属主要是硅藻，绿藻和蓝藻为优势属的次数只占 10%，水体为中营养占主导地位。

### 3.3. 天河观音浮游植物多样性分析

#### 3.3.1. Margalef 物种丰富度指数(D)

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

式中： $S$  为浮游植物属类数； $N$  为浮游植物密度总数。

天河观音断面 2016 年、2017 年、2018 年上半年浮游植物属类丰富度指数从 0.89 至 1.67 呈波动变化。Margalef 物种丰富度指数，能够反映群落属类的丰富程度，一般来说，健康的水体丰富度指数高，污染的环境中，水体丰富度指数低，本次计算丰富度指数偏低，是因为我们在做浮游植物检测中，只统计到属，如果统计到种，物种丰富度指数会高些。

#### 3.3.2. Shannon-Wiener 多样性指数(H)

Shannon-Wiener 多样性指数(H)可反映浮游植物的群落结构，其群落结构越复杂，结构就越趋于稳定，天河观音断面浮游植物多样性指数 1、2、10、11、12 月份在 1 至 2 之间，水体呈  $\alpha$  中污；其他月份在 2 至 3 之间，水体呈  $\beta$ -中污带。

#### 3.3.3. Pielou 均匀度指数(J)

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

Pielou 均匀度指数(J)反映了浮游植物物种个体数分配的均匀程度。J 值的范围为 0~1，J 值大时体现种间个体数分布较均匀；J 值小反映种间个体数分布欠均匀。

天河观音断面 2016 年、2017 年、2018 年上半年浮游植物均匀性指数在 0.45 至 0.96 之间，天河观音断面浮游植物总体表现的比较均匀。

### 3.4. 天河观音断面浮游植物生物量变化状况

2016 年 1 月至 2018 年 6 月，天河观音监测断面总藻细胞密度大小在 3.62~364.12 万个/L 之间变动。在 2 年半时间中，最高值出现于 2017 年的 3 月，最低值则出现于 2016 年的 8 月。根据十堰水文水资源的同步水文监测资料，2017 年 3 月，水质监测取样时，天河流量较小，浮游植物密度大；2016 年 8 月，水质取样时天河正发大水，天然径流刚从雨水中来，浮游植物还没来的及生长；2017 年 9 月、10 月，同样是取样时天河正涨水，天然径流刚从雨水中来，浮游植物还没来的及生长，浮游植物密度偏小。

### 3.5. 天河观音断面浮游植物优势属密度占总密度百分数与多样性指数的相关关系

天河观音断面浮游植物优势属密度占总密度百分数与多样性指数有明显的负相关关系，见图 2，相关系数高达 0.852，充分说明浮游植物优势属密度占总密度大时，物种多样性指数变小，物种趋于单一，水质变差，当浮游植物优势属密度占总密度在 68% 以上时，水质多样性指数小于 1，水体受到重度污染(见图 2)。

## 4. 检测结果的合理性分析

2016 年 1 月至 2018 年 6 月，天河观音断面同步检测水环境质量参数平均值见表 4。从表 4 可以清楚的看出，天河观音断面水质属中度污染，和用浮游植物评价的水质情况相附，见表 4。

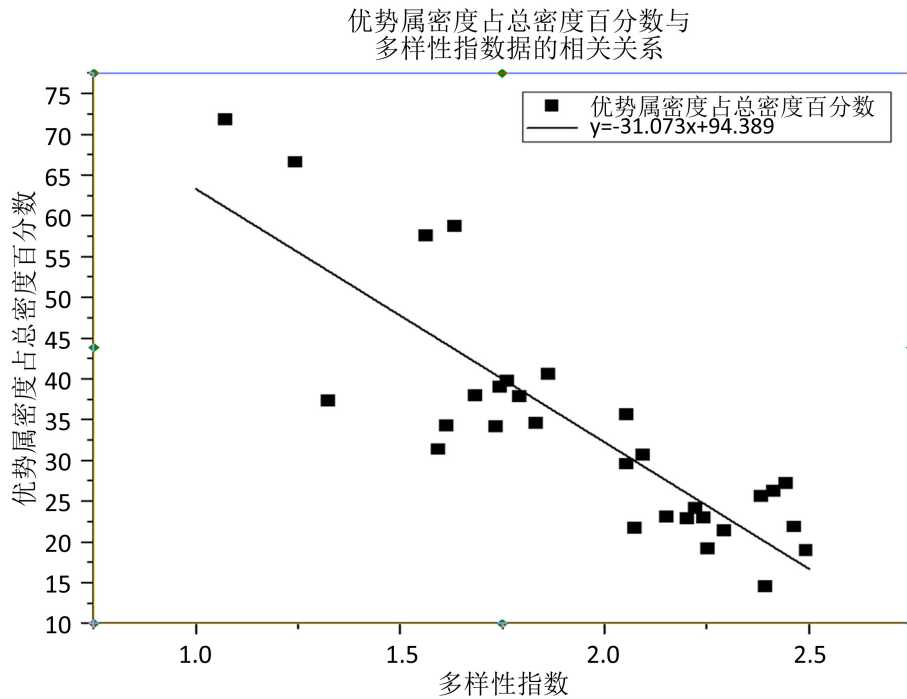


Figure 2. Relationship between dominant density of phytoplankton and total density and diversity index

图 2. 天河观音断面浮游植物优势属密度占总密度百分数与多样性指数的相关关系图

Table 4. Water quality monitoring result at Guanyin section

表 4. 天河观音断面水质监测成果表

检测项目	浓度(mg/l)	附合地表水环境质量标准(GB3838-2002)的水质级别
PH	8.2	I
高锰酸盐指数	3.4	II
生化需氧量	2.8	II
氨氮	0.504	III
总磷	0.11	III
总氮	2.16	劣 V

## 5. 结论

1) 2016 年天河观音断面共检测出浮游植物 7 门 40 属, 其中绿藻门和硅藻门较多, 分别占 37.50%、37.50%; 2017 年天河观音断面共检测出浮游植物 7 门 45 属, 其中绿藻门和硅藻门较多, 分别占 28.89%、44.44%; 2018 年上半年天河观音断面共检测出浮游植物 7 门 29 属, 其中绿藻门和硅藻门较多, 分别占 31.03%、37.93%; 观音断面平均情况属于  $\beta$ -中污带。

2) 优势属包含直链藻、舟形藻、针杆藻、小环藻、等片藻、羽纹藻、卵形藻、集星藻、栅藻、平裂藻等 10 属。其中硅藻门 7 属; 绿藻门 2 属; 蓝藻门 1 属。优势属主要是硅藻, 水体中营养占主导地位。

3) 2017 年, 天河观音监测断面总藻细胞密度大小在 3.62~364.12 万个/L 之间变动, 其中洪水时期密度小些, 浮游植物密度表现为: 春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季。

4) 分析表明天河观音断面丰富度指数在 0.89 至 1.67 之间; 多样性指数在 1.32 至 2.49 之间, 汛期多样性

指数在 2 至 3 之间, 属  $\beta$  中污, 非汛期水量小时多样性指数在 1 至 2 之间, 属  $\alpha$  中污; 均匀度指数值分别在 0.45 至 0.96 之间。

5) 研究还发现浮游植物优势属密度占总密度比例和多样性指数有很好的负相关关系; 当浮游植物优势属密度占总密度在 68% 以上时, 多样性指数少于 1, 水质受到重度污染。

## 参考文献

- [1] 詹玉涛, 杨昌述, 范正年, 等. 浮游植物分布与水质有机污染的相关性研究[J]. 上海环境科学, 1990, 9(8): 16-19.  
ZHAN Yutao, YANG Changshu, FAN Zhengnian, et al. Correlation between phytoplankton distribution and water quality organic pollution. Shanghai Environmental Science, 1990, 9(8): 16-19. (in Chinese)
- [2] 蔡端波, 杨丽坤, 张伟, 等. 潭江浮游植物调查及水质监测[J]. 河北大学学报, 2012, 32(4): 410-415.  
CAI Duanbo, YANG Likun, ZHANG Wei, et al. Phytoplankton survey and water quality monitoring in Tanjiang. Journal of Hebei University, 2012, 32(4): 410-415. (in Chinese)
- [3] 文红星, 彭松, 等. 洱海浮游植物种类组成及多样性[J]. 人民珠江, 2017, 38(8): 84-87.  
WEN Hongxing, PENG Song, et al. Species composition and diversity of phytoplankton in Erhai Lake. People's Pearl River, 2017, 38(8): 84-87. (in Chinese)
- [4] 谭香, 夏小玲, 程晓莉, 等. 丹江口水库浮游植物群落时空动态及其多样性指数[J]. 环境科学, 2011, 32(10): 2875-2882.  
TAN Xiang, XIA Xiaoling, CHENG Xiaoli, et al. Spatio-temporal dynamics and diversity indices of phytoplankton community in Danjiangkou Reservoir. Environmental Science, 2011, 32(10): 2875-2882. (in Chinese)
- [5] 张远, 郑丙辉, 刘鸿亮, 等. 三峡水库蓄水后的浮游植物特征变化及影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 254-257.  
ZHANG Yuan, ZHENG Binghui, LIU Hongliang, et al. Characteristics of phytoplankton and impacting factors after impoundment of Three Gorges Reservoir. Resources and Environment of the Yangtze River Basin, 2006, 15(2): 254-257. (in Chinese)