

南京理工大学泰州科技学院

# 毕业设计说明书(论文)

作者: 杨孜素 学号: 1913900130

学院(系): 环境与制药工程学院

专业: 环境工程

题目: 泰州城区水体浮游藻类调查与分析

指导者: 王双 副教授

评阅者: 杨晓庆 副教授

2023 年 5 月

## 毕业设计说明书（论文）中文摘要

本文主要研究了泰州城区水体浮游藻类的种类、数量及其对地表水水质的指示作用。本次实验通过对水样中浮游植物进行定性、定量分析，进而借助浮游藻类相关评价指数来判断水体水质情况。实验结果如下，学校西门水样中共观测到小型黄丝藻、粗壮双菱藻等 10 种浮游藻类，其浮游植物细胞密度为  $2.6 \times 10^5 \text{ cells/L}$ ，基本处于中度污染状态；天德湖东南门水样中共观测到小型黄丝藻、双对栅藻等 13 种浮游藻类，其浮游植物细胞密度为  $6.2 \times 10^6 \text{ cells/L}$ ，基本处于中度污染状态；天德湖西门水样中共观测到小型黄丝藻、双对栅藻、相似囊裸藻等 12 种浮游藻类，其浮游植物细胞密度为  $4.2 \times 10^6 \text{ cells/L}$ ，基本处于中度污染状态；天禄湖北侧水样中共观测到双对栅藻、颗粒直链藻最窄变种等 22 种浮游藻类，其浮游植物细胞密度为  $6.1 \times 10^6 \text{ cells/L}$ ，基本处于无污染状态；天禄湖南侧水样中共观测到肘状针杆藻（带面）、双对栅藻等 28 种浮游藻类，其浮游植物细胞密度为  $4.4 \times 10^6 \text{ cells/L}$ ，基本处于无污染状态。

**关键词** 地表水 浮游藻类 评价指数

# 毕业设计说明书（论文）外文摘要

**Title**      Investigation and Analysis of Phytoplankton Algae  
in Urban Areas of Taizhou

## Abstract

This paper mainly studies the types and quantities of phytoplankton algae in the urban area of Taizhou and their indication of surface water quality. This experiment conducts qualitative and quantitative analysis of phytoplankton in water samples, and then uses the relevant evaluation index of phytoplankton algae to judge the water quality of the water body. The experimental results are as follows. The west gate water sample of the school observed 10 kinds of phytoplankton algae, such as small yellow silk algae and thick double diamond algae. The cytodensity of phytoplankton is  $2.6 \times 10^5$  cells/L, which is basically in a moderate state of moderate pollution. The water sample of the southeast gate of Tiande Lake, the total of The phytoplankton cell density of phytoplankton is  $6.2 \times 10^6$  cells/L, which is basically in a moderate state of pollution; 12 species of phytoplankton algae, such as small yellow silk algae, double pairs of algae, and similar cystic algae, have been observed in the Ximen water sample of Tiande Lake, and their phytoplank is  $4.2 \times 10^6$  /L, basically in a moderately polluted state; 22 species of phytoplankton algae were observed in the water samples on the north side of Tianlu Lake, including double-pair algae and the narrowest variants of granular straight-chain algae. Their phytoplankton cell density is  $6.1 \times 10^6$  cells/L, which is basically in a For 28 species of phytoplankton, such as rod algae (with surface) and

double-pair gate algae, the cell density of phytoplankton is  $4.4 \times 10^6$  cells/L, which is basically in a non-polluting state.

**Keywords** Surface water Phytoplankton algae Evaluation index

目 录

1	绪论	1
1.1	研究意义	1
1.2	研究现状	1
1.3	研究内容	3
2	浮游藻类的鉴别及计数	4
2.1	实验材料	4
2.2	实验准备工作	5
2.3	实验过程	6
2.4	计算公式	7
3	结果及分析	9
3.1	学校西门水样	9
3.2	天德湖东南门水样	12
3.3	天德湖西门水样	16
3.4	天禄湖北侧水样	19
3.5	天禄湖南侧水样	25
3.6	小结	32
	结束语	34
	致谢	35
	参考文献	36

## 1 绪论

随着现代化的推进，人们对于保护良好生态系统的需求与日俱增。污染水体的治理也成为了社会关注的焦点。但是，中国关于浮游藻类与河流生态环境问题的基础研究仍处于较薄弱与不系统的状态。因此，需要加强调查与分析工作，并构建适合我国河流水生态系统健康评估与监测的浮游藻类指标<sup>[1]</sup>。

浮游植物作为水生态系统的初级生产者，在河流与湖泊等水生态系统中扮演着重要的生态角色。水体浮游植物群落、评价水体污染程度以及保护地表水环境等方面的研究都十分重要。通过对浮游植物种属的鉴别，可以了解水体的污染程度。本文主要通过鉴别地表水生态环境中的浮游藻类种属，并代入相应的评价指数方程计算相应指数，从而建立起地表水浮游藻类评价指数与水体污染程度的联系。

### 1.1 研究意义

浮游藻类是一类重要的光合自养生物，其一般分布于水体中，尤其是淡水生态系统。在进化过程中，浮游藻类逐渐承担起水体初级生产者的角色，利用光能通过光合作用不仅释放出氧气，增加水体内的溶解氧含量，而且在维持地表水水生生态系统平衡的过程中发挥着重要的作用<sup>0</sup>。如今，由于地表水环境遭受严重污染之苦，监测地表水水质的意识和关注度不断提高，而监测地表水环境的重要组成部分之一为浮游藻类监测。这项监测工作包括对浮游藻种群及其数量等进行监测，可通过对多项水质指标进行综合反映，从而连续综合地监测地表水生态环境的污染状况<sup>0</sup>。浮游藻类对于地表水环境质量变化的反应极为敏感，它们能够准确快速地反映出地表水生态系统变化的情况。通过分析评价指数来判断水体污染的状况并及时采取处理措施，对于维护水生生物多样性和促进水生生态系统的自我调节具有一定的指导意义。

### 1.2 研究现状

#### （1）淡水生境指示作用

Reynolds<sup>[4]</sup>设计出对环境变化敏感的浮游藻类分类体系，概括出蓝藻门、绿藻门、隐藻门等 14 种类群，在淡水生态环境评价方面反映良好。Reynolds<sup>[5]</sup>等在此基础上进一步拓展了该方法，提炼出了包括 M、H1 等在内的 31 个浮游藻类功能类群，从而促进了该方法在浮游藻类生态学领域的广泛应用。根据浮游植物的功能分类特征，可以间接反映出浮游植物生长的水体环境特征，据此可以推断出仙女湖大部分湖区存在着低养分水平的

环境。郑诚等<sup>[6]</sup>通过研究浮游藻类功能类群的季节变化，以此评价四湖库水库的生态质量，调查期间共检出浮游植物 7 门 208 种，分属于 22 个功能种群，其中优势功能类群有 14 个。

### （2）显微镜计数方法研究水中浮游藻类

目前，藻类定量计数方法主要采用显微镜直接计数方法，即利用光学显微镜对经沉淀、浓缩后的水体中各种藻类进行直接计数。其传统计数方式有：全片计数法、长条计数法和随机视野法。其中，全片计数法适用于藻体数量较少的水样，可保证较高的准确度和可重复性；长条计数法和随机视野法适用于藻类较多的水体，可以提高计数效率和准确度，但同时也增加了不确定性和误差。由于藻类浓度、种类、质量等因素的影响，不同计数方法存在着各自的特点和适用范围。因此，在具体实践中应当灵活运用各种计数方法，结合实际情况选择最为合适的方法，以确保测量数据的准确性和可靠性。周云龙<sup>[7]</sup>等对淡水水体中浮游植物进行定性和定量调查后，采用显微镜计数法中的随机视野法计数，并从浮游植物的组成及数量上按照一定的公式来分析和评价水质。针对细胞在水体中形成密集团状或束状的情况，传统的长条计数法因其工作量极大已不常采用，而随机视野法存在一定的随意性问题。因此，在对于以密集团状或束状形态存在的滇池微囊藻水样进行多年的研究后，赵祥甬<sup>[8]</sup>等采用了超声波预处理的方式，使用对角线计数法代替随机视野法，通过打散细胞群体来进行藻类的有效定量计数。据张榆霞<sup>[9]</sup>等人的研究，他们采用了随机视野法和对角线计数法来比较测定藻类细胞密度的效果，并对对角线计数法适宜的藻密度进行了研究。结果表明，适用于存在密集团状或束状形态的水样中的对角线计数法，具有较高的准确性和精密度。

### （3）浮游植物多样性指数的应用与评价

浮游植物作为水生生态系统的初级生产者，通过其生物量、多样性以及群落结构能够直接反映河流、湖泊、海洋等不同生态环境的肥力水平和营养状态。因此，生物多样性研究生物体与其所处生存环境之间的协同关系，从而更好地理解由水生生物和其所在环境共同构成的生态环境<sup>[10]</sup>。这进一步证明了水生生物体与其所生活的水生环境之间紧密相连的事实。彭少麟<sup>[11]</sup>等应用不同的多样性指数和均匀度公式研究鼎湖山森林群落的物种多样性，研究结果表明水体基本处于无污染状态。柳丽华<sup>[12]</sup>对黄海以及长江口毗邻海域浮游植物进行了调查，结果显示，黄海海域春季属中度污染，而长江口毗邻海域属重度污染。联合国教科文组织的浮游植物群落结构分析《浮游植物手册》明确推荐使用 Shannon 指数、Margalef 指数、Pielou 均匀度指数。庄道阔<sup>[13]</sup>分析浮游藻类功能类群组成

特征并结合营养状态指数和生物指数评价镜泊湖流域生态质量，结果表明镜泊湖受到一定人为的干扰。各研究结果表明，各多样性指数都有其优缺点，秦娇娇等<sup>[14]</sup>在当前研究基础上对浮游植物群落结构研究中经常用到的3种多样性指数进行评价，结果显示，Margalef指数与水体水质状况的相关性明显，而Shannon指数与其相关性不明显。鉴定水体环境质量状况时，多样性指数有时只能作为参照指标。

以地表水浮游藻类为生物载体反映水体污染情况有着较于传统监测手段不可比拟的优点，选择合适的多样性指数对地表水水体污染评价具有重要意义。单纯使用一种多样性指数来度量水体中浮游藻类的分布状况容易造成较大的偏差，应将几种指数结合使用，以完善地理解地表水浮游藻类密度与水体污染状况的关系。

### 1.3 研究内容

根据论文题目查阅大量有关文献，制定实验内容。

（1）确定采样点，即在学校西门、天德湖东南门、天德湖西门、天禄湖北侧、天禄湖南侧分别采集 5 个样品，在现场用鲁哥试液进行固定，以避免藻类的损失。

（2）熟悉显微镜操作方法，使用显微镜对浮游藻类进行鉴别和计数。

（3）确定合适的评价指数方程，计算得到相应的浮游藻类评价指数，并以此判断水体的污染状况。



2 浮游藻类的鉴别及计数

2.1 实验材料

2.1.1 实验药品

综合各种文献，然后结合实验的实际情况，确定实验所需的主要药品。药品见表 2.1。

表 2.1 实验药品、规格及配置方法

药品名称	规格	配置要求
鲁哥氏碘液	/	称取碘化钾 60g，溶于 100 mL 的水中，再加入 40g 碘，充分搅拌使其完全溶解，加水定容至 1000mL，转移至棕色磨口玻璃瓶，室温避光保存。

2.1.2 实验器材

综合各种文献，然后结合实验的实际情况，确定实验所需的主要器材，见表 2.2。

表 2.2 实验器材、规格及数量

名称	规格	数量
定性采样瓶	100mL	5 个
定量采样瓶	1L	5 个
玻璃棒	——	1 根
量筒	1L	2 只
擦镜纸	——	1 盒
微量移液器	100μL	1 只
0.1mL 浮游植物计数框	20mm×20mm	1 片
烧杯	100mL	2 只
细小虹吸管	——	1 条
盖玻片	22mm×22mm	1 盒

2.1.3 实验仪器

综合各种文献，然后结合实验的实际情况，确定实验所需的主要仪器，见表 2.3。

表 2.3 实验仪器、型号及数量

仪器名称	型号	数量
浮游生物网	25 号	1
有机玻璃采水器	/	1
分析天平	/	1
光学显微镜	XS-212	1

2.2 实验准备工作

2.2.1 采样点选取

根据泰州城市地图及水系分布，在泰州南北向水系上分段选取三个采样范围，见图 2.1。其中天德湖和天禄湖由于水系分布较宽，故各选取两个采样点。本次实验共设五个采样点，即学校西门、天德湖东南门、天德湖西门、天禄湖北侧、天禄湖南侧。

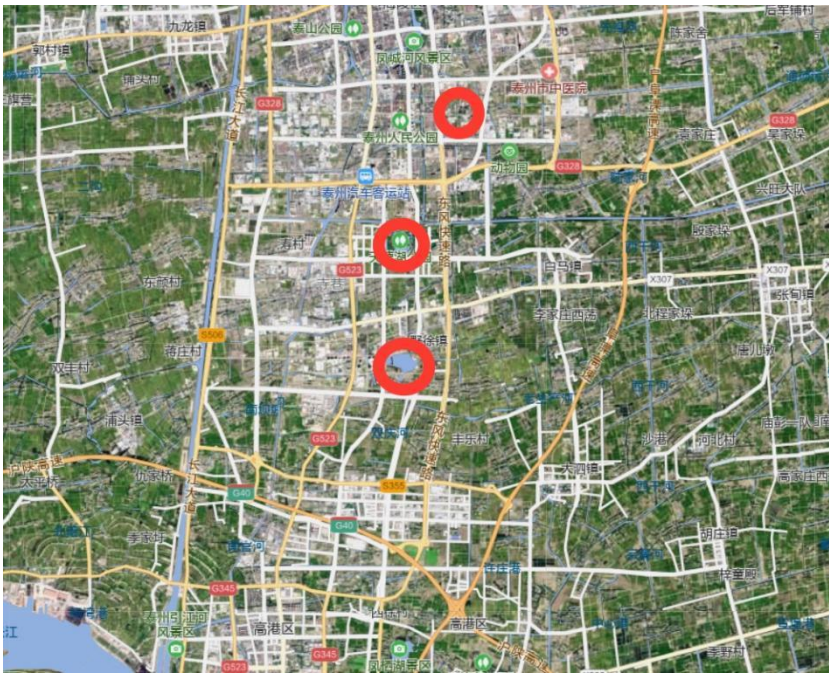


图 2.1 采样点分布

2.2.2 水样的采集

(1) 定性样品

在地表水水体中，如下所述，使用 25 号浮游生物网在固定地点采集定性样品，具体方法为：先关闭浮游生物网底端的出水活塞开关，然后在水面表层至 0.5m 深处，以 20cm/s~30cm/s 的速度做“∞”形往复的运动，缓慢拖动约 1min~3min。当网中明显有浮游植物进入时，将浮游生物网提出水面，随后将网内水自然通过网孔滤出。最后，在

底部还剩余少量水样（5mL~10mL）时，将底端出口移入定性采样瓶中，打开底端活塞开关以收集定性样品，并立即加入鲁哥氏碘液。

### （2）定量样品

用采水器采集约 1L 水样至定量采样瓶中，若水体透明度较高，浮游植物数量较少时，应酌情增加采样体积。定量样品采集后，立即加入鲁哥氏碘液并摇匀。

## 2.2.3 定量样品的浓缩与稀释

### （1）浓缩

将全部定量样品摇匀倒入 1L 量筒中，避免阳光直射的环境下，静置 48h。用细小虹吸管吸取上清液置于烧杯中，当浮游植物沉淀物体积约为 20mL 时，需将其倒入 100mL 的烧杯中。接着，用少量的上清液对浓缩装置进行 1 次~3 次冲洗，将冲洗水一同倒入烧杯中，并用上清液定容至所需的浓缩倍数所对应的体积。

### （2）稀释

根据稀释倍数，选取相应体积的容量瓶，量取不少于 25mL 混匀后的定量样品，用水定容至刻线。如要保存稀释后的样品，应注意补充鲁哥氏碘液，使稀释后的样品中的鲁哥氏碘液浓度与稀释前一致。

## 2.3 实验过程

### 2.3.1 定性样品的分析

本次实验采用了形态学比对和检索方法，通过对照 2010 年翁建中，徐恒省<sup>[15]</sup>编著的《中国常见淡水浮游藻类图谱》以及 2005 年周凤霞等<sup>[16]</sup>编著的《淡水微型生物图谱》实现了对目标微生物的确认。

### 2.3.2 定量样品的分析

先将待测水样彻底混匀。然后用微量移液器取 0.1mL 混匀样品，注入 0.1mL 浮游植物计数框中，并用盖玻片将计数框完全盖住。待样品静置片刻，无气泡可观察样品；如有气泡，应重新取样。在此基础上，随机选取若干计数小格或视野，并初步估计浮游植物的数量。若不符合计数要求，则稀释或浓缩样品后再进行计数。

### 2.3.3 计数方式的选择

适宜测定的浮游植物密度为  $10^7$ cells/L~ $10^8$ cells/L。若定量样品中的浮游植物细胞密度低于  $10^7$ cells/L，应浓缩样品；若定量样品中的浮游植物细胞密度高于  $10^8$ cells/L，应稀释样品。最终使加入计数框中的 0.1mL 样品约含有 500 个~10000 个浮游植物细胞。具体见表 2.4。

表 2.4 计数方式

计数框中 0.1mL 样品中含有的浮游植物细胞数（cells）	推荐的计数方式
500~1500	全片计数
1500~5000	行格计数
5000~10000	对角线计数、随机视野

## 2.4 计算公式

### 2.4.1 浮游植物细胞密度

样品中浮游植物的细胞密度，按照公式进行计算<sup>[17]</sup>。

$$N = \frac{A}{A_c} \times \frac{n}{V} \times \frac{V_1}{V_0} \times 1000$$

式中：

N——样品中浮游植物的密度，cells/L；

A——计数框面积，mm<sup>2</sup>；

A<sub>c</sub>——计数面积，当计数方式为对角线、行格和全片时计数面积分别为 A/10、3A/10

和 A 当计数方式为随机视野时计数面积为总视野面积，mm<sup>2</sup>；

n——显微镜观察计数的浮游植物细胞数，cells；

V——计数框容积，mL；

V<sub>1</sub>——稀释或浓缩后的试样体积，mL；

V<sub>0</sub>——稀释或浓缩前的样品体积，mL；

1000——体积换算系数，mL/L。

### 2.4.2 多样性指数

选取 α-多样性测度中的香浓-威纳多样性指数(H<sup>1</sup>)、玛格列夫多样性指数(de)以及 Pielou 均匀度指数(J)<sup>[14]</sup>，采用以下公式计算：。

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数 (H}^1\text{): } H^1 = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln P_i$$

$$\text{Margalef 丰富度指数 (d}_2\text{): } d_2 = \frac{(S-1)}{\log_2 N}$$

$$\text{Pielou 均匀度指数 (J): } J = \frac{H^1}{\log_2 (S)}$$

其中，式中  $P_i = n_i/N$ ， $n_i$  表示样品中第  $i$  种物种的个体数， $N$  表示样品中所有种类的总个体数， $S$  表示样品中所有物种的种类数。

Shannon-Wiener多样性指数(H<sup>1</sup>)值在0.0~1.0为重度污染，1.0~2.0为中度污染，2.0~3.0为轻度污染，大于3.0为无污染。

Margalef多样性指数( $d_2$ )值 $d > 3$ 表示无污染,  $2 \sim 3$ 表示轻污染,  $1 \sim 2$ 表示中污染,  $0 \sim 1$ 表示重污染。

Pielou 均匀度指数(J)为  $0 \sim 0.3$  表示重污染,  $0.3 \sim 0.5$  表示中污染,  $0.5 \sim 0.8$  表示轻污染,  $> 0.8$  表示无污染。




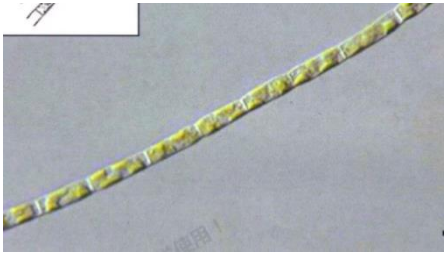

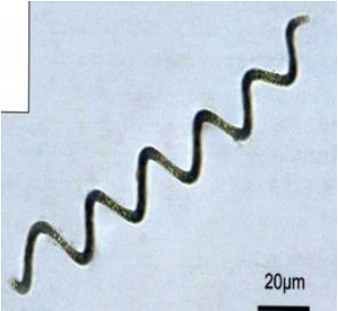

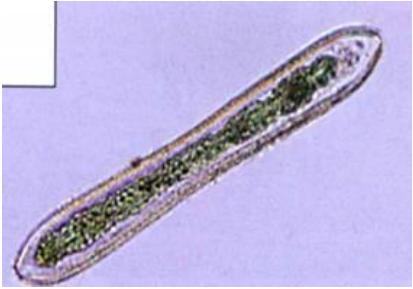
3 结果及分析

3.1 学校西门水样




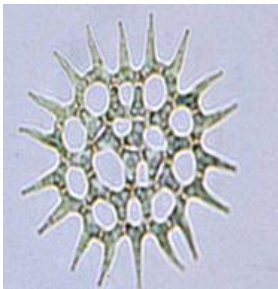


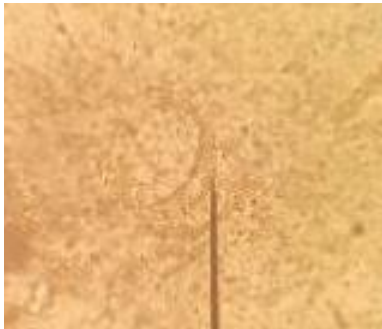



3.1.1 浮游藻类种属鉴别

在学校西门水样中浮游藻类有以下 10 种类群，具体请见表 3.1。

表 3.1 学校西门水样定性分析

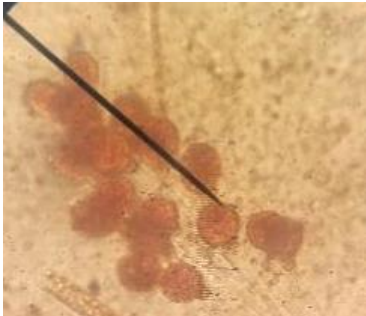
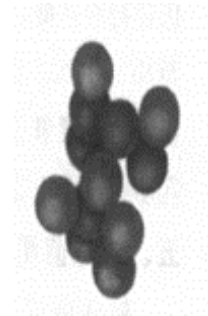
序号	显微镜下成像	比对图片	种属
1			具星小环藻
2			小型黄丝藻
3			钝顶螺旋藻
4			草鞋型波缘藻

（续）表 3.1 学校西门水样定性分析

序号	显微镜下成像	比对图片	种属
5			粗壮双菱藻
6			单角盘星藻具孔变种
7			科曼小环藻
8			螺旋颗粒直链藻
9			线性菱形藻



(续) 表 3.1 学校西门水样定性分析

序号	显微镜下成像	比对图片	种属
10			葡萄球菌属

### 3.1.2 浮游藻类计数

学校西门水样加入计数框中的 0.1mL 样品约含有 500 个~1500 个浮游植物细胞，故选择全片计数法，不分类计数结果见图 3.1，分类计数结果见表 3.2。

4	5	4	2	5	12	4	4	8	8
4	3	4	5	2	4	11	8	3	8
12	4	2	7	6	8	6	7	2	5
7	3	3	4	3	6	7	4	3	1
3	4	2	2	6	5	9	5	8	6
7	4	3	10	2	6	5	6	13	4
8	4	2	7	3	7	5	4	4	8
8	4	3	5	4	7	7	4	4	4
7	3	4	3	6	7	11	6	5	3
3	3	7	7	4	4	3	5	6	3

图 3.1 学校西门水样全片计数结果

表 3.2 学校西门水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量 (个)	该类浮游植物细胞密度 (cells/L)
总数 520 个	1	具星小环藻	49	$2.5 \times 10^4$
	2	小型黄丝藻	102	$5.1 \times 10^4$
水样中总浮游植物细胞	3	钝顶螺旋藻	36	$1.8 \times 10^4$
密度: $2.6 \times 10^5$ cells/L	4	草鞋型波缘藻	45	$2.3 \times 10^4$



（续）表 3.2 学校西门水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量	该类浮游植物细胞密度
			(个)	(cells/L)
总数 520  水样中总浮游植物细胞 密度： $2.6 \times 10^5$ cells/L	5	粗壮双菱藻	87	$4.4 \times 10^4$
	6	单角盘星藻具孔变种	33	$1.7 \times 10^4$
	7	科曼小环藻	68	$3.4 \times 10^4$
	8	螺旋颗粒直链藻	18	$0.9 \times 10^4$
	9	线性菱形藻	60	$3.0 \times 10^4$
	10	葡萄球菌属	22	$1.1 \times 10^4$

学校西门水样中共观测到小型黄丝藻、粗壮双菱藻等 10 种浮游藻类。其中，小型黄丝藻数量最多，其细胞密度为  $5.1 \times 10^4$  cells/L，螺旋颗粒直链藻数量最少，其细胞密度为  $0.9 \times 10^4$  cells/L。

### 3.1.3 浮游藻类评价指数计算


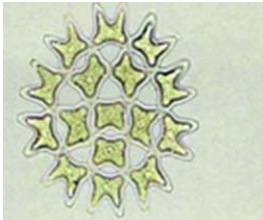


根据相应浮游藻类评价指数方程计算可得，学校西门水样 Shannon 多样性指数为 2.179，属中度污染水体；Marglef 丰富度指数为 1.440，属中度污染水体；Pielou 均匀度指数为 0.546，属轻度污染水体。总体看来，学校西门水样基本处于中度污染状态。

## 3.2 天德湖东南门水样




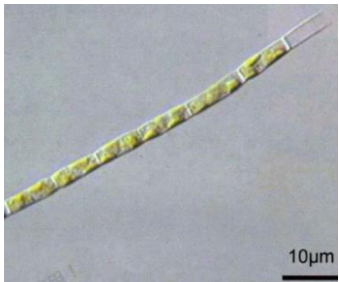

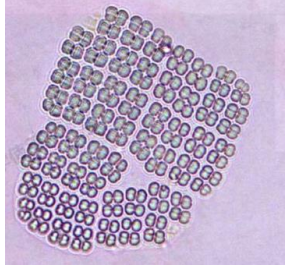





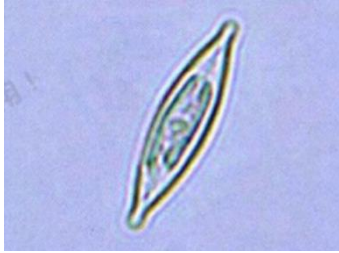
### 3.2.1 浮游藻类种属鉴别

在天德湖东南门水样中浮游藻类有以下 13 种类群，具体请见表 3.3。


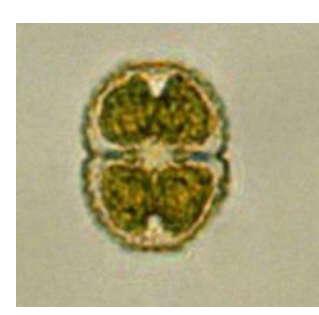


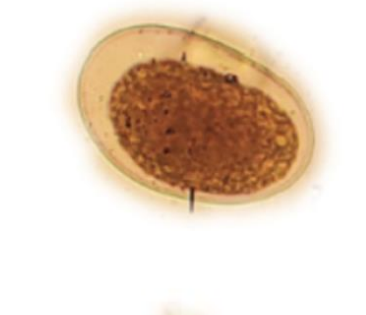




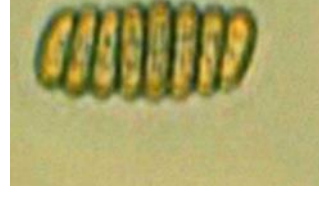
表 3.3 天德湖东南门水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
1			二角盘星藻
2			相似囊裸藻

（续）表 3.3 天德湖东南门水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
3			双头菱形藻
4			小型黄丝藻
5			优美平裂藻
6			具星小环藻
7			圆鼓藻
8			双头辐节藻

（续）表 3.3 天德湖东南门水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
9			美丽鼓藻
10			梅尼小环藻
11			球衣藻
12			尾刺囊裸藻
13			双对栅藻

### 3.2.2 浮游藻类计数

天德湖东南门水样加入计数框中的 0.1mL 样品约含有 5000 个~10000 个浮游植物细

胞，故选择对角线计数法，不分类计数结果见图 3.2，分类计数结果见表 3.4。

36									
	38								
		90							
			64						
				83					
					66				
						74			
							68		
								55	
									41

图 3.2 天德湖东南门水样对角线计数结果

表 3.4 天德湖东南门水样分类计数结果

序号	浮游藻类种属	数量	该类浮游植物细胞密度
		(个)	(cells/L)
1	二角盘星藻	18	$1.8 \times 10^4$
2	相似囊裸藻	37	$3.7 \times 10^4$
3	双头菱形藻	39	$3.9 \times 10^4$
4	小型黄丝藻	158	$1.6 \times 10^5$
5	优美平裂藻	13	$1.3 \times 10^4$
6	具星小环藻	48	$4.8 \times 10^4$
7	圆鼓藻	43	$4.3 \times 10^4$
8	双头辐节藻	56	$5.6 \times 10^4$
9	美丽鼓藻	21	$2.1 \times 10^4$
10	梅尼小环藻	45	$4.5 \times 10^4$
11	球衣藻	30	$3.0 \times 10^4$
12	尾刺囊裸藻	20	$2.0 \times 10^4$
13	双对栅藻	87	$8.7 \times 10^4$

总数 615  
浮游植物细胞密度：  
 $6.2 \times 10^6$  cells/L

天德湖东南门水样中共观测到小型黄丝藻、双对栅藻等 13 种浮游藻类。其中，小型黄

丝藻数量最多，其细胞密度为  $1.6 \times 10^5 \text{ cells/L}$ ，优美平裂藻数量最少，其细胞密度为  $1.3 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 。

### 3.2.3 浮游藻类评价指数计算


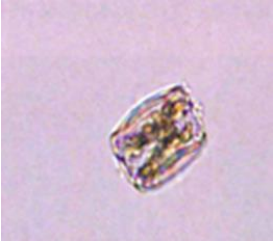
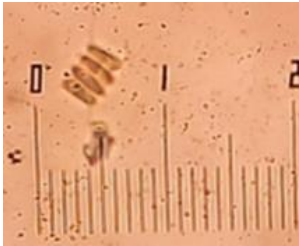
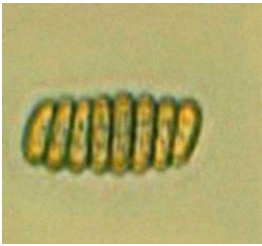
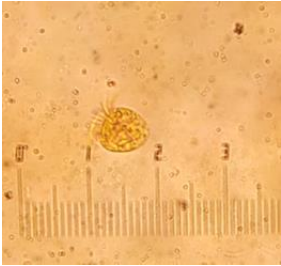



根据相应浮游藻类评价指数方程计算可得，天德湖东南门水样 Shannon 多样性指数为 2.322，属中度污染水体；Marglef 丰富度指数为 1.869，属中度污染水体；Pielou 均匀度指数为 0.362，属中度污染水体。总体看来，天德湖东南门水样基本处于中度污染状态。

## 3.3 天德湖西门水样

### 3.3.1 浮游藻类种属鉴别

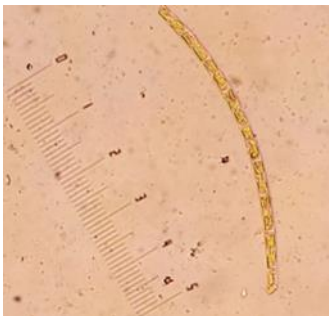
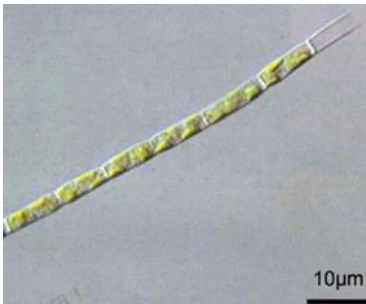






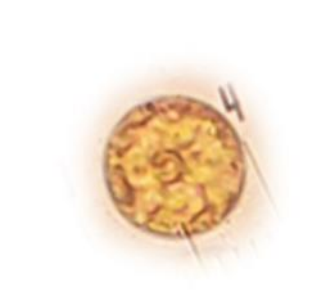

在天德湖西门水样中浮游藻类有以下 12 种类群，具体请见表 3.5。

表 3.5 天德湖西门水样定性分析

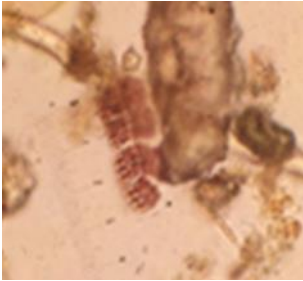
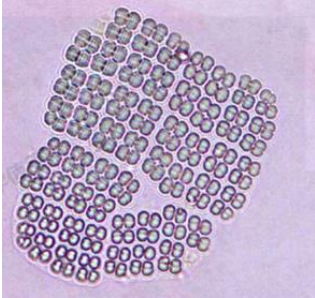

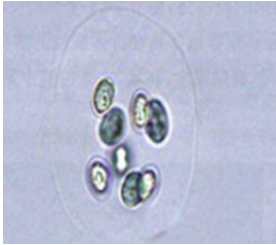

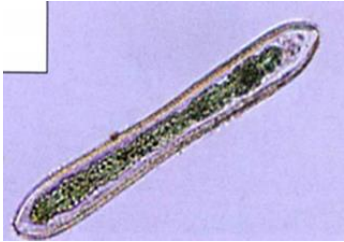
序号	显微镜成像	比对图片	种属
1			梅尼小环藻
2			双对栅藻
3			尾刺囊裸藻
4			相似裸囊藻



（续）表 3.5 天德湖西门水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
5			小型黄丝藻
6			近缘桥弯藻
7			双头辐节藻
8			圆鼓藻
9			具星小环藻

(续) 表 3.5 天德湖西门水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
10			优美平裂藻
11			湖生卵囊藻
12			草鞋型波缘藻

### 3.3.2 浮游藻类计数

天德湖西门水样加入计数框中的 0.1mL 样品约含有 500 个~10000 个浮游植物细胞，故选择行格计数法，不分类计数结果见图 3.3，分类计数结果见表 3.6。

36	32	42	44	45	40	36	31	35	28
44	43	44	51	55	36	58	55	42	39
35	41	46	43	42	47	51	46	36	29

图 3.3 天德湖西门水样行格计数结果

表 3.6 天德湖西门水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量	该类浮游植物细胞密度
			(个)	(cells/L)
总数 1252	1	梅尼小环藻	101	$1.0 \times 10^5$
	2	双对栅藻	178	$1.8 \times 10^5$
	3	尾刺囊裸藻	73	$7.3 \times 10^4$
	4	相似囊裸藻	126	$1.3 \times 10^5$
	5	小型黄丝藻	243	$2.4 \times 10^5$
	6	近缘桥弯藻	67	$6.7 \times 10^4$
	7	双头辐节藻	54	$5.4 \times 10^4$
	8	圆鼓藻	79	$7.9 \times 10^4$
浮游植物细胞密度:	9	具星小环藻	82	$8.2 \times 10^4$
$4.2 \times 10^6 \text{ cells/L}$	10	优美平裂藻	88	$8.8 \times 10^4$
	11	湖生卵囊藻	95	$9.5 \times 10^4$
	12	草鞋型波缘藻	66	$6.6 \times 10^4$

天德湖西门水样中共观测到小型黄丝藻、双对栅藻、相似囊裸藻等 12 种浮游藻类。其中,小型黄丝藻数量最多,其细胞密度为  $2.4 \times 10^5 \text{ cells/L}$ ,双头辐节藻数量最少,其细胞密度为  $5.4 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 。

### 3.3.3 浮游藻类评价指数计算

根据相应浮游藻类评价指数方程计算可得,天德湖西门水样 Shannon 多样性指数为 2.379,属中度污染水体;Marglef 丰富度指数为 1.542,属中度污染水体;Pielou 均匀度指数为 0.792,属轻度污染水体。总体看来,天德湖西门水样基本处于中度污染状态。


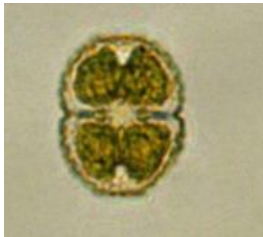

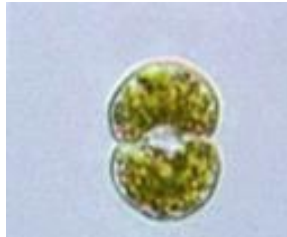








## 3.4 天禄湖北侧水样

### 3.4.1 浮游藻类种属鉴别

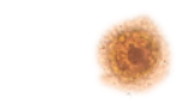
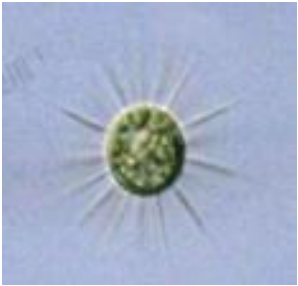





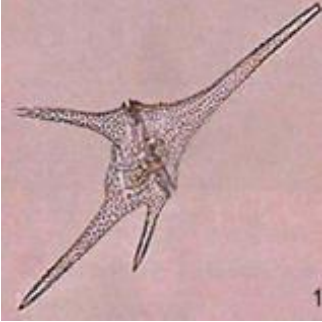

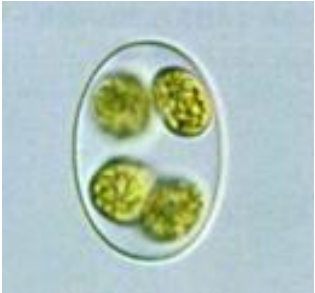
在天禄湖北侧水样中浮游藻类有以下 22 种类群,具体请见表 3.7。




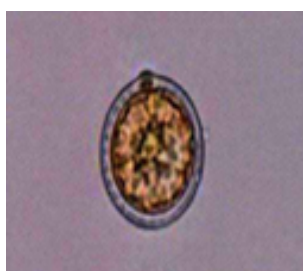





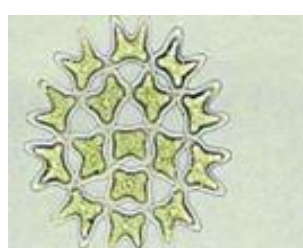




表 3.7 天禄湖北侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
1			美丽鼓藻
2			光滑鼓藻
3			双头辐节藻
4			具星小环藻
5			双对栅藻
6			简单舟型藻





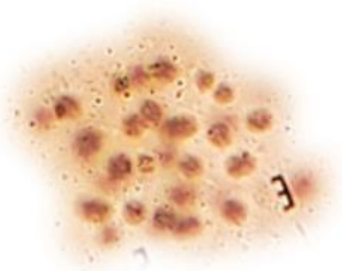
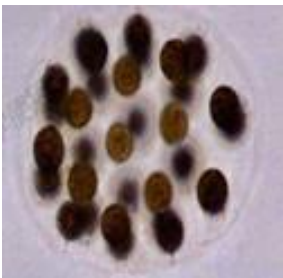



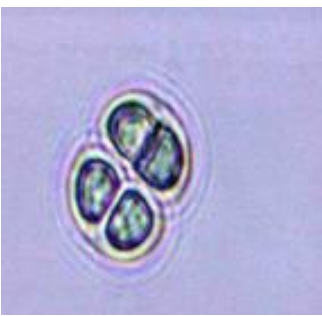
（续）表 3.7 天禄湖北侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
7			粗刺藻
8			分歧锥囊藻
9			梅尼小环藻
10			角甲藻
11			椭圆卵囊藻

（续）表 3.7 天禄湖北侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
12			科曼小环藻
13			被甲栅藻
14			颗粒直链藻最窄 变种
15			二角盘星藻
16			单生卵囊藻
17			湖生囊裸藻

（续）表 3.7 天禄湖北侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
18			矩圆囊裸藻
19			拟丝黄丝藻
20			空球藻
21			近缘桥弯藻
22			微小色球藻

## 3.4.2 浮游藻类计数

天禄湖北侧水样加入计数框中的 0.1mL 样品约含有 5000 个~10000 个浮游植物细胞，故选择对角线计数法，不分类计数结果见图 3.4，分类计数结果见表 3.8。

43									
	60								
		59							
			63						
				78					
					64				
						81			
							60		
								55	
									49

图 3.4 天禄湖北侧水样对角线计数结果

表 3.8 天禄湖北侧水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量	该类浮游植物细胞密度
			(个)	(cells/L)
浮游植物细胞密度：6.1 ×10 <sup>6</sup> cells/L	1	美丽鼓藻	23	2.3×10 <sup>4</sup>
	2	光滑鼓藻	35	3.5×10 <sup>4</sup>
	3	双头辐节藻	34	3.4×10 <sup>4</sup>
	4	具星小环藻	27	2.7×10 <sup>4</sup>
	5	双对栅藻	72	7.2×10 <sup>4</sup>
	6	简单舟型藻	18	1.8×10 <sup>4</sup>
	7	粗刺藻	21	2.1×10 <sup>4</sup>
	8	分歧锥囊藻	16	1.6×10 <sup>4</sup>
	9	梅尼小环藻	31	3.1×10 <sup>4</sup>
	10	角甲藻	34	3.4×10 <sup>4</sup>
	11	椭圆卵囊藻	11	1.1×10 <sup>4</sup>
	12	科曼小环藻	38	3.8×10 <sup>4</sup>
	13	被甲栅藻	19	1.9×10 <sup>4</sup>

（续）表 3.8 天禄湖北侧水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量	该类浮游植物细胞密度
			(个)	(cells/L)
总数 612	14	颗粒直链藻最窄变种	68	$6.8 \times 10^4$
	15	二角盘星藻	10	$1.0 \times 10^4$
	16	单生卵囊藻	13	$1.3 \times 10^4$
	17	湖生囊裸藻	17	$1.7 \times 10^4$
	18	矩圆囊裸藻	24	$2.4 \times 10^4$
浮游植物细胞密度: 6.1 $\times 10^6$ cells/L	19	拟丝黄丝藻	59	$5.9 \times 10^4$
	20	空球藻	7	$0.7 \times 10^4$
	21	近缘桥弯藻	17	$1.7 \times 10^4$
	22	微小色球藻	18	$1.8 \times 10^4$

天禄湖北侧水样中共观测到双对栅藻、颗粒直链藻最窄变种等 22 种浮游藻类。其中，双对栅藻数量最多，其细胞密度为  $7.2 \times 10^4$  cells/L，空球藻数量最少，其细胞密度为  $0.7 \times 10^4$  cells/L。

### 3.4.3 浮游藻类评价指数计算



根据相应浮游藻类评价指数方程计算可得，天禄湖北侧水样 Shannon 多样性指数为 2.620，属轻度污染水体；Marglef 丰富度指数为 3.273 属无污染水体；Pielou 均匀度指数为 0.861，属无污染水体。总体看来，天禄湖北侧水样基本处于无污染状态。

## 3.5 天禄湖南侧水样

### 3.5.1 浮游藻类种属鉴别


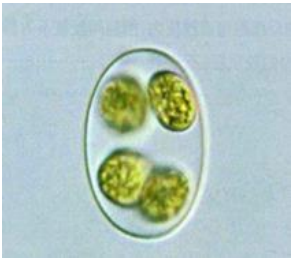




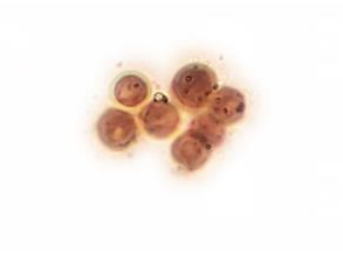



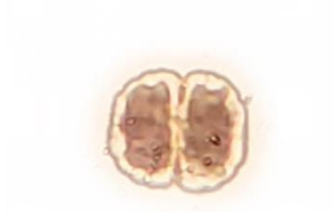
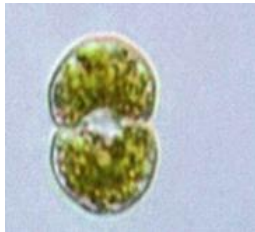
在天禄湖南侧水样中浮游藻类有以下 28 种类群，具体请见表 3.9。

表 3.9 天禄湖南侧水样定性分析






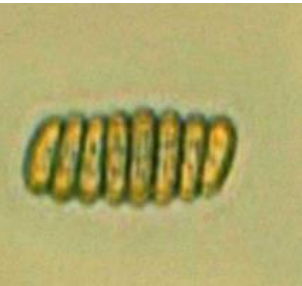






序号	显微镜成像	比对图片	种属
1			双头辐节藻



（续）表 3.9 天禄湖南侧水样定性分析


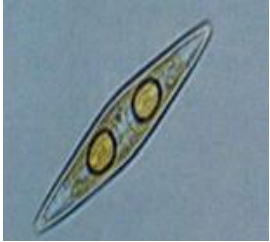





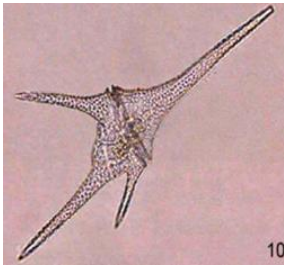


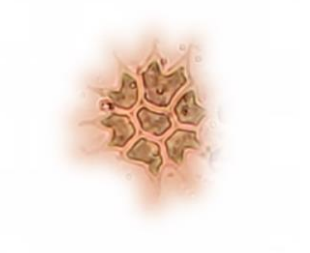
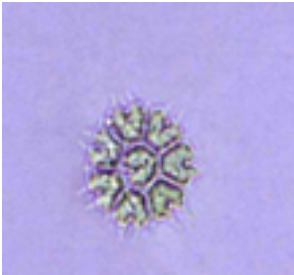
序号	显微镜成像	比对图片	种属
2			椭圆卵囊藻
3			空球藻
4			双头辐节藻（带面）
5			湖生卵囊藻
6			颗粒直链藻最窄变种
7			光滑鼓藻

（续）表 3.9 天禄湖南侧水样定性分析




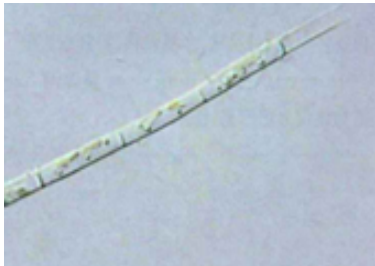








序号	显微镜成像	比对图片	种属
8			梅尼小环藻
9			谷皮菱形藻
10			双对栅藻
11			肘状针杆藻（带面）
12			卵形隐藻
13			科曼小环藻




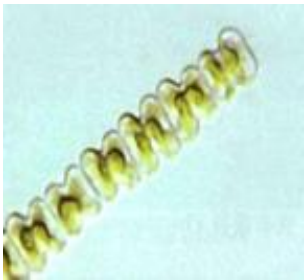



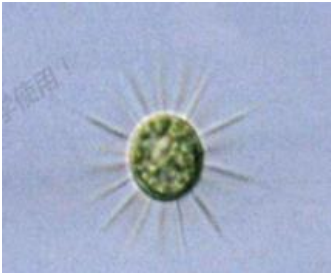
（续）表 3.9 天禄湖南侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
14			放射舟形藻
15			纤细异极藻
16			粗壮双菱藻（带面）
17			角甲藻
18			美丽鼓藻
19			四角盘星藻

（续）表 3.9 天禄湖南侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
20			圆鼓藻
21			近缘黄丝藻
22			微小色球藻
23			卵圆双眉藻
24			截头囊裸藻
25			坡伦桥弯藻

（续）表 3.9 天禄湖南侧水样定性分析

序号	显微镜成像	比对图片	种属
26			平顶顶接鼓藻
27			环丝藻
28			粗刺藻

### 3.5.2 浮游藻类计数

天禄湖南侧水样加入计数框中的 0.1mL 样品约含有 1500 个~5000 个浮游植物细胞，故选择行格计数法，不分类计数结果见图 3.5，分类计数结果见表 3.10。

27	29	42	39	45	72	58	44	41	32
22	28	40	28	46	55	64	58	63	41
35	48	49	61	57	49	51	37	39	19

图 3.5 天禄湖南侧水样行格计数结果

表 3.10 天禄湖南侧水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量	该类浮游植物细胞密度
			(个)	(cells/L)
总数 1319	1	双头辐节藻	47	$4.7 \times 10^4$
	2	椭圆卵囊藻	35	$3.5 \times 10^4$
	3	空球藻	19	$1.9 \times 10^4$
	4	双头辐节藻（带面）	43	$4.3 \times 10^4$
	5	湖生卵囊藻	39	$3.9 \times 10^4$
	6	颗粒直链藻最窄变种	84	$8.4 \times 10^4$
	7	光滑鼓藻	26	$2.6 \times 10^4$
	8	梅尼小环藻	41	$4.1 \times 10^4$
	9	谷皮小环藻	16	$1.6 \times 10^4$
	10	双对栅藻	108	$1.1 \times 10^5$
	11	肘状针杆藻（带面）	112	$1.1 \times 10^5$
	12	卵形隐藻	27	$2.7 \times 10^4$
	13	科曼小环藻	90	$9.0 \times 10^4$
	14	放射舟形藻	36	$3.6 \times 10^4$
	15	纤细异极藻	22	$2.2 \times 10^4$
	16	粗壮双菱藻（带面）	86	$8.6 \times 10^4$
	17	角甲藻	25	$2.5 \times 10^4$
	18	美丽鼓藻	50	$5.0 \times 10^4$
	19	四角盘星藻	28	$2.8 \times 10^4$
	20	圆鼓藻	35	$3.5 \times 10^4$
	21	近缘黄丝藻	48	$4.8 \times 10^4$
	22	微小色球藻	17	$1.7 \times 10^4$
	23	卵圆双眉藻	59	$5.9 \times 10^4$
	24	截头囊裸藻	30	$3.0 \times 10^4$
	25	坡伦桥弯藻	43	$4.3 \times 10^4$
浮游植物细胞密度： $4.4 \times 10^6$ cells/L				

(续) 表 3.10 天禄湖南侧水样分类计数结果

	序号	浮游藻类种属	数量 (个)	该类浮游植物细胞密度
				(cells/L)
总数 1319	26	平顶顶接鼓藻	61	$6.1 \times 10^4$
浮游植物细胞密	27	环丝藻	45	$4.5 \times 10^4$
度: $4.4 \times$	28	粗刺藻	47	$4.7 \times 10^4$
$10^6 \text{ cells/L}$				

天禄湖南侧水样中共观测到肘状针杆藻（带面）、双对栅藻等 28 种浮游藻类。其中，肘状针杆藻（带面）数量最多，其细胞密度为  $1.1 \times 10^5 \text{ cells/L}$ ，谷皮小环藻数量最少，其细胞密度为  $1.6 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 。

### 3.5.3 浮游藻类评价指数计算

根据相应浮游藻类评价指数方程计算可得，天禄湖南侧水样 Shannon 多样性指数为 3.194，属无污染水体；Marglef 丰富度指数为 3.758，属无污染水体；Pielou 均匀度指数为 0.969，属无污染水体。总体看来，天禄湖南侧水样基本处于无污染状态。

## 3.6 小结

泰州城区水体浮游藻类评价指数与水体水质的关系详见表 3.11。

表 3.11 地表水浮游藻类评价指数及水质状况评价

样品编号	采样地点	浮游藻类细胞密度 cells/L	藻类种类总数	水体水质情况
1	学校西门	$2.6 \times 10^5$	10	中度污染
2	天德湖东南门	$6.2 \times 10^6$	13	中度污染
3	天德湖西门	$4.2 \times 10^6$	12	中度污染
4	天禄湖北侧	$6.1 \times 10^6$	22	无污染
5	天禄湖南侧	$4.4 \times 10^6$	28	无污染

结合浮游藻类鉴别结果及评价指数可知，水体水质状况与浮游植物种类和数量息息相关。其中，水质较差的水样中浮游植物种类少，而水质较好的水样中浮游藻类的类型明显增多。在本次实验中，可以看出，学校西门的水质较差，其中浮游植物的种类最少，很可能是因为学校西门水系连通校外，采样时西门外正处于施工状态，加之附近居民区繁多，人口密集，造成水体污染。相比之下，天禄湖两个采样点的水体水质情况都比较良好，经现场观测，该地区水流清澈见底，这得益于采样时天气状况晴朗，且该地区地理位置较偏

僻，人烟稀少，生态良好。而天德湖虽属于生态公园，但两个采样点的水样都处于中度污染状态，很可能是因为采样时属阴雨天气，受降雨等因素的影响，湖岸周边枯枝落叶、建筑垃圾等随雨水冲刷进入湖泊，造成水体污染。

## 结束语

随着社会和经济的进一步发展，人类活动对水环境所造成的影响显著加剧，其污染物质加速了水域生态系统富营养化的进程。自 20 世纪 90 年代起，我国淡水体系中富营养化的状态开始加速发展，湖泊、水库和河流等水体频繁深受藻类水华灾害的侵扰<sup>[18]</sup>。藻类作为湖泊中的主要初级生产者，在维持水生态系统稳定性方面具有突出地位，因此，对藻类种类和数量的调查是了解湖泊营养状况及水质评价的常用方法之一<sup>[19, 20]</sup>。

本实验通过对水样中浮游藻类进行定性定量分析，并计算 Shannon-Winner 多样性指数、Marglef 丰富度指数以及 Pielou 均匀度指数来判断水体水质情况。实验可得，水体水质情况与水体中的浮游藻类种类和数量息息相关，水质较好的水体中浮游植物种类数量明显增多。结果显示，学校西门水样和天德湖两处采样点的水样处于中度污染状态，前者很可能是周边施工以及人类活动频繁造成的，后者可能是雨水冲刷，导致污染物进入湖泊造成的。显然，地理位置、人类活动情况，甚至是天气状况都对水体水质状况有所影响。

当前，随着科学技术的迅速发展，有关浮游植物的研究手段和方法不断被创新，同时，相应的评价标准也在不断完善。我们有理由相信，未来的浮游植物调查手段将会得到进一步提升，对浮游藻类以及水体水质状况的探究也必将更加深入广泛，从而推动整个水生态系统的研究迎来新的突破与进展。

## 致 谢

青葱四年，落笔为终。

亲人之教，得以成才。感谢漫漫求学路上父母家人为我付出的一切，让我在求取知识的道路上没有后顾之忧，一往直前。

师长易遇，人师难求。在大学四年最后的关键时刻，我非常庆幸遇到了王双老师，感谢王双老师的包容和耐心，解答我的困惑，顺利完成了我的毕业设计。同时，为我未来的求学生涯指明方向，让我如梦初醒。

山水一程，三生有幸。感谢我的朋友们，我们从五湖四海来，到四面八方去，惟愿友谊长存。

最后，感谢平凡而坚定的自己，请继续向前跑，慌乱而期盼着，奔向灿烂的未来！

亲爱的大家，山长水远，万事胜意。



## 参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 田虹, 杨德春, 张燕. 云南昭通鲁甸县浮游藻类多样性研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49 (3) : 55~58.
- [3] 王全喜. 中国淡水藻志: 第 11 卷[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] REYNOLDS C S. Phytoplankton assemblages and their periodicity instratifying lake systems[J]. Holarctic Ecology, 1980, 3 (3) : 141~159.
- [5] 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.
- [6] 郑诚, 陆开宏, 徐镇, 等. 四明湖水库浮游植物功能类群的季节演替及其影响因子[J]. 环境科学, 2018, 39 (6) : 2688~2697.
- [7] 周云龙. 淡水水域浮游植物调查的方法[J]. 生物学通报, 1984, 2: 15~18.
- [8] 赵洋甬, 马静军, 肖国起. 微囊藻细胞计数法研究[J]. 福建 分析测试. 2010. 19 (3) : 76~78.
- [9] 张榆霞, 金玉, 施择, 等. 富营养化水体藻类显微镜计数方法改进研究[J]. 福建分析测试, 2014, 23 (1) : 13~16.
- [10] 吴朝, 张庆国. 淡水浮游生物多样性及数量分析方法研究进展[J]. 安徽农学通报 2009, 15 (12) : 41~42.
- [11] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落分析 I 物种多样性[J]. 生态科学, 1983, (2) : 68~104.
- [12] 柳丽华. 黄海及长江口毗邻海域浮游植物群落结构和多样性分析[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2004.
- [13] 庄道阔. 镜泊湖流域浮游植物群落和功能类群特征及水质评价[D]. 保定: 河北大学, 2015.
- [14] 秦娇娇, 王艳. 浮游植物多样性指数的应用及评价[J]. 沈阳师范大学学报 (自然科学版), 2014, 32 (4) : 502~505.
- [15] 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, 5.
- [16] 周凤霞, 陈建虹. 淡水微生物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [17] HJ/T 1216-2021, 水质 浮游植物的测定 0.1mL 计数框-显微镜计数法[S].

- [18] 赵孟绪. 水库藻类监测原理与方法分析[J]. 广东水利水电, 2010, 8: 61~63.
- [19] 张秋劲, 何冬琼, 于飞等. 四川省重点流域浮游植物群落调查研究[J]. 中国环境监测, 2012, 28 (5) : 53~56.
- [20] 况琪军, 马沛明, 胡征宇等. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J]. 安全与环境学报, 2005, 5 (2) : 87~91.