

# 古黄河宿迁段水生态现状及生态评价

徐季雄<sup>1</sup>, 尹子龙<sup>1</sup>, 杨源浩<sup>1</sup>, 丰 叶<sup>1</sup>, 肖 鹏<sup>1</sup>, 王明明<sup>2</sup>

(1. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017; 2. 宿迁市水务局, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:**通过 2019 年春、夏、秋、冬 4 次对古黄河宿迁段的水生态调查和评价来了解该河段面临的生态环境问题。通过 Shannon – Wiener 多样性指数评价, 判断浮游植物、浮游动物、着生藻类和底栖动物污染水平。

**关键词:**生态调查; 生态评价; 古黄河

中图分类号: X52

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)09-0050-06

## Water ecology status and ecological evaluation in Suqian Reach of the Ancient Yellow River

XU Jixiong<sup>1</sup>, YIN Zilong<sup>1</sup>, YANG Yuanhao<sup>1</sup>, FENG Ye<sup>1</sup>, XIAO Peng<sup>1</sup>, WANG Mingming<sup>2</sup>

(1. Hydraulic Science and Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China;

2. Suqian Water Conservancy Bureau, Suqian 223800, China)

**Abstract:** The water ecological survey and evaluation in the Suqian section of the ancient Yellow River were conducted in spring, summer, autumn and winter in 2019 to understand the ecological and environmental problems. The pollution levels of phytoplankton, zooplankton, zoonotic algae and benthic animals were evaluated by Shannon – Wiener diversity index.

**Key words:** ecological survey; ecological evaluation; the Ancient Yellow River

水生态监测主要研究水生生物对水环境和水体污染过程的反应, 以及人为干扰与生态环境变化的关系, 分析引起湖泊、河流生态环境变化的干扰因素与作用、水环境、水质发展趋势, 为受损生态系统的恢复和重建、人与自然关系的协调、生态系统保护以及可持续发展提供科学依据。水生态监测与水体理化因子的监测相比, 具有明显的优越性。水体理化因子的监测侧重于分析污染物种类、浓度及污染物总量的控制, 虽然对污染物的种数和数量可以比较快速而灵敏地分析测试出来, 但是对于污染物产生水环境的不良影响、对水生生物产生的危害作用及其后生物效应、直至对人类的影响往往无法测出的。应用生物监测方法, 可以直接检测和评价出生态系统已经发生的变化和影响, 能全面指示

出水生态系统的健康与否<sup>[1]</sup>。

古黄河宿迁段为古黄河在宿迁境内的河段。近年来, 随着经济发展、城市化水平的提高和湖滨带的开发, 水环境呈现恶化趋势, 这不仅影响本区域社会经济发展, 而且关系到相关水系的水质<sup>[2]</sup>。

## 1 研究区域

### 1.1 研究区域概况

古黄河指位于淮河流域北部黄河故道。自河南省兰考北朝东南方向, 过民权县、商丘市北, 安徽省砀山县北, 江苏省徐州市北, 经宿迁市南, 淮安市北, 再折向东北方向, 过涟水县南, 滨海县北, 由大淤尖村入黄海。后文中提及的古黄河均指代古黄河宿迁段。起点为古黄河与徐洪河的交界处, 讫点

收稿日期: 2021-03-08

基金项目: 江苏省水利科技项目(2020040, 2020072-1)

作者简介: 徐季雄(1989—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事水生态与环境工作。E-mail: 314877468@qq.com

为宿迁与淮安交界处<sup>[2-3]</sup>。

1.2 采样点设置

根据古黄河宿迁段的形状、出入河支流和行政区分布情况,共设置 6 个采样点,见图 1。

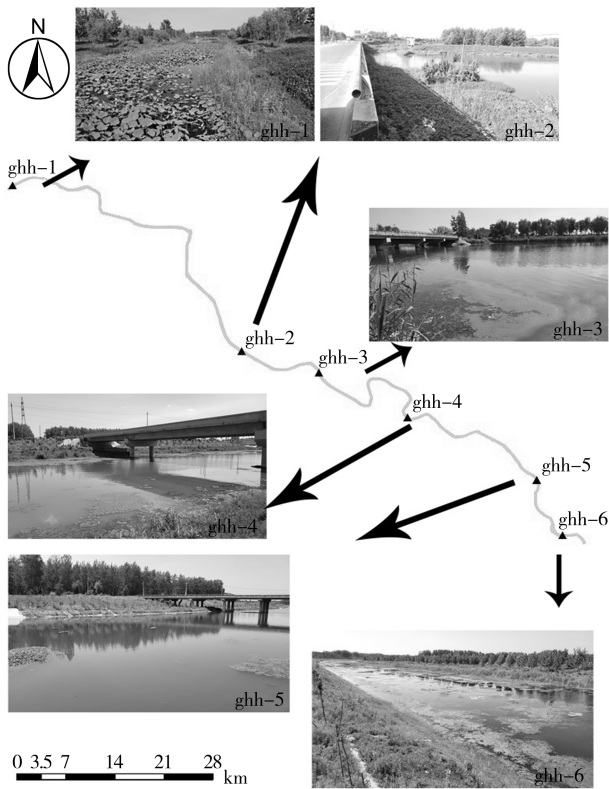


图 1 古黄河宿迁段生态监测点位  
各采样具体位置及坐标见表 1。

范》(SL219—2013)等资料。其中水生高等植物为现场观测和鉴定种类,浮游植物、浮游动物、底栖动物和着生藻类为现场采集以及实验室定性和定量监测<sup>[4]</sup>。监测时间按照冬、春、夏、秋季节选在 2019 年的 2 月、5 月、8 月和 11 月 4 个月份分别代表<sup>[5]</sup>。

2.3 评价方法

浮游植物、浮游动物、底栖动物和着生藻类的生态评价均采用 Shannon - Wiener 多样性指数。优势种的选取通过计算优势度值,大于 0.02 为优势种<sup>[6]</sup>。

Shannon - Wiener 多样性指数  $H$ :

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

优势度  $Y$ :

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i$$

式中: $n_i$  为第  $i$  种浮游植物的个体数; $N$  为总个体数; $S$  为样品中总种类数; $f_i$  为第  $i$  种在各样点出现的频率。

3 结果与分析

3.1 水生高等植物

古黄河宿迁段共鉴定大型水生植物共计 17 种,分别隶属于 13 科。按生活型分,有挺水植物 6 种,沉水植物 5 种,浮叶植物 3 种,漂浮植物 3 种。

表 1 采样点位置和坐标

采样点	位置	坐标
ghh - 1	宿迁市宿豫区朱海九组桥上(靠近徐洪河)	118°1'58"E, 34°0'39"N
ghh - 2	宿迁市宿城区 S325(黄河南路)	118°21'14"E, 33°48'34"N
ghh - 3	宿迁市泗阳县洋郑路	118°27'12"E, 33°46'53"N
ghh - 4	宿迁市泗阳县废黄河大桥(黄庄附近)	118°33'56"E, 33°43'30"N
ghh - 5	宿迁市泗阳县庄卢线,李口闸附近	118°43'58"E, 33°38'37"N
ghh - 6	宿迁市泗阳县废黄河大桥(新建线,靠近淮安)	118°45'58"E, 33°34'20"N

2 研究方法

2.1 监测指标

古黄河水生态监测的指标包括水生高等植物、浮游植物、浮游动物、底栖动物和着生藻类。

2.2 监测方法与时间

各指标的监测方法主要参考《水环境监测规

ghh - 1 河岸主要为软质护岸,两岸有农业废弃物、生活垃圾和秸秆焚烧,该点水位较浅,水流较缓。该点共鉴定水生高等植物包括菹草、芦苇、美人蕉、荇菜、莲、香蒲、黄花鸢尾和菱。其中主要优势种为菹草和芦苇。ghh - 2 河岸主要为软质护岸,水位较高,两岸有农业种植,河中可见围网。该点共鉴定水生高等植物包括菹草、芦苇、空心莲子草、菱、稗、

水鳖和香蒲。ghh-3 河岸大部分为生态砖护岸,两岸水流连通性较好。该点共鉴定水生高等植物包括芦苇、菹草、菱、芡实、苦草、穗状狐尾藻、香蒲和竹叶眼子菜。ghh-4 河岸为生态砖护岸。该点共鉴定水生高等植物包括芦苇、菹草、菱、水鳖、空心莲子草、稗、金鱼藻、菱和龙须眼子菜。ghh-5 该点位于李口闸附近,两岸为硬质护岸。该点共鉴定水生高等植物包括芦苇、穗状狐尾藻、浮萍、水鳖和金鱼藻。ghh-6 两岸为软质护岸。该点共鉴定水生高等植物包括芦苇、金鱼藻、芡实、苦草、穗状狐尾藻和龙须眼子菜。

通过全年四季的监测可以得到古黄河宿迁段沿岸主要以挺水植物为主,其中芦苇和空心莲子草为主要优势种,而河中主要以沉水植物为主,其中菹草为主要优势种。

### 3.2 浮游植物

2019 年古黄河宿迁段共鉴定浮游植物 48 种(属),其中蓝藻门 19 种(属)、硅藻门 11 种(属)、绿藻门 11 种(属)、裸藻门 2 种(属)、甲藻门 2 种(属)、隐藻门 2 种(属)、金藻门 1 种(属)。

古黄河宿迁段浮游植物细胞丰度和群落组成的季节差异比较明显,见图 2 和图 3。春季古黄河各点浮游植物丰度在  $8.17 \times 10^5 \sim 3.59 \times 10^7$  cells/L 之间,平均丰度为  $1.34 \times 10^7$  cells/L。通过优势度计算得到春季优势种为十字藻属、平裂藻

属、隐藻属的种类;夏季古黄河各点浮游植物丰度在  $6.87 \times 10^6 \sim 1.66 \times 10^8$  cells/L 之间,平均丰度  $7.01 \times 10^7$  cells/L。夏季优势种除了蓝藻门的伪鱼腥藻属、平裂藻属和束丝藻属,还包括硅藻门的针杆藻属和舟型藻属的种类;秋季古黄河各点浮游植物丰度在  $1.42 \times 10^6 \sim 1.143 \times 10^8$  cells/L 之间,平均丰度  $3.28 \times 10^7$  cells/L。秋季优势种包括隐藻属、伪鱼腥藻属、束丝藻属、蓝隐藻属的种类;冬季古黄河各点浮游植物丰度在  $1.46 \times 10^5 \sim 2.38 \times 10^6$  cells/L 之间,平均丰度  $1.22 \times 10^6$  cells/L。冬季优势种包括锥囊藻属的种类。

古黄河宿迁段浮游植物丰度季节变化显示春季进入夏季以后,浮游植物丰度显著增高,春季由绿藻门、蓝藻门和隐藻门为主要组成的浮游植物群落逐渐转向为夏季蓝藻门和硅藻门为主要的浮游植物群落,在夏季达到该年丰度的最大值。进入秋、冬季浮游植物丰度逐渐减少,浮游植物群落组成也逐渐演替成为蓝藻门和隐藻门为主要的结构,符合常规的河湖浮游植物季节演替的规律。空间上,古黄河宿迁的浮游植物丰度由于受到不同环境因素的影响,上游至下游并未出现显著的规律。只有靠近徐洪河的 ghh-1 在除了夏季之外,其他季节浮游植物丰度均为各点最高,这可能与该点所在河段水位低,连通差有关。

### 3.3 浮游动物

2019 年古黄河宿迁段共鉴定浮游动物 60 种,

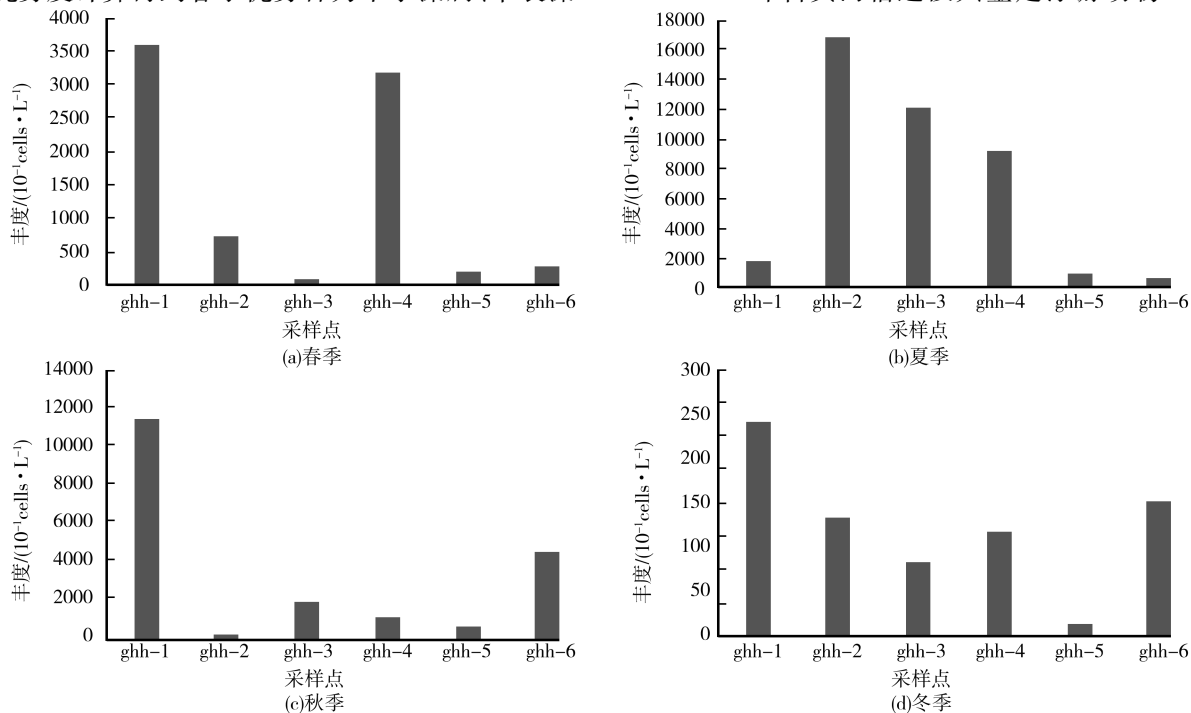


图 2 各季节古黄河浮游植物丰度空间分布

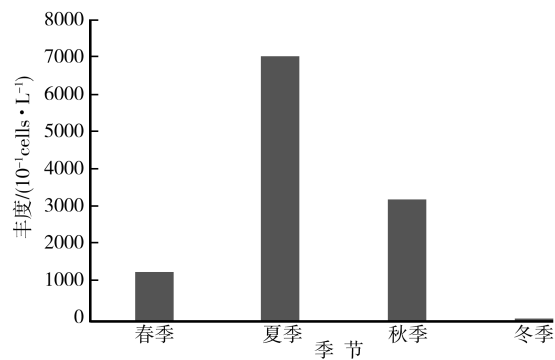


图 3 古黄河浮游植物丰度季节变化

其中原生动物 18 种、轮虫 23 种、枝角类 10 种和桡足类 9 种。

浮游动物年平均数量为 1 946 个/L,其中,密度上原生动物占明显优势,为 1 610 个/L,而轮虫、枝角类和桡足类分别为 282 个/L、35 个/L 和 20 个/L。浮游动物各类群密度百分比见图 4。

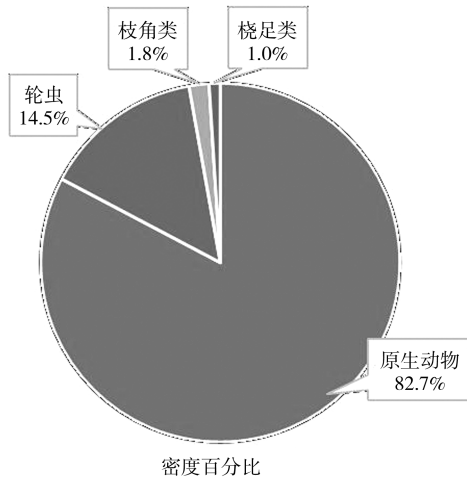


图 4 古黄河浮游动物各类群密度百分比

2019 年古黄河浮游动物密度空间分布见图 5。年平均密度最高出现在河道北部 (ghh - 1: 2 439 个/L), 最低出现在河道南部 (ghh - 6: 1 215 个/L), 整体呈现自上游至下游, 密度逐渐减小的趋势。

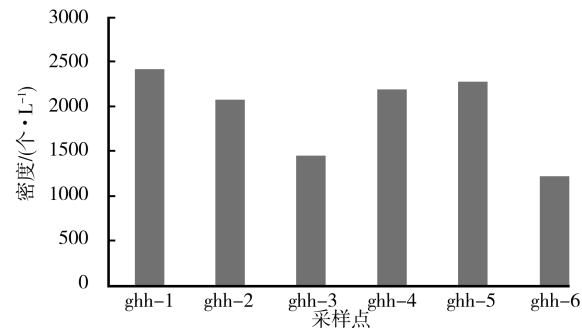


图 5 古黄河各点位浮游动物密度

从密度的季节变化来看,其最高峰出现在春季

(881 个/L),随后夏季降低了 23.6% (673 个/L),秋季密度最低 (120 个/L),冬季密度略高秋季 (273 个/L)。

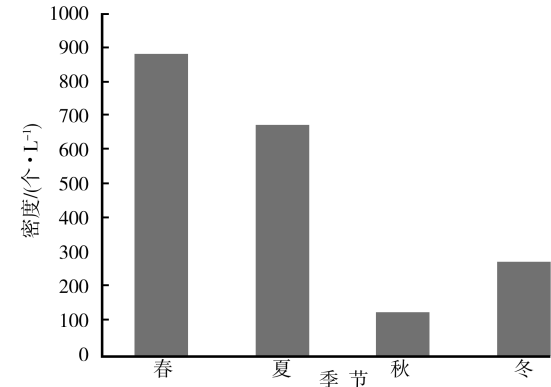


图 6 古黄河浮游动物密度季节变化

3.4 底栖动物

2019 年古黄河宿迁段共鉴定底栖动物 12 种 (表 2),属于 4 个纲,其中昆虫纲与腹足纲种类较多,均发现 5 种,分别占比总物种数的 41.7%;寡毛纲与甲壳纲物种数较少,均只发现一种,分别占比

表 2 古黄河底栖动物密度

种类	分类	密度/(个·m <sup>-2</sup> )
寡毛纲		
克拉泊水丝蚓	<i>Limnodrilus claparedeianus</i>	0.81
甲壳纲		
秀丽白虾	<i>Exopalaemon modestus</i>	6.99
昆虫纲		
蜻属	<i>Libellulidae</i>	0.40
黄色羽摇蚊	<i>Chironomus flaviplumus</i>	12.23
红裸须摇蚊	<i>Prosilocerus akamusi</i>	33.87
分齿恩非摇蚊	<i>Einfeldia dissidens</i>	0.13
小云多足摇蚊	<i>Polypedilum nubeclosum</i>	0.27
腹足纲		
梨形环棱螺	<i>Bellamya purrificata</i>	23.92
中华圆田螺	<i>Cipangopaludina cathayensis</i>	2.02
小田螺	<i>Viviparus</i>	1.08
狭萝卜螺	<i>Radixlagotis</i>	0.13
椭圆萝卜螺	<i>Radixwinhoei</i>	0.40

8.3%。总体而言,古黄河底栖动物种类丰富度不高,均为常见种类。根据优势度计算结果表明古黄河 2019 年的底栖动物优势种主要为梨形环棱螺、红裸须摇蚊、中华圆田螺和黄色羽摇蚊。

2019 年古黄河底栖动物密度分布格局如图 7 所示。各样点底栖动物年均密度介于 8.1 ~ 163.7 个/m<sup>2</sup>,平均值为 82.3 个/m<sup>2</sup>,密度最高值出现在古黄河的 ghh-3 采样点,密度最低值出现在古黄河的 ghh-5 采样点。

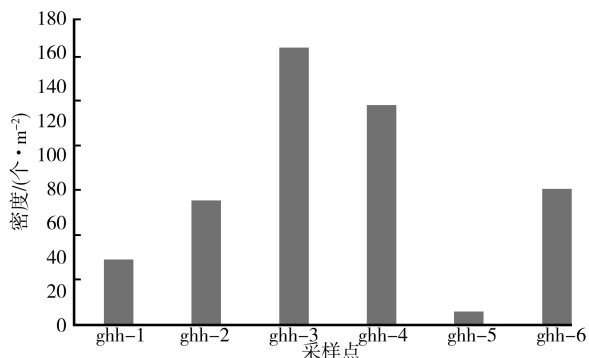


图7 古黄河底栖动物密度空间变化

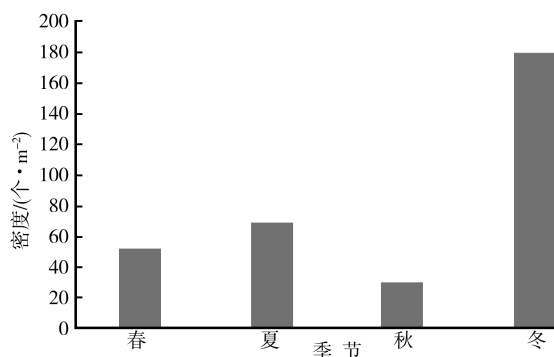


图8 古黄河底栖动物密度季节变化

2019 年古黄河底栖动物密度季节变化如图 8 所示。其中生物密度最高值为冬季的 178 个/m<sup>2</sup>,最低值为秋季的 30 个/m<sup>2</sup>。

### 3.5 着生藻类

2019 年古黄河宿迁段共鉴定着生藻类 96 种(属),其中蓝藻门 16 种(属)、硅藻门 29 种(属)、绿藻门 40 种(属)、裸藻门 7 种(属)、隐藻门 1 种(属)、金藻门 3 种(属)、黄藻门 3 种(属)。

古黄河着生藻类丰度和群落组成的季节差异比较明显。春季古黄河各点着生藻类丰度在  $2.58 \times 10^4 \sim 9.89 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup> 之间,平均丰度为  $5.97 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup>,通过优势度计算得到春季着生藻类优势种为点形平裂藻属、颤藻属、曲壳藻属、四尾栅藻属、伪鱼腥藻属的种类;夏季古黄河各点着生藻类丰度在  $1.55 \times 10^4 \sim 10.80 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup> 之

间,平均丰度  $10.10 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup>,夏季,蓝藻是主要的优势种,例如伪鱼腥藻属、平裂藻属、颤藻属和席藻属的种类,其他的优势属还包括硅藻门的针杆藻属的种类;秋季古黄河各点着生藻类丰度在  $0.77 \times 10^4 \sim 12.48 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup> 之间,平均丰度为  $3.46 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup>,优势种包括四足十字藻属、栅藻藻属、颤藻属、平裂藻属的种类;冬季古黄河各点着生藻类丰度在  $1.20 \times 10^4 \sim 5.99 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup> 之间,平均丰度最低为  $1.21 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup>,优势种包括舟形藻属、脆杆藻属、针杆藻属、颤藻属和伪鱼腥藻属的种类,见图 9 和图 10。

### 3.6 古黄河生态评估

2019 年古黄河宿迁段浮游植物 Shannon - Wiener 多样性指数年均值为 1.78,说明古黄河总体处于中污染水平。浮游动物的 Shannon - Wiener 生物多样性指数年平均值为 1.94,评价同样处于中污染状态,其中古黄河北部多样性年平均值较高(ghh-1, 2.11),古黄河南部水域次之;浮游动物多样性年均值最低出现在古黄河中部水域(ghh-3, 1.73)。古黄河底栖动物 Shannon - Wiener 指数各样点得分处于 0.5 ~ 2.0 范围内,整体处于中 - 重污染状态。底栖动物 Shannon - Wiener 指数最低值出现在 ghh-5 采样点,该样点位于李口闸附近,处于重度污染状态,这可能与该区域护坡均为硬质护坡,不利于底栖动物生长有关;指数最高值出现在 ghh-2 采样点,该点位于宿迁市宿城区 S325(黄河南路)附近。古黄河着生藻类多样性指数平均值为 1.90(1.87 ~ 1.95),不同点位之间多样性指数均值差异不大,评价为中污染水平。

通过 Shannon - Wiener 多样性指数的计算,从浮游植物、浮游动物和着生藻类的可判断 2019 年古黄河宿迁段处于中污染水平河流。古黄河宿迁段底栖动物多样性较低,可判断为中 - 重污染水平河流。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

2019 年古黄河宿迁段共鉴定水生高等植物共计 17 种,分别隶属于 13 科。按生活型分,有挺水植物 6 种,沉水植物 5 种,浮叶植物 3 种,漂浮植物 3 种。优势种为芦苇、空心莲子草和菹草。

浮游植物共鉴定 48 种(属),其中蓝藻门 19 种(属)、硅藻门 11 种(属)、绿藻门 11 种(属)、裸藻门 2 种(属)、甲藻门 2 种(属)、隐藻门 2 种(属)、金藻

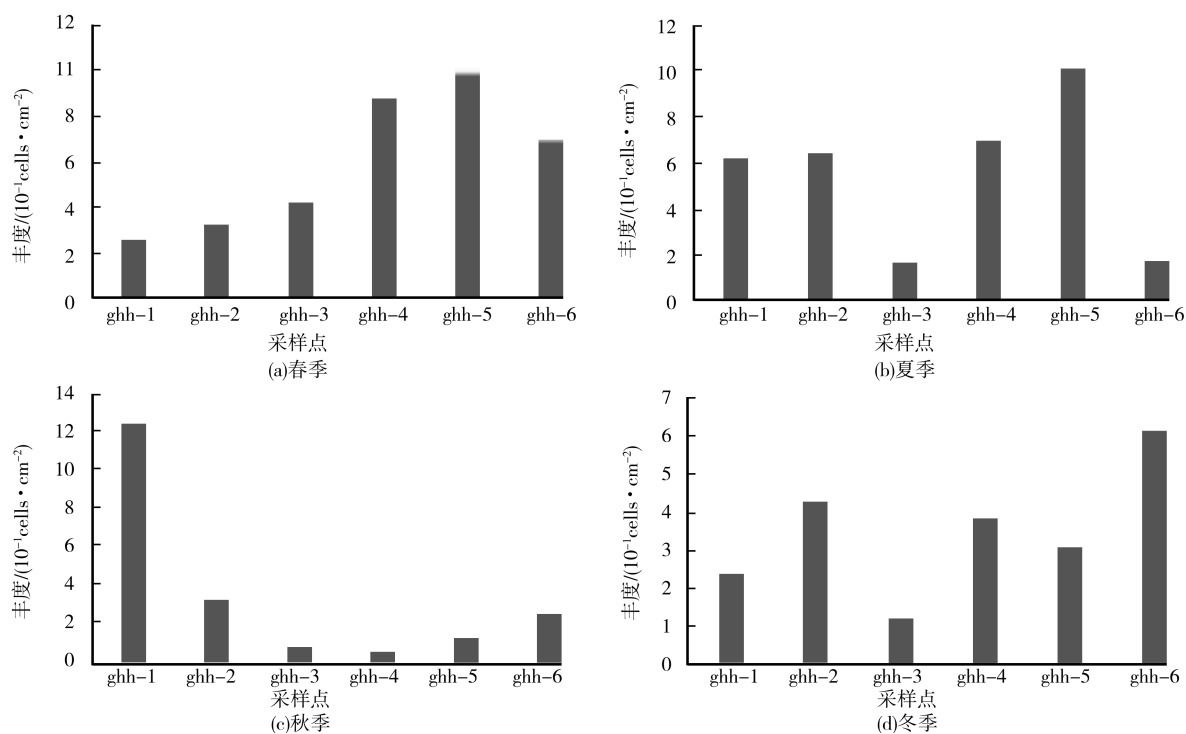


图9 各季节古黄河着生藻类丰度空间分布

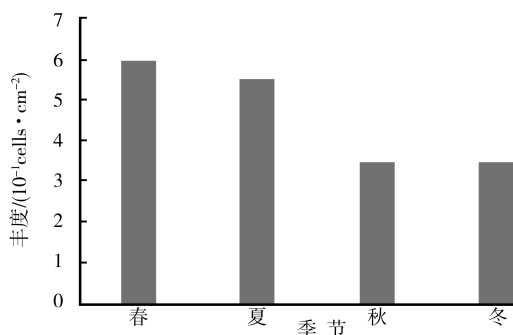


图10 古黄河着生藻类丰度季节变化

门1种(属)。浮游植物丰度季节变化显示夏季为当年的最高值,进入秋季以后减少,冬季为最低值。丰度的空间分布显示靠近上游的 ghh-1 点的丰度在春、秋、冬季均为最高值,夏季的时候 ghh-2 丰度值最高,年平均丰度  $2.94 \times 10^7$  cells/L。

浮游动物共鉴定60种,其中原生动物18种、轮虫23种、枝角类10种和桡足类9种。浮游动物年平均密度为1946个/L,各点位空间分布不均匀,年平均密度最高出现在河道北部,最低出现在河道南部。密度较高的点位是 ghh-5,最低出现在 ghh-3。从密度方面看,其最高峰出现在春季,秋季密度最低。

底栖动物共鉴定克拉泊水丝蚓、秀丽白虾、蜻属、黄色羽摇蚊、红裸须摇蚊、分齿恩非摇蚊、小云多足摇蚊、梨形环棱螺、中华圆田螺、小田螺、狭萝卜螺、椭圆萝卜螺等12种底栖动物。密度最高值

为冬季的178个/m<sup>2</sup>,最低值为秋季的30个/m<sup>2</sup>,平均值为82.3个/m<sup>2</sup>。

着生藻类共鉴定7门96种(属),其中蓝藻门16种(属)、硅藻门29种(属)、绿藻门40种(属)、裸藻门7种(属)、隐藻门1种(属)、金藻门3种(属)。着生藻类丰度的空间分布均显示季节差异比较明显,在夏、秋、冬季着生藻类丰度空间分布显示最高值出现古黄河北部,最低值出现古黄河中部。春季丰度最高值均出现在古黄河的东南部、最低值均出现在古黄河的中部。着生生物丰度的季节变化显示春季为丰度最高的季节,年平均丰度  $5.19 \times 10^4$  cells/L<sup>[7]</sup>。

基于多个水生生物类群的监测结果,可判断古黄河处于中—重污染水平河流<sup>[8]</sup>。

#### 4.2 建议

为有效保护古黄河宿迁段的水生态系统,使其资源开发走上可持续发展的良性循环轨道,建议采取如下措施:(1)削减外源,减少支流污染的汇入,富营养化是导致古黄河水生态系统衰退的重要原因之一、过多的外源营养物质进入水体,在适宜的条件下会增大水华爆发的风险<sup>[9]</sup>。(2)清理打捞河道垃圾,加强河道水面及河道管理范围内保洁,营造干净整洁的河道环境(3)对重点污染河道底泥进行清理,防止底泥中的污染物对水环境造成不利影响<sup>[10]</sup>。

(下转第65页)