

洛河东湖水生生物现状调查及水质评价

李学军,杨俊,顾钱洪,张曼

(河南师范大学 水产学院,河南 新乡 453007)

摘要:洛河东湖是洛阳市水生态文明城示范区的重要组成部分.为了合理开发利用河水资源,监测拦河坝修建前后洛河东湖水生生物资源和水质变化情况,2015年8月对洛河东湖的水生生物资源进行调查,根据生物多样性指数对湖水水质进行评价.结果表明:(1)洛河东湖浮游植物有6个门类41个种,浮游动物3个门类19个种,底栖动物3个门类8个种;(2)浮游植物优势种类主要为梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、盘星藻(*Pediastrum sp.*)、栅藻(*Scenedesmus sp.*)、尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta*),浮游动物优势种主要是剪形臂尾轮虫(*Brachionus forficula*)和壶状臂尾轮虫(*Brachionus urceus*),底栖动物优势种主要是铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)和中国圆田螺(*Cipangopaludina chinensis*);(3)浮游植物 Shannon 多样性指数(H')、Marglef 指数(D')和物种均匀度指数(J')分别为 3.19~3.91,2.94~3.48 和 0.71~0.88,浮游动物 3 种多样性指数分别为 2.25~3.18,1.46~3.33 和 0.74~0.89,底栖动物分别为 1.53~2.05,1.44~1.84 和 0.44~0.73,水质评价为清洁—轻度污染.

关键词:洛河东湖;水生生物;多样性指数;拦河坝

中图分类号:Q958.1

文献标志码:A

根据《洛阳市城市总体规划(2011-2020年)》,洛阳市水生态文明城示范区位于洛阳市东部,东至汉魏洛阳城遗址,西到隋唐洛阳城遗址;北至洛河左岸,南至伊河右岸,规划区域面积 54 km².洛河东湖位于洛阳市区东部,水面面积 320 hm²,蓄水量 1 140 万 m³,是洛阳市水生态文明城示范区的重要组成部分.为配合洛阳市水生态文明城示范区建设,开发建设洛河东湖,拟在洛河枣东大桥下游 300 m 处,修建气盾拦河坝工程.但长期以来,未有对洛河东湖水生生物资源和水质进行调查研究的报道.为了监测拦河坝修建前后洛河东湖水生生物资源和水质变化情况,我们对洛河东湖的浮游植物、浮游动物、底栖动物等水生生物资源现状进行了调查研究,根据生物多样性指数对湖水水质进行了评价,以期修建拦河大坝,开发洛河东湖,建设洛阳市水生态文明城示范区提供必要的生物学基础资料.

1 材料方法

1.1 样点设置

根据相关技术规范^[1]和洛阳东湖拦河坝建设和现有拦河坝的分布情况,在工程建设范围内布设了 4 个调查断面,每个断面设置距河岸边 1.0 m 和河中央 2 处采样点.具体采样断面定位如表 1.

1.2 样品采集与定量

2015 年 9 月 13-14 日进行现场采样.根据《水环境检测规范—生物监测》(SL219-1998)和内陆水域渔业资源调查技术规范(CAF 2005 0001)^[2]中规定的采样和分析方法,对浮游植物、浮游动物和底栖动物进行采样、种类鉴定和定量分析等^[2-4].

收稿日期:2018-05-03;修回日期:2019-03-10.

基金项目:国家自然科学基金(31601851);河南省产学研合作项目(142107000036);河南省重点科技攻关项目(122102310357).

作者简介:杨俊(1988-),女,河南驻马店人,河南师范大学硕士研究生,主要研究方向为生物多样性保护与利用,E-mail:875671526@qq.com.

通信作者:李学军,教授,博士,E-mail:xjli@htu.cn.

表 1 水生生态调查断面设置

Tab.1 Section setting of aquatic Ecological Survey

样点号	具体位置	地理坐标	底质类型
1	李楼村:工程坝址上游 10 km	N 34°40'40.38" E 112°30'58.84"	淤泥、泥沙
2	潘寨村:工程坝址上游 2 km	N 34°41'27.17" E 112°33'27.24"	砾石、泥沙
3	河头村 1:工程坝址处	N 34°42'29.94" E 112°36'31.93"	泥沙
4	河头村 2:工程坝址下游 2 km	N 34°42'29.58" E 112°36'40.15"	砾石、泥沙

1.3 水质评价生物指数

包括 Shannon 多样性指数(H)^[5]、Marglef 指数(D)^[6]和 Pielou 物种均匀度指数(J)^[7]

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

$$J = H / \log_2 S,$$

$$D = (S - 1) / \log_2 S,$$

式中, S —种类数, N —个体数, n_i —第 i 种的个体数.相应的评价标准参考文献[5—8].

2 结 果

2.1 浮游植物

2.1.1 种类组成

共调查到浮游植物 6 个门类 41 个种(属),其中绿藻门种类数最多,有 21 种,占总种类数的 52.38%;硅藻门次之,有 10 种,占 23.81%;蓝藻门 5 种,占 11.90%;裸藻门和甲藻门各 2 种,分别占 4.76%;隐藻门最少,只有 1 种,占 2.38%.2 号断面的浮游植物种类最多,达 30 种,其他 3 个断面的浮游植物种类数相似,有 22~24 种.

2.1.2 密度和生物量

浮游植物各门类密度和生物量见图 1 和 2.从密度上看,最高的是 2 号断面,达到了 4 175.29 个·mL⁻¹,密度最低的是 3 号断面 897.44 个·mL⁻¹.除 1 号断面外,各个断面均是绿藻门密度最高,其次是硅藻门;1 号断面是隐藻门的密度最高,蓝藻门次之;裸藻门和甲藻门密度在各个断面均较低;从生物量看,2 号断面最高,为 5 366.39 μg/L,4 号断面最低,为 1 038.61 μg/L.1 号和 2 号断面是隐藻门生物量最高,硅藻门次之,绿藻门和蓝藻门均较低;3 号和 4 号断面是绿藻门生物量最高,硅藻门次之,裸藻门和甲藻门在各个断面均最少.

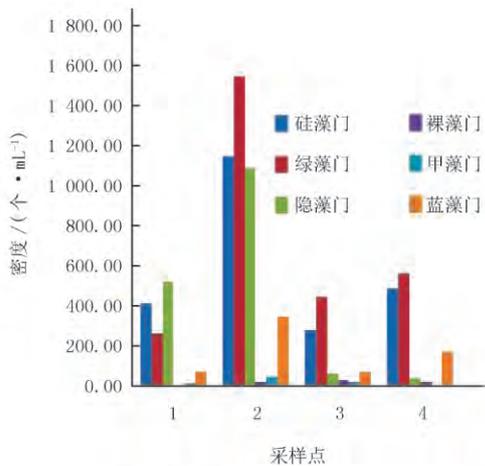


图 1 各样点浮游植物密度分布

Fig.1 Distribution of phytoplankton density in various points

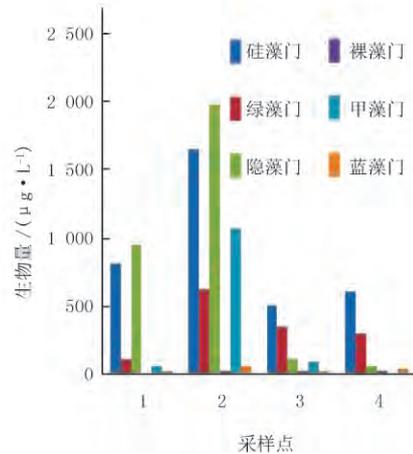


图 2 各样点浮游植物生物量分布

Fig.2 Biomass distribution of phytoplankton in various points

2.1.3 优势种类

根据浮游植物密度判断其优势种分布情况,1号断面的优势种有梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、舟形藻(*Navicula* sp.),肘状针杆藻(*Synedra ulna*)($>100 \text{ mL}^{-1}$)、尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta*),其中尖尾蓝隐藻占绝对优势($>500 \text{ mL}^{-1}$);2号断面的优势种为梅尼小环藻、小球藻(*Chlorella vulgaris*)、单角盘星藻(*Pediatrum simplex*)、二尾栅藻(*Scenedesmus bicaudatus*)、尖细栅藻(*Scenedesmus acuminatus*)、尖尾蓝隐藻,其中尖尾蓝隐藻占绝对优势(>1000 个/mL);3断面为梅尼小环藻、盘星藻;4号断面的为梅尼小环藻、颗粒直链藻(*Melosira granulata*)、四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)和单角盘星藻。

2.1.4 生物多样性指数

评价河段浮游植物 Shannon 多样性指数(H)、Marglef 指数(D)和物种均匀度指数(J)分别在 3.19~3.91, 2.94~3.48 和 0.71~0.88 之间变化(图 3),根据多样性指数评价标准,工程评价河段的水质均处于清洁—轻度污染程度.并且从图 3 可以看出,各采样点浮游植物生物多样性和均匀度相似,表明工程河段的水质较好。

2.2 浮游动物

2.2.1 种类组成

共采集到浮游动物 3 个门类 19 个种(属),其中轮虫种类数最多,有 14 种,占总种类数的 73.68%,枝角类次之,有 3 种,桡足类只有 2 种,分别占 15.79%和 10.53%.1号断面的浮游动物种类最多,12 种,其它 3 个断面的浮游植物种类数相似,有 8~10 种。

2.2.2 密度和生物量

浮游动物各门类密度和生物量见图 4 和 5.从密度看,4号断面浮游动物密度最高,为 119.4 个/L.各个断面均是轮虫密度最高,其次是桡足类.并且从 1 号至 4 号断面,轮虫密度逐渐升高,1号断面是枝角类密度最高,3号断面是桡足类最高;从生物量看,最高的是 1 号断面,为 689 $\mu\text{g/L}$,3号断面的浮游动物生物量最低,为 138.7 $\mu\text{g/L}$.除 4 号断面外,均是桡足类生物量最高,特别是 1 号断面显得尤为突出,4 号断面轮虫的生物量最高,其他各断面轮虫和枝角类生物量均偏低。

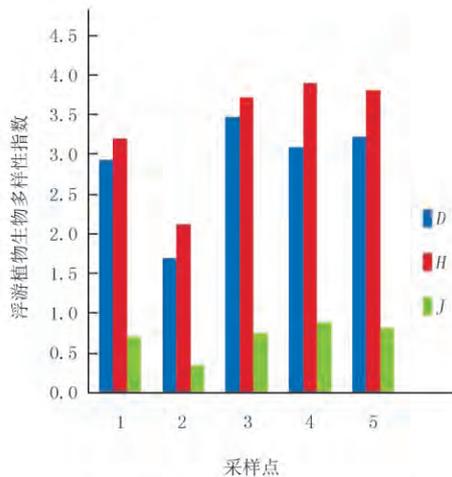


图3 各采样点浮游植物生物多样性指数

Fig.3 Biodiversity Index of phytoplankton density in various points

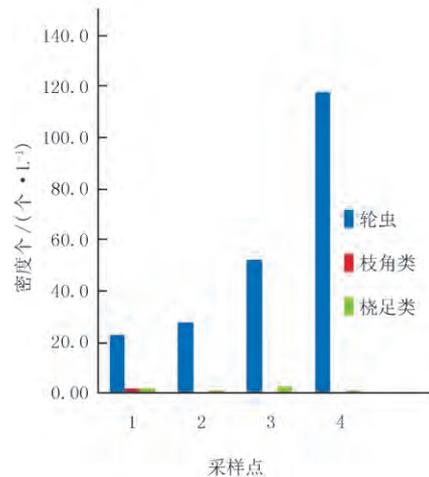


图4 各样点浮游动物密度分布

Fig.4 Distribution of zooplankton density in various points

2.2.3 优势种

调查结果显示,1号和2号断面浮游动物均没有明显的优势种;3号断面优势种为剪形臂尾轮虫(*Brachionus forficula*)($>10 \text{ L}^{-1}$),4号断面优势种为晶囊轮虫(*Asplanchna* sp.)、壶状臂尾轮虫(*Brachionus urceus*)和剪形臂尾轮虫.并且壶状臂尾轮虫和剪形臂尾轮虫在各个样点均有较高的丰度.说明这两种轮虫是工程河段浮游动物主要优势种类。

2.2.4 生物多样性指数

评价河段浮游动物生物 Shannon 多样性指数(H)、Marglef 指数(D)和物种均匀度指数(J)分别在 2.25~3.18, 1.46~3.33 和 0.74~0.89 之间变化(图 3.2-3), 根据多样性指数评价标准, 1 号断面水质处于清洁无污染状态, 该断面位于已有的拦河坝库区上游. 工程评价河段的水质均表现为轻度污染程度. 并且从图 6 可以看出, 各断面浮游动物生物多样性和均匀度相似, 表明工程河段的水质较好.

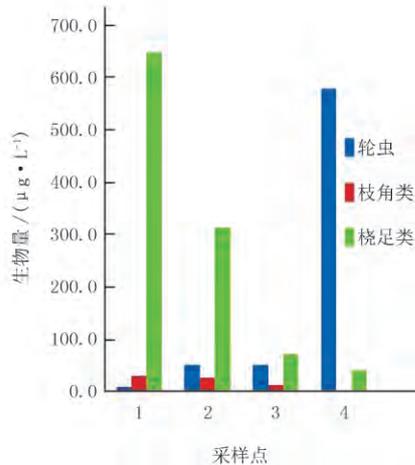


图 5 各样点浮游动物生物量分布

Fig.5 Biomass distribution of zooplankton in various points

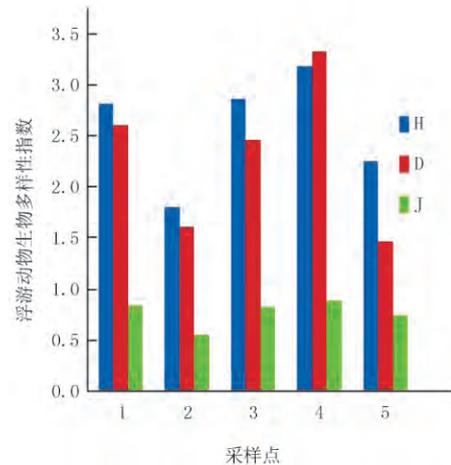


图 6 各采样点浮游动物生物多样性指数

Fig.6 Biodiversity Index of zooplankton in various points

2.3 底栖动物

2.3.1 种类组成

共采集底栖动物 3 个门类 8 个种(属), 其中软体动物种类数最多, 有 5 种, 占总种类数的 62.5%, 寡毛类 2 种, 占 25.0%, 水生昆虫 1 种, 占 12.5%. 3 号断面的大型底栖动物种类最多, 有 6 种, 其次是 4 号断面, 有 4 种, 1 号和 2 号断面均为 2 种.

2.3.2 密度和生物量

底栖动物各门类密度和生物量见图 7 和 8. 从密度看, 3 号断面底栖动物密度最高, 为 $1\ 372.7\ m^{-2}$, 1 号和 2 号断面密度较低. 各断面均是软体动物和摇蚊幼虫密度较高, 2、3 号断面出现寡毛类. 软体动物密度最高的是 3 号断面, 1 号断面最少. 摇蚊幼虫在 1-4 号断面呈现出逐渐增长的趋势; 从生物量看, 生物量最高的也是 3 号断面, 为 $971.8\ g/m^2$, 1 号断面的生物量最低, 为 $112.0\ g/m^2$. 各断面底栖动物均以腹足类占绝对优势, 因为软体动物个体较大, 螺壳体重明显, 在底栖动物生物量中一般占主要优势.

2.3.3 优势种

调查结果显示, 大型底栖动物主要优势种为铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)和中国圆田螺(*Cipangopaludina chinensis*), 是清洁水体常见种类, 从大型底栖动物优势种来看, 工程河段水质较好.

2.3.4 生物多样性

底栖动物 Shannon 多样性指数(H)、Marglef 指数(D)和物种均匀度指数(J)分别在 1.53~2.05, 1.44~1.84 和 0.44~0.73 之间变化(图 9), 根据物种多样性指数评价标准, 评价河段内水质处于中度污染程度.

3 讨 论

3.1 浮游植物资源评价及预测

洛河东湖浮游植物优势种类主要为硅藻门、绿藻门和隐藻门的种类, 从浮游植物生物量来看, 主要是寡污种的硅藻类占优势. 根据物种多样性指数评价标准^[8-9], 洛河东湖的水质均处于清洁—轻度污染程度. 由于洛河东湖两岸均为城郊和农村, 人类活动较频繁, 河水中有有机物聚集, 浮游植物较为丰富. 拦河坝建成后, 洛河东湖水面宽度和容积都将增加, 浮游植物的群落结构将趋于多样化, 多样性指数上升; 加之河道变为静水

水体,含沙量减少、透明度增大;另外,淹没了部分陆地植被以及被洪水带来的有机碎屑和营养物不断积累,利于浮游植物的繁殖和发展,预计浮游植物的种类和种群数量都将会有所增加,特别是适合湖泊型流态生境条件和喜氮的绿藻门及蓝藻门中的一些藻类会有较大的发展.而拦河坝下游由于水量明显减少和营养物质的拦截,浮游植物种类丰度和生物量将会减少,喜流种类减少更加明显,生物多样性会降低.

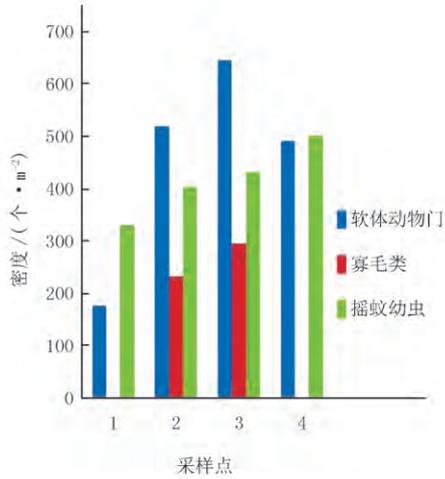


图7 各样点底栖动物密度分布

Fig.7 Distribution of zoobenthos density in various points

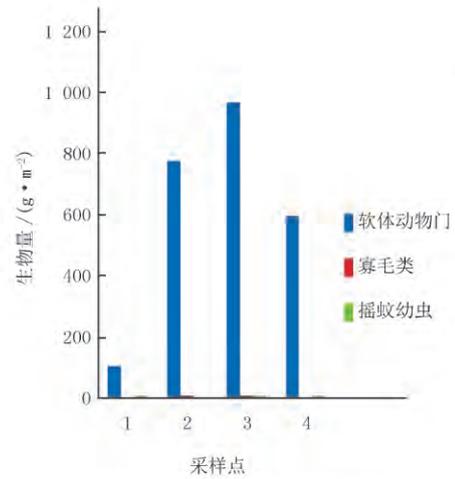


图8 各样点底栖动物生物量分布

Fig.8 Biomass distribution of zoobenthos in various points

3.2 浮游动物资源评价及预测

洛河东湖浮游动物中的壶状臂尾轮虫和剪形臂尾轮虫在各个断面均有较高的丰度,是主要优势种类.拦河坝建成后,洛河东湖两岸淹没区、消落区内营养物质将释放进入水中,浮游植物生物量增加,从而为浮游动物提供丰富的饵料,浮游动物的种类组成和生物量也将增加.其种群结构也会由现在的河流型过渡到湖泊、水库型,浮游动物将产生季节和分层的变化^[10].同时,拦河坝下游河段由于水量、流速和营养物质的减少,浮游动物丰度和生物量将减少,生物多样性将降低.

3.3 底栖动物资源评价及预测

洛河东湖底栖动物以腹足类为主,底栖动物种类相对较少,丰富度较低.拦河坝建成后,原有河道两岸浅滩消失,水深明显增加,将不利于腹足类等喜浅水区的大型底栖动物生存和繁殖^[11].因此,蓄水后,部分底栖动物会随着水体的变深而无法生存,它们生活的区域会迁到其他浅水区.同时,拦河坝建成后,与天然河道相比,流速变缓、水质变肥,随着水量调节,水位发生周期性变化,这对喜流性底栖动物的生存不利^[12],有些种类会消失,双翅目幼虫等将变成优势种类,寡毛类及摇蚊幼虫数量将有所增加.对拦河坝下游而言,水位变浅,浅滩水域面积增多,水流速也会变慢,将有利于腹足类等喜浅水的底栖动物和甲壳动物生长繁殖^[13].

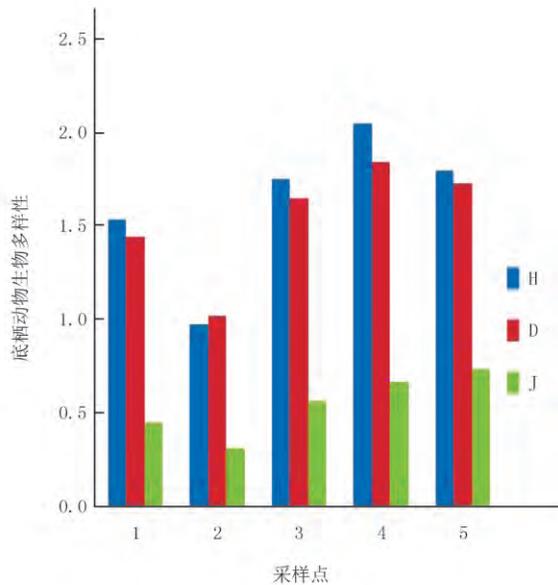


图9 各采样点浮游植物生物多样性指数

Fig.9 Biodiversity Index of zoobenthos in various points

参 考 文 献

- [1] 张觉民,何志辉.内陆水域渔业自然资源调查手册[M].北京:农业出版社,1991.
- [2] 李杰人,杨宁生,徐忠法.水产种质资源共享平台技术规范[M].北京:中国农业科学出版社,2008.
- [3] 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社,1991.
- [4] 胡鸿钧,魏印心.中国淡水藻类[M].北京:科学出版社,2006.
- [5] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication[M]. University of Illinois Press, Urbana, 1949.
- [6] Margalef D R. Perspectives in Ecological Theory[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1968.
- [7] 吴卫菊,王玲玲,张斌,等.梁子湖水生生物多样性及水质评价研究[J].环境科学与技术,2014,37(10):199-205.
- [8] 尹海龙,徐祖信.河流综合水质评价方法比较研究[J].长江流域资源与环境,2008,17(5):729-733.
- [9] 吴卫菊,王玲玲,张斌,等.洪湖水生生物多样性及水质评价研究[J].环境科学与管理,2015(10):184-187.
- [10] 袁永峰,李引娣.黄河干流中上游水生生物资源调查研究[J].水生生态学杂志,2009,2(6):15-19.
- [11] 马徐发,熊邦喜,王明学,等.湖北道观河水库大型底栖动物的群落结构及物种多样性[J].湖泊科学,2004,16(1):49-50.
- [12] 邵美玲,谢志才,叶麟,等.三峡水库蓄水后香溪河库湾底栖动物群落结构的变化[J].水生生物学报,2009,30(1):64-69.
- [13] 陈立斌,赵文,殷守仁,等.官厅水库底栖动物的群落结构及其时空格局[J].大连海洋大学学报,2012,27(1):44-52.

Evaluation of the water quality on the aquatic biology investigation data of Luohe East Lake

Li Xuejun, Yang Jun, Gu Qianhong, Zhang Man

(College of Fisheries, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: Luohe East Lake was an important part of Water Ecological Civilization City Demonstration Area in Luoyang. In order to properly use the river resources and monitor the variation of aquatic resources and water quality of the Luohe East Lake when the dam was constructed, the aquatic biological resources in the Luohe East Lake were investigated in August 2015, and the water quality was evaluated according to the biodiversity index. The results showed that: (1) A total 41 species of phytoplankton were identified, belonged to 6. phyla in the Luohe East Lake. There were 19 species, belonged to 3. phyla in zooplankton. Benthic fauna were 8 species, belonged to 3 Phyla; (2) the dominant species of phytoplankton were *Cyclotella meneghiniana*, *Pediatrum* sp., *Scenedesmus* sp. and *Chroomonas acuta*. The dominant species of zooplankton were *Brachionus forficula* and *Brachionus urceus*. Benthic fauna were *Bellamyia aeruginosa* and *Cipangopaludina chinensis*; (3) Shannon diversity index (H), Marglef Index (D) and Species Evenness index (J) of Phytoplankton were 3.19—3.91, 2.94—3.48 and 0.71—0.88 respectively, Zooplankton were 2.25—3.18, 1.46—3.33 and 0.74—0.89, Benthic fauna were 1.53—2.05, 1.44—1.84, and 0.44—0.73. Water quality of Luohe East Lake was in clean—mild pollution level.

Keywords: Luohe East Lake; Aquatic organisms; diversity index; dam

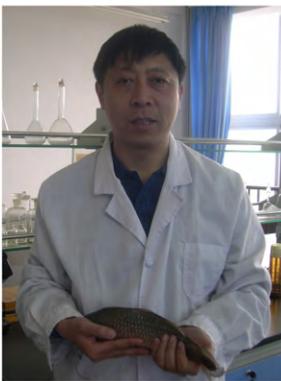
[责任编辑 王凤产 杨浦]

本期专家介绍



刘晓,河南师范大学教授,博士,校二级特聘教授.2007年毕业于中国科学院大学,获得博士学位.2009—2012年在中国科学院国家空间科学中心从事博士后研究.2007年至今在河南师范大学数学与信息科学学院任教.主要研究方向为高性能计算和中高层大气物理学.自主建立了模拟大气重力波非线性传播过程及其效应的并行数值模式.利用自主建立的数值模式和科学探测数据开展了大气重力波、潮汐波、行星波的演化规律及其与大气环境之间相互作用的研究,尤其是最近发现了低热层大气对地磁活动的响应特征,其结果发表在国际顶级期刊 *Geophys Res Lett* 上,主持国家自然科学基金4项,在国际顶级期刊 *J Geophys Res* 和 *Geophys Res Lett* 发表论文10余篇.

刘山虎,河南大学化学化工学院副教授,博士,博士生导师,河南省环境污染控制材料国际联合实验室副主任.2010年于南京大学获博士学位并于同年加入河南大学,2011年—2015年赴日留学,师从著名光电化学科学家藤嶋昭教授(Prof. Akira Fujishima).主持完成国家自然科学基金、JSPS 科研奖励基金以及企业横向基金等项目,作为主要成员参与完成重大国际(地区)合作研究基金、日本文部省基础研究重大项目基金、信越工业株式会社横向基金等项目.主要研究方向为光电催化材料及自清洁界面的设计及应用.获中国发明专利授权5件,撰写英文专著一章(Elsevier 出版社),在 *Nanoscale*, *Chem Comm*, *J Power Sources*, *Chem Eur J* 等杂志发表论文40余篇,H指数26,获河南省科技进步奖、开封市自然科学奖等奖励5项.



李学军,河南师范大学水产学院副院长,教授,博士,硕士研究生导师,毕业于上海海洋大学.为河南省科技创新杰出青年基金获得者,河南省教育厅学术技术带头人,河南省水产学会副理事长,河南省自然保护区评审委员,中国水产学会淡水养殖分会委员.主持国家自然科学基金等课题20余项,出版专著9部,发表研究论文50余篇,获得河南省科技进步三等奖2项,河南省教育厅科技成果一等奖2项.长期从事水产动物种质资源保护及遗传育种的教学、科研和社会服务工作.在世界上首次成功完成了萨罗罗非鱼和尼罗罗非鱼的人工正、反杂交;完成了淇河鲫种质资源天然生态库建设,培育了淇河鲫养殖新品系,并进行了大面积推广.