

昆山道褐浦景观组合护岸生态效果评价

金元林¹, 许金龙¹, 刘冠²

(1. 昆山市水务工程建设管理处, 江苏 苏州 215300; 2. 昆山市水务工程质量与安全监督站, 江苏 苏州 215300)

摘要: 研究尝试从鱼类多样性和生物量的角度评价新型组合式生态护岸技术生态效果, 结果表明道褐浦调查区域应用新型组合式生态护岸技术后, 不同断面间鱼类多样性虽无显著差异, 但是生物量差异明显, 表明水下生态仓和沿岸沉水植物等提供的微生境产生一定的鱼类群聚作用。

关键词: 生态护岸; 生态仓; 鱼类多样性指数; 生物量

中图分类号: TV523

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)07-0030-0007

Ecological effect evaluation of Kunshan Daohepu ecological landscape combination revetment

JIN Yuanlin¹, XU Jinlong¹, LIU Guan²

(1. Kunshan Water Engineering Construction Management Office, Suzhou 215300, China;

2. Kunshan Water Engineering Quality and Safety Supervision Station, Suzhou 215300, China)

Abstract: This paper attempts to evaluate its ecological effects from the perspectives of fish diversity and biomass. The results show that after the application of the new combined ecological revetment technology in the Daohepu River survey area, although there is no significant difference in fish diversity among different sections, there are significant differences in biomass. Indicating that the micro habitat provided by the underwater ecological warehouses and coastal submerged plants have a certain role in the gathering of fish.

Key words: ecological revetment; ecological warehouse; fish diversity index; biomass

传统护岸工程一般采用块石堆砌、现浇混凝土挡墙等结构形式, 多采用围堰、干水法施工, 施工复杂, 工期较长, 功能单一, 土体与水体关系相割裂, 破坏两岸生态关系^[1-2]。生态护岸则重视景观边界的生态学意义, 保留原有植物群落的同时, 选择长势旺盛、观赏效果好的乡土化特色植物, 利用河道水岸生态系统中通道和廊道、过滤和障碍、生态环境等作用, 最大限度地进行植物群落空间配置。生态护岸可有效增加生物多样性, 提高底泥团体结构肥力, 削减污染物负荷, 发挥水生植物强净化能力, 增强边缘效应, 改善河道生态系统, 提

供水生动物和鸟类觅食、繁衍的生存空间, 缓和直立式护岸对河道水体的破坏, 增强滨水沿岸生态廊道功能, 从而改善水质、优化群落空间结构、恢复和稳定水岸生态系统、提升湖滨带环境与生态水平^[3-6]。但如何评价其生态效益鲜有报道, 本文尝试从鱼类群落的角度量化分析, 旨在为今后评价此类水利工程的生态效益提供借鉴。

1 生态仓设计

昆山市道褐浦采用了新型组合式护岸技术, 该护岸结构在连接板的中间增设多个镂空生态仓,

收稿日期: 2021-12-10

基金项目: 生态景观组合护岸研究与推广(苏市水务[2020]406)

作者简介: 金元林(1971—), 男, 工程师, 主要从事生态护岸研究工作。E-mail: 297471205@qq.com

既具有反滤止土、透水功能,又能提供动物、植物的生长空间。仓底设置砂石反滤层,有孔洞连通内外,水会通过孔洞进出生态仓,仓内有2块消能凹槽,具有缓冲作用,防止流速较快的水流带走仓底土壤,满足水系植物生长要求,同时鱼、虾、蟹等水生及两栖动物亦可进入生态仓内进行繁衍生息(图1)。水面以上的生态仓可以通过人工栽植岸系植物,进行景观装饰,形成城市绿色护岸长廊。连接板的迎水面还可以设置彩色混凝土、图案印花、景观灯带等装饰,满足不同河段的景观需求。

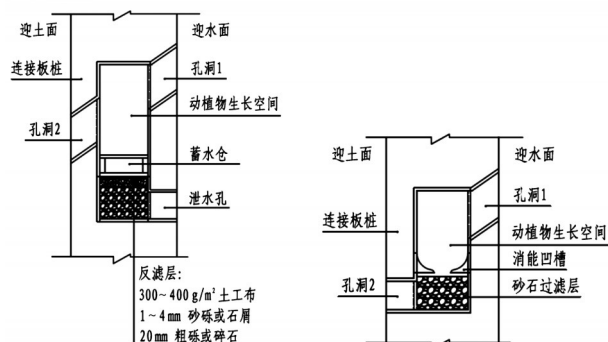


图1 生态仓

2 材料与方法

2.1 采样点设置

根据河流的水文、水质及鱼类监测历史,在生态景观组合护岸区域布设4个采样断面,包括组合桩(有生态仓)3个断面,H型桩(无生态仓)设置1个断面,每个断面河岸两侧各设1个样点,合计8个采样点。

2.2 鱼类采集、保存和鉴定方法

2021年5月1—5日和2021年8月10—14日间,租用河道保洁船在4个指定断面对鱼类样本进行采集。同一次采集的时间内,气温和风力接近,都为晴或多云,以消除气候对样本采集的影响。

在每个采样断面沿岸边1 m处设置2条三层沉刺网,规格分别为1.5 m(高)×100 m(长)、1.2 m(高)×100 m(长),内、外层网目分别为30 mm×30 mm和90 mm×100 mm、15 mm×15 mm和80 mm×100 mm,采集时间为24 h,主要用于采集进出生态仓的中上层的鱼类;紧贴驳岸设置地笼网2个,规格为10 m(长)×0.5 m(宽)×0.5 m(高),采集时间24 h,主要用于采集进出生态仓的底层小型鱼类。

采集后的样本用10%的福尔马林固定,每个采样点的每种网具的样本分别保存,集中带回实验室鉴定和测量。物种鉴定主要依《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)》《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)》《中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目》《江苏鱼类志》等^[7-10]。鉴定好的标本用电子天平称量体重至0.01 g,量鱼板测量体长至1 mm。记录每个采样点、每种网具的鱼类种类、数量和体重。

2.3 参数统计

采用以下参数进行丰度生物量和多样性分析。

2.3.1 鱼类丰度和生物量

选用CPUEN和CPUEW来表示鱼类丰度和生物量。(1)丰度CPUEN:单个地笼或刺网1 h的采集尾数;(2)生物量CPUEW:单个地笼或刺网每小时的采集重量。

2.3.2 多样性指数和优势种

选用Margale 丰富度指数(D),Shannon-Wiener多样性指数(H'),Pielou均匀度指数(J'),Simpson优势度指数(C)和物种优势度指数 IRI ,来表征各监测站点的鱼类多样性和优势种组成状况。

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

$$H' = - \sum_{i=1}^S N_i \ln N_i \quad (2)$$

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

$$C = 1 - \sum (N_i)^2 \quad (4)$$

式中, S 为物种数目; N 为所有鱼类的个体数总和; N_i 为第*i*种鱼类个体在全个体中的比例。

IRI 指数法采用相对重要性指数来划分鱼类群聚的优势种。计算公式为

$$IRI = (W_i + N_i) \times 100 \quad (5)$$

式中, W_i 为某一物种的重量百分比,%; F_i 为该物种在样本中的出现频率,%。定义 $IRI \geq 1000$ 的物种为优势种, $100 \leq IRI \leq 1000$ 的物种为常见种, $10 \leq IRI \leq 100$ 的物种为一般种, $IRI \leq 10$ 的物种为少见种。

3 调查结果

3.1 鱼类种类组成和分布

此次调查刺网和地笼渔获物中共采集到鱼类样本752余尾,合计总重16.448 kg。隶属4目5科21种,其中鲤科最多有16种;鲮科有2种;鳊科、鳅科和鳊科各有1种;洄游性鱼类1种(刀鲚 *Coilia nasus*),余下20种鱼类均为淡水分布种类。各采样断面的鱼类种类组成详见表1。

3.2 鱼类物种的空间分布

从鱼类物种的空间分布看,4个断面平均有

表1 道褐浦鱼类名录和分布

目	科	种	春季				夏季			
			1	2	3	4	1	2	3	4
鲱形目 <i>Clupeiformes</i>	鲱科 <i>Engraulidae</i>	刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	●	●	●	●	●	●		●
		红鳍原鲈 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	●	●						
		翘嘴鲈 <i>Culter alburnus</i>		●			●	●	●	●
		达氏鲈 <i>Culter dabryi</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
		贝氏鲻 <i>Hemiculter bleekeri</i>	●	●	●	●		●	●	
		鲻 <i>Hemiculter leucisculus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
		似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
		高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>				●				
	鲤科 <i>Cyprinidae</i>	大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
		兴凯鱮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	●	●	●	●			●	
		黑鳍鳈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	●		●	●	●	●		
		草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	●							
		棒花鱼 <i>Abbotina rivularis</i>			●	●				
		麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	●	●	●					
		鲫 <i>Carassius auratus</i>	●	●	●	●		●	●	●
		唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>		●		●				
		似刺鳊鲂 <i>Paracanthobrama guichenoti</i> Bleeker								●
	鳅科	泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>						●		●
		乌鳢 <i>Channa argus</i>					●			
鲈形目 <i>Perciformes</i>	鳊科 <i>Channidae</i>									
鲇形目 <i>Siluriformes</i>	鲿科 <i>Bagridae</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	●		●	●	●			●
		光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>			●				●	●
4	5	21	13	12	13	13	10	11	10	12

注：“●”表示该季节该点位有采集到。

11.8种。其中,春季调查的种类相对较多,各断面平均12.8种;夏季的种类相对较少,平均有10.8种;各断面的鱼类种类数在不同季节无明显差异,具体种类分布如图2所示。

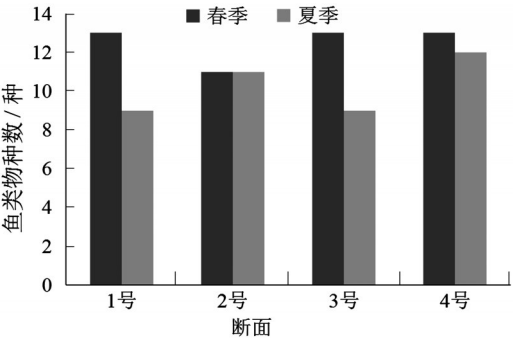


图2 生态景观组合护岸鱼类物种数的变化

3.3 优势种组成

春季鱼类样本共有18种,经相对重要性指数IRI分析,IRI≥1 000的优势种共6种,分别是刀鲚、达氏鲈、鲻、大鳍鱮、兴凯鱮和鲫,合计占总个体数的76.69%,占总重量的79.62%;100≤IRI≤1 000的常见种共7种,10≤IRI≤100的一般种共3种,IRI≤10的少见种共2种。其中,刀鲚、达氏鲈是所有断面的共同优势种;1号断面其他优势种为红鳍原鲈、鲻、似鳊、兴凯鱮、鲫;2号断面的其他优势种为翘嘴鲈、鲻、似鳊、麦穗鱼、唇鲮;3号断面的其他优势种为似鳊、兴凯鱮、鲫、黄颡鱼;4号断面的优势种为贝氏鲻、鲻、兴凯鱮。各断面的相对重要性指数详见表2。

夏季共捕获鱼类16种,其中IRI≥1 000的优势种共7种,分别是刀鲚、翘嘴鲈、达氏鲈、鲻、似鳊、大

表2 各采样断面鱼类的相对重要性指数

目	科	种	春季				夏季			
			1	2	3	4	1	2	3	4
鲱形目 <i>Clupeiformes</i>	鳀科 <i>Engraulidae</i>	刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	1 805.02	6 191.75	1 882.52	6 273.6	1 393.78	4 116.59		1 132.35
		红鳍原鲈 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	1 069.02	676.50						
		翘嘴鲈 <i>Culter alburnus</i>		1 262.44			2 054.78	218.29	3 203.55	2 379.45
		达氏鲈 <i>Culter dabryi</i>	1 362.60	2 153.11	3 203.55	1 593.22	1 208.06	1 090.95	303.05	1 400.61
		贝氏鲈 <i>Hemiculter bleekeri</i>	843.33	135.41	303.05	1 696.77		375.80	568.63	
		鲈 <i>Hemiculter leucisculus</i>	4 087.82	4 323.52	568.63	2 238.57	279.93	2 706.54	2 493.21	2 785.19
		似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	1 401.84	1 981.68	2 493.21	555.31	4 755.53	7 309.36	576.75	4 541.05
		高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>				307.09				
		大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	874.75	565.30	576.75	889.30	5 029.48	2 509.03	1 659.20	3 030.49
		兴凯鱮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	2 641.99	86.05	1 659.20	3 588.51			274.95	
		黑鳍鳉 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	147.37		274.95	289.22	386.08	206.69		
		草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	135.13							
		棒花鱼 <i>Abbotina rivularis</i>			873.56	987.05				
		麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	121.99	2 527.18	487.44			271.87		145.00
		鲫 <i>Carassius auratus</i>	4 960.51	97.06	5 625.49	194.37		780.89	873.56	2 392.39
鲤形目 <i>Cypriniformes</i>	鲤科 <i>Cyprinidae</i>	唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>		6 191.75		667.95				
		似刺鳊鮡 <i>aracanthobrama guichenoti</i> Bleeker								418.57
		泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>						416.69		153.02
		乌鳢 <i>Channa argus</i>					3 306.17			
		黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	548.64		1 743.59	811.08	1 586.19			1 001.49
		光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>			308.05				1 743.59	620.39
鲈形目 <i>Perciformes</i>	鳢科 <i>Bagridae</i>									

注:空白处为该季节 $IRI < 100$ 的种类,未列出具体数值。

鳊、合计占总个数的 74.05%,总重量的 83.99%;
 $100 \leq IRI \leq 1\ 000$ 的常见种共 5 种; $10 \leq IRI \leq 100$ 的一般种共 4 种; $IRI \leq 10$ 的少见种共 1 种。大鳍鱮是各个断面的共有优势种,1 号断面其他优势种有刀

鲚、达氏鲈、似鳊、乌鳢、黄颡鱼;2 号断面的优势种有刀鲚、达氏鲈、鲈、似鳊;3 号断面的优势种有翘嘴鲈、鲈、光泽黄颡鱼;4 号断面优势种有刀鲚、翘嘴鲈、达氏鲈、鲈、似鳊、鲫、黄颡鱼。

3.4 各断面的鱼类丰度和生物量

3.4.1 鱼类丰度和生物量空间变化

由图3可见,各断面春季刺网和地笼网的鱼类丰度和生物量远高于夏季,其中刺网的渔获物丰度和生物量高于地笼网;不同时间和不同网具的鱼类丰度和生物量差异明显。

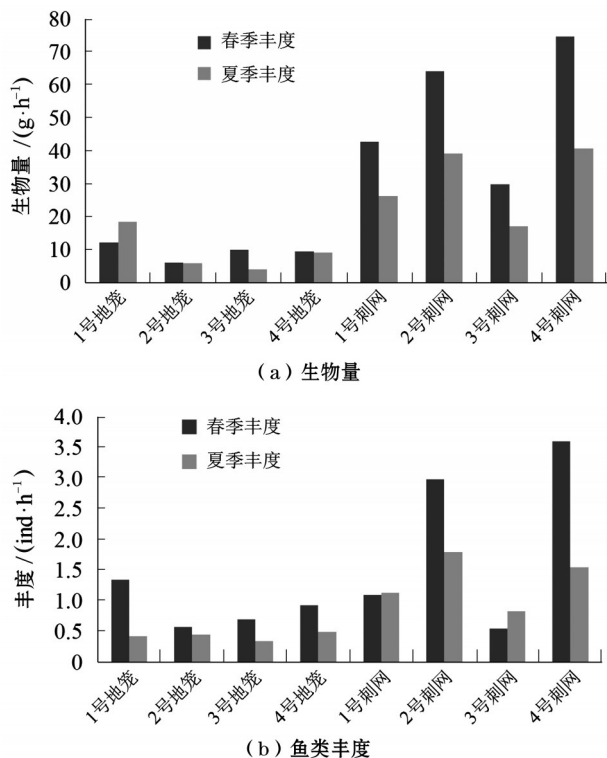


图3 各断面生物量和鱼类丰度的季节性变化

3.4.2 鱼类丰度和生物量季节变化

地笼网主要采集底层鱼类,由图4可见,春季和夏季地笼网鱼类丰度的平均值分别为0.89 ind./h和0.44 ind./h,春季S2断面最低仅为0.58 ind./h, S1断面最高为1.35 ind./h;夏季S3断面最低为0.35 ind./h, S4断面最高为0.5 ind./h;综合来看, S2、S3断面地笼网渔获物丰度相对较低。

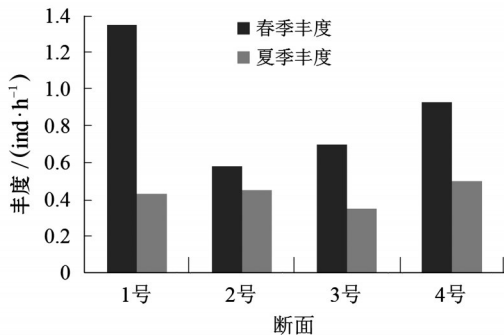


图4 各断面地笼鱼类丰度的季节性变化

刺网主要采集中上层鱼类,由图5可见,春季和夏季刺网鱼类丰度的平均值分别为2.06 ind./h和1.33 ind./h。春季最高值和最低值分别出现在S4和S3,为2.98和0.55 ind./h;夏季最高值和最低值分别出现在S2和S3,为1.8和0.83 ind./h。总体来看, S3断面的刺网渔获物丰度仅0.69 ind./h,在春季和夏季明显低于其他3个断面。

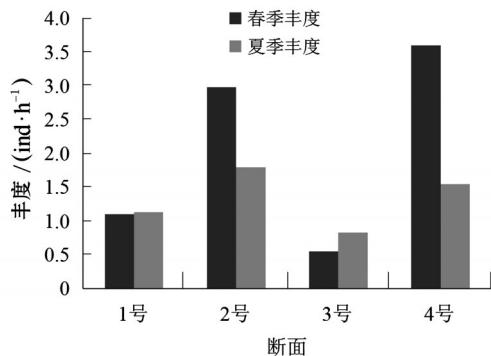


图5 各断面刺网鱼类丰度的季节性变化

春季和夏季地笼鱼类生物量(图6)的平均值分别为9.52 g/h和9.48 g/h。春季最高值和最低值分别出现在S1和S2,为12.30和6.17 g/h;夏季最高值和最低值分别出现在S1和S3,为18.6和4.16 g/h, S1断面地笼网生物量(15.45 g/h)显著高于其他断面。

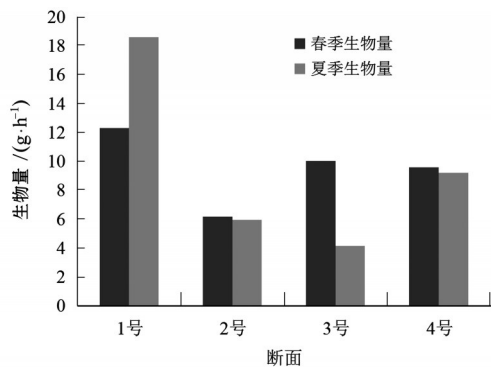


图6 各断面地笼鱼类生物量的季节性变化

春秋和夏季刺网鱼类生物量(图7)的平均值分别为52.95 g/h和30.87 g/h。春季最高值和最低值分别出现在S4和S3,为74.69和30 g/h;夏季最高值和最低值分别出现在S4和S3,为40.70和17.18 g/h,各断面春季刺网生物量显著高于夏季。S3断面的刺网生物量(平均23.59 g/h)显著低于其他3个断面。

虽然不同季节和不同网具下,各断面的鱼类丰度和生物量有一定的波动,但综合来看(图8), S3断面

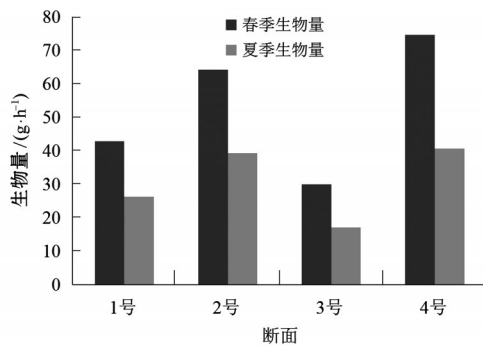


图7 各断面刺网鱼类生物量的季节性变化

面平均的丰度和生物量(0.61 ind./h、15.34 g/h)最低,其次为S1和S2,S4断面最高(1.645 ind./h、33.545 g/h)。

3.5 多样性指数分析

2次调查所得的各个采样断面的鱼类物种数,平均为11.4,变动范围9~13。计算获得的生物多样性指数(H')均值1.92,变动范围为1.74~2.13;丰富度指数(D)均值1.50,变动范围为1.3~1.79;优势集中性指数(C)均值0.81,变动范围为0.77~0.86;均匀度指数(J')均值0.83,变动范围为0.79~0.87;Wilhm改进指数 H'' 均值1.87,变动范围为1.73~2.15,各项指数值见表3。由表3可见,除S1和S3的Shannon-Wiener多样性指数和Margalef丰富度指数在不同季节有小幅波动外,其他各断面的鱼类群落各项多样性指数无显著异(ANOVA, $P>0.05$),表明道褐浦调

查区域内各断面间鱼类群落的多样性相近。

4 结论与建议

总体来看,昆山市道褐浦调查区域内鱼类群落相对完整,各项多样性指数较为稳定,与外围水系连通较好,洄游性鱼类也有较高生物量。本次调查的4个断面间的物种组成、多样性指数无显著差异,但是通过丰度和生物量比较可以发现无生态仓的S3断面在不同季节均最低,在无其他环境干扰因素下,S1、S2和S4断面水下生态仓和沿岸沉水植物等提供的微生境有一定的鱼类群聚作用。其中春季的丰度和生物量显著高于夏季,说明在鱼类繁殖季节群聚作用更为显著,生态仓及沿岸植物可为产粘性卵的鱼类提供了有利栖息和繁殖条件。

通过优势种的组成可以发现,3号断面的优势种为似鳊、兴凯鲮、鲫、黄颡鱼(春季),翘嘴鲌、鳊、光泽黄颡鱼(夏季)与整条河道的优势种刀鲚、达氏鲌、鳊、大鳍鲮、兴凯鲮、鲫、翘嘴鲌、似鳊相比,刀鲚、达氏鲌、鳊、大鳍鲮等中上层鱼类的优势度有所下降,表明生态仓内种植的植物及附近的沉水植物对上层鱼类也有一定群聚作用。

建议后续推广应用中,在满足应力要求的条件下,适当增大生态仓的体积空间,既可为水生动物提供更多的生境空间,还能避免水体悬浮物沉积造成仓内空间变小、溶解氧降低等不利因素。另外,

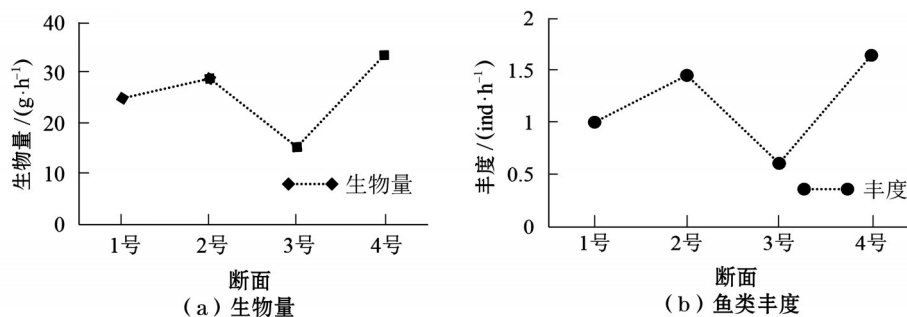


图8 不同断面的鱼类丰度和生物量的变化

表3 各调查断面春、夏季的鱼类多样性指数

断面	Shannon-Wiener 多样性指数		Pielou 均匀度指数		Margalef 丰富度指数		Wilhm 改进指数		Simpson 优势集中性指数	
	春季	夏季	春季	夏季	春季	夏季	春季	夏季	春季	夏季
S1	2.18	1.74	0.85	0.79	1.95	1.30	1.92	1.84	0.86	0.77
S2	1.90	1.88	0.79	0.79	1.62	1.62	1.87	1.73	0.82	0.80
S3	2.30	1.92	0.90	0.87	1.95	1.30	1.89	1.77	0.88	0.83
S4	2.16	2.13	0.84	0.86	1.95	1.79	2.11	2.15	0.85	0.86

应适当增加生态仓及附近水域种植挺水、沉水植物的种类,既能净化水体丰富景观,更能为水生动物提供繁衍的生境。

参考文献

- [1] 钟春欣,张玮.传统型护岸与生态型护岸[J].红水河,2006(4):136-139,143.
- [2] 胡大伟,程吉林.城市生态河堤建设的限制性因素分析[J].水利规划与设计,2009(2):14-16.
- [3] 刘厚昌,俞晓冬.传统护岸与生态护岸的比较与展望[J].现代交通技术,2011,8(增刊1):78-81.
- [4] 张东艳,宗永臣.高原城镇河道演变与生态护岸措施[J].水资源保护,2021,37(6):157-161.

- [5] 陈丹,杨文健,钟世雄,等.浅谈传统护岸向生态护岸之转变[J].科技资讯,2020,18(2):81-83.
- [6] 马克平,刘灿然,刘玉明.生物群落多样性的测度方法Ⅱβ多样性的测度方法[J].生物多样性,1995(1):38-43.
- [7] 陈宜瑜.中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)[M].北京:科学出版社,1998.
- [8] 乐佩琦.中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)[M].北京:科学出版社,2000.
- [9] 郑葆珊,戴定远.中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目[M].北京:科学出版社,1999.
- [10] 倪勇,伍汉霖.江苏鱼类志[M].北京:中国农业出版社,2006.

(上接第20页)

参考文献:

- [1] 颜晓梅.高岭拦河闸重建工程泄流能力及消能防冲设计[J].广东水利水电,2021(8):55-58.
- [2] 张娅琴.两河口水电站泄水出口边坡开挖支护设计研究[J].水电站设计,2021,37(2):58-62,67.
- [3] 贾旺,黄桂兵,刁明军.高水头尾矿库场外排洪系统消力池体型研究[J].四川水利,2021,42(3):5-7.
- [4] 沈卫.基于水工模型试验的溢洪道优化布置[J].东北水利水电,2021,39(1):6-8.
- [5] 段淇元,胡海华.高含沙河流坝前冲刷漏斗物理模型试验研究[J].水电能源科学,2020,38(12):118-121.
- [6] 肖涛.基于主成分分析的水利工程质量可视化动态监测方法[J].水科学与工程,2021(4):54-57.
- [7] 宋志荣.某混凝土面板堆石坝数值模拟与监测分析[J].广东水利水电,2021(8):44-49.
- [8] 庞敏敏.基于Fluent-Abaqus的水利工程闸门结构设计分析[J].水电站机电技术,2020,43(9):50-54.

- [9] 邢磊磊.基于COMSOL计算优化下病险堤防工程心墙坝参数分析[J].水利技术监督,2021(8):144-148.
- [10] 沈志平.基于ABAQUS的闪落电排站水工挡土墙结构设计优化[J].甘肃水利水电技术,2021,57(5):49-53.
- [11] 双学珍,李桢,张智涌.基于Abaqus的混凝土面板堆石坝建设运营期三维静力特征分析研究[J].四川水利,2020,41(4):14-19.
- [12] 叶柏阳,孙益松,周松松.某工程抽水泵站进水池塔墩体结构动力特性分析研究[J].广东水利水电,2020(8):54-60.
- [13] 张小飞,胡瑞昌,成曦,等.弧门型钢混凝土闸墩内型钢布置形式研究[J].水利水电技术,2017,48(7):35-42.
- [14] 孔信,罗永刚,鲁传银.大花水水电站拱坝中孔闸墩裂缝成因分析及处理措施研究[J].红水河,2021,40(4):70-74.
- [15] 王己海,费文平.预应力锚索的张拉次序对闸墩应力及变形的影响研究[J].中国农村水利水电,2021(7):132-138.