

蔺河电站水库渔业资源调查和鱼产力估算

李涛¹,周小愿^{1*},张星朗¹,贾秋红¹,白海锋¹,周伟²,高宏伟¹

(1. 陕西省水产研究与技术推广工作总站,陕西西安 710086;2. 岚皋县岚翠湖生态渔业开发有限公司,陕西岚皋 725400)

摘要 [目的]科学评估蔺河电站水库鱼产力,合理利用渔业资源,保护水质。[方法]2020年9月对该水库的水生生物、鱼类种群及水质进行调查,根据有关标准估算鱼产力。[结果]水库浮游植物分属7门25种,密度为 0.87×10^6 个/L,生物量平均为1.266 mg/L;后生浮游动物共计9属11种,密度为165个/L,平均生物量为1.798 mg/L;底栖动物的密度为106.70个/m²,生物量为25.64 g/m²;渔获物中有鱼类8种。该水库总鱼产力为304.83 t,其中滤食性鱼类的鱼产力为216.68 t,底栖动物食性鱼类的鱼产力为1.45 t,碎屑食性鱼类的鱼产力为86.70 t。[结论]该水库目前的鱼承载力已处于极限,须采取措施挖掘鱼产力。

关键词 蔺河电站水库;渔业资源;调查;鱼产力

中图分类号 S93 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)19-0106-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.19.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Investigation of Fishery Resources and Estimation of Fish Productivity in Linhe Hydropower Plant Reservoir
LI Tao,ZHOU Xiao-yuan,ZHANG Xing-lang et al (General Station of Fishery Research and Technology Extension of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710086)
Abstract [Objective] To scientifically evaluate the fish productivity of the Linhe hydropower plant reservoir, make rational use of fishery resources and protect water quality. [Method] In September 2020 fishery resources including phytoplankton community, metazoan zooplankton community, benthic community and fish species, water quality were investigated, and then according to the related standard, the evaluation of the fish productivity was conducted. [Result] The identified species in this reservoir belonged to 25 species of 7 phyla, the density of the phytoplankton was 0.87×10^6 ind./L and the biomass was 1.266 mg/L. Metazoan zooplankton was belonged to 11 species of 9 genera, its abundance was 165 ind./L and the biomass was 1.798 mg/L; the density and biomass of the benthic community were 106.70 ind./L and 25.64 g/m² respectively; eight fish species were found in the catches. The total fish productivity of the reservoir was 304.83 t, of which the fish productivity of filter-feeding fish was 216.68 t, that of benthic fish was 1.45 t, and that of detrital fish was 86.70 t. [Conclusion] The carrying capacity of fish in this reservoir was near to its limit at present, and the treatment measures should be taken to explore the potentiality.
Key words Linhe hydropower plant reservoir; Fishery resource; Investigation; Fish productivity

汉江陕西段是我国南水北调中线的重要水源地,这里河网密集,分布着多座大中型水库。积极合理地发展水库渔业,不仅可以利用鱼类,通过“非经典的生物操纵”技术原理^[1],稳定调控水库生态系统和改善水质,也能够通过“一库一策”发展大水面生态渔业,推动当地经济发展,助力乡村振兴战略的实施。

蔺河电站水库位于汉江一级支流——岚河的中游,库区位于陕西省安康市岚皋县东南,距县城15 km。水库正常水位512 m,总库容 1.47×10^8 m³;水库控制流域面积1 450 km²,年总径流量 11.0×10^8 m³。该水库2002年建成,2003年下闸蓄水。水库最大深度80.0 m,平均深度36.0 m,正常水位时水面面积约400 hm²,有效养殖面积340 hm²,是一座以发电为主,兼顾防洪、养殖、城镇供水利用功能的水库。近年来,为了推动当地经济发展,有关各方成立了移民户+村集体+公司的渔业开发公司发展大水面生态渔业,以期实现经济、社会、生态效益相统一的目标。为此,于2020年9月开展了水库的水生生物和鱼类等渔业资源调查,对水库鱼产力进行了科学评估,以期促进净水渔业发展,在保护水库水生生态环境的同时提高经济效益。

1 材料与方法
1.1 采样点设置 根据水库自然形态特征,结合采样点设置规范,设置了5个采样点(图1)。

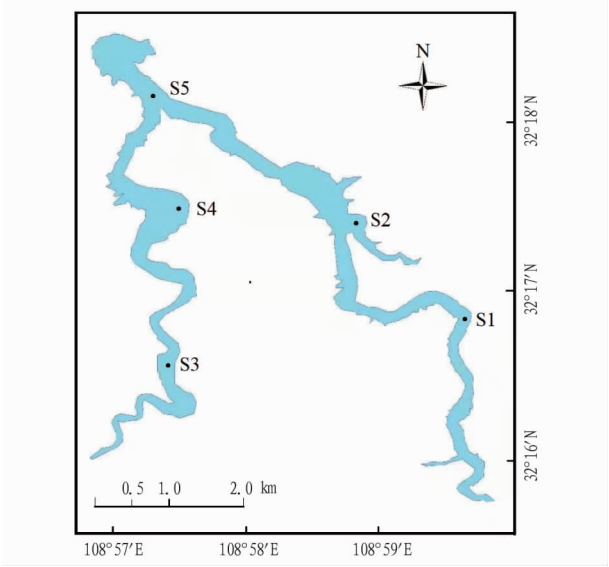


图1 蔺河电站水库渔业资源调查采样点位
Fig. 1 Sampling points for fishery resources survey in Linhe hydropower plant reservoir

1.2 水生生物测定 浮游植物样品采集方法参考淡水浮游生物调查技术规范(SC/T 9402—2010)。用不锈钢采水器采集水样1 000 mL,用30 mL鲁哥氏液现场固定,静置沉

基金项目 现代农业产业技术体系国家大宗淡水鱼产业技术体系建设专项经费(CARS-45-57)。
作者简介 李涛(1984—),男,陕西商洛人,工程师,从事渔业资源与环境研究。*通信作者,高级工程师,硕士,从事渔业生态环境与资源研究。
收稿日期 2021-08-12

淀 24~36 h, 浓缩至 30 mL, 参照胡鸿钧等^[2-4]的方法, 利用 OLYPUS-CX21 光学显微镜进行定种和计数。浮游植物生物量的测定利用体积来换算^[5]。轮虫的种类鉴定参照王家楫^[6]的分类系统, 轮虫生物量采用体积法统计^[5]。由于原生动物的采样方法国内尚未统一, 且该类生物属于兼性生物, 与浮游植物中很多种类同物异名, 该研究暂不将其纳入采集范围。

浮游甲壳类动物用 5 L 采水器取水 10 L, 用 13#浮游生物网($\phi=86\ \mu\text{m}$) 过滤浓缩, 鲁哥氏液现场固定, 带回实验室后在中倍解剖镜下进行全片计数。枝角类和桡足类分别按照参考文献[7-8]进行鉴定, 湿质量按体长-体质量的回归方程估计^[5], 假定比重为 1。

底栖生物样品用 0.062 5 m² 加重的彼得生采泥器采集, 经 420 μm (60 目) 的样筛筛洗后, 将动物检出, 75%乙醇固定, 带回实验室在中倍解剖镜下进行种类鉴定、计数^[9]。湿质量的测定方法: 先用滤纸吸干水分, 然后在电子天平上称重。

水生生物优势种通过种类优势度确定, 种类优势度(Y) = $(N_i/N)f_i$, 式中, N_i 为第 i 种的个体数, N 为总个体数, f_i 为第 i 种的出现率。 $Y>0.02$ 时, 该物种为优势种^[10]。

1.3 水质测定 水质采样和浮游生物同步进行, 现场测定水质参数包括水温、透明度、pH, 其他测定参数包括 COD、总氮、总磷、氨氮等, 测定方法参照国家有关标准。

1.4 鱼类种群调查 在 S2 和 S4 采样点用流刺网(网目 6~8 cm) 进行初步的鱼类资源调查, 重点对渔获物中鲢鳙进行有关生长参数的测定。另外, 从水库水产养殖部门获取近年来鲢鳙鱼的放养和捕捞资料。

1.5 鱼产力估算 参照《大水面增养殖容量计算方法》(SC/T 1149—2020) 中的计算方法和选取有关参数, 估算水库滤食性鱼类和底栖性鱼类鱼产力。计算公式如下:

$$F=\frac{m\times(P/B)\times a}{E}$$

式中, F 为鱼产力(kg/hm^2), m 为水生生物平均生物量(kg/hm^2), P/B 为饵料生物年生产量与年平均生物量之比, a 为饵料利用率, E 为饵料系数。

2 结果与分析

2.1 水生生物的组成、密度和生物量

2.1.1 浮游植物。浮游植物共检出 25 种, 包括硅藻 1 种、甲藻 1 种、绿藻 16 种、蓝藻 2 种、裸藻 2 种、黄藻 1 种、隐藻 2 种。其中, 以隐藻门的嗜蚀隐藻(*Cryptomonas erosa*)、绿藻门的小球藻(*Coelastrum microporum*) 和德巴衣藻(*Chlamydomonas debaryana*) 为优势种。浮游植物密度平均值为 0.87 $\times 10^6$ 个/L, 生物量总平均为 1.266 mg/L。从数量组成上看, 绿藻占绝对优势, 其次为隐藻、裸藻和蓝藻。生物量组成上, 隐藻占主导地位, 占总生物量的 48.8%, 其次为绿藻和甲藻。水库浮游植物的密度和生物量组成见表 1。

表 1 蔺河电站水库浮游植物的现存量
Table 1 Existing quantity of phytoplankton in Linhe hydropower plant reservoir

点位 Point location	绿藻门 Chlorophyta		裸藻门 Euglenophyta		硅藻门 Bacillariophyta		蓝藻门 Cyanophyta		甲藻门 Pyrrophyta		隐藻门 Cryptophyta		合计 Total	
	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量
	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass
	$\times 10^6$ 个/L	mg/L	$\times 10^6$ 个/L	mg/L	$\times 10^6$ 个/L	mg/L	$\times 10^6$ 个/L	mg/L	$\times 10^6$ 个/L	mg/L	$\times 10^6$ 个/L	mg/L	$\times 10^6$ 个/L	mg/L
S1	0.36	0.110	0.06	0.420	0.11	0.077	0.17	0.008	0.06	0.480	0.26	1.040	1.02	2.136
S2	0.18	0.087	0	0	0.03	0.021	0.29	0.014	0.05	0.400	0.12	0.480	0.67	1.002
S3	0.42	0.270	0	0	0.05	0.035	0	0	0.03	0.240	0.11	0.440	0.61	0.985
S4	0.87	0.676	0	0	0.05	0.035	0.06	0.008	0.01	0.080	0.14	0.560	1.13	1.358
S5	0.48	0.155	0	0	0.05	0.035	0.20	0.010	0.01	0.080	0.16	0.570	0.90	0.848
平均 Mean	0.46	0.260	0.01	0.084	0.06	0.041	0.14	0.008	0.03	0.256	0.16	0.618	0.87	1.266

2.1.2 后生浮游动物。水库共采集后生浮游动物 9 属 11 种, 其中轮虫 4 属 6 种、枝角类 2 属 2 种、桡足类 3 属 3 种。轮虫优势种为萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*), 枝角类和桡足类的优势种分别为长额象鼻蚤(*Dosmina longirostris*) 和毛饰拟剑水蚤(*Paracyclops fimbriatus*)。后生浮游动物的平均密度为 165 个/L, 平均生物量为 1.798 mg/L。桡足类占个体密度的绝对优势地位, 达到总量的 86.7%, 生物量上也同样如此, 占总生物量的 86.2%(表 2)。

2.1.3 底栖生物。水库共检出底栖生物 7 种, 包括摇蚊类 2 种、螺类 2 种、蚌类 2 种、水丝蚓 1 种。底栖生物的平均密度为 106.70 个/m², 从个体数量上看, 优势种为霍普水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*) 和羽摇蚊(*Chironomus plumosus*)。

平均生物量为 25.64 g/m², 三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*) 和球圆田螺(*Cipangopaludina ampulliformis*) 分别占总量的 59.3% 和 34.8%(表 3)。

2.2 水库水质 水库的表层水温为 27.0 $^{\circ}\text{C}$, pH 8.15, 水体透明度 1.2~2.9 m, 氨氮 0.056 mg/L, 总氮 0.440 mg/L, 总磷 0.012 mg/L, COD 10.0 mg/L。

2.3 鱼类种群调查结果 共采集鱼类 8 种, 包括鳊 *Aristichthys nobilis*、鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*、鲤 *Cyprinus carpio*、三角鲂 *Megalobrama terminalis*、鲶 *Silurus soldatovi*、鲫 *Carasius auratus*、翘嘴红鲌 *Chanodichthys erythropterus*、餐条 *Hemiculter leuciclus*。对采集的鲢鳙鱼样品进行体长、体质量和年龄的测定, 结果显示(表 4), 鲢鱼的年龄为 3~6 龄, 体质量为

1 010.30~3 525.40 g,平均体质量为 2 012.40 g,肥满度为 平均体质量为 1 987.50 g,肥满度为 1.767。
1.414;鳙鱼的年龄为 3~4 龄,体质量为 1 456.50~2 678.60 g,

表 2 蔺河电站水库后生浮游动物现存量

Table 1 Existing quantity of metazooplankton in Linhe hydropower plant reservoir								
点位 Point location	轮虫 Rotifer		枝角类 Cladocera		桡足类 Copepoda		合计 Total	
	密度 Density 个/L	生物量 Biomass mg/L	密度 Density 个/L	生物量 Biomass mg/L	密度 Density 个/L	生物量 Biomass mg/L	密度 Density 个/L	生物量 Biomass mg/L
S1	19	0.025 6	19	0.400	36	0.301	72	0.727
S2	17	0.038 3	19	0.400	95	0.787	129	1.225
S3	7	0.008 6	4	0.110	198	2.203	209	2.142
S4	5	0.001 6	3	0.060	267	3.333	275	3.395
S5	6	0.006 6	16	0.370	119	1.126	141	1.503
平均 Mean	11	0.016 2	12	0.268	143	1.550	165	1.798

表 3 蔺河电站水库底栖生物现存量

Table 3 The biomass of the benthic community in the reservoir								
点位 Point location	霍普水丝蚓 <i>L. hoffmeisteri</i>		溪流摇蚊 <i>Chironomus riparius</i>		羽摇蚊 <i>C. plumosus</i>		圆顶珠蚌 <i>Unio douglasiae</i>	
	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²
S1	80.00	1.60	26.67	0.53	0	0	26.67	0.53
S2	0	0	26.67	0.53	106.67	0.80	26.67	0.53
S3	26.67	0.53	0	0	0	0	0	0
S4	26.67	0.53	0	0	0	0	0	0
平均 Mean	33.34	0.66	13.34	0.26	26.67	0.20	13.34	0.26
点位 Point location	三角帆蚌 <i>H. cumingii</i>		凸旋螺 <i>Cyraulus convexiusculus</i>		球圆田螺 <i>C. ampulliformis</i>		合计 Total	
	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²	密度 Density 个/m ²	生物量 Biomass g/m ²
S1	0	0	26.67	0.53	0	0	160.01	3.19
S2	0	0	0	0	26.67	35.73	186.68	37.59
S3	26.67	60.80	0	0	0	0	53.34	61.33
S4	0	0	0	0	0	0	26.67	0.53
平均 Mean	6.67	15.20	6.67	0.13	6.67	8.93	106.70	25.64

注:由于 S5 点位的水深过深,底栖生物样品无法采集,故按 4 个采样点的数据进行计算
Note:Because the water depth at S5 is too deep,the benthic samples cannot be collected,so the calculation is based on the data of 4 sampling points

表 4 蔺河电站水库鲢、鳙鱼生长参数测定结果

Table 4 The measured results of growth parameters of the silver carp and the bighead carp in the reservoir								
种类 Species	样品量 Number of sample	年龄 Age a	体长 Body length/cm		体质量 Body weight/g		肥满度 Fatness	
			范围 Range	均值 Mean	范围 Range	均值 Mean		
鲢 Silver carp	8	3~6	42.20~61.50	51.70	1 010.30~3 525.40	2 012.40	1.414±0.105	
鳙 Bighead carp	11	3~4	43.50~54.45	48.35	1 456.50~2 678.60	1 987.50	1.767±0.153	

注:肥满度=(体质量/体长³)×100
Note:Fatness=(body weight/body length³)×100

从 2017—2019 年鲢鳙鱼苗放养情况(表 5)可以看出,花鲢和白鲢的放养比例(尾数)从 2017 年的 2:1 增加至 2019 年的 4.6:1,而且放养量逐年递增,冬季放苗,苗种规格在 0.05~0.65 kg。2019 年捕捞量为 180 t,其中花鲢和白鲢的比例(尾数)为 4:1,规格基本为 1.5~2.5 kg。

2.4 鱼产力估算 根据《大水面增养殖容量计算方法》(SC/T 1149—2020)选取有关参数,具体如下:浮游植物的 *P/B* 系数以 80 计算,饵料系数 *E* 取 80,利用率 *a* 取 40%。浮游动物取 *P/B* 系数 30,饵料系数 *E* 为 10,利用率 *a* 取 30%。另外,水库的平均深度取 30 m。则水库的鱼产力如表 6 所示。

表 5 2017—2019 年蔺河电站水库鱼苗投放情况

Table 5 The amounts of released fishfry from 2017 to 2019 in Linhe hydropower plant reservoir				
年份 Year	花鲢 Spotted silver carp		白鲢 Silver carp	
	数量 Quantity ×10 ⁴ kg	规格 Size kg/尾	数量 Quantity ×10 ⁴ kg	规格 Size kg/尾
2017	5.00	0.50	0.25	0.05
2018	6.50	0.65	0.75	0.25
2019	7.50	0.65	1.00	0.40

底栖生物的生物量为 25.64 g/m²,提供的鱼产力计算中

各参数的取值为 P/B 系数取 4, 饵料系数 E 取 6, 利用率 a 取 25%。则水库底栖生物提供的鱼产力为 4.27 kg/hm^2 。

腐殖质、有机腐屑及细菌等所能提供的鱼产力为浮游生

物的 30%~50%^[11-12], 按 40% 计算, 则腐殖质提供鱼产力为 254.9 kg/hm^2 。该水库的总鱼产力为 896.47 kg/hm^2 。

表 6 蔺河电站水库浮游植物和浮游动物的鲢、鳙鱼产力
Table 6 The fish productivity of the silver carp and the bighead carp in Linhe hydropower plant reservoir

饵料生物 Bait organisms	现存量 Standing stock kg/hm ²	P/B 系数 P/B coefficient	利用率 Utilization (a) /%	饵料系数 Foot coefficient (E)	鱼产力 Fish productivity kg/hm ²
浮游植物 Phytoplankton	379.5	80	40	80	151.8
浮游动物 Zooplankton	539.4	30	30	10	485.5

按有效养殖面积计算, 滤食性鱼类中鲢鱼的鱼产力为 51.61 t , 鳙鱼的鱼产力为 165.07 t , 底栖动物食性鱼类的鱼产力为 1.45 t , 碎屑食性鱼类的鱼产力为 86.70 t , 总鱼产力为 304.83 t 。

3 结论与讨论

从水库水生生物和水质以及初级生产力的测定结果来看, 浮游植物的生物量为 1.266 mg/L , 浮游动物的生物量为 1.798 mg/L , 两者均处于 $1\sim3\text{ mg/L}$ 。根据《水库渔业营养类型划分标准》(SL 218—1998) 中水库营养类型划分标准第三层次的划分指标, 蔺河电站水库属于中营养型水库。从该标准中第二层次的划分指标也可以看出, 该水库的水质指标中总磷为 0.012 mg/L , 总氮为 0.440 mg/L , COD 为 10 mg/L , 这些指标同样处于中营养型水库的指标取值范围内。所以, 综合以上分析结果, 蔺河电站水库的营养类型应为中营养型。

从鱼产力测算结果看, 该水库鲢鱼的鱼产力为 51.61 t , 鳙鱼的鱼产力为 165.07 t 。该水库多年来鳙鱼鱼种的实际放养量约为 10 万尾, 而且均为 0.5 kg 及以上的大规格鱼种, 一般这种规格的鳙鱼年均增重约 1.0 kg , 这就意味着第一年冬天放养的鱼种第二年冬天就能够长到 1.5 kg 左右, 达到了起捕规格。在测算的鳙鱼鱼产力 (165.07 t) 的情况下, 这样的放养量也就意味着鳙鱼的产量已达到了极限 (2019 年鳙鱼的捕捞量为 144 t)。鲢鱼鱼种每年的放养量在 3 万尾左右, 鲢鱼生长较慢, 年均增重约 0.5 kg , 生产周期为 3 年左右。在测算的鲢鱼鱼产力 (51.61 t) 的情况下, 鲢鱼的产量也已达到极限 (2019 年鲢鱼的捕捞量为 36 t)。从 2019 年实际捕捞结果看, 180 t 的产量按有效养殖面积计算, 平均产量为 525 kg/hm^2 , 这个产量已经是我国小型中营养水库的产量。另外, 从渔获物分析中可以得知, 鲢鱼的肥满度为 1.414 , 鳙鱼的肥满度为 1.767 , 属于偏低, 表明水库中浮游生物的供饵能力已显不足, 也意味着放养的鲢鳙密度过大, 需要进行适当的调整。当前, 该水库水产养殖部门采取一年捕捞 2 次, 分别在 4 月和 9 月, 这样可以达到起捕规格的鲢、鳙鱼及时捕捞出水, 缓解水库负载压力, 也是一种可行的养殖策略。

而且, 4 月和 9 月鲢鳙鱼分批捕捞上市, 错开了冬季集中捕捞高峰期, 也可以获取一定的价格优势, 从而获得更高的经济效益。

从有效发挥渔业资源、提升经济效益的角度看, 可以适当挖掘底栖性鱼类和碎屑性鱼类的鱼产力。该水库有机碎屑食性鱼类的鱼产力为 86.70 t , 蕴含着较大的挖掘潜力。因此, 可以适当放养细鳞斜颌鲴 (*Xenocypris microlepis*) 等鲴类鱼。细鳞斜颌鲴以有机碎屑和腐殖质为食, 具有生长速度快、自然繁殖力强、易形成自然种群、躲避敌害能力强以及市场欢迎度高和经济效益明显等优势^[13]。而且, 细鳞斜颌鲴属于汉江水系的鱼类, 在该水库放养符合 2020 年国家三部委 (农业农村部、生态环境部、林草局) 联合出台的《关于推进大水面生态渔业发展的指导意见》的文件精神, 也可以起到保护细鳞斜颌鲴种质和野生资源的作用。另外, 在水库中也可以适当放养鲤鱼、鲫鱼或青鱼鱼种, 虽然产量可能不会太高, 但也是一条增加经济效益的途径。

参考文献

[1] 刘建康, 谢平. 用鲢鳙直接控制微囊藻水华的围隔试验和湖泊实践[J]. 生态科学, 2003, 22(3): 193-198.
[2] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 21-901.
[3] 施之新. 中国淡水藻志: 第 6 卷 裸藻门[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 1-38.
[4] 齐雨藻, 李家英, 谢淑琦. 中国淡水藻志: 第 10 卷 硅藻门 羽纹纲 (无壳缝目 拟壳缝目)[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-86.
[5] 赵文. 水生生物学[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2016: 502-520.
[6] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
[7] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志: 节肢动物门 甲壳纲 淡水枝角类[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 80-260.
[8] 中国科学院中国动物志编辑委员会. 中国动物志: 节肢动物门 甲壳纲 淡水桡足类[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 53-416.
[9] 池仕运, 陈胜, 汪红军, 等. 汉江中下游底栖动物群落结构特征研究[J]. 水生态学杂志, 2014, 35(5): 82-90.
[10] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚盟, 等. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995(1): 39-48.
[11] 周勇, 郭万友, 韩正田, 等. 桃林口水库鱼产力评价[J]. 河北渔业, 2013(6): 16-17.
[12] 孙金辉, 胡莲, 乔之怡, 等. 云龙湖水库浮游生物调查及鲢、鳙鱼产潜力估算[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(1): 78-83.
[13] 陈楚星. 介绍一种优良的养殖对象——细鳞斜颌鲴[J]. 水产科技情报, 2005, 32(2): 64-67.