

# 刘家峡水库30年来水质及鱼产力变化对比

张亚亚<sup>1</sup>, 王建福<sup>1\*</sup>, 李勤慎<sup>2</sup>, 康玉军<sup>1</sup>, 黄进强<sup>1</sup>, 刘哲<sup>1</sup>

(1.甘肃农业大学 动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070;

2.甘肃省渔业技术推广总站, 甘肃 兰州 730030)

**摘要:** 为了研究从20世纪80年代初到本世纪初的30年以来, 刘家峡水库水质和鱼产力的变化情况, 通过查阅两个阶段所开展的渔业资源调查资料, 并利用能量流转和系统评价两种方法进行了鱼产力的估算, 对比了30年来刘家峡水库水质和鱼产力的变化。结果表明: 30年来, 刘家峡水库水体中氨氮、亚硝酸盐氮、总磷等营养盐类指标有所增加。浮游植物总生物量有明显增加; 浮游动物总生物量下降; 底栖动物的生物量增加非常明显。通过能量流转换法估测得刘家峡水库鲢鱼鱼产力由1981~1982年的 $49.53\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 增加到2012年的 $99.38\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ , 而鳙鱼鱼产力则由 $63.54\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 下降为 $36.78\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ , 鲤鱼、鲫鱼的鱼产力由 $0.73\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 增长到 $51.2\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 。系统评价法估测结果发现, 刘家峡水库近30年来的鱼产力未发生明显改变为IV-, 仍属于较低鱼产力中较高者。综上所述, 30年来刘家峡水库营养盐类含量有所升高, 浮游植物生物量有明显增加, 有向富营养化逐渐发展的风险, 鲢鱼鱼产力有明显提高, 鳙鱼鱼产力下降, 滤食性鱼类总鱼产力未发生明显改变, 鲤鱼、鲫鱼的鱼产力有明显提升。

**关键词:** 刘家峡水库; 渔业资源; 水质; 鱼产力

**中图分类号:** S932 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-799X (2020) 01-0046-05

DOI: 10.15979/j.cnki.cn62-1064/s.2020.01.019

刘家峡水库位于黄河上游, 甘肃省临夏州永靖县县城西南1 km处, 距省会兰州市75 km, 是第一个五年计划期间, 中国自行设计、施工、建造的大型水利工程, 于1974年竣工。刘家峡水电站是黄河上游开发规划中的第七个梯级电站, 具有发电、防洪、灌溉、养殖、旅游等多种功能<sup>[1]</sup>。刘家峡库区面积 $1.07\text{万}\text{hm}^2$ , 占甘肃省渔业水域面积一半以上, 水库地处高原峡谷, 水体透明度高, 水质良好, 是省会兰州城市用水的水源地, 也是甘肃省重要的土著鱼类种质资源库。对刘家峡水库的渔业资源开展较为系统的调查工作是水库渔业利用价值评估

的重要基础。上世纪80年代和本世纪的2012年分别进行过两次较为系统的渔业资源调查工作, 但并未见到根据渔业资源调查的结果对水库鱼产力开展评估和比较的相关报道。本文通过对两次系统渔业资源调查结果中水化学指标和生物指标等的对比, 并通过能量流转法和系统评价法对其鱼产力进行评估, 比较30年来刘家峡水库的水质和鱼产力变动情况, 为相关渔业生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点设置

#### 1.1.1 1981~1982年渔业资源调查的采样点设置

**收稿日期:** 2019-11-21

**基金项目:** 甘肃农业大学2018年大学生科研训练计划 (SRTP) 项目编号 (20180438)。

**作者简介:** 张亚亚 (1998-), 女, 甘肃平凉人, 在读本科生, 水产养殖专业。

**通讯作者:** 王建福 (1982-), 男, 河南商丘人, 讲师, 主要从事水产养殖教学和科研工作

情况 刘阳光等<sup>[13]</sup>分别在1981年5月、6月、10月、11月以及1982年5月、7月、8月、9月和11月共进行9次采样分析,设置了9个检测点(图1),对水化学指标、浮游生物和底栖动物等进行了系统检测。

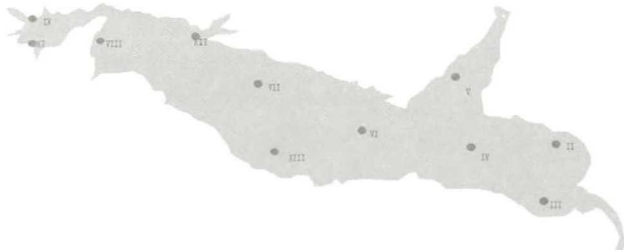


图1 1981~1982年刘家峡水库渔业资源调查采样点设置情况

1.1.2 2012年渔业资源调查的采样点设置 2012年李勤慎等在刘家峡水库上游(S)、中游(Z)、下游(X)、刘家峡水库渔场网箱场(W)、大夏河口(J)、洮河口(C)设置监测点,并将上游、中游、下游三个断面每个断面设3个采样点,其余3个监测点均设1个采样点,共计12个采样点进行采样(图2),对水化学指标、浮游生物和底栖动物进行了系统检测,相较于30年前采样点设置更加全面。

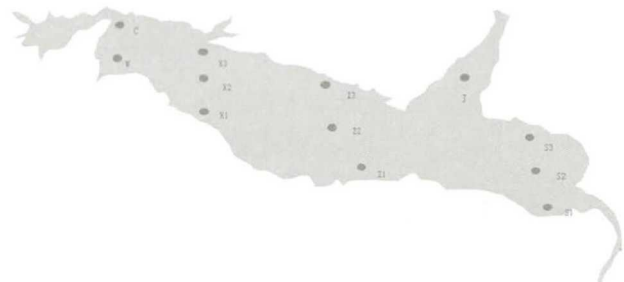


图2 2012年刘家峡水库渔业资源调查采样点设置情况

## 1.2 鲢鳙鱼产力计算

1.2.1 能量流转换法估测刘家峡水库鱼产力 刘家峡水库属巨型水库,面积较大,水体较深,水质较为清瘦,最适合粗放养殖鲢、鳙等滤食性鱼类。根据浮游植物、浮游动物的生物现存量(B)情况,不同浮游生物一般的年周转效率(P/B系数浮游植物一般取50,浮游动物取20),鲢鳙鱼对其一般的利用率(浮游植物一般

为20%~30%,本项目取20%,浮游动物一般为25%~50%,本项目取25%),饵料系数(鲢鱼取30,鳙鱼取20)推算出可能的鲢鳙鱼产潜力<sup>[9-12]</sup>。

(1) 1981~1982年调查,刘家峡水库在鱼类生长期(5~10月)浮游植物生物量为0.646 mg/L,浮游动物生物量为1.105 mg/L,这个时期水库平均水深为23 m,则每公顷水面:

$$\text{浮游植物现存量 } B_1 = 0.646 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ L} \times 10000 \text{ m}^2 \times 23 \text{ m} \div 1000 \text{ mg} \div 1000 \text{ g} = 148.58 \text{ (kg)}$$

$$\text{浮游动物现存量 } B_2 = 1.105 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ L} \times 10000 \text{ m}^2 \times 23 \text{ m} = 254.15 \text{ (kg)}$$

$$\text{鲢鱼年生产力 } (F_{\text{鲢}}) = \text{浮游植物现存量} \times (P/B) \times \text{可利用率} \div \text{饵料系数} = 148.58 \times 50 \times 20\% \div 30 = 49.53 \text{ (kg)}$$

$$\text{鳙鱼年生产力 } (F_{\text{鳙}}) = \text{浮游动物现存量} \times (P/B) \times \text{可利用率} \div \text{饵料系数} = 254.15 \times 20 \times 25\% \div 20 = 63.54 \text{ (kg)}$$

刘家峡水库1.07万公顷水体面积理论鲢鱼生产力 =  $10700 \times 49.53 = 5.3 \times 10^5 \text{ (kg)}$

$$\text{鳙鱼生产力} = 10700 \times 63.54 = 6.8 \times 10^5 \text{ (kg)}$$

(2) 2012年调查刘家峡水库在鱼类生长期(5~10月)浮游植物生物量为1.49 mg/L,浮游动物生物量为0.7356 mg/L,这个时期水库平均水深20 m,则每公顷水面:

$$\text{浮游植物现存量 } B_1 = 1.49 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ L} \times 10000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} = 298 \text{ (kg)}$$

$$\text{浮游动物现存量 } B_2 = 0.7356 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ L} \times 10000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} = 147.12 \text{ (kg)}$$

$$\text{鲢鱼年生产力 } (F_{\text{鲢}}) = \text{浮游植物现存量} \times (P/B) \times \text{可利用率} \div \text{饵料系数} = 298 \times 50 \times 20\% \div 30 = 99.33 \text{ (kg)}$$

$$\text{鳙鱼年生产力 } (F_{\text{鳙}}) = \text{浮游动物现存量} \times (P/B) \times \text{可利用率} \div \text{饵料系数} = 147.12 \times 20 \times 25\% \div 20 = 36.78 \text{ (kg)}$$

刘家峡水库1.07万公顷水体面积理论鲢鱼生产力 =  $10700 \times 99.33 = 1.06 \times 10^6 \text{ (kg)}$

$$\text{鳙鱼生产力} = 10700 \times 36.78 = 3.94 \times 10^5 \text{ (kg)}$$

1.2.2 统评价法估测刘家峡水库鱼产力 根据

基础因素（第一层次）、水化学因素（第二层次）、生物因素（第三层次）三个层次的FPIc对鱼产力进行等级评价。

（1）1981~1982年：

第一层次：集雨区性状打分0.24，平均水深大于15 m，平均年水交换率小于0.5。

$FPIc=0.50$ （集雨区性状权值） $\times 0.2$ （鱼产力分指数） $+0.20$ （平均水深权值） $\times 0.2$ （鱼产力分指数） $+0.30$ （水交换率权值） $\times 0.2$ （鱼产力分指数） $=0.2$ （较低）

第二层次： $FPIc=0.35$ （总磷权值） $\times 0.9$ （鱼产力分指数） $+0.30$ （总氮权值） $\times 0.25$ （鱼产力分指数） $+0.15$ （化学耗氧量权值） $\times 0.3$ （鱼产力分指数） $+0.20$ （总溶解固体或电导率权值） $\times 0.6$ （鱼产力分指数） $=0.555$ （中）

第三层次： $FPIc=0.60$ （浮游植物生物量权值） $\times 0.19$ （鱼产力分指数） $+0.40$ （浮游动物生物量权值） $\times 0.38$ （鱼产力分指数） $=0.266$ （较低）

由以上三个层次的计算结果，两个较低一个中等，综合可得1981~1982年刘家峡水库鱼产力属于IV-即较低中较高的类型。

（2）2012年：

第一层次：集雨区性状打分0.24，平均水深大于15 m，平均年水交换率小于0.5。

$FPIc=0.50$ （集雨区性状权值） $\times 0.2$ （鱼产力分指数） $+0.20$ （平均水深权值） $\times 0.2$ （鱼产力分指数） $+0.30$ （水交换率权值） $\times 0.2$ （鱼产力分指数） $=0.2$ （较低）

第二层次： $FPIc=0.35$ （总磷权值） $\times 1$ （鱼产力分指数） $+0.30$ （总氮权值） $\times 0.25$ （鱼产力分指数） $+0.15$ （化学耗氧量权值） $\times 0.32$ （鱼产力分指数） $+0.20$ （总溶解固体或电导率权值） $\times 0.61$ （鱼产力分指数） $=0.595$ （中）

第三层次： $FPIc=0.60$ （浮游植物生物量权值） $\times 0.25$ （鱼产力分指数） $+0.40$ （浮游动物生物量权值） $\times 0.3$ （鱼产力分指数） $=0.27$ （较低）

由以上三个层次的计算结果，两个较低一个中等，综合可得2012年刘家峡水库鱼产力属

于IV-即较低中较高的类型。

### 1.3 鲤鲫鱼产力计算

根据底栖动物生物现存量（B）情况，生长期底栖动物一般的年周转效率P/B系数取5，鲤、鲫鱼对其一般的利用率为25%，饵料系数为5<sup>[13]</sup>。利用能量流转换法来推算出可能的鲤、鲫鱼产力。

（1）1981~1982年调查，刘家峡水库在鱼类主要生长期（5~10月）底栖动物生物量为0.292 g/m<sup>2</sup>，则每公顷水面：

底栖动物现存量=0.292 g/m<sup>2</sup>  $\times 10\ 000\ m^2=2.92$ （kg）

鲤、鲫鱼年生产力=底栖动物现存量  $\times$ （P/B） $\times$  可利用率  $\div$  饵料系数=2.92  $\times 5 \times 25\% \div 5=0.73$ （kg）

刘家峡水库1.07万公顷水体面积理论鲤、鲫鱼鱼产力=10 700  $\times 0.73=7.8 \times 10^3$ （kg）

（2）2012年调查，刘家峡水库在鱼类主要生长期（5~10月）底栖动物生物量为20.48 g/m<sup>2</sup>，则每公顷水面：

底栖动物现存量=20.48 g/m<sup>2</sup>  $\times 10\ 000\ m^2=204.80$ （kg）

鲤、鲫鱼年生产力=底栖动物现存量  $\times$ （P/B） $\times$  可利用率  $\div$  饵料系数=204.8  $\times 5 \times 25\% \div 5=51.2$ （kg）

刘家峡水库1.07万公顷水体面积理论鲤、鲫鱼鱼产力=10 700  $\times 51.2=5.48 \times 10^5$ （kg）

## 2 调查结果对比分析

### 2.1 水体理化性质的对比分析

1981~1982年和2012年刘家峡水库水质理化性质指标如表1所示。可以看出，相比20世纪80年代，刘家峡库水的平均温度下降2℃，平均深度增加2 m，溶解氧含量有所增加，这可能主要与温度的下降有关；重碳酸盐有所减少，硫酸盐含量增加较多；透明度有较为明显的提高；氨氮、亚硝酸氮、硝酸盐氮、总磷、总铁等营养盐类的含量有所增加；总碱度有所增加，但钙、镁含量明显减少，库水的总硬度也相应降低。

### 2.2 浮游生物的对比如析

1981~1982年和2012年刘家峡水库浮游生物生物量调查结果如表2所示。由浮游生物量来看，浮游植物两次都以硅藻所占比例最大，浮游动物两次都以枝角类所占比例最大，其他种类的生物量有略微变化。相较于1981年，30年里浮游植物生物量增加较多，而浮游动物生物量有明显减少，这可能与水库附近环境条件的改变，库水富营养化的趋势以及水库浮游植物的利用率小于浮游动物等<sup>[5]</sup>有关。一般认为，硅藻和甲藻是中营养型水体的优势种群，而绿藻和蓝藻是富营养型水体的优势种群<sup>[6-8]</sup>，刘家峡水库属于巨型贫营养型水库，但其水体中营养

物质的增加和浮游藻类生物量的增加，预示其水体可能有向富营养化的危险。

### 2.3 鲢鳙鱼产力的对比如析

根据能量流转换法估测鱼产力的结果可以看出(表3)，在1982~2012年的30年间刘家峡水库鲢鱼鱼产力明显增加，鳙鱼鱼产力明显降低，但总鱼产力变化不大。

通过系统评价法得出前后两次调查评价刘家峡水库的鱼产力等级一致，可以看出在这30年间刘家峡水库鱼产力的类型并未发生较大的变化，保持在IV-(较低中较高)类型。刘家峡水库在基础因素，水化学因素和生物因素三个层次的指标并未发生大的变化。

表1 1981-1982年和2012年刘家峡水库水质理化指标对比

项目	温度 (℃)	透明度 (cm)	深度 (m)	底质	重碳酸盐 (mEq/L)	硫酸盐 (mEq/L)	亚硝酸盐氮 (mg/L)	硝酸盐氮 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	总铁 (mg/L)	钙 (mg/L)	镁 (mg/L)	总硬度 (°)	总碱度 (°)	溶解氧 (mg/L)	耗氧量 (mg/L)
1981~1982	15.4	123	26	黄泥	2.91	0.43	0.007	0.330	0.104	0.03	0.023	44.3	11.1	8.75	8.15	7.6	2.4
2012	13.5	182	28	黄泥	2.25	8.83	0.016	0.691	0.190	0.137	0.043	33.29	7.71	6.42	8.81	10.82	2.02

表2 1981-1982年和2012年刘家峡水库浮游生物变化情况

种类	生物量		比例		总量		
	1982(mg/L)	2012(mg/L)	1982(%)	2012(%)	1982(mg/L)	2012(mg/L)	
浮游植物	硅藻	0.350	0.7709	54	52.46	0.646	1.4934
	绿藻	0.054	0.0166	8.4	1.13		
	蓝藻	0.004	0.0028	0.6	0.19		
	裸藻	0.034	0.0640	5.3	4.36		
	甲藻	0.202	0.5650	31.4	38.45		
	金藻	0.001	0.0263	0.2	1.79		
	黄藻	0.001	-	0.2	0		
	隐藻	-	0.0478	0	3.25		
浮游动物	原生动物	0.010	0.1604	0.9	21.38	1.105	0.7356
	枝角类	0.526	0.4300	47.8	57.32		
	轮虫	0.152	0.1452	13.8	19.35		
	桡足类	0.417	-	37.9	0		
浮游动物: 浮游植物	1981~1982		2012				
	1.71		0.77				

**表3 1981—1982年和2012年刘家峡水库鲢  
鳙鱼产力对比**

	鱼种	鱼产力 (kg/hm <sup>2</sup> )	水体总鱼 产力(kg)	滤食性鱼 总鱼产力(kg)
1981~1982年	鲢鱼	49.53	5.3 × 10 <sup>5</sup>	12.1 × 10 <sup>5</sup>
	鳙鱼	63.54	6.8 × 10 <sup>5</sup>	
2012年	鲢鱼	99.33	1.06 × 10 <sup>6</sup>	14.54 × 10 <sup>5</sup>
		36.78	3.94 × 10 <sup>5</sup>	

#### 2.4 底栖动物产量对比分析

由底栖动物的生物量来看(表4), 1981年调查摇蚊幼虫的生物量最多, 占所发现的底栖动物生物量的82.9%; 2012年调查所得寡毛纲的生物量最多, 占所发现的底栖动物生物量的80.22%。底栖动物是湖泊, 水库的重要生态组成, 也是某些鱼类的饵料来源之一。底栖动物为底层杂食性鱼类如鲤鱼等提供了良好的食物条件, 丰富的底栖动物量可以有效提高鲤、鲫鱼的鱼产力。

#### 2.5 鲤、鲫鱼产力的对比分析

对比1981~1982年和2012年刘家峡水库鲤、鲫鱼的鱼产力(表5), 可以看出在这30年间刘家峡水库鲤、鲫鱼的鱼产力增长明显, 水库底层

水体营养物质丰富, 底层鱼类有良好的生产潜力。

**表5 1981~1982年和2012年刘家峡水库  
鲤、鲫鱼鱼产力对比**

	鱼种	鱼产力 (kg/hm <sup>2</sup> )	水体总鱼产力 (kg)
1981~1982年	鲤、鲫鱼	0.73	7.8 × 10 <sup>3</sup>
2012年	鲤、鲫鱼	51.2	5.48 × 10 <sup>5</sup>

### 3 讨论

目前, 有关水库渔业资源的调查较多, 但通过相隔几年, 几十年的渔业资源调查结果来对比和评估水库鱼产力的报道还略显不足。水库的水体化学指标、生物指标以及与之对应的鱼产力指标等的现状及其变化规律对内陆水体的渔业开发利用具有重要意义。刘家峡水库在1981~2012年期间, 水体的营养盐类有所增加, 有向富营养化方向进一步发展的风险, 浮游植物的生物量有所增加, 而浮游动物的生物量有所降低, 鲢鱼鱼产力明显提高, 鳙鱼鱼产力下降, 滤食性鱼类的总鱼产力有增加的趋势, 底栖动物的生物量有明显增加, 鲤鱼、鲫鱼鱼产力有明显提高。

**表4 1981~1982年和2012年刘家峡水库底栖动物变化情况**

	水生昆虫	寡毛类	螺类	其他	合计	
1981~1982年	密度(个/m <sup>2</sup> )	120	71	-	0.4	191.4
	比例(%)	62.7	37.1	-	0.2	100.0
	生物量(g/m <sup>2</sup> )	0.242	0.044	-	0.006	0.292
	比例(%)	82.9	15.1	-	2.0	100.0
2012年	密度(个/m <sup>2</sup> )	28.19	7273.1	128	4.57	7433.86
	比例(%)	0.38	97.84	1.72	0.06	100.0
	生物量(g/m <sup>2</sup> )	0.38	16.43	3.63	0.04	20.48
	比例(%)	1.86	80.22	17.72	0.2	100.0

(下转第57页)

#### 4 讨论

甘肃高山细毛羊是我国1980年育成的第一个高山型细毛羊品种<sup>[4]</sup>,是甘肃特有的细毛羊品种<sup>[5]</sup>,为了防止种质资源的流失,试验从细胞水平对甘肃高山细毛羊骨骼肌细胞建立细胞库,并对保存质量进行检测。通过细胞形态可以评估细胞的保存的质量,细胞生长曲线可以反映细胞的增殖能力;染色体核型分析来鉴定

细胞系的性别来源和种属来源的确切指标<sup>[6]</sup>。保存的甘肃高山细毛羊骨骼肌细胞形态呈梭形,生长曲线呈“S”型,染色体为54条,无外源支原体污染,细胞形态良好,增殖速度快,倍增时间短,为二倍体细胞,无外源物污染,从细胞水平上成功保存了甘肃高山细毛羊的种质资源。

#### 参考文献:

- [1] 保国俊,何茂昌,王珂,等.甘肃高山细毛羊种质资源保护方案[J].畜牧兽医杂志,2016,35(05):51-54.
- [2] 安丽娜.甘肃高山细毛羊螨虫病流行特点与防治措施[J].中国畜禽种业,2019,15(7):72.
- [3] 马花.Marc-145悬浮培养细胞系的建立及培养研究[D].兰州:西北民族大学,2017.
- [4] 仇连平,董和.甘肃高山细毛羊及其杂种羊皮肤毛囊发育规律的研究[J].中国草食动物科学,2019,39(2):67-69.
- [5] 陈元德,文亚洲.甘肃省细毛羊产业现状及发展对策[J].养殖与饲料,2018,(10):116-118.
- [6] 张萍.绵羊胚胎肌源性干细胞建系及刺五加注射液对其增殖影响[D].佳木斯:佳木斯大学,2015.

(编辑:赵鹏飞)

-----  
(上接第50页)

#### 参考文献:

- [1] 常建国.刘家峡水库渔业资源开发策略初探[J].水利渔业,2002,1(3):50-51.
- [2] 李家乐.池塘养鱼学[M].北京:中国农业出版社,2011.
- [3] 刘丙阳,赵文,郭凯,等.基于水质安全的饮用水源水库渔业生产潜力评估——以辽宁省汤河水库为例[J].北京农业,2010,12(2):74-76.
- [4] 李勤慎,康鹏天,秦勇,等.刘家峡水库渔业资源及利用调查报告[J].甘肃农业,2012,(1):23-28.
- [5] 孙长莲.刘家峡鱼产潜力与浮游生物的数理统计分析[J].甘肃农业科技,1987,(8):19-20.
- [6] 王明翠,刘零琴,张建辉.湖泊富营养化评价方法及分级标准[J].中国环境监测,2002,18(5):47-50.
- [7] 沈韞芬,章宗涉,龚循矩,等.微型生物监测新技术[M].北京:中国建筑出版社,1990.
- [8] 王凤娟,胡子全,汤杰.用浮游动物评价巢湖东湖区的水质和营养类型[J].生态科学,2006,25(6):550-553.
- [9] 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].水生生态学杂志,2011,32(1):78-83.
- [10] 金显文,邓道贵,孟永乐.淮南南湖塌陷区水域浮游生物组成与鱼产力估算[J].淮北师范大学学报(自然科学版),2013,34(4):48-51.
- [11] 张艳萍,陈文静,王海华,等.太泊湖水水质生物学评价及鲢鳙鱼产力评估[J].水生生态学杂志,2015,36(1):94-100.
- [12] 胡玉婷,江河,卢文轩,等.安徽太平湖浮游生物调查与鲢鳙鱼产力评估[J].安徽农业大学学报,2017,44(2):234-241.
- [13] 刘阳光.甘肃渔业资源与区划[M].兰州:兰州大学出版社,2000.

(编辑:赵鹏飞)