

## 专栏:南水北调中线水生态保护

## 丹江口水库(河南辖区)主捕渔具调查研究

董传举<sup>1,4</sup>, 张晓<sup>2</sup>, 詹世盈<sup>3</sup>, 李学军<sup>1,2,4</sup>

(1.河南师范大学 法学院; 三农法律问题研究中心, 河南 新乡 453007; 2.河南师范大学 水产学院, 河南 新乡 453007; 3.南召县农业农村局, 河南 南阳 474650; 4.河南省丹江口水库水域生态系统野外科学观测研究站, 河南 南阳 474450)

**摘要:**为研究主捕渔具对丹江口水库(河南辖区)鱼类资源的影响,进而为禁渔政策制定提供依据,通过对 6 个乡镇设置 9 个位点进行实证调查研究.结果显示,丹江口水库(河南辖区)渔民以使用三重定置刺网捕捞为主,各位点渔获物共有 3 目 3 科 13 属 15 种,且多为中上层、喜流水性鱼类.通过分析渔获物相对重要指数,发现优势种为鲢和鳙,其体长分别为(31.430±8.244) cm 和(7.360±0.612) cm,其生物学特性显示优势种全部为幼鱼,推断是由渔具网目尺寸过小导致.采用 Margalef 丰富度指数,Shannon-Wiener 多样性指数,Pielou 均匀度指数分析渔获物多样性,发现三重定置刺网具有选择性较差、副渔获物兼捕严重等问题.对渔获物及体长相关性进行统计分析,发现上述问题可能与网衣层数有关,并对主捕对象最小可捕规格、渔具网目尺寸和网衣层数等提出规范建议,以期有关部门主捕渔具的规范、禁渔政策的完善和法规制定提供依据.

**关键词:**丹江口水库;主捕渔具;调查分析;渔获物

**中图分类号:**S974

**文献标志码:**A

丹江口水库属于长江流域汉江中上游,跨鄂豫两省,总面积 846 km<sup>2</sup>.其作为南水北调中线工程唯一的水源地,有效改善了我国水资源北缺南丰、时空分布极不均衡的局面<sup>[1]</sup>.丹江口水库具有丰富的鱼类资源,但近年研究发现,过度捕捞等现象导致丹江口水库鱼类物种丰富度逐年下降.1986 年至 1987 年丹江口水库鱼类资源调查共采集到 67 种鱼类<sup>[2]</sup>,而 2018 年至 2019 年的调查只采集到 33 种鱼类<sup>[3]</sup>.鱼类是水域生态系统的重要组成部分,鱼类群落结构的降低不仅会导致鱼类资源的严重衰退,也会导致水体富营养化,影响水库渔业资源的可持续发展.

三重定置刺网结构简单、操作便捷,是丹江口水库(河南辖区)(以下简称“丹江口水库”)最常用的渔具之一.但是丹江口水库使用的三重定置刺网网目尺寸、网衣数量是否科学以其对水库鱼类资源有何影响的相关研究均尚未开展.因此,本文对丹江口水库主捕渔具(三重定置刺网)进行调查,结合其结构特征、装配技术、渔获物等数据进行综合研究<sup>[4]</sup>,探索渔具对渔获物的影响,以期有关部门禁渔政策的完善和法规制定提供依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 调查地点

调查地点选择在河南省南阳市淅川县的丹江口水库,淅川县共有 17 个乡镇,考虑到区域之间的差异性,

收稿日期:2023-01-11;修回日期:2023-05-16.

基金项目:国家自然科学基金(31801032);河南省科技攻关项目(182102210081).

作者简介:董传举(1989—),男,山东巨野人,河南师范大学讲师,博士,研究方向为环境资源保护法、渔业法规与渔政管理,E-mail:cjd1989@126.com.

通信作者:李学军,E-mail:xjli@htu.cn;詹世盈,E-mail:nanzhaozs@163.com.

选择了香花镇、金河镇、上集镇、老城镇、仓房镇、马蹬镇 6 个乡镇设置为采样点(附表 I),2021—2022 年对渔具的使用情况进行调查研究.

## 1.2 渔具调研

丹江口水库渔民使用的捕捞工具是由 2 片网目尺寸 50 cm 的外网衣夹 1 层网目尺寸 8 cm 的内网衣组成的刺网,利用浮子的浮力和沉子的重力将网衣展开,定于库区某处水域,根据渔具结构特征、作业方式,推定该渔具为三重定置刺网(见图 1).

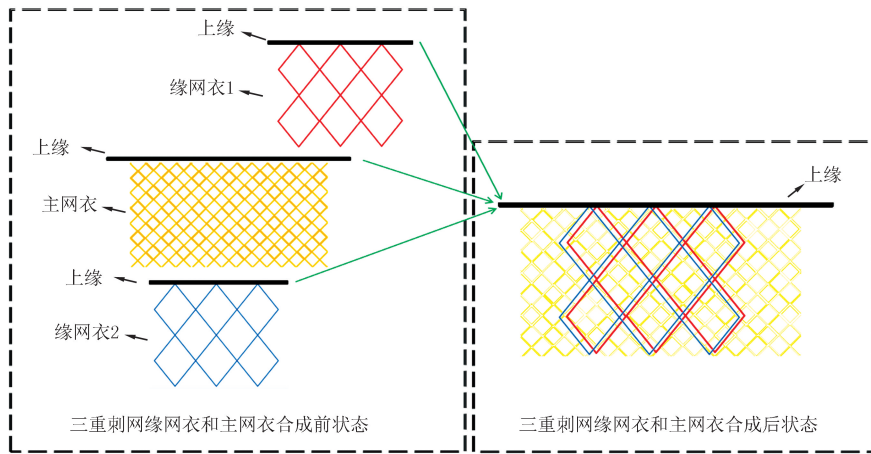


图1 丹江口水库三重定置刺网合网方式示意图

Fig.1 Schematic diagram of triple gill net closing in Danjiangkou Reservoir

### 1.2.1 网衣

渔民所用网衣结构大多相似,均由缘网衣和主网衣构成(见图 2).

缘网衣有两层,采用优质的绵纶胶丝材料,透明无色且网线细.网目呈方形,单个网目的长和宽均为 25 cm.横向网目数为 120 目,纵向网目数为 8 目.主网衣夹在两层缘网衣中间,采用同样的胶丝材料和方形结构,同样网目长和宽均为 5 cm.网横向目数为 600 目,纵向目数为 40 目.

### 1.2.2 纲索与属具

纲索包括浮子纲、沉子纲、上叉纲 3 部分<sup>[5]</sup>.浮子纲连接网衣和浮子,处于网衣上缘,采用聚乙烯的网线材料,直径 0.15 cm.沉子纲连接网衣和沉子,处于网衣下缘,采用聚乙烯的网线材料,直径 0.15 cm.上叉纲带网纲,网线材料绵纶胶丝,直径 0.21 cm,长度 6.9 cm.

属具包括浮子、沉子、固定杆、浮筒 4 部分.浮子附着于浮子纲,材料为硬质塑料,矩形,长 5.5 cm,宽 1.8 cm,高 0.2 cm,质量 3.7 g.沉子附着于沉子纲,材料铅质,矩形,长 4.3 cm,宽 0.9 cm,高 0.7 cm,质量 12.1 g.固定杆材质一般为竹竿,长度 2.0~5.0 m 不等,置于水中.浮筒一般为材质硬质塑料,矩形,大小不等,直接绑在叉纲或插在竹竿上定于水面.

### 1.2.3 渔具装配

(1)上下纲装配:上纲是由捻度相反的两条线和浮子构成的浮子纲,浮子被两条上缘线等距离缠绕固定,共有 241 个浮子结附于浮子纲上,间隔为 72 cm.下纲是由捻度相反的两条线和沉子构成的沉子纲,沉子被两条下缘线等距离缠绕固定,共有 518 个沉子结附于沉子纲上,间隔为 530 cm.上下两纲并行组成,中间穿入三层网衣.上叉纲多由浮子纲的两端延伸出来,上叉纲的两端分别连接浮子纲和浮子(或浮子杆).

(2)纲索与网衣装配:上下纲通过使网目穿过纲索、与纲索缠绕的方式,使纲和网衣连接,每米上、下纲均

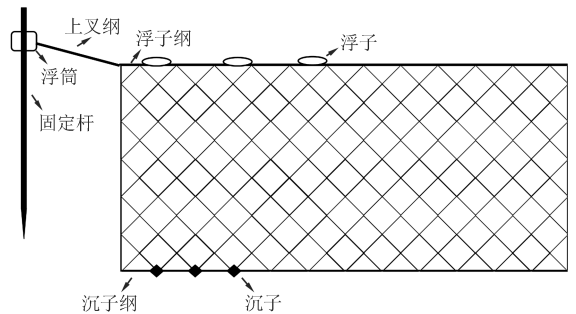


图2 丹江口水库三重刺网装配结果示意图

Fig.2 Schematic diagram of triple gillnet assembly result in Danjiangkou Reservoir

穿孔4个缘网衣网目和20个主网衣网目。

### 1.3 渔具使用情况

三重定置刺网的捕捞一般要经历放网、起网、收纳安置3个步骤。下网前将渔船行驶到捕捞的特定渔场,确定渔具固定点,固定网衣一侧后,随着渔船的前进放网,待网衣呈一字展开,能够保持垂直张开的状态后,固定网衣另一侧,完成放网工作。渔民通常选择当日下午放网,次日清晨起网。起网是从一侧网衣,顺着带网纲以此将网衣及上下纲收起并进行整理。将所有网具都归置后,开始集中处理渔获物。将网具冲洗晾干,倘若禁渔期开始,或出现长期不捕捞的情况,便将渔具收纳置于仓库或放置在阴凉处,以避免因暴晒而导致的网衣风化。

### 1.4 渔获物采集方法

分别使用三重定置刺网和地笼两种渔具在样点水域进行捕捞。静水或微流水持续监测12 h,流水区域每天不少于3网次,每网次30 min。对采集到的鱼类进行体长、体重、数量等生物学参数的测量,拍照记录,冷冻保存带回实验室进行种类鉴定与生物学测定<sup>[6]</sup>。

### 1.5 数据处理

#### 1.5.1 渔获物生态结构

将丹江口水库鱼类资源进行生态结构分析<sup>[7]</sup>。按照生活的水层垂直分布划分为底栖、中上层和中下层;按照食性划分为杂食、肉食和植食;按照栖息环境划分为喜流水性、喜静缓水性、洄游性。

#### 1.5.2 渔获物优势种分析

渔获物优势种的确定通常采用相对重要指数( $IRI$ )<sup>[8]</sup>来确定,其表达式如下:

$$IRI = (N + W)F \times 10\ 000, \quad (1)$$

式中, $N$ 为某一种渔获物个体数占总渔获物个体数的比例, $W$ 为某一种类渔获物质量占总渔获物质量的比例, $F$ 为某一种渔获物出现的网次数占试验总网次的比<sup>[9]</sup>。 $IRI > 1\ 000$ 为优势种, $100 < IRI \leq 1\ 000$ 为重要种, $10 < IRI \leq 100$ 为常见种, $1 < IRI \leq 10$ 为一般种, $IRI \leq 1$ 的为少见种<sup>[10]</sup>。

#### 1.5.3 渔获物多样性

采用Margalef丰富度指数( $D$ ),Shannon-Wiener多样性指数( $H$ ),Pielou均匀度指数( $J$ )分析选择性试验渔获物群落的多样性指数<sup>[11]</sup>。

Margalef种类丰富度指数 $D$ :

$$D = (S - 1) / \ln N \text{ 或 } D' = (S - 1) / \ln W; \quad (2)$$

Shannon-Wiener多样性指数 $H$ :

$$H = - \sum_{i=0}^s P_i \ln P_i \text{ 或 } H' = - \sum_{j=0}^s P_j \ln P_j; \quad (3)$$

Pielou均匀度指数 $J$ :

$$J = H / \ln S \text{ 或 } J' = H' / \ln S, \quad (4)$$

式中, $S$ 为此群落的总物种数; $N$ 为此群落物种的个体数之和; $W$ 为此群落物种的质量之和。 $P_i$ 为此物种个体数占总个体数的比例; $P_j$ 为此物种重量占总质量的比。

#### 1.5.4 渔获物体长差异性

根据丹江口水库三重定置刺网渔获物的测量数据,使用Excel 2010进行试验数据的分析处理,并使用IBM SPSS Statistics 22.0软件对统计数据进行显著性检验,计算渔获物性状的表型参数,包括表型均值(mean)、标准差(Standard Deviation,SD)等。采用单因素方差分析,首先进行均值和标准差的计算,用均值±标准差表示不同鱼类种类的体重、全长、体长的数值,然后采用最小显著性差异法(Least Significant Difference, LSD test)进行多重比较。统计显著性水平为0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 丹江口水库三重定置刺网渔获物组成及生态结构分析

此次调研结果显示,在丹江口水库总共采集到的鱼类有3目8科23属25种,数量总计有3 076尾,质量

总计约 568 kg.其中,鲤形目 2 科 20 属 19 种,占测量鱼类种类总数的 76%,鲤科 18 种,占 72%,鳅科 1 种,占 4%.鲶形目 2 科 2 属 2 种,占测量鱼类种类总数的 8%,鲶科、鮠科各占 4%.鲈形目 4 科 4 属 4 种,占鱼类种类总数的 16%,虾虎鱼科、鮨科、鳢科、刺鲃科均占 4%(见表 1).

使用三重定置刺网渔具采集到的鱼类有鲢、鳙、蒙古鲌、翘嘴鲌、黄颡鱼、鲫、草鱼、红鳍原鲌、花鲢、鳊、鲤、鳙、马口鱼、黄尾鲴、团头鲂,共有 3 目 3 科 13 属 15 种,占丹江口鱼类种数的 60%,捕捞数量总计有 1 590 尾,重量总计约 534 kg.其中,鲤形目 1 科 10 属 13 种,占测量三重定置刺网所捕捞的鱼类种类总数的 86.67%,鲤科 10 种,占 66.67%,鲶形目和鲈形目各 1 科 1 属 1 种,占测量三重定置刺网所捕捞的鱼类种类总数的 6.67%(见表 1).使用地笼渔具采集到的鱼类有中华鲟、子陵吻虾虎鱼、乌鳢、棒花鱼、麦穗鱼、鲶、兴凯鲟、泥鳅、中华刺鲃、黑尾鳊,共有 3 目 6 科 10 属 10 种.

根据生态结构指标对丹江口水库所采集到的鱼类进行分类(见表 1),并对三重定置刺网渔获物的生态结构进行整理分析.按照生活的水层垂直分布划分:中上层鱼类 9 种(60%)>底栖层鱼类 5 种(33.33%)>中下层鱼类 1 种(6.67%).按照食性划分:肉食性 7 种(46.67%)>杂食性 5 种(33.33%)>植食性 3 种(20%).按照栖息环境划分:喜流水性 10 种(66.67%)>洄游性 3 种(20%)>喜静缓水性 2 种(13.33%).对比丹江口鱼类资源的生态结构和三重定置刺网渔获物的生态结构可以发现,丹江口水库所有鱼类按照生活的水层垂直分布划分:中上层鱼类 11 种(44%)>底栖层鱼类 10 种(40%)>中下层鱼类 4 种(16%).其中三重定置刺网的渔获物中上层鱼类有 9 种,占丹江口中上层鱼类总数的 81.82%.再对比其他生态结构指标,我们可以发现刺网捕捞选择性多倾向选择中上层、喜流水性、肉食习性的鱼类种群.

丹江口水库的鱼类中按照区系特征划分<sup>[12]</sup>,以中国平原区系复合体为主,有 14 种,占比为 64.85%.三重定置刺网所捕捞的鱼类中有 12 种属于区系特征中的中国平原区系复合体,占比为 80%,其次是晚第三纪早期区系复合体 2 种,占比 13.33%,还有南方平原区系复合体 1 种,占比 6.67%(见表 1).

## 2.2 丹江口水库三重定置刺网渔获物优势种分析

根据三重定置刺网和地笼的 *IRI* 值发现(见附表 II 和附表 III),调查结果中优势种有 2 种,分别是鲢(*IRI* = 1 533.55)和鳙(*IRI* = 1 002.45).重要种包括翘嘴红鲌、黄颡鱼、鳙、鲫、蒙古红鲌、红鳍原鲌、鲤、花鲢、草鱼、鳊共 7 种,常见种包括马口鱼、团头鲂、黄尾鲴 3 种.

渔获物的优势种为中华鲟(*IRI* = 2 263.69)、子陵吻虾虎鱼(*IRI* = 1 305.86)和乌鳢(*IRI* = 1 209),同三重定置刺网渔获物在种间选择上展现出极大的显著性差异( $P < 0.01$ ).

## 2.3 丹江口水库三重定置刺网渔获物群落多样性分析

### 2.3.1 Margalef 物种丰富度指数(*D*)

对比计算三重定置刺网渔获物和地笼渔获物的 Margalef 物种丰富度指数(*D*)(见附表 IV 和附表 V),无论是从个体数还是从生物重量来看, $D_{\text{三重定置刺网渔获物}} > D_{\text{地笼渔获物}}$ ,即三重定置刺网捕获的渔获物物种数量比地笼渔获多.

### 2.3.2 Shannon-Wiener 多样性指数(*H*)

对比计算三重定置刺网渔获物和地笼渔获物的 Shannon-Wiener 多样性指数(*H*)(见附表 IV 和附表 V),无论是从个体数还是从生物量来看, $H_{\text{三重定置刺网渔获物}} > H_{\text{地笼渔获物}}$ ,即三重定置刺网渔获物的多样性高于地笼.

### 2.3.3 Pielou 均匀度指数(*J*)

对比计算三重定置刺网渔获物和地笼渔获物 Pielou 均匀度指数(*J*)(见附表 V 和附表 VI),无论是从个体数还是从生物量来看, $J_{\text{三重定置刺网渔获物}} > J_{\text{地笼渔获物}}$ ,即三重定置刺网渔获物物种分配均匀度较高.

## 2.4 丹江口水库三重定置刺网渔获物体长组成分析

对三重定置刺网渔获物进行体长组成分析,为分析刺网的种内选择性提供参考.鳙、红鳍原鲌、马口鱼、花鲢、鲤、鳙、鲢与其他鱼类的体长存在显著性差异.其中鳙( $7.360 \pm 0.612$ ) cm 和鲢( $31.430 \pm 8.244$ ) cm 与其他鱼类存在显著性差异,马口鱼( $13.050 \pm 2.612$ ) cm、红鳍原鲌( $13.590 \pm 3.815$ ) cm 与其他鱼类存在显著性差异,花鲢( $21.600 \pm 2.856$ ) cm、鲤( $22.650 \pm 5.684$ ) cm、鳙( $27.640 \pm 6.664$ ) cm 与其他鱼类存在显著性差异,其他鱼类渔获物体长特征相对集中(见附表 VI).

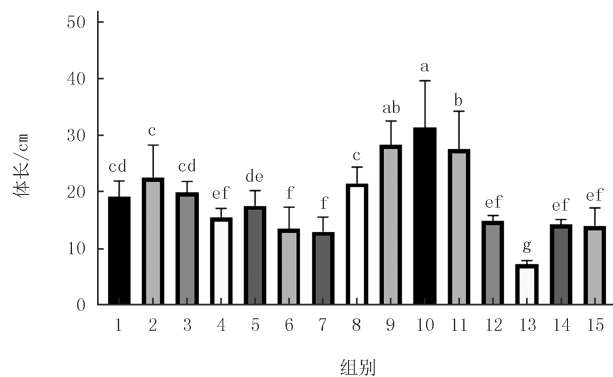


表 1 丹江口水库鱼类名录  
Tab. 1 List of fish in Danjiangkou Reservoir(Henan)

序号	目名	科名	属名	种名(拉丁名)	水层	栖息	区系	数量
1	鲤形目	鲤科	鲫属	鲫( <i>Carassius auratus</i> )	De	1	C	86
2	鲤形目	鲤科	鲤属	鲤( <i>Cyprinus carpio</i> )	De	1	C	37
3	鲤形目	鲤科	麦穗鱼属	麦穗鱼( <i>Pseudorasbora parva</i> )	L	1	B	14
4	鲤形目	鲤科	鲂属	团头鲂( <i>Megalobrama amblycephala</i> )	De	2	A	6
5	鲤形目	鲤科	鲮鱼属	中华鲮( <i>Rhodeus sinensis</i> )	U	1	C	39
6	鲤形目	鲤科	鲮属	兴凯鲮( <i>Acanthorhodeus chanikaensis</i> )	U	1	C	63
7	鲤形目	鲤科	鲃属	蒙古鲃( <i>Erythroculter mongolicus</i> )	U	2	A	12
8	鲤形目	鲤科	鲃属	翘嘴鲃( <i>Culter alburnus</i> )	U	2	A	28
9	鲤形目	鲤科	鲃属	红鳍原鲃( <i>Culter erthropterus</i> )	U	2	A	86
10	鲤形目	鲤科	马口鱼属	马口鱼( <i>Opsariichthys bidens</i> )	U	2	A	16
11	鲤形目	鲤科	鮡属	花鮡( <i>Hemibarbus maculatus</i> )	De	2	A	37
12	鲤形目	鲤科	棒花鱼属	棒花鱼( <i>Abbottina rivularis</i> )	De	2	A	29
13	鲤形目	鲤科	草鱼属	草鱼( <i>Ctenopharyngodon idellus</i> )	L	3	A	17
14	鲤形目	鲤科	鲢属	鲢( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> )	U	3	A	18
15	鲤形目	鲤科	鳊属	鳊( <i>Aristichthys nobilis</i> )	U	3	A	34
16	鲤形目	鲤科	鲈属	黑鳍鲈( <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i> )	L	2	A	2
17	鲤形目	鲤科	鲴属	黄尾鲴( <i>Xenocypris davidi</i> )	U	2	A	6
18	鲤形目	鲤科	鲮属	鲮( <i>Hemiculter leucisculus</i> )	U	2	A	37
19	鲤形目	鲇科	泥鳅属	泥鳅( <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> )	De	1	C	25
20	鲶形目	鲶科	鲶属	鲶( <i>Silurus asotus</i> )	L	1	C	43
21	鲶形目	鮡科	黄颡鱼属	黄颡鱼( <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> )	De	2	D	26
22	鲶形目	虾虎鱼科	吻虾虎属	子陵吻虾虎鱼( <i>Rhinogobius giurinus</i> )	De	2	D	46
23	鲶形目	鮠科	鮠属	鮠( <i>Siniperca chuatsi</i> )	U	2	A	26
24	鲶形目	鳢科	鳢属	乌鳢( <i>Channa argus</i> )	De	1	D	33
25	鲶形目	刺鲃科	中华刺鲃属	中华刺鲃( <i>Sinobdella sinensis</i> )	De	2	D	24

注:U为中上层,L为中下层,De为底层;1为喜静缓水性,2为喜流水性,3为洄游性;A为中国平原区系复合体,B为北方平原区系复合体,C为晚第三纪早期区系复合体,D为南方平原区系复合体。

丹江口水库三重定置刺网的渔获物中,体长规格在(7.36 ± 0.60) cm 的鱼类与其他鱼类的体长均存在显著性差异(图 3),将渔获物体长按照相关性可以分成两种体长区间,体长在 8 cm 以内的鱼类只有鲮,共有 378 尾,占总数的 23.77%,体长在 10 cm 以上的共有 14 种鱼



无字母重合代表两者之间存在显著性差异(P<0.05)。

图3 三重定置刺网渔获物体长相关性分析图

Fig. 3 Figure of body length correlation analysis of triple fixed gillnet catch

类,共有 1 217 尾,占总数的 76.23%。

## 3 讨论

### 3.1 三重定置刺网渔获物生态结构分析

相较于已有研究<sup>[2]</sup>,本次采集的丹江口水库鱼类种类数目和三重定置刺网捕捞的鱼类种类数目均有所减少。从生态结构来看,已有研究表明丹江口水库的鱼类资源以中、底栖层、肉食性、喜静缓水性鱼类居多<sup>[3]</sup>,与已有研究结果一致。而三重定置刺网渔获物群体多倾向选择中上层、喜流水性的鱼类种类,与丹江口水库的鱼类种类资源整体生态结构相似性较低。通过对比分析发现,地笼渔获物多倾向选择底栖层鱼类,同三重定置刺网的渔获物种类差异较大。说明三重定置刺网的捕捞是有种间选择性的,渔获物生态结构的差异主要源于渔具的选择偏好。渔具结构差异导致渔具具有不同的种间选择,进而导致渔获物的差异性。三重定置刺网是一种置于水域中上层的被动性渔具,鱼类游经时通过刺挂、缠绕等方式被捕获。虽然渔获物情况可能受光照强度、水流速度、诱饵等外部环境的影响,但主要是受渔具本身的特征影响,即渔具结构、网衣结构、网目尺寸、捕捞原理等是导致渔获选择的重要因素。

### 3.2 三重定置刺网优势种的生物学特征分析

从个体量上看,数量占比较高的依次是鳙(23.77%)、翘嘴鲌(18.0%)、黄颡鱼(16.79%)和鲢(11.70%),从生物重量上看,重量占比较高的鲢(64.98%)是三重定置刺网的主要经济鱼类,其余鱼类这两方面均未达到 10%,差距较大。考虑到渔获物数量、鱼类体重以及捕捞网次的差异,采用相对重要指数(IRI)作为重要度量指标,确定丹江口水库三重定置刺网的主捕对象为鲢和鳙,即渔获优势种。在研究渔获物优势种的生长特征时,发现优势种个体普遍小于其初次性成熟体长。目前的研究普遍认为长江鲢的性成熟年龄为 4 龄<sup>[13-15]</sup>,魏宪芸等<sup>[16]</sup>提出上海市中心水库的鲢,生长拐点年龄在 5.4 龄,但其地区距离丹江口水库较远,参考价值较低。同为长江流域中上游水域,潘文杰等<sup>[17]</sup>对长江中游的鲢进行研究,提出其生长拐点为 5.43 龄,拐点体长 66.68 cm。熊飞等<sup>[18]</sup>对长江上游的鲢进行研究,提出为保障渔业资源可持续发展,鲢的合适捕捞年龄应该在 5 龄以上,理论上鲢的拐点体长应该要大于 70.26 cm。但是本次调研渔获物中鲢体长主要分布在 39.7~43.5 cm,说明捕获的鲢可能均未达到性成熟,尚未具备繁殖能力。目前关于鳙性成熟的研究较少,李宝林等<sup>[19]</sup>提出鳙 1 龄时即达性成熟,在 1 龄时平均体长为 9 cm,但是本次调研渔获物中鳙主要分布在 6.12~8.03 cm,说明鳙也可能均未达到性成熟。

渔具的网目尺寸过小是造成大量未达到性成熟的幼鱼被捕捞的主要原因。渔具的网目尺寸不合理也会导致补充型过度捕捞,补充群体数量减少进一步造成繁殖规模的减小,对当地渔业资源的可持续发展造成阻碍<sup>[20]</sup>。张澄茂等<sup>[21]</sup>认为网目规格减小会导致渔获物种呈现小型化趋势,梁振林等<sup>[22]</sup>还提出长期的刺网区间选择会导致种群向小型化方向偏移,以上研究均认为网目尺寸过小会导致渔获物的小型化和低龄化。三重定置刺网作为丹江口水库的主要捕捞渔具,不合理的网目尺寸会导致优势种种群的衰退甚至灭亡,进而造成丹江口水库渔业资源的破坏。

### 3.3 三重定置刺网渔获选择性分析

刺网的渔获选择性一直以来都是各学者关注的重点之一,李显森等<sup>[23]</sup>在河北省秦皇岛近海进行比较试验,通过不同网目尺寸的三重刺网作业性能对比,得到三重刺网选择能力较差的结论;孙珊等<sup>[24]</sup>也提出黄渤海区的三重刺网的兼捕问题比较严重,但鲜有文献对丹江口水库三重定置刺网的渔获选择性进行研究。本研究结果显示三重定置刺网各个指数均高于地笼,丹江口水库三重定置刺网渔获物种类多样性较高且分布较为均匀,但选择性较差。本次调研所捕获渔获物共 15 种,优势种 2 种,副渔获物是优势种的 6.5 倍之多,足以证明其兼捕问题严重。在对渔获物体长特征进行分析时发现渔获物的体长存在显著性差异。根据 HAMELEY<sup>[25]</sup>的“20%理论”可以推测,体长在(7.36±0.612) cm 之间的鳙极有可能由 8 cm 的网目刺挂捕获;体长在(31.43±8.244) cm 之间的鲢极有可能由 50 cm 的网目刺挂捕获。56.98%体长在(13.05±2.612~19.95±1.996) cm 之间和 7.86%体长在(21.6±2.856~28.44±4.157) cm 之间的渔获物,其体长与 8 cm 的内网目和 50 cm 的外网目相差均超过 20%。可以推测,副渔获物是直接或间接被外网衣与内网衣之间会形成其他尺

寸的间隙网目所捕获.因此,三重定置刺网的网衣层数是选择性较差、兼捕问题严重的重要原因.有学者在对比三重刺网同单层刺网的捕捞性能时,提出三重刺网刺挂与缠绕功能更强、兼捕鱼类和幼鱼问题更严重的结论<sup>[26-28]</sup>,也再次验证了本次调研的结论.

## 4 建 议

基于本研究发现,丹江口水库三重定置刺网渔获物幼鱼化、选择性差的问题比较严重,且与其网目尺寸和网衣层数有关.建议渔业行政部门首先全面调查丹江口水库现有鱼类资源情况,并对不同鱼类的经济效益进行数据分析,综合评估后确定当地渔民在未来1至3年的主捕对象.根据主捕对象的生理特征,确定其成熟期体长特征,即主捕对象的最小捕捞体长.其次,鱼类体宽和网目尺寸是决定三重定置刺网中刺挂的捕捞结果的主要影响因素,对鱼体体宽和体长的线性关系展开研究<sup>[29]</sup>,根据目标对象的实际生长特征确定其可捕年龄和最适捕捞体长,再根据线性关系估算最适捕捞体宽,根据体宽确定合适的网目尺寸.最后,科学的网目尺寸和网衣层数的确定仅从理论上进行推断是不够的,仍需在丹江口水库开展针对性模型试验,从渔获物结构、经济效益、对丹江口水库的影响等方面进行对比分析,寻找对水库鱼类资源影响较小的渔具.

除了对渔具进行适当的调整外,也应注意渔具对于渔业资源的影响并非一成不变的,应深入了解渔具与当地鱼类资源状况关系的动态变化,定期对当地渔具进行调查评估.当发现某些因素的改变导致渔具对当地资源造成的影响逐渐恶劣后,应及时调整禁渔政策.不断探索兼顾生态效益与经济效益的替代渔具,并定期交替使用刺网渔具和替代渔具,减少长期使用某一固定类型渔具对当地鱼类资源的影响.

渔具的不合理使用将会对渔业资源和种群结构造成不利影响,因此,合理规范渔具使用是保护渔业资源的一项重要举措.虽然受调研地点、调研时间、调研使用渔具的影响,调研结果具有一定的局限性,但本研究仍可为丹江口水库渔具网目尺寸和网衣层数的调整提供科学依据,为渔具的合理规范提供数据支撑.有关政府或渔业行政部门,需尽快出台水库主捕对象名单和最小可捕规格.在此基础上,按照法律规定尽快对禁渔政策中的禁用渔具名单和可用渔具名单进行合理调整,以更好推动丹江口水库渔业资源的可持续发展.

## 附 录

附表 I ~ VI 见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2023.04.004).

## 参 考 文 献

- [1] 柳晓蕊.丹江口库区生态环境及其保护与管理现状[J].资源节约与环保,2015(3):281.  
LIU X R.Ecological environment in Danjiangkou Reservoir area and its protection and management status[J].Resources Economization & Environment Protection,2015(3):281.
- [2] 袁凤霞,黄道明.丹江口水库鱼类资源及组成分析[J].水利渔业,1989(2):35-36.
- [3] 白敬沛,黄耿,蒋长军,等.丹江口水库鱼类群落特征及其历史变化[J].生物多样性,2020,28(10):1202-1212.  
BAI J P,HUANG G,JIANG C J,et al.Characteristics and historical changes of the fish assemblage in the Danjiangkou Reservoir[J].Biodiversity Science,2020,28(10):1202-1212.
- [4] 陈慧玲,郑基,龚慧,等.象山县小黄鱼刺网渔具渔法调查分析[J].农村经济与科技,2020,31(15):72-74.  
CHEN H L,ZHENG J,GONG H,et al.Investigation and analysis on fishing method of gill net fishing gear of *Pseudosciaena crocea* in Xiangshan County[J].Rural Economy and Science-Technology,2020,31(15):72-74.
- [5] 赵繁,郑基,杨杰,等.台州定置蟹刺网渔具渔法调查分析[J].浙江海洋大学学报(自然科学版),2018(3):274-279.  
ZHAO F,ZHENG J,YANG J,et al.The research of Taizhou-crab net fishing gear and method research[J].Journal of Zhejiang Ocean University(Natural Science),2018(3):274-279.
- [6] 聂国兴,闫雪朦,刘如垚,等.河南省3种鳅科鱼类的厘定[J].河南师范大学学报(自然科学版),2021,49(3):102-109.  
NIE G X,YAN X M,LIU R Y,et al.Determination of three species of loach fish in Henan Province[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2021,49(3):102-109.
- [7] 朱星省,韩德顺,倪全胜,等.南阳市淅川县鱼类资源调查[J].河南水产,2017(1):27-33.  
ZHU X S,HAN D S,NI Q S,et al.Investigation of fish resources in Xichuan County of Nanyang[J].Henan Fisheries,2017(1):27-33.
- [8] 唐广隆,刘永,吴鹏,等.珠江口万山群岛海域春季渔业资源群落结构特征及其与环境因子的关系[J].中国水产科学,2022,29(8):1198-1209.

- TANG G L, LIU Y, WU P, et al. Community structure of fishery resources and its relationship to environmental factors in the Wanshan Islands Sea of the Pearl River Estuary in spring[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2022, 29(8): 1198-1209.
- [9] 徐国强, 陈峰, 张洪亮, 等. 东海区3种型刺网对日本方头鱼的选择性研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(8): 34-42.
- [10] 徐国强, 李鹏飞, 张洪亮, 等. 基于渔获群落多样性指标的深水流刺网渔具作业性能分析[J]. 海洋湖沼通报, 2019(2): 70-80.
- XU G Q, LI P F, ZHANG H L, et al. Catch community diversity index based performance analysis of deep water drift net[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2019(2): 70-80.
- [11] 刘燕山, 李大命, 朱明胜, 等. 太湖鱼类群落现状及其多样性[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(9): 1906-1917.
- LIU Y S, LI D M, ZHU M S, et al. Current status of fish community and its diversity in Lake Taihu, China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(9): 1906-1917.
- [12] 史为良. 鱼类动物区系复合体学说及其评价[J]. 水产科学, 1985, 4(2): 42-45.
- SHI W L. Theory of fish fauna complex and its evaluation[J]. Fisheries Science, 1985, 4(2): 42-45.
- [13] 罗相忠, 覃维敏, 梁宏伟, 等. 长丰鲢繁殖生物学研究[J]. 淡水渔业, 2021, 51(5): 21-27.
- LUO X Z, QIN W M, LIANG H W, et al. Reproductive biology of *Hypophthalmichthys molitrix* Changfeng[J]. Freshwater Fisheries, 2021, 51(5): 21-27.
- [14] 郜星辰, 姜伟, 白云钦, 等. 长江宜昌段鲢的繁殖生物学特征[J]. 动物学杂志, 2018, 53(2): 198-206.
- GAO X C, JIANG W, BAI Y Q, et al. Reproductive biology of *Hypophthalmichthys molitrix* in the Yichang of the Yangtze River[J]. Chinese Journal of Zoology, 2018, 53(2): 198-206.
- [15] 李思发, 王瑞霞. 长江、珠江水系鲢、鳙的性成熟速度及其遗传分析[J]. 水产学报, 1990(3): 189-197.
- LI S F, WANG R X. Sexual maturation rate and genetic analysis of Silver carp and Yong in Yangtze and Pearl Rivers[J]. Journal of Fisheries of China, 1990(3): 189-197.
- [16] 魏宪芸, 顾静, 张名全, 等. 上海市江心水库鲢、鳙年龄结构及生长特性[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(1): 49-57.
- WEI X Y, GU J, ZHANG M Q, et al. Age structure and growth of silver carp and bighead carp in Qingcaosha Reservoir in Shanghai[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(1): 49-57.
- [17] 潘文杰, 高雷, 杨浩, 等. 长江中游宜昌—荆州江段鲢种群年龄结构和生长特征[J]. 中国水产科学, 2019, 26(2): 362-370.
- PAN W J, GAO L, YANG H, et al. Studies on population structure and growth characteristics of *Hypophthalmichthys molitrix* in the Yichang to Jingzhou section of the middle branch of the Yangtze River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(2): 362-370.
- [18] 熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 等. 长江上游江津江段鲢种群的年龄和生长特征[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013(3): 28-35.
- XIONG F, LIU H Y, DUAN X B, et al. Age and growth of *Hypophthalmichthys molitrix* in Jiangjin of the upper reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Southwest University(Natural Science Edition), 2013(3): 28-35.
- [19] 李宝林, 王玉亭. 达赉湖的餐条鱼生物学[J]. 水产学杂志, 1995, 8(2): 46-49.
- LI B L, WANG Y. 达赉湖的餐条鱼生物学[J]. Chinese Journal of Fisheries, 1995, 8(2): 46-49.
- [20] 田辉伍, 何春, 刘明典, 等. 长江上游干流三层流刺网渔获物结构研究[J]. 淡水渔业, 2016, 46(5): 37-42.
- TIAN H W, HE C, LIU M D, et al. Study on structure of gillnet catches in the upper reaches of the Yangtze River[J]. Freshwater Fisheries, 2016, 46(5): 37-42.
- [21] 张澄茂, 张壮丽, 叶孙忠, 等. 福建海区流刺网渔业的调查和管理研究[J]. 海洋水产研究, 2005(3): 41-47.
- ZHANG C M, ZHANG Z L, YE S Z, et al. The investigation and management study on drift fishery in Fujian waters[J]. Marine Fisheries Research, 2005(3): 41-47.
- [22] 梁振林, 闫伟, 孙鹏, 等. 刺网选择性对鱼类表型性状的选择作用研究[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(2): 329-334.
- LIANG Z L, YAN W, SUN P, et al. A study on the impact of gillnet on the phenotypic traits of fish population[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(2): 329-334.
- [23] 李显森, 郭瑞, 尤宗博, 等. 黄海不同型刺网的渔获选择性比较[J]. 水产科学, 2019, 38(4): 451-457.
- LI X S, GUO R, YOU Z B, et al. Fishing capacity comparison of different types of gillnet in the Yellow Sea[J]. Fisheries Science, 2019, 38(4): 451-457.
- [24] 孙珊, 李显森, 李怡群, 等. 黄渤海区三重刺网渔业结构分析[J]. 海洋渔业, 2018, 40(1): 76-88.
- SUN S, LI X S, LI Y Q, et al. Analysis of fishery structure of trammel net in the coastal regions along the Yellow Sea and the Bohai Sea[J]. Marine Fisheries, 2018, 40(1): 76-88.
- [25] HAMLEY J. Review of gillnet selectivity[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 2011, 32(11): 1943-1969.
- [26] 郭瑞, 李显森, 赵宪勇, 等. 辽东湾口虾蛄流刺网的渔获选择性研究[J]. 水产科学, 2016, 35(4): 352-358.
- GUO R, LI X S, ZHAO X Y, et al. The selectivity of driftgill-net for *Mantis shrimp Oratosquilla oratoria* in Liaodong Bay[J]. Fisheries Science, 2016, 35(4): 352-358.
- [27] 潘国良, 张洪亮, 贺舟挺, 等. 浙江近海流刺网渔业现状的分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2007, 26(3): 324-328.
- PAN G L, ZHANG H L, HE Z T, et al. Current analysis on fisheries of gill nets in the coastal zone of Zhejiang Province[J]. Journal of



Zhejiang Ocean University(Natural Science),2007,26(3):324-328.

[28] 邢彬彬,郭瑞,李显森,等.辽东湾不同型刺网捕捞性能的比较[J].渔业科学进展,2017,38(2):24-30.

XING B B, GUO R, LI X S, et al. Fishing capacity comparison of different types of gillnet in the Liaodong Bay[J]. Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(2): 24-30.

[29] 杨炳忠,杨咨,谭永光,等.南海流刺网网目尺寸与主捕对象体型特征关系的初步分析[J].南方水产科学,2015,11(6):94-99.

YANG B Z, YANG L, TAN Y G, et al. Preliminary analysis of relationship between mesh size of gillnet and body characteristics of target species in the South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(6): 94-99.

## Research on main fishing gear in Danjiangkou Reservoir(Henan Province)

Dong Chuanju<sup>1,4</sup>, Zhang Xiao<sup>2</sup>, Zhan Shiyong<sup>3</sup>, Li Xuejun<sup>1,2,4</sup>

(1. Research Center on Legal Issues Concerning Agriculture, Countryside and Farmers; School of Law, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China; 2. College of Fishery, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China; 3. Agriculture and Rural Bureau of Nanzhao County, Nanyang 474650, China; 4. Observation and Research Station on Water Ecosystem in Danjiangkou Reservoir of Henan Province, Nanyang 474450, China)

**Abstract:** In order to study the effects of the main catch fishing gear on fish resources in Danjiangkou Reservoir(Henan Province)and provide a basis for the establishment of a fishing ban system, the project team set 9 sites in 6 towns and townships for empirical investigation. The results showed that fishermen in Danjiangkou Reservoir(Henan Province) mainly used triple fixed gillnets to catch fish. The results also showed that there were 3 orders, 3 families, 13 genera and 15 species of fish caught in the triple fixed gillnets in Danjiangkou Reservoir(Henan Province), and most of them were mesopelagic and hydrophilic fish. By analyzing the fish content relatively important index, we found that the dominant species of silver carps and sharpbelly, its body length were $(31.430 \pm 8.244)$  cm and $(7.360 \pm 0.612)$  cm, the biological characteristics showed that all the dominant species were juveniles, which was inferred to be caused by the small mesh size of fishing gear. Margalef richness index, Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness index were used to analyze the catch diversity, and it is found that triple fixed gillnets have poor selectivity and serious by-catch. By statistical analysis of the correlation between fish catch and body length, it is found that the above problems may be related to the number of net layers. Based on the above research, this paper puts forward some suggestions on the minimum catchable specification of the main catch object, the mesh size of fishing gear and the number of mesh layers, so as to provide the basis for related departments to improve the ban policy and make laws and regulations.

**Keywords:** Danjiangkou Reservoir; the main catch fishing gear; investigation and analysis; fish catch

[责任编辑 刘洋 杨浦]

附表 I 丹江口水库调研位点经纬度

Attached Tab. I Survey site latitude and longitude in Danjiangkou Reservoir

位点序号	位点名称	经度	纬度
位点-1	仓房镇侯家坡村	111°52'29"E	32°77'71"N
位点-2	马蹬镇石桥村	111°57'65"E	32°83'97"N
位点-3	马蹬镇石桥码头	111°56'69"E	32°81'81"N
位点-4	香花镇宋岗	111°64'29"E	32°76'61"N
位点-5	香花镇南岗古冢	111°63'42"E	32°71'30"N
位点-6	老城镇武家洲	111°47'69"E	33°00'69"N
位点-7	上集镇杜湾村	111°49'42"E	33°01'09"N
位点-8	上集镇观音堂	111°49'38"E	33°03'09"N
位点-9	金河镇	111°45'61"E	33°06'34"N

附表 II 三重定置刺网渔获物相对重要指数

Attached Tab. II Relative importance index of triple fixed gillnet catch

刺网渔获物	数量比/%	质量比/%	网次比/%	IRI
鲢	11.70	64.98	20	1 533.55
鳙	23.77	1.29	40	1 002.48
蒙古鲌	7.61	2.13	60	584.38
翘嘴鲌	18.05	3.29	20	426.75
黄颡鱼	16.79	4.29	20	421.63
鲫	5.41	5.05	20	209.27
草鱼	1.07	8.37	20	188.87
红鳍原鲌	5.41	0.86	20	125.45
花鲈	2.33	3.64	20	119.42
鳊	1.64	0.86	40	99.96
鲤	2.33	2.28	20	92.23
鳙	2.14	1.92	20	81.14
马口鱼	1.01	0.62	20	32.46
黄尾鲌	0.38	0.02	40	15.91
团头鲂	0.38	0.39	20	15.26

附表Ⅲ 地笼渔获物相对重要指数

Attached Tab. Ⅲ Relative importance index of the cage net catch

地笼渔获物	数量比/%	质量比/%	网次比/%	IRI
中华鲮	25.18	3.12	80	2 263.69
子陵吻虾虎鱼	29.65	3.00	40	1 305.86
乌鳢	2.11	58.36	20	1 209.44
棒花鱼	18.72	3.70	40	896.84
麦穗鱼	9.27	2.13	60	683.61
鲢	2.75	26.39	20	582.84
兴凯鲌	4.03	1.92	20	118.89
泥鳅	1.60	0.69	20	45.84
中华刺鲃	1.53	0.65	20	43.65
黑尾鲈	0.13	0.03	20	3.24

附表Ⅳ 以个体数为基础的鱼类多样性指数

Attached Tab. Ⅳ Fish diversity index based on the number of individuals

参数	Margalef 丰富度指数	Shannon-Wiener 多样性指数	Pielou 均匀度指数
三重定置刺网	1.899 209 161	2.174 177 396	0.944 233 246
地笼	1.232 227 982	1.727 954 274	0.750 441 007

附表Ⅴ 以生物量为基础的鱼类多样性指数

Attached Tab. Ⅴ Biomass-based fish diversity index

参数	Margalef 丰富度指数	Shannon-Wiener 多样性指数	Pielou 均匀度指数
三重定置刺网	1.061 417 024	1.221 066 432	0.450 902 436
地笼	0.863 586 340	1.220 893 987	0.533 701 877

附表Ⅵ 三重定置刺网渔获物体长组成分析

Attached Tab. Ⅵ Analysis of the length composition of the caught object with triple fixed gillnet

序号	种类	体长/cm	序号	种类	体长/cm	序号	种类	体长/cm
1	鲫	19.210±2.797 <sup>cd</sup>	6	红鳍原鲃	13.590±3.815 <sup>f</sup>	11	鲮	27.640±6.664 <sup>b</sup>
2	鲤	22.650±5.684 <sup>c</sup>	7	马口鱼	13.050±2.612 <sup>f</sup>	12	黄尾鲮	14.990±0.949 <sup>ef</sup>
3	团头鲂	19.950±1.996 <sup>cd</sup>	8	花鲮	21.600±2.856 <sup>c</sup>	13	鲮	7.360±0.612 <sup>g</sup>
4	蒙古红鲃	15.640±1.544 <sup>ef</sup>	9	草鱼	28.440±4.157 <sup>ab</sup>	14	黄颡鱼	14.410±0.805 <sup>ef</sup>
5	翘嘴红鲃	17.640±2.683 <sup>de</sup>	10	鲢	31.430±8.244 <sup>a</sup>	15	鳊	14.120±3.148 <sup>ef</sup>

注:无字母重合代表两者之间存在显著性差异( $P<0.05$ ).