

吉林莫莫格国家级自然保护区河流湿地的 鱼类栖息地修复效果评价

杨富亿¹, 文波龙¹, 李晓宇¹, 刘宏远¹, 邹畅林²

(1. 中国科学院湿地生态与环境重点实验室, 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130102;

2. 吉林莫莫格国家级自然保护区管理局, 吉林 白城 137300)

摘要: 鱼类是水禽栖息地及其迁徙停歇地中的重要食物基础。吉林莫莫格国家级自然保护区是白鹤(*Grus leucogeranus*)和东方白鹳(*Ciconia boyciana*)等珍稀濒危鸟类迁徙的重要停歇地。针对该保护区中的鱼类资源增殖能力下降、水禽栖息地及其迁徙停歇地的适宜性水平降低的现状, 2016年至2017年期间, 采用湿地水文和基底修复的方法, 对嫩江近岸浅水区和洪泛区中鱼类的自然栖息地进行了修复; 鱼类栖息地修复前、后, 分别于2015年9月和2017年11月至2021年9月期间, 在鱼类栖息地, 开展了鱼类样本采集和调查, 研究了鱼类栖息地修复前、后鱼类群落的组成和结构特征, 评价了鱼类栖息地的修复效果。研究表明, 与鱼类自然栖息地相比, 修复栖息地的鱼类物种数量明显增多, 而经济鱼类的相对种群生物量和相对种群数量却分别减小了16.02%和39.98%, 小型非经济鱼类的相对种群生物量和相对种群数量比自然栖息地分别增大了1.43倍和63.54%, 鱼类现存资源量、平均年鱼类现存资源量和平均年鱼类分布密度大幅增加; 修复栖息地鱼类群落的Simpson多样性指数和Pielou均匀度指数比自然栖息地分别减小了31.98%和34.42%。所采用的湿地水文和基底修复方法, 提高了修复栖息地对鱼类的适宜性, 促进了鱼类资源自然增殖和种群自我发展, 实现了嫩江近岸浅水区和洪泛区作为水禽栖息地及其迁徙停歇地功能的可持续性, 弥补了自然栖息地适宜性差、鱼类自然增殖能力低和种群发展可持续发展的缺陷。该修复方法可以为松嫩平原湿地型自然保护区鱼类栖息地修复提供借鉴。

关键词: 鱼类栖息地; 修复; 河流湿地; 吉林莫莫格国家级自然保护区

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-5948(2024)01-001-15

1981年3月, 吉林莫莫格省级自然保护区建立; 1997年12月, 该保护区成为吉林莫莫格国家级自然保护区; 2013年10月, 吉林莫莫格国家级自然保护区被国际湿地公约组织列入国际重要湿地名录。吉林莫莫格国家级自然保护区的主要功能是保护白鹤(*Grus leucogeranus*)和东方白鹳(*Ciconia boyciana*)等珍稀濒危鸟类及其迁徙停歇地^[1]。

在全球生物多样性和湿地食物网中, 鱼类都处于重要地位, 其是湿地作为水禽栖息地及其迁徙停歇地的重要食物基础。多数湿地是鱼类和鸟类的共同栖息地, 水生环境的可持续性和食物的可获得性是维持湿地作为鱼类、水禽栖息地以及迁徙候鸟停歇地功能的关键要素。2000年以来, 吉林莫莫格国家级自然保护区中的一些湿地在不

断退化和萎缩, 鹤类和鹳类等重点保护鸟类的繁殖地部分丧失, 水禽栖息地及其迁徙停歇地的环境状况也极不稳定, 湿地作为鱼类和鸟类的共同栖息地的适宜性水平在下降, 水禽数量呈现减少趋势^[1-3]。近10 a来, 吉林莫莫格国家级自然保护区中湿地的退化趋势仍在加剧, 水禽栖息地及其迁徙停歇地的面积缩小, 植物覆盖度下降, 鱼类种群的自然增殖与发展能力减弱, 在鱼类和鸟类共同栖息地持续退化的同时, 也呈现出食物性功能退化的征兆^[4-9], 致使该保护区中湿地的鱼类和水禽栖息地功能面临着不可持续的潜在风险。

在湿地自然恢复的同时, 应该通过人工促进的方式, 加强湿地生态恢复和鱼类和鸟类共同栖息地适宜性建设, 以提高湿地的水禽栖息地及其

收稿日期: 2022-10-14; 修订日期: 2022-11-15

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项项目(XDA28110400)和国家重点研发计划课题(2016YFC0500404)资助。

作者简介: 杨富亿(1964—), 男, 吉林省九台人, 研究员, 从事湿地鱼类与渔业研究。E-mail: yangfuyi@iga.ac.cn

迁徙停歇地功能的可持续性^[1,10-11]。

2015年至2021年期间,在吉林莫莫格国家级自然保护区中,本研究采用湿地水文和基底修复的方法,对河流近岸浅水区和洪泛区鱼类的自然栖息地进行了修复,通过采样和调查,对鱼类栖息地的修复效果进行了评价,以期提升鱼类资源的自然增殖能力,特别是增加河流湿地中水禽的基础食物量,增强河流湿地作为水禽栖息地及其迁徙停歇地功能的自我维持能力。

1 材料与方法

1.1 实验区

吉林莫莫格国家级自然保护区(45°12'25"N至46°18'N, 123°27'E至124°4'33"E)地处松嫩平原西部边缘、嫩江与洮儿河的冲积平原上,平均海拔142 m,总面积为1 440 km²。该保护区北与黑龙江省泰来县接壤,东与黑龙江省肇源县、杜尔伯特蒙古族自治县以嫩江主航道为界,南与吉林省大安市以洮儿河为界,西与吉林省镇赉县五棵树镇和东屏镇相连。在该保护区中,湖泊、河流和沼泽等湿地的面积占保护区总面积的80%。流经该保护区的嫩江的长度为111.5 km,流域面积为300 km²,嫩江是该保护区的主要水源。该区域气候属温带大陆性季风气候,年平均气温为4.2℃,年降水量为392 mm,年日照时数为2 903 h,年无霜期为137 d^[1]。

在吉林莫莫格国家级自然保护区中,选择嫩江近岸浅水区(在河道以内)和洪泛区(在河道以外)作为实验区,实验区的总面积为4.8 km²。

在实验区中,嫩江近岸浅水区的面积为1.5 km²,平均水深为0.05~0.80 m,植物稀疏。在浅水区中,尤其是洪水未溢出河道时,分布着很多洪水型鱼类栖息地斑块,单块面积为0.01~1.70 hm²,这些鱼类栖息地斑块的面积合计为11.8 hm²。

在实验区中,嫩江洪泛区的面积为3.3 km²,植物覆盖度约为70%,植物密度为20~70株/m²,一条长度为11.8 km、平均宽度为31.6 m、平均深度为0.47 m的沼泽化旧渠道穿过洪泛区,旧渠道的末端与嫩江相连。在洪泛区中,还有多处旧河道、坑塘和牛轭湖等。嫩江洪水消退后,在洪泛区中,形成了很多呈斑块状分布的洪水型鱼类栖息地,这些鱼类栖息地斑块的面积合计为19.4 hm²。

1.2 鱼类栖息地修复方法

2016年至2017年期间,采用湿地水文与基底修复技术^[12],对嫩江近岸浅水区和洪泛区中的鱼类自然栖息地进行了修复。

在嫩江近岸浅水区,对小、微型鱼类自然栖息地,实施了清淤扩容、消除水面间“分水岭”等微地貌改造工程。

在嫩江洪泛区,一是对通江旧渠道和旧河道等,普遍清除0.3~0.5 m厚的淤泥,扩大面积,增加蓄水量,确保这些低洼地在洪水消退后,仍然可以保持0.5~1.0 m的水深,使鱼类能够正常栖息;二是采用微地貌改造技术,使原来呈斑块状分布的洪水型鱼类栖息地的微水系实现连通,打通鱼类短距离洄游通道,防止鱼类搁浅;三是在旧渠道靠近通江口地带,增加清淤深度,将原地面下挖2.5~3.0 m,使冬季冰下的水深保持在1.5 m以上,营造鱼类越冬场,确保滞留在洪泛区中的洪水鱼及其繁育种群能够就地越冬保种;四是在旧渠道的通江口处,修建混凝土式滚水坝,确保嫩江中的鱼类种群可以随着洪水洄游进入洪泛区中,在洪泛区中形成洪水鱼群落,同时控制洪泛区中的洪水大量外泄;五是通过移植芦苇(*Phragmites australis*)等水生维管植物,增加植物密度(大于130株/m²),对鱼类的繁殖环境进行修复。

1.3 鱼类栖息地修复的效果评价方法

本研究根据鱼类栖息地中的鱼类群落的组成、结构、现存资源量和多样性指数值,评价鱼类栖息地修复的效果。

利用底层刺网、浮刺网和网箱,开展渔获物捕捞和调查。每片刺网的长度为30~45 m,网高为1.0~1.2 m,网目尺寸为1.0~12.0 cm。网箱的网目规格为1~2 cm。每次采样时,投放5~10片刺网,刺网的总长度为150~300 m,鱼类捕捞持续时间为12 h;用网箱覆盖1.0~2.0 hm²的水面,鱼类捕捞持续时间为12 h。

2015年9月,在嫩江近岸浅水区和洪泛区的鱼类自然栖息地中,开展了渔获物捕捞和调查。

2018年9月和2019年4月,在浅水区的鱼类栖息地中,开展了渔获物捕捞和调查。

2017年11月、2018年4月、2018年10月和2019年4月,在洪泛区的鱼类栖息地中,开展渔获物捕捞和调查;2021年9月,监测性调查了渔获物。

按照文献[13]中的规定和方法,每半个月进行一次渔获物捕捞和调查。依据《东北地区淡水鱼类》^[14]和《中国内陆鱼类物种与分布》^[15],对鱼类样本进行物种鉴定与分类。

参照文献[16]至文献[18]中的相关方法和计算公式,估算鱼类栖息地中的现存鱼类资源量。

利用 Simpson 多样性指数和 Pielou 均匀度指数^[13],分析鱼类群落的多样性。

2 结果与分析

2.1 鱼类群落的物种组成

2015年9月,在嫩江近岸浅水区和洪泛区的鱼类自然栖息地,记录3目6科15属15种鱼类(表1),包括冷水种^[19]瓦氏雅罗鱼。

浅水区中的鱼类栖息地修复后,其面积增大到24.7 hm²。2018年9月,在修复的鱼类栖息地,记录3目6科24属25种鱼类;2019年4月,记录3目7科20属20种鱼类。在浅水区修复的鱼类栖息地,共记录3目7科25属27种鱼类,包括中国特有物种彩石鲮、黄黝和冷水种瓦氏雅罗鱼、拉氏鲮、平口鲮、黑龙江花鲮(见表1)。

洪泛区中的鱼类栖息地修复后,其面积增大到33.4 hm²,其所形成的鱼类繁殖场和越冬场的面积分别达到9.6 hm²和3.8 hm²。2017年11月,在修复的鱼类栖息地,记录3目5科11属11种鱼类;2018年4月,记录3目6科14属14种鱼类;2018年10月,记录2目4科13属13种鱼类;2019年4月,记录2目3科5属5种鱼类;2021年9月,记录3目4科11属11种鱼类。在洪泛区修复的鱼类栖息地,共记录3目6科24属24种鱼类,包括中国特有物种东北颌须鲮、银鲮和冷水种拉氏鲮、黑龙江花鲮(见表1)。

2017年11月至2021年9月,在实验区修复的鱼类栖息地,共记录3目7科29属32种鱼类,包括中国特有物种彩石鲮、黄黝、银鲮、东北颌须鲮和冷水种瓦氏雅罗鱼、拉氏鲮、平口鲮、黑龙江花鲮。其中,有经济鱼类3目5科14属14种,包括瓦氏雅罗鱼、草鱼、鲮、红鳍原鲮、鳊、银鲮、花鲮、蛇鲮、银鲮、鲤、鲮、黄颡鱼、鳊和乌鲮;有小型非经济鱼类2目3科15属18种。鱼类修复栖息地中的物种数量比自然栖息地的多17种。

2.2 鱼类群落的结构

2.2.1 修复栖息地中鱼类群落的结构

2.2.1.1 浅水区修复栖息地中鱼类群落的结构

从湿地的经济服务功能和湿地所提供的经济产品角度,通过经济鱼类和非经济鱼类的种群组成,分析鱼类群落的结构特征。

2018年9月,浅水区修复的鱼类栖息地中经济鱼类物种(瓦氏雅罗鱼、鲮、红鳍原鲮、鳊、银鲮、花鲮、蛇鲮、银鲮、鲤、鲮、黄颡鱼和乌鲮)的渔获物总生物量为79.8 kg,个体总数量为1 266尾,其相对种群生物量(渔获物种群生物量占渔获物总生物量的比例)和相对种群数量(渔获物种群数量占渔获物总数量的比例)分别合计为62.10%和25.07%;小型非经济鱼类物种(拉氏鲮、湖鲮、黑龙江鲮、彩石鲮、大鳍鲮、麦穗鱼、棒花鱼、平口鲮、东北鲮、黑龙江泥鲮、黑龙江花鲮、葛氏鲮塘鲮和黄黝)的渔获物总生物量合计为48.7 kg,个体总数量为3 783尾,相对种群生物量和相对种群数量分别合计为37.90%和74.93%(表2)。

2019年4月,浅水区修复的鱼类栖息地中经济鱼类物种(银鲮、鲤、鲮、红鳍原鲮、鲮、黄颡鱼、鳊和乌鲮)的渔获物总生物量为164.4 kg,个体总数量为1 675尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为74.93%和29.03%;小型非经济鱼类物种(拉氏鲮、黑龙江鲮、大鳍鲮、麦穗鱼、棒花鱼、平口鲮、东北鲮、黑龙江泥鲮、黑龙江花鲮、花斑副沙鲮、葛氏鲮塘鲮和黄黝)的渔获物总生物量为54.6 kg,个体总数量为4 065尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为25.07%和70.97%(表3)。

2018年9月和2019年4月,浅水区修复栖息地的渔获物总生物量为346.3 kg,个体总数量为10 777尾。浅水区经济鱼类物种的渔获物总生物量为243.0 kg,个体总数量为2 929尾,相对种群生物量和相对种群数量分别合计为70.17%和27.18%;小型非经济鱼类物种的渔获物总生物量为103.3 kg,个体总数量为7 848尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为29.83%和72.82%(表4)。小型经济鱼类群体(个体平均质量小于50 g)的渔获物总生物量和个体总数量分别为88.0 kg和2 545尾,分别占经济鱼类物种种群的生物量和个体数量的36.21%和86.89%;小型类群(小型经济鱼类群体和小型非经济鱼类种群)的渔获物

表1 自然和修复栖息地中的鱼类物种名录
Table 1 Species list of fish in natural and restored habitats

目/科/物种名称	自然栖息地	修复栖息地						
	2015-09	近岸浅水区		洪泛区				
		2018-09	2019-04	2017-11	2018-04	2018-10	2019-04	2021-09
一 鲤形目 CYPRINIFORMES								
(一)鲤科 Cyprinidae								
1 瓦氏雅罗鱼 <i>Leuciscus waleckii waleckii</i>	+	+						
2 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>								+
3 湖鲮 <i>Rhynchocypris percunus</i>	+	+						+
4 拉氏鲮 <i>Phoxinus lagowskii</i>		+	+			+		+
5 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	+		+	+	+	+
6 红鳍原鲃 <i>Culterichthys erythropterus</i>	+	+	+		+			
7 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>		+						
8 银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>	+	+			+			
9 大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>		+	+			+		
10 黑龙江鲢 <i>Rhodeus sericeus</i>		+	+		+	+		
11 彩石鲢 <i>Rhodeus lighti</i>		+						
12 花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>		+						
13 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	+	+	+	+	+		+	+
14 棒花鱼 <i>Abbottina rivalaris</i>		+	+			+		
15 平口鲃 <i>Ladislavia taczanowski</i>		+	+					
16 蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>		+			+			
17 东北颌须鲃 <i>Gnathopogon mantschuricus</i>				+				
18 银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	+			+				
19 东北鳊 <i>Sarcocheilichthys lacustris</i>	+	+	+					
20 克氏鳊 <i>Sarcocheilichthys czerskii</i>				+	+			
21 犬首鲃 <i>Gobio cynocephalus</i>						+		
22 鲤 <i>Cprinus carpio</i>	+	+	+			+		+
23 银鲫 <i>Carassius auratus gibelio</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
(二) 鲈科 Cobitidae								
24 黑龙江花鲈 <i>Cobitis lutheri</i>		+	+	+		+		+
25 黑龙江泥鲈 <i>Misgurnus mohoity</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
26 花斑副沙鲈 <i>Parabotia fasciata</i>			+	+	+	+		
二 鲇形目 SILURIFORMES								
(三) 鲇科 Bagridae								
27 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
(四) 鲇科 Siluridae								
28 鲇 <i>Silurus asotus</i>	+	+	+	+	+	+		
三 鲈形目 Perciformes								
(五) 塘鲺科 Eleotridae								
29 葛氏鲈塘鲺 <i>Percottus glehni</i>	+	+	+	+	+			+
30 黄魮 <i>Hypseleotris swinhonis</i>		+	+					
(六) 鲃科 Channidae								
31 乌鲃 <i>Channa argus</i>	+	+	+		+			
(七) 鲈科 Serranidae								
32 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>			+					

注: +表示在对应时间的调查中, 记录了该物种。

表 2 2018 年 9 月嫩江近岸浅水区修复的鱼类栖息地的渔获物的 5 种指标值

Table 2 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the shallow water area of Nenjiang River near shore in September 2018

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	21.7	16.88	470	9.30	46.2
鲤	23.9	18.60	29	0.57	824.1
鲮	4.7	3.66	82	1.62	57.3
银鲴	1.6	1.25	55	1.09	29.1
鲢	3.8	2.96	10	0.20	380
瓦氏雅罗鱼	5.5	4.28	117	2.32	47.0
鳊	0.4	0.31	19	0.38	21.1
红鳍原鲈	10.1	7.86	436	8.64	23.2
乌鳢	4.3	3.35	3	0.06	1 433.3
蛇鮈	0.4	0.31	6	0.12	66.7
花鲢	1.2	0.93	3	0.06	400.0
黄颡鱼	2.2	1.71	36	0.71	61.1
其他物种	48.7	37.90	3 783	74.93	12.9
合计	128.5	100.00	5 049	100.00	

注:表中的其他物种包括黑龙江泥鳅、黑龙江花鳅、拉氏鲮、湖鲮、麦穗鱼、葛氏鲈塘鳢、黑龙江鲢鳙、彩石鲢鳙、大鳍鲮、平口鲈、东北鲈、黄颡和棒花鱼。

表 3 2019 年 4 月嫩江近岸浅水区修复的鱼类栖息地的渔获物的 5 种指标值

Table 3 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the shallow water area of Nenjiang River near shore in April 2019

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	25.3	11.62	759	13.25	33.3
鲤	76.4	35.08	208	3.63	367.3
鲮	13.9	6.38	536	9.36	25.9
鲢	4.4	2.02	31	0.54	141.9
黄颡鱼	2.2	1.01	36	0.63	61.1
鳊	0.8	0.37	3	0.05	266.7
红鳍原鲈	4.8	2.20	71	1.24	67.6
乌鳢	35.4	16.25	19	0.33	1 863.2
其他物种	54.6	25.07	4 065	70.97	13.4
合计	217.8	100.00	5 728	100.00	

注:表中的其他物种包括拉氏鲮、大鳍鲮、黑龙江鲢鳙、麦穗鱼、东北鲈、平口鲈、棒花鱼、黑龙江泥鳅、黑龙江花鳅、花斑副沙鳅、葛氏鲈塘鳢和黄颡。

总生物量和个体总数量分别为 191.3 kg 和 10 393 尾,分别占渔获物总生物量和渔获物总数量的 55.24%和 96.44%。浅水区的鱼类群落结构特征总体表现为:经济鱼类物种的相对种群生物量大于小型非经济鱼类物种,小型非经济鱼类物种的相对种群数量大于经济鱼类物种,小型鱼类类群的相对数量占据群落数量结构的绝大多数(以超过 80%为标准),鱼类群落结构特征总体上趋向于河流型。

2.2.1.2 洪泛区修复栖息地中鱼类群落的结构

2017 年 11 月,洪泛区修复的鱼类栖息地中经

济鱼类物种(银鲫、鲢和黄颡鱼)的渔获物总生物量为 10.4 kg,个体总数量为 288 尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为 77.90%和 43.70%;小型非经济鱼类物种(葛氏鲈塘鳢、银鲴、东北颌须鲴、克氏鲈、黑龙江泥鳅、黑龙江花鳅、花斑副沙鳅和麦穗鱼)的渔获物总生物量为 2.95 kg,个体总数量为 371 尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为 22.10%和 56.30%(表 5)。

2018 年 4 月,洪泛区修复的鱼类栖息地中经济鱼类物种(银鲫、鲢、黄颡鱼、乌鳢、红鳍原鲈、银鲴和鲮)的渔获物总生物量为 97.4 kg,个体总数量

表4 2018年9月和2019年4月嫩江近岸浅水区修复的鱼类栖息地的渔获物的5种指标值

Table 4 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the shallow water area of Nenjiang River near shore in September 2018 and April 2019

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	47.0	13.57	1 229	11.40	38.2
鲤	100.3	28.96	237	2.20	423.2
鲮	18.6	5.37	618	5.73	30.1
银鲴	1.6	0.46	55	0.51	29.1
鲇	8.2	2.37	41	0.38	200.0
鳊	0.8	0.23	3	0.03	266.7
鳊	0.4	0.12	19	0.18	21.1
瓦氏雅罗鱼	5.5	1.59	117	1.09	47.0
红鳍原鲌	14.9	4.30	507	4.70	29.4
乌鳢	39.7	11.46	22	0.20	1804.5
蛇鮈	0.4	0.12	6	0.06	66.7
花鲢	1.2	0.35	3	0.03	400.0
黄颡鱼	4.4	1.27	72	0.67	61.1
其他物种	103.3	29.83	7 848	72.82	13.2
合计	346.3	100.00	10 777	100.00	

注:表中的其他物种包括拉氏鲮、湖鲮、黑龙江鳊、彩石鳊、大鳍、平口、东北、麦穗、棒花、黑龙江泥鳅、黑龙江花鳅、花斑副沙鳅、葛氏鲈塘鳢和黄颡。

表5 2017年11月嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的5种指标值

Table 5 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the floodplain area of Nenjiang River in November 2017

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
葛氏鲈塘鳢	1.3	9.74	92	13.96	14.1
银鲫	8.4	62.92	269	40.82	31.2
银鮈	0.03	0.22	6	0.91	5.0
东北颌须鮈	0.01	0.075	3	0.46	3.3
克氏	0.2	1.50	62	9.41	3.2
黑龙江泥鳅	0.3	2.25	44	6.68	6.8
黑龙江花鳅	0.1	0.75	31	4.70	3.2
花斑副沙鳅	0.01	0.08	2	0.30	5.0
鲇	1.7	12.73	7	1.06	242.9
黄颡鱼	0.3	2.25	12	1.82	25.0
麦穗鱼	1.0	7.49	131	19.88	7.6
合计	13.35	100.00	659	100.00	

为1 526尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为84.04%和64.00%;小型非经济鱼类物种(葛氏鲈塘鳢、麦穗鱼、蛇鮈、黑龙江鳊、克氏、黑龙江泥鳅和花斑副沙鳅)的渔获物总生物量为18.5 kg,个体总数量为858尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为15.96%和36.00%(表6)

2018年10月,洪泛区修复的鱼类栖息地中经济鱼类物种(银鲫、鲮、鲤、鲇和黄颡鱼)的渔获物总生物量为27.44 kg,个体总数量为632尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为92.58%和

62.27%;小型非经济鱼类物种(拉氏鲮、棒花、犬首、黑龙江鳊、大鳍、黑龙江泥鳅、黑龙江花鳅和花斑副沙鳅)的渔获物总生物量为2.2 kg,个体总数量为383尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为7.42%和37.73%(表7)。

2019年4月,洪泛区修复的鱼类栖息地中经济鱼类物种(银鲫、鲮和黄颡鱼)的渔获物总生物量为2.7 kg,个体总数量为165尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为65.86%和39.95%;小型非经济鱼类物种(黑龙江泥鳅和麦穗鱼)的渔

表6 2018年4月嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的5种指标值

Table 6 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the floodplain area of Nenjiang River in April 2018

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	19.2	16.57	213	8.93	90.1
鲇	9.1	7.85	31	1.30	293.5
黄颡鱼	7.8	6.73	197	8.27	39.6
乌鳢	8.0	6.90	6	0.25	1333.3
红鳍原鲌	27.4	23.64	431	18.08	63.6
银鲶	3.2	2.76	54	2.27	59.3
鲶	22.7	19.59	594	24.90	38.2
葛氏鲈塘鳢	10.1	8.71	339	14.22	29.8
麦穗鱼	3.7	3.19	193	8.10	19.2
蛇鲻	0.9	0.78	31	1.30	29.0
黑龙江鲌	1.2	1.04	92	3.86	13.0
克氏鲶	0.6	0.52	78	3.27	7.7
花斑副沙鳅	0.7	0.60	50	2.10	14.0
黑龙江泥鳅	1.3	1.12	75	3.15	17.3
合计	115.9	100.00	2 384	100.00	

表7 2018年10月嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的5种指标值

Table 7 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the floodplain area of Nenjiang River in October 2018

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	12.2	41.16	362	35.67	33.7
鲶	1.2	4.06	73	7.19	16.4
黑龙江鲌	0.04	0.13	12	1.18	3.3
大鳍鱮	0.12	0.40	13	1.28	9.2
黑龙江泥鳅	0.93	3.14	198	19.51	4.7
黑龙江花鳅	0.09	0.30	26	2.56	3.5
鲤	11.3	38.12	146	14.38	77.4
鲇	1.8	6.07	22	2.17	81.8
黄颡鱼	0.94	3.17	29	2.86	32.4
拉氏鲮	0.30	1.02	59	5.81	5.1
棒花鱼	0.17	0.57	11	1.08	15.5
犬首鲻	0.53	1.79	57	5.62	9.3
花斑副沙鳅	0.02	0.07	7	0.69	2.9
合计	29.64	100.00	1 015	100.00	

获物总生物量为1.4 kg, 个体总数量为248尾, 其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为34.14%和60.05%(表8)。

2021年9月, 洪泛区修复的鱼类栖息地中经济鱼类物种(银鲫、鲶、鲤、草鱼和黄颡鱼)的渔获物总生物量为27.2 kg, 个体总数量为364尾, 其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为88.59%和47.77%; 小型非经济鱼类物种(葛氏鲈塘鳢、拉氏鲮、湖鲮、麦穗鱼、黑龙江泥鳅和黑龙江花鳅)的渔获物总生物量为3.5 kg, 个体总数量为398尾, 其

相对种群生物量和相对种群数量分别合计为11.41%和52.23%(表9)。

在2017年11月至2021年9月期间的5次调查中, 洪泛区修复的鱼类栖息地中渔获物总生物量为193.62 kg, 个体总数量为5 233尾; 经济鱼类物种的渔获物总生物量为166.1 kg, 个体总数量为3 006尾, 其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为85.79%和57.44%; 小型非经济鱼类物种的渔获物总生物量为27.52 kg, 个体总数量为2 227尾, 其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为

表8 2019年4月嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的5种指标值

Table 8 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the floodplain area of Nenjiang River in April 2019

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	1.5	36.59	67	16.22	22.4
鲶	1.1	26.83	94	22.76	11.7
黑龙江泥鳅	0.5	12.20	76	18.40	6.6
黄颡鱼	0.1	2.44	4	0.97	25.0
麦穗鱼	0.9	21.94	172	41.65	5.2
合计	4.1	100.00	413	100.00	

表9 2021年9月嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的5种指标值

Table 9 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the floodplain area of Nenjiang River in September 2021

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	14.4	46.91	252	33.07	57.1
鲶	1.3	4.23	47	6.17	27.7
黑龙江泥鳅	0.3	0.98	29	3.81	10.3
黑龙江花鳅	0.1	0.33	11	1.44	9.1
鲤	6.7	21.82	49	6.43	136.7
麦穗鱼	0.9	2.93	137	17.98	6.6
黄颡鱼	0.4	1.30	9	1.18	44.4
湖鳊	0.2	0.65	13	1.71	15.4
葛氏鲈塘鳢	1.7	5.54	126	16.54	13.5
草鱼	4.4	14.33	7	0.92	628.6
拉氏鳊	0.3	0.98	82	10.75	3.7
合计	30.7	100.00	762	100.00	

14.21%和42.56%(表10)。小型经济鱼类群体的渔获物总生物量和个体总数量分别为92.5 kg和2 253尾,分别占经济鱼类种群渔获物生物量和个体数量的55.69%和43.05%;小型类群的渔获物总生物量和个体总数量分别为120.02 kg和4 480尾,分别占61.99%和85.61%。洪泛区修复的鱼类栖息地中鱼类群落的结构特征总体表现为:经济鱼类物种的相对种群生物量和相对种群数量都大于小型非经济鱼类物种,小型鱼类类群的相对数量占群落数量结构的绝大多数,鱼类群落结构特征总体上趋向于河流型。

2017年11月至2021年9月期间,在嫩江近岸浅水区和洪泛区修复的鱼类栖息地的所有调查中,经济鱼类物种(鲤、银鲫、鲇、黄颡鱼、红鳍原鲈、瓦氏雅罗鱼、乌鳢、鲶、鳊、草鱼、银鲶、花鲢和鳊)的渔获物总生物量为407.2 kg,个体总数量为5 897尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为75.52%和36.84%;小型非经济鱼类物种(东

北颌须鲈、银鲈、蛇鲈、犬首鲈、克氏鲈、葛氏鲈塘鳢、拉氏鳊、湖鳊、麦穗鱼、黑龙江泥鳅和黑龙江花鳅)的渔获物总生物量为132.2 kg,个体总数量为10 112尾,其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为24.48%和63.16%(表11)。小型经济鱼类群体的渔获物总生物量和个体总数量分别为113.2 kg和2 968尾,分别占经济鱼类物种种群渔获物生物量和个体数量的27.80%和50.3%;小型类群的渔获物总生物量和个体总数量分别为245.4 kg和13 080尾,分别占45.44%和81.70%。实验区修复栖息地的鱼类群落结构特征总体表现为:小型非经济鱼类物种的相对种群数量大于经济鱼类物种,经济鱼类物种的相对种群生物量大于小型非经济鱼类物种,小型鱼类类群的相对数量占群落数量结构的绝大多数,鱼类群落结构特征总体上趋向于河流型。

2.2.2 自然栖息地中鱼类群落的结构

2015年9月,鱼类自然栖息地中经济鱼类物

表 10 2017 年 11 月至 2021 年 9 月期间嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的 5 种指标值

Table 10 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the floodplain area of Nenjiang River during the period of November in 2017 to September in 2021

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
葛氏鲈塘鳢	13.10	6.77	557	10.64	23.5
鲤	18.00	9.30	195	3.73	92.3
银鲫	55.70	28.77	1 163	22.22	47.9
鲮	26.30	13.58	808	15.44	32.5
银鲴	3.20	1.65	54	1.03	59.3
黄颡鱼	9.60	4.96	251	4.80	38.3
红鳍原鲈	27.40	14.15	431	8.24	63.6
草鱼	4.40	2.27	7	0.13	628.6
银鲶	0.03	0.02	6	0.11	5.0
蛇鲶	0.90	0.46	31	0.59	29.0
东北颌须鲶	0.01	0.01	3	0.06	3.3
犬首鲶	0.53	0.27	57	1.09	9.3
克氏鲶	0.80	0.42	140	2.68	5.7
黑龙江泥鳅	3.30	1.70	422	8.06	7.8
黑龙江花鳅	0.28	0.14	68	1.30	4.1
花斑副沙鳅	0.73	0.38	59	1.13	12.4
黑龙江鲢鳙	1.20	0.62	104	1.99	11.9
大鳍鱮	0.12	0.06	13	0.25	9.2
鲢	12.60	6.51	60	1.15	210.0
乌鳢	8.00	4.13	6	0.11	1 333.3
麦穗鱼	6.50	3.36	633	12.10	10.2
拉氏鲮	0.60	0.31	141	2.69	4.3
湖鲮	0.15	0.08	13	0.25	11.5
棒花鱼	0.17	0.09	11	0.21	15.5
合计	193.62	100.00	5 233	100.00	

种(鲤、银鲫、鲢、鲮、瓦氏雅罗鱼、红鳍原鲈、银鲴、乌鳢和黄颡鱼)的渔获物总生物量为 61.6 kg, 个体总数量为 542 尾, 其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为 89.93% 和 61.38%; 小型非经济鱼类物种(黑龙江泥鳅、葛氏鲈塘鳢、银鲶、湖鲮、克氏鲶、麦穗鱼)的渔获物总生物量为 6.9 kg, 个体总数量为 341 尾, 其相对种群生物量和相对种群数量分别合计为 10.07% 和 38.62%(表 12)。小型经济鱼类群体的渔获物总生物量和个体总数量分别为 4.3 kg 和 102 尾, 分别占经济鱼类物种种群渔获物生物量和个体数量的 6.98% 和 18.82%; 小型鱼类类群的渔获物总生物量和个体总数量分别为 11.2 kg 和 443 尾, 分别占 18.18% 和 81.73%。自然栖息地中鱼类群落的结构特征总体表现为: 经济鱼类物种的相对种群生物量和相对种群数量都大

于小型非经济鱼类物种, 小型鱼类类群的相对数量占群落数量结构的绝大多数, 鱼类群落结构特征总体上趋向于河流型。

总体上, 自然栖息地和修复栖息地中的鱼类群落结构特征都表现为经济鱼类物种的相对种群生物量大于小型非经济鱼类物种, 小型鱼类类群的相对数量都占群落数量结构的绝大多数, 鱼类群落的结构特征都趋向于河流型。但是, 二者也存在差别, 修复栖息地中鱼类群落中的小型非经济鱼类物种的相对种群数量大于经济鱼类物种, 而自然栖息地中鱼类群落中的小型非经济鱼类物种的相对种群数量却小于经济鱼类物种; 修复栖息地中的经济鱼类物种的相对种群生物量和相对种群数量分别比自然栖息地的减小了 16.02% 和 41.67%。

表 11 2017 年 11 月至 2021 年 9 月期间嫩江近岸浅水区和洪泛区修复的鱼类栖息地的渔获物的 5 种指标值
Table 11 The values of 5 indexes of catches obtained from the fish habitats repaired in the shallow water area near shore and the floodplain area of Nenjiang River during the period of November in 2017 to September in 2021

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
红鳍原鲌	42.3	7.83	938	5.86	45.1
瓦氏雅罗鱼	5.5	1.02	117	0.73	47.0
东北颌须鲈	0.01	0.00	3	0.02	3.3
草鱼	4.4	0.82	7	0.04	628.6
鳊	0.40	0.07	19	0.12	21.1
银鲌	0.03	0.01	6	0.04	5.0
蛇鲌	1.3	0.24	37	0.23	35.1
犬首鲌	0.53	0.10	57	0.36	9.3
克氏鲸	0.80	0.15	140	0.87	5.7
鲤	118.3	21.92	432	2.70	273.8
银鲫	102.7	19.02	2 392	14.94	42.9
鲮	44.9	8.31	1 426	8.91	31.5
银鲴	4.8	0.89	109	0.68	44.0
黄颡鱼	14.0	2.59	322	2.01	43.5
鲇	20.8	3.85	101	0.63	205.9
花鲢	1.2	0.22	3	0.02	400.0
鳊	0.80	0.15	3	0.02	266.7
乌鳢	47.7	8.83	28	0.17	1 703.6
其他物种	129.5	23.98	9 869	61.65	13.1
合计	540.0	100.00	16 009	100.00	

注:表中的其他物种包括拉氏鲮、湖鲮、黑龙江鲢、彩石鲢、大鳍鲢、平口鲌、东北鲌、麦穗鱼、棒花鱼、黑龙江泥鳅、黑龙江花鳅、花斑副沙鳅、葛氏鲈塘鳢和黄黝。

表 12 2015 年 9 月鱼类自然栖息地的渔获物的 5 种指标值
Table 12 The values of 5 indexes of catches obtained from natural fish habitats in September 2015

物种名称	渔获物生物量/kg	相对种群生物量/%	渔获物个体数量/尾	相对种群数量/%	个体平均质量/g
银鲫	22.4	32.70	243	27.52	92.2
鲮	4.3	6.28	102	11.55	42.2
瓦氏雅罗鱼	7.4	10.80	42	4.76	176.2
红鳍原鲌	13.2	19.27	92	10.42	143.5
黑龙江泥鳅	0.9	1.31	49	5.55	18.4
葛氏鲈塘鳢	1.1	1.61	33	3.74	33.3
鲤	5.9	8.61	19	2.15	310.5
鲇	2.7	3.95	11	1.25	245.5
银鲴	2.0	2.92	21	2.37	95.2
乌鳢	2.6	3.80	3	0.34	866.7
黄颡鱼	1.1	1.61	9	1.02	122.2
银鲌	1.4	2.04	42	4.76	33.3
湖鲮	2.0	2.91	73	8.26	27.4
克氏鲸	0.2	0.29	12	1.36	16.7
麦穗鱼	1.3	1.90	132	14.95	9.8
合计	68.5	100.00	883	100.00	

2.3 鱼类现存资源量

2.3.1 修复栖息地中鱼类现存资源量

2.3.1.1 浅水区修复栖息地中鱼类现存资源量

根据浅水区修复栖息地中鱼类群落的结构特征,以银鲫、鲮、银鲴、瓦氏雅罗鱼、红鳍原鲈、花鲢和黄颡鱼作为鱼类现存资源量的评估物种。

2018年9月和2019年4月,浅水区修复栖息地中的总渔获量为2 727 kg,评估物种的渔获物总生物量为346.3 kg,个体总数量为10 777尾,评估物种的渔获物个体总数量为2 601尾,由此估算出的评估物种的现存资源量合计为1 651 461尾(表13),2018年和2019年两年的鱼类现存资源量为6 842 674尾,平均每年的鱼类现存资源量和鱼类分布密度分别为3 421 337尾和22 809尾/hm²。

2.3.1.2 洪泛区修复栖息地中鱼类现存资源量

根据洪泛区修复栖息地中鱼类群落的结构特征,以银鲫、鲮、银鲴、红鳍原鲈和黄颡鱼作为鱼类现存资源量的评估物种。

5次调查中的洪泛区修复栖息地的总渔获量为14 730 kg,评估物种的渔获物总生物量为193.65 kg,个体总数量为5 233尾,评估物种的渔获物个体总数量为2 707尾,由此估算出评估物种的

现存资源量合计为3 022 882尾(表14)。2017年、2018年、2019年和2021年4 a的鱼类现存资源量合计为5 843 643尾,平均每年的鱼类现存资源量和鱼类分布密度分别为1 460 911尾和4 427尾/hm²。

2.3.2 自然栖息地中鱼类现存资源量

依据自然栖息地中鱼类群落的结构特征,以银鲫、鲮、银鲴、红鳍原鲈和黄颡鱼作为鱼类现存资源量的评估物种。

2015年9月,自然栖息地的渔获量为2 370 kg,评估物种的渔获物总生物量为68.5 kg,个体总数量为833尾,评估物种的渔获物总个体数量为467尾,由此估算出评估物种的现存资源量合计为391 070尾(表15)。2015年的鱼类现存资源量和鱼类分布密度分别为697 562尾和1 454尾/hm²。

2017年、2018年、2019年和2021年4 a的浅水区和洪泛区修复栖息地的鱼类现存资源量合计为12 686 317尾,修复栖息地的平均年鱼类现存资源量和平均年鱼类分布密度分别为3 171 579尾和6 607尾/hm²。

2.4 鱼类群落多样性

由表16可知,与修复栖息地中的鱼类群落的多样性指数值相比,自然栖息地中的鱼类群落的

表13 嫩江近岸浅水区修复的鱼类栖息地的评估物种的各种参数值和现存资源量

Table 13 The values of various parameters and existing resources of the evaluation species in the fish habitats repaired in the shallow water area of Nenjiang River near shore

评估物种名称	总瞬时死亡率/%	瞬时自然死亡率/%	生长系数	理论生长起点年龄/龄	平均渐近体长/cm	平均体长/cm		现存资源量/尾
						最大值	最小值	
银鲫	0.487	0.138	0.144	-1.757	28.68	14.1	9.8	1 629 598
瓦氏雅罗鱼	0.511	0.068	0.071	-2.704	65.31	12.8	5.5	2 656
鲮	1.003	0.193	0.150	-6.427	25.50	16.8	15.5	9 517
银鲴	0.741	0.279	0.302	-0.570	22.07	12.6	8.8	1 327
黄颡鱼	0.334	0.081	0.089	-0.989	36.35	12.7	6.4	2 636
花鲢	0.512	0.054	0.059	-1.373	83.27	21.5	14.4	66
红鳍原鲈	2.295	0.495	0.498	-0.769	25.59	11.4	8.3	5 661

表14 嫩江洪泛区修复的鱼类栖息地的评估物种的各种参数值和现存资源量

Table 14 The values of various parameters and existing resources of the evaluation species in the fish habitats repaired in floodplain area of Nenjiang River near shore

评估物种名称	总瞬时死亡率/%	瞬时自然死亡率/%	生长系数	理论生长起点年龄/龄	平均渐近体长/cm	平均体长/cm		现存资源量/尾
						最大值	最小值	
银鲫	0.572	0.138	0.144	-1.757	28.68	12.4	8.3	267 657
鲮	0.220	0.193	0.150	-6.427	25.50	16.4	10.2	2 535 886
银鲴	0.668	0.279	0.302	-0.570	22.07	11.9	7.3	14 476
黄颡鱼	0.442	0.081	0.089	-0.989	36.35	13.1	8.2	65 434
红鳍原鲈	0.843	0.495	0.498	-0.769	25.59	15.6	9.7	139 429

表 15 鱼类自然栖息地的评估物种的各种参数值和现存资源量

Table 15 The values of various parameters and existing resources of the evaluation species in natural fish habitats

评估物种名称	总瞬时死亡率/%	瞬时自然死亡率/%	生长系数	理论生长起点年龄/龄	平均渐近体长/cm	平均体长/cm		现存资源量/尾
						最大值	最小值	
银鲫	0.541	0.138	0.144	-1.757	28.68	12.9	8.7	63 594
鲮	0.239	0.193	0.150	-6.427	25.50	16.4	10.7	203 061
银鲴	0.703	0.279	0.302	-0.570	22.07	12.3	8.1	5 614
黄颡鱼	0.416	0.081	0.089	-0.989	36.35	13.0	8.0	2 674
红鳍原鲌	1.338	0.495	0.498	-0.769	25.59	13.5	9.0	116 127

Simpson 多样性指数和 Pielou 均匀度指数值明显偏大,即自然栖息地中的鱼类群落的多样性水平更高。

表 16 自然和修复栖息地的鱼类群落的多样性指数值

Table 16 The values of diversity indexes of fish communities in natural and repaired fish habitats

鱼类栖息地	采样时间	Simpson 多样性指数	Pielou 均匀度指数
自然栖息地	2015-09	0.860	0.921
修复栖息地	近岸浅水区	0.421	0.439
	2019-04	0.468	0.493
	2017-11	0.758	0.834
	2018-04	0.859	0.925
	洪泛区	0.800	0.867
	2019-04	0.714	0.893
	2021-09	0.809	0.890

3 讨 论

3.1 鱼类自然栖息地的不适宜性

因嫩江近岸浅水区和洪泛区中的鱼类自然栖息地的水较浅和缺乏越冬条件,所以鱼类只在自然栖息地中短期生存。在那些与河流、湖泊没有地表水联系的孤立的鱼类自然栖息地中,一般只有引进鱼类物种栖息。

在本研究中,嫩江洪泛区与嫩江有密切联系。在洪水期,鱼类进入嫩江近岸浅水区和洪泛区的水中产卵繁殖、索饵育肥,洪泛区成为嫩江中鱼类物种的繁育场。在洪水消退过程中,洪泛区中的鱼类物种(包括随洪水洄游进入洪泛区的物种和在洪泛区自然繁育的物种),一部分物种随着退水重新洄游返回嫩江中,另一部分物种则滞留在洪泛区的洪水型栖息地中。洪水型鱼类物种的栖息地多为浅碟形,水体较浅,只能作为洪水型物种滞留的临时避难场所,夏季的高温和干旱的气候条件都会使这些自然栖息地的水量逐渐减少,最后鱼类会因搁浅而死亡,即便少数物种得以存

活下来,因洪泛区的自然栖息地无法越冬,其种群也无法自我发展。由此可见,在洪泛区,即便是鱼类可以生存的自然栖息地,也只不过是鱼类的季节性栖息地,栖息地会随着水量的减少而逐渐退化,直至完全干涸。

1998 年嫩江和松花江特大洪水之后,松嫩平原的降水量偏少,河流的洪泛频率明显降低,即便在洪水期,近岸浅水区和洪泛区也因其与河流的联系被削弱或被中断,致使近岸浅水区和洪泛区逐渐变干。2010 年以来,实施的河、湖(沼)连通工程,又使这些原本干涸的近岸浅水区和洪泛区逐渐恢复了水文过程,但是近岸浅水区和洪泛区中的鱼类自然栖息地仍为季节性湿地,其对鱼类的“三场一道”(繁殖场、索饵场、越冬场、洄游通道)的适宜性较差或者缺乏适宜性,随着洪水进入近岸浅水区和洪泛区的鱼类繁殖群体还未完成产卵繁殖过程,或者鱼类受精卵、鱼苗和幼鱼都尚未完成发育,鱼类的自然栖息地就已经干涸了。

吉林莫莫格国家级自然保护区中的嫩江段的近岸浅水区面积较大。在自然因素和人类活动因素的共同作用下,近岸浅水区局部的微地貌发生了变化,嫩江洪水可在近岸浅水区形成许多不连续的小、微型鱼类栖息地。每当洪水过后,在这些小、微型栖息地中遗留下的洪水鱼种群,成为水禽的食物来源。嫩江近岸浅水区也因此而成为该保护区水禽的重要栖息地及其迁徙停歇地。但是,这些小、微型鱼类栖息地在短暂积水之后,也因蒸发、渗漏等原因,使其水量逐渐减少,重又相互隔绝,直至干涸。由此可见,虽然近岸浅水区与嫩江的水力联系紧密,共享多种鱼类物种,但是近岸浅水区并不适合鱼类栖息和种群繁衍,更没有鱼类物种能够常年生存。嫩江近岸浅水区的洪水型鱼类栖息地,只不过是鱼类的临时避难场所,无补于鱼类资源的自然增殖和可持续发展。

3.2 修复栖息地的适宜性

嫩江近岸浅水区和洪泛区的鱼类栖息地修复后,其水域面积和水深都适合鱼类栖息,还可以持续保持适宜鱼类生存的水量,改变了自然栖息地先于鱼类繁殖季节而干涸的不利状况。

通过微水系连通和基底改造技术,使浅水区孤立分布的小、微型水域相互连通,在增加了水域面积和水深的同时,也提高了鱼类栖息地的适宜性,还能使洪水鱼物种在局地范围内完成短距离洄游,具有水层产卵习性的鱼类,或者受精卵需要在漂浮性水环境才能完成发育的鱼类物种(鲢、鳊、银鲴、平口鲃、蛇鲃、东北鲈、草鱼和鳊),都可以进行自然繁殖,实现鱼类资源的自然增殖。而具有喜贝性和在沙砾或砾石上产卵习性的物种(大鳍鱮、黑龙江翘嘴、彩石翘嘴、克氏鲌),则可以充分利用近岸浅水区中的沙砾底质和扩大的水域空间,进行有效的自然繁殖。

在洪泛区,除了水域面积增加外,生境适宜性较高的鱼类繁殖场面积约为 9.6 hm^2 ,为产黏性卵、受精卵需要黏附在植物体上发育的物种(鲤、银鲫、鲢、葛氏鲈塘鳢、犬首鲃、黑龙江花鲈、黑龙江泥鳅、棒花鱼、麦穗鱼、红鳍原鲈、湖鲮、拉氏鲮、花鲮和瓦氏雅罗鱼)和需要水草茂密的环境筑巢完成产卵与受精卵孵化的物种(黄颡鱼和乌鲢),提供了良好的繁育环境,使洪水鱼物种能够生长与繁殖,实现自然增殖与种群自我发展。修复栖息地的适宜鱼类越冬的水域面积为 3.8 hm^2 ,可以确保当年繁殖的幼鱼群体能够就地越冬保种,起到了保护鱼类资源的作用。这也是修复栖息地的鱼类现存资源量比自然栖息地明显增加、小型类群在群落数量结构中占主体的重要原因。

在修复栖息地中,大部分鱼类集中生活于少数水域面积相对较大的栖息地,造成鱼类种群高度集中和密度分布不均匀的现象。在自然栖息地中,作为临时避难场所的小、微型水域,大都呈现较均匀的斑块状分布,洪水鱼物种分布在这些水域中,其种群数量和密度的分布相对也较均匀。这些也可能是造成修复栖息地中鱼类种群优势度明显增加,鱼类群落的 Simpson 多样性指数值和 Pielou 均匀度指数值减小的重要原因。

3.3 鱼类栖息地修复对水禽的有益影响

吉林莫莫格国家级自然保护区中分布着 120 余种^[1]水禽,其中,有 84 种为迁徙水禽;分布着 5 目

10 科 44 属 53 种^[20]鱼类,它们是水禽的重要食物基础。鱼类物种的丰度及其时空分布特征,直接影响水禽的种群数量和群落结构,也会对湿地的水禽栖息地及其迁徙停歇地功能的可持续性产生影响^[6]。

在鱼类栖息地修复前,只有在春季桃花水和夏季洪水期间,嫩江近岸浅水区和洪泛区才能发挥其作为水禽栖息地及其迁徙停歇地的功能,汛期过后,该功能将伴随着洪水型鱼类和鸟类共同栖息地的退化、季节性鱼类等食物的消失而丧失。在冬季,鱼类自然栖息地都处在干涸或“冻干锅”的状态。春季解冻后,在没有食物保障的条件下,湿地也都季节性丧失了其作为水禽栖息地及其迁徙停歇地的功能。

在吉林莫莫格国家级自然保护区中,每年春季和秋季迁徙的夏候鸟物种数量分别为 103 种和 60 种,有 82 种夏候鸟^[1]在此地繁殖。在鸟类的迁徙季节和繁殖季节,为了解决鸟类食源不足的问题,通常都要采取放流鱼类的办法,来增加水禽的食物基础,但是,在鱼类自然栖息地中,所增殖的鱼类资源量有限,为水禽持续供食的时间也较短。随着自然栖息地中水量的蒸发,栖息地水域面积缩小,所增殖的鱼类种群也逐渐消失。尤其是春季桃花汛期短暂,桃花水过后几天之内,相互隔绝的小、微型水域就会完全干涸,滞留在其中的鱼类也随即消失,导致春季迁徙水禽的食物需求得不到保障。相比之下,在修复栖息地中,即便是在春季桃花水和夏季洪水水势规模有限而无法到达洪泛区、洪泛区也无法获得洪水鱼资源补给的情况下,凭借洪泛区中新增鱼类种群的现存资源量,也可以保障水禽获得持续性食物供给,缓解过去春季、秋季迁徙水禽的食物压力,使其安全度过迁徙停歇期。

吉林莫莫格国家级自然保护区位于嫩江下游,自 20 世纪 50 年代,由嫩江洪水所形成的洪泛平原,就成为白鹤、东方白鹳、丹顶鹤(*Grus japonensis*)、白枕鹤(*Grus vipio*)、黑鹳(*Ciconia nigra*)等珍稀水禽迁徙的主要停歇地^[21],来自嫩江洪水的鱼类、底栖甲壳类(虾)、软体动物(双壳类和腹足类)等食源性水生动物,则是湿地作为水禽迁徙停歇地的重要食物保障。由此可见,嫩江近岸浅水区和洪泛区很早就成为了鱼类和水禽的共同栖息地。但是,在目前湿地退化的情况下,只有在洪水

期其才可以作为鱼类和水禽的共同栖息地,水禽的食物基础仍然是来自嫩江的洪水水生动物种群。在嫩江洪水消退过程中,鱼类自然栖息地也逐渐干涸,嫩江近岸浅水区和洪泛区作为水禽栖息地及其迁徙停歇地的功能也随之丧失,从而导致嫩江沿江湿地的水禽迁徙通道中断。在修复栖息地中,依靠洪水鱼物种本身的自然增殖能力和自我发展能力,就可以满足水禽在不同季节的食物供给,即便在嫩江洪水消退后,嫩江近岸浅水区和洪泛区仍然可以成为水禽栖息地及其迁徙停歇地,保证了水禽迁徙通道的持续性畅通。因此,本研究的鱼类栖息地修复方法,也适合于鱼类和水禽共同栖息地的生境适宜性修复。在生物廊道视角下,该方法对季节性中断的水禽迁徙廊道的生境修复,也具有一定的参考价值。

繁殖场、索饵场、越冬场和洄游通道构成鱼类栖息地的基本要素,其结构在河流、湖泊、洪泛平原等不同类型的鱼类栖息地中又有所差别,这主要体现在洪泛平原鱼类栖息地中缺乏河流与湖泊鱼类栖息地所具有的生境连续性。对内陆鱼类栖息地修复的研究与实践,多见于河流鱼类产卵场的单要素生境修复^[22-24]。本研究基于嫩江近岸浅水区和洪泛区鱼类生境结构的季节性特点,面向鱼类繁殖场、索饵场、越冬场和洄游通道多要素的综合性修复,探索出“微地貌改造-微水系连通”模式的嫩江近岸浅水区和洪泛区鱼类栖息地修复方法,该方法可以显著提高修复栖息地的鱼类物种多样性、鱼类自然增殖与种群自我发展能力,可以应用于松嫩平原同类型湿地的鱼类栖息地的适宜性修复。

4 结 论

利用湿地水文和基底修复技术,对吉林莫莫格国家级自然保护区的嫩江近岸浅水区和洪泛区鱼类自然栖息地进行了适宜性修复,与自然栖息地相比,修复栖息地的鱼类现存资源量和鱼类个体分布密度大幅增加,表明该修复方法可以提高修复栖息地的适宜性和鱼类增殖力与种群发展的可持续性,从而弥补了自然栖息地鱼类资源增殖能力低、种群发展不可持续的缺陷。采用该修复方法对湿地中鱼类栖息地进行修复,可以持续地为水禽提供食物,实现湿地作为水禽栖息地及其迁徙停歇地功能的可持续性。该修复方法可以为

松嫩平原湿地型自然保护区的鱼类栖息地修复提供借鉴,对食物功能性退化的水禽栖息地修复也具有参考价值。

参考文献

- [1]于国海,孙孝维,邹畅林.莫莫格保护区野生动植物及水文本底调查报告[M].澳门:读图时代出版社,2009:1-32,52.
- [2]杨兵兵,于国海,孙孝维,等.吉林莫莫格国家级自然保护区的鸟类资源[J].动物学杂志,2006,41(6):82-91.
- [3]卜楠龙,于国海,孙孝维,等.吉林莫莫格国家级自然保护区春季水鸟多样性分析[J].安徽农业科学,2010,38(25):13734-13738.
- [4]杨富亿,吕宪国,姜彦景,等.松嫩平原湖泊鱼类群聚结构[J].湖泊科学,2010,22(6):842-851.
- [5]杨富亿,吕宪国,姜彦景,等.松嫩湖群鱼类群落相似性[J].生态学报,2015,35(4):1022-1036.
- [6]杨富亿,吕宪国,姜彦景,等.莫莫格国家级自然保护区的鱼类多样性[J].湿地科学,2012,10(2):214-222.
- [7]杨富亿.东北平原沼泽鱼类资源与渔业绿色发展[M].长春:吉林科学技术出版社,2020:35-55,156-189.
- [8]姚书春,薛滨,吕宪国,等.松嫩平原湖泊水化学特征研究[J].湿地科学,2010,8(2):169-175.
- [9]肖海丰,薛滨,姚书春,等.松嫩平原湖泊水质演化研究[J].湿地科学,2011,9(2):120-124.
- [10]张沼也,王雪宏,佟守正,等.莫莫格湿地恢复区的植物群落物种多样性[J].湿地科学,2021,19(4):458-464.
- [11]刘晓辉,姜明,朱庆龙,等.吉林莫莫格国家级自然保护区边界和功能分区范围调整初探[J].湿地科学,2021,19(5):527-533.
- [12]杨富亿,李秀军,刘兴士,等.松嫩平原退化芦苇湿地恢复模式[J].湿地科学,2009,7(4):306-313.
- [13]环境保护部.生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类: HJ 710.7-2014[S].北京:中国环境科学出版社,2014.
- [14]解玉浩.东北地区淡水鱼类[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2007:461-483.
- [15]张春光,赵亚辉.中国内陆鱼类物种与分布[M].北京:科学出版社,2016:14-43.
- [16]邓景耀,叶昌臣.渔业资源学[M].重庆:重庆出版社,2001:21-60,99-138,260-283.
- [17]殷名称.鱼类生态学[M].北京:农业出版社,1995:15-33,51-63,188-217.
- [18]吴金明,姜必云,赵海涛,等.赤水河鱼类资源量的初步估算[J].水生态学杂志,2011,32(3):99-103.
- [19]董崇智,李怀明,牟振波,等.中国淡水冷水性鱼类[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2001:9-104,175-222.
- [20]杨富亿,文波龙,李晓宇,等.吉林莫莫格国家级自然保护区鱼类多样性监测[J].湿地科学,2022,20(4):453-474.
- [21]中国科学院南京地理与湖泊研究所.中国湖泊调查报告[M].北京:科学出版社,2015:144-155,479-484.

- [22]陈明千, 脱有才, 李嘉, 等. 鱼类产卵场水力生境指标体系初步研究[J]. 水利学报, 2013, **44**(11): 1303-1308.
- [23]鲁芸, 吴紫涵, 刘清园, 等. 基于鱼类产卵需求的栖息地修复效

- 果评价[J]. 环境工程技术学报, 2022, **12**(2): 733-741.
- [24]孙莹, 牛天祥, 王玉蓉, 等. 基于地形重塑的鱼类栖息地模拟修复设计[J]. 环境影响评价, 2015, **37**(3): 29-32.

Restoration Effect Evaluation of Fish Habitats in River Wetlands in Jilin Momoge National Nature Reserve

YANG Fuyi¹, WEN Bolong¹, LI Xiaoyu¹, LIU Hongyuan¹, ZOU Changlin²

(1. Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, Jilin, P.R.China; 2. Jilin Momoge National Nature Reserve Management Bureau, Baicheng 137300, Jilin, P.R.China)

Abstract: The wetlands are the habitats and the stopover sites of the waterfowls, the fishes in the wetlands are the important food basis of the waterfowls. Jilin Momoge National Nature Reserve is an important resting place for the migration of rare and endangered birds, such as *Grus leucogeranus* and *Ciconia boyciana*, it was included in the list of international important wetlands in 2013. In recent years, the suitability of the fish habitat in this area has weakened, the proliferation capacity of fish resources has declined, and the suitability of wetlands as waterfowl habitats and stopover sites has decreased. In order to increase the fish resources in the wetlands and improve the suitability of the wetlands as waterfowl habitat and stopover site, from 2016 to 2017, the natural habitats of fish in the shallow water area near shore and floodplain area of Nenjiang River were repaired by the method of wetland hydrology and substrate restoration. Before and after the restoration of fish habitats, fish samples were collected and investigated in September 2015 and November 2017 to September 2021, respectively. The composition and structural characteristics of fish communities before and after the restoration of fish habitats were studied, and the restoration effect of fish habitat was evaluated. The results showed that compared with the natural habitats of fish, the number of fish species in the restored habitat increased significantly, while the relative population biomass and relative population number of economic fish decreased by 16.02% and 39.98%, respectively. The relative population biomass and relative population number of small non-economic fish increased by 1.43 times and 63.54%, respectively, compared with the original habitat. The existing resources of fish, the average annual fish resources and the average annual fish distribution density increased significantly. The values of Simpson diversity index and Pielou evenness index of the fish community in the restored habitat were 31.98% and 34.42% lower than those in the natural habitat, respectively. The wetland hydrology and substrate restoration methods adopted by improved the suitability of the restored habitat for fish, promoted the natural proliferation of fish resources and the self-development of the population, and realized the sustainability of the functions of the shallow water area near shore and the floodplain area of the Nenjiang River as the habitats and migration stopover sites of waterfowls, which made up for the defects of poor suitability of the natural habitats, low natural proliferation ability of fish and unsustainable population development. This restoration method could provide reference for the restoration of fish habitats in the nature reserves for the wetlands in Songnen Plain.

Keywords: fish habitat; restoration; river wetlands; Jilin Momoge National Nature Reserve