

基于RS与水动力模型的鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场识别

李文娅 邓名明 赖格英 潘越

IDENTIFICATION OF POTENTIAL SPAWNING GROUNDS OF FISH SPAWNING ON GRASSLANDS IN POYANG LAKE BASED ON RS AND HYDRODYNAMIC MODEL

LI Wen-Ya, DENG Ming-Ming, LAI Ge-Ying, PAN Yue

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2022.2022.0398>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

鄱阳湖湖区及支流修水夏季鱼类系统发育群落结构分析

FISH PHYLOGENETIC COMMUNITY STRUCTURE IN THE POYANG LAKE AND ITS TRIBUTARY THE XIUSHUI RIVER IN SUMMER

水生生物学报. 2020, 44(6): 1297–1312 <https://doi.org/10.7541/2020.151>

枯水期鄱阳湖子湖轮虫休眠卵空间分布特征

SPATIAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF ROTIFER RESTING EGGS IN SUB-LAKES OF THE POYANG LAKE WETLAND AREA DURING THE DRY SEASON

水生生物学报. 2018, 42(6): 1232–1239 <https://doi.org/10.7541/2018.151>

鄱阳湖子湖“铎秋湖”过程中水位变化对浮游动物群落结构的影响

EFFECTS OF WATER LEVEL ON ZOOPLANKTON COMMUNITY DURING “PLATE-SHAPED LAKE ENCLOSED IN AUTUMN” IN A SUB-LAKE OF THE POYANG LAKE

水生生物学报. 2019, 43(2): 402–414 <https://doi.org/10.7541/2019.050>

浙江沿岸产卵场春、夏季鱼类资源密度和群落多样性研究

STUDY ON FISH RESOURCES AND COMMUNITY DIVERSITY DURING SPRING AND SUMMER IN THE COASTAL SPAWNING GROUND OF ZHEJIANG PROVINCE, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(5): 984–995 <https://doi.org/10.7541/2018.121>

吴城鄱阳湖自然保护区鱼体重金属的富集及安全性评价

HEAVY METAL CONTENT AND SAFETY EVALUATION OF FISHES NATURE RESERVE IN WUCHENG SECTION OF POYANG LAKE, CHINA

水生生物学报. 2017, 41(4): 878–883 <https://doi.org/10.7541/2017.109>

鄱阳湖不同水文期浮游生物群落结构特征和影响因素及水质评价

COMMUNITY STRUCTURE AND THE WATER QUALITY DURING DIFFERENT HYDROLOGICAL PERIODS IN POYANG LAKE

水生生物学报. 2021, 45(5): 1093–1103 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.148>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2022.2022.0398

基于RS与水动力模型的鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场识别

李文娅¹ 邓名明¹ 赖格英^{1,2} 潘越¹

(1. 江西师范大学地理与环境学院, 南昌 330022; 2. 江西师范大学鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 南昌 330022)

摘要: 鱼类产卵场的研究与保护对维持鱼类生物多样性具有重要意义, 研究结合遥感数据与水动力模型, 旨在识别2000—2020年鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场, 并分析其时空变化特征, 探究现有保护区对产卵场的保护效率。结果表明, 近20年来鄱阳湖鱼类潜在产卵场面积呈增加趋势, 空间上呈现从湖岸向中心扩张趋势。2005年前后潜在产卵场平均面积分别为519.97和694.42 km², 产卵场面积与空间分布均发生显著变化。2005年前潜在产卵场主要分布于鄱阳湖西部的永修、新建, 以及东部的鄱阳和南部的余干等地近岸区域。2005年之后产卵场向湖中心扩张, 都昌水域出现大片连续的潜在产卵场。鄱阳湖鲤鲫产卵场省级自然保护区内平均包含了17.75%的潜在产卵场, 鄱阳湖的蝶形湖平均分布有34.73%的潜在产卵场。潜在产卵场分布可以进一步指导鄱阳湖保护区的优化和鱼类产卵场调查, 研究使用的方法也适用于其他区域草洲产卵型鱼类潜在产卵场的识别研究。

关键词: 遥感; 水动力模型; 鄱阳湖; 潜在产卵场

中图分类号: S932

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)03-0389-10



淡水生态系统在全球范围内受到严重威胁^[1], 受影响程度已超过陆地生态系统^[2], 水生生物灭绝的风险也远高于陆地生物^[3]。随着人类活动干扰不断增强, 淡水鱼类生物多样性急剧降低^[4,5], 淡水鱼已成为世界上除两栖动物外处境最危险的脊椎动物^[6], 如果不及时采取有效保护措施, 将会有20%的鱼类在未来25—50年内灭绝^[7]。产卵场对鱼类的生存繁衍有着至关重要的作用^[8], 且在鱼类生活史中鱼卵时期是最敏感脆弱的阶段^[9]。因此, 鱼类产卵场的识别、科学管理和保护对维持鱼类生物多样性具有重要意义。

近年来, 湄公河、恒河、多瑙河、长江等大型流域的淡水生物多样性都处于下降趋势, 各种自然环境的变化和人类活动的干扰会加剧鱼类产卵场退化^[10]。长江流域受人类活动影响较为深远, 流域内的水生生物多样性和鱼类群落结构长期受到严重威胁^[11]。根据历史记录, 长江流域鱼类物种总数为448种^[12], 2003—2018年降至227种^[13], 其中22种被《中国脊椎动物红色名录》列为极度濒危鱼类

物种^[13]。为了帮助恢复水生生物多样性, 长江流域从2021年开始实施十年禁渔政策^[14], 为流域内鱼类生物多样性恢复带来新的契机。鄱阳湖与长江天然相连, 是我国最大的淡水湖, 也是实施禁渔政策的重点区域^[15]。鄱阳湖自然条件优越, 流域内的鱼类占长江鱼类物种总数的50%^[16], 被誉为长江渔业资源宝库和鱼类种质基因库^[17]。鄱阳湖常年与长江进行物质能量交换, 独特的自然环境不仅为江湖洄游性鱼类提供了重要的摄食和育肥场所^[18,19], 也给鲤(*Cyprinus carpio*)、鲫(*Carassius auratus*)和黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)等定居性鱼类提供了天然的产卵场所^[14,20]。鲤、鲫属于草洲产卵型鱼类^[21], 所产的黏性卵必须粘附或沉积在植被表面才不会沉入水底窒息死亡^[20]。鄱阳湖水位变化明显, 枯水期水位下降, 快速生长的草洲为产黏性卵的鱼类提供了大面积产卵基质^[17], 次年春季被浅水淹没的草洲就成为了这些鱼类的潜在产卵场^[22]。同时已有研究表明幼鱼丰富度与水生植被覆盖情况呈正相关^[23], 草洲附近的鱼类丰富度显著高于其他水

收稿日期: 2022-09-23; 修订日期: 2022-12-07

基金项目: 国家自然科学基金(42161014)资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (42161014)]

作者简介: 李文娅(1997—), 女, 硕士研究生; 研究方向为3S技术及其综合应用。E-mail: lwyjxsd@jxnu.edu.cn

通信作者: 赖格英(1963—), 男, 博士, 教授; 主要从事遥感技术和地理信息系统应用、人类活动与环境演变、水文与水环境、流域地表过程模拟等研究。E-mail: Laigeying@126.com

域^[23, 24]。此外, 鱼类产卵场的分布已被证实是长江江豚在鄱阳湖分布的主导环境因素之一^[25, 26]。

然而, 在采砂、过度捕捞等人类活动的影响下^[27], 鄱阳湖流域(图1)鱼类多样性持续下降, 鱼类资源趋于小型化和低龄化^[16]。2000年以前鄱阳湖流域有212种鱼类, 2000—2017年鱼类物种记录减少至174种, 而且有36.7%的洄游鱼类消失, 鱼类生物多样性明显降低^[27]。近几十年来, 由于气候变化和人类活动的影响, 特别是2000年后, 不稳定的水文情势导致鄱阳湖枯水期湿地景观格局发生改变^[28], 对鱼类潜在产卵场的空间分布造成影响。2014年当地政府建立了鄱阳湖鲤鲫产卵场省级自然保护区(以下称保护区), 但是鲜有学者对鄱阳湖鱼类产卵场的空间分布格局进行研究, 并探讨保护区对鱼类产卵场的保护效率^[29]。因此, 准确定位鱼类潜在产卵场对鄱阳湖鱼类生物多样性保护及水生生态系统功能结构稳定意义重大。以往常用的实地调查采样方法是进行鱼类产卵场调查的有效手段, 但该方法稍显繁琐且难以准确反映大尺度产卵场的时空变化情况^[30]。随着遥感数据的广泛应用, 很多学者开始利用遥感数据进行鱼类产卵场识别, 也有学者通过水动力模型模拟河流湖泊的水文、水动力

条件结合实地调查数据确定鱼类产卵场的位置, 近年来, 有学者将遥感数据和水动力模型或深度学习方法综合起来进行鱼类产卵场的识别研究。Herold等^[31]使用高分辨率IKONOS卫星影像对Tahoe湖底基质进行分类, 然后根据现有的湖泊水深图推测Tahoe湖的鱼类产卵场。Grimm等^[30]收集了休伦湖北部湖鳟(*Salvelinus namaycush*)产卵季节前后的高分辨率遥感数据, 探讨了利用遥感影像的光谱特征识别湖鳟潜在产卵场的有效性。丁放^[21]基于鄱阳湖鲤、鲫产卵季节的Landsat影像提取了大湖池的水体和植被范围, 并利用鄱阳湖实测湖底高程数据构建了大湖池湖底数字高程模型, 结合植被分布及数字高程模型的模拟结果获得了鲤、鲫产卵场的分布范围。闫启明^[32]将水动力模型与栖息地适宜度模型进行耦合, 利用耦合模型模拟分析了四大家鱼产卵场在三峡工程建设前后的空间分布变化。Zhang等^[33]利用实地调查数据、水动力模型和卫星遥感资料确定了日本鳊(*Engraulis japonicus*)在黄海沿岸的主要产卵场, 并阐明了海洋环境因素和相关水动力过程对日本鳊产卵行为的影响。Li等^[29]通过水动力模型和遥感数据确定了2000—2011年鄱阳湖鲤、鲫潜在产卵场。李鹏程等^[34]基于青海湖

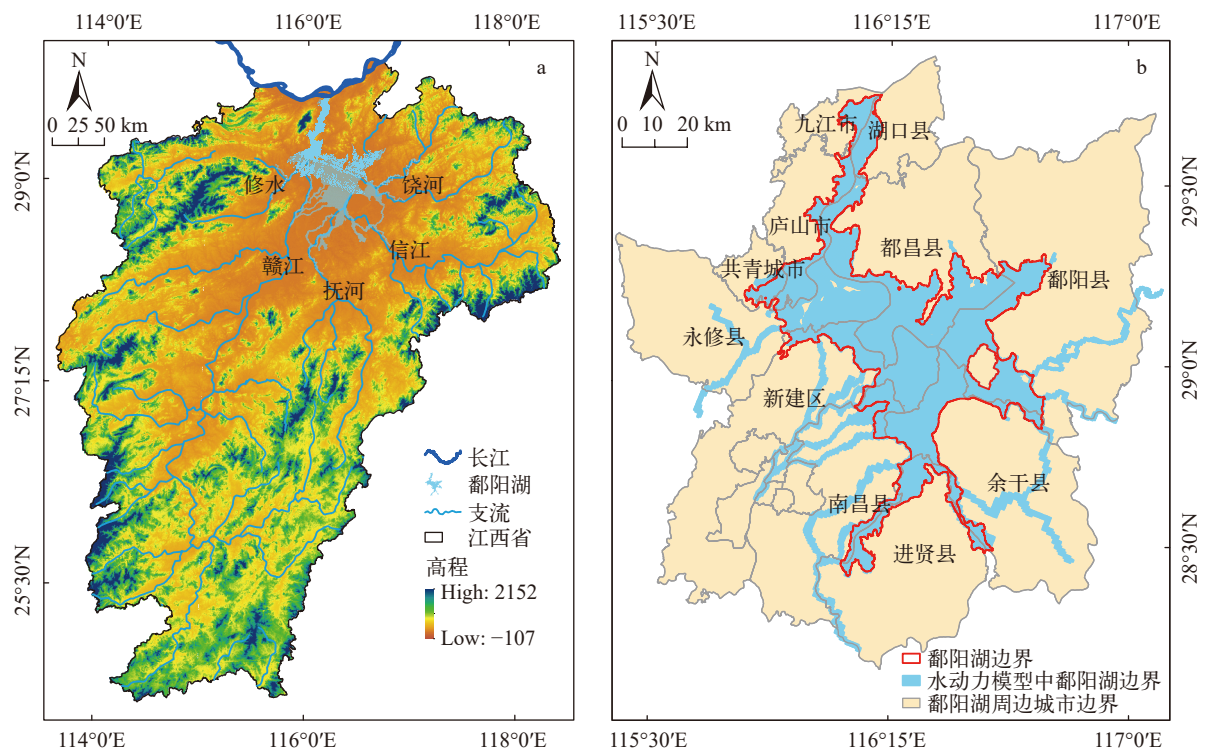


图1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area

a. 鄱阳湖流域位置; b. 鄱阳湖及周边城市

a. Poyang Lake basin location; b. Poyang Lake and surrounding cities

裸鲤(*Gymnocypris przewalskii*)产卵场实地调查采样数据和无人机遥感影像构建了深度学习模型,探究了利用深度学习技术识别鱼类产卵场的可行性。本研究将遥感技术与水动力模型相结合,旨在识别近20年鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场(以下称潜在产卵场),并分析其动态变化规律,为鄱阳湖鱼类生物多样性管理和保护提供一些科学指导。

1 数据与方法

1.1 遥感数据处理

本研究从美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)官网获取了1990—2020年鄱阳湖流域无云的Landsat(TM/ETM+/OLI)遥感影像共100幅(分辨率30 m)。影像包括鄱阳湖鱼类产卵期(3—7月)和草洲生长期(11—2月)两个时间段,因为在枯水期和在产卵期出现的草洲都可能成为鱼类潜在产卵场(图2)。本研究收集的遥感影像数据均经过地形校正和几何校正,只需对数据进行辐射定标、大气校正和裁剪等预处理操作,使用的大气校正参数与Han等^[28]相同。以标准假彩色(Landsat 8 OLI数据为543波段组合, Landsat 7 ETM+和Landsat 5 TM数据为432波段组合)显示所有影像,然后利用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)方法对遥感影像进行分类,将鄱阳湖湿地分为水体、草洲、裸滩、沙地四种覆盖类型,获得鄱阳湖草洲分布范围,并对其变化特征进行分析。与其他监督分类方法相比, SVM方法具有更高的分类精度^[28]。

1.2 水动力模型构建

模拟鄱阳湖的水深条件对于识别潜在产卵场十分重要,本研究基于EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)模型建立了鄱阳湖二维水动力模型,该模型已经被证实能够精确模拟鄱阳湖的水文条件,模型的有关原理和数值方程的详细信息,以及湖底粗糙度和水平涡流黏度等关键参数与Lai等^[35]一致。模型采用最小分辨率为128 m的正交网格,整个鄱阳湖区由58983个网格单元组成。将2000—2020年鄱阳湖五条支流的水文站点记录的逐日实测流量数据设置为模型入流边界,出流边界为湖口站实测逐日水位。模型的输出结果为2000—2020年鄱阳湖各网格单元的逐日水深数据。

1.3 潜在产卵场识别

将从第一年枯水期和第二年鱼类产卵期影像中提取的草洲面积合并分析其年际变化,然后利用水动力模型模拟鄱阳湖每日水深数据,计算鲤、鲫等草洲产卵型鱼类产卵盛期(4—5月)^[11, 29]的平均水深。研究表明,鄱阳湖草洲产卵型鱼类偏好浅水

(0.3—1.5 m)淹没的草洲进行产卵活动^[14, 20—22, 29]。将草洲分布数据与产卵期平均水深数据进行叠加分析,提取临界水深范围内的草洲,即潜在产卵场空间分布范围。为了分析潜在产卵场的时空变化规律,并探究保护区的有效性,还需将潜在产卵场分布数据与鄱阳湖经过的城市边界(都昌、共青、湖口、进贤、九江、庐山、南昌、鄱阳、新建、永修和余干)、保护区边界及蝶形湖边界进行叠加分析。

2 结果

2.1 草洲面积的长期变化

线性回归显示1990—2020年鄱阳湖枯水期草洲面积呈显著增加趋势($P < 0.05$),产卵期草洲面积无显著变化趋势($P > 0.05$)。枯水期草洲平均面积为 $(1414.21 \pm 290.69) \text{ km}^2$,产卵期草洲平均面积为 $(551.59 \pm 263.66) \text{ km}^2$ 。2000年后枯水期草洲平均面积 $[(1555.48 \pm 231.44) \text{ km}^2]$ 显著大于2000年前 $[(1149.02 \pm 206.77) \text{ km}^2]$; $t = -4.69, P < 0.01$ 。2000年后产卵期草洲平均面积 $[(634.91 \pm 269.12) \text{ km}^2]$ 也明显大于2000年前的草洲平均面积 $[(342.02 \pm 107.00) \text{ km}^2]$; $t = -4.12, P < 0.01$ 。2000年之后,鄱阳湖枯水期湿地草洲分布高程降低,平均高程从11.82降到11.35 m。

2.2 产卵期浅水区的变化

鄱阳湖鱼类产卵期(4—5月)浅水区(0.3—1.5 m水深)的面积在2000—2020年间没有表现出显著的变化趋势($P > 0.05$),波动幅度较大,2004年面积最大为 1943.39 km^2 ,2016年面积最小为 78.95 km^2 ,平均面积为 $(1320.05 \pm 559.71) \text{ km}^2$ 。近20年浅水区面积占产卵期水域总面积比值的年际变化情况与浅水区面积变化类似,2004年占比最大为77.43%,2016年最少为2.61%,总体上没有表现出显著的增多或减少趋势。(图3)。

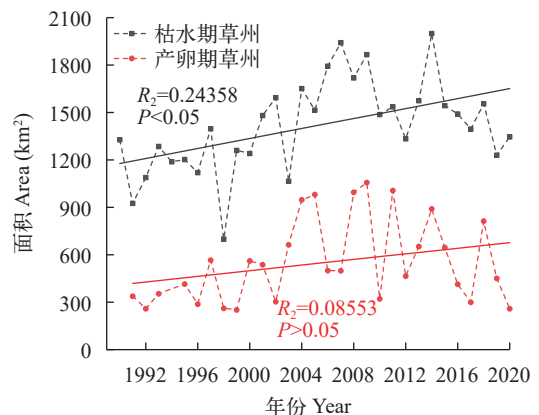


图2 1990—2020年鄱阳湖枯水期和产卵期草洲面积变化
Fig. 2 Changes in the area of grasslands in the dry season and spawning period of Poyang Lake from 1990 to 2020

2.3 近20年潜在产卵场分布特征

2000—2020年间鄱阳湖鱼类潜在产卵场面积

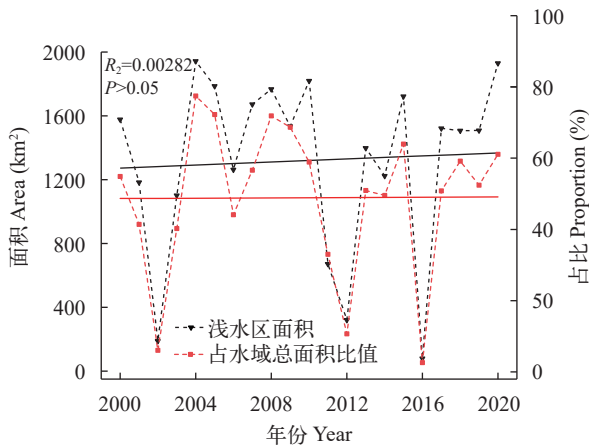


图3 2000—2020年鄱阳湖产卵期浅水区面积变化

Fig. 3 Area changes of shallow water area during the spawning period of Poyang Lake from 2000 to 2020

呈增加趋势,但并不显著($P>0.05$),平均面积为 (671.47 ± 314.80) km^2 ,有11年潜在产卵场面积大于平均面积,10年小于平均面积(图4)。2000年潜在产卵场面积为 485.82 km^2 ,2005年面积发生显著变化,快速增加到 1084.22 km^2 ,2015年面积达到最大为 1212.81 km^2 ,2016年急剧下降到最小面积 48.16 km^2 ,2020年又增加到 795.73 km^2 ,虽然有波动,但总体上呈增加趋势(表1)。2005年前后鄱阳湖鱼类潜在产卵场平均面积分别为 (519.97 ± 245.41) 和 (694.42 ± 321.63) km^2 。对比湖区各部分2005年前后潜在产卵场平均面积,发现都昌是变化最大的区域,2005年之后都昌潜在产卵场平均面积 $[(100.75\pm 57.43)$ $\text{km}^2]$ 显著大于2005年前的平均面积 $[(37.56\pm 18.47)$ $\text{km}^2]$; $t=-2.38$, $P=0.03$]。2005年后都昌、鄱阳、新建、余干四个城市内分布的潜在产卵场面积最大,占比超过总面积的70%。2005年之前潜在产卵场主要分布在鄱阳湖西部的永修、新建及东部的鄱阳和

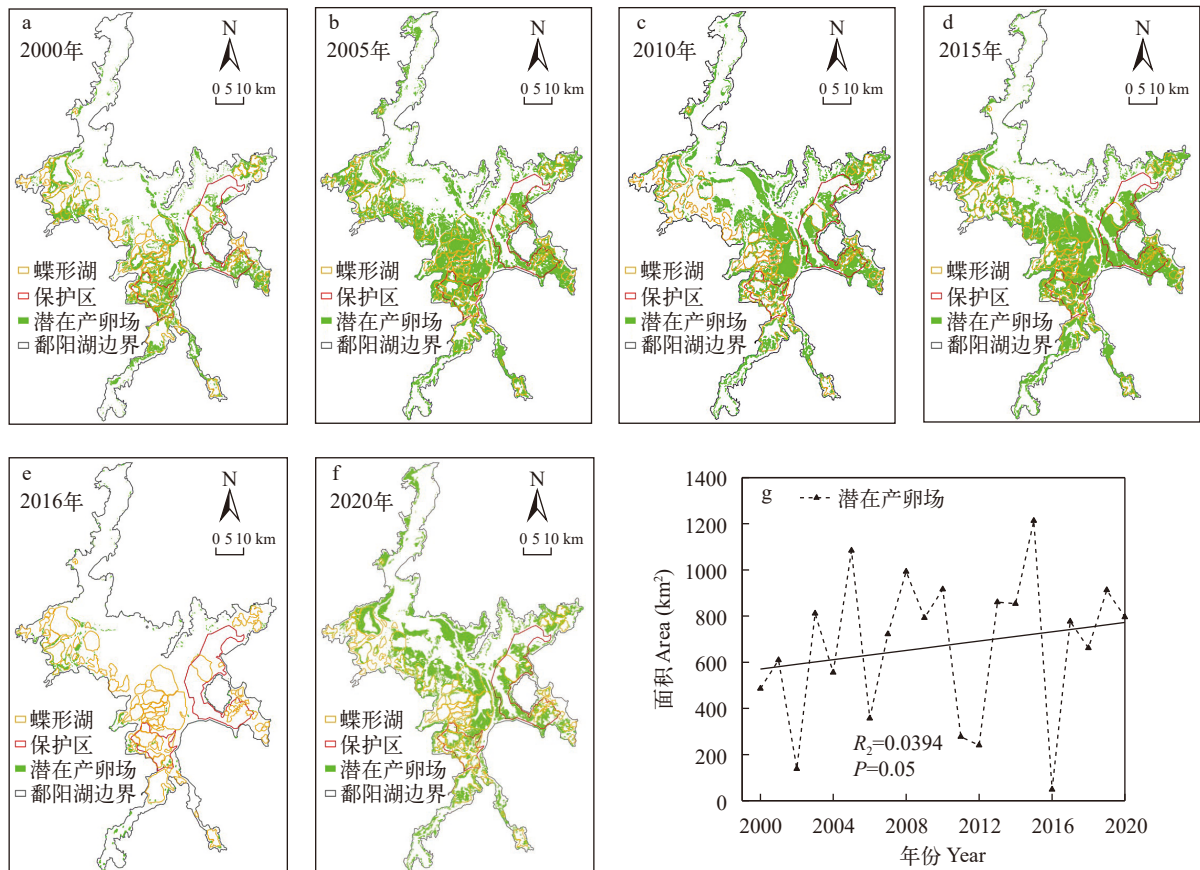


图4 2000—2020年鄱阳湖鱼类潜在产卵场变化

Fig. 4 Changes in the potential spawning grounds of fish in Poyang Lake from 2000 to 2020

a、f和c分别为研究起始时间和中间时间; b. 潜在产卵场发生显著变化; d. 潜在产卵场面积最大; e. 潜在产卵场面积最小; g. 2000—2020年潜在产卵场面积变化
a, f and c are the start, end and middle time of the study, respectively; b. The potential spawning grounds have changed significantly; d. The potential spawning ground area is the largest; e. The potential spawning ground area is the smallest; g. The potential spawning ground area changes from 2000 to 2020

表 1 2000—2020年鄱阳湖潜在产卵场面积
Tab. 1 Potential spawning ground area of Poyang Lake from 2000 to 2020

产卵场Spawning ground	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
都昌	面积 33.60	51.32	6.94	49.58	46.37	112.28	51.37	132.61	174.08	135.23	153.40	61.66	7.83	78.05	49.39	115.92	2.75	109.36	180.76	96.96	161.92
Duchang	占比 6.92	8.43	5.02	6.11	8.34	10.36	14.41	18.38	17.54	17.06	16.75	22.25	3.27	9.07	5.79	9.56	5.72	14.08	27.34	10.62	20.35
共青	面积 4.47	22.45	2.60	17.60	13.92	22.99	4.59	4.48	6.25	12.47	4.64	1.87	7.22	18.40	14.49	28.38	1.62	14.10	6.69	20.51	7.98
Gongqing	占比 0.92	3.69	1.88	2.17	2.51	2.12	1.29	0.62	0.63	1.57	0.51	0.67	3.01	2.14	1.70	2.34	3.38	1.82	1.01	2.25	1.00
湖口	面积 0.40	0.40	0.17	0.44	0.77	0.75	0.56	19.94	23.18	0.86	2.24	0.54	0.30	0.22	0.23	0.49	0.27	0.64	4.37	0.54	0.92
Hukou	占比 0.08	0.07	0.13	0.05	0.14	0.07	0.16	2.76	2.34	0.11	0.24	0.20	0.13	0.03	0.03	0.04	0.55	0.08	0.66	0.06	0.12
进贤	面积 27.66	28.24	9.46	46.35	43.88	58.36	32.93	45.14	54.59	41.71	50.16	20.91	16.66	53.21	60.18	80.49	5.59	40.24	26.18	49.31	43.53
Jimxian	占比 5.69	4.64	6.84	5.71	7.90	5.38	9.24	6.26	5.50	5.26	5.48	7.55	6.95	6.18	7.05	6.64	11.62	5.18	3.96	5.40	5.47
九江	面积 0.12	4.26	0.69	2.43	2.26	12.99	0.01	10.82	31.73	14.45	4.18	0.59	0.61	1.63	2.91	5.22	0.51	9.23	13.37	3.31	15.38
Jiujiang	占比 0.03	0.70	0.50	0.30	0.41	1.20	0.00	1.50	3.20	1.82	0.46	0.21	0.25	0.19	0.34	0.43	1.06	1.19	2.02	0.36	1.93
庐山	面积 34.33	43.58	7.35	46.53	17.27	52.45	13.78	29.69	60.51	60.46	43.01	16.45	16.33	56.78	40.27	66.02	3.22	69.93	59.04	75.28	68.53
Lushan	占比 7.07	7.16	5.32	5.74	3.11	4.84	3.86	4.11	6.10	7.63	4.70	5.93	6.81	6.60	4.72	5.44	6.69	9.01	8.93	8.25	8.61
南昌	面积 33.05	26.60	18.43	55.76	52.17	77.97	33.23	41.57	51.66	39.81	40.45	21.03	25.59	43.88	63.35	64.08	8.62	24.75	32.30	29.18	24.18
Nanchang	占比 6.80	4.37	13.34	6.87	9.39	7.19	9.32	5.76	5.21	5.02	4.42	7.59	10.68	5.10	7.43	5.28	17.93	3.19	4.88	3.20	3.04
鄱阳	面积 100.16	143.69	16.15	170.44	129.19	218.92	80.56	177.91	208.23	162.11	230.34	33.71	31.98	200.03	181.24	284.96	1.86	182.63	103.91	197.40	145.82
Poyang	占比 20.62	23.60	11.69	21.01	23.25	20.19	22.60	24.66	20.98	20.46	25.15	12.16	13.34	23.25	21.25	23.50	3.87	23.52	15.72	21.63	18.32
新建	面积 80.65	147.39	28.28	199.83	106.60	255.26	57.57	105.83	154.57	145.90	160.88	48.65	45.00	181.28	189.80	263.12	7.20	132.62	79.42	193.82	118.57
Xinjian	占比 16.60	24.20	20.46	24.64	19.18	23.55	16.15	14.67	15.58	18.41	17.57	17.55	18.78	21.07	22.25	21.70	14.97	17.08	12.01	21.24	14.90
永修	面积 27.29	47.81	23.00	76.08	21.62	63.45	5.66	18.27	52.03	46.69	49.33	18.20	40.39	59.20	51.21	58.96	12.56	59.54	64.18	82.16	76.66
Yongxiu	占比 5.62	7.85	16.64	9.38	3.89	5.85	1.59	2.53	5.24	5.89	5.39	6.57	16.85	6.88	6.00	4.86	26.12	7.67	9.71	9.00	9.63
余干	面积 144.08	93.21	25.12	146.12	121.66	208.69	76.28	135.26	175.57	132.78	177.27	53.55	47.74	167.74	200.02	245.14	3.89	133.51	90.98	164.25	132.24
Yugan	占比 29.66	15.31	18.18	18.01	21.89	19.25	21.39	18.74	17.69	16.76	19.36	19.32	19.92	19.50	23.45	20.21	8.10	17.19	13.76	18.00	16.62
保护区	面积 124.44	104.63	14.58	151.05	116.50	198.90	62.30	149.59	186.98	133.02	200.28	50.55	25.90	174.10	192.24	274.31	2.15	158.70	70.89	171.66	135.20
Reserve area	占比 25.62	17.18	10.55	18.62	20.96	18.35	17.47	20.73	18.84	16.79	21.87	18.24	10.81	20.23	22.53	22.62	4.47	20.44	10.72	18.81	16.99
碟形湖	面积 200.09	229.74	56.42	336.34	195.44	438.79	120.86	202.13	307.40	284.80	309.80	79.39	84.53	335.08	362.43	491.94	11.00	241.82	162.92	328.29	234.11
Sub-lakes	占比 41.19	37.73	40.82	41.46	35.17	40.47	33.90	28.01	30.98	35.94	33.83	28.64	35.27	38.94	42.49	40.56	22.87	31.14	24.64	35.97	29.42
总面积 Total area	485.82	608.94	138.21	811.16	555.72	1084.11	356.54	721.60	992.39	792.50	915.89	277.16	239.64	860.42	853.08	1212.80	48.09	776.55	661.21	912.71	795.73

注: 面积(area)(km²); 占比(proportion)(%)

南部的余干等地近岸区域,北部仅有零星分布。2005年后潜在产卵场开始向湖中心扩张,都昌水域出现大面积相邻的潜在产卵场,北部分布的潜在产卵场也有所增加,湖岸周围的潜在产卵场则逐渐退化。

2000年保护区内的潜在产卵场面积为124.44 km²,2005年为198.90 km²,2020年又减少到135.20 km²。保护区内的潜在产卵场多年平均占产卵场总面积的17.75%,2000年所占比例最大为25.62%,2016年占比最小为4.47%,从整体上看保护区内的潜在产卵场仅占总数的很小一部分。2000年蝶形湖范围内的潜在产卵场面积为200.09 km²,2005年增加到438.79 km²,2020年为234.11 km²。蝶形湖内的潜在产卵场在2000—2020年间平均占总产卵场的34.73%,2014年占比最高为42.49%,2016年最低为22.87%。

3 讨论

3.1 鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场的长期变化

鄱阳湖湿地枯水期草洲面积在1990—2020年期间呈增加趋势,且平均分布高程降低,与Han等^[28]针对鄱阳湖湿地景观格局的相关研究结果一致。2000年后枯水期与产卵期的草洲平均面积均显著大于2000年以前的平均面积,主要原因可能是2000年以来鄱阳湖水位持续性下降,洲滩出露、湖底暴露时间延长为植被提供了良好的生长条件,导致近年来草洲覆盖面积迅速增加^[36—38]。洞庭湖也存在类似情况,洞庭湖湿地典型植被面积在1987—2016年间呈增加趋势,且湿地植被有整体向湖中心扩张的趋势^[39]。

本研究表明,鄱阳湖草洲面积与潜在产卵场面积之间存在一定相关性但并不显著($R=0.32$, $P=0.15$),而浅水区面积与潜在产卵场面积之间存在具有统计意义的显著相关性($R=0.79$, $P<0.01$),表明鄱阳湖的动态水文状况是导致潜在产卵场面积变化的主要原因。调查显示,2000—2005年西洞庭湖鲤、鲫产卵场和索饵场数量及面积均在减小^[40]。本研究发现,2000年后鄱阳湖鱼类潜在产卵场面积呈增加趋势,2015年达到峰值1212.80 km²,面积丰富的潜在产卵场也可以从侧面证明定居性鱼类是鄱阳湖的优势物种。随着鄱阳湖流域鱼类生物多样性的持续下降,幼鱼在渔获物中所占比例越来越大,2000—2006年鄱阳湖渔获物中1—2龄的鲤、鲫占比高达90%^[17]。相关调查研究表明,2000—2006年鄱阳湖鲤、鲫产卵场共33处,平均面积为424.80 km²^[17]。本研究结果显示,2000—2006年潜在产卵场平均面积为577.21 km²,与调查结果较为符合。2005年后潜在产卵场的空间分布发生显

著变化,湖区周围的潜在产卵场开始向湖中心延伸,周边原有潜在产卵场则逐渐退化甚至消失。水深是影响产卵场空间分布的主要因素之一^[9],鄱阳湖水位持续下降导致浅水区向湖中心附近的低海拔地区扩散,可能是潜在产卵场的空间位置发生变化的驱动因素之一。此外,鄱阳湖枯水期提前且时间延长导致湿地景观格局发生改变,植被生长向湖中心演变^[38],可能也是产卵场空间分布发生变化的原因。2005年之前,鄱阳、新建和余干三个城市范围内的潜在产卵场最多,几乎每年都占总面积的60%以上,2005年之后都昌出现大面积潜在产卵场,此后这四个城市范围内的潜在产卵场面积占比超过70%。因此,基于本研究结果对鄱阳湖鱼类产卵场进行全面系统的调查,并对产卵场的环境特征及鱼类产卵过程进行监测,是未来研究的一个重要任务。

3.2 未来如何更好地保护鱼类产卵场

本研究结果显示,2000—2020年保护区内的潜在产卵场平均只占产卵场总面积的17.75%,说明当前划定的保护区范围并没有使鄱阳湖大多数潜在产卵场得到充分保护。蝶形湖内的潜在产卵场相对较多,多年平均占比34.73%。因此,未来可以对保护区范围和功能区划进行合理优化,并对蝶形湖范围内的潜在产卵场采取更多保护措施,以维持鄱阳湖水生生态系统的鱼类生物多样性。潜在产卵场面积与浅水区面积显著相关,但近20年间鄱阳湖浅水区面积波动幅度较大,未来可以结合水位深入分析鄱阳湖典型水文年份(丰水年、平水年和枯水年)潜在产卵场的变化,以便及时调整保护区或实地调查巡护的区域范围,为水文情势变化下的鄱阳湖鱼类产卵场提供更有针对性的保护。

此外,采砂对鄱阳湖鱼类生物多样性的影响是当前面临的一个重要问题,由于过去大量的挖砂活动,鄱阳湖水质和湖泊形态发生了变化^[28]。无序的挖砂活动会破坏产卵场的水文条件及鱼卵粘附的基质条件^[41]。近年来,鄱阳湖北部悬浮泥沙浓度大大增加,对湿地植被生长力造成影响^[28],底栖生物可能会由此减少,翻起的泥沙还会导致黏性卵脱落至水底无法孵化^[42]。水中悬浮物和湖底条件的变化会造成产卵场生态环境的改变^[15],而且大量采砂船在湖面上行驶时,会侵占鱼类产卵场,影响鱼类的生存繁殖^[27]。因此,定量分析采砂活动对产卵场的影响应是未来研究的方向之一。

本研究基于遥感和水动力模型可以有效量化鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场的长期变化,由于鄱阳湖范围较大及动态水文条件的限制,产卵场的变化情况很难通过实地调查准确获取。以往广

泛使用的鱼卵调查、鱼苗采样和声学遥测等方法 是进行产卵场调查的有效手段, 但如果不能在精确 范围内进行则比较费时费力, 且在时间和空间上有一 定的局限性^[30]。卫星遥感技术可以进行实时大 面积的动态监测, 水动力模型能够精确模拟鄱阳湖 水文条件^[43]。因此, 本研究采用遥感与水动力模型 相结合的方法, 对鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵 场空间分布格局进行研究。随着当下高光谱遥感和 无人机的快速发展, 未来可以考虑将多源数据融 合, 在更高时空分辨率条件下进行鱼类潜在产卵场 的监测与保护工作。

4 结论

(1)1990—2020年, 鄱阳湖枯水期草洲面积呈显 著增加趋势($P<0.05$), 产卵期草洲面积无显著变化 趋势($P>0.05$), 2000年之后枯水期草洲分布的平均 高程从11.82降到11.35 m。

(2)2000—2020年, 鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在 产卵场面积呈增加趋势, 空间上呈现从湖岸向中心 扩张的趋势。2005年潜在产卵场发生显著变化, 2005年之前潜在产卵场平均面积为519.97 km², 主 要分布于湖岸周围; 2005年之后潜在产卵场平均面 积为694.42 km², 在空间分布上逐渐向湖中心延伸。

(3)本研究结果显示, 浅水区面积与潜在产卵场 面积之间存在显著相关性($R=0.79$, $P<0.01$), 表明鄱 阳湖的动态水文状况是造成潜在产卵场面积变化 的主要原因。

(4)鄱阳湖鲤鲫产卵场自然保护区内平均分布 了17.75%的潜在产卵场, 鄱阳湖所有蝶形湖范围内 平均分布了34.73%的潜在产卵场, 说明当前设置的 保护区范围并不能合理有效地保护鄱阳湖鱼类潜 在产卵场。

(5)本研究利用遥感数据和水动力模型量化了 鄱阳湖草洲产卵型鱼类潜在产卵场的长期变化, 该 方法可用于提取其他区域草洲产卵型鱼类潜在产 卵场, 也可以为其他鱼类潜在产卵场的识别研究提 供一些参考。

参考文献:

[1] Chen Y, Qu X, Xiong F, *et al.* Challenges to saving China's freshwater biodiversity: fishery exploitation and landscape pressures [J]. *Ambio*, 2020, **49**(4): 926-938.

[2] Albert J S, Destouni G, Duke-Sylvester S M, *et al.* Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis [J]. *Ambio*, 2021, **50**(1): 85-94.

[3] Geist J. Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation [J]. *Ecological Indicators*, 2011, **11**(6):

1507-1516.

[4] Nilsson C, Reidy C A, Dynesius M, *et al.* Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems [J]. *Science*, 2005, **308**(5720): 405-408.

[5] Yoshioka A, Miyazaki Y, Sekizaki Y, *et al.* A "lost biodiversity" approach to revealing major anthropogenic threats to regional freshwater ecosystems [J]. *Ecological Indicators*, 2014(36): 348-355.

[6] Bruton M N. Have fishes had their chips? The dilemma of threatened fishes [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1995, **43**(1): 1-27.

[7] Moyle P B, Leidy R A. Loss of Biodiversity in Aquatic Ecosystems: Evidence from Fish Faunas [M]//Conservation Biology. Boston, MA: Springer US, 1992: 127-169.

[8] Rouyer T, Bonhommeau S, Giordano N, *et al.* Tagging Atlantic bluefin tuna from a Mediterranean spawning ground using a purse seiner [J]. *Fisheries Research*, 2020(226): 105522.

[9] Lu Y, Yu J, Lin Z, *et al.* Environmental influence on the spatiotemporal variability of spawning grounds in the western Guangdong waters, South China Sea [J]. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2020, **8**(8): 607.

[10] Kang B, He D, Perrett L, *et al.* Fish and fisheries in the Upper Mekong: current assessment of the fish community, threats and conservation [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2009, **19**(4): 465-480.

[11] Zhang H, Kang M, Shen L, *et al.* Rapid change in Yangtze fisheries and its implications for global freshwater ecosystem management [J]. *Fish and Fisheries*, 2020, **21**(3): 601-620.

[12] Yang H L, Wei Q W. Suppressive and active protective actions in aquatic wildlife conservation [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2021, **33**(1): 1-10. [杨海乐, 危起伟. 论水生野生动物的主动保护与被动保护 [J]. *湖泊科学*, 2021, **33**(1): 1-10.]

[13] Liu X, Qin J, Xu Y, *et al.* Biodiversity decline of fish assemblages after the impoundment of the Three Gorges Dam in the Yangtze River Basin, China [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2019, **29**(1): 177-195.

[14] Li H F, Wang K, Yu X J, *et al.* Hydroacoustic surveys on spatial-temporal distribution of fishes during early fishing ban period in Poyang Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, **47**(1): 1-11. [李慧峰, 王珂, 余绪俊, 等. 禁渔初期鄱阳湖鱼类时空分布特征 [J]. *水生生物学报*, 2023, **47**(1): 1-11.]

[15] Li Q, Lai G, Devlin A T. A review on the driving forces of water decline and its impacts on the environment in Poyang Lake, China [J]. *Journal of Water Climate Change*, 2021, **12**(5): 1370-1391.

[16] Huang L L, Wu Z Q, Li J H. Fish fauna, biogeography and conservation of freshwater fish in Poyang Lake Basin, China [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2013, **96**(10): 1229-1243.

- [17] Huang X P, Gong Y. Study on the current situation and conservation countermeasures of fishery resources in Poyang Lake [J]. *Jiangxi Fishery Science and Technology*, 2007(4): 2-6. [黄晓平, 龚雁. 鄱阳湖渔业资源现状与养护对策研究 [J]. *江西水产科技*, 2007(4): 2-6.]
- [18] Zhang T L, Li Z J. Fish resources and fishery utilization of Lake Poyang [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2007, **19**(4): 434-444. [张堂林, 李钟杰. 鄱阳湖鱼类资源及渔业利用 [J]. *湖泊科学*, 2007, **19**(4): 434-444.]
- [19] Hu M L, Wu Z Q, Liu Y L. Fish diversity and community structure in Hukou area of Lake Poyang [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2011, **23**(2): 246-250. [胡茂林, 吴志强, 刘引兰. 鄱阳湖湖口水域鱼类群落结构及种类多样性 [J]. *湖泊科学*, 2011, **23**(2): 246-250.]
- [20] Huang X, Zhao F, Song C, et al. Hatchery technology restores the spawning ground of phytophilic fish in the urban river of Yangtze Estuary, China [J]. *Urban Ecosystems*, 2020, **23**(5): 1087-1098.
- [21] Ding F. Study on spawning field of fish spawning on plants in Dahuchi Lake using remote sensing technique [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2017: 1-24. [丁放. 利用遥感技术测定鄱阳湖大湖池草上产卵鱼类产卵场的研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2017: 1-24.]
- [22] Sandstrom A, Karas P. Tests of artificial substrata as nursery habitat for young fish [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2002, **18**(2): 102-105.
- [23] Massicotte P, Bertolo A, Brodeur P, et al. Influence of the aquatic vegetation landscape on larval fish abundance [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 2015, **41**(3): 873-880.
- [24] Paller M H. Distribution of larval fish between macrophyte beds and open channels in a southeastern floodplain swamp [J]. *Journal of Freshwater Ecology*, 1987, **4**(2): 191-200.
- [25] Li Q, Lai G, Liu Y, et al. Assessing the impact of the proposed Poyang Lake hydraulic project on the Yangtze finless porpoise and its calves [J]. *Ecological Indicators*, 2021(129): 107873.
- [26] Li Q, Lai G, Liu Y, et al. Identifying the seasonal characteristics of likely habitats for the Yangtze finless porpoise in Poyang Lake [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2022, **32**(3): 523-536.
- [27] Liu X, Qin J, Xu Y, et al. Biodiversity pattern of fish assemblages in Poyang Lake Basin: threat and conservation [J]. *Ecology and Evolution*, 2019, **9**(20): 11672-11683.
- [28] Han X, Chen X, Feng L. Four decades of winter wetland changes in Poyang Lake based on Landsat observations between 1973 and 2013 [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2015(156): 426-437.
- [29] Li Q, Dai X, Liu Y, et al. Potential spawning grounds of phytophilic fish under a shifting hydrological regime in Poyang Lake, China [J]. *Fisheries Management and Ecology*, 2022, **29**(5): 597-607.
- [30] Grimm A G, Brooks C N, Binder T R, et al. Identification of lake trout *Salvelinus namaycush* spawning habitat in northern Lake Huron using high-resolution satellite imagery [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 2016, **42**(1): 127-135.
- [31] Herold M, Metz J, Romsos J S. Inferring littoral substrates, fish habitats, and fish dynamics of Lake Tahoe using IKONOS data [J]. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 2007, **33**(5): 445-456.
- [32] Yan Q M. Research on the impact of dam construction on the spatial distribution of the spawning grounds of the four major Chinese carps in the Three Gorges Reservoir [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2021: 1-42. [闫启明. 三峡大坝对库区四大家鱼产卵场空间分布的影响研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2021: 1-42.]
- [33] Zhang W, Yu H, Ye Z, et al. Spawning strategy of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal Yellow Sea: choice and dynamics [J]. *Fisheries Oceanography*, 2021, **30**(4): 366-381.
- [34] Li P C, Rong Y F, Du H, et al. Remote sensing recognition of spawning grounds of *Gymnocypris przewalskii* based on deep learning [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2022, **29**(3): 398-407. [李鹏程, 荣义峰, 杜浩, 等. 基于深度学习的青海湖裸鲤产卵场遥感识别方法 [J]. *中国水产科学*, 2022, **29**(3): 398-407.]
- [35] Lai G, Wang P, Li L. Possible impacts of the Poyang Lake (China) hydraulic project on lake hydrology and hydrodynamics [J]. *Hydrology Research*, 2016, **47**(S1): 187-205.
- [36] Zhang Q, Ye X, Werner A D, et al. An investigation of enhanced recessions in Poyang Lake: comparison of Yangtze River and local catchment impacts [J]. *Journal of Hydrology*, 2014(517): 425-434.
- [37] Zhou Y, Ma J, Zhang Y, et al. Influence of the three Gorges Reservoir on the shrinkage of China's two largest freshwater lakes [J]. *Global and Planetary Change*, 2019(177): 45-55.
- [38] Mu S J, Li B, Yao J, et al. Monitoring the spatio-temporal dynamics of the wetland vegetation in Poyang Lake by Landsat and MODIS observations [J]. *Science of the Total Environment*, 2020(725): 138096.
- [39] Zhou J, Wan R R, Wu X H, et al. Patterns of long-term distribution of typical wetland vegetation (1987—2016) and its response to hydrological processes in Lake Dongting [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2020, **32**(6): 1723-1735. [周静, 万荣荣, 吴兴华, 等. 洞庭湖湿地植被长期格局变化(1987—2016年)及其对水文过程的响应 [J]. *湖泊科学*, 2020, **32**(6): 1723-1735.]
- [40] Li C. Study on the investigation of main economic fishery resource and the law of its variety in the Dongting Lake [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2006: 25-27. [李成. 洞庭湖主要经济鱼类资源调查及其变化规律研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006: 25-27.]

- [41] Meng B, Zhang J F, Ye H, *et al.* Current situation and protection enlightenment of the function of fishing spawning grounds in the national nature reserve for the rare and endemic fishes, upper reaches of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, **28**(11): 2772-2785. [孟宝, 张继飞, 叶华, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区鱼类产卵场功能现状分析及保护启示 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, **28**(11): 2772-2785.]
- [42] Zhong Y X, Chen S. Study on the influence of sand mining on fish in Poyang Lake [J]. *Jiangxi Fishery Science and Technology*, 2005(1): 15-18. [钟业喜, 陈珊. 采砂对鄱阳湖鱼类的影响研究 [J]. 江西水产科技, 2005(1): 15-18.]
- [43] Tan Z, Zhang Q, Li M, *et al.* A study of the relationship between wetland vegetation communities and water regimes using a combined remote sensing and hydraulic modeling approach [J]. *Hydrology Research*, 2016, **47**(S1): 278-292.

IDENTIFICATION OF POTENTIAL SPAWNING GROUNDS OF FISH SPAWNING ON GRASSLANDS IN POYANG LAKE BASED ON RS AND HYDRODYNAMIC MODEL

LI Wen-Ya¹, DENG Ming-Ming¹, LAI Ge-Ying^{1,2} and PAN Yue¹

(1. School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 2. The Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang, 330022, China)

Abstract: Research and conservation of fish spawning grounds are important for restoring fish biodiversity. This study combined remote sensing and hydrodynamic model to identify the potential spawning grounds of phytophilic fish in Poyang Lake from 2000 to 2020, and analyze their spatial and temporal variation characteristics to investigate the protection efficiency of the current spawning ground natural reserve. The results showed that the area of potential spawning grounds has been increasing in the past 20 years, and expanded from the lake shore to the center of the lake. The average area of potential spawning grounds before and after 2005 is 519.97 and 694.42 km², respectively, the area and spatial distribution of spawning grounds have changed significantly. After 2005, the spawning grounds expanded to the center of the lake, and a large area of continuous potential spawning grounds appeared in Duchang. The current nature reserve contains 17.75% of potential spawning grounds on average, and the sub-lakes contains 34.73% of potential spawning grounds on average. The distribution of potential spawning grounds can further guide the optimization of the reserve and the field survey in Poyang Lake, and the method used in the study is also applicable to the identification of potential spawning grounds of phytophilic fish in other regions.

Key words: Remote sensing; Hydrodynamic model; Poyang Lake; Potential spawning grounds

附表 1 研究使用的鄱阳湖 Landsat 影像信息
Attached table 1 Landsat image information of Poyang Lake used in this study

影像名称 Image identification	日期 Date	影像名称 Image identification	日期 Date	影像名称 Image identification	日期 Date	影像名称 Image identification	日期 Date	影像名称 Image identification	日期 Date
LT051210401990012301T1	1990/01/23	LT051210401999040601T1	1999/04/06	LT051210402006122101T1	2006/12/21	LC081210402014100801T1	2014/10/08		
LT051210401990120901T1	1990/12/09	LT051210401999092901T1	1999/09/29	LT051210402007010601T1	2007/01/06	LC081210402014102401T1	2014/10/24		
LT051210401991082201T1	1991/08/22	LT051210401999120201T1	1999/12/02	LT051210402007081801T1	2007/08/18	LC081210402015021301T1	2015/02/13		
LT051210401991102501T1	1991/10/25	LT051210401999121801T1	1999/12/18	LT051210402007100501T1	2007/10/05	LC081210402015060501T1	2015/06/05		
LT051210401991111001T1	1991/11/10	LT051210402000051001T1	2000/05/10	LT051210402008051601T1	2008/05/16	LC081210402015101101T1	2015/10/11		
LT051210401992072301T1	1992/07/23	LT051210402000091501T1	2000/09/15	LT051210402008082001T1	2008/08/20	LC081210402016021601T1	2016/02/16		
LT051210401992112801T1	1992/11/28	LT051210402000110201T1	2000/11/02	LT051210402008121001T1	2008/12/10	LC081210402016062301T1	2016/06/23		
LT051210401993013101T1	1993/01/31	LT051210402001051301T1	2001/05/13	LT051210402009021201T1	2009/02/12	LC081210402016092701T1	2016/09/27		
LT051210401993071001T1	1993/07/10	LT051210402001063001T1	2001/06/30	LT051210402009031601T1	2009/03/16	LC081210402016121601T1	2016/12/16		
LT051210401993111501T1	1993/11/15	LT051210402001102001T1	2001/10/20	LT051210402009060401T1	2009/06/04	LC081210402017050901T1	2017/05/09		
LT051210401993121701T1	1993/12/17	LT05121040200210801T1	2002/01/08	LT051210402009102601T1	2009/10/26	LC081210402017071201T1	2017/07/12		
LT051210401994032301T1	1994/03/23	LT051210402002080401T1	2002/08/04	LT051210402010011401T1	2010/01/14	LC081210402017091401T1	2017/09/14		
LT0512104019941110201T1	1994/11/02	LT051210402002100701T1	2002/10/07	LT051210402010031901T1	2010/03/19	LC081210402017121901T1	2017/12/19		
LT051210401995031001T1	1995/03/10	LT051210402002110801T1	2002/11/08	LT051210402010081001T1	2010/08/10	LC081210402018020501T1	2018/02/05		
LT051210401995090201T1	1995/09/02	LT051210402003092401T1	2003/09/24	LT051210402011042301T1	2011/04/23	LC081210402018041001T1	2018/04/10		
LT051210401995110501T1	1995/11/05	LT051210402003101001T1	2003/10/10	LT051210402011072801T1	2011/07/28	LC081210402018073101T1	2018/07/31		
LT051210401995120701T1	1995/12/07	LT051210402004040301T1	2004/04/03	LT051210402011091401T1	2011/09/14	LC081210402018100301T1	2018/10/03		
LT051210401996090401T1	1996/09/04	LT051210402004092601T1	2004/09/26	LE071210402012040101T1	2012/04/01	LC081210402019012301T1	2019/01/23		
LT051210401996102201T1	1996/10/22	LT051210402004112901T1	2004/11/29	LE071210402012072201T1	2012/07/22	LC081210402019031201T1	2019/03/12		
LT051210401996112301T1	1996/11/23	LT051210402004121501T1	2004/12/15	LE071210402012102601T1	2012/10/26	LC081210402019081901T1	2019/08/19		
LT051210401997011001T1	1997/01/10	LT051210402005030501T1	2005/03/05	LC081210402013070101T1	2013/07/01	LC081210402019092001T1	2019/09/20		
LT051210401997021101T1	1997/02/11	LT051210402005081201T1	2005/08/12	LC081210402013112201T1	2013/11/22	LC081210402020031401T1	2020/03/14		
LT051210401997090701T1	1997/09/07	LT051210402005103101T1	2005/10/31	LC081210402013122401T1	2013/12/24	LC081210402020041501T1	2020/04/15		
LT051210401998040301T1	1998/04/03	LT051210402006061201T1	2006/06/12	LC081210402014012501T1	2014/01/25	LC081210402020090601T1	2020/09/06		
LT051210401998070801T1	1998/07/08	LT051210402006110301T1	2006/11/03	LC081210402014050101T1	2014/05/01	LC081210402020110901T1	2020/11/09		