



长江十年禁渔后保护与发展

董芳¹, 方冬冬^{2, #}, 张辉³, 危起伟^{1, 2, 3, 4*}

(1. 贵州大学生命科学学院, 高原山地动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025;

2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏 无锡 210014;

3. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 农业农村部淡水生物多样性保护重点实验室, 湖北 武汉 430223;

4. 武汉长江中华鲟保护中心, 湖北 武汉 430223)

摘要: 长江是我国鱼类多样性最高的河流, 同时也是我国最重要的淡水渔业资源产区。然而, 近几十年来受水域污染、水工程建设、湖泊围垦、航运发展、过度捕捞和外来种入侵等多重因素的影响, 长江流域生态系统面临着逐渐衰退的困境, 主要表现为鱼类种类数减少、鱼类濒危物种程度加剧、鱼类资源小型化趋势明显、鱼类资源呈衰退趋势和外来物种种类增多等。长江十年禁渔, 对恢复长江水生态环境和保护水域生物多样性提供了重要的机遇。作者建议统筹协调长江生态保护与渔业发展的关系, 创新流域管理体制与机制, 根据长江水生态系统结构与功能变化, 适时调整服务目标, 其目的旨在实现对长江流域水生态环境的保护和渔业资源的可持续发展提供科学依据。

关键词: 长江; 十年禁渔; 渔业资源; 生态保护; 渔业发展

中图分类号: S 937

文献标志码: A

长江是中国第一大河, 同时也是世界水生生物多样性最丰富的地区之一, 有 443 种淡水鱼类, 145 种两栖动物, 1200 余种(属)浮游植物, 753 种(属)浮游动物, 1000 余种水生高等植物, 1008 种底栖动物^[1]。其丰富的水生生物多样性及遗传资源的高度异质性为我国淡水渔业的发展奠定了坚实的基础。受多重因素影响, 长江天然鱼类资源达到“无鱼”的困境。从 2021 年 1 月 1 日起, 长江全流域实施十年禁渔措施。长江十年禁渔后, 减少了对天然鱼类资源的捕捞压力, 改善了水生生态系统的健康状况, 对恢复长江水生态环境和保护水域生物多样性提供了重要的机遇。2016 年《长江经济带发展规划纲要》要求遵循的第一条原则就是江湖和谐、生态文明, 意在说明需在保护的前提下推进发展, 实现经济发展与资源环境

可持续平衡^[2]。统筹协调长江生态保护与渔业发展的关系, 创新流域管理体制与机制, 十年禁渔期间根据长江水生态系统结构与功能变化, 适时调整服务目标, 对于推动长江经济带形成人与自然和谐共生的绿色发展新格局十分必要。因此, 本文通过文献调研和对长江渔业资源与环境调查项目监测数据进行分析相结合的方式, 对长江流域鱼类资源的特点、鱼类资源的现状、造成鱼类资源衰退的原因进行了客观的解析, 对禁渔后渔业资源的发展和保护展开思考并提出针对性的对策及建议, 旨在为长江生态大保护和长江经济带绿色发展的实施提供参考。

1 长江鱼类资源的特点

长江流域的地理位置经、纬跨度大, 从西往

收稿日期: 2022-10-01 修回日期: 2023-01-09

资助项目: 农业农村部财政专项“长江渔业资源与环境调查(2017—2021)”

第一作者: 董芳(照片), 从事渔业资源保护与利用研究, E-mail: 864953785@qq.com; 方冬冬, 从事渔业资源保护与利用研究, E-mail: fangdong19910111@126.com

通信作者: 危起伟, 从事水生生物多样性保护与利用研究, E-mail: weiqw@yfi.ac.cn



东跨越我国大陆地势 3 级阶地和 4 个气候带, 总体落差达 6000 m, 形成峡谷型河段、丘陵型河段及平原型河段, 高度复杂的自然环境孕育了丰富的鱼类资源^[3]。长江鱼类资源的特点主要体现在 4 个方面: ①鱼类种类繁多。据不完全统计, 长江流域分布鱼类有 18 目 37 科 163 属 443 种(亚种), 其中淡水鱼类 378 种, 河海洄游性鱼类 9 种, 河口鱼类 37 种, 外来鱼类 19 种。种类丰富居全国各水系之首, 是全球鱼类最丰富的河流之一^[4]。②特有程度高、孑遗物种多。仅分布在长江流域的特有鱼类有 156 种, 占长江淡水鱼类总数的比例为 44.6%, 特有鱼类比例之高远超国内其他地区或水系^[1]。还有许多孑遗物种, 如中华鲟(*Acipenser sinensis*)、白鲟(*Psephurus gladius*)和长江鲟(*Acipenser dabryanus*)等。这些鱼类长期适应了长江流域水文条件, 与长江流域水域生态环境形成了一系列高度适应的形态特征、行为特征和生活史特征, 对维持长江生态系统结构的完整性和功能的正常发挥具有重要意义^[1]。③不同江段内鱼类区系组成差异明显。青藏川西高原区海拔高、气候严寒, 鱼类种类少, 鱼类组成以适应高寒冷水性鱼类为主, 如高原鳅属(*Triplophysa*)、重唇鱼属(*Diptychus*)和裂腹鱼属(*Schizothorax*)。金沙江川江水系水流湍急、峡谷纵横, 主要以适应急流环境底栖生活的山地流水性鱼类为主, 如中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)、圆口铜鱼(*Coreius guichenoti*)、墨头鱼(*Garra pingi*)、宜昌鳅鲃(*Gobiobotia filifer*)、中华金沙鳅(*Jinshaia sinensis*)、长薄鳅(*Leptobotia elongata*)和青石爬鮡(*Euchiloglanis davidi*)等。中下游平原区水流平缓、有湘江、汉江和赣江等各大支流汇入, 沿岸湖泊星罗棋布, 形成独特的江湖生态系统。鱼类资源丰富, 以青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)和鳊(*Ochetobius elongatus*)等平原静水性鱼类为主。河口区兼具咸淡水特征, 以松江鲈(*Trachidermis fasciatus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)和鳊(*Mugil cephalus*)等海淡水混合鱼类为主^[5]。④生态习性多样。长江流域的鱼类, 按迁移类型划分可分为淡水定居性鱼类[如鲫(*Carassius auratus*)和鳊(*Parabramis pekinensis*)等]、河川洄游性鱼类(如青鱼、草鱼、鲢和鳙等)和过河口洄游性鱼类[如中华鲟、鲟(*Tenualosa reevesii*)和松

江鲈等]^[1]。

长江还是我国淡水渔业优良的种质资源库, 是我国淡水渔业可持续发展的重要基础。我国主要的 35 种淡水养殖对象种, 长江自然分布的有 26 种, 其中长江流域“四大家鱼”的同功酶多态性特别丰富, 其原种培育的养殖经济性性状(如生长速度等)明显优于其他水系^[1]。近年来新开发的优良养殖鱼类如鳊(*Siniperca chuatsi*)、长吻鮠(*Leiocassis longirostris*)、南方鲇(*Silurus meridionalis*)、胭脂鱼、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、中华倒刺鲃、岩原鲤(*Procypris rabaudi*)、黑尾近红鲂(*Ancherythroculter nigrocauda*)等的原种均来自于长江流域。同时, 长江流域是我国的重要渔业主产区, 流域渔业产量约占全国淡水渔业产量的 60%, 也是我国重要的优质水产品产业带和农业产业结构调整的重点发展区域^[5]。据统计, 2020 年长江流域 11 个省市的淡水养殖产量为 19468 776 t, 淡水捕捞产量为 792 868 t, 其盛产青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊、短颌鲚(*Coilia brachygnathus*)、团头鲂、乌鳢(*Channa argus*)、铜鱼(*Coreius heterodon*)、黄颡鱼、长须黄颡鱼(*Pelteobagrus eupogon*)和长吻鮠等数十种经济鱼类^[6]。

综上所述, 长江流域鱼类资源兼具物种资源和渔业资源双重属性^[5]。保护好长江鱼类生物多样性, 对维护长江流域生态系统健康和促进我国淡水渔业可持续发展具有重要意义。

2 长江流域鱼类资源现状

在 20 世纪 70 年代进行长江流域渔业资源的本底调查以后, 虽然在长江流域开展了较多的资源调查工作, 包括四大家鱼的自然繁殖, 中华鲟的种群资源与自然繁殖, 江豚的资源调查, 以及一些区域性的渔业资源调查与监测工作, 但这些调查缺乏整体性、系统性和连贯性。为了掌握长江流域的鱼类资源与环境现状, 2017—2021 年期间, 在农业农村部“长江渔业资源与环境调查”和“加快推进长江重点禁捕水域鱼类资源本底调查项目”的部署下, 中国水产科学研究院组织有关科研院所等, 对长江重点禁捕水域(“一江两湖七河”, 即长江、洞庭湖、鄱阳湖、岷江、大渡河、沱江、赤水河、嘉陵江、乌江和汉江)的鱼类种类组成现状、鱼类资源蕴藏量、濒危鱼类等进行整体性调查分析工作, 以期查明长江鱼类资源本底的有关情况。

2.1 鱼类种类数减少

长江水系历史分布有鱼类 443 种, 隶属 18 目 36 科, 其中以鲤形目鱼类最多, 为 315 种, 占 71.1%; 其次为鲇行目 49 种, 占 11.1%; 虾虎鱼目 25 种, 占 6.3%; 鲈行目 11 种, 占 2.5%; 胡瓜鱼目 9 种, 占 2.0%; 鲢形目 7 种, 占 1.5%; 鳊行目 6 种, 占 1.3%; 鲱行目、鲟形目、攀鲈目、鲃形目各 5 种, 分别占 1.1%; 鲴形目、合鳃鱼目各 3 种, 占 0.6%; 鳊目、鲢形目、颌针鱼目各 2 种, 分别占 0.4%; 鳊目、鲃形目、鲿形目各 1 种, 分别占 0.2%^[4]。2017—2021 年, 长江水系共采集到鱼类 323 种, 隶属 20 目 39 科。其中, 鲤形目鱼类最多, 为 206 种, 占 63.8%; 其次为鲇形目 39 种, 占 12.1%; 虾虎鱼目 2 种, 占 7.7%; 鲈形目 9 种, 占 2.8%; 鳊形目 6 种, 占 1.9%; 胡瓜鱼目 5 种, 占 1.5%; 鲟形目、鲱形目、攀鲈目、鲃形目各 4 种, 分别占 1.2%; 鲴形目、合鳃鱼目各 3 种, 分别占 0.9%; 慈鲷目、鲢形目、颌针鱼目各 2 种, 分别占 0.6%; 鲃形目、鳊目、鲿形目、脂鲤目、鳊目各 1 种, 分别占 0.3%。总体来看, 长江有 135 种鱼类历史有分布而本次却未采集到, 约占总量的 30.5%, 长江鱼类种类数呈衰减趋势。

2.2 鱼类濒危程度加剧

根据 2021 年出版的《中国生物多样性红色名录——脊椎动物卷》, 长江历史分布的 443 种鱼类中未参加评估的鱼类种类数为 105 种, 参加评估的鱼类种类数为 338 种。这 338 种参加评估的鱼类中, 处于无危 (LC) 等级的鱼类有 138 种, 而需要重点关注和保护的物种数有 200 种, 分别处于极危 (CR)、濒危 (EN)、易危 (VU)、近危 NT 和数据缺乏 (DD) 等级, 占长江历史分布鱼类总种类数的 45.1%。值得注意的是, 需要重点关注和保护 200 种物种中, 有 105 种鱼类在 2017—2021 年采集到, 尚有 95 种未采集到。从不同等级来看, 处于极危 (CR) 等级 25 种鱼类中有 11 种在 2017—2021 年采集到, 尚有 14 种未采集到; 处于濒危 (EN) 等级 29 种鱼类中有 14 种在 2017—2021 年采集到, 尚有 15 种未采集到; 处于易危 (VU) 等级 42 种鱼类中有 28 种在 2017—2021 年采集到, 尚有 14 种未采集到; 处于近危 (NT) 等级 31 种鱼类中有 18 种在 2017—2021 年采集到, 尚有 13 种未采集到; 处于数据缺失 (DD) 等级的 75 种鱼类中有 34 种采

集到, 尚有 41 种未被采集到。另外, 处于无危 (LC) 等级的 140 种鱼类中 124 种被采集到, 尚有 16 种未被采集到。另外, 有 32 种鱼类被列入 2021 年发布的国家重点保护野生动物名录, 占长江历史分布鱼类总种类数的 7.2%。其中, 国家一级重点保护野生动物 5 种, 分别是白鲟、长江鲟、中华鲟、鲟、川陕哲罗鲑 (*Hucho bleekeri*), 有国家二级重点保护野生动物 27 种, 分别是花鳊 (*Anguilla marmorata*)、稀有鮡 (*Gobiocypris rarus*)、鮡 (*Luciobrama macrocephalus*)、多鳞白鱼 (*Anabailius polylepis*)、圆口铜鱼、长鳍吻鲟 (*Rhinogobio ventralis*)、鲈鲤 (*Percocypris pingi*)、多斑金线鲃 (*Sinensia multipunctatus*)、滇池金线鲃 (*Sinocyclocheilus grahami*)、乌蒙山金线鲃 (*Sinocyclocheilus wumengshanensis*)、会泽金线鲃 (*Sinocyclocheilus huizeensis*)、多鳞白甲鱼 (*Scaphesthes macrolepis*)、四川白甲鱼 (*Onychostoma angustistomata*)、细鳞裂腹鱼 (*Schizothorax chongi*)、重口裂腹鱼 [*Schizothorax (Racoma) davidi*]、厚唇裸重唇鱼 (*Gymnodiptychus pachycheilus*)、岩原鲤、小鲤 [*Cyprinus (Mesocyprius) micristius*]、胭脂鱼、湘西盲高原鳅 (*Triplophysa xiangxiensis*)、长薄鳅、红唇薄鳅 (*Leptobotia rubrilabris*)、昆明鲃 (*Silurus mento*)、金氏鳅 (*Liobagrus kingi* Tchang)、青石爬鳅 (*Euchiloglanis davidi*)、秦岭细鳞鲑 (*Brachymystax lenok tsinlingensis*)、松江鲈。由此可见, 长江流域鱼类的濒危程度加剧, 不仅多种鱼类多年未见, 而且部分鱼类的濒危等级逐年升高。

2.3 鱼类资源小型化趋势明显

鱼类资源小型化不仅会使水体的渔产力下降导致渔业资源衰退, 还会使水域生态系统的结构和功能发生改变, 从而破坏水域生态环境。2017—2021 年全流域渔业资源调查结果显示, 长江鱼类资源小型化主要体现在以下两个方面: ①从鱼类群体结构来看, 中小型鱼类逐渐取代大型鱼类成为优势种。20 世纪 50 年代长江主要水域渔获物中占比较高的鱼类多为江湖洄游性和河海洄游性等大型鱼类, 占长江主要水域年捕捞量的近 40%^[7], 而调查结果显示长江全流域禁捕前流域性优势种为鲤、鲃 (*Silurus asotus*)、黄颡鱼、鳊和鲫等中小型鱼类, 渔获物重量占比达到 40% 以上。②从鱼类个体生物学特征来看, 长江流域鱼类个体体长、体重相比历史记录均有减少的趋势, 鱼

类个体呈现小型化趋势。调查结果显示全水域主要渔获物种中平均体重大于 50 g 的仅长吻鲢 1 种; 沱江所有鱼类平均体重均低于 1 kg; 汉江近几年全区域的渔获物体长范围为 60~880 mm; 长江口水域以幼鱼和小型个体鱼类为主, 洞庭湖调查全区域鲤、鲫、鲢、草鱼、短颌鲚、鳊 (*Elopichthys bambusa*)、鳊的平均体长分别为 255.58、147.42、311.98、332.61、469.38、400.298、234.35 mm, 平均体重分别为 481.31、120.40、798.89、896.69、54.20、733.96、290.34 g, 与历史资料相比, 鱼类种群结构小型化趋势明显^[3,8]。

2.4 鱼类资源存量呈衰退趋势

通过单位捕捞努力量换算资源密度估算, 禁捕前长江鱼类资源现存总重量为 12.48 万 t, 长江干流资源重量为 4.23 万 t, 其中金沙江 447.79 t、长江上游干流 520.98t、三峡库区 1.50 万 t、长江中游干流 0.94 万 t、长江下游干流 1.34 万 t、长江口 0.35 万 t; 两湖资源重量为 7.84 万 t, 其中洞庭湖为 3.12 万 t、鄱阳湖为 4.72 万 t, 长江各大支流总资源重量为 0.41 万 t, 其中雅砻江 202.66t、横江 32.03t、岷江 (大渡河)230.29t、沱江 165.30t、赤水河 102.79t、嘉陵江 0.12 万 t、乌江 589.02t、汉江 0.16 万 t。根据《中国渔业统计年鉴》记录, 20 世纪 50 年代初长江流域捕捞产量为 43 万 t, 50 年代末至 60 年代约为 38 万多 t, 70 年代捕捞产量约为 23 万 t, 80 年代初下降至 20 万 t, 90 年代下降至 10 万 t, 21 世纪, 长江主要渔业水域的捕捞产量已下降至不足 10 万 t (图 1)^[4]。调查结果显示目前长江重点禁捕水域鱼类资源现存量 12.48 万 t, 从鱼类资源现存量来看, 仅相当于 20 世纪 50 年代的 27.30%, 20 世纪 60 年代的 30.89%,

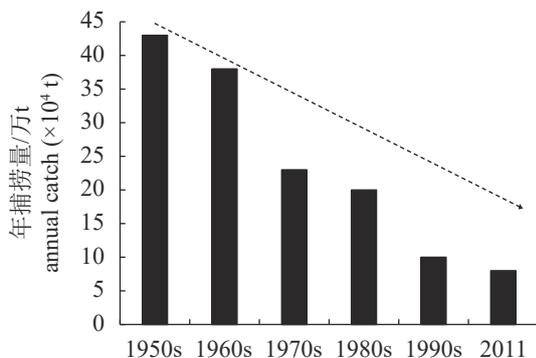


图 1 长江流域历史捕捞产量变化图

Fig. 1 Historical fishing yield changes in the Yangtze River Basin

20 世纪 80 年代的 58.70%, 21 世纪以来长江鱼类资源量呈现波动变化, 长江重点水域全面禁捕前长江鱼类资源总体呈持续衰退趋势。

2.5 外来物种增多

长江历史分布的 443 种鱼类中有 19 种外来种, 包括杂交鲟、丁鲃 (*Tinca tinca*)、大鳞鲃 (*Luciobarbus capito*)、鲮 (*Cirrhinus molitorella*)、麦瑞加拉鲮 (*Cirrhinus mrigala*)、散鳞镜鲤 (*Cyprinus carpio var. specularis*)、三角鲤 (*Cyprinus multitaeniata*)、北方花鳅 (*Cobitis granoci*)、北方泥鳅 (*Misgurnus bipartitus*)、蟾胡子鲇 (*Clarias batrachus*)、革胡子鲇 (*Clarias lazera*)、斑点叉尾鲴 (*Ictalurus punctatus*)、云斑鲴 (*Ameiurus nebulosus*)、食蚊鱼 (*Gambusia affinis*)、梭鲈 (*Sander lucioperca*) 等, 占长江水系历史分布鱼类总种数的 4.3%^[4]。这 19 种外来鱼类中, 长江上游段分布的外来种比例比长江中下游段要高, 如长江上游干流分布有大鳞鲃、麦瑞加拉鲮、革胡子鲇、斑点叉尾鲴等 4 种, 赤水河分布有杂交鲟、丁鲃、大鳞鲃、散鳞镜鲤、革胡子鲇、斑点叉尾鲴、云斑鲴、食蚊鱼、梭鲈等 9 种, 三峡库区干流分布有丁鲃、蟾胡子鲇、斑点叉尾鲴、食蚊鱼等 4 种, 嘉陵江分布有食蚊鱼等 1 种, 乌江分布有三角鲤、斑点叉尾鲴、食蚊鱼等 3 种, 汉江分布有北方花鳅、北方泥鳅、斑点叉尾鲴等 3 种, 洞庭湖分布有杂交鲟等 1 种, 长江下游分布有鲮、麦瑞加拉鲮、食蚊鱼、梭鲈等 4 种, 长江口分布有食蚊鱼等 1 种。长江水系历史分布而本次调查新采集到的外来鱼类有 15 种, 包括红尾护头鲋 (*Phractocephalus hemiiopterus*)、尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*)、莫桑比克罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus*) 和大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*) 等。截止调查结束, 长江外来鱼类已有历史分布的 19 种上升至 30 种, 预示着长江流域外来鱼类的规模在进一步扩大, 长江作为中国的母亲河, 具有丰富的鱼类资源和特有鱼类资源, 外来物种如若适应当地环境条件后形成稳定种群, 将会对长江水系特有鱼类资源造成严重影响, 外来物种入侵问题应引起重视。

3 长江“无鱼”原因分析

长江水生生物完整性指数评价体系是以长江鱼类等主要水生生物指标为主, 包含与水生物生存密切相关的生境指标, 分为极好、好、一般、差、极差、无鱼 6 个等级评价结果, 从而综合反

映长江水域系统的健康状况^[9]。2018年4月, 习近平总书记在深入推动长江经济带发展座谈会上, 指出“长江生物完整性指数到了最差的‘无鱼’等级”^[10]。值得注意的是, 造成长江“无鱼”的因素是水污染、水工程建设、湖泊围垦、航运发展、过度捕捞和外来种入侵等多种因素长期综合的结果(图2)。

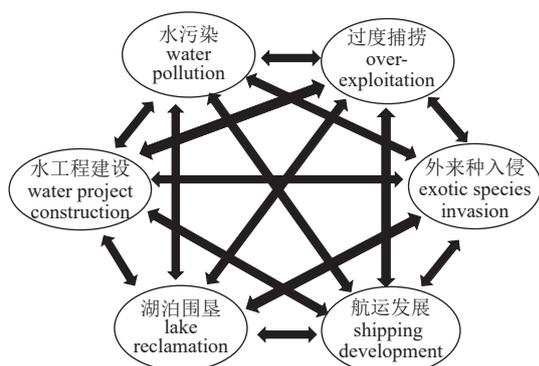


图2 长江流域无鱼原因分析图

Fig. 2 Analysis of the causes of no fish in the Yangtze River Basin

3.1 水污染

长江水生态环境为种类丰富的水生动物提供优良的栖息繁衍场所, 是渔业发展的命脉。据统计, 长江流域城市污水、农业废水、生活污水及工业和船舶废污水排放量约占全国40%, 部分地区废污水高排放量和低污水处理率使得长江污染程度日益加剧, 鱼类生存环境不断恶化^[11-12]。水域污染不仅破坏鱼类繁殖, 造成大批量的鱼卵鱼苗死亡, 加速鱼类资源衰减直接影响鱼类生存, 还会使浮游生物、底栖生物生物量降低, 鱼类饵料基础严重衰退间接导致鱼类天然资源量减少。例如, 长江中游湘江支流香炉山由于水域污染, 其鱼类产卵场相较于20世纪80年代缩减了70 km, 鱼类早期资源产量比50年代之前减少了约30倍, 鱼产量仅为50年代之前的一半, 鱼类资源严重衰退^[7]。2000年3月, 长江大渡河上游廖河坝的金光化工厂将含有剧毒的磷泥和黄磷废水大面积的排放在大渡河和岷江江段, 水质污染造成的鱼类资源损失高达481 t^[7]。2004年2月底3月初, 四川化工股份有限公司第二化肥厂违法将大量含有高浓度氨氮的废水排入沱江支流毗河, 造成大量的鱼类死亡, 生态修复时间至少需要5年以上^[5]。根据2018年的《长江经济带生态环境保护审计结果》的公告可以看出, 近年来长江流域水域生态

环境有所改善, 但洞庭湖、鄱阳湖等5个国家重要湖泊水体富营养化尚未得到有效控制, 其水质仍为IV类及以下^[13]。同时, 长江中上游地区以及部分支流如乌江、岷江、沱江等水质污染仍然严重^[12]。支流和湖泊水域生态环境的日趋恶化将给长江鱼类的生存和繁殖带来严重影响, 使长江天然鱼类资源量持续衰减。

3.2 水工程建设

大坝的修建在供水、发电和航运等方面具有重要的作用, 研究表明水利工程建设是导致全球近三分之一的淡水鱼类面临灭绝威胁的主要原因^[14]。洄游性鱼类通过洄游变换栖息地场所, 扩大对空间环境的利用, 最大限度地提高种群存活、摄食、繁殖和避开不良场所的能力^[5]。近几十年来, 长江流域兴建了大量的水利工程, 包括干流、支流上的水利枢纽、沿江的节制闸及江湖排灌涵洞。水坝的修建导致长江绝大多数江段的连通性和物质通量受到显著影响, 为完成生活史的过程中需要进行大范围迁移的鱼类制造了不可逾越的障碍, 造成繁殖洄游通道被阻断, 栖息地生境破碎化, 生存空间被压缩。同时, 水电工程的修建导致河流的自然径流过程和水温改变, 打破了原有水生生态系统的生境, 使河流生态系统的结构和功能呈现退化状态, 进而影响鱼类的生长和繁殖, 导致种群资源衰退。胭脂鱼曾是长江上游重要经济鱼类之一, 主要以底栖无脊椎动物为食, 需要上溯洄游到长江上游金沙江段产卵, 然后回到长江中下游生活, 葛洲坝水利枢纽工程建成后, 切断其生殖洄游通道, 上游的野生胭脂鱼种群已很难见其踪迹^[15]。

3.3 湖泊围垦

长江中下游水系复杂, 平原浅水湖泊与长江各大支流、干流连通形成独特的江湖复合生态系统。在江湖复合生态系统中, 河道的水环境为适应流水繁殖的江湖洄游性鱼类提供了必要的水文条件; 而湖泊则具有较高的初级生产力, 含有丰富的饵料资源, 为鱼苗孵出后提供了育肥条件, 是鱼类等其他水生生物理想的繁殖场所和栖息地^[5]。然而, 20世纪50年代以来, 大规模的围湖造田、岸带开垦导致长江中下游湖泊面积大幅缩减, 使得鱼类等其他水生生物栖息地空间破碎化。据不完全统计, 从20世纪50年代初期以来, 长江中下游地区有三分之一的湖泊面积被围垦, 因

围垦而消失的湖泊达 1000 余个, 而通江湖泊由 102 个缩减至如今只剩鄱阳湖和洞庭湖^[5]。根据长江水生生物资源与环境本底状况调查 (2017—2021) 报告显示, 鄱阳湖水面面积由建国初期的 5200 km² 缩减至如今 3 683.52 km², 洞庭湖水面面积由建国初期的 4350 km² 缩减到目前只剩 1 752.56 km²。湖泊围垦不仅引起湖泊调蓄洪水能力降低, 还使江湖洄游性鱼类的洄游通道被阻断, 减少了鱼类活动空间, 鱼类繁殖和肥育的场所面积缩减, 破坏水域生态环境, 直接导致鱼类等水生生物资源锐减^[4-5]。

3.4 航运发展

改革开放以来, 长江航道通航条件和支持保障设施大幅度提升。据统计, 长江水系 14 省市拥有内河运货船已达 12 万艘, 水路运货量新增 37 倍, 长江航运在流域运输货物和经济发展中具有重要的作用^[16]。航运的发展一方面促进了长江流域经济的发展, 同时也给水域生态环境造成严重的破坏, 特别是对鱼类的影响更为突出。航运工程施工期间, 为了保障航运的正常运行和降低航运安全事故, 炸礁、航道疏浚、挖槽、加固河岸、河道裁弯取直等航道整治工程不仅会干扰鱼类的正常活动, 还会极大地破坏河床结构, 造成鱼类等天然水生生物栖息地丧失^[16]。同时, 航运工程运营期间, 因航运量的增长, 流域内船舶密度也在不断增加, 使得鱼类活动的自然水域生态空间缩减; 船舶运行过程中产生的噪音、螺旋桨击伤鱼类的概率增加和船舶溢、漏油污染鱼类赖以生存的水体, 对鱼类的生长和繁殖也造成了一定的影响^[17]。

3.5 过度捕捞

捕捞强度是影响鱼类资源变动的重要原因之一。20 世纪中后期, 在对水产品需求和经济利益的驱动下, 渔民逐渐加大捕捞强度, 在渔业生产过程中大量使用有害渔具、竭泽而渔、电毒炸鱼捕捞事件频发导致了鱼类的繁殖群体和补充群体被过度捕捞, 其捕捞产量已超过渔业资源的承载能力, 致使长江流域鱼类资源退化。长期的过度捕捞使整个长江流域淡水生态系统退化, 淡水生物多样性降低, 淡水生境受到严重破坏, 一些优质生物种类濒临灭绝, 生物完整性指数到了最差的“无鱼”等级^[10]。鲟曾是长江重要的渔业对象, 根据历史资料显示, 1974 年曾达到历史最高捕捞

产量 1577 t, 由于鲟溯河产卵洄游期间沿江的渔民对亲鱼和幼鱼的过度捕捞, 破坏了鲟的补充群体, 其捕捞产量逐年下降, 20 世纪 80 年代后已不能形成鱼汛^[18]。目前已连续 20 年在长江流域未见鲟种群的踪迹^[19]。此外, 渔业的捕捞强度加大致使鱼类资源量衰竭和优势鱼种快速小型化和低龄化问题突出。一方面, “四大家鱼”、鲤、鲂 (*Megalobrama skolkovii*)、鳊等大型经济鱼类被小型鱼类如黄颡鱼、鲫、银鱼 (*Hemisalanx prognathus*) 等所取代, 导致种群结构主要以小型鱼类为主^[5]; 另一方面, 一些大型经济鱼类还未到性成熟年龄就被过度捕捞, 导致鱼类种群无法繁衍壮大^[20]。这两方面均会引起长江流域的鱼类主要以低龄鱼为优势的种群结构模式, 则直接造成进一步的过度捕捞。据统计, 长江渔业的天然捕捞量在 1954 年达到最高产量 42.7 万 t 之后, 受过度捕捞的影响其渔业产量逐年下降, 到 2019 年, 捕捞量不足 10 万 t, 下降了约 80%^[21]。

3.6 外来种入侵

虽然引入外来物种在一定程度上可丰富引入地的生物种质资源, 促进水产养殖结构的优化和调整, 对经济发展起到一定助推作用, 但同时带来的生态危害和社会经济影响也不容忽视^[22]。长江流域大部分生态区属于亚热带区域, 气候温暖湿润, 江河纵横交错, 河流栖息地异质化程度非常高, 为外来鱼类的入侵提供了很好的基础条件。非本土物种的入侵是对长江流域生物多样性造成威胁的主要因素之一, 据估计, 外来入侵鱼类已对流域内约 27.7% 的土著鱼类造成了威胁^[23-24]。外来鱼类与土著鱼类在争夺食物饵料和生存空间方面会更有明显的生存优势, 从而导致土著鱼类资源大幅下降, 甚至濒临灭绝^[22]。为了提高长江上游高原湖泊的渔业产量, 从流域中下游引进青鱼、草鱼、鲢、鳙等经济鱼类, 这些外来鱼类不断挤压着土著鱼类的生存空间并吞食其鱼卵和幼苗, 导致长江上游的高原湖泊水体如滇池的土著鱼类种类从 20 世纪 40 年代的 25 种下降至现在仅剩 4 种^[5,25]。近年来, 三峡水库修建后已发现斑点叉尾鲟、匙吻鲟 (*Polyodon spathula*)、尼罗罗非鱼等 23 种外来鱼类。由于水库形成后初期生态位的空缺, 部分外来种已经建立起稳定的种群, 如今种群已处于爆发阶段^[26]。如不采取有效防控措施, 在长江十年禁渔政策实施后, 捕捞胁迫因素消除

将进一步加剧禁渔后流域内外来鱼类蔓延趋势和入侵风险。

4 禁渔后长江水生生态系统保护对策

4.1 开展常态化监测调查, 建立水生保护动物资源评估体系

长江渔业资源的恢复和保护是一个长期而复杂的过程, 要切实掌握长江禁捕后的生态环境承载力和渔业资源恢复情况, 就需要全面开展全流域鱼类资源监测与评估工作。通过进一步完善禁捕后长江流域的水生生物监测体系、健全监测机构制度、统一监测标准和落实保障机制等方式, 全面系统的调查流域内不同鱼类的种群状况, 物种数量、地理分布范围以及受威胁程度和潜在威胁因素, 加强珍稀濒危物种种群资源及其栖息地保护、修复等重点任务^[27]。同时, 在长江流域开展 1~2 次水生野生动物专项调查, 掌握 87 种国家重点保护水生野生动物的野外分布区域、资源变动、栖息地面积、生态状况以及栖息地的主要威胁因素, 包括中华鲟、长江鲟、胭脂鱼、川陕哲罗鲑、鳗鲡 (*Anguilla japonica*)、鳢 (*Ochetobius elongatus*) 等保护及受威胁物种的野生群体本底数和自然繁殖情况; 开展 2~3 次专项调查和普查, 全面掌握由林业部门划转农业农村部门管理的水生生物保护物种野生种群、关键栖息地以及人工保育现状^[28]。科学评估禁渔后长江流域水生生物资源与生物完整性演变趋势, 为全面保护长江流域水生生物和系统修复长江流域生态环境提供管理决策。

4.2 加强保护区建设和管理, 保护与恢复水生生物栖息地

建立水生生物自然保护区是对水生生物在其原栖息地进行就地保护, 能够保持水域生态系统内生物的繁衍与进化以及水生态系统服务和功能的正常运作, 是保护长江流域濒危水生动物的一种有效措施^[29-30]。长江作为我国重要经济带及黄金航道, 有着不可替代的经济发展的作用, 航运要道势必影响到水生野生动物的正常生存。为此, 建立自然保护区是一种重要且有效的措施以保护濒危水生野生动物。截止 2022 年 1 月, 长江流域已经建立了 332 个水生生物保护区, 面积达 2.16 万 km², 包括 53 个自然保护区和 279 种质资源保

护区^[31]。至此, 长江流域水生生物保护区建设已初具规模, 已经从“数量型”转向到“质量型”的发展阶段^[31]。因此, 完善长江流域水生生物保护区的建设并有效管理已成为禁渔后水生生物保护研究和实践的重要举措。建议从自然流域的角度分析其空间布局、行政区划以及保护对象设置的合理性, 以期优化保护区提供科学的参考依据, 更好地推动各省保护区的发展, 更加有力有效地保护长江流域的水生生物资源。同时, 结合现有 332 个水生生物保护区, 以现有长江流域水生生物保护和研究优势机构为基础, 建设国家长江水生生物多样性保护中心, 形成就地保护、迁地保护、人工增殖放流和遗传多样性保护等四方面的完整的长江水生生物多样性保护体系。

4.3 优化调整人工增殖放流

开展水生生物增殖放流是促进渔业资源可持续发展、养护水生生物资源、修复水域生态系统和维护水生生物多样性的有效手段^[32]。2016 年《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》后, 我国对长江流域水生生物增殖放流的规模不断扩大和重视程度也越来越高, 取得了良好的生态效益和经济效益。但目前也存在一些无序、盲目的增殖放流活动反而造成不符合《水生生物增殖放流管理规定》的外来种流入流域中^[32-33]。增殖放流苗种供应的规范性不足、增殖放流效果评估体系不完善、制度建设不完善以及贯彻执行不到位等问题也在一定程度上导致了增殖放流活动较低的成功率, 这与增殖放流事业快速发展的形势不相适应。2022 年农业农村部出台了《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》, 对“十四五”增殖放流区域和物种进行了统筹规划, 确定适宜增殖放流水域 410 片, 确定适宜放流水生物种 286 种; 提出加快体系建设、强化规范管理、加强宣传交流、加强组织领导四方面重点任务。在长江十年禁渔背景下, 农业农村部应积极推动各地落实好《指导意见》重点任务, 引导水生生物增殖放流科学、规范、有序开展, 不断提升水生生物资源养护管理水平。建议优化调整放流种类和数量, 取消以渔民增产为目的的放流计划, 增加濒危种放流数量。放流前应对放流水域进行本底生态调查, 从而了解其生态容量、生态结构、食物链构成, 特别是竞食或掠食物种的习性, 以确定适宜

放流区域、放流物种和放流规格, 严禁放流外来物种等不符合生态要求的水生物种, 保证生态系统不受破坏、减小放流的生态风险。放流后要加强跟踪监测和效果评估, 以调整放流数量、时间和地点, 保证最佳放流增殖资源的效果。同时需做好增殖放流效果提升配套工作, 人工增殖放流 (hatchery Operatioin)、栖息地修复 (habitat Restoration)、生态调度 (hydro-operation) 和过鱼设施建设 (harvest Control) 统筹考虑, 做到 4H 综合。

4.4 开展涉水工程影响周期性后评估工作

长江作为我国水资源最丰富的河流, 流域水资源的无序开发利用将存在一系列的生态环境敏感制约性问题^[34]。长江干流葛洲坝、三峡、溪洛渡、向家坝等大型水电站相继建成, 乌东德、白鹤滩水电站正在建设, 截至 2017 年, 长江流域已 (在) 建水电站装机容量约 23.7 万 MW^[35]。南水北调中线、东线工程已建成通水, 引汉济渭、引江济淮、滇中引水、鄂北水资源配置等引调水工程等相继开工建设。目前, 长江流域年供水能力约 2300 亿 m³, 灌区 15.6 万处, 有效灌溉面积达 1 633.33 万 hm²^[36]。流域内水利水电工程建设为保障流域水安全和生态安全、推动长江经济带发展提供了有力支撑^[36]。但长江流域水资源开发利用不可避免地存在一定的生态环境制约问题。针对水利工程建设的特点, 加强工程建设期与运行期生态环境保护管理。如环境监理、生态环境监测等, 同时对重大生态环境影响问题同步开展科研与技术攻关研究。工程运行后, 需要加强生态调度、生态环境保护监督性监测、工程环境影响后评估等工作, 重点是加强生态环保措施和生态补偿措施的落实情况监管, 确保切实有效地降低工程影响。

4.5 加强外来水生生物监测与防控

外来物种是在自然和半自然的生态系统和生境中建立的种群, 当其改变和危害本地生物多样性时, 就是一个外来入侵物种, 其造成的危害就是生物入侵^[37]。外来种入侵适宜生长的新地区后, 其种群会迅速繁殖, 并逐渐成为当地新的“优势种”, 严重破坏当地的生态安全。长江流域水域辽阔, 区域差异显著, 多样的水域生态系统为外来水生生物入侵提供了良好的入侵条件。随着我国外来引进鱼类的养殖规模逐年扩大和休闲渔业的不断发展, 人为丢弃、人为放生和养殖逃逸等原

因使外来种进入天然水域的可能性增加, 使禁捕后外来水生生物防控形式日趋严峻^[38]。为防控禁捕后长江流域水生生物入侵, 建议从以下 4 方面入手: 一是对全流域进行外来物种分布调查。二是系统研究禁渔后外来物种扩散规律。三是研究外来物种的种群变动趋势和对流域内目前存在的外来鱼类进行入侵风险评估。四是通过物理、化学和生物等措施对已入侵的外来物种进行入侵风险防控与治理。

5 长江生态保护与渔业发展

长江十年禁渔是长江流域系统性保护与治理的重要实践措施之一, 是在恢复长江健康的水生生物群落和水生生态系统。从生态保护与渔业发展来看 (图 3), 长江禁渔是打破“资源越捕越少, 生态越捕越糟”的降级螺旋, 是腾出生态空间、腾出资源空间、腾出产业空间以更好地推动水产行业的产业升级和长江经济带绿色发展^[39]。治好水、管好水、用好水保护长江流域的生态环境, 维护其生态平衡, 对于更好地利用长江流域资源, 开发区域经济, 建设高质量发展的长江经济带具有举足轻重的战略地位。作为水域生态系统的主要因子, 渔业在保护和改善水域环境, 扩增碳汇、降低碳源, 维持水域生态平衡等方面的重要作用日益突显^[40]。生态保护和渔业发展两者之间相互依赖、共生共利。长江十年禁渔之后应根据长江水生生态系统结构与功能变化, 适时调整服务目标。

5.1 长江水生生物多样性保护的挑战

尽管长江全流域已实施为期十年的禁渔政策, 但其水生生物仍然面临诸多挑战^[41-43]。首先, 由于拦河筑坝的水利工程造成鱼类栖息地破碎化导致部分特有鱼类仍面临灭绝的风险。无过鱼设施的大坝阻断了鱼类的迁徙, 改变了河流的河道范围和水文条件使鱼类不能正常繁殖。同时, 水污染、砾石开采、港口建设以及船舶航行产生的噪音以各种方式扰乱长江流域生态系统的生态功能的问题难以彻底解决^[41, 44]。其次, 长江外来鱼类记录数量由历史记录的 19 种上升至现有的 30 种, 预示着外来鱼类在长江流域入住的规模性会进一步扩大。更重要的是, 没有捕捞压力下不同的鱼类种群具有不同的恢复速率, 当达到环境的最大承载能力时, 如何优化利用鱼类资源成为一个紧迫的问题。因此, 建议从以下 5 个方面来对整个长江生态系统建立一个综合战略管理体系。一是

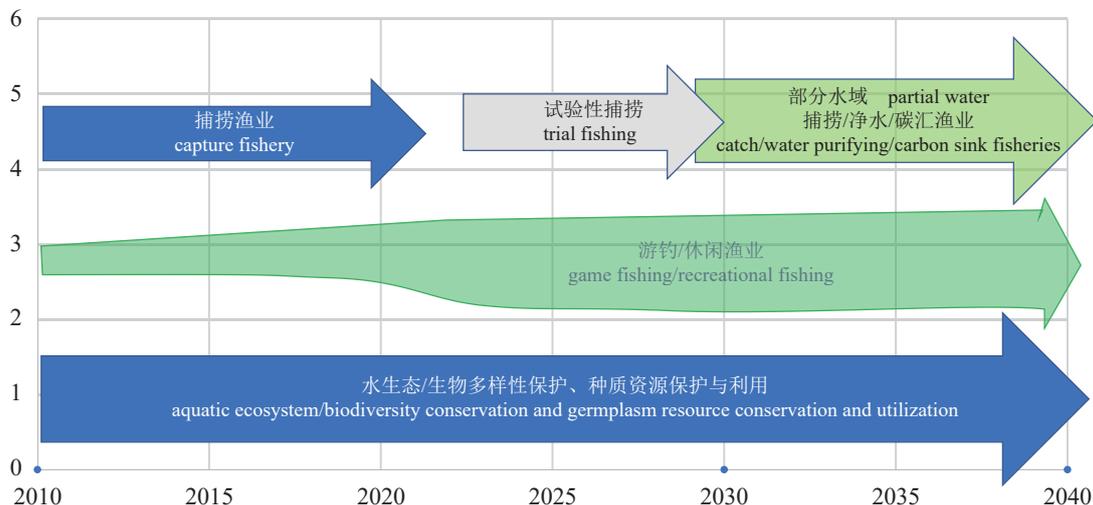


图3 长江生态保护目标与渔业发展适应性调整理论图

Fig. 3 Ecological protection target and fishery development adaptation adjustment theory diagram in the Yangtze River Basin

综合平衡全流域综合治理与开发计划, 评估筑坝对于河流生态系统健康和可持续性影响, 通过增加过鱼设施并拆除小水坝等措施, 缓解筑坝对水域生态系统的压力^[43]。二是建立长期性周期性科学调查与监测评估制度, 持续关注流域鱼类资源现存量持续变化趋势, 科学评估禁渔生态效果。三是对未采集到的 135 种鱼类进行进一步调查与分析评估, 编制后续保护规划。四是试验性开展生态修复, 研究以渔净水模式的推广。最后是做好禁渔后渔业管理政策的研究, 如增殖放流相关政策的优化调整、休闲垂钓的科学管理等。通过开展上述有关工作, 为长江十年禁渔工作提供可靠全面的基础数据, 为长江水生态保护和修复提供示范, 为进一步服务于游钓业、水产种质资源保护和水域生态保护提供科学的数据支撑。

5.2 水产种质资源保护与利用

水产种质资源是农业种质资源的重要组成部分, 是水产生殖业、养殖业的遗传材料, 是支撑国民生产、人民生活和社会科技活动的重要基础^[45]。目前种质资源的保护措施主要分为就地保护和异地保护^[46], 据统计, 长江流域现有国家级水产种质资源保护区 279 个, 总面积为 1 061 879.66 hm^2 , 占全国水产种质资源保护区总数的 43.21%^[29]。水产种质资源保护区的建立在水产种质就地保护方面发挥了积极的作用。种质资源异地保护主要包括水产原良种场为主体的活体保存以及科研院所为主体的标本保存、细胞保存、基因组 DNA 保存

等不同的种质资源保存方式^[47]。长江流域现有水生生物 4300 多种, 鱼类有 443 种, 其中淡水鱼类 350 种, 数量居全国各水系之首, 是我国淡水渔业种质资源库^[48]。针对长江流域丰富的生物资源有必要建立长江流域种质资源库, 设立标本库、基因库、细胞库和数据中心, 实现资源共享。

总之, 水产种质资源保护利用是一项利在后代的公益性、基础性、战略性工作, 应坚持因地制宜, 保护优先, 高效利用、绿色安全、政府主导、多元参与的原则持续推进, 同时加强科普宣传、提高大众参与度, 实现水产种质资源保护开发与安全利用的有机融合。

5.3 大力发展长江天然水域游钓休闲业

休闲渔业可以为人们提供基本的垂钓服务、观赏服务及游玩服务, 实现渔民收入的增长, 带动渔业经济进一步的发展, 使传统的渔业经济生产运作模式向服务模式转换^[49]。国际经验表明, 游钓渔业是休闲渔业的重要组成部分, 具有很好的潜在经济效益和社会效益^[50]。据美国休闲渔业协会 (ASA) 统计, 1982 年美国的游钓爱好者有 2000 万人, 2007 年全美从事娱乐性游钓的人数超过 1.2 亿人次, 占总人口的 1/3 以上, 游钓者一年用于游钓的消费支出高达 301 亿美元。游钓业的发展同时还极大地带动了相关产业如渔具、车船、修理、交通、食宿等的发展, 促进了社会就业机会^[51]。根据澳大利亚官方统计, 每年各国旅游者在澳大利亚境内垂钓的消费超过 2.1 亿澳元,

为渔具、游船、旅游、餐饮和租赁等行业增加了就业机会, 带动了一大批相关产业的发展^[52]。

长江流域拥有丰富的水生生物资源和辽阔的水域资源, 是游钓业产业发展的有限载体和根本保障。长江十年禁渔为游钓业在内的休闲渔业的发展提供了一个前所未有的契机, 引导渔民转产转业, 鼓励渔民积极发展游钓业等新型产业, 一方面可为渔民提供更多的就业岗位, 有效缓解渔民禁捕退捕面临的生计压力, 促进渔民增收和渔村振兴; 另一方面又能拓展渔业发展空间, 带动养殖捕捞、水产加工等传统渔业的转型升级和旅游、饮食、交通运输等相关产业的协同发展, 有效保护水域资源和生态环境, 提升渔业经济、社会和生态效益, 贯彻落实我国乡村振兴和长江大保护战略^[53]。在十年禁渔令和“长江大保护”的政策背景下, 如何有效监管长江自然水域的休闲垂钓活动以保护水生生物多样性, 同时继续产生直接和间接的经济效益是一项亟待研究的课题。随着长江流域禁捕工作的推进, 部分地区无序垂钓行为已经成为破坏水生生物资源的重要因素, 把休闲垂钓管理作为长江流域重点水域禁捕的延伸, 需进一步建立健全休闲垂钓管理机制^[54]。规范垂钓行为、可钓鱼种类、数量和垂钓方式, 科学划定休闲垂钓区域, 严格控制长江干流、支流和两大通江湖泊的垂钓范围, 遏制无序垂钓破坏水生生物资源的现象, 减少对特定鱼类的捕捞以保护濒危物种的水域栖息环境, 从而为禁捕后协同发展长江天然水域垂钓休闲业与水生生物资源保护提供科学支撑。

5.4 转变捕捞管理方式适时发展捕捞渔业

长江流域是世界上第三大流域, 也是受人类活动影响最大的流域之一^[55]。自 1949 年新中国成立以来, 这一大型水系受到越来越多的人为干扰, 其可持续发展面临严峻挑战^[56]。作为中国经济发展和现代化的结果, 长江渔业在过去 70 年经历了一个利用-过度开发-保护的“特殊过程”(图 4)^[43]。淡水捕捞渔业对全球粮食安全和水生生物多样性保护至关重要。20 世纪 50 年代, 长江的野生捕捞渔业产量约占中国内陆鱼类产量的 60%^[57]。与亚马逊河、湄公河和尼日尔河一样, 长江的野生捕捞渔业为当地居民提供了重要的食物来源。

长江十年禁渔, 对恢复长江水生生态环境和保护水域生物多样性提供了重要的机遇。但十年禁渔之后如何解决“鱼多, 水不好”的生态现象, 如全面放开那十年禁渔的成果将付之东流。实施一湖(水)一策, 开展生态捕捞试点, 发展捕捞渔业, 改个体捕捞方式为集体(合作社、公司)捕捞和管理方式, 实施配额捕捞和管理是一条生态优先、绿色发展的新路子, 既能有效减少禁捕期间湖库鱼类存量, 降低生态安全风险, 维护水域生态环境平衡, 又可以丰富人民群众的“菜篮子”。目前湖北是全国唯一获批开展禁捕湖库生态捕捞的试点省份, 2022 年 1 月 4 日, 在武湖、鲁湖、惠亭水库、野猪湖、保安湖 5 个湖泊进行生态捕捞, 捕捞约 900 万 kg 鱼, 根据专家论证意见, 生态捕捞总量实行配额管理, 捕捞配额上限不超过各自申报生态捕捞总量的 80%, 其中, 武湖配额不超过 180 万 kg、鲁湖配额不超过 232 万 kg、惠

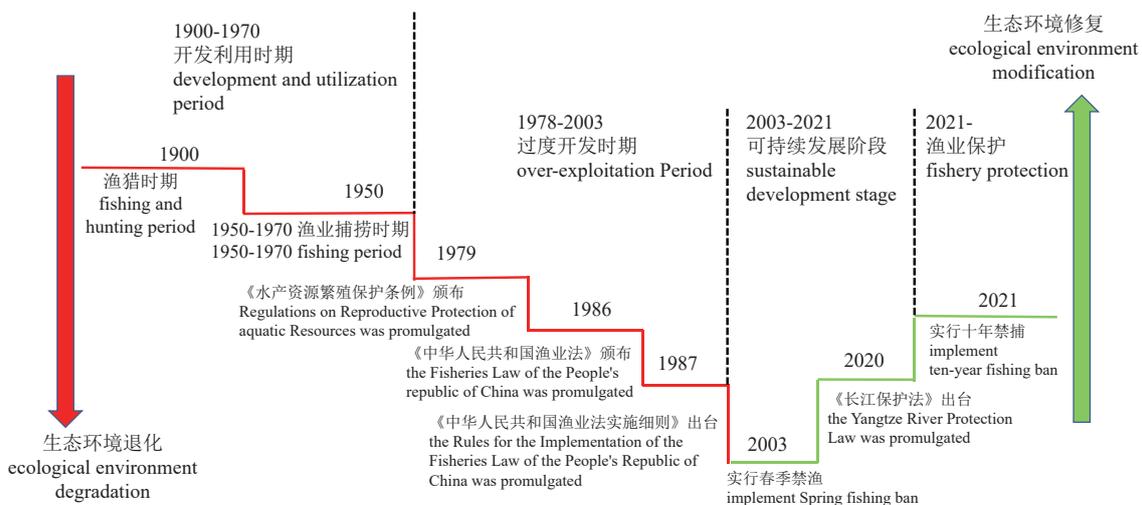


图 4 长江渔业发展历程

Fig. 4 History of fishery development in the Yangtze River Basin

亭水库配额不超过 163 万 kg、野猪湖配额不超过 192 万 kg、保安湖配额不超过 124 万 kg。在部分水库适当进行生态捕捞, 有规划、可持续地利用渔业资源, 对长江生态保护非但无害, 还具有积极意义^[58]。保水渔业利用不同生物之间相生相养的原理, 保证了渔业水体生态环境, 通过建立起的各种各样的良性循环圈, 维护了生态平衡, 实现绿水青山和金山银山转化的有效途径^[59]。例如千岛湖有机渔业的发展模式是一条集渔业资源开发和保护并重的发展之路。利用鲢、鳙控藻达到生态平衡, 同时大力发展有机鱼产业化项目, 实行品牌经营, 打造了“中国有机鱼之乡”, 提高渔业附加值, 增加渔业效益^[60]。千岛湖有机渔业的发展模式为全国各地大水面发展有机渔业提供了成功的模式。长江流域湖泊众多, 渔业资源丰富, 探索保水渔业, 发展有机渔业将大有可为。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 杨桂山, 翁立达, 李利锋. 长江保护与发展报告 2007[M]. 武汉: 长江出版社, 2007: 1-129.
Yang G S, Weng L D, Li L F. Yangtze Conservation and Development Report 2007[M]. Wuhan: Changjiang Press, 2007: 1-129 (in Chinese).
- [2] 吴志广, 陈述. 长江流域水资源开发保护中的关键科学和技术问题[J]. 长江科学院院报, 2021, 38(4): 1-6.
Wu Z G, Chen S. Key scientific and technological issues in water resources exploitation and protection in the Yangtze River Basin[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2021, 38(4): 1-6 (in Chinese).
- [3] 长江水系渔业资源调查协作组. 长江水系渔业资源 [M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 1-126.
Joint Investigation Group on Resource of *Coilia ectenes* in Yangtze River. Resource of *Coilia ectenes* in the Yangtze River[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 1-126 (in Chinese).
- [4] 杨海乐, 沈丽, 何勇凤, 等. 长江水生生物资源与环境本底状况调查 (2017-2021)[J/OL]. 水产学报. (2022-10-10). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1283.S.20221009.1234.004.html>.
Yang H L, Shen L, He Y F, et al. Status of aquatic organisms resources and their environments in Yangtze river system (2017-2021)[J/OL]. Journal of Fisheries of China. (2022-10-10). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1283.S.20221009.1234.004.html> (in Chinese).
- [5] 刘飞, 林鹏程, 黎明政, 等. 长江流域鱼类资源现状与保护对策[J]. 水生生物学报, 2019, 43(S1): 144-156.
Liu F, Lin P C, Li M Z, et al. Situations and conservation strategies of fish resources in the Yangtze River Basin[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2019, 43(S1): 144-156 (in Chinese).
- [6] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2021 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 3-60.
Fisheries and Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2021 China Fishery Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021: 3-60 (in Chinese).
- [7] 陈大庆, 段辛斌, 刘绍平, 等. 长江渔业资源变动和管理对策[J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 685-690.
Chen D Q, Duan X B, Liu S P, et al. On the dynamics of fishery resources of the Yangtze River and its management[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2002, 26(6): 685-690 (in Chinese).
- [8] 李红炳, 徐德平. 洞庭湖“四大家鱼”资源变化特征及原因分析[J]. 内陆水产, 2008, 6(6): 34-36.
Li H B, Xu D P. Characteristics and cause analysis of the four major Chinese carps resources variation in Lake Dongting[J]. Inland Fisheries, 2008, 6(6): 34-36 (in Chinese).
- [9] 农业农村部. 农业农村部关于印发《长江流域水生生物完整性指数评价办法 (试行)》的通知 [EB/OL]. (2022-03-24). http://www.moa.gov.cn/nybgb/2022/202202/202203/t20220324_6393832.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Notice of the ministry of agriculture and rural affairs of the people's republic of China on printing and distributing the evaluation system of aquatic biological integrity index in the Yangtze River Basin (Trial)[EB/OL]. (2022-03-24). http://www.moa.gov.cn/govpublic/CJB/202112/t20211231_6386067.htm (in Chinese).
- [10] 习近平. 在深入推动长江经济带发展座谈会上的讲话 [EB/OL]. (2019-08-31). http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2019-08/31/c_1124940551.htm.
Xi J P. Speaking at a symposium on further promoting the development of the Yangtze River Economic Belt [EB/OL]. (2019-08-31). http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2019-08/31/c_1124940551.htm (in Chinese).
- [11] 陈进. 长江流域生态红线及保护对象辨识[J]. 长江技

- 术经济, 2018, 2(1): 30-36.
- Chen J. Identification of the ecological red line and protect object of the Yangtze River[J]. *Technology and Ecology of Changjiang*, 2018, 2(1): 30-36 (in Chinese).
- [12] 郜志云, 姚瑞华, 续衍雪, 等. 长江经济带生态环境保护修复的总体思考与谋划[J]. *环境保护*, 2018, 46(9): 13-17.
- Gao Z Y, Yao R H, Xu Y X, *et al.* General thinking and planning of promoting the ecological environmental protection and restoration in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Environmental Protection*, 2018, 46(9): 13-17 (in Chinese).
- [13] 中华人民共和国审计署办公厅. 长江经济带生态环境保护审计结果 2018 年第 3 号公告 [EB/OL]. (2018-06-19). <http://www.audit.gov.cn/n9/n1580/n1583/c123511/content.html>.
- Office of the Auditor-General of the People's Republic of China. Audit results of ecological environmental protection in Yangtze River Economic Belt[EB/OL]. (2018-06-19). <http://www.audit.gov.cn/n9/n1580/n1583/c123511/content.html> (in Chinese).
- [14] Su G H, Logez M, Xu J, *et al.* Human impacts on global freshwater fish biodiversity[J]. *Science*, 2021, 371(6531): 835-838.
- [15] 谢平. 长江的生物多样性危机-水利工程是祸首, 酷渔乱捕是帮凶[J]. *湖泊科学*, 2017, 29(6): 1279-1299.
- Xie P. Biodiversity crisis in the Yangtze River: The culprit was dams, followed by overfishing[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2017, 29(6): 1279-1299 (in Chinese).
- [16] 陈宇顺. 长江流域的主要人类活动干扰、水生态系统健康与水生态保护[J]. *三峡生态环境监测*, 2018, 3(3): 66-73.
- Chen Y S. Anthropogenic disturbance, aquatic ecosystem health, and water ecological conservation of the Yangtze River Basin in China[J]. *Ecology and Environmental Monitoring of Three Gorges*, 2018, 3(3): 66-73 (in Chinese).
- [17] 危起伟. 从中华鲟(*Acipenser sinensis*)生活史剖析其物种保护: 困境与突围[J]. *湖泊科学*, 2020, 32(5): 1297-1319.
- Wei Q W. Conservation of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) based on its life history: Dilemma and breakthrough[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2020, 32(5): 1297-1319 (in Chinese).
- [18] 邱顺林, 黄木桂, 陈大庆. 长江鲟鱼资源现状和衰退原因的研究[J]. *淡水渔业*, 1998, 28(1): 18-21.
- Qiu S L, Huang M G, Chen D Q. Study on the resources status of *Tenualosa reevesii* and the induced reasons in the Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 1998, 28(1): 18-21 (in Chinese).
- [19] 董芳. 鲟种群变化特征及其对鱼类保护的启示 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2021.
- Dong F. Population change of *Tenualosa reevesii* and its implications for fish conservation[D]. Guiyang: Guizhou University, 2021 (in Chinese).
- [20] Barneche D R, Robertson D R, White C R, *et al.* Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size[J]. *Science*, 2018, 360(6389): 642-645.
- [21] 中华人民共和国农业农村部. 保护长江水生生物资源禁渔为何一禁就是 10 年?[EB/OL]. (2019-10-29). http://www.yyj.moa.gov.cn/gzdt/201910/t20191029_6330735.htm.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Why is fishing banned for 10 years to protect the aquatic living resources of the Yangtze River?[EB/OL]. (2019-10-29). http://www.yyj.moa.gov.cn/gzdt/201910/t20191029_6330735.htm (in Chinese).
- [22] 酃珊, 陈家宽, 王小明. 淡水鱼类入侵种的分布、入侵途径、机制与后果[J]. *生物多样性*, 2016, 24(6): 672-685.
- Li S, Chen J K, Wang X M. Global distribution, entry routes, mechanisms and consequences of invasive freshwater fish[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(6): 672-685 (in Chinese).
- [23] Jin B S, Winemiller K O, Ren W W, *et al.* Basin-scale approach needed for Yangtze River fisheries restoration[J]. *Fish and Fisheries*, 2022, 23(4): 1009-1015.
- [24] Liu C L, He D K, Chen Y F, *et al.* Species invasions threaten the antiquity of China's freshwater fish fauna[J]. *Diversity and Distributions*, 2017, 23(5): 556-566.
- [25] 陈银瑞, 杨君兴, 李再云. 云南鱼类多样性和面临的危机[J]. *生物多样性*, 1998, 6(4): 272-277.
- Chen Y R, Yang J X, Li Z Y. The diversity and present status of fishes in Yunnan Province[J]. *Biodiversity Science*, 1998, 6(4): 272-277 (in Chinese).
- [26] 巴家文, 陈大庆. 三峡库区的入侵鱼类及库区蓄水对外来鱼类入侵的影响初探[J]. *湖泊科学*, 2012, 24(2): 185-189.
- Ba J W, Chen D Q. Invasive fishes in Three Gorges Reservoir area and preliminary study on effects of fish invasion owing to impoundment[J]. *Journal of Lake Science*

- ences, 2012, 24(2): 185-189 (in Chinese).
- [27] 中华人民共和国农业农村部. 长江办组织召开《长江监测体系建设实施方案》专题研讨会 [EB/OL]. (2020-09-04). http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202009/t20200904_6351561.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. The Yangtze River office organized a symposium on the implementation plan for Yangtze River monitoring system construction[EB/OL]. (2020-09-04). http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202009/t20200904_6351561.htm (in Chinese).
- [28] 中华人民共和国生态环境部. 中华人民共和国野生动物保护法 [EB/OL]. (2018-11-13). http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/fl/201811/t20181113_673571.shtml.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Wildlife Protection law of the People's Republic of China[EB/OL]. (2018-11-13). http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/fl/201811/t20181113_673571.shtml (in Chinese).
- [29] 盛强, 茹辉军, 李云峰, 等. 中国国家级水产种质资源保护区分布格局现状与分析[J]. 水产学报, 2019, 43(1): 62-80.
Sheng Q, Ru H J, Li Y F, *et al.* The distribution pattern of national aquatic germplasm reserves in China[J]. Journal Of Fisheries of China, 2019, 43(1): 62-80 (in Chinese).
- [30] 中华人民共和国农业农村部. 保护濒危水生生物正确操作方式 [EB/OL]. (2020-04-13). http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/ztl/202004/t20200413_6341379.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. The correct way to protect endangered aquatic life[EB/OL]. (2020-04-13). http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/ztl/202004/t20200413_6341379.htm (in Chinese).
- [31] 朱传亚. 长江流域水生生物保护区现状研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2022.
Zhu C Y. Study on the current status of aquatic biological reserves in the Yangtze River Basin[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2022 (in Chinese).
- [32] 张照鹏, 董芳, 杜浩, 等. 长江中下游区增殖放流现状与对策研究[J]. 淡水渔业, 2021, 51(6): 19-28.
Zhang Z P, Dong F, Du H, *et al.* Current status and suggestions on stock enhancement in the Middle and Lower Yangtze River area[J]. *Freshwater Fisheries*, 2021, 51(6): 19-28 (in Chinese).
- [33] 叶志祥, 张辉, 吴金明, 等. 中国西南区水域增殖放流回顾与对策研究[J]. 中国水产科学, 2021, 28(7): 819-831.
Ye Z X, Zhang H, Wu J M, *et al.* Review on enhancement and release of aquatic organisms in Southwest China and further policy considerations[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2021, 28(7): 819-831 (in Chinese).
- [34] 李德旺, 李红清, 雷明军, 等. 长江上游生态环境敏感度与水电开发生态制约性研究 [M]. 武汉: 长江出版社, 2016: 5-39.
Li D W, Li H Q, Lei M J, *et al.* Ecological Environmental Sensitivity and Ecological Constraints of Hydropower Development in the Upper Reaches of Yangtze River[M]. Wuhan: Changjiang Press, 2016: 5-39 (in Chinese).
- [35] 水利部长江水利委员会. 长江治理与保护报告 [R]. 武汉: 水利部长江水利委员会, 2019.
Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources. Yangtze conservation and development report[R]. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, 2019 (in Chinese).
- [36] 刘兆孝, 李红清, 杨寅群, 等. 长江流域水利水电工程与河湖健康保护研究[J]. 水利水电快报, 2020, 41(1): 67-72.
Liu Z X, Li H Q, Yang Y Q, *et al.* Research on water conservancy and hydropower projects and health protection of rivers and lakes in Yangtze River Basin[J]. *Express Water Resources & Hydropower Information*, 2020, 41(1): 67-72 (in Chinese).
- [37] Diagne C, Leroy B, Vaissière A C, *et al.* High and rising economic costs of biological invasions worldwide[J]. *Nature*, 2021, 592(7855): 571-576.
- [38] Gu D E, Wang J W, Xu M, *et al.* Does aquaculture aggravate exotic fish invasions in the rivers of southern China?[J]. *Aquaculture*, 2022, 547: 737492.
- [39] 李琴, 马涛, 杨海乐. 长江十年禁渔: 大河流域系统性保护与治理的实践[J]. 科学, 2021, 73(5): 7-10.
Li Q, Ma T, Yang H L. Ten-year fishing ban at Yangtze: Systematic protection and governance practice of Large River Basin[J]. *Science*, 2021, 73(5): 7-10 (in Chinese).
- [40] 傅小峰, 肖鸣鹤, 傅国桢. 鄱阳湖渔业发展与生态保护探析[J]. 中国渔业经济, 2015, 33(2): 52-56.
Fu X F, Xiao M H, Fu G Z. Study on fishery development and ecological protection in Poyang Lake[J].

- Chinese Fisheries Economics*, 2015, 33(2): 52-56 (in Chinese).
- [41] Chen D Q, Xiong F, Wang K, *et al.* Status of research on Yangtze fish biology and fisheries[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2009, 85(4): 337-357.
- [42] Liu X J, Qin J 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.
- [43] 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.
- [44] Yang S L, Xu K H, Milliman J D, *et al.* Decline of Yangtze River water and sediment discharge: Impact from natural and anthropogenic changes[J]. *Scientific Reports*, 2015, 5: 12581.
- [45] 刘洪军, 宋爱环. 加强水产种质资源保护利用[J]. *中国水产*, 2020(9): 31-32.
Liu H J, Song A H. Strengthen the protection and utilization of aquatic germplasm resources[J]. *China Fisheries*, 2020(9): 31-32 (in Chinese).
- [46] 李梦龙, 郑先虎, 吴彪, 等. 我国水产种质资源收集、保存和共享的发展现状与展望[J]. *水产学杂志*, 2019, 32(4): 78-82.
Li M L, Zheng X H, Wu B, *et al.* Advances and prospects in research on collection, preservation and sharing of aquaculture germplasm resources in China[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2019, 32(4): 78-82 (in Chinese).
- [47] 乔德亮. 水产动物种质资源保护策略和措施[J]. *内陆水产*, 2004, 29(2): 39-40.
Qiao D L. Conservation strategies and measures of aquatic animal germplasm resources[J]. *Inland Fisheries*, 2004, 29(2): 39-40 (in Chinese).
- [48] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 长江流域鱼类物种多样性大尺度格局研究[J]. *生物多样性*, 2005, 13(6): 473-495.
Yu X D, Luo T H, Zhou H Z. Large-scale patterns in species diversity of fishes in the Yangtze River Basin[J]. *Biodiversity Science*, 2005, 13(6): 473-495 (in Chinese).
- [49] 赵奇蕾, 陈桂莹, 祁思琼, 等. 休闲渔业经济研究进展[J]. *海洋湖沼通报*, 2022, 44(4): 176-184.
Zhao Q L, Chen G Y, Qi S Q, *et al.* Research progresses of recreational fishery economy[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2022, 44(4): 176-184 (in Chinese).
- [50] 吴广仲. 休闲渔业对渔业经济的影响[J]. *南方农业*, 2021, 15(26): 116-117.
Wu G Z. The impact of recreational fishery on fishery economy[J]. *South China Agriculture*, 2021, 15(26): 116-117 (in Chinese).
- [51] 李花. 美国休闲渔业发展模式经验及借鉴研究[J]. *企业家天地*, 2014(2): 93-94.
Li H. Experience and reference study of American recreational fishery development model[J]. *Entrepreneurs World*, 2014(2): 93-94 (in Chinese).
- [52] 张佩怡, 俞存根, 刘惠. 中国与澳大利亚休闲渔业管理比较研究[J]. *中国渔业经济*, 2020, 38(1): 22-28.
Zhang P Y, Yu C G, Liu H. Comparative analysis of the management status of recreational fisheries between China and Australia[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2020, 38(1): 22-28 (in Chinese).
- [53] 蔡庆华. 长江大保护与流域生态学[J]. *人民长江*, 2020, 51(1): 70-74.
Cai Q H. Yangtze River conservation and watershed ecology[J]. *Yangtze River*, 2020, 51(1): 70-74 (in Chinese).
- [54] 吴金明, 董春燕, 张辉, 等. 长江中游干流垂钩渔业调查[J]. *中国渔业经济*, 2021, 39(1): 39-44.
Wu J M, Dong C Y, Zhang H, *et al.* Investigations on sport angling in the Middle reaches of the Yangtze River[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2021, 39(1): 39-44 (in Chinese).
- [55] Liu J G, Diamond J. China's environment in a globalizing world[J]. *Nature*, 2005, 435(7046): 1179-1186.
- [56] Qiu J. Trouble on the Yangtze[J]. *Science*, 2012, 336(6079): 288-291.
- [57] 鲁统赢, 陈梦霞. 我国淡水渔业生产现状及发展策略[J]. *南方农业*, 2016, 10(15): 146,148.
Lu T Y, Chen M X. Current status and development strategy of freshwater fishery production in China[J]. *South China Agriculture*, 2016, 10(15): 146,148 (in Chinese).
- [58] 吴纯新. 科学护水, 不能光禁渔还得会捞鱼 [N]. *科技日报*, 2022-02-22(006).
Wu C X. Science to protect water, can not only ban fishing also have to catch fish[N]. *Science and Technology Journal*, 2022-02-22(006) (in Chinese).
- [59] 宋权礼. 保水渔业对我国湖泊生态治理与综合开发的意义——以“千岛湖模式”为例[J]. *中国林业产业*, 2020(S2): 47-51.
Song Q L. The significance of water-preserving fishery to lake ecological control and comprehensive exploitation of water resources in China[J]. *China Forestry Industry*, 2020(S2): 47-51 (in Chinese).

- tion in China-A case study on "Qiandao Lake Model"[J]. China Forestry Industry, 2020(S2): 47-51 (in Chinese).
- [60] 邵建强, 何光喜, 桑传其, 等. 千岛湖有机(生态)渔业发展模式探讨[J]. 中国渔业经济, 2005, 23(4): 35-37.
- Shao J Q, He G X, Sang C Q, *et al.* Discussion on the development model of organic (ecological) fishery in Qiandao Lake[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2005, 23(4): 35-37 (in Chinese).

Protection and development after the ten-year fishing ban in the Yangtze River

DONG Fang¹, FANG Dongdong^{2,#}, ZHANG Hui³, WEI Qiwei^{1,2,3,4*}

(1. Laboratory of Animal Genetics, Breeding and Reproduction in the Plateau Mountainous Region, Ministry of Education, College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China.;

2. Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214000, China;

3. Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China;

4. The Center for Chinese Sturgeon Conservation, Wuhan 430223, China)

Abstract: The Yangtze River is the longest river in China, stretching 6 300 km and playing an irreplaceable role in the country's ecosystem. It is also home to one of the world's richest aquatic biodiversity, with 443 freshwater fish species and 156 of them being endemic to the river. As a major source of freshwater fishery production in China, the capture fishery yield accounts for 60% of the total Chinese inland fisheries output. However, human activities such as hydro project construction, enclosing-lake cultivation, overfishing, water pollution, shipping development, and exotic fish species invasion have caused a declined aquatic ecosystem service of the Yangtze River ecosystem. This decline is reflected in the decrease in fish species, increase in endangered species, miniaturization of fish individuals, and increase of exotic species. To resolve this issue, the Chinese government has implemented a ten-year fishing ban in the Yangtze River, starting on January 1, 2021, with the aim of restoring the aquatic environment and conserving the aquatic biodiversity. To ensure the sustainable development of fishery resources in the Yangtze River, it is suggested to coordinate the relationship between ecological protection and fishery development, innovate the management system and mechanism, and adjust service objectives according to changes in the Yangtze River aquatic ecosystem. These studies aim to provide a scientific policy suggestion for the protection of the Yangtze River aquatic ecosystem and the sustainable development of its fishery resources.

Key words: Yangtze River; a ten-year fishing ban; fishery resources; ecological protection; fisheries development

Corresponding author: WEI Qiwei. E-mail: weiqw@yfi.ac.cn

Funding projects: Yangtze Fisheries Resources and Environment Investigation from the Ministry of Agriculture and Rural Affairs (2017-2021)