

综述

doi: 10.7541/2015.135

三峡水库生态渔业发展策略与关键技术研究分析

叶少文¹ 杨洪斌² 陈永柏² 刘家寿¹ 胡征宇¹ 毕永红¹ 李钟杰¹

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072;

2. 中国长江三峡集团公司科技环保部, 北京 100038)

摘要: 针对三峡水库蓄水后水体资源丰富、水生态系统发育尚不完善、支流库湾藻类“水华”问题较严重、鱼类群落结构有待调控、水生生物资源未有效利用和转化的现状, 阐述了三峡水库生态渔业作为生态系统保护途径和绿色产业的必要性与重要性, 提出了三峡水库生态渔业发展的总体目标与基本原则, 认为三峡水库发展生态渔业应以生态安全保障和水质养护为首要任务, 严格控制外来物种的引种移植, 以土著鱼类自然繁殖保护和捕捞管理为主, 动态调控放流增殖的鱼类种类和数量为辅, 建立以鱼类群落合理配置和食物网结构优化为手段的水库生态系统调控技术体系, 促进高效的物质循环和能量流动, 实现环境保护和渔业增效的双赢。作者围绕渔业放流增殖、野生鱼类资源保护、捕捞管理、局部库区渔业调控、渔业生物控藻、社区渔业协调管理、生态渔业总体规划等方面, 分析了现阶段三峡水库生态渔业的重点研究任务与关键技术, 同时建议加强相关生态学理论与方法研究、技术示范和成果应用, 为三峡水库“以渔养水”、“渔-水和谐”的综合管理提供决策依据。

关键词: 生态渔业; 大型水库; 生态调控; 渔业增殖; 生态系统结构与功能; 生物操纵

中图分类号: S973.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2015)05-1035-06

三峡水库自建成蓄水以来, 逐步达到总库容 $393 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、最大水面面积 1084 km^2 , 水库生态系统也逐渐从原来的河流型生态系统转化为河道型水库生态系统^[1, 2]。在此过程中, 水体增加了约 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$, 原有喜流水性鱼类的分布范围向水库上游转移、种群规模变小甚至消亡, 喜静水性或缓流水鱼类的群落结构尚不成熟和稳定^[3-5], 导致水体初级生产力未被及时利用和转化; 同时支流、库湾等局部水域的营养物质丰富, 导致水流缓慢的区域水质较差, 在温度、光照等条件适宜的情况下容易发生藻类“水华”^[6]。因此, 当前迫切需要在三峡水库进行鱼类和其他生物群落的结构性和功能性调控, 科学规划和管理水库生态渔业, 合理利用三峡水库大量的水体饵料生物资源, 加快水体物质循环和能量转化, 促进建立新的生态平

衡, 维护三峡水库水生生态系统健康。本文围绕三峡水库生态渔业发展的必要性与重要性、总体目标与基本原则、研究任务与关键技术等方面展开分析, 探讨三峡水库渔业资源可持续利用与水环境保护的协同发展策略, 以期为三峡水库生态系统管理和三峡工程综合效益的充分发挥提供决策参考。

1 三峡水库发展生态渔业的必要性与重要性

1.1 生态渔业是调控和保护三峡水库生态系统的 重要途径

鱼类等水生经济动物作为水域食物网的主要组成部分, 在生态系统的能量传递和物质分配过程中扮演着重要角色, 其种类组成和资源量的变化对水库生态系统演化有着不可替代的作用^[3, 4]。以鱼类为

收稿日期: 2015-07-15; 修订日期: 2015-08-10

基金项目: 中国长江三峡集团公司科研项目(CT-12-08-01)资助

作者简介: 叶少文(1979—), 男, 安徽铜陵人; 博士; 主要从事渔业生态学研究。E-mail: yeshw@ihb.ac.cn

通信作者: 李钟杰, E-mail: zhongjie@ihb.ac.cn

主体的渔业生产可以利用水体的生物生产力, 将营养物质转化成渔产品, 减轻水体氮磷营养负荷; 同时, 鱼类作为生物操纵的重要对象, 可以通过营养级串联效应, 在水质管理和水体富营养化控制方面起到重要作用^[7, 8]。三峡水库生态渔业运用生态学原理和系统科学方法, 通过自然调控与人工调控相结合, 提高库区鱼类多样性和资源量, 优化渔业资源配置, 有效转化水体初级生产力, 是加快三峡水库从河流生态系统转化为河道型水库生态系统的有效途径, 也是提高水体自净能力、维护生态系统健康的重要手段。

1.2 三峡水库目前处于有利的渔业生态调控时期

三峡水库的建成和运行使一些关键环境因素(如水文特征和水化学作用)在空间和时间尺度上发生显著变化^[2, 9], 对水生生物的栖息、摄食和繁殖等方面产生不同程度影响。就鱼类而言, 三峡库区原有记载种类 148 种(含亚种)^[10], 蓄水后库尾至库首流速减缓、泥沙沉积、饵料生物组成变化, 这种条件适宜于喜缓流水或静水生活的鱼类, 而对需要在流水环境中繁殖或完成生活史的鱼类则会产生不利影响^[3—5], 干流和支流、沿岸区和敞水区之间生境的差异也影响不同种鱼类或同种鱼类不同生活史阶段的时空分布^[11]。目前三峡水库鱼类区系尚未完全发育成熟, 鱼类群落发展的可塑性和空间较大, 因而为群落调控和生态系统重建提供了不可错失的机遇, 通过适当的渔业资源结构性和功能性调控将有利于三峡水库鱼类区系向控藻、控污型群落结构发展, 有利于三峡水库生态系统的健康和渔业的可持续发展。

1.3 三峡库区渔业是当地社会和经济的重要组成部分

为实现三峡库区农村移民能够“移得出、稳得住、逐步致富”的目标, 国务院三峡工程建设委员会办公室在充分调查研究的基础上, 2001 年决定在库区发展柑桔林果业、草食畜牧业、旅游业和渔业等四大产业来帮助解决移民安置问题。三峡水库建成后, 具有发展生态渔业的有利条件: 一是水面资源丰富, 在 175 m 水位时水域面积约为 1084 km², 且水流、水质等条件较好, 适于开展放流增殖渔业; 二是优质水产品的国内外市场需求旺盛, 三峡水库在国内外的广泛知名度为库区发展生态渔业、创立优质品牌提供了广阔的市场; 三是长江是我国水生生

物的重要种质资源库, 生长繁殖着大量重要经济鱼类; 四是地方政府和农民发展渔业积极性很高。发展三峡水库的生态渔业, 不仅可以科学充分地利用库区丰富的渔业资源, 形成独具特色的绿色产业区, 而且可以安置和稳定相当规模的移民, 维护社会稳定。

1.4 三峡库区不合理的渔业生产需要进行调整

三峡水库是长江上游地区传统渔业捕捞区, 目前从事捕捞渔业的渔民 1 万人以上, 常用渔具包括三层刺网、抬网、地笼、钩类等, 主要经济鱼类为鲢、鳙、鲤、鲫、蛇鮈、银鮈、光泽黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、翘嘴鮊、蒙古鮈、达氏鮈、贝氏蟹、鳊、草鱼、大眼鱂、鮰、铜鱼、鳡、太湖新银鱼等^[4, 5], 据调查统计, 2013 年和 2014 年的总捕捞产量分别约为 0.80 万吨和 0.87 万吨。除正常捕捞作业外, 由于库区的渔政管理力量严重不足, 而库区渔产品品质好, 市场价格不断飙升, 渔业捕捞秩序混乱, 酷鱼滥捕现象十分突出, 使库区渔业资源严重衰退, 大量的名优鱼类产量下降, 极大地增加了三峡水库生态系统的建设难度。因此, 通过以合理的渔业增殖和效益共享为技术手段, 制定科学规划(如设置禁渔区、捕捞区等), 发展可持续生态渔业是三峡库区捕捞管理和鱼类资源保护的重要需求。

1.5 三峡水库是建立渔业利用与水质保护示范基地的最佳场所

三峡水库是目前世界上最大的水库, 但多年来对其渔业资源保护和增殖的艰难性认识不足, 技术的投入明显欠缺, 三峡水库渔业的利用和发展亟需通过系统深入调查为基础的科学规划^[12]; 另一方面, 三峡水库具有极为重要的国际影响力和新闻敏感度, 建立水质保护型生态渔业利用模式, 将充分显示三峡水库水质保护与渔业利用兼顾的理念, 使其成为国际上兼顾渔业利用与水质保护的最佳示范基地。

2 三峡水库生态渔业发展的总体目标与基本原则

2.1 总体目标

针对三峡水库新的水资源和水环境特点, 以水质保护和生态安全保障为首要任务, 利用科技、资源优势, 按照生态学原理开发和综合利用三峡水库渔业资源, 通过生态渔业关键技术研发、现有技术

配套和集成创新,寻找和探索适于三峡水库的生态渔业管理措施和技术手段,合理利用水体饵料生物资源,促进水体物质循环和能量转化,减少过度开发和资源衰退的风险,实现重要经济鱼类生产的可持续性,防止库区生物多样性损失,保持高就业水平,提高渔业收入,打造三峡水库有机鱼新品牌,向国内外消费者提供优质鱼产品,促进三峡库区环境保护、渔业增效、移民增收。

2.2 基本原则

坚持渔业发展以保护水质和生态安全为前提。三峡水库生态渔业的发展方式与规模,必须以水质保护和生态安全保障为前提,严格控制外来物种的引种移植。通过放流增殖土著滤食性鱼类(鲢、鳙)和碎屑食性鱼类(如鲴类),直接利用浮游生物和有机碎屑;发展以食鱼性鱼类(如鳜、翘嘴鮊等)增殖为途径的水质养护型渔业,发挥食鱼性鱼类在食物网调控、低值饵料资源转化等方面的作用;根据生态容量控制放养种类的种群密度,避免对水生生态系统的不良影响。

坚持“在保护中开发、在开发中保护”同步。水生生物资源是可再生资源,合理利用可促进其再生,但如果利用强度超过其再生能力,资源就会枯竭,甚至造成物种灭绝^[13]。因此,必须坚持渔业开发与动态监控同步,渔业发展与生态保护同步,在保护中开发、在开发中保护,使三峡水库的渔业资源得到可持续利用。

寻求高技术含量、产业化经营、名优化发展的渔业模式 我国淡水渔业发展至今,积累了丰富的实践经验,生产经营水平也迅速提高,水产品市场竞争日趋激烈,消费者对水产品质量和安全方面的要求越来越高。三峡水库生态渔业必须面向全国乃至国际,探索高技术含量、产业化经营、名优化发展模式,创立绿色环保品牌。

全面规划、合理布局、突出重点、分阶段实施。根据三峡库区的自然条件、社会发展需求和市场前景,对三峡水库生态渔业进行全面规划与合理布局,突出重点渔区、重点增养殖方式、重点增养殖种类,分阶段实施,稳步推进。

坚持多层次、多渠道筹措资金 三峡水库生态渔业发展以水质保护为契机,以国家投入为引导,调动地方、企业和农民等各方主体的积极性,建立符合市场经济规律的投资运行机制。

3 三峡水库生态渔业的重点研究任务与关键技术分析

3.1 三峡水库渔业放流增殖关键技术研究

依据水生生物群落结构优化和水库生态系统设计理念,在三峡库区水环境动态、饵料生物组成与生产力、鱼类时空分布格局及影响因素、主要经济鱼类生活史特征、摄食习性和种群动态等综合调查的基础上,遴选适宜的增殖放流种类,重点研究放流苗种来源与质量保障技术、鱼类资源定量评估技术、不同生态类群鱼类的组合放流技术、放流效果评价技术等。

放流苗种来源与质量保障关键技术 研究放流土著鱼类的苗种繁育和中间培育技术,整合、提高和优化苗种生产技术与工艺,形成三峡水库健康苗种繁育技术体系、放流苗种质量评价技术体系(包括大群体亲本、生物学性状、苗种品质和疫病检疫等),组建三峡库区土著经济鱼类增殖的苗种供应服务网络。

鱼类时空分布的资源量评估关键技术 利用现代水声学技术,结合传统鱼类采样和渔获物调查方法,研究三峡水库天然鱼类的季节和空间分布特征,分析库区鱼类群落多样性的时空格局与水环境变化和饵料生物资源的关系,阐明特定鱼类种群的生境需求。

鱼类组合增殖放流与效果评估关键技术 根据水体初级生产力、饵料生物、种间关系、鱼类群落结构和生态位状况,以及捕捞作业类型与强度,确定库区的适宜放流种类、放流规格、放流时间和地点;通过研究三峡水库食物网结构与营养动力学特征,系统评估增殖放流的生态容量和渔产潜力;通过研究放流前后渔业资源结构和水环境的变化特征,建立增殖效果评价与生态风险评估技术体系。

3.2 库区野生经济鱼类资源保护和可持续利用关键技术研究

针对三峡库区野生经济鱼类群落结构特征,结合蓄水后水文情势的变化,重点研究野生经济鱼类生活史早期生长发育与资源补充过程,提出早期资源保护的关键技术;研究重要野生经济鱼类繁殖适应性和繁殖策略,以及产卵场保护与构建关键技术;研究三峡水库渔具、渔法的捕捞选择性和重要野生经济鱼类的生长特征,提出捕捞管理与种群调节关

键技术。

重要野生经济鱼类早期资源补充过程与保护关键技术 通过三峡库尾江段入库的鱼类早期资源调查和三峡库区幼鱼资源调查, 分析库区洄游型鱼类繁殖活动规律和规模, 定居型鱼类幼鱼的时空分布特征和资源现状; 研究三峡水库重要野生经济鱼类早期生长发育、资源补充情况, 评估野生经济鱼类早期资源对三峡库区鱼类资源贡献率, 提出野生经济鱼类早期资源的保护与管理关键技术。

重要野生经济鱼类产卵场保护与构建关键技术 以三峡库区重要经济鱼类(如铜鱼、大眼鱖、白甲鱼、厚颌鲂、长吻鮊等)为对象, 摸清其繁殖适应性、繁殖策略以及产卵场的生境条件和规模, 研究人工产卵场构建、人工鱼礁和浮性人工鱼巢设置等关键技术, 为库区野生经济鱼类资源保护和恢复提供基础条件。

库区捕捞管理与种群调节关键技术 研究主要渔具的捕捞选择性和渔获种类的种群特征, 结合三峡水库食物网动态分析, 综合评估捕捞对渔业资源和水环境的生态学影响, 发展基于“多渔具-多种群”的捕捞管理和种群调节关键技术, 包括确定最小起捕尺寸和总允许渔获量, 制定合理的渔具规格参数、捕捞强度、禁捕区和禁捕期等。

3.3 局部库区渔业调控与控藻关键技术研究

针对典型支流、库湾的水环境和渔业资源特点, 以高效利用局部库区资源、转化水体内源性和外源性营养物质为目的, 发展适用于三峡水库局部库区的水环境安全评估技术、渔业调控与资源利用技术、渔业生物操纵关键技术, 促进三峡支流与库湾良好的物质循环和能量流动, 提高水体自我调节、自我恢复和自我净化的能力。

典型支流和库湾的水环境背景与生态安全评估关键技术 开展典型支流和库湾的水环境背景调查, 从水质、水体营养状况、入库污染负荷、水域物质循环和能量流动特性等方面评估水体生态系统的健康状况, 并对“水华”多发水域进行生态毒理学研究, 将所取得的数据用于评估该水域的生态安全。

典型支流和库湾渔业调控与资源利用关键技术 通过开展不同时空尺度的渔业资源利用试验(如中宇宙、围隔、围栏试验等), 确定典型支流和库湾食物网结构优化方案, 发展适用于三峡水库局部库区的渔业调控与资源利用关键技术, 将局部水体中的

物质和能量有效转化为可供人类利用的高品质的蛋白质和食物。

典型污染支流渔业生物控藻关键技术 依据生态位互补原理、生物操纵理论和生态系统自组织修复原则, 以藻类“水华”控制和水体氮磷负荷消减为目的, 在典型污染支流放养滤食性鱼类利用和控制浮游藻类, 放养碎屑食性鱼类利用水体有机碎屑, 放养食性鱼类捕食经济价值低的浮游动物食性小型鱼类而间接控制藻类。通过这些不同生态类群鱼类的增养殖技术研究, 建立典型支流基于富营养化控制的渔业管理技术体系。

消落区季节性渔业利用技术 针对三峡水库消落区具有淹水时间长、淹水深度大而且是反季节淹水的特点, 开展消落区季节性渔业利用技术研究, 如适宜消落区水环境特征的鱼种选择技术、消落区鱼种集约化速成培育技术、消落区淹没过程中苗种管理技术等, 以充分利用水域资源、减少渔业管理和运输成本、提高经济和社会效益。

3.4 社区渔业协调管理与生态渔业规划关键技术研究

研究三峡水库周边社区与水库渔业经营等各种资源和社会服务功能的综合分配与管理模式, 动员全社会保护库区生态环境, 合理利用库区资源, 建立长效管理机制和效益共享机制, 实现非自愿性移民的自愿性转变。进行社区渔业投资与利益共享的综合试验, 开展三峡水库生态渔业总体发展规划研究。

三峡库区跨界水域渔业政策协调与效益共享关键技术 以三峡库区跨界水域的协调运作与效益共享机制研究为目的, 通过数据库资料收集、实地调研以及专家咨询等形式研究, 确立规范全面、可操作性强的三峡库区渔业协同管理运行模式, 实现三峡库区渔业经济和生态环境的良性可持续发展。

社区渔业投资与利益共享关键技术 从本地资源和基础条件出发, 在经营方式、投资规模、技术水平、资金来源、投资效果等调查、分析和评价的基础上, 开展社区渔业投资与利益共享的综合试验, 不断完善渔业社区管理模式, 促进库区渔业经济可持续发展。

三峡水库生态渔业总体规划关键技术 针对三峡水库水环境、生物生产力和渔业资源特征, 坚持渔业发展以保护水质为前提, 以水库水资源的合理利用和生态系统健康维护为主要任务, 从社会和

生态可持续发展的角度,制定三峡水库生态渔业发展总体规划。要求规划的指导思想和基本原则体现科学发展观,规划的目标与布局合理,总体方案切实可行。通过规划的分步实施,基于渔产品的输出和生态系统的生物操纵可消减三峡水库氮磷负荷,基于生态渔业发展和绿色水产品的创建可促进库区经济发展,解决库区移民生计问题,实现水电工程建设与库区移民安置和环境保护的协调发展。

4 小结与展望

三峡水库渔业结构调整与生态系统功能的协调是解决库区经济发展与环境保护矛盾的关键。三峡水库发展生态渔业应以保护水库生物多样性、生态安全和养护水质为前提,严格控制外来物种的引种移植,以土著鱼类自然繁殖保护和捕捞管理为主,动态调控人工放流的鱼类种类和数量为辅。当前迫切需要在对三峡水库水体生态系统调查和资源动态评估的基础上,阐释水域生态系统演替规律和食物网特征,在促进高效的物质循环和能量流动的原则下,采用组合渔业调控技术,人工补充或增强食物链的相关环节,改善水体的生态系统结构,增强其生态与环境服务功能,提高水体的自我调节、自我恢复和自我净化的能力,并最大限度地利用水体的初级生产力获得渔产品,建立以鱼类群落结构调控与优化配置为主要操控手段的水库生态系统调控技术体系,有序利用三峡水库水体和渔业资源,实现环境保护和移民增收的双赢,同时提出库区生态渔业长效管理的规程和生态渔业发展的总体规划。

水域生态系统物质流动和生物间相互作用的上行与下行效应,是三峡水库鱼类增殖放流和渔业生物操作技术研究的重要理论基础,根据生态学理论建立的生态管理技术是解决合理利用三峡水库渔业资源、促进营养物质上岸、防止三峡水库“水华”发生、保障三峡水库水质安全和生态系统健康等问题的重要途径。今后三峡水库生态渔业研究需要进一步加强相关学科的结合,加强对已有研究的数据共享、集成总结与整合分析,突出水库生态系统层面的关联分析和动态预测,重视在标准化方法(如水声学手段)指导下的库区渔业资源与环境长期跟踪监测,解析三峡水库营养状态变化和渔业生物群落时空分布的动态关系,以及三峡水库生态系统稳态演替规律、生态渔业调控的驱动和协调作用,形成有

效的理论和方法来指导三峡水库生态渔业的关键技术发展,满足国家在三峡水库水环境保护与生态建设中的需求。

在开展各项关键技术研究的同时应加强三峡水库生态渔业技术示范工程建设,例如土著鱼类产卵场修复与群落优化技术示范、鱼类组合增殖放流与效果评估技术示范、库湾与支流渔业调控与资源利用技术示范、适宜三峡水库的渔业生物控藻技术示范、社区渔业投资与利益共享的综合试验示范等,以示范工程建设的实际效果来促进生态渔业关键技术研究的深入。通过总结相关技术示范工程的实践成果和教训,并借鉴其他水库和湖泊渔业(如千岛湖^[14]、保安湖^[15])的成功管理经验,提出三峡水库生态渔业模式的指导性意见、最佳组合方式、适宜推广模式和适用范围等,为三峡水库“以渔养水”、“渔-水和谐”的综合管理提供决策依据。

参考文献:

- [1] Huang Z L, Wu B F, Ao L G. Study on the Ecological and Environmental Monitoring System for the Three Gorges Project [M]. Beijing: Science Press. 2006, 21—32 [黄真理, 吴炳方, 敖良桂. 三峡工程生态与环境监测系统研究. 北京: 科学出版社. 2006, 21—32]
- [2] Cai Q H, Sun Z Y. Water environment and aquatic ecosystem of Three Gorges Reservoir, China: progress and prospects [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2012, 24(2): 169—177 [蔡庆华, 孙志禹. 三峡水库水环境与水生态研究的进展与展望. 湖泊科学, 2012, 24(2): 169—177]
- [3] Gao X, Zeng Y, Wang J W, Liu H Z. Immediate impacts of the second impoundment on fish communities in the Three Gorges Reservoir [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2010, 87: 163—173
- [4] Perera H A C C, Li Z J, De Silva S S, et al. Effect of the distance from the dam on river fish community structure and compositional trends, with reference to the Three Gorges Dam, Yangtze River, China [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(3): 438—445 [H. A. C. C. Perera, 李钟杰, S. S. De Silva, 等. 三峡水库不同区域对鱼类群落结构和鱼类组成动态的影响. 水生生物学报, 2014, 38(3): 438—445]
- [5] Zhao S S, Ye S W, Xie S G, et al. The current situation of fishery resources and management suggestions in the Xiangxi River of the Three Gorges Reservoir [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, 39(5): 973—982 [赵莎莎, 叶少文, 谢松光, 等. 三峡水库香溪河鱼类资源现状及渔业管理建议. 水生生物学报, 2015, 39(5): 973—982]
- [6] Cai Q H, Hu Z Y. Studies on eutrophication problem and control strategy in the Three Gorges Reservoir [J]. *Acta*

- Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30**(1): 7—11 [蔡庆华, 胡征宇. 三峡水库富营养化问题与对策研究. 水生生物学报, 2006, **30**(1): 7—11]
- [7] Xie P. Silver Carp and Bighead, and Their Use in the Control of Algal Blooms [M]. Beijing: Science Press. 2003, 116 [谢平. 鲢、鳙与藻类水华控制. 北京: 科学出版社. 2003, 116]
- [8] Jeppesen E, Sondergaard M, Lauridsen T L. Biomanipulation as a restoration tool to combat eutrophication: recent advances and future challenges [J]. *Advances in Ecological Research*, 2012, **47**: 411—488
- [9] Wang S Y, Zhou Z J, Wang Z C, et al. Distribution of nutrient elements and its relationship with algal growth in the Three Gorges Reservoir [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(5): 910—919 [王司阳, 周子俊, 汪志聪, 等. 三峡水库营养元素的分布及其与藻类生长的关系. 水生生物学报, 2015, **39**(5): 910—919]
- [10] Liu J K, Cao W X. Fish resources of the Yangtze River Basin and the tactics for their conservation [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Valley*, 1992, **1**(1): 17—23 [刘建康, 曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策. 长江流域资源与环境, 1992, **1**(1): 17—23]
- [11] Lian Y X, Huang G, Godlewska M, et al. Hydroacoustic assessment of fish spatio-temporal distribution and abundance in Xiangxi River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(5): 920—929 [连玉喜, 黄耿, Godlewska M, 等. 基于水声学探测的香溪河鱼类资源时空分布特征评估. 水生生物学报, 2015, **39**(5): 920—929]
- [12] Li W X, Chen Y B, Liu J S, et al. Strategy for the development of fisheries in the Three Gorges Reservoir [J]. *Yangtze River*, 2008, **39**(2): 5—7 [李文祥, 陈永柏, 刘家寿, 等. 三峡水库渔业发展对策探讨. 人民长江, 2008, **39**(2): 5—7]
- [13] King M. *Fisheries Biology, Assessment and Management* (2nd edition) [M]. Oxford: Blackwell Publishing. 2007, 240
- [14] Liu Q G, He G X, Chen M K. Theoretical conception and application example of water conservation fishery [J]. *China Fisheries*, 2009, 20—22 [刘其根, 何光喜, 陈马康. 保水渔业理论构想与应用实例. 中国水产, 2009, 20—22]
- [15] Jin G, Li Z J, Xie P. Ecological theories for sustainable fishery in lakes and an example [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2003, **15**(1): 69—75 [金刚, 李钟杰, 谢平. 湖泊渔业可持续发展的生态学基础及一个范例. 湖泊科学, 2003, **15**(1): 69—75]

ANALYSIS ON THE DEVELOPMENT STRATEGIES AND KEY TECHNIQUES OF ECOLOGICAL FISHERIES IN THE THREE GORGES RESERVOIR, CHINA

YE Shao-Wen¹, YANG Hong-Bin², CHEN Yong-Bo², LIU Jia-Shou¹, HU Zheng-Yu¹, BI Yong-hong¹ and LI Zhong-Jie¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Department of S & T and Environment Protection, China Three Gorges Corporation, Beijing 100038, China)

Abstract: In this paper, based on the current status of water environment, living resources and ecosystem structure of the Three Gorges Reservoir (TGR), we clarified the necessity and importance of ecological fisheries in the TGR as a way of ecosystem protection and as green agriculture for local people. We put forward the overall goal and basic principles of ecological fisheries development in the TGR, underlining the priority of ecological security and water quality conservation. The introduction of alien species should be strictly prohibited in the reservoir. Enhancement of indigenous fish resources should be carried out through protection of natural reproduction, fishing management, and stocking with suitable species and number. To achieve a win-win situation for environmental protection and fishery benefit in the TGR, it is necessary to establish feasible ecosystem regulation technologies by optimizing the allocation of fish composition and food web structure and promoting high efficiency of nutrient cycling and energy transfer. We analyzed the main research tasks and key technologies for ecological fisheries in the TGR at the present stage, centering on the relevant aspects including protection of wild fishes, stocking enhancement, fishing management, fishery regulation in tributaries, biomanipulation on algal blooms, coordination of community fishery, and overall fishery planning. We suggested that there should be more studies in the future conducted on the related ecological theories and methods, technology demonstration, and application of key technologies.

Key words: Ecological fisheries; Large reservoir; Ecological regulation; Fisheries enhancement; Structure and function of ecosystem; Biomanipulation