



当代
杰出青年
科学文库

长江流域湖泊的 渔业资源与环境保护

FISHERY RESOURCES AND
CONSERVATION OF ENVIRONMENT IN
LAKES OF THE CHANGJIANG RIVER BASIN

崔奕波 李钟杰 主编



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

作者以长江流域天然湖泊为基地,从渔业发展和环境保护出发,运用了多种国内外先进的研究方法,取得大量的第一手数据。本书内容丰富,包括湖泊生物资源、环境特征、鱼类保护利用、渔产潜力、放养技术、集约化养殖技术及湖泊水草恢复技术的相关基础和应用研究成果。本书在江-湖复合生态系统结构与功能、湖泊水产放养种类的环境容量等问题的探讨和湖泊高效生态渔业模式生产实践的报道富有特色。

本书为我国湖泊渔业资源保护和利用提供了理论和实践依据,可作为渔业资源管理人员、科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

长江流域湖泊的渔业资源与环境保护/崔奕波,李钟杰主编. —北京:科学出版社, 2005

(当代杰出青年科学文库)

ISBN 7-03-015785-0

I. 长… II. ①崔…②李… III. ①长江流域-湖泊-水产资源-研究 ②长江流域-湖泊-环境保护-研究 IV. S922.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 066965 号

责任编辑:李 锋 盖 宇 王日臣 沈晓晶/责任校对:朱光光

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年9月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2005年9月第一次印刷 印张: 27 1/2 插页: 2

印数: 1—1 500 字数: 534 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

序

长江流域湖泊是我国淡水渔业的重要基地。然而，在多年湖泊渔业高速发展过程中，湖泊生态系统管理技术水平和管理强度落后于市场需求，重湖泊开发却忽视湖泊保护的问题极为严重，湖泊超负荷放养、过度捕捞、大量施肥投饵、湖区滥围滥圈等不合理渔业措施在各地大量出现，使湖泊环境和渔业资源保护受到严重影响。在我国水环境日益恶化、水资源日益短缺的今天，为提高大水面生态效益和环境效益，要尽快改变现有的捕捞和养殖模式，建立有利于水质保护的生态渔业新模式。

目前我国在湖泊渔业合理利用及如何协调湖泊渔业发展与湖泊环境保护的关系方面尚无较为系统的科学理论指导和实践示范，缺乏实用的科学技术指导书籍。《长江流域湖泊的渔业资源与环境保护》一书主要汇集了国家“九五”重点科技攻关计划“湖群规模化养殖技术”、中国科学院重大课题“典型湖泊渔业资源调控及优质高效渔业模式”和湖北省“十五”科技攻关重大项目“名优水产健康高效养殖技术及产业化开发”、国家“十五”科技攻关计划专题“湖泊鳊鱼生态养殖技术”和“863”子课题“受污染城市水体修复技术与示范工程”等重大科研项目的主要成果。作者以长江流域天然湖泊为研究基地，从渔业发展和环境保护出发，运用了多种国内外先进研究方法取得大量的第一手实验数据。全书内容丰富，包括湖泊生物资源、环境特征、鱼类保护利用、渔产潜力、放养技术、集约化养殖技术及湖泊水草恢复技术的相关基础和应用研究成果，系统探讨了长江流域湖泊实现无公害渔业的途径，提出了解决渔业发展和水环境保护的一些理论和技术方案，较全面地反映了长江流域湖泊渔业与资源环境协调发展的最新理论和技术。该书在江-湖复合生态系统结构与功能、湖泊水产放养种类的环境容量等理论性问题的探讨和湖泊高效生态渔业模式生产实践的报道方面富有特色，对于推动我国湖泊渔业的可持续发展有着重要的指导作用，是国内湖泊生态渔业科学理论研究和应用生产实践技术相结合的最新成果。

该书的出版为我国湖泊渔业资源保护和合理利用提供了理论和实践依据，适宜作为渔业资源管理人员、科研人员的参考书。

中国科学院院士 刘建康

目 录

序

第1章 湖泊渔业与水环境问题	1
1.1 长江中、下游湖泊渔业资源和环境现状	2
1.2 湖泊渔业结构调整与生态调控途径	5
第2章 中、小型湖泊的资源环境特征	9
2.1 代表性湖泊地理概况	9
2.2 湖水理化特征.....	18
2.3 浮游植物.....	30
2.4 浮游动物.....	41
2.5 底栖动物.....	51
2.6 大型水生植物.....	89
2.7 鱼类与渔业.....	93
第3章 大型通江湖泊（鄱阳湖）的资源环境特征	117
3.1 鄱阳湖地理概况	117
3.2 鄱阳湖及其附近长江干流理化环境特征	120
3.3 浮游植物与初级生产	124
3.4 浮游动物	134
3.5 底栖动物	142
3.6 大型水生植物	156
3.7 应用遥感图像数据估算鄱阳湖水生植被生物量	172
3.8 鱼类与渔业	181
第4章 湖泊鱼类和经济甲壳动物种群生物学及资源保护	193
4.1 梁子湖主要鱼类种群结构与环境变化	193
4.2 湖泊河蟹种群生态学	229
4.3 鄱阳湖鱼类群落结构及湖口江段鱼类早期资源	242
4.4 长江-鄱阳湖鲢、鳙种群遗传结构.....	258
4.5 鄱阳湖鱼类资源保护及利用对策	264
4.6 洪湖和洞庭湖鲫生活史特征比较	275
4.7 浅水湖泊虾类空间分布和种群生物学	294
第5章 湖泊重要放养对象的渔产潜力	300
5.1 草食性鱼类生产潜力	300

5.2	底食性鱼类渔产潜力	304
5.3	滤食性鱼类生产潜力	307
5.4	食鱼性鱼类生产潜力	313
5.5	草型湖泊河蟹的养殖容量	319
第6章	湖泊优质渔业种类的放养技术及渔业模式	328
6.1	保安湖河蟹的放养技术	328
6.2	牛山湖鳊鱼放流增殖技术	335
6.3	梁子湖团头鲂放养增殖技术	340
第7章	湖泊的半集约化和集约化养殖技术	347
7.1	集约化养殖对象的生理生态学	347
7.2	东太湖网围养殖技术及其环境效应	367
7.3	名优鱼类的网箱养殖技术	380
7.4	湖泊网箱养殖对水生生态系统影响的评估	389
7.5	湖泊鱼类的病害	400
参考文献		408

Contents

Foreword

Chapter 1 Threats to lake fisheries and water environment	1
1.1 Actuality of fishery resources and environment in the lakes along the mid-lower changjiang River	2
1.2 Approaches of fishery reconstruction and ecosystem restoration in the lakes	5
Chapter 2 Resource and environmental characteristics of small and medium lakes	9
2.1 Geographical outline	9
2.2 Physico-chemical characteristics	18
2.3 Phytoplankton	30
2.4 Zooplankton	41
2.5 Zoobenthos	51
2.6 Aquatic macrophytes	89
2.7 Fish and fisheries	93
Chapter 3 Resource and environmental characteristics of the Poyang Lake, a large lake interconnected with the Changjiang River	117
3.1 Geographical outline	117
3.2 Physico-chemical characteristics of the lake and the adjoining Changjiang River	120
3.3 Phytoplankton and primary productivity	124
3.4 Zooplankton	134
3.5 Zoobenthos	142
3.6 Aquatic macrophytes	156
3.7 Estimation of aquatic vegetation biomass based on Landsat ETM composites	172
3.8 Fish and fisheries	181
Chapter 4 Population, community and conservation biology of valuable fish and crustacean in lakes	193
4.1 Changes of major fish population structure and environment in the Liangzi Lake	193

4.2	Population ecology of Chinese mitten crab	229
4.3	Fish community structure in the Poyang Lake and fish fry resource in the Changjiang River mainstream near the lake outlet	242
4.4	Genetic structure of population of silver and bighead carps in Changjiang-Poyang co-ecosystem	258
4.5	Strategies for conservation and management of fish resource in the Poyang Lake	264
4.6	Life history of crucian carp in the Honghu Lake and the Dongting Lake	275
4.7	Spatial distribution and population biology of shrimp in shallow lakes	294
Chapter 5	Estimation methods for potential fishery production of main stocked animals in lakes	300
5.1	Potential production of herbivorous fish	300
5.2	Potential production of omnivorous fish	304
5.3	Potential production of filter-feeding fish	307
5.4	Potential production of piscivorous fish	313
5.5	Stocking capacity of Chinese mitten crab in macrophytic lake	319
Chapter 6	Stocking techniques for high value fishery species	328
6.1	Stocking techniques for Chinese mitten crab in the Bao'an Lake	328
6.2	Stocking techniques for mandarin fish in the Niushan Lake	335
6.3	Stocking techniques for blunt-snout bream in the Liangzi Lake	340
Chapter 7	Semi-intensive and intensive aquaculture and their impacts on the environment in lakes	347
7.1	Physiological ecology and nutrition of intensive culture species	347
7.2	Enclosure culture and environmental effects in the eastern Taihu Lake	367
7.3	Lake cage culture techniques for high value fishes	380
7.4	Appraisal of cage pisciculture on the environment in the lake	389
7.5	Fish diseases in the lakes	400
References		408

第 1 章 湖泊渔业与水环境问题

中国人口、资源与环境之间的矛盾十分突出。水资源的相对贫乏,决定了 21 世纪我国淡水渔业的根本出路在于以水环境的保护为前提,对现有的渔业对象和结构进行调整和优化,发展健康生态渔业模式,建立环境友好的渔业系统。这应作为国家社会经济发展战略的组成部分。

自 1985 年以来,我国渔业生产进入了快速发展时期,水产品产量年均增长率大于 13.6%。1990 年水产品产量跃居世界首位,占全球总产量的 1/4 以上。每年人均占有量从 20 世纪 80 年代初的 4.6kg 提高到目前的 30kg 左右,大大超过世界平均水平。水产品消费量已占肉类总量的 1/3 以上。2003 年,水产品产量达到 4300 多万吨,其中淡水渔业产量占全世界总淡水渔业产量的 60%。渔业的持续发展在国计民生中有着重要地位。目前我国对淡水渔产量的需求仍在不断增加,这对渔业资源管理水平和水体环境保护提出了新的要求。

长江流域湖泊总面积两万多平方公里,约占全国湖泊总面积的 1/3。这些湖泊一直是我国重要的淡水渔业基地,捕捞产量约占全国湖泊的 60%~70%,维系着我国淡水渔业的稳定发展。这一区域也是我国经济发展极为活跃的地带,其湖泊受人为的影响很大,许多湖泊同以前相比已面目全非。认识这些湖泊的渔业资源特征、现状,寻求渔业发展途径,是维护湖泊生态环境、提高湖泊多功能效益的迫切需要。

全球的渔业捕捞产量从 20 世纪 50 年代开始急剧增加,但到 20 世纪 70 年代起持续下滑,渔业捕捞对象从经济价值高的凶猛性鱼类和大型鱼类转变为处于食物链下端的小型鱼类和蟹、虾、贝等。海洋和内陆捕捞渔业已发展到顶峰,未来的渔业只能依靠养殖和更好地利用现有资源。1996 年举行的第二次世界渔业大会(The Second World Fisheries Congress)提出了制定全球保护标准(Global Conversation Standard)的建议(Mace 1997, McGinn 1998)。

毋庸讳言,我们在协调水质保护和渔业发展关系这一方面的社会意识、整体技术水平及基础设施尚落后于西方发达国家。在国外,占有全球淡水 1/5 的北美大湖地区,18 世纪初时的渔业曾经作为该地区经济发展的先锋产业,1835 年大湖区的商业渔业已具相当规模,但渔业资源的盲目过度利用也给水生态系统带来极大的破坏,到 19 世纪末就使淡水鱼类和鲟鱼种群极度萎缩、大型鲑鳟鱼面临灭绝。因此,在 20 世纪 30 年代就立法保护湖泊天然渔业资源(Larry et al. 1993)。国际上鉴于淡水大水面渔业发展和水环境质量之间存在相互影响、相互制约的复杂关系,发达国家现在一般不主张在大水面中发展生产性渔业,它们特

别偏重于水环境的保护, 渔业科学研究重点放在自然经济种群的恢复和可持续利用上, 其研究随着生态学、生物技术的发展及世界对淡水需求的增加而不断提升其生物学研究层次和拓宽生态研究的时空尺度。在大水面渔业的可持续利用研究中, 有三方面值得注意: 一是鱼类对湖泊生态系统下行效应 (top-down effect) 已见成效, 即通过改变鱼类群落结构, 进而调节其他水生生物群落结构, 如在湖泊中放养凶猛性鱼类控制食浮游动物种类, 最终控制浮游植物的生长, 既发展了优质的经济鱼类, 又保护水质; 二是强调天然水域生态系统的完整性, 如美国密西西比河的伊利诺伊盆地 (Illinois Basin) 的湖泊鱼类活动规律与江湖之间的营养状态以及初级生产力变化规律等密切相关; 三是近年对大型浅水湖泊进行恢复生态学研究, 将藻型湖泊恢复为草型湖泊, 北欧一些湖泊在这方面已进行了成功的尝试。退化生态系统恢复和重建被称为“生态学理论的最终检验”。有关恢复生态学的研究是美国生态学会所提出的十大关键生态研究课题之一, 世界各国对天然淡水水体生态修复和重建工程的需求日益增加。

1.1 长江中、下游湖泊渔业资源和环境现状

1.1.1 渔业资源特征

1.1.1.1 淡水鱼类资源库

长江中、下游湖泊及与其相连的众多江河形成了完整的生态系统, 是东亚特有淡水鱼类的起源和演化中心, 有鱼类 300 多种, 包括了淡-海水洄游性鱼类和江-湖洄游性鱼类。我国最有经济价值的鱼类 50 多种中有 36 种源于这一流域, 几乎包括所有源于我国培育的养殖种类, 其中有些种类, 如草鱼、青鱼、鲢、鳙等, 养殖性状优良, 不但是我国淡水养殖的当家种类, 而且被引种遍布世界各地, 成为世界淡水渔业的重要养殖对象 (曹文宣 1992)。

1.1.1.2 湖泊水草丰盛

长江中、下游湖泊多为长江泛滥形成的洼地, 湖盆平坦, 淤泥厚, 有机质丰富, 水深一般在 2~6 m, 光照条件好, 为水草的生长提供了良好的条件。水生植被是这些湖泊生态系统最重要的生态类群, 包含湿生植物、挺水植物、浮叶植物和沉水植物等, 水生植被群落结构的稳定是湖泊渔业发展的重要内源基础。在正常的情况下, 水生植被可覆盖全湖面积的 60%~90%, 最大生物量可达 3~6 kg/m²。水草对湖泊渔业功能的作用主要在于: ①作为初级生产者, 为水生动物如螺类、昆虫、河蟹、鱼类等提供食物; ②提供水生动物隐蔽、栖息和繁育场所; ③提供充足的溶氧, 保证水生动物呼吸的需要, 且高溶氧抑制了水体中致病性的厌氧菌的繁殖和生长, 防止鱼类感染细菌性流行病; ④净化水体和固着底

泥, 水生植物能够直接吸收水中的无机盐, 吸附水中的悬浮物质, 使水质清澈;
⑤很多水生植物是优质的水产品, 如莲、菱、芡实、莼菜、茭白等。

在水生植被中, 沉水植物尤为重要, 这一生物类群不仅有固着底泥, 降低湖水混浊度的作用, 而且还由于它与藻类在营养盐和光能上的竞争, 抑制了浮游植物的生长, 提高了湖水的透明度, 使水体生物处于良性循环中。因此, 合理利用和保护沉水植物是维持湖泊植被生态平衡的关键。

1.1.1.3 渔业生产潜力大

长江中、下游湖泊生物结构比较复杂, 鱼类种群与饵料生物种群之间有 3~5 个营养级, 它们形成了交错的食物网, 构成了这些湖泊渔业生产种类多元化特色, 也使渔业生产保持较高水平。长江中、下游保持较为自然状态湖泊的渔产量一般为 $75 \sim 135 \text{ kg/hm}^2$ (刘建康 1995)。典型草型湖泊湖北保安湖的渔产潜力约为 850 kg/hm^2 (未计凶猛性鱼类), 其中草食性鱼类为 64 kg/hm^2 , 约占 7.5%; 滤食性鱼类为 271 kg/hm^2 , 约占 31.9%; 杂食性鱼类和底食性鱼类为 515 kg/hm^2 , 约占 60.6%。由于湖泊大量外源物质的输入, 如生活污水和农田肥料的流入, 湖泊的渔产量有增加的趋势。武汉东湖的渔产量从 20 世纪 60 年代的 39 kg/hm^2 提高到 70 年代末的 546 kg/hm^2 , 其中鲢、鳙的产量达到 458 kg/hm^2 , 占总产量的 84%, 其结果在很大程度上是由于城市生活污水流入增加了湖泊水中氮和磷浓度, 使湖泊富营养化 (刘建康 1995)。同时, 我们看到, 在湖泊渔业生产方面, 现在湖泊的天然鱼产量为 $30 \sim 150 \text{ kg/hm}^2$, 与 20 世纪 50 年代比较呈明显下降趋势, 仅达渔产潜力的 $1/5 \sim 1/3$, 湖泊的生产能力未得到发挥或受到人为不自觉的抑制。

1.1.2 渔业与环境相互影响的情况

湖泊渔业的次生效应与环境变化对湖泊渔业的持续发展产生极大的作用, 表现在如下几个方面:

1.1.2.1 过度捕捞破坏天然鱼类群落结构

过度捕捞 (overfishing) 引起重要经济物种消失, 而首先丧失的是渔业的理想对象, 如个体大、经济价值高、易捕捞的种类。捕捞压力也使湖泊鱼类群落结构出现小型化和低龄化问题, 即个体较大的鱼类物种消失, 小型鱼类占据了空出的生态位, 而且小型鱼类种群中的个体以低龄鱼为主, 性成熟个体数目也变小。洪湖在 20 世纪 50 年代的渔获物中, 中、大型鱼类占 50% 以上, 而到 80 年代只占百分之几; 现在渔获物中 90% 以上是小型鱼类, 仅鲫 (*Carassius auratus*) 和黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*) 两种小型鱼类就占 70%, 并且种群中补充群

体性成熟个体的体长比 60 年代的个体平均小 20 mm。

1.1.2.2 修堤建坝使江湖阻隔，切断了鱼类洄游的通道

长江中、下游泛滥平原水系在历史上原是海洋、河流、湖泊相互连通的网络系统，为包括我国四大家鱼在内的许多经济鱼类准备了宽阔的活动空间，幼鱼进入湖中育肥再回到江河或海洋中繁殖，通过江-湖洄游或淡-海水洄游，完成生活史（陈宜瑜 1995）。在 20 世纪 50~70 年代，沿江普遍开展了水利建设，除洞庭湖和鄱阳湖等少数湖泊外，其余沿江湖泊均建立坝闸节制洪水，形成江-湖阻隔的局面，湖泊和河流生态系统的有机联系受到破坏，导致那些不能在湖中繁殖的洄游性鱼类在湖内陡然减少，甚至绝迹。鱼类的群落结构发生显著的变化，过去通江湖泊中生活有上百种土著鱼类，现在由于长期的江湖阻隔一般只有三四十种。湖泊天然鱼类渔获物中小杂鱼比例上升，产量可占总渔获物的 95% 以上。

长江中、下游水域江湖阻隔不仅使湖泊中的洄游性鱼类资源严重衰退或灭绝，而且使这些鱼类在长江中的繁殖群体变小。事实上，长江的四大家鱼资源处于严重衰退中。就长江中游而论，至 20 世纪 80 年代，成鱼产量仅达 50 年代的 $1/6 \sim 1/4$ ，鱼苗数量仅为 60 年代的 $1/5$ 。

1.1.2.3 湖泊过度放养，破坏了水生生物群落稳定性

由于我国关于湖泊的管理只强调行政管理，长期以来为追求渔产量采用了不合理的湖泊渔业开发方式，即在草型湖泊中大量投放草鱼或在无草湖泊中大量施肥、大量放养以浮游生物为食的鲢、鳙。这种湖泊渔业方式，虽然在短期内曾使湖泊渔业的产量大幅度提高，然而，其对生态系统带来的不良效应也极为显著。首先是原来稳定的水草群落结构和功能受到严重破坏，依附于水草的生物失去基质，生物多样性下降，渔业经济种类减少，浮游藻类的生物量增加，草型湖泊变成了藻型湖泊，湖泊只能放养质次价低的鲢、鳙，且产量下降。为保持产量，不得不对湖泊施肥或灌入生活污水，渔业的多元生产功能受到严重的限制，渔业生产进入恶性循环。同时，由于水中的悬浮物质增多，水体透明度下降，湖泊的旅游景观、饮水等功能也受到严重影响。

湖泊中大量圈养、架设网箱，有的占用水面达到湖泊总面积的 20%~50%，并投放了大量饲料，养殖规模大大地超过了水环境容纳量。虽然短期内获得很高的渔产量，但对水质的破坏极为严重。粗略估算，每生产 1 t 鱼，大约伴随产生 2 t（用配合饲料时）至 25 t（用旱草时）残渣和排泄物，其危害可见一斑。有的发达国家已经立法，严格控制湖泊养殖规模，并及时清理水产养殖的污迹地，减缓养殖次生污染。

1.1.2.4 湖泊污染严重, 水质下降

城郊湖泊是城市的重要自然景观, 在供水、娱乐和气候调节上起着重要的作用。在渔业方面, 这些湖泊由于有交通发达、靠近市场、能源充足等优势, 在城市水产品生产和供应中起到重要的作用。在目前城市污水处理能力差的情况下, 大多数湖泊都被当作纳污水水体, 日积月累, 湖泊面貌全非, 常常爆发水产动物细菌性流行病, 渔业生产能力下降, 且只能放养一些较耐污的、以浮游生物为食的鱼类, 如鲢、鳙等。

1.1.2.5 围湖造田, 缩小湖泊空间

20 世纪 50 年代以来, 长江中、下游很多湖泊因沿岸滩地被围垦造地丧失了 20%~80% 的水面, 对水生生物资源造成很大的破坏。湖泊的沿岸带是湖泊生产力最高、生物种类最多、物质交换率最大的区域, 是湖泊定居鱼类栖息、生长、索饵和繁殖的场所, 也是湖泊消解周边外源化学残留物侵害湖泊生态系统的天然屏障。鄱阳湖在 1960~1981 年因此失去 50% 的鱼类繁殖区, 洞庭湖的鱼类产卵场也由 38 处减少到 12 处, 渔业资源遭到极大的破坏。

1.2 湖泊渔业结构调整与生态调控途径

我国湖泊渔业结构调整的关键是解决渔业发展与水环境保护的矛盾, 建立起对环境无害的渔业新模式。总趋势是在保持淡水水体质量良好、恢复生物群落完整性前提下, 适度发展湖泊优质水产种类(如鳊、河蟹等)的放养增殖, 恢复

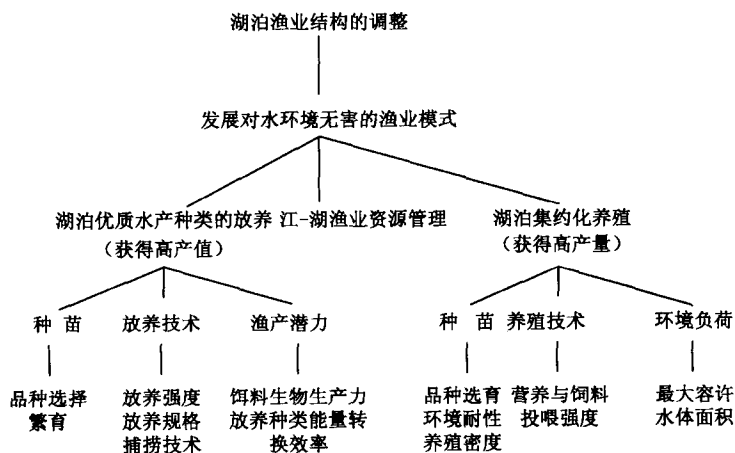


图 1-1 湖泊渔业结构调整技术环节

Fig. 1-1 Technological frame on the optimization of lake fisheries management

土生的渔业资源，渔业种群从过去的几个发展到整个鱼类群落、经济虾和贝类，提高湖泊的放养效益；并且，在部分湖区发展湖泊无公害集约化养殖技术，提高鱼产量，使湖泊渔业从粗放型渔业发展到效益型和技术密集型渔业。技术环节如图 1-1 所示。相应地，在渔业管理布局上，应加强渔业生态系统管理，使原来以单水体为主的渔业发展到区域渔业，即湖泊群和江-湖复合水生态系统渔业；使原来的单纯商业渔业发展到综合渔业，即商业渔业和休闲渔业协调发展。如何发挥湖泊渔业类群对富营养化湖泊水质的生态调控作用应受到高度重视。

1.2.1 湖泊优质放养鱼类选育

我国传统的大水面放养一直以鲤科鱼类为主，特别是草鱼、鲢、鳙、鲤、青鱼、鲫、鲂、鳊，食物链较短的草鱼、鲢和鳙占总放养量的 80% 以上。至今，在湖泊大量投放草鱼的危害已逐渐被认识，而鲢、鳙也因为质次价低不大受欢迎。20 世纪 80 年代，国外在研究控制水体富营养化的生物操纵方法 (biomanipulation) 时发现，食物链顶层鱼类（主要是食鱼性鱼类，piscivorous fish）通过食物链的级联效应 (food-chain cascading effect)，可对食物链下层的生物产生巨大的影响。在湖泊中放养食鱼性鱼类，可导致食浮游生物鱼类数量下降，摄食藻类的浮游动物数量上升，从而达到控制藻类、改善水质又获得优质渔产品的目的。这一方法，近年来被广泛用于北美和北欧国家的湖泊管理中。我国这类研究刚刚开始，仅探讨了滤食性鱼类对高度富营养化湖泊的影响以及鳊等食鱼性鱼类的放养增殖技术 (谢平 2004 及本书 5.4 和 6.2 节)。我国长江中、下游湖泊鱼类为温水性鱼类，鱼类群落结构复杂，一个湖泊常有几十种到上百种鱼类，食浮游植物的鱼类常常兼食浮游动物。因此，可以预料，长江中、下游湖泊的食物链级联效应会与北美和北欧的不一样。我们有必要从生态位和食物链的角度，选择对生态系统不会造成大的破坏的新型优质湖泊放养种类，对其生理生态特征进行研究，并通过实验湖沼学研究，预测其对饵料生物的捕食压力，探讨其对湖泊生态系统的影响，建立我国湖泊生物操纵理论。取得的结果不但对新型渔业模式的建立及湖泊水质的控制有重要意义，而且对湖泊生态学理论的发展也有很大价值。

1.2.2 湖泊优质水产种类渔产潜力的估算

渔产潜力的估算是合理放养的重要依据。我国在滤食性鱼类和草食性鱼类方面做了很多的工作。Liang 等 (1981) 根据武汉地区 18 个水体的数据，提出估算滤食性鱼类生产潜力的计算公式。梁彦龄等 (1995) 以生物量转化法和能量转化法研究了草型湖泊草食性鱼类的放养与水生植被的关系，具有广泛的应用价值。崔奕波等以草鱼的生物能量学模型结合黄丝草生长模型，估算了湖泊草鱼的

放养量 (参见本书 5.1)。但是我国对湖泊的重要类群凶猛性鱼类渔产潜力一直没有准确的估算方法, 其放养带有很大的盲目性。我们可以通过研究它们的生物能量学模型, 测定小型鱼类的生产力和食鱼性鱼类对小型鱼类的转化效率来估算凶猛性鱼类生产潜力。对湖泊的另一重要的放养对象——河蟹, 则可通过研究河蟹的食性、主要限制性饵料生物的生产力等建立合理的估算方法。

1.2.3 湖泊优质水产种类放养

我国湖泊渔业从湖泊类型 (以浅水湖泊为主)、渔业对象 (以温水性鱼类为主) 到渔业方式 (放养比例高、渔业强度大) 都有特殊性。20 世纪 70 年代通过对武汉东湖渔业增产研究, 发展了以传统鲤科养殖鱼类 (草鱼、鲢、鳙、鲤等) 放养为主的渔业模式, 获得很高的鱼产量 (刘建康 1995)。20 世纪 80~90 年代, 着重探讨了渔业发展与水质保护之间的平衡关系, 但仍以传统养殖鱼类为主。目前要发展以优质鱼放养为主、保护水质的新型渔业, 必须研究湖泊优质水产种类的放养强度、放养规格、放养时间、捕捞技术等, 建立新的渔业工艺。

1.2.4 湖泊集约化养殖品种的选择和可控养殖

我国湖泊集约化养殖的主要方式是“三网养殖”, 即网箱、网围和网拦。养殖的对象主要是传统养殖鱼类, 并大量借鉴了池塘混合养殖方法, 大量投喂水草和粗饲料, 对水体的次生污染较为严重。为改善这种状况, 可从生物能量学角度, 选择生长快速、食物转化效率高、氮和磷排泄率低, 又有较高经济价值的品种。通过对其营养学研究, 使用低污染 (低氮、磷, 低饵料系数) 饲料, 建立最佳投喂技术, 提高饵料转化效率, 促进我国的无公害养殖技术体系的完善。

鱼类生理生态学是发展无公害集约化养殖技术的基础, 与集约化养殖关系密切的包括环境需求、生物能量学和营养学等方面。环境需求包括养殖鱼类对水温、溶氧、氨氮、pH 值等水质因子的要求, 这是确定养殖系统水质标准的基础。对于我国大多数养殖鱼类, 该方面的研究十分欠缺。鱼类能量学是研究个体能量分配模式与内外环境因子的关系, 是研究无公害饵料、建立合理投喂技术和评价渔业产生的环境污染的基础。我国近年虽在这方面做出了一系列具有特色的工作, 但缺少对不同类群鱼类能量学特征的比较, 尚未有规律性的结论。我国的鱼类营养学研究缺乏系统性, 饲料科学研究的发展远不能适应快速变化的水产养殖生产需求, 至今尚无一种鱼类有完整的研究。如国外鱼类商品饲料饵料系数在 1 左右, 而我国的饵料系数常常高达 2~3, 不仅增加了养殖成本, 而且加大了对环境的污染, 这严重地阻碍了我国无公害渔业的发展。

1.2.5 提高湖泊集约化养殖环境容纳量

湖泊生态系统在物质流通过程中,对外源输入的物质有一定的兼容能力,通过自我调节,仍可保持系统的稳定。如水草可对输入的营养盐吸收、积累,保持正常的代谢过程。可是,当外源物质输入过量时,就会使生态系统崩溃。关于如何控制渔业环境容量,过去我们在这方面的工作主要是根据养殖规模的作用效果,提出单位养殖面积与同一水体的未养殖面积的比例数,如在面积8000 hm²的湖北省西凉湖,每公顷网箱、网围、网拦需配置的未养殖水面各定为590 hm²、7.4 hm²和2 hm²,这仅仅考虑了湖泊水草的渔业供饵能力,而忽视了养殖的次生污染(陈洪达等 1995)。在湖泊中开展集约化养殖,一定要根据湖泊的生态系统的功能特性,以水草群落的自净能力为控制阈值,同时使用生物操纵方法,控制各生物种群之间的协调,提高水体的渔业容纳量。

湖泊渔业面临的形势严峻,其出路在于进行大水面渔业利用时必须以保护水资源和水环境为前提,协调社会需要与渔业发展之间的关系,保持水体生态系统的稳定性及生物多样性,实现渔业生产的可持续发展。为达到此目的,迫切需要总结提出新的湖泊渔业资源管理理论,完善无公害渔业技术,以指导湖泊渔业结构的战略调整。

(李钟杰 崔奕波)

第2章 中、小型湖泊的资源环境特征

2.1 代表性湖泊地理概况

长江流域湖泊主要分布于长江中下游沿岸地带。据统计,仅长江中游江汉平原一带,1959年前后大约有1052个湖泊(百亩以下的小湖未统计在内)(注:1亩=666.7 m²),1972年有636个,现在仍有500多个(华钟 1974)。这些湖泊自古以来就调节着江河洪水,蓄纳平原内部渍水,并有利于舟楫、渔业、旅游及工农业、居民用水。随着经济的发展,湖泊水资源的保护与开发利用的矛盾日益突出,湖泊生态系统的结构和功能受到严重影响。为探讨不同渔业和旅游利用方式对湖泊生态系统的影响,我们选择了若干代表性的湖泊开展生态系统结构和功能的比较研究,从系统层次上评价不同利用方式的利弊,以提出合理的湖泊利用模式,达到保护生物多样性和水质环境的目的。研究湖泊包括湖北省东汤孙湖、牛山湖、梁子湖、保安湖、吴家垅埧、龙感湖、黄湖等7个湖泊。它们位于西起湖北省武汉市,东至安徽省宿松县,全长约300 km的长江中下游沿岸地带。地理坐标为E114°18′~116°32′、N29°49′~30°27′。从地理分布上看,东汤孙湖、牛山湖、梁子湖及保安湖属江汉湖群,其余属鄱阳湖群(图2-1)。在这两个湖群中,湖泊的成因虽同属于河成湖,但类型多样。我们选择了具有代表性的三种成因类型:一是河谷沉溺湖,如东汤孙湖、牛山湖、梁子湖及保安湖;二是河堤决口湖,如吴家垅埧;三是河流壅塞湖,如龙感湖及黄湖。在开发利用上,各个湖泊也具有它的代表性,如东汤孙湖为旅游利用兼滤食性鱼类放养湖泊,牛山湖为草食性鱼类放养湖泊,龙感湖为天然捕捞的湖泊,黄湖为河蟹放养湖泊。

本节由7个代表性湖泊的地理位置、成因类型、形态测量学参数、水文特征及气象气候等有关资料简汇而成,目的是为后续研究提供基础资料。

2.1.1 地理位置

2.1.1.1 东汤孙湖

东汤孙湖位于长江中游南岸、武汉市江夏区北约7km处(图2-1、2-2)。地理坐标E114°18′~114°25′、N30°22′~30°27′。东汤孙湖原属汤孙湖的一部分,后来由于人工筑路而与西汤孙湖隔开。两湖间有桥涵,湖水可相通。

东汤孙湖除放养滤食性鱼类外,目前正被开发成为旅游利用湖泊。湖西建有

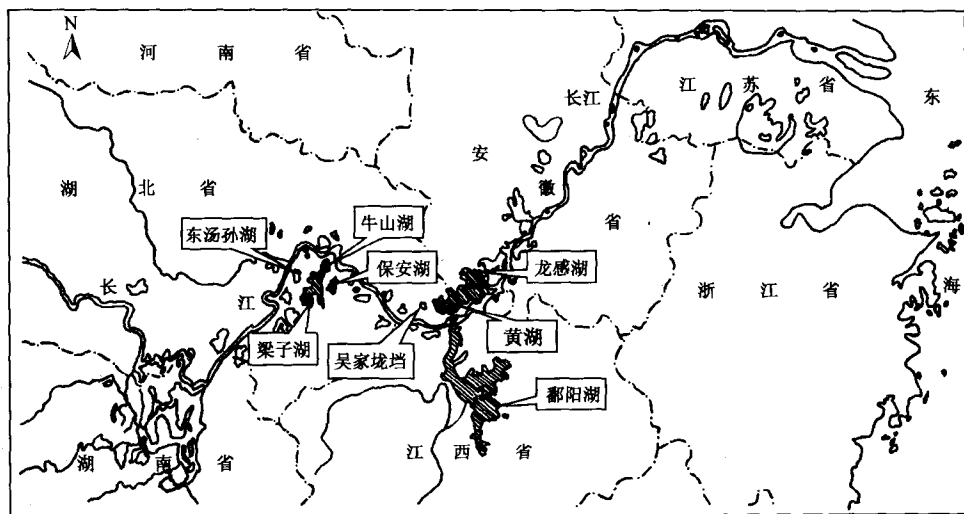


图 2-1 长江中、下游湖泊分布示意图

Fig.2-1 Distribution of the lakes along the mid-lower Changjiang River

国家水上训练中心，现有大小船只 10 多只，并建有华泰山庄（汤孙湖度假村），规划占地面积 714 万 m^2 ，现有大小旅游船 50 多只。湖周其他地区主要为农田。

2.1.1.2 牛山湖

牛山湖位于长江中游南岸、武汉市江夏区东约 10 km 处（图 2-1、2-2）。地理坐标 $\text{E}114^{\circ}27' \sim 114^{\circ}38'$ 、 $\text{N}30^{\circ}16' \sim 30^{\circ}22'$ 。牛山湖原为梁子湖西北部的一个湖湾，1979 年在该湖的东南部筑堤，与梁子湖分开，堤中建有节制闸，湖水可相通，并可控制水位。湖区的南、西、北部为农田，常引湖水灌溉。

2.1.1.3 梁子湖

梁子湖位于长江中游南岸、武汉市江夏区东南约 20 km 处，东邻保安湖，北接牛山湖（图 2-1、2-2），湖的南北西为岗地丘陵。地理坐标 $\text{E}114^{\circ}23' \sim 114^{\circ}41'$ 、 $\text{N}30^{\circ}02' \sim 30^{\circ}16'$ 。据梁子湖的形态特征可分为三个湖区：一是东梁子湖区（扁担洲、靖山、梁子镇、杨家山以东湖面）；二是中梁子湖区（扁担洲、靖山、梁子镇、杨家山以西，南嘴、北嘴以东湖面，也可称为前江大湖）；三是西梁子湖区（南嘴、北嘴以西湖面，也可称为南北嘴湖）。三个湖区湖水相通，水深有所不同。

2.1.1.4 保安湖

保安湖位于长江中游南岸、湖北省大冶县西北约 27 km 处，东邻三山湖，