

太湖渔业高产模式 及生态渔业研究论文集

朱成德 王玉纲 余 宁 主编



中国农业出版社

太湖渔业高产模式及生态渔业 研究论文集

朱成德 王玉纲 余 宁 主编

中国农业出版社

编 委 会 名 单

主任委员：王长庚

副主任委员：丁松清 朱成德

委 员（按姓氏笔划为序）：

丁松清	王长庚	王玉纲	许兴基
朱成德	华元渝	陈乃德	陈马康
余 宁	胡万源	姚宏禄	舒金华
潘永兰			

漏湖渔业高产模式及生态渔业研究论文集

朱成德 王玉纲 余 宁 主编

* * *

责任编辑 孙 林 李文宾

中国农业出版社出版（北京市朝阳区农展馆北路2号 100026）

新华书店北京发行所发行 北京科技印刷厂印刷

787mm×1092mm16开本 16.5印张 2插页388千字

1997年2月第1版 1997年2月北京第1次印刷

印数 1—1000册 定价45.00元

ISBN 7-109-04653-2/S·2885

（凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换）

前 言

长江中下游是我国重点淡水渔区,浅水草型湖泊是长江中下游极其宝贵的渔业水域,其渔业利用水平关系到我国淡水渔业的贡献份额。太湖是长江三角洲具有代表性的典型浅水草型湖泊,面积 16 400ha,1995 年全湖总渔获量为 1 305.9 万 kg,平均单产 796.5kg/ha,渔业总产值达 1.66 亿元,分别比攻关前的 1990 年提高 60.86%、60.90%、214.14%。已率先成为我国 16 000ha 以上湖泊养殖产量大于捕捞产量的湖泊。

太湖列入“八五”国家科技攻关湖泊,为太湖渔业生产的发展创造了良好的条件。在农业部、江苏省水产局和沿湖各级党政部门的领导和支持下,在江苏省淡水水产研究所、上海水产大学、中国科学院南京地理与湖泊研究所和南京师范大学等科研单位的共同协作下,在江苏省太湖渔业生产管理委员会,沿湖市、县水产主管部门和广大干部、渔民的共同努力下,取得了明显的经济效益、社会效益和生态效益。所采用的在维护湖泊良好生态环境下,以养为主,增养结合,持续发展的草型湖泊渔业优质、高产、高效的集约化生产技术模式,不仅技术先进成熟,进一步完善了湖泊渔业综合开发技术,并且在理论上予以深化。同时运用灰色系统理论和方法,基本阐明了太湖三个渔业生态区的结构和功能以及水质—水草—渔产品三者之间的动态平衡关系,建立了渔业生态学管理下的草型湖泊增养殖技术体系,采用科学规划对太湖水体进行综合研究和系统开发,填补了国内空白。

太湖“八五”科技攻关的结果,是在“七五”科技攻关的基础上,根据湖泊渔业生态环境、技术经济状况和生态学中整体协调再生循环等原理,充分合理开发利用天然饵料、发展节粮、节地、节能、节资和优质、高产、高效、低耗的生态渔业,并在理论上进一步完善和提高,整体上达到了国际领先水平。这不仅为我国浅水草型湖泊的渔业利用提供了系统有效的借鉴途径,同时,一些理论性的探索,也为我国渔业生态工程动态模型的建立积累了宝贵的资料。

我国湖泊众多,总面积达 800 万 ha,大部分处于粗放粗管的低水平利用状态,渔产量仅 75—150kg/ha。由于该项研究紧密结合生产实际,有较强的适用性,便于推广,成果产业化的可行性较高。

本论文集共收录研究论文 34 篇,基本上反映了“八五”科技攻关的真实水平,有较高的学术价值。涉及的内容有:湖泊天然饵料资源动态及渔产潜力估算;三个渔业生态区结构、功能、建模技术的研究;草型湖泊水体富营养化评价指标的建立;水质、水草、渔产品三者动态关系的探讨;草型湖泊优质、高产、高效增养殖配套技术和渔业经济等方面的研究。研究内容不仅涉及水产资源学、生态学、养殖学和渔业经济学等,也探索了数学在生物学、生态学等领域的应用问题,丰富了我国湖沼学和渔业资源生物学的基础理

论。

在此论文集的编写过程中，得到许多同志的支持和帮助，特此表示谢意。由于时间仓中，水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

王长庚

1996年4月19日

目 录

前言

溇湖渔业高产模式及生态渔业的研究	朱成德 王玉纲 (1)
溇湖渔业生态工程的研究——3个生态区结构、功能及优化调整	余 宁 (12)
溇湖3个渔业生态区的结构和功能的初步研究及渔业生态模型	
..... 华元渝 张 建 陈亚芬 朱成德 余 宁 (19)	
溇湖水质变化趋势和富营养化评价	盛建明 刘珏琴 曹文明 陆全平 (40)
溇湖富营养化变动趋势及防治对策研究	
..... 盛建明 曹文明 刘珏琴 陆全平 舒金华 黄文钰 (48)	
溇湖的水生维管束植物	陆全平 周 刚 (53)
溇湖主要水生植物群落结构、演替规律和合理利用技术的研究	朱清顺 (59)
溇湖黄丝草资源合理利用技术的探讨	朱清顺 (64)
溇湖主要水草的生态学特性及其次生演替	朱清顺 陆全平 (68)
湖泊蓄草养鱼的原理及其应用	朱清顺 (75)
溇湖主要沉水植物生产力的初步探讨	朱清顺 朱成德 王玉纲 (80)
溇湖苦草群落的生态研究	朱清顺 陆全平 (84)
伊乐藻引种栽植及其养鱼利用技术的研究	刘 勃 (88)
溇湖磷迁移过程研究	舒金华 黄文钰 吴延根 舒振文 (93)
溇湖营养盐收支平衡研究	黄文钰 吴延根 舒金华 (110)
溇湖水土界面氮磷物质交换及内源负荷量研究	范成新 (118)
溇湖水量分析	王洪道 董永菊 (125)
溇湖浮游植物群落结构及其动态研究	张彤晴 (133)
溇湖浮游动物的数量动态研究	朱成德 (144)
溇湖底栖动物生态分布及变动趋势的研究	余 宁 (149)
溇湖有机碎屑沉降物和细菌的饵料价值及渔业潜力的研究	
..... 陈马康 杨和荃 孙其焕 (156)	
溇湖有机碎屑组成及现存量研究	姜新耀 王丽卿 陈马康 (164)
溇湖的细菌组成与营养水平、鱼产潜力的关系	孙其焕 吴建农 陈马康 (174)
溇湖鲤、鲫增产机理及应用研究	华元渝 张 建 陈亚芬 (185)
溇湖红鳍鲌和黄颡鱼的生物学及食物生态位特征的初步研究	
..... 余 宁 陆全平 周 刚 (191)	
溇湖青虾种群结构及其数量变动的初步研究	王玉纲 (198)
溇湖高产优质高效网围养殖综合技术的研究	许兴基 (203)

河蟹网围养殖中试报告 许兴基 陈亚宏 (214)

网箱培育鳊鱼鱼种及养成食用鳊的试验报告 许兴基 杨光明 (220)

高产优质高效网围养鱼技术研究 张建仁 (225)

漏湖网围养蟹研究 沈桂清 陆协敏 沈全华 徐德昆 张三龙 (231)

漏湖人工放流效益的研究 孔优佳 (235)

漏湖渔业经济结构发展研究 胡万源 胡保同 陈海良 (239)

长荡湖渔业生态工程应用研究报告 胡万源 (247)

Contents

Preface

- Study on High Fishery Production Model and Ecological Fishery in Gehu Lake
..... *Zhu Chengde Wang Yugang* (1)
- Studies on the Fishery-ecoengineering in Gehu Lake—the Structures, the Functions,
and the (Optimized) adjustment of Three Fisheries Ecological Divisions
..... *Yu Ning* (12)
- Preliminary Research on the Structures and Functions of Three Ecological Division of
Gehu Lake, and on models of Fishery Ecology
..... *Hua Yuanyu Zhang Jian Chen Yafen Zhu Chengde Yu Ning* (19)
- The Changing Tendency of Water Quality and the Assessment of Eutrophication in
Gehu Lake *Sheng Jianming Chao Wenming Liu Juejin Lu Quanping* (40)
- Studies on Eutrophication Changing Trends in Gehu Lake and Countermeasure of
Prevention *Sheng Jianming Chao Wenming Liu Juejin* (48)
..... *Lu Quanping Shu Jinhua Huang Wenyu*
- Macrophytes of Gehu Lake *Lu Quanping Zhou Gang* (53)
- Studies on the Aquatic Macrophytes Communities Structure, the Succession Law, and
the Techniquse of Rational Utilization in Gehu Lake *Zhu Qingshun* (59)
- Approaches to the Technology of Rational Utilization of *Potamogeton moackianus*
Resources in Gehu Lake *Zhu Qingshun* (64)
- A study on the Ecological Characteristics and Secondary Succession of Chief Aquatic
Macrophytes in Gehu Lake *Zhu Qingshun Lu Quanping* (68)
- The Principle and Application of Fishculture by Mowing in Macrophytes
Protuction Lake—area *Zhu Qingshun* (75)
- Comparison of Productivity of Main Submerged Macrophytes in Gehu Lake
..... *Zhu Qingshun Zhu Chengde Wang Yugang* (80)
- Study on Ecology of *Vallisneria spiralis* Community in Gehu Lake
..... *Zhu Qingshun Lu Quanping* (84)
- Research of the Introduction Cultivation and Rational Utilizing Technology of
the *Eloded nuttallii* *Liu Bo* (88)
- Modelling of Phosphorus Move Processes in Gehu Lake
..... *Shu Jinhua Huang Wenyu Wu Yangen Shu Zhenwen* (93)
- Research of Nutrients Balance in Gehu Lake
..... *Huang Wenyu Wu Yangen Shu Jinhua* (110)

Strdy on the Nitrogen and Phosphorus exchanges Across the Sediment-Water Interface in Gehu Lake and Its Internal Load	Fan Chengxin (118)
The Analysis of Gehu Lake's Water Volumes	Wang Hongdao Dong Yongju (125)
Studies on the Phytoplankton Community Structure and Dynamics in Gehu Lake	Zhang Tongqing (133)
A Study on the Number and Biomass of Zooplankton Dynamics in Gehu Lake	Zhu Chengde (144)
Studies on the Ecological Distribution and Changing Tendency of the Zoobenthos in Gehu Lake	Yu Ning (149)
Studies on Food Value of Sediments of Organic Detritus and Bacteria and Fishery Potentiality in Gehu Lake	Chen Makang Yang Hequan Sun Qihuan (156)
Studies on composition of Organic Detritus and Standing Crop in Gehu Lake	Jiang Xinyaò Wang Liqing Chen Makang (164)
Relationship Among the Composition of Bacteria and Trophic Level and the Potential of Fishery Production in Gehu Lake	Sun Qihuan Wu Jiannong Chen Makang (174)
Study on the Increasing Production Mechanism and Application of <i>Carassius auratus</i> (<i>Cyprinus carpio</i>) in Gehu Lake ...	Hua Yuanyu Zhang Jian Chen Yafen (185)
Preliminary Study on the Biology and the Food ecological Niche Characteristics of <i>Culter erythropterus</i> Basclewsky and <i>Pseudobagrus futvidraco</i> in Gehu Lake ...	Yu Ning Lu Quanping Zhou Gang (191)
Preliminary Study on the Population Structure of <i>Macrobrachium nipponensis</i> and Dynamics in Gehu Lake	Wang Yugang (198)
Study on Fish Culture Techniques of Combining High Yield and Efficiency With Good Quality in Net-enclosures of Gehu Lake	Xu Xingji (203)
Experimental Rearing of Crab in Net—enclosure of Gehu Lake	Xu Xingji Chen Yahong (214)
Study on Net-cage Rearing of Fingerling and Adult Fish of Mandarin Fish	Xu Xingji Yang Guangmin (220)
Studies on Technique of High Yield , Good Quality and High Effieency Fishculture in Net-enclosure of Gehu Lake	Zhang Jianren (225)
Studies on Crabculture in Net-enclosure of Gehu Lake	Shen Guiqing Lu Xiemin Shen Quanhua Xu Dekuen Zhang Sanlong (231)
Studies on Efficiency of Artificial Stocking in Gehu Lake	Kong Youjia (235)
The Study on Fisheries Economical Structure and Its Development in Gehu Lake	Hu Wanyuan Hu Baotong Chen Hailiang (239)
A Report on Applying Research of Fisheries Ecological Engineering in ChangDang Lake	Hu Wanyuan (247)

溇湖渔业高产模式及生态渔业的研究

朱成德 王玉纲

(江苏省淡水水产研究所 南京 210017)

提 要

1991—1995年,在探讨湖泊3个渔业生态区的功能协调、能量与物质循环及水质—水草—渔产品关系基础上,对溇湖渔业生态系统的结构优化评价;优势水草的种群动态及其人工调控;总磷循环、有机碎屑和细菌的渔产潜力和饵料价值;优质高产高效综合增养殖技术;渔业经济结构的发展以及长荡湖渔业生态工程应用等方面进行了较为系统的研究与探索,取得了较好的研究结果和进展。1994年溇湖渔业总产量达1 145.58万kg,平均每公顷698.52kg,渔业总产值12 647.3万元,平均每公顷7 711.77元,经济效益和社会效益显著。本研究中开发利用技术为我国草型湖泊的渔业利用提供了高产、高效和持续发展典型经验,其理论性探索为建立我国湖泊渔业生态工程的动态模型积累了宝贵的资料。

关键词: 溇湖 渔业高产 生态渔业 模式

一、导 言

近些年来,湖泊渔业资源的开发利用受到全球普遍的重视。由于社会条件与生产性质等方面的原因,世界各国对湖泊水域的利用方式及研究内容有着不同的特点。在国外,过去主要围绕藻型湖泊的天然资源的保护增殖、人工放流、环境保护以及富营养化倾向等问题进行研究,大多处于原初生产力的开发阶段。为了提高湖泊的利用效益,不少国家进行了较多的研究,80年代末,围栏养殖已在35个国家广为应用,主要进行单品种网箱养殖。对草型湖泊的渔业利用特别是对鲤科鱼类和甲壳动物的养殖技术,国外涉及甚少,而采用科学规划进行湖泊水体综合研究和系统开发的几无报道。

湖泊是我国重要的国土资源,具有蓄水、饮用、灌溉以及调节气候等多种功能。浅水草型湖泊为我国,特别是长江中下游重点淡水渔区的主要水域成分,其渔业利用水平关系到我国淡水渔业的产量贡献份额,受到国内水产主管部门以及有关科研院校的高度重视。由于种种原因,我国湖泊渔业长期处于潜力大、产量低、效益低、利用率低、问题多的“一大三低一多”的状态,1985年的全国湖泊平均单产只有232.5kg/ha。但上述试验研究工作主要偏重于产量的提高和应用技术的开发,而对3个渔业生态区的结构与功能以及草型湖泊中水质—水草—渔获物之间的相互关系等缺乏比较深入的分析。

为了将漏湖综合高产技术建立在更加合理和更为科学的基础上,使草型浅水湖泊的开发利用提高到一个新阶段,本研究将漏湖作为一个复合渔业生态系统的统一整体,在建立和调整3个渔业生态区的同时,研究它们的生态结构、功能及其诸多因子的相互作用,并用灰色系统理论进行结构优化和建模探索;开展水质监测以及网围养殖对湖泊水质的影响研究,探讨草型湖泊开发利用过程中生物生产力的变动趋势及物质流动规律,为拟定延缓水体富营养化对策提供依据;研究和探索漏湖优势水草的种群动态、群落演替、变动趋势及其人工调控途径;深入进行网围养殖及其配套技术研究,通过网围养殖种类组成的结构优化及效益对比等试验建立适宜于草型浅水湖泊高产、高效、优质增养殖模式;运用计算机统计软件,就漏湖渔业经济结构的发展作了时间序列的纵向研究,提高草型湖泊渔业经济地位的整体利用水平。1994年漏湖(16 400ha)渔业总产量达1 145.58万kg,平均每公顷698.52kg,渔业总产值12 647.3万元,平均每公顷7 711.77元(表1)。

表 1 1990—1994 年漏湖产量产值表

年 份	捕捞产量 (万 kg)	养殖产量 (万 kg)	总产量 (万 kg)	平均单产 (kg/ha)	总产值 (万元)
1990	223.10	588.73	811.83	495.00	5 276.7
1991	164.00	356.00	520.00	317.10	3 634.0
1992	172.50	800.91	973.41	593.55	7 518.0
1993	186.60	823.60	1 010.20	616.05	10 088.5
1994	231.80	913.78	1 145.58	698.52	12 647.3

这些研究结果集中反映了漏湖采用的先进增养殖技术取得了明显的经济效益和社会效益,为我国浅水草型湖泊的渔业利用提供了高产、高效和持续发展的有效途径,同时还进行了多方面的理论性探索,为建立我国渔业生态工程的动态模型积累了宝贵的资料,也在一定程度上丰富了我国湖沼学和渔业资源学的基础理论知识。

二、主要研究内容与结果

1. 漏湖渔业生态系统的结构优化及建模探索

漏湖渔业生态系统中3个生态区的建立由1986年开始,将湖区分为繁殖保护区、网围养殖区和自然增殖区。1990年3个区的水面分别为1 066.7ha,占湖区面积的6.5%;2 066.7ha,占12.6%;13 266.7ha,占80.9%。1994年调整为1 373.0ha,占8.4%;3 074.0ha;占18.7%和11 953.0ha,占72.9%。调整的结果,湖区生态和环境效益显著,渔业产量和产值逐年上升。

漏湖渔业生态系统是一个结构复杂的大系统,系统内部之间存在着较复杂的联系。各个生态区按照从饵料、鱼类(虾等)到渔获量的传递途径对系统的行为进行分析,由于现有数据的限制,采用结构模型解析法(ISM)。ISM是建立在布尔矩阵运算及分析基础上的一种优化分析法,只需选取适当的主要结构元素就可对复杂系统在层次上进行优化。优化时,首先从人为设想的初步结构图出发,绘制成邻接矩阵,通过数学变换,转化为可达矩阵,并通过可达矩阵的分区分级转化为分区分级矩阵。最后由分区分级矩阵绘制出优化的结构图。

采用灰色系统分析法，能较好地揭示出 3 个渔业生态区因素间的内在联系，建立的预测模型 GM (1, 1)，灰色传递动态模型 GM (1, N) 经后验差法检验效果较好 (表 2)。从百分比误差看，“七五”期间有 19 项小于 15%，6 项大于 15%，“八五”期间有 19 项小于 15%，2 项大于 15%；从关联度分析来看，大多数指标接近 0.6。上述结果表明，采用灰色系统分析法所建立的模型精度高，该模型还能对渔业生态系统的发展进行预测和调控，所计算出的传递函数，还可结合生态系统的结构图绘制出动态模型传递图。上述工作为进一步开展漏湖渔业生态系统的研究，找到了较好的建模途径。

表 2 GM (1, 1) 后验差精度检验

检 验 标 准		“七五”期间	“八五”期间
后验差值 C	精度等级	(个)	(个)
$C \leq 0.35$	1(好)	20	15
$0.35 < C \leq 0.5$	2(合格)	1	3
$0.5 < C \leq 0.65$	3(勉强)	4	2
$0.65 < C$	4(差)	—	2

2. 漏湖水质的变化趋势及富营养化评价

漏湖作为典型浅水草型湖泊，随着综合高产增养殖技术的深入开展，其水质变化和富营养化趋势引起了人们的注意和重视。1991—1994 年间我们对漏湖的水质作了全面的连续性监测与分析，并对草型湖泊富营养化的评价标准进行了探讨。根据测定结果，漏湖水体目前呈微碱性，溶氧充足，pH、悬浮物、非离子氮等主要指标符合国家《渔业水质标准》的规定。湖水营养盐丰富，水草茂盛，是发展渔业生产的良好水域。

对于藻型湖泊富营养化的研究，国内外已有半个多世纪的历史，但涉及草型湖泊的富营养评价却鲜有报道。结合漏湖水质状况的调查测定，拟对草型湖泊的营养状况评价标准作些讨论。由于漏湖典型的浅水草型生态环境，如仍选用常见于藻型富营养化的评价指标透明度、水体叶绿素等将会导致评价结果产生较大的偏差。根据草型湖泊的特点，删去透明度一项，用水草生物量代替水体叶绿素。因此对草型湖泊营养状态的评价指标建议选用水草生物量、总磷、总氮、高锰酸盐指数 4 项。表 3 列出了用上述评价标准对漏湖及其他

表 3 漏湖营养状态评价结果

项 目 湖 泊	水草 (kg/m ²)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	CODmn (mg/L)	综合 指数	营养 状态	其他方法 评价结果
漏 湖 (1993—1994)	3.63	0.046	1.71	4.74	52.7	中营养 (后 期)	富 营 养 (初期)
固城湖 (1988)	6.43	0.055	1.73	2.75	58.0	中营养 (初 期)	富 营 养 (前期)
南四湖 (1988)	2.58	0.205	2.42	20.54	64.3	富营养	中富—富营养
乌梁素海 (1988)	10.33	0.068	1.78	6.04	67.9	富营养	局部重富营养 富 营 养

3个草型湖泊营养状态的评价结果,从中可看出漏湖目前处于中营养的后期。这表明用上述评价标准对4个草型湖泊的评价结果与用其他综合方法评价结果基本一致。

比较1985—1986年和1993—1994年漏湖水质和富营养化主要指标的测定数据,可以看出近10年来漏湖水体中的营养物质有了明显的提高,其中总氮增加了171%,总磷增加了64%,高锰酸盐指数增加了28%。也就是说,其营养状态有了明显的变化,综合指数值上升16.9%,湖泊营养状况已由中营养水平上升到中营养的后期阶段,已引起充分的重视。

3. 优势水草的种群动态及其人工调控

水生植被是草型湖泊生态系统中的核心组成部分,起着固定太阳能的作用,并向系统中其他组分转化,使整个湖泊生态系统得以正常运转。经过连续10年的规模化渔业综合开发,漏湖网围养殖面积达到3 074.85ha,但由于采取渔业与水草同步协调发展的合理利用方式及人工调控技术,水草覆盖仍达93%—95%,水草总生产量达到80余万t,保持了草型湖泊固有的良好生态特点。漏湖现有水生植物44种,组成水生植被的主要种类为黄丝草、聚草、金鱼藻、菹草、苦草、轮叶黑藻、马来眼子菜、芦苇及槐叶萍等9种,主要以沉水植物为主,其中尤以黄丝草为绝对优势种。

研究表明,同“七五”相比,漏湖水生植物群落演替的最主要特征是优势群落的黄丝草从初期的发展蔓延到近期的相对稳定,分布面积约占湖区面积的65%左右(约1万ha),主要在湖区南端;轮藻群落、马来眼子菜群落从衰落渐趋消失;槐叶萍群落、菹草群落在兴起,并有逐渐扩张的趋势;挺水植物群落的芦苇分布稳定在100ha的小范围之内。总体特点是单纯性群落减少,杂合性群落增加。

组成水生植被的各群落的稳定性是相对的。随着环境条件的变化,时间的推移,群落的组成必然会发生分布与结构的变化。其变化的方向既决定于植物本身的生物学特性,又决定于不同的环境条件,尤其是1991年的特大洪涝与1994年的严重干旱,对目前漏湖的群落结构组成有着重大的影响。为了解网围养鱼清除水草后的次生演替,分别在网围养鱼和网栏放牧式除草后的腾空养草区内进行试验观察,前者的第1年以菹草为先,并达到苦草为主的水草恢复群落结构,第2年仍以苦草为主,间伴杂生轮叶黑藻、马来眼子菜和金鱼藻,个别区域发现零星黄丝草侵入植株,第3年发生明显分化,菹草、黄丝草侵入杂生,即属于r竞争的苦草、轮叶黑藻逐步为属于K竞争的黄丝草所代替。后者当年萌发生长的全部为苦草,第2年早春以菹草开始,其后仍以苦草为主,杂生少量轮叶黑藻;第3年才有少量聚草、黄丝草侵入杂生,其次生演替程序比前者推迟1年。

根据苦草和轮叶黑藻的生长特性与生产力的特点,结合进行“小块、精养、高产”网围养鱼生产,适时展开相应的“蓄草养鱼,水草改良”的配套技术试验,对蓄草区的水草群落进行人工调控干预,按小区分片定时刈割,有效地阻遏了草食性鱼类非喜食水草的侵入杂生,使区域性水草群落结构有一定程度的优化,1993年苦草与轮叶黑藻生物量占全湖水草生物量的11.0%和3.9%,比1990年分别提高231.3%和1 055.9%。另外,为了探索外域性水草种群的引种移植对我国草型湖泊水生植被改良的可能作用,漏湖还进行了较大面积的伊乐藻引种栽培试验。结果表明伊乐藻不仅是发展湖泊网围养鱼的优质饲料源,而且可以在漏湖形成自然种群。

4. 漏湖物质(总磷)循环的研究

磷是湖泊水域中藻类和大型水生植物生长所必需的营养物质, 往往成为某些湖泊初级生产力的限制因子; 同时又是湖泊水域富营养化的重要指标, 受到人们的关注。选择磷作为漏湖物质循环中的代表性元素, 以便对漏湖复杂的能流和物流作些初步探索, 并在查明磷来源的各种途径的基础上, 系统分析磷在水体—生物—底泥中的迁移过程, 以期为湖泊水体中磷资源的合理利用和制订富营养化防治对策提供科学依据。

漏湖总磷进出平衡的计算结果为: 磷年入湖总量为 270. 1t, 其中主要来自河道流入, 入湖量达 154. 4t, 占入湖总量的 57. 2%; 其次是养殖投入, 占入湖总量的 29. 8%, 扣除养殖鱼类带出量, 净养殖投入的“贡献份额”为 13. 4%, 漏湖磷的年出湖总量为 174. 5t, 滞留量 95. 5t, 滞留系数为 35. 4%。这一结果表明, 近来湖水中磷浓度上升扣除因湖区工农业迅速发展的影响外, 网围养殖投饵量增加也是因素之一。

漏湖各主要要素的总磷量为 298. 2t, 其中, 主要是水草存量达 245. 7t, 占总磷量的 82. 4%, 表明水草在漏湖磷的循环中起主导作用。其次鱼类现存量为 39. 9t, 占总量的 13. 4%, 两项合计占总磷量的 95. 8%。

根据漏湖目前水草覆盖率和网围养殖规模以及未来发展趋势, 分别设定在湖泊水草量减少 20%、50% 和 90% 以及养殖投饵量较目前平均增加 1 倍或减少 1 倍时, 应用建立的磷迁移过程数学模型, 通过微机计算, 可得出湖水中磷浓度、叶绿素 a、水草和鱼类数量相应的变化。即随着草型湖泊生态特点的丧失, 湖水磷浓度和藻类将明显增加, 如水草减少 90%, 湖水磷浓度将由目前的 0. 049mg/L 上升为 0. 077mg/L, 叶绿素 a 将由 2mg/L 上升为 11. 4mg/L, 成为典型的藻型富营养湖泊。

5. 漏湖有机碎屑和细菌的渔业潜力及其饵料价值

草型湖泊有机碎屑和细菌, 尤其是水草碎屑在湖泊生态系统的能量流动和物质循环复杂的动力学过程中具有重要作用, 而过去很少有关于这方面的报道。研究表明水草碎屑在鲫鱼食物中的出现频率为 73. 26%, 重量组成中占 62. 37%, 含菌量 $1. 04 \times 10^5$ — $1. 01 \times 10^7$ 个/g (湿重); 在青虾食物中出现频率为 62%, 重量组成中占 39. 5%; 成为某些水产动物的重要食物。

结果表明, 1993—1994 年浮游物干重分别为 2 894. 5t 和 2 895. 9t, 其有机碎屑量 (干重) 分别为 2 347. 3 和 2 645. 7t。经测算, 漏湖的浮游物碳量平均为 10. 89kg/ha, 根据王少梅等采用浮游物碳量估算鲢、鳙渔产潜力的方法, 其渔产潜力为 153. 3kg/ha。

漏湖沉降物中有机碎屑的组成, 通过扫描电镜和光学显微镜观察, 主要成分有水草碎片、浮游植物碎片、浮游动物残骸、水生动物粪便以及细菌等。沉降物的干重及其有机碎屑沉降量 (干量) 分别为 1 950. 8t/天和 243. 2t/天, 其无灰干重百分含量为 21. 20%; 沉降物中 C、N、P 含量分别为 27. 53、6. 8 和 0. 96mg/g。根据 1993—1994 年测定平均计算, 年有机碎屑沉降量为 87. 28 万 t, 如以饵料系数 200, 利用率 50%, 则产鱼潜力为 0. 2182 万 t/年, 即每公顷渔产潜力为 133. 05kg。

由 5 个不同代表采样区分离、鉴定出 127 株异样细菌。其中水体 71 株, 隶属 17 个属, 埃希氏菌属 (*Escherichia*) 占 19. 7%, 纤维单胞菌属 (*Cellulomonas*) 占 14. 0%, 假单胞菌属 (*Pseudomonas*) 占 12. 7%; 底泥中 56 株, 隶属 13 个属, 芽胞杆菌属 (*Bacillus*) 占 52. 0% 的绝对优势, 假单胞菌属占 17. 0%。根据测定估算的底泥细菌对有机物的分解率为

11 609.7t 碳/年,保证了漏湖水体营养元素的不断循环。出水口采样点异养细菌数各次测定,十分明显地低于进水口采样点,表明漏湖目前具有较强的自净能力。

6. 优质、高产、高效综合增养殖技术

漏湖从繁殖保护下的单一捕捞渔业,经过发展网围养殖逐步走上以养为主,养捕结合的道路,为我国草型湖泊的渔业发展提供了宝贵的经验。漏湖在继续和调整实施3个生态区的渔业生态工程思路基础上,对增养殖种群的结构调整和配套技术做了积极的探索,使漏湖的渔业产量和效益有了进一步提高,取得了明显的经济效益和社会效益。

漏湖以名特优产品青虾为重点保护对象,在维持较高水草覆盖率的前提下,采取常年保护及季节保护相结合的技术,并受益于网围养殖的残饵散失,取得明显的增殖效果。1992—1994年青虾捕捞渔获量达到96.02—120.37万kg,平均105.47万kg,占捕捞总量的53.54%,3年平均比1990年净增34.45万kg,增幅48.5%,以1993年为例,青虾产量96.02万kg,占捕捞产量的51.8%,其产值占捕捞产值的84.77%,效益十分明显。

漏湖网围养殖采取大宗鱼养殖稳步高产、名特优新产品养殖由点到面、高效配套技术逐步完善的方针,1992—1994年网围养殖总产量800.91万—913.78万kg,占总产量的79.8%—82.2%;总产值5238万—9242.8万元,占总产量的69.7%—74.3%,每公顷产值为18735—30067元(表4)。

表4 漏湖1992—1994年养殖产量和产值情况

项 目	1992	1993	1994
养殖面积(ha)	2796.2	2913.0	3074.9
养殖产量(万kg)	800.91	823.60	913.78
单产(kg/ha)	2865.0	2827.5	2972.6
占总产比例(%)	82.2	81.5	79.8
产值(万元)	5238.0	7494.8	9242.8
占总产值比例(%)	69.7	74.3	73.1
每公顷产值(元)	18735	25725	30067

1992年河蟹养殖试验0.35ha网围中,投放(80只/kg)幼蟹82.8kg,总产成蟹470.5kg,每公顷产蟹1357.2kg,回捕率20.28%,群体增重5.68倍,总产值37640元,每公顷产值108570元,利润100110元,投入产出比1:11.6。1993年中试10ha,获均产494.55kg,回捕率59.07%,群体增重15.21倍,平均产值80599.95元,平均利润42986.25元,投入产出比1:2.14。

7. 漏湖渔业经济的结构发展研究

根据收集的1972—1994年23年的历史资料,运用计算机统计软件,就漏湖渔业经济结构的发展作了时间序列的纵向研究,并对漏湖的捕捞业和网围养殖业分别进行了定性的理论探讨和定量的回归分析,得出了五个经验公式。研究充分表明,通过渔业利用、技术开发和攻关,漏湖渔业经济结构在调整中有了迅速的发展,取得了十分显著的效益,为发展农村经济,使农民致富奔小康作出了贡献。

漏湖渔业经济的发展,总体上经历了三个发展阶段。第一阶段(1972—1985)历经14年,是一个缓慢的恢复阶段;第二阶段(1986—1990)历经“七五”期间5年,是一个以

网围养殖为带头的技术开发阶段；第三阶段（1991—1994）是“八五”期间，以高产高效为目标的科技攻关阶段。三个阶段的数据表明，太湖渔业产量、产值成倍增长，经济结构得到了调整，渔业劳动效率也有了明显提高（表5）。

表5 太湖渔业经济发展情况表

项 目	单 位	1972—1985 (恢复阶段)	1986—1990 (开发阶段)	1991—1994 (攻关阶段)	增长 倍数
平均产量	万 kg	146.9	635.1	912.4	6.2
年均产值	万元	208.0	3 709.3	8 470.0	40.7
养殖产量(%)		1985年 29.1	1990年 70.0	1994年 79.8	
养殖产值(%)		30.6	56.9	73.1	
劳力年产量	kg	605	1 318	1 476	2.4
劳力年产值	元	856	7 699	13 701	16.0

根据1986—1989年太湖渔业生产经济系统有关放流费、放流量、捕捞产值、捕捞产量、网围养殖中投种量、投饵量、总支出、总产值和总产量等9个结构元素进行灰色系统稳定性分析的研究，得出动态系统传递函数图。而后采用劳斯判据进行分析，结果计算得到从产出至投入的传递函数 $a > 0.427$ ，即产出的至少42.7%要用于再投入，可以维持目前系统的稳定状态，表明太湖渔业生产经济系统的特点是在高产高效的层次上维持动态的良性循环。

8. 长荡湖渔业生态工程应用

长荡湖位于太湖以西，辖金坛和溧阳两市，面积8 500ha，常年水深1.1—1.3m，水草覆盖率在85%以上，为典型的浅水草型湖泊。该湖历来是沿湖渔民的捕捞场所，生产结构单一，产量水平很低。据统计，1972—1982年平均每公顷产量只有114kg。1983年开展网围试验获得成功，改变了单一捕捞天然资源的低产低效生产状况，至1990年长荡湖已形成繁殖保护、增殖和养殖3个生态区雏形，各生态区的比例分别为1.6%、91.0%和7.4%，总产为134.0万kg，平均单产325.35kg。

为了进一步提高长荡湖的开发利用水平，根据“七五”太湖攻关成果，对长荡湖3个渔业生态区作了进一步调整，1994年常年繁殖保护区面积扩大至288ha，占全湖面积的3.4%；大湖增殖区5 969.9ha，占70.2%；网围养殖区由于品种结构优化，经济效益大幅度提高，面积达2 242.1ha，占2.64%，即形成1:21:8的渔业生态结构。

这个结构既有利于保护增殖资源，维护捕捞业的基本稳定，又便于推广网围养殖技术，促进养殖业的发展。在保护草型湖泊生态特征的条件下，取得了显著的渔业效果。1994年全湖渔业总产量达到392.8万kg，平均每公顷462kg，比攻关前的1990年增长了42.0%；总产值达到5 395.2万元，平均产值为6 348元，比攻关前增长了194.7%。结果表明，利用太湖“七五”科研成果，长荡湖的渔业养殖取得了明显的经济效益和社会效益。

长荡湖名特优水产品开发，通过总结历史经验和引进新技术，初步形成增殖型、养殖型和增养殖型3种开发途径。青虾是增殖型的代表，通过保护水草和繁殖保护以增殖青虾资源量，1972—1994年全湖共捕青虾351万kg，产值3 412万元，分别占总捕捞量和总产值的31%和25%；1991—1994年间，其产量和产值分别占捕捞产量和产值的15%和33%；

养殖型开发代表是鳊鱼和加州鲈等高档肉食性鱼类的网箱养殖,已初步显示了开发前景;增养殖型的代表是河蟹,可养可增,1994年网围养蟹产量达30万kg,产值高达2700万元,经济效益十分明显。

三、小结与讨论

1. 我国占世界总人口的22%,其耕地仅占7%,要在如此有限的土地资源上,保证12亿人口的基本生活要求,负担是十分沉重的。近些年来,我国大中型水域的渔业利用有了积极的进展,但就总体而言,其产出水平仍然很低,以约1330万ha捕捞自然资源的增殖水域计算,1993年总产101.8万t,平均每公顷仅为75kg;如以200万ha养殖水面计算,1993年总产120万t,平均每公顷仅为600kg。

全国湖泊面积752.42万ha,占内陆总水域面积的43.4%,其中草型浅水湖泊占较大比重。1991—1994年以溇湖和长荡湖为工作对象,采用了草型湖泊优质、高产、高效增养殖配套技术模式取得了重要进展,结果表明,我国的多数湖泊,尤其是浅水草型湖泊,采用溇湖和长荡湖的增养殖配套技术模式,可以较大程度地提高渔业产量和效益,这为我国草型湖泊的渔业利用提供了有效的典型经验。

2. 湖泊生态渔业系统的调控是自然调控和人工调控的结合,人工调控对自然调控起补充、调控和增强作用,湖泊的渔业开发就是运用现代科学技术,在不违背自然规律的前提下,达到良性循环的高产高效和持续发展的目的。

灰色系统理论和方法是新近发展的系统分析及模型理论,它以灰关联空间为分析体系,以灰色模型为模型体系,以灰过程及生成空间为方法体系,以系统分析、建模、预测、决策、控制和评价为技术体系适用于描述结构复杂与信息不完全的大系统,其注重的不是系统的结构,而是行为的发展趋势和系统因素之间的关系以及系统的整体功能,用以从不确定的表象复杂及数据离乱的系统挖掘潜藏的某种内在规律。采用灰色系统理论和方法,经过结构模型解析,得出溇湖渔业生态系统的结构优化图,并分析了3个渔业生态区各因子间以及相互之间的定量关系,探索了精度较高的溇湖渔业生态系统预测模型CM(1,1)和动态模型传递图,基本阐明了溇湖3个渔业生态区的建立与调整是合理的,为建立较完整的渔业生态系统提供了建模途径。

3. 半个多世纪以来,国内外的许多学者从湖泊富营养化现象的发生机制、营养特征和容许负荷量、湖泊物理学、水化学或生物生产力等方面对湖泊富营养化程度的评价标准,进行了大量的研究和探讨。如何志辉(1987)曾对全国211个湖泊水库做过营养分类,指出其中贫营养、中营养和富营养型分别占14.7%、52.1%和33.2%。然而,多数分类系统和标准只强调了某些方面的因素,难以反映湖泊生命系统和环境系统的相互关系,至今尚未得出公认一致的意见,其中很少专门涉及草型湖泊的评价方法和标准。

溇湖1991—1994年的水质监测表明,其水体溶氧、pH、悬浮物、非离子氮等主要指标符合国家《渔业水质标准》的规定,保持了渔业生产发展的良好水质环境。但就其水质和富营养化的变化趋势分析,比较1985—1986年和1993—1994年的测定数据,不难看出近10年溇湖水体中的营养物质有了明显的提高,其中总氮由0.63mg/L提高到1.71mg/L;总