

图书馆



国家重点科技（攻关）项目

“八五”水产科研重要进展

农业部渔业局 编

前 言

改革开放以来,中国渔业迅猛崛起,已成为大农业中发展最快的产业之一,并在世界渔业大格局中占有重要地位。“科技是第一生产力”,科技为渔业发展提供了强有力的支撑,推动了产业快速、健康、持续发展。到“八五”末,科技进步对渔业经济增长的贡献率达46%。

在国家科委、国家计委、财政部等有关部委的支持下,国家渔业攻关计划针对渔业全局性的重大科技问题和关键技术立项实施,集中力量组织跨系统、跨部门、多学科的联合攻关,为形成新的经济增长点和大规模产业化开发奠定了坚实的理论基础,提供了先进、适用的配套技术,并促进了相关学科发展和科技人才成长。“八五”国家渔业科技攻关计划涉及2个项目,6个课题,23个专题,共有水产科研、教育、生产等100多个单位,近千名科技人员承担了攻关任务。经过5年的辛勤努力,团结奋战,在草型湖泊渔业高产模式研究、海湾渔业增养殖技术研究、淡水鱼类种质资源保存技术研究、鱼虾良种选育和驯养技术研究、鱼虾病害防治技术研究等方面,圆满完成了各项攻关任务,并在一些研究领域获重大进展,取得一大批科技成果。其中,具国际领先水平3项,国际先进水平13项。各承担单位坚持边研究、边开发、边推广转化,建立了58处试验基地和46个示范点,获得了54项新技术、新工艺和18项新产品,其中43项已应用于生产,创造了显著的经济、社会和生态效益。

我们对“八五”国家渔业科技攻关项目的专题(或子专题)研究报告进行整理,编辑成书,旨在总结、宣传渔业科学研究成就,推广已取得的科技成果,为后续研究,繁荣渔业科学提供借鉴并发挥作用,为发展渔业经济做出贡献。展望未来,21世纪的渔业将对国民经济发展具有重大战略意义。渔业科技任重而道远,必将以科技进步的新奉献,为渔业腾飞插上翅膀。

此书汇编过程中得到中国水产科学研究院及各攻关任务承担单位的大力支持,谨此致谢。因时间仓促,水平有限,有错误疏漏之处敬请批评指正。

编 委 会

主 编:冯瑞峰

副 主 编:张荣权 魏宝振

编 委:(按姓氏笔划排序):

李杰人 肖 亚 尚作忠 罗俊恒

赵红萍 张显良 徐瑞永 曾一本

责任编辑:曾一本 肖 亚 徐瑞永

目 录

第一部分 草型湖泊渔业高产模式研究

小型草型湖泊渔业综合高产技术研究	梁彦龄等 (1)
隔湖渔业高产模式及生态渔业的研究	朱成德等 (18)
太湖渔业综合高产技术的研究	严小梅等 (26)
大型多功能水库渔业利用优化模式研究	胡传林等 (41)

第二部分 海湾渔业增养殖技术研究

象山港水产开发技术	徐君卓 (56)
东吾洋水产开发技术研究	倪正泉等 (66)
渤海水域生态系统及其动态变化特征的研究	邓景耀等 (81)
渤海大宗贝类增殖开发技术研究	徐应馥等 (90)
渤海海珍品综合增养殖技术研究	高绪生 (104)
渤海对虾放流技术研究	邓景耀等 (119)
渤海主要经济鱼类、梭子蟹、海蜆放流增殖技术研究	雷霖霖 (125)

第三部分 淡水鱼类种质资源保存技术研究

天鹅洲通江型故道“四大家鱼”种质资源天然生态库研究	张兴忠 (141)
老江河封闭型故道“四大家鱼”种质资源天然生态库研究	刘绍平 (161)
淤泥湖团头鲂种质资源天然生态库的研究	张幼敏等 (168)
淡水鱼类种质资源人工生态库研究	宁宗德 (180)
淡水鱼类种质标准参数研究	李思发等 (184)

淡水鱼类种质冷冻库研究·····	鲁大椿等(187)
淡水鱼类种质数据库研究·····	林康生 (191)

第四部分 鱼虾良种选育技术研究

高寒鲤品种的培育研究·····	刘明华等(200)
抗病草鱼(83-2系鱼)选育的研究·····	吴维新等(206)
尼罗罗非鱼选育研究·····	吴福煌等(210)
黄河鲤鱼原种选育及应用研究·····	张西瑞等(215)
不育鲤的研究·····	刘 筠等(220)
剑尾鱼作为水生实验动物研究·····	吴淑勤等(225)
中国对虾雌核发育和多倍体研究·····	蔡难儿等(232)
中国对虾细胞遗传工程应用研究·····	王所安等(245)

第五部分 养殖新对象驯养及苗种繁育技术研究

长江粗唇鲃驯化与繁育技术研究·····	章龙珍等(251)
长江水系大鳍鲃驯养及人工繁殖技术·····	杨德国等(255)
珠江斑鲃驯化与人工繁殖技术研究·····	陈焜慈 (259)
胭脂鱼全人工繁育技术的研究·····	吴国犀等(264)
海鲤的驯养与选育研究·····	陈湘彝等(272)
鳊鱼人工繁殖技术研究·····	谢 刚 (275)
鳊鱼人工繁殖与育苗技术研究(一)·····	郑镇安等(280)
鳊鱼人工繁殖与育苗技术研究(二)·····	李加儿等(286)
鲢鱼的驯化和全人工繁育技术的研究·····	王汉平 (290)
紫鲮人工繁殖养成技术研究·····	黄宗强等(296)
卵形鲳鲹亲鱼培育技术研究·····	林锦宗 (298)
山东北部池养斑节对虾越冬培育、亲虾培育及育苗技术研究·····	杨丛海等(301)

第六部分 鱼虾病害防治技术研究

淡水养殖鱼类嗜水气单胞菌败血症病原、发病机理和免疫预防研究·····	钱 冬 (309)
------------------------------------	-----------

抗草鱼出血病细胞疫苗扩大试验及工艺研究.....	杨广智等(318)
对虾细菌性疾病及几种常见病的防治技术研究.....	蔡生力等(325)

第七部分 对虾暴发性流行病防治技术研究

对虾暴发性流行病防治技术研究(一).....	陈 木 (330)
对虾暴发性流行病防治技术研究(二).....	黄健等 (347)
对虾暴发性流行病防治技术研究(三).....	李光友等(355)
对虾暴发性流行病防治技术研究(四).....	吴敬南 (362)
对虾暴发性流行病病毒病原的分离与鉴定.....	陈棣华等(370)

小型草型湖泊渔业综合高产技术研究

编写人:梁彦龄 刘伏泉

(中国科学院水生生物研究所)

我国长江中、下游冲积平原地带有湖泊 4033 个,总面积 23123km²。其中面积小于 100km² 的湖泊 4007 个,占总数 99%;面积 6607km²,占总面积的 29%。这类湖泊的湖沼学性质,系属于浅水草型湖泊。近些年来,由于不合理的渔业开发,破坏水生植被,导致水体自净能力差,鱼类质量下降,出现了严重人为富营养化。

“八五”期间,本专题的攻关任务是,对典型湖泊进行综合研究,提出渔业新模式,使鱼—草协调发展,推动湖泊向合理利用资源和空间的良性系统过渡,达到发展渔业和优化环境的目的。

试验在长江中游两个有代表性的湖泊进行,即湖北省的保安湖(试验湖)和西凉湖(验证湖)。保安湖位于大冶县境内(114°43'E,30°15'N),属于梁子湖水系的一个子湖,面积 3933.3ha,水深 1.5—2.5m,由于人工堤的构筑,该湖主要由主体湖、桥墩湖、扁担塘、肖四海四大湖区组成,面积分别为 2666.7、800、333.3 和 133.3ha。西凉湖位于湖北省嘉鱼、蒲圻、咸宁三县(市)交界处(114°00'—114°10'E,29°51'—30°01'N),为长江南岸的一个浅水草型湖泊,总面积 8267ha,水深 1.85—2.20m。

一、研究技术原理

本研究以生态学理论为指导,结合湖泊理化条件,着重对水体中组合式生物和单元式生物的资源量、相互关系、利用情况及存在问题进行综合分析研究;在取得必要本底资料的同时,因地制宜地开展以湖泊渔业工程为核心的各项实验,通过生物操纵和生态对策的运用,使生态群落形成相互促进的物种共生系统,协调了鱼—草关系,推动湖泊逐步向合理利用资源和空间的良性系统过渡,达到发展渔业和优化环境的目的。其原理如图 1。

二、主要研究内容及结果

1991—1995 年顺利完成了各子专题的研究计划,通过了四项渔业模式的验收、鉴定,发表研究专著《草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一)(二)》。在环境监测方面,完成了保安湖和西凉湖 58 项生物和非生物指标的周年监测,建立了主要饵料生物的动态变化及其与环境条件的关系模型,并在此基础上估算出湖泊的渔业生产潜力。在水草利用上,结合自然情况,开展实验生态学试验,较为系统地研究了鱼—草关系,包括几种主要水草的生长模式、草鱼摄食模式、河蟹对水草的利用和破坏方式、河蟹的生长模式等工作,建立了用以推算草型湖泊草鱼对水草生长压力的动态模型。渔业优化开发技术方面的工作则以高效生态渔业模式、增养殖渔业模式、集约型渔业模式和湖汉群综合养殖模式开展系列试验研究。在名优品种增养殖技术方面亦取得了突破性进展。

(一)湖泊理化环境、生物资源动态特征及渔产潜力

1. 环境条件参数年度动态的比较

保安湖水质在几年的渔业开发过程中保持良好(表 1)。就浮游植物而言,生物量下降、叶绿素

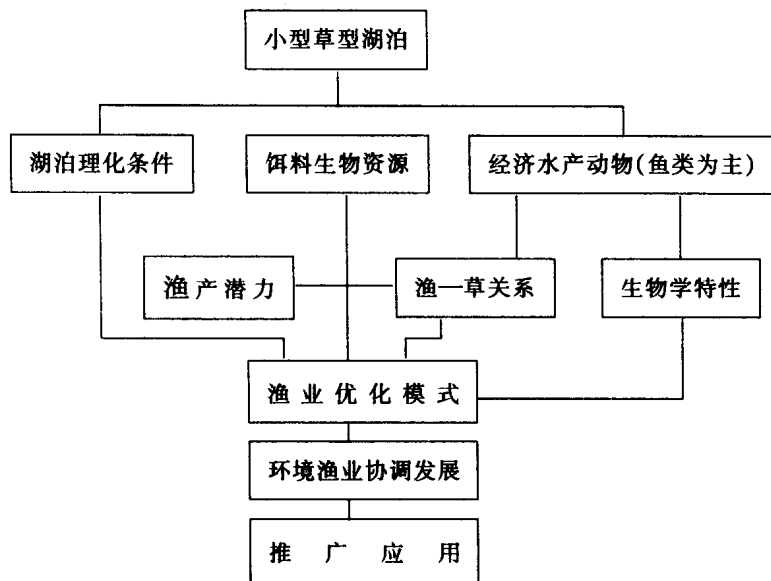


图 1. 小型草型湖泊渔业开发技术原理

a 上升,说明藻类向小型化发展。从底栖动物的角度看,寡毛类密度由 169 个/ m^2 下降到 60 个/ m^2 ,而软体动物密度由 101 个/ m^2 上升到 216 个/ m^2 。大型水生植物,如黄丝草、菹草、苦草、聚草生物量以及水草总量等都有较大幅度的增加。从主要生物类群的多样性动态(表 2)来看,生物种类明显增多。这些数据表明,环境水质在向好的方向发展。

表 1. 环境条件现状及其与“七五”期间相应参数的比较

		理 化 因 素							浮游植物		
		透明度	COD	溶解氧	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-N	PO ₄ -P	T-P	生物量	Chla
		(cm)	(mg/l)						(mg/l)	(ug/l)	
“八五”(1992)		148.00	3.60	9.82	0.096	0.234	1.390	0.015	0.036	0.303	2.766
“七五”(1987)		149.78	3.02	9.76	0.064	0.322	0.683	0.008	0.018	1.994	1.909
变化(%)	+		19.21	0.61	50.00		103.51	87.50	100.00		44.94
	-	1.19				27.33				84.80	
环境、渔业评		0	-	0	+	+	++	+	++	+	-

		大型水生植物					浮游动物					底栖动物	
		黄丝草	菹草	苦草	聚草	总水草	原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计	密度	生物量
		(g/ m^2)					(mg/l)					(个/ m^2)	(g/ m^2)
“八五”(1992)		3153.1	218.10	148.30	1214.0	4883.7	0.067	0.269	0.110	0.318	0.764	433	100.696
“七五”(1987)		970.32	15.60	4.47	451.69	1142.1	0.127	0.816	0.055	0.191	1.189	460	55.415
变化(%)	+	224.95	1298.1	3217.7	168.77	327.61			100.00	66.54			81.71
	-						47.32	67.08			35.79	5.87	
环境、渔业评价		++	+++	+++	++	++	-	-	++	+	-	0	+

2. 大型水生植物组成与生物量动态及其与水深、透明度的关系

草型湖泊中最重要的生态类群是沉水植物,其多寡反映水环境的优劣。保安湖水草生物量在

试验期间显著回升(表 3、表 4),并且趋于稳定,保证了保安湖渔业生产的正常运转。
植被的覆盖率也是水草丰度的标志,表 5 说明 1990 年以来水草的覆盖率已超过 65%。

表 2. 主要生物类群的多样性动态

	浮游植物					浮游动物				
	种类数	绿藻	硅藻	蓝藻		原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计
	门属种	占总种类的%				属种	属种	属种	属种	属种
“八五”(1992)	7 84 101	42.6	24.8	16.8		41 76	33 80	18 30	7 8	99 194
“七五”(1987)	7 51 56	43.0	21.0	16.0		34 36	29 48	13 19	6 7	82 110

	底栖动物					鱼类	
	寡毛类	水生昆虫	软体动物	其它	合计	科属种	
	科属种	科属种	科属种	种	科属种		
“八五”(1992)	3 22 36	13 29 40	9 14 24	7	32 72 107	14 45 60	
“七五”(1987)	2 11 14	11 21 25	8 12 17	5	21 44 61	9 34 44	

表 3. 保安湖各湖区水生植物年均生物量及最大生物量(g/m²)

	主体湖		桥墩湖		扁担塘		全湖平均		
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	“P/B”
1990		209.0(9)		533.7(9)		2458.0(9)		1434.0(9)	
1991		265.3(9)		1885.2(9)		1078.0(9)		654.2(9)	
1992	718.4	1347.7(5)	2912.3	6353.5(9)	1512.2	2366.5(10)	1206.8	2008.6(9)	1.66
1993	1037.4	1822.0(8)	3069.2	4901.3(9)	826.8	2990.0(8)	1388.5	2503.5(8)	1.80
1994	3202.8	6340.0(8)	4745.9	7383.0(8)	1221.1	3482.0(8)	3238.7	6093.2(8)	1.88

注:括号内数字为最大值出现之月份

表 4. 保安湖(主体湖)大型水生植物月动态(1992 年 3 月—1993 年 2 月,2/m²,湿重)

月份	总水草	黄丝草	菹草	聚草	苦草	其它草
3	181.7	56.2 (30.9)	112.1 (61.7)	6.8 (3.7)	6.6 (3.6)	0 (0)
4	736.3	46.1 (6.3)	689.6 (93.7)	0 (0)	0.6 (0.1)	0 (0)
5	1347.6	120.4 (8.9)	1191.7 (88.4)	3.8 (0.3)	25.2 (1.9)	6.6 (0.5)
6	369.2	272.1 (73.7)	0 (0)	0.2 (0.1)	86.8 (23.5)	10.2 (2.8)
7	995.4	668.4 (67.1)	1.4 (0.1)	2.0 (0.2)	300.7 (30.2)	22.9 (2.3)
8	779.3	518.5 (66.5)	5.3 (0.7)	9.5 (1.2)	231.7 (29.7)	14.4 (1.8)
9	770.8	302.2 (39.2)	0.7 (0.1)	1.5 (0.2)	390.1 (50.6)	76.3 (9.9)
10	903.3	401.0 (44.4)	12.9 (1.4)	3.2 (0.4)	370.6 (41.0)	115.6 (12.8)
11	540.7	248.0 (45.9)	84.8 (15.7)	0.5 (0.1)	189.2 (35.0)	18.0 (3.3)
12	560.2	282.3 (50.4)	134.6 (24.0)	2.7 (0.5)	140.6 (25.1)	0.1 (0.2)
1	858.3	478.0 (55.7)	375.9 (43.8)	0 (0)	4.4 (0.5)	0 (0)
2	708.4	490.6 (69.3)	205.2 (29.0)	3.9 (0.6)	8.7 (1.2)	0 (0)
平均	729.3	339.1 (46.5)	218.1 (29.9)	4.4 (0.6)	147.3 (20.2)	20.4 (2.8)

注:表中括号内数据为各种草占总水草之百分率

表 6 列出了保安湖大型水生植物(以下简称水草)与水深的关系。除菹草外,其它各种水草以

及总水草都与水深成反比,其可能生长的最大深度在 3.18—7.53m 之间。

水草的生长主要应决定于其有效生长深度内光的可获得性,水草的生物量应与透明度成正比,与水深成反比(表 7)。除菹草外,其它各种水草以及总水草与它们的关系都是十分显著的。

表 5. 保安湖水生植物覆盖率(%)

年份	主 体 湖		桥 墩 湖		扁 担 塘		全 湖 平 均	
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
1990	23	25(7-9)	84	86(7-9)	83	88(8-10)	41	43(8-9)
1991	37	37(9)	80	80(9)	75	75(9)	49	49(9)
1992	57	62(8-9)	82	88(7-9)	82	85(7-9)	64	70(8-9)
1993	60	68(6-10)	70	80(5-9)	63	70(7-9)	62	71(7-9)
1994	72	90(8)	75	88(6,8)	73	90(8,11)	73	90(8)

注:括号内数字为最大值出现之月份。

表 6. 保安湖大型水生植物生物量($B_M, g/m^2$)与水深(Z, cm)的关系

种 类	方 程	r	p	无草深度
黄丝草	$B_M = 2917.93 - 8.51Z$	0.4027	0.0061	3.45m
菹 草	$B_M = -1380.45 + 7.71Z$	0.3152	0.0349	1.79m
苦 草	$B_M = 1122.66 - 3.53Z$	0.3008	0.0447	3.18m
聚 草	$B_M = 42.16 - 0.06Z$	0.0341	0.8242	7.53m
其它草	$B_M = 469.24 - 1.33Z$	0.1993	0.1894	3.53m
总水草	$B_M = 3171.54 - 5.72Z$	0.2089	0.1684	5.54m

表 7. 保安湖大型水生植物生物量($B_M, g/m^2$)与水深(Z, cm)及透明度(Z_{SD}, cm)的关系

种 类	方 程	r	p	无草深度
黄丝草	$B_M = -1149.75 + 2927.79 Z_{SD}/Z$	0.4520	0.0038	2.55
菹 草	$B_M = 728.35 - 300.76 Z_{SD}/Z$	0.0394	0.7967	0.41
苦 草	$B_M = -407.00 + 1430.99 Z_{SD}/Z$	0.4135	0.0287	3.52
聚 草	$B_M = -45.95 + 256.90 Z_{SD}/Z$	0.5800	0.0297	5.59
其它草	$B_M = -471.56 + 1177.92 Z_{SD}/Z$	0.3825	0.0489	2.50
总水草	$B_M = -811.30 + 3596.91 Z_{SD}/Z$	0.4219	0.0038	4.43

以黄丝草为例,当水深超过透明度的 2.55 倍时,已超过其光补偿的深度,黄丝草因得不到足够的光能而无法生存。因此,若以 6 月份的透明度(1.60m)计,则水深超过 4.08m 后黄丝草不能生存,而水深大于 4.08m 的区域占保安湖(主体湖)面积的 42.42%;若以夏季(6—8 月)平均透明度(1.71m)计,则保安湖主体湖区有 24.91% 的区域黄丝草不能生长,这说明即使完全排除草鱼等草食性水生动物的摄食压力以及人为的干扰破坏,黄丝草的有效生长面积也只有保安湖主体湖的 57.58—75.09%。

3. 浮游植物生物量、生产力及叶绿素 a 含量

浮游植物生产量是估算滤食性鱼类生产潜力的重要参数。表 8、表 9 和表 10 列出了各湖区浮游植物生物量、生产量和叶绿素 a 含量的逐月变化。以叶绿素 a 为例,各湖区叶绿素 a 高→低顺序为肖四海>主体湖>扁担塘>桥墩湖,正好与各湖区大型水生植物现存量情况相反(表 3),这也说

明湖泊草—藻现存量存在负的消长关系。

4. 保安湖浮游动物、底栖动物动态

保安湖共有浮游动物 194 种,其中原生动物 76 种,轮虫 80 种,枝角类 30 种,桡足类 8 种,多为世界性广布种。密度以原生动物和轮虫占绝对优势,生物量则以甲壳动物为主。全年密度曲线峰值出现于秋季,生物量高峰则出现于春季(表 11)。

表 8. 保安湖各湖区浮游植物生物量(mg/L)

湖 区	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	mean ± SD
主体湖	0.40	0.07	0.81	0.35	0.29	0.28	0.13	0.13	0.12	0.20	0.25	0.28 ± 0.21
扁担塘	0.53	0.09	0.14	0.44	0.08	0.17	0.05	0.15	0.08	0.22	0.44	0.22 ± 0.17
肖四海	0.45	1.01	5.67	3.51	3.92	2.11	1.23	0.20	0.42	0.16	0.09	1.71 ± 1.87
桥墩湖	0.36	0.12	0.27	0.12	0.11	0.24	0.19	0.08	0.02	0.06	0.42	0.18 ± 0.25

表 9. 保安湖各湖区浮游植物生产量(mgO₂/L/d)

湖 区	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	mean ± SD
主体湖	0.47	0.44	0.79	0.60	0.52	0.35	0.28	0.25	0.27	0.39	0.43	0.44 ± 0.16
扁担塘	0.50	0.50	0.29	0.23	0.20	0.30	0.19	0.31	0.18	0.41	1.04	0.37 ± 0.24
肖四海	0.70	1.27	2.00	3.93	4.92	1.59	1.34	0.29	0.64	0.46	1.12	1.66 ± 1.47
桥墩湖	0.25	0.19	0.56	0.28	0.36	0.68	0.19	0.18	0.17	0.11	0.42	0.31 ± 0.18

表 10. 保安湖各湖区浮游植物叶绿素 a 含量(μg/L)

湖 区	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	mean ± SD
主体湖	3.81	1.12	5.69	3.39	2.95	2.92	1.75	1.75	1.71	2.33	2.69	2.74 ± 1.27
扁担塘	4.54	1.41	1.91	3.99	1.27	2.18	0.90	2.00	1.27	2.54	3.99	2.36 ± 1.26
肖四海	4.08	6.92	21.50	15.69	16.87	11.25	7.89	2.36	3.90	2.09	1.45	8.55 ± 6.86
桥墩湖	3.45	1.63	2.86	1.55	1.63	2.68	2.27	1.27	0.41	1.05	3.81	2.06 ± 1.06

表 11. 保安湖(主体湖区)浮游动物现存量的季节动态(密度:ind/L,生物量:mg/L)

	春		夏		秋		冬		平均值	
	密度	生物量	密 度	生物量	密 度	生物量	密 度	生物量	密度	生物量
原 生 动 物	908	0.0456	643.3	0.0327	1385.2	0.0738	900	0.0450	959.1	0.0493
轮 虫	269.2	0.3302	262.5	0.0771	317.5	0.1431	200.8	0.2388	262.5	0.1973
枝 角 类	9.7	0.5132	11.1	0.3134	1.5	0.0323	1.8	0.0217	6.0	0.2202
桡 足 类	41.2	0.6956	57.9	0.5696	22.4	0.201	7.3	0.3222	32.2	0.4471
合 计	1228.1	1.5846	974.8	0.9935	1726.6	0.4503	1109.9	0.6277	1259.9	0.9140

1992—1993 年度保安湖共采到底栖动物 107 种,隶属 32 科 72 属,其中寡毛类 3 科 22 属 36 种,水生昆虫 13 科 29 属 40 种,软体动物 9 科 14 属 24 种,其它动物 7 种。数量与 1987 年的结果相比(表 2),此次记录的种类数要多 70% 以上。以种类为基本单元,分析底栖动物不同摄食功能类群在保安湖各湖区的相对数量得到表 12,2/3 的种类属于收集者,1/3 的种类属于刮食者和捕食者,这大概是浅水湖底栖动物摄食类群结构的通则。这说明底栖动物除直接供鱼食用外,它们在湖中的主要贡献是促进有机碎屑的转化,维持系统内物质的运转。此外,保安湖各湖区底栖动物密度

变幅为 316—765ind/m²,生物量为 19.9—126.5g/m²,全湖总资源量为 3960t。底栖动物的密度以春秋两季较高,冬夏较低,而生物量则冬夏较高,春秋较低。环境分析表明,底栖动物的现存量与总氮、水草生物量等呈正相关。

表 12. 保安湖底栖动物功能摄食类群的结构(种类的%)

	刮食者	收集者		捕食者
		直接	过滤	
主体湖	29	62	4	5
扁担塘	29	54	10	7
桥墩湖	30	61	6	4
肖四海	26	67	0	7

5. 保安湖鱼类渔产潜力的估算及讨论

渔产潜力系指水体中饵料资源在合理利用的原则下有可能转化为渔产品的最大估算值。保安湖饵料生物中初级生产者的现存量按大小次序排列为水草、着生藻类和浮游藻类,次级生产者则为底栖动物和浮游动物。保安湖的主要鱼类按其食性可分为草食性鱼类、滤食性鱼类和底食性或杂食性鱼类三种类型,其渔产潜力的估算方法各不相同。现分述如下。

(1)草食性鱼类渔产潜力的估算

所谓草食性鱼类是指以水生维管束植物为主要食物的鱼类如草鱼、团头鲂、长春鳊等。以利用率 25%,饵料系数 100 计,保安湖草食性鱼类渔产潜力合计 247.13t(表 13)。

(2)滤食性鱼类渔产潜力的估算

通过浮游植物初级生产量(PG)推算滤食性鱼类(FY)生产潜力的途径大致可分为两类,一是根据实际资料通过统计方法,寻求 PG 和 FY 的函数关系,建立回归方程,称之为回归法;另一类是根据 PG—FY 转化过程中的能量收支规律,求出鱼类的生长能和渔产潜力,称为能量估算法。估算结果见表 14。

表 13. 保安湖草食性鱼类渔产潜力的估算(t)

湖 区	水草最大现存量	水草年均生产量	水草可利用量	渔产潜力
主体湖	20555	25694	6424	64.24
桥墩湖	50828	63535	15884	158.84
扁担塘	7696	9620	2405	24.05

表中三组回归方程所得之渔产潜力差异较大,由于 Liang 等提出的公式系根据武汉近郊 18 个水体 FY—PGa 成套数据而建立的,且水体条件及放养对象等诸条件与保安湖较相近,故依此公式估算的结果应比较符合实际。

(3)底食性、杂食性鱼类渔产潜力的估算

这里所谓底食性鱼类系以底栖动物(软体动物、水生昆虫和寡毛类)为主要食物的鱼类,如青鱼、鲤鱼等,而杂食性鱼类的概念似更为广泛,主要以小型动植物为食物,鉴于保安湖沉水植物茎叶表面周丛生物中的小型动植物十分丰富,可直接或间接为鱼类所利用,故文中主要讨论以周丛生物

为食物的鲫鱼、鲤鱼以及其它小型杂食性鱼类的渔产潜力。由于底食性和杂食性鱼类的生存空间和食性不易严格区分,故一并讨论这两种鱼类的渔产潜力,如下:

①底食性鱼类渔产潜力

以鲤鱼为例,依据其对不同食物资源(软体动物、水生昆虫和寡毛类)的利用和转化效率,初步估算保安湖底食性鱼类的渔产潜力为 138.433t(表 15)。

表 14. 保安湖滤食性鱼类渔产潜力的估算(t)

估算公式	主体湖	扁担塘	肖四海	桥墩湖	全 湖
7-9 月 PCa 均值	1.11	0.26	4.02	1.16	
Liang et al(1981) $Fyg = 197(1.27)^{PCa}$	685.00	70.00	103.00	208.00	1066.00
Wolny & Grygierek(1972) $y = 80.72PG - 11.08$	209.40	3.30	62.70	66.05	341.45
Ляхнович(1965) $y = 2.71 + 123PG$	371.40	11.60	99.45	11.35	598.80
王、梁(1981) 能量估算法	404.25	40.45	70.20	96.15	611.05

表 15. 保安湖底食性鱼类的渔产潜力

公 式		饵 料 种 类		
$FY = B * PB * R * H * K * a * E / Kf$		软 体 动 物	水 生 昆 虫	寡 毛 类
生物量(t-湿重)	B	3987.98	19.27	43.42
P/B 系数	PB	1.59	2.50	3.20
鲜肉/带壳鲜重	R	0.333	1	1
干/湿比	H	0.22	0.22	0.22
干物质能值(kJ/g)	K	19.65	23.15	23.15
鱼类对其的能量转化率	a	0.321	0.321	0.321
鱼类对其的利用率	E	0.2	0.2	0.2
鱼类的湿重能值(kJ/g)	Kf	4505	4505	4505
鱼类渔产潜力(t)	FY	124.704	3.528	10.201

②杂食性鱼类渔产潜力

这里仅估算着生藻类在保安湖渔业中的作用。估算公式为:

$FY = BA \times P/B \times K \times R \times E / C$

其中,BA 为着生藻类总生物量(t/yr),P/B 为着生藻类的年均 P/B 系数(取 250.7),K 为着生藻类鲜重的热当量(2.4058KJ),R 为鱼类对着生藻类的利用率(取 0.2),E 为鱼类对着生藻类的能量转化效率(取 0.05),C 为鲜鱼肉的热当量(5.0208)。由此可计算出着生藻类每年可提供 1885.46t 鱼产品(表 16)。

(4)保安湖鱼类的渔产潜力

综上所述,保安湖各种营养生态位的鱼类的生产潜力为:草食性鱼类 247.13t,平均单产 8.38 斤/亩,滤食性鱼类 1031.30t,平均单产 34.96 斤/亩,底食性或杂食性鱼类 2023.91t,平均单产 68.60 斤/亩,全部鱼类的渔产潜力为 3302.34t,合 111.94 斤/亩(表 17)。从表 17 可知,保安湖的

四个湖区(主体湖、桥墩湖、扁担塘和肖四海)的鱼类渔产潜力分别为 1207.00,1755.22,266.09 和 74.03t,分别合单产 60.35,292.54,106.44 和 74.03 斤/亩。

表 16. 保安湖杂食性鱼类的渔产潜力

	主体湖	桥墩湖	扁担塘	合 计
着生藻类生物量(t)	284.79	1149.52	135.52	
杂食性鱼类渔产潜力(t)	342.11	1380.88	162.47	1885.46

表 17. 保安湖鱼类的渔产潜力(吨鱼)

饵料种类	水 草	浮游生物	底栖动物	周丛生物	合 计	单产(斤/亩)
主 体 湖	64.24	685.00	115.65	342.11	1207.00	60.35
桥 墩 湖	158.84	208.00	7.50	1380.88	1755.22	292.54
扁 担 塘	24.05	69.70	9.87	162.47	266.09	106.44
肖 四 海		68.60	5.43		74.03	74.03
合 计	247.13	1031.30	138.45	1885.46	3302.34	
单产(斤/亩)	8.38	34.96	4.69	63.91	111.94	

(二) 鱼—草之间动态平衡的研究

1. 以生物量转化法为基础的鱼—草关系解析

(1) 大型水生植物的生长模式

以 1992 年 3—11 月(整个生长期) 数据建立保安湖水草的生长模式,水草总生物量($B_M, g/m^2$)与时间($t, 月$)的关系方程有逻辑斯蒂方程和抛物线方程两种形式:

逻辑斯蒂模式: $B_{Mtotal} = 921.2 / (1 + 15352.3 e^{-2.8t})$

抛物线模式: $B_{Mtotal} = -793.8 + 460.1t - 30.6t^2, R^2 = 0.75, p = 0.0642$

(2) 草鱼的生长及耗草量

以网箱 I 龄草鱼为实验材料,按大湖水草的组成比例混合投喂,得生长模式:

$W = 337.4 / (1 + 130.34e^{-0.65t})$

体重与耗草量的关系 $B_{MC} = 0.0652W^{1.50}$

式中: W —体重(g); B_{MC} —日耗草量(g)

将上面两个方程结合起来,可求出网箱中草鱼耗草量随时间变化的函数方程,即:

$B_{MC} = 0.0652(337.4 / (1 + 130.34 e^{-0.65t}))^{1.6}$

(3) 不同摄食压力对湖中水草的影响

容易理解的是,在给定时间内水草的消费量与草鱼的多寡密切相关,当草鱼达到一定的密度时,水草将被全部吃光,即 100% 利用。根据这一假设,我们可综合以上资料求出不同利用率对水草(为简单起见,以下均以水草总量计算)生长的影响。

现以 6 月份为初始时间,实测该月保安湖水草的生物量为 $181.7g/m^2$,网箱中每尾草鱼的耗草量为 417kg, 则水草 100% 利用时,相当于投放 0.0886 尾/ m^2 草鱼(不妨记为 a),投放量递减时,水草的利用率亦相应递减,至完全不放草鱼时可视为 0% 利用,即相当于目前湖中水草的生长模式。

于是,我们可求出草鱼对水草的利用率方程为:

$B_{MC} = 0.0652(U \cdot a \cdot W)^{1.6}$

$$=0.0652(U \cdot a \cdot 337.4 / (1 + 130.34 e^{-0.65t}))^{1.6}$$

式中 $a = 0.0886$, U 为草鱼对水草的利用强度, 0% 利用即相当于目前湖中水草的生长模式。因而 t 时湖中剩余水草量为:

$$B_{MC} = B_{Mtotal} - B_{MC}$$

按总水草生长模式的逻辑斯蒂方程和抛物线方程分别代入上式, 可作出不同摄食压力下湖中水草的变动曲线。模型模拟结果表明, 当草鱼对水草利用率不超过 40—50% 时, 保安湖大型水生植物可得到充分利用并可保持持续稳定的生长。如果考虑到生长季开始时湖中残存的个体较大的草鱼对水草的消耗量大于鱼种对水草的消耗量, 以及草鱼对水草萌发期嫩芽的牧食可能对水草的生长有破坏性影响, 实际的水草利用率应更低于上述理论值。

2. 用生物能量学模型探讨鱼—草关系

生物能量学模型是探讨鱼类与其饵料生物关系的先进手段。

(1) 草鱼生物能量学模型

模型是根据生物能量学的基本方程建立:

$$G = C - F - U - R_{fa} - R_{fe}$$

式中 G 为生长率, C 为摄食率, F 为排粪率, U 为排泄率, R_{fa} 为饥饿代谢, R_{fe} 为摄食代谢。式右边各项根据实验结果计算为摄食率, 水温, 鱼体重的函数。已测定的结果为:

① 最大摄食水平(RM)与水温(T)的关系

$$RM = 0.040T^{2.324}$$

② 排粪率(F)与水草能量消化率(d)和摄食率(C)的关系

$$F = (1 - d) \times C$$

③ 饥饿鱼排泄率(U_{fa})与体重(W)和温度(T)的关系

$$U_{fa} = 0.00109W^{0.710} e^{0.077T}$$

④ 摄食代谢(U_{fe})和摄食率的关系

$$U_{fe} = 0.049C$$

⑤ 饥饿代谢(R_{fa})与鱼体重和温度的关系

$$R_{fa} = 0.00726W^{0.753} e^{0.077T}$$

⑥ 摄食代谢(R_{fe})与摄食率、排粪和排泄率的关系

$$R_{fe} = 0.672(C - F - U)$$

⑦ 鱼体能值(ENERGY)与体重的关系

$$ENERGY = 2.10W^{0.179}$$

⑧ 第 t 天鱼体总能量(E_t)与生长关系

$$E_t = E_{t-1} + G$$

⑨ 鱼体重(W_t)与鱼体能的关系

$$W_t = E_t / ENERGY$$

(2) 水草季节生长子模型

建立各月份水草生长量与密度的关系, 以预测在不同密度下水草的季节生长情况。

(3) 草鱼摄食水平子模型

鱼类在天然条件下, 很少以最大摄食率摄食。该子模型根据草鱼在湖泊中的生长情况, 预测实际摄食水平。

(4)草鱼放养与水草关系模型

根据草鱼生物能量学模型,预测不同放养密度、放养规格及放养时间下,草鱼的逐月摄食率。各月水草残存量计算为水草生物量减去草鱼摄食量,次月水草生物量采用水草季节生长模型计算。由此可预测草鱼放养后数年内水草消长情况,以确定既不导致水草资源衰退,又可获得最大草鱼产量的放养方式。

3. 鱼—草关系研究的拓广

上述模型对鱼—草之间关系的描述仅限于鱼对水草的直接利用,事实上,水草又是众多天然食料生物的“载体”(栖息地和饵料源),因而水草的有无将间接地影响到肉食和杂食性鱼类的生产量。

天然水生动物与水草的关系以小型螺类为例解析如

$$B = -0.5055 + 0.0069B_M, r = 0.7228, p = 0.0003$$

$$D = -5.4253 + 0.0640B_M, r = 0.7013, p = 0.0005$$

式中 $B(g/m^2)$ 和 $D(ind/m^2)$ 分别为着生于水草上的小型螺类的生物量和密度, $B_M(g/m^2)$ 代表水草的生物量。说明水草可通过影响着生于其上的周丛生物而对湖泊渔业结构起重要作用。

(三)渔业优化开发技术模式研究

1. 高效生态渔业模式

本模式的原理如图 2,即选择经济价值较高(如蟹)而其生态位又与水体天然资源(如水草)的生态位无明显矛盾或有互补作用的物种为养殖对象,使养殖水体形成兼容共生的良性系统,从而取得较佳的经济、生态效益。

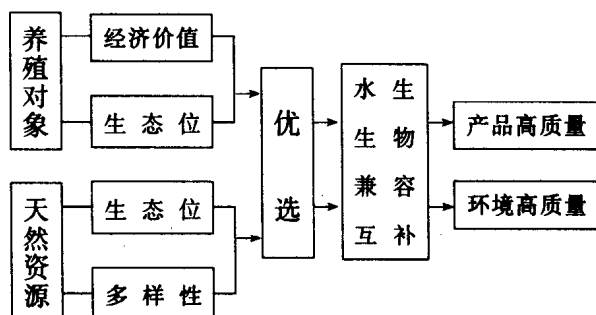


图 2 高效生态渔业模式原理

1991 年—1993 年,试验分别在保安湖的 30 亩、50 亩和 3000 亩湖汊进行,取得了明显的效果。在保持水草覆盖率 60—70% 的前提下,50 亩蟹——鱼混养蟹 11kg + 鱼 25kg/亩;30 亩湖汊单养蟹 21.9kg/亩;3000 亩大湖汊蟹——鱼混养蟹 2.4kg + 鱼 14kg/亩。每亩平均收入 500—600 元,投入产出比为 1:2.25—3.4。

2. 增养殖型渔业模式

本模型为三板块结构(图 3)放养有所侧重(A 块)既可取得高质产品,又不破坏水体质量;采取优化措施(B 块)既增殖水草又保护其它资源。A、B 两块的综合作用为天然鱼类群体的发展提供了更佳的空间和营养条件,达到总体持续增产和环境良性循环的效果。

1991 年至 1993 年,实验在保安湖主体湖区进行,取得明显的经济效益。每年渔产量以 6.6% 速度稳定递增,产值每年则以 55.8% 的平均速度大幅度上升。以 1993 年为例,河蟹产量为 34200kg,产值 547.2 万元,鱼产量 101 万 kg,产值 445.6 万元,合计年总产值 992.8 万元,折合亩产 248.2 元。投入产出比达到 1:5.37。水草覆盖率亦逐年增加(表 5)。

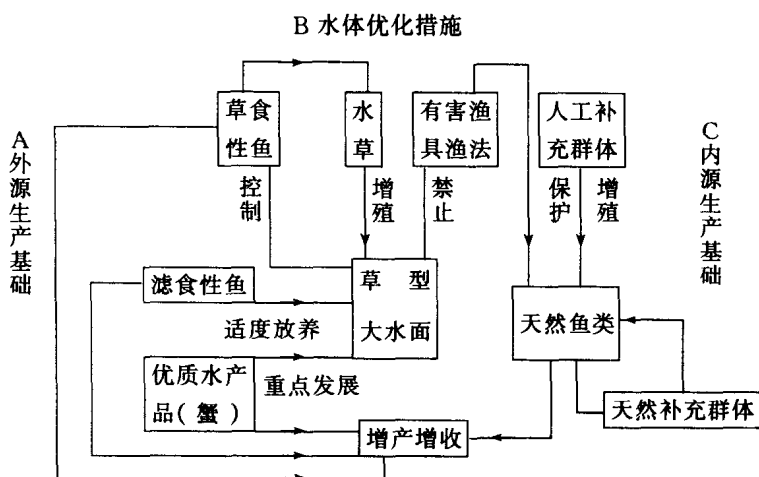


图3 增养殖型渔业模式原理

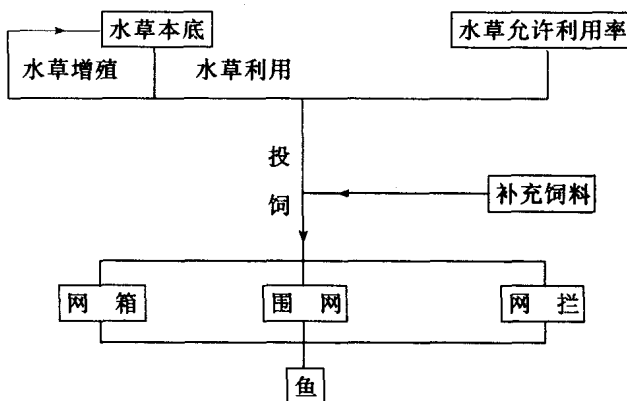


图4 集约型渔业模式原理

3. 集约型渔业模式

本模式以湖泊水草的生产力和供饵能力作为“三网”养殖操作的基础,合理配置“三网”养殖面积,协调了水草的“供求”和养殖的“需要”两者的关系,在保证水草再生产的前提下,最大限度地利用了水草(图4)。

三网养殖水草供饵能力的基本计算公式: $M = (F \cdot K) / (B \cdot P)$

M: 设置 1 公顷的网箱、网围或网拦,分别需要多少公顷水域的水生植物作为养鱼饲料(ha);

F: 计划每公顷圈养面积的草鱼净产量($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

K: 水生植物饵料系数;

B: 全湖水生植物平均最高生物量($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

P: 计划可用于养草鱼的水生植物生物量的比例(%)。

在操作中,全面推行“五区管理”和“三改、三配套”的综合管理模式。“五区管理”指将水面规划为繁殖保护区、养殖开发区、交通航道区、渔业捕捞区、临界水域缓冲区,解决了跨界、渔业与交通的矛盾、人工养殖与自然增殖的矛盾。“三改”即为:1. 大改小:将过去 500—1000 亩的大围拦改为 15—50 亩的小围拦;2. 粗改细:将粗养围拦改为精养围拦;3. 改单一养殖为综合利用。“三配套”即为:1. 围拦与网箱相配套;2. 鱼种与成鱼养殖相配套;3. 养殖与种植配套。运作后,西凉湖的“三网”