

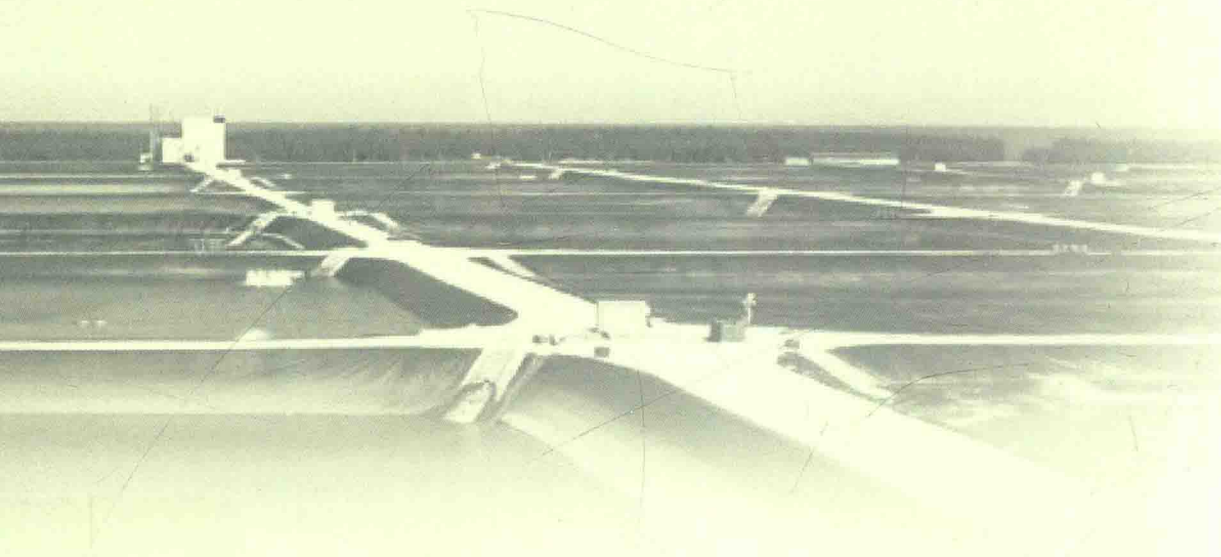


生态学热点研究丛书

生态渔业实用技术

SHENGTAI YUYE SHIYONG JISHU

谢钦铭 主编



海洋出版社

责任编辑：赵 娟
封面设计：申 彪

生态渔业实用技术

SHENGTAI YUYE SHIYONG JISHU



ISBN 978-7-5027-8179-8



9 787502 781798 >

定价：48.00元

生态学热点研究丛书

生态渔业实用技术

谢钦铭 主编

海洋出版社

2013年·北京

内 容 提 要

本书是内容最为丰富的生态渔业实用技术集成。全书共分八章，第一章较系统地介绍生态渔业的基本概念与基本特征；第二章较系统地介绍生态渔业的基本理论；第三章至第六章较详细地描述了生态渔业的实用技术，涉及生态渔业育种技术、水产养殖的生态工程技术、生态渔业的营养与饲料生产技术、养殖病害生态防控的基本理论与应用技术；第七章介绍了一种生态渔业的捕捞技术；第八章主要介绍生态渔业中水产品加工技术，包括水产品质量安全保证理论及水产品保鲜加工技术等基础知识。

本书吸收了生态渔业技术的最新进展，内容丰富，图文并茂，章节编排符合国内的教学习惯，便于教师教学使用和学生自学，并可为渔业生产，管理、科技人员，饲料和鱼药销售、技术服务人员参考使用，也可供水产院校、农林院校水产与渔业相关专业的本科生、研究生及教师阅读，还可供科研工作人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

生态渔业实用技术/谢钦铭主编. —北京：海洋出版社，
2013. 6

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8179 - 8

I. ①生… II. ①谢… III. ①鱼类养殖 IV. ①S96

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 271989 号

责任编辑：赵 娟

责任印制：赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编：100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

开本：787 mm × 1092 mm 1/16 印张：16

字数：322 千字 定价：48.00 元

发行部：62132549 邮购部：68038093 总编室：62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

生态渔业是 20 世纪 90 年代初期世界上开始兴起并流行的一门高新科学技术。当前我国渔业经过改革开放以来的高速发展期和近年来的产业结构调整与整顿，步入了一个持续、稳定、健康的阶段，水产养殖业继续保持快速发展的态势，水产品加工业及贸易持续增长，远洋渔业质量进一步提高，渔业资源和生态环境保护力度不断加大。在大渔业发展的同时，我国政府更加重视渔业资源和生态环境的保护，因此，实施生态渔业发展战略仍是当务之急。近年来，国内外生态渔业的理论与技术得到蓬勃发展，尤其是生物科学技术、生态管理技术、信息技术和社会经济学理论在水产养殖业、水产加工业等领域中的应用效益日益突出，可谓硕果累累。这些成果使人类有能力以生态系统管理的思维更为宏观精细的、综合定量的来探讨水域资源的开发、利用和保护，让水产资源更合理的可持续为人类社会服务。

为了使先进的生态渔业技术，尤其是生态工程技术和病虫害的生态防控技术应用到渔业科学和生态科学的研究中，并广泛在渔业生产过程和生态环境保护中得到使用，产生更大的效益，促进生态渔业技术更深入发展，我们编写了这本关于生态渔业实用技术的学术专著，以配合学科发展和生产应用的需要。

全书包含八章和五个附录。第一章主要论述了生态渔业的概念，生态渔业产生的背景与发展史，生态渔业的建设目标和生态渔业的类型与模式；第二章简要叙述了生态学原理在生态渔业的应用，生态渔业养殖工程技术理论和生态渔业系统的调控途径；第三章主要论述了我国水产养殖新品种引进及良种化工程和无特定病原种苗生产培育技术；第四章主要论述了设施渔业养殖工程简介，工厂化养殖生态工程技术，循环水养殖生态工程技术，流水养鱼生态工程技术，生态网箱养殖技术和滩涂生态增养殖技术及人工渔礁；第五章主要论述了鱼的营养需要及饲料，饲料的配方设计，优质渔用饲料的生产；第六章主要论述了病害的生态调控技术，养殖水质生

态调控技术和无公害渔药开发技术；第七章主要论述了刺网渔具选择性捕捞技术和拖网渔具选择性捕捞技术；第八章主要论述了水产品安全与质量控制理论和无公害水产品保鲜与加工技术；附录部分主要介绍了禁用渔药名单，2002年农业部颁发的食品动物禁用的兽药及其他化合物清单，无公害水产品生产技术规范及质量标准，有机水产品生产技术要求和水产食品安全与质量保证体系。

本书由谢钦铭主编，黄永春、江兴龙、张春晓、黄良敏、邱澄宇、陈申如参加编写，其中前言、第一章、第二章、第三章第一节、第四章的第一节至第五节、第五章第一节、第六章和附录1至附录4，全书统稿和校对工作由谢钦铭副教授完成；第三章第二节由黄永春副教授完成；第四章第六节由江兴龙教授完成；第五章第二节和第三节由张春晓副教授完成；第七章由黄良敏副教授执笔完成；第八章第一节和附录5由邱澄宇教授完成；第八章第二节由陈申如副教授执笔完成。

由于时间仓促，加之水平有限，书中难免有疏漏及不妥之处，敬请读者批评指正。

谢钦铭

2010年12月26日于厦门

目 次

第一章 生态渔业概论	(1)
第一节 生态渔业的概念	(1)
第二节 生态渔业产生的背景与发展史	(4)
第三节 生态渔业的建设目标	(5)
第四节 生态渔业的类型与模式	(7)
第二章 生态渔业的基本理论	(16)
第一节 生态学原理及生态系统	(16)
第二节 生态渔业养殖工程技术理论	(18)
第三节 生态渔业系统的调控途径	(25)
第三章 水产养殖生态育苗技术	(28)
第一节 我国水产养殖新品种引进及良种化工程	(28)
第二节 无特定病原种苗生产培育技术	(34)
第四章 水产养殖生态工程技术	(40)
第一节 设施渔业养殖工程简介	(40)
第二节 工厂化养殖生态工程技术	(44)
第三节 循环水养殖生态工程技术	(51)
第四节 流水养鱼生态工程技术	(59)
第五节 生态网箱养殖技术	(83)
第六节 滩涂生态增养殖技术及人工渔礁	(87)
第五章 水产养殖生态饲料生产与使用技术	(104)
第一节 鱼的营养需要及饲料	(104)
第二节 饲料的配方设计	(111)
第三节 优质渔用饲料的生产	(122)
第六章 水产养殖病害的生态防控技术	(134)
第一节 病害的生态调控技术	(134)
第二节 养殖水质生态调控技术	(149)

第三节 无公害渔药开发技术	(161)
第七章 选择性捕捞技术	(186)
第一节 选择性捕捞技术的产生背景	(186)
第二节 选择性捕捞技术	(188)
第八章 生态渔业中的水产品加工技术	(199)
第一节 水产品安全与质量控制理论	(199)
第二节 无公害水产品保鲜与加工技术	(207)
附录	(227)
附录1 无公害水产品禁用渔药清单	(227)
附录2 2002 年农业部颁发的食品动物禁用的兽药及其他化合物清单	(229)
附录3 无公害水产品生产技术规范及质量标准	(230)
附录4 有机水产品生产技术要求	(232)
附录5 水产食品安全与质量保证体系	(234)
参考文献	(246)

第一章 生态渔业概论

第一节 生态渔业的概念

一、生态渔业的定义与内涵

(一) 生态渔业的定义

对于什么是生态渔业 (ecological fisheries), 由于学者们对它的含义理解不同, 给它所下的定义也就不尽相同。目前, 生态渔业的定义较多, 主要有: ①生态渔业是运用生态学原理和系统科学方法, 把现代科技成果与传统渔业技术精华相结合而建立起来的具有生态合理性、经济高效性、功能良性循环的一种现代化渔业体系 (李明锋, 1994); ②生态渔业是以生态学原理为基础, 遵循经济规律, 运用生态系统工程技术进行设计、生产和管理的一种新型渔业 (杨红生, 1994); ③符合生态学原理, 最大限度地利用自然资源, 并使物质和能量得到再生和循环, 使渔业生态环境得到良好保护, 获得比常规渔业更大的经济、社会和生态效益的渔业生产体系 (贾敬德, 1995); ④生态渔业是按照生态学和生态经济学的原理, 实行自然调控与人工调控相结合, 使养殖的水生生物与其周围的环境因子进行物质良性循环和能量转换, 使之达到资源配置的合理性, 经济上的高效性, 它是无污染的高效渔业 (陈广城, 2000)。

总之, 生态渔业是结合生态学和经济学原理, 综合利用生物科学和渔业科技成果, 在传统养殖生产的基础上建立和发展起来的节能减排、安全高效的渔业实用技术和生产模式。生态渔业能够产生明显的经济效益、社会效益和生态效益。生态渔业是适合当前我国经济发展水平, 可充分利用和提高生态系统潜在生产力, 进而促进渔业发展、生态平衡和经济的良性循环的一个体系。

(二) 生态渔业的内涵

上述几种对生态渔业概念的看法, 是近两年来我国水产学界具有代表性的几种观点, 虽然对生态渔业概念的表述有所不同, 但就其基本内涵并无本质区别, 其核心和本质是基本一致的。集中起来, 我国生态渔业的内涵可以从以下两点加以理解: ①生态渔业既是我国渔业持续发展的一种战略思想和协调渔业全局发展的生态工程战略,

同时也是一套经济而高效的渔业实用技术。②生态渔业是生态农业的一个组成部分，它的含义是：符合生态学原理，最大限度地利用自然资源，并使物质和能量得到再生和循环，使渔业生态环境得到良好保护，获得比常规渔业更大的经济、社会和生态效益的渔业生产体系。

二、生态渔业与渔业生态、现代渔业的关系

（一）生态渔业与渔业生态（fishery ecology）的关系

生态渔业与渔业生态有密切的关系，发展生态渔业的宗旨是改善渔业生态环境。生态渔业的所有措施都是改善渔业生态的一种有效方式，并达到渔业生态环境改善的必然结果。

一般来说，实施生态渔业的技术措施和社会经济系统，就是改造渔业生态环境的理论与实践，不但能获得良好的经济和社会效益，其生态效益也是十分明显的。

（二）现代渔业（modern fisheries）与生态渔业的关系

自传统渔业（traditional fisheries）之后，已先后出现了“设施渔业”（facilities fisheries）、“都市渔业”（metropolis fisheries）、“休闲渔业”（leisure fisheries）、“可持续发展渔业”（sustainable fisheries）以及“无公害渔业”（pollution-free fisheries）等，它们在一定程度或某些方面均体现了渔业发展的方向，也体现了从传统渔业向现代渔业的过渡。

简而言之，现代渔业应有以下三个含义。

1. 它应是生态的渔业

通俗地讲是运用生态学、经济学的理论和系统科学的方法，营造、建立和发展起来的具有生态合理、生态平衡、功能协调、综合开发利用、资源再生、经济高效、良性循环、集约经营的渔业发展模式。

2. 它应是可持续发展的渔业

现代渔业是管理、保护和合理利用渔业水域和渔业生物资源，以及不断调整技术和产业运行机制（包括生产关系、生产模式与经营方式等）变化的方向，以确保获得持续满足当代以及今后世代代人的需要，技术上适当，经济上可行，而且社会能够接受的一种发展形式。

3. 它应是无公害渔业

现代渔业是用新的理论、新的技术、新的材料、新的方法在渔业上的高度集成，是多种行业的组合，除渔业之外，它还可能包括种植业、畜牧业、林业、草业、渔产品加工与运输业以及相关的产业，同时它不只追求单一的经济目标，而是追求经济、

生态和社会效益并重, 提倡保护环境、保护人类健康的前提下发展渔业, 是注重资源的合理利用与转化, 各级产品的合理利用与转化增殖, 把损失降低到最低限度。因此, 可以说, 生态渔业是现代渔业的发展趋势。

综上所述, 现代渔业的内容包括设施渔业、都市渔业、休闲渔业、无公害渔业和生态渔业的理念, 但现代渔业的核心应该是生态渔业, 即生态渔业是现代渔业发展的最佳模式 (图 1-1)。

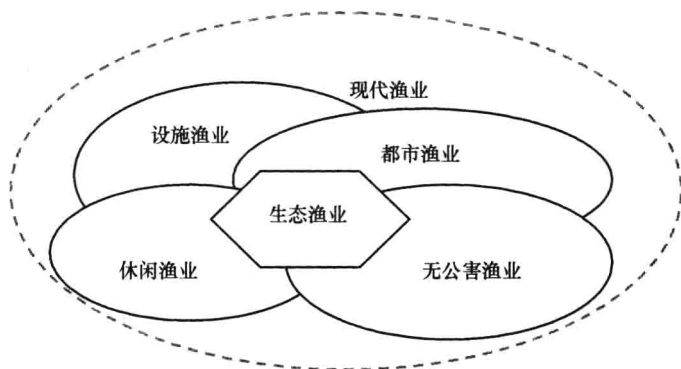


图 1-1 现代渔业与生态渔业的关系

（三）生态渔业与生态养殖（ecological aquaculture）的关系

渔业（fisheries）是指开发和利用水域，采集捕捞与人工养殖各种有经济价值的水生动植物（鱼、虾、贝类及海藻类等）以取得水产品的社会生产部门。渔业生产的主要特点是以各种水域为基地，以具有再生性的水产经济动植物资源为对象，具有明显的区域性和季节性，初级产品具有鲜活、易变腐和商品性的特点。

渔业可为人民生活和国家建设提供食品和工业原料，因此渔业是国民经济的一个重要部门，是广义农业的重要组成部分。渔业按水域可分为海洋渔业（marine fisheries）和淡水渔业（freshwater fisheries）。按生产特性可分为养殖渔业（aquaculture fisheries）和捕捞渔业（capture fisheries）。广义的渔业还包括：①直接渔业生产前部门。渔船、渔具、渔用仪器、渔用机械及其他渔用生产资料的生产和供应部门。②直接渔业后部门。水产品的贮藏、加工、运输和销售等部门。

“生态渔业”就是将水域生态系统纳入渔业管理的目标，进一步关注水域生物资源不同种群和品种之间的相互影响，如捕食者与被捕食者的关系等，并确认和了解人类活动对生态系统的影响，包括人类活动可能引起的生态系统结构扭曲等，从而更加有效地保护生态系统及可持续利用水域生物资源，促进长期粮食安全和人类发展。

生态养殖是指在水域生态环境体系中，对水资源利用率高和对水质无损害，或者对水质及周围生态环境有改善作用的，并能提供高品质的水产品的一种人工养殖自然

系统。

因此，生态渔业包括生态养殖，也包括水产品加工，并与生态农业紧密结合。

第二节 生态渔业产生的背景与发展史

一、生态渔业产生的背景

目前世界很多地区渔业经济发展迅速，但都是以掠夺自然资源和破坏生态环境为代价的。

首先，渔业资源破坏严重，如我国 20 世纪 50 年代淡水鱼的天然捕捞量是 60 多万 t，而 60 年代是 40 万 t，70 年代为 30 万 t，竟然减少了一半。湖北的洪湖，新中国成立初有 8 万 hm^2 水面，现在只剩下一半大小，水产品减少了 70%。

其次，优质苗种资源量日益减少，如我国长江口每年的“鳊苗大战”、“蟹苗大战”愈演愈烈，不仅使宝贵的苗种资源造成很大浪费和严重破坏，也使我国的河鳊资源正面临枯竭的危险，而且千军万马汇集长江口“捞苗”，对当地的水域生态环境也造成了不良影响。

再次，可供捕捞的渔业资源量日益减少，只有大力发展养殖才能满足人们对渔产品需求的增长。1988 年，我国水产养殖产量首次超过捕捞产量，是世界上唯一的一个养殖产量超过捕捞产量的国家。2002 年，我国淡水养殖总产量达 1 694 万 t，占全国淡水产品总产量的 88.3%。2002 年，我国水产养殖产量超过 2 900 万 t，占水产品总量的 64%，占全球水产养殖产量的 70%。2005 年，我国的水产品总产量达到 5 107.6 万 t，其中养殖产量为 3 395 万 t，占总产量的 66.48%。2008 年，全国水产品总产量 4 895.60 万 t，渔业产值 5 520.64 亿元，实现增加值 3 104.62 亿元，全国水产品人均占有量达到 36.9 kg。

另一方面，环境污染日益严重，尤其是与渔业直接有关的水污染状况令人担忧，全国每年因水污染造成的经济损失（包括渔业损失）达 430 亿元。1995 年我国发布的《1994 年中国环境状况公报》指出：“全国渔业水域生态环境恶化的状况没有改变，水产养殖业受到严重影响。现在一些水生生物濒危已给我们敲响了警钟，认识到不能只顾眼前利益，必须要考虑水产资源的可持续利用。”

综上所述，当前形势是：渔业资源枯竭，水产养殖规模扩张较快，生态环境破坏严重，其结果是非目标种类的死亡率极高、种群结构、生态系统结构和功能发生显著变化等。水产养殖的总产量虽然较高，但苗种较差、监管弱化，在水产养殖中蛋白资源浪费严重且利用效率较低；水产养殖中对生态环境的调控措施与调控能力较差，致使各类污染偏重、水产养殖病害发生；水产养殖品质一般或较差，并由于药物滥用导

致药物残留,使水产品价位较低,出口贸易受阻。这些问题越来越引起人们的关注,因此,亟须树立健康、安全、优质养殖的观念,只有重视研究和推广综合养殖技术,才能在水产养殖产量增长的同时,确保水产品品质的提高和水产养殖产量的健康稳步增长。这就要求人们在水产养殖过程中提高生态渔业建设意识,保护渔业生态环境,加强生态渔业发展。因此,要实现我国渔业可持续发展战略,必须加强生态渔业的研究和推广工作。

二、生态渔业产生的发展史

我国古代就有关于生态渔业的记述。如明朝黄省曾所著《鱼经》中就有这样的描述:“池之傍树以芭蕉,则露滴而可以解汛,树槭木。则落子池中,可以饱鱼;树葡萄架子焚上,可以免鸟粪;种芙蓉岸周,可以避水獭。”历史悠久的稻田养鱼、桑基鱼塘等都是传统的生态渔业方式。

目前,随着现代科学技术在渔业生产的不断应用,我国的生态渔业进入一个新的发展时期,各地都创造了许多因地制宜的生产模式,使生态渔业逐步向良性发展。

我国在实施生态渔业方面积累了丰富的经验。大江南北、长城内外,都有发展生态渔业的有利条件。塞北牧区,可利用有限的水资源养鱼,在池埂上种草固沙,改良土壤。黄河流域的盐碱滩地可挖池抬田,改造成标准的渔农结合的生态系统。长江流域大片的湖沼、湿地及苇滩,常是钉螺的藏身之地,可以经过一定的治理,消灭钉螺,化害为利,使之成为农林牧副渔全面发展的水网林带生态区。至于华南和沿海地区,更可以利用当地优越的自然环境条件,建成一个个四季常绿、鱼鲜常有的花园式渔业生态区域。

国外常将生态渔业称为“环保型渔业”,生态渔业也可称作维护生态环境的渔业。其主要做法是少施或不施化肥和化学渔药,尽量利用有机肥料,进行生态防治;尽量利用多种资源的互补效应,保持物质的良性循环。

第三节 生态渔业的建设目标

一、生态渔业建设的总体目标

(一) 传统渔业的管理目标

传统渔业管理的目标往往建立在单一种类、最大可持续产量和最大经济产量的基础上,而忽略对生态环境、捕食者、被捕食者和生态系统等要素间的相互作用和影响的考虑。然而,正确的管理目标应考虑多种种类之间的相互作用和相互依赖关系,致力于对生态过程的了解,以便在不危及水域生态系统所具有的多种物品和生态服务功

能的同时，使其为人类提供食品、收益和休闲。

（二）传统渔业目标管理活动的缺陷

渔业活动通常是以生态系统中的一种或多种种类为目标，但是，通过渔业活动的外部效果，诸如兼捕到其他种类，对生态系统的物质形态造成损害或通过食物链（网）效应频繁地影响着生态体系的其他构成要素。例如：对底栖虾类的捕捞。首先，虾类的生物量大大降低，从而以虾类为捕食对象的鱼类便会发生资源量变动，进而通过食物链（网）级联效应影响到其他生物种群；其次，捕捞虾类的普遍作业方式是底拖网作业，由于它缺乏良好的渔具选择性，必定大量兼捕其他种类的底栖生物，增大其他种类生物的非正常死亡率，同样也会发生食物链（网）级联效应；再次，该作业类型对生物赖以生存的生态环境有很大的潜在破坏性。由于以上对生物量、资源种类、生物群落和生态环境的破坏，势必降低生物多样性，进而破坏生态系统的结构和功能，最终会破坏生态系统健康可持续的生态功能。

（三）生态渔业管理的目标

生态渔业管理目标的建构是基于生态系统的渔业管理体系，考虑渔业活动对生态系统整体的影响，包括生态系统的生物多样性，确保整个生态系统和生物群落的可持续利用。

因此，生态渔业建设的总体目标是：在资源节约、环境友好和生态文明的前提下，要求培育和利用健康苗种，放养密度合理，投入和产量水平适中，通过养殖系统内部废弃物的循环再利用，达到对各种资源的最佳利用，最大限度地减少养殖过程中废弃物的产生，实现水产动物的健康养殖、质量安全和品质优良，保护水域环境。同时，在水产品加工过程中，也不产生或少产生污染，并保证水产品的质量。

生态渔业建设的最终目标是获得健康、安全、优质的水产养殖动物和水产品，取得良好的经济效益、社会效益和生态效益。

二、生态渔业建设的具体目标

生态渔业建设的具体目标有以下几个方面。

（1）种苗培育 指培育并投放成活率高，抗逆、抗病、抗应激的优质水产动物苗种。

（2）资源利用 充分发挥微型生物对集约化养殖水体的综合调控与优化作用，高度关注资源节约，合理利用资源（包括水、土、苗种、饲料）。

（3）饲料生产与投喂 依据养殖对象的摄食行为特点投喂抗逆促长的环保高效饲料，力争优质鱼粉资源节约50%和总蛋白质消耗量减少6%~10%。争取含氮废物排放量减少50%以上。投喂适当的且能完全满足动物营养需求的饲料，确保饲料系数在1

左右并实现营养物质的最大吸收转化和蛋白质的高效沉积,使养殖动物的总氨基酸、风味氨基酸和特种氨基酸含量明显提高。

(4) 病害防治 不断提高养殖对象的抗逆、抗病能力,高度重视、预防病害的发生,各种养殖模式和防疫手段能使养殖对象保持正常的活动和生理机能,并通过养殖对象的免疫系统抵御病原的入侵以及环境的突然变化,不使用任何抗生素和违禁化合物,做到安全至上,有效预防疾病的大规模发生,最大限度地减少疾病的危害。

(5) 水产品的加工与品质保证 养殖产品无污染、无药物残留,安全、优质,确保消费者健康安全的需要。

(6) 渔业环境保护 全程优化养殖水体环境,人为控制养殖生态环境条件,使养殖环境能尽量满足养殖对象的生长、发育需要;养殖环境无污染,养殖用水应经过处理后再排放,最大限度地减少养殖过程中有害物和废弃物的产生,尽最大可能实现系统内物质的转化与循环利用。

第四节 生态渔业的类型与模式

生态渔业是循环利用废弃物、节约能源、充分利用当地资源、保持良好生态的典范。生态渔业中的综合养鱼技术是一种节水、节地、节能、节粮、低耗高效的养殖模式。它以渔业为主导产业,开展农牧和农副产品加工综合经营及综合利用的生产,并因地制宜、合理布局、有效配置、发展相关的产业,用上一个生产过程的大量废弃物养鱼,使物质能量得以循环利用,减少物质能量浪费,提高综合养殖效益。

目前我国开展的生态渔业的主要类型和模式有以下五种。

一、鱼—农结合的鱼农型

鱼农结合又称为鱼农综合经营型,指养鱼与种草、菜、果、稻、麻等结合的种养模式。主要有以下几种。

(一) 鱼—草型的草基鱼塘

草基鱼塘指池塘养鱼,基面种青饲料(草基是指鱼池埂和坡),池塘的淤泥作饲草肥料的综合经营方式。通常主养草食性鱼类,搭配少量的鲢鳙鱼和杂食性鱼类。基塘比一般为(0.3~0.5):1,若水面或水底种水草时,可减少基面种青的面积。

草基鱼塘的核心是种草,种草应注意以下几点:

(1) 根据鱼类在不同生育期对草的需求量制订青饲料年供计划,使青饲料的供给量与鱼的摄食量一致,据此制订青饲料种植计划,合理安排品种、播种面积、播种期和收获期。

(2) 选择几种适合当地自然条件的高产优质青饲料,进行合理的间种、混种、套

种和轮作。目前全国栽培的鱼用青饲料中,多年生的主要有宿根黑麦草、象草、杂交狼尾草、白三叶、紫花苜蓿、聚合草、串叶松香草和桂芭蕉;一二年生的有苏丹草、多花黑麦草、墨西哥玉米、小米草、稗草和籽粒苋。选择生育期不同的5~6个品种,合理安排茬口进行间混套种,并进行轮作,将用地与养地结合起来,如禾本科牧草与豆类作物间混套种或轮作,以提高土壤肥力减少病虫害,使青饲料年年丰产。

(3) 分期分批播种,适时收割,留茬高度适中。鱼用青饲料比猪、牛、羊等牲畜的青饲料要嫩,刈割期稍晚,饲草纤维素含量剧增,利用率降低,且易败坏水质,因此,适时收割很重要。由于鱼用青饲料一般为鲜草,为了保证青饲料的品质和产量,最好将同一作物分期分批播种,如隔一周或半月播一批,成熟一片收割一片,刈割时留茬高度在分蘖节以上,切忌齐地面割,以使再生牧草迅速生长。

一般来说,仅靠池埂种青经常不能满足养鱼需要,近年来水面和水底种植水生饲料发展较快。水生饲料营养成分虽比陆草低,但产量较高,纤维素含量低,利于鱼的消化吸收。水生饲料直接利用水层和水底淤泥的养分,对净化水质有巨大作用,沉水植物还能丰富水中溶氧。

水面种青主要有绿萍、茳萍、紫萍、稀脉浮萍、水葫芦、水浮莲、水花生、蕹菜。水面种青一般不超过水面的50%,以免影响浮游生物和鱼的生长。萍类和“三水”饲料最好用竹竿或其他材料围养,以利用其集生性迅速繁殖。水底种草可在湖泊、水底、河流、沟渠中进行,一般种轮叶黑藻、菹草和苦草等沉水植物。

(二) 鱼—草型的鱼草轮作

鱼闲季节利用池底淤泥的肥力种草作鱼饲料和沤肥,既提高了鱼池的利用率,同时种青又使有机质矿化速度加快,加之干涸后的日晒冰冻,许多病原菌和水生杂草难以生存,鱼病发生率明显降低,水生杂草也大为减少。池底种青常种一些生育期短的一二年生作物,冬季种豆科作物、多花黑麦草、油菜等;夏季可种小米草、稗草、苏丹草、苦荚菜等。

鱼草轮作分为多池轮作和单池轮作,前者以几口池塘为一组,每年或每季按计划在一口池塘中种草,为其他鱼塘提供青饲料,第二年或下季轮换种草池;后者指在同一池塘种一季草,大部分草刈割为其他鱼池用,留小部分淹青放鱼。单池轮作前期放一些草食性鱼类,当浮游生物大量繁殖后增投鲢鱼、鳙鱼。

(三) 鱼—树型的桑基鱼塘

桑基鱼塘指在鱼池四周埂面上种桑养蚕,蚕沙、蚕蛹养鱼的种养模式。桑基鱼塘中桑树的肥源是塘泥,冬天鱼池排干水后将塘泥施于桑树行间,作基肥,厚约3~4 cm,干后耙匀。因桑树为落叶乔木,冬季可在其行间种植蔬菜、黑麦草和豆科牧草,春季桑树生长初期换种花生、豌豆等作物。采桑叶后浇一些稀塘泥,以促进桑叶生长。

春、夏季还可利用塘面上空搭架种瓜菜。桑基鱼塘的饵料一方面来自桑基上间作的作物，另一方面主要来自蚕沙，即蚕粪、蚕蜕和吃剩的桑叶的混合物。

蚕沙含有多种营养成分，其饵料价值高于任何畜禽类，既是鱼类喜食的饵料，又作鱼池肥料。蚕沙一定要新鲜，即选色泽深绿，手感疏松的蚕沙，喂前要去掉桑枝、病死蚕，并淘洗干净。桑基与池塘的比例一般为4:6或5:5，若有其他饲料来源，适当减少桑基面积。桑基鱼塘在珠江三角洲一带广泛应用。

（四）鱼—粮型的稻田养鱼

我国古代在公元前400多年就有关于稻田养鱼的记载。在东南亚的许多国家，稻田养鱼也是一种传统的渔（农）业。这种古老的生态渔业方式已经延续了数千年，足以说明它的强大生命力。

所谓稻田养鱼，就是根据生物学、生态学和生物防治的原理，选用得力的鱼种，以增产稻谷产量为首要目的，进而发展为稻田养鱼、鱼养稻的稻鱼共生互利关系，使稻田的生态系统从结构和功能上都得到合理的改造，并发挥稻田的最大“负载力”（倪达书，1985）。稻田养鱼是利用稻鱼共生和稻萍鱼共生等方式进行的生态渔业模式。

目前，我国鱼—粮型养殖的最主要方式是稻田养鱼，主要放养对象是草鱼和鲤鱼。鱼种通过摄食活动使原来与水稻争夺肥料和空间的杂草、害虫、浮游生物转化为鱼类蛋白。鱼的排泄物变为肥料，鱼的翻泥搅水使土壤疏松，溶氧增加，水稻增产。据东北松花江地区的稻田养鱼的试验，稻田养草鱼种的灭草率为86.7%，养成鱼的灭草率为89.6%。由于稻田里的鱼代替了化学灭草剂，大大减轻了土壤、水体和农作物的污染。同时，养鱼还增加了土壤的通气性，增强了土壤的肥力，提高土壤的温度及二氧化碳含量等，从而维护了稻田良好的生态环境。

目前，各地在传统稻田养鱼的基础上，又创造出稻、鱼、萍，稻、果、蔬、鱼等多种综合生产模式。近年来，随着我国名特优水产品养殖生产的发展，利用稻田养蟹、养蛙等也相继在各地出现。稻田养鱼的规模不断扩大。1994年我国稻田养鱼的总面积已达到10.27万 hm^2 ，稻田养鱼的产量达到26万t，增产稻谷48万t。

（五）鱼—果（鱼—桑）、鱼—菜、鱼—草的综合结合型

果基鱼塘、蔗基鱼塘的鱼农综合型，是利用塘埂种桑养蚕，蚕沙、蚕蛹喂养鱼虾，塘泥肥桑树，使蚕沙和塘泥都得到充分利用。在果树叶落塘埂的时间，可用来种植黑麦草或蔬菜。据测算，每亩（1亩 $\approx 667\text{m}^2$ ）桑田可收获桑叶2000kg，用以养蚕可得蚕丝17.5kg、蚕沙1200kg，蚕沙又以38kg转化成1kg鱼。此外，桑田冬季间种黑麦草或蔬菜，一般每亩可产3000kg以上，全用做鱼饲料，可转化成为鱼140kg。桑叶养蚕每亩可产蚕蛹130kg，蚕蛹又可转化成为鱼约30kg；蚕沙每亩约