


# 水产动物 无公害养殖原理与 水环境调控技术

——以对虾养殖为实例



林小涛 黄翔鹤 邱德全 于赫男 编著



# 水产动物无公害养殖原理与 水环境调控技术

## ——以对虾养殖为实例

林小涛 黄翔鹤 邱德全 于赫男 编著

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

水产动物无公害养殖原理与水环境调控技术: 以对虾养殖为实例/林小涛等编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2009.12

ISBN 978-7-5111-0151-8

I. 水… II. 林… III. ①对虾科—虾类养殖—无污染技术 ②对虾科—虾类养殖—水环境—调控 IV. S968.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 236259 号

责任编辑 丁 枚 陈雪云

责任校对 尹 芳

封面设计 龙文视觉

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

联系电话: 010-67112765 (总编室)

发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2009 年 12 月第 1 版

印 次 2009 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 16.75 插页 16

字 数 375 千字

定 价 50.00 元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】  
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

# 前 言

进入 21 世纪,尤其是加入 WTO 后,我国水产养殖业面临新的发展机遇和挑战。随着人们生活水平的提高,养殖业已由单纯的“数量主导型”向“质量主导型”转变,国内外市场对水产品提出了更新更高的要求,发展无公害水产养殖已成为大势所趋。近年来,随着养殖规模的扩大和集约化养殖模式的推广,我国对虾养殖业发展迅猛,2007 年全国对虾养殖产量高达 126 万 t,其中海水对虾养殖产量近 71 万 t。对虾养殖业已成为沿海地区的重要产业之一。然而,在集约化养殖模式下,对虾养殖高产是以提高放养密度、增加配合饲料投喂量为前提的,这种模式在提高土地和养殖水面利用率的同时,养殖过程中由残饵、动物粪便、排泄物、肥料和药物等带来的自身污染非常严重,由此产生的环境负面效应极其突出。养殖环境的恶化成为水产病害频频暴发的诱导因素,导致各类疾病逐年增加。为此,养殖户普遍采用消毒剂和药物进行防病治病,而药物的滥用加大生产成本的同时,对水生态环境产生了极大的负面影响,导致养殖产品质量下降,甚至因药物残留而被拒于国际市场之外,使我国对虾养殖业面临高产量低效益的被动局面,严重阻碍对虾养殖业的健康可持续发展。

水环境是水生动物赖以生长、发育的场所,养殖水环境的调控是实现对虾无公害养殖的重要措施。本书作者在多个国家级、省部级以及地方科研项目的资助下,致力于海水养殖自身污染的控制及养殖水环境的研究,在总结相关研究成果的基础上,参阅了大量国内外文献编写而成。本书可供水产科技工作者及养殖生产第一线的工作人员参考。

本书由暨南大学水生生物研究所林小涛教授负责第一、二、三、四章的编写并进行全文统稿,广东海洋大学水产学院黄翔鹤教授负责第五、六、八、九、十章的编写,广东海洋大学海洋生物研究所邱德全副研究员负责第七章的编写,广东省海洋工程职业技术学校于赫男讲师协助第一、二、三、四章的编写。编写过程中参考和引用了有关专家、学者的大量文献,并尽可能在文中注明及在文后列出,但由于篇幅所限,还有一小部分引用文献仅在正文中注明或在文后列出,对此敬请原作者谅解。

由于作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者指正。

作者

2009 年 10 月

# 目 录

<b>第一章 无公害水产养殖的原理和意义</b> .....	1
第一节 我国对虾养殖业发展历程与现状 .....	1
第二节 无公害水产养殖的原理 .....	4
第三节 对虾无公害养殖的现实意义 .....	5
<b>第二章 对虾养殖系统的特征</b> .....	7
第一节 对虾主要养殖模式 .....	7
第二节 养殖生态系统与自然生态系统的区别 .....	9
第三节 养殖系统中主要环境因子及其影响因素 .....	11
<b>第三章 养殖自身污染的产生及其危害</b> .....	14
第一节 养殖自身污染的机制 .....	14
第二节 不同养殖模式自身污染的特征 .....	19
第三节 养殖自身污染的负面效应 .....	20
<b>第四章 养殖自身污染的防控</b> .....	22
第一节 提高对虾抗病力, 减少用药 .....	22
第二节 提高饲料质量, 减少环境营养负荷 .....	23
第三节 改良投饵工艺, 减少环境营养负荷 .....	27
<b>第五章 对虾工厂化育苗水环境调控</b> .....	35
第一节 对虾主要育苗种类及其生物学 .....	35
第二节 对虾工厂化育苗技术 .....	41
第三节 育苗池水质调控 .....	47
<b>第六章 虾池浮游生物与水环境调控</b> .....	57
第一节 虾池浮游生物的功能 .....	57
第二节 虾池常见微藻的生理生态特征 .....	63
第三节 不同养殖模式虾池浮游生物群落特征及动态变化 .....	72
第四节 虾池水色培养 .....	95
第五节 虾池藻类的定向培养 .....	101

<b>第七章 有益微生物与水环境调控</b> .....	106
第一节 微生态制剂及其在对虾养殖中的应用.....	106
第二节 芽孢杆菌及其在对虾养殖中的应用.....	112
第三节 光合细菌及其在对虾养殖中的应用.....	126
第四节 硝化细菌及其在对虾养殖中的应用.....	137
第五节 乳酸杆菌及其在对虾养殖中的应用.....	141
第六节 蛭弧菌及其在对虾养殖中的应用.....	146
第七节 噬菌体及其生物防治.....	152
<b>第八章 养殖环境的物理、化学和综合调控</b> .....	160
第一节 养殖前后底质、水质的处理.....	160
第二节 养殖环境的物理和化学调控方法.....	170
第三节 养殖环境的监测及综合调控.....	179
第四节 综合对虾养殖模式与水环境的调控.....	190
<b>第九章 养殖用水的处理</b> .....	199
第一节 养殖水体的有害物质.....	200
第二节 对虾育苗场用水水质要求及其处理.....	212
第三节 对虾养殖用水处理方法和技术.....	216
<b>第十章 养殖废水的处理技术</b> .....	228
第一节 砂滤池过滤净化养殖废水.....	229
第二节 有益菌净化养殖废水.....	230
第三节 大型藻类及贝类净化养殖废水.....	230
第四节 微藻及微生物固定化技术净化养殖废水.....	233
第五节 光照处理系统净化养殖废水.....	236
第六节 载体生物滤器净化养殖废水.....	239
第七节 物理、化学、生物综合法净化养殖废水.....	240
第八节 废水灌溉农作物净化养殖废水.....	242
第九节 水培植物净化养殖废水.....	245
第十节 展望.....	246
<b>参考文献</b> .....	247
<b>附录</b> .....	260
附录(1) 无公害食品 海水养殖用水水质标准(NY 5052—2001).....	260
附录(2) 虾池常见浮游生物名录.....	261

# 第一章

## 无公害水产养殖的原理和意义

### 第一节 我国对虾养殖业发展历程与现状

#### 一、发展历程

我国对虾规模化人工养殖始于 20 世纪 70 年代末，至今已走过将近 30 年的发展历程。自 1978 年起全国开展对虾人工育苗技术攻关。发展伊始，有的企业从国外引进成套对虾人工育苗设备，也有的采用盆、桶、水池等简陋育苗设施，参照国外及境外人工育苗技术和经验，进行育苗试验。经过努力，北方的中国对虾（中国明对虾），南方的长毛对虾（长毛明对虾）和墨吉对虾（墨吉明对虾）工厂化人工育苗先后获得成功，为我国对虾的规模化养殖奠定了基础。1985 年，对虾养殖初具规模，总产量达到 1.9 万 t，之后发展迅速，1992 年达到 20.7 万 t。但 1993 年由于全国暴发流行性疾病，养殖产量锐减，跌至 8.8 万 t。之后经历了一段衰退时期，1997 年全面复苏，至 2000 年产量超过历史最高水平，达到 21 万 t，之后进入新的发展期，至 2007 年高达 126 万 t（含内陆养殖产量 55 万 t）。据此，对虾养殖发展历程大致可分为 5 个阶段：起始阶段（1978—1984 年）；发展阶段（1985—1992 年）；衰退阶段（1993—1996 年）；恢复阶段（1997—2000 年）；快速发展阶段（2001—2007 年）。

#### 二、主要养殖品种

在对虾养殖起始阶段，主要利用野生亲虾进行人工繁殖，北方主要是中国对虾，南方主要为长毛对虾和墨吉对虾。以后养殖品种增加，有日本囊对虾、斑节对虾、凡纳滨对虾和数种新对虾类。南方传统养殖种类长毛对虾和墨吉对虾已逐渐被新兴养殖品种斑节对虾和凡纳滨对虾所取代。20 世纪 90 年代南方掀起斑节对虾养殖高潮，至 2000 年其产量占全国对虾养殖总产量的 40%，成为我国最主要的养殖品种。凡纳滨对虾在 1988 年被引进我国，1994 年成功进行生产性人工育苗和养殖。由于其优良的养殖性状，在全国范围内得到普及和推广，成为目前我国最主要的对虾养殖品种。

#### 三、取得的重要进展

自 1997 年以来，我国对虾养殖业所取得的重要进展可归结为以下几个方面。

### （一）经济效益和社会效益显著

对虾养殖业经过近几年的发展，已成为许多地区水产养殖业的重要支柱，并创造了一大批就业机会，取得了良好的经济效益和社会效益。例如在广东省湛江市，随着海水捕捞资源的衰减和北部湾重新划界，大量的转产转业渔民投身对虾养殖业，从而形成了一条庞大的育苗、养殖、冷冻、运输、加工和饲料生产产业链，为当地海洋经济发展和渔业增效、渔民增收作出了积极的贡献。

### （二）凡纳滨对虾全人工繁育和养殖技术的推广应用

1998年中国科学院南海海洋研究所引进凡纳滨对虾，在华南地区迅速建立起人工强化培育和诱导自然交配产卵的繁殖技术体系，并于2000年实现全人工规模化繁育。凡纳滨对虾全人工繁育技术的建立既克服了长期依赖捕捞海区天然亲虾或进口野生亲虾用于育苗生产的局限性，又解决了在国内相当一段时期存在的虾苗紧缺和价格昂贵的问题，为对虾养殖业的快速发展奠定了基础。2001年以后，凡纳滨对虾“淡水养殖”技术在内陆地区的推广应用，掀起了全国范围内养殖凡纳滨对虾的新高潮。目前内陆养殖产量已超过了沿海的养殖产量。

### （三）对虾集约化养殖技术的推广应用

近几年，在华南地区逐渐建立起以过滤海水、高位池、薄膜铺底、立体增氧、中央排污等为特点的对虾集约化养殖技术，大大提高了对虾养殖单产，并有效地遏制了病害的流行。这一养殖模式目前不仅在国内得到广泛采用，而且在东南亚也得到大力推广。集约化养殖技术的应用，不仅提高了单位面积的产量，有利于节约大量滩涂和土地资源，也为养虾废水的集中处理创造了条件，有利于对虾养殖业的可持续发展。

### （四）对虾病害快速检测技术的推广应用

随着对虾病害研究的不断深入，白斑综合症病毒（WSSV）、桃拉病毒（TSV）和传染性皮下及造血组织坏死病毒（IHHNV）等对虾主要病毒的基因组序列、传染途径已先后被研究查明。国内也已建立起相应的对虾病毒和细菌病原快速检测技术，并研制出一些对虾病毒和细菌病原的快速检测试剂盒，为对虾养殖生产提供了有力的技术保障。

### （五）遗传育种和SPF种苗培育技术的推广应用

目前，中国对虾和凡纳滨对虾的无特定病原（SPF）种苗和SPR种群及家系选育技术在国内已逐步建立，部分产品已显示出良好的生长和繁殖性状。尤其是中国对虾的三倍体和四倍体培育已获得成功，并进行了规模化生产实验，一种生长迅速的中国明对虾新品种“黄海1号”已选育成功，为对虾养殖业的稳定、持续发展注入了新的活力。

## 四、存在的主要问题

虽然我国在对虾养殖基础研究、亲虾人工强化培育、育苗工艺技术、规模化养殖技术、虾病综合防治等方面取得了很大进步，但是从各地养殖情况来看，还存在种苗质量



参差不齐、虾病蔓延、滥用药物、养殖自身污染及环境资源浪费等问题，如果不加强无公害养殖管理，必然会影响对虾养殖业的可持续发展。当前我国对虾养殖存在的主要问题有：

### （一）种苗质量问题

优质种苗是对虾养殖增产增效和可持续发展的决定性因素之一。近几年，随着对虾全人工繁育和养殖技术的迅速推广应用和大规模产业化经营，商品虾市场价格大幅降低，引起虾苗价格大幅下降。为降低生产成本，许多生产企业直接用池塘养殖的大个体成虾作为亲虾进行虾苗繁殖，并且在育苗过程中使用低质的人工饵料替代卤虫，以及为防病治病大量使用抗生素类药物，造成亲虾和虾苗质量下降。尤其是 2000 年后涌现出许多育苗场，规模小，生产工艺技术落后，炒卖无节幼体，甚至倒卖种苗。这些育苗场往往以牺牲质量为前提，大搞价格恶性竞争，不仅严重扰乱了种苗市场秩序，也使大量质量差和带病毒的虾苗充斥着整个种苗市场。

### （二）养殖技术问题

（1）放养密度不科学。由于虾苗供过于求，且价格便宜，一些养殖者片面追求高产，盲目地增大投苗量。在半精养虾池，原来每 667 m<sup>2</sup> 只能投健康虾苗 1 万~2 万尾的，已增投至 10 万~15 万尾，甚至个别的还投 30 万尾。这种根本不考虑水源和设备条件，超负荷养殖的做法，要么引致病害频发，达不到高产的目的，甚至全军覆没；要么生产不出合格的成品，对虾规格小，价格低，达不到增效的目的。

（2）使用饲料不科学。除了部分养殖者在对虾养殖过程中投放饲料的差异性和随意性较大、饲料的利用效率不高之外，还存在优质饲料偏少的问题。目前在华南地区对虾饲料品牌达 100 多家，优劣不一。一些饲料厂，尤其是一些专门“打游击战”的小厂生产出来的饲料，若按一般检测，基本合格，但是实际应用后，养殖效果很不理想，原因是饲料的配方、原材料、加工工艺和营养成分等存在问题。例如，对虾配合饲料中粗蛋白含量一般在 40%~43%，但是蛋白质的质量不同，养殖效果有很大的差异。

（3）使用药物不科学。虽然国内养殖专家和科研人员经过十几年的潜心研究，使对虾的病害防治有了很大的进步，但是近些年虾病蔓延的趋势仍有增无减。这与养殖者乱用、滥用药物，以及虾药品种多而混乱，假药泛滥有一定的关系。当前鱼虾药在我国还未实行统一的行业标准，对鱼虾药物的研制、开发和应用大多参照兽药的标准。但是，鱼虾类的生境与兽类有本质的差异，鱼虾病害发生在水中，与陆地差别巨大，药物使用的难度也更大。因此，乱用、滥用虾药不仅起不到应有的祛病除害作用，反而会造成新的化学污染，加重水质环境恶化，破坏虾池的微生态平衡。

### （三）养殖污染问题

当前许多对虾养殖池改善水质主要依靠大量换水的方法，需要排放大量的养殖废水，但是很少有养殖场对排水做净化处理，因此会给周边水域带来一定的污染，容易造成水体富营养化、底质改变和病原传播等影响。此外，最近几年兴起的在沿海地区抽取大量的地下淡水加到海水中进行“半咸水”养殖和在内陆地区直接向淡水中加入大量的海水、

卤水或海水结晶进行“淡水养殖”等做法，可能会带来地下水位下降和土地盐碱化等负面影响。

## 第二节 无公害水产养殖的原理

当前随着人民生活水平不断提高，我国经济进入国际大循环，进入新世纪，人们对环境保护意识空前加强，消费心理也已经从数量型转变成质量型，国际、国内已对食品安全予以高度重视，不仅加强了对水产品药残的检测，而且以人为本，从人类健康出发，严格控制水产动物养殖中药物与饲料添加剂的使用，严格控制基因工程产品的安全性。所以，水产养殖产业经济发展的水平再也不能以产量高低作为衡量标准，更不能以牺牲环境、消耗资源、危害人类自身健康为代价。当前养殖业的发展已进入以质量效益、人类与环境和諧共存为方向的新时代。为适应新形势下国内和国际社会对水产品质量安全提出的更高要求，对虾养殖可持续发展的唯一出路是建立科学的对虾无公害健康养殖管理体系。

### 一、无公害水产品的定义

无公害水产品是指产地环境、生产过程和产品质量符合国家有关标准和规范的要求，经认证合格获得认证证书并允许使用无公害农产品标志的未经加工或者初加工的水产品。

### 二、对虾无公害养殖的基本要求

对虾无公害养殖的具体实践体现在对养殖生物学和生态学要求的认识以及养殖关键环节的控制与管理上，要尽量采用良好的养殖模式和养殖工艺（水质监控、病害防治、科学投饵、保护环境等），既要发挥出对虾本身的遗传潜力，获得最佳的经济效益，也要协调好环境利用与保护的关系，达到可持续发展的目的。对虾无公害养殖的基本要求可以归结为三个方面：一是养殖的对虾是健康的，是安全食品；二是养殖环境必须符合养殖品种生长的要求，使对虾在这种环境下取得最好的生长效果；三是对虾养殖不会对环境造成危害。对虾无公害养殖是一个系统工程，由生产与管理的各个环节构成，在产地环境、种苗生产、养殖饲料、药物使用及养殖技术等关键环节的控制与管理上应当做到：

(1) 产地环境应是生态环境良好，没有直接受工业“三废”及农业、城镇生活、医疗废弃物污染的水域。养殖地区处于上风向、灌溉水源上游，没有对产地环境构成威胁的污染源。水源充足，水质良好，水质质量应符合 GB11607 的规定。

(2) 种苗生产与引进应符合新《渔业法》和农业部颁布的《水产苗种管理办法》的规定。用于繁殖的亲本必须来源于原、良种场，质量符合相关标准。生产条件和设施应符合水产苗种生产技术操作规程的要求，苗种质量须经具备资质的专业技术人员检验检疫。

(3) 养殖饲料应当按照国务院颁布的《饲料和饲料添加剂管理条例》执行。无论单一饲料或配合饲料，其质量均应符合《渔用配合饲料安全限量》标准（NY5072—2002）和各种养殖种类配合饲料营养行业标准、地方标准。在饲料中添加矿物质、维生素等添加

剂,应按《饲料和饲料添加剂管理条例》具体规定执行。使用药物添加剂的种类和用量应符合农业部《饲料药物添加剂使用规范》中的规定,不得选用国家规定禁止使用的药物,也不得在饲料中长期添加抗菌药物。

(4)药物的使用必须按照《渔用药物使用准则》(NY5071—2002)的规定执行。严禁使用国家违禁药物。在对虾无公害养殖病害防治中,应推广使用高效、无毒、低残留渔药,病害发生时应对症下药,防止盲目和滥用药物。

(5)养殖技术应严格按照专业技术操作规范执行。目前,我国对虾养殖技术标准化程度仍处于较低的水平,如何在无公害健康养殖中以食品安全管理体系(HACCP)的应用为基础为准则,做到与国际接轨,这是一个值得有关部门和从业者探讨的问题。就当前的生产情况而言,对虾无公害养殖和对虾产品质量安全的监控与管理具有相当的难度,因为养殖者关心的是养殖产量的高低和经济回报的大小,而政府和销售者关心的是产品的质量安全和销售渠道的畅通。因此,最好的组织形式应当是在政府有关部门的指导与监控下,采取“公司+农户”的方式,由龙头企业带动养殖者共同完成“种苗→养殖→成品对虾→加工→储存→运输”的一条龙生产,并建立起可靠的安全追溯与监控管理体系。

### 三、养殖水环境调控的重要性

水是水产养殖动物赖以生存的首要条件,水产动物从繁殖、成长到收获、死亡,一生都是在水中度过的。一切有益、有害的影响,都必须由水,并通过改变水质才能作用于这些生物。具体来说有:

- ❖ 水要供给氧气,保证养殖生物的呼吸需要。
- ❖ 水要供给养分,增殖天然饵料,满足养殖生物发育成长时的物质需要与能量需要。
- ❖ 水要容纳水中生物的代谢废物及尸骸,促使它们分解转化,防止它们积累为害。
- ❖ 水既会传播病害毒物,造成疾病、死亡,又能溶解分散药物,达到防病治病、恢复健康的目的。

总之,水产动物生命的各个阶段、生活的各个方面,无一不和水质有关。每一种水产动物都需要有适合其生存的水质条件,水质若能满足要求,养殖动物就能顺利生长发育,得到好的收成;如果水质的某些指标超出生物的适应和忍耐范围,轻者动物不能正常生长,重者可能造成养殖动物的大批死亡,引起经济损失。因此,通过人为的调控,给养殖对象提供一个良好的生长环境,是养殖成功的保障。

## 第三节 对虾无公害养殖的现实意义

随着我国水产养殖业的快速发展和人民生活水平的不断提高,广大城乡居民对清理“餐桌污染”,确保水产食品质量安全的诉求日益强烈。尤其在加入WTO后,无污染、无公害的优质水产品已成为国内和国际市场的首选产品。因此,对虾无公害养殖不仅具有广阔的市场前景,在经济、社会与环境方面也具有十分重要的现实意义,主要体现在以下几个方面。

一是有利于保障人民身体健康。食品安全问题事关消费者的合法权益,并直接威胁着消费者的生命安全,发展对虾无公害养殖无疑有利于提高对虾产品的质量安全性,将

对保障人民的身体健康起到积极的作用。

二是适应市场经济的需要。随着对虾养殖业的不断发展，对虾产品的质量安全问题日益突出，而随着人民生活水平的提高和市场经济的不断完善和发展，人们比以往更加注重食品的质量和安全性，国内外市场对水产品的多样化、优质化和安全性的要求越来越高，这为无公害水产品的畅销创造了条件。因此，发展对虾无公害养殖将拥有巨大的市场容量和发展潜力。

三是适应水产品国际贸易的需要。在国际贸易领域，各国对水产品卫生和质量监控越来越严格。水产品的农药残留、兽药残留和其他有毒有害物质的污染等问题，成为国际对我国出口水产品限制的主要理由。因此，加快发展对虾无公害养殖有利于提高我国对虾产品的安全性和产品档次，有利于冲破国际市场中正在构筑的非关税贸易壁垒，提高我国水产品的国际竞争力。

四是有利于保护生态环境。对虾无公害养殖技术有助于减少养殖过程中氮、磷的流失与排放，减轻对虾养殖对水生态环境的威胁，减轻硝酸盐、亚硝酸盐对人和动物健康的危害。同时还可以减少化学农药、渔药和其他有毒有害物质的使用和对水体的污染，有助于保护生物多样性，减轻化学药品对大气、土壤和水体环境的影响，从而有利于对虾养殖与环境保护的协调发展。

## 第二章

# 对虾养殖系统的特征

### 第一节 对虾主要养殖模式

目前对虾养殖模式有多种多样，不同类型的养殖模式各有其不同的养殖设施和技术特点，要选择合适的养殖模式，就要根据当地的不同自然环境条件、经济状况和技术水平等条件而定。

#### 一、传统养殖模式

##### (一) 粗放养殖模式

虾池多为土塘，四周没有护坡，面积较大， $10\sim 30\text{ hm}^2$ ，平均水深较浅， $0.5\sim 1.0\text{ m}$ ，设施简单，不配增氧设备。放养密度一般为  $3\ 000\sim 10\ 000$  尾/亩\*，虾池不需要投饵或少量投饵，可完全依靠水域的天然生产力进行养殖。

##### (二) 半精养模式

面积较大，多为  $0.67\sim 3.3\text{ hm}^2$ 。放养密度在  $5\ 000\sim 50\ 000$  尾/亩，产量在  $30\sim 300\text{ kg/亩}$ 。特点是放养密度低，养殖前期不投饵，中后期投一定量饲料。海水养殖主要靠潮差进水，养殖期间通过换水来改善虾池水质。预防和切断虾病传染方面的能力较弱，容易暴发虾病，产量不太稳定。

##### (三) 精养模式

放养密度较大，一般  $50\ 000\sim 150\ 000$  尾/亩，虾池面积  $0.33\sim 1\text{ hm}^2$ ，圆形或方形，水深  $2\sim 2.5\text{ m}$ ，有独立的进排水系统，配备增氧机。养殖前期，添水或少量换水；养殖中、后期，采取大排大灌、速排速灌，养殖全程都进行人工投饲，放苗密度较大，产量较高。但是近年来由于许多海区水质恶化，病害猖獗，已很少采用这种模式养虾了。

\*1 亩=667 m<sup>2</sup>。(全书同)

## 二、高位池养殖模式

高位池一般为圆形或四角为弧形的方形池，面积通常为  $0.27\sim 0.33\text{ hm}^2$ ，池体高 2 m 以上，可容纳水深度 2 m 左右，池壁可以用水泥铺砌，也可以在整个池子的内壁铺上一层塑料膜，后一种方式可以防止漏水，同时隔离土质对池水的不良影响，还便于池体的清淤消毒。在潮上带或者沿岸陆地上建池，并且依靠动力提水的方式给虾池供水。池底多为锅底状，配置增氧机，利用中央排污口或其他设施排出池内对虾粪便、残饵及其他有机碎屑等，从而使池底经常保持良好的清洁状态，利于对虾栖息和生活。

## 三、过滤和净化海水防病养殖模式

该模式以自然海水为养虾水源，通过对海水水源进行过滤或净化处理后用于对虾养殖，养殖系统所产生的废物通过特别设计的地膜底池塘排污、中央排污系统等设施随时排出，废物经过适当处理再排入大海。因此，该系统是一个相对开放的养殖系统，具有随时可调节和交换的水质控制能力。由于水源经过滤处理，而废物及时排放不会在养殖系统中累积，故水质良好，不易暴发疾病。

## 四、半封闭添加淡水养殖模式

在有淡水资源而海水相对缺乏的地区，养殖初期都是一次性进足海水，以后就逐渐添加淡水。每次添加淡水时虾池的盐度变化幅度不要超过 5，经常观察对虾生长情况，直至对虾要上市的前半个月为止。上市前可再加入适当海水使虾池的盐度提高到 3~4，当盐度达到 10 时对虾可上市。此时商品虾肉质结实、味美可口，虾壳光滑、售价高。在高密度养殖时须增氧以保证有足够的溶解氧，改良水质以降低病害的发生。

## 五、集约化养虾

集约化养虾是利用先进的调控手段进行高密度养殖的一种生产形式。一般养虾池为水泥池，面积为  $1\ 000\sim 2\ 000\text{ m}^2$ ，海水由池顶斜向冲入池面，推动池水旋转、流动。多余海水由池底排出，并可定时地由池中心排污孔排出沉淀的污物。集约化养虾的优点是占地少，占用劳力少，水的理化因素便于人工控制，所以产量也高。但是，投资较大，耗能大，又要求有较高的技术，适合于发达国家和地区应用。

## 六、封闭式海水再循环和水体零交换工厂化养殖模式

利用在陆地修建的圆形或跑道式水泥池或塑料大棚进行工厂化养殖。面积一般在  $200\sim 2\ 000\text{ m}^2$ ，能自动排污、充气、常流水，日换水可达  $100\%\sim 300\%$ 。放养密度一般很大，在  $120\ 000\sim 260\ 000$  尾/亩，产量可达  $2\ 500\text{ kg/亩}$  以上。其特点是养殖一造虾只用一池水，也就是现在提倡的零交换水系统。整个养殖过程中池水除自然蒸发和吸底污损失需少量补充外，不再换水。该模式也称为循环生态精养对虾模式，虾池按以下流程循环，虾池→接污池→沉淀→水生生物沟→过滤池→细菌池→虾池。所以它不但是一个节水工程，也是一个不污染环境的无公害环保工程。既可以减少蓄水池的容量，避免污水对水域环境的污染，又可以降低因水交换带来的病毒传播的危险。

## 七、封闭式综合养殖模式

该模式利用生态平衡原理对养殖废水采用物理处理、生物降解、微生态调控等现代无公害健康养殖的新技术，以保证养殖用水的质量，重复利用净化后的海水，节约水源和能源，使大批原有的旧虾池得到改造。

该养殖模式从优化养殖系统的结构入手，把虾鱼混养、虾贝混养、虾藻混养进行技术组合，变单种养殖为多种综合养殖，把在生态环境与饲料资源利用上具有互补作用的经济水生生物以合理的比例养殖于多个串联的养殖区内，在养殖过程中除虾池投饵外，其他养殖区不再投饵。投入的虾饲料利用率在多级养殖池中通过不同的营养级和生态位上各种养殖生物的多层次利用可以获得最大幅度的提高，降低了生产成本。通过优化的有益微生物群落、微藻群落定向培养，对水质进行生态调控、进一步净化水质，每个养殖区既是生产区又是生物净化区，具有生产产品和净化水质的双重功能。

## 八、网围和网箱养虾

网围养虾又称半蓄水养虾，是指半堤半网的池塘，涨潮时海水漫堤而入，退潮后池内仍能保留一部分海水，即每天由于潮水的涨落更新池水，故池内水质条件较好，单位面积产量可以超过一般的池塘养殖。

网箱养虾即在风浪较小的海湾内，用钢架或竹架浮于海面，扎上网箱养殖对虾。养殖过程中，要随着虾苗的成长，更换数次箱网，以减少附着物的影响。

# 第二节 养殖生态系统与自然生态系统的区别

## 一、生态系统的组成

生态系统就是指在一定的空间内共同栖居着的所有生物与其环境形成的统一整体，共同完成系统的物质循环、能量流动和信息转化过程。自然界中有各种不同的生态系统，可分为自然生态系统和人工生态系统。生物圈是地球上最大的生态系统，在这个最大的生态系统中，依环境特征又划分为陆地生态系统和水域生态系统。池塘是一种简单的水域生态系统，也是一种人工生态系统，养虾活动就是在这个系统中进行的。无论是自然的水生态系统还是养殖生态系统，其基本组成都包括生物和非生物两大部分。

非生物环境包括水体和土壤中的有机和无机物质，主要有水、氧气、二氧化碳、硝酸盐、碳酸盐、磷酸盐等生命必需的营养物质及光照、温度等生活条件，是水生态系统的基本成分之一。

生物根据其取得营养和能量的方式以及在能量流通和物质循环中所发挥的作用，又可分为三大类。第一类是生产者，主要是能进行光合作用的绿色植物。绿色植物通过光合作用合成有机物质，将太阳能转化为可储存的化学能，供给其他生物以食物和能量，是生态系统中最积极的因素，是有机物质的原始创造者和一切动物的食物来源。在虾池中浮游植物是最主要的生产者。第二类是消费者，各种动物不能直接利用太阳能为其生命活动提供能量，必须以其他生物为食物，所以动物性生产基本是建立在植物性生产的

基础上。自然生态系统一般具有多个消费者层次，食物链较长且往往组成复杂的食物网。虾池中食物链较短，主要的动物种群都属于初级或二级消费者，初级消费者主要是浮游动物和底栖动物，次级消费者主要是对虾，更高一级的消费者是肉食性鱼类。第三类是微型消费者，也就是分解者，主要是微生物，尤其是细菌，以动、植物的排泄物和残体为食物，通过吸收和分解，使各类生物残骸分解成有机碎屑，供底栖动物利用，参加次级生产，未被利用的有机碎屑，继续分解转化为比较简单的无机质，返回到环境中，再度供绿色植物利用，参加初级生产。

## 二、对虾养殖生态系统的特点

虾池生态系统是人工生态系统，相对于自然生态系统有其自身的特点。

### (一) 结构简单

虾池生态系统的结构，是根据养虾的需要，在一定程度上人为造成的。与自然生态系统相比，部分生物因子（主要是对虾种群）被人为地强化了，而另一部分因子（如对虾的敌害和竞争者）则被人为地削弱。系统的生物种类组成简单，养殖生物在群落中占绝对优势，成为最高级的消费者，因此主要食物链短且简单，营养层次少，缺少由碎屑食物链和腐食食物链组成的微型食物网，生态系统稳定性差。

### (二) 物质循环和能量流动受阻

最简单的自然生态系统也要有生产者、消费者和分解者。图 2-1 表示最简单的自然生态系统，从生产者到初级消费者、次级消费者，整个系统的营养结构好像一个金字塔，系统中物质循环通道畅通，能量流动顺畅，生态系统正常运转，处于相对平衡状态。但是在对虾养殖池中，对虾的数量被人为大大增加，而更高级的消费者如鱼类等不复存在，其系统的营养结构变成一个倒立的金字塔。这样，单靠系统天然的食物链无法满足对虾的营养需求，必须人工投饵补充食物。这样对虾的饵料不再是生态系统内的活体饵料，而主要是来自该生态系统之外的人工饲料。由于人工饵料中的有机质部分溶解、悬浮于水中，更由于大量未被摄食的残饵沉积于池底，加上对虾摄食后排出的粪便，使虾池中有机物大量积累，微生物不能进行正常的分解，导致养殖生态系统物质循环受阻，能量流动不畅通。

### (三) 生态平衡主要靠人工调节

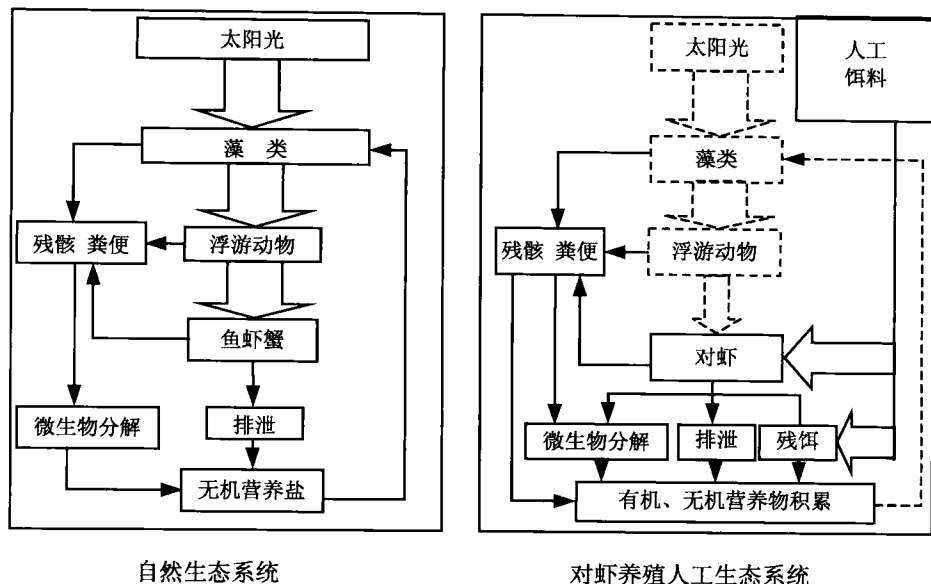
自然生态系统的结构复杂，对外来干扰的自我调节能力强，其生态平衡是靠生态系统的自我调节完成的。虾池生态系统结构简单，不可能完全靠自我调节保持生态平衡，必须代之以人工调节。但天气或季节的变化和人工的调控措施能在短时间内引起池塘生态系统的大幅度改变，而各种因子对于虾池生态系统生态平衡的影响有规律性，也有偶然性，这就决定了生态平衡人工调节的经常性和复杂性。

### (四) 生态平衡具有高产性和脆弱性

养殖生态系统的低生物多样性和高生产力输出是由现实所追求的经济效益所决定



的，故其生态系统具有高产性。但由于其生态系统结构简单，对外来干扰的抵抗能力差，自我调节能力小，稳定性差，其庞大的生物量造成了生态金字塔畸形，甚至倒置，故其生态平衡又是脆弱的。在这种情况下，对生态平衡的人为调节起重要作用：当对生态平衡的人为调节有效时，则生态平衡表现为高产性；当对生态平衡的人为调节无效时，则生态平衡表现出脆弱性。



注：方框大小表示被人为加强或削弱部分，箭头和线条粗细表示流流量大小。

图 2-1 自然生态系统和人工养殖生态系统的示意图

### 第三节 养殖系统中主要环境因子及其影响因素

养殖水体要满足养殖生物多方面的不同需要，除了要有足够的水量之外，更要具备相应的水质条件，其中最重要的是：水温、溶解氧、透明度、酸碱度、溶解盐等。

#### 一、水温

水温是虾类最重要的环境因子之一。水温直接或间接地影响对虾的生长和发育，几乎所有的环境因子都受水温的制约。水温直接影响对虾的新陈代谢强度，从而影响对虾的摄食和生长。各种对虾均有其适宜的生长温度范围，一般在适温范围内，随着水温的升高，呼吸、摄食、消化功能旺盛，生长迅速。若超过了适温范围，则可导致代谢失调，甚至引起死亡。

#### 二、溶解氧

溶解氧为对虾正常代谢和生长所需要，是对虾赖以生存的首要条件。

水中的溶解氧主要是来自水中浮游植物的光合作用，其次是大气中的氧气直接溶解入水中，而水中氧气的消耗主要是水中动植物的呼吸作用和有机物的分解作用以及向空