

“十一五”国家重点图书出版规划项目



海水工厂化高效养殖体系 构建工程技术

曲克明 杜守恩 编著

HAISHUI GONGCHANGHUA GAOXIAO YANGZHI TIXI
GOUJIAN GONGCHENG JISHU



海洋出版社

海水工厂化高效养殖体系 构建工程技术

曲克明 杜守恩 编著



海洋出版社

2010年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

海水工厂化高效养殖体系构建工程技术/曲克明, 杜守恩编著.

—北京: 海洋出版社, 2010. 1

ISBN 978 - 7 - 5027 - 7620 - 6

I. ①海… II. ①曲… ②杜… III. ①海水养殖 - 无污染技术

IV. ①S967

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 220617 号

责任编辑: 郑珂

责任印制: 刘志恒

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

北京海洋印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

开本: 880 mm × 1230 mm 1/32 印张: 11.875

字数: 296 千字 定价: 38.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前言



海水工厂化高效养殖体系主要包括海水鱼类、对虾、鲍、海参及藻类的工厂化养殖，其主要特征是利用水处理技术将工厂化养殖排出的水经处理后循环使用，并通过外排废水的综合处理达到污染物“零排放”要求，是一种节能、环保、高效的工厂化生产方式。其中海水工厂化养鱼是当今比较成熟的生产方式，而循环水养鱼生产则集中体现了海水工厂化高效养殖体系的先进技术水平，并可为其他养殖品种的工厂化高效养殖生产体系构建工程技术提供借鉴。

循环水养鱼的主要特点表现在生产的连续性、无季节性和主动控制性，而主动控制养殖环境质量和营养供给是循环水养殖的核心。循环水养鱼系统由于采用先进的水处理技术和消毒杀菌技术，能有效防止养鱼过程中疾病的发生和传播，提高养殖品种的成活率和产品的品质，实现健康养殖和无公害产品生产。采用循环水养鱼模式利于养殖企业根据市场需求的变化，及时调整生产销售计划，进行反季节生产和销售，获得较高的经济效益。与传统的开放式流水养鱼相比，循环水养鱼可节约大量水资源和能源，并且能够保护环境，符合节能减排的原则。海水循环水养殖模式从节能减排和可持续发展的要求来看，是未来中国发展海水工厂化养殖的根本方

向,发展和推广应用海水循环水养殖模式势在必行。

《海水工厂化高效养殖体系构建工程技术》一书以国家“十一五”科技支撑计划项目课题“工程化养殖高效生产体系构建技术研究”、国家“863”计划项目课题“工厂化海水养殖成套设备与无公害养殖技术”以及国家“十五”期间“863”计划项目课题“工厂化鱼类高密度养殖设施的工程优化技术”的研究成果为基础,结合课题基地设计建设实践编写而成,旨在总结最新科研成果,并向社会介绍海水工厂化高效养殖体系构建工程的基本理念和技术,加快海水循环水养殖模式的发展与推广应用,逐渐使海水工厂化养殖走向节能、环保、高效可持续发展的生产方式。

本书可供大专院校海水养殖专业师生和海洋水产研究所研究人员学习参考,也可海水养殖工程领域的设计人员、建设人员、管理人员及养殖人员提供借鉴,以增加海水循环水养殖的基本知识和提高海水工厂化高效养殖体系构建工程技术水平,进一步促进海水循环水养殖模式的发展。

由于作者水平所限,书中不妥和纰漏之处在所难免,殷切希望读者予以指正,深为感谢。

编著者

2009.10.7



第一章 海水工厂化养殖概述	(1)
第一节 国外工厂化养鱼简介	(1)
一、工厂化养鱼的科学内涵	(1)
二、国外工厂化养鱼的发展	(6)
第二节 我国海水工厂化养殖的发展与展望	(7)
一、我国海水工厂化养殖的发展概况	(7)
二、我国海水工厂化养殖的发展方向	(16)
三、国内外循环水养殖发展对比分析	(18)
四、我国海水循环水养殖的展望	(21)
 第二章 海水工厂化养殖场勘察与规划	 (25)
第一节 海水工厂化养殖场与海洋生态环境	(25)
一、海区水域生态系统的平衡	(26)
二、海区水域生态环境的污染	(27)
三、海水养殖场水域环境的保护	(29)
第二节 海水工厂化养殖场勘察与规划	(30)
一、海水工厂化养殖场场址选择	(31)
二、海水工厂化养殖场规划设计	(34)

三、场区总体布置	(39)
四、养殖场高程设计	(41)
第三章 海水工厂化养殖场取水与给水构筑物	(43)
第一节 取水构筑物	(43)
一、渗水型蓄水池	(44)
二、反滤层大口井	(45)
三、海水管井	(46)
四、潮差蓄水池	(49)
第二节 给水构筑物	(54)
一、水泵房的种类	(54)
二、水泵房的布置	(55)
三、水泵的引水	(57)
四、水泵房的结构	(58)
五、水泵房附属构筑物	(60)
六、海水工厂化养殖场给水方式	(63)
第四章 海水工厂化养殖场的给水、供热及供电系统	(66)
第一节 养殖场给水设备与管道计算	(66)
一、水泵	(67)
二、管道的水力计算	(76)
三、管道的施工	(81)
第二节 海水工厂化养殖场的供热、制冷系统	(88)
一、供热方式	(89)
二、锅炉容量的计算	(92)
三、换热器的计算	(95)

四、加热系统设计	(96)
五、养殖车间的制冷系统	(98)
第三节 海水工厂化养殖场的供电系统	(100)
一、供电系统	(100)
二、全场负荷计算	(102)
三、海水工厂化养殖场安全供电	(102)
 第五章 海水循环水养殖水处理技术	(104)
第一节 悬浮物去除技术	(105)
一、沉淀分离技术	(105)
二、微网过滤技术	(109)
三、介质过滤技术	(119)
四、蛋白质分离器	(126)
第二节 可溶性污染物去除技术	(131)
一、可溶性污染物去除方法	(131)
二、生物滤池综合设计	(133)
三、生物膜水处理技术	(135)
四、生物滤池系统设计	(148)
第三节 海水循环水养殖消毒技术	(156)
一、紫外线消毒技术	(156)
二、臭氧消毒技术	(161)
三、负氧离子消毒技术	(164)
第四节 海水循环水养殖增氧技术	(165)
一、氧气输送与溶解机理	(165)
二、空气源增氧系统	(166)
三、纯氧源增氧系统	(170)

第五节 海水循环水养殖水处理工艺类型	(175)
一、生物水处理分设工艺	(176)
二、一元化鱼池水处理工艺	(181)
第六节 水处理车间设计	(182)
一、单层水处理车间设计	(183)
二、两层水处理车间设计	(191)
 第六章 海水工厂化高效养殖体系构建工程概论	 (194)
第一节 海水循环水高效养鱼体系构建工程	(195)
一、养鱼车间的形式与结构	(195)
二、养鱼车间的采光、保温、采暖、通风	(199)
三、循环水养鱼池设计	(204)
四、海水循环水养鱼多点在线自动水质监测系统	(207)
五、海水循环水高效养鱼体系构建工程实例	(215)
第二节 海水工厂化对虾高效养殖体系构建工程	(222)
一、封闭循环水综合生态养虾体系构建工程	(223)
二、海水工厂化对虾高效养殖体系构建工程	(230)
第三节 海参工厂化高效养殖体系构建工程	(238)
一、海参海陆轮养模式海上养殖方式	(239)
二、海参循环水养殖车间设计	(243)
第四节 海水工厂化高效养鲍体系构建工程	(248)
一、循环水养鲍车间设计	(249)
二、循环水养鲍的水处理系统	(252)
第五节 海水苗种高效生产体系构建工程	(253)
一、育苗车间的形式与结构	(254)
二、不同类型的育苗车间	(256)

三、育苗车间的水处理	(260)
第六节 海水饵料高效生产体系构建工程	(263)
一、海水植物饵料高效生产体系构建工程	(264)
二、海水动物饵料高效生产体系构建工程	(272)
 第七章 海水工厂化养殖场废水资源化处理与利用	(275)
第一节 海水工厂化养殖场废水处理工艺	(276)
一、工厂化养殖场外排废水类型	(276)
二、养殖场废水处理工艺流程	(277)
第二节 沉淀分离池设计	(280)
一、层流沉淀分离原理	(280)
二、沉淀分离池设计与计算	(282)
三、沉淀分离池的结构	(286)
第三节 污泥浓缩池设计	(286)
一、圆形污泥浓缩池	(287)
二、长方形污泥浓缩池	(288)
第四节 污泥消化池设计	(289)
一、污泥消化池设计	(289)
二、污泥消化池设计计算	(290)
三、污泥干化处理	(291)
第五节 氧化池设计	(292)
一、氧化池的类型	(293)
二、氧化池处理废水机理	(295)
三、氧化池设计与计算	(298)
第六节 综合生态池设计	(302)
一、综合生态池设计	(302)

二、海珍品与大型藻类多样性养殖	(305)
三、综合生态池生态环境的平衡	(306)
四、综合生态池经济效益分析	(308)
五、废水处理系统控制水位的推算	(309)
第七节 海水人工湿地	(310)
一、海水人工湿地废水处理系统	(310)
二、海水人工湿地处理废水的机理	(312)
三、海水人工湿地的构建	(313)
四、潜流型人工湿地设计计算	(316)
 第八章 海水循环水高效养殖体系三级推广模式与	
 基地建设	(318)
第一节 海水循环水高效养殖三级推广模式	(318)
一、推广循环水养殖模式的必要性	(319)
二、海水循环水养殖一级推广模式	(325)
三、海水循环水养殖二级推广模式	(330)
四、海水循环水养殖三级推广模式	(332)
第二节 海水循环水养殖基地建设	(335)
一、大连德洋水产有限公司	(335)
二、青岛市宝荣水产科技发展有限公司	(343)
三、海阳市黄海水产有限公司	(349)
四、天津立达海水资源开发有限公司	(358)
 参考文献	(367)

第一章

海水工厂化养殖概述



海水工厂化养殖就养殖品种而言,可分为工厂化养鱼、养鲍、养虾、养参和养藻等,依据养殖形式可分为流水养殖、温流水养殖以及循环水养殖。工厂化养鱼系统是目前较为普遍采用和比较成熟的生产方式,本章主要介绍工厂化养鱼情况,并可供其他养殖品种的工厂化养殖借鉴。

第一节 国外工厂化养鱼简介

一、工厂化养鱼的科学内涵

工厂化养鱼(industrial fish farming)是采用工程技术、生物技术、机械设备、控制仪表等现代工业手段,对养鱼过程进行全面控制,营

造鱼类生长的最佳环境条件,实现全年高密度、高效益的健康养殖模式。工厂化养鱼的形式一般分为流水养鱼 (fish culture in running water)、温流水养鱼 (thermal floating water fish culture) 和循环水养鱼 (fish culture in circulating water system) 三种形式。

(一) 流水养鱼

流水养鱼相对近海开放式养殖又称为半封闭系统养鱼。从发展历史看,淡水养殖早于海水养殖。淡水流水养鱼主要特点为:利用河水、泉水、水库水、地下水等自然水源,根据地形修建鱼池;采用自流方式将养殖用水从水源引入养鱼池,不需额外动力,实现鱼池水体不断交换;养鱼用水量较大,源水一般不进行处理,鱼池流出的水也不再回收处理重复利用;鱼池水体的溶解氧主要来自流动的源水。如法国流水高密度养殖虹鳟有 100 多年的历史,虹鳟产量在 20 世纪 80 年代初就达 2.15 万 t,占全国淡水鱼总产量的 81%。日本、美国、丹麦等国流水养鱼非常盛行,日本主要养殖鲤鱼,年产鲤鱼达 12 万 ~ 14 万 kg,美国主要养殖鳟鱼和鲑鱼,鳟鱼单位面积产量达 40 ~ 50 kg/m²,鲑鱼单位面积产量达 100 kg/m²。

(二) 温流水养鱼

温流水养鱼的水源一般来自厂矿企业的废温水、海边地下温水井等。这些水源经过简单的增氧、调温处理后用于养鱼,鱼池排出的水一般不再回收处理利用。这种养鱼方式最大的特点是打破了行业界限,凡是有温流水条件的单位,都可以开展养鱼事业。如日本仙台火力发电厂在 1963 年成功地利用温流水批量培育稚鲍,引起水产界的重视,专门成立了温流水养鱼协会,进一步促进了温流水养鱼的发展。日本除了利用沿海地区发电厂的温排水从事陆基鱼、贝、虾、蟹养殖外,

还利用温排水进行小海湾的鱼、虾养殖,实现一年四季温水性鱼、虾养殖生产,经济效益显著。美国温排水养鱼的品种主要有鲟、鳊、大麻哈鱼、大螯虾和牡蛎等。美国的温排水鲑鱼养殖周期由原来的4~6年缩短至2.5~3.5年,牡蛎温排水养殖的生长期缩短为2.5年,大螯虾达到上市规格一般需8年,而用温排水养殖只需3年。英国在20世纪60年代利用原子能发电站的温排海水,养殖从海区捕捞的大菱鲆鱼苗,在温排水鱼池中养殖不足一年,个体重量可达600~800 g,取得了很好的养殖效果。丹麦、法国等都利用温排海水从事鲆鲽鱼类养殖。

(三) 循环水养鱼

循环水养鱼又称封闭系统养鱼,其主要特征是鱼池排出的水经回收处理再循环利用。其循环水处理工艺一般为:沉淀(sedimentation)、过滤(filtration)、生物净化(biological purification)、增氧(oxygenation)、调温(temperature regulation)、杀菌消毒(sterilization)等,再输入鱼池水循环使用,养鱼场其他排出的废水经处理后,达标排放。循环水养鱼模式占地少,养鱼密度高,节水、节能、高效;能够对养殖生产各个环节进行调控,可实现无药物生产,是可持续健康养殖模式;按照外排水综合利用及达标排放的标准,能极大地减少养鱼对海洋环境的污染;封闭式循环水养殖集成工程技术、生物技术、水处理设备等多种现代化工业技术,可以实现水产养殖从农业生产转为工业生产,是我国渔业现代化的必由之路。同时,循环水养鱼模式具有建场投资大、运行费用较高、养殖技术与生产管理要求严格等特点。

日本是世界上采用循环水养鱼最早的国家之一,起先用于淡水养殖鲤鱼,以后用于海水养殖鳗鲡、黑鲷、鲆鲽类等。早在20世纪70年代中期,三重县水产试验场采用循环水过滤技术养殖鳗鱼获得成功;80年代中期,日本水产厅养殖研究所采用过滤、升温、循环水养殖真

鲷、鳗鱼都取得了很好的养殖效果，促进了循环水养鱼的快速发展，并取得了很多有价值的技术数据。

1983 年，苏联太平洋海洋渔业与海洋学研究所成功设计了封闭式循环水养鱼系统，主要包括鱼池、供水装置、沉淀、生物过滤、调温装置、充氧装置等设施，用于养殖鲷鱼。莫斯科养鱼场设计建造的循环水养鱼系统主要设施包括鱼池、沉淀池、循环泵、机械过滤、生物过滤、曝气及水体充氧装置等，其一昼夜消耗的水量为总水量的 10% 左右。

（四）循环水养鱼模式的优点

循环水养鱼模式可实现养殖过程的人工控制和水的循环利用，其人工控制部分主要包括水环境控制和生产过程自动化控制。水环境控制指标主要包括溶解氧、悬浮物、pH 值、可溶性有机物、水温、有害细菌等；生产过程自动化控制主要包括水质在线自动监测、显示与报警、自动投饵等。循环水养鱼模式主要优点有以下几方面。

1. 消耗水量少，水体养殖密度高

循环水养鱼每天需要补充的水量仅为养殖系统水体的 10% 左右。与其他养殖模式相比，单位产量的用水量分别为：循环水养殖 $0.2 \sim 0.3 \text{ m}^3/\text{kg}$ ；流水养殖 $180 \sim 270 \text{ m}^3/\text{kg}$ ；池塘养殖 $10 \sim 15 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。鲆鲽鱼类的养殖密度分别为：循环水养殖 $30 \sim 40 \text{ kg}/\text{m}^2$ ；池塘养鱼为 $2 \sim 6 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。

2. 养殖周期短

我国池塘养鱼生产周期一般为 2 ~ 3 年，循环水养鱼由于采用控温、增氧及水处理技术可缩短到 8 个月至一年。更重要的是，循环水养鱼不受气候和地理条件的影响，能够全年进行苗种繁育和养成。

3. 饵料系数低

循环水养鱼一般采用优质配合饲料，其营养全面并能在圆形鱼池

内均匀分布,饵料利用率大为提高。循环水养鱼逐渐采用智能化需求式喂养方式,可大幅度降低饵料系数。另外,养殖密度大导致鱼的活动量减少,也是鱼体增重较快的重要因素。

4. 资源得到高效利用

循环水养鱼的水和土地等资源的利用率远高于其他养殖模式,养鱼可实现水系统 90% 以上的水量循环利用,循环水养鱼系统单位面积产出率为 $30 \sim 50 \text{ kg/m}^2$,而一般池塘养殖的单位面积产出率仅为 0.56 kg/m^2 ,因此在获得相同养殖产量的条件下,循环水养鱼系统所占的土地面积极大减少。

5. 可实现节能减排

现代化循环水养鱼车间一般设计成节能型,车间能量损失较少,鱼池排出的温水处理后循环利用,能大幅度节约热能。另一方面,养殖系统外排废水量较少,易于处理,可实现达标排放,或采用建造大型氧化池、综合利用池等方式对外排水进行无害化处理,实现废水“零排放”。

6. 循环水养鱼是我国工厂化养殖业发展的根本方向

循环水养鱼模式从工厂化程度、水利用度、节能减排、土地利用率、健康养殖、生产无公害水产品等主要指标分析,比池塘养鱼、网箱养鱼、流水养鱼、温流水养鱼模式更具有先进性和科学性,符合可持续发展的原则,是现代化和规模化生产方式的需要。循环水养鱼技术重视各养殖设施系统的集成创新,能创造更大的经济效益和生态效益,是我国工厂化养殖业发展的根本方向。

随着科技的迅速发展,循环水养鱼必将走向大型化、专业化和集团化的模式,生产绿色无公害产品,对市场稳定供应及稳定鱼价起到重要的作用。今后循环水养鱼业将与奶业、禽畜养殖业等大型生产企业一样,建设科学化、规模化和标准化的大型养殖基地,按国内外市

场需求生产,确保全年稳定供应市场。根据我国的国情,应开展适合不同类型养殖企业应用的循环水养殖模式研究,并通过建设高效养殖示范基地进行大力推广应用。

二、国外工厂化养鱼的发展

国外工厂化养鱼起源于 20 世纪 60 年代初期,比较发达的国家主要有丹麦、日本、美国、德国、英国、法国、俄罗斯等,根据其发展进程可分为三个阶段。

第一阶段为准工厂化养鱼,该阶段始于 20 世纪 60 年代,养鱼生产开始应用工业化手段有计划地批量生产,主要采用了控制温度和水流进行集约化高密度养殖,采用充气增氧技术使单位水体产量显著提高。虽然准工厂化养鱼节省了土地和人力,但耗水量仍然较大。与此同时,德国、英国、法国、丹麦、日本等国利用发电厂温排水养鱼,取得了较好的经济效益。

第二阶段为工厂化养鱼,该阶段始于 20 世纪 70 年代,养鱼系统主要采用了机械过滤、生物净水、纯氧增氧、臭氧消毒、热泵控温、自动排污、自动投饵等设备和手段进行高密度养鱼,已属于低排放的“循环经济”范畴。从事研究开发和生产的单位主要有德国的斯特勒马蒂克公司和曼茨姆公司、法国的阿德昂集团和桑尼斯养鱼场、丹麦的养殖建筑承包公司、富雅工程公司和丹麦水产研究所等。丹麦是西欧工厂化养鱼最发达的国家,全国有 50 多家循环水养鱼场,其循环水养鳗商业化生产的单位水体产量已达 $100 \sim 200 \text{ kg/m}^3$ 。

美国工厂化冷流水养殖和温流水养殖业都比较发达,如可口可乐公司投资 2 500 万美元,在夏威夷建设了一座对虾养殖场,其年产南美白对虾达 227 t。美国利用生物水处理技术和智能化投喂技术,进行