

典型海水增养殖区
生态环境修复技术及示范

赵振良 主编

中国海洋大学出版社

典型海水增养殖区
生态环境修复技术及示范

赵振良 主编

中国海洋大学出版社

• 青岛 •

内容简介

本书编录了全封闭循环海水养殖牙鲆技术和全封闭循环海水养殖大菱鲆技术,全封闭循环海水工厂化养殖技术操作规程等内容。涉及海洋学、生态学、鱼类学、营养学、环境学、胚胎学、鱼病学、微生物学、海水化学等多门学科。编著者从实际需要出发,注重海洋环境修复,实现渔业生产污水零排放,直接切断污染源,保护与修复海洋生态环境。本书突出实用性和指导性,是实现海洋环境修复的一部著作,可以满足海水工厂化养殖生产者、管理者、经营者的实际需要;可供海洋学院、水产院校的师生在教学与实习、实践中参考。

图书在版编目(CIP)数据

典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范 / 赵振良主编. - 青岛:中国海洋大学出版社, 2012.12
ISBN 978-7-5670-0154-1

I. ①典… II. ①赵… III. ①海水养殖—养殖场—生态环境—环境保护—研究 IV. ①S967

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第274453号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路23号
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 dengzhike@sohu.com
订购电话 0532—82032573(传真)
责任编辑 邓志科
特约编辑 庄 申
版式设计 中国民族摄影艺术出版社秦皇岛编辑部
印 制 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂
版 次 2012年12月第1版
印 次 2012年12月第1次印刷
成品尺寸 185mm×260mm
印 张 24.625
字 数 368千字
定 价 268.00元

邮政编码 266071

电 话 0532—85901040

摄 影 张福崇 何勇庆

ISBN 978-7-5670-0154-1



9 787567 001541 >

定价: 268.00元

典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范 编委会

主 编：赵振良

副 主 编：殷禄阁 王志敏 孙桂清 宫春光 赵海涛 穆珂馨

编 著：（按姓氏笔画排序）

王六顺	王志敏	王真真	方 笑	付 仲
闫 丽	孙 丽	孙桂清	刘丽杰	许玉甫
任雪莲	张 兵	张 慧	张立坤	张海鹏
张福崇	李玉珠	李怡群	吴新民	陈 力
肖国华	周 军	郑向荣	杨金晓	杨超臣
孟繁玥	赵春龙	赵振良	赵海涛	胡志山
宫春光	郝志毅	郝艳娟	殷禄阁	高文斌
高晓田	郭金龙	崔兆进	黄海枫	慕建东
穆珂馨				

序

随着国民经济的快速发展，港口建设、石油开采、工农业生产、水产养殖等海岸带开发活动日益活跃，每天都有大量陆源有机物、化肥、农药等有害物质随污水排放入海，使海洋污染范围持续扩大，近岸海水富营养化程度不断升高，海洋生态环境遭受到严重破坏，严重影响到近海重要生态功能的发挥，导致海洋生态系统失衡，赤潮频发，生物多样性减少，渔业资源日益枯竭，主要经济捕捞对象已经不复存在，对区域生态环境安全构成巨大威胁。因此加强海洋生态、环境保护与修复技术研究，在海洋生态脆弱区域实施恢复、重建生态系统功能已是当务之急，也是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》，环境重点领域的优先研究课题。

渤海，是我国的内海，地处京津唐的门户，构建和修复渤海生态环境，既是环渤海区域经济发展及生态建设的需要，也是保障环渤海社会经济可持续发展的需要。国家科技部对此高度重视，将“典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范”（2010BAC68B03）纳入“十一五”科技支撑计划。该课题的实施，是渤海治理的必由之路，将为保护渤海生态环境、增加生物多样性、培育近海渔业资源、繁荣渔业经济、促进渔民增收和社会稳定发挥重要作用，同时对其他海域的生态环境修复与保护，也具有参考和示范意义。

典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范

近年来，河北省海洋与水产科学研究院承担了“典型受损增养殖水域生态环境保护技术研究”的子课题，以“装备工程化、技术现代化、生产工厂化、管理工业化”的“四化”养殖理念，在河北沿岸大力研制与推广全封闭式循环水工厂化养殖系统工程，采用微滤机、砂滤池、生物过滤器、紫外线消毒器、增氧机等系列专用设备，处理工厂化养殖废水，并达到循环利用，不仅有效切断了污染源，还基本上达到养殖污水的零排放，同时促进了工厂化养殖技术的转型升级，达到了节能减排、环境友好的生产和生态效果。

课题组经过两年多的研究与示范，总结出一套近岸带环境修复措施，编写了《典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范》一书，内容包括封闭式循环水养殖技术规程、循环海水养殖系统构建及管理、养殖品种生物学特性、品种选育、人工繁殖、苗种培育等，实用性和可操作性强，可以满足当前封闭式循环水工厂化养殖的管理者和生产者的实践需要，亦可提供海洋与水产院校的教师和学生在教学实践中参考。

中国工程院院士



二〇一二年七月十八日

前 言

近年来，随着临港工程的快速发展以及工业排污、生活污水的大量入海，使得海洋环境日益恶化，富营养化程度加剧，致使海洋生物资源逐年衰退，食品安全受到威胁。保护海洋环境、修复生物资源是我国“十二五”海洋与渔业发展规划的战略需求，也是实现环境与经济协调发展的重要任务。国家科技部针对海域环境受到严重污染与生物资源衰退等问题，及其现代海洋经济发展的需求而立项，以修复和保护海域生态环境、恢复生物资源为主线，开展海洋生态环境保护与修复关键技术研究，达到改善海洋生态环境，恢复海洋生物资源的目标。本书集成全封闭循环海水工厂化养殖系统构建技术、循环水净化技术，养殖种类管理等技术。通过污水处理后循环使用实现养殖污水零排放，达到保护海洋生态环境之目的。在这个新的养殖模式中选择适合全封闭循环海水工厂化养殖的生物种类尤为重要，实验结果表明牙鲆、大菱鲆是最适合该模式的养殖种类。

牙鲆，我国俗称比目鱼、牙片、片口，是冷水性、底栖肉食性经济鱼类，也是重要的海水养殖鱼类。它具有个体大、优质细嫩、脂满味美、易消化等特点，同时又具有生长快、繁殖力强、洄游性小、回归性强的特点。1990年河北省水产研究进行牙鲆的人工苗种繁育获得成功，并首开牙鲆人工养殖的先河，1992年推广到山东、辽宁、天津、福建、浙江等地。目前牙鲆人工苗种繁育和养殖技术已经成熟，消费市场一直很好，增养殖经济效益、社会效益显著。所

以，牙鲆是很好的养殖和增殖的品种，发展牙鲆增养殖生产，前景十分广阔。

大菱鲆是我国的著名海水鱼类养殖专家雷霖院士，于1992年引入我国，并获得全人工繁育成功，从而打破了我国海水工厂化养鱼品种单一的局面，逐步形成了一个规模化的产业，提升了人们对海水养鱼的认识水平，进一步发展和巩固了海水鱼工厂化养殖的基础，促进了人们对良种养殖的追求。大菱鲆肉嫩味美、生长快、抗病力强，是目前海水工厂化养殖最成功、效益最好的典型范例，也是全封闭循环海水工厂化养殖的首选品种。

为了保护海洋环境，转变养殖模式，推动鲆鲽鱼养殖业的发展，增加产量，提高品质和经济效益，满足消费市场需求，推广全封闭循环海水工厂化养殖牙鲆、大菱鲆新技术意义深远。因此，我们组织了具有理论基础和丰富生产实践经验的专家，认真地总结了国内外有关的科研成果和生产实践经验，精心、系统的编著了《典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范》一书，奉献给读者。

由于编著者的水平与经验所限，本书不当之处在所难免，敬请广大读者指正。



二〇一二年八月

目录

序	1
前言	1

第一篇 封闭式循环海水工厂化养殖牙鲆技术

第一章 概述	3
第一节 牙鲆的分类地位及地理分布	3
第二节 牙鲆的营养价值及发展养殖的前景	3
第二章 牙鲆的生物学特性	6
第一节 牙鲆的外部形态和内部构造	6
第二节 牙鲆的生态习性	11
第三章 封闭式循环水人工繁育牙鲆技术	21
第一节 牙鲆亲鱼的选择与培育	21
第二节 牙鲆的产卵与授精	28
第三节 牙鲆自然产卵和卵的收集	29
第四节 牙鲆受精卵的人工孵化	33
第五节 牙鲆受精卵的胚胎发育	35
第四章 封闭式循环水培育牙鲆苗种技术	40
第一节 国内外牙鲆苗种生产的发展概况	40
第二节 牙鲆苗种培育设施	41
第三节 活体生物饵料的培养	48
第四节 牙鲆的初期生活史	64
第五节 牙鲆的苗种培育	68
第六节 牙鲆亲鱼提早产卵技术	87
第七节 全雌牙鲆苗种的生产技术	96
第五章 封闭式循环水养殖牙鲆技术	102

第一节	陆上工厂化流水养殖	102
第二节	封闭循环过滤式高密度养殖	117
第三节	牙鲆饵料的投喂方法及投喂量	127
第四节	人工养殖牙鲆的生长特点	133
第六章	牙鲆生物种群修复技术	135
第一节	牙鲆生物种群修复的意义和可行性	135
第二节	国内外牙鲆生物种群修复概况	136
第三节	敌害生物和牙鲆苗种放流	138
第七章	牙鲆商品鱼养殖健康标准及活鱼运输	145
第一节	牙鲆商品鱼养殖生产周期和健康标准	145
第二节	牙鲆的活鱼运输	147
第八章	封闭式循环水养殖牙鲆病害防治技术	152
第一节	病毒性疾病	152
第二节	细菌性疾病	158
第三节	寄生虫性疾病	167
第四节	其他病害	175
第五节	牙鲆疾病的诊断和有效的投药方法	179
第一篇彩图		188

第二篇 封闭式循环海水工厂化养殖大菱鲆技术

第一章	大菱鲆的主要优良性状及产业的发展前景	205
第二章	大菱鲆的生物学特性	209
第一节	大菱鲆的分类位置及地理分布	209
第二节	大菱鲆的外部形态和内部构造	209
第三节	大菱鲆的生态习性	213
第三章	封闭式循环水人工繁殖大菱鲆技术	217
第一节	大菱鲆亲鱼的选择和培育	217
第二节	大菱鲆的人工采卵和授精	222

第四章 封闭式循环水人工繁殖大菱鲆技术	226
第一节 大菱鲆的苗种培育设施	226
第二节 活体生物饵料的培养与强化	230
第三节 大菱鲆受精卵的人工孵化	244
第四节 大菱鲆受精卵的胚胎发育	247
第五节 大菱鲆仔、稚、幼鱼的发育	251
第六节 大菱鲆的苗种培育	259
第五章 封闭式循环水养殖大菱鲆技术	273
第一节 封闭式循环水工厂化养殖条件	273
第二节 封闭式循环养殖流程	288
第六章 封闭式循环水养殖大菱鲆的饵料及投喂技术	295
第一节 大菱鲆对饵料营养的要求	295
第二节 饵料的选择及种类	295
第三节 饵料的投喂方法及投喂量	297
第四节 封闭式循环水人工养殖大菱鲆的生长	301
第七章 大菱鲆商品鱼健康标准及活鱼运输	303
第一节 大菱鲆健康标准及商品鱼出池	303
第二节 大菱鲆的活鱼运输	305
第八章 封闭式循环水养殖大菱鲆病害防治技术	309
第一节 病毒性疾病	309
第二节 细菌性疾病	312
第三节 寄生虫性疾病	318
第四节 其他病害	322
第五节 大菱鲆的鱼病诊断和有效的投药方法	324
第二篇彩图	330

第三篇 全封闭循环海水工厂化养殖技术规范

全封闭循环海水工厂化养殖技术规范	339
-------------------------	-----

第四篇 全封闭循环海水工厂化养殖技术操作规程

第一章 引用文件及术语定义	347
第二章 循环水养殖理念	348
第三章 技术工艺	351
第四章 技术操作标准	355
附录	
附录 I 中华人民共和国农业部令第31号	366
附录 II 无公害食品 海水养殖用水水质	370
附录 III 海水盐度和海水相对密度换算表	374
附录 IV 波美度、海水比重与盐度三者的换算	375
附录 V 波美度、比重与盐度比算表	376
附录 VI 心算粗估海水盐度的方法	377
附录 VII 用心算法求出的海水盐度与标准条件下(水温17.5℃)的 盐度值比较表	378
参考文献	379

第一篇

封闭式循环海水 工厂化养殖牙鲆技术



第一章 概述

第一节 牙鲆的分类地位及地理分布

一、分类地位

牙鲆 (*Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel) 隶属于脊椎动物门 (*Vertebrata*)、硬骨鱼纲 (*Osteichthys*)、鲽形目 (*Pleuronectiformes*)、鲽亚目 (*Pleuronectoidei*)、鲆科 (*Bothidae*)、牙鲆亚科 (*Paralichthyinae*)、牙鲆属 (*Paralichthys*)。

二、地理分布

牙鲆属的鱼类多分布在南、北美洲的东、西两岸，有近20种；欧洲大陆沿岸没有分布；在亚洲沿岸只有牙鲆一种。从萨哈林岛（库页岛）到中国南海都有分布，主要分布于我国渤海、黄海、东海、南海及朝鲜、日本、俄罗斯远东沿岸海区。多在靠近沿岸水深20~50米潮流畅通的海域。底质多为砂泥、砂石或岩礁地带。

在我国以黄、渤海最多。12月至次年2月在黄、渤海深水区为越冬期。主要在黄海中部、石岛东南部越冬。3月份开始向近岸游动。4月份在各产卵场陆续见到。以山东沿岸、莱州湾和鸭绿江口渔场等海区较为集中。

第二节 牙鲆的营养价值及发展养殖的前景

一、牙鲆的营养价值

天然和养殖的牙鲆其肉质含粗蛋白23%，粗脂肪2%（指湿重，但

侧缘部除外)。每百克牙鲆可食部分其总脂肪酸含量在0.84克,其中:DHA(二十二碳六烯酸)为176毫克,EPA(二十碳五烯酸)为108毫克。DHA不仅有健脑功能,还可预防老年痴呆症,提高脑力,改善失眠和睡眠障碍,预防心肌梗死和脑卒中,抑制血液中的胆固醇,使血液流动畅通,具有防癌效果。EPA可使癌细胞自行死亡。

牙鲆脂肪含量少,是味道比较清淡的高级鱼。其肉容易消化,具低脂肪、高蛋白、低热量的特点,是高营养的贵重鱼类。另外,牙鲆含有较多的维生素B₁、维生素B₂,所含的维生素D是普通人一天所需量的1/2。

牙鲆味道最美季节是冬季。肉质有咬劲,脂满味美,此时,鳃和鳍附近的肉最为鲜美,由于含有钾和烟酸,适合预防高血压和肠胃病。例如,牙鲆薏米粥不但适合预防高血压和肠胃病,还有降低血液中胆固醇含量的效果。牙鲆体边缘(背鳍和臀鳍基部)的肉更是脂多味美,含有许多胶原(蛋白)纤维骨胶纤维,是结缔组织的主要成分,具有美化润滑皮肤的效果。

二、养殖牙鲆的前景

由于牙鲆具有繁殖力强、生长快、个体大、肉质细嫩、脂满味美、容易消化等特点,被列为重要的海产经济鱼类。另外,牙鲆又是适合用配合饵料饲养的品种,这也为工厂化养殖和海上养殖提供了有利条件。

随着近年来黄、渤海经济鱼类牙鲆等资源的严重衰竭,牙鲆已形不成渔汛,产量很低。然而随着国内外市场的开拓,人民生活水平的不断提高,人们对牙鲆等高档鱼类的需求不断增加,牙鲆养殖产量远远不能满足国内外市场的需求。目前不仅我国沿海城市对其需求量猛增,就连内陆省份城市,像哈尔滨、西安、太原等对牙鲆需求量也在不断增加。20世纪90年代初,国内400克/尾以上牙鲆价格达到人民币250~300元/千克,进入21世纪牙鲆价格稳定在人民币70~80元/千克。日本也是牙鲆的消费大国,牙鲆原是我国外贸向日本出口的重要经济鱼类。近年来,由于我国国内牙鲆消费量不断增加,养殖产量已不能满足国内市场需求,无法再向国外出口,甚至还要从韩国进口一部分。由此看来,牙鲆不但有国外市场,更有广阔的国内市场,是有发展前途的重要海水鱼类。因此,近年来

我国全封闭式循环海水工厂化养殖牙鲆设施不断增加，并将原有闲置对虾（河蟹）育苗室改造成封闭式循环水养殖车间，用于牙鲆养殖。因此，牙鲆增养殖业前景十分广阔。