

# Development of the Different Aquaculture Models for Marine Fishes

Qiqi Jing<sup>1,2</sup>, Zhenyong Wang<sup>2</sup>, Bin Huang<sup>1</sup>, Changtao Guan<sup>1</sup>, Yudong Jia<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong

Email: [jjayd@ysfri.ac.cn](mailto:jjayd@ysfri.ac.cn)

Received: May 27<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jun. 7<sup>th</sup>, 2018; published: Jun. 14<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Marine aquaculture has entered a new era of industrialization due to increase demanding and improving of the high quality of products. With the new breed introduced and technology development, the economic growth mode of marine aquaculture pays more attention to the improvement of quality and efficiency, and the ecological priority. This review mainly focuses on analyzing the status and problems of the recirculating aquaculture system, sea-cage aquaculture system and off-shore pen aquaculture system in China. Based on these, we hope these results may help us further optimize the cultivation technology and promote the healthy and sustainable development of the rearing of marine fish.

## Keywords

Marine Fish, Recirculating Aquaculture System, Sea-Cage Aquaculture System, Off-Shore Pen Aquaculture System

---

# 海水鱼类不同养殖模式研究进展

景琦琦<sup>1,2</sup>, 王振勇<sup>2</sup>, 黄滨<sup>1</sup>, 关长涛<sup>1</sup>, 贾玉东<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛

<sup>2</sup>山东农业大学, 山东 泰安

Email: [jjayd@ysfri.ac.cn](mailto:jjayd@ysfri.ac.cn)

收稿日期: 2018年5月27日; 录用日期: 2018年6月7日; 发布日期: 2018年6月14日

---

\*通讯作者。

## 摘要

当前,海水鱼类养殖业已进入了工业化发展新时期,从过去追求养殖面积扩大和养殖产量增加,向更加注重品种结构的调整和产品质量的提高方向趋近。伴随着新的养殖品种不断推出,养殖施工工艺以及养殖技术取得了跨越式的发展,海水养殖经济增长方式更加注重提质增效,生态优先。本文分析了当前工厂化循环水养殖,网箱养殖以及围网养殖三种养殖模式发展历程和现状,从施工工艺和养殖技术等方面对这三种养殖模式的相关研究进行了归纳、概括,并对存在的问题和需要进一步重点研究的相关主题进行了探讨,以期从生态文明的角度,进一步优化提升养殖工艺,促进海水鱼类人工养殖健康可持续发展。

## 关键词

海水鱼类,工厂化养殖,网箱养殖,围网养殖

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着人们生活水平稳步提升,健康饮食受到越来越多的关注,水产品因其丰富营养价值,逐渐成为百姓餐桌上的必备佳肴,市场需求旺盛。目前我国可进行规模化养殖的海水鱼类主要有鲆鲽类、大黄鱼、河鲀、石斑鱼、鲈鱼、军曹鱼、鲑鳟鱼和鲟鱼等,养殖品种丰富。随着养殖业蓬勃发展,消费者与生产者已不仅仅满足于数量上的增长,还更加注重产品口感与品质,因此改善现有养殖模式,构建养殖新模式,提高其营养和品质,增加产品市场价值,成为当前水产养殖业的研究热点。水产养殖模式是指某一特定条件下,使养殖生产达到一定产量而采用的经济与技术相结合的规范化养殖方式,工厂化循环水养殖、网箱养殖和围网养殖是目前海水鱼类三大主要养殖模式。本文从养殖模式发展历程,施工工艺和养殖技术等方面对工厂化循环水、网箱和围网养殖模式的相关研究进行了归纳、概括,并对存在的问题和需要进一步重点研究的相关主题进行了探讨,以期从生态文明的角度,进一步优化提升现有养殖工艺,促进海水鱼类人工养殖健康、生态、可持续发展。

## 2. 工厂化循环水养殖

工厂化循环水养殖是指在室内海水池中采用先进的设备控制养殖水体的温度、光照、溶解氧、pH值等水环境因子,从而达到高密度和高产量的养殖方式。该种养殖模式处于高强度的生产状态下,具有生产效率高、占地面积少的特点[1],是目前水产养殖重要组成部分。

### 2.1. 工厂化循环水养殖发展进程

上世纪80年代,我国引进丹麦的鳗鱼循环水养殖系统,即开始了循环水养殖研究,至20世纪末,我国在工厂化循环水的养殖设施和养殖装备上,投入了大量的研发力量,取得了显著的成效,到2003年国产循环水养殖系统在养殖生产上获得成功应用,这一养殖模式如雨后春笋般发展起来,受到了业界的普遍重视。近十几年来,工厂化循环水经过“十一五”和“十二五”发展,在政策支持、创新意识增强和经济结构变革的推动下,养殖育-繁-推一体化养殖结构不断趋于完善,经济效益也有了稳步增长。

不少企业在鱼类工厂化养殖过程中引进了生物工程技术、纳米技术、微生物技术、膜技术和自动化等技术,构建了养殖鱼类生命维持和预警系统,并研发配套了一系列养殖应用软件,从而极大的提高了工厂化养殖自动化程度,使养殖用水循环利用率高达 90%以上,初步实现了机械化、自动化、电子化、信息化和管理现代化,进入了“知识经济”时代[2]。

## 2.2. 工厂化循环水设施养殖工艺

工厂化循环水养殖主要分为全封闭式循环水养殖、半封闭式循环水养殖和流水养殖三大类。国内工厂化循环水养殖模式是在普通流水养殖模式的基础上升级改造发展起来的一套较为完善的工厂化循环水养殖系统,主要由物理过滤、生物净化过滤和杀菌、消毒增氧和自动投饵装置等几部分构成。

### 2.2.1. 物理过滤装置

微滤机、泡沫分离器和弧形筛是工厂化循环水最常见的物理过滤设备。外源海水经砂滤罐过滤掉水中颗粒、藻类、浮游动物和寄生虫等后进入车间,再经过微滤机、泡沫分离器和弧形筛再次过滤。我国微滤机最常用的网目规格为 200 目,筛缝间隙为 0.25 mm 的弧形筛可以有效去除循环水水中 0.3 mm 以上的固体颗粒,筛除率高 90%,同时可以达到增加溶解氧、提高 pH 值、降低化学需氧量(COD)的目的[3] [4]。泡沫分离技术稳定,该技术可以有效去除养殖水体中的微小颗粒物质和可溶性有机物。

### 2.2.2. 生物进化过滤装置

生物净化过滤池及生物膜培养是循环水养殖系统关键设备。生物净化是由生物滤器表面的生物膜完成的,可以分解养殖水体中的有机质、氨氮、亚硝酸盐、硫化物及磷酸盐等有害物质,起到很好的杀菌、消毒、增氧效果。目前,国内外对于生物滤器中的反应原理以及化学反应过程的研究已经比较成熟,国内循环水养殖系统主要是以立体弹性填料为主的浸没式生物滤池,而国外循环水养殖系统则多运用柱子过滤器,移动床生物滤器以及流化砂床过滤器等。

### 2.2.3. 杀菌、消毒增氧装置

养殖废水经过微滤机后进入蛋白质分离器,除去水中蛋白质后进入微生物滤池处理系统,而后流入消毒设备。封闭式循环水养殖系统中杀菌、消毒主要依靠臭氧和紫外线,当紫外线波长为 253.7 nm 时杀菌效果最佳,而臭氧一般在 1 mV/L 以下。相对于臭氧杀菌装置,紫外线更易控制波长且无残留,所以紫外线装置使用较为广泛。增氧装置则根据生产需要选用不同规格增氧泵,将水和纯氧混合后射入混合罐中,保证养殖用水氧含量。

## 2.3. 工厂化循环水养殖应用

中国水产科学研究院黄海水产研究所雷霖霖院士根据北方沿海地理特征和产业现状首创了大菱鲆“温室大棚 + 深井海水”工厂化养殖新模式[1],随后随着工艺的提升,工厂化循环水养殖逐渐在其他海水鱼类养殖中推广应用。鱼类是水生脊椎动物,其生长发育过程易受到外部环境的影响。在工厂化循环水养殖模式下,过高的养殖密度,会对鱼类产生拥挤胁迫,影响鱼类生长,降低生产效益,因此根据鱼类摄食行为和生理特性选择最适养殖密度在生产中尤为重要。Suresh 等研究表明,鱼类的生长率、存活率和食物利用率等均随着养殖密度的增大而逐渐降低[5]。王峰以工厂化循环水养殖处于快速生长期的半滑舌鳎为研究对象,设置 4 个密度梯度组,研究不同养殖密度对半滑舌鳎的生长及肉质影响,结果发现,随着养殖密度降低,半滑舌鳎的生长速度、肥满度呈上升趋势,各养殖密度组的生长激素随养殖密度下降前期呈上升趋势,后期呈下降趋势[6]。乔伟等在大菱鲆不同密度养殖实验中,发现养殖 120 天之后,高密度实验组可达到 60.07 kg/m<sup>2</sup> [7]。同时发现,实验进行到第 100 天后,高密度组开始出现摄食状态不

佳,少数大菱鲆开始出现伏底困难,并在接下来的20天相继出现10尾没有明显病症的大规格死鱼,同时氨氮、亚硝酸氮浓度开始缓慢升高,因此在研究进行到120天时结束。低中密度组最终养殖密度达到 $30.09 \text{ kg/m}^2$ 、 $41.30 \text{ kg/m}^2$ ,两组大菱鲆摄食状态良好,氨氮、亚硝酸氮以及COD浓度维持在较低的水平。在李爱华、韩岑等人的高密度工厂化循环水养殖实验中,也发现类似研究结果[8][9]。由此可见,工厂化循环水养殖模式下,在不同发育阶段合理控制养殖密度,对提高经济效益甚是关键。

### 3. 网箱养殖

网箱养殖于19世纪末起源于东南亚国家,上世纪70年代传入我国,由于其产量高、机动性强、见效快等特点,短短几十年间,在全国迅速蓬勃发展起来。尤其近二三十年来,海水网箱养殖业迅速发展,逐渐成了海水鱼类养殖的重要组成部分。

#### 3.1. 网箱养殖发展进程

英国学者 Malcolm CM Beveridge 将网箱按作业方式分为四个基本类型:固定式、浮式、升降式和沉式。固定式网箱是将水泥桩或钢桩直接打入浅海海底,然后在其四周围上网衣,形成一个封闭的养殖区域。浮式网箱是目前生产实际中最普遍应用的一种模式,又可分为可翻转式网箱和非翻转式网箱,其中可翻转式网箱可通过翻转,有效的去除网衣上的附着污物;而非翻转式按框架材质又可分为刚性框架网和柔性框架网,刚性框架主要是由木材、玻璃钢等材料制作而成,柔性框架网主要由HDPE中空管或浮绳等有良好的韧性的材料制成。升降式网箱能利用网箱的上浮与下潜的特性躲避海洋表层污染物或台风等恶劣天气对网箱造成的破坏。至今为止已研究出多种升降式网箱,其中HDPE中空管升降式网箱和钢结构升降式网箱应用最为广泛,前者是通过网箱框架中空管中水与气的交换改变浮力实现网箱的升降,后者是通过控制锁链的长度改变网箱的升降[10]。目前在实际生产中已开始实施应用沉式网箱,相关施工工艺有待改进和进一步提升。

#### 3.2. 网箱养殖的设施工艺

网箱养殖设施主要由自动投饵系统、监控系统、鱼类分级和起捕装置、网衣清洗机、起网装备及其他附属设施组成。

##### 3.2.1. 网线自动投饵系统

网箱自动投饵机是利用鼓风机作动力源,通过管道,使高速流动的空气把饵料吹送到网箱中央[11]。在管道出口处设一个凸起的障碍物,使高速流动的饵料因碰撞而分散,散开面积控制在 $4\sim 5 \text{ m}^2$ 。下料结构起初用电磁铁吸拉料门,但由于电磁铁经长时间使用,线圈易磨损而漏电,在生产中存在安全隐患,后期改用了偏心轮振动下料结构。控制器普遍使用定时开关机、间隔下料普通控制器。通过单片机控制器准确定时投喂时间和间隔时间,以适应摄食鱼的数量及规格变化的需要,减少饵料的浪费。

##### 3.2.2. 网箱监控系统

网箱监控系统一种是光学监控,采用水下电视技术,在水质较优的情况下,通过摄像头采集图像,再将信号传输到显示器进行观察,这种方法直观且成本较低,但是对水质有一定的要求;另一种声学监控则是通过声纳技术来监视或探测,然后将声音信号转换为数字和图像,以此判断网箱内的情况,但因其成本较高且技术尚未成熟,并未广泛应用于生产实践中[12]。

##### 3.2.3. 鱼类分级和起捕装置

箱养殖无论是养殖过程中,还是起捕时,都需对鱼的规格进行分级筛选,为了解决鱼类在养殖过程



及出时的大小分选问题,国内外根据养殖鱼类品种开发出不同型式的鱼类规格分选装置。鱼类起捕方式主要有吊杆带抄网起捕和吸鱼泵起捕两种。起吊杆带抄网的起捕方式,需要较大的操作空间,适宜大规模网箱起鱼;而吸鱼泵起捕是采用压力学原理将鱼类连同水体一起输送,实现养殖鱼的起捕,其进鱼口的大小只取决于被捕捞鱼类的个体大小,不需要较大的操作空间,此种捕捞方式较为常用。因此,依据网箱规格和养殖鱼类品种的不同,所采用的起捕的设备和方式也不尽相同[13]。

#### 3.2.4. 网衣清洗机

网衣上污染物的附着是一个十分普遍的现象,同时也对网箱养殖有着巨大的危害。网衣上的污染物会导致网箱内水流不畅,且当饵料附着在网衣上,会加速网衣上的藻类生长,从而导致水质恶化,引发疾病。并且网衣受到大量负荷极后易破损,造成养殖鱼逃逸,因此需要使用专用洗网机进行清洗。洗网机按其清洗方式主要分为:纯机械毛刷清洗、射流毛刷组合清洗、纯高压射流清洗。纯机械毛刷清洗机又分电动式与便携式两种类型,电动式主要是通过电机带动毛刷对网衣进行清理;便携式采用柴油机提供能量,利用柴油机所产生的水动力驱动毛刷。射流毛刷组合主要是利用水泵将汽油的化学能转变为水流的机械能带来能量,而后转化为圆盘的转动动能,带动网刷。高压水射流水下洗网机,采用物理清洗方法,利用高压水流的能量对网衣进行清洗。

#### 3.2.5. 起网装备

起网装备主要利用安装在大型工船上的吊机对网具进行起吊。在挪威有专业从事起网、换网和收获的工作。目前国内网箱的起网换网工作主要依靠手工完成,这极大限制了网箱养殖的网箱周长。国内对网箱起网机的研究才刚刚起步,目前主要是在原有捕捞网具起网机的基础上加以改进,即采用立式摩擦辊筒、蜗轮蜗杆变速机构及动力机构所组成的起网设备,这种起网机只适合于安装在船舶中,不易搬动,并对操作人员有一定的危险性,使用范围有限[12]。

### 3.3. 网箱养殖的应用

近年来,在国家大力开发海洋资源,发展海洋经济的战略背景下,我国深海网箱养殖呈跨越式发展,截至2015年,我国深海网箱养殖面积为936.10万 $\text{m}^2$ ,相对于2014年增长330.52万 $\text{m}^2$ ;养殖量上,至2015年深海网箱养殖产量达10.57万吨,同比与2014年增长1.7万吨[14]。在我国辽宁、山东、江苏、福建、浙江、广西、广东、海南沿海8省均开展了深海网箱养殖,其中山东、广东、海南深海网箱的产量占比全国深海网箱养殖总产量的近80%,主要养殖的品种有鲈鱼、黑鲷鱼、大黄鱼、军曹鱼、石斑鱼、美国红鱼、鲷鱼等,且都是主流养殖品种。深海网箱养殖是一门多学科交叉的综合性技术科学。首先,深海网箱养殖的规划与选址综合了海洋科学、生态学和工程学等复杂的科学知识。不同海域的水体情况不尽相同,水域深度、海水流速、水体温度均会对网箱结构及养殖的品种有所影响。其次,深海网箱养殖是利用海洋生物的生长发育规律进行再生产的过程,从品种的选育到饲料的选择,再到鱼病的预防与控制、后期捕捞运输的方式,都需要配套完善的生产工艺,但我国在此方面的基础研究仍然很薄弱,相关工作应当引起学界的充分重视[14]。

## 4. 浅海围网养殖

围网养殖是指利用网衣等材料制成的围网,铺设在湖泊、水库、浅海大面积水域中,进行水产养殖的一种养殖模式。

### 4.1. 浅海围网养殖进程

围网养殖首先出现在淡水池塘,利用竹竿和网衣,将鱼类圈养在局部水域养殖,此种养殖模式即节

省养殖空间,同时研究发现,在围网局部水域养殖鱼类生长性状要优于围网外大区域内鱼类。浅海围网养殖与网箱养殖的固定式有许多相似之处,相比其他养殖模式有着巨大的优势。浅海围网养殖是一种正在发展中的养殖模式,养殖面积小的也可达到 6000~9000 m<sup>2</sup>,养殖水体可达 10,000 m<sup>3</sup>左右。因浅海围网所占的水体较大,围网内存在着大量自然海域中的活饵料,这些饵料能够弥补人工投饵的不足,使得养殖对象摄食营养平衡,同时由于其特殊的网衣构造,在围网内设置人工鱼礁,使围网内环境更接近于自然,因而此种养殖模式下养殖的鱼类品质要优于工厂化养殖[15]。此外,浅海养殖围网工程工艺完全可以抵御 12 级以上的台风,可有效避免极端天气带来的损失[16]。目前浅海围网养殖已初步构建了一套鱼、贝、藻多营养层次混合养殖模式,即鱼类放养、藻类吊养、贝类底播的多营养层次生态养殖模式。此种养殖模式实现了养殖投入品的循环利用,既保护了养殖海域环境,又提高了养殖的经济效益。

## 4.2. 浅海网围养殖设施工艺

### 4.2.1. 桩柱式围网

桩柱式围网养殖系统是浅海生态围网养殖系统的典型模式之一,系统主要由排桩和网片组成,由几十根桩柱均匀围成一个矩形或正八边形(桩柱为钢筋混凝土桩或钢桩,直径约为 60 cm,直接打入海底以下 5 m。桩柱间围网网衣大多采用 PE 网或超高分子量纤维网,有些围网也采用金属网。桩柱间围网高 15 至 20 m,宽 5 m 左右,下缘完全固定,两侧系泊点间距 0.5 m。

### 4.2.2. 岸联式围网

岸联式围网在结构上与传统围网有着显著差异,一般依靠外侧海岛,在两个岛屿岸边之间进行围拦。根据实际海域,围网长度从 100 m~1000 m 不等,网高一般 10 m 左右。岸联式围网总体采用柔性围网技术。围网上端采用主-副绳,构建悬索式柔性固泊系统,主绳位于中间,两根副绳位于两侧,通过绳索折线型连接。网衣则采用大小尺度双层网衣结构,小尺度网衣的网目尺寸 4 cm×4 cm,大尺度网衣的网目尺寸为 100 cm×100 cm,两层网衣通过细绳紧密缝制在一起,成为整体。网衣系统上设置纵向和横向纲绳,用于传递波浪和水流荷载。围网底部布设铁链,作为配重,保持网衣与底部的密闭衔接。配重采用双层配重方式,底端配重以及距底端 1 m 位置中布设第二条铁链。底部每隔 3~5 m 打入一根桩,用于系缚网衣的底部,确保网衣不会在风浪和流的作用下脱离底部。在两侧上岸段,采用柔性橡胶护垫包裹网衣底部,并嵌入岩石缝隙之中,然后采用柔性橡胶将网衣与岩石缝隙紧密固定,避免网衣与上岸段岩石摩擦破坏[17]。

### 4.2.3. 浮绳式围网

浮绳式围网养殖系统主要由框架系统、网衣系统、贴底系统和系泊系统组成。网衣系统的材料一般为聚乙烯,采用双层网衣可以包围一定的流动水体,保证养殖对象的安全生长;系泊系统主要由桩或锚及系泊缆绳构成,起到固定围网和保证围网安全的作用;贴底系统由锚链和下纲组成,具有一定的抗拔性,可防止养殖对象从围网底部潜游走;框架系统主要由大浮筒、框架绳和装配绳组成,其主要功能是固定围网的表面形状,连接网衣,具有抵御风浪的重要能力。

## 4.3. 浅海围网养殖的应用

我国南方围网养殖发展迅速,特别是在名贵海水鱼类大黄鱼养殖方面,通过在浙江台州大陈岛开阔海域构建大型围网养殖平台,“放牧式养殖大黄鱼”有效解决了在工厂化养殖条件下大黄鱼品质下降的问题,体型、体色和口感同野生大黄鱼无显著差别,既改善了品质,又显著提高了养殖效益。该模式中海水交换充分,养殖环境更加接近野生,鱼活动空间充分,可以捕食网内的天然饵料(鱼、虾、藻、贝等),

人工投饵率比网箱养殖低。缪伏荣研究表明,与传统网箱养殖的大黄鱼相比,浅海网围养殖的大黄鱼体色更接近于野生;脂肪含量较少;肉感与口感更胜一筹[18]。由此可见,浅海围网养殖具有广阔的发展空间,是一种前景广阔的养殖新模式。但是浅海围网养殖区域远离陆地,网衣和日常附属设施维护要求严格;鱼类养殖精准化要求高;对从业人员素质要求比较高,同时水产养殖业者从业水平较低,普遍欠缺操作相关设备的必要知识技能,使围网养殖生产管理效率不高,同时应对突发自然灾害事件能力较弱,相关设施与工艺有待进一步提升。

## 5. 结语

综上所述,工厂化循环水养殖、网箱养殖和围网养殖模式各有优势与不足,其中工厂化循环水养殖模式中部分关键水处理设备的稳定性和智能化程度还有待提高,选择合适养殖品种和降低工厂化循环水的生产成本仍是目前亟待解决的问题;而网箱养殖模式在网衣材料及配套养殖技术研发上,仍需进一步完善。围网养殖模式是当前离岸海水养殖开发最为重要的养殖模式,同工厂化和网箱养殖相比,围网养殖水体大,养殖对象活动空间大,生态环境更接近自然状态,养殖对象的品质更接近自然、生态,同时充分利用外海水域养殖容量高的优势,形成低成本、高品质养殖模式,是陆基工厂化集约型养殖向深远海生态型养殖的有效拓展途径,对推动渔业转型升级和旧动能有序转换意义重大,应加大配套设备和养殖技术工艺研发。

## 基金项目

中国水产科学研究院基本科研业务费(2017HY-ZD0608);国家海水鱼产业技术体系(CARS-49);江苏省科技富民强县项(BN2015052);海洋经济创新发展示范工作产业链协同创新类项目“深远海智能化网箱整装装备产业链协调创新示范项目”资助。

## 参考文献

- [1] 陈峻青. 工厂化养殖大菱鲂质量安全控制策略研究与体系建立[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [2] 王峰, 雷霖霖, 高淳仁, 等. 国内外工厂化循环水养殖研究进展[J]. 中国水产科学, 2013(5): 1100-1111.
- [3] 宿墨, 刘晃, 宋红桥, 等. 转鼓式微滤机颗粒去除率及能耗的运行试验研究[J]. 渔业现代化, 2008, 35(5): 9-12.
- [4] 梁友, 王印庚, 倪琦, 等. 弧形筛在工厂化水产养殖系统中的应用及其净化效果[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(3): 116-120.
- [5] Suresh, A.V. and Lin, C.K. (1992) Effect of Stocking Density on Water Quality and Production of Red Tilapia in a Recirculated Water System. *Aquacultural Engineering*, **11**, 1-22. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(92\)90017-R](https://doi.org/10.1016/0144-8609(92)90017-R)
- [6] 王峰, 雷霖霖. 工厂化循环水养殖模式放养密度对半滑舌鳎成鱼生长和肌肉营养成分的影响[J]. 中国工程科学, 2015, 17(1): 19-26.
- [7] 乔玮, 宋协法, 高淳仁, 等. 养殖密度对循环水系统中大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)生长的影响[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 76-82.
- [8] 李爱华. 拥挤胁迫对草鱼血浆皮质醇、血糖及肝脏中抗坏血酸含量的影响[J]. 水生生物学报, 1997, 21(4): 384-386.
- [9] 韩岑, 雷霖霖, 刘宝良, 等. 养殖密度对循环水系统中大菱鲂生长和蛋白质代谢的影响[J]. 海洋科学, 2017, 41(3): 32-40.
- [10] 赵侠. 鲆鲽鱼类养殖网箱性能优化的试验研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [11] 董登攀. 鲆鲽类离岸网箱及陆海接力养殖技术研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [12] 郭根喜, 黄小华, 等. 深水网箱理论研究与实践[M]. 北京: 海洋出版社, 2013: 174-179.
- [13] 关长涛, 崔国平, 李娇, 等. 多视角深水网箱水下监视器的研制[J]. 渔业现代化, 2008, 35(1): 10-14.
- [14] 朱玉东, 鞠晓晖, 陈雨生. 我国深海网箱养殖现状、问题与对策[J]. 中国渔业经济, 2017(2): 72-78.

- [15] 林可, 王飞, 马家志, 等. 离岸型智能化浅海养殖围网应用及效益分析[J]. 水产科技情报, 2017, 44(5): 268-272.
- [16] 陈天华. 桩柱式围网养殖系统水动力特性研究[D]: [硕士学位论文]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017.
- [17] 叶卫富, 吴佳兴, 马家志, 等. 浅海浮绳式围网设施应用研究[J]. 渔业现代化, 2011, 38(5): 7-11.
- [18] 缪伏荣. 不同养殖模式大黄鱼品质的比较研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业科学院, 2008.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2373-1443, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [ojfr@hanspub.org](mailto:ojfr@hanspub.org)