

水产养殖设施与深水养殖平台工程发展战略

徐皓

(农业部渔业装备与工程技术重点实验室, 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要: 设施与装备是我国发展环境友好型养殖业的重要保障。要坚持生态优先、绿色发展的理念, 转变过去粗放型养殖生产方式, 就必须大力开展设施装备技术研究, 努力提高我国装备技术水平。只有这样, 才能促进我国水产养殖业健康持续地发展。本文重点介绍了我国水产养殖装备设施应用现状、发展水产养殖工程面临的主要问题和应用的关键技术, 并提出了对策建议, 以期为今后的设施与装备的研发提供借鉴。

关键词: 水产养殖设施; 深水养殖平台; 发展战略

中图分类号: S969 文献标识码: A

Development Strategy for Aquaculture Facility and Deepwater Aquaculture Platform

Xu Hao

(Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to the concept of the ecological priority and green development, to transform the extensive mode of production in the past, we must vigorously carry out research and development of facilities and equipment to improve the level of equipment and technology in China. This is the only way to promote the healthy and sustainable development of Chinese aquaculture industry. This paper examines the applications of aquaculture facilities and equipment in China, the main problems in the development of aquaculture engineering, and key technologies for the improvement of aquaculture engineering application. Measures for future research and the continued development of aquaculture facilities and equipment are also proposed.

Key words: aquaculture facility; deepwater aquaculture platform; development strategy

一、前言

设施与装备是现代水产养殖发展的重要保障。与世界先进水平相比, 尤其是对应“生态优先”的

国家战略与“提质增效, 减量增收, 绿色发展”的现代渔业发展要求, 我国水产养殖设施与装备还处于相对落后的状态, 是渔业粗放型生产方式的主要成因之一, 造成了水土资源利用与排放等方面的问

收稿日期: 2016-05-03; 修回日期: 2016-05-12

作者简介: 徐皓, 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 研究员, 研究方向为渔业装备; E-mail: xuhao@fmiri.ac.cn

基金项目: 中国工程院重点咨询项目“水产养殖业十三五规划战略研究”(2014-XZ-19-3)

本刊网址: www.enginsci.cn

题,应当通过装备技术升级与工程化应用,促进生产方式转变,为实现与自然生态系统协调可持续发展的环境友好型水产养殖,提供装备保障。

二、我国水产养殖设施装备应用现状

(一) 池塘养殖设施装备

池塘养殖是我国渔业的主要生产方式,产量占渔业总产量的35%,占养殖总产量的48%。养殖池塘几乎遍布我国各省,总面积 $3.1 \times 10^6 \text{ hm}^2$,85%为淡水池塘,主产区在长江中下游和珠江三角洲地区。淡水池塘以鱼类养殖为主,海水池塘以对虾、海参等养殖为主。

我国池塘养殖设施的构建特点是:“鱼池+进排水沟渠”。设施系统构造简易,主要专业设备为增氧机、投饲机等。增氧机以叶轮式、水车式和微孔曝气式为代表,可保证水体的氧供给;投饲机为定点抛洒式,可按预先设定,实现定时、定量投喂。

池塘养殖依赖环境水域水质条件,按照《水产养殖水质标准》的要求,要相当于Ⅲ类地表水质以上。水域环境污染对池塘养殖造成很大危害,是养殖水产品品质不高与病害的主要外因。养殖过程中未被养殖动物转化的氮、磷等营养物质占投入量的60%~80%,存在于底泥和水体中,密度越高,水体的富营养化程度随之增加,病害问题就越突出,大量用药还可能带来养殖水产品食用安全和池塘中抗生素等药物残留的严重问题。养殖过程中产生的富营养物质,在换水、清塘和清淤的过程中进入自然水域,对本已恶化的水域环境造成负面影响,是面源性污染之一。南方沿海池底高于海面的养殖池塘,虽然排水便利,但排污也更为严重。

池塘养殖需要用水,主要用于改善水质和补充蒸发量。以池塘鱼类养殖评估为例^[1],为保障养殖产量,在生产季节,理想的补水量累计达到每月全换1次,但限于水域水质条件(尤其是水域污染高峰的夏季),1个养殖周期实际的补水量在累计相当于全部换水1~3次,1 kg 养殖产量需用水 $10 \sim 15 \text{ m}^3$ 。以此推算我国 $2 \times 10^7 \text{ t}$ 以上的池塘养殖产量,其用水量在 $2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 以上。我国池塘养殖用水主要来自河道地表水,北方地区还有许多抽取地下水的养殖方式。按照国家水资源费的收费标准(国家发展和改革委员会,2013),地表水为 $0.1 \sim 1.6 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,

地下水为 $0.2 \sim 4.0 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,我国每年池塘养殖用水的资源成本至少在数百亿元以上。

“健康养殖、资源节约、环境友好、高效生产”明确成为池塘养殖生产方式的发展方向,设施与装备的技术进步也以此为目的,通过调控水质,保障健康养殖生态环境。通过生态工程化构建,形成新型生产模式,并以精准化管控技术,整体提高养殖生产效率。

(二) 工厂化养殖设施装备

工厂化养殖一般分为换水型工厂化养殖和循环水工厂化养殖。广义而言,流水型梯级池养殖是工厂化养殖的初级形式。换水型养殖是目前工厂化养殖的主要方式,养殖密度为 $10 \sim 20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,养殖产量在 $3.6 \times 10^5 \text{ t}$ 以上,其中海水和淡水分别占45%和55%。循环水工厂化养殖是工厂化养殖的高级形式,养殖密度可达 $30 \sim 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,在一些品种的繁育与养殖中已有所应用。流水型梯级池是冷水鱼养殖的主要方式,养殖密度在 $20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 左右。

换水型工厂化养殖设施以“车间+鱼池+井水”为主要形式,配以微孔充气增氧和热水加温装置,也有一些养殖系统利用砂石过滤的山涧溪流。循环水工厂化养殖设施,设置了水质净化与调温系统,可以形成稳定的养殖环境。流水型梯级养殖系统多由3~4层矩形或圆形梯级池构成,引用水库低温水流经鱼池,对换水量不足、水质较差的鱼池还设有增氧装置。

换水型工厂化养殖和流水型梯级池养殖必须依赖充足的水源,用水量大,其中流水型养殖单位鱼产量的用水可达 $180 \sim 270 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$,而循环水工厂化养殖的用水量则很少,单位鱼产量用水只有 $0.2 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[1]。养殖系统对优质水资源的大量消耗,加重了生态环境的负担。

与池塘养殖土池生态系统相比,换水型工厂化和流水型梯级池对养殖过程产生的富营养物质几乎没有净化与转化的能力,氮、磷等营养物质随排水直接进入自然水域,对环境造成的影响更为明显。循环水工厂化养殖的净化过程,将养殖水体中粪便、残饵等固形物分离出来,实现了“点源化”,但很少做进一步的处理,水体中溶解性的物质最终被排放。集约化设施养殖的富营养物质排放基本没有得到有效的控制。

(三) 网箱与筏架养殖设施装备

普通网箱或称“鱼排”，主要设置在沿海内湾水域和内陆湖泊水库。深水网箱面向水质条件良好的更深海域，目前发展至水深20 m以内的背风湾口水域。筏式养殖设施多设置在大型的湾区，水深10 m左右。

网箱设施主要用于鱼类养殖，普通网箱有相当的养殖规模。我国淡水网箱养殖产量约占淡水养殖鱼类的5%，海水网箱养殖产量约占海水养殖鱼类的38%。深水网箱养殖产量只是海水普通网箱的1/5，规模较小。筏式养殖以大型藻类和贝类为主，在我国沿海的养殖规模较大，产量占海水养殖总量的1/3。

普通网箱构筑结构因材料而异，网箱成组排列，形成“鱼排”，上设有看护和储藏用的简易房，主要的作业设备是投饲机。高密度聚乙烯(HDPE)管材圆形重力式网箱是我国深水网箱的主要形式，其他形式的还有浮绳式网箱、方形高密度聚乙烯重力式网箱、方形钢质框架式网箱。高密度聚乙烯圆形重力式网箱一般成组设置，通过组合的锚绳、锚碇系统连片构成。网箱周长一般为40 m，深度6~8 m；最大周长80 m，养殖密度 $20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。养殖筏架由成排的浮子和绳索组成浮筏，并用缆绳固定于海底，其上固定养殖用的吊绳或者吊笼。

网箱养殖的排放对水域环境造成直接的影响。在养殖容量有限的湖泊水库和内湾水域，网箱养殖成为水体富营养化的主要因素之一，一些地区开始出台政策，规划养殖容量，限制网箱发展，甚至取缔现有网箱。深水网箱限于设施安全性，其走向更深水域以获取优良水质、减小环境影响的进程还有待持续推进。筏式养殖的藻类可以吸收水体中的营养物质，贝类可以滤食悬浮的有机碎屑，具有改善水质与固碳的作用，但生长过程产生的死亡残体与贝类排泄物，对局部的水域环境，依然可能带来负面的影响。

(四) 深远海养殖设施装备

我国水产养殖生产方式粗放，受外部水域环境恶化与内部水质劣化的影响，内陆和沿海近岸的养殖空间受到挤压，养殖产品安全问题日益突出。走向深远海，发展绿色养殖生产方式，确保养殖水产品品质，已成必然趋势。

我国深远海养殖产业还未形成，但是迈向深水，构建深远海养殖平台的实践一直没有停止。利用远海岛礁及泻湖水域自然条件，构建远海养殖生产平台，是我国水产养殖进入深远海的第一步，南海海域利用环礁泻湖构建网箱养殖生产平台正在初步形成^[2]。中国工程院启动了“海洋生物资源工程发展战略研究”(2012)，在其中的专题二“海水养殖工程技术与装备研究”中，开展了“离岸深海巨型网箱养殖的生物学、海洋学与海洋工程”课题研究，提出了我国离岸养殖工程发展策略^[3]。一些企业正在积极推进以大型养殖工船为核心的深远海养殖平台的产业化。

三、发展水产养殖工程面临的主要问题

(一) 水产养殖产业现实生产力水平问题

发展环境友好型水产养殖模式需要在系统的节水、减排上进行重点构建，需要更多的设施与装备性投入和更高的运行成本。与社会工业化进程相比，我国水产养殖还处于粗放的低级水平，产业规模建立在水、地资源消耗和相对较低劳动力成本上。与其他农产品相比，水产养殖产品的价格一直处于低水平，养殖生产的整体效益较低，养殖生产单位客观上难以承受因生产方式向环境友好型转变所带来的投资与成本压力。国家在修订保护生态与环境、促进生产方式转变的相关制度时，应考虑产业的承受能力，推行合适的生产模式，配以适当的扶持政策，予以有效地推进。

(二) 养殖水产品供给市场价值同化问题

环境友好型养殖生产方式为养殖环境可控、实现健康养殖创造了有利条件，可以保证养殖产品的质量，提升品质，若能实现如消费者所愿的优质优价，所获得的养殖生产效益可以支撑系统装备的投入与运行。但是我国水产品市场同一品种价格的差异化程度很小，来自不同生长条件的养殖产品，消费者难以分出优劣，优质产品难以得到相应的回报，限制了生产者构建环境友好型健康养殖模式的主动性。必须重视我国水产品流通环节产品质量安全的保障体系建设，运用信息化装备，构建监管与可追溯并重的质量控制体系，实现优质优价，让消费者放心，使运用先进生产方式的生产者获得应有的收

益，从而促进环境友好型养殖生产方式获得全面的推广与持续提升。

（三）社会资源环境压力难以到位问题

促进传统生产方式的转变既需要鼓励性政策的扶持与经济效益的引导，更需要限制性政策的推进。我国传统粗放的农业生产方式，依靠对资源环境的索取得以持续。现代社会的发展，提出了生态优先的发展要求，但一些法律、法规的制定，考虑到农业发展的特殊性，还是有所顾忌，在执行层面也有所保留。对水产养殖产业而言，水资源费只是象征性的收取，或者不收；对富营养物质的排放基本没有制约，在一定程度上起到了保护落后产业的效果。西方发达国家限制养殖用水、控制区域性养殖容量的做法值得借鉴，需要研究制定可行的限制粗放养殖生产方式用水与排放的法律法规，落实到养殖许可证的发放上，逐步提高养殖用水与排放的收费标准，并采用先进的监控手段，予以落实。

（四）自身科技创新水平发展滞后问题

长期以来，我国农业科技的发展一直以“增产、增收”为目的，在提升农业生产方式对资源环境利用效率方面的科技投入相对较少。环境友好型水产养殖模式的构建是一项系统工程，需要包括以设施装备为基础的良种选育、饲料营养、病害防控，甚至流通加工等各领域的协同攻关。“十二五”规划以来，国家设立了科技专项围绕水产养殖的节水减排进行联合攻关，取得了包括生态工程化循环水养殖池塘、工厂化循环水养殖系统、渔农复合养殖模式、抗风浪深水网箱等系统性研究成果，形成了示范效应，但在整体的技术支撑上还有相当的不足，一些关键技术需要进一步突破，对一些关键的生产环节，还需要研发高效的设施与装备，尤其是多学科融合、多技术集成方面，还有很大的提升空间，需要在后续的科技創新中予以解决。

四、发展水产养殖工程应用的关键技术

（一）精准养殖与智能投喂技术

控制养殖排放需要以饲料营养的高效利用为前提。精准养殖技术是对特定养殖品种在不同养殖阶段的营养需求进行精准化设计，通过建立不同生长

阶段的营养需求模型，设计高转化率的饲料配方，制定以生长阶段、环境水温、水质条件等为前提的投喂策略。智能投喂技术则是对投喂策略的精准执行，在池塘养殖系统中，通过建立水质与气象实时监测系统，获取溶解氧、水温、盐度、氧化还原电位等理化指标和光照、气温、气压等气象指标，根据主养品种、养殖容量、养殖周期、池塘条件以及成功的养殖经验，运用计算机神经网络系统，进行自我训练与分析运算，得出所在时刻的投喂量和频率，通过远程控制系统操控投喂装备。工厂化和网箱养殖系统的环境条件相对养殖池塘较为简单，主要依据水质理化指标进行环境信息分析。对养殖动物摄食行为的监测、分析与反馈是智能化投喂的另一方面，利用水声反射信号判断养殖动物的聚集状态，调整投喂速率，在国外的深水网箱系统中已有应用；利用计算机视觉技术对水下或水面拍摄的图像进行分析，利用水听器分析摄食时水中噪音的变化，也可以实现反馈；甚至利用水面或水下视频监控系统，通过观察，可以对智能化投喂控制程序进行修正。

（二）养殖水质精准调控与循环水养殖技术

提高对养殖水体水质的精准控制水平，是池塘和工厂化养殖系统提高养殖容量、控制运行能耗、实现高效运行的关键。从工业化生产的角度看，养殖水体的水质并非越高越好，过好的水质指标，可能意味着系统的配置过大或者能源的浪费。在满足养殖动物福利、减少应激反应的前提下，较低的水质指标可能意味着更高的系统产能和更低的能耗。水质精准调控是提高养殖系统经济性的关键。池塘养殖系统的水质调控以强化微生物、植物等低生态位生物群落、促进光合作用及初级生产力以及保证溶解氧为目的，主要有潜流式湿地、植物浮床等工程化设施，以及促进光合作用的涌浪机、底质调控机，促进溶氧的各类增氧机等。工厂化养殖系统的水质调控以固形物过滤、生物膜过滤、杀菌、增氧为目的，主要有旋筛过滤机、各类生物滤器、紫外或臭氧杀菌装置、增氧设备等。设施与设备的运行效率决定了建设投入与能耗。循环水养殖系统构建是对上述设施与装备的系统性构建，包括循环水养殖池塘和循环水工厂化养殖，即按照养殖水质的控制要求，运用生态工程学原理进行系统配置，运用

信息化、智能化控制系统, 控制系统循环率与饲料投入, 从而实现经济的节水与高效的养殖效果。

(三) 养殖排放物质生态化处理与再利用技术

所有的养殖方式都难免因排泄或代谢带来的氮、磷等营养物质排放。养殖系统即时排放的污染物几乎没有, 主要是具有营养价值的氮、磷等固形或可溶性营养物质。从宏观上看农业生产一方面是水产养殖的排放进入自然水域, 形成富营养物质的面源污染; 另一方面是农作物种植因土地的肥力不足, 需要施用大量的化肥, 形成化学性物质的面源污染。通过构建渔农复合生产系统等生态化处理系统, 实现水产养殖排放物质的循环利用, 减少面源污染, 是养殖排放物质生态化处理的最佳途径。渔农复合生产系统包括区域性规划构建, 如水产养殖场与种植农场相联通, 灌溉用水可以先进入养殖系统, 再排入种植农田, 水资源和营养物质实现再利用; 也包括整体性耦合, 如鱼菜共生、鱼果复合、稻田养殖、桑基鱼塘等。对单独设置的水产养殖系统进行固形物收集, 可以使面源污染“点源化”, 如循环水工厂化养殖系统的固形物过滤功能, 设施化池塘和养殖网箱的集中装置等, 收集起来的固形物可以作为有机肥进行再利用, 排放的水体可以由湿地等生态设施净化。

(四) 近海养殖生态工程化构建技术

从物质与能量循环利用的角度看, 我国沿岸、近海的网箱养殖、筏式养殖与人工鱼礁、人工藻场可以在多营养层次综合利用上进行组合, 以达到减少养殖排放对水域环境的影响、修复水域生态的目的。运用生态工程学原理、海洋潮流水文以及网箱养殖工程装备技术, 以潮流运用与养殖排放物质循环再利用为主线, 将网箱养殖、筏式养殖与人工鱼礁、人工藻场相结合, 网箱养殖运用精准投喂技术以控制过多的营养; 在潮流的带动下, 养殖产生的悬浮物被养殖贝类和鱼礁动物所利用, 可溶性物质被藻类和鱼礁附着植物所吸收; 鱼礁群和筏架设施可为深水网箱阻挡过大的潮流; 大型藻场则为养殖区域的水质条件提供保障。通过对应内湾水域生态条件与养殖容量的养殖系统生态工程化构建, 可以改善近海水域的生态环境, 实现环境友好型的近海养殖。

(五) 深远海养殖工程装备技术

在深远海水域开展水产养殖, 有良好的水质条件保障养殖品质, 由于大量的水流交换与足够的生物容纳量, 养殖过程排放的营养物质对环境不会影响, 是环境友好型水产养殖发展的方向。深远海养殖装备设施包括大型深海网箱和浮式养殖平台, 是设置在深海水域、远离大陆或岛屿基地的, 以养殖为主要功能的渔业综合生产平台, 还可以包括海上捕捞渔获物周转、渔船物质补给、水产品加工、养殖饵料加工等辅助功能。构建深远海养殖平台需要具备的基本条件包括: 安全可靠的设施, 可以不受恶劣海况的影响; 足够的物质储备能力, 应具有1个月以上的自给力; 可靠的扒载装备, 用于装卸必要的物质; 饵料加工与饲喂, 需要构建可控的装备系统; 平台环境监控系统, 用于养殖过程及环境近远程监测、预警与控制等。大型养殖工船是深远海养殖的先进装备, 船舱内养鱼, 甲板下可设置配套的饲料车间和苗种繁育车间; 运用测温取水装备, 养殖用水取自不同水层水温适宜、水质良好的水源, 使养殖动物处于最佳的生长环境; 运用船载舱养技术, 实现特色品种的集约化养殖; 依靠大型船舶的特性, 可以为海上生产提供安全保障, 也可及时回避灾害性台风的正面侵袭; 为配合远海捕捞生产, 还可设置渔获物扒载、物质补给和水产品加工车间, 以提高综合生产效益。养殖工船还可以与深海养殖网箱相结合, 形成大规模的工业化养殖生产系统。以大型养殖工船和深海网箱为基地的深远海综合渔业生产方式, 可以成为未来渔业发展的战略新兴产业, 是海洋渔业由近海驶入深海、由捕捞转为养殖的“深蓝渔业”新模式。

五、发展水产养殖工程的对策建议

(一) 限制与引导并举, 创造水产养殖方式转变外部环境

构建环境友好型水产养殖模式, 实施养殖生产方式转变, 需要针对产业现实生产力水平, 创造积极的发展条件。一方面, 在生态优先的发展要求下, 制定法律性措施, 限制粗放养殖方式的发展, 严格控制规模的扩大, 促进产业实施生产方式的转变; 另一方面, 在工业反哺农业的社会背景下, 要制定积极的经费扶持政策, 帮助产业度过调整的过渡期,

走上良性发展的轨道。当前需要落实的限制性措施应包括水资源费的限时全面收取与出台饲料转化效率的最低标准,并对养殖系统的排放治理进行评估后发放养殖许可证;需要配套的扶持政策应包括循环水养殖系统基础设施的改造补贴、水质调控设备的购置补贴等,加紧建设基于物联网信息化系统的养殖产品可追溯监管系统等。

(二) 重视自然禀赋作用, 规划区域性优势生产方式

环境友好型水产养殖系统的构建,不可能脱离自然条件的支持。水产养殖作为传统农业生产方式的延续,农民可以利用有条件的水域开展养殖生产,但是作为社会水产品保障供给的基石,规模化的养殖生产应该规划能对资源禀赋可以充分利用的主产区。环境友好型水产养殖主产区对环境资源的最大化利用主要表现在水量充沛、气温适宜的地区,如长江中下游地区和珠江三角洲地区的自然条件,对发展池塘养殖十分有利,以水稻为代表的渔农复合生产系统有很好的发展条件。而我国北方的许多地区,水资源缺乏、蒸发量大、土壤渗漏严重,多抽取地下水开展养殖生产,再加上气温较低,养殖周期长,生产效率尤其自然条件远不及南方,应该控制池塘养殖的规模。湖泊水库与沿海内湾的网箱养殖,应该严格限制在养殖容量限定的规模内。有必要针对我国环境友好型养殖方式的生产特点和各地区的自然禀赋,科学规划最有效的养殖区域,形成水产养殖功能区的整体性布局。

(三) 加强技术进步与示范, 推进传统生产方式转型升级

科技创新必须走在生产方式转变、发展环境友好型水产养殖的前面,通过技术创新和高效装备研发,形成支撑产业发展的技术体系、生产标准与建造规范;通过集成创新,构建经济、高效的养殖生产模式,起到示范和引领作用。应将精准养殖与智能投喂、养殖水质精准调控、排放物质生态化处理、近海养殖生态工程化构建、深远海养殖工程装备等

作为科技攻关的重点,从基础研究入手,解决生态机制与调控模型等工程学运用的关键性问题;以技术创新与新型装备创制为重点,形成实用性技术装备;以集成创新为目标,实现多技术的系统性构建,形成引领产业发展的示范模式,从而积极推进传统粗放的养殖生产方式向环境友好型转变。

(四) 强化模式创新, 构建“深蓝渔业”战略新兴产业

“深蓝渔业”是未来渔业的发展方向,构建海上工业化养殖及综合渔业生产系统,不是传统渔业生产力所能及的,其生产系统的构建需要大量的投资;其生产运行需要工业化的管理与大量的流动资金;其规模化的产品销售,需要现代化的营销渠道。发展具有战略意义的“深蓝渔业”,需要创新产业模式,引入金融资本,构建养殖企业和战略性投资方共同参与的多元化企业平台。国家应采取产业扶持政策,鼓励专业化船舶及设施装备的建造,给予养殖生产燃油补贴支持,以帮助企业整体性构建符合环境友好型养殖要求的“养一捕一加”一体化,“海-岛-陆”相连接的综合渔业生产体系,尽快实现经济效益,回报投资资本。发展“深蓝渔业”模式对实现边远海疆开发与守护,落实“丝绸之路经济带”战略,具有积极而重要的意义。

参考文献

- [1] 徐皓,倪琦,刘晃.我国水产养殖设施模式发展研究[J].渔业现代化,2007,34(6):1-6.
Xu H, Ni Q, Liu H. Study on the development of aquaculture facilities model in China [J]. Fish Mod. 2007; 34(6): 1-6.
- [2] 冯全英,陈傅晓,谭围,等.三沙海域发展深水网箱养殖探析[J].中国渔业经济,2013,31(3):152-156.
Feng Q Y, Chen F X, Tan W, et al. On the development of deep-waternet cage breeding in Sansha Sea Area [J]. Chin Fish Econ. 2013; 31(3): 152-156.
- [3] 徐皓,江涛.我国离岸养殖工程发展策略[J].渔业现代化,2012,39(4):1-6.
Xu H, Jiang T. Development strategy of offshore aquaculture engineering in China [J]. Fish Mod. 2012; 39(4): 1-6.