

南美白对虾如东小棚养殖模式的应用及探索

罗国栋*, 鞠蓉*, 陆俊杰, 王慧#, 于兰萍#

山东农业大学动物科技学院, 山东 泰安
Email: #wanghui2328@sdau.edu.cn, #bolilala_715@126.com

收稿日期: 2021年7月11日; 录用日期: 2021年7月25日; 发布日期: 2021年8月11日

摘要

近年来我国沿海水产养殖业蓬勃发展并取得了一些成功。在江苏省沿海如东县出现了南美白对虾的小棚养殖, 该新兴养殖模式一经推出就受到农渔民争相模仿, 他们利用从前的蟹棚来进行养殖并且取得了很好的经济效益和社会效益。但随着养殖行业不断发展, 传统的小棚养殖已经不能满足需求。传统小棚需要进行升级改造来适应越来越高的生产条件, 而自行淡化标粗、稻虾混养、跑道式改造、生物絮团技术、循环水养殖和多水产品种混合养殖为解决以上问题提供了可能。同时, 利用互联网的信息实时交流分析, 养殖户可以得到专家的线上指导, 对提高养殖的成功率, 减少养殖过程中问题的损失有着重大作用。这些升级改良措施既可以满足环保和生态要求, 又可以提高养殖户的经济效益, 是顺应时代的技术升级。

关键词

南美白对虾, 如东小棚养殖模式, 跑道式改造, 生物絮团技术, 互联网

Application and Exploration of Small Shed Culture Mode of *Litopenaeus vannamei* in Rudong

Guodong Luo*, Rong Ju*, Junjie Lu, Hui Wang#, Lanping Yu#

College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Taian Shandong
Email: #wanghui2328@sdau.edu.cn, #bolilala_715@126.com

Received: Jul. 11th, 2021; accepted: Jul. 25th, 2021; published: Aug. 11th, 2021

*共一作者。
#通讯作者。

文章引用: 罗国栋, 鞠蓉, 陆俊杰, 王慧, 于兰萍. 南美白对虾如东小棚养殖模式的应用及探索[J]. 水产研究, 2021, 8(3): 95-102. DOI: 10.12677/ojfr.2021.83011

Abstract

In recent years, China's coastal aquaculture industry has developed vigorously and achieved some success. In Rudong County along the coast of Jiangsu Province, there is a small shed culture of *Litopenaeus vannamei*, which has been imitated by farmers and fishermen as soon as it is launched. They use the former crab shed to breed and have achieved good economic and social benefits. However, with the continuous development of the aquaculture industry, the traditional small shed culture has been unable to meet the demand. Traditional greenhouses need to be upgraded to adapt to higher and higher production conditions, such as self desalting standard coarse, rice shrimp mixed culture, runway type transformation, biological flocculent technology, circulating aquaculture and mixed aquaculture of multiple aquatic species provide the possibility to solve the above problems. At the same time, using the real-time exchange and analysis of information on the Internet, farmers can get online guidance from experts, which plays an important role in improving the success rate of breeding and reducing the loss of problems in the breeding process. These upgrading and improvement measures can not only meet the environmental protection and ecological requirements, but also improve the economic benefits of farmers, which is the technological upgrading in line with the times.

Keywords

Litopenaeus vannamei, Rudong Shack Culture Mode, Runway Modification, Biofloculation Technology, Internet

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

南美白对虾(*Litopenaeus vannamei*)作为世界虾类养殖前三的养殖种类备受关注,近些年已成为我国沿海南方渔民最喜欢的养殖虾类。南美白对虾体型修长且额角比较短,肉质鲜嫩,深受广大消费者喜爱。国内的许多大中城市对南美白对虾的需求量持续连年上升。

2006年以来,南美白对虾的如东小棚养殖模式在江苏省内沿海近海地区快速建设起来。目前如东小棚养殖模式都是成群连片的建设小棚池塘来进行养虾,这种大规模的养殖其用水却是通过抽取地下水资源来供给。据统计,这种传统养殖模式下,平均每养殖出1 kg南美白对虾,成虾需抽取地下水5 t,而每年5万亩的小棚规模用掉的地下水资源将非常惊人。这就导致一个区域地下水常年被大量抽取造成对地下水资源掠夺式的破坏,对该地区的安全会造成严重的威胁,如地表下沉形成众多的地下水漏斗区,如东沿海地区甚至有海水通过地下水层入侵,形成倒灌的现象[1]。海水入侵是地下水的超量开采破坏了地区的水动力平衡,而海水不可逆的流入会使该地区的地下水水质盐度变高,土壤出现盐渍化。严重的土壤盐碱化会导致该地区不再适宜耕种,土壤沙化后也会不适合建设,长此以往原本属于长江中下游平原适宜耕种的如东地区将变得无人耕种甚至人们的饮水出现危机,不再适合发展工商业[2]。位于矿区的一些养鱼户因为贪图便宜而使用采矿时矿厂废弃的地下水进行鱼类养殖,结果大量的养殖鱼因为地下水PH值过低问题引发了细菌性烂鳃病,还需要花费大量人工去充氧暴晒添加生石灰解决问题[3][4]。如东沿海地区的化工园区非常多,化工企业将工业废水直接排入天然水体,这些废水中的重金属离子就会慢慢渗入该地区的地下水中,导致该地区的地下水遭到重金属污染,超标的重金属离子会破坏对虾的神经系统、

造血系统、呼吸系统和排泄系统。如果养殖户没能发现对虾身体的异常状况, 如对虾不正常的游动蹦跳, 厌食或排便异常, 那么一旦时间变长对虾的新陈代谢系统就会出现紊乱, 对虾的肝脏会逐渐变得肿胀, 虾的肝胰腺会逐渐坏死, 虾会因为鳃部的严重损伤而无法呼吸甚至出现死亡[5] [6]。因此, 寻求一直健康、有效的绿色、生态养殖技术就成为一种亟需。

据南通市对白对虾小棚养殖数量的统计, 2020年南通市的白对虾养殖超过了7万亩, 比5年前增加了1万5千亩, 由高标准的钢架温室棚代替竹木棚。简易的低投入池塘养殖也在2020年达到13万亩, 与2015年相比增长了36%, 多数池塘普及使用微孔增氧设备和技术, 有限的提高了生产效益, 但是生产的风险并没有降低多少。也有一些企业通过和南通中水科研有限公司等企业联合进行高密度工厂化养殖, 大力培育发展本地优势苗种减少外企依赖, 不断科研突破繁殖瓶颈构建新的苗种养殖与生产体系。2020年这种应用高科技的高密度工业化规模化养殖将达到100万平方米。这些大型企业将会大大冲击依赖外来苗种的中小型养殖户, 小棚养殖必须要不断进行升级改造才能不落后于时代又有一定的独立性。

2. 如东小棚养殖模式

如东小棚养殖模式采用的是低盐度养殖。如东小棚内部采用不锈钢管或竹子支撑, 外面覆盖塑料薄膜来隔离外部并保证内部热量不散失。小棚一般长为40 m、宽9.5 m, 水深约为80 cm, 总水体约320 m³, 使用罗茨风机加纳米增氧管增氧, 水源一般是抽取地下水或河水, 但是目前南通地区除了海边滩涂地区, 禁止抽取地下水。小棚的中间铺有水泥板, 方便喂料和泼药, 一般前门处有进水管和进气管, 后门处有排水口。如东小棚养殖模式为了提高南美白对虾的成功率一般是购买投放一代虾苗, 养殖全程抽取地下水, 盐度调整为8左右。养殖一个月后池塘的水质开始变浑浊, 此时就形成自然生物絮团。这种生物絮团如果善加利用可以大大提高养殖对虾的成功率。如图1。



Figure 1. Internal structure diagram of Rudong shed culture mode
图1. 如东小棚养殖模式内部结构图

每年一般养殖2~3茬, 分别是春季的锅炉苗、春季的直放苗和秋季的虾苗养殖。3月下旬以后把养虾苗的池水利用燃烧锅炉的热量提高温度, 一直把虾苗养殖到3~4 cm后再开始分池塘养殖。最早的对虾五月初就可以反季节上市, 是华东地区最早上市的对虾, 拥有非常好的销售优势。而一般的春季直放苗则要在4~5月份放苗, 等到7月时就可以开始捕捞上市。8~9月份时可投放秋季苗, 在12月份开始捕捞上市, 这时销售市场也非常可观。

3. 南美白对虾如东小棚模式养殖现状

目前如东小棚养殖南美白对虾主要分布在各个县级市、区的海岸线的内侧并且形成了规模化的养殖

带, 并且有往内陆区域延伸的趋势。如东县沿海已经建成了大豫镇九龙村、农业开发区、长沙镇富盐村、丰利镇光荣村 4 个万亩连片的规模化养殖基地, 其中规模最大的是大豫镇九龙村的养殖基地, 达到了 22,000 亩。除 4 个规模化养殖的基地, 该地区还有超过 5000 亩的养殖集中区, 如栟洋集中区和威近集中区。如东小棚养殖模式经过多年的发展一直没有较大的变化, 经济效益也越来越低, 同时水产养殖带来的各种水质和土壤污染也让养殖业饱受争议。

4. 如东小棚养殖模式的改良

4.1. 小棚淡化标粗虾苗

以往的如东小棚养对虾都是购买经过标粗场淡化的虾苗, 标粗场将 P3~P5 规格的小虾苗标粗养殖 7~10 d 达到 P8~P10 的水平, 同时, 虾苗的适应盐度从 13‰降到 3‰左右, 后虾苗入如东小棚养殖。

1) 目前, 如东养殖户开始试着自己标粗虾苗并淡化来节约养殖时间和成本。与传统的标粗场淡化相比, 如东小棚标粗的密度要低很多, 每立方水体仅投放两千尾虾苗, 一个 250 m³ 的虾棚可投放五十多万尾虾苗。而传统的标粗场 250 m³ 的水体投入 1000~2000 万尾虾苗, 这样的养殖密度会使得投放的饵料有限, 虾苗无法获得充足的饵料导致生长缓慢甚至死亡, 而新的小棚标粗方法可以给虾苗提供充足的天然生物饵料、虾片和开口料。

2) 新的小棚淡化过程比传统的方法要长许多, 一般约为 20 d 到一个月, 但是它有传统淡化没有的优点, 如进水过程缓慢, 相对应激反应就会变弱, 从而大大提高虾苗淡化的成活率。相比标粗场使用相对高温淡化, 小棚常温淡化会使虾苗的体质增强, 提高成活率。

3) 小棚淡化减少标粗场淡化的环节, 既节省了生产成本又提高虾苗存活率, 减少了交叉感染的机会, 使得病菌感染的情况大大减少。

4) 新的小棚标粗淡化方法, 使得虾苗的到塘成本只有 200 元每万尾苗, 仅为传统标粗场到塘价格的一半。小棚标粗淡化 20 d 到一个月后成长为规格 1000 尾每斤后再分塘养殖, 成活率达到 80%~95%, 而传统的方法并不能在保证规格的同时保证成活率, 二者无法兼顾。

4.2. 小棚养殖的改造升级

4.2.1. 稻虾混养与小棚养殖结合

传统的如东小棚养殖是一种比较粗放的养殖模式, 对虾养殖池塘没有建设专门用来排污的设施。因此, 等一茬虾收获后, 池底淤积了整个养殖周期里对虾没有吃光的残余饵料和对虾新陈代谢物, 如果不及时进行清淤处理会使养殖用水处于较差状态。养殖池经几茬虾的养殖后, 特别是在没有清理淤泥后就投放苗种, 两个月后池塘中的化学耗氧量可以达到 100 mg/kg, 养殖水体的氨氮比例和亚硝态氮含量会呈飞速提高的趋势。此时的南美白对虾易因为受到外界刺激而停止脱壳, 对虾的抵抗力会变弱, 易感染各种致病菌或引发自身的疾病并最终导致对虾大面积死亡[7]。因此, 在湖南长沙的一些企业和院校研究与指导下, 养殖户将小棚养殖与稻虾混养结合起来, 采用稻虾混养的养殖模式, 在小棚中采用改造池塘来种植生态水稻的方法以改善土壤环境, 既可以大大延长养殖土地的生产时间, 又可以提高综合养殖的经济效益。

4.2.2. 生物絮团技术与小棚跑道化改造相结合

生物絮团技术是将养殖水体中以好氧微生物为主的有机物和无机物进行生物絮凝, 形成由细菌、有机碎屑、浮游动植物和一些无机物质互相絮凝成的团状物[8]。在水产养殖的生产实践中运用生物絮团技术由来已久, 该技术通过向水体中添加有机碳物质来缓冲调节适宜的 C/N 使水体里的异养型细菌快速繁

殖, 而起到转化水体中无机氮的可能, 该过程会消耗养殖水体中虾的新陈代谢产物, 使如氨氮等转化为这些细菌自身的成分。细菌再通过生物絮团使其絮凝成颗粒状物质被养殖的南美白对虾摄食[9]。如图 2。



Figure 2. *Litopenaeus vannamei* actively feed on the biological flocules
图 2. 南美白对虾摄食生物絮团饵料

生物絮团调控水质的方法可以有效的提高养殖水环境的稳定性, 若将生物絮团技术同时结合跑道式养虾可以显著减少养殖过程中的换水, 甚至实现水产养殖零换水且无污染尾水排放[10]。优秀的生物絮团的存在还可以提高养殖对虾的抗病性, 提高对虾养殖的成功率。新技术下的对虾养殖产量提升、饲料系数降低, 生产成本同步降低[11]。

如东小棚的跑道化改造也是一个提高养殖南美白对虾品质的方法。跑道化改造如下: 选南北走向的一般如东小棚来改造为养殖池塘长为 55 m, 宽 9 m, 深 2 m 的矩形养殖池塘, 在池塘的中间可以再设置一条长度 45m, 宽 20cm 的水泥过道。通过这种对虾养殖池塘的改进, 再在养殖池塘中间安装塑料或者其它材质的隔挡, 隔挡两端各自预留约 2 m 的空间, 即可将传统的小棚养殖池塘改造成一个简单的跑道式养虾池塘。如果条件允许, 更可以将好几个小棚池塘连接在一起改为更容易保温的联动塑料养虾棚, 且虾棚最好改成半地下室型的养殖池塘。跑道式改造后的养殖池地上保留 80 cm, 地下一般 120 cm 左右。小棚改造成跑道式养虾后可以采用造型像田垄的一种排污设施。这种设施里的垄高为 5 cm 左右, 两个垄之间的距离为 70 cm, 在两个垄之间铺设用 PVC 材料制作的长管道。每根管道上方按照 9 cm 的间距打满孔径为 5 mm 的小孔, 这些打好孔的管道半掩埋在田垄沟里, 田垄沟里的所有排污管道都与养虾池一端的排水沟相通。

4.2.3. 循环水养殖与小棚养殖结合

发展对虾的循环水养殖是近几年最为火热的课题, 如东小棚的养殖户将硬件升级, 使用铺设循环水管道和水处理设备。面对如东地区有限的地下水资源, 如何减少用水甚至养殖过程零换水是该模式应该探索的正确方向[12] [13]。小棚养殖升级改造后利用循环水养殖方式可以很大程度上减少养殖用水量, 有望在不增加养殖成本的基础上实现更高效率、更加环保的对虾生产模式, 为传统水产品养殖行业的硬件升级改良提供参考。南美白对虾小棚循环水养殖改造后排污量显著减少, 上一茬对虾养成收获后整个养殖系统的水质仍然会保持一个相对稳定的状态, 一般可以不进行其他操作就可直接投放新一代虾苗继续下一茬的养殖, 这样养殖水体的重复利用率会呈几何式提高。但养殖过程结束后仍会有一些剩余的饵料和对虾的代谢产物, 这些废物如果不及时清除出养殖水体就会影响对虾的饵料系数, 使对虾出现厌食的情况而影响生长。这些没有办法通过循环换水的系统排污, 经过一定时间的积累就会吸附在养殖池的四周墙壁上难以脱落, 发生这种情况就只能通过将养殖池中的水全部排出然后人工手动清洗才能清理干净。如图 3。



Figure 3. Internal structure diagram of Rudong shack in recirculating aquaculture
图 3. 循环水养殖如东小棚内部结构示意图

如果想要完整的将小棚养殖的场地改造为纯循环水养殖工厂, 需要一笔较大的投资, 每亩养殖场地大约需要 7000 元, 但是高投入也意味着高风险和高收入, 一个纯循环水养殖基地每亩的净利润可以达到 20,000 元。一些有条件的小棚养殖户可以对自己的养殖设备进行更新换代, 比如使用热交换机来控制养殖场所的环境温度和在水体温度来保证养殖的南美白对虾始终在最适温度的水体环境中生长。养殖户也可以在小棚旁边新建水源的沉淀池、曝气池、砂滤池来处理养殖废水, 既可以保证养殖用水的安全性又可以减少有害微生物和藻类的数量, 还可以节约水资源, 让水资源循环使用。在病虫害比较严重的地区, 还可以在养殖池塘的进水口前安装利用紫外线杀菌的消杀设备来高效的杀灭循环的水体中的致病菌和传染性病毒。循环水的养殖模式可以减少传统小棚养殖因为换水而引发的种种疾病, 基本杜绝绝对传统养殖会造成重大破坏的外部环境影响。这种循环水养殖改造后, 原先小棚模式收虾的工作量大大减少, 可以在排放水口收虾, 在不影响池水的情况下就可以进行大量收虾。循环水改造后如东小棚就可以确保南美白对虾全年的高效和生态化养殖, 符合我国新时代渔业绿色环保、节能高效、健康安全的生产理念, 这种改造升级技术是促进我国对虾养殖产业选择新的养殖方向, 调整升级产业结构, 实现提高养殖品种质量和养殖效率, 绿色环保养殖的重要途径之一, 对于高效利用和保护珍贵的地下水和土壤资源也具有重要意义。

4.2.4. 如东小棚养殖模式下的混养策略

养殖过程中将南美白对虾与其他水产品混合养殖, 如将南美白对虾与罗氏沼虾、黄鲮鱼、宝石鲈和笋壳鱼、草鱼、鸚鵡鱼等进行混养, 经济鱼类与南美白对虾混养的方式可以使养殖水体的物种多样性显著提高, 更多的生物种群也会使养殖水体的各项数据变得更加稳定, 加速养殖水体中的物质循环速率。两个或多个经济水产品混合养殖的新兴养殖方式可以更高效的利用小棚的养殖空间, 且混养的成功率通常比单一养殖南美白对虾的成功率高, 且收益率也是成倍增长。如果选择将鱼和虾混养首先要选择养殖鱼的品种, 避免出现鱼吃虾的状况, 比如草鱼有时也会出现吃活虾的情形, 因为虾的饲料并不能满足草鱼的生长需求, 有时草鱼也会吃掉那些发育不好的软壳虾或者是严重肠炎的病虾。而罗氏沼虾和南美白对虾混养也会出现问题, 如因为罗氏沼虾需要长时间来脱壳, 在脱壳过程中因为没有硬壳的保护就易被对虾给吃掉, 这就出现了罗氏沼虾不仅吃偷死的南美白对虾, 也会在脱壳的过程被身强体壮的南美白对虾吃的矛盾。这些矛盾的情况就需要做好两个养殖品种间的平衡以取得高的经济效益。

4.3. 小棚养殖结合互联网

21 世纪的 4G、5G 网络已普及开来, 智能手机等物联网必备设备的出现使各种线上购物平台和线下

产地直输商场都建立了新鲜水产品销售的货栏, 如东的南美白对虾小棚养殖产业可以借助盒马生鲜这种互联网加线下平台进行销售。许多养殖户也开始借助互联网的力量, 向广大消费者直接展示自己的养殖产品, 让天南海北的消费者可以了解自己购买的生鲜是怎样生长的, 消费者足够了解后就会尝试性地购买养殖户的养殖产品[14]。南通市一个养殖户蒋先生通过网络直播的方式分享他捕虾卖虾的生活, 短短的时间就吸引了数万粉丝, 再通过粉丝销售后盈利非常可观。这种将原产地的南美白对虾按照一定规格上架各种线上商城的产地直销模式, 不仅使人们的菜篮子丰富起来, 而且极大地节省了人力资源而获得更多经济效益。网络上客户可以直接看到虾还在小棚时的样子, 让他们对产品的新鲜度放心从而口口相传扩大客户群体。养殖户也可以通过网络与电商平台或大型超市直接合作, 让虾从小棚出来就直接进入货架, 免去中介商上门收虾的过程, 这会大大增加养殖户的收入, 商户也可以以较低的价格得到直接供货。

互联网思维不仅可以用于小棚养殖后的销售上, 在养殖的过程中如南美白对虾从虾苗到养成到可以销售的成品形式, 其养殖环境的变化是非常明显的[15][16], 这时可以通过手机微信等平台, 在小棚养殖全过程中借助科研机构专业人士对对虾生产生长的各个时期遇到的疑难问题制定针对性的一揽子解决对策, 这种通过专家的丰富知识解除不少养殖户缺乏专业知识的后顾之忧, 为小棚养虾的增产提供强有力的技术保障。在使用物联网技术建立的水产养殖水质监测管理系统后, 养殖户只需要打开操作系统就可以进入数字远程监控状态, 高清电子摄像头可以将各个小棚中的虾池显示在屏幕上, 用鼠标移动摄像头就可以变换角度同时放大缩小画面, 将小棚的池面看得清清楚楚。这种监控系统还可以加装各种检测硬件, 只要轻轻一点, 一份简单的水质报告就出现了, 养殖户通过互联网专家的分析可以及时准确的对水质进行调控。这些专门的传感器采集到的水质数据, 轻松完成何时该打开/关闭增氧机, 是该增温还是降低水温, 是否应该投放饵料等。

5. 总结

如东小棚养殖模式应用于南美白对虾的养殖, 使该行业发生了许多改变。虽然在数万个小棚中仍然有没有经过升级的如东小棚存在, 但是原来以破坏环境求致富的养殖模式正逐渐改变, 取而代之的是经过各种升级改造的新如东小棚, 如新的小棚标粗淡化方法既使标粗淡化时间缩短, 又得高成活率, 这两点是传统标粗淡化所不能兼得的; 而稻虾混养模式提高了综合养殖的经济效益; 生物絮团结合小棚跑道化改造的新模式比传统如东小棚更加先进高效, 以更小的环境代价取得很好的经济效益; 而小棚多个物种的混养模式可以大大提高池塘的利用率和养殖户的收入, 不仅增加水质活力和调节水的循环能力, 而且营造良好的生态条件, 产生了良好的经济效应。新如东小棚改造式发展加之准确、高效、科学的互联网技术的出现, 可以避免大多人为原因的养殖事故, 大大提高小棚养殖的成功率, 节省人力、电力、饲料等各种生产成本, 实现现代化养殖的增产增收。

基金项目

山东省农业良种工程目子课题(2019LZGC014)及“山东省“双一流”奖补资金(Funds of Shandong “Double Tops” Program) (SYL2017YSTD11)资助。

参考文献

- [1] 江山, 刘云皎. 循环水养殖多茬南美白对虾试验[J]. 江西水产科技, 2016(5): 31-32, 34.
- [2] 吕峰, 顾卫兵. 江苏南通南美白对虾产业发展现状与对策浅析[J]. 科学养鱼, 2014(7): 7-9.
- [3] 陈烨丽, 李丽, 等. 株行距对竹柳胸径影响的研究[J]. 农业科技通讯, 2011(2): 76-77.
- [4] 刘宗陈, 王峰, 等. 如东县西兰花产业发展前景分析[J]. 中国果菜, 2018, 38(2): 44-46.
- [5] 王小冬, 刘兴国, 等. 高营养盐水平下葡萄糖添加对微囊藻水华的控制[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(1): 150-158.

- [6] 马广栓. 南美白对虾养殖新技术[J]. 农村. 农业. 农民, 2002(10): 23.
- [7] 王志明, 杨光炫, 等. “水稻南美白对虾”稻田综合种养关键技术分析[J]. 当代水产, 2019(4): 77-80.
- [8] 冯志云. 初探生物絮团技术在北方盐碱高原池塘中的应用[J]. 中国水产, 2014(7): 64-66.
- [9] 李朝兵, 李志斐. 生物絮团技术对室内培育小规格罗非鱼种的影响[J]. 水产养殖, 2015(7): 37-38.
- [10] 王战蔚, 张译丹, 等. 池塘中氨氮、亚硝酸盐的危害及控制措施[J]. 吉林水利, 2013(3): 43-44.
- [11] 罗亮, 徐奇友, 等. 基于生物絮团技术的碳源添加对池塘养殖水质的影响[J]. 渔业现代化, 2013(3): 22-27.
- [12] 聂伟, 刘立鹤, 等. 生物絮团的研究进展[J]. 江西水产科技, 2014(4): 47-52.
- [13] 王超, 潘鲁青, 等. 生物絮团在凡纳滨对虾零水交换养殖系统中的应用研究[J]. 海洋湖沼通报, 2015(2): 83-91.
- [14] 贺永强. 建筑电气节能措施探讨[J]. 中国科技投资, 2013(A35): 143.
- [15] Kim, M.-S. and Min, E.Y. (2015) Growth Performance and Immunological and Antioxidant Status of Chinese Shrimp, *Fennerpenaeus Chinensis* Reared in Bio-Floc Culture System Using Probiotics. *Fish Shellfish Immunology*, **47**, 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.08.027>
- [16] He, Q.C. and Cheng, Z. (2020) A Sulfur-Based Cyclic Denitrification Filter for Marine Recirculating Aquaculture Systems. *Bioresource Technology*, **310**, Article ID: 123465. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123465>