

文章编号: 1674 - 5566(2014)01 - 0037 - 06

## 温室池塘高密度循环水养殖系统构建

程果锋<sup>1</sup>, 吴宗凡<sup>1</sup>, 时旭<sup>2</sup>, 朱浩<sup>2</sup>, 刘兴国<sup>1</sup>, 张增胜<sup>1</sup>, 郭益顿<sup>3</sup>

(1. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092; 2. 中国水产科学研究院池塘生态工程研究中心, 上海 200092; 3. 喙嵘水产(上海)有限公司, 上海 201700)

**摘要:** 为探索一种经济可行的工厂化循环水养殖模式, 设计了一种将温室大棚养殖与水质净化设备以及增氧设备涌浪机等合理搭配的简易工厂化循环水养殖系统, 以加州鲈鱼为养殖对象, 分析了养殖期间系统水质指标、鱼类生长状况以及系统经济前景。结果表明, 经过 4 个月的养殖, 该系统鱼类养殖密度由初始  $2.12 \text{ kg/m}^3$  增加到  $5.86 \text{ kg/m}^3$ , 成活率达到 95.1%。水质监测结果表明, 养殖期间氨氮、亚硝氮和溶解氧平均浓度分别为  $(0.66 \pm 0.35) \text{ mg/L}$ 、 $(0.19 \pm 0.089) \text{ mg/L}$  和  $(6.64 \pm 0.25) \text{ mg/L}$ ; 水温维持在  $27.34 \sim 28.00 \text{ }^\circ\text{C}$ , pH 为  $6.73 \sim 7.34$ 。经济分析表明: 每  $667 \text{ m}^2$  池塘养殖利润可达 17.42 万元/年, 投资回报期为 2.75 年, 具有较高的经济价值, 若选取价格更高的海水鱼类, 市场前景更广。该研究表明, 温室池塘循环水养殖系统是一种经济可行、高效、节能减排的养殖模式。

**研究亮点:** 目前, 将温室池塘大水体循环水系统应用于实际生产还很少见。本研究将温室大棚养殖与水质净化设备以及涌浪机合理搭配, 构建一种池塘大水体循环水养殖系统, 具有经济可行、高效、节能减排等突出优点。该研究为温室循环水养殖技术的成熟和应用推广奠定了基础。

**关键词:** 温室; 池塘; 循环水; 养殖; 涌浪机

**中图分类号:** S 964.9; S 959

**文献标志码:** A

温室大棚养殖模式自 20 世纪 90 年代中后期开始, 在我国水产养殖业中得到发展, 特别在海水的鲆鲽类养殖中, 已经形成了典型的“深井海水 + 养殖大棚”模式<sup>[1-2]</sup>, 该模式以流水养殖为主, 不设水处理设施, 养殖废水直接排放, 含有的大量有机物易造成近海水体的富营养化, 对周围生态环境带来一定威胁, 同时还存在能耗高、效益低等诸多弊端, 直接影响产业的可持续发展<sup>[3-4]</sup>。常见的工厂化养殖模式, 虽然可以借助成套的水质净化设备, 实现水产品的高密度养殖和水的循环利用, 但存在系统建设成本高, 运行能耗大等问题<sup>[5]</sup>, 在我国当前社会、经济技术条件下, 推广难度较大。

本文探索将温室大棚养殖与水质净化设备以及涌浪机等合理搭配, 构建一种适合池塘大水

体的简易工厂化循环水养殖模式, 养殖密度较一般池塘能有较大提高, 而建设和运行成本较现有的工厂化养殖模式降低, 同时排放的废水经过处理后还可以循环利用。以喙嵘水产(上海)有限公司最新构建并投入实际生产运行的温棚池塘循环水养殖系统为研究对象, 在 2012 年 6 - 10 月间对系统运行性能、维持水质稳定能力、养殖效果进行研究, 以期为温室池塘循环水系统模式的构建提供科学依据与技术支持。

### 1 材料与方法

#### 1.1 系统构建与养殖设备配置

温棚池塘系统由东西两个养殖池塘、进排水管路设施、固液分离机、轴流泵、生物滤池、紫外杀菌装置、涌浪机和水车增氧机以及保温遮阳棚

收稿日期: 2013-08-26 修回日期: 2013-10-18

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD25B01); 公益性行业(农业)科研专项(201203083)

作者简介: 程果锋(1981—), 男, 硕士, 研究方向为集约化水产养殖工艺。E-mail: chengguofeng@fmiri.ac.cn

通信作者: 刘兴国, E-mail: liuxg122@163.com

等组成。水质净化工艺流程为:养殖池中的废水经养殖池中央底部排水管排至集水池,经过固液分离机过滤掉水中的粪便、残饵等粗颗粒杂质后,由轴流泵提升至生物滤池对废水中有机物以及溶解性的氨氮等进行分解净化,净化后的水再经紫外消毒机杀菌后,经配水池自流回养殖池,实现水的循环利用。其工艺流程如图 1。

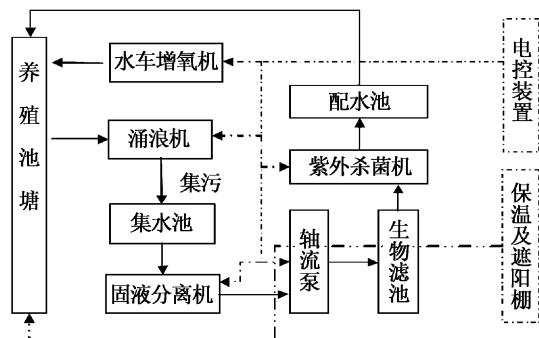


图 1 温棚池塘高密度循环水系统各部示意图

Fig. 1 Schematic diagram of recirculating aquaculture system with greenhouse pond

实线,水流方向;虚线,电子控制器;双短线,温棚。

## 1.2 系统结构设计

### 1.2.1 养殖池

采用东西两个养殖池。两个养殖池尺寸均为  $47.5\text{ m} \times 19\text{ m} \times 1.8\text{ m}$  (水深),单池占地面积约为  $902.5\text{ m}^2$ 。塘壁四周采用水泥混凝土护坡,内覆防渗膜,池底由进水端向排水端稍倾斜。

### 1.2.2 进排水管路设施

进排水口分别位于养殖池两端。进水口通过暗管与配水池相通,根据循环水负荷,进水管采用 DN200UPVC 管;排水口通过底部预埋 PVC 管与集水池相通,排水管采用 DN200UPVC 管。在排水口的上端设置集污罩,可防止涌浪机提水时,把汇集的污物提升上来,有利于集排污。

### 1.2.3 固液分离机

目前,工厂化循环水系统中一般先采用竖流式固液分离器 (radial flow settler) 或漩流分离器 (swirl separator) 去除废水中的悬浮物和残饵等固体,去除率可达  $77.9\% \pm 1.6\%$  [6]。其原理主要是利用固液相密度差,采用重力沉淀或旋流分离来进行固相和液相的分离,然后再用微滤机进一步去除微小的颗粒。此方法去除效率高,但处理水量有限,仅为  $1 \sim 50\text{ m}^3/\text{h}$  左右 [7],不适用于池塘大规模水体中悬浮物和残饵等固体的去除。

因此,本系统采用自主研发的固液分离机,以聚乙烯筛绢网为过滤介质,网目为 200 目,可有效滤除水中颗粒较大的悬浮物和残饵。其过水量设计为  $500 \sim 600\text{ m}^3/\text{h}$ ,设备尺寸为  $6\text{ m} \times 0.65\text{ m} \times 0.35\text{ m}$ ,耗能为  $1.5\text{ kW}/\text{h}$ 。

### 1.2.4 轴流泵

采用喙嵘公司自主研发的一种轴流泵,具有提水量大,扬程低的特点。设备规格如下:耗电量为  $0 \sim 3.5\text{ kW}/\text{h}$ ,变频电机,提水量为  $0 \sim 500\text{ m}^3/\text{h}$ 。根据养殖鱼类生态特性及负荷,循环量设计为 2 次/d,水泵流量平均约  $300\text{ m}^3/\text{h}$ 。

### 1.2.5 生物滤池

设计采用一种新型折板式生物填料,比表面积约为  $80 \sim 100\text{ m}^2/\text{m}^3$ ,由一片片“之”字形的生物滤片组合起来,构成生物滤片床,中间形成一个中空“之”字形过水廊道,如图 2。滤片表面布有一道道波纹,大幅增加床体表面积,为生物膜的附着生长提供条件。水从底部流入,在“之”型填料中慢慢上升,水中溶解的氮磷营养盐等被表面生物膜吸收降解,其中的悬浮颗粒物在斜板沉淀池的原理作用下 [8],很快被吸附或沉积而被去除。生物滤池尺寸为  $3\text{ m} \times 40\text{ m}$ ,深约  $2.5\text{ m}$ ,水力停留时间设计为  $0.8\text{ h}$ 。

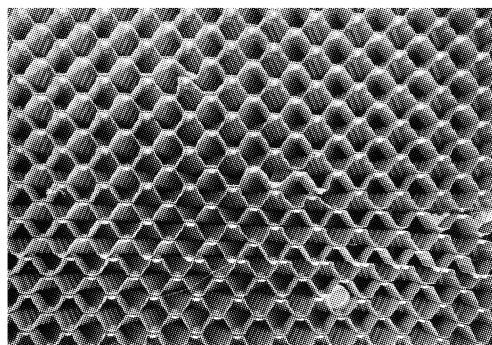


图 2 “之”形折板式生物滤池

Fig. 2 Folding plate similar biological filter

### 1.2.6 增氧及水层交换设备

本设计根据池塘构型和大水体生产特点,在每口池塘进水端设置两台水车式增氧机 ( $1.5\text{ kW}$ ) 进行增氧,同时在其叶轮转动下,形成的直线水流带动池底粪便和残饵等由进水端向排水端流动。在排水端设置 1 台涌浪机 ( $1\text{ kW}$ ),这是近年来最新研制的一种新型池塘养殖机械,具有较高的池塘增氧效果和集排污功能。其工作机

理是池水在涌浪机浮体叶轮旋转作用下,沿水面径向输出,向四周涌去,形成波浪,有利于增氧,同时涌浪机带来的旋转水流可汇集鱼类的粪便和残饵,具有集污作用。鱼类的粪便和残饵在旋转水流离心力作用下汇集至集污罩,经排污口后排至集水池,得以去除。

### 1.2.7 温室大棚

大棚为彩钢板结构,顶部为拱形,两栋连跨,单栋尺寸为 50 m×22.5 m×1.8 m。两跨之间为水泥墩支柱、水处理设施以及道路等。大棚顶端喷敷泡沫保温材料,不透光,两端留门窗。

### 1.3 系统管理

系统于 2012 年 6 月正式投入运行,投放鱼苗为加州鲈鱼(*Micropterus salmonides*),产地为上海金山枫泾,投放数量为 30 490 尾,平均每尾(215±20)g。饵料系数为 1.25%,选用浮性混合颗粒饲料。养殖初期,每塘白天 10:00~16:00 开启 1 台水车增氧机,其余时间开启 2 台水车增氧机和 1 台涌浪机,系统每日养殖水体的循环量约 7 200 m<sup>3</sup>。

### 1.4 水质检测及数据统计方法

根据加州鲈鱼养殖水质要求特点,定期对鱼类生长影响较大的水温、pH、溶解氧指标以及氨氮、亚硝态氮指标进行监测;其中水温、pH、溶解氧指标使用 YSI-556 多参数水质测定仪现场监测,氨氮、亚硝态氮测定分别采用纳氏试剂法(HJ 535-2009)和 N-(1-萘基)-乙二胺分光光度法(GB/T 7493-87)。养殖对象体质量和体长的测量分别使用磅秤和直尺,结果以平均值±标准差表示。数据统计分析与作图使用 Excel 2010 软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长状况

表 1 显示鱼类在整个养殖期间的生长状况和存活率。由表 1 可以看出,经过 4 个多月时间的养殖,系统总负荷由最初的 2.12 kg/m<sup>3</sup> 迅速增加到 5.86 kg/m<sup>3</sup>。最终鱼类存活量为 28 996 尾,存活率为 95.1%,抽样平均重量为(750±92)g。

表 1 加州鲈鱼的生长状况

Tab.1 Growth and survival of *M. salmonides*

时间	放养数量/尾	抽样数量/尾	平均重量/g	养殖水体/m <sup>3</sup>	系统平均负荷/(kg/m <sup>3</sup> )
初期	30 490	20	215±20	3 017.42	2.12
末期	28 996	20	750±92	3 017.42	5.86

### 2.2 氨氮和亚硝氮浓度变化

如图 3 所示,氨氮和亚硝氮在系统运行期间呈现一定变化。氨氮浓度自测试初期有所降低,随后上升,在 8 月 23 号左右达到最高值为 1.2 mg/L,以后随着时间延长不断下降,在养殖后期维持在 0.16~0.58 mg/L 之间,平均值为(0.66±0.35)mg/L。亚硝酸氮在试验开始时维持在 0.12~0.15 mg/L 之间,并在 9 月 13 号左右达到最高值为 0.37 mg/L,随后下降并稳定在 0.095~0.19 mg/L 范围内,平均值为(0.19±0.089)mg/L。亚硝氮浓度的变化趋势与氨氮相比,较平稳,未出现较大幅度变动。

### 2.3 溶解氧和水温变化

在温棚系统中,不见阳光,藻类无法生长并进行光合作用产氧,池塘水体中的溶解氧主要依靠水车增氧机和涌浪机的机械增氧来保证。图 4 显示了养殖试验过程中,水体溶解氧浓度的变化

情况。溶解氧取样点设在养殖池末端,取 2 个养殖池溶解氧浓度的平均值作为指标值。从图 5 所示,溶解氧浓度基本控制在 6.30~7.30 mg/L 范围内,平均值为(6.64±0.25)mg/L,溶解氧随着养殖时间的增加,呈现逐步降低的态势,推测其原因可能是由于塘中鱼类不断生长,生物量增加,耗氧增加,造成后期溶解氧浓度降低。然而,池中溶氧最低仍能维持在 6.00 mg/L 以上,而且根据养殖经验,整个池塘溶氧基本均匀,上下水层溶氧相差小于 1.5 mg/L,这显示出水车增氧机和涌浪机搭配具有较好的增氧效果。池塘水温在整个养殖期间基本维持在 27.34~28.00℃ 之间,几乎无明显变化,而同期附近地区池塘水温多在 30℃ 以上,最高可达 32℃<sup>[9]</sup>,已不利于鱼类生长。由此,可见温棚系统具有较好的保温作用,有利于根据生物需要,将池塘水温控制在最适生长状态下。

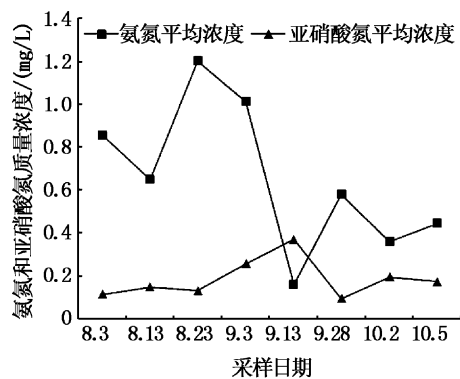


图3 氨氮和亚硝酸氮浓度变化

Fig. 3 Change of TAN and nitrite nitrogen during rearing period

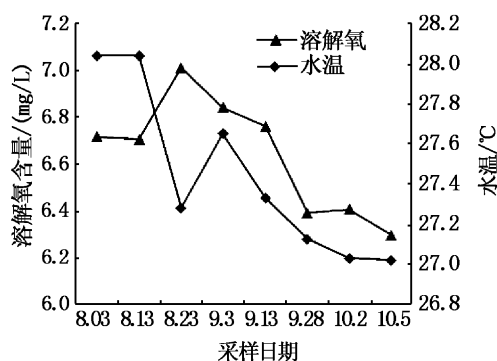


图4 水温与溶解氧变化

Fig. 4 Change of temperature and DO during rearing period

## 2.4 pH 变化

塘中养殖水体的 pH 在池塘养殖期间存在一

定波动。图 5 显示了养殖期间 pH 的变化情况。水质监测初期 pH 逐步上升,在 9 月份出现一定波动,这可能与生物滤池中生物膜硝化反应消耗较多碱度有关,后通过添加碳酸氢钠( $\text{NaHCO}_3$ )调节,pH 基本稳定在 7.0 附近。整个养殖期间 pH 在 6.73~7.34,平均值为  $7.08 \pm 0.21$ 。

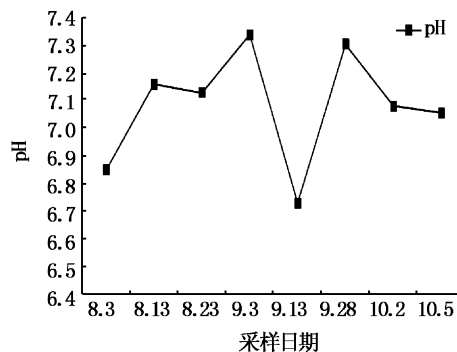


图5 pH 变化

Fig. 5 Change of pH during rearing period

## 2.5 系统运行成本

本系统的主要成本由苗种成本、固定资产折旧成本和运行成本 3 部分组成。其中,苗种成本 19.67 万元/季;固定资产折旧成本由土建成本 109.3 万元(挖塘、生物滤床、地基等 30 万元,全封闭彩钢大棚造价 75 万元,地膜 4.3 万元)和设备总投资 19.91 万元组成,共计 129.21 万元,土建和设备折旧以 10 年计,每季约 4 个月平均折旧成本为 4.32 万元;运行成本主要包括饲料、人工、用电、管理费用等,见表 2。

表 2 系统每季运行成本

Tab. 2 Running cost of the system per crop

项目名称	成本/万元	备注
加州鲈鱼	19.67	
固定资产折旧	4.32	固定资产投资和设备投资共计 129.21 万,设备折旧以 10 年计
饲料	10.02	$23679 \text{ 公斤} \times 1.25 (\text{FCR}) \times 7 \text{ 元/公斤饲料} = 20.72 \text{ 万元}$
人工	1.6	$4000 \text{ 元/月} \times 4 \text{ 个月} = 1.6 \text{ 万元}$
用电	4.46	设备总功率 24.2 kW
管理及其他费用	6.0	
总计	46.07	

## 3 讨论

### 3.1 循环水高密度养殖池塘的增氧模式的选择

水体中的溶解氧是鱼虾等生物正常生长代谢的重要条件,在密度养殖条件下,水中的溶

解氧往往不能满足鱼虾正常生长需要<sup>[10]</sup>。目前国内外在工厂化循环水养殖模式中,多采用鼓风曝气以及纯氧增氧等方式<sup>[11-13]</sup>,增氧效率高,但存在增氧处理环节能耗高,设备投资大等问题,限制了在池塘中的应用。在常见的池塘增氧中,

多采用叶轮增氧机、水车增氧机,射流增氧机等<sup>[14]</sup>,但几种增氧方式具有增氧范围小且不均匀、难以有效集排污、能耗高等缺点<sup>[13]</sup>。根据池塘构型特点,选用水车增氧机和涌浪机混合搭配的增氧方式,池塘最低溶解氧保持在 6.0 mg/L 以上,可以满足整个池塘高密度养殖需要,同时涌浪机产生的旋转水流,可以有效集污。塘中溶解氧较高,远超出国家渔业水质标准<sup>[15]</sup>所要求的大于 3 mg/L,与系统中配备的水车增氧机和涌浪机发挥较好的增氧作用和水层交换作用有关,可在今后适当减少开启增氧机时间。

### 3.2 池塘水质指标状况

水体高密度养殖条件下往往会造成可溶性有害代谢物(主要是氨氮、亚硝态氮)等积累,对鱼类等水生动物的生长产生不良影响<sup>[16-17]</sup>。李波等<sup>[18]</sup>研究显示,氨氮和亚硝氮浓度过高对养殖黄颡鱼有较大危害,且氨氮的毒性远大于亚硝氮的毒性,高溶解氧的存在可以使黄颡鱼对两种毒物的耐受能力得到提高。

本试验的池塘温棚高密度循环水系统通过水处理装置(如固液分离机、生物滤器、紫外消毒机等)将养殖池塘排出水的污染物(如粪便、残饵、动物排泄物和细菌微生物等)进行降解和消毒处理。氨氮浓度在养殖初期较高,以后随着时间延长不断下降,在养殖后期维持在 0.16 ~ 0.58 mg/L,整个养殖过程中氨氮平均质量浓度为 (0.66 ± 0.35) mg/L,亚硝酸氮浓度在养殖期间呈现先低后高并再次降低的过程,测试初期维持在 0.12 ~ 0.15 mg/L 之间,在 9 月份达到最高为 0.37 mg/L,随后下降并稳定在 0.095 ~ 0.19 mg/L,在整个养殖期间的平均值为 (0.19 ± 0.089) mg/L。整个养殖期间氨氮浓度偏高,可能与本试验选用的生物折板滤器有关,当时考虑生物滤池需具备一定的悬浮微粒去除功能,选用“之”字型折板生物滤池,根据斜板沉淀池的原理,具有较高的悬浮物去除效率<sup>[19]</sup>,但该滤池填料相比沸石、石英砂、陶粒、聚丙烯等<sup>[20-21]</sup>常用滤料,比表面积明显较小。滤料比表面积对生物滤池硝化作用有重要影响,比表面积低造成硝化反应速率显著降低<sup>[21]</sup>,造成生物滤池对污染物去除效果有限,出水氨氮浓度偏高。在以后养殖中,可更换比表面积较高的生物填料,提高对水体中氨氮和亚硝酸氮等的去除效果。

温棚采用泡沫保温材料,可遮蔽阳光,在夏季水温也在 27 ~ 28 °C 范围内,几乎恒定,而同期相近地区池塘水温可高达 32 °C<sup>[9]</sup>,因此避免了水温的大幅波动。

### 3.3 系统经济评价

系统运行 4 个多月,鲈鱼由鱼苗(215 ± 20) g 生长到(750 ± 92) g,成活率达到 95.1%,共产加州鲈鱼 21 747 kg,以市场价 32 元/kg 计算,则每季销售额为 21 747 kg × 32 元/kg = 69.59 万元。每季利润为:69.59 - 46.07 = 23.52 万元。按照一年至少可养殖两季计算:23.52 × 2 = 47.04 万元,相当于每亩年利润为 47.04 万元/(1.35 × 2 亩) = 17.42 万元/亩,系统投资回收期:129.21 万元/47.04 = 2.75 年。在目前国内养殖鲈鱼等淡水鱼市场价格偏低的情况下,温棚池塘高密度循环水养殖系统仍具有较高的经济效益。如果能用来养殖鲟鳇类,如牙鲟、半滑舌鳎以及石斑鱼等经济价值高的海水品种,无疑会产生更高的经济价值。由此可见,在选择合适养殖品种的前提下,该池塘温棚循环水养殖系统具有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 雷霖霖, 门强, 王印庚, 等. 大菱鲆“温室大棚深井海水”工厂化养殖模式[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(4): 1-7.
- [2] 雷霖霖, 马爱军, 陈超, 等. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L)养殖现状与可持续发展[J]. 中国工程科学, 2005, 7(5): 30-34.
- [3] 罗琳, 舒廷飞, 温琰茂. 水产养殖对近海生态环境的影响[J]. 水产科学, 2002, 21(3): 28-30.
- [4] ROSELIEN C, YORAM A, TOM D, et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production [J]. Aquaculture, 2007, 270(1/4): 1-14.
- [5] 张宇雷, 吴凡, 王振华, 等. 超高密度全封闭循环水养殖系统设计及运行效果分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(15): 151-156.
- [6] DACIDSON J, SUMMERFELT S T. Solids removal from a coldwater recirculating system: comparison of a swirl separator and a radial-flow settler [J]. Aquacultural Engineering, 2005, 33(1): 47-61.
- [7] 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): 26-30.
- [8] 上海市市政工程设计研究院. 给水排水设计手册: 第 10 册 [M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [9] 张志勇, 张志伟, 张曹进, 等. 江苏南部沿海养殖池塘水温时空变化规律研究[J]. 海洋通报, 2010, 29(6): 674

- 677.
- [10] TWAROWSKA J G, WESTERMAN P W, LOSORDO T M. Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system [J]. *Aquacultural engineering*, 1997, 16(3): 133 - 147.
- [11] THOMAS ML, MICHAEL P M, JAMES E R. Recirculating aquaculture tank production systems: An overview of critical considerations[J]. SRAC Publication, 1999, 4:1 - 12.
- [12] 李玉全,张海艳,李健,等. 水产养殖系统中机械增氧与液态氧增氧的效果比较[J]. *中国农学通报*, 2008(2): 475 - 480.
- [13] 杨菁,倪琦,张宇雷,等. 对虾工程化循环水养殖系统构建技术[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(8): 136 - 140.
- [14] 蒋树义,韩世成,曹广斌,等. 水产养殖用增氧机的增氧机理和应用方法[J]. *水产学杂志*, 2003, 16(2): 94 - 96.
- [15] 国家环境保护局. GB11607 - 89 - 1990, 渔业水质标准[S]. 北京:中国标准出版社, 2012.
- [16] 李秀辰,张国琛,张敏. “零排放”复合生物净化模式用于循环水养鲍系统的试验研究[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(1):173 - 178.
- [17] 张东升,吴垠,张锡,等. 抽屉式生物滤器净化效果[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(1):278 - 281.
- [18] 李波,樊启学,张磊,等. 不同溶氧水平下氨氮和亚硝酸盐对黄颡鱼的急性毒性研究[J]. *淡水渔业*, 2009, 39(3): 31 - 35.
- [19] 张永亮,刘凡清,朱臻. 新型同向流斜板沉淀池试验研究[J]. *工业水处理*, 2005, 25(1): 46 - 48.
- [20] 胡涛,朱斌,马喜军,等. 曝气生物滤池中滤料的应用研究进展[J]. *化工环保*, 2008, 28(6): 509 - 513.
- [21] 宋奔奔,刘鹰,石芳永,等. 四种填料滤器处理养鱼废水的硝化性能[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(11): 231 - 236.

## High density recirculating aquaculture system with greenhouse pond for California perch (*Micropterus salmonides*) and culture

CHENG Guo-feng<sup>1</sup>, WU Zong-fan<sup>1</sup>, SHI Xu<sup>2</sup>, ZHU Hao<sup>2</sup>, LIU Xing-guo<sup>1</sup>, ZHANG Zeng-sheng<sup>1</sup>, GUO Yi-dun<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Shanghai 200092, China; 2. Pond Ecological Engineering Research Center of Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China; 3. Nanrong International Corporation, Shanghai 201700, China)

**Abstract:** For the research of an economically closed recirculating aquaculture system, this study designed a new system integrating greenhouse, new water purification equipment and aerobic machines such as wave aerator. A running test farming California perch (*Micropterus salmonides*) with the period of 4 months was conducted for evaluating the performance of the system. During the period of culture, the water quality, fish growth and market prospect of the system were analyzed. The obtained results showed that after 4 months of farming, the fish density increased from 2.12 kg/m<sup>3</sup> to 5.86 kg/m<sup>3</sup>, and the survival rate was 95.1%. Results from the water quality monitoring test showed that the average concentrations of ammonia nitrogen, nitrite nitrogen and dissolved oxygen (DO) were 0.66 ± 0.35, 0.19 ± 0.089 and 6.64 ± 0.25 mg/L, respectively; the water temperature and pH were maintained at 27.34 - 28.00 °C and 6.73 - 7.34. Economic analysis showed that the annual profit was up to 174.2 thousand Yuan per 667 m<sup>2</sup>, the payback period was 2.75 years, implying the high economic value of the new system. This study demonstrated that the constructed greenhouse pond recirculating aquaculture system is an economically feasible system with the advantages of high efficiency, energy saving and emission reduction.

**Key words:** greenhouse; ponds; recirculating water; aquaculture; wave aerator