

分割式池塘养殖系统设计与应用

陈晓龙¹, 王健^{1,2*}

(1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 2. 农业农村部渔业装备与工程重点实验室, 上海 200092)

摘要 集约化水产养殖池是采用先进仪器设备和管理技术, 实施高密度、高产量、高经济效益的养殖方法。集约化水产品养殖可打破传统的养殖池塘, 高效地收集残饵和粪便, 减轻养殖水体负载, 提高原有养殖池塘的环境容量, 且不降低养殖效益, 有利于生产管理, 增加养殖积极性, 促进渔业的转型升级。但是, 现有的集约化水产养殖主要以跑道池养殖为主, 普遍存在集污效果不理想、饲料漏跑率高、捕捞排放水瞬间对环境承载压力大等问题。为了解决现有的技术问题, 设计了一种环保型分割式养殖系统。该系统由多个不同功能区域组成, 其中一部分区域设置多个相互独立的养殖池, 包括起捕浮体、竖流沉淀池和文丘里管装置等。实践表明, 该系统具有集污效果好、饲料漏跑率低、对环境承载压力小等特点。

关键词 分割式池塘; 养殖系统; 水体循环; 环保

中图分类号 S95 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)20-0220-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.20.060



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Design and Application of the Partitioned Aquaculture Pond System

CHEN Xiao-long¹, WANG Jian^{1,2} (1. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092; 2. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 200092)

Abstract Intensive pond aquaculture is a farming method that uses advanced equipment and management techniques to implement high density, high yield and high economic efficiency. Intensive pond aquaculture can break the traditional aquaculture ponds, collect bait and feces efficiently, reduce the load of aquaculture water body, improve the environmental capacity of the original aquaculture pond, but it not reduces the aquaculture benefits. This aquaculture method is beneficial to production management, increase the breeding enthusiasm and promote the transformation and upgrading of fishery. However, the existing intensive aquaculture is mainly based on runway pool culture, in which there are some problems, such as poor pollution collection effect, high feed leakage rate, high pressure on the environment in the moment of fishing discharge water and so on. In order to solve the existing technical problems, this paper designed an environment-friendly partitioned aquaculture system, which was composed of several different functional areas. In some functional areas, there were several independent aquaculture ponds, including lifting float, vertical flow sedimentation tank, Venturi tube device and so on. The system had the characteristics of good sewage collection effect, low feed leakage rate and low environmental carrying pressure.

Key words Partitioned pond; Aquaculture system; Water circulation; Environmental protection

随着经济社会和饲料养鱼技术的发展, 水资源匮乏、环境污染及生态环境压力等问题日益受到人们的重视, 传统的池塘养殖方式所暴露的问题也越来越严重^[1-3]。池塘养殖是在一个自身相对闭合的区域内从事养殖活动^[4]。养殖水体既是养殖对象的生活场所, 也是粪便、残饵等的分解场所以及浮游生物的培育池^[5-8]。在池塘高密度养殖模式下, 养殖对象产生的代谢产物不能被及时分离和降解, 容易造成水质恶化, 这需要定期换水来调节水质, 向环境中排放大量未经处理的养殖尾水或污水, 造成生态环境压力日益增加^[9-13]。美国大豆出口协会于 2013 年底与国内合作, 开展了低碳、高效、池塘循环流水养殖草鱼新技术的示范试验^[14-16]。该技术克服了传统池塘养殖中水资源浪费、养殖品种单一、能耗大及劳动力成本高等缺点^[17-20], 但仍然存在集污效果不理想、饲料漏跑率高、捕捞排放水对环境影响大等缺点。笔者通过对集约化养殖系统进行分析与改造, 设计了一种新型分割式鱼池养殖系统。

1 分割式养殖系统设计

集约化养殖系统如图 1、2 所示, 将池塘共分为 4 个区

域, 其中滤食性鱼类养殖区占 50%、增氧调节区占 25%, 植物拦截、吸收区占 16.7%, 集约化养殖池占 8.3%。植物拦截、吸收区主要种植芦苇、菖蒲、高秆稻等挺水植物, 或者用浮床种植各种蔬菜、花卉、水草等净化植物, 通过植物的沉淀、吸收和转化作用可将大量的鱼类小颗粒粪便及残饵予以清除^[1]。

滤食性鱼类养殖区主要养殖以藻类和水体中残饵为食的鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)等滤食性鱼类, 主要作用是过滤水中的残饵和将藻类富集的氮和磷营养盐逐步转换到滤食性鱼类体内, 从而降低了水体中的氮和磷含量。另外, 滤食性鱼类还能摄食水体中的有机碎屑和浮游生物, 其滤食活动能显著降低养殖鱼类产生的有机颗粒含量。当水流循环一周再次回到流水槽上游时, 水质已基本接近水源水, 可完全满足养殖用水要求。

增氧调节区主要配有水车式增氧机、叶轮增氧机、涌浪机等, 适时投放微生物制剂等, 用于调节水中的溶解氧含量、促进水体循环。机械增氧和推流等动力效率高, 水体循环流量大, 利用该装置搅动水体, 可实现水体大范围的对流, 交替曝晒水体, 增加水体中的溶解氧。静止状态下空气中氧融入水的速度是非常缓慢的, 且仅限于表层。因此, 通过机械搅动水体不仅能加速空气中的溶解氧进入水体, 而且可以使上层水体中藻类光合作用产生的溶氧更加均匀地分布在水体中。机械干预水体流动有助于改善水体环境并优化藻群结构。推流装置通过提水和推水对水体造成扰动, 有利于池塘

基金项目 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-45-20)。

作者简介 陈晓龙(1989—), 男, 安徽潜山人, 助理研究员, 硕士, 从事池塘养殖机械装备研发。*通信作者, 助理研究员, 从事水产养殖场规划与设计工作。

收稿日期 2019-07-01

养殖环境的改善。

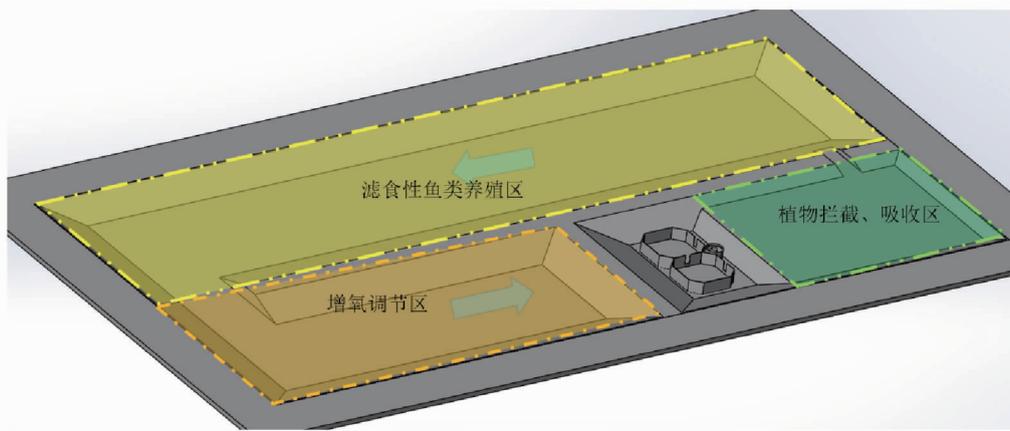


图 1 分割式养殖系统布局示意

Fig.1 Schematic diagram for the layout of partitioned aquaculture pond system

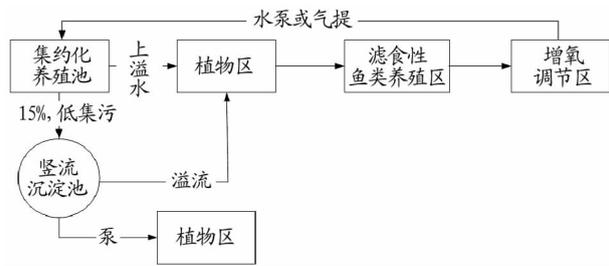


图 2 分割式养殖系统整体示意

Fig.2 Overall schematic diagram of partitioned aquaculture pond system

2 分割式养殖池设计

如图 3 所示,养殖池 2 池为 1 组,1 号池占比 50%,2 号池占比 33%,3 号池采用软性网箱制作,在养殖中可伸缩,占比 17%。在鱼池外部安装单个连续工作竖流沉淀池,达到集污、排污的目的。由于每个鱼池大小不同,生长速度有所差异。2018 年 6 月 1 号池长成后可以出鱼,再将 3 号池幼鱼通过放鱼口投放到 1 号池中,并收取 3 号软性网箱。由于空间变大,1 号池和 2 号池可以继续养殖,达到成鱼后投放市场后可以充分利用养殖空间,从而达到序批次养殖的目的。

对每个养殖池进行分析,如图 4、5 所示。该养殖池包括

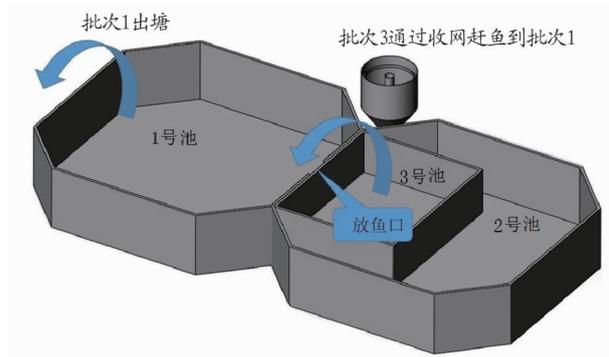
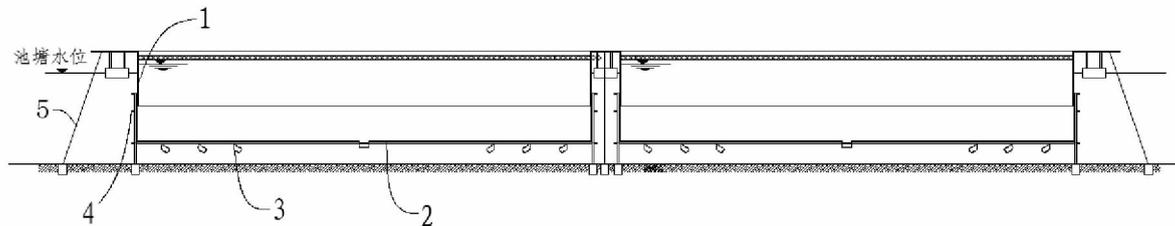


图 3 分割式养殖池结构示意图

Fig.3 Schematic diagram for the structure of partitioned aquaculture pool

鱼池本体、渔网、起捕浮体、导向限位机构和稳固机构。

鱼池本体根据运输车装运量的限制,采用 10 m×10 m 的切角方形池,或者采用直径 10 m 的鱼池,1 个鱼池本体可满足 4 辆鱼车的装运的需要。鱼池本体包括底板、围板和柔性伸缩件。底板设置在养殖池塘的底部,围板围合在底板的四周,且围板的底部经柔性伸缩件与底板相连接;底板和围板可以为 PE 板,柔性伸缩件可以用帆布。



注:1.鱼池本体;2.渔网;3.起捕浮体;4.导向限位机构;5.稳固机构

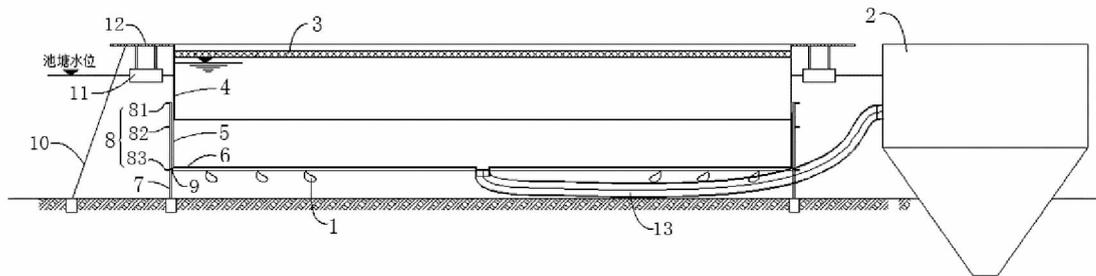
Note: 1.Fish pond body;2.Fishing net;3.Floating body;4.Guiding and limiting mechanism;5.Stabilization mechanism

图 4 分割式养殖池整体结构示意图

Fig.4 Overall schematic diagram for the structure of partitioned aquaculture pool

起捕浮体设置在底板与养殖池塘底部之间,充气后驱动底板向上移动。

导向限位机构用于对底板向上移动进行导向和限位;限位机构包括限位杆、限位挡块和限位挡环,限位杆对称设置



注:1.起捕浮体;2.竖流沉淀池;3.溢流网板;4.围网;5.柔性伸缩件;6.底板;7.限位挡块;8.限位挡环;81.上限位挡块;82.中限位挡块;83.下限位挡块;9.限位杆;10.固定绳;11.稳固浮体;12.走道;13.管道
 Note: 1. Floating body; 2. Vertical flow sedimentation tank; 3. Overflow net board; 4. Encircling gear; 5. Flexible extension; 6. Baseboard; 7. Limit block; 8. Limit ring; 81. Upper limit block; 82. Middle limit block; 83. Lower limit block; 9. Gag lever post; 10. Fixed rope; 11. Solid floating body; 12. Pavement; 13. Pipeline

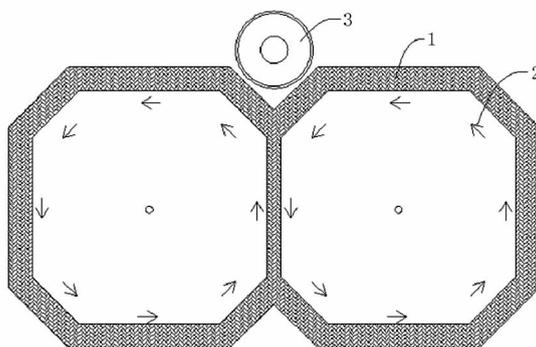
图5 分割式养殖池内部结构示意图

Fig.5 Schematic diagram for the internal structure of partitioned aquaculture pool system

在鱼池本体的外侧,限位挡块包括上限位挡块、中限位挡块和下限位挡块,它们自上而下间隔地设置在限位杆上。限位挡环设置在底板的两端,且设在位于中和下限位挡块之间的限位杆上。限位挡环与限位杆的相互配合能起到导向作用,同时,限位挡环与能中和下限位挡块的相互配合,能保证底板始终处于中限位挡块和下限位挡块之间,避免起捕浮体未充气时,底板下沉拉扯柔性伸缩件,或起捕浮体过量充气时,造成鱼池本体的倾覆和鱼类的逃逸。

当起捕浮体冲氧的时候,为了防止鱼池本体有倾斜的风险,围板的顶部两侧还装有稳固机构。稳固机构包括固定绳、稳固浮体和走道,固定绳分别与养殖池塘的底部和走道相连接,而走道另一端与围板的顶部相连接。稳固浮体设置在走道的下表面,当养殖池塘的水位下降至最低水位时,走道与上限位挡块相抵接。走道上表面可以作为道路行走,稳固浮体可以实现鱼池本体的上口跟随池塘内的液面变化进行上下浮动调节。

该系统通过文丘里管集污,竖流沉淀池沉淀已达到排污的目的,如图6所示。在鱼池本体内部四周侧壁上间隔地设有多个文丘里管,文丘里管的出口方向逆时针循环布置。文丘里管具有间歇式加强旋流集污、快速增氧效果和作为应急备用增氧设施的作用,从而可以减少投喂的瞬间缺氧量,改善养殖环境。竖流沉淀池经管道与鱼池本体的内部相连通。按照饲料、残饵的合理表面负荷 $10 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$,设计标准竖流沉淀池,其能缩短沉淀时间,提高沉淀效果。



注:1.鱼池本体;2.文丘里管;3.竖流沉淀池
 Note: 1. Floating body 2. Venturi tube 3. Vertical flow sedimentation tank

图6 分割式养殖池排污结构示意图

Fig.6 Schematic diagram for the pollution discharge structure of partitioned aquaculture pool

3 系统运行

该系统分为养殖、捕捞和干塘3个过程,其中在养殖的过程中通过气提或水泵切向进水,80%左右的水通过溢流网板流出,20%左右的水通过水压从竖流沉淀池流出,投喂前10~15 min,启动文丘里管进行增氧,增氧加强水逆时针旋转,提高中间集污收集率,每天或者每2 d从竖流沉淀池抽排沉积物。

如图7所示,当需要干塘时,鱼池本体与前段的增氧调节区通过塘埂隔断,植物拦截、吸收区的水位比正常养殖水

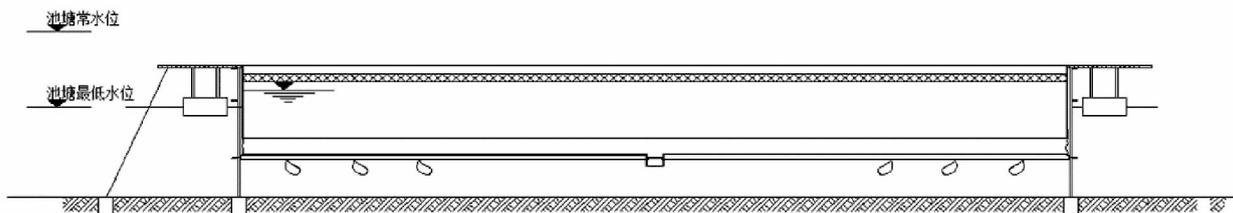


图7 干塘过程结构示意图

Fig.7 Structural schematic diagram of dry pond process

位低30~50 cm,鱼池本体排空时,只需要排放全池约25%的全

池水,植物拦截、吸收区露出水面,鱼池本体与鱼塘隔离,减少

了鱼池本体集中排放的 75%。鱼池本体水位下降,上层构筑物随着稳固浮体下降到上限位挡块,支撑在池里,便于检修。

如图 8 所示,当捕捞时,启动底部起捕浮体,固定绳控制平稳,柔性伸缩件自然折叠,底板沿着限位杆从下限位挡块浮动到中层位挡块。此时,竖流沉淀池和鱼池本体采用管道连接,

管道跟随底板移动;底板移动过程中,上层水通过溢流网板流出减少整体总量。底板到达中层位挡块后,鱼池本体内的水位为 1m,然后可人工将渔网放置到鱼池本体内,便于工人下池进行起网操作或者采用吸鱼泵吸鱼。

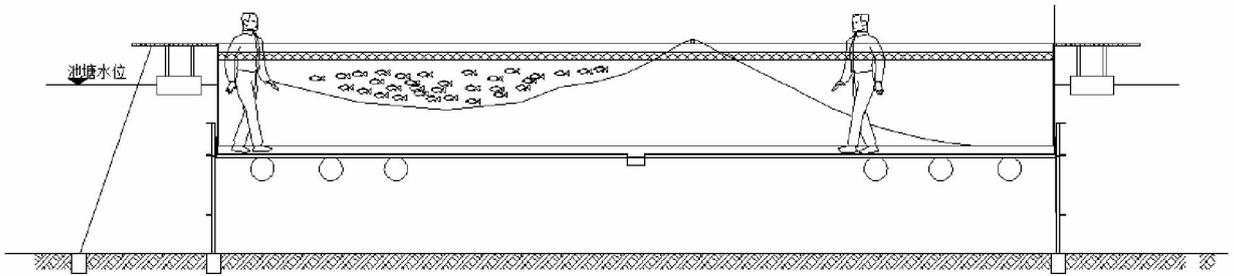


图 8 捕捞过程结构示意图

Fig.8 Structural schematic diagram of fishing process

4 讨论

该养殖池在底部设置捕浮体的方式进行干塘、捕捞,并设置竖流沉淀池进行集污,从而高效地收集残饵和粪便,减轻养殖水体负载,提高原有养殖池塘的环境容量,增加养殖效益,有利于生产管理,增加养殖积极性,助力渔业的转型升级。

该养殖系统经净化的养殖尾水能够达到较高的水质标准,减少了养殖过程中由于排放未经净化的养殖尾水对环境造成的影响。池塘循环水养殖系统仅需少量的水交换及补充由于蒸发减少的水量,与传统池塘相比大大减少了水资源的浪费。该养殖池的设计方便人工下池捕捞,且能减少捕捞排放水的排水量,降低对环境的压力。同时,集污效果好,溢流网板则降低了饲料的漏跑率。

5 结论

该设计中使用的是较为经济的方法,利用鱼粪和残饵的重力作用,使其自然沉淀在流水池尾部的特定区域内,再通过沉淀设备进行清除,再配合水生植物与滤食性鱼类的净化作用,亦可达到良好的水质净化效果。低碳、高效的池塘循环水养殖系统真正实现了池塘工厂化管理、集约化养殖,实现整个养殖周期内养殖水体循环利用、养殖污水零排放。该养殖系统符合我国对水产养殖业健康养殖及可持续发展理念的要求,是一种高效、生态、环境友好型的养鱼新技术,为今后池塘养殖系统设计提供一种方法。

参考文献

- [1] 顾树庭,杜兴伟,杨小猛.低碳高效的池塘循环水养殖系统模块建设及功能分析[J].安徽农业科学,2016,44(10):312-314.
- [2] 金武,罗荣彪,顾若波,等.池塘工程化养殖系统研究综述[J].渔业现代化,2015,42(1):32-37.

- [3] 文乐元,肖光明,王锡荣.淡水养殖水质调控技术[J].湖南农业,2008(7):16-17.
- [4] 陈文华,聂家凯,闫磊,等.低碳高效池塘循环水养殖草鱼新技术试验总结[J].科学养鱼,2014(10):20-22,30.
- [5] 田昌凤,刘兴国,车轩,等.分隔式循环水池塘养殖系统设计与试验[J].农业工程学报,2017,33(8):183-190.
- [6] 付成东,刘华兵,杨志,等.国内循环水养殖发展中的残饵粪便污染与治理现状分析[J].安徽农业科学,2018,46(32):76-79.
- [7] 陈少蓬,刘肖芳,华俐.鲢鳙在东湖生态系统的氮、磷循环中的作用[J].水生生物学报,1991,15(1):8-12.
- [8] 宋亚洲,渠冲,刘忠华.生态修复技术在养殖池塘水处理中的应用[J].水产养殖,2009(7):22-24.
- [9] 柳婷婷,李丽,蒋雯雯,等.循环水养殖系统六级生物滤池运行效果分析[J].环境工程学报,2019,13(4):902-909.
- [10] 潘荣华,胡一丞,陆宁基,等.循环水养殖技术研究进展[J].科学养鱼,2018(11):1-2.
- [11] 黄秀玉,荣浩翔,高月淑,等.循环水养殖系统中反硝化技术研究进展[J].水处理技术,2019,45(2):7-12.
- [12] 中国水产编辑部.池塘循环水养殖系统基本原理(一)[J].中国水产,2018(12):112-113.
- [13] 王英光,孙绍永.海水池塘工程化循环水养殖技术[J].河北渔业,2019(4):31-34.
- [14] 徐大宝.低碳环保池塘循环水养殖技术探讨[J].现代农业科技,2019(10):191.
- [15] TIDWELL J H.Partitioned aquaculture systems[M]//TIDWELL J H.Aquaculture production systems.Iowa;Wiley-Blackwell,2012:308-342.
- [16] YOO K H,MASSER M P,HAWCROFT B A.An in-pond raceway system incorporating removal of fish wastes[J].Aquacultural engineering,1995,14(2):175-187.
- [17] 钟小庆,冯天乔,颜远义.池塘工厂化循环水环保养殖技术[J].当代水产,2018(10):95-97.
- [18] 刘栋,张成龙,朱健.池塘循环水养殖系统构建及其生态净化效果研究进展[J].中国农学通报,2018,34(17):145-152.
- [19] 杨菁,管崇武.池塘内循环养殖模式关键工艺参数设计[J].中国农学通报,2019,35(15):142-145.
- [20] 吴明林,李海洋,崔凯,等.基于池塘内循环水的草鱼高效绿色养殖技术试验[J].安徽农学通报,2018,24(22):53-54.