

池塘循环微流水养殖模式发展现状及建议

杨晓梅

怀化市鹤城区畜牧水产事务中心, 湖南 怀化
Email: 1669951180@qq.com

收稿日期: 2020年9月2日; 录用日期: 2020年9月17日; 发布日期: 2020年9月24日

摘要

本文介绍了池塘循环微流水养殖模式的组成和优势, 总结了池塘循环微流水养殖模式的发展现状及存在的问题, 最后提出了优化该模式的建议。

关键词

池塘, 循环流水, 水产养殖, 发展现状, 建议

Development Status and Suggestions of In-Pond Raceway Aquaculture Model

Xiaomei Yang

Huaihua Animal Husbandry and Aquatic Transaction Center, Huaihua Hunan
Email: 1669951180@qq.com

Received: Sep. 2nd, 2020; accepted: Sep. 17th, 2020; published: Sep. 24th, 2020

Abstract

This article introduces the composition and advantages of In-pond Raceway Aquaculture Technology model, summarizes the existing problems of the current development of In-pond Raceway System, and finally puts forward suggestions for optimizing the model.

Keywords

Pool, Circulating Water, Aquaculture, Development Status, Suggestions



1. 养殖模式介绍

池塘循环流水养殖技术(In-pond Raceway Aquaculture Technology, IPA)是基于 2010 年美国大豆出口委员会(USSEC)与奥本大学(Auburn University)合作开发的一种名为“池塘赛道系统(In pond Raceway System, IPRS)”的生态友好、可持续发展的生产性水产养殖方法[1]。该项目由 USSEC 资助,经过三年的彻底测试后,于 2013 年正式面向中国水产养殖户进行推广。

1.1. 池塘循环微流水养殖模式的组成

池塘循环微流水养殖就是将传统的池塘水产养殖模式与流水养殖模式相结合并加以改造优化,把“生态圈养”的概念用于水产养殖,加以工厂化的管理和自动化的技术,从而实现水产品的低能耗高密度混养。整个池塘循环微流水养殖系统由微流水养殖区、净水区、粪便收集池、吸污装置、自动化投饵机、曝气格栅系统、备用发电机和水体监控系统组成(见图 1) [1] [2]。每公顷养鱼面积有三个模块化的单元结构,以最大限度地利用池塘的生产能力。水产品养殖槽的规格一般设立深 2 m,宽 5 m,长 22 m,在下方连接粪便收集池,通过吸污装置实现自动吸污,加之合理设计和组装曝气格栅系统,从而实现高效曝气和流量生成[3] [4]。此外,良好的鼓风机和曝气栅同步系统,可在各级水柱上产生有效的曝气量和流量。在静止区利用生物净化以有效地清除系统中的有机流出物。同时在适当地方安装水质监察设备,以保证养殖户能随时得到水质信息反馈[5] [6] [7]。

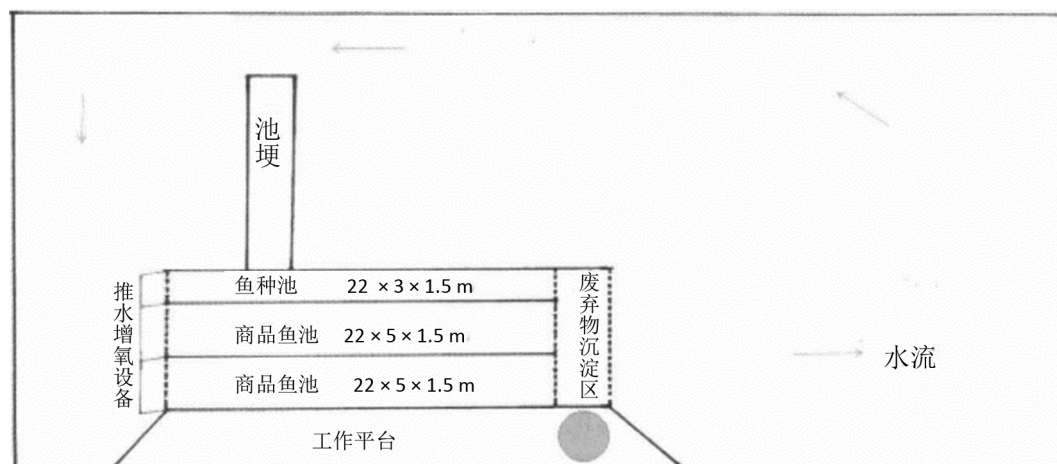


Figure 1. Schematic diagram of low-carbon and high-efficiency pond circulating water fish pond design [1]

图 1. 低碳高效池塘循环流水养鱼池设计示意图[1]

1.2. 池塘循环微流水养殖模式优势显著

IPRS 实质上是四种水产养殖系统的优势集合体:再循环系统、水道模型、网箱养殖和池塘水产养殖系统[8] [9]。前三种养殖系统更多是依赖于机械,但将它们与池塘水产养殖模式相结合带来了生物系统带来的优势。在池塘循环微流水养殖模式下能够有效提高产量,据统计,使用该生产模式的养殖户每年可以从 1 公顷的池塘生产 80 到 110 吨的鱼[10] [11] [12]。

养殖户可以在同一个循环流水系统中同时管理多个不同品种和规格的水产品。基于这种模式的高度灵活性和减轻人工成本的优势, 养殖收入远远好于传统的养殖模式[13]。此外, 养殖品种长期生活在氧气充足的微流水环境中, 保证成活率高、疾病爆发少、防病治病更加容易, 鱼药使用率低, 水产品更为绿色健康。微流水所形成的“活水”能够刺激鱼体运动[14], 池塘中养殖的都是“跑步鱼”、“冲浪鱼”、“运动鱼”, 不用依靠复杂的饲料配方改善就能大幅提高鱼体肌肉品质, 肉质更为鲜美[15] [16] [17]。在不同的养殖池中可以实行不同品种和不同规格的混养并交替上市, 规避以往单一品种养殖所带来的经济风险, 确保养殖户季度收入均衡。在池塘循环微流水养殖模式下, 水产养殖人员可以实现解放双手, 从而将传统养殖转变为工厂化、自动化的水产养殖[18]。依靠强大的水质处理系统, 排放的污水可以忽略不计, 降低对环境的污染, 切实解决养殖水体富营养化的问题, 利用生物手段净化养殖污染, 形成资源节约、环境友好、养殖集约、产品安全的水产养殖模式, 实现水产养殖行业的可持续发展[19] [20]。

2. 国内发展现状

2.1. 养殖规模日益扩大

早在 2006 年江苏省就开创先河, 启动了关于智能化低碳循环水养殖的试验[21]。2013 年, USSEC 将池塘循环微流水养殖模式带来中国, 于江苏省江市平望养殖场开展了该技术模式的示范养殖[1]并取得了良好的收益。随后, 全国各地借鉴这一经验, 开展了多处试点并逐步扩大规模。其中以江苏省 IPA 数量和规模发展最为快速, 水槽数量位列全国第一。安徽省同样在 2013 年底启动 IPA 试验, 在铜陵市、六安市等地逐渐展开试点, 草鱼、青鱼、鲫鱼的单个水槽养殖产量可达 16~23 吨[22]。2014 年 IPA 被引入北京市, 主要在郊区展开, 至今已初具规模, 建立了 7 个模式示范点并运行 19 条水槽[23]。浙江省虽然起步较晚, 但发展势头迅猛, 这得益于政策和宣传双管齐下的策略。从 2015 年引入该模式后, 截止 2018 年底浙江已经建成 734 条水槽投入生产使用[9]。重庆的水产养殖饱受气候、地理条件的制约, 存在养殖难度大、养殖成本高的问题, 2015 年底 IPA 引入重庆, 先后在多个区县成功试点, 增产效果显著, 产量甚至可以达到传统池塘养殖的 3 倍以上[24]。2016 年, 宁夏充分利用自己的淡水资源, 借鉴安徽六安池塘循环微流水养殖经验, 在中卫市开展技术试验, 亩均利润可达 4000 元以上[25]。湖南、湖北、广东、贵州等地也均有企业开始逐步从传统池塘养殖向池塘循环微流水养殖转型[26]。

2.2. 品种搭配百花齐放

IPA 最开始的试点选用的是不同规格的草鱼混养, 以达到均衡上市的效果。但短短 7 年, IPA 已经逐步融合中国市场的需求, 各地因地制宜, 开启了多种混养模式组合生产的新形式。以草鱼为主养鱼种, 现已建立“草鱼-鲢-鲤”、“草鱼-鲫-鳊”、“草鱼-鲢-对虾”、“草鱼-鲢-团头鲂”等多种混养生态系统模型[26] [27] [28]。此外还有“青鱼-异育银鲫-青虾”、“三角鲂-鲢-鲫鱼”、大口黑鲈不同规格混养、“松浦镜鲤-鲢”、“太阳鱼-螺蛳”和“鳊鱼-鲮鱼”等多种混养模式[29]-[35]。养殖品种的选择也日趋丰富, 北京的养殖试验中, 先后开展了草鱼、鲤鱼、加州鲈、大鳞鲃、斑点叉尾鲟、鲟鱼等十余个水产品种的试验养殖[23] [36]。安徽省对团头鲂、黄颡鱼、鲈鱼、鳊鱼、斑点叉尾鲟、青鱼、鲫鱼都开展了不同规模的养殖, 并对以上品种建立了科学合理的养殖模式。除了水槽内的主要经济品种的日益丰富, 在净化区的混养搭配也逐渐多元化, “水草 + 甲壳类 + 鲢河蚌”、“水草 + 蚌 + 鳖 + 泥鳅”、“水草 + 鲢 + 团头鲂 + 鳊”等净水区套养模式均可带来额外的经济收益[37]。水草品种的选择也日渐丰富, 在夏季可选则在水上种植空心菜、伊乐藻、菖蒲, 在温度较低的季节可选中水生植物铜钱草、狐尾藻, 秋季还可种植茭白、空心莲子草等[38] [39] [40] [41]。

2.3. 科学研究逐步展开

近几年来,随着池塘循环微流水养殖模式规模的逐渐扩大,与之相关的科学研究也紧随而来。安阳市水产科学研究在 IPA 模式下进行了雌核发育草鱼的养殖试验,研究表明,雌核发育草鱼能够很好地适应池塘微流水环境,成活率高的同时亩均收入也十分可观[42]。这说明,IPA 模式是可以广泛推广并不断开发的可持续发展模式。江苏对净化区水域养殖空心莲子草可行与否展开试验,结果表明空心莲子草的种植对于池塘循环微流水系统的水质具有明显的改良作用,能使水体透明度提高的同时起到降低养殖水体氨氮、亚硝态氮、COD 值、总氮、总磷的作用[43]。桐乡市对其 IPA 系统内的水生植物进行调查,采集到了包括灯心草科在内的 20 个科的 32 种水生植物,远远高于一年前建设时人工栽培的水生植物,养殖污染在净水区得到了有效净化[44]。周恩华等[45]在海南利用池塘循环微流水养殖模式与改良的豆粕饲料成功养殖两茬巴沙鱼,对巴沙鱼的产量有明显提升,开创了利用 IPA 养殖巴沙鱼的新模式。这表明,未来可以将 IPA 用于更多的养殖品种,大幅提高原本经济效益不高的养殖品种所带来的养殖利润。关于 IPA 的研究也不止局限于此,浙江省淡水水产研究所联合金华市水产技术推广站展开了水库串联池塘流水的养殖模式,既可以充分发挥水库资源,又可以利用 IPA 净化水库水质,有效的弥补了水库退养造成的经济损失,为水库实现绿色经济提供新渠道[46]。

3. 发展存在的问题

湖南农业大学水产系教授李德亮就曾指出,目前的池塘循环微流水养殖离预期的理想状态尚存在一些问题亟待解决,问题集中在池塘建设标准、净化配套设施、吸污效果以及养殖技术等方面[47]。马文君等表明[9],作为 IPA 发展势头较好的浙江也存在诸多问题,例如先进的养殖模式与从业人员传统的养殖理念不匹配、技术攻关跟不上迅速发展的规模等,都制约了 IPA 的普及。目前的池塘循环微流水工厂化养殖模式并不是最优方案,池塘放养品种搭配、放养规格、放养密度、投饵系数和方式等有待优化以获得最佳养殖效益;养殖底泥的精细化处理也是该养殖模式需解决的关键问题,但改良剂用量用法和清淤频率有待优化。IPA 水养鱼是在人工控制的水体中进行集约化、高密度养殖,但仍很难达到理想状态下的增产一倍以上,而且饵料系数较高,一定程度上增加了成本。传统监测方法一般采用定点定时取样和化学分析方法获取数据,存在数据样本少、实时性低等缺点,并不能实时传送水质数据。同时,IPA 高密度放养必定伴随着大量施肥投饵,目前虽然能够利用养殖槽尾部的吸污装置,对粪便和残饵收集处理,通过净化区种植水生植物和放养花白鲢、螺狮等,从一定程度上对养殖水体进行了生态净化和循环利用,但没有真正意义上实现养殖尾水“零排放”。并且由于高密度养殖,底泥中的污染物往往呈复合型,单一的改良方式不能完全满足其净化需求,改良养殖底泥修复方式乃至利用底泥有机物辅以生产势在必行。

4. 养殖模式优化建议

4.1. 优化放养和投饵相关参数

应全面科学的对池塘循环微流水工厂化养殖模式下的浮游生物、浮游动物进行统计分析,考量池塘的初级生产力,设计多套综合混养模式,在极大化利用池塘原有初级生产力的条件下,按照不同进食喜好的鱼类进行投饵量配比摸索。EwE 模型通常用于评估海洋牧场和大型水库[48],将这一模型引入池塘循环微流水养殖,能够极大的节约时间成本和人工成本,只需计算理想状态下的各类模型所能达到的效益,选择最佳的方案实施即可。例如,针对以草鱼为主要养殖品种,以鲢鱼、鳙鱼、鲤鱼、罗非鱼、虾蟹等品种多元混养,展开新型混养模式的探索,充分利用水体生态位空间,鱼种放养采用多品种多规格

的轮捕轮放模式。拟建立“草鱼-鲢-鲤”、“草鱼-鲫-鳊”、“草鱼-鲢-对虾”、“草鱼-鲢-团头鲂”等多种混养生态系统模型。系统探讨工程化改造池塘的生态容量、物质循环及能量流动特点，构建零排放型“池塘循环水高效养殖混养模式”，研究以草鱼、鲫鱼、鳊鱼等养殖鱼类的营养生理基础和养殖水体的微生物环境特点，研制生态工程化池塘大规模养殖需求的专用饲料配方，开发改善鱼类肠道健康、免疫力及抗病性提高的绿色饲料添加剂和绿色鱼药。构建 IPA 综合混养模式，建立 IPA 技术评价体系与标准，建设 IPA 养殖模式示范片区，示范高效率低成本的生产技术，为全国的池塘循环微流水工厂化养殖者们提供技术示范。

4.2. 信息化管理实时监测水质

开展物联网技术在池塘循环微流水工厂化养殖模式的推广应用，对优化生产经营过程的智能化控制、科学化管理、全程化追溯，对提高资源利用率和水产品产量、质量和安全性都具有十分重要的意义。未来可以将实时监测 IPA 水质和反馈数据以及远程控制融入信息化管理中，选择 Zig Bee, 5G、6G、人工智能等先进的技术真正实现 IPA 监测管理的智能化，以优化池塘循环微流水工厂化养殖模式水质实时监测和信息化管控问题。系统的开发物联网技术应用在 IPA 养殖管理环节的应用，强化养殖水体实时监控、水环境阈值报警、养殖品种生长监测、机械用具损耗监测，从根本上提升该养殖模式的信息化和现代化水平。池塘循环微流水工厂化养殖模式的关键之一在于水，水质是影响鱼类行为的重要环境因素。IPA 中，水是影响鱼类行为的重要环境因素，它刺激鱼类之间的各种反应，影响它们的生长。不仅如此，微水流还对养殖水体中的排泄物，营养物质和污染物的传输和扩散起着关键作用。水质监测需要扩展对象，加入远程视频监控功能，以便及时了解水面环境参数。利用大数据分析和统计，使养殖人员可在家用电脑或平板电脑、手机等物联网信息终端上远程访问，具有自主设定水质标准，在监测参数超标时及时告警或启动反馈控制设备进行调节。

4.3. 改良养殖底泥修复方法，合理利用底泥有机物

养殖底泥修复方法可以采取“植物-微生物”联合改良底泥为主，“物理-化学-生物”联合改良为辅的方式，综合考虑综合种养模式优化系统解析不同鱼种和微型藻类之间能量流和物质转化特点，摸索“池塘混养+生态浮床”的池塘综合种养模式，探索建立养殖水域底泥综合修复治理新模式，设计多种植物与微生物联合修复模型，引入经济型植物和水产养殖品种，在修复底泥的同时，丰富收益结构。

5. 结论

综上所述，池塘循环微流水养殖模式具有良好的发展现状和积极的政策支持，其绿色环保、可持续发展的理念也符合现代水产养殖的需求，所带来的经济收益十分可观，可以很好地解决水产养殖产业产能低收入低的问题。但池塘循环微流水养殖模式在中国的发展仍需要多方的努力，政府的宣传与扶持、水产企业管理者的决策、水产从业者知识储备的增强以及科研人员的通力协作等等都需要逐步改善。池塘循环微流水养殖模式仍有巨大的潜力等待挖掘，在中国大地仍有广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 周恩华. 低碳高效池塘循环流水养鱼技术[J]. 中国水产, 2013(11): 83-84.
- [2] 梁贺. 低碳高效池塘循环流水养殖技术总结[J]. 科学养鱼, 2019(2): 16-17.
- [3] 陈文华, 聂家凯, 闫磊, 等. 低碳高效池塘循环流水养殖草鱼新技术试验总结[J]. 科学养鱼, 2014(10): 20-22+30.
- [4] 刘杨, 陈晔, 魏泽能. 安徽省低碳高效池塘循环流水养殖技术推广[J]. 中国水产, 2017(9): 75-77.
- [5] 黄军红, 吴海涛, 宋卫斌. 2016-2017年宁夏灵武市李家圈渔场低碳高效循环水池塘养殖总结[J]. 渔业致富指南,

- 2018(2): 62-64.
- [6] Brown, T.W., Chappell, J.A. and Boyd, C.E. (2011) A Commercial-Scale, In-Pond Raceway System for Ictalurid Catfish Production. *Aquacultural Engineering*, **44**, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.03.003>
- [7] Boyd, C.E. and Hanson, T.R. (2010) Dissolved-Oxygen Concentration in Pond Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, **13**, 40-41.
- [8] Xu, B., Li, P.W. and Waller, P. (2014) Study of the Flow Mixing in a Novel ARID Raceway for Algae Production. *Renewable Energy*, **62**, 249-257. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.06.049>
- [9] 马文君, 丁雪燕, 周凡, 等. 浙江省池塘内循环流水“跑道”养殖模式发展现状及建议[J]. 中国渔业经济, 2019, 37(5): 76-81.
- [10] 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.
- [11] 崔凯, 汪翔, 魏泽能, 等. 池塘内循环流水养殖模式的关键技术研究——以安徽省为例[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(17): 86-91.
- [12] 吴小兰, 陈凌云, 王云娣. 杭州市应用池塘循环流水生态养殖技术的探索与实践[J]. 中国水产, 2016(11): 42-44.
- [13] 顾树庭. 低碳·高效的池塘循环流水养殖系统模块建设及功能分析[J]. 安徽农业科学, 2016(10): 312-314.
- [14] Brown, T.W. and Tucker, C.S. (2013) Pumping Performance of a Slow-Rotating Paddlewheel for Split-Pond Aquaculture Systems. *North American Journal of Aquaculture*, **75**, 153-158. <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.743935>
- [15] Danaher, J.J. (2013) Phytoremediation of Aquaculture Effluent Using Integrated Aquaculture Production Systems. Auburn University, Auburn.
- [16] Brown, T.W. and Tucker, C.S. (2013) Pumping Performance of a Slow-Rotating Paddlewheel for Split-Pond Aquaculture Systems. *North American Journal of Aquaculture*, **75**, 153-158. <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.743935>
- [17] 周彬, 唐洪玉, 朱成科, 等. 循环流水槽养殖草鱼与池塘精养草鱼营养品质比较[J]. 动物营养学报, 2020, 32(2): 948-958.
- [18] Brown, T.W., Hanson, T.R., Chappell, J.A., et al. (2014) Economic Feasibility of an In-Pond Raceway System for Commercial Catfish Production in West Alabama. *North American Journal of Aquaculture*, **76**, 79-89. <https://doi.org/10.1080/15222055.2013.862195>
- [19] 刘代荣. 池塘内循环微流水养鱼 实现生态环保经济多赢[J]. 植物医生, 2018, 31(8): 9-10.
- [20] 李书庚. 池塘循环微流水养殖好[J]. 湖南农业, 2018(7): 27.
- [21] 史志中. 江苏启动智能化低碳循环水养殖试验[J]. 农机科技推广, 2012(9): 45.
- [22] 全国水产技术推广工作会议暨生态健康养殖技术集成现场会六省(区)典型经验交流[J]. 中国水产, 2017(8): 14-21.
- [23] 徐睿. 浅谈北京地区池塘循环流水养殖模式的应用[J]. 中国水产, 2020(5): 89-91.
- [24] 蒋明健, 翟旭亮, 成世清, 罗平元. 重庆地区池塘循环流水养殖技术[J]. 中国水产, 2016(12): 82-85.
- [25] 汪宏伟, 赵常山. 西部地区低碳循环水高效养鱼技术总结[J]. 科学养鱼, 2017(5): 79-81.
- [26] 陈文华, 等. 低碳高效池塘循环流水养殖草鱼新技术试验总结[J]. 科学养鱼, 2014(10): 20-22.
- [27] 张家华, 陈文华, 张永江. 池塘循环流水养殖草鱼新技术试验[J]. 水产养殖, 2015, 36(8): 13-15.
- [28] 吴明林, 李海洋, 崔凯, 蒋阳阳. 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.
- [29] 杨林, 刘桂兰, 詹会祥, 等. 池塘内循环流水养殖与传统池塘养殖松浦镜鲤的对比试验[J]. 河北渔业, 2020(5): 25-29.
- [30] 郭水荣, 王力, 陈凌云, 等. 池塘内循环“水槽式”养殖青鱼试验[J]. 科学养鱼, 2017(6): 18-19.
- [31] 郭水荣, 王力, 陈凡, 等. 池塘内循环“水槽式”养殖三角鲂“老口”鱼种试验[J]. 科学养鱼, 2018(2): 80-81.
- [32] 冯双双, 周凡, 娄剑锋, 等. 池塘循环流水跑道养殖大口黑鲈的适宜密度[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(2): 70-73.
- [33] 杨林, 詹会祥, 刘桂兰, 等. 池塘内循环流水养殖松浦镜鲤试验[J]. 河北渔业, 2019(10): 18-21.
- [34] 叶霆, 胡金春, 毛泽楷, 等. 池塘内循环流水养殖太阳鱼试验[J]. 中国水产, 2018(8): 94-96.
- [35] 胡大雁, 王曙, 公翠萍, 等. 池塘内循环流水养殖鳊鱼试验[J]. 科学养鱼, 2019(3): 39-41.
- [36] 马国庆, 张黎, 杨华莲, 等. 鲟鱼微流水池塘水质调控技术[J]. 中国水产, 2017(5): 103-104.
- [37] 占家智, 羊茜. 池塘微流水泥鳅养殖简介[J]. 科学种养, 2018(12): 55-56.

- [38] 聂凌云, 杨昌珍, 皮杰. 鱼菜共生系统对水质净化的研究进展[J]. 水产养殖, 2020, 41(7): 24-28.
- [39] 尹立鹏. “鱼菜共生”生态养殖模式研究[J]. 乡村科技, 2019(26): 115-116.
- [40] 武善明. 鱼菜共生池塘生态养殖技术研究[J]. 山西农经, 2019(13): 107.
- [41] 钟文武, 吴敬东, 赵树海, 等. 浮床栽培空心菜对池塘水质的影响分析[C]//云南省机械工程学会. 第八届云南省科协学术年会论文集——专题四: 畜牧与养殖业. 2018: 112-119.
- [42] 易栖梧, 张予波, 韩保良, 张国真. 微流水池塘养殖雌核发育草鱼高产高效试验[J]. 渔业致富指南, 2017(4): 26-28.
- [43] 杨显祥, 邵路路, 王明宝, 等. 空心莲子草对池塘循环流水养鱼系统水质因子的影响[J]. 现代农业科技, 2018(6): 216-225.
- [44] 沈佳明, 陆奇, 韩斌, 等. 水生植物在池塘内循环流水养殖模式中的应用研究[J]. 现代农业科技, 2020(1): 196-198+202.
- [45] 周恩华, 张建, 李乃顺. 在海南利用 IPRS 技术和豆粕型饲料一年养殖两茬巴沙鱼的示范试验[J]. 中国水产, 2020(6): 82-84.
- [46] 原居林, 李明, 刘梅, 倪蒙. 水库串联池塘内循环流水养殖模式研究[J]. 科学养鱼, 2018(5): 81-83.
- [47] 陈莉莉. 走进湖南, 探讨千亿级渔业产业, 一场属于湖南水产养殖人的年度盛会[J]. 当代水产, 2020, 45(1): 73-74.
- [48] 王玮. 基于稳定同位素分析与生态通道模型的西南黄海生态系统结构和能量流动分析[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2019.