

平原圩区养殖池塘 生态化改造技术的应用与思考

管辉¹, 俞杨¹, 张修行¹, 张钟天², 陈义浦³

(1. 江苏力恒工程咨询有限公司, 江苏南京 210000; 2. 镇江市水利建筑工程有限公司, 江苏镇江 212004;
3. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏南京 210000)

摘要:以南京市固城湖及宿迁市洪泽湖片区为例,通过灌排分离、塘口改造、三池两坝工艺、尾水循环利用及智能化控制等措施,对现有养殖区域进行综合整治,实现了尾水达标排放及水产品品质及产量的双增长,产值每年提升5%以上,并提出了适用于圩区的绿色高效智能化养殖体系,研究成果为加快推进渔业结构调整,促进渔业科技进步等提供了有效借鉴及新思路。

关键词:养殖池塘;生态化;氮磷削减;品质;视频监控

中图分类号:TV85 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2025)08-0039-0004

Application and thinking of ecological transformation technology of aquaculture pond in plain polder area

GUAN Hui¹, YU Yang¹, ZHANG Xiuxing¹, ZHANG Zhongtian², CHEN Yipu³

(1. Jiangsu Liheng Engineering Consulting Co., Ltd., Nanjing 210000, China;

2. Zhenjiang Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Zhenjiang 212004, China;

3. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: Taking the Gucheng Lake in Nanjing and the Hongze Lake area in Suqian as examples, through measures such as separating irrigation from drainage, pond mouth renovation, the “three ponds and two dams” process technology, tailwater recycling use, and intelligent control, comprehensive renovation was carried out on existing aquaculture areas, achieving up-to-standard tailwater discharge and a dual increase in aquatic product quality and yield. The output value increased by more than 5% annually, and a green, efficient, and intelligent aquaculture system suitable for polder areas was proposed. The research results provide effective references and new ideas for accelerating the adjustment of the fishery structure and promoting technological progress in the fishery industry.

Key words: aquaculture pond; ecologicalization; nitrogen and phosphorus reduction; quality; video surveillance

江苏省南京市固城湖及宿迁市洪泽湖片区为典型平原圩区,境内沟、渠水网交织,为该地区水产养殖起步早、技术含量高、产业发展快奠定了良好基础^[1]。水产养殖已成为固城湖及洪泽湖片区农业

支柱产业,但随着水产养殖的发展也带来了一系列农业污染问题,养殖过程中残留的的饵料、化肥、药物及排泄物,随着尾水直接排入周边沟渠,最终流向湖泊,导致河道淤积、水体污染^[2]。为有效解决该

收稿日期: 2025-04-30

作者简介: 管辉(1992—),男,工程师,本科,主要从事水利工程项目管理及监理工作。E-mail:1127793897@qq.com

问题,江苏省近年来大力推进池塘生态化改造项目,目前已初见成效。本文依托相关工程的治理思路及成功经验,提出了适用于平原圩区的池塘生态化改造体系,项目区整治后解决了片区农业面源污染问题,实现了农业的增产增效,带动了产业融合和地方发展。

1 工程概况

本次选取江苏平原圩区具备代表性的固城湖及宿迁市洪泽湖片区为典型,其中固城湖项目区位于高淳区永胜圩,分属砖墙镇、阳江镇,为国家现代农业产业园,以养殖河蟹为主。项目区西高东低,南高北低,地势平坦,养殖区域通过固城湖及横溪河的涵洞引水,并通过排涝泵站外排至固城湖。洪泽湖项目区位于泗洪县,分属龙集镇、半城、龙东镇,位于淮河下游,洪泽湖西畔,水系发达,区域内以养殖河蟹、虾及鱼类为主。

“十四五”期间,由于项目区农业面源、上游客水等多种因素影响,下游河道国省考断面水质存在波动,持续稳定达标压力大。为了削减养殖尾水中氮磷等污染物,减小农业面源污染对地表水环境质量的影响,提升水生态环境质量,江苏省对照《池塘养殖尾水排放标准》,推进养殖池塘生态化改造工作,采取“溢流坝—沉淀池—表面流人工湿地—生态塘”等方式,集中处理养殖尾水后达标排放,对提升水环境质量和助力国省考断面等稳定达标意义重大。

2 尾水净化工艺

2.1 原位净化技术

2.1.1 微生物

往池塘投放有益微生物并改良水中微生物优势种群,可起到降解水体亚硝酸盐、氨氮、有机物、抑制病原微生物、提高水产品免疫力的作用。

2.1.2 水生动植物

通过套养常见的滤食性水生动物包括鲢、鳙、蚌、螺蛳等,滤食水体中藻类等浮游生物和颗粒悬浮物,提高水体透明度,净化水质。除了滤食性鱼类,也可以投放鲴亚科等碎屑食性鱼类,既能提高饵料利用率,又具备一定的经济效益。

水生植物包括沉水植物、浮水植物^[3-4]对氮磷的削减率可高达70%以上,利用其根系吸收水体氮磷营养物,然后通过收割移除营养物。也可通过生物浮床为载体,根据不同水质状况种植相应水生植

物,以确保对水体氮磷等污染物的高效削减。

2.1.3 池塘原位改造

池塘整治前先排水晒干、清淤,去除底泥中的腐殖质和污染物。其次是池塘坡面整治,减少现状塘埂坍塌、杂草腐烂等带来的外源污染,鱼、螺蛳塘宜采用生态预制块护坡,虾、蟹塘宜采用防渗膜护坡。最后池塘应配备增氧设备,提高曝气程度,增强水体生物的活性。

2.2 异位净化技术

2.2.1 “四池三坝”或“三池两坝”技术

该净化技术适用于百亩以上集中成片的淡水养殖池塘,是农业农村部2019年农业主推技术。整体规划区域布局,形成完备的进排水体系、格田成方、道路体系等,集成物理沉淀、过滤、微生物分解、水生动植物吸收、曝气等技术,形成“沉淀区—过滤坝—曝气区—过滤坝—生物净化区—过滤坝—洁水区”的生态净化体系,尾水达标后排至外河或泵抽回至养殖塘内循环利用^[5]。该技术占用6%~15%养殖面积,其中鱼类对净化区面积要求更高。为保证水流停滞时间及净化效果,应确保沉淀区与洁水区面积足够大,沉淀区、曝气区、生物净化区、洁水区的占比宜为45:5:10:40,鱼类养殖建议采用“四池三坝”技术,虾蟹类养殖建议采用“三池两坝”技术。

江苏省地方标准《淡水池塘循环水健康养殖三级净化技术操作规程》(DB32/T3238—2017)对“三池两坝”进行了改良,构建“排水渠道或河道(一级净化系统)—溢流堰—净水池塘(二级净化系统)—潜流堰—蓄水池塘(三级净化系统)”净化体系。该项技术通过溢流堰和潜流堰将净化区分为三级分区,且利用提水泵形成养殖区水循环系统。溢流堰材质为钢筋混凝土,墙顶高出净水池塘水面30~50 cm。潜流堰采用鹅卵石坝身,坝宽1~3 m,顶部高出溢流堰0.5~1 m。

2.2.2 工厂化循环水养殖技术

该技术应用于鱼类淡水池塘养殖,适合连片且规模中等的池塘,包括流水槽、鱼粪集污池、导流堰、集污装置、推水增氧装备、鱼菜共生装置及吊装设备等。在鱼塘中增设流水槽,将主养鱼类品种放于其中,池塘用作鱼粪收集和尾水处理,该模式集污效果为20%~30%。槽外池塘可通过鲢、鳙等滤食性水生动物及水生蔬菜等进行生物净化,养殖粪污的资源化利用效果较好。

2.2.3 养殖池塘底排污技术

该技术适合小规模鱼类淡水池塘养殖,将池塘

底部改造成圆角锅底状,“锅底”设置排污口并与岸上排污井相连通。通过底层增氧设备或水车式增氧机推动水流缓慢旋转,使残饵、鱼粪等在离心力作用下汇于排污口,将出水口底部连通管拔出,底部污染物随水体在水压力作用下冲刷出去。每隔2 d排污1次,每次排水约2~3 m³。粪污收集沉淀后可作肥料,上清液循环入水塘利用。该技术项目占地小,可实施性强。

2.2.4 复合人工湿地技术

多应用于养殖池塘连片区域,净化水质的原理是将物理、化学和生物三重作用相融合,一般通过生态沟渠、沉淀塘、表流湿地及潜流湿地等多类型人工湿地组合的工程措施来实现。湿地系统中填料床由卵砾石填料和土壤等混合形成,排水可在填料间隙中蜿蜒流动,在不同配比的基质填料上配备特定的成活率高、净化能力强的水生植物,可更大程度上削减氮磷等污染物。湿地建设时需综合考虑水力参数和污染物去除效率,通常情况下水体接纳能力水平潜流湿地大于表流湿地,水力停留时间以表流湿地最长,经方案比选,养殖尾水净化建议采用水平潜流湿地及表流湿地相结合。

3 整治工程方案

3.1 池塘、沟渠工程

3.1.1 水源和进排水沟渠

养殖区总进水口设置在水源上游位置,总排水口建在下游。取水水源如为敏感水体,头部设置蓝藻拦截设施。养殖区进水、排水通道必须分开,进水、排水通道一般与池塘交替布置,池塘的一侧进水、另一侧排水,确保水体在池塘内充分流动混合。沟渠要复核过水断面,适当拓浚,满足养殖的供水及排水要求,沟渠两侧可种植景观类水生植物或经济类水生蔬菜,构建生态廊道。如水流流速较大,建议沟渠采用生态预制块或混凝土防护,占地受限不具备刷坡条件处,可采用木桩或自嵌式挡墙等护坡型式进行防护。

3.1.2 进排水管道

如区域内不具备明渠明沟新开挖条件,可采用管道进水或管道排水。虾蟹塘的补水定额宜为4 500~6 750 m³/hm²,鱼塘的补水定额宜为6 000~9 000 m³/hm²,每块养殖池塘布置1~2个进水阀。进水主管管径宜为De280~De500,材质为HDPE。片区按照20~35 d排水周期计算排水水量,求得干支管规模,管径≥600建议钢筋混凝土管,管径<600时采

用HDPE缠绕结构壁管(环刚度≥8 kN/m²)。在养殖池塘最低点预留UPVC退水支管,支管上端与塘内常水位齐平,通过插拔弯头满足尾水排放需求。平日可通过退水口将塘内水溢流至尾水收集主管中,实现退换水功能;需排干时,可利用潜水泵将尾水就近接入检查井(钢筋混凝土模块井)内通过尾水主管排入净化池或净化处理设备。

3.1.3 养殖池塘规格

池塘一般为长方形,东西朝向,长宽比宜为2:1~4:1,规格基本一致。成鱼养殖池塘通常为0.67~1.33 hm²,克氏原螯虾、罗氏沼虾、河蟹养殖塘0.67~2 hm²,青虾养殖塘0.33~0.67 hm²,苗种塘均为0.13~0.33 hm²;成鱼养殖塘深度2.5~3.0 m,鱼苗养殖塘深度1.5~2.5 m,虾、蟹养殖塘深度0.8~1.5 m,池塘底部保持平坦,塘底淤泥厚度建议不超过0.2 m,进水到排水侧可设置一定倾斜坡度,横纵向挖2~4道20~40 cm浅槽,方便池塘排水及捕捞等。

3.1.4 塘埂及护岸形式

塘底土方平整后多余土方可用作加宽改造塘埂,塘埂应平顺统一,顶宽结合实际需求(如交通、埋电线杆、检查井等)建议留1~5 m,塘埂坡比一般为1:1.5~1:2.0。塘埂易受水流冲刷及人为活动破坏,导致坍塌,故建议采取相应防护措施,常用的护坡材料有预制混凝土块、现浇混凝土、网片及防渗膜等。

3.2 净化区工程

3.2.1 规模

本次选取两个典型项目区均采用三池两坝工艺,净化区的规模可根据不同的养殖品种的产排污系数计算,一般不低于养殖面积的6%~15%:

$$S_0 = (666.7 \times T_0 \times H_0 \times Q \times K) / (M_0 \times K_0 \times \Delta h \times T) \times S \quad (1)$$

式中, S_0 为养殖塘面积,m²; S 为净化区面积,m²; T_0 为水产品养殖周期,d; H_0 为养殖塘水深,m; Q 为净化区水生植物覆盖率,%; K 为水生植物对污染物吸收系数,g/m²; M_0 为水产品单位面积产量,kg; K_0 为水产品产排污系数,g/kg; Δh 为每次换水深度,m; Δ_n 为换水塘所占比例; T 为水生植物生长周期,d。

3.2.2 设备配套

①沉淀区深度建议不低于2.5 m,区域内设置“之”字型围隔,延长尾水停滞时间。

②曝气区内曝气头密度不宜低于3~5 m²/个,安装高度高于池底30 cm,罗茨风机功率每100个曝气头不低于3 kW,室外条件采用不锈钢罩保护。曝气

池底部及周边建议采用防渗膜或预制块防护,以免后期曝气头堵塞。

③过滤坝外部框架可采用钢架结构,内部填充陶粒、火山石、细沙、碎石、棕片和活性炭等不同种类的滤料,坝宽不宜低于2 m;坝长不宜低于6 m,坝高与塘埂基本持平,坝前设置一道细网,拦截落叶等漂浮物,同时应复核泄洪能力,如不满足可增设排水复核闸门。

④碳素纤维草及水生植物配套。生物净化池可增设碳素纤维生态草,采用生物膜技术净化受污染水域,每束生态草均由12 000根直径为7 μm 的载体填料经过编织加工构成。

各净化区域内均需适当种植水生植物来吸收利用水体中营养物质,提升水体净化效果。沉水植物品种可选择伊乐藻、轮叶黑藻、菹草、苦草及金鱼藻等,挺水植物可选择荷花、铜钱草、美人蕉、菖蒲、千屈菜、再力花等。

3.3 智能化工程

3.3.1 设计目标

搭建集资讯服务、交易服务、养殖监控于一体的智能渔业全产业链服务平台,为养殖户、贸易商、消费者在生产、交易、采买等环节提供全方位支撑,并对各环节过程中产生的有效数据进行大数据分析,实现行业经营指导。

3.3.2 水质监测及视频监控系统

前端各塘口布设氨氮、溶解氧、pH、温度4个参数的传感器,通过塘口控制箱中水质监测智能网关模块采集、传输数据,养殖户、管理单位可在各分控中心、办公区域等通过电脑及手机实时监看池塘水质数据;经过平台处理的数据向其他业务系统提供可靠数据支撑,自动化控制系统依据数据自动启闭池塘增氧设备,电子商务系统可向消费者展示水产品生长环境,增强消费者购买信心。

3.3.3 视频监控系统设计

前端视频采集摄像机实时采集现场视频信息,通过有线或无线平台专网传输至中心机房,进行存储,编解码推流处理,养殖户等通过电脑或手机监看塘口实时视频,查看塘口环境,设备工作状态及安全防护状态。电子商务系统也可以向消费者展示水产品生长周期的视频监控素材及塘口实时视频。

3.3.4 自动化控制系统设计

通过物联网智能控制终端对每个养殖池的增氧设备进行自动控制,可自行设定阈值,当养殖池溶解氧超过阈值,增氧设备自动启闭,或可通过软

件系统来进行远程控制。自动化控制系统也可扩建自动投饵设备,有效避免重复、过量饲喂,提高饲料利用率。

3.3.5 平台软件设计

“水产养殖业信息化服务管理平台”将前端水质监测、视频监控数据采集、处理、存储,将抽象的数字可视化,各层级用户在监控中心、塘口值班房,通过手机、电脑实时查看。同时平台软件将采集的数据供其他功能模块调用,形成数据共享。平台需建设门户网站、公众号等对外信息交互窗口,同时开发以下功能模块:生产管理系统和水产品溯源系统。利用计算机信息技术和物联网技术打造“来源可溯、去向可查、责任可追”水产品生产安全体系,让消费者能够通过扫描二维码快速查询所购买到的水产品信息,放心食用。

3.3.6 机房及网络建设

系统平台设1个中心机房,中心机房布设大面积拼接屏或小间距LED显示系统,所有服务器资源布设在中心机房。

3.4 其他工程

养殖区范围内需同步完善道路、渔业设备、电力设施、生活生产管理用房等配套设施。

道路。道路设计应能满足生产及通行车辆的总体需求,主干道宽度一般不低于3 m,次干道宽度不低于2 m。

渔业设备。投饵机、增氧机(水车式、微孔曝气等)、水泵等设备应能满足生产及水质净化所需。

电力设施。供电功率配置能满足生产实际所需,每一处塘口电源均能到达,并做有应急供电措施。

生活生产管理用房。生活用房和库房分隔布置,库房中渔具、饲料、药品等分开放置。生产用房面积约30~45 m^2 。具备条件的可增设办公用房,含技术室、管理室、档案室、财务室、水质分析与病害防治室等。

标识标牌及其他设施。中大型养殖区可设置标识标牌,促进品牌营销,主要包括:科普教育牌、安全警示牌、大型平面指示牌、方向指示牌、出入口导向牌、小型节点指示牌、公共信息指引牌、景点说明牌等。养殖场区根据需要建设围墙、围栏等防护设施。

3.5 生态效益

经江苏省渔业生态环境监测站及宿迁市泗洪环境监测站水质监测结果数据分析,项目区的建成可有效削减排水中TN、TP、 COD_{Mn} 及悬浮物等污染

(下转第48页)

明区域总体往好的方向发展,但近年来水资源对社会经济和生态环境的发展呈现出制约作用;(2)苏北地区复合系统的耦合协调度10年间整体呈现增长趋势,尽管苏北地区总体协调发展水平呈现上升态势,但与高层次协调发展目标仍存在差距,亟待进一步优化提升。空间上,各市发展速度存在一定差异,耦合协调度呈现出东南和西北地区较高,而中间区域较低的格局。

综上,在苏北地区“水资源-社会经济-生态环境”复合系统中,水资源系统对整体运行发挥着核心驱动作用,需依托科技手段进行水资源策略优化,构建与社会经济发展及生态环境保护协调适配的水资源配置体系,以提升区域多系统的耦合协调发展水平。

参考文献:

- [1] 唐家凯. 沿黄河九省区水资源承载力评价与障碍因素研究[D]. 兰州:兰州大学,2021.
- [2] 张凤太,苏维词. 贵州省水资源-经济-生态环境-社会系统耦合协调演化特征研究[J]. 灌溉排水学报,2015,34(6):44-49.
- [3] 张文睿,孙栋元,王亦可,等. 河西走廊水资源-生态环境-社会经济系统耦合关系及时空分异[J]. 干旱区研究,2024,41(9):1527-1537.
- [4] 张恬姿,王小军,齐广平,等. 甘肃省水资源-经济社会-生态环境耦合协调演变分析[J]. 水利水运工程学报,2023(2):53-63.
- [5] 刘丙军,黄睿,于海霞,等. 广东省社会经济-水资源复合系统协调度评价[J]. 人民珠江,2020,41(5):38-42.
- [6] 白美霞,王高旭,张轩,等. 青海省水资源-环境-社会经济系统耦合协调特征[J]. 人民黄河,2023,45(4):70-75,91.
- [7] 贾晴雯,董增川,朱圣男,等. 江苏省水生态与经济耦合协调度评价[J]. 水利经济,2022,40(3):42-47,94.
- [8] 刘科,韩路,范聪喆. 关中地区水资源-社会经济-生态系统耦合协调发展评价[J]. 水利建设与管理,2023,43(11):6-12,16.
- [9] 苏莹,董增川,崔璨,等. 湖南省“水资源-经济社会-生态环境”耦合系统协调发展评价[J]. 中国农村水利水电,2023(7):63-73.

(上接第42页)

物。其中高淳项目区TN、COD_{Mn}去除率约20%~40%,TP、悬浮物的去除率超过50%,泗洪项目实施前养殖尾水水质情况是: $\rho(\text{TN})=4.3 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TP})=0.56 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})=17.84 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{SS})=79 \text{ mg/L}$,项目实施后养殖尾水水质情况是: $\rho(\text{TN})=3 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TP})=0.4 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})=15 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{SS})=40 \text{ mg/L}$,处理后水质均可满足《淡水池塘养殖尾水排放限值》(DB32/4043)一级排放限值。经测算,泗洪项目区年削减污染物TN 10.1 t,TP 1.2 t,高锰酸盐指数22 t,悬浮物302.4 t。

4 结 语

应用养殖池塘原位及异位净化技术,构建适用于平原圩区的“沉淀区-过滤坝-曝气区-过滤坝-生物净化区-过滤坝-洁水区”的养殖尾水生态净化体系,有效提高了水资源利用率,节约农业用水,削减氮磷等污染物排放,有效控制了面源污染,实现尾水达标排放,保障省国考断面水质。通过物联网智

能化建设,实现水产养殖监测数据的实时采集、实时通信及精准分析,以及水产养殖管理的智能化、移动化,促进水产养殖的信息化水平进一步提高,为精准分析和研判水产运行状态、防范和化解生产风险以及保证产品质量提供有力保障。

参考文献:

- [1] 陈义浦,高健,王宁. 生态化岸坡在圩区河道治理工程中的应用与探讨[J]. 江苏水利,2024(8):17-21.
- [2] 付龙龙,潘建林. 2021年江苏河蟹产业存在的主要问题与2022年应对策略[J]. 科学养鱼,2022(4):1-2.
- [3] 林连升,缪为民,袁新华,等. 沉水植物在池塘养殖生态系统中的水质改良作用[J]. 水产科学,2005,24(12):45-47.
- [4] 聂司宇,孟昊,李婷婷,等. 水生植物对富营养化水体中氮磷去除的研究进展[J]. 环境保护与循环经济,2020,40(4):47-51.
- [5] 刘梅,原居林,倪蒙,等. “三池两坝”多级组合工艺对内陆池塘养殖尾水的处理[J]. 环境工程技术学报,2021,11(1):97-106.