

# 环境工程技术在内蒙古设施渔业中的应用与优化路径研究

都冰冰<sup>1</sup>, 乔李艳<sup>1</sup>, 鲍祉澄<sup>2</sup>, 杨文博<sup>1</sup>, 刘新宇<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大连海洋大学经济管理学院, 辽宁 大连

<sup>2</sup>大连海洋大学机械与动力工程学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2026年5月3日; 录用日期: 2026年6月3日; 发布日期: 2026年6月16日

## 摘要

设施渔业依托工程化设施与信息化技术, 是实现渔业转型升级与生态环境协同优化的重要途径。本文以内蒙古设施渔业为研究对象, 从环境工程技术视角, 系统分析区域设施渔业的设施与装备系统、养殖模式及品种结构演进特征, 重点探究循环水养殖、盐碱地资源化、鱼菜共生、温控与水质智能调控等关键技术在节水减排与高密度养殖中的应用成效。研究结果表明, 内蒙古已形成以池塘设施养殖与陆基循环水养殖为主体的多元发展格局, 核心环境工程技术的集成应用有效提升了养殖效率与生态安全水平, 但产业发展仍面临政策供给不足、装备国产化程度低、系统稳定性不足等问题。基于此, 本文提出加强顶层设计、完善标准体系、推动尾水处理与生态修复协同发展等对策, 明确环境工程技术与设施渔业深度耦合是干旱半干旱地区渔业绿色发展的关键支撑, 以期为全国同类生态约束地区发展资源节约型生态渔业提供理论参考与实践范式。

## 关键词

设施渔业, 环境工程技术, 循环水养殖系统, 盐碱地资源化, 鱼菜共生

# Study on the Application and Optimization Paths of Environmental Engineering Technology in Facility Aquaculture in Inner Mongolia

Bingbing Du<sup>1</sup>, Liyan Qiao<sup>1</sup>, Zhicheng Bao<sup>2</sup>, Wenbo Yang<sup>1</sup>, Xinyu Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Economics and Management, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

<sup>2</sup>School of Mechanical and Power Engineering, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

文章引用: 都冰冰, 乔李艳, 鲍祉澄, 杨文博, 刘新宇. 环境工程技术在内蒙古设施渔业中的应用与优化路径研究[J]. 海洋科学前沿, 2026, 13(2): 132-138. DOI: 10.12677/ams.2026.132018

Received: May 3, 2026; accepted: June 3, 2026; published: June 16, 2026

## Abstract

Relying on engineered facilities and information technology, facility aquaculture is a critical pathway to realize the transformation and upgrading of the fishery sector and the coordinated optimization of the ecological environment. Taking facility aquaculture in Inner Mongolia as the research object, this paper systematically analyzes the evolution characteristics of facility and equipment systems, aquaculture models, and breed structure of regional facility aquaculture from the perspective of environmental engineering technology. It focuses on investigating the application effects of key technologies including recirculating aquaculture, saline-alkali land resource utilization, aquaponics, and intelligent temperature control and water quality regulation in water saving, emission reduction and high-density aquaculture. The research results show that Inner Mongolia has formed a diversified development pattern dominated by pond-based facility aquaculture and land-based recirculating aquaculture. The integrated application of core environmental engineering technologies has effectively improved aquaculture efficiency and ecological security, while the industrial development still faces challenges such as inadequate policy supply, low localization rate of core equipment, and insufficient system stability. On this basis, this paper puts forward countermeasures including strengthening top-level design, improving the standard system, and promoting the coordinated development of aquaculture tail water treatment and ecological restoration. It clarifies that the deep coupling of environmental engineering technology and facility aquaculture is the core support for the green development of fishery in arid and semi-arid regions, with a view to providing a theoretical reference and practical paradigm for the development of resource-saving ecological fishery in similar ecologically constrained regions across China.

## Keywords

Facility Aquaculture, Environmental Engineering Technology, Recirculating Aquaculture System (RAS), Saline-Alkali Land Resource Utilization, Aquaponics

Copyright © 2026 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

设施渔业是一种以现代工程技术为支撑，通过集约化、智能化手段控制水温、水质等环境因素的高效水产养殖模式[1]。其核心优势在于突破传统渔业对自然资源的依赖，利用循环水系统、物联网监测等技术实现水资源高效利用，单位产量可达传统池塘养殖的5到6倍，同时通过精准投喂和环境调控，大幅降低药物残留和生态污染风险，形成绿色低碳的生产方式[2]。我国自2023年起将设施渔业纳入现代农业重点工程当前全国设施渔业已形成规模化发展态势，工厂化循环水、陆基圆池等新型模式贡献显著，标志着我国渔业正从“靠天吃饭”向科技驱动的现代化转型迈进[3]。

在粮食安全推动设施渔业发展的背景下，内蒙古自治区依托其丰富的盐碱地资源与冷水资源禀赋，积极探索发展设施渔业，旨在突破传统水产养殖的资源约束，实现绿色高效发展。本研究明晰了内蒙古自治区设施渔业的发展路径与核心优势，精准识别了制约产业升级的关键问题，并针对性提出发展建议，以期为全国类似地区发展资源节约型生态渔业提供有益参考。

## 2. 内蒙古设施渔业发展的设施与装备体系现状

### 2.1. 多元养殖模式协同发展与空间集约布局

内蒙古自治区设施渔业已形成以池塘设施养殖、陆基设施养殖为核心，涵盖大水面生态养殖的多元化发展格局，产业覆盖全区 11 个盟市(锡林郭勒盟除外)，能够充分结合地域资源禀赋实现差异化布局。其中池塘设施养殖以循环水技术为核心，年总产量 5083.4 t，占内蒙古设施渔业总产量的 90%以上，具体包含流水槽循环水养殖、温棚养殖、鱼菜共生系统三类细分形态，流水槽循环水养殖水体规模达 29,660 m<sup>3</sup>，以鲤鱼、柳根鱼为主养品种，年产量 83.1 t，单位水体产量较传统池塘提升 3 倍；温棚养殖面积积达 12904.1 亩，主养南美白对虾等高附加值品种，年产量 4721.5 t，产值占比达 95.6%；鱼菜共生系统养殖面积 520 亩，通过生物链循环实现尾水净化，主养中华绒螯蟹等品种，综合利润率达 49.5% [4]。

陆基设施养殖是内蒙古盐碱地资源化利用的创新实践载体，全区陆基养殖规模达 24.78 万立方米，年产量 757.4 t，其中工厂化循环水系统养殖水体 29,722 m<sup>3</sup>，采用多层立体设计，主养柳根鱼、加州鲈，单位水体产量达 4.95 kg/m<sup>3</sup>，较传统模式提升 8 倍；陆基圆池循环水模式养殖水体 18267 m<sup>3</sup>，通过盐碱地改造养殖鲤鱼、丁鲷等，水体利用率提高 40%，鄂尔多斯等地已实现“海鲜陆养”产业化；室内鱼菜共生系统养殖水体 6192 m<sup>3</sup>，匙吻鲟、鲈鱼等高价品种占比超 90%，养殖尾水循环利用率达 95%。大水面设施养殖以生态承载力约束为前提进行有限开发，全区网箱养殖规模仅 6700 m<sup>2</sup>，年产量 52 t，以鲤鱼为主养品种，集中于湖泊资源丰富的呼伦贝尔等地。

### 2.2. 养殖品种结构优化与特色规模化发展

内蒙古设施渔业已形成鱼类、虾蟹类、藻类三大核心养殖类群，其中鱼类以虹鳟、鲟鱼、黄河鲤为主，虾蟹类以南美白对虾、河蟹为主，藻类以螺旋藻、盐生杜氏藻为主，实现了品种结构的特色化与规模化升级。赤峰市喀喇沁旗通过引进“虹鳟水科 1 号”等新品种，实现工厂化养殖单产突破 20 kg/m<sup>3</sup>，较传统池塘增产 15 倍；杭锦旗利用陆基高位池培育南美白对虾，通过盐度调控技术实现“北虾南养”，亩产达 800 kg；全区螺旋藻工厂化养殖规模居全国前列，年产量占藻类总产量的 72%，产品附加值提升 300% [5]。

### 2.3. 盐碱地资源化开发与内陆“海鲜陆养”产业带构建

鄂尔多斯市、巴彦淖尔市、乌海市三地协同开发盐碱水土资源，形成全国最大内陆“海鲜陆养”基地。其中鄂尔多斯市通过盐度调控技术实现南美白对虾年产量 465 t，成活率提升至 85%；巴彦淖尔市河蟹养殖规模达 340 t，亩产效益超传统池塘 3 倍；乌海市建成 200 亩标准化温棚及 600 m<sup>2</sup> 虾苗淡化车间，育苗自给率达 90%。鄂托克旗螺旋藻产业园以 4921 座养殖大棚、4921 亩养殖面积实现年产 4500 t 藻粉，盐碱水利用率达 95%，成为全球重要的螺旋藻供应基地[6]。

### 2.4. 冷水资源利用与冷水渔业全产业链发展

依托区域丰富的冷水资源优势，赤峰市、兴安盟、呼伦贝尔市等地形成了完善的冷水鱼产业矩阵。赤峰市建成 5000 m<sup>3</sup> 冷水鱼工厂化养殖系统，配套拓展生态池塘 200 亩，虹鳟、金鳟单位产量达 25 kg/m<sup>3</sup>，并实现拉氏鲮、雅罗鱼等土著品种的规模化繁育；兴安盟阿尔山市 3400 m<sup>3</sup> 流水养殖基地采用阶梯式温控技术，实现哲罗鲑、细鳞鱼年产量突破 80 t，终端售价达 200 元/kg；呼伦贝尔市利用诺敏河天然冷水资源，开展细鳞鱼、哲罗鱼工厂化流水养殖，2024 年产值超 50 万元，综合利润率提升至 40%。

整体来看，内蒙古通过“空间适配性布局”，将盐碱地、冷水资源等生态约束转化为产业优势，形成“科技密集区 - 盐碱特色带 - 冷水经济链”三维发展网络，特色品种产值占比达 78%，单位资源经济产

出较传统模式提高 5 到 8 倍[7]。

### 3. 内蒙古设施渔业发展中的环境工程技术应用分析

#### 3.1. 多元养殖模式配套的环境工程技术应用

内蒙古设施渔业多元养殖模式的发展，核心依托环境工程技术在水质调控、资源循环利用、生态保护和生产效率提升方面的核心支撑作用。池塘设施养殖作为产业主体，核心应用循环水养殖系统技术，通过水体循环利用、营养物质平衡和病害控制，实现水资源节约与养殖效率提升。其中流水槽循环水养殖通过工程化设计的水流循环系统和在线溶氧监测，实现水体水质动态调控，降低氨氮、亚硝酸盐累积，减轻排水对环境的影响；温棚养殖配套自动控温、曝气及水质在线监测系统，有效控制养殖环境温度、溶解氧和 PH 波动，减少病害发生，同时实现水体循环利用，降低对外部水源的依赖；鱼菜共生系统通过水体生物链循环净化尾水，借助植物根系对氮磷的吸收及微生物降解实现尾水闭环回用，在稳定水质的同时减少环境排放，实现养殖与种植的协同增效。

#### 3.2. 品种结构优化适配的环境工程技术体系

不同养殖品类在生态习性、营养需求和环境敏感性上存在显著差异，内蒙古设施渔业品种结构的优化升级，依托针对性的水环境调控与工程技术措施形成了完善的适配技术体系。工厂化鱼类养殖以循环水养殖系统(RAS)为核心，通过沉淀池、机械过滤、微生物滤池和紫外杀菌等多级处理工艺，对水体进行物理、化学及生物全流程处理，确保溶解氧、氨氮、亚硝酸盐等关键水质指标稳定在适宜范围，配套智能监控设备实时监测水温、溶解氧及 PH 值，结合自动增氧、温控与排污策略，实现高密度养殖与生态安全的协同。陆基高位池虾蟹养殖核心应用盐度调控与废水管理技术，通过人工调节水体盐度模拟南方养殖环境，配套水质监测、盐度精准调控及废水处理系统，利用高位池的自然沉降和循环过滤系统去除养殖废物和残余饲料，配合微生物生态滤池或生物膜反应器降解氨氮及有机污染物，保障高密度养殖下水体生态稳定。藻类工厂化养殖核心应用光能利用与废水循环技术，通过闭式或半闭式光照池系统结合水循环与二氧化碳供给技术，精确调控光能与营养环境，提升藻体生长效率，养殖水体经过沉淀、过滤和消毒处理后循环使用，实现水资源节约和养殖废水减量化[8]。

#### 3.3. 集约化养殖升级的环境工程技术支撑

内蒙古集约化养殖的升级发展，核心依赖循环水系统、水质在线监测及自动化控制等环境工程技术手段。包头市规模化工厂化养殖系统单产的大幅提升，不仅源于养殖密度的增加，更核心的是循环水系统的高效水处理能力，通过物理沉淀、机械过滤、微生物生物滤池及在线溶解氧监测，能够持续将水体氨氮、亚硝酸盐等有害物质控制在安全浓度范围，大幅降低环境排放压力。呼和浩特市全封闭循环水养殖系统，通过全封闭循环结构和水质动态监测技术实现 98%的水资源循环利用率，有效降低淡水消耗，同时通过在线监控和智能控制系统优化水流速度、氧气注入及温度调控，保障高密度养殖下鱼类的生长性能和健康水平，充分体现了水环境工程与养殖工程耦合优化的技术思路[9]。

#### 3.4. 盐碱地资源化利用的环境工程技术实践

盐碱地养殖属于典型的资源化利用工程，其核心在于水土调控技术与生态循环设计的融合应用。内蒙古盐碱地“陆养海鲜”模式的落地，核心依托三类环境工程技术：一是盐度调控与水质管理技术，通过水盐调控和循环流体技术，将盐碱水调节至适宜虾类生长的浓度区间，大幅提升养殖品种成活率；二是淡化与育苗系统工程技术，通过标准化温棚、虾苗淡化车间的工程化建设，配套机械化淡化和自动补

水系统，实现苗种本地化繁育，降低外部水资源依赖；三是废水资源化与循环利用技术，以盐碱水作为螺旋藻养殖的主要培养基，通过养殖大棚工程设计和生物处理技术，将盐碱水利用率提升至 95%，减少排放对周边环境的压力，实现盐碱水资源的高效循环利用。上述技术充分体现了环境工程在“水-土-养殖生物”系统中的耦合应用，实现了生态约束资源向产业价值的转化。

### 3.5. 冷水渔业全链发展的环境工程技术应用

内蒙古冷水鱼产业链的发展，以自然冷水资源为基础，结合温控、流水养殖和生态池塘工程技术，实现高效养殖与环境保护的平衡。其中温控流水养殖技术通过阶梯式温控系统设计，利用不同温区的循环水流，为哲罗鲑、细鳞鱼等冷水品种构建最佳生长环境，同时降低疾病风险和药物使用量；生态池塘工程将工厂化养殖与半自然生态池塘相结合，利用自然微生物群落和沉积物处理水质，增强系统自净能力，形成“工程 + 生态”的复合循环模式；天然冷水资源利用与水质调控技术，依托天然河流冷水资源，通过工厂化流水养殖工程设计控制水流速度和溶解氧浓度，实现冷水鱼高产养殖，同时减少对外部能源的依赖，实现绿色循环养殖。这些技术不仅提升了单位水体产量和经济效益，也实现了冷水资源的可持续利用和环境负荷最小化。

## 4. 内蒙古设施渔业发展的现存问题

### 4.1. 政策支持体系不完善与产业链协同不足

当前内蒙古设施渔业发展仍受政策导向和资金支持不足的制约，环境工程技术在设施渔业中的应用需要较高的前期投资，尾水处理系统、循环水养殖系统和智能监控设备等核心设施的建设，尚未获得系统性的财政资金和专项补贴支持。政策引导的缺失，导致企业对绿色技术和智能设施的投资积极性不高，产业规模化、标准化建设难以推进，整体绿色发展水平偏低。同时从环境工程视角来看，产业链各环节缺乏协同优化机制，生产端池塘养殖尾水的处理、再利用技术推广不足，加工环节冷链物流和水产精深加工设施缺乏节能、环保技术应用，销售环节信息化、数字化管理不足，导致全产业链资源利用效率偏低、碳排放管理难以优化，全链条环境管理体系不完善，难以形成绿色、低碳和可持续的产业集聚模式。

### 4.2. 核心技术自主化不足与专业人才储备短缺

内蒙古设施渔业在关键环节缺乏自主研发能力，环境工程技术应用存在明显短板，循环水系统的水质调控技术、尾水处理与再利用技术、生态养殖系统优化设计等核心技术均依赖外部技术和设备。养殖用水、营养盐及废弃物处理的标准化程度低，不仅增加了水体污染风险，也导致资源利用效率不足，限制了产业向高效化、集约化和绿色化方向发展。同时，环境工程技术的落地应用高度依赖专业人才支撑，当前区域内掌握循环水处理、智能监控、生态调控等技能的复合型技术团队数量有限，基层技术推广体系薄弱，养殖企业在水质监测、废水治理、生态平衡调控等环节普遍存在操作不规范现象，直接导致设施运行效能低下，环境风险管理能力不足。

### 4.3. 基础设施建设滞后与生态治理能力不足

内蒙古老旧养殖设施占比较高，现代化、智能化水处理设备和自动化养殖装备普及率低，尾水排放和水质治理设施配套不完善，导致养殖废水中氮、磷等污染物直接排入自然水体，对区域水环境质量造成影响。基础设施改造和升级任务繁重，但技术投入不足，直接制约了环境工程技术在产业中的有效应用。当前区域内生态养殖、资源循环利用和节能减排技术的应用覆盖面不足，水体循环利用率偏低、饲料残余物回收利用不充分、养殖废弃物转化为有机肥或能源的技术应用有限，生态环保理念在生产实践中落实不到

位, 产业发展与生态保护之间尚未形成良性互动, 绿色发展路径尚不明确。同时, 设施渔业水质监测、病害防控和生态调控仍以传统经验为主, 智能监控系统 and 环境工程技术应用不足, 缺乏实时水质监测、尾水在线处理和自动化调控系统, 导致养殖环境风险不可控, 环境事故防控能力薄弱, 制约了产业高质量发展。

## 5. 内蒙古设施渔业环境工程技术的优化路径

### 5.1. 强化政策顶层设计与全产业链协同发展

建立内蒙古自治区设施渔业发展专项政策和分级资金扶持体系, 重点对盐碱地陆基循环水养殖、内陆高盐度地下水南美白对虾养殖、冷水鱼工厂化养殖配套的尾水处理系统、智能监控设备、苗种淡化车间建设给予差异化财政补贴; 对采用鱼菜共生、多营养层级养殖等生态模式的企业免征环保税, 对循环水利用率达到 95% 以上的养殖主体给予年度运营补贴, 通过市场化手段提高企业投资绿色环境工程技术的积极性。同时健全全产业链协同机制, 推动生产、加工、物流和销售环节的环境工程技术协同应用, 将尾水资源化处理与加工环节的冷链物流节能改造相衔接, 形成节能减排闭环; 建立区域性产销信息共享平台, 提高信息透明度, 优化产销衔接效率, 形成产业集聚效应和市场竞争优势; 鼓励龙头企业带动中小企业联合应用先进环保技术, 形成产业联盟, 实现资源共享和绿色增值。

### 5.2. 推动核心技术自主研发与复合型人才培养

重点开展内陆高盐度地下水水质调控、盐碱水养殖尾水低成本处理、冷水鱼阶梯式温控养殖三大核心技术的本土化自主研发, 突破循环水系统在高盐碱、低温环境下的运行稳定性瓶颈; 推广适配内蒙古北方气候特点的智能化水质监测、自动化投饵、精准氧气调控及冬季保温节能设施工程技术, 解决冬季养殖能耗高、水质波动大的问题; 牵头制定适用于内陆高盐度地下水的南美白对虾养殖水质标准、盐碱地养殖尾水排放规范、冷水鱼工厂化养殖操作规程三大地方标准, 填补区域特色养殖技术标准空白, 规范苗种繁育、病害防控、废水排放和资源循环利用全流程。建立产学研深度融合的人才培养和实践体系, 定向培养掌握环境工程技术、养殖管理和智能装备操作的复合型人才; 完善基层技术推广服务体系, 加强对养殖主体的水质监测、尾水治理、生态养殖模式推广与技术指导; 鼓励养殖企业内部设立专业环境管理岗位, 提升一线技术应用能力和设施管理水平, 实现技术落地与产业升级的同步推进。

### 5.3. 加快基础设施升级改造与绿色发展模式构建

推进老旧养殖设施的现代化升级改造, 全面引入智能化循环水系统、尾水处理设备和水质自动监测装置; 推广节能环保型养殖装备, 降低生产能耗和污染排放, 提升养殖设施运行效率; 制定分阶段设施改造计划, 优先完成高污染、高风险养殖区域的绿色改造, 实现生态效益与经济效益的平衡。全面推进资源循环与绿色养殖模式落地, 建立全覆盖的水体循环利用系统, 实现养殖废水净化与闭环回用, 大幅提升水资源利用效率; 推广养殖废弃物资源化技术, 实现废水中氮磷回收、养殖固废转化为有机肥或生物能源的产业化应用; 大力推广多营养层级养殖、鱼菜共生等生态养殖模式, 强化产业发展与生态保护的协同效应。同时构建全流程智能化环境管理体系, 建立实时水质监测平台, 对溶解氧、氨氮、PH 值等关键指标进行在线监测与预警; 引入智能调控系统, 对投饵量、溶氧、温度、废水排放等进行自动化精准调节; 制定完善的环境风险应急预案, 利用信息化手段提升环境事件的预防与应对能力, 保障产业可持续发展。

## 6. 内蒙古设施渔业发展的综合效益分析

### 6.1. 经济效益

通过环境工程技术导向的优化策略实施, 循环水养殖、尾水资源化利用及智能化管理技术的全面应

用,能够显著提升养殖生产效率,降低水资源、饲料和能耗成本,同步提高养殖产量和产品品质。同时,全产业链协同机制的完善与冷链物流体系的升级,能够有效延伸产业链、提升产品附加值,增强区域水产品的市场竞争力,推动设施渔业的规模化和集约化发展,为区域经济增长和养殖主体增收提供稳定支撑。

## 6.2. 环境效益

环境工程技术的全面落地,能够通过尾水处理和水体循环利用,大幅减少养殖废水中氮、磷等污染物排放,降低渔业生产对周边水生态环境的压力。生态养殖模式和资源循环技术的广泛推广,能够实现水资源、营养物质和养殖废弃物的高效利用,推动产业发展与生态保护的良性互动,全面提升内蒙古设施渔业的绿色化发展水平,助力区域水生态环境保护与修复。

## 6.3. 社会效益

复合型专业人才培养体系和基层技术推广体系的建立,能够有效提升区域渔业从业者的技能水平和生态环保意识,为地方就业和乡村产业振兴提供人才支撑。同时,设施渔业的高质量发展能够持续稳定供应绿色、安全、高品质的水产品,有效保障区域水产品供给安全,改善居民膳食结构与生活质量,具备显著的社会效益。

## 参考文献

- [1] Wu, Y., Chen, J., Jia, C., Gui, F., Xu, J., Yin, X., *et al.* (2025) Recent Advances in the Hydrodynamic Characteristics of Industrial Recirculating Aquaculture Systems and Their Interactions with Fish. *Sustainability*, **17**, Article 7946. <https://doi.org/10.3390/su17177946>
- [2] Li, H., Cui, Z., Cui, H., Bai, Y., Yin, Z. and Qu, K. (2023) A Review of Influencing Factors on a Recirculating Aquaculture System: Environmental Conditions, Feeding Strategies, and Disinfection Methods. *Journal of the World Aquaculture Society*, **54**, 566-602. <https://doi.org/10.1111/jwas.12976>
- [3] 王紫薇, 赵万里. 中国设施渔业发展现状与对策研究[J]. 渔业信息与战略, 2024, 39(4): 247-252.
- [4] Okhrimenko, O. and Kononenko, I. (2025) Modern Approaches to Water Purification in Recirculating Aquaculture Systems: A Review. *Ribogospodars'ka Nauka Ukraini*, **3**, 89-110.
- [5] Roy, S.M., Choi, H. and Kim, T. (2025) Review of State-of-the-Art Improvements in Recirculating Aquaculture Systems: Insights into Design, Operation, and Statistical Modeling Approaches. *Aquaculture*, **605**, Article 742545. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742545>
- [6] Ramli, N.M., Verreth, J.A.J., Yusoff, F.M., Nurulhuda, K., Nagao, N. and Verdegem, M.C.J. (2020) Integration of Algae to Improve Nitrogenous Waste Management in Recirculating Aquaculture Systems: A Review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **8**, Article ID: 1004.
- [7] 谢睿文, 娜日苏, 陈浩然. 内蒙古设施渔业发展现状、问题与发展对策研究[J]. 中国水产, 2025(11): 66-68.
- [8] Hashmi, Z., Metali, F., Amin, M., Abu Bakar, M.S., Wibisono, Y., Nugroho, W.A., *et al.* (2025) Recirculating Aquaculture Systems: Advances, Impacts, and Integrated Pathways for Sustainable Growth. *Bioresource Technology Reports*, **32**, Article 102340. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102340>
- [9] Chen, W. and Gao, S. (2023) Current Status of Industrialized Aquaculture in China: A Review. *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 32278-32287.