

大连水产种业节能减排与可持续发展路径研究

赵旭阳, 马 鸣, 张亚茹

大连海洋大学经济管理学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2025年6月14日; 录用日期: 2025年7月11日; 发布日期: 2025年7月23日

摘 要

本研究聚焦大连水产种业, 深入剖析其在可持续发展进程中面临的能源消耗与环境污染问题。通过数据分析与案例分析等, 明确了当前大连水产种业的能源消耗结构以及污染排放现状, 指出传统养殖模式下能源利用效率低、污染物排放量大等突出问题。基于此, 从技术创新、政策支持、产业结构优化等多个维度探索节能减排路径, 旨在为大连水产种业的可持续发展提供科学依据与实践指导, 推动该产业在绿色、低碳的轨道上实现高质量发展, 助力大连海洋经济的可持续繁荣。

关键词

大连水产种业, 可持续发展, 节能减排, 路径探索

Research on Energy Conservation, Emission Reduction and Sustainable Development Path of Dalian Aquatic Seed Industry

Xuyang Zhao, Ming Ma, Yaru Zhang

School of Economics and Management, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

Received: Jun. 14th, 2025; accepted: Jul. 11th, 2025; published: Jul. 23rd, 2025

Abstract

This study focuses on the Dalian aquatic seed industry and deeply analyzes the energy consumption and environmental pollution problems it faces in the process of sustainable development. Through data analysis, case studies, etc., the current energy consumption structure and pollution emission status of Dalian's aquatic seed industry are clarified, and prominent issues such as low energy utilization efficiency and large pollutant emissions under the traditional aquaculture model are pointed out. Based on this, energy conservation and emission reduction paths are explored from multiple dimensions including technological innovation, policy support, and industrial structure optimization, aiming

to provide scientific basis and practical guidance for the sustainable development of Dalian's aquatic seed industry, promote the high-quality development of the industry on a green and low-carbon track, and help the sustainable prosperity of Dalian's marine economy.

Keywords

Dalian Aquatic Seed Industry, Sustainable Development, Energy Conservation and Emission Reduction, Path Exploration

Copyright © 2025 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. 研究背景与意义

大连，凭借其得天独厚的地理优势和丰富的海洋资源，在我国水产种业领域占据着举足轻重的地位。2024 年，大连市水产品产量飙升至 273.4 万吨，同比增长 4.9%。在“双碳”目标与全球气候治理背景下，大连作为中国北方重要水产种业基地，面临产业升级与生态保护双重挑战。

大连海域资源优越，水产养殖产量全国领先，特色品种如海参、虾夷扇贝等产量占全国显著比例，但传统养殖模式高能耗、高排放问题突出，渔船燃油消耗大，养殖废水污染严重，制约海洋经济高质量发展[1]。在能源消耗层面，大连众多水产育苗养殖企业面临着巨大的成本压力。同时，工业废水、生活污水排放增加，加剧近岸海域环境污染，水产种质资源遭受破坏，资源环境约束与产业发展矛盾凸显。因此，深入探索大连水产种业的节能减排路径，不仅是应对全球气候变化、保护海洋生态环境的迫切需求，更是推动大连水产种业转型升级、提升产业核心竞争力、实现可持续发展的必由之路。这对于保障我国水产品供应安全、促进海洋经济绿色发展以及维护海洋生态平衡都具有极为重要的现实意义[2]。

2. 研究方法

本研究综合运用文献调查、数据分析和案例分析等方法，确保研究结论科学可靠。通过系统梳理国内外水产养殖节能减排政策文件、技术成果及大连渔业发展规划，提炼政策工具与技术路径，掌握产业实际情况和节能减排面临的问题。在数据上，整合政府渔业数据、环境监测数据及企业公开等数据，对能源消耗结构、污染排放特征等方面进行分析，并评估节能减排潜力，为政策制定提供数据支撑。案例分析选取本地成功节能减排的水产企业，总结经验以供借鉴。

3. 大连水产种业现状分析

3.1. 产业规模与布局

大连水产种业历经多年发展，已构筑起庞大的产业规模，成为拉动大连海洋经济提升的关键力量。截至目前，全市水产育苗养殖企业数量超过 4000 家，育苗水体总量累计达 800 万立方米。在国家级水产良种场建设方面成果斐然，坐拥 4 个国家级水产原良种场，省级以上原良种场数量多达 26 个。经国家审定的水产新品种已达 6 个，在水产种业技术研发与创新领域处于领先地位。

从产业布局来看，彰显出鲜明的区域特色与集聚效应。长海县凭借其优质的海水资源与适宜的气候条件，成为海参、鲍鱼等海珍品实施育苗养殖的核心区域，拢聚了大量规模化、专业化的育苗企业，形成了成熟的产业链条与产业集群[3]。金普新区在贝类育苗养殖范畴优势显著，集中了众多贝类育苗企业，

其所生产的贝类苗种不仅供应本地，在国内其他养殖地区也广受欢迎。旅顺地区靠着当地强大的科研实力与丰富的人才资源，在鱼类育苗以及水产新品种研发方面表现卓越，为大连水产种业的创新发展注入了源源不断的动力。这种产业布局在充分发挥各地资源优势、带动产业集聚发展的同时，也面临着一些挑战。一些地区因过度聚焦发展单一品种，导致资源过度开发，生态环境压力增大；同时，产业同质化竞争越发激烈，市场风险呈现出相对集中的局面。

3.2. 主要养殖品种与技术

大连水产种业当中养殖品种丰富多样，其中海参、鲍鱼、海胆、扇贝、裙带菜等优势品种在全国市场占据着关键份额。以海参养殖为例，生态养殖模式逐步成为主流模式。这种模式借助在养殖池塘中合理种植大型海藻，如海带、裙带菜等，利用海藻的光合作用把水体中的氮、磷等营养物质吸收，合理调节水质，为海参营造了优良的生长环境。科学投放微生物制剂，促进池塘中有机物的分解与转化，降低有害物质的积累水平[4]。

鲍鱼养殖一般采用工厂化养殖技术，依靠精准把控养殖环境，包括水温、盐度、溶解氧、光照等相关参数，给鲍鱼生长提供了适宜且稳定的环境，大幅缩短了鲍鱼的养殖周期，提高了养殖效益。在工厂化养殖车间里，采用先进的循环水系统，把养殖用水进行过滤、净化、消毒等加工后循环进行利用，水资源利用率颇高，有效降低了养殖废水的排放量。采用自动化投喂装置，参照鲍鱼不同生长阶段的吃食需求精准进行饲料投喂，实现了饲料利用率的提高。

海胆养殖以筏式养殖与底播养殖为主要手段。筏式养殖便于日常管理与收获的实施，于海上安装养殖筏架，吊挂养殖笼，将海胆放置其中进行养殖。底播养殖是要把海胆苗种直接投放至海底合适区域，使其在自然环境里生长，充分利用海底丰富的天然饵料资源，生产出的海胆，其品质比一般的更接近野生海胆。在养殖过程中，不断优化养殖密度与饵料投喂模式，海胆生长速度实现了一定增长，成活率呈现出明显地增长。

3.3. 面临的可持续发展挑战

尽管大连水产种业在产业规模与技术水平上成绩斐然，但在可持续发展道路上依旧面临诸多严峻挑战。从能源消耗的角度讲，伴随产业规模逐步扩大，能源需求大幅增长，能源消耗问题日益变得明显。处于工厂化养殖车间，为维持恰当的养殖环境，不少电力投入到增氧、控温、循环水等设备运行当中。部分传统养殖的设备与技术能源利用效率欠佳，使能源消耗问题进一步恶化。

环境污染问题同样不容小觑。水产养殖过程中产生的大量养殖废水，倘若这些废水未获有效处理便直接排放，极易引起水体富营养化，从而导致赤潮等海洋生态灾害频繁发生，极大破坏海洋生态平衡格局。同时，养殖过程中采用的部分药物和添加剂，可能对海洋生物和生态环境造成潜在危害。种质资源保护与利用方面同样存在不足。部分地方品种由于长期过度捕捞加上养殖环境变差，种质资源出现退化现象，一些优良性状逐渐丧失[5]。在新品种选育与引进过程中，缺乏科学规划与严格管控，存在盲目引进和推广的现象，可能对本地种质资源造成基因污染，威胁生物多样性。

随着全球经济一体化进程加速，水产市场竞争愈发激烈，大连水产种业顶着来自国内外同行的双重竞争压力。如何提升产品质量，打造具有国际竞争力的品牌，扩大市场容量，成为大连水产种业实现可持续发展亟待解决的关键问题。

4. 大连水产种业能源消耗与污染排放现状

4.1. 污染排放来源与影响

大连水产种业的污染排放主要源自养殖废水、固体废弃物和废气。养殖废水是最主要的污染源，富

含大量氮、磷等营养物质。这些营养物质若没有处理就直接排入海洋, 会引发海水富营养化, 为赤潮生物大量繁衍搭建基础。一旦发生赤潮, 会引起大量海洋生物死亡, 极大地破坏海洋生态系统的平衡, 对渔业资源和海洋生态环境造成毁灭性的破坏。养殖废水中剩下的饵料与养殖生物粪便等有机物质, 分解过程中会把大量溶解氧消耗掉, 引起水质进一步恶化。

固体废弃物有残饵、养殖生物尸体以及废弃养殖设施之类。水体里的残饵分解会产生氨氮等一系列有害物质, 污染水质。若不及时清理养殖生物尸体, 会腐烂变质, 滋生细菌和病毒, 传播疾病。废弃的养殖装备, 如塑料养殖笼、绳索等物, 若随意丢弃, 会造成海洋垃圾污染, 破坏海洋景观, 还可能缠绕伤害海洋生物。

在依靠化石能源的养殖场, 如采用柴油发电机的场所, 会有废气排出。废气中含有二氧化硫、氮氧化物以及颗粒物等污染物成分。二氧化硫会造成酸雨的形成, 使土壤和水体酸化, 损害生态环境; 氮氧化物会诱发光化学烟雾等大气污染相关问题, 造成空气质量下降; 颗粒物会对人体健康构成危害。即便水产种业废气排放量跟工业企业相比较小, 但长期积累仍会对周边大气环境产生一定的影响[6]。

4.2. 能源消耗结构与特点

大连水产种业的能源消耗结构以电力为主导。鉴于工厂化养殖、育苗等环节对电力依赖程度高, 就大连水产种业的能源消耗而言, 电力消耗占据主导。此外, 大连水产种业还可能消耗少量化石能源, 如柴油用于渔船或备用发电机, 以及其他可再生能源, 如太阳能、风能等, 但实际使用情况可能较少。

从能源消耗的层面来看, 大连水产种业能源消耗存在明显的季节性变化。在育苗和养殖旺季, 设备长时间连续工作, 能源消耗大幅上涨。不同养殖品种和模式间的能源消耗也存在差异。工厂化养殖必须维持恒定的水温、水质等环境条件, 能源消耗远超传统池塘养殖和筏式养殖水平。此外, 高附加值养殖品种是因为需要更高的养殖密度和更精细的管理, 其能源消耗同样呈现相对更高。

当前, 大连水产种业的能源消耗结构存在一些问题。首先, 能源利用的效率不高, 大量能源在转换和传输过程中被浪费。其次, 能源成本高昂, 增加了企业的运营成本。这些问题不仅制约了大连水产种业的可持续发展, 也对海洋生态环境造成了严重破坏。因此, 探索节能减排路径, 优化能源消耗结构, 提高能源利用效率, 成为大连水产种业亟待解决的问题。

4.3. 现有节能减排技术应用情况

目前, 大连水产种业在节能减排技术的实际上取得一定进展。部分企业引入海水源热泵技术用于水体升温。如大连鑫玉龙海洋生物种业科技股份有限公司推广应用“养殖废水余热回收与水体升温技术”项目, 利用海参育苗废水作热源, 通过海水源热泵集成技术为育苗水体升温。该项目机组日处理废水能力 4000 m³ 以上, 升温新鲜海水 4000 m³/d 以上, 余热回收利用率达 59.2%, 节能 36.1%, 切实降低了能源消耗和生产费用, 同时减少了废水排放对周遭环境的影响。部分养殖场实施循环水养殖系统, 对养殖用水进行过滤、净化、消毒等处理后循环利用, 大幅削减了水资源消耗和污染物排放。

在增氧技术方面, 微孔增氧技术逐渐得到应用。跟传统叶轮式增氧机相比, 微孔增氧机借助在池塘底部铺设微孔管, 将空气以微小气泡形式均匀释放到水体中, 增氧效率更高, 能耗更低。使用微孔增氧技术后, 养殖场电力消耗可有效降低。生态养殖模式推广也取得一定成效。一些海参养殖场构建“海参-海藻-贝类”复合生态系统, 利用海藻吸收水体中的氮、磷等营养物质, 贝类采用滤食摄取有机碎屑, 实现了养殖系统内的物质循环与能量流动, 降低了养殖废弃物的排放水平, 提高了养殖生态系统的稳定性和可持续性。然而, 这些节能减排技术在大连水产种业中的应用范围仍较有限, 一部分企业因资金、技术等原因, 依旧沿用传统高能耗、高污染养殖方式, 节能减排技术的推广和应用面临诸多挑战[7]。

4.4. 节能减排技术的潜在改进方向与未来趋势

随着全球对水产品需求的持续攀升,水产种业在保障粮食安全与经济发展中扮演着愈发重要的角色。然而,大连水产种业在快速发展过程中,能源消耗与污染排放问题逐渐凸显,成为制约产业可持续发展的瓶颈。纵观国内外,已有众多企业通过创新节能减排技术实现绿色转型:东方海洋的循环水养殖系统、菲律宾帕拉亚养虾场的生态养殖模式,以及泽汇渔业的节水技术,都为行业提供了可复制的成功经验。深入剖析这些案例,探索节能减排技术的潜在改进方向与未来趋势,对推动大连水产种业迈向绿色低碳高质量发展,具有重要的现实意义。

(1) 循环水养殖技术的广泛应用

东方海洋作为国家级农业产业化龙头企业,在烟台莱州湾建设的工厂化三文鱼养殖基地,采用“生物滤池+膜过滤+臭氧消毒”的闭合循环水系统。该系统通过微生物降解氨氮、膜组件截留固体颗粒,使水资源循环利用水平较高,相比传统流水养殖能够大量减少用水量,同时能耗有效降低。东方海洋科技股份有限公司通过技术集成实现“零排放”养殖,结合可再生能源降低化石能源依赖,适合规模化养殖企业推广。大连水产种业可以借鉴该企业的经验,推广循环水养殖技术,特别是在高附加值、高能耗的养殖品种中。通过建设或改造循环水养殖系统,实现养殖用水的循环利用,减少对自然水资源的依赖,同时降低养殖废水对海洋环境的污染。

(2) 生态友好型养殖模式的推广

菲律宾帕拉亚养虾场通过引入生态友好型养殖模式,如多营养层级综合养殖系统(IMTA),实现了养殖废弃物的资源化利用[8]。该系统将虾、鱼、贝类等不同营养级的生物组合在一起养殖,利用生物间的相互作用促进物质循环和能量流动,减少了养殖废弃物的排放。大连水产种业可以探索推广生态友好型养殖模式,如“海参-海藻-贝类”复合生态系统等。通过构建多营养层级生态循环系统,实现养殖系统内的物质循环和能量高效利用,降低养殖废弃物的排放水平,提高养殖生态系统的稳定性和可持续性[9]。

(3) 节水养殖技术的创新与应用

泽汇渔业(光泽)有限公司通过优化养殖工艺和管理措施,实现了节水养殖。该公司采用先进的养殖设备和技术,如精准投喂系统、水质监测系统等,减少了养殖过程中的水资源浪费和污染物排放。大连水产种业可以借鉴泽汇渔业的经验,加强养殖工艺和管理措施的创新与应用。通过引入智能投喂系统、水质在线监测系统等先进设备和技术,实现养殖过程的精准控制和优化管理,减少水资源浪费和污染物排放,提高养殖效率和经济效益[10]。

节能减排技术的潜在改进方向与未来趋势主要体现在循环水养殖技术的广泛应用、生态友好型养殖模式的推广、节水养殖技术的创新与应用等方面。大连水产种业应积极借鉴国内外成功案例的经验和做法,结合自身实际情况和特点进行技术创新和应用推广,为实现绿色、低碳、高质量的可持续发展目标贡献力量。

5. 大连水产种业亟需推进节能减排的深层原因

5.1. 生态系统健康维护的必然选择

大连近岸海域养殖密度已逼近环境容量的界限,传统的粗放型生产模式暴露出三大结构性矛盾:一是资源利用效率与产业规模形成倒挂关系,以海参育苗为例,传统土池养殖单位产量耗水量是循环水养殖系统的5倍,能源转化效率比现代化设备的40%还低;二是环境代价与经济产出的不匹配,年养殖废水排放量突破2亿立方米,氮磷污染物超标导致60%以上近岸海域出现季节性富营养化,直接危及到斑海豹、黄海暖流等关键生态要素;三是技术层面代际差与政策约束的矛盾,现存种业企业里,85%防控危害还是

依赖燃油动力渔船和化学药剂，与农业农村部《关于加快水产养殖机械化发展的意见》提出到 2025 年水产养殖机械化水平总体达到 50% 以上，“零排放、碳中和”目标存在显著技术断层。这种矛盾在气候变化加剧背景下更具风险性——海水酸化速率每提升 0.1 单位，虾夷扇贝受精卵存活率即下降 15%，倒逼产业必须通过节能减排构建气候韧性。更深层看，大连水产种业正面临“双重替代”压力：国际市场上，挪威三文鱼养殖通过生物絮团技术实现抗生素零使用，而国内沿海省份正在加速布局智能化工厂化养殖，若不突破现有能源结构和污染治理模式，大连将丧失在种质资源、加工技术等方面的既有优势，危及海洋经济支柱地位。因此，为了维护海洋生态系统的健康和稳定，大连水产种业必须推进节能减排，从源头减少污染物排放，恢复海洋生态的自然平衡。

5.2. 能源可持续供应的关键需求

大连水产种业在能源利用方面正面临棘手困境。在工厂化养殖和育苗环节，为维持适宜的养殖环境，各类设备如增氧机、控温设备、循环水泵等需持续运行，造成大量能源消耗。随着产业规模稳步扩大，能源需求持续上涨，能源成本在企业运营成本中的占比愈发增高，给企业带来了巨大的经济压力，严重压缩了企业的利润空间。这让企业在市场竞争中面临更大的风险，难以在价格起伏的市场环境中维持稳定发展。

从能源供应的宏观层面看，传统能源的储量有限且不可再生。随着全球能源需求的不断增长，传统能源的供应愈发紧张，价格波动频繁。大连水产种业若继续依赖传统高能耗的发展模式，不仅会面临能源供应短缺的风险，还会因能源价格上涨导致成本大幅增加。这会极大限制产业的可持续发展，甚至可能使部分企业因能源成本过高而陷入经营困境。因此实施节能减排举措，加大能源利用成效，积极探索清洁能源的应用途径，对大连水产种业实现能源的可持续供应具有重要意义，是保障产业长期稳定发展的必然要求。

5.3. 种质资源保护与生物多样性的重要保障

大连水产种业的可持续发展与种质资源保护、生物多样性维护息息相关。长期以来，不合理的养殖方式加上过度开发，对当地水产种质资源造成了极大破坏。部分地方品种因养殖环境恶化，生存空间不断被挤压，种质资源慢慢退化，部分优良性状逐渐丧失，这直接引发了水产养殖的品质和产量的变化，抑制了产业的发展潜力。

在新品种选育与引进期间，由于缺少科学规划与严格的管理，盲目进行引进和推广的现象时有显现，这极易引发外来物种入侵，给本地种质资源造成基因污染。基因污染一旦发生，将会引起本地生物的遗传结构的变动，危及生物的遗传多样性，使本地物种面临生存危机，甚至也会让物种走向灭绝，极大破坏生态系统的生物多样性格局。

种质资源为水产种业发展的核心根基，丰富的生物多样性是生态系统稳定和可持续发展的保障。推进节能减排，能切实提升养殖环境质量，降低污染对种质资源的破坏，给本地水产种质资源的保护与恢复创造有效情形。依靠优化养殖模式手段，采用生态友好型的养殖技术，减少对自然资源的过度开发，对维护生物多样性有积极作用，维护生态系统的健康稳定。只有把种质资源保护好，维护生物多样性，大连水产种业才能拥有持续发展的动力和源泉，实现长期的繁荣发展。

6. 结论与建议

6.1. 结论

大连水产种业作为我国水产种业的重要基地，在可持续发展进程中面临着能源消耗与环境污染的严

峻挑战。传统养殖模式的高能耗、高排放问题,不仅制约了产业的绿色发展,也对海洋生态环境造成了极大破坏。本文通过对大连水产种业的能源消耗结构与污染排放现状进行详细剖析,明确了推进节能减排的紧迫性和重要性。为实现大连水产种业的绿色、低碳高质量发展,必须从技术创新、政策支持、产业结构改善等多个维度做起,积极探索节能减排的有效路径。

6.2. 建议

(1) 技术创新推动节能减排

提升对水产养殖节能减排技术研发的投入水平,鼓励科研机构、高校和企业开展产学研协同合作。开展对新型节能设备的研发,如智能增氧机、高效控温装置和节能循环水泵等,采用先进的传感技术和智能控制系统,根据养殖环境实时调节设备工作,提高能源利用效率。不断升级生态循环养殖模式,全面研究“鱼-贝-藻”等多营养层级生态循环系统,结合不同养殖区域的特点进行合理布局,推进系统内物质循环及能量高效利用,降低养殖废弃物排放。

(2) 完善政策支持体系

政府需制定完善水产种业节能减排的政策与法规,厘定行业能源消耗和污染排放标准,增强环境监管的执法力度,保证政策顺利有效实施。建立节能减排专项补助资金,用于支撑企业进行技术改造、设备更新和节能减排项目构建。采用税收优惠、财政补贴、低息贷款等方式,降低企业节能减排的成本和风险,增进企业参与的积极性,创建完善节能减排激励机制,对节能减排成效显著的企业给予表彰和奖励,树立行业标兵,引导其他企业主动跟进。

(3) 优化产业结构与布局

按照资源环境承载能力以及市场需求,变动水产养殖的品种组合。合理把控高能耗、高污染养殖品种的养殖规模,大力促进低能耗、高附加值的特色养殖品种成长,如一些生态适应性强、经济价值高的新品种,提高产业整体的经济效益与资源利用效率。做好产业空间布局的优化,加大区域统筹谋划,引导水产种业向优势区域集聚,形成产业集群。凭借产业集群实现资源的共享、技术的交流与协同发展,发挥规模效应,减少能源消耗并降低环境污染。

参考文献

- [1] 白晓慧, 吴晨, 李晶晶, 等. 天津水产种业现状分析[J]. 中国水产, 2025(4): 89-93.
- [2] 初磊. 青岛水产种业集群迈向百亿级[N]. 经济导报, 2025-03-19(002).
- [3] 钟欣, 王壹. 看民营企业如何打造水产种苗“中国芯”[N]. 农民日报, 2025-03-19(001).
- [4] 存英. 智慧渔业赋能水产种业的研究应用与发展[J]. 高科技与产业化, 2025, 31(2): 11-13.
- [5] 蒋金山, 李旭春, 陈宁波, 等. 湖北荆门水产种业发展现状及对策建议[J]. 中国水产, 2025(2): 54-56.
- [6] 张颖. 种业振兴背景下海洋水产种业发展模式研究——以潍坊市为例[J]. 中国水产, 2025(2): 78-80.
- [7] Zheng, H., Zhang, L. and Zhao, X. (2023) Solitary or Starry? Path Options of the Total Factor Productivity Improvement in the Aquatic Seed Industry from the Configuration Perspective. *Marine Development*, 1, Article No. 11. <https://doi.org/10.1007/s44312-023-00003-0>
- [8] González, C.M., Abraham, R.A., Torre, S.L., et al. (2025) Integration of Sustainable Development Goals in Water Resource Management and Agricultural Food Production. Apple Academic Press.
- [9] Wang, W., Wang, M. and Zhong, L. (2025) Exploring the Sustainable Development Mode of Marine Aquaculture in China—From the Perspective of Water Footprint. *Regional Studies in Marine Science*, 89, Article ID: 104289. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104289>
- [10] Ghosh, T. (2025) Recent Advances in the Potential and Multifaceted Role of Probiotics in the Development of Sustainable Aquaculture: Its Current Form and Future Perspectives. *The Microbe*, 7, Article ID: 100317. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100317>