

鱼类养殖中的可持续发展策略

曹凡

中国海洋大学 山东青岛

【摘要】本文探讨了鱼类养殖业中可持续发展的重要性及其实施策略。文章首先分析了当前鱼类养殖业面临的环境、经济和社会挑战，强调了可持续发展在保障资源长期利用和生态平衡中的关键作用。随后提出了一系列可持续发展策略，包括采用生态友好的养殖技术、优化饲料配方以减少资源浪费、实施综合病害管理、加强养殖系统的环境监控和改进养殖管理实践。此外，还强调了政策支持、科研投入和公众教育在推动可持续发展中的重要性。通过这些策略的实施，鱼类养殖业可以在满足当前需求的同时，确保未来世代也能从中受益。

【关键词】 鱼类养殖；可持续发展；资源优化；环境监控

【收稿日期】 2024年11月12日

【出刊日期】 2024年12月25日

【DOI】 10.12208/j.jafs.20240030

Sustainable development strategies in fish farming

Fan Cao

Ocean University of China, Qingdao, Shandong

【Abstract】 This paper discusses the importance of sustainable development in fish farming and its implementation strategies. The article first analyses the current environmental, economic and social challenges faced by the fish farming industry and highlights the key role of sustainable development in safeguarding long-term resource use and ecological balance. A series of sustainable development strategies are then proposed, including the adoption of eco-friendly culture technologies, optimisation of feed formulation to reduce resource wastage, implementation of integrated disease management, enhanced environmental monitoring of culture systems and improved farm management practices. The importance of policy support, scientific research inputs and public education in promoting sustainable development was also emphasised. Through the implementation of these strategies, the fish farming industry can meet current needs while ensuring that future generations will also benefit.

【Keywords】 Fish farming; Sustainable development; Resource optimisation; Environmental monitoring

1 前言

在随着全球人口的增长和消费模式的变化，对鱼类的需求正日益增加。据联合国粮食及农业组织（FAO）的数据显示，全球水产养殖产量在过去几十年里显著增长，已成为全球食品供应的重要组成部分^[1]。然而，这种增长往往伴随着对自然资源的过度开发和环境的破坏。因此，可持续发展在鱼类养殖中的重要性不言而喻。它不仅关乎环境保护，也关乎经济的长期繁荣和社会的稳定。我们必须在满足当前需求的同时，不损害后代满足其需求的能力。因此，本研究旨在深入分析和提出切实可行的策略，以确保鱼类养殖业的长期健康发展。

2 可持续发展在鱼类养殖中的重要性

2.1 理解可持续发展概念及其在水产养殖中的应用

可持续发展在水产养殖中的应用，不仅关乎环境保护，也涉及经济和社会的长期繁荣。水产养殖业作为全球食品供应的重要组成部分，其可持续性直接关系到全球食品安全和生态平衡。例如，根据联合国粮食及农业组织（FAO）的数据，全球鱼类消费量在过去半个世纪中增长了三倍，这使得水产养殖业成为满足人类对水产品需求的关键途径^[2]。然而，传统的高密度养殖模式往往导致资源过度消耗和环境污染，如水质富营养化和底质退化等问题。

因此，可持续发展策略的实施，如采用生态循环系统和低影响养殖技术，旨在减少对环境的负面影响，同时提高养殖效率和经济回报。通过科学的管理方法和创新技术，如生物技术和智能监控系统，养殖从业者可以优化资源使用，减少废物排放，确保养殖活动与自然生态的和谐共存。人类活动对自然环境的影响是深远且持久的，水产养殖业的可持续发展正是对这一警示的积极回应。

2.2 可持续鱼类养殖对环境和经济的长远影响

可持续鱼类养殖不仅对环境的保护具有深远意义，而且对经济的长期发展也起到了关键作用。以水质富营养化为例，过度的饲料投喂和鱼类排泄物积累导致水体中氮、磷等营养物质超标，进而引发藻类过度繁殖，破坏水体生态平衡。据报告，全球约有 50% 的海洋和淡水生态系统受到富营养化的威胁。通过实施可持续养殖策略，如采用生态循环系统，可以有效控制营养物质的排放，减少对水体的污染。例如，循环水养殖系统（RAS）能够回收和再利用大部分水体，显著降低对新水的需求和污染物的排放。在经济层面，可持续养殖通过提高养殖效率和创新商业模式，如社区支持农业（CSA）模式，不仅能够减少资源消耗，还能增强消费者对可持续产品的认知和需求，从而提升产品的市场价值^[1]。可持续养殖通过小规模、高效率的生产方式，促进了经济的可持续增长。

3 鱼类养殖对环境的影响

3.1 水质富营养化与鱼类养殖的关联分析

在探讨鱼类养殖与可持续发展策略时，水质富营养化问题不容忽视。富营养化是指水体中营养物质如氮、磷等含量过高，导致藻类和其他水生植物过度生长，进而破坏水体生态平衡的现象。在鱼类养殖中，饲料的过量投喂和鱼类排泄物是导致水体富营养化的主要原因。据研究，水产养殖业每年向水体排放的氮和磷分别占全球总排放量的 10% 和 20%。例如，一项针对中国某淡水养殖区的研究显示，该区域水体中磷的浓度是正常水平的 3 至 5 倍，这直接导致了藻华频发，严重威胁了水体的生态健康和鱼类养殖的可持续性^[3]。

为应对这一挑战，可持续发展策略要求养殖从业者采取科学的管理措施，如合理规划养殖密度、优化饲料配方以减少营养物质的排放，以及实施有效

的水质监控和管理。例如，采用生物过滤系统和人工湿地技术可以有效去除水中的过剩营养物质，防止富营养化。此外，引用现代生态学理论，如“最佳管理实践”（BMPs）和“环境影响评估”（EIA），可以帮助养殖从业者在养殖活动开始前预测和评估可能对水质造成的影响，并制定相应的缓解措施。

可持续发展策略还强调了科技创新在解决水质富营养化问题中的作用。例如，利用生物技术开发出的耐低氧、高效率的鱼类品种，可以在减少饲料投入的同时，降低排泄物对水质的影响。信息技术的应用，如智能监控系统，可以实时监测水质参数，及时调整养殖条件，避免水质恶化。在鱼类养殖中，这一理念指导我们通过科学管理和技术创新，实现养殖业的可持续发展。

3.2 鱼类养殖活动对底质环境的影响评估

鱼类养殖活动对底质环境的影响是可持续发展策略中不可忽视的一环。底质环境的恶化，如沉积物中营养盐的累积和有害物质的增加，不仅会破坏水下生态平衡，还可能导致水质富营养化，进而影响鱼类的健康和养殖业的可持续性。例如，一项针对中国沿海养殖区的研究显示，由于过度投喂和鱼类排泄物的积累，底质中氮和磷的含量显著增加，导致底质环境恶化。在评估底质环境影响时，可以采用如 Sediment Quality Triad（SQT）模型，该模型结合化学分析、生物测试和现场调查，全面评估底质环境的健康状况^[4]。鱼类养殖从业者必须采取措施，如定期清理沉积物、优化饲料配方和改进养殖系统设计，以减少对底质环境的负面影响，确保养殖活动的长期可持续性。

3.3 养殖过程中化学物质对水生生物的影响

在鱼类养殖中，化学物质的使用是提高产量和预防疾病的重要手段，但其对水生生物的影响不容忽视。例如，抗生素的滥用可能导致水体中耐药性细菌的增加，进而影响整个生态系统的健康。据研究显示，养殖水域中抗生素的残留水平可高达每升数微克至数百微克，这些残留物质不仅对目标病原体产生选择压力，还可能对非靶标生物如浮游生物和底栖生物产生毒性效应^[5]。此外，饲料中添加的生长促进剂和重金属等化学物质也可能通过食物链累积，对水生生物造成慢性毒性影响。因此，可持续鱼类养殖策略中必须包含对化学物质使用的严格控制

和监测，以确保生态平衡和水产品的安全。

3.4 鱼类养殖对周边陆地生态系统的影响

鱼类养殖对周边陆地生态系统的影响是多方面的，从营养物质的流失到栖息地的改变，再到潜在的物种入侵问题，都可能对陆地生态系统造成深远的影响。例如，养殖过程中未处理的饲料和排泄物可能导致氮和磷等营养物质的富集，进而引发周边土壤和水体的富营养化。根据一项研究，水产养殖产生的氮和磷负荷可占到全球农业氮磷负荷的 10% 以上。这种营养物质的过量输入，不仅会破坏土壤结构，还可能引起周边陆地植被的退化，影响陆地生态系统的生物多样性^[6]。

此外，鱼类养殖活动还可能改变周边陆地的水文条件。例如，为了维持养殖池的水位，可能需要建造水坝或引水渠，这会改变自然水流，影响陆地生态系统的水分循环。在某些情况下，养殖池的渗漏或溢流还可能污染地下水，对周边社区的饮用水安全构成威胁。

在物种入侵方面，养殖鱼类逃逸到自然水体中，可能会与本地物种竞争资源，甚至成为入侵物种，破坏原有的生态平衡。例如，尼罗罗非鱼在许多热带和亚热带地区被引入作为养殖品种，但其逃逸后在野外繁殖，对本地鱼类种群构成了严重威胁。

因此，可持续鱼类养殖策略必须考虑到对周边陆地生态系统的影响，并采取相应的措施来减轻这些影响。这包括改进饲料配方以减少营养物质的流失，采用生态友好的养殖技术，以及建立有效的生物安全措施防止物种逃逸。人类活动对自然环境的影响是深远且复杂的，鱼类养殖者和政策制定者必须认真对待这些影响，以确保我们留给后代的是一个可持续发展的地球。

3.5 养殖尾水处理与排放对环境的影响分析

在鱼类养殖行业中，养殖尾水处理与排放对环境的影响是一个不容忽视的问题。未经处理或处理不当的尾水含有高浓度的氮、磷等营养物质，这些物质的排放会导致水体富营养化，进而引发藻类过度繁殖，破坏水体生态平衡。例如，一项研究显示，每生产 1 千克的鱼类，可能产生 2-3 千克的废物，其中包含大量的氮和磷。这些废物若直接排放到自然水体中，将对河流、湖泊和海洋生态系统造成严重威胁^[7]。因此，实施有效的尾水处理技术，如生物

过滤、人工湿地和反渗透系统，对于减少养殖业对环境的负面影响至关重要。

4 遵循生态原则的养殖方法

4.1 采用低影响的养殖技术

在鱼类养殖中采用低影响的养殖技术是实现可持续发展的重要途径。低影响养殖技术强调最小化对环境的负面影响，同时提高养殖效率和产品质量。例如，采用封闭循环水系统 (RAS) 可以显著减少水体交换，降低对周围水体的污染。据研究，RAS 系统可以减少 99% 的水使用量，同时减少 90% 的废物排放。这种技术不仅有助于保护水质，还能在一定程度上缓解水资源短缺的问题。此外，生态工程方法，如人工湿地和生物滤床，也被证明是有效的低影响养殖技术。它们通过模拟自然生态系统的净化功能，去除养殖水中的营养物质和有害物质，从而减少对环境的冲击。在鱼类养殖中，低影响技术的运用正是对这一理念的践行，它不仅保护了生态系统的完整性，也为未来的可持续发展奠定了基础。

4.2 生态循环系统在鱼类养殖中的应用

在鱼类养殖中，生态循环系统是一种模仿自然生态循环的养殖模式，它通过模拟自然界的物质循环和能量流动，实现养殖系统的自我维持和自我净化。例如，一个典型的生态循环养殖系统可能包括鱼类养殖池、植物栽培区和微生物处理区。鱼类产生的排泄物和残饵被微生物分解，转化为植物可利用的营养物质，植物吸收这些营养物质生长，同时净化水质，而植物的残体又可作为鱼类的饲料或再次被微生物分解，形成一个闭合的循环系统。这种模式不仅减少了对外部资源的依赖，还显著降低了养殖过程中的废物排放。

以荷兰的“鱼菜共生”系统为例，该系统将鱼类养殖与水培植物种植相结合，鱼类产生的氨氮通过硝化细菌转化为硝酸盐，硝酸盐作为植物生长的营养源，而植物则通过光合作用吸收二氧化碳并释放氧气，为鱼类提供必需的溶解氧。这种系统不仅提高了资源的利用效率，还减少了对化学肥料和药物的依赖，从而降低了对环境的负面影响。据研究显示，这种系统可以减少 90% 的水消耗和 70% 的饲料使用，同时提高鱼类产量^[8]。

生态循环系统在鱼类养殖中的应用，不仅体现了可持续发展的理念，还符合了“从摇篮到摇篮”

的设计原则，即产品和材料的生命周期应当是闭合的，以减少对环境的破坏。生态循环养殖系统正是这种理念的实践，它确保了鱼类养殖业的长期可持续性，同时为全球食品安全和环境保护做出了积极贡献。

5 经济效率与可持续性的平衡

5.1 提高养殖效率的同时减少资源消耗

在鱼类养殖中，提高养殖效率的同时减少资源消耗是实现可持续发展的关键。例如，采用精准饲料投喂技术，可以减少饲料浪费，提高鱼类对饲料的利用率。据研究，通过优化投喂策略，可以将饲料转化率提高至 80% 以上，从而显著降低饲料成本并减少水体污染。此外，实施循环水养殖系统（RAS）能够有效回收和再利用水资源，减少对新鲜水源的依赖。在某些案例中，RAS 系统可使水的使用效率提高至 95% 以上，显著降低了对环境的影响。在养殖业中，了解并优化自身的养殖模式，是实现资源高效利用和环境可持续性的第一步。

5.2 创新商业模式以支持可持续养殖

在鱼类养殖领域，创新商业模式对于推动可持续发展具有至关重要的作用。例如，通过采用“共享经济”模式，养殖企业可以与当地社区合作，共享资源如养殖池塘、饲料和设备，从而降低单个养殖者的成本和环境影响。这种模式不仅提高了资源使用效率，还增强了社区对养殖活动的参与感和责任感。根据一项研究，共享经济模式在某些地区已经帮助减少了 30% 的养殖成本，同时提高了养殖效率^[9]。

此外，可持续养殖的商业模式创新还包括“产品-服务系统”（PSS），在这种模式下，养殖企业不仅销售产品，还提供与产品相关的服务，如养殖咨询、技术支持和售后服务。这种模式鼓励企业关注产品的整个生命周期，从而推动更环保和高效的养殖实践。例如，一家挪威的鱼类养殖公司通过提供全面的养殖解决方案，包括饲料、养殖设备和管理服务，成功地将产品销售转变为服务销售，这不仅增加了企业的收入，还促进了养殖过程的可持续性。在可持续鱼类养殖的背景下，创新商业模式正是通过创造新的价值来实现环境、社会和经济的三重底线。通过商业模式的创新，养殖企业能够更好地应对市场变化，满足消费者对可持续产品的需求，同

时为全球食品安全做出贡献。

6 政策与法规在可持续养殖中的作用

6.1 制定和执行环保法规以促进可持续养殖

在鱼类养殖行业中，制定和执行环保法规是确保可持续发展的关键。例如，根据联合国粮食及农业组织（FAO）的数据，全球水产养殖产量在 2018 年达到了 8210 万吨，占全球水产品消费量的 52%。然而，这一增长也带来了环境压力，如水质污染和生物多样性损失。因此，环保法规的制定必须基于科学的环境影响评估，以确保养殖活动不会对生态系统造成不可逆转的损害。例如，欧盟实施的《水框架指令》要求成员国采取措施，确保所有水体达到良好状态，这为水产养殖业的可持续发展提供了法律框架^[10]。

执行环保法规时，监管机构需要采取严格的监督措施，确保法规得到有效实施。例如，挪威的海洋渔业管理以其严格的法规和执行而闻名，其三文鱼养殖业的成功很大程度上归功于对养殖密度、饲料使用和疾病管理等方面的严格控制。此外，法规的执行还应结合经济激励措施，如税收减免、补贴或信贷优惠，以鼓励养殖者采用更环保的养殖技术。在水产养殖中，小规模、环境友好的养殖模式往往能带来更大的可持续性。

在法规的制定和执行过程中，还需要考虑养殖业者的经济承受能力和技术可行性。例如，通过引入环境影响评估模型，可以预测养殖活动对水质和生态系统的潜在影响，并据此调整养殖规模和方法。同时，政府可以提供技术培训和财政支持，帮助养殖者转型到更可持续的养殖模式。通过这些措施，环保法规不仅能够保护环境，还能促进养殖业的长期繁荣，实现环境与经济的双赢。

6.2 政府支持与激励措施对可持续养殖的推动作用

政府在推动可持续鱼类养殖方面扮演着至关重要的角色。通过制定和执行环保法规，政府能够为可持续养殖提供法律框架和标准，确保养殖活动不会对环境造成不可逆转的损害。例如，欧盟的共同渔业政策（CFP）强调了可持续性原则，要求成员国在捕捞和养殖活动中减少对海洋生态系统的负面影响。此外，政府提供的财政激励措施，如税收减免、补贴和贷款优惠，能够鼓励养殖户采用更环保的养

殖技术和方法。例如，挪威政府对采用循环水养殖系统（RAS）的养殖户提供补贴，这不仅减少了对海洋环境的污染，还提高了养殖效率。政府还可以通过教育和培训项目提升养殖户的可持续养殖意识，从而在更广泛的层面上促进可持续发展^[11]。通过政府的积极介入和政策支持，可持续鱼类养殖不仅能够保护环境，还能促进经济的长期繁荣。

7 科技创新在鱼类养殖中的应用

7.1 利用生物技术提高养殖品种的适应性和抗病性

在鱼类养殖的可持续发展策略中，利用生物技术提高养殖品种的适应性和抗病性是关键一环。随着分子生物学和遗传学的飞速发展，现代生物技术已经能够通过基因编辑和选择性育种等手段，培育出对特定环境条件具有更强适应能力的鱼类品种。例如，通过 CRISPR/Cas9 技术，科学家们已经成功地在斑马鱼中敲除了特定的基因，从而提高了其对某些疾病的抵抗力。这种技术的应用不仅减少了养殖过程中抗生素的使用，降低了对环境的潜在危害，而且提高了养殖效率和产品的质量。

在实际应用中，挪威的鲑鱼养殖业就是一个典型的案例。通过选择性育种和基因标记技术，挪威的鲑鱼养殖者培育出了对冷水环境适应性更强的鲑鱼品种，这使得养殖区域可以扩展到更北的海域，从而减少了对近海养殖环境的压力。此外，通过基因组选择技术，养殖者能够更准确地预测和选择具有高生长率和强抗病性的个体，进一步提升了养殖效率和可持续性。然而，生物技术的应用也伴随着伦理和生态风险的考量。因此，必须在确保生物安全的前提下，通过科学的风险评估和管理，确保这些技术的可持续应用。在鱼类养殖中，通过生物技术提高品种的适应性和抗病性，正是对环境变化做出快速反应的体现，是实现可持续发展的重要途径。

7.2 信息技术在养殖管理中的应用，如智能监控系统

在可持续鱼类养殖的实践中，信息技术的应用，尤其是智能监控系统的集成，已成为提升养殖效率和环境管理的关键。智能监控系统通过实时收集水质参数（如溶解氧、pH 值、氨氮浓度等），为养殖者提供精确的数据支持，从而实现对养殖环境的精细管理。例如，通过安装传感器网络，可以 24 小时

监测水体的温度、盐度和营养盐水平，确保鱼类生长在最佳的环境条件下。研究表明，智能监控系统能够减少 30% 的资源浪费，并提高 20% 的养殖产量。此外，利用数据分析模型，养殖者可以预测并预防疾病爆发，减少抗生素的使用，这对于维护生态平衡和消费者健康至关重要^[12]。智能监控系统正是通过精确测量，为可持续鱼类养殖提供了科学的管理工具。

8 社区参与和消费者意识的提升

8.1 增强当地社区对可持续养殖的认识和参与

在推动鱼类养殖可持续发展的过程中，增强当地社区的认识和参与是至关重要的。社区成员的积极参与不仅能够提高养殖活动的透明度，还能促进社区对环境保护的共同责任感。例如，通过教育项目和工作坊，可以向社区居民传授可持续养殖的实践知识，如水质管理、生态平衡和资源循环利用的重要性。根据一项研究，当社区成员对可持续养殖有了深入理解后，他们更有可能参与到养殖活动的监督和管理中，从而减少对环境的负面影响。此外，社区参与还能通过提供就业机会和增加收入来源来促进当地经济发展^[13]。因此，通过建立社区参与机制，如成立养殖合作社或社区监督小组，可以确保养殖活动与社区利益相一致，从而实现环境、经济和社会的三重可持续性。

8.2 提高消费者对可持续水产品的需求和认知

在推动可持续鱼类养殖的全球趋势中，消费者对可持续水产品的需求和认知的提升是关键一环。根据联合国粮食及农业组织（FAO）的报告，全球水产品消费量在过去几十年中显著增长，预计到 2030 年，全球人均水产品消费量将增加 18%^[14]。然而，这种增长若不加以可持续的管理，将对海洋生态系统造成不可逆转的损害。因此，提高消费者对可持续水产品的认知，不仅有助于保护环境，也是确保未来食品安全的重要途径。

为了增强消费者对可持续水产品的认识，教育和宣传工作至关重要。例如，通过标签制度，如海洋管理委员会（MSC）认证，可以向消费者提供关于产品来源和生产方式的透明信息。研究表明，当消费者了解其购买行为对环境的积极影响时，他们更愿意为可持续产品支付溢价。一项针对欧洲消费者的调查发现，超过 60% 的受访者愿意为确保海洋资

源可持续利用的水产品支付更高的价格^[15]。

此外,通过媒体和公共活动,如“世界海洋日”,可以提高公众对海洋保护和可持续渔业重要性的认识。通过这些方式,消费者可以更好地理解可持续水产品对环境和社会的长远益处,从而在日常生活中做出更负责任的选择。

9 未来展望:可持续鱼类养殖的全球趋势

9.1 国际合作与交流在推动可持续养殖中的作用

在推动全球鱼类养殖业的可持续发展过程中,国际合作与交流发挥着至关重要的作用。通过跨国界的合作,各国可以共享最佳实践,交流先进的养殖技术和管理经验,从而提升整个行业的可持续性。例如,北欧国家在可持续渔业管理方面的经验,如冰岛的海洋保护区设立,为其他国家提供了宝贵的参考。国际组织如联合国粮食及农业组织(FAO)通过推广《负责任渔业行为守则》等国际准则,促进了全球范围内对可持续养殖标准的认同和实施。此外,国际合作项目如全球环境基金(GEF)支持的项目,通过提供资金和技术支持,帮助发展中国家改善养殖实践,减少对环境的负面影响^[16]。因此,通过国际合作与交流,不仅能够提升养殖效率和产品质量,还能增强全球对海洋资源的保护意识,共同维护海洋生态系统的健康和生物多样性。

9.2 可持续鱼类养殖对全球食品安全的贡献

可持续鱼类养殖对全球食品安全的贡献是多方面的。首先,它通过优化养殖方法和提高资源利用效率,确保了鱼类资源的长期稳定供应。例如,采用生态循环系统养殖技术,不仅减少了对环境的污染,还提高了饲料转化率和养殖生物的存活率。根据联合国粮食及农业组织(FAO)的数据,可持续养殖模式下的鱼类产量比传统养殖模式高出30%至50%。其次,可持续养殖通过减少化学物质的使用,降低了水产品中有害物质的残留,从而保障了消费者健康。此外,可持续养殖的推广有助于保护生物多样性,维护了生态平衡,这对于全球食品安全具有长远意义。可持续鱼类养殖正是实现这一目标的有效途径之一。

参考文献

[1] 谢骏.中国淡水池塘养殖业的可持续发展:成就,挑战与未来[J].水生生物学报,2024,48(12):2149.

- [2] 李兵,梁任江,刘梅.贵州黔东南州水产养殖业可持续发展的思考[J].中国水产,2024(7):87-89.
- [3] 李娜.生态养殖与畜牧业可持续发展分析[J].畜牧兽医学(电子版),2021(17):165-166.
- [4] 高海利 曹艳.生态养殖与畜牧业可持续发展探究[J].2024.
- [5] 陈倩,罗红,赵永锋.发展生态养殖 促进大水面渔业可持续发展[J].科学养鱼,2022(1):20-23.
- [6] 王巧艺.我国水产养殖对环境的影响及其可持续发展[J].2022(14).
- [7] 刘政权.水产养殖对环境的影响及其可持续发展[J].农民致富之友,2020(3):1.
- [8] 李林.我国水产养殖对环境的影响及其可持续发展探索[J].农民致富之友,2023.
- [9] 闫少领.水产养殖对环境的影响及其可持续发展策略[J].畜牧兽医科技信息,2023(8):226-229.
- [10] 张祎,牟海军,刘英霞.我国海水养殖及其可持续发展的对策[J].2021.
- [11] 赵静.生态养殖与畜牧业可持续发展及技术模式[J].农牧与食品机械,2021,000(015):P.188-189.
- [12] Wang, Cong, et al. "Intelligent fish farm—the future of aquaculture." *Aquaculture International* (2021): 1-31.
- [13] Papageorgiou, Nafsika, et al. "Changes of the Mediterranean fish farm sector towards a more sustainable approach: A closer look at temporal, spatial and technical shifts." *Ocean & Coastal Management* 214 (2021): 105903.
- [14] Kaur, Gaganpreet, et al. "Recent advancements in deep learning frameworks for precision fish farming opportunities, challenges, and applications." *Journal of Food Quality* 2023.1 (2023): 4399512.
- [15] Chen, Huijie, and Daji Luo. "Application of haematology parameters for health management in fish farms." *Reviews in Aquaculture* 15.2 (2023): 704-737.
- [16] Chizhayeva, Anna, et al. "Lactic acid bacteria as probiotics in sustainable development of aquaculture." *Aquatic Living Resources* 35 (2022): 10.

版权声明:©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS