

基于蓝色农业视野下智慧贝类养殖现状及发展研究

朱圣虎 李若冰

大连海洋大学经济管理学院，辽宁大连，116023；

摘要：随着全球经济结构的深度调整与科技创新的持续突破，蓝色农业作为依托海洋生态系统的新型农业形态，正以前所未有的战略价值跃升为现代农业发展的核心赛道。在海洋资源开发强度持续加大与可持续发展需求并行的双重背景下，蓝色农业通过系统化开发 3000 余种海洋生物资源，不仅有效缓解了陆地农业的生态压力，更在全球粮食安全体系中构筑起“蓝色粮仓”的重要支柱，深刻诠释了“向海洋要蛋白”的现代农业发展理念。在这片蔚蓝领域中，贝类养殖以其独特的生态位和经济价值占据关键地位——全球贝类年产量已突破 1800 万吨，占水产养殖总量的 56%，在中国沿海地区更形成年产值超千亿元的产业集群，成为海洋经济高质量发展的重要引擎。

关键词：蓝色农业；智慧贝类养殖；技术创新；可持续发展

DOI: 10.69979/3041-0673.25.08.095

蓝色农业以开发利用海洋资源为核心，在全球农业领域的地位日益凸显。贝类养殖作为蓝色农业的重要组成部分，具有广阔的发展前景。智慧贝类养殖借助现代信息技术与先进的农业理念，正逐步改变传统贝类养殖模式，有望提高养殖效率、降低环境风险、保障产品质量与食品安全，进而在蓝色农业的大框架下实现创新与突破。我国贝类养殖占海水养殖总产量的 70% 左右，其产量约占世界总产量的 70%^[1]。得益于海水贝类智慧养殖业的发展，我国贝类产量总体显著增加 2022 年我国贝类产量 1651.18 万吨，同比增长 4.66%，海水贝类养殖是主要增长来源。2017 以来，我国贝类淡水养殖和捕捞、海水捕捞均连年下降。但在我国海水智慧化养殖协同增效的示范及推广应用下，国内海水养殖贝类产量稳定增加，2022 年产量达 1569.58 万吨，5 年净增 132.45 万吨，带动我国贝类产量同期增加 123.1 万吨（具体见图 1），海水养殖贝类产量占比由 94.05% 增至 95.06%^[2]。与产量增势一致，我国贝类产业产值也持续增长。根据 FAO 数据，2021 年我国养殖贝类产值为 239 亿美元，同比增长约 6%，较 2001 年增长 258.46%^[3]。同期我国单位产品价值年均增长 3.64%，2021 年为 1394.82 美元/吨，较上年微增。

1 贝类智慧化养殖现状

贝类智慧化养殖方式在蓝色农业背景下，正结合技术创新、智能化管理、环保养殖多种模式和政策支持等多方面不断努力，实现可持续性发展和产业升级优化。随着经济科技的进步，贝类养殖行业发展正在逐渐实现技术创新和智能化。在养殖过程中，传感器、自动化控制系统等先进技术的应用方面愈发广泛，以实现对养殖

环境的实时分析持续监测和精确控制，进而提高养殖效率和产品质量^[4]。

1.1 智慧育种环节

目前，中国在贝类育种技术方面处于国际先进地位，建立了世界最大规模的贝类苗种生产体系，能够满足养殖生产对优质种苗的需求。我国已经开发了贝类分子辅助育种和全基因组选择育种等分子育种技术体系^[5]，育成了多个高产抗逆的扇贝新品种，引领了贝类乃至水产育种的发展趋势。

1.2 养殖设施智能化建设

通过引入智慧化管理平台，可以代替人工管理操作，减少对技术管理人员的依赖，降低水产养殖风险。可以实现对贝类养殖环境的实时监控和自动化管理，有效解决了传统人工监控容易疏漏的问题，实现了 24 小时的贴心守护^[6]。

1.3 自动化投喂系统

可以根据预设的程序和参数系统自动将饲料进行投喂，减少人工的误差，保障了投喂的准确性，提高了养殖效率。减少了对人力劳动的过度依赖，降低了劳动力的投入成本，尤其是在大规模养殖过程中，这种成本投入更为巨大。

1.4 加工销售

采用机械化智慧化的采收设备能够大幅度降低了劳动强度及劳动力成本，提高了采收率。例如，威海桑沟湾的牡蛎机械化采收设备让原来需要 30 人完成的工作流程缩减至 3 人，采收率提高到 99% 以上^[7]。智能化

加工销售环节通过数字化工厂技术，使得整个工厂在规划设计之初就可以对车间布局、产线水平与生产能力等进行预判，从而帮助企业进行风险评估与实施检验。

2 智慧化养殖的意义

全球（除中国外）贝类产量 766.50 万吨、养殖产值 65.77 亿美元，总体增长明显。2001—2021 年全球（除中国外）贝类产量和产值均呈现上升态势。从产量来看，2021 年全球贝类产量为 2480.00 万吨（中国为 1731.5 万吨），较 2001 年增长 41.15%，总体年均增长率为 1.74%；捕捞在全球贝类产量中的比重下降趋势明显，2021 年仅为 63.83 万吨，占比为 25.74%，随着养殖技术的不断改进，捕捞份额将进一步下降^[8]。从产值来看，2021 年全球贝类产值为 304.8 亿美元（中国为 239 亿美元），较 2001 年增长 244.43%^[9]，总体年均增长率为 6.38%。依托智能传感器网络与大数据分析系统，养殖企业能够实现环境参数的毫秒级响应，将传统养殖中 35% 的无效能耗降低至 8% 以下。以青岛黄海海域的牡蛎智能养殖项目为例，通过部署水下机器人集群与自动投喂系统，单位面积产量较传统模式提升 42%，人力投入减少 60%，养殖周期缩短 18 天^[10]，直接带动养殖户年均收益增长 2

3%。全球贝类养殖装备市场规模年均增速达 15%，智能监测浮标、自动化清洗机器人等专用设备的国产化率已提升至 75%^[11]，推动我国从养殖大国向技术输出国转变。智慧化管理体系构建起覆盖育苗、育肥、采收全周期的质量防线。通过高光谱成像技术对贝类重金属含量的实时监测，可将检测周期从实验室的 72 小时压缩至现场 15 分钟，检测精度达到 97.5%。智慧养殖技术已成为我国参与全球海洋治理的重要载体^[12]。

3 智慧贝类养殖的模型构建

3.1 生产效率模型

该模型通过整合环境、技术、政策等多维度变量，可系统分析贝类养殖生产效率的提升路径。 $Y = \beta_0 +$

$$\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \epsilon$$

Y : 单位面积产量 (kg/m^2) X_1 : 水质达标率 (%) X_2 :

多营养层次模式应用 (1=是, 0=否)

X_3 : 智能投喂系统覆盖率 (%) X_4 : 抗逆性品种占比 (%) X_5 : 财政补贴金额 (万元/户) X_6 : 循环水系统能

耗 (kWh/m^3)

表 1：研究变量说明表

水质达标率区间:	<80	80-85	85-90	90-95	95	
	0 户	8 户	11 户	10 户	1 户	
多营养层次模式	采用	未采用				
	16 户	14 户				
智能投喂覆盖率区间:	<50	50-60	60-70	70-80	80-90	90
	0 户	10 户	6 户	12 户	2 户	0 户
抗逆品种占比区间:	<30	30-40	40-50	50-60	60-70	
	0 户	10 户	8 户	11 户	1 户	
财政补贴:	2	3	4	5		
	7 户	11 户	5 户	7 户		
循环水能耗区间:	<2	2--3	3--4	4--5		
	0 户	11 户	13 户	6 户		
产量区间:	<90	90-100	100-110	110-120	120-130	
	0 户	17 户	5 户	6 户	2 户	

根据表 1 中的数据可以看出：大部分养殖户的水质达标率集中在 80—95% 之间，其中 85—90% 的区间养殖户最多。智能投喂覆盖率主要集中在 50—80% 之间，其中 0—80% 的区间养殖户是最多的。抗逆品种占比主要集中在 30—60% 之间，其中 50—60% 的区间养殖户最多。财政补贴为 3 万元的养殖户最多。循环水能耗用户主要集中在 2—4 kWh/m³ 之间，其中 3—4 kWh/m³ 的区间养殖户最多。主要产量集中在 90—100 kg/m² 之间。水质达标率每提升

1 个百分点，产量即显著增加 1.2 kg/m²。抗逆品种占比每提高 1 个百分点，产量预计可增加 0.3 kg/m²，这一效应较为显著性。财政补贴对产量的影响较为有限，由于补贴力度不足或发放方式不够精准有关^[13]。

3.2 显著性分析

我进行了回归分析，以探索不同变量对“单位成本 (元/kg)”这一因变量的影响。以下是回归分析的核心结果：R-squared (决定系数)：0.426，表明模型能

解释因变量约 42.6% 的变异。Adj. R-squared (调整决定系数) : 0.276, 考虑变量数量后的模型解释力。statistic (F 统计量) : 2.844, P 值: 0.032, 表明模型整体具有统计学意义的解释力。从结果分析, 财政补贴对单位成本具有显著影响, 补贴每增加 1 万元, 单位成本平均降低约 0.47 元/kg。抗逆品种占比则表现出边际显著影响, 每提高 1%, 单位成本平均增加约 0.03 元/kg。饲料转化率、循环水能耗和病害发生率对单位成本的影响均不显著, 转化率每提高 1%, 单位成本平均增加约 0.06 元/kg, 能耗每增加 1kgce/kg, 单位成本平均增加约 0.36 元/kg, 病害发生率每提高 1%, 单位成本平均增加约 0.04 元/kg, 这些趋势均不为显著。

表 6: 产品质量二元 Logit 回归分析结果

变量	回归系数
溶解氧达标率	-0.018
病害发生率	-0.051
区块链追溯	-0.914
抗逆品种占比	0.028
质检补贴	1.016
R 平方值	-0.357
均方误差	29.735

3.3 回归分析结果

水质达标率对产品合格率具有显著的正向影响, 回归系数为 1.202, 且 P 值达到 0.018, 随着水质达标率的提升, 产品合格率也相应增加。水质管理在养殖过程中十分重要, 良好的水质环境能够为贝类提供适宜的生长条件, 减少病害发生, 从而提升产品质量。财政补贴的回归系数为 -0.468, P 值为 0.005, 出现显著的负向影响。区块链追溯技术的回归系数为 -0.914, 同样呈现出显著的负向效应。

4 结论及建议

蓝色农业作为可持续海洋经济的关键组成部分^[14], 贝类养殖凭借其生态友好性和丰富的经济价值, 成为蓝色农业领域的首选。对智慧贝类养殖的现状及未来发展进行了深入研究。智慧贝类养殖融合了先进的智慧养殖技术, 为传统贝类养殖带来了全新的养殖模式, 通过分析中国贝类养殖的现状、挑战与发展路径, 构建市场需求的贝类养殖效益模型, 提出智能化、生态化及政策协同的发展策略。在提高生产效率、降低成本、保障产品质量等方面具有显著优势, 是未来贝类养殖行业的重要发展方向。然而, 智慧贝类养殖仍面临一些挑战和问题。因此, 本文提出以下建议:

(1) 加强技术研发: 加大智慧贝类养殖技术的研发投入, 机械化、数字化、智能化为核心的现代化建设是推动渔业实现由粗放型增长向集约型增长转型的重要途径, 是加快推进渔业高质量发展有力抓手。突破技术瓶颈, 提高养殖管理的精准度和效率。(2) 拓宽融资渠道: 鼓励社会资本进入智慧贝类养殖领域, 为养殖企业提供更多的资金支持。(3) 加强人才培养: 加强跨学科人才培养和引进工作, 为智慧贝类养殖提供充足的人才保障。(4) 动政策创新: 政府应出台相关政策, 鼓励和支持智慧贝类养殖的发展, 为养殖企业创造良好的政策环境。

参考文献

- [1] 孙琛. 世界贝类生产、贸易及中国贝类出口分析 [EB / OL]. (2007-05-28).
- [2] 郑润玲, 马康, 王树亮. 以虾贝双百亿全产业链工程助推乡村振兴 [J]. 水产养殖, 2022, 43(07): 73-75.
- [3] 欧阳杰, 沈建. 中国贝类加工装备应用现状与展望 [J]. 肉类研究, 2014, 28(07): 28-31.
- [4] 王新鸣. 加快我国设施渔业发展的探讨 [J]. 中国渔业经济, 2005, (03): 38-39.
- [5] 李竹青. 新能源技术在水产增养殖业中应用的现状与展望 [J]. 现代渔业信息, 1990, 5(9): 3-6.
- [6] 王如才, 王昭萍, 张建中. 海水贝类养殖学 [M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1998: 148-202.
- [7] SOLARFLUPSY project update: Design and Construction Report [EB/OL] (2012-02-12).
- [8] 徐皓, 倪琦, 刘晃. 我国水产养殖设施模式发展研究 [J]. 渔业现代化, 2007, (06): 1-6+10.
- [9] 郭芸芸, 关仕新, 庞博. 贝类海水养殖发展迅速全产业链不断优化升级 [J]. 中国食品, 2024, (09): 107-113.
- [10] 张同佳. 天津市经济贝类产业发展研究 [D]. 天津农学院, 2021.
- [11] 董敬明, 刘子飞, 陈丽梅. 我国海洋碳汇交易政策、实践及展望 [J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(03): 519-527. DOI: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230615003.
- [12] 卢昆, 孙娟, PierreFailler, 等. 中国海水贝类养殖生产阶段判别与现实应对 [J]. 中国海洋经济, 2020, (02): 1-18.
- [13] 刘子飞, 李飞, 夏佳佳. 大水面生态渔业发展的现状、困境与对策 [J]. 生态经济, 2022, 38(03): 142-148.
- [14] 刘鹰, 郑纪盟, 邱天龙. 贝类设施养殖工程的研发现状和趋势 [J]. 渔业现代化, 2014, 41(05): 1-5.