

基于选择实验法的海洋牧场生态价值评估

——以舟山市为例

孙媛媛¹, 李京梅^{1,2}

(1. 中国海洋大学经济学院 青岛 266100; 2. 中国海洋大学海洋发展研究院 青岛 266100)

摘要: 海洋牧场作为精细化的海洋养殖方式, 在高效生产优质经济水产品的同时, 客观上保护并优化了海洋生态系统的服务功能。准确评估海洋牧场的生态价值, 对于促进其产业生态化建设具有重要意义。文章将海洋牧场生态价值划分为扩大生物栖息地面积、养护非经济生物资源、改善水体透明度和增加海上生态景观功能四个属性, 通过选择实验法构建混合 Logit 模型和潜在类别模型实证分析了公众对舟山市海洋牧场各生态属性的支付意愿及其异质性, 进而估算舟山市海洋牧场生态价值总额。研究表明: (1) 样本描述性分析显示, 受访者普遍对海洋牧场的生态价值具有较高的认知, 为其准确地表达支付意愿提供了依据。(2) 混合 Logit 模型分析结果显示, 生物栖息地面积、非经济生物资源量、水体透明度和海上生态景观功能的边际价值分别为 70.73 元/(户·年)、69.29 元/(户·年)、81.79 元/(户·年)、77.27 元/(户·年)。(3) 潜在类别模型分析结果表明, 不同群体在支付意愿和对生态功能重视程度上存在显著差异。(4) 若舟山市海洋牧场的各项生态属性提升至最佳水平, 受访者的年支付意愿为 1 070.55 元/户, 进而测算出舟山市海洋牧场生态价值总额为 3.76 亿元。研究结果可为舟山市海洋牧场产业生态化发展的政策制定和科学管理提供重要参考。

关键词: 海洋牧场; 生态价值评估; 选择实验; 产业生态化; 舟山市

中图分类号: F326.4; X196; P74 文献标志码: A 文章编号: 1005-9857(2025)10-0150-15

Marine Ranching Ecological Value Assessment Based on Choice Experiment Method: A Case Study of Zhoushan City

SUN Yuanyuan¹, LI Jingmei^{1,2}

(1. School of Economics Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2. Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: Marine ranching, as a refined marine aquaculture method, not only efficiently produces high-quality economic aquatic products but also objectively protects and optimizes the service functions of marine ecosystems. Accurately assessing the ecological value of marine ranching is of great significance for promoting its industrial ecological development. In this paper, the ecological value of marine ranching is divided into four attributes:

收稿日期: 2025-03-17; 修订日期: 2025-08-28

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“海洋生态损害补偿标准与制度设计”(16ZDA049)。

作者简介: 孙媛媛, 硕士研究生, 研究方向为海洋资源与环境经济学

expanding biological habitat area, conserving non-economic biological resources, improving water clarity, and enhancing offshore ecological landscape function. By using the choice experiment method, a mixed Logit model and a latent class model are constructed to empirically analyze the public's willingness to pay (WTP) for each ecological attribute of Zhoushan's marine ranching and its heterogeneity, and further estimate the total ecological value of Zhoushan's marine ranching. The research results indicate that: (1) Descriptive analysis of the sample shows that respondents generally have a high awareness of the ecological value of marine ranching, providing a basis for them to accurately express their WTP. (2) The results of the mixed Logit model analysis reveal that the marginal values of biological habitat area, non-economic biological resources, water clarity, and offshore ecological landscape function are 70.73 yuan/household/year, 69.29 yuan/household/year, 81.79 yuan/household/year, and 77.27 yuan/household/year, respectively. (3) The results of the latent class model analysis indicate that there are significant differences in WTP and the degree of importance attached to ecological functions among different groups. (4) If the ecological attributes of Zhoushan's marine ranching are improved to their optimal levels, the annual WTP of respondents is 1 070.55 yuan/household, and the total ecological value of Zhoushan's marine ranching is estimated to be 376 million yuan. The research results can provide important references for policy formulation and scientific management of the industrial ecological development of Zhoushan's marine ranching.

Keywords: Marine ranching, Ecological value assessment, Choice experiment, Industrial ecologization, Zhoushan City

0 引言

海洋牧场是基于海洋生态系统原理,在特定海域,通过人工鱼礁、增殖放流等措施,构建或修复海洋生物繁殖、生长、索饵或避敌所需的场所,以增殖养护渔业资源,改善海域生态环境,实现渔业资源可持续利用的渔业模式^[1]。这一模式起源于 20 世纪 60 年代的日本,旨在通过种群增殖和生境营造提升渔业产量,推动海洋渔业可持续发展^[2]。随着全球渔业资源的日益枯竭及海洋环境压力的加剧,海洋牧场逐渐在全球范围内推广^[3]。在“耕海”理念的指导下,我国海洋牧场于 20 世纪 70 年代开始兴起^[3]。得益于国家政策的积极推动与现代科学技术的有力支撑,我国海洋牧场建设实现了快速推进与规模化布局。海洋牧场的持续发展确保了优质水产蛋白的可持续供应,保障了我国的粮食安全,具有重要的经济效益。大量研究表明,海洋牧场在生物栖息地建设、物种多样性保护和水质改善等重要生态功能方面发挥着重要作用,显著增强了海洋生态系统的恢复力与稳定性,为海洋环境的长期可持续发展奠定了坚实基础^[4-5]。在构建可持续海洋经济

体系的战略背景下,准确识别并量化海洋牧场的生态价值,不仅有助于深化政策制定者和管理者对其生态功能的科学认知,还对推动海洋牧场产业生态化建设和可持续发展路径的优化具有重要意义。

1 文献综述

当前关于海洋牧场生态价值的研究主要集中在以下 3 个方面。一是从工程学、管理学以及经济学等视角评估海洋牧场的生态建设效果。相关研究涵盖海洋牧场生态标准化体系构建^[6-7]、渔业资源增殖效果评价^[8-9]及建设工程的环境影响分析^[10-11]等领域。这些研究推动了海洋牧场建设技术创新和管理模式的完善,为海洋牧场可持续发展提供了理论支持。二是采用观测实验、对比分析等方法论证海洋牧场具备显著的生态价值。例如, Kim 等^[12]基于物种相似性探讨海洋牧场海域的营养结构和能量流动情况,指出海洋牧场对海水营养结构优化和能量流动具有显著的促进作用。Feng 等^[13]使用生态模拟模型分析海洋牧场和普通海域的生态状况,提出海洋牧场在延长食物链、提高养殖海域生态承载力等方面具有明显优势。李大鹏等^[4]对比海洋牧场

海域和普通海域的生物量,发现牧场海域的浮游植物丰度明显高于普通海域,进而指出海洋牧场在提高养殖海域生物多样性方面具有积极作用。三是通过价值评估等方式,量化海洋牧场的生态效益。例如,于亚群^[14]使用旅游需求曲线模型评估獐子岛海洋牧场区休闲渔业的游憩价值为3 120.9万元/a,为海洋牧场生态化建设效果评估提供了重要参考。马欢等^[15]采用直接市场法评估柘林湾海洋牧场生态系统服务价值(6.7亿元)。然而,研究也指出,由于评估过程中未考虑物种多样性维护等非使用价值,评估结果偏低。因此,进一步完善海洋牧场生态价值评估方法将是今后的研究重点。为提升海洋牧场生态价值评估的全面性与准确性,袁华荣等^[16]提出构建定量评估模型,以协调生态措施与产出效益,解决现有方法在适用性和量化程度上的局限性。Pickering等^[17]进而针对海洋牧场恢复生物栖息地、保护生物多样性等生态功能难以量化评估等问题,建议使用陈述偏好法构建量化评估模型,提高海洋牧场生态效益评估的准确度。

总体而言,已有研究为识别和测算海洋牧场的生态价值提供了初步基础,但多集中在单一效益维度上,在量化海洋牧场生态价值的多重属性方面还缺乏系统性的评估和比较。选择实验法作为评估资源环境产品和服务价值的重要方法^[18-19],其最大的优点在于测算资源环境产品和服务的多重属性的边际价值,进而估算其经济总价值^[18,20]。当前,选择实验法已被广泛用于农田、牧区、林地等农业生态领域的生态价值评估^[21],展现出较强的适用性和科学性。因此,使用这一方法开展研究,有助于精准量化海洋牧场的生态价值,从而为推动海洋牧场生态建设提供重要支撑。

海洋牧场是推动海水养殖产业生态化的重要手段。评估海洋牧场的生态价值有助于决策者更精准地识别海洋牧场生态功能提升的优先领域,并优化资源配置方案,为海洋牧场的生态化转型提供有力支持。作为我国传统的海洋渔场,舟山市已经成功获批7处国家级海洋牧场示范区,占全省总数的46.7%,舟山市在浙江省乃至全国海洋牧场建设中占有重要地位。基于此,本文以舟山市为研究区

域,通过选择实验法构建选择集,运用混合Logit模型和潜在类别模型探究公众对海洋牧场生态价值的支付意愿及其异质性,并进一步估算舟山市海洋牧场的生态价值,以期海洋牧场可持续发展的政策设计提供理论支持。

2 研究方法 with 模型构建

选择实验法的核心是营造直观真实的实验情境,以获得受访者正确的偏好信息^[22]。其理论基础是Lancaster的价值特征理论^[23]和McFadden的随机效用理论^[24]。其中,Lancaster的价值特征理论认为商品具备的属性或特征决定消费者的效用水平,因此效用函数的自变量是商品的属性或特征,消费者对商品的属性或特征的不同组合有不同的偏好。McFadden的随机效用理论通过构造选择的随机效用函数,将消费者对商品的真实效用进行分解,从而将选择问题转化为效用比较问题,用效用最大化来表示消费者对选择集中最优方案的选择,以达到估计模型参数的目的。本文将基于选择实验法调查公众对不同海洋牧场相关属性的支付意愿,进而测算海洋牧场的生态价值。具体研究推导过程如下。

在 a 个指标属性组合的选择集(J)中,假设受访者 i 从 n 个选择方案中选择 j 方案的效用 U 可表示为:

$$U_{ijn} = V_{ijn} + \varepsilon_{ijn} \quad (1)$$

式中: V_{ijn} 为效用函数的可观测部分; ε_{ijn} 为随机误差项,是效用函数的不可观测部分。对于任意受访者而言,其获得的效用水平由备选方案决定,受访者会在不同的备选方案中选择效用最大的方案。在选择任务 n 中,受访者 i 选择选项 j 而不是选项 k 的概率为:

$$P_{ijn} = Pr(U_{ijn} > U_{ikn}) = Pr\left[\left(V_{ijn} + \varepsilon_{ijn}\right) > \left(V_{ikn} + \varepsilon_{ikn}\right)\right], \forall j \neq k \quad (2)$$

在对受访者效用进行估计时, ε_{ijn} 概率分布的假设直接影响计量模型的选择^[25]。如果 ε_{ijn} 满足无关选择独立性和独立同分布,则适用于假定样本具有同质性偏好的多项式Logit模型(Multinomial Logit Model, MNL);如果 ε_{ijn} 满足随机分布假

设, 则适用于假定样本具有异质性偏好的混合 Logit 模型 (Mixed logit, MXL) [26]。鉴于本文对象为舟山市市民, 调研范围较广, 受访者偏好选择可能具有异质性。同时, 问卷选择集中包含维持现状选项, MNL 模型难以满足无关选择独立性假设, 因此选择了 MXL 模型 [25]。在 MXL 模型中, 受访者的间接效用函数确定性成分 V_{ijn} 可以表示为:

$$V_{ijn} = ASC_i + (\beta_{jn} > \delta_{jn})X_{jn} + r_i ASC_i \cdot I_n + s_i ASC_i \cdot T_n \quad (3)$$

式中: ASC 是替代常数项 (Alternative Specific Coefficient, ASC), 当受访者选择给定的参照方案时, ASC 赋值为 0; 当受访者选择维持现状时, 赋值为 1。ASC 可以反映受访者不选择给定选项所获得的平均效用, 当其系数为负时, 说明受访者更愿意在给定的参照方案中进行选择。 X_{jn} 是选择任务 n 的属性变量向量, β_{jn} 是总体均值的和, δ_{jn} 是个体偏差。为考查受访者偏好选择的异质性, 模型进一步引入 ASC 与受访者的社会经济属性 I_n 的交互项 $ASC_i \cdot I_n$ 以及受访者对海洋牧场生态价值的主观认知属性 T_n 的交互项 $ASC_i \cdot T_n$ 。

基于上述表达式, 进一步假定 $f(\beta)$ 是参数向量 β 的密度函数, 则受访者 i 从 n 个选择方案中选择 j 的概率 P_{ijn} 可表示为:

$$P_{ijn} = \int \frac{e^{V_{ijn}(\beta)}}{\sum_n e^{V_{ijn}(\beta)}} f(\beta) d\beta \quad (4)$$

MXL 模型能够从整体上刻画受访者的异质性, 但无法进一步识别和划分不同群体的偏好特征。而潜在类别模型 (Latent Class Model, LCM) 假设受访者偏好在不同群体间呈离散分布, 能够直观地揭示异质性偏好的来源。因此, 本文引入 LCM 模型划分受访者类别, 并将支付意愿结果与 MXL 模型进行对比分析。在 LCM 模型中, 属于 s 类的受访者 i 选择 j 方案的联合概率 P_{ijs} 可表示为:

$$P_{ijs} = P_{j/s} \cdot P_{is} = \frac{e^{V_{ijs}}}{\sum_j e^{V_{ijs}}} \cdot \frac{e^{(u_s z_i)}}{\sum_s e^{(u_s z_i)}} \quad (5)$$

式中: V_{ijs} 是在个体属于类别 s 的前提下选择 j 方案的条件概率; P_{is} 是个体属于类别 s 的概率; z_i 表示分类成员函数中决定分类概率的特征值, 主要依据

受访者的社会经济特征和主观认知进行选择; u_s 是子类 s 中与 z_i 相关的参数向量。

在对上述模型进行估计后, 通过极大似然估计可得各参数估计量, 在此基础上, 某一属性的边际价值可由式 (6) 表示 [27]。

$$MWTP_x = -\frac{\partial V / \partial x}{\partial V / \partial p} = -\frac{\beta_x}{\beta_p} \quad (6)$$

式中: $MWTP_x$ 为属性 X 的边际价值; β_x 为属性 X 的边际效用; β_p 为支付属性的边际效用。

属性的边际价值反映了受访者对特定生态属性的支付意愿。补偿剩余 (Compensating Surplus, CS) 则用于衡量受访者对海洋牧场生态价值提升的整体支付意愿, 具体来说, 是衡量海洋牧场养殖海域环境现状改变所带来的整体效用的变化 [19]。补偿剩余的计算公式为:

$$CS = -\frac{1}{\beta_p} (V^0 - V^1) \quad (7)$$

式中: V^0 和 V^1 分别为初始效用和最终效用。

本文依据补偿剩余 (Compensating Surplus, CS) 的基本原理, 将舟山市海洋牧场生态价值的现状值和目标值分别作为效用的初始值和理想值 [18]。式 (7) 中, V^0 和 V^1 分别表示海洋牧场海域生态环境维持现状时对受访者的效用, 以及生态环境改善至最高水平时对受访者的效用。通过计算补偿剩余, 并结合受访者支付意愿及舟山市家庭总户数, 可以进一步估算出舟山市海洋牧场生态价值提升的生态效益总额 [28]。

3 研究区概况与实验设计

3.1 研究区概况

舟山市位于浙江省东北部舟山群岛, 地处中国东南沿海, 是南北沿海航线与长江水道交汇处, 海域面积 2.08 万 km^2 , 拥有 2 085 个岛屿和 270 km 余深水岸线。作为浙江、江苏、福建和上海“三省一市”渔民的传统作业区域, 舟山市凭借其独特的海洋资源优势, 积极响应国家海洋强国战略, 推动海洋牧场建设。2024 年, 舟山市海洋渔业局在《关于市政协八届三次会议第 83049 号提案的复函》中指出, 要改进鱼礁设计和建造技术, 以提升牧场的

生态效益。据舟山市生态环境局《美丽舟山建设工作简报 2024 年第 5 期》,“十三五”以来,舟山市累计投入约 1.5 亿元用于人工鱼礁建设,投放人工鱼礁 26.8 万 m^3 ,建设海藻场 10.3 hm^2 。这些举措在持续扩大舟山市海洋牧场水产品市场的同时,也显著提升了其生态效益。舟山市海洋牧场海水水质持续改善,人工栖息地的修复效果愈加明显,礁体附着生物群落逐渐形成。作为全国海洋牧场发展的标杆城市,舟山市在示范引领和经验推广方面发挥了重要作用。因此,研究舟山市海洋牧场的生态价值,不仅有助于优化资源配置和提升生态建设水平,而且能为其他地区的海洋牧场建设与管理提供宝贵借鉴。

3.2 选择实验设计

选择实验中属性的设定是评估资源边际价值的前提^[18]。合理选择与研究对象相关的属性,能够为开展价值评估提供可靠的数据支持。海洋牧场在增加生物栖息地面积、提升海上生态景观功能、增加海域非经济生物资源量、提高水体透明度以及增加蓝色碳汇量等方面都发挥着重要作用,可供选择的生态价值属性较多。因此,本文遵循属性指标的代表性、全面性、可比性以及通俗易懂等选取原则,基于海洋牧场已有研究^[3,29-30],在研读滨海湿地^[31]、海湾^[32]及海洋自然保护区^[26]等生态价值评估相关文献的基础上,结合海洋牧场水产养殖户、水产品专卖店工作人员及海洋牧场附近居民的焦点访谈结果,经过课题组多次讨论,将海洋牧场生态价值属性依次确定为:生物栖息地面积、海上生态景观功能、非经济生物资源量、水体透明度。

生物栖息地面积反映海洋牧场通过投放人工鱼礁、藻礁,增加生物栖息场所的功能^[30]。通过科学投放人工鱼礁、藻礁,海洋牧场能够有效修复并增加水生生物栖息地面积,实现养殖海域生境修复、生态保护以及渔业资源可持续利用等多重效益并举的目标^[30]。据杨红生等^[29]统计,礁体投放后,海洋牧场的栖息空间增加约 20 倍,能够满足海洋生物生长、繁衍、避敌的需求。鉴于生物栖息地面积对海洋牧场养殖海域生态系统基础性、

稳定性的重要作用,本研究选择生物栖息地面积作为研究属性。

海上生态景观功能反映海洋牧场提供的生态观光、海上休闲娱乐等服务^[30]。马欢等^[15]在研究中将海洋牧场的生态景观功能纳入海洋牧场生态系统服务的关键组成部分。舟山市海洋与渔业发展局颁布的《舟山市“一条鱼”全产业链发展建设三年行动计划(2021—2023)》以及《舟山市海洋牧场建设规划(2015—2025 年)》中均将打造休闲旅游场所作为海洋牧场生态建设的重要目标。因此,本文将生态景观功能作为海洋牧场生态价值的属性变量。

非经济生物资源量反映海洋牧场通过移植海草(藻)等措施,聚集、养护海洋非经济生物资源,增加海洋生物多样性的功能^[33]。据杨红生^[34]统计,海洋牧场的非经济生物资源种群数量较海洋牧场建设前提高了 5.3 倍,礁区基础生产力增加了 64%,初级生产力明显优于同等原始条件下的未投礁区。基于非经济生物资源在优化海洋生态系统服务功能中的重要作用,本研究将其作为一个重要属性变量。

水体透明度反映海洋牧场通过水质监测、水体净化等措施提升海洋水质的功能^[15]。李大鹏等^[4]指出海洋牧场建设后,附近海域的水体透明度可达 3 m。而据舟山市生态环境局统计,舟山市海域平均水体透明度在 1.5 m 以下。因此,本文将水体透明度作为海洋牧场改善水质这一生态功能的重要指标。

在属性水平值设定上,本文依据等距原则^[35-36]和取整原则^[37],根据研究成果和相关规定,将属性水平设为“显著提升”“提升”和“保持现状”。其中,“保持现状”是指在不采取任何价值提升措施的情况下,海洋牧场 10 年后的生态状态;“提升”和“显著提升”则指通过采取一定的价值提升措施后,海洋牧场 10 年后的生态状况。本研究未设定属性水平值“下降”这一维度,主要是因为研究目标聚焦于探讨海洋牧场在养殖海域生态价值提升方面的效果,而非考虑生态退化情境。这一设定有助于更加精确地评估提升措施的效果,避免负面情境

的干扰, 从而确保研究分析的科学与针对性。在支付意愿方面, 结合预调查结果, 将支付意愿水平定为 0 元、50 元、100 元、150 元和 200 元。各属性及其水平结果见表 1。

表 1 海洋牧场生态价值属性及其状态水平

Table 1 The ecological value attributes and their status levels of marine ranching

要素属性	状态水平	解释
生物栖息地面积	显著提升	海洋牧场生物栖息空间较牧场建设前增加 20 倍左右; 充分满足海洋生物生长、繁衍、避敌的需求
	提升	海洋牧场生物栖息空间较牧场建设前增加 10 倍左右, 基本满足海洋生物生长、繁衍、避敌需求
	维持现状	海洋牧场海洋生物栖息空间与牧场建设前持平; 难以满足海洋生物生长、繁衍、避敌需求
海上生态景观功能	显著提升	海洋牧场海域水鸟繁多、海鱼成群, 海上风光优美, 休闲海钓设施完善, 充分满足公众海上休闲娱乐需求
	提升	海洋牧场可见水鸟、海鱼, 海上风光较好, 休闲海钓设施较为完善, 基本满足公众海上休闲娱乐需求
	维持现状	海洋牧场难见水鸟、海鱼, 休闲海钓设施配套尚不完善, 仅具备渔业养殖功能, 难以满足公众海上休闲娱乐需求
非经济生物资源量 (海洋植物、微生物等)	显著提升	海洋牧场非经济生物资源种群和数量较牧场建设前提高 5 倍以上, 礁区基础生产力增加 60% 左右; 固碳、释氧等初级生产力效果显著提升
	提升	海洋牧场非经济生物资源种群和数量较牧场建设前提高 2 ~ 3 倍, 礁区基础生产力增加 30% 左右; 固碳、释氧等初级生产力效果有所提升
	维持现状	海洋牧场非经济生物资源种群和数量、礁区基础生产力与牧场建设前持平; 固碳、释氧等初级生产力效果一般
水体透明度	显著提升	海洋牧场水体透明度为 3 m 以上, 较牧场建设前提高 1 倍左右; 海水清澈, 水体质量水平优等
	提升	海洋牧场水体透明度为 1.5 ~ 3 m, 较牧场建设前提高 0.5 倍左右; 海水较为清澈, 水体质量水平良好
	维持现状	海洋牧场水体透明度为 1.5 m 以下, 与牧场建设前持平; 海水较为混浊, 水体质量水平一般
支付意愿 (元/年)	0, 50, 100, 150, 200	2024—2034 年, 您家每年愿意为海洋牧场生态功能提升到以上不同状态水平的支付意愿

基于上述属性及其水平值设计结果, 可产生 $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 4 = 324$ 个方案组合。考虑到实际操作的可行性, 利用 Ngene1.3 的 D 效率设计生成 15 个选择集。同时, 利用 Block 命令将 15 个选择集分成 3 组, 以减轻被调查者的负担。因此, 最终版问卷共有 3 个版本, 每个版本下有 5 个选择集, 每个选择集有 3 个备选方案 (包括 2 个价值属性组合方案和 1 个维持现状方案), 选择实验卡示例见表 2。

表 2 选择集示例

Table 2 Choice set example

方案	方案 1	方案 2	方案 3
生物栖息地面积	提升	显著提升	保持现状
非经济生物资源量 (海洋植物、微生物等)	显著提升	保持现状	保持现状
海上生态景观功能	保持现状	提升	保持现状
水体透明度	保持现状	提升	保持现状
支付意愿	100	200	0
您的选择	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

最终版问卷包含 4 个部分：①受访者对海洋牧场的基本认知情况，如是否了解海洋牧场的生态功能、是否支持海洋牧场加强生态建设等；②受访者对海洋牧场不同生态价值属性组合的偏好；③受访者的基本社会经济特征，如性别、年龄、受教育程度、相关职业背景及家庭年收入等；④受访者对海洋牧场的主观认知，从环境认知^[38]、生态信任^[39]、道德义务^[40]以及环境知识^[41]四个方面共设置了 12 个五级量表题目，探究受访者对海洋牧场生态价值的认知程度。

3.3 数据收集

舟山地区调研采用了“问卷星”线上调研方式。为了保障问卷的有效性和调查效率，调查小组于 2024 年 11 月通过线上在舟山市普陀区随机发放 50 份问卷进行预调查，深入了解问题表述、问卷填写时间及问卷的适应性和普遍性等方面的问题，对问卷进行完善。2024 年 12 月，调查小组通过问卷星发放 800 份问卷，调查区域覆盖舟山市定海区、普陀区、岱山县和嵊泗县。共计回收 743 份，回收率为 92.88%；剔除无效问卷后，得到有效问卷 727 份，有效率为 97.85%。

4 结果与分析

4.1 受访者基本特征描述性分析

从表 3 的描述性结果可见，受访者中男性比例略高于女性，平均年龄在 30~39 岁，家庭年收入大部分集中于 8.1 万~25 万元区间，家庭总人数以 3~4 人为主，这些特征与舟山市整体的家庭情况基本一致。然而，具有海洋牧场相关职业背景的受访者占比达到 38%，高于舟山市平均水平（16%），该差异可能源于在问卷调查过程中，为详细了解具备海洋牧场工作背景的人员对海洋牧场的认知情况，重点向这一群体多发放了问卷，从而导致统计结果偏高。此外，调查样本的整体受教育程度偏高。这可能是由于选择实验法的信息量较大，受教育程度较低的人群在理解问卷调查内容方面可能面临更多认知困难，更容易出现放弃填写、跳跃式填写及作答前后矛盾等问题，而这部分问卷在最终分析中被排除在外。因此，最终纳入分析的有效问卷主要来自受教育程度更高的社会群体^[42-45]。尽管如此，样本在其他社会经济特征方面与舟山市的整体情况相符，这表明样本具备良好的代表性，能够较为准确地反映舟山市居民的社会经济特征。

表 3 受访者基本特征描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of respondents' basic characteristics

变量名称	描述	均值	标准差	舟山市平均水平
性别	男=0；女=1	0.45	0.49	0.47
年龄	19 岁以下=1；20~29 岁=2；30~39 岁=3；40~49 岁=4；50~59 岁=5；60 岁以上=6	3.15	1.33	3.31
相关职业背景	否=0；是=1	0.38	0.49	0.16
受教育程度	初中及以下=1；高中及中专=2；本科及大专=3；研究生及以上=4	2.8	1.02	1.39
家庭年收入	2 万以下=1；2.1 万~5 万=2；5.1 万~8 万=3；8.1 万~12 万=4；12.1 万~25 万=5；25 万以上=6	5.02	1.47	5.43
家庭总人数	2 人及以下=1；3~4 人=2；5~6 人=3；7 人及以上=4	2.42	0.69	2.15

4.2 受访者基本认知情况分析

在受访者基本认知情况调查中，通过“您是否认为海洋牧场有利于改善海洋生态环境”“您是否支持政府采取措施，支持海洋牧场建设，以改善海洋环境”以及“您是否愿意参与海洋牧场建设，以

改善海洋生态环境”等问题，了解舟山市受访者对海洋牧场生态价值的基本认知情况。从结果来看，87.07%的受访者认为海洋牧场建设有利于改善海洋生态环境；91.47%的受访者支持政府采取措施改善海洋生态环境；83.53%的受访者愿意以购买海洋牧

场水产品、宣传海洋牧场生态功能等方式支持海洋牧场建设, 促进海洋牧场生态化发展。样本反映出受访者对海洋牧场表现出较高程度的关注, 对于海洋牧场生态化建设有迫切的要求, 样本选择具有一定的代表性。

为进一步了解公众对海洋牧场生态价值的认可度, 本次调查共设置了 12 个量表题目来探究受访者对海洋牧场的主观认知, 如表 4 所示。主观认知部分的调查结果表明, 受访者对于海洋牧场的生态价值有较高的认知水平, 且对于提升海洋牧场的生态价值有较为积极的态度。

4.3 MXL 模型结果分析

采用 Nlogit 5.0 软件估计 MXL 模型, 依据多次调试后解释变量的回归系数和随机参数标准差系数的显著性, 将 MXL 模型的随机参数确定为非经济生物资源量, 并假定其服从正态分布, 将 ASC、支付意愿及其他属性变量均设置为固定参数。其中, 模型 I 为基础模型, 仅包含属性变量和 ASC; 模型 II 在模型 I 的基础上引入 ASC 与社会经济特征的交互项; 模型 III 在模型 II 的基础上进一步加入了 ASC 与受访者主观认知特征的交互项。具体结果见表 5。

表 4 受访者的主观认知分析
Table 4 Analysis of respondents' subjective perceptions

变量	描述	均值	标准差
环境认知	我认为提高海洋牧场生态功能是非常有必要的	3.24	1.08
	我认为提高海洋牧场生态功能有利于海洋牧场水产养殖业的可持续发展	3.34	1.12
	我愿意为支持海洋牧场生态功能提高而付出努力	3.27	1.12
生态信任	我认为我为海洋牧场支付的费用会达到我的预期目标	3.29	1.12
	我相信我支付的费用一定会被海洋牧场企业合理利用	3.27	1.14
	我相信政府部门会对经费的使用有一定控制能力	3.24	1.11
道德义务	提高海洋牧场的生态功能对我和我的家人是有利的, 所以我愿意参与	3.32	1.12
	提高海洋牧场的生态功能对我身边的人(邻居、同事)是有利的, 所以我愿意参与	3.23	1.13
	提高海洋牧场的生态功能对所有人都是有利的, 所以我愿意参与	3.28	1.11
环境知识	我了解当前海洋牧场的建设情况	3.32	1.13
	我了解当前关于海洋牧场的相关政策、规划	3.29	1.16
	我可以就海洋牧场的相关问题做出明智和负责任的决定	3.29	1.15

注: 环境认知、生态信任、道德义务、环境知识变量赋值采用李克特量表法, 即: 完全同意=5; 比较同意=4; 一般同意=3; 不太同意=2; 完全不同意=1。

表 5 MXL 模型的参数估计结果
Table 5 Parameter estimation results of the MXL model

变量	模型 I		模型 II		模型 III	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
ASC	-1.299 2***	0.175 3	-0.787 5**	0.372 3	-0.964 1***	0.145 7
生物栖息地面积	0.138 5***	0.036 4	0.140 2***	0.037 5	0.139 2***	0.037 1
非经济生物资源量	0.135 5***	0.034 6	0.134 2***	0.035 8	0.136 4***	0.035 1
水体透明度	0.153 9***	0.036 1	0.161 8***	0.037 5	0.160 9***	0.037 3
海上生态景观功能	0.150 6***	0.036 7	0.151 3***	0.037 9	0.152 0***	0.037 5
支付意愿	-0.001 9***	0.000 5	-0.002 0***	0.000 5	-0.002 0***	0.000 5
ASC × 性别	—	—	0.799 8***	0.134 9	0.667 4***	0.139 5

续表 5

变量	模型 I		模型 II		模型 III	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
ASC × 年龄	—	—	0.168 9***	0.044 8	0.151 3***	0.046 4
ASC × 相关职业背景	—	—	-0.596 6***	0.137 8	-0.518 6***	0.142 8
ASC × 受教育程度	—	—	-0.269 1***	0.058 4	-0.298 6***	0.060 6
ASC × 家庭年收入	—	—	-0.446 8***	0.042 5	-0.453 2***	0.044 7
ASC × 家庭总人数	—	—	0.395 3***	0.086 5	0.362 7***	0.089 3
ASC × 环境认知	—	—	—	—	-0.132 9**	0.063 8
ASC × 生态信任	—	—	—	—	-0.253 5***	0.061 2
ASC × 道德义务	—	—	—	—	-0.141 2**	0.061 1
ASC × 环境知识	—	—	—	—	-0.287 0***	0.059 0
标准差系数						
非经济生物资源量	0.634 1***	0.149 5	0.719 1***	0.147 2	0.662 8***	0.155 0
Log likelihood	-3 368.543 9		-3 243.422 0		-3 164.162 2	
AIC/N	1.857		1.792		1.750	
McFadden Pseudo R-squared	0.156 5		0.187 9		0.207 6	

注：**为在 5% 的水平下显著，***为在 1% 的水平下显著；表中仅保留了显著的交互项。

表 5 显示，3 个模型均显示，海洋牧场生态价值提升能够显著提高受访者的效用；受访者倾向于支付较少的费用来提升海洋牧场的生态价值。从模型 II 中可以看出，受访者的社会特征对其选择海洋牧场的生态价值有显著影响。ASC 与性别、年龄及家庭总人数的交互项系数在 1% 的水平上显著为正，表明年轻、家庭人数少的男性更愿意提升海洋牧场的生态价值。可能的原因是，年轻人探索、接触新事物的能力较强，对海洋牧场这一新兴产业的了解程度较高，更容易知晓海洋牧场生态价值的重要性。同时，在调研过程中发现，年龄在 20 ~ 30 岁的受访者的家庭人口数基本在 2 人及以下，且都为单人居住或刚组建小家庭的大学毕业生，生活负担相对较轻，因此可以推测这一群体更有时间和精力关注海洋牧场的生态价值，愿意为提升海洋牧场生态价值支付的费用也更多。此外，海洋牧场的主导产业为提供水产品，而男性作为海水养殖等相关职业的主要参与者，了解海洋牧场的机会更多，从

而更能了解海洋牧场生态价值对于保障水产品品质以及海水养殖业可持续发展的重要性。ASC 和相关职业背景、受教育程度、家庭年收入的交互项系数在 1% 的水平上显著为负。这说明家里有从事海洋牧场相关工作、受教育程度及家庭年收入较高的受访者更倾向于提升海洋牧场的生态价值。原因可能是本人（或亲属）从事海洋牧场相关职业，能深入了解海洋牧场的生态价值。再者，受教育程度、家庭年收入较高的两类群体都对海洋牧场生态价值有较高的关注度，更注重海洋生态环境质量，也更愿意支持海洋牧场生态价值提升，这一结论也与已有研究^[46-47]相一致。

在模型 III 中，环境认知、生态信任、道德义务及环境知识与 ASC 的交互项系数均显著为负，表明对海洋牧场相关知识的了解程度较高，对政府、企业具有较强信任度，对海洋牧场生态化建设有较好预期，且道德感较强的受访者更愿意为支持海洋牧场的生态价值提升而付出努力。

由表 6 可见, 3 个模型均显示, 受访者对各属性支付意愿的排序为: 水体透明度 > 海上生态景观 > 生物栖息地面积 > 非经济生物资源量。受访者对水体透明度的支付意愿最高, 可能原因有两个方面: 一是舟山市作为重要的渔业基地, 水体透明度的提升与渔业资源的恢复密切相关。而海洋牧场在修复水质、提升水体透明度方面发挥重要作用, 因此居民对水质改善带来的生态效益具有较强的关注。二是舟山市政府对海洋水质高度重视。2023 年, 舟山市生态环境局发布《舟山市“五水共治”工作动态 2024 年第 6 期》, 明确提出要加强近岸海域污染防治。这一政策彰显了政府对海洋水质改善的高度重视, 也在一定程度上提高了公众对海洋牧场生态价值提升的支付意愿。研究发现, 受访者对海洋牧场生态景观功能的支付意愿较高, 原因可能是舟

山市多个海洋牧场位于海洋公园和国家级自然保护区内。例如, 普陀东部海域的白沙国家级海洋牧场和中街山列岛海域的国家级海洋牧场, 分别位于普陀中街山列岛国家级海洋特别保护区和嵊泗马鞍列岛国家级自然保护区。这些地理特征使得公众更容易感知海洋牧场的生态景观功能。然而, 受访者对非经济生物资源量和生物栖息地的支付意愿相对较低。舟山市作为传统的海水养殖地, 居民的关注点可能是渔业资源的直接利用, 生物栖息地的保护和非经济生物资源量的提升并未被充分认识为直接影响渔业生产或收入的因素。此外, 与水质改善和生态景观功能等更具直观影响的生态属性相比, 生物栖息地和非经济生物资源量的生态效益通常较为间接, 且需要较长时间才能显现。因此, 公众对这些生态属性的重视程度和支付意愿较低。

表 6 MXL 模型的边际价值估计结果

Table 6 Estimated marginal values from the MXL model

变量	模型 I		模型 II		模型 III	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
生物栖息地面积	68.570 7**	28.457 7	69.478 3**	30.699 0	70.729 4**	31.196 0
非经济生物资源量	67.104 9**	30.716 1	66.518 5**	28.117 3	69.294 6**	28.865 0
水体透明度	77.916 4**	31.470 1	80.183 3**	32.190 1	81.790 5**	32.793 4
海上生态景观功能	76.218 2**	32.197 0	74.982 7**	32.108 3	77.271 6**	32.802 0

注: ** 为在 5% 的水平下显著。

总体而言, 受访者对 4 个生态属性的支付金额差距较小, 舟山市受访者对海洋牧场生态属性普遍表现出积极的支付意愿。其原因可从以下两个方面进行分析: 一是海洋渔业作为舟山市的传统主导产业, 与当地经济密切相关。建设和完善海洋牧场, 能够有效恢复渔业资源, 优化生态环境, 进而促进可持续渔业经济发展。在这样的背景下, 舟山市民对海洋牧场的生态价值提升具有较强的支持意愿。二是舟山市政府积极推动海洋生态保护相关知识的普及及政策的落地实施, 这在一定程度上增强了居民的环保意识。可以看出, 支付意愿的相对均衡表现出舟山市民对生态效益提升的广

泛支持, 反映了其对生态系统整体价值的认可与重视。

综合考虑受访者支付意愿影响因素以及拟合优度, 本研究基于模型 III 的估计结果, 计算得出 MXL 模型中生物栖息地面积、非经济生物资源量、水体透明度、海上生态景观功能的边际价值分别为 70.73 元/(户·年)、69.29 元/(户·年)、81.79 元/(户·年)、77.27 元/(户·年)。

4.4 LCM 模型结果分析

受访者的支付意愿往往具有群体差异性^[48]。本文使用 Nlogit 5.0 软件估计 LCM 模型, 以识别受访者的群体异质性。在进行估计时, 将生物栖息地

面积、非经济生物资源量、水体透明度、海上生态景观功能四项生态价值属性作为效用函数参数；将所有社会经济特征和主观认知特征作为分类依据，仅保留结果显著的变量作为成员函数参数，对受访者进行分类研究。表 7 列出了 LCM 模型分析的数据信

息准则结果。根据 AIC (Akaike Information Criterion) 和 BIC (Bayesian Information Criterion) 准则，确定最优浅类别数为 3 类。模型具体估计结果如表 8 所示。

表 7 LCM 模型中类别数目选择标准

Table 7 Criteria for selecting the number of categories in the LCM model

类别	Class-2	Class-3	Class-4	Class-5	Class-6
Log likelihood function	-2 869.372 9	-2 832.101 2	-2 810.676 5	-2 786.425 4	-2 781.363 3
McFadden Pseudo R-squared	0.281 5	0.290 8	0.296 1	0.302 3	0.303 5
AIC	5 776.7	5 728.2	5 711.4	5 688.9	5 694.7
BIC	5 894.5	5 926.5	5 990.3	6 048.4	6 103.8

表 8 LCM 模型估计结果

Table 8 Estimation results of the LCM model

变量	栖息地偏好型		水质偏好型		价格偏好型	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
ASC	-3.073 6***	0.276 6	-2.116 5	2.800 1	-0.599 3	0.856 5
生物栖息地面积	0.264 7***	0.046 6	-1.173 8***	0.445 0	-0.333 2*	0.191 2
非经济生物资源量	0.085 8**	0.041 0	0.817 4***	0.277 4	0.069 0	0.192 3
水体透明度	0.075 5	0.045 9	1.172 9***	0.308 7	0.139 1	0.153 9
海上生态景观功能	0.113 5**	0.046 3	0.900 8***	0.318 9	0.179 0	0.189 9
支付意愿	-0.002 0***	0.000 6	0.007 5***	0.002 6	-0.021 1***	0.003 6
分类成员函数	—	—	—	—	—	—
常数项	-2.257 7***	0.699 7	-4.850 1***	1.137 6	—	—
性别	-0.646 9**	0.288 1	-0.649 6	0.421 1	—	—
受教育程度	0.248 4**	0.126 0	0.469 1**	0.198 8	—	—
相关职业背景	0.568 6*	0.296 1	0.054 2	0.441 9	—	—
家庭年收入	0.385 4***	0.100 4	0.590 5***	0.148 3	—	—
环境认知	0.370 4***	0.141 1	0.309 8	0.192 9	—	—
生态信任	0.373 2***	0.126 0	0.232 5	0.180 4	—	—
比例	76.6%		11.3%		12.1%	

注：* 为在 10% 的水平下显著，** 为在 5% 的水平下显著，*** 为在 1% 的水平下显著；表中仅保留了显著的个人特征变量。

由表 8 可知, 受访者可以被划分为栖息地偏好型、水质偏好型及价格偏好型三类。栖息地偏好型群体表现出对“生物栖息地”这一生态属性的最高支付意愿, 并倾向于支持通过“改变现状”来提升该属性的生态功能。水质偏好型群体则对水质改善的关注较为强烈。然而, 尽管该群体对水质提升持积极态度, 但对“生物栖息地面积”的支付意愿显著为负, 这可能反映了其对栖息地功能的认知程度较低, 或对该属性的生态效益缺乏充分理解。而在价格偏好型群体中, 支付意愿这一属性指标在 1% 的水平上显著为负, 说明这类受访者的支付意愿较为敏感, 不愿为提升海洋牧场生态价值支付费用。在调研过程中发现, 受访者拒绝支付的理由主要有“担心支付费用被挪用”“提升海洋牧场的生态价值是政府和海洋牧场企业的工作与我无关”以及“我不接触海洋牧场”。此外, 该类群体对生物栖息地面积属性的支付意愿显著为负, 原因可能是该类群体具有非理性偏好, 对“生物栖息地”这一概念完全不了解, 不愿为其支付任何费用, 可以称为价格偏好型^[35]。3 个类别分别占比 76.6%、11.3% 和 12.1%。

4.5 海洋牧场生态价值评估

为进一步估计舟山市海洋牧场的生态价值总值, 本文基于补偿剩余的基本原理, 将海洋牧场生态价值属性的现状值作为效用的初始值, 将生物栖息地显著增加、海上生态景观功能显著提升、非经济生物资源量显著增加、水体透明度显著改善作为目标值, 结合表 5 中各属性的系数估计值, 根据公式 (3) 和公式 (7), 得出此后 10 年舟山市受访者每年每户家庭愿意为海洋牧场生态价值提升支付 1 070.55 元。问卷中有支付意愿的受访者占比 89.5%, 根据 2021 年《舟山统计年鉴》, 舟山市有 37.78 万户居民, 因此舟山市海洋牧场的生态价值总值为 3.76 亿元^[49]。

5 结论和建议

5.1 结论

本文基于选择实验法设计调查问卷, 利用 MXL 模型和 LCM 模型评估舟山市海洋牧场的生态价

值。研究结果表明: ①样本描述性分析显示, 受访者普遍对海洋牧场的生态价值具有较高的认知, 尤其在环境认知、生态信任、道德义务和环境知识等方面表现出积极态度和较深理解, 表明公众对海洋牧场生态功能有较强的关注; ②混合 Logit 模型分析结果显示, 生物栖息地面积、非经济生物资源量、水体透明度和海上生态景观功能的边际价值分别为 70.73 元/(户·年)、69.29 元/(户·年)、81.79 元/(户·年)、77.27 元/(户·年)。③潜在类别模型进一步揭示了受访者的异质性, 受访者被划分为栖息地偏好型、水质偏好型和价格偏好型, 显示出不同群体在支付意愿和对生态功能重视程度上存在较为明显的差异。④若舟山市海洋牧场的各项生态属性提升至最佳水平, 受访者的年支付意愿为 1 070.55 元/户, 推算出舟山市海洋牧场生态价值总额为 3.76 亿元。

5.2 建议

为提升海洋牧场产业生态化建设水平和可持续发展能力, 本文提出以下政策建议。

一是明确海洋牧场生态功能提升的优先领域, 通过优化多维生态目标的决策协调机制, 提高海洋牧场建设效率。基于受访者对各属性边际价值的排序结果, 建议在海洋牧场建设过程中优先关注水质改善和海上生态景观打造两大目标。具体措施包括: 加强对海洋牧场周边海域与河流入海口的陆源污染物排放监测, 同时积极采取水体净化措施, 全面提升海域水质; 将海洋牧场与地方文化和生态旅游深度融合, 打造具有地方特色的生态品牌, 增强舟山市海洋牧场的文化影响力和品牌效应。

二是针对公众对海洋牧场打造生物栖息地、维护生物多样性等功能认知不足的问题, 建议从提升公众的参与感和认同感入手, 推动海洋牧场生态价值的全面展现和持续提升。一方面, 开展广泛的生态知识宣传与科普活动, 增强公众对海洋牧场生态价值的理解和认同, 为产业规模的扩大奠定坚实的群众基础; 另一方面, 积极发展海洋科普教育和生态研学旅行项目, 打造生态教育与旅游相结合的项目, 增强公众对生态保护的认知和参与感, 促进生态保护意识的普及和传播。

三是采取激励措施,支持海洋牧场企业全方位提升生态价值。首先,政府可以通过补助资金、激励政策等手段,支持企业实施生态保护措施,提升海洋牧场的生态服务供给能力。其次,政府应积极推动海洋牧场生态化建设涉及的多部门协同合作,提高相关政策执行的效率和效果,确保政策的长期

稳定性和明确的预期,增强企业参与生态化建设的信心与动力。最后,政府应推动社会群体广泛参与,通过与渔民和企业合作等方式,形成海洋牧场产业生态化发展的合力,共同推动良性生态保护与可持续发展格局的形成。

参考文献 (References):

- [1] 农业农村部. 海洋牧场建设技术指南: GB/T 40946-2021[S]. 2021.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Technical guide for marine ranching construction: GB/T 40946-2021[S]. 2021.
- [2] KIM S, LEECH S. A basic study on acoustic conditioning of fish suitable for a marine ranch[J]. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2002, 35(6): 56-59.
- [3] 杨红生, 丁德文. 海洋牧场 3.0: 历程、现状与展望[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(6): 832-839.
YANG Hongsheng, DING Dewen. Marine ranching version 3.0: history, status and prospects[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(6): 832-839.
- [4] 李大鹏, 张硕, 黄宏. 海州湾海洋牧场的长期环境效应研究[J]. 中国环境科学, 2018, 38(1): 303-310.
LI Dapeng, ZHANG Shuo, HUANG Hong. Study on long-term environmental effects of marine ranching in Haizhou Bay[J]. China Environmental Science, 2018, 38(1): 303-310.
- [5] YANG H, XU S, LIN C, et al. Research progress and prospects of restoration and resource conservation in typical sea areas[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2020, 51(4): 809-820.
- [6] ZHOU Y, XU S, ZHANG X, et al. Construction technology of seagrass bed habitats in marine ranching[J]. Science & Technology for Development, 2020, 16(2): 200-205.
- [7] XU P, ZHOU W, XIE M, et al. Temporal and spatial comparison of food web structure in marine pastures in the Pearl River estuary: implications for sustainable fisheries management[J]. Ecology and Evolution, 2022, 12(5): e8903.
- [8] BARTHOLOMEW A, BURT J A, FIRTH L B. Artificial reefs in the Arabian Gulf: benefits, challenges and recommendations for policy-makers[J]. Regional Studies in Marine Science, 2022, 56: 102723.
- [9] HAMMOND M, BOND T, PRINCE J, et al. An assessment of change to fish and benthic communities following installation of an artificial reef[J]. Regional Studies in Marine Science, 2020, 39: 101408.
- [10] DU Y W, GAO K. Ecological security evaluation of marine ranching with AHP-entropy-based TOPSIS: a case study of Yantai, China[J]. Marine Policy, 2020, 122: 104223.
- [11] SUO A, ZHOU W, DING D. Suitability evaluation on marine ranching in Guangdong, South China[J]. Journal of Oceanology and Limnology, 2023, 41(2): 778-791.
- [12] KIM H C, LEE J K, KIM M H, et al. Analysis of trophic structure and energy flows in the Uljin marine ranching area, Korean East Sea[J]. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 2018, 24(6): 750-763.
- [13] FENG J, YU H, WU L, et al. Evaluating ecosystem characteristics and ecological carrying capacity for marine fauna stock enhancement within a marine ranching system[J]. Animals, 2025, 15(2): 165.
- [14] 于亚群. 獐子岛海洋牧场区游憩价值评估[D]. 大连: 大连海洋大学, 2016.
YU Yaqun. An assessment of the Zhangzi Island marine ranching recreational value[D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2016.
- [15] 马欢, 秦传新, 陈丕茂, 等. 柘林湾海洋牧场生态系统服务价值评估[J]. 南方水产科学, 2019, 15(1): 10-19.
MA Huan, QIN Chuanxin, CHEN Pimao, et al. Valuation of ecosystem service of marine ranching in Zhelin Bay[J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(1): 10-19.
- [16] 袁华荣, 章守宇, 陈丕茂. 海洋牧场建设效益评价研究进展与展望[J]. 南方水产科学, 2024, 20(5): 1-13.
YUAN Huarong, ZHANG Shouyu, CHEN Pimao. Research progress and prospects on benefit assessment of marine ranching[J]. South China Fisheries Science, 2024, 20(5): 1-13.

- [17] PICKERING H, WHITMARSH D, JENSEN A. Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1999, 37(8/12): 505-514.
- [18] SHAN J, LI J, LIN Y, et al. Application of the choice experiment to the evaluation of willingness to manage *Enteromorpha prolifera* disasters from the perspective of attribute cut-offs[J]. *Resources Science*, 2018, 40(10): 1943-1953.
- [19] BROUWER R, BLIEM M, GETZNER M, et al. Valuation and transferability of the non-market benefits of river restoration in the Danube river basin using a choice experiment[J]. *Ecological Engineering*, 2016, 87: 20-29.
- [20] MEYERHOFF J, KLEFOTH T, ARLINGHAUS R. The value artificial lake ecosystems provide to recreational anglers: implications for management of biodiversity and outdoor recreation[J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 252: 109580.
- [21] JUNG H. Estimating the social value of multifunctional agriculture (MFA) with choice experiment[J]. *Agricultural Economics-Zemledelska Ekonomika*, 2020, 66(3): 120-128.
- [22] JIA Y, ZHAO M. Domestic waste classification and treatment: farmers cooperative preference in sunshine composting house based on choice experiment[J]. *China Population Resources and Environment*, 2021, 31(4): 108-117.
- [23] LANCASTER K J. A new approach to consumer theory[J]. *The Journal of Political Economy*, 1966: 132-157.
- [24] MCFADDEN D. The measurement of urban travel demand[J]. *Journal of public economics*, 1974, 3(4): 303-328.
- [25] LI G, JIANG M. Research on farmers' policy preferences of straw reutilization based on choice experiment[J]. *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024, 45(3): 152-162.
- [26] ROGERS A A. Social welfare and marine reserves: is willingness to pay for conservation dependent on management process? a discrete choice experiment of the Ningaloo Marine Park in Australia[J]. *Canadian Journal of Agricultural Economics-Revue Canadienne D Agroconomie*, 2013, 61(2): 217-238.
- [27] LIU Q, YAN Z, ZHOU J. Consumer choices and motives for eco-labeled products in China: an empirical analysis based on the choice experiment[J]. *Sustainability*, 2017, 9(3): 331.
- [28] SHI H, ZHAO M. Willingness to pay differences across ecosystem services and total economic valuation based on choice experiments approach[J]. *Resources Science*, 2015, 37(2): 351-359.
- [29] 杨红生, 许帅, 林承刚, 等. 典型海域生境修复与生物资源养护研究进展与展望[J]. *海洋与湖沼*, 2020, 51(4): 809-820.
YANG Hongsheng, XU Shuai, LIN Chenggang, et al. Research progress and prospects of restoration and resource conservation in typical sea areas[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2020, 51(4): 809-820.
- [30] 杨红生, 章守宇, 张秀梅, 等. 中国现代化海洋牧场建设的战略思考[J]. *水产学报*, 2019, 43(4): 1255-1262.
YANG Hongsheng, ZHANG Shouyu, ZHANG Xiumei, et al. Strategic thinking on the construction of modern marine ranching in China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(4): 1255-1262.
- [31] 郗敏, 郗厚叶, 王庆改, 等. 基于选择实验法的胶州湾滨海湿地生态补偿标准研究[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 54(1): 118-124.
XI Min, XI Houye, WANG Qinggai, et al. Ecological compensation standards for coastal wetlands in Jiaozhou Bay: choice experiment method[J]. *Journal of Beijing Normal University(Natural Science)*, 2018, 54(1): 118-124.
- [32] OH S, GRAMIG B M. Valuing ecosystem services and downstream water quality improvement in the US Corn Belt[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2023, 85(3-4): 823-872.
- [33] 杜元伟, 曹文梦. 中国海洋牧场生态安全监管理论框架体系[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(1): 182-191.
DU Yuanwei, CAO Wenmeng. Theoretical framework for the supervision of the ecological security of China's marine ranching[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(01): 182-191.
- [34] 杨红生. 海洋牧场概论[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
YANG Hongsheng. Introduction to marine ranching[M]. Beijing: Science Press, 2023.
- [35] SHI H, SUI D, WU H, et al. Public preference and willingness to pay for the Heihe River watershed ecosystem service: an empirical study on choice experiments[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(2): 342-350.
- [36] SHI H, ZHAO M. Preference heterogeneity for ecosystem service function: a case study for environmental improvements of Wei river basin[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(8): 36-40.
- [37] NI Q, XU T, LI X, et al. Transboundary river basin ecological compensation standard accounting: based on cost-benefit

- perspective[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(1): 97-110.
- [38] GUO Q, LI S, NAN L. Farming households' pro-environmental behaviors from the perspective of environmental literacy[J]. *Resources Science*, 2020, 42(5): 856-869.
- [39] YEH C H, HARTMANN M, LANG E N. The role of trust in explaining food choice: combining choice experiment and attribute best-worst scaling[J]. *Foods*, 2020, 9(1): 45.
- [40] GRILLI G, NOTARO S. Exploring the influence of an extended theory of planned behaviour on preferences and willingness to pay for participatory natural resources management[J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 232: 902-909.
- [41] PARK J, RYU Y, KIM Y. Factors influencing air passengers' intention to purchase voluntary carbon offsetting programs: the moderating role of environmental knowledge[J]. *Journal of Environmental Management*, 2024, 118: 102619.
- [42] NIE X, JIN X, WU J, et al. Evaluation of coastal wetland ecosystem services based on modified choice experimental model: a case study of mangrove wetland in Beibu Gulf, Guangxi[J]. *Habitat International*, 2023, 131: 102735.
- [43] 李晓蔚. 基于改进的选择实验法的生物多样性估值研究: 以秦岭(陕西段)为例[D]. 北京: 中国环境科学研究院, 2024.
LI Xiaowei. Using an enhanced choice experiment method for biodiversity valuation: a case study of the Qinling Mountains(Shaanxi section)[D]. Beijing: Chinese Research Academy of Environmental Sciences, 2024.
- [44] 苏红岩, 李京梅. 基于改进选择实验法的广西红树林湿地修复意愿评估[J]. *资源科学*, 2016, 38(9): 1810-1819.
SU Hongyan, LI Jingmei. Valuing the willingness to restore mangrove wetlands in Guangxi based on improved choice experiments[J]. *Resources Science*, 2016, 38(9): 1810-1819.
- [45] WANG N, LI J M, XU Z H. Public preference for the ecological restoration of coastal wetlands in Jiaozhou Bay in China based on a choice experiment[J]. *Marine Policy*, 2021, 128: 104487.
- [46] 万伦来, 王玮琦, 潘星星. 基于选择实验法的巢湖水资源非市场价值研究[J]. *生态经济*, 2017, 33(4): 169-174.
WAN Lunlai, WANG Weiqi, PAN Xingxing. Estimation of non-market value of Chaohu water resources based on the choice experiment method[J]. *Ecological Economy*, 2017, 33(4): 169-174.
- [47] 范紫娟, 敖长林, 毛碧琦, 等. 基于陈述性偏好法的三江平原湿地生态保护价值比较[J]. *应用生态学报*, 2017, 28(2): 500-508.
FAN Zijuan, AO Changlin, MAO Biqi, et al. Comparing the value of ecological protection in Sanjiang Plain wetland, northeast China based on the stated preference method[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(2): 500-508.
- [48] 黄川. 海岸带生态价值评估及保护对策研究; 以钦州为例[D]. 南宁: 广西大学, 2023.
HUANG Chuan. A study on the ecological value assessment of coastal zone and countermeasures for protection: the case of Qinzhou[D]. Nanning: Guangxi University, 2023.
- [49] 石春娜, 姚顺波, 陈晓楠, 等. 基于选择实验法的城市生态系统服务价值评估: 以四川温江为例[J]. *自然资源学报*, 2016, 31(5): 767-778.
SHI Chunna, YAO Shunbo, CHEN Xiaonan, et al. Economic valuation of ecosystem services based on choice experiments: a case study of Wenjiang in Sichuan Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(5): 767-778.