

中国海水养殖生态系统服务价值评估研究进展

李京梅¹, 刘雨杭¹, 苏萌¹, 王玲玲², 王子言¹

(1. 中国海洋大学经济学院 青岛 266100; 2. 青岛农业大学管理学院 青岛 266109)

摘要: 中国是海水养殖大国, 海水养殖生态系统服务价值评估可促进海水养殖密度合理化, 为推进海水养殖高质量发展提供科学依据。与其他国家相比, 中国对海水养殖生态系统服务价值评估的研究文献数量较多。文章基于“中国知网”数据库中 1979—2020 年相关主题的文献样本数据, 利用 CiteSpace 文献计量软件分析海水养殖生态系统服务价值评估相关的 9 篇文献的关键词聚类、共现和时间线, 并系统梳理中国海水养殖生态系统服务价值评估的研究进展。研究结果表明: 中国海水养殖生态系统服务价值评估研究的绝对数量不多, 且仅涉及少数沿海地区, 覆盖海域范围不全面; 研究大多集中于桑沟湾和大鹏澳等具有良好养殖条件的浅海、滩涂和港湾等典型海水养殖区以及养殖品种和养殖生态服务价值等方面, 开展养殖生态系统服务价值评估研究, 整体从单纯研究海水养殖品种和区位选择等内容, 到深入研究海水养殖技术、海水养殖服务价值和碳汇价值等内容; 食品供给服务是海水养殖提供的主要服务, 贝藻类混合养殖具有固碳释氧功能, 是海水养殖生态系统提供服务的新增长点; 价值评估方法以直接市场法、替代市场法和假想市场法为主; 海水养殖生态系统作为自然和人工的混合型生态系统, 为海湾和滩涂等自然地地貌带来额外的服务价值, 相比原始状态在一定程度上增加海洋生态系统服务价值; 最后为完善中国海水养殖生态系统服务价值评估研究提出相关建议。

关键词: 海洋生态系统服务; 海水养殖; 价值评估; 养殖海域; 养殖品种

中图分类号: S9; X171; P745

文献标志码: A

文章编号: 1005—9857(2022)10—0062—10

Research Progress on Valuation of Mariculture Ecosystem Services in China

LI Jingmei¹, LIU Yuhang¹, SU Meng¹, WANG Lingling², WANG Ziyang¹

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

2. School of Management, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: China is a large country of mariculture. The evaluation of ecosystem services value of mariculture can promote the rationalization of mariculture density and provide a scientific basis for promoting the high-quality development of mariculture. Compared with other countries in the

收稿日期: 2022-02-23; 修订日期: 2022-10-13

基金项目: 国家社会科学基金项目“海洋生态损害补偿标准与制度设计”(16ZDA049); 山东省社会科学规划研究项目“基于社会生态系统框架的山东省小型渔业组织自主治理制度研究”(20CGLJ26); 青岛农业大学课题项目(6602420716)。

作者简介: 李京梅, 教授, 博士, 研究方向为海洋资源价值评估、海洋生态补偿、海洋资源承载力与区域产业规划

通信作者: 苏萌, 讲师, 博士, 研究方向为海洋经济和渔业经济

world, China has a large number of research documents on the evaluation of mariculture ecosystem services. Based on the literature sample data of relevant research topics of “marine ecosystem services value evaluation” from 1979 to 2020 in database of China National Knowledge Infrastructure (CNKI), this paper used the CiteSpace bibliometric software to analyze the keyword clustering, co-occurrence and timeline of 9 literatures related to the evaluation of mariculture ecosystem services value, and systematically combed the research frontier of mariculture ecosystem services value evaluation in China. The results showed that: the absolute number of studies on the value evaluation of mariculture ecosystem in China was not large. The research only involved four coastal provinces, and the coverage of sea area was not comprehensive; Most scholars focused on the research on typical mariculture areas, their study focused on aquaculture varieties and aquaculture ecological service value, and focused on value evaluation. The research showed the characteristics of “from shallow to deep”; In terms of value evaluation, it mainly involved supply function, regulation function and cultural function, in which the service value of supply function accounted for the highest proportion of the total value; In terms of value evaluation methods, there were three main methods: direct market method, alternative market method and hypothetical market method; Overall, mariculture had increased the value of marine ecosystem services. Finally, some suggestions were put forward to improve the research on mariculture ecosystem services and value evaluation in China.

Keywords: Marine ecosystem services, Mariculture, Value evaluation, Mariculture area, Mariculture varieties

0 引言

海洋生态系统在食物供给、气候调节、有害生物和疾病的生物调节与控制以及干扰调节等方面发挥极其重要的作用^[1],为人类社会经济的发展提供重要支持。海水养殖是利用海洋生态系统的主要方式之一^[2]。中国是水产养殖大国,2020 年水产养殖总产量为 5 224.20 万 t,占全国水产品总产量约 79.80%,其中海水养殖产量为 2 135.31 万 t,占比约 41.00%,同比增长 3.39%^[3]。中国海水养殖业已从大规模和多品种逐步转向集约化和高质量的发展模式^[4],养殖水域不断扩展,养殖结构更加规范,养殖生态化程度逐步提高。

海水养殖生态系统与传统意义上自然形成的湿地和森林等生态系统不同,其是借助自然形成的浅海、港湾和滩涂等,投入人力、设备和技术等要素,在自然生态系统的基础上开展人为的鱼类、虾类、贝类和藻类等养殖,从而形成由自然和人工共同打造的混合型生态系统。关于海水养殖生态系

统服务的定义,国内学者从不同的研究角度进行阐述,并没有统一的专业化定义。一般而言,海水养殖生态系统服务是指人们能从海水养殖生态系统的结构和功能等方面直接或间接获得的对人类有益的帮助和服务。海水养殖生态系统服务价值评估不仅可以完善海洋生态系统服务价值的理论和方法,而且可以为解决海水养殖密度合理化问题以及海水养殖与其他海洋产业空间规划的排序问题提供科学依据,为人类权衡保护和开发利用海洋生态系统提供支撑,对海水养殖业的可持续发展具有积极意义。

Costanza 等^[1]将全球生态系统服务归纳为 17 类,并对所有生态系统服务价值进行评估。国外部分文献基于生态系统服务分类,对海洋生态系统、湿地生态系统、森林生态系统和河流生态系统等生态系统服务价值进行评估^[5-8]。部分文献将生态系统服务价值评估与社会经济问题相结合,如 Feng 等^[9]评估加拿大太平洋沿岸的海洋生态系统

服务价值以研究沿海地区对石油泄漏的敏感性, Ghermandi 等^[10]评估莫桑比克海峡的旅游文化、海水养殖供给以及红树林海岸保护和碳固存等服务价值对于社会经济的促进作用以及带来的环境压力。部分学者从不同角度研究土地利用变化和土地覆盖率等因素对生态系统服务价值或某项特定服务价值的影响^[11-14], 还从景观格局^[15-16]、生态系统服务价值时空演变^[17]和物种丰富度^[18-19]等多个角度阐述其与生态系统服务价值的联系和影响。

国内学者对海洋生态系统服务进行分类和价值评估始于 2003 年, 依据已有研究成果, 结合我国海洋生态环境与资源现状, 从理论层面建立我国海洋生态系统服务分类及价值评估框架^[20-21]。在此基础上, 针对海洋生态系统服务价值的实证研究不断涌现, 其中少数文献测算我国整体海洋生态系统服务价值^[22-23], 大部分文献评估区域海洋生态系统服务价值, 并分别完成山东、浙江、江苏、海南、广东和广西等地区的近海生态系统服务价值研究^[24-29]。值得一提的是, 支持服务作为生态系统服务的基础和物质来源, 其价值通常包含在其他服务价值之中, 故大多数文献在价值评估时因避免重复计算而不对该项服务进行价值评估。

通过文献收集发现, 关于海水养殖生态系统服务价值评估的文献数量不多且以国内研究为主, 可能与我国海水养殖规模较大且海洋生态系统服务价值评估研究起步较晚有关。Zheng 等^[30]从生态系统服务的角度出发, 评估中国桑沟湾的食品生产、制氧量、气候调节和废物处理等相关服务价值, 基于收益成本分析的角度建立模型, 确定可持续的海水养殖模式。本研究以“海水养殖生态系统服务”“养殖生态系统服务价值评估”和“海洋生态系统服务价值评估”为关键词进行搜索, 收集并筛选 2007—2019 年发表的 9 篇关于中国海水养殖生态系统服务价值评估的研究文献, 研究海域由北至南涉及中国黄海、东海和南海, 养殖品种涵盖藻类、贝类、虾类和鱼类, 价值评估单位多为万元; 利用 CiteSpace 文献可视化分析工具, 梳理这些文献的研究热点和研究趋势, 总结其研究特点和不足, 从海水养殖生态系统服务的分类、评估区域、评估方法、评估

结果和评估结论 5 个方面整理并比较现有文献关于中国海水养殖生态系统服务价值评估的研究成果。

1 文献统计

1.1 数据来源与研究方法

以“海水养殖生态系统服务”“养殖生态系统服务价值评估”和“海洋生态系统服务价值评估”为关键词在“中国知网”进行搜索, 时间跨度为 1979 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日, 初步选取相关中文文献 81 篇。为保证数据质量, 删除与文章主题关系较小以及简报、会议文件、摘要和征稿通知等类型的噪点文献, 最终保留 2007—2019 年的 9 篇相关中文文献。在文献筛选过程中发现, 虽然有的文献标题中并无“养殖”的表述, 但根据笔者对中国海域养殖情况的了解, 所选文献的研究海域以海水养殖生产为主, 同时目前中国海洋牧场的发展阶段也以养殖生产为主, 因此在文献选取中也涉及海洋牧场生态系统服务价值评估。在对英文文献的收集中发现, 国外对于海水养殖生态系统的研究较少见, 仅搜索到 1 篇主题相符的文献, 且为中国学者关于中国桑沟湾海水养殖模式的价值评估; 由于筛选的 9 篇文献中已有 3 篇关于桑沟湾海域的研究, 在本研究的分析中不再涉及此英文文献。

CiteSpace 是由大连理工大学陈超美教授利用 JAVA 语言开发的文献可视化分析软件, 可生成科学知识图谱, 对某学科领域的文献进行搜集和知识结构分析, 并向使用者展示知识的架构、热点、中介中心性、传播、发展趋势和前沿热点等^[31]。应用 CiteSpace 软件进行聚类、关键词共现和时间线等可视化分析, 可具体分析该领域的研究进展。近年来应用 CiteSpace 软件的研究发文量不断攀升, 为各领域的研究人员提供技术支持。

2007—2019 年关于中国海水养殖生态系统服务价值评估的发文量呈“先增多后减少”的趋势, 其中 2007—2014 年发文量逐渐增多, 2014 年发文量最多(3 篇), 2014 年后发文量呈减少态势。总体而言, 海水养殖生态系统服务价值评估领域没有出现较为丰富的研究成果, 其原因可能包括研究热点难以挖掘、现有研究成果难以突破以及相关技术手段没有及时更新等。因此, 对于该领域亟须进行研究

进展的总结和概括,找到研究热点和前沿问题,为今后的研究提供指导和建议。

1.2 研究前沿与热点

1.2.1 关键词聚类

应用 CiteSpace 进行文献可视化分析,绘制 9 篇文献的关键词聚类分析图谱,其中聚类数据 Modularity $Q=0.4028$ (大于 0.300 0), Mean Silhouette = 0.828 (大于 0.500),表明图谱的结果和结构是可信的(图 1,其中聚类数字代表聚类包含的关键词数量,数字越小表明聚类包含的关键词越多)。

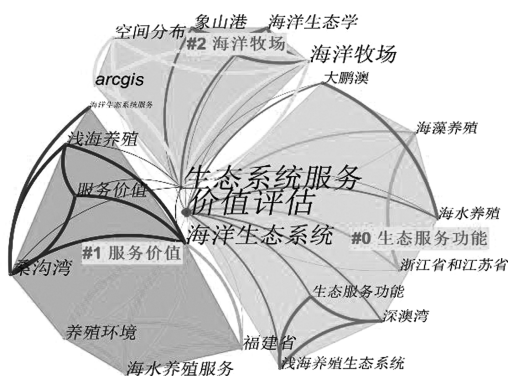


图 1 关键词聚类分析图谱

根据聚类分析可得到三大聚类即生态服务功能、服务价值和海洋牧场,展示该领域的知识结构特点。①生态服务功能聚类主要依据千年生态系统评估的分类方法,从供给服务、调节服务和文化服务 3 个方面开展海洋生态系统服务分析与价值评估,包括桑沟湾服务功能价值评估^[32-33],大鹏澳、象山港湾、深澳湾、柘林湾和福建省等养殖海域的生态系统服务价值评估^[34-38],以及中国海藻养殖的直接和间接生态价值评估^[39];②服务价值聚类主要以我国典型海水养殖海域为对象开展海水养殖生态系统服务价值评估,其中包括桑沟湾^[32-33]、象山港湾^[35]、深澳湾^[36]、大鹏澳^[34]和柘林湾^[37]养殖生态系统服务价值评估,福建省海水养殖服务价值评估^[38],以及中国海藻养殖生态服务价值评估^[39];③海洋牧场类似于陆地牧场,是在一定海域内通过人工鱼礁和增殖放流等手段将养殖作物在一定场所内饲养,以实现海水养殖生态价值和经济价值的生态养殖方式,该聚类主要围绕海洋牧场的生态服

务价值和碳汇价值等方面开展研究^[35,37]。

将关键词聚类按时间线划分,分析研究热点随时间变化的特征。①关于海水养殖生态系统服务的研究最早始于 2007 年,研究内容从浅海养殖入手,对桑沟湾等中国典型海水养殖海域的生态系统服务价值展开研究,这些研究与后续研究密切相关,并为后续研究奠定基础;②2007—2013 年的研究内容有所深入,在价值评估的基础上对贝藻混养、海带养殖和贝类养殖等不同养殖模式展开生态系统服务价值研究;③2014 年是价值评估的发文高峰期,研究内容包括对象山港、大鹏澳和深澳湾 3 个不同海水养殖区的生态系统服务价值评估,且均根据海水养殖生态系统服务分类分别评估;④2014 年后研究区域逐渐增多,且不局限于特定养殖区,而是扩大到省级行政区和全国。

1.2.2 关键词共现

应用 CiteSpace 绘制 9 篇文献的关键词共现分析图谱(图 2)。

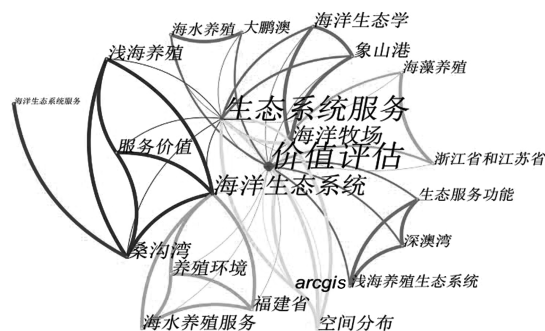


图 2 关键词共现分析图谱

关键词共现是指具有连线的 2 个关键词出现在同一篇文献中,连接节点的大小体现关键词出现次数的多少。由于本研究所选文献数量有限,节点大小并不明显,只有“价值评估”的节点略大。根据关键词共现分析图谱,连接节点大多围绕“价值评估”“生态系统服务”和“海洋生态系统”展开,表明在该领域的研究中这些关键词的联系比较紧密,通常进行结合论述。此外,在发散的节点中还存在地点名称、海藻养殖、养殖环境、地理信息系统、海洋生态学和空间分布等关键词,表明在该领域的研究中加入地理学和生态学等方面的辅助可使研究成果更具有说服力。

1.2.3 中介中心性

中介中心性衡量关键词被关注的程度,中介中心性越高表明该关键词被关注的程度越高。中介中心性排名前五位的关键词如表 1 所示。

表 1 中介中心性排名前五位的关键词

排名	关键词	出现频次/次	中介中心性	首次出现年份
1	价值评估	6	0.96	2014
2	生态系统服务	6	0.59	2007
3	海洋生态系统	3	0.20	2007
4	桑沟湾	3	0.19	2007
5	海洋牧场	2	0.01	2014

由表 1 可以看出:“价值评估”的中介中心性高达 0.96,表明其是海水养殖生态系统服务价值评估研究的热点问题,大部分文献围绕该主题展开研究;“生态系统服务”和“海洋生态系统”的中介中心性较高,主要涉及生态系统服务分类和海洋生态系统服务价值评估等相关内容。

综上所述,关于中国海水养殖生态系统服务价值评估的研究整体呈现“由浅入深”的特点。学者从海水养殖出发,逐步深入挖掘海水养殖生态系统服务分类,进而具体评估海水养殖生态系统服务价值,包括养殖区域和养殖品种的服务价值。近年来,随着海水养殖的生态压力不断加大,关于海水养殖生态系统的生态价值和发展潜力的研究逐渐增多,但总体而言尚未有比较完整的研究进展分析,本研究可弥补此空白。

2 案例对比

2.1 海水养殖生态系统服务的定义和分类

对于海水养殖生态系统服务的定义,目前国内学术界没有统一的规范化表达,大部分文献在生态系统服务定义^[1]的基础上展开研究,并将海水养殖生态系统服务的定义归纳为人类从海水养殖的过程中获得的,由养殖品种、养殖过程或养殖模式等方面提供的,能够被人类直接或间接利用的效益,如食品加工价值和气候调节价值。

在海水养殖生态系统服务的分类方面,大部分文献借鉴千年生态系统评估的分类方法,并形成较为统一的分类体系,即海水养殖生态系统服务可分

为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 类。其中,一级分类与千年生态系统评估一致,但子分类根据不同的研究目的和研究内容进行适当的调整,主要包括针对海水养殖生态系统部分服务开展分析和价值评估^[34-36],以及针对海水养殖生态系统重点服务尝试重新分类^[39]。

目前海水养殖生态系统服务可细分为:①供给服务是海水养殖生态系统生产的产品或服务,主要包括食品供给、捕捞价值、原材料供给、氧气生产和基因资源供给;②调节服务是人们从海水养殖生态系统调节中获得的收益,主要包括气候调节、气体调节(空气质量调节)、废弃物处理、生物控制、干扰调节、水质净化调节以及有害生物和疾病的生物调节与控制;③文化服务是人们通过精神感受和知识获取等方式从海水养殖生态系统中获得的非物质收益,主要包括休闲娱乐价值、文化价值和科研价值;④支持服务是保证其他所有生态系统服务所必需的基础功能,主要包括初级生产力供给、营养物质循环、生物多样性维持和生境供给。其中,支持服务属于中间服务,而其他服务属于最终服务,支持服务的价值通常包括在其他服务之中。

2.2 评估海域与养殖方式

海水养殖生态系统服务价值评估主要集中于浅海养殖、滩涂养殖和港湾养殖,包括大鹏澳^[34]、深澳湾^[36]、柘林湾^[37]、福建省^[38]、象山港湾^[35]、桑沟湾^[32-33]和整个中国海域^[39]。虽然从海域范围上涉及中国黄海、东海和南海,但涉及沿海地区较少,覆盖范围并不全面,且对于新兴海水养殖区的研究以及原本海水养殖区的更新研究略有滞后。

通过对比可以发现,不同海水养殖区的养殖方式有所不同。桑沟湾采取水面、水体和水底的多营养层级综合养殖模式,充分发挥海藻、海带、牡蛎、贝类和鱼类等的生态优势,实现优势互补和资源高效利用,同时提高海水养殖生态系统的碳汇功能;柘林湾采取网箱养殖模式,对养殖品种进行分类养殖,具有机动灵活和操作简便的优点,可因地制宜开发海水养殖资源;深澳湾除采取网箱养殖和龙须菜养殖模式外,还采取长牡蛎筏式吊养模式;大鹏澳采取单一的牡蛎养殖模式;福

建省采取鱼类、虾类、贝类和藻类等的混合养殖模式。

2.3 养殖品种与服务功能

2.3.1 供给服务

经文献综合对比,在绝大多数海水养殖评估海域中,供给服务中的食品供给是所有养殖品种提供的最基本、最重要以及占总服务价值比重最大的服务,突出各评估海域的养殖功能。

2.3.1.1 食品供给

食品供给服务是价值占比较高的海水养殖生态系统服务之一。文献中涉及食品供给服务价值的,其占总服务价值的比重均超过 50%,其中占比最高的是 2012 年的大鹏澳牡蛎养殖区(91.26%),占比最低的是 2003 年的桑沟湾(50.45%)(图 3)。值得一提的是,同一海域的食品供给服务价值占比在不同年份有所不同,如 2012 年大鹏澳牡蛎养殖区的食品供给服务价值占比超过 90%,然而 2013 年就下降至 66.33%,大幅降低的原因是 2013 年牡蛎养殖规模过大、海区环境恶化和不合理开发。

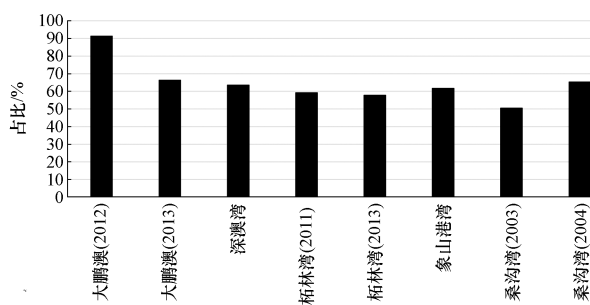


图 3 食品供给服务价值占比

2.3.1.2 原材料供给

原材料供给服务也是供给服务的重要组成部分,有 4 篇文献涉及其价值评估(图 4)。

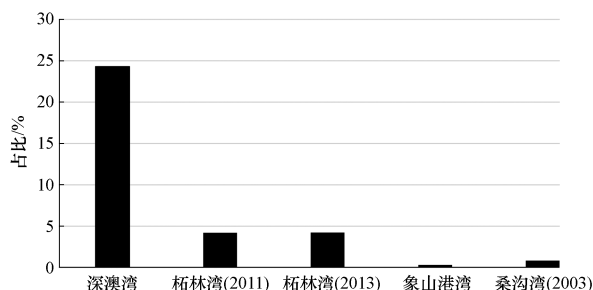


图 4 原材料供给服务价值占比

根据评估结果,大部分评估海域的原材料供给服务价值占比为 0.31%~4.21%,较为突出的是深澳湾养殖活动带来的原材料供给服务价值仅次于食品供给价值,占比达 24.29%。深澳湾的主要养殖品种为牡蛎和龙须菜,相对于藻类和鱼类等其他养殖品种具有更高的原材料利用价值,其中牡蛎壳可作为工业原料进行加工,龙须菜也可用于提炼琼胶,且用于提炼琼胶的龙须菜占其总产量的 70%,因此深澳湾在原材料供给服务方面表现较为突出。

2.3.2 调节服务

藻类和贝类养殖可提供重要的生态服务价值,其调节服务表现在气候调节、空气质量调节和废弃物处理等方面。

2.3.2.1 气候调节

海水养殖区的气候调节服务主要通过 2 个方面发挥作用:①通过大小型藻类的光合作用将碳固定,并释放氧气;②通过贝类摄食浮游藻类或直接吸收海水中的碳酸氢根(HCO_3^-),形成碳酸钙(CaCO_3)贝壳。藻类和贝类的固碳作用对缓解全球气候变暖有重要意义,涉及气候调节服务价值评估的有 6 篇文献(图 5)。

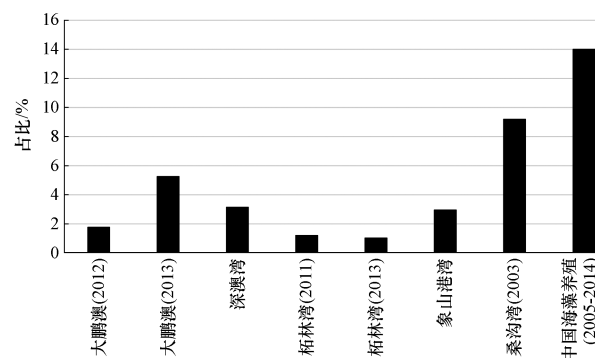


图 5 气候调节服务价值占比

根据评估结果,气候调节服务价值占比最高为 14%,最低为 1.20%。2014 年中国海藻养殖提供的气候调节服务价值占比为 14%,一方面,由于该项评估针对整个中国的海藻养殖,对其他海水养殖生态系统的服务价值具有包含性;另一方面,体现海藻对于碳汇功能的突出贡献。随着中国海藻养殖业的不断发展,海藻养殖的生态服务价值呈逐年增长的态势。

2.3.2.2 空气质量调节

海水养殖区的养殖藻类和浮游动植物可提供空气质量调节服务,一方面通过光合作用将碳固定并释放氧气,另一方面吸收二氧化硫(SO_2)和生源硫化物二甲基硫(DMS,海洋主要的挥发性硫化物)等有害气体,从而净化空气。

有 2 篇文献评估海水养殖生态系统的空气质量调节服务价值。张朝晖等^[32]在计算 2003 年桑沟湾的空气质量调节服务价值时计算其氧气释放价值,根据我国造林成本法和工业制氧成本法计算其空气质量调节服务价值为 3 704.82 万~4 198.93 万元,约占总服务价值的 6.10%~6.92%;程飞等^[35]利用替代成本法,根据我国造林成本法和工业制氧成本法计算象山港湾的空气质量调节服务价值为 12 193.20 万元,约占总服务价值的 4.49%。

2.3.2.3 废弃物处理

废弃物处理服务主要由海水养殖区的贝类和藻类养殖提供,生产生活、养殖饵料残余或其他人类活动排放的碳、磷和氮等各种污染物在海洋中被分解,这一过程主要由海水养殖品种中的贝类和藻类完成。

有 7 篇文献评估海水养殖生态系统的废弃物处理服务价值。其中,占比最高的是中国海藻养殖,约占总服务价值的 20%;占比最低的是 2011 年和 2013 年的柘林湾,均约占总服务价值的 0.04%;2004 年桑沟湾的废弃物处理服务价值分为污水处理价值和空气净化价值,共计 11 387 万元,约占总服务价值的 10.83%,占比也较高。此外,同一污染物的处理可能由各海域的不同养殖品种完成:大鹏澳牡蛎养殖区的牡蛎主要通过自身软组织和贝壳的生长将氮和磷从海水中移除;深澳湾主要由浮游植物、龙须菜和牡蛎固定海水中的氮和磷;在中国海藻的海水养殖生态系统服务价值评估中,养殖藻类完成对水体富营养化的改善和重金属物质的吸收。

2.3.3 文化服务

有 6 篇文献对海水养殖生态系统的文化服务价值进行评估,其中桑沟湾^[32]、象山港湾^[35]和柘林湾^[37]的文化服务价值超过调节服务价值。其中,桑沟湾的文化服务价值较为突出,2003 年约占总服务价值的 31.37%,仅次于当年的食品供给服务价值

成为第二大生态服务价值^[32]。值得一提的是,同一海域相近年份的文化服务价值评估结果可能相差较大,原因是对于文化服务的分类不同。

2.4 评估方法

通过文献梳理发现,在海水养殖生态系统服务价值评估方法方面,国内学者主要运用直接市场法、替代市场法和假想市场法。

对于供给服务中的食品供给、原材料供给和氧气生产等服务价值的评估通常采用直接市场法。直接市场法是运用市场的真实价格评估海洋生态系统提供的具有实物价值的服务或产品,包括市场价值法和生产成本法等,具有客观和准确的优点。王兆礼等^[36]利用深澳湾各类海水产品的市场单价和海水养殖年产量,对该生态系统的食品供给服务价值进行评估。

对于调节服务中的气候调节和废弃物处理以及文化服务中的休闲娱乐等服务价值的评估,由于没有确定的市场价格,评估时比较困难,通常采用替代市场法。替代市场法是针对没有直接市场价值但具有替代品的产品或服务,衡量其替代品的真实市场价格,并以此替代该产品或服务的价值。替代市场法包括替代成本法、重置成本法(恢复成本法)和旅游费用法等,相对于直接市场法的说服力和可信度较低。马欢等^[37]利用替代成本法,用人工生产氧气的成本替代氧气的生产价值,评估柘林湾海水养殖生态系统的海洋植物光合作用产生氧气的价值;程飞等^[35]利用旅游费用法评估象山港湾海滨的休闲娱乐价值。

文化服务中较难以估计价值的产品或服务具有公共产品的性质,通常采用假想市场法进行评估,即对产品或服务的价值进行人为假想和价值评估,包括支付意愿法和条件价值法等。这种方法可对市场价格不完全或不存在的服务价值进行评估,但在不同区域或经济状况下的评估结果易产生偏差。石洪华等^[33]利用支付意愿法计算桑沟湾居民愿意住在河口或沿海地区的支付意愿,从而评估桑沟湾海水养殖生态系统的文化服务价值。

除上述三大主要评估方法外,针对不同研究目的还涉及其他评估方法。于宗赫等^[34]利用科研成本法评估大鹏澳的科研服务价值,选取 2010—2013 年的平均科技论文数量、海湾面积和我国海洋

类科技论文的平均成本,计算大鹏澳牡蛎养殖区的平均科研服务价值为 71.52 万元/年;张朝晖等^[32]利用瑞典的碳税法评估桑沟湾贝藻类养殖品种的固碳价值即气候调节价值;朱慧娟^[38]建立海水养殖生态系统服务价值评估模型,分别评估福建省海水养殖生态系统服务的总价值、平均价值和边际价值。

2.5 评估结果与结论

2.5.1 评估结果

研究文献的评估结果均包括海水养殖生态系统提供的总服务价值,大多数文献包括单位面积养殖海域生态系统服务价值评估。由于评估海域的面积不一,不同文献关于生态系统总服务价值的评估不具可比性,本研究主要关注单位面积养殖海域生态系统服务价值评估结果(图 6)。

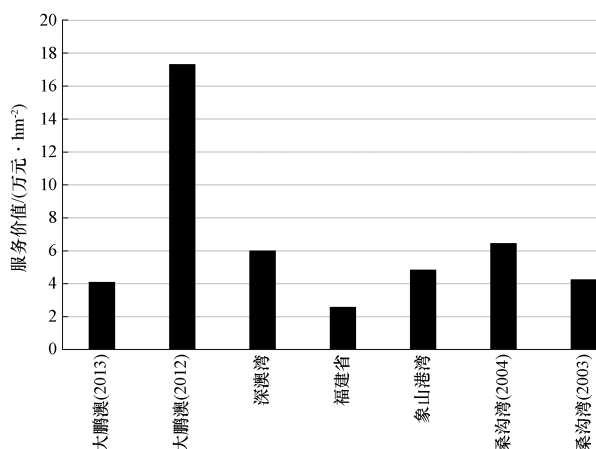


图 6 单位面积养殖海域生态系统服务价值

单位面积养殖海域生态系统服务价值最高的为 2012 年的大鹏澳(17.30 万元/hm²),最低的为福建省(2.56 万元/hm²)。由评估结果可以看出,单位面积养殖海域生态系统服务价值波动较大,即使同一海域也会由于养殖收益和评估方法的差异导致评估结果不同。2012 年和 2013 年大鹏澳的单位面积养殖海域生态系统服务价值分别为 17.30 万元/hm²和 4.07 万元/hm²,其中的差异主要来自牡蛎养殖的生产价值差异,养殖规模过大和海区环境恶化是造成养殖生产价值差异的主要原因;2003 年和 2004 年桑沟湾的单位面积养殖海域生态系统服务价值分别为 4.24 万元/hm²和 6.43 万元/hm²,由于评估海域和养殖品种一致,评

估结果的不同主要是由于评估方法的不同,即 2 个文献均运用市场价值法和碳税法,但 2004 年的评估还运用了替代成本法和支付意愿法。

针对总服务价值以及各项服务价值的评估,在深澳湾和福建省增加对不同养殖品种的服务价值评估和比较,在柘林湾增加对不同养殖模式的服务价值评估和比较。此外,在文献研究中还发现因评估单位不统一或功能分类不一致等因素导致对应的价值评估结果不一致等问题。

2.5.2 评估结论

国内学者对于海水养殖生态系统服务的研究和价值评估集中于我国海水养殖主产区,虽然各地区生态系统的实际情况和评估方法有所差异,但总体来说海水养殖促进海洋生态系统服务价值增加,从而促进海水养殖更加高效发展。

综合国内学者的研究结果:①在海水养殖生态系统的三大主要服务中,供给服务作为最直接和最基础的服务,其价值占据总服务价值的大部分。海水养殖的最直接作用就是生产海水产品,不仅提供各种食品和原材料,养殖作物还能够促进氧气生产和氧气循环,为维持生物多样性提供一定的基因资源,丰富海水养殖生态系统中的物种。②贝类和藻类等的养殖可起到一定的固碳和释氧作用,调节附近或区域气候,对于海水中的污染物具有吸收和分解作用,能够维护生态系统稳定。③随着社会和经济的发展,海水养殖生态系统的文化服务价值呈逐年上升的趋势,其中柘林湾和象山港湾等除具有较高的总服务价值外,其文化服务价值已成为总服务价值的重要组成部分。此外,不同地区和不同养殖品种的海水养殖生态系统服务价值有所不同。

3 展望

我国对于海水养殖生态系统服务价值评估的研究起步较晚,虽与其他国家相比研究文献数量较多,但绝对数量仍较少。海水养殖生态系统服务价值评估对于促进海水养殖高质量发展以及提高海水养殖的碳汇价值具有重要意义。本研究筛选并分析相关研究文献得到的主要结论为:①大多数文献集中于我国典型海水养殖区、养殖品种和养殖生态系统服务价值,研究整体呈现“由浅入深”的特

点。②文献仅涉及少量沿海地区,覆盖范围不全面,对于新兴海水养殖区的评估和原本海水养殖区的评估更新略有滞后。③价值评估主要涉及供给服务、调节服务和文化服务,其中供给服务中的食品供给服务价值占总服务价值比重最高。④价值评估方法以直接市场法、替代市场法和假想市场法为主,还涉及比较分析法、模型分析法和科研成本法等方法。⑤单位面积养殖海域生态系统服务价值评估结果的差异主要由养殖收益和评估方法不同导致。⑥研究结论主要包括供给服务价值占比最大、贝藻类养殖在固碳方面的作用以及文化服务价值逐渐上升,海水养殖生态系统作为自然和人工混合型生态系统,在总体上增加海洋生态系统服务价值。

海水养殖虽具有强大的生态效益,但存在养殖规模不合理扩大、养殖品种单一和发展空间受其他海洋产业挤占等问题,亟须进一步促进海水养殖的合理发展,在实现经济效益的同时兼顾可持续发展的生态理念。海水养殖生态系统服务价值评估研究的不断完善有助于实现海水养殖经济效益和生态效益的“双丰收”,在未来的研究中应重点关注 4 个方面内容。

3.1 注重动态分析

目前国内学者对海水养殖生态系统服务价值评估的研究大都倾向于静态分析,即将生态系统服务价值转化为货币量进行评估。这种评估方式虽在一定程度上反映生态系统服务价值,同时体现海水养殖带来的生态系统服务价值提升,但对于研究外部环境对海水养殖生态系统服务带来的影响及其引起的价值变动却稍显不足。在未来的研究中应更多关注海水养殖前后生态系统服务价值的变化,或海水养殖生态系统受到外部环境干扰后其服务价值的变化,更好地将人类活动与生态系统服务价值的变化相结合,从而更加完整和周密地评估海水养殖生态系统服务价值。

3.2 开展综合评估

对于海水养殖生态系统服务价值评估,目前文献多集中于评估某个区域的核心服务价值,却忽视对于多种服务价值的综合评估,得到的评估结果往往是保守的估算。例如:在实际生产和养殖过程中,除氧气的生产和排放,海水养殖生态系统还提

供吸收有害气体等服务,在价值评估时就不能只专注于氧气的供给服务价值,而应综合评估对有害气体吸收的服务价值。

3.3 完善服务分类和评估方法的适用性研究

从文献评估结果可明显看出不同服务分类与评估方法带来的评估结果差异。因此,须进一步研究各种评估方法的适应性,明确不同方法应用于不同类型的生态服务、养殖品种和养殖模式时的评估结果差异,有助于规范生态系统服务价值评估,并使评估结果更具可比性和实践性。

3.4 统一价值评估单位与评估内容

价值评估单位和评估内容的不统一导致难以对现有文献开展比较研究,研究结果中可用以比较分析的数据有限。例如:本研究只能从文献中选取具有可比性的 2 项内容展开比较分析即各项服务价值占比和单位面积养殖海域生态系统服务价值,且选取的文献中也并非全部提及,未提及部分根据文中信息计算得到。文献研究结果可用来比较养殖条件、环境或方式变化带来的服务价值差异,从而促进海水养殖的高质量发展。因此,应在不断完善海水养殖生态系统服务价值评估的过程中,统一价值评估单位与评估内容,从而提高研究结果的应用价值。

参考文献

- [1] COSTANZA R, AGRE R, GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387: 253—260.
- [2] 王丽. 不同海水养殖模式对桑沟湾生态系统服务的影响[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2010.
- [3] 农业农村部渔业渔政管理局. 2020 年全国渔业经济统计公报[Z]. 2021.
- [4] 黄文积, 袁蓓. 高质量发展要求下我国海水养殖业竞争力评价[J]. *中国渔业经济*, 2021, 39(4): 60—67.
- [5] BRENNER J, JIMÉNEZ J A, SARDÁ R, et al. An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain[J]. *Ocean and Coastal Management*, 2009, 53(1): 27—38.
- [6] VO T Q, KUENZER C, OPPELT N, et al. How remote sensing supports mangrove ecosystem service valuation: a case study in Ca Mau province, Vietnam[J]. *Ecosystem Services*, 2015, 14: 67—75.
- [7] HAJAR L, SEBASTIEN L, NELE W, et al. The recreational value of a peri-urban forest in Morocco[J]. *Urban Forestry &*

- Urban Greening, 2021, 65: 3—9.
- [8] VERMAAT J E, PALT M, PIFFADY J, et al. The effect of riparian woodland cover on ecosystem service delivery by river floodplains: a scenario assessment[J]. *Ecosphere*, 2021, 12(8): e03716—e03716.
- [9] FENG Q, AN C J, CHEN Z, et al. Assessing the coastal sensitivity to oil spills from the perspective of ecosystem services: a case study for Canada's pacific coast[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 296: 2—9.
- [10] GHERMANDI A, OBURA D, KNUDSEN C, et al. Marine ecosystem services in the Northern Mozambique Channel: a geospatial and socio-economic analysis for policy support[J]. *Ecosystem Services*, 2019, 35: 1—12.
- [11] PENG K F, JIANG W G, LING Z Y, et al. Evaluating the potential impacts of land use changes on ecosystem service value under multiple scenarios in support of SDG reporting: a case study of the Wuhan urban agglomeration[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 307: 3—5.
- [12] RODGERS M, EMMANUEL K, SEYOUM M, et al. Impact of land use/land cover dynamics on ecosystem service value: a case from Lake Malombe, Southern Malawi[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2021, 193(8): 492.
- [13] GHOSH D K, BHUNIA G S. Ecosystem service valuation on the basis of land use and land cover data in the Barasat Sadar Subdivision (West Bengal, India) [J]. *Geography and Natural Resources*, 2021, 42(1): 88—97.
- [14] TEREFE T, MOGES K, ALEMU B. Assessment of the linkages between ecosystem service provision and land use/land cover change in Fincha watershed, North-Western Ethiopia [J]. *Heliyon*, 2021, 7(7): e07673.
- [15] CHEN W X, ZENG J, CHU Y M, et al. Impacts of landscape patterns on ecosystem services value: a multiscale buffer gradient analysis approach[J]. *Remote Sensing*, 2021, 13(13): 2551.
- [16] HU Z N, YANG X, YANG J J, et al. Linking landscape pattern, ecosystem service value, and human well-being in Xishuangbanna, southwest China: insights from a coupling coordination model[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2021, 27: 7—14.
- [17] LIN S, HU X S, CHEN H, et al. Spatio-temporal variation of ecosystem service values adjusted by vegetation cover: a case study of Wuyishan National Park Pilot, China[J]. *Journal of Forestry Research*, 2021, 33(2022): 1—13.
- [18] WAN H W, LI H X, WU J H, et al. Spatial distribution pattern in mammal and bird richness and their relationship with ecosystem services in Sanjiangyuan National Park, China [J]. *Journal of Mountain Science*, 2021, 18(6): 1662—1677.
- [19] NATH P H, RAJ B D, BABU S B, et al. Impacts of invasive alien plants on ecosystem services of Ramsar lake cluster in middle mountain Nepal[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2021, 27: 1—12.
- [20] 徐丛春, 韩增林. 海洋生态系统服务价值的估算框架构筑[J]. *生态经济*, 2003(10): 199—202.
- [21] 石洪华, 郑伟, 陈尚, 等. 海洋生态系统服务功能及其价值评估研究[J]. *生态经济*, 2007(3): 139—142.
- [22] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. *科学通报*, 2000, 45(1): 17—22, 113.
- [23] 刘耕源, 刘畅, 杨青. 基于能值的海洋生态系统服务核算方法构建及应用[J]. *资源与产业*, 2021, 23(1): 20—34.
- [24] 王敏. 山东近海生态系统服务价值评估研究[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2012.
- [25] 黎鹤仙, 谭春兰. 浙江省海洋生态系统服务功能及价值评估[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(4): 307—310.
- [26] 夏涛, 陈尚, 张涛, 等. 江苏近海生态系统服务价值评估[J]. *生态学报*, 2014, 34(17): 5069—5076.
- [27] 俞花美, 周宗尧, 李佳桐. 海南省近海生态系统服务功能价值评估[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(33): 68—71.
- [28] 李志勇, 徐颂军, 徐红宇, 等. 广东近海海洋生态系统服务功能价值评估[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(23): 136—140.
- [29] 韩秋影, 黄小平, 施平, 等. 广西合浦海草床生态系统服务功能价值评估[J]. *海洋通报*, 2007, 26(3): 33—38.
- [30] ZHENG W, SHI H H, CHEN S, et al. Benefit and cost analysis of mariculture based on ecosystem services[J]. *Ecological Economics*, 2007, 68(6): 1626—1632.
- [31] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. *科学学研究*, 2015, 33(2): 242—253.
- [32] 张朝晖, 吕吉斌, 叶属峰, 等. 桑沟湾海洋生态系统的服务价值[J]. *应用生态学报*, 2007, 2007(11): 2540—2547.
- [33] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 等. 典型海洋生态系统服务功能及价值评估: 以桑沟湾为例[J]. *海洋环境科学*, 2008, 27(2): 101—104.
- [34] 于宗赫, 江涛, 夏建军, 等. 大鹏澳牡蛎养殖区生态服务价值评估[J]. *水产学报*, 2014, 38(6): 853—860.
- [35] 程飞, 纪雅宁, 李偲莹, 等. 象山港海湾生态系统服务价值评估[J]. *应用海洋学学报*, 2014, 33(2): 222—228.
- [36] 王兆礼, 张汉华, 朱长波, 等. 深澳湾养殖生态系统服务功能价值评估[J]. *海洋环境科学*, 2014, 33(3): 378—382.
- [37] 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.
- [38] 朱慧娟. 海洋生态系统海水养殖服务价值评估: 福建省案例研究[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2017.
- [39] 吕韩. 中国海藻养殖的生态系统服务及其价值评价[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2017.