

## 中国海水养殖业资源-环境-经济系统耦合协调发展分析

刘东, 彭乐威, 张迪, 杨正勇

### **Coordinative development analysis of China mariculture industry's resource-environment-economy system**

LIU Dong, PENG Lewei, ZHANG Di, YANG Zhengyong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20210203298>

---

#### 您可能感兴趣的其他文章

##### Articles you may be interested in

##### [2000年来中国水产养殖发展趋势和方向](#)

China's aquaculture development trends since 2000 and future directions

上海海洋大学学报. 2020, 29(5): 661 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190502673>

##### [经济棘皮动物种质资源保护与利用研究进展](#)

Research progress in conservation and utilization of economic echinoderm: a review

上海海洋大学学报. 2020, 35(5): 645 <https://doi.org/10.16535/j.cnki.dlhyxb.2020-157>

##### [改革开放40年来中国渔业产业发展及十四五产量预测](#)

Development of Chinese fishery industry in 40 years of reform and opening up and production forecast in the 14th five-year plan

上海海洋大学学报. 2021, 30(2): 339 <https://doi.org/10.12024/jsou.20200803162>

##### [中国花鲈不同养殖模式经济效益比较研究](#)

Comparative analysis of the economic efficiency of Chinese sea perch farming industry

上海海洋大学学报. 2018, 27(4): 508 <https://doi.org/10.12024/jsou.20171002152>

##### [国际休闲渔业研究进展](#)

Review on the research of recreational fisheries in the world

上海海洋大学学报. 2020, 29(2): 295 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190502686>

文章编号: 1674-5566(2022)05-1317-08

DOI:10.12024/jsou.20210203298

## 中国海水养殖业资源-环境-经济系统耦合协调发展分析

刘 东<sup>1</sup>, 彭乐威<sup>1</sup>, 张 迪<sup>1</sup>, 杨正勇<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学 经济管理学院, 上海 201306; 2. 中国渔业发展战略研究中心, 上海 201306; 3. 海洋产业发展战略研究中心, 上海 201306)

**摘 要:** 推进海水养殖业绿色发展是建设海洋强国的重要举措。正确处理产业发展过程中资源、环境与经济发展的关系, 是中国海水养殖业破除发展瓶颈, 由海水养殖大国向强国转变的重中之重。本文在构建中国海水养殖业资源-环境-经济综合评价体系的基础上, 运用耦合协调度模型等方法分析其协调发展程度。结果表明: 2011—2018 年中国海水养殖资源与环境发展指数均呈下降趋势, 而经济发展指数则在振荡中上升; 中国海水养殖复合系统处于低发展水平下的高耦合中级协调状态, 资源-环境及环境-经济系统协调度呈濒临失调的振荡下降态势, 资源-经济系统呈振荡增长态势, 复合系统协调度地理分布呈北高南低发展态势。建议各地区聚焦发展短板, 加强养殖技术创新, 以资源-环境协调发展为主线, 以期推进海水养殖业绿色可持续发展。

**关键词:** 海水养殖; 耦合协调; 协调发展; 可持续发展

**中图分类号:** F 326.4      **文献标志码:** A

中国海水养殖产量连续多年居于世界首位, 但随着产业经济发展, 资源约束与环境问题逐步凸显。正确处理好资源、环境与经济发展的关系, 是中国海水养殖业破除发展瓶颈, 提升绿色发展水平, 实现由海水养殖大国向强国转变的重中之重。

关于海水养殖业发展过程中资源、环境与经济之间关系的探讨由来已久, 自然科技视角与经济学角度均有相关研究<sup>[1-2]</sup>。就经济学视角而言, 学者主要从理论分析框架<sup>[3]</sup>、水产养殖绿色发展评价体系<sup>[4]</sup>及生态经济效率方面研究海水养殖业发展现状<sup>[5-6]</sup>。

耦合协调度模型是能够客观连接不同系统, 凸显其协调发展关系的重要方法。在这方面, 现有研究较多使用此模型分析双系统及多系统协调发展<sup>[7-8]</sup>; 也有学者对不同产业之间的协调关系进行了评价, 如对中国展览业与旅游业协调发展水平及其驱动因素进行的研究以及对水产养殖业与捕捞业协调发展程度进行的测度<sup>[9-10]</sup>。

从现有研究成果看, 耦合协调度模型能够客

观分析不同主体的协调发展度及其优劣势, 对于中国海水养殖业各系统协调发展研究具有适用性。基于此, 本研究为揭示资源、环境及经济三系统发展现状, 构建中国海水养殖业综合评价体系, 并运用耦合协调模型等方法对本产业三系统协调程度进行解析, 在揭示各省市海水养殖业发展弱势的基础上, 探讨该产业资源、环境与经济耦合协调发展路径。

### 1 研究方法

#### 1.1 研究方法 with 指标选取的理论基础

要评判海水养殖业资源、环境与经济系统的协调程度, 首先需对三者之间的关系有正确理解。事实上, 在海水养殖业中, 资源、环境与经济构成了产业发展的有机统一体, 即海水养殖资源-环境-经济系统。在该系统中, 自然资源为海水养殖业经济发展提供了物质基础, 但对资源的过度索取会导致资源生态系统的崩溃和环境的恶化。养殖环境则为养殖水产品提供了赖以生存的空间和环境, 保障资源承载力水平; 经济发展所产

收稿日期: 2021-02-17      修回日期: 2021-06-10

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-47); 国家社会科学基金重大项目(21&ZD100)

作者简介: 刘 东(1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业经济与管理。E-mail: 3129281556@qq.com

通信作者: 杨正勇, E-mail: zzyang@shou.edu.cn

生的污染可由环境来储存及自然资源生态系统来净化,若经济发展过快,环境所承担的污染物规模会超出自然资源生态系统的净化能力,进而导致环境恶化。三者处在互相影响、互相支持的综合体中,唯有资源、环境与经济发展间形成平衡关系,构成科学发展体系,才可推动海水养殖业的绿色可持续发展<sup>[11]</sup>。

需要看到的是,海水养殖业处于不同的经济发展水平时,对资源与环境的影响是不同的:当经济发展水平较低,产业发展方式一般比较粗放,虽然经济活动对资源与环境生态系统的总体压力可能比较小,但单位产量的资源消耗较大且产生的污染较多;当经济发展到一定水平,随着资本积累水平的提升,技术创新会逐步加速,生产方式会逐步向集约型发展,单位产出的资源消耗水平会下降,同时技术的创新会促进自然资源的再生与环境生态系统的改良(比如养殖技术进步使得增殖放流成为可能,而增殖放流可能增加渔业资源),持续提高养殖资源运用效率、生态治理技术能力以及水域负载水平<sup>[12]</sup>。

总之,为评判海水养殖业发展过程中资源、环境与经济系统之间的协调程度,需选择适合于揭示三个子系统之间关系的模型与指标,在揭示其发展水平的基础上,评判彼此之间的协调性。

## 1.2 耦合协调度模型

本研究借鉴丛晓男修正后的模型<sup>[13]</sup>来测度海水养殖资源-环境-经济耦合协调度。

### 1.2.1 数据标准化处理

为了使得各个系统及多指标之间具有可比性,将原始数据值进行标准化:

$$y_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} & \text{正指标} \\ \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} & \text{负指标} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $x_{ij}$ 为第*i*个省市的第*j*项指标原始值, $y_{ij}$ 为其对应的标准化值。

### 1.2.2 熵权赋值法

在标准化处理基础上,利用熵权赋值法确定指标权重,得到资源、环境、经济子系统各项指标权重,有效避免层次分析法等赋权法的主观性,保证权重的准确性。

### 1.2.3 综合发展指数

综合发展指数是通过将各项指标经标准化、熵权赋值法处理后进行综合,最后形成的概括性指数值,以达到评价发展水平的目的。采用该指数,旨在衡量资源、环境及经济发展水平。测算具体方法如下:

$$U_{efr}(x) = \sum_{i=1}^a a_i x_i \quad (2)$$

$$U_{efc}(y) = \sum_{j=1}^p b_j y_j \quad (3)$$

$$U_{efe}(z) = \sum_{k=1}^q c_k z_k \quad (4)$$

$$T_{ij} = \alpha f(U_{efr}) + \beta f(U_{efc}) + \gamma f(U_{efe}) \quad (5)$$

式中: $U_{efr}(x)$ 、 $U_{efc}(y)$ 、 $U_{efe}(z)$ 分别为海水养殖资源、环境及经济发展指数, $x_i$ 、 $y_j$ 、 $z_k$ 分别为海水养殖资源、环境、经济子系统各项指标标准化数值; $a_i$ 、 $b_j$ 、 $c_k$ 分别为各项指标的权重; $a$ 、 $p$ 、 $q$ 分别为资源、环境、经济子系统指标数量; $T_{ij}$ 为复合系统(三系统)综合发展指数, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 为各系统权重系数,海水养殖发展过程中资源、环境及经济三系统需同等重视,故在此假设 $\alpha = \beta = \gamma = 1/3$ 。

### 1.2.4 耦合协调度

耦合度反映各系统相互作用的程度,耦合协调度(以下简称协调度)更进一步反映各系统协同发展程度。协调发展是海水养殖业绿色发展的本质要求,因此可通过协调度模型深入剖析系统协调发展水平。

在测算出上述发展指数基础上,借鉴汪永生等学者的研究思路<sup>[8]</sup>,构建三系统耦合度模型,如公式(6):

$$C_{ij} = \left[ \frac{U_{efr} \times U_{efc} \times U_{efe}}{(U_{efr} + U_{efc} + U_{efe}/3)^3} \right]^{1/3} \quad (6)$$

式中: $C_{ij}$ 为海水养殖复合系统耦合度,取值范围为 $[0,1]$ 。

综合以上测度结果,可得到海水养殖复合系统协调度模型:

$$D_{ij} = (C_{ij} \times T_{ij})^{1/3} \quad (7)$$

式中 $D_{ij}$ 为复合系统协调度,协调度越大,表明海水养殖系统协调发展水平越高。借鉴前人耦合度及协调度等级划分<sup>[14]</sup>,将耦合度及协调度分别划分:

耦合度等级:低度耦合(0.000~0.299)、拮抗耦合(0.300~0.499)、初步磨合(0.500~0.799)、高度耦合(0.800~1.000)。

协调度等级:极度失调(0.000~0.099)、严重失调(0.100~0.199)、中度失调(0.200~0.299)、轻度失调(0.300~0.399)、濒临失调(0.400~0.499)、勉强协调(0.500~0.599)、初级协调(0.600~0.699)、中级协调(0.700~0.799)、良好协调(0.800~0.899)、优质协调(0.900~1.000)。

### 1.3 指标选取

基于前文的理论分析、前人研究成果及数据可得性,分别从海水养殖业资源、环境与经济三系统中选取 16 项指标构建耦合协调评价体系。

#### 1.3.1 经济系统

经济增长是经济发展的核心内容,产业经济增长不仅体现于总量增长,而且应涵盖经济增长、国民收入水平、产业结构比重等重要衡量因素。结合汪永生等经济系统构建思路<sup>[8]</sup>及本产业数据可获得性,构建海水养殖业经济系统。

#### 1.3.2 资源系统

根据实际调研所获知的养殖方面核心问题,资源系统选取了五大关键要素:养殖面积代表自然资源投入,苗种、劳动力、饲料、固定资产投资代表社会资源投入。海水养殖中间消耗包括饲料、燃料及其他费用消耗,借鉴王端岚的研究思

路<sup>[15]</sup>,根据渔业中间消耗进行折算;同时,为消除物价水平对实际结果造成的通货膨胀影响,使用 GDP 指数和农业生产资料价格指数分别对海水养殖实际劳均产值和海水养殖中间消耗进行价格平减。

#### 1.3.3 环境系统

从前人研究结果来看,环境系统通常包含正负两种指标,以保证系统客观性。考虑到工厂化养殖是较为环保且需大力推广的养殖模式,将工厂化养殖产量占比作为衡量环境友好的指标;受灾养殖面积反映了养殖过程中受灾程度,其对环境及经济均产生负向作用,结合海水养殖业总氮、总磷、COD 排放量作为衡量环境恶化的指标<sup>[16-17]</sup>。根据《全国污染普查水产养殖业污染源产排污系数手册》测算海水养殖排污量<sup>[6]</sup>。其中,贝类等非投饲型主要养殖模式为筏式养殖及滩涂养殖,所产生的污染物直接排放入海,产污量与排污量相近,故在此借鉴前人测算的贝类氮、磷产污系数近似代替排污系数<sup>[18]</sup>。

综合上述指标选取,构建海水养殖业资源-环境-经济耦合协调评价体系。结合 2011—2018 年全国数据,采用熵值赋权法对各项指标权重进行测算(表 1)。

表 1 变量描述

Tab.1 Variable description

一级指标 First indicators	二级指标 Second indicators	变量 Variable	指标类型 The index type	权重 Weight
经济 Economy	经济发展	渔民人均纯收入/(元/人)	+	0.240
		海水养殖经济增长率/%	+	0.354
		海水养殖产值占各地区水产养殖业总产值比重/%	+	0.160
		海水养殖实际劳均产值/(万元/人)	+	0.246
资源 Resources	生产资源	劳均海水养殖面积/(m <sup>2</sup> /人)	+	0.152
		单位面积海水养殖中间消耗/(元/m <sup>2</sup> )	+	0.162
		海水养殖固定资产折旧/(元/m <sup>2</sup> )	+	0.133
	技术资源	单位面积海水鱼苗投放量/(尾/m <sup>2</sup> )	+	0.162
		海水养殖专业从业人员比重/%	+	0.087
		渔民培训强度/人	+	0.150
环境 Environment	环境恶化	海水养殖渔船比重/%	+	0.153
		单位养殖面积氮排放量/(g/m <sup>2</sup> )	-	0.224
		单位养殖面积 COD 排放量/(g/m <sup>2</sup> )	-	0.243
		单位养殖面积磷排放量/(g/m <sup>2</sup> )	-	0.197
	受灾养殖面积占比/%	-	0.182	
环境友好	工厂化养殖占比/%	+	0.154	

### 1.4 数据来源

选取 2011—2018 年全国及沿海 10 省市(香

港、澳门、台湾及上海数据无法获取,故排除)海水养殖业作为研究对象,借助国家统计局网站、

《中国农村统计年鉴》(2012—2019年)、《第一次全国污染普查水产养殖业污染源产排污系数手册》、《中国渔业统计年鉴》(2012—2019年)等资料,计算获得相关指标数据。

## 2 结果

### 2.1 各省市海水养殖业综合发展指数分析

根据熵值法确定各系统指标的权重,得到各省市资源-环境-经济复合系统的综合发展指数,

见表2。

由表2可知,河北、江苏、福建、山东、广东及广西略呈上升趋势。从均值排名来看,各省市海水养殖综合发展指数地理分布由北向南呈降低式分布:天津、山东两省三系统综合发展指数最高,广东、广西及海南三省在三系统综合发展指数排名中居于最后三位,表明本地区产业资源、环境与经济发展水平较低,需重视三系统之间的协调发展。

表2 2011—2018年中国沿海省市海水养殖业综合发展指数

Tab.2 Marine aquaculture comprehensive evaluation index from 2011 to 2018 in China's coastal provinces

省份 Provinces	年份 Year								均值 Mean	排名 Rank
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
天津 Tianjin	0.665	0.620	0.701	0.623	0.666	0.691	0.645	0.608	0.652	1
河北 Hebei	0.440	0.468	0.459	0.490	0.518	0.529	0.498	0.547	0.494	5
辽宁 Liaoning	0.559	0.572	0.480	0.522	0.515	0.595	0.492	0.474	0.526	3
江苏 Jiangsu	0.478	0.477	0.507	0.454	0.456	0.486	0.563	0.582	0.501	4
浙江 Zhejiang	0.425	0.374	0.353	0.442	0.419	0.428	0.474	0.428	0.418	7
福建 Fujian	0.401	0.407	0.360	0.412	0.476	0.434	0.449	0.412	0.419	6
山东 Shandong	0.528	0.554	0.475	0.565	0.582	0.569	0.611	0.544	0.554	2
广东 Guangdong	0.313	0.348	0.306	0.396	0.361	0.311	0.340	0.368	0.343	8
广西 Guangxi	0.346	0.312	0.247	0.335	0.328	0.322	0.288	0.368	0.318	10
海南 Hainan	0.341	0.395	0.337	0.327	0.374	0.323	0.310	0.322	0.341	9

为详细了解国内海水养殖资源、环境及经济子系统发展指数情况,以下得出了2011—2018年中国海水养殖整体综合发展指数及各子系统发展指数结果,见图1。

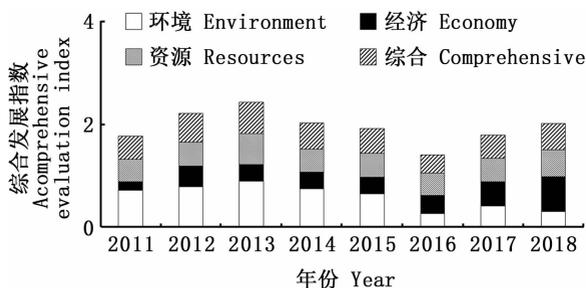


图1 海水养殖资源-环境-经济系统综合发展指数

Fig.1 Mariculture resources-environment-economy system comprehensive evaluation index

2011—2018年,海水养殖复合系统总体呈波动态势,由2011年的0.44上升至2013年0.61,其后至2016年呈下降趋势,随后稳步上升。环境子系统发展指数由短暂上升转为持续下降,中国海水养殖水域环境恶化严重,需加强污染治理力度,遏制海源及陆源污染;2011—2013年资源子

系统呈稳步增长态势,2014年资源系统发展指数下跌幅度较大,可能是由于东南沿海地区遭受“亚马逊”、“海鸥”等超强台风重创,导致水域养殖面积及社会资源投入减少。2015年以来继续呈稳步上升态势;经济系统发展指数处于振荡上升中,海水养殖业经济发展比重逐步增大。

从资源、环境及经济子系统的变化趋势来看,资源与环境发展指数变化趋于同步,资源子系统波动下降态势更为明显。与资源与环境发展指数不同,经济发展指数则呈上升态势,并在2016年之后超越环境发展指数,2017年超越资源发展指数,反映出2011—2018年以来,海水养殖业发展过程中经济系统与资源系统及环境系统之间的背离逐步加剧。

### 2.2 各省市海水养殖业耦合度及协调度分析

据上述公式测算出2011—2018年全国层面海水养殖复合系统和两两子系统间的耦合度,结果见表3。

由上述结果可知,资源-环境-经济复合系统耦合度等级较高,但综合发展指数较低,说明全国层面上复合系统属于低发展水平下的高耦合。

两两之间系统耦合度小于复合系统耦合度,表明资源、环境及经济三者的整体性强于两者间的作用性。三个维度的子系统历年耦合水平均在拮抗耦合及初步磨合阶段,协同度有待提升。其

中,资源-经济子系统耦合度在研究期内相对较为稳定,多处于拮抗耦合阶段;资源-环境子系统耦合度呈下降趋势,两者交互影响效应降低。

表 3 中国海水养殖资源-环境-经济三系统耦合度

Tab. 3 Chinese mariculture resources - environment - economy system coupling

系统类型 Type	2012		2014		2016		2018	
	耦合度 Coupling	耦合等级 Level	耦合度 Coupling	耦合等级 Level	耦合度 Coupling	耦合等级 Level	耦合度 Coupling	耦合等级 Level
资源-环境-经济 The composite system	0.955	高度耦合	0.937	高度耦合	0.986	高度耦合	0.954	高度耦合
资源-经济 Resource - economy	0.498	拮抗耦合	0.494	拮抗耦合	0.497	初步磨合	0.495	拮抗耦合
资源-环境 Resources - environment	0.483	拮抗耦合	0.482	拮抗耦合	0.489	拮抗耦合	0.486	拮抗耦合
环境-经济 Environment - economy	0.471	拮抗耦合	0.456	拮抗耦合	0.498	拮抗耦合	0.466	拮抗耦合

协调度综合了发展指数及耦合度优势,以综合揭示各地区资源、环境与经济系统之间作用强度与协调发展水平,进一步反映各系统协同发展程度,更加直观地反映出中国海水养殖业目前的发展情况及强弱点。全国层面协调度变化情况见图 2。

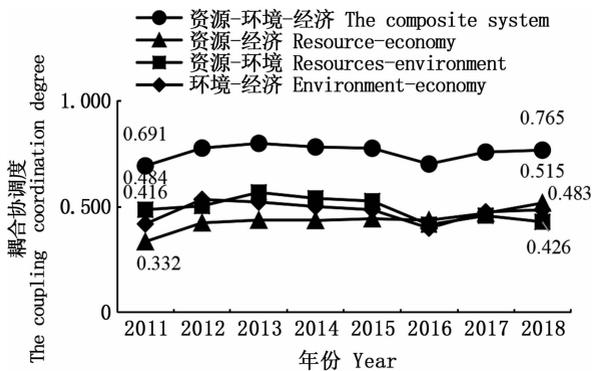


图 2 2011—2018 年海水养殖各系统协调度变化情况  
Fig. 2 Variation of mariculture coordination degree of each system from 2011 to 2018

由图 2 可知,2011—2018 年海水养殖复合协调度均值为 0.771,总体处于中级协调水平。历年协调度水平差距较小,但低于耦合度历年均值 0.958,说明中国海水养殖业复合协调度是一种发展水平较低的中级协调。

由子系统协调度变化图(图 2)可知,复合系统变化较小的背后隐藏着经济、资源及环境系统的两两协调性不高。首先,环境-经济系统处于濒

临失调的缓慢下降状态,协调发展程度不高;其次,资源-经济系统协调度由 2011 年的 0.332 增长至 2018 年的 0.515,双系统协调度增长较快,未来资源-经济发展水平预期会显著提升;与之相反,资源-环境系统呈振荡下降趋势,2018 年资源-环境系统协调度已降至 0.426,处于濒临失调状态,结合资源-经济系统的振动增长态势,再次印证了中国海水养殖业需由经济导向向环境导向倾斜的必要性。

基于对全国层面复合系统协调度的分析得出各省市 2011—2018 年复合系统协调度及发展类型,并选取 2011 和 2018 年度实证结果进行对比(见表 4)。

从各省市海水养殖协调等级来看,沿海省市海水养殖在 2018 年达到良好协调的有天津、河北、江苏三省市,达到中级协调的有辽宁、山东、浙江、福建,处于初级协调的有广东、广西和海南,整体海水养殖协调度水平地理分布呈北高南低态势。

从海水养殖子系统发展指数及协调度对比来看,各省市发展短板较为突出,虽然各省市均已达到协调以上的水平,但各省市海水养殖综合发展指数均低于本省市总协调度,表明中国目前依旧处于产业发展水平较低的状态,各省市需聚焦本地的弱势发展系统,全面促进海水养殖业协调发展。

表 4 各省市海水养殖发展类型及协调度等级

Tab. 4 Mariculture of provinces and cities, development type and coordination degree level

省份 Provinces	年份 Years	$U_{cfr}$	$U_{cfc}$	$U_{cjc}$	$D_{ij}$	系统发展类型 System development type	协调等级 Coordination level
天津 Tianjin	2011	0.341	0.682	0.971	0.848	资源滞后型	良好协调
	2018	0.468	0.385	0.970	0.824	经济滞后型	良好协调
河北 Hebei	2011	0.534	0.252	0.535	0.747	经济滞后型	中级协调
	2018	0.464	0.580	0.597	0.816	资源滞后型	良好协调
辽宁 Liaoning	2011	0.429	0.591	0.658	0.820	资源滞后型	良好协调
	2018	0.400	0.362	0.661	0.771	经济滞后型	中级协调
江苏 Jiangsu	2011	0.454	0.399	0.581	0.779	经济滞后型	中级协调
	2018	0.561	0.565	0.620	0.835	资源滞后型	良好协调
浙江 Zhejiang	2011	0.230	0.560	0.486	0.735	资源滞后型	中级协调
	2018	0.346	0.516	0.420	0.750	资源滞后型	中级协调
福建 Fujian	2011	0.506	0.454	0.242	0.725	环境滞后型	中级协调
	2018	0.413	0.568	0.255	0.732	环境滞后型	中级协调
山东 Shandong	2011	0.352	0.746	0.485	0.801	资源滞后型	良好协调
	2018	0.478	0.607	0.547	0.815	资源滞后型	良好协调
广东 Guangdong	2011	0.198	0.333	0.408	0.669	资源滞后型	初级协调
	2018	0.360	0.496	0.249	0.708	环境滞后型	中级协调
广西 Guangxi	2011	0.249	0.518	0.272	0.689	资源滞后型	初级协调
	2018	0.262	0.573	0.208	0.699	环境滞后型	初级协调
海南 Hainan	2011	0.260	0.422	0.343	0.694	资源滞后型	初级协调
	2018	0.250	0.341	0.376	0.682	资源滞后型	初级协调

### 3 讨论

本研究通过测度中国海水养殖业综合发展指数及各子系统发展指数,分析了资源、环境、经济系统发展水平和历年发展趋势,进而得到三系统耦合度及协调度,指出了2011—2018年中国海水养殖业的发展境况及不足之处。在此基础上,提出以下观点,供读者讨论。

#### 3.1 加强养殖技术创新,提升社会资源利用率

前文分析结果表明,资源系统发展指数并无上升态势,且各省市发展短板中,资源落后发展型省市占比较大。究其原因,可能是因为渔民培训强度下降幅度过大,由2011年的58%下降至2018年的21%,拉低了资源系统发展水平,影响产业的协调发展。各地区不仅需提高养殖技术培训力度更需加强技术支撑,试验站及水产研究所重点创新养殖技术。同时,应坚持以技术进步提升鱼苗及饲料品质,以期提升养殖过程的资源利用率、增加渔民收入的同时实现环境友好。

#### 3.2 以资源-环境协调发展为主线,着力提升环境发展水平

前文指出,中国整体海水养殖资源-环境系统协调度呈下降趋势,根据协调度测算原理及系统

发展水平趋势可知,环境系统发展水平下降是主要引致因素。养殖环境水平的提升一方面提高了自然资源的承载力水平,另一方面引领绿色经济的实现,进而以绿色经济促进技术进步,以技术进步反哺社会资源利用率。海水养殖业未来应遵循此发展主线,以提升本产业环境发展水平为重点,以资源-环境协调发展为首要目标,实现中国海水养殖业绿色发展。

#### 3.3 各地区应因地制宜,聚焦发展短板

分海区发展特征来看,黄渤海地区沿海省市均为资源、经济滞后发展型,东南沿海地区以环境滞后发展型为主。黄渤海区相较于东南海区养殖规模不大,但绿色养殖技术较为领先,工厂化循环水养殖较为普及,较好实现了海水养殖业协调发展;东南海区各省海水养殖业规模较大,养殖模式以普通网箱及滩涂养殖为主,相对来看对环境状况较为不利。各地区应在加强环境保护力度大方向的同时,鼓励绿色养殖模式创新与应用。对资源与经济滞后型省市,未来需加强本地区资源与经济的发展力度,发挥本省市独特优势,推广优势养殖品种,构建水产品品牌效应,以期拓宽市场。对于环境滞后型省市,应加强灾害防治力度,降低水域面源污染,减少受灾损失,保障渔民生计的同时提升环境治理水平。

### 3.4 不足与展望

本研究首次基于资源-环境-经济三系统耦合协调视角,对中国海水养殖业协调发展进行了探究。因数据获取有限,鲜活饵料投入量、赤潮污染程度、品牌建设程度<sup>[19]</sup>等重要影响因素暂无准确数据及相应量化标准,指标体系的构建还未达到理想状态,对全国协调发展程度及各省市的协调发展排名高低的判定有待检验,也对海水养殖业现状把握的精确度造成一定影响。在今后研究中,可进一步综合考虑上述因素,提出更加精准的发展对策和提升路径。

#### 参考文献:

- [1] SUN L Q, LIU H, GAO Y P, et al. Food web structure and ecosystem attributes of integrated multi-trophic aquaculture waters in Sanggou Bay[J]. *Aquaculture Reports*, 2020, 16: 100279.
- [2] 卢昆,高晶晶,郝平. 我国海水养殖资源开发评价及其支持政策分析[J]. *农业经济问题*, 2016, 37(3): 95-103, 112.  
LU K, GAO J J, HAO P. Study on the evaluation and supporting policy of Chinese marine aquaculture resources exploitation[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2016, 37(3): 95-103, 112.
- [3] NGUYEN K T, FISHER T C G. Efficiency analysis and the effect of pollution on shrimp farms in the Mekong River Delta [J]. *Aquaculture Economics & Management*, 2014, 18(4): 325-343.
- [4] 操建华,桑霏儿. 水产养殖业绿色发展理论、模式及评价方法思考[J]. *生态经济*, 2020, 36(8): 101-106, 153.  
CAO J H, SANG F E. Thinking on theory, model and evaluation method of aquaculture green development [J]. *Ecological Economy*, 2020, 36(8): 101-106, 153.
- [5] NIELSEN M, RAVENSBECK L, NIELSEN R. Green growth in fisheries[J]. *Marine Policy*, 2014, 46: 43-52.
- [6] 秦宏,张莹,卢云云. 基于 SBM 模型的中国海水养殖生态经济效率测度[J]. *农业技术经济*, 2018(9): 67-79.  
QIN H, ZHANG Y, LU Y Y. Measurement and analysis of China's mariculture eco-economic efficiency: based on SBM Model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018(9): 67-79.
- [7] 刘艳艳,王少剑. 珠三角地区城市化与生态环境的交互胁迫关系及耦合协调度[J]. *人文地理*, 2015, 30(3): 64-71.  
LIU Y Y, WANG S J. Coupling coordinative degree and interactive coercing relationship between urbanization and eco-environment in Pearl River Delta [J]. *Human Geography*, 2015, 30(3): 64-71.
- [8] 汪永生,李宇航,揭晓蒙,等. 中国海洋科技-经济-环境系统耦合协调的时空演化[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(8): 168-176.
- [9] WANG Y S, LI Y H, JIE X M, et al. Coupling between marine technology, economy and environment systems in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(8): 168-176.
- [9] 殷杰,杨艺同. 我国展览业与旅游业协调发展的时空演化特征及其驱动因子[J]. *经济地理*, 2020, 40(8): 194-202.  
YIN J, YANG Y T. The characteristics and driving factors of the coordinated development of exhibition industry and tourism in China[J]. *Economic Geography*, 2020, 40(8): 194-202.
- [10] 苗利明,杨正勇,张迪. 基于耦合机制的水产养殖和捕捞的协调发展[J]. *海洋开发与管理*, 2019, 36(8): 59-62.  
MIAO L M, YANG Z Y, ZHANG D. The coordinated development of aquaculture and fishing based on coupling mechanism [J]. *Ocean Development and Management*, 2019, 36(8): 59-62.
- [11] 李克国. 环境经济学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.  
LI K G. *Environmental economics* [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2003.
- [12] 曹玉梅. 资源与环境经济探析[J]. *低碳世界*, 2020, 10(3): 5-7.  
CAO Y M. Resources and environmental economic analysis [J]. *Low Carbon World*, 2020, 10(3): 5-7.
- [13] 丛晓男. 耦合度模型的形式、性质及在地理学中的若干误用[J]. *经济地理*, 2019, 39(4): 18-25.  
CONG X N. Expression and mathematical property of coupling model, and its misuse in geographical science[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(4): 18-25.
- [14] 田深圳,李雪铭,杨俊,等. 东北三省城市拟态与现实人居环境时空耦合协调特征与机制[J]. *地理学报*, 2021, 76(4): 781-798.  
TIAN S Z, LI X M, YANG J, et al. Spatio-temporal coupling coordination and driving mechanism of urban pseudo and reality human settlements in the three provinces of Northeast China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 781-798.
- [15] 王端岚. 中国水产养殖业的生产效率及其影响因素研究[J]. *海洋开发与管理*, 2013, 30(2): 94-98.  
WANG D L. China's aquaculture production efficiency and its influencing factors [J]. *Ocean Development and Management*, 2013, 30(2): 94-98.
- [16] 李卫阳. 我国水产养殖环境氮磷污染现状及应对策略[J]. *南方农业*, 2018, 12(11): 170-171.  
LI W Y. Aquaculture environment nitrogen and phosphorus pollution in our country present situation and the coping strategies [J]. *South China Agriculture*, 2018, 12(11): 170-171.
- [17] 秦天,彭珏,邓宗兵. 农业面源污染、环境规制与公民健

- 康[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2019, 45(4): 91-99.
- QIN T, PENG J, DENG Z B. Agricultural non-point source pollution, environment regulation and the health of citizens [J]. *Journal of Southwest University (Social Sciences Edition)*, 2019, 45(4): 91-99.
- [18] 宗虎民, 袁秀堂, 王立军, 等. 我国海水养殖业氮、磷产出量的初步评估[J]. *海洋环境科学*, 2017, 36(3): 336-342.
- ZONG H M, YUAN X T, WANG L J, et al. Preliminary evaluation on the nitrogen and phosphorus loads by mariculture in China [J]. *Marine Environmental Science*, 2017, 36(3): 336-342.
- [19] 廖凯, 张英丽, 杨正勇, 等. 中国花鲈不同养殖模式经济效益比较研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2018, 27(4): 508-514.
- LIAO K, ZHANG Y L, YANG Z Y, et al. Comparative analysis of the economic efficiency of Chinese sea perch farming industry [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2018, 27(4): 508-514.

## Coordinative development analysis of China mariculture industry's resource-environment-economy system

LIU Dong<sup>1</sup>, PENG Lewei<sup>1</sup>, ZHANG Di<sup>1</sup>, YANG Zhengyong<sup>1,2,3</sup>

(1. *College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*; 2. *China Fishery Development Strategy Research Center, Shanghai 201306, China*; 3. *Research Center for the Development Strategy of Marine Industry, Shanghai 201306, China*)

**Abstract:** Promoting the green development of mariculture is very important for the construction of maritime power, while the top priority is to handle the relationship between resources, environment, and economy in the process of industrial development properly so that Chinese mariculture industry may break relevant development bottleneck for a transformation from big mariculture country into mariculture power. In this study, a coupling coordination degree model was used to measure to what degree relevant development is coordinated based on a comprehensive resource-environment-economy evaluation system for Chinese mariculture industry. The results showed that from 2011 to 2018, for both mariculture resource and environment development indexes of China, there was a downward trend, while for the economic development index, there was an oscillatory upward trend. The complex system for Chinese mariculture was in a high coupling of intermediate coordination state at a low development level. For both resource-environment and environment-economy systems, the coordination degree showed an oscillatory downward trend on the verge of misalignment, while for the resource-economy system, the coordination degree showed an oscillatory upward trend. In terms of geographical distribution, the coordination degree for the complex system is high in the north and low in the south. It is suggested that all relevant regions should focus on the weak links in development, strengthen the innovation in aquaculture technology, and mainly support the resource-environment harmonious development, so as to promote the green sustainable development of mariculture industry.

**Key words:** mariculture; coupling coordination; harmonious development; sustainable development