

# 基于 DPSIR 模型的浙江省海域承载力的评价分析

黄晖<sup>1,2</sup> 胡求光<sup>1,2</sup> 马劲韬<sup>11</sup>

(1. 宁波大学商学院, 中国浙江 宁波 315211;

2. 宁波大学东海研究院, 中国浙江 宁波 315211)

**【摘要】:** 文章基于 DPSIR 框架模型, 从驱动力、压力、状态、影响和响应 5 个方面构建包含 10 个要素层、33 个代表性指标组成的海域承载力评价指标体系, 运用熵值法对浙江海域承载力进行动态时序分析, 利用耦合协调度模型衡量浙江海域承载力系统的综合协调程度, 并对海域承载力与经济发展要素进行拟合分析。研究发现: (1) 除受 2008 年金融危机影响的年份外, 2006—2016 年浙江省海域承载力水平总体上扬趋势明显, 响应和驱动力指标值对海域承载力影响明显。(2) 浙江海域承载力系统耦合协调度偏低但呈现稳步上升的态势, 系统耦合协调度偏低是制约海域承载力的障碍性因素。(3) 经济发展与海域承载力呈显著正相关, 表明产业结构优化、合理的经济布局是海域承载力提升的驱动力。最后提出相应的对策建议。

**【关键词】:** 海域承载力 生态环境 可持续发展 耦合协调度 陆海统筹 产业结构 科技创新

**【中图分类号】:** F062.2 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2021) 11-0048-08

浙江省是个海洋大省, 所辖海区面积相当于陆域面积的 2.6 倍, 达 26 万 km<sup>2</sup>, 有杭州湾、象山港、三门湾、台州湾、乐清湾、温州湾六大海湾, 大陆海岸线长度为 2200km, 海岛海岸线长度为 4500km。海洋资源的综合开发与利用为浙江海洋经济的快速发展乃至区域经济的快速增长作出了巨大贡献。“十三五”期间, 浙江海洋生产总值从 2016 年的 6598 亿元增长到 2020 年的 9200 亿元, 占地区生产总值的比重稳定在 14% 左右, 海洋经济成为浙江经济增长的重要支柱。随着海洋经济的快速扩张和海洋开发利用的强度增加, 浙江近岸海域资源短缺、环境污染与生态破坏问题不断凸显, 成为全国受污染损害最严重的海域之一<sup>[1]</sup>, 其中尤以杭州湾的海洋污染最为严重, 被列为极难恢复的永久性 or 季节性“近岸死区”<sup>[2]</sup>。《2020 年浙江省生态环境状况公报》显示, 2020 年浙江省近岸海域水质优良点位比重有所上升, 达 43.4%, 但嘉兴近岸海域劣四类海水占比 100%, 杭州湾区域水质重度富营养化。浙江省海洋经济发展“十四五”规划提出“‘全省域’发展海洋经济, 深入推进海洋强省建设”, 可以预见在未来相当一段时间内, 沿海地区的人口规模、经济规模与空间布局将继续扩大, 用海需求持续增加, 海洋资源环境将成为制约海洋经济可持续发展的主要因素。承载力研究作为评判海洋可持续发展能力的主要手段, 对于海洋资源合理开发、实现海洋经济可持续发展至关重要。

## 1 文献综述

承载力起源于物理学上的有效荷载概念, 1798 年 Malthus 将其引入需求供应理论, 评估单位土地可容纳的人口数量。Park 等在 1921 年首次使用生态承载力概念, 即在某一特定环境条件下, 某种个体存在数量的最高极限<sup>[3]</sup>。在之后演变为种群、生态、

**作者简介:** 黄晖 (1974-), 女, 湖南长沙人, 博士, 副教授, 研究方向为区域经济、生态经济。E-mail: huanghui@nbu.edu.cn;

**基金项目:** 浙江省社会科学规划重大项目 (19XXJC02ZD)

资源环境以及区域承载力研究方向<sup>[4]</sup>，体现了复合生态系统理论与可持续发展理论在研究中的应用。

海域承载力“指一定时期内，以海洋资源的可持续利用、海洋生态环境不被破坏为原则，在符合现阶段社会文化准则的物质生活水平下，通过自我维持与自我调节，海洋能够支持人口、环境和经济协调发展的能力或限度”<sup>[5]</sup>。这一定义表明其内涵包括承载体、承载对象、承载条件和承载能力四个要素，突出了海洋资源环境这一承载体在耦合系统中与外部环境的相互关联和相互影响。基于此内涵，本文参考海域承载力的阈值概念对承载体和承载对象进行量化：一定时期内和一定的社会经济发展水平下，以海洋资源环境可持续利用为原则，一定区域的海域资源环境条件在该区域内能够支撑的最大人口数量和经济规模<sup>[6]</sup>。海域承载力是一种能反映海洋人地关系可持续发展能力的定量评价指标，前期研究主要关注海洋资源或生态环境能够承载的人口或经济规模，多基于单因素构建指标体系进行评价，如海域生态环境承载力<sup>[7,8,9]</sup>、海域资源承载力<sup>[10,11,12]</sup>，或者关注海陆交汇带资源环境承载力如海岸带承载力<sup>[13]</sup>。而海域承载力<sup>[14,15]</sup>研究则从海洋资源、环境与社会经济发展之间的耦合关系中判断海洋资源环境所能支持人类社会经济活动的量。

海域承载力评估研究中常用的方法包含状态空间法、生态足迹法、系统动力学、供需分析法和指标体系法等。其中更为一般、具有普适性的是指标体系法，该方法基于固定模型，结合研究区域的特点，选取反映承载体（海洋资源环境系统）、承载对象（人类社会经济活动）和外部环境（响应措施）之间相互关联的关键指标，建立区域海洋复合系统层次结构的指标体系。这种固定模型包括压力—状态—响应（PSR）框架模型<sup>[16,17,18,19]</sup>、驱动力—状态—响应（DSR）框架模型以及驱动力—压力—状态—影响—响应（DPSIR）框架模型<sup>[20,21,22,23]</sup>。1993年OECD在对PSR和DSR模型修正的基础上提出来的DPSIR模型，通过可持续发展的逻辑框架，将影响区域承载力的社会、经济、资源、环境和政策因素联系起来，不仅表征了社会发展、经济活动对海洋资源环境的影响以及环境状态对社会的反馈，还反映了人类社会为维持环境系统的可持续性做出的政策响应，有利于对复杂系统的因果关系进行更为完整的分析。DPSIR框架下的评价指标体系能够对各类指标之间的连续反馈机制进行有效监测，从而能为协调海洋经济发展、资源有序开发利用和生态环境保护寻求有效途径。本研究基于DPSIR框架模型构建评价指标体系，运用熵值法客观赋权，采用综合评价模型系统地评价2006—2016年浙江海域资源环境综合承载力及其影响因素，引导浙江海域资源空间配置向可持续发展转变。

## 2 研究方法 with 数据

### 2.1 评价指标体系的建立

海域承载力的研究对象是复杂的海洋人地系统，研究范围不仅限于海域还包括与其联系的陆域。本文以浙江省所辖海域及其所依托的省级行政区为研究范围，基于DPSIR框架模型构建浙江省海域承载力评价指标体系<sup>[24,25,26]</sup>，并结合浙江省的人口、经济、海洋资源环境等状况，最后确定了由10个要素层、33个具体指标构成的海域承载力指标体系，并根据这些要素的属性将其归纳到DPSIR框架中的驱动力、压力、状态、影响、响应5个因子。其中，驱动力（D）是推动资源环境发生变化的根本动力，包括经济和社会两方面，前者采用海洋生产总值、增长率、份额和结构来衡量，后者采用人口密度、人口自然增长率、国内旅游人数、人均固定资产投资和人均可支配收入来衡量；压力（P）是通过驱动力作用之后直接施加在海域系统之上的促使海域系统发生变化的直接因素，包括资源需求压力和排污量，集中表现在单位地区海洋生产总值能耗、电耗和煤耗，以及万元海洋生产总值工业废水和废气排放量；海域承载力的状态（S）主要是指在海洋经济发展的压力下，海洋资源环境所处的供给状态水平，包括资源供给和生态调节要素，采用人均海域面积、人均海域捕捞量、人均海水养殖产量和近岸海域一、二类海水比例表示；影响指标（I）是用来描述海域资源环境与社会经济活动的供需矛盾，包括资源存量和环境质量要素，采用人均海洋盐业、矿业资源量和海洋工业废水达标率、海洋工业固体废物综合利用率表示；响应指标（R）是指为实现海洋资源环境的协调发展而采取的各种积极措施和对策，包括环境治理和科技进步两方面，前者涉及自然保护区个数、面积和政府环境治理资金投入数量，后者从海洋科技人员、项目、成果、专利和机构数量来反映经济运行效率。

### 2.2 数据来源

根据所确定的评价指标体系,海域承载力评价指标层原始数据(部分)。其中,经济发展和发展的数据来源于2007—2017年《中国统计年鉴》和《浙江统计年鉴》,能源使用情况的数据来源于2007—2017年《中国能源统计年鉴》,环境质量、环境治理情况的数据来源于2007—2017年《中国环境统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》《中国海洋生态环境状况公报》以及《浙江省生态环境状况公报》和《浙江省海洋环境状况公报》。

### 3 实证分析

#### 3.1 浙江省海域承载力综合评价

##### 3.1.1 海域承载力综合评价模型

海域承载力评价是多因素共同作用下的综合评价,本文参考现有研究<sup>[27,28]</sup>,根据各指标所提供信息的大小,计算出浙江省海域承载力的综合得分。计算公式如下:

$$S_i = \sum_{j=1}^m W_j P_{ij} \quad (1)$$

式中:  $S_i$  表示海域承载力;  $P_{ij}$  表示第  $i$  年第  $j$  项指标的同度量值;  $W_j$  表示指标权重。  $P_{ij}$  的处理过程分为两步: 第一步将原始指标的标准化处理, 正向指标  $Z_{ij} = (X_{ij} - X_{ijmin}) / (X_{ijmax} - X_{ijmin})$ , 负向指标  $Z_{ij} = (X_{ijmax} - X_{ij}) / (X_{ijmax} - X_{ijmin})$ , 其中  $X_{ij}$  是第  $i$  年第  $j$  项指标的原始值,  $Z_{ij}$  为标准化后的指标值,  $X_{ijmin}$ 、 $X_{ijmax}$  分别为最小值和最大值。第二步将标准化后的指标进行同度量化处理, 处理公式如下:

$$P_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

式中:  $n$  为年份;  $m$  为指标个数。

海域承载力的计算还依赖于客观的指标权重, 基于现有研究成果, 本文采用熵值法对指标体系进行赋权并测算浙江海域承载力。熵值法也是一种较为常见的客观赋权方法。与主观赋权相比, 熵值法具有精度高、客观性强的特点, 能够很好地解释结果。如果通过计算发现某一指标的熵值较小, 说明其指标值的变异系数较大, 能够提供的信息较多, 所以在评价中该指标的作用较大, 权重应该较大; 如果指标的熵值较大, 则说明其指标值的变异系数较小, 不能提供较多信息, 在综合评价过程中该指标的作用也较小, 其权重应该较小。熵值法确权的过程如下。

(1) 计算第  $i$  年第  $j$  个指标的熵值:

$$F_j = -k \cdot \sum_{i=1}^n P_{ij} \cdot \ln P_{ij} \quad (3)$$

式中  $k = \frac{1}{\ln n}$ , 当  $P_{ij}=0$  时, 令  $P_{ij} \cdot \ln P_{ij}=0$ 。

②计算第  $j$  个指标的权重:

$$W_j = \frac{1 - F_j}{\sum_{j=1}^m (1 - F_j)} \quad (4)$$

### 3.1.2 海域承载力评价指标确权结果

基于公式 (3) 和公式 (4), 可以计算出全部指标层、要素层和准则层中各个维度的客观权重。

在海域承载力评价指标体系中, 响应因子的权重占比最高且与其他因子存在较大差距, 达到了 44.97%, 其中环境治理要素的权重略高于科技进步要素, 对海域承载力起主要作用。驱动力因子的权重为 22.06%, 其中社会发展要素略高于经济发展要素权重。压力、影响和状态 3 个因子的权重占比接近, 在 10%左右。指标权重大于 5%的是响应指标层的 4 项, 分别为环境治理要素层的自然保护区个数、自然保护区面积; 科技进步要素层的海洋科技专利数量和海洋科技机构数量。这表明, 响应指标和驱动力指标对浙江海域承载力具有很大影响, 也反映了浙江省社会经济发展状况以及在海洋资源开发和保护所采取的相关举措。

### 3.1.3 海域承载力综合评价结果分析

基于公式 (1), 可以得出 2006—2016 年浙江省海域承载力综合评价值。结合图 1 可以看出, 浙江省海域承载力水平呈稳步提升态势, 虽然由于金融危机的影响出现较大波动, 但总体上扬趋势明显。海域承载力水平以 2009 年为分水岭, 在 2006—2008 年保持稳定提高的态势, 然而 2008 年的国际金融危机对海洋经济的可持续发展造成较大冲击, 浙江省海洋生产总值增长率出现波动, 2009—2010 年, 海域承载力明显下降, 但随着中国经济的复苏以及海洋发展战略的推进, 浙江省海域承载力水平逐步提高, 其综合评价值由 2010 年的 0.2415 迅速提升到 2016 年的 0.6992。作为反映社会经济发展对海域承载力驱动作用的重要指标, 驱动力因子指标值虽然在金融危机期间出现波动, 但幅度较小, 总体保持稳步上升的态势。响应因子反映浙江省在环境治理和科技进步方面取得的进步, 其走势与海域承载力相仿, 在 2006—2008 年提升明显, 但在金融危机后有较大回落, 直至 2011 年后才逐渐回复。这与国务院于 2011 年正式批复《浙江海洋经济发展示范区规划》, 浙江海洋经济发展和舟山群岛新区建设上升为国家战略关系紧密, 在 2013 年浙江省强调“加快海洋强省建设”, 2015 年“十三五”规划明确“拓展蓝色经济空间”后, 响应因子指标值进一步提高。压力因子反映降低海域承载力的最直接作用力量, 其数值越大说明承载力越小, 压力指标值逐渐上升表明 2006—2016 年浙江海域开发利用活动对海域承载力的负面影响, 简单粗放的空间开发布局 and 开发利用方式导致资源浪费、环境恶化, 制约海洋经济的可持续发展, 不利于海域承载力的提高。状态因子包括资源供给与生态环境要素, 倾向于静态反映海域承载力的变动情况, 状态指标在前期趋于下降, 2015 年增加后趋向稳定增长。影响因子综合评价值变动较为复杂, 在 2006—2007 年以及 2009—2010 年呈现出两次较大波动, 2011 年后指标呈下降态势, 人均资源存量不容乐观。

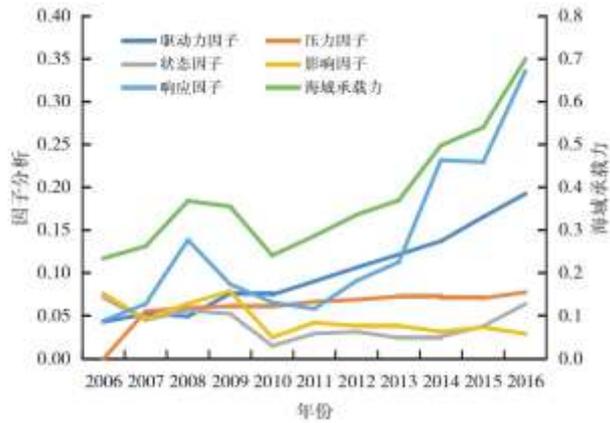


图 1 浙江海域承载力综合评价值变化情况

### 3.2 浙江海域承载力系统耦合协调度分析

#### 3.2.1 耦合协调度模型

海域承载力既是一个能反映海洋人地关系可持续发展能力的定量评价指标，也是海洋人地系统中作为物质基础的“海洋”与其载体“人类活动”之间的互动耦合关系的体现。DPSIR 框架模型下，人类活动与海洋资源环境的相互作用抽象为海洋人地复合系统内的驱动力、压力、状态、影响和响应因子之间的因果路径与交互影响，其协调机制为社会和经济活动中的驱动因素对海洋资源开发和环境容量产生压力，从而导致资源环境的供给状态发生变化，这一过程对资源环境产生影响并引起政策响应，政策响应反过来又会影响驱动力、压力、状态和影响因子的趋势。因此，选用耦合协调度模型<sup>[29]</sup>，进一步考察浙江海域驱动力、压力、状态、影响、响应系统的协调性，测算公式如下：

$$\begin{cases} H = \sqrt{C \cdot T} \\ C = 5 \left[ \frac{D \cdot P \cdot S \cdot I \cdot R}{(D + P + S + I + R)^5} \right]^{\frac{1}{5}} \\ T = \beta_1 D + \beta_2 P + \beta_3 S + \beta_4 I + \beta_5 R \end{cases} \quad (5)$$

式中：H 为耦合协调度指数；C 表示海域承载力测度中各因子的耦合度；T 表示海域承载力五大因子综合评价指数；D、P、S、I 和 R 分别为前文计算所得的海域承载力驱动力、压力、状态、影响和响应五大因子的测算结果； $\beta_n$  为各因子的权重，参考刘波等<sup>[30]</sup>的研究成果，本文令  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0.2$ 。

为了更好地判别海域承载力系统影响因子的耦合协调状态，本文参考汪永生等<sup>[31]</sup>的研究成果，在耦合协调度指数测算完毕后，依据判断准则对海域承载力 5 个影响因子的耦合协调状态进行划分。

#### 3.2.2 测算结果分析

将各数值代入公式（5）中，得出了 2006—2016 年浙江省海域承载力评估体系的耦合协调度测算结果。图 2 进一步展示了 2006—2016 年浙江省海域承载力系统耦合协调度的变化趋势。2006—2016 年，浙江省海域承载力系统耦合协调度指数大致经历

了先上升后下降再上升的变化趋势，虽然在 2009—2010 年耦合协调度的回落较为明显，但整体保持稳步上升态势，海域承载力系统耦合协调状态实现从中度失调到轻度失调的明显转变。

分阶段来看，在考察期初（2006 年），由于海域承载力评估体系中压力因子（P）的取值为 0，导致整个海域承载力评估体系处于极度失调状态。伴随着压力因子的取值转为正值，海域承载力评估体系的耦合协调度指数开始上升。受 2008 年爆发的国际性金融危机对浙江省整体社会经济发展的冲击影响，在 2009—2010 年浙江省海域承载力系统耦合协调度指数出现明显下滑，但随着经济持续复苏及海洋发展战略逐步推进，海域承载力系统耦合协调度指数呈现逐年稳定提高的趋势，从 2010 年的 0.2019 上升至 2016 年的 0.3141，海域承载力系统各因子之间协同性加强，与海域承载力综合指数变动趋势保持一致，反映了这一时期政策响应尤其是保护区和科技政策在系统协调中的驱动作用。在海洋经济提质增效发展的背景下，海域承载力提升与海洋可持续发展目标既要发挥海域承载力系统中政策响应在系统协调中的主导作用，又要注重与驱动力、压力、状态、影响因子之间的联系和融合。

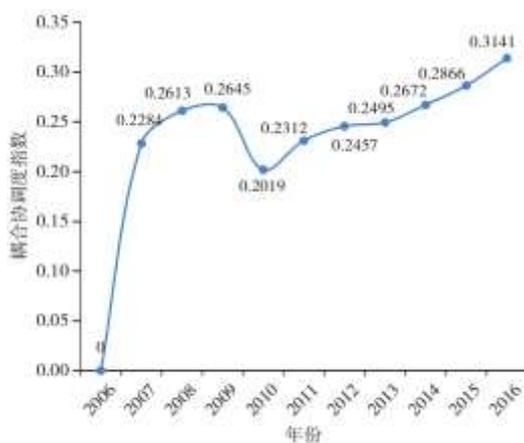


图 2 2006—2016 年浙江省海域承载力系统耦合协调度变化趋势

### 3.2.3 浙江省海域承载力与经济发达的拟合分析

当前中国正处于经济发展转型时期，经济可持续发展是海域承载力提升的应有之义。为进一步探究两者间的关系，选取先前测算的浙江省 2006—2016 年海域承载力与驱动因子中的经济发展指标进行拟合，由图 3 可知拟合方程为  $y=0.3412x+0.2084$ 。其中  $y$  表示海域承载力， $x$  表示经济发展水平，拟合优度  $R^2=0.618$ 。拟合结果表明，浙江省 2006—2016 年海域承载力与经济发展呈显著的正向关联。长期以来，浙江坚持陆海统筹，充分利用海港、海湾、海岛等“三海”资源，2016 年浙江海洋经济三次产业比重为 7.6：34.7：57.7，产业结构优化是海洋经济规模持续扩张的不竭动力，合理的经济布局也持续提升海域承载力，形成“靠山吃山，靠海吃海”的浙江海洋经济发展格局。

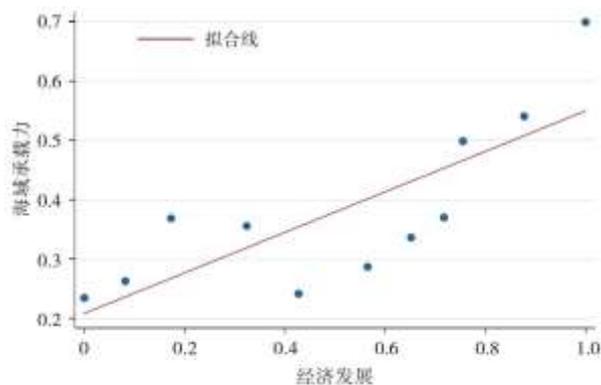


图 3 2006—2016 年浙江省海域承载力与经济发展拟合情况

## 4 对策建议

根据以上的分析, 可知在 2006—2016 年浙江省海域承载力在诸多因素共同作用下不断加强。在五个影响因素层中综合权重最大的是响应因子, 对海洋经济可持续发展起到极其重要的作用。高强度的资源环境和经济政策, 科技力量的投入增加, 社会经济发展质量的提升使得浙江海域承载力可持续发展能力增强。所以, 充分认识人类经济活动所面临的资源环境约束, 科学协调社会经济发展、资源供给、生态环境、科研活动和环境治理的发展与互动, 是实现海域承载力可持续发展、海洋经济强省建设的关键。

### 4.1 加快科技攻关, 提高科技对海洋经济的贡献率

在国家科技兴海的大背景下, 科学技术成为推动海洋产业发展和提升海域承载力的主要驱动力量。海洋经济增长方式与海域承载力可持续发展密切相关。海洋产业是资本技术密集型产业, 资本密集型的海水利用业、海洋交通运输业、海洋渔业、海洋船舶工业、海洋化工业、海洋矿业、海洋电力业、海洋盐业, 在浙江省海洋经济发展中占有重要地位, 是浙江海洋经济发展的支柱产业。高技术含量的海洋生物、海洋高端装备制造、海洋信息产业等海洋高新技术产业, 是实现海洋开发高水平可持续发展的关键。因此, 要通过市场机制与政策引导, 建立产、学、研、政、企有机结合的海洋科技创新战略联盟, 围绕当前海洋科技面临的重大问题开展科技攻关, 提高耕海牧鱼装备及技术体系为代表的海洋工程装备、海洋再生能源、海洋生态修复、环境监测等领域的科研创新水平, 把有价值的科技成果及时转化, 实现海洋科技进步对海洋经济增长的贡献率超过 60%, 促进资源消耗型的粗放式增长向依赖技术进步的集约式增长转变。

### 4.2 优化海洋产业结构, 提高海洋经济发展质量

海洋产业结构所处的层次跟海域承载力可持续发展状况息息相关, 近海区域资源消耗型产业的发展不利于提高海域承载力水平, 具有负向作用。因此, 必须加速浙江传统海洋产业改造进程, 对海洋各次产业内部结构进一步优化, 提升海洋经济的服务化水平, 促进海洋经济与资源环境系统运行效率的提升。具体来说, 一是调整过度依赖渔业资源的传统海洋产业, 发挥特色优势, 推动新型海洋能源、海洋清洁电力产业、海洋生物医药业、现代海洋渔业发展, 拓展滨海旅游、港口运输等服务业, 健全现代海洋产业体系, 增强海洋经济国际竞争力; 二是应以海陆统筹理念为指导, 发挥海陆区域的比较优势, 通过资源互补、产业互动、布局互联、环境互督, 走出一条具有浙江特色的以海引陆、以陆促海、海陆联动、协调发展的新路子, 科学协调海洋经济增长同人口、资源和生态环境的相互作用, 提高海洋经济效益。

### 4.3 加强海洋环境保护, 降低海域生态环境压力

---

海洋对污染物的容纳能力是海域承载力的重要指标，人类经济活动不断加强增加了海域环境容量的压力，需要加强陆海污染综合防治和海洋环境保护，提高海域承载力。一是坚持海陆并举，切实做好陆源污染物入海排放控制，同时做好近岸海域污染整治，应根据不同行业和地区制定污染物排放标准，严格执行污染物排放总量控制，减少工业废水直排入海量，重点防范海洋化工污染、海洋石油污染和重金属铜污染。二是推进海洋生态建设和修复，建立海洋保护区生态补偿机制。海洋保护区的建立是维护海洋生物多样性、保护海洋资源环境、维持海洋生态系统平衡的重要举措。海洋生态环境受到保护区法律法规的保护，也就限制了当地居民对保护区内资源的开发活动。为了解决海洋保护区资源开发利用和保护区管理之间的冲突，协调生态环境和经济发展的关系，浙江急需建立海洋保护区生态补偿机制。

#### 参考文献:

- [1]胡求光,沈伟腾,陈琦.中国海洋生态损害的制度根源及治理对策分析[J].农业经济问题,2019(7):113-122.
- [2]邹辉,段学军.长江经济带经济—环境协调发展格局及演变[J].地理科学,2016,36(9):1408-1417.
- [3]李剑,金小燕,王伦澈,等.我国资源环境承载力研究的进展与展望[J].矿产与地质,2021,35(2):322-329.
- [4]Holling C S.Resilience and Stability of Ecological Systems[J].Annual Review of Ecology & Systematics,2003,4(4):1-23.
- [5]狄乾斌,韩增林,刘锴.海域承载力研究的若干问题[J].地理与地理信息科学,2004(5):50-53.
- [6]赖敏,蒋金龙,欧阳玉蓉,等.海洋资源环境承载力评价研究进展[J].生态学报,2021,37(1):164-171.
- [7]苏子龙,袁国华.我国海域承载力研究综述[J].资源与产业,2016,18(6):15-20.
- [8]狄乾斌,张洁,吴佳璐.基于生态系统健康的辽宁省海洋生态承载力评价[J].自然资源学报,2014,29(2):256-264.
- [9]狄乾斌,韩雨汐,高群.基于改进的AD-AS模型的中国海洋生态综合承载力评估[J].资源与产业,2015,17(1):74-78.
- [10]韩立民,任新君.海域承载力与海洋产业布局关系初探[J].太平洋学报,2009(2):80-84.
- [11]王启尧.海域承载力评价与临海布局优化理论与实证研究[D].青岛:中国海洋大学,2011.
- [12]薄文广,孙元瑞,左艳,等.天津市海洋资源承载力定量分析研究[J].中国人口·资源与环境,2014,24(11):407-409
- [13]周建,王其翔,刘洪军.海域承载力研究进展[J].海岸工程,2013,32(3):59-67.
- [14]黄苇,谭映宇,张平.渤海湾海洋资源、生态和环境承载力评价[J].环境污染与防治,2012,34(6):101-109.
- [15]翟仁祥.江苏省海洋承载力测度评价[J].江苏农业科学,2014,42(4):398-401.
- [16]Vassallo P,Fabiano M,Vezzulli L,et al.Assessing the health of coastal marine ecosystems:A holistic approach based on sediment micro and meio-benthic measures[J].Ecological Indicators,2005,6(3):525-542.

- 
- [17]Stojanovic T A, Farmer C J Q. The development of world oceans&concepts of sustainability[J]. Marine Policy, 2013, 42(11):157-165.
- [18]刘佳, 万荣, 陈晓文. 山东省蓝色经济区海洋资源承载力测评[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(4):619-624.
- [19]丁黎黎, 杨颖, 李慧. 区域海洋经济高质量发展水平双向评价及差异性[J]. 经济地理, 2021, 41(7):31-39.
- [20]Rodwell L D, Mangi S C, Roberts C L. Reef fisheries management in Kenya: Preliminary approach using the driver-pressure-state-impacts-response (DPSIR) scheme of indicators[J]. Ocean&Coastal Management, 2006:98-106.
- [21]郑克芳, 田天, 张海宁. 近岸海域资源环境承载力评估方法研究综述[J]. 海洋信息, 2015(1):30-35.
- [22]田海兰, 程林, 刘西汉, 等. 基于供需平衡法的河北省海域承载力测算[J]. 海洋湖沼通报, 2020(3):95-104.
- [23]Atkins J P, Burdon D, Elliott M. Management of the marine environment: integrating ecosystem services and societal benefits with the DPSIR framework in a systems approach[J]. Marine Pollution Bulletin, 2011, 62(2):215-226.
- [24]狄乾斌, 吕东晖. 我国海域承载力与海洋经济效益测度及其响应关系探讨[J]. 生态经济, 2019, 35(12):126-133, 169.
- [25]于谨凯, 刘星华, 纪瑞雪. 基于投影寻踪模型的我国近海海域承载力评价[J]. 大连理工大学学报: 社会科学版, 2015, (1):1-6.
- [26]李玉照, 刘永, 颜小品. 基于 DPSIR 模型的流域生态安全评价指标体系研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2012, 48(6):971-981.
- [27]狄乾斌, 李霞. 环渤海地区城市化与海域承载力协调关系评价[J]. 资源与产业, 2017, 19(4):69-73.
- [28]胡麦秀, 袁小丹. 基于熵值法的我国沿海地区海洋产业综合实力评价[J]. 海洋开发与管理, 2021, 38(3):84-90.
- [29]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.
- [30]刘波, 龙如银, 朱传耿, 等. 江苏省海洋经济高质量发展水平评价[J]. 经济地理, 2020, 40(8):104-113.
- [31]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.