

## 基于陆海统筹的海洋功能区划实施评估研究——以宁波市为例

王建庆<sup>1</sup>, 刘奎<sup>1</sup>, 任海波<sup>1</sup>, 何丛颖<sup>1\*</sup>, 潘廷耀<sup>1</sup>, 邵超<sup>1</sup>, 甘付兵<sup>2</sup>

(1. 宁波海洋研究院, 浙江宁波 315832; 2. 宁波市自然资源生态修复和海洋管理服务中心, 浙江宁波 315211)

**摘要** 以宁波市为研究区域, 基于陆海统筹角度, 从海洋功能区划目标实现情况、海洋功能区划实施效益情况、海洋功能区划保障措施落实情况 3 个层次出发, 选取 18 项评价指标, 对宁波市海洋功能区划实施状况进行了评估。评估结果表明, 宁波市海洋功能区划实施总功效系数  $F=0.65$ , 功能区划实施效果为二级, 海域使用比较协调。依据评估结果和目前实施管理过程中出现的问题, 对后续国土空间规划实施提出了可行性建议。

**关键词** 功能区划; 评估; 熵法; 功效系数法

**中图分类号** X145 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)13-0069-05

**doi:** 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.13.018



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on the Implementation Evaluation of Marine Functional Zoning Based on Land and Sea Overall Planning—Taking Ningbo as an Example

WANG Jian-qing, LIU Kui, REN Hai-bo et al (Ningbo Institute of Oceanography, Ningbo, Zhejiang 315211)

**Abstract** Taking Ningbo City as the research area, based on the land and sea overall planning perspective, from three levels of marine functional zoning target completion, marine functional zoning implementation benefits and marine functional zoning safeguard measures implementation, 18 evaluation indicators were selected to evaluate the implementation status of marine functional zoning in Ningbo City. The evaluation results showed that the total efficiency coefficient of the implementation of the marine functional zoning in Ningbo City is  $F=0.65$ , the implementation effect of the functional zoning was Class II, and the use of sea areas was relatively coordinated. Based on the results of the assessment and the problems in the current implementation and management process, feasibility suggestions for the implementation of the follow-up land and space planning were put forward.

**Key words** Functional zoning; Evaluation; Weight entropy method; Efficacy coefficient method

2020 年是十四五规划之年, 在机构改革的大背景下, 国土空间“一张图”真正走到了眼前, 在新一轮的国土空间规划中, 海洋功能区划不再作为单独规划编制, 而是与陆域规划中的土地利用总体规划、城市总体规划合而为一, 融合为统一的国土空间规划<sup>[1]</sup>。在国土空间规划中, 如何协调海洋功能区划与陆域规划的关系, 形成科学合理的海洋综合治理体系, 是海洋生态文明建设和海洋综合管理改革面临的重大课题<sup>[2]</sup>。为夯实国土空间总体规划编制基础, 扎实推进国土空间总体规划编制工作, 全面掌握功能区划实施以来生态环境目标实施效果情况, 需从陆海统筹角度, 开展海洋功能区划实施状况评估。正是基于这一背景, 笔者提出了海洋功能区划评估的具体评估模型与方法体系。

近年来国内外学者开展了一些以海域为研究对象的评估研究, 但目前大多处于探索阶段, 尚未形成成熟的理论体系。Vincenzi 等<sup>[3]</sup>基于 GIS 技术对地中海沿海咸水湖的菲律宾滨螺蛤栖息地进行了适宜性评价, 并根据评价结果将咸水湖划分为 6 个不同适宜等级的区域; 岳奇等<sup>[4]</sup>通过参考陆域相关规划评估方法, 提出了海洋功能区划实施评价的方法体系与技术路线, 并对该方法和体系进行了优化。杨山等<sup>[5]</sup>以江苏省为例, 通过对数模型效用函数综合评价法对该区域海洋功能区划实施状况进行了评价。丁玉平等<sup>[6]</sup>以海洋功能区划符合性为基础, 通过构建判定矩阵, 建立了海洋功能区划符合性分析方法。从目前的研究结果来看, 功能区划的评

估大多借鉴陆域评估体系, 尚未形成海洋特色、地域特色明显的评估理论与方法。

笔者以宁波市为例, 从陆海统筹的角度出发, 在借鉴前人研究的基础上, 利用层次分析法建立评估指标体系, 以信息熵的方法计算评估指标权重, 并通过计算评估对象的功效系数, 对宁波市海洋功能区划实施状况进行评估。

#### 1 研究区概况与数据来源

**1.1 研究概况** 宁波市地处东南沿海, 大陆海岸线中段, 长江三角洲南翼, 海岸线绵长, 海域广阔, 地理位置得天独厚。地处南北和长江“T”型结构交汇点, 是长江三角洲南翼经济中心, “一带一路”倡议和长江经济带国家战略的交汇节点城市, 也是我国对外贸易的重要港口和南北海运的中转港之一。

宁波海洋资源丰富, 具有“山、海、滩、岛、湾”等资源优势, 全市海域总面积 8 041 km<sup>2</sup>, 共有海岛 611 个, 全市海岸线长达 1 678.1 km, 其中大陆岸线长 830.12 km, 占全省大陆海岸线的 1/3, 沿海滩涂面积共有 447.935 km<sup>2</sup>, 分布集中、开发条件优越, 是重要的海水养殖场所。

**1.2 宁波市海洋功能区划概况** 依据《宁波市海洋功能区划(2013—2020)》分类体系, 宁波市海洋功能区划将全市沿岸海域划分为农渔业区、港口航运区、工业与城镇用海区、旅游休闲娱乐区、海洋保护区、特殊利用区、保留区等 7 个一级类功能类别。其中一级类海洋基本功能区 43 个, 包括海岸基本功能区 31 个, 近海基本功能区 12 个。同时明确到 2020 年, 在全市所辖区内建成海洋保护区面积不低于 11.97 万 hm<sup>2</sup>, 海水养殖功能区面积不低于 41 542 hm<sup>2</sup>, 整治修复海岸线不低于 72.5 km, 大陆自然岸线保有量不低于

**作者简介** 王建庆(1987—), 男, 山东寿光人, 工程师, 硕士, 从事海洋资源环境与涉海规划研究。\* 通信作者, 助理研究员, 从事海岛开发利用与保护研究。

**收稿日期** 2020-10-31; **修回日期** 2020-12-10

248 km<sup>[7-9]</sup>。

在该区划中,共将7个一级类农渔业区和7个一级类港口航运区进一步细化分为57个二级类海洋基本功能区,其中包括二级类海岸基本功能区49个,二级类近海基本功能区8个。其余功能分区沿用省级海洋功能区划分方案,未进行二级类海洋基本功能区细化划分。

## 2 研究方法及其实证

### 2.1 功能区划实施评估指标体系构建

海洋功能区划实施评估应既能准确反映目前海洋利用水平,又能反映未来海域

使用的发展趋势。因此海洋功能区划的评估应遵循科学性、代表性、可量化性、区划的特殊性等原则<sup>[10]</sup>。根据海洋功能区划评估原则,在参考相关文献的基础上,笔者采用层次分析法结合专家咨询的方法构建指标体系。从区划目标实现程度、区划实施效果、区划执行情况3个方面构建评估指标体系。该指标体系可分为3个层次,包括目标层(实施评估总目标)、准则层(区划的目标实现情况、实施效益情况、保障措施落实情况)和指标层(包括18个具体指标),详见表1。

表1 宁波海洋功能区划评估指标体系

Table 1 Evaluation index system of marine functional zoning in Ningbo

目标层 Target layer (A)	准则层 Criterion layer (B)	指标层 Index layer (C)	指标类型 Index type	
海洋功能区划实施评估 Implementation evaluation of marine functional zoning	海洋功能区划 目标实现情况(B1)	一、二类水质海域的面积比	定量指标	
		海洋保护区面积	定量指标	
		海水养殖功能区面积	定量指标	
	海洋功能区划实施 效益情况(B2)	围填海规模	定量指标	
		保留区面积	定量指标	
		自然岸线保有率	定量指标	
		整治修复海岸线长度	定量指标	
		新增项目功能区划符合率	定量指标	
		重点功能区环境质量改善率	定量指标	
		单位面积海域海洋经济产值	定量指标	
		渔民人均纯收入增加值	定量指标	
		公众满意度	定量指标	
		海洋功能区划保障 措施落实情况(B3)	区划实施管理措施落实情况	定性指标
			海域使用管理措施落实情况	定性指标
			海洋环境保护措施落实情况	定性指标
			基础能力建设措施落实情况	定性指标
			监督检查与执法措施落实情况	定性指标
			法制建设与宣传措施落实情况	定性指标

### 2.2 研究数据来源与标准化

该研究定量数据来源于《宁波市海洋功能区划(2013—2020)》《宁波市统计年鉴》《宁波市海洋环境公报》《宁波市海洋经济调查》及相关涉海区划规划、海域动态管理数据。定性数据来源于调查问卷,该调查共发放问卷120份,收回108份,其中有效问卷104份。

### 2.3 数据标准化计算

海洋功能区划评估属于多因素综合评价,评估指标来源、单位、量纲及功效正负均有所不同,指标数据不能直接用于比较,需对数据进行无量纲归一化处理。笔者选用的归一化处理计算方法为隶属度极大值函数处理法,具体计算公式为:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min \cdot j}}{x_{\max \cdot j} - x_{\min \cdot j}} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n)$$

式中: $P_{ij}$ 为评价指标的归一化值; $x_{ij}$ 为评价指标的原始值; $i$ 为参评对象个数; $j$ 为评价指标个数, $x_{\min \cdot j}$ 为该文取评估指标的最低值, $x_{\max \cdot j}$ 为该文取评估指标的目标值。

### 2.4 指标权重计算

评估指标的权重设置,关系到整个评估体系结果的准确与否,因此需建立科学准确的权重方式、方法。在该文中,海洋功能区划权重的确定方法为熵法,即通过计算评估指标信息熵的大小确定各评价指标的权重<sup>[11]</sup>。

这种确定权重的方法是依据原始数据,采用数学公式计算所得,能够有效地避免其他方法所带来的人为主观因素的影响,具有较高的可信度<sup>[12]</sup>。信息熵 $H(x_j)$ 的计算公式如下:

$$H(x_j) = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \log P_{ij} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n)$$

式中, $k$ 为调节系数, $k=1/\ln m$ , $m$ 为样本数; $P_{ij}$ 为第 $i$ 个评价对象的第 $j$ 个评价指标归一化值; $i$ 为评价对象个数; $j$ 为评价指标个数。

首先计算不同评价指标的差异系数。第 $j$ 项评价指标的差异系数 $h_j$ 为:

$$h_j = 1 - (x_j) \quad (j=1,2,\dots,n)$$

则第 $j$ 项参评指标的权重系数 $e_j$ 为:

$$e_j = h_j / \sum_{i=1}^m h_j \quad (j=1,2,\dots,m)$$

### 2.5 评价模型确定

该研究采用的评价方法为功效系数法。该方法是基于一个特定目标,依据指标体系,对评价指标进行转换处理,依据权重和分功效,进行加权综合,最后形成一个综合分值,即总功效系数,用以评价海洋功能区划实施状况。

假设海洋功能区划实施评估变量为 $U_i (i=1,2,3,\dots,$

$n$ ), 其值为  $x_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ , 其中  $a_i$  为评估指标的极大值,  $b_i$  为评估指标的极小值。各指标对评估对象的作用分为正功效和负功效, 当评估指标作用为正功效时, 评估价值增大, 当评估指标作用为负功效时, 评估价值减小。因此, 功能区划实施评估的功效可以表示为:

$$U(X_i) =$$

$$\begin{cases} \left(\frac{x_i - b_i}{a_i - b_i}\right) \times 0.4 + 0.6 \cdots U(X_i) & (\text{评估指标作用具有正功效}) \\ \left(\frac{b_i - x_i}{b_i - a_i}\right) \times 0.4 + 0.6 \cdots U(X_i) & (\text{评估指标作用具有负功效}) \end{cases}$$

评价对象总功效系数公式:

$$F = \sum_{i=1}^n W_i U(X_i)$$

式中,  $F$  为功能区划评估总功效系数,  $W_i$  为第  $i$  个评价指标权重,  $U(X_i)$  为第  $i$  个评价指标的功效系数值。根据  $F$  值可将功能区划实施效果分为 6 个等级。当  $F \geq 0.8$  时, 功能区

划实施效果为一级, 海域使用高度协调; 当  $0.6 \leq F < 0.8$  时, 功能区划实施效果为二级, 海域使用比较协调; 当  $0.5 \leq F < 0.6$  时, 功能区划实施效果为三级, 海域使用基本协调; 当  $0.4 \leq F < 0.5$  时, 功能区划实施效果为四级, 海域使用不太协调; 当  $0.2 \leq F < 0.4$  时, 功能区划实施效果为五级, 海域使用基本不协调; 当  $F < 0.2$  时, 功能区划实施效果为六级, 海域使用处于极不协调状态。

### 3 结果与分析

**3.1 评估结果计算** 由于现行的海洋功能区划文本纲要性较强, 区划所提供的数据性指标有限, 部分实施结果难以具体量化, 为考虑指标的数据可得性和计算的便利性, 海洋功能区划保障措施落实情况准则层中, 采用人为赋分的形式进行量化处理。依据数据标准化公式和评估指标权重计算公式, 宁波市海洋功能区划评估指标权重和数据归一化值如表 2 所示。

表 2 评估指标权重表  
Table 2 Weight table of evaluation indexes

目标层 Target layer (A)	准则层 Criterion layer (B)	指标层 Index layer (C)	归一化值 Normalized value	权重 Weight	
海洋功能区划实施评估 Implementation evaluation of marine functional zoning	海洋功能区划 目标实现情况 (B1)	一、二类水质海域的面积比	0.83	0.082	
		海洋保护区面积	1.00	0.035	
	海洋功能区划实施效益情况 (B2)	海水养殖功能区面积	海水养殖功能区面积	1.00	0.023
			围填海规模	0.00	0.090
		保留区面积	保留区面积	1.00	0.039
			自然岸线保有率	0.11	0.045
		海洋功能区划保障 措施落实情况 (B3)	整治修复海岸线长度	1.00	0.019
			新增项目功能区划符合率	1.00	0.154
			重点功能区环境质量改善率	0.67	0.081
			单位面积海域海洋经济产值	1.00	0.038
			渔民人均纯收入增加值	1.00	0.029
			公众满意度	0.50	0.030
	海洋功能区划保障 措施落实情况 (B3)	区划实施管理措施落实情况	0.50	0.103	
		海域使用管理措施落实情况	0.50	0.059	
		海洋环境保护措施落实情况	0.50	0.074	
		基础能力建设措施落实情况	0.50	0.035	
		监督检查与执法措施落实情况	0.50	0.041	
		法制建设与宣传措施落实情况	0.50	0.021	

通过评估指标归一化值和评估指标权重, 利用功效系数计算公式得出, 截至 2018 年, 宁波市海洋功能区划实施功效系数  $F = 0.65$ , 功能区划实施效果为二级, 海域使用比较协调。其中在各准则层中, 海洋功能区划目标实现情况得分 0.57, 海洋功能区划实施效益评估得分 0.87, 海洋功能区划保障措施落实情况评估得分 0.51。整体来看, 宁波市海洋功能区划实施效果较好, 海域使用相对协调。具体得分如表 3 所示。

### 3.2 评估结果分析

(1) 海洋功能区划目标实现情况分析。根据评价结果, 海洋功能区划目标实现情况得分 0.57, 区划目标实现情况较好。近年来, 浙江省通过美丽浙江建设、五水共治等措施, 使

入海污染物得到有效控制, 近岸海域水质得到有效改善。在市一级海洋功能区划中, 将农渔业区进行了二级细分, 划定了海水养殖用海功能区, 对养殖用海进行了明确的限定, 有效保障了渔业用海需求。围填海管控方面, 由于政策原因, 围填海全面叫停, 实施最严格的围填海管控政策, 取消区域建设用海、养殖用海规划制度, 原则上不再审批一般性填海项目, 强化海域管理和海岸线保护, 使得围填海规模得到有效管控, 自然岸线资源得到有效保护。同时省级海洋生态红线划定方案的出台, 明确了生态红线的具体范围、保有长度和管控措施, 使得自然岸线得到了一定程度的保护, “蓝色海湾”“生态海岸带”等工程的实施也促进了岸线整治修复长度的增加。

表3 评估得分表

Table 3 Evaluation score table

目标层 Target layer(A)	准则层 Criterion layer(B)	得分 Score	指标层 Index layer(C)	得分 Score
海洋功能区划实施评估 Implementation evaluation of marine functional zoning	海洋功能区划目标实现情况(B1)	0.57	一、二类水质海域的面积比	0.067 9
			海洋保护区面积	0.035 3
			海水养殖功能区面积	0.023 3
			围填海规模	0.000 0
			保留区面积	0.039 3
			自然岸线保有率	0.005 1
			整治修复海岸线长度	0.019 0
			新增项目功能区划符合率	0.154 3
			重点功能区环境质量改善率	0.054 2
			单位面积海域海洋经济产值	0.038 3
	渔民人均纯收入增加值	0.029 0		
	公众满意度	0.015 2		
	海洋功能区划 实施效益情况(B2)	0.87	区划实施管理措施落实情况	0.051 7
			海域使用管理措施落实情况	0.029 3
			海洋环境保护措施落实情况	0.037 2
基础能力建设措施落实情况			0.017 7	
监督检查与执法措施落实情况			0.020 3	
海洋功能区划保障 措施落实情况(B3)	0.51	法制建设与宣传措施落实情况	0.010 5	

(2)海洋功能区划实施效益情况分析。根据评价结果,海洋功能区划实施效益情况得分0.87,区划实施效果较好。功能区划实施后沿海各县市经济效益、社会效益和生态效益得到了有效保障。功能区划中,对每一类功能区均提出了明确的用途管制要求,指明了该功能区用海类型、用海方向及整治修复措施,所有用海项目审批均以此为主要依据,经统计,所有新增用海项目功能区划符合率100%,实施效果良好。同时针对每一类功能区,提出了明确的生态保护重点目标和环境保护要求,特别是针对每一类功能区均有明确的水质、水动力、沉积物、海洋生物质量、污水排放等限制性指标或要求,有效地保证了重点功能区环境质量的稳定。从海洋经济方面来看,宁波市海洋经济增长水平得到了有效提升,高于同期地区生产总值的增长水平,海洋经济产业也得以不断优化。

(3)海洋功能区划保障措施落实情况分析。由表3可知,海洋功能区划保障措施落实情况得分0.51,区划各项保障措施得到了较好的落实。海洋功能区划实施以来,宁波市相继出台了多项规章制度保证相关措施落地执行。2018年原宁波市环境保护局和原宁波市海洋渔业局等多部门联合印发了《宁波市近岸海域污染防治行动方案》,出台《关于印发宁波市水产养殖尾水治理方案(2018—2022)的通知》,完成《宁波市滨海湿地保护与修复规划》和《宁波市海洋生态环境治理修复规划》等规划编制。积极申报国家蓝色海湾项目,推动实施海域海岸带生态修复,并提出了渔场修复振兴计划和一揽子具体实施方案,开展“一打三整治”、伏季休渔等活动,切实保护海洋渔业资源,这一系列措施的实施有效保护了海洋生态环境。同时海洋管理部分切实加强基础设施能力建设,在海域动态监管建设中,同步开展硬件、软件能力提升,提高海域动态监管能力,海洋执法部门定期开展海洋专项执法活动,严格查处各项海洋违法案件。形成了陆上

查、港口堵、海上巡、源头控的良好态势,使得功能区划保障措施得到了很好地落实。

#### 4 功能区划实施问题分析

**4.1 陆海分界线不一致,海陆交叉管理混乱** 对宁波市海洋功能区划与土地利用总体规划进行叠加分析发现,宁波市陆海管理边界不一,存在功能重叠冲突。经计算,宁波市海岸带土地利用规划与海洋功能区划重叠区域总面积约56 532.95 hm<sup>2</sup>。重叠区域主要集中分布在杭州湾、象山港、三门湾、大目洋及梅山湾附近海域。其中,杭州湾重叠区域面积25 949.29 hm<sup>2</sup>,占重叠区域总面积的45.90%;象山港重叠区域面积10 188.34 hm<sup>2</sup>,占重叠区域总面积的18.02%;三门湾重叠区域面积11 584.18 hm<sup>2</sup>,占重叠区域总面积的20.49%;大目洋重叠区域面积5 755.40 hm<sup>2</sup>,占重叠区域总面积的10.18%;梅山湾附近海域重叠区域面积3 055.75 hm<sup>2</sup>,占重叠区域总面积的5.41%。陆海空间规划的区域重叠,造成陆海空间开发管理的混乱。根据海洋督查结果,宁波市有1 813 700 hm<sup>2</sup>土地开发项目审批确权区域在海洋功能区划范围内,而又存在10 800 hm<sup>2</sup>围填海项目审批确权区域在土地利用规划范围内。

**4.2 自然岸线保有压力持续增大** 截至目前,宁波市大陆岸线自然岸线保有率仅30.24%,海岛自然岸线保有率为78%,依据海洋功能区划实施目标,大陆自然岸线保有率未达功能区划规划时35%的设定目标,自然岸线保有压力大。人工岸线的开发利用已趋于饱和,部分港口岸线利用效率低,存在变相使用自然岸线的情况。从各县区来看,不同区县岸线使用不均衡,部分地区仍存在炸山采石开路和截弯取直围垦等简单粗放的海岸线开发利用方式,占用自然岸线甚至使其自然属性消失<sup>[13]</sup>。海岛岸线开发利用缺少整体规划,除近岸较大海岛外,大部分海岛开发利用岸线类型单一。

**4.3 海洋生态环境保护力度不足** 从宁波市海洋功能区划

实施评估结果来看,海洋功能区划目标实现程度得分仅 0.57,从各评价指标来看,主要为一、二类水质海域的面积和重点功能区环境质量改善率提升空间还相对较大,也反映出宁波市海洋环境保护相对滞后。海洋功能区划设立的初衷是为了平衡开发利用和海洋保护之间的关系<sup>[14]</sup>,任何的开发利用首先应以不破坏海洋环境为准则。然而在具体的海洋开发利用活动中,一些地区仍然存在发展优先的惯性思维,重开发、轻保护。生态环境保护工作以完成上级指派任务为准,缺乏自主环境保护意识。宁波市目前处于经济发展的加速阶段,随着海洋经济在整个经济体量中占的比重越来越大,用海需求势必也会增加。在海洋的开发利用与审批过程中,一般只要符合海洋功能区划管制要求就能通过审批。虽然有海域环评这一环节,但往往仅关注环评报告,对项目后期具体实施监督较少,缺乏常态化环境监督机制,容易对周边海洋生态环境造成一定程度不良影响。

**4.4 海洋功能区划评估机制尚未健全** 目前海域开发活动的审批均严格按照功能区划规定的管制要求实行,在一定程度上保护了海洋环境,促进了海洋资源的合理配置。但对海洋功能区划实施效果评估相对较少,没有形成固定的评估—修改—完善机制。同时对海域海岸带的资源环境承载力、海洋发展潜力和区域海洋开发利用强度研究也相对较少,导致未形成统一的功能区划评估方法体系,影响了海洋功能区划的进一步完善。海洋功能区划并入国土空间总体规划后,可借鉴陆域规划评估方法,并依据海洋自身特点进行优化,逐步形成一套完善的海域国土空间评估机制,以指导海域空间规划实施。

## 5 总结

笔者对目前海洋功能区划实施评价的指标体系及方法进行了一定优化,并对评估指标权重进行了合理计算,以提

高评估的科学性。从评估结果来看,评估指标体系和评估模型用于功能区划评估是可行的,具有精确性、简便性和可操作性,该评估体系能够很好地反映功能区划的实施状况。随着国土空间总体规划的开展,陆海统筹提到了一个新高度,在后期评估过程中,应依据规划与实施的具体状况,合理优化评估体系与评估方法,并注重不同评估方法之间的比较分析,丰富和完善海域空间规划评估体系。

## 参考文献

- [1] 狄乾斌,韩旭. 国土空间规划视角下海洋空间规划研究综述与展望[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版),2019(5):59-68.
- [2] 黄杰,王权明,黄小露,等. 国土空间规划体系改革背景下海洋空间规划的发展[J]. 海洋开发与管理,2019,36(5):14-18.
- [3] VINCENZI S, CARAMORI G, ROSSI R, et al. A GIS-based habitat suitability model for commercial yield estimation of *Tapes philippinarum* in a Mediterranean coastal lagoon (Sacca di Goro, Italy)[J]. Ecological modelling, 2006, 193(1/2):90-104.
- [4] 岳奇,徐伟,曹东,等. 新一轮海洋功能区划实施评价方法及指标体系研究[J]. 海洋开发与管理,2015,32(7):18-22.
- [5] 杨山,张武根,李荣军. 江苏省海洋功能区划实施评价指标体系与方法[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(10):1164-1171.
- [6] 丁玉平,孟雪,徐伟,等. 海洋功能区划符合性分析方法及判定矩阵研究[J]. 海洋环境科学,2019,38(2):310-316.
- [7] 靳玉丹. 围填海工程对天津近海水动力环境的影响研究[D]. 上海:上海海洋大学,2017.
- [8] 朱小兵. 台州市海洋功能区划获省批准实施:到 2020 年,全市建成海洋保护区面积不低于 7 万公顷[N]. 台州日报,2017-06-01(001).
- [9] 宁波市海洋功能区划获批 这 10 个海岛将重点开发[EB/OL]. [2020-05-25]. [http://www.sohu.com/a/158732744\\_99958357](http://www.sohu.com/a/158732744_99958357).
- [10] 陈培雄,周鑫,徐伟,等. 海洋功能区划评估理论研究:以浙江省为例[J]. 海洋环境科学,2018,37(6):888-892,898.
- [11] 王建庆,毋瑾超,何从颖,等. 基于权熵法的浙江省海域海岸带生态承载力评价[J]. 浙江农业科学,2019,60(5):848-851.
- [12] 王建庆,冯秀丽. 浙江省耕地利用效益及其空间差异性[J]. 浙江农业科学,2013,54(10):1338-1342.
- [13] 刘亮,王厚军,岳奇. 我国海岸线保护利用现状及对策[J]. 海洋环境科学,2020,39(5):723-731.
- [14] 岳奇,朱庆林,刘楠楠,等. 我国海洋功能区划的回顾性评价和新一轮编制建议[J]. 海洋开发与管理,2019,36(2):3-7.
- [9] CAO X, YAN C, YANG X, et al. Photolysis-induced neurotoxicity enhancement of chlorpyrifos in aquatic system: A case investigation on *Caenorhabditis elegans*[J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(2):461-470.
- [10] 黄强,吴祥为,花日茂,等. 农药毒死蜱环境污染微生物修复研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(22):9682-9683.
- [11] 陈琳,祁静,李祖明,等. 白菜叶际细菌多样性与毒死蜱降解菌筛选及分离鉴定[J]. 食品工业科技,2018,39(22):107-112,120.
- [12] 胡嘉博,何继烈. 毒死蜱降解菌 DH6 的分离鉴定及降解机理研究[J]. 科学与信息化,2018(35):188-191.
- [13] NAYAK T, PANDA A N, KUMARI K, et al. Comparative genomics of a paddy field bacterial isolate *Ochrobactrum* sp. Cpd-03: Analysis of chlorpyrifos degradation potential[J]. Indian J Microbiol, 2020, 60(3):325-333.
- [14] AHIR U N, VYAS T K, GANDHI K D, et al. *In vitro* efficacy for chlorpyrifos degradation by novel isolate *Tistrella* sp. AUC10 isolated from chlorpyrifos contaminated field[J]. Curr Microbiol, 2020, 77(9):2226-2232.
- [15] GHANEM I, ORFI M, SHAMMA M. Biodegradation of chlorpyrifos by *Klebsiella* sp. isolated from an activated sludge sample of waste water treatment plant in Damascus[J]. Folia Microbiol, 2007, 52(4):423-427.
- [16] GOVARTHANAN M, AMEEN F, KAMALA-KANNAN S, et al. Rapid biodegradation of chlorpyrifos by plant growth-promoting psychrophilic *Shewanella* sp. BT05: An eco-friendly approach to clean up pesticide-contaminated environment[J]. Chemosphere, 2020, 247:1-7.
- [17] ZHU J W, ZHAO Y, RUAN H H. Comparative study on the biodegradation of chlorpyrifos-methyl by *Bacillus megaterium* CM-Z19 and *Pseudomonas syringae* CM-Z6[J]. An Acad Bras Cienc, 2019, 91(3):e20180694.
- [18] VIDYA LAKSHMI C, KUMAR M, KHANNA S. Biodegradation of chlorpyrifos in soil by enriched cultures[J]. Curr Microbiol, 2009, 58(1):35-38.
- [19] BARATHIDASAN K, REETHA D, JOHN MILTON D, et al. Biodegradation of chlorpyrifos by co-culture of *Cellulomonas fimi* and *Phanerochaete chrysosporium*[J]. Afr J Microbiol Res, 2014, 8(9):961-966.
- [20] CAPORASO J G, KUCZYNSKI J, STOMBAUGH J, et al. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data[J]. Nat Methods, 2010, 7(5):335-336.
- [21] WHITE J R, NAGARAJAN N, POP M. Statistical methods for detecting differentially abundant features in clinical metagenomic samples[J]. PLoS Comput Biol, 2009, 5(4):1-11.
- [22] RAMETTE A. Multivariate analyses in microbial ecology[J]. FEMS Microbiol Ecol, 2007, 62(2):142-160.
- [23] YOON S H, HA S M, KWON S, et al. Introducing EzBioCloud: A taxonomically united database of 16S rRNA gene sequences and whole-genome assemblies[J]. Int J Syst Evol Microbiol, 2017, 67(5):1613-1617.
- [24] TAMURA K, STECHER G, PETERSON D, et al. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0[J]. Mol Biol Evol, 2013, 30(12):2725-2729.

(上接第 68 页)