

刘柏静, 吴晓青, 杜培培, 等. 海域使用活动对海湾生态环境的压力评估——以莱州湾为例[J]. 海洋学研究, 2018, 36(3): 76-83, doi:10.3969/j.issn.1001-909X.2018.03.008.

LIU Bai-jing, WU Xiao-qing, DU Pei-pei, et al. Assessment of potential pressure caused by sea use activities on the eco-environment of bays: A case study in Laizhou Bay, China[J]. Journal of Marine Sciences, 2018, 36(3): 76-83, doi:10.3969/j.issn.1001-909X.2018.03.008.

# 海域使用活动对海湾生态环境的压力评估

——以莱州湾为例

刘柏静<sup>1,2</sup>, 吴晓青<sup>\*1,3</sup>, 杜培培<sup>1</sup>, 高猛<sup>1,3</sup>, 都晓岩<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东烟台 264003; 2. 中国科学院大学, 北京 101400; 3. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室, 山东烟台 264003)

**摘要:**以莱州湾为例, 基于GIS和地理空间模拟框架, 结合海洋生态红线区分布, 建立了海域使用活动对海洋生态环境的潜在压力评估模型, 空间量化评估多种海域使用活动对海洋生态环境的潜在影响。结果显示, 多种海域使用活动的潜在压力总体呈近岸高于远岸、湾顶>东部>西部的分布特征; 压力高值区集中于距岸10 km以内海域和5 m水深以内海域; 海洋特别保护区、海洋自然保护区及重要河口生态系统等类型的海洋生态红线区受到开放式养殖、围海养殖、盐业用海活动的压力较大, 需要对其进行重点监控。研究揭示了莱州湾海域使用活动对海洋生态环境潜在压力的空间分布格局, 为海洋生态红线落地实施和海域使用管理提供决策依据。

**关键词:**空间量化; 海域使用活动; 压力评估; 莱州湾

中图分类号: X826

文献标识码: A

文章编号: 1001-909X(2018)03-0076-08

Doi: 10.3969/j.issn.1001-909X.2018.03.008

## 0 引言

海湾往往具有优越的地理区位和丰富的自然资源, 承载着高强度的人类活动。随着海域使用活动的日益频繁, 海洋生态破坏、环境污染、资源退化、灾害多发等问题日益突出, 严重影响了海湾沿岸地区社会经济的可持续发展, 也为地区海洋生态保护和海岸带管理带来巨大挑战<sup>[1-4]</sup>。一直以来, 国内外学者高度重视人类活动对海洋生态环境的影响研究, 通过海洋环境质量表征指标, 从海水理化性质、污染物状况、海洋生物指示物种、生物群落结构以及海洋生态系统服务价值等方面<sup>[5-6]</sup>反映海洋生态系统现状, 或者采用

“压力-状态-响应”模型和综合指数方法评估人类活动对海湾地区生态环境的影响<sup>[7-8]</sup>, 揭示了人类活动对海域生态环境的综合影响, 但是很难区分陆源或者海源活动的影响, 且存在着研究指标过多、研究成本高、耗时较长等弊端, 迫切需要通过简单直观的评价技术和手段, 量化评估多种海域使用活动对海洋生态系统的累积压力, 快速有效地识别压力分布格局、主要来源及其对海洋生态系统的影响, 从而为地区海洋生态保护和海域使用管理提供决策支持。

近年来, 随着地理空间信息技术和生态系统管理理念的发展, 国外学者开始建立多尺度生态空间模型或者地理空间模型, 从人类活动本身及复合生态系统

收稿日期: 2018-03-27

修回日期: 2018-05-24

基金项目: 中国科学院重点部署项目资助(KZZD-EW-14); 中国科学院战略性先导科技专项(A类)资助(XDA11020305)

作者简介: 刘柏静(1993-), 女, 黑龙江鸡西市人, 博士研究生, 主要从事海岸带生态压力评估与管理研究。E-mail: bjlju@yic.ac.cn

\*通讯作者: 吴晓青(1978-), 女, 副研究员, 主要从事海岸带规划与管理研究。E-mail: xqw@yic.ac.cn

角度揭示人类活动对海洋生态系统的累积影响,以开展海洋空间规划和基于生态系统的海域使用多用途管理<sup>[9-12]</sup>。国内学者近年来也开始关注此领域的研究,量化评估了海岸带主要人类活动对海湾、群岛近岸水域、珊瑚礁生态系统的压力<sup>[13-16]</sup>。但与国外相比,国内对于人类活动信息分布及强度的空间量化表达不足,较少将人类活动压力与海洋生态敏感区分布进行空间联系和可视化表达,难以为地方管理部门制定海域开发和生态保护政策提供有针对性的决策参考。

本文以莱州湾海域为例,结合地区海洋开发利用活动特点和海洋生态敏感区分布,空间量化评估多种海域使用活动对海湾生态环境的潜在压力,以揭示海域使用活动与海洋生态保护之间的矛盾,提出加强莱州湾海域管理和海洋生态保护的对策建议。

## 1 研究区概况

莱州湾位于渤海南部、山东半岛北部,海域范围西起黄河口,东至龙口妃姆岛高角。湾内水深较浅,多在 10 m 以内,水交换能力差,为渤海最大的半封闭性海湾<sup>[17]</sup>,具有适宜海洋生物索饵、产卵、育幼及栖息的良好生态环境,是山东省和渤海地区重要的渔业资源区。然而,随着沿岸城镇化、工业化快速发展,特别是海岸围填海、港口建设和石化行业的发展,莱州湾渔业资源严重退化,海岸带灾害损失日益增大,严重威胁海湾生态系统健康,制约海岸带地区可持续发展<sup>[18]</sup>。尽管山东省和沿海县市加强了海域使用管理和生态保护力度,如划定海洋生态红线区,持续推进海岸带整治修复工程等,但是,面对高强度的人类活动影响,莱州湾海洋生态保护的潜力依然很大。

## 2 数据与方法

### 2.1 评估框架与技术流程

本研究基于地理信息系统(GIS)和地理空间模型框架<sup>[11]</sup>,结合海洋生态敏感区分布,评估海域使用活动对莱州湾海域生态环境的综合压力,研究思路与具体评估流程如图 1 所示。首先确定研究区范围和分析单元;第二,识别海域使用活动类型及其分布,表征和量化各活动强度及权重、最大衰减距离等因子;第三,结合海洋生态红线区分布,确定海域生态敏感性等级;第四,综合叠加和计算,获得海域使用活动压力值,并进行压力分布格局和强度统计分析,指出高压区主要压力源。

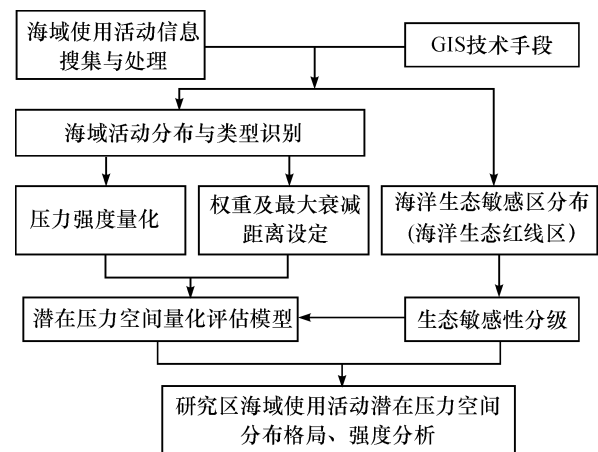


图 1 评估流程图

Fig. 1 Flow chart of assessment

### 2.2 数据来源及处理

#### 2.2.1 数据来源

为提高评估结果对地方海域管理的现实指导意义,研究区海岸线采用山东省政府公布的大陆海岸线修测数据,考虑黄河入海口位置的变迁,将龙口妃姆岛高角与黄河新入海口直线相连,并延伸到海岸线位置,作为研究海域,岸线全长 551.4 km,海域面积约 7 480.4 km<sup>2</sup>。将研究海域划分成 100 m×100 m 的格网单元,共得到 748 044 个格网,海洋生态敏感区分布以莱州湾海洋生态红线区<sup>[19]</sup>来替代。

根据 HY/T123-2009《海域使用分类体系》<sup>[20]</sup>技术导则确定的二级分类体系进行海域使用活动的划分,从海洋产业属性角度揭示不同用海活动对海洋生态系统物理、化学和生物方面的综合影响。针对莱州湾主要海域使用活动分布和存在的海域生态环境问题,通过搜集整理省市海域使用确权数据、海洋专项调查数据和相关规划数据,并辅助遥感影像目视解译以及实地调查方法得到 2015 年莱州湾海域使用活动分布<sup>[21]</sup>(图 2)。选取 18 种主要海域使用活动类型作为潜在压力评估指标(表 1),电缆管道用海、科研教学用海等用海活动暂不考虑。

#### 2.2.2 活动源强分级赋值

参考《海洋工程环境影响评价技术导则》<sup>[22]</sup>和《海域使用论证技术导则》<sup>[23]</sup>,辅以国内外已有研究<sup>[13,15,24]</sup>中相关指标的划定标准确定各活动源强分级标准,将各海域使用活动的实际使用面积进行等级赋值如表 1 所示,其中,1 为压力大,0.75 为一般,0.5 为较低,0.25 为极低。如某地的渔业基础设施用海

海域面积大于 50 ha,则根据分级赋值标准,其源强等级为 1;10~50 ha 赋值为 0.75,小于 10 ha 时赋值为

0.5;其他评价指标活动源强等级赋值以此类推。

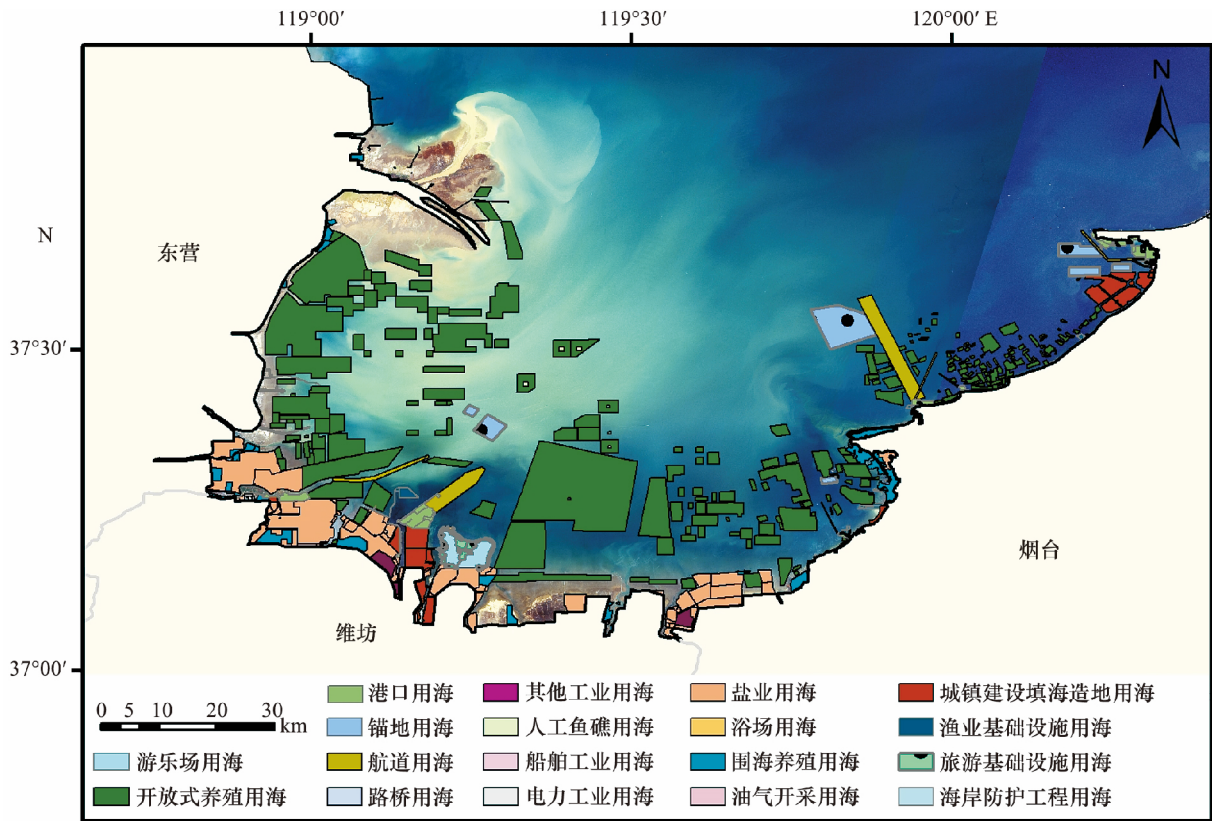


图 2 莱州湾海域使用活动分布图(改编自文献[21])

Fig. 2 The distribution of sea use activities in Laizhou Bay (adapted from reference [21])

### 2.2.3 指标权重赋值与最大衰减距离确定

采用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP),通过定性与定量相结合的方式,确定各种海域使用活动指标的权重。邀请从事海岸带生态环境评估、海岸带规划管理和海洋生态等领域的 10 名专家,根据各评价指标的主要生态压力类型、作用原理进行同层次指标间的两两比较,并剔除异常数据,取多次结果的平均值,而后计算求得一致性比例  $CR = 0.037 < 0.1$ ,通过一致性检验,最终得到各评价指标的权重值如表 1 所示。

海域使用活动对海洋生态环境影响的最大距离即最大衰减距离设置采用国际通用方法,参考 WU et al<sup>[15]</sup>、LAU<sup>[25]</sup> 的研究成果,根据莱州湾海域使用活动的客观实际情况,将开放式养殖用海、人工鱼礁用海、锚地用海和航道用海的最大衰减距离定为 5 km,其他海域使用活动的最大衰减距离为 10 km。

表 1 海域使用活动类型、压力及其影响权重赋值

Tab. 1 The types, intensities and weight values of sea use activities

海域使用活动	斑块面积/ha	压力强度	权重
渔业基础设施用海			0.093 0
人工鱼礁用海			0.013 1
油气开采用海			0.057 6
船舶工业用海			0.097 1
电力工业用海	≥50	1	0.028 1
其他工业用海	10~50	0.75	0.084 8
港口用海	<10	0.5	0.163 6
城镇建设填海造地用海			0.090 9
旅游基础设施用海			0.052 2
海岸防护工程用海			0.034 9
路桥用海			0.020 4
围海养殖用海	>100	1	0.060 3
盐业用海	50~100	0.75	0.062 0
游乐场用海	10~50	0.5	0.019 1
浴场用海	<10	0.25	0.010 2
开放式养殖用海	>1 000	1	0.017 6
航道用海	500~1 000	0.75	0.064 2
锚地用海	<500	0.5	0.031 0

### 2.3 评估方法

本研究在地理空间模拟框架<sup>[11]</sup>基础上,为提量化评估的客观准确性,结合活动源强标准值的确定及影响范围的划定,建立多种海域使用活动对海湾生态环境的潜在压力评估模型:

$$Q = \sum_j a_i \times P_j \times \rho_j \times \omega_j \quad (1)$$

$$\rho_j = \frac{(D_j - d_{ij})}{D_j} \quad (2)$$

式(1)中:  $Q$  为海域使用活动对海洋生态系统的潜在压力总值,取值范围为  $0 \sim 1$ 。 $a_i$  为敏感系数,当格网单元处于非敏感区,即无海洋生态红线区分布时,取值  $0.5$ ;当格网单元为中度敏感区,即该区域为限制开发区时,取值为  $0.75$ ;当格网单元为高度敏感区,即该区域为禁止开发区时,取值为  $1$ 。 $P_j$  为第  $j$  种评价指标的活动源强。 $\omega_j$  为对应评价指标的压力贡献权重。 $\rho_j$  为对应评价指标对海域生态环境影响的作用强度线性距离衰减系数,按照公式(2)计算获得。式(2)中: $D_j$  为第  $j$  种评价指标的最大衰减距离。 $d_{ij}$  为第  $j$  种评价指标到格网  $i$  的距离,当  $d_{ij} = 0$  时,  $\rho_j = 1$ ;当  $d_{ij} \geq$

$D_j$  时,  $\rho_j = 0$ 。

在 GIS 中对不同用海活动类型 ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) 的压力进行累加计算,即可得到单元格网  $i$  所受到的海域使用活动潜在压力,压力值介于  $0 \sim 1$  之间。参考已有文献<sup>[16]</sup>,将其分为 5 个强度等级,由弱到强依次为:  $0 \sim 0.2$  为极低水平,  $0.2 \sim 0.4$  为较低,  $0.4 \sim 0.6$  为中等,  $0.6 \sim 0.8$  为较高,  $0.8 \sim 1$  为极高,用以表征海域使用活动对海洋生态系统的综合压力等级,进而进行空间统计分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 潜在压力空间分布格局

空间量化评估结果显示,海域使用活动对莱州湾海域生态环境的潜在压力空间差异性显著,总体呈近岸高于远岸,湾顶 > 东部 > 西部的分布特征。压力高值区高度集中于距岸  $10 \text{ km}$  以内海域,  $99.15\%$  的极高压力水平区域位于海岸线至  $5 \text{ m}$  水深海域范围内。随着离岸距离的增加,压力值大大减小,至  $10 \text{ m}$  水深以上海域,仅  $2.85\%$  海域压力等级为中等及以上。

表 2 莱州湾压力等级分区统计

Tab. 2 Statistics of pressure level in Laizhou Bay

面积/  $\text{km}^2$  比重/ %

分区	极低		较低		中等		较高		极高		
	面积	比重	面积	比重	面积	比重	面积	比重	面积	比重	
海域深度	小于 $5 \text{ m}$	1 835.68	30.22	608.92	75.92	410.18	84.70	97.06	92.84	15.18	99.15
	$5 \sim 10 \text{ m}$	1 603.26	26.39	115.81	14.44	60.27	12.45	7.48	7.16	0.13	0.85
	$10 \text{ m}$ 以上	2 635.37	43.39	77.28	9.64	13.82	2.85	0	0	0	0
离岸距离	小于 $5 \text{ km}$	783.88	12.90	504.15	62.87	345.35	71.31	82.73	79.14	13.25	87.29
	$5 \sim 10 \text{ km}$	1 037.04	17.07	199.15	24.83	112.76	23.29	20.72	19.82	1.93	12.71
	$10 \sim 15 \text{ km}$	1 078.00	17.75	83.80	10.45	26.16	5.40	1.09	1.04	0	0
	$15 \text{ km}$ 以上	3 175.52	52.28	14.91	1.86	0	0	0	0	0	0

海域使用活动压力高值区主要位于寿光港、潍坊港、莱州港及龙口港附近海域,说明港口建设及依托港口发展起来的临海工业、滨海城镇等海岸开发建设的聚集给莱州湾海域生态环境带来较大压力,这主要是由于此区域盐业、围海养殖、港口用海、旅游基础设施用海等以围填海方式为主的活动类型高度聚集;西侧海域由于海洋保护区的建设,限制了海域空间开发利用活动类型和强度,海域所受到的生态环境压力较小。黄河三角洲自然保护区、寿光滨海湿地和沙蚕、单环刺螠、梭子蟹等水产种质资源保护区及虞河、小清河等河口生态系统海洋生态红线区所受压力处在中等级别以上,应重点加强生态保护和海域活动监管。

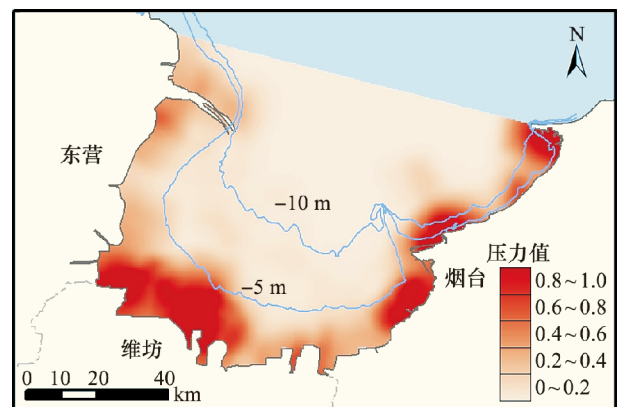


图 3 莱州湾海域使用活动潜在压力分布图

Fig. 3 The distribution of potential pressure caused by sea use activities in Laizhou Bay

从空间分布来看,海域使用活动对莱州湾海域生态环境的潜在压力分布格局与莱州湾海域空间利用强度分布存在一致性<sup>[21]</sup>,二者均显示海域使用活动对莱州湾湾顶海域影响程度最高,东部海域次之,西部海域较低。但是,莱州湾生态环境质量评估和生态健康水平<sup>[17,26]</sup>评价结果显示,东部海域环境质量明显优于西部海域。造成这种差别的主要原因是,本研究仅对海域使用活动的潜在影响进行了分析,没有将对莱州湾海域生态环境影响较大的入海河流陆源污染输入<sup>[27-28]</sup>考虑在内。

### 3.2 海域使用活动压力源识别

对比分析莱州湾全海域以及海洋生态红线区海域所受到的海域使用活动平均潜在压力水平(图4),可以识别其主要用海活动压力源。结果显示,开放式养殖用海、围海养殖用海等对莱州湾整体海域的影响较大,是其主要活动压力源;限制开发类海洋生态红线区内(图4a),除开放式养殖用海外,其他海域使用活动类型对海域生态环境的潜在压力值大小较为均衡。禁止开发类海洋生态红线区内(图4b),各类海

域使用活动压力强度两极化特征明显,开放式养殖用海、油气开采用海和围海养殖用海对海域生态环境影响明显较大,其他活动类型影响较小;开放式养殖用海、围海养殖用海、油气开采用海对海洋生态红线区的平均压力水平明显高于研究区总体平均水平,需要加强对海洋生态红线区及其周边海域这些用海活动范围及强度的管控。

不同海洋生态红线区所受到的主要海域使用活动压力源也有所不同。海洋特别保护区、海洋自然保护区所受主要压力来源为开放式养殖用海;重要河口生态系统保护区受盐业用海、旅游基础设施用海及围海养殖用海影响较大;砂质岸线与邻近海域保护区及沙源保护海域保护区主要受渔业基础设施用海、围海养殖用海及开放式养殖用海等渔业用海活动影响;重要渔业海域因海洋生态保护效果较好,所受压力极小,仅开放式养殖用海压力相对较为明显。油气开采用海尽管面积小,但是因位于黄河口及其南部海域,距离海洋生态红线区较近,海域生态环境较为敏感,故潜在压力仍不容忽视。

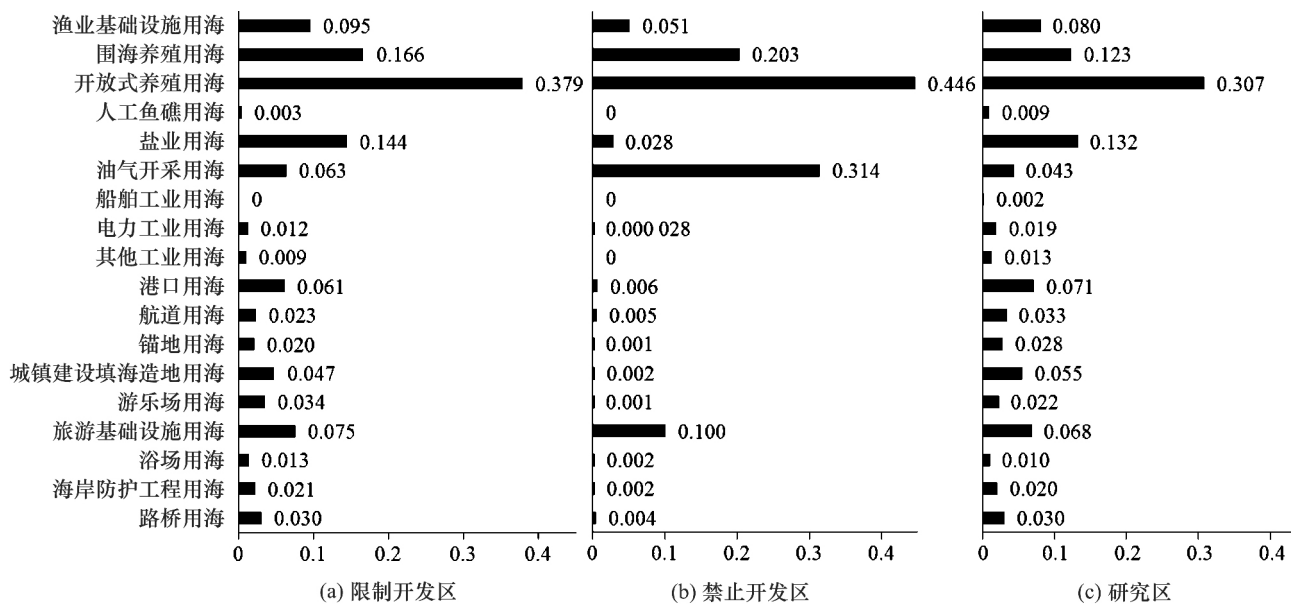


图4 不同海域使用活动对莱州湾海域生态环境的平均潜在压力统计

Fig. 4 Average potential pressure of different marine utilization on marine ecological system in Laizhou Bay

海域使用活动与其产生的生态压力类型错综复杂,一种海域使用活动会产生多种生态压力类型,而同一种生态压力类型也可能来源于多种海域使用活动<sup>[29]</sup>,不同海域使用活动所产生的生态压力类型不尽相同,压力强度也会有所差异。分析发现,莱州湾海域使用活动产生的主要生态压力包括围填海方式

的海域使用活动如围海养殖、盐业用海、港口用海所带来的海底底质破坏、生物损害、栖息地破坏、水动力干扰等生态压力较大,若不加以控制,将导致沿海滩涂湿地面积加速减少,滩涂生态系统功能退化,不利于海洋经济绿色发展;同时,开放式养殖用海活动造成的营养盐和污染物输入、非目标生物损害等生态压



力也较大,这和已有研究结果<sup>[30-31]</sup>一致。

#### 4 结论

本研究基于 GIS 和地理空间模拟框架,结合海洋生态红线区分布,对莱州湾海域使用活动对海洋生态环境的潜在压力进行空间量化评估,直观揭示了多种海域使用活动压力空间布局,识别出对全海域及不同海洋生态红线区的主要压力源,为海洋空间规划、海域使用管理和海洋生态保护提供决策支持。主要结论如下:

(1) 海域使用活动对莱州湾海域生态环境的潜在压力分布格局总体上呈现近岸高于远岸,湾顶>东部>西部的特征,压力高值区高度集中于距岸 10 km 以内海域和 5 m 水深以内海域,近岸滨海湿地、水产种质资源保护区和河口生态系统等海洋生态红线区受到的海域使用活动压力较大。

(2) 开放式养殖用海、围海养殖用海等渔业用海是莱州湾主要的海域使用活动压力源,具有影响强度大、范围广的特点;盐业用海活动虽主要集中在湾顶海域,影响范围相对较小,但压力强度大、恢复性低,相关部门应给予高度重视。

(3) 海洋生态红线区的主要压力来源为开放式养殖、盐业、旅游基础设施及围海养殖用海活动。其中,寿光滨海湿地保护区和小清河、虞河等河口生态系统需要加强对盐业用海、围海养殖用海活动的管控;沙蚕、单环刺螠、梭子蟹等水产种质资源保护区应加强对开放式养殖、盐业用海活动的管控;黄河三角洲自然保护区应加强对开放式养殖用海、油气开采用海活动的监控。

本研究建立的海域使用活动潜在压力空间量化评估模型,主要是基于现有的海域开发利用活动分布数据和专家先验知识,直观揭示多种海域使用活动对海洋生态环境的累加影响,可以作为一种简单易行、快速有效的决策评估方法,便于决策者快速评判和识别海域使用活动压力风险极大的管理区域。该方法主要适用于海底地形较为平缓、水交换能力差别不大的海域,可实现多种用海活动生态环境影响的快速综合叠加和直观显示,可辅助区域海洋空间规划编制和海域使用管理决策制定。后续,将进一步改进评估模型和方法的适用性,将海洋水文动力环境因子纳入评估模型,结合海洋生物栖息地分布,实现对单一人类活动类型和陆海多种人类活动对海域生态环境的累积影响评估,以更为客观、准确地反映人类活动对海

洋生态环境的影响,为海洋生态保护和环境质量改善提供决策支持。

#### 参考文献 (References):

- [1] ZHANG Qiu-ming. The evolution and experience of the marine space management in Belgium[J]. Land and Resources Information, 2008, 91(7): 27-32.  
张秋明. 比利时海洋空间管理的演进与经验[J]. 国土资源情报, 2008, 91(7): 27-32.
- [2] WANG Quan-ming, MIAO Feng-min, LI Shu-yuan. The general situation of foreign ocean space planning and the reference of China's marine functional zoning[J]. Ocean Development and Management, 2008, 25(9): 5-8.  
王权明, 苗丰民, 李淑媛. 国外海洋空间规划概况及我国海洋功能区划的借鉴[J]. 海洋开发与管理, 2008, 25(9): 5-8.
- [3] WANG Jiang-tao, ZHANG Xiao-xian, MA Jun, et al. Analyses of sea areas resources use and supply of Bohai Sea coastal region [J]. Marine Environmental Science, 2011, 30(1): 127-130.  
王江涛, 张潇娴, 马军, 等. 环渤海地区海域空间资源使用和供给分析[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(1): 127-130.
- [4] HALPERN B S, FRAZIER M, POTAPENKO J, et al. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean[J]. Nature Communications, 2015, 6(7): 7 615.
- [5] STELZENMÜLLER V, FOCK H O, GIMPEL A, et al. Quantitative environmental risk assessments in the context of marine spatial management: Current approaches and some perspectives [J]. Ices Journal of Marine Science, 2015, 72(3): 1 022-1 042.
- [6] ZHANG Xiao-hui, HUANG Gen-hua, ZENG De-xiang, et al. Distribution features and evaluation on potential ecological risk of heavy metals in surface sediments nearby Hebao Island, Pearl River Estuary[J]. Journal of Marine Sciences, 2013, 31(4): 49-55.  
张晓辉, 黄根华, 曾德相, 等. 珠江口荷包岛近岸海域沉积物重金属分布及其潜在生态危害评价[J]. 海洋学研究, 2013, 31(4): 49-55.
- [7] ZHANG Jian, LI Jia-rui, LIU Shu-ming, et al. The vulnerability of ecosystem and evaluation system construction of Xiangshangang Bay[J]. Journal of Marine Sciences, 2017, 35(2): 74-81.  
张健, 李佳芮, 刘书明, 等. 象山港生态系统脆弱性及其评价体系构建[J]. 海洋学研究, 2017, 35(2): 74-81.
- [8] DAI Ya-nan, PENG Jian-gui. Fragility evaluation for the environment of the coastal zone in Jiangsu[J]. Journal of Marine Sciences, 2009, 27(1): 78-82.  
戴亚南, 彭检贵. 江苏海岸带生态环境脆弱性及其评价体系构建[J]. 海洋学研究, 2009, 27(1): 78-82.
- [9] MURRAY C C, AGBAYANI S, ALIDINA H M, et al. Advancing marine cumulative effects mapping: An update in Canada's Pacific waters[J]. Marine Policy, 2015, 58(8): 71-77.
- [10] FRASCHETTI S, D'AMBROSIO P, MICHELI F, et al. Design of marine protected areas in a human-dominated seascape

- [J]. Marine Ecology Progress Series, 2009, **375**(1): 13-24.
- [11] PARRAVICINI V, ROVEREA A, VASSALLO P, et al. Understanding relationships between conflicting human uses and coastal ecosystems status: A geospatial modeling approach[J]. Ecological Indicators, 2012, **19**(8): 253-263.
- [12] MEGAN E, LISA M W, SARAH M R, et al. Assessment and management of cumulative impacts in California's network of marine protected areas[J]. Ocean and Coastal Management, 2017, **137**(1): 1-11.
- [13] LI Yan-feng, SONG Xiu-xian, WU Zai-xing, et al. An integrated methodology for quantitative assessment on impact of human activities on marine ecosystems: A case study in Laizhou Bay, China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2015, **46**(1): 133-139.  
李延峰, 宋秀贤, 吴在兴, 等. 人类活动对海洋生态系统影响的空间量化评价——以莱州湾海域为例[J]. 海洋与湖沼, 2015, **46**(1): 133-139.
- [14] SHI Qi, ZHAO Mei-xia, HUANG Ling-ying, et al. Human activities and impacts on coral reef at the Luhuitou Fringing Reef, Sanya[J]. Tropical Geography, 2010, **30**(5): 486-490, 509.  
施祺, 赵美霞, 黄玲英, 等. 三亚鹿回头岸礁区人类活动及其对珊瑚礁的影响[J]. 热带地理, 2010, **30**(5): 486-490, 509.
- [15] WU Zai-xing, YU Zhi-ming, SONG Xiu-xian, et al. A methodology for assessing and mapping pressure of human activities on coastal region based on stepwise logic decision process and GIS technology[J]. Ocean & Coastal Management, 2016, **120**(2): 80-87.
- [16] SHEN Cheng-cheng, SHI Hong-hua, ZHENG Wei, et al. Spatial heterogeneity of ecosystem health and its sensitivity to pressure in the waters of nearshore archipelago[J]. Ecological Indicators, 2016, **61**(2): 822-832.
- [17] YANG Jian-qiang, ZHU Yong-gui, SONG Wen-peng, et al. The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, **34**(1): 105-114.  
杨建强, 朱永贵, 宋文鹏, 等. 基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价[J]. 生态学报, 2014, **34**(1): 105-114.
- [18] DAI Gui-lin, LAN Xiang. Analysis of the impact of offshore reclamation from the perspective of marine industry—Taking the region of Bohai as an example[J]. Ocean Development and Management, 2009, **26**(7): 24-28.  
戴桂林, 兰香. 基于海洋产业角度对围填海开发影响的理论分析——以环渤海地区为例[J]. 海洋开发与管理, 2009, **26**(7): 24-28.
- [19] People's Government of Shandong Province. Delineation plan for the marine ecological red line area of Bohai Sea, Shandong Province(2013-2010)[R]. 2013.  
山东省人民政府. 山东省渤海海洋生态红线区划定方案(2013-2010)[R]. 2013.
- [20] State Oceanic Administration, People's Republic of China. HY/T123-2009 Categorization of sea area usage[S]. 2009.  
国家海洋局. HY/T123-2009 海域使用分类体系[S]. 2009.
- [21] DU Pei-pei, WU Xiao-qing, DU Xiao-yan, et al. Situation evaluation on the marine spatial development and utilization in the Laizhou Bay[J]. Marine Science Bulletin, 2017, **36**(1): 8-15.  
杜培培, 吴晓青, 都晓岩, 等. 莱州湾海域空间开发利用现状评价[J]. 海洋通报, 2017, **36**(1): 8-15.
- [22] GB/T 19485-2014 Technical guidelines for environmental impact assessment of marine engineering[S]. 2014.  
GB/T 19485-2014 海洋工程环境影响评价技术导则[S]. 2014.
- [23] State Oceanic Administration, People's Republic of China. Technical guidelines for sea area use demonstration[M]. 2010. [http://www.soa.gov.cn/zwgk/gfxwj/hygl/201508/t20150824\\_39679.html](http://www.soa.gov.cn/zwgk/gfxwj/hygl/201508/t20150824_39679.html).  
国家海洋局. 海域使用论证技术导则[M]. 2010. [http://www.soa.gov.cn/zwgk/gfxwj/hygl/201508/t20150824\\_39679.html](http://www.soa.gov.cn/zwgk/gfxwj/hygl/201508/t20150824_39679.html).
- [24] MARISA I B, SOFIA H, MIGUEL P P, et al. Assessment of cumulative human pressures on a coastal area: Integrating information for MPA planning and management[J]. Ocean and Coastal Management, 2014, **102**(3): 248-257.
- [25] LAU M A. Integrated coastal zone management in the People's Republic of China - An assessment of structural impacts on decision-making processes[J]. Ocean & Coastal Management, 2005, **48**(2): 115-159.
- [26] SONG De-bin, GAO Zhi-qiang, ZHANG Hua, et al. GIS-based health assessment of the marine ecosystem in Laizhou Bay, China[J]. Marine Pollution Bulletin, 2017, **125**(6): 242-249.
- [27] TONG Jun-an. The main source and distribution characteristics of pollutants in Laizhou Bay[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1994, **12**(4): 16-20.  
童钧安. 莱州湾主要污染物来源及分布特征[J]. 黄渤海海洋, 1994, **12**(4): 16-20.
- [28] CUI Yi, MA Sao-sai, LI Yun-ping, et al. Pollution situation in the Laizhou Bay and its effects on fishery resources[J]. Marine Fisheries Research, 2003, **24**(1): 35-41.  
崔毅, 马绍赛, 李云平, 等. 莱州湾污染及其对渔业资源的影响[J]. 海洋水产研究, 2003, **24**(1): 35-41.
- [29] ANTONY M K, REBECCA S K, LEONIE A R. Identifying common pressure pathways from a complex network of human activities to support ecosystem based management[J]. Ecological Application, 2013, **23**(4): 755-765.
- [30] SHEN Gong-min, HUANG Jing-xian, HUANG Ying, et al. Water environment quality assessment in fisheries area of Laizhou Bay[J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2014, **4**(6): 50-58.  
沈公铭, 黄经献, 黄瑛, 等. 莱州湾渔业水域水环境质量评价[J]. 中国渔业质量与标准, 2014, **4**(6): 50-58.
- [31] ZHANG Jin-feng, GAO Xue-lu, ZHUANG Wen, et al. Analysis of long-term changes in fishery resources and environment in the Laizhou Bay[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2014(3): 82-90.  
张锦峰, 高学鲁, 庄文, 等. 莱州湾渔业资源与环境变化趋势分

析[J]. 海洋湖沼通报, 2014(3): 82-90.

# Assessment of potential pressure caused by sea use activities on the eco-environment of bays: A case study in Laizhou Bay, China

LIU Bai-jing<sup>1,2</sup>, WU Xiao-qing<sup>\* 1,3</sup>, DU Pei-pei<sup>1</sup>, GAO Meng<sup>1,3</sup>, DU Xiao-yan<sup>1,3</sup>

(1. *Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China;*  
2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101400, China;* 3. *Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China*)

**Abstract:** The potential pressure caused by sea use activities on marine eco-environment in Laizhou Bay was quantitatively evaluated based on GIS and geospatial modeling by combining the spatial distribution of marine ecological red line zone. We firstly identified the spatial distribution patterns of all anthropogenic pressures as well as their potential impact on key marine habitats. The general characteristic of spatial distribution of potential anthropogenic pressure on the eco-environment in Laizhou Bay can be described as that in the offshore area is higher than that in the far-shore area and the sequence from high to low is: the bay-head, the east area, the west area. Overall, the high pressure area is concentrated in the sea area within 10 km and the water depth within 5 m. It is worthy to note that a few of marine ecological red line zones, such as marine special protected areas, natural reserves, and important estuarine ecosystems, have already threatened by pressure caused by sea aquaculture and salt industry. The study reveals the spatial distribution pattern of the potential pressure of sea use activities on the marine ecological environment in Laizhou Bay. Accordingly, a few policy suggestions are also proposed at the end to implement the spatial planning of marine ecological red line zones and regulate utilization of sea area.

**Key words:** spatial quantification; sea use activity; pressure assessment; Laizhou Bay