

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^{*}

李延峰^{1, 2} 宋秀贤¹ 吴在兴¹ 俞志明¹

(1. 中国科学院海洋研究所 海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071; 2. 中国科学院大学 北京 100049)

摘要 本文针对海域管理中难以量化人类活动对海洋生态系统影响的问题, 提出人海关系空间量化模型, 通过完善概念模型、构建指标体系、确定权重及标准, 最终利用作用强度和位置关系量化人类活动对海洋生态系统的影响, 数值在 0—1 之间, 等分为四个影响程度, 由弱到强依次为微弱、中等、强烈和极强, 并将该模型和量化方法应用于莱州湾海域。研究结果表明: 整个莱州湾受人类活动的综合影响均值为 0.425, 处于中等影响程度; 其中污水排放、围填海工程及港口航运是对莱州湾生态系统影响比较强烈的人类活动; 研究海域中 40% 受到人类活动的强烈影响, 44% 为中等影响, 16% 为微弱影响。空间量化分析显示, 人类活动对莱州湾近岸海域的综合影响比邻近外海强烈, 其中影响较强烈的区域出现在西南近岸海区, 而影响较微弱的海区则为莱州湾北部外海。该方法空间量化结果与莱州湾实际情况相符, 说明人海关系空间量化模型适合定量化评估人类活动对该海域生态系统的影响, 可为“山东半岛蓝色经济区”海域管理提供技术支持。

关键词 人类活动; 海洋生态系统; 影响评价; 空间量化; 莱州湾

中图分类号 X826 **doi:** 10.11693/hyhz20140200060

随着世界人口的不断增加, 人地矛盾日益突显, 人们便开始向海洋寻求新的发展。海洋资源的高强度开发与利用, 在促进沿岸社会经济快速发展的同时, 也给海洋生态系统带来一些负面影响, 甚至造成严重威胁, 如何有效地开展人类活动对海洋生态系统影响的定量化评价已成为海域管理的研究热点。目前, 较多学者以海洋生态系统为研究视角, 从海水理化性质(Bricker *et al.*, 2003; 陈鸣渊等, 2007)、污染物状况(Grote *et al.*, 2005; 刘慧慧等, 2013)、海洋生物指示物种(Gaspar *et al.*, 2012; 韩志萍等, 2012)、生物群落结构(Cabral *et al.*, 2012; 蔡文倩等, 2012)、多种参数综合(Borja *et al.*, 2008; 李延峰等, 2014)、以及利用海洋生态系统的服务价值(Halpern *et al.*, 2012; 张秀英等, 2013)等侧面反映人类活动对海洋生态系统的作用, 而直接从人类活动的视角开展相关研究的文献

报道并不多见。在海洋开发与保护并重的时代, 人类活动对近海生态系统的影响不容忽视, 迫切需要以新的研究视角发展更为直观的评价技术与手段。

近些年来, 海洋空间数据的获取与处理技术加速发展, 尤其是地理信息系统(GIS)的广泛应用(Yates *et al.*, 2013), 为直接的定量化评价提供了新的思路。国外学者利用生态系统空间通量模型(multiscale spatial model), 在全球范围内根据人类活动对海域的影响状况和程度, 评估了人类活动对海洋生态系统的作用(Halpern *et al.*, 2008)。另有研究者利用地理空间模型(geospatial modeling approach), 将沿岸人类社会经济活动强度转化到近岸海域空间范围内, 评价了人类活动对其邻近海域生态系统的压力状况(Parravicini *et al.*, 2012)。然而, 我国有关这方面的研究尚未见报道, 与此同时, “山东半岛蓝色经济区”(简称“蓝区”)已从规划阶

^{*} 国家海洋局公益项目, 201205001 号; 国家重点基础研究发展计划(973)项目, 2010CB428706 号; 山东省“两区”建设专项资金支持项目。李延峰, 硕士研究生, E-mail: lyfeng33@163.com

通讯作者: 宋秀贤, 研究员, 博士生导师, E-mail: songxx@qdio.ac.cn

收稿日期: 2014-02-26, 收修改稿日期: 2014-03-10

段步入建设阶段(谭晓岚, 2013), 迫切需要切实可行的海域管理技术与手段。笔者试图在前人相关研究的基础上, 发展适合我国海域的定量化评价人类活动对海洋生态系统影响的模型与方法——人海关系空间量化模型(spatial quantization for the relationship between human-activities and marine ecosystems, SQRHM), 并以“蓝区”建设中占有重要地位的莱州湾为应用案例, 从方法和技术上为其海域管理提供支持。

1 模型与方法

1.1 概念模型介绍

人海关系空间量化模型(SQRHM)是在地理空间模型(Parravicini *et al.*, 2012)的基础上改进后被提出, 用于评价人类活动对海洋生态系统的影响, 并将评价结果空间可视化。其基本原理是将海洋生态系统看作是由若干个空间单元点组成, 各种涉海人类活动作用于海洋生态系统, 并对其造成影响, 人类活动所处的空间位置是影响源点, 即作用点, 如果人类活动是以非“点”的形式(如大面积的围填海工程)存在于海域空间, 那么取其中心点为作用点。通过调查获取各作用点的作用强度, 根据空间位置关系, 量化各空间单元点受作用点的影响程度, 依据随着两者之间距离的增大而逐渐减小, 直至影响消失的规律, 即线性递减原则, 将作用点的作用强度转化为各空间单元点的受影响程度, 综合各单元点受各作用点的影响, 即在空间中呈现人类活动对海洋生态系统的影响状况。SQRHM 模型主要有三方面的改进: 以空间单元点代替单元格, 用“点”代替“面”提高边界区域的量化精确度; 指标体系充分考虑了人类在人海关系中扮演的双重角色, 既衡量了人类给海洋生态系统所带来的压力, 也反映了人类为海洋可持续发展所做出的响应; 作用强度的确定引入了标准值作为参照, 避免了人为直接打分所带来的主观性, 增加了量化评价的客观准确性。模型的具体评价流程如图 1 所示: (1) 确定研究区域, 包括空间范围, 以及合理的单元点布局; (2) 识别涉海人类活动, 即确定作用点, 包括空间位置、作用强度及最大影响距离; (3) 分别计算各种人类活动对海洋生态系统的影响; (4) 叠加上述过程(3)中的计算结果, 即综合评价。

1.2 研究区域与数据

本文选取莱州湾为实际评价海域, 其沿岸人类社会经济活动数据主要来源于国家海洋局 2009 年关于山东近岸重点海域和排污口环境质量调查报告, 并

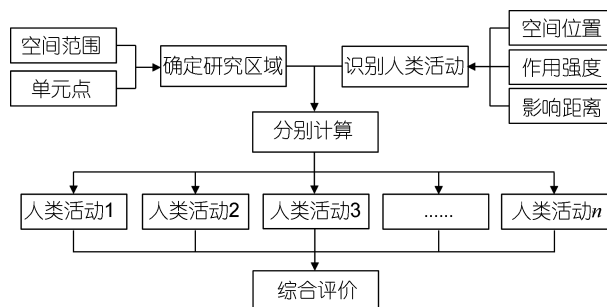


图 1 人海关系空间量化模型评价流程

Fig.1 Flow chart of the SQRHM methodology

结合山东省海洋与渔业信息宣传中心数据库部分资料作以补充。莱州湾西起东营黄河口, 东至龙口岬山母岛高角, 位于渤海南部, 山东半岛西北部, 既是渤海三大海湾之一, 也是山东半岛的最大海湾, 其自然资源丰富, 是一个综合性开发与利用的海湾。本文研究区域及空间单元点如图 2 所示, 范围为 $118^{\circ}57'—120^{\circ}15'E$, $37^{\circ}9'—37^{\circ}39'N$ 的海域空间, 空间单元点的划分为该海域范围内以 0.1° 为间隔单位的经度线和纬度线的交点, 以图中 57 个单元点表示整个海湾。

1.3 识别人类活动

1.3.1 指标体系 人类在人海关系中扮演着双重角色。一方面, 人类在开发和利用海洋资源的同时将生产和生活所产生的各种废弃物排入海洋, 对海洋生态系统造成负向影响; 另一方面, 人类不断提高污染物处理技术, 加强海洋保护区建设, 给海洋生态系统带来正向影响。本文针对研究海域特点和实际利用情况, 选取三种不同类型的 10 种人类活动构建评价指标体系(表 1), 力求全面概括各种涉海人类活动, 同时针对每种人类活动则选取有代表性, 并且容易获取的指标。

1.3.2 作用强度 人类活动对海洋生态系统的作用强度用 0—1 的数表示, 其中数值 1 表示作用最为强烈, 数值 0 则表示作用可忽略不计。各人类活动作用点的作用强度(F)根据其实际调查值的大小在标准范围中的等级直接赋值确定, 其中各指标标准范围的确定主要参考中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等(2014)发布的海洋工程环境影响评价技术导则中评价等级判据表, 以及针对国家海洋局颁布的海域使用论证等级判据方法的修改和完善探讨(黄蔚霞等, 2011), 辅以国内外相关研究成果作适当补充和调整, 各种人类活动作用强度的判断依据如表 1 所示。例如实际调查到某排污口的污水排放量大于等于 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 根据表中对照关系, 其作用点的强度应赋值

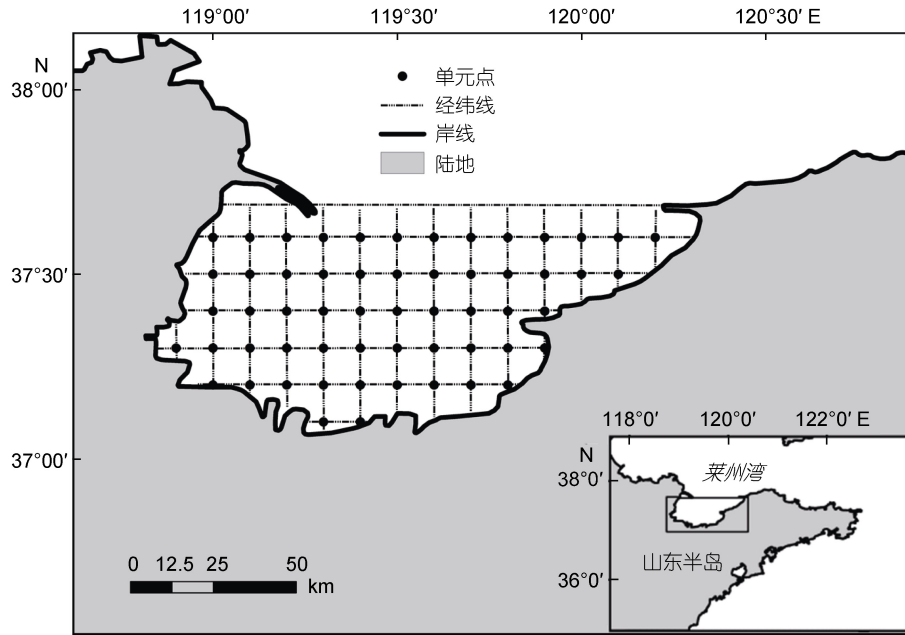


图2 研究区域及其空间单元点示意图

Fig.2 Study areas and the spatial cell points

表1 人海关系空间量化模型评价指标体系、作用强度判据及权重值

Tab.1 The indicator system, justification for the intensities and weight values of the SQRHM methodology

目标层	要素层	指标层	作用强度赋值对照表					权重
			1	0.75	0.5	0.25	0	
人类活动对海洋生态系统的影响	海洋污染	污水排放量($10^4\text{m}^3/\text{d}$)	≥ 3	1—3	<1	—	—	0.202
		海洋倾废量(10^5m^3)	≥ 50	10—50	5—10	<5	—	0.094
	海洋开发与利用	海水养殖面积(ha)	≥ 100	10—100	<10	—	—	0.069
		油气开发量(10^5t)	≥ 30	10—30	2—10	<2	—	0.272
		盐业生产面积(ha)	≥ 100	20—100	<20	—	—	0.037
		港口年吞吐量(10^4t)	≥ 100	10—100	<10	—	—	0.021
		滨海旅游面积(ha)	≥ 30	20—30	10—20	<10	—	0.021
		围填海工程面积(ha)	≥ 50	30—50	10—30	<10	—	0.066
	科技进步与保护	污水处理达标率(%)	<90	90—95	95—98	98—100	100	0.184
		海洋保护区等级	世界	国家级	省级	地市级	—	0.034

为1, 若其实际调查值在 $(1-3) \times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 之间, 则作用强度赋值为0.75, 若其实际调查值小于 $1 \times 10^4\text{m}^3/\text{d}$, 则作用强度赋值为0.5, 其它作用点的强度赋值依此类推。

1.3.3 影响距离 距离作为衡量影响程度的重要因素之一, 在空间量化研究中不可或缺(Wu *et al.*, 2013)。与此同时, Parravicini 等(2012)利用地理空间模型评价了8种涉海人类活动对海洋生态系统的压力状况, 其研究结果表明, 每种人类活动对海洋生态系统的影响范围都在50%左右。所以, 本文假定研究空间中任何一个作用点与其相距最远单元点之间距离的一半为该作用点的最大影响距离(D)。

1.3.4 指标权重 各种人类活动指标权重(W)的确定采用定性与定量相结合的层次分析法(Herath, 2004;

曹茂林, 2012), 指标间的两两比较咨询专家意见, 并结合海岸带综合管理(ICZM)框架(Lau, 2005)确定。按表1指标顺序构造 $n=10$ 的判断矩阵如下:

1	4	5	1/2	5	7	7	4	1	5
1/4	1	2	1/4	3	6	6	3	1/5	3
1/5	1/2	1	1/3	2	5	5	1	1/3	2
2	4	3	1	7	8	8	5	3	6
1/5	1/3	1/2	1/7	1	2	2	1/2	1/5	1
1/7	1/6	1/5	1/8	1/2	1	1	1/4	1/6	1/2
1/7	1/6	1/5	1/8	1/2	1	1	1/4	1/6	1/2
1/4	1/3	1	1/5	2	4	4	1	1/3	4
1	5	3	1/3	5	6	6	3	1	7
1/5	1/3	1/2	1/6	1	2	2	1/4	1/7	1

计算求得该判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}=10.590$, 一致性指标 $CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)=0.066$, 查表得平均一致性指标 $RI=1.49$, 由于判断矩阵的一致性比例 $CR=CI/RI=0.044 < 0.10$, 所以构造的判断矩阵通过一致性检验, 说明权重确定过程具有合理的逻辑性, 最终计算得到的权重值如表 1 所示。

1.4 评价计算方法

人海关系空间量化模型的最终目标是计算出空间中每个单元点受多种人类活动的综合影响, 计算步骤及公式如下:

(1) 单元点受某种人类活动影响的计算

$$I = \sum_{i=1}^m F_i \times \frac{D_i - d_i}{D_i} \quad (1)$$

公式(1)中, I 表示某种人类活动对单元点的影响, 该种人类活动存在 m 个作用点, 用 i 表示第 i 个作用点, F_i 为该种人类活动第 i 个作用点的强度, D_i 为该种人类活动第 i 个作用点的最大影响距离, d_i 为单元点与该种人类活动第 i 个作用点的距离。

人类活动的作用点强度 F 可查表 1 确定, 单元点与作用点之间的空间距离可由其地理坐标求得, 如果计算中 $(D-d) < 0$, 则说明单元点与作用点之间距离大于该作用点的最大影响距离, 此时该单元点受该作用点的影响可忽略不计, 取 $I=0$ 为计算结果; 如果计算得出 $I > 1$, 则说明某种人类活动的多个作用点对该单元点的影响累加后超出取值范围, 此时该单元点受该种人类活动的影响最为强烈, 取 $I=1$ 为计算结果; 对于海洋保护区这类正向影响的人类活动, 由于其不能像污水处理达标率那样直接逆向研究, 所以利用数值 1 减去其计算结果来表示最终结果, 以达到指标间表达意义的一致。

(2) 单元点受多种人类活动综合影响的计算

$$I_{\text{综合}} = \sum_{j=1}^n I_j \times W_j \quad (2)$$

公式(2)中, $I_{\text{综合}}$ 表示多种人类活动对单元点的综合影响, 存在 n 种人类活动, 用 j 表示第 j 种人类活动, I_j 为第 j 种人类活动对单元点的影响, W_j 为第 j 种人类活动在综合评价中所占的权重。

各单元点受某种人类活动的影响由公式(1)计算得到, 各种人类活动的权重如表 1 所示, 其综合计算结果为 0—1 的数值, 用以表示人类活动对海洋生态系统的综合影响程度, 等级由弱到强依次为: 0—0.25 表示微弱影响, 0.25—0.5 表示中等影响, 0.5—0.75 表

示强烈影响, 0.75—1 表示极强影响。

2 结果与讨论

2.1 各种人类活动对莱州湾生态系统的影响程度比较

利用人海关系空间量化模型评估各种人类活动对莱州湾生态系统的影响, 结合公式(1)分别计算 10 种涉海人类活动对莱州湾生态系统的影响值, 并统计研究海域空间中 57 个单元点所受影响等级状况(图 3)。根据影响均值的大小, 各种人类活动对莱州湾生态系统影响程度由大到小依次为: 污水排放、围填海工程、港口航运、油气开发、污水处理技术落后、海水养殖、盐业生产、海洋保护区缺失、滨海旅游和海洋倾废。总体来说, 没有任何一种人类活动给莱州湾生态系统带来极强影响, 其中污水排放对莱州湾生态系统的影响均值为 0.72, 是所有人类活动中的最大值, 处于强烈影响程度, 但该种人类活动已使得莱州湾一半海域(51%)受到极强影响, 应给予高度重视。此外, 围填海工程和港口航运对莱州湾生态系统的影响均值分别为 0.52 和 0.50, 影响程度也均为强烈, 受到极强影响的区域均接近四分之一(23%和 22%)。油气开发、污水处理技术落后、海水养殖和盐业生产对莱州湾生态系统的影响程度为中等, 影响均值分别为 0.41、0.38、0.36 与 0.36, 其中油气开发已给约三分之一(33%)的莱州湾海域造成极强影响, 同样应给予重视。海洋保护区缺失、滨海旅游和海洋倾废对莱州湾生态系统的影响程度均为微弱, 其影响均值都不大, 分别为 0.20、0.18 与 0.04。莱州湾整体状况的研究结果亦体现出其自净纳污、优良海港、重要的渔业和海盐生产区、以及石油和天然气蕴藏丰富等海湾功能, 侧面说明本研究构建模型和方法的准确性。

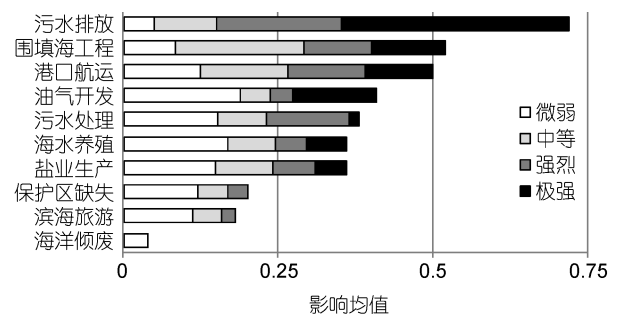


图 3 人类活动对莱州湾生态系统影响程度

Fig.3 The impact of human activities on ecological systems of Laizhou Bay

2.2 人类活动对莱州湾生态系统的综合作用

利用公式(2)叠加各种人类活动对莱州湾生态系统的影响, 进行综合评价。就莱州湾整体而言, 并未出现极强影响区域, 强烈影响区域占 40%, 中等影响区域占 44%, 另有 16% 的区域表现为微弱影响, 其整体受人类活动综合影响均值为 0.425(0.086—0.695), 处于中等影响程度。采用地理信息系统软件 ArcGIS9.3 对莱州湾生态系统受人类活动的影响进行空间数据分

析并利用普通克里金插值法(kriging)对人类活动的影响值进行处理。空间量化结果如图 4 所示, 为人类活动对莱州湾生态系统的综合影响, 从图中可以看出, 影响程度的分布呈现出一定规律: 主要表现为莱州湾近岸区域比邻近的外海区域受人类活动影响强烈; 另外, 莱州湾西南区域受人类活动影响最为强烈, 而北部外海区域只受到人类活动的微弱影响, 呈现由西南向北部逐渐减小的趋势。

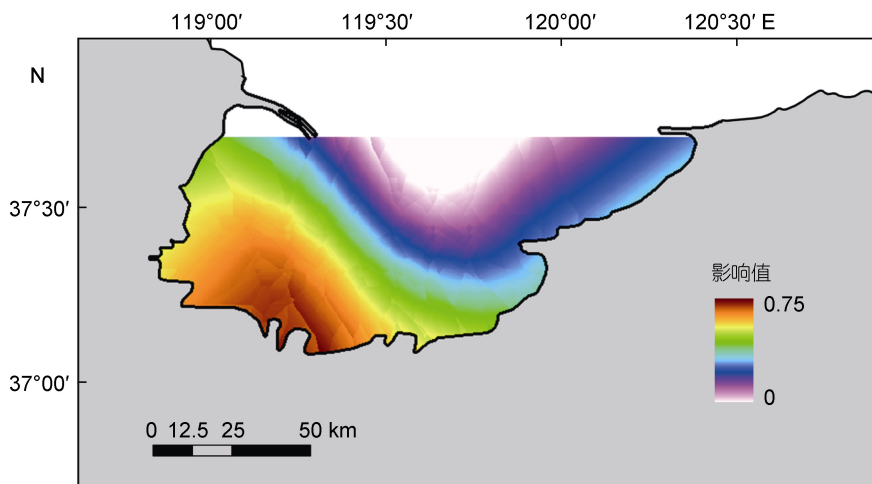


图 4 莱州湾人海关系空间量化结果

Fig.4 The quantification result of the SQRHM methodology in Laizhou Bay

近岸海域是人类活动密集的区域, 其生态系统受人类活动的综合影响程度理应比外海区域要大。莱州湾西南近岸海域由于排污口多、排污量大, 且多数排污口污水处理达标率不高, 加之周边油气开发频繁, 海水养殖区规模较大, 导致该区域受人类活动综合影响较大, 影响程度达到强烈等级, 其生态系统将面临巨大压力, 生态环境状况不容乐观, 应加强该区域的有关监督管理工作。

2.3 SQRHM 模型适用性讨论

在海域管理中, 模型与方法需要根据海域特点和沿岸人类活动状况, 考虑其适用性问题, 无论是以海洋生态系统还是以人类活动为研究视角, 其根本目的都是通过合理控制人类活动, 达到人类社会经济与海洋生态环境的协调发展。本研究提出的 SQRHM 模型以人类活动为研究视角, 适合于莱州湾这种受外海影响相对较小, 水交换能力相对较弱, 且海底地形相对平缓的海湾。此外, 该模型力求全面考虑人类涉海活动, 综合评价海洋生态系统受人类活动的影响, 适合于莱州湾这样综合性开发与利用程度较高, 且生态系统较为复杂的海湾, 而对于生态系统功能明确的海

湾, 可能从海洋生态系统视角研究更能揭示本质问题。近岸海域是人类与海洋相互作用的频繁地带, 海洋生态系统所表现出的问题往往是由多种人类活动共同影响而产生的, 因此, 人海关系空间量化模型具有更为广阔的应用前景。

同时, 该模型不仅可以影响结果量化到 0—1 的数值, 用以表示影响程度, 还能够海域空间上展示影响结果的分布状况, 既可统筹整个研究区域进行管理, 也可根据不同区域受影响程度的差异分区进行管理。

然而, 由于人类活动与海洋生态系统之间作用关系的复杂性, 影响强度按照与作用点之间距离的增加呈线性递减的规律是一个偏向于概率论的原理, 将复杂问题简单化处理的思想, 难以解释一些复杂的人海作用关系。除此之外, 影响范围也与海域水动力条件, 地形地貌特征等海洋自然状况有关, 这些都有待今后更进一步的深入研究。

3 结论

(1) 人海关系空间量化模型利用人类活动的作

用强度, 以及空间位置关系将多种人类活动对海洋生态系统的综合影响进行量化评价, 并呈现空间的定量描述, 能够在一定程度上合理的反映海洋生态系统受到人类活动的影响状况。

(2) 综合评价莱州湾海域, 并未受到人类活动的极强影响, 但有 40% 的区域受到人类活动的强烈影响, 44% 受中等影响, 16% 受微弱影响, 人类活动对其生态系统的综合影响值为 0.425, 处于中等影响程度。其中, 污水排放是影响最为强烈的人类活动, 其次为围填海工程和港口航运, 达到中等影响程度的人类活动有油气开发、污水处理技术落后、海水养殖和盐业生产。

(3) 人类活动对莱州湾生态系统的综合影响存在空间分布特征, 表现为近岸海域受影响程度比邻近外海区域更加强烈, 西南近岸海域受影响程度最大, 而北部外海受影响程度最小, 综合影响程度整体呈现出由西南近海向北部外海逐渐减小的趋势。

参 考 文 献

- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2014. 中华人民共和国国家标准: 海洋工程环境影响评价技术导则(GB/T 19485—2014). 北京: 中国标准出版社, 7—11
- 刘慧慧, 徐英江, 邓旭修等, 2013. 莱州湾及东营近岸海域生物体中有机氯农药和多氯联苯污染状况与风险评价. 海洋与湖沼, 44(5): 1325—1332
- 李延峰, 宋秀贤, 李 虎等, 2014. 山东半岛蓝色经济区海域生态环境综合评价. 环境科学研究, 27(5): 560—566
- 张秀英, 钟太洋, 黄贤金等, 2013. 海州湾生态系统服务价值评估. 生态学报, 33(2): 640—649
- 陈鸣渊, 俞志明, 宋秀贤等, 2007. 利用模糊综合方法评价长江口海水富营养化水平. 海洋科学, 31(11): 47—54
- 黄蔚霞, 张叶春, 颜 文等, 2011. 海域使用论证等级划分方法探讨. 海洋开发与管理, 28(5): 22—25
- 曹茂林, 2012. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算. 江苏科技信息, (2): 39—40
- 韩志萍, 邵朝纲, 张忠山等, 2012. 南太湖入湖口蓝藻生物量与 TN、TP 的年变化特征及相关性研究. 海洋与湖沼, 43(5): 911—918
- 蔡文倩, 刘录三, 孟 伟等, 2012. AMBI 方法评价环渤海潮间带底栖生态质量的适用性. 环境科学学报, 32(4): 992—1000
- 谭晓岚, 2013. 新视角下山东半岛蓝色经济区发展模式的研究与探索. 海洋开发与管理, 30(8): 89—93
- Borja A, Bricker S B, Dauer D M *et al*, 2008. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. Marine Pollution Bulletin, 56(9): 1519—1537
- Bricker S B, Ferreira J G, Simas T, 2003. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. Ecological Modelling, 169(1): 39—60
- Cabral H N, Fonseca V F, Gamito R *et al*, 2012. Ecological quality assessment of transitional waters based on fish assemblages: The Estuarine Fish Assessment Index (EFAI). Ecological Indicators, 19: 144—153
- Gaspar R, Pereira L, Neto J M, 2012. Ecological reference conditions and quality states of marine macroalgae sensu Water Framework Directive: An example from the intertidal rocky shores of the Portuguese coastal waters. Ecological Indicators, 19: 24—38
- Grote M, Brack W, Altenburger R, 2005. Identification of toxicants from marine sediment using effect-directed analysis. Environmental Toxicology, 20(5): 475—486
- Halpern B S, Longo C, Hardy D *et al*, 2012. An index to assess the health and benefits of the global ocean. Nature, 488(7413): 615—620
- Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A *et al*, 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. Science, 319(5865): 948—952
- Herath G, 2004. Incorporating community objectives in improved wetland management: The use of the analytic hierarchy process. Journal of Environmental Management, 70(3): 263—273
- Lau M, 2005. Integrated coastal zone management in the People's Republic of China—An assessment of structural impacts on decision-making processes. Ocean & Coastal Management, 48(2): 115—159
- Parravicini V, Rovere A, Vassallo P *et al*, 2012. Understanding relationships between conflicting human uses and coastal ecosystems status: A geospatial modeling approach. Ecological Indicators, 19: 253—263
- Wu Z X, Yu Z M, Song X X *et al*, 2013. The spatial and temporal characteristics of harmful algal blooms in the southwest Bohai Sea. Continental Shelf Research, 59: 10—17
- Yates K L, Schoeman D S, 2013. Spatial Access Priority Mapping (SAPM) with fishers: A quantitative GIS method for participatory planning. PloS ONE, 8: e68424

AN INTEGRATED METHODOLOGY FOR QUANTITATIVE ASSESSMENT ON IMPACT OF HUMAN ACTIVITIES ON MARINE ECOSYSTEMS: A CASE STUDY IN LAIZHOU BAY, CHINA

LI Yan-Feng^{1,2}, SONG Xiu-Xian¹, WU Zai-Xing¹, YU Zhi-Ming¹

(1. Key laboratory of Marine Ecology and Environmental Science, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract A proper balance between economic development and ecological environment is a major issue for coastal management. However, it is difficult to quantify the impact of human activities on marine ecosystems for the balance. Therefore, in terms of the impact intensity and spatial location, we proposed an integrated methodology for spatial quantification of relationship between human activities and marine ecosystems (SQRHM), which includes conceptual framework, indicator system, weights, standards, and computing formulas. In this method, the impact value is set between 0—1 and the impact status is divided equally into four levels: weak, medium, strong, and extremely strong. As an example, the impact of human activities on marine ecosystems in Laizhou Bay, China, was studied. The results show that the average impact value was 0.425 in the bay in overall, or at the medium level. The human activities included sewage disposal, reclamation engineering, and harbor activities. The impact status varied in different areas. Of the study area, 40% was scored *strong*, 44% *medium*, and 16% for *weak*. Spatial analysis indicated that the human impact on coastal water was stronger than on open-sea water, and the area under *strong* impact occurred mainly in the southwest of the bay, while *weak* in the open sea to the north. The result provides an integrated tool for coastal management of the Blue Economic Zone of Shandong Peninsula of China.

Key words human activities; marine ecosystems; impact assessment; spatial quantization; Laizhou Bay