

DOI: 10.5846/stxb201407311537

李志伟, 崔力拓. 集约用海对海洋资源影响的评价方法. 生态学报, 2015, 35(16): 5458-5466.

Li Z W, Cui L T. Assessment method for determining the influence of intensive sea use on marine resources. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(16): 5458-5466.

# 集约用海对海洋资源影响的评价方法

李志伟<sup>1,\*</sup>, 崔力拓<sup>2</sup>

1 河北农业大学海洋学院, 秦皇岛 066003

2 中国环境管理干部学院, 秦皇岛 066004

**摘要:** 集约用海是一种相对科学、高效、生态的用海方式, 但也不可避免的要占用和消耗海洋资源。因此开展集约用海对海洋资源影响的科学评估, 将集约用海对海洋资源的影响降到最低就尤为重要。通过分析集约用海工程对海洋资源的影响, 明确了集约用海工程对海洋资源影响评价的主要内容和思路, 从海洋资源的复杂性及其开发利用角度, 构建了基于海洋生物资源、海洋空间资源、港口航道资源、滨海旅游资源和其它资源的集约用海对海洋资源影响的综合评价指标体系。其中, 从浮游植物、浮游动物、底栖生物和鱼类生物方面反映集约用海工程对海洋生物资源的影响; 从滨海湿地、岸线、海域空间利用变化方面反映集约用海工程对海域空间资源的影响; 从水动力变化、港口资源利用方面反映集约用海工程影响下港口航道资源的影响; 从旅游资源密度反映集约用海工程对滨海旅游资源的影响; 从矿产资源、能源资源利用方面反映集约用海工程对其它资源的影响。在此基础上, 根据我国海洋资源调查与评估现状, 研究并确立了集约用海对海洋资源影响的各评价指标权重、评价标准及评价等级, 建立了基于赋值法、综合评价法的集约用海对海洋资源影响的综合评价模型, 利用综合评估指数  $I$  来反映集约用海工程对海洋资源的影响程度。利用该评价方法评价了曹妃甸区域集约用海对海洋资源的影响, 结果表明该区域集约用海对海洋资源造成的影响较大, 应严格控制该区域集约用海工程。

**关键词:** 集约用海; 海洋资源; 评价指标体系; 评价等级

## Assessment method for determining the influence of intensive sea use on marine resources

LI Zhiwei<sup>1,\*</sup>, CUI Lituo<sup>2</sup>

1 Ocean College, Agricultural university of Hebei, Qinhuangdao 066003, China

2 Environmental management college of China, Qinhuangdao 066004, China

**Abstract:** The intensive sea use refers to a centralized development mode with multiple marine engineering projects in a specific area which were uniformly planned and deployed. It is considered as a highly scientific, efficient, and ecological method that can help to achieve an optimal balance of ocean development and protection. However, it inevitably involves high consumption of marine resources, and could even result in the destruction of marine resources. Therefore, in order to minimize the influence of intensive sea use on marine resources, detailed scientific assessments are required. By analyzing the influence of intensive sea use projects on marine resources, the main assessment components and concepts were determined, and a comprehensive assessment index system was developed based on port and channel resources (including hydrodynamic changes and port resource use), coastal tourism resources (including density of use), marine biological resources (including phytoplankton, zooplankton, benthos, and fish), marine space resources (including wetlands, the

**基金项目:** 海洋公益性行业科研专项资助项目(201005009); 河北省应用基础研究计划重点基础研究项目(13963302D, 15963301D); 河北省科学技术研究与发展计划项目(12453571)

**收稿日期:** 2014-07-31; **修订日期:** 2015-03-18

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhiweili1975@163.com

coastline, and marine space), and other resources (including the use of minerals and energy). According to the investigation and assessment of marine resources in China, the evaluation index weight, evaluation standard, and evaluation grade of the influence of intensive sea use on marine resources were determined and studied. An assessment model based on the assignment method and the comprehensive index method was also established, which can be used to assess the influence of intensive sea use on marine resources. The influence of the degree of intensive sea use on marine resources can be quantitatively determined by the comprehensive evaluation index ( $I$ ) before and after the completion of an intensive sea use project. Based on this model, when  $I < 25$ , the marine resources suffer a slight impact; when  $25 \leq I < 50$ , the marine resources suffer a general or moderate impact; when  $50 \leq I < 75$ , the marine resources suffer a larger impact; and when  $I \geq 75$ , the marine resources are severely affected. By using this evaluation method, the influence of intensive sea use on marine resources in the Caofeidian area was assessed. The results showed that the influence of intensive sea use in the Caofeidian area was large, indicating that the intensive sea use project should be strictly controlled in this area.

**Key Words:** intensive sea use; marine resources; evaluation index system; evaluation grade

集约用海是科学适度的用海,是根据区域海域的适宜性,按照统一的规划和部署,一个区域内多个海洋工程项目集中成片开发的用海方式。集约用海不同于传统的围填海,在布局上改变传统的分散用海方式,在适宜海域实行集中连片适度规模开发;在结构上改变传统的粗放用海方式,提高单位岸线和用海面积的投资强度,从而占用最少的岸线和海域,实现最大的经济效益。相对于单个围填海项目或工程,集约用海是一种更为高效、生态和科学的用海方式<sup>[1]</sup>。但集约用海也不可避免地要占用和消耗海洋资源,还可能会改变海洋水动力条件,减少天然湿地的面积,破坏海洋生物栖息环境等<sup>[2]</sup>。因此如何将集约用海对海洋资源的影响降低到最小,开展集约用海对海洋资源影响的科学评估就尤为重要。欧盟“奥斯巴公约”成员国认为围填海对物种、生境和生态系统的影响过程仍知之甚少,强调需要进一步监测和评估<sup>[3]</sup>;荷兰以 Maasvlakte 围填海工程为试点项目,确定了生态影响评估的关键因子<sup>[4]</sup>;Kang 和 Lee 等人通过对韩国灵山河口木浦沿海围填海对水动力的影响进行了评估<sup>[5-6]</sup>;国内外相关研究结果也证实了围填海对浮游生态系统的影响,韩国新万金围填海工程使得浮游植物优势种发生演替<sup>[7-11]</sup>。国内于定勇等人构建了基于 PSR 模型的围填海对海洋资源影响的评价方法<sup>[12]</sup>;刘述锡等人利用综合评价法建立了围填海生态环境效应评价方法<sup>[13]</sup>;索安宁等人对围填海的环境影响进行了评价<sup>[14]</sup>;更多的学者从货币价值的角度对围填海对海洋资源的影响进行评估<sup>[15-17]</sup>。现有的研究成果主要集中在单个围填海工程对资源、环境的影响或围填海工程对海洋水动力、海洋生态等影响,而有关集约用海影响的研究比较欠缺,仅有罗先香等人就集约用海对海洋生态的影响进行了相关的研究<sup>[18]</sup>,但集约用海对海洋资源影响的综合评价方法和评价指标体系方面尚未见相关报道。

本文参考国内外研究成果,以层次分析法、赋值法和综合评价法为基础,从海洋生物资源、海洋空间资源、港口航道资源、滨海旅游资源等方面对海洋资源进行综合表征,构建了集约用海对海洋资源影响的综合评价指标体系,研究了集约用海对海洋资源影响的评估方法,为集约用海的科学管理和海洋资源的保护提供技术依据。

## 1 集约用海对海洋资源的影响

集约用海对海洋资源影响评价目的是分析集约用海活动对海洋资源的影响程度,提出减少其影响的对策措施,更好地利用、保护和管理海洋资源。因此需要就集约用海对海洋资源的影响进行全面分析。综合相关学者的研究成果<sup>[2-14]</sup>,集约用海对海洋资源的影响主要表现在以下几个方面:

### (1) 集约用海对海洋生物资源的影响

集约用海活动不仅占用大量滩涂,而且减弱海流流速,加速淤积,改变底质成份,进而改变用海范围内海洋生物原有的栖息环境,造成生物多样性、均匀度和生物密度下降,渔获量减少,许多重要的渔业资源产卵场

随之消失,渔场外移,使近海渔业资源遭到严重损害。集约用海活动实施期间导致海水中悬浮物增加,悬浮颗粒会黏附在浮游动物体表面,干扰其正常的生理功能,造成内部消化系统紊乱,从而导致浮游动物生物量的降低。集约用海活动实施过程中造成的悬浮物浓度增加还会使水体透光性减弱,光强减少,对浮游植物的光合作用起阻碍作用;同时陆域的形成减少了海域面积和水体体积,相对减少了浮游植物的生长空间,减少了区域浮游植物的总量,从而可能影响整个食链。相对于集约用海活动对浮游生物群落的影响,集约用海对底栖生物群落的威胁来得更直接;集约用海工程海洋取土、吹填、掩埋等造成海域生存条件剧变,占用和破坏了海洋底栖生物的栖息空间,导致底栖生物数量减少,群落结构改变,生物多样性降低<sup>[19-20]</sup>。

### (2) 集约用海对海洋空间资源的影响

在各种海洋资源中,集约用海对海洋空间资源的占用最为明显。由于各种集约用海工程的实施,一定呈上占用了海洋空间资源,不断蚕食海域和滩涂,海域空间利用率会逐步升高。由于集约用海工程建设占用自然岸线,将自然岸线变为人工岸线,导致自然岸线长度缩短和人工岸线长度增加,自然岸线保有率逐步降低。大规模的集约用海活动会占据天然滨海湿地,将其转化为建设用地,从而改变了湿地的自然属性,这不仅导致自然湿地面积的减少,也严重影响湿地在气候调节、水文调节、污染物净化等方面的功能<sup>[21]</sup>,对湿地造成不可逆转的破坏。

### (3) 集约用海对港口航道资源的影响

集约用海工程的实施,可能阻断或影响水流,导致区域水动力条件减弱,海域纳潮量减少;工程区附近流场将有所改变,水流流速和流向均可能发生改变<sup>[22]</sup>;随着海域水动力条件的变化,岸滩局部可能会发生比较明显的冲淤变化,改变底质成分。同时集约用海工程施工过程中,机械搅动、吹沙填海、航道疏浚等活动也会改变海域的水文特征。随着集约用海活动的实施及后期的项目建设,对港址资源需求也会进一步加大,宜港岸线资源也将会逐步被港口所取代。

### (4) 集约用海对滨海旅游资源及其他资源的影响

集约用海工程建设可能会占据一定的景观资源,而导致滨海旅游资源密度降低;但也可能集约用海工程并没有占用旅游资源,相反由于工程影响的扩大,形成具有旅游价值的工程景观,丰富当地的旅游资源。另外随着集约用海工程的实施及后期项目的建设,集约用海区域内的矿产资源、能源资源等的开发利用强度也可能进一步加大。

## 2 研究方法

### 2.1 集约用海对海洋资源影响评价指标体系的构建

集约用海对海洋资源的影响是比较复杂的,是海洋资源在受到过去、现在及未来可预见的集约用海活动的影响下所发生的响应和变化,且各种变化之间具有一定的相关性(图1)。

集约用海对海洋资源影响的复杂性和海洋资源类型的多样性,决定了其评估指标体系将是一个多目标多层次递阶结构形式指标体系。根据上文的分析,本文在综合考虑了国内外研究成果的基础上<sup>[11-14,23-25]</sup>,采用德尔菲法进行初步评定、专家咨询、信息反馈、统计处理和综合归纳,最后确定评价指标。基本过程如下:(1)收集集约用海区域相关海洋资源、海洋生态环境的资料,提出评价系统的综合目标和层次目标及其受影响因素;(2)分析和比较各海洋资源影响因素之间的联系与制约,筛选适当合理的评价指标;(3)采用德尔菲法,对评价指标及其层次结构进行了4轮优化决策,最终得出评价指标体系(表1)。目标层是集约用海对海洋资源影响评价指标体系的最高层,是一个反映集约用海对海洋资源影响程度的综合评估指数;通过系统分析方法,对不同类型海洋资源进行综合评估而获得集约用海对海洋资源影响程度的综合评估指数,将指数值与集约用海对海洋资源影响程度评估等级标准比较,可确定集约用海对海洋资源的影响程度。准则层对目标层的进一步说明,包括海洋生物资源、海洋空间资源、港口航道资源、滨海旅游资源和其他资源五个方面。因素层是对准则层的进一步明确。指标层是可通过计算或总计资料中获取的指标变量,具体指标的确定是根

据评估目的,基于我国现阶段海洋资源的调查与评估能力基础上<sup>[26-28]</sup>,并结合专家咨询法确定。具体指标可以根据评价区域资源的特点有所差异,所考虑的侧重点和评价因子可以不同。

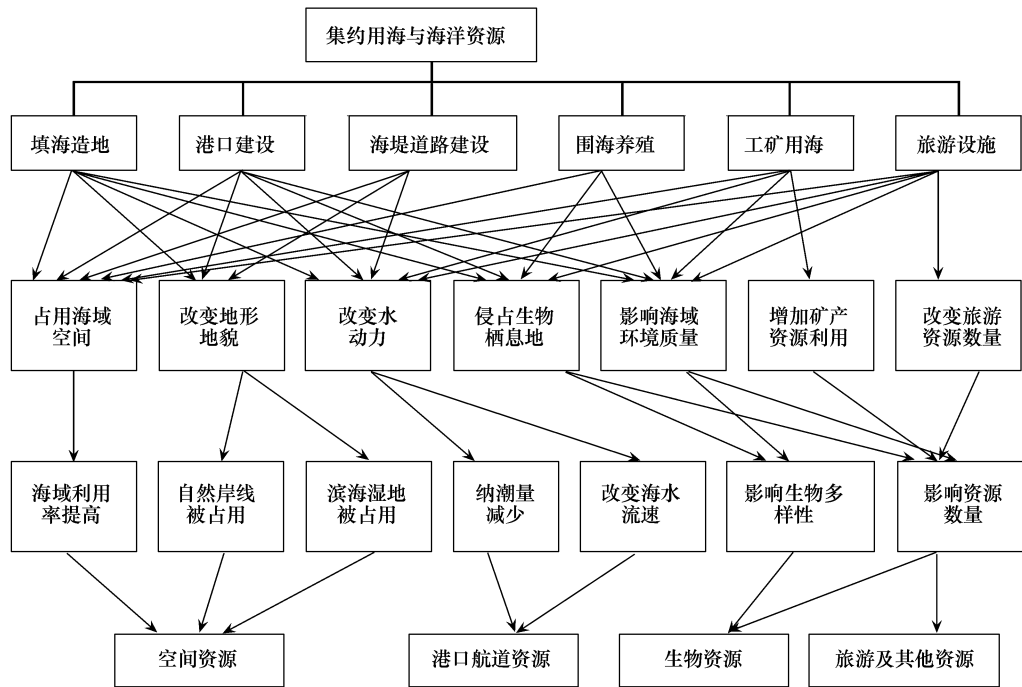


图 1 集约用海与海洋资源相关性示意图  
Fig.1 Correlativity of the intensive sea use and marine resources

表 1 集约用海对海洋资源影响评价指标体系

| 目标层<br>Objective                                                                         | 准则层<br>Criterion | 因素层<br>Factor | 指标层<br>Index               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|----------------------------|
| 集约用海对海洋资源影响评价<br>The influence assessment of<br>intensive sea use on<br>marine resources | 海洋生物资源(0.358) *  | 浮游植物(0.167)   | 浮游植物密度(0.5)、浮游植物多样性(0.5)   |
|                                                                                          |                  | 浮游动物(0.167)   | 浮游动物生物量(0.5)、浮游动物多样性(0.5)、 |
|                                                                                          |                  | 底栖生物(0.499)   | 底栖生物生物量(0.5)、底栖生物多样性(0.5)  |
|                                                                                          |                  | 鱼类(0.167)     | 鱼卵和仔鱼密度(1.0)               |
|                                                                                          |                  |               |                            |
|                                                                                          | 海洋空间资源(0.207)    | 湿地(0.283)     | 自然湿地面积保有率(1.0)             |
|                                                                                          |                  | 岸线(0.327)     | 自然岸线保有率(1.0)               |
|                                                                                          |                  | 海域(0.390)     | 海域空间利用率(1.0)               |
|                                                                                          | 港口航道资源(0.305)    | 水动力(0.333)    | 纳潮量减少率(0.5)、最大流速减小率(0.5)   |
|                                                                                          |                  | 港口资源(0.667)   | 宜港岸线利用率(1.0)               |
|                                                                                          | 滨海旅游资源(0.08)     | 旅游资源密度(1.0)   | 旅游资源密度损失率(1.0)             |
|                                                                                          | 其他资源(0.05)       | 矿产资源(0.5)     | 矿产资源利用变化率(1.0)             |
|                                                                                          |                  | 能源资源(0.5)     | 能源资源利用变化率(1.0)             |

\* 括号内数字为各级指标的权重

2.2 集约用海对海洋资源影响的评价方法

2.2.1 评价指标标准化方法

集约用海对海洋资源影响的评价指标可以直接量化,但由于各指标之间缺乏可比性,需要对指标进行标准化处理。本文采用赋值法进行指标的标准化,但由于集约用海对海洋资源影响的评价指标目前学术界尚没有统一的评价标准,本文确定各指标的评价标准主要采用以下方法:(1)参考国内外相关研究文献;海洋生物资源指标的评价标准参考了蔡立哲等、贾晓平等和陈清潮等文献中生物量、生物多样性评价标准<sup>[29-31]</sup>;自然

湿地面积保有率评价标准借鉴了滨海湿地生态安全评价标准<sup>[32]</sup>;鱼卵及仔鱼密度评价标准参考近岸海洋生态健康评价指南中的推荐值<sup>[26]</sup>;纳潮量减少率、最大流速减小率参考了海湾围填海规划评价标准<sup>[33]</sup>;(2)参考国家、行业和地方文件规范:自然岸线保有率、海域空间利用率评价标准借鉴了渤海海洋生态红线中相关的规定<sup>[34]</sup>;(3)专家评判:对于旅游资源密度变化率、宜岸线利用率、矿产资源利用率和能源资源利用率,目前尚难以通过文献和相关规定来确定评价标准,本文通过向相关领域多位专家咨询,将各位专家的评判结果综合给出评价标准。各指标的评价标准见表2,各评价指标的评价标准为推荐值,可根据评价区域实际情况采用专家评判法或 AHP 法进行确定。

表2 集约用海对海洋资源影响的评价指标的评价标准

Table 2 Assessment standard of index in the influence of intensive utilization of ocean on marine resources

| 指标层<br>Index                                                        | 影响较小<br>Sight | 影响一般<br>General            | 影响较大<br>Large          | 影响严重<br>Severe | 综合权重<br>Weight |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|----------------|----------------|
| 浮游植物密度/(10 <sup>4</sup> 个/m <sup>3</sup> )<br>Phytoplankton density | ≥75           | 50—75                      | 20—50                  | <20            | 0.030          |
| 浮游植物多样性<br>Phytoplankton diversity                                  | ≥2.5          | 1.6—2.5                    | 0.6—1.6                | <0.6           | 0.030          |
| 浮游动物生物量/(mg/m <sup>3</sup> )<br>Zooplankton biomass                 | ≥50           | 30—50                      | 10—30                  | <10            | 0.030          |
| 浮游动物多样性<br>Zooplankton diversity                                    | ≥2.5          | 1.6—2.5                    | 0.6—1.6                | <0.6           | 0.030          |
| 底栖生物生物量/(g/m <sup>2</sup> )<br>Benthos biomass ≥25                  | 10—25         | 5—10                       | <5                     | 0.089<br>0.089 |                |
| 底栖生物多样性<br>Benthos diversity                                        | ≥3            | 2—3                        | 1—2                    | <1             | 0.060          |
| 鱼卵及仔鱼密度/(个/m <sup>3</sup> )<br>Fish eggs and larvae density         | ≥50           | 30—50                      | 5—30                   | <5             |                |
| 自然湿地面积保有率/%<br>The retention rate of natural wetlands area          | ≥85           | 75—85                      | 65—75                  | <65            | 0.059          |
| 自然岸线保有率/%<br>The retention rate of natural shoreline                | ≥50           | 40—50                      | 30—40                  | <30            | 0.068          |
| 海域空间利用率/%<br>The utilization rate of ocean space                    | ≤10           | 10—25                      | 25—40                  | >40            | 0.081          |
| 纳潮量减少率/%<br>The reduction rate of tidal volume                      | ≤2            | 2—3                        | 3—5                    | >5             | 0.051          |
| 最大流速减小率/%<br>The reduction rate of maximum flow velocity            | ≤5            | 5—7                        | 7—10                   | >10            | 0.051          |
| 宜岸线利用率/%<br>The utilization rate of port shoreline                  | ≤10           | 10—30                      | 30—50                  | >50            | 0.203          |
| 旅游资源密度损失率/%<br>The loss rate of tourism resource density            | >-125—≤10     | 10—20 或<br>>-150—<br>≤-125 | 20—40 或<br>>-200—≤-150 | >40 或<br>≤-200 | 0.080          |
| 矿产资源利用变化率/%<br>The change rate of mineral resource utilization      | ≤25           | 25—35                      | 35—45                  | >45            | 0.025          |
| 能源资源利用变化率/%<br>The change rate of energy resource utilization       | ≤25           | 25—35                      | 35—45                  | >45            | 0.025          |
| 赋值(分)<br>Assignment (Point)                                         | 10            | 40                         | 70                     | 100            |                |

### 2.2.2 评价指标权重的确定

由于不同的评价指标对评价结果的重要性不同,因此在实际评价过程中,需要结合集约区域海洋资源的特征和开发利用的重点,对每一个评价指标赋予一定的权重,以体现其在评估中的重要性差异。本文采用层次分析法(AHP)和专家咨询法来确定各评价指标的权重。

把解决的集约用海对海洋资源的影响程度问题作为目标层,首先运用层次分析法构造准则层评价指标判

断矩阵,确定准则层评价指标的权重并进行一致性检验;确定准则层指标权重后,进行 3 轮专家调查(每次不少于 15 人),利用德尔菲法在分析专家调查结果可信度基础上,确定因素层评价指标权重;然后采用与因素层同样的方法,确定指标层的权重。集约用海对海洋资源影响评价综合权重值见表 2。各指标的评价标准和权重为建议值,可根据实际集约用海区域的具体情况采用专家评判法或层次分析法确定或调整。

### 2.2.3 评价方法

集约用海对海洋资源的影响综合评价采用赋值综合评价法进行评价。根据集约用海对海洋资源影响评价指标的评价标准(表 2),结合每一个评价指标实际值对评价指标进行赋值。如果评价指标值处于集约用海对资源影响较小等级,即赋值 10 分;如果处于影响一般的等级则赋值 40 分;如果处于影响较大等级则赋值 70 分;若处于影响严重等级则赋值 100 分。然后根据公式(1)计算集约用海对海洋资源影响综合评估指数。

集约用海对海洋资源影响综合评估指数:

$$I = \sum_{i=1}^n A_i \times V_i \quad (1)$$

式中,  $I$  为集约用海对海洋资源影响综合评估指数,  $A_i$  为评价指标的综合权重值,  $V_i$  为评价指标得分值,  $n$  为评价指标的数目。

根据相关研究文献<sup>[11-13,24,26,33]</sup>,确定集约用海对海洋资源影响程度分级标准,分级结果见表 3。集约用海对海洋资源的影响评估值  $I \geq 75$  时,表明集约用海对海洋资源的影响严重;  $50 \leq I < 75$  时,表明集约用海对海洋资源的影响较大;  $25 \leq I < 50$  时,表明集约用海对海洋资源的影响一般;  $I < 25$  时,表明集约用海对海洋资源的影响较小。

表 3 集约用海对海洋资源影响评价等级

Table 3 Assessment grade of the influent of intensive utilization of ocean on marine resources

| 评价指数<br>Assessment index | 评价等级<br>Assessment grade | 等级特征<br>Characteristic of each grade                                                                                                                                                              | 接受程度<br>Acceptance |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| $I < 25$                 | 影响较小                     | 海洋资源受到干扰或破坏较小,功能较好,受干扰后一般可恢复,其中生物量损失 $\leq 10\%$ ,海域空间利用率 $\leq 10\%$ ,水动力指标变化 $\leq 3\%$ ,旅游资源密度损失 $-125\% \sim -10\%$ ,其他资源利用率 $\leq 25\%$ 。                                                    | 影响可接受,可以适当进行集约用海   |
| $25 \leq I < 50$         | 影响一般                     | 海洋资源已经受到一定的干扰或破坏,脆弱且敏感,受干扰后易恶化,但尚可维持基本功能,其中生物量损失 $10\% \sim 20\%$ ,海域空间利用率 $10\% \sim 25\%$ ,水动力指标变化 $3\% \sim 6\%$ ,旅游资源密度损失 $10\% \sim 20\%$ 或 $-125\% \sim -150\%$ ,其他资源利用率 $25\% \sim 35\%$ 。 | 影响可有条件接受,应慎重进行集约用海 |
| $50 \leq I < 75$         | 影响较大                     | 海洋资源受到较大程度的干扰或破坏,功能衰退明显,其中生物量损失 $20\% \sim 35\%$ ,海域空间利用率 $25\% \sim 40\%$ ,水动力指标变化 $6\% \sim 9\%$ ,旅游资源密度损失 $20\% \sim 40\%$ 或 $-150\% \sim -200\%$ ,其他资源利用率 $35\% \sim 45\%$ 。                  | 影响不可接受,应严格控制集约用海   |
| $I \geq 75$              | 影响严重                     | 海洋资源受到严重的干扰或破坏,功能丧失,其中生物量损失 $> 35\%$ ,海域空间利用率 $> 40\%$ ,水动力指标变化 $> 9\%$ ,旅游资源密度损失 $> 40\%$ 或 $\leq -200\%$ ,其他资源利用率 $> 45\%$ 。                                                                    | 影响不可接受,应严格控制集约用海   |

### 3 实证研究

曹妃甸区域位于河北省唐山市南部,是环渤海的中心区域,现辖“两区一县一城”,规划面积  $1943 \text{ km}^2$ ,陆地海岸线约  $80 \text{ km}$ 。2003 年起,曹妃甸区域在西起双龙河口、东至青龙河口,大陆岸线与沙岛岸线之间的区域,以填筑、开挖相结合的方式,逐步开始实施大规模的集约用海工程。随着集约用海工程的实施,大量岸线资源被占用,如:2005 年曹妃甸工业区自然岸线  $19.97 \text{ km}$ ,2008 年自然岸线为  $3.19 \text{ km}$ ,2010 年自然岸线全部消失,全部形成人工岸线;2008 年曹妃甸工业区填海面积为  $154.07 \text{ km}^2$ ,2010 年填海面积增加到  $183.92 \text{ km}^2$ ,2011

年填海面积增加到 199.05km<sup>2</sup>,2012 年围填海总面积为 223.87km<sup>2</sup><sup>[14]</sup>。随着曹妃甸区域的逐步开发,带动了邻近区域的开发建设,逐步形成了由曹妃甸新区、乐亭新区、丰南沿海工业区和芦汉经济开发区的构成“四点一带”宏伟的集约用海格局。随着各项集约用海工程的逐步实施,到 2011 年整个曹妃甸区域自然岸线保有率仅为 23.50%,大部分转化成港口岸线、工矿岸线、旅游娱乐岸线及城镇岸线。

根据曹妃甸区域集约用海规划及实施情况,以集约用海前 2003 年为基准年,以 2011 年(集约用海第一阶段完成)曹妃甸海域现场调查结果和相关统计数据(表 4)以及所建立的集约用海对海洋资源的影响评价方法,对曹妃甸区域集约用海对海洋资源的影响进行评价分析。其中旅游资源密度、矿产资源利用和能源资源利用数据来源于《2003 年唐山市统计年鉴》和《2011 年唐山市统计年鉴》,生物资源类、港口航道资源数据来源于 2003 年和 2011 年实地调查,空间资源数据来源于 2003 年和 2011 年美国陆地卫星 Landsat TM 数据、“环境一号”卫星数据和中巴资源卫星(CBERS)的 CCD 数据。

表 4 曹妃甸区域海洋资源调查结果(2011 年)

Table 4 The survey results of marine resources in Caofeidian (2011)

| 指标层 Index                                                        | 赋值 Assignment |     |
|------------------------------------------------------------------|---------------|-----|
| 浮游植物密度 Phytoplankton density/(10 <sup>4</sup> 个/m <sup>3</sup> ) | 29.30         | 70  |
| 浮游植物多样性 Phytoplankton diversity                                  | 2.32          | 40  |
| 浮游动物生物量 Zooplankton biomass/(mg/m <sup>3</sup> )                 | 154.00        | 10  |
| 浮游动物多样性 Zooplankton diversity                                    | 2.13          | 40  |
| 底栖生物生物量 Benthos biomass/(g/m <sup>2</sup> )                      | 9.60          | 70  |
| 底栖生物多样性 Zooplankton diversity                                    | 1.58          | 70  |
| 鱼卵及仔鱼密度 Fish eggs and larvae density/(个/m <sup>3</sup> )         | 0.68          | 100 |
| 自然湿地面积保有率 The retention rate of natural wetlands area/%          | 66.37         | 70  |
| 自然岸线保有率 The retention rate of natural shoreline/%                | 23.50         | 100 |
| 海域空间利用率 The utilization rate of ocean space/%                    | 64.50         | 100 |
| 纳潮量减少率 The reduction rate of tidal volume/%                      | 0.12          | 10  |
| 最大流速减小率 The reduction rate of maximum flow velocity/%            | 2.63          | 10  |
| 宜港岸线利用率 The utilization rate of port shoreline/%                 | 56.30         | 100 |
| 旅游资源密度变化率 The loss rate of tourism resource density/%            | -400.00       | 100 |
| 矿产资源利用变化率 The change rate of mineral resources utilization/%     | 0.00          | 10  |
| 能源资源利用变化率 The change rate of engery resources utilization/%      | 0.00          | 10  |

根据确定的各评价指标的权重,采用综合指数法(公式 1)计算曹妃甸区域集约用海对海洋资源影像的综合评价指数,评价结果见表 5。评价结果表明,曹妃甸区域集约用海对海洋资源的影响较大,其影响已不可接受,应严格控制集约用海。从不同海洋资源分析,对海洋生物资源和港口航道资源的影响较大,从调查数据来看,与集约用海前相比,海洋生物多样性显著降低,浮游植物、浮游动物和底栖生物多样性分别降低了 35.01%、17.12%和 42.54%。曹妃甸区域集约用海工程对海洋空间资源的影响已属严重影响,自 2003 年曹妃甸区域集约用海工程开始实施,到 2011 年区域内自然湿地面积减少 33.63%,自然岸线保有率仅为 23.50%,仅曹妃甸工业区围填海面积达到 199.05km<sup>2</sup>,区域内海域空间利用率大幅提高。曹妃甸区域集约用海工程对滨海旅游资源的影响也达到严重影响水平,但与对空间资源的影响有所不同;集约用海前曹妃甸区域滨海旅游资源的密度仅为 0.001 个/km<sup>2</sup>,随着曹妃甸区域集约用海工程的逐步开展,形成了工程景观,同时带动了区域内旅游资源的开发,滨海旅游资源的密度 2011 年达到了 0.005 个/km<sup>2</sup>;因此曹妃甸集约用海工程的实施提高了曹妃甸区域滨海旅游资源的密度。曹妃甸区域集约用海工程对水动力的影响较小,但由于曹妃甸港的建设,一半以上的宜港岸线被利用,总体上对港口资源的影响比较大。曹妃甸区域有着丰富的矿产资源和能源资源,但有待开采利用,因此集约用海对矿产资源和能源资源尚没有产生影响。这一评价结果与索安宁等人<sup>[14]</sup>对曹妃甸开展的回顾性评价以及生态服务功能损失评估的结果相符,说明上述评价方法是可行的。由

评价结果来看,曹妃甸区域在以后集约用海项目建设中应加强对集约用海项目的论证,尽量减少对自然岸线和现有滩涂的占用,注重保护渔业资源、空间资源,提高集约用海水平。

表 5 曹妃甸区域集约用海对海洋资源影响评价结果

Table 5 Assessment results of the influence of intensive sea use on marine resources in Caofeidian

| 评价指数 Assessment index                                                                                             | 评分值 Value | 评价等级 Assessment grade |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|
| 海洋生物资源评价指数<br>The assessment index of marine biological resources                                                 | 64.99     | 影响较大                  |
| 海洋空间资源评价指数<br>The assessment index of marine space resources                                                      | 91.51     | 影响严重                  |
| 港口航道资源评价指数<br>The assessment index of port and channel resources                                                  | 70.03     | 影响较大                  |
| 滨海旅游资源评价指数<br>The assessment index of coastal tourism resources                                                   | 100.00    | 影响严重                  |
| 其他资源评价指数<br>The assessment index of other resources                                                               | 10        | 影响较小                  |
| 集约用海对海洋资源影响综合评价指数<br>The comprehensive assessment index of the influence of intensive sea use on marine resources | 72.07     | 影响较大                  |

4 结论与讨论

集约用海对海洋资源影响评价是实现优化用海的技术之一,是开展集约用海管理的一项基础性工作。本文从海洋资源的复杂性及其开发利用角度出发,构建了由海洋生物资源、海洋空间资源、港口航道资源、滨海旅游资源和其它资源构成的集约用海对海洋资源影响的评价指标体系,初步确定了各评价指标的评价标准,研究了集约用海对海洋资源影响评价的技术方法,构建了赋值综合评价模型。该评价指标体系从集约用海对海洋资源的主要影响要素出发,从浮游植物、浮游动物和底栖生物角度反映集约用海工程影响下海洋生物资源的变化;从滨海湿地变化、海域空间利用变化方面反映集约用海工程影响下海域空间资源的变化;从水动力变化、港口资源利用角度反映集约用海工程影响下港口航道资源的变化;从旅游资源密度变化反映集约用海工程影响下滨海旅游资源的变化;从矿产资源、能源资源的角度反映集约用海工程影响下其它资源的变化。评价指标体系结构明晰,其评价结果能够比较全面客观的反映不同海洋资源状态的变化和受影响程度,对不同集约用海区域均具有一定的适用性。集约用海对海洋资源影响的评价技术和方法结合了我国海洋资源调查和评估现状,以层次分析法、赋值法和综合评价法为基础,技术方法比较成熟,具有较强的可操作性。

然而,由于海洋资源具有空间变异性的特征,不同区域集约用海规模性质不尽相同,集约用海管理中面临的问题和为解决问题而采取的目标和手段也会有所差异,因此针对具体的集约用海区域,为集约用海管理服务的集约用海对海洋资源影响的具体评估指标的选取,需要根据评估目的和评估区域的不同特点,具体问题具体分析。针对不同集约用海区域,如何更加科学的选择具有代表性的与海洋资源变化密切相关的特征指标将会是未来这一领域的研究重点。另外,评价指标的评价标准、权重和评价等级为参考值,部分指标目前尚没有可参考的标准,只是根据专家评判和相关研究拟定的,这可能会影响评价结果的可靠性,有待以后进一步研究完善。集约用海对海洋资源影响的评价涉及评价指标的筛选、评价标准的确定、评价等级的划分等内容,非常复杂。在实际工作中,对于不同的集约用海区域,其衡量标准和方法可能会有一定的差异,需要根据具体问题进行调整。目前,集约用海对海洋资源的影响尚需从不同时间尺度和空间尺度开展科学的评价,这是今后研究的一项重要内容。

参考文献 (References):

[ 1 ] 孙丽,刘洪滨,杨义菊,谭勇华,王小波. 中外围填海管理的比较研究. 中国海洋大学学报: 社会科学版, 2010, (5): 40-46.

- [ 2 ] Kullenberg G. Regional co-development and security: a comprehensive approach. *Ocean & Coastal Management*, 2002, 45(11-12): 761-776.
- [ 3 ] McLusky D S, Elliott M. *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 2004.
- [ 4 ] 张明慧, 陈昌平, 索安宁, 林勇. 围填海的海洋环境影响国内外研究进展. *生态环境学报*, 2012, 21(8): 1509-1513.
- [ 5 ] Kang J W. Changes in tidal characteristics as a result of the construction of sea-dike/sea-walls in the Mokpo Coastal Zone in Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1999, 48(4): 429-438.
- [ 6 ] Lee H J, Chu Y S, Park Y A. Sedimentary processes of fine-grained material and the effect of seawall construction in the Daeho macrotidal flat-nearshore area, northern west coast of Korea. *Marine Geology*, 1999, 157(3/4): 171-184.
- [ 7 ] Healy M G, Hickey K R. Historic land reclamation in the intertidal wetlands of the Shannon estuary, western Ireland. *Journal of Coastal Research*, 2002, 36: 365-373.
- [ 8 ] Koo B J, Shin S H, Lee S. Changes in benthic macrofauna of the Saemangeum tidal flat as result of a drastic tidal reduction. *Ocean and Polar Research*, 2008, 30(4): 485-495.
- [ 9 ] Shin T S, Mikio A. Ecological and paleoecological implications of the rapid increase and decrease of an introduced bivalve *Potamocorbula sp.* after the construction of a reclamation dike in Isahaya Bay, western Kyushu, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2002, 185(3/4): 369-378.
- [ 10 ] Wu J H, Fu C Z, Lu F, Chen J K. Changes in free-living nematode community structure in relation to progressive land reclamation at an intertidal marsh. *Applied Soil Ecology*, 2005, 29(1): 47-58.
- [ 11 ] Peng B R, Hong H S, Hong J M, Chen W Q, Xue X Z, Peng J P. Ecological damage appraisal of sea reclamation and its application to the establishment of usage charge standard for filled seas: Case study of Xiamen, China. *Environmental Informatics Archives*, 2005, 3: 153-165.
- [ 12 ] 于定勇, 王昌海, 刘洪超. 基于 PSR 模型的围填海对海洋资源影响评价方法研究. *中国海洋大学学报*, 2011, 41(7/8): 170-175.
- [ 13 ] 刘述锡, 马玉艳, 卞正和. 围填海生态环境效应评价方法研究. *海洋通报*. 2010, 29(6): 707-711.
- [ 14 ] 索安宁, 张明慧, 于永海, 韩富伟. 曹妃甸围填海工程的环境影响回顾性评价. *中国环境监测*, 2012, 28(2): 105-111.
- [ 15 ] 王萱, 陈伟琪, 张路平, 郭伟. 同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估. *生态学报*, 2010, 30(21): 5914-5924.
- [ 16 ] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪, 薛雄志, 曹秀丽, 彭晋平. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究. *自然资源学报*, 2005, 20(5): 714-726.
- [ 17 ] 王静, 徐敏, 张益民, 朱蒙佳. 围填海的滨海湿地生态服务功能价值损失的评估—以海口市滨海新区围填海为例. *南京师大学报: 自然科学版*, 2009, 32(4): 134-138.
- [ 18 ] 罗先香, 朱永贵, 张龙军, 杨建强. 集约用海对海洋生态环境影响的评价方法. *生态学报*, 2014, 39(1): 182-189.
- [ 19 ] 袁兴中, 陆健健. 围垦对长江口南岸底栖动物群落结构及多样性的影响. *生态学报*, 2001, 21(10): 1642-1647.
- [ 20 ] 葛宝明, 鲍毅新, 郑祥. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型底栖动物群落生态学研究. *生态学报*, 2005, 25(3): 446-453.
- [ 21 ] 俞炜炜, 陈彬, 张路平. 海湾围填海对滩涂湿地生态服务累积影响研究——以福建兴化湾为例. *海洋通报*, 2008, 27(1): 88-94.
- [ 22 ] 聂源, 羊天柱, 许雪峰. 基岩海岸围填海工程后的流场变化. *海洋学研究*, 2009, 27(4): 45-54.
- [ 23 ] UNDP. *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. 3rd ed. New York: Department of Economic and Social Affairs United Nations, 2007.
- [ 24 ] Alves F L, Silva C P, Pinto P. The assessment of the coastal zone development at a regional level-the case study of Portuguese Central Area. *Journal of Coastal Research*, 2007, 50: 72-76.
- [ 25 ] Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A, Kappel C V, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno J F, Casey K S, Ebert C, Fox H E, Fujita R, Heinemann D, Lenihan H S, Madin E M P, Perry M T, Selig E R, Spalding M, Steneck R, Watson R. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 2008, 319(5865): 948-952.
- [ 26 ] 国家海洋局. HY/T087-2005 近岸海洋生态健康评价指南. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [ 27 ] 国家海洋局 908 专项办公室. 我国近海海洋综合调查与评价专项技术规程总则. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [ 28 ] 中国国家质量监督检验检疫总局. GB/T29726-2013 海湾围填海规划环境影响评价技术导则. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [ 29 ] 蔡立哲, 马丽, 高阳, 郑天凌, 林鹏. 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2002, 41(5): 641-646.
- [ 30 ] 贾晓平, 杜飞雁, 林钦, 李纯厚, 蔡文贵. 海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨. *中国水产科学*, 2003, 10(2): 160-164.
- [ 31 ] 中国科学院南沙综合科学考察队. 南海群岛海区浮游动物多样性研究. 南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究 I. 北京: 海洋出版社, 1994: 42-50.
- [ 32 ] 陈丽欣. 河北省滨海湿地生态安全评价与保护研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2010: 10-39.
- [ 33 ] 韩雪双. 海湾围填海规划评价体系研究—以罗源湾为例[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009: 1-71.
- [ 34 ] 国家海洋局. 关于建立渤海海洋生态红线制度的若干意见(国海发[2012]48号). 2012.