

海洋资源环境承载能力监测预警指标体系和技术方法示范性验证及修改建议

——以天津市汉沽海域为例

马玉艳^{1,2}, 张秋丰^{1,2,3}, 陈燕珍^{1,2}, 屠建波^{1,2}, 孙欢^{1,2},
薄文杰^{1,2}, 高文胜^{1,2}

(1. 国家海洋局天津海洋环境监测中心站 天津 300457; 2. 天津市海洋环境监测预报中心 天津 300457;

3. 国家海洋局第四海洋研究所 北海 536000)

摘要:文章采用《海洋资源环境承载能力监测预警指标体系和技术方法指南(草案稿)》(以下简称《技术指南》)开展了天津汉沽海域海洋资源环境承载能力评估试点研究与示范性验证,验证了《技术指南》中指标体系、评估阈值与评估方法的适用性,根据验证结果提出了相应的修改建议。建议:一是调整海洋空间资源承载能力影响因子;二是海洋环境承载状况建议以区域近10年水质达标率最大值作为可载的判断标准并增加沉积物综合污染指数;三是海洋生态承载状况指标建议采用游泳动物生物量指标,增加浮游生物、底栖生物指标并建议以区域10年平均值为基准;四是生态环境风险状态考虑赤潮面积;五是指标权重值确定建议采用层次分析法。综合考虑生态系统的完整性以及区域特点重新构建了天津汉沽海域海洋资源环境承载能力评估模型,该模型得出的评估结果总体上略好于《技术指南》。上述研究成果可为进一步完善国家海洋资源环境承载能力监测预警工作提供技术支撑。

关键词:海洋资源环境;承载能力;指标体系;示范性验证;天津汉沽海域

中图分类号:X82;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2018)11-0052-09

The Exemplary Verification and the Amendment Suggestions of the Index System and the Evaluation Method of Marine Resources and Environment Carrying Capacity Monitoring and Early-warning ——A Case Study of Hangu Sea Area of Tianjin

MA Yuyan^{1,2}, ZHANG Qiufeng^{1,2,3}, CHEN Yanzhen^{1,2}, TU Jianbo^{1,2},
SUN Huan^{1,2}, BO Wenjie^{1,2}, GAO Wensheng^{1,2}

(1. Tianjin Marine Environment Monitoring Central Station, Tianjin 300457, China; 2. Tianjin Marine Environment Monitoring and Forecast Center, Tianjin 300457, China; 3. Fourth institute of oceanography, SOA, Beihai 536000, China)

收稿日期:2018-04-25;修订日期:2018-10-10

基金项目:基于生态系统服务的海洋生态承载能力评价指标体系(SOA-REBC-2016-02)。

作者简介:马玉艳,工程师,硕士,研究方向为海洋生态环境监测与评价

通信作者:陈燕珍,高级工程师,研究方向为海洋环境污染与评价

Abstract: In this paper, the pilot study and exemplary verification of evaluation of marine resources and environment carrying capacity in Hangu sea area of Tianjin were carried out by the “Technical Manual of the Index System and evaluation methods of Marine Resources and Environment Carrying Capacity Monitoring and Early-Warning”. The index system, evaluation threshold and evaluation methods in the Technical Manual were verified, and the corresponding revising suggestions were put forward according to the results of the verification. There were five amendment suggestions. First, the impact factors of the capacity of marine space resources should be adjusted. Second, the maximum of the rate of water quality reaching standard in water environment function zones during the past 10 years should be taken as the standard of within carrying status and the pollution comprehensive index of sediment should be increased. Third, the cell abundance of phytoplankton, the density and the biomass of zooplankton and benthos, the biomass of nekton and the diversity index (H') should be used to the index of ecological carrying capacity and the average of past 10 years of these index should be taken as the standard. Fourth, the area of red tide should be used to the index of the state of ecological environment risk. Fifth, the weight of the index should be determined by the analytic hierarchy process (AHP). The evaluation model of the carrying capacity of marine resources and environment in Hangu sea area was rebuilt in consideration of the integrity of the ecosystem and the regional characteristics. The evaluation results obtained by the new model were generally slightly better than the technical Manual. The above research results can provide technical support for further improving the index system and evaluation methods of the monitoring and early-warning of marine resources and environmental carrying capacity.

Key words: Marine resources and environment, Carrying capacity, Index system, Exemplary verification, Hangu sea area of Tianjin

0 引言

承载力最初是工程地质领域中的一个力学概念,指物体在不产生任何破坏时所能承受的最大负荷,18世纪末该理念被引入人类统计学领域,1798年 Malthus 提出了资源环境对人口增长的限制性理论^[1]。随后,比利时数学家 Verhulst 将 Malthus 的基本理论以数学形式描述出来,这是承载力概念最原始的数学表达形式^[2]。历经 200 多年的发展,承载力经历了从种群承载力—资源承载力—环境承载力—生态承载力—区域承载力的演进过程,现已成为人类可持续发展度量和管理的依据,并广泛应用于环境、经济和社会等各个领域。海洋资源环境承载力是指一定时期和一定区域范围内,在维持区域海洋资源结构符合可持续发展需要,海洋生态环境功能仍具有维持其稳态效应能力的条件下,

区域海洋资源环境系统所能承载的人类各种社会经济活动的能力^[3]。

党的十八届三中全会通过的《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》明确指出,“建立资源环境承载能力监测预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施”。由此可知,承载力监测预警机制的建立成为全面深化改革的一项重大任务,是测度经济社会可持续发展水平,并在此基础上对不当人为开发活动提出预警并进行科学调控的重要管理抓手^[3-4]。为贯彻落实上述党的十八届三中全会精神,国家发改委制订了《“资源环境承载能力监测预警指标体系和技术方法研究”工作方案》,原国家海洋局负责海洋资源环境承载能力监测预警的研究,并将相关研究成果编写了《海洋资源环境承载能力监测预警指标体

系和技术方法指南(草案稿)》(以下简称《技术指南》)。为进一步深化推进海洋资源环境承载能力监测预警工作,完善监测预警指标体系和技术路线,加强与海洋功能区划、全国海洋经济发展、海洋生态红线等规划和制度的衔接,2015年原国家海洋局组织开展了对全国沿海县级行政单元海洋资源环境承载能力进行评估工作。天津市海洋局根据《2015年海洋资源环境承载能力监测预警工作任务》的要求,确定了以天津市汉沽海域为试点区域,开展天津市汉沽海域海洋资源环境承载能力的监测预警试点研究与示范验证工作,对《技术指南》的指标体系、指标阈值和评估方法等提出相应修改建议,为进一步完善国家海洋资源环境承载能力监测预警工作提供技术支撑。

1 试点区域概况及数据来源

天津汉沽海域为从天津市与河北省交界的津冀海域行政区域界线北线到永定新河口沿岸毗邻的海域,海岸线长 32 km,滩涂面积 77.2 km²。该海域海洋资源主要有港口航运、旅游、风能及盐业资源等;其盐业资源丰富,汉沽长芦盐区是中国最大的海盐产区之一,海盐质量优异,已经成为天津重要产业之一。该海域建有天津大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区,保护的重点是大神堂现有的泥质活牡蛎礁生态系统。天津汉沽海域功能定位为依托陆域的中新生态城,发展旅游业和渔业。目前该海域自然岸线只剩下大神堂自然岸线 8.94 km,其余的岸线都已被开发利用,利用类型主要有旅游用海、工业用海、围池坝用海等。截至 2014 年年底汉沽海域确权使用面积 1 623.951 hm²,用海主要集中在渔业用海(渔业基础设施用海)和工况用海(临海工业用海),两者用海占总用海面积的 96.83%。

根据《技术指南》,汉沽海域海洋资源环境承载能力监测预警评估指标数据主要来源于历年的《天津市海洋环境质量公报》、天津市海洋局以及天津海洋环境监测中心站对天津近岸海域历年来的监测数据。

2 海洋资源环境承载能力监测评估技术方法

2.1 评估指标体系的构建

采用《技术指南》中构建的海洋资源环境承载

能力监测预警指标体系,并根据汉沽海域的海洋资源环境状况,构建评估指标体系(表 1)。汉沽海域没有海岛,其评估指标体系中不包括海岛指标。岸线开发强度(S_1)的设置依据为主要岸线开发利用类型的综合资源环境效应,数据来源于天津市海洋局。海域开发强度(S_2)的设置依据为各种海域适用类型对海域资源总体耗用程度,数据来源于天津市海洋局。根据数据的可获得性,在海洋生态承载状况(E_2)评估中采用鱼卵仔鱼密度状况和典型生境最大受损率指标,其中典型生境最大受损率主要以天津大神堂牡蛎礁国家级特别保护区内牡蛎礁的面积退化情况来反映,数据来源于天津市海洋局;鱼卵仔鱼密度状况主要以在海洋生态系统中发挥重要作用的生物群落健康状况来反映,数据来源于天津中心站开展的“渤海湾生态监控区监测”及“海洋生物多样性监测”等任务。海洋环境承载状况(E_1)主要以海水水质状况与管理要求比较的符合程度作为设置依据,数据来源于天津中心站对天津近岸海水监测数据。海洋生态环境风险状况(E_3)主要以赤潮、溢油灾害事故对海洋生态系统及人为开发利用活动的风险作为设置依据,赤潮发生

表 1 汉沽海域海洋资源环境承载能力监测预警指标体系

一级指标	二级指标	指标含义
海洋空间资源 承载能力(S)	岸线开发强度 (S_1)	各类人工岸线长度,依据其资源环境影响系数归一化之后,占区域岸线总长度的比例
	海域开发强度 (S_2)	各种海域使用类型的面积,依据其资源耗用指数及海域使用符合度归一化,占海域使用总面积的比例
海洋生态环境 承载能力(E)	海洋环境承载 状况(E_1)	各类海洋功能区水质状况与水质管理目标比较的单因子评估结果
	海洋生态承载 状况(E_2)	鱼卵仔鱼密度状况(E_{2-F}) 典型生境最大受损率 (E_{2-H})
	海洋生态环境 风险状况(E_3)	年均赤潮发生频次(E_{3-A}) 海洋溢油事故风险(E_{3-O})

数据来源于《天津海洋环境质量公报》等;溢油事故风险评估数据来源于天津市海洋局。

2.2 评估方法

2.2.1 短板效应法

根据《技术指南》,首先分别对海洋空间资源承载能力和海洋生态环境承载能力的每个单项指标进行评估,指标评估阈值的划分标准参照《技术指南》(表 2),得出每个二级指标的评估结果,将其与评估标准比较,直接用于承载状况分级(将承载状况划分为可载、临界超载、超载 3 级);其次进行集成评估得出综合评估结果,综合评估采用“短板效应法”。

表 2 汉沽海域海洋资源环境承载能力
监测预警指标评估阈值标准

指标	评估标准
S_1	$S_1 < 0.50$, 可载; $0.5 \leq S_1 < 0.8$, 临界超载; $S_1 \geq 0.8$, 超载
S_2	$S_2 < 1.5$, 可载; $1.5 \leq S_2 < 1.75$, 临界超载; $S_2 \geq 1.75$ 或围填海面积超过海洋功能区划控制指标要求, 超载
E_1	$E_1 > 0.9$, 可载; $0.8 < E_1 \leq 0.9$, 临界超载; $E_1 \leq 0.8$, 超载
E_{2-F}	$E_{2-F} > 50$ 个/ m^3 , 可载; 5 个/ $m^3 < E_{2-F} \leq 50$ 个/ m^3 , 临界超载; $E_{2-F} \leq 5$ 个/ m^3 , 超载
E_{2-H}	$E_{2-H} < 5\%$, 可载; $5\% \leq E_{2-H} < 10\%$, 临界超载; $E_{2-H} \geq 10\%$, 超载
E_{3-A}	$E_{3-A} < 0.5$, 可载; $0.5 \leq E_{3-A} < 1$, 临界超载; $E_{3-A} \geq 1$ 或区域内发生因赤潮毒素导致海产品食用安全事故, 超载
E_{3-o}	$E_{3-o} < 1\%$, 可载; $1\% \leq E_{3-o} < 5\%$, 临界超载; $E_{3-o} \geq 5\%$ 或当年发生 0.1t 以上的海洋溢油事故, 超载

汉沽海域海洋资源环境承载能力监测预警指标计算方法如下:

$$S_1 = \frac{P_A}{P_{A0}} = \frac{\sum_{i=1}^4 q_{li}}{\sum_{j=1}^n \tau_{jlj}}$$

式中: l_i 为第 i 类人工海岸线(包括围池坝、工业岸线、城镇填海、交通运输岸线)的长度; q_i 为第 i 类人

工岸线的海洋资源环境影响因子; L_j 为第 j 类海洋功能区划毗邻海岸线长度, τ_{wj} 为第 j 类海洋功能区海洋开发对海岸线的影响因子。

$$s_2 = \frac{P_B}{P_{B0}} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^k l_{ia_i}}{a} \right)}{\left(\frac{\sum_{j=1}^n h_{jA_j}}{A} \right)}$$

式中: l_i 为第 i 种类型用海的资源耗用指数; a_i 为第 i 种类型的用海面积; k 为海域使用类型数; a 为海域使用总面积; h_j 为第 j 种海洋功能区海洋开发对海域空间资源的影响因子; A_j 为第 j 类海洋功能区面积; n 为海洋功能区类型数, A 为区域海洋功能区划面积总和。

E_1 根据《技术指南》和汉沽海域开发特征,选取无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量和石油类评估指标,按照《海水质量状况评价技术规程(试行)》使用的评估方法进行评估,计算各类海水水质等级的海域范围,以海洋功能区海洋环境保护要求作为评估标准,计算符合海洋功能区水质要求的面积占所辖海域面积的比例。

E_{2-F} 采用生物多样性监测中浮游动物 I 型网中鱼卵和仔鱼密度的监测数据,依据《近岸海洋生态健康评价指南》^[5]相关评价方法。

E_{2-H} 评估年牡蛎礁面积与基准年(2000 年)相比丧失的比例。

E_{3-A} 统计 2000 年以来区域内赤潮年均发生频次来评估海洋赤潮灾害状况。

$$E_{3-O} = R_S + R_P;$$

$$R_S = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \times \frac{V_i}{10^8})}{L_H} \times 100\%;$$

$$R_P = \frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i \times \frac{W_i}{10^8})}{L_H + L_i} \times 100\%$$

式中: R_S 为海上油轮运输的溢油风险指数; R_P 为港口、滨海油库和管道溢油事故风险指数; α_i 为第 i 艘游轮运输的溢油风险概率,根据《IMO 海上溢油风险评价手册》,取每 1 亿吨油运送 1km 的溢油风险概率为 0.1 次/(1 亿吨油 \times km); V_i 为第 i 艘油

轮在区域所辖海域内的航程(单位:km)与运输量(t)的乘积; n 为区域内进港的油轮数量; L_H 为区域内港口岸线长度(单位:km); β_i 为第 i 个港口、油库、油气平台的溢油风险概率,根据《IMO海上溢油风险评价手册》,取溢油事故风险概率0.5~5次/1亿吨油的中位值,2.75次/1亿吨油; W_i 为第 i 个港口原油和成品油吞吐量,或油库原油和成品油储量,或石油平台年产量(单位:t); L_i 为区域内城镇用海岸线长度(单位:km)。

此外,为了对评估方法进行对比分析,除了《技术指南》中要求的短板效应法外,本研究还采用了状态空间法和模糊综合评价法开展汉沽海域海洋资源环境承载力评估,并对评估结果进行了对比分析。

2.2.2 状态空间法

状态空间法的基本原理详见文献[6]至文献[8],其评估步骤为:

(1)确定指标的理想值。根据《技术指南》中每个指标的分级标准,将可载作为其理想值。

(2)指标数据标准化处理。为缩小指标间数量级差,将指标原始数据转化为无量纲数值,本研究从资源存量与需求量以及海洋生态环境实际值与理想状态值之间的比值来对各指标数据进行标准化处理。有些指标对生态环境承载力的贡献是正向的,称为正功效指标;而对资源、生态环境损耗的指标是负向的,称为负功效指标。其数学公式如下:

$$\text{正功效指标: } r_{ij} = x_{ij} / x_{ij}^{\prime}$$

$$\text{负功效指标: } r_{ij} = x_{ij}^{\prime} / x_{ij}$$

式中: r_{ij} 为各指标标准化处理后的数值; x_{ij} 为各指标原始数据; x_{ij}^{\prime} 为各指标的理想状态值。

(3)确定评估指标的权重值。分别采用层次分析法和等权重法确定指标权重值,层次分析法计算原理及步骤见文献[9]。

(4)计算区域海洋资源环境承载力实际值

$$CMREE = |M| = \sqrt{\sum_{i=1}^n \omega_i X_{ir}^2}$$

式中:CMREE为区域海洋资源环境承载力实际值;|M|为现实状态下海洋资源、生态和环境承载力的矢量模; ω_i 为指标的权重值; X_{ir} 为人类社会经济活动、海洋资源与生态环境在现实状态下标准化处理后的空间坐标值($i=1,2,\dots,n$)。

(5)评估结果判定。考虑到“自然—经济—社会”系统的复杂性和发展的波动性,复合系统模型中将承载标准的容差设定为0.3,则有:

当 $CMREE > 1.2$ 时,海洋资源、生态和环境处于可承载状态;当 $0.9 < CMREE < 1.2$ 时,海洋资源、生态和环境处于临界承载状态;当 $CMREE < 0.9$ 时,海洋资源、生态和环境处于超承载状态。

模糊综合评价法计算原理及过程见文献[10]至文献[12]。

3 汉沽海域资源环境承载力综合评估结果

3.1 短板效应法

依据《技术指南》,计算汉沽海域海洋资源环境承载力监测预警指标值,并根据表2指标阈值评估标准,采用“短板效应法”可知2011—2014年汉沽海域海洋资源环境承载力均为“超载”。

3.2 状态空间法

采用层次分析法和等权重法分别确定评估指标权重值(表3),根据状态空间法计算汉沽海域海洋资源环境承载力,由此可知汉沽海域2011—2014年海洋资源环境承载力均处于“超载”状态(表4)。

3.3 模糊综合评价法

根据模糊综合评价法的计算原理及过程,指标权重值与上文一样采用层次分析法和等权重法确定,由此得出2011—2014年汉沽海域海洋资源环境承载力均处于“超载”状态(表5)。

表3 2011—2014年汉沽海域海洋资源环境承载力指标权重值及其原始数据标准化

指标	权重值		理想值	原始数据标准化			
	层次分析法	等权重法		2011年	2012年	2013年	2014年
S ₁	0.25	0.1429	0.5	0.5291	0.5292	0.5257	0.5244
S ₂	0.25	0.1429	1.5	0.7390	0.7390	0.7390	0.7390

续表

指标	权重值		理想值	原始数据标准化			
	层次分析法	等权重法		2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
E_1	0.20	0.142 9	0.9	0.000 0	0.000 0	0.396 6	0.000 0
E_{2-F}	0.10	0.142 9	50 个/m ³	0.220 0	0.246 2	0.432 0	0.022 0
E_{2-H}	0.10	0.142 9	5%	0.053 6	0.053 6	0.053 6	0.053 6
E_{3-A}	0.075	0.142 9	0.5	0.427 4	0.406 5	0.438 6	0.442 5
E_{3-o}	0.025	0.142 9	1%	0.333 3	0.333 3	0.333 3	0.333 3

表 4 状态空间法评估汉沽海域海洋资源环境承载能力评估结果

时间	权重值确定方法	状态空间法计算结果	评估结果
2011 年	层次分析法	0.477 6	超载
	等权重法	0.409 1	超载
2012 年	层次分析法	0.477 5	超载
	等权重法	0.408 2	超载
2013 年	层次分析法	0.522 7	超载
	等权重法	0.458 7	超载
2014 年	层次分析法	0.472 3	超载
	等权重法	0.402 1	超载

表 5 模糊综合评价法评估汉沽海域海洋资源环境承载能力评估结果

时间	权重值确定方法	隶属度			最大隶属度原则 确定评估结果
		可载	临界超载	超载	
2011 年	层次分析法	0.013 3	0.099 2	0.887 5	超载
	等权重法	0.019 1	0.195 3	0.786 0	超载
2012 年	层次分析法	0.016 2	0.096 3	0.887 5	超载
	等权重法	0.023 2	0.191 1	0.786 0	超载
2013 年	层次分析法	0.036 9	0.075 6	0.887 5	超载
	等权重法	0.052 7	0.161 6	0.786 0	超载
2014 年	层次分析法	0	0.012 5	0.987 5	超载
	等权重法	0	0.071 4	0.928 6	超载

3.4 汉沽海域资源环境承载能力评估试点研究与示范验证结果分析

3.4.1 《技术指南》指标体系的适用性及修改建议

(1)海洋空间资源承载能力的指标:岸线开发强度和海域开发强度这两个指标能很好地反映天津近岸海域海岸线和海域的开发利用状况,且相关数据从管理部门能收集到,指标适应性较强。

(2)海洋环境状况指标:功能区水质达标率能很好地反映该区域的水质状况,指标适用性较强。沉积物对污染物的吸附性对海洋生态环境质量具有重要影响,集有“源”和“汇”的特征,同时也是海洋生物繁衍生息的重要场所,是生态系统重要组成部分,因此海洋环境指标还应考虑沉积物状况,建议增加沉积物综合污染指数。

(3)海洋生态承载状况指标:汉沽海域大部分是农渔业区,该区域养殖活动、渔业捕捞以及增殖放流等活动较多,因此鱼卵、仔鱼密度状况具有较好的代表性。近海渔获物营养级状况指标涉及每种鱼类的渔获量和营养级,这些数据较难获得,且国内相关研究较少,因此该指标的可操作性不强;建议采用游泳动物生物量来反映游泳动物群落结构状况。此外,浮游生物和底栖生物也是海洋生态系统重要的组成部分,根据群落结构特点和数据的可获得性,建议增加浮游植物细胞数量、多样性指数;浮游动物密度和生物量、多样性指数;底栖生物密度和生物量、多样性指数。根据汉沽海域的发展功能定位,主要发展旅游娱乐业和渔业,且汉沽贝类增养殖区也位于该海域,每年底播大量的贝类,因此建议以渔业为主的海域,增加“主要养殖产品食用风险状况”指标。

(4)海洋生态环境风险状况指标:汉沽海域是一个赤潮多发区,采用海洋赤潮灾害状况能很好地反映该区域面临的生态环境风险状况。但赤潮灾害状况除了跟发生的频次有关,赤潮发生的面积对赤潮灾害程度影响也较大,故建议增加赤潮发生的面积作为反映赤潮灾害状况的表征。溢油事故风险指数综合考虑了海上船舶运输溢油事故、港口、滨海油库、油气平台和管道溢油事故等风险,但该计算公式需要的数据需协调相关海事部门,数据获取较难,指标可操作性不强。

3.4.2 《技术指南》指标阈值的适用性及修改建议

(1)海洋空间资源承载能力的指标阈值:岸线开发强度和海域开发强度影响因子尚存在不合理的方面,如海洋保护区、特殊利用区和保留区对海岸线影响较小,影响因子为0.6,该赋值偏高,建议调整为0.2。

(2)海洋环境状况指标:功能区水质达标率分级标准的划分对于近岸海域而言要求太严,天津近岸海域近10年来第一、二、三类水质面积比例总和在30%左右,第四类水质面积比例在25%左右,劣四类水质面积比例在45%左右,因此要求符合功能区水质面积的比例不大于80%即为超载,要求过于严格,建议结合全国海洋功能区划,考虑天津特殊

的发展地位,功能区水质达标率以近10年水质达标率最大值作为可载的判断标准。

沉积物综合污染指数:参考《海洋沉积物质量综合评价技术规程》中的评价方法,评价结果为“良好”的即为“可载”,评价结果为“一般”的即为“临界超载”,评价结果为“较差”的即为“超载”。

(3)海洋生态承载状况指标:《技术指南》中鱼卵仔鱼密度要求大于50个/m³为可载;但是每个区域的生物状况都有其特有的特点,全国都采用相同的标准不太合理,建议以评价区域近10年的平均值作为基准,波动范围以25%作为分级标准^[5]。同理,游泳动物生物量、浮游植物细胞数量、浮游动物密度和生物量、底栖生物密度和生物量这些指标均以评价区域近10年的平均值作为基准,波动范围以25%作为分级标准^[5]。

多样性指数:多样性指数大于3为可载,2~3为临界超载,小于2为超载^[13]。

主要养殖产品食用风险状况:以“可按照常规食用量(一般成年人海产品成规使用量为40g/d)食用此类养殖生物”作为“可载”;以“不适宜按照常规食用量食用此类养殖生物”为“临界超载”;以“该养殖生物不宜食用”为“超载”^[14]。

(4)海洋生态环境风险状况指标:海洋赤潮灾害状况建议分级标准除了考虑发生频次外,还应考虑赤潮发生的面积;参考《天津市海洋灾害应急预案》中赤潮灾害的预警标准,确定赤潮灾害分级标准(表6)。

表6 海洋赤潮灾害状况分级标准

分级	标准
可载	$E_{3-A} < 0.5$
临界超载	$1 > E_{3-A} \geq 0.5$; 或 $E_{3-A} \geq 1$, 但有 $\leq 40\%$ 的赤潮发生面积占海域面积大于25%
超载	$E_{3-A} \geq 1$, 且有 $> 60\%$ 赤潮发生面积占海域面积大于25%; 或区域内发生因赤潮毒素导致海产品食用安全事故

3.4.3 《技术指南》评估方法的适用性及修改建议

(1)指标权重确定方法:文章采用层次分析法和等权重法确定了评估指标的权重值,两者综合评

估结果相差不大;因此这两种方法均有一定的适用性。层次分析法根据每个指标对评估对象影响的程度大小进行赋权,避免了等权重法“一刀切”的现象;但每个指标对评估对象的影响程度需通过专家咨询,因此专家的专业背景和知识经验等对其判断值有较大的影响。从海洋资源环境承载能力评估指标体系而言,每个评估指标对其影响的程度大小本质上是不一样的,因此建议在广泛征求各专业专家的基础上,采用层次分析法确定评估指标的权重值。

此外,本研究也尝试采用主成分分析法、因子分析法和熵权法等方法确定评估指标的权重值;但由于数据样本太少,且每个指标年际变化不大,因此采用 SPSS 统计软件进行主成分分析法和因子分析法时,均提示样本数据太少,没有形成两个以上的主成分;而熵权法主要是诸如海域开发强度、牡蛎礁丧失比例等指标每年的数值基本上没有变化,无法进行熵权法的计算。

综上所述,在样本数据量较大,且指标数值年际变化较大时,可采用客观赋权法进行赋权,在样本数据量小时,建议采用层次分析法赋权。

(2)综合评估方法:本研究采用了“短板效应法”、状态空间法和模糊综合评价法分析评价,得出 2011—2014 年汉沽海域海洋资源环境承载能力均为“超载”;由此表明这 3 种评估方法均有较强的适用性;“短板效应法”,取单项承载力中最差的因子作为评估结果,评估方法简单、可操作性强;相比较“短板效应法”而言,状态空间法和模糊综合评价法计算过程稍微复杂,并且还需确定每个指标的理想值,对于业务化工作的开展存在一定的难度。

4 新建评估模型与《技术指南》评估结果对比分析

根据新构建的评估指标体系和修改后的指标阈值,分别采用状态空间法和模糊综合评价法开展汉沽海域海洋资源环境承载能力状况评估。采用状态空间法评价时,新建模型总体上得分比《技术指南》高,与《技术指南》评估结果中 4 个年份汉沽海域海洋资源环境承载能力均为“超载”略有不同,2013 年为“临界超载”(图 1)。采用模糊综合评价法

时,新建模型评估结果中对“超载”的隶属度均低于《技术指南》,两者得出近 4 年汉沽海域海洋资源环境承载能力均为“超载”(图 2)。

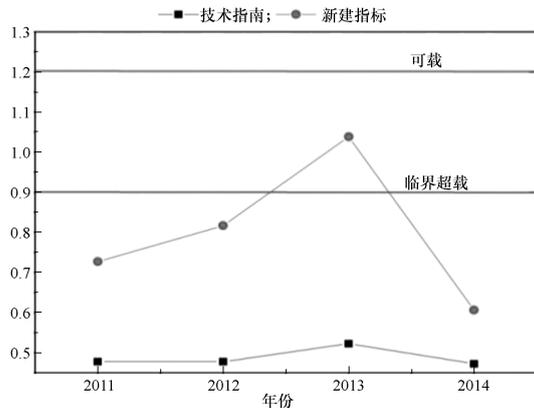


图 1 状态空间法评估汉沽海域海洋资源环境承载状况

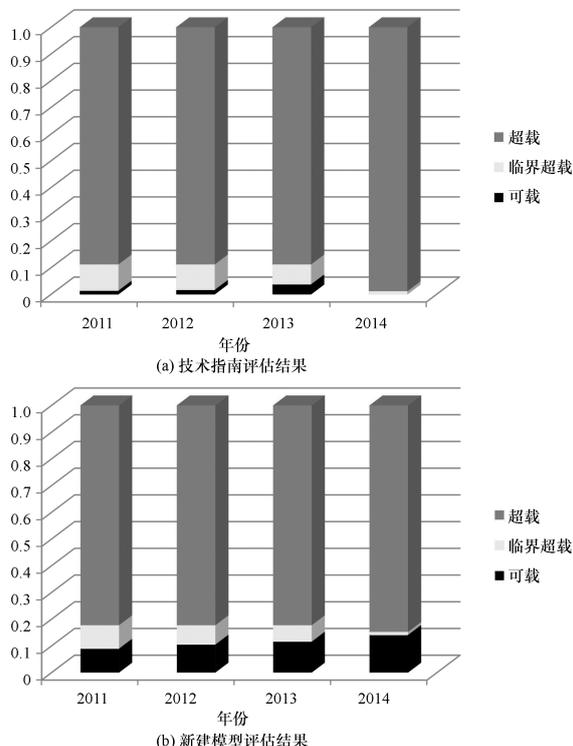


图 2 模糊综合评价法评估汉沽海域海洋资源环境承载状况

新建模型评估结果总体上略好于《技术指南》,主要是因为指标体系中综合增加了沉积物、浮游生物、底栖生物和游泳动物群落、主要养殖产品食用风险状况等指标,而汉沽海域海洋沉积物质量

2011—2014年均为良好,且生物群落结构指标与近10年均值相比,指标阈值较合理;同时功能区水质达标率以近10年水质达标率最大值作为可载的判断标准,避免了《技术指南》中该指标近4年均处于“超载”状态情况的出现。

5 结论

本研究采用《技术指南》开展了汉沽海域海洋资源环境承载能力评估试点研究与示范性验证,验证了《技术指南》中的指标体系、评估阈值与评估方法的适用性,根据验证结果提出了相应的修改建议。

(1)海洋空间资源承载能力:岸线开发强度和海域开发强度指标适应性较强,但指标的影响因子尚存在不合理的地方,需要调整。

(2)海洋环境承载状况:功能区水质达标率指标适用性较强,但分级标准的划分对于近岸海域而言要求太严,建议以区域近10年水质达标率最大值作为可载的判断标准。同时建议增加沉积物综合污染指数,其分级标准参考《海洋沉积物质量综合评价技术规程》。

(3)海洋生态承载状况:近海渔获物营养级状况指标可操作性不强,建议采用游泳动物生物量指标。浮游生物和底栖生物是海洋生态系统重要的组成部分,建议增加浮游植物细胞数量、多样性指数;浮游动物密度和生物量、多样性指数;底栖生物密度和生物量、多样性指数。鱼卵、仔鱼密度状况分级标准设置不合理,建议生物群落指标均以评价区域近10年的平均值作为基准,波动范围以25%作为分级标准;多样性指数大于3为可载,2~3为临界超载,小于2为超载。

此外建议以渔业为主的海域,增加“主要养殖产品食用风险状况”指标,指标分级参考《海洋经济生物质量风险评价指南》。

(4)海洋生态环境风险状况:溢油事故风险指数指标可操作性不强;海洋赤潮灾害状况建议分级标准除了考虑发生频次外,还应考虑赤潮发生的面积。

(5)指标权重值确定建议采用层次分析法;“短板效应法”、状态空间法和模糊综合评价法均有较强的适用性;“短板效应法”评估方法简单、可操作性强;状态空间法和模糊综合评价法计算过程较复杂,对业务化工作的开展存在一定的难度。

(6)新建评估模型增加了指标,并根据区域特征重新确定了部分指标的阈值,得出汉沽海域海洋资源环境承载能力评估结果总体上略好于《技术指南》。

参考文献

- [1] MALTHUS T R. An essay on the principle of population[M]. London: Pickering, 1798.
- [2] VERHULST P F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement Corresp[J]. Math. Phys., 1838, 10: 113—121.
- [3] 关道明, 张志锋, 杨正先, 等. 海洋资源环境承载能力理论与测度方法的探索[J]. 中国科学院院刊, 2016, 1241—1247.
- [4] 樊杰, 王亚飞, 汤青, 等. 全国资源环境承载能力监测预警(2014版)学术思路与总体技术流程[J]. 地理科学, 2015, 35(1): 1—10.
- [5] 国家海洋局. HY/T 087—2005 近岸海洋生态健康评价指南[S]. 2005.
- [6] 叶属锋, 等. 长江三角洲海岸带区域综合承载力评估与决策: 理论与实践[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [7] 谭映宇, 张平, 刘荣子, 等. 渤海内主要海湾资源和生态环境承载力比较研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(12): 7—12.
- [8] 杨静, 张仁铎, 翁士创, 等. 海岸带环境承载力评价方法研究[J]. 中国环境科学, 2013, 33(S1): 178—185.
- [9] 翁骏超. 海湾生态系统综合承载力评估: 以象山港为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2015.
- [10] 于谨凯, 杨志坤. 基于模糊综合评价的渤海近海海域生态环境承载力研究[J]. 经济管理研究, 2012(3): 54—60.
- [11] 张继民, 刘霜, 尹韦翰, 等. 黄河口区域综合承载力评估指标体系初步构建及应用[J]. 海洋通报, 2012, 31(5): 496—501.
- [12] 曹可, 吴佳璐, 狄乾斌. 基于模糊综合评判的辽宁省海域承载力研究[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(6): 838—842.
- [13] 国家海洋局. HY/T 080—2005 滨海湿地生态监测技术规程[S]. 2005.
- [14] 国家海洋局. HY/T 128—2010 海洋经济生物质量风险评价指南[S]. 2010.