

昌黎县海洋环境承载力评估研究

赵 蕾, 曹议丹, 高伟明

(河北师范大学 资源与环境科学学院, 河北省环境演变与生态建设实验室, 河北 石家庄 050024)

摘要: 选取昌黎县海岸线人工化指数、海域开发资源效应指数、海水水质等指标构建昌黎县海洋资源环境承载力评价指标体系, 采用专项评价和综合评价相结合的方法, 对河北省昌黎县资源环境承载力进行评估研究。结果表明, 受入海悬沙量变化和入海污染物的影响文昌鱼栖息地遭到严重破坏, 海洋生态承载状况为严重超载, 因此需要采取控制污染源, 加强监管等手段来改善文昌鱼生长环境压力。

关键词: 海洋资源环境承载力; 指标体系; 评估; 文昌鱼; 河北省昌黎县

中图分类号: K903 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)08-0084-07

doi: 10.11759/hyxx20151207001

近几十年随着海洋经济的迅猛发展海洋环境正面临着巨大压力, 为高效开发利用海洋资源环境, 需要对其承载力进行科学评估研究^[1-2]。马尔萨斯(1789)是第一个认识到环境限制因子对人类社会物质增长过程有着重要影响的科学家^[3]。1995年, 诺贝尔奖获得者 Arrow 在 Science 上发表了《经济增长、承载力和环境》, 在学界和政界均引起了极大的反响^[4]。21 世纪初, 国内研究的视角才逐步转移到区域资源环境承载力的综合研究^[5-7]。

昌黎县位于河北省东北部, 东濒渤海, 全县海域面积 757.88 km², 海岸线长 64.94 km。昌黎县海域资源丰富, 其中岸线主要用于渔业和旅游岸线开发, 滩涂(潮间带)资源以沙滩为主, 被评为中国最美的八大海岸之一, 浅海资源水质清洁, 海洋生物丰富, 是生物进化研究的“活化石”——文昌鱼在渤海的主要栖息地。但近年来, 文昌鱼生境退化, 生物量呈下滑趋势。除文昌鱼外昌黎县其他海域资源也受到不同程度的破坏, 因此为更加科学的管理昌黎县海洋资源环境, 促进其可持续发展, 需要对其承载力进行系统、准确的评估研究。

1 评估数据及方法

1.1 数据来源及处理

所用数据主要来源于保护区的监测数据, 监测站位共 19 个(1-19 号站)(图 1), 另外还从海域使用管理部门、渔业管理部门等相关部门及区域社会经济统计和海洋经济统计资料中获取所需的原始数据, 对 2014 年遥感影像进行预处理、解译获得部分数据,

利用 Mapinfo 等地图信息系统平台将实测数据与影像图进行编辑, 输出获取所需数据。

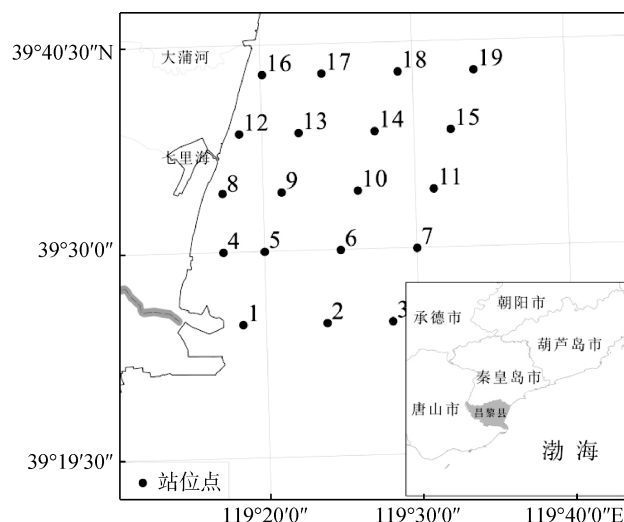


图 1 河北省昌黎县位置示意图

Fig. 1 Location of Changli County in Hebei Province

在对生态承载状况(E_2)指标中的浮游动物变化状况(E_{2-F})指标计算时, 以 2012 年-2014 年的平均值作为理想值对浮游动物密度(D)和生物量(N)进行无量纲化处理, 而文昌鱼栖息地退化状况(E_{2-H})的计算

收稿日期: 2015-12-07; 修回日期: 2016-04-16

基金项目: 河北省应用基础研究计划重点基础研究项目(14273303D)

[Foundation: Basic research project of applied basic research program of Hebei Province, No. 14273303D]

作者简介: 赵蕾(1991-), 女, 河北邯郸人, 硕士研究生, 主要从事资源评价与可持续利用研究, E-mail: 13731155942@163.com, 电话: 13731155942; 高伟明(1962-), 通信作者, 教授, 主要从事资源评价与可持续利用研究, E-mail: gaowmd@263.net

则以 2002 年-2014 年的平均值作为理想值进行计算。海洋生态风险状况(E_3)以 2004 年-2014 年的以来昌黎县所辖海域内赤潮年均发生频次来确定, 其他指标的计算均使用 2014 年数据。

1.2 评价指标及方法

所用的评价指标和评估依据均采用国家海洋局《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》中所涉及的相关评估标准。

将海岸线开发强度(S_1)和海域开发强度(S_2)作为海洋空间资源承载能力评估的二级指标^[8], 采用单因子评价法, 分别获取指标评估结果并按评估依据进行分级评估^[9]。

计算海岸线人工化指数:

$$P_A = \frac{l_{mB} \times q_B + l_{mH} \times q_H}{l_{\text{总}}} \quad (1)$$

其中, $l_{\text{总}}$ 为海岸线总长度, l_{mB} 、 l_{mH} 分别为围池坝和交通运输 2 种海岸线利用类型长度, q_B 、 q_H 分别为这 2 种海岸线利用类型的海洋资源环境影响因子。

以省级海洋功能区划为基础构建海岸线开发利用评价标准:

$$P_{A0} = \frac{\sum_{i=1}^3 w_i l_i}{l_{\text{总}}} \quad (2)$$

其中, l_i 为第 i 类海洋功能区毗邻海岸线长度, w_i 为第 i 类海洋功能区海洋开发对海岸线的影响因子, $l_{\text{总}}$ 为海岸线总长度。

海岸线开发强度:

$$S_1 = \frac{P_A}{P_{A0}} \quad (3)$$

海域开发资源效应指数:

$$P_E = \frac{\sum_{i=1}^n l_i A_i}{A} \quad (4)$$

其中, n 为海域使用类型数, A_i 为第 i 种类型的用海面积, l_i 为第 i 种类型用海的资源耗用指数, A 为海域使用总面积。

海洋资源效应指数评估标准:

$$P_{E0} = \frac{\sum_{i=1}^3 h_i a_i}{A_{\text{总}}} \quad (5)$$

其中, a_i 为第 i 类海洋功能区面积, h_i 为第 i 类海洋功能区海洋开发对海域空间资源的影响因子, $A_{\text{总}}$ 为海洋功能区划面积之和。

海域开发强度:

$$S_2 = \frac{P_E}{P_{E0}} \quad (6)$$

依据海洋生态环境保护的主要内容, 将海洋环境承载状况(E_1)、海洋生态承载状况(E_2)和海洋生态环境灾害风险状况(E_3)作为海洋生态环境承载能力评估的二级指标。除海洋生态承载状况采用“短板效应”的综合评价法外, 其他承载力状况均采用单因子评价法。

海洋环境承载状况分级评估:

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{S_{\text{总}}} \quad (7)$$

其中, S_i 为符合海洋功能区水质要求的第 i 类功能区面积, $S_{\text{总}}$ 为昌黎县所辖海域总面积。

借鉴《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T 087)相关评价方法^[10], 来计算浮游动物变化状况(E_{2-F}):

$$E_{2-F} = \frac{|\Delta D| + |\Delta N|}{2} \quad (8)$$

其中, $|\Delta D|$ 和 $|\Delta N|$ 分别为近 3 年区域内浮游动物密度(D)和生物量(N)的平均值。

文昌鱼栖息地退化状况依据底栖生物变化状况进行评估。与基准年(2002 年)及评价区域多年相对密度平均值 B_{1-ave} 进行比较反映栖息地退化状况(ΔF_{B1})。

以海洋赤潮灾害状况(E_{3-A})作为海洋生态环境风险状况(E_3)的评估结果。依据《赤潮监测技术规程》(HY/T 096)统计 2004 年以来昌黎县所辖海域内赤潮年均发生频次, 评估海洋生态环境风险状况^[11]。

采用均值化方法来消除量纲和数量级的影响^[12]。

$$x'_i = \frac{x_i}{\bar{x}} \quad (9)$$

根据昌黎县海洋开发利用状况及海洋资源环境状况对昌黎县海洋环境承载力各指标构建承载力评价指标体系框架(图 2), 采用层次分析法, 分别赋予各指标一个权重, 使其能充分体现各自的重要性^[13-14], 从而得到各因素的权重分配集 $W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_i\}$, 其一致性检验步骤如下^[15]。

计算一致性比值 CR , 检验判断矩阵的一致性:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (10)$$

式中, 其中 $CI = \frac{\lambda_{\text{max}} - n}{n - 1}$, CI 为一致性指标, RI 为平均随机一致性指标(取值见表 1)。当 $CR < 0.10$ 时, 判断矩阵具有满意的一致性, 否则就需要调整判断矩

阵,直到具有满意的评价参数。

表 1 平均随机一致性指标取值
Tab. 1 Average random consistency index

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

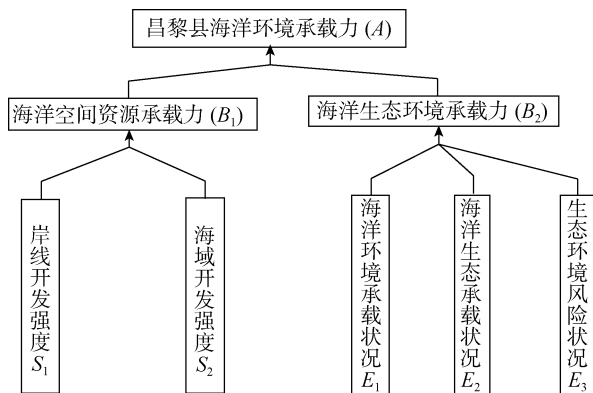


图 2 河北省昌黎县海洋环境承载力评估指标体系框架
Fig. 2 Assessment index frame of marine environmental carrying capacity of Changli County in Hebei Province

2 各指标承载能力评估

2.1 海洋空间资源承载能力评估

2.1.1 岸线开发强度

依据 2014 年卫星影像遥感数据解析结果,获得河北省大陆岸线开发利用类型及现状,昌黎县围池坝和交通运输的实际使用长度分别为 45.323, 0.375 km,经计算得出 P_A 为 0.423。将海洋功能区划图与河北省岸线图在 Mapinfo 中进行叠加得到农渔业区,旅游休闲娱乐区,海洋保护区毗邻岸线长度(图 3),经计算 P_{A0} 约为 0.682。因此海岸线开发强度 S_1 约为 0.62,按照表 2 进行评估昌黎县海岸线承载状况为临界超载。

表 2 海岸线开发强度分级评估
Tab. 2 Classification assessment of coastal development intensity

评估依据	评估结果
$S_1 < 0.50$	可载
$0.80 > S_1 \geq 0.50$	临界超载
$S_1 \geq 0.80$	超载

2.1.2 海域开发强度

依据海洋功能区划技术导则所划定的农渔业区、旅游休闲娱乐区、海洋保护区^[16],确定昌黎县海域海洋功能区范围(图 3),结合截至 2014 年年底的海

域使用确权数据,利用公式(4), (5)分别计算得出海域开发资源效应指数 P_E 约为 0.80,海洋空间开发利用评价标准 P_{E0} 约为 0.48。按照表 3 进行评估海域承载状况为临界超载。

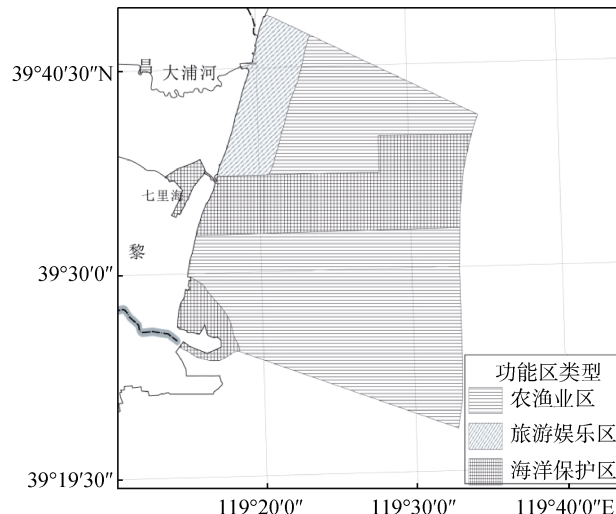


图 3 河北省昌黎县海洋功能区划图(2011 年-2020 年)
Fig. 3 Division of marine functional areas of Changli County in Hebei Province (2011-2020)

表 3 海域开发强度分级评估
Tab. 3 Assessment of the intensity of the sea area development

评估依据	评估结果
$S_2 < 1.50$	可载
$1.75 > S_2 \geq 1.5$	临界超载
$S_2 \geq 1.75$	超载

2.2 海洋生态环境承载能力

2.2.1 海洋环境承载状况

各类型海洋功能区海水水质以海水水质标准进行评价^[17]。通过对昌黎县 2014 年海域图,2014 年河北省海洋水质图和河北省海洋功能区划图(2011~2020 年)在 MapInfo 中叠加(如图 4)并计算可得到表 4。经计算 2014 年昌黎县海洋环境承载状况值约为 0.80,依据表 5 可得出目前昌黎海洋环境承载状况为刚刚超载。

2.2.2 海洋生态承载状况

2.2.2.1 浮游动物变化状况(E_{2-F})

依据 2012~2014 年河北省近岸大型浮游动物密度和生物量监测结果^[18],评价昌黎县浮游动物变化状况,由公式(8)计算出 E_{2-F} 值为 81.3%,按照表 6 进行评估浮游动物变化状况(E_{2-F})为超载。

表 4 河北省昌黎县海域各功能区海水水质所占面积

Tab. 4 Sea water quality in each functional area of Changli County in Hebei Province

海洋基本功能区类型		功能区名称	功能区代码	海水水质要求	功能区所在海域面积(km ²)		符合水质要求面积(km ²)
一级类	二级类				一类	二类	
农渔业区	养殖区	洋河口至新开口养殖区	1-4	不劣于二类	119.68	20.40	140.08
		滦河口养殖区	1-8	不劣于二类	168.52	182.51	3.51
	渔业基础设施区	大蒲河口渔业基础设施区	1-6	不劣于二类	0.13	0.23	0.36
		新开口渔业基础设施区	1-7	不劣于二类	0	0.25	0.25
旅游休闲娱乐区	文体休闲娱乐	昌黎文体休闲娱乐区	5-3	一类水质	26.06	44.49	26.06
海洋保护区	海洋自然保护区	七里海海洋自然保护区	6-3	一类水质	0	7.90	0
		黄金海岸海洋自然保护区	6-4	一类水质	86.29	77.36	86.29
		滦河口海洋自然保护区	6-5	一类水质	0	24.07	0

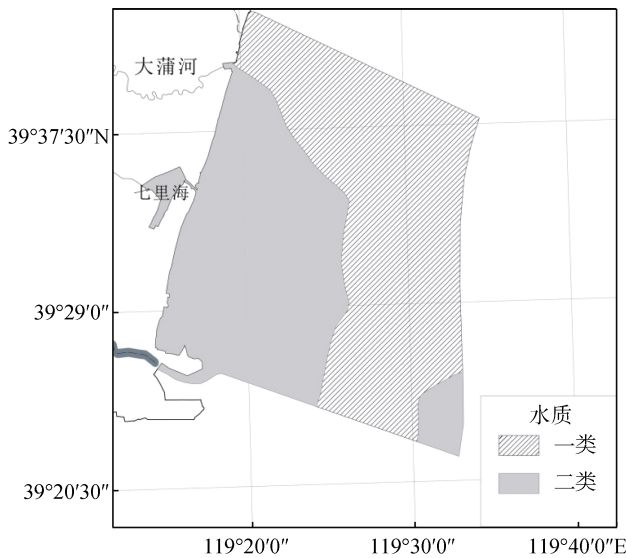


图 4 河北省昌黎县海域各功能区海水水质

Fig. 4 Water quality of marine functional areas in Changli County in Hebei Province

表 5 海洋环境承载状况分级评估

Tab. 5 Classification assessment of marine environmental carrying capacity

评估依据	评估结果
$E_1 > 0.90$	可载
$0.90 \geq E_1 > 0.80$	临界超载
$E_1 \leq 0.80$	超载

表 6 浮游动物变化状况分级评估

Tab. 6 Classification assessment of zooplankton changes

评估依据	评估结果
$E_{2-F} \leq 25\%$	可载
$25\% < E_{2-F} \leq 50\%$	临界超载
$E_{2-F} > 50\%$	超载

2.2.2.2 珍稀濒危生物栖息地退化状况(E_{2-H})

2014 年文昌鱼栖息密度降至历史最低(图 5), 经计算得出 2014 年文昌鱼的数量与基准年(2002 年)相比变化比例为 48%, 文昌鱼相对密度下降了 19%, 按照表 7 进行评估文昌鱼栖息地退化状况为严重超载。

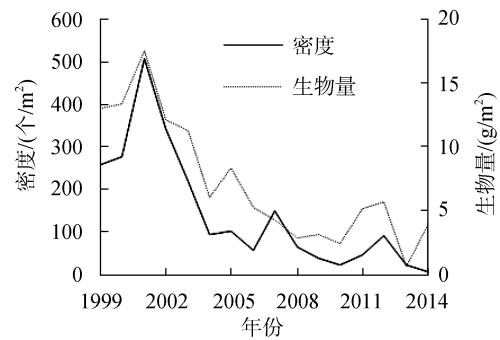


图 5 昌黎文昌鱼栖息密度及生物量变化趋势(1999 年-2014 年)

Fig. 5 Changli Amphioxus habitat density and biomass variation (1999–2014)

表 7 珍稀濒危生物栖息地退化状况分级评估方法

Tab. 7 Classification assessment method of the habitat degradation status of rare and endangered species

评估依据	评估结果
$\Delta F_{B1} \leq 5\% B_{1-ave}$	可载
$5\% B_{1-ave} < \Delta F_{B1} \leq 10\% B_{1-ave}$	临界超载
$\Delta F_{B1} > 10\% B_{1-ave}$	超载

综合浮游动物变化状况(E_{2-F})和珍稀濒危生物栖息地退化状况(E_{2-H})的评估结果, 根据“短板效应”对比 E_{2-F} 和 E_{2-H} 可看出文昌鱼栖息地退化状况最差, 所以海洋生态承载状况(E_2)为严重超载。

2.2.3 海洋生态环境风险状况

经统计 2009 年新开口附近和 2011 年新开口

海域发生赤潮^[19], 因此, 海洋赤潮灾害状况(E_{3-A})约为 0.2 小于 0.5, 按照表 8 进行评估昌黎海洋生态环境风险状况为可载。

2.3 昌黎县海洋资源环境承载力评估结果

利用层次分析法, 对昌黎县海洋环境承载力进行综合评估^[20-21], 综合评价结果如下(表 9)。

表 9 昌黎县海洋环境承载力综合评估结果

Tab. 9 Comprehensive assessment of marine environmental carrying capacity of Changli County

目标层	准则层	指标层	AHP 权重值(w_i)
昌黎县海洋环境 承载力(A)	海洋空间资源承载力(B_1)	岸线开发强度(S_1)	0.2222
		海域开发强度(S_2)	0.1111
	海洋生态环境承载力(B_2)	海洋环境承载状况(E_1)	0.198
		海洋生态承载状况(E_2)	0.3597
		生态环境风险状况(E_3)	0.1089

综合评估结果表明各指标对承载力影响的重要程度为: 海洋生态承载状况(E_2)>岸线开发强度(S_1)>海洋环境承载状况(E_1)>海域开发强度(S_2)>生态环境风险状况(E_3)。

3 讨论与结论

3.1 讨论

综合评估结果表明, 海洋生态承载状况对昌黎县海洋环境承载力影响较大, 而海洋生态承载状况是通过综合浮游动物变化状况(E_{2-F})和珍稀濒危生物栖息地退化状况(E_{2-H})反映的, 根据“短板效应”对比 E_{2-F} 和 E_{2-H} 的评估结果得出海洋生态承载状况主要是取决于文昌鱼栖息地退化状况, 因此海洋生态承载状况为严重超载。

3.1.1 文昌鱼栖息地退化的原因

3.1.1.1 入海悬沙量变化的影响

监控区文昌鱼栖息地的形成得益于滦河输沙沉积, 在近岸形成以细沙、中细沙为主的平缓地带, 但近年来, 随着引滦工程的建设, 滦河三角洲的入海淡水量及悬沙量严重减少, 三角洲发育的物源短缺, 明显退化。多年平均输沙量减少了 95%, 引滦工程的建成, 滦河每年削减 $13 \times 108 \text{ m}^3$ 的水量已成定局, 在连续干旱年份, 滦河几乎无水入海(滦县水文站)^[26]。造成文昌鱼生境退化, 栖息地底质沙源补充严重不足。

3.1.1.2 入海污染物的影响

文昌鱼对环境污染极其敏感。监控区海域内南为滦河口, 北为大蒲河口, 每年都有大量污染物由河口排入, 陆源污染源主要来自工农业废水和生活

表 8 海洋赤潮灾害状况评估结果及分级标准

Tab. 8 Assessment results and classification criteria of red-tide disaster

评估依据	评估结果
$E_{3-A} < 0.5$	可载
$1 > E_{3-A} \geq 0.5$	临界超载
$E_{3-A} \geq 1$	超载

污水, 主要包括化学需氧量(COD)、油类、重金属、营养盐、砷等, 污染物排放超标, 使监控区海域水质下降, 文昌鱼及其他海洋生物的生存环境备受威胁^[22]。另外近年来养殖面积猛增, 规模不断扩大, 昌黎海域 2009 年海水养殖面积为 $44\ 350 \text{ hm}^2$, 并呈逐年上升趋势, 到 2011 年海水养殖面积增至 $51\ 025 \text{ hm}^2$ (由于区划调整, 部分昌黎海水养殖面积归入北戴河新区, 使 2012 年后昌黎海水养殖面积减少)其中浅海养殖面积占 94%(2010 年-2014 年《秦皇岛统计年鉴》), 养殖病害及养殖贝类粪沉降到海底也加剧了文昌鱼栖息环境的改变^[23]。育苗室、储水池等向海内排放的养殖废水, 导致水体中 N、P 等含量升高, 临近水域营养盐含量不断增加, 进而加速了藻类在春夏季的大量繁殖和水体的富营养化^[24-25]。这些都导致文昌鱼的生物量呈下滑趋势。

3.1.2 改善文昌鱼生长环境压力的建议与对策

首先, 应加强监管力度。近年来除滦河输沙量逐年锐减外, 由于监管力度不够盗沙采沙活动频繁发生, 造成文昌鱼栖息地的沙源严重破坏, 需要逐步加强对监控区海域附近挖沙船的管理^[26]; 其次, 应控制污染源。监测区域内, 滦河、新开口、大蒲河口海污染物及近岸养殖排污等是主要污染源, 因此, 积极开发绿色有机农业、渔业, 减少农、渔业生产对沿岸海域造成的环境污染, 加强工业废水的处理, 发展清洁生产, 从源头上削减陆源排污总量, 降低陆域污染排放对海洋生物多样性的破坏。另外, 需要合理发展海水养殖, 调控养殖规模, 优化养殖模式与结构, 在养殖容量许可范围内科学用海^[27],

为文昌鱼的生长繁殖提供一个良好的环境。

3.2 结论

自2002年以来文昌鱼栖息地砂含量的严重不足,随着沉积物类型和近岸海洋水环境的改变,昌黎海区的文昌鱼栖息密度和生物量总体呈明显的下降趋势,2014年文昌鱼栖息密度降至历史最低,与基准年(2002年)及评价区域多年相对密度平均值 B_{1-ave} 相比,文昌鱼栖息地退化状况为严重超载。而由于渔业基础设施的扩建导致海岸线承载状况和海域承载状况为临界超载,海洋环境承载状况为刚刚超载,仅海洋生态环境风险状况为可载。为高效、和谐的开发利用海洋资源,促进海洋经济健康快速发展,需要合理发展海水养殖,优化养殖模式与结构,规范养殖行为。加强废水、废物的处理,有效控制陆源排污,减少陆域污染物排放对海洋生物多样性的破坏。另外,相关的方针政策、法律法规及监测预警机制也应进一步完善。

参考文献:

- [1] Odum E P. Fundamentals of Ecology[M]. Philadelphia, PA: W B. Saunders, 1971.
- [2] 刘康, 霍军. 海岸带承载力影响因素与评估指标体系初探[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2008, 4: 8-11.
Liu Kang, Huo Jun. A preliminary study on the factors affecting the bearing capacity of the coastal zone and the evaluation index system[J]. Journal of ocean university of China(Social Science Edition), 2008, 4: 8-11.
- [3] 狄乾斌, 张洁, 吴佳璐. 基于生态系统健康的辽宁省海洋生态承载力评价[J]. 自然资源学报, 2014, 2: 256-264.
Di Qianbin, Zhang Jie, Wu Jialu. Assessment of marine ecological carrying capacity in Liaoning Province based on the ecosystem health[J]. Journal of Natural Resources, 2014, 2: 256-264.
- [4] Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. Economic growth, carrying capacity and the environment[J]. Science, 1995, 268: 520-521.
- [5] 郭秀锐, 毛显强. 中国土地承载力计算方法研究综述[J]. 地球科学进展, 2000, 6: 705-711.
Guo Xiurui, Mao Xianqiang. Review of land carrying capacity calculating methods China[J]. Advances in Earth Science, 2000, 6: 705-711.
- [6] 狄乾斌, 韩增林. 海域承载力的量化探讨——以辽宁海域为例[J]. 海洋通报, 2005, 1: 47-55.
Di Qianbin, Han Zenglin. Discussion on the quantification of the carrying capacity of marine region ——taking the marine region of Liaoning for example[J]. Marine Science Bulletin, 2005, 1: 47-55.
- [7] 李华皎, 安海忠. 国内外资源环境承载力模型和评价方法综述——基于内容分析法[J]. 中国国土资源经济, 2013, 8: 65-68.
Li Huajiao, AnHaizhong. Reviews on resources and environment carrying capacity model and evaluation methods both in China and abroad—based on content analysis[J]. Natural Resource Economics of China, 2013, 8: 65-68.
- [8] 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, 5: 496-501.
Zhang Jimin, Liu Shuang, Yin Weihang, et al. Primary indicators of integrated carrying capacity in the region of the Yellow River Estuary and its application[J]. Marine Science Bulletin, 2012, 5: 496-501.
- [9] 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, S1: 178-185.
Yang Jing, Zhang Renduo, Weng Shichuang, et al. The assessment method of coastal environmental carrying capacity[J]. China Environmental Science, 2013, S1: 178-185.
- [10] HY/T 087-2005. 近岸海洋生态健康评价指南[S].
HY/T 087-2005. The guidance for the assessment of coastal marine ecosystem health[S].
- [11] HY/T 069-2005. 赤潮监测技术规程[S].
HY/T 069-2005. Technical specification for red tide monitoring[S].
- [12] 韩胜娟. SPSS 聚类分析中数据无量纲化方法比较[J]. 科技广场, 2008, 03: 229-231.
Han Shengjuan. Comparison of Undimensionalization in SPSS Cluster Analysis[J]. Science Mosaic, 2008, 03: 229-231.
- [13] Cooney R T. A theoretical evaluation of the carrying capacity of Prince William Sound, Alaska, for juvenile Pacific salmon[J]. Fisheries Research, 1993, 18(1-2): 77-87.
- [14] 王奎峰, 李娜, 于学峰, 等. 基于 P-S-R 概念模型的生态环境承载力评价指标体系研究——以山东半岛为例[J]. 环境科学学报, 2014, 34(8): 2133-2139.
Wang Kuifeng, Li Na, Yu Xuefeng, et al. Eco-environmental carrying capacity evaluation index system based on the concept of P-S-R model—A case study in Shandong Peninsula[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2014, 34(8): 2133-2139.
- [15] 赵焕臣, 许树柏, 和金生. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 1-116.
Zhao Huanchen, Xu Shubai, He Jinsheng. Analytic hierarchy process[M]. Beijing: Science Press, 1986: 1-116.
- [16] GB/T 17108-2006. 海洋功能区划技术导则[S].

- GB/T 17108-2006. Technical directives for the division of marine functional zonation[S].
- [17] GB 3097-1997. 海水水质标准[S].
GB 3097-1997. Sea water quality standard[S].
- [18] 宋伦, 周遵春, 王年斌, 等. 辽东湾浮游动物多样性及其与海洋环境因子的关系[J]. 海洋科学, 2010, 3: 35-39.
Song Lun, Zhou Zunchun, Wang Nianbin, et al. Zooplankton diversity of Liaodong Bay and relationship with oceanic environmental factors[J]. Marine Sciences, 2010, 03: 35-39.
- [19] 河北省水利厅. 河北省水资源公报[R]. 2005-2014. Water Resources Department of Hebei Province. Hebei provincial water resources bulletin[R], 2005-2014.
- [20] 王奎峰, 李娜, 于学峰, 等. 山东半岛生态环境承载力评价指标体系构建及应用研究[J]. 中国地质, 2014, 41(3): 1018-1027.
Wang Kuifeng, Li Na, Yu Xuefeng, et al. The construction and application of the index system of eco-environmental carrying capacity in Shandong peninsula[J]. Geology in China, 2014, 41(3): 1018-1027.
- [21] 石洪华, 王保栋, 孙霞, 等. 广西沿海重要海湾环境承载力评估[J]. 海洋环境科学, 2012, 1: 62-66.
Shi Honghua, Wang Baodong, Sun Xia, et al. Assessment of environment carrying capacity in some coastal bays of Guangxi Province, China[J]. Marine environmental science, 2012, 1: 62-66.
- [22] 河北省国土资源利用规划院. 河北省海洋资源调查与评价综合报告[M]. 北京: 海洋出版社, 2007: 529-651. Hebei Provincial Land and Resources Utilization Planning Institute. A comprehensive report on the investigation and evaluation of marine resources in Hebei Province[M]. Beijing: China Ocean Press, 2007: 529-651.
- [23] 苏艺, 刘佳, 韩晓庆, 等. 海水养殖对海洋生态环境的影响——以河北省昌黎县为例[J]. 江苏农业科学, 2012, 3: 306-309.
Su Yi, Liu Jia, Han Xiaoqing, et al. Marine ecology effects on marine aquaculture economy—A case study in Changli, Hebei Province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 3: 306-309.
- [24] Smith S V. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. Limnol Oceanogr[J]. Limnology & Oceanography, 1984, 29: 1149-1160.
- [25] 王菊英, 韩庚辰, 张志峰. 国际海洋环境监测与评价最新进展[M]. 北京: 海洋出版社, 2010: 230-242.
Wang Juying, Han Gengchen, Zhang Zhifeng. Latest development of international marine environmental monitoring and assessment[M]. Beijing: China Ocean Press, 2010: 230-242.
- [26] 翁朝红, 张雅芝, 刘贤德, 等. 福建沿海文昌鱼的分布及其资源保护对策[J]. 海洋科学, 2010, 34(8): 35-40.
Weng Zhaohong, Zhang Yazhi, Liu Xiande, et al. Lancelet distribution in Fujian sea waters and its protection strategy[J]. Marine Sciences, 2010, 34(8): 35-40.
- [27] Bell C M, Needham M D, Szuster B W. Congruence among encounters, norms, crowding, and management in a marine protected area[J]. Environmental Management, 2011, 48(3): 499-513.

Assessment of marine environmental carrying capacity in Changli County

ZHAO Lei, CAO Yi-dan, GAO Wei-ming

(College of Resource and Environmental Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

Received: Dec. 7, 2015

Key words: marine resource and environmental carrying capacity; index system; classification assessment; amphioxus; Changli County in Hebei Province

Abstract: In this study, we constructed a marine resource and environmental carrying capacity evaluation index system comprising an artificial coastline to understand the effect of the development on sea resources and sea-water quality in Changli County. We used both specific and comprehensive evaluation methods to assess the marine resource and environmental carrying capacity. The results show that the habitat of amphioxus has been seriously degraded due to sediment transport and marine pollution. Therefore, the marine ecological carrying capacity is currently seriously overloaded, making it absolutely essential to carefully control pollution sources, strengthen environmental monitoring efforts, and take other effective measures to relieve the environmental pressures on amphioxus growth.

(本文编辑: 康亦兼)