

大连长兴岛近岸海域资源环境承载能力研究

李 爱^{1,2}, 胡超魁², 王召会², 刘桂英², 杨正先³

(1.国家海洋局海域管理技术重点实验室, 辽宁 大连 116023; 2.辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁 大连 116023; 3.国家海洋环境监测中心 辽宁 大连 116023)

摘 要:海洋资源环境承载能力研究是解决经济发展与海洋资源环境保护之间矛盾的关键。本研究引入边际报酬递减理论和短板理论,从广义的社会发展需求和狭义的资源环境底线约束两方面来构建海洋资源环境承载能力评价理论框架和方法体系,并以大连长兴岛近岸海域为研究区开展实证研究。基于边际报酬递减理论,以资源环境开发的社会边际报酬为零作为资源环境承载能力阈值,开展广义的海洋资源环境承载能力评价;基于短板理论,以海域空间资源、海洋生态环境和无居民海岛资源环境三项要素作为基础指标,开展狭义的海洋资源环境承载能力评价;基于上述两方面的评价结果,开展综合承载能力评价。研究结果表明,2016 年大连长兴岛近岸海域资源环境承载能力处于超载状态。短期来看,长兴岛近岸海域填海已超过最佳规模,因此对社会经济发展的促进作用较小。此外,人类开发利用活动已导致长兴岛近岸海域出现自然岸线严重丧失、海域过度开发和渔业资源难以持续等问题。

关键词:海洋资源环境承载能力; 边际报酬递减理论; 短板理论; 大连长兴岛

中图分类号:X24

文献标识码:A

文章编号:1007-6336(2021)03-0333-08

Research on marine resources and environment carrying capacity in the coastal waters of Changxing island in Dalian

LI Ai^{1,2}, HU Chao-kui², WANG Zhao-hui², LIU Gui-ying², YANG Zheng-xian³

(1.Key Laboratory of Sea-Area Management Technology, State Oceanic Administration, Dalian 116023, China; 2.Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Dalian 116023, China; 3.National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: The research on the marine resources and environment carrying capacity is the key to solve the contradiction between economic development and marine resources and environment protection. Based on the theory of diminishing marginal returns and short board, this study firstly constructed the theoretical framework and methodology system of marine resources and environment carrying capacity evaluation in two aspects, namely, the society development demand in a broad sense and the resources and environment constraint in a narrow sense. And then, we took the coastal waters of Changxing island in Dalian as the case study. The assessment of marine resources and environment carrying capacity in a broad sense was initiated based on the theory of diminishing marginal returns, taking zero marginal income of resources and environment development as the evaluation threshold. Meanwhile, the assessment of marine resources and environment carrying capacity in a narrow sense was carried out based on the short board theory, with three basic indicators, that were, sea

收稿日期:2020-03-12, 修订日期:2020-07-28

基金项目:国家海洋局海域管理技术重点实验室基金项目(201710); 国家重点研发计划项目(2017YFA0604902)

作者简介:李 爱(1981—),女,辽宁锦州人,副研究员,硕士,主要研究方向为海洋环境监测与评价, E-mail: bruce_gl@163.com

通讯作者:杨正先(1980—),男,高级工程师,硕士,主要研究方向为海岸带资源环境规划和管理技术, E-mail: 472000601@qq.com

space resources, marine ecological environment and uninhabited island resources and environment. Finally, the comprehensive carrying capacity was evaluated according to the above results. The results showed that the carrying capacity of Changxing island was overloaded in 2016. Based on the short-term, the reclamation of Changxing island had exceeded the optimal scale, so it had little promoting effect on social economic development. In addition, human's development and utilization activities of sea resources had led to serious loss of natural coastline, excessive development of sea area and unsustainable fishery resources.

Key words: marine resources and environment carrying capacity; diminishing marginal returns theory; short board theory; Changxing island in Dalian

资源环境承载能力作为科学度量资源环境本底和经济社会活动间交互程度的指标,已成为定量研究可持续发展的重要手段。国内外学者们尝试着构建综合的资源环境承载能力评价体系,使之更具研究和实践的应用价值。Lin 等针对在中国转型发展迅速的环渤海地区的 13 个城市,选取水资源、大气、地表水和近海环境四大要素,通过综合指数来定量表征资源环境承载能力^[1]; Widodo 等研究了印度尼西亚日惹地区土地、水资源环境承载能力,以期评价城市可持续发展^[2];李京梅等从胶州湾海域资源环境供给和青岛市海洋产业增长需求的角度,构建了青岛市海洋资源承载力综合评价指标体系,对青岛市 2001—2010 年海洋资源承载状况进行测度^[3]。2016 年国家发改委、国家海洋局等 12 部委联合印发了《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》,明确了资源环境承载能力基本概念,提出了资源环境承载能力监测预警的指标体系、指标算法、集成方法与类型划分、超载成因解析及政策预研分析方法等技术要点^[4]。随着上述研究的开展,海洋资源环境承载能力的研究方法、技术手段不断深入完善。但现有研究仍侧重于资源和生态环境维度的评价,对于社会经济维度的发展需求考虑较少,从社会边际报酬角度确定资源环境承载能力阈值的研究更是鲜见报道。从广义生产理论出发,当海洋资源环境的开发规模达到社会最优配置时,社会综合效益实现最大化,海洋资源环境承载能力也同时达到最大阈值,因此海洋资源环境承载能力的研究,不仅要考虑开发压力下的海洋生态环境现状和资源消耗程度,还要评估海洋资源环境的开发规模是否达到社会最优配置,这是解决经济发展与海洋资源环境保护矛盾的关键。本文基于边际报酬

递减理论和短板理论,构建海洋资源环境承载能力综合评价方法体系,并以大连长兴岛近岸海域为例,研究这一传统以海水养殖和盐业为主的岛屿在经历了高强度围填海开发后的海洋资源环境承载状况,为区域海洋资源环境承载能力评价方法探索新的思路与应用实践。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

大连长兴岛经济技术开发区(39°23'26"N—39°39'15"N, 121°13'19"E—121°32'11"E)位于辽东半岛中西部、大连市渤海一侧海岸线中段,由长兴岛、西中岛、凤鸣岛、交流岛和骆驼岛组成(图 1),其中,长兴岛规划面积 268.5 km²,是长江以北第一大岛。辽东湾深水潮流通道 20 m 等深线紧邻长兴岛的马家咀、五沟西咀和西中岛的拉脖山、羊鼻、横山等尖岬,因此长兴岛经济区深水宜岸线资源十分丰富。2005 年之前,长兴岛经济区是一个以海水养殖和盐业为主

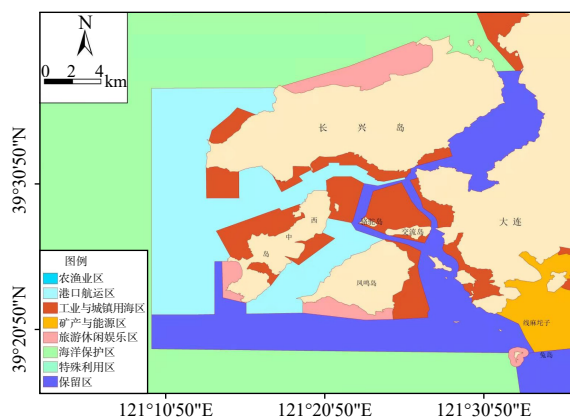


图 1 长兴岛近岸海域的位置及海洋功能区划

Fig. 1 The location and marine functional zoning map of the coastal waters of Changxing island

要产业的海岛, 2005 年大连长兴岛临港工业区成立, 2010 年定名为大连长兴岛经济技术开发区, 并升级为国家级经济技术开发区, 确定了造船、石化、临港装备和物流为四大主导产业。近年来, 随着港口码头、临港工业的持续扩大, 长兴岛经济区海岸带生态环境受到一定程度的破坏, 自然岸线缩减至 48.0 km, 较 2005 年之前减少了 45.0%, 长兴岛南部和西中岛东北部岸线随着填海工程向海迁移。

1.2 海洋资源环境承载能力评价理论基础、指标体系和方法

1.2.1 评价理论基础

本方法体系的建立基于广义的社会发展需求和狭义的自然资源环境底线约束两方面的考虑: 一是从广义生产理论出发, 基于边际报酬递减规律寻求海域资源环境开发利用的社会最优配置, 实现社会综合效益最大化; 二是基于短板理论, 揭示海洋资源环境对社会经济发展的制约因素, 识别潜在的风险。

1.2.2 基于边际报酬递减理论的评价方法

承载力蕴含在广义生产理论当中, 是生产过程中要素与要素间的关系反映, 其主体与对象间在理论模型上应被定义为一列包含生态环境要素在内的短期生产关系^[5]。海洋资源环境可以看作临海地区宏观经济增长模型的生产投入要素, 因此, 其开发行为也受边际报酬递减规律的制约而实现短期最优。边际报酬的临界点几乎是海洋资源环境承载能力的最直观表达^[5]。根据基于边际报酬递减规律的短期生产函数图像特征^[6], 将海洋资源环境承载能力状态划定为以下 3 种类型:

① 可载状态: 边际报酬为正值, 且边际报酬大于平均报酬。总产出在海洋资源环境要素投入的逐步递增中保持了较快的增长, 处于图 2 中的第一阶段;

② 临界状态: 边际报酬为正值, 且边际报酬小于平均报酬。总产出在海洋资源环境要素投入的逐步递增中缓慢增长, 处于图 2 中的第二阶段;

③ 超载状态: 边际报酬为负值。总产出随着海洋资源环境要素投入的增加而呈递减状态, 处于图 2 中的第三阶段。

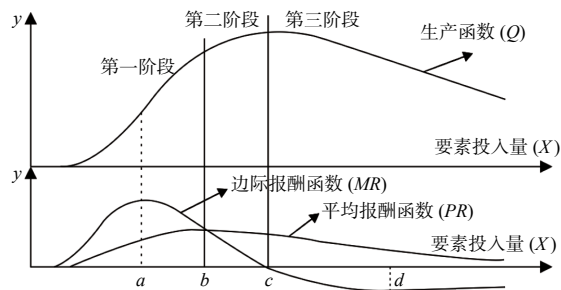


图 2 总产出函数、边际报酬函数、平均报酬函数图像特征^[6]

Fig. 2 Image features of total output function, marginal return function and average return function

将上述函数模型应用于海洋资源环境承载能力评估当中, 需要满足两个基本的理论条件: 一是经济产出对海洋资源环境的依赖程度较高; 二是研究区域的海洋资源环境必须总量有限, 且具有边际递减的特性^[7]。在满足上述理论条件下, 用海域开发的社会净效益 (Q) 对海域资源环境投入量 (X) 进行二次方回归分析, 得到 Q 对 X 的二元二次方程, 用 Q 对 X 求一阶导数, 再将海域资源环境投入量代入求导后的方程, 可计算出海域资源环境开发的边际报酬。

1.2.3 基于短板理论的评价方法

在《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》^[8]的基础上, 选择海域空间资源、海洋生态环境和无居民海岛资源环境三项基础要素, 通过岸线和海域开发强度、海洋功能区水质达标率、渔业资源鱼卵仔鱼的变化趋势、赤潮及溢油事故风险、无居民海岛开发强度和生态状况等七项指标 (表 1), 测算各类开发活动对海洋资源和生态环境的影响程度, 并通过短板效应集成, 综合划分海洋资源环境承载能力为“可载状态”“临界状态”“超载状态”三种类型^[9]。

1.2.4 综合评价

基于边际报酬递减理论和短板理论两方面的评价结果, 开展综合承载能力评价。两种评价结果分别代表了社会发展需求和资源环境的底线约束, 两者具有相同的权重, 相比较取承载力较低者, 作为综合评价结论。

1.3 数据来源

岸线长度数据来自资源三号 (ZY-3) 卫星

表 1 基于短板理论的海洋资源环境承载能力评价指标体系

Tab.1 Index system of marine resources and environment carrying capacity evaluation based on the short board theory

一级指标	二级指标	指标含义
海域空间资源承载状况(S)	岸线开发强度(S_1)	主要岸线开发利用类型的综合资源环境效应
	海域开发强度(S_2)	各种海域使用类型对海域资源总体耗用程度
海洋生态环境承载状况(E)	海洋环境承载状况(E_1)	海水水质等级对海洋环境管理要求的符合程度
	海洋生态承载状况(E_2)	重要海洋生物群落结构和功能状况
	海洋生态环境风险状况(E_3)	年均赤潮发生频次以及海洋溢油事故风险
无居民海岛资源环境承载状况(I)	无居民海岛开发强度(I_1)	无居民海岛人工岸线和岛上开发用地情况
	无居民海岛生态状况(I_2)	无居民海岛生态系统的稳定性

2015 年分辨率为 2 m 的遥感影像,通过 ArcGIS 10.2 提取获得;围填海面积数据来源于文献资料^[10];水质数据来源于《2016 年北海区海洋环境公报》业务化监测数据^[11];鱼卵仔鱼数据来源于 2010 年 6 月至 8 月和 2016 年 5 月至 6 月课题组实地调查,由辽宁省海洋水产科学研究院实验室分析所得;赤潮风险评估数据来源于 2000—2016 年《中国海洋灾害公报》;海洋溢油事故评估数据来源于文献资料^[12];无居民海岛数据来源于《辽宁省海岛地名志》^[13];长兴岛地区生产总值(GDP)数据来源于 2010—2017 年《大连市统计年鉴》。

2 结果与讨论

2.1 基于边际报酬递减理论的评价

大连长兴岛的经济的发展是以海域资源投入量增长为基础的。2005—2016 年,长兴岛新增港口码头用海 27.98 km²,临港工业用海 5.09 km²,港口码头、临港工业迅速扩大,地区 GDP 也由 2005 年的 9.1 亿元锐增至 2013 年的 120 亿元,而后回落至 2016 年的 89.5 亿元,据统计,2016 年临港工业对长兴岛地区 GDP 的贡献率达到了 83%^[14]。由于长兴岛近岸海域资源(如自然岸线、近岸海域空间)有限且尚有一定的存量,作为宏观经济增长的生产投入要素,符合生产函数构建经济准则中对生产要素的要求。在两个基本理论条件被满足的前提下,通过构建包含海域资源环境在内的短期生产函数模型,分析海域开发的社会净效益和资源环境投入之间的关系,从广义视角确定长兴岛近岸海域社会资源环境承载能力的承载状态。

首先,为实现资源环境的可持续开发利用,海域开发的社会净效益应为经济效益扣除海域资源环境的损耗成本。众所周知,海域可以提供食品生产、气候调节和水质净化等多项生态系统服务,因此海域资源环境损耗成本可以用单位面积海域资源环境提供的生态系统服务价值来衡量。大连长兴岛位于渤海辽东湾,借鉴吴姗姗等^[15]的研究成果,渤海平均单位海域生态系统服务价值为 3.18 万元/(ha·a)。长兴岛填海区开发之前多为海水养殖区,而吴姗姗等的研究中未考虑海水养殖价值,因此本研究中要将海水养殖价值加进去。根据辽宁省渔业统计年鉴,2015 年和 2016 年大连长兴岛海水养殖总产值分别为 6.25 亿元和 6.38 亿元,养殖面积分别为 9844 ha 和 9718 ha,养殖成本按照总产值的 35% 扣除,平均单位海域养殖价值为 4.20 万元/(ha·a),最终大连长兴岛平均单位海域生态系统服务价值为 7.38 万元/(ha·a)。结合大连长兴岛地区 GDP 和港口、临港工业实际用海面积,就可以计算出海域开发后的社会净效益(Q),如表 2 所示。

其次,构建二元二次回归方程,计算海域开发的边际报酬。假设 2010—2016 年港口、临港工业用海以匀速递增,用海域开发的社会净效益(Q)对港口、临港工业用海面积(X)进行二次回归分析,设方程为 $Q=\beta_0+\beta_1X+\beta_2X^{2[7]}$,得到 Q 对 X 的二元二次方程为 $Q=14590.57+762.38X-0.1353X^2$, $R^2=0.9388$,说明拟合效果较好,见图 3。用 Q 对 X 求一阶导数,将港口、临港工业用海面积代入求导后的方程,可计算出港口、临港工业用海的边际报酬,详见表 2。此处需要说明的是,由于数据可得性原因,缺少港口和临港工业部门的

表2 长兴岛主要经济指标、港口和工业用海面积及其边际报酬

Tab.2 Main economic indicators, the area of the sea occupied by ports and industries and their marginal returns in Changxing Island

年份	GDP/亿元	社会净效益(Q)/亿元	港口用海面积/ha	工业用海面积/ha	边际报酬/万元·ha ⁻¹ ·a ⁻¹
2005	9.1	9.05	34.88	32.56	744.1
2010	60.0	59.38	647.48	192.80	535.0
2011	66.5	65.48	1098.89	277.71	389.9
2012	100.5	99.09	1550.30	362.62	244.7
2013	120.0	118.19	2001.71	447.54	99.6
2014	110.8	108.60	2453.11	532.45	-45.5
2015	103.0	100.40	2904.52	617.36	-190.6
2016	89.5	86.51	3355.93	702.27	-335.8

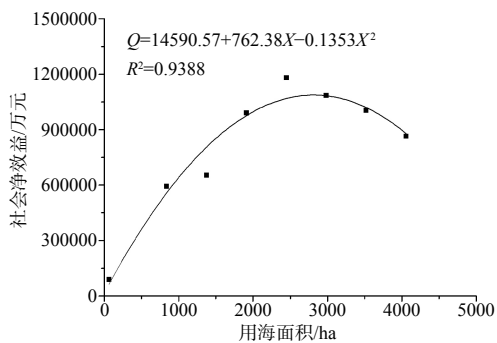


图3 长兴岛海域开发的社会净效益和用海面积的关系拟合曲线

Fig. 3 Fitting curve of the relationship between the net social benefit and the area of the development sea in Changxing Island

具体产出数据,用地区GDP来代替,可能会导致过程参数预测精确性不足,在一定程度上造成测算结果的放大,但由于长兴岛地区GDP中工业占比较高^[14],因此,本方法依然能较客观地反映一段时期内用海边际报酬的演变趋势,有一定的合理性。

研究结果表明,2005—2013年,长兴岛海域用海的边际报酬为正值,海洋资源环境承载能力处于可载和临界状态,随着用海面积的增加,边际报酬逐渐递减,社会净效益处于递增状态;2014—2016年,用海的边际报酬为负值,海洋资源环境承载能力处于超载状态,随着用海面积的增加,社会净效益处于递减状态。由此可见,2016年大连长兴岛近岸海域资源环境处于过度开发状态,不宜再新增填海项目。

考虑到影响长兴岛地区GDP发展趋势的因素中,除了海洋资源开发利用之外,还有一个关

键因素就是可能受宏观经济形势的影响。因此,本研究采用海域资源环境开发的平均报酬来进一步确认长兴岛近岸海域资源环境承载能力的状态。大连长兴岛经济技术开发区属于工业主导型开发区,主导产业特征明显,造船及相关产业用地占全部工业用地的90%^[16],而造船及相关产业对海域资源环境依赖程度较高,均需布局在临海区域,用海方式多以填海造地为主,由此可知长兴岛的工业用地主要来源于填海造地。根据2016年度国家级开发区土地集约利用评价情况通报数据,大连长兴岛经济技术开发区工业用地地均税收仅为2.79万元/(ha·a)。工业用地地均税收指已建成城镇建设用地范围内的工业(物流)企业税收总额与工矿仓储用地面积之比,反映开发区工矿仓储用地对社会产出效益。而海洋资源环境提供的生态系统服务价值,反映了海洋资源环境对社会提供的公共福利,也属于自然资源对社会的产出效益。通过二者比较发现,长兴岛经济区填海后产生的社会效益2.79万元/(ha·a)小于填海之前提供的生态系统服务收益7.38万元/(ha·a),说明2016年长兴岛经济区的海域资源环境开发是违反经济规律的,海域资源环境处于过度开发状态,承载能力为超载,不宜再新增填海项目。

围填海区闲置率较高可能是导致广义的社会资源环境承载能力超载的主要因素。2013年STX造船厂倒闭以后,长兴岛出现了大量闲置的围而未用、填而未建的围填海区域,据统计,截至2016年,未利用类型围填海面积达到了15.02 km²。处于闲置状态的围填海区虽然改变了海域的自然属性,付出了生态环境的代价,但

对当地社会经济发展的促进作用较小。广义的社会资源环境承载能力的提升离不开科学的项目管理和投资引导,应优化投资环境,发挥港口资源优势,盘活长兴岛闲置填海区域^[16],提升填海区域的经济效益。

2.2 基于短板理论的评价

2.2.1 海域空间资源承载能力

2.2.1.1 岸线开发强度

2015年,长兴岛经济区海岸线总长为217.9 km,岸线开发强度(S_1)较高,为0.84,处于超载状态($S_1 \geq 0.80$ 为超载)。岸线类型主要包括人工岸线、半人工岸线和自然岸线三种,所占比例分别为44.8%、33.2%和22.0%,自然岸线占比最低,且较2005年减少了45.0%。港口码头和临港工业岸线分布于长兴岛西部、南部和西中岛东北部,所占比例达到全区域的41.0%;渔业养殖和盐田岸线所占比例为33.2%。海岸带的空间变化趋势主要表现为长兴岛南部和西中岛东北部岸线随着填海工程向海推进,海岸线长度增加。

2.2.1.2 海域开发强度

2016年,长兴岛经济区各类型用海总面积为337.43 km²,海域开发强度(S_2)为2.19,处于超载状态($S_2 \geq 1.75$ 为超载)。在各海域使用类型中,养殖及盐业用海面积为281.83 km²,占大连长兴岛经济区海域使用面积的83.5%;港口用海面积33.56 km²,占10.0%;未利用类型用海面积15.02 km²,占4.4%;工业用海面积7.02 km²,占2.1%。据统计,1995年至2005年,长兴岛经济区新增围填海面积90.23 km²,主要开发利用方式为围海,以盐业和围海养殖用海为主;2005—2016年,新增围填海面积78.17 km²,主要开发利用方式为填海造地和围海,此阶段内港口、临港工业、围海养殖和未利用类型用海共同增长,同时,葫芦山湾海域的大量养殖用海和盐业区域被征收用于临港工业和港口建设。

2.2.2 海洋生态环境承载能力

2.2.2.1 海洋环境承载状况

海洋环境承载状况(E_1)以区域内海洋功能区水质达标率来表征。2016年,长兴岛经济区海洋功能区水质达标率为95.3%,海洋环境承载状况(E_1)处于可载状态($E_1 > 90\%$ 为可载)。其

中,水质不达标的海洋功能区类型主要为保留区和工业与城镇用海区,占不达标功能区水质面积的比例分别为72.9%和27.1%,主要分布在凤鸣岛东南部、临近普兰店湾的海域。

2.2.2.2 海洋生态承载状况

海洋生态承载状况(E_2)以区域内鱼卵仔鱼密度状况来评价。2010年6月至8月,水平和垂直拖网鱼卵平均密度分别为0.075 ind./m³和0.180 ind./m³,仔稚鱼为0.010 ind./m³和0.054 ind./m³。鱼卵以鲷(*Platycephalus indicus*)和焦氏舌鲷(*Cynoglossus joyneri*)占优势,仔鱼以许氏平鲷(*Sebastes schlegelii*)、沙氏下鱈(*Hyporhamphus sajori*)和绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestus*)占优势。鱼卵仔鱼平面分布不均匀,且出现率较低;2016年5月—6月调查海域水平和垂直拖网均未采集到鱼卵和仔稚鱼。调查结果表明,鱼卵仔鱼平均密度小于5 ind./m³,并且数量呈递减趋势,因此综合评价海洋生态承载状况(E_2)处于超载状态($E_2 \leq 5$ ind./m³为超载)。

2.2.2.3 海洋生态环境风险状况

海洋生态环境风险状况主要包括海洋赤潮灾害状况(E_{3-A})和海洋溢油事故风险状况(E_{3-O})两个方面。

2000—2016年,仅2000年8月在长兴岛西部海域发生一次面积约44 km²的赤潮,赤潮年均发生频次为0.06次/a,因此海洋赤潮灾害状况(E_{3-A})处于可载状态($E_{3-A} < 0.5$ 次/a为可载)。

将船舶碰撞概率和船舶碰撞后果概率最大等级的乘积作为风险值,得到长兴岛港水域船舶碰撞发生溢油事故的最大风险值为 3.68×10^{-5} ^[12],属于小概率事件,因此海洋溢油事故风险状况(E_{3-O})处于可载状态($E_{3-O} < 1\%$ 为可载)。

2.2.3 无居民海岛资源环境承载能力

区内有无居民海岛25个,其中陆域面积大于1 ha的海岛有3个,分别为鲁坨子、看牛坨子和长兴岛韭菜坨子。无居民海岛总岸线长度为5.13 km^[13],人工岸线比例(I_{11})约为37.4%,岸线利用处于临界状态($30\% < I_{11} \leq 40\%$ 为临界);无居民海岛总面积为17.51 ha^[13],开发利用岛屿面积规模指数(I_{12})为19.8%,开发利用处于可载状态($I_{12} \leq 30\%$ 为可载);无居民海岛开发利用规模较大的为长兴岛韭菜坨子、布鸽坨,由于这两个岛土壤层稀薄,植被原本较为稀少,因此开发后

岛上植被覆盖度变化不大,海岛生态状况(I_2)处于可载状态($I_2 \leq 2\%$ 为可载)。

2.2.4 基于短板理论的评价结果

根据评价的各单因素测算结果(表3),通过短板效应集成,综合得出2016年大连长兴岛近

岸海域自然资源环境承载能力处于超载状态,其中,海域空间资源和海洋生态环境均处于超载状态,无居民海岛资源环境处于临界状态。识别出来的主要问题是自然岸线丧失严重、海域过度开发和渔业资源难以持续。

表3 长兴岛近岸海域资源环境承载能力评价结果

Tab.3 Evaluation results of resources and environment carrying capacity of the coastal waters in Changxing Island

一级指标	二级指标	评价结果	
海域空间资源承载状况(S)	岸线开发强度(S_1)	超载	
	海域开发强度(S_2)	超载	
海洋生态环境承载状况(E)	海洋环境承载状况(E_1)	可载	
	海洋生态承载状况(E_2)	超载	
	海洋生态环境风险状况(E_3)	海洋赤潮灾害状况(E_{3-A})	可载
		海洋溢油事故风险状况(E_{3-O})	可载
无居民海岛资源环境承载状况(I)	无居民海岛开发强度(I_1)	临界	
	无居民海岛生态状况(I_2)	可载	

从长兴岛近岸海域的开发历程看,由经济发展战略调整带来的海域使用功能和开发利用方式的变迁是海域自然资源环境承载能力变化的主要驱动因素。长兴岛由传统的围海养殖和盐业为主要开发活动的海岛转变为工业主导型开发区以后,实施了大规模的填海造地工程。填海造地的用海方式会彻底改变海域的自然属性,且过程又不可逆,从而对海域自然资源环境承载能力的影响最大^[17]。临海经济产业布局的地域集中性也是影响海域自然资源环境承载能力的主要因素。长兴岛的海域开发活动主要集中在葫芦山湾,由于海湾三面环陆、一面向海的半封闭海域特性,水体交换能力相对较弱,集中的大规模围填海活动必然使该海湾的资源环境发生较大改变。目前海湾已由原来的葫芦形状转变成狭长形状,自由流通水域面积由2005年的69.01 km²减少到2015年的43.47 km²^[18],10年间缩小了37%,海湾内潮流动力变弱,水交换能力变差,加之频繁的人类开发活动,使原本的海洋生物产卵、索饵等生态功能受损严重。

狭义的长兴岛近岸海域自然资源环境承载能力的提升受限于海域空间资源的过度消耗,因此,未来该区域应加强对海洋生态环境的监测与评价,对生境受损严重的生态功能区和脆弱敏感区进行生态整治与修复,以减少围填海工程对海洋生态系统的负面影响。

2.3 综合评价

基于边际效应递减理论的评价结果为超载状态,基于短板理论的评价结果为超载状态,因此大连长兴岛近岸海域资源环境承载能力综合评价结果为超载状态。张晓霞等^[19]以长兴岛近岸海域资源、生态环境和灾害等自然资源环境要素构建了评价指标体系,采用短板效应方法进行复合评价,得到2015年该海域资源环境承载力状况为超载的结论,与本文结论相一致,但两者的求证过程有本质区别。本研究不仅以海域空间资源、海洋生态环境(包含灾害)和无居民海岛资源环境三项基础要素,对狭义的海域自然资源环境承载能力进行了评价,还从广义视角对海域资源开发的社会承载能力进行了评价。根据建立的基于边际报酬递减规律的承载能力评价模型,计算出2016年长兴岛近岸海域开发的社会边际报酬为负值,总产出会随着海域资源环境要素投入的增加而呈递减状态,最终得出该海域社会资源环境承载能力处于超载状态的结论。本研究强调在守住海域自然生态底线的前提下,只有促进海域资源配置达到社会最优,才能使海域资源环境承载能力达到最大阈值。

3 结 论

(1)本研究引入边际报酬递减理论和短板理论,构建了广义的社会资源环境承载能力和狭义

的自然资源环境承载能力评价理论框架和方法体系。广义和狭义的评价结果分别代表了社会发展需求和资源环境的底线约束,两者具有相同权重,相比较取承载能力较低者,作为综合评价结论。

(2)实证研究结果表明,2016年长兴岛填海造地的社会边际报酬为-335.8万元/(ha·a),短期来看,填海已超过最佳规模,不宜再新增填海项目,广义的社会资源环境承载能力处于超载状态;长兴岛近岸海域岸线开发强度为0.84,海域开发强度为2.19,鱼卵仔鱼平均密度小于 5 ind./m^3 ,均超过承载能力超载分级标准,通过短板效应集成,狭义的自然资源环境承载能力处于超载状态。基于上述两方面的评价结果,综合得出2016年长兴岛近岸海域资源环境承载能力处于超载状态。

参考文献:

- [1] LIN L, LIU Y, CHEN J N, et al. Comparative analysis of environmental carrying capacity of the Bohai Sea Rim area in China[J]. *Journal of Environmental Monitoring*, 2011, 13(11): 3178-3184.
- [2] WIDODO B, LUPYANTO R, SULISTIONO B, et al. Analysis of environmental carrying capacity for the development of sustainable settlement in Yogyakarta Urban Area[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2015, 28: 519-527.
- [3] 李京梅, 许 玲. 青岛市蓝色经济区建设的海洋资源承载力评价[J]. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2013, (6): 8-13.
- [4] 国家发改委, 国家海洋局. 《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》印发[J]. *海洋与渔业*, 2016, (11): 16.
- [5] 张宏亮, 何 波. 从承载力的属性分析承载力研究的理论基础[J]. *中国国土资源经济*, 2013, (8): 57-60.
- [6] 甘臣林, 陈银蓉, 徐小伟. 基于边际报酬递减规律的短期生产函数模型[J]. *统计与决策*, 2016, (5): 17-22.
- [7] 韩帅帅, 狄乾斌. 城市经济承载力量化方法探讨——以大连市为例[J]. *国土与自然资源研究*, 2014, (4): 32-35.
- [8] 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[EB/OL]. (2015-05-03)[2016-01-12]. <http://wenku.baidu.com/view/e03da9498762caaedc33d480.html>.
- [9] 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, 31(10): 1241-1247.
- [10] 柯丽娜, 庞 琳, 王权明, 等. 围填海景观格局演变及存量资源分析——以大连长兴岛附近海域为例[J]. *生态学报*, 2018, 38(15): 5498-5508.
- [11] 国家海洋局北海分局. 2016年北海区海洋环境公报[EB/OL]. (2017-06-01)[2018-03-09]<https://max.book118.com/html/2018/0307/156223455.shtm>.
- [12] 丛叶盛. 长兴岛港水域船舶碰撞风险分析研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2014.
- [13] 毕远溥, 刘林林. 辽宁省海岛地名志[M]. 北京: 海洋出版社, 2014.
- [14] 袁翠萍. 大连长兴岛经济区规划发展动力机制研究[D]. 长春: 吉林建筑大学, 2018.
- [15] 吴姗姗, 刘容子, 齐连明, 等. 渤海海域生态系统服务功能价值评估[J]. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(2): 65-69.
- [16] 孙东升. 大连长兴岛经济技术开发区土地集约利用评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2013.
- [17] 王启尧. 海域承载力评价与经济临海布局优化理论与实证研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [18] 高 婧. 海洋功能变迁对葫芦山湾水质影响分析[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.
- [19] 张晓霞, 陶 平, 程嘉熠, 等. 海岛近岸海域资源环境承载能力评价及其应用[J]. *环境科学研究*, 2016, 29(11): 1725-1734.