

基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估

李爱¹, 杨正先²

(1. 辽宁省海洋水产科学研究院 大连 116023; 2. 国家海洋环境监测中心 大连 116023)

摘要:海洋资源环境的开发利用可视为将海洋资源环境作为生产投入要素的广义生产行为,因此受边际效应递减规律的制约。本研究基于资源环境边际效应的经济学视角,以对海洋资源环境破坏较大的填海造地建设为研究重点,通过基于 GIS 的海洋资源环境边际机会成本评估和基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估模型,建立海洋资源环境承载力的评估理论和方法,重新认识海洋资源环境承载力在海域管理绩效评估和科学决策中的重要作用,为区域海洋资源优化配置提供新的方法体系;关键成果是构建基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估模型,模型将海洋资源环境纳入宏观生产投入要素,由宏观要素的边际收益测算承载力极限阈值,其中对海洋资源环境的市场价值和非市场价值的正确评估是承载力评估的关键。

关键词:承载力; 边际效应; 海洋资源环境; 海域管理; 可持续发展

中图分类号: P74; X24 文献标志码: A 文章编号: 1005-9857(2018)04-0044-07

Assessment of Marine Resources and Environment Carrying Capacity Based on Marginal Effect Analysis

LI Ai¹, YANG Zhengxian²

(1. Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Dalian 116023, China;
2. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: The exploitation and utilization of marine resources and environment can be regarded as the generalized production behavior that takes the marine resources and environment as the input factors of production, so it is restricted by the law of diminishing marginal effect. Based on the marginal effect of the development and protection of resource environment in the view of economics, this study aimed to establish a set of method of marine resources and environment carrying capacity based on the assessment models of marginal opportunity cost on GIS and carrying capacity on marginal effect analysis, mainly focusing on the most devastating exploitation behavior of land reclamation to marine ecological environment. It is crucial to re-understand the role of marine resource environment carrying capacity played in the performance assessment and scientific decision-making of sea-area management, from the point of marginal cost and benefit of sea area re-

收稿日期: 2017-08-22; 修订日期: 2018-04-09
基金项目: 国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室开放基金项目(201605); 中国海洋发展研究会重大项目(CAMAZDA201605).
作者简介: 李爱, 副研究员, 硕士, 研究方向为海洋环境监测与评价

sources and environment. The key achievement was to construct the assessment model of marine resources and environment carrying capacity based on the marginal effect analysis. The model took the marine resources and environment into the macro production input factors, and calculated the threshold value of the carrying capacity by the marginal revenue of macro factors. It was the key for assessment of carrying capacity to correctly evaluate the market value and non market value of the marine resources and environment. The results could provide a new method system for rational allocation of regional marine resources.

Key words: Carrying capacity, Marginal effect, Marine resources and environment, Sea area management, Sustainable development

资源环境是生态文明的载体,正确认识和科学评估区域资源环境承载力是生态文明建设的首要任务,对于指导区域可持续发展具有至关重要的作用。本研究基于资源环境边际效应的经济学视角,以对海洋资源环境破坏较大的填海造地建设为研究重点,通过基于 GIS 的海洋资源环境边际机会成本评估和基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估模型,建立海洋资源环境承载力的评估理论和方法,重新认识海洋资源环境承载力在海域管理绩效评估和科学决策中的重要作用,为区域海洋资源优化配置提供新的方法体系。

1 承载力研究情况

1.1 国外研究

承载力是从工程地质领域转借过来的物理学概念,其本意是物体在不受破坏时可承受的最大负荷能力。社会学意义的承载力概念从出现至今,经历从生物种群承载力、人口承载力、资源承载力、环境承载力到生态承载力的演进过程,现已成为衡量区域可持续发展水平的重要依据,这是人类对社会发展中不断出现的问题做出响应和变化的结果^[1]。

承载力在生态环境中的应用可追溯到 1798 年马尔萨斯的著作《人口理论》^[2]。1953 年 Odum^[3]首次把承载力的概念与 Logistic 方程的环境容纳量 K 值直接联系起来,此后学者们才真正将承载力应用于实证研究,进入承载力理论的初步应用阶段。再后,承载力被引入人类生态学和生态经济学等多个生态学的分支学科中,研究方法也逐渐综合化和系统化。

自 1987 年可持续发展的概念被世界环境与发展委员会(WCED)提出以来,承载力的研究和应用也开始与可持续发展理念相结合,成为系统和定量研究可持续发展的框架性手段,同时成为可持续发展研究的热点、难点和理论前沿^[4-6]。1992 年加拿大生态经济学家 Rees^[4]提出用生态足迹方法衡量可持续发展,其博士生 Wackernagel 等^[5]于 1996 年对该方法加以完善,并对 52 个国家和地区 1997 年的生态足迹和生态承载力状况进行计算和分析。

海洋领域的承载力研究起步较晚,2000 年后才得以较快发展。2001 年国外学者从水产养殖承载力的角度对北大西洋的大西洋鲑鱼进行研究,运用非线性混合模型和自然数学法评估种群承载力的差异程度,结论为每个单元区域内种群承载力的差异可达 20 倍^[7]。2007 年挪威海洋研究所开始名为 CANO 的挪威养殖业承载力研究,主要从生物学的角度对挪威鱼类、贝类和龙虾的养殖情况进行研究,通过研究有机质在海洋食物链中发挥作用的方式,进而定量描述养殖环境可承受的影响程度^[8]。此外,2009 年 Quicoy 等^[9]对滨海旅游承载力进行研究,2010 年 Nam 等^[10]对韩国西南海岸某小岛的环境承载力进行研究。从目前研究状况看,国外学者对海洋承载力的综合性研究较少,仅限于对水产养殖和滨海旅游等单项承载力的研究。

1.2 国内研究

我国的承载力研究始于 20 世纪 80 年代,最早关注的是土地承载力,此后学者们开始对人口、生态、水资源和旅游等各类要素以及区域综合要素进行承载力的计算、分析和评估,21 世纪初期研究视

角逐渐转移到海洋领域的承载力上。

狄乾斌等^[11]作为国内首批涉海承载力领域的学者,于2004年率先提出海域承载力的概念,即“在一定时期内,以海洋资源的可持续利用和海洋生态环境的不被破坏为原则,在符合现阶段社会文化准则的物质生活水平下,通过自我维持和自我调节,海洋能够支持人口、环境和经济协调发展的能力或限度;可通过海洋资源供给能力、海洋产业经济功能和海洋环境容量3个方面表征”。刘康等^[12]认为,海域承载力是“在特定的时间范畴内,在保持其特定的生态系统结构和功能不发生显著的不可逆改变的前提下,特定海洋区域内海洋资源储量和纳污能力所能支撑的海洋产业规模或海岸带社会经济总量”。尽管海域承载力的定义各有不同,但其内涵基本一致,研究的共同出发点是海洋资源环境对社会经济发展的约束。

目前国内已开展海湾、海岛、近岸海域和海岸带等多种生态系统的海洋承载力研究,研究类型主要集中在海洋水产资源承载力、海洋生物资源承载力、海洋生态承载力和海洋生态环境综合承载力等方面。测算方法主要分为3个大类:①基于能值和物质转移的测算方法,如韩增林等^[13]借鉴资源承载力的定义,通过海洋水产资源以提供蛋白质的方式可养活的人口数量的角度来评估海洋水产资源承载力。②面向多系统的分层次的综合指标测算方法,如狄乾斌等^[14]采用层次分析法和熵权法确定指标权重,依据状态空间法建立计量模型,对2000—2010年辽宁省的海洋生态承载力水平进行分析;关道明等^[15]初步构建基于“驱动力—压力—状态—影响—响应”(DPSIR)理论的海洋资源承载力模型,测算岸线和海域开发强度以及渔业资源综合承载指数等7项指标,评估各类开发活动对海洋资源和生态环境的影响程度,建立沿海县级行政区海洋资源环境承载力的指标体系和评估预警方法。③系统性建模方法,如张光玉等^[16]采用系统动力学方法,建立综合承载力预测评估模型,对渤海湾滨海新区综合承载力的变化特点和发展趋势进行科学分析。

2 承载力研究存在的问题

经历2个多世纪的演进和研究,目前承载力的

概念、理论基础和量化方法等仍不成熟。作为指导未来社会可持续发展的最有效的评估指标,承载力评估更多地仍是纯理论性质的探索和尝试。目前承载力研究除在草原资源畜牧承载力^[17]、水产养殖承载力^[18]、旅游资源环境承载力^[19]、城市交通资源承载力^[20]和灾害修复资源环境承载力^[21]等专项领域取得重要进展外,宏观层面的综合性资源环境承载力评估和监测预警还很难对接管理和决策需求,具体表现为资源环境承载力分级阈值的确定缺乏科学性和管理效用,成为承载力评估中的技术难点。目前确定资源环境承载力分级阈值的方法主要分为4个大类^[22],即依据相关规划或区划要求、依据环境质量和达标率、基于专家意见以及选取比研究区更大的参照区作为对比标准。采用这些方法虽可体现资源环境的相对优劣情况,但与承载力是否超载并无直接关系,如没有结合特定时空范围的社会经济资源与自然资源之间的平衡关系研究,实际上难以得到资源环境承载力分级阈值的科学结论。

就海洋领域而言,目前试用的海洋资源环境承载力监测预警评估方法体系主要对海域空间资源、海洋渔业资源、海洋生态环境和海岛资源开发利用等进行评估^[15],与人类自身文化因素和社会经济发展因素的联系不够紧密,故只能得出海洋资源环境消耗的综合评估结果,难以支持和引导科学决策。与海洋资源环境承载力相关的研究成果主要基于多指标综合层次分析法和系统动力学方法,虽综合考虑社会经济和生态环境的诸多指标,但由于方法体系自身的问题和社会经济影响因素的多元化,构建的综合评估体系内部复杂但反映的关系却很模糊,甚至直接被模糊为承载力本身,主要原因是对人文社会因素影响机制揭示不足和对生态系统复杂性理论研究不足^[23]。

3 边际效应分析和海洋资源环境承载力评估

海域资源环境承载力评估的最终目的是帮助决策者优化海域资源配置。海域资源环境承载力承载的是人类社会经济活动,而人类社会经济活动实际上是价值的活动,有目的的活动都是价值导向的,活动的背后都是有意识或潜意识的价值评价、

价值选择和创造实现过程。只要有决策就需权衡得失,人类开发利用自然资源环境时往往面临边际得失的选择^[24],即边际成本和边际收益的权衡。在边际上分析商品和价值是经济学发展的里程碑,但目前边际效应分析方法很少被应用到自然资源价值的评估环节,造成自然资源管理与现实脱节的实际问题,同时使采用上述方法测算出来的承载力结果难以对管理决策产生实际作用。

在当前经济发展迅速和生态环境受到严重影响的背景下,决策中最大的挑战是生态价值、社会价值和经济价值的综合平衡,基于不同维度的边际效应分析提供了新的思路。经济学通常认为,随着商品或服务的量的增加,生产者的边际收益先增加后减小,即短期生产的边际效应递减规律,生产行为都受这一规律的制约来实现短期最优。由这一内涵拓展,可尝试构建包括海洋资源环境作为生产要素在内的广义生产理论,支撑海洋资源环境承载力的理论研究。同理,广义的生产行为也受边际效应递减规律的制约,即当开发利用海洋自然资源环境过程中的边际成本等于边际收益时,海洋自然资源环境的开发利用程度达到最佳,同时海洋资源环境承载力也达到最大负荷。由此可见,边际收益的临界点几乎是海洋资源环境承载力最直观的表达^[23]。

按照边际效应递减规律,商品的生产数量会对其销售价格和成本造成影响,总效应的合理性应基于此综合考虑。海洋资源环境的占用性开发(如填海造地)也受边际效应递减规律的制约,即随着填海造地占用海域面积的增加,对社会经济发展的积极作用先增加后减小,而对海洋生态环境的不利影响却越来越大。虽然填海造地比一般市场商品的影响因素复杂得多,但二者边际效应类似,理论上可找到开发利用的适宜强度,且这个适宜强度须与当前社会经济和生态环境现状密切相关。如,某城市有10 km海岸线,当填海造地建设消耗1 km海岸线时,只要规划合理,不会对综合效应产生重要影响,还可能发挥积极作用,促进城市健康发展;但如海岸线随着开发利用仅剩下1 km,这最后1 km的填海造地建设的影响就是巨大且难以接受的,与

最初的综合效应有天壤之别。因此,有必要结合边际效应理论和实际案例对海洋资源环境承载力的动态变化进行深入研究。

4 基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估

4.1 基于GIS的海洋资源环境边际机会成本评估

从实行可持续发展战略和促进经济与环境协调发展的高度来看,确定区域资源环境综合承载力实质上就是寻求在特定时空条件下的最佳开发利用强度^[25]。资源配置的最优原则是,当某种配置方式产生的边际成本和边际收益相等时,可确定社会最优资源利用量,此时才可实现资源利用整体效益的最大化^[26]。因此,在既要发展经济、又要保护自然资源环境的前提下,须将自然资源环境作为基本的生产投入要素,对其市场价值和非市场价值(无法在市场中体现的价值)进行正确评估,研究其在开发利用过程中的边际成本和边际收益,进而确定社会综合效益最大化情况下的最佳资源环境开发利用强度。

要保证自然资源环境所承载的社会综合效益(即资源环境综合承载力)实现最大化,需要考虑的自然资源环境开发利用的边际成本不仅包括边际私人(企业)成本,而且包括在自然资源环境开发利用过程中的环境污染、生物多样性丧失和资源衰退等属于外部成本的边际社会成本^[27]。对任何稀缺自然资源环境的利用,无论其实际上是否为之付出成本代价,都能形成机会成本,即为当前开发利用方式而放弃其他开发利用方式所得的收益。边际机会成本理论是从经济角度出发,对开发利用自然资源环境的生产者的生产成本及其对他人、社会和环境造成的全部损失进行度量,反映自然资源环境的效益和稀缺程度对其价格的影响,可为海洋资源环境的合理配置和高效开发利用提供工具支持。

本研究以填海造地建设为研究对象,被填海域的海洋资源环境价格等于海洋资源环境的边际机会成本(MOC),即等于其边际生产成本(MPC)、边际使用成本(MUC)与边际外部成本(MEC)之和,分别研究3个部分成本的核算。其中,MPC是填海造地建设的生产成本,包括建设过程中必然产生的

直接成本和间接成本,如船只、土石方、人工和水电等费用,根据实地调查和文献资料估算;MUC 是由于填海造地建设而放弃的以其他方式开发利用该海域可能获取的最大纯收益,以海水养殖价值估算;MEC 是填海造地建设的生态破坏成本,其核算是海洋资源环境成本评估的关键,应立足于所开发利用海域的海洋生态系统类型,以《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058—2011)^[28]中的评估方法为主,并根据数据资料的可获得性,以文献评估方法为辅,尽可能全面评估海洋生态系统破坏成本。

借助 GIS 技术在信息采集、数据管理以及空间分析和表达上的优势,结合由已有历史数据、现场补充调查数据和遥感影像数据等建立的属性数据库,采用相应的边际机会成本定价方法,从时空尺度系统研究海洋资源环境边际机会成本的分布规律。

4.2 基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估模型

4.2.1 概念模型

根据经济学中的边际效应分析理论,海洋资源环境的占用性开发最初随着开发利用面积的增加,综合效益增加;而持续不断地增加开发利用面积会达到边际报酬的临界点,超过这个临界点将导致边际报酬的减小。根据资源配置的基本原理,当追加一单位的海洋资源环境所获得的收益与因追加这一单位海洋资源环境的消耗所付出的总成本相等时,即最优海洋资源环境利用量,同时可实现海洋资源环境综合效益(承载力)的最大化(图 1)。

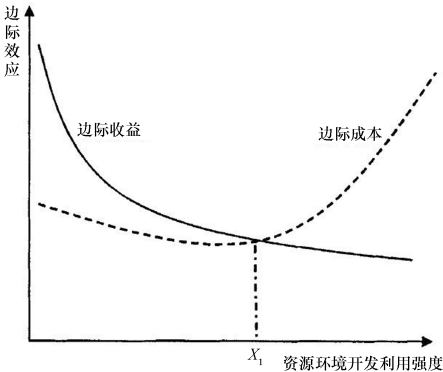


图 1 基于边际效应分析的海洋资源环境综合效益评估概念模型

4.2.2 模型建立

在充分考虑海洋资源环境各种价值的情况下,海洋资源环境在不同部门的边际机会成本(边际收益)相等时,即为填海造地的最佳规模。

假设只存在海洋部门和非海洋部门(建筑业、商业和农业等),且海洋资源环境只在这 2 种部门间流转,建立海洋资源环境的边际收益模型。本研究采用柯布-道格拉斯(C-D)边际生产函数模型,对海洋部门和非海洋部门的生产过程进行模拟分析。C-D 生产函数的一般模型为:

$$Y = E \times K^a \times L^b \tag{1}$$

式中:Y 表示产出值;E 表示技术因素;K 表示资本投入值;L 表示劳动投入值;a 和 b 分别表示资本弹性系数和劳动弹性系数。

为测算海洋资源环境本身的边际净收益与海洋资源环境经填海造地转化为土地之后的边际净收益,本研究需对 C-D 生产函数进行扩展,扩展后的 C-D 生产函数的具体形式^[26-27]为:

$$Y_m = A \times K_m^c \times L_m^d \times G_m^r \tag{2}$$

$$Y_l = B \times K_l^f \times L_l^h \times G_l^e \tag{3}$$

式中:Y_m 和 Y_l 分别表示海洋部门和非海洋部门的收益;A 和 B 分别表示海洋部门和非海洋部门的技术因素;K_m 和 K_l 分别表示海洋部门和非海洋部门的资本投入量;L_m 和 L_l 分别表示海洋部门和非海洋部门的劳动力投入值;G_m 为海洋部门海域的投入量;G_l 为非海洋部门土地的投入量;c、d、r 分别表示海洋部门的资本弹性系数、劳动弹性系数、海域投入弹性系数;f、h、e 分别表示非海洋部门的资本弹性系数、劳动弹性系数、土地投入弹性系数。

由式(2)和式(3)可知,海洋资源环境在海洋部门和非海洋部门中的边际收益可表示为:

$$MR_m = A \times r \times K_m^c \times L_m^d \times G_m^{r-1} \tag{4}$$

$$MR_l = B \times e \times K_l^f \times L_l^h \times G_l^{e-1} \tag{5}$$

式中:MR_m 和 MR_l 分别表示海洋部门和非海洋部门开发利用海洋资源环境的边际收益。

评估填海造地规模与海洋部门和非海洋部门边际收益的关系。假设海洋资源环境开发利用的供需曲线分别为:

$$Q_d = J \times P^{-m}, m > 0 \tag{6}$$

$$Q_s = g \times P^n, n > 0 \quad (7)$$

式中: Q_d 和 Q_s 分别表示海洋资源环境的需求量和供给量; m 和 n 分别表示需求弹性常数和供给弹性常数; P 表示海洋资源环境价格; J, g 为常数。

根据微观经济学中基本的厂商定价公式,即 $MR_m = P(1 + 1/m)$ 和 $MR_l = P(1 - 1/n)$ 。当供给需求弹性是常数时,产品的边际收益或边际成本与产品价格呈正比关系。利用这 2 个厂商定价公式,可将填海造地规模与边际收益联系起来,式(6)和式(7)可转变为:

$$\ln Q_d = \ln J + m \ln(1 + 1/m) - m \ln MR_m \quad (8)$$

$$\ln Q_s = \ln g - n \ln(1 - 1/n) + n \ln MR_l \quad (9)$$

设 $C_1 = \ln J + m \ln(1 + 1/m)$, $C_2 = -m$, $C_3 = \ln g - n \ln(1 - 1/n)$, $C_4 = n$, 式(8)和式(9)可简化为:

$$\ln Q_d = C_1 + C_2 \ln MR_m \quad (10)$$

$$\ln Q_s = C_3 + C_4 \ln MR_l \quad (11)$$

在得到 C_1, C_2, C_3 和 C_4 的估计值后,通过使 $MR_m = MR_l$, 可求出最佳的填海造地规模 Q :

$$\ln Q = [(C_1 \times C_4 - C_2 \times C_3) / (C_4 - C_2)] \quad (12)$$

以上模型可运用 Eviews 计量分析软件,采取固定效应模型进行参数分析。最佳的填海造地规模 Q 即一定时期内海洋资源环境承载力的阈值。

4.3 方法的适用性和可行性

海洋资源环境承载力的研究有长期和短期之分。受技术创新、科学进步和生物进化等未知性的制约,长期内承载力极限阈值的研究是无意义的。因此,本方法对承载力极限阈值的研究是短期内的。

本研究所构建的海洋资源环境承载力评估模型是包含一系列海洋资源环境要素在内的短期生产关系。模型将海洋资源环境纳入宏观生产投入要素,由宏观要素的边际收益测算承载力极限阈值,其中对海洋资源环境的市场价值和非市场价值的正确评估是承载力评估的关键。应根据研究区的海洋生态系统类型,确定其提供的海洋生态系统服务和功能,结合相应的价值评估方法,核算开发利用海洋资源环境的边际外部成本。

本研究以填海造地建设为重点,在计算研究区

海洋资源环境承载力极限阈值(即填海造地最佳规模)时,假设研究区的海洋资源环境只在海洋部门和非海洋部门流转。基于相应产业数据的可获得性,各项指标具体选择为:海洋部门的总收益为海洋渔业的产值,非海洋部门的总收益为第二产业和第三产业的产值;资本投入为固定资产投资额;劳动力投入为从业人员数量;海洋部门的资源投入为海水养殖的面积,非海洋部门的资源投入为建设用地的面积。将以上数据代入模型估算系数后,再结合海洋资源环境的边际外部成本,计算海洋部门和非海洋部门开发利用海洋资源环境的边际收益。

本研究的关键成果是构建基于边际效应分析的海洋资源环境承载力评估模型,该模型的核心内容是边际效应和配置效率 2 个子模型。此类研究在海洋领域尚未见报道,但已有学者构建衡量农地非农化空间配置效率的模型并进行实例应用检验^[29-30],计算土地在农业部门和非农业部门的边际收益,可作为本研究的重要参考资料,为本方法的适用性和可行性提供基础。

参考文献

- [1] 张传国,方创琳.干旱区绿洲系统生态—生产—生活承载力相互作用的驱动机制分析[J].自然资源学报,2002,17(2): 181—187.
- [2] MALTHUS T R. An essay on the principle of population[M]. London: Picketing, 1798.
- [3] ODUM E P. Fundamentals of ecology[M]. Philadelphia: W. B. Saunders, 1953.
- [4] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121—130.
- [5] WACKERNAGEL M, REES W E. Our ecological footprints: reducing human impact on the earth[M]. Philadelphia: New Society Publishers, 1996.
- [6] ABERNETHY V D. Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits[J]. Ethics in Science and Environmental Politics, 2001, 2001: 9—18.
- [7] RANSOM A M, BRIAN R K, KEITH G B, et al. What is the carrying capacity for fish in the ocean? A meta-analysis of population dynamics of North Atlantic cod[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2001, 58: 1464—1477.
- [8] PIA K H. Better understanding carrying capacity in aquaculture [M]. Bergen: Marine Research News, 2002.

[9] QUICOY A R,BRIONES N D.Beach carrying capacity assessment of coastal ecotourism in Calatagan,Batangas,Philippines[J].Environmental Science and Management,2009,12(2):11—27.

[10] NAM J,CHANG W,KANG D.Carrying capacity of an uninhabited island off the southwestern coast of Korea[J].Ecological Modelling,2010,221(17):2102—2107.

[11] 狄乾斌,韩增林,刘锴.海域承载力研究的若干问题[J].地理与地理信息科学,2004,20(5):50—53.

[12] 刘康,韩立民.海域承载力本质及内在关系探析[J].太平洋学报,2008(9):69—75.

[13] 韩增林,狄乾斌,刘锴.辽宁省海洋水产资源承载力与可持续发展探讨[J].海洋开发与管理,2003,20(2):52—57.

[14] 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,2014,29(2):256—264.

[15] 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.

[16] 张光玉,白景峰,于航.渤海湾典型海岸带综合承载力预测评估[J].北京:海洋出版社,2013.

[17] 张陇娟,窦学诚,龚大鑫,等.高寒玛曲草地资源承载力与畜牧业转型研究[J].资源开发与市场,2013,29(3):265—267.

[18] 彭建华,刘家寿,熊邦喜,等.水体对网箱养鳊的承载力[J].生态学报,2004,24(1):28—34.

[19] 韦健华,王尔大.基于游客体验效用的旅游承载力评价方法[J].旅游学刊,2015,30(4):105—114.

[20] 齐喆,张贵祥.北京市交通综合承载力评价与提升策略[J].生态经济,2016,32(1):82—85.

[21] 樊杰,陶岸君,陈田,等.资源环境承载能力评价在汶川地震灾后恢复重建规划中的基础性作用[J].中国科学院院刊,2008,23(5):387—392.

[22] 杨正先,张志锋,韩建波,等.海洋资源环境承载能力超载阈值确定方法探讨[J].地理科学进展,2017,36(3):313—319.

[23] 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.

[24] 张耀启,李一清,潘羿.自然与环境资源价值评估的误区[J].自然资源学报,2005,20(3):453—460.

[25] 刘殿生.资源与环境综合承载力分析[J].环境科学研究,1995,8(5):7—12.

[26] 汤姆·蒂滕伯格.环境与自然经济学[M].北京:中国人民大学出版社,2011.

[27] 谭荣,曲福田.自然资源合理利用与经济可持续发展[J].自然资源学报,2005,20(6):797—805.

[28] 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.海洋生态资本评估技术导则:GB/T28058—2011[S].北京:中国标准出版社,2012.

[29] 陈剑波.基于土地综合价值的土地过度非农化损益研究[D].杭州:浙江大学,2012.

[30] 谭荣,曲福田.农地非农化的空间配置效率与农地损失[J].中国软科学,2006(5):49—57.