

【海洋资源环境承载能力监测预警理论及管理机制研究】

“短板效应”理论在资源环境承载能力  
评价中的应用及优化研究

杨正先<sup>1,2</sup>, 索安宁<sup>2</sup>, 张振冬<sup>2</sup>, 苏 岫<sup>2</sup>, 卫宝泉<sup>2</sup>

(1. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266003; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

**摘 要:**“短板效应”是管理学中普遍被接受且具有较强实践性的一个理论,在资源环境承载能力评价中也被广泛采用。本文通过资源环境承载能力的影响机制及案例分析,指出现有的评价方法对“短板效应”的应用过于简化,且“短板效应”只是资源环境承载能力多种效应机制之一而非全部。建议基于整体论思想,突破原有范式,系统分析资源环境承载能力中的多种效应机制的叠加及其演化规律,在此基础上将承载能力的分析评价数学模型化,构建创新性资源环境监测预警方法体系。

**关键词:**短板效应;资源环境承载能力;评价;整体论

**中图分类号:**X171.4      **文献标识码:**A      **文章编号:**1007-6336(2018)04-0602-06

Application and development countermeasures of “buckets effect” in the assessment of  
resources and environment carrying capacity

YANG Zheng-xian<sup>1,2</sup>, SUO An-ning<sup>2</sup>, ZHANG Zhen-dong<sup>2</sup>, SU Xiu<sup>2</sup>, WEI Bao-quan<sup>2</sup>

(1. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

**Abstract:**“Buckets effect” is a widely accepted theory with strong practicality in management science. It is also widely used in the assessment of resources and environment carrying capacity. This article analyzes the possible influence mechanisms and cases, points out the application of “buckets effect” in the assessment of resources and environment is too simple, and the “buckets effect” is just one of the various mechanisms. A suggestion is given that multiple effect mechanisms and its evolution law should be studied more deeply under the guidance of holism concept, and how to use mathematical model to simulate them determines the method reconstruction of resources and environment carrying capacity monitoring and early warning.

**Key words:** buckets effect; resources and environment carrying capacity; assessment; holism

自从可持续发展概念提出以来,承载能力(carrying capacity)一直是可持续发展科学研究的热点、难点和理论前沿<sup>[1-4]</sup>,其研究内容已由一个种群生物学问题上升到涉及自然和社会多学科的集成创新,甚至是关系人类未来命运的哲学问题<sup>[5]</sup>。承载能力是衡量人类经济社会活动与自

然资源环境关系的科学指标,是人类可持续发展的度量和决策的重要依据。为全面推进生态文明体制改革,中央深化改革领导小组将建立资源环境承载能力监测预警机制列为中央全面深化改革的一项重大任务。2017 年 5 月 23 日,中央深改组会议审议通过了《关于建立资源环境承载

收稿日期:2018-02-15, 修订日期:2018-04-27  
基金项目:国家重点研发计划(2017YFA0604902);中国工程院咨询研究项目(2018-XY-009);中国科学院 A 类战略性先导科技专项(XDA13020401)  
作者简介:杨正先(1980-),男,湖北鹤峰人,高级工程师,博士在读,主要研究方向为海洋资源环境管理与规划,E-mail:472000601@qq.com

能力监测预警长效机制的若干意见》。

“短板效应”又称为“木桶理论”,源于经济学概念,即一只水桶能装多少水,取决于桶壁最矮的木板,而不是最高的<sup>[6]</sup>。该理论在企业管理和资源配置决策中,得到了广泛的推广应用<sup>[7-8]</sup>。由于“短板效应”与资源环境承载能力概念具有内在一致性,在资源环境承载能力集成评价方法研究中被广泛采用<sup>[9-11]</sup>。“木桶”中的“水”代表组织整体能力或区域社会经济容量,而“木板”则代表影响承载水量的诸多要素,并共同形成具有特定功能的“桶”。国家发改委等13部委于2016年9月下发了《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》(发改规划[2016]2043号,以下简称“试行方法”)<sup>①</sup>中明确要求:“在陆域和海域开展系列基础评价、专项评价的基础上,采取‘短板效应’进行综合集成”。本文重点探讨“短板效应”在资源环境承载能力综合评价中的应用情况、存在问题及对策建议,为进一步重构和完善资源环境承载能力评价方法提供新思路。

## 1 “短板效应”是资源环境承载能力综合评价方法之一

综合评价问题涉及到经济、政治、社会等诸多领域,它是通过一定的模型将多个评价指标值“合成”为一个整体性的价值,进而进行评价的方法<sup>[12]</sup>。综合评价是研究多目标问题决策的前提<sup>[13]</sup>。用于资源环境综合承载能力综合评价的方法众多,包括综合指数法<sup>[9-11]</sup>、系统动力学法<sup>[14]</sup>、生态足迹法<sup>[15-16]</sup>等。综合指数法是目前最为常用且被相关标准文件采用的方法。

综合指数法主要有两类,一类是综合指数加权求和法,一般基于以下假设:承载力是多种因素的综合效应,各要素相互独立但权重有差异,通过选择的要素进行评价即可得到承载力的近似解,可以对承载力的高低大小进行比较。如《海洋主体功能区划技术规程》(HY/T 146-2011)<sup>[17]</sup>采用可利用海洋空间资源、海洋环境质量、海洋生态系统健康状况、海洋生态风险4个指标加权求和得到承载能力,并按照等范围法划为低、中、高三级。《省级海洋主体功能区分区技术规程》<sup>②</sup>中将可利用海洋资源、海洋环境质量、海洋生态系统健康状况、海洋生态系统重要性等11个要素,通过加权求和进行承载能力计算。刘蕊<sup>[18]</sup>采用海洋

生态环境承载及保护、海洋资源供给能力、海洋经济发展能力3个指数加权求和,对广东省海洋资源环境承载能力进行了评估。刘楠楠等<sup>[19]</sup>综合海洋资源供给能力、海洋环境支撑能力、社会经济发展压力、海洋风险和社会支持5个指数进行加权求和,对山东半岛各地级市的海洋资源环境承载能力等级划分。狄乾斌<sup>[20]</sup>等选取资源供给、社会经济和生态环境3个子系统共21个指标对中国沿海11省市区海洋资源承载力状况和变化趋势进行了评价。刘述锡<sup>[21]</sup>等采用环境压力、资源压力、人口压力、经济压力、资源状态、环境状态、环境治理、生态恢复和政策执行等9个指数采用等权加确定超载等级,并将海洋资源环境超载区划为海洋红线区。孙慧等<sup>[22]</sup>将研究区和参照区进行比较的基础上,研究分析区际资源承载力的差异与原因,评价相对承载力,并提出适宜的可持续发展的建议与措施。可以看出,不同研究者对承载能力的认识,以及在指标的选择、阈值、权重、分级及定性都存在巨大差异,特别是对经济发展要素的重视程度及定性差异,导致了评价结果的不一致。综合指数法用于相对承载能力分析比较有重要价值,若通过大小分级评价是否超载则存在问题。

另一类是采用“短板效应”评价综合承载能力<sup>[9-11]</sup>。“试行方法”中要求“根据陆域评价和海域评价结果,采取‘短板效应’原理,将陆域、海域基础评价与专项评价中任意一个指标超载、两个及以上指标临界超载的组合确定为超载类型,将任意一个指标临界超载的确定为临界超载类型,其余为不超载类型”。陆地和海域评价17个潜在短板指标如表1所列。由于不同的研究者对承载能力的关注重点、指标选择和阈值区分不一样,同样采用短板效应评价方法也可能得出不同甚至相反结论。如朱凤武等<sup>[11]</sup>通过对江苏沿海地区土地综合承载力指标预警、短板与限制性要素识别分析,得出结论为沿海滩涂围垦强度不够和生态环境欠佳是当前江苏沿海地区土地综合承载力的主要短板与限制性要素,与采用“试行方法”得出的结论会有很大的差异。

① 国家发改委. 资源环境承载能力监测预警技术方法(试行). 2016

② 国家海洋局. 省级海洋主体功能区分区技术规程(试行). 2016

表 1 “试行方法”中的潜在短板指标

Tab. 1 Potential “buckets effect ”index system in “trial method” issued by NDRC

| 指标来源   |            | 指标名称    |           |        |
|--------|------------|---------|-----------|--------|
| 陆域评价   | 基础评价       | 土地资源    | 土地资源压力指数  |        |
|        |            | 水资源     | 水资源开发利用量  |        |
|        |            | 环境      | 污染物浓度超标指数 |        |
|        |            | 生态      | 生态系统健康度   |        |
|        | 专项评价       | 城市化地区   | 水气环境黑灰指数  |        |
|        |            | 种植业地区   | 耕地质量变化指数  |        |
|        |            | 牧业地区    | 草原草畜平衡指数  |        |
|        |            | 重点生态功能区 | 生态系统功能指数  |        |
|        |            | 海域评价    | 基础评价      | 岸线开发强度 |
|        |            |         |           | 海洋空间资源 |
| 海洋渔业资源 | 渔业资源综合承载指数 |         |           |        |
| 海洋生态环境 | 海洋环境承载状况   |         |           |        |
| 专项评价   | 海洋生态承载状况   |         |           |        |
|        | 海岛资源环境     |         | 无居民海岛开发强度 |        |
|        | 重点开发用海区    |         | 围填海强度指数   |        |
|        | 海洋渔业保障区    |         | 渔业资源密度指数  |        |
|        | 重要海洋生态功能区  |         | 生态系统变化指数  |        |

2 “短板效应”应用分析

2.1 “短板效应”适用范围

利比希 (Liebig)<sup>[23]</sup> 研究各种环境生态因子对植物生长的影响时提出“最小因子定律”:植物的生长取决于处在最小量的必需物质,当植物所能利用的量紧密地接近所需的最低量时,就对其生长和繁殖起限制作用,成为限制因子。“最小因子定律”与“短板效应”效应理论具有一致性,均强调关键限制因素对特定发展目标的限制性作用,这也为“短板效应”用于资源环境承载力评价提供了科学依据。

生态因子与承载能力的关系通常是非线性的,以养殖产业为例,当水质恶化(如氨浓度)到一定程度会直接导致养殖生物死亡,环境污染就是养殖承载能力的强限制性短板。当水质恶化程度减轻,“短板效应”也会逐步减弱,富营养化带来的初级生产力提高,一方面会对渔业资源产生正效应,与此同时赤潮增多也会增加养殖风险,赤潮风险与风暴潮、养殖生物疾病等风险因素共同制约了养殖业的发展,各因素都可能成为潜在短

板。在此情况下,综合评估承载能力可以采用多种关键要素风险加和,“短板效应”转化为“加和效应”。随着营养盐浓度的进一步下降,对于非投饵的养殖方式,贫营养又成为养殖承载能力的强限制性短板,营养盐浓度作为一种资源要素直接决定了养殖承载能力。根据 V. E. Shelford<sup>[24]</sup> 提出的耐受性定律:任何一个生态因子在数量上或质量上不足或过多,即当其接近或达到某种生物的耐受限度时,这种生物就会衰退或无法生存。在开展承载能力评价时,不仅应考虑环境因素,还需要考虑生物本身的耐受限度。不同的养殖种类差异很大,不同的生长阶段也有较大差异。因此“短板效应”适用范围主要由“资源环境要素—承载能力”响应关系决定,需要在评价中具体问题具体分析,避免对“短板效应”机械化、绝对化应用。“试行方法”中只基于环境质量标准考虑了前一种情况,营养盐浓度过低导致的生态服务功能限制作用尚未涉及。

2.2 “关键限制因素”识别与“短板效应”的关系

承载能力是一个多因素综合效益,需要综合分析自然资源环境与社会经济发展变化情况才有可能找出区域社会经济发展的“关键限制因素”。秦耀辰<sup>[25]</sup>指出“在特定的时段内,影响区域人地相互作用过程的因子是有限的”。黄宁生等<sup>[26]</sup>在研究广东可持续发展问题时也发现“对于特定的地区和时段,在构成自然资源和经济资源的诸多次级资源类型中,存在着对人口起主要支撑作用的少数关键性的次级资源类型”。准确找到关键性限制因素是有效应用“短板效应”的核心,需要明确选择的评价要素是否具有承载能力的关键限制作用,以及确定的评价要素是否具有代表性,是否能囊括当前乃至今后一段时间内潜在的自然资源环境短板。

就具体的要素而言,环境要素通常在资源环境承载能力评价中以超载短板要素出现,研究者采用的依据主要是环境质量标准<sup>[27]</sup>。污染是区域城镇及产业发展的副产品,需要根据影响大小、可恢复性乃至排污效益等因素综合分析才能明确是否是区域发展的“关键限制因素”,污染物超标并不能简单等同于综合承载能力超载。需要分析环境与区域发展的关系密切度,比如饮用水严重污染对区域发展的危害要远高于一般江河及海洋的污染,具有“三致效应”的持久性污染的短板



效应也要远高于一般的营养盐、COD 污染。此外,海域资源环境承载能力评价中,海洋空间资源也常以超载短板要素出现。围填海建设带来的空间资源变化,属于海洋资源环境的重新整合。通过围填海是否能够解决陆地城镇发展的短板,围填海之后是否会造成区域生态系统新短板的出现都是需要重点分析的问题,只有在明确发展需求及生态影响之后才能对海域空间资源是否开发过度进行有效评价。

资源环境承载能力评价除了评价目前的承载能力短板以外,还需要结合社会发展的机会,分析未来重新整合资源,提高区域社会经济的可能性。比如某海域目前主要是鱼类网箱养殖为主导产业,限制性因素主要是频发的赤潮灾害。考虑到这一短板因素主要受周边区域排污影响,并非本区域能够补足,就需要考虑是否可以转换养殖品种、养殖方式,甚至是利用当地的其他资源(如旅游资源),考虑构建新的承载能力,推动区域跃迁式发展。

### 2.3 “短板效应”与其他效应的关系

任何概念模型对于描述现实复杂世界都只是一种简化,“短板效应”只是资源环境承载能力多种效应机制中较为典型的一种,此外还有“长板效应”—区域的比较优势决定了未来发展前景,长板代表了潜在承载能力;“加和效应”—没有明显的“关键限制因素”,各要素的优劣大小之和共同决定了综合承载力;“乘积效应”—各要素的优劣大小乘积共同决定了综合承载力,各要素的变化与承载能力成正比。不同影响要素有不同的效应类型,并随着要素的大小优劣变化而改变,效应模式及组合方式也会发生复杂变化。

如果区域存在突出的“长板”,根据经济学“比较优势理论”,充分发挥和增进“长板”的作用,是区域差异化发展的核心生命力。如某地自然景观资源特别丰富远高于周边区域,相对这一优势来说目前交通及配套服务设施都是短板,就可以考虑通过政府和市场投资,有针对性的提高旅游便利性和接待能力,实现本区域的优势发展,并在发展中进一步优化环境打造品牌,增强长板优势。在具体的评价及管理应用中,需要根据客观情况,针对具体的因素影响机制,分析是否存在“短板效应”和“长板效应”,并根据区域发展阶段,综合考虑“乘积效应”及“加和效应”等其他

效应,建立数学模型用于定性或定量刻画承载能力演化及超载问题。并可结合未来情景分析,分析区域承载能力的优化发展路径。

### 3 “短板效应”理论在海洋试点评价中存在的问题分析

“试行方法”中“短板效应”综合承载能力判定原则为“基础评价与专项评价中任意一个指标超载、两个及以上指标临界超载的组合确定为超载类型”。其中海洋资源类超载阈值主要根据开发强度分级,环境类超载阈值主要根据相关标准及海洋功能区划要求来确定<sup>[27]</sup>。并没有分析某些要素是否为“短板效应”中的“关键限制要素”,只是根据各指标是否超载(超标或开发强度较大),用“一票否决”的方式判断综合承载能力是否超载,与水质评价通常采用的单因子指数法<sup>[28]</sup>确定是否超标的思路相似。在此情况下,海洋资源环境承载能力评价弱化为海洋功能区划及相关标准的执行情况与开发强度评估,对于海洋开发保护中的科学决策支撑能力较弱,更难以用于支撑海洋功能区划、生态红线规划的修编。

从前期京津冀及长江经济带邻近海域试点评价结果来看,由于近岸海水氮磷浓度普遍超过海洋功能区划的要求的水质标准,采用“试行方法”得到的多数评价单元的海洋环境承载能力均超载,尤其是经济发达地区超载情况严重。虽然水体富营养化,以及随之而来的赤潮等灾害是目前需要重点关注的海洋生态问题,并且对养殖业等存在负面影响,但是从区域社会经济发展情况及管理需求来看,环境要素的超标只是判断“短板效应”中“关键限制因素”的重要参考,需要结合社会经济发展阶段及可恢复性等因素来综合分析判断。正如张林波等<sup>[14]</sup>指出“良好环境质量是人类生存发展的一件奢侈品,人类对良好环境质量的要求就随着物质生活水平的提高而变化,只有当经济发展到一定阶段,人类对环境质量的需求才会趋于强烈”。Peter 等<sup>[29]</sup>也认为“当国家比较贫穷时,经济增长尽管会导致污染,但相比环境质量而言更加重要,而富裕国家更希望投资环境以提高环境质量。对大多数污染物来说,环境库兹涅茨曲线呈倒U形”。对于水质超标与海洋资源环境承载能力超载的关系需要结合区域发展阶段和具体环境影响进一步分析。

海洋空间资源也是目前试点评价结果中的重要超载因素。由于采用的是一套基于开发强度的阈值标准,岸线及空间资源超载区域基本都是城市化地区。随着经济的快速发展,沿海城市的土地资源往往是发展的短板,为了进一步拓展发展空间,在充分考虑区域生态影响的前提下,在城市化程度较高的地区适当填海造地是合理的,也是破解发展空间短板的重要方式,将“开发强度大”简单等同于“超载”只是从量的角度考虑了生态环境压力,距离承载能力的科学系统评估还有一定距离。

此外,“试行方法”采用的“一票否决”评价方法体系,导致试点评价中重点关注单一要素的超载情况,综合评价中的系统分析过程被大大简化,且没有关注到短板的刚性、柔性、可变性、可替代性等差异因素,长板所代表的潜在承载力也被忽视,最关键的资源环境与社会经济发展的耦合影响机制没有在评价方法中得到体现,是今后方法体系需要重点优化完善之处。

4 整体论及其对资源环境承载力评价方法“短板效应”模式优化的对策建议

4.1 基于整体论思想的资源环境承载力概念界定

整体论主张一个系统中各部分为一有机之整体,不能割裂或分开来理解<sup>[30]</sup>。McCool 等指出“承载力理论的最大问题是其概念界定的模糊性”,目前资源环境承载力并不是一个获得公认的概念,而是一组差异性概念的集合<sup>[31]</sup>。有必要基于整体论思想及可持续发展观,重新明确资源环境承载力概念的内涵与外延。“试行方法”中的资源环境承载力定义为“是指在自然生态环境不受危害并维系良好生态系统前提下,一定地域空间可以承载的最大资源开发强度与环境污染排放量以及可以提供的生态系统服务能力”。这一表述将承载对象确定为 3 个要素—资源开发强度、环境污染排放量及生态服务能力,并没有将资源环境承载力作为一个有机整体考虑,且缺乏与区域社会经济发展及其可持续性的紧密联系。并且在“试行方法”的具体评价中只是根据阈值判断各要素的超载情况,这 3 个承载对象也没有直接体现。其他研究者对承载能力的定义也差异巨大,包括从承载体健康、开发压力及

人口经济总量等多个角度的界定,资源环境的综合承载能力仍是一个外延模糊、内涵混沌的概念。

种群生态学层面的资源环境承载能力客观性较强,可以用数学模型模拟分析和实验验证;而宏观管理层面的资源环境承载能力具有主观与客观双重属性,特别是超载阈值的选择与价值观关系密切,但还是可以通过主观因素客观化实现定性及定量分析。从资源环境承载能力的初衷和管理需求而言,承载对象为社会经济可持续发展,包括“量”和“质”两种属性。“量”包括承载的经济总量、人口数等,主要受资源要素的制约;“质”包括经济发展的可持续性、生态环境的良好程度等,需要根据区域特点确定具体的“质”和“量”承载目标指数,并形成有机整体。

4.2 资源环境承载力中多种效应机制的数学分析

资源环境与承载能力的多种效应机制及演化规律的定量化是评价的核心和难点。目前“试行方法”及研究者广泛采用的“短板效应”,只是资源环境承载力多种效应机制中较为典型的一种,并且在实际操作中大大简化,忽视了“关键限制要素”的识别,对其他效应及效应的叠加和演化更是缺乏足够的重视。有必要总结现有试点评估和相关研究中的案例,重点对多种效应机制的内在机理、表现方式及演化规律开展系统研究,结合对“社会-经济-自然”复杂系统自组织功能的认识,分析资源环境承载能力的自组织发展、强压退化及综合管理调控路径。

多种效应机制的并行分析可以通过构建数学模型来实现<sup>[32]</sup>。资源环境承载力评价方法可以在案例分析总结的基础上,明确要素与综合效应的关系框架,重点关注“短板效应”、“长板效应”、“加和效应”和“乘积效应”,重点分析元素的权重和阈值对整个集合评估效应的影响并形成度量模型,将可能存在的多种效应定量化分析,通过历史数据分析来确定关键参数,并尝试用于未来情景预测。通过构建数学模型,将多种类型的资源环境承载力评价情景和管理需求标准化和差异化处理,通过案例分析和实时数据补充实现模型动态优化,实现评价方法的差异化和标准化并可用于未来情景预测,推动资源环境承载评价能力的科学评估和有效评估。

## 5 结 语

资源环境承载力仍然处于争论和探索过程中,仍然有大量尚未解决的问题和争论甚至质疑,在理论和方法上仍然不成熟,这使得本应该得到广泛应用的资源环境承载力更多的是作为一种指导概念和探索性尝试,尚难以广泛为人类可持续发展实践活动提供科学支持。理论方法面临一系列关键问题需要突破,其中综合评价方法是研究者和管理者关注的核心,同时也是研究者认识分歧重点所在。需要突破原有的理论方法范式,基于整体论思想重点研究资源环境要素在承载力中的“短板效应”、“长板效应”、“加和效应”及“乘积效应”等多种效应机制,及其叠加及演化规律,在此基础上将承载能力的分析评价数学模型化,为资源环境管理决策及相关规划提供更坚实的科学依据。

## 参考文献:

- [1] MEADOWS D H, MEADOWS D L, RANDERS J. et al. The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind[M]. New York: Universe Books, 1972.
- [2] REEW E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out? [J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [3] ARROW K, BOLIN B, COSTANZA R. Economic growth, carrying capacity, and the environment [J]. Science, 1995, 268(5210): 520-521.
- [4] ABERNETHY V D. Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits [J]. Ethics in Science & Environmental Politics, 2001, 2001: 9-18.
- [5] 张林波, 李文华, 刘孝富, 等. 承载力理论的起源、发展与展望 [J]. 生态学报, 2009, 29(2): 878-888.
- [6] 石磊. 木桶效应[M]. 北京: 地震出版社, 2004.
- [7] 彭兰香, 王莎. 基于“木桶理论”的我国水环境审计监管改进探析[J]. 审计与理财, 2015(6): 12-15.
- [8] 谢铨洋. 从木桶理论的发展史浅议管理研究方法[J]. 技术经济与管理研究, 2013(4): 50-54.
- [9] 樊杰, 周侃, 王亚飞. 全国资源环境承载力预警(2016版)的基点和技术方法进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 266-276.
- [10] 张晓霞, 陶平, 程嘉熠, 等. 海岛近岸海域资源环境承载力评价及其应用[J]. 环境科学研究, 2016, 29(11): 1725-1734.
- [11] 朱凤武, 高永年, 鲍桂叶. 江苏沿海地区土地综合承载力指标预警与短板要素识别[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(S1): 15-22.
- [12] 臧成丽. 基于木桶原理的综合评价方法研究及应用[D]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- [13] 秦寿康. 综合评价原理及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [14] 张林波. 城市生态承载力理论与方法研究—以深圳为例[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [15] 徐国泉, 姜照华, 薛宏雨. 基于生态足迹理论的生态承载力分析——以大连市为例[J]. 国土资源科技管理, 2004(3): 1-5.
- [16] 张振龙, 孙慧, 苏洋. 新疆干旱区水资源生态足迹与承载力的动态特征与预测[J]. 环境科学研究, 2017, 30(12): 1880-1888.
- [17] HY/T 146-2011, 省级海洋主体功能区分区技术规程[S]. 2011.
- [18] 刘蕊. 海洋资源承载力指标体系的设计与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(5): 6-9.
- [19] 刘楠楠, 朱庆林, 余静, 等. 山东半岛海洋资源环境承载力研究[J]. 海洋开发与管理, 2018, 35(1): 88-94.
- [20] 狄乾斌, 吴桐. 中国海洋资源承载力的时空演变特征及影响因素[J]. 地理与地理信息科学. 2018, 34(1): 121-125.
- [21] 刘述锡, 王媛, 王睿睿, 等. 海洋资源环境超载红线区划定方法研究[J]. 海洋通报, 2017, 36(5): 497-503.
- [22] 孙慧, 刘媛媛. 相对资源承载力模型的扩展与实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 126-135.
- [23] 沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2002.
- [24] SHELFORD V E. Animal communities in temperate America as illustrated in the Chicago region. A study in animal ecology [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1913.
- [25] 秦耀辰. 区域持续发展理论与实践[J]. 经济地理, 1997(2): 1-7.
- [26] 黄宁生, 匡耀求. 广东相对资源承载力与可持续发展问题[J]. 经济地理, 2000, 20(2): 52-56.
- [27] 杨正先, 张志锋, 韩建波, 等. 海洋资源环境承载力超载阈值确定方法探讨[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 313-319.
- [28] 罗芳, 伍国荣, 王冲, 等. 内梅罗污染指数法和单因子评价法在水质评价中的应用[J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(5): 87-89.
- [29] 彼得·伯克(Peter Berck), 格洛丽亚·赫尔方(Gloria Helfand). 环境经济学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
- [30] 金吾伦, 蔡仑. 对整体论的新认识[J]. 中国人民大学学报, 2007(3): 2-9.
- [31] MC COOL S, LIME D. Tourism carrying capacity: Tempting fantasy or useful reality [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2001, 9(5): 372-388.
- [32] 杨光宇, 曾东方, 罗平. 考虑短板效应的一种度量模型及其在软件可信性中的应用[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(1): 165-167.