

# 海洋资源环境承载能力超载阈值确定方法探讨

杨正先<sup>1,2</sup>, 张志锋<sup>1</sup>, 韩建波<sup>1</sup>, 索安宁<sup>1</sup>, 张振冬<sup>1</sup>

(1. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023; 2. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

**摘要:** 超载阈值是资源环境承载能力监测预警体系构建中的关键因子, 其确定是当前资源环境承载能力评价方法研究中的重点和难点问题。本文首先分析了资源环境承载能力超载阈值的定义和内涵, 结合国内外研究进展和国家发改委下发的《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》, 分析目前海洋资源环境承载能力评价采用的超载阈值确定方法及潜在的问题。试行方法主要是从海洋功能区划及环境质量的合规性, 以及指标多年变化情况确定超载阈值, 对资源环境保护与社会经济发展的关系协调考虑较少, 评价方法的创新性以及评价结果的管理效能还较弱。本文还从海洋资源环境对于社会经济发展的限制性分析视角, 探索构建区域差异性指标体系和更具科学性及管理适用性的超载阈值确定新思路。

**关键词:** 承载能力; 阈值; 海洋资源环境; 限制性分析; 差异性指标体系

## 1 引言

建立资源环境承载能力监测预警机制, 是全面深化改革的一项创新性工作(樊杰等, 2015)。综观承载能力理论研究的发展历史, 最早可以追溯到1798年的马尔萨斯人口论(Malthus, 1798)。自从可持续发展概念提出以来, 资源环境承载能力一直是可持续发展科学研究的热点、难点和理论前沿(Meadows et al, 1972; Rees, 1992; Arrow et al, 1995; Abernethy, 2001), 其研究内容已由一个种群生物学问题上升为涉及自然和社会多学科的创新, 甚至是关系人类未来命运的哲学问题。在资源环境可持续管理中, 超载阈值是构建资源环境承载能力监测预警体系的关键因子, 其确定方法也是当前研究中的重点和难点问题, 并直接关系到资源环境承载能力监测预警工作的科学性和管理效能。

资源环境承载能力研究前期主要着眼于陆地, 对海洋资源环境承载能力的研究起步相对较晚,

2000年以后才开始得到较快发展, 通常是借鉴陆地资源承载能力的评估方法, 研究海洋水产资源承载能力(韩增林等, 2006)、海岛承载能力(Nam et al, 2010)、海滨旅游承载能力(Quicoy et al, 2009)、生态承载能力(翁骏超等, 2015)和综合承载能力(狄乾斌等, 2004; 魏超等, 2013; 关道明等, 2016)。与陆地资源环境系统相比, 海洋资源环境表现出更高的多样性、流动性和立体性, 与社会经济发展的关系也更为复杂、微妙和多变, 并且海洋资源环境及相关产业的数据信息获取难度也大得多, 导致海洋资源环境承载能力监测预警技术的研究和推广应用面临很大挑战。本文结合国内外资源环境承载能力研究进展, 重点就国家发改委等13部委于2016年9月下发的《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)中有关海域评价部分超载阈值的确定方法及其潜在问题进行分析, 从海洋资源环境对于社会经济发展的限制性作用这一视角, 探索确定海洋资源环境承载能力超载阈值的新思路。

收稿日期: 2017-02; 修订日期: 2017-03。

基金项目: 中国科学院科技服务网络计划(STS计划)项目(KFJ-STZ-ZDTP-021) [Foundation: Science and Technology Service Network Initiative of the Chinese Academy of Sciences, No. KFJ-STZ-ZDTP-021]。

作者简介: 杨正先(1980-), 高级工程师, 博士生, 主要从事海岸带资源环境规划及管理技术研究, E-mail: 472000601@qq.com。

引用格式: 杨正先, 张志锋, 韩建波. 等. 2017. 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, 36(3): 313-319. [Yang Z X, Zhang Z F, Han J B, et al. 2017. Thresholds determination of marine resource and environmental carrying capacity[J]. Progress in Geography, 36(3): 313-319.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2017.03.006

## 2 资源环境承载能力超载阈值的定义与内涵

资源环境承载能力(carrying capacity)是衡量自然环境与人类经济社会活动之间相互关系的科学概念,是人类可持续发展度量和管理的的重要依据(Abernethy, 2001)。超载阈值实际上是资源环境承载能力的一个清晰化表述和量化的管理控制目标。从研究历史来看,起源于生物种群增长规律研究的承载能力实际上就是承载阈值,Odum(1953)第一次把承载力的概念和Logistic增长曲线的理论最大值常数联系起来,将承载能力概念定义为“种群数量增长的上限”,即Logistic方程中的常数 $K$ 。

当承载能力概念开始应用于分析和解决人类面临的资源环境问题,探索可持续发展的管理量化指标时,超载阈值就不能再简单地套用“种群数量增长的上限”这一早期定义,从具体演化到抽象,从种群生物学拓展到地理学、生态学、经济学、管理学、伦理学乃至哲学等多个层面。不同学科背景下的研究者对承载能力的定义以及评估方法存在很大分歧,甚至对超载阈值是否真实存在都有不同的观点。生态学家一般认为资源环境承载能力的超载阈值客观存在,而以Simon(1981)为代表的“乐观派”经济学家则认为人类社会现在面临的和未来将要遇到的所有资源环境问题都可通过技术进步加以解决;中国经济学家林毅夫也指出:“如果要根本解决环境问题,最重要的是赶快进入到发达国家的阶段”<sup>①</sup>。

虽然目前对于资源环境承载能力的定义和内涵仍处于争论和探索过程之中,但不容否认的是,在工业化带来经济突飞猛进发展的同时,存在大量由于“过度开发”导致自然资源的不可持续利用,以及“过度排放和干扰”导致的环境质量及生态服务功能持续恶化。政府管理部门为了促进区域经济社会可持续发展,必须从资源环境对社会经济发展的限制性角度,确定资源的合理开发限度以及生态环境保护的底线。从可持续发展管理出发,海洋资源环境承载能力超载阈值可以定义为:一定时期和一定区域范围内,在符合可持续发展需求的情况下,区域海洋资源和生态环境功能的最低管理要求以及所能承载的社会经济活动的最大能力。

## 3 海洋资源环境承载能力超载阈值确定方法及存在问题

### 3.1 海洋资源环境承载能力监测预警方法体系总结

2014年以来,海洋资源环境承载能力监测预警技术研发团队结合国内外相关科研成果,初步构建了海洋资源环境承载能力评价方法,编制了《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》中的海域评价部分(以下简称“试行方法”)。海洋资源环境承载能力包括海域空间资源、海洋渔业资源、海洋生态环境和海岛资源环境四项基础要素,通过岸线、海域开发强度、渔业资源综合承载指数、海洋功能区水质达标率、海洋生态承载指数、无居民海岛开发强度和生态状况7项指标进行测算,按照“基础评价—专项评价—过程评价”相结合的总体思路,采用“短板效应法”确定各评价单元(县级)海域的超载和预警等级,并开展成因分析和政策预研(关道明等, 2016)。海洋资源环境承载能力评估预警技术路线如图1所示,各评价指标的超载阈值确定方法参见表1。

### 3.2 已有方法存在的问题

#### 3.2.1 根据区划要求确定超载海域空间超载阈值在逻辑上存在因果倒置问题

根据相关区划、规划要求确定超载阈值是海洋资源环境承载能力评估通常采用的方法。与海洋

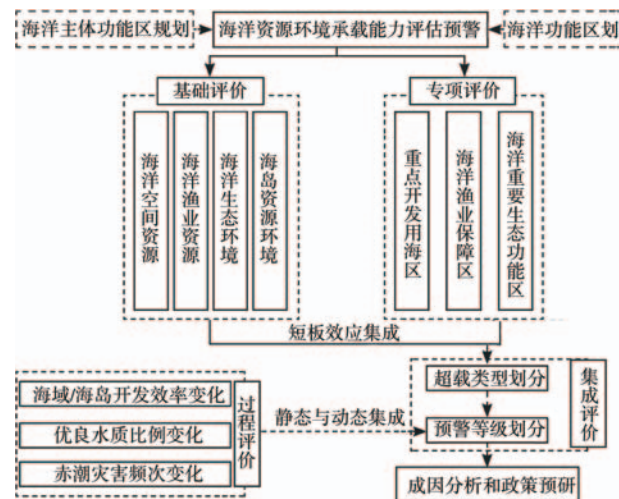


图1 海洋资源环境承载能力评估预警技术路线图

Fig.1 Technology roadmap of evaluation and early-warning of marine resource and environmental carrying capacity

<sup>①</sup>该句为北京大学国家发展研究院名誉院长林毅夫于2015年5月6日在北大的一个研讨会上提出的观点。



表1 海洋资源环境承载力阈值确定方法

Tab.1 Methods for determining thresholds of marine resource and environmental carrying capacity

基本要素	评价指标	阈值确定方法	说明
1. 海域空间资源	岸线开发强度	根据区划要求	以海洋功能区划为依据,确定岸线开发强度是否超载
	海域开发强度	根据区划要求	以海洋功能区划为依据,确定空间开发强度是否超载
2. 海洋渔业资源	渔业资源综合承载指数	根据指标的变化趋势及幅度	根据渔业资源调查值的变化率确定是否超载
3. 海洋生态环境	海洋功能区水质达标率	根据环境质量和达标率	根据《海水水质标准》和海洋功能区达标率水平(80%)确定是否超载
	海洋生态承载指数	根据评价指标的变化趋势及幅度	根据浮游动物和大型底栖动物密度和生物量的变化率确定是否超载
4. 海岛资源环境	无居民海岛开发强度	根据专家意见	将无居民海岛实际开发规模和专家给定阈值比较,确定是否超载
	无居民海岛生态状况	根据指标的变化趋势与幅度	根据无居民海岛植被覆盖度的变化率确定是否超载

资源环境相关的规划和区划包括海洋功能区划、生态红线规划、主体功能区规划、生态功能区划、海洋环境保护规划等,这些区划、规划均对海洋资源环境的开发利用范围和程度进行了限制,对有些资源环境要素提出了具体的管控要求。海洋功能区划是目前中国海域使用管理制度和海洋环境保护具体工作的基础依据,将海洋功能区划的相关要求作为超载确定阈值具有管理合规性和可接受性,因此被“试行方法”和研究者广泛采用。“试行方法”中海洋空间资源通过岸线和海域实际开发强度与海洋功能区划比较来确定是否超载。

从管理科学的逻辑关系来看,资源环境承载能力的准确评估是编制海洋功能区划以及主体功能区规划乃至区域综合发展规划的科学基础,如果用海洋功能区划及其他规划、区划来反推承载力超载阈值,虽然有管理上的法理依据,但是从逻辑关系上存在因果倒置的问题。基于海洋功能区划管控目标开展资源环境承载力监测预警工作,实际上又回到了原有的海洋功能区划管理模式和体系之中,难以体现资源环境承载力在管理模式和发展理念上的创新,也就不可能解决目前海洋功能区划在理论方法和管理实践中存在的一系列问题,一旦需要修订海洋功能区划及相关规划时,资源环境承载力本来应起到的基础支撑作用就会缺失。

3.2.2 根据环境质量和达标率确定环境承载力  
超载阈值缺乏足够的科学依据和适用性

根据环境质量标准及达标率确定超载阈值是环境承载力评估中通常采用的方法。“试行方法”中环境承载力评价根据《海水水质标准》(GB3097-1997)中对不同功能区域的海水水质要求和面积达标率水平(80%)来确定是否超载,没有考

虑沉积物和生物质量。

环境质量标准是在一定时期内衡量环境优劣程度的尺度,从管理意义上而言是环境保护的目标值(王菊英等, 2013)。将污染物浓度超标等同于环境承载力超载,实际上混淆了两者在本质上的区别,并缺乏足够的科学依据和适用性,存在的主要问题:一是没有考虑资源环境在人类社会经济发展过程中的可替代性、流动性、可恢复性及影响的边际递减效应。社会经济发展势必会带来原有生态环境一定程度的改变,即使部分区域原有的生态环境质量有所下降和超标,但只要能保证社会经济长期发展所需,就不能简单地将超标定义为生态环境承载力超载。二是海水水质标准应根据海水水质基准、污染现状以及社会经济条件综合确定。目前的海水水质标准为 1997 年制定,随着近 20 年来科学技术的发展和污染状况及社会经济环境的变化,海水水质标准的指标和数值也需根据水质基准的最新研究和社会经济发展情况进行调整更新。三是目前的海水质量标准缺乏区域针对性,是通过参考发达国家的水生态基准数据确定的,未能充分考虑中国海洋生态区系的特点,只能作为权宜之计(王菊英等, 2015)。四是海水水质超标仅仅是对自然资源环境现状的分析判断,还需进一步计算环境容量,结合社会经济因素,明确区域污染物排放的超载阈值,才能支撑制定管理对策的需要。

3.2.3 根据评价指标的变化趋势及幅度确定超载阈值  
若忽视生态系统可恢复性可导致判断失真

对于缺乏区划、规划和标准依据的评价指标,如果出现显著下降则确定为超载。“试行方法”中海洋渔业资源评价采用渔获物经济种类比例、渔获物营养级状况、鱼卵仔稚鱼密度的变化率评价是否超

载;海洋生态评价采用浮游和底栖动物密度、生物量的变化率评价是否超载;无居民海岛生态状况则采用植被覆盖度的变化率评价是否超载。

评价指标的显著变化是基于生态系统综合管理的常用预警信号。调查数据的显著下降并不一定意味着生态系统已经陷入衰退,还需要综合调查数据的自然波动情况、干扰压力的时间变化情况和生态系统的可恢复性等因素才能综合判断。比如海岸带工程建设期间通常会导致周边海域悬浮物增加、海洋生物量减少,如果开发活动导致的负面影响尚处于生态系统的承载能力和自我恢复力之内,工程完工一段时间后这些指标又会恢复正常,并不一定是真正意义上的超载。

### 3.2.4 根据专家意见确定超载阈值具有很大的不确定性和相对较低的可接受性

对于缺乏相应标准、规划目标值的评价指标,一般通过征询有关专家的意见,并进行统计、分析和归纳后得出超载阈值。“试行方法”中无居民海岛资源环境评价中将岸线人工化率超过30%、空间开发率超过40%作为超载阈值,就是主要基于专家的意见。

专家基于丰富的经验积累和相对深入的专业认知而确定超载阈值有一定的合理性,但只是一种在没有其他更好定量方法的情况下不得已的主观量化方法,具有很大的不确定性和相对较低的可接受性。“试行方法”中将上述岸线人工化率和空间开发率两项指标作为无居民海岛资源环境超载阈值整体而言有一定的合理性,但实际上不同的海岛有不同的功能定位,对于自然保护区性质的海岛来说这一超载阈值可能过于宽松,不利于当地生态环境和自然景观的有效保护;而对于重点开发海岛来说,又过于严苛,不利于有效开发土地资源发展经济。超载阈值并不是一个绝对的、独立的评价要素,需要与区域社会经济发展的实际情况相结合,才能科学合理地确定。

### 3.2.5 根据“短板效应”确定综合超载阈值通常会导致评价结果过于严苛且缺乏足够的科学性

“试行方法”采用“短板效应”评估法集成分析综合承载状况,只要有一项指标超载就认为综合承载能力超载,这是基于各评价指标都对综合承载能力起到决定性作用的假定。实际上资源环境要素往往具有可替代性、流动性以及内部配置优化可能

性。“短板效应”对于某些要素可能并不显著,某一指标超过阈值表明区域资源环境存在一定问题,但是这些问题并不能等同于区域资源环境承载能力整体超载。因此,采用“短板效应”评估方法通常会导致评价结果过于严苛且缺乏足够的科学性。例如某一无居民海岛因过度开发被评价为超载后,应根据相应的法律法规对行为人和管理者追责,但考虑到无居民海岛在整个评价单元中所占的空间比例极小,且对评价单元内海洋生态环境产生的影响很有限,因而用“短板效应”判定评价单元整体超载就不尽合理。

## 4 海洋资源环境承载能力阈值确定新思路

### 4.1 基于区域特点和可持续发展目标构建差异性指标体系

开展资源环境承载能力评价是为了衡量自然资源环境与人类经济社会活动之间的相互关系并用于指导可持续发展,不同区域的自然资源环境差异很大,并且与社会经济活动的关系也十分复杂。一般而言,养殖业、旅游业、港口航运业与自然资源环境的关系紧密;对于一般的城镇和工业区,海洋资源环境往往只是支撑和影响因素;而对于多功能综合利用区,则需要协调甚至是取舍。

“试行方法”评估指标体系包含了海域空间资源、海洋渔业资源、海洋生态环境和海岛资源环境四大基本要素和七个评价指标,并结合主体功能区规划类型,对不同的区域开展专项评价。但并不能囊括所有与区域资源环境承载能力相关的因素,比如景观优美度是滨海风景旅游区综合承载能力的关键要素,港口航道的淤积情况则是决定交通承载能力的关键要素,养殖适宜性是渔业资源承载能力的重要组成部分,这些都不在“试行方法”指标体系中。

为进一步提高资源环境承载能力监测预警的科学性和管理效能,在进行阈值定量分析之前,需要通过机理研究、统计结果推论、专家意见咨询、利益相关者调查等方式,筛选出对评价区域当前和今后一段时间内社会经济发展具有决定性和重要性的指标,构建差异性指标体系,可避免指标体系过于庞杂而又缺乏针对性。为此,应在广泛案例研究



的基础上,通过归纳总结,系统构建针对不同区域类别和发展阶段的海洋资源环境监测预警指标体系;在技术标准中通过筛选原则、筛选方法及完善的审核程序以保证差异性评价体系的科学性,以及同本区域不同发展阶段及与其他区域评价结果的可比性。

#### 4.2 根据海洋资源环境对社会经济发展的限制性确定超载阈值

受目前认识和案例研究所限,本文仅以“试行方法”采用的四大基本要素为对象,根据海洋资源环境对于社会经济发展的限制性探讨确定超载阈值的新思路。

##### 4.2.1 海洋空间资源

海洋空间资源的开发,本质上是通过投入人力物力,开展一系列的建设及配套工程,挖掘海域空间资源支撑社会经济发展的潜在能力,促进区域的可持续发展。在海洋空间资源承载能力的评估中,需结合当前所处的历史阶段和未来发展情景,协调发展与保护的关系,重点分析生态效应和经济效应,确定合理开发强度阈值,并为编制及修订海洋功能区划、主体功能区规划及区域发展规划提供基础依据。

开发强度本身并不能作为是否超载的确定依据,即使某一区域的海岸线和海域空间100%开发,也未必不合理,特别是在小尺度的重点开发区域内,接近100%开发也可能是合理的。中国海域空间开发强度过大导致的超载(空间开发不合理)情况,主要有两种:一是围填海造成了海洋生态系统的衰退,例如海湾大规模围填海导致纳潮量大大减少,水交换能力减弱,污染物自净能力显著下降,泥沙严重淤积,直接影响了本区域港口、养殖及休闲旅游业发展;二是短期内盲目大量填海,超过区域发展需求,造成新增土地资源长期闲置和债务风险增加,影响了区域经济发展活力。

##### 4.2.2 海洋渔业资源

渔业资源属于可再生资源,一般认为超过最大持续产量(maximum sustainable yield)则为超载。中国沿海地区的捕捞能力严重过剩,传统渔场普遍出现严重的资源衰退,部分优质经济鱼类业已枯竭(邱永松等,2008)。在渔业资源已经衰退的大背景下,最大持续产量并不适合作为当前用于管理的超载阈值,低于最大持续产量的捕捞压力仍有可能加

剧渔业资源的衰退,只有当捕捞强度未从趋势上影响资源恢复(只是导致恢复时间延长),才可认为捕捞强度未超载。最大持续产量只适应于资源尚未衰退的情况。如果不分具体情况,盲目采用最大持续产量作为超载阈值并应用于管理实践,就会导致渔业资源的衰退积重难返。

为了明确渔业捕捞强度管理目标,需要综合分析渔业资源的变化机制和影响因素,包括捕捞压力、环境污染、气候变化以及“三场一通道”的破坏等,结合调查数据和模型推演得出更为科学可靠的超载阈值。此外,鉴于养殖渔业已成为海洋渔业资源的重要组成部分,渔业资源承载力评估还应考虑养殖渔业资源,明确养殖资源承载力评估及阈值确定方法,重点分析养殖环境容量、污染胁迫、科学技术对养殖渔业资源环境承载能力的影响调控机制。

##### 4.2.3 海洋生态环境

生态承载力一般是指自然生态系统维持其服务功能和自身健康的潜在能力,可根据生态系统的影响程度和可恢复性来确定阈值。如果健康受到严重影响且短期内难以恢复可确定为超载,生态系统发生不可逆的退化甚至崩溃则认为是严重超载(唐海萍等,2015)。但是,从人类的社会经济可持续发展视角出发,原有生态环境的不可逆变化并不能确定为生态承载力超载。随着人类文明发展进程,自然界已经发生了巨大变化,人类进入农业文明之后,一部分森林开垦变为农田,原有的森林生态系统变化为森林—农田复合生态系统,从原有生态系统角度来说可以认为是衰退,但这一变化为人类发展提供了更大的承载力,只要没有开发过度(比如两河流域和黄土高原生态衰退),森林—农田复合生态系统仍可以保持稳定和高效率。海洋空间资源的开发利用也是如此,虽然围填海开发对于区域海洋生态环境造成了不可逆影响,但是只要没有开发过度,总体上仍然对人类发展有利,不能简单地确定为超载。

环境承载力需要结合区域社会经济发展需求,特别是主导产业类型和区域功能分析区域环境与社会经济发展的关系,在限制性机理研究的基础上确定超载阈值。仅根据环境质量标准只能得出一般性而不是针对性结论,仅具有管理参考价值。比如以养殖为主的海域,虽然海洋功能区划要求二

类水质,但不同的养殖类型对于污染程度的可接纳性实际上有巨大差异,藻类养殖区对富营养化的耐受度要远高于鱼类网箱养殖区,不同鱼类养殖对污染物的耐受性也差异较大,需要根据相关研究和调查统计数据来确定超载阈值,评价得出的结论才具有管理应用价值。

#### 4.2.4 无居民海岛资源环境

无居民海岛通常在海洋中所占的面积较小,开发利用与保护的不确定性较大。需要根据无居民海岛的地理位置、生态环境特点、保护及开发的价值及成本等因素确定超载阈值。如无人岛是重要的自然保护区,开发活动造成海岛生态环境的严重破坏和保护价值严重受损,那么可认为是超载;如一般的海岛,则需要重点评估和权衡开发活动带来的经济收益与景观及生态环境破坏的长期影响。

## 5 小结

资源环境承载力是度量区域发展可持续性的重要指标,也是资源环境领域全面深化改革的重要科学基础。与传统单一维度的资源环境保护理念不同,资源环境承载力监测预警是从社会经济发展的角度来分析资源环境的限制影响机制,不仅仅从自然科学的规律认识问题,更是一项结合社会、经济综合管理的复杂系统工程,技术方法研发和管理机制制定都面临巨大挑战。

目前的“试行方法”是从资源环境保护出发,基于海洋功能区划及环境质量标准,以及指标多年变化情况确定超载阈值,是原有管理思路和前期区划及标准成果的综合集成,对资源环境保护与社会经济发展的关系协调考虑较少,评价结果的管理效能和理论创新性还较弱。下一阶段将结合长江经济带邻近海域试点评估工作,在现有方法体系的基础上,从海洋资源环境对社会经济发展的限制性分析视角,集合多学科的研究成果,探索构建具有区域针对性的指标体系和更具科学性的超载阈值确定方法,以提高资源环境承载力评估结果的科学性和管理效能。

#### 参考文献(References)

狄乾斌,韩增林,刘锴. 2004. 海域承载力研究的若干问题[J]. 地理与地理信息科学, 20(5): 50-53, 71. [Di Q B, Han

Z L, Liu K. 2004. Some questions of research on carrying capacity of marine space[J]. Geography and Geo-Information Science, 20(5): 50-53, 71.]

樊杰,王亚飞,汤青,等. 2015. 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, 35(1): 1-10. [Fan J, Wang Y F, Tang Q, et al. 2015. Academic thought and technical progress of monitoring and early-warning of the national resources and environment carrying capacity (V 2014)[J]. Scientia Geographica Sinica, 35(1): 1-10.]

关道明,张志锋,杨正先,等. 2016. 海洋资源环境承载力理论与测度方法的探索[J]. 中国科学院院刊, 31(10): 1241-1247. [Guan D M, Zhang Z F, Yang Z X, et al. 2016. Research on measuring strategy of carrying capacity of marine resources and environment[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 31(10): 1241-1247.]

韩增林,狄乾斌,刘锴. 2006. 海域承载力的理论与评价方法[J]. 地域研究与开发, 25(1): 1-5. [Han Z L, Di Q B, Liu K. 2006. Research on the theories and assessment method of carrying capacity of marine region[J]. Areal Research and Development, 25(1): 1-5.]

邱永松,曾晓光,陈涛,等. 2008. 南海渔业资源与渔业管理[M]. 北京: 海洋出版社. [Qiu Y S, Zeng X G, Chen T, et al. 2008. Fishery resources and management in the South China Sea[M]. Beijing, China: China Ocean Press.]

唐海洋,陈皎,薛海丽. 2015. 生态阈值: 概念、方法与研究展望[J]. 植物生态学报, 39(9): 932-940. [Tang H P, Chen J, Xue H L. 2015. Ecological thresholds: Concept, methods and research outlooks[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 39(9): 932-940.]

王菊英,穆景利,马德毅. 2013. 浅析我国现行海水水质标准存在的问题[J]. 海洋开发与管理, (7): 28-33. [Wang J Y, Mu J L, Ma D Y. 2013. Qianxi woguo xianxing haishui shuizhi biao zhun cunzai de wenti[J]. Ocean Development and Management, (7): 28-33.]

王菊英,穆景利,王莹. 2015. 《海水水质标准(GB 3097-1997)》定值的合理性浅析: 以铅和甲基对硫磷为例[J]. 生态毒理学报, 10(1): 151-159. [Wang J Y, Mu J L, Wang Y. 2015. Rationality analysis of the existing marine water quality standard (GB 3097-1997): A case study on lead and methyl-parathion[J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 10(1): 151-159.]

魏超,叶属峰,过仲阳,等. 2013. 海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用: 以南通市为例[J]. 生态学报, 33(18): 5893-5904. [Wei C, Ye S F, Guo Z Y, et al. 2013.

- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: A case in Nantong[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 33(18): 5893-5904.]
- 翁骏超, 袁琳, 张利权, 等. 2015. 象山港海湾生态系统综合承载力评估[J]. *华东师范大学学报: 自然科学版*, (4): 110-122. [Weng J C, Yuan L, Zhang L Q, et al. 2015. Integrated carrying capacity assessment of Xiangshan Bay ecosystem[J]. *Journal of East China Normal University: Natural Science*, (4): 110-122.]
- Abernethy V D. 2001. Carrying capacity: The tradition and policy implications of limits[J]. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 9-18.
- Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment[J]. *Science*, 268: 520-521.
- Malthus T R. 1798. *An essay on the principle of population* [M]. London, UK: Johnson J.
- Meadows D H, Meadows D L, Randers J, et al. 1972. *The limits to growth: A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*[M]. New York: Universe Books.
- Nam J, Chang W, Kang D. 2010. Carrying capacity of an uninhabited island off the southwestern coast of Korea[J]. *Ecological Modelling*, 221(17): 2102-2107.
- Odum E P. 1953. *Fundamentals of ecology*[M]. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Quicoy A R, Briones N D. 2009. Beach carrying capacity assessment of coastal ecotourism in Calatagan, Batangas, Philippines[J]. *Journal of Environmental Science and Management*, 12(2): 11-26.
- Rees W E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. *Environment and Urbanization*, 4(2): 121-130.
- Simon J L. 1981. *The ultimate resource*[M]. Princeton, NJ: Princeton University Press.

## Thresholds determination of marine resource and environmental carrying capacity

YANG Zhengxian<sup>1,2</sup>, ZHANG Zhifeng<sup>1</sup>, HAN Jianbo<sup>1</sup>, SUO Anning<sup>1</sup>, ZHANG Zhendong<sup>1</sup>

(1. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, Liaoning, China;

2. Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China)

**Abstract:** In the construction of resource and environmental carrying capacity monitoring and early-warning system, overloading thresholds are key factors, and their determination is an important but difficult topic in the current research of evaluation methods. This article focuses on the analysis of existing overloading threshold determination methods and associated problems according to relevant research in China and internationally, as well as the "Technical Manual of Resources and Environment Carrying Capacity Monitoring and Early-Warning (Trial)" issued by the National Development and Reform Commission of the People's Republic of China. One conclusion of this study is that the trial technical manual is based on the compliance with marine functional zoning and environmental quality standards, as well as the trend of change to determine the overloading thresholds. The relationship between resource and environmental protection and socioeconomic development has not been fully considered. So the innovativeness of the method and the management implication of the evaluation results are still weak. This article explores the construction of a regional differentiated and more scientific and applicable method to determine the overloading threshold, from the perspective of restrictive effect of marine resources and environment on socioeconomic development.

**Key words:** carrying capacity; thresholds; marine resources and environment; restrictive effective analysis; differentiated index system