

海洋生态脆弱性评估理论体系探析^{*}

张继民^{1,2} 刘 霜^{1,2} 唐 伟^{1,2} 刘娜娜^{1,2}

(1. 国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室 青岛 266033)

2. 国家海洋局北海环境监测中心 青岛 266033)

摘 要 基于陆域生态脆弱性研究理论体系,探讨了海洋生态脆弱性的概念、内涵及评估方法,并以黄河口海域作为研究区域,分析其评估指标体系,以期为开展海洋生态脆弱性评估工作提供一些思路。

关键词 海洋生态脆弱性; 评估方法; 评估指标

近年来,随着社会经济的快速发展,我国海洋生态环境面临的压力与日俱增。2008 年中国海洋环境质量公报表明,我国近岸海域总体污染程度依然较高,污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸局部水域,近岸海域生态系统健康状况恶化的趋势仍未得到有效缓解。与此同时,我国的海洋经济产值从 1978 年的 60 多亿元到 2008 年的 29 662 亿元^[1]增加了 490 余倍,但由于我国海洋经济技术总体水平较低,海洋产业结构不合理,致使局部海域生态环境严重恶化,近海渔业资源破坏严重。因此,如何保证在发展海洋经济的同时保护好海洋生态环境是我国亟须解决的重大难题之一。

生态脆弱性评估是在特定研究区域内对生态环境的脆弱程度作出定量或者半定量的分析,通过明确生态系统及其环境的脆弱性特征,可为环境整治、污染治理、生态保护及环境规划等提供依据,

从而维护区域社会经济发展下的生态安全。迄今为止,我国尚未形成一套公认的且具有普适性的评估方法,评估指标体系也各不相同,造成研究结果可比性差和推广价值低等问题^[2]。

基于陆域生态脆弱性研究理论体系,笔者探析了海洋生态脆弱性的概念与内涵及评估方法,并以黄河口海域为研究对象分析海洋生态脆弱性的评估指标体系,以期为今后开展海洋生态脆弱性评估工作提供基本思路。

1 海洋生态脆弱性的概念

生态脆弱性 (Ecological Fragibility) 的概念最早源于美国学者 Clements 提出的“生态过渡带” (Ecotone) 概念,其在 1989 年的七届 SCOPE 大会中得到确认,之后在全球范围内广泛开展关于脆弱生态环境的研究和探讨。生态脆弱性的概念有多种阐释,针对不同问题或区域其概念有所不同 (表 1)^{[3] 56}。

^{*} 基金项目: 海洋公益性行业科研重点专项“海岸带区域综合承载力评估决策技术集成示范”(200805080)子课题“基于生态需水的黄河口滨海湿地与近岸海域综合承载力研究”; 国家海洋局北海分局课题基金。

表 1 生态脆弱性定义

序号	定义	特点	针对问题 (区域)
1	生态系统的正常功能紊乱, 生态稳定性差, 对人类活动及突发性灾害反应敏感, 自然环境易向不利于人类利用的方向演替	强调生态环境脆弱的表现及其对人类生存和发展的不利影响	喀斯特地区
2	某一地区的生态系统或环境在受到干扰时易从一种状态转变为另一种状态, 而且一经改变能否恢复初始状态的能力	强调生态脆弱性的地域性及难逆转性	喀斯特地区
3	具有生态系统不稳定性 and 对外界干扰敏感的特征, 且往往使系统在面对外界干扰时朝着不利于自身和人类开发利用的方向发展	强调对人类利用及环境自身而言生态系统的稳定性和对干扰的敏感性	河流域区
4	生态环境及其组成要素对外界干扰所发生不良反应的灵敏性	偏重强调外界干扰发生时生态环境反应的速度和程度	盆地、丘陵区
5	景观或生态系统在特定时空尺度上相对于干扰而具有的敏感反应和恢复状态, 是生态系统的固有属性在干扰作用下的表现	强调生态脆弱性的时空性及可恢复性	退化陆域生态系统
6	区域生态系统在人类活动影响下发生变化的潜在可能性及其程度	强调人类活动影响导致生态环境脆弱的可能性	人类活动影响强烈的陆域区域
7	生态环境受到外界干扰作用超出自身的调节范围而表现出的对干扰的敏感程度	强调生态环境自身的抗干扰能力	较广泛的陆域生态脆弱问题

《全国生态脆弱区规划纲要》中明确指出, 生态脆弱区是指两种不同类型生态系统交界的过渡区域, 这些交界过渡区域的生态环境条件与两个不同生态系统核心区域有明显的区别, 已成为生态保护的重要领域。总体来说, 若从环境生态的自然属性和变化类型及其程度来定义, 生态脆弱性可理解为某一区域生态系统在外界干扰下, 其一种或者几种环境组成要素发生变化, 容易发生正常功能的紊乱并超越自我修复和调节的“阈值”而难以复原所具有的特性, 其同时取决于干扰因子的类型与强度以及环境本身的特性和类型^{[3]56}。因此笔者认为, 海洋生态脆弱性概念是陆域生态脆弱性概念在海洋研究领域中的延伸, 其含义应指在自然作用与人类活动强度双重干扰下, 海洋生态环境发生正常功能的紊乱, 由一种状态转变为另一种状态, 而且一经改变很难恢复到初始状态的特定性质, 而这种性质受人类活动影响制约。

2 海洋生态脆弱性的内涵

脆弱生态环境作为自然界中客观存在的环境类型, 有其一定的时空尺度: 时间尺度是指环境各要

素处于一种动态状况; 空间尺度是指环境形态分布的空间范围, 同样处于某种动态的状况; 环境要素在时空尺度上的不断变化决定环境特性量和质的不断演化^[4]。乔青等认为生态脆弱性与生态环境组成、结构、处境和人类活动等密切相关, 而人类通过采用自然改造、生态保护以及生态修复等措施能够促进生态环境向着稳定的方向演替, 从而提高生态环境抵抗干扰能力和自我修复能力, 降低生态环境的脆弱性, 这也正是进行脆弱生态环境研究的现实意义^{[5]118}。因此, 海洋生态脆弱性的内涵也应从自然属性、生态压力和人类活动积极因素 3 个方面进行解读。

2.1 海洋生态脆弱性与生态环境的自然属性紧密相连

海洋生态脆弱性作为自然界中客观存在的环境类型具有自身特定的性质, 其反映海洋生态环境对外界压力变化的响应程度, 与生态环境的自然属性紧密相连。对于有明显脆弱性的海洋生态环境来说, 很容易超出其抵抗外界压力干扰的“阈值”范围, 从而使海洋生态环境发生变化。

2.2 海洋生态脆弱性是自然属性与生态压力的双重表现

海洋生态脆弱性除与生态环境的自然属性相关外,还与其所受的生态压力密不可分。海洋生态环境自身性质仅是导致生态脆弱的潜在条件,而生态压力往往诱发这些潜在条件。因此,开展生态脆弱性研究必须考虑生态环境所处的压力状况。

2.3 海洋生态脆弱性在时空尺度上处于动态状态

在人类活动的干扰下,海洋生态脆弱性在时空尺度上处于动态状态,向有利或不利的方向发展。人类将大量污染物排海或实施不合理的海洋资源开发利用活动往往造成一些相对稳定的生态功能失调并发生退化,导致脆弱生态环境的产生;但人类也有可能通过采用生态修复等措施促进生态环境向着

稳定的方向演替,从而提高生态环境抵抗干扰能力和自我修复能力,降低海洋生态环境的脆弱性。

3 海洋生态脆弱性的评估方法

生态脆弱性评估的目的是:明确生态环境的脆弱性特征,从而规范人类活动的方式和强度以维护区域社会经济发展下的生态安全^{[5] 118},因此生态脆弱性应根据研究区域所处的环境特征来选择能表现系统特征的评估方法。周嘉慧等认为模糊综合评价法、生态脆弱指数法和层次分析法等都是我国陆域生态系统环境脆弱性分析中广泛应用的方法(表 2)^{[3]58}。由表 2 可知,综合评价法包括现状评价、趋势评价及稳定性评价三大部分,评估结果能够较为全面地反映生态脆弱性状况。目前我国拥有长期的近岸海域环境监测数据资料,因此我国近岸局部海域的生态脆弱性评估比较适用于综合评价法。

表 2 生态脆弱性评价方法

评价方法	思路	适用范围	优点	不足
模糊评价法	确定指标体系及权重,计算各因子对各评价指标的隶属度,分析结果向量,从而得出各子区域的脆弱度等级并排序	省、区等大范围及县(市)、乡(镇)等小范围	计算方法简单易行	对指标的脆弱度反映不够灵敏
生态脆弱指数法	确定指标、权重及其生态阈值,在数值标准化基础上,根据公式计算生态脆弱性指数(EI)划分脆弱度等级	某一区域内部生态环境脆弱程度的比较分析	将脆弱度评价与环境质量紧密结合在一起	结果是相对的
层次分析法	确定评价指标、评分值及权重,将评分值与其权重相乘,加和得到总分值,据此确定脆弱生态环境的脆弱度等级	应用范围广,可用于不同脆弱生态环境脆弱度比较	计算过程简单,易操作	指标选取、权重赋值和脆弱度分级等有一定主观性
主成分分析法	计算特征值和特征向量,通过累计贡献率计算得到主成分,最后进行综合分析	基础资料较全面的生态环境脆弱度评估	保证原始数据损失最小,以少数的综合变量取代原有的多维变量	存在一定的信息损失
关联评价法	选定评价因子,计算各区各个因子的相对比重,根据公式计算区域的相对脆弱度	生态系统内部或相邻系统的脆弱性程度比较	可进行相邻生态系统的脆弱性程度比较	计算过程复杂,对数学水平要求较高
综合评价法	包括现状评价、趋势评价及稳定性评价 3 个部分	需要较长时期的数据资料	较为全面和宏观,评价结果具有较强的综合性及逻辑性	复杂,涉及内容多,难应用于大范围
基于遥感和 GIS 评价法	利用遥感和 GIS 软件功能实现对区域生态环境脆弱程度的评价	具有充足基础图件的生态脆弱性评价	可实现对评价结果的空间表达和分析对比	需要空间信息的数 据,成本较高

4 海洋生态脆弱性的评估指标体系

在目前应用较为广泛的驱动力—压力—状态—响应力—调控力 (D—PSR—C) 概念模型基础上, 笔者以黄河口海域为研究对象, 初步构建黄河口海域海洋生态脆弱性评估指标体系, 以期为后续评估工作提供工作框架。黄河口海洋生态脆弱性评估指标体系包括目标层、项目层和指标层, 以海洋生态脆弱度作为第 1 层次目标层, 用以诊断研究区域生态系统状况及其空间结构特征; 第 2 层次为项目层, 包括驱动力 (D)、压力 (P)、状态 (S)、响应力 (R) 和调控力 (C) 5 个项目; 第 3 层次为指标层, 主要包含容易获取或收集计算得到的指标。

驱动力 (D) 项目层: 包括社会和经济发展的两个子项目层。一般可用人均 GDP 增长率衡量经济发展水平, 用区域内的人口密度衡量社会发展水平。

压力 (P) 项目层: 包括自然影响和人类干扰两个子项目层。自然影响以黄河口海岸的蚀淤动态来反映, 以蚀淤面积的百分比来表示; 人类干扰从人类开发利用、海洋环境污染和外来物种入侵三方面进行衡量: 以围填海、养殖用海、港口用海和油气勘探开发用海等一系列方式占用海域面积的百分比表示人类开发利用情况, 以水质单因子评价指数指标反映海洋环境污染情况, 以泥螺入侵的面积占潮间带总面积的百分比作为外来物种入侵指标。

状态 (S) 项目层: 包括组织结构和功能活力两个子项目层, 主要从生态系统内在的生态条件出发评价其组织结构和功能活力状况。组织结构方面通

过生物多样性指数和潮间带生物群落结构指标来衡量, 功能活力方面通过初级生产力水平、浮游植物细胞密度、浮游动物生物量和底栖生物量等指标来衡量。

响应力 (R) 项目层: 包括生态系统的活力、恢复力以及生态系统功能服务 3 个子项目层, 用以评估生态系统响应状况。生态系统的活力从渔业资源年产量和鱼卵仔鱼数量方面体现, 恢复力以海水净化能力为参考指标, 生态系统功能服务以各生态服务功能价值衡量。

调控力 (C) 项目层: 包括投入量和法律法规政策两个子项目层。投入量引用海洋管理和科研水平以及万元 GDP 的环保投入比重衡量, 法律法规政策采用法律有效性和执行情况以及公众参与认识程度两个指标衡量。

5 结束语

生态脆弱性评估作为环境监测与管理服务的重要手段, 已较好地应用到海岸带管理实践^[9]。为优化海洋开发与管理决策支持技术, 我国在《全国科技兴海规划纲要》(2008—2015年)重点任务中也明确提出要开展“典型生态脆弱性评估, 开发海洋资源环境管理决策支持产品”, 以期规范人类活动的方式和强度, 维护沿海区域社会经济发展下的海洋生态安全。鉴于目前生态脆弱性评估指标和方法的选择仍存在较多的问题, 因此开展海洋生态脆弱性评估指标体系构建和评估方法研究仍是今后工作中的重点。

参考文献:

- [1] 国家海洋局. 中国海洋经济统计公报 [R]. 2008
- [2] 赵跃龙, 张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究 [J]. 地理科学, 1998, 18 (1): 73—78
- [3] 周嘉慧, 黄晓霞. 生态脆弱性评价方法评述 [J]. 云南地理环境研究, 2008, 20 (1):
- [4] 庞小平, 王自磐, 鄂栋臣. 南极生态环境分类及其脆弱性分析 [J]. 测绘与空间地理信息, 2006, 29 (6): 1—4
- [5] 乔青, 高吉喜, 王维, 等. 生态脆弱性综合评价方法与应用 [J]. 环境科学研究, 2008, 21 (5):
- [6] ROBERTSON B, SIEVEN S L. Moulpp estuary vulnerability assessment & monitoring recommendations [R]. Coastal Management, 2008, 1—47