

# 海岸带生态安全响应力评估方法初探\*

吝涛, 薛雄志\*, 卢昌义

(厦门大学 近海海洋环境科学国家重点实验室; 环境科学研究中心, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 引用“驱动力-压力-状态-影响-响应力”分析模型 (driving-pressure-state-impact-response, DPSIR), 具体分析了海岸带生态系统安全问题中“驱动力”、“压力”、“状态”、“影响”和“响应力”及其 5 者之间的相互关系, 总结出人类社会对海岸带生态安全“响应力”的 5 个主要途径: 法律法规与政策、管理体制与机制、基础设施建设与措施、科技支撑与投入、公众意识与参与。最后根据响应力对生态安全问题产生过程 (驱动力、压力、状态、影响) 的反馈机制, 通过模糊数学评价原理构建出评估海岸带生态安全响应力的方法体系。

**关键词:** 海岸带; 生态安全; 响应力

**中图分类号:** X32    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-6336(2007)04-0325-04

## Primary study on assessing the response to coastal ecological safety

L N Tao, XUE Xiong-zhi, LU Chang-yi

(State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Environmental Science Research Center, Xiamen university, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** The coastal ecosystem represents one of the typical ecotone, where the human activities are dense and frequent and ecological safety problems emerged gradually. The response to coastal ecological safety is the positive feedback of human society to the ecological safety problems. It is the force to keep the coastal ecosystem sustainable health and to solve, mitigate or prevent the ecological safety stress. This paper, the driving-pressure-state-impact-response (DPSIR) analysis model was introduced and to study the relationship among Response, Driving, Pressure, State and Impact. Subsequently, the human response was classified into 5 categories, which are policy and legislation, management institution and mechanism, infrastructure and project, science and technology support, public consciousness and participation. Finally, a primary evaluation method on response to coastal ecological safety was build up by using the fuzzy mathematic assessment principles, base on the relationship between response and other four ecological safety factors.

**Key words:** coastal area; ecological safety; response; assessment

海岸带地处陆地和海洋两大生态系统的过渡带,受两者物质、能量、结构和功能体系的影响,一方面海岸带生态系统初级生产力丰富、生物多样性高,但同时受到来自海洋和陆地的扰动频率高,稳定性差,是典型的脆弱生态系统。按照国际生物圈计划中对海岸带的定义:海岸带由海岸、潮间带和水下岸坡三部分组成,其上限向陆是 200 m 等高线,向海是大陆架的边坡,差不多是 -200 m 等深线<sup>[1]</sup>。在这个范围内占有全球陆地面积 18% 的陆域,占海洋面积 8% 的海域<sup>[2]</sup>。我国自

北向南拥有 18 000 km 的狭长海岸线,在包括环渤海经济区、长江三角洲经济区和珠江三角洲经济区等在内的海岸带区域内,集中了全国 70% 以上的大城市、50% 左右的人口和 55% 的国民收入<sup>[3]</sup>。目前,海岸带生态系统不仅承受着自然界的影 响,而且日益承受着来自人类社会的生态压力,海岸带的生态安全问题也愈来愈突出。

海岸带生态安全是指海岸带生态系统自身组成、结构和功能保持完整和正常,同时提供给人类生存所需的资源和服务持续、稳定<sup>[4]</sup>。生态安全

\* 收稿日期: 2005-11-11, 修订日期: 2006-02-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40371049); 福建省自然科学基金 (D031002)

作者简介: 吝涛 (1978-) 男, 河北省邯郸市人, 博士研究生, 主要研究方向为环境生态学和 环境管理。

通讯作者: 薛雄志, xzxue@ingxian.xmu.edu.cn

响应力是指人类社会对生态安全问题产生的积极反馈,是维护生态系统持续正常(健康)状态,不断解决、减轻或预防生态安全压力的作用力,它包括所有以维护生态安全为目的的人类积极行为和活动,如法律、政策、规划、计划、项目等<sup>[5-9]</sup>。目前国内外还没有对生态安全响应力的专门研究,但是对法律、政策、规划和项目实施效果的评估为生态安全响应力分析研究建立了一定的基础。本文通过“驱动力-压力-状态-影响-响应力”模型(driving-pressure-state-impact-response, DPSIR),分析在海岸带生态安全问题中,人类社会响应力与其他四者的关系,并且初步建立对海岸带生态安全响应力进行综合评估的方法,希望能够促进海岸带生态、环境管理体制和机制的进一步优化,从而更好地维护海岸带生态系统的健康。

### 1 海岸带生态安全响应力和驱动力、压力、状态、影响

#### 1.1 海岸带生态安全与 DPSIR 分析模型

20 世纪 90 年代初期,经济合作和发展组织为进行环境评估建立了“压力-状态-响应力(pressure-state-response, PSR)模型<sup>[10]</sup>,随后考虑到自然界作用等因素,将其进一步发展为“驱动力-压力-状态-影响-响应力(driving-pressure-state-impact-response, DPSIR)模型<sup>[11]</sup>。其中,驱动力代表大尺度的社会经济条件和管理体制等因素,例如海岸带土地利用形式以及海岸带工业增长;压力代表海岸带生态系统造成负面影响的直接因素,如污染排放、湿地破坏等;状态是指能够观察到的海岸带生态质量或功能变化,如环境质量,生态系统功能等;影响是指由于状态变化带来的可以严格通过社会经济价值衡量的变化,例如海洋生物疾病带来的价值损失,污染排放造成的渔业减产等;响应力代表人类社会体制对生态系统变化的反馈,一般受状态和影响的驱动。其中,驱动力是生态安全问题产生的根本原因,由于人类和自然驱动力的存在,导致生态安全压力的产生,压力是促使生态系统产生变化的直接原因,生态系统状态变化造成对人类社会的影响,影响的结果是人类主动调整自身行为和活动,对生态安全产生的根本驱动力进行反馈。应该说,驱动力、压力、状态、影响和响应力之间是一个相互作用的动态整体,见图 1。

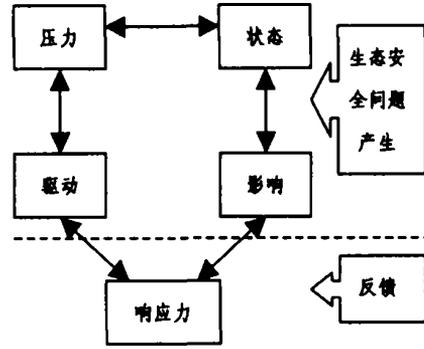


图 1 “驱动力-压力-状态-影响-响应力”分析模型  
Fig 1 Driving-pressure-state-impact-response, DPSIR analysis model

利用 DPSIR 分析模型进行海岸带生态安全响应力研究,首先须明确响应力与其他四者之间的联系。按照 DPSIR 分析模型中驱动力、压力、状态、影响和响应力的内在关系,驱动力、压力、状态和影响可以作为响应力的对立面,在海岸带生态安全问题中主要呈现的是问题产生的过程,即人类或自然因素造成生态安全问题的凸现的过程,包括根本原因(人类和自然驱动力),直接因素(压力),状态变化,及其对人类社会造成的影响。而响应力是人类社会主动解决、减轻或预防海岸带生态安全问题的积极作用,是人类社会对驱动力、压力、状态和影响做出的正反馈,是实现生态安全的具体措施和途径。

#### 1.2 海岸带生态安全驱动力、压力、状态、影响和响应力因素

##### 1.2.1 驱动力、压力、状态、影响因素

根据 Bowen<sup>[11]</sup>对 DPSIR 分析模型中宏观社会经济因素的研究,结合自然作用,本文将驱动力、压力、状态和影响因素总结为 9 类:自然灾害,人口变化,经济条件,社会条件和文化传统,发展压力,资本结构,生境变化/生态价值,污染物引入,资源开采活动和类利用活动。

自然灾害,包括海啸、台风、地震、海岸侵蚀等自然因素对海岸带产生的破坏作用,也包括由于人类影响自然界造成的破坏,如全球变暖,海平面上升,酸雨等。

人口变化,包括人口总数、密度和分布的变化,是人类活动强度(即影响海岸带生态系统强度)现状和趋势的宏观指标。

经济条件,包括海岸带地区的经济规模、结构、方式等,是表示人类利用海岸带资源和环境的宏观模式和现实驱动力。

社会条件和文化传统包括人对海岸带的认识和态度,是人类利用海岸带资源和环境的一种潜在驱动力。

发展压力/资本结构,指人类社会对海岸带生态系统造成的压力,主要是对海岸带可持续发展能力的影响,例如经济发展方式与资源和环境的矛盾。

生境变化/生态价值,指人为破坏作用导致海岸带生态系统,特别是野生生境的退化和消失,其中伴随着生态功能和生态价值的丧失。

污染物引入,指海岸带区域人类社会生物化学污染物向自然界排放,包括点源和非点源污染。

资源开采活动,指人类社会获取海岸带资源的具体方式和活动,包括开采的规模和方式,例如再生资源开采和非可再生资源开采等。

人类利用活动,指人类对海岸带资源的利用的具体行为和状况,包括人类利用资源的数量、方式和效率,例如资源有效利用率,资源循环利用率,非可再生资源使用比例等。

1.2.2 响应力因素

根据人类社会经济系统组成、结构和功能,本文将海岸带生态安全响应力的作用途径归纳为生态安全维护相关的法律法规与政策、管理体制与机制、基础建设与措施、科技支撑与投入、公众意识与参与 5 个主要方面。

法律法规与政策,包括维护海岸带生态安全相关的法律、法规与政府的政策、规划、计划。是人类社会维护海岸带生态安全的最高意识体现。

管理体制与机制,包括政府和非政府组织协调人类开发利用海岸带环境、资源的组织形式和运行方式,是人类社会生态安全响应力的实现途径。

基础建设与措施,包括人类社会中与维护生态安全相关的基础设施、具体行动等。是在管理体制与机制下,人类社会生态安全响应力的具体表现形式。

科技支撑与投入,指人类社会维护海岸带生态安全的科学技术能力及相关方面的投入,是实现生态安全响应力的重要保证。

公众意识与参与,指人类社会对维护海岸带生态安全的积极性和参与能力,是实现生态安全响应力的前提条件。

响应力的 5 个方面其实包含在生态安全问题产生的 9 大类因素当中,通过调节响应力的各个

因素,可以对生态安全问题起到积极的反馈作用,因此可以视为响应力的反馈途径集合;与之相对,驱动力、压力、状态和影响等 9 类因素则视为响应力反馈的目标集合。根据不同海岸带地区的生态环境以及出现的具体生态安全问题,反馈目标集合中 9 个因素所代表的重要性在不同海岸带地区是不同的;同理,反馈途径在不同海岸带地区的生态安全响应力中的作用也有不同;两者都须在实际中因地制宜进行研究验证。

2 海岸带生态安全响应力评估方法构建

2.1 评估指标体系的构建

评估海岸带生态安全的响应力,主要是评估响应力的 5 个作用途径对生态安全问题产生过程的作用及其效果。因此以海岸带生态安全响应力的 5 种途径作为变量  $X$ ,驱动力、压力、状态和影响所包含的 9 类因素作为响应力因变量  $Y$ ,可以构建海岸带生态安全响应力评估指标体系,响应力的变量值表对因变量指标反馈作用的评价构成海岸带生态安全响应力评估矩阵  $A(a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{59})$ ,例如  $a_{12}$  表示变量  $X_1$  对因变量  $Y_2$  的反馈作用评估结果,见表 1。

表 1 海岸带生态安全响应力评估指标矩阵

Tab 1 Evaluation indicators matrix of response to coastal ecological safety

| 因变量          | 变量           |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | $X_1/W_{x1}$ | $X_2/W_{x2}$ | $X_3/W_{x3}$ | $X_4/W_{x4}$ | $X_5/W_{x5}$ |
| $Y_1/W_{y1}$ | $a_{11}$     | $a_{21}$     | $a_{31}$     | $a_{41}$     | $a_{51}$     |
| $Y_2/W_{y2}$ | $a_{12}$     | $a_{22}$     | $a_{32}$     | $a_{42}$     | $a_{52}$     |
| $Y_3/W_{y3}$ | $a_{13}$     | $a_{23}$     | $a_{33}$     | $a_{43}$     | $a_{53}$     |
| $Y_4/W_{y4}$ | $a_{14}$     | $a_{24}$     | $a_{34}$     | $a_{44}$     | $a_{54}$     |
| $Y_5/W_{y5}$ | $a_{15}$     | $a_{25}$     | $a_{35}$     | $a_{45}$     | $a_{55}$     |
| $Y_6/W_{y6}$ | $a_{16}$     | $a_{26}$     | $a_{36}$     | $a_{46}$     | $a_{56}$     |
| $Y_7/W_{y7}$ | $a_{17}$     | $a_{27}$     | $a_{37}$     | $a_{47}$     | $a_{57}$     |
| $Y_8/W_{y8}$ | $a_{18}$     | $a_{28}$     | $a_{38}$     | $a_{48}$     | $a_{58}$     |
| $Y_9/W_{y9}$ | $a_{19}$     | $a_{29}$     | $a_{39}$     | $a_{49}$     | $a_{59}$     |

注:  $Y_1$ 自然灾害;  $Y_2$ 人口变化;  $Y_3$ 经济条件;  $Y_4$ 社会条件和文化传统;  $Y_5$ 发展压力/资本结构;  $Y_6$ 生境变化/生态价值;  $Y_7$ 污染物引入;  $Y_8$ 资源开采活动;  $Y_9$ 人类利用活动。  $X_1$ 法律法规与政策;  $X_2$ 管理体制与机制;  $X_3$ 基础建设与措施;  $X_4$ 科技支撑与投入;  $X_5$ 公众意识与参与。

由于不同海岸带地区的生态环境条件不同,所面临的具体生态安全问题也有差别,因此在构建生态安全响应力评估矩阵时,还应当结合当地实际,体现生态安全问题中的 9 类因素之间的主次关系,以及响应力的 5 个作用途径的强弱差别。因此还应赋予生态安全响应力变量和因变量权重  $W_x$ 和  $W_y$ ,真实的表现不同海岸带区域具体生态

安全问题产生状况以及响应力不同反馈途径的作用和有效性。

## 2.2 评估方法和方程选取

### 2.2.1 评估方法

针对生态安全响应力评估指标体系, 首先应确定变量和因变量的权重  $W_x$  和  $W_y$ 。可以通过对当地实际情况的调查, 或者通过专家座谈和公众调查, 应用层次分析方法<sup>[12]</sup>确定。接下来是对指标体系中各个指标的评价。由于对海岸带生态安全响应力的研究是针对整个人类社会对海岸带生态系统的反馈, 并且所选取的都是宏观的指标, 因变量和变量之间的关系是相互交叉作用的, 即一个变量  $X$  可以作用于 2 个以上的因变量  $Y$ 。

每一个变量和因变量之间的反馈都是一个复杂的作用关系, 要精确的评价须投入大量的时间、人力和物力, 因此本文提出评估方法的一般过程:

(1) 建立个指标的评价标准。在收集以往资料和研究成果的基础上, 结合社会学的调查方法, 例如公众问卷调查, 德尔费法等。

(2) 计算指标评价值。通过选取隶属度函数计算指标矩阵中各个指标隶属度  $a(a \in [0, 1])$ , 来表示指标与标准之间的接近程度。

(3) 确定各个指标的权重, 可采用的权重确定方法有层次分析法, 排序法等。

(4) 综合评价结果。建立综合评价方程, 求出指标体系加权平均数或向量, 获得评价结果 (对于向量表示的评价结果, 采用选取最大隶属度原则进行评价)。

### 2.2.2 综合评价方程

对海岸带生态安全响应研究是评估某个具体海岸带地区人类社会积极对该地区所出现的生态安全问题进行解决、减轻或预防的能力。响应力的评估可以通过对响应力 5 个实现途径的评估来实现, 也可以通过生态安全产生问题中 9 个因素受到的反馈作用好坏获得。由此我们利用评估矩阵和模糊数学评价方法建立海岸带生态安全响应力综合评价方程:

$$Ax = A_{xi} \times W_{xi}$$

其中:  $A_x$  代表通过 5 个实现途径获得的海岸带生态安全响应力综合评价结果;  $A_{xi}$  为响应力实现途径  $X$  的评价集合 (即评价矩阵中的列向量);  $W_{xi}$  为响应力实现途径在整个反馈作用中所占权重。也可以通过方程:

$$Ay = A_{yi} \times W_{yi}$$

其中:  $A_y$  代表通过 5 个实现途径获得的海岸带生态安全响应力综合评价结果;  $A_{yi}$  为生态安全问题因素  $Y$  受到的反馈作用评价集合 (即评价矩

阵中的行向量);  $W_{yi}$  为生态安全问题各因素在整个生态安全问题中所占权重。

## 3 结 论

生态安全响应力是指人类社会对生态安全问题产生的积极反馈, 是维护生态系统持续正常 (健康) 状态, 不断解决、减轻或预防生态安全压力的作用力。与之相对应的是海岸带生态系统安全问题产生过程中的“驱动力”、“压力”、“状态”和“影响”。综合国内外的研究成果, 本文总结出海岸带生态系统安全问题产生过程中 9 个主导因素, 同时提出“响应力”的 5 个主要实现途径: 法律法规与政策、管理体制与机制、基础建设与措施、科技支撑与投入、公众意识与参与。最后结合模糊数学评价构建出海岸带生态系统安全响应力的评估体系, 并提出综合评价的一般步骤和两个计算方程。为今后开展海岸带生态安全响应力的评估实践寻找理论和方法基础。

## 参考文献:

- [1] IGBP/LOICZ Reports & studies No. 3 [R]. Textel: LOICZ, 1995.
- [2] BLIANA C S, ROBERT W K. Integrated Coastal and Ocean Management concepts and practices[M]. Washington D. C.: Island Press, 1998.
- [3] 钟兆站. 中国海岸带自然灾害与环境评估[J]. 地理科学进展, 1997, 16(1): 44-50.
- [4] 薛雄志, 吝涛, 曹晓海. 海岸带生态安全指标体系研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版) 2004, 43(s): 179-183.
- [5] 郭峰, 宋剑峰, 赵敏. 《水利产业政策》评估指标体系及测算方法研究[J]. 水利经济, 2005, 23(2): 17-19.
- [6] LEUNG P S, MURAOKA J, NAKAMOTO S T *et al*. Evaluating fisheries management options in Hawaii using analytic hierarchy process (AHP) [J]. Fisheries Research, 1998, 36: 171-183.
- [7] COLMENARES N A, ESCOBAR J J. Ocean and coastal issues and policy responses in the Caribbean [J]. Ocean & Coastal Management, 2002, 45: 905-924.
- [8] LEHTONEN M. The environmental social interface of sustainable development: capabilities, social capital, institutions [J]. Ecological Economics, 2004, 49: 199-214.
- [9] JULIA M C, XUE X Z, HONG H S. Lessons learned from decentralized CM: an analysis of Canada's Atlantic Coastal Action Program and China's Xiamen CM Program [J]. Ocean & Coastal Management, 2003, 46: 59-76.
- [10] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD core set of indicators for environmental performance reviews [R]. Paris: OECD, 1993.
- [11] BOWEN R E, RILEY C. Socio-economic indicators and integrated coastal management [J]. Ocean & Coastal Management, 2003, 46: 299-312.
- [12] SAATY T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. Pittsburgh: RWS Publications, 1990.