

长岛县海岛开发活动的环 境效应评价

孔梅^{1,2,3}, 黄海军¹, 高兴国⁴, 马立杰¹, 刘艳霞¹

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 山东省土地勘测规划院, 山东 济南 250014; 4. 山东电力工程咨询院有限公司, 山东 济南 250013)

摘要: 根据“压力-状态-响应”(P-S-R)指标体系模型, 探讨了长岛县海岛开发活动的环 境效应评价指标体系, 应用熵值法计算了海岛各个指标的权重, 并应用计算得到的综合指数对海岛开发活动的环 境效应进行了综合评价, 为海岛资源环境管理和可持续发展决策提供基础依据。

关键词: 海岛; 开发活动; 环 境效应; 指标体系

中图分类号: P748

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)10-0096-05

随着经济发展和科技进步, 海岛的开发活动越来越多。在海岛经济飞速发展的同时, 由于开发过程中不尊重海岛自然特征属性、忽视生态平衡、海岛开发活动无法可依、开发利用活动缺少规划的指导等原因, 海岛的资源开发和生态保护中出现了很多问题, 主要体现在海岛资源退化、生态环境破坏、部分海岛生态功能丧失、岛陆及周边水域环境恶化、传统捕捞业空间丧失、珍稀生物资源减少等方面。针对于此, 国际教科文组织于 1992 年出版了《岛屿》期刊, 专门探讨海岛资源保护与可持续发展的问题; Gourbesville 等^[1]针对热带海岛提出了可持续用水的评价方法; 2000 年, 中国学者杨文鹤^[2]主编了《中国海岛》一书, 系统、完整介绍了中国海岛的自然环境概况、环境质量状况、社会经济状况、开发利用现状、海岛的保护和管理等。与此同时, 国内许多学者和专家从不同专业视角对中国海岛环境展开了相关研究和探索, 肖佳媚等^[3]利用 P-S-R(压力-状态-响应)指标体系模型对海岛生态系统进行评价, 陈彬^[4]、肖风劲^[5]对海岛生态系统进行了综合评价, 高俊国^[6]、韩增林^[7]、任海^[8]对海岛的管理进行了分析研究。但这些研究都没能充分体现海岛环境与开发的关系。本研究以山东省长岛县为例, 针对海岛开发过程中的诸多问题, 建立了海岛开发活动的环 境效应评价方法和指标体系, 客观评价了开发活动的环 境效应, 为海岛资源环境管理和可持续发展决策提供了基础依据。

1 研究区环 境及开发概况

长岛(120°35' ~120°56' E, 37°53' ~38°23' N) 又称庙岛群岛, 位于山东半岛与辽东半岛之间, 黄

海、渤海交汇处, 由大小 32 个岛链式分布的海岛组成。长岛县属山东省烟台市所辖, 自北至南主要海岛有北隍城岛、南隍城岛、小钦岛、大钦岛、砣矶岛、高山岛、小高山岛、车由岛、猴矶岛、大竹山岛、小竹山岛、北长山岛、南长山岛、庙岛、大黑山岛、小黑山岛、南坨子岛, 主要特征见表 1。陆地总面积为 53.806 km²。海域面积 8 700 km², 海岸线长 169.71 km, 是山东省唯一的海岛县。长岛县最大的岛屿是南长山岛, 面积 13.2 km²。

长岛位于半湿润的华北地区东北部, 属暖温带大陆性季风气候, 具有冬暖夏凉的特点, 年平均气温 11.9 °C, 年平均降水量为 560 mm。潮汐为正规半日潮, 潮高 143 cm, 潮差 119 cm, 海流主要受黄渤海交换流的影响。该区岛屿全为基岩岛, 岩性多为变质岩或岩浆岩, 海岸陡峭, 潮间带狭窄, 多为砾石滩, 水深较大。地质构造形迹主要表现为断裂构造或单斜构造; 地层属于鲁东地层分区, 位于胶北隆起、胶莱拗陷等构造单元边缘地带。岛陆地貌多为低山丘陵, 基岩坡和冲沟; 海岸地貌以海蚀地貌为主。

长岛森林覆盖率为 53.2%, 植物资源丰富, 覆盖度一般在 95%以上, 植物种类以菊科、豆科、十字花科等居多, 树木以黑松、刺槐林为主。独特的地理位置和优越的自然条件, 使之成为候鸟迁徙的必经之地, 每年途经的候鸟有 200 余种, 百万只之多, 享有候鸟“驿站”的美誉。长岛海域辽阔, 水质肥沃, 是

收稿日期: 2009-03-12; 修回日期: 2010-08-03

基金项目: 山东省 908 专项(SD-908-01-03-01)

作者简介: 孔梅(1985-), 女, 山东曲阜人, 硕士, 研究方向: 海洋地质, 电话: 0532-82898531, E-mail: km2003@163.com

中国海珍品主要产地之一，自然生长的贝、藻类 160 多种，其中，扇贝、鲍鱼、海参、海胆、赤贝、虾夷贝等海珍品享誉海内外。长岛被誉为“海上仙山”，资源丰富、环境优美，截至 2005 年，长岛已经拥有中

国海带之乡、中国鲍鱼之乡、中国扇贝之乡、国家级风景名胜区、国家级自然保护区、国家森林公园、国家地质公园、国家首批农业旅游示范点、中国最佳避暑胜地和中国十大最美海岛 10 张国字号金名片。

表 1 长岛县主要海岛特征统计表

Tab. 1 Statistics on the features of Changdao islands

海岛名称	有无居民	地理位置	岸线类型	海岛面积 (km ²)	岸线长度 (km)
南长山岛	有	37°55'00"N, 120°44'30"E	基岩、人工、砂质	13.2023	25.4502
北长山岛	有	37°58'30"N, 120°42'30"E	基岩、人工、砂质	7.9713	15.4048
庙岛	有	37°56'18"N, 120°40'48"E	基岩、人工、砂质	1.4242	8.3656
小黑山岛	有	37°58'14"N, 120°38'46"E	基岩、人工、砂质	1.2593	5.7908
大黑山岛	有	37°58'00"N, 120°36'30"E	基岩、人工、砂质	7.4685	13.5913
砣矶岛	有	38°10'00"N, 120°45'00"E	基岩、人工、砂质	7.1215	21.9491
大钦岛	有	38°18'21"N, 120°49'00"E	基岩、人工、砂质	6.4198	15.1118
小钦岛	有	38°20'36"N, 120°50'33"E	基岩、人工、砂质	1.1618	6.9912
南隍城岛	有	38°21'30"N, 120°54'00"E	基岩、人工、砂质	1.8689	13.1463
北隍城岛	有	38°23'24"N, 120°54'36"E	基岩、人工、砂质	2.6807	9.8053
大竹山岛	无	38°01'37"N, 119°28'33"~120°56'06"E	基岩、人工、砂质	1.5101	6.2093

长岛淡水资源严重匮乏，人均水资源占有量仅为全国人均占有量的 1/3，严重制约了海岛经济和社会的发展。中国最大的海水淡化饮用水工程——山东省长岛县南长山岛日产 1 000 t 淡化水工程于 2000 年正式动工，大大缓解饮用水紧张的局面。长岛蕴藏着巨大的风能资源，其特殊的地理位置有利于风速的增强，是我国风能最丰富的地区之一。

2 评价模型

目前，不同学者以“自然-经济-社会”复合系统为研究对象，提出了若干环境评价的指标体系及其定量评价模型，比较有代表性的有“压力-状态-响应”(P-S-R)模型、“驱动力-压力-状态-影响-响应(D-P-S-I-R)”模型以及人工神经网络(ANN)等。但是针对海岛开发活动环境效应的却没有。

DPSIR 模型，层次分明，关系明晰，考虑了人与自然之间的关系，可以深入表征待研究系统之间的反馈和负反馈机制，但计算需要一定数据支持，模拟相对不便；ANN 虽能够清晰且深入地表征研究系统的作用机制，更深入体现可持续理论的内涵，然而此模型尚处在探索阶段，模拟复杂，需要大量计算的支持，在模拟时仍存在许多不确定因素。

P-S-R 模型最初由加拿大统计学家 Rapport 和 Friend 于 1979 年提出，后由经济合作与发展组织

(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)于 20 世纪八九十年代用于研究环境问题(OECD, 2004)。此模型是基于人类活动会对环境产生压力，同时会改变自然资源的数量和状态这样一种因果关系建立的，它揭示出了人类活动和环境之间的线性关系，使用了“压力-状态-响应”这一逻辑思维方式，目的是回答发生了什么、为什么发生和人类如何做 3 个问题。在实际应用中发现，P-S-R 模型应用于环境类指标，可以很好地反映出指标间的因果关系。为了深入探讨海岛环境、经济、社会之间的复杂关系，摸清其中的作用过程以及彼此之间的因果关系，本研究选取 P-S-R 模型(图 1)。

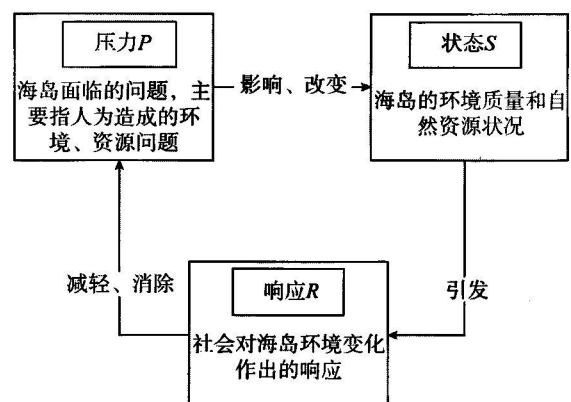


图 1 海岛开发的 P-S-R 模型

Fig. 1 “Pressure-state-response” model in island development

3 指标体系的构建

3.1 指标体系的构建原则

建立海岛开发活动的环境效应指标体系,是以分析海岛开发活动与生态环境变化之间的关系和提出海岛开发建议为目标,因此在构建指标体系时,遵循“SMART”原则,即针对性(Specific)、可衡量(Measurable)、可获得性(Achievable)、现实性(Realistic)、有时间限制的(Time-bound)。

3.2 指标的选取

压力指标主要是针对目前长岛县面临的生态环境问题,包括自然灾害和开发造成的生态环境问题。该区的自然灾害(如海冰、海水入侵等)不明显,因此文中不予讨论。开发造成的环境问题,主要为渔业资源下降、海水增殖过度、工业和生活污水排放、

海岸工程建设、赤潮等。

状态指标主要是指海岛的环境质量和自然资源状况,包括经济状态、资源状态和环境状态。根据收集的资料和评价目的,选择了人均海洋产业产值、海域面积、潮间带生物状况、沉积物污染状况、植被覆盖率等指标。

响应指标主要考虑能够反映维护、改善海岛环境状态的社会、经济和科技保障及管理的能力。在选择响应指标时可以从决策支持、制度建设、资金投入和科技支撑入手,主要考虑工农业污染防治、自然保护、环境管理及公共意识等方面。

在指标选取时将正相关系数大于或等于 0.9 的指标(具有显著的相关性)进行合并。通过筛选比较,并结合海岛社会经济和环境特征,本文选定以下 18 个指标构建评价指标体系(表 2)。

表 2 构建的指标体系及计算所得的权重
Tab. 2 The assessment index system and the weight

一级指标	二级指标(单位)	指标权重
P	人口自然增长率(%)	0.0597
	国民生产总值(GDP)(万元)	0.1071
	海洋产业产值增长率(%)	0.0568
	渔业捕捞增长率(%)	0.0724
	污染物排放量(万 t)	0.0552
	赤潮发生频率(次/a)	0.1176
S	人均海洋产业产值(元)	0.0361
	海岸线系数(无量纲)	0.0444
	人均海域面积(km ² /人)	0.0390
	潮间带底栖生物量(g/m ²)	0.0420
	大型底栖生物种类(种)	0.0359
	沉积物重金属质量浓度(10 ⁻⁶ g/L)	0.0362
	沉积物有机质质量分数(%)	0.0364
	植被覆盖率(%)	0.0803
R	海洋自然保护区面积(ha)	0.0478
	环保投资占 GDP 的比重(%)	0.0444
	海洋环境保护力度(无量纲)	0.0440
	法律法规规定执行的项数(项)	0.0448

4 评价方法

4.1 评价指标的标准化处理

根据实际调查资料和海岛状况,本文分 3 个时段 1992~1997 年、1997~2002 年、2002~2007 年(即 $j=1, 2, 3$)研究长岛县的开发环境效应。评价指标体系

包括 $i=1, 2, \dots, 18$ 个指标,则原始指标数据矩阵为:

$$X = \{X_{ij}\}_{18 \times 3}$$

指标标准化后:

$$Y = \frac{X - X_0}{X_0}$$

式中, X_0 为该项指标的 1992 年的值。

标准化后的数据矩阵为:

$$Y = \{Y_{ij}\}_{18 \times 3}$$

4.2 指标权重的确定

在海岛环境效应评价中, 指标权重的确定是一个很重要的方面, 其方法概括起来主要有主成分分析法、层次分析法、灰色关联度法、均方差法以及熵值法等, 虽然这些方法在一定程度上能满足评价的要求, 但是均存在一些问题, 如: 层次分析法由于级别差异比较大, 往往不能满足相对完善的指标权重的合理赋值, 而且在评价过程中经常要根据评价者主观上对各指标的重视程度来决定权重, 因此评价结果经常趋于不稳定; 灰色关联度分析法由于考虑的问题不够全面, 所以它的完善度不高。而熵值法由于基于信息有序度的混乱程度, 相对客观地确定各影响因子的权重, 并在某种程度上可以解决以上各种方法出现的诸多问题。基于以上考虑, 本文选用熵值法。但是熵值法在极值或者负值的情况下也会有一定的缺陷。因此, 本文在已有研究的基础上, 对熵值法进行了一定的改进。

4.2.1 熵值法的基本原理

假设在区域可持续发展能力评价中有 n 个指标, m 个年份, 这样就形成了一个原始数据矩阵 $X=(x_{ij})_{m \times n}$ 。对于某项指标 x_j , 指标值 x_{ij} 之间的差距越大, 则该指标在区域综合评价中所起的作用也就越大; 反之就越小。若某项指标的指标值全部相等, 则该指标在区域综合评价中不起作用。在信息论中, 有这样一种函数关系: $H(x) = -\sum f(x_j) \ln(x_j)$, 式中左边的 $H(x)$ 称为信息熵, 是系统无序程度的度量; 右边 $-\sum f(x_j) \ln(x_j)$ 称为信息, 是系统有序程度的度量, 二者绝对值相等。某项指标 x_j 的指标值差异越大, 则信息熵 $H(x_j)$ 就越小, 该指标的权重就越大; 反之就越小。

4.2.2 改进的熵值法及计算步骤

根据熵值法的计算过程, 可以发现在熵值法的计算过程中运用了对数和熵的概念。根据相应的约束规则, 负值和极值不能直接参与运算, 应对其进

行一定的变换, 即应该对熵值法进行一些必要的改进。其计算步骤为: (1) $x'_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$, 式中 x'_{ij} 为标准化后的指标值, \bar{x}_j 为第 j 指标的平均值, s_j 为第 j 指标的标准差。(2) 为了消除负值, 对标准化后的指标值进行坐标平移, 即: $x''_{ij} = x'_{ij} + p$, 式中 p 为坐标平移的幅度。(3) 计算第 j 指标下第 i 年的指标值的比重

$$b_{ij} = x''_{ij} / \sum_{i=1}^m x''_{ij}$$

(4) 计算第 j 指标的熵值 e_j : $e_j = - (1/\ln(m)) \sum_{i=1}^m b_{ij} \ln b_{ij}$ 。(5) 计算第 j 指标的差异性系数 g_j , 即 $g_j = 1 - e_j$ 。 g_j 值越大, 指标 x_j 就越重要。

$$(6) \text{ 确定第 } j \text{ 指标的权重 } a_j: a_j = g_j / \sum_{i=1}^m g_j$$

4.2.3 权重值的确定

运用上述改进的熵值法, 计算了各个指标的权重(表 2)。18 个指标的权重之和为 1, 在开发时间段内指标变化越大, 权重越大。

4.3 综合评价值的确定

$$\text{压力指数 } P_j: P_j = \sum_{i=1}^6 a_{pi} \times Y_{ij} \quad (1)$$

$$\text{状态指数 } S_j: S_j = \sum_{i=1}^8 a_{si} \times Y_{ij} \quad (2)$$

$$\text{响应指数 } R_j: R_j = \sum_{i=1}^4 a_{ri} \times Y_{ij} \quad (3)$$

$$\text{综合指数 } I_j: I_j = \sum_{i=1}^{18} a_i \times Y_{ij} \quad (4)$$

式中 Y_{ij} 为标准化后的指标值, a_i 为各指标的权重, a_{pi} 为各压力指标对压力指数的权重, a_{si} 为各状态指标对状态指数的权重, a_{ri} 为各响应指标对响应指数的权重。根据公式(1)~(4), 以第一个开发时段 1992~1997 年为基准值, 计算结果为表 3。

在表 3 中, 从 P 值来看, 与 1997 年之前相比, 1997 年以后人口、社会、经济开发对环境的压力越来越大; 从 S 值来看, 随着开发强度、海洋产业的发展, 资源环境持续恶化; 但令人欣慰的是, R 值也随之增大, 说明社会、政府对开发造成的环境破坏的响

表 3 计算得到的各个评价指数

Tab. 3 The calculated assessment index

时段	P	S	R	I
1992~1997 年	1	1	1	1
1997~2002 年	1.1725	1.4923	1.9998	1.4344
2002~2007 年	2.6886	1.4689	3.0781	2.3323

应也在增强。 I 值大,代表人类活动对海岛环境的综合影响趋向积极(响应强,压力弱)。从表3中看到 I 值呈倍数级增长,说明人类对海岛的开发不再像以前一样盲目,随着开发活动的增强,对海岛的保护也在增强。

5 结论

本研究从长岛县的实际情况出发,综合考虑自然、经济、环境等因子构建了适用于长岛县海岛开发的环境效应评价指标体系。采用定性与定量相结合的方法,对长岛县海岛开发的环境效应进行了综合评价。评价结果表明:随着社会经济的发展,人类对海岛资源的需求迅速增长,而海岛资源有限、环境脆弱,这就要求人们以谨慎的态度开发、利用海岛环境资源,坚持保护型开发原则,在更高层次上应对海岛环境风险,不仅做到事前防范海岛环境风险的出现、事后积极补救减损,而且要求海岛开发活动更好协调开发与保护二者的关系。使海岛开发活动不仅实现投资者的经济利益,而且以保护海岛环境资源为第一位目的,实现海岛保护与开发的互利双赢。

随着海洋经济的发展,对海岛利用的深度和广度也会进一步加大。不同海岛地区,其环境的影响因子及其权重各不相同。在研究具体海岛开发的环境效应时,应因地制宜,综合考虑各地环境系统的特

点,制定适合实际的评价指标体系和评价模型。同时,研究中应充分利用最新的调查数据、遥感数据和统计资料,以便更加科学合理地评价海岛的生态环境状况,为海岛经济发展、合理开发海岛资源提供有力的技术支持。

参考文献:

- [1] Gourbesville P, Thomassin B. Coastal environment assessment procedure for sustainable wastewater management in tropical islands the Mayotte example[J]. *Ocean and Coastal Management*, 2000, 43: 997-1 014.
- [2] 杨文鹤. 中国海岛[M]. 北京: 海洋出版社, 2000.
- [3] 肖佳媚, 杨圣云. PSR模型在海岛生态系统评价中的应用[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2007, 46(A01): 191-196.
- [4] 陈彬, 俞炜炜. 海岛生态综合评价方法探讨[J]. 台湾海峡, 2006, 25(4): 566-571.
- [5] 肖风劲, 欧阳华. 生态系统健康及其评价指标和方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 203-209.
- [6] 高俊国, 刘大海. 海岛环境管理的特殊性及其对策[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(4): 397-400.
- [7] 韩增林, 郭建科, 刘锴. 海岛地区生态足迹与可持续发展研究——以长山群岛为例[J]. 绿色经济, 2008: 63-68.
- [8] 任海, 李萍, 彭少麟, 等. 海岛与海岸带生态系统恢复与生态系统管理[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

Assessment of the environmental impacts of Changdao Island development

KONG Mei^{1,2,3}, HUANG Hai-jun¹, GAO Xing-guo⁴, MA Li-jie¹, LIU Yan-xia¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shandong Provincial Land Surveying and Planning Institute, Jinan 250014, China; 4. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Corr, LTD., Jinan 250013, China)

Received: Mar., 12, 2009

Key words: island; development activity; environmental effect; index system

Abstract: In this paper, the environmental effect assessment index system of the island development was discussed based on the "pressure-state-response" index system model, and the comprehensive assessment of environmental effect of the island development activities was made by using the composite index method, which would provide fundamental basis for the environmental resource management and sustainable development decision-making of the islands.

(本文编辑: 刘珊珊)