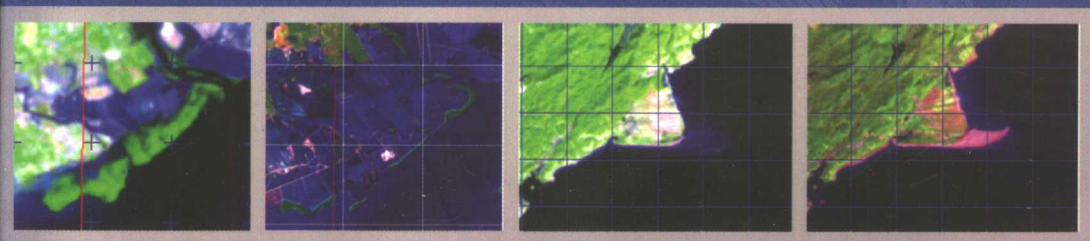


广西科学基金项目资助  
广西师范学院硕士点建设基金

# 广西海岸 环境脆弱性研究

黄 鹄 戴志军 胡自宁 黄志强 著



 海洋出版社

广西科学基金项目  
广西师范学院硕士点建设基金资助

# 广西海岸环境脆弱性研究

黄 鹄 戴志军 胡自宁 黄志强 著

海洋出版社

2005 年·北京

## 内 容 提 要

本书主要围绕在自然和人类活动作用下广西海岸环境要素的变化,对广西海岸环境脆弱性的形成机制及广西海岸环境脆弱性的评价进行了深入研究,并提出脆弱性调控的对策。内容分为7章:第1章围绕海岸环境脆弱性定义、海岸环境脆弱性评价、海岸环境脆弱性调控三方面研究评述海岸环境脆弱性。第2章从选题意义、研究框架和研究方法入手,提出研究设计。第3章利用遥感和GIS技术,从动态、时空的观点出发分析了广西海岸环境脆弱性表现的海岸岸线的变化、滩涂面积的变化、红树林面积的变化、近岸水质的变化的时空演变特征。第4章探讨了影响广西海岸环境脆弱性的因子与作用机制。第5章构建出海岸环境脆弱性评价的指标体系,该指标体系主要包括海岸环境脆弱性表现形式、脆弱性形成的动力因子和近海水质变化三大类17项指标,并判断出广西海岸环境的脆弱性在逐渐增强,有向严重脆弱(一级状态)转化的趋势。第6章提出广西海岸环境脆弱性的调控对策。第7章总结了本研究的结论。

## 图书在版编目(CIP)数据

广西海岸环境脆弱性研究/黄鹄等著. —北京:海洋出版社,  
2005. 10

ISBN 7-5027-6458-5

I. 广... II. 黄... III. 海岸—环境—研究—广西  
IV. P737

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第116577号

责任编辑:刘 勃

责任印制:严国晋

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京海洋印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2005年10月第1版 2005年10月北京第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:7.25

字数:150千字 印数:1~1000册

定价:28.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

## 序

河口海岸是海陆交汇地带,这一带大气圈、水圈、岩石圈和生物圈相互作用,动力变化强烈,沉积过程复杂,地貌演变迅速,生态环境脆弱。同时河口海岸地区资源丰富,交通便捷,人口密集,是沿海开放地带的前沿。随着人类活动的加强,当今世界人口、资源、环境的矛盾非常突出,而海岸带亦属矛盾之热点所在。

广西海岸线长1 595 km,面向南海北部湾、背靠祖国大西南,与越南海岸相邻,是西南出海大通道的门户,地理位置十分重要。随着国家实施西部大开发战略、西南大通道的建设及中国-东盟自由贸易区的建立,该区域的战略地位和区位优势明显突出。然而与国内其他海岸带比较,研究程度相对较低,鉴于近20多年来广西沿海经济建设的迅速发展和开发力度加强,区域环境和生态发生了很大变化,环境脆弱性显露。

本书作者根据长期的海岸带研究工作和在海洋遥感、地理信息系统等高新技术方面的实践,以“广西海岸环境脆弱性研究”为切入点揭示人类活动对海岸带资源环境的影响,抓住了国际上“海陆相互作用研究”前沿课题重点和我国沿海生态环境建设和恢复的国家需求,通过对翔实的遥感数据统计资料及调查资料分析的基础上,将广西海岸带作为一个完整的系统,对其环境脆弱性进行综合、全面、定量的研究,探讨广西海岸环境脆弱性的表面、时空分布规律及其驱动力,揭示海岸环境脆弱性形成的机制,给出一幅广西海岸生态环境脆弱性动态变化的清晰图景,其系统性、精确性、科学性都超过前人同类研究的水平。此外,该书对海岸环境脆弱性的定义、内涵、主要表现形式均具有创新见解,所设计评价步骤、分析框架、评价指标体系、评价流程等合理可取,对我国沿海地区尤其区域海岸带资源开发利用和管理具有指导意义和参考价值。

相信本书的出版对我国海岸带的可持续发展和综合管理将是有益的借鉴。

韩长号教授

2005年6月于上海

# 目 次

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 第1章 海岸环境脆弱性研究评述 .....         | (1)  |
| 1.1 对海岸环境脆弱性定义的研究 .....       | (1)  |
| 1.1.1 脆弱性的定义 .....            | (1)  |
| 1.1.2 海岸环境脆弱性的定义 .....        | (2)  |
| 1.2 对海岸环境脆弱性评价的研究 .....       | (3)  |
| 1.2.1 对区域可持续发展的评价 .....       | (5)  |
| 1.2.2 对环境要素脆弱性的评价 .....       | (8)  |
| 1.3 对海岸环境脆弱性调控的研究 .....       | (9)  |
| 1.4 对现有研究的评价 .....            | (10) |
| 第2章 研究设计 .....                | (12) |
| 2.1 选题意义及研究目标 .....           | (12) |
| 2.1.1 选题意义 .....              | (12) |
| 2.1.2 研究目标 .....              | (13) |
| 2.2 研究架构及研究内容 .....           | (15) |
| 2.2.1 研究架构 .....              | (15) |
| 2.2.2 研究内容 .....              | (15) |
| 2.3 研究方法 .....                | (16) |
| 2.4 资料来源及评估 .....             | (17) |
| 2.4.1 文献 .....                | (17) |
| 2.4.2 遥感数据资料 .....            | (17) |
| 2.4.3 统计资料 .....              | (17) |
| 2.4.4 调查资料 .....              | (17) |
| 第3章 广西海岸环境脆弱性表现形式及其演变特征 ..... | (18) |
| 3.1 广西海岸环境脆弱性的表现形式 .....      | (18) |
| 3.1.1 海岸范围的界定 .....           | (18) |
| 3.1.2 广西海岸带的类型 .....          | (18) |
| 3.1.3 海岸环境脆弱性的表现形式 .....      | (22) |
| 3.2 研究方法与资料分析 .....           | (24) |
| 3.2.1 研究方法 .....              | (24) |
| 3.2.2 遥感影像处理 .....            | (24) |

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| 3.2.3 遥感影像中专题信息的提取 .....         | (26)        |
| 3.3 广西海岸环境脆弱性表现形式的时空演变特征 .....   | (27)        |
| 3.3.1 广西海岸线的变化 .....             | (27)        |
| 3.3.2 滩涂面积的变化 .....              | (35)        |
| 3.3.3 红树林面积的变化 .....             | (37)        |
| 3.3.4 广西近岸海洋水质的变化 .....          | (42)        |
| 3.4 本章小结 .....                   | (50)        |
| <b>第4章 广西海岸环境脆弱性形成机制分析 .....</b> | <b>(51)</b> |
| 4.1 海岸环境脆弱性形成的驱动力分析 .....        | (51)        |
| 4.2 自然因素对广西海岸环境固有脆弱性的影响 .....    | (53)        |
| 4.2.1 陆域地质构造背景分析 .....           | (53)        |
| 4.2.2 形成海岸的泥沙物源分析 .....          | (53)        |
| 4.2.3 海侵作用和海洋动力分析 .....          | (55)        |
| 4.2.4 在自然因素影响下的广西海岸及其脆弱性分析 ..... | (55)        |
| 4.3 人类活动对广西海岸环境特殊脆弱性的影响 .....    | (60)        |
| 4.3.1 滩涂的围垦对海岸环境脆弱性的影响 .....     | (60)        |
| 4.3.2 港口的开发建设对海岸环境脆弱性的影响 .....   | (64)        |
| 4.3.3 水利工程建设对海岸环境脆弱性的影响 .....    | (65)        |
| 4.4 本章小结 .....                   | (68)        |
| <b>第5章 广西海岸环境脆弱性的评价 .....</b>    | <b>(70)</b> |
| 5.1 评价指标体系的构建 .....              | (70)        |
| 5.1.1 指标的选择 .....                | (70)        |
| 5.1.2 指标相关性分析 .....              | (71)        |
| 5.2 广西海岸环境脆弱性的评价 .....           | (73)        |
| 5.2.1 各指标权重的确定 .....             | (73)        |
| 5.2.2 脆弱性评价的方法 .....             | (77)        |
| 5.2.3 广西海岸环境脆弱性评价结果 .....        | (78)        |
| 5.3 广西海岸环境脆弱性的突变评价 .....         | (79)        |
| 5.3.1 评价方法 .....                 | (79)        |
| 5.3.2 评价结果 .....                 | (80)        |
| 5.4 广西海岸环境脆弱性发展趋势评价 .....        | (86)        |
| 5.4.1 灰色模型的建立 .....              | (86)        |
| 5.4.2 GM(1,1)模型建立原理 .....        | (86)        |
| 5.4.3 GM(1,1)模型的检验 .....         | (87)        |
| 5.4.4 各个指标 GM(1,1)的建模和检验 .....   | (87)        |
| 5.4.5 预测结果 .....                 | (91)        |
| 5.5 本章小结 .....                   | (92)        |

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| 第6章 广西海岸环境脆弱性的调控对策 .....                  | (93)  |
| 6.1 制度创新方面:建立海岸带综合管理体制和资源产业管理制度 .....     | (93)  |
| 6.1.1 建立一体化的海岸带综合管理体制 .....               | (93)  |
| 6.1.2 建立海岸环境、资源的有偿使用制度 .....              | (94)  |
| 6.1.3 建立海岸带开发审议制度 .....                   | (94)  |
| 6.2 技术创新方面:利用新技术优化海岸的规划与管理 .....          | (95)  |
| 6.2.1 应用数字地球技术,实现海岸资源开发利用的现代化管理 .....     | (95)  |
| 6.2.2 加强研究和调查工作,建立海岸灾害防御系统 .....          | (95)  |
| 6.2.3 加强海水养殖业的技术指导,引导海水养殖业向产业化方向发展 .....  | (95)  |
| 6.3 监督管理方面:严格控制海岸环境污染 .....               | (96)  |
| 6.4 保护与恢复方面:维持海岸环境系统的稳定性 .....            | (96)  |
| 6.4.1 加强对滩涂围垦项目的环境评价,防止海岸生态环境的破坏 .....    | (96)  |
| 6.4.2 加强海岸带红树林的保护和恢复,维护红树林生态系统的良性循环 ..... | (97)  |
| 第7章 结论 .....                              | (98)  |
| 7.1 海岸环境脆弱性的定义及内涵 .....                   | (98)  |
| 7.2 海岸环境脆弱性的表现形式 .....                    | (98)  |
| 7.3 广西海岸环境脆弱性表现形式的时空演变特征 .....            | (99)  |
| 7.4 海岸环境脆弱性的形成机制 .....                    | (99)  |
| 7.5 广西海岸环境脆弱性评价 .....                     | (100) |
| 7.6 海岸环境脆弱性的调控 .....                      | (100) |
| 参考文献 .....                                | (101) |

# 第 1 章 海岸环境脆弱性研究评述

随着世界各国对自然、社会和经济协调与可持续发展的重视,越来越多的学者开始对在自然发展中的人类活动及人地关系进行深入地研究。在研究过程中,认识到在人类活动能力不断加大的作用下,自然环境表现出脆弱性的特征,并产生了脆弱生态区,使对环境与生态脆弱性的研究日益成为不同领域学者关注的焦点。

海岸是一个复杂的非线性动力系统,海岸开发活动引起的海岸环境效应具有多样化的特性,涉及社会、经济以及政治等多方面,同时组成海岸的各个环境要素亦具有复杂性的特征,各要素之间相互作用、相互依存,某一要素的变化会引起系统部分甚至整体的变化,因而更增加了对海岸要素变化而引起的海岸环境脆弱性分析的复杂性。基于此,作为一个新的研究领域,特别是海岸环境要素变化的复杂性使对海岸环境脆弱性的分析与评价方面的研究显得相当薄弱。目前对海岸环境脆弱性的研究主要还是借鉴生态脆弱性、自然灾害脆弱性、地下水脆弱性评价的方法对海岸环境的脆弱性进行研究。本章将对海岸环境脆弱性的定义、脆弱性评价、脆弱性调控三个方面的相关研究进行评述。

## 1.1 对海岸环境脆弱性定义的研究

### 1.1.1 脆弱性的定义

《辞海》中对脆弱和脆性下了定义,脆弱指易折易碎,脆性指材料受力破坏时,无显著的变形而突然断裂的性质。在英文中,脆弱性为 Vulnerability 或 fragility,也有人将它翻译为易损性。脆弱及脆弱性常用来描述相关系统及其组成要素易于受到影响和破坏,并缺乏抗拒干扰、恢复初始状态的能力(商彦蕊 2000)。脆弱性最早是由法国学者 Albinet 和 Margat 在 20 世纪 60 年代提出的,后来经过 Verhuff 和 Foster 等人的发展,使这一概念广泛应用于生态环境、资源、自然灾害等方面的研究(Doerfliger 1999)。不同的研究领域将脆弱性与不同的研究对象相结合,致使对脆弱性的理解有所差异,并产生不同的研究分支,如生态环境脆弱性、资源脆弱性、农业旱灾脆弱性等。从生态资源的角度,有些学者将脆弱性定义为资源本身所具有的容易受到外界(自然的或非自然的)破坏,从而失去自身的平稳性、坚强性,并最终导致生态资源的消亡。从自然灾害的角度,国际灾害学界在致灾因子论的影响下,考虑人类对灾害行为反应的基础



上,曾对脆弱性的定义概述为如下三种:①强调承灾体易于受到损害的性质。脆弱性是指承灾体对破坏和伤害的敏感性。②强调人类自身抵御灾害的状态。脆弱性是指人类易受或敏感于自然灾害破坏与伤害的状态。③强调人类社会自身存在的脆弱性在灾害形成中所起的作用。脆弱性是指人类、人类活动及其场地的一种性质或状态。脆弱性可以看成是安全的另一方面。脆弱性增加,安全性就降低。脆弱性越强,抗御灾害和从灾害影响中恢复的能力就越差(商彦蕊,史培军 1998;商彦蕊 2000)。从地下水资源角度,美国环保署(USEPA)和国际水文地质协会(IAH)曾对脆弱性定义为:地下水系统对人类和自然的有效敏感性。从生态系统的角度,赵平等(1998)强调脆弱性是生态系统固有的特征,其存在不取决于生态系统是否暴露于干扰之下。从自然与人类活动相结合的角度,有些学者将脆弱性区分为固有(天然)脆弱性(intrinsic vulnerability)和特殊(综合)脆弱性(specific vulnerability)两类(Gogu, Dassargues 2000)。从地理学角度,一些地理学者关注于全球变化和人地关系对生态环境脆弱性的影响。由此可见,由于生态环境的复杂与多样性,脆弱性研究已广泛应用于运用生态学、地理科学、社会学、经济学、环境科学等众多领域内。

### 1.1.2 海岸环境脆弱性的定义

有关海岸环境脆弱性的定义较少,现有的定义主要是借鉴其他学科的定义而作出的。杨华庭(1999)曾给海岸环境脆弱性下过定义,并对海岸环境脆弱性进行了分类。他认为,海岸环境的脆弱性是指海岸区域开发利用活动(物质生产和服务)和海岸系统本身对各种变化、破坏或不利影响的承受能力。该定义虽然在一定程度上揭示了海岸环境脆弱性的产生原因主要是由开发利用活动引起的,但他将海岸环境脆弱性看作是承受能力,并没有反映出脆弱性的内涵,同时这种承受能力是静态的,换句话说,他认为这种海岸环境的脆弱性是天然状态下海岸对人类活动所表现的固有的敏感属性。由于没有考虑到开发活动的性质和类型,他认为海岸环境脆弱性是静态、不可变和人为不可控制的。对于这一点,大多学者持反对意见,并认为海岸环境脆弱性应该是一种动态、可变和可人为控制的属性,即海岸环境脆弱性可随开发活动类型的不同而有所变化。因此,脆弱性是海岸环境本身的一种性质或状态,它表征海岸对破坏和伤害的敏感性,是可变、可控制的。

综合以上观点,笔者认为,首先,海岸环境脆弱性是海岸系统固有的一种属性,具有客观性,显然,这种脆弱性与承受能力无关;其次,它是在一定的社会、经济等条件下,本身对环境变化所表现出的一种能力活动;再次,海岸环境地处陆海相互作用的动力敏感地带,具有暴露性。因此,可以将海岸环境脆弱性定义为:海岸环境的脆弱性是指在一定的社会、经济、文化背景下,海岸环境响应陆海人类活动和自然环境相互作用过程中表现出的一种易于受到损害的性质,这种损害因海岸自身系统的适应而具有可恢复性。

## 1.2 对海岸环境脆弱性评价的研究

国外对海岸环境脆弱性分析的大部分成果来源于政府间气候变化专门委员会反应战略工作组海岸带管理小组 (IPCC/RSWG/CZMS) 的研究。该小组最初于 1990 年提出海岸环境脆弱性评价分析方法, 并主要关注气候变化与海平面上升对海岸的影响 (IPCC 1994)。为进行沿海地区的风险度分析, 海岸带管理小组在 1991 年提出海平面上升导致海岸地区脆弱性的评价步骤 (Carter 1994) (图 1-1)。从 1991 年 IPCC 提出第一个评价报告至 1993 年世界海岸环境大会召开, 依据脆弱性评价步骤, 他们总共进行了 7 个区域和 27 个国家的海岸环境脆弱性的研究, 结果表明海平面上升将产生全球影响,

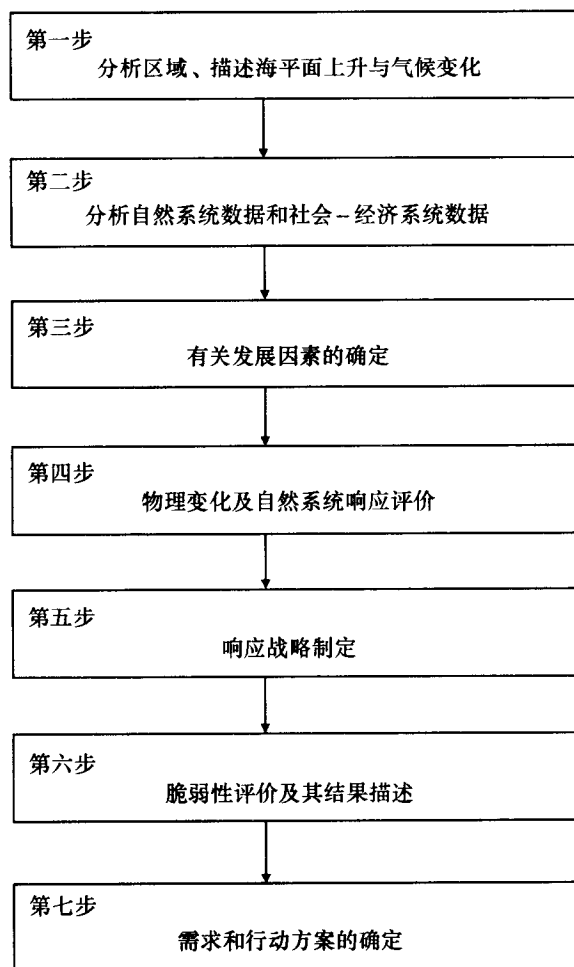


图 1-1 海岸环境脆弱性评价步骤

从而对区域和地方尺度的脆弱性产生极大的影响。在研究过程中, IPCC 也明确了海平面上升导致海岸较为脆弱的沿海区域主要包括三角洲地区、海岸湿地、砂质海岸。由于海岸的区域性特征和海岸类型复杂多样, 一些学者的实证研究证明 IPCC 的脆弱性分析评价方法适用于平原性海岸, 而很难用来评价其他类型海岸环境整体的脆弱性。1996 年, Watson 提出海岸环境脆弱性评价应包括海岸对气候变化的适应, 并将重点放在不同程度的气候变化导致海岸系统的敏感性、适应性和脆弱性变化方面, 并认为海岸环境与社会系统的脆弱性应引起重视 (Watson 1996, 1998)。1998 年 Richard 指出海岸环境脆弱性评价应包括地貌、生态和社会经济三个方面 (Richard 1998)。总的来说, 国外对海岸环境脆弱性的评价主要是基于海平面上升和气候的变化而导致的海岸影响上, 即更多是对可能或者将来的趋势对海岸造成的损害进行评价 (图 1-2)。这一研究思路对全球可持续发展意义重大, 影响深远。但无论是气候的变化还是海平面的上升或下降, 其过程都是极其缓慢的, 在短时间内对海岸的影响是相当小的。由此可见, 国外的

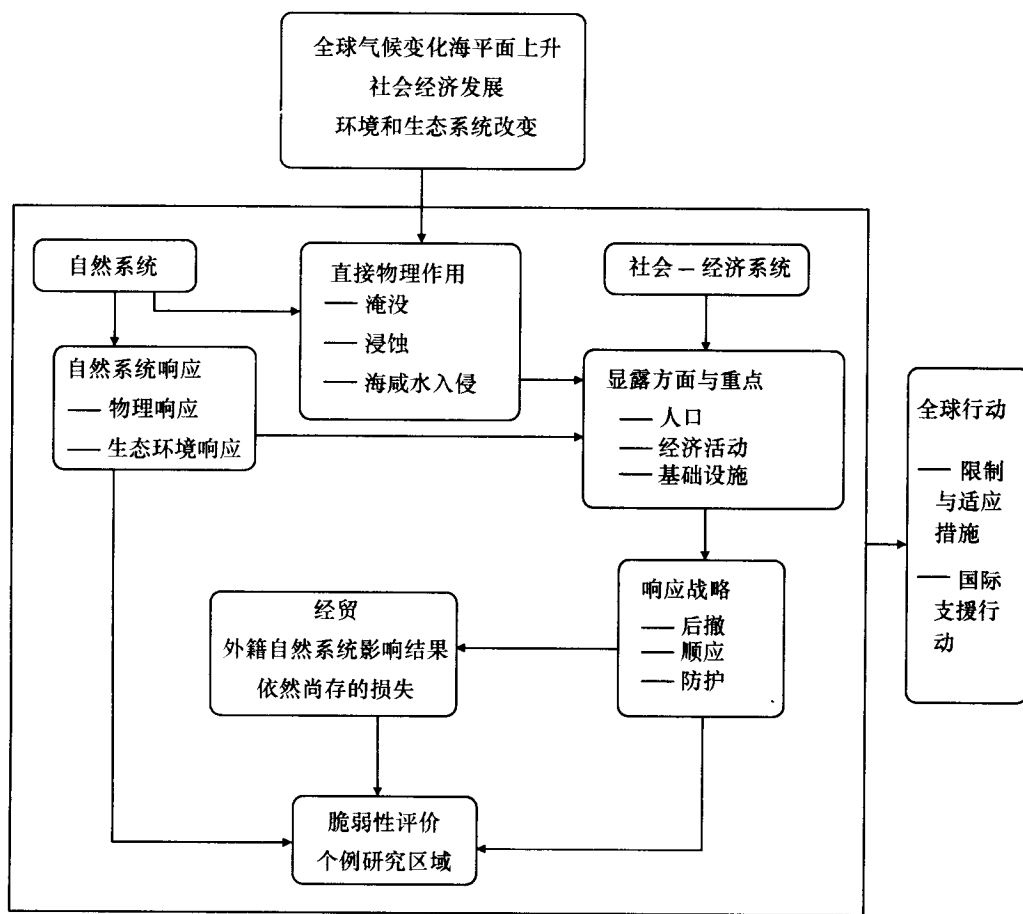


图 1-2 海岸环境脆弱性分析框架

研究更多关注于对海岸环境固有脆弱性的分析,而忽视特殊脆弱性的研究。对于发展中国家来说,特别是我国,目前面临的紧迫问题是如何解决大量的和不同的开发活动对海岸造成的损害,脆弱性研究的重点应放在因人类活动引起的海岸环境脆弱性上。因此,我们要更多的关注于特殊脆弱性的分析与评价。

国内对海岸环境脆弱性评价的研究始于20世纪90年代,这些研究主要就未来海平面上升对长江三角洲、苏北滨海平原、珠江三角洲、新黄河三角洲、老黄河三角洲和辽河三角洲造成的环境和社会经济影响进行评估(季子修等 1993;杨桂山等 2000;韩慕康等 1994;施雅风等 2000;刘岳峰等 1999;黄镇国等 1999, 2000;任美镔 1993)。评价的方法也是对海平面上升带来的海岸脆弱性的分析,没有真正将人类活动的影响考虑到评价体系中,即没有将海岸环境特殊脆弱性纳入到研究的范畴中去。图1-3列出的是我国学者对海岸环境综合易损性评价的流程图,由此也可以看出其研究的侧重点是对固有脆弱性的分析,缺少对特殊脆弱性的评价。而要对海岸环境脆弱性进行评价,笔者认为必须充分考虑人类活动的影响,将固有脆弱性与特殊脆弱性综合起来进行评价。目前学者对可持续发展的评价和某些环境要素脆弱性的评价,很好地综合了自然和人类活动两种因素,可以供海岸环境脆弱性评价借鉴。因此,以下将重点介绍可持续发展评价和城市地貌、地下水、灾害脆弱性的评价。

### 1.2.1 对区域可持续发展的评价

当前,对可持续发展评价的研究主要集中在如何找到规范性的指标来度量、监测和评价不同尺度系统的可持续性(候向阳,肖平 1999)。早期的度量和监测可持续发展的指标主要是国内生产总值(GDP),它用以衡量一个国家经济发展的程度。自1992年6月联合国环境与发展大会以后,众多国际组织和学术团体开始更加关注可持续发展问题,不断寻找评价方法对不同区域的可持续发展进行评价,许多可持续发展指标体系亦不断被提出。联合国可持续发展委员会(UNCSD)提出了“驱动力-状态-响应”(DSR)评价方法进行区域可持续发展的评价(Peter H 1997)。他们将可持续发展的指标分为社会、经济、环境和机构四类,每一类又分为驱动力指标、状态指标和响应指标,其中驱动力指标表征人类活动给环境造成的压力;状态指标表征环境质量与自然资源状况;响应指标表征人类社会正在做什么以对付出现的环境问题。该评价指标体系突出了环境受到的压力和环境退化之间的关系,在此分析思路的基础上他们建立驱动力-状态-响应(PSR)的概念模型(图1-4)。显然,该模型充分考虑了可持续发展与环境之间的联系,而将可持续发展与社会、经济的关系摆在次要的地位。另外,该模型提出的驱动力和状态指标之间也缺少逻辑上的关联。为了解决这些问题,联合国统计局(UNSTAT)提出了基于可持续发展进程的评价指标,该指标体系侧重于社会和经济活动的影响和效果。由于UNCSD和UNSTAT提出的两种指标体系指标数量过于庞杂,使指标的选择不易掌握。因此,环境问题委员会(SCOPE)和联合国环境署(UNEP)合作,提出了一套高度合并的可持续发展指标体系的构造方法,其基本思路是通过人类行动与环境相互作用的概念模型确定环境指标。这套指标偏重于环境的消耗和资源破坏等

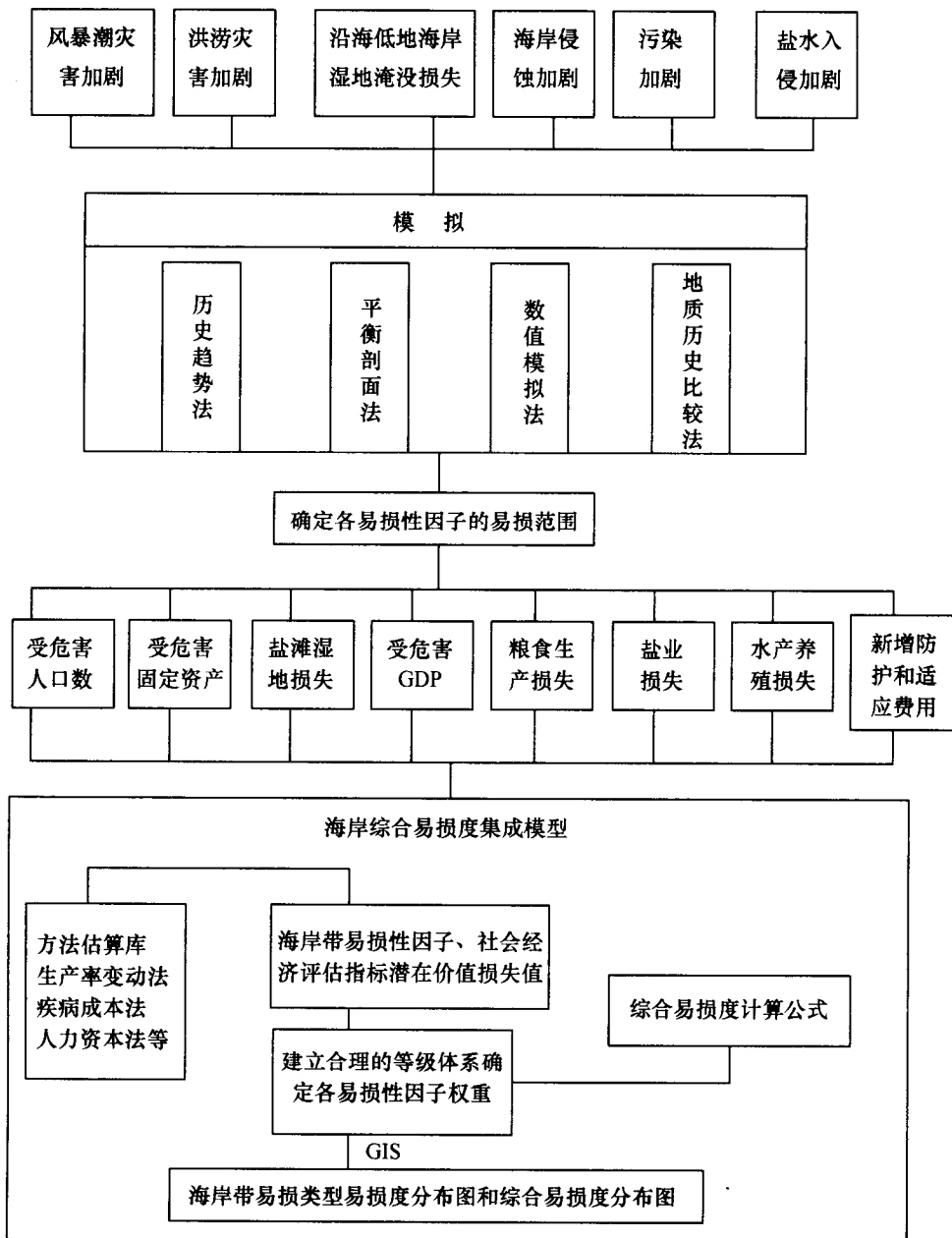


图 1-3 海岸带综合易损性评估流程图

问题的解决上。借鉴以上的评价指标体系，不同的国家和地区提出了适应本国或本区情况的可持续发展指标体系，并已开始对国家和地区可持续发展进行评价（Peter H 1997）。

我国也积极地开展了可持续发展评价的研究工作。中国 21 世纪议程管理中心提出

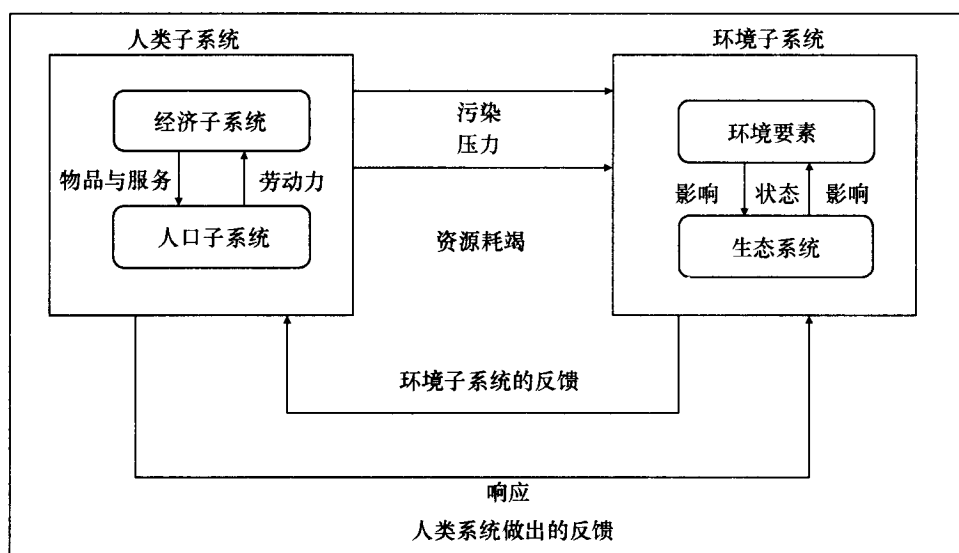


图 1-4 PSR 概念模型框架图

了一套评价指标体系,包括经济、环境、资源、社会、人口和科技六大类的 83 个指标;国家统计局也建立了 15 个大类,近 1 500 项指标的体系;社会学家从物质生产和物质生活、社会生活和社会关系、个性发展活动 3 个方面,分 4 级指标建立了一套体系;1991 年,赵景柱从人类需求、资源利用、经济和社会 4 个方面,分 60 个指标制定了指标体系;1994 年,黄仁涛建立了从社会结构、人口素质、经济效益、生活质量和社会秩序 5 个方面,分 39 项指标的体系;1995 年,龚建华建立了以人口水平、发展效益、发展变化率、发展潜力、发展效率、发展协调度、发展控制度、发展开放度和发展缓冲度 9 个方面,53 项具体指标的衡量体系。这些指标体系的建立为进行可持续发展的评价奠定了基础。根据这些指标体系,我国学者对城市、农业、工业、县域流域等的可持续发展进行了大量的实证研究,有效地指导了各地的可持续发展实践(曹利军,王东华 1998;海热提·涂尔逊等 1998;曹风中,国冬梅 1998;曹康琳等 1999;付小锋 2000;戴志军等 2002)。

对可持续发展评价的研究虽没有直接与海岸环境的脆弱性评价相关联,但对推动海岸环境脆弱性指标的建立和评价有一定的参考价值。而且,利用可持续发展评价指标体系,一些学者也开始对海岸环境的可持续发展进行研究,他们从资源、海洋经济、海洋产业和沿海环境状况等方面进行指标提取,并划分为资源系统指标(如海岸线系数、人工海岸线系数、滩涂面积率、潮汐能源等)、社会经济系统指标(如人口密度、人均 GDP 等)、环境系统指标(如近海海洋主要污染物浓度、沿海工业废水排放率)对海岸环境的可持续发展进行具体评价,并提出了协调度的计算公式(金建君等 2001;薛雄志等 2004;Neill, et al. 1998)。对海岸环境可持续发展的研究,对海岸环境的脆弱性指标选择和评价海岸环境的脆弱性程度有较大的借鉴意义。

### 1.2.2 对环境要素脆弱性的评价

在对区域可持续发展进行研究的同时,由于认识到环境的脆弱会阻碍和限制区域的可持续发展,众多学者也开展了对脆弱环境的研究(刘燕华 1995;薛纪渝 1995)。这主要包括脆弱生态环境的成因、表现、分布、程度和整治等方面(赵跃龙等 1998),而脆弱性指标的建立作为分析脆弱生态环境的程度和为整治提供对策的关键,研究者也开始根据脆弱环境的成因、表现和分布而进行指标的选择。

由于进行可持续发展程度的评价研究较早的是在城市中进行,因此对城市地貌环境脆弱性的研究也开展得相对较早。对城市地貌环境脆弱性的定量研究始于1978年,以色列地貌学者尼尔(Dovnitir)通过对世界上37个不同类型的国家进行统计分析,在对自然(地形和气候)、人文因素(城市化水平和文盲率)进行综合评价的基础上,建立了人工地貌潜势指数及其评价模型,作为量化城市地貌环境脆弱性程度的依据(Dovnitir 1983)。20世纪90年代我国以丁锡祉和穆桂春为代表的地貌学家对城市地貌学的理论和方法也进行了大量开拓性的研究和探讨,并着重对重庆市和四川省的城市地貌环境进行了脆弱性评价(丁锡祉等 1990;穆桂春,高建洲 1990;穆桂春,谭术魁 1990;刁承泰 1990,1996;刁承泰,张友刚 1998)。随着城市化进程的加速,城市中的人类活动对城市地貌作用程度加大,陶陶等将人类的建筑活动作为一种造貌营力,并结合其他自然和人文因子对重庆市南岸区的城市地貌环境脆弱性进行综合评价,并特别强调人类的建筑活动对地貌产生的反馈效应(陶陶,刁承泰 2002)。

除对城市地貌脆弱性的研究开展较早外,众多学者也较早地开展了对地下水脆弱性的研究。早在20世纪60年代,法国学者就提出了地下水脆弱性的概念(Doerfliger 1999)。国外对地下水脆弱性指标的选择早期主要是选择自然因子,如含水层的地质、水文特性等内部因素。20世纪80年代末以后,指标的选择也充分地考虑人类活动和污染源等外部因素,将自然因素指标和人为因素指标综合起来分析。自然因素指标指含水地质及水文地质条件,以及与污染物运移有关的自然因子;人为因素指标指地下水环境污染的各种行为因子(姜桂华 2002)。国内的此类研究大多局限在研究地下水的本质脆弱性上,而且主要是针对城市或区域地下水水源地,对地下水脆弱性评价研究方法的研究较少。评价方法主要是水文地质背景法、参数系统法、关系分析与数值模拟法、灰色模型和灰色关联度等(孙才志,潘俊 1999;姜桂华 2002)。

随着人类活动的加剧,地球表面已深深刻下人类的足迹,并以不同的方式或形式作用和反馈于人类,造成地质灾害频繁发生。因此,有学者提出脆弱性评价的范围和评价研究方法应与相应的灾害相联系,并认为应侧重于灾害活动特征、致灾因子的差异、致灾环境的危险性和灾害等级的划分,以此来选择相应的评价脆弱性的指标和评价方法(汤爱平等 1999;冯利华等 2002;冯利华 2000)。基于此,隋欣构建了县域承灾体脆弱性评价指标体系、评价标准和评价方法对青海省境内黄河干流水电梯级开发前后区域自然灾害引起的环境脆弱性进行了分析(隋欣,杨志峰 2004)。史培军等则从洪水灾害角度出发,对大都市水灾致灾强度与脆弱性进行了分析,指标主要选择涉及承灾

体的风险进行研究,并提出了综合管理模式;彭越等从系统论的角度出发,利用突变理论对岷江上游某一山地综合整治前后的生态环境脆弱度进行动态综合评价,脆弱性指标是基于山地生态环境系统而将其分解为若干指标组成的多层系统,并将指标设计为自然、社会和经济三方面,把脆弱性程度分为严重脆弱、中等脆弱、一般脆弱与轻度脆弱(彭越等 2004);此外,随着GIS技术的发展,一些研究者利用GIS平台选择评价单元,建立指标数据库,针对环境的自然条件对环境进行了脆弱性评价(胡宝清等 2004;汪朝辉 2003)。

### 1.3 对海岸环境脆弱性调控的研究

随着科学、技术及社会经济的发展,海岸带系统的自然和社会经济过程已经无法割裂开来,资源利用和管理是海岸带系统自然结构和社会结构的连接点,并通过一系列的反馈和负反馈机制共同推动海岸带系统自然、社会和经济演变,这是现代海岸带呈现出的重要特征。因此,在对海岸环境脆弱性调控中,要从各区域海岸出发,既要考虑到海岸带的海陆相互作用的自然过程,同时还要考虑在这一地带的社会经济过程以及与之密切联系的辐散地带。由于研究的侧重点不同,不同研究领域的学者分别对海岸环境作用的自然过程调整和社会经济过程调整作了深入地研究。

海岸环境脆弱性自然成因是源于海岸带系统全球变化响应的敏感性,海岸带地处海洋系统和陆地系统的过渡与渗透地带,受海洋和陆地两大系统的相互作用,自然灾害频繁,种类多,表现为不同时空尺度,包括风暴潮、洪涝灾害、盐水入侵、台风、海岸侵蚀等,全球变化将增加灾害的频度和强度。在地球系统科学思想(ESS)指导下,以国际地圈生物圈计划(IGBP)为代表的全球变化(GC)研究工作相继展开。20世纪90年代中期,以IGBP新的核心项目“海岸带海陆相互作用研究”(LOICZ)的建立为标志,海岸环境的演变与调控成为全球变化研究的重要内容。我国学者也着重讨论了全球变化的一个重要后果——海平面上升对海岸环境的深刻影响,并提出调控的对策。吴崇泽(1994)认为海平面上升对海岸带环境影响巨大,造成低洼地淹没、沼泽地损失、海岸侵蚀、洪水泛滥、海水入侵,从而提出加固、加高现有堤坝,建造新的堤防工程,建造海岸防护堤,转移供水点,改造排灌系统,加强绿化等对策。季子修、施雅风(1996)认为全球变暖导致海平面上升。海平面上升会加剧多种海岸带灾害,尤其是台风风暴潮的发生数和成灾数增加。面对海平面上升和海岸带灾害的不断发展以及越来越多的低滩围垦情况,必须认识加强海岸防护对发展区域经济的重要性。增加投入,采取护坡与保滩相结合、工程措施与生物措施相结合等综合防护对策。崔胜辉等(2004)分析了全球变化引起的海岸带生态安全问题,探讨了海岸带生态安全的内涵,阐述了指导海岸带生态安全管理的原则,包括预警原则、资源定位原则、海陆一体化以海定陆原则、公众参与原则和尺度匹配原则。

海岸人口分布密集,是人类经济活动的主要场所,人口压力、资源的过度利用和污



染增加了海岸带环境的脆弱性。在社会经济发展压力带来海岸环境脆弱性研究方面,众多学者对影响海岸环境脆弱性的人类活动提出了调控对策。从海岸开发的角度,董际岱、于树纯(1991)分析了唐山市海岸带开发的问题,并提出了建设良性循环的海岸带农业生态系统,合理开发利用和保护水资源,调整项目结构,努力实施综合开发,努力完善配套服务体系的措施。严恺、周家苞(1991)提出为了使海岸带丰富资源在经济建设和社会发展中发挥其应有的重要作用,必须统一规划,综合利用,合理开发海岸带;防治水质污染,保护环境和资源;加强海岸带开发利用的统一管理。为了有效地执行海岸带可持续发展战略,高抒(1997)构建了海岸带开发的“稳健管理模型”。从海岸生态环境保护的角度,李惠英(1997)认为当前我国海岸带环境保护、控制污染的关键在于政府。国家应把海岸带资源开发、沿海地区经济建设一同考虑,把环境保护工作纳入我国社会经济持续发展的总体规划和目标中,提高全民族现代海洋管理及海洋环境意识。纪灵等(2001)在介绍了海洋污染及污染监测的基础上,着重论述了污染监测在海岸带综合管理中的作用。刘青松等(2003)以江苏省为例,提出了海岸带N、P污染特征和控制对策。从海岸综合管理角度,众多学者介绍了美国、韩国、日本、加拿大等国家实行海岸综合管理的经验。其中,薛雄志、曾悦(2003)以加拿大“大西洋海岸行动计划”为例,探讨了非集中式海岸带综合管理的有效性。陈国强、王颖(2003)根据海岸带综合管理实践经验,阐述和讨论了当前海岸带综合管理存在的地位、法律、科学、人才等主要问题,并提出了强化综合管理意识、构筑法律框架、统一定义与标准和加强培训等策略。张灵杰(2000)以人地关系地域系统为理论基础,论述了海岸带综合管理的区域性特征。提出建立海岸带综合管理制度是行业管理不可调和的产物,制度创新是保证,技术进步是动力,文化转型是目标(张灵杰 2001)。从海岸环境管理技术角度,金建君、恽才兴、巩彩兰(2002)介绍了RS、GIS技术和“数字海岸”技术在海岸带综合管理中的应用。刘欣、宋波(1997)建立了GIS和多目标决策技术在海岸带管理中的整合应用模式。滕骏华(2000)介绍了网络地理信息系统及其在海岸带管理中的应用。潘德炉、林寿仁(2001)具体介绍了海洋水色遥感在海岸带综合管理中的应用。

## 1.4 对现有研究的评价

通过对国内外海岸环境脆弱性的研究的综述,可以得出海岸环境脆弱性现有分析与研究主要存在以下不足:

(1) 在研究的深度与广度方面,现有研究局限在海平面上升带来的海岸环境脆弱性方面,主要着重对海平面上升而造成的海岸侵蚀、海岸形态变化等的分析,而对其他方面的脆弱性,特别是人类活动导致的脆弱性基本没有涉及。现有研究对海岸环境变量指标响应各种活动(人类的经济、社会等活动)的过程研究较为肤浅,海岸环境脆弱性评价的方法及选取的指标也不明确。由于目前人类活动频繁,对海岸环境的作用方式