

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

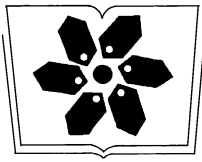
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第7期 Vol.32 No.7 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 7 期

2012 年 4 月 (半月刊)

目 次

城市生态景观研究的基础理论框架与技术构架	孙然好, 许忠良, 陈利顶, 等 (1979)
拟南芥芥子酸酯对 UV-B 辐射的响应	李 敏, 王 垠, 牟晓飞, 等 (1987)
蛋白核小球藻对 Pb(II) 和 Cd(II) 的生物吸附及其影响因素	姜 晶, 李 亮, 李海鹏, 等 (1995)
梨枣在果实生长期对土壤水势的响应	韩立新, 汪有科, 张琳琳 (2004)
产业生态系统资源代谢分析方法	施晓清, 杨建新, 王如松, 等 (2012)
基于物质流和生态足迹的可持续发展指标体系构建——以安徽省铜陵市为例	 赵卉卉, 王 远, 谷学明, 等 (2025)
河北省县域农田生态系统供给功能的健康评价	白琳红, 王 卫, 张 玉 (2033)
温郁金内生真菌 <i>Chaetomium globosum</i> L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理	 王艳红, 吴晓民, 朱艳萍, 等 (2040)
基于稳定碳同位素技术的华北低丘山区核桃-小麦复合系统种间水分利用研究	 何春霞, 孟 平, 张劲松, 等 (2047)
云贵高原喀斯特坡耕地土壤微生物量 C、N、P 空间分布	张利青, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2056)
水稻根系通气组织与根系泌氧及根际硝化作用的关系	李奕林 (2066)
苹果绵蚜对不同苹果品种春梢生长期生理指标的影响	王西存, 于 毅, 周洪旭, 等 (2075)
磷高效转基因大豆对根际微生物群落的影响	金凌波, 周 峰, 姚 涓, 等 (2082)
基于 MODIS-EVI 数据和 Symlet11 小波识别东北地区水稻主要物候期	 徐岩岩, 张佳华, YANG Limin (2091)
基于降水利用比较分析的四川省种植制度优化	王明田, 曲辉辉, 杨晓光, 等 (2099)
气候变暖对东北玉米低温冷害分布规律的影响	高晓容, 王春乙, 张继权 (2110)
施肥对巢湖流域稻季氨挥发损失的影响	朱小红, 马中文, 马友华, 等 (2119)
丛枝菌根真菌对枳根净离子流及锌污染下枳苗矿质营养的影响	肖家欣, 杨 慧, 张绍铃 (2127)
不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响	杨再强, 张 静, 江晓东, 等 (2135)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林凋落物现存量及其养分循环动态	刘 蕾, 申国珍, 陈芳清, 等 (2142)
黄土高原刺槐人工林地表凋落物对土壤呼吸的贡献	周小刚, 郭胜利, 车升国, 等 (2150)
贵州雷公山秃杉种群生活史特征与空间分布格局	陈志阳, 杨 宁, 姚先铭, 等 (2158)
LAS 测算森林冠层上方温度结构参数的可行性	郑 宁, 张劲松, 孟 平, 等 (2166)
基于 RS/GIS 的重庆缙云山自然保护区植被及碳储量密度空间分布研究	 徐少君, 曾 波, 苏晓磊, 等 (2174)

模拟氮沉降增加对寒温带针叶林土壤 CO₂ 排放的初期影响 温都如娜,方华军,于贵瑞,等 (2185)

桂江流域附生硅藻群落特征及影响因素..... 邓培雁,雷远达,刘 威,等 (2196)

小浪底水库排沙对黄河鲤鱼的急性胁迫..... 孙麓垠,白音包力皋,牛翠娟,等 (2204)

上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究 唐克勇,杨正勇,杨怀宇,等 (2212)

稻纵卷叶螟绒茧蜂对寄主的搜索行为 周 慧,张 扬,吴伟坚 (2223)

农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响..... 严 飞,周在豹,王 朔,等 (2230)

苹果脱乙酰几丁质发酵液诱导苹果叶片对斑点落叶病的早期抗性反应.....
..... 王荣娟,姚允聪,戚亚平,等 (2239)

专论与综述

气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展..... 王 宁,张利权,袁 琳,等 (2248)

外来红树植物无瓣海桑引种及其生态影响 彭友贵,徐正春,刘敏超 (2259)

问题讨论

城市污泥生物好氧发酵对有机污染物的降解及其影响因素..... 余 杰,郑国砥,高 定,等 (2271)

4 种绿化树种盆栽土壤微生物对柴油污染响应及对 PAHs 的修复 闫文德,梁小翠,郑 威,等 (2279)

研究简报

云南会泽铅锌矿废弃矿渣堆常见植物内生真菌多样性..... 李东伟,徐红梅,梅 涛,等 (2288)

南方根结线虫对不同砧木嫁接番茄苗活性氧清除系统的影响 梁 朋,陈振德,罗庆熙 (2294)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-04



封面图说: 站立的仓鼠——仓鼠为小型啮齿类动物,栖息于荒漠、荒漠草原等地带的洞穴之中。白天他们往往会躲在洞穴中睡觉和休息,以避开天敌的攻击,偶尔也会出来走动,站立起来警惕地四处张望。喜欢把食物藏在腮的两边,然后再走到安全的地方吐出来,由此得仓鼠之名。它们的门齿会不停的生长,所以它们的上下门齿必须不断啃食硬东西来磨牙,一方面避免门齿长得太长,妨碍咀嚼,一方面保持门牙的锐利。仓鼠以杂草种子、昆虫等为食。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201109291437

王宁, 张利权, 袁琳, 曹浩冰. 气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展. 生态学报, 2012, 32(7): 2248-2258.

Wang N, Zhang L Q, Yuan L, Cao H B. Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(7): 2248-2258.

气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展

王 宁, 张利权*, 袁 琳, 曹浩冰

(华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 近百年来, 全球气候系统正经历着以全球变暖为主要特征的显著变化。研究海岸带系统对气候变化的响应机制, 评估气候变化对海岸带社会、经济和生态的潜在影响, 提出切实可行的应对策略, 是保障海岸带系统安全的重要前提。回顾了 IPCC 的四次评估报告, 分析了全球气候变化对海岸带的影响。总结了海岸带脆弱性评估框架以及脆弱性评价指标体系, 综述了国内外气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究的进展。在综述国内外该领域研究进展的基础上, 展望了气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究。全球气候变化及其对海岸带的影响还有大量的科学技术问题需要进一步探讨, 同时也需要对各种适应气候变化措施的可行性和有效性进行研究和验证。

关键词: 气候变化; IPCC; 海岸带脆弱性; 海平面上升; 脆弱性评估

Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change

WANG Ning, ZHANG Liquan*, YUAN Lin, CAO Haobing

State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Abstract: Over the past century, the global climate system has experienced significant modification, due to the impacts of increased greenhouse gas concentrations resulting in global warming, the associated melting of polar and alpine glaciers and changes in ocean currents. Coastal areas are vital economic hubs in terms of settlement, industry, agriculture, trade and tourism, as well as being of great environmental significance. Studying the response mechanisms of coastal systems to climate change and assessing related potential socio-economic impacts are vital prerequisites for proposing feasible adaption and mitigation strategies. This paper reviews the historical assessments and reports produced by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the potential impacts of climate change on coastal systems that have been outlined. Based on definitions of vulnerability, the conceptual framework and the derivation of various vulnerability index systems for coastal impact assessment under climate change are reviewed and summarized. By reviewing the studies worldwide on vulnerability assessment for coastal zones under climate change, the perspectives in this field are discussed. A large number of scientific questions related to global climate change and its impacts on coastal zones need to be answered. At the same time, the feasibility and effectiveness of various mitigation measures need to be studied and verified.

Key Words: climate change; IPCC; coastal vulnerability; sea-level rise; vulnerability assessment

自 20 世纪 70 年代始, 全球变化逐渐成为人类关注和研究的热点。其中气候变化是全球变化研究中的核

基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划(2010CB951204); 上海市科委海洋科技专项(10dz1211002); 海洋公益性行业科研专项资助项目(201105009)

收稿日期: 2011-09-29; 修订日期: 2012-02-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lqzhang@sklec.ecnu.edu.cn

心问题和重要内容。政府间气候变化专门委员会(IPCC)最新研究报告表明,近百年来全球气候系统正经历着以全球变暖为主要特征的显著变化^[1]。研究表明,自工业革命以来人类向大气排放大量温室气体所产生的增温效应很可能是导致全球变暖的最主要原因。现有预测表明,即使温室气体保持在现有水平,未来百年内全球气候仍将继续变暖。气候变化所引起的海温升高、海平面上升和大量冰川融化等现象将会对海岸带形成巨大影响。这些影响因素包括有海平面上升、海水表层温度上升、海水入侵、海岸带侵蚀和风暴潮等。海岸带作为全球变化的关键地区,全球气候变化对其影响是多方面的,从不同的尺度上看,这些影响有着不同的体现。

我国是海洋大国,拥有 18000 km 的大陆岸线和 14000 km 的岛屿岸线,超过 70% 的大城市和 50% 的人口集中在东部及南部沿海地区。我国海岸带区域人口密集,经济发达,占陆域国土面积 13% 的沿海经济带,承载着全国 42% 的人口,创造全国 60% 以上的国民生产总值。海岸带在我国经济战略布局中占有极为重要的地位,维持海岸带资源与环境的可持续发展是国家未来发展的重大战略需求。受气候变化和人类活动的双重胁迫,我国海岸带脆弱性更加凸显。海水入侵、海岸侵蚀和生态系统服务功能下降等直接威胁着海岸防护、社会经济发展和生态安全。气候变化已成为海岸带可持续发展所面临的严峻挑战之一。因此,研究海岸带系统对气候变化的响应机制,评估气候变化对海岸带社会、经济生态的潜在影响,提出切实可行的应对策略,是保障海岸带系统安全的重要前提。气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究是国家的重大需求,同时也是国际前沿科学问题。

1 气候变化及其对海岸带的影响

1.1 IPCC 气候变化评估报告

为科学地制定和实施应对全球气候变化的措施,有关国际组织和各主要发达国家都编制和发布了相关的气候变化评估报告。政府间气候变化专门委员会(IPCC)于 1988 年由联合国环境规划署及世界气象组织共同组建,其主要任务是对气候变化科学知识的现状、气候变化对社会、经济的潜在影响以及如何适应和减缓气候变化的可能对策进行评估。IPCC 定期对气候变化科学信息、气候变化产生的环境影响和社会经济影响进行评估。IPCC 下设的 3 个工作组,其中第一组负责评估气候变化的自然科学基础,致力于回答全球变暖是如何发生的以及对未来气候变化的评估;第二组负责气候变化影响与对策研究;第三组进行社会经济分析工作。IPCC 每 5 年出版评估报告,总结气候变化的现有知识,目前已完成了 4 次评估。

1990 年,IPCC 完成了成立以来的第一次评估报告(FAR)。报告总结了过去 100a 全球平均地面温度、海平面、温室气体排放的上升量。主要采用不同复杂程度的大气-海洋-陆面耦合模式(CGCM)对未来气候变化进行预测,研究大气 CO₂ 加倍情况下平衡态的模拟结果。其中包括气候变化的全球和区域特征,同时根据预测情景评估了未来气候变化对多种生态系统、环境、人类健康的影响^[2]。

IPCC 第二次评估报告(SAR)于 1996 年完成。SAR 的一个主要目的是为解释联合国气候变化框架公约第二条而提供科学技术信息。SAR 使用了更为广泛的全球耦合气候模式对未来的气候情景模拟,分析了多种情景下的气候变化。SAR 的主要内容包括:(1)同时考虑温室气体和气溶胶颗粒对气候变化模拟的影响;(2)人类健康、生态系统、社会经济系统等对气候变化的程度和速度是敏感的,各个部分对不同的气候情景其适应需求不同^[3]。

IPCC 第三次评估报告(TAR)中采用了新的温室气体排放情景(SRES, A1, A2, B1, B2, 表 1),并利用改进的海气耦合模式分别对未来 100a 的气候变化进行预测。在模拟中使用了约 20 个模式进行多情景模拟,减少不确定性,提高模拟的置信水平。TAR 中所采用的四种温室气体排放情景涉及到一系列人口、经济和技术驱动力以及由此产生的温室气体排放,但不包括超出现有政策之外的其它气候政策。排放预估结果被广泛用于评估未来的气候变化^[4]。TAR 的主要新进展有:(1)温度、海平面上升值的模拟更为准确;(2)综合了气候变化对自然和人类系统的影响及其脆弱性;(3)提出了减缓措施对策和建议,特别是限制或减少温室气体排放和增加聚汇等对策^[5]。

IPCC 第四次评估报告 (AR4) 是在前 3 次评估报告基础上, 吸纳 2001—2006 年期间的研究成果于 2007 年完成的。AR4 中共用了 23 个气候模式及 9 种排放情景进行模拟, 预测了在不同 SRES 的排放情景下, 全球未来气温和海平面上升值 (表 2)。AR4 对 TAR 的结论在两个方面作出了重要发展: 一是对于人类活动影响全球气候变化的因果关系的判断由原来 60% 可信度的最低限提高到目前的 90% 可信度, 从而使人们更加确信人类活动是造成近 50a 全球气候变化的主因; 二是全球气候变化的检测与归因研究在空间尺度和气候变量方面扩展到六大洲, 并且包括海洋增暖、大陆尺度的平均温度、温度极值、降水、气压场与风场。

表 1 IPCC 排放情景特别报告 (SRES) 的未来温室气体排放情景
Table 1 The emission scenarios of greenhouse gases in the future. IPCC SRES

不同情景 Scenarios	世界状况 Status of world	经济 Economy	人口 Population	管理 Management	技术 Technology
A1 scenario	面向市场	人均增长最快	2050 年达到峰值后下降	地域互动强且收入集中	A1FI: 化石能源 A1T: 非化石能源 A1B: 各能源均衡
B1 scenario	趋同	基于服务和信息, 低于 A1	同 A1	全球解决方案, 社会和环境可持续发展	清洁和资源高效
A2 scenario	分化	面向地域, 人均增长最慢	持续增长	自给自足且保持当地特色	发展最慢且多数不连续
B2 scenario	局地解决方案	发展处于中等水平	以低于 A2 情景的增长率持续增长	局地 and 地域层面环境保护和社会公平解决方案	比 A2 情景快速, 比 B1 和 A1 慢但是更加多样化

表 2 不同情景下预测 21 世纪末全球气温和海平面上升值 (IPCC 2007) [6]
Table 2 Projected trends of SLR based on different warming scenarios (IPCC 2007) [6]

不同情景 Scenarios	2090—2099 年温度变化 Temperature change/°C at 2090—2099		2090—2099 年海平面上升 Sea level rise/m at 2090—2099
	最佳计算结果 Best estimate	可能范围 Likely range	基于模型计算的范围 Model based range
B1 scenario	1.8	1.1—2.9	0.18—0.38
A1T scenario	2.4	1.4—3.8	0.20—0.45
B2 scenario	2.4	1.4—3.8	0.20—0.43
A1B scenario	2.8	1.7—4.4	0.21—0.48
A2 scenario	3.4	2.0—5.4	0.23—0.51
A1FI scenario	4.0	2.4—6.4	0.26—0.59

IPCC 的 4 次评估采用的模拟情景日趋完善, 考虑的因素更加全面, 使得对气候变化未来情景的预测以及评估的可信度增加。从 TAR 开始, 气候变化情景下自然和人类系统的脆弱性评价已成为 IPCC 评估报告中的一个重要方面。在 2014 年即将发表的第五次评估报告中, 气候变化对海岸带系统影响的评估研究是其重要的内容之一。报告将对社会经济和自然系统对气候变化脆弱性、气候变化的正负结果和其适应性进行评估, 并考虑脆弱性、适应性和可持续发展的相互关系。

1.2 气候变化对海岸带的影响

气候变暖所引起的海平面上升、海温升高、冰川融化等现象将对海岸带形成巨大影响。这些影响因素包括有海平面上升、海水表层温度上升、风暴潮、海水入侵和海岸带侵蚀等 (图 1)。海岸带作为全球变化的关键地区, 全球气候变化对其影响是多方面的。在大的全球尺度上, 这些影响主要体现在以下几个方面: (1) 冰川消融使海平面上升, 造成海岸带低地被淹没; (2) 海洋气候的改变使风暴潮等气候灾害事件增加; (3) 水温升高, 影响海岸带动力系统; (4) 影响海岸带地区生物多样性以及 N、P 等物质通量的变化; (5) 对人类社会的经济、文化层面产生影响。

TAR 对 1990—2100 年期间全球海平面上升幅度预估在 0.09—0.88 m 之间 [5]。但根据观测结果, 实际海平面上升幅度要大于 IPCC 的预估值。根据 AR4 结果显示, 海平面上升和人为活动已造成了海岸带湿地的

损失,再加之地壳垂直运动的不断进行,使海平面上升对海岸带造成的危害进一步加大^[6]。海平面上升对人类的生存和经济发展是一种缓发性的自然灾害,使沿海地区灾害性的风暴潮发生更为频繁、洪涝灾害加剧、沿海低地和海岸受到侵蚀。Barrie 等在研究加拿大北太平洋边缘海岸时,详细描述了海平面上升对海岸线侵蚀的影响机制,认为晚第四纪的相对海平面变化是海岸演化和危害的主要因素^[7]。其中,海岸带侵蚀、海水入侵、盐沼湿地和红树林损失以及风暴潮频繁发生显得尤为突出^[8]。例如近来应用 SEAWAT-2000 三维模型模拟的研究指出,海平面上升使平均海平面及各种特征潮位相应增高,水深增加,波浪作用增强,风暴潮出现的频次增加^[9]。若风暴潮与高潮位叠加,将出现更高的风暴高潮位,风暴潮的强度也会明显增大。海平面上升对其他滨海湿地生态系统造成的威胁也同样备受关注,如早在 1991 年就有 Ellison 等认为红树林生态系统会被加速上升的海平面所胁迫,主要原因是人类生产活动受到海平面上升的威胁,建造的防护海堤会使红树林生态分布区大大缩减^[10]。

与自然因素对海岸带脆弱性的影响相比,频繁而强烈的人类活动对海岸带脆弱性的影响也是不可忽视的。从 18 世纪以来,在河流入海口及三角洲等人口高度集中的地区,人类对湿地的开垦和重建就非常普遍。总体而言,目前的海岸的脆弱性研究多以气候变化作为主要的影响因素^[11],但气候变化与其它影响因素相互作用可能会产生更大的风险。气候变化作为海岸带系统的外部压力,人类活动作为海岸带系统内部的主要驱动力,二者相互关联、相互影响的耦合作用使海岸带系统脆弱性、恢复力、自组织能力发生动态变化,对海岸带系统产生重大影响。

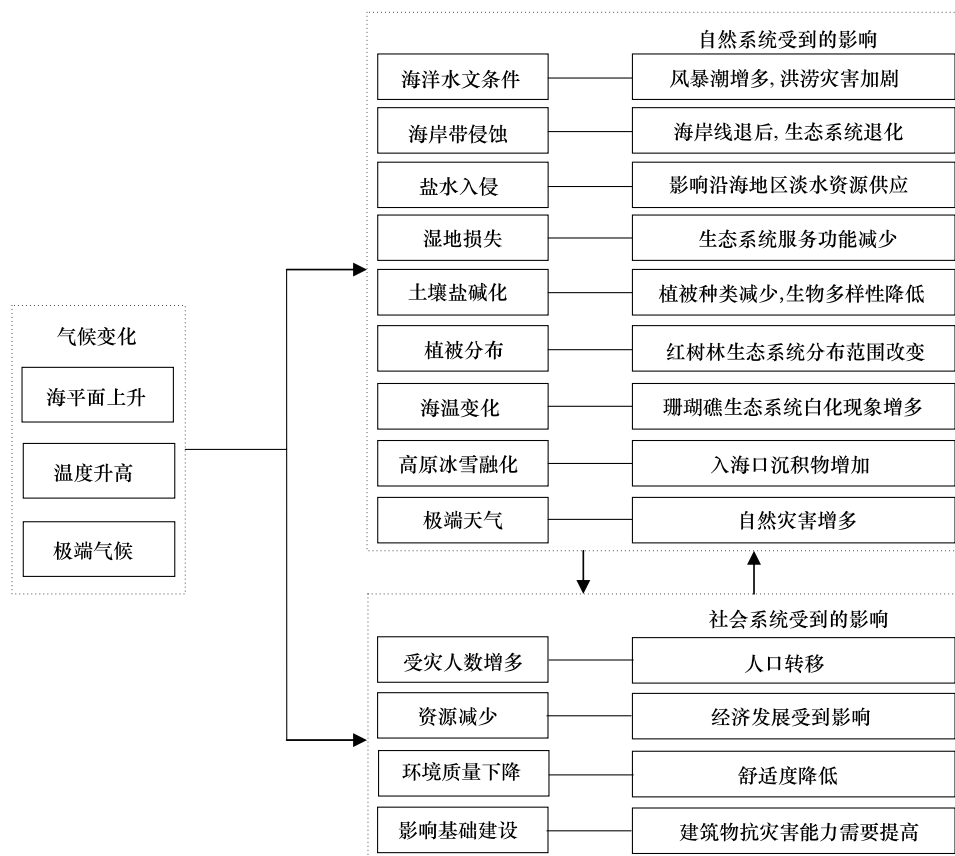


图 1 全球气候变化对海岸带的影响
Fig. 1 Impacts on coastal zones under global climate change

2 气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展

2.1 脆弱性定义

对于脆弱性的定义根据不同应用目的和研究领域有着不同侧重点。脆弱性一词最开始应用于地学和自

然灾害研究领域,被解释为风险灾害中一些要素导致的损失程度^[12-13]。在 20 世纪 90 年代的研究中也有将脆弱性描述为是一种和恢复力、边缘性、敏感性、适应性等相互关联或等价的概念。在气候变化研究中,IPCC 对于脆弱性的定义被广泛接受运用。TAR 中将气候变化研究中的脆弱性定义为:“一个自然或社会的系统容易遭受或没有能力对付气候变化(包括气候变率和极端气候事件)不利影响的程度,是某一系统气候的变率特征、幅度、变化速率及其敏感性和适应能力的函数”^[14]。综合分析 IPCC 和有关专家对脆弱性分析和定义,脆弱性是由系统在扰动作用下所遭受的潜在影响与系统适应能力二者构成的函数。目前很多研究参照 IPCC 对脆弱性的定义和解释,将脆弱性的概念概括为:系统的暴露度、敏感性和适应性^[13]。用简单的数学形式可表达为 $V=E+S-A$, 式中 V 为系统的脆弱性, E 为系统暴露度, S 为系统的敏感性或敏感度, A 为系统的适应度。Füssel 则总结评价了各国学者对脆弱性的研究,对情景(系统、灾害)、因子分类、脆弱性概念进行了规范的术语化^[15],界定了进行脆弱性评估的六维或 6 个方面(表 3)。

2.2 气候变化影响下脆弱性评估概念框架

1992 年的 IPCC CZMS 报告提出了一种通用方法来协助各个国家评估由海平面上升带来的威胁影响,这种通用方法包含了 7 个连续步骤。IPCC 同年还提出了类似的包含 7 个步骤的技术路线(图 2)^[16]。二者最大的区别在于,通用方法只适用于特定的海岸带地区,而技术路线则可以运用于更多的社会经济系统结构框架^[17],技术指导中的步骤并不与通用方法中的完全相同。

由于此技术框架在操作层次上存在一定困难, Klein 和 Nicholls 于 1999 年为脆弱性评估提供了一种新思路(图 3)。他们把自然系统脆弱性和社会经济脆弱性区分开,围绕脆弱性设计了海岸带脆弱性评估概念框架,并提出了 3 个逐级评估层次:筛选评估、脆弱性评估和规划评估^[17]。筛选评估主要关注系统的敏感性,脆弱性评估则对自然因素和社会经济的影响作了更明确的界定和分析,而规划评估从综合水平对未来的海岸带管理提出规划方案。

2.3 海岸带脆弱性评估指标体系

定量评价自然系统和社会经济系统脆弱性的常用方法是利用指示物种或者是以能够反应系统状况及其敏感性、适应能力的指标来衡量。气候变化对海岸带影响涉及许多方面,因此反映其脆弱性的指标也是多方面的,所以必须根据脆弱性评估的对象、目的和具体情况,力求建立准确客观、可操作的评价指标体系。目前针对气候变化影响下的海岸带脆弱性评估,应用较多的是 PSR 模型(Pressure-State-Response Framework)^[18]。PSR 框架模型具有比较明显的因果关系,从指标产生的机理方面着手构建评价指标体系。从系统论角度来看,气候变化影响下海岸带系统的动态符合 PSR 模式。外在因素(气候变化)对系统产生压力,构成刺激输入,系统发生状态变化(正面或负面影响),变化结果通过某种形式反应,表现为系统的脆弱性或(不)适应性。因此构建气候变化影响下海岸带脆弱性评价指标体系,常采用 PSR 模型。

气候变化影响下海岸带脆弱性评估中常用的评价指标类型主要有:(1)压力表征指标,是气候变化的影

表 3 系统脆弱性评估界定的 6 个方面

维数 Dimision	内涵界定 Context
系统界定	研究系统的界定
关注的属性	生态系统、淡水资源等
灾害影响	海平面上升、极端气候等
时间尺度	当前/将来/动态的
空间尺度	内部/外部/跨尺度
评价领域/知识维	社会经济/生物物理/综合

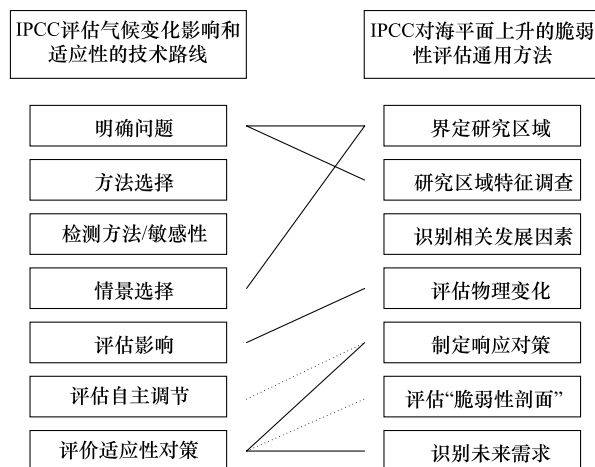


图 2 IPCC 评估技术路线和通用方法对比^[16]

Fig. 2 The IPCC technology guidelines and the IPCC common methodology compared^[16]

表 4 气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展

Table 4 The researches on vulnerability assessment for coastal zones under climate change

年代 Period	关注点 Concerns	指标构建情况 Assessment index system	模型应用情况 Application of models
1990 年前	减少自然风险造成的海岸侵蚀和土地损失	尚未构建完善的指标体系	概念模型处于初步发展阶段
1991 年至 2000 年	海平面上升造成的湿地损失和灾害风险	构建通用的概念框架和技术路线;应用脆弱性指数开展气候变化影响评估	概念模型发展较为成熟;尝试应用模型进行定量评估;3S 技术首次运用到海岸带脆弱性评估中
2001 年至今	气候变化对海岸带自然和人文系统的影响	针对不同地区不同情况构建指标体系;指标选取综合考虑自然与人类间的相互关系	由定性描述向量化评估发展;多种概念模型和应用模型被广泛认可与使用

1990 年之前,研究者对自然灾害下脆弱性评估开展了初步探讨。其中 OEP-EOP 认为脆弱性评估对于风险灾害的减少是十分必要的。自然灾害研究团队尝试将脆弱性定义为在风险中由于某种或一些要素造成的损失程度,这个定义完全出自于自然现象量级的发生。而 1984 年联合国救灾组织则将脆弱性表达为从 0(没有损失)到 1(完全损失)的指标形式^[26]。该时期的海岸带脆弱性研究主要关注海平面上升或者极端气候对海岸带造成的侵蚀破坏和土地丧失等方面。

自从 IPCC 第一次评估报告后,气候变化影响下海岸带脆弱性评估进入了快速发展的阶段。90 年代初的 IPCC CZMS 报告中,首次将海岸带脆弱性评估列为主要事项^[27]。除了 IPCC 提出的脆弱性评估概念框架和技术路线,许多其他评估方法得到了发展。例如 Gornitz 于 1991 年提出的海岸带脆弱性指数和风险等级概念,对未来海平面上升带来的影响作了预测^[28],现已应用于美国太平洋和大西洋海岸的脆弱性评估中。Nicholls 于 1995 年首次在国家尺度上提及了海岸带脆弱性评估,以证明在未来气候变化影响下适应策略的关联性^[29]。El-Raey 于 1999 年采用多标准、决策矩阵方法和问卷调查,对尼罗河三角洲海岸带地区进行了详细的定量评估^[30]。在众多的研究中,影响较大的是 Nicholls 于 1999 年对全球海平面上升可能造成的洪涝风险以及湿地损失进行的评估^[31]。该项研究动态预测了由于海平面上升造成的湿地损失和由于风暴潮造成的洪涝风险。研究中考虑了几个同时改变的因素所带来的影响,这些因素包括有(1)海平面的上升和下沉;(2)海岸人口的增加;(3)预防洪涝的水平的提高。研究预测显示,至 2080 年,全球海平面上升将造成世界湿地 22% 的损失,如果结合其他人类活动造成的影响,全球湿地损失将达到 70%,如果没有相应的措施响应,全球海平面上升将产生严重的负面作用。我国的学者在这段期间也开展了相关研究,多位学者对黄河口^[32]、长江口^[33-34]和珠江口^[35]进行了河口地区脆弱性的评估。

进入 21 世纪后,随着气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究的不断深入,其特点主要表现为构建基于过程的气候变化影响下海岸带脆弱性评估模式和由定性的描述向量化评估发展。而在定量评估气候变化对海岸带系统的影响,模型的应用是必不可少的。相关模型包括 DEM 模型(Digital Elevation Model)^[36]、分布过程模型^[36]、SLAMM 模型(Sea Level Affects Marsh Model)^[37]和 GES 模型(Global Environment and Society Model)^[38]等。Bryan 等于 2001 年运用分布式过程模型,选取了高程、暴露度、角度和坡度等对澳大利亚南部的北斯宾塞港进行气候变化影响下的脆弱性评估。其结果表明,在海岸带脆弱性评估中,局部区域小尺度运用分布过程模型比由潮汐主导的沉积物区域更为适合,而分布过程模型在政策制订和管理上能为决策者提供更为精确的结果^[36]。欧盟 DINAS-COAST 项目运用了 DIVA(Dynamic Interactive Vulnerability Assessment)工具^[39],整合国家、地区和全球尺度下气候和社会经济的情景以及适应对策,从行政区划、社会-经济属性和自然属性三方面,对海岸进行分段,每一属性分为若干等级,再根据详细分类单元,进行上述属性叠加和岸段划分,并给出海岸带脆弱性评估结果^[40-41]。2009 年起,欧盟开展了 THESEUS 项目,旨在创建低风险的海岸带系统。项目指导框架将考虑欧洲最为脆弱的三角洲、海岸带和湿地等特定区域的环境、社会和经济问题,构建一系列指标进行海岸带脆弱性评估。通过应用基于生态的迁移方法、水文形态动力等创新技术,以期减少海岸

带风险和气候变化对社会经济的影响^[42]。

同时,各国学者也开展了许多气候变化影响下海岸带生态系统(如盐沼湿地、红树林和珊瑚礁生态系统)脆弱性评估研究。例如 Craft 等运用 SLAMM5 模型,结合 3S 技术预测了 21 世纪在不同海平面上升情景下,美国 Georgia 海岸河口滨海湿地生态系统及其服务功能的响应^[37]。研究结果表明与生态服务功能相关的生产力和净化功能会随着海平面上升而呈下降趋势。除非地貌条件(比如海拔逐渐上升)允许潮间淡水湿地向内陆迁移,或者盐沼湿地垂直度增加,以此补偿海平面加速上升带来的影响,否则处于最低或者最高盐度范围的潮间带湿地以及其生态服务功能,将直接受海平面上升影响。McLeod 等于 2006 年在世界自然保护联盟(the International Union for Conservation of Nature)会议中所作的报告里指出全球气候变化,包括温度、CO₂、风暴潮和海平面上升均会对红树林生态系统造成影响,并对由于海平面上升造成的红树林植被迁移做了详细描述,指出不同种属的红树林会以不同速率迁移来响应海平面上升,提出了管理和恢复红树林生态功能的对策^[43]。2008 年 Alongi 研究了大海啸对红树林造成的危害以及红树林对气候变化的响应,研究显示在大的气候变化干扰下,全球红树林森林可能将减少 10% 到 15%^[44]。Hoegh-Guldber 等于 2007 年研究了影响珊瑚礁的因素,结果表明当海水中二氧化碳量达到 500 $\mu\text{L/L}$ 时,珊瑚礁生态系统会因为钙化速度降低而消失,同时温度升高和海水酸化对珊瑚礁的生长亦有负面作用^[45]。国内对红树林生态系统和珊瑚礁生态系统脆弱性评估方面的研究同样在进行中^[46-47]。

3 气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究展望

气候变化的影响是多尺度、全方位、多层次的,涉及自然和人类社会的很多方面,包括自然生态系统、社会经济、人类健康等。这些已发生并将继续产生的深刻变化和影响使人类的生存和发展面临着巨大的挑战。气候变化及其对海岸带影响还有大量的科学技术问题需要进一步开展研究。从国际和国内的研究趋势上来看,由定性的描述向量化的评估、构建基于过程的气候变化影响下海岸带脆弱性评估模式和加强对海岸带社会经济影响评估,是当前和今后海岸带脆弱性评估发展的方向。我国的《气候变化国家评估报告》指出,由于科学认识能力的局限,目前的气候变化对海岸带影响的评估方法和结果还存在很大的不确定性^[48]。在今后的研究中,应深化研究程度,扩大研究领域,更多地关注区域适应气候变化的案例,深入研究极端气候事件影响;在降低影响评估的不确定性时,提出切实可行的减缓和适应对策,对其可行性和有效性进行验证和探讨。

3.1 自然与人文过程的机制分析有待深入

目前对海岸带自然与人文过程的机制、转化机理和尺度效应等方面的定量研究尚有很多不足,海岸带脆弱性评估预测结果给出的只是一种可能的影响、变化趋势和方向,还包含有相当大的不确定性。产生不确定性的原因很多,其中对海岸带系统许多重要的自然与人文过程(物理、化学、生物地球化学和生态系统过程等)的认识有限。以后的研究工作中需要改进模式中的自然与人文过程描述,提高模式的分辨率,把自然与人文过程及海岸带响应机制有机地组合集成在海岸带脆弱性评估模式中,深入进行自然与人文过程及海岸带响应的定量研究分析;构建基于过程的气候变化影响下海岸带脆弱性评估模式,不断提高提高海岸带脆弱性评估预测的精度与可信度。

3.2 加强对海岸带社会经济影响的研究

IPCC 第五次评估报告确定将气候变化对海岸带系统影响的评估研究作为重要内容之一。我国海岸带与近海生态系统等极易受全球气候变化的不利影响,自然灾害有进一步加剧的可能。同时,我国海岸带区域人口密集,经济发达,海岸带在我国经济战略布局中占有极为重要的地位。受气候变化和人类活动的双重胁迫,我国海岸带脆弱性更加凸显。目前,大多数的海岸带脆弱性评估仍然主要集中在海平面上升的因素影响,很少涉及到其他由于气候变化影响产生的问题。其中对海岸带社会经济发展的影响考虑较少甚至是被忽视。今后的研究需要拓宽视野,深入认识和理解海岸带生态系统各种过程的过去、现在与将来。综合评估气候变化以及人类活动诸多因素对不同类型海岸带生态系统的脆弱性及其对海岸带区域社会经济的影响,提出切实可行的应对策略。

3.3 新技术与新方法应用

模型的应用为气候变化及其影响评估研究提供了有效分析手段,使得定量描述气候变化以及海岸带系统响应成为可能,是定量评估海岸带系统脆弱性的有力工具之一。现有的气候变化影响研究大多数是针对各部门进行的气候变化影响评估,然后以不同的社会经济发展情景假设进行量化分析,从而得出气候变化对社会经济以及生态环境等的综合影响,其结果通常以经济指标来表示或是定性地加以说明。这类模型优势在于它能计算不同假设情景下以及多个因素同时作用的结果,综合考虑“自然-社会-经济”各种关系和反馈过程;对来自不同行业、不同量纲的数据进行标准化,给出了定量分析结果。但此类模型的运用主要是针对全球或区域尺度上如何减缓气候变化影响而进行的,对气候变化可能造成的影响以及系统的脆弱性和适应性问题则关注不够。气候变化影响下海岸带系统脆弱性定量评估,目前缺乏以模型输出的生态系统过程和功能特征量如生产力和生物地球循环参数等的变化来进行脆弱性等级的划分方法,也就是说难以确定生态系统承受气候变化的阈值。今后研究的一个重要任务是在不断提高气候模式对气候变化模拟和预测的精度与可信度同时,研发和改进能够有机地组合集成海岸带响应机制如系统脆弱性和适应性等的评估模式。

气候变化影响下海岸带脆弱性评估过程中海岸带大量信息的获取、分析、模拟非常关键。应用遥感技术和 GPS 卫星定位和导航技术,建立海岸带地区的遥感、遥测与监测、监控技术体系网络,可以实现大规模、大范围、全天候地采集海岸带资源、环境和生态等领域的动态实时数据和信息。GIS 能融合各种数据建立数据库,还可通过内建空间模型和合并外建模型组建模型库,执行分析、模拟和预测等功能。利用 GIS 技术的空间分析功能,可以对资源、环境和社会经济等各类要素进行定量分析和综合分析,获得的评价结果直观、清晰,有助于问题发现和决策制定。作为对地观测系统中空间信息获取、管理、分析和应用的三大支撑技术,3S 技术的发展为气候变化影响下海岸带脆弱性评估提供了一个崭新的平台和前景。

气候变化影响下海岸带脆弱性评估所需的各种新技术与新方法仍处于不断研发和改进阶段,如何完善和普及这些新技术和方法的实际应用,在海岸带脆弱性评估中发挥更大的作用,也是当前全球气候变化研究的重点。全球气候变化及其带来的影响还有大量的科学技术问题需要进一步开展研究,同时也需要对各种适应气候变化措施的可行性和有效性进行研究和验证。

References:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report. Cambridge: IPCC, 2007: 2-4.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change, The IPCC Scientific Assessment. Overview and Policymakers Summary. Geneva: IPCC, 1990: 52-63.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 1995: A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 1996: 6-24.
- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2003: summary for policymakers emissions scenarios// A Special Report of IPCC Working Group III. Cambridge: IPCC, 2003: 4-5.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: the scientific basis// Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: IPCC, 2001: 22-55.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: synthesis report// Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2007: 8-8.
- [7] Barrie J V, Conway K W. Rapid sea-level change and coastal evolution on the Pacific margin of Canada. *Sedimentary Geology*, 2002, 150(1/2): 171-183.
- [8] Chu J L, Gao S, Xu J G. Risk and safety evaluation methodologies for coastal systems: a review. *Marine Science Bulletin*, 2005, 24(3): 80-87.
- [9] Langevin C, Swain E, Wolfert M. Simulation of integrated surface-water/ground-water flow and salinity for a coastal wetland and adjacent estuary. *Journal of Hydrology*, 2005, 314(1/4): 212-234.
- [10] Ellison J C, Stoddart D R. Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research*, 1991, 7(1): 151-165.

- [11] Nicholls R J, Wong P P, Burkett V, Woodroffe C D, Hay J. Climate change and coastal vulnerability assessment: scenarios for integrated assessment. *Sustainability Science*, 2008, 3(1): 89-102.
- [12] Vulnerability to Global Environment Change. Upper Saddle River; Prentice Hall, 1990: 27-44.
- [13] Romieu E, Welle T, Schneiderbauer S, Pelling M, Vinchon C. Vulnerability assessment within climate change and natural hazard contexts: revealing gaps and synergies through coastal applications. *Sustainability Science*, 2010, 5(2): 159-170.
- [14] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability// Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: IPCC, 2001: 225-225.
- [15] Fussler H M. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 2007, 17(2): 155-167.
- [16] The United Nations Framework Convention on Climate Change. Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to, Climate Change. UNFCCC Secretariat, 2008: 16-16.
- [17] Klein R J T, Nicholls R J. Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 1999, 28(2): 182-187.
- [18] Organization for Economic Cooperation and Development. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Paris: OECD, 1993: 5-7.
- [19] King D. Uses and limitations of socioeconomic indicators of community vulnerability to natural hazards: data and disasters in northern Australia. *Natural Hazards*, 2001, 24(2): 147-156.
- [20] Thieler E R, Hammar-Klose E S. National Assessment of Coastal Vulnerability to Future Sea-Level Rise. Woods Hole: USGS Woods Hole Field Center, 2000: 1-2.
- [21] European Environment Agency. European Environmental Outlook. Copenhagen: EEA, 2005: 20-31.
- [22] Kelly K L. A systems approach to identifying decisive information for sustainable development. *European Journal of Operational Research*, 1998, 109(2): 452-464.
- [23] European Environment Agency. Air pollution in Europe 1997. Copenhagen: EEA, 1997: 3-4.
- [24] Waheed B, Khan F, Veitch B. Linkage-based frameworks for sustainability assessment: making a case for driving force-pressure-state-exposure-effect-action (DPSEEA) frameworks. *Sustainability*, 2009, 1(3): 441-463.
- [25] Schanze J. Flood risk management-a basic framework. *Earth and Environmental Sciences*, 2006, 67(Pt1): 1-20.
- [26] United Nations Disaster Relief Organization. Disaster Prevention and Mitigation: A Compendium of Current Knowledge. New York: UNDRO, 1984: 5-18.
- [27] Nicholls R J. Analysis of global impacts of sea-level rise: a case study of flooding. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2002, 27(32/34): 1455-1466.
- [28] Gornitz V. Global coastal hazards from future sea level rise. *Global and Planetary Change*, 1991, 3(4): 379-398.
- [29] Nicholls R J. Synthesis of vulnerability analysis studies//Rijkswaterstaat. Coastal Zone Management Center. World Coast, 1995: 1-41.
- [30] El-Raey M, Dewidar K R, El-Hattab M. Adaptation to the impacts of sea level rise in Egypt. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1999, 4(3/4): 343-361.
- [31] Nicholls R J, Hoozemans F M J, Marchand M. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 1999, 9(S1): 69-87.
- [32] Han M K, Mimura N, Hosokawa Y, Machida S, Yamada K, Wu L, Li J. Vulnerability assesment of coastal plain west of Bohai Sea, North China, to sea level rise. *Acta Geographica Sinica*, 1994, 49(2): 107-116.
- [33] Sun Q, Zhang Y S, Hu E H, Lü C H. Potential impacts of sea level rise on the economy and environment in the Yangtze River delta and the countermeasures thereof. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 1997, 6(1): 58-64.
- [34] Ji Z X, Jiang Z X, Zhu J W, Yang G S. Impacts of sea level rise on tidal flat and coastal wetland in the Changjiang River delta and its adjacent area. *Oceanologia ET Limnologia Sinica*, 1994, 25(6): 582-590.
- [35] Zhang W Q, Huang Z G, Lian W S. The synthetic of socio-economic impact of rising sea level in Guangdong coastal region. *Journal of Natural Disasters*, 1999, 8(1): 78-87.
- [36] Bryan B, Harvey N, Belperio T, Bourman B. Distributed process modeling for regional assessment of coastal vulnerability to sea-level rise. *Environmental Modeling and Assessment*, 2001, 6(1): 57-65.
- [37] Craft C, Clough J, Ehman J, Joye S, Park R, Pennings S, Guo H Y, Machmuller M. Forecasting the effects of accelerated sea-level rise on tidal marsh ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(2): 73-78.
- [38] Schirmer M, Schuchardt B. Assessing the impact of climate change on the Weser estuary region: an interdisciplinary approach. *Climate Research*, 2001, 18(1/2): 133-140.

- [39] Hinkel J, Klein R J T. Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise; the development of the DIVA tool. *Global Environmental Change*, 2009, 19(3): 384-395.
- [40] McFadden L, Nicholls R J, Vafeidis A, Tol R S J. A methodology for modeling coastal space for global assessment. *Journal of Coastal Research*, 2007, 23(4): 911-920.
- [41] Vafeidis A T, Nicholls R J, McFadden L, Tol R S J, Hinkel J, Spencer T, Grashoff P S, Boot G, Klein R J T. A new global coastal database for impact and vulnerability analysis to sea-level rise. *Journal of Coastal Research*, 2008, 24(4): 917-924.
- [42] Zanuttigh B. Coastal flood protection; what perspective in a changing climate?. The THESEUS approach. *Environmental Science and Policy*, 2011, 14(7): 845-863.
- [43] Mcleod E, Salm R V. *Managing Mangroves for Resilience to Climate Change*. Switzerland: IUCN, 2006: 12-33.
- [44] Alongi D M. Mangrove forests; resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 76(1): 1-13.
- [45] Hoegh-Guldberg O, Mumby P J, Hooten A J, Steneck R S, Greenfield P, Gomez E, Harvell C D, Sale P F, Edwards A J, Caldeira K, Knowlton N, Eakin C M, Iglesias-Prieto R, Muthiga N, Bradbury R H, Dubi A, Hatzioles M E. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 2007, 318(5857): 1737-1742.
- [46] Wang Y T, Wang Y S, Li N, Lin L, Song H, Sun C C, Wu M L, Cui H P. The assessment system of mangrove ecosystem health applying the PSR model: a case study of Guangdong Province. *Ecological Science*, 2010, 29(3): 234-241.
- [47] Zheng Y H, Wang S G, Chen G Z. Diagnostic methods and assessment indicators for mangrove wetland ecosystem health. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(1): 111-116.
- [48] China's National Assessment Report on Climate Change. Beijing: Science Press, 2007: 218-219.

参考文献:

- [8] 储金龙, 高抒, 徐建刚. 海岸带脆弱性评估方法研究进展. *海洋通报*, 2005, 24(3): 80-87.
- [32] 韩幕康, 三村信男, 细川恭史, 町田聪, 山田和人, 邬伦, 李京. 渤海西岸平原海平面上升危害性评估. *地理学报*, 1994, 49(2): 107-116.
- [33] 孙清, 张玉淑, 胡恩和, 吕春花. 海平面上升对长江三角洲地区的影响评价研究. *长江流域资源与环境*, 1997, 6(1): 58-64.
- [34] 季子修, 蒋自巽, 朱季文, 杨桂山. 海平面上升对长江三角洲附近沿海滩涂和湿地的影响. *海洋与湖沼*, 1994, 25(6): 582-590.
- [35] 张伟强, 黄镇国, 连文树. 广东沿海地区海平面上升影响综合评估. *自然灾害学报*, 1999, 8(1): 78-87.
- [46] 王玉图, 王友绍, 李楠, 林立, 宋晖, 孙翠慈, 吴梅林, 崔海平. 基于 PSR 模型的红树林生态系统健康评价体系——以广东省为例. *生态科学*, 2010, 29(3): 234-241.
- [47] 郑耀辉, 王树功, 陈桂珠. 滨海红树林湿地生态系统健康的诊断方法和评价指标. *生态学杂志*, 2010, 29(1): 111-116.
- [48] 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007: 218-219.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 7 April, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Theoretical framework and key techniques of urban ecological landscape research	SUN Ranhao, XU Zhongliang, CHEN Liding, et al (1979)
Response of sinapate esters in <i>Arabidopsis thaliana</i> to UV-B radiation	LI Min, WANG Yin, MU Xiaofei, et al (1987)
Biosorption of lead (II) and cadmium (II) from aqueous solution by <i>Chlorella pyrenoidsa</i> and its influential factors	JIANG Jing, LI Liang, LI Haipeng, et al (1995)
Response of pear jujube trees on fruit development period to different soil water potential levels	HAN Lixin, WANG Youke, ZHANG Linlin (2004)
An approach for analyzing resources metabolism of industrial ecosystems	SHI Xiaoqing, YANG Jianxin, WANG Rusong, et al (2012)
Establishment of environmental sustainability assessment indicators based on material flow and ecological footprint model in Tongling City of Anhui Province	ZHAO Huihui, WANG Yuan, GU Xueming, et al (2025)
Health status evaluation of the farmland supply function at county level in Hebei Province	BAI Linhong, WANG Wei, ZHANG Yu (2033)
Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus <i>Chaetomium globosum</i> L18 from <i>Curcuma wenyujin</i>	WANG Yanhong, WU Xiaomin, ZHU Yanping, et al (2040)
Water use of walnut-wheat intercropping system based on stable carbon isotope technique in the low hilly area of North China	HE Chunxia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (2047)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping farmland in a karst region on the Yunnan-Guizhou Plateau	ZHANG Liqing, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2056)
Relationship among rice root aerenchyma, root radial oxygen loss and rhizosphere nitrification	LI Yilin (2066)
Effects of <i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmann) on physiological indices of different apple cultivars	WANG Xicun, YU Yi, ZHOU Hongxu, et al (2075)
Effects of P-efficient transgenic soybean on rhizosphere microbial community	JIN Lingbo, ZHOU Feng, YAO Juan, et al (2082)
Detecting major phenological stages of rice using MODIS-EVI data and Symlet11 wavelet in Northeast China	XU Yanyan, ZHANG Jiahua, YANG Limin (2091)
Cropping system optimization based on the comparative analysis of precipitation utilization in Sichuan Province	WANG Mingtian, QU Huihui, YANG Xiaoguang, et al (2099)
The impacts of global climatic change on chilling damage distributions of maize in Northeast China	GAO Xiaorong, WANG Chunyi, ZHANG Jiquan (2110)
Effect of fertilization on ammonia volatilization from paddy fields in Chao Lake Basin	ZHU Xiaohong, MA Zhongwen, MA Youhua, et al (2119)
Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on net ion fluxes in the roots of trifoliate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>) and mineral nutrition in seedlings under zinc contamination	XIAO Jiaxin, YANG Hui, ZHANG Shaoling (2127)
The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of <i>Chrysanthemum</i> leaves	YANG Zaiqiang, ZHANG Jing, JIANG Xiaodong, et al (2135)
Dynamic characteristics of litterfall and nutrient return of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia, China	LIU Lei, SHEN Guozhen, CHEN Fangqing, et al (2142)
Aboveground litter contribution to soil respiration in a black locust plantation in the Loess Plateau	ZHOU Xiaogang, GUO Shenli, CHE Shengguo, et al (2150)
Life history and spatial distribution of a <i>Taiwania flousiana</i> population in Leigong Mountain, Guizhou Province, China	CHEN Zhiyang, YANG Ning, YAO Xianming, et al (2158)
The feasibility of using LAS measurements of the turbulence structure parameters of temperature above a forest canopy	ZHENG Ning, ZHANG Jinsong, MENG Ping, et al (2166)
Spatial distribution of vegetation and carbon density in Jinyun Mountain Nature Reserve based on RS/GIS	XU Shaojun, ZENG Bo, SU Xiaolei, et al (2174)
Early nitrogen deposition effects on CO ₂ efflux from a cold-temperate coniferous forest soil	WENDU Runa, FANG Huajun, YU Guirui, et al (2185)
Epilithic diatom assemblages distribution in Gui River basin, in relation to chemical and physiographical factors	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (2196)
Acute stress caused by sand discharging on Yellow River Carp (<i>Cyprinus carpio</i>) in Xiaolangdi Reservoir	SUN Luyin, Baiyinbaoligao, NIU Cuijuan, et al (2204)
Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method	TANG Keyong, YANG Zhengyong, YANG Huaiyu, et al (2212)
Host searching behaviour of <i>Apanteles cypris</i> Nixon (Hymenoptera: Braconidae) ...	ZHOU Hui, ZHANG Yang, WU Weijian (2223)
The effect of hedgerows on the distribution of <i>Harmonia axyridis</i> Pallas in agroforestry systems	YAN Fei, ZHOU Zaibao, WANG Shuo, et al (2230)
Induction of early resistance response to <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>mali</i> in apple leaves with apple and chitosan fermentation broth ...	WANG Rongjuan, YAO Yuncong, QI Yaping, et al (2239)
Review and Monograph	
Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change	WANG Ning, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (2248)
Introduction and ecological effects of an exotic mangrove species <i>Sonneratia apetala</i>	PENG Yougui, XU Zhengchun, LIU Minchao (2259)
Discussion	
Degradation of organic contaminants with biological aerobic fermentation in sewage sludge dewatering and its influencing factors	YU Jie, ZHENG Guodi, GAO Ding, et al (2271)
Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using four greening tree species	YAN Wende, LIANG Xiaocui, ZHENG Wei, et al (2279)
Scientific Note	
Diversity of endophytic fungi from six dominant plant species in a Pb-Zn mine wasteland in China	LI Dongwei, XU Hongmei, MEI Tao, et al (2288)
Effects of <i>Meloidogyne incognita</i> on scavenging system of reactive oxygen species in tomato seedlings grafted with different rootstocks ...	LIANG Peng, CHEN Zhende, LUO Qingxi (2294)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 7 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 7 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元