

海岸带生态安全响应力评估与案例分析*

吝涛¹, 薛雄志², 林剑艺¹

(1. 中国科学院城市环境研究所, 福建 厦门 361003; 2. 厦门大学海洋与海岸带发展研究院 福建 厦门 361005)

摘要: 针对我国海岸带“社会-经济-自然”复合生态系统, 引用“驱动力-压力-状态-影响-响应力”分析模型, 将生态安全中的驱动力、压力、状态和影响归为生态安全问题因素, 作为响应力的作用对象。通过探讨响应力与生态安全问题因素的作用机制, 建立定量评估体系分析海岸带生态安全响应力反馈效果、反馈效率和反馈充分性, 并对厦门进行案例分析, 希望能够对提升我国沿海城市的生态安全保障能力做出贡献。

关键词: 生态安全; 响应力; 案例分析

中图分类号: X826 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6336(2009)05-0578-06

Assessment on response of coastal ecological security and analysis of a case

LIN Tao¹, XUE Xiong-zhi², LIN Jian-yi¹

(1. Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361003, China; 2. Coastal and Ocean Management Institute, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The response of ecological security is the positive feedback of human to the ecological environmental problems. It is the force to maintain the ecosystem sustainable health, solve, mitigate or prevent the ecological security stress. Focus on the coastal social-economic-natural complex ecosystem in China, using “driving force-pressure-state-impact-response (DPSIR)” model, the driving force, pressure, state and the impact were considered as ecological security problem factors (ESPFs) and the action targets of ecological security responses (ESRs). By exploring the action mechanism between ESPFs and ESRs, a quantitative assessment method for coastal ESRs feedback effect, efficiency, and sufficiency was developed. Then, a case study in Xiamen was carried out. The study will promote the coastal city's capability of protecting the coastal ecological security.

Key words: ecological security; response; case study

海岸带地处陆地和海洋两大生态系统的过渡带, 自然生态过程复杂, 受人类活动影响剧烈, 是个脆弱的“社会-经济-自然”复合生态系统。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^[1]; 而生态安全响应力是指人类为解决生态安全问题而进行的积极反馈, 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问题的作用, 它包括所有以维护生态安全为目的的各种人类行为和活动, 如法律、政策、规划、计划、项目等。前国内外

专门针对海岸带生态安全响应力的研究很少, 但与此相关的对法律、政策、规划和项目实施效果的评估却并不少见^[2-6]。本文简化生态安全问题产生过程各个因素间相互形成的制约作用, 而把响应力作为对这一过程进行反馈的唯一途径, 根据“社会-经济-自然”复合生态系统的理念, 利用“驱动力-压力-状态-影响-响应力”模型(driving-pressure-state-impact-response, DPSIR), 分析响应力与生态安全问题因素的作用机制并建立定量评估对厦门海岸带复合生态系统的安全响应力反馈效果、反馈效率和反馈充分性进

* 收稿日期: 2008-04-10, 修订日期: 2008-07-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40701059); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-422-1)和青年人才领域前沿项目(074081d10)

作者简介: 吝涛(1978-)男, 河北省邯郸市人, 博士, 助理研究员, 主要研究海岸带综合管理和生态规划, Email: tlin@iue.ac.cn

行案例分析。

1 响应力与生态安全问题因素的作用机制

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的“压力—状态—响应力”模型^[7]及其演变而来的“驱动力—状态—响应力”和“驱动力—压力—状态—影响—响应力”模型^[8]都强调了响应力的概念。根据“社会—经济—自然”复合生态系统^[9]原理,驱动力可以理解为是生态安全问题产生的根本原因,由于人类社会经济活动和自然灾害的驱动,导致生态安全压力的产生,压力直接促使生态环境产生变化,而这种变化的对社会—经济—自然复合生态系统造成的后果就是模型中所指的影响。人类可以通过对自身行为的调控一定程度上对生态安全的驱动力、压力、状态和影响作出响应,本文将上述 4者作为响应力作用的对象,归结为生态安全问题产生的因素(表 1)。

表 1 “驱动力—压力—状态—影响—响应力”模型与“社会—经济—自然”复合生态系统的联系

Tab 1 Relationship between DPSIR model and social-economic-natural complex ecosystem

“驱动力—压力—状态—影响—响应力”模型因素	“社会—经济—自然”复合生态系统作用
驱动力	来自社会经济和自然灾害的驱动
压力	人类或自然的破坏压力
状态	生态环境状态的改变
影响	社会经济的影响
响应力	人类意识和行为的调整与反馈

1.1 区域生态安全问题因素的重要性

不同区域面临的生态安全问题不同,生态安全问题产生原因、表现形式,以及造成影响也各有不同。对生态安全响应力进行评估首先应确定某区域生态安全问题产生的具体情况,分辨出不同生态安全问题因素所起的不同作用,即在区域生态安全问题中的重要性。根据 Bowen和 Riley^[10]对“驱动力—压力—状态—影响—响应力”模型中宏观社会经济因素的研究,结合考虑自然作用力,本文将海岸带生态安全问题产生因素响归结为 9类:自然灾害、人口变化、经济条件、社会条件、发展压力、生态变化、污染排放、资源开采和资源利用。根据人类社会经济系统组成、结构和功能,将生态安全响应力归纳为 6种反馈途径:法律法规与政策、管理体制与机制、经济发展与支持、

基础设施建设、教育与科技支撑和公众意识参与。通过层次分析法可以对比 9个生态安全问题因素在某具体区域所占的重要性。

1.2 响应力反馈方式与性质

生态安全响应力对生态安全问题因素的作用具体包括预防、预警、控制、减轻、治理、恢复等,本文用“反馈作用”统一代表,不深究具体反馈详细过程,只考虑各种反馈作用的方式和性质。响应力对生态安全问题产生因素作用方式的判断可以根据响应力反馈作用时间与生态安全问题发生的相对前后决定,例如问题发生前的反馈称作预防,临近发生时的反馈称作预警,发生过程中的反馈称作控制和减轻,发生过程末端的反馈称作治理,发生结束后的反馈叫恢复。响应力对生态安全问题因素的反馈性质的不同来自响应力调动和运用人力、物力应对生态安全问题的具体方式上的差异。响应力的作用性质可分为敏感性和持续性两个特征,前者是指生态安全问题出现后该响应力的反馈作用形成反馈效果所需时间的长短,形成时间越短,敏感性越强;后者是指反馈形成后对生态安全问题因素作用的时间长短,作用时间越长,持续性越强。表 2对 6种响应力的作用性质进行分析总结。

表 2 生态安全响应力的作用性质

Tab 2 Property of ecological security response

生态安全响应力	作用性质	
	敏感性	持续性
法律法规与政策	弱	强
管理体制与机制	较弱	较强
经济发展与支持	较弱	较强
基础设施建设	强	中等
教育与科技支撑	较强	强
公众意识与参与	较强	较强

1.3 生态安全响应力与生态安全问题因素的相关性

对于某种具体的生态安全问题因素的反馈作用常集中在某一种或几种途径,由此产生 6种响应力与 9种问题因素之间的相关性有显著差异。例如对自然灾害的反馈作用,主要是通过基础设施建设的途径实现,因此作为响应力的基础设施建设与自然灾害的相关程度相对较高。作用的相关程度反映了某项响应力对生态安全问题因素作用的针对性。这种针对性的强弱很大程度上来自对问题因素反馈作用的直接关系。反馈作用越直接,两者间的相关性越高。

2 生态安全响应力定量评估体系构建

生态安全响应力评估就是对人类调整自身活动以维护或改善生态系统状态、对生态安全进行积极反馈能力的评判。本文将生态安全响应力评估目标定为三个:反馈作用的效果、效率和充分性。反馈的效果是指响应力对生态安全问题因素反馈作用的大小,即对生态安全问题因素进行维持或改善的结果,或者是达到预期目标的程度;反馈的效率是指响应力对生态安全问题因素的反馈作用在时间上的反映;反馈的充分性是指响应力对生态安全问题因素反馈作用的完整性。

2.1 生态安全响应力评估矩阵与指标构建

本文将生态安全响应力的 6 种途径视作生态安全响应力的自变量 X , 驱动力、压力、状态和影响所包含的 9 类因素作为响应力的因变量 Y , 构建生态安全响应力评估矩阵。响应力自变量对因变量指标反馈作用的评估结果构成生态安全响应力评估矩阵中的元素 a_{ij} , 例如 a_{12} 表示自变量 X_1 对因变量 Y_2 的反馈效果的评估结果。根据模糊理论, 所有的 a_{ij} 用隶属度 $0 \sim 1$ 量化表示, 对方法的详细论述参考文献^[11]。

2.2 生态安全响应力定量评估方程

自变量和因变量之间的关系是相互交叉的, 即一个自变量 X 可以作用于多个因变量 Y , 而同一个因变量可能受到多个自变量的影响。整个区域生态安全响应力的评估可以通过生态安全问题 9 个因素受到的反馈作用来建立综合评估方程:

$$A_y = \sum_{j=1}^9 A_{yj} \times W_{yj} \quad (1)$$

其中: A_y 表示 9 个因变量 (生态安全问题因素) 受到反馈作用的综合评估结果; A_{yj} 为生态安全问题因素 Y_j 受到的反馈作用的评估集合; W_{yj} 为生态安全问题各因素在整个生态安全问题中所占权重, 即各因素的相对重要性。 A_y 的评估值越高, 表示生态安全问题产生因素受到的响应力和控制越多, 生态安全的维护能力越强。

通过对生态安全响应力自变量 X_i 实施和运行状况进行评估来获得对各项生态安全问题因素的反馈效果, 建立各项生态安全问题因素的反馈效果评估方程:

$$A_{yj} = \sum_{i=1}^6 a_{ij} \times W_{ij} \quad (2)$$

其中: A_{yj} 代表生态安全问题因素 Y_j 受到的反馈作用效果的评估结果; a_{ij} 代表生态安全响应力

自变量 X_i 自身实施和运行状况的评估结果; W_{ij} 代表生态安全响应力自变量 X_i 与因变量 Y_j 之间作用的相关性。 A_{yj} 的评估值越高, 生态安全问题因素受到的反馈作用的效果越好。

响应力对生态安全问题因素的作用从反馈性质上可以分为敏感性和持续性, 因此生态安全响应力自变量对因变量作用效率评估相应分为注重敏感性的时效性评估和注重持续性的长效评估。生态安全响应力时效评估方程:

$$A'_{yj} = \left(\sum_{i=1}^6 a_{ij} \times W_{ij} \times T_{xi} \right) / A_{yj} \quad (3)$$

其中: A'_{yj} 表示某个生态安全问题因素受响应力反馈作用时效的评估结果; a_{ij} 、 W_{ij} 同上; T_{xi} 代表安全响应力自变量 X_i 自身实施和运行的敏感性, 用隶属度表示。 A'_{yj} 的评估值越高, 表示生态安全问题产生因素受到的反馈作用并产生效果所需的时间越短, 即时效性越好。

生态安全响应力长效评估方程:

$$A''_{yj} = \left(\sum_{i=1}^6 a_{ij} \times W_{ij} \times C_{xi} \right) / A_{yj} \quad (4)$$

其中: A''_{yj} 表示某个生态安全问题因素受响应力反馈作用长效的评估结果; a_{ij} 、 W_{ij} 同上; C_{xi} 代表安全响应力自变量 X_i 自身实施和运行的持续性, 用隶属度表示。 A''_{yj} 的评估值越高, 表示生态安全问题产生因素受到反馈作用并产生效果的持续性越长, 即长效性越好。

根据反馈效果的评估结果, 在此基础上定量分析因变量受自变量反馈作用的充分性; 同时通过列清单法分析各个因变量受自变量作用的完整性。建立生态安全响应力反馈充分性评估方程:

$$A'''_{yj} = 1 - \sum_{i=1}^6 (b_{ij} \times W_{ij}) \quad (5)$$

其中: A'''_{yj} 表示某个生态安全问题因素受响应力反馈作用充分性的评估结果; b_{ij} 表示生态安全响应力自变量 X_i 对因变量 Y_j 的反馈效果与理想值的差距, $b_{ij} = 1 - a_{ij}$; W_{ij} 同上。 A'''_{yj} 的评估值越高, 表示生态安全问题产生因素受到反馈作用与理想值差距越小, 即充分性越高。

3 案例研究

3.1 研究区概况

厦门陆地面积 1573.16 km², 海域总面积约 390 km², 海岸线总长约 234 km。作为我国最早的经济特区之一和海峡西岸重要中心城市, 2006 年厦门常住人口 233 万, 国民生产总值 (GDP)

1168.02 亿元,自 20 世纪 80 年代以来厦门市经济保持每年近 20% 的增长速度,与此同时受全球变化和当地快速城市化影响,厦门海岸带生态系统面临着众多的生态安全压力^[11],包括人为破坏和自然灾害。海岸带生态安全成为厦门市实现可持续发展的挑战。

3.2 研究结果

表 3 厦门海岸带生态安全响应力评估指标体系

Tab 3 Assessment indicators of Xiamen coastal ESR

响应力	细化指标 (操作指标)	响应力	细化指标 (操作指标)	
法律法规与政策	1 环保在政府管理中的重要性	基础设施建设	31 环保消费方式的实施	
	2 人口自然增长率		32 单位 GDP 耗能	
	3 可持续发展战略的实施		33 单位 GDP 耗水	
	4 国内环境法律的实施		34 水资源供应情况	
	5 国际环境条约的实施		35 能源供给情况	
	6 地方法规制定和实施情况		36 粮食供给情况	
	7 自然保护区管理条例实施		37 工业废水达标排放率	
	8 地方环境标准的水平		38 生活垃圾处理率	
管理体制与机制	9 行政管理的效率		39 工业固体废物处理率	
	10 环境影响评价		40 城市污水集中处理率	
	11 建设项目三同时管理		41 空气质量	
	12 排污收费		42 海水水质	
	13 环境目标责任制		43 地表水水质	
	14 城市环境综合整治定量考核		44 森林覆盖率	
	15 排污许可证制		45 保护区面积占国土面积比例	
	16 污染集中控制		46 建成区绿地率	
	17 污染源限期治理		47 水土流失率	
	18 环保投资机制		48 生态恢复建设	
	19 海域功能区划		49 近岸湿地保护率	
	20 环境管理标准的实施		教育与科技支撑	50 科研教育经费占 GDP 比例
21 绿色核算的实施	51 环保技术的应用状况			
经济发展与支持	22 人均 GDP			52 高等教育水平
	23 单位面积产出值		53 环境科学发展水平	
	24 经济产业结构		54 对环境教育的重视程度	
	25 环保产业的发展状况		55 媒体中的环境题材	
	26 环保投入占 GDP 比例		公众意识与参与	56 政府对民众意见的重视程度
	27 循环经济实施			57 个人的环保意识
	28 绿色市场认证比例			58 环保组织的发展情况
	29 科技对经济增长的贡献率			59 环保运动的发展情况
	30 恩格尔系数			60 环保中的公众参与程度

3.2.1 反馈效果评估

厦门 9 项生态安全问题因素受到的反馈效果(见图 1)的评估隶属度在 0.60 ~ 0.67 之间;其中自然灾害受到的反馈效果最差,刚刚达到比较理想水平。而人口变化受到的反馈效果最好,但是也仅仅处在较理想水平的中下等。厦门各项生态安全问题因素受到的反馈效果十分接近,均处于较理想水平。根据厦门 9 项生态安全问题因素的重要性,利用各项生态安全问题因素的反馈效果综合评估方程可以获得厦门生态安全响应力反馈效果的整体结果,评估隶属度为 0.649,处于较

本文以厦门海岸带实际情况为例,通过分析 6 个核心响应力的内涵,逐步分层细化,最终选择 60 个操作指标,见表 3。结合 2002 至 2006 年社会经济调查资料,将每个指标的调查评估结果转化为隶属度代入以上评估体系进行定量评估,具体计算过程可参考文献^[12]。

理想水平。

3.2.2 反馈效率评估

厦门各项生态安全问题因素受响应力反馈作用的长效性要好于时效性。从反馈的时效性来看,自然资源开采受到反馈的效率最低,而自然灾害受反馈的效率最高;从反馈的长效性来看,自然灾害受到反馈的效率最低,而人口变化受反馈的效率最高。究其原因是厦门针对自然灾害的防护措施主要是以基础建设工程为主,而对于人口变化则是以政策、法律和宣传等手段为主;前者见效快,但持续性较低;后者相对见效慢,但持续作用

强。

3.2.3 反馈充分性评估

在对自然灾害的反馈作用中,基础设施建设的充分性最不足,这也是所有响应力对生态安全问题因素作用中最欠缺的一项,其次是公众意识与参与和管理体制与机制,其余 4 项表现良好;针对人口变化的反馈,管理体制与机制的作用充分性相对较差,其次是法律法规与政策,其余 4 项反馈作用都较好;经济条件受到的反馈作用中经济条件发展与支持的作用最欠缺;社会条件受到的反馈

作用是公众意识与参与的表现不够;发展压力受反馈作用不足的是经济发展与支持;生态变化受反馈作用不足的主要是基础设施建设;污染物排放最欠缺的反馈作用也是基础设施建设;资源开采反馈充分性表现比较均匀,没有明显欠缺的反馈作用;资源利用收到的反馈作用中公众意识与参与的不足最显著,超过其余 5 项充分性欠缺数值的总和。根据反馈充分性评估方程计算的结果,厦门各项生态安全问题因素整体来看受到的反馈充分性相差不大,都在较理想水平(图 1)。

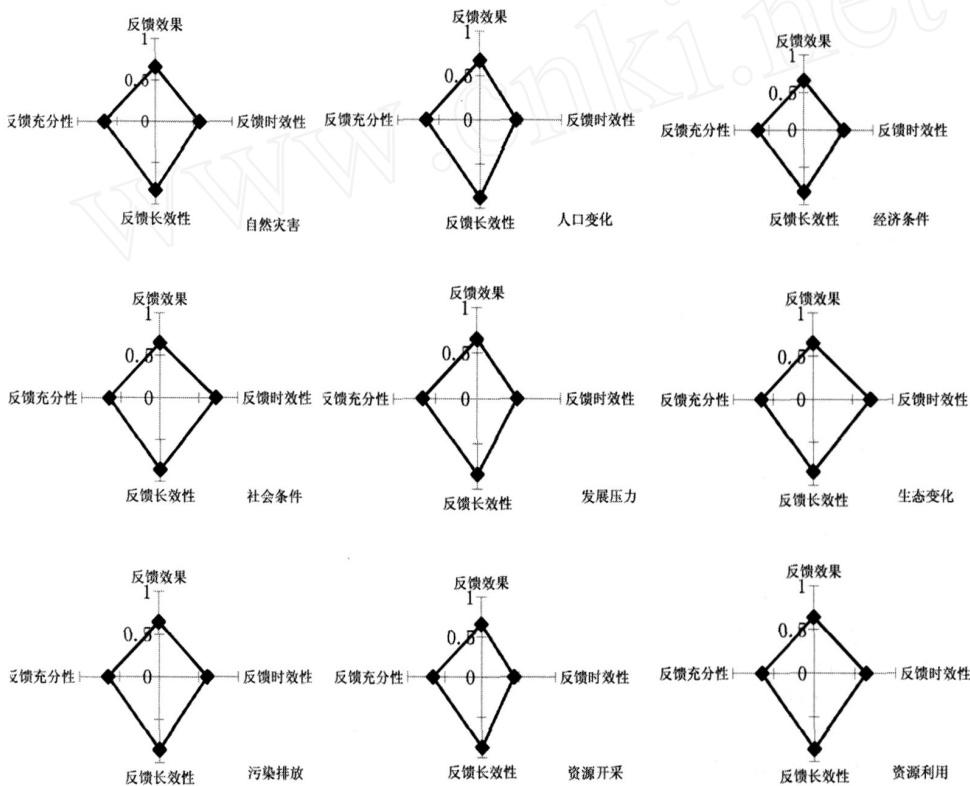


图 1 厦门海岸带生态安全响应力反馈效果、效率和充分性评估结果

Fig 1 Results of Xiamen coastal ESR's feedback effect, efficiency, and sufficiency assessment

4 结论

本文从“驱动力—压力—状态—影响—响应力”模型中引申出生态安全响应力的概念,认为生态安全响应力是指人类对生态安全问题产生的积极反馈,是维护生态系统持续健康状态,不断解决、减轻或预防生态安全压力的作用力。将生态安全驱动力、压力、状态和影响作为响应力作用的对象,归结为生态安全问题产生的因素。通过探讨响应力与生态安全问题因素的作用机制,建立定量评估体系,分析海岸带生态安全响应力反馈效果、反馈效率和反馈充分性,并以厦门海岸带为

例进行案例研究。从案例研究结果来看厦门整体生态安全响应力处在较理想水平,各种生态安全问题因素都受到了比较充分的反馈,但是对海岸带自然灾害的反馈效果不尽理想,反馈作用的长效性要好于时效性。

参考文献:

[1] 吝涛, 薛雄志, 卢昌义. 海岸带生态安全响应力评估方法初探[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(4): 325-328.
 [2] 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.
 [3] LEUNG PS, MURAOKA J, NAKAMOTO ST, et al. Evaluating fisheries management options in Hawaii using analytic hierarchy

process (AHP) [J]. Fisheries Research, 1998, 36: 171-183.

[4] COLMENARES NA, ESCOBAR JJ. Ocean and coastal issues and policy responses in the Caribbean [J]. Ocean & Coastal Management, 2002, 45: 905-924.

[5] LEHTONEN M. The environmental social interface of sustainable development: capabilities, social capital, institutions [J]. Ecological Economics, 2004, 49: 199-214.

[6] JULIA MC, XUE XZ, HONG HS. Lessons learned from decentralized' EM: an analysis of Canada's Atlantic Coastal Action Program and China's Xiamen EM Program [J]. Ocean & Coastal Management, 2003, 46: 59-76.

[7] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD core set of indicators for environmental performance reviews [R]. Paris: OECD, 1993.

[8] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Towards sustainable development: environmental indicators [R]. Paris: OECD, 1998.

[9] 马世骏, 王如松. 社会—经济—自然复合生态系统 [J]. 生态学报, 1984, 4(1): 1-9.

[10] BOWEN R E, RILEY C. Socio-economic indicators and integrated coastal management [J]. Ocean & Coastal Management, 2003, 46: 299-312.

[11] 吝 涛, 薛雄志, 卢昌义. 海岸带生态安全压力分析 [J]. 海洋环境科学, 2006, 25(3): 71-74.

[12] 吝 涛. 海岸带生态安全评价模式研究与案例分析 [D]. 厦门: 厦门大学, 2007.

第二届全国优秀科技期刊 环境科学核心期刊 (双月刊) 《海洋环境科学》2010年度征订指南

本刊简介:

《海洋环境科学》系我国唯一的海洋环境科学学术期刊(1982年创刊,2007年起改为双月刊),由国家海洋局海洋环境保护研究所、国家海洋环境监测中心和中国海洋科学学会共同主办,国内外公开发行。主要内容包括:海洋环境调查与研究、监测与监视、环境法学与环境管理、测试技术、综述和研究简报及学术动态等。读者对象为:与海洋及环境科学研究有关的科研、教学、生产及应用部门的科技和管理人员。

订阅方法:

2010年每份刊物定价为:100元/全年,含邮政平邮邮费。

交款最好以邮局汇款的方式办理,邮寄地址为:

大连市 303信箱,《海洋环境科学》编辑部 张浩收,邮编:116023。

如通过银行信汇的方式办理,我单位收款方式如下:

开户行:工商银行大连市栾金分理处,收款单位:国家海洋环境监测中心,

帐号:3400201009008870857。

注:1.如通过银行电汇,务必注意收款单位名称为“国家海洋环境监测中心”,不要写编辑部的名称上去;2.如需我部提供订刊收费凭证,邮政汇款方式的请在汇款单附言中准确写清发票抬头单位名称,以及发表回寄地址;银行电汇方式的,请汇款之后尽快将本单所附回执单详细填写,挂号信寄至我部,或将回执单扫描、拍照后发至信箱 hzhang@nmemc.gov.cn,也可传真至 0411-84783126。无论选择哪种方式,都请务必确认将回执让我部收到,否则无法及时开具和邮寄发票。

我部会在收到款项后,及时给订户寄发刊物。如有需要交流的问题,请致电:0411-84783126或 Email至 hzhang@nmemc.gov.cn。 联系人:张浩

多谢合作。

《海洋环境科学》编辑部

2009年 10月

订刊汇款回执

交款单位开户银行和帐号(银行电汇者填写此项):		交款金额:	元
发票名头单位:		交款人 联系电话:	
发票邮寄地址:		邮编:	
附言:		交款单位公章:	