

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

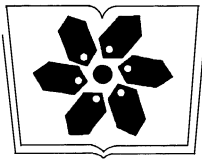
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第15期 Vol.32 No.15 **2012**

中国生态学学会
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 15 期 2012 年 8 月 (半月刊)

目次

放牧对青藏高原东部两种典型高寒草地类型凋落物分解的影响.....	张艳博, 罗 鹏, 孙 庚, 等 (4605)
北京地区外来入侵植物分布特征及其影响因素.....	王苏铭, 张 楠, 于琳倩, 等 (4618)
温带混交林碳水通量模拟及其对冠层分层方式的响应——耦合的气孔导度-光合作用-能量平衡模型	施婷婷, 高玉芳, 袁凤辉, 等 (4630)
洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响	刘 娜, 王克林, 段亚锋 (4641)
大辽河口水环境污染生态风险评估.....	于 格, 陈 静, 张学庆, 等 (4651)
标准化方法筛选参照点构建大型底栖动物生物完整性指数	渠晓东, 刘志刚, 张 远 (4661)
不同年龄段大连群体菲律宾蛤仔 EST-SSR 多样性	虞志飞, 闫喜武, 张跃环, 等 (4673)
基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性	杨晓明, 戴小杰, 朱国平 (4682)
广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异.....	武正军, 戴冬亮, 宁加佳, 等 (4691)
甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质.....	魏 强, 凌 雷, 柴春山, 等 (4700)
短轮伐期毛白杨不同密度林分土壤有机碳和全氮动态.....	赵雪梅, 孙向阳, 康向阳, 等 (4714)
放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态化学计量学特征的影响.....	丁小慧, 官 立, 王东波, 等 (4722)
UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH ₄ 排放的影响	娄运生, 周文麟 (4731)
基于核磁共振波谱的盐芥盐胁迫代谢组学分析.....	王新宇, 王丽华, 于 萍, 等 (4737)
广西甘蔗根际高效联合固氮菌的筛选及鉴定.....	胡春锦, 林 丽, 史国英, 等 (4745)
不同稻蟹生产模式对土壤活性有机碳和酶活性的影响.....	安 辉, 刘鸣达, 王耀晶, 等 (4753)
大兴安岭火烧迹地恢复初期土壤微生物群落特征.....	白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (4762)
川西北冷杉林恢复过程中土壤动物群落动态.....	崔丽巍, 刘世荣, 刘兴良, 等 (4772)
内生真菌角担子菌 B6 对连作西瓜土壤尖孢镰刀菌的影响	肖 逸, 戴传超, 王兴祥, 等 (4784)
西江颗粒直链藻种群生态特征.....	王 超, 赖子尼, 李跃飞, 等 (4793)
大型人工湿地生态可持续性评价.....	张依然, 王仁卿, 张 建, 等 (4803)
孢粉、炭屑揭示的黔西高原 MIS3b 期间古植被、古气候演变	赵增友, 袁道先, 石胜强, 等 (4811)
树干径流对梭梭“肥岛”和“盐岛”效应的作用机制	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (4819)
豆科作物-小麦轮作方式下旱地小麦花后干物质及养分累积、转移与产量的关系	杨 宁, 赵护兵, 王朝辉, 等 (4827)
一次陆源降雨污水引起血红哈卡藻赤潮的成因.....	刘义豪, 宋秀凯, 靳 洋, 等 (4836)
盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力.....	王艳芳, 沈永明 (4844)
城市屋顶绿化资源潜力评估及绿化策略分析——以深圳市福田区为例.....	邵天然, 李超骥, 曾 辉 (4852)
黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势.....	王介勇, 吴建寨 (4861)
重庆市生态功能区蝴蝶多样性参数	李爱民, 邓合黎, 马 琦 (4869)
专论与综述	
干旱半干旱区不同环境因素对土壤呼吸影响研究进展.....	王新源, 李玉霖, 赵学勇, 等 (4890)
土壤呼吸的温度敏感性——全球变暖正负反馈的不确定因素.....	栾军伟, 刘世荣 (4902)
森林土壤甲烷吸收的主控因子及其对增氮的响应研究进展.....	程淑兰, 方华军, 于贵瑞, 等 (4914)
湖泊氮素氧化及脱氮过程研究进展	范俊楠, 赵建伟, 朱端卫 (4924)
研究简报	
刈割对人工湿地风车草生长及污水净化效果的影响.....	吕改云, 何怀东, 杨丹菁, 等 (4932)
学术信息与动态	
全球气候变化与粮食安全——2012 年 Planet Under Pressure 国际会议述评	安艺明, 赵文武 (4940)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-08



封面图说: 水杉是中国特有种, 国家一级保护植物, 有植物王国“活化石”之称, 是 1946 年由中国的植物学家在湖北的利川磨刀溪发现的。水杉曾广泛分布于北半球, 第四纪冰期以后, 水杉属的其他种类全部灭绝, 水杉确在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存, 成为旷世奇珍。水杉耐水, 适应力强, 生长极为迅速, 其树干通直挺拔, 高大秀颀, 树冠呈圆锥形, 姿态优美, 枝叶繁茂, 入秋后叶色金黄。自发现后被人们在中国南方广泛种植, 成为著名的绿化观赏植物, 现在中国水杉的子孙已遍及中国和世界 50 多个国家和地区。

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

DOI: 10.5846/stxb201107091021

王介勇, 吴建寨. 黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势. 生态学报, 2012, 32(15): 4861-4868.

Wang J Y, Wu J Z. Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4861-4868.

黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势

王介勇^{1,*}, 吴建寨^{2,3}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081;
3. 山东经济学院, 济南 250014)

摘要: 黄河三角洲地区正处于快速开发建设时期, 资源丰富, 但生态环境脆弱, 区域生态经济耦合状况影响着区域可持续发展的态势。借鉴一般系统论的思想, 构建了区域生态经济系统耦合过程模型, 定量分析了黄河三角洲区域生态经济系统的耦合过程与演进趋势。结果表明: 1990 年以来黄河三角洲区域生态系统综合指数与经济系统综合指数均呈上升趋势, 区域资源供给和生态环境调节能力逐渐提高, 经济生产能力和社会消费水平不断提升; 黄河三角洲区域生态系统与经济系统总体上处于互动协调发展状态, 1990—2007 年区域生态经济系统耦合度指数先增加后减少, 耦合过程经历了由相悖发展到良性耦合的过程; 按照区域生态经济系统耦合趋势外推, 2019 年将接近最佳耦合点 45°; 区域生态经济系统仍处于较低水平的良性耦合, 区域生态经济发展的速度和质量有待进一步提升。应协同推进区域经济生态化和生态经济化建设, 建立高效生态经济体系, 努力实现区域生态资源资产化、价值化, 提升区域生态经济系统耦合的状态水平。

关键词: 区域生态经济系统; 动态耦合过程; 黄河三角洲

Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta

WANG Jieyong^{1,*}, WU Jianzhai^{2,3}

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Agriculture Information Institute, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China

3 Shandong Economic University, Jinan 250014, China

Abstract: Recently, the dynamic process of regional eco-economic system development has become the hot spot of academic research. Although some models were used to estimate the sustainability of regional eco-economic system, a comprehensive and dynamic index model has not been built yet. The evolution of regional eco-economic system is a dynamic and spiral development process from low-level combination to high-level harmonious coupling state, which is propelled by interaction and mutual influence between Resource-Environment subsystem and Economy-Society subsystem. The aims of regional eco-economic system development are to enhance ecology and economy, and to balance the limitless demand of Economy-Society subsystem and limited supply of Resource-Environment subsystem as well. The regional eco-economic system development is featured by metabolic process through the exchange of materials, energy and information between Resource-Environment subsystem and Economy-Society subsystem. The Yellow River Delta has entered a new period of fast construction and rapid development, since the High Efficiency Eco-economic Zone Plan in Yellow River Delta was implemented in 2006. Though there are abundant resources such as uncultivated land, salt and petroleum, the eco-environment in the Delta is very vulnerable. The large-scale resource exploitation will lead to resource damages or environmental pollution. In order to

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41001109, 41130478); 山东省自然科学基金项目(ZR2009DL011)

收稿日期: 2011-07-09; **修订日期:** 2011-12-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wjy@igsrr.ac.cn

minimize the influence from economic and social activities, the Circular Economy mode would be a favorable developing strategy for the Yellow River Delta. The coupling state of regional eco-economic system has a decisive effect on the pattern and pace of sustainable development. Based on the General System Theory, a processing model of regional eco-economic system is built up in this paper. The coupling degree of the processes and tendency of regional eco-economic system is examined by the processing coupling model. Data and materials were collected from Dongying Statistical Yearbook 1991—2008, land use investigation by the Ministry of Land and Resources of China and Remote Sensing images interpreted by Data Center for Resources and Environmental Sciences Chinese Academy of Sciences (RESDC). The research finds include: Both of the index of Resource-Environment subsystem ($f(en)$) and the index of Economy-Society subsystem ($f(el)$) increased from 1990 to 2007. It indicated that the capabilities of resources supplies and environmental adjustment improved dramatically, and both economic and social progresses made remarkable achievements. Furthermore, the interaction between Resource-Environment subsystem and Economy-Society subsystem is entering a new phase of harmonious and interactive development as a whole. The coupling indices increased from 1990 to 2001 and then decreased from 2001 to 2007, which experienced a process of from inharmonious to concerted coupling. Based on the Trend extrapolation Method, the coupling degree will reach 45° in 2019, the optimal coupling point. However, the coupling state is still at a lower harmonious state, since the level of GDP per capita and urbanization at this area is lower than other developed coastal regions. To achieve a higher harmonious level and coordinate the progresses of ecological economization and economic ecologization, the High Efficient Eco-economic Zone Plan should be strictly implemented.

Key Words: regional eco-economic system; dynamic coupling processes; the Yellow River Delta

区域生态经济系统的动态演进是经济系统与生态系统间相互作用、相互胁迫,由低级协调共生向高级协调发展的螺旋式上升过程^[1-2]。通过诊断区域生态经济系统动态耦合状态,可以寻找系统耦合发展的障碍因素,提出系统协调优化对策,促使系统功能效用的最大化。黄河三角洲地区资源丰富,但生态环境脆弱,人类经济社会活动极易破坏生态系统的稳态^[3-4]。由于黄河三角洲区域多重界面作用、多元动力耦合^[5-6],其经济发展与生态环境关系一直是学术界研究热点,关于三角洲资源开发模式^[7]、土地利用/覆被变化^[5, 8-9]、生态农业模式^[10]、高效生态经济区建设^[11-13]等方面取得了显著进展。当前,区域经济发展系统与生态环境系统之间的作用关系研究逐渐从定性、静态的现状分析转向定量、动态的过程评价。定量评估模型主要有投入产出模型、系统动力学模型、能值分析模型等、系统耦合模型等^[14-19]。2009年11月《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》获国务院批准,标志着黄河三角洲地区开发建设上升为国家战略。深入研究黄河三角洲地区生态经济系统耦合过程及演变趋势,提出促进系统良性耦合的对策建议,对于协调经济发展与生态环境矛盾,推进高效生态经济区建设具有重要的现实意义。

1 研究区域与资料来源

黄河三角洲通常是指1855年黄河于河南省铜瓦厢决口,夺山东大清河入海而形成的近代和现代黄河三角洲。其范围为:以东营市垦利县的宁海为顶点,北起套尔河口,南至淄脉河口的扇形淤积地区,总面积6692 km²。其中93%位于东营市域,7%属滨州市的沾化县。一般情况下,为编制规划或政策管理的需要,将东营市所属的5个区、县(东营区、河口区、垦利县、利津县及广饶县)作为黄河三角洲地区范围(图1)。本研究中黄河三角洲范围为东营市。

研究数据主要来源于1990—2008年东营市统计年鉴(<http://tongji.cnki.net>,中国知网统计年鉴数据库)。1996—2007年耕地面积、湿地面积、后备土地资源数据来源于东营市历年土地利用变更调查数据,1990—1996年耕地面积采用文献^[20]方法对统计数据修正得到。1990—1996年湿地面积和后备土地资源面积数据采用中国科学院资源与环境数据中心遥感解译数据插值获得。

2 区域生态经济系统模型构建

2.1 区域生态经济系统结构及关联

区域生态经济系统由生态系统和经济系统两大子系统组成,具体又可细分为资源供给、经济生产、社会消费、环境调节4个子系统(图2)。资源供给子系统为经济生产子系统供给能源与材料,经济生产子系统的产品通过交换与分配满足社会消费子系统的物质需求,社会消费子系统将废弃物返还给环境调节子系统,环境调节子系统通过分解和消纳废弃物实现生态平衡和资源的循环再生,增加资源供给系统的供给能力,调节区域生态环境。生态与经济双重目标性、人类活动的主导性是区域生态经济系统的本质特征。由于自然生产力更新的长周期与社会生产力更新的短周期,区域生态经济系统内部主要矛盾是经济社会发展需求的无限性和资源环境供给的有限性。区域经济系统和生态系统通过它们之间持续不断的物质、能量、信息的双向流动与交换完成代谢过程。生态系统向经济系统供给资源与生态服务,资源产品经过生产环节或消费环节最终返还给生态系统,“供给-返还”构成了生态经济系统耦合界面。经济系统与生态系统之间的“供给平衡”及“返还平衡”状态决定了区域生态经济系统的耦合程度。人类可以通过技术革新、市场机制、制度设计和环境整治等作用于耦合界面,影响系统耦合过程,消除系统相悖,促进生态与经济协调发展,实现发展模式转型。

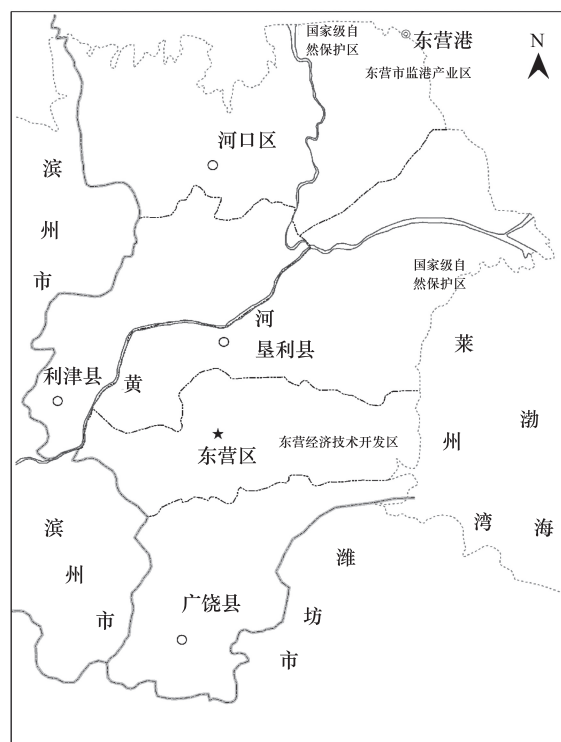


图1 研究区位置

Fig.1 The location of study area

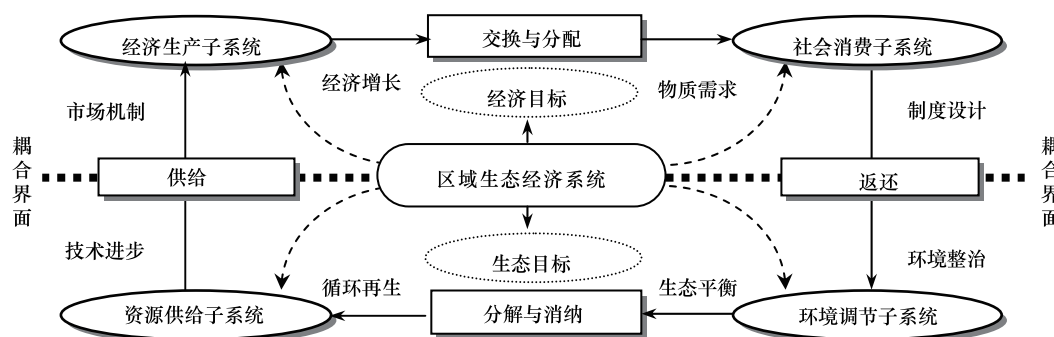


图2 区域生态经济系统结构及其关联图示

Fig.2 The structural connection of eco-economic system

2.2 区域生态经济系统耦合模型构建

区域生态经济系统耦合过程可通过经济系统、生态系统及其互动过程的定量化来表述。借鉴“一般系统论中系统演化”的思想构建“系统耦合过程模型”。区域经济系统与生态系统变化过程都是一种非线性过程,其演化过程模型可以表示为:

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中, f 为 x_i 的非线性函数由于非线性系统的稳定性取决于一次近似系统特征根的性质^[21],因此在保证运动稳定的前提下,将其在原点附近按照泰勒级数展开,并略去高次项,可以得到上述非线性系统的近似表达:

$$\frac{dx(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

用 en , el 分别表示经济系统与生态系统的总量, 区域经济发展与生态系统演化过程的一般函数可以表示为:

$$f(en) = \sum_{i=1}^m a_i x_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad f(el) = \sum_{j=1}^n b_j y_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式中, x_i , y_j 分别为经济和生态系统的要素, a_i , b_j 为各元素的权重。

区域生态经济系统是由经济社会与资源环境二者相互作用构成区域生态经济复合系统, 按照一般系统理论^[22], 该复合系统的演化方程可以表示为:

$$\begin{cases} \frac{df(en)}{dt} = \alpha_1 f(en) + \alpha_2 f(el) \\ \frac{df(el)}{dt} = \beta_1 f(en) + \beta_2 f(el) \end{cases} \quad (4)$$

式中, α_1 , α_2 分别是经济系统与生态系统对经济系统演化过程的响应系数, 是经济系统与生态系统状态表征量对经济系统演变速度的贡献度; β_1 , β_2 分别为经济系统与生态系统对生态系统演化过程的响应系数, 是经济系统与生态系统状态表征量对生态系统演变速度的贡献度, 它指示经济系统与生态系统的互动方向与强度。在特定区域的某一发展阶段它们为常数。

设定 V_{en} , V_{el} 分别为两子系统在受内在因素与外界条件影响下的演化速度。整个系统的演化速度 V 可以看作是 V_{en} 和 V_{el} 的函数, 系统演化速度可以表示为: $V = f(V_{en}, V_{el})$ 。这样, 就可以以 V_{en} , V_{el} 为控制变量, 在二维平面上通过分析 V 的变化来研究整个系统以及两个子系统间的协调耦合关系^[23]。由于经济系统演化的速度一般快于生态系统演化的速度, 所以的变化轨迹为一椭圆(图3)。这样就有,

$$\tan \theta = \frac{V_{en}}{V_{el}} \quad (5)$$

$$\theta = \arctan \frac{V_{en}}{V_{el}} \quad (6)$$

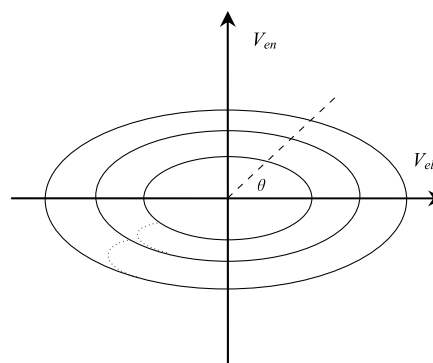


图3 区域生态经济系统耦合过程

Fig. 3 The coupling evolving process of eco-economic system

式中, θ 为区域生态经济系统耦合度, 根据 θ 可以判断整个系统演化状态以及经济发展与生态系统耦合程度。显然, 在一个演化周期内, 整个系统将经历互动发展、系统退化、系统瓦解、系统再生 4 个阶段:

(1) $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$, 区域经济发展和生态环境处于互动发展状态。 $\theta = 0^\circ$ 是区域生态经济系统的起点; $0^\circ < \theta < 45^\circ$, 区域经济社会与生态环境协调发展, 经济社会发展的速度在资源供给和环境调节的能力控制之内; $\theta = 45^\circ$, 区域经济社会的速度与资源再生和生态恢复的速度相等, 区域生态经济系统处于协调发展的最佳点位; $45^\circ \leq \theta < 90^\circ$, 经济社会发展受资源供给和环境调节能力的制约, 生态环境系统为满足经济发展需要, 增长速度超过经济发展速度。

(2) $90^\circ < \theta < 180^\circ$, 区域生态经济系统处于退化状态。资源供给和环境调节力的增长开始出现负增长, 经济发展减速, 整个系统为一个熵增的过程。

(3) $180^\circ \leq \theta < 270^\circ$, 区域生态经济系统处于瓦解状态。 $\theta = 180^\circ$, 经济增长速度为 0; 随着 θ 值增加, 系统加速瓦解, $\theta = 225^\circ$ 是区域生态经济系统的崩溃点; $\theta > 225^\circ$, 生态系统衰退的速度开始低于经济系统衰退速度。

(4) $270^\circ \leq \theta < 360^\circ$, 区域生态经济系统处于再生阶段。通过资源环境与社会经济自组织, 生态系统达

到新的平衡点,生态系统开始正向演化,经济系统衰退的速度减缓,系统进入新的演化周期。

3 黄河三角洲区域生态经济系统耦合

3.1 指标选取及数据处理

遵循科学性与实用性、系统性和层次性、普遍性与特殊性、完备性和简洁性相结合的原则,在深入调查分析黄河三角洲区域生态经济状况的基础上,依据上述区域生态经济系统理论分析,制定评价指标体系。指标体系包括由经济生产能力、社会消费水平、资源供给能力、环境调节能力组成的 4 个一级指标,由地区生产总值、人口总量、耕地面积等组成的 20 个二级指标(表 1)。为了消除数据的数量级以及不同量纲的影响,采用极差法对数据进行标准化处理,计算公式为:

$$A_{ij} = (x_{ij} - \min x_i) / (\max x_i - \min x_i) \quad (6)$$

式中, A_{ij} 为标准化值, i 为年份 j 为指标序号。当指标值为逆向作用时,需要进行变向处理: $A'_{ij} = 1 - A_{ij}$ 。采用 Delphi 法确定各指标权重各指标的权重的赋值。

对上述指标进行计算汇总,得出黄河三角洲区域生态经济系统评价综合指标值。1990—2007 年生态系统与经济系统演化态势如图 3。分别将二曲线进行拟合得到:

$$f(en) = 0.0021t^2 + 0.0084t + 0.0138 \quad (R^2 = 0.9891) \quad (7)$$

$$f(el) = 0.1805e^{0.0745t} \quad (R^2 = 0.9205) \quad (8)$$

据上述方程分别计算得到 V_{en} 和 V_{el} :

$$V_{en} = 0.0042t + 0.0084 \quad (9)$$

$$V_{el} = 0.01345e^{0.0745t} \quad (10)$$

带入方程(6),求得区域生态经济系统耦合度 θ 值(图 4)

表 1 黄河三角洲区域生态经济系统耦合评价指标体系及权重

Table 1 The index system and weights of eco-economic system in Yellow River Delta

子系统 Subsystem	一级指标 Stair index	一级指标权重 Weight	二级指标 Twain index	二级指标权重 Weight
经济系统	经济生产能力	0.55	地区生产总值	0.15
			工业总产值	0.10
			财政收入	0.12
			第三产业增加值占 GDP 比重	0.08
			全社会固定资产投资额	0.10
	社会消费水平	0.45	人口总量	0.10
			单位 GDP 能耗	0.08
			居民消费水平	0.07
			城镇化水平	0.10
			社会消费品零售总额	0.10
生态系统	资源供给能力	0.45	耕地面积	0.12
			单位面积耕地粮食产量	0.08
			后备土地资源面积	0.08
			湿地面积	0.09
			绿地面积占城区面积比重	0.08
	环境调节能力	0.55	环保投资占 GDP 比重	0.13
			工业固废综合利用率	0.10
			城镇生活污水处理率	0.08
			工业废水排放达标率	0.12
			工业二氧化硫去除率	0.12

3.2 综合指数分析

由图4可见,1990年以来黄河三角洲区域生态系统综合指数 $f(el)$ 与经济系统综合指数 $f(en)$ 均呈上升趋势。这表明,整体上,黄河三角洲资源供给和生态环境调节能力逐渐提高,区域经济与社会发展水平显著提升。黄河三角洲盐碱地综合治理取得显著成效,1990年至2007年,单位耕地面积粮食产量由 3.23 t/hm^2 增长到 6.65 t/hm^2 ,耕地面积由 $17.53\times 10^4\text{ hm}^2$ 增加到 $18.23\times 10^4\text{ hm}^2$ 。同时,环境治理投入资金不断增加,环保投资占GDP比重由0.14%增加到2.0%,工业“三废”处置力度不断提高,单位GDP能耗由1990年的8.79万元/吨标准煤降低到2007年的1.65万元/吨标准煤。自20世纪60年代以来,在油气资源开发的带动下,东营市经济快速发展,1992年山东省把黄河三角洲开发列为两大跨世纪工程之一,确定把东营建设成为重要的能源、化工、农牧渔业基地和现代化的石油港口城市,1993年国务院批准东营市为沿海经济开放区,接着把东营港列为国家一类开放口岸。东营市凭借资源优势,经济发展成就显著,但是以石油开采为主的产业发展模式既破坏了原本脆弱的生态环境,又未形成健康的接续产业链。20世纪90年末期,东营市开始注重区域生态与经济协调发展,尤其是2000年以来,以东营市为中心的黄河三角洲高效生态经济区建设被列入国家“十五”规划纲要,同年,联合国工业发展组织批准在东营建设黄河三角洲绿色产业示范区。在一系列政策的推动下,东营市依托丰富的土地、海洋、生物资源,改变传统的经济发展模式,大力发展生态循环经济,以“高效生态”作为区域发展的基本定位,建设生态工业园,发展黄河口湿地旅游产业,构筑现代产业体系。东营市经济社会快速发展,地区国民生产总值和地方财政收入不断提高,产业结构不断优化,居民消费和生活水平得到很大改善,经济系统综合指数不断提高。

3.3 区域生态经济系统耦合过程

1990—2007年间,黄河三角洲区域生态经济系统耦合度均处在 $[45^\circ\text{—}90^\circ)$ 区间,整体上生态系统与经济系统处于互动协调发展阶段。根据图5,黄河三角洲区域生态经济动态耦合演化过程可以划分为两个阶段:

(1) 1990—2001年耦合度快速上升时期,区域生态经济系统耦合度从 47.94° 上升到 60.21° ,逐渐远离最佳耦合点。资源供给和生态环境对经济发展的约束逐渐增强,为保障经济发展的需求,资源供给和环境调节能力增长速度加快。该时期东营市经济发展仍以石油开采为主的高耗能发展模式为主,产业结构单一,资源消耗过快。

(2) 2001—2007年耦合指数下降期,区域生态经济系统耦合度由 60.21° 下降到 57.01° ,逐渐接近最佳耦合点。在这一时期,东营市政府为缓解脆弱生态环境对经济发展的约束,改变传统的高耗能的发展模式,大力发展生态循环经济,产业结构趋于多样化,经济社会发展与生态系统演变的速度逐渐趋于协调。但是,黄河三角洲区域生态经济系统目前仍处于较低水平的耦

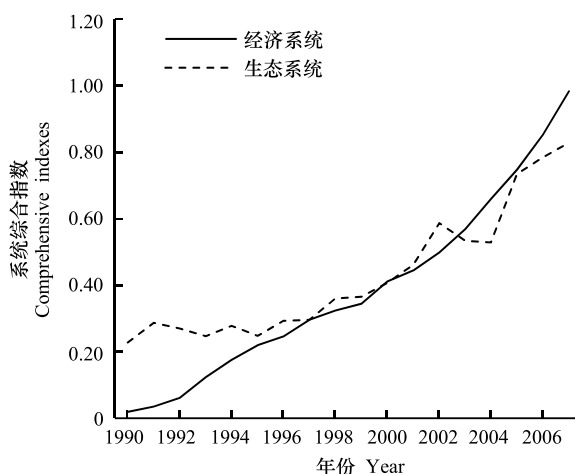


图4 1990—2007年黄河三角洲生态经济系统综合指数变化

Fig. 4 The comprehensive estimated index of co-economic system in Yellow River Delta during 1990—2007

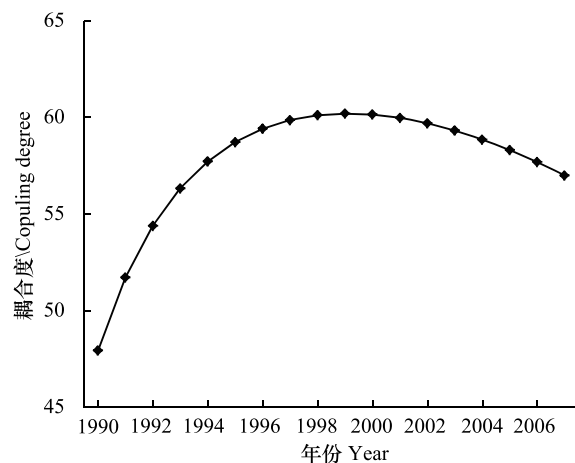


图5 1990—2007年黄河三角洲生态经济系统耦合度指数变化

Fig. 5 The dynamic coupling degree of eco-economic system in Yellow River Delta during 1990—2007

合,人均 GDP 仅为长江三角洲地区的 60%,城镇化水平比长江三角洲地区低近 10 个百分点,离高效生态经济建设的目标仍然较远。

3.4 区域生态经济系统耦合趋势

按照区域生态经济系统演进趋势外推,根据区域生态与经济系统演化速度方程(9)、(10),2015 年区域生态经济系统耦合度达到 49.41° ,2019 年将接近最佳耦合点 45° ,系统的耦合度不断增强。可以预见,今后一段时期内,在《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》的指引下,通过加快发展高效生态农业、环境友好型工业和现代服务业,构建高效生态产业体系,区域生态与经济系统总体上不断趋向更加良好的耦合状态。

4 结论与讨论

区域生态经济系统是由经济社会和资源环境子系统组成的复合系统,它们之间通过持续不断的物质、能量、信息的双向流动与交换完成系统代谢过程。生态系统不断向经济系统供给资源与生态服务,资源产品经过生产环节或消费环节最终返还给生态系统,“供给-返还”构成了生态经济系统耦合界面,经济系统与生态系统之间的“供给平衡”及“返还平衡”状态决定了区域生态经济系统的耦合程度。借鉴一般系统论的思想,构建区域生态经济系统耦合过程模型,定量评估了黄河三角洲区域生态经济系统的耦合过程与演进趋势。

1990 年以来黄河三角洲区域生态系统综合指数 $f(el)$ 与经济系统综合指数 $f(en)$ 均呈上升趋势,区域资源供给和生态环境调节能力逐渐提高,经济社会发展取得显著成效。1990—2007 年间,黄河三角洲区域生态经济系统耦合度均处在 $[45^\circ-90^\circ)$ 区间,系统耦合过程经历了由相悖发展到良性耦合的过程,整体上生态系统与经济系统处于互动协调发展阶段。1990—2001 年耦合度指数逐渐远离最佳耦合点。2001—2007 年耦合指数下降,逐渐接近最佳耦合点。按照区域生态经济系统演进趋势外,2015 年区域生态经济系统耦合度将达到 49.41° ,2019 年将接近最佳耦合点 45° ,系统的耦合度不断增强。

经过多年的开发与保护,黄河三角洲地区经济社会发展取得巨大成就,生态建设和环境保护成效显著。但是,从区域生态经济系统整个耦合发展过程来看,区域生态经济系统仍处于较低层次的良性耦合,区域工业化和城镇化水平不高,资源集约利用水平较低,生态经济效益有待进一步提高。因此,黄河三角洲地区应走经济生态化与生态经济化协同发展的道路,促使生态经济系统效用最大化。应加强生态建设与保护,明确区域主体功能分区,优化经济社会发展与环境资源的时空配置;逐步建成以清洁生产为主体的循环经济产业体系,优化产业布局,促进生态产业群;通过建立生态补偿机制、碳交易等方式,推进生态资源资产化、价值化,协调黄河三角洲经济社会与生态系统的矛盾。协同推进经济生态化和生态经济化,降低环境资源需求,提高环境资源利用效益,缓解生态经济系统主要矛盾,实现系统生态与经济双赢目标,达到区域生态经济系统高水平耦合。

References:

- [1] Wang J J, Guo M C, Jiang Z D, Su X, Li H, Li Q R. The construction and application of an agricultural ecological-economic system coupled process model. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(9): 2371-2378.
- [2] Lü X, Liu X P, Li Z B. Coupling situation of eco-economic system in Tarim River Basin. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(3): 620-624.
- [3] Zhao G X, Li Y H, Xu C D, Wang A L. Relations and sustainable development of soil-human-environment in Kenli County. *Soil and Environmental Sciences*, 1999, 8(4): 250-253.
- [4] Xu X G. The structure of the environment and resources system of the Yellow River Delta. *Journal of Natural Resources*, 1995, 10(1): 51-58.
- [5] Ye Q H, Liu G H, Tian G L, Ye J M, Chen S L, Huang C, Liu Q S, Chang J, Shi Y N, Lou W G. Geospatial-temporal analysis of land-use changes in the Yellow River Delta during the last 40 years. *Science in China Ser. D Earth Sciences*, 2004, 47(11): 1008-1024.
- [6] Xu X G. An analyses on the land structure in the Yellow River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 1997, 52(1): 18-26.
- [7] Mao H Y, Zhao Q J, Gao Q. New thought and pattern under the eco-environmental restriction in the Yellow River Delta. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(4): 459-466.
- [8] Zhao G X, Li J, Wang J Y, Feng D Z. Analysis of land use/cover change and its environment effects based on TM imagery and GIS. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(10): 78-82.
- [9] Xu X G, Chen X L, Guo H H, Lin H P. A study on land use and land cover quality change: taking Yellow River Delta as a case. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(6): 640-648.

- [10] Xu X G. The applicable eco-agricultural models and territorial structure of agriculture in the Yellow River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(1): 27-32.
- [11] Zhang Z G. The function positioning and realization way of the Yellow River Delta High-efficiency Ecological Economic Zone. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Social Sciences*, 2011, 27(1): 29-34.
- [12] Xu L H. Ways and measures of expanding financial resources to the Efficient Ecological Economic Zone of the Yellow River Delta. *Journal of Beijing University of Technology: Social Sciences Edition*, 2011, 11(1): 28-33.
- [13] Shang Y. Developing circular economy: the inevitable choice for the construction of the Yellow River Delta High-efficiency Ecological Economic Zone. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Social Sciences*, 2010, 26(3): 26-31.
- [14] van den Bergh J C J M, Nijkamp P. Operationalizing sustainable development: dynamic ecological economic models. *Ecological Economics*, 1991, 4(1): 11-33.
- [15] Costanza R, Wainger L, Folke C, Mäler K G. Modeling complex ecological economic systems. *BioScience*, 1993, 43(8): 545-555.
- [16] Woodwell J C. A simulation model to illustrate feedbacks among resource consumption, production, and factors of production in ecological-economic systems. *Ecological Modelling*, 1998, 112(2/3): 227-248.
- [17] Eder P, Narodoslawsky M. What environmental pressures are a region's industries responsible for? A method of analysis with descriptive indices and input-output models. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 359-374.
- [18] Xu Z Y, He J L. Analysis of coupling status between ecological system and economic system in Hunan Province. *Resources Science*, 2008, 30(2): 185-191.
- [19] Gao Y, Huang J, Wang Y, Feng Z, Li S C. Study on the urban eco-economic system of Shenzhen City using emergy and wavelet analysis. *Resources Science*, 2011, 33(4): 781-788.
- [20] Feng Z M, Liu B Q, Yang Y Z. A study of the changing trend of Chinese cultivated land amount and data reconstructing: 1949—2003. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(1): 35-43.
- [21] Liao X X. *Theory, Method and Application of Stability*. Wuhan: Huazhong University Press, 1999.
- [22] Bertalanffy L V. *General System Theory: Foundation, Development, Applications*. New York: George Beaziller, 1987.
- [23] Li C M, Ding L Y. Study of coordinated development model and its application between the economy and resources environment in small town. *Systems Engineering-Theory and Practice*, 2004, 24(11): 134-139.

参考文献:

- [1] 王继军, 郭满才, 姜志德, 苏鑫, 李慧, 李奇睿. 农业生态经济系统耦合过程模型的建立及应用. *生态学报*, 2010, 30(9): 2371-2378.
- [2] 吕晓, 刘新平, 李振波. 塔里木河流域生态经济系统耦合态势分析. *中国沙漠*, 2010, 30(3): 620-624.
- [3] 赵庚星, 李玉环, 许春达, 王媛玲. 垦利县土壤-人类-环境相互关系及可持续发展研究. *土壤与环境*, 1999, 8(4): 250-253.
- [4] 许学工. 黄河三角洲的环境资源系统结构. *自然资源学报*, 1995, 10(1): 51-58.
- [5] 叶庆华, 刘高焕, 田国良, 叶景敏, 陈沈良, 黄翀, 刘庆生, 常军, 石亚男, 娄维国. 黄河三角洲土地利用时空复合变化图谱分析. *中国科学(D辑): 地球科学*, 2004, 34(5): 461-474.
- [6] 许学工. 黄河三角洲土地结构分析. *地理学报*, 1997, 52(1): 18-26.
- [7] 毛汉英, 赵千钧, 高群. 生态环境约束下的黄河三角洲资源开发的思路与模式. *自然资源学报*, 2003, 18(4): 459-466.
- [8] 赵庚星, 李静, 王介勇, 酆德柱. 基于 TM 图像和 GIS 的土地利用/覆被变化及其环境效应研究. *农业工程学报*, 2006, 22(10): 78-82.
- [9] 许学工, 陈晓玲, 郭洪海, 林辉平. 黄河三角洲土地利用与土地覆被的质量变化. *地理学报*, 2001, 56(6): 640-648.
- [10] 许学工. 黄河三角洲的适用生态农业模式及农业地域结构探讨. *地理科学*, 2000, 20(1): 27-32.
- [11] 张志国. 黄河三角洲高效生态经济区功能定位及实现路径. *中国石油大学学报: 社会科学版*, 2011, 27(1): 29-34.
- [12] 徐丽红. 黄河三角洲高效生态经济区财源拓展途径与对策. *北京工业大学学报: 社会科学版*, 2011, 11(1): 28-33.
- [13] 尚勇. 发展循环经济: 黄河三角洲高效生态经济区建设的必然选择. *中国石油大学学报: 社会科学版*, 2010, 26(3): 26-31.
- [14] 许振宇, 贺建林. 湖南省生态经济系统耦合状态分析. *资源科学*, 2008, 30(2): 185-191.
- [15] 高阳, 黄姣, 王羊, 冯喆, 李双成. 基于能值分析及小波变换的城市生态经济系统研究——以深圳市为例. *资源科学*, 2011, 33(4): 781-788.
- [16] 封志明, 刘宝勤, 杨艳昭. 中国耕地资源数量变化的趋势分析与数据重建: 1949 ~ 2003. *自然资源学报*, 2005, 20(1): 35-43.
- [17] 廖晓昕. *稳定性的理论、方法和应用*. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.
- [18] 冯·贝塔兰菲. *一般系统论: 基础、发展、应用*. 北京: 社会科学文献出版社, 1987.
- [19] 李崇明, 丁烈云. 小城镇资源环境与社会经济协调发展评价模型及应用研究. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(11): 134-139.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.15 August ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Effects of grazing on litter decomposition in two alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet Plateau	ZHANG Yanbo, LUO Peng, SUN Geng, et al (4605)
Distribution pattern and their influencing factors of invasive alien plants in Beijing	WANG Suming, ZHANG Nan, YU Linqian, et al (4618)
Simulation of CO ₂ and H ₂ O fluxes over temperate mixed forest and sensitivity analysis of layered methods: stomatal conductance-photosynthesis-energy balance coupled model	SHI Tingting, GAO Yufang, YUAN Fenghui, et al (4630)
Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area	LIU Na, WANG KeLin, DUAN Yafeng (4641)
Integrated water risk assessment in Daliao River estuary area	YU Ge, CHEN Jing, ZHANG Xueqing, et al (4651)
Discussion on the standardized method of reference sites selection for establishing the Benthic-Index of Biotic Integrity	QU Xiaodong, LIU Zhigang, ZHANG Yuan (4661)
Genetic diversity analysis of different age of a Dalian population of the Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> by EST-SSR	YU Zhifei, YAN Xiwu, ZHANG Yuehuan, et al (4673)
Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) purse seine catch in the western Indian Ocean	YANG Xiaoming, DAI Xiaojie, ZHU Guoping (4682)
Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (<i>Shinisaurus crocodilurus</i>) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong	WU Zhengjun, DAI Dongliang, NIN Jiajia, et al (4691)
Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinglong Mountain of Gansu	WEI Qiang, LING Lei, CHAI Chunshan, et al (4700)
Dynamics of soil organic carbon and total nitrogen contents in short-rotation triploid <i>Populus tomentosa</i> plantations	ZHAO Xuemei, SUN Xiangyang, KANG Xiangyang, et al (4714)
Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mongolia	DING Xiaohui, GONG Li, WANG Dongbo, et al (4722)
Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH ₄ emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil	LOU Yunsheng, ZHOU Wenlin (4731)
NMR spectroscopy based metabolomic analysis of <i>Thellungiella salsuginea</i> under salt stress	WANG Xinyu, WANG Lihua, YU Ping, et al (4737)
Screening and identification of associative nitrogen fixation bacteria in rhizosphere of sugarcane in Guangxi	HU Chunjin, LIN Li, SHI Guoying, et al (4745)
Effects of different rice-crab production modes on soil labile organic carbon and enzyme activities	AN Hui, LIU Mingda, WANG Yaojing, et al (4753)
The characteristics of soil microbial communities at burned forest sites for the Great Xingan Mountains	BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (4762)
Changes of soil faunal communities during the restoration progress of <i>Abies faxoniana</i> Forests in Northwestern Sichuan	CUI Liwei, LIU Shirong, LIU Xingliang, et al (4772)
The effects of the endophytic fungus <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 on <i>Fusarium oxysporum</i> in a continuously cropped watermelon field	XIAO Yi, DAI Chuanchao, WANG Xingxiang, et al (4784)
Population ecology of <i>Aulacoseira granulata</i> in Xijiang River	WANG Chao, LAI Zini, LI Yuefei, et al (4793)
Evaluation of ecosystem sustainability for large-scale constructed wetlands	ZHANG Yiran, WANG Renqing, ZHANG Jian, et al (4803)
MIS3b vegetation and climate changes based on pollen and charcoal on Qianxi Plateau	ZHAO Zengyou, YUAN Daoxian, SHI Shengqiang, et al (4811)
The effects of stemflow on the formation of "Fertile Island" and "Salt Island" for <i>Haloxylon ammodendron</i> Bge	LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (4819)
Accumulation and translocation of dry matter and nutrients of wheat rotated with legumes and its relation to grain yield in a dryland area	YANG Ning, ZHAO Hubing, WANG Zhaohui, et al (4827)
Occurrence characteristics of <i>akashiwo sanguinea</i> bloom caused by land source rainwater	LIU Yihao, SONG Xiukai, JIN Yang, et al (4836)
Analysis on landscape pattern change and its driving forces of Yancheng National Natural Reserve	WANG Yanfang, SHEN Yongming (4844)
Resource potential assessment of urban roof greening and development strategies: a case study in Futian central district, Shenzhen, China	SHAO Tianran, LI Chaosu, ZENG Hui (4852)
Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta	WANG Jieyong, WU Jianzhai (4861)
The diversity parameters of butterfly for ecological function divisions in Chongqing	LI Aimin, DENG Heli, MA Qi (4869)
Review and Monograph	
Responses of soil respiration to different environment factors in semi-arid and arid areas	WANG Xinyuan, LI Yulin, ZHAO Xueyong, et al (4890)
Temperature sensitivity of soil respiration: uncertainties of global warming positive or negative feedback	LUAN Junwei, LIU Shirong (4902)
The primary factors controlling methane uptake from forest soils and their responses to increased atmospheric nitrogen deposition: a review	CHENG Shulan, FANG Huajun, YU Guirui, et al (4914)
The research progresses on biological oxidation and removal of nitrogen in lakes	FAN Junnan, ZHAO Jianwei, ZHU Duanwei (4924)
Scientific Note	
Cutting effects on growth and wastewater purification of <i>Cyperus alternifolius</i> in constructed wetland	LÜ Gaiyun, HE Huaidong, YANG Danjing, et al (4932)

《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 15 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 15 (August, 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