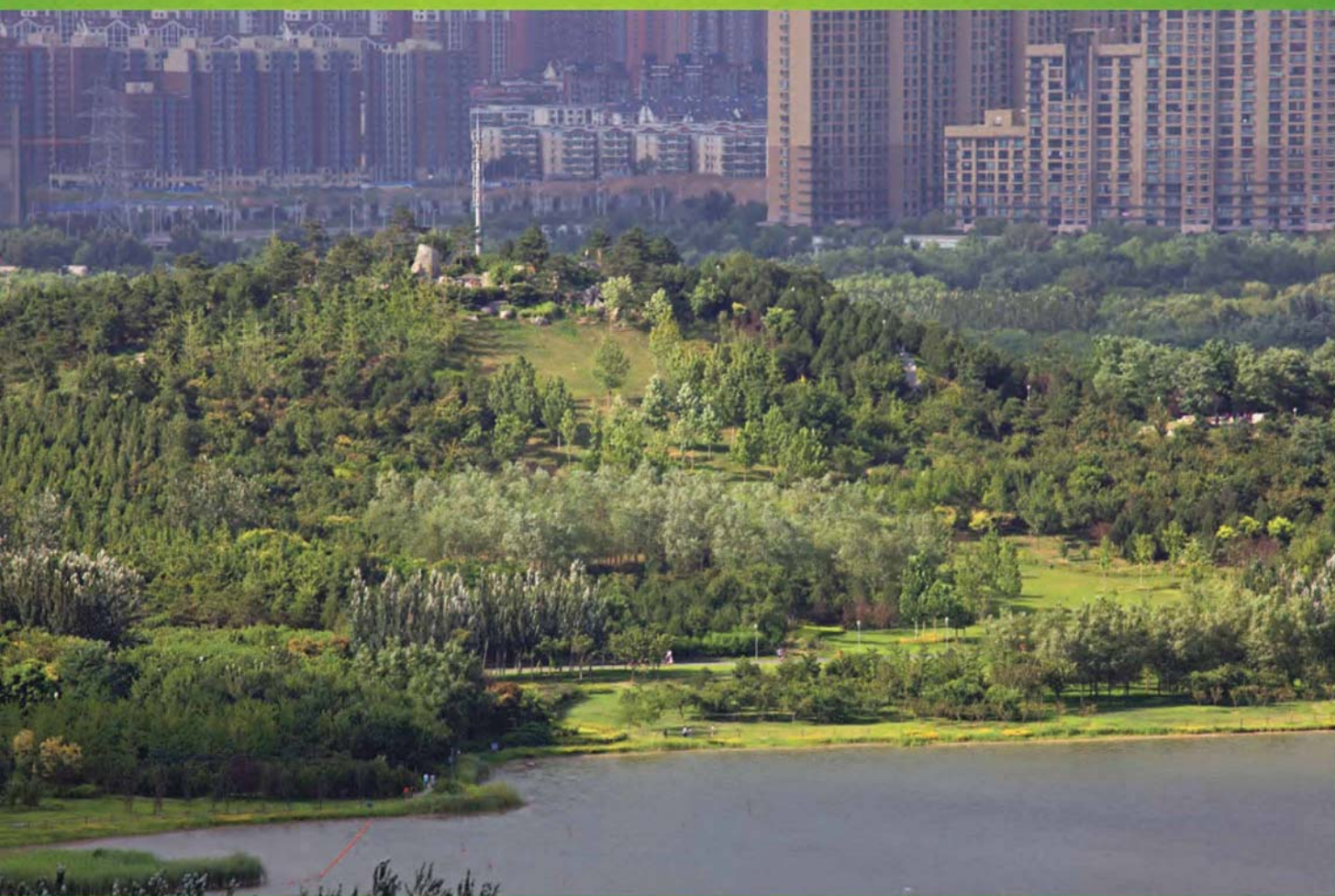


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第1期 Vol.34 No.1 **2014**

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 34 卷 第 1 期 2014 年 1 月 (半月刊)

## 目次

卷首语: 复杂与永续..... ( I )

### 前沿理论与学科综述

城市复合生态及生态空间管理 ..... 王如松, 李 锋, 韩宝龙, 等 ( 1 )

海洋生态系统固碳能力估算方法研究进展 ..... 石洪华, 王晓丽, 郑 伟, 等 ( 12 )

城市生态系统灵敏度模型评述 ..... 姚 亮, 王如松, 尹 科, 等 ( 23 )

城市生活垃圾代谢的研究进展..... 周传斌, 徐琬莹, 曹爱新 ( 33 )

### 个体与基础生态

胶州湾生物-物理耦合模型参数灵敏度分析 ..... 石洪华, 沈程程, 李 芬, 等 ( 41 )

渤海湾大型底栖动物调查及与环境因子的相关性 ..... 周 然, 覃雪波, 彭士涛, 等 ( 50 )

生物扰动对沉积物中污染物环境行为的影响研究进展 ..... 覃雪波, 孙红文, 彭士涛, 等 ( 59 )

### 种群、群落和生态系统

密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系 ... 王大尚, 李屹峰, 郑 华, 等 ( 70 )

长岛自然保护区生态系统维护的条件价值评估 ..... 郑 伟, 沈程程, 乔明阳, 等 ( 82 )

海岛陆地生态系统固碳估算方法 ..... 王晓丽, 王 媛, 石洪华, 等 ( 88 )

### 景观、区域和全球生态

区域生态文明建设水平综合评估指标 ..... 刘某承, 苏 宁, 伦 飞, 等 ( 97 )

基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价 ..... 杨建强, 朱永贵, 宋文鹏, 等 ( 105 )

1985 年以来黄河三角洲孤东海岸演变与生态损益分析 ..... 刘大海, 陈小英, 徐 伟, 等 ( 115 )

基于复合生态系统理论的海洋生态监控区区划指标框架研究 ..... 徐惠民, 丁德文, 石洪华, 等 ( 122 )

我国环境功能评价与区划方案 ..... 王金南, 许开鹏, 迟妍妍, 等 ( 129 )

### 资源与产业生态

生态产业园的复合生态效率及评价指标体系 ..... 刘晶茹, 吕 彬, 张 娜, 等 ( 136 )

我国农业生态效率的时空差异..... 程翠云, 任景明, 王如松 ( 142 )

内蒙古半干旱生态脆弱矿区生态修复耦合机理与产业模式 ..... 陈玉碧, 黄锦楼, 徐华清, 等 ( 149 )

基于物质流分析方法的生态海岛建设研究——以长海县为例 ..... 陈东景, 郑 伟, 郭惠丽, 等 ( 154 )

再生(污)水灌溉生态风险与可持续利用 ..... 陈卫平, 吕斯丹, 张炜铃, 等 ( 163 )

基于流域单元的海湾农业非点源污染负荷估算——以莱州湾为例..... 麻德明, 石洪华, 丰爱平 ( 173 )

集约用海对海洋生态环境影响的评价方法 ..... 罗先香,朱永贵,张龙军,等 (182)

## 城乡与社会生态

基于生态系统服务的城市生态基础设施:现状、问题与展望..... 李 锋,王如松,赵 丹 (190)

北京城区道路系统路网空间特征及其与 LST 和 NDVI 的相关性 ..... 郭 振,胡 聃,李元征,等 (201)

基于复合生态功能的城市土地共轭生态管理 ..... 尹 科,王如松,姚 亮,等 (210)

重庆市森林生态系统服务功能价值评估 ..... 肖 强,肖 洋,欧阳志云,等 (216)

渤海湾港口生态风险评估 ..... 彭士涛,覃雪波,周 然,等 (224)

达标污水离岸排海末端处置技术研究综述 ..... 彭士涛,王心海 (231)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 238 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 28 \* 2014-01



**封面图说:** 北京奥林匹克公园——在高楼林立的大城市中,办公楼、居民区、学校、路网系统、公园以及各种水泥、沥青硬路面和树木、绿草地、土面、水面等等组成了复杂多样的城市生态景观,居住着密集的人口并由于人们不断的、强烈的干预,使这个城市生态系统显得尤其复杂而又多变。因此,系统复杂性及灵敏度是困扰城市生态系统研究和管理的重要因素,建立灵敏度模型是致力于解决城市规划管理中的复杂性问题的有效方法,网状思维与生物控制论观是其核心,也是灵敏度模型的思想基础。图为北京中轴线北端被高楼簇拥着的奥林匹克公园的仰山和龙型水系。

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

DOI: 10.5846/stxb201211041534

刘某承, 苏宁, 伦飞, 曹智, 李文华, 闵庆文. 区域生态文明建设水平综合评估指标. 生态学报, 2014, 34(1): 97-104.

Liu M C, Su N, Lun F, Cao Z, Li W H, Min Q W. An integrated indicator on regional ecological civilization construction. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(1): 97-104.

## 区域生态文明建设水平综合评估指标

刘某承<sup>1,\*</sup>, 苏宁<sup>2</sup>, 伦飞<sup>1</sup>, 曹智<sup>1</sup>, 李文华<sup>1</sup>, 闵庆文<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 北京体育大学研究生院, 北京 100084)

**摘要:**2007 年中国政府提出“生态文明”建设以来,已批准了三批 52 个生态文明建设试点。生态系统与社会经济发展的复杂性要求科学、客观地评估区域生态文明建设,以便科学地决策和行动。区域生态文明建设是一个复合的过程,其核心在于社会-经济-自然复合生态系统各组分的和谐进步。因此,基于生态系统服务(ES)、生态足迹(EF)和人均 GDP 3 个指标,以及这 3 个指标所代表的资源禀赋、人类对自然生态系统的占用、经济增长之间的线性逻辑关系,构建综合性相对指数;并以此对 2010 年中国大陆各省(市、直辖市)的生态文明建设水平进行了综合评估,其中,海南省的生态文明建设指数最大,为 0.5091,北京市的指数最小,为 0.0377;最后,分析了 2010 年中国大陆各省(市、区)生态文明建设的生态压力和生态效率,北京、天津和上海 3 个直辖市处于低资源禀赋高资源消费状况,全国大多数省(市、区)处于低消耗和低产出的阶段,经济增长尚有较大的潜力。

**关键词:**生态文明;综合指标;生态系统服务;生态足迹;GDP

## An integrated indicator on regional ecological civilization construction

LIU Moucheng<sup>1,\*</sup>, SU Ning<sup>2</sup>, LUN Fei<sup>1</sup>, CAO Zhi<sup>1</sup>, LI Wenhua<sup>1</sup>, MIN Qingwen<sup>1</sup>

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

2 Graduate School of Beijing Sport University, Beijing 100084, China

**Abstract:** As the demand for natural resources is growing rapidly, along with rapid population growth, ecological and environmental problems have increasingly become the bottlenecks of sustainable development of China. In 2007, the Chinese government put forward “ecological civilization construction”, and now 52 cities have been selected as “Ecological Civilization Cities” pilot sites. Recently, it also proposed to “Vigorously Promote the Construction of Ecological Civilization”, which means ecological civilization should be conducted with the civilization of politics, economy, society and culture, simultaneously and equally importantly. With the concept of balancing the relationship between society development and nature protection, ecological civilization construction has already guided local sustainable development in many regions. However, due to the complexity of ecosystems and socioeconomic systems, it needs to scientifically evaluate the progress of regional ecological civilization construction. Then, it can help decision-makers and also can scientifically guide local sustainable development. Ecological civilization construction is an integrated process, and its core content is to keep in harmony development of all the components in the complex social-economic-natural ecosystems. Therefore, in this paper, ecosystem services (ES), ecological footprint (EF) and gross domestic product (GDP) were selected in order to reflect the resource endowment, human occupation on natural capital, and the economic growth. Thus, an integrated indicator was constructed from the three indexes based on the linear correlation among them, an integrated indicator was constructed, which can comprehensively evaluate local ecological civilization construction.

Based on the integrated indicator, 31 provinces were assessed on their progress of ecological civilization construction in

**基金项目:**中国科学院地理科学与资源研究所“一三五”战略科技计划资助项目(2012ZD007)

**收稿日期:**2012-11-04; **修订日期:**2013-12-28

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liumc@igsnrr.ac.cn



China, in 2010. Then, we calculated ecosystem services, ecological index and the integrated indicator in each province. According to the results, we finally analyzed their ecological efficiency and ecological pressure during the process of ecological civilization construction. The results showed that Hainan province has the biggest indicator of 0.5091 while Beijing has the smallest indicator of 0.0377, which meant the potential capacity of ecological civilization construction of Hainan province is largest while Beijing had the least potential. This paper also analyzed the ecological efficiency and ecological pressure of ecological civilization construction of each province in China. It illustrated that, if human occupation on natural capital was low in one region, it can provide more goods and services to promote local sustainable development thanks to its healthy ecosystem; if human occupation is on a high level, its sustainable development capacity was relatively worse although the local ecosystem services were higher. However, if human occupation reached a very high level, their local development relied heavily on external input, and their sustainability was the worst.

**Key Words:** ecological civilization construction; integrated indicator; ecosystem services; ecological footprint; GDP

中国是宣布实施可持续发展战略最早的一个发展中国家,各级政府也都进行了有益的探索。继十七大提出建设生态文明之后,各地积极投入生态文明建设,环保部于2008年、2009年和2011年批准了3批52个生态文明建设试点,同时明确了凡是完成了生态市、县建设的地区,都可以直接转入生态文明建设的试点阶段。2012年党的十八大提出“大力推进生态文明建设”,把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程。生态文明建设是一个复合的过程,其核心在于社会-经济-自然复合生态系统各组分的和谐进步,保育优美的生态环境,发展高效的生产方式和节约的生活方式,提高人民的生活福祉<sup>[1]</sup>。

在生态文明建设过程中,科学的指标体系具有重要的意义<sup>[2]</sup>。然而,现行的指标体系多为单要素指标的菜单式罗列,欠缺对指标之间的协调性的考量,同时无法给管理部门提供对区域生态文明建设进程的直接判断<sup>[3]</sup>。区域生态文明建设是一个复合的过程,其核心在于社会-经济-自然复合生态系统各组分的和谐进步。生态文明建设指标的构建需耦合资源本底、社会发展对资源环境的占用以及经济增长等多方面因素<sup>[4]</sup>。因此,本文基于生态系统服务(ES)、生态足迹(EF)和人均GDP及其所代表的资源禀赋、人类对自然生态系统的占用、经济增长之间的线性逻辑关系,构建综合性相对指数,从系统的角度来综合评估区域发展的可持续性。

## 1 区域生态文明建设指标的研究与实践

近年来,为对生态文明建设定量评估提供科学

依据,不仅研究人员从不同的学科角度提出了许多创新性的指标体系,而且生态文明建设规划实践在全国各大城市纷纷展开,从实践的角度制订了易操作易考核的指标体系,极大的促进了这一新兴领域的研究和发展<sup>[5]</sup>。

在研究层面,我国一些专家学者提出了多个指标体系并在不同层次和不同地区进行了实证研究,按评估方式可以将这些指标分为综合评价,货币评价,菜单式评价以及单项评价等4大类,表1列出了每种类型的优缺点。由于我国开展生态文明建设的时间并不长,关于生态文明建设的理论、规划、设计和管理机制还不够成熟,许多问题还处于探索阶段,特别是指标体系在实践过程中也反映出了一些问题,有待进一步发展和完善<sup>[6]</sup>。

在实践层面,2003年国家环保总局印发了《关于印发〈生态县、生态市、生态省建设指标(试行)〉的通知》,并随着对生态省(市、县)建设认识的不断深入,指标体系经过了两次修改,发展成为涵盖经济发展、生态环境保护和社会进步3个方面的23个考核指标(表2),在区域发展规划中展示了强大的生命力。而目前相关部委尚未提出统一的生态文明建设指标要求,各地的实践基本上依照生态省(市、县)建设指标制订区域生态文明建设的指标体系(表2)。贵阳、张家港、嘉善、杭州和苏州5个城市的生态文明建设指标从大的结构上基本一致,分为经济/产业类、环境类、人居/民生类、文化/意识类、制度/体制类等。通过对比不难看出,生态市与生态文明建设的指标分类没有根本性地差别,生态文明建设强调了人文民生和文化意识指标,并在制度体制方

面进行了补充。因此,相对于生态市建设而言,生态文明建设更注重建设全新的环境伦理观、强调人与自然的和谐共处。在实际操作中,生态文明更注重意识形态和生态制度方面的建设<sup>[18]</sup>。

表 1 各类区域生态文明评价指标体系的优缺点对比  
Table 1 Advantages and disadvantages of some typical indicators

指标类型 Type	代表例子 Example	特点 Advantage	缺陷 Disadvantage
综合评价 Integrated assessment	省级生态文明建设评价指标体系 <sup>[7]</sup> ;西部地区生态文明建设指标体系 <sup>[8]</sup> ;环保部政研中心生态文明建设指标体系;生命力指数等 <sup>[9]</sup>	直观、简单,适合于宏观层次	数据获取困难;数据标准化不易
经济评价 Economic assessment	绿色 GDP; 真实储蓄率 (GSR) <sup>[10]</sup> ; 真实发展指标 (GPI) <sup>[11]</sup> ; 可持续经济福利指数 (ISEW) <sup>[12]</sup> 等	直观,适宜比较和宏观分析	有些参量货币化不易; 贴现率确定困难; 存在市场失灵
生态环境类 Environmental assessment	环境可持续性指标 (ESI); 环境绩效指数 (EPI); 生态需求指标 (ERI); 生态服务指标 (ES) <sup>[13-14]</sup> ; 生态足迹 (EF) <sup>[15-16]</sup> ; 生态系统健康等 <sup>[17]</sup>	目标单一,可比性强	涵盖内容少,不能反映可持续发展全貌
生态创建类 Ecological construction assessment	环保部环保模范城指标; 环保部生态省 (市、县) 指标; 住建部国家园林城市指标; 国家林业局国家森林公园城市指标; 中央文明委全国文明城市等	覆盖面宽,描述性、灵活性和通用性好	综合程度低,整体比较尚很困难

表 2 生态市与部分生态文明建设试点指标对比  
Table 2 Comparison on indicator system between eco-city and eco-civilization construction

生态市 2008		指标分类 Indicator system						指标数量 Indicator number
		经济发展	生态环境保护	社会进步				23
生态文	贵阳 2008	生态经济	生态环境	民生改善	生态文化	基础设施	廉洁高效	33
明建设	张家港 2009		生态环境文明	人居环境文明	生态意识文明	生态行为文明	生态制度文明	31
	嘉善县 2011	生态产业	生态环境	人居环境	生态文化		生态制度	29
	杭州 2011	生态经济	生态环境	生态人居	生态文化		机制体制	31
	苏州 2011	生态经济	生态环境	生态人居	生态文化		生态制度	28
		经济/产业	环境	人居/民生	文化/意识	其他	制度/体制	

生态文明建设 Eco-civilization construction

生态系统与社会经济发展的复杂性决定了生态文明建设的评估是一项复合性的系统工作,要求指标能全面、客观地评估人与自然之间以及自然内部各要素之间的相互作用和响应机制,以指导人类合理地安排人与自然之间的关系。而现行的指标体系多为单要素指标的菜单式罗列,欠缺对指标之间的协调性的考量,也无法给管理部门提供对区域生态文明建设进程的直接判断。虽然,可以利用集对分析等数学方法将多个指标系统合成一个与最优评价集的相对贴适度<sup>[19]</sup>,用来直接判断区域生态文明建设的水平,但这种数学方法未能很好表征不同指标之间的相互关系。

2 区域生态文明建设水平综合评估指标

区域生态文明建设是一项系统工程。首先,地区的自然生态环境为区域生态文明建设提供有力支

撑,当然这并不意味着自然生态条件差的地区就不能建设生态文明,但也不能否认自然生态条件良好的地区有更广阔的发展空间;同时,使用指标来衡量和监测区域生态文明建设程度不能忽视该地区社会发展和人民生活对自然生态的消费状况,对自然生态压力小的地区,不仅可以实现自身的可持续发展,通过贸易等交流还可以带动其他地区的发展;最后,生态文明建设还应当而且必须实现经济的增长和人民生活水平的提高,只不过这种增长和提高不是以牺牲生态环境质量为代价得到的,事实证明,通过转变发展模式、提高资源利用效率等一系列手段,可以实现经济效益与生态效益的双赢。

2.1 区域生态系统服务评估的指标选择及测算

本文选择生态系统服务 (ES)<sup>[11-12]</sup> 表征区域的自然生态条件,生态系统服务功能越大,表示该地区的自然生态条件越好,可以为生态文明建设提供更

广阔的空间。概括起来,生态系统服务的评估方法主要有三类:物质质量评估法、价值量评估法和能值评估法。3种方法各有利弊:物质质量评估法得到的各项服务结果的量纲不同,无法汇总;价值量评估法则囿于价值化的主观性和不确定性;而能值评估法不能反映生态系统服务的稀缺性以及能值转换率的不确定性。因此,本文用价值量评估法来计算各地区的生态系统服务,因其有统一的量纲同时可以反映自然资源的稀缺性。2010年中国大陆各省生态系统服务价值评估参照欧阳志云<sup>[20]</sup>的具体指标和计算方法。

## 2.2 区域生态足迹评估的指标选择及测算

在评价模型中,采用生态足迹指数(EFI)表征区域社会经济发展对资源环境的占用,这是因为生态足迹只是反映占用的绝对数量,而定量评估区域生态文明建设水平需要一个反映这种占用程度的指标。而且生态足迹指数是特定区域生物承载力与生态足迹之差占生物承载力的百分比,可视为该区域生态文明发展能力的潜力。

$$EFI = \frac{BC - EF}{BC} \times 100\% \quad (2)$$

式中,EFI为年度区域生态足迹指数;BC为年度区域生物承载力;EF为年度区域生态足迹。其中,

$$EF = \sum_{j=1}^6 (r_j \cdot \sum_i \frac{c_i}{gP_i}) = \sum_{j=1}^6 (r_j \cdot \sum_i \frac{c_i}{lP_i} \cdot YF_i) \quad (3)$$

$$BC = \sum_{j=1}^6 r_j \cdot (\sum_i \frac{ny_i}{gP_i}) = \sum_{j=1}^6 r_j \cdot (\sum_i \frac{ny_i}{lP_i} \cdot YF_i) \quad (4)$$

式中,EF为生态足迹,BC为生态承载力; $j$ 为生产性空间的类型,包括农地、畜牧地、林地、渔业空间、建筑用地和能源用地; $r_j$ 为第 $j$ 类土地利用的均衡因子; $i$ 为消费项目的类型; $c_i$ 为 $i$ 种消费项目的年人均消费量; $gP_i$ 和 $lP_i$ 分别指第 $i$ 种消费项目单位面积的全球年平均产量和国家平均产量; $YF_i$ 指产量因子(为 $gP_i$ 和 $lP_i$ 的比值); $ny_i$ 为第 $i$ 类消费项目的区域年总产量。

## 2.3 综合评估指标的构建

选择人均国内生产总值(GDP)表征区域的经济增长情况,虽然由于GDP存在一些缺陷,但其还是反映一个地区经济整体发展状况的最有效的指标

之一。

2003年,Andrea Nightingale提出了区域可持续发展评估的“房间”概念,构建了以资源环境指标作为地基、资源环境利用效率作为立柱、社会经济发展作为屋顶的三维垂直模型<sup>[21]</sup>。因此,基于生态系统服务价值、生态足迹指数和人均国内生产总值这3个指标所代表的资源禀赋、人类对自然生态系统的占用、经济增长之间的线性逻辑关系(图1),通过计算3个指标构成图形的面积,即可构成用于评估区域生态文明建设水平的相对综合性指数:

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{es^2 + ef^2} \cdot \sqrt{gdp^2 + \left( \frac{es \cdot ef}{\sqrt{es^2 + ef^2}} \right)^2} \\ = \frac{1}{2} \sqrt{gdp^2 es^2 + es^2 ef^2 + ef^2 gdp^2} \quad (1)$$

式中, $r$ 为本文构建的评估区域生态文明建设水平的相对综合性指数; $gdp$ 、 $es$ 和 $ef$ 分别为归一化处理后的各地区的人均国内生产总值、生态系统服务价值和生态足迹指数。

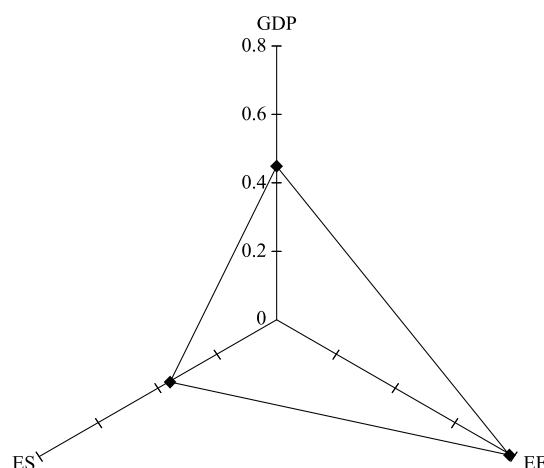


图1 基区域生态文明建设水平综合评估概念框架

Fig.1 Comprehensive evaluation on eco-civilization construction based on ES, EF and GDP

ES: 基于生态系统服务、生态足迹; EF: 生态足迹; GDP: 人均

根据公式(1)进行区域生态文明建设水平评估,需要对年度区域的生态足迹指数、生态系统服务价值、人均生产总值进行归一化处理。本文认为,在区域生态文明建设中,区域的资源禀赋、社会经济发展对资源的消耗以及区域生产总值三个方面同样重要,各自权重均取1。

对每个指标进行归一化处理,公式如下:

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (5)$$

式中,  $x'$  为归一化后的指标;  $x$  为归一化前的指标;  $x_{\max}$  和  $x_{\min}$  分别为该指标的最大值和最小值。

### 3 区域生态文明建设水平评价实例

运用本文提出的区域生态文明建设评估综合指标,对中国大陆 2010 年各省(区、直辖市)生态文明建设水平进行评价。

#### 3.1 数据来源

生态足迹相关计算的数据来源于《中国统计年鉴》(2011),2011 年中国国民经济和社会发展统计公报<sup>[22]</sup>,FAO 数据库<sup>[23]</sup>,中国科学院地理科学与资源研究所数据库<sup>[24]</sup>等,均衡因子、产量因子、转换因

子等关键参数来源文献<sup>[25-26]</sup>;生态系统服务相关计算所用遥感数据来自中国科学院接收并经过初级处理后的 MODIS 数据,图像空间分辨率为  $1\text{km} \times 1\text{km}$ ,时间分辨率为天;1:100 万《中国植被类型图》,1:400 万数字化《中国植被类型图》;1:400 万《中国土壤质地图》。国内生产总值和人口数据来源于《中国统计年鉴》(2011)。

#### 3.2 评估结果

根据 2010 年中国大陆各省(市、区)的相关数据利用(1)—(5)式,计算出 2010 年中国大陆各省(市、区)生态文明建设水平(图 2),就可以从自然禀赋、生态占用和经济增长三个方面对各个地区的生态文明建设水平有个整体上的判断。

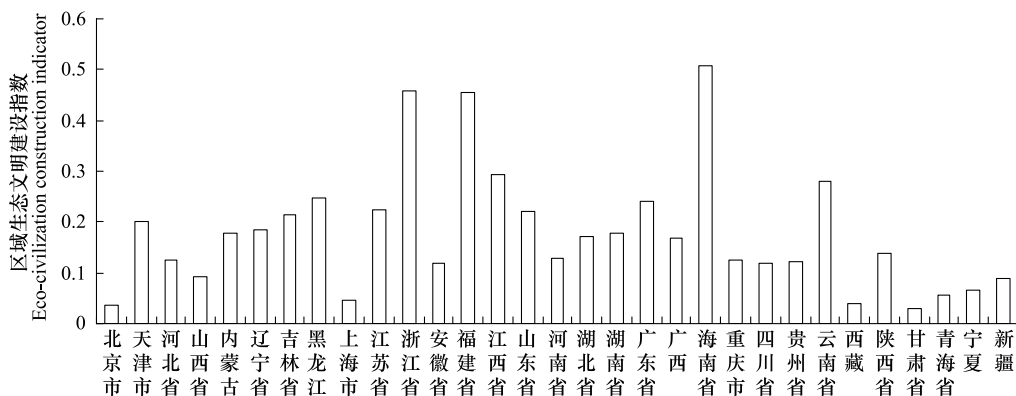


图 2 2010 年中国大陆各省(市、区)生态文明建设水平

Fig.2 Eco-civilization construction progress of China in 2010

海南省的生态文明建设综合评估指数最大,为 0.5091,表明其生态文明建设水平较高,同时由于其较高的生态资源禀赋,可以判断其生态文明建设的前景相对较好,但还须不断努力,将资源优势转换为经济优势,不断发展经济提高人民生活水平;北京市的指数最小,为 0.0377,表明由于低禀赋高消费,其生态文明建设的空间制约相对严重,还须通过在发展知识型经济、进口资源型产品的同时不断改善当地的环境条件。从各个地区生态文明建设水平来看,除了北京和上海两个直辖市外,就属西北地区的发展最为困难,这与当地的自然条件贫瘠、地理条件偏远很大关系。

#### 3.3 分析与讨论

##### 3.3.1 生态文明建设的生态压力评估

区域生态文明建设对当地生态环境的压力一方面表现在其经济社会发展对资源、环境和生物承载

力的占用和消费上,另一方面还与本地区的自然条件禀赋密切相关。本文以人均生态足迹为横坐标,代表各地区经济增长对生态系统的需求与消费,以单位面积生态系统服务价值为纵坐标,代表各地区的自然生态系统的禀赋状况,构建散点图(图 3),每一个点对应一个省(市、区)2010 年的生态消费与生态禀赋状况。在图 3 中若以 2010 年中国人均生态足迹和单位面积生态系统服务价值为界限,可以将二维坐标图分为 4 个象限。

位于 C 象限中的地区最少,严格来讲仅只有北京、天津和上海 3 个直辖市,考虑到 3 个地区密集的人口分布,其社会发展对生态环境的压力比图中显示的还要大。西北地区各省基本处于 D 象限。这些地区往往是经济欠发达地区,人均生态足迹较低,但由于其生态环境相对脆弱,单位面积生态系统服务的价值较低,一旦破坏很难恢复。西南和中部地区



的 12 个省(区)位于 A 象限,这些地区也是经济欠发达地区,人均生态足迹较低,但总体上西南地区的自然生态条件比西北地区要好,其生态系统为社会经济的发展提供了较为宽广的空间。东北和华东地区

的 10 个省位于 B 象限。这些地区具备良好的自然条件,但这些地区的生产和生活对自然生态环境的占用也较高。

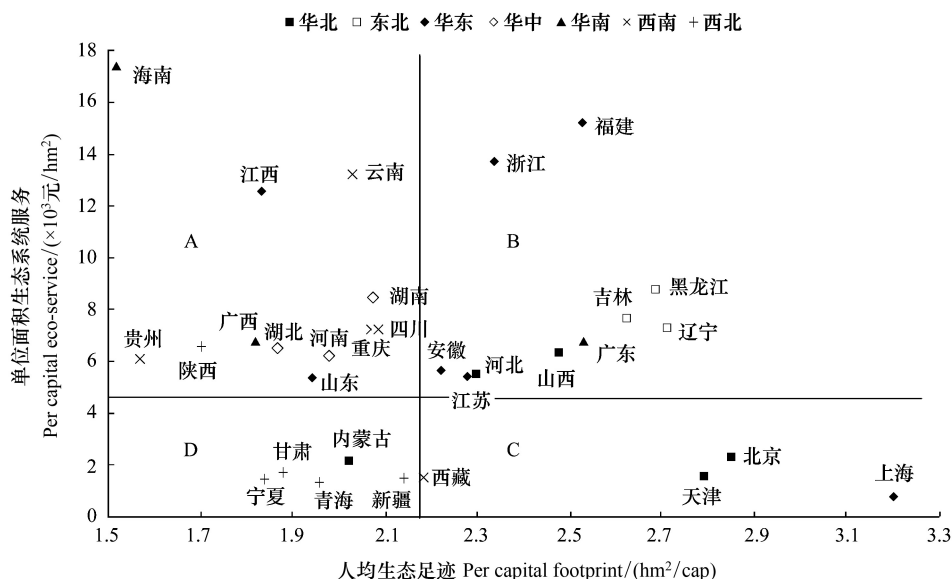


图 3 2010 年中国区域生态文明建设的生态压力评估

Fig.3 Evaluation on ecological pressure in eco-civilization construction of China in 2010

### 3.3.2 生态文明建设的生态效率评估

社会经济的发展是以消耗资源和生态环境为基础的。本文以人均生态足迹为横坐标,代表各地区经济增长对生态系统的需求与压力,以人均 GDP 为纵坐标,代表各地区的经济状况,构建散点图(图

4),每一个点对应一个省(市、区)2010 年的经济状况与生态消费状况。在图 4 中若以 2010 年中国人均生态足迹和人均 GDP 为界限,可以将二维坐标图分为 4 个象限。

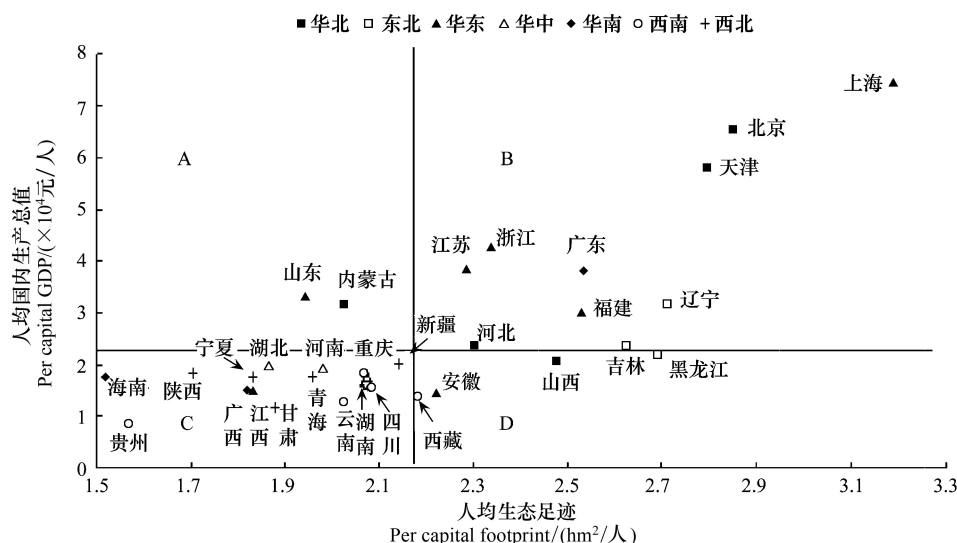


图 4 2010 年中国区域生态文明建设的生态效率评估

Fig.4 Evaluation on ecological efficiency in eco-construction of China in 2010

2010 年全国大多数省(市、区)处于 C 象限,均为低消耗和低产出的阶段。这些省(市、区)虽然目

前经济水平较低,但由于其相对较低的生态消耗,经济增长尚有较大的潜力。华北、华东和东北大部分省(市、区)处于B象限,这些地区往往是经济较发达的地区,但同时这些地区也消耗了大量的资源,迫切需要转变经济增长方式、改变产业结构。山西、黑龙江、安徽和西藏4省(区)处于D象限,意味着这4个地区以高于全国平均水平的资源和生态消费创造了低于全国平均水平的经济总量,在全国31个省(市、区)中处于整体较差的位置。

#### 4 小结

生态文明的提出,标志着人类在改造客观物质世界的同时,不断从主观上积极改善和优化人与自然、人与人的关系,建设有序的生态运行机制和良好的生态环境,体现了人类处理自身活动与自然界关系的进步。生态文明建设也是一个长期的动态演化过程,强调演化方向的正确有序,而指标体系就在生态文明建设进程中起到了不断调整偏离、提供演化动力的重要作用。

(1) 本文基于生态系统服务(ES)、生态足迹(EF)和人均GDP3个指标,以及这3个指标所代表的资源禀赋、人类对自然生态系统的占用、经济增长之间的线性逻辑关系,构建综合性相对指数,以期对区域生态文明建设进程提供一个综合性的直接判断。

(2) 通过计算评估了2010年中国大陆各省(市、区)生态文明的建设水平。其中,海南省的生态文明建设综合评估指数最大,为0.5091,表明其生态文明建设水平较高,同时由于其较高的生态资源禀赋,可以判断其生态文明建设的前景相对较好,但还须不断努力,将资源优势转换为经济优势,不断发展经济提高人民生活水平;北京市的指数最小,为0.0377,表明由于低禀赋高消费,其生态文明建设的空间制约相对严重,还须通过在发展知识型经济、进口资源型产品的同时不断改善当地的环境条件。

(3) 通过对2010年中国大陆各省(市、区)生态文明建设的生态压力和生态效率分析发现,北京、天津和上海3个直辖市处于低资源禀赋高资源消费状况,考虑到3个地区密集的人口分布,其社会发展对生态环境的压力还要再大一些;全国大多数省(市、区)处于低消耗和低产出的阶段,虽然目前经济水平

较低,但由于其相对较低的生态消耗,经济增长尚有较大的潜力。

#### References:

- [1] Li G J. Vigorously promotes Ecological Civilization construction. *Environmental Protection*, 2011, (14): 14-19.
- [2] Zhang K M, Wen Z G, Du B. Evaluation and indicator system of eco-city. Beijing: Chemical Industry Press, 2003; 84; 86.
- [3] Li W H, Liu M C. A discussion on indicator systems of Eco-Province construction in China. *Resource Science*, 2007, (5), 2-8.
- [4] Chen P, Niu X M. A discussion on Eco-City construction. *Environmental Protection*, 2011, (14): 20-22.
- [5] Wang R S, Hu D. Implementation ecological civilization and promoting development of ecological sciences. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1055-1067.
- [6] Sun Y. Eco-civilization construction and sustainable development an interview of Li Wenhui, Academician of Chinese academy of engineering. *Environmental Protection*, 2007, (21): 32-34.
- [7] Yan G. Ecological civilization construction index 2010. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2010; 123-125.
- [8] Zhang Q Y, Qing Y C, Tian W L. Study on ecological civilization construction index of western China. Zhejiang: Zhejiang University Press, 2011; 45-47.
- [9] Su M R, Yang Z F, Chen B, Zhao Y W, Xu L Y. The vitality index method for urban ecosystem assessment. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(10): 5141-5148.
- [10] World Bank. Monitoring Environment Progress: A Report on Work in Progress. Washington DC: World Bank, 1995; 65-66.
- [11] Cobb C, Halstead T, Rowe J. The Genuine Progress Indicator: Summary of data and methodology. Washington DC: Redefining Progress, 1995; 121-122.
- [12] Daly H E, Cobb Jr J B. For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future. Boston: Beacon Press, 1994; 34.
- [13] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington D.C: Island Press, 1997; 10.
- [14] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997 (387): 253-260.
- [15] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, (4): 121|130.
- [16] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 375|390.
- [17] Zhou W H, Wang R S. An entropy weight approach on the fuzzy synthetic assessment of Beijing urban ecosystem health, China.

- Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(12): 3244-3251.
- [18] Gao J X, Huang Q, Nie Y H, Xu M J. Practice and Explore of Regional Ecological Civilization Construction: A Case Study in Zhangjiagang City. Beijing: China Environmental Science Press, 2010: 22-23.
- [19] Shi H C, Liu W, He J, Liu L, Shi X J, Wan H Y. An urban ecosystem assessment method and its application. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(17): 5542-5549.
- [20] Ou Yang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5): 607-613.
- [21] Andrea Nightingale. Nature-society and development: social, cultural and ecological change. Geoforum, 2003, (34): 525-540.
- [22] National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. [http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20110228\\_402705692.htm](http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20110228_402705692.htm)
- [23] FAO. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>
- [24] Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS. <http://www.naturalresources.csdb.cn/index.asp>
- [25] Liu M C, Li W H. The Calculation of China's Equivalence Factor under Ecological Footprint Mode Based on Net Primary Production. Journal of Natural Resources, 2009, 24(9): 1550-1559.
- [26] Liu M C, Li W H, Xie G D. Estimation of China ecological footprint production coefficient based on net primary productivity. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(3): 592-597.
- [3] 李文华, 刘某承. 关于中国生态省建设指标体系的几点意见与建议探讨. 资源科学, 2007, (5): 2-8.
- [4] 陈平, 牛歆苗. 对生态城市建设若干问题的探讨——访中国工程院院士李文华. 环境保护, 2011, (14): 20-22.
- [5] 王如松, 胡聃. 弘扬生态文明深化学科建设. 生态学报, 2009, 29(3): 1055-1067.
- [6] 孙钰. 生态文明建设与可持续发展——访中国工程院院士李文华. 环境保护, 2007, (21): 32-34.
- [7] 严耕. ECCI 2010-中国省域生态文明建设评价报告. 北京: 社会科学文献出版社, 2010: 123-125.
- [8] 张清宇, 秦玉才, 田伟利. 西部地区生态文明建设指标体系的研究. 浙江: 浙江大学出版社, 2011: 45-47.
- [9] 苏美蓉, 杨志峰, 陈彬, 赵彦伟, 徐琳瑜. 城市生态系统现状评价的生命力指数. 生态学报, 2008, 28(10): 5141-5148.
- [17] 周文华, 王如松. 基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价. 生态学报, 2005, 25(12): 3244-3251.
- [18] 高吉喜, 黄钦, 聂忆黄, 徐美健. 生态文明建设区域实践与探索: 张家港市生态文明建设规划. 北京: 中国环境科学出版社, 2010: 22-23.
- [19] 石惠春, 刘伟, 何剑, 刘鹿, 师晓娟, 万海滢. 一种城市生态系统现状评价方法及其应用. 生态学报, 2012, 32(17): 5542-5549.
- [20] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [22] 国家统计局. [http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20110228\\_402705692.htm](http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20110228_402705692.htm)
- [24] 中国科学院地理科学与资源研究所. <http://www.naturalresources.csdb.cn/index.asp>
- [25] 刘某承, 李文华. 基于净初级生产力的中国生态足迹均衡因子测算. 自然资源学报, 2009, 24(9): 1550-1559.
- [26] 刘某承, 李文华, 谢高地. 基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算. 生态学杂志, 2010, 29(3): 592-597.

#### 参考文献:

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.1 Jan., 2014 (Semimonthly)

## CONTENTS

<b>Foreword: Complexity and Sustainability</b>	( I )
<b>Frontiers and Comprehensive Review</b>	
Urban eco-complex and eco-space management	WANG Rusong, LI Feng, HAN Baolong, et al ( 1 )
Review of carbon sequestration assessment method in the marine ecosystem	SHI Honghua, WANG Xiaoli, ZHENG Wei, et al ( 12 )
A review of sensitivity model for urban ecosystems	YAO Liang, WANG Rusong, YIN Ke, et al ( 23 )
Urban ecological metabolism of municipal solid waste: a review	ZHOU Chuanbin, XU Wanying, CAO Aixin ( 33 )
<b>Autecology &amp; Fundamentals</b>	
Parameter sensitivity analysis of a coupled biological-physical model in Jiaozhou Bay	SHI Honghua, SHEN Chengcheng, LI Fen, et al ( 41 )
Macroinvertebrate investigation and their relation to environmental factors in Bohai Bay	ZHOU Ran, QIN Xuebo, PENG Shitao, et al ( 50 )
Review of the impacts of bioturbation on the environmental behavior of contaminant in sediment	QIN Xuebo, SUN Hongwen, PENG Shitao, et al ( 59 )
<b>Population, Community and Ecosystem</b>	
Ecosystem services' spatial characteristics and their relationships with residents' well-being in Miyun Reservoir watershed	WANG Dashang, LI Yifeng, ZHENG Hua, et al ( 70 )
Contingent valuation of preserving ecosystem of Changdao Island Nature Reserve	ZHENG Wei, SHEN Chengcheng, QIAO Mingyang, et al ( 82 )
Discussion of carbon sequestration estimates in the island terrestrial ecosystems	WANG Xiaoli, WANG Ai, SHI Honghua, et al ( 88 )
<b>Landscape, Regional and Global Ecology</b>	
An integrated indicator on regional ecological civilization construction	LIU Moucheng, SU Ning, LUN Fei, et al ( 97 )
The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay	YANG Jianqiang, ZHU Yonggui, SONG Wenpeng, et al ( 105 )
Analysis of the evolution and value of coastal ecosystem services at Gudong Coast in the Yellow River Delta since 1985	LIU Dahai, CHEN Xiaoying, XU Wei, et al ( 115 )
Research of index system framework in marine ecology monitoring & regulation areas division based on complex ecosystem of nature-human-society	XU Huimin, DING Dewen, SHI Honghua, et al ( 122 )
The environmental function assessment and zoning scheme in China	WANG Jinnan, XU Kaipeng, CHI Yanyan, et al ( 129 )
<b>Resource and Industrial Ecology</b>	
Definition and evaluation indicators of ecological industrial park's complex eco-efficiency	LIU Jingru, LÜ Bin, ZHANG Na, et al ( 136 )
Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China	CHENG Cuiyun, REN Jingming, WANG Rusong ( 142 )
The coupling mechanism and industrialization mode of ecological restoration in the weak semi arid mining area of Inner Mongolia	CHEN Yubi, HUANG Jinlou, XU Huaqing, et al ( 149 )
Evaluation of ecological marine islands construction based on material flow analysis: a case study of Changhai County	CHEN Dongjing, ZHENG Wei, GUO Huili, et al ( 154 )
Ecological risks and sustainable utilization of reclaimed water and wastewater irrigation	CHEN Weiping, LÜ Sidan, ZHANG Weiling, et al ( 163 )



---

Estimation of agricultural non-point source pollution based on watershed unit: a case study of Laizhou Bay .....	
.....	MA Deming, SHI Honghua, FENG Aiping ( 173)
The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment .....	
.....	LUO Xianxiang, ZHU Yonggui, ZHANG Longjun, et al ( 182)
<b>Urban, Rural and Social Ecology</b>	
Urban ecological infrastructure based on ecosystem services;status,problems and perspectives .....	
.....	LI Feng, WANG Rusong, ZHAO Dan ( 190)
Spatial features of road network in Beijing built up area and its relations with LST and NDVI .....	
.....	GUO Zhen,HU Dan,LI Yuanzheng,et al ( 201)
The conjugate ecological management model for urban land administration based on the land complex ecological function .....	
.....	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al ( 210)
Value assessment of the function of the forest ecosystem services in Chongqing .....	
.....	XIAO Qiang, XIAO Yang,OUYANG Zhiyun, et al ( 216)
Ecological risk evaluation of port in Bohai Bay .....	PENG Shitao, QIN Xuebo, ZHOU Ran, et al ( 224)
Research review of the tail disposal technology of the standard sewage offshore outfall .....	PENG Shitao,WANG Xinhai ( 231)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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 90 元/册,全年定价 2160 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 34 卷 第 1 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 34 No. 1 (January, 2014)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元