

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第3期 Vol.34 No.3 **2014**

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 34 卷 第 3 期      2014 年 2 月    (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 灾后生态恢复评价研究进展 ..... 刘孝富,王文杰,李 京,等 (527)
- 基于生态能量视角的我国小水电可持续性分析 ..... 庞明月,张力小,王长波 (537)

### 个体与基础生态

- 北部湾北部海域夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力 ..... 马 璐,曹文清,张文静,等 (546)
- 鲶鱼和胡子鲶的两性异形与雌性个体生育力 ..... 樊晓丽,林植华,丁先龙,等 (555)
- 环境温度对白头鹎代谢产热和蒸发失水的影响 ..... 林 琳,曹梦婷,胡益林,等 (564)
- 灌溉对沙拐枣幼苗生长及氮素利用的影响 ..... 黄彩变,曾凡江,雷加强,等 (572)
- PAHs 污染土壤植物修复对酶活性的影响 ..... 朱 凡,洪湘琦,闫文德,等 (581)
- 基于修正 RISKE 模型的重庆岩溶地区地下水脆弱性评价 ..... 魏兴萍,蒲俊兵,赵纯勇 (589)
- 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测 ..... 潘延鑫,罗 纨,贾忠华,等 (597)

### 种群、群落和生态系统

- 高寒退化草地不同海拔梯度狼毒种群分布格局及空间关联性 ..... 高福元,赵成章,卓马兰草 (605)
- 捕食者对空心莲子草叶甲种群的生物胁迫 ..... 刘雨芳,李 菲,桂芳艳,等 (613)
- 夏、冬季南海北部浮游植物群落特征 ..... 马 威,孙 军 (621)
- 磨盘山天然次生林凋落物数量及动态 ..... 范春楠,郭忠玲,郑金萍,等 (633)
- 持续干旱对樱桃根际土壤细菌数量及结构多样性影响 ..... 刘方春,邢尚军,马海林,等 (642)
- 随机森林算法基本思想及其在生态学中的应用——以云南松分布模拟为例 .....  
..... 张 雷,王琳琳,张旭东,等 (650)
- 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究 ..... 侯 鹏,申文明,王 桥,等 (660)
- 华北低丘山地人工林蒸散的控制因子 ..... 黄 辉,孟 平,张劲松,等 (667)
- 新疆天山高寒草原不同放牧管理下的 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 通量特征 ..... 贺桂香,李凯辉,宋 韦,等 (674)

### 景观、区域和全球生态

- 宁夏生态足迹影响因子的偏最小二乘回归分析 ..... 马明德,马学娟,谢应忠,等 (682)
- 引黄灌区土壤有机碳密度剖面特征及固碳速率 ..... 董林林,杨 浩,于东升,等 (690)
- 自养微生物同化 CO<sub>2</sub> 的分子生态研究及同化碳在土壤中的转化 ..... 吴小红,简 燕,陈晓娟,等 (701)

### 资源与产业生态

- 基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析 ..... 孙玉峰,郭全营 (710)

基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例 ..... 苏盼盼,叶属峰,过仲阳,等 (718)

### 城乡与社会生态

基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析 ..... 李春林,刘 淼,胡远满,等 (727)

### 研究简报

陕西省不同生态区大气氮素干湿沉降的时空变异 ..... 梁 婷,同延安,林 文,等 (738)

不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响 ..... 刘小勇,李红旭,李建明,等 (746)

长白山苔原带土壤动物群落结构及多样性..... 王振海,殷秀琴,蒋云峰 (755)

最大可允许填海面积模拟——厦门西海域案例研究 ..... 林琛琛,饶欢欢,刘 岩,等 (766)

### 学术信息与动态

2013 年水文土壤学与自然资源可持续利用国际学术研讨会述评 ..... 张 骁,赵文武 (774)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 252 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 29 \* 2014-02



**封面图说:** 云南松树冠——云南松为松科松属裸子植物,多生长在海拔 1000—3500m 的高山,喜光、耐干旱、耐瘠薄,适应酸性的红壤、黄壤,在其他树种不能生长的贫瘠石砾地或冲刷严重的荒山坡分布,易于天然更新。主要分布于四川西南部、云南、西藏东南部、贵州西部、广西西部,常形成大面积纯林,尤以云南分布最广,故有云南松之称。云南松树高可达 30m,胸径达 1m,树皮呈灰褐色,叶通常 3 针一束,鲜有两针,球果圆锥状卵圆形,种子近卵圆形或倒卵形。树干通直,木质轻软细密,是优质造纸、人造板原料,富含松脂是云南松的重要特点之一。

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/stxb201211091573

苏盼盼, 叶属峰, 过仲阳, 宋韬. 基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例. 生态学报, 2014, 34(3): 718-726.

Su P P, Ye S F, Guo Z Y, Song T. Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 718-726.

# 基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估 ——以舟山海岸带为例

苏盼盼<sup>1</sup>, 叶属峰<sup>2,3,\*</sup>, 过仲阳<sup>4</sup>, 宋 韬<sup>1</sup>

(1. 华东师范大学科技创新与发展战略研究中心, 上海 200062; 2. 海洋赤潮灾害立体监测技术与应用国家海洋局重点实验室, 上海 200090; 3. 国家海洋局东海标准计量中心, 上海 200080; 4. 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200241)

**摘要:**以舟山海岸带为研究区域, 结合采样数据和社会经济发展数据, 构建以社会因子、经济因子和自然因子为 3 个维度因子的海岸带生态系统综合承载力评估的指标体系。并参照经济学中的 AD-AS 模型, 改进成综合总供给-综合总需求模型(SAD-SAS 模型), 根据生态系统中总供给与总需求之间的平衡关系, 来计算舟山海岸带综合承载力量值, 并尝试将海岸带综合承载力值的分类标准在原来的基础上分为 5 类, 最后评价其所处的承载力水平。研究结果表明: 舟山海岸带综合承载力在 2005—2008 年时处于小幅上升的阶段, 年均增速为 6.5%, 在 2008—2009 年开始出现稍微的下降, 下降幅度为 3%; SAD-SAS 模型作为生态学与经济学交叉的模型, 为海岸带综合承载力评价提供了一种新思路。

**关键词:**海岸带; 综合承载力; SAD-SAS 模型

## Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan

SU Panpan<sup>1</sup>, YE Shufeng<sup>2,3,\*</sup>, GUO Zhongyang<sup>4</sup>, SONG Tao<sup>1</sup>

1 Institute of China Innovation, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2 Key Laboratory of Marine Integrated Monitoring and Applied Technologies of Harmful Algal Blooms, State Oceanic Administration, Shanghai 200090, China

3 East China Sea Center of Standard and Metrology, State Oceanic Administration, Shanghai 200080, China

4 Key Laboratory of Geographic Information Science Ministry, East China Normal University, Shanghai 200241, China

**Abstract:** Coastal zone, where terrene, ocean and atmosphere interact on each other, is the richest region on the earth. In this study, it's a range that 0 meter isobaths extends to the city towards land and to -10 meters isobaths towards sea. During a certain period and within the geographical scope, taking the sustainable development of coastal resources and environment as a rule, synthetic carrying capacity refers to the ability how much population size and industry scale that coastal zone can bear. The carrying capacity could warn the state of environment and resource and make ecosystem staying healthy.

AD-AS Model puts the aggregate demand and aggregate supply in a frame of reference to explain the decision to GDP and price level in economy. In this research, we regard the carrying capacity as the relation between human demand and ecosystem supply, which makes it to be a modified AD-AS, synthetic aggregate demand synthetic-aggregate supply model, the SAD-SAS model for short. The SAD-SAS model has two forms: the short-run one and long-run one. The former indicates state of carrying capacity, and the latter shows its changes in the time dimension. Divide synthetic aggregate supply by

收稿日期: 2012-11-09; 修订日期: 2013-06-24

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ysf6@vip.sina.com

synthetic aggregate demand, and you will get the carrying capacity in coastal ecosystem at some point.

Then, with the sample data and yearbook data of coastal zone in Zhou Shan, we build a coastal indicator system for coastal carrying capacity assessment, which includes social indicators, economic indicators and natural indicators. The system consists of two parts: synthetic aggregate supply and synthetic aggregate demand. The former includes resource supply, economic development, technology support and import from outside; while the latter contains social pressure, development intensity, surrounding stress and export to outside. Based on the processed data under the same standard and indicator system, SAD-SAS is used to calculate the value of synthetic carrying capacity. Finally, we assess which level the coastal zone is. Synthetic carrying capacity in coastal zone of Zhou Shan is respectively no-load, no-load, no-load, loadable and loadable from 2005 to 2009. On average, it has increased 6.5% from 2005 to 2008 while it begins to decrease in 2009 by 3%.

These results demonstrate that: compared with the developed cities, ecological environment is better in Zhou Shan and has more potential. The carrying capacity value is relative, and it is closely bound up with the normal value. Consequently, the calculated carrying capacity value shows the distance between the study area and normal area, and it changes accompanying with the chosen area. The assessment result is divided into 5 kinds instead of 3, which is more refined and will reflect the tiny change in ecosystem. Also, there are some focuses to modify and discuss. Firstly, the indicator system needs to improve and complete, especially in marine parts. Secondly, the human activities have a significant effect on coastal environment. But it is hard to quantify, which makes it difficult to assess the carrying capacity. Involving ecology, geography and economic, SAD-SAS model will provide a new method for carrying capacity assessment.

**Key Words:** coastal zone; synthetic carrying capacity; SAD-SAS model Zhoushan

海岸带是陆地、海洋和大气相互作用的地区,它作为海洋系统与陆地系统交互作用的特殊地带,是地球表面最为活跃、自然现象与过程最丰富的区域,也是资源品种类别、环境条件和地理区位最为优越的地区<sup>[1]</sup>。随着现代工业的发展与城市化进程的加快,海岸带生态环境面临诸多问题:人口规模扩大与城市化;海平面上升与海岸侵蚀;淡水资源短缺与水环境恶化;渔业资源退化<sup>[2]</sup>。1972年,可持续发展的概念在斯德哥尔摩举行的联合国人类环境研讨会上首次被提出,区域可持续发展的理论和相关研究开始被众多学者关注,海岸带区域的可持续发展也成为重要议题。近年来,世界各国关于海洋的争端愈来愈多<sup>[3]</sup>,海洋包括海岸带资源的重要性开始得到重视。海岸带综合承载力是指一定时期和特点地域范围内,在一定技术水平的条件下,以海岸带资源和环境的可持续发展为原则,以海岸带经济可持续发展为目标,海岸带所能承受的人口数量和产业规模的能力<sup>[4]</sup>。它可以从可持续的角度对具体的环境或资源因子提出预警,使生态系统维持在一个健康的平衡状态<sup>[2]</sup>。因此,海岸带综合承载力评价可作为海岸带可持续发展的指标。

承载力经由物理承载力-生态承载力-综合承载力的概念变化,其涵盖的方面更加复杂,目前其评价方法主要有四类:种群数量的 Logistic 法<sup>[5]</sup>、资源供需平衡法(生态足迹法<sup>[6]</sup>、能值分析法、自然植被净第一性生产力估测方法、资源与需求的差量方法)、指标体系法<sup>[7]</sup>和系统模型法<sup>[2,8]</sup>。这些研究和方法具有科学性,也存在一点局限性。如:对于复杂因子无法体现、环境特征的多变无法找到适宜的方法等,且特别针对海岸带承载力的探索很少。2004年,狄乾斌基于相关承载力的研究,提出海域承载力的概念、评价指标体系、量化方法,借助状态空间方法,进行海域承载力的量化测度和海域承载状况的趋势预测<sup>[9]</sup>。2006年,苗丽娟结合中国沿海海洋生态环境的实际状况,确定选取指标的原则,通过分析各地的社会、经济、资源与生态环境因素,构建起适于我国海洋生态环境承载力评价的指标体系<sup>[10]</sup>。2008年,刘康等人根据“驱动力(压力)-状态-响应”(P-S-R)指标体系概念模型,对海岸带承载力评估指标体系的构建进行初步探讨<sup>[4]</sup>。2011年, Kampeng Leia 等利用国家环境统计数据库中的数据计算 2008 年的 17 个主要国家的 102 个地区的资源损耗,以此

来判定资源承载力<sup>[11]</sup>。2012年, E. Navarro Jurado 提出一种用来评价旅游目的地人数增长极限的方法论, 他利用一种数学公式来建立增长的极限, 这适于研究开放的海岸带区域承载能力<sup>[12]</sup>。这些研究为海岸带综合承载力的研究增加了很多理论与实践经验, 但对海岸带的研究还远远不够, 这就促使研究者寻找新的方法来进行海岸带承载力研究。本文选用经济学中的总需求-总供给模型(AD-AS模型)来进行海岸带综合承载力的研究, 并在AD-AS模型的基础上进行改进, 使其更符合海岸带的实际情况。

## 1 研究区域概况

舟山海岸带隶属于浙江省, 它位于长江口南侧, 所属海域为东海海域。处于北纬 $29^{\circ}32'$ 到 $31^{\circ}04'$ ,

东经 $121^{\circ}30'$ 到 $123^{\circ}25'$ 之间, 是中国沿海南北航线与长江水道的交汇点, 也是我国南北海运和远东国际航线的主通道之一。舟山海域面积 $2.08 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 海岸线总长度为2444km。1972年, 美国政府颁布了《海岸带管理法》<sup>[13]</sup>; 2001年, 联合国的《千年生态系统评估》中也定义海岸带的具体范围<sup>[14]</sup>; 我国的海岸带定义是在第147次香山科学会议上明确提出的, 即由0m等深线向陆延伸10km, 向海域延至水下15m等深线范围。在此概念的基础上, 本文研究的海岸带界限如下: 由0m等深线向陆延伸至沿海地级市(县), 向海域延至水下10m等深线范围。即对于舟山海岸带来说, 为其0m等深线向陆延伸至舟山市及其各个县, 向海延至水下10m等深线的位置(图1)。



图1 舟山海岸带研究区域图

Fig.1 The research area in coastal zone, Zhoushan

## 2 研究方法 with 数据处理

在承载力的研究中, 海岸带综合承载力是整个系统中供给量与人类消耗量(人类需求)的关系。经济学中存在总供给-总需求模型(AD-AS模型), 即

将总需求与总供给放在一个坐标图上, 用以解释国民收入和价格水平的决定, 考察价格变化的原因以及社会经济如何实现总需求与总供给的均衡(图2)。借鉴这一模型, 将系统的供给与人类的消耗需求关系结合起来计算海岸带综合承载力。

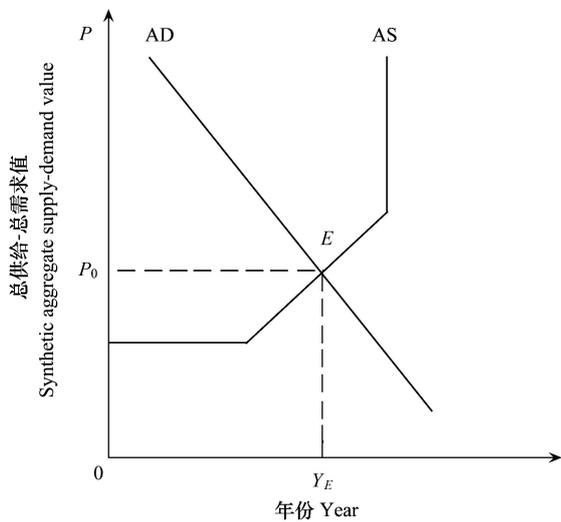


图 2 总需求-总供给模型 (AD-AS 模型)

Fig.2 Aggregate Demand-Aggregate Supply model

AD: 总供给; AS: 总需求; Y: 年份; P: AD 或 AS 值; P<sub>0</sub>: 某时刻 P 值; Y<sub>E</sub>: 某年; E: P 值 (当 AD=AS 时)

### 2.1 SAD-SAS 模型概述

AD-AS 模型是在总供给函数与总需求函数的基础上,将凯恩斯主义、古典主义、理性预期与货币主义结合在一起,是凯恩斯主流派—新古典综合派用于分析国民收入决定的一个工具,它在凯恩斯的收入-支出模型和希克斯的“希克斯-汉森模型”的基础上,进一步将总需求和总供给结合起来解释国民收入的决定及相关经济现象,是对前两个模型的

补充和修正。总需求-总供给模型用公式表示:

$$AD=f(p); AS=f(y); AD=AS \quad (1)$$

式中,AD 为总需求指数;p 为各个需求因子;AS 为总供给指数;y 为各个供给因子,AD=AS 是指总供给与总需求达到平衡的一种状态。

AD-AS 模型是一般应用在经济上,将其运用到生态学上时,需要进一步的改进,称之为 SAD-SAS 模型,即综合总供给-综合总需求模型,它加入系统综合的概念,是 AD-AS 模型在综合承载力研究上的一种运用。模型的系统由原来的经济系统变成生态系统,它包括短期模型与长期模型。

#### 2.1.1 短期 SAD-SAS 模型

短期 SAD-SAS 模型中,假设系统在某一时间点上,一般为某一年,其中横坐标代表区域生态系统中的需求,包括对于资源、环境的需求和消耗,以及对于整个系统起压力作用的各种压力因子、消耗因子和负向交流因子;纵坐标代表系统中自身的生产力、社会经济的助推力及其支持力和正向交流因子的总和。模型代表时间点的总供给与总需求的比例状态,这种状态落在两坐标组成的区域内,随着横竖坐标数值的变动而移动位置,是总供给 SAS 与总需求 SAD 的比值,如图 3 所示,其公式如下:

$$T = \frac{SAS}{SAD} \quad (2)$$

式中,T 为某时间点的综合承载力所处状态值;SAS 为系统综合总供给;SAD 为系统综合总需求。

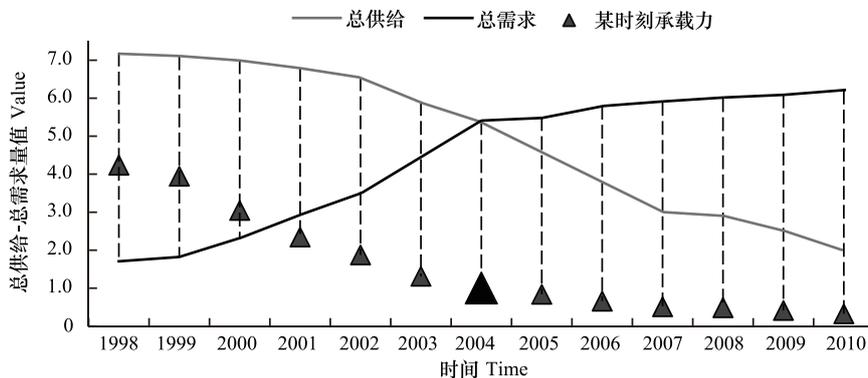


图 3 长短期 SAD-SAS 模型

Fig.3 The long-run and short-run AD-AS model

趋势线为长期模型 (某一时间段的变化趋势),三角点为短期模型 (某一时间点的值)

#### 2.1.2 长期 SAD-SAS 模型

长期 SAD-SAS 模型表现系统在时间维度上,一

般为某几年的状态,其中横坐标代表时间维度,纵坐标代表 T 值。长期模型是短期模型的深化,对于探

讨综合承载力在时间轴上的变化具现实意义,便于掌握其动态趋势,是承载力的动态变化。

## 2.2 海岸带综合承载力评估模型

SAD-SAS 模型有两个部分构成:综合总供给模型与综合总需求模型。

### 2.2.1 综合总供给模型

总供给模型是系统中自身的生产力、社会经济的助推力及其支持力、正向交流因子的总和。参考海岸带生态系统的自身情况和前人的研究<sup>[2,15-16]</sup>,综合供给模型的组成如下:

$$S = P + J + K + Z + I \quad (3)$$

式中, $S$  为总供给指数; $P$  为海岸带资源供给指数; $J$  为海岸带经济发展水平指数; $K$  为海岸带科技支撑指数; $Z$  为海岸带社会支撑指数; $I$  为海岸带正向交流因子指数;在公式 3 中,各个影响因子(也称为承载因子)皆为无量纲数值,综合起来为系统的综合总供给模型。对于上述子指数模型来说,其影响因素并不是单一的,参考 Costanza<sup>[17]</sup> 等对全球生态资产进行测算时所运用的一定区域内的生态资产价值总量的公式,得到各个子模型计算如下:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \times C_i \quad (4)$$

$$J = \sum_{i=1}^n J_i \times C_i \quad (5)$$

$$K = \sum_{i=1}^n K_i \times C_i \quad (6)$$

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i \times C_i \quad (7)$$

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \times C_i \quad (8)$$

式中, $i$  为各个指数的因子排序数, $X_i$  为指标因子, $C_i$  为各个指标的权重。

### 2.2.2 综合总需求模型

总需求模型包括人类对于资源、环境的消耗,以及对于整个系统起压力作用的各种压力因子和负向交流因子,综合总需求的模型如下:

$$D = Y + Q + H + I' \quad (9)$$

式中, $D$  为总需求; $Y$  为海岸带社会压力指数; $H$  为海岸带环境压力指数; $Q$  为海岸带开发强度指数; $I'$  为系统负向交流因子;参考上述总供给中各个子指数模型的建立,总需求模型中各个子模型的计算公式如下:

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i \times C_i \quad (10)$$

$$H = \sum_{i=1}^n P_i \times C_i \sum_{i=1}^n H_i \times C_i \quad (11)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \times C_i \quad (12)$$

$$I' = \sum_{i=1}^n I_i \times C_i \sum_{i=1}^n I'_i \times C_i \quad (13)$$

### 2.2.3 模型的计算与结果分类

对于承载力的最终结果,王开运<sup>[2]</sup> 等人根据人口或人类活动对资源和环境的需求与资源环境实际的供给容纳能力的差量关系,将承载力的最终结果分为 3 种情况:当  $RCC' > 1$  时,可载;当  $RCC' = 1$  时,满载;当  $RCC' < 1$  时,超载。

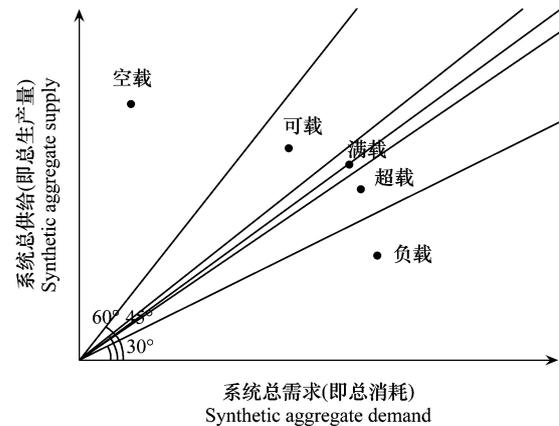


图 4 海岸带综合承载力结果分类依据图

Fig.4 The base of synthetic carrying capacity classification in coastal zone

考虑到海岸带地区的特殊性以及综合承载力状况逐年值的变化微小量级,将综合承载力结果根据总供给与总需求的比值关系在 3 类的基础上分为 5 类:空载,可载,满载,超载,负载。总供给和总需求的比值大小,这里用角度  $\theta$  来表示, $T$  也就是  $\tan\theta$  的大小,并以  $\theta$  为  $30^\circ$ 、 $45^\circ$  和  $60^\circ$  来作为各个结果的分界线。根据图 4 中  $\tan\theta$  的分类,将海岸带综合承载力的结果分为 5 种情况: $R > \sqrt{3}$  ( $\theta > 60^\circ$  时)空载; $\sqrt{3} > R > 1$  ( $60^\circ > \theta > 45^\circ$  时)可载; $R = 1$  ( $\theta = 45^\circ$  时)满载; $\sqrt{3}/3 < R < 1$  ( $45^\circ > \theta > 30^\circ$  时)超载; $R < \sqrt{3}/3$  ( $\theta < 30^\circ$  时)负载。其中  $\sqrt{3} = 1.732$ ,为了计算方便,将其设为 1.8。即分类情况如下所示: $R > 1.8$  空载; $1.8 > R > 1$ ;可载; $R = 1$  满载; $0.6 < R < 1$  超载; $R < 0.6$  负载。由于系统模型中满载区域为某点,结合实

际情况,将满载标准设定一个容差,其值为 0.2<sup>[2]</sup>,如图 5 所示,最后得到分类结果为:当  $R \geq 1.8$  空载;当

$1.8 > R > 1.1$  可载;当  $0.9 \leq R \leq 1.1$  满载;当  $0.6 < R < 0.9$  超载;当  $R \leq 0.6$  负载。

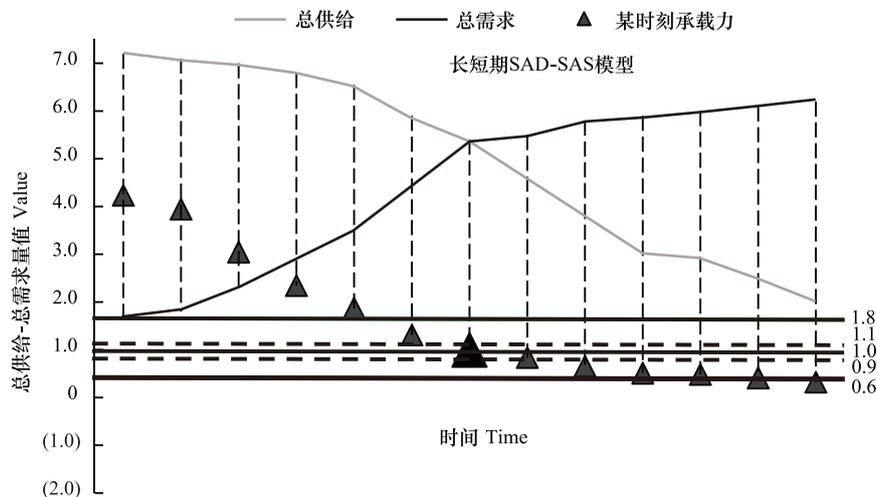


图 5 海岸带综合承载力结果分类图

Fig.5 The classification of carrying capacity in coastal zone

### 2.3 构建指标体系

海岸带生态系统具有特殊性、复杂性、开放性,其兼具陆地生态系统和海洋生态系统的特点,是一个集社会、经济、资源、环境于一体的耦合系统,在选取海岸带综合承载力评估指标时,按照以下原则来选取:科学性;全面性;代表性;可操作性;稳定性与时效性原则。在因子选取中,主要考虑 3 个方面的因子:社会因子、自然因子和经济因子。参考千人研究并结合实际情况<sup>[2,15]</sup>,得到海岸带综合承载力评价指标体系如表 1。

#### 2.3.1 标准值的选择

系统的综合承载力是人们为了研究方便而概括出来的一种力,是相对值而不是绝对值,这就需要引进一个参照数据,称之为标准值(理想值)。它是一个行业标准值或是发展较好的城市的数值。在综合

承载力的计算中,多采用现有国家标准和行业规定中给出的目标值,或通过问卷调查、咨询学者专家的意见来确定标准值。考虑到本研究所用指标不一定都具有明确的国家规范文件来规定,因此对于没有明确规定的指标,选取比研究区更高一级的区域的平均值或较为靠前的同等级区域的值作为标准值,根据不同的评价目的和数据情况,灵活选择理想值,以使得承载力值可以更好地反映实际海岸带区域问题。

#### 2.3.2 指标权重的确定

选取指标时已综合考虑全面性和均衡性,所以直接采用平均权重的方式也就是等权重法来计算各个指数:各个指数权重为 1,如果指数内部有  $n$  个因子,则各个因子的权重为  $1/n$ 。最终得到海岸带综合承载力评价体系如表 1 所示。

表 1 海岸带综合承载力评估指标体系

Table 1 The indicator system of assessing carrying capacity in coastal zone

一级指标体系 First index system	二级指标体系 Second index system	单位 Unit	标准 Standard	参考来源 References	权重 Weight
总供给指数 Synthetic aggregate supply	海岸带资源供给指数				
	人均水资源量	$m^3/人$	2350	4	0.2
	人均绿地面积	$m^2/人$	11	1	0.2
	人均植被净初级生产力	$g.c/人$	240	4	0.2
	植被覆盖率	%	23	4	0.2
	渔业资源(包括捕捞产量和海水养殖产量)	$10^4t$	16.85	4	0.2

续表

一级指标体系 First index system	二级指标体系 Second index system	单位 Unit	标准 Standard	参考来源 References	权重 Weight
海岸带经济发展水平 指数	人均 GDP	¥/人	25000	1	0.25
	海洋经济产值	10 <sup>4</sup> ¥/人	2.19	4	0.25
	第三产业占 GDP 比例	%	45	1	0.25
	人均海盐产量	t/人	0.07	4	0.25
科技支撑条件指数	万人在校大学生数	p	479	4	0.5
	科研与开发占 GDP 比率	%	2.5	2	0.5
社会支撑条件指数	百人病床数	PCS	0.65	4	0.33
	环境保护支出	%	3.5	1	0.33
	人均道路面积	m <sup>2</sup>	28	3	0.33
正向交流指数	港口吞吐量	10 <sup>4</sup> t	59205	4	0.5
	外资投入占 GDP 比例	%	0.05	4	0.5
总需求指数 Synthetic aggregate demand	海岸带社会压力指数				
	未达标工业废水排放率	%	20	1	0.25
	未达标固体废渣排放率	%	10	1	0.25
	单位工业增加值新鲜水耗	m <sup>3</sup> /10 <sup>4</sup> ¥	20	1	0.25
海岸带开发强度指数	万元 GDP 能耗	t/10 <sup>4</sup> ¥	0.9	1	0.25
	GDP 年增速	%	8.2	4	0.25
	人口自然增长率	‰	-1.02	4	0.25
	滩涂围垦面积	km <sup>2</sup>	3197	4	0.25
环境压力指数	常住人口密度	人/km <sup>2</sup>	532	2	0.25
	so2	kg/10 <sup>4</sup> ¥	5	1	0.5
	近岸海域水质量	* *	达到功能区 标准且城市 无劣 V 类 水体	1	0.5
系统负交流指数	恩格尔系数	%	40	1	0.5
	人均出口额	\$/人	1692	4	0.5

\* 1 为参照生态市建设考核指标; 2 为参考现代化城市标准确定; 3 为参照国际发达国家城市建设标准确立或推算; 4 为参考国内城市建设最佳值或较好值确定

### 2.3.3 数据处理

海岸带综合承载力的指标在数量级、单位量纲上存在明显差异, 不便于直接比较计算。因此需要消除原始数据的量纲影响, 即进行数据标准化。指标体系中存在理想值, 所以本文通过实际指标值和理想值的比对来对各指标值进行标准化。公式如下:

$$X_i = \frac{K_i}{K'_i} \quad (14)$$

式中,  $X_i$  为各指标标准化处理后的数值,  $K_i$  为原始

数据,  $K'_i$  为各指标的理想参比值。

## 3 结果与分析

参考 2006—2010 年的舟山统计年鉴, 综合公式 3—13, 即海岸带综合承载力评估指标体系中的总供给和总需求模型, 经过数据处理和 SAD-SAS 模型计算得出海岸带的综合承载力值, 并根据分类标准得出承载力水平(表 2), 并得到 SAS-SAD 模型如图 6 所示。

表 2 2005—2009 年舟山海岸带综合承载力状态

Table 2 Carrying capacity level in coastal zone, Zhoushan from 2005 to 2009

年份 Year	2005	2006	2007	2008	2009
系统总供给 Synthetic aggregate supply	5.623	5.376	5.641	5.679	5.763
系统总需求 Synthetic aggregate demand	3.606	3.297	3.416	3.026	3.166
海岸带综合承载力 Synthetic carrying capacity	1.559	1.630	1.651	1.877	1.820
承载力水平 Level	可载	可载	可载	空载	空载

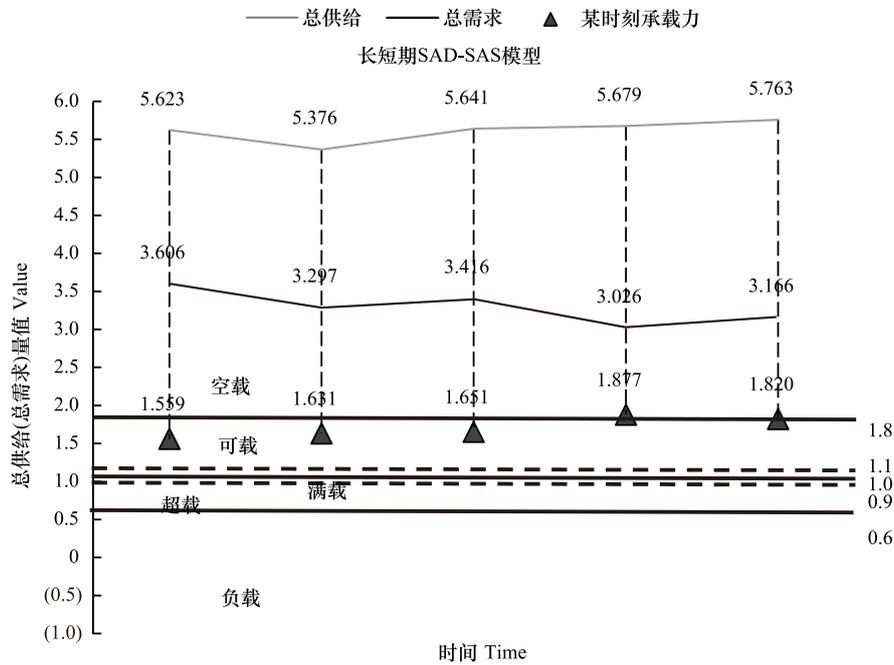


图 6 2005—2009 年舟山海岸带 SAS-SAD 模型

Fig.6 The SAD-SAS model in coastal zone, Zhoushan from 2005 to 2009

从系统综合总供给方面来看,从 2005 年到 2009 年,海岸带生态系统的总供给总体来说并没有比较大的变化,都处于 5.3—5.8 之间,只在 2006 年总供给数值有稍微的降低,在 2007 就开始回落,之后的年份一直处于微幅增长的状态。在 2009 年达到了 5.763。从系统综合总需求方面来看,2005—2009 年,舟山海岸带系统总需求指数值呈之字型向下滑落,相邻年份之间升落相反,但在数值上也相差不大,基本上处于 3.0—3.7 之间,虽然年份之间升升落落,但是升值总是小于落值,使得总需求总体上呈现下降的趋势。从长短期 SAD-ASA 模型结果来看,2008 年与 2009 年的承载力值都处于可载线的上侧范围,表明其承载力处于空载水平,而 2005—2007 年的承载力处于可载的区域内,表明各个年份的承载力是动态变化的。在长期模型中,我们可以看到总供给与总需求的变化,总供给总是大于总需求,表明舟山海岸带的开发总是处于生态环境可以承受的范围之内,整个生态系统处于比较健康的状态。

#### 4 结论与讨论

##### 4.1 结论

本文将经济学中的 AD-AS 模型加以改进成 SAD-SAS 模型,构建指标体系来进行综合承载力的

评估,得到的结论如下:(1) 舟山海岸带综合承载力在 2005—2008 年时处于微幅上升的阶段,年均增速为 6.5%,在 2008—2009 年开始出现稍微的下降,下降幅度为 3%。2005—2007 年的综合承载力水平处于可载水平,2008 与 2009 年处于空载水平。这表明:相对于国际化都市或者北京、上海等发达城市(标准值的选择依照)来说,舟山海岸带的开发程度比较小,系统是自身的生产能力是很充足的,其生态环境状况良好,具有比较大的发展潜质。(2) 舟山海岸带综合承载力的值与生态市(县)标准以及标准值城市密切相关。相对海岸带综合承载力的计算只是反映研究区与理想区之间的差距,由于理想值选择的非定性,所以本研究中所计算的 2005—2009 年的海岸带综合承载力都是相对的,会因标准值的变化而变化。(3) 海岸带综合承载力值的分类可以在原来 3 类的基础上分为 5 类,即为:空载、可载、满载、超载和负载;这种分类方法更加的精细,并且是有迹可循的。这种分类方法将对于海岸带综合承载力的精细研究做出一定的贡献,对于承载力的微小变化更加彰显。

##### 4.2 讨论

结合以上研究,对于海岸带综合承载力的评估,还需不断进行探讨和改进。首先在指标问题上;海

岸带承载力指标体系还需进一步完善,应致力于解决海洋指标的获取问题;其次人类活动对海岸带生态环境的影响是不可忽视的,却难以估算,也很难或者无法将其量化,这给海岸带生态系统综合承载力的计算增加了难度,未来海岸带生态系统综合承载力的估算可以运用一系列的方法量化人类活动来使承载力的计算更加接近实际情况。

本研究进行了生态学与地理学、统计学这些常见的交叉学科的研究,还进行了其与经济学的交叉研究,经济学中社会系统供给需求与生态系统供给需求具有一定的相似性,经济学中总供给与总需求类似于系统当中的总供给总需求,这就使得其类似应用成为可能,AD-AS 模型的应用是综合承载力理论的一种新思路和新方法,也是向其他学科借鉴与学习的优越性的一个有力例证。生态学与其他学科的交叉将会给其带来新的发展前景。

#### References:

- [ 1 ] Lu S B. Model study on Coastal Zone Management. *Ocean Development and Management*, 2001, 18(1): 30-37.
- [ 2 ] Wang K Y, Zou C J. Multiple Model System and Application of Ecological Carrying Capacity. Beijing: Science Press, 2007.
- [ 3 ] Du D B, Fan F, Ma Y H. Geography of containment and anti-containment of china's peaceful rise. *World Regional Studies*, 2012, 21(2): 1-17.
- [ 4 ] Liu K, Huo J. The study on evaluation index system and influence factors of carrying capacity in coastal zone. *Journal of Ocean University of China(Social Sciences)*, 2008, (4): 8-11.
- [ 5 ] May R M. Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states. *Nature*, 269(5628): 471-477.
- [ 6 ] Yang Y, Niu J M, Zhang Q, Zhang Y N. Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(17): 5096-5104.
- [ 7 ] Wang D, Chen S. Study on the Method of Zoning by Urban Carrying Capacity. *Progress in Geography*, 2011, 30(5): 577-584.
- [ 8 ] Shi Y Z, Zhao H J. Research progress of quantitative evaluation methods of ecological carrying capacity. *Yellow River*, 27(3): 6-8.
- [ 9 ] Di Q B. Theoretical and empirical study and method of carrying capacity in coastal zone. Dalian: Liaoning Normal University, 2004
- [ 10 ] Miao L J, Wang Y G, Zhang Y H, Wang Q M. Assessing index system for bearing capacity of marine ecological environment. *Marine Environmental Science*, 2006, 25(3): 75-77.
- [ 11 ] Lei K P, Zhou S Q. Per capita resource consumption and resource carrying capacity: A comparison of the sustainability of 17

- mainstream countries. *Energy Policy*, 2012, 42: 603-612.
- [ 12 ] Jurado E N, Tejada M T, García F A, González J C, Macías R C, Peña J D, Gutiérrez F F, Fernández G G, Gallego M L, García G M, Gutiérrez O M, Concha F N, de la Rúa F R, Sinoga J R, Becerra F S. Carrying capacity assessment for tourist destinations. Methodology for the creation of synthetic indicators applied in a coastal area. *Tourism Management*, 2012, 33(6): 1337-1346.
- [ 13 ] 16 U. S. C. Coastal Zone Management Act. [ 1972- 10- 27 ]: 1451-1464.
- [ 14 ] Zhao S D, ZHANG Y M. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Beijing: China Environmental Science Press, 2007
- [ 15 ] Ye S F. Evaluation and decision making on comprehensive carrying capacity in the Yangtze River Delta coastal zone: Theory and Practice. Beijing: the ocean press, 2012.
- [ 16 ] Shi Y S, Yin C Y, Wang H F, Tan W K. Research progress and prospect on urban comprehensive carrying capacity. *Geographical Research*, 2013, 32(1): 133-145.
- [ 17 ] Costanza R, darge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 鹿守本. 海岸带管理模式研究. *海洋开发与管理*, 2001, 18(1): 30-37.
- [ 2 ] 王开运, 邹春静. 生态承载力复合模型系统与应用. 北京: 科学出版社, 2007.
- [ 3 ] 杜德斌, 范斐, 马亚华. 南海主权争端战略态势及中国的应对方略. *世界地理研究*, 2012, 21(2): 1-17.
- [ 4 ] 刘康, 霍军. 海岸带承载力影响因素与评估指标体系初探. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2008, (4): 8-11.
- [ 6 ] 杨艳, 牛建明, 张庆, 张艳楠. 基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例. *生态学报*, 2011, 31(17): 5096-5104.
- [ 7 ] 王丹, 陈爽. 城市承载力分区方法研究. *地理科学进展*, 2011, 30(5): 577-584.
- [ 8 ] 石月珍, 赵洪杰. 生态承载力定量评价方法的研究进展. *人民黄河*, 27(3): 6-8.
- [ 9 ] 狄乾斌. 海域承载力的理论、方法与实证研究——以辽宁海域为例. 大连: 辽宁师范大学, 2004.
- [ 10 ] 苗丽娟, 王玉广, 张永华, 王权明. 海洋生态环境承载力评价指标体系研究. *海洋环境科学*, 2006, 25(3): 75-77.
- [ 14 ] 赵士洞, 张永民, 译. 生态系统与人类福祉: 评估框架——千年生态系统评估. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [ 15 ] 叶属峰, 等. 长江三角洲海岸带区域综合承载力评估与决策: 理论与实践. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [ 16 ] 石忆邵, 尹昌应, 王贺封, 谭文星. 城市综合承载力的研究进展及展望. *地理研究*, 2013, 32(1): 133-145.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.3 Feb., 2014 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Research advances and prospects of post-disaster ecological restoration assessment .....  
..... LIU Xiaofu, WANG Wenjie, LI Jing, et al (527)
- The sustainability analysis of small hydropower plants in China based on ecological energetic accounting .....  
..... PANG Mingyue, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (537)

**Autecology & Fundamentals**

- An ecological study on zooplankton in the northern Beibu Gulf V: the effects of microzooplankton grazing on phytoplankton in summer .....  
..... MA Lu, CAO Wenqing, ZHANG Wenjing, et al (546)
- Sexual size dimorphism and female individual fecundity of *Silurus asotus* and *Clarias fuscus* .....  
..... FAN Xiaoli, LIN Zhihua, DING Xianlong, et al (555)
- Effect of environmental temperature on thermogenesis and evaporative water loss in Chinese bulbuls (*Pycnonotus sinensis*) .....  
..... LIN Lin, CAO Mengting, HU Yilin, et al (564)
- Effects of irrigation on plant growth and nitrogen use characteristics of *Calligonum caput-medusae* Schrenk seedlings .....  
..... HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (572)
- Enzymatic activity during phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon impacted soil .....  
..... ZHU Fan, HONG Xiangqi, YAN Wende, et al (581)
- Assessment of karst groundwater vulnerability in Chongqing based on revised RISKE model .....  
..... WEI Xingping, PU Junbing, ZHAO Chunyong (589)
- Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity .....  
..... PAN Yanxin, LUO Wan, JIA Zhonghua, et al (597)

**Population, Community and Ecosystem**

- Spatial distribution and spatial association of *Stellera chamaejasme* population in the different altitude in degraded alpine grassland .....  
..... GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang, ZHUO MA Lancao (605)
- Biotic stress of predators on population of alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Col.: Chrysomelidae) .....  
..... LIU Yufang, LI Fei, GUI Fangyan, et al (613)
- Characteristics of phytoplankton community in the northern South China Sea in summer and winter .....  
..... MA Wei, SUN Jun (621)
- The amount and dynamics of litterfall in the natural secondary forest in Mopan Mountain .....  
..... FAN Chunnan, GUO Zhongling, ZHENG Jinping, et al (633)
- Effects of continuous drought on soil bacteria populations and community diversity in sweet cherry rhizosphere .....  
..... LIU Fangchun, XING Shangjun, MA Hailin, et al (642)
- The basic principle of random forest and its applications in ecology: a case study of *Pinus yunnanensis* .....  
..... ZHANG Lei, Wang Linlin, ZHANG Xudong, et al (650)
- Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance .....  
..... HOU Peng, SHEN Wenming, WANG Qiao, et al (660)
- Stomatal and environmental control on evapotranspiration in a plantation in the lower mountain areas of North China .....  
..... HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (667)
- The fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in alpine grassland of the Tianshan Mountains, Xinjiang .....  
..... HE Guixiang, LI Kaihui, SONG Wei, et al (674)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Analysis the relationship between ecological footprint (EF) of ningxia and influencing factors: Partial Least-Squares Regression (PLS) ..... MA Mingde, MA Xuejuan, XIE Yingzhong, et al (682)
- Profile distribution patterns of soil organic carbon and the rate of carbon sequestration in Ningxia Irrigation Zone ..... DONG Linlin, YANG Hao, YU Dongsheng, et al (690)
- Molecular mechanism on carbon dioxide assimilation of autotrophic microorganism and carbon translocation in agricultural soils ..... WU Xiaohong, JIAN Yan, CHEN Xiaojuan, et al (701)

**Resource and Industrial Ecology**

- Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach ..... SUN Yufeng, GUO Quanying (710)
- Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan ..... SU Panpan, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (718)

**Urban, Rural and Social Ecology**

- Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression ..... LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (727)

**Research Notes**

- Spatial-temporal variability of dry and wet deposition of atmospheric nitrogen in different ecological regions of Shaanxi ..... LIANG Ting, TONG Yan'an, LIN Wen, et al (738)
- The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area ..... LIU Xiaoyong, LI Hongxun, LI Jianming, et al (746)
- Structure and diversity of soil fauna communities in the tundra of the Changbai Mountains, China ..... WANG Zhenhai, YIN Xiuqin, JIANG Yunfeng (755)
- Modeling the total allowable area for coastal reclamation: a case study of Xiamen, China ..... LIN Chenchen, RAO Huanhuan, LIU Yan, et al (766)

# 《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 3 期 (2014 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 3 (February, 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

**主 编** 王如松

**主 管** 中国科学技术协会

**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

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂

**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

**订 购** 全国各地邮局

**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

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**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

**Editor-in-chief** WANG Rusong

**Supervised** by China Association for Science and Technology

**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China

**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



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