

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

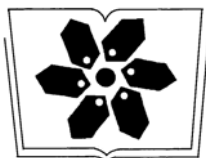
## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第6期 Vol.34 No.6 **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 6 期      2014 年 3 月    (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 全球气候变暖对凋落物分解的影响..... 宋 飘,张乃莉,马克平,等 (1327)
- 从系统到景观:区域物质流分析的景观取向 ..... 张晓刚,曾 辉 (1340)
- 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法..... 宋豫秦,张晓蕾 (1352)
- 保幼激素在昆虫中的分子作用机理..... 金敏娜,林欣大 (1361)
- 岩画和壁画类文物微生物病害研究进展..... 李 强,葛琴雅,潘晓轩,等 (1371)
- 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究 ..... 朱卫红,苗承玉,郑小军,等 (1379)
- 跨界保护区网络构建研究进展..... 王 伟,田 瑜,常 明,等 (1391)

### 个体与基础生态

- 速生树种尾巨桉和竹柳幼苗耗水特性和水分利用效率..... 邱 权,潘 昕,李吉跃,等 (1401)
- 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响..... 褚延梅,杨 健,李景吉,等 (1411)
- 气象要素及土壤理化性质对不同土地利用方式下冬夏岩溶作用的影响 ..... 刘 文,张 强,贾亚男 (1418)
- 施用纳米碳对烤烟氮素吸收和利用的影响..... 梁太波,尹启生,张艳玲,等 (1429)
- 基于 Voronoi 图的林分空间模型及分布格局研究 ..... 刘 帅,吴舒辞,王 红,等 (1436)
- 近自然毛竹林空间结构动态变化..... 仇建习,汤孟平,沈利芬,等 (1444)
- 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究..... 刁松峰,邵文豪,姜景民,等 (1451)
- 不同林分起源的相容性生物量模型构建..... 符利勇,雷渊才,孙 伟,等 (1461)

### 种群、群落和生态系统

- 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响..... 樊艳荣,陈双林,杨清平,等 (1471)
- 温度和 CO<sub>2</sub> 浓度升高下转 *Bt* 水稻种植对土壤活性碳氮和线虫群落的短期影响 .....  
..... 陈 婧,陈法军,刘满强,等 (1481)
- 中国东北地区近 50 年净生态系统生产力的时空动态 ..... 李 洁,张远东,顾峰雪,等 (1490)
- 遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价..... 董张玉,刘殿伟,王宗明,等 (1503)
- 秦岭火地塘林区土壤大孔隙分布特征及对导水性能的影响..... 陆 斌,张胜利,李 侃,等 (1512)
- 磷浓度对铜绿微囊藻、大型溞和金鱼藻三者相互作用的影响..... 马剑敏靳 萍,郭 萌,等 (1520)
- 普生轮藻浸提液对两种淡水藻类的化感抑制作用及其数学模型..... 何宗祥,刘 璐,李 诚,等 (1527)
- 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析 ..... 修 晨,欧阳志云,郑 华 (1535)
- 基于河流生境调查的东河河流生境评价..... 王 强,袁兴中,刘 红,等 (1548)

## 景观、区域和全球生态

- 应用 SWAT 模型研究潮河流域土地利用和气候变化对径流的影响 ..... 郭军庭,张志强,王盛萍,等 (1559)
- 长白山不同海拔树木生长对气候变化的响应差异..... 陈 力,尹云鹤,赵东升,等 (1568)
- 石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系..... 李 英,李月丛,吕素青,等 (1575)
- 不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原土壤碳氮变化及固碳效应..... 闫瑞瑞,辛晓平,王 旭,等 (1587)
- 南四湖区农田土壤有机质和微量元素空间分布特征及影响因素..... 武 婕,李玉环,李增兵,等 (1596)

## 资源与产业生态

- 跨国土地利用及其生态影响 ..... 陆小璇 (1606)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 288 \* zh \* P \* ¥ 90.00 \* 1510 \* 30 \* 2014-03



**封面图说:** 图们江河流中段——图们江位于吉林省东南边境,发源于长白山东南部的石乙水,河流的绝大部分是中国与朝鲜的界河,下游很小一段为俄罗斯与朝鲜的界河,并由这里流入日本海,我国珲春距离日本海最近的地方仅有 15km。图们江是我国重要的国际性河流之一,随着我国经济的迅速崛起,图们江地区进入到多国合作联合开发阶段,湿地生态系统处于中度预警状态,并有向重度预警发展的趋势,生态安全面临的威胁越来越严重。对该区域进行湿地生态安全评价与预警研究,可为图们江流域生态环境的可持续发展提供依据。图中河道的远方为朝鲜、河道近方为中国。

**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/stxb201305161095

宋豫秦, 张晓蕾. 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法. 生态学报, 2014, 34(6): 1352-1360.

Song Y Q, Zhang X L. A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(6): 1352-1360.

# 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法

宋豫秦, 张晓蕾\*

(北京大学环境科学与工程学院, 北京 100871)

**摘要:** 为了维系湿地生态系统的功能并制定合理的保护与开发规划, 有必要量化湿地生态系统服务的价值。目前学术界尚未形成统一的湿地价值评估方法, 而不同的选取方法、评估角度、评估对象等, 会导致计算结果存在很大差异, 尤其是在对时空差异性服务价值评估和湿地生态系统服务的总价值评估中存在难以量化和重复计算现象。针对上述问题, 从湿地生态系统服务的定义、分类和受益人出发, 提出了多维度价值评估方法, 以定量计算时空差异性服务价值和系统的总服务价值, 并探讨了该方法在淮河流域八里河湿地生态系统中的应用以及对其他类型生态系统服务研究的借鉴意义。

**关键词:** 湿地生态系统服务; 时空差异性; 多维度; 价值评估

## A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation

SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei\*

College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing 100871, China

**Abstract:** Wetlands are playing important roles in flood control, groundwater recharge, climate improvement, air purification and regional ecosystem balance maintenance. With the increasing activities of human interferences and the surrounding environment, the global and China's wetland ecosystems have been seriously damaged in their ecosystem services. Therefore, a reasonable assessment of wetland ecosystem service value helps to accurately quantify the cost of protection and utilization of benefits, maintains wetland ecosystems healthy and stable, and provides a scientific basis for the rational development of wetland resources. Since wetland ecosystem service functions mainly refer to direct impacts on humans, measurements of the value of ecosystem service is better to convert it to "monetary value", so as to gain accurate value based on supply and demand, predictable input and output or different management approaches.

Researches on the contemporary wetland ecosystem service valuation methods can be divided into two categories: researches on calculation methods based on common service categories and researches on wetland ecosystem service category from the point of wetland ecosystem functions and services supply processes. However, due to different valuation methods, perspectives and objects, a decisive valuation method hasn't yet formed, which also leads to great differences in calculating results. It is quite convincing that spatial and temporal lagging and double counting problems in wetland ecosystem service valuation have many uncertainties in calculations when adopting contemporary methods.

Therefore, this paper put forward a multi-dimensional valuation method —Time Dimension, Spatial Dimension and Emergy-Economy Dimension, based on the definitions, categories and beneficiaries of wetland ecosystem services. Time Dimension mainly focused on temporal lagging in subjects of wetland ecosystem service valuation. Spatial Dimension described all the "beneficiaries" of wetland ecosystem service in different service areas. Emergy-Economy Dimension adopted both the methods of biophysics and economy. Meanwhile, clarifications of the advantages of this method in accurately quantifying ecosystem service value and in avoiding spatial and temporal lagging and double counting problems were also discussed in this paper, so as to provide further references for other ecosystem. Finally, an example of Balihe

基金项目: 水利部公益行业科研专项(200901025, 201001014)

收稿日期: 2013-05-16; 修订日期: 2013-10-28

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ahuzhxl@163.com



wetlands in Huaihe River Basin was given to provide further explanations of this method.

**Key Words:** wetland ecosystem service valuation; spatial and temporal lagging; double counting; multi-dimension

湿地在调蓄洪水、补给地下水、改善气候、净化污染、维持区域生态系统平衡等方面的作用日趋凸显,而与之同时,许多湿地也受到其周围环境的干扰和破坏。Costanza 在 1997 年指出:“为了量化湿地生态系统的潜在价值,明确其服务对人类社会的影响,同时为了建立未来研究的框架,迫切需要进行湿地生态系统服务价值评估”<sup>[1]</sup>。因此,对于湿地生态系统的服务价值进行合理评估,有助于准确量化保护成本与利用效益,有利于维系湿地生态系统的健康稳定,也可为合理开发湿地资源提供科学依据。

湿地生态系统服务价值评估是量化湿地生态系统的功能对人类所造成的影响<sup>[2]</sup>。衡量一种生态服务的价值,需要将其转换为“货币价值”,基于这一服务的供需、可预测的产出和不同的管理方式可获得相对确定的数值。现有的湿地生态系统价值评估研究可大致分为两类:一类是基于确定的服务类型进行价值量化方法的改进,另一类是针对湿地生态系统功能产生和服务供给的过程,研究服务分类的改进。但是,一方面,湿地生态系统服务的时空差异性特征,使得生态系统的过程和结果无法完全分离、生态系统服务难以准确识别,现有方法难以准确定量,另一方面,当计算湿地生态系统服务的总体价值时,仅将分项计算的服务价值进行简单加和,会导致重复计算。因此,本文针对湿地生态系统服务的时空差异性和重复计算问题,从湿地生态系统服务的定义、分类和受益人角度,提出了多维度价值评估的概念方法体系,以定量描述湿地生态系统服务的时空差异,合理规避重复计算现象。同时,以淮河流域八里河湿地为例,初步探索了该方法的应用,以期各类生态系统服务的价值评估提供方法参考。

## 1 湿地生态系统服务价值评估研究述评

20 世纪初,美国为了给迁徙鸟类和珍稀动物提供栖息地而在全球率先开展了湿地评价<sup>[3]</sup>。20 世纪 80 年代以来,许多国家的学者都进行了生态系统服务功能的量化研究。最初的模型仅能评价湿地的部分功能,故其评价结果只能表达湿地的部分价值。随着评价方法的不断完善,评价的空间区域和功能

类型都有所扩展,一些定量分析法也逐渐引入。近年来,关于湿地生态系统服务价值的研究逐渐成为热点,其内容大致分为两类,其一是基于千年生态系统评估(MA)<sup>[4]</sup>和 De Groot<sup>[5]</sup>提出的功能与服务分类体系,对以上服务价值评估方法予以改进或修正参数,其二是从优化湿地生态系统服务分类的角度出发,通过合理划分、识别湿地生态系统各种服务的类型,获得更为准确的评估结果。

### 1.1 价值评估方法评介

湿地生态系统服务价值评估方法可分为经济学方法、物质量法和能值分析法<sup>[6]</sup>。经济学方法有 3 个特点:第一,基于确定的服务类型进行计算,研究默认前提是 Costanza、De Groot 和 MA 所提出的湿地生态系统的四大类服务——调节服务、供给服务、支持服务和文化服务;第二,分项计算各类型服务的价值,对于每类服务选用不同的计算方法,采用单项加和方式得到总的服务价值;第三,将人的意愿纳入无定形服务价值量化研究中,修正了支付意愿法的不确定性,引入不同个体的偏好差异<sup>[7]</sup>以及支付意愿法与生态系统权重赋值相结合方法<sup>[8]</sup>等。物质量法和能值分析法则基于经济学计算难以将环境投入(如太阳能、雨水潜能和表土流失等)货币化以及不同类别的能量具有不同能级和能质的前提<sup>[9-14]</sup>,从物质量角度及太阳能焦耳总量的能值角度进行计算,例如,基于 H.T.Odum 提出的能值定律,改良了 Odum 提出的能值模型。

由表 1 可知,早期的湿地生态系统服务价值评估的重点是将经济学方法引入生态学领域,探讨在生态学领域的适用性,如 Loomis<sup>[17]</sup>将条件价值法应用到生态系统服务价值计算领域所建立的二分支支付意愿法,不仅包括常规支付意愿的数值,也包括居民是否愿意支付两个方面的问卷结果,从而更准确地获得支付意愿曲线。随着经济学方法在生态学领域的普及与深入,学者们开始对价值评估方法进行改进,如 Woodward 和 Wui 将非市场和市场价值相结合建立了复合分析<sup>[19]</sup>;Maltby 改进了支付意愿法的问卷过程,使其设计更为合理<sup>[27]</sup>;联合国环境规划署世界保护监测中心(UNEP-WCMC)在对英国各种生

态系统进行价值评估的过程中引入质量的概念,将同一类型的服务按照质量的不同分类计算价值<sup>[26]</sup>; Tilly 和 Brown 改进了能值分析模型,以适应动态的雨洪湿地能值评估<sup>[20]</sup>。

表 1 湿地生态系统服务价值评估方法研究进展<sup>[15-30]</sup>  
Table 1 Review of wetland ecosystem service valuation methods

| 年份 Year    | 作者 Author                       | 评估方法 Evaluation Method                                                | 评估对象 Evaluation Target                                                   |
|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1984, 1993 | 加拿大自然资源局 <sup>[15]</sup>        | 建立了社会、水文、生态及特征的指标体系,采用群众打分法                                           | 安大略南部湿地的社会、水文、生物等组分状况                                                    |
| 1996       | Kosz <sup>[16]</sup>            | 支付意愿法                                                                 | 越南湿地生态系统的存在价值                                                            |
| 1997       | Constanza                       | 市场价值法、非市场价值法(支付意愿法)                                                   | 全球生态系统功能和自然资本价值                                                          |
| 2000       | Loomis <sup>[17]</sup>          | 二分法支付意愿法                                                              | 美国丹佛南普拉特河流域湿地稀释污水、水质净化、控制侵蚀、野生生物栖息地、娱乐服务价值                               |
| 2000       | Turner 等 <sup>[18]</sup>        | 湿地生态经济分析框架                                                            | 湿地生态系统的结构、特征、功能、过程、产物与服务                                                 |
| 2001       | Woodward 和 Wu <sup>[19]</sup>   | 非市场-市场价值结合的评价工具——复合分析                                                 | 美国 39 个湿地无市场价值的服务,例如栖息地保护、洪水防御、水质净化、休闲娱乐服务                               |
| 2006       | Tilley 和 Brown <sup>[20]</sup>  | 改进了 Odum 的 Extend <sup>®</sup> 模型动态能值分析,引入瞬时水文参数                      | 美国佛罗里达南乔治亚州戴德县黑湾的雨洪湿地生态系统服务价值                                            |
| 2010       | Brown 等 <sup>[21]</sup>         | 能值分析                                                                  | 法国富瓦流域湿地恢复价值,包括经济价值、资源价值和环境价值                                            |
| 2010       | Siche <sup>[22]</sup>           | 能值分析                                                                  | 秘鲁湿地生态系统的生态承载力                                                           |
| 2010       | Pert 等 <sup>[23]</sup>          | 问卷调查                                                                  | 澳大利亚塔利墨累流域湿地水调节服务所带来的生物多样性评价                                             |
| 2010       | Posthumus <sup>[24]</sup>       | 建立了评价洪泛区土地利用状况的指标体系,其指标包括农业生产情况、经济回报、雇佣率、土壤质量、洪水蓄滞情况、水质、温室气体排放、栖息地保护等 | 英格兰洪泛平原湿地的生态系统服务(生产功能、调节功能、载体功能、栖息地功能和信息文化功能)                            |
| 2011       | Bai 等 <sup>[25]</sup>           | InVEST 模型                                                             | 中国白洋淀湿地生物多样性与土壤蓄积、产水、碳固定正相关,与氮磷蓄积和授粉负相关                                  |
| 2011       | UNEP-WCMC <sup>[26]</sup>       | 同一种生态过程可以提供不同质量的服务                                                    | 英国生态系统公共用水、栖息地保护用水、娱乐休闲和遗产维护用水分类计算价值                                     |
| 2011       | Maltby <sup>[27]</sup>          | 问卷调查并加权得分计算法                                                          | 针对湿地的水文、生物地球化学和生态功能,计算了洪水蓄滞、地下水补给、地表水流出、泥沙沉淀、营养物质排除、重金属追踪、氮磷沉淀以及生物多样性的价值 |
| 2012       | Christie 等 <sup>[28]</sup>      | 评估生物多样性的货币及非货币方法                                                      | 次发达国家湿地生态系统的生物多样性价值                                                      |
| 2012       | Ibarra 等 <sup>[29]</sup>        | 非市场价值法——替代工程法                                                         | 美国墨西哥城霍奇米尔科湿地的农业生态系统的水质改善价值、碳固定价值以及生物多样性价值                               |
| 2012       | Sander 和 Haight <sup>[30]</sup> | 享乐价值法                                                                 | 美国明尼苏达州的湿地城市周边地带植被覆盖与相邻水域带来的文化价值的增加,例如房地产价值、户外娱乐价值、美学价值                  |

通过梳理价值评估方法可知,关于经济学方法的改进较多,而对于物质量和能值分析方法的改进研究相对较少。这或可说明基于“生态系统物质运动和能量交换”原理的分析方法比基于市场价值和货币价值的经济学方法更为稳健。

1.2 服务分类研究

湿地生态系统服务的系统性分类研究始于 De Groot、Costanza 和 MA 所提出的分类体系,但随着对湿地生态系统服务价值评估方法的深入研究,学界认识到仅靠方法改良难以精确计算价值,开始逐渐

重视源头优化分类,针对服务分类的研究成果不断面世,近年来以两类观点为主:

第一类以 Robert Costanza<sup>[31]</sup> 为代表,认为无论是生态过程还是生态结果,无论是生态系统的中间过程/服务还是最终服务,都是为人类的最终获益而做功,需要全部加和,据此提出了两种分类方式,即依据空间特性分类和依据“排他性/竞争性”分类。第二类以 Wallace、Brown、Fisher、Bateman 等<sup>[32-43]</sup> 为代表,提出要区分生态系统服务的过程和结果、生态系统的中间过程/服务与最终服务,以避免重复计算

导致的结果偏差。其中,中间过程/服务是指必须通过一定的条件或过程,并且通过其他的转化机制传递到最终受益者的服务,即生产最终服务的输入服务;而最终服务又称为系统的最终产出,是可以直接提高一个以上受益人福利的生物物理性的产品。<sup>[36]</sup>以湿地生态系统的水资源供给服务为例,对于喝水者,清洁水供给是一种最终的服务;对于以打渔为生或以打渔为享乐的人,清洁水只是一个中间过程/服务。因此,在价值评估时,仅需将最终服务计入,中间服务则视为过程。Johnston 和 Russell<sup>[44]</sup>还提出了 4 个法则来区分湿地生态系统的中间服务与最终服务:(1)受益人仅愿意为最终服务支付费用,而非中间过程/服务;(2)最终服务必须是生态系统自然的产出;(3)当系统内其他输入和条件维持不变时,受益人仍愿意为最终服务的提高支付费用;(4)当计算生态系统服务价值时,仅加和被受益者直接接受的服务效益。

此外,还有一些学者提出了物质质量法的分类方式<sup>[45-46]</sup>,如 Su 等<sup>[45]</sup>采用了物质质量法,通过研究中国流域生态系统服务与人类活动的关系,将生态系统服务划分为净初级生产(NPP)、碳固定和氧气生产(CSOP)、水资源保护、土壤保护和粮食生产。这种分类方式基于生态系统物质质量守恒原理,通过计算不同能级的物质质量,换算成市场价值,避免夸大生态系统服务价值,但同样也存在中间过程/服务和最终服务难以有效区分的问题。

## 2 存在问题与争议

在诸多关于生态系统价值评估研究中,对于时空差异性服务的价值评估和对于生态系统各类服务总价值的评估曾长期是研究的难点,尤以湿地生态系统评估最为突出。由于不同学者采用的分类体系和评估方法有所差异,计算结果存在不同程度的偏差。

### 2.1 时空差异性服务的价值评估

湿地生态系统服务的源、汇和最终受益者经常处于不同的时间和空间,即在提供服务的湿地生态系统和接受服务的人类之间存在“时空差异”<sup>[31,39]</sup>。例如,对于湿地生态系统水质净化服务和水资源供给服务而言,由于水质净化需要一定的污染物消解时间,水资源供给则需要一定的空间范围,在计算服

务价值时,需要合理识别并计算滞后效应价值。而关于滞后效应价值的计算,目前尚未形成针对性强的方法,多以替代工程法等效计算。如研究水质净化服务价值时,运用入流和出流的水质差异来等效计算,其时间差异所致水流停滞时间的增加及净化效果的提升效益很难量化。又如,对水资源供给服务进行价值评估时,往往采用水资源人工输送所能达到的距离等效代入计算,但是却忽视了自然地势因素所产生的水资源运输损耗价值。因此,采用替代工程法等效计算时空差异服务的价值,针对性较低,造成了服务价值的部分缺失,难以准确量化价值。

### 2.2 重复计算

关于重复计算的概念,目前在生态系统服务领域尚无清晰定义。借用经济学将某一类价值重复计入 GDP 的定义可知,所谓湿地生态系统服务价值量化中的重复计算,主要指由于混淆了湿地生态系统服务的产生过程与结果,以及在计算过程中未能准确识别湿地生态系统内部的各种关联作用,使某项或某几项指标被多次计算,导致整体价值偏大的现象,具体表现在中间过程/服务与最终服务和湿地生态系统结构或功能的“分离、共产物、反馈”机制的混淆。所谓“分离”,即出流分离成两条同类型的支流,例如水流分离成两个分支,分别流向不同的使用者。“分离”情况下,两条分支的转换率相同,能值为两支的加和。所谓“共产品”,即出流是不同的物质,例如在绵羊农业系统中,羊肉和羊毛是这个系统的共产品,两者的能值转换率不同,但蕴含的能值相同<sup>[9-10]</sup>。

当计算单一服务的价值时,实际上很少存在重复计算现象,而当计算一个系统的整体价值时,则往往会出现此类问题。其因在于,一是对过程和结果的认定不清晰,二是每类服务计算方法的原理不同,贸然加和则会存在叠加的可能性,三是计算每类服务时,大多按照最大价值计算,但是当综合计算整体服务价值时,如缺乏权重考虑,易导致计算结果失准。例如陈鹏<sup>[47]</sup>对厦门湿地生态系统服务价值评估的研究中,分项计算了栖息地、物质生产、污染净化、涵养水源、抵御灾害、旅游休闲和文化科研 7 项服务的价值,并简单加和得出湿地生态系统服务的总价值。然而,因物质生产服务和污染净化服务间



存在竞争效应,在同一个系统中,不可能存在两种服务价值同时最大化的情况,故重复计算在所难免。

重复计算经常表现在湿地调节服务和支持服务的价值量化过程中<sup>[39,48-49]</sup>,在湿地生态系统服务的水质净化、水流调节以及娱乐休闲服务中最为常见。如水质净化服务,因与营养物中的氮、磷相关,是生态功能的一个结果,这种功能仅在经过下游其他的生态过程被转化为可被受益者直接使用的物品和服务时,才可作为最终服务而纳入价值计算。

合理解决重复计算问题的意义在于,可以更精确地量化湿地生态系统服务价值,尤其是量化湿地生态系统服务的改变所带来的效益,可用于评价生态系统保护与开发的效率,例如污染治理效率、政策执行力度等<sup>[41,50]</sup>。

### 3 多维度价值评估方法

综上所述,单一的评估方法难以满足精确评估服务价值的研究目标。鉴于此,提出多维度价值评估方法,即通过对湿地生态系统服务的概念明晰,合理划分服务类型,并采用经济学和生物物理学联用

方法,以规避湿地生态系统时空差异性服务的价值评估和总服务价值的重复计算。

所谓多维度是相对于上文所述的一维方法提出的概念,包括时间、空间和能值经济分析 3 个维度。时间维度是针对湿地生态系统服务价值评估对象的时间差异;空间维度是针对基于定义的湿地生态系统服务受益人的空间差异;能值经济分析维度是指生物物理学方法与经济学方法的联用,其核心在于运用能值代数法则合理求解能值代数式的参数<sup>[8-9,51]</sup>。

具体方法如图 1 所示。

第一步,基于生态系统服务定义,从“受益人”角度识别湿地生态系统服务中的中间过程/服务和最终服务。之所以从“受益人”角度识别是基于 Costanza 等人和 MA 的定义,生态系统服务是以人类为作用对象,衡量人类从生态系统中的获益情况。因此,基于“受益人”的服务分类方式有助于合理划分湿地生态系统服务的传递路径,为第二步湿地生态系统服务流模拟、量化以及第三步能值经济分析提供依据。

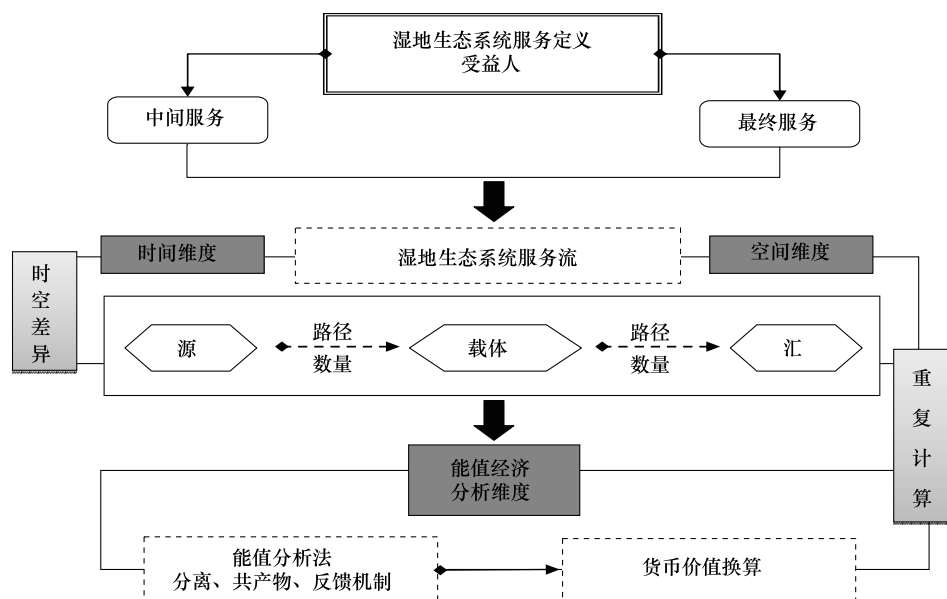


图 1 湿地生态系统服务多维度价值量化流程图

Fig.1 Flow chart of multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation

第二步,在时间维度和空间维度两方面制定各类型服务的湿地生态系统服务流图,明确湿地生态系统服务的源、汇、载体和使用类型<sup>[52-53]</sup>。生态系统服务流是指生态系统服务向人类的转化过程<sup>[8,38,52,54-63]</sup>,也被用于描述人类通过贮存生态系统

服务所获得的多年平均效益流。通过想象洪水沿着河谷下泄或者一群游人走向提供了娱乐设施的自然区域,可以模拟生态系统服务流<sup>[33]</sup>。湿地生态系统服务流方法的核心在于:第一,基于上文所识别的湿地生态系统服务受益者,明确湿地生态系统的服务



类型和传递服务的载体;第二,识别湿地生态系统服务在载体传递过程中的汇;第三,识别各类湿地生态系统服务之间的利用类型——竞争、非竞争和协同效应。

第三步,能值经济分析维度,基于湿地生态系统服务流模拟结果和能值代数法则进行能值代数计算<sup>[9-10,51,64]</sup>,并将结果转化为市场价值。此步骤的核心在于识别生态过程中产品的“分离、共产物、反馈”机制以及合理构建能值代数式<sup>[9-10,65]</sup>。

以下以淮河流域八里河湿地生态系统为例,简要探讨该方法在湿地生态系统价值评估中的应用。

首先,通过描绘该湿地系统的生态过程,在引入

“受益人”基础上,识别得出7种最终服务,即洪水调节服务、鱼类供给服务、水禽供给服务、杞柳供给服务、清洁水供给服务、温度调节服务和大气质量调节服务(图2)。其中,参数 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{20}$ 是能值转换率(sej/J),参数 $a, b, c, \dots, t$ 是湿地生态系统中的产品所蕴含的能量,单位J,红色的半圆形虚线分别代表了该生态系统中的5个“分离”机制 $S_1, S_2, \dots, S_5$ 。

其次,运用生态系统服务流模型(SPAN)<sup>[53]</sup>模拟图2所识别的中间过程和最终服务,区分该系统的源、汇和载体。其中,源来自降雨和太阳光辐射;汇包括生态系统中的水生植物、水生动物、水禽和土壤;载体是湿地土壤和湿地径流。

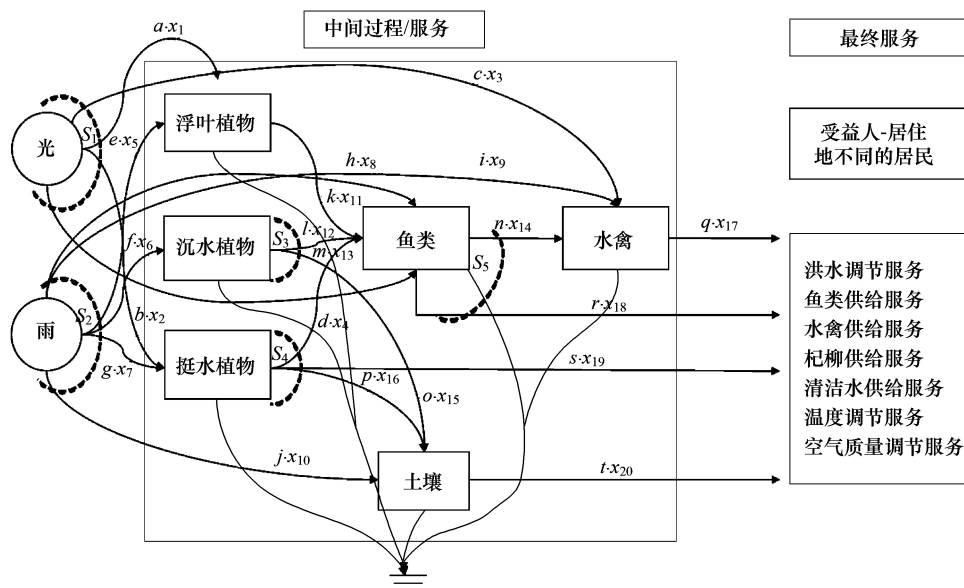


图2 淮河流域八里河湿地生态系统能值示意图与最终服务识别结果图(sej/时间)

Fig.2 The emergy flow network and final ecosystem service in Balihe wetland of Huaihe River Basin(sej/time)

雨在此系统中包括汛期的暴雨洪水;挺水植物在此系统中指杞柳,可供手工业编织使用

其三,根据能值代数运算法则<sup>[10,51,64]</sup>,建立该系统的能值代数式,求解湿地生态系统服务的能值,如公式组(1)。其中,能值转换率可由 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{20}$ 简化为 $[X_1], [X_2], \dots, [X_8]$ ,并通过最小二乘法求

$$\text{浮叶植物} \quad e \cdot x_5 + a \cdot x_1 = k \cdot x_{11}$$

$$\text{沉水植物} \quad f \cdot x_{16} = l \cdot x_{12} + o \cdot x_{15}$$

$$\text{挺水植物} \quad b \cdot x_2 + g \cdot x_7 = m \cdot x_{13} + p \cdot x_{16} + s \cdot x_{19}$$

$$\text{鱼类} \quad h \cdot x_8 + k \cdot x_{11} + l \cdot x_{12} + m \cdot x_{13} + d \cdot x_4 = n \cdot x_{14} + r \cdot x_{18}$$

$$\text{水禽} \quad c \cdot x_3 + i \cdot x_9 + n \cdot x_{14} = q \cdot x_{17}$$

$$\text{土壤} \quad o \cdot x_{15} + p \cdot x_{16} + j \cdot x_{10} = t \cdot x_{20}$$

(1)

最后,将求得的能值用经济学价值表示即可。

通过以上分析可知,时间维度和空间维度可通

解;生态系统参与者所蕴含的能量 $a, b, c, \dots, t$ 可通过生态系统服务流模拟求解;太阳光照强度、降水量、鱼类数量、水禽数量和土壤含水量可直接测得:

过该系统中间过程/服务和最终服务的识别过程予以体现,能值经济分析维度则体现在能值代数式求

解与湿地生态系统服务价值评估量化过程中,而传统的能值分析只是该方法的组成部分之一。

该方法相比能值分析法的改进和优势主要体现在 3 个方面:第一,常见的能值方法,基于“生态系统物质运动和能量交换”原理建立能值分析表,包括系统所有的投入和产出,而未基于“受益人”识别最终服务类型,因此,其值难以真实反映生态系统服务所提供“人类受益者”的效益;第二,能值计算需要两类参数,一类是能值转换率,另一类是原始的物质质量,本方法运用生态系统服务流模拟所得的原始物质质量值,体现了生态系统“分离、反馈和共产物”机制,与基于年鉴的统计数据有本质区别,可有效避免重复计算;第三,常见的能值分析方法多用于计算一个系统整体的能值,而难以区分每类生态系统服务的价值,而本文所建立方法可对每类服务单独核算。

与其他价值评估方法相比,后者的优点是:

(1)采用基于“受益人”的服务识别方法,突出了湿地生态系统与人类活动的互动关系,在一定程度上避免了中间过程/服务与最终服务混淆所导致的重复计算。

(2)通过基于“受益人”的服务识别和“能值—经济”分析方法,将时空因素纳入价值评估过程,可有效评价时空差异性服务的价值。

(3)采用生态系统服务流模型,模拟湿地生态系统服务的传递过程,并与能值代数式结合量化服务价值,不仅可以定性描绘湿地生态系统的服务,也可以定量计算其价值。

(4)在服务流模拟与能值分析过程中,还可以有效识别提高湿地生态系统服务传递效益的政策作用点,可促进对受益人有益的服务流,抑制对受益人有害的服务流,最大限度发挥湿地生态系统服务的价值。

需要说明的是,该方法主要适宜于量化面积较大、生态结构较复杂的湿地生态系统服务价值,而对于面积较小、生态结构较简单的湿地生态系统,采用此方法反而稍显繁杂。

#### 4 结语

湿地生态系统服务的多维度价值评估方法是对传统价值评估体系的延伸和优化,相对而言,其计算结果更为合理和准确。通过描绘和量化湿地生态系

统服务的空间分布和价值,有利于推动共轭的区域生态系统管理体制的建立,对湿地生态系统补偿政策的制定等,有参考价值。同时,该评估方法体系还具有普适性特征,对其他类型生态系统服务价值评估也具借鉴意义。

#### References:

- [1] Costanza R, d'Arge 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.
- [2] Economic and Social Research Council. The Importance of Wetlands in Ecosystem Services: With Special Attention on Flood Attenuation, Carbon Sequestration, Hydrogeology, Water Quality, Biodiversity, and Social and Local Values: Wetland Final Report. Swindon: ERSC, 2012.
- [3] Ju M T, Wang Y X, Meng W Q, Ma C, Luo X Z. Protection and Evaluation of Wetland Ecosystem. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 5-7.
- [4] World Health Organization. Ecosystems and Human Well-being: Millennium Ecosystem Assessment. Geneva: WHO, 2005.
- [5] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41 (3): 393-408.
- [6] Zhao J Z, Xu Y J, Xiao H, Zhao T Q, Duan G M. Ecosystem services evaluation based on comprehensive national power for sustainable development—the evaluation on 13 countries. *Systems Engineering Theory & Practice*, 2003(1): 121-127.
- [7] Kenter J O, Hyde T, Christie M, Fazey I. The importance of deliberation in valuing ecosystem services in developing countries—evidence from the Solomon Islands. *Global Environmental Change*, 2011, 21(2): 505-521.
- [8] Christie M, Rayment M. An economic assessment of the ecosystem service benefits derived from the SSSI biodiversity conservation policy in England and Wales. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 70-84.
- [9] Odum H T. Handbook of Emergy Evaluation folio 2: Emergy of Global Processes. Gainesville: University of Florida, 2000.
- [10] Odum H T, Brown M T, Brandt-Williams S L. Handbook of Emergy Evaluation folio 1: Introduction and Global Budget. Gainesville: University of Florida, 2000: 16.
- [11] Brown M T, Bardi E. Handbook of Emergy Evaluation folio 3: Emergy of Ecosystems. Gainesville: University of Florida, 2001.
- [12] Brandt-Williams S L. Handbook of Emergy Evaluation folio 4: Emergy of Florida Agriculture (2<sup>nd</sup> printing). Gainesville:

- University of Florida, 2002.
- [13] Kangas P C. Handbook of Emergy Evaluation folio 5: Emergy of Landforms. Gainesville: University of Florida, 2002.
- [14] Lu H F, Campbell D E. Ecological and economic dynamics of the Shunde agricultural system under China's small city development strategy. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(8): 2589-2600.
- [15] Ministry of Natural Resources. Ontario Wetland Evaluation System Southern Manual (NEST Technical Manual TM-002) (3<sup>rd</sup> edition). Canada: MNR, 1993.
- [16] Kosz M. Valuing riverside wetlands: the case of the "Donau-Auen" national park. *Ecological Economics*, 1996, 16(2): 109-127.
- [17] Loomis J, Kent P, Strange L, Fausch K, Covich A. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, 2000, 33(1): 103-117.
- [18] Turner R K, van den Bergh J C J M, Soderqvist T, Barendregt A, van der Straaten J, Maltby E, van Ierland E C. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, 2000, 35(1): 7-23.
- [19] Woodward R T, Wui Y S. The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecological Economics*, 2001, 37(2): 257-270.
- [20] Tilley D R, Brown M T. Dynamic emergy accounting for assessing the environmental benefits of subtropical wetland stormwater management systems. *Ecological Modelling*, 2006, 192(3/4): 327-361.
- [21] Brown M T, Martínez A, Uche J. Emergy analysis applied to the estimation of the recovery of costs for water services under the European Water Framework Directive. *Ecological Modeling*, 2010, 221(17): 2123-2132.
- [22] Siche R, Agostinho F, Ortega E. Emergy Net Primary Production (ENPP) as basis for calculation of Ecological Footprint. *Ecological Indicators*, 2010, 10(2): 475-483.
- [23] Pert P L, Butler J R A, Brodie J E, Bruce C, Honzak M, Kroon F J, Metcalfe D, Mitchell D, Wong G. A catchment-based approach to mapping hydrological ecosystem services using riparian habitat: a case study from the Wet Tropics, Australia. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 378-388.
- [24] Posthumus H, Rouquette J R, Morris J, Gowing D J G, Hess T M. A framework for the assessment of ecosystem goods and services: a case study on lowland floodplains in England. *Ecological Economics*, 2010, 69(7): 1510-1523.
- [25] Bai Y, Zhuang C W, Ouyang Z Y, Zheng H, Jiang B. Spatial characteristics between biodiversity and ecosystem services in a human-dominated watershed. *Ecological Complexity*, 2011, 8(2): 177-183.
- [26] UNEP World Conservation Monitoring Centre. U. K. National Ecosystem Assessment: Technical Report (Chapter 22 Economic Values from Ecosystems). Cambridge: UNEP-WCMC, 2011.
- [27] Maltby E. Functional assessment of wetlands: towards evaluation of ecosystem services. *Ecological Engineering*, 2011, 37(2): 399-400.
- [28] Christie M, Fazey I, Cooper B, Hyde T, Kenter J O. An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies. *Ecological Economics*, 2012, 83: 67-78.
- [29] Ibarra A A, Zambrano L, Valiente E L, Ramos-Bueno A. Enhancing the potential value of environmental services in urban wetlands: an agro-ecosystem approach. *Cities*, 2013, 31: 438-443.
- [30] Sander H A, Haight R G. Estimating the economic value of cultural ecosystem services in an urbanizing area using hedonic pricing. *Journal of Environmental Management*, 2012, 113: 194-205.
- [31] Costanza R. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 2008, 141(2): 350-352.
- [32] Wallace K J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, 2007, 139(3/4): 235-246.
- [33] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 2007, 63(2/3): 616-626.
- [34] UNEP World Conservation Monitoring Centre. U. K. National Ecosystem Assessment: Synthesis of Key Findings. Cambridge: UNEP-WCMC, 2011.
- [35] Tallis H, Polasky S. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1162(1): 265-283.
- [36] Boyd J, Krupnick A. The definition and choice of environmental commodities for nonmarket valuation. Washington D C: Resources for the Future Press, 2009: 1-48.
- [37] Brown T C, Bergstrom J C, Loomis J B. Defining, valuing and providing ecosystem goods and services. *Natural Resources Journal*, 2007, 47(2): 329-376.
- [38] Fisher B, Turner R K. Ecosystem services: classification for valuation (letter to the editor). *Biological Conservation*, 2008, 141(5): 1167-1169.
- [39] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643-653.
- [40] Kontogianni A, Luck G W, Skourtos M. Valuing ecosystem services on the basis of service-providing units: a potential approach to address the 'endpoint problem' and improve stated preference methods. *Ecological Economics*, 2010, 69(7):

- 1479-1487.
- [41] Bateman I J, Mace G M, Fezzi C, Atkinson G, Turner K. Economic analysis for ecosystem service assessments. *Environmental and Resource Economics*, 2011, 48(2): 177-218.
- [42] The Economics of Ecosystems and Biodiversity. The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity. Geneva: TEEB, 2010.
- [43] Fu B J, Su C H, Wei Y P, Willett I R, Lü Y H, Liu G H. Double counting in ecosystem services valuation: causes and counter measures. *Ecological Resources*, 2011, 26(1): 1-14.
- [44] Johnston R J, Russell M. An operational structure for clarity in ecosystem service values. *Ecological Economics*, 2011, 70(12): 2243-2249.
- [45] Su C H, Fu B J, He C S, Lü Y H. Variation of ecosystem services and human activities: a case study in the Yanhe Watershed of China. *Acta Oecologica*, 2012, 44(SI): 46-57.
- [46] Pinto R, de Jonge V N, Neto J M, Domingos T, Marques J C, Patricio J. Towards a DPSIR driven integration of ecological value, water uses and ecosystem services for estuarine systems. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 72(SI): 64-79.
- [47] Chen P. Evaluation on service value of wetland ecosystem in Xiamen City. *Wetland Science*, 2006, 4(2): 101-107.
- [48] Kandziora M, Burkhard B, Müller F. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators—a theoretical matrix exercise. *Ecological Indicator*, 2013, 28(SI): 54-78.
- [49] Ojea E, Ortega J M, Chiabai A. Defining and classifying ecosystem services for economic valuation: the case of forest water services. *Environmental sciences & policy*, 2012, 19-20: 1-5.
- [50] Freeman A M. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods (2<sup>nd</sup> edition). Washington D C: Resources for the Future Press, 2003: 19-41.
- [51] Brown M T, Herendeen R A. Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view. *Ecological Economics*, 1996, 19(3): 219-235.
- [52] Bagstad K J, Johnson G W, Voigt B, Villa F. Spatial dynamics of ecosystem service flows: a comprehensive approach to quantifying actual services. *Ecosystem Services*, 2012, 4: 117-125.
- [53] Johnson G, Bagstad K J, Snapp R, Villa F. Service Path Attribution Networks (SPANs): a network flow approach to ecosystem services assessment. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 2012, 3(2): 54-71.
- [54] Egoh B, Rouget M, Reyers B, Knight A T, Cowling R M, van Jaarsveld A S, Welz A. Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review. *Ecological Economics*, 2007, 63(4): 714-721.
- [55] Kareiva P, Tallis H, Ricketts T H, Daily G C, Polasky S. *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*. New York: Oxford University Press, 2011: 32-33.
- [56] Villa F, Bagstad K J, Johnson G M, Voigt B. Scientific instruments for climate change adaptation: estimating and optimizing the efficiency of ecosystem services provision. *Economia Agraria Recursos Naturales (Agricultural and Resource Economics)*, 2011, 11(1): 83-98.
- [57] Semmens D J, Diffendorfer J E, Lopez-Hoffman L, Shapiro C D. Accounting for the ecosystem services of migratory species: quantifying migration support and spatial subsidies. *Ecological Economics*, 2011, 70(12): 2236-2242.
- [58] Schneiders A, Van Daele T, Van Landuyt W, Van Reeth W. Biodiversity and ecosystem services: complementary approaches for ecosystem management? *Ecological Indicators*, 2012, 21, 123-133.
- [59] Koschke L, Fürst C, Frank S, Makeschin F. A multi-criteria approach for an integrated land cover based assessment of ecosystem services provision. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 54-66.
- [60] Nedkov S, Burkhard B. Flood regulating ecosystem services – mapping supply and demand in the Etropole Municipality. Bulgaria. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 67-79.
- [61] Scolozzi R, Morri E, Santolini R. Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 134-144.
- [62] Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 17-29.
- [63] Palomo I, Martín-López B, Potschin M, Haines-Young R, Montes C. National Parks, buffer zones and surrounding lands: mapping ecosystem service flows. *Ecosystem Services*, 2012, 4: 104-116.
- [64] Li L J, Lu H F, Campbell D E, Hai R. Emery algebra: Improving matrix methods for calculating transformities. *Ecological Modeling*, 2010, 221(3): 411-422.

#### 参考文献:

- [3] 鞠美婷, 王艳霞, 孟伟庆, 马春, 罗新正. 湿地生态系统的保护与评估. 北京: 化学工业出版社, 2009: 5-7.
- [6] 赵景柱, 徐亚骏, 肖寒, 赵同谦, 段光明. 基于可持续发展综合国力的生态系统服务评价研究——13个国家生态系统服务价值的测算. *系统工程理论与实践*, 2003(1): 121-127.
- [47] 陈鹏. 厦门湿地生态系统服务功能价值评估. *湿地科学*, 2006, 4(2): 101-107.



# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.6 Mar., 2014 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- Impacts of global warming on litter decomposition ..... SONG Piao, ZHANG Naili, MA Keping, et al (1327)
- From system to landscape: the other orientation of regional material flow analysis ..... ZHANG Xiaogang, ZENG Hui (1340)
- A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation ..... SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei (1352)
- Molecular mechanisms of the insect juvenile hormone ..... JIN Minna, LIN Xinda (1361)
- Microbial deterioration in ancient cave and wall paintings ..... LI Qiang, GE Qinya, PAN Xiaoxuan, et al (1371)
- Study on ecological safety evaluation and warning of wetlands in Tumen River watershed based on 3S technology .....  
..... ZHU Weihong, MIAO Chengyu, ZHENG Xiaojun, et al (1379)
- A review of transboundary protected areas network establishment ..... WANG Wei, TIAN Yu, CHANG Ming, et al (1391)

### Autecology & Fundamentals

- Water consumption characteristics and water use efficiency of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and bamboo-willow  
seedlings ..... QIU Quan, PAN Xin, LI Jiyue, et al (1401)
- Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides* .....  
..... CHU Yanmei, YANG Jian, LI Jingji, et al (1411)
- The influence of meteorological factors and soil physicochemical properties on karst processes in six land-use patterns in summer  
and winter in a typical karst valley ..... LIU Wen, ZHANG Qiang, JIA Yanan (1418)
- Effects of nanocarbon application on nitrogen absorption and utilization of flue-cured tobacco .....  
..... LIANG Taibo, YIN Qisheng, ZHANG Yanling, et al (1429)
- The stand spatial model and pattern based on voronoi diagram ..... LIU Shuai, WU Shuci, WANG Hong, et al (1436)
- Dynamic analysis of spatial structure in a close-to-nature *Phyllostachys edulis* stands .....  
..... QIU Jianxi, TANG Mengping, SHEN Lifen, et al (1444)
- Phenotypic diversity in natural populations of *Sapindus mukorossi* based on fruit and seed traits .....  
..... DIAO Songfeng, SHAO Wenhao, JIANG Jingmin, et al (1451)
- Development of compatible biomass models for trees from different stand origin ... FU Liyong, LEI Yuancai, SUN Wei, et al (1461)

### Population, Community and Ecosystem

- The impact of understory vegetation structure on growth of *Polygonatum cyrtoneura* in extensively managed *Phyllostachys edulis*  
plantation ..... FAN Yanrong, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (1471)
- Short-term effects of CO<sub>2</sub> concentration elevation, warming and transgenic *Bt* rice cropping on soil labile organic carbon and  
nitrogen, and nematode communities ..... CHEN Jing, CHEN Fajun, LIU Manqiang, et al (1481)
- Temporospatial variations in net ecosystem productivity in Northeast China since 1961 .....  
..... LI Jie, ZHANG Yuandong, GU Fengxue, et al (1490)
- Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing .....  
..... DONG Zhangyu, LIU Dianwei, WANG Zongming, et al (1503)
- Distribution of soil macropores and their influence on saturated hydraulic conductivity in the Huoditang forest region of the  
Qinling Mountains ..... LU Bin, ZHANG Shengli, LI Kan, et al (1512)

- Influences of phosphorus concentration on interactions among *Microcystis aeruginosa*, *Daphnia magna* and *Ceratophyllum demersum* ...  
 ..... MA Jianmin, JIN Ping, GUO Meng, et al (1520)
- Allelopathic inhibition and mathematical models of *Chara vulgaris* extracts on two freshwater algae species .....  
 ..... HE Zongxiang, LIU Lu, LI Cheng, et al (1527)
- Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China ..... XIU Chen, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua (1535)
- Stream habitat assessment of Dong River, China, using *River Habitat Survey* method .....  
 ..... WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong, et al (1548)

### Landscape, Regional and Global Ecology

- Appling SWAT model to explore the impact of changes in land use and climate on the streamflow in a Watershed of Northern  
 China ..... GUO Juntong, ZHANG Zhiqiang, WANG Shengping, et al (1559)
- Climate response of tree growth along an altitudinal gradient in the Changbai Mountains, Northeast China .....  
 ..... CHEN Li, YIN Yunhe, ZHAO Dongsheng, et al (1568)
- The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang .....  
 ..... LI Ying, LI Yuecong, LÜ Suqing, et al (1575)
- The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe .....  
 ..... YAN Ruirui, XIN Xiaoping, WANG Xu, et al (1587)
- Spatial distribution and influencing factors of farmland soil organic matter and trace elements in the nansihu region .....  
 ..... WU Jie, LI Yuhuan, LI Zengbing, et al (1596)

### Resource and Industrial Ecology

- Transnational land use and its potential environmental consequence ..... LU Xiaoxuan (1606)

# 《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

本期责任副主编 薛建辉

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 6 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 6 (March, 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