

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 24 期 Vol.33 No.24 **2013**

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 33 卷 第 24 期 2013 年 12 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 中国南方红壤生态系统面临的问题及对策 ..... 赵其国, 黄国勤, 马艳芹 (7615)
- 《生态学基础》: 对生态学从传统向现代的推进——纪念 E.P. 奥德姆诞辰 100 周年 .....  
..... 包庆德, 张秀芬 (7623)
- 食物链长度理论研究进展 ..... 张 欢, 何 亮, 张培育, 等 (7630)

### 个体与基础生态

- 天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择 ..... 李 叶, 余玉群, 史 军, 等 (7644)
- 松果梢斑螟对虫害诱导寄主防御的抑制作用 ..... 张 晓, 李秀玲, 李新岗, 等 (7651)
- 菹草附着物对营养盐浓度的响应及其与菹草衰亡的关系 ..... 魏宏农, 潘建林, 赵 凯, 等 (7661)
- 濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性 ..... 黄林芳, 李文涛, 王 珍, 等 (7667)
- 四年 O<sub>3</sub> 熏气对小麦根际土壤氮素微生物转化的影响 ..... 吴芳芳, 郑有飞, 吴荣军, 等 (7679)
- 重金属 Cd<sup>2+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup> 胁迫下泥蚶消化酶活性的变化 ..... 陈肖肖, 高业田, 吴洪喜, 等 (7690)

### 种群、群落和生态系统

- 不同生境中橘小实蝇种群动态及密度的差异 ..... 郑思宁 (7699)
- 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量及养分动态特征 ..... 李忠文, 闫文德, 郑 威, 等 (7707)

### 景观、区域和全球生态

- 中国陆地生态系统通量观测站点空间代表性 ..... 王绍强, 陈蝶聪, 周 蕾, 等 (7715)
- 雅鲁藏布江流域 NDVI 变化与风沙化土地演变的耦合关系 ..... 李海东, 沈渭寿, 蔡博峰, 等 (7729)
- 高精度遥感影像下农牧交错带小流域景观特征的粒度效应 ..... 张庆印, 樊 军 (7739)
- 高寒草原土壤有机碳及土壤碳库管理指数的变化 ..... 蔡晓布, 于宝政, 彭岳林, 等 (7748)
- 芦芽山亚高山草甸、云杉林土壤有机碳、全氮含量的小尺度空间异质性 .....  
..... 武小钢, 郭晋平, 田旭平, 等 (7756)
- 湘中丘陵区不同演替阶段森林土壤活性有机碳库特征 ..... 孙伟军, 方 晰, 项文化, 等 (7765)
- 东北黑土区片蚀和沟蚀对土壤团聚体流失的影响 ..... 姜义亮, 郑粉莉, 王 彬, 等 (7774)
- 滇西北高原纳帕海湿地土壤氮矿化特征 ..... 解成杰, 郭雪莲, 余磊朝, 等 (7782)
- 红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价 ..... 杨尚东, 吴 俊, 谭宏伟, 等 (7788)
- 2000—2010 年黄河流域植被覆盖的时空变化 ..... 袁丽华, 蒋卫国, 申文明, 等 (7798)
- 庐山森林景观格局变化的长期动态模拟 ..... 梁艳艳, 周年兴, 谢慧玮, 等 (7807)

暖温带-北亚热带生态过渡区物种生境相关性分析 ..... 袁志良,陈 云,韦博良,等 (7819)  
不同生境和去趋势方法下的祁连圆柏径向生长对气候的响应 ..... 张瑞波,袁玉江,魏文寿,等 (7827)

#### 资源与产业生态

大小兴安岭生态资产变化格局 ..... 马立新,覃雪波,孙 楠,等 (7838)  
生态环境移动数据采集系统研究与实现 ..... 申文明,孙中平,张 雪,等 (7846)

#### 城乡与社会生态

城市遥感生态指数的创建及其应用 ..... 徐涵秋 (7853)

#### 研究简报

大明竹属遗传多样性 ISSR 分析及 DNA 指纹图谱研究 ..... 黄树军,陈礼光,肖永太,等 (7863)  
干旱胁迫下 4 种常用植物幼苗的光合和荧光特性综合评价 ..... 卢广超,许建新,薛 立,等 (7872)  
基于 ITS2 和 16S rRNA 的西施舌群体遗传差异分析 ..... 孟学平,申 欣,赵娜娜,等 (7882)  
两种浒苔无机碳利用对温度响应的机制 ..... 徐军田,王学文,钟志海,等 (7892)  
北京山区侧柏林冠层对降雨动力学特征的影响 ..... 史 宇,余新晓,张建辉,等 (7898)

#### 学术信息与动态

景观生态学研究:传统领域的坚守与新兴领域的探索——2013 厦门景观生态学论坛述评 .....  
..... 杨德伟,赵文武,吕一河 (7908)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 296 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 33 \* 2013-12



**封面图说:**黄土丘陵农牧交错带——黄土丘陵是中国黄土高原的主要地貌形态,由于黄土质地疏松,加之雨季集中,降水强度较大,地表流水冲刷形成很多沟谷,斜坡所占的面积很大。这里千百年来的农牧交错作业,地表植被和生态系统均遭受了严重的破坏。利用高精度影像对小流域景观的研究表明,这里耕地、林地和水域景观相对比较规则简单,荒草地和人工草地景观比较复杂。农牧交错带小流域景观形态具有分形特征,各类景观斑块的分维数对粒度变化的响应不同,分维数随粒度的增大呈非线性下降趋势。

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/stxb201302270315

包庆德,张秀芬.《生态学基础》:对生态学从传统向现代的推进——纪念 E.P.奥德姆诞辰 100 周年.生态学报,2013,33(24):7623-7629.

Bao Q D, Zhang X F. Fundamentals of Ecology: promoting ecology from tradition to modern: To Commemorate The 100th Anniversary of E. P. Odum's Birthday. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(24): 7623-7629.

## 《生态学基础》:对生态学从传统向现代的推进 ——纪念 E.P.奥德姆诞辰 100 周年

包庆德<sup>1,\*</sup>, 张秀芬<sup>2</sup>

(1. 内蒙古大学哲学学院, 呼和浩特 010070; 2. 内蒙古大学公共管理学院, 呼和浩特 010070)

**摘要:**2013 年是“现代生态学之父”美国生态学家奥德姆诞辰 100 周年。奥德姆的《生态学基础》一书对生态学从传统向现代转换具有积极的推进作用,主要表现在:提升了生态科学的量化水平,促成了生态系统生态学体系的诞生;倡导了生态学与经济学等社会科学的融合,丰富了生态经济学与生态系统服务功能研究;延展了生态学的应用尺度,为社会的生产变革和绿色运动提供了指导。奥德姆的生态学理论中诸如以能量分析为主导的生态系统分析方法还有待完善、生态系统方面较少考虑进化维度,衡量能量质量高低的能值方法的科学性有改善的空间等,但这都无碍他成为世界上最杰出的生态学家之一。

**关键词:**E.P.奥德姆;《生态学基础》;整体论;生态系统生态学;能流

### Fundamentals of Ecology: promoting ecology from tradition to modern: To Commemorate The 100th Anniversary of E. P. Odum's Birthday

BAO Qingde<sup>1,\*</sup>, ZHANG Xiufen<sup>2</sup>

1 School of Philosophy of Inner Mongolia University, Huhhot, Inner Mongolia 010070, China

2 School of Public Administration of Inner Mongolia University, Huhhot, Inner Mongolia 010070, China

**Abstract:** The year of 2013 is the 100th anniversary of E. P. Odum's birthday, who is the father of modern ecology. Odum's *Fundamentals of Ecology* has a positive effect to push ecology from tradition to modern, which mainly displays in the following aspects. It greatly improved the quantification level of ecological science and created the framework of ecosystem ecology. It advocated the mutual penetration of ecology and social sciences, and enriched the connotation of the ecological economics and ecosystem services research. It extended the research scale of ecology and offered a guid for the change of production and green movement in our society. Certainly, there are limitations and rooms for improvement, in his ecology theory such as the holistic analysis method, the evolution dimension in his ecosystem theory, and the emergy concept for energy quality. Despite these, he is definitely one of the world's most prominent ecologists.

**Key Words:** E. P. Odum; Fundamentals of Ecology; holism; ecosystem ecology; energy flow

2013 年是 E.P.奥德姆(Eugene Pleasants Odum, 1913—2002)诞辰 100 周年,也是其代表作《生态学基础》第 1 版出版 60 周年。这部被誉为史无前例的生态科学教学参考书《生态学基础》(Fundamentals of Ecology, 1953, 1959, 1971; 1983 更名为《基础生态学》; 2009 沿用最初的书名《生态学基础》)被世界各国所采用,影响了全球几代生态学家。E.P.奥德姆博士是美国佐治亚大学生态学教授,1970 年当选美国科学院院士,曾任纽

基金项目:国家社会科学基金项目(11BZX029);内蒙古大学生态哲学创新团队项目(121106-22)

收稿日期:2013-02-27; 修订日期:2013-10-10

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bqd1960@126.com

约州 Rensselaerville 的 Edmundc Niles Huyck 禁猎区常驻博物学家、美国生态学会主席(1964—1965年);他建立了萨瓦纳河生态实验室、Sapelo 海洋生物实验室和生态研究所;他出版著作 12 部,发表论文 200 余篇;获美国生态学会卓越生态学家奖(1974年)、生态学界的最高荣誉——泰勒奖(为环境学成就设立的世界级奖项,1977年)、l'Institut de la Vie 奖(法国政府颁发,1975年)和 Crafoord 奖(生态学界内相当于诺贝尔奖的奖项,1987年)<sup>[1]</sup>。奥德姆因生态系统生态学的提出对生态学发展产生巨大影响而被誉为“现代生态学之父”。“生态系统生态学”通过整体论观点和系统论方法,借助“能流”主线,将包括人类在内的整个自然环境均纳入生态系统序列,从而使生态学研究发生了深刻变化,并对人类社会的生存与发展产生了深远的影响。为此,人们主要以《生态学基础》为基本文献依据,以生态系统生态学为主要的学科审视角度,简要梳理奥德姆推动的生态学从传统向现代之时代转换。

## 1 生态学科学性的增强:生态系统生态学的建立与发展

20 世纪 50 年代以前,生态学充斥着太多的描述性研究成果,一直面临着不太成熟的指责。很多生态学家做了许多不懈的努力试图改变这种局面。奥德姆以整体论和一般系统论为指导,运用数学和物理学理论创造的生态系统分析方法以及在此基础上发展起来的生态系统生态学,开创了生态系统量化研究的新局面。

### 1.1 将整体论和系统论引入生态学

整体论首先是把世界看作一个整体的。只是出于某种目的的需要,人类将世界分成各个组成部分加以认识,进而形成了各种知识体系,试图拼凑出一个整体的图景。久而久之,大自然就被割裂成各个部分,我们似乎也习惯了这种还原论的思维方式。生态学中的整体论就是要在人们的世界观中恢复生态系统的整体性。只有在这种生态整体论的支配下,人与自然关系才能有效纳入生态学研究视野,生态学才能够真正担当起指导人类生产实践,达到实现人与自然和谐相处的目的。所以,奥德姆一再强调生态学研究的整体性。“生态学倾向于整体论,而不是个体论”<sup>[1]</sup>。这种方法使得生态学研究呈现出一幅全新画面,为人类更好地研究自然提供了一把宝贵的方法论钥匙。

一般系统论是美籍奥地利生物学家 L.V.贝塔朗菲(Ludwig Von Bertalanffy)在 20 世纪 30—40 年代研究理论生物学时提出来的,是整体论的一种深化。在其代表作 1945 年出版的《关于一般系统论》中,他用机体论生物学批判并取代机械论和活力论生物学,建立有机体系统概念,最后把机体论生物学拓广成具有普遍世界意义的一般系统论。物理学家 A.J.Lotka、生物学家 Tansley 以及社会学家 H.W.奥德姆等就是在各自领域分别利用系统论来解决本领域问题的著名学者。在生态学领域,生态系统(ecosystem)这个概念虽然在 1935 年就由英国生态学家坦斯利(Arthur G. Tansley)提出,但是真正完善生态系统生态学理论框架的还是奥德姆。奥德姆把整体论和系统论引入生态学研究。

首先,关于生态系统和生态学的定义。奥德姆指出:生态系统是“在一定区域中共同栖居着的所有生物(即生物群落,biotic community)与其环境之间由于不断进行物质循环和能量流动过程而形成的统一整体。生态系统不仅仅是一个地理单元(或者生态区,ecoregion),还是一个具有输入和输出,具有一定自然或人为边界的功能系统单位”<sup>[1]</sup>。“把生态学定义为研究自然界的结构和功能的科学,这里需要指出人类是自然界的一部分”<sup>[2]</sup>。由此可见奥德姆通过将所有生物纳入生态系统概念范畴,突破了先前生态学家们将生态学研究对象仅仅定位为“研究动植物与环境之间相互关系”这种把生物与环境分离的概念,并进一步将人类纳入生态学研究范围。通过对“所有生物与其栖息环境之间由于物质的循环和能量的流动而形成的统一整体”的强调,不仅用物质和能流作为贯穿主线将人与自然环境纳入到相互依赖和相互影响的系统关系中,而且明确强调物质和能量对于维系这种关系的决定性作用。奥德姆的这一贡献是对传统生态学在研究范围和研究主题上的一种超越。生态系统包含了生物生存所必需的所有成分,是生态学研究的基本单位。生态系统是功能开放的系统,考虑输入环境和输出环境是这一概念的重要组成部分<sup>[1]</sup>。奥德姆通过将整体论和系统论向生态学研究领域引入,终结了生态学按物种研究的状态,拓实了生态学的基础;同时对生态学研究对象、范围和方法等均产生重要影响。

其次,关于生态学的原理。他提出了有哲理高度的生态学原理:相互联系的整体性原理、生物组织层次理论以及整合特性原理(emergent property)。奥德姆认为,相互联系的整体性原理是生态学第一原理。“任何有机体只凭其自身或没有环境是不能生存的,因此第一个要讨论的原理就是‘相互联系’和‘完整性’的原理”<sup>[2]</sup>。“层次理论为复杂情形或广阔梯度的细分和研究提供了便利的框架,然而,我们不能简单地把层次理论当做一个有用的等级序列。它是一个全面理解和处理复杂问题的整体方法,也是一个把问题降低到较低层次分析来寻求答案的还原论者可选的方法”<sup>[1]</sup>。可见奥德姆的组织层次理论为从生物大分子、细胞以至生物圈的研究提供了还原论与整体论相互转化的思想方法。整合特性原理最能体现奥德姆的生态学哲学的本质。他指出“所谓整合特性原理是指组织层次一个重要特征,是系统的组分或者子集合可联合起来形成能够产生更多功能的整体,从而显现其新功能,这些功能在较低层次是不存在的……这个概念的另一种表述是不可还原性(nonreducible property),也就是说,整体的特征不能还原成组分特性的综合”<sup>[1]</sup>。他还分别列举物理学和生态学例子阐明。物理学上的例子,如氢气和氧气发生作用成为某一分子结构即生成水,水的特性完全不同于生成它的两种气体;生态学上的例子,如某种藻类和腔肠动物演化出珊瑚,会形成一个高效营养循环机制从而能够在低营养供给水体中维持高效生产力。珊瑚礁惊人的生产力和多样性是仅在珊瑚礁群落层次才有的一种整合特性<sup>[1]</sup>。系统整合特性原理的实质是随组织结构复杂化而产生的超越原有组织性质与功能的新性质与新功能。

将整体论与系统论引入到生态学,有助于改变还原论在科学研究中一统天下的局面,克服它的片面性以及生态系统分析过程中信息丢失的现象,更有助于明晰生态学的本体论,有效协调人与自然的健康和谐关系,丰富生物进化理论,指导生态系统复杂性研究。对于宏观把握全球生态系统甚至生物圈的复杂性动态变化规律,还原论是力不从心的。奥德姆主张生态学研究整体论与还原论的互补正是在这一背景之下提出来的。正如贝塔朗菲所说,“许多领域正以不同的方式,发生着走向一般化理论的趋势。……因此,存在着适用于一般化的系统或者它的子级模型、原理和定律,这些模型、原理、和定律与系统的特殊类别、组成系统的要素的性质以及要素之间的关系或‘力’的性质无关。寻找一种不是具有不同程度特殊性的系统的理论,而是一般地适用于系统的普遍原理,看来是合理的”<sup>[3]</sup>。生态系统的系统整体性特征明显,显然没有理由放弃整体论追逐还原论,整体论与还原论在方法上是互补而不是对立的。

## 1.2 把生态模型应用到生态系统分析

生态系统生态学以生态系统分析为主要内容,其途径就是建立生态系统各个层次现象或过程的模型。“数学符号是描述复杂生态系统的有用速记,而方程式可以形式地记述生态系统中各成员间的相互作用。所谓系统分析,就是将某个系统中的物理学和生物学概念,翻译成一套数学关系,并将由此得到的数学系统进行操作的过程。这个数学系统就称为模型,它是现实世界的不完全的抽象的描述”<sup>[2]</sup>。作为一名对数学也很有造诣的生态学家,奥德姆在阐述生态学理论过程中运用数学及物理学方法几乎达到炉火纯青地步。在生态学模型构建中无论运用生物多样性指标(香农-威纳指数和辛普森指数),构建生态系统的生产过程和分解过程,还是能量流动计量等都大量借助了数学工具和物理定律。《生态学基础》中很多原理是建立在数学和物理学严密的逻辑论证基础之上的。通过生态系统分析建立模型的方法也逐渐演化发展成了理论生态学的一个重要分支。在理性高扬时代,在人们对生态知识知之不多,甚至对环境问题熟视无睹情景下,这些量化工具就显得弥足珍贵了。奥德姆正是借助于此才使其生态学研究更具有科学性,生态学原理更具有说服力。在该书结尾,作者还专设《面向生态学专业学生的统计学思维》一章,强调统计学思维对于生态系统及生态学研究的重要性,并用以指导学生生态学研究。

此外,运用生态系统分析作为方法论的生态工程学的理论基础也来自奥德姆理论体系的两大原则:最大能量原理与能量层次原理。奥德姆与其弟弟 H.T.Odum 为生态工程学的发展做出了出色的贡献。开拓生态工程学的代表性人物美国生态学家杨戈逊(Jørgensen)等重新界定了几个生态工程学概念:自设计、检验生态原理、系统的手段、非再生能量资源的保护和生物保护等,从概念上为一门新的生态学二级学科的诞生作了铺

垫<sup>[4]</sup>。尽管还有生态学家质疑生态系统分析方法的合理性<sup>[5-6]</sup>,但是系统分析和数学模型至今已经广泛应用到生态学多个层次的研究,并在揭示生态学规律、预测生态系统发展中取得了重要成果。

## 2 生态系统与人类经济系统的融合:丰富生态经济学和生态系统服务功能研究的内涵

由于受传统还原论的影响,生态学的产生与初期发展也是倾向于把复杂整体的生态系统与真实的自然和人类社会系统人为地画出一条鸿沟,为解决全球范围内的环境资源危机等诸多问题带来不少困难。奥德姆开出的药方就是实现生态系统与人类社会系统的融合,生态与包括经济学在内的其它社会科学的统一。

### 2.1 促进生态学与经济学等社会科学的融通

奥德姆在《生态学基础》第五版第一章中对“Ecology”和“Economics(经济学)”词源同根追溯时指出:“生态学与经济学应该是具有密切相关性的科学。然而,许多人却认为生态学家和经济学家是观点对立的对手”。“经济学和生态学之间在感知上存在……一些差异”甚至“由于各自学科研究视角的相对狭窄性而导致的二者之间一些冲突,但重在阐述一门新兴交叉学科的发展——生态经济学,它是正在开始联系生态学和经济学桥梁”<sup>[1]</sup>。在传统经济学中,自然生态系统及其资源没有内在价值,在经济核算过程中是免费的或大大低估的,其后果就是地球环境的破坏和资源的滥用。“在生态系统水平上,金钱只在一个自然资源被转化为可供销售的货物或服务时才会进入,自然系统用以维持这种资源的工作都无法估价(并且因此不被欣赏)。如果我们想要避免由不必要地损耗自然资本来生产过多市场商品和服务所引起的全球性经济繁荣与萧条之间的交替循环,那么人类市场资本和自然资本的融合以及环境质量的维护是很重要的”<sup>[1]</sup>。

促进生态学与经济学的融合,奥德姆的切入点就是对生态系统所提供的资源和服务进行价值评估。他倡导给自然重新定价、赋予自然资源和自然所提供服务以价值,根本改变人们的观念,为自然资源应有的价值买单,提高资源使用成本迫使人们改变自然资源的使用方式和使用效率,以最少的成本生产更多的满足需要的产品和服务。只有观念改变了,人们才会意识到人类经济系统与自然生态系统其实不是割裂的,而是一个相互紧密联系的整体。大自然既有内在价值,也有外在价值。“自然生态系统为人类社会提供利益和服务,因此无论从生态学角度还是生态经济学角度,保护自然生态系统都是明智的”<sup>[1]</sup>。奥德姆的这些理念在估算生态系统产品价值、区域经济规划、环境污染治理和生态系统管理等方面发挥了重要的作用。

近年来,随着生态环境的破坏,越来越多的生态学家及生态哲学家开始关注生态环境的承载力问题,可以说,承载力是生态环境所能容纳的一个阈值。“承载力(或者阈值)的概念也能用于经济学”<sup>[1]</sup>。在《生态学基础》一书中,奥德姆利用能量术语阐述承载力、最大承载力及最适承载力问题,指出“根据生态系统水平上的热力学,承载力就是所有可用输入能量用以维持所有基础结构和功能达到的状态——也就是说生产量与呼吸量相等。在这些条件下所能支持总生物量被称为最大承载力……这个水平不是绝对的,当增长率要素很高时,它是很容易被超过的。越来越多证据显示,最适承载力要低于最大承载力”<sup>[1]</sup>。

奥德姆通过对人与自然之间的复杂关系、人类传统狭隘的经济理论、科学技术所呈的负面效应以及生态环境治理的全球合作等一系列问题的深刻反思,认为要解决人类社会所面临的各种困境,有必要融合自然科学、社会科学的知识整合形成一门新学科。例如,为了提高和维持环境质量,奥德姆也倡导环境的伦理道德,认为滥用自然界的生命支撑系统不仅仅是违法的,也是违背伦理的,人们还要关注动物的权益和人类应尽的义务等。可以说,奥德姆不仅架起生态学理论研究和实践应用的桥梁,同时也架起了生态学和经济学桥梁,以及“连接物理学和生物学过程,成为自然科学和社会科学的桥梁”<sup>[1]</sup>,这些学科之间的融合促进了生态学崭新面貌的“涌现”。

### 2.2 能值理论为生态系统产品和服务功能概算提供可能

所谓生态系统服务功能研究,就是整合生态学、经济学、数学、物理学、公共政策学等手段对生态系统所具有的生态效用进行评估,用经济的手段解决自然资源在不同的利用目的之间的分配,引向最高效的开发与管理<sup>[7]</sup>。在生态系统服务功能研究中,对生态系统产品和服务功能的概算主要依赖对生态系统能力的定量评价,而这种评价方法之一就是奥德姆兄弟俩发明的能值分析理论与方法。

如前所述,人类必须对自然资源的评价建立新的体系,防止被滥用和低估。奥德姆的解决之道就是能量分析。能量是连接所有系统的“无差别”的通用“货币”,生态系统和人类经济系统也不例外。热力学定律(包括第一定律和第二定律)是自然界的“最重要的法则”,是自然系统和人造系统都必须遵循的基本法则。如果没有“能流”向所有领域的贯穿,那么“将人类活动纳入到生态学的研究范围”就无从谈起。奥德姆与其弟以敏锐洞察力最早意识到能量在生态学研究中的重要性以及将能流引入生态学的重要价值。在他们合著的“生态系统服务价值评估的能量原理”一文中认为,能量既是维持地球生命的主要支柱,贯彻所有系统的一个主线,也是划分生态学的极好方法。同时能量是计算自然生态系统价值的最有效方法,能量的计算与研究对于生态系统的保护具有重要意义<sup>[8]</sup>。在生态系统服务功能研究中,能量的计算与评价起着十分重要的作用。

首先,他们发展了能值理论和分析方法,意图衡量生态系统产品或服务所含能量质量的高低,为生态系统的定量研究开辟新途径。“能值”最早由弟弟 H.T.奥德姆提出并展开深入研究。“能值可以概括地定义为可用的被直接或间接用于创造服务或产品的能量总量”<sup>[1]</sup>。能量不仅有数量之差异而且也有质量之优劣,也就是说能量既有量特征也有质特征。能质是有差别的,高度浓缩能量,如化石燃料,和许多分散形式的能量,如太阳能比起来,就有更高品质。他们发现生态系统中能量的存在情景,即生物群落、能量流动和物质循环相互作用是生态系统内部三个基本要素。能量在生态系统组分中间流动的过程中存留的部分递减,不过存留部分的“能质”在逐步升高。“生命的各种形式都和能量的转变分不开,但没有能量的产生或消灭(热力学第一定律)。……生命的本质是成长、自我复制以及复杂物质合成等这些变化过程的连续。如果没有与此相伴的能量转换,那么生命及生态系统将不会存在”<sup>[1]</sup>。“物质的再循环通常必需消耗某种形式的能量——这是当人类对水、矿物、纸和其他材料的再循环需求量日益增加时,人们才意识到的事实”<sup>[1]</sup>。“循环不是一项免费的服务,总是需要一定的能量消耗”<sup>[1]</sup>。

其次,作为基础性内容,奥德姆依据能量的来源不同,将生态系统分为 4 种类型。这 4 种类型分别是:一是自然的无补给的太阳能生态系统;二是自然的、受其他自然能量补给的太阳能生态系统;三是人类补给的太阳能生态系统;四是燃料供能城市工业技术生态系统。通过分类,奥德姆意在说明不同能量补给的生态系统其对人类对自然的影响是不同的。人类补给的太阳能系统会残留许多不利于循环的副产物,而自然补给的太阳能系统则是一个无残留物的能够完全循环的系统;而燃料供能生态系统虽然是人类的最高成就,然而由于其付出了巨大的环境代价,因此,急待开发一种新的技术以浓缩太阳能来部分代替燃料供能系统。

### 3 延展生态学的应用尺度:为社会生产和绿色运动提供指导

近代以来随着工业文明的迅猛发展,人类反自然的发展模式越来越加剧人与自然之间的矛盾冲突,使人类的生存与发展受到极大挑战。人类社会未来命运如何?这取决于人类如何处理自己与自然之间的关系。而生态学理论被认为是人类寻求解决当代重大社会问题的科学基础之一<sup>[9]</sup>。这是由生态学的系统性和与人类活动密切的相关性所决定的<sup>[10]</sup>。诚如 Edward O. Wilson 在为《生态学基础》第五版所作的“序”中指出:“生态学如今被认为不只是生物科学,还是一门人类科学。”因为“毕竟我们是生态系统里的一个物种,适应这个星球表面特有的条件,和其他生物物种遵循相同的生态学原理”<sup>[1]</sup>。

奥德姆将其生态学研究目标定位为:不仅要传授生态学知识,且要寻找整个自然界和人类世界的共有规律,并以此为依据引导人类合乎规律地从事生产实践,以实现人与自然和谐相处。“奥德姆不厌其烦地努力鼓励学生和公众来考虑生态系统科学的社会应用。其结果就是他的遗产”<sup>[11]</sup>。正是带着这样的实践性目的,奥德姆从事其生态学研究将生态学理论应用于社会实践,从而引发生态学研究的实践性转向,客观上成为人们保护环境、合理利用资源的科学基础和价值指南。“人这个物种的未来取决于我们对生态学的理解程度,以及我们利用生态学来明智管理自然资源的程度。我们以市场经济(我们的日常福利所必需)为生,同时也以自然经济为生,后者是我们的长远福利(甚至关乎我们的生存)所必需”<sup>[1]</sup>。奥德姆是抱着实现人与自然和谐相处目标从事生态学研究,寻找生态学普遍规律,并用生态学原理指导人类生活,主要表现两个方面:

首先,指导人类社会生产实践。在《生态学基础》第五版第一章阐述人类面临诸多环境困境时,借用

Barrett 医学上的比方指出其生态学研究的实践目的:“将重点集中在如何去预防而非单纯地治疗,希望本书所阐述的生态学理论对保育技术和生态系统健康能有所裨益”<sup>[1]</sup>。过去人们对山地火灾的认识是负面的,而奥德姆肯定其积极意义。“在世界上大多数的陆地环境中,火是一个体现植被历史的主要生态因子。……由于对生态系统能够适应于火的认识不足,已经引起很大不妥的自然资源管理。适当加以利用,火可以是一个很有价值的生态工具”<sup>[1]</sup>。为此奥德姆“把火看做是和其他因子,如温度、降雨和土壤等一样的一个重要的生态因子”<sup>[1]</sup>。是人类管理土地的一种工具,因为适当的火烧可以辅助细菌分解植物残体并使其快速转化为能为新植物生长所利用的矿质营养,从而加速植物新陈代谢,带给大自然一个欣欣向荣景象。在生产能源消耗方面,奥德姆以蜘蛛织网为例,为节省能量,在重新修复蜘蛛网时许多蜘蛛通过食用丝而使其循环利用,从而降低成本:“Peakall 和 Witt(1976)估算出,织网蜘蛛通过循环利用自己的网生产蛛丝所需要的能量仅约占建造和修缮蜘蛛网所消耗的总维持热量的 1/4。蜘蛛网的总能量成本大约是基础能量消耗的 1/2,少于不结网的蜘蛛在狩猎中所消耗的能量。这可能给人类上了很好的一课:物种在建造昂贵的但节约劳动力的装置中可以通过循环利用材料来降低能量成本”<sup>[1]</sup>。景观生态学就是人类利用生态学原理指导生活生产实践的另一个成果,且奥德姆认为它又可以引领人类其他方面的生产实践,指出“景观生态学可为设计、规划、管理、保护、保育和恢复等领域提供科学依据,也为区域尺度上自然和人类占主体的土地管理提供了基础”<sup>[1]</sup>。

其次,为环境保护提供科学指导。人类不能精确预测未来,但我们至少要采取措施来减少那些不希望发生的未来事件和损失概率,“人类将不得不对其赖以生存的环境系统(特别是大气环境和水环境)进行污染治理;另外人类也必须在能源使用方式上进行重大转变,从传统的占统治地位的化石燃料转向其他不确定的或者可能不太有利润的资源……;更有效地利用一些低质的能源,减少由于能源和产业资源的浪费而产生的污染。……减少发达国家的人均能源消耗量,这不仅仅有助于提高当地的生活质量,也有助于提高全球的生活质量”<sup>[1]</sup>。在人类面临全球气候由于 CO<sub>2</sub> 过量排放而急剧变暖之威胁,化石燃料燃烧以及农业生产、砍伐森林都会使大气中的 CO<sub>2</sub> 含量持续增加。为解决 CO<sub>2</sub> 过量排放之忧,奥德姆建议:“年轻的快速增长的森林是碳汇,因此大面积的造林可以降低大气中 CO<sub>2</sub> 含量的增加而引起的全球气候变暖的速率降低”<sup>[1]</sup>。毒性具有生物放大作用,当人类利用技术创造出许多自然界所不存在的化合物来满足人类需要时却产生许多毒性物质,且毒性物质已成为人类工业社会发展的一个限制因子,因此人类必须高度重视有毒物质危害。为此,奥德姆提出,对有毒废物最彻底的解决方法就是源头治理——也就是说,通过循环、去毒及在加工过程中使用毒性较小的材料等方法来从源头上消除有毒废物。以前解决污染的方法是末端治理;现在的解决方法必须是源头治理<sup>[1]</sup>。为了在原料中减少或消除有毒废物,需要管制与鼓励性因素相结合,只有这样才能实现社会的可持续发展”<sup>[1]</sup>。

随着生态环境形势日趋严峻,不少人已意识到生物多样性对维持生态系统平衡的重要性,但一段时间里多数人仅重视物种多样性。奥德姆“倾注了相当多的关注在多样性和人类对地球的影响以及可持续性问题上”<sup>[12]</sup>。在他看来,“生态系统多样性(ecosystem diversity)可以定义为维持着复杂系统的遗传多样性、物种多样性、栖息地多样性以及功能过程的多样性”<sup>[1]</sup>。也就是说,生物多样性或生态系统多样性不仅包括遗传多样性、物种多样性,而且还有栖息地多样性和功能过程多样性。这不仅有助于改变常人对生物多样性的片面理解,而且助于我们在考虑保护生物多样性时还应关注生物栖息地多样性的保护和功能过程的维护。“互利共生是自然系统中非常普遍的生存对策,在人工系统中效仿这种互利共生能够获得更大的利益”<sup>[1]</sup>。生动鲜活的生态学实例及具体的仿生态操作例子是《生态学基础》的又一大亮点。

客观来说,奥德姆的生态理论也有些不足,诸如,以能量分析为主导的生态系统分析方法的整体性受到质疑,生态系统模型较少考虑进化维度、衡量能量质量高低的能值方法的科学性等,但是,这些都不妨碍他成为世界上最杰出的生态学家之一。

## References:

[1] Odum E P, Barret G W. Fundamentals of Ecology//Lu jianjian Translated. 5th edition. Beijing: Higher Education Press, 2009.

- [ 2 ] Odum E P. *Fundamentals of Ecology*//Sun R Y, Translated. Beijing: People's Education Press, 1981.
- [ 3 ] Bertalanffy. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*//Lin K Y, Wei H S, Translated. Beijing: Tsinghua University Press, 1987:29-30.
- [ 4 ] Mitsch W J. Ecology, ecological engineering, and the Odum brothers. *Ecological Engineering*, 2003, 20(5): 331-338.
- [ 5 ] Bergandi D. "Reductionist Holism": An oxymoron or a philosophical chimera of Eugene Odum' Systems ecology // Keller D R, Golly F B. *The Philosophy of Ecology: From Science To Synthesis*. Athens: The University of Georgia Press, 2000; 214-214, 213-213.
- [ 6 ] McIntosh R P. *The Background of Ecology Concept and Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985; 240-240.
- [ 7 ] Xie G D, Xiao Y, Lu C X. Research on Ecological System Services: Development, Limits and Basic Paradigm. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(2): 191-199.
- [ 8 ] Odum H T, Odum E P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, 2000, 3(1): 21-23.
- [ 9 ] Ma S J, Wang R S. Complex Ecosystem of Society, Economy, Nature. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 4(1): 1-9.
- [ 10 ] Wang R S, Ouyang Z Y. Sustainable Development and Complex Ecosystem of Society, Economy, Nature. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2012, 27(3): 337-345.
- [ 11 ] Joyce K M. An Ode to Odum. *BioScience*, 2003, 53(12): 1229-1230.
- [ 12 ] McIntosh R P. Ecology, the great integrator. *BioScience*, 2005, 55(7): 622-623.

#### 参考文献:

- [ 1 ] [美] Odum E P, Barrett G W. *生态学基础*//陆健健, 等译. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [ 2 ] [美]. Odum E P. *生态学基础*//孙儒泳, 等译. 北京: 人民教育出版社, 1981.
- [ 3 ] 贝塔朗菲. *一般系统论: 基础、发展和应用*//林康义, 魏宏森, 译. 北京: 清华大学出版, 1987: 29-30.
- [ 7 ] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式. *植物生态学报*, 2006, 30(2): 191-199.
- [ 9 ] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, 1984, 4(1): 1-9.
- [ 10 ] 王如松, 欧阳志云. 社会-经济-自然复合生态系统与可持续发展. *中国科学院院刊*, 2012, 27(3): 337-345.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.24 Dec., 2013 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

The problems in red soil ecosystem in southern of China and its countermeasures ..... ZHAO Qiguo, HUANG Guoqin, MA Yanqin (7615)

Fundamentals of Ecology: promoting ecology from tradition to modern; To Commemorate The 100th Anniversary of E. P. Odum's Birthday ..... BAO Qingde, ZHANG Xiufen (7623)

Food chain length theory: a review ..... ZHANG Huan, HE Liang, ZHANG Peiyu, et al (7630)

**Autecology & Fundamentals**

Foraging and bed site selection of Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Central Tianshan Mountains in Summer ..... LI Ye, YU Yuqun, SHI Jun, et al (7644)

Inhibition of pine coneworm, larvae *Dioryctria pryeri*, on herbivore-induced defenses of *Pinus tabulaeformis* ..... ZHANG Xiao, LI Xiuling, LI Xingang, et al (7651)

Response of periphyton to nutrient level and relationships between periphyton and decay degree of *Potamogeton crispus* ..... WEI Hongnong, PAN Jianlin, ZHAO Kai, et al (7661)

Correlative study between chemical constituents and ecological factors of *Notopterygii Rhizoma* Et Radix of endangered plateau plant ..... HUANG Linfang, LI Wentao, WANG Zhen, et al (7667)

Induced changes in soil microbial transformation of nitrogen in maize rhizosphere by 4-year exposure to O<sub>3</sub> ..... WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (7679)

Changes of digestive enzyme activity of *Tegillarca granosa* exposed to cadmium and copper ..... CHEN Xiaoxiao, GAO Yetian, WU Hongxi, et al (7690)

**Population, Community and Ecosystem**

Population dynamics and density of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in different habitats ..... ZHENG Sining (7699)

Litter fall production and nutrient dynamic of *Cinnamomum camphora* and *Pinus massoniana* mixed forests in subtropics China ..... LI Zhongwen, YAN Wende, ZHENG Wei, et al (7707)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

Assessing the spatial representativeness of eddy covariance flux observation stations of terrestrial ecosystems in China ..... WANG Shaoqiang, CHEN Diecong, ZHOU Lei, et al (7715)

The coupling relationship between variations of NDVI and change of aeolian sandy land in the Yarlung Zangbo River Basin of Tibet, China ..... LI Haidong, SHEN Weishou, CAI Bofeng, et al (7729)

Effects of higher resolution image and spatial grain size on landscape pattern in a small watershed of the farming-pastoral zone ..... ZHANG Qingyin, FAN Jun (7739)

The changes of soil organic carbon and carbon management index in alpine steppe ..... CAI Xiaobu, YU Baozheng, PENG Yuelin, et al (7748)

Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen at small scale in subalpine meadow and *Picea meyeri* forest in Luya Mountain ..... WU Xiaogang, GUO Jinping, TIAN Xuping, et al (7756)

Active pools of soil organic carbon in subtropical forests at different successional stages in Central Hunan, China ..... SUN Weijun, FANG Xi, XIANG Wenhua, et al (7765)

The impact of sheet and gully erosion on soil aggregate losses in the black soil region of Northeast China ..... JIANG Yiliang, ZHENG Fenli, WANG Bin, et al (7774)

Net nitrogen mineralization in soils of Napahai wetland in Northwest Yunnan ..... XIE Chengjie, GUO Xuelian, YU Leichao, et al (7782)

- Variation of soil fertility in *Eucalyptus robusta* plantations after controlled burning in the red soil region and its ecological evaluation ..... YANG Shangdong, WU Jun, TAN Hongwei, et al (7788)
- The spatio-temporal variations of vegetation cover in the Yellow River Basin from 2000 to 2010 ..... YUAN Lihua, JIANG Weiguo, SHEN Wenming, et al (7798)
- Long-term dynamic simulation on forest landscape pattern changes in Mount Lushan ..... LIANG Yanyan, ZHOU Nianxing, XIE Huiwei, et al (7807)
- Species habitat correlation analysis in temperate-subtropical ecological transition zone ..... YUAN Zhiliang, CHEN Yun, WEI Boliang, et al (7819)
- Responses of Qilian junipers radial growth of different ecological environment and detrending method to climate change in Qinghai Province ..... ZHANG RuiBo, YUAN Yujiang, WEI Wenshou, et al (7827)
- Resource and Industrial Ecology**
- The pattern of ecological capital in Daxiaoxinganling, Heilongjiang Province, China ..... MA Lixin, QIN Xuebo, SUN Nan, et al (7838)
- Research and implementation of mobile data collection system for field survey of ecological environment ..... SHEN Wenming, SUN Zhongping, ZHANG Xue, et al (7846)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- A remote sensing urban ecological index and its application ..... XU Hanqiu (7853)
- Research Notes**
- Genetic diversity and DNA fingerprint of *Pleioblastus* by ISSR ..... HUANG Shujun, CHEN Liguang, XIAO Yongtai, et al (7863)
- Comprehensive evaluation on photosynthetic and fluorescence characteristics in seedlings of 4 drought resistance species ..... LU Guangchao, XU Jianxin, XUE Li, et al (7872)
- Stock difference of *Coelomactra antiquata* based on nuclear (ITS2) and mitochondrial (16S rRNA) DNA sequence and secondary structure ..... MENG Xueping, SHEN Xin, ZHAO Nana, et al (7882)
- The mechanism of the characters of inorganic carbon acquisition to temperature in two *Ulva* species ..... XU Juntian, WANG Xuwen, ZHONG Zhihai, et al (7892)
- Research on changes of dynamic characteristics of rainfall though *Platyclusus Orientalis* plantation canopy in Beijing Mountain Area ..... SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jianhui, et al (7898)

# 《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 丁 平 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 33 卷 第 24 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 33 No. 24 (December, 2013)

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