

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

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 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

胡秋红, 张力小, 王长波. 两种典型养鸡模式的能值分析. 生态学报, 2011, 31(23): 7227-7234.

Hu Q H, Zhang L X, Wang C B. Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7227-7234.

两种典型养鸡模式的能值分析

胡秋红, 张力小^{*}, 王长波

(北京师范大学环境学院 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875)

摘要: 畜禽养殖的有机化过程被认为是实现养殖业持续发展与保障食品安全的重要途径。运用能值分析方法对两种典型养鸡模式——家庭有机饲养和林地散养进行了系统分析, 并结合 Castellini 等人对意大利所做的同类研究(工业规模化笼养和草地散养)进行了横向对比。结果表明, 林地散养生产系统的能值产出率为 1.11, 与家庭有机饲养系统相近, 而在环境负载率和可持续发展能力方面的表现, 均差于家庭有机饲养生产系统, 说明林地散养模式尽管通过提高系统生产空间, 理论上接近畜禽养殖的有机化理念, 但由于大量的禽舍建筑、医药及其饲料等方面的外部资源输入, 反而使得系统的环境负载率提高, 可持续性大大下降。与意大利的结果比较发现, 我国两个养殖系统的社会经济成本高、对外部不可再生资源的依赖程度较高, 有机化目标并没有很好的实现。因此, 我国现有的有机化畜禽养殖方式和外部制度都有待进一步改进和创新。

关键词: 能值分析; 畜禽养殖; 有机农业

Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China

HU Qihong, ZHANG Lixiao^{*}, WANG Changbo

State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: The organic production model is regarded as an important way to ensure food safety and achieve agricultural sustainable development. Presented in this paper is an emergy-based analysis of two typical popular chicken rearing systems in China, i. e., family operated organic rearing system and field rearing system in orchard, from the perspective of production efficiency, environmental impact and the overall sustainability. Emergy analysis capable of accounting for both economic aspect and the natural contribution to production on a common basis, allowing meaningful comparison across different systems, has been applied in many cases and proved to be a powerful tool to assessment of ecological economic systems and processes, with special focus on the agricultural field. According to the new development of emergy methodology, new emergy parameters, i. e., the renewability factor of each item was incorporated in this study to improve emergy accounting. System indices such as the emergy yield ratio (EYR), environmental load ratio (ELR) and environmental sustainability index (ESI) were applied to characterize the resource use, environmental impact and the overall sustainability of the studied systems. In addition, the similar evaluation results conducted in Italy (scatter rearing system in grassland and conventional scale rearing system) were also introduced for reference and comparison. The indices calculated for family operated organic system and scattering system in orchard respectively are as follows: the transformation, 4.24×10^6 sej/J and 2.20×10^6 sej/J; EYR, 1.10 and 1.11; ELR, 3.10 and 3.44; ESI, 0.36 and 0.32. In consideration of the two concerned systems in China, it can be found that the lower transformity indicates that the family operated system is less efficient in food taking and consequently has lower efficiency in emergy conversion compared with

基金项目: 国家自然科学基金项目(40901293); 国家 863 项目(2007AA06A40405, 2007AA06A40406); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2010)

收稿日期: 2010-10-20; 修订日期: 2011-05-09

^{*} 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhanglixiao@bnu.edu.cn

scatter rearing system in orchard. The emegy yield ratio (EYR) for the two production system are both very low and close to 1, which simply means that each process only converts resources from outside into product without much addition from local resources. However, as indicated by ELR and ESI, family operated organic systems produces lower ecosystem stress and pressure on environment and correspondingly is more sustainable than scatter rearing system in orchard. Nevertheless, despite being close to the concept of organic production practice in consideration of rearing space for exercise and food taking, the field rearing system has a relative poor performance with regard to overall sustainability, which is attributable to large amount input of external purchased resources, e. g. the building materials, drugs, food and so on. Further comparison with systems in Italy shows that due to longer life cycle, chicken systems in China have relatively lower production efficiency and higher economic cost. With regard to environmental load and overall sustainability, their performance has already been better than conventional scale rearing system in Italy, but still far from the practice of scatter rearing system. Anyway, two so-called organic production systems concerned in this paper still heavily rely on purchase industrial resource and are less efficient in exploring the local resource and far from the real practice of organic production. Additionally, higher economic cost results in less competitive in world market. Therefore innovation in production techniques and institutional reforms associated with organic pattern are urgently needed in China.

Key Words: emergy analysis; poultry production; organic agriculture

近些年来,随着畜禽养殖规模的日益扩大,传统集中式的畜禽养殖模式所带来的产品质量与环境污染问题日益突出。有机化畜禽养殖由于对环境的友好和能够生产优质安全的农产品而受到越来越多国家的关注与重视。目前产业内大小、种类繁多的“有机”畜禽养殖模式不断涌现,然而这些“有机”养殖是否真是“有机”呢?当前典型养殖模式的“有机”程度、生产效率及竞争力如何?这些问题的核心都是如何客观、准确的核算产业过程中的资源使用 and 环境污染负荷。对现有的“有机化”畜禽养殖系统进行定量评价和分析也是目前农业生态系统研究的一个重要命题。

美国生态学家 H. T. Odum 提出的能值分析方法,通过将生态经济系统内流动和储存的各种不同类别和性质的能量和物质转换为统一标准的太阳能值(solar emergy,单位用 sej 表示),可以实现对生产过程中资源配置状况、系统过程环境负荷、系统发展的可持续性等方面的定量化评价与分析^[1-4],已被广泛应用于各种生态经济系统可持续发展能力分析评价、不同发展模式的比较等方面^[5-21]。针对有机畜禽养殖模式的研究,国内外已有少数学者进行了初步探索,例如 Castellini 等人对工业化笼养和草地散养两种养殖模式进行了能值分析,结果表明较工业规模化笼养模式,草地散养模式,环境负载率低,可持续能力强,但生产周期长,经济效益低^[5],国内也有学者对稻鸭共作有机模式进行了能值分析,结果表明稻鸭共作有机模式与稻麦常规种植模式相比,自组织能力、可持续发展能力强,产品安全性高,但经济效益低^[6]。

因此,本研究运用能值分析方法对两种典型的畜禽养殖模式——家庭有机饲养和林地散养,进行了系统分析,并借鉴 Castellini 等人对意大利所做的同类研究(工业规模化笼养和草地散养)进行了横向对比,以探讨不同养殖系统的生态能流过程与运行机制,寻求改善路径,为推动现代畜禽养殖模式有机化提供科学的依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

家庭有机饲养和林地散养养殖系统是目前国内较为普遍的两种有机养鸡模式,在北京、河北、山东、山西、广东以及贵州等多地都有较多实例,因此本研究以这两种养殖模式作为研究对象,以北京市怀柔区景峪村(N40°23'48.43", E116°29'37.86")为案例点,通过实地调研,对其养殖过程的生态流进行追踪分析。其中家庭有机饲养模式的养殖品种是海蓝灰,体重 1750 g,增重 1705 g,养殖周期是 150 d,而林地散养养殖品种是北京油鸡,体重 2500 g,增重 2450 g,养殖周期是 180 d。和其它规模化集中养殖系统不同的是,这两个养殖系统都不采用商品化鸡饲料,其中家庭有机饲养主要依靠玉米和野菜喂养,而林地散养主要依靠林地自我采食

(夜晚补饲少量麦麸和玉米)。同时,这两个养殖系统都提高了畜禽的活动面积,家庭有机饲养的鸡平均活动空间为 $0.70 \text{ m}^2/\text{只}$,林地散养鸡的活动空间更大,达到 $1.90 \text{ m}^2/\text{只}$ 。

表 1 4 种养殖系统主要特点对比表

Table 1 Comparison of features of four poultry systems

项目 Item	研究组(北京) Studied systems (Beijing)		参照组(意大利) Comparison systems(Italy) ^[5]	
	家庭有机饲养 Family operated organic rearing system	林地散养 Field rearing system in orchard	草地散养 Scatter rearing system in grassland	工业规模化笼养 Conventional scale rearing system
养殖规模 Birds /只	100	2000	1000	15600
自由活动空间 Density/($\text{m}^2/\text{只}$)	0.70	1.90	9.90	0.00
生产周期 Life-cycle/d	150	180	81	49
主要喂养饲料 Mainly diets/($\text{g}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{只}^{-1}$)				
玉米 Maize	100	50	38.64	41.47
野菜 Potherb	50	—	—	—
豆粕 Soybean meal	—	—	14.44	14.78
蚕豆 Fava bean	—	—	17.41	—
麦麸 Wheat-bran	—	4.38	20.25	3.47
花生饼 Pone	—	6.25	—	—
小计 Total/g	150	62.5	93.64	41.47

从目前来看,国内外畜禽有机化养殖模式的差异主要体现在养殖空间、生产周期以及饲料喂养等方面。在本研究中,家庭有机饲养属半开放式养殖模式,养殖空间是由砖、水泥、石棉瓦等材料修建而成的鸡舍建筑以及铁栅栏围成的庭院组成,动物自由活动空间较小,系统开放程度相对较低;而林地散养养殖模式,生产系统饲料结构丰富,鸡舍建筑设施较为先进(主要由保温效果较好的彩钢板修建而成),庭院内种植林木和中草药,供动物活动和觅食,系统开放程度有所提高,但仍低于意大利研究的草地散养生产系统,其自由活动空间达到 $9.90 \text{ m}^2/\text{只}$ 。相比较而言,意大利工业规模化笼养系统开放程度最低,属全封闭式生产系统。

1.2 研究方法

能值分析作为一种系统分析方法,以统一的太阳能值为单位整合了包括货币和人类劳动在内的不同资源类型,从资源利用的角度研究能量经济系统的资源代谢过程,提供了一个衡量和比较各种不同种类、不可比较能量(能量流、物质流、经济流、信息流)的共同尺度和标准^[4-5],单位为太阳能焦耳(solar emjoules,缩写为 sej)。经过 30 多年的发展,能值方法已形成了相对较为完整的理论体系,关于能值方法的理论基础、分析步骤以及主要指标解释可参见文献^[1-2]。

根据 Odum 设计的能量语言,本文首先绘制了两种养殖模式的能值流动图,从总体上反映系统内外的物质、能量流动以及系统组分之间的组织结构(图 1、图 2)。基于“是否本地免费”与“是否可更新”,将系统输入资源分为 4 类,即本地免费可更新资源(RR),如太阳能、风能和雨水能,本地免费不可更新资源(NR)、可更新购入资源(RP)以及不可更新购入资源(NP)等。

由于某些资源在形成过程中既有可更新资源的投入,又有不可更新资源的投入,而且投入资源的来源不同,可更新价值往往有所差异。传统的资源能值核算过程中,将某项资源输入完全认定为可更新资源或不可更新资源的做法缺乏合理性^[5]。因此,本研究参考国际

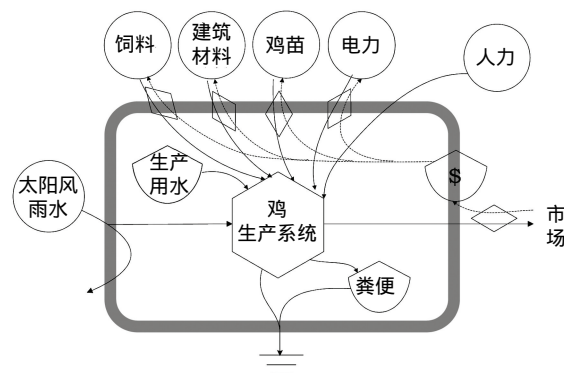


图 1 家庭有机饲养系统能量图

Fig. 1 The energy diagram of family operated organic rearing system

相关研究的最新进展,将可更新比例系数引入到能值核算表中,对各项资源输入进行可更新部分与不可更新部分的分解,从而提高系统核算的效率与评价的科学性,其中可更新比例系数参考 Chen、Cavalett 以及 Agostinho 等人的研究数据^[3,15-18]。

2 结果与分析

(1) 能值转换率

能值转换率是指单位系统产出的能量或物质所体现的能值之量。因此,对于具有相同产出的两个系统,能值转换率往往是系统效率的重要表征,能值转换率越低则表明系统效率越高,即利用相同数量的能量可以获得的产品更多,或者生产同样的产品所需的能量更

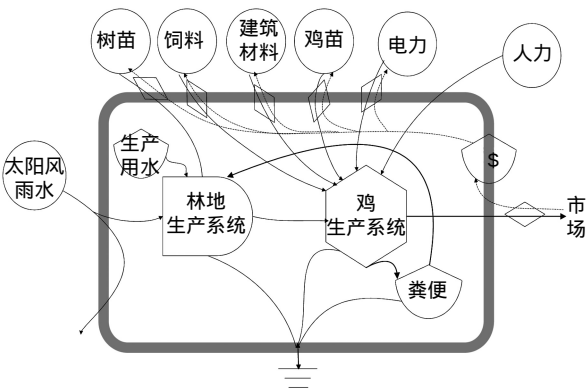


图2 林地散养系统能量图
Fig. 2 The energy diagram of field rearing system in orchard

表2 家庭有机饲养系统能值分析表
Table 2 Emergy analysis table of family operated organic rearing system

项目 Item	可更新比例 Renewable factor	原始数据 Raw data	能值转换率 /(sej/单位) Transformity	能值转换率 参考文献 References	太阳能值 Solar emergy/sej
本地免费可更新资源 Local renewable resource (RR)					
1 太阳能 Sunlight/J	1.00	1.25×10 ¹¹	1.00	[22]	1.25×10 ¹¹
2 风能 Wind, kinetic/J	1.00	1.27×10 ⁷	2.45×10 ³	[22]	3.12×10 ¹⁰
3 雨水化学能 Rain, chemical/J	1.00	9.39×10 ⁷	3.10×10 ⁴	[22]	2.91×10 ¹²
4 雨水势能 Rain, geopotential/J	1.00	4.57×10 ⁶	4.70×10 ⁴	[22]	2.15×10 ¹¹
5 地球循环能 Earth cycle/J	1.00	3.22×10 ⁷	5.80×10 ⁴	[22]	1.87×10 ¹²
RR 总计 Total RR					2.91×10 ¹²
本地免费不可更新资源 Local non-renewable resource (NR)					
6 生产用水 Ground water/J	0.00	1.88×10 ⁹	2.55×10 ⁵	[23]	4.79×10 ¹⁴
NR 总计 Total NR					4.79×10 ¹⁴
购入资源 Purchase resource input (P)					
7 野菜 Wild vegetable/J	1.00	7.60×10 ⁸	2.70×10 ⁴	[1]	2.05×10 ¹³
8 电力 Electricity/J	0.81	3.60×10 ⁸	2.69×10 ⁵	[24]	9.68×10 ¹³
9 人力 Human labor/J	0.60	8.05×10 ⁷	7.56×10 ⁶	[24]	6.09×10 ¹⁴
10 玉米 Corn/g	0.25	1.52×10 ⁶	2.08×10 ⁹	[15]	3.16×10 ¹⁵
11 铁栅栏 Steel fence/g	0.00	7.50×10 ³	7.98×10 ⁹	[1]	5.99×10 ¹³
12 砖 Brick/g	0.00	6.67×10 ⁴	6.55×10 ⁹	[1]	4.37×10 ¹⁴
13 砂子 Sand/g	0.00	4.17×10 ⁴	1.88×10 ⁹	[1]	7.84×10 ¹³
14 水泥 Cement/g	0.00	1.39×10 ⁴	5.85×10 ⁹	[1]	8.12×10 ¹³
15 鸡苗 Baby chick /g	0.05	4.50×10 ³	1.51×10 ¹⁰	[1]	6.77×10 ¹³
16 石棉瓦 Asbestos shingle/US \$	0.05	2.42	1.07×10 ¹³	[25]	2.60×10 ¹³
17 尼龙网 Nylon net/US \$	0.05	1.51	1.07×10 ¹³	[25]	1.62×10 ¹³
18 药品 Drug/US \$	0.05	2.52	1.07×10 ¹³	[25]	2.70×10 ¹³
19 鸡槽 Trough/US \$	0.05	2.01	1.07×10 ¹³	[25]	2.16×10 ¹³
可更新购入资源 (RP) 总计 Total renewable purchase input					1.26×10 ¹⁵
不可更新购入资源 (NP) 总计 Total non-renewable purchase input					3.44×10 ¹⁵
P 总计 Total purchase input					4.70×10 ¹⁵
能值总投入 (U) Total emergy input					5.19×10 ¹⁵
产出 (Y) Yield					
20 鸡肉 Chicken/J		1.22×10 ⁹			

① 表中原始数据全部来源于实地调研; ② 2000 年后 Odum 将驱动全球过程的能值总量由(9.44×10²⁴) sej/J 更新为(15.83×10²⁴) sej/J, 因此为了使得能值转换率之间具有可比性, 基于不同基准计算的能值转换率可以 1.68 (15.53/9.44) 进行换算^[11], 本文采用 (15.83×10²⁴) sej/J 的基准

表 3 林地散养系统能值分析表

Table 3 Energy analysis table of field rearing system in orchard

项目 Item	可更新比例 Renewable factor	原始数据 Raw data	能值转换率 /(sej/单位) Transformity	能值转换率 参考文献 References	太阳能值 Solar emery /sej
本地免费可更新资源 Local renewable resource (RR)					
1 太阳能 Sunlight/J	1.00	1.43×10^{13}	1.00	[22]	1.43×10^{13}
2 风能 Wind/J	1.00	1.46×10^9	2.45×10^3	[22]	3.57×10^{12}
3 雨水化学能 Rain chemical/J	1.00	1.07×10^{10}	3.10×10^4	[22]	3.33×10^{14}
4 雨水势能 Rain geopotential/J	1.00	5.23×10^8	4.70×10^4	[22]	2.46×10^{13}
5 地球循环能 Earth cycle/J	1.00	3.68×10^9	5.80×10^4	[22]	2.13×10^{14}
RR 总计 Total RR					3.33×10^{14}
本地免费不可更新资源 Local non-renewable resource (NR)					
6 生产用水 Ground water/J	0.00	3.71×10^{10}	2.55×10^5	[23]	9.45×10^{15}
NR 总计 Total NR					9.45×10^{15}
购入资源 Purchase resource input (P)					
7 电力 Electricity/J	0.81	8.64×10^9	2.69×10^5	[24]	2.32×10^{15}
8 人力 Human labor/J	0.60	5.53×10^8	7.56×10^6	[24]	4.18×10^{15}
9 玉米 Corn/g	0.25	2.07×10^7	2.08×10^9	[15]	4.31×10^{16}
10 饲料 Feed/g	0.25	6.30×10^6	1.40×10^9	[1]	8.82×10^{15}
11 麦麸 Wheat bran/g	0.25	1.81×10^6	3.02×10^9	[1]	5.47×10^{15}
12 花生饼 Peanut cake/g	0.25	2.59×10^6	2.30×10^8	[1]	5.96×10^{14}
13 维生素 Vitamin/g	0.00	7.31×10^5	1.48×10^{10}	[1]	1.08×10^{16}
14 铁栅栏 Steel bars/g	0.00	1.85×10^4	1.90×10^{10}	[1]	3.52×10^{14}
15 砖 Brick/g	0.00	1.11×10^4	6.55×10^9	[1]	7.28×10^{13}
16 砂子 Sand/g	0.00	7.50×10^4	1.88×10^9	[1]	1.41×10^{14}
17 水泥 Cement/g	0.00	5.00×10^4	5.85×10^9	[1]	2.92×10^{14}
18 彩钢板 Color plate/g	0.00	3.75×10^4	1.17×10^{10}	[1]	4.39×10^{14}
19 鸡苗 Babychick/g	1.00	1.35×10^5	1.51×10^{10}	[1]	2.03×10^{15}
20 树苗 Sapling/US \$	0.05	2.42×10^1	1.07×10^{13}	[25]	2.60×10^{14}
21 中草药苗 Herbal medicine seeds/US \$	0.05	1.81×10^1	1.07×10^{13}	[25]	1.95×10^{14}
22 中间维护费用 Maintenance charge/US \$	0.05	6.04×10^1	1.07×10^{13}	[25]	6.49×10^{14}
23 取暖器 Heating device/US \$	0.05	1.81	1.07×10^{13}	[25]	1.95×10^{13}
24 鸡槽 Trough/US \$	0.05	1.51×10^1	1.07×10^{13}	[25]	1.62×10^{14}
25 地租 Rent/US \$	0.05	6.04×10^2	1.07×10^{13}	[25]	6.49×10^{15}
可更新购入资源 (PR) 总计 Total renewable purchase resource input					2.13×10^{16}
不可更新购入资源 (NP) 总计 Total non-renewable purchase resource input					6.51×10^{16}
P 总计 Total purchase resource input					8.64×10^{16}
能值总投入 Total emery input (U)					9.61×10^{16}
产出 Yield (Y)					
26 鸡肉 Chicken/J		4.37×10^{10}			

表中原始数据全部来源于实地调研

少^[2]。本研究中,家庭有机饲养系统的能值转换率为 4.24×10^6 sej/J,林地散养的能值转换率为 2.20×10^6 sej/J。这说明,在本研究中的两个养殖系统中,林地散养的效率较高,而家庭有机饲养中喂食一些野菜,动物对其采食的效率较低是其总体产出效率较低的一个重要原因。而意大利两个养殖系统的能值转换率比本研究的小一个数量级,为 10^5 数量级。可见,就能值转换率这个指标来衡量,本研究中的养殖生产系统生产效率

远远低于意大利的两个养殖系统,主要是本研究中的两个养殖系统的生产周期为5—6个月,而意大利的两个养殖系统的生产周期却只有2—3个月。

表 4 基于不同养殖模式的 4 种养殖系统能值指标对比
Table 4 Emery indictors for the four chicken production systems

项目 Item	研究组(北京) Systems studied (Beijing)		参照组(意大利) ^[5] Comparison systems(Italy) ^[5]	
	家庭有机饲养 Family operated organic rearing system	林地散养 Field rearing system in orchard	草地散养 Scatter rearing system in grassland	工业规模化笼养 Conventional scaled rearing system
能值转换率/(sej/J) Transifomity	4. 24×10 ⁶	2. 20×10 ⁶	5. 79×10 ⁵	6. 11×10 ⁵
能值产出率(EYR) Emery yield ratio	1. 10	1. 11	1. 51	1. 19
环境负载率(ELR) Environmental loading ratio	3. 10	3. 44	2. 04	5. 21
环境可持续能力(ESI) Emery sustainability index	0. 36	0. 32	0. 74	0. 23

(2)能值产出率(EYR)

能值产出率反映的是系统生产过程通过外部经济反馈获取和使用本地资源的能力,它反映了本地资源对生产过程的潜在贡献率,同时也反映了经济活动的竞争力。EYR 的最小值为 1,也就是说一个生产过程的投入全部来自外部经济反馈,不能有效利用本地资源。本研究中,家庭有机饲生产系统能值产出率为 1. 10,与林地散养生产系统(1. 11)相近,且都低于意大利的生产系统,表明这两种养殖模式在系统生产过程中更多的是对外部社会经济资源的转化,对本地资源的有效利用程度仍然较低^[11],社会经济成本高,在国际市场中也缺乏竞争力,也进一步说明我国当前一些所谓的有机化养殖模式中,对外部不可再生资源的依赖程度较高,有机化目标并没有很好的实现。

(3)环境负荷率(ELR)

环境负荷率用于衡量由于不可更新资源的输入和使用,对环境造成的压力和胁迫作用,考察能量传递和转移过程对环境的压力。理论上,如果没有不可更新资源的投入,系统仅仅靠可更新资源的驱动,则系统的 ELR=0。本研究中,家庭有机饲养系统 3. 10,低于林地散养系统环境负荷率 3. 44,说明其在生产过程中环境表现好于林地散养模式,主要是家庭有机饲养模式的鸡舍等外部投入较小。进一步与意大利研究结果进行对比,其仍然高于草地散养模式,但低于工业化笼养,说明目前京郊这两种养殖模式的有机化水平由于饲料系统的改善使其有机化程度有所提高,但系统生产的环境负荷大。

(4)系统可持续性(ESI)

系统可持续能力指数是能值产出率(EYR)与环境负载率(ELR)的比值,可衡量生产系统在单位环境负载条件下,对更大系统(或经济)的潜在贡献。对比四种养殖模式,意大利草地散养模式系统可持续能力指数最高为 0. 74,意大利传统笼养模式最低,仅为 0. 23,而北京家庭有机饲养模式(0. 36)和林地散养模式(0. 32)依次位于两者之间。和 ELR 反映的结果一样,说明北京家庭有机饲养和林地散养生产系统尽管较传统笼养系统可持续性有所提高,但有机化水平依然不高,系统可持续性仍远远低于草地散养模式。

3 结论与讨论

(1)对比本研究中的两个畜禽养殖系统和意大利研究系统可以发现,由于较长的生产周期,使得本研究中的家庭有机饲养和林地散养养殖系统的能值转换率都远远高于意大利研究系统,而且能值产出率均小于意大利系统。从环境负载率和可持续发展指数这两个指标来看,其环境负载率较意大利研究中的传统笼养系统的环境负荷程度已有所降低,可持续能力也有所提高,但仍远远劣于意大利研究中的草地散养生产系统,说明本研究中两个养殖系统通过在饲料或养殖空间上的改进,较传统笼养模式,降低了系统的环境负荷程度,提高了系统的可持续性,但整体上生产过程中还需要投入大量基础设施且仍然需要一定的饲料投入,无法实现更

大程度的自然生长,使其有机化水平仍然不高,而且系统生产效率低,社会经济成本高。

(2)进一步对比本研究中的家庭有机饲养和林地散养两种养殖系统可知,家庭有机饲养系统的能值转换率为 4.24×10^6 sej/J,高于林地散养生产系统 2.20×10^6 sej/J,说明家庭有机饲养生产系统动物采食率低,系统总体的生产效率低下。但是其能值产出率为 1.10,与林地散养生产系统相同,且在环境负载率和可持续发展能力方面,均优于林地散养系统。从另外一个角度也说明,林地散养模式尽管通过提高系统生产空间,理论上接近畜禽养殖的有机化理念,但由于大量的禽舍建筑、医药及其饲料等方面的外部资源输入,反而使得系统的环境负载率提高,可持续性大大下降。

(3)如前所述,生产周期、养殖空间、养殖场地建设以及喂养系统是当前各种有机养殖模式的差异所在。目前我国一些地区所谓的“有机化养殖”,虽然改进了养殖模式,但系统生产所投入的社会工业产品的能值数量仍然偏大,环境负荷高,有机化程度低,与纯自然生态养殖模式距离甚远,而且价格机制不健全,缺乏市场竞争力,可持续性差。因此,今后一方面应加强有机生产的技术观念宣传,在生产过程中注重本地资源的有效利用,尽量减少社会工业产品等不可更新比例较高的资源的投入,降低环境负荷,实现畜禽养殖系统的有机化与持续化的发展。另一方面应通过加强有机产品认证、健全有机生产的保障体系,建立有效的市场需求与价格转化机制等措施,提高有机产品的市场竞争力。

(4)本研究在能值分析的过程中加入了可更新比例参数,对不同资源的可更新部分与不可更新部分进行区分,对能值分析方法进行了一定的改进,但是可更新比例在不同地区因生产水平等差异而不同,今后需针对不同产地产品进行具体的可更新比例参数的测算与分析。同时,本研究忽略了动物品种、自然地理条件、产品质量差异、规模效应等各方面的因素影响,仅仅对四种养殖模式进行了研究。

References:

- [1] Lan S H, Qin P. Emergy analysis of ecosystems. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1): 129-131.
- [2] Odum H T. *Environmental Accounting-Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley and Sons, 1996.
- [3] Brown M T, Buranakarn V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. *Resources, Conservation and Recycling*, 2003, 38(1): 1-22.
- [4] Federici M, Ulgiati S, Verdesca D, Basoci R. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems: the case of Siena, Italy. *Ecological Indicators*, 2003, 3(3): 155-169.
- [5] Castellini C, Bastianoni S, Granai C, Bosco A D, Brunetti M. Sustainability of poultry production using the emergy approach: comparison of conventional and organic rearing systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 114(2/4): 363-350.
- [6] Xi Y G, Qin P. Emergy value evaluation on rice-duck organic farming mode. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(2): 237-242.
- [7] Zuo P, Wan S W, Qin P, Du J J, Wang H. A comparison of the sustainability of original and constructed wetlands in Yancheng Biosphere Reserve, China: implications from emergy evaluation. *Environmental Science and Policy*, 2004, 7(4): 329-343.
- [8] Cai Z F, Zhang L X, Zhang B, Chen Z M. Emergy-based analysis of Beijing-Tianjin-Tangshan region in China. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2009, 14(12): 4319-4331.
- [9] Zhang L X, Yang Z F, Chen B, Liu G Y, Liang J. An analysis on urban ecological competition capability with biophysical accounting method. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9): 4344-4351.
- [10] Zhang L X, Chen B, Yang Z F, Chen G Q, Jiang, M M, Liu G Y. Comparison of typical mega cities in China using emergy synthesis. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2009, 14(6): 2827-2836.
- [11] Zhang L X, Ulgiati S, Yang Z F, Chen B. Emergy evaluation and economic analysis of three wetland fish farming systems in Nansi Lake area, China. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(3): 683-694.
- [12] Zhang L X, Yang Z F, Chen G Q. Emergy analysis of cropping-grazing system in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *Energy Policy*, 2007, 35(7): 3843-3855.
- [13] Cohen M J, Brown M T, Shepherd K D. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emergy synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 114(2/4): 249-269.
- [14] Lefroy E, Rydberg T. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. *Ecological Modelling*, 2003, 161(3): 193-209.
- [15] Cavalett O, de Queiroz J F, Ortega E. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South

- Brazil. *Ecological Modelling*, 2006, 193(3/4): 205-224.
- [16] Agostinho F, Diniz G, Siche R, Ortega E. The use of emergy assessment and the geographical information system in the diagnosis of small family farms in Brazil. *Ecological Modelling*, 2008, 210(1/2): 37-57.
- [17] Chen G Q, Jiang M M, Chen B, Yang Z F, Lin C. Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115(1/4): 161-173.
- [18] Martin J F, Diemont S A W, Powell E, Stanton M, Levy-Tacher S. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115(1/4): 128-140.
- [19] 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.
- [20] Dong X B, Gao W S, Yan M C. Emergy evaluation of the coupling effects of ecological economic systems of two selected counties in the eco-tone between agriculture and pasture in the North China. *Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(11): 1-5.
- [21] Cuadra M, Rydberg T. Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. *Ecological Modelling*, 2006, 196(3/4): 421-433.
- [22] Odum H T, Brown M T, Brandt-Williams S. *Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No 1*. Gainesville: University of Florida, 2000.
- [23] Bastianoni S, Marchettini N. The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis. *Ecological Modelling*, 2009, 129(2/3): 187-193.
- [24] Brandt-Williams S L. *Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No 4-Emergy of Florida Agriculture*. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Gainesville: University of Florida, 2002. (2004-10-10). [access date] <http://www.ees.ufl.edu/cep/>.
- [25] Jiang M M, Chen G Q. *Emergy Analysis of Chinese Society 1980—2008*. Systems Ecology Reports, National Laboratory for Turbulence and Complex Systems. Beijing: Peking University.

参考文献:

- [1] 蓝盛芳, 钦佩. 生态系统的能值分析. *应用生态学报*, 2001, 12(1): 129-131.
- [6] 席运官, 钦佩. 稻鸭工作有机农业模式的能值评估. *应用生态学报*, 2006, 17(2): 237-242.
- [9] 张力小, 杨志峰, 陈彬, 刘耕源, 梁竞. 基于生物物理视角的城市生态竞争力. *生态学报*, 2008, 28(9): 4344-4352.
- [20] 董孝斌, 高旺盛, 严茂超. 基于能值理论的农牧交错带两个典型县域生态经济系统的耦合效应分析. *农业工程学报*, 2005, 21(11): 1-5.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamya aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元