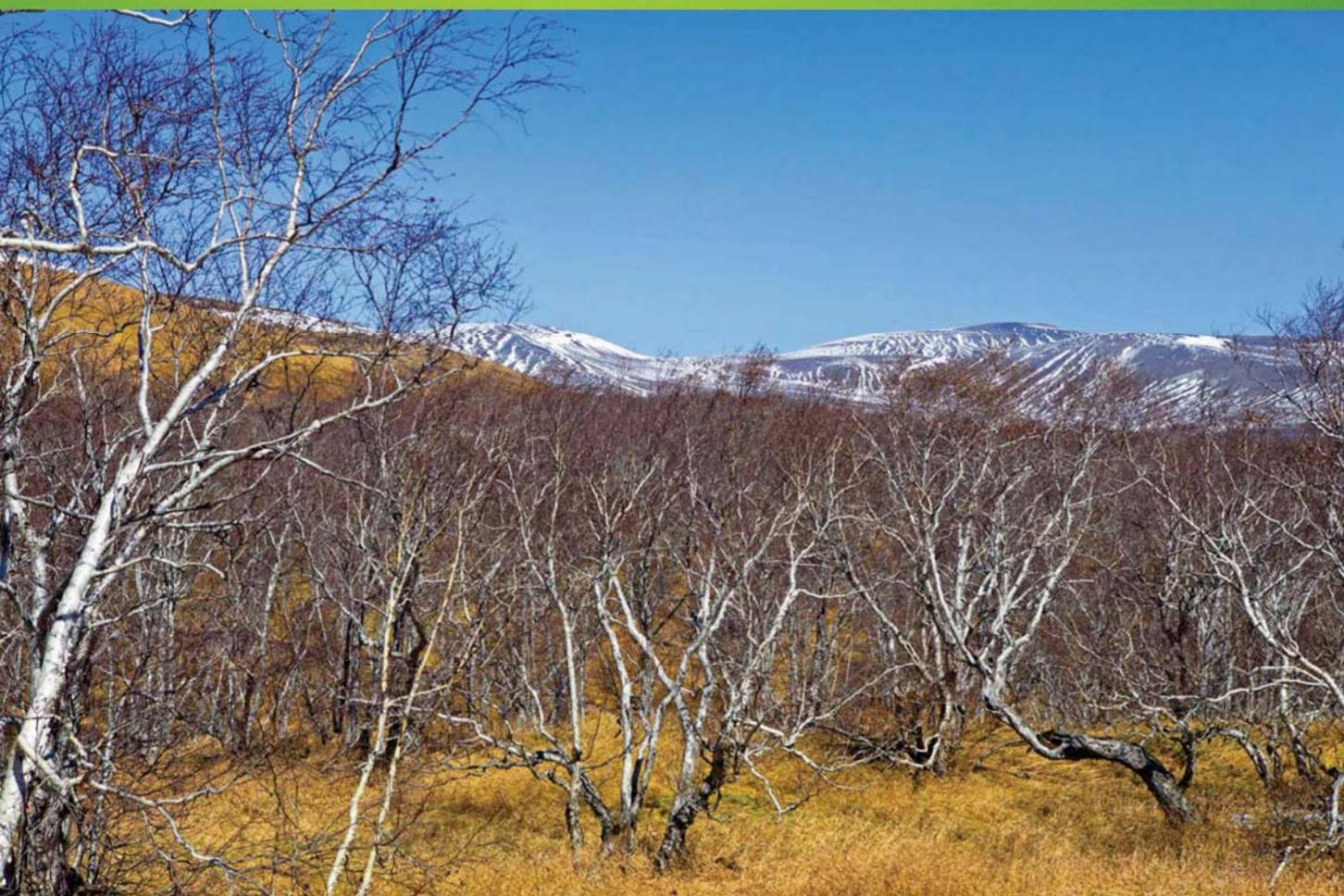


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第12期 Vol.33 No.12 **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12期 2013年6月 (半月刊)

## 目次

### 前沿理论与学科综述

森林低温霜冻灾害干扰研究综述..... 李秀芬,朱教君,王庆礼,等 (3563)

碱蓬属植物耐盐机理研究进展..... 张爱琴,庞秋颖,阎秀峰 (3575)

### 个体与基础生态

中国东部暖温带刺槐花期空间格局的模拟与预测..... 徐琳,陈效速,杜星 (3584)

长白山林线树种岳桦幼树叶功能型性状随海拔梯度的变化..... 胡启鹏,郭志华,孙玲玲,等 (3594)

油松天然次生林居群遗传多样性及与产地地理气候因子的关联分析..... 李明,王树香,高宝嘉 (3602)

施氮对木荷3个种源幼苗根系发育和氮磷效率的影响..... 张蕊,王艺,金国庆,等 (3611)

围封对内蒙古大针茅草地土壤碳矿化及其激发效应的影响..... 王若梦,董宽虎,何念鹏,等 (3622)

干热河谷主要造林树种气体交换特性的坡位效应..... 段爱国,张建国,何彩云,等 (3630)

生物降解对黑碳及土壤上苯酚脱附行为的影响..... 黄杰勋,莫建民,李非里,等 (3639)

3个树种对不同程度土壤干旱的生理生化响应..... 吴芹,张光灿,裴斌,等 (3648)

冬小麦节水栽培群体“穗叶比”及其与产量和水分利用的关系..... 张永平,张英华,黄琴,等 (3657)

不同秧苗素质和移栽密度条件下臭氧胁迫对水稻光合作用、物质生产和产量的影响.....

..... 彭斌,李潘林,周楠,等 (3668)

根域限制下水氮供应对膜下滴灌棉花叶片光合生理特性的影响..... 陶先萍,罗宏海,张亚黎,等 (3676)

光照和生长阶段对菖蒲根系泌氧的影响..... 王文林,王国祥,万寅婧,等 (3688)

植物病原菌拮抗性野生艾蒿内生菌的分离、筛选和鉴定..... 徐亚军,赵龙飞,陈普,等 (3697)

不同生物型棉蚜对夏寄主葫芦科作物的选择..... 肖云丽,印象初,刘同先 (3706)

性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响..... 曾宾宾,邵明勤,赖宏清,等 (3712)

### 种群、群落和生态系统

基于干扰的汪清林区森林生态系统健康评价..... 袁菲,张星耀,梁军 (3722)

洞庭湖森林生态系统空间结构均质性评价..... 李建军,刘帅,张会儒,等 (3732)

### 景观、区域和全球生态

川西米亚罗林区不同海拔岷江冷杉生长对气候变化的响应..... 徐宁,王晓春,张远东,等 (3742)

2001—2010年内蒙古植被净初级生产力的时空格局及其与气候的关系.....

..... 穆少杰,李建龙,周伟,等 (3752)

地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响..... 侯明行,刘红玉,张华兵,等 (3765)

毛乌素沙地南缘植被景观格局演变与空间分布特征..... 周淑琴,荆耀栋,张青峰,等 (3774)

贵州白鹇湖沉积物中孢粉记录的5.5 kaB. P. 以来的气候变化..... 杜荣荣,陈敬安,曾艳,等 (3783)

典型河谷型城市春季温湿场特征及其生态环境效应.....	李国栋,张俊华,王乃昂,等 (3792)
秦岭南北近地面水汽时空变化特征.....	蒋冲,王飞,喻小勇,等 (3805)
露天矿区景观生态风险空间分异.....	吴健生,乔娜,彭建,等 (3816)
基于 Holdridge 和 CCA 分析的中国生态地理分区的比较 .....	孔艳,江洪,张秀英,等 (3825)

### 资源与产业生态

中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的 SBM 模型分析 .....	潘丹,应瑞瑶 (3837)
舟山市东极大黄鱼养殖系统能值评估.....	宋科,赵晟,蔡慧文,等 (3846)
不同基因型玉米间混作优势带型配置.....	赵亚丽,康杰,刘天学,等 (3855)
气候与土壤对烤后烟叶类胡萝卜素和表面提取物含量的影响.....	陈伟,熊晶,陈懿,等 (3865)

### 城乡与社会生态

成都市沙河主要绿化树种固碳释氧和降温增湿效益 .....	张艳丽,费世民,李智勇,等 (3878)
------------------------------	----------------------

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 326 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 33 \* 2013-06



**封面图说:** 长白山南坡的岳桦林——长白山岳桦林位于海拔约 1700—2000m 之间的山坡。这种阔叶林分布在针叶林带的上面,成为山地森林的上缘种类,在世界山地森林中实属罕见。岳桦能够顽强地抗御长白山潮湿、寒冷、强风等恶劣气候因素,在严酷的环境条件下形成纯林,是与其独特的生长发育机理密切相关的。岳桦的枝干颇具韧性,在迎风处,由于风吹雪压,树干成片地向背风侧倾斜,这种特性使它能不畏风雪,顽强生存。随着海拔的升高,岳桦林也逐渐矮化,这是岳桦林保护自身生存,适应大自然的结果。

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/stxb201210301507

宋科, 赵晟, 蔡慧文, 吴常文. 舟山市东极大黄鱼养殖系统能值评估. 生态学报, 2013, 33(12): 3846-3854.

Song K, Zhao S, Cai H W, Wu C W. The emergy analysis of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) aquaculture system around Dongji island in Zhoushan. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(12): 3846-3854.

## 舟山市东极大黄鱼养殖系统能值评估

宋 科, 赵 晟\*, 蔡慧文, 吴常文

(国家海洋设施养殖工程技术研究中心 浙江海洋学院, 舟山 316004)

**摘要:**以能值理论为基础,选择浙江省舟山市东极大黄鱼养殖系统为研究对象,在定量分析大黄鱼养殖系统的物流和能流基础上,通过建立能值评价指标体系,综合评价了东极大黄鱼养殖系统对环境的影响及其可持续性。结果表明:东极大黄鱼养殖系统的太阳能值转换率 TR 为  $1.46 \times 10^6$  sej/J, 环境承载力 ELR 为 91.10, 能值投入的生产效率 PEEI 为  $6.91 \times 10^{-7}$ , 能值持续性指数 ESI 为 0.011。东极大黄鱼养殖系统虽然生产效率较高,但是过分依赖于外部购买资源,并且系统对环境的压力较大,环境的持续性也较差。另外,与广东珠江口 3 个不同鱼种养殖系统的有关指标进行了对比,提出了大黄鱼养殖系统的可持续性发展建议。

**关键词:**大黄鱼养殖系统; 能值分析; 可持续性

### The emergy analysis of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) aquaculture system around Dongji island in Zhoushan

SONG Ke, ZHAO Sheng\*, CAI Huiwen, WU Changwen

National engineering research center of marine facilities aquaculture, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China

**Abstract:** Emergy analysis, which both considers the economic aspect and the natural contribution through meaningful comparison across different systems, has been proved to be a powerful tool to assess the ecological economic systems and processes, especially in the mariculture field. In this paper, emergy analysis method is used for establishing a related index system to analyze the large yellow croaker system in Dongji. System indices such as TR, EPD, ELR, EYR, PEEI,  $EER_Y$ , ESI and EISD were applied to characterize the resource use, environmental impact and the overall sustainability of the studied system. And the data obtained through the comparison of large yellow croaker aquaculture system in Dongji island and three aquaculture systems surrounding the Pearl River Estuary was discussed. The results showed that the TR of large yellow croaker aquaculture system is  $1.46 \times 10^6$  sej/J, which was in the middle of three aquaculture systems surrounding the Pearl River Estuary, but lower than the average value of systems studied before. The EPD of large yellow croaker aquaculture system is  $2.07 \times 10^{17}$  sej·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>, and ELR is 91.10. And in this study, purchased external resource emergy inputs achieved a greater effect than putting renewable environmental resource emergy in large yellow croaker aquaculture system. And results showed the system had more dependence on purchasing external resource emergy inputs. The ESI is 0.011, EISD is 0.02, which indicate that the large yellow croaker aquaculture system is less sustainable. Based on sensitivity analysis, ESI and EISD these two sustainable indicators are elevated, due to half reduced the inputs amount of fingerlings and double increased the inputs of rain chemical. Based on above analysis, getting two effective solutions: (1) By reducing feed inputs, improving the feed utilization efficiency, aquaculture facilities deployed in areas with more

**基金项目:**国家自然科学基金(40971295,41001001,41206088);浙江省科技厅面上项目(2009C33083);国际科技合作项目(2009DFB20290);2012年浙江省大学生科技创新计划(新苗人才计划)资助项目(2012R411046)

收稿日期:2012-10-30; 修订日期:2013-03-04

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoeco@gmail.com

rainfall, to improve local renewable resources inputs proportion; (2) By improving the labor efficiency or breeding technology from depending relying on labor to relying on technology, to reduce the purchased external resources inputs.

**Key Words:** large yellow croaker aquaculture system; emergy analysis; sustainable ability

大黄鱼(*Larimichthys crocea*) 隶属鲈形目(Perciformes),石首鱼科(Sciaenidae),主要分布在中国东海和南海南部,曾与小黄鱼、带鱼、乌贼合称中国的“四大海产”。20世纪70年代,由于对大黄鱼过渡捕捞,导致其资源数量剧烈下降。到80年代,近海主要大黄鱼产卵场受到严重破坏,已经不能形成渔汛。我国在1985年成功地解决了大黄鱼的人工繁殖和网箱养殖技术<sup>[1]</sup>。经过近30年的发展,养殖规模逐步扩大,产量也逐年增加。大黄鱼已成为我国养殖规模最大的海产鱼类和六大优势出口养殖水产品之一<sup>[2]</sup>。随着大黄鱼网箱养殖业的快速发展,养殖活动对海域生境产生了影响,其对沿海生态系统造成了破坏<sup>[1,3]</sup>。如何定量评价大黄鱼养殖系统的可持续性,分析相关影响因素及找到有效的解决方法,对于大黄鱼养殖产业发展具有重要理论及现实意义。

能值理论和方法是以美国著名生态学家、系统能量分析先驱 Odum<sup>[4-9]</sup>为首,于20世纪80年代创立的。应用能值这一度量标准及其转换单位——能值转换率,可将生态经济系统内流动的和储存的各种不同类别的能量和物质转换为同一标准——能值,以能值为共同单位,为评估系统中不同类型的能量与物质提供一种有效途径<sup>[10-16]</sup>。本研究运用建立的能值指标体系,定量的评价了东极大黄鱼养殖系统的可持续性。该方法已经广泛应用于定量评价城市<sup>[17-18]</sup>、水域<sup>[19-21]</sup>、农业<sup>[15,22-24]</sup>等各种生态系统。本文依据能值理论建立能值指标体系,对东极大黄鱼养殖系统内能流和物流进行了分析,评价该养殖系统的可持续性,以为大黄鱼养殖产业的发展提供科学依据。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究地点

本研究在浙江大海洋科技有限公司位于舟山市东极海域的养殖基地进行。大黄鱼养殖系统位于30°12'17.9"N、122°41'55.4"E,年均气温16.5℃,年均降雨量1351mm,年均太阳辐射量大约为 $4805 \times 10^6 \text{ J/m}^2$ <sup>[25-26]</sup>。养殖海域内共有大黄鱼深水网箱15个,每个网箱的体积是637m<sup>3</sup>,总养殖面积为66670m<sup>2</sup>。养殖用大黄鱼幼苗2011年6月前后购自于福建省,置于养殖基地进行人工养殖,每个网箱初始放养鱼苗数量约4000尾,每天投放两次饵料,养殖周期约6个月,成活率95%左右,12月份收获,收获产量35.75t,个体平均重量550g,大黄鱼的市场售价平均值是100元/kg。大黄鱼养殖系统投入的各项基础数据见表1。其中粉碎机、发电机、网箱、渔网的使用寿命均按照10a计算,一次性投入的基本建设费用使用期限也按照10a计算(上述5项并不是每年投入,均可重复使用。依据浙江大海洋科技有限公司相关人员经验,以及材料的材质和性能,将使用寿命定为10a)。

表1 东极大黄鱼养殖系统能值分析的基础数据

Table 1 Basic data in emergy analysis of large yellow croaker aquaculture system in Dongji

条目 Item	数据 Data	单位 Unit	条目 Item	数据 Data	单位 Unit
太阳能 Solar radiation	$3.20 \times 10^{14}$	J	幼鱼鱼苗 Fingerling	$6.75 \times 10^5$	¥
风能 Wind	$6.00 \times 10^{10}$	J	电费 Electricity	$1.81 \times 10^{10}$	J
雨水化学能 Rain chemical	$4.45 \times 10^{11}$	J	粉碎机 Kibbler	$7.00 \times 10^3$	g
地球循环 Earth cycle	$2.00 \times 10^{11}$	J	发电机 Electric generator	$1.00 \times 10^5$	g
潮汐能 River water	$3.32 \times 10^8$	J	网箱 HDPE Cage HDPE	1717368.32	g
雨水势能 Rain potential energy	$1.16 \times 10^{11}$	J	渔网 Fish net	$1.05 \times 10^3$	¥
租金 Rent	$3.00 \times 10^4$	¥	柴油 Diesel oil	$1.32 \times 10^7$	g
劳动力投入 Labor	$3.90 \times 10^5$	¥	饵料 Forage	$4.42 \times 10^5$	¥
基本建设费 Capital construction	$1.85 \times 10^4$	¥	产量 Yield	$3.575 \times 10^7$	g

## 1.2 研究方法

Odum 等运用能值理论对不同类型养殖系统进行了评估,表明能值理论不仅能够客观地评价水产养殖的经济收益,而且能够评价养殖系统对生态环境的影响。在综合考虑影响大黄鱼养殖系统的自然资源和社会条件的基础上,通过能值分析理论,以及养殖过程中的各种物质、能量、信息的输入和输出能值数量,构建了大黄鱼养殖系统的能值流动图(图 1)。

大黄鱼养殖系统能量来源分为可更新的环境资源投入能值( $R$ )和购买的外部资源投入能值( $F$ )。可更新资源包括太阳能、风能、雨水化学能、雨水势能、地球循环、潮汐能,购入的外部资源包括养殖期间投入系统中的鱼苗的费用、基本建设费、劳动力、电费、设备费用等。根据表 1 和图 1 以及系统能值分析理论,建立一系列能值指标来定量分析大黄鱼养殖系统(表 2)。

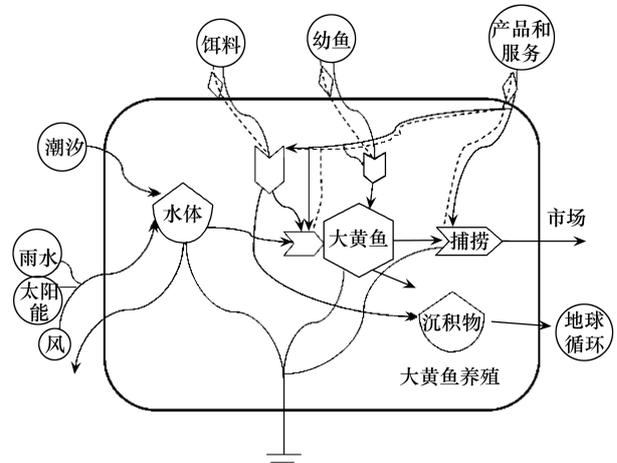


图 1 东极大黄鱼养殖系统能值流动图

Fig. 1 Emery flow diagram of large yellow croaker aquaculture system in Dongji

表 2 东极大黄鱼养殖系统能值指标

Table 2 Emery indices of large yellow croaker aquaculture system in Dongji

指标 Index	公式 Formula	用途 Application	参考文献 References
太阳能值转换率 (TR)	$Y/Q$	表示大黄鱼养殖系统中输入能量在转换过程中的相对效率	[10,11]
能值功率密度 (EPD)	$Y/\text{area}$	指示大黄鱼养殖系统单位面积的能值使用量	[11,14]
环境承载力 (ELR)	$(N+F)/R$ 或者 $F/R$	度量大黄鱼养殖系统对环境造成的生态压力	[11]
能值产出率 (EYR)	$Y/F$	指示开发当地资源时,本地资源对大黄鱼养殖系统生产过程的贡献率	[11,14]
能值投入的生产效率 (PEEI)	$EYR/TR$	整个大黄鱼养殖系统的生产效率	[27]
产量的能值转换率 ( $EER_Y$ )	$Y_m/Y$	度量大黄鱼销售获得的能值效益	[11,28]
能值持续性指数 (ESI)	$EYR/ELR$	指示大黄鱼养殖系统的可持续性	[13,28]
可持续性发展的能值指数 (EISD)	$EYR \times EER_Y / ELR$	在考虑市场交换对能值产量影响的条件下,度量大黄鱼养殖系统的可持续性	[28-29]

太阳能值转换率 (TR) 是大黄鱼养殖系统中投入的总能值 ( $Y$ ) ( $Y=R+F$ , 式中  $R$  是大黄鱼养殖系统中投入的雨水化学能、潮汐能、地球循环三部分可更新资源的总和,  $F$  是大黄鱼养殖系统中投入的购买外部资源的总和) 与产出大黄鱼的总热量 ( $Q$ ) ( $Q=M \times C$ ,  $M$  是产出的大黄鱼重量,  $C$  是实验室测量得到的大黄鱼的热值) 的比值。TR 是在产品转换成单位有效能量过程中所需要的能值,它是能量转换系统中或者能量转换过程中效率的表现<sup>[11,14]</sup>。对于有较高的能值转换率的产品意味着在产品的生产过程中产生一个单位的有效能量需要更多的能值输入。

能值功率密度 (EPD) 是大黄鱼养殖系统投入的总能值量  $Y$  与养殖系统所占的海域面积 (area) 的比值,表示大黄鱼养殖系统单位面积投入的能值量。

环境承载力 (ELR) 为购买的外部资源能值  $F$  与可更新资源能值  $R$  的比值,表示海水养殖对于生态环境造成的压力。在大黄鱼养殖系统中,环境承载力的值越大表示该养殖系统所承受的压力也越大。相反,若是该值小则该养殖系统的生态环境的可持续性发展仍具有开发的潜力<sup>[15]</sup>。

能值产出率 (EYR) 是指该生态系统利用资源的效率,为系统中投入的总能值  $Y$  与大黄鱼养殖系统购买的外部资源能值总和  $F$  的比值。其数值大小表明本地资源对大黄鱼养殖系统生产过程的潜在贡献率。

能值投入的生产效率(PEEI),  $PEEI = EYR/TR$ , 是大黄鱼养殖系统的能值产出率 EYR 与养殖系统的太阳能值转换率 TR 的比值<sup>[27]</sup>, 表示整个大黄鱼养殖系统的生产效率, 在数值上等于系统中投入的每单位的购买的外部能值所产出的有用的物质、能量或者是信息。

产量的能值转换率  $EER_Y = Y_m/Y$ , 为大黄鱼养殖系统货币产出的总能值  $Y_m$  ( $Y_m$  为产量乘以平均售价计算得到的大黄鱼的年产值, 再乘以货币的太阳能值转换率) 与系统中投入的总能值  $Y$  的比值, 可以度量大黄鱼销售中获得的能值效益。

能值持续性指数(ESI),  $ESI = EYR/ELR$  是能值产出率 EYR 和环境承载力 ELR 的比值, 该指标指示大黄鱼养殖系统的可持续性。

可持续性发展的能值指数(EISD),  $EISD = EYR \times EER_Y / ELR$  是能值产出率(EYR)与产量的能值转换率( $EER_Y$ )之积, 再除以环境承载力(ELR)而得。该指标是在考虑市场交换对能值产量影响的条件下, 度量大黄鱼养殖系统的可持续性。

采用能值持续性指数 ESI 以及指示可持续性发展的能值指数 EISD 来评价养殖系统的可持续性。ESI 是一个广泛用于大范围长时期研究持续性的能值指标。另外, EISD 是在考虑了市场改变对于特殊的系统或者过程作用效果的前提下, 指示局部尺度持续性的指标。ESI 和 EISD 这两个指标在度量持续性的问题中是一对相辅相成的指标。

鉴于对最佳管理方式考虑, 对大黄鱼养殖系统中主要的能值投入项进行了敏感性分析。通过改变能值的投入量(本文中选取的是购买的外部资源投入能值比例中占前两位的饵料和幼鱼, 以及可更新资源投入比例中占首位的雨水化学能)。分析能值数量的改变对系统的各相关能值指标产生的影响, 从而找到系统中的敏感因子, 为进一步提高养殖系统的可持续性提供支持<sup>[27]</sup>。

## 2 结果

根据图 1 东极大黄鱼养殖系统能值流动图, 和表 1 东极大黄鱼养殖系统能值分析的基础数据表中各种投入和产出, 将各项指标转化为统一的能值(本文中能值转换率均按  $9.44 \times 10^{24}$  sej/a 的基准进行折算), 对整个大黄鱼养殖系统进行评价。

### 2.1 能值评价结果

大黄鱼能值分析结果见表 3。大黄鱼养殖系统投入的资源分为两个部分: 可更新资源和购买的外部资源, 大黄鱼养殖系统投入的总能值是  $1.38 \times 10^{18}$  sej。其中可更新资源有太阳能、风能、雨水化学能、地球循环、潮汐能、雨水势能。将其中的雨水化学能、地球循环、潮汐能三项加和计算, 得到的可更新资源为  $1.50 \times 10^{16}$  sej, 占总投入能值的 1.09%。雨水化学能在可更新资源中占比例最大, 投入能值量是  $8.10 \times 10^{15}$  sej, 占总能值投入的 0.59%, 位于第二的地球循环, 能值量是  $6.88 \times 10^{15}$  sej, 占总能值投入的 0.50%, 潮汐能的能值只有  $1.46 \times 10^{13}$  sej, 占总能值投入接近于 0%。购买的外部资源有: 租金、劳动力、幼鱼鱼苗、电能、粉碎机、发电机、网箱、渔网、柴油、饵料、基本建设费等, 能值之和是  $1.37 \times 10^{18}$  sej, 占大黄鱼养殖系统总能值投入的 98.91%。在购买的外部资源中以幼鱼鱼苗的投入最大, 其能值为  $5.72 \times 10^{17}$  sej, 占总能值投入的 41.47%, 其次是饵料, 其能值是  $3.75 \times 10^{17}$  sej, 占总能值投入的 27.17%。2011 年东极大黄鱼的产量 35.75t, 利用实验室 HWR-15E 智能快速热量计测量的大黄鱼的热值<sup>[30]</sup> 26382J/g, 则产出的大黄鱼的热量(Q)为  $9.43 \times 10^{11}$  J。大黄鱼养殖过程中各项能值投入的百分比见图 2。

### 2.2 能值分析指标

大黄鱼养殖系统各能值指标结果见表 4。表 4 中各部分的计算方法见表 2 和表 3, 数据来源见表 1。此外还将各能值指标与珠江口 3 个不同鱼种养殖系统的数据进行对比分析。大黄鱼养殖系统的太阳能值转换率 TR  $1.46 \times 10^6$  sej/J、能值功率密度 EPD  $2.07 \times 10^{17}$  sej·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>、环境承载力 ELR 为 91.10、系统能值产出率 EYR 1.011、能值持续性指数 ESI 为 0.011, 可持续性发展的能值指数 EISD 是 0.02。

表3 东极大黄鱼养殖系统能值分析表

Table 3 Emery analysis of the large yellow croaker aquaculture system in Dongji

项目 Items	原始数据 Raw data/(unit/a)	太阳能值转换率 Solar transformity/ /(sej/unit)	太阳能值 Solar emery/sej	各项输入所占 百分比 Percent/%
可更新的环境资源投入(R)				
Renewable environmental resource inputs				
太阳能 Solar radiation/J	$3.20 \times 10^{14}$	1	$3.20 \times 10^{14}$	0.02%
风能 Wind/J	$6.00 \times 10^{10}$	1496 <sup>[11,31]</sup>	$8.98 \times 10^{13}$	0.01%
雨水化学能 Rain, chemical/J	$4.45 \times 10^{11}$	18200 <sup>[31]</sup>	$8.10 \times 10^{15}$	0.59%
地球循环 Earth cycle/J	$2.00 \times 10^{11}$	34377 <sup>[31]</sup>	$6.88 \times 10^{15}$	0.50%
潮汐能 River water/J	$3.32 \times 10^8$	44104 <sup>[11,31]</sup>	$1.46 \times 10^{13}$	0.00%
雨水势能 Rain, potential energy/J	$1.16 \times 10^{11}$	27764 <sup>[31]</sup>	$3.23 \times 10^{15}$	0.23%
小结 Subtotal			$1.50 \times 10^{16}$	1.09%
购买的外部的资源输入(F)				
Purchased external resource inputs				
租金 Rent/¥	$3 \times 10^4$	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	$2.54 \times 10^{16}$	1.84%
劳动力 Labor/¥	$3.9 \times 10^5$	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	$3.31 \times 10^{17}$	23.96%
幼鱼鱼苗 Fingerlings/¥	$6.75 \times 10^5$	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	$5.72 \times 10^{17}$	41.47%
电能 Electricity/J	$1.8144 \times 10^{10}$	173681 <sup>[11,27,31]</sup>	$3.15 \times 10^{15}$	0.23%
粉碎机 Kibbler/g	$7 \times 10^3$	$7.91 \times 10^9$ <sup>[31]</sup>	$5.54 \times 10^{13}$	0.00%
发电机 Electric generator/g	$1 \times 10^5$	$7.91 \times 10^9$ <sup>[31]</sup>	$7.91 \times 10^{14}$	0.06%
网箱 HDPE Cage HDPE/g	1717368.32	$1.91 \times 10^9$ <sup>[27]</sup>	$3.28 \times 10^{15}$	0.24%
渔网 Fishnet/¥	$1.05 \times 10^3$	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	$8.90 \times 10^{14}$	0.06%
柴油 Diesel oil/g	$1.32 \times 10^7$	$2.87 \times 10^9$ <sup>[27]</sup>	$3.79 \times 10^{16}$	2.74%
饵料 Forage/¥	442260	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	$3.75 \times 10^{17}$	27.17%
化学农药 Chemical pesticide/¥	0	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	0.00	0.00%
基本建设费 Capital construction/¥	18500	$8.48 \times 10^{11}$ <sup>[27]</sup>	$1.57 \times 10^{16}$	1.14%
小结 Subtotal			$1.37 \times 10^{18}$	98.91%
总和 Total			$1.38 \times 10^{18}$	100.00%
大黄鱼的产量 Yield of Large yellow croaker/g			35750000	
大黄鱼的热值 Calorific value of Large yellow croaker/(J/g)	26382			
大黄鱼的热量 Heat of Large yellow croaker/J	$9.43 \times 10^{11}$			
大黄鱼的太阳能值转换率 TR of Large yellow croaker/(sej/g)			$3.86 \times 10^{10}$	
大黄鱼的太阳能值转换率 TR of Large yellow croaker/(sej/J)			$1.46 \times 10^6$	

大黄鱼的热值是通过实验自己测得的数据

### 2.3 敏感性分析

为了分析能值投入变化对系统的影响,模拟在实际养殖过程中改变某些指标投入对养殖系统造成的影响。通过增加或者减少相应指标的能值数值(表5),来分析其对系统持续性的影响(选取的是购买的外部资源投入能值比例中占前两位的幼鱼鱼苗和饵料,以及可更新资源投入比例中占首位的雨水化学能,分别做加倍和减半的处理)<sup>[27]</sup>。

### 3 讨论

太阳能值转换率 TR 是来自于总能值投入中转换成有效能量的量,表示系统的转换效率。本研究中该值是  $1.46 \times 10^6$  sej/J,说明在大黄鱼养殖系统产出一焦耳大黄鱼,需要的有效太阳能值输入量为  $1.46 \times 10^6$  太阳能焦耳。与珠江口3个不同鱼种养殖系统<sup>[27]</sup>以及养鸡系统<sup>[32]</sup>相比,它们的太阳能转换率均在同一个数量级

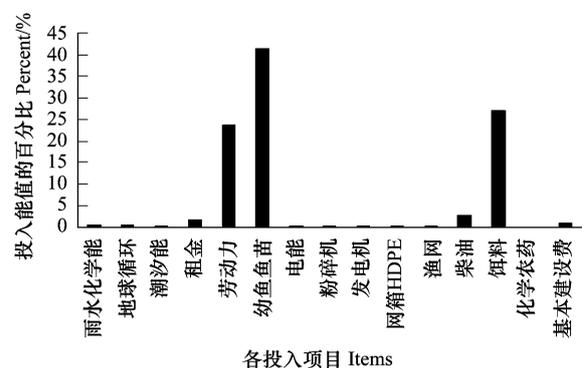


图2 东极大黄鱼养殖系统各项能值投入结构图

Fig. 2 Structure of the emery inputs to the large yellow croaker aquaculture system in Dongji

上。该值与 Li<sup>[27]</sup> 等研究中 3 个不同鱼种养殖系统的平均值  $1.82 \times 10^6$  sej/J 相比偏小,说明生产 1J 的大黄鱼需要投入的太阳能值与平均水平相比较少,其生态系统的生产效率相对较高。

表 4 东极大黄鱼养殖系统与珠江口 3 个不同鱼种养殖系统相关能值指标的对比

Table 4 The emergy indices comparison of large yellow croaker aquaculture system in Dongji With three aquaculture systems surrounding the Pearl River Estuary

指标 Indices	东极大黄鱼 Large yellow croaker	珠江口鳗鱼 Eel	珠江口鳊鱼和鲮鱼 Ophicephalus and Mullet	珠江口鲈鱼 Weever
太阳能值转换率 Transformity TR	$1.46 \times 10^6$	$2.24 \times 10^6$	$1.89 \times 10^6$	$1.32 \times 10^6$
能值功率密度 Empower Density EPD	$2.07 \times 10^{17}$	$2.14 \times 10^{17}$	$2.37 \times 10^{17}$	$3.04 \times 10^{17}$
环境承载力 Environmental Loading Ratio ELR	91.10	23.42	20.175	26.145
能值产出率 Emery Yield Ratio EYR	1.011	1.043	1.050	1.038
能值投入的生产效率 Production Efficiency of Emery Invested PEEI	$6.91 \times 10^{-7}$	$4.66 \times 10^{-7}$	$5.54 \times 10^{-7}$	$7.88 \times 10^{-7}$
产量的能值转换率 Emery Exchange Ratio of Yield EER <sub>y</sub>	2.20	4.09	2.47	1.95
能值持续性指数 Emery Sustainability Index ESI	0.011	0.045	0.052	0.040
可持续性发展的能值指数 Emery Index for Sustainable Development EISD	0.02	0.18	0.12	0.08

大黄鱼养殖系统的环境承载力 ELR 为 91.10。该值越高表示养殖过程对环境的压力越高。理论上如果没有不可更新资源的投入,系统仅靠可更新资源的驱动则环境承载力 ELR 就等于零<sup>[32]</sup>。本研究中大黄鱼养殖系统外部购买的能值远远大于可更新资源的能值输入,说明系统对外部购买能值的依赖程度高。同时由于系统使用的可更新资源量远小于外部购买的能值输入,也是环境承载力高的原因。对比珠江口 3 个不同鱼种养殖系统<sup>[27]</sup> 的环境承载力 ELR,东极大黄鱼养殖系统是珠江口养殖系统的 3.5 倍左右。主要原因是大黄鱼养殖系统中,劳动力和幼鱼鱼苗资金投入等指标明显高于珠江口养殖系统,养殖过程过分依赖外部购买的资源投入,导致环境承载力偏高,说明现行的大黄鱼养殖模式需要进一步完善。可以通过两个方面来提高其环境持续性:一是通过改变鱼类幼苗投入量或者提高饵料的利用效率;二是通过提高劳动效率或者改进养殖技术实现从依靠劳动力向依靠技术的转变。

大黄鱼养殖系统能值产出率 EYR 为 1.011。EYR 的最小值是 1,指系统中投入的能值全部来自购买的外部资源,而没有利用可更新资源的情况<sup>[32]</sup>。大黄鱼养殖过程中更多依赖购买的外部资源,而可更新资源对大黄鱼养殖系统生产过程的潜在贡献率非常小,说明大黄鱼养殖系统对购买的外部资源的依赖程度相对较高,经济成本也相对较高,在市场竞争中缺乏优势,因此对东极大黄鱼养殖模式的改进非常必要。

大黄鱼养殖系统能值投入的生产效率 PEEI 为  $6.91 \times 10^{-7}$ ,其数值表示大黄鱼养殖系统中投入每单位购买的外部能值所产出的有用的物质、能量或者信息的值,该值越大表示系统的生产效率越高。与 Li<sup>[27]</sup> 等的相关研究的 3 个不同鱼种养殖系统的平均值  $6.03 \times 10^{-7}$  相比偏大,说明东极大黄鱼养殖系统的生产效率比之要

表 5 东极大黄鱼养殖系统的敏感性分析

Table 5 Sensitivity analysis of large yellow croaker aquaculture system in Dongji

指标 Indices	饵料 Forage	幼鱼 Fingerlings	雨水化学能 Rain, Chemical
TR/%			
加倍(Double)/%	27.17	41.47	0.59
减半(half)/%	-13.59	-20.73	-0.29
EYR/%			
Double/%	-0.23	-0.32	0.59
half/%	0.17	0.29	-0.29
ELR/%			
Double/%	27.47	41.92	-35.08
half/%	-13.73	-20.96	37.01
ESI/%			
Double/%	-21.73	-29.77	54.93
half/%	16.12	26.89	-27.23
EISD/%			
Double/%	-38.45	-50.35	54.03
half/%	34.38	60.08	-27.01

高。能值投入的生产效率 PEEI 与太阳能值转换率 TR 均显示东极大黄鱼养殖系统的生产效率高。生产效率较高但是能值产出率 EYR 较低,导致这一结果的原因是系统在养殖过程中利用的当地可更新资源较少造成的。

大黄鱼养殖系统的产量能值转换率  $EER_V$  为 2.20,该指标说明通过销售大黄鱼养殖系统获得的能值比投入的能值多 120%。大黄鱼养殖系统通过市场交换之后得到的能值远高于投入的,也说明该系统的生产效率较高。此处与 PEEI 指标的结果一致。

大黄鱼养殖系统的能值持续性指数 ESI 为 0.011,可持续性发展的能值指数 EISD 是 0.02。两个持续性指标与 Li<sup>[27]</sup>等相关研究中珠江口 3 个养殖区的相比偏小,说明大黄鱼养殖系统的可持续性比珠江口养殖区 3 个养殖系统的可持续性差。从表 4 看出大黄鱼养殖系统的两个表示可持续性的指数 ESI 和 EISD 值均低于珠江口的养殖系统,分析是由于养殖模式不合理,可持续性发展受到影响。而持续性指数均与环境承载力 ELR 呈负相关,因此之前讨论的降低环境承载力也是提高系统可持续性的有效途径。

由敏感性分析(表 5)得知,变化最明显的是可更新资源雨水化学能投入增加 1 倍时,大黄鱼养殖系统的能值持续性指数 ESI 增加了 54.93%,可持续性发展的能值指数 EISD 增加了 54.03%,环境承载力 ELR 降低了 35.08%。说明提高雨水化学能的投入是提高养殖系统持续性、减小环境承载力的有效途径。养殖系统中投入幼鱼的数量减半时,能值持续性指数 ESI 增加了 26.89%,可持续性发展的能值指数 EISD 增加了 60.08%,两者都有明显的提高,说明大黄鱼养殖系统的养殖密度偏大。另外饵料减半时,能值持续性指数 ESI 增加了 16.12%,可持续性发展的能值指数 EISD 增加了 34.38%,大黄鱼养殖系统的环境承载力 ELR 降低了 13.73%。说明在养殖过程中存在投饵过剩的现象,当投饵减半时,大黄鱼养殖系统的环境承载力会降低,对环境的压力减小。依据敏感性分析,雨水化学能的增加对大黄鱼养殖系统能值持续性指数和可持续性发展指数影响最大,因此将养殖系统的地址选择在降雨量较高的区域,可能是保证养殖系统持续发展的重要条件之一。大黄鱼养殖系统的养殖密度偏大,应作适当调整,或降低网箱养殖密度,或适当增加养殖网箱的数量,从而提高系统的持续性。另外饵料量过剩也是造成环境承载力高,环境持续性差的原因,所以解决养殖饵料的使用量和利用率也是实现养殖系统可持续发展的因素之一。

#### 4 结论

基于能值分析法评价了东极大黄鱼养殖系统——深水网箱养殖模式的环境持续性。该方法解决了传统方法中无法将不同量纲的自然投入和人为投入统一计算的问题,用相同的标准——能值,对大黄鱼养殖系统中投入的各种物质和能量做了综合分析,建立相关的能值指标体系评价了大黄鱼养殖系统发展的可持续性。

根据大黄鱼养殖系统中投入的能值及相关能值指标结果分析,发现可更新资源占很小比重,购买的外部资源投入中幼鱼和饵料这两个指标占主导优势,环境承载力(ELR)非常高,养殖系统对购买的外部资源的依赖程度相对较高。而可持续性发展的能值指数(EISD)表明大黄鱼养殖系统的环境持续性较差。

为了提高大黄鱼养殖系统的持续性,需要特别关注两个问题:一是提高系统中使用的自然可更新资源的比重,二是降低购买的外部资源的比重。根据敏感性分析,雨水化学能的增加会提高可更新资源的比重,进而提高大黄鱼养殖系统能值持续性指数 ESI 和可持续性发展的能值指数 EISD。因此深水网箱养殖系统选址时,尽可能选择降雨较多,可以带来较高雨水化学能投入的区域,这样可以提高大黄鱼养殖系统对可更新自然资源的利用。另外通过改变鱼类幼苗投入量或者降低饵料的使用量、提高饵料的利用效率,提高大黄鱼养殖系统发展的可持续性。

#### References:

- [ 1 ] Yang D K, Lin F. On present conditions of the spawning population of *Pseudosciaenta Crocea* (Richardson) in the coastal waters of northern Zhejiang and suggestions about its fisheries management. *Journal of Zhejiang College of Fisheries*, 1988, 7(1): 73-77.
- [ 2 ] Wang Q Y. From quantity to quality — An inevitable trend in mariculture industry. Beijing: Ocean Press, 2009: 23.
- [ 3 ] Folke C, Kautsky N. Aquaculture with its environment: prospects for sustainability. *Ocean & Coastal Manage*, 1992, 17(1): 5-24.

- [ 4 ] Odum H T. A Prosperous Way Down: Principles and Policies. University Press of Colorado, 2001.
- [ 5 ] Odum H T. Systems Ecology. New York: Wiley, 1983: 644.
- [ 6 ] Odum H T. Embodied energy, foreign trade, and welfare of nations // Jansson A M, ed. Integrations of Economy and Ecology. University of Stockolm, Sweden, 1984: 185-200.
- [ 7 ] Odum H T. Ecological economics // Eblen R A, Eblen W R, eds. The Encyclopedia of the Environment. Houghton-Mifflin, New York, 1994: 159-161.
- [ 8 ] Vassallo P, Bastianoni S, Beiso I, Ridolfi R, Fabiano M. Energy analysis for the environmental sustainability of an inshore fish farming system. *Ecological Indicators*, 2007, 7(2): 290-298.
- [ 9 ] Odum H T. Energy Evaluation of Salmon Pen Culture. University of Florida Press, 2001.
- [ 10 ] Odum H T. Self organization, transformity, and information. *Science*, 1988, 242: 1132-1139.
- [ 11 ] Odum H T. Environmental accounting: energy and environmental decision making. John Wiley and Sons, New York, 1996: 370.
- [ 12 ] Odum H T, Brown M T, Williams S B. Handbook of energy evaluations, Folios 1-5. Gainesville: Center for Environmental Policy, University of Florida, 2000.
- [ 13 ] Brown M T, Ulgiati S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, 1997, 9(1/2): 51-69.
- [ 14 ] Brown M T, Ulgiati S. Emergy analysis and environmental accounting. *Encyclopedia Energy*, 2004, 2: 329-354
- [ 15 ] Yang J, Chen B, Liu G Y. Emergy evaluation for sustainability of Biogas-linked agriculture ecosystem: a case study of Gongcheng county. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(13): 4007-4016.
- [ 16 ] Cheng S L, Ma Y. Emergy theory and its application in environmental management. *Areal Research and Development*, 2005, 24(1): 96-99.
- [ 17 ] Hu D, Wen Q X, Li F, Wang Z, Feng Q, Zhang Y P. Analysis of Emergy Dynamice in Beijing Urban Ecosystem. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2006, 19(6): 01-04.
- [ 18 ] Song Y Q, Gao M L, Zhang L X. Emergy-based comparative analysis of urban ecosystem in Beijing, Tianjin and Tangshan. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 5882-5890.
- [ 19 ] Zhang J M. Appraisal of Oasis Ecologic Economy Based on Energy Analysis in the Manas River Basin of Xinjiang Wei Autonomous Region. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2007, 27(1): 151-154.
- [ 20 ] Chang S S, Liu S L, Zhang Y, Zhang S S. Energy evaluation of fishery ecosystem in Dalian. *Marine Environmental Science*, 2010, 29(1): 87-90.
- [ 21 ] Wang X Z, Zhang P, Sheng L X. The ecological benefit evaluation and regulation of water Based on emergy analysis. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(31): 15348-15349.
- [ 22 ] Liang S S, Zhang C Z, Li S Q, Wang L X. Assessment On And Approaches To Farmland Sustainability Via Energy Value In Xi'an City. *Resources & Industries*, 2007, 9(6): 36-40.
- [ 23 ] Zhang F, Zhou Z X. Dynamic assessment of agri-ecological system based on emergy analysis in Yan'an City. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 28(4): 251-257.
- [ 24 ] Lv J H, Liu J C, Liu J. Construction of the Energy Analysis Index System of Forest Ecological and Economics Systems. *Forestry Economic*, 2008 (12): 66-68.
- [ 25 ] Zhu S X, Zheng P N. Community Structure of Large Zoobenthos in Cay Intertidal Zone in Dongji Island of Zhejiang in Summer. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(26): 14470-14473.
- [ 26 ] Zhoushan Statistical Yearbook. Compiled by Zhoushan Bureau of Statistics, 2011
- [ 27 ] Li L J, Lu H F, Ren H, Kang W L, Chen F P. Emergy evaluations of three aquaculture systems on wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. *Ecological Indicators*, 2011, 11: 526-534.
- [ 28 ] Lu H F, Kang W L, Campbell D E, Ren H, Tan Y W, Feng R X, Luo J T, Chen F P. Emergy and economic evaluations of four fruit production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. *Ecological Engineering*, 2009, 35(12): 1743-1757.
- [ 29 ] Lu H F, Lan S F, Li L, Peng S L. New emergy indices for sustainable development. *Journal of Environmental Sciences*, 2003, 15(4): 562-569.
- [ 30 ] Liang J R, Jin J X. Methods for the determination of animal calorific value. *Chinese Journal of Zoology*, 1986, 3: 33-36.
- [ 31 ] Campbell D E, Brandt-Williams S L, Meisch M E A. Environmental Accounting Using Emergy: Evaluation of the State of West Virginia. EPA/600/R-05/006. USEPA, Office of Research and Development, Washington DC, 2005: 116.
- [ 32 ] 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.

## 参考文献:

- [ 1 ] 杨德康, 林飞. 浙江北部近海大黄鱼生殖群体现状. 浙江水产学院学报, 1988, 7(1): 73-77.
- [ 2 ] 王清印. 从产量到质量——海水养殖业发展的必然趋势. 北京: 海洋出版社, 2009: 23.
- [ 15 ] 杨谨, 陈彬, 刘耕源. 基于能值的沼气农业生态系统可持续发展水平综合评价——以恭城县为例. 生态学报, 2012, 32(13): 4007-4016.
- [ 16 ] 程淑兰, 马艳. 能值理论及其在环境管理中的应用. 地域研究与开发, 2005, 24(1): 96-99.
- [ 17 ] 胡聃, 文秋霞, 李锋, 王震, 冯强, 张艳萍. 北京城市生态系统的能值动态分析. 城市环境与城市生态, 2006, 19(6): 01-04.
- [ 18 ] 宋豫秦, 曹明兰, 张力小. 京津唐城市生态系统能值比较. 生态学报, 2009, 29(11): 5882-5890.
- [ 19 ] 张军民. 基于能值分析的新疆玛纳斯河流域绿洲生态经济评价. 水土保持通报, 2007, 27(1): 151-154.
- [ 20 ] 常德偲, 刘素玲, 张芸, 张树深. 大连市渔业生态系统能值分析. 海洋环境科学, 2010, 29(1): 87-90.
- [ 21 ] 王学志, 张萍, 盛连喜. 基于能值分析的水生态效益评价与调控研究. 安徽农业科学, 2009, 37(31): 15348-15349.
- [ 22 ] 梁珊珊, 张承中, 李双强, 王兰霞. 基于能值分析的西安市农业用地可持续性评估与对策研究. 资源与产业, 2007, 9(6): 36-40.
- [ 23 ] 张芳, 周忠学. 基于能值分析的延安市农业生态系统动态评估. 干旱地区农业研究, 2010, 28(4): 251-257.
- [ 24 ] 吕洁华, 刘俊昌, 刘婕. 林业生态经济系统能值分析指标体系构建. 林业经济, 2008(12): 66-68.
- [ 25 ] 朱四喜, 郑盼男. 浙江东极岛夏季岩礁潮间带大型底栖动物的群落格局. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14470-14473.
- [ 26 ] 舟山统计年鉴. 舟山市统计局编, 2011.
- [ 30 ] 梁杰荣, 金菊香. 动物热值的测定方法. 动物学杂志, 1986, 3: 33-36.
- [ 32 ] 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.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 12 Jun. ,2013 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Research on the disturbance of frost damage to forests ..... LI Xiufen, ZHU Jiaojun, WANG Qingli, et al (3563)  
Advances in salt-tolerance mechanisms of *Suaeda* plants ..... ZHANG Aiqin, PANG Qiuying, YAN Xiufeng (3575)

**Autecology & Fundamentals**

- Simulation and prediction of spatial patterns of *Robinia pseudoacacia* flowering dates in eastern China's warm temperate zone .....  
..... XU Lin, CHEN Xiaoqiu, DU Xing (3584)  
Response of leaf functional traits of *Betula ermanii* saplings to the altitudinal Variation .....  
..... HU Qipeng, GUO Zhihua, SUN Lingling, et al (3594)  
Analysis of genetic diversity of chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) natural secondary forest populations and correlation with theirs  
habitat ecological factors ..... LI Ming, WANG Shuxiang, GAO Baojia (3602)  
Nitrogen addition affects root growth, phosphorus and nitrogen efficiency of three provenances of *Schima superba* in barren soil .....  
..... ZHANG Rui, WANG Yi, JIN Guoqing, et al (3611)  
Effect of enclosure on soil C mineralization and priming effect in *Stipa grandis* grassland of Inner Mongolia .....  
..... WANG Ruomeng, DONG Kuanhu, HE Nianpeng, et al (3622)  
Effects of slope position on gas exchange characteristics of main tree species for vegetation restoration in dry-hot valley of Jingsha  
River ..... DUAN Aiguo, ZHANG Jianguo, HE Caiyun, et al (3630)  
Impacts of biodegradation on desorption of phenol adsorbed on black carbon and soil .....  
..... HUANG Jiexun, MO Jianmin, LI Feili, et al (3639)  
Physiological and biochemical responses to different soil drought stress in three tree species .....  
..... WU Qin, ZHANG Guangcan, PEI Bin, et al (3648)  
The ear-leaf ratio of population is related to yield and water use efficiency in the water-saving cultivation system of winter wheat .....  
..... ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, HUANG Qin, et al (3657)  
Effects of ozone stress on photosynthesis, dry matter production and yield of rice under different seedling quality and plant density ...  
..... PENG Bin, LI Panlin, ZHOU Nan, et al (3668)  
Effects of water and nitrogen under root restriction on photosynthetic characters of cotton plants grown with under-mulch drip  
irrigation ..... TAO Xianping, LUO Honghai, ZHANG Yali, et al (3676)  
The influence of light and growth stage on oxygen diffusion capacity of *Acorus calamus* roots .....  
..... WANG Wenlin, WANG Guoxiang, WAN Yinjing, et al (3688)  
Isolation, screening and characterization of phytopathogen antagonistic endophytes from wild *Artemisia argyi* .....  
..... XU Yajun, ZHAO Longfei, CHEN Pu, et al (3697)  
Performance of the two host-biotypes of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on different cucurbitaceous host plants .....  
..... XIAO Yunli, YIN Xiangchu, LIU Tongxian (3706)  
The effects of gender and temperature on the wintering behavior of Chinese merganser .....  
..... ZENG Binbin, SHAO Mingqin, LAI Hongqing, et al (3712)

**Population, Community and Ecosystem**

- Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the disturbance in Wangqing forestry .....  
..... YUAN Fei, ZHANG Xingyao, LIANG Jun (3722)  
Heterogeneity evaluation of forest ecological system spatial structure in Dongting Lake .....  
..... LI Jianjun, LIU Shuai, ZHANG Huiru, et al (3732)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Climate-growth relationships of *Abies faxoniana* from different elevations at Miyaluo, western Sichuan, China .....  
..... XU Ning, WANG Xiaochun, ZHANG Yuandong, et al (3742)

- Spatial-temporal distribution of net primary productivity and its relationship with climate factors in Inner Mongolia from 2001 to 2010 ..... MU Shaojie, LI Jianlong, ZHOU Wei, et al (3752)
- Influences of topographic features on the distribution and evolution of landscape in the coastal wetland of Yancheng ..... HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing, et al (3765)
- Vegetation landscape pattern change and characteristics of spatial distribution in south edge of Mu Us Sandy Land ..... ZHOU Shuqin, JING Yaodong, ZHANG Qingfeng, et al (3774)
- Climate change recorded mainly by pollen from baixian lake during the last 5.5kaB. P. .... DU Rongrong, CHEN Jing'an, ZENG Yan, et al (3783)
- Characteristics of temperature field, humidity field and their eco-environmental effects in spring in the typical valley-city ..... LI Guodong, ZHANG Junhua, WANG Naiang, et al (3792)
- Spatial and temporal variation of surface water vapor over northern and southern regions of Qinling Mountains ..... JIANG Chong, WANG Fei, YU Xiaoyong, et al (3805)
- Spatial variation of landscape eco-risk in open mine area ..... WU Jiansheng, QIAO Na, PENG Jian, et al (3816)
- The comparison of ecological geographica regionlization in China based on Holdridge and CCA analysis ..... KONG Yan, JIANG Hong, ZHANG Xiuying, et al (3825)
- Resource and Industrial Ecology**
- Agricultural eco-efficiency evaluation in China based on SBM model ..... PAN Dan, YING Ruiyao (3837)
- The emergy analysis of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) aquaculture system around Dongji island in Zhoushan ..... SONG Ke, ZHAO Sheng, CAI Huiwen, et al (3846)
- Optimum stripe arrangement for inter-cropping and mixed-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes ..... ZHAO Yali, KANG Jie, LIU Tianxue, et al (3855)
- Effects of climate and soil on the carotenoid and cuticular extract content of cured tobacco leaves ..... CHEN Wei, XIONG Jing, CHEN Yi, et al (3865)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Carbon sequestration and oxygen release as well as cooling and humidification efficiency of the main greening tree species of Sha River, Chengdu ..... ZHANG Yanli, FEI Shimin, LI Zhiyong, et al (3878)

# 《生态学报》2013 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,300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 吴文良 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12期 (2013年6月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 12 (June, 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@espg.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@espg.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