

# 盐城自然保护区两种人工湿地模式评价

万树文<sup>1</sup>, 钦 佩<sup>1</sup>, 朱洪光<sup>1</sup>, 谢 民<sup>1</sup>, 刘希平<sup>2</sup>, 尹金来<sup>3</sup>, 周春霖<sup>3</sup>

(1. 南京大学生物系, 南京 210093; 2. 盐城国家级珍禽自然保护区, 224002; 3. 江苏省沿海滩涂农科所, 224001)

**摘要:**在用能值分析对盐城自然保护区两种人工湿地研究的基础上, 对其可持续发展提出了建议。在缓冲区建立以获取经济效益为目的的鱼塘是必要的, 它为自然保护事业的发展提供了足够的资金反馈; 为了减轻由于湿地开发带来的珍稀的生境压力, 在核心区的边缘必须建立以招鸟为目的的水禽湖。水禽湖对鱼塘的面积比须在 0.19 和 8.00 之间。当比例是 0.19 时, 系统获得最大经济效益  $2.13 \times 10^3 \text{ US } \$ / \text{ a} \cdot \text{ hm}^2$ , 当比例是 8.00 时, 系统获得最大生态效益  $1.18 \times 10^3 \text{ US } \$ / \text{ a} \cdot \text{ hm}^2$  当比例是 0.31 时, 系统获得相等的生态和经济效益, 其和是  $3.79 \times 10^2 \text{ US } \$ / \text{ a} \cdot \text{ hm}^2$  比例 0.31 是保护区较优的选择。在此模式运作几年后, 鱼塘须被改成水禽湖, 且被划入核心区进行严格管理, 核心区被扩大。同时, 建议在江苏省“海上苏东”发展计划对海涂湿地大力开发的同时, 必须建立一定比例的适于珍稀栖息活动的人工湿地, 扩大自然保护区规模, 以保护珍贵的生物多样性资源。

**关键词:** 能值分析; 能值指标; 可持续发展; 盐城自然保护区

## Evaluation of two artificial wetlands in Yancheng Natural Reserve, China

WAN Shu-Wen<sup>1</sup>, QIN Pei<sup>1</sup>, ZHU Hong-Guang<sup>1</sup>, XIE Min<sup>1</sup>, LIU Xi-Ping<sup>2</sup>, YIN Jin-Lai<sup>3</sup>, ZHOU Chun-Lin<sup>3</sup> (1. Department of Biology, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Yancheng Natural Reserve, Yancheng 224002, China; 3. Institute of Tidal Land Agro-Science Research, Jiangsu, 224001, China)

**Abstract:** A study on emergy evaluation of two kinds of original wetlands in Yancheng Natural Reserve was conducted. Suggestions on the sustainable development are given. In order to relieve the habitat pressure of coastal birds, it is necessary to build waterfowl ponds at the edge of the core zone. Fishponds can be built in the buffer zone, which will gain large economic benefits to maintain the feedback to waterfowl ponds and fishponds. The ratio of the waterfowl ponds area to fishponds area must fall between 0.19 and 8.00. When the ratio is 0.19 the reserve will gain the greatest economic benefits  $2.13 \times 10^2 \text{ US } \$ / \text{ a} \cdot \text{ hm}^2$ ; When the ratio is 8.00, the reserve can gain the greatest ecological benefits  $1.18 \times 10^3 \text{ US } \$ / \text{ a} \cdot \text{ hm}^2$ . A moderate ratio between 0.19 and 8.00 ensures a sustainable development. When the ratio is 0.31, the reserve will gain equal economic and ecological benefits with the sum  $3.79 \times 10^2 \text{ US } \$ / \text{ a} \cdot \text{ hm}^2$ , and it is suitable for the development of Yancheng Natural Reserve. Developing eco-tourism is good supplement to building artificial wetlands. The fishponds now built in the buffer zone should be changed into waterfowl pond to accommodate more coastal birds several years later, and they should be included in the core zone for strict management.

**Key words:** emergy evaluation; emergy indices; sustainable development; Yancheng Natural Reserve

文章编号: 1000-0933(2000)02-0759-07 中图分类号: Q148 文献标识码: A

盐城自然保护区位于中国东海岸的中部, 在  $32^{\circ}34' \text{ N} \sim 34^{\circ}28' \text{ N}$ ,  $119^{\circ}48' \text{ E} \sim 120^{\circ}56' \text{ E}$  之间, 由江苏省盐城沿海 5 县(市)的海岸滩涂带组成, 总面积约为  $4553.3 \text{ km}^2$ , 其中核心区面积为  $138 \text{ km}^2$ 。1992 年, 晋升为国

基金项目: 江苏省科委重点资助项目

收稿日期: 1999-11-15 修訂日期: 1998-10-20

作者简介: 万树文(1976~), 男, 硕士。主要从事湿地生态学研究。

家级自然保护区,同年被联合国教科文组织人与生物圈委员会接纳为国际生物圈保护区。保护区的主要保护对象是丹顶鹤和其它珍稀濒危鸟类以及它们的栖息地。江苏省建立“海上苏东”发展计划的实施,使得江苏沿海大量的海涂原生湿地被开发利用,人为的干扰和栖息地的破坏使得海鸟的生境压力加大<sup>[1]</sup>。在这种严峻的现实面前,盐城自然保护区选择一个持续的发展模式去协调经济发展和自然保护之间的关系,这是尤为重要的。

对一个系统中的物流、能流、信息流、价值流进行综合分析时就会遇到一个统一标准的问题。80年代末,美国生态学家 H. T. Odum 发明了用统一的能值(Emergy, Odum 先生定义,源于 Embodied energy)分析的方法<sup>[2,3]</sup>。能值分析将所有形式的能量(资源、燃料、商品、服务等直接或间接的能量)都转化为太阳能值来表示,其基本单位是太阳能焦耳(Solar emjouls, 缩写为 Sej)。运用能值分析,可以把各种形式的能量以及经济指标转换为统一标准的能值加以比较和研究,这就可以把生态环境系统与人类社会经济系统有机联系起来,定量分析自然和人类经济活动的真实价值,有助于调整生态环境与经济的关系;对自然资源的科学评估和合理利用、经济发展方针的制定以及生态经济系统未来的预测,均具有指导意义。

本文运用能值分析方法,通过对盐城自然保护区人工湿地两种典型的利用方式的能值透视,分析其生态经济效益,并对其可持续发展提出建议。

### 1 材料与方法

#### 1.1 自然保护区海涂人工湿地的两种利用方式

1.1.1 建立以招鸟为目的的水禽湖 针对江苏滩涂大力开发造成海鸟生境压力增大的现实,盐城自然保护区突破核心区不能作任何试验处理的机械规定,以有利于珍禽保护的为目的为指导,1994年在核心区与缓冲区的交界处,建了一个240hm<sup>2</sup>的水禽湖,进行粗放的水产养殖和收割芦苇等经济运作。水禽湖建立后,保护区通过严格的管理禁止人为干扰,保证水禽能自由地觅食、活动和休息,因此水禽栖息的种类和次数均明显增加,水禽湖为水禽提供了良好的觅食地和繁殖场所,缓解了自然保护区水鸟的生境压力。在获得巨大生态效益的同时,由于大量的水禽摄食鱼虾,也造成了水禽湖从1994年到1998年经济收入总体上亏本的局面。

1.1.2 围滩蓄淡水养鱼 在缓冲区选择低产滩地,框围养鱼。由于此种鱼塘半粗放养鱼,且处于缓冲区受人类干扰影响较大,招鸟数量很少,但经济收入颇为丰厚。本文以处于缓冲区的海丰农场内,由盐城农科所1998年建立的总面积为100hm<sup>2</sup>的鱼塘为例,分析其生态经济效益。

#### 1.2 能值分析和主要评估指标

能值分析方法的步骤包括系统能量图的绘制、能值分析表的编制、能值指标的测算与比较、系统的模拟与仿真等<sup>[3,5]</sup>。

生态经济系统中的主要能流示意于图1。一个可持续发展的系统,必须不断接收能值输入;接收足够的反馈并有更大的能值产出;有合适的处理最终废物的能力;不改变系统现有的约束<sup>[4]</sup>。对于一个类似鱼塘的人工湿地生态系统来说,可持续发展的条件要求其具有足够的能值贮存、反馈和大的能值产出。能值产出包括经济收入和没有用于交换的能值产出(即在系统中循环,并增加系统的能值贮存)。由此,可以从上述条件涉及的系统的能值贮存水平和经济效益两方面来评估系统发展的可持续性。因此,在本文中作者建议用新增能值指标基础能值改变

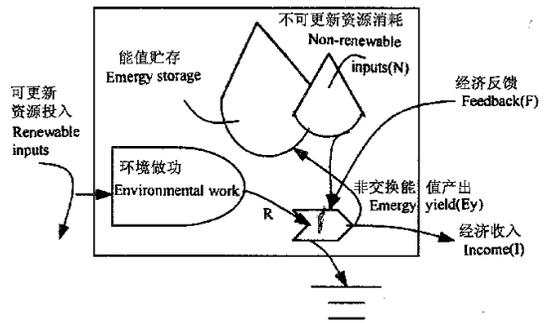


图1 生态经济系统主要能值流示意图

Fig. 1 Diagram illustrating the main energy flows in an ecological economic system

(Base energy change, 缩写为  $Bec$ )和净经济效益(Net profit, 缩写为  $Np$ )来评判人工湿地生态系统发展的可持续性:

基础能值改变( $Bec$ ) = 非交换能值产出( $E_y$ ) - 系统不可更新资源消耗( $N$ )

净经济效益( $Np$ ) = 经济收入( $I$ ) - 反馈( $F$ )

正值的基础能值改变保证了系统被持续利用的能力, 正值的净经济效益保证了系统再次接收足够反馈的可能。一个系统的发展只有具有正的  $Bec$  和  $Np$ , 才是可持续的。

## 2 结果与分析

### 2.1 水禽湖和鱼塘的能量系统

水禽湖和鱼塘的系统能量图见图 2 和图 3。编制能值分析表, 通过计算, 其能值分析结果见表 1, 表 2。两个系统的主要能值指标列于表 3。水禽湖和鱼塘两系统的能流简图如图 4。

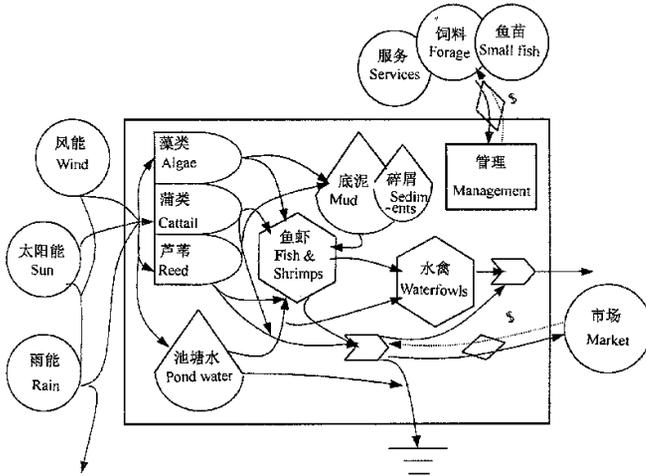


图 2 盐城自然保护区水禽湖能量系统图

Fig. 2 The system energy diagram of waterfowl pond in Yancheng Natural Reserve

### 2.2 两种利用方式的能流分析及其互补发展的比例范围

从表 3 的主要能值表来看, 水禽湖有正的贮存能值变化, 但其净经济效益却是负的; 鱼塘有正的净经济效益, 但其贮存能值变化是负的。因此, 两种利用方式的单独发展都不可能是持续发展, 只有将两种方式结合起来, 互为补充, 并按适当的比例协调发展, 才能兼顾生态效益和经济效益。下面计算两种人工湿地协调发展的比例范围, 假设应建  $X\text{hm}^2$  水禽湖和  $Y\text{hm}^2$  鱼塘, 令比率  $t = X/Y$ 。则:

$$\begin{cases} (X + Y)Bec' = X \times 1.92 \times 10^{16} - Y \times 3.65 \times 10^{15} \\ (X + Y)Np' = -X \times 3.00 \times 10^{14} + Y \times 2.4 \times 10^{15} \end{cases}$$

用  $t$  替换  $X/Y$ , 则有:

$$\begin{cases} (1 + t)Bec' = 1.92 \times 10^{16}t - 3.65 \times 10^{15} & (1) \\ (1 + t)Np' = -3.00 \times 10^{14}t + 2.4 \times 10^{15} & (2) \end{cases}$$

合并(1)和(2):

$$0.18Bec' + Np' = 1.97 \times 10^{15} \quad (3)$$

方程(3)在线性约束  $Bec' > 0, Np' > 0$  的直线绘制于图 5。

当  $0 < Bec' < 10.94 \times 10^{15} \text{ sej/a} \cdot \text{hm}^2$ , 有  $Bec' > 0$  和  $Np' > 0$ 。

通过方程(3), 得到结果:  $8.00 > t > 0.19$ 。

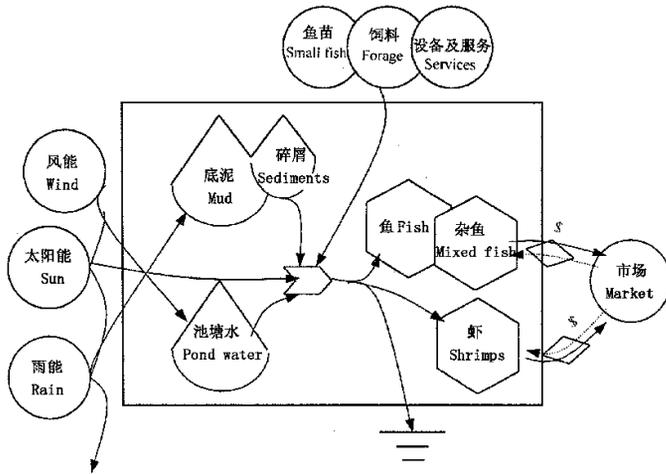


图 3 盐城农业科学研究所鱼塘能量系统图

Fig. 3 The system energy diagram of Yancheng Tidal Land Agro-Science Institute fishponds

表 1 盐城自然保护区水禽湖能值分析表

Table 1 Energy evaluation of Yancheng Natural Reserve waterfowl pond

编号 No.	项目 Item	原始数据 Raw units	能值转换率 Transformity	太阳能值 Solar Emergy	宏观经济价值 Macroeconomic value
<b>可更新资源投入 Renewable resources</b>					
1	太阳能 Sunlight	$8.30 \times 10^{15} \text{J}$	1sej/J	$8.30 \times 10^{15} \text{sej}$	$8.96 \times 10^2 \text{US \$}$
2	雨化学能 Rain, chemical	$1.22 \times 10^{13} \text{J}$	15444sej/J	$1.88 \times 10^{17} \text{sej}$	$2.03 \times 10^4 \text{US \$}$
3	雨势能 Rain, geopotential	$8.44 \times 10^{12} \text{J}$	8888sej/J	$7.50 \times 10^{16} \text{sej}$	$8.10 \times 10^3 \text{US \$}$
4	风能 Wind, kinetic	$1.12 \times 10^{12} \text{J}$	623sej/J	$6.99 \times 10^{14} \text{sej}$	$7.55 \times 10^1 \text{US \$}$
	合计 Total(R)			$1.88 \times 10^{17} \text{sej}$	$2.03 \times 10^4 \text{US \$}$
<b>不可更新资源流入 Nonrenewable sources from within system</b>					
5	底泥 Sediments	$8.86 \times 10^{13} \text{J}$	3509sej/J	$3.11 \times 10^{17} \text{sej}$	$3.36 \times 10^4 \text{US \$}$
6	池塘水 Pond water	$1.19 \times 10^{13} \text{J}$	48000sej/J	$5.69 \times 10^{17} \text{sej}$	$6.14 \times 10^4 \text{US \$}$
	合计 Total(N)			$8.80 \times 10^{17} \text{sej}$	$9.50 \times 10^4 \text{US \$}$
<b>经济反馈 Feedback</b>					
7	设备和服 Service & facilities	$8.95 \times 10^3 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$8.29 \times 10^{16} \text{sej}$	$8.95 \times 10^3 \text{US \$}$
8	鱼苗 Small fish	$3.10 \times 10^4 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$2.87 \times 10^{17} \text{sej}$	$3.10 \times 10^4 \text{US \$}$
9	饲料 Forage	$6.08 \times 10^4 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$5.63 \times 10^{17} \text{sej}$	$6.08 \times 10^4 \text{US \$}$
	合计 Total(F)			$9.33 \times 10^{17} \text{sej}$	$1.01 \times 10^5 \text{US \$}$
<b>能值产出 Yield</b>					
10	藻类 Algae production	$2.91 \times 10^{14} \text{J}$	4700sej/J	$1.37 \times 10^{18} \text{sej}$	$1.48 \times 10^5 \text{US \$}$
11	蒲类 Cattail production	$2.45 \times 10^{13} \text{J}$	4700sej/J	$1.15 \times 10^{17} \text{sej}$	$1.24 \times 10^4 \text{US \$}$
12	芦苇 Reed production	$2.61 \times 10^{13} \text{J}$	4700sej/J	$1.23 \times 10^{17} \text{sej}$	$1.33 \times 10^4 \text{US \$}$
13	水禽 Waterfowls	$1.29 \times 10^{13} \text{J}$	$3 \times 10^7 \text{sej/J}$	$3.88 \times 10^{18} \text{sej}$	$4.19 \times 10^5 \text{US \$}$
14	鱼产品 Fish	$9.30 \times 10^4 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$8.61 \times 10^{17} \text{sej}$	$9.30 \times 10^4 \text{US \$}$
	合计 Total			$8.61 \times 10^{17} \text{sej}$	$9.30 \times 10^4 \text{US \$}$
	经济收入 Income			$8.61 \times 10^{17} \text{sej}$	$9.30 \times 10^4 \text{US \$}$
	非交换能值产出 $E_y$			$5.49 \times 10^{18} \text{sej}$	$5.93 \times 10^5 \text{US \$}$
	总能值产出 Yield			$6.35 \times 10^{18} \text{sej}$	$6.86 \times 10^5 \text{US \$}$
	能值货币生产率 Energy/US \$ (1994)		$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$		

表 2 盐城农业科学研究所鱼塘能值分析表

Table 2 Emergy evaluation of Yancheng Agro-Science Institute fishponds

编号 No.	项目 Item	原始数据 Raw units	能值转换率 Transformity	太阳能值 Solar emergy	宏观经济价值 Macroeconomic value
可更新资源投入 Renewable resources					
1	太阳能 Sunlight	$3.42 \times 10^{15} \text{J}$	1sej/J	$3.24 \times 10^{15} \text{sej}$	$3.69 \times 10^2 \text{US \$}$
2	雨化学能 Rain, chemical	$5.01 \times 10^{12} \text{J}$	15444sej/J	$7.74 \times 10^{16} \text{sej}$	$8.36 \times 10^3 \text{US \$}$
3	雨势能 Rain, geopotential	$3.48 \times 10^{12} \text{J}$	8888sej/J	$3.09 \times 10^{16} \text{sej}$	$3.34 \times 10^3 \text{US \$}$
4	风能 Wind, kinetic	$4.62 \times 10^{11} \text{J}$	623sej/J	$2.88 \times 10^{14} \text{sej}$	$3.11 \times 10^1 \text{US \$}$
	合计 Total(R)			$7.74 \times 10^{16} \text{sej}$	$8.36 \times 10^3 \text{US \$}$
不可更新资源流入 Nonrenewable sources from within system					
5	底泥 Sediments	$3.66 \times 10^{13} \text{J}$	3509sej/J	$1.28 \times 10^{17} \text{sej}$	$1.38 \times 10^4 \text{US \$}$
6	池塘水 Pond water	$4.94 \times 10^{12} \text{J}$	48000sej/J	$2.37 \times 10^{17} \text{sej}$	$2.56 \times 10^4 \text{US \$}$
	合计 Total(N)			$3.65 \times 10^{17} \text{sej}$	$3.94 \times 10^4 \text{US \$}$
经济反馈 Feedback					
7	水电和服务 Services & electricity	$5.84 \times 10^3 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$5.41 \times 10^{16} \text{sej}$	$5.84 \times 10^3 \text{US \$}$
8	鱼苗 Small fish	$2.56 \times 10^4 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$2.37 \times 10^{17} \text{sej}$	$2.56 \times 10^4 \text{US \$}$
9	饲料 Forage	$1.02 \times 10^5 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$9.45 \times 10^{17} \text{sej}$	$1.02 \times 10^5 \text{US \$}$
	合计 Total(F)			$1.24 \times 10^{18} \text{sej}$	$1.34 \times 10^5 \text{US \$}$
能值产出 Yield					
10	虾产品 Shrimp	$2.20 \times 10^3 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$2.04 \times 10^{16} \text{sej}$	$2.20 \times 10^3 \text{US \$}$
11	鱼产品 Fish	$1.58 \times 10^5 \text{US \$}$	$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	$1.46 \times 10^{18} \text{sej}$	$1.58 \times 10^5 \text{US \$}$
	合计 Total	经济收入 Income		$1.48 \times 10^{18} \text{sej}$	$1.60 \times 10^5 \text{US \$}$
		非交换能值产出 $E_y$		0	0
		总能值产出 Yield		$1.48 \times 10^{18} \text{sej}$	$1.60 \times 10^5 \text{US \$}$
	能值货币比率 Emergy/US \$(1994)			$9.26 \times 10^{12} \text{sej/US \$}$	

① 主要能流的原始数据计算方法如下<sup>[3,5]</sup>:太阳能值=原始数据(J, US \$)×能值转换率;太阳能=面积×(1-反射率)×辐射量;雨水化学能=水吉布斯自由能×降雨量×面积×密度;雨水势能=降雨量×面积×密度×平均高度×重力加速度;风能=面积×空气层平均高度×空气密度×空气比热×水平温度梯度×平均风速;底泥能=面积×单位面积底泥能;池塘水能=水吉布斯自由能×水总量;经济反馈或收入=货币量×能值货币比率。

② 原始数据说明如下:项目 1、2、3、4、5、6 的计算方法和有关原始数据如辐射量、反射率、空气层平均高度、平均风速、空气密度、空气比热、水平温度梯度、水吉布斯自由能以及各能值转换率来源于文献<sup>[5]</sup>①;水禽湖的植物的生物量数据来源于文献<sup>[1]</sup>;水禽湖经济投入和产出(1994~1998)的数据来源于盐城自然保护区管理处,在计算中采用 4a 的平均数据;有关盐城农业科学研究所鱼塘的经济投入与产出数据(1998)由盐城农业科学研究所提供。

(1) 当  $t=0.19$  时,  $(Np')_{\max}=1.97 \times 10^{15} \text{sej/a} \cdot \text{hm}^2=2.13 \times 10^2 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ , 且  $Bec'=0$ 。

(2) 当  $t=8.00$  时,  $(Bec')_{\max}=10.94 \times 10^{15} \text{sej/a} \cdot \text{hm}^2=1.18 \times 10^3 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ , 且  $Np'=0$ , 此时有,  $(Bec'+Np')_{\max}=1.18 \times 10^3 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ 。

(3) 当  $t=0.31$  时,  $Bec'=Np'$ , 且  $Bec'+Np'=3.51 \times 10^{15} \text{sej/a} \cdot \text{hm}^2=3.79 \times 10^2 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ 。

由以上分析可知,水禽湖对鱼塘的面积比须在 0.19 和 8.00 之间。当比例是 0.19 时,系统获得最大经济效益  $2.13 \times 10^2 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ ;当比例是 8.00 时,系统获得最大生态效益  $1.18 \times 10^3 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ ;当比例是 0.31 时,系统获得相等的生态和经济效益,其和是  $3.79 \times 10^2 \text{US \$ /a} \cdot \text{hm}^2$ ,此时系统将部分经济效益转变成生态效益,保证了系统持续做功的能力,并且系统输出功率最大。因此,比例 0.31 是保护区较优的选择。

## 万方数据

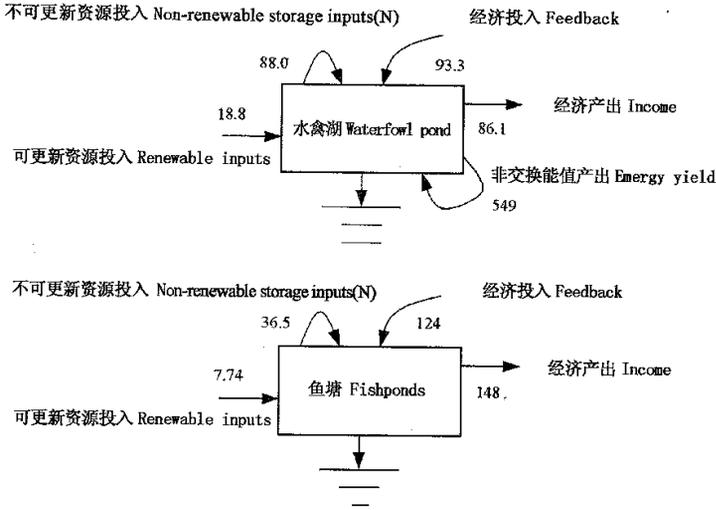


图 4 水禽湖和鱼塘两系统的能流简图( $\times 10^{16}$ sej/a)

Fig. 4 Aggregated diagram of emery flows for the waterfowl pond and fish pond

表 3 水禽湖和鱼塘的能值指标表

Table 3 Indices of Yancheng Natural Reserve waterfowl pond and Yancheng Agro-Science Institute fishponds

编号 No.	项目 Description	表达式 Expression	水禽湖 Waterfowl pond	鱼塘 Fishponds
1	可更新资源能值流入 Renewable energy flow	$R$	$1.88 \times 10^{17}$ sej/a	$7.74 \times 10^{16}$ sej/a
2	不可更新资源消耗 Nonrenewable resources use	$N$	$8.80 \times 10^{17}$ sej/a	$3.65 \times 10^{17}$ sej/a
3	经济反馈投入 Investment emery	$F$	$9.33 \times 10^{17}$ sej/a	$1.24 \times 10^{18}$ sej/a
4	经济收入 Economic benefits	$I$	$8.61 \times 10^{17}$ sej/a	$1.48 \times 10^{18}$ sej/a
5	非交换能值产出 Emery yield not for exchange	$Ey$	$5.49 \times 10^{18}$ sej/a	0sej/a
6	总能值产出 Total yield	$Yield$	$6.35 \times 10^{18}$ sej/a	$1.48 \times 10^{18}$ sej/a
7	能值产出比率 The emery yield ratio	$Yr = Yield/F$	6.81	1.19
8	净经济效益 The net economic benefits	$Np = I - F$	$-0.72 \times 10^{17}$ sej/a	$2.40 \times 10^{17}$ sej/a
9	系统贮存能值变化 The base emery change	$Bec = Ey - N$	$4.61 \times 10^{18}$ sej/a	$-3.65 \times 10^{17}$ sej/a
10	每公顷净经济效益 The $Np$ per $hm^2$	$Np'$	$-3.00 \times 10^{14}$ sej/a $\cdot$ $hm^2$	$2.4 \times 10^{15}$ sej/a $\cdot$ $hm^2$
11	每公顷系统基础能值变化 The $Bec$ per $hm^2$	$Bec'$	$1.92 \times 10^{16}$ sej/a $\cdot$ $hm^2$	$-3.65 \times 10^{15}$ sej/a $\cdot$ $hm^2$

### 3 讨论

#### 3.1 本模式符合于扩大保护区核心区面积的规定设计

目前,对于核心区面积的确定,中国的许多保护区核心区的设置,是按照当时所观测到的目标物种出现频率高的地方而划定的。由此而引发的问题是,随着时间的发展,原有栖息地的面积和所能提供的食物量会因为物种数量的增加而变得不足,而且栖息地会因为人为或自然的干扰而退化,迫使目标物种重新选择适宜的栖息地。这样就会出现物种实际栖息地超出核心区范围的现象。李文军对盐城自然保护区规划设计的研究结果表明:盐城自然保护区核心区的面积应扩大<sup>①</sup>。

水禽湖建立以后,水禽栖息的种类由建立前的 16 种增加到 37 种,数量由 3 459 只增加到 97 747 只,水

① 李文军. 野生动物自然保护区设地规划方法的研究. 中国科学院生态环境研究中心博士学位论文. 1997, 1~91

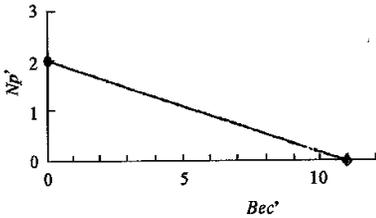


图 5  $Np'$  和  $Bec'$  的关系 ( $\times 10^{15} \text{sej/a} \cdot \text{hm}^2$ )

Fig. 5 Relationship between  $Np'$  and  $Bec'$

必须在水禽湖的外围建适当比例的鱼塘,一方面保证了可持续发展所需的经济反馈,另一方面也为核心区的扩大作了良好的准备。在此模式运作几年后,将外围的鱼塘改成水禽湖,以缓解日益增长的水禽的生境压力;并把核心区的范围扩大到被改的鱼塘。根据需要,在核心区的外围再建适当数量的鱼塘搞水产养殖,并起到缓冲的作用。

### 3.2 发展生态旅游是维持水禽湖建设的良好保证

组织和发展生态旅游事业,是获得可观经济收入的良好途径。盐城自然保护区拥有独特的生态旅游资源,世界珍禽丹顶鹤 65% 的种群在这里越冬,400 余只的大集群构成奇观;数以 10 万计的各种水鸟大集群越冬,是观鸟、研究鸟的天然场所;近 300 头麋鹿半野放种群在保护区的实验区内,构成区中之区——大丰麋鹿保护区。淤长型海涂景观、南黄海景观、千里海堤风景线、大规模水产养殖基地等都具有独特的旅游价值。通过严格的管理手段,保证核心区原始系统的不受破坏,即系统的贮存能值变化  $Bec'$  不小于零;在缓冲区建立必要的硬件设施供人们休憩、娱乐、以一定的经济反馈而获得较大的经济效益,使净利润  $Np'$  大于零。这是一种可持续的发展方式,是建立两种人工湿地的有益的补充。

### 参考文献

- [1] 王 会,等. 人工湿地的生态效益研究. 湿地通讯,1999,3:5~6.
- [2] Odum H T. *Environmental Accounting: Emergy and decision making*. John Wiley, New York, 1996. 68~95.
- [3] Odum H T. Self-organization, transformity, and information. *Science*, 1988, **242**: 1132~1139.
- [4] Ulgiati S and Odum H T. Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling*, 1994, **73**: 215~268.
- [5] Brown M T and McClanahan T R. Emergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecological Modelling*, 1996, **91**: 105~130.

禽栖息次数有 210 132 只/d 增加到 2 256 834 只/d<sup>[1]</sup>,这些数字表明,水禽湖已取得了良好的生态效益,通过严格管理,就可以使人工湿地向适合于鸟类栖息的方向转化。水禽湖已位于核心区的边缘,为了实现严格的保护,必须将核心区的范围适当扩大。

从能值产出比率来看(见表 3),水禽湖的能值产出比率比鱼塘大,按能值分析理论,建水禽湖是更可持续的利用方式。因此,当必要的经济收入得到保障时,建水禽湖而扩大保护规模是盐城自然保护区较优的选择。但在目前,保护区为了自我生存,