

从能值效益角度研究互花米草生态工程资源配置

张晟途, 钦 佩, 万树文

(南京大学生物技术研究所, 南京 210093)

摘要:应用能值分析的方法, 分别对江苏省射阳河口的 3 种治理方法: 海滨潮间带盐沼湿地(方案 A)、互花米草湿地(方案 B)和互花米草生态工程(方案 C)进行能值计算和评价。计算结果为能值投入 A: $2.84E+12 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; B: $3.67E+11 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; C: $8.94E+11 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; 能值产出 A: $5.78E+09 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; B: $3.44E+11 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; C: $3.46E+12 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$ 。从主要能值指标看, A 的持续性需以人类活动的不断投入来维持, B 和 C 较 A 具有明显的优越性, C 的能值产出更大。

以能值为单位, 考察资源的最佳配置点, B 的自然资源对资本和服务的边际技术替代率较大, 其 $MRTS = MP_2/MP_1$ 较大说明 B 的人类经济活动所投入占的比例较小, 增加少量的资本和服务投入可取得更大的边际产出。

关键词:互花米草; 能值; 资源配置

Analysis on the resource allocation structure of *Spartina alterniflora* ecological engineering from the emergy benefits aspect

ZHANG Sheng-Tu, QIN Pei, WAN Shu-Wen (Institute of Bio-Technology, Nanjing University, 210093, China)

Abstract: Estuary of Shuangyang River, Jiangsu Province, was selected for this study. The seashore bank in this area was often eroded by typhoons and storms. Three approaches involving plan A — repairing without plantation, plan B — Plantation of *S. alterniflora* without uses, plan C — *S. alterniflora* Ecological Engineering (SAEE) were practiced. This article describes the EMERGY analysis of these plans.

The EMERGY analysis of three approaches results as following:

EMERGY inflows, A: $2.84E+12 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; B: $3.67E+11 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; C: $8.94E+11 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$;
EMERGY Export, A: $5.78E+09 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; B: $3.44E+11 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$; C: $3.46E+12 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$.

These data indicates that plan C — SAEE was the most beneficial option, with a net benefit of $2.57E+12 \text{ sej/a} \cdot \text{m}^2$. It is calculated to be US \$ $0.295/a \cdot \text{m}^2$ based on the macroeconomics values in 1988. Then, in the practical area of 150 hm^2 the total macroeconomics values is US \$ 443 000 (1988). plan A is not a maintainable system, it needs economic inflows every year.

From the economics' point of view, plan C indicates the best allocation of resources. The Marginal Ratio of Technical Substitution (MRTS) of plan B is very small. If we invest little capital or services in plan B, we can get a relatively large marginal production.

The results suggest that alternative C is the best management strategy among the three for the salt marsh wetland with eroded bank in southeast China. SAEE embodies the principles of ecological engineering.

Key words: *Spartina alterniflora*; emergy; allocation of resources

文章编号: 1000-0933(2000)06-1045-05 中图分类号: Q148 文献标识码: A

基金项目: 江苏省科委重点资助项目

收稿日期: 1999-09-22 修回日期: 2000-01-05

作者简介: 张晟途(1975~), 男, 江苏省靖江人, 主要从事海滨盐沼系统的能值分析。

万方数据

江苏省射阳县双洋河口位于 33.7°N, 120.2°E, 该河口海岸带主要为侵蚀性岸段。该区域具有典型的海洋性季风气候, 年均降雨量 1014mm, 年太阳总辐射量 494kJ/cm², 当地径流年平均值 200mm。在无人工植被的地段, 中潮位附近基本是光滩, 仅有少量浮游生物及底栖生物。该地区沿海岸堤受台风及海浪的影响较大, 在台风多发季节, 每年均需花费大量的人力、物力对该地区的海堤进行维修和护理。

互花米草 (*Spartina alterniflora*) 盐沼湿地位于潮间带的中潮带附近, 互花米草是我国海滨地区的一种盐沼湿地资源植物, 70 年代末由美国引种。互花米草生态工程是指在发挥互花米草的防风消浪的基础上, 应用生态工程的原理, 提取其有效成分, 包括互花米草总黄酮 (TFS) 等一系列产品的开发和利用, 从而更好地发挥其生态和经济效益的方法。本文根据对互花米草生态工程能值分析结果, 进行资源配置的分析。

1 材料与方法

1.1 3 种治理方式

3 种治理方式均以无人工干预的双洋河口潮间带湿地为基点。

A) 自然演替及人工维修 即对盐沼湿地不加以利用, 该湿地基本上为光滩 (仅在高潮带有少量的盐高等植物存在), 中潮带主要为一些浮游生物及底栖生物, GPP 较低。侵蚀性岸段每年常遭台风袭击破坏, 在此后, 以水利工程的方法对海堤进行维修。

B) 种植互花米草保滩护堤 按试验方法中“人工米草带的建立方法”种植互花米草, 米草带成熟后, 可对海堤进行有效的保护, 但基本不对植被进行综合利用。

C) 互花米草生态工程 在方案 B 的基础上, 进行互花米草分层多级的综合利用, 及其绿色食品的系列开发, 该方法较方案 B 需一定的能值 (资金) 投入。

方案 A、B、C 的研究地点主要为江苏省射阳县双洋河以南射阳河以北的海滨区域的盐沼湿地, 保滩护堤作用同时与苏北滨海县废黄河口的数据进行对比, C 的经济指标与苏北大丰市王港的数值进行比较。

1.2 能值分析

在能值分析表中列出编号、项目名称、原始数据、每平方米数据、能值转换率、能值和宏观经济价值。分别求出可更新资源的流入和不可更新资源的流入、系统的总第一性生产力和其他经济产出能量或货币量^[1~3]。

太阳能值 (sej) = 原始数据 (J, US \$) × 能值转换率

宏观经济价值 (US \$) = 太阳能值 (sej) × 能值货币转换率 (US \$ / sej)

可更新资源的原始数据计算方法为:^[1,3]

太阳光能 $E_1 = \text{面积} \times (1 - \text{反射率}) \times \text{辐射量}$

风能 $E_2 = \text{面积} \times \text{空气层平均高度} \times \text{空气密度} \times \text{空气比热} \times \text{水平温度梯度} \times \text{平均风速}$

雨水势能 $E_3 = \text{水密度} \times \text{雨量} \times \text{面积} \times \text{平均高度} \times \text{加速度}$

雨水化学能 $E_4 = \text{水吉布斯自由能} \times \text{雨量} \times \text{面积}$

径流 $E_5 = \text{当地径流平均值} \times \text{面积} \times \text{水吉布斯自由能}$

潮汐 $E_6 = \int_0^H mgdh = 0.5 \times \text{海水密度} \times \text{加速度} \times (\text{平均浪高})^2$

经济投入产出 $Em = \text{货币量} \times \text{能值货币比率}$

1.3 以能值为单位的等产量曲线和等能值成本线分析

将微观经济学中的成本定义为“能值成本”, 来考察 3 种方案系统中的资源最佳配置问题。在经济学中, 资源的最佳配置, 是指在各种投入组合中的最优投入组合, 也就是指资源最充分利用的问题^[4]。

在技术不变的条件下, 等产量曲线是一条表明能够取得相等产量的两个可变投入的各种配合的曲线。等产量曲线是由左上方向右下方倾斜的, 因为要保持产量相等, 当一个可变投入增加时, 另一个可变投入就需减少, 于是, 斜率为负值^[4]。

在一个人为数据生态系统中, 当一个生产厂商或其他类型的人为活动在其生产活动有较大量的自然资源投入时, 其生产一定量的产品可以在图 1 等产量曲线中任何一点进行生产, 当以货币作为价值标准

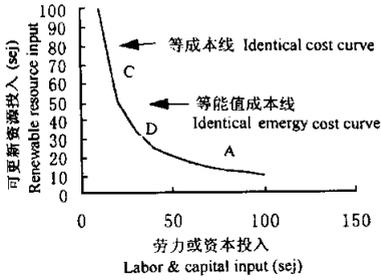


图 1 从能值为衡量单位的资源最佳配置图
Fig. 1 Allocation of resources with emergy unit

一定产出的生产成本,是其各种投入的价格之和,在图 1 中,等成本线为平行于 Y 轴的一组直线,因为自然资源对一个生产活动的贡献是无法用货币来进行衡量的,而向下倾斜的一组平行直线为等能值成本线,更高的等能值成本意味着更大量的自然资源能量投入和人类经济活动的投入总和。在图 1 中,当厂商选择在 C 点进行生产,此时其货币成本最小,而其能值成本实际较高,为 78sej。在图 1 中,要生产一定量的产品而使其能值成本最小(最大功率),该生产者应选择在最小的等成本曲线和等产量曲线的相切点 D 点生产,此时满足条件

$$MRTS = \frac{MP_1}{MP_2} = \frac{P_{LC}}{P_S}$$

式中,MP1 为微量增加的 LC 投入导致增加的边际产品,MP2 为微量增加的 S 投入导致增加的边际产品,PLC 为 LC 的能值价格,PS 为 S 的能值价格。

在以能值为标准来对资源的最佳配置问题进行考察时,其生产点较原来的生产点是不同的,即最小的能值成本意味着最适合的经济投入(反馈能值),从而达到最大的能值产出和最大功率,这也从另一个侧面说明了 H. T. Odum 提出的能值指标——能值投资比率的实际意义。

2 试验结果

通过计算,能值分析结果见表 1。表中,项目 1、2、3、4、6 中原始数据来源于资料 6;项目 5 原始数据来源于资料 8;项目 7~17 原始数据来源于资料 9~10;项目 13、16 中原始数据为平方米生物量(g),每平方米数据为能量(J);能值/货币比率数据来源于资料 1、2;能值转换率来源于资料 1。

3 讨论

对于本文中的 3 种方案,根据表 1 中的可更新资源投放、资本和服务投入、产出分别计算出方案 A、B、C 中的产出 1sej 所需的自然资源投入和经济投入(原始数据来源于能值分析表),并对 A、B、C 等 3 点在等产量曲线中进行分析,如表 2、图 2。

在图 2 中可以看出 B、C 两种方案的生产点,(方案 A 的能值总投入数值较大,且由于其采用的是水利工程的办法,在技术上与互花米草生态工程是不同的,在图形上,已与本曲线相背离,在图 2 中无法体现。

分别作出 B、C 两点的切线,即自然资源对资本的边际技术替代率为:

$$MRTS = MP_2/MP_1$$

(不同于资本对自然资源的边际技术替代率,两者在数值上为倒数关系),从图中可以看出 $MRTS_B < MRTS_C$,在 B 点的曲线斜率较小,说明投入更多的自然资源只能换取较小的资本的投入的减少。B 点的 MP_2/MP_1 较小说明,微量增加的自然资源的投入引起的边际产品的增加较小,而微量增加的劳动力和资本可引起大量的边际产品的增加。在 B 点可以这样设想,人类经济活动中投入较少的资本及劳力,从而使得自然资源的投入的大量减少,这种系统将是更高效的。(在实际生产中,单位面积的可更新资源投入

来衡量时,他会选择最小的资本和劳力的投入,如在 C 点进行生产,在该点的资本对自然资源的边际技术替代率 $MRTS_C$ 为:

$$MRTS = \frac{dS}{dLC}$$

式中,dS 为自然资源的变化微量,dLC 为劳力和资本的变化微量。此时的 $MRTS$ 较大,即生产者可以增加较少的 L 或 C 的投入来减少较大量的 S 的投入从而达到在 D 点或 A 点生产。单纯追求经济效益的厂商不愿意在 D 或 A 点生产,因为这样会增加其货币成本,而不会去考虑自然资源的投入或损耗,如现在普遍存在的污染和资源的过度开发等问题,其结果是导致自然资源的大量破坏。

表 1 能值分析表
Table 1 Energy analysis of three plans

编号 No.	项目 Item	原始数据 Raw units (\$ or joule)	每平方米数据 (\$ /m ² or j/m ²)	能值转换率 Transformity (sej/unit)	太阳能值 Solar emery (sej)
可更新资源流入 Renewable resource inflows					
1	太阳光 Solar energy	5.19E+15	3.46E+09	1	1.73E+12
2	风能 Wind energy	1.88E+11	1.25E+05	1496	1.87E+08
3	雨水势能 Rain potential	1.37E+13	9.16E+06	10488	4.8E+13
4	雨水化学能 Rain chemical	7.91E+12	5.28E+06	1.82E+04	4.8E+13
5	径流 Runoff	1.48E+12	9.88E+05	4.11E+04	4.06E+10
6	潮汐 Waves	1.37E+12	9.17E+05	30550	2.8E+10
合计 Total 方案 A					
不可更新资源流入 Nonrenewable resource inflows					
7	投资 Investment	1.60E+06	2.87E-01	8.70+12	2.49E+12
8	操作与管理 Management	0			0
输出 Export 方案 B					
9	总第一性生产力 GPP		3.04E+05	1.90E+04	5.78E+09
11	投资 Investment	4.00E+02	2.15E-03	8.70E+12	1.87E+10
12	操作与管理 Management	0			0
输出 Export 方案 C					
13	总第一性生产力 GPP	5241	9.04E+07	3.80E+03	3.44E+11
14	投资 Investment	2.50E+05	4.48E-02	8.70E+12	3.90E+11
15	操作与管理 Management	1.00E+05	1.79E-02	8.70E+12	1.56E+11
输出 Export					
16	总第一性生产力 GPP 经济产出	5241	9.04E+07	3.80E+03	3.44E+11
17	Economic export 能值/货币比率	2.00E+06	3.58E-01	8.70E+12	3.12E+12
				1988	

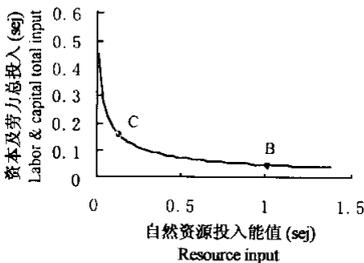


图 2 方案 B 和方案 C 在等产量曲线中的位置关系

Fig. 2 The location of plan B&C in the yield curve

表 2 3 种方案产出能值相等时不同要素投入对比

Table 2 Different essence inflows with the same emery yield

	自然资源投入(sej) Renewable pesource	资本服务投入(sej) Capacity & labor	总产出(sej) Total yield
A	60.30584	431.8935	1
B	1.014032	0.054467	1
C	0.100621	0.157635	1

不会减少,但可提高单位面积的能值产出,在等产量曲线中,可更新资源投入可以减少)。方案 C 正好实现了这种设想,其优点在于,方案 C 有一定的经济投入,较好地处理了自然资源投入和经济投入的关系,从而使其能值产出率更高。这一点也恰好反应在能值成本上,在方案 B 中,其能值成本为 1.014032+0.054467=1.068499sej,方案 C 能值成本为 0.258sej,方案 A 则为 492sej(见表 2)。

综上所述,从方案 A 到方案 B 是一次技术上的突破,即在方法上,栽种互花米草是高效的,在能值产出

上,方案 B 为方案 A 的 460 倍,而方案 C 则更完善了该项生态工程的设计,更为合理地利用资源,做到“分层多级”地利用物质,体现了生态工程的最佳设计,在经济分析的角度上,该方法体现了资源的最佳配置。

参考文献

- [1] Odum H T. Environmental Accounting. Emery and Environmental Decision Making, John Wiley, New York, 1996, 182~203.
- [2] Odum H T. 蓝盛芳译. 能量、环境与经济,北京:东方出版社,1992.
- [3] 蓝盛芳. 生态-经济系统能值分析. 当代生态学博论,北京:中国科学技术出版社,1992. 266~286.
- [4] 丁 冰著. 当代西方经济学原理. 北京:北京经济学院出版社,1993. 84~88.
- [5] 钦 佩,等. 互花米草初级生产中的贮能动态. 米草的应用研究. 北京:海洋出版社,1992. 42~45.
- [6] 江苏省海岸带和海涂资源综合考察队. 江苏省海岸带和海涂资源综合调查报告. 南京:江苏科技出版社,1985. 303~323.
- [7] IMF(国际货币基金组织). 中国汇率研究. International Financial Statistic, 1988.
- [8] 王时福. 苏浙沪海岸带的自然环境与资源. 苏浙沪海洋开发基地研究,南京:南京大学出版社,1996. 233~280.
- [9] Qin Pei, Xie Min, *et al.* Estimation of the ecological benefits of two *Spartina alterniflora* plantation in North Jiangsu, Chian. *Ecological Engineering*, 1997, **8**: 5~17.
- [10] Qin Pei, Xie Min. *Spartina* green food ecological engineering. *Ecological Engineering*, 1998, **11**: 147~156.

