

江河源区生态系统服务价值评估初探——以江西东江源区为例*

刘青^{1,2}, 胡振鹏^{1,2}

(1:江西省山江湖开发治理委员会, 南昌 330046)

(2:南昌大学, 南昌 330029)

摘要:应用生态学、生态经济学、福利经济学方法和前人的研究成果,在研究江河源区生态系统价值评估流程和评估方法的基础上,以江西东江源区为研究案例,初步估算出东江源区生态系统服务功能经济总价值为 81.0 亿元,约为东江源区 2004 年国内生产总值(GDP)的 4.11 倍,单位面积生态系统服务功能价值为 23121 元/hm²,并对估算结果进行了分析。

关键词:江河源区;东江源区;生态系统服务功能;经济价值

Ecosystem services and their economic values on the Riverhead Area of East River

LIU Qing^{1,2} & HU Zhenpeng^{1,2}

(1: Jiangxi Provincial MRL Committee, Nanchang 330046, P. R. China)

(2: Nanchang University, Nanchang 330029, P. R. China)

Abstract: In this paper, based on the general study on the values estimation flow and the values estimation methods of the Riverhead Area Ecosystem, and based on cases of the natural and social-economic characters of the Riverhead Area of East River and results of Costanza *et al.*, the methods of ecological economics, welfare economics and ecology were applied to analyze the economic values on the Riverhead Area of East River. The results showed that the total values of the ecosystem services were 81×10^8 yuan, and it was 4.11 times as the GDP of the Riverhead Area of East River in 2004. At the same time, the estimated results are analysed.

Keywords: Ecosystem services; economic values; the Riverhead Area of East River

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[1]。自 1974 年 Holdren 和 Ehrlich 提出了生态系统服务功能的概念^[2],生态学家试图分析不同类型生态系统服务及其价值^[3],最具代表性的是 Costanza 等对全球生态系统服务及其价值的研究^[4]。近年来我国生态学家也开展了相关研究^[5-10]。这些研究为生态环境保护和可持续发展战略的实施提供了重要的决策依据。

江河源区是指一条或多条江或河的源头地区。江河源区生态系统是一个多元的社会-经济-自然复合系统,具有生态、经济、社会全方位的服务功能,尤其是其外溢的水源涵养、水土保持、洪水控制等生态功能,对整个流域特别是中下游地区具有广泛和深远的影响。

1 江河源区生态系统价值评估体系

1.1 江河源区生态系统价值评估流程

对江河源区生态系统的价值评估,主要是从其服务功能入手,分析其生态调节作用特征及过程,建立模型,测算生态系统调节物质量和相应的价值,其工作流程如下^[11]:

- (1) 确定生态系统类型和划分各类型生态系统环境质量等级,并测算出其面积。
- (2) 分析各类型生态系统的服务功能。一般可参考 Costanza 等的研究成果^[4]。
- (3) 分析各类型生态系统服务功能的具体体现,分析其生态调节作用特征及过程,测算出调节物质量。

* 2006-11-23 收稿;2007-01-26 收修改稿。刘青,男,1962 年生,研究员。

(4) 确定合适的价值评估方法, 建立价值评估模型.

(5) 确定生态系统各服务功能边际价值(单位量价值). 对有市场的服务功能来说, 边际价值即为市场价格; 但对大部分没有市场价格的服务功能, 则需要用其“影子价格”来替代.

(6) 利用已建立的评估模型, 对各类型生态系统服务功能的价值进行评估, 并对评估结果进行分析.

1.2 江河源区生态系统价值评估方法

生态系统服务功能的经济价值评估方法根据市场信息的完全与否可分为两类^[12]: 一是替代市场技术, 它以价格或“影子价格”和消费者剩余来表达生态服务功能的经济价值, 评价方法有费用支出法、市场价值法、机会成本法、旅行费用法和享乐价格法等; 二是模拟市场技术(又称假设市场技术), 它以支付意愿和净支付意愿来表达生态服务功能的经济价值, 其评价方法只有 1 种, 即条件价值法. 江河源区生态系统作为一种特定类型的生态系统, 其比较常用的价值评估方法主要有市场价值法、边际机会成本法、替代法、费用支出法、条件价值法等.

2 江西东江源区生态系统类型及其服务功能

东江源区土地利用现状如下表 1 所示. 按照不同的组分, 可将东江源区生态系统主要分为四类: 林地生态系统(有林地、灌木林和园地)、农田生态系统(水田、旱地)、河库生态系统(河流、水库、塘坑和沟渠)、城镇生态系统. 城镇生态系统不属于自然生态系统, 并且它的结构和功能比较复杂, 本研究不予考虑.

表 1 江西东江源区土地利用现状统计表^{1), 2)}

Tab. 1 Statistics on the land use in the Riverhead area of East River, Jiangxi Province

类型	有林地	灌木林	果园	水田	旱地	河渠	库塘	其它	合计
面积(hm ²)	206693.0	15867.4	22322.6	19683.0	3799.5	4465.2	1272.4	76096.8	350200
占源区面积(%)	59.03	4.53	6.39	5.62	1.08	1.28	0.36	21.73	100

1) 中国卫星遥感接收站. 2002 年 10 月 12 日 TM 卫星遥感影像图.

2) 寻乌、定南、安远县国土资源局. 寻乌、定南、安远县 2004 年土地利用现状资料(内部资料).

通过分析, 东江源区生态系统主要有物质生产、大气调节、均化洪水、水供应(补水)、保护土壤、净化环境、生物多样性维持、休闲文化等 8 项服务功能.

3 东江源区生态系统服务功能价值估算

3.1 物质生产功能价值估算

东江源区生态系统提供的物质产品主要是农业、林业、渔业及其它副业产品, 其经济价值可以采用市场价值法估算, 公式为:

$$V = \sum S_i \cdot Y_i \cdot P_i - \sum W_i - \sum R_i$$

式中, V 为物质产品价值; S_i 为第 i 类物质产品的面积; Y_i 为第 i 类物质产品的单产; P_i 为第 i 类物质产品的市场价格; W_i 为为生产第 i 类物质产品的物质成本投入; R_i 为为生产第 i 类物质产品的人力成本投入.

3.2 大气调节功能价值估算

大气调节功能价值等于植被固定 CO_2 和释放 O_2 价值减去温室气体(CH_4 、 N_2O)排放损失. 湿地是 CH_4 、 N_2O 等温室气体主要的排放源^[13], 东江源区湿地资源主要是水田.

3.2.1 固定 CO_2 和释放 O_2 价值估算 根据光合作用方程式, 采用造林成本法和瑞典碳税率进行东江源区植被固定 CO_2 的经济价值估算(取两者平均值), 用造林成本法和工业制氧影子价格法进行释放 O_2 的经济价值估算(取两者平均值).

3.2.2 温室气体(CH_4 、 N_2O)排放损失估算 据研究^[14], 我国南方水田整个水稻生长季 CH_4 排放总量为 $13.3 - 17.28 \text{ g/m}^2$ (本研究取其平均值), 稻田 N_2O 年排放总量约为 1.63 kg/hm^2 . 将它们分别与东江源区

2004年水稻播种面积和水田面积相乘,可得到水田 CH_4 和 N_2O 的排放总量。Costanza在研究时,对 CH_4 和 N_2O 排放的经济评估指标分别采用了0.11\$/kg和2.94\$/kg^[4]。将之与 CH_4 和 N_2O 的排放总量相乘,便可以得到2004年东江源区水田生态系统排放 CH_4 、 N_2O 造成的经济损失。

3.3 均化洪水功能价值估算

东江源区具有均化洪水功能的生态系统有林地、灌木林、水田和河库生态系统。采用影子工程法估算均化洪水功能价值,单位水价采用我国 1 m^3 水库库容需年投入成本0.67元(1990年不变价格)^[5]。

3.3.1 森林 森林生态系统汛期调节洪峰(均化洪水)能力计算公式为^[15]:

$$W_f = R \sum A_i \cdot I_i + \sum A_i \cdot L_i + \sum A_i (S_i - S_0)$$

式中, W_f 为森林生态系统在汛期调节洪峰能力(m^3/a); R 为汛期的降水量(mm); A_i 为各森林类型的面积(hm^2); I_i 为各森林类型的林冠截留率; L_i 为各森林类型单位面积凋落物层的持水量(m^3/hm^2); S_i 为各森林类型单位面积土壤的贮水量(m^3/hm^2); S_0 为单位面积无林地的土壤贮水量(m^3/hm^2)。

3.3.2 水田 人工湿地的水分调节功能通常用丰水年洪水期在不危害作物正常生长情况下的蓄水量与干旱年枯水期的蓄水量之差来计算^[3]。据研究^[16],水田的最大蓄水差额为0.2m,以水田面积乘以蓄水差额,就可以得到水田的总水分调节量。

3.3.3 河流、灌渠、坑塘 参照人工湿地的水分调节功能,河流、灌渠、坑塘的均化洪水能力可分别用河道、灌渠、坑塘最大蓄水能力(量)与常年枯水期的蓄水量之差(即最大蓄水差额)来计算。

3.3.4 水库 水库的均化洪水能力即为水库的防洪库容。由统计资料^①可得东江源区水库防洪库容为4861万 m^3 ,将之与我国 1 m^3 水库库容需年投入成本0.67元^[5]相乘,即可得到水库的均化洪水功能价值。

3.4 水供应(补水)功能价值估算

东江源区具有补水功能的生态系统有林地生态系统和河库生态系统。

3.4.1 林地 枯水季节的补水能力计算公式为: $W_c = \sum A_i (G_i - G_0)$

式中, W_c 为森林生态系统在枯水季节补给水量(m^3); A_i 为各森林类型的面积(hm^2); G_i 为各森林类型单位面积上的径流量(m^3/hm^2); G_0 为单位面积无林地的径流量(m^3/hm^2)。

由文献数据^[17]可计算出 G_i 、 G_0 。单位水价按0.3元/ m^3 计(1990年不变价格)^[18],按市场价值法可得枯水季节各类森林补水功能价值。

3.4.2 河库

(1)区内供水(补水):区内供水(补水)功能价值估算采用影子工程法。将用水总量乘以我国 1 m^3 水库库容需年投入成本0.67元,便可得到区内供水(补水)功能价值。

(2)向区外珠江三角洲和香港地区供水:江西东江源区每年输入珠江三角洲的 $29.21 \times 10^8\text{ m}^3$ 是香港主要的饮用水。假定水的利用率为50%,由影子工程法,可计算得东江源区由河流向珠江三角洲和香港地区供水价值。

3.5 保护土壤功能价值估算

东江源区具有保护土壤功能的生态系统是林地。保护土壤功能包括由减少地表土壤侵蚀量所带来的减少废弃土壤面积、减少土壤养分损失、减少侵蚀土壤淤积等3个方面的功能^[21]。保护土壤功能价值估算采用机会成本法和影子工程法。

(1)减少土壤侵蚀总量:森林减少土壤侵蚀量计算公式为:

$$E_s = \sum A_i (M_0 - M_i)$$

式中, E_s 为森林生态系统减少土壤侵蚀量(t); A_i 为各森林类型的面积(hm^2); M_0 为无林地的土壤侵蚀模数($\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$); M_i 为各森林类型土壤的侵蚀模数($\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)。 M_0 、 M_i 可根据中国土壤侵蚀的研究成果^[19]得到。

① 寻乌、定南、安远县水利局。2004年寻乌、定南、安远县水利资料。内部资料。

(2)减少土地废弃价值:森林保护土壤、减少土壤侵蚀的价值可用土地废弃的机会成本价值来代替.根据土壤侵蚀量,以土壤表土平均厚度 0.6 m 来估算废弃土壤面积^[18]:

$$A_s = E_s / (0.6 \times 10000 \times B_s)$$

式中, A_s 为因土壤侵蚀造成的废弃地面积(hm^2); B_s 为土壤容重,其值为 1.18 t/m^3 .

(3)减少土壤养分损失的价值:森林减少土壤养分损失的价值等于森林减少土壤有机质损失的价值与减少土壤 N、P、K 损失的价值之和^[19]:

$$N = E_s \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot P_1 + E_s (B_n + B_p + B_k) P_2$$

式中, N 为森林减少土壤养分损失价值(万元); E_s 为森林生态系统减少土壤侵蚀量(t); R_1 为土壤有机质平均含量(%); R_2 为薪柴转化成土壤有机质的比例; P_1 为薪柴的机会成本价; B_n 、 B_p 、 B_k 分别为林地土壤表层 N、P、K 的平均百分比含量; P_2 为 N、P、K 化肥平均价格.

(4)减少淤积价值:土壤侵蚀流失的泥沙淤积在一定程度上增加了干旱、洪涝灾害发生的机会.因此,可根据蓄水成本计算淤积损失的价值.

3.6 净化环境功能价值估算

东江源区生态系统对污染具有净化能力的主要是森林.森林净化环境污染的功能,主要表现在 4 个方面,即吸收污染物、阻滞粉尘、杀灭病菌和降低噪声.根据资料的可获得性,本研究仅对森林生态系统吸收 SO_2 和滞尘净化功能,采用替代花费法(治理费用法)进行初步的估算^[20].计算公式为:

$$V = P_1 \cdot \sum A_i \cdot M_i + P_2 \cdot \sum A_i \cdot N_i$$

式中, V 为森林净化环境功能价值(万元); A_i 为各森林类型的面积(hm^2); M_i 为各森林类型对 SO_2 的净化能力值($\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$); N_i 为各森林类型滞尘能力值($\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$); P_1 为削减 SO_2 成本(元/ t); P_2 为削减粉尘成本(元/ t).

3.7 生物多样性维持功能价值估算

生态系统的生物多样性维持价值包括生态系统在传粉、生物控制、庇护和遗传资源 4 方面的价值^[3].

Costanza 在对全球生态系统服务价值研究中^[4],得出:森林生态系统单位面积的生物多样性维持价值为 361 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,其中生物控制功能价值 17 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,遗传资源价值 344 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$;农田生态系统单位面积的生物多样性维持价值为 320 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,其中传粉功能价值 118 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,生物控制功能价值 202 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$.

据谢高地对我国生态系统各项生态服务价值平均单价的估算结果^[9]:我国森林、农田、水体生态系统单位面积的生物多样性维持价值(包括授粉、生物控制、庇护地和遗传资源价值)分别为 2884.6 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、628.2 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 和 2203.3 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$.

本研究取上述二者的平均值作为各生态系统单位面积生物多样性维持价值.将它们分别与其面积相乘之后相加,便得到生物多样性维持价值.

3.8 休闲文化功能价值估算

东江源区生态系统休闲文化价值按以下公式计算:

$$S = \sum A_i \cdot I_i$$

式中, S 为东江源区生态系统休闲文化价值; A_i 为各生态系统的面积(hm^2); I_i 为各生态系统单位面积休闲文化价值.综合文献^[3,9],可得 I_i 的值.

4 结果与分析

根据东江源区 2004 年统计资料^①,对以上各项生态系统服务功能价值进行估算并统计累加,可得东江源区生态系统服务功能价值如下表 2 所示.

① 寻乌、定南、安远县统计局. 2004 年寻乌、定南、安远统计年鉴.

表2 东江源区生态系统服务功能价值

Tab. 2 Values for ecological service function in the Riverhead area of East River ecosystem

类型	林地生态系统			农田生态系统		河库生态系统	
	有林地	灌木林	果园	水田	旱地	河渠	库塘
面积 (hm^2)	206692.97	15867.42	22322.58	19682.99	3799.54	4465.23	1272.44
物质生产价值 (万元/a)	3124		11335	19654	3794		4343
大气调节价值 (万元/a)	41221.1	5138.1	12260.4	22428.2	1477.6		
均化洪水价值 (万元/a)	10078.0	695.9		2637.5		2687.8	2761.8
水供应价值 (万元/a)	7735.0	183.9					
保护土壤价值 (万元/a)	318771.6	24898.9					
净化环境价值 (万元/a)	132617.5						
生物多样性维持 (万元/a)	33542.1			1113.3		195.2	57.0
休闲文化价值 (万元/a)	21605.6			8.7		511.3	149.2
总价值(万元/a)				809706.7			
总单价($\text{元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)				23121.3			

由上表可知:(1)东江源区各类生态系统服务功能的总价值为 809706.7 万元,其中间接经济价值(生态和社会价值)约为直接经济价值(物质产品价值)的 18.2 倍。(2)东江源区单位面积生态系统服务功能价值是比较高的,约为全球平均单位价值($6914 \text{ 元}/\text{hm}^2$)和我国平均单位价值($5831 \text{ 元}/\text{hm}^2$)的 4.2 - 4.3 倍。这主要归功于东江源区绿色植被覆盖率较高。(3)东江源区生态系统服务功能总价值为 81.0 亿元,约为东江源区 2004 年国内生产总值(196908 万元)的 4.11 倍,远大于全球和我国比例(分别为 1.82^[4]倍和 1.73 倍^[6])。

5 参考文献

- [1] Daily G C. Natures services; Societal dependence on natural ecosystems. Washington D. C.; Island Press, 1997.
- [2] 蔡晓明. 生态系统生态学. 北京: 科学出版社, 2000: 1 - 17.
- [3] 李加林, 童亿勤, 许继琴等. 杭州湾南岸生态系统服务功能及其经济价值研究. 地理与地理信息科学, 2004, **20**(6): 104 - 108.
- [4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R *et al.* The value of the world's ecosystem services and nature capital. Nature, 1997, **387**(15): 253 - 260.
- [5] 薛达元. 生物多样性经济价值评估. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 13 - 215.
- [6] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, **19**(5): 607 - 613.
- [7] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值. 科学通报, 2000, **45**(1): 426 - 432.

- [8] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱等. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估. 生态学报, 2000, **20**(4): 552 - 558.
- [9] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法等. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, **18**(2): 189 - 196.
- [10] 李加林, 张忍顺. 互花米草海滩生态系统服务功能及其生态经济价值的评估. 海洋科学, 2003, **27**(10): 68 - 72.
- [11] 任志远. 区域生态环境服务功能经济价值评价的理论与方法. 经济地理, 2003, **23**(1): 1 - 3.
- [12] UNEP. Guidelines for the Preparations of Country Studies on Costs, Benefits and Unmet Needs of Biological Diversity Conservation Within the Framework of the Planned Convention on Biological Diversity, Niobe, United National Environmental Program. 1991.
- [13] Bartlett K. B. Harriss R C Review and assessment of methane emissions from wetlands. Chemosphere, 1993, **26**: 261 - 320.
- [14] 陈冠雄, 黄国宏, 黄斌等. 稻田 CH₄ 和 N₂O 的排放及养萍和施肥的影响. 应用生态学报, 1995, **6**(4): 378 - 382.
- [15] 康文星, 田大伦. 湖南省森林公益效能的经济评价—森林的木材生产效益与水源涵养效益. 中南林业学院学报, 2001, **21**(3): 13 - 17.
- [16] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍等. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究. 科学出版社, 2001: 180 - 223.
- [17] 辛琨. 生态系统服务功能价值估算(博士学位论文). 2001.
- [18] 李长荣. 武陵源自然保护区森林生态系统服务功能及价值评估. 林业科学, 2004, **40**(4): 16 - 20.
- [19] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [20] 马定国, 舒晓波, 刘影等. 江西省森林生态系统服务功能价值评估. 江西科学, 2003, **21**(3): 211 - 216.