

基于能值的顺德市农业系统生态经济动态

陆宏芳¹, 陈烈², 林永标¹, 陈飞鹏³, 彭少麟^{1,4}

(1 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2 中山大学规划设计研究院, 广州 510275;
3 华南农业大学生命科学学院, 广州 510642; 4 中山大学生命科学学院 广州 510275)

摘要: 以能值理论方法为主要手段结合环境经济学方法, 以顺德市农业系统改革开放 22 年的发展动态为研究对象, 从成本价值结构和产出效应价值两个角度, 开展城市化过程中城市农业系统生态经济动态的分析与评价研究, 探索能值方法与环境经济学方法的整合路径。提出能值投入产出平衡计算的算法和能值效率率 (EBR)、能值本地影响率 (LCR) 等一系列生态经济评价指标。结果表明, 顺德农业系统生产率高于全球平均水平, 但资源型农产品能值交换率长期小于 1, 系统在繁荣的市场交易中处于实际的亏损地位, 建议针对猪肉和鱼类这两种主要产品, 增设相应的深加工环节。能值分析方法和环境经济学方法有着较好的互补性和一致性, 但在具体指标体系选择与构建及产出端分支的量化上还有待进一步完善。

关键词: 能值价值; 环境经济价值; 资源结构; 能值效率率; 本地影响率

中图分类号: X32 02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6819(2005)12-0020-05

陆宏芳, 陈烈, 林永标, 等. 基于能值的顺德市农业系统生态经济动态[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 20-24

Lu Hongfang, Chen Lie, Lin Yongbiao, et al. Emergy based ecological economic dynamics of Shunde agriculture system [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(12): 20-24 (in Chinese with English abstract)

0 引言

农业产业化和农村城镇化的互动共进是解决中国三农问题的有效途径^[1-3]。对东部快速发展地区城镇化示范县市的农业生态系统的发展动态进行客观、量化的生态经济分析、评价研究, 对于其自身乃至中西部地区的农业产业化和城镇化发展有着直接的促进和借鉴意义。

能值理论方法和环境经济学系列方法分别从成本价值和使用价值角度进行各类复合系统的生态经济评价, 并各自在农业生态经济复合系统的评价中得到广泛的应用^[4-9]。能值理论以生成某一能量或物质的过程中所直接或间接消耗的太阳能的量为价值度量的标准, 是成本价值论的经济生态表达, 环境经济学价值评价则是从替代成本、支付意愿等角度进行的效用价值评价, 是效用价值论的生态经济表达。不同的价值观和价值评价出发点在造成两种方法评价结果不尽一致的同时, 也分别为两种方法的整合优化指示了方向。

本研究以顺德农业生态系统改革开放 22 年的发展动态为研究对象, 综合运用能值理论方法和环境经济学系列评价方法, 在原有能值综合评价指标体系的基础上, 结合城市农业生态系统特点和评价需要, 从成本价值和支付意愿价值两个角度对比和综合评价城市化进程中顺德农业生态系统的生态经济动态、现状和优化方向, 为城市农业生态系统的可持续发展提供参考的同

时, 探索能值理论方法和环境经济学方法的整合路径。

1 研究对象

顺德农业生态系统位于广东省珠江三角洲中部, 东经 113°1' 至 113°23', 北纬 22°40' 至 23°2' 总面积 806.15 km², 属于西江和北江下游河网中心的河口冲平原。属副热带海洋季风气候区, 受季风影响明显, 光、热、水资源丰富且配合较好。冬短夏长, 年均气温 21.9℃, 年日照时数 2108 h, 年平均太阳辐射总量 474.6 kJ/cm², 年平均降雨量 1639 mm。区内河流纵横交错, 主要河流有 16 条, 大小河涌 120 多条, 基塘面积达 570 km², 占全市总面积的 70.7%; 河流水域面积达 103 km², 占 12.8%。

顺德素有鱼类花果之乡美称, 是我国最早开展农村体制改革、产权制度改革和行政体制改革和最早发展乡镇企业, 走农业产业化和农村城镇化道路的县级市之一。改革开放以来, 顺德率先走商品化、集约化和现代化之路, 率先实现了从传统农业向现代化农业转变, 从种植业为主向养殖业为主转变, 从低值农业向高值农业转变。建成了全国最大的优质水产、花卉生产基地和出口基地, 在高产、优质和高效农业方面进行了大胆的探索^[10]。

2 研究方法

本研究在方法学上从能值成本价值与资源消耗结构评价和环境经济学效用价值评价两个价值观角度进行顺德农业系统生态经济效益动态的分析。

针对城市农业生态系统具有集约化程度高、开放性和经济性突出的特点, 在起用能值交换率 (Emergy Exchange Ratio, EER)^[11] 评价系统在市场交换中所处地位的同时, 引入环境经济学评价方法构建上述能值效

收稿日期: 2005-08-06 修订日期: 2005-10-18

基金项目: 国家自然科学基金 (30170147); 广东省自然科学基金项目 (04002319, 05006766); 中国科学院华南植物园所长基金人才项目

作者简介: 陆宏芳 (1976-), 女, 山东威海人, 副研究员, 博士, 主要从事生态经济学与能量生态学研究。广州 中国科学院华南植物园, 510650。Email: luhf@scbg.ac.cn



益率 (Emergy Benefit Ratio, EBR), 即:

$$\begin{aligned} \text{能值效率率 (EBR)} &= \frac{\text{直接市场价值能值} + \text{间接生态服务价值}}{\text{耗费不可再生资源能值}} \\ &= \frac{MV + ESV}{N + F} \end{aligned} \quad (1)$$

式中 MV —— 直接市场价值能值; ESV —— 间接生态服务价值; N —— 本地投入不可再生资源能值; F —— 反馈投入不可再生资源能值。

以 (1) 式度量系统单位能值成本消耗所带来的为人类当前认知水平所承认的生态经济价值量。结合能值可持续指标 (Emergy Sustainable Index, ESI)^[12] 和能值可持续发展指标 (Emergy Index for Sustainable Development, EISD)^[11, 13], 在进行案例多角度评价的同时, 进行生态经济评价方法和可持续发展能值评价指标的比较分析。

引入区域经济学评价思路, 构建产出的本地影响率 (Local Effect Ratio, LER), 即:

$$\text{本地影响率 (LER)} = \frac{\text{供本地消费的产出能值}}{\text{能值总产出}} = \frac{LC}{U} \quad (2)$$

度量系统产出对当地和外地的影响, 揭示农业系统产出满足本地需求的程度及其区域影响。

根据能值理论, 系统产出总能值等于系统能值总投入, 但某一具体系统的生产效率通常并不等于全球平均生产效率, 因而往往出现以全球平均能值转换率换算得到的系统产出能值与系统实际能值消耗量不等的现象, 从而给多产出的黑箱复杂系统产出分支流量计算带来障碍。为跨越这一障碍, 本研究在产出能值的分流计算方法时, 假设农业系统各种产品的生产效率一致, 且各产品间不存在复合产品 (co-product) 关系; 以当前全球平均能值转换率 (T_{ij}) 计算出各分支产品流能值量 (Y_i), 除以相应的能值总量 (Y) 得出比率后, 再乘以系统总消耗能值量 (U), 得出各分支的实际能值流量, 即:

$$Y_i = \frac{(U \times Y_i) / Y = (U \times \prod_{i=1}^m (Y_{ij} \times \overline{T_{ij}}) / \prod_{i=1}^m \overline{(Y_{ij} \times T_{ij})})}{(Y_{ij} \times \overline{T_{ij}})} \quad (3)$$

式中 Y_{ij} —— 系统产出中第 i 个分支中的第 j 种产品数量; T_{ij} —— 第 j 种产品的全球平均能值转换率。

Y 与 U 的比值显然可用以度量系统生产效率在全球同类产品生产中的地位。当 Y/U 大于 1 时, 系统生产效率高于全球平均水平, 其商品在国际市场的价格竞争中处于有利地位, 反之则处于不利地位。

在时间上, 从 1980 年起以 5 年为间隔选取 1980、1985、1990、1995、2000 年 5 个点, 辅以改革开放起始年 1978 年和邓小平南巡讲话年 1992 年, 共 7 个时间点, 对顺德农业生态系统改革开放 22 年来的发展动态进行生态经济分析、评价。在数据获取方面, 采用面上调查与随机抽样相结合的方法, 能值分析数据主要直接来源于政府有关部门提供的统计年鉴、内部报表和档案资料。部分数据, 如秧苗质量、价格、平均种植密度等, 系研究组成员与顺德农业局及村镇农委技术人员讨论结果和农户随机抽样、调查所得。

本研究采用 9.44×10^{24} sej/a 的全球能值流功率基准^[4], 具体能值转换率和能值/能值货币比数据直接引用了 Odum^[4]、隋春花和沈善瑞的研究成果^[14, 15]。产出方面, 直接引用 Costanza 等的折算参数^[8] 计算顺德农业系统果园、农田、鱼塘、茨菇藕塘 (湿地) 的环境服务价值, 然后乘以 1994 年能值/美元比求得相应的能值量。1994 年的能值/美元比则在 Odum^[4] 和 Campbell 等^[16] 研究结果的基础上通过线性差值法求得。

3 结果与讨论

由顺德农业生态系统能值分析表 (限于篇幅不列于此, 如有需要可联系作者) 归并、简化, 可得到该农业生态系统的能值流简表 (表 1)。

表 1 农业生态系统能值流简表

Table 1 Brief table of emergy flow in agricultural subsystem

项 目	1978	1980	1985	1990	1992	1995	2000
用地面积/m ²	4.55 × 10 ⁸	4.57 × 10 ⁸	4.46 × 10 ⁸	4.35 × 10 ⁸	4.23 × 10 ⁸	3.74 × 10 ⁸	3.38 × 10 ⁸
投入							
本地可再生资源能值投入 R /sej	5.67 × 10 ¹⁹	5.70 × 10 ¹⁹	5.56 × 10 ¹⁹	5.43 × 10 ¹⁹	5.28 × 10 ¹⁹	4.66 × 10 ¹⁹	4.22 × 10 ¹⁹
本地不可再生资源能值投入 N /sej	2.15 × 10 ¹⁸	2.17 × 10 ¹⁸	2.05 × 10 ¹⁸	1.91 × 10 ¹⁸	1.79 × 10 ¹⁸	1.33 × 10 ¹⁸	1.01 × 10 ¹⁸
可再生资源能值反馈投入 R_1 /sej	3.93 × 10 ²⁰	4.62 × 10 ²⁰	6.92 × 10 ²⁰	1.43 × 10 ²⁰	1.57 × 10 ²¹	1.60 × 10 ²¹	1.55 × 10 ²¹
不可再生资源能值反馈投入 F /sej	1.68 × 10 ²¹	2.25 × 10 ²¹	3.10 × 10 ²¹	2.91 × 10 ²¹	2.96 × 10 ²¹	2.69 × 10 ²¹	2.35 × 10 ²¹
系统能值使用总量 U /sej	2.13 × 10 ²¹	2.77 × 10 ²¹	3.85 × 10 ²¹	4.40 × 10 ²¹	4.58 × 10 ²¹	4.34 × 10 ²¹	3.95 × 10 ²¹
产出							
直接市场价值 MV /sej	2.71 × 10 ²¹	2.34 × 10 ²¹	2.90 × 10 ²¹	3.20 × 10 ²¹	2.88 × 10 ²¹	3.12 × 10 ²¹	2.71 × 10 ²¹
间接生态服务价值 ESV /sej	1.90 × 10 ²⁰	1.91 × 10 ²⁰	1.93 × 10 ²⁰	2.04 × 10 ²⁰	2.09 × 10 ²⁰	2.24 × 10 ²⁰	2.30 × 10 ²⁰
环境经济价值 $EEV = (MV + ESV)$ /sej	2.90 × 10 ²¹	2.53 × 10 ²¹	3.09 × 10 ²¹	3.40 × 10 ²¹	3.09 × 10 ²¹	3.34 × 10 ²¹	2.94 × 10 ²¹
以全球平均生产力水平计系统产出能值 Y /sej	3.20 × 10 ²¹	3.64 × 10 ²¹	4.60 × 10 ²¹	5.80 × 10 ²¹	5.69 × 10 ²¹	5.10 × 10 ²¹	4.81 × 10 ²¹
供本地消耗的产出能值 LC /sej	5.95 × 10 ²⁰	6.76 × 10 ²⁰	9.12 × 10 ²⁰	9.57 × 10 ²⁰	1.05 × 10 ²¹	9.20 × 10 ²⁰	7.23 × 10 ²⁰

表 2 农业生态系统能值评价表

Table 2 Emergy evaluation table of agricultural subsystem

能值指标	表达式	1978	1980	1985	1990	1992	1995	2000
环境负载率 ELR	$(N + F)/(R + R_i)$	3.75	4.34	4.15	1.96	1.83	1.63	1.47
能值产出率 EYR	$U/(F + R_i)$	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
能值投资率 EIR	$(F + R_i)/(R + N)$	35.23	45.83	65.78	77.21	82.98	89.51	90.26
能值交换率 EER	MV/U	1.27	0.84	0.75	0.73	0.63	0.72	0.69
能值可持续指标 ESI	EYR/ELR	0.28	0.24	0.25	0.52	0.55	0.62	0.69
能值可持续发展指标 $EISD$	$EYR \times EER/ELR$	0.35	0.20	0.19	0.38	0.35	0.45	0.47
能值效率 EBR	$(MV + ESV)/(N + F)$	1.72	1.12	1.00	1.17	1.04	1.24	1.25
能值密度 $ED/10^{12} \text{ sej} \cdot \text{m}^{-2}$	U/area	4.70	6.06	8.64	10.1	10.8	11.6	11.7
能值生产率 Y/U	Y/U	1.50	1.31	1.19	1.32	1.24	1.18	1.22
本地影响率 LER	LC/U	0.28	0.24	0.24	0.22	0.23	0.21	0.18
环境经济价值与能值价值之比 EEV/U	$(MV + ESV)/U$	2.53	1.69	1.32	1.19	1.01	1.01	0.91

3.1 能值流量分析

由表 1 可知, 22 年来, 顺德农业占地面积小幅递减, 到 2000 年时降至 1978 年的 74.4%。系统的反馈能值投入量虽然在 90 年代中后期有所下降, 但就 22 年来的整体而言呈上升趋势。可再生资源能值反馈投入量最高时达 1978 年的 4.08 倍, 尔后稍有下降, 至 2000 年仍达到 1978 年的 3.95 倍; 不可再生资源能值反馈投入量在 1992 年达到最高, 至 2000 年降为 1978 年的 1.40 倍。可再生资源能值反馈投入的增长率明显高于不可再生资源反馈能值的增长率。系统能值使用总量持续上升, 至 1992 年达到最大, 尔后有所下降, 到 2000 年时降至 1978 年的 1.85 倍。22 年中, 农业系统产出的直接市场价值 (MV) 始终低于成本价值 (U), 并未显示出明显的变化趋势, 表明当前的市场价值评价与能值评价相比缺失了部分价值的评估, 且市场价值的主观波动性使其难以在 20 年的时间内准确地反映系统产出的真实价值。鱼塘面积的增加使农业生态系统间接服务价值在农业用地面积总体缩减的情况下持续上升, 到 2000 年增加至 1978 年的 1.21 倍。虽然顺德人口不断增加, 人均生活消耗农产品能值量不断提高, 但农业生态系统产出中的本地直接利用量呈波动下降趋势, 这主要是蔗糖种植和加工业的萎缩及塘鱼水产品的高外向性结果。

将表 1 中的能值流数据代入能值评价指标的计算公式, 即可得到表 2 中的能值评价指标动态值。

3.2 能值密度 (ED)

由表 2 可知, 改革开放 22 年间, 顺德农业生态系统单位面积的能值使用强度逐年增加, 至 2000 年时增长了 1.49 倍, 表明了系统利用强度和集约化水平的不断提高。

3.3 环境负载率 (ELR)

系统的环境负载率在 20 世纪 80 年代有所增加, 而在 90 年代直线下降, 至 2000 年仅为 1978 年的 0.394 倍, 究其原因与水网基塘面积的增加及其集约化水平的提高有关。80 年代的顺德农业处于机械化程度不断提高的过程, 90 年代的农业发展则向提高种养密度、复养指数和品种质量等方面转移, 如挖深鱼塘, 进行多水深

层次、多鱼种, 甚至是多季次的混合型养殖, 提高塘鱼产出数量和质量等等, 为国内外水网区高效三高生态农业的发展提供了范例。

3.4 能值产出率 (EYR) 与能值投资率 (EIR)

顺德农业生态系统的能值产出率在 1978 年至 1985 年表现出极小的下降, 在整个 90 年代均为 1.01, 而能值投资率则持续上升至 1978 年水平的 2.56 倍。两指标值的动态变化表明, 系统对于社会经济系统反馈投入的依赖性不断提高; 对本地自然资源条件的利用强度不断提高; 在高人类影响的复合系统投入结构评价方面, 能值投资率比能值产出率具有更高的敏感性。

3.5 能值产出的本地影响率 (LER)

随着农产品产量的提高, 顺德市农业产出中, 供应本地消费的比率持续下降, 越来越多的农业产品通过市场流出顺德。至 2000 年, 系统本地影响率降至 1978 年的 64%, 82% 的农产品直接售出顺德, 系统外向性程度不断提高。90 年代以来, 随着顺德家电等工业行业等劳动密集型工业产业的迅猛发展, 周边地区大量劳动力涌入顺德, 使顺德农产品的本地生活消费量不断提升, 但糖蔗种植和蔗糖加工业的淡出和水产业产出的高外向性则在总体水平上遮盖了这一影响。

在能值产出流的流向分析方面, 假设系统各产品生产效率一致和各产品间不存在复合产品关系, 从而忽略了产出各分支流组分变化的影响, 会给分析结果带来些许偏差, 但不至影响总体趋势, 因为地处典型水网区的顺德农业系统主要农业产出高度集中于塘鱼和生猪两项, 产出多样性不高, 且两者间的确不存在复合产品问题。

3.6 相对能值生产率 (Y/U) 与能值交换率 (EER)

改革开放 22 年中, 顺德农业系统的生产效率始终高出全球平均水平 18% 至 50%, 表明其农产品与同类农业产品相比在国际市场具有明显的价格竞争优势, 但作为资源型产品, 自然环境投入的能值价值并未在当前的市场价值体系中得以体现。除 1978 年外, 顺德农业生态系统产出能值的能值交换率均低于 1, 在交易中处于亏损地位。这一问题的解决仍有赖于人类生态经济价值

观的转变; 同时也表明随着可持续发展战略的不断落实和人类环保意识 and 生态经济观念的不断强化, 顺德农业经济效益有着极大的增长潜力。鉴于顺德已高于 1300 人/km² 的人口密度, 当地人居对于农产品的直接消耗显然不具大的增长潜力。顺德农业生态系统中猪肉和鱼类两项在 2000 年占系统总产出的 96.05%, 但分别只有 2.09% 和 6.48% 的本地消耗率, 因此建议有针对性地增加深加工环节, 在当前市场价值体系下增加产品附加值, 缓解农村劳动力转移压力的同时, 在顺德产业系统层面降低农产品直接外销的交易性损失。

3.7 系统可持续发展能力 (ESI, EISD) 与能值效率 (EBR)

顺德农业系统能值可持续指标 (ESI, 由 (4) 式求得) 在改革开放的前 5 年相对稳定, 之后持续升高至 1978 年的 2.46 倍。缘于能值交换率 (EER) 的持续走低, 系统能值可持续发展指标 (EISD, 由 (5) 式求得) 总体数值低于 ESI, 上升幅度亦小于 ESI 的变化。但新构建的能值效率指标 (EBR, 由 (6) 式求得) 却显示, 系统单位不可再生资源能值消耗所带来的环境经济利润在 22 年中总体上呈波动下降趋势, 1985 年后虽有回升, 但 2000 年的水平仅为 1978 年的 72.67%。

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{R+N+F}{F+N}}{\frac{F}{R}} = \frac{R+N+F}{F+N} \times \frac{R}{F} \quad (4)$$

$$EISD = \frac{EYR \times EER}{ELR} = \frac{\frac{R+N+F}{F+N} \times EER}{\frac{F}{R}} = \frac{R+N+F}{F+N} \times \frac{R}{F} \times EER \quad (5)$$

$$EBR = \frac{MV + ESV}{F+N} = \frac{(R+N+F) \times EER}{F+N} = \frac{R+N+F}{F+N} \times EER \quad (6)$$

从上述公式的变形可知, 假设当前的人类对生态系统服务的环境经济评价是准确的, 且已引入市场, 则在全球尺度上 $EER = EER = 1$, 而 EBR 与 ESI 和 EISD 的差距就在于有没有乘以 R/F 。当我们根据上述公式分析中的差异将 EBR 乘以 R/F , 所得曲线表现出了与 EISD 一致的变化规律 (图 1)。这表明, 是否乘 R/F , 是导致 EBR 的评价与 ESI 和 EISD 的评价出现逆转性结果的原因。 R/F 的引入, 显然是在生态经济成本效益之外突出考虑了人类经济反馈投入成本对可再生资源的开发效率。显然, 系统可持续发展能力的指标评价直接反映了人类在可持续定义中的价值观取向。鉴于任何一个评价指标都只能反映系统某一方面的特性, 而人类的价值观取向本身也是动态发展的过程, 或许我们并不能寄希望于通过构建某一单一的指标来进行系统可持续发展性能这一复合特性的评价, 更多地应将分析精力放到系统能值平衡表的分析上, 可能会更直接和有力地推动能值理论方法和其评价系统的发展。

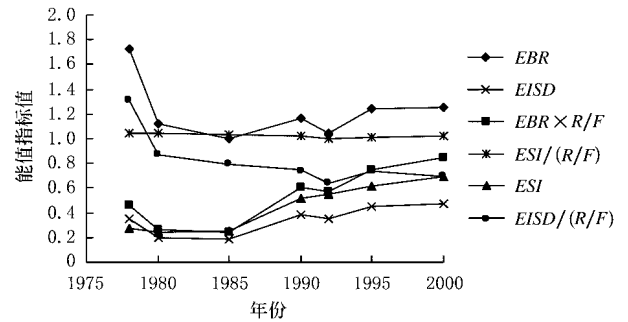


图 1 不同可持续发展评价指标动态比较

Fig 1 Comparison among the dynamics of different energy sustainable development indices

3.8 环境经济价值与能值价值之比 (EEV/U)

22 年中顺德农业生态系统的环境经济价值与能值价值比, 即两种方法价值评价结果的差距由 1978 年的 2.53 倍持续降至 2000 年的 0.91 倍, 其中在 90 年代的最大差距是 1.19 倍。Costaniza 等的环境经济价值评价结果^[8]与能值价值评价结果高度一致, 验证了这两种价值评价方法的可靠性。

4 结论

改革开放 22 年来, 顺德农业生态系统用地面积逐渐减少, 生态系统服务功能随之减少; 集约化水平不断提高, 单位面积能值使用强度不断增加, 对于社会经济反馈投入的依赖性不断提高。系统环境负载率在 90 年代直线下降至 1978 年的 0.39 倍, 而系统生产率则高于全球平均水平 20%, 产出品在市场上具有明显的成本价格竞争力, 为集约化的基塘生态农业发展提供了范例。系统能值总量不断增加, 但资源型产出品能值交换率长期小于 1, 系统表面繁荣的市场交易处于实际的亏损地位。90 年代顺德工业和第三产业的迅猛发展使本地人口流量不断增加, 提高了顺德农业产品的本地消耗量和影响率, 在城市产业系统层面部分地降低了资源性农业直接外销的交易损失, 但并未改变系统初级产品外向性程度的提升趋势, 越来越多的农业资源在初级农产品外销中流失。建议针对猪肉和鱼类这两种主要产品, 增设相应的深加工环节, 缓解农村剩余劳动力矛盾的同时, 降低农产品直接外销的交易性损失, 使顺德人能更多地获得顺德农业系统产出福利。

能值分析方法和 Costaniza 等的环境经济价值评价结果高度一致, 验证了这两种价值评价方法的可靠性。在人为干预的集约化城市农业生态经济系统中, 能值投资率与能值产出率有着更高的敏感性。当单位不可再生资源利用的利润率降低时, 可能出现单位环境压力所带来的系统投资效益反而提高的悖论结果, 表明试图透过单一指标评价系统可持续发展能力这样一个综合性状是极其困难的。鉴于任何一个评价指标都只能反映系统某一方面的特性, 可能我们并不能寄希望于通过构建某一单一的指标来进行系统可持续发展性能这一复合特性的评价, 更多地应将分析精力放到系统能值平衡表

的分析上可能会更直接和有力地推动能值理论方法和其评价系统的发展。能值分析方法对于生态经济系统的可持续发展分析有着很强的适用性,且与其他经济学和环境经济学方法有着良好的兼容性,但在具体指标体系选择与构建及产出端分支的量化上尚有待进一步完善。

致谢:感谢顺德市国土局马锦文先生及顺德市统计局、农业局、建设局、经贸局等有关部门和同志在案例数据采集和调查中所给予的大力支持。

[参 考 文 献]

- [1] 刘立勇. 农业产业化与城镇化的关系[J]. 长江建设, 2003, 5: 36- 38
- [2] 沈山, 郭黎霞, 林炳耀. 农村城镇化与农业产业化的协同发展模式及区域发展策略[J]. 徐州师范大学学报(哲学社会科学版), 2004, 30(3): 132- 136
- [3] 高全成. 农村城市化与农业产业化互动共进是解决我国“三农”问题的有效途径[J]. 经济界, 2002, 6: 85
- [4] Odum H T. Environmental accounting—emergy and environmental decision making[M]. New York: John Wiley & Sons, 1996: 20- 50
- [5] Bastionani S, Marchettini N, Panzieri M, et al. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy) [J]. J Clean Prod, 2001, 9: 365- 373
- [6] Lagerberg C. Emergy analysis of tomato production systems[A]. In: Brown M T. Emergy synthesis: theory and application of the emergy methodology [M]. Gainesville: The center for environmental policy, 2000: 101- 106
- [7] An S Q, Bao H S, Zong C J. Studies of emergy flow in a

compound agro-ecosystem in Taihu Lake area, Jiangsu province, China[J]. Ecological Engineering, 1998, 11: 303 - 313

- [8] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253- 260
- [9] U r i N D, A t w o o d J D, S a n a b r i a J. An evaluation of the environmental costs and benefits of conservation tillage [J]. Environ Impact Assess Rev, 1998, 18: 521- 550
- [10] 陈烈, 刘复友, 乔森, 等. 中国发达地区顺德市域可持续发展研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 2002: 84- 91
- [11] Lu H F, Lan S F, Chen F P, et al. Emergy study on Dike-Pond eco-agricultural engineering modes[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(5): 145- 150
- [12] Brown M T, Ulgiate S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation [J]. Ecological Engineering, 1997, (9): 51- 69
- [13] Lu H F, Lan S F, Li L, et al. New emergy indices for sustainable development [J]. Journal of Environmental Sciences, 2003, 15(4): 562- 569
- [14] 隋春花. 广州城市生态系统能值分析研究[D]. 华南农业大学, 1999
- [15] 沈善瑞. 三水市农业生态经济系统能值分析[D]. 华南农业大学, 2001
- [16] Campbell D E, Brandt-Williams S L, Meisch M E A. Environmental accounting using emergy: Evaluation of the State of West Virginia [R]. EPA/600/R-02/011. USEPA, Office of Research and Development, Washington, DC. 2005, 116

Emergy based ecological economic dynamics of Shunde agriculture system

Lu Hongfang¹, Chen Lie², Lin Yongbiao¹, Chen Feipeng³, Peng Shaolin^{1,4}

(1 South China Botany Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2 Planning Design and Research Institute, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 3 Life Sciences Department, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 4 Life Sciences Department, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on emergy theory and method combining with environment economic methods, the ecological economic dynamics of Shunde agriculture system from 1978 to 2000 was synthesized from two aspects of natural donor and human utility value. A new calculation method was presented to deal with emergy balance between input and output, and accordingly two new emergy indices, named Local Effect Ratio (LER) and Emergy Benefit Ratio (EBR) were put forward. The results show that although Shunde agriculture system has higher productivity compared with general productivity of the world, its assessed output through export with emergy exchange ratio lower than 1. Further dealing processes for pork and fish were suggested to set up. Emergy synthesis get almost the same evaluation results with environmental economic evaluation, and has high potential to combining with environmental economic evaluation methods, but there is still something that should be done on indices selection and output branches.

Key words: emergy value; environmental economic value; resources structure; emergy benefit ratio; local effect ratio