

基塘农业生态工程模式的能值评估*

陆宏芳¹ 彭少麟^{1*} 蓝盛芳² 陈飞鹏²

(¹ 中国科学院华南植物研究所, 广州 510650; ² 华南农业大学生物技术学院, 广州 510642)

【摘要】 应用能值分析方法及最新推出的评价系统可持续发展能力的能值指标(EISD), 分别对珠江三角洲三水市的3种基塘农业生态工程模式进行了系统层和子系统层的能值比较研究. 结果表明, 模式Ⅲ的可持续发展性能最强, 其EISD比模式Ⅰ、Ⅱ分别高出58.3%和29.7%; 种植业子系统经济效益好, 但环境压力大, 是模式内可持续发展性最差的子系统; 畜牧业子系统生产环效果不佳, 但增益环效果明显; 渔业子系统经济效益好, 环境压力小, 是系统内可持续发展性最强的子系统, 引入翘嘴鲈的生态经济边际效益显著.

关键词 基塘模式 农业生态工程 能值 可持续发展能力

文章编号 1001-9332(2003)10-1622-05 **中图分类号** X32.02 **文献标识码** A

Energy value evaluation of dike-pond agro-ecological engineering modes. LU Hongfang¹, PENG Shaolin¹, LAN Shengfang², CHEN Feipeng² (¹South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; ²South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(10): 1622~1626.

In this paper, energy value analysis and new energy index for sustainable development (EISD) were used to evaluate three different dike-pond agro-ecological engineering modes in Sanshui city of Pearl River Delta in system and subsystem levels. The result showed that mode III was the best in its sustainable development ability. The EISD of mode III was 58.3% and 29.7% higher than that of modes I and II. With a higher economic benefit and higher environmental loading, the planting subsystem had the lowest sustainability. Although the economic benefit of stock raising subsystem was not high, its indirect benefit was higher. With a higher economic benefit and a lower environmental loading, fishing subsystem had the highest sustainability.

Key words Dike-pond modes, Agro-ecological engineering, Energy value, Sustainable development ability.

1 引言

基塘农业生态工程模式始兴于明代, 尤以珠江三角洲地区为早为盛. 在低洼渍水地上发展起来的基塘农业生态工程模式, 具有物质多层利用, 能量转化效率高, 系统稳定性强, 改善种植业环境, 流失少, 污染低等特点^[1,2,5,7~9], 是我国农业生态工程悠久历史的见证, 并以其高经济产出, 低环境危害而受到广大农民的喜爱和国际学术界的高度评价.

瓜菜基鱼塘农业生产模式是在传统基塘农业生产模式的基础上发展而来的, 是改革开放以来广大农民适应市场经济需要的创造, 为珠江三角洲的发展创造了巨大的经济效益和良好的生态效益与社会效益, 是新兴的典型基塘农业生态工程模式, 对它们进行系统地分析研究, 具有重要的理论和实践意义. 本文运用国际新兴能值分析方法, 结合最新推出的评价系统可持续发展能力的能值评价指标(EISD), 对珠三角3种典型的瓜菜基鱼塘农业生态工程模式进行分析评价.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

研究地点选在三水市白坭镇溶尾村的连片基塘区, 位于

23°11'N, 112°52'E, 属亚热带季风气候. 年总日照时数1841.1 h, 太阳辐射总量 $4.55 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$, 年均温21.7℃, 无霜期354 d, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温约7448℃. 年均降雨量1691.6 cm. 4~9月降雨量占全年的80%, 水热同季, 地表径流924 mm^[3].

2.2 研究方法

所选3种模式中模式Ⅰ为黑皮冬瓜-黑皮冬瓜-结球甘蓝-四大家鱼模式, 模式Ⅱ为黑皮冬瓜-黑皮冬瓜-结球甘蓝-猪-四大家鱼模式, 模式Ⅲ为黑皮冬瓜-黑皮冬瓜-结球甘蓝-猪-翘嘴鲈与四大家鱼混养模式. 3种模式在分布上集中连片, 面积分别为0.667、0.76和0.953 hm², 基和塘的面积比为3:7.

生产流程为: 2月初~6月初种植、收获第1批黑皮冬瓜(*Benincasa hispida*), 种植密度为7500株·hm⁻²; 5月下旬进行第2批黑皮冬瓜的20 d育苗, 6月初第1批冬瓜收获后移植、定植, 移植密度为7500株·hm⁻², 9月初收获; 8月下旬进行结球甘蓝(*Brassica oleracea*)育苗, 9月初第2批冬瓜收获后移植、定植, 11月底收获; 鱼塘水深1.5 m, 四大家鱼苗于1999年12月放入, 放养密度为每公顷放入鲢鱼(*Ctenopharyngodon idella*)3000尾、鳙鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)450尾、鳊鱼(*Aristichthys nobilis*)750尾、鲮鱼(*Cirrhina milt-*

* 国家自然科学基金资助项目(30070146, 30170147, 30270282).

** 通讯联系人.

2001-11-07 收稿, 2002-02-26 接受.

torella)45000 尾、鲤鱼(*Cyprinus carpio*)300 尾、鲫鱼(*Carassius auratus*)1 500 尾,其中鳊鱼在 7 月底刮出,同期放入鳊鱼苗 750 尾·hm⁻²,其余鱼种及第 2 批鳊鱼于 12 月初干塘收获。塘基种植冬瓜、冬瓜、甘蓝产出的副产品(瓜藤、残菜)全部入塘养鱼;塘泥 80% 返基,20% 留塘。

在模式 I 的基础上,模式 II 引入养猪环节,猪肉可直接作为商品出售,起到生产环作用,同时猪粪尿全部入塘养鱼,节约了鱼饲料,同时提高了鱼塘产出,具有增益环作用。从每头 12.5 kg 的猪仔购入到每头 100 kg 的成猪出栏,存栏时间为 120 d,养殖密度为 50 头·hm⁻²塘,2 年养 2 批。

模式 III 在模式 II 的基础上,于 7 月份往鱼塘内放入翘嘴鲌,部分地改变了鱼塘的饲料投入结构和成鱼产出结构。翘嘴鲌可作为商品出售,起到生产环作用;同时增加塘泥养分的淤积量,塘泥返基又可作为种植业子系统的有机肥,起到增益环作用。翘嘴鲌放养密度为 4 500 尾·hm⁻²,12 月初与四大家鱼同时干塘收获。

本研究采用了面上调查和定点追踪相结合的选点调查方法。在面上调查的基础上,选定上述 3 种具有典型性且符合生态工程设计原理的瓜菜基鱼塘农业生态工程模式,并选定经营水平中等,且在分布上集中连片的具体生产点,即三水市白坭镇东岸溶尾村的连片基塘区。

本研究以整体论和简化论为理论基础,在系统内子系统层的划分中按产业类型分为种植业、畜牧业和渔业 3 个子系统,采用国际新兴能值分析方法^[4,6]对 3 种模式进行系统层和子系统层的比较研究。在具体的能值评价指标方面,构建出新的指标 EISD(energy index for sustainable development,即 $EYR \times EER/ELR$ = 系统经济产投比/环境负载率),以单位环境压力所带来的社会经济效益来衡量系统的可持续发展能力,进行 3 种模式的可持续发展能值比较研究。

3 结果与讨论

3.1 3 种模式的能值流系统图与投入产出分析

图 1、2 分别为模式 I 和模式 II、III 的能值流系统图解,表 1 为 3 种模式的能值投入产出表。系统可更新自然资源投入包括太阳辐射能、风能、雨水能(化学能及势能)及地球循环能,但在总计时我们只取了其中的最大项,即雨水化学能。这是因为根据能值理论,它们具有共同的能量成本来源,即太阳能和地化循环,如果进行简单的加和,就进行了重复计算。同理,在系统不可更新自然资源的加和计算中,只取了表土层流失能,而系统及各子系统的主产出也因与其副产出具有同样的成本源和相同的能值,因此在产出汇总中应予以归并。

3.2 系统层比较分析

基于表 1 的投入产出数据,图 1、2 的能值流解析,可推算出表 2~5 所示各能值指标,由表 2 可知,

因环境压力大,模式 I 的可持续发展能力最低,其评

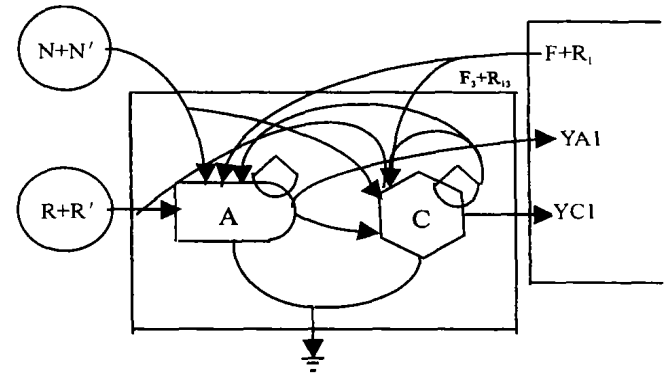


图 1 模式 I 能值流图解

Fig.1 Emergy flow of mode I.

A: 瓜-瓜-菜种植业子系统 Planting subsystem, B: 渔业子系统 Fishery subsystem, C: 经济系统 Economic system, N: 投入塘基的不可更新自然资源能值 Nonrenewable local sources put into dike, N': 投入鱼塘的不可更新自然资源能值 Nonrenewable local sources put into pond, R: 投入塘基的可更新自然资源能值 Renewable local sources put into dike, R': 投入鱼塘的可更新自然资源能值 Renewable local sources put into pond, F: 投入基塘的不可更新购入资源能值 Nonrenewable purchased sources input, R₁: 投入基塘的可更新购入资源能值 Renewable purchased sources input, Y_{A1}: 种植业子系统能值产出 Output of melon and cabbage, Y_{C1}: 渔业子系统能值产出 Output of pond-fish.

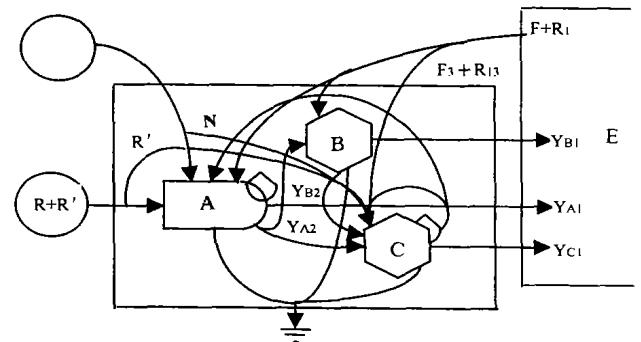


图 2 模式 II、III 能值流图解

Fig.2 Emergy flow of mode II and III.

B: 养猪畜牧业子系统 Pig-breeding subsystem, Y_{A2}: 种植业子系统非经济能值产出 Output of melon seedlings and waste cabbages, Y_{C2}: 渔业子系统塘泥能值产出 80% of the pond-mud output, Y_{B1}: 畜牧业子系统经济能值产出 Output of pig, Y_{B2}: 畜牧业子系统圈肥能值产出 Output of pig excrement, R₁₃: 投入鱼塘的可更新购入资源能值 Renewable purchased resources put into pond, F₃: 投入鱼塘的不可更新购入资源能值 Nonrenewable purchased resources put into pond.

价系统可持续发展能力的能值指标(EISD)值仅为 0.53。模式 II 环境压力虽小,但能值交换率低,可持续发展能力中等,其 EISD 值为模式 I 的 5.26 倍。模式 III 环境压力低,且能值交换率较高,可持续发展能力最强,其 EISD 值高达模式 I 的 6.83 倍。模式 II、III 在模式 I 的基础上加入养猪环节,所产生的 EISD 边际效益为 $1.75 \times 10^{15} \cdot \text{sej}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。模式 III 在模式 II 的基础上加入翘嘴鲌生产、增益环,所产生的 EISD 边际效益为 $1.36 \times 10^{14} \cdot \text{sej}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。与畜牧业子系统相比,翘嘴鲌生产(增益环)的引入对于母系统可持续发展性能提高的正面影响作用更为显著。模式 I、II 应向模式 III 的方向加环优化。

表 1 3 种基塘模式的能值投入产出简表

Table 1 Energy input and output of the three modes

序号 项目 No. Item	模式 I Mode I		模式 II Mode II		模式 III Mode III	
	太阳能值 Solar energy (sej)	市场价值 Market value (元)	太阳能值 Solar energy (sej)	市场价值 Market value (元)	太阳能值 Solar energy (sej)	市场价值 Market value (元)
可更新资源投入 Renewable resources input						
1 基上的自然资源投入小计(R) Local resources put into dike (R)	2.58E+14	0	2.94E+14	0	3.69E+14	0
2 塘内的自然资源投入小计(R') Local resources put into pond(R')	6.02E+14	0	6.86E+14	0	8.61E+14	0
3 种植业子系统购入资源小计(R ₁₁) Purchased resources input of crop subsystem (R ₁₁)	7.27E+14	5 267.25	8.24E+14	5 969.55	1.04E+15	7 549.73
4 畜牧业子系统购入资源小计(R ₁₂) Purchased resources input of pig-breeding subsystem (R ₁₂)	0	0	2.46E+17	4 2100	3.10E+17	52 908.75
5 渔业子系统购入资源小计(R ₁₃) Purchased resources input of fishery subsystem (R ₁₃)	3.26E+16	39 301.15	3.68E+16	40 307.6	5.61E+16	56 024.5
不可更新资源投入 Nonrenewable resources input						
1 基上的自然资源投入小计(N) Local resources put into dike (N)	1.49E+13	0	1.69E+13	0	2.12E+13	0
2 塘内的自然资源投入小计(N') Local resources put into pond (N')	3.47E+13	0	3.95E+13	0	4.96E+13	0
3 种植业子系统购入资源小计(F ₁) Purchased resources input of planting subsystem (F ₁)	1.18E+17	3 538.8	1.34E+17	4 010.64	1.69E+17	5 072.28
4 畜牧业子系统购入资源小计(F ₂) Purchased resources input of pig-breeding subsystem (F ₂)	0	0	3.35E+14	1 922.14	4.08E+14	2 331.9
5 渔业子系统购入资源小计(F ₃) Purchased resources input of fishery subsystem (F ₃)	1.30E+15	2 028.22	1.52E+15	2 391.22	3.51E+15	5 257.22
产出 Output						
1 瓜菜 YA ₁ (瓜藤、菜叶 YA ₂) Melon and cabbage YA ₁ (melon seedlings and waste cabbages YA ₂)	2.10E17	22 800	44.35E+17	25 840	5.59E+17	32 680
2 猪肉 YB ₁ (猪粪、尿 YB ₂) Big YB ₁ (pig excrement YB ₂)	0	0	2.46E+17	32 500	3.10E+17	40 950
3 鱼 YC ₁ (塘泥 YC ₂) Fish YC ₁ (pond-mud YC ₂)	1.54E+17	28 147	4.20E+17	41 676	5.42E+17	90 840

$$YA_1 = YA_2 = R + N + R_{11} + F_1 + 4/5 \times YC_2 = R + N + R_{11} + F_1 + 4/5 \times (R' + N' + R_{12} + F_2 + R_{13} + F_3 + R + N + R_{11} + F_1); YB_1 = YB_2 = R_{12} + F_2; YC_1 = YC_2 = R' + N' + YA_2 + YB_2 + R_{13} + F_3 + 1/5 \times (R' + N' + YA_2 + YB_2 + R_{13} + F_3) = N' + R' + (N + R + R_{11} + F_1) + (R_{12} + F_2) + R_{13} + F_3.$$

表 2 3 种模式能值指标比较

Table 2 Comparison of system level's energy indices of the three modes

序号 No.	指标项 Item	模式 I Mode I	模式 II Mode II	模式 III Mode III
1	EYR	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
2	ELR	3.51E+00	4.77E-01	4.70E-01
3	EER	1.85E+00	1.33E+00	1.70E+00
4	EISD	5.30E-01	2.79E+00	3.62E+00
5	ETR	1.08E+06	1.46E+06	1.45E+06
6	△EISD	-	1.57E-15	1.57E-15
7	△EISDF	-	-	1.36E-14

EYR = $Y/(F + R_1) = (N + N' + R + R' + F_1 + F_2 + F_3 + R_{11} + R_{12} + R_{13})/(F_1 + F_2 + F_3 + R_{11} + R_{12} + R_{13})$; ELR = $(N + F + F')/(R + R_1 + R')$ = $(N + N' + F_1 + F_2 + F_3)/(R + R' + R_{11} + R_{12} + R_{13})$; EER = 产品销售额/产品能值 - 货币价值 EER = Money get from exchange/the Em \$ of the output. EYR: 能值产出率 Energy yield ratio; ELR: 环境负载率 Environmental loading ratio; EER: 能值交换率 Energy exchange ratio; EISD: 评价系统可持续发展能力的能值指标 Emergy index for sustainable development; ERT: 系统能值转换率 Emergy transformity; △EISD: 增养猪的 EISD 边际效益 Margining benefit of EISD for pig breeding; EISDE: 混养鱼的 EISD 边际效益 Margining benefit of EISD for fixing fishery. 下同 The same below.

3.3 子系统层对比研究

3.3.1 种植业子系统层比较 由表 3 可知, 经加环反馈后, 由于塘泥这一免费的可更新资源能值投入在总投入中占了极大的比重, 模式 II、III 种植业子系

统能值产出率大幅度提高, 分别为模式 I 的 2.17 倍和 2.22 倍. 模式 II、III 引入畜牧业子系统后所产生的间接反馈作用, 使种植业子系统环境负载率降低了 86%. 翘嘴鲃生产环引入后所产生的直接反馈作用, 又使种植业子系统环境负载率较模式 II 降低了 3%. 由于市场因素, 模式 I 种植业子系统产出的能值交换率最大, 模式 II 略高于模式 III. 综上而得的 EISD 对比表明, 模式 II、III 的畜牧业子系统及翘嘴鲃名优鱼种生产环的直接和间接反馈, 使系统内种植业子系统的可持续发展能力比模式 I 分别提高了 7.0 和 7.2 倍, 尤其是畜牧业子系统的引入, 对种植业子系统可持续能力增强的正面影响很大.

3.3.2 畜牧业子系统层比较 由表 4 可知, 3 种模式在畜牧业子系统层面上具有经营的一致性和研究的可比性. 畜牧业子系统经济能值产出率与其母系统一样近似于 1, 对自然环境及母系统环境的依赖性很低, 基本上完全依赖于人类社会的购入性反馈投入. 由于化肥、农药投入率极低, 畜牧业子系统的 EISD 值远高于母系统和种植业子系统, 表现出强的可持续发展性能.

表3 3种模式种植业子系统能值指标比较

Table 3 Comparison of planting-subsystem's energy indices of the three modes

序号 No.	指标项 Item	模式 I mode I	模式 II mode II	模式 III mode III
1	EYR	2.46E+00	3.93E+00	3.98E+00
2	ELR	6.76E-01	3.38E-01	3.32E-01
3	EER	4.35E-01	2.73E-01	2.69E-01
4	SDEI	1.58E+00	3.17E+00	3.22E+00
5	DMS	18.80%	62.80%	63.50%
6	ETR	1.20E+06	2.62E+06	2.67E+06

DMS:对母系统有机反馈的低赖性 Dependence on mother system.
ELR = $(N + F_1) / (YA_1 - N - F_1)$. 下同 The same below.

表4 3种模式畜牧业子系统能值指标比较

Table 4 Comparison of pig-subsystem's energy indices comparing of the three modes

序号 No.	指标项 Item	模式 II mode II	模式 III mode III
1	EYR	1.00E+00	1.00E+00
2	ELR	1.35E-03	1.31E-03
3	EER	7.38E-01	7.55E-01
4	EISD	5.45E+02	5.75E+02
5	DMS	0.00	0.00
6	ETR	1.97E+06	1.96E+06

与模式 I 相比,模式 II 中由于畜牧业子系统的增益作用,鱼塘人工饲料投放量减少了 40%,同时每公顷增产四大家鱼 350.6 kg,使渔业子系统 EISD 值增加了 2 倍。猪粪尿及养鱼的各项投入经渔业子系统吸收转化后,以塘泥的形式返回塘基种植业子系统,增加了塘基土壤肥力,降低了种植业相对较高的环境压力。虽然因能值交换率相对较低,畜牧业子系统生产环效果不佳,但增益环效果明显,整体生态经济效益良好。未得到母系统及其它子系统组分反馈加强的畜牧业子系统,发生了生态链的断裂问题,可考虑改养名优猪和系统内加环,以提高畜牧业子系统的经济效益和对母系统的依赖性。

3.3.3 渔业子系统层比较 由表 5 可知,渔业子系统接收了来自种植业子系统及畜牧业子系统的大量免费、可更新资源能值投入。3 种模式渔业子系统均对其母系统内部反馈有着很强的依赖性,能值产出率均高于其母系统及另两个子系统,是模式中可持续发展能力最强的子系统。

3 种模式相比,模式 II、III 的经济能值产出率分别为模式 I 的 2.4 和 2.0 倍。畜牧业子系统的引入给模式 II 渔业子系统带来了大量的可更新资源能值投入。翘嘴鲌生产环的引入,提高了渔业子系统的经济效益,虽然使鱼塘石灰等化学药品投入量上升,增加了环境压力,但增加了塘泥养分对塘基种植业子系统的反馈影响。最终,翘嘴鲌生产环的引入从整体上提高了系统的可持续发展性能。

综上所述,模式 II 渔业子系统的可持续发展性

表5 3种模式渔业子系统能值指标比较

Table 5 Comparison of fish-subsystem's energy indices of the three modes

序号 No.	指标项 Item	模式 I mode I	模式 II mode II	模式 III mode III
1	EYR	4.54E+00	1.10E+01	8.62E+00
2	ELR	8.74E-03	3.73E-03	1.33E-02
3	EER	1.02E+00	5.55E-01	9.32E-01
4	EISD	5.31E+02	1.63E+03	6.03E+02
5	DMS	77.50%	90.70%	88.80%
6	ETR	7.73E+06	1.78E+07	1.36E+07

能最强;模式 III 次之;模式 I 最差。模式 III 渔业子系统内引入翘嘴鲌后,由于鱼塘内鱼种配搭不当,致使其渔业子系统环境压力升高。为此,可结合专家系统进一步改进鱼苗放养结构,使名优鱼种在能值交换率上的优势得以正确发挥,全面提高渔业子系统的生态效益、经济效益和社会效益。

4 结 语

4.1 基塘模式是实现农业可持续发展的一大方向

基塘系统(兴盛于明清时代,尤以桑基鱼塘、果基鱼塘等为代表)集种植业、畜牧业、渔业为一体,实现了能物流的良性循环,具有环境影响小,经济效益好,系统稳定性强的突出特点,为我国的农业和经济发展做出了巨大的贡献,是相当成熟的可持续发展农业生态工程模式。

基塘农业生态工程模式是广大农民群众智慧的产物,有着悠久的发展历史和广阔的发展前景。由上述能值分析研究可知,基塘农业模式对气候环境条件的依赖性很小,基本靠人类社会综合反馈运营发展,具有广泛的适用性,是实现农业可持续发展的一大发展方向。我国从北到南已涌现出了北京留民营村、南汇养殖、南京古泉、崇明东风、深圳光明等大量不同类型、不同规模基塘水陆循环模式的先进典型,就是极好的证明。

4.2 农业生产应向面向市场的内部循环方向发展

由上述 3 种基塘模式的比较研究可知,畜牧业生产增益环的引入部分地增强了系统的内部循环特性,甚至在自身经济效益亏损的情况下,仍提高了系统的综合效益。这表明,农业生产应朝着能量分级利用,物质内部循环的方向发展。处于转型期的我国农业生产模式中,普遍存在生态链简化甚至断裂的问题,应引起有关部门和学者的足够重视。

在模式 II 的基础上,引入翘嘴鲌这一名优鱼生产增益环,显著提高了系统的综合效益。在研究中我

他们还发现,没有结合市场需要饲养名优猪是畜牧业子系统经济亏损的主要原因.农业生态-经济系统的复合属性要求其同时兼顾自然和经济双重利益.农业生产是面向人类需求市场的开放性系统,必然受到市场导向的无形推动,应充分运用生态工程学的内部循环原理,结合自身特点,走面向市场的可持续发展道路.

参考文献

- 1 Chen R-J(陈荣均), Luo S-M(骆世明). 1997. Agro-ecosystem models of flatlands in the Suburban of Dongguan. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 16(3): 1~6(in Chinese)
- 2 Environment Bureau of China(中国国家环境保护局). 1995. Modes and Technologies Suitable for Chinese Ecological Agriculture. Beijing: China Environmental Science Press. 81~85(in Chinese)
- 3 Government of Sanshui City(三水市人民政府). 1998. Some Exploring for Agriculture's Modernization. *Country Study* (农村研究), (3): 8~10(in Chinese)
- 4 Lan S-F(蓝盛芳), Qin Pei(钦佩). 2001. Energy analysis of ecosystems. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(1): 129~131(in Chinese).
- 5 Li H-S(黎华寿), Luo S-M(骆世明). 1992. Eco-economical analysis of the chinampa systems in Maoming City. *Rural Ecol Environ* (农村生态环境), (3): 41~45(in Chinese)
- 6 Odum HT. 1996. Environmental Accounting; Energy and Decision Making. New York: John Wiley & Sons.
- 7 Wang D-J(王德建), Xu Q(徐琪), Liu Y-C(刘元昌). 1997. Energy conversion and nutrient cycling in grassdyke-fish pond ecosystem. *Cin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(4): 426~430(in Chinese).
- 8 Zheng Y-H(郑永华), Den G-B(邓国彬), Lu G-M(卢光敏). 1997. Economic benefits of rice-fish-duck complex ecosystem. *Cin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(4): 431~434(in Chinese).
- 9 Zhong G-F(钟功甫), Huang F-X(黄福祥). 1992. Review of the ten-year transforming low-lying land into dyke-pond system in Zhaoqing Municipality. *Trop Geogra* (热带地理), 12(3): 221~227(in Chinese)

作者简介 陆宏芳,女,1976年生,在读博士研究生,主要从事能量生态与生态经济研究,已发表论文5篇..E-mail: luhf@scib.ac.cn.
