

密云库区引流养鱼资源开发模式评估

胡艳霞¹, 周连第^{1,*}, 董孝斌², 李 红¹, 严茂超^{3,4}

(1. 北京市农林科学院农业综合发展研究所, 北京 100097; 2. 北京师范大学资源学院, 北京 100875;
3. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:渔业如同其他生物产业一样, 需要系统内外能量物质的支撑, 将能值理论及经济评估方法结合起来进行综合评估有利于科学决策和管理。密云是北京重要的水源保护地, 合理利用密云库区的河流资源, 关系到库区人民生活水平的提高和密云水库水质的安全。研究对密云水库上游的北庄引流养鱼资源开发模式进行了综合评估, 结果表明, 这一发展模式获利性较好, 能值交换率高达 4.63, 能够通过市场机制获得自身的资源补偿。能值产出率大于 1, 说明此项目在经济上具有可行性; 能值投入率和环境负荷率分别为 5.43 和 5.44, 比较适中, 说明此模式对环境有一定的压力, 但低于农业和畜牧业。可持续指数较低, 仅为 0.22, 说明此模式对外界资源投入的依赖较大, 但高于许多发达国家如日本和意大利。财务效益指标表明, 项目回收期较短, 净现值较高, 财务效益明显。中国是一个河流资源丰富的国家, 此模式对其他地区的渔业发展及河流资源的利用有一定的示范借鉴意义。

关键词:密云库区; 特色渔业养殖; 综合评估

文章编号: 1000-0933(2008)11-5675-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Evaluation of a demonstration fish farm using river water upreach of Miyum Reservoir, Beizhuang district, Beijing

HU Yan-Xia¹, ZHOU Lian-Di^{1,*}, DONG Xiao-Bin³, LI Hong¹, YAN Mao-Chao^{3,4}

1 Institute for Integrated Development of Agriculture, Beijing Academy of Agriculture & Forestry, Beijing 100097, China

2 Institute of Resource, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China

4 Institute of Geographical Science and Natural Resource Researches, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5675 ~ 5683.

Abstract: Aquaculture, like any other biological production system, depends on external and internal sources of energy that may be regarded as renewable and non-renewable. Since an appropriate evaluation of energy flows through ecosystems sheds light on their dynamics and sustainability, the economic evaluation of the aquaculture system under study was paralleled by the application of the emergy method. The latter is an innovative and holistic environmental approach accounting for the direct and indirect solar equivalent energy (hereafter termed “emergy”) supporting ecosystems complexity and production of resources. The fraction of renewable emergy used up in relation to the total emergy supporting the process can be considered as a reliable and comprehensive index of a system’s renewability on the larger scale of the biosphere. Such a quantitative

基金项目: 国家科技部科技攻关资助项目(2004BA617B-1)

收稿日期: 2007-09-24; **修订日期:** 2008-10-22

作者简介: 胡艳霞(1970~), 女, 博士, 副研究员, 主要从事生态经济与区域发展研究. E-mail: husunshine2002@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liandizhou@126.com

致谢: 本研究得到了密云县科委及北庄引流养鱼示范基地的大力支持, 著名国际能值研究专家 Sergio Ulgiati 和 Matthew J. Cohen 对英文摘要进行了润色, 特此致谢。

Foundation item: The project was financially supported by National Key Technology R & D Programme of China (No. 2004BA617B-1)

Received date: 2007-09-24; **Accepted date:** 2008-10-22

Biography: HU Yan-Xia, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in ecological economic. E-mail: husunshine2002@yahoo.com.cn

evaluation of sustainability is capable to support environmentally concerned decision-making according to the Agenda 21 Agreements. The emergy-based synthesis and the economic analysis combined together could provide valuable scientific information to support public policies for joint economic development and environmental protection. In the investigated case of the aquaculture system, incentives and policy measures for appropriate water consumption and decrease of water pollution can be related to emergy accounting results and indicators, in order to allow a transition to more sustainable aquaculture systems. This paper studied a typical fish farm with 3.4 ha occupied by ponds in Beizhuang District, located in the up-reach of Miyun reservoir. Emergy systems diagrams as well as datasheets with matter and emergy inflows were designed in order to calculate emergy indicators of the fish farming performance and sustainability. The emergy indices obtained are as follows: Transformity of produced fish is 1.33×10^6 seJ/J, Renewability is 15.53%, emergy yield ratio is 1.18, emergy investment ratio is 5.43, environmental loading ratio is 5.44, emergy exchange ratio is 4.63, emergy index of sustainability is 0.22. Although these indices revealed some similarity with China conventional agricultural systems, a careful evaluation of data and performance indicators shows that a fish farming system is less dependent on non-renewable resources and its renewability factor is greater than other animal production systems. The results of economic analysis finally indicate that a good environmental performance may also provide acceptable and sustainable economic results.

Key Words: aquaculture; emergy indices; economic analysis; sustainability

可持续发展是一种将生产过程与资源保护、环境质量提高有机结合的发展途径,有利于人类的长远发展^[1]。中国作为发展中国家,有 60% 的人口生活在农村,正面临着资源退化和人口增长的双重挑战,因此,寻求可持续发展的农业生产方式对保证国家食物供应和各类资源充分合理利用是十分必要的。北京是一个严重缺水的城市,密云水库是北京重要的饮用水源,如何在密云水库上游地区选择合理产业发展模式,关系到密云水库的水资源安全,关系到首都经济圈的持续发展,关系到密云上游地区人民生活水平的提高。自从 1999 年取消密云水库网箱养鱼以来,密云水库增大了增流放养的力度,并在国家科技部的支持下在密云上游的北庄开展了引流养鱼设施渔业试验。渔业同其他生物产业一样,需要系统内外的能量物质支撑。为了科学评估这一新型渔业发展模式,需要选择一种适用的评价尺度和方法,研究系统运行的资源基础、生态经济效益及其可持续性,以便于科学管理。

H. T. Odum 创立的能值理论是一种有效地进行生态经济综合评估的理论体系^[2],近 10 多年来,能值分析方法及其应用研究在许多国家或地区发展十分活跃。在国际上,20 世纪 80 年代美国科学基金率先开展能值研究,意大利、瑞典、澳大利亚等于 20 世纪 90 年代迅速开展。我国于 20 世纪 90 年代由留美学者引入,出版了一系列有关能值理论的学术著作^[3~7],并开展了一系列有关国家与地区农业、自然保护区和城市方面的能值分析和理论方法研究^[8~11,13]。我国运用能值理论开展渔业发展模式的综合研究尚未见到系统研究报道。我国是一个河流资源非常丰富的国家,运用能值理论及综合研究方法研究河流资源渔业发展模式具有重要意义。

1 研究材料及方法

1.1 研究区域概况

研究区位于北京密云水库上游北庄乡境内的清水河畔,北纬 $40^{\circ}30'$,东经 $117^{\circ}10'$,地貌为低山丘陵类型,2001 年开始采用引入河流水资源,通过建立完善的水循环系统,采用人工投料的方式实现渔业的高密度养殖,利用微生物治理污水,使养殖用水达标排放(图 1)。示范区现有养殖面积 3.4hm^2 ,平均水深约 1m。根据养殖区的调查,养殖小区具有以下特点:

(1) 养殖小区建立了完善的水循环系统,有利于水资源的多层次利用,保护水质安全

该示范点的养殖用水来源于附近的清水河,为了提高水资源利用效率,设立了多级水池,对流水进行逐级利用,流程图如图 2 所示。流水养殖区主要养殖鲟鱼、虹鳟鱼等对水质要求较高的名优鱼类;溢出水经沉淀处



图1 北庄引流养渔设施渔业模式景观图

Fig. 1 Eco-ecological development case of aquaculture in Beizhuang through ecological engineering connected to river

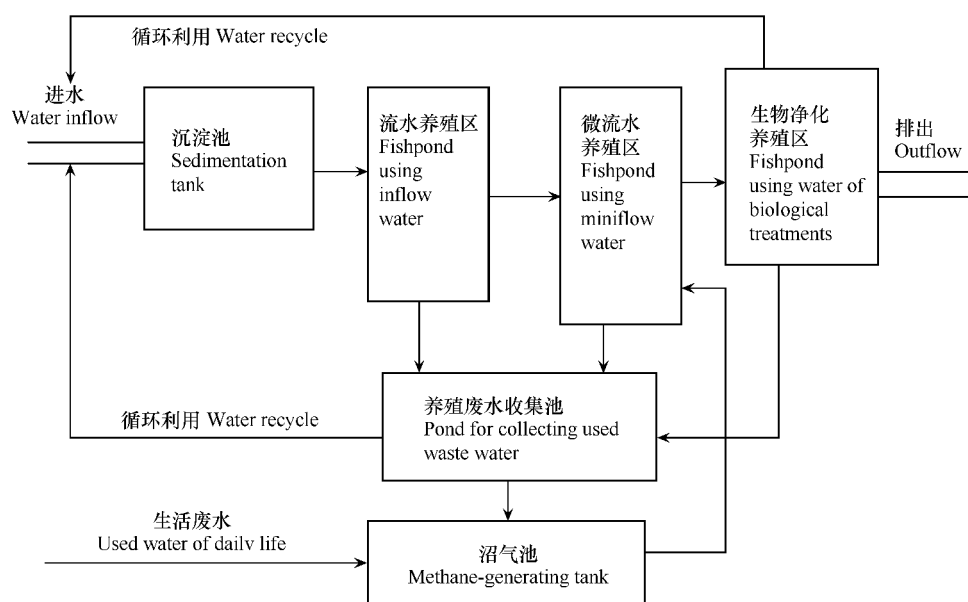


图2 北庄引流养鱼模式流程图

Fig. 2 Technical flow chart of aquaculture in Beizhuang

理后进入微流水养殖区,养殖鲤鱼、草鱼、鲫鱼等常规鱼类;溢出水再次沉淀处理后进入池塘,养殖鲢、鳙等滤食性鱼类,并通过水生植物,减少水体中的浮游生物及氮、磷等无机盐类;池塘下层水在沉淀池经紫外线消毒后进入流水池循环利用或达标排放。

(2) 利用微生物治理污水

养殖排污水及生活废水排入收集池,经沉淀处理后,上清液循环利用,剩余的粪便等污物排入沼气池进行

生物处理,处理后的上清液排入池塘作为鱼饵。每天监测养殖用水的水质,当水中的氨氮、亚硝酸氮、生物耗氧量、化学耗氧量等化学指标超出淡水养殖用水标准时,在水循环系统小加入微生物制剂,进行水质调节。循环系统中定期加注新水。通常 10d 左右养殖用水得到一次循环更新。

(3)在养鱼饲料中加入微生物制剂,饵料利用率较高

在饲料中添加微生物制剂,提高饲料利用率,降低鱼排泄物中的氮、磷含量,从而减小对水体的污染。

(4)项目建设内容及投资

项目建设内容与投资见表 1。

表 1 项目建设内容、投资及效益估算
Table 1 Investment and benefit evaluation of the project

项目 Item	内容 Content	投资(万元) Investment
1 固定资产投资 Fixed capital		110
1.1 土建工程 Construction (Building, ponds, Channel etc)	(1)沉淀池 2 个,200m ² ,2 万元;(2)沼气池 2 个,20 万元;(3)管道安装及改造,6 万元;(4)其他建筑,50 万元	78
1.2 设备购置 Equipment	(1)紫外线消毒设备 2 套,2 万元;(2)微生物发生器 2 套,10 万元;(3)污泥泵 10 台,5 万元;(4)清水泵 10 台,5 万元;(5)水泵 4 台,2 万元;(6)清污车 1 辆,1 万元;(7)增氧机 6 台,2 万元;(8)病害及水质监测设备 2 套,5 万元	32
2 基本运营成本 Basic operation cost		85
2.1 微生物制备 Microbiological production(原料等)	35	35
2.2 水质监测费 Water monitoring(万元/a)	10	10
2.3 技术合作费 Technical cooperation(万元/a)	15	15
2.4 人员及差旅费 Salary and travels budget(万元/a)	10	10
2.5 运费、电费及其他(万元/a) Transportation, electricity and others	15	15
3 生产性流动资金需要量 Productive cost for operation	用于购买饲料、鱼苗费等,10 万元/0.667(m ² ·a),3.4hm ² 成本为 510 万元/a	510
4 产出 Fish yield	优质鱼 10000kg/0.667m ² ,3.4hm ² 水面产渔 510000kg/a,单价 20 元/kg,产值 1020 万元/a	1020

1.2 研究方法 with 主要指标

本研究运用能值理论和财务评价方法对发展模式进行综合评估。能值的定义是:某一流动和贮存的能量包含的另一类型能量的数量^[2]。它是指产生某一资源或劳务的过程中直接或间接消耗的另一种能量类型的多少,通常用太阳能值表示,单位是太阳能焦耳(简称为 sej)。由于能值表示了产品中所包含了直接或间接的某一类型的能量数量,可以衡量真正的财富,表示其对经济的实际贡献,是环境经济综合核算和发展项目综合评估的有力工具。流通领域循环的单位货币能够购买真正财富的数量可以用能值货币比值来表示。

能值转换率(transformity)是一个重要的概念,它表示单位能量的能值含量。与此相关的测度为单位质量的能值(sej/g)和单位货币的能值(sej/\$)。一种物质或资源的太阳能值转换率等于生产单位这种物体或资源所需要的太阳能,其单位是 sej/J。各种类型的能量和日用品的太阳能转换率可从有关研究中得到。

能值评价方法及其在决策中的应用,主要基于热力学和系统生态学原理,现已广泛应用到生态经济综合研究领域。由于货币只用于人类的服务领域,很难对资源环境进行科学定价,所以用货币很难科学地判定环境资源的真实贡献。能值综合分析方法综合考虑了自然因素和经济因素,可用于对各类生态经济系统进行有效研究和评估。财务评估是发展项目综合评估的常规方法,可以作为辅助方法,配合判定发展项目的财务经济效益。

1.2.1 绘制能量系统图,编制能值评估表

通过收集一个完整年度投入产出数据及当地的气象数据,绘制渔业系统能量系统图,如图 3 所示。根据

图示编制能值分析表,列出项目名称、原始数据、能值转换率、太阳能值、能值货币价值和市场价值,分析计算系统可更新资源能值、不可更新资源能值、不可更新工业辅助能、可更新有机能、系统反馈能值和系统产出能值,计算分析选定的能值分析指标。

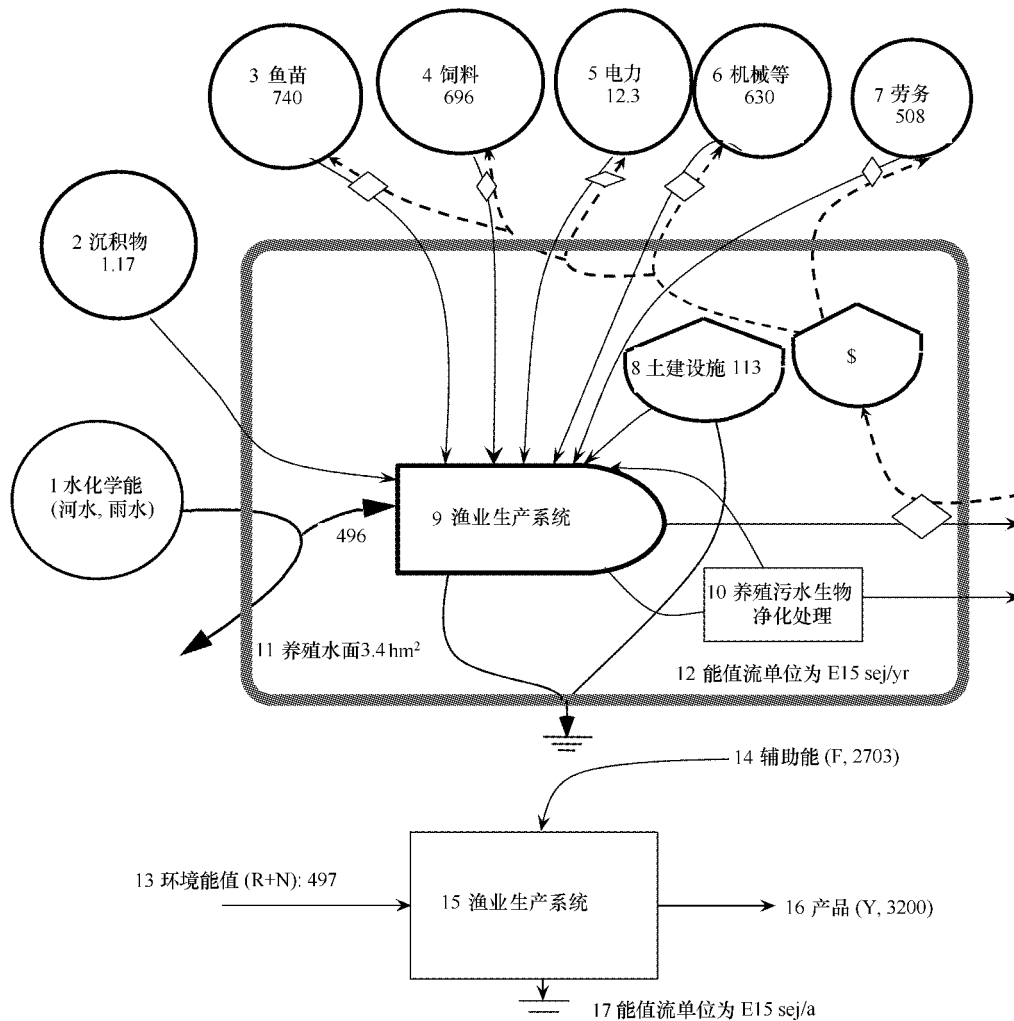


图3 渔业生产系统图解

Fig. 3 Energy flows diagram of aquaculture, Beizhuan, Miyun, Beijing

English notes for Fig. 3: 1. water chemical energy (river inflow, rain); 2. watershed sediment; 3. fingerlings; 4. feeds; 5. electricity; 6. machinery etc; 7. services; 8. construction (ponds, channel etc); 9. fish production system; 10. biological treatment of waste water; 11. fish production area, 3.4 hm²; 12. energy flow unit, E + 15 sej/a; 13. environmental energy; 14. feedback from economy; 15. fish production system; 16. fish yield; 17. energy flow unit, E + 15 sej/a.

1.2.2 主要能值分析指标

- (1) 能值可持续指标 (ESI) = 能值产出率 (EYR) / 环境负荷率 (ELR)
- (2) 渔产品能值转换率 (sej/J) = 总能值用量 (U) / 产品能量 (J)
- (2) 能值投资率 (EIR) = 经济的反馈能值 (F) / 环境的无偿能值 ($R + N$)
- (3) 能值产出率 (EYR) = 系统产出能值 (Y) / 经济反馈能值 (F)
- (4) 环境负荷率 (ELR) = 系统经济投入及不可更新能值总量 ($F + N$) / 可更新资源能值 (R)
- (5) 能值交换率 (EER) = 产品销售收益能值 Y_s (产值 × 能值货币比) / 产品能值 (Y)
- (6) 可更新能值自给率 (ESR) = 环境可更新资源能值 (R) / 总投入能值 (U)

1.2.3 主要财务评价指标

- (1) 动态回收期 考虑贴现情况下的投资回收年限
- (2) 静态回收期 不考虑贴现情况下的投资回收年限
- (3) 静态总收益 项目寿命期内各年收益之和
- (4) 总净现值 考虑贴现情况下的项目总收益
- (5) 收益投资比 总收益与总投资的比值

2 结果与分析

北庄养鱼系统能值流核算数据及相关结果分列于图3及表2。从表2可以看出,鱼产品的能值转换率为 1.33×10^6 sej/J, 低于畜牧产品的能值转换率(牛肉为 6.72×10^6 sej/J, 羊肉为 3.36×10^6 sej/J)^[3], 说明此渔业模式单位能量产出的能值成本较其他肉类产品低, 通过发展渔业是一种更好的解决肉食来源的途径。可更新资源占总能值用量的比率只为 15.53%, 约 84.47% 的能值投入来自于不可更新资源和经济投入, 在化石能源产出下降, 价格上涨的情况下, 较低的可更新资源用量可能面临资源约束的严重问题。能值产出率为 1.18, 大于 1, 说明此项目在经济上具有可行性; 能值投入率为 5.43, 说明此模式对经济资源投入的依赖性较大, 高于中国农业能值投资率的平均值(4.93)^[3]; 环境负荷率为 5.44, 说明此模式对环境有一定的压力, 但低于农业和畜牧业^[14]; 由于此渔业开发模式紧靠北京大市场, 产品在市场上能有一个较高的价格, 此项目的获利性较好, 能值交换率为 4.63, 这说明, 本项目能够通过市场机制获得自身的资源补偿。可持续指数较低, 仅为 0.22, 说明此模式对外界资源投入的依赖较大, 这一值略低于中国农业的平均值(0.27), 但高于一些发达国家农业的平均水平(意大利 0.11, 日本 0.07)^[3]。从表3可以看出, 静态和动态回收期均较短, 且总净现值和静态收益均较高, 说明这一开发模式在财务上也具有可行性。

表2 密云水库上游北庄引流养鱼模式能值核算表(3.4hm²)

Table 2 Emergy Accounting of aquaculture in Beizhuang of the upreach of Miyun Reservoir (3.4hm²)

资源 Resource	数量 Quantity	单位 Unit	能量折算标准 Energy conversion factor	能量物质流动 Energy or material flow	单位 Unit	能值转换率 (sej/单位) Transformity, Sej/Unit	能值(sej) emergy	(%)
可更新资源 R							4.96×10^{17}	15.53
雨水, 化学能 Rain, chemical	0.63	m ³ /(m ² ·a)	4.94×10^6 J/m ³	1.06×10^{11}	J/a	3.06×10^4	3.24×10^{15}	0.10
引入河水量, 化学能 Water from river, chemical	36	m ³ /(m ² ·a)	4.94×10^6 J/m ³	6.05×10^{12}	J/a	8.15×10^4	4.93×10^{17}	15.42
不可更新资源 Non-renewable N							1.17×10^{15}	0.04
来自积水区的沉积物 Watershed sediment	10458.4	kg/a	9.04×10^5 J/kg	9.45×10^9	J/a	1.24×10^5	1.17×10^{15}	0.04
物质 Materials M							2.19×10^{18}	68.59
土建工程投入 Construction(pond and channels etc)	9750	\$/a		9750	\$/a	1.16×10^{13}	1.13×10^{17}	3.54
机械设备 Machinery	4000	\$/a		4000	\$/a	1.16×10^{13}	4.64×10^{16}	1.45
饲料 Feed	612000	kg/a	3.39×10^6 J/kg	2.07×10^{12}	J/a	3.36×10^5	6.96×10^{17}	21.77
鱼苗 Fingerlings	150000	尾/(hm ² ·a)		63750	\$/a	1.16×10^{13}	7.40×10^{17}	23.15
电 electricity	3000	kw·h/(hm ² ·a)	3.60×10^6 J/kg	3.67×10^{10}	J/a	3.36×10^5	1.23×10^{16}	0.39
化石燃料 fossil fuel	230	kg/(hm ² ·a)	4.48×10^7 J/kg	3.50×10^{10}	J/a	1.11×10^5	3.88×10^{15}	0.12
其他物质投入 other products	50000	\$/a		50000	\$/a	1.16×10^{13}	5.80×10^{17}	18.16
劳务投入 Services S	43750	\$/a		43750	\$/a	1.16×10^{13}	5.08×10^{17}	15.89

续表

资源 Resource	数量 Quantity	单位 Unit	能量折算标准 Energy conversion factor	能量物质流动 Energy or material flow	单位 Unit	能值转换率 (sej/单位) Transformity, Sej/Unit	能值(sej) emergy	(%)
鱼产量 fish yield	510000	kg/a	价格 price	2.5	\$/kg			
能量折算标准 energy conversion factor	4.70×10^6	J/kg	总销售额 income, Ys	1275000	\$/a			
能量 energy Ye	2.40×10^{12}	J/a						
产品能值, Product emergy Y	3.19×10^{18}	sej/a						
能值分析结果 Emergy evaluation result			能值指标(emergy indices)					
R	4.96×10^{17}	sej/a	可持续发展指数 (emergy sustainability index, ESI) = EYR/ELR				0.22	
N	1.17×10^{15}	sej/a	能值转换率 transformity(Tr) = Y/Ye			1.33×10^6	sej/J	
I = R + N	4.97×10^{17}	sej/a	能值产出率(emergy yield ratio, EYR) = Y/F				1.18	
M	2.19×10^{18}	sej/a	能值投资率 (emergy investment ratio, EIR) = F/I				5.43	
S	5.08×10^{17}	sej/a	环境负荷率 (environmental loading ratio, ELR) = (F + N)/R				5.44	
F = M + S	2.70×10^{18}	sej/a	可更新资源所占比例 (renewability, R%) = R/U				15.53%	
Y = I + F	3.20×10^{18}	sej/a	能值交换率(emergy exchange ratio, EER) = Ys × 能值货币比(emergy/\$)/Y				4.63	
U	3.20×10^{18}	sej/a						

本研究能值转换率的全球能值基准为 15.83×10^{24} sej/a^[12]; 能值货币比为北京 2004 年的能值货币比^[13]; 人民币与美元汇率按 8:1 计算(2004); 主要能值转换率来自相关文献^[2,3,12,14] Global emergy baseline for this study is 15.83×10^{24} sej/a^[12]; Emergy/\$ is Beijing's emergy/\$ (2004)^[13]; Money exchange ratio of RMB to USD \$ is 8:1 (2004), transformities for this study is from related reference^[2,3,12,14]

表 3 渔业资源开发模式财务评价结果

Table 3 Economic assessment result of the fishery development project

财务评价指标 Financial analysis	分析结果 Result
静态回收期 Static return time (a)	3.66
动态回收期 Dynamic return time (a)	3.94
静态总收益 Net static income (万元)	3216
总净现值(贴现率 10%) Total net present value(10% discount rate)(万元)	1631
静态净收益/固定资产投资比 Net static income/Fixed Capital	29.24

计算过程见附表 Computation process attached in annex table

中国是一个农业大国,设施农业发展水平较低,许多资源的生态经济效益和社会效益未能得到充分发挥,北庄引流养鱼河流资源开发模式对带动我国相关地方的资源开发具有示范价值,在提供丰富的经济产品,获得明显的经济效益的同时,即可促进农业劳动力的就业,又可在生产过程控制污染物,符合可持续发展战略的要求。北庄引流养鱼模式是一示范项目,投入相对较大,在今后实施的过程中还可进一步优化完善。

3 结论

3.1 农业生产对不可再生资源及经济投入的依赖性较大,北庄引流养鱼系统也是如此,但与畜牧业养殖业系统相比,此模式对不可更新资源的依赖度相对较低。尽管对环境系统有一定的压力,但与发达国家的农业生产对的压力水平相比,不算太高。

3.2 这一资源开发模式能够通过市场机制获得自身的资源补偿。能值投入率和环境负荷率偏高,但仍在可以接受的范围内,发达国家许多农业系统这两项指标常在 10 左右,这说明发达国家工业反补农业水平高于

我国。

3.3 从财务评价结果看,财务效益也较好,因此,此模式在北京地区有较强的获利性,具有推广价值,但其对不可再生资源的依赖性较大,需要进一步完善,以减少对环境的压力。建议适度降低产量,这样饲料等资源的投入也会减少,系统的能值投入率、环境负荷率会有所降低,可持续发展指数均有所提高,更有利于环境保护和可持续发展。

3.4 引流养鱼苗模式通过多层次循环用水及生物净化比密云水库的网箱养鱼模式对水质的影响大大减少了,生态效益明显。通过对养殖污水的综合净化处理,能做到达标排放,是生态效益和经济效益均较明显的发展模式。

References:

- [1] World Commission on Environment and Development(WCED). Our common future. New York;Oxford University Press,1987.
- [2] Odum H T. Environmental Accounting;Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley and Sons, New York,1996.
- [3] Lan S F, Qin P, *et al.* Emergy Synthesis of Ecological-economic Systems. Beijing: China Chemical Press ,(2002) 427.
- [4] Odum H T. Energy, Environment and Public. A Guide to the Analysis of Systems. Lan Sheng-Fang translated. Oriental Press, 1992. 272.
- [5] Yan M C. An Introduction to New Ecological Economics — Theories, Methods and its Application. Beijing: China Zhigong Publishing House, 2001.
- [6] Yan M C, Odum H T. New Visual Angle to View Eco-economic Systems: Case studies of Chinese Regional Eco-economic Systems. Beijing: China Zhigong Publishing House, 2001. 300.
- [7] Odum H T, Odum E C. A Prosperous Way Down: Principles and Policies. In: Yan, M. C. and Mao, Zhifeng trans. Beijing: CITIC Publishing House, 2002. 373.
- [8] Dong X B, Sergio Ulgiati, Yan M C, Gao W S,Progress, influence and perspectives of emergy theories in China, in support of environmentally sound economic development and equitable trade, Energy Policy, 2008, 36(3): 1019—1028.
- [9] Dong X B, Sergio Ulgiati, Yan M C, Zhang X S, Gao W S. Energy and eEmergy evaluation of bioethanol production from wheat in Henan Province, China,Energy Policy(2008), doi:10.1016/j.enpol.2008.04.027.
- [10] Lu H F, Campbell Daniel E, Li Z A, Ren H. Emergy synthesis of an agro-forest restoration system in lower subtropical China, Ecological Engineering,2006,(27): 175—192.
- [11] Lu H F, Daniel Campbell, Chen J, Qin P, Ren H. Conservation and economic viability of nature reserves: an emergy evaluation of the Yancheng Biosphere Reserve, Biological Conservation, 2007, (139), 415—438.
- [12] Odum H T, Brown M T. Sherry Brandt-williams,Handbook of Emergy Evaluation-A Compendium of data for emergy computation issued in a series of folios,Center for Environment Policy, UFL,USA, 2000.
- [13] Jiang M M,Zhou J B, Chen B, *et al.* Ecological evaluation of Beijing econoy based on emergy indices, Communication Nonlinear SCI Numerical Simulation, 2008, doi:10.1016/j.cnsns.2008.03.021.
- [14] Ortega E, Queiroz J F, Boyd C E, *et al.* Emergy analysis of channel catfish farming in Alabama,USA. In: M. T. Brown ed. Emergy synthesis: Theory and applications of the emergy methodology. Proceedings of first biennial emergy research conference,2004.

参考文献:

- [3] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳.生态经济系统的能值分析.北京:化学工业出版社,2002.
- [4] Odum H T 著.蓝盛芳译.能量、环境与经济——系统分析引导.东方出版社,1992.
- [5] 严茂超.生态经济学新论——理论、方法与应用.北京:中国致公出版社,2001.
- [7] Odum H T 著.严茂超,毛志锋译.繁荣地走向衰退:原理与对策.北京:中信出版社,2002.

附表 北庄引流养鱼特色生态经济模式项目现金流量表

Annex Table Cash flow of eco-economic project of aquaculture in Beizhuang

项目 Item	时间 Time (a)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
一、现金流入合计 Total cash inflow	0	0	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1541

续表

项目 Item	时间 Time(a)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 产品收入 Product income	0	0	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
2 回收固定资产残值, Left fixed capital value received	0									11
3 回收流动资金 Operation funding received	0									510
二、现金流出合计 Total cash outflow	110	595	595	595	595	595	595	595	595	595
1 固定资产投资 Fixed Capital	110									
2 基本运营成本 Basic operation cost	0	85	85	85	85	85	85	85	85	85
3 生产性流动资金 Productive operation cost	0	510	510	510	510	510	510	510	510	510
三、净现金流量 Net cash flow	-110	-595	425	425	425	425	425	425	425	946
四、累计净现金流量 Accumulated cash flow	-110	-705	-280	145	570	995	1420	1845	2270	3216
五、净现值(贴现率 10%) Net Present Value(NPV) (10% discount)	-110	-540.909	351.2397	319.3088	290.2807	263.8916	239.9014	218.0922	198.2656	401.1963
六、累计净现值(贴现率 10%) Accumulated NPV(10% discount)	-110	-650.909	-299.669	19.63937	309.9201	573.8116	813.7131	1031.805	1230.071	1631.267
财务评价指标 Financial analysis indices										
静态回收期(a) Static return time	3.66									
动态回收期(a) Dynamic return time	3.94									
静态总收益(万元) Total static income	3216									
总净现值(贴现率 10%)(万元) Total NPV(10% discount rate)	1631									
静态净收益/固定资产投资比 Ratio of static income to fixed capital	29.24									