

以沼气工程为纽带的生态农业工程模式及其效益分析

叶旭君 王兆骞 李全胜
(浙江大学)

摘 要: 以杭州市浮山综合生态场为例,介绍了以沼气工程为纽带的生态农业工程模式。分析了该场沼气工程的设计和系统结构及各组分之间的相互关系,以及 1983~1993 年该场社会、经济和生态效益的演变过程。结果表明,以沼气工程为纽带的生态农业工程模式,能实现资源的多层次利用,改善生态环境,取得显著的生态、经济和社会效益。

关键词: 沼气工程; 生态农业; 生态农业工程模式; 效益分析

众所周知,生态农业建设已成为我国农业可持续发展的有效途径和必然选择^[1,2],而生态农业工程模式是生态农业建设的核心内容和具体体现^[3]。随着生态农业建设在全国范围内的不断深入,各地已经涌现出多种多样因地制宜的生态农业工程模式。在众多的生态农业工程模式中,以沼气工程为纽带,结合农牧生产的资源综合利用和能源建设工程模式是其中应用广泛、生态经济效益显著的重要模式类型之一^[3]。文章以杭州市浮山综合生态场为例,介绍这类生态农业工程模式的设计方法及其系统结构的合理性,并对其综合功能效益进行了分析,为这类生态农业工程模式的推广应用提供了参考依据。

1 杭州市浮山综合生态场的发展过程

浮山综合生态场位于杭州市西南的西湖区转塘镇浮山村(29°12'N, 120°44'E),距市中心 20 km。浮山村全村 224 户农户,754 人,耕地面积 48147 hm²,全村以农业生产为主。

历史上该村以粮食生产为主,复种方式主要是麦2稻2稻,经营少量茶山和疏林山,1985 年开始发展蔬菜生产。养殖业在该村有一定的基础,有家庭饲养鸡鸭和生猪的习惯,但由于受技术、资金、饲料、苗种及市场等因素的制约,发展缓慢。1983 年,在市政府政策的支持下,考虑该村历史上形成的养殖业传统,经研究决定以发展养殖业来带动全村经济发展。至

1985 年,苗禽孵化、蛋鸡饲养、种鸡饲养等新项目建成投产。随着养殖场自身资金的逐步积累,新项目逐年增加,如蛋鸭、种鸭、种鹅、鲜鱼、甲鱼养殖和饲料生产,养殖规模不断扩大。为解决随之而来的大量畜禽粪便所造成的环境恶化问题,1988 年该场先后建成了日产气总量 700 m³ 的沼气工程,既消除了污染,又制取了能源,实现了生态经济良性循环。

2 浮山综合生态场的沼气工程设计

浮山综合生态场拥有 4 座沼气发酵罐,日产气总量为 700 m³。该场畜禽生产每天排出粪肥 20 t,污水 70 t,为沼气工程提供了充足的原料。在工程的设计中,厌氧反应器是沼气发酵的主体。为促进微生物的厌氧发酵,该工程在建设普通简易沼气池常备的原料预处理池的基础上,增设了酸化池和增温器,以保持较适宜的 pH 值和发酵温度。为防止沼气中硫化物的污染及安全隐患,还增设了气体分离器和脱硫塔,以消除发酵过程中产生的有害硫化物,保证用气安全。同时,为了进一步利用沼气发酵过程中产生的沼液和沼渣,设了沼液沉淀池,用以净化可用作饲料和肥料的沼液,设置的沼渣干化槽和颗粒机,用以加工颗粒饲料和肥料。该沼气工程的工艺流程如图 1 所示。

3 浮山综合生态场的结构分析

浮山综合生态场目前有水稻田 32147 hm²,茶园 4 hm²,蔬菜 13167 hm²,鱼塘 7133 hm²,养殖场年饲养生猪 1115 万头,禽类 1316 万只,种禽 2188 万只,孵化苗禽 38 万只,生产鲜鱼 1015 万 kg,甲鱼

收稿日期: 1999212224

叶旭君, 讲师, 生态学硕士, 杭州市凯旋路 268 号 浙江大学华家池校区农业生态研究所, 310029

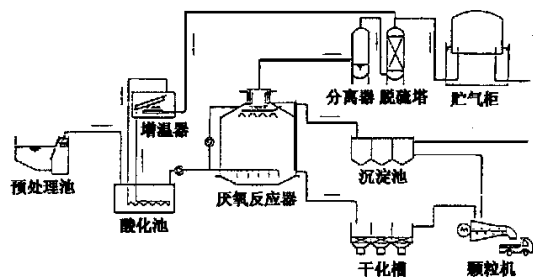


图1 浮山综合生态场沼气工程工艺流程图

Fig 1 Schematic diagram of technological process of the biogas project of Fushan Integrated Ecological Farm
2 250 kg, 饲料 8 500 t, 产沼气 2514 万 m^3 。

由于鸡粪富含蛋白质、脂肪和其它营养物质, 营养价值比猪粪高, 经沼气发酵后产生的沼液和沼渣可用作生猪和鱼的饲料。因此, 建成了以养鸡场排出的粪便为原料日产气总量为 $200 m^3$ 的两座沼气发酵罐, 另两座日产气总量为 $500 m^3$ 的沼气发酵罐以养猪场排出的粪便为原料。生产的沼气用作村民日常生活燃料, 并用于综合生态场内苗禽孵化、鸡舍增温、茶叶炒制和莼菜加工等主要能源。以鸡粪为原料产生的沼液和沼渣, 分别经沉淀和颗粒加工用作生猪和养鱼的饲料。以猪粪为原料的沼液用作农作物有机肥料, 沼渣加工成再生饲料和颗粒有机肥料, 化害为利, 变废为宝。从而建成以沼气工程为纽带的生态良性循环。其系统结构及各组分之间的相互关系如图 2 所示。

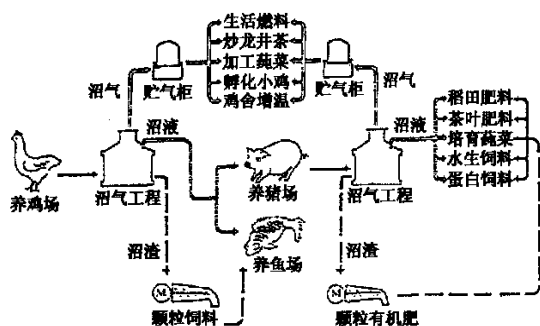


图2 浮山综合生态场的系统结构和各组分之间相互关系

Fig 2 System structure and relationships among the components of Fushan Integrated Ecological Farm

4 浮山综合生态场的功能效益分析

浮山综合生态场通过以沼气工程为纽带, 使系统各组分实现资源互补, 畜禽粪便资源得到了多层次利用, 既制取了燃料、再生饲料和优质有机肥料,

又净化了环境, 取得了显著的社会、经济和生态效益。

4.1.1 社会效益分析

浮山综合生态场的建设, 为社会提供了大量农副产品, 丰富了杭州居民的菜篮子。1983~1993 年间, 该场共出栏肉猪 218 万头, 肉鸡 9612 万只, 生产鲜鸡蛋 31418 万 kg, 鸭蛋 30517 万 kg, 鲜鱼 80 万 kg, 甲鱼 3 700 kg, 以及茶叶、葡萄等产品。在直接向市场提供禽畜产品的同时, 还为社会提供饲料 7 300 t, 苗禽 100 万只, 为周边地区的养殖业发展提供了良好的服务。该场 1983~1993 年间的生产发展轨迹如图 3 所示。

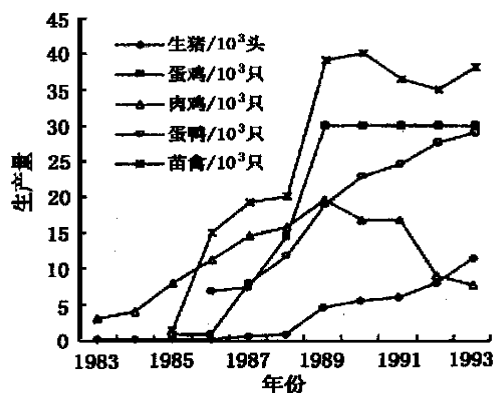


图3 1983~1993 年浮山综合生态场生产发展轨迹

Fig 3 Productive development process of Fushan Integrated Ecological Farm during 1983~1993

由图 3 可见, 浮山综合生态场在 1985 年新项目建成之前, 养殖畜禽种类仅有肉猪和肉鸡两种, 且生产规模较小。新项目建成之后, 养殖畜禽种类逐年增加, 并且生产规模不断扩大。尤其是 1988 年沼气工程建成后, 解决了因养殖规模扩大带来的环境恶化问题, 生产规模显著上升。

该场的沼气工程日产沼气 $700 m^3$, 年产 2514 万 m^3 , 据统计, 平均每年节约用煤 500 t, 节电 4 万 $kW \cdot h$ 。沼液用于养鱼, 每年节约饲料 215 万 kg, 作为饲料添加剂用于喂猪, 每头猪可以节约饲料 25 kg, 降低成本 20 元。沼渣作为再生饲料和有机肥料, 每年节约饲料和肥料总计约 120 t。

同时, 随着生产规模的不断扩大, 浮山综合生态场吸纳本村的劳动力逐年增加。1983~1993 年, 浮山村全村劳动力总数变化不大, 但从事养殖业劳动力逐年增加, 平均每年递增 2016%, 使劳动力资源得到了充分利用, 吸收了由于种植业结构调整和乡镇企业调整所带来的富余劳动力, 优化了劳动力结

构, 解决了部分社会劳动力的就业问题。

412 经济效益分析

沼气工程的经济效益主要体现在它对全经济效益的带动上, 由图 4 可见, 1983~ 1993 年, 浮山综合生态场的经济效益逐年增加。1988 年为建设 700 m³ 的沼气工程, 该场广泛依靠社会力量筹集资金投入 20 万元, 但仅过 1 年, 所有沼气工程的建设资金全部收回, 并取得 6413 万元的纯利润, 为随后几年生态场的规模扩大、生产项目的调整及新项目的引进奠定了基础。从图 4 还可看出, 1988 年沼气工程建成以前, 该场经济效益虽有增长, 但增长速度缓慢。沼气工程建成后, 该场经济效益增长速度加快, 尤其是 1991~ 1993 年间, 通过调整生产项目, 适当减少市场渐趋饱和的肉鸡生产, 增加引进市场看好的种鹅、种鸭和特种水产甲鱼的生产项目, 该场经济效益增长速度显著增加, 1993 年的产值和利润比 1991 年分别增长 190146% 和 55185%。

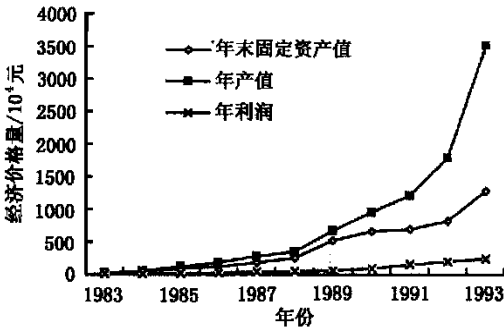


图 4 1983~ 1993 年浮山综合生态场经济发展轨迹

Fig 4 Economic development process of Fushan Integrated Ecological Farm during 1983~ 1993

10 年间, 该场固定资产从 2218 万元增加到 1 285 万元, 年产值从 24136 万元增加到 3 52211 万元, 年利润从 5102 万元增加到 24112 万元。从经济投入产出来看, 该场经济投入产出比在 1107~ 1126 之间变化, 差异不甚显著。但从为本村富余劳动力提供的就业机会逐年增加(劳动力工资计入成本)和固定资产的不断增值来考虑, 该场的经济效益是显著的, 呈良好的运行态势。该场经济效益增长速度加快, 一方面是由于沼气工程消除了环境恶化, 使生产规模扩大而带来的规模效益, 另一方面是沼气工程使畜禽粪便得到了多级利用, 节约了大量的饲料成本投入, 进而提高了经济效益。

413 生态效益分析

浮山综合生态场以养殖业为基础, 沼气工程为纽带, 多层次综合利用资源, 改善农村生态环境, 变废为宝, 化害为益, 取得了显著的生态效益, 并大大加快了浮山村生态农业的建设步伐。

沼液作为浮山综合生态场沼气工程的副产品, 除用于养鱼、喂猪外, 还是种植业的良好肥源。粮食作物生产性试验表明(表 1), 施用沼液作为肥源, 1988~ 1991 年, 单位农田化肥施用量从 2 310 kgöhm² 降低到 675 kgöhm², 减少了 7018%, 而粮食作物单产从 10 875 kgöhm² 增加到 14 430 kgöhm², 增长了 3217%。由此可见, 沼液不仅可代替部分化肥, 而且还可提高作物产量。这对于改变目前普遍存在的因过量施用化肥而导致肥效降低的状况, 具有十分重要的意义。

表 1 施用沼液对农田化肥用量和粮食产量的影响

Tab 1 Effects of biogas liquid application on the amount of chemical fertilizer application and grain yield in fields

	1988	1989	1990	1991
化肥用量ökg · hm ⁻²	2 310	1 800	1 470	675
比 1988 用量增减ö%	-	- 2211	- 3614	- 7018
粮食单产ökg · hm ⁻²	10 875	12 285	13 695	14 430
比 1988 年单产增减ö%	-	+ 1310	+ 2519	+ 3217

不仅如此, 沼液的施用还明显地改善了农田土壤结构, 提高了土壤肥力(表 2), 形成了养分的良性循环, 从根本上保证了土地资源的永续利用。由表 2 可见, 连续 4 年施用沼液的农田土壤有机质、全 N、速效 N、速效 P 和速效 K 的含量分别比施用化肥的高 1160%、01116%、122 × 10⁻⁶、171 × 10⁻⁶ 和 43 × 10⁻⁶, 土壤密度下降 0118 göcm³, 而孔隙度提高了 917%。这与目前生产中普遍存在的土壤结构破坏, 地力下降的情况形成了明显对比, 表明施用沼液可以明显改善农田土壤结构和肥力状况。

由于沼液和沼渣作为有机肥料施用, 减少了化肥的施用量, 大大减轻了现代常规农业因越来越依靠大量化肥投入而造成的环境污染。另一方面, 沼气工程的建设, 使畜禽粪便通过地下粪道进入沼气池, 经厌氧发酵后, 杀灭了寄生虫和病原菌, 防止了疾病的交叉感染, 消除了对周围环境的污染, 从而保证了良好的生态环境。

表 2 连续 4 年施用沼液和化肥对农田土壤肥力和结构状况的影响比较

Tab 2 Comparison of the effects of biogas liquid and chemical fertilizer applied into fields for 4 successive years on soil fertility and structure

处理	有机质 $\delta\%$	全 N $\delta\%$	速效 N $\delta\times 10^{-6}$	速效 P $\delta\times 10^{-6}$	速效 K $\delta\times 10^{-6}$	密度 $\delta\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	孔隙度 $\delta\%$
施用沼液试验区	4177	01315	329	196	115	1124	5614
施用化肥对照区	3117	01199	207	25	72	1142	4617

5 结 语

以沼气工程为纽带, 结合农牧生产的资源综合利用和能源建设工程模式是我国应用广泛、生态经济效益显著的生态农业工程模式类型之一。据统计, 我国是世界上拥有沼气池最多的国家, 仅小型农家沼气池已达到 569 万个^[4]。90 年代以来, 我国沼气利用已经从解决农村居民燃料发展成为现代化生态农业建设的有效途径^[5]。以沼气工程为纽带的浮山综合生态场, 是沼气工程在生态农业建设中成功应用的一例。它以养殖业为基础, 以沼气工程为纽带, 多层次综合利用资源, 改善农村生态环境, 变废为宝, 化害为益, 取得了显著的社会、经济和生态效益。它成功的关键还在于, 综合生态场距离杭州市区较近, 交通便利, 有广阔的产品市场。因此, 发展以沼气工程为纽带生态农业工程模式, 特别是大型的生态

农业工程, 必须因地制宜, 选择适度规模开发应用。

[参 考 文 献]

[1] 全国生态农业建设领导小组办公室 中国生态农业(第 1 版). 北京: 中国农业科技出版社, 1996 337

[2] 陈耀邦主编 可持续发展战略读本(第 1 版). 北京: 中国计划出版社, 1996 359

[3] 李全胜, 叶旭君, 王兆骞 我国中南地区生态农业工程类型及其区域分布特点研究 农业工程学报, 1999, 15 (1): 27~ 32

[4] 邓可蕴, 张鲁江, 贺 亮 中国农村地区能源形势分析 农业工程学报, 1998, 14(2): 19~ 25

[5] Ye Xujun, Wang Zhaoqian Sustainable use and Management of Agricultural Resources through Biogas Engineering Chinese Ecological Agriculture and Intensive Farming Systems Beijing: China Environmental Science Press, 1999 171~ 183

Biogas-Project-Linked Eco-agricultural Engineering Model and Its Benefit Analysis

Ye Xujun Wang Zhaoqian LiQuansheng

(Agronomy Institute, Zhejiang University, Huajiachi Campus, Hangzhou 310029)

Abstract: Taking Fushan Integrated Ecological Farm of Hangzhou City for an example, this paper introduced the biogas-project-linked eco-agricultural engineering model. The design of the biogas project, the system structure and the relationships among the components of the integrated farm, and the development process of its social, economic and ecological benefits during 1983~ 1993 were analyzed. The results indicated that the biogas-project-linked eco-agricultural engineering model could realize the multilevel utilization of resources, improve the ecological environment, and therefore achieve significant social, economic and ecological benefits.

Key words: biogas project; eco-agriculture; eco-agricultural engineering model; benefit analysis