

# 建设农业生态工程 治理与控制湖泊面源污染

卞有生

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

**[摘要]** 文章从生态学角度对湖泊面源污染进行了深入分析, 指出湖泊面源污染的实质是资源利用问题, 并由此提出在湖区及湖泊水源区开展农业生态工程建设, 降低资源消耗, 减少污染物产生, 达到控制和治理湖泊面源污染之目的。介绍了农业生态工程建设的一般程序、主要建设研究内容。最后列举北京市大兴县留民营村农业生态工程建设和胜利油田大型生态农场建设两个典型案例, 具体介绍农业生态工程建设对发展经济、改善环境、减少化肥及农药用量、消除土壤污染、治理与控制面源污染的重要作用。

**[关键词]** 农业生态工程; 面源污染; 化肥; 农药

当前我国湖泊的污染问题已成为继湖面缩小或干枯之后的又一严重威胁。并且随人口的急剧增长、经济活动的加剧, 污染日益严重。而盲目围湖造田和泥砂淤塞, 湖泊水面的缩小, 又使污染更加严重。不仅影响了湖区经济发展, 给湖区人民生活、生活造成巨大损失, 同时也给生态环境带来严重后果。因此保护和治理湖泊环境, 已成为环境保护的一项重要任务。

## 1 湖泊污染的生态学分析

湖泊污染和其它任何污染一样, 其实质是资源利用问题。

按照生态学观点<sup>[1]</sup>, 天然的(或自然的)生态系统中是没有废弃物的, 是没有污染的。随着社会的进步, 人类生产、生活活动的加剧, 资源消费日益增大, 才出现了废弃物, 出现了污染。显然, 湖泊污染是湖区长期以来资源不合理的开发利用、经济无序发展的结果, 是缺乏生态观点的传统发展思想指导下的生产建设、经济开发造成的生态破坏的必然结果。所以湖泊污染治理的根本手段是充分、合理利用自然资源, 降低资源的消费, 减少污染物的形成。

系统分析表明, 湖泊污染是由点源污染和面源污染共同作用而形成的。因此污染的治理也必须从“点”和“面”同时入手。从某种程度上讲, 面源污染影响更大, 污染控制(如农业污染源控制、水土流失与土壤浸蚀的治理)比点源污染更为困难。特别是对减轻湖泊氮、磷污染负荷, 减缓湖泊富营养化的发展, 减少湖泊淤积老化, 更是点源污染治理解决不了的, 必须通过面源污染的治理与控制才能有效地解决。

可持续发展的理论要求, 当代人健康而富有的生活必须与自然相和谐, 当代人的发展不能影响子孙后代, 必须在资源和环境两方面给后代留有充分的余地。按照这一观点, 湖泊区的经济发展决不能超过资源和环境所容许的程度; 资源的消费必须坚持降至最低(对不可再生资源)或不超过其可再生程度(对可再生资源), 以求得生产过程中的资源减量化, 污染减少化。这就是说, 湖泊区的经济发展必须走生态之路, 工业建设实施清洁生产, 农业发展走生态农业、建设农业生态工程之路; 已形成的湖泊面源污染的治理与控制, 必须将污染治理和生态破坏的恢复与重建相结合; 污染治理从资源的利用入手, 生物措施与工程措施相结合; 生态破坏

的恢复与重建必须在湖泊区坚持开展建设农业生态工程，生产建设与环境建设紧密结合。

图1为湖泊面源污染分析及控制对策结构图解。

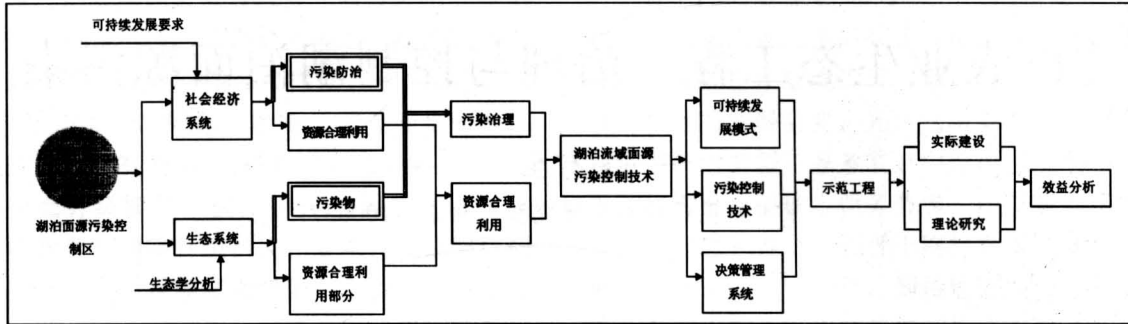


图1 湖泊面源污染分析及控制对策的结构图解

Fig.1 The diagram of analysis and countermeasures to control lake surface source pollution

## 2 建设农业生态工程，减少湖泊的面源污染

### 2.1 农业生态工程的基本原理<sup>[2,3]</sup>

众所周知，生态农业是以近代生态学研究的前沿——生态系统理论为依据而设计的，是在实现农业现代化过程中保证农业持续发展的一种生产方式。农业生态工程作为生态农业建设的重要措施和技术手段，在生态农业的建设和发展中具有十分重要的意义。

农业生态工程巧妙地应用生态学的基本原理(系统各种成分相互协调与补充的整体原理;物质循环不息的再生原理;物质输入与输出的动平衡原理),结合生物措施和工程措施不断提高太阳能的固定率和利用率,不断提高氮气资源转化为高蛋白的效率,因而能以较少的能量和物质投入获取较多的产出,取得良好的经济、社会和环境效益。农业生态工程的实质是农业生物有机体在人工辅助能和外来物质的参与下,运用生物共生、能量多级传递和物质循环再生利用的生态学原理,结合系统工程方法及现代技术手段,建立起来的农业资源高效综合利用的生产方式,是减少农业污染,实现农业可持续发展的技术体系。现代的农业生态工程已不单单是植树、种草、兴修水利、水土流失治理等,而是形成了物质、能量充分利用,多技术组合的复合人工生态系统。其作用意义也远不是单纯为了增加

农业生物学产量,而是涉及到自然资源的充分、合理利用,农业环境保护等问题。因此,农业生态工程技术也是一种资源利用技术,乡村环境保护和污染治理技术。

显然,在湖区及上游水源区开展农业生态工程建设,必将显著地改善地区的农业生产状况,极大地减少生产过程中资源的消费,特别是减少化肥、农药的使用,减低土壤污染,有效地控制和减少面源污染。

### 2.2 典型示范工程建设研究

2.2.1 一般程序 在面源污染区,选择1~2个村庄,作为典型示范工程。在深入调查、研究、分析的基础上,根据可持续发展的要求,以生态学理论为指导,开展农业生态工程建设,通过产业结构调整<sup>[4]</sup>、新能源开发建设利用、农业废弃物的再生利用、绿色食品生产基地建设、节水灌溉工程建设、生物肥料与生物农药的开发利用、病虫害的生物防治与综合防治,从根本上减少化肥、农药的投入和降低能源、水资源的消耗。同时应用系统工程方法,将典型示范与一般污染治理相结合,生态工程建设与治污工程并举,并通过相关的理论研究分析,寻找资源利用的薄弱环节(超量使用与不合理利用)和污染产生的主要环节,及时采取相应的措施,在发展生产、提高经济效益的同时,从根本上减少污染物的排放,达到治理与控制面源污染的目的。典型农业生态工程系统结构框图如图2。

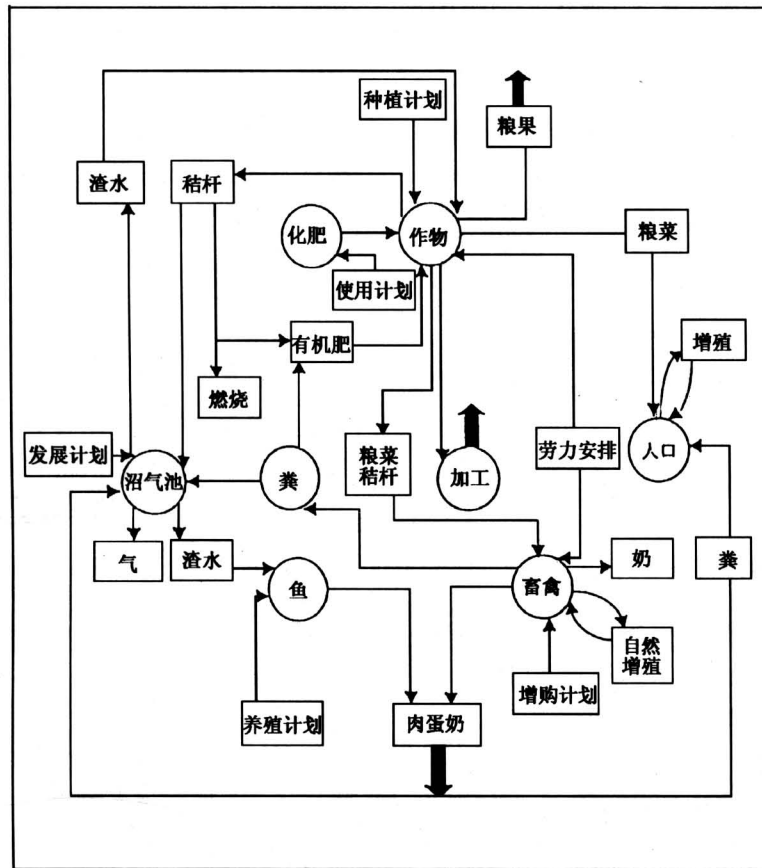


图 2 农业生态工程系统结构框图

Fig.2 The structure diagram of agricultural eco-engineering system

2.2.2 主要研究内容

(1) 通过对试点近 3 年来经济发展现状调查及制约可持续发展因素分析，编制试点的农业生态工程建设规划，建立试点生态经济发展模型，并通过模型的计算与优化，提出产业结构调整和优化方案。

(2) 通过试点村的新能源建设，特别是沼气建设，提供优质有机肥，降低化肥用量，并改善农村环境卫生状况；通过开展农业废弃物的综合利用和多级利用，减少物质投入，减少资源消费，减少污染物的形成。

(3) 通过试点村种植业、养殖业、工副业等生产部门中原料及产品的能量测定，进行生产全过程的能量流分析和能量产投比的计算、分析，寻找生产中的薄弱环节，为产业结构的进一步调整优化，提供理论依据。

(4) 通过试点村生产全过程物质投入产出情况的调查分析，进行生产全过程的物质流分析，特别是生产中氮、磷的产投比分析研究，明确生产中

氮、磷的盈亏情况，为合理利用资源，特别是化肥、农药的使用，控制氮、磷污染提供理论依据。

(5) 通过试点村生产过程中资金投入、产出情况，并通过货币效益分析、非货币效益分析、收入弹性系数、系统稳定性指数，产值优势度的计算、分析、研究，确定全村价值流流向、流量的合理性，提出全村经济发展优化管理模式，为经济、生态环境的可持续发展建立稳固的生态经济学基础。

3 典型案例

3.1 北京市大兴县留民营村的农业生态工程建设<sup>[5]</sup> (建设周期：1982~1986 年)

3.1.1 基本状况 全村耕地 130.47 hm<sup>2</sup>，904 人，劳动力 448 人，农业生态工程建设前，年生产总值 62×10<sup>4</sup> 元，以水稻种植为主，存在的主要问题是：生产结构单一，种植业产值占总产值的 78%；生态系统简单；有机氮、无机氮比例失调，氮素转化率低，每生产 50 kg 粮食耗氮 2.9 kg；化肥使用量过大，平均每公顷耕地用量 2 250 kg 以上；林

业薄弱, 全村森林覆盖率只有 6.1%。

### 3.1.2 采取的主要技术措施

(1) 调整优化产业结构。在保持生产优质大米的同时, 大力发展养殖业、林业和农副产品加工业;

(2) 积极开展农业有机废料综合利用、循环利用, 建立了全村总体型和家庭规模型两种不同的综合利用模式;

(3) 新能源建设。新建 250 m<sup>3</sup> 的大型高温沼气发酵池 1 座, 实行全村集中供气。购置太阳灶 170 个, 太阳能热水器 170 个 (均为每户 1 个), 建太阳能采暖房 38 间;

(4) 开展生物防治、生物农药、配方施肥等技术的应用。

### 3.1.3 主要效益

(1) 经济效益。1988 年全村的工农业总产值  $1\ 140 \times 10^4$  元, 比建设前 1982 年增长 18.4 倍, 1998 年则达到  $1.7 \times 10^8$  元, 比 1982 年增长 226 倍, 人均分配 7 000 元, 是 1982 年的 17.3 倍, 产业结构合理, 生产良性循环基本形成;

(2) 生态环境效益。秸秆还田率由原来的 10% 提高到 100%, 农田土壤有机质含量由 1982 年的 1.2% 上升到 1986 年的 1.8%, 1998 年则达到 2.5%。光能利用率提高了 27%, 能量转换率提高了 34.5%。化肥使用量大幅度下降, 1988 年每公顷耕地用量比 1982 年降低 75%, 1998 年降低了 90%, 农药用量减少了 95%, 极大地降低了土壤污染。全村林木覆盖率由原来的 6.9% 上升 25%, 有效地改善了村庄生态环境。

1986 年留民营被联合国环境规划署评为首批“全球环境保护 500 佳”, 并被命名为“世界生态农业新村”。目前留民营村在可持续发展的道路上继续阔步前进, 各项效益更加显著。

## 3.2 大型农业生态工程——胜利油田生态农场建设<sup>[5]</sup> (建设周期: 1989~1996 年)

3.2.1 基本情况 全场土地总面积 2 107.12 hm<sup>2</sup>, 耕地 860.6 hm<sup>2</sup>, 人口 5 207 人, 劳动力 2 632 人; 存在的主要问题是水资源紧缺, 旱涝等自然灾害严重, 土壤盐碱化、次生盐碱化十分严重, 种植业生产几乎全靠化肥。

### 3.2.2 采取的主要技术措施

(1) 调整产业结构, 降低农业复种指数, 大力

发展饲养业, 特别是草食动物牛、羊生产, 重点发展以农副产品加工为主的生态型工业和以提高经济效益为目的而不形成污染的一般工副业;

(2) 大力开展农业生态工程建设, 包括防洪排涝封闭区及强排站建设; 水库增容工程; 农田喷灌工程; 植树造林, 建设绿色工程;

(3) 发展新能源、建设沼气工程, 兴建 800 m<sup>3</sup> 及 200 m<sup>3</sup> 的高温发酵池两座, 建配套有机肥加工厂一座, 建设太阳能大棚 140 座;

(4) 高新技术的引进、研究与推广应用, 先后引进种植业 (如品种培育、轮作、生物防治、生物农药等), 养殖业 (如配方饲料、饲养技术等) 高新技术 12 项, 有力地促进了农场的建设与发展。

### 3.2.3 主要效益

(1) 经济效益 全场生产总值 1996 年达  $2.54 \times 10^8$  元, 是建设前 1988 年  $1\ 029 \times 10^4$  元的 23 倍, 劳均产值 1996 年达  $8.14 \times 10^4$  元, 是 1988 年的 29 倍;

(2) 生态环境效益 1996 年和建设前的 1988 年相比, 光能利用率提高 1.5 倍, 饲料报酬率提高 2 倍; 化肥用量降低 40%, 农药用量降低 65%, 减少了土壤污染, 特别是生态环境建设, 森林覆盖率由 6.2% 提高到 16.6%; 极大改善了油田地区的环境, 为矿区 (油田) 的生态恢复和保护开辟了道路。

上述案例表明, 农业生态工程建设, 不仅可以大幅度提高经济效益, 同时可以有效地改善生态环境, 特别是可以大幅度降低化肥农药的用量, 减少土地污染。这对于湖泊面源污染的控制与治理具有十分重要的参考价值。

### 参考文献

- [1] E P 奥杜姆. 生态学基础[M]. 孙儒泳译. 北京: 北京人民教育出版社, 1981
- [2] 马世骏, 李松华主编. 中国的农业生态工程[M]. 北京: 科学出版社, 1987
- [3] 卞有生. 中国农业生态工程的理论与实践[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999
- [4] 云正明. 农业生态系统结构研究[J]. 农林生态环境, 1986(1): 44, 1986(2): 43
- [5] 卞有生. 生态农业及实用技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 1998

## Construct Agro-ecological Project, Control and Prevent Surface Source Pollution of Lakes

Bian Yousheng

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

[Abstract] This paper, from the view point of ecology, thoroughly analyses the surface source pollution of lakes, points out the crux of lake surface source pollution is the issue of resource utilization. So that the author suggests that in lake areas and lake water resource regions the construction of agricultural ecological projects should be carried out so as to reduce resource consumption and minimize pollutant discharge thus attain the goal of lake surface source pollution control and prevention. This paper also introduces the general procedures and major construction research contents of the agro-ecological project in Liumingyong Village, Beijing and the large-scale eco-farming construction in Shengli Oil Field, and particularly introduces the significant role of agro-ecological construction project in economic development, environmental improvement, reducing of fertilizer and pesticide consumption, soil pollution elimination, control and prevention of surface source pollution.

[Key words] agro-ecological project; surface source pollution; fertilizer; pesticide

### 中国工程院在京举行 《中国可持续发展水资源战略研究报告集》首发式

[本刊讯] 中国工程院于“世界水日”——3月22日在京举行《中国可持续发展水资源战略研究报告集》(以下简称《报告集》)首发式。来自全国人大、全国政协以及有关部委办的领导和代表出席了首发式。

首发式由两院院士师昌绪主持。《报告集》主编钱正英院士就该项研究的主项、分课题组及报告的撰写与出书过程作了说明。两院院士、中国工程院院长宋健和水利部部长汪恕诚都发表了热情洋溢的讲话,对《报告集》的重要学术意义和对国民经济可持续发展的重大参考价值做了高度评价。《报告集》中的研究成果和重要观点,很多已经在国家的“十五”规划及相关的重大经济决策中得到应用。

《报告集》是在国务院领导和有关部委的大力支持下,由中国工程院组织覆盖多学科的43名两院院士和近300位院外专家,历时近2年,以“中国可持续发展水资源战略研究”为总项目,分设7个课题组,提出了8个专题报告,并在此基础上由钱正英院士、张光斗院士主持,经项目综合组反复讨论、修改,完成了项目综合报告。

《报告集》根据课题分9卷出版。第1卷内容包含项目综合报告和8个专题综合报告。第2至9卷分别包含各专题综合报告和专题研究报告。

《报告集》现出版了第1卷,其它各卷将陆续出版。《报告集》由中国水利水电出版社出版发行。各卷书名如下:

- 第1卷 《中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告》
- 第2卷 《中国水资源现状评价和供需发展趋势分析》
- 第3卷 《中国防洪减灾对策研究》
- 第4卷 《中国农业需水与节水高效农业建设》
- 第5卷 《中国城市水资源可持续开发利用》
- 第6卷 《中国江河湖海防污减灾对策》
- 第7卷 《中国生态环境建设与水资源保护利用》
- 第8卷 《中国北方地区水资源的合理配置和南水北调问题》
- 第9卷 《中国西部地区水资源开发利用》