

生态工程设计研究进展及特点*

——以黑龙江省肇东市玉米生态工程为例

卢兵友** 王如松

张壬午

(中国科学院生态环境研究中心系统生态开放研究室 北京 100080)

(农业部天津环境保护研究所 天津 300191)

摘要 生态工程设计是生态工程建设的核心。明确生态工程设计的特点,是进行良好的生态工程设计的根本。通过生态工程设计研究进展的综述,从10个方面,以肇东市玉米生态工程设计为例,分析了生态工程设计的特点,并在此基础上,提出了今后进行生态工程设计应采取的策略。

关键词: 生态工程,机械工程,生物工程,设计,玉米。

THE PROGRESS AND CHARACTERISTICS OF THE ECOLOGICAL ENGINEERING DESIGN

——WITH CASE OF CORN ECOLOGICAL ENGINEERING IN ZHAODONG CITY,
HEILONGJIAN PROVINCE

Lu Bingyou Wang Rusong

(DSE, Research Center for Eco-Environmental Sciences Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080, China)

Zhang Renwu

(Agricultural Environmental Protection Institute, Tianjing, 300191)

Abstract Ecological design is the center for construction of ecological engineering. The key element of a good design for ecological engineering is to make the characteristics of the design clear. After summerizing the study of the design, this paper analyzes its characteristics from ten aspects with the case on design of corn ecological engineering in Zhaodong, Heilongjiang Province. Through it, several strategies adaptable are proposed.

Key words: ecological engineering, machinery engineering, biological engineering, design, corn.

生态工程是应用生态系统中物种共生与循环再生的原理,结合系统工程的最优化方法,设计的分层多级利用物质的生产工艺系统^[1]。作为一种有效的工程手段,生态工程已在诸如农业、林业、生态恢复、湿地开发及废水处理等方面,取得了显著的效果^[2~4],初步显示了其在解决人类面临的生态问题方面的重要性。

* 国家自然科学基金资助项目(39570146)的一部分。

收稿日期:1997-10-14,修改稿收到日期:1998-04-20。

** 现工作单位为山东农业大学资环学院。

但是也应该清醒地看到,生态工程的发展凭经验积累的多,靠科学设计的少;简单组合的多,系统优化的少。导致系统的可示范性差,推广难度大。其中关键是缺乏良好的设计,缺乏设计所必须的各种参数,没有形成可操作性强的工程设计规范,特别是缺乏对生态工程设计的特点认识,不了解生态工程设计的优势和不足,影响了设计工作的完善。为此,本文以黑龙江省肇东市玉米生态工程设计为例,通过对生态工程设计、机械工程设计及生物工程设计的对比分析,深入探讨生态工程设计的特点,及设计完善的具体措施,以期对生态工程建设工作的顺利进行起一定的促进作用。

1 生态工程设计研究的进展

1.1 生态工程设计问题的提出

作为生态工程发展的关键技术环节,生态工程设计随着生态工程的诞生而诞生。初期研究主要集中在概念的界定和经验的总结,工程设计并未提到议事日程上来,直到80年代初生态工程设计才开始成为学术界关注的热点。德国的E. 纳夫1984年明确提出“生态工程必须向生态设计发展”。荷兰自然控制研究所的C. C. V. Ieeuwen 也提出“从生态系统到生态设计”的观点^[5]。这与我国的研究工作遥相呼应。1984年于光远在谈到留民营生态农业的设计时指出,“要办一个生态农场的第一件事,就是必须做好关于这个农场生态系统的设计”。同年又给出了生态设计的概念,即“从生态学的原理对生产、生活等各项建设进行设计,以取得最好的环境和最好的效益”。随后,又有人从农业生态经济系统的角度,分别利用系统分析和系统动力学方法,提出了进行科学的生态设计的原理、程序和方法^[6-8],为生态设计的有序顺利进行,打下了良好的基础。马世骏将生态设计总结为农业生态工程实践中3个必需解决的问题之一,确定了其在生态工程中的战略地位^[1]。

1.2 研究进展

西方国家生态工程设计的研究比中国要早一段时间,其设计的指导思想和原则是充分发挥自然生态系统的自组织能力,尽量减少对生态系统的人为干预,系统是一个自我组织或自我设计的系统^[3,9]。在此思想指导下,研究工作大多集中于利用湿地进行的废水处理^[10]。其研究的规模主要从实验室、到大田甚至大型的生物圈Ⅱ号的设计。其中最早的设计要属于1954年Odum 模拟宏观生态系统设计建造的实验室模式^[1],是生态工程设计的雏形。最具有轰动效应的是1992年由Odum 等人设计建造的生物圈Ⅱ号实验室^[11],它将理论研究的成果具体应用到实践中,模拟研究大自然发展的基本规律,是生态工程设计的升华。无论最终的效果如何,至少它给刚刚起步的生态工程设计研究工作提供了许多值得借鉴的东西。在此基础上,有关生态设计原理、原则也开始得到许多人的关注^[12,13]。纵观西方对生态工程设计的研究,可以看出,西方国家一方面试图利用人类相对干预较少的生态系统的自我设计作用,探寻解决其所面临的生态问题的方法;另一方面,又企图凭借其雄厚的经济实力,对自然生态系统进行模拟,以发现系统发展的基本规律。但无论那一方面,其研究也只能算是刚刚起步,既缺乏成熟的理论指导,也未有可操作性强的模式产生。

由于侧重点不同,中西方生态工程设计研究的领域也有所不同。中国的生态工程设计是在人类调控下的自组织,重点强调人的主观能动性,同时充分利用自然界的自组织能力。因此,它所获得的是整体效益。其设计在实践中的具体体现是生态农业设计。最初的生态农业设计是简单的、粗放的,但在一定范围内是较完善的、高效的。如同作套种、立体种植等,这是与以农为主的生产方式分不开的。随着经济的发展,人们对产品品种需求的增加,以及农村产业化发展,农业生产已经不单纯是种植业生产,还包括了畜牧业、林业、渔业、加工业等多种行业,研究工作的重点才转向农林牧副渔加工多种组合的生态系统的设计。到80年代末,应用生态设计原理进行设计,并取得成功的实例才逐渐出现^[14,15]。由此,人们才真正意识到我国生态农业建设已经进入了生态设计阶段,并认为生态农业的生态设计就是资源生态设计,其设计应包括农业生态系统的结构和工艺设计^[6]。这与孙鸿良、张壬午等人的观点是一致的^[16,17]。

生态工程设计与生态规划有着本质的区别,生态规划是指运用生态学原理及其相关学科的知识,通过生态适宜性分析,寻求与自然和谐、资源潜力相适应的资源开发方式与社会经济发展途径^[18]。生态工程设计是指依据生态规划成果,对一项具体工程的组织实施进行的参数设计活动。

我国的生态工程设计最初是从生态规划开始的。此时,人们虽然已经意识到生态工程设计的重要性,但真正开始进行设计的研究,首先必须把被扰乱了的系统结构调整过来,必须明确系统发展的方向和各个时期的发展目标,因此,生态规划就成了这一时期的研究重点,研究也相对比较多。但过分数学化、过分模型化的规划设计^[19],不久就显露出了其可操作性差、实用性差的弊端。为此,生态工程设计理所当然就成了人们关注的焦点。

2 几种工程设计的对比分析

一项工程设计,无论其采取的设计方法,和解决的问题有什么不同,都是一种创造性的工作,需要有创造性的思维,通过创造性的劳动,获得不同于其它物品的产品。也只有这样,才达到了设计的目的,才给设计赋予了实际的意义。

关于生态工程、生物工程、环境工程等的区别,已有比较详细的研究^[20,21]。但作为一种设计手段,不同工程类型系统设计间的区别,却很少有人涉及过,而这是作为年轻的生态工程设计,向其它设计形式学习重要途径。特别是已发展的很成熟的农业机械工程设计,和与生态工程有一定相似性的细胞工程的设计,更是生态工程设计借鉴的基础。因此,研究几个工程设计间的异同,对尽快将生态工程引入正确的发展轨道有着重要的意义。几种工程设计间的区别见表1。

表1 几种工程形式设计的区别

Table 1 The differentiation of design among several engineering

项目 Item	生态工程设计 Design for ecoengineering	农业机械工程设计 Design for machinery engineering	细胞工程设计 Design for cell engineering
对象 Focus	复合生态系统 Complex ecosystem	实物 Objective	细胞 Cell
原理 Theory	经济学、生态学、社会学 Economy ecology and sociology	机械工程 Machinery engineering	细胞生物学 Cell biology
目标 Goal	三大效益 Economic, ecological and sociological efficiency	持久耐用 Function durability	新物种 New species
方法 Method	系统工程 Systematic engineering	机械工程 Machinery engineering	基因工程 Genetic engineering
技术 Technology	多样、综合 Diversity and integration	单一 Singleness	单一 Singleness
调控手段 Adjusting accesses	人工调控加生物调控 Artificial and biological	人工调控 Artificial	人工调控 Artificial
自组织能力 Self-organization	明显 High	无 No	无 No
区位性 Regionality	明显 High	无 No	无 No
组织方式 Combining forms	松散 Incompact	紧密 Tightness	
开放性 Openness	半开放 Semiopenness	无 No	无 No

为了更好地探讨生态工程设计的特点,本文以肇东市玉米生态工程的设计为例进行了研究。

3.1 肇东市玉米生态工程设计简介

肇东市位于黑龙江省西北部,属松嫩平原,是我国著名的黑土地地区,也是玉米主产区。年产粮食125万t,其中80%以上是玉米,其年产量约有100万t左右。为了将资源优势变成产品优势,将高产低效转变为高产高效,肇东市于1994年开始以华金玉集团为龙头,实施了玉米资源深加工工程,但由于缺乏对副产品的综合开发利用,导致污染严重。1996年后,通过生态工程设计的研究与实施,该集团已逐步开始取得效益。

肇东市的突出特点是冬季时间长,气温低。土地资源相对较丰富,人均占有耕地 0.3hm^2 ,但部分土地盐碱化较严重。根据这些特点,本设计在充分发挥当地资源优势的基础上,设计了包括副产品利用、饲料开发、肥料生产及工业原料转化的生态工程。其具体设计如图1。

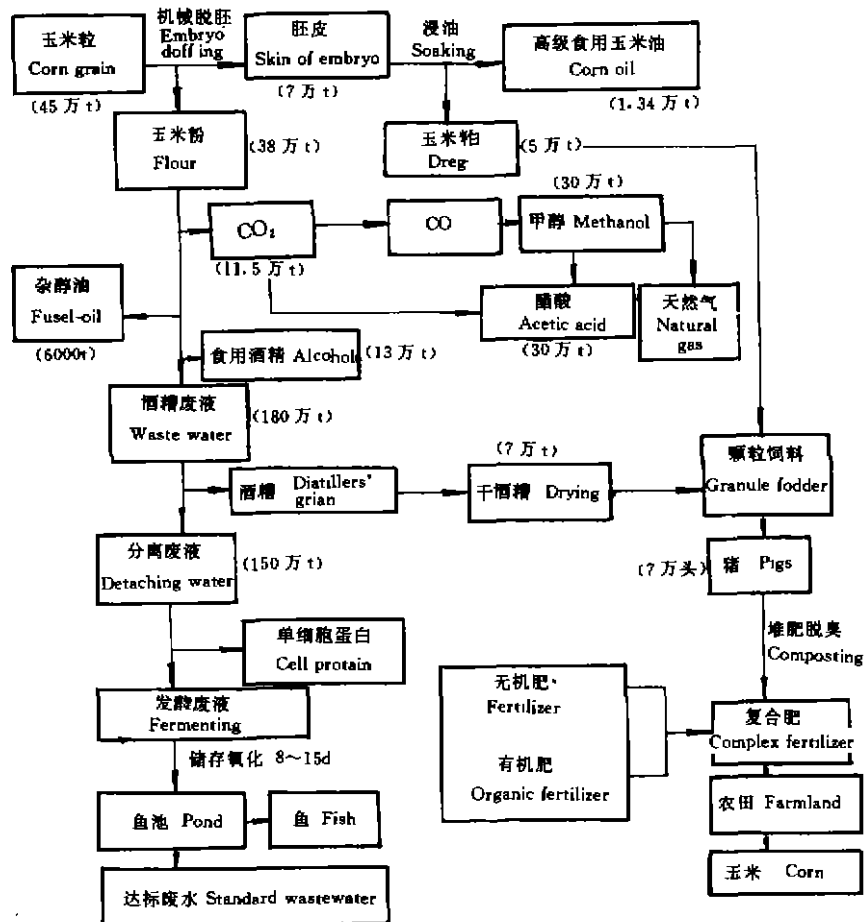


图1 玉米生态工程设计流程图

Fig. 1 Flow chart for the design of corn ecological engineering

3.2 生态工程设计的特点

由肇东市玉米生态工程设计可以看出,生态工程设计具有如下特点。

3.2.1 设计对象的复杂性

生态工程设计所面对的是一个社会经济自然复合生态系统,系统中不仅包括有生命成分,还包括无生命成分,因此,其设计既要考虑生命成分的特性,又要考虑非生命成分的特性,这同完全以无生命组分构成的机械系统,和完全以生物小分子形式构成的生物工程系统有着本质的区别。同时,它所解决的问题一方面是系统内部成分间关系的协调,更重要的是各子系统接口间如何衔接问题。因此,在其设计过程中所遇到的问题更加复杂,解决起来难度也更大。

例如,玉米生态工程设计的成分就包括工业、农业、牧业、渔业、加工业、环境保护等多种产业,工业和农业之间、工业和牧业之间、加工和牧业之间、各业和环境保护之间关系的设计。同时,为了进行良好的设

计,还要考虑周围的环境条件。其中为了寻求最适的副产品处理方法,必须考虑到肇东冬季低温,生物生长季节只有5个月左右的时间这一客观条件。

3.2.2 设计原理的综合化

生态工程设计所解决的问题既有经济问题,工程实施后要获得高的经济效益;又有社会学的问题,解决人们一方面的生活需求,并提供就业;还有生态学的问题,要协调生物间、生物与环境间的关系,维护生态环境。因此,它所涉及的原理就包括生态、经济和社会学原理等,是多种原理的综合。这不像机械工程设计,仅仅依靠机械、力学等原理;生物工程设计依靠生物学原理。

例如,肇东玉米生态工程设计中就包括如何进行玉米深加工,向何方加工,副产品如何综合利用才能让企业获得最大的经济效益,而又不危害环境。在此基础上,满足社会对酒精产品的需要。

3.2.3 设计的目标是实现三大效益的统一

由于生态工程设计所解决的是复合生态系统的复杂问题,因此,它所获得的也是复合效益,是社会、经济、生态三大效益的统一,其它工程设计则追求的是单方面效益。如机械系统设计只是针对某一具体产品而言,追求的是产品的使用价值,是要美观、经久、耐用。生物工程设计是为了获得优良的基因型组合,或产生新的物种。

例如,玉米生态工程的设计实施,不仅年可获得上亿元的经济收入,而且可以有效处理每天排放的大量废水,及温室气体 CO₂ 等的环境污染问题;解决了 3300 多人的就业问题,并且每年还可以为社会新增加一定的就业机会;同时为农民带来了一定的经济效益。

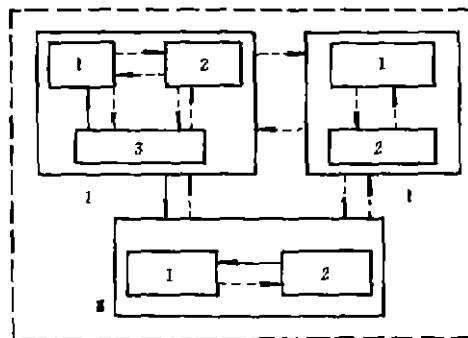
3.2.4 组分多样,组分间呈松散式组合

首先,组分间不仅可以替换、取代,而且每种组分作用的方式、时间,甚至是否发挥作用都取决于该组分自身。在此,每个零部件可以单独发挥其作用,零部件间虽有相互影响,但反映这种影响的信息较微弱和模糊,不能准确测量^[22]。机械工程和生物工程中,各组分间的关系非常密切,缺一不可,改变其中某一部分,甚至一个小零件,都可能改变整个系统的性质,甚至将系统损坏。其次,组分间组织形式的空间跨度大。小的几公顷,大的可以到几十公顷,甚至更大。机械工程设计一般多局限在较小的区域内;生物工程设计的范围则更小。第三,同一生态位可有多种组合,为系统的优选提供了可靠的保证。而其它工程设计却具有唯一性。这种松散式结构如图2所示。

就玉米生态工程设计而言,酒精生产和生猪生产都分别是一种相对独立的生产活动,两者可以结合,也可以独立发展。生猪生产与酒精生产的接口是酒糟,但生猪生产并非完全依靠酒糟,酒糟也并非只可用作生猪饲料。同样,酒精生产也完全可以和养鱼、废水处理分成不同的系统进行对待。

3.2.5 系统工程原理应用于生态工程的设计中,保证了设计的规范合理,并具有可预测性

由于生态工程面对的是包括社会、经济、自然多种成分构成的复合系统,要实现合理设计,单凭简单想象已无法实现,必须借助于科学先进的方法。并且,随着系统的进化演替,还要不断修改调整,以适应新的发展形势,否则,将降低设计的适用性。在此,数学模拟就显得非常重要。而机械系统工程的生物工程设计,虽然有一定的系统思想,但不具备可预测性,也不需要利用什么数学模型。一般一个设计实施后,其设计的任务就完成了。不过由于生态工程设计产生的时间很短,系统工



其中□代表系统组分,实线反映组分间的有效联系,虚线反映松散联系

图2 生态农业系统组分关系简图

Fig. 2 The relationship among different parts in the ecological agricultural system

程理论在设计中的应用也相当有限,有待进一步发展。

3.2.6 对设计人员要求严格,掌握技术要求全面

生态工程设计中涉及的技术可能包括许多领域,如动物、植物、微生物、工业、环保等,因此,设计人员如果不掌握较全面的技术,就很难胜任设计工作。正如同光远要求的那样,生态设计师“不仅具备有关生态学的专门知识,而且要有丰富的生产知识和生活知识,并且要懂得有关经济效益和劳动有效性的科学知识,会正确地进行各种计算。这种生态设计师还要熟悉国内外这方面的经验,在设计中善于运用这些经验。这种生态设计师还要有一种从当地当时具体情况出发,对具体问题进行具体的研究,作出适当的、具体结论的态度和能力,这种生态设计师还要能深入浅出,具备把运用生态学原理来解决实际问题并按照自己所设计的方法去做会得到好处的道理用通俗的语言表达出来的能力”^[23]。但由于生态工程本身起步较晚,研究相对较薄弱,大多数工程还欠缺设计组装的基本参数,尽管所采用的单项技术可能都是先进的,其设计效果目前也并不一定好,这也是限制生态工程设计发展的主要原因之一。而其它工程形式的设计,由于其发展的时间长,发展比较完善,只要设计人员熟悉掌握了某一方面的单项技术,就可以达到设计的目的。

例如,在玉米生态工程设计中,所采用的技术就包括工程技术、酒精生产技术、酒精副产品加工技术等;养殖技术:养猪、养鱼等;微生物技术:微生物发酵处理废水技术等;种植技术:配方复合肥生产技术等。在这些技术中,有些技术已发展得较完善,如单纯的酒精生产技术,养殖技术等。但有些技术仍需要进一步完善,如副产品加工技术,微生物处理废水技术等。这也限制了玉米生态工程设计的完整性。

3.2.7 区位优势明显

我国幅员面积广,地形复杂,气候土壤条件差异大,生产类型各具特色。有水田、有旱地;有种植区、有养殖区、也有加工区;有的地区一年四季常青,有的地区一年一季;有高度现代化的地区,也有落后的刀耕火种的生产方式。因此,生态工程设计成功的保障,很重要的是因地制宜,即综合不同地区的自然、地理、资源、风俗、习惯等,设计具有地方特色不同的工程类型,以达到最充分利用当地资源,获得最大综合效益的目的。受区域地理位置不同,组分不同的影响,其设计可能大不相同,同时设计还受时间的制约,其它工程虽然有一定的地域性,但不甚明显。

以玉米酒精生产为例,几乎全国各地都有生产厂家,在这一点上有类似的地方。但在随后的废弃物质综合利用工程方面,却因地区不同而不同。南方水面面积大,温度高,适合生物生长,在废水处理上,就能充分发挥生物的作用。北方地区干旱,冬季时间长,气温低,作物生长季节短,废水靠生物处理已不能较好地解决问题,只能另寻其它途径。如当地荒地多,盐碱严重,将废水通过土地处理系统将会获得一举两得的目的。另外,通过开挖荒地,将废水冬季储存,靠自净作用进行处理,也有可能获得意想不到的效果。

3.2.8 系统自组织能力强

这是非生物系统所不具备的,也是生命系统能抵御外来干扰的重要手段。所谓自组织是指系统不藉外力,可自己形成具有充分组织性的有序结构,或者说是生态系统通过反馈作用,以最小的耗能原则,建立内部结构和生态过程,使之发展和进化的行为。在生态工程设计中,系统的自组织自始至终伴随系统发展的全过程,即使出现设计的失误,也可以通过系统的自组织得到缓冲,不象人工系统那样立即崩溃瓦解。

废水养鱼是处理有机无毒废水的一种有效手段,例如,对玉米酒精废水的处理。一般鱼类对污水的耐受程度因种类不同而不同,通常鱼池中水的溶解氧在4mg/L以上时,一般鱼类都能正常生长,对废水的处理效果也较好。此时,只要经过轻微的调节,鱼就可以在添加废水的环境中正常生长。当溶解氧含量下降到3mg/L时,鱼就基本停止生长,它所能做到的仅是通过自组织,维持自身生存。此时,已达到鱼的自组织能力的极限,对废水的处理效果也比较差。当水中溶解氧下降到1mg/L时,已经大大超过鱼自组织能力,鱼池中的鱼只有死路一条,也无从谈起对废水的处理作用。

3.2.9 系统调控途径的综合性

作为一个社会经济自然复合生态系统,首先,社会是主题。它不仅是系统功能实现的执行者,又是系统产品的主要消费者。作为执行者,它的行为将直接影响系统功能发挥的好坏。而其行为的协调性,即受其中单个个体行为与社会行为规范协调程度的影响,又受社会行为规范的完善程度的影响。因此,对系统的调

控既包括对整个社会行为规范的完善提高,又包括对单个个体间、个体与社会间行为关系的调控。作为消费者,它的消费导向又直接影响系统的结构,从而也就影响系统调控途径的制定和实施。其次,经济是目标,它是系统功能的体现。人类社会对系统功能的评价指标之一是系统经济效益的高低。无论系统产出产品量有多大,如果不能实现一定的经济效益,则该系统就未达到应有的生产目的。同样,如果系统不能产出有效的产品,也不能算作是一个好的系统。因此,系统的调控就应包括系统经济结构的调控,以获得最大的经济产出。第三,自然是基础。它为人类的生产、生活提供资源和基地,并通过自身的自组织能力,对人类的不合理行为进行反馈调节,以满足不断强化的人类欲望。因此,系统在一定范围之内,可以发挥自组织能力,实现对系统的调控。其它工程设计系统一经设计实施完毕,即表示设计工作的结束,并产生代表性的产品——实物。由于它是一个无生命物质,无法通过调控手段改变其外形或内涵。

3.2.10 设计的动态性

生态系统是一个开放系统,系统的正常运转一靠信息、技术、物质等的投入;二靠系统多样化产品的顺利输出。输入与输出之间是一种动态的过程。针对这一特点,系统的设计也必须具有动态性,并符合开放型系统的特征。即不仅要设计信息技术物质等的输入输出结构,设计系统输出物的再利用方式,或称为接口工程^[24]。而且,要不断地根据外界环境条件的变化,和内部资源形势,适时地调整和完善设计方案,以确保方案的最优化。其它系统的设计基本是静态的,其改进的方式只能是放弃旧的,设计新的。

4 完善生态工程设计的对策

根据生态工程设计的特点,为保证生态工程的顺利进行,应采取如下设计对策:

(1)完善系统的设计方法,明确设计的技术路线、详细研究不同系统工程设计的技术内涵、技术参数,规范设计标准;适宜性系统模型的建立是推动系统设计向系统化、科学化、广泛化发展的必由之路,必须克服各种困难,加强这方面的研究。

(2)建立系统的有机整合机制,加强对系统中各组分间协调关系的研究,特别是系统中不同部门间人们的利益关系的研究,充分调动各方面的积极性,保证系统的正常运转。

(3)探讨新的系统组合机制,打破现有的经营体制和条块分割局面,建立适宜的企业、农户、科技部门及政府间的多种结合的经营联合体或互助组,扩大经营规模,为生态工程的设计创造良好的外部环境。

(4)认真研究自然生态系统的自组织机制,充分挖掘自然生态系统的自组织能力,创造社会、经济、自然和谐的调控机制,实现系统设计的规范化。

(5)加强对设计人员素质的培养,提倡多学科联合,使设计人员真正掌握多方面技能,提高设计的科学性和指导性。

(6)探寻最适的各方均能接受的评判方法,强调系统能量、物质和价值的综合评判。

参 考 文 献

- 1 马世骏,李松华.中国的农业生态工程.北京,科学出版社,1987.1~10
- 2 Gutastam B and Todd J. Ecological engineering for wastewater treatment and its application in New England and Sweden. *Ambio* 1990, 19, 173~175
- 3 Odum H T. Ecological engineering and self-organization, In: Mitsch W J And Jorgensen S E eds. *Ecological engineering*. J. Wiley & Sons, Inc., New York, 1989. 79~103
- 4 Ma Shijun, "Development of agro-ecological engineering in China" In: Ma Shijun, etc. Eds. *Proceedings of the international symposium on agro-ecological engineering*. Ecological Society of China, Beijing, 8, 1988. 1~13
- 5 唐德富. 谈谈生态农业的生态设计. 农村生态环境, 1988, 3, 34~38
- 6 张象枢. 试论农业生态经济系统设计. 农村生态环境, 1985, 3, 1~5
- 7 云正明. 生态农业设计原理与方法. 农业现代化研究, 1987, 5, 17~21
- 8 张明胜. 系统动力学与农业生态经济系统设计. 农村生态环境, 1986, 1, 26~30
- 9 Siobham Fennessy M and Mitsch W. Design and use of wetlands for renovation of drainage form coal mines. In: Mitsch W J And Jorgensen S E, eds. *Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology*. J. Wiley & Sons, Inc., New

- York, 1989a, 231~253
- 10 Thofelt L and Englund A. *Ecotechnics for a sustainable society*. Proceedings from ecotechnics 95-international symposium on ecological engineering, Mid Sweden University Press, 1996
 - 11 Odum H T. Scales of ecological engineering. *Ecological engineering*, 1996, 1~3, 7~20
 - 12 Syn. *Ecological design*. Island press, Washington DC, 1996
 - 13 David Wann. *Deep design*. Island press, Washington DC, 1996
 - 14 李正方. 南京古泉农村生态工程设计和建设的研究. *农村生态环境*, 1988, 4: 1~4
 - 15 下有生. 留民营生态农业系统中人工辅助能产投比的设计分析与研究. *农村生态环境*, 1989, 1: 15~19
 - 16 张壬午, 齐树亭. 生态农业技术与设计. 石家庄: 河北科技出版社, 1990
 - 17 孙鸿良. 农业生态工程的产生、研究进展及我们的任务. *农村生态环境*, 1992, 2: 23~30
 - 18 欧阳志云, 王如松. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用. 王如松等主编, 现代生态学的热点问题研究, 北京: 中国科技出版社, 1996. 37~54
 - 19 王如松. 系统生态学——回顾与思考. 马世骏主编, 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990
 - 20 Yan J. The function of ecological engineering in environmental conservation with some case studies from China. *Ecological engineering for wastewater treatment*, (Eds.) Carl Etnier and Björn Guterstam, 1991
 - 21 Mitsch W. *Ecological engineering: The roots and rationale of a new ecological paradigm*. (Eds.) Carl Etnier and Björn Guterstam, 1991
 - 22 章熙谷. 农业生态系统的调节与控制. *农村生态环境*, 1985, 2: 1~7
 - 23 于光远. 运用现代科学的“穷办法”. 石家庄: 河北人民出版社, 1984
 - 24 文 化. 农业接口工程. 北京: 北京科学技术出版社, 1996

欢迎订阅1999年《福建农业学报》

《福建农业学报》(原《福建省农科院学报》)由福建省农业科学院主办, 国内外公开发行, 编入《中国学术期刊(光盘版)》。季刊, 季末月出版, 16开, 64码, 国内定价2.50元/册, 邮发代号34-56。漏订可邮购, 不另收邮资, 本刊地址: 350003 福建省福州市五四路247号。

欢迎投稿《土壤与环境》

《土壤与环境》是经国家科技部批准的学术性期刊(原刊名:《热带亚热带土壤科学》), 向国内外公开发行。主要刊登国内外土壤科学(含肥科学)、环境科学以及这两者之间的交叉领域具有创新性的研究论文、研究简报; 另辟有专题综述等栏目。欢迎国内外同仁们投稿。

来稿请寄: 广州市乐意居广东省生态环境与土壤研究所《土壤与环境》编辑部收; 邮编: 510650。