

杨京平

主编

卢剑波

副主编

农业生态 工程与 技术

化学工业出版社
环境科学与工程

3-0
127

农业生态工程与技术

杨京平 主 编
卢剑波 副主编

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

农业生态工程与技术/杨京平主编. —北京:
化学工业出版社, 2001.6
ISBN 7-5025-3180-7

I. 农… II. 杨… III. 生态农业-研究
IV. S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 14918 号

农业生态工程与技术

杨京平 主 编

卢剑波 副主编

责任编辑: 夏叶清

责任校对: 顾淑云

封面设计: 田彦文

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10¼ 字数 278 千字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3180-7/X·82

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

第一章 农业生态工程技术原理

自从马世骏先生在 20 世纪 80 年代初提出生态工程以来，生态工程在我国经过近 20 年的发展取得了显著的成效，特别是在农业生产的领域内，运用生态学及农业生态学的理论和技术发展起来的农业生态工程技术与实践就是典型的一例。

第一节 农业生态系统原理

一、生态学理论与生态系统

生态学是研究环境与生物相互关系的一门科学。针对研究的对象不同，生态学可以分为个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学。但无论其层次水平如何不同，都是为了研究生物与环境之间的相互关系，或者是如何从系统化的角度来研究生物与环境物流、能流及相互之间关系的一门学科。

生态系统(Ecosystem)一词是英国植物群落学家 A.G.Tansley 首先提出的。他认为有机体不能与它们的环境分开，在一定的空间范围内，所有动物、植物及周围物理环境之间的相互作用形成一个自然系统，这些系统就是生态系统。生态系统在地球表面有许多种类型，且大小不一。美国著名的生态学家 E.P.Odum 给生态系统下的定义是：所谓生态系统，是指生物群落与生存环境之间，以及生物群落内生物之间密切联系、相互作用，通过物质交换、能量转化和信息传递，成为占据一定空间，具有一定结构，执行一定功能的动态平衡体。地球上有无数的生态系统，其核心是生物群落。它具有自我维持、修补和重建的能力。1971 年美国生态学家 Odum (E.P) 提出生态系统通常包括六种水平或称为六种系统，即基因系统、细胞系统、器官系统、个体系统、种群系统、群落系统（即生态系统）。生态系统也可简写成这样的表达式：生态

系统 = 生物群落 + 环境。现代生态学理论认为生态系统内包含着能量的流动、碳的流动或者营养的循环。

从上述学者的观点可以看出，所谓生态系统，就是指在一定的时空范围内，由生物因素与环境因素相互作用、相互影响所构成的综合体，或者说，是占据一定空间的自然界客观存在的实体，是生命系统与环境系统在特定空间的组合。生态系统概念的提出，为研究生物与环境的关系提供了新的观点和基础。生态系统已经成为当前生态学研究领域中最活跃的一方面。

（一）生态系统的基本成分

生态系统的基本组成部分可以分为两大类：生物组分与环境组分。环境提供生态系统所需要的物质和能量的来源，如太阳辐射、大气、水、 CO_2 、土壤及各种矿物；生物组分可以分为生产者、消费者及分解者。

生产者主要是绿色植物，包括一些光合菌类和一些组成生态系统中的自养成分。它们能进行光合作用，把大气中的 CO_2 和水合成有机物质，把太阳光能转变成为化学潜能。它们为生态系统中一切生物提供了赖以生存的主要能量来源，其生产力的大小决定了生态系统初级生产力的大小。

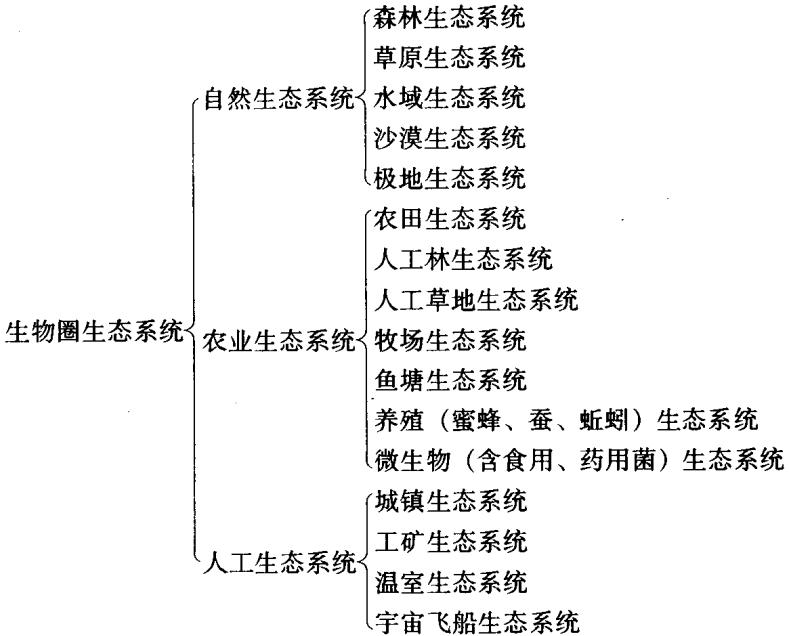
消费者主要由各类动物组成，是以初级生产者的产物为食物的大型异养生物。它们不能利用太阳能生产有机物，只能从植物所制造的现成有机物质中获得营养和能量，将初级生产转变为次级生产，因此它也是生态系统中生产力的十分重要的构成因素。

分解者又称为还原者，主要是细菌、真菌和一些以腐生生物为主的原生动物及其他小型有机体。它们把植物、动物体有机成分元素和储备的能量通过分解作用又释放到无机环境中，供生产者再利用。

（二）生态系统的分类

由于生态系统是生物与环境相互作用形成的综合体，因此它存在着各种各样的形态。地球上最大的生态系统就是生物圈，它包括了水圈的全部，大气圈和岩石圈的一部分，是地球上全部生物及其

生活领域的总和。通常根据形态特征、地理位置、功能目标及人们的研究需要而对生态系统进行分类。



（三）生态系统的结构与特点

自然界的生态系统多种多样，其结构与功能也不尽相同。生态系统的结构主要指构成生态系统的诸要素及其在时间、空间上的分布状况，生态系统内物质和能量流动的途径等，主要有物种结构、时空结构和营养结构三种类型。

一般，物种结构是指生态系统中的不同品种、物种、类型以及它们之间的不同的量比关系所构成的系统结构。如江浙一带的稻-稻系统及油-稻系统，北部地区的麦-稻系统和丘陵地区的棉-麦系统。时空结构是指生物各个种群在空间上和时间上的不同配置构成的生态系统在形态结构上的特点，表现在水平分布上的镶嵌性，垂直分布上的成层性，时间发展的演替性。营养结构是指生态系统中生物与生物之间，生产者、消费者和分解者之间以食物营养为纽带所形成的食物链和食物网结构。

生态系统同一般的系统相比具有一般系统所具有的共同性质，但又与其他系统不同，具有如下的特征：

1. 组织成分。它是由有生命的和无生命的两种成分组成，不仅包括植物、动物、微生物，还包括无机环境中作用于生物物质的物理化学成分，只有在生命存在的情况下，才有生态系统的存在，这是最本质与根本的一点。

2. 生态系统通常与特定的空间联系，因而具有一定的自然地理特点和一定的空间结构特点。

3. 生物的发展规律。生物具有生长、发育、繁殖和衰亡的特性，因而生态系统也可以区分为幼年期、成长期和成熟期等阶段，表现出明显的时间变化特征，有着自身的发展演化规律。

4. 生物的营养和功能。生态系统也具有代谢作用，其活动方式是通过生产者、大型消费者和小型消费者这三大功能类群参与的物质循环和能量转化过程完成的。

5. 具有复杂的动态平衡特征。生态系统中的生物存在着种内与种间的关系、生物与环境的关系，这些关系在不断发展变化，以维持其相对平衡。这种平衡处在不断变化之中，存在着正反馈与负反馈的作用。任何自然力或人类活动干扰，都会对系统的某一环节或环境因子造成影响，甚至导致生态系统的崩溃，影响系统的生态平衡。

二、农业生态系统及特点

农业生态系统也是一个具有一般系统特征的人工系统。它是人们利用农业生物与非生物环境之间以及生物种群之间的相互作用建立，并按照人类需求进行物质生产的有机整体。其实质是人类利用农业生物来固定、转化太阳能，以获取一系列社会必须的生活和生产资料。农业生态系统是由自然生态系统演变而来，并在人类的活动影响下形成的，它是人类驯化了的自然生态系统。因此，不仅受自然生态规律的支配，还受社会经济规律的调节。

（一）农业生态系统的组成

农业生态系统与自然生态系统一样，也由生物与环境两大部分

组成，但亦有所不同。生物组分是以人工驯化、栽培的农作物、家畜、家禽等为主，在农业生态系统中的生物组分中增加了人这样一个大型消费者，同时又是环境的调控者。环境组分则是部分受到人工控制或是全部经过人工改造的环境。

（二）农业生态系统的特点

农业生态系统是在人类控制下发展起来的。由于受人类社会活动的影响，它与自然生态系统相比有明显不同。

1. 是人类强烈干预下的开放系统。自然生态系统中，生产者生产的有机物质全部留在系统内，许多化学元素在系统内循环平衡，是一个自给自足的系统。而农业生态系统是人类干预下的生态系统，目的是为了获取更多的农畜产品以满足人类的需要。由于大量农畜产品的输出，使原先在系统内循环的营养物质离开了系统。为了维持农业生态系统的养分平衡、提高系统的生产力，农业生态系统就必须从系统外投入较多的辅助能，如化肥、农药、机械、水分排灌、人畜力等。为了长期的增产与稳产，人类必须保护与增殖自然资源，保护与改造环境。

2. 农业生态系统中的农业生物具有较高的净生产力、较高的经济价值和较低的抗逆性。由于农业生态系统的生物物种是人工培育与选择的结果，经济价值较高，但抗逆性差，往往造成生物物种单一、结构简化、系统稳定性差，容易遭受自然灾害，需要通过一系列的农业管理技术的调控来维持和加强其稳定性。农田生态系统的初级生产力，据统计农作物的光能利用率平均为 0.4%，高产田可达 1.2%~1.5%，而自然界的绿色植物光能利用率不过 0.1%。

3. 农业生态系统受自然生态规律和社会经济规律的双重制约。由于农业生态系统是一个开放性的人工系统，有着许多能量与物质的输入与输出，因此农业生态系统不但受自然规律的控制，也受社会经济规律的制约。人类通过社会、经济、技术力量干预生产过程，包括农产品的输出和物质、能量、技术的输入，而物质、能量、技术的输入又受劳动力资源、经济条件、市场需求、农业政策、科技水平的影响。在进行物质生产的同时，也进行着经济再生

产过程，不仅要有较高的物质生产量，而且也要有较高的经济效益和劳动生产率。因此农业生态系统实际上是一个农业生态经济系统，体现着自然再生产与经济再生产交织的特性。

4. 农业生态系统具有明显的地区性。农业生态系统的地域性，不仅受自然气候生态条件的制约，还受社会经济市场状况的影响。故而应因地制宜，发挥优势，不仅发挥自然资源的生产潜力优势，还要发挥经济技术优势。因此，农业生态系统的区划，应在自然环境、社会经济和农业生产者之间协调发展的基础上，实行生态分区治理、分类经营和因地制宜发展。

第二节 农业生态系统结构

系统的结构通常是指系统构成要素的组成、数量及其在时间、空间上的分布和物质、能量转移循环的途径。结构直接关系到生态系统内物质和能量的转化循环特点、水平和效率，以及生态系统抵抗外部干扰和内部变化保持系统稳定性的能力。

一、农业生态系统的基本结构

就总体来讲，农业生态系统结构，指农业生态系统的构成要素以及这些要素在时间上、空间上的配置和物质、能量在各要素间的转移、循环途径。由此可见农业生态系统的结构包括三个方面，即系统的组成成分，组分在系统空间和时间上的配置，以及组分间的联系特点和联系方式。

农业生态系统的结构，直接影响系统的稳定性、系统的功能、转化效率与系统生产力。通常情况下，生物种群结构复杂、营养层次多，食物链长并联系成网的农业生态系统，稳定性较强；反之，结构单一的农业生态系统，即使有较高的生产力，但稳定性差。因此在农业生态系统中必须保持耕地、森林、草地、水域有一定的适宜比例，从大的方面保持农业生态系统的稳定性。

农业生态系统的基本结构概括起来可以分成以下四个方面：

1. 农业生物种群结构，即农业生物（植物、动物、微生物）的组成结构及各种农业生物物种结构。例如：农田中的作物、杂草

与土壤微生物；大田作物中的粮食作物、经济作物、绿肥作物等。

2. 农业生态系统的空间结构，这种空间结构包括了生物的配置与环境组分相互安排与搭配，因而形成了所谓的平面结构和垂直结构。农作物、人工林、果园、牧场、水面是农业生态系统平面结构的第一次层次，然后是在此基础上各业内部的平面结构，如农作物中的粮、棉、油、麻、糖等作物。农业生态系统的垂直结构是指在一个农业生态系统区域内，农业生物种群在立面上的组合状况，即将生物与环境组分合理地搭配利用，从而最大限度地利用光、温、水、热等自然资源，以提高生产力。

3. 农业生态系统的时间结构，是指在生态区域与特定的环境条件下，各种生物种群生长发育及生物量的积累与当地自然资源协调、吻合状况，它是自然界中生物进化同环境因素协调一致的结果。所以在安排农业生产及品种的种养季节时，必须考虑如何使生物需要符合自然资源变化的规律，充分利用资源，发挥生物的优势，提高其生产力。使外界投入物质和能量与作物的生长发育紧密协调。这都是在时间结构调整与安排中要给予重视的。

4. 农业生态系统的营养结构，是生物之间借助物质、能量流动通过营养关系而联结起来的结构。农业生态系统的营养结构，是指农业生态系统中的多种农业生物营养关系所联结成的多种链状和网状结构，主要是指食物链结构和食物网结构。

食物链结构是农业生态系统中最主要营养结构之一，建立合理有效的食物链结构，可以减少营养物质的耗损，提高能量、物质的转化利用率，从而提高系统的生产力和经济效率。

二、建立合理的农业生态系统结构

合理优化的农业生态系统应有以下几方面的标志：

1. 合理的农业生态系统结构应能充分发挥和利用自然资源和社会资源的优势，消除不利影响。

2. 合理的农业生态系统结构必须能维持生态平衡。这体现在输入与输出的平衡，农林牧比例合理适当，保持生态系统结构的平

衡，农业生态系统中的生物种群比例合理、配置得当。

3. 合理的多样性和稳定性。一般，如农业生态系统组成成分多，作物种群结构复杂，能量转化、物质循环途径多的农业生态系统结构，抵御自然灾害的能力强、也较稳定。

4. 合理的生态系统结构应能保证获得高的系统产量和优质多样的产品，以满足人类的需要。

要建立合理的农业生态系统结构就必须从：①建立合理的平面结构；②建立合理的垂直结构；③建立合理的时间结构；④建立合理的营养结构等方面着手进行。

农业生态系统的食物链结构是生物在长期演化过程中形成的，如果在食物链中增加新环节或扩大已有环节，使食物链中各种生物更充分地、多层次地利用自然资源，一方面使有害生物得到抑制，可增加系统的稳定性；另一方面使原来不能利用的产品再转化，可增加系统的生产量。通常利用食物链的方式有两种，一为食物链加环，二为产品链加环。

在食物链上加环可以分为生产加环、增益环、减耗环和复合环。在产品链上加环为产品加工环，严格地说，产品加工环不属于食物链范畴，但与系统关系密切，能直接决定本系统的功能。

第三节 农业生态系统的物质循环、能量流动

一、生态系统中的能量流动

生态系统能量流动遵循热力学第一和第二定律。热力学第一定律即能量守恒定律，其基本内容是：在任何过程中，能量既不能创生，又不能消灭，只能以严格的当量比例，由一种形式变为另一种形式，可用 $\Delta E = Q - W$ 来表达。即系统中能量增加量 (ΔE) 恒等于系统所得的总能量 (Q) 减去系统对外做功时所消耗的能量 (W)。一个系统发生变化，环境的能量也同时发生相应的变化。系统能量增加，环境能量就减少，反之亦然。当日光进入生态系统后，一部分转变为化学潜能贮存在有机体中，另一部分用于代谢活动散逸于环境中，但不会消灭。热力学第二定律，即能量递减规

律，其基本内容是：在一个封闭系统内能量的传递和转化过程中，除了一部分可以继续传递和作为做功的能量（自由能）外，总有一部分不能传递和做功，而以热的形式消散，使熵的无序性增加，因此任何能量都不能百分之百地转化为化学潜能，由于能量消耗的不可逆性，决定了能量流动的单方向性。

能量的流动是生态系统存在与发展的动力，一切的生命活动都依赖生物与环境之间的能量流通和转换。由于生物与生物、生物与环境之间不断进行物质循环和能量转化的过程，不但使生物得以维持生存，繁衍与发展，而且也使得生态系统保持平衡与稳定。生态系统中的物质循环与能量流动是生态系统的基本功能。研究和应用物质循环与能量流动的规律，是发展农业生产，保持与改善农业生态环境的基础。

在生态系统中，能量流动主要是从初级生产者向次级生产者流动。能量的流动渠道主要通过“食物链”与“食物网”来实现。在目前的生态系统中，能量流动的主要渠道通常有三种形式：①捕食食物链，从植物到草食动物再到肉食动物所联系的链条，如稻田中的“青草-昆虫-青蛙-蛇-人”；②寄生食物链，由大有机体到小有机体进行能量的流动，如“人体-蛔虫”、“哺乳动物-跳蚤”；③腐生食物链，由利用死体的微生物组成，并通过腐烂分解，将有机体还原成无机物的食物链。在生态系统中食物链不是唯一的，由于某一消费者不只吃一种食物（生物），每种食物（或生物）又被许多生物所食，因此形成相互交错、彼此联系的网状结构，故称食物网。

由于能量从一个营养级（水稻、杂草）到另一个营养级（如昆虫、老鼠）的流动过程中，有一部分被固定下来形成有机物的化学潜能，而另一部分通过多种途径被消耗，直到最后耗尽为止。平均每个营养级的能量转化效率为 10%，这就是著名的“十分之一定律”。因此，营养级由低级到高级，依据个体数目、生物量与能量的分布，形成了底宽而顶尖的金字塔形，称之为生态金字塔或能量金字塔，即顺着营养级位序列（食物链）向上，能量急剧递减。在

每个营养级中将所含有的生物量或活组织连起来，随着营养级的增加，其生物量随着减少，形成生物量金字塔，这种金字塔在陆地生态系统和浅水生态系统中最为明显。

二、农业生态系统中能量的来源与转化方式

农业生态系统中的所有能量的初始来源主要是太阳辐射能和其他辅助能。

（一）太阳能

地球上能量的原始与主要的来源，太阳每年向外辐射约 10.1×10^{34} J 能量，农业生产主要通过绿色植物来固定太阳光能，但也仅能利用太阳光能的 1%~3%，理论上的最大光能利用率仅 5%，因此在农业生产中，合理利用太阳光能、提高太阳光能利用率的潜力很大。

（二）辅助能

辅助能其实也是太阳能的一种变换形式，不过在农业生产中，我们把除太阳能以外人类可以利用的能源，包括工业能、生物能、自然能等都称之为辅助能。工业能有煤、石油、天然气等；生物能有人力、畜力和沼气等；自然能有风能、水能、地热能、潮汐能等。

辅助能的使用主要是用于改善农业生产环境，提高作物光能利用率及能量转化效率，用于灌溉、排水、施肥、耕作与农田基本建设，培育苗木、田间管理、收获和贮藏加工等。当然在辅助能的使用量与技术上必须给予足够的重视，大量使用工业能、化学能与生物能，将带来一系列的生态问题。如水土流失、资源衰竭、能源紧张、环境污染、土壤板结、地力下降、天敌减少、能效降低和过分依赖石油等问题，因此必须给予高度重视。

（三）辅助能源的投入和利用效率

工业机械与石油能在农业生产中的大量使用，大大提高了农业生产力和农作物产量。欧洲在二次世界大战后 30 年内农产品增加了 8 倍，1945 年美国产玉米 $2\text{t}/\text{hm}^2$ （合 $130\text{kg}/\text{亩}$ ），1987 年则达到了 $6\text{t}/\text{hm}^2$ （ $400\text{kg}/\text{亩}$ ）。如从能量利用上看，产投比却是随着投

人增高而下降。在机械化农业中, 1cal^① 人工能只获得 1~3cal 食物能, 而蔬菜、水果及动植物蛋白质生产多数产投比甚至低于 1。

据报道, 美国食物生产本身需要消耗辅助能大约是每获得 1cal 食物能必须人工投能 1.5~3.5cal, 投能效率相当低。我国的农业生产中, 目前辅助能投入水平并不高, 但在沿海一些发达的地区, 农业生产中的辅助投能则大大超过了世界上发达国家的水平。许多的试验与资料表明, 随着无机能投入量增加, 农业产量有很大提高, 但能量产投比并不降低, 当有机与无机能之比为 4:1 时, 产投比最高, 说明有机能与无机能之比 4:1 为最佳。

三、农业生态系统中的物质循环

农业生物为了自身的生长、发育、繁殖必须从周围环境中吸收各种营养物质和能量, 就生物所需要的物质来讲, 主要有氮、氢、氧、碳等构成有机体的元素。还有钙、镁、磷、钾、钠、硫等大量元素以及铜、锌、锰、硼、铝、钴、铁、氟、碘等微量元素, 生物及其他生产者从土壤中吸收水分和矿物质营养, 从空气中吸收 CO_2 并利用日光能制造各种有机物, 并随着食物链或是食物网使这些物质从一种生物体中转移到另一种生物体中。在转移进程中未被利用及损失的物质又返回环境重新为植物所利用。

一般把各种化学元素从环境到生物体, 再从生物体到环境以及生态系统之间进行流动和转化的运动, 称为物质的生物地球化学循环, 或简称为“环”。在循环过程中物质被暂时固定、贮存的场所, 称为物质贮存的“库”。而物质和能量以一定的数量由一个库转移到另一个库中, 这个过程叫做“流”, 即所谓的物质流和能量流。

目前在农业生态系统中物质的循环基本上以三种循环类型为主, 即水循环、气相循环、沉积循环类型。

1. 水循环。由于大多数的营养物质多溶于水或随水移动, 其主要的循环贮存库为水体或土壤水分库。

2. 气相循环。以 O_2 、 N_2 、 CO_2 , 其他气体和水蒸气为主, 循

①食物等能量单位全书统一用“cal”, 1cal = 4.184J。

环完全，范围广，贮存库是大气。交换库主要是有生命的动、植物，如 C 循环、N 循环。

3. 沉积循环。农业生物需要的多数矿物元素参与这种循环，其循环不完全，贮存库是土壤岩石，交换库多为水与陆地动植物。在农业生态系统中的物质循环过程中，污染物的生物富集作用是其中的一个重要方面。由于农业生产中大量使用外源物质如各种杀虫剂、杀菌剂、除草剂、化肥等等，各种各样的外源投入使得大气、水体与土壤遭受三废（废水、废气、废渣）污染。而且污染物质进入农业生态系统被植物吸收后，会沿着食物链各个营养位与环节陆续传递，在传递过程中有害物质逐渐积累和被浓缩，根据有关资料，经过生物浓缩之后，污染物的浓度急剧升高，如有机氯化物 DDT 在大气中的浓度为 3×10^{-12} ，经浮游生物的生物浓缩，其浓度便升至 4×10^{-8} （1.3 万倍）；小鱼吞食了浮游生物，其浓度又进一步升高，达到 5×10^{-7} （16.3 万倍）；大鱼吞食小鱼浓度又增至 2×10^{-6} （66.7 万倍）；水鸟吞食大鱼，其体内 DDT 浓度已达到 2.5×10^{-5} （83.3 万倍）。可见尽量减少对人体健康有害的污染物进入生态系统，是必须重视的一个方面。

1976 年在荷兰首都阿姆斯特丹召开了一次国际环境会议，由 M.J. Frissel 进行了综合分析，提出了农业生态系统养分循环的模式。概括起来此模式的特点如下。

1. 三个主要的养分库，即植物库 P、牲畜库 L、土壤库 S；营养元素在按土壤 → 植物 → 动物 → 土壤顺序进行。

2. 养分及元素的流动在几个库之间是沿着一定的路径进行的。可以分成为 3 类：第一类为系统对外的输出包括了生产性与非生产性的输出；第二类为系统外向系统内输入，包括了人为和自然的输入；第三类主要是库与库之间进行物质交换。

3. 各个库的大小不同，各种营养元素在各库之间的转移速度也不同。但通过人为的调节和自然调节可以实现养分转移流动平衡。例如植物从土壤中吸收 N 素可以在较短的时间内完成，而植物残体的分解与矿化释放 N 素的速率则远远低于 N 素被植株吸收

的速率,并且可在全年时间内进行。而N素吸收只能在特定的时间内,所以无论时间与速率上两者都是不一样的。但是从全年的数量来看,植物的吸收量与有机物的矿化量大体是相等的。一个半开放的农业生态系统,通过调节输出量与输入量,可以实现系统内部各库之间的物质转移的协调与平衡。

第四节 生态工程与生态工程技术

一、生态工程及其发展

(一) 生态工程

生态工程起源于生态学的发展与应用,至今不过30年的历史。20世纪60年代以来,全球面临的主要危机表现为人口激增、资源破坏、能源短缺、环境污染和食物供应不足,表现出不同程度的生态与环境危机。在西方的一些发达国家,这种资源与能源的危机表现得更加明显与突出。现代农业一方面提高了农业生产率与产品供应量,另一方面都又造成了各种各样的污染,对土壤、水体、人体健康带来了严重的危害。而在发展中国家,面临着不仅是环境资源问题,还有人口增长、资源不足与遭受破坏的综合作用问题,所有这些问题都进一步催生、孕育了生态工程与技术。

1962年美国的H. T. Odum首先使用了生态工程(Ecological Engineering)这一术语,提出了生态学应用的新领域——生态工程学。并把它定义为“为了控制生态系统,人类应用来自自然的能源作为辅助能对环境的控制”。其实管理自然就是生态工程,它是对传统工程的补充,是自然生态系统的一个侧面。80年代后,生态工程在欧洲及美国逐渐发展起来,出现了多种认识与解释,并相应提出了生态工程技术,即“在环境管理方面,根据对生态学的深入了解,花代价最小的措施,对环境的损害又是最小的一些技术”。

在我国,生态工程概念的提出是由已故的生态学家、生态工程建设先驱马世骏先生在1979年首先倡导的。马世骏先生(1984年)给生态工程下的定义为:“生态工程是应用生态系统中物种共生与物质循环再生原理、结构与功能协调原则,结合系统分析的最

优化方法，设计的促进分层多级利用物质的生产工艺系统”。

在中国面临的生态危机，不单纯是环境污染，而是由于人口激增、环境与资源破坏、能源短缺、食物供应不足等共同形成的综合效应。因此中国的生态工程不但要保护环境与资源，更迫切的要以有限资源为基础，生产出更多的产品，以满足人口与社会的发展需要，并力求达到生态环境效益、经济效益和社会效益的协调统一，改善与维护生态系统，促进包括废物在内的物质良性循环，最终是要获得自然-社会-经济系统的综合高效益。正因为如此，我国对生态系统的发展与生态工程的建设提出了“整体、协调、再生、良性循环”的理论。生态工程的基础形成了除了以生态学原理为支柱以外，还吸收、渗透与综合了其他许多的应用学科。如农、林、渔、养殖、加工、经济管理，环境工程等多种学科原理、技术与经验，生态工程的目标就是在促进良性循环的前提下，充分发挥物质的生产潜力，防止环境污染，达到经济与生态效益同步发展。

（二）生态技术

生态技术通常被认为是利用生态系统原理和生态设计原则，对系统从输入到转换关系与环节直到输出的全部过程进行合理设计，达到既合理利用资源，获得良好的经济及社会效益，又将生产过程对环境的破坏作用降低到较低的水平。

国外对生态技术的理解基本上在于对环境无害及无污染的清洁生产、废物无害化与资源化技术、如何减少生产过程中废物产生与排放减量、废物回收、废弃物回用及再循环，并把生态工程等同于生态技术。而在我国生态技术与工艺方面也提出了自己独到的模式，如加环（生产环、增益环、减耗环、复合环和加工环）、联结、优化原本为相对独立与平行的一些生态系统为共生生态网络，置换、调整一些生态系统内部结构，充分利用空间、时间、营养生态位，多层次分级利用物质、能量、充分发挥物质生产潜力、减少废物，因地制宜促进良性发展。中国生态工程虽然起步晚，但是发展很快，特别是在生产实际的应用中取得了长足的进步，并取得了较大的成绩。举世瞩目的五大防护林生态工程（三北防护林体系、