

农业系统工程的研究与应用

主 编 唐超世
编 委 霍 义 段樊华
於凤珍 武 英

兰州大学出版社



内 容 提 要

农业系统工程是一门综合性的新兴学科,为了适应新形势发展的需要,本书从理论与应用相结合的角度进行编写。内容分为三大部分:第一部分为理论篇,共7章,比较通俗地介绍了农业系统工程的基本概念、优化方法和优化技术;第二部分为应用篇,共4章,主要介绍了农业系统工程的应用研究实例;第三部分着重介绍了10种常用的优化程序。

本书可供各级党政领导、广大科技人员和大专院校有关专业的师生学习与参考使用。

农业系统工程的研究与应用

主编 唐超世

编委 霍 义 段樊华 於凤珍 武 英

兰州大学出版社出版

(兰州大学校内)

兰州新华印刷厂印刷 甘肃省新华书店发行

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 25

1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷

字数: 600千字 印数: 1—1000册

ISBN 7-311-00301-6/S·4 定价: 13.50元

编者的话

农业是国民经济中极为重要的基础产业，它是关系到我国现代化建设事业和各项改革能否顺利进行的重大问题。开拓农业系统工程这个崭新的研究领域，揭示农业系统的全部内容和内在规律，加速农业现代化的进程，是各级党政领导和广大农业科技工作者面临的十分紧迫的重要课题。

农业系统是一个社会、经济、科技、生态、相互交织的复杂综合系统。它具有因子多、层次多、关系复杂、边界模糊、弹性大、追踪困难等特点。在现代条件下，为能科学地经营管理好这样错综复杂的庞大系统，只凭过去的常规方法、经验决策，显然是不够的，还必须运用具有高度综合性的新兴学科——农业系统工程，以解决系统总体协调发展，以及自身运动过程中出现的复杂的社会实践问题。这就是在唯物辩证法的思想指导下，通过将系统思想、系统理论、各门农业科学技术、数学模型方法、实用性强的程序和计算机手段六位一体化的全面结合，在对农业系统进行定性定向分析的基础上，采用系统模型作出定量定位的综合分析，提出多种优化方案，并付诸实施运行，取得实际效益，最终为领导部门实现农业系统决策科学化和管理现代化提供科学依据。

为了在农业战线广泛地推广运用农业系统工程这一行之有效的组织管理科学，我们编写了《农业系统工程的研究与应用》。这本书，以我们多年来从事这方面研究工作的实践和体会为主，并参考近几年国内、外有关文献融编而成。本书强调实践，注重实效，理论与应用相结合，学术性与实用性相兼容，有一定的参考价值。

农业系统工程是一门还很不成熟的学科，在理论基础、通用程序、建模方法、实施运行、评价方法、反馈调控等许多方面，有待进一步深化和完善。加之编者水平有限，书中的缺点与错误在所难免。因此，我们殷切希望从事系统工程研究的前辈、同行和读者，都来关心这一学科的发展，从不同的角度来补充、修改和完善。让我们共同为实现“农业系统工程中国化，并为我国农业现代化作出贡献”而努力奋斗。

编写分工：唐超世（第一、二、三、八、九、十一章）；霍义（第四、八、九、十一章）；段樊华（第三、五、六章，及程序编）；於凤珍（第一、二、八、九、十一章）；武英（第七、十章）。全书由唐超世、於凤珍通稿。

本书的编写出版，曾得到青海省财政经济委员会、兰州大学、青海省计委电子计算站、青海省高原地理研究所、青海省农牧业综合区划研究所等单位的大力支持和帮助，在出版、发行工作中得到西北开发综合研究所魏公谦同志的组织协调，在此致以衷心的感谢。

一九八九年五月

目 录

编者的话

第一部分 理论篇

第一章 概论	(1)
第一节 农业系统工程的概念	(1)
第二节 农业系统的基本结构	(4)
第三节 农业系统工程的特点	(7)
第四节 农业系统工程的发展概况	(9)
第二章 农业系统工程的任务、内容、方法与作用	(13)
第一节 农业系统工程的任务与内容	(13)
第二节 农业系统工程的研究方法	(20)
第三节 系统工程在农业现代化中的作用	(24)
第三章 优化控制	(28)
第一节 线性规划	(28)
一、线性规划的图解法	(28)
二、线性规划的标准形	(30)
三、线性规划有关的基本概念	(31)
四、解线性规划问题的单纯形法	(31)
五、线性规划的单纯形表	(32)
六、农业线性规划模型的建立	(40)
第二节 目标规划	(43)
第四章 预测技术	(47)
第一节 预测的概念与分类	(47)
第二节 特尔斐法	(49)
第三节 回归分析预测方法	(52)
第四节 模糊聚类分析	(59)
第五节 时间序列预测法	(60)
第六节 灰色预测法	(63)
第五章 系统动力学	(66)
第一节 系统动力学的基本概念与原理	(66)
第二节 系统动力学的因果关系	(70)
第三节 系统动力学流图	(72)
第四节 DYNAMO语言	(74)
第六章 层次决策方法	(90)

第一节	AHP的基本概念	(90)
第二节	解析层次结构原理	(91)
第三节	判断矩阵及标度	(91)
第四节	排序原理与一致性计算	(93)
第五节	层次分析法的计算	(94)
第七章	农业资源信息系统	(102)
第一节	农业资源信息的内容	(102)
第二节	农业资源信息系统分析	(104)
第三节	农业资源数据库	(107)

第二部分 应用篇

第八章	系统工程在农业生产结构与布局中的应用研究	(113)
第一节	系统条件与数据处理	(113)
第二节	系统设计	(116)
第三节	模型的计算结果与分析	(136)
第四节	优化方案实施计划要点	(164)
第五节	优化方案实施结果	(167)
第九章	系统工程在畜牧业结构调整中的应用研究	(169)
第一节	系统概况与数据处理	(169)
第二节	系统设计	(173)
第三节	计算结果与分析	(192)
第四节	实施运行计划要点	(235)
第五节	应用效果	(237)
第十章	青海牦牛发展动态模型的研究	(239)
一、	牦牛生产系统概况	(239)
二、	问题的提出	(241)
三、	系统资料数据的调查与处理	(241)
四、	牦牛发展系统动力学模型(简称YSD)的建立	(242)
五、	模拟结果及分析讨论	(250)
六、	结束语	(269)
	仿真模型程序	(270)
第十一章	应用论文	(275)
一、	微机在农业生产布局中的应用	(275)
二、	应用灰色动态模型GM(1,1)及微机对青海省粮油总产量的长期预测	(284)
三、	指数平滑法在互助县粮油产量长期预测中的应用	(288)
四、	青海省2000年牲畜发展趋势的预测	(295)
五、	共和县牦牛业发展动态仿真模型	(301)
六、	共和县畜牧业发展规划决策模型	(307)
七、	模糊聚类分析在互助县农业分区中的应用	(314)
八、	青海省公元2000年人口与粮食发展趋势的预测	(316)
九、	APPLICATION OF SYSTEMATIC PROJECTS TO THE READJUSTMENT OF PRODUCTIVE STRUCTURE IN AGRICULTURE	(322)

第三部分 程序篇

一、灵敏度分析的单纯形线性规划程序.....	(329)
二、动态规划的投资问题程序.....	(338)
三、动态规划的最短路径程序.....	(341)
四、一元线性回归预测程序.....	(346)
五、多元线性回归程序.....	(350)
六、模糊聚类程序.....	(354)
七、三次指数平滑预测程序.....	(359)
八、GM (1, 1) 灰色预测程序.....	(363)
九、网络计划评审技术程序.....	(368)
十、层次分析法程序.....	(374)

第一部分 理论篇

第一章 概 论

第一节 农业系统工程的概念

一、系统的概念

系统这个词有很多说法，往往依使用者或使用范围而具有各种不同的意义。下面列举国内外一些学者对系统的解释，将有利于我们对农业系统工程的认识和研究。

1. 美国学者阿柯夫教授认为：“系统”是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合。因此，系统不是一个不可分解的要素，而是可以分成许多部分的整体。

2. 奥地利生物学家一般系统论的奠基人，冯·贝塔朗菲把系统定义为：相互作用的诸要素的综合体。

3. 日本工业标准“运筹学用语”中的定义是：许多组成要素并保持有机联系的秩序，向同一目的行动的体系。

4. 日本学者秋山稔、西川智登的解释是：所谓系统，就是“具有有机联系的、相互结合而成为一整体的、完成某种特定功能的多要素的有机结合体”。

5. 我国著名科学家、系统工程的倡导者钱学森教授给系统的定义是：把极其复杂的研究对象被称为“系统”，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机体，而且这个系统本身又是它所属的一个更大系统的组成部分。

上述国内外部分学者给系统的定义，我们认为其意义基本上是大同小异。他们的共同点是由两个以上可以互相区别、具有密切联系的要素（元素或单元）所组成的，具有特定功能和特定目标的统一整体。

系统工程研究的系统，一般规模较大，结构复杂，并且具有人机结合的技术装置，通常称为大规模系统，简称大系统。

二、工程的概念

系统工程中所说的“工程”和我们通常所理解的“工程”，在概念上是有区别的。我们通常所指的“工程”，是指像水利工程、农业工程、机械工程、建筑工程、桥梁工程、矿山工程等。而系统工程所指的“工程”与上述含义有所不同。如果说一般意义上的工程是侧重

于生产硬件（即生产机器、设备、建筑物等），那么系统工程中的“工程”则侧重于“软件”（即为生产硬件而提供的决策、计划、方案、程序），以便实现最佳的设计、控制和管理。系统工程指的是在研究一项复杂的系统时，要从整体的而不是局部的观点来组织和安排人力、财力、设备和物资，以期最合理、最经济、最有效的达到预定目标。

三、系统工程的概念

关于系统工程的定义，它比系统的定义还不统一，众说纷云。尽管系统工程在国际上已成为一门非常活跃的热门学科，但由于应用范围广，而且是一门正在发展中的新兴学科，所以至今对系统工程的概念理解还在热烈的讨论阶段。各国从事系统工程研究的学者，根据自己的专业范围和对系统的理解，提出了系统的概念，下面介绍几个有代表性的定义。

1. 1975年美国科学技术辞典注释：系统工程是研究许多密切联系的元素所组成的复杂系统设计的学科。在设计时，应有明确的预定功能及目标，并使得各个组成元素之间以及各元素与系统整体之间有机联系，配合协调，从而使系统总体能够达到最佳的目标。同时还要考虑到参与系统中人的因素与作用。

2. 日本工业标准“运筹学用语”中的定义是：系统工程学是为了最优地达到系统目标而对系统的构成要素、组织结构、信息流通和控制机构进行分析的技术。

3. 日本的寺野寿男认为：系统工程是对系统进行合理的开发、设计、运用等所用的思想、程序、组织、方法等的总称。

4. 钱学森同志的定义是：系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有系统都具有普遍意义的方法。

5. 我国的林延江同志认为：系统工程学是用系统论的观点，控制论的基础，信息论的理论，经济管理科学的实质，现代数学的最优方法，电子计算机和其它有关工程学科的技术，溶合渗透而成的一门综合性的管理工程技术。反映了系统工程包括许多先进科学技术成果的边缘科学性质。它的任务不仅仅是系统的最优规划、设计和最佳运行及现代组织管理的技术，而且是各个系统中未来技术的预测。

以上几种定义，其共同的概念是：系统有它自己的目标（收益最大、投资最小），为了实现这个目标，就必须给系统以某种输入（信息或数据），而且根据目标的要求，采用电子计算机和其它运算手段，将输入给予适当处理（加工），其中包括建立模型，对系统进行分析、评价和组织，以获取人们所需要的输出。因此，从某种意义上讲，系统工程是一种思想方法，而不是一种可以不偏不倚地照此办理就能得到预期结果的技术。有人用一句很风趣的话说，系统工程不是“菜谱”，这是强调系统工程不是一种拿来就可以用的简单的技术和方法。

四、农业系统工程的概念

农业系统工程是由农业科学、系统科学、生态科学、经济科学和社会科学综合交织而成的学科（见图1—1）。也就是把系统工程的原理、方法和工具，应用于农业科学研究、农业生产和农业管理。

还可以认为，农业系统工程是在唯物辩证法思想的指导下，将系统思想、开放系统理论、各门农业科学技术、数学模型方法、计算机工具和程序的六位一体化的全面结合，对复杂的农业整体，采取多目标、多因子、多层次、多变量、多途径的综合分析，提出多种优化

方案，以供比较和选择。

所谓系统思想，就是辩证法的具体化，又称系统观。也就是马克思主义哲学（自然辩证法和社会辩证法）关于物质世界普遍联系及其整体性思想，局部和全局辩证统一的思想等的具体化。可见，系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具，它从辩证唯物主义那里取得了哲学的表达形式，从运筹学、控制论、信息论等学科那里获得了定量的表述手段，从系统分析实践中获得了丰富的内容。所有这些都是系统科学最根本的思想理论基础。

开放系统理论，就是把奥地利著名生物学家贝塔朗菲的一般系统论一是对系统工程起着基本作用的理论；比利时著名的物理学家普里高津的耗散结构理

论一是指系统通过不断地与外界交换能量与物质时，从散乱无序的状态，变为一种时间、空间和功能有序的状态；哈肯的协同学等结合起来，统称为开放系统理论，是构成系统科学的理论基础。

数学模型方法，就是把运筹学、控制论、数理统计、计量经济等数学模型，作为优化技术，进行工程设计。模型化方法是系统科学区别于辩证的显著特点，数学模型是优化和计算机仿真的基础，是过河的桥和船。将系统思想、开放系统理论形式化、符号化和程序化，并在计算机上实现人机合作，智力放大，从总体上更好地追踪复杂系统。因此，只有把农业系统模型化，才能使农业系统转为可以测定的系统，不仅可以进行定性研究，也可以对它进行定量分析，这对农业生产的发展将具有重要的意义。

系统思想、开放系统理论是农业系统工程的思想理论基础，各门农业技术科学和农业经济科学是它的专业理论基础。应用数学，特别是数学模型的建立是它的重要方法。电子计算机的运用，为系统方法的实际应用，提供了强有力的计算工具和信息处理手段。

这是一种新的科学思维，新的科学思想，新的科学方法，它与传统的农业科学技术有着本质的区别。

农业系统工程是一门应用科学。它的目标十分明确，即针对农业现代化过程中提出的一切问题，从比较简单的系统到最复杂的系统，从生产管理到科研成果的综合应用，运用系统工程的方法和技术，研究各种要素间动态变化的关系，进行定性定量分析，提出最优化方案。

农业系统工程是一门横断学科。它不同于其它学科，不是以某种物质结构及其运动形式为对象，而是以多种物质结构及其运动形式的某一个特定的共同方面为对象。它不是单项研究而是综合研究。它的研究领域十分宽广，它的对象可伸展到一切农业生产和管理、各门农业经济科学和各门农业技术科学。

农业系统工程是一门软科学。它的研究成果主要是最优决策、最佳模型、最优方案等。

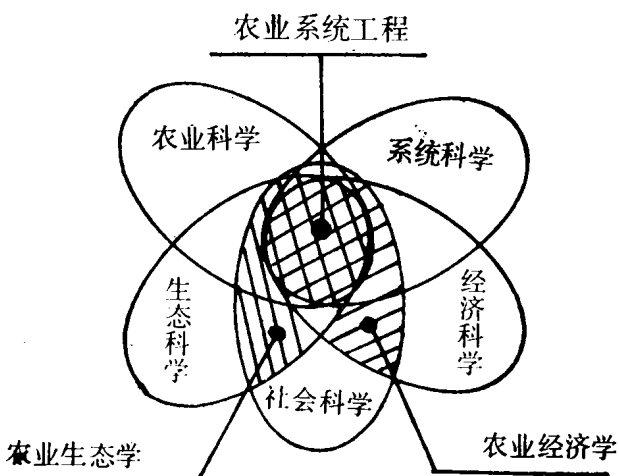


图 1—1 农业系统工程的定义示意图

因此，它是一种软科学，但它要利用农业单科研究成果来进行综合研究，故要有一定的实验科学相配合。事前它需要各种有关信息（准确的数据），事后它又需要实践的检验和修正，这就需要进行必要的观测和分析，因此，它需要一定的实验科学相配合。

在农业系统工程开创之初，我国著名的科学家钱学森教授曾指出：“农业系统工程是强调实践的，不能坐而论道，要取得实效”，作为从事农业系统工程研究工作者来说，必须保持清醒的头脑，提出优化方案，这仅是第一步，是个阶段成果，更重要的是付诸实施，在实施运行中反馈调控，使之变成真正的社会生产力，经受实践检验，取得明显的效益后，才算完成农业系统工程的全过程，也只有这样才能得到社会的公认。

第二节 农业系统的基本结构

结构理论是系统思想的核心。凡系统必有结构，有结构必有关系。系统结构是研究系统内部各构成部门或因子之间的量比关系（数量比例关系）。系统结构决定着系统的功能，系统的结构越合理、越精细，系统的转化率就越高，总体功能越好。因此，研究系统的基本结构有着十分重要的意义。

有的学者提出：农业系统是一个生态——经济复合系统。从生态意义上讲，它作为农业生态系统，从属于整个自然生态系统；从经济意义上讲，它作为农业经济系统，从属于整个社会经济系统，自然环境和社会环境对农业系统都有密切的联系和强烈的影响。农业系统具有不同于一般自然生态系统的特点，如受到各方面的人为干预、有明确的经济目的、不采取封闭循环的方式等。农业系统也具有不同于一般社会经济系统的特点，如受到生态因素的强烈制约，有生命的农业生物构成系统的主体，生产的“机器”同时又是生产的产品，生产过程不能分解和独立进行，生产周期一般比较长等。作为复合系统的农业系统既不能同生态系统与经济系统混为一谈，也不能看作是两者的机械相加。农业系统有其特有的运动规律，它是农业生态系统与农业经济系统的有机结合，具有生态和经济的两重性，也就是生态因素和经济因素完全交织在一起的（见图1—2）。

也有的学者提出：农业是一个自然环境——生物——人类社会交织在一起的复杂系统。

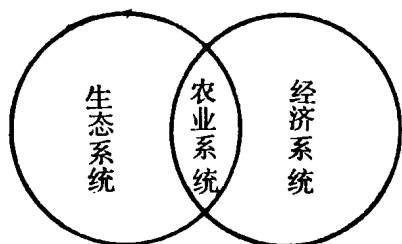


图1—2 农业系统结构图

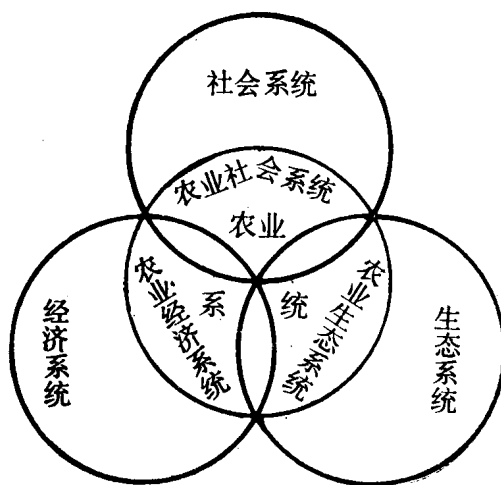


图1—3 农业系统结构图

上述这些观点，都为我们揭示了系统的某些方面的内容和关系，是很有启发的。但是，何烈勋同志认为对农业系统的认识，应作如下补充：从农业系统的基本结构来说，诚然它包括自然环境——生物——人类社会。但这是最基本的相对静态的描述，是我们认识农业系统的起点。从动态的观点来看，它应当是包含社会发展进程——经济和生产活动——自然和人工生态变化的综合系统。简言之，就是社会—经济—生态综合系统（见图1—3），为什么农业系统不仅是一个生态—经济复合系统，还必须把社会因素包括在内？因为不同发展阶段的社会形态有不同的农业生产方式和生产水平。也就是说，不同的社会制度及其不同的发展阶段，有不同的农业系统。这是历史事实，是众所公认的。所以，农业系统必须包括标志一定发展阶段的社会系统。

我们认为，农业系统不仅是一个社会—经济—生态的综合系统，还需要把科学技术因素包括在内。从人类的发展历史来看，科学技术是生产力中最活跃的和具有决定性意义的因素。生产方式的进步、经济的发展，经济效益的提高，归根到底都依赖于科学技术的进步和应用。不仅如此，科学技术还必然会深入到人类生活的各个领域，改变人类的生活方式，从而对人类的精神世界产生巨大影响。因此，在不同的社会发展阶段，农业系统各自都包含相应的科学技术系统。简言之，农业系统是社会—科技—经济—生态的综合系统（见图1—4）。

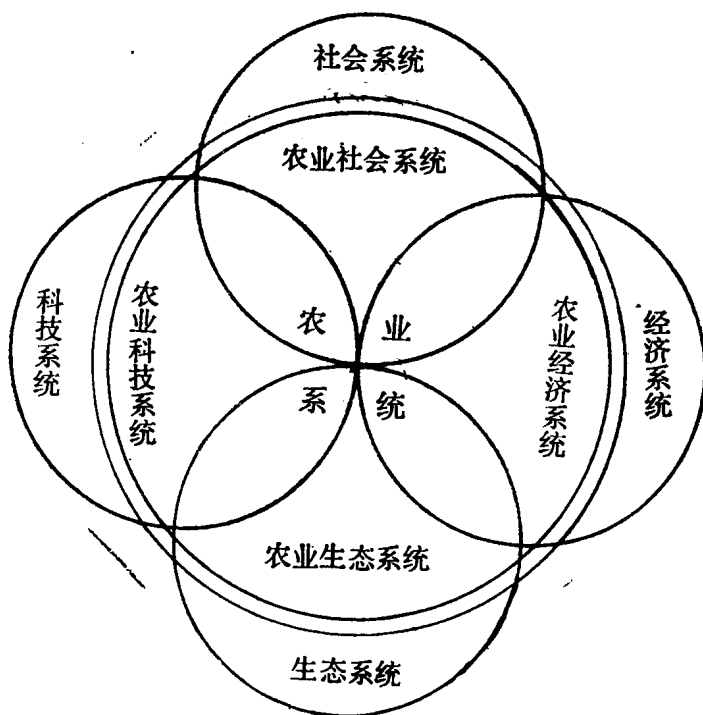


图1—4 农业系统结构图

下面分别介绍农业系统的结构成分所含的要素。

社会系统：其要素包含生产和分配关系、人口政策、文化素养、城镇与农村的区域规划、交通网络、资源的保护与开发利用、能源与生活福利的建设等。如近年来，我国农村实行的生产承包责任制、牧区实行家庭联产承包责任制、农（牧）工商经济实体、发展农牧专业户等，就是在农业系统中进行经济体制、分配关系方面的调整与改革。实践证明，这些调

整与改革极大影响了农业系统的生产方式和生产水平。

科学技术系统：其主要内容是采用新技术，加速传统产业的技术改造；有选择地开发高技术，为形成新兴产业服务；大力开发和推广适用配套的技术，为振兴地方经济服务；加强对那些与国民经济发展有深远影响的应用研究和基础研究；科学技术教育和科学技术体系等。这些对农业系统都有广泛而深刻的影响。

经济系统：其主要包括产品的生产、加工、交换和流通等，这些对农业系统都具有极大的影响。如商品经济的发展，特别是沿海地区发展外向型经济，不仅影响到社会系统结构的变化；也会影响到生态系统结构的变化。商品经济不仅体现在产品上；而且也体现在为生产所用的原料、能源和其它物质上。又如创汇农业，它是以国际市场为着眼点的高水平、高标准、高效率、高质量的农业生产系统。它与其它创汇产业不同，与普通农业生产也不尽相同。以农产品为主的创汇农业具有产品质量要求高，投放市场时效性强，包装加工讲究，生产、运输、销售要求系列化配套等。

生态系统：它是农业系统内的宇宙因素—生物因素—非生物因素之间，能量转移和物质循环互相关系的总和所形成的一个系统。人类对自身赖以生存的自然生态系统不断地施加影响，使其改变而形成自然—人工生态系统。自然生态系统向自然—人工生态系统的转变是不可逆转的过程，这个过程随着人类社会科学技术的发展和生产力水平的提高，其速度将会越来越快。一般说来，只要不违背自然规律，自然—人工生态系统的生产力水平，必将比自然生态系统要高得多。

农业系统是由农业社会结构、农业科学技术结构、农业经济结构和农业生态结构交织而成的多维结构。农业结构的复杂性在于，每个子系统都是一个多级结构。以农业经济结构为例，农业经济结构是农业系统的十级结构，它又是下面4种二级结构复合而成：（1）经济成分结构，在我国的社会主义农业中，由国家经济、企业经济和家庭自营经济的组合结构；（2）经济再生产过程中的生产、分配、交换和消费的结构；（3）经济部门结构，即农、林、牧、副、渔等部门的组合结构；（4）经济地域结构，即农业生产的空间结构和地域分布。这些二级结构又是由多种三级结构复合而成的，如国家、企业及家庭经济内部的收支平衡，分配中的消费与积累的比例等。这些三级结构又是由四级以至更多级结构复合而成的。每分解一级，我们对农业系统结构的分析就深入一步，这样步步地深入下去，我们对农业系统的认识就会越来越具体。

系统的结构有水平结构和垂直结构两个方面。水平结构，是指各种因子在空间中的数量和排列，如农林牧副渔的总体布局，各种农作物的布局等；垂直结构，是指诸因子在时间上的数量与序列，如各种作物的轮作倒茬，不同作物的套种和复种等，既有严格的时间序列，也有一定的数量比例。

调整农业系统结构，是提高农业系统功能的重要途径。在进行调整时，必须考虑下列问题：

第一，要对系统结构中的现有要素（单元）进行评价。研究在系统中仍保留某个或某些要素，是否有利于改善整个农业系统的结构，提高系统的功能？如取消某个或某些要素，是否会引起什么副作用等。

第二，分析是否有必要和可能在系统中引入新的要素。如为提高作物单产而采用配方施肥或引进新的品种；为做到用地和养地相结合而引入绿肥作物；为发展多种经营而增设新的畜牧业或新的工副业部门等。

第三，选择若干个衡量农业系统优劣的指标。如社会效益、经济效益、生态效益指标和国民经济需要指标等。对每个要素在系统中的重要性进行综合评审，按各自的相对重要性排列先后顺序。

第四，运用目标规划、线性规划等定量分析技术，对系统结构进行定量分析。如确定农业生产各部门在农业生产结构中的比例关系等。

第五，分析各要素相互之间的输入和输出关系，搞好各要素间的协调。如农业生产部门结构中种植业与畜牧业彼此提供肥料和饲料的关系等。

第三节 农业系统工程的特点

系统科学研究的现象是复杂而有组织的现象。这是系统科学与其它各门科学不同的主要特点，也是系统科学与数学的某些分支（如数理统计）不同的主要特点。系统工程的基本特点是：系统内部结构相对稳定性；系统与环境关系的相对稳定性；系统的可辩识性；系统的结构及模型在系统研究中的作用；系统的功能及目的性；系统的可控性等。农业系统工程除了具备上述其它系统工程的特点外，还有它自己独立的特点。

一、农业系统是一个庞大而复杂的系统

农业作为生产管理系统，具有非常广泛的概念。广义的生产包括生产职能和销售职能两大类。农业生产的职能是投入生产要素，利用太阳的光能，通过生物转化，生产出人们所需要的产品，即人们所需要的食物、工业原料和生物能源（有机质发酵沼气、薪炭林等）。销售职能是直接与客户接触，根据需要生产的农产品送到消费者手里。

随着现代科学技术在农业生产实践中的广泛应用，农业生产区域化、专业化、集约化经营的增强，农副产品商品率的提高，以及农产品流通机构的发展，农业生产系统已经大大超越原有的范围而扩大到新的领域。这就是近年来国外发展的“农工综合体”（Agribusiness）。我国在近几年来也在大力发展农工商一体化。农业生产系统不仅指传统的农业（即种植业）、林业、牧业、副业、渔业，而还包括草业、虫业、微生物业，还应看作是包括从生产食物、工业原料、生物能源，到加工、贮存、运输、销售都在内的综合生产系统。生产只不过是这一系统的一个组成部分。当这个系统的范围由一个国家进一步扩大到全世界时，就变成一个更大的系统了。

从农业生产的各个作业环节来看，农业系统是包括许多相互依赖，相互影响的作业环节的系统。以种植业为例，包括耕、耙、播、排灌、中耕、植保等田间管理和收获、运输、场上作业、粮食入库、茎秆处理等许多环节。

为了出色地运用生产和销售这两个基本职能，农业系统还应包括资金筹集和使用的财务职能以及参与资源规划、生产布局、劳、畜、机调配等。

农业作为生产管理系统，从维持其活动的职能出发，可将其按职能划分的各个部分看作各个分系统，如生产子系统、加工子系统、贮存子系统、调运子系统、销售子系统、财务子系统、人事子系统等。然后确定各自的理想状态和运用程序，综合概括为总系统。

还可按地域来划分子系统，如国家级农业生产系统、地域性生产子系统、省级生产子系统、地市级生产子系统、县级生产子系统、以及家庭农场生产子系统等，最后综合为总系

统。

以上都是按纵向来划分子系统。另一种是按横的层次划分,即按照各职能分系统共同的管理过程划分子系统。

1. **战略计划水平**:即农业发展战略问题的研究。从长远整体考虑,根据系统的环境、国家的方针政策和目标,决定各种农产品的生产比例,编制长远的土地开发利用计划、机械投放计划、基本建设投资计划、综合资源分配计划、以及评定生产成果等。

2. **经营管理水平**:为完成总目标、按职能给定管理目标,草拟和选择实施方案,将资金或资源合理地按部门分配,进行合理的生产布局,调整各部门之间的协调关系。按职能编制各自的详细实施程序,评定生产成果和对给定目标偏离时的修正行为。

3. **作业控制水平**:根据给定的详细工作程序,编制生产作业流程图或进度表,控制各作业项目按时、按质、按量完成。随时处理出现的问题,进行简单的修正,测量实际工作成果以及编写报告等。

以上可见,农业系统是一个规模庞大

而又十分复杂的综合系统,按其职能和层次划分的关系如图1—5。

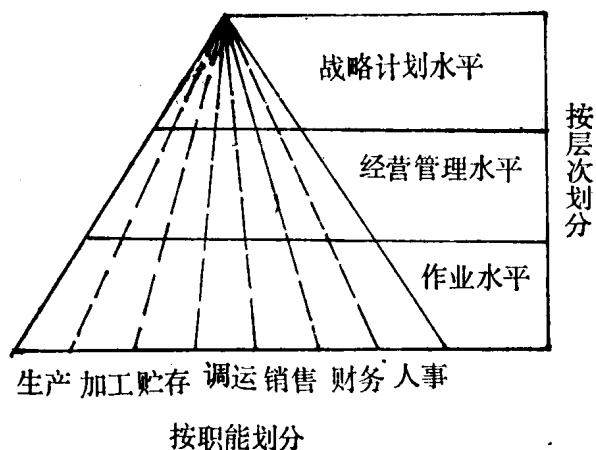


图1—5 农业生产管理系统结构图

二、农业系统的有序性和守恒性

农业系统的有序性,表现在物质和能量的转换沿着绿色植物—草食动物——肉食动物这条食物链依序进行,而且具有稳定的数量比例关系,通常后一级生物量只等于或小于前一级生物量的十分之一,即所谓“生产金字塔”。

农业系统的守恒性,农业生物从环境(自然环境、经济环境)索取的物质和能量的输入量,等于系统内部的循环量加上它向环境的输出量。

三、农业系统是个开放性系统

农业系统不同于一般的自然生态系统。自然生态系统是一封闭系统,物质和能量的转换过程是一种封闭式循环;农业系统则从环境接受的输入是光、热、空气、水、肥料、种子、劳力、畜力、机具、电力设备以及农药、燃料等物质和能量。它向环境输出的是农产品。因而,它是一种开放性的农业生产系统。

四、农业系统的动态特性

无论是自然生态系统,还是农业生产系统,总是处在不断的发展变化之中。但是,农业生产系统与自然生态系统不同,它的发展变化与人类利用自然和改造自然的活动分不开。农业生产系统的变化与农业经济系统的有关发展信息,如农业生产关系的发展变化,农业科学技术体系的变化,农业生产力的增长等息息相关。因此,我们在对农业生产系统进行动态

分析时，必须同时考虑到自然规律和经济规律的作用。

五、农业系统评价的复杂性

我们搞农业，就是要实现两个长远目标：第一是创造人类所需要的产品，经营管理好一个庞大而复杂的生产系统；第二是不断地改善环境，创造人们所需要的生态系统。这两个目标是一致的，高产需要良好的生态系统，良好的生态系统必能高产。归根到底，还是一个目标，就是创造一个人类所需要的良好生态系统，即对系统投入最少的物质和能量，获取需要的最大“输出”的生态系统。

上述两个目标是农业生产系统开发、设计的总目标。此外，各个组成部分还有具体的目标，如农业生产中的高产、优质、稳产、高效益、养地、防止水土流失等；林业中的复盖率、出材率、林相景观，防护效益、经济效益等。这些总目标和具体目标，类型和性质的不同，有的是一致的，有的还是相互矛盾的，形成一个复杂的目标结构。处理这种多目标结构，要选用适当的处理多目标的方法，作出计量化的反映，进行综合评价与协调。

鉴于农业生产系统的这些特点，因此，处理农业系统要比其它系统复杂得多、困难得多。为了适应这些特点，我们不仅要利用系统工程方法在其它领域的成就，而且要创造、研究更适用的新方法、使之对农业生产和管理的现代化作出新的贡献。

第四节 农业系统工程的发展概况

系统工程是在人类长期社会实践的基础上产生的。它又是在具有一定思想理论基础和物质技术基础的条件下，为解决工程发展进入系统时代所面临的系统性问题的必然产物。

系统工程的发展，经过了四个主要阶段：20世纪40年代是系统工程的萌芽阶段；50年代是系统工程初创阶段；60年代是系统工程形成阶段；70年代到80年代是系统工程推广应用阶段。为了在农牧业战线广泛地推广运用农业系统工程这一行之有效的组织管理科学，下面着重介绍农业系统工程在国外、国内和青海省的发展概况。

一、国外农业系统工程的概述

在国外，系统工程作为一门完整的学科，是从本世纪40年代初期逐渐发展起来的，如美国原子弹的曼哈顿计划的成功，是系统工程方法的胜利。50年代进入初级阶段，开始越出纯工程技术领域而进入社会，如美国海军“北极星导弹潜艇”计划的提前2年完成。60年代逐步形成，如美国阿波罗登月计划的胜利实现，充分体现了总体最优化的精神，系统工程开始进入以电子计算机为主要工具的最优控制阶段。70年代系统工程在社会各个领域取得了辉煌的成就，由军工到民用，由科研、企业到各种社会组织管理，显著地改善了人们的社会生活方式，如墨西哥的“绿色革命”、印度城市规划的显见成效等。80年代系统工程已成为世界进入新技术革命阶段非常活跃的具有时代特征的一门新型科学，已开始着手解决各种复杂的大系统问题。人类正在走向“系统时代”，向控制管理领域的“自由王国”迈进。

系统工程在农业上的应用开始于50年代中期，许多国家运用系统工程的原理和方法，改进农业计划工作，进行合理的农牧业布局，编制区域农牧业规划，改进农牧业的经营管理等。1954年美国农业经济学家E·O·海地开始编制美国农业布局的线性规划模型。1964年美

国国家研究评议会的国家科学院农业局成立了由大学教授组成的研究系统工程委员会，应用电脑进行农业系统分析和最优化的研究。1965年，美国推动科学进步协会专门讨论了农业应用系统工程问题。西欧、苏联等国也进行了类似的研究工作。70年代印度、墨西哥等发展中国家，也开始运用系统工程制订农牧业规划、计划和开发工作，如墨西哥的多水平农业规划模型、南朝鲜的农业分析模型、尼日利亚的农业分析模型等。

最近，全世界范围内的人口、粮食、能源、环境污染等问题引起了人们的十分关注。因此，许多国家和组织已开始运用系统工程的理论和方法探讨这类问题，著名的成果有农业国际关系模型、系统分析研究单元模型、海沙罗维克一派斯特尔模型等。日本政府拟定的21世纪初的发展规划时，也利用系统工程的方法，把人口、资源、工业、环境污染等4个主要变量汇编成数学模型，用数字计算机模拟求解，取得了比较理想的调节效果，制定了他们的规划方案和经济政策。

总之，许多国家都在进行农业系统工程方面的研究，取得了显著的成果，并已推广应用，有力地推动了农牧业现代化的进程。

二、我国农业系统工程的现状

在我国，研究系统工程开始于本世纪50年代，如运筹学、控制论等的出现。有组织的应用是从60年代开始，如我国成立了导弹研制的总体设计部，同时使用了当时国际上应用的计划协调技术（网络技术）等。大规模的研究和应用系统工程是从70年代中期开始，其中从1978年9月钱学森等专家在文汇报上发表的《组织管理的技术—系统工程》影响最大，随后，全国成立了各种学会，召开了一系列学术会议。近年来，由于各方面的努力，我国在军事、社会、经济、农业、能源、水利、环保、矿业、交通、人口、大型项目管理、企业管理、教育等方面已得到实际应用。

我国农业系统工程的研究开始于80年代初期，过去也做过一些点滴工作，但多属于数学方法在农业上的应用，还谈不上农业系统工程。1980年春，钱学森和张沁文专家在全国科协组织的系统工程电视讲座里，首次倡导农业系统工程。1980年底，成立了“全国农业系统工程研究会（筹）”，明确地提出了今后的任务。第一，抓人才培养，要培养一大批既懂农业又懂系统工程的“T”型人才；第二抓具体应用，把系统科学思想、理论、方法、工具移植到农业科学上来，为我国的农业现代化建设作出贡献。1985年7月，中国系统工程学会农业系统工程委员会在太原正式成立，并进行了学术交流，明确了近期的任务。1987年8月，在吉林省靖宇县召开了全国农业系统工程第二届学术讨论会，对农业系统工程的学科建设和研究成果的推广应用起到了重要的推进作用。

8年多来，全国、省、地、县举办了300多期各种类型的培训班，采用“滚雪球”的办法，培养32万多人的农业系统工程技术队伍，并有10多所高等农业院校开设了农业系统工程课程和专业，在人才培养上逐步纳入了正常轨道。目前已有近400个地、县开展了农业系统工程的应用研究，取得了显著的经济效益。如湖南省娄底地区把系统工程运用于本地区开展水稻栽培技术规范化的试验方案，实施结果平均每亩增产10%，成本降低10%，已推广300多万亩，增产粮食1亿多公斤，增加收入3200多万元，节约成本费1200多万元，效益十分显著，山东省长清县进行农牧结合优化方案，实施后种植业纯增收160万元，畜牧业800多万元，省长专程去视察，还到处宣传，现已在全省推广到20多个县市；吉林省靖宇县进行的

总体设计、规划,当年见效益,工农业总产值比原计划提前3年翻了一番,全县农民人均纯收入增加190元,省委书记亲自到现场察看,并决定在全省各县普遍推广应用农业系统工程;黑龙江省海伦县仅调整农作物布局优化方案一项,全县增产粮食900万公斤。此外,在山西、江苏、湖北、辽宁、安徽、河南、河北、浙江、天津等省市,都在不同的等级、不同的层次、不同的方法上做了许多农业系统工程的研究应用工作。总之,我国农业系统工程虽然起步比较晚,但是走的路子对头、速度快、效益明显、领导重视、群众欢迎、形势喜人,只要坚持不懈的奋斗,一定能走出一条具有中国特色的农业系统工程的路子。

三、青海省农业系统工程的研究应用情况

我省农业系统工程的研究应用开始于1984年。省农牧业综合区划研究所成立了系统工程研究室,并开始承担了省财经委下达的重点开发项目——微机在农业生产布局中最佳方案的应用研究,选择了地处浅山的互助县西山乡进行试点,建立了我省第一个乡一级的农林牧生产结构与布局的最佳方案。1985年通过了省级成果鉴定,并经过1986年的实施验证,西山乡农业系统结构与布局日趋合理,整体功能逐步发挥,全乡年总收入增加48万元,人均年收入增加30元,经济效益显著。1986年在乡级试点的基础上,将农业系统工程的研究应用又扩大到互助县一级的规模,在研究的内容与方法、广度和深度等方面都有较大的发展,既设计了全县农林牧副渔五业在内的系统总体数学模型,还建立了农、林、牧、副4个子模型,并提出了4种可供选择的优化方案。该项成果,已于1987年4月通过省级鉴定,受到了各有关方面专家和教授的好评。此项研究成果达到国内同类研究水平,全县已开始了全面实施,并取得了良好的效果。

省区划研究所为了进一步推动我省农业系统工程的应用研究工作,在完成上述2项研究任务的基础上,于1987—1988年又承担了省财经委下达的《农业系统工程在畜牧业生产结构与布局中的应用研究》和《青海省牦牛发展动态模型的研究》二项课题,均已通过省级成果鉴定。这样,在全省既有一个农业试点县,又有一个牧业试点县,必将为我省43个县(市、区)开展农业系统工程的研究应用提供新的方法和经验,为县级领导正确指挥农牧业生产、振兴农牧区经济提供科学依据,为相似的生态类型区提供典型的范例。在省农林厅、青海大学、省社会科学院、省农科院等单位,也先后开展了此方面的研究工作。

培养人才方面,1985年8月省财经委聘请了我国著名的系统工程专家——国防科技大学周曼殊教授来我省讲学。省农牧业区划所曾先后多次派技术人员到北京、天津、山西、浙江、陕西、湖北、上海等地进修学习,同时结合研究课题,举办了4期培训班,实行了边培训、边实践、边服务三位一体的培训方法,已培养了一批人才,有力地促进我省农业系统工程的推广应用和各种优化方案迅速转化为社会生产力,从而取得显著的经济效益。

四、未来的展望

1985年7月在山西召开的中国农业系统工程委员会成立大会议纪要中指出:展望未来,到2000年,农业系统工程总的奋斗目标是:实现农业系统工程中国化。所谓中国化,就是钱老关于系统工程的思想体系,在国际上独树一帜。

1987年8月,在吉林省靖宇县召开的全国农业系统工程第2届学术讨论会上,石山主任