

农业系统工程引论

梁 荣 欣

农业系统工程引论



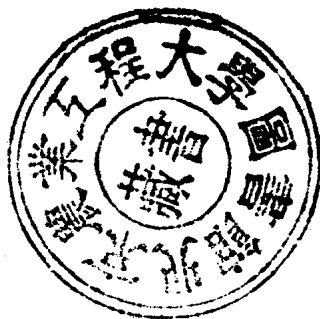
气象出版社

361

社

农业系统工程引论

梁荣欣 编著



高等教育出版社

内 容 提 要

本书是作者在多年教学实践的基础上总结编写而成。书中结合农业介绍了系统工程的产生和发展、它的基础理论及其实际应用。全书共分三篇文章：第一篇为农业系统工程概述，主要介绍系统工程和农业系统工程的基本思想和一般概况；第二篇为农业系统工程方法，介绍预测论、规划论及决策论方面的内容；第三篇为农业系统工程实践，运用实例来说明其基本原理及主要方法在指导和解决农业生产中实际问题的作用。

本书通俗易懂，不但可作为农业院校各个专业的教学参考书，而且也可供从事农业、水利等部门领导、规划、科研人员及其它有关方面学习参考。

农业系统工程引论

梁荣欣 编著
责任编辑 霍总会

农业出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京科技印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本：850×1168 1/32 印张：7.625 字数：193千字

1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷

印数：1—2,500

统一书号：13194·0287 定价：2.20元

前 言

近几年来,系统工程在农业领域里十分活跃,系统工程的原理和方法在农业生产和科研中的广泛应用和有机结合,产生了农业系统工程。农业系统工程的兴起对促进农业科学的发展及推进我国农业现代化的进程正在发挥着积极作用。可以预言,面对着席卷世界的新技术革命浪潮的冲击,农业系统工程必将成为迎接这种挑战的有力武器之一。因此,它虽然是刚刚破土的新苗,但显示出的活力却吸引着越来越多的人涉足这一领域。

作为多年来在专业学科领域从事教学和科研的教师,自从接触农业系统工程以来,不仅开阔了视野,振奋了精神,而且也使原有的专业知识有了更新和提高。这本书就是根据自己学习农业系统工程的心得及参加实践工作的体会,并针对农业生物类专业特点,综合编写而成的。作为教材,先后在校内外为农学、园艺、植保、土化、农业气象、畜牧及农业经济等专业的研究生和学生进行过讲授,也在一些专门举办的农业系统工程培训班上讲授过,受到大家的欢迎。

在本书编写的过程中,考虑到过去农业院校生物类专业数理基础比较薄弱的特点,力求作到深入浅出,通俗易懂。同时,为了便于学习和使全书成为一个有机的整体,本书在结构上既考虑了章节间的衔接和前后呼应,又注意到了各章的独立性和自成体系。全书共分三篇八章,第一篇为农业系统工程概述,主要介绍系统工程和农业系统工程的基本思想和一般概况;第二篇为农业系统工程方法,主要介绍与生物类专业结合密切的有关预测论、规划论及决策论方面的内容;第三篇为农业系统工程实践,以实例说明如何运用前面介绍过的基本原理和主要方法,来解决农业生产中

的实际问题。

由于农业系统工程是一个刚刚开拓的崭新领域，自己接触时间不长，再加上才疏学浅，时间匆忙，因此对农业系统工程的理解，难免有片面之处。直言之，我视为“珍宝”者，别人未必赞同，故名曰“农业系统工程引论”，其意只在抛砖引玉。同时，也殷切地希望大家对书中的错误之处，提出批评指正。

在本书的编写过程中，吸取和利用了国内不少学者的研究成果和资料，亦曾得到国防科技大学，北京农业大学、华中工学院、中国人民大学、东北农学院及中国科学院等单位一些同志的热情支持和帮助，在此表示感谢。

作 者 1984年10月于哈尔滨

目 录

第一篇 农业系统工程概述

第一章 绪论	1
第一节 系统工程简介	1
第二节 农业系统工程的概况与特点	9
第三节 农业系统工程人员的素养	19
第二章 系统工程的基本概念和基本思想	22
第一节 系统概念	22
第二节 一般系统论的基本思想	24
第三章 模型方法论	34
第一节 系统模型的概念和分类	34
第二节 系统模型的作用和特点	36
第三节 数学模型	39
参考文献	43

第二篇 农业系统工程方法

第四章 预测论	45
第一节 预测学概述	45
第二节 定性预测的技术方法	54
第三节 Verhulst 预测模型	57
第四节 农作物产量预测方法	67
第五章 线性规划	83
第一节 线性规划的一般概念	83
第二节 线性规划的图解法	91
第三节 线性规划的单纯形算法	94
第四节 线性规划在农业上的应用	107

第五节	线性规划的优缺点	113
第六章	其它数学规划模型	117
第一节	参数规划	117
第二节	整数规划	133
第三节	目标规划	140
第七章	决策论	148
第一节	决策问题概述	148
第二节	业务决策的基本类型和方法	157
第三节	模糊决策	172
	参考文献	186

第三篇 农业系统工程实践

第八章	应用专题讲座	187
第一节	作物环境资源生产潜力的系统分析	187
第二节	海伦县农作物产量预测	201
第三节	固原县最佳农林牧结构的线性规划模型设计	215
第四节	海伦县作物抗御气象灾害合理种植比例的决策分析	225

第一篇 农业系统工程概述

第一章 绪 论

第一节 系统工程简介

一、系统工程的形成与发展

1. 系统工程产生的背景

近几十年来,科学技术取得了飞跃的进步,未来的发展将更是迅不可估。图 1.1—1.4 反映了物质、信息和能源三个基本部门的发展趋势都是呈指数函数增长。

这些科学技术的进步,虽然给人类带来了益处,但相伴随着也出现了所谓“空间狭窄”与“时间缩短”的问题。在人类面前,涌现出了众多的复杂大系统,使得任何一项工程的开发和实施,不仅涉及到各类科学和技术部门,而且也涉及到诸如政策和教育等社会因素。因此,只有综合各个领域的知识,才能有效地解决这些问题。可以说当前任何的工程开发都已进入了系统发展的时代,必

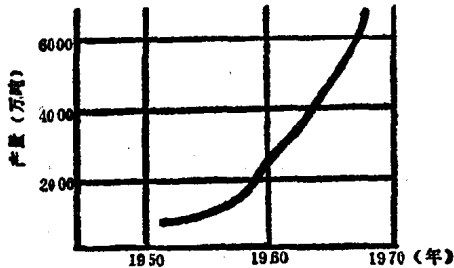


图 1.1 钢铁产量

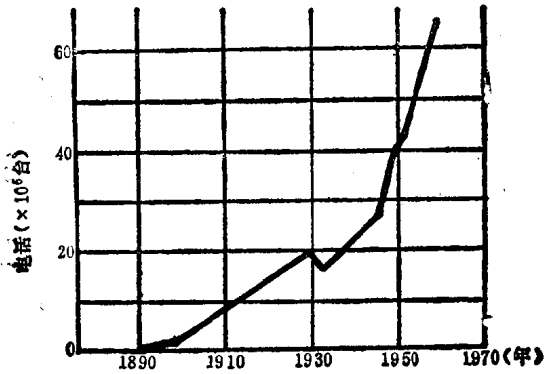


图 1.2 电话增加数

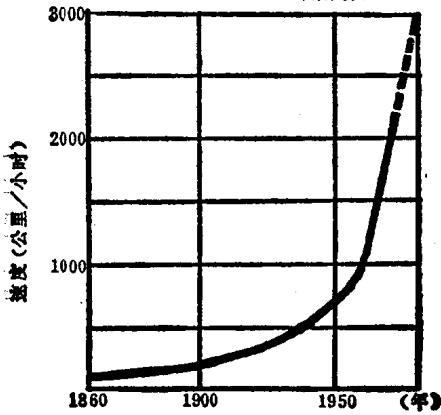


图 1.3 客运及货运速度

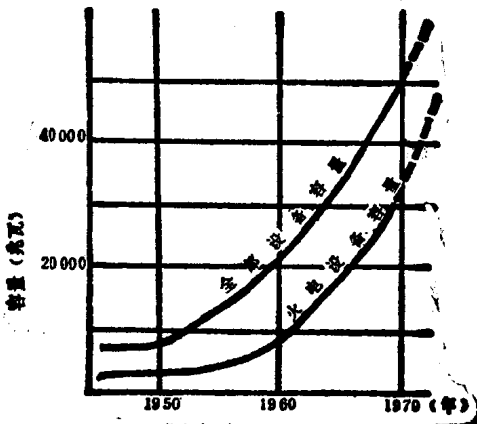


图 1.4 发电设备容量

须寻求一种理论和方法来解决这些系统性的问题，这就是系统工程产生的背景。

2. 系统工程产生的基础

(1) 思想理论基础

人类认识世界的系统观点，早在古代就开始萌芽了。古希腊的唯物主义哲学家德漠克利特(公元前460—370年)著有《世界大系统》一书，这是最早采用“系统”提法的著作。古希腊最伟大的思想家亚里士多德(公元前384—322年)的著名论点“整体大于它的各部分的总和”以及对事物生灭变化原因的解释都是古代系统思想的高度表达形式。我国春秋时代的思想家老子(公元前580—500年)，战国时代的唯物主义思想家荀况(公元前298—238年)等都在他们的著作中阐述过反映事物之间的普遍联系及部分与整体之间辩证关系的系统思想。

十五世纪下半叶，随着近代科学的兴起，开始盛行把自然界的细节从总的自然联系中抽出来，分门别类地加以研究的方法。这种方式虽然对当时自然科学的发展是必要的，而且也曾起过积极作用，但是，却助长了形而上学思维方法的发展。然而，就在这一时期，德国唯心主义哲学家和数学家莱布尼茨(1646—1716年)的重要著作《单子论》和德国唯心主义的创始人康德(1724—1804年)的《纯粹理性批判》等著作却从不同的角度阐述了系统思想的一些原则。近代的辩证法大师黑格尔(1770—1831年)在他阐明和运用辩证法的原理时，也处处表达出系统的思想原则。

到十九世纪下半叶，随着自然科学中的能量转化，细胞学说及进化论的三大发现，使人类对自然界的整体性及相互联系的认识有了进一步的提高。马克思、恩格斯明确提出了系统概念和系统思想，马克思在他的著作中多次使用“系统”、“有机系统”、“系统发展为整体性”等概念。恩格斯指出“宇宙是一个体系，是各种物体相互联系的总体”，又说，“由于这三大发现和自然科学的其它巨大进步，我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的

联系,而且总的说来也能指出各个领域之间的联系了,这样,我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实,以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画”。建立在十九世纪自然科学成就基础之上的辩证唯物主义所体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想,就是完整的系统思想。

(2) 物质技术基础

现代科学技术发展,对系统思想方法的实现起了巨大的促进作用,到20世纪中期,现代科学技术做出了两大贡献:

第一,出现了现代数学方法,如运筹学、控制论、集合论、拓扑学、模糊数学以及概率论和数理统计等。这就为系统思想方法提供了量化的数学基础,从而有可能定量处理系统各组成部门间的相互联系。

第二,出现了电子计算机,为量化的系统思想方法的实际应用提供了强有力的计算工具,从而使解决系统问题的复杂计算工作有可能实现。

现代数学方法和电子计算机的出现,使系统思想方法由哲学思维领域进入了科学实践的范围,这就是系统工程。

3. 系统工程的发展过程

中国是世界上最早产生系统思想,并在实践中运用系统思想解决实际问题的国家之一。例如广为流传的春秋战国时代的齐王和大臣田忌赛马的故事,就体现了决策论的思想。又如战国时代(公元前250年)秦国太守李冰父子在四川岷江上游灌县兴修的都江堰水利工程,可以看成我国古代成功地应用系统工程方法的例证,这项大型水利工程包括“鱼嘴”分水工程,“飞沙堰”分洪排沙工程和“宝瓶口”引水工程三大主体工程及120个附属渠堰工程,这些大小设施成龙配套,巧妙结合,分导了汹涌的岷江急流,使之转灾为利,驯服地灌溉着成都平原上的良田,二千多年来至今仍发挥着效益。北宋真宗时期,皇宫因火灾被焚,大臣丁渭主持修复工程,他提出的整体施工方案是:在皇城前大道上挖土烧砖备料,形

成河道后引进京城附近的汴水,然后用船把建筑材料运入工地,皇宫修好后,再把碎砖杂土填塞河道,修复原来的大道。由于施工环节前后衔接,统筹安排,所以又快又省地完成了修复工程。明朝永乐年间,铸造四十多吨重大铜钟时采用的“群炉汇流法”和“连续浇铸法”,也是从整体上进行全面安排,分级调度,充分体现系统思想的成功实例。但是,由于中国长期处于封建统治下,科学技术和生产力一直处于被压抑和落后状态,致使系统科学的萌芽没能在中华民族的土地上发展起来。

近代系统工程起源于美国,大体经历了以下几个发展时期:

(1) 萌芽时期

本世纪30年代,首先由美国贝尔电话公司的 E.C.Molina 和丹麦哥本哈根电话公司的 A.E.Erlang 在研究电话自动交换机时运用了系统工程的排队论原理。1930年,美国无线电公司在发展与研究电视广播时,开始采用系统途径(System approach)这一新的观点和方法。以后麻省理工学院的 V.Busn 在研制机械式微分器及 P.P.Eckert 研制电子数字计算机时,都运用了系统工程方法作为分析工具。

第二次世界大战期间,为对付法西斯德国的侵略,首先在英国成立了由各方面专家组成的运筹小组,广泛采用数学规划、排队论、博弈论等方法来解决护航舰队的编制和防空雷达的配置与使用,提高反潜艇作战效果及民防等问题,取得了很好的成效。1942年,美国总统接受著名物理学家爱因斯坦的建议,制定了研制原子弹的“曼哈顿计划”,用四年时间,动用一万五千名科技人员,造出了世界上第一颗原子弹。系统工程在军事上的成功,进一步引起了人们的重视。

(2) 初创时期

第二次世界大战结束以后,许多在战争中从事军事研究工作的系统工程人员转入了民用及理论研究和教学工作,大大推动了系统工程的发展。1948年,美国空军正式创建的兰德公司(Rand)

corporation), 在研究和解决复杂系统问题时创造了许多新的概念及新的数学方法, 对系统工程的发展起了开拓作用。1950年, 美国麻省理工学院开始试行系统工程学的教育。1957年美国密执安大学的 H. H. Goode 和 R. E. Machol 合著的《系统工程》一书出版, 这是一部有代表性的著作, 它不仅初步奠定了这门学科的基础, 而且使“系统工程”这一名称作为专门术语沿用下来。1958年, 美国研制北极星导弹的组织管理工作, 首先采用了计划协调技术 (PERT), 有效地进行了计划管理, 从而把系统工程推进到了管理领域。

(3) 形成时期

从 60 年代起, 系统工程迅速发展, 并由军事技术部门大量转移发展到民用部门及其它领域。1964年, 在美国召开了系统工程的第一次年会, 出版了会议文集, 并在宾夕法尼亚大学及亚利桑那大学成立了系统工程专业, 设立了系统工程学位。1965年美国学者 R. E. Machol 又编写了《系统工程手册》, 全面论述了系统工程的方法论、系统环境、系统元件、系统理论、系统技术和系统数学等, 基本上概括了系统工程的各个方面, 构成了一个比较完善的体系。1969年美国学者 A. D. Hall 提出了系统工程的三维结构, 概括地表示出系统工程的步骤、阶段和涉及到的知识范围, 成为各种具体系统工程方法的基础。这一时期, 系统工程最脍炙人口的成就是“阿波罗载人登月计划”的实现, 这一计划历时 11 年(1961—1972年)投资 300 亿美元, 参加的单位有 2 万多家公司和 120 多所大学, 涉及的科技人员达 42 万人, 包含有一千万种零部件。试想, 如果不用系统工程的思想和方法来研究、设计和组织管理, 整个的登月计划是不可能实现的。因此, “阿波罗载人登月计划”的成功更大大地促进了系统工程的发展。

(4) 发展时期

70 年代以来, 系统工程已广泛应用于社会、政治、工业、农业、环境保护、财政经济和文化教育等各个领域。同时, 世界各国都程度不同地应用系统工程解决本国的问题, 这就促进了系统工程的发展。

研究,使其在深度和广度上都有了新的发展。特别是日本,在经济发展和商品质量竞争上,运用系统工程方法取得了领先地位。

70年代后期,在钱学森先生的倡导和推动下,我国的系统工程也开始迅速发展并应用于各个领域。1980年11月,在北京成立了中国系统工程学会,并出版了“系统工程理论与实践”刊物。

二、系统的概念与特点

1. 系统的概念

(1) 系统科学 (Systems science)

系统科学是自然科学、数学科学和社会科学三大基础科学之外,正在形成的一个新的科学体系。系统科学的基础融会贯通两方面的内容,其一是从工程实践中提炼的技术科学,即运筹学、控制论和信息论;其二是来自数学和自然科学的系统理论成果,如 Von Bertalanffy 的一般系统论和理论生物学, I. Prigogine 系统远离热力学平衡态的耗散结构理论, H. Haken 的协同学等等。

(2) 系统工程 (Systems engineering)

概括地讲,系统工程就是系统科学指导下的工程实践。系统工程属于工程技术,但对工程的理解,应赋予更广泛的含意。

系统工程是一个总类名称,根据处理的体系不同,还可以分门别类,如:工程系统工程、科研系统工程、军事系统工程、教育系统工程、农业系统工程等等。

关于系统的定义及对系统工程涵义的解释,国内外学者众说不一,其原因是各人从不同的角度对系统工程加以阐述和理解所造成的。但大致可以分为广义和狭义两种,前者着重于思想、概念、步骤的开发,属于哲学性范畴的东西更多些,后者着重于工程实体的开发、设计、模拟、优化等,属于技术理论性的东西更多些。

2. 系统的特点

(1) 系统是横断学科

现代自然科学的发展,出现了两方面的趋势,一是高度的分

化,一是高度的综合。

研究特定物质运动形式的各专业学科的分化愈来愈细,学科愈来愈多,专业化的程度愈来愈高。例如:农学的研究,在19世纪末到20世纪初,主要是在细胞学水平上发展;20世纪50年代,出现了分子生物学,使农学的研究跨入了分子层次领域;近十几年来,随着量子生物学的出现,使农学研究进入了“从电子水平来理解生物现象”的新时代。

另一方面,随着现代科学和技术的发展,研究一切物质结构及运动形式的科学日益重要,这就是所谓横断科学。系统工程也是一门横断学科,它讲究整体、综合和联系,是指导和协调各专业学科的桥梁。日本人把系统科学叫做“软科学”,概括指出了这一学科的特点。

(2) 系统工程是以研究和解决大系统问题为对象的学科
大系统问题首先是大规模、大范围、大尺度的问题,因此,不仅

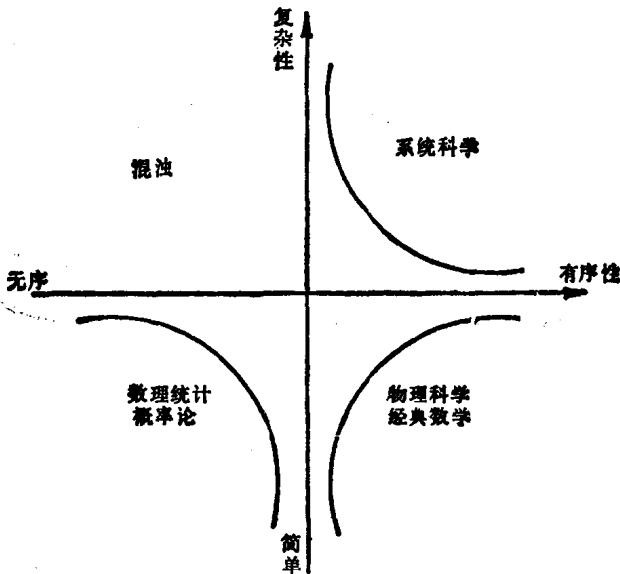


图 1.5 事物状态与科学分类的关系

涉及单元多,而且各单元间关系十分错综复杂,这样,又使大系统的问题经常带有风险性和模糊性。所以,研究大系统问题,要涉及到社会科学、自然科学和工程技术等各个方面,只有用系统工程的思想和方法,才能解决问题。

关于系统工程的研究对象与其它学科研究对象的区别,可以用图 1.5 来表示。

图 1.5 中的“混沌”状态,表示事物既复杂而又无序,目前还没有形成科学的办法来解决,而系统工程则是研究复杂而有序现象的科学。

(3) 系统工程是处在哲学和各专业学科之间的学科

系统工程是介于唯物辩证法与专业学科间的一个中间层次,是架设在哲学和专业学科间的桥梁,因此,有人称系统工程为“辩证法的助手”或叫“量化的辩证法”。这些讲法虽不一定严密和准确,但在一定程度上,却点出了工程学的本质。

系统工程离开了专业学科协同,就无法解决实际问题,成为单纯的“纸上谈兵”和“空中楼阁”;反之,专业学科若没有工程学的协调和综合,也不可能圆满地解决复杂的实际问题。因此,只有坚持唯物辩证法、系统工程和专业学科三者的协同,才能在实践中发挥巨大的威力。

第二节 农业系统工程的概况与特点

一、农业系统工程概况

1. 国外农业系统工程发展情况

(1) 一般情况

农业是最早应用系统科学的领域之一。著名的奥地利生物学家 Von Bertalanffy 就是在生物学的研究中创立了“一般系统论”的,而“一般系统论”是系统工程的重要理论基础。但农业系统工程真正作为一个独立的体系提到日程上来,是从 1964 年在美国成

立了“农业系统工程委员会”开始的,当时,曾向政府提出了系统工程在农业上应用的四点建议:

1° 为了使美国的农业获得高产和流通,必须采用系统工程的方法。

2° 为了达到上述目的,必须把各种专业人员集中起来进行综合研究。

3° 探讨在军事上和工业上成功的技术方法在农业上应用的可能性。

4° 充分认识农业系统的重要性,把站在国家立场上的研究人员组织起来促进工作的开展。

目前,世界各国的农业系统工程活动大体可以分为三种类型:

第一类:美欧等经济、文化较发达的资本主义国家。这些国家经济力量强大,科学技术发达,农业信息系统健全,各种数据丰富,因此,这些国家的农业系统工程既开展宏观的农业计划、农业布局和农业生态平衡方面的研究,又注意探讨地区发展规划与自然资源的合理利用以及农场的组织管理问题等。

第二类:苏联和东欧国家,农业系统工程活动也很活跃,由于它们实行计划经济,更有利于农业系统工程的开展。近年来,苏联在宏观的农业计划模型、微观的企业管理模型以及自然资源利用模型、农作物生长模型等方面,都取得了一定的成果。

第三类:亚、非、拉美等发展中国家的特点是经济力量较薄弱,科学技术较落后,农业信息系统很不健全,缺乏各种精确的数据。但是,这些国家迫切需要迅速发展农业,迫切要求保护自然资源不受破坏,所以,农业系统工程的思想和方法受到高度重视,并用来拟定各类开发资源及发展农业生产的计划。例如:墨西哥、巴基斯坦、尼日利亚和南朝鲜等国都提出并使用了一些农业系统工程成果。

(2) 发展过程

各国的农业系统工程活动,大体上都经历了一个由低级到高