



数据加载失败，请稍后重试！

中国农业系统工程丛书

农业系统工程概论

张象枢 编著

山东科学技术出版社

一九八七年·济南

中国农业系统工程丛书
农业系统工程概论
张象枢 编著

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东人民印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 13印张 2插图 252千字
1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷
印数：1—4,000

ISBN 7—5331—0191—X/S·30

书号 16195·182 定价 4.20元

《中国农业系统工程丛书》编审委员会

主任 石 山

副主任 杨挺秀 张象枢 周曼殊

委员 (按姓氏笔画为序)

马培荣	邓聚龙	邓 琦	亓桂明	石 山
刘德铭	刘志明	刘笃慧	刘玉斌	朱志明
吕富保	庄郁华	许尚武	陈锡康	陈克明
陈国良	陈绵云	吴 健	迟范民	杨挺秀
杨广林	张象枢	张沁文	周 平	周曼殊
罗庆成	竺开华	赵庆楨	晏国生	章志敏
曹和光	韩 宁	谭跃进	魏俊生	

《农业系统工程概论》

张象枢 编著

前 言

农业是人类赖以生存最重要的产业，也是劳动密集、技术密集和科学密集的产业。中国是世界上最古老的农业大国之一，中华人民共和国成立后，逐步解决了十亿人口的吃饭和穿衣问题，这是世界性的创举。现代科学技术的发展，日新月异，当今世界已进入信息社会，新技术革命已在全球范围内展开，总结农业现代化国家的经验，探索我国农业现代化的道路，是历史的必然，经济建设的需要。要走自己的农业现代化的道路，必须解决好农业决策科学化，农业在国民经济、社会、生态、科学技术综合发展中的作用及相互关系，农业的结构与布局，农业生态平衡，农业人口的发展与控制，以及能源、交通、商品生产、农村城镇建设等农业大系统中的系统性问题。国内外经验证明，农业系统工程是解决这些问题的重要科学方法与手段。

我国开展农业系统工程的应用，始于1980年，起步虽晚，但路子对头，发展很快。一开始，就在中国系统工程学会名誉理事长钱学森教授所倡导的“强调实践，讲求实效，不坐而论道”的思想指导下，面向农村经济发展，经过农业系统工程专家、技术人员和农业管理干部的辛勤劳动，短短六年，就在全国24个省（市、自治区）、250个地、县开展了农业系统工程的应用实践，并出现了黑龙江省海伦县、吉林省靖宇县、宁夏回

3520/27

族自治区固原县、山东省长清县和湖南省娄底地区、浏阳县等，一批具有中国特色、对农业系统工程理论和实践有重要意义的典型。自农业系统工程的应用试点开始，就十分重视人才开发和培养，强调为国民经济建设服务、为农业现代化服务。所以，农业系统工程发展快，效益高，受到各级党、政领导干部和广大农民欢迎，普及范围日益广泛，目前，用农业系统工程的理论、方法，进行预测、决策和管理，制订农村经济、社会、生态、科技综合发展规划，已成为不可缺少的科学手段。

为了总结农业系统工程的应用经验，满足全国各地迫切需要，中国系统工程学会农业系统工程委员会组织全国著名专家和有丰富实践经验的科技人员百余人，编写了《中国农业系统工程丛书》。这套丛书强调了农业系统思想、理论、方法、工具和程序的统一，以设计和效益为主线，包括十一个分册，即：《农业系统工程概论》、《农业系统工程总体设计》、《农业系统工程子系统设计》、《农作物栽培技术系统优化设计》、《农业系统动力学》、《农业系统线性规划》、《农业投入产出技术与模型》、《农业系统灰色理论与方法》、《农业系统的预测与决策》、《微机与农业系统工程应用软件》和《农业系统工程应用与效益》。

中国系统工程学会理事长、中国科学院学部委员许国志先生，给予热情指导，并在百忙中，克服视力障碍，为《丛书》写序。我们努力做到“寓巴人于白雪之中，出阳春于下里之内”和“笔执众人，书成一体”的要求。

农业系统工程在我国仍处开拓阶段，《丛书》的出版，是我国农业系统工程发展的一个里程碑，愿将它奉献给读者，意在抛砖引玉，共同实践，继续探索，不断修改，日臻完善，为

加快我国农村经济、社会、生态、科技协调发展作出贡献。

在编写过程中，承蒙中共山东省委、山东省人民政府、山东省科学技术委员会以及全国各有关领导和同行的大力支持，在此表示衷心感谢。

《中国农业系统工程丛书》编委会

一九八七年三月

序

自从党中央提出在本世纪末，我国国民经济翻两番的号召后，许多地区都在制订规划，特别在县一级，农业规划占着很重要的份量，是经济规划的中心课题之一。科学技术应该面向经济建设，而经济建设又应该依靠科学技术。制订规划是进行经济建设的重要步骤，也必须从现代科学技术中寻求新的概念、新的方法。我国农业系统工程，一开始就紧密联系实际，服务于中心课题，所以，在近年来得到了迅速发展，显示了它的生命力。

从事农业系统工程工作，需要三方面的人才，即农业专家、系统工程专家和懂得系统工程的农业专家或懂得农业的系统工程专家。后一方面的人才，是不可或缺，急需培养的，举办短训班，出版适合自修之用的课本，过去几年证明，是行之有效的方法。但还很不够，特别是书籍出版方面。《中国农业系统工程丛书》正是在这种情况下问世的。

发挥集体智慧，由较多人共同执笔，可缩短时间，取材或可较丰富。但在编辑、校审方面，若不加强，则可能有零金碎玉，难成一体之嫌。

这套书自需兼普及与提高。这是一项很难的工作，权衡取舍，颇费思考。若能寓巴人于白雪之中，出阳春于下里之内，则可称上乘。

丛书的编辑和撰稿同志，在过去几年中，曾共同研究项目，相处有年，观点与共，故能笔执众人，书成一体；他们或素习科研，或娴于教学，但都参与实际工作，对农业系统工程的理论和实践，亲有体会。

希望丛书的出版，对我国农业系统工程的进一步开展，作出贡献。

中国系统工程学会理事长
中国科学院学部委员 许国志

一九八七年二月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 系统工程的产生与发展.....	1
第二节 系统工程与系统科学.....	12
第三节 农业系统工程及其在农业中的应用.....	17
第二章 系统理论	22
第一节 系统.....	22
第二节 信息.....	54
第三节 控制.....	61
第四节 系统自组织.....	77
第三章 系统方法	107
第一节 系统方法的层次.....	107
第二节 系统描述.....	110
第三节 设置系统目标.....	126
第四节 系统评价.....	137
第五节 系统综合.....	147
第六节 系统分析.....	155
第七节 决策.....	172
第八节 实施.....	182
第四章 系统模型	187
第一节 模型及其本质.....	187
第二节 模型在系统研究中的作用.....	198

第三节	模型的类别	204
第四节	建模过程和方法	206
第五节	农业系统模型	213
第五章	生态系统模型	225
第一节	列维斯——列斯里矩阵模型	225
第二节	微分方程模型	242
第三节	分室模型	245
第六章	经济系统模型	257
第一节	生产函数模型	257
第二节	宏观经济计量模型	275
第三节	经济控制理论模型	281
第七章	农事运筹模型	292
第一节	农业线性规划模型	292
第二节	数学规划的其他形式	309
第三节	农业对策模型	332
第四节	农业决策模型	340
第五节	农业库存模型	353
第六节	农事活动统筹模型	360
第八章	农业系统仿真	367
第一节	仿真在系统研究中的作用	367
第二节	产生随机数的方法	373
第三节	离散系统仿真	377
第四节	系统动力学模型	381
	主要参考文献	406

第一章 绪 论

第一节 系统工程的生产与发展

系统工程是在工程技术的发展进入系统时代，为解决系统性问题而产生的。系统工程的出现有极其深刻的历史原因。

一、系统工程产生的历史前提

(一)古代朴素的系统思想和体现系统思想的工程实践：古代朴素的系统思想来源于古代人类的社会实践。人类从一开始进行生产活动，就要和大自然斗争，因此需要了解作物与地形、土壤、水分、肥料、季节、气候诸因素相互之间的关系，从总体上把握整个自然系统。这方面的经验在我国《管子》中的《地员篇》、《诗经》中的《七月》和《汜胜之书》中都有论述。战国时期李冰父子设计建造的都江堰工程，是由“鱼嘴”岷江分洪、“飞砂堰”分洪排砂和“宝瓶口”引水三大主体工程 and 120个附属渠堰工程组成，工程之间关系的处理体现了系统思想，形成了一个协调运转的工程整体。在古埃及、古希腊罗马和古巴比伦的一些著名工程建筑如金字塔等，也反映了古代人类运用系统思想指导实践活动达到的水平。

(二)自然科学的发展：15世纪下半叶，力学、天文学、物理学、化学、生物学等逐渐从哲学中分离出来，获得日益迅速的发展。近代自然科学运用分析方法，通过实验、解剖和观察，

把自然界各个侧面、各个层次从总的自然联系中抽出来，分门别类地加以研究，取得了极大成功，增强了人类改造自然的能力。

与这种细分化趋势交替出现或同时发展的还有自然科学发展趋势趋向整体化的趋势。以15世纪下半叶以来收集到的大量实证知识材料为基础综合研究，到19世纪初，能量守恒与转换定律、细胞学说和进化论的发现，使人类“能够依靠经验自然科学本身提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。”

(三)辩证唯物主义是系统思想的一个重要思想来源：辩证唯物主义是在总结自然科学提供的丰富材料基础上形成的。辩证唯物主义认为“世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体”^①。过程集合体，既指出了客观世界是由各个组成部分组成的集合体，又揭示了客观世界要经历发展变化的过程。这就为从过程和结构两个方面系统地研究客观事物指明了方向。系统科学和系统工程的本质和根本任务，正是要在深刻认识客观系统结构和过程的基础上对客观系统进行改造，使它朝着有利于人类的方向发展。因此，一般系统论的创始人，美籍奥地利理论生物学家贝塔朗菲(L. von Bertalanffy 1901—1971)和其它不少系统科学家都公开宣称辩证唯物主义是系统思想的重要思想来源之一。

(四)工程技术的发展：18世纪下半叶的工业革命，推动了生产的迅速发展和技术进步。但是，正像贝塔朗菲指出的，那

^①《马克思恩格斯选集》第四卷 第239~240页 人民出版社 1972年5月第1版。

时学习蒸汽机的工程师大体上能够解决有关蒸汽机的一切问题。到了19世纪下半叶，生产规模日益扩大，电力代替了蒸汽动力，石油得到了开发，生产技术设备日趋复杂，逐渐在工程技术领域出现了系统的概念。进入20世纪中期，由于构成机器的部件和零件日益增多，各种机械和装置又可以通过通讯技术、控制技术和计算技术与各个组成部分联结起来，形成了复杂的系统，迫切需要用系统的概念和系统方法来处理工程技术问题。同时，数学的广泛应用提供了定量处理工程技术系统中复杂问题的方法，电子计算机的出现为系统研究准备了有效的工具。这一切都为系统科学和系统工程的产生，准备了必要的物质技术基础。

(五)自然科学细分化和整体化趋势的加强：19世纪后期，自然科学的细分化和整体化两种趋势、分析与综合两种方法又有了重要发展。从19世纪后期到20世纪中期，学科的细分化日益发展，众多填补空白的新学科不断涌现。20世纪30年代和40年代，在细分化基础上又出现了自然科学整体化的过程。1943年奥地利物理学家薛定谔(E. Schrödinger 1887—1961)在题为《生命是什么?》的著名报告中，指明了量子力学在遗传机制研究中的意义，引进负熵的概念，引导人们认识生命的本质，大大推进了生物学与物理学、化学和数学紧密结合的过程。1935和英国生态学家坦斯利(A. G. Tansley)提出了生态系统的概念。这个概念不仅概括了植物生态学、动物生态学和微生物生态学，而且也包括影响有机体的全部物理的、化学的和生物学的要素。自然科学的细分化和整体化，促进了各门科学研究的具体化、精密化和量化，也加强了系统的、综合的和整体的研究，为系统科学和系统工程的产生准备了理论前提。

(六)管理科学与管理技术的发展：在19世纪，企业管理还是很落后的。1911年，美国管理学家泰勒（F. Taylor）出版了《科学管理原理》一书，首次和管理科学的文献中提到“系统”这个名词。他通过实验与观察，发现减轻劳动强度能使工效成倍增加，并论证了计件工资和超产奖励的效果。他的这些主张被称为“泰勒系统”。不过，他的管理理论主要涉及车间、班组的管理，很少考虑环境对于企业的影响，实际上是一种封闭系统的理论。与此同时，在经济管理中运用数学方法进行定量分析的工作也得到了发展。20世纪20年代，美国经济学家华·列昂节夫（W. Leontief）创造了投入产出模型，30年代初荷兰物理学家丁伯根（J. Tinbergen）和挪威的弗列希（R. Frisch）等人一起建立了经济计量学。1928年，数学家封·诺依曼（von Neumann）提出了对策论。1939年，苏联数学家康托洛维奇（Л. В. Канторович）发表了《生产组织与计划的数学方法》。

(七)一般系统论、信息论和控制论的问世：20世纪20~30年代，贝塔朗非在和生物学中机器论的论战中，提出了机体论，指出生物不是机器，而是有机体，阐明了生命系统的层次结构。以后，他又在机体论的基础上，进一步把系统思想推广到研究宇宙中一切现象，创立了一般系统论。

20世纪40年代，美国数学家维纳（Norbert Wiener 1894—1964）创立了控制论。他在1948年发表了《控制论（或关于在动物和机器中控制和通讯的科学）》，比较系统地阐明了控制论的理论和方法。同年，美国数学家申农（C. E. Shannon）发表了著名的《通信的数学理论》。1949年，他又发表了《在噪声中的通信》。在这两篇著作中提出了信息熵的数学公式、

信息量的概念以及编码定理等重要信息论理论问题。一般系统论、信息论和控制论的相继问世，为系统科学和系统工程的产生奠定了理论基础。

二、工程技术的发展进入系统发展时期面临的系统性问题

(一)工程技术系统发展时期的特征：20世纪中期，工程技术的发展进入系统发展时期。工程技术系统发展时期的基本特征：

1. 生产力迅速发展，社会生产的物质、能量和信息按指数曲线增长：例如，从50年代初期到70年代中期，全世界的汽车登记台数、发电量和电话台数的发展情况（图1—1、2、3）。

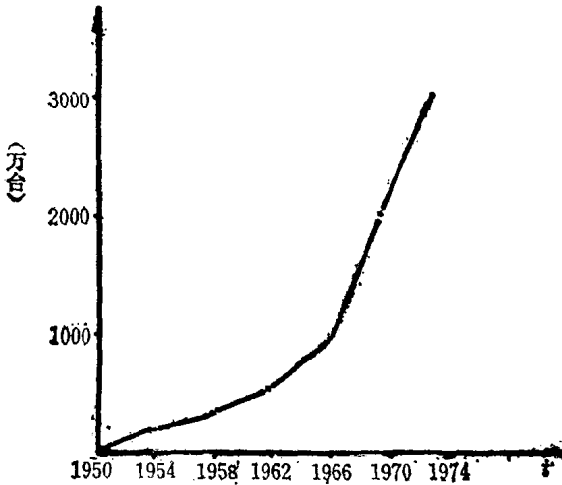


图 1—1 汽车登记台数

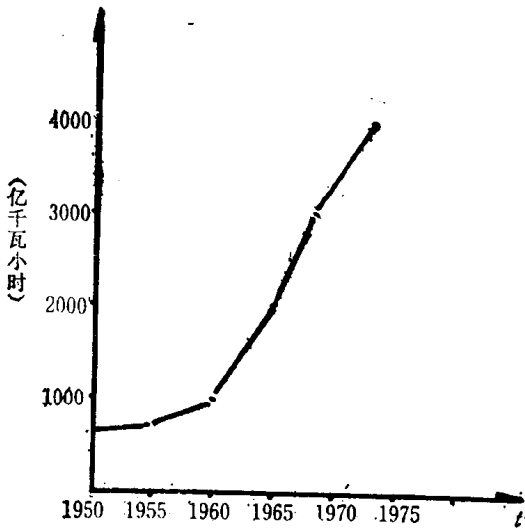


图 1—2 发电量

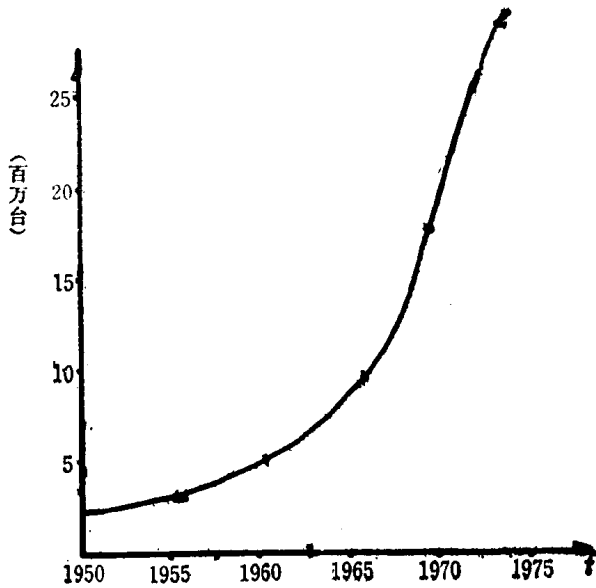


图 1—3 电话台数