

中央农业管理干部学院统编教材

农业管理系统工程基础

关立人等 编



新疆人民出版社

说 明

为了适应“专业化、商品化、现代化”新形势的要求和干部教育的需要，中央农业管理干部学院特邀十所高等农业院校的教授、讲师，编写了《社会主义农业经济学》、《农村经济管理学》、《农业生产经济学》、《农村商品经济》、《乡镇企业经济管理》、《农村发展规划》、《农业资源经济》、《财政与农村金融》、《发展经济学》、《农业管理系统工程基础》、《统计学原理与农村调查》等十一门课程的教材，作为中央农业管理干部学院农业管理专业试用教材。这套教材力求做到符合新形势和干部教育特点，具有科学性、知识性和针对性，理论联系实际，把常规的基本理论、基础知识与新理论、新知识结合起来，以宏观内容为主，把宏观内容与微观内容结合起来；以定性分析为主，把定性分析与定量分析结合起来。既可作为农业管理干部培训用，又可作为农业管理干部自学用。

《农业管理系统工程》是这套教材中的一本。本教材共十一章，第一、第二章由华中农业大学王文龙同志编写，第三章由南京农业大学顾焕章同志编写，第四、第十一章由西南农业大学戴思锐同志编写，第五、第六章由南京农业大学王树进同志编写，第七章由西北农业大学果志英同志编写，第八、第九章由新疆八一农学院关立人同志编写，第十章由西北农业大学贺继许同志编写，华中农业大学闵光泽同志参加了第一、二章部分内容的编写。最后由关立人同志定稿。

本教材在编写过程中，参考了有关院校和科研单位的教材和资料，中央农业管理干部学院新疆八一农学院分院茹园同志在组织编写和统稿工作中，对本书提出许多宝贵意见，对此谨表谢意。

限于编者水平，书中不当以至错误之处在所难免，敬请批评指正。

编 者

一九八六年八月

目 录

第一章 系统工程概论	(1)
第一节 系统的基本概念	(1)
第二节 系统工程的定义及其理论基础	(6)
第三节 农业管理系统工程	(12)
第二章 系统分析、综合和评价	(20)
第一节 系统分析	(20)
第二节 系统模型	(25)
第三节 系统综合和评价	(29)
第三章 生产函数模型	(39)
第一节 农业生产函数的概念	(39)
第二节 资源的合理投入	(40)
第三节 资源的相互替代	(46)
第四节 产品之间的配合	(50)
第五节 几种常用的农业生产函数模型	(55)
第六节 农业生产函数模型的建立和评价	(59)
第四章 线性规划模型及其应用	(61)
第一节 线性规划数学模型及其经济意义	(61)
第二节 线性规划的单纯形解法	(66)
第三节 对偶原理及其应用	(76)
第四节 灵敏度分析	(85)
第五节 线性规划的应用	(94)
第六节 线性规划应用实例	(100)
第五章 多目标规划	(108)
第一节 概述	(108)
第二节 几种常见的多目标处理方法	(111)
第三节 目的规划	(122)
第六章 动态规划	(127)
第一节 动态规划的基本思想	(127)
第二节 动态规划的数学模型	(129)
第三节 动态规划应用举例	(132)

第七章 网络分析	(148)
第一节 网络图	(148)
第二节 网络计划的计算方法及其应用	(156)
第三节 网络计划的优化	(166)
第八章 经济预测技术	(174)
第一节 预测技术的程序和分类	(174)
第二节 定性预测	(176)
第三节 时间数列预测	(180)
第四节 因果预测	(200)
第五节 结构状态转移预测	(207)
第六节 预测效果分析	(209)
第九章 系统模拟技术	(212)
第一节 蒙特卡罗法的基本原理	(212)
第二节 静态随机型模拟	(216)
第三节 动态随机型模拟	(221)
第十章 管理决策技术	(243)
第一节 管理决策概述	(243)
第二节 有概率信息的数量决策	(246)
第三节 贝叶斯决策和信息价值	(255)
第四节 无概率信息的决策准则	(263)
第十一章 投入产出分析	(269)
第一节 投入产出分析法概述	(269)
第二节 投入产出表	(270)
第三节 投入产出模型	(273)
第四节 投入产出模型的应用	(286)
第五节 投入产出表的编表方法	(294)

第一章 系统工程概论

第一节 系统的基本概念

一、系统的概念和特性

“系统”这个概念由来已久，它是人类在长期生产实践中逐步产生并形成的。

十九世纪上半叶，能量转换，细胞和进化论的发现，使人们认识到自然界是无数相互依赖、相互作用、相互制约事物的演变转化过程（或现象）所构成的统一整体。

恩格斯在1886年就对系统的概念作了如下的精辟论述：“旧的研究方法和思维方法，黑格尔称之为‘形而上学’的方法，主要是把事物当作一成不变的东西去研究，它的残余还牢牢地盘踞在人们的头脑中，这种方法在当时是有重大的历史根据的。必须先研究事物，而后才能研究过程。必须先知道一个事物是什么，而后才能觉察这个事物中所发生的变化。自然科学中的情形正是这样。认为事物是既成的东西的旧形而上学，是从那种把非生物和生物当做既成事物来研究的自然科学中产生的。而当这种研究已经进展到可以向前迈出决定性的一步，即可以过渡到系统地研究这些事物在自然界本身中所发生的变化的时候，在哲学领域内也就响起了旧形而上学的丧钟。”①恩格斯把这一认识上的飞跃称为：“一个伟大的基本思想。即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。”②这里恩格斯所讲的过程集合体，阐明了系统的哲学概念，它说明系统中各组成部分是相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用，从而引起整体的发展和变化，即由量变到质变。

（一）系统的定义

根据以上所述，我们可以把系统定义为：“系统是由两个以上相互联系相互作用的要素所组成的具有确定结构和功能的有机整体，是客观真实世界中某一部分过程（现象）的集合。”或简述为：“系统是客观真实世界中某一部分过程（或现象）的集合。”它既可是自然过程的集合，也可是人为过程的集合。它有一定的物理边界或概念边界来和周围的环境相区别，这个边界是根据需要而定，通常是可以任意选取的。例如农用车辆是一个具有物理边界（实体）的系统。而使用农用车辆的用户或部门则可看作是一个具有概念边界的系统（如农业生产系统、农机管理系统、林业生产系统等）。这样系统就有大小和层次之分。由于客观世界是一个完整而连续的系统，而我们只是从中取出一部分把它作为一个系统，这样我们就必须有明确的准则来区别哪些组成部分是属于系统的内部因素，哪些组成部分是属于系统的环境，哪些系统性能是受系统的内因影响，哪些是受外因（系统之外，即环境对系统的刺激或变动）的影响。其示意图如图1—1所示。

①马克思、恩格斯选集第四卷第240—241页。

②同上，第239—240页。

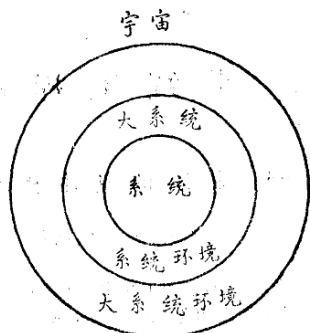


图 1—1 系统与系统环境示意图

系统环境的定义是：“系统之外与系统有密切关系或那些影响系统行为和系统变化的诸因素的集合。”系统和系统环境的总和构成高层系统。即一个系统是上一层更大系统的组成部分，这个更大的系统就是该系统的环境。故系统对环境应有适应性。

由于客观世界是在不停地运动，即各种过程或现象都是在发展和变化之中，因此在研究和分析系统时要有长远的眼光和发展的观点，而不可抱残守缺。这样才能有利于新技术的采用和新原理的发现。在确定系统环境时，如把所有环境因素全部考虑进去，不但过于复杂，而且由于人们的知识有限，将难以进行系统的分析和综合，为此必须对具体问题作必要的简化，有意识地忽略掉那些与当前问题无关的方面，这样作不是无知而是为了简化，但也不可过分地简化而使系统失去重要的影响因素。

为了进一步说明“系统”这一概念，有必要把我们日常讲的系统即传统的系统概念，如农业系统、工交系统、财贸系统、文教系统等社会集团及生物学中所讲的动物的呼吸系统、消化系统、神经系统、植物的光合系统、生殖系统等事物和器官的集合与现代所谓的“系统”概念，即前面所定义的“系统”二者的相似和区别加以说明和解释。传统的“系统”概念主要指相互联系着的事物，即一个问题所需连系考虑的范围。如农业系统就是指从事农业生产和管理的那些人和部门及事物的集合，消化系统是指嘴、食道、胃、肠等器官的集合。而现代的“系统”概念则是研究前一个系统的过程（现象）。即除系统中的事物外，还要包括系统的工作对象。在农业系统中就是动植物及其生长过程。而在消化系统中，则要包括食物。即研究各器官对食物的处理，消化和营养吸收的过程（现象）。这种把工作对象作为“系统”的重要组成部分，按各种过程（现象）进行研究，是“系统”概念的精华所在。否则脱离了工作对象去谈“系统”就会失去“系统”的作用。例如农业系统不讲动植物，农机系统不讲土壤和作物，这样设计出的系统必然是低效甚至是无用的。

系统还有许多定义。如钱学森同志提出的定义是“把极其复杂的研究对象称为系统。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整体，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”。又如有人把“系统”定义为“由两个以上相互影响、相互作用和依赖的部分（单元）所组成的集合体，是一种以整体完成给定目的的有机结合。集合体对激励或需要发生反应，以达到特殊目的或效用。因此系统功能将与其单元的

功能全然不同”。这样的定义较为具体和易于理解。但失之于偏重事物而未明确指出系统是过程（现象）的集合，使人们忽视了系统是在不断地发展和变化的概念。

（二）系统的特性

1. 系统的整体概念与整体性：由于系统是客观真实世界中某一部分过程的集合，所以它无所不在，无所不包。但在定义系统时又必须明确它的边界，重视所定义系统的完整性。只有完整的系统才能使该系统具有特定的功能，以达到系统所预期的目的或目标。这种特定功能，不是该系统的构成要素功能的简单叠加，而是它们的有机合成。从而导致产生新的和更大的整体功能，即系统的整体功能大于其局部功能之和。因之要重视系统的整体和整体优化，局部之间要相互协调并服从于整体。

所谓系统的整体性，乃指系统的目的（目标）、性质、运动规律和功能等。它只有在整体上通过系统环境的关系表现出来。故要求系统各构成要素的协调和统一。系统的整体性，体现在要素、环境、整体间的有机联系和辩证的统一，即系统的整体有机性。

2. 系统的功能概念与目的性：功能是系统动态过程（或能力）的表现，是系统要素之间及其与系统环境之间物质、能量、信息变换过程所产生的结果。它与系统结构有着不可分割的密切关系。但又有相对的独立性。即不同结构可有相同的功能，也可有不同的功能。复杂的高层次系统和人工系统都具有目的性。即系统有明确的总目的（目标），系统的子系统（要素）都是为了完成系统的既定目标而协同工作的。

3. 系统的层次概念和有序性：系统由要素构成，而系统和系统环境又组成上一层的综合系统，这样系统就成为其上层系统的一个子系统或要素，而系统的要素又是其一个下层系统。故系统和要素的区别是相对的，和有层次（等级）关系的。这是系统结构上的有序性，即空间有序性。在系统的结构确定以后，系统中的物质、能量、信息的流动是按一定规律有秩序地进行的，这是系统的另一种有序性，系统都是处在不断的变化、发展的过程中，这种发展变化受到系统内部和外部的因素的影响和约束，并按一定的规律（如系统的发生、发展和消亡）进行，这就是系统发展过程的有序性，即时间的有序性。

4. 系统的结构概念和集合性：一切系统都有结构。系统的属性和整体的功能，就是通过结构来实现的。所谓结构就是系统要素在系统范围内的时空秩序，它说明了系统诸要素间的内在关系，即其相互联系和相互作用的内在方式，这种方式可以是单向的，交互的或网络的。这些联接关系的总和表现为系统内部的组织、机制、序列和层次。系统内部结构是决定系统反应的关键，同样的系统要素，由于结构的不同，就会呈现不同的系统属性和功能。但系统结构一经确定之后，就具有相对的稳定性，从而保证其属性和整体功能的稳定。系统和各子系统（要素）间存在的联系和所形成的结构，就是系统的集合性。

5. 系统的关系和约束概念及其相关性、协调性和适应性：系统的研究重点在于发现系统内部各要素之间以及系统与系统环境之间的关系。即它们之间相互联系、相互作用的规律，所以系统科学也可以说是研究客观世界中所存在的各种关系的科学。由于系统、子系统和系统环境间相互联系，相互作用的关系中既存在着相互促进的作用也存在着相互制约的关系，这种制约关系构成了系统的约束概念，即系统只能在其约束条件下存在和发展。也就是说系统的存在和发展是其各个子系统存在和发展的前提，而各个子系统的发展则受系统和其它子系统的制约。系统相互依存、相互作用就是系统的相关性。

由于系统与要素和要素与要素之间有相互依存、相互促进和相互制约关系，因之需要协调，以利于内部协同使系统整体功能最优。这就是说各子系统要协调一致地为整体功能最优作出贡献。这就是系统的协调性。

系统环境与系统之间的关系表现为上层系统对下层系统的制约关系。即系统要受到环境的限制。为了在系统环境变化时能够保持系统的整体功能，达到系统的目的，系统及其子系统就要对它们各自的环境有一定的适应性。这就是系统的环境适应性。它是由于系统具有目的性，并可控、可调的原因。

6. 系统的状态概念：既然系统是客观真实世界某一部分过程（现象）的集合，而客观世界又是由物质、能量和信息这三种基本部分所组成，所以系统所定义的那一部分过程就是物质、能量和信息在系统中的转变过程（即把物质、能量和信息的输入通过系统转变为输出的过程）。在这一转变过程中，由于时、空的不同，系统内部各要素的状态将按一定的规律运动和变化。所谓状态就是系统中各要素的物质、能量、信息的瞬时量值。例如对于农业生产系统来讲，可以是某地、某年的种植面积、总产量和各种作物产量等。系统状态的变化构成了过程。系统的行为状态和要素的反应状态要受到环境和系统的约束。

7. 系统的输入、输出、反馈及控制、调节概念：一切系统都有物质、能量和信息的输入和输出。而一般系统都有反馈，所谓反馈就是把输出结果的信息（反馈信息）送回输入端。为了使输出结果符合系统的目的要求，还需要在系统中增加控制子系统，以接收反馈信息并发出调节信息来改变输入。

系统可通过输入变量和输出变量来描述系统的转换功能，这种方法叫外描述（黑箱），也可通过系统状态变量来描述输入和输出的关系，这种方法叫内描述（白箱）。系统内部状态变量只有部分为已知时称为灰色系统。^①

我们可以通过系统状态集合随时间的变化（在 t 时间内为 $X_t \in X$ ），环境对系统的输入集合 $U_t \in U$ ，和系统对环境的输出集合 $Y_t \in Y$ ，来对系统进行内描述和外描述。当系统中有反馈和控制系统时，系统的输入中还要加上由系统输出 Y_t 使系统控制器 C 所产生的反馈调节作用 $C_t \cdot Y_t$ 来控制系统的运行。具有控制系统的输入、输出状态关系的一般系统示意图如图1—2所示。

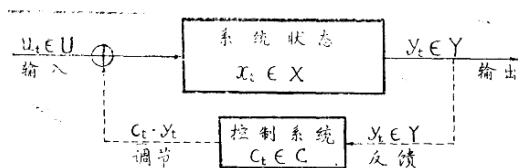


图1—2 具有反馈控制系统的系统示意图

8. 系统的同型性、流动性和对象的重要性：系统具有同型性，即不同的系统可以抽象为同样的数学表达式，即系统可以模型化，例如：福莱斯特J. W. Forrester在其所著“系统学原理”中把所有系统都看作是各种流（物质和信息）的集合，用流位（存量即流的积累）

^①灰色系统由我国邓聚龙教授提出。

描述系统的状态变量，以流率描述系统的行为变量来建立各种系统模型，并用计算机模拟程序（DYNAMO）对系统进行模拟。由于系统是物质、能量、信息的流动转化过程，所以流动是系统的一个重要特性，在经济系统中加速人、财、物的流动可提高系统的功能。系统工作对象是系统不可缺少的因素，其重要性已在前面述及。

9. 系统的可控性和可测性：由于系统的输入和输出是一些可以定量和测量的物质、能量、信息，而系统一般又具有反馈、控制和调节机制，因之系统的输入、输出及系统状态当为（白箱时）能够量化。使系统可以进行定量分析和评价，并且通过控制和调节来达到系统的目的。此即系统的可控性和可测性。

10. 系统的随机性和竞争性：一般所谓的系统多指人为的系统，如管理系统和经济系统，或改造了的自然系统。它们都是一些复杂的大系统，层次、变量多，结构复杂，带有较多的不确定因素和竞争因素，使系统具有随机性和竞争性。如农业管理系统中就包含有气象那样的随机因素和市场那样的竞争因素。

11. 系统的优化概念：由于系统的功能和目的可由不同的要素和结构来组成，即为达到系统的目的，有为数众多的方案，而他们又是可以定量和测量的，因之可以通过系统分析和评价，选择一种最优的系统方案。同时在环境变化时还可通过控制和调节系统的输入或系统的状态来使系统保持最优状态，故系统可以优化。

二、系统的分类

系统存在着多种形态，按不同的分类方法可将其划分如下：

（一）按自然的发展层次来划分为无机物系统、生物系统和社会系统

前者是一种无目的的低层系统，后两种是一种有目的的高层系统。社会系统则是在生物系统基础上发展起来的更高层次的系统。

（二）按系统的组成要素来划分，可分为自然系统和人工系统

自然系统是未经人类加工，由自然过程（现象）组成的系统。如原始的自然生态系统、气象系统等。人工系统是通过人类加工形成的各种系统，其中有工程技术、管理、科学技术、教育、社会、经济、工业、农业生产等系统。其中既有经过人工改造的自然系统，也有完全人为的人工系统。

（三）按系统与环境的物质、能量、信息、交换过程来划分，可分为封闭系统和开放系统

封闭系统基本上不与环境发生物质、能量和信息的交流，而开放系统则与环境有物质、能量、信息交流。其中有些系统的物质、能量、信息的交换量大，因而影响着系统功能和结构的发展。有些则只是在特定的条件下才有物质、能量和信息的输入和输出。

（四）按系统的状态与时间的关系划分，可分为静态系统与动态系统

静态系统的状态与时间无关，动态系统的状态则随时间而改变。

（五）按系统是否是实物来划分，可分为实体系统和概念系统

实体系统即通常所谓的硬件系统，而概念系统则为软件系统，它是由概念、原理、方

法、法则、制度、程序等所组成的非物质系统。

(六) 根据系统的复杂程度来划分, 可分为一般系统与大系统

一般系统的规模不大, 要素不多, 功能和目标较少, 要素之间的联系也不十分复杂。运用一般系统理论即可处理其问题。大系统的规模庞大, 结构复杂, 因素众多, 变量具有非线性, 目标和功能都很多。对于这种大系统需要运用大系统理论, 对系统环境和外部影响因素以及各子系统之间的物质、能量、信息联系进行分析, 对系统运行状态和发展趋势进行估计和预测, 以及对大系统规则、总体设计和决策等, 它一般要用分解协调技术, 对大系统进行反复的分解和协调。从而解决大系统的最优设计, 最优控制和最优管理问题。

三、系统思想和系统科学

(一) 系统思想

系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具, 是以辩证法为指导的哲学思想。它是研究自然科学和社会科学不可缺少的思想武器, 它告诉人们要全面地考虑问题, 即要有全局性和整体观念, 避免片面性和只强调局部的重要性。它以系统最优(整体最优)为目标, 认为任何事物都有其内在的联系和规律, 并受其周围环境的影响, 且与它们相互联系、相互作用。即各个过程(各种现象)之间有关联性和规律。这些规律是可以逐渐被人们认识的。因此在研究任何过程(现象)时, 都应既有分析, 又有综合, 进行辩证的思维。

(二) 系统科学

系统科学就是运用系统思想来研究复杂大系统规律性的科学。它可以用来指导系统工程实践的各个分支, 它是各种学科间的横向联系学科, 是研究各学科间共同规律的科学, 是介于哲学与单元科学间的一个中间学科。它将辩证法和数学理论结合起来, 构成各种系统工程分枝共同理论基础, 它借助于模型, 特别是数学模型(包括数集及任意事物的逻辑集合)来帮助人们进行正确的思维。它不是孤立地去研究问题, 而是根据问题的复杂程度, 实事求是地对具体问题进行分析 and 解决, 对复杂大系统特别强调系统科学的协调作用。只有多学科协同, 才能达到总体的协调, 才能得到系统整体最优的效果。所以必须开展多学科的综合研究, 把各方面的力量组织起来, 建立学际小组及时交流经验, 互相促进、互相启发, 按照系统思想进行思考, 运用系统科学来分析和解决问题。

第二节 系统工程的定义及其理论基础

一、系统工程的定义

系统工程是一个具有特定含意的词组, 它不是“系统”和“工程”两个词意的简单组合。因此工程系统和系统工程就是两个截然不同的概念。前者是某项具体工程事物和过程的集合, 后者则是一种科学的方法论。

系统工程是一种以认识和改造客观世界来谋求人类最大利益的工程技术。它是系统科学在各种工程和管理工作中的应用。由于它可用于各种工程和管理, 所以有人把它称作“工程

的工程”、“技术的技术”。它实际上是一种实现系统优化的分析工具和方法论。它通过系统分析和系统综合来制订各种系统的规划,进行系统的组织管理以及系统的设计和实施。

钱学森同志所下的定义是:“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科学方法”。也有人认为“系统工程是按照各个目标进行权衡,全面求得最优解的方法,并使各组成部分能够最大限度地互相适应”;“系统工程与其它工程学不同点在于它是跨越许多学科的科学,而且是填补这些学科边界空白的一种边缘科学。它涉及到工程、社会、经济和政治等领域,并且是把它们从横向组织起来的一种技术,是研制系统所需要的思想、技术、方法和理论等体系化的总称”;“系统工程是按系统科学的思想,应用信息论、控制论和运筹学等理论,以信息技术为工具用现代工程的方法去研究和管理系统的技术”;“系统工程是以系统论、控制论、信息论为理论基础,以计算机技术为工具去管理系统的方法”等。

系统工程中“工程”的含义与通常人们所指的工程概念有所不同,在这里“工程”是一个广义词,是表示一个任务的意思。组织一批人力、物力来很好地完成一个任务的组织、计划、安排、分析、决策、实施等工作就是系统工程。所以它不仅可用于一般工程,而且可用于其它自然科学如农学、医学等,而且可用于各种社会科学如政治、经济和管理等。

二、系统工程的理论基础

系统工程方法虽然在我国已有所应用,如早在两千年前,李冰父子在建设四川成都平原的农业灌溉系统时,就曾组织动员大量人力、物力,利用当地资源,根据具体自然环境条件,从整体和长远观点出发,把“鱼嘴”岷江分水、“飞沙堰”分洪排沙、“宝瓶口”引水灌溉及120余项渠堰排灌分项工程分开处理,并综合起来成为一个完整的都江堰水利工程系统,既节约了材料又减少了费用,收到了显著的经济效果,使此项工程系统直至今日仍能继续良好运转,经济效益显著,可以认为是农业工程系统,运用系统工程思想和方法获得成功的范例。然而系统工程作为一个现代的横向科学来说,则是近代科学技术发展的产物。

(一) 运筹学

1940年间,美国为执行研制原子弹的“曼哈顿”计划,组织了两万五千名科学技术人员和十二万生产人员在三年半内完成了这项极为复杂的任务,并从中总结出了多种管理技术,这些技术就是以后系统工程的基础。由于军事上的需要(如潜艇的搜索和运输船只的制造),运筹学得到了发展和应用,并取得了显著的效果。它的任务是探索确定(或不确定)条件下,使目标函数具有最优解的方法和程序。它的发展为系统工程提供了一个重要的理论基础。

(二) 系统论

虽然人类早就有了关于系统的认识,恩格斯也在上一世纪九十年代就提出系统的概念,然而使其从哲学中独立出来成为一门基础科学,并逐步形成一个“学科群”还是二十世纪三十年代以后的事。1930年美国无线电公司在发展与研究电视广播时,采用了系统观点,奥地利理论生物学家冯·贝朗塔非在研究生物学时提出了著名的“整体大于各孤立部分的总和”定律,并把协调、秩序、目的性、整体性和层次等概念用于生物。认为生命系统本质上是开放系统。并建立了有机体开放系统的模型。1937年在《德国哲学周刊》上发表了《关于一般系

统论》一文，但未得到足够的重视。直至1986年他出版了《普通系统论的基础、发展和应用》一书之后才得到了人们广泛的重视。并出现了许多新的学派，其中有比利时物理学家普里高津（I. Prigogin）提出的“耗散结构”系统论，它是从非平衡态热力学的发展中发展出来的，这一理论认为“非平衡是有序之源，不可逆过程导致一种远离平衡态的稳定的有序的物态——耗散结构”。因而说明了开放系统如何从无序走向有序的问题。还有西德科学家哈肯（Haken）于1979年提出了“协同学”这一新的系统论。他从管理学角度运用现代科学技术的最新成就（如超导、激光、铁磁论等）和现代数学理论（集合论，突变论），提出了多维相空间理论，进一步解决了复杂系统如何从无序走到有序状态和为什么具有目的性的问题。而且他发现了封闭系统在热平衡的状态下有时也可出现有序状态。故这个理论使系统论又前进了一步并得到了很快的发展和广泛的应用。苏联学者乌耶莫夫提出了参量型系统理论，他认为运用这一理论可在电子计算机的参与下，把系统参量联系起来，从而确定出系统的全部规律，因此开阔了更为诱人的前景。这些系统理论都是解决系统工程问题的理论基础，是系统工程最主要的理论基础。

（三）控制论

控制论（Cybernetics）是指综合人和机械的控制，以及通讯理论和技术的一门新兴科学，是美国著名数学家维纳（N. Wiener）于1948年出版了《控制论—动物与机器的控制和通讯》一书后开始的。它以反馈网络，通讯理论和信息论为基础，概括了自动控制 and 反馈、自动判断和决策，即计算机理论和信息论、预测及滤波等内容，把三论（系统论，信息论和控制论）推广到了大脑和某些社会现象。1954年他又出版了《控制论与社会》一书，同年我国学者钱学森的《工程控制论》专著在美国问世，使控制论这门技术科学在科学家中得到了公认和重视，并迅速得到普及。

采用系统工程方法研究系统时主要依靠数学模型，因系统多为反馈系统，特别是对于那些复杂的大系统，系统中的信息和反馈特性十分复杂，有赖于用控制理论来进行深入的研究，所以控制论就成为系统工程的又一理论基础。

（四）信息论

系统处理的对象是物质、能量和信息，而物质和能量的流动都同时伴随有信息的流动。所以任何系统都要和信息发生关系。信息作为客观现象的一个方面，它存在于整个宇宙，因而也和系统一样是无所不在的。但信息这一概念，作为一个科学内容来研究，则是二十世纪三十年代以后的事。由于信息本身是无形的，所以在过去用物理量来测定它是困难的。但近年来由于申农（C. E. Shannon）等人于1948年提出了信息的概率理论，证明信息是对事物间差异的一种抽象，是事物运动的状态，以及关于这种状态的知识，它是一个物理状态的基本量，其单位为比特。两个独立的等概率可能状态的事物（如抛掷硬币时不同两面向上的概率都是 $\frac{1}{2}$ ）所具有的信息量就是一个比特。

信息量的定义为 $H(X) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i)$ 比特。式中： $P(x_i)$ 代表某一事物 X 发生

第 i 种情况的概率， $H(X)$ 为该事物的不确定性。因此，获得信息就要消除事物的不确定性。所以有用的消息、情报和资料都是信息，而广义的信息就是知识。

由于系统的输出和内部转移过程都有信息的流动、传递,反馈和控制,因之就需要以信息论为基础理论来研究信息在各种系统中的作用。此外系统的开发和系统的管理均需要有信息的保证,包括信息的收集、分类、处理、传递贮存、检索和管理。因此计算管理信息系统就成为现代管理工程不可缺少的组成部分。作好这些工作都要用到信息论的知识,因此信息论也是系统的一种必不可少的理论基础。而计算机用于数据处理、贮存及数学运算和系统模拟,则是系统工程不可缺少的工具。

三、系统工程方法和应用原则

(一) 系统工程方法

系统工程方法是一种研究各种过程或现象间相互关系的技术和对所研究问题的广大基础上的系统解决方式,并能制定问题的非常接近真实的模型,使工程技术和经营管理人员有较广泛的观点,这对解决复杂问题是非常有用的,它能使人们对问题的约束、替代方案有一个较清晰的认识。因此其思维过程是:

1. 摆明问题:首先要摆明问题,并使问题的环境明确化,应用广泛的要素来说明问题各方面的需要,反映复杂因素和环境的内在矛盾,对问题的性质要严密考查,不能简单化。总之要全面考虑问题的各个方面,同时还要认清系统各单元间的交互作用,以及与其它系统的关系,以决定其层次。其次是进行目标选择,即每层系统都有它的特定目的或机能,它与高层系统的目标相关,一般要由高层系统来说明它的必要性(例如农业机械化系统要由农业系统来决定,机器的部件要由其整机形态来决定),但问题和环境的明确化常因专业人员对问题的知识有限而受到限制。如对系统及其职能知识的缺乏,对环境的说明有限。对系统的单元,结构和外表了解不够等。因而就难以对系统加以详细的说明。为此,必须进行各种专门技术和多学科知识的交流,根据所研究问题涉及的范围,建立相应的多学科协作小组,研究解决问题的途径和建立系统模型。虽然在决定系统层次和结构时要受到环境、知识、才干、时间等因素的限制,但我们仍然可以在忽略掉限制条件以外的低层系统或单元的情况下进行系统的分析和综合。

总之,问题的明确化就是使问题的环境清晰、目的明确、目标选择恰当,又将会遇到的困难,可供使用的资源、可行方案的约束,可能方案有效性的判定都要加以说明。

2、建立系统模型进行系统分析:系统分析一般是指在系统模型不变的情况下(即对一个系统)找出一组输入的对输出(此时需要了解系统中诸单元的基本性质及其相互关系),再反馈回去进行重复演算,此时输入是真实情况,而输出则是预计的结果。

系统分析须从系统总体最优的观点出发,采用各种分析工具和方法,对系统进行定性的和定量的分析。它不仅分析与技术经济有关的问题,而且要分析有关政策、组织体制、信息和物质流动等方面的问题。故系统分析是一个有目的、有步骤的分析过程,即使用科学的分析工具和方法对系统的目的、功能、环境、费用、效益等进行充分的调查研究;收集、分析和处理有关资料和数据;建立若干替代方案和必要的数学模型,进行模拟试验,将各种分析、试验计算结果与原计划相比较,并作出评价;最后整理成正确可行的完整资料,供决策者选择最优方案时作为依据。

3、系统综合:系统综合就是系统设计,它是根据问题和目标来研究如何组合系统单元

以适合需要标准,即形成系统方案。系统方案可以模型化,模型中的系统单元是一些可改变的参数,并以一组输入——输出特性的组合作为标准(如建立各种农业系统方案)。下一步通过系统分析研究各种系统方案对输入、输出的影响,最后通过反复计算决定系统参数应如何改变,才能得到较好的系统绩效。即改变系统单元的属性(如直接影响产量、成本的那些设计参数)来进行系统的优化选择。因此系统综合是指对一种还不存在的系统提出一个可供研制的方案模型,其目的是在系统创制之前就预先作出评价,对输入的评价和系统分析相似,但能够包括设计参数的输入,例如一个适用的农业系统设计模型,可以帮助我们正确的选择和设计系统参数。因之就可以在不建立真实的情况下,迅速而节约地模拟所设计的真实系统,即通过系统的计算试验或数学模拟实验来预测真实系统的性能。了解其输入和输出的关系,通过系统单元的变动来达到预期的输出目标。

4、系统选择:系统选择就是进行系统的最优化。例如,农业系统的选择就是要对它的干系统进行合理选择,以发挥当地的各种自然资源、技术和社会、经济方面的优势,使系统内部协调、互相促进,从而达到农业系统的整体优化。在进行系统选择时需要进行系统的评价和决策,为此,事先就要制定评价标准,并按系统决策的程序和方法进行。从这个意义上讲,系统选择可以认为是系统综合的一个组成部分。

每一个假想的系统,在实现前都需要经过工程(技术上是否能达到和完成对它预期的功能)、经济(系统效益是否超过了系统的化费)、财务(是否有足够资金来实现这一系统)和社会政治(人们是否能够接受这一系统)等方面的可行性检验。它也属于系统综合的一部分。

5、系统的发展:系统的发展包括系统设计、规划和执行,这是一系列的决策过程。对于一个工程系统,此后就是对系统的研制、生产、销售、使用、维修、更新和报废。国外七十年代初期根据系统理论提出和发展起来的设备综合工程学或称设备综合管理学(Tero-technology),可用来进行农业设备的工程技术、管理和财务等实际业务的综合研究。它的特点是把全寿命周期费用作为评价其工作性能的重要经济指标,追求最低的全寿命周期费用,而不是只追求某一阶段如研制、生产或使用阶段费用的节约。在实际工作中,这个问题不能由不同部门或企业分别孤立地考虑,即销售前的设计生产阶段由制造厂来考虑;销售后的使用、维修、更新、报废阶段则由用户来考虑,这样就把整个互相密切相关的系统人为地分割开来,而导致前后脱节,造成不必要的浪费。

(二) 系统工程方法与传统方法的区别

1、系统工程方法是一种三维结构:包括知识维(多科学)、时间维(全过程)和逻辑维(全面考虑从多方案中求整体优化,其次序与系统分析程度相同)。

2、按系统工程方法思考问题既科学又系统;它处理问题迅速全面而且可靠,这是一种新的工作方法。如开普勒和崔可的系统思考程序图(见图1—3)。

(三) 系统工程方法的特点

1、研究方法上的整体化:即把系统和系统研制过程均看作一个整体。且把系统看作上层系统的一个子系统并服从上层系统优化的约束和协调。这是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验、使用的一种科学方法。基于系统整体化概念建立了一系列评价系统效果的综合性指标,如价值(功能成本比)、价值寿命、造价维修费用比、时间价值等。

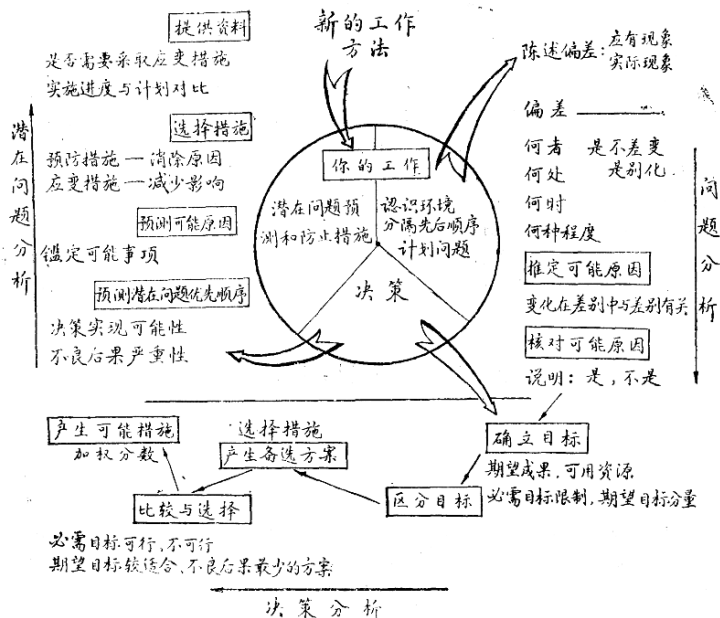


图 1—3 开普勒可系统思考程序图

2、技术应用上的综合化：它可以综合运用各种科学和技术领域内的成就，使它们互相配合而达到整体优化，获得新型技术综合体和最佳的综合应用成就。如广泛采用概率统计方法、模型、模拟技术、优化技术等数学方法和如用电子计算机来进行数据处理和分析计算，作出最优决策。复杂的社会——技术系统要求社会科学和自然科学的紧密结合，才能获得最优解决。

3、管理上的科学化：管理工作包括规划、组织、调度、方案分析比较和决策及选定方案的技术经济效果和社会效果的评价等。管理工作对促进科学技术发展，提高效率 and 合理利用资源，充分发挥技术效能具有十分重要的意义。管理失策将造成重大损失。管理是一个控制过程，所以也要用系统工程的方法来进行科学化管理，如计算机管理信息就是这方面的一个重大成就。

(四) 系统工程方法的应用原则

1、需要一个多学科协作研究小组：它应对系统作详细的说明，选择和决定系统适当数学模型和输入值，在模型设计时特别需要这种方法。

2、系统模型一定要有一个明确的定义：此定义需要有一个能说明这一系统需要完成什么要求和具有什么样的系统约束条件的详细报告。

3、小组成员间要保持密切联系：因为每一个学科都有自己的术语，所以这些术语都必须解释清楚，否则不应使用。

4、大多数系统均采用反馈：所有小组成员都要懂得这个原则，并要懂得系统设计和系统分析之间的差别，以及当系统模型建立起来以后，它就可以成为系统分析的基础。

5、在模型研制中，随时都要把系统目的记在心上，这是十分重要的：如果能在模拟开始之前就规定系统效果的测定方法，就更为有用。对于复杂系统这样做可能有困难，因为可能有许多测定方法。故既要随时牢记系统目的，又要有一些方法帮助和知道系统目的是否已经达到，即需要建立各种系统评价模型。

总之，系统工程是把自然科学和社会科学中的某些思想、理论、方法、策略和手段等根据总体协调的需要，有机地连接起来，把人们的生产、科研、经济或社会活动有效地组织起来。

第三节 农业管理系统工程

一、管理科学的发展

管理是与生产和生活相联系而产生的。凡是需要对行动进行决策的地方都会有管理。然而，管理的真正意义是建立在生产分工之上。它是在有了资本主义企业之后，为了组织共同劳动和追求利润的目的才开始产生的一种专业职能。随着企业规模的扩大和社会经济的发展，企业的管理职能逐渐从资本家手中转移到专职的经营管理者手中，使管理成为一种专业，专业管理者从他们的经验中总结出了一套方法（包括制度、程序、手续和技巧），作为他们日常行使管理职能的依据，并且希望企业内的其它管理人员也能和他们作出同样的行动。这套办法具有一定的客观性和实施效果，其中有以复式簿记为基础的会计制度，以定额和操作规程为主体的管理方法等。因而形成了初期的科学管理。

随着科学技术的进步，出现了管理学家，他们大多不是企业的直接管理者，而是一些学者。他们遵循科学研究的一般程序和方法，从管理现象中抽象出概念，通过概念相互联系的研究分析形成理论，即管理现象的客观规律。在这种理论的基础上提出管理方法，再用这种管理方法来指导管理工作的实践，使管理逐步减少对经验的单纯依赖，而成为一门科学。

随着社会科学的发展和普及，特别是行为科学的发展，人们又认识到企业是人们集体活动的产物，企业的管理必须是集体的自主管理，才能保持企业的活力。现场管理的规律只有经常在现场进行管理的人，才能最有条件发现。而管理规律的应用最终总是改变工作人员的工作习惯，如果不是人们自觉的把这种规律用于自己，事情就很难办好。因此就需要提高各级、各部门的管理水平、领导艺术和群众的积极性，需要企业内外管理专家的指导和帮助。从而形成了现代化的管理，即领导、专家、群众三结合的管理理论和方法。

管理思想和管理方法从十八世纪中叶产业革命以来经历了以下三个转变阶段：

（一）标准化管理阶段

泰罗（F.W.Taylor）1880年开始作业标准化的科学实验，从观测与实验出发，经过分

析与综合,发现因果关系的规律,从而提出了作业标准和时间定额的概念和方法,为计划的实施和控制提出了合理的依据。

后来通过福特(H·Ford)的流水生产方式把个别工序的作业管理发展成为前后连贯工序的作业管理,但其本质仍为作业的标准化。

(二) 统计化管理

二十世纪三十年代概率统计的概念已较普及,在因果关系上引入了非确定性的相关关系,因之人们对管理现象的观察和处理采用了从样本(部分)推断总体的方法,从而给管理科学的理论和方法带来了新变化。

美休哈特(W·A·Shewhart)首先提出判断产品的生产工序是否正常的控制界限,以保证产品质量均能达到标准,这种预防性的统计质量管理产生了很大的经济效果。与此同时美道奇(H·F·Dodge)和洛米格(H·G·Roemig)发表了产品抽样检验方案,丰富了统计质量管理的内容。英国蒂佩特(L·H·Ctippett)利用统计抽样理论创造了作业的瞬时测定法。既可节约劳力和费用,又可避免观测对象意识活动引起的状态变化。管理现象的统计化真实的描述了现实事物的相互联系和运动的本质。

(三) 现代化管理

二次世界大战后,管理科学由于运用了各种数学方法而得到飞速的发展,特别是计算机的出现为科学管理提供了强有力的工具,使现代化管理由运筹化管理转变到系统化管理。统计化管理中的统计质量管理,在吸收了运筹学和系统思想和方法后也发展成为全面质量管理。

二次世界大战中由于军事的需要,英、美科学家发展了运筹学。战后运筹学的研究对象从军事转到了企业的经营管理。五十一—六十年代出现了管理的运筹化,它使管理从现场的作业管理发展到从投入到产出的生产全过程。运筹管理的目的是为了寻求最优决策和合理行动。由于客观条件的不断变化,这里所指的最优,实际是能够取得令人满意的结果,即这种结果不仅要符合管理现象的客观运动规律,而且要满足企业领导与职工的意向和要求。

运筹化管理的特点是在管理中引进了新的数学方法,特别是它能对错综复杂的管理问题,通过建立能反映问题实质的数学模型,从而找出有效的问题解决方案。使解决管理问题有了重大的进展。而建立有效模型的关键则是多学科协作。只有通过各种专业人员的共同思考,所建立的模型才能成功的反映客观实际。

运筹化管理的理论和方法的发展与战后经济飞速发展和新技术的不断出现有着密切的关系。由于生产的飞速发展,市场从买方市场到卖方市场,企业经营观点,也从推销已经生产出来的产品,转为生产能够推销出去的产品,使市场研究从应用统计理论进行需求预测转为探求用户欲望和市场需要的研究。这就需要新的概念和方法。例如产品的价值概念就是产品对用户所作贡献的大小及其功能的满意程度。因之它只能由用户来作出最后评价。价值工程就是在产品的开发和研制阶段通过对各种整机部件和零件方案的功能分析、成本分析和功能成本比(即价值)的分析,最后通过综合和优化来获得既能够满足用户要求的整机性能,又有较低的生产成本,使产品的价值最高,以利于市场竞争。即在设计阶段就要追求产品的价廉物美,适应用户需要。为适应经济形势发展给经济管理带来的各种新问题,就需要应用运筹学的各种理论和方法,如规划论(线性规划、目标规划、非线性规划、动态规划)对策论、决策论、存贮论和排队论等等。运筹化管理不仅适应了技术革命引起的经济结构变化,而且使这些经济结构变化得到了保证,使企业的经营管理得以改善,管理科学也日益现代化。