

高洪深 编著

# 社会经济系统工程

——理论·方法·案例

# 社会经济系统工程

——理论、方法、案例——

高 洪 深    编著

社会科学文献出版社

1990·北京

**社会经济系统工程**  
**—理论、方法、案例—**  
**高洪深 编 著**

**社会科学文献出版社出版、行发**  
**(北京建国门内大街5号)**

**新华书店经销 华都印刷厂印刷**

**850×1168 1/32开本 11.5印张 297千字**

**1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷**

**印数0001—2500**

**定价：4.70元**

**ISBN 7-80050-162-0/F·18**

## 内 容 简 介

社会经济系统工程是社会经济科学与系统科学的一门交叉学科。本书系统地论述了社会经济系统的特点及其复杂性以及系统科学体系与结构。并针对社会经济系统阐述了新的系统分析思路和方法：系统环境分析、系统目标分析、系统结构分析、系统层次分析等；在模型技术一章引入三个新概念：模型体系、模型分类、模型群；在本书中运用知识结构模型，论述了社会经济系统工程新的理论基础：模糊数学、灰色系统理论、知识工程和系统动力学，并分别介绍了这些方法及其案例。

本书可作为高等院校的经济、管理、自动化、计算机应用和系统工程等专业高年级学生及研究生的系统工程课程的教材，也可供从事系统工程和社会经济系统工程研究与应用的科学工作者、社会科学工作者、经济科学工作者、社会经济系统行政管理人员、研究人员、图书馆和资料室及其一般读者。

# 序

社会经济系统，是以人类的活动为核心而包括社会、经济、教育、科学技术以及生态环境在内的一个巨系统。它涉及到人类活动的各个方面和生存环境的诸多复杂因素。因此，它除了具备一切巨系统所共有的多部门、多领域、多层次等特点以外，还有其自身的特殊复杂性；就是说，社会经济系统还受着人的主观意志和决策环节的影响而发展变化。因而，社会经济系统可以说是一个典型的非平衡开放系统；它又可以说是一个多目标多变量非线性的综合体。社会经济系统的运转机制必然受自然环境和社会条件的双重制约，所以它又具有明显的不确定性、模糊性、不确定知性等特点。这样就为分析研究社会经济系统这个巨系统带来很大困难，故此也为研究这个巨系统的方法论提出新的要求。

本书作者从解决这个巨系统的知识结构模型出发，阐述了模糊数学、灰色系统理论、知识工程、系统动力学等方法分析研究这个巨系统的重要理论与方法；在介绍了这些理论与方法之后，本书又将作者近几年利用这些理论与方法所开发的科研成果作为案例放在这些章节之后，用以说明它们在社会经济系统中的广阔应用前景。因此，本书思路新颖、层次分明、结构严谨，就我们所知，这是我国社会经济系统工程的第一部专著，具有开拓性，十分难能可贵。

值得称道的是作者还密切联系我国实际，提出了适合我国国情的社会经济系统三维结构模式和工业生产系统的层次结构，为分析研究我国的社会经济系统提供了一个理想的思维模式，并针对社会经济系统的特点阐述了新的系统分析思想方法：系统环境分析、系统目标分析、系统结构分析、系统层次分析等。本书的

最后一章又从宏观到微观综合举出五个社会经济系统工程开发和研究的专题与案例，它们都是近几年国内有关学者和作者本人的研究成果，大体上能反映社会经济系统工程这门学科在我国新近的发展情况。

我们期望本书的出版对于我国的社会经济系统工程，能起到一定的推动作用，为此，对作者经过刻苦努力所获得的成功，特致祝贺！

薛葆鼎      李京文      袁嘉新

一九九〇、九、二    于北京

# 目 录

|                                        |        |
|----------------------------------------|--------|
| <b>第一章 系统工程与系统科学</b> .....             | ( 1 )  |
| <b>第一节 系统及其基本性质</b> .....              | ( 1 )  |
| 一、系统的定义.....                           | ( 1 )  |
| 二、系统的特征.....                           | ( 2 )  |
| 三、系统与环境.....                           | ( 3 )  |
| 四、系统的分类.....                           | ( 4 )  |
| <b>第二节 系统工程的形成与发展</b> .....            | ( 5 )  |
| 一、系统工程的定义.....                         | ( 5 )  |
| 二、系统工程的发展简史.....                       | ( 7 )  |
| 三、系统工程的作用.....                         | ( 10 ) |
| <b>第三节 系统工程的理论基础</b> .....             | ( 10 ) |
| 一、传统的系统工程理论基础.....                     | ( 10 ) |
| 二、模糊数学、灰色系统理论、知识工程—系统<br>工程新的理论基础..... | ( 14 ) |
| 三、系统动力学方法.....                         | ( 17 ) |
| <b>第四节 系统学雏形</b> .....                 | ( 17 ) |
| 一、一般系统理论.....                          | ( 18 ) |
| 二、耗散结构理论.....                          | ( 19 ) |
| 三、协同学理论.....                           | ( 20 ) |
| 四、突变论.....                             | ( 22 ) |
| 五、超循环理论.....                           | ( 25 ) |
| <b>第五节 系统科学体系</b> .....                | ( 25 ) |
| 一、科学体系的划分.....                         | ( 25 ) |
| 二、现代科学技术体系的结构.....                     | ( 27 ) |

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| 三、系统科学体系的结构·····          | ( 28 )        |
| <b>第二章 社会经济系统·····</b>    | <b>( 29 )</b> |
| 第一节 社会经济系统与系统工程·····      | ( 29 )        |
| 一、社会经济系统的复杂性·····         | ( 29 )        |
| 二、社会经济系统的特点·····          | ( 32 )        |
| 三、系统工程在社会经济系统中的地位和作用····· | ( 33 )        |
| 第二节 社会经济系统结构·····         | ( 36 )        |
| 一、社会经济系统的三维结构模式·····      | ( 36 )        |
| 二、工业生产系统的层次结构·····        | ( 38 )        |
| 三、举例·····                 | ( 40 )        |
| 第三节 研究社会经济系统的方法论·····     | ( 42 )        |
| 一、研究社会经济系统的六个结合·····      | ( 42 )        |
| 二、社会经济模型体系·····           | ( 44 )        |
| 三、广义模型化·····              | ( 47 )        |
| <b>第三章 社会经济系统分析·····</b>  | <b>( 48 )</b> |
| 第一节 概论·····               | ( 48 )        |
| 一、系统分析的基本概念·····          | ( 48 )        |
| 二、系统分析的内容·····            | ( 50 )        |
| 三、系统分析的准则·····            | ( 51 )        |
| 四、系统分析的步骤·····            | ( 52 )        |
| 第二节 系统环境分析·····           | ( 54 )        |
| 一、系统环境概念·····             | ( 54 )        |
| 二、环境因素·····               | ( 55 )        |
| 三、系统边界的确定·····            | ( 56 )        |
| 四、子系统的划分·····             | ( 57 )        |
| 第三节 系统目标分析·····           | ( 58 )        |
| 一、系统目标分析的重要性·····         | ( 58 )        |
| 二、目标集的建立·····             | ( 60 )        |
| 三、多目标分析和协调·····           | ( 62 )        |

|     |                 |       |
|-----|-----------------|-------|
| 第四节 | 系统结构分析          | (66)  |
| 一、  | 系统结构概念          | (66)  |
| 二、  | 系统结构分析内容        | (67)  |
| 第五节 | 系统层次分析          | (69)  |
| 一、  | 基本概念            | (69)  |
| 二、  | 层次分析法           | (71)  |
| 第四章 | 系统模型技术          | (89)  |
| 第一节 | 模型概念            | (89)  |
| 一、  | 模型特点            | (89)  |
| 二、  | 对所建模型的一般要求      | (90)  |
| 第二节 | 模型技术的三个概念       | (91)  |
| 一、  | 模型群             | (92)  |
| 二、  | 模型的分类           | (93)  |
| 三、  | 模型体系            | (94)  |
| 第三节 | 项目投资模型          | (98)  |
| 第四节 | 社会经济系统中的宏观模型    | (101) |
| 第五节 | 需求分析模型          | (106) |
| 第六节 | 随机服务系统模型        | (112) |
| 第五章 | 模糊数学基础          | (135) |
| 第一节 | 模糊集合概念          | (135) |
| 一、  | 引言              | (135) |
| 二、  | 普通集合论的简单回顾      | (137) |
| 三、  | 模糊集合 (Fuzzy) 概念 | (140) |
| 四、  | 模糊集合运算          | (142) |
| 五、  | 模糊集合的运算性质       | (145) |
| 第二节 | 模糊集合和普通集合的相互转化  | (147) |
| 第三节 | 模糊关系            | (149) |
| 第四节 | 模糊聚类分析          | (157) |
| 第五节 | 高校评估指标体系的模糊聚类分析 | (163) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| <b>第六章 知识工程基础</b>      | (169) |
| 第一节 知识的表示和利用           | (169) |
| 一、知识工程概述               | (169) |
| 二、知识表示和推理要素            | (171) |
| 第二节 一阶谓词逻辑             | (173) |
| 第三节 产生式系统              | (183) |
| 第四节 其他表示方法             | (187) |
| 一、黑板模型                 | (187) |
| 二、语义网络                 | (189) |
| 三、框架系统                 | (193) |
| 第五节 专家系统不确定知识的表示和利用    | (194) |
| <b>第七章 灰色系统理论</b>      | (202) |
| 第一节 灰色系统概述             | (202) |
| 一、灰数与灰系统               | (203) |
| 二、“灰”与“白”的关系           | (205) |
| 第二节 灰色系统的数学方法          | (208) |
| 一、灰数及其运算               | (208) |
| 二、灰色方程                 | (210) |
| 三、灰矩阵的特征值              | (213) |
| 四、区间灰数(或灰区间)的运算        | (221) |
| 五、灰元处理方法               | (229) |
| 第三节 灰色系统的建模问题          | (234) |
| 一、概述                   | (234) |
| 二、灰色模块—生成函数            | (235) |
| 三、灰色模型                 | (241) |
| 四、灰色系统的五步建模            | (247) |
| 第四节 某地区粮食产量的灰色模型(GM)预测 | (249) |
| <b>第八章 系统动力学方法</b>     | (259) |
| 第一节 系统动力学结构            | (259) |

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 一、反馈回路·····                         | (260)        |
| 二、水平变量与速率变量·····                    | (261)        |
| 三、目标、观测值、偏差和控制作用·····               | (264)        |
| 第二节 反馈回路的类型·····                    | (265)        |
| 一、一阶负反馈回路·····                      | (265)        |
| 二、二阶负反馈回路·····                      | (268)        |
| 三、正反馈回路·····                        | (270)        |
| 第三节 系统动力学的描述工具·····                 | (276)        |
| 一、方程·····                           | (277)        |
| 二、流图·····                           | (281)        |
| 三、信息联系线·····                        | (284)        |
| 第四节 经济控制与经济承包的系统动力学分析·····          | (288)        |
| <b>第九章 专题与案例·····</b>               | <b>(294)</b> |
| 第一节 2000 年中国经济发展总体定量分析模型 ·····      | (294)        |
| 第二节 新疆社会经济发展战略研究及其综合经济模<br>型体系····· | (310)        |
| 第三节 县级国民经济投入产出分析·····               | (329)        |
| 第四节 企业管理模型体系及其在某公司的应用·····          | (338)        |
| 第五节 网络计划技术在西北铅锌冶炼厂工程建设中<br>的应用····· | (345)        |

# 第一章 系统工程与系统科学

## 第一节 系统及其基本性质

### 一、系统的定义

“系统”一词，由于人们的理解和使用的范围不同，在含义上往往是不同的。我们这里所指的系统，是系统工程所研究的特定对象，所以它就不是一般意义下的系统。根据系统工程的特定要求，它的定义一般是这样表达的：将一个极其复杂的研究对象称为系统。具体点说，系统是由相互作用、相互联系、相互依赖的若干组成部分结合起来的具有某种或几种特定功能的有机整体，而且这个系统又是更大系统的子系统。

在人类的社会中就存在着若干系统，例如，生产系统、经济系统、消费系统、科技系统、教育系统、通信系统、交通系统、医药系统、服务系统等。它们就是社会经济这大系统中的子系统，当然，这些子系统又包括更小的子系统。

为了进一步说明系统的结构，可以用数学中集合论的概念来加以描述。

设 $A_1, A_2, \dots, A_n$ 为任意集合，则 $Q \subset A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ 就是定义在 $A_1, A_2, \dots, A_n$ 上的关系， $Q$ 仍为一个集合。设 $R = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ，即设 $R$ 为所论系统 $S$ 的对象 $A_1, A_2, \dots, A_n$ 所组成的单元全集，则系统 $S$ 可表示为：

$$S = \{R, Q\}$$

系统也可以这样定义：具有输入和输出功能的有机整体。其

过程是：输入物质、能量、信息，在系统中进行加工处理；输出新的物质、能量、信息，并利用反馈对系统进行有效控制。这个过程是处在一定的环境之中，并与环境进行物质、能量、信息的交换。如图1.1所示。

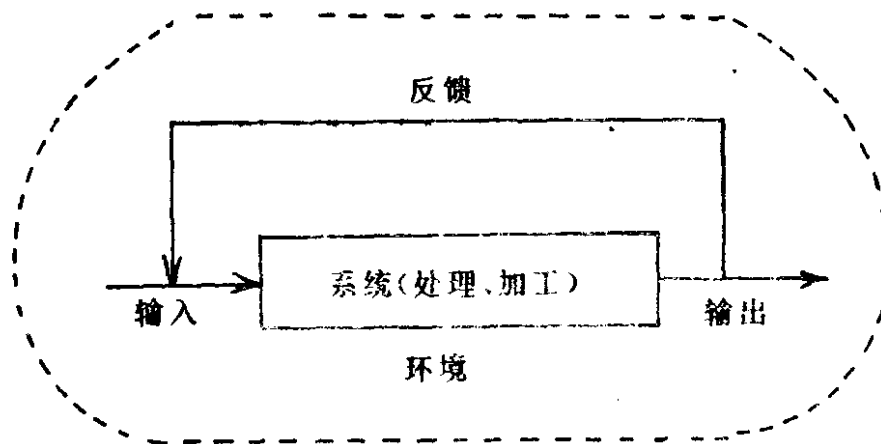


图1.1

## 二、系统的特征

从系统的定义可以进一步引伸出系统具有以下特征：

1. 集合性：系统必须由两个以上的组成部分（或元素）构成的。一个元素构不成系统。例如社会经济系统是由资源、设备、资金、信息、人与工作过程组成的集合体。
2. 相关性：系统各元素之间具有相互作用、相互影响、相互依赖的关系。某一元素若发生变化都会影响其他元素的状态变化。
3. 整体性：系统虽然由相对独立的各个部分组成的，但它们却是一个有机的整体。系统决不是各个部分的简单拼凑，它具有总体的特定功能和特性。整体性的另一个意义是局部服从整体，追求整体效果最优。
4. 功能性：以系统的结构为基础，凡系统均有结构，结构决

定功能，系统不同功能也不同。人造系统是根据系统的目的来设定其功能，而自然系统虽有功能但无目的。所以有的系统是有目的的，有的系统是无目的的，但它们却都具有各自的功能。

5. 适应性：系统与环境不断的进行物质、能量、信息的交换。外界环境通过对系统要素的干扰，使之产生振荡，并引起系统功能的波动。相反，系统内部也可能由某种原因引起系统功能结构及性质的变化，从而使环境产生振荡。当环境变化在适当限度内，而原来系统尚能承受时，不会引起系统结构产生本质变化。但环境变化超过了系统承受能力时，会使系统功能发生重大变化，来适应外界环境的变化。所以研究系统内部的自适应能力，是系统概念中的核心部分。例如，汽车数量迅速增加，会引起外部环境的能源、大气及噪音的污染，交通事故的增加，道路的拥挤，运输能力下降等，使社会引起强烈振荡。这时就有必要把环境中的振荡要素如能源、环境污染、安全行驶，公路与汽车制造业作为一个新的系统进行综合研究。

6. 层次性：系统具有显明的层次性。一个系统下面有子系统，子系统则由更低一层次的子系统构成，最低层次的子系统才是由元素组成。一般情况下，一个复杂的系统都由若干层次构成。各层次的功能是互相关联的。例如，一个企业就是一个层次性很强的复杂系统，它是公司，二级厂矿、车间、工段、班组以及相应的职能部门构成，各层次的子系统都有自己的功能，这些功能都是关联的，为着实现某一个统一的目标而互相协调地工作着。

7. 动态性：系统在时间上是有序的，系统的状态不是静止不变的，而是随时间而变化的。当我们利用静止观点研究一个系统时，往往把这个系统在某一时刻上的状态看成相对不变的。

### 三、系统与环境

与系统要素相关联的其他外部要素的集合，称为系统的环

境。系统与环境的相互作用，一般表现为物质、能量、信息的交换，即环境对系统的输入和系统对环境的输出。

要研究开发一个系统时，首先迁到的是系统与环境的界限如何确定，不把这个问题解决好，工作是无法进行的。

系统与环境是对特定时间和空间而言的。由于系统的动态特征，不同时间，系统与环境要产生相对的变化，系统和环境的要素也会有新的组合；同一个系统在不同的地点，则系统与环境的界限可能要产生变化，系统与环境要素也不尽相同。

系统是处在环境的包围之中，但环境不包括系统要素；同样，系统也不包括环境要素，所以系统与环境的划分首先应从要素开始。

每个系统要素都有自己属性，例如一个系统（车间）具有许多要素（机械设备），每个要素（设备）的属性：性能、型号、生产效率、价格、寿命、可靠性等。要素间的联系实际上是要素属性间的联系，要素的属性千变万化，但归纳起来不外是物质、能量、信息三种类型。实际上在我们研究系统时，环境是系统的外部约束条件，对系统的目标值产生重要影响。

#### 四、系统的分类

系统种类繁多，它以不同的形式存在于自然界与人类社会。由于所占角度不同，分类方法各异。我们这里所提的系统是系统工程经常迁到和要研究的几种。

##### 1. 自然系统、人工系统、复合系统

自然系统是只由自然物组成的系统。如太阳系系统、动植物系统、宇宙天体系统等。由于人们要到达某一个目的，由人参与所建立的系统叫做人工系统。人工系统有三种类型：人类对自然物进行加工处理而开发的系统，如矿山、冶炼、铁路、水库等称为实体系统；另一类就是由生产、劳动、制度、组织、程序等构成的管理系统和社会行为系统；还有一类就是根据对自然现象和

社会现象的科学认识，用思维方法抽象出来的概念系统，如法律体系、文化教育体系、科学技术体系等。

系统工程的主要研究对象是人工系统，但也有很大一部分是人工系统和自然系统相结合的复合系统，如农业系统、企业系统、武器系统等。

## 2. 开放系统与封闭系统

系统绝大数是开放系统。所谓开放系统就是系统与环境不断地进行物质、能量、信息的交换；反之，如果系统与环境不产生上述的交换，就是封闭系统。最典型的封闭系统如一个企业的平面图。社会经济系统则为开放系统。

如果外部环境发生变化，系统内部结构也发生变化，此系统称为柔性系统。社会现象中很容易受价值观念或行政手段改变的系統就属柔性系统。如果环境发生变化后，只给系统带来干扰和影响，而系统内部不因此而产生重大变化，则称为刚性系统。这两种系统都属开放系统。

## 3. 静态系统和动态系统

系统的结构和状态参数不随时间而变化，称为静态系统；而动态系统则相反，状态参数是随时间而改变的。

此外，系统还可分为过程系统、控制系统、因果系统、目标系统等。

# 第二节 系统工程的形成与发展

## 一、系统工程的定义

到目前为止，国内外的学者、专著对系统工程的定义仍然是众说纷云、不尽一致。由于系统工程的应用范围特别广，它涉及到各个领域和若干个学科，形成适应性很强的一大门类技术。所以不同领域的专家、学者从不同角度给系统工程下了定义，当然不能

一致。

作者认为，不要追求系统工程的严格定义，这也是徒劳的。应该阐明系统工程的实质，弄清它的本质与内核，自然也就了解了什么是系统工程。根据钱学森同志的意见，我们对系统工程的内涵作了如下的表述。

系统工程是一门新兴的边缘学科。它是一门正在发展和逐步完善的，研究组织、管理和控制系统的技术科学的总称。具体点说，就是把研究和管理的对象作为系统，对整个系统中的各个部分或者各个要素之间的相互联系，相互影响，相互制约的关系进行分析，并利用数学、运筹学、控制论、信息论等理论与方法建立各种模型，借助于现代化计算工具—电子计算机，对整个系统的实施、运行和控制等过程进行优化，以求得整个系统的运行处在技术上先进，时间上最省，人力、物力、财力等资源利用合理，效益高的最佳状态。这就是系统工程的全过程和所要达到的目的。

系统工程不仅涉及工程技术因素，而且涉及经济、社会、生态以及人文学科，所以从这个意义上讲，系统工程是一门社会—技术科学。研究某一专业领域里的系统工程问题，仅借助本专业的知识是不够的。首先要具备研究对象的技术知识，还必须懂得企业管理、经济管理、运筹学、决策科学、计算机等其他学科的知识，因此说系统工程也是一门跨越各个专业领域的横断学科。

为了进一步说明什么是系统工程，揭露它的本质，我们用对比的方法对传统工程和系统工程进行比较。所谓传统工程就是电子计算机未出现和应用之前的各门工程技术统称传统工程，可用简单的公式表示出传统工程的基本含义：

$$\text{传统工程} = \text{常识} + \text{专业工程知识}$$

这里讲的常识是指两个含义：一是逻辑思维；二是普通的基本科学定律。专业工程知识是指某一具体系统所特有的规律和方法。