

503

822094

1182

T. 1

# 张钟俊教授

ZHANGZHONGJUN JIAOSHOU LUNWEN JI (第二卷)

张钟俊



集



32

508

322094

508

1182

T. 1

# 张钟俊教授论文集

第一卷

上海交通大学出版社

## 内 容 简 介

本论文集共有三卷。第一卷分成“一般论述”与“综述”两部分，共转录论文三十六篇。其中有十一篇是与张启人教授合写的，他们在五年前齐心协力，共同合作，开拓了“经济控制论”这一新学科，而这些论文则奠定了该学科的理论基础；有两篇论文是与吴健中、王浣尘教授合写的，他们对系统工程在我国的应用，提出了一些看法。此外，还有八篇论文，分别与吴智铭、方志诚教授、席裕庚、张乃光、朱仲英、杨世胜等副教授，侯先荣高级工程师以及姚勇博士合写的，分别讨论微型电脑、工业大系统、控制系统计算机辅助设计和预测控制、计算机在现代管理中的应用以及开拓非线性系统学这一新学科的看法。所有论文大都在最近十年内在有关期刊上发表过或在学术会议上报告过。

第二卷的学术论文是作者等最近十年所著，也都在国内外期刊上发表过。第三卷是用英文写的，是作者等最近十年内所著的学术论文，在国际会议上或国外期刊上发表过。这两卷将在两年内陆续出版。

### 张钟俊教授论文集

#### 第 一 卷

上海交通大学出版社出版

(淮海中路1934弄19号)

新华书店上海发行所发行

常熟文化印刷厂排印

---

开本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 405,000

1986年12月第1版 1987年1月第1次印刷

印数 1—1800册

统一书号: 17324·44

科技书目: 132—264

---

定 价: 2.80元

## 序 言

张钟俊教授是一位在国内外享有很高声誉的自动控制专家。他早年留美，专攻电工及电力系统理论，曾获电工科学博士学位；回国后，长期从事高等院校教学、科研工作，在我国的电信网络、电力系统、自动控制理论、系统工程和工业大系统等学术领域中进行了富有成效的开拓工作。这本文集就是张钟俊教授及其同行们和助手们近年来从事科学研究的心血结晶。

张钟俊教授虽年已七旬，但在学术研究方面，始终勇于开拓，永远进取。特别是一九七八年以来，他在政治上、学术上都焕发出青春和活力。他以顽强的拼搏精神，站在我国自动控制学术领域的前沿，带领助手们和研究生们在现代控制理论、系统工程、经济控制论和工业大系统等学术领域中进行了大量开拓性工作，作出了重要的贡献。

“老骥伏枥，志在千里”。祝愿张钟俊教授永葆学术青春，带领年轻一代永远向前。

邓旭初

一九八五年九月

# 目 录

## 第一部分 一般论述

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 一、系统工程 .....               | 1  |
| 1. 综合即创造 .....             | 1  |
| 2. 对系统工程的一些看法 .....        | 2  |
| 3. 系统工程的方法论 .....          | 7  |
| 4. 系统工程如何为国民经济服务 .....     | 10 |
| 二、自动控制 .....               | 13 |
| 1. 自动控制理论简介 .....          | 13 |
| 2. 现代控制理论在宏观经济学中的应用 .....  | 19 |
| 3. 对我国大系统研究的展望 .....       | 23 |
| 4. 关于机械工业自动化的几点建议 .....    | 26 |
| 5. 自动化与社会 .....            | 27 |
| 三、计算机及微型电脑 .....           | 30 |
| 1. 计算机在现代化管理中的应用 .....     | 30 |
| 2. 微型电脑与自动化 .....          | 35 |
| 3. 如何形成微型电脑产业 .....        | 41 |
| 4. 工业大系统与微型电脑 .....        | 44 |
| 5. 微型电脑的感觉器官——传感器 .....    | 48 |
| 四、社会-经济系统 .....            | 50 |
| 1. 社会-经济系统的数学模型 .....      | 50 |
| 2. 经济系统数学模型 .....          | 59 |
| 3. 论管理科学 .....             | 68 |
| 五、新技术革命 .....              | 80 |
| 新技术革命的战略对策探讨 .....         | 80 |
| 六、机器人技术 .....              | 84 |
| 1. 机器人技术的发展 .....          | 84 |
| 2. 机器人学及其应用 .....          | 88 |
| 3. 机器人化——自动化的新趋向 .....     | 94 |
| 七、非线性系统 .....              | 97 |
| 线性观与非线性观——开拓中的非线性系统学 ..... | 97 |

## 第二部分 综 述

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 一、现代控制理论 .....    | 100 |
| 1. 现代控制理论综述 ..... | 100 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 2. 控制系统计算机辅助设计技术.....        | 114 |
| 3. 宏观经济系统的计算机仿真.....         | 123 |
| 4. 一类新型计算机控制算法：预测控制算法.....   | 129 |
| 二、系统工程及经济大系统 .....           | 137 |
| 1. 系统工程概述.....               | 137 |
| 2. 社会-经济大系统的多级递阶结构及其分解 ..... | 148 |
| 3. 大系统分散控制过程中的信息结构.....      | 155 |
| 4. 美国社会-经济系统的两大建模学派 .....    | 161 |
| 三、经济控制论 .....                | 168 |
| 1. 动态经济模型的可控性和可观性.....       | 168 |
| 2. 计量经济系统的最优控制.....          | 182 |
| 3. 宏观经济系统的建模和最优控制.....       | 189 |
| 4. 国家经济系统的分散控制和多目标决策.....    | 227 |
| 四、能源-经济系统.....               | 239 |
| 1. 论能源-经济系统 .....            | 239 |
| 2. 动态投入-产出分析的若干有关论题 .....    | 246 |

## 一般论述

# 系统工程

## 综合即创造

《系统工程》在我国经济形势越来越好、四化建设正向纵深发展的今天诞生,意义特别重大。正如赵紫阳同志今年初在陕西省谈到水利建设问题时所指出的,现在的问题,是要用系统工程的方法,全面统筹,综合论证。

系统工程的目的就是依据系统科学的观点和方法,综合地、系统地、最优地运用现代科学技术的各种成就和计算手段来分析和解决复杂系统或大系统的各种“软”、“硬”问题。为了达到一个或多个目的和任务,系统工程总是把人的因素、信息或智力资源的开发放在首位。力图用最少的投资、最短的时间、最小的资源需求量和最有利的手段来开发、利用、分析、综合、设计和评价一个系统,包括大型联合企业、社会、经济、能源、环境、国土、生态、人口、教育、军事、交通运输、农业、生物医学等等系统。归根结底,系统工程是一门研究怎样才能“人尽其才、物尽其用”的实用科学。

作为一门新兴的边缘科学,系统工程一方面需要一系列现代科学理论的支持,其中包括控制论、信息论、系统理论和运筹学等;一方面则需要有组织、有计划地集结各个学科领域的专业知识、技术、经验和诀窍。它体现出跨学科的一切特点,也体现了科学的“杂交优势”。

“综合即创造”是日本学术界的一句名言。单纯的工程设计已不能适应现代化工农业生产和社会经济发展的需要。过去由于缺乏一套完整的科学方法,忽视定性分析与定量分析结合起来的综合途径,对于社会科学与自然科学相互渗透的现代科学技术发展趋势认识不足,许多工程项目没有发挥预期的经济效益或社会效益,一些重大决策也因此出现偏差,甚至失误。综合的本质在于“软”、“硬”结合,外延与内涵结合,物力与智力结合。系统工程恰恰提供了有效地完成这些结合的强有力的手段。

系统工程是一门实用性很强的科学。因此必须注意理论联系实际,联系国内外形势,联系国内各地区、各部门的实际,让系统工程真正为四化建设、为达到本世纪末工农业总产值翻两番的宏伟战略目标作出应有的贡献。不过,尽管系统工程早在六十年代初就已形成独立的学科体系,在我国的推广应用却几乎刚刚开始,远未达到普及的程度。因此,在提高的同时还有十分光荣的普及任务摆在我国系统工程学术界面前。必须向所有的领导干部、管理干部、科学技术人员、工人和农民、大专院校师生、甚至中学生传播系统工程知识,宣传系统工程的综合方法。让人们领会“综合”蕴藏着巨大的经济效益,“综合”才能发掘科学技术的巨大潜力,“综合”是社会健康发展的有力保证。总之,综合出效益,综合即创造。

(转摘自《系统工程》的发刊词第一卷第一期,一九八三年九月)

## 对系统工程的一些看法

由于系统工程尚处在继续发展的阶段,加之涉及范围极其广泛,因而人们对它的认识就不一致,难免众说纷云。在此,我们谈谈自己的一些见解。

为了便于讨论,我们首先给出如下定义:

系统工程的任务是把工程技术和科学理论方法用于规划和设计复杂的考虑到人-机因素的大系统,使之达到信息、能量与物质等等的综合平衡,又具有良好的性能指标和经济指标,并且不断地完善规划与设计,使整个大系统最优地实施,最佳地运行。

概言之,系统工程就是一种用来实现大规模复杂系统的最优设计和最佳运行的新的方法论。我们用图1来说明它的形成、发展及其体系。

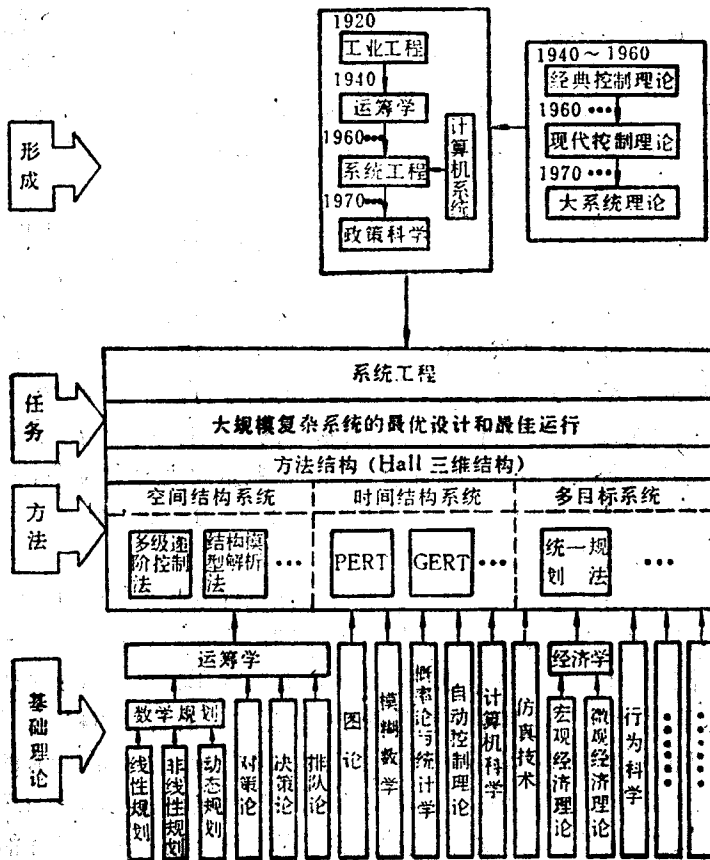


图1 系统工程的形成、任务、方法及基础理论

## 一 系统工程的形成和发展

图1概括出了系统工程的形成和发展过程。这门学科起源于美国,其萌芽阶段可追溯到本世纪初的泰罗工业管理系统。廿年代,工程与企业管理紧密地结合在一起,形成“工业工程”。其主要内容有方法分析、质量管理、生产管理、成本管理和物资处理等等。到了四十年代,运筹学进入了管理领域,使管理科学与最优化技术发生了联系。六十年代以后,电子计算机大量投入使用和现代控制理论的创立,给系统管理提供了新的技术、方法和理论。贝尔电话公司在发展美国微波通信网络时,为了缩短科学发明及投入应用的时间,首先采用了一种命名为“系统工程”的方法论。它按照时间顺序把工作划分为规划、研究、研制、研制阶段的研究和通用工程等五个阶段。一九五七年, H. Goode 和 R. E. Machol 出版了第一本以“系统工程”命名的书。到六十年代初,系统工程已形成独立学科。一些大学开始设立这方面的专业、系或研究中心。从一九六四年起,美国每年都要举行系统工程专业学术会议,并出版专刊。一九七〇年以后,行为科学渗入系统工程领域,又产生了一门新的学科——“政策科学”。

## 二 Hall 系统工程三维结构

图1所示的系统工程方法结构——Hall 三维结构是系统工程方法的基础,它为解决目前的许多大规模复杂系统提供了一个统一的方法思路,而又集中地体现了系统工程方法整体化、综合化和最优化的特点。诸如多级递阶控制法、结构模型解析法, PERT, GERT 等方法都蕴含在该结构之中,而统一规划法等则是具体运用该结构的规划阶段,稍加改进后提出的一种方法。

Hall 系统工程三维结构如图2所示。图中,时间维是指系统工程师工作从规划到更新的大略顺序或阶段。它共分为七个阶段:

- 1) 规划阶段——谋求该项系统工程活动的政策或规划。
- 2) 拟订方案——提出具体的计划方案。
- 3) 研制阶段——实现系统的研制方案,并作出生产计划。
- 4) 生产阶段——生产出系统的零部件及整个系统,并提出系统的安装计划。
- 5) 安装阶段——把系统安装好,并完成系统的运行计划。
- 6) 运行阶段——系统按其预期用途服务。
- 7) 更新阶段——取消旧系统代之以新系统;或将原系统改进,使之更有效地工作。

逻辑维是指系统工程的每一个阶段所要完成的七个步骤:

- 1) 阐明问题——尽量全面地收集和提供有关要解决的问题的历史、现状及发展趋势的资料和数据。
- 2) 系统指标设计——提出为解决问题需要达到的目的,并定出衡量是否达到目的的标准。
- 3) 系统分析(和建立模型)——按照达到目的、解决问题和满足需求的要求加深理解所提出政策、活动与控制该系统的相互关系。

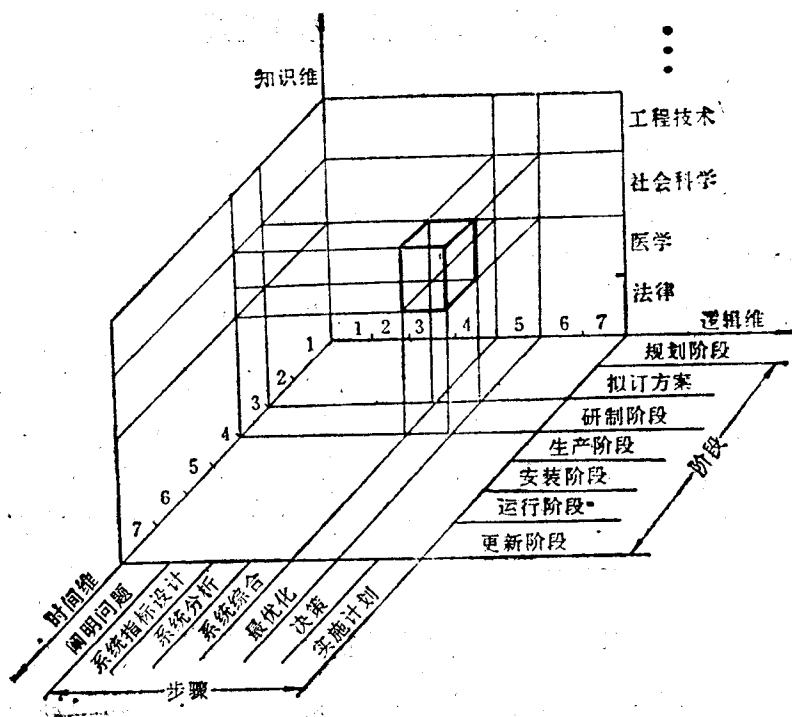


图2 Hall 系统工程三维结构

4) 系统综合——把可能入选的能够达到预期目的的政策、活动、控制以及整个系统概念化。

5) 最优化(或选择阶段的评定)——精心选择所提出的政策的参数与系数,使每个政策都是满足系统指标的最好政策。

6) 决策——选定一个或多个政策,并进一步考虑系统的价值。

7) 实施计划(或执行下一个阶段)——不断地修改、完善上述六个步骤,并把它确定下来,以保证顺利地进入系统工程的下一个阶段。

知识维指的是完成上述各阶段和步骤所需要的各种专业知识与技术素养。

目前,系统工程在工业、企业、军事、农业、能源、城市规划、环境保护、医学卫生、社会经济等系统中得到广泛的应用。利用 Hall 三维结构可以得到预测工业与社会改革的经济成本和社会收益的模型;进一步确立实行改革所需各种技术的关于成本-收益因素的初始结构;根据该初始结构再进行评定、测辨和改进,以确保所选取的改革不但在技术上是完善的,而且是以最小的代价(有时甚至是无尝的)获得最大的社会收益。例如,日本政府在拟订廿一世纪初的发展规划时,就利用这种方法,把人口(生、老、病、死等),资源(矿山、农林、渔、海洋开发等),工业(劳动生产率、产品、产量、质量、市场等),环境污染等四个主要变量汇编成数学模型,用数字计算机模拟求解,得到预期的较为理想的调节效果,从而制定了他们的规划方案和经济政策。

### 三 系统工程的理论基础

从上面的分析中可以看出,系统工程是一门高度综合性的边缘学科。它要用到许许多多的基础理论,如图1中所列举的运筹学、概率论和统计学、自动控制理论、模糊数学、计算机科学、经济学、哲学等等。下面,我们仅就如下两种发展中的学科作个简略的介绍。

#### 1. 模糊数学

人们在处理许多复杂的系统时,往往无法利用传统的定量分析方法。有些系统即使可以作出精确的定量分析,但因异常复杂,就连最好的数字计算机也无法求解。为了解决这种传统数学方法的精确性与现实事物信息的模糊性之间的矛盾,美国控制论学者 Zadeh 首先提出用语言变量代替精确的数值变量,创立了一套模糊算法来表征和处理模糊系统的复杂关系,从而确立了描述模糊系统的一种近似的有效方法。其主要目标是探索更加接近人类大脑功能的处理模糊事物的方法。尽管它还处在发展的初期阶段,但在系统工程中的应用已获得初步的成效,展现着诱人的图景。

#### 2. 经济学

经济学理论通常分为两大类——宏观经济理论和微观经济理论。所谓宏观经济理论,系指研究国民经济结构和最佳地制定国民经济方针、政策及计划的理论;而微观经济理论是研究公司、企业、工厂等的经济政策和计划及其最佳调节的理论。

一九五二年,第一次获得诺贝尔经济学奖金的 R. Frisch 和 Tinberger 提出的宏观经济理论体系是:根据经验用宏观经济模型的计量经济模型来描述国民经济的结构,进而制定政策的主要指标,并确定所订指标与有效地完成这些指标所需的政策手段(控制)之间的关系。在这个基础上,六十年代里, H. Theil 等人进行了扩充,发展成为目前的宏观经济理论体系。作为经济对象的经济结构,一般都是复杂的多支、多层、多变量系统,特别适合于现代控制理论的状态空间方法的应用。进入七十年代后,对于宏观经济政策问题,从应用系统工程研究大系统的观点,提出了许多有效的近似分析方法与决定最佳控制律的新途径。美国华裔科学家何毓琦、邹至庄两教授在这方面作出了重大贡献。

### 四 结 束 语

美国的许多著名学者指出,合理而又有效地利用人类的财富,综合而又最优地把科学技术应用于社会问题的最大障碍是缺乏真正好的系统工程师。

有关系统工程的教育,美国通称 OR/MS<sup>①</sup> 教育,每年都培养出大批专门技术人才,称为系统工程师或系统分析专家,从事工业企业和政府机关中大系统的规划、设计和决策工作。其他国家也纷纷向美国学习,积极开展这项工作。据称,在七十年代初期美国有系统工程师十七万五千人,日本在一九七五年已有系统工程师十一万多人。

在向“四化”进军的伟大的新长征中,在党中央的英明领导下,目前我国也十分重视系统

① OR—Operations Research, MS—Management Science.

工程的研究和应用。国家科委在制定一九七八——一九八五年科学发展规划时,已把它列入国家重点科研项目之一。有些院校、科研单位和国家有关部委已成立了相应的研究机构。象技术经济、现代化管理研究会等学术组织也相继成立。我们相信,不久这门学科将在我国生根开花,为加速我国四个现代化的进程、高速地发展我国的国民经济而作出它应有的贡献。

(转录自《全国控制理论及其应用学术交流会论文集》,科学出版社,一九八一年七月)

## 系统工程的方法论

系统工程是近三十年来迅速发展起来的一门新技术。它的主导思想是,从全局的观点出发,综合应用现代科学技术和先进的工具手段,使各种规模巨大,结构复杂、涉及因素很多的大系统能够得到最优的规划及设计,最好地实施和最佳地运行管理。显然,要达到这一目的,就必须有一套合理而有效的方法。

究竟采用一套什么样的方法呢?让我们从“瞎子摸象”的故事谈起吧。相传某个村子里住着三个瞎子。有一天,出了件新鲜事。从外地来了一头大象,村民们谁也没见过这种庞然大物。三个瞎子也争先恐后地跑去,想了解一下大象是什么样子的。第一个瞎子摸到大象的一条腿,于是, he 从上到下摸了一遍,就说大象的样子象根大柱子;第二个瞎子摸到大象的肚子, he 从左到右摸了一遍,就说大象的样子象一堵墙;第三个瞎子摸到大象的鼻子,就说大象的样子象条蟒蛇。结果,这三个瞎子谁也没有说对。但是,如果他们摸的不是大象,而是小猫、小狗一类的小动物,那么,他们肯定不会造成太大的错误,闹出这样的笑话来的。这是因为被研究的对象“很大”,人的直觉感官又有限,方法也不对头,调查研究不周到,就匆匆忙忙地去解决问题,拿着局部当整体了。如果把三个瞎子的感觉综合在一起,从上下、左右、前后三个方向上,也就是立体地来描述大象,就会得出这样的结果:大象的块头比较大。肚子象一堵短墙,有四条大柱子一样的腿,还有一条象蟒蛇一样的大鼻子。这样的描述,尽管没有勾画出它的尾巴、耳朵一类的细节,也能够比较完整而又真实地反映出大象的形状来了。

系统工程的方法论也类似瞎子摸象,不能仅仅从某一个方向来进行,而是要从三个方向上来进行。但是,它又和瞎子摸象的三个方向不同。这种方法是,把系统工程活动从时间上分成前后衔接的几个阶段,又从逻辑上把每个阶段分成几个环环紧扣的步骤;同时也要考虑到完成上面所说的这些阶段和步骤所需要的各种专业知识和技术素养,这主要是靠广泛地吸引各类专家和人才参加系统工程的活动来实现,或者是把他们的知识和意见存储到电子计算机里,随时备查。系统工程的这种方法论,已经广泛地得到了应用,它为了解决目前世界上许多复杂的大规模系统提供了一个统一的方法。

对于任何一项工程都大体分为规划、研制、生产、安装、运行和更新等几个阶段。对于每个阶段的具体实施步骤,根据系统工程方法论的要求,基本上要按照统一规划、建立模型和仿真、决策和实施计划等等几个步骤去进行。

做“统一规划”,首先要进行“阐明问题”的工作,就是我们经常说的做“详尽地占有材料”的工作;通过调查研究,尽量全面地收集有关要解决的问题的历史、现状及发展趋势的资料和数据。接着,按照任务的要求提出要达到的目标,这包括各种技术指标、政治目的、经济效益等等,并且进一步提出衡量是否达到这些目标的标准。由于系统比较大,要达到的目标也较多,而且相互影响,因而,必须根据它们之间的关系画成象一棵大树一样的图,就是我们所说的树状图(即所谓“目的树”),按照主次关系把一些目标画在树干部位,其他目标分别画在不同的枝节部位。有了这种“目的树”,分析处理问题就非常方便了。统一规划中的最后一项工作是进行“系统综合”和“系统分析”,也就是全面地收集达到上述目标所能采用的

各种方案,比如技术方案,政策与控制手段等,并且提出每一种方案实施时所需的手段和衡量这一方案是否成功的度量标准。然后,对收集到的这些方案“梳辫子”,分析比较它们的优缺点及所需要的成本等等,确定它们的优劣顺序,最后把较好的一些方案留下来。

完成统一规划后,紧接着就要进行建立模型与仿真的工作。所谓建立模型,就是根据统一规划中的结果,把整个系统的信息流程和物质流程的复杂关系定量地或者定性地表达出来。对于物理系统和工程系统常常可以用一套数学表达式,象微分方程、代数方程、矩阵方程等来描述,进行精确的定量分析。对于政治、军事和社会系统就不可能用这样准确的数学表达式描述,往往需要借助于语言和图解,画成网络流程图来描述,从而进行精细的定性分析和粗略的定量估计。建立模型过程中最主要的工作是对模型的结构进行参数估计,这需要应用统计学和概率论等知识来进行这项工作。在模型做好以后,为了确保系统能够按照预定的方式工作,检查建立模型时考虑的因素是否充分,参数估计得是否恰当,根据模型所提出的政策是否最优,就必须用模型取代实际系统进行仿真试验。特别是当直接用实际系统进行试验是不可能的或是十分有害的时候,比如宇航系统、核反应系统和社会经济系统等,不可用实物进行试验,因此用模型仿真来进行研究就更显得重要了。

下面,我们以一个简单的生产过程为例,来说明如何建立模型和进行仿真试验。某工厂决定生产某一种零件,需要了解该零件的生产周期、成品数和废品率等。我们可以根据该零件的技术指标,设计出工艺流程,再根据过去的生产经验,画出零件加工过程的网络图,用积累的统计数据估计出它的参数。然后,编制数字计算机程序做仿真试验。在计算机上试验一千次就相当于一千个零件通过这一生产过程。由此结果就可以很方便地计算出生产过程中这种零件的成品数,废品率和制造周期等。如果对得到的结果不满意,还可以进一步修改模型,这里主要是改进工艺流程,再重新进行试验,直到满意为止。从而避免了进行实际生产试验所可能造成的人力、物力和时间上的浪费。

完成建立模型和仿真步骤之后,我们就可进行系统工程活动中最重要的步骤,就是做“决策”和“实施计划”的工作;这是把上面所说的得到的结果,进行广泛的分析比较,选择最佳的一套数据来制定我们需要的技术方案或者政策;最后做出人力、物力等等的调配计划,任务计划和管理计划等。

通过上面的介绍,大家可以看到,系统工程方法论,并不是什么全新的发明创造,也不是什么高不可攀的尖端技术。“调查研究”、“全局观点”、“分析矛盾的全过程”、“抓主要矛盾”等等就是系统工程所采用的思想方法。比如西安市筹建了一个焦化厂,预算可以提供五万立方煤气,这些煤气做什么用好呢?开始提出了两个方案:一是要用在冶炼上,理由是工业建设必须大量的钢材;二是要生产更多的粮食,把煤气用在化肥厂,多产氮肥支援农业。两种方案相持不下。这时,公用事业局总工程师,七十八岁的孙季华同志,通过一番深入的调查研究,应用系统工程统一规划法的思想,阐明问题,明确目标,运用价值规律反复进行了系统的综合和分析。他指出,如果用在钢上,每年可以节省煤炭一万吨;若用在化肥厂,每年可节省煤炭一万五千吨。但是,如果作为民用,则可供应三万户,可节约煤炭三万吨。这三万吨煤拿给工业用,可以同时满足钢厂和化肥厂的需求。从经济效益来看,当然民用的好处最大;而且还可以在人口稠密的大都市使三万户人家免除烧煤引起的灰尘飞扬和空气污染,再者,这三万户的工人和科技人员大大缩短了做饭的时间,可以有更多的时间和精力用于学习和四化建设上,其潜在的价值是贵不可言的。这样一来,持原意见的同志愉快地放弃了自己

的方案，领导同志也欣然同意了方案。现在，有关领导机关已正式批准了这一方案，施工即将开始。象这样的例子，真是不胜枚举。如果个别领导同志，图省事，匆忙“拍板”定案，就难免要犯“瞎子摸象”的错误，给国家和人民造成不应有的重大损失。其实，我们要解决的大量问题，一般说来系统并不算太大，不用计算机帮助也可以做出最优决策。所以，只要我们开动思想机器，肯花力气，广大干部群众群策群力，就能在四化建设中充分发挥系统工程方法论的强大威力，使我们的社会主义建设事业及每一项社会改革，不但在技术上是完善的，而且是以最小的代价获得最大的收益。

（转摘自《科学家谈系统工程》，科学普及出版社，一九八一年五月）

# 系统工程如何为国民经济服务

**【提要】** 密切结合社会经济发展的实际,为国民经济服务,已成为当前国内外发展系统工程学科的立足之点。本文在总结上海交通大学系统工程研究所为国民经济服务实践的基础上,提出了如何发挥系统工程为国民经济服务的作用、以及如何促进系统工程学科的发展的几点看法,以供探讨。

## 一 要努力获取决策者的更多的信任

近几年来,系统工程在我国取得了很大的发展。中央和各地方各级领导在决策的时候,都提到了使用系统工程方法的问题。就以上海交通大学系统工程研究所近年来的任务来看,上海市下达的任务就有多项。例如:建立能源-经济模型、新港区港址的评价与选优、科技发展重点行业的评价、用光纤通信技术改造上海市内电话通信系统的可行性研究等等。又如新疆维吾尔自治区要求该所用宏观社会经济模型来研究新疆二〇〇〇年经济发展战略规划的问题。这些都说明了领导决策机构对系统工程的重视。这是我国系统工程学科的一个十分可喜的新局面。但是我们在实践中深深感觉到,当前尽管形势如此之好,系统工程为国民经济服务中的一个重要问题还是决策者对系统工程方法的信任问题。这个问题的存在是很自然的。即使在系统工程发展得更为普遍和深入的国家中也还存在这一问题。他们也还在讨论:“怎样来加强决策者对模型的实用性和可靠性的信任程度”,“决策者对模型的实用性抱什么态度”等等。我们在实践中体会到,为了改善上述问题,可以向决策者多作介绍,但最重要的是系统工程工作者努力拿出更多更成功的事例,用事实来获取决策者的信任。

## 二 要与决策者密切对话,努力使工作具有尽可能大的针对性和实用性

系统工程工作者为了取得决策者对系统工程的信任,就必须十分注意在整个工作过程中与决策者进行对话。首先通过与决策者的对话,明确其咨询要求。其次在建立模型的阶段,要询问决策者对所建模型的功能以及实现这些功能而采用的结构是否符合要求。在采集及处理数据的阶段,对数据的可信度和准确度,要通过与决策者共同讨论而获得一致的估计。最后在仿真分析阶段,更要与决策者多交换意见,以便使分析工作具有针对性,而不陷于一般空论。

我们在进行上海市近期能源-经济模型的研究工作中,就是按照上述精神做的,获得了良好的效果。在接得任务之后,经过多次对话,明确了研究工作的具体要求。它们是:1. 进行近期能源模型的研究。要求模型能对经济结构调整进行研究分析,并预测能源需求量。要求回答:“六五”期间在能源供应基本不增加,经济增长速度达到保四争五的条件下,用传统方法规划的能源与经济安排是否合理? 2. 通过第一阶段近期模型的研究,在建模理论和方

法上进行探讨,期望能为建成供以后的五年规划咨询使用的工作模型奠定基础。在明确咨询要求的基础上,我们确定了模型的功能及其结构,并使所建模型力求简明、灵活、易于取得原始数据、还要有实现的可能性。模型也还要便于不断修正,以便适应不断变化的客观世界。我们前后化了五个月的时间,采集和处理了上万个数据,从中编制出了能源投入-产出表和能源系统网络图。在采集处理数据和编制图表的整个过程中,我们与决策者及时对话,使他们了解整个过程,这样双方对数据的可信度和准确度取得了一致的看法。最后通过与决策者对仿真分析的讨论,使这一咨询工作基本上完成了预期的要求,对决策者具有实用价值。我们在实践中体会到,系统工程为国民经济服务中的第二个重要问题是,分析者要与决策者密切对话,熟悉研究对象,根据实际可能的条件,针对决策者的要求,努力使工作结果对决策者具有尽可能大的实用性。

### 三 要向有关部门和专业的人员学习,密切协作, 才能取得切合实际的结论

系统工程的应用范围极广,因而对系统工程工作者的要求,除了掌握本学科的理论和方法论外,还必须具有广博的知识。但是,个人的知识有限,不可能样样都懂。因此,系统工程工作者不可能、也不应该“包打天下”,认为能解决一切问题。在进行每一项系统工程的应用时,都必须首先向有关部门和专业的人员学习,并在工作中密切协作。这样才能取得切合实际的结论。

我们在进行用系统工程方法对新港址进行评价和选优的研究工作中,深深体会到这一点。在这项工作中,首先要设计出对新港址的评价指标体系,其次要使这些评价指标量化。这里涉及建设港口与政治、经济、地理、资源、环境、交通运输、城市建设和军事等因素的关系。我们对港口建设并不熟悉。为此,我们除了阅读有关资料外,到罗泾、七丫口、外高桥、金山咀等选址点作现场观察。聘请了几十位咨询顾问,进行了特尔斐法咨询,特别是走访了各有关新港区可行性研究的分项咨询单位,并反复与上海港务局有关领导和技术、管理人员研究讨论,在此基础上又进行了专家咨询,最后才设计出九大类共七十条新港区选址评价体系,经过定量化处理,建立了数学模型。这次咨询的结果达到了预期的要求,获得了决策者的好评。我们在实践中体会到,如果不是向各有关部门和专业的人员学习,不是密切协作,我们是无法在短短的四、五个月的时间内取得这些结果的。这是系统工程为国民经济服务中的第三个重要问题。

### 四 要努力创造符合我国国情的系统工程方法

系统工程在社会经济系统的领域内具有许多重要的优点。例如在分析问题时的全面性、综合性,并且可以定量化和最优化。但是实践表明,在应用系统工程方法时,特别在社会经济系统的领域内绝不可忽视传统的、经验的和定性的方法。这是因为,社会经济系统是一个多层次、多因素、多目标的复杂的大系统。到现在为止,我们还没有能力完全用数学方法来求解,有不少情况还是无法量化。系统工程还有一个很重要的特点是,对无法在实验室内作物理模拟试验、更不能在现实社会中做试验的社会经济系统,通过建立数学模型和计算机仿