

技术经济必读丛书

# 技术经济系统 分析与设计

陈学圣 孙文启 张国恩 著



中国科学技术出版社



## 内 容 提 要

技术经济系统分析与设计是技术经济分析和评价方法的新发展，是现代技术经济工作者的必备知识和技能。本书分为四篇，共十一章。第一篇为总论，第二篇为系统分析设计技术，第三篇为微观系统设计和宏观战略研究，第四篇为案例与练习。全书结构严谨，语言流畅，内容新颖，定性定量并重，融知识性、应用性和新颖性于一体。本书适用于各类专业、各部门技术经济工作者，同时也可作为大专院校和培训班等师生的参考书或教材。

# 《技术经济必读丛书》

## 学术指导委员会

高级顾问：于光远 吴明瑜 李京文

委员：任 伊 许庆斌 徐寿波 刘与任  
马建章 何桂庭 马 阳 董福忠

## 编 辑 委 员 会

主 编：董福忠

编 委：付家骥 陶树人 朱希刚 吴 微 曹亚林  
姜彦福 张德昂 王兰荣 周惠珍 孔国强  
许质武 马庆国 黄正毓 杨 杰 陈玉祥  
张向先 郑 琦 张启贵 王保祥 王忠文  
孙 巍 杨文华 朱元忠 关凤峻 章德达  
吴林源 张文泉 李 垣 陈学圣 胡宝珊  
李国俊 张协奎 孔清华 栾庆伟 孙文启  
胡林森 李永茂 张国恩 金华斌 武春友  
贾大禄 阎君助 姚文熙 钱国文 冯国良  
张存志 杨立新 杨侠泉 王 渊 洪坤锡  
陈长春 陈宝荣 张梓谟 罗澄岳 沈金炳  
缪长江 单永珍 许炳忠 郝振<sup>方主</sup> 张国煜  
汪集刚 田泰武 聂 磊 吕长胜 顾林宝  
蒯洪凡 崔振山 谷凤宝 林贵增 杨敏生  
沈明兴 陆志昌 姜国洪 张振卿

## 《技术经济必读丛书》主编的话

在改革开放的年代里，编选一套《技术经济必读丛书》，是我多年以来酝酿的计划。这个设想得到了著名经济学家于光远同志、研究会理事长吴明瑜同志、副理事长李京文、任伊、徐寿波、马建章、何桂庭、刘与任等老一辈技术经济学家及马阳同志的大力支持，现在愿望终于得以实现。这套《丛书》从今年起将陆续和广大读者见面。为此，我感到由衷的欣慰。

编选这套《丛书》的初衷，是基于这样一种思考：我国的技术经济学近几年来已有长足的发展，老一辈的和新一代的技术经济工作者都在为技术经济的理论研究和实践应用辛勤的耕耘，但不可否认，还存在种种不足之处和不尽如人意的状况，远不能适应四化建设的形势，也不能满足各行各业各部门各层次的技术经济工作者的需要。仅从目前技术经济著作出版情况，大家普遍感到：出书困难、出版周期长；出版分散、选题不集中；系统性差、难成完整体系；新人新作少，经院味太浓等等。《丛书》的出版，就是为了弥补这些不足，开拓一个园地，形成一种声势，造就一种氛围，大力推动、丰富、发展技术经济学科的理论 and 队伍建设。

本人长期在中国技术经济研究会任职，主持《技术经济》杂志编辑部工作，参与组织学术活动，举办各类研究班，编辑出版资料书刊，并与出版社有过多年合作，在这些活动中，结识了大批颇有建树的专家学者，生气勃勃的中青年技

术经济工作者和实践工作者，熟悉他们的学术成果，了解他们的实际需要，深谙他们的迫切呼声，这一切，便是我编选出版这套《丛书》的得天独厚的条件和丰厚有力的基础。

技术经济学是研究技术规律、经济规律及其相互关系的科学，是一门技术与经济交叉渗透，在社会主义经济建设中大有用武之地，具有系统性、科学性、实用性、效益性的学科。宣传它，推广它，是技术经济工作者责无旁贷的历史责任。时代在前进，改革在发展，实践在丰富，技术经济学不会停滞不前，技术经济工作者也不会陶醉现状，这种形势，无疑为编辑、出版、发行这套《丛书》提出了丰富的选题，提供了极好的机遇，搭起了广阔的舞台。

这套《丛书》，我们设想3—5年内出版50种或者更多。选题广泛、体裁多样、注重内容、联系实际，它将紧密围绕社会主义经济建设，突出技术经济理论领域和应用领域中的新热点、新课题、新成果、新体系，而且还必不可少的要涉及技术经济相关领域学科，以及广泛吸收国外相近学术领域科学的、适用的成果。选题办法及组织出版坚持三条：第一条是我们拟订出一批书目，供有志者选择参考，撰写专著；第二条是物色有成果有能力的作者，当然包括企业家们在内，帮助他们构思成篇，著书立说；第三条是从学术活动中，根据不同的中心思想，把有见解的论文集中成册，汇成专集。

《丛书》将面向学术理论界，贴近企业基层，服务广大会员，其宗旨是要突出一个“新”字，概括为：发现新人才，推出新作者；反映新进展，推广新成果；提出新课题，鼓励新见解；形成新体系，开创新水平；形成新队伍，实现新突破。

对于我这样一个与党同心同德、肝胆相照的民盟盟员、中

年技术经济工作者来说，我深深知道编选这套《丛书》责任重大，无论是自身的知识结构、学识水平和工作能力，还是编辑、出版、发行，各方面都有着不少缺陷和困难。但我决心已下，一定要竭尽全力，依靠老一辈学长和同辈同仁的帮助，依靠中国科学技术出版社的支持，依靠广大读者的关心，编好、出好、发行好这套《丛书》，以此，对我国的技术经济学科建设，对技术经济人才培养，对技术经济开拓应用新领域作出微薄的贡献！

我热诚渴望着大家对这套《丛书》的真切关怀和宝贵指正！

**董福忠**

1991.10.15

## 前 言

古往今来，人们所创造的物质文明和精神财富，无一不与设计息息相关。无论是改革与发展、发明与创造，还是机械与仪表、建筑与艺术、工艺与生产、生物与医学、管理与体制、计划与组织，等等，首先遇到的就是设计问题。但是，设计的概念、内容和方法是随着科学技术的进步和社会生产力的发展而改变的。以硬技术设计为例，本世纪以来，其发展过程经历了经验设计、试验分析和现代设计三个阶段。系统分析与系统设计就是现代设计中最主要的方法之一，同时，它也是技术经济分析和评价方法的新发展。作为一名现代技术经济工作者，技术经济系统分析与设计是其必备的知识 and 技能。

技术经济系统分析与设计的精髓在于始终遵循系统的思想脉络。系统思想可溯源于古代，早在我国春秋时代（公元前 580 年）和古希腊（公元前 540 年）就有朴素的系统思想。我国战国时代以来就有自发运用系统观点而非常成功的工程设计事例。如公元前 250 年秦国太守李冰父子设计建筑的都江堰水利工程、北宋真宗大臣丁渭主持的皇宫重建工程，以及珍藏于首都大钟寺的明代大钟的工艺设计与铸造等等，无不闪烁着古代系统思想的光辉，脍炙人口，深为中外专家叹服。

历史的车轮滚滚向前，随着现代科学技术的飞跃发展，一个绚丽斑斓的“系统时代”景象突兀展现在人们面前，一阵“系统热”悄悄席卷全球，至今热度未消。我国实行改革开放

以来，打破了原来封闭系统的僵死状态，逐步形成一个远离平衡态的开放系统，从而给自身带来了勃勃的生机，辽阔的神州大地，到处呈现一片繁荣景象，“系统之花”遍地盛开，在技术、经济和社会的各个领域都取得了举世瞩目的累累硕果，并将在宏观和微观各个方面创造越来越大的经济效益和社会效益。

根据科学家调查结果表明，第二次世界大战结束至今，依靠一门技术从事发明发现而轰动于世、名留青史的人逐渐变少。这是由于人们生活多样化了，简单的发明发现不会给社会带来如蒸汽机、内燃机发明那样的巨大影响。当今的世界，科学技术发展日新月异，一方面分支越来越细；另一方面越来越趋向综合，因而，发明发现的方法也在不断变化。技术经济系统分析与设计由于应用具有综合性特征的系统技术，故它属于后一类技术方法。

当前，我国技术经济活动虽然取得了显著成绩，但仍然没有摆脱“速度型”，其效益并不尽人意。要使各项技术经济活动从粗放经营为主转到集约经营为主的轨道上来，在技术经济活动中，必须运用系统技术，推广系统分析与系统设计方法。

什么是系统技术呢？有人作过一个生动的比喻。他把解决问题、工程建设或发明创造所需的要素技术（硬技术）看作“构成高楼大厦的砖”，而系统技术就是“泥瓦匠技艺”。即使有许多结实好看的砖，但是，倘若泥瓦匠的技艺十分蹩脚，那么，盖起来的建筑物势必不堪入目，无法通过验收；反之，不论泥瓦匠的技艺何等高超，但使用了一触即碎的砖，自然也就盖不出象样的房子来。由此可见，系统技术和要素技术，



犹如车子的双轮，相互依存，共同前进。然而，目前还存在“重硬轻软”的现象。殊不知，搞硬件的人，学了软件，可谓“如虎添翼”；搞软件的人当然也要学硬件，软硬结合，“如鱼得水”，方能驰骋自如。如果单靠改进原有硬件，而不应用系统技术，所获得的系统综合功能充其量仅为子系统功能的简单迭加，即  $2+3+5$ （子系统功能之和） $\leq 10$ （全系统功能）；如仅应用现有硬件使之融合的系统技术，则能使  $(2+3+5)\alpha > 10$ ， $\alpha$  为有价值的软件。这种系统技术，可称为  $\alpha$  技术。属于  $\alpha$  技术的实例不少，如电控设备中，将单件可靠度仅 0.9 的 4 个电子元件互相融合（并联），可使整体可靠度增大至 0.9999，这比采用提高单个元件性能的方法来提高系统的可靠水平，其效果更明显；又如企业生产多种产品，在其现有水平的基础上，调整产品结构，以提高经济效益，势必投入少，见效快，如此等等。更进一步的系统技术是：调整系统中各硬件的性能，使之有升有降，并开发相应的新软件  $\beta$ ，则能使系统功能有更显著的提高，即  $(3+3+4)\beta > 10$ ，显然， $\beta$  应优于  $\alpha$ 。于是，寻求子系统的合理功能和  $\beta$  技术，以达到事半功倍的效果，就成为技术经济系统分析设计的根本任务。编写本书的宗旨，也即冀望对此有所裨益。

本书系在作者多年教学和实践基础上编写而成，全书分为四篇，共十一章。第一篇为总论，第二篇为系统分析设计技术，第三篇为微观系统设计与宏观战略研究，第四篇为案例与练习。关于系统技术（或系统工程）方面的知识，目前国内外已有不少专著，但在数学的推演上大多过于专深（或说是“数学味太浓”），使广大仅有微积分和线性代数初步基础的技术经济工作者望而却步。然而，本书却能深入浅出地

加以阐述，知识起点选择适当，并能以较小的篇幅使读者掌握现代系统技术，而不失其知识高度。作者曾在企业从事技术经济工作 20 余年，与实际工作者有颇多的共同语言，在介绍我国近年成功引进借鉴的国外先进方法时，能做到语言精炼，通俗流畅，内容新颖，定性定量并重，融知识性、应用性和新颖性于一体。为使读者掌握系统分析设计的应知应会和增加可读性，在第四篇中精选了难度适中的八个案例，除一个案例外，其余均取自国内已有成果，故在此一并向原著者鸣谢。

由于作者水平有限，书中定有不妥之处，恳请读者指正。

作者

1994 年 1 月

# 目 录

## 第一篇 总 论

|                              |      |
|------------------------------|------|
| <b>第一章 系统方法引论</b> .....      | (1)  |
| <b>第一节 系统的基本概念</b> .....     | (1)  |
| 一、系统及其结构、行为与功能.....          | (1)  |
| 二、系统十一性 .....                | (4)  |
| 三、系统的分类 .....                | (5)  |
| <b>第二节 系统定律与系统观点</b> .....   | (8)  |
| 一、系统四律 .....                 | (8)  |
| 二、系统四观.....                  | (14) |
| <b>第三节 系统方法概述</b> .....      | (16) |
| 一、系统方法及其特点.....              | (16) |
| 二、系统方法处理的基本问题.....           | (19) |
| 三、系统方法体系.....                | (19) |
| <b>第二章 系统分析概述</b> .....      | (24) |
| <b>第一节 系统分析的基本概念</b> .....   | (24) |
| 一、系统分析的定义.....               | (24) |
| 二、系统分析的原则.....               | (24) |
| 三、系统分析的要素.....               | (25) |
| 四、系统分析的步骤.....               | (26) |
| <b>第二节 系统问题分析和环境分析</b> ..... | (27) |
| 一、系统问题分析.....                | (28) |
| 二、系统环境分析.....                | (33) |
| <b>第三节 系统目标分析</b> .....      | (35) |

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| 一、目标分析的任务、内容和要求 .....    | (35)        |
| 二、目标集的建立 .....           | (36)        |
| 第四节 系统结构分析 .....         | (39)        |
| 一、系统结构分析的内容 .....        | (39)        |
| 二、系统结构分析方法 .....         | (41)        |
| <b>第三章 系统设计概述 .....</b>  | <b>(45)</b> |
| 第一节 系统设计的基本概念 .....      | (45)        |
| 一、系统设计的定义 .....          | (45)        |
| 二、系统设计与传统设计的区别 .....     | (46)        |
| 第二节 系统设计的一般步骤和基本方法 ..... | (47)        |
| 一、系统设计的一般步骤 .....        | (47)        |
| 二、系统设计的基本方法 .....        | (49)        |

## 第二篇 系统分析设计技术

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| <b>第四章 系统制模技术 .....</b> | <b>(50)</b> |
| 第一节 系统模型概述 .....        | (50)        |
| 一、系统模型的概念 .....         | (50)        |
| 二、系统模型的分类 .....         | (50)        |
| 三、系统模型的结构 .....         | (51)        |
| 第二节 制模技术 .....          | (53)        |
| 一、制模的一般原则 .....         | (53)        |
| 二、制模的基本步骤 .....         | (54)        |
| 三、制模的一般方法 .....         | (56)        |
| <b>第五章 系统优化技术 .....</b> | <b>(58)</b> |
| 第一节 系统最优化概述 .....       | (58)        |
| 一、优化的概念 .....           | (58)        |
| 二、最优化方法及其分类 .....       | (60)        |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 第二节 系统静态最优化 .....         | (61) |
| 一、无约束条件多元函数的极值 .....      | (61) |
| 二、具有等式约束条件的极值 .....       | (63) |
| 第三节 系统动态最优化 .....         | (64) |
| 一、基本概念 .....              | (64) |
| 二、最优控制的数学模型 .....         | (65) |
| 三、最优控制问题的解法 .....         | (66) |
| 四、用动态规划法解最优控制问题 .....     | (72) |
| <b>第六章 系统模拟技术</b> .....   | (81) |
| 第一节 系统模拟仿真概述 .....        | (81) |
| 一、模拟仿真的概念 .....           | (81) |
| 二、系统模拟仿真的步骤 .....         | (82) |
| 第二节 随机系统的模拟仿真 .....       | (83) |
| 一、排队系统的概念 .....           | (83) |
| 二、排队系统仿真方法 .....          | (83) |
| 第三节 系统动力学模型与仿真 .....      | (84) |
| 一、基本概念 .....              | (84) |
| 二、流图的绘制 .....             | (87) |
| 三、系统动力学方程 .....           | (88) |
| 四、几种基本的反馈结构 .....         | (91) |
| 五、模拟方程的求解 .....           | (93) |
| 六、DYNAMO 语言简介 .....       | (94) |
| <b>第七章 系统评价决策技术</b> ..... | (95) |
| 第一节 系统评价概述 .....          | (95) |
| 一、系统评价的含义 .....           | (95) |
| 二、系统评价的原则 .....           | (95) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 三、系统评价指标的分类·····         | (96)  |
| 四、系统评价的步骤·····           | (96)  |
| 第二节 系统评价方法·····          | (96)  |
| 一、评价价值分析法·····           | (96)  |
| 二、综合判定法·····             | (102) |
| 第三节 多目标决策·····           | (105) |
| 一、基本概念·····              | (105) |
| 二、多目标决策方法·····           | (107) |
| 第四节 灰色系统决策·····          | (118) |
| 一、灰色系统的概念·····           | (118) |
| 二、灰色参数、灰色数和灰元·····       | (119) |
| 三、灰色非线性规划决策·····         | (119) |
| 第八章 系统方案拟制创造技术·····      | (124) |
| 第一节 创造性技术·····           | (124) |
| 一、创造的概念·····             | (124) |
| 二、创造思维方法·····            | (124) |
| 第二节 系统方案拟制策略·····        | (128) |
| 一、系统方案拟制的原则·····         | (128) |
| 二、系统方案拟制的基本步骤·····       | (129) |
| 三、系统方案寻求策略·····          | (130) |
| <b>第三篇 微观系统设计与宏观战略研究</b> |       |
| 第九章 工程技术系统设计·····        | (134) |
| 第一节 工程技术系统的研制步骤·····     | (134) |
| 一、工程技术系统的全过程·····        | (134) |
| 二、工程技术系统的研制步骤·····       | (134) |
| 第二节 工程技术系统设计的技术方法·····   | (137) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 一、产品系统优化设计 .....         | (137) |
| 二、系统可靠性设计 .....          | (139) |
| <b>第十章 管理系统设计</b> .....  | (152) |
| 第一节 管理系统设计概述 .....       | (152) |
| 一、管理系统设计的重要意义 .....      | (152) |
| 二、工作系统与管理系统的 .....       | (153) |
| 三、管理系统的特、要素和设计要求 .....   | (153) |
| 第二节 企业管理系统设计 .....       | (155) |
| 一、企业管理系统设计的内容 .....      | (155) |
| 二、企业管理系统设计程序方法 .....     | (156) |
| 第三节 工作系统设计 .....         | (159) |
| 一、工作系统设计的内容和要素 .....     | (159) |
| 二、工作系统设计步骤 .....         | (161) |
| <b>第十一章 宏观战略研究</b> ..... | (163) |
| 第一节 战略研究概述 .....         | (163) |
| 一、战略研究的重要意义 .....        | (163) |
| 二、战略研究的要素和内容 .....       | (165) |
| 三、战略研究的指导原则 .....        | (168) |
| 四、战略研究程序 .....           | (169) |
| 第二节 战略研究方法 .....         | (171) |
| 一、战略研究的工作方法 .....        | (171) |
| 二、战略研究的定性定量方法 .....      | (172) |

## 第四篇 案例与练习

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| <b>案例一</b> 我国古代运用系统工程思想的典范     |       |
| ——都江堰水利工程 .....                | (177) |
| <b>案例二</b> “轮番作业”与“丁渭工程” ..... | (184) |

|            |                               |       |
|------------|-------------------------------|-------|
| <b>案例三</b> | “阿波罗”的启示.....                 | (185) |
| <b>案例四</b> | “荷花”招标,香飘千里 .....             | (188) |
| <b>案例五</b> | 用系统工程方法对上海新港址<br>进行评价和选优..... | (191) |
| <b>案例六</b> | 某机械厂扭亏系统的分析设计.....            | (205) |
| <b>案例七</b> | 电子器件 ZP 器生产系统设计 .....         | (214) |
| <b>案例八</b> | 某省能源基地发展战略的研究.....            | (224) |



# 第一篇 总 论

## 第一章 系统方法引论

### 第一节 系统的基本概念

#### 一、系统及其结构、行为与功能

“系统”一词的语义众人皆知，但是，作为系统科学研究对象的系统含义，中外名人学者所给出的表述却不尽相同。这里取我国现代著名科学家钱学森为“系统”一词所下的定义：

系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分结合而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从属的更大系统的组成部分。

一切人造系统，为了某种目的均有一定的输出。输出是由输入通过处理后得到的，即输出是处理的结果，使系统的目的得以实现。处理是输入变为输出的一种活动。输入、处理和输出组成系统的三个基本要素。通常还存在输入和输出之间的反向联系，称为反馈，从而构成一个完备的系统，如图 1-1 所示。恩格斯说：“我们面对着的整个自然界形成一个系统，即各种物体相互联系的总体，而我们在这里所说的物体，是指所有的物质存在。”<sup>①</sup>人类思维作为物质世界的反映，便也表现出相应的系统性。因此，任何研究的对象均可视为系统。

---

① 恩格斯·自然辩证法·北京：人民出版社，1971，P. 54.