

JINGJI XITONG
GONG CHENG
经济系统工程

主编 赵一锦

12

西南财经大学出版社

92
F224.12
1
2

JINGJI XITONG
GONG CHENG
经济系统工程

主编 赵一锦

XA 68'22

西南财经大学出版社

B

878669

(川)新登字017号

责任编辑：谢廖斌

封面设计：林希孟

经 济 系 统 工 程

赵一锦 主 编

西南财经大学出版社出版	西南财经大学出版社发行
四川省新华书店经销	绵竹县教育印刷厂印刷

787×1092毫米	1/16	印张14	字数 317千字
1991年10月第一版		1991年10月第一印刷	

印数：1—2000册

书号：ISBN7—81017—341—3/F·259

定价：3.75元

前 言

经济系统是横跨自然系统与人工系统的世界上最复杂的复合系统之一。其组成要素之多、结构形式之繁、覆盖领域之广,涉及学科之众,处理难度之高,均首屈一指。全面系统地阐述经济系统的理论与实践是摆在系统科学工作者面前的迫切任务。

本书的作者都从事了多年高校经济类专业的系统工程的教学,科研与实践,愿将自己的思考与体会奉献给读者和系统科学界的同行们,以求抛砖引玉,共同建设本学科。

如果问这本书有什么特点的话,我们以为:第一,对构思经济系统工程这门组织管理学科的体系作了尝试。全书由系统科学和系统工程的基本概念、理论、观点、方法论,系统工程的通用实施技术,经济系统主要的专有实施技术三大部分组成。反映了经济系统工程是系统科学的一门工程技术科学,必然要依据和运用系统科学和系统工程的基本理论与方法;来解决经济领域中的实际问题。

第二,对本学科中一些新课题阐述了独立的见解。作者对系统的观点及其原理、原则,针对经济系统的系统分析方法,信息管理子系统结构和经济系统特点等不少新课题,阐述了自己独立的见解,或作了延伸性研究。

第三,紧密结合经济系统的实际。系统工程是实践性科学。经济系统工程就应该针对经济领域(包括宏、中、微观经济领域)中的实际来论述其理论和方法。为此,我们除了在一些章、节专门针对经济系统展开论述外,在其余所有章节中都紧密结合经济领域的事实、实例来介绍和论证系统的理论和方法。

第四,避免与相关学科的重复。系统工程是新兴交叉学科,在它的相关学科中有许多(如运筹学、计量经济学、技术经济学、现代化管理等)也是同时期先后产生并发展起来的交叉学科。在系统工程和这些姐妹学科发展之初学科体系未定,内容重叠较多。现在各相关学科已基本形成各自的体系,其内容边界也基本明确。因此,我们尽量避免把明细属于其他学科的内容写入本书;即使在需要运用其他学科的理论、方法及步骤阐述或求解经济系统工程问题时,也尽量按引用原理,略去论证;引用公式,略去推导;引用结果,略去计算引用步骤,略去细节的办法来处理。

本书可作为大专院校经济类各专业经济系统工程或系统工程教材,也适合于各级经济管理部门和企业管理部门的同志参考。

本书第一、二、三、四、六、八章由赵一锦编写,第五章由柴阳编写,第七章由刘华富编写,第九章由王晓晖编写。

在编写过程中,参考了很多文献资料,书后难以一一列出,在此谨向有关作者致谢!鉴于我们水平有限,编写时间仓促,书中错误缺点难免,敬请同行与读者批评指正。

作 者

1991年2月

目 录

第一章 系统、系统工程和系统科学	(1)
第一节 系统的概述	(1)
一、系统的定义	(1)
二、系统的属性	(1)
三、系统的分类	(4)
四、系统基本结构和转变要素	(5)
第二节 系统工程的概述	(6)
第三节 系统科学的体系、地位和作用	(10)
第二章 系统的理论、观点和系统工程方法论	(16)
第一节 系统理论简介	(16)
一、一般系统论	(16)
二、耗散结构理论	(17)
三、协同学理论	(17)
四、超循环理论	(18)
第二节 系统的观点	(18)
第三节 系统工程方法论	(25)
第三章 系统模型与系统模拟	(29)
第一节 系统模型概述	(29)
第二节 模型的建立及求解	(32)
第三节 系统模拟概念	(41)
第四节 模拟的步骤和方法	(43)
第四章 系统分析技术	(50)
第一节 系统分析概述	(50)
第二节 系统分析的步骤、内容和方法	(52)
一、确定目标和指标	(53)
二、拟定和汇集方案	(54)
三、建立模型	(56)
四、方案优化	(56)
五、评价与决策	(57)
第三节 系统分析实例	(69)
第五章 系统信息管理	(77)
第一节 概述	(77)
第二节 信息系统的基本结构形式及功能	(79)

第三节 计算机信息系统.....	(89)
第六章 系统网络计划技术.....	(97)
第一节 网络图及其绘制.....	(97)
第二节 网络时间计算与关键路线.....	(102)
一、工序时间.....	(102)
二、节点的时间计算.....	(102)
三、工序的时间计算.....	(104)
四、网络时差的计算.....	(104)
五、关键路线的确定及其重要意义.....	(105)
第三节 非肯定型网络时间计算.....	(107)
第四节 网络计划技术的应用.....	(111)
第七章 经济系统分析.....	(123)
第一节 经济系统特点分析.....	(123)
第二节 经济系统转变要素分析.....	(132)
第三节 运用系统分析规划、调整经济.....	(138)
第八章 系统可行性研究.....	(144)
第一节 可行性研究概述.....	(144)
第二节 可行性研究中的需求分析和技术分析.....	(149)
一、总论.....	(149)
二、需求预测和拟建规模.....	(149)
三、资源、原材料、燃料及公用设施情况.....	(151)
四、建厂条件和厂址方案.....	(152)
五、设计方案.....	(153)
六、环境保护.....	(156)
七、企业组织、劳动定员和人员培训.....	(157)
八、实施进度和建议.....	(157)
第三节 可行性研究中的效益分析与评价.....	(157)
一、效益分析与评价概述.....	(157)
二、效益分析与评价的经济财务预测资料(包括投资、成本、利润等预 测).....	(159)
三、建设项目财务评价.....	(171)
四、建设项目国民经济评价.....	(177)
五、建设项目经济评价的不确定性分析.....	(183)
第九章 区域规划系统分析.....	(186)
第一节 区域规划理论基础.....	(186)
第二节 区域规划过程.....	(192)
第三节 区域规划系统分析方法及示例.....	(195)
主要参考文献.....	(207)

第一章 系统、系统工程和系统科学

第一节 系统的概述

一、系统的定义

人类对“系统”一词的理解，是随着生产和科技的发展而不断明确和深入的。

“系统”这个词源于古希腊语，用以表示“群体”和“集合”等抽象概念，有部分组成整体的含意。

韦氏大辞典解释，系统是“有组织的或被组织化了的全体”；“结合着的总体所赖以形成的诸概念、诸原理的复合体”；是“以规则的相互作用又相互依存的形式结合着的对象的集合。”

日本工业标准（JIS）规定：“许多组成部分保持有机的秩序，向同一目标的行动者”便是系统。

我国著名科学家钱学森认为，系统是“由相互作用和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一个更大系统的组成部分。”这个定义概括和发展了此前有关系统定义的论述。

运用这些定义进行分析，一台机器，一项工程；一个企业，一个部门；一个方案，一种制度……乃至自然界的每件事物，都是一个个系统。所以可以这样说，人们研究或研制的任何事或物都是系统。

二、系统的属性

为了深入地理解系统的定义和概念，首先应分析一下系统自身具有的属性（或称特征）。

（一）集合性

系统是由若干个可以区分的要素（或元素）所组成。

强调要素能够区别是为了准确地分析每个要素的作用；分析要素与要素，要素与系统整体之间的关系。

通常把要素的初步结合体称为子系统；把子系统的结合体称为分系统。它们都是系统的组成部分。

在分析研究一个系统时，一般要先辨识系统的边界，划分系统的范围，并进一步明确系统的组成部分和内部结构。

（二）相关性

系统内各组成要素是相互作用和相互依存的，即组成要素是彼此相关的。

组成要素之间相关的方式很多，有联系、协作、协调、因果、依存、控制、制约和反馈等方式。如企业的供、产、销之间，应以销定产，以产定供，它们之间表现为因果和依存关系。又如国民经济各产业部门的生产能力之间表现为既相互联系又相互制约的关系；而且依据信息反馈来调整它们的生产能力，以实现它们之间的协调。

组成要素之间相关的量值，可归纳为规律性的量值关系和非规律性的量值关系。前者通常可用数字的各种函数关系来表达；后者通常需用概率统计的方法来处理。

系统的组成要素在相关中最终都形成层次结构。其形成的机理是，要素间的各种相关方式都可以最终表示为并列逻辑关系或顺序逻辑关系，系统的要素和子、分系统反复多次地以并列或顺序逻辑关系相结合，最后形成系统的层次结构，如图 1—1。

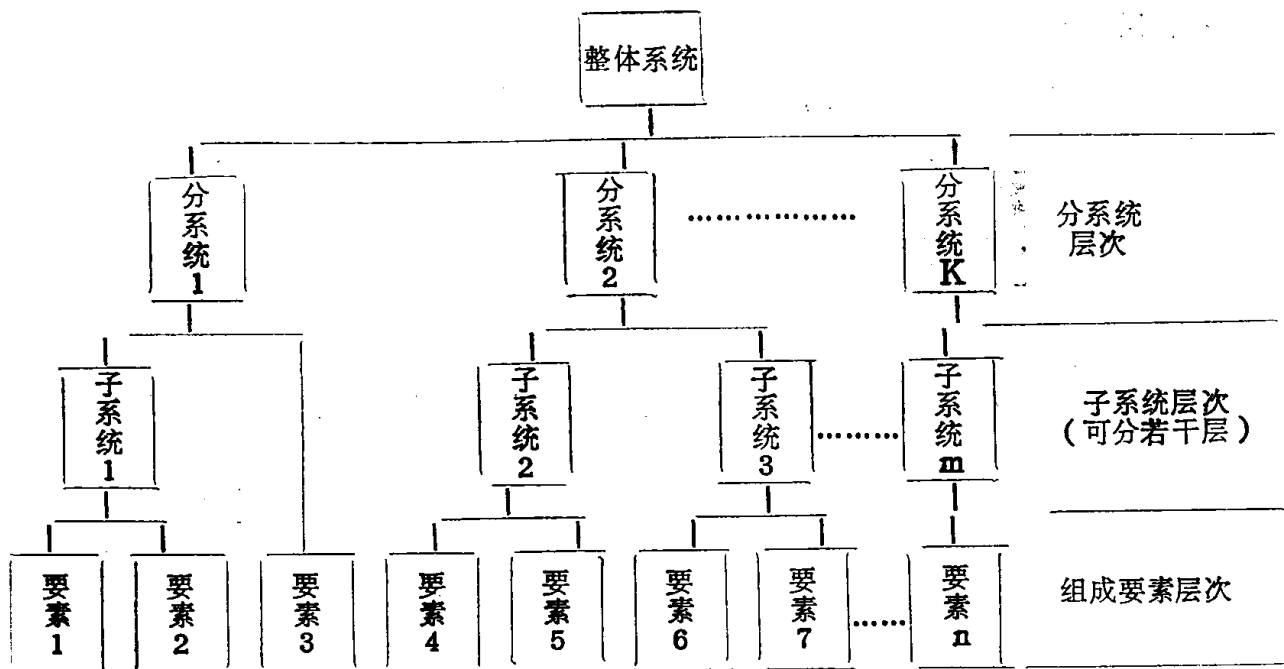


图 1—1 系统层次结构示意图

系统的层次结构是系统属性所导出的最重要的结论。任何事物的现状结构均呈现层次状态，例如图 1—2 表示的是企业生产经营管理职能部门的一般层次结构。而且，事物随时间发展的演变过程也呈现层次状态，例如图 1—3 表示的是生产力发展过程的层次状。

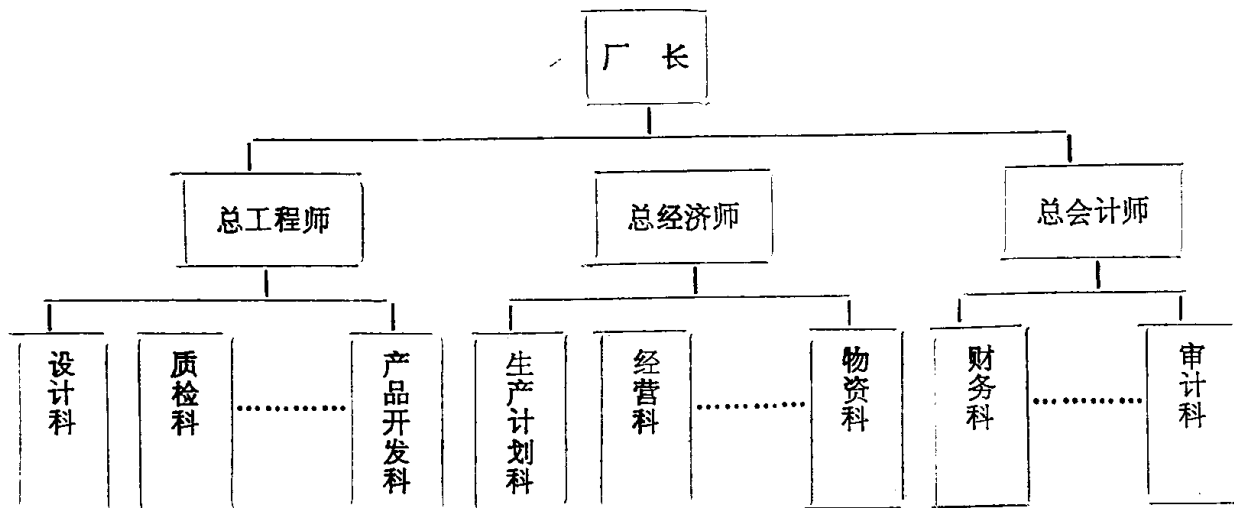


图 1—2 企业生产经营管理职能部门一般层次结构

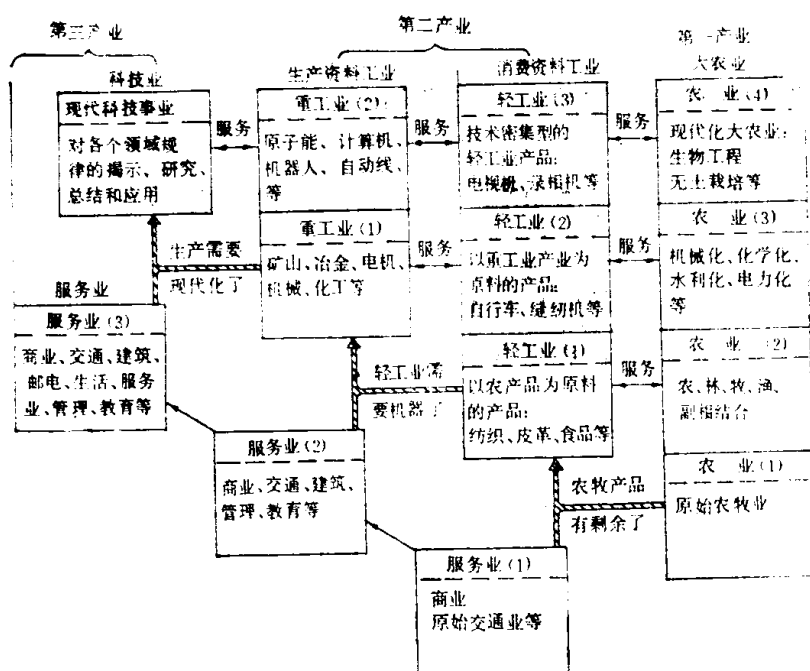


图 1-3 生产力发展过程形成的层次结构

的专家们认为船队高炮系统击落敌机概率仅为 4%，是一种浪费。通过实践发现，装备高炮系统的船队被炸沉率已降至 10%，从而保证了军用物资的供给并利于抓住战机。最后，明确了船队装备高炮系统的恰当目的应该是：保护自己，减少炸沉，保证供应。

自然系统虽然没有有意识的目的、目标，但任何自然系统的整体功能是客观存在的，其对周围事物的影响和作用是不以人的意志为转移的。我们也可把自然系统的功能，作用视为泛称的系统目的。

系统要素需要按特定规律有机结合，才能形成自己的特定功能。或者说同样的要素，在有机结合时遵循的规律不同，会形成功能完全不同的系统。如化学元素碳，以不同的晶格排列结合，可形成煤炭、石墨、金刚石等这些物理、化学性能差别极大的物质。

当前人们研制的系统常常是多功能、多目标的，这无疑增加了建设系统的难度。例如，随着我国的经济发展和改革开放，要求中心城市不仅是工业生产的基地，还应是贸易、金融、交通和信息中心；不仅有消费品市场，还应当有生产资料市场、金融市场和技术市场；并且应能在它所辐射的经济区域内加强生产合作，促进技术进步，传输管理经验，培养科技人才。

（四）环境适应性

系统对环境的适应性反映在两个方面。一是系统是否适应环境，反映为环境对系统功能的评价（即环境满意性），并通过对系统的促进来发展系统。如我国电力供应不足，无法满足生产、生活所需，但却不能因此淘汰它，相反要尽力促使它发展以适应需要。二是系统是否适应环境，反映为系统本身是否能生存、发展，并通过环境的选择来决定取舍。如处于竞争中的产品的开发、生产和销售，都必须十分适应市场的需求，经过市场的选择，劣者淘汰，优者发展。

态，因此，系统的层次结构是事物基本面貌的反映，是标志事物存在状态的重要规律。

（三）目的性

系统是具有特定功能、目标、作用（可统称为目的）的有机整体。

任何合理的人工系统都有其明确的和恰当的目的。在系统工程发展历史上有过一次有名的系统目标之争：第二次世界大战时英国运输船支被德国飞机的炸沉率曾达 25%。就此，部分军事专家主张船队装备高射炮系统；持不同意见

三、系统的分类

为了研制系统，可从不同的角度把各种形态的系统分类如下：

（一）按人是否介入系统，把系统分为自然系统和人工系统

自然系统是自然界的事物通过天然（人未干预）的结合组成的系统。如宇宙系统、地球大气系统等。

人工系统是人类介入的系统。依人类介入的深度又可分为三种：第一种是人们对自然事物进行加工而组成的系统。如矿山、机器等；第二种是在组织管理对自然事物的加工中，形成的体制、制度、政策、程序等，所构成的社会的管理系统。如国体、政体、政治经济制度，管理程序等。第三种是基于人类对自然规律和社会规律的认识，而总结建立的学科体系。

通常把人工系统与自然系统相结合的系统称为复合系统。农业系统就是典型的复合系统。

（二）按系统抽象程度，把系统分为实体系统和概念系统

实体系统是存在于物理范畴内的物。如机器、工程、生物、能量等。

概念系统是存在于思维范畴内的事。如制度、政策、原则、程序、方案、方法等。概念系统是无质量无形体的。

实体系统与概念系统有着密切的关系。概念系统为实体系统提供指导和服务；实体系统是概念系统表达的对象和产物。在目前研制的复杂系统中，实体系统和概念系统相互交错关联，难于分开，而且概念系统所占比例越来越大，这都增加了研究研制系统的难度。

（三）按系统与其环境有无交换关系，把系统分为封闭系统和开放系统

封闭系统是与其环境没有交换的系统。系统的封闭是为了某种需要或目的而构造的，只在一定时期和一定条件下存在，因而它是暂时的和相对的。例如停产整顿的企业，从生产经营的角度分析，它与环境停止了交换，暂时处于封闭状态。一旦整顿好了，恢复了生产和经营，就不再是封闭系统了。

开放系统是与其环境存在交换的系统。系统的开放主要因为系统总是要从环境取得补给；总是要向环境输出功能；总是要受到环境的控制和影响。这是事物普遍联系的规律所决定的，因而它是必然的和绝对的。这个规律再次说明，我国对外开放的方针是符合客观规律的，是十分必要的和完全正确的。

（四）按系统状态与时间的关系，把系统分为静态系统与动态系统

静态系统是不随时间延续而变化的系统。系统的静态通常是系统在一定发展阶段上的相对稳定状态或极限状态，随着系统的发展变化，静态就会失去，因而它是有条件的、暂时的和相对的。但是，人们对系统的认识和研制，又常常离不开系统的静态。如我们对 H_2O 这种物质，就要借助于它的三个相对稳定状态——水、冰和汽来认识它。又如任何计划，总是描述的事物在某个时刻或某个阶段拟实现的极限（目标）状态。

动态系统是随时间延续而变化的系统。系统的动态是因为系统也有产生、发展、生存和消亡的生命过程，这是物质运动的普遍规律所决定的，因而它是必然的和绝对的。

(五) 其他分类方法

按系统表达的对象, 可把系统分为工业系统、农业系统、经济系统、社会系统等。

按系统本身的规模, 可把系统分为巨系统、大系统、中系统、小系统等。

在系统的研究和研制过程中, 各种分类概念往往需要交替使用。如对物质生产系统的研制和运行过程就是一个例子, 见图 1—4。

四、系统基本结构和转变

要素

(一) 系统是转变和处理机构

由于自然系统是开放的, 它对外部环境存在着影响和作用; 而人工系统更是为了满足人们的某种需要而研制的, 它必须向外部环境(人类社会)提供服务。所以说, 尽管宇宙间的系统千差万别, 但任何系

统都要给予外部环境一些东西(表现为功能、目标、目的、影响等)的, 这就是系统的输出。系统要能够输出, 它就不可能“无中生有”。也就是说, 为了输出它必须要从外部环境取得一些东西, 这就是系统的输入。因此, 从这个意义上讲, 系统是把输入转变成输出的转变机构和处理机构。这是对宇宙间存在的千千万万个系统的结构和功能的最高度的概括。图 1—5 就是表示系统的输入、转变和处理、输出的功能结构图。图中虚线表示的是, 系统有把转变处理过程和输出端的转变处理结果的有关信息, 回授给输入端或转变机构的某些环节的需要, 并把这种回授称为“反馈”。反馈的信息成为系统下一个循环过程的一部分输入。反馈原理是系统控制的最重要的原则。

(二) 系统转变要素

千变万化的系统, 输入的东西和输出的东西种类繁多, 但经过一再归纳, 不外乎是三大种类: 即物质、能量、信息, 称之为系统转变的三要素。再进一步归纳成为两大种类: 即物质和信息, 称之为系统转变两要素。

一个具体的系统, 其输入的东西和输出的东西虽然都属于物质和信息, 但其输入的物质、信息的具体类别、品种、规格、形式、数量、质量等与经过该系统转变处理后, 输出的物质、信息的具体类别、品种、规格、形式、数量、质量……是

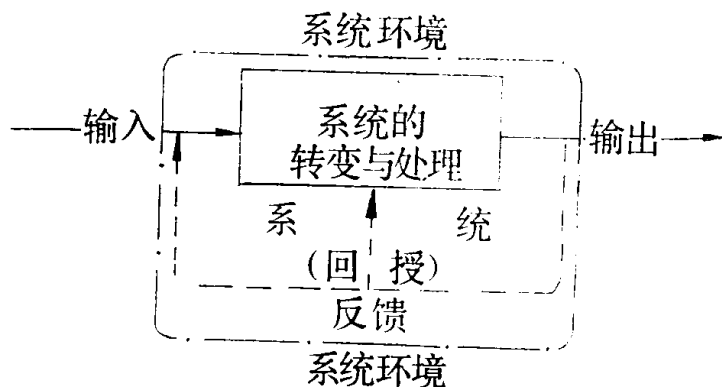
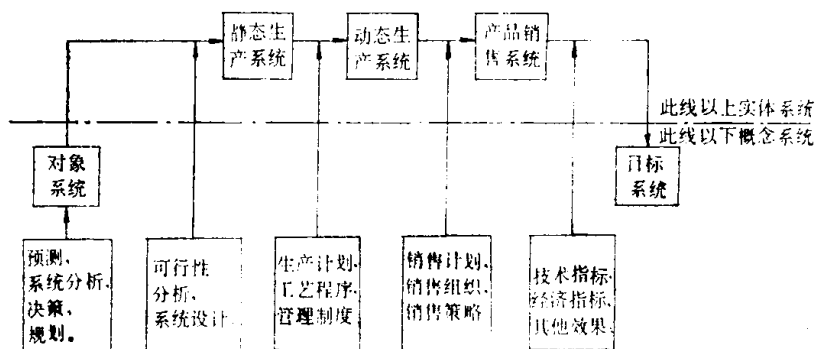


图 1—5 系统结构示意图

不相同的。通常实现了从初级到高级的转变，质量有所提高，功能更合需求。

既然系统输入的物质、信息与系统输出的物质、信息，在类别、品种、规格、形式、数量、质量等方面是不相同的，是发生了变化的；也就是说，在系统转变处理过程中，输入系统的物质和信息是运动着的、变化着的，因此形象地把它称之为物质流和信息流。

（三）系统的内描述和外描述

对一个系统的描述可以从内外两方面进行，从而形成内描述和外描述。

一方面，从系统的组成要素，内部结构，各子、分系统间的相关关系，形成的层次结构，以及它们的动态变化来描述，即对系统这个转变处理机构的内部结构和状态进行描述，这就是对系统的内描述。

另一方面，从环境给予系统的输入和系统对于环境的输出的数量、质量、构成，以及它们的动态变化来描述，即描述系统与环境的相互关系，这就是对系统的外描述。

有的系统，其内部结构和状态清楚，其与环境的相互关系也清楚，可以对它进行明确的内描述和外描述。而有的系统，其与环境的相互关系（即输入和输出）清楚，但对其内部结构和状态认识不清，这种系统称为“黑箱”。对它只能进行外描述而无法给予内描述；但往往通过准确的外描述，亦可预测“黑箱”系统的行为及变化。

第二节 系统工程的概述

一、系统工程的定义及学科性质

（一）系统工程的定义

自从1940年提出“系统工程”这一名词以来，国内外有几十种定义，至今尚未统一，具有代表性的定义有：

1967年，美国切斯纳认为：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”。

1967年日本工业标准（JIS）规定，系统工程“是为了更好地达到系统目标，而对系统的构成要素、组织结构、信息流动和控制机构等进行分析与设计的技术。”

1971年，日本寺野寿郎认为：系统工程“是为了合理地开发、设计和运用系统而采用的思想、程序、组织和方法的总称。”

1978年，我国著名科学家钱学森认为：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”

已举出的和尚未举出的许多定义都不同程度地表述了下面要点：其一，系统工程的研究对象是系统，特别是复杂系统；其二，系统工程是对系统建设和使用的全过程进行组织管理的科学技术；其三，系统工程是以系统的观点，运用多学科领域的技术，以实现系统整体功能目标最优的综合性科学技术。

（二）系统工程的学科性质

顾名思义地理解，系统工程就是用系统的观点和方法来解决传统的工程问题。

传统的“工程”是工程技术人员为建设具有特定功能的实物或实物系统，所涉及的各

项工作的总称,是工程技术人员进行的一系列活动的总称。诸如机械工程、冶金工程、化工工程、水利工程等等。传统工程的主要特点,一是要改造客观世界并取得具体实物性成果,有很强的实践性。二是要改造客观世界,就有一个改造的“过程”(施工过程和时间过程)。

传统的“工程方法”是包括构思(原理和结构)、原则、设计、制造、运用和评价等工程技术人员通常使用的一套科学方法。

系统工程与传统的工程有联系。首先是系统工程与传统工程一样,也要改造客观世界并取得具体实物性或非实物性成果,有极强的实践性;其次是对客观世界的改造,也有一个“过程”;再者是系统工程的方法是对传统工程方法的改善和发展。

系统工程与传统的工程又有重要的区别。即系统工程是组织管理的技术。它不仅涉及工程全过程中的技术内容,更主要的是对工程全过程(规划、研究、设计、制造、试验和使用)进行组织管理。如图1—6所示,在工程的全过程中,工程的技术过程与工程系统的组织管理过程是相并而行,相互交叉,密切联系,互相不能替代的。工程技术过程完成组织管理过程提出的任务;系统组织管理过程则控制和指导工程的技术过程。

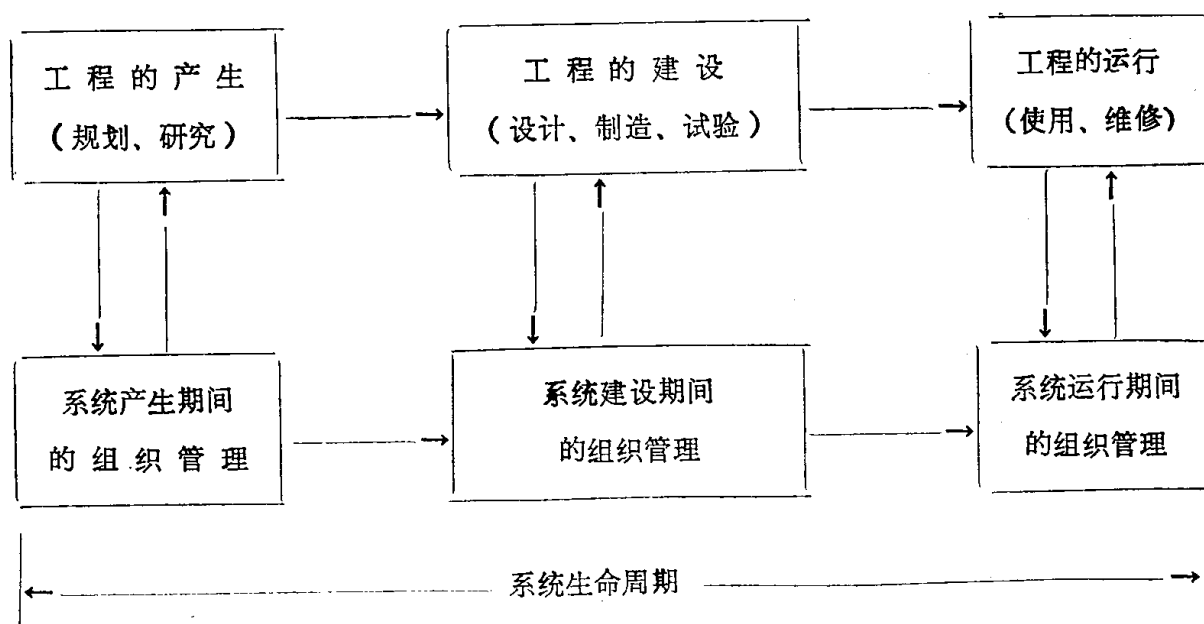


图1—6 工程技术过程与工程系统的组织管理过程的关系

二、系统工程的产生与发展

(一) 历史上的系统工程范例

中外历史上都有些宏伟的工程、著名的策略,值得当今的系统工程工作者们学习、研究和吸取营养。

四川省岷江上的都江堰,是2200年前由李冰父子主持修建的一项防洪灌溉水利工程。整个工程系统由四个部分(分系统)组成。一是岷江分水工程,利用江中鱼嘴将江水分为内江和外江,内江水位高于外江,外江排洪。二是分洪排沙工程,它又由飞沙堰和人字体工程组成,两者前后相连地介于内江和外江之间。飞沙堰高度适中,略高于内江正常水位,因此水小为岸,水大为口,起到内江排洪飞沙,少淤水畅的作用。三是引水入渠工程,劈开玉垒山形成险峻的宝瓶口,引水过口进入灌渠。四是纵横平原,盘丘走崖,密布川西数万平方公里之上的灌溉网。经过历代的修建,1950年时可灌田200万亩。

左右，现受益面积已达约800万亩。不仅工程宏大，当时还制订了“深淘滩、低筑堰”等正确的工程维修原则，使都江堰防洪灌溉工程成为驰名世界的长期协调运转，效益显著持久的伟大水利工程。充分显示了祖先的智慧，民族的伟大。

宋代皇宫修复工程，是1000年前宋朝真宗时代的大臣丁渭受命修复被烧毁的皇宫工程。他出乎众人意料，提出了惊人的修复方案：先开挖皇宫前的大道成沟，就地取土烧砖，节约运力。而后引附近汴水入沟，形成航道，船运木材和石料，创造条件使用了水运这种当时最节约人财物力的运输方法。当皇宫修复后沟河撤水，利用工程废弃物就地填沟，修复大道，又再次节约了运力。整个工程是各分系统最佳配合，各工程阶段最佳衔接，整体工程多快好省的系统工程范例。

埃及的金字塔，希腊的古建筑，也都是历史上典型的系统工程范例。

在谋略策略方面，我国历史上诸葛亮的“隆中对策”，是典型的治国和外交谋略对策。20世纪初，泰勒的“科学管理原理”，揭示了提高生产效率的秘密，形成了所谓的“泰勒系统”。这些都是历史上典型的系统分析的范例。

虽然本世纪40年代以前，还没有产生系统工程和系统科学；但上述这类工程和谋略都蕴含着朴素的系统思想和系统方法，为近代系统工程和系统科学的产生与发展提供了充实的实践基础。

（二）系统工程的产生与发展

1940年，美国贝尔电话公司实验室在研究电话机和交换台时，首次提出“系统工程”这个名词。后来该公司成立了系统工程研究部，通过对电话网络的运用研究等实践，总结出“系统接近法。”研究成果显著，两次获诺贝尔奖金。

第二次世界大战期间，英国为防御德国飞机的轰炸，成立了五人运筹小组，研究雷达网的运用问题，效果良好。继而又研究飞机起降排队问题，搜索潜艇问题，提出了排队论、线性规划、搜索论等（运筹学分支）。战后，这些理论得到了推广和发展，广泛应用于生产和经济领域。

1940年到1945年，美国由奥本·海墨领导实施了制造原子弹的“曼哈顿”计划。集中了美国、加拿大等八国有关的科学家，动用了当时全国三分之一的电力。为了争取时间，被迫五个方案同时展开。由于采用了系统工程的方法，通过规划、计划、多方案择优来组织研制工作，创造了多方案同时上马取得成功的先例。

1948年，美国由数以百计的科学家为主体组成的兰德公司，创造了“系统分析法”，专门为美国的政界和军界等提供时局对策、武器研制方面的规划和方案，以帮助政府和决策者进行政治、经济、军事决策。至今，兰德公司仍是世界上享有盛名的智囊团、思想库。

至20世纪50年代末，系统工程进入了迅速发展和趋于完善的时代。

1958年，由于苏联第一个发射卫星而落后了的美国，努力在军事尖端技术方面赶超苏联。美国海军特种计划局在研制北极星导弹潜艇中，创造了计划评审技术，使以核潜艇发射导弹的系统提前两年完成。计划评审技术很快就在各领域中广泛应用和发展，成为系统工程的重要实施技术。

1962年到1969年，美国国防部长麦克纳马拉在他任职期间，大力推广系统工程。提出规划、计划和预算系统（PPBS系统），成立系统分析部，统一规划、制造和采购三

军武器，从而节约了数以百亿计的美元。

1961年到1972年，美国“阿波罗”登月计划成功。这个世上空前宏伟的工程，由300万个零部件组成；有42万名专家、技术人员、120所大学和研究所、2万多家企业参加研制，动用600台计算机，耗资300亿美元，历时11年。由于运用了系统工程的理论，采用了系统分析与系统管理技术（SASMM）、网络计划技术（CPM及PERT等）、管理信息系统（MIS）等系统工程实施技术，进行周密研制而一举登月成功。不仅向全世界显示了系统工程的辉煌成就和巨大潜力，也使系统工程蜚声全球并获得迅速的推广和发展。

1972年，由美、苏、日等12个发达国家的代表机构（后又有5个参加），在维也纳成立了“国际应用系统分析研究所”。它运用系统分析的方法，研究国际上共同关心的人口、能源、资源、粮食、环保和国土开发等问题。

自1950年起美国的一些高校著书、开课，论述系统工程。1965年美国出版了《系统工程手册》，现在，发达国家和一些发展中国家，拥有数以万计的系统工程师，高校的理工、经济各专业普遍开设系统工程课程（部分高校设立工程系或专业），有的政府部门还规定必须使用系统工程方法来论证处理事务。系统工程已成为普遍使用的科学方法。

（三）我国系统工程发展简况

从发展中国家看，我国系统工程的起步是不晚的。1956年中科院成立运筹研究室。1963年，钱学森同志推行计划评审技术；1965年，华罗庚同志推广统筹法，都取得了成效。

在研究工作经历了10多年的中断后，1978年，钱学森等同志发表了《一门组织管理的技术——系统工程》的论文，并和许多科学家一起大力宣传、普及系统工程。此后，中科院系统科学研究所，中国系统工程学会相继成立。

1983年以来，我国已把系统工程列为100个国家重点科研课题之一。国务院也把系统工程列入推广的18项现代化管理技术之中。我国人口系统工程的研究成果，成为国家人口政策的重要依据，并受到国际上的重视与好评。现在，系统工程在我国广泛应用和迅速发展的可喜局面已经形成。

（四）系统工程产生的背景和条件。

首先，系统工程的产生是生产高度发展的需要。由于生产和经济的高度发展，人们所研究和研制的复杂系统越来越多，这些复杂系统不仅结构复杂，影响因素多，功能目标多；而且许多大系统（如核电站、航天器等）要求极高的可靠性、工作效率和经济效益，以利国际竞争。这样复杂的系统已不是一个人或几个人按常规筹划、靠直觉指挥所能组织管理好的，它要求有一个协助科学决策和组织管理的集体（智囊团），它还要求有一批有效的组织管理方法。因此，客观上就要求创建能够解决复杂系统的理论和方法。

其次，各学科的迅速发展和相互渗透，尤其是社会科学与自然科学的相互渗透，形成了一批综合学科、边缘学科；形成了一批综合方法和新方法，为解决复杂系统提供了许多科学理论和有效方法。

第三，电子计算机的产生和发展，为解决复杂系统的定量分析、优化决策、信息处理和最佳控制提供了可靠的现代化技术手段。

系统工程和系统科学就是在这样的背景和条件下应运而生并发展成长起来的。

三、系统工程的分类及内容

(一) 系统工程是一大门类的组织管理技术

根据系统的定义,人们研究和研制的事物都是系统。而系统是无处不在的,有的系统存在于自然科学范围,有的系统存在于社会科学范围。或者说,人们研究研制的系统遍及自然科学和社会科学的各个领域。在对每个领域的系统(事物)进行研究和研制的过程中,都要对系统的全过程(规划、研究、设计、制造、试验和使用)给予组织和管理,这就会产生该领域的具有其特点的组织管理技术,即该领域的系统工程。犹如传统的“工程”是一个大门类学科的总称(它包含机械工程、冶金工程、化工工程等)一样,“系统工程”也是一个大门类学科的总称,它包含十几门以至几十门系统工程分支。例如,对工业系统全过程进行组织管理,就形成工业系统工程;对农业系统全过程进行组织管理,就形成农业系统工程;同样道理还可以举出社会系统工程,经济系统工程,军事系统工程,企业系统工程,教育系统工程,科研系统工程等等。

(二) 系统工程的内容

系统工程既然是一大门类的学科,那么,这十几门以至几十门系统工程分支就有着共性,即有共同的内容。另一方面,因为研制对象所属的领域不同而又有各自的特性,即有各自的专有的内容。

各门系统工程共同的内容主要包括:系统的概念;系统工程的概念;系统的理论和观点;系统工程方法论;系统工程通用的实施技术——主要是模型模拟技术,系统分析技术,网络计划技术和信息管理技术。

各门系统工程专有的内容,由于组织管理的对象所属的专业领域不同,而有区别或有很大的区别。例如,管理系统工程的专有内容是侧重微观经济管理方面的系统分析技术和定量分析技术,主要有预测技术,决策技术,价值分析,质量控制,盈亏分析,存储分析等。又例如,经济系统工程的专有内容是侧重宏观和中观经济管理方面的系统分析技术和定量分析技术,主要有经济预测,经济决策,系统可行性分析,区域系统规划等。

需要说明的是,由于系统工程与其一些相关学科都是年轻的学科,正在发展和完善,内容和体系并未完全确定;又由于系统工程是边缘学科,在内容上与相关学科密切联系,所以,各门系统工程与相关科学有内容上的相互交叉以至少许必要的重复,这是完全正常或可以理解的。

第三节 系统科学的体系、地位和作用

一、现代科技体系

现代科技知识体系,也和世界上其他事物的存在状态一样,呈现出纵横层次结构。我国著名科学家钱学森同志把现代科技知识具体归纳概括为4个知识台阶和6个科技体系,如图1—7所示。

从横向看,现代科技知识呈现4个台阶(层次),即工程技术、技术科学、基础科学和哲学。

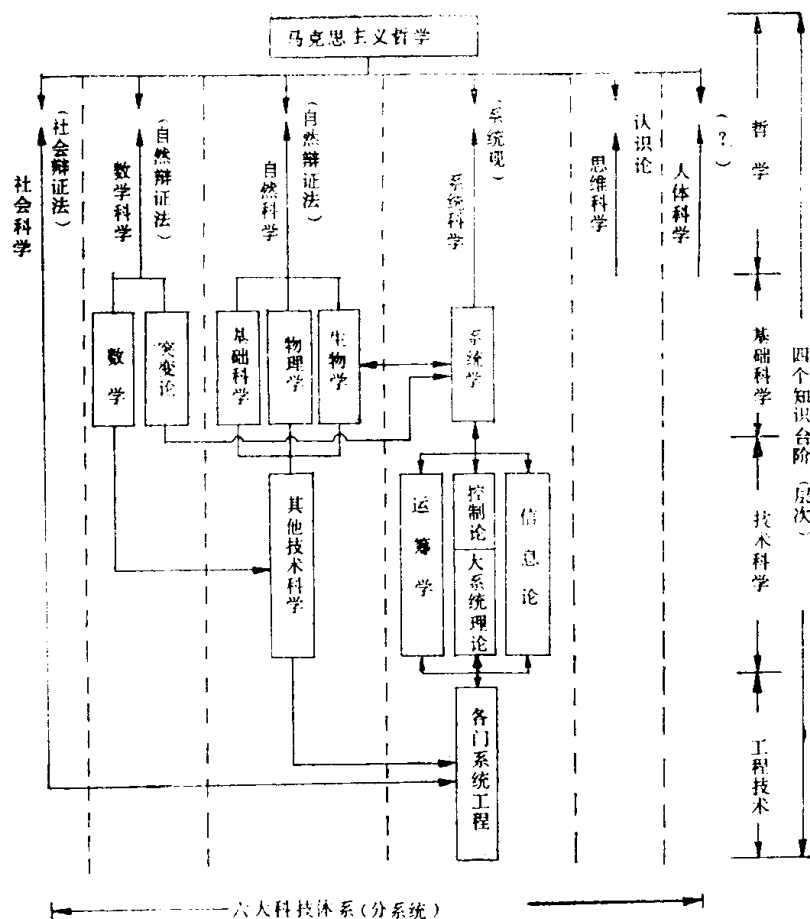


图 1—7 现代科技体系层次结构图

工程技术是指各个生产领域直接创造财富的实施技术。它是实践性最强的科技知识。例如工业生产中的制造技术；农业生产中的种植技术等。

技术科学是工程技术实践的总结，并直接为工程技术服务的一般理论。它是联系工程技术与基础科学的纽带和桥梁。例如力学、电子学、运筹学等。

基础科学是阐述自然界和社会界基本现象和基本规律的理论科学。它是技术科学和工程技术的基础理论。例如数学、物理学、生物学等。

哲学是人们认识整个世界，包括自然界、社会界和人类思维的根本观点的体系。它是对自然科学知识和社会科技知识的高度总结和概括。例如自然辩证法、历史唯物主义、认识论等。

从纵向看，现代科技知识分为六个体系（分系统），即社会科学体系，数学科学体系，自然科学体系，系统科学体系，思维科学体系和人体科学体系。前三个是老学科体系，但仍在充实和提高，后三个是新兴学科体系，正在发展和完善。

社会科学是从社会内部运动来研究客观世界对人类社会发展的影响的科技知识体系。

数学科学是从质和量的对立统一及互变角度，来研究事物的发展变化的科技知识体系。

自然科学是从物质运动、运动的形态和不同运动形态间的关系，来研究事物的科技知识体系。

系统科学是以复杂事物为对象，研究其生命全过程并进行现代化组织管理的科技知