

系统工程简明教程

孙 东 川 陆 明 生 编
湖 南 科 学 技 术 出 版 社

系统工程简明教程

孙东川 陆明生编

湖南科学技术出版社

内 容 提 要

我国系统工程的主要倡导者之一、中国科学院学部委员张钟俊教授为本书撰写了序言，将此书介绍给广大读者。

全书分为两篇十五章。第一篇为“系统工程基本原理”，包括第一章～第五章：系统的基本概念、系统工程的基本概念、系统设计与管理、系统模型与仿真、控制论的有关知识；第二篇为“系统工程主要方法”，包括第六章～第十五章：系统分析、预测技术、线性规划、投入产出分析、网络技术(统筹法)、系统评价、决策技术、动态规划、系统可靠性、价值工程。本书内容丰富，深入浅出，循序渐进地介绍了系统工程理论体系，书中还列举了系统工程在国内外应用的若干实例。

本书可以作为大专院校开设系统工程公共课的教材，也可以作为技术干部或管理干部培训班的教材，还可供研究生、大学生以及在职人员自学与阅读。

系统工程简明教程

孙东川 陆明生 编

责任编辑：鲍晓昕

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1987年5月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：20.75 字数：518,000

印数：1—7,200

ISBN 7-5357-0143-4/N·3

统一书号：15204·203 定价：5.10 元

湘目86-20

序 言

系统工程是研究复杂系统如何实现总体效果最优的工程技术。它是以运筹学、控制论以及管理科学为基础而发展起来的一门新兴的横向学科。尽管目前这门学科还不够完善,但是它具有强大的生命力,在各方面都已经崭露头角。我们国家的许多高级领导人和著名科学家都很重视系统工程,纷纷倡导其理论研究,强调其实际应用,为它的发展开拓了道路。系统工程在我国的发展已经越来越具有丰富的内容与鲜明的特色。

新的技术革命正在全世界兴起。它对于我们中国,既是一场挑战,又是一个机会。我们的四化大业与新技术革命息息相关。系统工程以及系统科学,是现代科学(包括自然科学、社会科学等)的重要组成部分。它将与新技术革命并茂,为四化建设增辉。在四化建设大业中,处处都有复杂的大系统,

在新技术革命的进程中,常常要借助于系统工程来解决新的问题,系统工程的推广和普及已经成为我们当前一项紧迫的任务。

现在,系统工程的讲座和学习班在全国各地普遍举办,系统工程作为公共课在大专院校纷纷开设。在这种形势下,迫切需要搞好系统工程的教材建设。本书的两位作者是中国系统工程学会教育与普及工作委员会的积极分子,在举办系统工程讲习班和为大学生、研究生开设系统工程课程方面做了不少工作。现以他们使用多次的讲义为基础而编写的这本《系统工程简明教程》,将会有益于系统工程的教育与普及工作。本书内容丰富,深入浅出,既适合于课堂教学,也适合于工程技术人员与各级管理干部阅读与自学。为此,我欣然将此书介绍给广大读者。

愿系统工程在中国发达兴旺,繁荣昌盛!

张 钟 俊

一九八五年十月

HAB/01

前 言

自1978年以来,在老一辈科学家的大力倡导与带领下,系统工程这门新兴的横向学科在我国蓬蓬勃勃地发展起来了。当前,系统工程正在同时向着理论深度和实践广度大步前进。这种形势对于系统工程的教育与普及工作提出了新的要求,系统工程专业与公共课在大专院校纷纷开设,系统工程讲习班在全国各地频频举办。随之而来的一项紧迫任务就是系统工程的教材建设。本书正是为此需要而编写的。

系统工程作为组织与管理系统的先进技术,其要点是:以系统的观点研究问题,以工程技术的方法解决问题,努力实现包括经济效益在内的总体效果最优化。围绕这个要点,本书分两篇十五章来介绍系统工程,第一篇为“系统工程基本原理”,包括前五章,第二篇为“系统工程主要方法”,包括后十章,两篇融合为一个整体,故各章连续编号。这十五章内容只能说是系统工程基本的、主要的部分,故总其名曰《系统工程简明教程》。本书在编写过程中,力求深入浅出,循序渐进。有的内容,如随机服务系统,由于它所需要的数学知识较深,这里没有写入。系统工程的应用实例在国内外已经很多,本书只是选择其中比较简短、有利于说明某一个专

题而又便于阅读的若干,分别置于有关的章节后面。

本书第十章网络技术只介绍了统筹法(PERT/CPM)。用于系统化组织管理工作的网络技术还有其他许多内容,例如最短路问题、最小树问题、最大流问题,以及作为统筹法之发展的随机统筹法(GERT)。读者如果对它们有兴趣,可以参阅孙东川编写的《网络技术在系统工程中的应用》一书(湖南科学技术出版社,1984年9月版)。

本书的主要对象是高年级工科大学生,为他们提供系统工程公共课的基本教材。本书可以作为技术干部和管理干部培训班的教材(系统工程讲习班、现代化管理方法学习班等)。本书也适宜于研究生、大学生和在职人员自学与阅读。本书的蓝本是华东工学院和上海机械学院的系统工程讲义,这些讲义曾经多次修订,作为内部教材广泛使用,收到了良好的教学效果。

本书的编写与出版,得到了多方面的鼓励与帮助。我国系统工程的主要倡导者之一、中国科学院学部委员张钟俊教授对本书的编写工作给予了热情的关怀与指导。太原机械学院刁惠文老师和上海机械学院车宏安老师主审全书,申福祥、雷定会和马步瀛老师等

也参加了审稿工作，他们对于书稿进行了严格而细致的审阅，提出了许多宝贵的建议与意见。我们在此谨表谢意！

在本书编写过程中，我们参考和引用了

已经出版的许多系统工程书刊与其他书刊。本书后面列出了主要的参考文献与资料。书中引用的实例分别在正文中注明了出处。在此，我们谨向有关的作者致意！

孙东川 陆明生

一九八五年七月谨识

目 录

第一篇 系统工程基本原理		1
第一章 系统的基本概念	2	
§ 1 系统的定义与属性	2	
§ 2 系统的分类	4	
§ 3 系统的结构与功能	5	
§ 4 系统思想与系统方法的演变	7	
第二章 系统工程的基本概念	11	
§ 1 系统工程的定义	11	
§ 2 系统工程的产生与发展	12	
§ 3 系统工程的主要特点	16	
§ 4 系统工程的内容体系	17	
§ 5 系统工程方法论	18	
§ 6 系统工程在现代科学技术体系中的地位	22	
§ 7 系统工程的若干分支	23	
第三章 系统设计与管理	30	
§ 1 系统工程的理论基础	30	
§ 2 系统目标与方案的制订方法	35	
§ 3 管理信息系统	38	
第四章 系统模型与仿真	46	
§ 1 系统模型的概念	46	
§ 2 系统模型的分类	47	
§ 3 建立系统模型的方法	49	
§ 4 系统仿真概述	53	
§ 5 系统仿真：数值计算技术	54	
§ 6 电子数字计算机仿真	56	
§ 7 电子模拟计算机仿真	61	
§ 8 系统仿真的一般步骤与综合运用	65	
第五章 控制论的有关知识	67	
§ 1 引言	67	
§ 2 控制系统的基本组成部分	68	
§ 3 反馈的概念	69	
§ 4 基本控制规律	71	
§ 5 大系统的控制结构方案	74	
第二篇 系统工程主要方法		79
第六章 系统分析	80	
§ 1 系统分析的基本概念	80	
§ 2 技术经济分析	82	
§ 3 成本效益分析	86	
§ 4 量本利分析	91	
§ 5 可行性研究	98	
§ 6 系统分析实例	101	
第七章 预测技术	108	
§ 1 引言	108	
§ 2 定性预测技术：德尔菲法	110	
§ 3 线性回归预测技术	113	
§ 4 非线性回归预测技术	121	
§ 5 平滑预测技术	125	
§ 6 预测的实例	131	

第八章 线性规划	137
§1 问题与模型	137
§2 图解法与求解理论	140
§3 单纯形法	143
§4 对偶问题与影子价格	152
§5 灵敏度分析与参数规划	159
§6 整数规划	166
§7 目标规划与目标管理	171
第九章 投入产出分析	181
§1 引言	181
§2 投入产出表的一般结构	181
§3 投入产出表中的基本关系	183
§4 投入产出表的编制	191
§5 投入产出表的应用	193
第十章 网络技术：统筹法	198
§1 概述	198
§2 统筹图的绘制	199
§3 时间参数与计算	205
§4 任务按期完成的概率	214
§5 统筹图的分类分级与等效计算	216
§6 资源利用的优化	219
§7 日历计划统筹图与线性规划模型	226
第十一章 系统评价	230
§1 引言	230
§2 指标评分法	232
§3 指标综合的基本方法	234
§4 指标综合的其他方法	238
§5 实例：用系统工程方法对上海新	

港址进行评价和选优	241
第十二章 决策技术(一)	248
§1 引言	248
§2 决策矩阵的一般结构	249
§3 风险性情况下的决策	250
§4 完全不确定性情况下的决策	254
§5 博弈论方法	256
第十三章 决策技术(二)： 多阶段决策与动态 规划	263
§1 多阶段决策问题	263
§2 决策树	263
§3 动态规划： 最优性原理与基本方程	266
§4 动态规划的解题方法	271
第十四章 系统可靠性	278
§1 系统可靠性的基本概念	278
§2 系统可靠性模型	283
§3 系统可靠性设计	287
§4 系统可靠度分配	291
第十五章 价值工程	296
§1 引言	296
§2 价值工程的基本原理	297
§3 价值工程的活动程序	299
§4 功能分析与成本分析	302
§5 ABC分析法与最合适区域法	311
§6 价值工程实例	315
附 录 标准正态分布表	320
主要参考文献与资料	322

第一篇

系统工程基本原理

第一章

系统的基本概念

§ 1. 系统的定义与属性

系统工程研究的对象是系统。系统概念是系统工程核心的与基本的概念。尽管“系统”一词经常出现在我们的日常生活中，但是，把它作为一个科学术语来使用，有必要首先给它下一个定义。系统的定义如下：

所谓系统，是由相互依存、相互作用的若干元素结合而成的具有特定功能的综合体。

系统与元素是相对而言。在我们所研究的系统中，它的某一个元素可以是一个系统。而我们所研究的整个系统，它又可以是一个更大系统的组成元素。系统的范围根据我们研究问题的需要而定。

系统概念所涉及的范围非常广泛。自然界和人类社会的事物，如太阳系、植物群、动物群、建筑物、飞机、导弹、工矿企业与事业单位，以及一种制度、一个思想体系、一个工程计划、一个研究项目等等，分析起来，它们都是由相互依存、相互作用的若干部分结合而成的，它们都具有特定的功能或目的，它们都作为一个整体或总体而存在，所以，它们都分别可以称为系统。

某种特定的系统，通常是自然科学和社

会科学某一学科的研究对象。例如，太阳系由天文学研究，植物（群）由植物学研究，动物（群）由动物学研究，社会制度由历史学和社会学研究，思想体系由哲学和其他社会科学研究，等等。系统工程以及系统科学（系统工程属于系统科学范畴）的研究对象并不限于某种特定的系统，它们并不重复其他学科的研究，而是研究各种系统的普遍属性和共同规律，研究各种系统的有效组织与管理问题。

从系统工程的研究出发，系统一般具有以下几项主要属性。

1. 集合性

所谓集合性，是指组成系统的元素（或部分，或元件，或环节）至少有两个，一般是两个以上。单个元素不能叫做系统。因此，我们分析一个系统时，一定要明确它的构成。

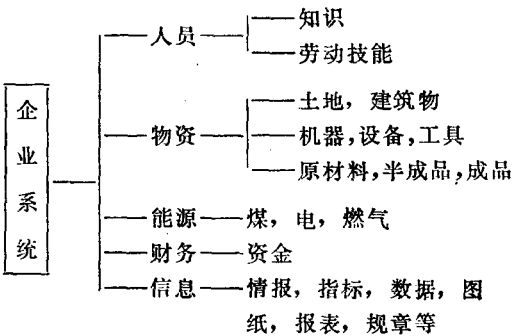


图1-1 企业系统的组成要素

例如，企业系统的集合性可以用图1—1表示。

2. 相关性

所谓相关性，包含两重意思：一是系统内部各元素之间存在着这样那样的联系；二是系统与其环境之间也存在着这样那样的联系。这些联系（或关系）是系统的普遍属性。这种联系或关系通常具有复杂的结构与层次。企业系统的结构层次如图1—2所示。

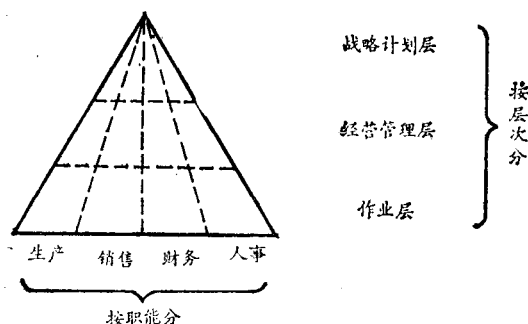


图1—2 企业系统结构层次

3. 目的性

系统的目的性是指系统具有人们所明确赋予的、预期的目标。这种目标通常不是单一的，而是多方面的，但是又往往有一个主要目标。例如，教育系统的目标主要是培养合格的人才，企业系统的目标主要是生产合格的产品并获取显著的经济效益，科研单位的目标是出科技成果，服务行业的目标是提供优质的服务，等等。人们正是为了达到一定的目的或实现一定的目标，才组织或建立特定的系统的。明确系统的目的性，是开展系统工程项目的首要工作。

4. 环境适应性

系统要获得生存与发展，必须适合外界环境的变化，这就是系统对于环境的适应性。系统必须适应环境，就象元素必须适应系统一样，因为，

系统 + 环境 = 更大的系统。 (1—1)

这也就要求我们，研究系统时必须放宽眼界：不但要看到整个系统本身，还要看到

系统的环境或背景。只有在一定的背景上考察系统，才能看清系统的全貌；只有在一定的环境中研究系统，才能有效地解决系统问题。

系统对于环境的适应性，主要靠反馈来实现。一个企业系统要获得成功，必须建立完善的反馈环节来适应瞬息万变的外界变化，例如市场情况，产品销路，原材料来源，动力与能源的供应等等。企业倘若不能适应这些变化，则难以生存，因而必须关、停、并、转，或是倒闭破产。

生物的淘汰与进化，最明显地说明了系统对于环境的适应性是何等重要。

5. 相对性

我们上面已经涉及到了系统的相对性问题。所谓系统的相对性，是说系统范围的划分是相对的，是根据我们研究问题的目的性与方便性来确定的。例如，上海机械学院是一个系统，对上而言，它属于更大的系统——机械工业部或上海市；对下而言，它划分为系统工程系、动力系、机械系、计算机系、仪器仪表分院等若干个小一些的系统，这些系统是上海机械学院这个系统的子系统（或分系统），而且是一级子系统。每个系（或分院）又下设若干教研室与专业，它们是二级子系统。如图1—3所示。一个复杂的系统可以划分为多级子系统。

6. 总体性

系统的总体性又称为系统的整体性。系统的上述五项特性，都必须从系统的总体来加以理解。这种总体观念是系统概念的精髓。就是说，研究一个系统，首先必须明确它作为一个总体或整体所体现的目的与功能。系统的任何组成元素或环节都不能离开总体去研究，局部的问题必须放在全局中才能有效地解决。元素的功能和元素之间的关系都必须服从总体的目的，它们共同实现系统总体的功能。

总之，系统这个概念，其含义十分丰富。它与元素相对应，意味着总体与全局；它与

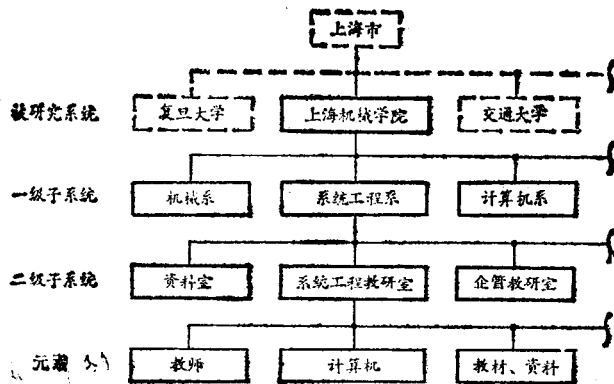


图1—3 关于上海机械学院的系统层次图

孤立相对应,意味着元素之间的联系与结合;它与混沌相对应,意味着秩序与规律。研究系统,意味着从事物的总体与全局上,从元素的联系与结合上,去研究事物的运动与发展,找出其固有的规律,建立正常的秩序,实现整个系统的优化。这正是系统工程的要旨。

§ 2. 系统的分类

世界上的系统千差万别,可以按照各种标准将它们分为不同的类别。下面是几种常见的分类方法。

按自然属性分,可将系统分为自然系统与人造系统两大类。没有人参与制造而客观存在着的系统,谓之自然系统,如太阳系、原始森林等。在人的参与下形成的系统,谓之人造系统,如企业单位、事业单位、大小城镇等。

按物质属性分,可将系统分为实体系统与概念系统两大类。由物质实体构成的系统,谓之实体系统,如建筑物、机床、电子计算机等。显然,实体系统可以是自然系统,也可以是人造系统。由人的大脑思维构造出来的,例如规章制度、思想体系等,便是概念系统。显然,概念系统一定是人造系统。

按运动属性分,可将系统分为动态系统与静态系统两大类。内部结构参数随时间变化而改变的,谓之动态系统。人体系统、企业系统便是动态系统。人体内的温度、血压以及其他参数,企业的供、产、销等各个环节,实际上均处于经常变动的状态之中。所谓静态系统,是指系统内部结构参数不随时间变化的系统。严格来说,“静态系统”是难以找到的。只是有些系统在我们考察的期间内,其内部结构参数随时间变化不大的情况下;为研究问题方便,忽略这些结构参数的改变,将其近似视为“静态系统”而已。

按系统与环境间的关系来分,可将系统分为开放系统与封闭系统两大类。系统与外界环境之间发生着物质、信息、能量等流动的,谓之开放系统。如果系统与环境之间不发生上述流动的,谓之封闭系统。实际上,严格的封闭系统是难以找到的。为了研究问题的方便,有时忽略一些较少的流动现象,将这种系统近似看成为“封闭系统”。上述流动现象有两类:一类是由环境向系统的流动,我们称其为系统的“输入”;另一类是由系统向环境的流动,我们称其为系统的“输出”。我们用方块表示系统,用箭头方向指向系统的箭线表示输入,用箭头方向离开系统的箭线表示输出,则一般的开放系统可用图2—1方块图来表示。

在开放系统中，按反馈属性分，可将系统分为开环系统与闭环系统两大类。系统的

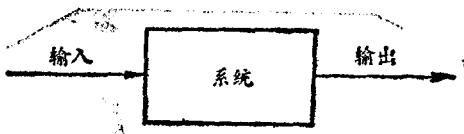


图2-1 系统的方块图

输出反过来影响系统输入的，则称系统具有“反馈”。增强原输入作用的反馈称为“正反馈”；削弱原输入作用的反馈称为“负反馈”。没有反馈的系统称为开环系统。具有反馈的系统称为闭环系统。负反馈可以极大地改善系统的品质。企业系统的反馈主要是信息反馈。关于这些，我们将另加讨论。一般的闭环系统，我们均指具有负反馈的系统。闭环系统可用图2-2所示的方块图来表示。

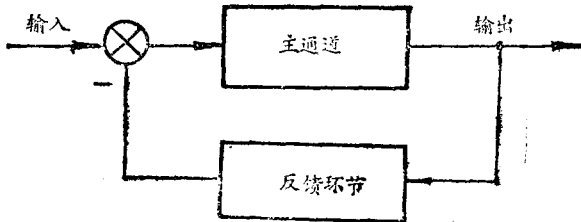


图2-2 闭环系统的方块图

§ 3. 系统的结构与功能

一、系统的结构

各种系统的具体结构是大不一样的，大系统的结构往往是很复杂的。但是从一般的意义上说，系统的结构可以用以下式子表示：

$$S = \{\Omega, R\}. \quad (3-1)$$

这里，

S ：代表系统；

Ω ：表示元素的集合；

R ：表示元素之间的各种关系的集合。

按规模大小和复杂程度分，可将系统分为大系统与小系统两大类。目前人们的认识水平，在大系统与小系统之间难以确定一条明确的界线。一般地说，大系统具有结构复杂、规模庞大、参量众多、功能综合多样等特征。用传统的技术和方法难以解决大系统的问题，必须寻找新的方法。大系统理论是目前系统工程范畴内最活跃的领域之一。

按工程控制理论的分法，系统又有很多类别。例如定值控制系统与随动系统；单输入单输出系统与多输入多输出系统；定常系统与时变系统；连续系统与离散系统；线性系统与非线性系统；低阶系统与高阶系统等等，这里不一一枚举了。

系统工程主要研究人造的、动态的、闭环的大系统。以下若无特别说明，凡言系统，均指人造系统。

由(3-1)式可知，作为一个系统，必须包括其元素的集合与元素之间关系的集合，两者缺一不可。两者结合起来，才能决定一个系统的具体结构与特定功能。

二、系统的功能

各种系统的特定功能是大不一样的。我们这里是在一般的意义上来阐述系统的功能。系统的一般功能如图3-1所示。

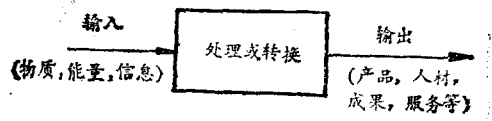


图3-1 系统的功能

系统的输入是作为原材料的物质、能量与信息。系统的输出是经过处理（或转换、加工）的物质、能量与信息，例如产品、人才、成果、服务等等。所以，系统可以理解作为一种处理或转换机构，它把输入转变为人们所需要的输出。从狭义来讲，处理或转换就是系统的功能。扩大一些说，把输入与输出也作为系统的功能。对于闭环系统，往往还把反馈作为系统的功能。

系统工程的任务，旨在提高系统的功能，特别是提高系统的处理与转换的效率。此即：在一定的输入条件下，使得输出多、快、好；或者，在一定的输出要求下，使得输入少与省。在特殊场合，我们需要削弱或破坏系统的功能。例如在战争中，我方必须千方百计破坏“敌方”这个系统的功能，摧毁这个系统的结构。

在系统理论中有一种“一般系统论”（General System Theory），它是由奥地利生物学家冯·贝塔朗菲（L. von Bertalanffy）创立的。一般系统论重申亚里士多德的一个观点：系统的功能可以大于系统中全部元素功能的总和。我们将它用下面的式子表示：

系统的功能 $> \sum$ 元素的功能。（3—2）这是因为，当元素组合为系统之后，元素之间发生了这样那样的联系，从而使系统的功

能出现了量的增加和质的飞跃。俗语说：“一个巧工匠，没张好鞋样；两个笨皮匠，彼此有商量；三个臭皮匠，赛过诸葛亮。”这正是对于（3—2）式的生动叙述。

然而，不等式（3—2）的成立是有条件的。在不适当的条件下，其不等号的方向亦可以反过来。例如俗话说：“一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃。”

（3—2）式能否实现，关键在于元素之间的关系，在于系统的结构。既然如此，调整元素之间的关系，建立合理的系统结构，就可以提高和增加系统的功能。

最后必须说明：系统的功能或总体效果最优，并不要求系统的所有组成元素都孤立地达到最优。另一方面，系统的所有组成元素都孤立地达到了最优并不意味着一定有系统功能或总体效果的最优。这里面有一个协调的问题，有一种“抓总”的工作，即整个系统的合理组织与管理。这正是系统工程所要做的工作。

三、系统的生命周期

系统的功能以及系统本身，都有一个产生、发展、衰亡的过程。这个过程称为“系统的生命周期”。系统工程则贯穿于整个系统的生命周期。图3—2显示了系统的生命周期，

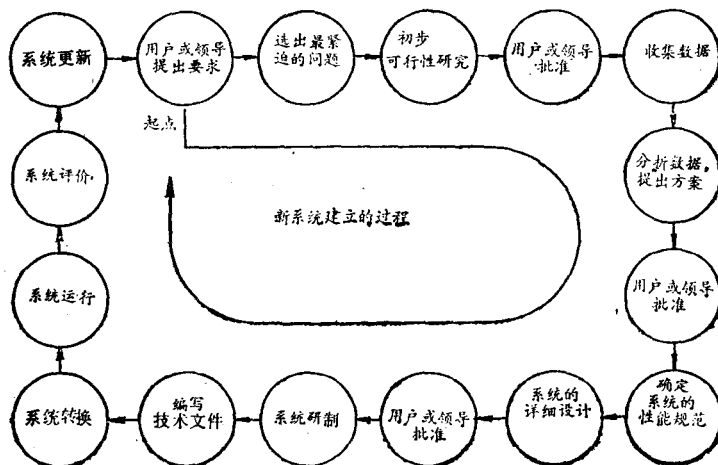


图3—2

也显示了系统工程的工作过程。

§ 4. 系统思想与系统方法的演变

系统工程虽然在近几十年才上升为比较完整的一门科学技术,其实它来源于千百年来人类的社会实践,它是人类认识世界和改造世界的点点滴滴经验的总结。任何一个学科,如果要探讨它的朴素的基本思想的起源,都可以追溯到很远。人类远在说出系统思想、系统工程之前,就已经在一定程度上辩证地、系统地思考了。因为人类从来都是处于一定的自然系统与一定的社会系统之中,系统的存在决定了人类关于系统的意识。在人类历史上,凡是人们成功地从事比较复杂的工程建设和其他社会活动时,就已经不自觉地运用了系统思想和系统工程的某些方法,正象人们不自觉地运用辩证法与唯物论一样。我们先作一些古例分析来阐明这一点,然后沿着历史的轨迹来考察系统思想和系统方法的演变。

必须再次说明,这些典型的古例(还可以举出更多的例子)在今天看来,明显地带有系统工程的特征,这并不意味着系统工程古已有之。但是,它们有力地证明:系统工程学科的出现乃是历史的必然,而且系统工程必定会成为人类改造客观世界的强大武器。

一、古例分析

1. 大禹治水

传说在4000多年以前,神州大地洪水泛滥。“汤汤洪水方割,浩浩怀山襄陵。”舜先派鲧治水。鲧采取“湮”的方法,治了九年,什么效验也没有,受了处分,被充军到羽山。舜又派禹治水。禹经过调查研究,知道他父亲鲧的办法“湮”是错误的,毅然决定改用“导”的办法。他率众挖了九条大川,放田水入川,放川水入海。他把全国分成十二州五大区,分

派五人掌管。在治水过程中,他还注意调运物资,救济灾荒,让大家有饭吃,不断改善生活,调动广大群众的积极性。经过十三年的艰苦奋斗,终于治理了洪水。由于治水有功,大禹深受人民的信任与爱戴,舜就把“国家元首”的职位禅让给他。鲁迅先生的《故事新编·理水》对此作了十分生动的描述。

这个故事中体现系统思想是很明显的:处理的问题是一个大系统,不仅包括“治水”的工程问题,而且包括“治人”的社会问题;采用的方法是优的(“导”),系统的总体效果是优的(治理了洪水,得到了“禅让”)。即:实现了“一个系统,两个最优”。

2. 都江堰

“鱼嘴分江内外流,宝瓶直扼内江喉。

成都坝仰离堆水,禾稻年年庆饱收。”

“李冰父子功劳大,筑堰淘滩尽手工。

六字遗经传不朽,友邦人士共钦崇。”

这是革命老前辈董必武歌咏都江堰的诗句。

四川省灌县都江堰工程是公元前250年由当时的秦太守李冰及其儿子李二郎率领劳动人民修筑起来的。它有“鱼嘴”岷江分水工程,“飞沙堰”分洪排沙工程,“宝瓶口”引水工程三大主体部分,加上一系列灌溉网,巧妙地结合,形成一套完整的系统,成功地解决了成都平原的灌溉问题。李冰父子并且总结了“深淘滩,低筑堰”六字口诀,指导人们进行养护维修工作。两千多年以来,都江堰一直造福于四川人民。解放后,党和政府领导人民多次整修,扩大灌溉面积。

都江堰是一项杰出的大型工程建设,就是今天的中外专家看了这个工程也都惊叹不已。

3. 丁渭工程

北宋,宋真宗统治时期(公元998~1022年),由于皇城失火,宫殿全部烧光。皇帝任命一个名叫丁渭的大臣负责皇宫的修复工程。这项工程怎样才能进行得又快又好?经过反复考虑,丁渭提出一套施工方案:首先

把皇宫旧址前面原有的一条大街挖成沟渠，用挖沟的土烧砖，解决部分建筑材料问题；再把开封附近的汴水引入沟内，形成航道，运输砂石木料等；皇宫修复后，把沟里的水排掉，用废弃杂物填入沟中，恢复原来的大街。这是一个杰出的方案。它把皇宫修复全过程看成一个系统，划分成许多并行的与交叉的作业，从而加速与节省地完成这项工程。

二、系统思想的演变

朴素的系统思想，不仅表现在古代人类的实践中，而且在古中国和古希腊的哲学思想中得到了反映。古代杰出的思想家都从承认统一的物质本原出发，把自然界当作一个统一体。古希腊唯物主义者德谟克利特（约公元前540～480年）的一本没有留传下来的著作名为《宇宙大系统》。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特（约公元前460～370年）在《论自然界》一书中说过：“世界是包括一切的整体。”我国春秋末期思想家老子（公元前六世纪至五世纪之间）强调自然界的统一性。南宋陈亮（公元1143～1194年）提出“理一分殊”思想，称“理一”为天地万物之总体，“分殊”是这个总体中每一事物的功能，试图从总体角度说明部分与总体的关系。

古代朴素唯物主义哲学思想虽然强调对自然界总体性、统一性的认识，却缺乏对这一总体各个细节的认识能力，因而对总体和统一性的认识也是不完全的。对自然界这个统一体各个细节的认识，这是近代自然科学的任务。

十五世纪下半叶，近代科学开始兴起，力学、天文学、物理学、化学、生物学等科目逐渐从浑为一体的哲学中分离出来，获得日益迅速的发展。近代自然科学发展了研究自然界的分析方法，包括实验、解剖和观察，把自然界的细节从总的自然联系中抽出来，分门别类地加以研究。这种考察自然界的方法移植到哲学中，就成为形而上学的思维。形而上学的出现是有历史根据的，是时代的需要，

在深入的、细节的考察方面它比古代哲学是一个进步。但是，形而上学撇开总体的联系来考察事物和过程，因而它就堵塞了自己从了解部分到了解总体、洞察普遍联系的道路。

十九世纪上半期，自然科学已取得了伟大的成就。特别是能量转化、细胞和进化论的发现，使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大提高。恩格斯说：“由于这三大发现和自然科学的其他巨大进步，我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的联系，而且总的说来也能指出各个领域之间的联系了，这样，我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。”（《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》，《马克思恩格斯选集》，第四卷第241页。）十九世纪的自然科学“本质上是整理材料的科学，关于过程、关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学”（引文同上），这样的自然科学，为唯物主义自然观建立了坚实的基础，为马克思主义哲学提供了丰富的材料。马克思、恩格斯的辩证唯物主义认为，物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一体。辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其统一性的思想，就是系统思想。系统思想是辩证唯物主义的内容，绝不象国外一些人所说那样，是二十世纪中叶的新发现和现代科学技术独有的创造。

下面再谈谈冯·贝塔朗非的一般系统论。大约五十年前，贝塔朗非开始理论生物学的研究，他把生物的整体、生物整体及其环境作为系统来研究，并且研究更广泛的问题，例如人的生理、人的心理以及社会现象等。贝塔朗非的理论可以归纳为以下四点：整体性原则，动态结构原则，能动性原则，有序性原则。首先，在他看来，生物体是一个开放系统，生命的本质不仅要从生物体各个组成部分的相互作用去认识，而且要从生物体

和环境的相互作用中去说明。生物体是在有限的时空中具有复杂结构的一种自然整体，从中分割出来的某一部分截然不同于在生物体中发挥作用的那一部分，生物体的各个部分是不能离开整体独立存在的；就人而言，精神同肉体有着不可分割的联系。一般地，分立部分的行为不同于整体的行为。其次，生物体是一种动态结构，以其组成物质的不断变化为自身的存在条件。代谢作用是每一机体的基本特征，而由于代谢，机体的组成要素每时每刻都在变化，所以生物体与其说是存在的，不如说是发生与发展的。第三，生物体是一个能动系统，具有自身目的性与自动调节性，例如心跳、呼吸等生理机能主要地不是对外界刺激的反应，而是维持自身生存的内在要求的实现。相反，被动系统，例如机器，只有被动的更换性。第四，生命问题本质上是组织问题，而生物体组织是有序的。所以，对生命现象必须在物体组织的所有层次上加以研究：物理化学层次，基因层次，细胞层次，器官组织层次，个体层次以及群体层次。每一层次的存在，总是以其次级层次的生长、衰老和死亡为前提的。这正是生命的表现形式，正是生物的繁衍途径。贝塔朗非非常肯定马克思和恩格斯对于系统理论的光辉作用，他明确指出：“虽然起源有所不同，一般系统论的原理和辩证唯物主义的类同，是显而易见的。”

系统工程的另一个重要的概念“优化”也是人类自古就有的。寻求最优，既是人类的本能，又是人类有意识的活动。一方面，随着生产力的发展和科学技术的进步，人类关于优化的概念、实现最优的手段不断加强。另一方面，可以说，正是人类有意识地研究系统，寻求最优（“两个最优”），推动了生产力的发展和科学技术的进步。

三、量化系统方法与电子计算机

现代科学技术对于系统方法具有重大贡献。第一个贡献在于使系统思想方法定量化，

成为一套具有数学理论、能够定量处理系统各组成部分联系的科学方法；第二个贡献在于为定量化系统方法的实际应用提供了强有力的物质工具——电子计算机。这两大贡献都是在二十世纪中期实现的。

社会实践活动大型化和复杂化，要求系统方法不仅能定性，而且能定量。解决现代社会种种复杂的系统问题，对材料的定量要求越来越强烈，这尤其表现在军事活动中，因为战争中决策的成败关系到国家的生死存亡。第二次世界大战是定量化系统方法发展的里程碑。这次战争在方法和手段上的复杂程度较以往的战争有很大增长，交战双方都需要在强调全局观念、从全局出发合理使用局部、最终求得全局效果最佳的目标下，对所拟采取的措施和反措施进行精确的定量分析，才有希望在对策中取胜。这样一种强烈的需要，以极大的力量把一大批有才干的科学工作者吸引到拟订与评价战争计划、改进作战技术与军事装备使用方法的研究工作中，其结果就是定量化系统方法及强有力的计算工具电子计算机的出现。

定量化系统方法主要包括运筹学、控制论和信息论。1946年，美国科学家莫尔斯(P. M. Morse)和基姆伯尔(G. E. Kimball)出版了Methods of Operations Research即《运筹学的方法》一书。1948年，美国科学家维纳(N. Wiener)出版了Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine即《控制论，或关于在动物和机器中控制和通讯的科学》一书；申农(C. E. Shannon)出版了Mathematical Theory of Communication即《通讯的数学理论》一书。它们分别标志了运筹学、控制论和信息论学科的诞生。（当然，这些学科的渊源是久远的，对学科的形成还有其他许多人作出了贡献。）

1945年，世界上第一台电子计算机诞生：美国宾夕法尼亚大学的艾克特(J. P. Eckert)和毛希利(J. W. Mauchly)研制的ENIAC (Electronic Numerical Integrator And