

SHIYONGGUANLIXI
TONGGONG
CHENG

SYG8

实用管理系统工程

SHIYONGGUANLIXITONGGONGCHENG

主编：周达林

● 企业管理出版社 ●

前 言

《实用管理系统工程》是横跨自然科学与社会科学的边缘科学,是管理专业的一门专业基础课程。随着我国社会主义市场经济体制的建立,对管理人员素质的要求愈来愈高,为了适应这种新的形势,管理者需要具有更强的系统管理知识,掌握更多实用的管理系统工程技术,以便驾驭这多变的市场经济,为国家的经济建设做出更大贡献。

本书内容丰富,结构新颖,突出了实用性,避免了与相关学科的简单重复。在理论阐述上力求深入浅出、条理清晰。它可作为大专院校管理专业的教材或教学参考书,也可供从事各级管理工作的干部业务学习用书。

本书由江西财经学院周达林、胡云清主编。除第八章由胡云清编写外,其余各章的编写与统编均由周达林教授负责。

本书在编写出版过程中,得到了江西财经学院科研处、江西财经学院工商管理系主任吴照云副教授、杨慧付主任等同志的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。限于我们的水平,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1993. 11

目 录

第一章 系统与系统工程	(1)
§ 1.1 系统及其基本性质	(1)
§ 1.2 系统工程的形成与发展	(6)
§ 1.3 系统工程的学科体系	(9)
§ 1.4 系统学理论	(11)
§ 1.5 系统工程的一些基本原则	(15)
第二章 系统分析	(18)
§ 2.1 系统分析的涵义和概念	(18)
§ 2.2 系统分析的内容、准则和步骤	(20)
§ 2.3 系统目的分析和方法	(23)
§ 2.4 系统环境分析	(29)
§ 2.5 系统结构分析	(32)
第三章 系统模型技术	(57)
§ 3.1 模型概述	(57)
§ 3.2 线性回归模型	(59)
§ 3.3 生产函数和技术进步的测定	(77)
§ 3.4 GM(1,1)模型	(88)
§ 3.5 状态空间模型	(93)
第四章 投入产出分析	(98)
§ 4.1 投入产出分析概论	(98)
§ 4.2 部门间静态投入产出模型	(100)
§ 4.3 企业投入产出模型	(111)
§ 4.4 价格分析模型	(117)
§ 4.5 固定资产和投资模型	(120)
§ 4.6 投入产出动态模型	(125)

§ 4.7	投入产出优化模型	(130)
§ 4.8	直接消耗系数的逐时修正法	(131)
第五章	随机服务系统分析	(136)
§ 5.1	服务系统的一般概述	(136)
§ 5.2	普阿松输入——指数服务分布系统	(139)
§ 5.3	服务系统的经济效益分析	(152)
第六章	系统优化模型与应用	(159)
§ 6.1	线性规划模型与应用	(159)
§ 6.2	目标规划模型与应用	(168)
§ 6.3	动态规划及其应用	(171)
§ 6.4	优选法	(178)
第七章	系统综合判定法	(193)
§ 7.1	概述	(193)
§ 7.2	相对比较法	(194)
§ 7.3	价值分析法	(197)
§ 7.4	听众调查法	(198)
§ 7.5	模糊优先关系排序法	(201)
§ 7.6	模糊相对比较法	(206)
§ 7.7	模糊综合评判法	(209)
§ 7.8	层次分析法	(214)
第八章	系统可行性分析	(226)
§ 8.1	系统可行性分析的概念	(226)
§ 8.2	建设投资的估算	(229)
§ 8.3	产成本计算与分析	(232)
§ 8.4	投资效果分析与经济评价	(237)
§ 8.5	搞好可行性分析工作应注意的几个方面	(242)
第九章	系统仿真	(244)
§ 9.1	系统仿真概述	(244)

§ 9.2	伪随机数产生的办法	(247)
§ 9.3	系统动力学模型仿真	(251)

• II •

第一章 系统与系统工程

§ 1.1 系统及其基本性质

系统这个概念,对每个人来说,似乎都很熟悉,但又很难对它下一个确切的定义。环顾四周,我们很容易找到属于系统的事物。譬如人们经常说的什么工业系统、农业生产系统、文教卫生系统和电力供应系统等,都有一个共同的“系统”概念,随着生产与科学技术的不断发展和不断进步,它越来越广泛地渗透到各个学科之中,成为各种不同学科的一个最基本的概念。根据国内外的有关介绍,“系统”的定义可概括如下:

所谓“系统”就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。

也可用数学语言给系统下定义。设具有固有功能的独立要素为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 集合 $S = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 环境与要素间的关系为

$$R(x_1, x_2, \dots, x_n)。$$

于是系统可表达为: $G = \{S/R\}$

分析上面的定义,它包含有以下几方面的意义:

1. 系统是由多个元素按照一定方式组合起来的,一个系统一定是由两个以上的元素或单元组合而成的。否则就不能称其为系统,只能叫做元素或单元,系统这一特征称为系统的“集合性”。随着人类社会的进步与发展,生产技术系统中的元素数目会愈来愈多,一个大的复杂系统,组成的元素成千上万,为了更好地控制系

统,深入了解组成系统的每一元素的性能是很必要的。

2. 系统的各个组成部分有它自身的独立性,有独自的功能。但它们不是简单的机械混合体,而是相互作用、相互依赖、相互共存的有机整体。系统的这一特征称为系统的“关联性”。例如机械加工车间是由许多机床按照一定的加工工艺要求组合而成的,但一群机床堆放在仓库则不等于一个车间,必须按生产工序把一定类型的机床组合起来,才能形成一个具有一定功能的车间。

3. 每一个系统都有其独自的功能,不同的功能使各个系统具有区别于其他系统的特性。人所创造或改造的系统,总有一定的目的性,系统的组成单元正是按这种目的组织起来的,人造系统的这一特征,就称为系统的目的性。

4. 系统是处于环境之中,环境是一种更高级的系统,环境的变化必然要对系统产生影响,系统要与外部环境进行物质、能量和信息的交换,一个运行好的系统,一定能够适应外部环境的变化,不能适应环境变化的系统是没有生命力的。这一特性称为环境适应性。

系统所处的环境就是系统的限制条件或者叫约束条件。环境对系统的作用表现为对系统的输入,系统对输入进行工作就产生了输出,把输入转变为输出,这就是系统的功能,或称为系统的目的,所以系统又可理解为把输入转换为输出的转换机构,但它不只是把输入原封不动地变成输出。例如人获得食物(输入),经过人体的转换变成了热能,以各种运动和工作输出。用框图表示如下:

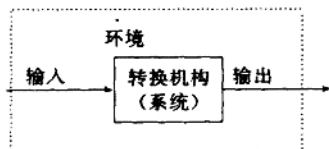


图 1.1 系统与环境的关系图

环境向系统的流动又称为输入,系统向环境的流动也叫输出。在系统中流动的有物流、能流和信息流,于是系统又可理解为处理这些流的机构。从组织、管理和控制的角度来看,我们更要着重研究信息流,研究信息的采集、整理、贮存与应用等问题。

在自然界和人类社会中,系统是普遍存在的,由于人们研究系统的目的各异,区分的标准多种多样,所以系统进行分类的方法很多,下面介绍其中的几种:

1. 自然系统与人工系统

自然系统就是说它的组成部分是自然物,由矿物、植物和动物等自然物自然形成的系统,如自然生态系统、海洋系统、气象系统与原子核系统等。

人工系统是为人类实现人类需求的目的,由人所建立起来的系统。例如人类对天然物质加工,制造出各种机器和设备所构成的各种工程系统,以及各种社会经济系统,科学技术系统等。

2. 实体系统和概念系统

实体系统的组成要素是实体的物质,如各种机械、能源、矿物、生物等组成的系统。概念系统是由概念、原理、原则、方法、制度、步骤等非物质实体所组成的系统。例如机械工程实体系统,而用来制造某机构所提供的方案计划和程序,又属于概念系统。实际上两者是不可分的,概念系统为实体系统提供指导和服务,而实体系统是概念系统的服务对象。

3. 静态系统与动态系统

静态系统是指决定系统特性的一些因素不随时间而变化的系统。反之,这些因素随时间而变化的系统称为动态系统。静态系统与动态系统的区分是相对而言的,有时为了研究的方便,也可将变化缓慢的动态系统视为静态系统。

4. 开放系统与封闭系统

开放系统是指与外部环境有交换的系统,而一个企业系统就

是开放系统,它与社会有物质、能量、信息等的交换。有时为了研究方便,认为系统与环境之间不存在有任何形式的交换,这样的系统称为封闭系统。

企业管理系统也具有一般系统的特征,在这里主要是指生产经营管理系统。一个工业生产经营企业,也是由许许多多互相关联的因素、环节、部门组成的有机整体,可视为一个开放系统。构成这一系统的基本要素有:

1. 人。这是生产过程中第一重要的要素。企业的主体是人,它的一切活动是靠人来进行的。因此,我们需要了解人的现状,从各个方面关心他们,创造一切条件使每个人的聪明才智都能得到发挥,充分调动他们的积极性。

2. 物质。包括原材料、能源、半成品和成品等。能源是物资中的主要部分,要做到合理利用与充分供应。

3. 设备。包括土木建筑、机电设备、机器设备、工具、仪器仪表、运输工具等。这些是企业生产的物质基础,做到物尽其用是管理者的应尽职责。

4. 资金。可区分为固定资金和流动资金,是企业生产经营活动顺利进行的保证,一定要讲究经济效益。

5. 任务。包括国家及上级机关下达的项目指标和与其他单位订立的合同。企业系统的任务一定要明确,要有数量和质量上的要求。

6. 信息。它包括数据资料、生产图纸、工艺文件、各种定额标准、生产计划及有关规章制度等。信息在企业系统中是个很重要的因素,要求信息传递及时准确,使领导心中有数,便于作出正确的决策。

上述六个要素是互相联系、互相作用的,按其功能又可归成“三大流”,即资源流、信息流和人流。资源流包括物资、设备与资金几要素,信息流中包括任务要素。人流在这“三大流”中是起决定作

用的流。

企业系统随着现代化的发展,规模越来越大,机构越来越复杂,功能要求更加多样化。因此,要保证“三大流”畅通,必须要有与其相适应的结构形式。企业系统的结构按“分系统”的观点划分,一般有以下二种方法:

1. 垂直分系统结构

垂直分系统是根据职能区分的。它区分为生产、销售、财务和人事四个职能分系统(详见图 1.2)。随着企业的发展,各部门分系统将会不断地细化。

按照这样的划分,各分系统之间往往由于各自追求本单位的利益而难于取得协调一致的意见,甚至会因利害关系出现对立的局面,使企业的全局利益受到影响。因此,要从水平方向建立分系统,以补充这种结构的不足。

2. 水平分系统结构

企业系统的结构,从水平方向来划分又可分为三个层次,即最高管理阶层、中级管理阶层和基层管理阶层(见图 1.2)。

最高管理阶层也称战略规划阶层。它是从企业全局出发实行综合指挥统一管理,主要职能是制定战略规划,制定经营方针和目标,编制长期计划和预算预测,确定新产品的研制计划,拟定投资方案。

中层管理阶层又称为经营管理阶层。它的职能主要是经营和管理,在战略规划方针下制定管理目标,拟定实施方案,按部门分配资源,协调各部分之间关系,制定生产程序和评价方法。

基层管理阶层也称为操作阶层。其主要职能是按照上级指示的程序、组织、指挥和实施生产作业,完成规定的任务,对发生的故事进行妥善处理,并及时向上层报告。



图 1.2 企业系统的结构示意图

§ 1.2 系统工程的形成与发展

系统工程是在第二次世界大战期间适应战争需要而逐渐形成的。但朴素的系统观念却来源于人类的长期社会实践，系统工程方法的运用则可追溯到古代。在古代的工程技术杰出事例中，我国战国时期（公元前 250 年）秦国太守李冰父子主持修建驰名中外的都江堰水利工程，就是运用系统概念的一项突出事例。这项工程把分洪、引水、排沙巧妙地结合起来，制服了汹涌激流的岷江，使它驯服地有节制地灌溉成都大平原，所建立的控制流量和养护修理制度，至今仍发挥效益。这项工程的规划、设计、施工的科学水平和创见，按今天系统工程的观点来看，仍不愧是一项杰出的大型工程建设。类似的事例还可举出很多，我们祖先的聪明才智，为子孙后代赢得了光荣和骄傲，但系统工程这门科学却不是首先由我国提出，这是因为受当时科学技术水平与早年历史影响的缘故。

20 世纪以来，由于社会生产力的高度发展，现代科技活动的规模迅速扩大，工程技术的复杂程度不断提高，使自然科学、技术科学与社会科学之间的整体性联系这一特点日益突出，迫切要求建立一门适应和加强这种整体性联系的学科。

第二次世界大战期间，由于战争的需要运用了许多运筹方法，40 年代以后，运筹学开始进入管理领域，由于它使用许多数学方法和逻辑判断方法，问题求解需要进行复杂运算，故运筹学在当时

并未得到很好发展。进入 50 年代,由于电子计算机的投入使用,使运筹学得到广泛应用,为系统分析提供了科学方法,从而产生了系统工程这门综合技术。进入 60 年代,系统工程得到迅速的发展,而它真正被人们重视是从美国阿波罗登月计划的实现而开始的。阿波罗登月计划,是由地面、空间和登月三部分组成,是一项复杂庞大的工程计划。它不仅涉及到火箭技术、电子技术、冶金和化工等多种技术,为了把人安全地送上月球,还需要了解宇宙空间的物理环境以及月球本身的构造和形状。参加这项工程的人员达 40 多万人,研制的零件有几百万件,耗资 300 多亿美元,历时 11 年之久。这样一个千头万绪的工程,为什么能如此出色地按计划完成呢?这里主要有一个总体规划部门运用了一套科学的组织管理方法,将众多的问题进行统筹安排,这种科学组织管理方法就是系统工程。从此,引起了世界各国的普遍重视,许多国家都投入了大量的人力、物力、运用这套方法研究环境、生态、能源等方面的问题,使得系统工程的研究和应用愈来愈广泛,愈来愈被人们接受和重视。此后,在需要与可能的推动下,这门科学得到了进一步发展,从而奠定了今日系统工程的基础。

我国系统工程的发展与国外相比,首先是起步较晚,相差约二三十年。其次,从实际水平相比,我国在系统科学理论的研究方面刚刚开始,尚处于向国外学习和掌握这方面的知识的阶段。我国最早有系统、有组织地应用系统工程是从 60 年代初开始的,直到 70 年代中期研究和应用才有着更大规模的发展。

70 年代中期,我国部分专家已开始注意到系统工程在我国的发展前途,其中以钱学森等于 1978 年 9 月在《文汇报》上发表的《组织管理技术——系统工程》一文影响最大,对系统工程作了全面的描绘。近几年来,我国的系统工程的应用发展更快,有不少的定量方法已被普遍推广应用,在全国各类刊物发表了大量研究成果,收到了良好的效果。

顾名思义。系统工程是以系统作为研究对象,也就是把所要研究和解决的问题,当作为一个系统来研究。有关系统工程的确切定义,由于从不同的角度理解,有着各种解释。现将国内外一些有代表性的定义引述如下:

(1)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。”

(2)1967年美国学者切斯纳指出:“系统工程认为虽然每个系统都是由许多不同的特殊功能部分所组成,而这些功能部分之间又存在着相互关系,但是每个系统都是完整的整体,每一个系统都有一定数量的目标。系统工程则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。”

(3)1969年美国质量管理学会系统工程委员会指出:“系统工程是一门把已有的科学分支中的知识有效地组合起来用以解决综合性的工程问题的技术。”

(4)1971年日本学者寺野寿郎指出:“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。”

(5)1977年日本学者三浦武雄指出:“系统工程与其它工程学不同之点在于它是跨越许多学科的科学,而且是填补这些学科边界空白的一种边缘科学。因为系统工程的目的是研制系统,而系统不仅涉及到工程学的领域还涉及到社会、经济和政治等领域,为了适当解决这些问题,除了需要某些纵向技术以外,还要有一种技术从横的方向把它们组织起来,这种横向技术就是系统工程。也就是研制系统所需的思想、技术、方法和理论等体系化的总称。”

(6)1978年钱学森同志指出:“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。”

从上面这些定义我们可以看出,系统工程是以系统为研究对

象的一门跨学科的边缘科学。它是根据总体协调的需要,把自然科学和社会科学中的某些思想、理论、方法等从横的方面有效地组织起来应用于人类的实践活动,对系统的构成要素、组织结构、信息传递和自动控制等功能进行分析研究,而达到最优设计、最优控制和最优管理的目标。系统工程是一个总类名称,是一门研究系统共性的跨行业的方法性学科。因体系性质不同,还可细分为工业系统工程、农业系统工程、社会系统工程、军事系统工程等等。

系统工程研究的内容,涉及面广而量大。从系统分析的角度说,主要研究的内容是系统的模型化、最优化和综合评价。通过这几方面内容的研究,可对系统进行定性和定量分析,使系统运行经常处于最佳状态。换句话说,也就是一种立足整体、统筹全局,使整体与部分辩证地统一,将分析和综合有机地结合,运用数学方法和电子计算机工具,来认识和处理系统的科学方法。

系统的模型化,就是用模型来描述系统,它可使复杂的客观现实问题,变得更加简单而易于处理。系统的最优化是根据系统模型来求解获得系统目标的最优解答,解决有关系统的最优计划、最优设计和最优控制等问题。系统的综合评价是指利用模型和各种资料,对实现目标的各种可行方案,权衡利弊得失和费用效果,选择出能够实现的最优方案。综合评价是系统工程中最复杂、最困难的工作环节之一,它是主管部门或领导者进行决策的重要依据。

§ 1.3 系统工程的学科体系

系统工程是一门研究各类系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的跨学科的方法性学科。它与我们熟悉的机械工程、土木工程、电气工程、化学工程等一样,在科学技术体系结构中同属于工程技术这一层次。按照钱学森同志提出的现代科学技术的体系结构,首先是工程技术这一层次,然后是直接为工程技术作理论基础

的技术科学这一层次,再就是基础科学这一层次,最后通过进一步综合,提炼达到最高概括的马克思主义哲学。其中基础科学包括自然科学、数学科学和社会科学;作为马克思主义哲学与自然科学和数学科学之间桥梁的是自然辩证法,与社会科学之间的桥梁是历史唯物主义。这个体系结构可用下图表示:

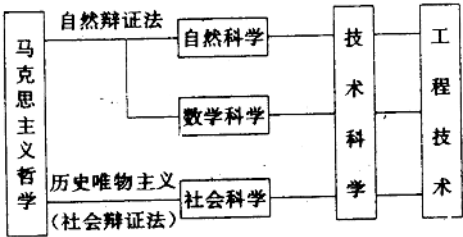


图 1.3

系统科学也有科学体系的结构问题。处于工程技术台阶的系统工程是各门系统工程,如农业系统工程、军事系统工程和社会系统工程等。各门系统工程的技术科学台阶是运筹学、控制论、信息论、大系统理论和系统动力学等。它的基础科学台阶除一般的基础科学之外,还有正在形成的系统学,如一般系统理论、耗散结构理论、协同学理论等。

系统工程的主要理论基础,是技术科学中的运筹学、控制论和信息科学等。

运筹学是 40 年代以来,由于军事与生产的需要而发展起来的一门技术科学。它的主要分支有:(1)规划论。它是研究在既定的条件下,按某一或某些衡量指标来寻求最优方案的问题。其中又可进一步区分为线性规划、非线性规划、动态规划和整数规划等;(2)

网络计划法。又名计划评审技术,是一种新的计划管理的科学方法。(3)排队论。又称随机服务理论,它是一种用来研究公用服务系统工作过程的数学理论和方法。(4)对策论,也叫博弈论,是一种研究带有竞争性质的决策问题的科学方法。(5)决策论,是运筹学最新发展的一个分支,一种选择最优科学策略的科学方法,广泛应用于经营管理工作中。此外,还包括库存论、图论与可靠性理论等分支。

控制论是研究各种控制系统(包括机器、生物体和社会中的各种控制系统)的信息传递、变换、处理过程的共同规律的学科。它研究控制的共同属性、一般问题和通用方法。侧重对系统进行动态分析,运用动态优化方法探寻对系统实现最优控制的规律,它不仅适用于机器设备的控制,也适用于象管理、协调这一类广义的控制。

信息科学是一门主要研究信息的采集、传输、探索、加工处理与利用的技术。信息论有所谓广义与狭义之分。狭义信息论主要研究信息的信息量、信息容量和信息编码问题。广义信息论还包括研究信息通讯、噪声理论、滤波、调制及信息处理等问题。

上面这三门科学属于技术科学,是作为系统工程的原理和方法的学科。这三门技术科学无一不用数学工具,在基础科学的层次上,数学无疑是基础之一,系统工程几乎和数学的每一个分支都有着或多或少的联系。

§ 1.4 系统学理论

1.4.1 一般系统理论

古典物理学的研究方法主要是还原论占统治地位。所谓还原论,简单地说就是分解与分析的方法。它认为任何一门学科要想把

对象研究清楚,首先需要把对象进行一层一层地、不断地分解,然后研究其基本组元,基本组元研究清楚了,对象也就研究清楚了。这样的世界观和方法论在古典物理学研究中曾取得很大成功,从而对其他学科的研究产生了巨大影响。譬如对生物问题的研究,把生物分解为细胞,最终导致生物学中遗传密码的“破译”,使遗传学、生物进化、医学、细胞生理学取得了惊人的成就。然而在这种世界观和方法论的指导下,生物学所关心的,更高层次的问题,如生命组织、生命现象等方面的问题,人们仍然知之不多,而且给人一种离问题的解决越来越渺茫的感觉。在其他所有科学问题的研究中,人们发现了机械唯物论的世界观和以分解为特征的还原论的方法论存在着很大的局限性。因此,本世纪30年代,奥地利生物学家冯·贝塔朗弗(L. Von Bertalanffy)在进行“分子生物学”研究时,发现把生物解剖得越来越细,反而会失去全貌,对生命的理解和认识似乎变得越来越少了。因此他开始“理论生物学”的研究,就是从生物的整体出发,把生物的整体及其环境作为一个大系统来研究,他在1947年提出一般系统论时,曾明确地把马克思和恩格斯的辩证法列为一般系统论的思想来源之一。

贝塔朗弗在论述一般系统论的原理时指出,把孤立的各组成部分的活动性质和活动方式简单地相加,不能说明高一级水平的活动性质和活动方式。不过,如果我们了解各组成部分之间存在的全部关系后,则高一级水平的活动就能从各组成部分推导出来。因此,为了认识事物的整体性,既要了解其各组成部分,更要了解它们之间的关系。

一般系统论有着十分广泛的含义,是一门新学科,它的任务是确立适用于各种系统的一般原则,要求从系统观点来认识和分析客观事物。概括的说有以下四条基本原则:(1)整体性原则;(2)相互联系的原则;(3)有序性原则;(4)动态原则。这四条原则是认识论的一个重要进展,可以说它是系统学的萌芽。