

第一篇 系统工程基本原理

第一章 系统与系统工程

第一节 系统的基本概念

一、概述

系统和系统工程的思想广泛存在于自然界、人类社会和人类思维之中。在我们的日常工作和生活中可广泛地运用系统的概念，并且广泛地运用系统工程的思想方法来解决工作和生活中的问题。

系统思想，是在人类开发自然和改变自然的长期社会实践中，逐渐形成的整体概念，或称全局观念。例如我国早在公元前 250 年的战国时期，李冰父子领导修筑的四川都江堰工程，把引水、分洪、排沙在工程中巧妙地结合起来，使之构成一个有机整体，至今仍在发挥效益，它反映出朴素的系统工程的思想。北宋时的“丁谓工程”也是一个典型的例子，宋真宗祥符年间，由于皇宫失火，宫殿全部被烧，皇帝命大臣丁谓负责皇宫的修复工程。他在烧砖无土、大型建筑材料无法运输、废弃物无处排放的困难面前，提出一个修复皇宫的整体方案。他首先把皇宫前的一条大街挖成沟渠，用挖出的土烧砖，就地解决部分建筑材料；其次，把汴水引入渠内形成航道，运送沙石木料；最后，皇宫修复后，排除沟水，将废弃物填入沟内修复原来的大街。他始终把修复皇宫的任务看作一个整体，有步骤地、最快最好地完成了修复皇宫的任务。

但是，从大量的实践和思想发展成为一门科学，形成科学的理论和方法，要有一定的物质基础和条件。现代科学技术的发展和运筹学、控制论、电子计算技术的应用，为系统工程奠定了物质技术基础。因此，系统工程是现代科学技术发展的产物，是在各科学门类充分探索事物个性的基础上提出的，对事物的系统性和共性进行研究的一门新兴的高度综合的学科，它的实用性使它具有极大的生命力。

二、系统的含义

人们对系统的认识有一个发展过程。系统一词最早出现在古希腊语中，**Syn** 有“共同”和“给以位置”的含义，即指事物的共性和每一事物应占据的位置。随着科学技术的发展，系统被赋予新的内容，但迄今仍无统一的说法。按照韦氏大辞典的说明，系统是指“有组织的或者是组织化了的总体；是构成结合起来的总体的各种概念、原理的综合；是以规则的相互作用又相互依存的形式结合的对象集合”。钱学森同志对系统的定义为：“把极其复杂的研究对象称为系统，即由内部相互作用的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”。

事实上，系统广泛存在于自然界、人类社会和人类思维之中。大到太阳系，小到肉眼看不见的原子核，从复杂的工厂企业到一种简单的产品，都是由若干相互作用和相互依赖

的组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体。因此，系统可以理解为：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。这一定义说明：

(1) 系统是由一些要素——系统的组成部分结合而成的。这些组成部分可以是一些元件、零件、个体，也可以是子系统，一个大系统是由很多子系统组成的，大系统和子系统是相对概念，是人为划分的。一个系统作为独立的部分来看，是一个完整的系统，但对更大范围或更高层次来说，它本身又是更大系统的组成部分。例如发电厂中的各分场可以看作是一个独立的系统，但它又是发电厂这个大系统的一个组成部分（子系统），同样，发电厂又是电力系统这个大系统的组成部分。所以，一个大系统总是由很多子系统组成，不但层次多，而且组成子系统的要素也很多。随着社会的发展和科学技术的进步，系统的结构越来越复杂，组成部分的数目也越来越多。

(2) 系统必须具有特定的功能。任何系统都具有特定的功能，特别是人造系统都有一定的目的性，系统中的一切活动，都是要适应这种目的和功能的要求的。

(3) 系统是个有机的整体。一个系统不是一堆一成不变的、胡乱构成的事物的集合体，而是按一定程序、由许多要素组成的有机整体。例如发电厂的电气分场，就是按照生产的要求，将发电机等各个设备按生产的程序组织起来而构成的。若将这些设备胡乱堆放在仓库里，是不能发挥电气分场作用的，只不过是一些单独的设备而已。因此，对于某些要素的集合，将其视为一个整体进行综合研究，其功能远大于各单独要素的代数和。“三个缝皮匠，顶个诸葛亮”，“一根筷子很容易折断，一把筷子就难折断”，这说明组织起来的力量是无穷的。

三、系统的分类

在自然界和人类社会中普遍存在着各种系统，为了对系统的性质加以研究，现按其存在的形态加以分类。

(一) 自然系统和人造系统

自然系统是客观世界发展过程中已经存在的系统，其特点是自然形成的，它的组成部分是自然物，大到天体系统，小到一个原子，我们日常所见的山川湖海都属于这一类。人造系统是人为产生的系统，是通过人的劳动所创造出来的，如各种工程系统，各种社会系统以及科学技术系统等，电力系统就是人造系统。

(二) 实体系统和概念系统

实体系统的组成要素是具有实体的物质，是由有形的物质构成的系统，如由矿物、生物、机械等组成的系统。我们日常工作生活所遇到的系统，大多是人造实体系统，例如，发电厂所构成的系统就是人造实体系统，还有交通系统、通讯系统、教育系统等。概念系统是由概念、原理、原则、方法、制度、秩序、步骤等非物质实体所组成的系统。

在实际生活中，实体系统与概念系统在多数情况下是结合的，实体系统是概念系统的基础，而概念系统往往为实体系统提供指示性服务。

(三) 动态系统和静态系统

动态系统的状态变量是时间的函数，即其状态变量随时间而变化，静态系统的状态参数不随时间而变化。

(四) 开环系统和闭环系统

这主要是从反馈的属性来划分的。不考虑输出对输入影响的系统为开环系统，它没有反馈。考虑输出对输入影响的系统，即有反馈回路，随时接受输出反馈回的信息，调整输入的系统称为闭环系统。

四、系统的基本特征

明确系统的特征，是正确认识系统的关键。作为一个系统，应具备以下几个基本特征。

(一)全局性

全局性又称系统性、整体性，是系统的最基本特征，也是系统方法的基本出发点，它将整体作为研究对象。如一个发电厂是由各科室、分场、班组等按一定管理方式，为完成电厂总目标而组织起来的整体。同时系统的目的或功能也是由许多目标或指标形成的。构成系统的各要素虽然有不同的性能，但它们是根据逻辑统一性的要求而构成的整体。系统往往是一个多层次结构，为便于管理和控制，要注意各层次和各组成要素的分解和协调，按照系统的整体目标，提高系统整体的经济效益。比如电力系统的控制系统要求有较高的可靠性，如要求可靠性达到 0.9999，而构成系统的电子元件很难达到这样高的可靠性，若只有 0.9，这时就可以利用系统的思想和可靠性理论，将 4 个可靠性只有 0.9 的元件并联，组成可靠性达 0.9999 的系统。

系统的整体性要求在研究事物中要有整体目标，同时各组成部分也要有自己的目标，但子系统的目标必须纳入系统的整体的目的和要求，服从系统的整体功能，在保证整体功能的基础上展开各要素及其相互间的活动。这就是系统功能的整体性。

(二)目的性

通常系统都具有特定的目的和功能，而且往往不止一个目的，这是系统设计的重要课题。比如一个电力系统的经营目的，就是要完成和超额完成国家计划，达到规定的电量、质量指标、成本利润指标等。

系统的目的决定着系统的基本作用和功能，系统的功能一般是通过完成一系列任务来达到，而这些任务的完成，便构成了系统及其子系统功能的完成，其结果就是达到系统的最终目的。

(三)相关性

系统内各组成要素之间是有机联系的，同时又具有相互依存、相互制约的关系，相关性则说明这些要素之间的关系。如系统的输出与输入之间有关系，系统中所有组成部分的参数和变量与系统功能之间有相互依赖和相互作用的关系。这些关系视具体情况可以用管理数学的某一分支来描述它们之间的相关性，如用数理统计中的回归分析方法，来描述系统中某些变量之间的关系等。

(四)最优性

我们设计、制造和使用系统的最终目的是要完成一定的功能，这正是区别这一系统和那一系统的标志，而且总希望完成功能的效果最好，这就是最优性，或所谓最优计划、最优控制、最优设计和最优管理及使用等。简言之，应该选择最优的系统方案。这可以应用最优化方法和决策论等来解决。但近年来关于多目标的最优讨论，考虑到功能很多，某方案在这方面有利，但在另一方面又较差，很难找到十全十美的系统方案，再加上一些定性的目标很难量化，所以，有人提出“满意性”的观点，即不一定追求系统最优，只要这

个系统各方面都满意就可以了。寻求满意性系统方案的方法，虽然不如寻求最优性方案的方法那样严格，但却比较灵活。近些年来，由于某些系统工程涉及很多人为的因素，因此又出现了“情意性”的观点，就是所采用的系统方案应适合决策者和受系统影响群众的情意。比如某些工程项目，尽管设计得各方面指标和性能都很好，但领导者不接受或由于污染等社会原因，往往也得不到实现。

（五）综合性

由于近代复杂的大系统涉及面广，不但有技术因素、经济因素，还有社会因素，在研究系统时就要用许多方面的科学知识。由于现代生产、科技、文化发展的结果，使得许多方面的问题、措施都多方联系、相互制约，这就要求我们学会综合地考虑和处理问题，否则就会顾此失彼。

综合性主要有以下几方面的含义：系统目标的多样性与综合性。例如电力生产既要按计划发供电，又要保证电能质量和降低成本。处理问题时要全面综合考虑，因为每项措施都会引起多方面后果。如电能生产虽为国民经济提供了电能，但同时又对周围环境造成污染。为解决一个问题，可以有许多不同的方案。比如解决电力系统的电能供应，可以采用火电、水电、核电或其他方案。

（六）环境适应性

系统是相对于环境而言的，系统的外界联系就是环境。任何系统都处于比它更大的环境之中，环境实际是一个更高层次的系统。环境的变化对系统有很大影响，系统必然要与外部环境发生物质的、能量的和信息的交换，必须适应外部环境的变化，能够经常与外部环境保持最佳适应状态的系统是理想系统，不能适应环境变化的系统是没有生命力的。

外部环境也因资源有限、技术进步等因素变化的影响，对系统加以约束或限制，称外部环境对系统的干扰。环境对系统的作用表现为对系统的输入，系统在特定环境下对输入进行工作，就产生了输出，把输入变为输出，就是系统的功能，或称系统的目的。所以，系统又可理解为把输入变为输出的转换机构，称之为处理，一般由人和设备来完成。

输入、处理、输出是系统的三要素。如电力系统输入的是人、财、物（包括设备），经过发电厂的能量转换，输出的就是电能和利润。一项计划可视为输入，执行计划就是处理，得到的结果就是输出，这是管理系统。执行后的成果不一定理想，要进行校验、修正、调整，以加强执行，这在系统中称为反馈，如图 1-1 所示。

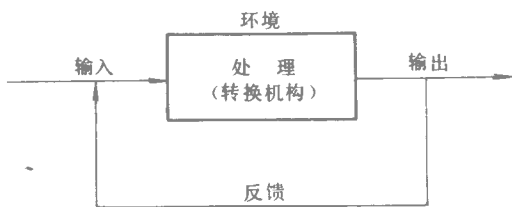


图 1-1 系统与环境

第二节 系统工程概述

一、系统的概念

系统工程一词是由美国贝尔电话研究所提出的。对于系统的概念，从不同角度有着不同的理解，到目前为止，国内外对系统的解释仍是众说纷云，下面列举一些有代

表性的定义。

(1) 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（1967 年日本工业标准 JIS）。

(2) 系统工程是应用科学知识和制造系统的一门特殊工程学（1969 年美国质量管理学会系统工程委员会）。

(3) 系统工程是一门把已有学科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（1974 年《大英百科全书》）。

(4) 系统工程是为了合理进行开发、设计和运用系统而采用的思想、步骤、组织和方法等的总称（1971 年日本寺野寿郎《系统工程学》）。

(5) 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（1982 年钱学森《论系统工程》）。

系统工程顾名思义就是研究系统的工程技术，具有系统和工程两个方面的特点，从系统看工程是指用系统的观点和方法去解决工程性的问题，从工程看系统是指用工程的方法去建造系统。系统工程的工程是一个广义的词，不是狭义的如建筑工程等的工程，系统工程具有高度综合性，在这里工程的意义是指一个任务，凡组织一定的人力、物力去完成一个任务，都可作为一个工程。所以，系统工程是从系统的观点出发，运用各类基础科学、应用科学知识，应用工程的方法去研究和解决各种问题。

系统工程的基本思想是系统方法，着眼于整体的状态和过程。系统最佳并不需求所有子系统都最佳，如电力系统的运行，就是从系统整体最优出发来考虑运行方式的，并不要求所有子系统都处于最优状态，调频厂本身就不是最优，但它为电力系统的整体最优创造了条件。系统工程就是研究从整个系统的角度出发，运用运筹学和电子计算机技术，对组成系统的各个部分进行分析、评价和综合，从而设计出一个最优系统，并对这个系统进行控制，保证用最少的人力、物力和财力，在最短的时间内达到系统的目标，完成系统的任务。

从组织管理上看，系统工程是在已有各种管理技术的基础上，形成的一门综合管理技术新体系，是管理技术发展的新阶段。例如发射人造卫星就是一个非常复杂的大系统，它的全部工作就是一项系统工程。在发射人造卫星的整个过程中将涉及到各种工程和管理技术，首先是研制人造卫星的各种有关的科学技术和工程技术，研制中的质量问题要应用全面质量管理和质量保证体系，在解决整个系统安排、过程安排和各种环节的最优化问题时要用到运筹学，在确保产品达到必要功能的前提下，如何以最低的寿命周期费用来实现人造卫星的制造、试验和运行，将用到价值工程等。因此，系统工程是综合各种管理技术解决系统问题的组织管理技术。

二、系统工程的形成与发展

人们在社会实践中，不断地处理各式各样系统的筹划、研究、开发、运行等问题，逐步形成了一些全面和综合处理系统问题的朴素思想。

20 世纪 40 年代，美国贝尔电话公司在发展通讯网络中，为缩短科学发明到投入使用的时

首次提出“系统工程”的名词。二次世界大战期间，以大规模作战系统为对象，研究出解决这类问题的最优化技术——运筹学，促进了系统工程的发展。50年代前后，兰德公司应用大量数学方法分析研究复杂的系统，创立了系统分析方法，并采用这种系统分析的方法对军事作战行动进行研究，为工程学的广泛应用奠定了基础。

1957年美国密执安大学的哥德（H. Goode）和迈克尔（R. Macohol）合著《系统工程》一书，对工程学的理论和方法做了初步阐述。由于计算机与计算技术的发展，推动了运筹学的应用，控制论、信息论的出现使系统工程大为发展。60年代初开始，系统工程在科学技术、军事、教育等领域都得到了广泛实践。1965年美国又编写了《系统工程手册》，比较完整地阐述了系统工程理论、系统方法、系统数学、系统环境、系统元件等方面内容，形成了一个较为完整的理论体系。

60年代开始，世界许多国家都重视工程学的研究与应用。70年代以来，工程学的的应用进入了解决复杂的技术系统和经济系统的最优控制、最优管理阶段，举世瞩目的“阿波罗”登月计划的成功，就是运用工程学的辉煌成就。对电力系统来说，系统内有火电、水电、核电，且规模越来越庞大，对这样庞大、复杂的电力系统的发展必须进行协调，无论在发电、输电、供电、用电的设计和建设，还是最佳运行方式的选择，都需要上百种专业，还要综合考虑国家的方针政策、自然条件、工业布局、能源条件、环境保护、劳动力等复杂因素，只有应用系统工程的方法，才能作出最合理的安排，使得电力系统的总体技术经济效果达到合理和最优。1972年为解决世界面临的环境、生态、城市、能源等问题，在维也纳成立了“国际应用系统分析研究所”，直到目前，系统工程仍处于迅速发展和日趋完善的进程。

三、工程学的适用范围

系统工程是一门技术，它有一套独特的科学方法，并用这套科学的方法去处理解决系统问题，所以它具有广泛的适用范围。它可以解决的问题涉及到改造自然、提高社会生产力，增强国防力量和增进各种社会活动等，总之，只要能构成一个完整的系统，就可以用系统工程这门技术去处理，所以，系统工程这门技术可以处理以各种专业的特有学科基础为系统的专业问题，分别组成各种系统工程。下面举其主要方面简述如下：

（1）社会系统工程。组织管理社会建设的工程，就是社会系统工程。它的研究对象是整个社会、国家，是一个具有多层次、多区域、多阶段的巨大系统。

（2）宏观经济系统工程。研究经济发展战略、经济目标体系、投入产出分析、消费结构分析、经济分析等的工程叫宏观经济系统工程。

（3）区域规划系统工程。研究区域人口、经济综合发展规划、区域资源最优利用等的工程，即为区域规划系统工程。

（4）能源系统工程。研究能源合理结构、能源需求预测、能源发展规划、能源合理利用模型、能源数据库等问题的工程，即为能源系统工程。

（5）农业系统工程。研究农业发展战略，农业结构分析，农业区域、综合规划，农产品供需预测，农作物合理布局等问题的工程，即为农业系统工程。

（6）环境生态系统工程。研究大气、水域、大地、森林和生态等系统的分析、规划、建设等问题的工程，即为环境系统工程。

(7) 工程项目管理系统工程。研究重大工程项目的总体设计、可行性研究、国民经济评价、风险分析、可靠性分析、工程管理的技術，即为工程项目管理系统工程。

(8) 工业及企业系统工程。研究工业组织模型、市场预测、新产品开发、生产管理系统、全面财务成本分析、全面质量管理的技术，即为工业及企业系统工程。

(9) 科技管理系统工程。研究科学技术发展战略、科学技术预测、科学技术长远发展规划、科学技术评价等的技术，即为科技管理系统工程。

(10) 智力开发系统工程。研究人材需求预测、教育规划模型、人才规划系统分析、智力投资规划、人才素质和教育政策分析等的技术，即为智力开发系统工程。

(11) 人口系统工程。研究人口总目标、人口系统数学模型、人口预测和控制模型，人口系统仿真等的技术，即为人口系统工程。

(12) 水利资源系统工程。研究河流综合利用规划、农田灌溉系统、城市供水系统、水能利用规划、防洪规划等的技术，即为水利资源系统工程。

(13) 运输系统工程。研究铁路、公路、航运、空运的运输规划和调度系统，综合运输规划，运输效益的分析等的技术，即为运输系统工程。

(14) 军事系统工程。研究国防战略，作战模拟、情报、通讯指挥系统，参谋指挥、后勤保障系统，武器装备发展规划，国防经济学等的技术，即为军事系统工程。

第三节 系统与管理

一、管理的概念

(一) 概述

管理是一个内容极其广泛的概念，是人类社会的一种组织活动。“管理”就其字意而言，是“管辖”、“处理”或“治理”的意思。凡是有许多人在一起协作劳动，就必须对劳动过程进行分工、指挥和监督，以便协调各个劳动者的活动，达到预期的结果。对劳动过程的这种指挥、监督和协调工作就是管理。管理是劳动过程正常进行所必要的条件，不论哪种社会制度，只要有协作劳动，就需要有管理。

随着生产规模的扩大，管理方式也由简单向复杂发展，社会生产力不断提高，对管理也不断提出新的要求，从而使管理不断向前发展，进而产生了管理理论。

管理的重要性是由社会生产的效益性决定的。没有管理，社会生产便无法进行，社会生产的效益如何，与管理水平的高低有着密切的联系。目前我国企业普遍生产效益不高，当然有许多原因，但与我国管理水平低是分不开的。管理是企业生产好坏的关键，要提高企业的经济效益，一定要加强管理，不断提高管理水平。

管理是影响经济发展的重要因素。管理和生产力有着密切的关系，它是生产发展的产物，又是保证生产力发展、不断提高生产力的必要条件。一般认为，管理和科学技术是推动现代化经济高速发展的“两个车轮”，没有先进的科学技术，经济发展就迟缓，但是，没有先进的管理，先进的科学技术也无法迅速推广和实现。

管理已成为一门现代科学，而且日益显示出其重要的地位。人类社会目前有三大科学体系：自然科学、社会科学和管理科学，管理科学是随着现代化大生产和科学进步而发展

起来的新学科，是跨学科的边缘科学。现代管理科学是把现代自然科学和社会科学的一系列成果，综合运用于企业管理和整个经济管理的一门科学。

管理不但是实现现代化的重要因素，而且是一种宝贵的经济资源。开发管理这门经济资源必须发展管理教育，大力培养管理人才。工业发达国家的管理教育发展得早，而且快，并几十年不衰。我国管理教育起步晚，且慢，而且步履艰难。为加快四化建设，除需要培养大批科学技术、经济类专门人才外，还需培养既懂科学技术又懂经济管理的高级管理人才。

（二）管理的性质

管理这个概念具有两重性，就是说，企业管理既有同生产力、社会化大生产相联系的自然属性，又有同生产关系、社会制度相联系的社会属性。管理是根据事物的客观规律、劳动对象和生产的特点，进行合理的组织，科学的规划，并用先进的技术手段来进行控制，这就是管理的自然性或科学性。

但是，在不同社会制度下，管理还有为不同社会制度服务的问题，其作用与社会制度有着直接的联系，具有鲜明的社会性，在阶级社会里表现为阶级性。

认识管理的两重性，在于区别不同社会制度下管理的共性和个性，既要认真总结我国的管理经验，同时也要客观地吸收国外的科学管理经验。

（三）管理的功能

管理就广义而言是指人类达到目标的一种有意识的活动。具体来说，管理是指通过计划、组织等活动，把一个机构拥有的人力、物力、财力充分地运用起来，使之发挥最大的效益，以达到预期的目标。

管理的功能到目前为止还没有统一的说法，最早论述管理功能的是法国法约尔（H. Fayol）的五功能论，即计划、组织、指挥、控制、协调等功能。结合具体情况，加上用人功能则管理可表述为如下六种功能。

1. 计划功能

计划是企业的行动纲领。计划功能的实行，就是要把企业一切活动纳入统一目标、统一程序的轨道上来，有效的利用现有资源，正确把握未来发展，保证完成企业任务，获得最大的经济效果。

2. 组织功能

组织是指建立一个适当的管理系统，把企业拥有的人力、物力、财力资源合理地组织起来，保证供应、生产、销售等各个环节相互衔接。组织是达到目标，完成计划的保证。

3. 用人功能

用人功能是指对人员的选择、任用、考核、提拔，把适当的人员安排在适当的岗位，从事适当的工作，充分发挥人的效能。

4. 指挥功能

指挥是促使他人能恰当地执行其职务而施行的有效领导，也是指管理人员根据决策的要求，对下级单位或个人进行指导和监督。

5. 控制功能

控制是为了实现经营目标与完成计划，具有检测与更正的性质。它是以目标或计划为

基准，测定情况的进展是否与既定计划、指标相符合，通过对计划与实践差异的分析，找出问题，加以纠正，以实现计划目标。

6. 协调功能

协调是为了有效地达成已定的经营目标，在执行计划的过程中，对管理活动加以统一和调整，建立内、外、纵、横协调一致的良好工作关系，防止各方面发生矛盾或重复脱节现象。

协调可分为对内协调和对外协调。对各方面的工作进行协调，既要保证各单位和职工的主动性和创造性充分发挥，又要把他们的行动统一地纳入指向企业总目标的轨道。从某种意义上来说，管理就是指挥，而指挥就是协调。协调功能贯穿于经营管理的全过程，它是企业经营管理中带有综合性、全局性的功能。

以上六项功能中最重要的是决策和用人。如果决策失误，具体工作效果越好，损失就越惨重。其次是用人，科学管理的机构能否发挥应有的作用，关键在于各级组织有无称职的工作人员，尽管决策正确，但如果各级人员配备不当，任务还是不能完成。人是决定的因素，这在现代化管理中更是如此。

二、从管理科学的发展看系统与管理

管理作为一种理论，普遍认为是 18 世纪下半叶，英国经济学家亚当·斯密提出劳动分工可以直接产生经济效益的学说以后出现的，称它为传统的管理理论。这时的企业管理是工人凭经验来生产，资本家凭经验来管理，缺乏有科学依据的管理方法和手段，故称之为传统（放任）的管理。

科学管理的概念是由美国泰勒（F. Taylor）提出的。1911 年泰勒在他所著《科学管理原理》一书中，提出了“系统管理”这一名词。法国法约尔在组织理论中，提出的命令统一、指挥统一、集中等原则，都是从系统整体性出发的，是与系统的层次性相一致的。所以，科学管理的发展就是运用了系统的概念。

二次世界大战以后，特别是进入 50 年代以来，科学技术飞速发展，运筹学、控制论和电子计算机的出现，并应用于企业管理，把泰勒的科学管理进一步发展和扩充，就形成了“管理科学”。从泰勒的科学管理发展到管理科学，其主要特征在于由原来进行操作方法、作业水平的战术性研究，发展到向战略性整体活动方向扩展，要求进行整体性、系统性、全面性的研究。也就是说，科学管理的目标是为了提高管理效率，而管理科学的目标，则是要在正确决策的前提下提高管理效率，并确定最佳方案。现代工业生产力的飞速发展，世界市场竞争的激烈，企业外部环境的日趋复杂，在这种情况下，企业的兴衰存亡，不仅取决于生产效率的高低，而更决定于企业的经营策略，决定于正确的决策。也就是说，管理的重点在于经营，而经营问题的中心是决策，为了正确的决策，就需要从全局出发，用系统分析的方法找出最佳方案。

管理科学是从生产力要素的合理组织角度去研究问题，着眼于如何正确进行决策。其实质是从科学管理的基础上发展起来的方法和手段的现代化，同时吸取了现代科学技术的新成就，对经济问题作精确的定量分析，以供正确的判断和决策。管理科学过分重视计量与模型，而影响决策的许多重大因素往往是难以控制的不定性变数，要靠人的经验、学识和直觉来估计和判断。而且人在企业生产经营活动中是最积极的因素，基于此而产生了

“行为科学”。

行为科学是利用心理学、社会学和社会心理学来研究人们行为的科学，认为影响生产经营的决定因素是人群关系。它认为人的各种行为都产生于一定的动机，这种动机又是人类本身内在的强烈要求某种满足需要的结果。需要由低级向高级发展，不断满足需要，才能产生新的动力。它把人的需要分为生理需要、安全需要、社会需要、尊重需要和自我实现的需要。行为科学的研究内容表明，管理科学的发展，已从原来重视物的作用，改变为重视人的作用，认为物不过是被动的组织要素，发挥人的能动性，才是办好企业的主要因素。

进入 70 年代，一些管理学家把管理科学和行为科学结合起来，互为补充，创造出的一套完整的“系统管理”理论。这种理论是从整体出发，利用系统分析的方法去研究事物的一种理论。它把同事物有关的全部组成要素的总体看成一个系统，对组成这个系统的总体要素，利用系统方法进行全面的分析和研究，以求得计划、方案、设计、办法达到最优化的目的。

从上面的发展来看，管理的研究一直和系统的分析相联系，因此，采用系统方法，或者说，采用系统工程的方法来研究和实现管理，是必然的结果。

第二章 系统工程的程序与方法

第一节 系统工程的程序

一个系统，从开始建立到成功地投入使用，要经过一系列的阶段，这就是系统工程的程序。将一个系统按时间顺序展开，可以分为若干相互联系的阶段。

一、系统开发阶段

(一) 开发计划阶段

对系统开发对象及其必要性进行审查，制定开发方针和开发计划书，在此基础上明确系统开发的目的、目标和要求事项等，制定出系统要求说明书和开发计划书。为此，就要对系统开发对象进行充分的有准备的调查研究。

(二) 开发实施阶段

利用上阶段成果，对系统的功能要求、约束条件、费用、效果、实现可能性等进行分析，制成系统设计书、制造计划书和实施设计计划书。

二、系统研究阶段

(一) 实施设计阶段

以系统开发阶段制成的系统设计书、制造计划书和实施设计计划书为基础，制定出制造说明书、制造实施计划书。在此阶段，由于要设计出实际制作方法，所以对预计到的全部不确定要素加以研讨、明确和排除。

(二) 制作实施阶段

按上述要求合理、高效地制成系统，同时，还要制定、审查和决定系统运行的方法和保养方法。

三、系统运行阶段

按上阶段所确定的运行方法和保养方法，使被研究的系统合理、高效地运行，并得到保养。并在总结经验的基础上，对系统的改善和更新进行研讨。

第二节 系统工程的方法

一、系统工程的基本方法

系统工程的基本方法就是分析、评价、综合。就是根据系统的概念与系统的基本组成和性质，把对象作为系统，进行充分了解，并对其进行分析，将分析的结果加以综合，并从整个系统进行评价，使之最有效地完成系统的目的。图 2-1 表示了分析、评价、综合这一系统工程基本方法示意图。

(一) 分析

分析是为了使对象的目的和其他事项最优地实现，对系统的构成和行动的最佳方式进行探讨。运用各种分析方法，对对象的要求和功能等进行分析，从而明确系统的特性，取

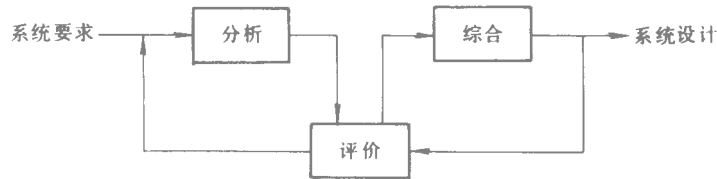


图 2-1 系统工程基本方法

得为构成系统所需要的信息。

(二) 评价

在初步分析的基础上，将分析的结果同制定的评价标准相比较，同时考虑约束条件，当达不到规定标准和条件时，要重新进行分析，直到满足规定的标准和条件，就转入综合。

(三) 综合

根据分析评价结果明确的特定解和评价结果，决定系统的构成和行动方式，作为系统设计的依据。设计时，应拟定尽可能多的备选方案，将各方案同制定的评价标准作比较，从不同的观点进行综合评价，选出最优的系统设计。当得不到最优系统设计时，则反复进行这一综合过程，直到选出最优方案为止。

二、霍尔的三维结构分析

在从事系统工程的研究工作中，对系统工程的方法进行了大量的研究，逐步形成了一套科学的方法和步骤，其中论证比较全面而又有较大影响的是美国学者霍尔 (A. D. Hall) 在 1969 年所提出的系统工程三维结构思想。

系统工程三维结构就是将系统工程活动的全过程，分成前后紧密联系的 7 个阶段和 7 个步骤，同时考虑到为完成各阶段和步骤所需的专业知识。这就为解决规模较大，结构复杂，涉及因素众多的大系统提供了一个统一的思想方法。三维结构包括时间维、逻辑维和知识维组成的空间结构，如图 2-2 所示。

(一) 时间维 (工作阶段)

时间维表示在一个系统工程活动中，从规划到使用、更新的全过程，按时间顺序所分成的工作阶段。

1. 规划阶段

按设计要求提出规划和战略。

2. 初步设计 (拟定方案)

提出具体的计划方案。

3. 研制阶段 (系统开发)

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和元件，提出安装计划。

5. 安装阶段

系统安装，并提出系统运行计划。

6. 运行阶段

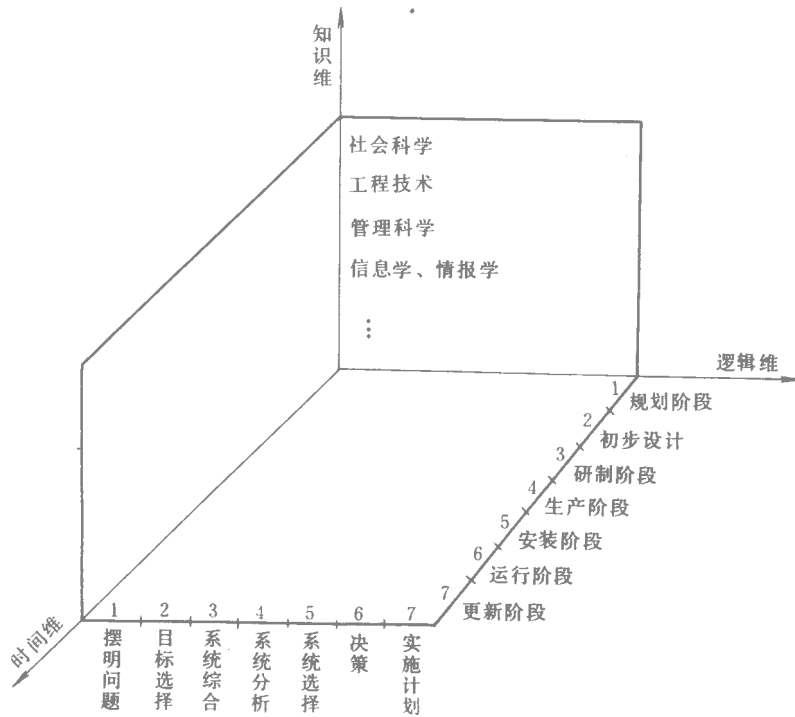


图 2-2 三维结构图

系统按照预定计划进行运转。

7. 更新阶段

取消旧系统代之以新系统或改进原系统，使之更有效的工作。

(二) 逻辑维（思考步骤）

逻辑维表示在使用系统工程方法来思考和解决问题时，各工作阶段应遵循的思维过程。

1. 摆明问题

主要是收集资料和数据，把问题和问题的形式搞清楚。如日本曾对打开女表销路问题进行研究，过去只从计时、耐用着手，但经调查后，发现不少妇女带表不仅为了计时，更注意美观，耐用意义不大，所以他们在便宜、式样新颖上下功夫，争得了市场。

2. 目标选择

在问题搞清楚后，就应该确定解决问题的目标，选择具体评价系统功能的标准（指标），以利于衡量所有备选方案。例如，在火力发电厂的建设中，为改善环境质量，减少污染，首先就要制定一系列污染标准来表示环境质量。

3. 系统综合

主要是按照问题的性质及总的功能（目标）要求，形成一组可行的备选方案，方案中要明确所选系统的结构和相应参数。例如，在选择火力发电厂的能源时，为了满足将来能源的需要，可以考虑几种能源（如石油、煤炭、核能、太阳能、地热和沼气等）以供选择。这些方案首先应该是可行的，即技术上能够达到，资源上有保证，设备能力满足要求等。

4. 系统分析

为了对众多的备选方案进行分析比较，就要建立一定的模型，把这些方案与系统的评价目标联系起来。模型的建立可以应用运筹学和管理科学中的定量方法。

5. 系统选择

在一定的限制条件下，总希望选择出最优系统。可以根据情况采用单目标最优化方法或多目标最优化方法，很多情况下要借助电子计算机来完成。

6. 决策

有时最优方案可能有几个，或者除考虑定量目标外，还要考虑一些定性目标和因素（如方针政策、人和社会因素等），这时就要根据要求，全面分析综合考虑，最后选择（决策）一个或极少数几个方案，供进一步研究参考。

7. 实施计划

这是根据最后决策的方案，将系统具体实施，如果实施中比较顺利或困难不大，略加修改即可实施，则整个步骤告一段落。如果问题较多，这就需要修改从第一步开始重复进行，待最后决策后，进入下一阶段。

把时间维（工作阶段）和逻辑维（思考步骤）综合起来，可用一个表来表示，这个表称为系统工程活动矩阵或二维结构表，如表 2-1 所示。

表 2-1 系统工程活动矩阵

逻辑维 (步骤) 时间维 (阶段)		1	2	3	4	5	6	7
		摆明 问题	目标 选择	系统 综合	系统 分析	系统 选择	决策	实施 计划
1	规 划	α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}	α_{17}
2	初步设计	α_{21}	α_{22}	α_{23}	α_{24}	α_{25}	α_{26}	α_{27}
3	研 制	α_{31}	α_{32}	α_{33}	α_{34}	α_{35}	α_{36}	α_{37}
4	生 产	α_{41}	α_{42}	α_{43}	α_{44}	α_{45}	α_{46}	α_{47}
5	安 装	α_{51}	α_{52}	α_{53}	α_{54}	α_{55}	α_{56}	α_{57}
6	运 行	α_{61}	α_{62}	α_{63}	α_{64}	α_{65}	α_{66}	α_{67}
7	更 新	α_{71}	α_{72}	α_{73}	α_{74}	α_{75}	α_{76}	α_{77}

矩阵中的 α 表示系统工程的具体活动，如 α_{21} 表示在初步设计阶段来摆明问题， α_{44} 表示在生产阶段进行系统分析活动， α_{36} 表示在研制阶段进行决策活动等。矩阵所列各项活动是相互影响、紧密配合的，为使系统在整体取得最优效果，应把各阶段和各步骤的活动反复地进行。

(三) 知识维

表示为完成上述各阶段和各步骤工作所需要的除本身的理论知识外，还涉及到的各种专业知识和技术素养，霍尔把这些知识分成工程、医药、建筑、商业、法律、管理、社会科学和艺术等。

把时间维、逻辑维和知识维结合起来，形成一个三维矩阵，它们由一些小箱所组成，每个小箱编上相应的符号，如 α_{111} 、 α_{365} 等，符号中前两个下角符号在表 2-1 中已有解释，第三个下角符号表示所用到的专业知识。

三、统一规划法

1972 年希尔（Hill）和瓦尔菲路德（Warfield）在霍尔的三维结构基础上，又提出了“统一规划法”。它实质是霍尔活动矩阵中规划阶段的具体运用。

由于大系统往往是多目标和多方案的，当组织规划这个错综复杂的系统时，在规划阶段可运用统一规划法来描述所要解决对象的需求、约束变量以及有关社会因素间的关系。

统一规划法常用目的树和相互影响矩阵来表示。

（一）目的树

目的树是用图解方式来描述系统目的与目的之间的相互关系，如图 2-3 所示。

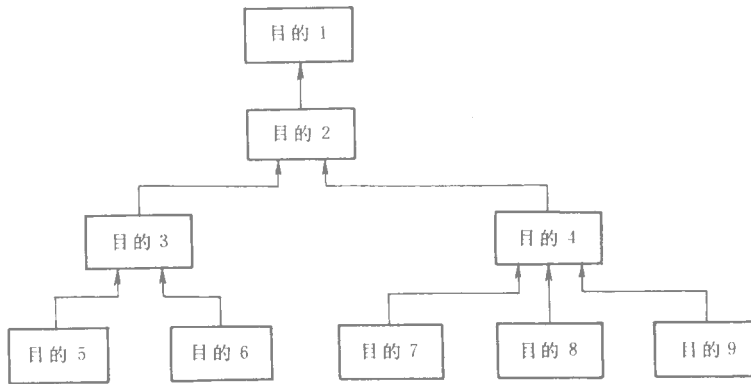


图 2-3 目的树

从图 2-3 可以看出，要达到目的 1，必须完成目的 2；要达到目的 2，必须完成目的 3、4；要达到目的 4，必须完成目的 7、8、9 等。通过目的树可以明显看出一个大系统内所包含的各项目的，并且层次显明，次序明确，相互影响，相互制约。对一个大系统的规划，可通过目的树对各项目的进行分析研究，逐步解决而达系统的总目的。

（二）相互影响矩阵

一个大系统是由许多相互依赖、相互制约的要素所组成的，同时也受到系统外部环境的影响，因此，在系统的规划设计中存在着许多需求和约束的关系，可通过相互影响矩阵来进行综合分析。相互影响矩阵如图 2-4 所示。

例如某系统工程的规划设计有甲、乙、丙等方案，这些方案受到 A、B、C 等因素（如成本、投资、环境污染等）的约束，可根据对某方案需求和约束的关系，对系统中相互有关系的项用符号 × 来表示，通过相互影响矩阵，可以很明显的看出每个方案和那些约束有相互关系。

通过目的树和相互影响矩阵，对一个大系统的发展规划，可运用系统工程的观点和方法相互探讨，明确问题，综合方案，由粗到细，逐渐而最优地达到所期望的总体效益。

		需求				
约束	×			×		A
				×		B
	×		×			C
						⋮
	甲	乙	丙	丁	...	

图 2-4 相互影响矩阵

第三章 系统分析

第一节 基本概念

一、系统分析的概念

关于系统分析至今尚未有一个比较完整和严格的科学定义。一般讲狭义的系统分析是指系统开发过程中的一个环节，其目的是寻求对系统整体效益最佳和有限资源配备最佳的优化方案，为决策者的最后决策提供科学依据和决策信息。其基本任务是，对复杂的大系统，特别是对那些具有风险性或不确定性的复杂系统，探索可能采取的方案，并通过情况的全面分析，对可能采取的方案进行优选。

系统开发的全过程，包括系统分析、系统设计、系统评价、系统实施、系统运行、系统更新等。整个系统的建立分以下三个阶段：系统规划阶段；系统设计阶段；系统制造和运行阶段。系统分析在整个系统建立过程中，处于非常重要的地位，它首先分析和确定系统规划阶段的有关项目，并对有关备选方案进行分析，根据分析的结果来决定方案，然后进行系统设计。因此，系统分析起着承上启下的作用，尤其对一些技术复杂、投资大、周期长的系统更为重要。所以，一般认为，系统分析就是对一个系统的基本问题，用系统的观点进行思维推理，在确定和不确定的条件下，探索可能采取的方案，通过分析对比，为达到预期目标而选出最优方案的一种决策方法。系统分析是为了给决策者提供直接判断和决定最优系统方案所需的信息而进行的有目的、有步骤的探索和分析过程。系统分析人员使用科学的分析工具和方法，对系统的目的、功能、环境、费用、效益等进行充分调查研究。收集、分析和处理有关资料及数据，据此建立若干可供选择的方案，并对每个方案建立数学模型，进行优化分析或进行计算机仿真试验。把分析、计算或试验的各种结果进行比较和评价，作为决策者决策方案的依据。

系统分析就是在明确系统目的的前提下，分析和确定系统所应具备的功能和相应的环境条件。抓住系统某些需要决策的关键问题，根据其性质和要求，相应地建立有关模型或通过计算机仿真试验，将所得信息通过反馈，使系统设计所需的信息得到不断完善和充实，从而保证最优方案的选择。

系统分析所采用的方法，主要是建立系统模型和最优化技术，例如规划论、排队论、大系统优化理论等。系统分析所应用的工具主要是电子计算机，通过计算机来完成系统分析所需大量信息的收集、处理、分析、汇总、传输和贮存等任务。

二、系统分析的特点

系统分析，以系统整体效益为目标，以寻求解决特定问题的最优策略为重点，运用定性和定量的分析方法，通过价值判断和综合评价，以求得最有利的决策。其主要特点如下。

(1) 以整体为目标。系统中的各分系统、子系统，都各自具有其特定的功能和目标，各分系统、子系统只有相互分工协作，才能达到系统的整体目标。所以，在从事任何系统分析时，都必须考虑以发挥系统整体的最大效益为准，不能局限于个别分系统，强调分系统

的效益，而使系统整体效益受损。

(2) 分析中强调运用逻辑思维推理。特别是在探索系统分析的目标时，系统分析人员必须寻根究底，追问一系列为什么，直到问题取得圆满的答复为止。

(3) 采用定性分析与定量计算相结合的方法。科学的分析方法，不能单凭想象、臆断、经验或直觉，尤其对复杂的大系统，必须要有精确可靠的数据、资料作为科学判断的依据，保证结果的可靠性。在资料的整理上，也必须运用各种科学的计量方法。但在缺乏足够资料、数据，或出现一些不确定因素时，在系统分析中，往往还要凭借各种价值观念进行估计，或凭经验进行直观判断的定性分析。因此，在进行评价时，既要进行定量计算，也需凭借价值判断、综合权衡的方法选出最优方案。

第二节 系统分析的原则和要素

一、系统分析的原则

系统是由许多要素组成的，由于系统内各个要素存在着相互依存的关系，而系统又处于动态发展中，具有输入和输出的流动过程，而且整体系统内部与系统外部环境还要发生联系和矛盾，涉及面广，关系错综复杂。所以，在系统分析时，必须处理好这种复杂关系。为此，进行系统分析时，应遵循下列原则。

(一) 外部与内部条件相结合

环境的变化对系统有着很大的影响。例如，企业的经营管理系统，不仅受到企业内部各种因素（如生产类型、物流和信息流）的相互作用，而且还受到社会经济动向及市场状况等外部条件的影响，在分析一个系统时，应将系统内外部各种有关因素结合起来进行综合分析，实现方案的最优化。

(二) 当前与长远利益相结合

建立或改造一个系统，要有长远的战略眼光，只有兼顾当前利益和长远利益来进行分析，才能得到合理的最优方案。也就是选择一个最优方案时，不仅要从目前的利益出发，而且还要考虑到将来的利益。如果我们采取的方案，对目前和将来都有利，这样当然是理想的。但当出现对目前不利，而对长远有利，这种方案从系统分析观点看也是合理的。

(三) 局部和整体效益相结合

一个系统是由许多分系统组成的，如果每个分系统的效益都是好的，则整体的效益也会比较理想。但是，在实际工作中却不会如此理想，在有些情况下，某些分系统从局部看是经济的，但从全局看则不经济，这种方案是不可取的。反之，如果从局部分系统看是不经济的，但从全局整个系统看是好的，那么，这方案是可取的。总之，系统分析强调的是整体效益最优化，局部效益要服从整体效益。

(四) 定量与定性相结合

系统分析优化方案时，以定量分析为基础，但不能忽视定性的因素。我们探索各种系统对象时，研究分析方法所遵循的是“定性——定量——定性”这一循环往复的过程。循环往复是系统分析过程的普遍规律，不了解系统各个方面的性质，就不可能建立起探讨定量关系的数学模型。定性和定量两者应结合起来综合分析，才能达到优化的目的。