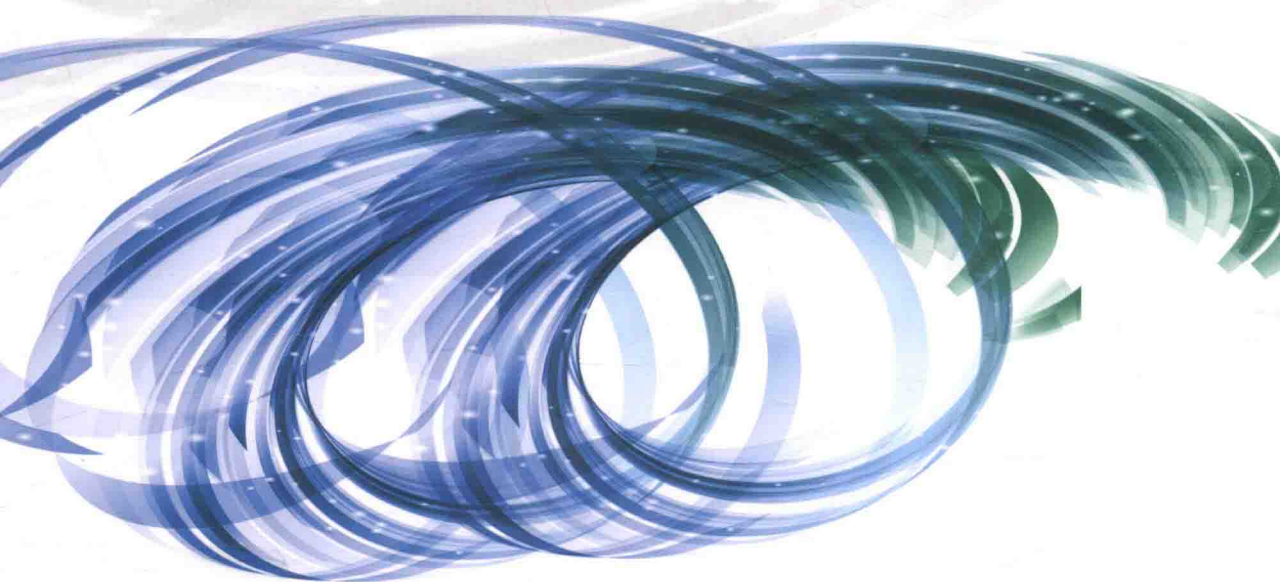




DECISION AND MODELING OF SYSTEMS

系统决策与建模

石全 王立欣 史宪铭 赵美 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

系统决策与建模

石全 王立欣 史宪铭 赵美 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了系统决策与建模的基本概念、理论、方法和模型。主要内容包括系统概述、体系工程、系统决策、系统决策模型体系、系统决策方法与模型、系统评价方法与模型、系统预测方法与模型以及系统优化算法与模型,且每章均配有应用案例。

本书既可作为高等院校理工科各相关专业和管理专业高年级学生与研究生的教材使用,也可作为广大科技人员和管理人员的培训教材及自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

系统决策与建模/石全等编著. —北京:国防工业出版社,2016.7

ISBN 978-7-118-10698-5

I. ①系… II. ①石… III. ①系统决策 ②系统建模 IV. ①N945.25 ②N945.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 229021 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 15½ 字数 366 千字

2016 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

决策贯穿于人类社会活动的全过程,著名的诺贝尔经济学获奖者西蒙(H. A. Simon)有一句名言:“管理就是决策!”。随着社会发展和科技进步,知识和信息的数量与种类激增,人们面临的问题和处理的系统越来越复杂,单凭决策者个人的经验和智慧已经难以做出科学决策,当决策者连同决策问题被看作某个决策系统的组成部分,并采用系统思想、系统方法和系统模型进行决策时,系统决策与建模就成为解决复杂系统决策问题的重要工具。

要对复杂系统做出有效的科学决策,就必须建立系统的模型。在建模的基础上,可以对系统进行定性、定量或者定性 with 定量相结合的分析,找出研究对象的特征和发展规律,最终得到需要的结果。因此,系统决策离不开系统建模,科学决策程序的各个逻辑步骤都需要系统建模,系统决策和系统建模是相辅相成、相互关联的。从20世纪80年代至今,随着计算机科学、系统科学、决策科学、人工智能、信息技术的发展,系统决策与建模的理论和方法得到了日益完善及飞速发展,新理论、新方法不断涌现,在复杂系统的管理实践中发挥了巨大的作用。

目前,全面系统地介绍系统决策与建模相关理论、方法、技术的参考书较少,如何遵循系统性、实用性和前瞻性的原则,阐述系统决策与建模的相关知识与方法,正是本书要解决的核心问题。本书内容系统地总结了目前系统决策与建模研究领域的主要成果,注重基本概念、基础理论、基本方法和实际应用。

本书共7章。第1章系统概述。介绍了系统概念、系统方法论和系统分析。第2章体系工程。介绍了体系、体系工程和武器装备体系工程。第3章系统决策。介绍了决策、决策系统、系统决策与系统建模、系统决策的模型体系。第4章系统决策方法与模型。介绍了单目标决策(确定型决策、风险型决策和基于效用的决策问题)、多目标决策(传统多目标决策方法、逼近理想解方法、数据包络分析法)和群决策(多属性群决策、模糊群决策)。第5章系统评价方法与模型。介绍了系统评价的原则和步骤、系统评价指标体系、常用的评价方法和模型(层次分析法、模糊层次分析法、网络分析法、模糊综合评判法、粗糙集)。第6章系统预测方法与模型。介绍了系统预测的一般步骤、定性预测方法与模型(专家会议法和德尔菲法)、定量预测方法与模型(时间序列分析法、回归分析法、灰色预测方法、马尔可夫预测方法、系统动力学方法)。第7章系统优化算法与模型。介绍了最优化算法及其分类、传统优化算法和模型(线性规划模型)、智能优化算法和模型(人工神经网络、遗传算法、粒子群算法、蚁群算法)。

本书是根据作者多年从事系统决策与建模理论、实践、教学经验编写而成的,在基本理论、应用基础和实际应用三个层次上展开论述,经过集体讨论、统一思想,专人执笔,发挥各自专长而完成。本书既可作为高等院校理工科各相关专业和管理专业高年级学生与

研究生教材使用,也可作为广大科技人员和管理人员的培训教材及自学参考书。本书还为具有一定数理知识的读者提供了一本系统决策与建模的普及教科书,读者可结合个人专业和工作实际,选择感兴趣的方向深入钻研,定能从中获得收益。

在本书的编写中,借鉴了许多前人的研究成果,文后参考文献中均一一列出。如有未被列出的,那定是作者的遗漏,对此,除了表示深深谢意之外,并请原谅。

由于系统决策与建模是一个正在发展的新兴领域,还有许多不成熟的地方,同时也由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

2015年7月于军械工程学院

目 录

第 1 章 系统	1
1.1 系统概述	1
1.1.1 系统的概念	1
1.1.2 系统的分类	2
1.1.3 系统的要素	3
1.2 系统方法论	6
1.2.1 霍尔三维结构方法论	6
1.2.2 切克兰德调查学习方法论	8
1.2.3 综合集成方法论	10
1.2.4 物理—事理—人理系统方法论	12
1.2.5 5W1H 方法	14
1.3 系统分析	15
1.3.1 系统目标分析	15
1.3.2 系统环境分析	18
1.3.3 系统功能分析	22
1.3.4 系统结构分析	25
1.3.5 系统运行分析	29
第 2 章 体系工程	33
2.1 体系概述	33
2.1.1 体系的由来	33
2.1.2 体系的概念	33
2.1.3 体系与系统	35
2.2 体系工程概述	36
2.2.1 体系工程的概念	36
2.2.2 体系工程与系统工程	38
2.2.3 体系工程的研究框架	39
2.3 武器装备体系工程	40
2.3.1 武器装备体系	40
2.3.2 武器装备体系工程与装备系统工程	41
2.3.3 武器装备体系工程的研究框架	42

第3章 系统决策	46
3.1 决策与决策系统	46
3.1.1 决策的概念	46
3.1.2 决策系统的概念	47
3.1.3 决策系统的基本要素	48
3.2 系统决策概述	48
3.2.1 系统决策的概念	48
3.2.2 系统决策的过程	50
3.2.3 系统决策理论的发展	52
3.3 系统决策与系统建模	53
3.3.1 系统决策与系统建模的关系	53
3.3.2 系统模型概述	54
3.3.3 系统模型化	56
3.4 系统决策的模型体系	61
3.4.1 基于系统决策过程的模型体系	61
3.4.2 基于系统决策目的的模型体系	62
第4章 系统决策方法与模型	64
4.1 单目标决策	64
4.1.1 确定型决策	64
4.1.2 不确定型决策	64
4.1.3 风险型决策	67
4.1.4 基于效用的决策问题	73
4.2 多目标决策	75
4.2.1 多目标决策概述	75
4.2.2 传统多目标决策方法	77
4.2.3 逼近理想解方法	78
4.2.4 数据包络分析法	79
4.3 群决策	88
4.3.1 群决策概述	89
4.3.2 多属性群决策	92
4.3.3 模糊群决策	93
第5章 系统评价方法与模型	98
5.1 系统评价概述	98
5.1.1 系统评价的概念	98
5.1.2 系统评价的原则	99
5.1.3 系统评价的步骤	99
5.2 系统评价指标体系	101

5.2.1	指标体系建立	102
5.2.2	指标的归一化	104
5.2.3	指标权重确定	106
5.3	常用的评价方法和模型	107
5.3.1	层次分析法	108
5.3.2	网络分析法	119
5.3.3	模糊综合评判法	123
5.3.4	粗糙集	129
第6章	系统预测方法与模型	140
6.1	系统预测概述	140
6.1.1	系统预测的概念	140
6.1.2	系统预测的步骤	141
6.1.3	系统预测方法分类	142
6.2	定性预测方法和模型	144
6.2.1	专家会议法	144
6.2.2	德尔菲法	144
6.3	定量预测方法和模型	149
6.3.1	时间序列分析法	149
6.3.2	回归分析法	154
6.3.3	支持向量机回归	157
6.3.4	灰色预测方法	161
6.3.5	马尔可夫预测方法	167
6.3.6	系统动力学方法	172
第7章	系统优化算法与模型	184
7.1	系统优化概述	184
7.1.1	优化与最优化问题	184
7.1.2	最优化算法及其分类	185
7.2	传统优化算法和模型	185
7.2.1	线性模型描述	185
7.2.2	线性模型举例	187
7.2.3	线性模型求解	191
7.3	智能优化算法和模型	192
7.3.1	人工神经网络	192
7.3.2	遗传算法	205
7.3.3	粒子群算法	219
7.3.4	蚁群算法	228
	参考文献	238

第1章 系 统

“系统”(Systems)是人们非常熟悉的一个词汇,从自然界到人类社会存在着诸多的系统,如生态系统、工业系统、武器系统、军事系统、管理信息系统等。世界上最广泛而普遍存在的事物和概念之一就是系统。系统有大有小、形形色色、千差万别,各种系统的组成与功能都不尽相同。系统决策与建模的基本研究对象就是“系统”,正确理解和深刻认识系统、深入掌握系统方法论、熟练运用系统分析方法,是系统决策和建模的前提和基础。

1.1 系统概述

1.1.1 系统的概念

“系统”一词最早出现于古希腊德谟克利特所写的《宇宙大系统》一书中,syn - histanai 一词原意是指事物中共性部分和每一事物应占据的位置,也就是部分组成整体。

一般系统论的创始人,20 世纪初奥地利生物学家冯·贝塔郎菲(Von Bertalanffy),针对当时机械论的观点与方法,指出“不能只是孤立地研究部分和过程,还必须研究各部分的相互作用,应把生物作为一个整体或系统来考虑”,他把“系统”称为“相互作用的多要素的复合体”。如果一个对象集合中存在两个或两个以上的不同要素,所有要素按照其特定方式相互联系在一起,就称该集合为一个系统。其中的要素是指组成系统的不同的最小的(即不需要再细分的)组成部分。

在日本的工业标准(JIS)中,认为“系统”是许多组成要素保持有机的秩序,向同一目标移动的东西。

《现代汉语词典》中“系统”的定义如下:①有条理;有顺序:系统知识/系统研究。②同类事物按一定的秩序和内部联系组合而成的整体:循环系统/商业系统/组织系统/系统工程。③由要素组成的有机整体。与要素相互依存相互转化,一系统相对较高一级系统时是一个要素(或子系统),而该要素通常又是较低一级的系统。系统最基本的特性是整体性,其功能是各组成要素在孤立状态时所没有的。它具有结构和功能在涨落作用下的稳定性,具有随环境变化而改变其结构和功能的适应性,以及历时性。④多细胞生物体内由几种器官按一定顺序完成一种或几种生理功能的联合体。如高等动物的呼吸系统,包括鼻、咽、喉、气管、支气管和肺,能进行气体交换。

本书推荐由钱学森给出的“系统”定义,即系统是指由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。这个定义,与类似的许多定义一样,指出了系统的三个基本特征:①系统是由若干元素组成的;②这些元素相互作用、互相依赖;③元素间的相互作用,使系统作为一个整体具有特定的功能。

1.1.2 系统的分类

系统可以从不同的角度进行分类。

1. 自然系统和人工系统

按照形成的原因,由自然过程形成的是自然系统(Natural System),如山川、河流、动植物体;由人为产生出来的或为某种需要经人工改造过的系统是人工系统(Artificial System),如制造的各种机械、飞机、航空母舰等,学校、医院、军队等各种社会系统,人为建立的标准体系、技术体系等。

随着人类科学技术的发展,改造客观世界的能量越来越大,使得许多原来无法干预的自然系统变成了干预对象,例如:气象系统(现在可以人工降雨或对某些灾难性天气进行干扰)、外层空间;同时,许多人类无意改变的对人类生存至关重要的自然环境也受到了影响,如环境污染、生态系统被破坏。此外,一些大规模的工程项目,如三峡工程、南水北调,系统内部包含山、川、湖、河等自然系统。这样就出现了人工自然复合系统。这些系统的发展,彰显着人类对自然的征服,但有时得到的却是自然界加倍的报复。这种严峻的事实使人们认识到必须放弃对自然的掠夺式征服,而应该与大自然和谐共处。

2. 实体系统和概念系统

按照存在的形式,由实体(具有物理属性的存在物)组成的系统是实体系统(Material System),如树木、建筑物、火炮等;由不具有物理属性的存在物组成的系统是概念系统(Conceptual System),如概念、原理、制度、程序、规范、条令等。

大多数人工系统是实体系统和概念系统相结合的产物,如航空母舰,它的产生是有关概念系统(设计方案、施工或组建计划等)的实现,其运行离不开概念系统的指导甚至需要用概念系统(模型)来模拟。

3. 封闭系统和开放系统

按照与环境的联系,与环境不发生相互作用的是封闭系统(Closed System);与环境有紧密联系的是开放系统(Open System)。实际的系统,特别是生物系统和社会系统,都是开放系统,与环境存在大量的物质、能量和信息交换,其能否继续生存,能否发展,如何发展,与环境、与系统的开放特性息息相关。

严格地说,与外界不发生任何联系的封闭系统是不存在的。但在特定情况下,如果仅考虑系统的某一或某些性态,对这些性态及其变化的外界影响比较微弱时,可看做封闭系统。例如,密闭容器里的化学反应(酒的陈放),通用设备短期储存等。

4. 静态系统与动态系统

按照与时间的关联,有结构而无活动,性态不随时间变化的系统是静态系统(Static System),如桥梁、封存的零部件;性态随时间变化的系统是动态系统(Dynamic System),社会系统都是动态系统,而且变化的速度越来越快。

严格来说,没有不变化的系统,即一切系统都是动态系统。但如果系统性态变化比较缓慢,而研究期限又比较短,此间对象不会发生显著变化,则可近似看做静态系统。

5. 事理系统、物理系统和生物系统

按照主体的信息加工处理能力,有人作为主体且人通过主观能动性的发挥可以影响其运行与变化,表现出很强的信息加工处理能力,特别是可以加工并输出主观信息的系统是事

理系统(Affair System);没有人作为主体的实体系统,自身不具有主动获取并加工处理信息的能力,因此不能对外界做出主动反应的是物理系统(Physical System);介乎物理系统与事理系统之间,一般不能进行主观信息的加工处理,但能够对环境的刺激(客观信息)做出主动反应,并表现出一定的信息获取与加工处理能力的是生物系统(Biological System)。

人是事理系统中的主体,事理系统较社会系统含义更广泛,社会系统必须含有两个以上的人,而事理系统可以只包括一个人。任何一个人与其工作、学习、生活的对象都组成事理系统,如工人和机器、战士和枪炮等。由于人的主观能动作用,事理系统是能够主动地确定目标、具有自学习、自组织功能的高层次的目的系统与控制系统。

事理系统的基本活动是从人体感官获取外界信息开始的,经过一定加工处理后存储在大脑里,即记忆。大脑对存储信息进行分析、归纳等加工处理活动,形成外界存在形态和运动规律的反映,即认识。在掌握某一外界事物运动规律的基础上,根据过去及现今的情况,便能够对它将来可能的演变过程及未来某一时刻的状态做出估计,即预测。根据对外界未来变化的预测,结合自身需求,确定自己希望并应努力达到的目标,进而筹划实现目标应采取的行动,即决策,然后付诸行动,即实践。比较实践结果与预想效果,找出成功的经验或失败的教训,更新充实大脑中存储的知识,并用以完善认识和改进工作方法、步骤,即为自学习;如果用来调整系统自身的结构或组成,即为自组织。

6. 简单系统和巨系统

按照复杂系统的观点,钱学森提出了一个关于系统的分类,即把系统分为简单系统和巨系统。简单系统又分为小系统和大系统;大系统又分为简单巨系统和复杂巨系统;复杂巨系统又分为一般复杂巨系统和开放的复杂巨系统(Open Complex Giant System)。小系统大体上是由几个、几十个元素组成的系统;大系统是由几百个、上千个元素组成的系统;巨系统的元素数量巨大,成千上万甚至上亿或万亿。

除了上述分类方法以外,还有许多其他的系统分类,这里不再一一列举。

1.1.3 系统的要素

通常,系统含有五个基本要素:功能、组元或组成、结构、运行与环境。

1. 系统五要素

1) 功能

功能(Function),是指将一定的输入(外界对系统的作用)转换为一定的输出(系统对外界的作用)的能力,且这种输出不等于输入。例如,一个机械厂,输入的是原材料、能源、人力和资金,输出的是机器;一个电动机,输入的是电能,输出的是机械能;一所大学,招进高中生,培养出来的是大学生;等等。一个系统,人们之所以能够认识到它的存在,就是由于它具有功能。人们认识某个系统,也往往是首先认识其功能。例如,谈到一个学校,首先想到它是培养人才的地方;提到奶牛,首先想到它吃进去的是草,挤出来的是奶。事实上,许多系统,特别是人造系统和社会系统,是由其功能命名的。认识一个系统,首先认识它与外部相互作用时表现出来的功能而不是内部情况,这便是人们认识客观事物朴素的整体观。人造系统和社会系统的产生与存在,也正是以它具有满足人们需要的某种功能为先决条件的。当然,系统总是具有多种输入与输出,因此也就具有多种功能。

2) 组元或组成

组元(Component),是指组成系统的成分;组成,是指系统组元的集合。通常人们将组元理解为相对独立、具有特定功能的部件或要素(Element),如工厂里的厂房、机器、人员、材料、产品等。系统的组元依据运动特性一般可以分为三类:固定组元(Fixed Components 或 Structural Components)、运转组元(Operating Components)和流动组元(Flowing Components)。工厂中的厂房、供电、供水、供气等许多设施、设备为固定组元,厂长、车间主任、技术骨干等为运转组元,原材料、半成品、电力、生产计划、各类统计报表为流动组元。人员从其在具体车间或科室任职来讲,可视为固定组元;工厂的一切运转都靠人来操纵、支配,所以人又是运转组元,且是能够有目的、有计划地运动的组元(能动运转组元);从其可以被激励、被培养从而改变思想观念、工作态度和能力的角度看,人还可以视为流动组元。所以,人是系统中最活跃的组元。

固定组元对运转组元和流动组元起着支持及运动约束的作用,运转组元的运行实施着对流动组元的加工变换和输送作用,流动组元则是系统从外界输入、在内部进行加工变换、最后输送出去,从而使系统呈现特定功能的组元。在一切系统中,其组元最终总可以分解为物质(Material)、能量(Energy)和信息(Information)三种基本组元,系统的功能也正是对这三种基元进行变换或输送的能力。

3) 结构

系统的组元之间总以某种方式相互联系和作用。某些组元之间往往存在着较为紧密而稳固的联系,在与其他组元相互作用时呈现出一定的整体特性——系统性。将系统之内存在着较为紧密而稳固的组元团体称为子系统(Subsystem)。结构(Structure),是指系统内子系统的划分及子系统功能的分配,自然包含子系统间的联系。系统的整体功能,是其子系统功能的综合。

子系统具有下述两个性质:每个子系统的功能都影响系统的整体功能,即系统的整体功能是所有子系统共同作用的结果;每个子系统功能的发挥都依赖于其他(至少一个)子系统的功能。

系统、子系统之间,世上一切事物之间的联系,本质上都是物质、能量、信息在它们之间的流通。这种流通是有方向的,相互联系的事物之间的流通是不等价的。例如:电动机同外界进行能量流通,虽然输入、输出都是能量,但为不同的能量;教员与学员之间进行信息交流,显然两者输入、输出的内容不同;学校与社会交流的主要是人才,但进入的是知识较少(低信息)而出去的为知识较多、能力提高了的人才。系统的功能是通过与外界进行(关于物质、能量和信息)不等价交换体现的。固定组元、运转组元的空间分布和连接,各种流动组元流动方向的规定,亦即子系统构成及子系统间流通成分的质和流动方向的规定,形成了子系统在空间上的有序性,这就是系统结构。

4) 运行

无生命的物理系统,含各种人造机器与设备,结构完全决定了子系统间的联系以及流动组元的流动,从而在组成固定情况下完全决定了系统的功能。但生物系统,特别是有人作为组元的事理系统,由于具有能动性的组元存在,结构并不能将流动组元的实际流通唯一确定。在系统结构,即对流动组元流通的质及其方向规定情况下,系统能动部分还可以对流通的具体内容、数量及其在时间上的分布进行控制。例如,工厂中的生产科,结构

(职能)赋予它向车间下达生产作业计划,但是计划的具体内容及其是否符合车间的实际、何时下达并不确定。再如,工人与机器固然是操作与被操作的关系(这是结构赋予的),但工人可以有不同的操作方式,或者高产优质低耗,或者出工不干活,出次品、废品,还可能故意把机器弄坏。将这种在结构的基础上决定了运转组元的实际运动,从而决定了流动组元的实际变换与流通的机制称为运行(Operation)。显然,基于一定结构上的运行最终决定了系统的实际功能。

5) 环境

由系统功能的定义,必然有与系统相互作用(有输入、输出关系)的外界,这个客观存在的与系统有着较密切联系的外界就是系统的环境(Environment)。对一个工业企业来说,原材料市场、技术与劳务市场是环境,产品销售市场、协作单位、竞争单位亦是环境,政府有关业务管理机关是环境,所处自然地理位置和周围商业、治安等社会条件都是环境。对一个家庭来说,孩子读书的学校,家长的工作单位,邻居、亲戚、朋友,附近的商店、农贸市场、医院、影院、图书馆、邮政局等都是环境。不存在没有环境的系统。许多系统,特别是生物系统和社会系统,离开环境就无法生存,更不用说能发展了。

2. 系统五要素的关系

组元之间的有序联系形成事物的结构和事物变化的实际运行过程,事物与外界的有序联系形成事物的环境和功能,组元、结构、运行、环境与功能的统一,就是科学的系统概念。

组元、结构、运行与环境,是影响系统功能的四要素。它们各自对功能的影响,及它们之间相互联系、相互作用的规律,称为系统功能原理,如表1-1所列。系统功能原理揭示了系统功能的决定因素和系统概念五要素之间的关系,为人们改进系统提供了基本思路。同时,系统功能原理也向人们展示了系统功能的不确定性这一重要现象,也就告诉人们,组元、结构、运行、环境某一要素的不同,系统就可能有不同的功能;反过来也说明,两系统某一要素不同,也有可能通过其他要素的恰当设计,使它们具有相同的功能。系统功能的不确定性,决定系统功能因素的复杂性,为发挥人的主观能动性留下了广阔的天地。

表1-1 系统五要素之间的关系

	功能	组元	结构	运行	环境
组元	(1) 组元不同,通常系统的功能不同; (2) 功能使系统对其组元可以进行改造或增加新的组元	能动组元有自我改造能力	组元的功能基本上决定了其在结构中的地位	人员个体素质影响其在结构制约条件下的自主行为	(1) 组元、结构、运行通过系统功能影响环境; (2) 系统还可通过与环境的交流来改变系统组元的数量、质量或引进新的组元
结构	(1) 组元相同,结构不同,功能不同; (2) 对于事理系统,结构还要通过运行来决定系统的功能; (3) 系统功能对结构有巨大的反作用	促使组元向胜任其在结构中作用方向转变	事理系统中,人们为了保持或改善系统的功能,会促进系统自身结构的不断优化(自组织)	结构为运行提供约束,运行一般在结构基础上发挥作用。系统结构上的弊端不可能从运行中得到根本的持久的完全的补偿	

(续)

	功能	组元	结构	运行	环境
运行	(1) 组元相同、结构相同,运行不同,功能不同; (2) 系统功能对其运行有着很大的反作用	运行可以改造能动组元	运行优化可以在一定程度上弥补结构上的缺陷	事理系统必然含有改善自身的运行的功能(自学习)	(3) 环境对结构的影响是直接的,并在一定程度上决定了系统的结构; (4) 环境对事理系统的运行影响是直接的
环境	(1) 环境影响系统的现时功能; (2) 环境影响系统功能发展	(1) 决定系统可能的输入、输出(流动组元); (2) 影响系统固定组元与运转组元的补充、更新、改造	(1) 系统结构要适应环境; (2) 环境提供系统结构改进的目标模型(原型)	(1) 环境信息是主体决策的必要基础; (2) 环境提供系统运行改进的目标模型(原型)	系统,特别是事理系统,不仅仅适应环境,还要改造环境、改善环境
功能	富有生命力的系统,都有通过优化组元、结构(自组织)、运行(自学习)并主动改造环境,使自身功能不断完善与发展的功能				

1.2 系统方法论

无论是发展理论还是解决复杂系统决策问题,都面临着不同层次(经验的、科学的、哲学的)、不同领域、不同学科(自然科学、社会科学、数学科学等)、不同类型(定性的、定量的)的知识,如何把这些知识、智慧综合集成起来,开发出新知识和智慧,也就是如何综合运用人类知识体系这个宝贵的知识资源,提高认识世界的水平和增强改造世界的能力,这就有个方法和方法论的问题。方法(Method)是指关于解决思想、语言、行动等问题的门路、程序等;方法论(Methodology)是指关于认识世界、改造世界的根本方法的学说,具体地,是指人们研究、分析和处理问题的思想、程序和基本原则。

1.2.1 霍尔三维结构方法论

1969年,美国贝尔电话公司的工程师霍尔(A. D. Hall)总结开展系统工程的经验,写了《系统工程方法论》一书,提出了著名的三维结构方法体系。该方法来源于“硬”的工程系统,适用于良性结构系统。这种思维过程,针对大多数硬的或偏硬的工程项目是卓有成效的,受到了各国学者的普遍重视。

霍尔提出的三维结构方法体系,对系统工程的一般过程做了比较清楚的说明,它将系统的整个管理过程分为前后紧密相连的时间维的七个工作阶段和逻辑维的七个步骤,并同时考虑到为完成这些阶段和步骤的工作所需的各种专业知识及管理知识。三维结构由时间维、逻辑维和知识维组成,如图1-1所示。

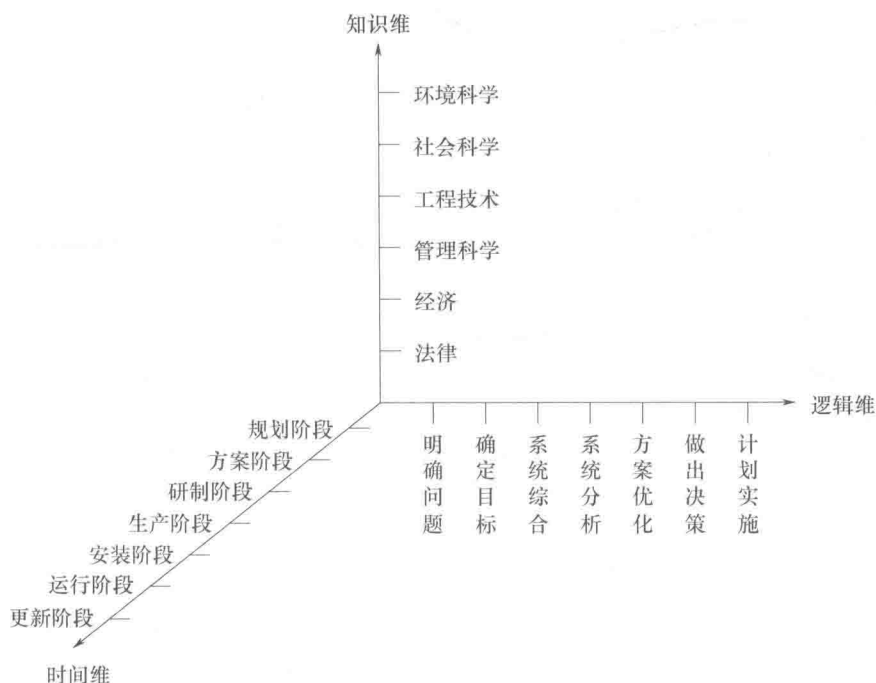


图 1-1 霍尔三维结构

1. 时间维

时间维反映了系统实现的过程。一个具体的系统工程活动,从规划阶段到更新阶段按时间顺序排列,可分为七个工作阶段。

- (1) 规划阶段。制定系统工程活动的规划和战略对策。
- (2) 方案阶段。提出具体的计划方案。
- (3) 研制阶段。实现系统的研制方案,制定生产计划。
- (4) 生产阶段。制造出各种零部件,提出系统安装计划。
- (5) 安装阶段。将系统安装起来,进行调试,并制定系统的运行计划。
- (6) 运行阶段。管理此系统以按预期目标运行以实现其功能。
- (7) 更新阶段。改进原系统或用新系统代替原系统,使其更有效地工作。

对于某些需要灵活变动的时间阶段,可根据具体情况予以改动,而不应仅仅拘泥于已有的七个时间阶段,应用时绝对不能僵化。例如,可以将装备保障演习的时间维划分为演习准备、演习实施、演习结束与总结。霍尔三维结构是一套不断发展完善的系统方法体系,应当结合实际加以运用。

2. 逻辑维

逻辑维反映用系统方法论分析问题和解决问题的逻辑思维过程。霍尔认为应由下述七个程序(步骤)组成:

(1) 明确问题。通过全面地搜集有关资料和数据,说明类似问题的历史、现状和未来发展趋势,明确现在面临问题的实质,从而为解决问题提供可靠的依据。

(2) 确定目标(系统指标设计)。明确并提出解决问题所要达到的目标,并制定出衡量是否达标的准则,以用于比较可供选择的系统方案。

- (3) 系统综合。拟定一组可以实现预期目标的系统方案,方案要说明系统的结构、相应的参数、所需的条件。
- (4) 系统分析。通过建立模型等途径,按照达到目标、解决问题和满足需求的情况,说明方案与系统性能、特点间相互关系,对各备选方案进行分析比较。
- (5) 方案优化。判别各种方案优劣,筛选出满足目标要求的最佳方案。
- (6) 做出决策。确定最佳方案。这时必须由领导根据更全面的要求,最后做出决策,选择一个或几个方案来试用,有时不一定就是以上的最优方案。
- (7) 计划实施。按决策结果制定实施方案和计划,完成各个阶段的管理工作。如果实施过程比较顺利或遇到的困难不大,实施计划可略加修改和完善即可,并把它确定下来,那么整个步骤即告一段落。如果实施过程中问题较多,就有必要回到上述逻辑步骤中从认为需要的一步开始重新做起,然后再决策或实施,这种反复有时会出现多次,直到满意为止。

3. 知识维或专业维

知识维表示为完成上述各阶段、各步骤的活动所需要的各领域广泛的各种专业技术。至于每一步骤和每个阶段都需要其中哪些专业知识,应视问题的性质、特点而定。

4. 霍尔管理矩阵

将七个时间阶段和七个逻辑步骤结合起来,便形成了霍尔管理矩阵,又称系统工程活动矩阵,如表 1-2 所列。矩阵中时间维的每一阶段与逻辑维的每一步骤所对应的点即矩阵中的各个元素,代表着一项具体的管理活动。矩阵中各项活动是相互影响且紧密相关的,要从整体上达到最优效果,必须使各阶段、各步骤的活动反复进行。反复性是霍尔矩阵的一个重要特点,它反映了从规划到更新的过程需要控制、调节和决策。因此,系统工程过程充分体现了计划、组织和控制的职能。

表 1-2 霍尔管理矩阵

逻辑维 时间维	1. 明确 问题	2. 确定 目标	3. 系统 综合	4. 系统 分析	5. 方案 优化	6. 做出 决策	7. 计划 实施
1. 规划阶段	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}
2. 方案阶段	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}
3. 研制阶段	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}
4. 生产阶段	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}
5. 安装阶段	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}	a_{56}	a_{57}
6. 运行阶段	a_{61}	a_{62}	a_{63}	a_{64}	a_{65}	a_{66}	a_{67}
7. 更新阶段	a_{71}	a_{72}	a_{73}	a_{74}	a_{75}	a_{76}	a_{77}

1.2.2 切克兰德调查学习方法论

软系统工程方法论是由英国学者切克兰德(Checkland)在 20 世纪 80 年代创立的,该

方法论是在以霍尔三维结构为代表的硬系统方法论基础上提出来的。

以大型工程技术问题的组织管理为基础产生的硬系统方法论,扩展其应用领域后,特别是在处理存在利益、价值观等方面差异的社会问题时,遇到了难以克服的障碍:人们对问题解决的目标和决策标准(决策选择的指标)等重要问题,甚至对要解决的问题本身是什么都有不同的理解,即问题是非结构化的,对这类问题更确切地应当称为议题(Issue),首先需要的是不同观点的人们,通过相互交流,对问题本身达成共识。与硬系统方法论的核心是优化过程(解决问题方案的优化)相比较,切克兰德认为软系统方法论的核心是一个学习过程。

切克兰德认为:完全按照解决工程问题的思路来解决社会问题和软科学问题,将遇到很多困难,至于什么是“最优”,由于人们的立场、利益各异,判断价值观不同,很难简单地取得一致看法。因此,“可行”“满意”“非劣”的概念逐渐代替了“最优”的概念。还有一些问题只有通过概念模型或意识模型的讨论和分析后,才能使得人们对问题的实质有进一步的认识,经过不断磋商、不断反馈,逐步明确问题,得出满意的可行解。切克兰德根据以上思路提出的方法论,称为“软系统方法论”。该方法核心不是寻求“最优化”而是“调查、比较”或者说是“学习”。从模型和现状比较中,学习改善现存系统的途径。因此其方法步骤如图1-2所示。

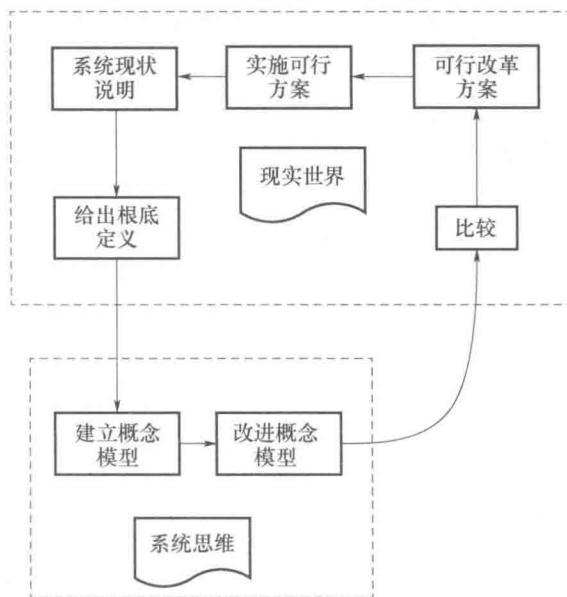


图 1-2 切克兰德调查学习方法论步骤

1. 系统现状说明

通过调查分析,对现存的结构系统的现状进行说明,又称为“调查学习法”。目的是改善现状,明确问题本身的基本定义。

2. 给出根底定义(明确关联因素)

对于同一个问题情景,不同人给出不同的定义,要给出系统的根底定义,明确关联因素,初步明确与现状有关的各种因素及其相互关系。