

21世纪经济管理精品教材·管理科学与工程系列

系统工程导论

严广乐 主编



清华大学出版社

21世纪经济管理精品教材·管理科学与工程系列

系统工程导论

严广乐 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是在二十多年来系统工程教学科研方面实践和研究成果凝练的基础上编写而成的,系统地介绍了系统工程的基本思想、原理和方法,并给出了若干实际应用案例。其内容涉及系统与系统理论、系统工程方法论、系统建模的方法、系统模拟、系统预测、系统评价、系统决策、系统优化以及面向复杂系统的研究方法等。

本书的编写注重了理论对实践的指导,用实际科研课题的研究成果对理论知识进行了诠释,有助于读者更好地理解和掌握有关知识,同时注重知识的层次结构,满足了不同层次、不同专业背景的读者的学习要求,为相关专业的本科生和研究生提供一本适用的教科书,也为从事相关领域研究工作的研究人员提供一本实用的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

系统工程导论/严广乐主编.--北京:清华大学出版社,2015

(21世纪经济管理精品教材·管理科学与工程系列)

ISBN 978-7-302-38485-4

I. ①系… II. ①严… III. ①系统工程—高等学校—教材 IV. ①N945

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第261270号

责任编辑:杜 星

封面设计:汉风唐韵

责任校对:宋玉莲

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市中晟雅豪印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.75 字 数:339千字

版 次:2015年1月第1版 印 次:2015年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.80元

产品编号:058048-01

前言

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问题的工程技术。它是系统科学体系的一个重要组成部分。自从 20 世纪 40 年代初美国贝尔电话公司在建立电话网等巨大工程项目时首次提出了“系统工程”这一概念以来,系统工程的应用领域不断地得到了拓广,它在社会、经济、军事、人口、能源、农业、水资源、生态环境、交通、城市规划、科学技术、教育、大型工程项目、医学、政法、企业管理、财贸、金融、卫生、体育乃至国家机关和乡镇企业等各个方面都得到了广泛的应用,并取得了令人瞩目的成果。

随着我国社会经济改革的不断深入,人们所面临的问题无论是从形式上还是内容上都呈现出前所未有的多样化和复杂化。系统工程作为一种现代科学技术在处理大规模复杂系统问题方面扮演着越来越重要的角色。本书编写的宗旨是为相关专业的大学生和研究生学习和掌握系统工程的基本原理和方法提供一本适用的课程教材,同时也为有关管理和研究人员提供一本适用的参考书。

本书共分 9 章,其中第 1~2 章介绍系统工程的一些基本概念和方法论;第 3 章介绍系统工程中几种典型的系统建模方法;第 4~7 章分别介绍系统工程在系统预测、系统评价、系统决策与对策以及系统优化方面的一些方法;第 8 章介绍系统工程在处理复杂系统问题方面的一些较为前沿的研究方向;第 9 章介绍 5 个实际案例。

本书的特点在于以浅显易懂的语言来阐述系统工程在思考问题、分析问题和解决问题方面的精髓,尽可能地减少数学公式和烦琐计算,使得即便是文科学生也能顺利地进行学习和研读。此外,本书更注重理论阐述与实际应用的紧密结合,体现出编写组成员长期以来的科研和教学实践的经验和经历。教材中给出的 5 个实际案例都是编写组成员所主持或参加的实际科研课题的部分研究成果。

本书的编写是上海市一流学科建设项目(S1201YLXK)和上海市重点课程建设(系统工程导论)的一个重要组成部分。

本书由上海理工大学的严广乐、张宁、刘媛华、沐年国、奚宁共同编写,编写时参阅了许多有关的文献资料。在调研和咨询阶段,得到了一些同行专家、学者以及热心人士的关心和支持,并提出了不少有益的意见和建议;研究生黄妍、丁妍等也付出他们的辛勤劳动,在此一并致以诚挚的感谢。

系统工程作为一门处理复杂系统问题的现代科学技术,本身还在不断地发展和完善,某些理论问题还有待于进一步的探讨和实践检验。我们真诚地欢迎广大读者对本书的不当之处提出批评和指正。

编者

2014年10月

教学支持说明

尊敬的老师:

您好! 为方便教学, 我们为采用本书作为教材的老师提供教学辅助资源。鉴于部分资源仅提供给授课教师使用, 请您填写如下信息, 发电子邮件或传真给我们, 我们将会及时提供给您教学资源或使用说明。

(本表电子版下载地址: http://www.tup.com.cn/sub_press/3/)

课程信息

书 名			
作 者		书号 (ISBN)	
课程名称		学生人数	
学生类型	<input type="checkbox"/> 本科 <input type="checkbox"/> 研究生 <input type="checkbox"/> MBA/EMBA <input type="checkbox"/> 在职培训		
本书作为	<input type="checkbox"/> 主要教材 <input type="checkbox"/> 参考教材		

您的信息

学 校			
学 院		系/专业	
姓 名		职称/职务	
电 话		电子邮件	
通信地址		邮 编	
对本教材建议			
有何出版计划			

_____年____月____日



清华大学出版社

E-mail: tupfuwu@163.com

电话: 8610-62770175-4903/4506

地址: 北京市海淀区双清路学研大厦 B 座 506 室

网址: <http://www.tup.com.cn/>

传真: 8610-62775511

邮编: 100084

第 3 章 系统工程建模方法	37
3.1 计量经济学方法	37
3.1.1 回归分析	38
3.1.2 计量模型的经济变量	38
3.1.3 计量模型的数学原理	39
3.1.4 计量经济学模型初步理解	40
3.1.5 参数估计	42
3.1.6 计量经济学模型的应用	44
3.1.7 实例	44
3.2 排队论方法	45
3.2.1 排队论的数学原理	46
3.2.2 排队系统与排队模型	47
3.2.3 生灭过程	49
3.2.4 Poisson 排队系统	49
3.2.5 几种排队模型	50
3.2.6 实例	51
3.3 时间序列建模	51
3.3.1 时间序列	52
3.3.2 描述性时序分析	52
3.3.3 趋势分析模型	54
3.3.4 季节变动分析模型	57
3.3.5 用于时间序列的灰色系统模型	58
3.4 解析结构模型	62
3.4.1 有向图	62
3.4.2 邻接矩阵	62
3.4.3 系统结构模型	63
3.4.4 结构分解	65
3.5 系统动力学模型	66
3.5.1 建模原理与步骤	67
3.5.2 建模的基本工具	69
思考与练习题	73
第 4 章 系统模拟与系统预测	74
4.1 系统模拟和系统预测概述	74
4.1.1 系统模拟概述	74
4.1.2 系统预测概述	75
4.1.3 系统模拟与系统预测的关系	76

4.2	系统模拟的常用方法	76
4.2.1	模拟计算机方法	76
4.2.2	蒙特卡罗法	78
4.2.3	系统动力学模拟法	80
4.3	系统预测的常用方法	85
4.3.1	预测的原则和步骤	85
4.3.2	定性预测法	86
4.3.3	回归预测法	90
4.3.4	时间序列预测法	96
	思考与练习题	101
第5章	系统评价方法	102
5.1	系统评价概述	102
5.2	费用-效益分析法	104
5.3	评分法	105
5.4	优序法	107
5.5	层次分析法	108
5.6	模糊综合评价	115
	思考与练习题	119
第6章	系统决策与对策方法	120
6.1	决策模型与分类	120
6.1.1	决策模型	120
6.1.2	决策分类	121
6.2	风险型决策	122
6.2.1	最大可能性准则	122
6.2.2	期望值准则	122
6.2.3	决策树法	123
6.3	完全不确定型决策	125
6.3.1	悲观准则(最大最小决策准则)	125
6.3.2	乐观准则(最大最大准则)	126
6.3.3	等概率准则(Laplace 准则)	127
6.3.4	折中准则	127
6.3.5	最小机会损失准则	128
6.4	系统对策	129
6.4.1	对策论简介	130
6.4.2	对策模型基本概念	131
6.4.3	对策模型的分类	133

87	6.4.4 零和对策	133
87	6.4.5 非零和博弈	134
88	思考与练习题	136
88	第7章 系统优化方法	138
88	7.1 最优化问题概述	138
88	7.2 线性规划	140
88	7.2.1 线性规划模型	140
88	7.2.2 单纯形法	143
101	7.3 动态规划	146
101	7.3.1 动态规划概述	146
101	7.3.2 多阶段决策问题	147
101	7.3.3 动态规划模型	148
101	7.4 非线性规划	155
101	7.4.1 基本概念	155
101	7.4.2 非线性规划的MATLAB解法	158
101	7.4.3 求解非线性规划的基本迭代格式	159
111	思考与练习题	160
111	第8章 面向复杂系统的研究方法	161
111	8.1 复杂网络简介	161
111	8.1.1 确定性系统与早期网络模型	161
111	8.1.2 实际网络的拓扑结构	162
111	8.1.3 复杂网络模型及特性	164
111	8.2 边界带系统研究的基本原理	164
111	8.2.1 SAR系统的基本演化方程	165
111	8.2.2 SAR系统运动的基本原理	167
111	8.3 演化博弈论	172
111	8.3.1 演化博弈论简介	172
111	8.3.2 复制动态	172
111	8.3.3 演化稳定策略	173
111	8.4 多主体模型	175
111	8.4.1 多主体模型的发展历史	175
111	8.4.2 多主体模型分类	176
111	8.4.3 多主体模型的结构	177
111	8.4.4 建立多主体模型	178
111	8.4.5 种族隔离模型	179
111	8.5 金融系统工程及其复杂性	180

8.5.1	金融市场成长复杂性	181
8.5.2	布朗运动-拓扑结构类似	183
8.5.3	价格幂律规律	184
8.5.4	不确定性: 涌现和羊群效应	185
	思考与练习题	186
第9章	系统工程应用案例	187
9.1	案例1: 边界带方法应用	187
9.1.1	SAR 方程	187
9.1.2	线性 SAR(1,1)系统模型	190
9.1.3	线性 SAR(2,1)系统模型	196
9.1.4	线性 SAR(1,2)系统模型	198
9.1.5	结束语	201
9.2	案例2: 市场经济中技术创新、商业周期的自组织临界	202
9.2.1	宏观规律	202
9.2.2	多主体模型	204
9.2.3	仿真结果和有效性检验	205
9.3	案例3: 集群创新系统中的企业竞争行为选择	205
9.3.1	博弈模型的假设与建立	205
9.3.2	博弈模型的演化稳定性策略分析	206
9.3.3	结论	209
9.4	案例4: 图书馆借阅网结构模拟	210
9.4.1	图书借阅数据关系分析	210
9.4.2	图书馆借阅网的二部图构建	212
9.4.3	结论	216
9.5	案例5: 系统观下的虚拟财富以及增长过程研究	216
9.5.1	SARS、梯度理论及其感知函数	217
9.5.2	虚拟财富的预期实现	218
9.5.3	当代经济的增长分析	219
9.5.4	虚拟财富与人的感知的实证研究	221
	参考文献	224

我们在日常生活中、新闻报道中常常会听到“系统工程”一词,例如,“神舟九号”任务飞行乘组的航天员刘旺在接受采访时说道:“我能保证100%,不仅是相信自己的实力,更相信我们团队的实力,相信我们全系统工程人员。他们细致的工作,以及产品的质量,都给我信心。”又如,领导讲话中会提到“深入推进廉洁乡村(社区)工程、权力运行‘阳光工程’、廉政风险防控工程、科技防腐工程、改革创新驱动工程等五大系统工程”。那么究竟什么是系统工程呢?在详细介绍概念之前,让我们先认识一个系统工程的例子,即中国水利工程中的明珠——都江堰工程。

1.1 体会系统工程

在著名的《隆中对》中被诸葛亮描述成“益州险塞,沃野千里,天府之土,高祖因之以成帝业”的四川在秦时期的司马错笔下却曾是另一个模样:“夫蜀,西僻之国也,而戎翟之长也,有桀纣之乱。”四川是如何在短短几百年之间摇身一变成为“水旱从人,不知饥馑,时无荒年,谓之天府”的天府之国的?这归功于2200多年前的一个大型水利工程。

公元前256年秦昭襄王时期,在枯水干旱季节,广袤的川西平原得不到灌溉,在洪水季节当地的劳动人民又饱受洪涝灾害之苦。于是,蜀郡太守李冰父子组织建造了都江堰,治理了水患,造福了此后世代百姓。都江堰水利工程空中俯视图如图1-1所示。



图1-1 都江堰水利工程空中俯视图

这座全世界迄今为止年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程,灌溉面积已达40余县,超过1000万亩的水利工程,当时面临的主要问题有溢洪、排沙、水量的自动调节等。都江堰水利工程由鱼嘴分水堤、飞沙堰溢洪道、宝瓶引水口等设施组成,如图1-2所示。这些设施从时间上、空间上和功能上相互关联、相互依存,以达到从整体上解决各个问题,达成了总体目标最优化、选址最优化、地形的合理利用以及建造成本最小化。

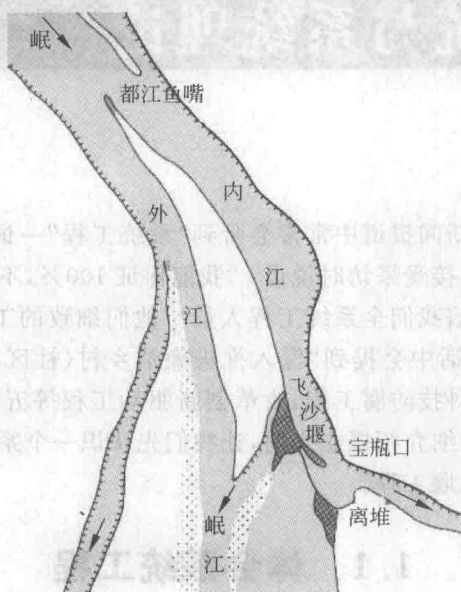


图 1-2 都江堰水利工程示意图

1. 总体目标最优化

都江堰水利工程在总结前人治水经验的基础上,位于江心的“鱼嘴”将岷江水流按 4:6 的比例分为内江和外江。其中内江用于灌溉川西平原,枯水季节,使用竹笼装满卵石封锁外江,堰前的鱼嘴恰到好处地将江水导入东侧人工修筑的内江;外江用作泄洪排沙,汛期来临或江水暴涨时,挖开竹笼,排出多余的江水,避免洪水的危害。

2. 选址最优化

水利工程选址的一个重要原则就是要实现自动分级排沙。都江堰水利工程选址在岷江出水口和川西平原的结合部——灌县境内弯道河流区域。根据弯道环流原理和流体动力学原理,上中层水流含泥沙较少,被推向河道的外侧,形成外高内低的水面。而中下层水流含泥沙较多,被推向河道的内侧。这样水从正面走,沙从侧面走,水流主体和泥沙主体逐渐得到分离。当水流到达鱼嘴分水堤时,由于鱼嘴的作用,将 80% 的泥沙分离到外江河道,内江河道只含余下的 20% 泥沙,从而实现第一级排沙。内江水流进入鱼嘴分水堤后仍然是弯道水域,再将 10% 的泥沙通过高于河床 2.5 米的飞沙堰排入外江河道,实现第二级排沙。余下的 10% 的泥沙沉积在从鱼嘴到宝瓶口 1 千米左右长的河道里。到了每年冬季枯水期再通过人工将这部分泥沙挖出来作为建筑材料,实现第三级人工排沙。

3. 地形的合理利用

合理地利用地形,以达到能够自动调节水量的目的。都江堰的三个组成部分——鱼嘴分水堤、飞沙堰溢洪道、宝瓶引水口被有机地融合成一个整体。春耕季节岷江的水量较小,江水主要沿弯道河岸外侧流动,并按鱼嘴分水堤中心距两岸的宽度分水,使按外江和内江的水量按 4:6 的比例分配。到了洪水季节,上游滩头被洪水淹没,河床坡度和弯道

趋于消失,水量按主流方向分配,因主流方向正对外江河口,使留入外江和内江的水量按4:6的比例分配。特大洪水时还可利用宝瓶口阻水和飞沙堰泄洪。宝瓶口为宽20米、高40米、长80米的狭长山谷带,是岷江水进入川西平原的关口,有走春水、阻洪水的作用。飞沙堰位于宝瓶口上游约170米处,长300米,高于河床2.5米。当内江水量超过正常水位时,多余的水便溢入外江。洪水季节80%~90%的供水由飞沙堰泻入外江,以保证进入川西平原的水量很少超过正常需要的量。

4. 建造成本最小化

都江堰水利工程在建造过程中,因地制宜,其中,宝瓶口是开凿在玉垒山与岷江江脊连接处的一个口子,因形似瓶口同时具有调节内江进水的重要作用,故名宝瓶口。在尚没有火药,甚至没有铁器的时代,睿智的蜀中先民在李冰的带领下,在岩壁上架起篝火,灼烧岩石,再浇上岷山冰雪融化而成的水,让岩石遇冷崩塌,历时八年,在玉垒山上开凿出了令人叹为观止的宝瓶口。就地取材的做法收效大、可靠性高,大大降低了工程造价,并且维修起来也很方便。

都江堰水利工程除了建造了功能强大的设施体系之外,还制定了一整套相应的维护和管理制度,使得该水利系统经历了2000多年的历史沧桑,至今仍然发挥着重要的工程效益。

通过都江堰的例子,我们可以认识到系统工程是规模较大的、历史持久的、要素众多的、功能强大的、造福百姓的,而用这些形容词来形容系统工程还是有些不足的地方,如今各界给出的系统工程定义已达数十种,随着时代的进步、科学技术的发展,它的定义仍在不断被完善。如果仅使用一个形容词来形容它,且绝不会有偏颇,那是什么呢?没错,那就是——“系统”。若要充分认识系统工程,必须弄清“系统”为何物。下面我们就来系统地解释一下“系统”的概念。

1.2 认识“系统”

系统是无处不在的,大到宇宙,小到细胞,都是系统,我们身在系统中,是系统的一部分,同时又是由多个系统组成的。下面我们从系统的来源视角来介绍系统。

1.2.1 系统的来源及定义

“system”源于拉丁语“systema”,它来自希腊语的“σύστημα”(systema),表示结合的意思,而“σύστημα”又是由同是希腊语的“σύνιστάναι”(synistanai)衍生出来的,是由意为“共同”的“σύν”(syn)和意为“制定、建立”的“ἵστημι”(histemi)组合而成的动词。古希腊哲学家德谟克利特所著的《宇宙大系统》是最早使用“系统”一词的书。现代对于“系统”的深入研究始于军事系统和工程系统,随后扩展到生物系统、经济系统和社会系统等其他许多领域。许多人曾给“系统”下过各种各样的定义:

(1) 在美国的《韦氏大辞典》(Webster)中,系统被定义为“有组织的或被组织化的整体;结合着的整体所形成的各种概念和原理的结合;又由规则的相互作用、相互依赖的形式组成的诸要素集合”。

(2) 在日本工业标准(JIS)中,系统的定义为“许多组成要素保持有机的秩序相统一目的行动的集合体”。

(3) 苏联百科全书对系统的定义是“一些在相互关联与联系下的要素组成的集合,形成一定的整体性、统一性”。

(4) 我国《中国大百科全书·自动控制与系统工程》中,对系统给出的定义是“由相互制约、相互作用的一些部分组成的具有某种特定功能的有机整体”。

(5) 在《辞海》中,“系统”指“①自成体系的组织;相同或相类似的事物按一定的秩序和内部联系组合而成的整体。如组织系统、灌溉系统。②始终一贯的条理;顺序。如系统化、系统学习”。

可以看出各个定义中有其共同之处。国内一般使用《中国大百科全书·自动控制与系统工程》中的解释,此定义包含三层意思:

(1) 系统必须由两个或者两个以上的要素组成,单个要素不能成为系统。而要素是构成系统的最基本的单元,是系统存在的基础。

(2) 系统中要素与要素之间存在有机的相互联系和相互作用的机制,从而形成系统一定的结构或秩序。

(3) 凡系统都具有一定的功能或特性,而这些功能或特性是系统中任何一个部分都不具备的,它是由系统内部各个要素以及要素与要素之间的有机联系或结构所决定的。

在自然界和人类社会中,许多事物都与其他事物存在着相互联系和相互作用的关系,因而几乎所有的事物都可以定义为系统。人们在认识和改造客观世界的过程中,如果采用了综合分析的思维方式看待周围的事物,根据事物内在的、本质的、必然的联系,从整体的角度去分析问题和解决问题,那么这类事物就可以被视为一个系统。

系统按其功能或层次可划分成一些相互关联、相互制约、相互作用的组成部分,如果这些组成本身也能符合系统的定义,则成为原系统的子系统,而原系统可能是更大的系统的组成部分。同样,子系统也可以进一步划分成若干二级子系统、三级子系统等。这就是系统的相对性或层次性。

对于所考虑的具体系统,系统以外部分称为系统环境,系统与环境的分界称为系统边界(见图 1-3)。系统对其环境的作用称为系统输出,环境对系统的作用称为系统输入。系统中各个组成要素之间的相对稳定的联系方式、组织和秩序称为系统结构。系统在与外部环境之间的相互联系、相互作用中表现出来的性质、能力和功效称为系统功能。系统结构和系统功能之间既相对独立又相互联系。对于非受控系统,系统的结构和环境决定了系统的功能;对于受控系统,系统的功能则通过系统的输入输出关系表现出来,它取决于系统的结构、环境和控制。系统与环境之间的联系是通过物质、能量或信息的传递来实现。系统在每个时刻所处的情况称为系统状态。系统状态随时间的变化称为系统行为。系统的产生、发展和消亡的全过程就是系统的生命周期。系统演化总是在一定的时间和一定的空间中进行。

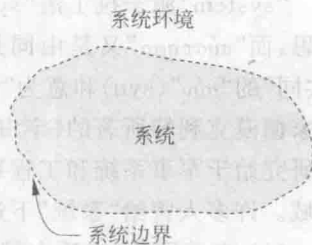


图 1-3 系统环境、系统边界

1.2.2 系统思想的形成

系统概念和系统思想是劳动人民在长期社会实践中形成和发展起来的。从西方发展来看,在我们有了如今对“系统”的认识之前,经历了很长一段的发展历史,可以追溯到柏拉图(*Philebus*)、亚里士多德(《政治学》)和欧几里得(《几何原本》)。而从中国发展来看,系统思想从夏朝开始到现在,也走过了一条漫漫长路。人类社会和科学技术发展的历史长河中,系统思想经历了三个主要历史阶段:从远古时期到15世纪左右是以朴素的辩证逻辑为特点的总体思辨阶段;从16世纪到19世纪是以形式逻辑为特点的机械分解——还原思维阶段;19世纪末20世纪初以后是以辩证逻辑为特点的系统思维阶段。

1. 朴素的总体思辨阶段

自古以来人们在长期的实践活动中就已经萌发了关于“系统”的概念和系统的思想。无论是在东方还是在西方都是如此。在宇宙的本源、地球的形成、事物层次的划分等许多方面都提出过各种各样的观点和假说。例如在宇宙构造方面,在中国古代有盘古开天,女娲补天的传说。还有天圆地方的“盖天说”,鸡卵构型的“混天说”和宇宙无限的“宣天说”。在西方也有“地心说”以及其他一些宗教和神学方面的假说。这些传说或假说都是人们经过长期的观察和联想创造出来的,它们满足了当时人们对客观世界的构造和起源进行解释的需要和渴求。但是由于当时受到历史条件和科学技术条件的限制,学科门类还没有被细分出来,还不具备必要的实验手段,这些传说和假说只能是直观的和朴素的。随着人类的进步和科学技术的发展,人们的实践范围越来越大,这些假说或传说一个一个无情地被现实打破。尽管如此,从本质上来看这些传说或假说中所蕴藏的一些思想还是令人寻味的。比如他们认为:第一,天和地的构造是一个相互作用、相互联系的整体;第二,天和地之间存在着许多层次;第三,宇宙的形成是一个由简单到复杂的发展过程;第四,宇宙发展的总趋势是由对称、无差别逐渐走向对称破缺、复杂化和多样化。这些思想即使用现代的科学观点来看原则上也是正确的。类似的典型例子还有许多,回顾中国历史,会发现许多闪烁着系统思想光芒的著作或故事,如大禹治水的“疏顺导滞”思想;《易经》中的阴阳五行说与“八卦”说;《黄帝内经》中提出的“天人相应”医疗原则;老子《道德经》的“道生一,一生二,二生三,三生万物,万物负阴而抱阳”的宇宙演化思想;《孙子兵法》的各种战略战术;《封神榜》中的“无中生有”;《梦溪笔谈·权智》里丁谓建皇宫的美谈等。在国外也有德谟克利特的《宇宙大系统》;亚里士多德的著名论断“总体大于它的各个部分之和”的论述等。总之,无论是在东方还是在西方,古代的思想家们基于他们宽广的知识和丰富的想象能力比较注意全局,从根本上去把握事物,形成了以朴素辩证逻辑为特点的总体思维方式,他们中有许多关于系统思想的论述影响之深远,很值得现代的人们去研究和开发。

2. 机械的分解——还原思维阶段

15世纪下半叶,力学、天文学、物理学等自然科学从古代哲学中慢慢分离开来。到了16世纪,一场科学革命在西方悄然兴起。1543年波兰天文学家哥白尼发表的《天体运行论》和比利时科学家维萨留斯发表的《人体结构》标志着西方近代科学的迅速发展。这场科学革命最显著的一个特点就是学科门类的精细分化。科学技术中先后分化出了物理

学、化学、生物学、天文学、地质学、医学,还有政治学、经济学、社会学、心理学、美学等。形成了以形式逻辑为特点的机械分解——还原的思维方式。学科门类的细分为人类“精确地”认识客观世界提供了舞台。近代的科学革命也促进了技术革命。基于对热学和力学的研究,创造出了蒸汽机、内燃机和其他各种机器;基于对电学的研究,创造出了发电机和电动机。其他还有航海、天文观测、火车、汽车、飞机、电报、电话、纺织、采矿、冶炼、印刷等一系列新技术的发明和创造,为人类提供了巨大的财富,极大地改变了人类的物质生活和文化生活,促进了人类社会的文明和繁荣。

但是近代科学在一步步走向辉煌的同时,以形式逻辑为特点的机械分解还原思维方式严重地背离了系统思想,过多地注意了学科的细节而忽略了学科之间的联系和学科的整体发展。只注意一砖一瓦的构造,而不知道大厦建立起来后的模样、用处、结构,所以从长远的观点来看是没有生命力的。19世纪上半叶,自然科学发展取得了伟大的成就,特别是能量的守恒与转化、细胞学说和进化论的发现,揭示了客观世界的普遍联系性,使人类对自然现象和过程的相互联系的认识有了很大的提高。恩格斯指出:“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过程之间的联系,而且总地说来也能够指出各个领域之间的联系了。这样我们就能够依靠经验和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。”马克思主义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形成的统一整体。辩证唯物主义体现的物质世界的普遍联系及其整体思想就是对系统思想的哲学概括。因此人们呼唤着一个新的时代——现代科学时代的到来。

3. 系统思维阶段

时代的车轮驶入了20世纪,相对论和量子力学的出现使人们认识到学科门类的过细划分妨碍了科学技术的进一步发展。相对论证明了牛顿建立的绝对时空只具有相对的真理性;而量子力学则指出,在微观尺度下经典力学已不再起作用。这样就彻底地动摇了近代科学的根基。首先科学发展的本身要求整体化;其次当代人们所要处理的问题变得越来越复杂,仅用单一学科的专门知识已经难以胜任,客观上要求多学科的合作,社会的迫切需要推动着科学的整体化;再次,原先人们难以顾及的交叉学科和边缘学科的兴起填补了各学科之间的空隙。这样,以辩证逻辑为特点的唯物辩证法与系统思维方法呼之欲出,形成了不可阻挡的历史潮流。第二次世界大战是量化系统思想发展的一个里程碑,战争中决策关系到一个国家的存亡,要求更精确地量化研究,计算机的发展给予了量化系统计算方法很大的支持,系统思想从辩证唯物主义中获得了思维的表达形式,从运筹学等现代科学中取得了量化的表达方式,并在系统工程实践中不断完善和发展,系统思想方法由朴素的“总体思辨”逐步形成一种科学的思想方法。

1.2.3 系统的属性

掌握系统的属性,可以帮助认识、研究系统,概括起来系统主要有以下几个方面特性。

1. 集合性

系统的集合性是指系统是由两个或两个以上可以相互区分的要素组成的集合体。单个要素不能构成系统。例如,一块黑板构不成一个系统。只有当黑板与其他可以区分的