

管理系统工程

GUANLI XITONG GONGCHENG

王水莲 编著

赠送课件和相关资源



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>



中国海洋大学教材建设基金资助

管理系统工程

王水莲 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

管理系统工程是以企业管理系统为研究对象的一门组织管理技术,是一门以系统科学、运筹学、计算机应用技术为主体的综合交叉性课程。其基本思想是坚持整体观念、统筹兼顾,运用有关优化分析方法,实现管理系统整体功能的提高。

全书结构由4部分组成:① 管理系统工程的基本理论;② 管理系统工程的基本工作;③ 提高系统性能的基本要点;④ 管理系统工程定量分析方法例题集。本教材的编写特色是以“组织管理技术”为主线,以“立足国情”为基点,以“大道至简”为方略。

本教材可用于经济管理专业和理工科管理工程专业本科教学,也可用于各级领导干部培训。教学过程中,可根据具体对象和学时要求,选择相关内容。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

管理系统工程 / 王水莲编著. —北京:北京交通大学出版社:清华大学出版社, 2018.7
ISBN 978-7-5121-3616-8

I. ① 管… II. ① 王… III. ① 管理系统理论 IV. ① C93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 152172 号

管理系统工程

GUANLI XITONG GONGCHENG

责任编辑:赵彩云

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969 <http://www.tup.com.cn>
北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

印刷者:三河市兴博印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185 mm×260 mm 印张:17.5 字数:437 千字

版 次:2018年7月第1版 2018年7月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-3616-8

印 数:1~2 000 册 定价:45.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。
投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

1978年9月钱学森等在《文汇报》上发表的《组织管理技术——系统工程》开启了系统工程理论与方法在经济管理领域应用的新纪元。

管理系统工程是以企业管理系统为研究对象,以系统科学、运筹学、计算机应用技术为主体的综合交叉性课程。本书由4部分组成。

(1) 管理系统工程的基本理论。第1、2章介绍了系统的概念和特性、有代表性的系统理论和系统工程方法,以及管理系统分析的原则、思路和内容。

(2) 管理系统工程的基本工作。第3、4、5、6章以介绍管理系统工程的基本工作环节为重点,从环境、结构、控制和评价4个方面,分别介绍了其原理、方法和应用热点。

(3) 提高系统性能的基本要点。第7、8、9章从集成、创新和设计三个视角探讨了提高管理系统性能的路径和方法。

(4) 管理系统工程定量分析方法例题集。编者运用Excel软件实现管理系统工程中的定量分析方法,并从经营管理角度进行了说明分析,教学过程中可根据课时和实际需要加以选择。

管理系统工程的基本思想是坚持整体观念、统筹兼顾,运用系统思维和优化分析方法,实现管理系统整体功能的提高。遵循统筹兼顾、创新发展的思路,本教材主要有以下特色。

首先,以“组织管理技术”为主线。现有相关教材多侧重数学优化方法的介绍,本教材学习的重点不是烦琐的计算过程,而是要把数学模型作为一把钥匙,帮助人们从整体上分析,从实质上研究,提高理性思维能力和开启管理决策的新思路。同时以计算机为工具使深奥的定量方法变得易学易用。

其次,以“立足国情”为基点。本书中选编的案例都是中国本土企业的案例,并且大多数都是近年来的案例。能够为教学过程提供丰富的案例材料,并能提高学生理论联系实际的能力,增强学生应用管理系统工程的能力。

最后,以“理论创新”为方略。贯穿本书的一条主线是系统科学理论在管理中的创新与发展,每一章在介绍完系统科学的相关理论后都有一节阐述系统理论前沿与管理前沿的结合。可以帮助老师、学生和研究者以系统思维分析管理现象,探索管理问题,研究管理前沿。

本教材的编写体例是由李宝山教授创立的,李教授睿智和严谨的治学精神将持续体现在本书的后续版本中。全书由王水莲编著,参加本次教材编写工作的有(按贡献排序):杜莹莹、陈志霞、杜文婷、张瑶、王洁、王璇、王圣丹、刘莎莎(中国人民大学)、常联伟、杨雄成、于秀慧(中国学术期刊电子杂志社)等。负责教学软件开发及相关内容编写的有:王水莲、杜莹莹、张瑶、王乾旭等。如需本教材教学软件包和课件可到北京交通大学出版社网站(<http://bjtup.com.cn>)下载。

本书获得中国海洋大学教材建设基金资助。在申请资助的过程中,得到了中国海洋大学

姜忠辉教授、彭德艳老师、吉晓莉老师的帮助。同时，本书出版得益于北京交通大学出版社赵彩云编辑等相关人员的辛勤工作。在此对参与本书编写和提供帮助的老师和同学们一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，形势发展日新月异，本书肯定存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

王水莲

2018年5月于青岛海洋大学

目 录

第 1 章 系统理论概述	1
1.1 系统的概念	1
1.2 系统工程的形成与发展	7
1.3 系统理论简介	13
◇ 关键术语	25
◇ 本章小结	25
◇ 复习思考题	26
第 2 章 管理系统分析	27
2.1 基本工作原则	27
2.2 基本工作思路	33
2.3 基本工作内容	41
◇ 关键术语	51
◇ 本章小结	51
◇ 复习思考题	52
第 3 章 管理系统环境	53
3.1 系统、环境与边界	53
3.2 不确定性管理	57
3.3 机遇与风险管理	70
3.4 五·七矩阵	79
◇ 关键术语	81
◇ 本章小结	82
◇ 复习思考题	82
第 4 章 管理系统结构	84
4.1 系统的结构与功能	84
4.2 结构分析方法	89
4.3 管理系统结构进化	102
◇ 关键术语	110
◇ 本章小结	110
◇ 复习思考题	110
第 5 章 管理系统控制	111
5.1 优化控制	112
5.2 流程控制	124
5.3 智能控制	140

◇ 关键术语·····	148
◇ 本章小结·····	148
◇ 复习思考题·····	149
第 6 章 管理系统评价·····	152
6.1 系统评价原理·····	152
6.2 定性评价方法·····	162
6.3 层次分析法·····	169
◇ 关键术语·····	178
◇ 本章小结·····	178
◇ 复习思考题·····	179
第 7 章 系统集成·····	180
7.1 集成管理内涵·····	180
7.2 集成管理的理论基点·····	193
7.3 集成平台·····	204
◇ 关键术语·····	210
◇ 本章小结·····	210
◇ 复习思考题·····	211
第 8 章 管理系统创新·····	212
8.1 系统创新的本质·····	212
8.2 系统创新规律·····	217
8.3 系统创新方法·····	228
◇ 关键术语·····	241
◇ 本章小结·····	241
◇ 复习思考题·····	242
第 9 章 管理系统设计·····	243
9.1 系统设计的内涵·····	243
9.2 系统设计的方法·····	251
9.3 交互架构商业模式·····	257
◇ 关键术语·····	262
◇ 本章小结·····	263
◇ 复习思考题·····	263
第 10 章 管理系统工程定量分析方法例题集·····	264
10.1 例题集编写与使用说明·····	264
10.2 例题集总体结构设计·····	265
10.3 例题集使用流程·····	268
参考文献·····	273

第1章

系统理论概述

学习要点

- 系统的基本概念及其对提高管理科学水平的指导作用
- 管理系统工程的基本概念及其在管理现代化中的作用
- 推动系统工程发展的方法论演变
- 系统工程的发展历程
- 系统理论及对企业管理的启示

进入新世纪，面对新形势，学习和掌握系统工程的理论与方法，对提高管理人员的基本素质，具有战略性的指导意义。在党的十八届三中全会上，习近平指出，全面深化改革是一项复杂的系统工程。

本章介绍系统概念、系统思想的产生与发展及经典的系统理论。系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分（要素）结合而成的、具有特定功能的有机整体。系统一般具有整体性、相关性、目的性、环境适应性等特性。管理系统工程是运用系统工程理论与方法，提高管理科学性的一门组织管理技术。系统思想的出现彻底改变了人们的思维方式，随着时代的发展，系统理论体系逐步形成并得到完善，其中具有代表性的理论包括：一般系统论、控制论、信息论、耗散结构理论、协同学理论、突变理论等。

1.1 系统的概念

在自然界和人类社会中，可以说任何事物都是以系统的形式存在的，每个要研究的问题或对象都可以看成是一个系统。人们在认识客观事物或改造客观事物的过程中，用综合分析的思维方式看待事物，根据事物中内在的、本质的、必然的联系，从整体的角度进行分析和研究，这类事物就被看作一个系统。

1.1.1 系统概念

系统一词最早出现于古希腊语中，“Syn histanai”原意是指事物中共性部分和每一事物应占据的位置，也就是部分组成的整体的意思。从中文字面看，“系”指关系、联系；“统”指有机统一；“系统”则指有机联系和统一。将系统作为一个重要的科学概念予以研究，则是由贝塔朗菲于1937年第一次提出的，他认为系统是“相互作用的诸要素的综合体”。

系统的确切定义依照学科的不同、使用方法的不同和解决的问题不同而有所区别,国外关于系统的定义已不下 40 个,例如:

(1) R. 吉布松:系统是互相作用的诸元素的整体化总和,其使命在于,以协作方式来完成预定的功能。

(2) B. H. 萨多夫斯基:互相联系着并形成某种整体性统一体的诸元素按一定方式有序地排列在一起的集合。

(3) 布拉乌别尔格、萨多夫斯基、尤金:从系统的整体性出发,可以从性质方面通过下列特征给系统概念下定义:

- ① 系统是由相互联系的诸元素组成的整体性复合体;
- ② 它与环境组成特殊的统一体;
- ③ 任何所研究的系统通常都是更高一级系统的元素;
- ④ 任何被研究的系统的元素通常又都作为更低一级系统。

(4) Webster 大辞典:有组织的或被组织化的整体,结合构成整体所形成的各种概念和原理的综合,有规则的相互作用和相互依存的形式结合起来的诸要素的集合等。

(5) 日本 JIS 工业标准:许多组成要素保持有机的秩序,向同一目标行动的事物。

综上所述可初步看出,系统概念同任何其他认识范畴一样,描述的是一种理想的客体,而这一客体在形式上表现为诸要素的集合。我国系统科学界对系统通用的定义是:系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分(要素)结合而成的、具有特定功能的有机整体。

从上述系统的定义可以看出,系统必须具备三个条件:第一是系统必须由两个以上的要素(部分、元素)所组成,要素是构成系统的基本单位,因而也是系统存在的基础和实际载体,系统离开了要素就不称其为系统;第二是要素与要素之间,存在一定的有机联系,从而在系统的内部和外部形成一定的结构或秩序,任一系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分(要素),这样,系统整体与要素、要素与要素、整体与环境之间,存在相互作用和相互联系的机制;第三是任何系统都有特定的功能,这使整体具有不同于各个组成要素的新功能,这种新功能是由系统内部的有机联系和结构所决定的。

任何事物都是系统与要素的对立统一体,系统与要素的对立统一是客观事物的本质属性和存在方式,它们相互依存、互为条件,在事物的运动和变化中,系统和要素总是相互伴随而产生,相互作用而变化。系统与要素相互关系如下。

1. 系统通过整体作用支配和控制要素

当系统处于平衡稳定条件时,系统通过其整体作用来控制 and 决定各个要素在系统中的地位、排列顺序、作用的性质和范围的大小,统率着各个要素的特性和功能,协调着各个要素之间的数量比例关系等。在系统整体中,每个要素及要素之间的相互关系都由系统所决定。系统整体稳定,要素也稳定,当系统整体的特性和功能发生变化,要素及要素之间的关系也随之产生变化,如一个企业管理组织系统的整体功能,决定和支配着作为要素的生产、销售、财务、人事、科技开发等各子系统的地位、作用和它们之间的关系,为使管理组织的整体效益最佳,就要求各子系统必须充分发挥各自的功能,并且对各子系统之间的关系进行控制与协调。

2. 要素通过相互作用决定系统的特性和功能

一般地说,要素对系统的作用有两种可能趋势:一种是如果要素的组成成分和数量具有一种协调、适应的比例关系,就能够维持系统的动态平衡和稳定,并促使系统走向组织化、

有序化；另一种是如果两者的比例发生变化，使要素相互之间出现不协调、不适应的比例关系，就会破坏系统的平衡和稳定，甚至使系统衰退、崩溃和死亡。

3. 系统和要素的概念是相对的

由于事物生成和发展的无限性，系统和要素的区别是相对的，由要素组成的系统，又是较高一级系统的组成部分，它在这个更大系统中的地位是一个要素，而同时它本身又是较低一级组成要素的系统。例如，某总厂是以几个分厂的要素组成的系统，而此总厂又是更大系统企业集团的一个组成要素。正是由于系统和要素地位与性质关系的相互转化，构成了物质世界一级套一级的等级性。

【案例 1-1】

多角度分析万科事件

万科与宝能系的股权之争是中国 A 股市场历史上规模最大的并购与反并购拉锯战。2015 年 1 月宝能系旗下的前海人寿开始买入万科股份。2015 年 7 月 10 日宝能系首次举牌，打响了“万宝之争”的第一枪，并在钜盛华支持下多次举牌。万科起初以静制动，直至宝能系第三次举牌，超过华润成为第一大股东，万科才有所行动，试图借助媒体和证监会的力量制衡宝能系，并于 2015 年 12 月 19 日停牌筹划重大资产重组。华润为了保住第一大股东的地位增持股份至 15.23%。安邦保险集团在举牌万科后也卷入“万宝之争”。博弈各方合纵连横，局势发展跌宕起伏，各大网站报社纷纷发声，就万科事件各抒己见，可谓“一千个读者眼里有一千个哈姆雷特”。

1. 名誉与情怀之争

万科董事长王石率性洒脱，极具冒险精神，热爱登山、跳伞等极限运动。禅让权位十多年，虽是万科创始人，但持有股份极少。有担当、奋进的企业家形象是他一直努力在公众心中树立的。

在这场股权之争中，以王石为代表的万科管理层公然与宝能系对抗，其与深圳地铁集团合作的重组预案也激化了与华润的矛盾，种种事端把王石推向风口浪尖，一直有人高呼“这是王石一个人的战斗”。王石的去留无疑成了“万宝之争”的焦点问题。有人说王石“丢了美人，亦丢了江山，已众叛亲离”。潇洒的王石也不免为声名所累，早先就想过功成身退，到了现在这个地步，一是为了个人名誉而战，二是为了万科坚持他所创立的文化和制度而战。“挺王石派”坚持王石出局将是对中国企业家精神的一次沉重打击。无奈，资本市场不讲情怀。

2. 资本与管理之争

万科控制权争夺背后的大势是没有资本愿意再做配角，无论是原来的大股东华润，还是新晋大股东宝能。这透射出一个在公司治理层面上更前沿的规范性议题，即构建什么样的公司治理结构和机制，才能有效协同、平衡好资本与管理间的关系。

一个是资本投资方，通过公开渠道获得企业超过 22% 的股权，意图取得控制权；一个是企业管理层，执着于企业价值、情怀伦理，利用现有架构对抗“品格”可能有问题的资本。这场商战并未超出资本并购的一贯纠葛。万科优秀的职业经理人团队和文化能通过新探寻的制度沉淀下来，构建资本与管理相互尊重、相互依存和共享通建的新制度体系，万科的权斗闹剧也将是其重生的插曲。万科之争也就具有了真正的商业经典价值，否则纷争过后，

势将是遍地瓦砾。

3. 权利与规则之争

有分析者认为,该场资本博弈愈演愈烈的深层原因是法律规则的不健全。以王石、郁亮为代表的万科管理层,抛开资本市场规则,拒绝已成为其第一大股东的宝能系行使正当的权利;宝能高调收购,其资金来源既涉嫌钻法律漏洞,也潜藏巨大风险。如何界定“内部人控制”,对二级市场举牌造成的股权分置该不该设置预警线,对于保险资本举牌是否应该规范等等,都是法律需要健全的方面。

对中国资本市场来说,万科股权大战无异于一场观念对决和市场竞争意识的大洗礼。由此而论,这也为股市未来的健康发展提供了契机。资本市场的价值发现功能往往都是在股权争战中实现的,只要合乎规则,这种争战最终都将转化为市场成长的润滑剂。

纵观整个万科事件,它既包含着当事人认知的局限,也有实操中的现实困境,更有法律规则的空白与缺位。正因如此,同一件事在不同人身上却有着不同的解读和结论,也令舆论围观呈现出多元乃至对立的局面。很明显,每一种解读正如盲人摸象一般,只能从一个角度看到整个万科事件的一个方面,无法整体把握事件发生的脉络与全貌。因此,我们需要把系统的思想引入对事件的分析判断中去,只有多角度、全面地看待问题,才能形成独立的思维方式,对事件有更深入的理解和掌握。

1.1.2 系统的形态

系统是以不同的形态存在的。根据生成的原因和反映的属性不同,系统可以进行各种各样的分类。系统的形态与其所要解决的问题密切相关。系统的一般形态分述如下。

1. 自然系统和人造系统

自然系统是由自然物(矿物、植物、动物、海洋等)形成的系统。它的特点是自然形成的。自然系统一般表现为环境系统,如海洋系统、矿藏系统、植物系统、生态系统、原子核结构系统、大气系统等。了解自然系统的形成及其规律是人造系统的基础。

人造系统是为了达到人类所需要的目的,由人类设计和建造的系统。工程技术系统、经营管理系统、科学技术系统就是三种典型的人造系统。工程技术系统是由人们对自然物等进行加工,用人工方法建造出来的工具和机械装置等所构成的工程技术集合体。经营管理系统是人们通过规定的组织、制度、程序、手段等建立起来的经营与管理的统一体。科学技术系统是人们对自然现象和社会现象的科学认识,用人工方法研究出来的综合的科学体系和技术体系。

实际上,多数系统是自然系统与人造系统相结合的复合系统,因为许多系统是有人参加的活动。如社会系统,看起来是一个人造系统,但是它的发生和发展不以人们的意志为转移,而是有其内在规律。从人类发展的需要看,其趋势是越来越多地发展和创造更新的人造系统。随着科学技术的发展,已出现了越来越多的人造系统。但是大量人造系统的发展,也打破了自然系统的平衡,使自然环境(大气、生态、海洋)系统受到极大破坏,造成各种可知和尚不可知的污染,甚至给人类的生活和生存带来威胁。因此,近年来系统工程已越来越注重从与自然系统的关系中来研究、开发、建造人造系统。

2. 实体系统和概念系统

实体系统是以矿物、生物、能源、机械等实体组成的系统。就是说,它的组成要素是具

有实体的物质。这种系统是以硬件为主体,以静态系统的形式来表现的。如人一机系统、机械系统、电力系统等。系统不仅有实体部分,而且还必须有赖以形成的概念部分。

概念系统是由概念、原理、原则、方法、制度、程序等观念性的非物质实体所组成的系统。它是以软件为主体,依附于动态系统的形式来表现的。如科技体制、教育体系、法律系统、程序系统等。

在实践中,实体系统和概念系统通常是结合在一起的。如机械工程是实体系统,而用来制造某种机械所提供的方案、计划、程序就是概念系统。实体系统是概念系统的基础和服务对象,而概念系统为实体系统提供指导和服务,两者是不可分的。

3. 封闭系统和开放系统

封闭系统是指与外界环境不发生任何形式交换的系统。它不向环境输出也不向环境输入,一般来讲,它是专门为研究系统目的而设定的。如封存的设备、仪器及其他尚未使用的技术系统等。

开放系统是指系统内部与外部环境有相互关系,能进行能量、物质和信息交换的系统。它从环境得到输入,并向环境输出,而且系统状态直接受环境变化的影响。大部分人造系统都属于这一类,如社会系统、经营管理系统等。围绕系统在外部环境影响下进行的活动来认识系统,是识别、研究系统特性的主要途径。

4. 静态系统和动态系统

静态系统是其固有状态参数不随时间改变的系統。它没有既定的相对输入和输出,其在系统运动规律的表征模型中不含时间因素,即模型中的变量不随时间而变化。如车间平面布置系统、城市规划布局等。静态系统属于实体系统。

动态系统是系统状态变量随时间而改变的系統。也就是把系统的状态变量作为时间的函数而表现出来的系统。它有输入和输出及转换过程,一般都受到人的行为因素的影响。如生产系统、服务系统、开发系统、社会系统等。动态系统需要有静态系统作为基础,需要概念系统的配合。由于系统的特性是由其状态变量随时间变化的信息来描述的,因此在实际工作中,要以分析和研究动态系统为主要目的。

5. 对象系统和行为系统

对象系统是按照具体研究对象进行区分而产生的系统。如企业的经营计划系统、生产系统、库存系统等。

行为系统是以完成目的行为作为组成要素的系统。所谓行为,是指为达到某一确定的目的而执行某特定功能的作用,这种作用对外部环境能产生一定的效用。行为系统的区别并不以系统的组成部分及其结构特征作为标准,而是根据行为特征的内容加以区别的。也就是说,尽管有些系统组成部分及其有关内容是相同的,但如果其执行特定功能的作用不同,那它们就不能是同类的系统。行为系统一般需要通过组织体系来体现,如社会系统、经济系统、管理系统等。

6. 控制系统和因果系统

控制系统是具有控制功能和手段的系统。控制就是为了达到某个目的给对象系统所施加的必要动作。控制对象要由控制装置操纵,使其达到规定的目的。当控制系统由控制装置自动进行时,称之为自动控制系统。

因果系统是输出完全决定于输入的系统,因果系统必须是个开放系统。因果系统的内容

是由单一因素决定的,其状态与结果具有一致性。这类系统一般为测试系统。如信号系统、记录系统、测量系统等。

具体系统的形态可能千变万化,但是基本上可以看作是由上述各种系统形态相互组合而形成的,它们之间往往是相互交叉、相互渗透的。

1.1.3 系统工程与管理系统工程

系统工程(systems engineering, SE)是在20世纪中期才开始兴起的一门实用学科,是软科学的重要组成部分。它不仅是一门综合性很强的实用技术科学,也是一种现代化的组织管理技术。到目前为止,由于观点不同,国内外著名系统工程学家对系统工程有各种不同的解释,从不同角度有着不同的理解,下面引述一些国内外具有代表性的定义。

(1) 1967年美国切斯纳: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相互关系,但是每一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相互协调。

(2) 1967年日本工业标准JIS 8121:系统工程是为了更好地达到系统目的,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。

(3) 1967年美国莫顿:系统工程是用来研究具有自动调整能力的生产机械,以及像通信机械那样的信息传输装置、服务性机械和计算机械等的方法,是研究、设计、制造和运用这些机械的基础工程学。

(4) 1969年美国质量管理学会系统委员会:系统工程是应用科学知识设计和制造系统的一门特殊工程学。

(5) 1971年日本寺野寿郎: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。

(6) 1974年大英百科全书: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化的工程技术。

(7) 1976年苏联大百科全书:系统工程是一门研究复杂系统的设计、建立、试验和运行的科学技术。

(8) 1977年日本三浦武雄:系统工程与其他工程不同之处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,而系统不仅涉及工程学的领域,还涉及社会、经济和政治等领域。为了适当解决这些领域的问题,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。亦即,研究系统所需的思想、技术、手法和理论等体系化的总称。

(9) 1978年我国著名科学家钱学森等:把极其复杂的研制对象称为系统,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成具有特定功能的有机整体,而且这个系统本身又是它从属的一个更大系统的组成部分。……系统工程则是组织管理这种系统的规划、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。

目前,系统工程已被广泛应用于国民经济各个部门,成为制定最优规划、实现最优管理的重要方法和工具,在社会主义现代化建设中,发挥出十分重要的作用,并取得显著的成果。

1. 社会系统工程

组织管理社会主义建设的技術，称为社会系统工程。它的研究对象是整个社会、整个国家，这是一个巨系统。因此，它具有多层次、多区域、多阶段的特点。在研究方法上一般采用多级递阶结构来处理。

2. 经济系统工程

研究宏观的社会经济系统的问题。如经济发展战略、经济战略目标体系、经济指标体系、计划综合平衡、投入产出分析、消费结构分析、投资决策分析、经济政策分析、资源最优利用等。

3. 区域规划系统工程

从系统工程的角度来考察区域经济及其今后的发展，亦即将一定地域空间的社会再生产总过程——生产、分配、交换、消费作为考察的对象系统。着重揭示对象系统与自然—经济—社会环境系统的相互影响或作用，在一定时期内将会发生怎样的变化，提出实现发展目标的各种对策方案。

4. 生态系统工程

研究大气生态系统、大地生态系统、森林与生物生态系统、城市生态系统等的系统分析、规划、建设、防治等方面的问题。

5. 能源系统工程

研究能源合理结构、能源需求预测、能源供应预测、能源生产优化模型、能源合理利用模型、节能规划等。

6. 农业系统工程

研究农业发展战略、农业综合规划、农业区域规划、农业政策分析、农业结构分析、农业投资规划、农产品需求预测、农作物合理布局等问题。

从以上简述中，可以看出一个重要的区别在于系统工程应用的范围、界面不同。以此观点，将系统工程应用于（企业）管理领域，称之为管理系统工程。即运用系统工程的科学方法，通过最优途径的选择，使管理工作在一定期限内取得最合理、最经济、最有效的效果。所谓科学的方法，就是从整体观念出发，通盘筹划，合理安排整体中的每一个局部，以求得整体的最优规划、最优管理和最优控制，使每个局部都服从一个整体目标，做到人尽其才，物尽其用，以便发挥整体的优势，避免资源的损失和浪费。

1.2 系统工程的形成与发展

1.2.1 古代朴素系统思想

系统的概念来源于人类的长期社会实践，人类很早就已经有了系统思想的萌芽，这主要表现在对整体、组织、结构、等级等概念的认识。我国是一个具有数千年文明史的古国，在丰富的历史宝库中，可以找到很多有关系统的朴素思想。古代天文、医药、军事、工程等方面的知识和成就，都在不同程度上反映了朴素的系统思想。

我国古代天文学家为发展原始农牧业，很早就关心天象的变化，把宇宙看作一个超体系

统,探讨了它的结构、变化和发展,揭示了天体运行与季节变化的联系,编制出历法和指导农事活动的二十四节气。中国的《黄帝内经》中,也包含有朴素的系统思想。《内经》通过对经络、脉象、穴位等的研究,深化了对人体“系统”的认识。中药的“辨证处方”,则是系统思想的集中体现。一服中药一般由“君、臣、佐、使”4个部分组成,“君药”对主病起主要治疗作用,用量较大;“臣药”辅助“君药”加强治疗作用;“佐药”用来抑制“君药”可能产生的副作用;“使药”对各种药物起调和作用。“君、臣、佐、使”合理配置,一服中药就是一个具有“健身除病”功效的药物“系统”。

我国古代的系统思想还反映在军事理论方面,春秋末期,我国著名军事家孙武,在他的《孙子兵法》中就阐述了不少朴素的系统思想和谋略。《孙子兵法》中“经五事”从道、天、地、将、法五个方面来分析战争的全局,这里所讲的“道”,就是要内修德政,注重战争是否有理,有道之国,有道之兵,得到人民的支持,这是胜利之本。此外,还有天时、地利的客观条件。而将领的才智、威信状况,士兵是否训练有素,纪律、赏罚是否严明,粮道是否畅通等则是主观条件。并依据“五事”推论出“七计”,指出“经之以五事,校之以计,而索其情”。《孙子兵法》是一部揭示战争规律的杰作,对战争系统的各个层次、各个方面及它们的内在联系都进行了全面分析和论述,从而在整体上构成了对于战争的规律性的认识。据说现在日本许多系统工程学者和管理学家,都热衷于研究《孙子兵法》的思想,并将之用于现代管理之中,他们认为:《孙子兵法》中关于运筹谋略、对抗策略的论述极其精辟,在两千多年后的今天仍然是适用的。

我国古代劳动人民已经懂得把系统思想运用于改造自然的社会实践中去。这方面的事例很多,如战国时期秦国太守李冰任蜀郡太守后,主持修建了驰名中外的四川都江堰水利工程,该项工程包括三个主要部分:“鱼嘴”是岷江分洪工程;“飞沙堰”是分洪排沙工程;“宝瓶口”是引水工程。三个部分巧妙地结合成一个整体工程,根据今天的试验,工程的排沙、引水、防洪等方面都做了精确的数量分析,使工程兼有防洪、灌溉、漂木、行舟等多种功能。由于在渠道上设置了水尺测量水位,合理控制分水流量,使工程不仅分导了汹涌流急的岷江而化害为利,还利用分洪工程有节制地灌溉了14个县的几百亩田地;使工程不仅在施工时期有一套管理办法,还建立了维修保养制度,每年按规定淘沙修堤,使工程经久不衰,至今仍能充分发挥其效益。三大主体工程和120个附属渠堰工程,形成一个协调运转的工程总体,体现了非常完善的整体观念、优化方法和发展的系统思路,即使从现代观点看,仍不愧为世界上一项宏伟的水利工程建设。所有这些都说明人类在知道系统工程之前,在社会实践中就已经进行辩证的系统思维了,并开始应用朴素的系统思想改造自然与社会了。

朴素的系统思想,不仅表现在古代人类的实践中,而且在我国古代和古希腊的哲学思想中得到了反映,当时的一些朴素唯物主义思想家都从承认统一的物质本源出发,把自然界当作一个统一体。中国古代的系统思想在老子的《道德经》中得到高度概括和提炼,《道德经》中的“道”或“一”超越了时空界限,“独立而不改,周行而不殆,可以为天下母”,老子认为,只有按照“道”的原则,才能实现既定的目标,“天得一以清,地得一以宁,神得一以灵,谷得一以盈,万物得一以生,侯王得一为天下正”。这里的“道”或“一”在某种意义上可以和“系统”画等号。

古希腊卓越的唯物主义哲学家德谟克利特也从唯物主义立场出发阐述了系统的思想。他在物质构造的原子论基础上,认为世界是由原子和虚空组成的,原子组成万物,形成不同系

统层次的世界，人也是一个小世界，宇宙中有无数世界，这些世界不断产生、发展和消灭。亚里士多德的“四因”（目的因、动力因、形式因、质料因）的思想，以及关于事物的种属关系和关于范畴分类的思想等，可以说是古代朴素系统观念最有价值的遗产。他曾经说过：一般来说，所有的方式显示全体并不是部分的总和。他以房屋作例子，说明一所房屋并不等于它的砖瓦、木料等建筑材料的总和，并指出：由此看来，很清楚，你可以有了各个部分，而还没有形成整体，所以各个部分单独在一起和整体并不是一回事。后来人们把亚里士多德的这个思想概括成“整体大于部分的总和”。类似这种系统观在几何学的奠基人欧几里得和天文学家托勒密的著作中也有具体表述。

1.2.2 系统方法论的形成

古代朴素唯物主义哲学思想包含了系统思想的萌芽，它虽然强调对自然界整体性、统一性的认识，但缺乏对整体各个细节的认识能力，因而对整体性和统一性的认识是不完全的。为了认识这些细节，我们不得不把它们从自然的或历史的联系中抽取出来，从它们的特性、它们特殊的原因和结果等方面来逐个加以研究。这首先是自然科学和历史研究的任务。真正的自然科学从15世纪下半叶开始，在还原论的支持下迅速发展起来。

还原论的特点是：对整体进行分解，把整体分解为部分，再把部分分解为更小的部分。直到认为适宜的程度。对层次进行还原，把高层次还原到低层次，把高级内容还原为低级内容，一层层地降解，直到最低的层次和最终的物质要素。从微观揭示本质，坚信事物的本质不在宏观而在微观，在于构成宏观现象的微观物质基元，只有整体分解为部分，把部分还原到“原子”（或其化身），才能找到终极根源，作出终极说明。

还原论的科学不但成功地建立起庞大和完整的科学体系，在认识自然界的过程中卓有成效；同时也孕育出高度发达的工程技术、行之有效的管理制度，建造了空前昌盛的人类文明。如管理中的施密特实验就是还原论在管理中的集中体现。泰勒对铲装工施密特的操作做了细致、准确的测量，剔除其工作的无效部分，最终确定了施密特装卸效率最高时的每一个操作细节，包括铲的大小、铲斗重量、铲装重量、堆码过程、走动距离、手臂摆弧及其他操作内容，使施密特的劳动生产率由每天12.5吨增至48吨。这种将动作的流程分解到最小的单位，测量它们所需的时间和空间，再将它们组合在一起的方法，怎么看都与还原论的科学有着深厚的渊源。

但是，这种做法也给我们留下了一种习惯：把自然界的事物和过程孤立起来，撇开广泛的总的联系去进行考察，因此，就不是把它看作运动的东西，而是看作静止的东西；不是看作本质上变化着的东西，而是看作永恒不变的东西；不是看作活的东西，而是看作死的东西。这就造成了最近几个世纪所特有的局限性，即形而上学的思维方式。在电影 *The Fly* 中的苍蝇人正是对还原论的讽刺。

被科学家引以为傲的完善的科学大厦，其实并没有通过还原论真正搭建起来。爱因斯坦发现时间、空间、物质和能量乃至整个宇宙必须作为一个整体来研究，“物质告诉时空怎样弯曲，时空告诉物质怎样运动”。一旦割裂它们就会产生严重失真。牛顿世界物质与时空分离、时空均匀平直的状况，只是忽略失真后的一种近似。在量子世界，我们无法把一个整体非常确定地分为一些组成部分，更无法把这些组成部分非常确定地组成整体。随后的混沌学研究则告诉人们，我们以为是世界全部的牛顿世界，只不过是特例，更为广大的世界是牛

顿力学无法解释的。

20 世纪,在自然科学和社会科学的各个领域都开始探索一种新的方法论,我们称之为现代整体论。系统工程就是在现在整体论的探索中形成的非常重要的一门学科。系统工程是一门跨越各个学科领域的横断性学科,一方面因为这套思想和方法适用于许多领域,因为每个领域都有一些带有整体性、全局性的问题需要综合处理;另一方面,系统工程所使用的方法与工具又多来自各门学科,需要把他们综合起来加以应用。

1.2.3 系统工程发展史

从世界范围内来看,系统工程经历了三个阶段。

1. 基础系统理论与系统工程理论各自独立发展的阶段

1925 年,美籍奥地利生物学家贝塔朗菲(Ludwing von Bertranffy)提出了系统论的思想,他的视野很快超出了生物学,于 1937 年提出一般系统论原理,为系统论奠定了理论基础。1954 年,贝塔朗菲与持有相同观点的另外 3 位著名学者:经济学家鲍尔丁(Kenneth Boulding)、生物学家杰拉德(Ralph Gerard)和生物数学家拉波波特(Anatol Rapoport)发起成立了“一般系统研究会”,此 4 人被认为是系统运动之父。他们在加利福尼亚帕罗奥托行为科学高等研究中心合作共事,提出了系统科学研究的 4 个主要目标:① 研究不同科学领域中概念、规律、模型的相似性,并致力于从一个领域向另一个领域移植;② 鼓励理论探索;③ 尽可能减少不同领域中的重复研究;④ 促进科学家之间的交流,强化科学研究的协调性。研究会每组织召开一次年会,出版一期年刊,就会吸引大批科学家,在西方学术界产生了很大影响,随之而来的便是轰轰烈烈的系统运动。

美国贝尔电话公司在进行电话网络的设计中使用了一种方法,把每一项工程的进程划分为规划、研究、发展、发展期间研究和通用工程五个阶段,1940 年,他们把这种方法称为系统工程。1957 年,美国密歇根大学的古德和麦克霍尔合著了《系统工程学》,综合论述了运筹学方法及其一些具体分支。1962 年,霍尔写了《系统工程方法论》,把系统工程看作一个过程、一种解决问题的程序,并提出了系统工程的三维结构模型。美国兰德公司倡导了“系统分析方法”,运筹学逐渐形成了许多理论分支,如规划论、博弈论、排队论、决策论等,使得运筹学逐渐发展成为一种独立的系统体系。

2. 基础理论的进一步深化,并融入系统工程实践中

学者们从动态的角度更深入研究一般系统概念和原理,自组织理论发展起来。20 世纪 60 年代,贝塔朗菲曾提出由系统的科学与数学系统论、系统技术、系统哲学构成广义系统论的设想。1976 年,萨缪尔森提出将系统论、控制论、信息论综合成一门新学科的建议。现代科学技术的发展对系统思想的方法和实践产生重大影响,具体表现在:① 现代科学技术的成就使得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关系的科学方法;② 现代科学技术的成就和发展为系统思想方法的实际运用提供了强有力的计算工具——电子计算机。

这个时期的自然科学为马克思主义哲学提供了丰富的资料,为唯物主义自然观建立了更加巩固的基础。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形成的统一整体。辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想,就是系统思想。