

WUTP

普通高等学校
自动化类专业新编系列教材

Introduction to Systems Engineering

系统工程概论

杨家本 主编
林锦国 黎明森 宋靖雁 副主编

武汉理工大学出版社

普通高等学校自动化类专业新编系列教材

Introduction to Systems Engineering

系统工程概论

主 编 杨家本

副主编 林锦国 黎明森 宋靖雁

武汉理工大学出版社

·武汉·

内容提要

系统工程是运用系统理论和系统方法,借助运筹学、控制论、信息论和计算机等现代科学技术手段,处理各类系统并使其达到总体最优的技术。系统工程对各类工程系统和管理系统具有广泛的适用性。本书介绍了系统概念,系统学基础,运筹学基础,系统建模、优化和决策,系统经济分析,系统可靠性分析等。本书可作为大学工科、管理学科、经济学科等本科生教材,也可作为各类专业技术和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程概论/杨家本主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2002.1
普通高等学校自动化类专业新编系列教材
ISBN 7-5629-1787-6

I.系…

II.杨…

III.系统工程-概论

IV. N94

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路122号 邮编:430070

HTTP://www.whut.edu.cn/chubanl

E-mail:wutp@public.wh.hb.cn

经销者:各地新华书店

印刷者:武汉理工大学出版社印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:17

字数:424千字

版次:2002年1月第1版

印次:2002年1月第1次印刷

印数:1—5000册

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

普通高等学校自动化类专业新编系列教材

出版说明

世纪之交,我国高等学校的人才培养工作正处在一个关键的历史时期。为了适应我国改革开放和社会主义现代化建设特别是社会主义市场经济体制对高等教育人才培养工作的新要求,为了适应世界科学技术发展的新趋势和新特点,原国家教育委员会组织对普通高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订,并于1998年7月由教育部正式颁布实施。修订后的专业目录中,自动化类专业的专业面大大拓宽,相应的专业培养目标、业务培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。要适应新的专业培养目标和教学要求,组织一套新的自动化类专业系列教材就成了当务之急。为此,武汉理工大学出版社在广泛调研的基础上,组织国内近30所大学的近100位教授共同编写了这套系列教材。

本套教材定位于普通高等学校自动化类专业本科层次,遵照教育部颁发的《普通高等学校本科专业介绍》中所提出的培养目标和培养要求,依据2000年5月全国23所高等院校的70多位专家教授在武汉共同确定的指导思想和编写大纲进行编写,具有如下特点:

观念新——主动适应教学改革的需要和市场经济对人才培养的要求;

内容新——自动化技术在近20年来进展巨大,并与计算机技术、航空航天技术、建筑工程、生物工程、社会科学(社会系统与经济系统)联系越来越紧密,这套教材尽可能反映了这些内容,以适应21世纪自动化与控制工程人才的培养要求;

体系新——在以前的基础上重构和重组,而非重建。各门课程及内容的组成、顺序、比例更加优化,避免遗漏和不必要的重复;

与国际接轨——自动化类专业教育要面向世界,面向未来,面向区域经济。在借鉴发达国家高等教育的专业模式和课程设置的同时,适当兼顾当前各地区经济文化发展不平衡的现状;

教学手段现代化——本套教材力求具有网络化、电子化、数字化的特色,大力推进电子讲稿和多媒体课件的出版工作。

本系列教材是在21世纪初推出的目前系统优化、品种较全、作者阵容最强的一套普通高等学校自动化类(本科)系列教材。我们将高度重视,兢兢业业,保证质量,恳请选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议,以便我们不断修订、补充、完善全套教材。

21世纪已经到来,知识经济的曙光已经初现。面向新世纪的中国高等教育正在经历前所未有的变革和发展,人文与理工相通,科学与技术相融,教学与研究并重,知识与智慧同尊,以培养社会经济文化发展所需要的复合型人才,这是我国建立知识创新体系的重大挑战和空前机遇。我社愿与各位专家、读者真诚合作,共同努力,为新世纪的中国高等教育事业做出更大的贡献。

武汉理工大学出版社

2001年8月

普通高等学校自动化类专业新编系列教材

编审委员会

顾问：

郑大钟 熊有伦 戴冠中 萧德云 陈伯时 周祖德
项国波 席裕庚 褚 健

主任委员：

萧蕴诗 张崇巍 陈大钦 吴 坚 陈福祥 高鸣涵

委员(按姓氏笔画顺序)：

马建国 王 辉 王孝武 王明阳 王建华 王俊杰
文 方 方康玲 卢京潮 龙 伟 申功璋 叶春生
全书海 吕 锋 刘 泉 刘涤尘 刘京南 李汉强
李磊民 宋靖雁 林 都 林 辉 林锦国 杨 波
杨天怡 杨家本 周泽义 胡 超 赵英凯 赵曾贻
侯朝楨 钟 珞 须文波 翁维勤 夏承铨 郭圣权
徐科军 黄席樾 章卫国 彭容修 程耕国 温阳东
曾庆军 谢克明 熊前兴 黎明森 戴文进

编委会秘书：

黄 春

总责任编辑：

杨学忠 徐秋林

前 言

根据普通高等学校自动化类专业系列教材编写计划,我们编写了这本《系统工程概论》教材。系统工程是从系统的观点出发,对系统总体给出满意的规划、设计、决策、实现及管理。系统工程作为处理一般系统的技术与方法,具有跨学科性质,它是对所有系统都普遍适用的方法,已广泛地应用到工业、农业、国防及经济、社会等各个领域。我们认为,作为自动化专业,包括各个专业的学生,不仅应该掌握本学科所应具有的专业知识,还应该学习系统工程,具备处理系统问题的能力。

对本书的内容及结构,我们考虑了如下几个方面:我们按照系统科学的学科体系,对它的基础理论——系统学,和它的技术基础——运筹学作了基本的介绍,因此在第1章绪论之后,设置了第2章系统学基础和第3章数学规划基础、第4章图与网络;另外,也考虑到系统工程处理系统问题的步骤,设置了第5章系统优化、第6章决策分析、第7章系统分析与建模、第8章网络计划;另外,作为系统分析人员应该对系统可靠性和对工业系统具备基本的经济分析知识,因而设置了第9章系统可靠性分析和第10章工业技术经济;最后给出了第11章系统工程应用实例分析。

本书由清华大学杨家本主编,武汉理工大学黎明森、南京化工大学林锦国、清华大学宋靖雁副主编。具体编写分工为:第1章及各章的提要由杨家本编写;第3章、第4章、第7章、第8章由黎明森编写;第2章、第6章、第9章由林锦国编写;第5章、第10章、第11章由宋靖雁编写。

由于我们水平有限,欢迎读者对本书中的错误和不妥之处提出批评意见。

作 者

2001年3月

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 系统及系统工程的定义	(1)
1.1.1 系统的定义与分类	(1)
1.1.2 系统工程的定义	(3)
1.2 系统工程在系统科学中的地位	(4)
1.3 系统工程的产生与发展	(4)
1.4 系统工程方法论	(6)
1.5 本书的体系结构	(7)
2 系统学基础	(9)
2.1 引 言	(9)
2.2 基本概念	(9)
2.2.1 系统与环境	(9)
2.2.2 系统的状态与涨落	(11)
2.2.3 系统的熵与序	(12)
2.2.4 系统的自组织	(14)
2.3 一般系统论	(15)
2.3.1 一般系统论的形成	(15)
2.3.2 系统的整体性	(16)
2.3.3 系统的层次性	(17)
2.3.4 系统的目的性	(17)
2.3.5 系统的同形性	(17)
2.4 突变论	(19)
2.5 混沌理论	(22)
2.6 耗散结构理论	(25)
2.6.1 耗散结构的概念	(25)
2.6.2 布鲁塞尔模型	(26)
2.6.3 形成耗散结构的条件	(27)
2.7 协同学原理	(27)
2.7.1 协同学基本观点	(28)
2.7.2 协同学原理的数学描述	(28)
2.7.3 协同学的应用	(29)
3 数学规划基础	(31)
3.1 线性规划	(31)
3.1.1 基本概念	(31)
3.1.2 几何图形特征与图解法	(34)

3.1.3	单纯形法	(36)
3.1.4	线性规划的对偶问题	(42)
3.2	目标规划	(45)
3.2.1	目标规划的数学模型	(45)
3.2.2	目标规划的单纯形法	(46)
3.2.3	目标规划的图解法	(49)
3.3	整数规划	(50)
3.3.1	数学模型	(51)
3.3.2	整数规划的几何含义	(51)
3.3.3	分枝定界法	(53)
3.3.4	0-1 规划问题	(55)
3.4	非线性规划	(58)
3.4.1	区间消去法	(58)
3.4.2	Fibonacci 法	(59)
3.4.3	最速下降法(最优梯度法)	(63)
3.4.4	罚函数法	(68)
3.4.5	线性逼近法	(69)
3.5	动态规划	(71)
3.5.1	一个多段决策问题	(72)
3.5.2	动态规划的基本方程,最优性原理	(72)
3.5.3	应用举例	(75)
4	图与网络	(81)
4.1	图的基本概念	(81)
4.1.1	图与路	(81)
4.1.2	割集	(83)
4.2	最短路问题	(84)
4.2.1	基本概念	(84)
4.2.2	最短路的标号算法	(85)
4.2.3	从任一点到另外任一点的最短路算法	(87)
4.3	网络最大流	(89)
4.3.1	可行流与最大流	(89)
4.3.2	最大流——最小割定理	(91)
4.3.3	最大流算法	(93)
5	系统优化	(97)
5.1	系统优化方法概述	(97)
5.2	启发式算法和现代优化算法	(97)
5.3	遗传算法	(100)
5.4	大系统的分解与协调	(104)
6	决策分析	(111)
6.1	决策概述	(111)

6.1.1 引言	(111)
6.1.2 发展与趋势	(111)
6.2 决策的基本要素及分类	(113)
6.3 决策模式与决策过程	(114)
6.3.1 问题分析	(114)
6.3.2 目标确定	(115)
6.3.3 制定方案	(115)
6.3.4 建立系统模型	(115)
6.3.5 优化、排序	(115)
6.3.6 决策	(116)
6.4 确定型决策	(116)
6.5 风险型决策	(117)
6.5.1 效用理论	(117)
6.5.2 表格法	(118)
6.5.3 决策树法	(119)
6.6 不确定型决策	(120)
6.6.1 等可能准则(Laplace 准则)	(120)
6.6.2 后悔值准则(Savage 准则)	(121)
6.6.3 悲观准则(max-min 准则)	(121)
6.6.4 乐观准则(max-max 准则)	(122)
6.6.5 折衷准则(Hurwicz 准则)	(122)
6.7 多目标决策	(123)
6.7.1 多目标决策问题的数学描述	(123)
6.7.2 多目标决策方法概述	(124)
6.7.3 效用函数法	(124)
6.7.4 层次分析法	(125)
6.8 决策支持系统	(128)
6.8.1 决策支持系统的定义	(129)
6.8.2 决策支持系统的作用及应用	(129)
7 系统分析与系统建模	(131)
7.1 系统分析概述	(131)
7.1.1 系统分析的基本概念和作用	(131)
7.1.2 系统分析的要素、原则和步骤	(132)
7.1.3 系统分析的方法	(133)
7.1.4 系统分析应用举例	(138)
7.2 系统模型概述	(139)
7.2.1 系统模型的定义与特征	(139)
7.2.2 使用系统模型的必要性	(140)
7.2.3 系统模型分类	(140)
7.2.4 使用数学模型的好处	(142)
7.3 系统建模方法	(142)

7.3.1	对系统建模的要求	(142)
7.3.2	系统建模应遵循的原则	(143)
7.3.3	系统建模的主要方法	(143)
7.4	状态空间法	(144)
7.4.1	系统的状态和状态变量	(144)
7.4.2	连续系统状态空间表达式	(145)
7.5	结构模型解析法(ISM)	(153)
7.5.1	有向连接图、相邻矩阵、可达性矩阵	(153)
7.5.2	可达性矩阵的分解——结构模型的建立	(155)
7.5	小样本问题的建模方法	(158)
7.5.1	对最小二乘估计的分析	(158)
7.5.2	LKL 估计	(160)
7.5.2	LKL 的八个步骤	(161)
8	网络计划法	(164)
8.1	网络图	(164)
8.1.1	网络图的组成	(165)
8.1.2	网络图作图规则	(166)
8.1.3	绘制网络图的方法	(166)
8.2	计算网络图的时间参数	(167)
8.2.1	作业时间	(167)
8.2.2	节点最早开始时间	(167)
8.2.3	节点最迟完成时间 $T_L(j)$	(168)
8.2.4	确定关键线路	(168)
8.3	作业的时间参数与计算	(169)
8.3.1	作业的最早开始时间 $t_{ES}(i, j)$	(169)
8.3.2	作业的最早完成时间 $t_{EF}(i, j)$	(169)
8.3.3	作业的最迟开始时间 $t_{LS}(i, j)$	(170)
8.3.4	作业的最迟完成时间 $t_{LF}(i, j)$	(170)
8.3.5	作业的总时间差 $R(i, j)$	(170)
8.3.6	作业的单时差 $r(i, j)$	(171)
8.4	关键路线与时差的关系	(171)
8.5	任务按期完成的概率分析与计算	(172)
8.5.1	任务完成时间近似符合正态分布规律	(173)
8.5.2	任务按期完成的概率计算	(174)
8.6	网络图调整与优化	(176)
8.6.1	缩短网络计划工期	(176)
8.6.2	网络执行过程中的检查与调整	(178)
8.7	网络的时间—费用分析与优化	(180)
8.7.1	直接成本与时间的关系	(181)
8.7.2	经济赶工方法	(181)
8.7.3	考虑间接成本的 CPM	(184)

8.8 图解评审技术——GERT	(185)
8.8.1 PERT的发展——GERT	(185)
8.8.2 GERT网络节点特征及其绘制实例	(186)
8.8.3 用GERT网络解决系统问题的步骤	(189)
9 系统可靠性分析	(190)
9.1 可靠性概念及度量指标	(190)
9.1.1 可靠性的基本概念	(190)
9.1.2 可靠性的度量	(192)
9.2 系统可靠性模型	(195)
9.2.1 逻辑框图	(195)
9.2.2 串联系统可靠性模型	(195)
9.2.3 并联系统可靠性模型	(196)
9.2.4 混联系统的可靠性模型	(198)
9.2.5 表决系统可靠性模型	(198)
9.2.6 储备系统可靠性模型	(199)
9.2.7 桥式网络系统模型	(199)
9.3 可靠性计算及预估	(200)
9.3.1 事件树分析法	(200)
9.3.2 故障树分析法	(201)
9.3.3 上、下限法	(202)
9.4 可靠性设计与分配	(203)
9.4.1 代数分配法	(203)
9.4.2 加权分配法	(204)
9.4.3 动态规划法	(205)
9.5 可靠性工程与管理	(206)
9.5.1 提高可靠性的技术措施	(206)
9.5.2 提高人一机系统的可靠性	(206)
9.5.3 可靠性管理	(207)
10 工业技术经济	(209)
10.1 项目投资效果静态分析法	(210)
10.1.1 投资收益率法	(210)
10.1.2 投资回收期	(211)
10.1.3 投资效果的评价依据	(212)
10.1.4 最小费用法	(213)
10.1.5 投资方案的可比性	(214)
10.2 项目投资效果动态分析法	(217)
10.2.1 投资方案的现金流量	(217)
10.2.2 净现值法	(217)
10.3 盈亏平衡分析	(218)
10.3.1 独立方案盈亏平衡分析	(219)
10.3.2 敏感性分析	(221)

11 应用实例分析	(226)
11.1 制造资源管理系统(MRP-II)和企业资源计划(ERP)	(226)
11.1.1 MRP的基本原理	(226)
11.1.2 MRP的基本结构	(227)
11.1.3 闭环MRP和MRP-II	(228)
11.1.4 实施MRP系统的注意事项	(229)
11.1.5 企业资源管理(ERP)	(230)
11.2 计算机集成制造系统(CIMS)	(232)
11.2.1 CIMS的概念	(232)
11.2.2 CIMS的组成	(233)
11.2.3 实施CIMS应注意的问题	(233)
11.2.4 CIMS应用实例——波音767-X并行设计工程	(234)
11.3 智能交通系统研究	(237)
11.3.1 系统集成环境信息流程设计	(239)
11.3.2 信号控制系统	(240)
11.4 城市交通系统建设的优化	(242)
11.4.1 城市交通系统建设优化中项目效益—费用分析的原则	(243)
11.4.2 城市交通系统建设优化寻找最优解的方法	(244)
11.4.3 各种项目排序方法的比较	(245)
11.5 区域规划的系统工程方法	(246)
11.5.1 区域规划的系统工程方法	(247)
11.5.2 区域科学典型模型和方法	(247)
11.5.3 实例分析——北京市城市发展模型及发展战略研究	(251)
11.5.4 区域发展策略优化分析	(254)
参考文献	(256)

1 绪 论

本 章 提 要

在客观世界中,处处存在着系统,包括小规模的系统,如:自动控制系统、企业生产经营管理系统等;大规模系统,如:经济系统、环境系统、城市系统等。因此,什么是系统?什么是系统工程?这是首先应该予以明确的最为基本的概念。系统工程作为处理一般系统总体最优的技术与方法,它在系统科学的学科体系中处于工程技术层次。随着社会的发展,人们所面临处理的系统日益庞大与复杂,在这种背景下,系统工程应运而生并不断发展。在本章中,还介绍了系统工程处理问题的一般方法和处理步骤。

1.1 系统及系统工程的定义

人类在早期并没有系统的概念,对自然界的认识,往往把现象或事物看成是彼此孤立的、割裂的、互不联系的。但是,随着社会和科学的发展,逐步改变了这种自然观,认为自然界是有着内部联系的统一整体,现象或事物之间都是相互依赖、相互联系、相互制约的。人类长期的实践活动和科学总结逐步抽象出系统的概念,产生了系统工程。

1.1.1 系统的定义与分类

系统 System 一词在古希腊就已使用,从词源上讲,它来自拉丁语 Systema,由词头“共同”和词尾“位于”结合而成,表示共同组成的群或是集合的概念。系统是一个涉及面广、内涵丰富的概念。

系统是系统科学、系统工程的最基本的概念,但是关于它的定义尚没有统一定论。萨多夫斯基曾经汇总过近四十种关于系统的定义。下面列举几种关于系统的定义:

《一般系统论》的创始人贝塔朗非(L. V. Bertalanffy)认为:“系统可以定义为相互关联的元素的集合。”

苏联学者 A. N. 乌约莫夫关于系统的定义是,“可以把系统定义为客体的集合,在这个集合上实现着带有固定性质的关系。”

日本工业标准对系统的定义是,“许多组成部分保持着有机的序,并向着同一个目标行动,就称作系统。”

韦氏辞典把系统定义为:“系统是有组织的或是组织化了的总体,以及构成总体的各种概念、原理和规则的相互作用及相互依赖诸要素的集合。”

钱学森等学者对系统的定义是,“系统是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。”

对于这些定义,尽管表述不同,但是都共同地指出了系统的三个基本特征,第一,系统是由元素所组成的;第二,元素间相互影响、相互作用、相互依赖所构成的元素关系;第三,由元

素及元素间关系构成的整体具有特定的功能。

依据上述定义可以看出,系统几乎无所不在,我们所处的正是由各种系统所构成的客观世界。

我们可以从不同角度对系统进行分类,下面我们从研究对象、系统形成、系统结构、系统依赖时间变化、系统复杂性、系统不确定性和系统的开放性等角度,对系统分类如下:

(1)按研究对象分类

系统按研究具体对象的不同分为工程系统、经济系统、教育系统、商业系统、城市系统、军事系统、环境系统、人口系统、社会系统等等。

(2)从系统形成角度分类

从系统形成角度可以把系统分为自然系统和人造系统。自然系统是依据自然规律,不以人们意志为转移而形成的系统,如生态系统就属于自然系统;人造系统则相反,系统是按人们意志设计与实现的系统,如通信系统就属人造系统。

但是,我们应该看到,在自然系统和人造系统之间还存在大量的既包含自然形成的系统部分,又有人的参与,使得系统既有客观自然规律支配着系统的演化,又包含人的介入与参与并支配着系统的发展。这样的系统一般地可以称为有人参与的复杂系统。城市系统、环境保护系统等都属于这类系统。

(3)按系统结构分类

按系统的结构不同,系统可分为集中系统、多级递阶系统和分散系统。集中系统指的是构成系统的元素,或称为子系统的行为受集中控制器集中控制,例如个人微型计算机的运行都受 CPU 的控制就属于集中系统,这类系统结构如图 1-1 中的(a)所示;多级递阶系统指的是,一部分子系统受上一级局部控制器控制,另一部分子系统受另外的上一级局部控制器控制,而这些上一级控制器又受更高级控制器的控制与协调,并依此可扩展至多层,这类系统结构称为多级递阶系统,例如行政办公系统就属于多级递阶系统,这类系统结构如图 1-1 中的(b)所示;分散系统指的是,各子系统不受上级控制与协调,而是独立运作,例如没有集中调度管理的城市交通管理系统就属于分散系统,这类系统如图 1-1 中的(c)所示。

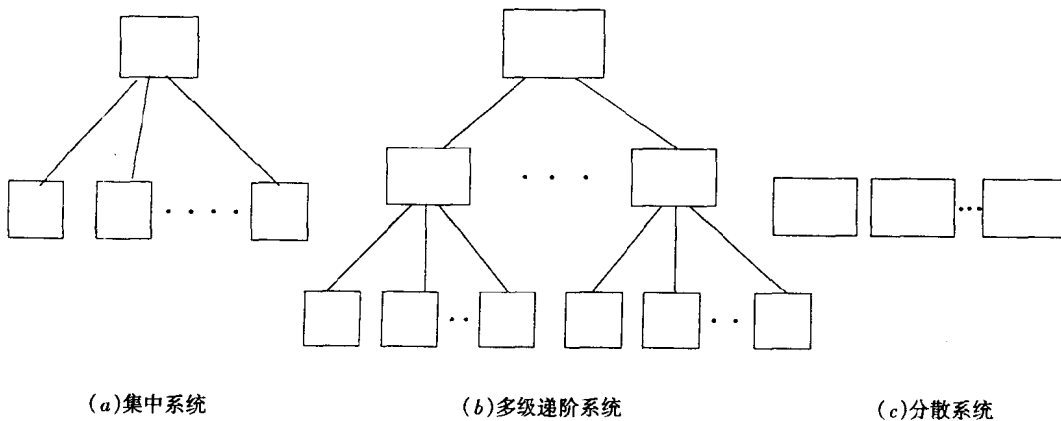


图 1-1 三种系统结构

这三类系统随着结构的不同,在处理系统建模与优化的复杂程度、系统可靠性等方面是不同的,各有优缺点,这方面的详细分析可参考文献[5]。在这三类系统结构中多级递阶系

统是经常遇到的系统结构。

(4)依据系统依赖时间变化分类

依据系统依赖时间演化情况,将系统分为静态系统和动态系统,前者被认为是系统不随时间演化,后者则被认为系统是随时间演化的。显然,绝大多数系统属于后者。

(5)依据系统复杂性分类

如果组成系统元素数量少,关系不复杂,则称这类系统为简单系统;如组成系统元素数量庞大,关系复杂,则称这类系统为复杂系统。不过需要说明的是,什么是复杂?什么是复杂性?也是至今没有统一的明确概念。

(6)依据系统是否具有不定性进行分类

如果系统是确定的,不包含不定性,则称其为确定性系统,如电路中电压、电阻、电流之间在一定环境条件下它们的关系是确定的,就属于确定性系统;如系统包含不定性,则称这类系统为不确定性系统,如股票系统就是不确定性系统。

(7)按系统开放性分类

所谓系统开放性是指系统与环境是否存在物质、能量、信息的交换,如果系统与环境之间存在物质、能量与信息的交换,则称这类系统为开放系统;反之,则称为封闭系统。

开放性的概念是源自热力学,在热力学对系统开放性有更细致的划分,把系统分为孤立系统、封闭系统和开放系统,在此不再赘述。

在客观世界中,绝大部分系统都属于开放系统,如城市系统等。

(8)根据组成系统的子系统数量、种类及关联复杂程度分类

钱学森根据组成系统的子系统数量和种类的多少,以及它们之间关联的复杂程度,把系统分为简单系统和巨系统两大类。在巨系统中分为简单巨系统和复杂巨系统,由于复杂巨系统又都是开放的,所以又称作开放的复杂巨系统,例如:生物体系统、人脑系统、人体系统、地理系统、星系系统都属于开放的复杂巨系统。在开放的复杂巨系统中,以有意识活动的人作为子系统的社会系统最为复杂,因而又称其为特殊的复杂巨系统。

当然,系统也可以从其它角度进行分类。

1.1.2 系统工程的定义

系统工程在系统科学的学科体系中属于工程技术层次,对于系统工程至今尚没有统一的定义。

1978年钱学森对系统工程的定义是,“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方法。”

1975年美国科学技术辞典对系统工程解释为,“系统工程是研究复杂系统设计的科学,该系统由许多密切联系的元素所组成。设计该复杂系统时,应有明确的预定功能及目标,并协调各元素之间及元素和总体之间的有机联系,以使系统能从总体上达到最优目标。在设计系统时,要同时考虑到参与系统活动的人的因素及其作用。”

1977年日本学者秋山穰和西川智登把系统工程定义为,“系统工程是为了把对象创造出来或者在改善的时候,最优地并且最有效地达到该对象的目的,根据系统的思考方法,把它作为系统而进行开发、设计、制造及运行的思考方法、步骤以及各种方法的综合性的工程

体系。”同年,三浦武雄认为,“系统工程的目的是研制一个系统,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,所以为了适当地解决这些问题,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。”

从以上各种对系统工程的定义可以看出,系统工程是以有人参与的复杂大系统为研究对象,按照一定的目的对系统进行分析与管理,以期达到总体效果最优的理论与方法。通俗地,对系统工程可以这样进行概括,就是,所谓“系统”就是对所研究的问题,从“总体”上去考察、分析与研究,所谓“工程”就是“最优”地去处理所研究的系统问题,因此,所谓系统工程就是寻求“总体最优”的理论与方法。再简化概括而又不失本质地去定义系统工程,可以认为系统工程就是处理系统的技术。

1.2 系统工程在系统科学中的地位

系统工程属于系统科学的学科范畴。系统科学研究系统演化的一般规律、系统有序结构的自组织原理和系统复杂性。系统科学是 20 世纪产生的,它的诞生是科学发展上的重大事件之一。

依据系统思想建立的完整科学体系称为系统科学。按照钱学森的观点,系统科学作为完整的学科体系,包含“基础科学、技术科学和工程技术”三个层次,他所建立的系统科学体系如图 1-2 所示。

在他的系统科学学科体系结构中基础科学指的是这个学科中的理论基础,它解释着这个学科中的一般规律,作为系统科学的理论基础就是“系统学”;技术科学指的是这个学科中的技术基础,它沟通着基础理论到实践应用、指导工程技术的实现,作为系统科学的技术基础就是“运筹学”、“控制理论”和“信息理论”;工程技术指的是这个学科中的应用技术,作为系统科学的应用技术就是“系统工程”。所以系统工程在系统科学的学科体系结构中处在工程技术层次。

1.3 系统工程的产生与发展

在中国,早在 2600 多年前就有了《周易》,其后,孔子所作的《易传》,老子创始的道家,庄子的《天运》,都试图对自然的演化、社会的发展作出统一解释,他们都把世界看成是一个由基本要素组成的,动态演化的,多层次的系统整体,主张从整体上把握这个基本要素组织起来的系统世界。

在西方,大体也同样的久远,古希腊泰勒斯(Thales)、赫拉克利特(Herakleitos)探索着组成万物的要素,德谟克利特(Demokritos)提出构成宇宙系统要素的原子论,以及亚里士多德(Aristoteles)的“整体大于各部分的总和”更是系统论的最基本思想。

进入 18 世纪,工业革命有力地推动着社会化大生产,同时也极大地推动着社会的前进。在这种背景下,马克思主义的诞生,标志着人类认识史上的一次伟大飞跃,把系统观作为对世界的总的看法包括在唯物辩证法中。

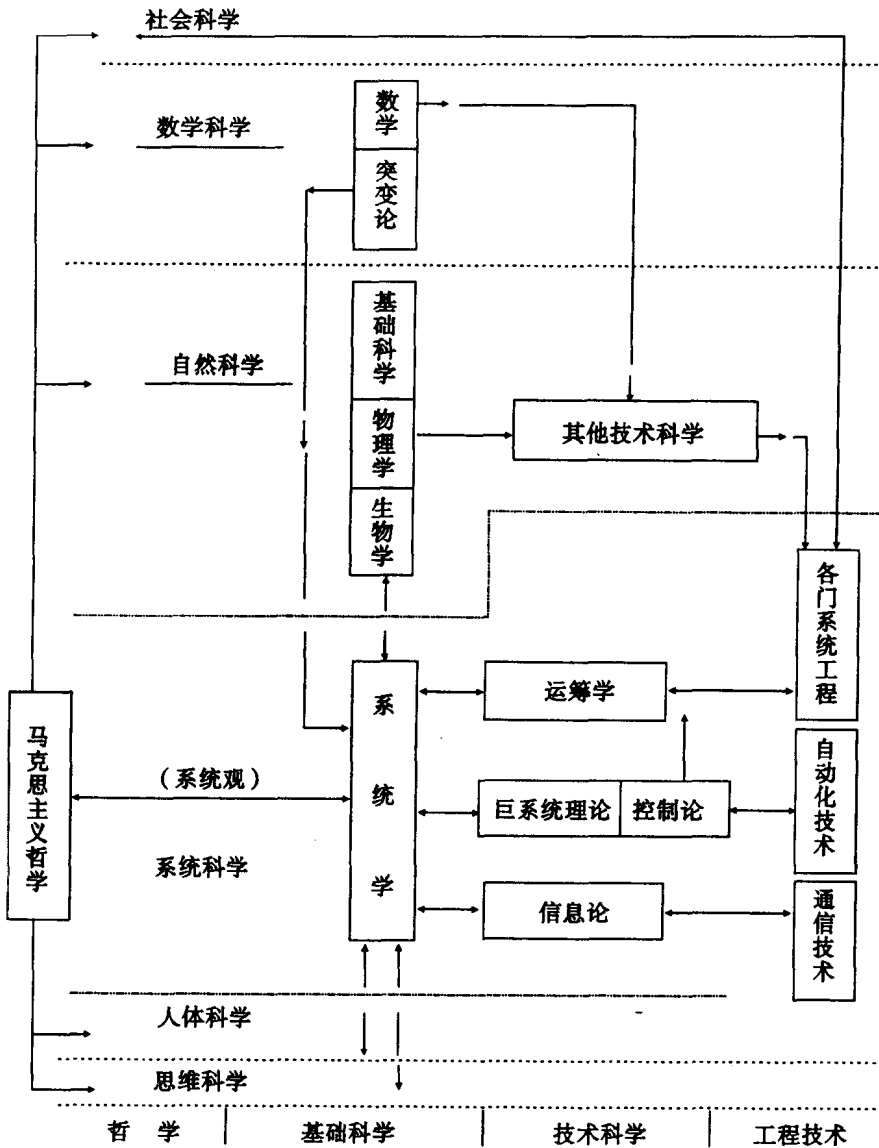


图 1-2 系统科学体系

现代系统思想——以系统科学为标志的诞生,应该说是进入 20 世纪之后的事。随着生产的发展,社会的发展,人们所处理系统的规模越来越大,在这种形势下《系统工程》应运而生。回顾系统工程的产生与发展也是有一个过程:1911 年泰勒(F. W. Taylor)发表了《科学管理原理》(Principle of Scientific Management)一书,它的基本思想是,一个工厂在原有设备的基础上,如果从整体系统的角度合理地安排生产,可以提高生产率。到了 20 世纪的 20~30 年代,美国贝尔电话公司发现要想发展电话通讯,不能单纯依靠加装电话机,还要从系统角度注意电话网络的发展。第二次世界大战,从战争需要的角度,很大地促进了作为系统工程的技术基础理论——运筹学的发展。战争的需要,不仅仅是武器的研制与生产,还要重视系统研究,如美国道格拉斯公司成立研究发展(Research And Development)部,它就是兰德(RAND)