



普通高等教育“十五”国家级规划教材

INTRODUCTION
OF
SYSTEMS
ENGINEERING

系统工程引论

(第3版)

孙东川 林福永 孙凯 钟拥军 编著

Sun Dongchuan Lin Fuyong Sun Kai Zhong Yongjun

清华大学出版社





普通高等教育“十五”

INTRODUCTION
OF
SYSTEMS
ENGINEERING

系统工程引论

(第3版)

孙东川 林福永 孙凯 钟拥军 编著

Sun Dongchuan Lin Fuyong Sun Kai Zhong Yongjun

清华大学出版社
北京

N 945 - 4
01 - 3

内 容 简 介

本书是教育部“十五”国家级规划教材,是高等学校“系统工程”课程的基础课本。

全书共 12 章,内容包括系统的基本概念、系统工程的基本概念、系统工程的若干专业、系统工程方法论、系统工程的理论基础、深化的系统概念、系统模型与仿真、系统分析、系统综合与评价、系统可靠性、投入产出分析、系统工程人才的素质与培养;还阐述了工程学的时代背景和系统工程中国学派——钱学森学派。书末归纳了 62 个重要命题,既是对全书内容的概括,又启迪读者进一步思考和研究。本书的很多编写思路独具一格,富有新意。

本书按照钱学森院士的一系列论述来编写,并融合了国内外系统工程领域的诸多研究成果。在内容的叙述上,不但注意概念的准确性、条理性,而且深入浅出、循序渐进。书中有少量的数学模型和计算分析,旨在从定性与定量的结合上阐述系统概念,很容易阅读和理解。本书适用范围较宽,不但适用于理工科本科生和研究生,而且适用于经管类和人文社科类专业本科生和研究生,并适用于政府机关工作人员和企业管理人员。

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

系统工程引论/孙东川,林福永,孙凯,钟拥军编著.—3版.—北京:清华大学出版社,2014
ISBN 978-7-302-38023-8

I. ①系… II. ①孙… ②林… ③孙… ④钟… III. ①系统工程 IV. ①N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 223110 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:梁毅

责任印制:李红英

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.25 字 数:581千字

版 次:2004年10月第1版 2014年12月第3版 印 次:2014年12月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00元

产品编号:056436-01

我很高兴看到这本新的教科书《系统工程引论》出版。“组织管理的技术——系统工程”，由于钱学森院士等著名科学家的大力倡导和推动，20多年以来，在我国已经生根、开花、结果。

我与孙东川教授有比较经常的交往。他的勤奋、认真、执着给我留下了深刻的印象。1987年，由中国系统工程的主要倡导者和推动者之一、中国科学院院士、上海交通大学张钟俊教授推荐，湖南科学技术出版社出版了《系统工程简明教程》(51.8万字，孙东川、陆明生主编)，张钟俊教授为该书撰写了序言。在1987年12月召开的全国高等工科院校系统工程教学指导委员会工作会议上，该书被推荐为“七五”期间试用教材。

在这本《系统工程引论》中，作者不但写入了较多的系统工程学科的新进展，而且对于许多基本概念还做了认真的订正，对于一些常见的引述(包括人名、观点等)也认真查明出处并予以标注，例如：普朗克(Max Karl Ernst Ludwig Planck, 1858—1947, 德国物理学家，量子论的奠基人)、冯·贝塔朗菲(Ludwig von Bertalanffy, 1901—1972)、亚里士多德(Aristotle, 公元前384—公元前322)等。

孙东川教授从1980年起一直执着地在系统工程领域耕耘，并由系统工程延伸到管理科学，但仍然是以系统工程为主。他先后在南京理工大学、华南理工大学和暨南大学工作，但是，对系统工程“情有独钟”，始终把自己当作一名系统工程工作者。他从1982年开始，就积极参与中国系统工程学会的学术活动和学会工作。

林福永教授1993年在上海交通大学获得系统工程博士学位。1998年他正式发表了专著《一般系统结构理论》(暨南大学出版社)，在此前后，在国内外高水平刊物上发表了多篇研究一般系统结构理论的文章，至今仍然孜孜不倦地研究着，是系统工程领域的后起之秀。

本书的两个特点是内容新和读者面广。“内容新”是说，本书吸纳了最近十多年来国内外系统科学和系统工程的许多新的研究成果。例如，系统的涌现性、复杂适应系统(CAS)、“神舟五号”范例、自组织理论、综合集成法、WSR系统方法论等。作者专门写了一章“系统工程人才的素质与培养”，其中特别提出系统工程人才的道德修养，这是很重要的。“读者面广”是说，本书主要介绍系统工程基本原理，尽量避免运筹学方法，以适应更多的读者，包括文、经、管类专业的大学生、研究生和机关工作人员。本书的内容选取与《系统工程简明教程》及其他系统工程教材有所不同，这是一种独辟蹊径的尝试。在内容的阐述上，作者既注重概念的准确性、条理性，又注重深入浅出、循序渐进。在最后一章中，作者归纳陈述了许多命题，既是对全书主要内容的概括，又给读者以启发和深入研究的空间。这种

写法是比较新颖的。

正如作者所指出的:系统工程是技术,是方法,而且系统工程本身正在成为一种普遍适用的科学方法论,即用系统的观点考虑问题(尤其是复杂系统、复杂巨系统的问题),用工程的方法来研究解决问题。这种方法论不但可以被工程技术人员和管理人员所掌握和使用,也可以被从中央到地方的各级领导人所掌握和推广。对于系统工程工作者来说,这是值得高兴的。因此,多讲一些系统工程的基本原理以利于系统工程的宣传和推广,是十分必要的。

汪应洛^①

2004年3月25日

^① 汪应洛教授为中国工程院院士,西安交通大学前副校长,中国系统工程学会前副理事长。

十年与五年

子在川上曰：“逝者如斯夫！不舍昼夜。”

时间过得真快！本书第1版第1次印刷是2004年10月，整整十年过去了。第2版第1次印刷是2009年5月，也过去5年多了。

感谢出版社和编辑朋友的辛勤工作，感谢读者们的厚爱！本书比较受欢迎，年年重印，在同类教材中是比较突出的。这给我们很大的鼓舞。

系统工程在中国的发展，得到了两个方面的大力倡导与积极推动：一是以钱学森院士为代表的学术界；二是改革开放以来党和国家多任最高领导人，以及从中央到地方的各级领导人。一个学科，能够在两个方面得到如此“高规格待遇”，系统工程是独一无二的。

在最近5年中，这两个方面都有重大事件发生。下面先说第一方面。

系统工程中国学派——钱学森学派

2009年10月31日，中国系统工程的第一推动力钱学森院士逝世，享年98岁。这是中国科学界的巨大损失，是系统工程学术界的巨大损失。

钱学森院士走了，他的文章还在，他的精神还在，将永远鼓舞和激励我们前进。钱学森院士留下的系统工程与系统科学的思想与著作将会永放光芒，已经形成的系统工程中国学派——钱学森学派将会继续发展，在中国的改革开放中，在中国特色社会主义建设中发挥巨大作用。

本书第1版就明确说明：“本书观点和内容属于钱学森体系。”后来，我们觉得“学派”这个词更好，所以第2版说：“系统工程与改革开放共生共荣，与时俱进，已经形成了颇具特色的系统工程中国学派——钱学森学派。”在中国系统工程学会第15届学术年会（2008年10月，南昌）上，本书作者之一孙东川教授作大会报告《试论系统工程中国学派与系统科学中国学派》。在中国系统工程学会第16届学术年会（2010年10月，成都），以及其他多个全国性和国际性学术会议上，孙东川教授都对系统工程中国学派——钱学森学派进行了阐述。

本书是自觉按照钱学森院士的一系列论述来编写的，目的在于弘扬系统工程中国学派——钱学森学派（这两个术语无论是合用，还是单用哪一个，都是同样的意思）。第3版第2章增加了一节“2.7 系统工程中国学派——钱学森学派”，还增加了“附录A 钱学森院士生平与系统工程”，对于钱学森院士和钱学森学派进行了比较详细和全面的介绍。

系统工程中国学派——钱学森学派是客观存在,毋庸置疑。问题在于:在德高望重的钱学森院士逝世之后,如何巩固研究成果和研究队伍,并且发扬光大?我们认为:第一要务就是学习、梳理、宣传和推广钱学森学派。

系统工程的教育与普及工作是永远需要的。钱学森院士留下的《论系统工程》、《创建系统学》等著作内容丰富,值得一读再读,按照钱学森院士的一系列论述来编写教材。教材可以包含其他内容,顺其脉络,引申、演绎和创新,但是,不宜“顶牛”。有了一本又一本(多多益善)这样的教材,钱学森学派就能薪火相传,发扬光大。

党和国家领导人对系统工程寄予厚望

周恩来总理生前殷切期望把我国研制“两弹一星”的总体设计部工作模式移植到国民经济的重大工程建设中来。总体设计部的工作模式,就是系统工程的工作模式。

改革开放至今,已经有连续五任中共中央总书记和七任国务院总理,以及众多的从中央到地方的各级领导人,都大力倡导和积极推动系统工程,对系统工程寄予厚望。

习近平总书记、李克强总理在党的十八大以前,在他们各自的工作中多年大力倡导和积极推动系统工程。十八大以来不到两年的时间,他们已经作了十多次论述,摘引如下:

2012年12月31日,习近平总书记在主持中央政治局第二次集体学习时指出:改革开放是一个系统工程,必须坚持全面改革,在各项改革协同配合中推进。

2013年3月6日,习近平总书记参加十二届全国人大一次会议辽宁代表团的审议时指出:保障和改善民生是一项系统工程,需要进行长期不懈的努力,总的要求是坚定不移走共同富裕道路,让发展成果更好更公平惠及全体人民。

2013年3月17日,李克强总理在会见采访十二届全国人大一次会议的中外记者时说:城镇化是一个复杂的系统工程,会带来经济和社会深刻的变化,需要各项配套改革去推进。

2013年5月21日,习近平总书记在四川芦山地震灾区看望慰问受灾群众时指出:恢复重建是一项复杂的系统工程,要科学规划,精心组织实施。

2013年9月8日,李克强总理在听取中国科学院、中国工程院城镇化研究报告和座谈时指出:城镇化是一个复杂的系统工程,必须广泛听取意见建议,科学论证,周密谋划,使实际工作趋利避害。

2013年9月11日,李克强总理在夏季达沃斯论坛开幕式上指出:金融改革是个复杂的系统工程……在金融体制改革中,抓住重点和难点或者说关键问题,将有利于经济体制改革的推进,会影响中国经济社会生活的方方面面,有利于促进全面改革的深化。

2013年9月17日,中共中央在中南海召开党外人士座谈会,习近平总书记指出:全面深化改革是一项复杂的系统工程,需要加强顶层设计和整体谋划,加强各项改革关联性、系统性、可行性研究。

2013年9月30日,习近平总书记在主持中央政治局第九次集体学习时指出:实施创新驱动发展战略是一项系统工程,涉及方方面面的工作,需要做的事情很多,最为紧迫的是要进一步解放思想,加快科技体制改革步伐,破除一切束缚创新驱动发展的观念和体制机制障碍。

2013年10月29日,中央政治局就加快推进住房保障体系和供应体系建设进行第十次

集体学习,习近平总书记指出:住房问题,牵扯面广,是一项复杂艰巨的系统工程。

2013年11月9日至12日,党的十八届三中全会在北京举行,习近平总书记说:全面深化改革是一个复杂的系统工程,单靠某一个或某几个部门往往力不从心,这就需要建立更高层次的领导机制。

2014年1月15日,李克强总理主持召开国务院常务会议时强调:建设社会信用体系是长期、艰巨的系统工程,要用改革创新的办法积极推进;要把社会各领域都纳入信用体系,食品药品安全、社会保障、金融等重点领域更要加快建设。

2014年2月25日,习近平总书记在北京市考察工作时指出:像北京这样的特大城市,环境治理是一个系统工程,必须作为重大民生实事紧紧抓在手上。

2014年5月1日,《求是》杂志刊登李克强总理的文章《关于深化经济体制改革的若干问题》,对于推进利率市场化,他指出:需要把握好两点:一是利率市场化是一个系统工程,单兵突进式的改革难以成功,需要与相关方面改革协调推进。二是利率市场化赋予了市场主体更多自主权,金融机构和企业要加快完善公司治理,强化财务硬约束,不能不顾成本,盲目竞争,搞利率大战。

2014年6月6日,习近平同志主持中央全面深化改革领导小组第三次会议时说:户籍制度改革是一项复杂的系统工程,既要统筹考虑,又要因地制宜、区别对待。

2014年6月9日,习近平同志在两院院士大会上说:实施创新驱动发展战略是一个系统工程。科技成果只有同国家需要、人民要求、市场需求相结合,完成从科学研究、实验开发、推广应用的三级跳,才能真正实现创新价值、实现创新驱动发展。

党和国家其他领导人的论述也有很多,各部门各地区领导人的论述更多,限于篇幅,不在此引述了。

实现中华民族伟大复兴的“中国梦”及其“两个一百年”的奋斗目标,激励了全体中国人和海外华人华侨,全世界为之瞩目。这无疑是一项伟大的系统工程,系统工程学术界应该为之不懈奋斗。

系统工程,责任重大。系统工程,大有可为。系统工程学术界不但应该积极紧跟,而且应该主动寻找,争取把一些重大问题和难题作为系统工程项目立项开展研究,得出多种备选方案,为党和国家领导人以及各部门各地区领导人提供决策参考。

第3版修订概要

第3版的修订幅度比较大,每一章都有改动,更新或新增一些内容。主要情况如下:

(1) 第1章,1.1节介绍了我国计算机研制的最新成就——天河一号、天河二号;在“1.5.1 古例分析”中,把“田忌赛马”按照历史文献还原为“田忌赛驹”,补充了都江堰的一段轶事,增加了一个古例“赣州的宋代排洪系统”;

(2) 第2章,2.3节更新了中国系统工程学会的情况,2.6节更新了对我国航天事业的介绍;增加了“2.7 系统工程中国学派——钱学森学派”和“2.8 系统工程要为实现‘中国梦’作贡献”两节;

(3) 第3章,增加了“3.6 现实生活中的系统工程举例”一节,其内容是“菜篮子工程”、“校园一卡通”,并且分析了“拉链马路”的是是非非;

(4) 第4章,增加了“4.3.5 Hall-Checkland 方法论”一节;在4.4.2节,把“顶层设计”与“总体设计部”联系起来加以分析;把原来的“4.5.4 系统工程项目研究的一般过程”扩大为4.6节;

(5) 第5章,各节有一些小的改动,5.2节改动稍多一些;

(6) 第6章,增加了“6.5 系统的系统(SoS)”一节;

(7) 第7章,增加了“7.4.3 实体模型:案例研究”一节;还增加了“7.6 公平博弈的线性规划模型”一节,对田忌赛驹的故事作了延伸研究。

(8) 第8章,增加“8.7. PESTEL 分析与 SWOT 分析”一节;原8.7节与8.8节作了调整,更新了8.9节的案例3;

(9) 第9章,9.2节增加了少量内容,指出当前系统评价工作中出现的弊端:考核指标短期化、过度数量化等;

(10) 第10章,本章旨在说明系统功能与结构的关系,删去了10.4节中技术性过强的内容;

(11) 第11章,增加了“11.6 《中国2007年投入产出表》分析”(该表是我国已经出版的最新的投入产出表);并把第2版的附录A5修改作为“11.7 里昂节夫与投入产出分析”一节;

(12) 第12章,修改与补充了12.4 若干重要的命题:系统工程概要ABC,列出62个命题。

第3版增加了一名作者:钟拥军。钟拥军博士在第1版的编写过程中,就做了很多工作。在第2版、第3版的编写过程中,孙凯和钟拥军都做了大量的工作。两位博士都比较年轻,富有活力,本书以后的修订和再版将要更多地依靠他们。另外,本书还要编写课件,并且筹划“系统工程”的MOOC课程,他们将是主力军。

第2版与第1版的“前言”,希望读者们再看看,其中已经说过的事项这里就不重复了;很遗憾,一些已经指出的问题依然存在。

修订系统工程教材,我们深感诸多“两难”之境。其一,与时俱进和相对稳定的关系。一方面,系统工程教材必须与时俱进,经常更新,否则就会陈旧,误人子弟。而且,系统工程是发展中学科,不断出现新的研究成果和研究动向,教材应该及时反映;系统工程又是应用性很强的学科,与社会经济系统紧密联系,社会经济系统是日新月异的,教材如果一成不变就脱离实际了。另一方面,教材不可能是“时事快报”或“新闻联播”,无论如何修订都跟不上形势变化。只能是既跟又不跟,教材内容与发展形势适度结合。其二,内容的经典性与研讨性的关系。本教材的基本对象是大学生和研究生,经典性的内容不可不讲,而且是主要的;研讨性的内容不可没有,尽管篇幅少一些,也要给读者以启迪,让他们明确进一步学习和研究的主要方向。研讨性的内容,既要联系本学科的发展,又要兼顾社会和经济的发展方向 and 动向。

我们深深体会到:系统工程教材的编写与修订工作是一项颇有难度的系统工程,颇有难度,令人煞费苦心。这项系统工程现在做得怎么样?请读者们评头论足,提出意见和建议!

孙东川 谨识

2014年6月



2008年是值得庆祝、值得纪念的一年。这一年还有一个多月,已经发生了许多大喜大悲的事情——对于中国尤其是这样。这里只说两件喜庆的大事:中国的改革开放今年是30周年,改革开放取得了辉煌的成就,举世瞩目;中国的系统工程今年也是30周年,系统工程也取得了很大的成功。当此之时,在喜庆的氛围中,承蒙出版社和编辑同志关心,拙作《系统工程引论》修订出版,这是一件很荣幸的事情。

著名科学家钱学森院士是中国系统工程的领军人物。他与许国志院士和王寿云将军于1978年9月27日在上海《文汇报》发表重要文章《组织管理的技术——系统工程》,吹响了系统工程在中国的进军号。30年来,系统工程在中国得到了两方面的高度重视与大力推动:一是以钱学森院士等学者为代表的学术界,二是从中央到地方的各级领导人。系统工程需要改革开放,改革开放需要系统工程;系统工程与改革开放共生共荣,与时俱进,已经形成了颇具特色的系统工程的中国学派——也可以称为钱学森学派。

2008年1月19日,胡锦涛同志看望著名科学家钱学森院士。胡锦涛同志谈起系统工程时说:“20世纪80年代初,我在中央党校学习时,就读过您的有关报告。您这个理论强调,在处理复杂问题时一定要注意从整体上加以把握,统筹考虑各方面因素,这很有创见。现在我们强调科学发展,就是注重统筹兼顾,注重全面协调可持续发展。”

这是党和国家领导人对钱学森院士的爱戴与关心,也是对于系统工程工作者的支持与鼓舞,是中国的系统工程进一步发展和提高的重要契机和强大推动力。

1. 第2版所作的修改

《系统工程引论》自2004年10月出版(下称第1版)以来,每年重印一次,2008年7月第5次印刷,总印数达到13500册。这个数字与那些“国学热”的热销书无法相比,但是,与“同类项”即系统工程教材相比,还算是不错的。

鉴于使用拙作的教师和读者比较认可本书的结构与选材,所以第2版采取“驾轻就熟,小改微调”的办法。其主要的变动是:

根据近几年来国际国内的发展和变化,有些章节增加了一些文字。例如,在1.1节,p2增加了航天时代的最新进展:我国的嫦娥一号、神舟七号、夸父计划,美国的凤凰号火星探测等;

若干细节作了更新或补充:例如p17、p95说到的信息论的创始人香农(C. E. Shannon)已于2001年去世,补充了这一信息;

也有一些删节,例如附录 A5 删去了,使得体例更加一致。

第 1 版出版以来,受到大家的关注与欢迎,这对我们是很大的鼓舞。有的朋友提出了一些意见与建议,谨表示感谢!有一些新作,参考和引用了我们的内容,也向他们表示感谢!知识总要多传播才好,我们只希望引用拙作时有所说明,不要走样。我们期待朋友们继续关注,继续提出各种意见和建议(按照第 1 版前言中的 E-mail 地址发给作者即可),以便继续改进本书。

2. 关于参考文献的说明

本书的主要参考文献[1]、[2]钱学森院士等著《论系统工程》、《创建系统学》,现在有了新的版本——中国系统工程学会、上海交通大学合编的《钱学森系统科学思想文库》,包含 4 本书:《工程控制论》(新世纪版),《论系统工程》(新世纪版),《创建系统学》(新世纪版),《钱学森系统科学思想研究》,上海交通大学出版社,2007 年 1 月出版。参考文献[14]薛华成教授主编的《管理信息系统》第 5 版已经出版(清华大学出版社,2007 年 8 月)。第 2 版对这些都作了新的标注。

笔者近几年对系统工程的研究继续进行。发表了几篇文章,增列为参考文献[54]~[56]。

此外,我们还发表了几篇文章:

创建现代管理科学的中国学派及其途径研究(孙东川,林福永),管理学报 2006(2, 首篇),127~131,142;

一项重大的历史使命:创建现代管理科学的中国学派(孙东川,张振刚,孙凯),美中经济评论,2008(1),总第 74 期,57~63;

谈谈创建现代管理科学中国学派的若干问题(刘人怀,孙东川),管理学报,2008(3), 323~329;

再谈创建现代管理科学中国学派的若干问题(刘人怀,孙东川),中国工程科学,2008(12)。

这几篇文章似乎与系统工程没有多少关系,其实,它们是系统工程的应用研究。我们认为:创建工作是一项艰巨复杂的系统工程,这是系统工程和管理科学研究者的一项光荣而艰巨的历史使命,需要千军万马长期作战;创建途径是:洋为中用,古为今用,近为今用,综合集成。希望朋友们能够共同参与!

3. 两个基本概念的说明

为了引起大家足够的重视,有两个基本概念要在这里加强说明。

1) Hall 方法论的第三维是什么

在本书中,霍尔(Hall)方法论的第三维是“专业维”而不是“知识维”,这是笔者做过一番考证的。请大家查看本书参考文献[34]。

2) 不宜提“系统工程学”

钱学森院士提出了系统科学体系,本书 2.5.2 节作了介绍。他指出:不要提“系统工程学”,因为不存在什么“系统工程学”。钱学森院士是在 1985 年讲的,见参考文献[1]《论系统工程》(新世纪版)的《系统工程与系统科学体系》一文,288~299。这篇文章很重要,笔者建

议大家都读一读。

4. 编写好系统工程教材,做好系统工程的教育与普及工作

系统工程的教育与普及工作是永远需要的,因为学校里年年有新的大学生与研究生,社会上年年有新干部和新的管理者,他们都是新的普及对象,更不必说其他人员也经常需要知识更新了。在普及的基础上提高,在提高的指导下普及,系统工程学科才能不断发展,这就是辩证法。

笔者有幸亲耳聆听中国系统工程学会前理事长、中国工程院院士许国志教授(1919~2001)1998年夏天在北京举办的系统科学与系统工程研讨班上的讲话——他呼吁“重视教材的编写”。许先生说:现在国内有职称晋升等方面的导向,普遍重视出版专著而不重视出版教材和科普读物,我不大赞成。因为专著只是给少数人看的,不是“同行”一般是不看的,所谓“同行”,往往并不多;而教材是给很多人看的,教育一届又一届的莘莘学子,延续多少年,使千千万万的人受益,甚至不止一代人。国外的许多著名教授和科学家都很重视编写教材,尤其是在他们退休前后编写,把他们丰富的学识和宝贵的教学经验写进去,所以国外有许多经久不衰的好教材。好的科普读物也非常重要,好的科普读物是高水平的杰作,不是什么人能够写得出来的,非要名家大家不可。许先生的这番话是至理名言,当时未有录音,笔者根据自己的记忆转述于此。

许先生对于中国系统工程学会的建设呕心沥血,建树颇多。许先生亲力亲为做系统工程普及工作,包括在20世纪80年代初的一些系统工程培训班上亲自登台讲课——笔者孙东川在1980年暑假赴京参加当时五机部举办的系统工程师资培训班,就亲耳聆听了许先生讲课。在厦门、北京等地举办的大中学生系统工程夏令营,德高望重的老前辈许先生都非常关心,亲临讲话和指导。

第2版增加了1名作者孙凯,他已经获得管理学博士学位,正在做博士后研究。他为本书做了不少工作。管理学博士钟拥军也做了不少修订工作。

这里还要说明一点:为了避免烦琐,在本前言中作了说明的事项,在“后记”中就不作相应的改动了。

我们认为:系统工程在中国已经取得了很大的成功,但是还没有实现其应有的辉煌。我们期盼系统工程在中国早日实现其应有的辉煌!

我们有一个明确的、坚定的信念:系统工程将永葆青春,一万年以后仍然需要系统工程,所以,要把系统工程红旗永远打下去!

编著者

2008年11月11日

前言

第1版

PREFACE



(一)

本书是一本系统工程教科书,使用这本书的课程可以是“系统工程引论”,“系统工程导论”,或者直接叫做“系统工程”,因各校具体情况而有所不同。

为了让本书有更多的读者,让系统工程被更多的人接受,本书编写的主旨是讲述系统工程基本原理,包括系统的基本概念、系统工程的基本概念、系统工程方法论、系统工程的理论基础等。根据这一主旨,本书不多讲述运筹学方法。这样,本书的读者面很宽:不但适用于理工科大学学生和研究生,而且适用于文科(文经管理类专业)大学生和研究生。以及政府机关工作人员和企业管理人员。

为什么要这样编写?笔者的考虑有以下几点。

(1) 做任何事情都要解决两个问题,首先是树立观念,其次才是寻找和运用方法。系统工程基本原理是解决观念问题的,笔者希望把系统工程基本原理讲得比较深透。

(2) 从教学时数来说,一门课程总是有限的。就本课程而言,一般是40~60学时(2~3个学分),它的容量是有限的,不可能安排太多的内容。从教材编写来说,一本教材也不可能包含太多的篇幅,太厚了不见得好,起码是用起来不方便。

(3) 从学生的课程体系来说,还有其他许多课程相辅相成。在理工科大学一般都有运筹学课程。如果在本课程中讲述运筹学方法,势必要与运筹学课程重叠。而且,在本课程中讲运筹学方法讲得再多,也不可能与运筹学课程讲得多、讲得深,所以不如不讲,全部由运筹学课程去讲。现在普遍使用的《运筹学》教材(如钱颂迪主编,清华大学出版社,1990年1月第二版),字数在70万字以上,学时在80,还有许多打*号的章节。

(4) 从教学对象而言,如果讲运筹学方法,理工科学生是很感兴趣的,但是,文科学生学习起来是有困难的。当然,一本教材如果包含系统工程基本原理和运筹学方法两大部分,对文科学生可以只讲前一部分而不讲后一部分,但是,后一部分教材就成为“浪费”了。而且,如果一本不太厚的系统工程教材抽掉运筹学方法,剩下的系统工程基本原理部分就太单薄了。

所以,笔者的想法是:本课程还是“缩短战线,集中兵力”,专门讲述系统工程基本原理,争取讲得深透一些。这样,教材不会太厚,课时不要求太多,适应的学生面可以很广,读者群可以很多。同时,本教材中介绍了运筹学的由来与发展,说明了它和系统工程的关系,那么,理工科学生和数学基础适宜的读者可以另外学习运筹学方法。

(二)

2001年8月,教育部工商管理类学科专业教学指导委员会在大连开会,采用招投标方式确定“十五”规划教材,其中有一本系统工程教材。在教育部和出版社的关心和支持下,我的申报得以批准,列入清华大学出版社出版计划,由编辑陈国新同志与我联系。几经商榷,定下了现在的框架。

下面说明本书的内容选取。笔者力求把握好“三度”:足够的宽度、适当的深度、前沿的新度。全书正文12章,还有几个附录,在宽度上是足够的了。在深度上可以分为两部分:基本内容是不打星号*的章节,适用于本科大学生,2~3个学分;加上打星号*的部分,适用于研究生,也是2~3个学分。所谓“前沿的新度”,是说反映最新成果,笔者认为是可以告慰的。例如,写入了涌现性和复杂适应系统(CAS)理论,写入了我国神舟五号载人飞船的成功发射;在第11章“投入产出分析”中,引用了我国目前发布的最新的投入产出表;即便是附录,也是查阅了最新资料,笔者查阅国外资料不方便,通过E-mail向在国外的朋友求援,而他们给予了热情的支持。

这里要对第10章“系统可靠性”和第11章“投入产出分析”作一些说明。有人可能要问:写入这两章是否符合本书的主旨?笔者认为符合的。因为这两章的内容从定性和定量的结合上生动地说明了系统工程的若干基本原理。其中,“系统可靠性”主要说明系统功能与结构的关系,相同的元件进行不同的组合,可以得到功能大不一样的系统;“投入产出分析”,很显著地反映了国民经济各部门之间的错综复杂的联系,反映了“牵一发而动全身”的系统性和整体性,说明了研究复杂巨系统的一种思路、一种方法,说明了简单的数学工具可以用来研究并解决复杂的技术经济联系,甚至还说明了系统分析与系统综合的辩证关系,说明了无穷与有限之间的哲理。总之,学习这两章的意义不仅是在方法层次上获得一些知识,而且是在方法论层次上获得重要观念。它们用到的数学知识并不复杂或深奥,即便对于文科读者,也是不难学习和掌握的。笔者的教学经验多次证明了这一点。

希望各位同行朋友、使用本书的老师和同学们多多提出宝贵意见!赞成的或不赞成的,补充的或指正的,各种意见和建议,统统欢迎,多多益善,不胜感谢!

我们的E-mail地址是 bmdchsun@scut.edu.cn, tlinfy@jnu.edu.cn.

编著者

2004年1月

目录

CONTENTS



第 1 版序	I
前言	III
第 2 版前言	VII
第 1 版前言	XI
第 1 章 系统的基本概念	1
1.1 引言	1
1.2 系统的定义与属性	3
1.3 系统的分类	7
1.4 系统的结构与功能	11
1.5 系统思想的演变	13
习题	20
第 2 章 系统工程的基本概念	21
2.1 引言	21
2.2 系统工程的定义	21
2.3 系统工程的产生与发展	23
2.4 系统工程的主要特点	27
2.5 系统工程在现代科学技术体系中的地位	29
2.6 我国的航天事业	32
2.7 系统工程中国学派——钱学森学派	36
2.8 系统工程要为实现“中国梦”作贡献	38
习题	42
第 3 章 系统工程的若干专业	43
3.1 引言	43
3.2 工程系统工程	44
3.3 军事系统工程	46
3.4 信息系统工程	48
3.5 社会系统工程	62
3.6 现实生活中的系统工程举例	65
习题	66

第4章 系统工程方法论	68
4.1 引言	68
4.2 霍尔系统工程方法论	68
4.3 软系统方法论	74
4.4 钱学森综合集成方法论	79
4.5 物理—事理—人理系统方法论	84
4.6 系统工程项目研究的一般过程	88
4.7 系统论方法的若干要点	89
习题	94
第5章 系统工程的理论基础	96
5.1 引言	96
5.2 运筹学的基本知识	96
5.3 控制论的基本知识	98
5.4 信息论的基本知识	108
习题	114
*第6章 深化的系统概念	115
6.1 引言	115
6.2 自组织理论的基本知识	115
6.3 开放的复杂巨系统	126
6.4 复杂适应系统	131
6.5 系统的系统(SoS)	137
习题	138
第7章 系统模型与仿真	139
7.1 引言	139
7.2 系统模型的定义和作用	139
7.3 系统模型分类	140
7.4 系统模型的构建	143
7.5 系统仿真	152
*7.6 公平博弈的线性规划模型	163
习题	165
第8章 系统分析	166
8.1 引言	166
8.2 系统分析的基本概念	166
8.3 技术经济分析	168

8.4	成本—效益分析	174
8.5	量本利分析	180
8.6	可行性研究	185
8.7	PESTEL 分析与 SWOT 分析	190
8.8	若干常用的方法	194
8.9	系统分析的案例	199
	习题	203
第 9 章	系统综合与评价	205
9.1	引言	205
9.2	系统综合与评价的复杂性	205
9.3	指标评分法	208
9.4	指标综合的基本方法	213
9.5	指标综合的其他方法	219
9.6	层次分析法	223
	习题	235
第 10 章	系统可靠性	236
10.1	引言	236
10.2	系统可靠性的基本概念	236
10.3	系统可靠性模型	243
10.4	系统可靠性设计	250
10.5	系统可靠度分配	253
	习题	258
第 11 章	投入产出分析	260
11.1	引言	260
11.2	投入产出表的一般结构	261
11.3	投入产出表中的基本关系	267
11.4	投入产出表的应用	278
11.5	从《中国 1997 年度投入产出表》看我国经济状况	287
11.6	从《中国 2007 年投入产出表》看我国经济状况	295
11.7	里昂节夫与投入产出分析	311
	习题	314
第 12 章	系统工程人才的素质与培养	315
12.1	引言	315
12.2	系统工程人才的素质	315
12.3	系统工程人才的培养	319