

工程系统工程导论

Introduction of System Engineering
on Engineering

赵少奎 杨永太 著



国防工业出版社

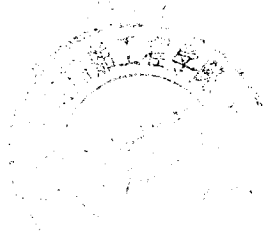
N945

461322

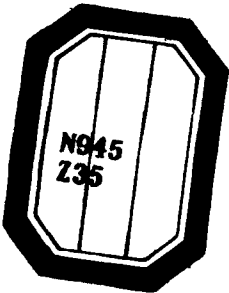
工程系统工程导论

Introduction of System Engineering on Engineering

赵少奎 杨永太 著



00461322



国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

工程系统工程导论/赵少奎, 杨永太著. —北京:
国防工业出版社, 2000. 3

ISBN 7-118-02189-X

I. 工… II. ①赵…②杨… III. 系统工程—研究
IV. N94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 50133 号

DI 29 / 10
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 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 11 1/8 284 千字

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月北京第 1 次印刷

印数: 1—1500 册 定价: 23.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第三届评审委员会组成人员

名誉主任委员 怀国模

主任委员 黄宁

副主任委员 殷鹤龄 高景德 陈芳允 曾铎

秘书长 崔士义

委员 (以姓氏笔划为序)

于景元 王小谟 尤子平 冯允成

刘仁 朱森元 朵英贤 宋家树

杨星豪 吴有生 何庆芝 何国伟

何新贵 张立同 张汝果 张均武

张涵信 陈火旺 范学虹 柯有安

侯正明 莫梧生 崔尔杰

序 1

在以四项基本原则为基础的伟大的改革开放运动中,在科学家钱学森创新建立系统科学理论与实践的具体指导之下,经济系统工程和工程系统工程在我国都得到了重大发展。

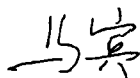
60年代始,在钱学森院士的倡导下,在我国导弹与航天工程的研制过程中,就已走出了一条具有中国特色的工程系统工程的道路,取得了举世公认的业绩。

现在,《工程系统工程导论》的出版,是为适应我国大型工程系统和国防建设的需要。它对工程系统工程的原理、工程系统的发展研究与工程系统的物化过程进行了较为全面的探讨,特别是对工程系统工程的关键因素——“决策与人的因素”提出了有创意的见解,具有现实意义。

本书在钱学森关于开放的、复杂的巨系统定性与定量分析相结合,专家知识与计算机信息相结合的综合集成方法指引下,对工程系统开发更注意了对环境与背景、功能与目标的分析与综合,这是一般工程系统工程所忽略的。

本书作者都是在我国重大工程系统的发展研究、采办与研制工作中拼搏了30多年、有着丰富实践经验的工程系统专家,出于爱国主义和社会主义的责任感和事业心,主要利用业余时间完成了这一有重要意义的工作。相信本书在推进工程系统工程理论与实践的发展方面,对社会主义现代化建设事业将会发挥其应有的作用。

国务院发展中心原顾问
中国高科技产业化研究会顾问
原航天总公司顾问专家组组长



序 2

20世纪80年代以来,随着以信息技术为龙头的高技术群的形成,迎来了军事技术发展的新的挑战,高新技术工程系统的建设进入了一个新的历史阶段。面对历史性的挑战与机遇,党中央提出了“科教兴国”、“科技强军”的伟大号召。我们应当不失时机地推动当代物质文明建设的有力武器——工程系统工程理论与方法体系的建设,为推进我国高新技术工程系统、现代化武器装备的建设服务。

自60年代中期以来,在钱学森院士的倡导下,我国在导弹与航天工程实践的过程中,走出了一条具有中国特色的工程系统工程的道路,取得了举世公认的业绩,我们应当进行工程系统工程理论与实践的总结,阐明工程系统工程的基本原理和实施的总体框架,建立起中国化的工程系统工程的理论与方法体系,用以推进我国社会主义现代化建设的进程。但是,这是一项涉及诸多学术、专业领域,难度很大的工程,本书应当说是对这项工程的初步探讨,是这项工程的一个概念设计。

40多年来,中国人民主要依靠自己的力量,勇于开拓,不懈奋斗,在国家经济和科学技术比较落后的条件下,走出了我国航天技术发展的道路,造就了一大批不畏艰险、勇于攀登的科技人才,建立了相当规模的航天科学技术与工业体系,这是党中央独立自主、自力更生方针的伟大胜利,是全国各地区、各部门大力协同的丰硕成果,这里也凝聚了我国几代航天人的集体智慧,逐步形成了具有中国特色的工程系统工程的理论与方法体系。本书作者是在我国航天航空工程系统的发展研究、采办、研制和运用第一线工作了30多年的科研人员,通过多种型号工程的研究、设计、试制、试验、

定型和运用保障的工程实践,积累了宝贵的经验。他们在吸收、消化和融合国内外系统工程领域理论、实践成果的基础上,试图以我国航天航空工程为背景,建立中国化的工程系统工程理论和方法的总体框架,并从我国工程系统开发的现实条件出发,对工程系统工程的基本原理和方法论、工程系统的发展研究、工程系统的物化过程,特别是工程系统工程的关键因素——决策与人的因素,进行了具有新意的探讨,是难能可贵的,对系统工程在我国进一步茁壮成长作出了贡献,极为可贺。

为了加速我国社会主义的现代化建设事业,我们需要全面、系统地总结我国大型工程系统的发展研究、采办、研制和运用工作中的系统工程经验,并上升到理论的高度,指导今后的工程实践。把符合中国国情的工程系统工程的理论、方法传播开来,让一代又一代我国工程系统的开发和建设者,能够站在更高的起点上,投入到我国高新技术工程系统的建设工作中去,为祖国现代化建设事业作出更大的贡献,这是我长久以来的一个愿望。

中国工程院院士

谢光选

前 言

本书以我国航天航空工程实践为背景,试图建立中国化的工程系统工程理论、方法的总体框架,阐述工程系统工程的基本原理和知识体系,为我国大型工程系统和复杂武器装备的建设服务。

工程系统工程是系统工程的理论、方法在大型复杂工程系统发展研究、采办、研制和运用过程中的应用,是组织、管理大型工程系统研究、设计、试制、试验、生产、运用和更新的分析、综合、集成技术。他以“工程系统的发展研究、工程研制”为中心,“工程系统管理”为手段,统筹、控制工程系统的发展、建立、运用的全过程,是当代物质文明建设的有力工具。在钱学森院士的倡导下,自60年代始,我国在导弹、航天工程和复杂军事工程实践中走出了一条具有中国特色的工程系统工程的道路,取得了举世公认的业绩,我们应当进行工程系统工程理论和实践的总结。近几年,钱学森院士多次提出:应把“两弹一星”工程实践中的系统工程方法进行总结,上升到理论,推广到国家机构改革和国民经济建设中去。我们冒昧著述本书,试图在我国全面发展社会主义市场经济的形势下,把对我国工程系统工程实践中符合科学规律的理论方法的总结,与消化、吸收、融合国外工程系统工程理论与方法中适合我国国情的部分结合起来,进行工程系统工程理论中国化的初步尝试。这是一项重大的研究课题,著述本书只是一次初步的探索,尽我们这一代人的微薄之力。

从事大型复杂工程系统的发展研究、采办、研制和运用工作,要求人们自觉地应用工程系统工程的理论和方法,以便取得事半功倍的效果。但是,从事过大型工程系统工作的人们并不是自然懂得了工程系统工程的道理,摆脱了传统工程习惯的束缚;取得了

工程系统工程实践的主动权。我想广大科技人员,特别是从事系统研究、设计、试制、试验、生产、运用与管理的科技人员正在努力为之奋斗,本书作者也在努力奋斗之中。

本书的主要服务对象是从事大型工程系统,特别是复杂武器装备发展研究、采办、研制和运用工作的科技人员,也可供有关大专院校师生作为教学参考书。对关心大型工程,特别是从事复杂武器装备发展研究、采办、研制和运用的领导和管理干部,也不失为一本有益的学习和参考读物。

考虑到工程系统工程应用对象的复杂性,带来理解和学习上的难点,本书将采用循序渐进、逐次迭代的介绍方法。从形式上看,前后内容可能有些反复,但是,作者试图把读者引向一个螺旋形上升的阶梯,从工程系统工程的基本知识入手,逐步迈入到工程系统工程理论和实践的广阔天地。

本书由赵少奎、杨永太合著,赵少奎具体设计了全书的结构框架,编写了全书的详细目录提纲,负责撰写了本书的主要章节;杨永太负责撰写了第五、六、七章,并对第二章提供了重要资料,提出了重要编写意见,赵少奎最后完成了全书的统编工作。

任新民、谢光选院士与王德臣、钱振业、于景元、王珩、李明观、**黄祖蔚**研究员,黄宁、王泰明、荣明宗、张宝印、郑开昭、丁连芬、傅海鹰等同志认真审阅了大部分初稿,提出了重要修改意见,任新民、谢光选院士与王德臣、钱振业、于景元、王珩和王连成研究员,对本书的内容、编写结构和某些观点提出了指导性、建设性的意见,并提供了尚未正式发表过的研究论文和报告,对本书进一步修改、定稿大有裨益。

对本书进行认真审阅,并提出修改意见的,还有本单位的领导和同事们:杨桓、葛文楣、王从武、单向前、徐步安、侯志远、史长磊、刘景华、梁雁军、赵敬民、廖崇尧等同志。在本书的写作与出版过程中,自始至终得到国防科技图书出版基金委员会的领导和专家们热情鼓励和支持。

谨对所有为本书问世做出贡献的领导和同志们表示衷心的感谢。

意。

愿本书的出版能够在我国系统工程界,特别是我国武器装备发展研究、采办、研制、运用及其他有关部门引起反响,提出批评、修改的意见。如果本书能够在我国工程系统工程中国化的道路上起到抛砖引玉的作用,能够对推动我国工程系统工程研究与实践的进程有一点作用的话,作者将感到十分欣慰。

赵少奎 杨永太

目 录

第一篇 工程系统工程原理与发展研究

第 1 章 绪论	1
1.1 系统	2
1.2 系统工程	6
1.3 工程系统工程的过程.....	24
1.4 系统工程的知识体系.....	30
第 2 章 工程系统的发展研究	35
2.1 当今时代与工程系统使用方的职责.....	35
2.2 战略研究.....	44
2.3 发展战略.....	52
2.4 重大工程系统发展战略研究与制定的组织体系.....	63

第二篇 工程系统的物化过程

第 3 章 工程系统工程的管理	67
3.1 概述.....	67
3.2 工程系统工程管理的组织体系.....	74
3.3 工程系统的研制工作程序.....	85
3.4 工程计划管理.....	92
3.5 工程系统的经济管理	117
3.6 技术装备与物质管理	139
3.7 质量管理	142

3.8	科技信息管理	151
第4章	工程系统工程的研究与设计	155
4.1	概述	155
4.2	任务分析	159
4.3	功能分析	165
4.4	系统综合	175
4.5	系统权衡研究	191
4.6	设计评审	198
4.7	工程研制规范、技术状态基线与工作分解结构	205
4.8	系统的改型设计	213
4.9	计算机辅助设计	221
第5章	工程系统工程的生产保障	228
5.1	概述	228
5.2	生产保障系统的主要工作内容	230
5.3	生产保障工程分析	233
5.4	生产性权衡研究	234
5.5	生产制造计划的保障	234
第6章	工程系统工程的试验与鉴定	238
6.1	概述	238
6.2	试验与鉴定系统的发展	239
6.3	试验与鉴定系统的规划	243
6.4	试验与鉴定的组织实施	248
第7章	工程系统工程的综合技术保障	252
7.1	概述	252
7.2	综合技术保障系统的概念和内涵	253
7.3	综合技术保障规划	259
7.4	综合技术保障分析	259
7.5	综合技术保障的资源	260
7.6	可靠性与维修性对综合技术保障的影响	262
7.7	综合技术保障的提供	263

7.8 使用阶段的综合技术保障	264
-----------------------	-----

第三篇 工程系统工程的关键因素

第 8 章 工程系统工程的决策	266
8.1 概述	266
8.2 决策的结构与策略	271
8.3 不确定情况下的决策	278
8.4 风险情况下的决策	284
8.5 决策树	286
8.6 工程决策示例	287
8.7 计算机决策支持系统	291
8.8 里程碑决策	302
第 9 章 工程系统工程与人的因素	306
9.1 工程系统人员的地位与作用	306
9.2 对工程系统人员的要求	311
9.3 工程系统人员的培养与选拔	319
附录 A 术语定义	324
附录 B 缩略语表	331
主要参考文献	333

Table of Contents

Volume 1 Principle and development research of system engineering on engineering

Chapter 1 Introduction	1
1.1 System	2
1.2 System engineering	6
1.3 Process of system engineering	24
1.4 Knowledge system of system engineering	30
Chapter 2 Development research of engineering system	35
2.1 Modern time and responsibility of engineering users	35
2.2 Strategy study	44
2.3 Development strategy	52
2.4 Organization system of major engineering system development strategy study and establishment	63

Volume 2 Development process of system engineering on engineering

Chapter 3 System engineering management	67
3.1 Outline	67
3.2 Organization system of system engineering management	74

3.3	Development procedures of engineering system	85
3.4	Engineering programme management	92
3.5	Economic management of engineering system	117
3.6	Technology equipment and material management	139
3.7	Quality control	142
3.8	Technology information management	151
Chapter 4 Research and design of system engineering		
	on engineering	155
4.1	Outline	155
4.2	Requirement analysis	159
4.3	Function analysis	165
4.4	System integration	175
4.5	System trade - off study	191
4.6	Design audit	198
4.7	Engineering specification ,management baselines and work breakdown structure	205
4.8	System modification design	213
4.9	Computer added design	221
Chapter 5 Production support of System engineering		
	on engineering	228
5.1	Outline	228
5.2	Main content of production support system	230
5.3	Production support engineering analysis	233
5.4	Producibility trade - off study	234
5.5	Production programme support	234
Chapter 6 Test and qualification of System engineering		
	on engineering	238
6.1	Outline	238
6.2	Development of test and qualification system	239
6.3	Programme of test and qualification system	243